



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

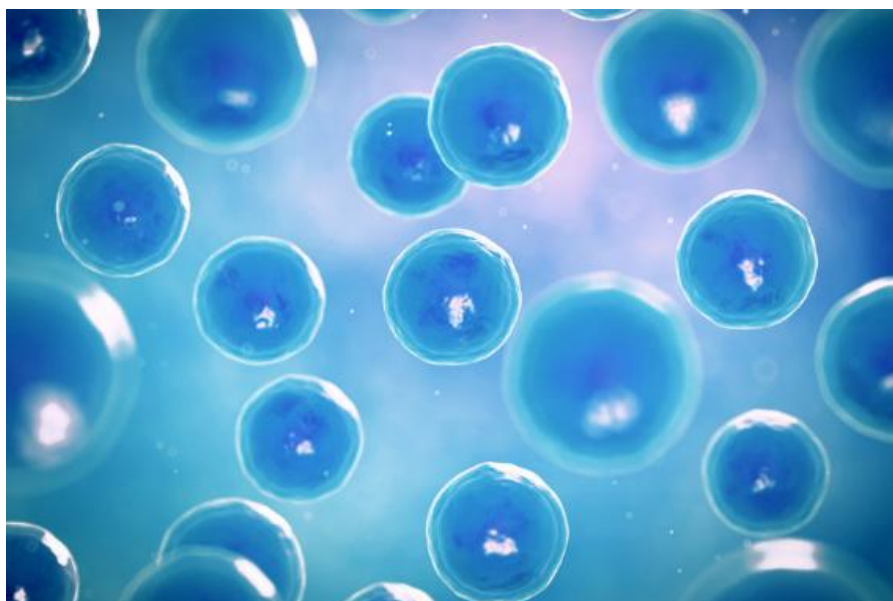
ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ, ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΞΥΛΟΥ & ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΠΜΣ: Προηγμένες Μέθοδοι Σχεδιασμού, Τεχνολογίας & Μάνατζμεντ Προϊόντων από Ξύλο

*(MSc in Advanced Design, Technology & Management Methods of Wooden Products)*

# «ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ»

---



Μεταπτυχιακή φοιτήτρια: **Καρρά Ηλιάνα**

Επιβλέποντες: Δρ. Νταλός Γεώργιος, Δρ. Μητάνη Ανδρομάχη

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2024

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Προηγμένες Μέθοδοι Σχεδιασμού, Τεχνολογίας και Μάνατζμεντ Προϊόντων Ξύλου». Το θέμα της διπλωματικής εργασίας είναι η «Βελτίωση Ιδιοτήτων Ξύλου με Επικάλυψη Νανοσωματιδίων».

Το ξύλο όπως και κάθε υλικό έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Η εύρεση τρόπων βελτίωσης του είναι σημαντικό ζήτημα καθώς είναι ένα υλικό το οποίο χρησιμοποιείται πληθώρα ανά τον κόσμο. Η μελέτη του έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες στο πέρασμα των χρόνων.

Κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει πως η χρήση της νανοτεχνολογίας βελτιώνει τις ιδιότητες και τις αντοχές του ξύλου. Για το λόγο αυτό παράχθηκαν νανοςύνθετα υλικά τα οποία αποτελούνταν από πολυμερές ακριλικό και νανοσωματίδια. Τα νανοςύνθετα υλικά εφαρμόστηκαν σε δοκίμια ξύλου δύο διαφορετικών ειδών μέσω εμβάπτισης. Έπειτα τα εμβαπτισμένα δοκίμια, αξιολογήθηκαν ανάλογα με τις αλλαγές που παρουσίασαν κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λόγω της δομή του, το ξύλο δεν αποτελεί μακροχρόνια ανθεκτικό υλικό. Η διαρκής έκθεση του στις περιβαλλοντικές συνθήκες φέρνει ως αποτέλεσμα την μείωση ζωής του. Δεδομένου του γεγονότος ότι το ξύλο ως υλικό χρησιμοποιείται πληθώρα ανά τον κόσμο η ανάπτυξη καινοτόμων υλικών για την προστασία του είναι αναγκαία. Οι επικαλύψεις με υδρόφοβα πολυμερή υλικά αποτελούν μια από τις συνηθέστερες πρακτικές εφαρμογές.

Σκοπός της εργασίας είναι η βελτίωση των ιδιοτήτων του ξύλου και η αύξηση διάρκειας ζωής του, όταν αυτό είναι εκτεθειμένο σε εξωτερικούς χώρους και στις κλιματικές αλλαγές.

Μελετήθηκαν λοιπόν, η επιρροή ακρυλικού πολυμερούς το οποίο χρησιμοποιείται ως προστατευτική επίστρωση σε δοκίμια ξύλου, με νανοσωματίδια κατάλληλης συγκέντρωσης και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής τους σε δοκίμια ξύλου Δρυός και Αϊλανθου.

Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα της προσθήκης νανοσωματιδίων διοξειδίου του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) σε ακρυλικό πολυμερές (Paraloid B72) και η εξέταση των αλλαγών που προκάλεσαν σε δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν σε νανოსύνθετα πολυμερή τα οποία περιείχαν διαφορετικές ποικιλίες ποσοστών νανοσωματιδίων.

Για την επίτευξη των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Suntest XLS+, στην οποία προσομοιώνονται οι κλιματικές αλλαγές, με στόχο την επιβολή συνθηκών επιταχυνόμενης γήρανσης.

Τα πειράματα που διεξήχθησαν αφορούσαν κυρίως μετρήσεις αλλαγής χρώματος στις επιφάνειες των δοκιμίων, της μεταβολές στην επιφανειακή τραχύτητας τους, την προσρόφηση και την διόγκωση τους.

Σύμφωνα με τις πειραματικές μετρήσεις παρατηρήθηκε αύξηση τραχύτητας στην επιφάνεια των δοκιμίων, μετά την εφαρμογή του ακρυλικού πολυμερούς σε συνδυασμό με νανοσωματίδια διοξειδίου του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Η τραχύτητα αυξήθηκε και κατά την τεχνητή γήρανση. Υπήρξαν χρωματικές μεταβολές στις επιφάνειες των δοκιμίων, καθώς και διαστασιακές μεταβολές. Στα δοκίμια χωρίς επίστρωση (μάρτυρες), παρατηρήθηκαν πιο έντονες μεταβολές σε κάποιες περιπτώσεις.

Με βάση τα αποτελέσματα, η χρήση νανοςύνθετων πολυμερικών υλικών αυξάνει την αντοχή του ξύλου στις εξωτερικές συνθήκες με αποτέλεσμα την επέκταση ζωής του.

Λέξεις κλειδιά: Ιδιότητες ξύλου, προστασία ξύλου, σύνθετα υλικά, νανοτεχνολογία – νανοσωματίδια, νανοςύνθετα πολυμερή.

## Abstract

Due to its structure, wood is not a long-lasting durable material. Its constant exposure to environmental conditions results in a shortening of its life. Given the fact that wood as a material is widely used around the world, the development of innovative materials for its protection is essential. Coatings with hydrophobic polymer materials are among the most common practical applications.

The purpose of this dissertation is to improve the properties of the wood and increase its lifespan, when it is exposed to outdoor spaces and climatic changes.

The objective of this study is the investigation of the influence of acrylic polymer, which is used as a protective coating on wood samples, with nanoparticles of appropriate concentration, and the evaluation of the effectiveness of their application on Oak and Ilanthos wood samples.

More specifically, the effectiveness of adding silica nanoparticles ( $\text{SiO}_2$ ) to an acrylic polymer (Paraloid B72) was studied and the changes they caused in samples immersed in polymer nanocomposites containing different varieties of nanoparticle percentages.

To achieve the experiments, the Suntest XLS+ device was used, in which climate changes are simulated, with the aim of imposing accelerated aging conditions.

The experiments carried out mainly concerned measurements of color change on the surfaces of the samples, their roughness, their adsorption and their swelling.

According to the experimental measurements, an increase in the surface roughness of the samples was observed after the application of the acrylic polymer in combination with silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) nanoparticles. Roughness also increased during artificial aging. There were color changes on the surfaces of the samples, as well as dimensional changes. Changes on samples without coating (witnesses), were more pronounced in some cases.

Based on the results, the use of nanocomposite polymeric materials favors the wood's resistance to external conditions, resulting in an extension of its life.

Key words: Wood properties, wood protection, composite materials, nanotechnology – nanoparticles, nanocomposite polymers.

## Περιεχόμενα

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                                                    | 6  |
| Κεφάλαιο 1 .....                                                                  | 7  |
| Το ξύλο ως υλικό .....                                                            | 7  |
| 1.1. Εισαγωγή .....                                                               | 7  |
| 1.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ξύλου .....                              | 7  |
| 1.3. Ιδιότητες ξύλου .....                                                        | 8  |
| 1.3.1. Φυσικές ιδιότητες του ξύλου .....                                          | 9  |
| 1.3.2. Μηχανικές ιδιότητες του ξύλου .....                                        | 11 |
| Κεφάλαιο 2 .....                                                                  | 15 |
| Αλλοιώσεις και προστασία του ξύλου .....                                          | 15 |
| 2.1. Εισαγωγή .....                                                               | 15 |
| 2.2. Αλλοιώσεις του ξύλου .....                                                   | 15 |
| 2.3. Προστασία του ξύλου.....                                                     | 18 |
| 2.3.1. Φυσική ανθεκτικότητα .....                                                 | 18 |
| 2.3.2. Τρόποι προστασίας του ξύλου .....                                          | 19 |
| 2.3.3. Προστατευόμενες ουσίες .....                                               | 24 |
| 2.3.4. Πολυμερή και σύνθετα υλικά για την προστασία επιφανειών ξύλου.....         | 25 |
| Κεφάλαιο 3 .....                                                                  | 29 |
| Μελέτη νανοσύνθετων υλικών και η επίδραση τους στις ιδιότητες ξύλου .....         | 29 |
| 3.1. Εισαγωγή .....                                                               | 29 |
| 3.2. Νανοσωματίδια και νανοτεχνολογία.....                                        | 29 |
| 3.3. Χρωματικές αλλαγές της επιφάνειας του ξύλου - Μέτρηση χρώματος επιφάνειας .. | 32 |
| 3.4. Επιφανειακή τραχύτητα του ξύλου.....                                         | 33 |
| 3.5. Τεχνητή γήρανση.....                                                         | 34 |
| 3.5.1. Σκοπός εφαρμογής επιταχυνόμενης γήρανσης στο ξύλο.....                     | 34 |
| Κεφάλαιο 4 .....                                                                  | 36 |
| Πειραματικό Στάδιο .....                                                          | 36 |
| 4.1. Εισαγωγή .....                                                               | 36 |
| 4.2. Πειραματική διαδικασία .....                                                 | 36 |
| 4.3. Παρασκευή σύνθετων υλικών με νανοσωματίδια .....                             | 37 |
| 4.4. Μέτρηση χρώματος και τραχύτητας της επιφάνειας των δοκιμών .....             | 40 |
| 4.5. Τεχνητή γήρανση των δοκιμών.....                                             | 41 |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Κεφάλαιο 5 .....                                           | 42  |
| Αποτελέσματα .....                                         | 42  |
| 5.1. Εισαγωγή .....                                        | 42  |
| 5.2 Μέτρηση χρώματος της επιφάνειας των δοκιμίων .....     | 42  |
| 5.3. Μέτρηση τραχύτητας στις επιφάνειας των δοκιμίων ..... | 44  |
| 5.4. Προσρόφηση υγρασίας .....                             | 51  |
| 5.5. Διόγκωση .....                                        | 54  |
| 5.6. Παρατηρήσεις .....                                    | 58  |
| Κεφάλαιο 6 .....                                           | 63  |
| Συμπεράσματα .....                                         | 63  |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ .....                                        | 65  |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....                                             | 71  |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....                                          | 115 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν το ξύλο αρνητικά, ως προς την αντοχή του στο χρόνο, στην μορφολογία, στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες και την δομή του. Ένα από τα βασικά αίτια φθοράς του είναι η έκθεση του στις εξωτερικές συνθήκες.

Το πρώτο κεφάλαιο, αφορά την βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την συλλογή πληροφοριών που αφορούν το ξύλο ως υλικό. Γίνεται μια αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει, καθώς και τις ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι διάφορες αλλοιώσεων του ξύλου και ποιοί είναι οι παράγοντες που τις προκαλούν. Στη συνέχεια γίνεται μια ανάλυση πως το ξύλο μπορεί να αντισταθεί σε αυτές τις αλλοιώσεις και πια μέτρα λαμβάνει ο άνθρωπος για να επεκτείνει την ζωή του ξύλου.

Στο κεφάλαιο τρία, γίνεται μια εμβάθυνση στο ρόλο που παίζει η νανοτεχνολογία και τα διάφορα νανοσύνθετα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία του ξύλου. Τα δεδομένα αυτά συλλέχτηκαν από δοκιμές και ευρήματα άλλων ερευνητών. Αναλύθηκαν το τι είναι οι χρωματικές αλλαγές στην επιφάνεια του ξύλου και από πού προκαλούνται καθώς και η επιφανειακή τραχύτητα. Τέλος αναλύετε η χρήση της τεχνητής γήρανσης στο ξύλο και οι επιδράσεις της σε αυτό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται το πειραματικό στάδιο, η διαδικασία που ακολούθησε, τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν και η παρασκευή των νανοσύνθετων διαλυμάτων.

Τα αποτελέσματα και οι διάφορες παρατηρήσεις παρουσιάζονται στο πέμπτο κεφάλαιο και τέλος συνοψίζονται τα συμπεράσματα της έρευνας στο έκτο κεφάλαιο.

Με την μελέτη αυτή καλείται να απαντηθεί το ερώτημα, κατά πόσο με τη χρήση νανοσύνθετων υλικών δημιουργούνται ισχυρότερες επιφάνειες με μεγαλύτερη αντοχή, και κατά πόσο βελτιώνουν τις ιδιότητες του ξύλου.

# Κεφάλαιο 1

## Το ξύλο ως υλικό

### 1.1. Εισαγωγή

«Το ξύλο έχει βοηθήσει σημαντικά στην επιβίωση του ανθρώπου από την παλαιολιθική εποχή και οι πρωταρχικές ανάγκες του πρωτόγονου ανθρώπου (όπλα, θέρμανση) καλύφθηκαν από το ξύλο, όπως επίσης και οι μετέπειτα ανάγκες του για στέγαση και μετακίνηση (πρώτες κατοικίες, βάρκες κ.ά.)» (Μαντάνης, Κακαράς 2022, σελ.168).

Με το πέρασμα των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο αριθμός των προϊόντων που παράγονται από το ξύλο αυξάνεται συνεχώς.

Μέσω της φωτοσύνθεσης παράγονται περισσότεροι από διακόσους τόνους βιομάζας ετησίως. Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή του ξύλου είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), το οποίο προέρχεται από την ατμόσφαιρα, το νερό και τα ανόργανα συστατικά εδάφους. Το ξύλο είναι ένα υλικό το οποίο δομείται από ιστούς ξυλωδών κυττάρων και αποτελείται από τρεις πολύπλοκες πολυμερείς ενώσεις (δομικά συστατικά<sup>1</sup>), την κυτταρίνη, τη λιγνίνη, τις ημικυτταρίνες και σε μικρότερη ποσότητα τα μη δομικά συστατικά, δηλαδή τα εκχυλίσματα. (Μαντάνης, 2015)

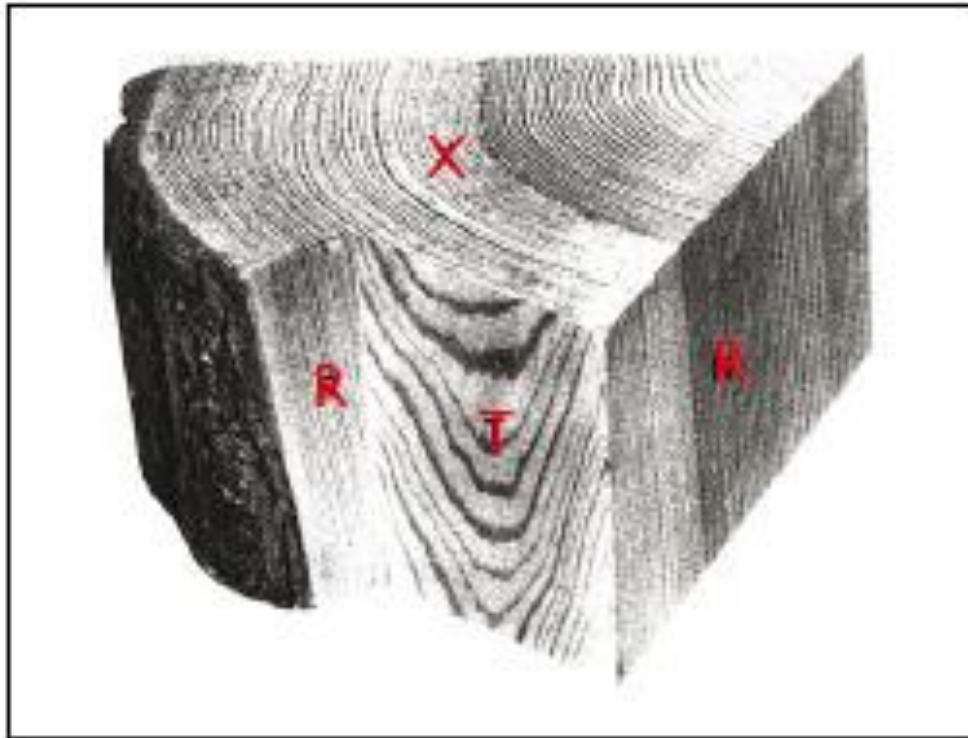
### 1.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ξύλου

Όπως κάθε υλικό το ξύλο έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Τα πλεονεκτήματα του είναι ότι υπάρχει σε όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου και είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Ανανεώνεται συνεχώς μέσω του δασικού οικοσυστήματος, έχει μεγάλες μηχανικές αντοχές σε σχέση με το βάρος του, είναι κακός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού, δεν οξειδώνεται, δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, έχει μεγάλη αισθητική αξία, η κατεργασία του είναι σχετικά εύκολη και δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (Wachter, 2021). Τα μειονεκτήματα του είναι το ότι είναι υγροσκοπικό υλικό με αποτέλεσμα όταν απορροφά ή όταν χάνει υγρασία να ρικνώνεται ή να διογκώνεται. Όταν ρικνώνεται τότε οι διαστάσεις του μειώνονται και όταν διογκώνεται οι διαστάσεις του μεγαλώνουν. Είναι ανισότροπο<sup>2</sup> υλικό, δηλαδή η δομή του, η μηχανική αντοχή του και άλλες ιδιότητες στις τρεις κύριες διευθύνσεις - κατευθύνσεις, διαφέρουν.

---

<sup>1</sup> Δομικά συστατικά: Τα συστατικά που συγκροτούν τη δομή του ξύλου

<sup>2</sup> Ανισότροπο: Διαφέρει η δομή του, η μηχανική αντοχή του και οι ιδιότητες του τρεις κατευθύνσεις-τομές του [εγκάρσια (X), ακτινική(R) και εφαπτομενική (T)] εικ.1.1



Εικόνα 1.1: Εγκάρσια (X), ακτινική (R) και εφαπτομενική (T) τομή του ξύλου

### 1.3. Ιδιότητες ξύλου

Η γνώση των ιδιοτήτων του ξύλου, όπως και σε κάθε υλικού, είναι βασική προϋπόθεση για την σωστή χρήση, εφαρμογή και επεξεργασία του.

“Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση ενός είδους ξύλου σε μια κατασκευή – εφαρμογή μπορεί να σχετίζονται με οικονομικούς, τεχνικούς ή και αισθητικούς λόγους. Κρίσιμη σημασία μπορεί να έχουν ορισμένες ιδιότητες του ξύλου, όπως, η σκληρότητα, το βάρος (πυκνότητα), η φυσική διάρκεια (ανθεκτικότητα) στις κλιματικές συνθήκες, την υγρασία, τους μύκητες και τα έντομα, η σταθερότητα διαστάσεων στις μεταβολές της υγρασίας και άλλα”. (Μαντάνης, 2008, σελ 98)

Το ξύλο χαρακτηρίζεται από φυσικές ιδιότητες, όπως η πυκνότητα, η υγροσκοπικότητα, η ρίκνωση και η διόγκωση, θερμικές, ηλεκτρικές και ακουστικές ιδιότητες, καθώς και μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με φορτία ή μηχανικές καταπονήσεις που ασκούνται σε αυτό.

### 1.3.1. Φυσικές ιδιότητες του ξύλου

#### ❖ Πυκνότητα

Η πυκνότητα είναι μέτρο της μάζας που περιέχεται σε ορισμένο όγκο ξύλου (ή άλλου υλικού) και εκφράζεται με το πηλίκο μάζας και όγκου.

Η πυκνότητα επηρεάζεται από την υγρασία του ξύλου, από την δομή, τα εκχυλίσματα που περιέχει και την χημική του σύσταση. Ορίζεται ανάλογα με τα ποσοστά υγρασίας που περιέχει το ξύλο, σε *ξηρή πυκνότητα* ( $\rho_0$ ): όπου το ξύλο περιέχει 0% υγρασία, σε *βασική πυκνότητα* ( $R$ ): όπου το ξύλο έχει φτάσει στο σημείο ινοκόρου<sup>3</sup>, και *φαινομενική πυκνότητα* ( $R_x$ ) όπου το ξύλο βρίσκεται σε κάποια συγκεκριμένη υγρασία, συνήθως υγρασία δωματίου σε ποσοστά 8%, 12%, 15%, ανάλογα τον προορισμό χρήσης του. Υπολογίζεται με την μέτρηση της μάζας (συνήθως με ένα ζυγό ακριβείας) και του όγκου (μέτρηση διαστάσεων<sup>4</sup>, συνήθως με ένα παχύμετρο) ενός δοκιμίου. (Τσουμής, 2009)

Η πυκνότητα του ξύλου προσδιορίζει την ποιότητα και τις μηχανικές αντοχές του.

#### ❖ Υγροσκοπικότητα

Η υγροσκοπικότητα είναι η ιδιότητα του ξύλου να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον. Οφείλετε στα δομικά συστατικά του ξύλου (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, πηκτικές ουσίες, λιγνίνη, κάποια εκχυλίσματα) τα οποία είναι υγροσκοπικές ουσίες και είναι η αιτία που το ξύλο πάντα περιέχει υγρασία. Η ιδιότητα αυτή του ξύλου είναι και η πιο σημαντική αφού επηρεάζει κατά πολύ τις άλλες ιδιότητες του. Η υγρασία στο ξύλο περιέχεται στις κυτταρικές κοιλότητες και στα κυτταρικά τοιχώματα.

#### ❖ Ρίκνωση και Διόγκωση

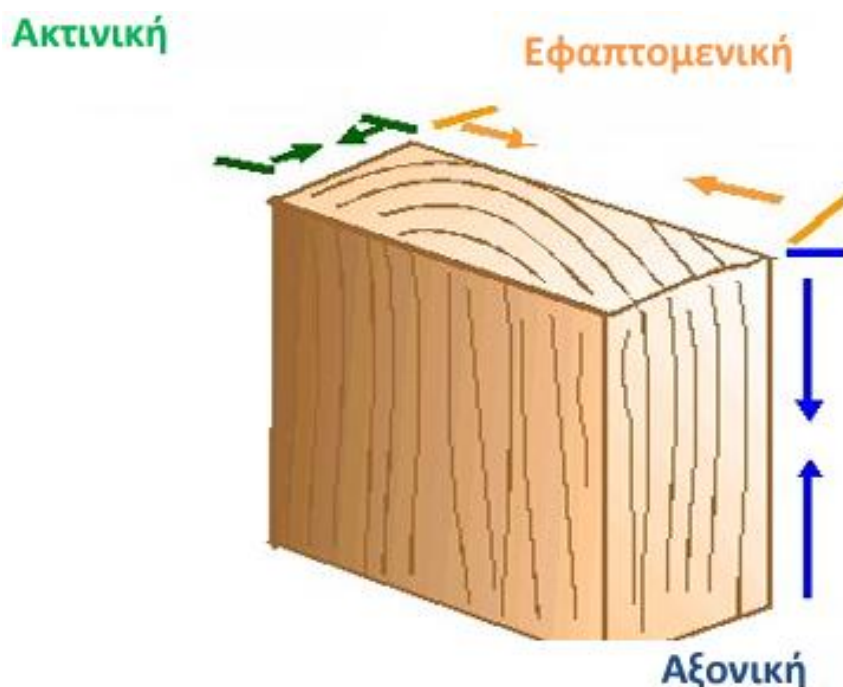
Όταν αναφερόμαστε στην ρίκνωση και διόγκωση ενός ξύλου εννοούμε τις διαστασιακές αλλαγές που εμφανίζει λόγω της υγρασίας. Η ρίκνωση είναι η ελάττωση των διαστάσεων του ξύλου όταν η υγρασία του μειώνεται κάτω απ το σημείο ινοκόρου, και η διόγκωση είναι η αύξηση των διαστάσεων του όταν η υγρασία αυξάνεται μέχρι το σημείο αυτό.

Πάνω από το σημείο ινοκόρου οι διαστάσεις του ξύλου δεν αλλάζουν. Κατά την ρίκνωση ή την διόγκωση του, το ξύλο συμπεριφέρεται διαφορετικά στις τρεις αυξητικές διευθύνσεις, δηλαδή στη αξονική, ακτινική και εφαπτομενική (Εικ.1.2). Στην αξονική, η ρίκνωση και η

<sup>3</sup> Σημείο Ινοκόρου: Θεωρητική κατάσταση κατά την οποία τα κυτταρικά τοιχώματα του ξύλου είναι πλήρως κορεσμένα με νερό και οι κυτταρικές κοιλότητες του είναι άδειες. Η υγρασία είναι περίπου 26-35%

<sup>4</sup> Μέτρηση διαστάσεων: Μήκος επί πλάτος επί ύψος

διόγκωση είναι ελάχιστη, ενώ στην ακτινική είναι μεγαλύτερη και στην εφαπτομενική ακόμα μεγαλύτερη.



Σχήμα 1.1: Οι τρεις αυξητικές διευθύνσεις του ξύλου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ρίκνωση και διόγκωση ενός ξύλου δεν είναι μόνο η υγρασία αλλά και η πυκνότητα, η δομή, τα εκχυλίσματα η χημική σύσταση και οι μηχανικές τάσεις του αφού αλλάζουν ανάλογα το είδος ξύλου.

#### ❖ Θερμικές Ιδιότητες

Η θερμότητα επηρεάζει το ξύλο όπως και άλλα υλικά. Συγκεκριμένα επηρεάζει την υγροσκοπικότητα, τη ρίκνωση και διόγκωση, στις μηχανικές, στις ακουστικές και ηλεκτρικές του ιδιότητες. Όταν αρχίζει να ζεσταίνεται παρατηρείται να διαστέλλετε και όταν αρχίσει να κρυώνει παρατηρείτε να συστέλλεται. Ως υλικό έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα (θερμοαγωγιμότητα) που το καθιστά κακό αγωγό της θερμότητας και αυτόματα ένα θερμομονωτικό υλικό.

Κατά την πλήρη καύση του ξύλου, το ποσό που παράγεται από την μάζα ενός γραμμαρίου ή κιλού ξηρού ξύλου ονομάζεται *θερμαντική αξία*. Η θερμαντική αξία ποικίλει ανάλογα νε το είδος του ξύλου λόγω διαφόρων παραγόντων όπως η υγρασία, τα εκχυλίσματα και η χημική σύσταση.

### ❖ Ακουστικές ιδιότητες

Με τον όρο ακουστικές ιδιότητες του ξύλου εννοείται η παραγωγή ήχων με την κρούση αυτού και η συμπεριφορά του σε ήχο που παράγεται από άλλες πηγές προσπίπτοντας στο ξύλο σε μορφή ηχητικών κυμάτων.

Το ξύλο ως πηγή ήχου σπάνια χρησιμοποιείται, παρόλα αυτά είναι η συνηθέστερη πρώτη ύλη για την παραγωγή του μουσικού οργάνου “ξυλόφωνο”. Η χρήση δαπέδων από ξύλο μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητους ήχους κατά την χρήση τους ενώ η οξύτητα του ήχου καθορίζεται από την παλμική κίνηση του κρουόμενου ξύλου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την συχνότητα ηχητικών κυμάτων είναι οι διαστάσεις, μικρά ποσοστά υγρασίας, μεγάλη πυκνότητα και η ελαστικότητα του ξύλου.

### ❖ Ηλεκτρικές ιδιότητες

«Οι σπουδαιότερες ηλεκτρικές ιδιότητες του ξύλου είναι η *αντίσταση* στη δίοδο συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος και οι *διηλεκτρικές ιδιότητες* κάτω από την επίδραση εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας.» (Τσουμή, 2009, σελ. 246)

Το ξύλο έχει μεγάλη αντίσταση στον ηλεκτρισμό και λειτουργεί σαν μονωτικό σώμα. Παρόλα αυτά η ιδιότητα αυτή επηρεάζεται από το είδος, την δομή, την πυκνότητα, την θερμοκρασία και κυρίως την υγρασία που περιέχει. Όταν αυξάνεται η υγρασία η ηλεκτρική αντίσταση μειώνεται. Ξύλο το οποίο είναι κορεσμένο με υψηλή υγρασία συμπεριφέρεται περίπου το ίδιο με το νερό.

## 1.3.2. Μηχανικές ιδιότητες του ξύλου

Οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου αναφέρονται στο πως το ξύλο αντέχει σε διάφορες καταπονήσεις από εξωτερικές δυνάμεις<sup>5</sup> που τείνουν να το παραμορφώσουν.

Το ξύλο ως ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό έχει διαφορετική μηχανική αντοχή ως προς τις διάφορες αυξητικές διευθύνσεις, την αξονική, ακτινική και εφαπτομενική. Τυπικά η αντοχή του στην αξονική διεύθυνση είναι μεγαλύτερη. Οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου επηρεάζονται από την υγρασία, την πυκνότητα, την θερμοκρασία, τα σφάλματα στη δομή του και την διάρκεια φόρτισης της ασκούμενης δύναμης σε αυτό.

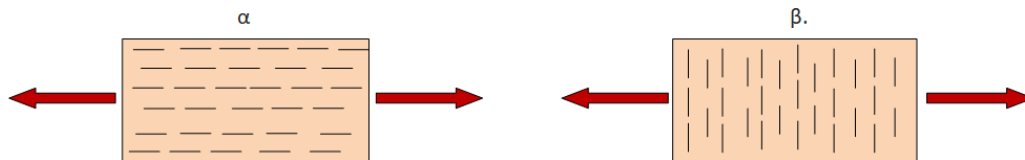
Πιο κάτω περιγράφονται οι κύριες μηχανικές αντοχές<sup>6</sup> του ξύλου με βάση τον τρόπο φόρτισης της δύναμης (οι κόκκινες σημάνσεις δείχνουν την ασκούμενη δύναμη):

---

<sup>5</sup> Λόγο της δομής του ξύλου και της τάσης του να προσλαμβάνει και να αποβάλλει υγρασία μπορεί να δρουν εσωτερικές δυνάμεις με την ρίκνωση και διόγκωση.

#### ❖ Αντοχή σε εφελκυσμό

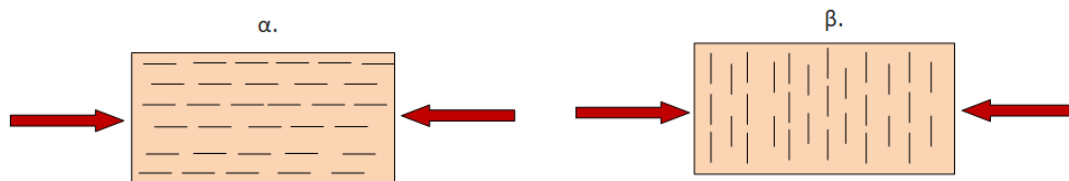
Φόρτιση σε εφελκυσμό (tension) σημαίνει ότι οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω του τείνουν να το επιμηκύνουν, με την χρήση δύο αντίρροπων δυνάμεων που ενεργούν στα δύο άκρα του. Ανάλογα την κατεύθυνση διακρίνονται σε αξονικό ή εγκάρσιο εφελκυσμό. (σχ. 1.2)



Σχήμα 1.2: Δοκίμιο ξύλου σε: (α) αξονικός εφελκυσμός, (β) εγκάρσιος εφελκυσμός

#### ❖ Αντοχή σε θλίψη

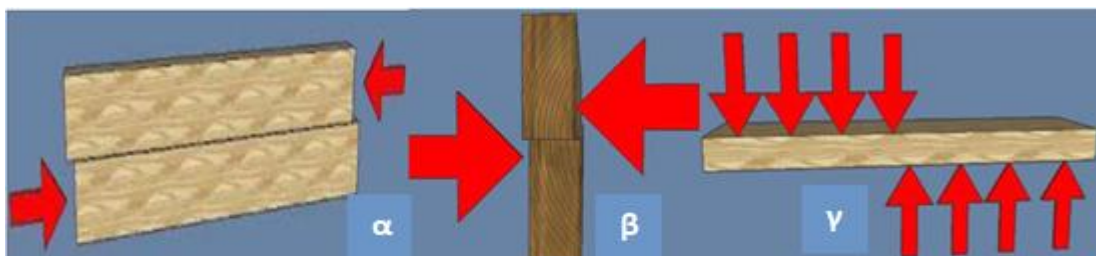
Οι δυνάμεις που ασκούνται στην θλίψη είναι αντίθετες του εφελκυσμού, και τείνουν να συνθλίψουν το ξύλο. Ουσιαστικά συμπιέζεται το ξύλο ώστε να σπάσει μέσα στη μάζα του. Ανάλογα την κατεύθυνση διακρίνονται σε αξονική ή εγκάρσια θλίψη. (σχ. 1.3)



Σχήμα 1.3: Δοκίμιο ξύλου σε: (α) αξονική θλίψη, (β) εγκάρσια θλίψη

#### ❖ Αντοχή σε διάτμηση

Διάτμηση είναι η πλευρική αποκόλληση του ξύλου. Δηλαδή οι δυνάμεις τείνουν να προκαλέσουν ολίσθηση ενός μέρους του σώματος που φορτίζεται σε παράπλευρο μέρος του ίδιου σώματος. (σχ. 1.4)

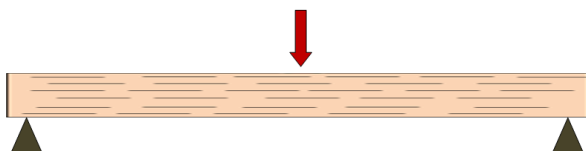


Σχήμα 1.4: Δοκίμιο ξύλου σε: (α) αξονική διάτμηση, (β και γ) εγκάρσια διάτμηση

<sup>6</sup> Η έκφραση “μηχανική αντοχή” χρησιμοποιείτε για να γίνεται διάκριση από την “αντοχή” σε έντομα, μύκητες κλπ.

### ❖ Αντοχή σε κάμψη

Η σπουδαιότερη μηχανική ιδιότητα του ξύλου είναι η αντοχή του σε στατική κάμψη. Το ξύλο είναι πακτωμένο σε δύο άκρα και ασκείται σε αυτό σταδιακή φόρτιση (σχ. 1.5). Κατά τη διάρκεια αυτής της φόρτισης, σε διαφορετικά επίπεδα μέσα στο ξύλο, αναπτύσσονται δυνάμεις, θλίψεις, εφελκυσμού και διάτμησης, και οι δυνάμεις αυξάνονται μέχρι αυτό να σπάσει εντελώς (όριο θραύσεως).



Σχήμα 1.5: Φόρτιση δοκιμίου ξύλου σε στατική κάμψη

### ❖ Ελαστικότητα

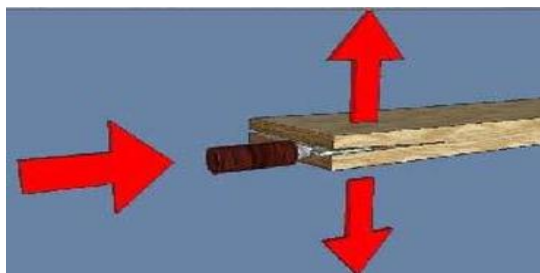
Το ξύλο γενικά έχει μεγάλη ελαστικότητα. Η ελαστικότητα μετρείται με το μέτρο ελαστικότητας (ME), ή MOE (modulus of elasticity). «Προσδιορίζεται από στατικές ή δυναμικές δοκιμές αντοχής. Συνήθως προέρχεται από στατική κάμψη.» (Τσουμής, 2009, σελ. 193)

### ❖ Αντοχή σε κρούση

Η αντοχή σε κρούση αναφέρεται σε απότομο χτύπημα στην επιφάνεια του ξύλου. Η δύναμη αυτή δεν είναι στατική, κάνοντας το ξύλο αρκετά ανθεκτικό σε αυτήν, αφού η αντοχή του είναι μεγαλύτερη όταν τα φορτία είναι απότομα παρά στατικά. Έτσι το καθιστά κατάλληλο για ορισμένες χρήσεις όπως π.χ. λαβές εργαλείων, αθλητικά είδη, κιβώτια συσκευασίας κ.α.

### ❖ Αντοχή σε σχίση

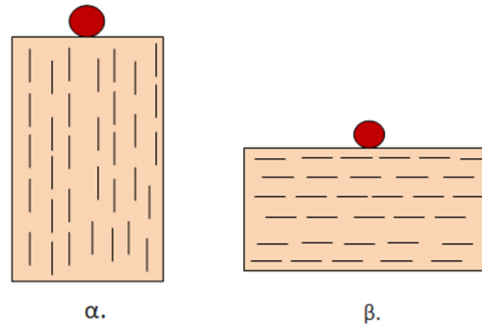
Η αντοχή του ξύλου σε σχίση αναφέρεται σε εξωτερικές δυνάμεις που δρουν σαν σφήνα (σχ.1.6), που προσπαθεί να εισχωρήσει στην μάζα του. Το ξύλο δεν έχει μεγάλη αξονική αντοχή σε σχίση και η ιδιότητα του αυτή είναι κάποιες φορές πλεονέκτημα και κάποιες άλλες όχι.



Σχήμα 1.6: Σχίση δοκιμίου ξύλου

### ❖ Σκληρότητα

Η σκληρότητα μελετά την ανθεκτικότητα του ξύλου στην είσοδο ξένων σωμάτων στην επιφάνειά του. Η αντίσταση του σε αξονική διεύθυνση (σχ.1.7, α.) είναι μεγαλύτερη, σχεδόν διπλάσια, σε σχέση με πλευρικά (ακτινική και εφαπτομενική) (σχ.1.7, β.), όπου εκεί δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά.



Σχήμα 1.7: Δοκίμιο ξύλου σε: (α) αξονική σκληρότητα, (β) εγκάρσια σκληρότητα

## Κεφάλαιο 2

### Αλλοιώσεις και προστασία του ξύλου

#### 2.1. Εισαγωγή

“Διάβρωση είναι κάθε αυθόρμητη και κατ’ επέκταση βεβιασμένη, χημικής, ηλεκτροχημικής, φυσικής, μηχανικής βιολογικής φυσικής διεργασίας αλλοίωσης της επιφάνειας (εξωτερικής και εσωτερικής) των υλικών που οδηγεί σε απώλεια υλικού.” (Σκουλικίδης. 2000)

«Διάφοροι εξωτερικοί παράγοντες – φυτικοί (βακτήρια, μύκητες), ζωικοί (έντομα, θαλάσσιοι οργανισμοί), κλιματικοί, μηχανικοί, χημικοί κ.α. – μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωση της εμφάνισης, δομής και χημικής συστάσεως του ξύλου» (Τσουμής, 2009, σελ. 253).

Οι αλλοιώσεις αυτές μπορεί να επηρεάσουν το ξύλο σε μια απλή αλλαγή χρώματος, αλλά μπορεί και να φτάσουν σε σημείο εντελώς αχρήστευσης του.

#### 2.2. Αλλοιώσεις του ξύλου

Η φυσική διάρκεια ζωής του ξύλου εκτεθειμένο στο περιβάλλον, χωρίς καμία προστασία λέγεται “ανθεκτικότητα”, και οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι το είδος και η κατηγορία του ξύλου (αν είναι κωνοφόρο ή πλατύφυλλο), το είδος και τα ποσοστά των εκχυλισμάτων που μπορεί να περιέχει.

Οι εξωτερικοί παράγοντες αλλοίωσης του ξύλου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους βιοτικούς (φυσικοί και ζωικοί) και αβιοτικούς παράγοντες (κλιματικοί).

##### ❖ Βιοτικοί παράγοντες

##### 1. Φυτικοί

Στους φυτικούς παράγοντες συμπεριλαμβάνονται τα *βακτήρια* τα οποία εμφανίζονται μετά από μεγάλη παραμονή του ξύλου σε νερό ή έδαφος. Όταν στο ξύλο αναπτυχθούν βακτήρια τότε παρατηρείται μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων του, μπορεί να υπάρξουν μεταχρωματισμοί, μαλάκυνση των εξωτερικών στρωμάτων και μεταβολή στις διαστάσεις του.

Ένας άλλος φυτικός παράγοντας είναι οι *μύκητες*, οι οποίοι διακρίνονται σε χρωστικούς και σηπτικούς.

Οι *χρωστικοί μύκητες* είναι αυτοί που προκαλούν μεταχρωματισμούς στο ξύλο. Ο αποχρωματισμός σε ξύλο κωνοφόρων (πεύκης) ονομάζεται κυάνωση (*bluestain*). (εικ.1.3)

Μία άλλη περίπτωση μεταχρωματισμού είναι η ευρωτίαση (μούχλα) (εικ. 1.4). Οι συνέπιες μετά την προσβολή δεν είναι σοβαρές από θέμα μηχανικών ιδιοτήτων αφού δεν προκαλούν σήψη του ξύλου, αλλά προκαλούν σημαντική ελάττωση στην αξία του, από θέμα εμφάνισης, αφού ο μεταχρωματισμός εισβάλλει σε βάθος και δεν μπορεί να απομακρυνθεί με κάποια επιφανειακή επεξεργασία π.χ. πλάνισμα ή λείανση. Οπότε σε κατασκευές που δεν βάφονται όπως πατώματα και έπιπλα έχει δυσμενή επίδραση. (Τσουμής, 1983)



Εικόνα 2.1: Προσβολή κυάνωσης σε ξυλεία

Εικόνα 2.2: Μούχλα σε ξύλινο δάπεδο πεύκου

Οι *σηπτικοί μύκητες*, μπορούν να μειώσουν την διάρκεια ζωής του ξύλου κατά πολύ. Οι απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη μυκήτων είναι η τροφή (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη), το οξυγόνο, η υγρασία, ο αέρας και οι θερμοκρασίες 20 - 25 °C. Τα επίπεδα υγρασίας του ξύλου για την προσβολή του από σηπτικούς μύκητες πρέπει να είναι 25%-50%. Ο μύκητας προσβάλλει το ξύλο και του προκαλεί σάπισμα. Ανάλογα με το είδος του μύκητα διακρίνονται σε λευκή σήψη (white rot), καστανή σήψη (brown rot) (εικ. 1.5) και μαλακή σήψη (soft rot). (Κρουσραλλάκη, 2017)



Εικόνα 2.3: Καστανή σήψη

## 2. Ζωικοί

Στην κατηγορία των ζωικών παραγόντων είναι τα *ξυλοφάγα έντομα (wood insects)*, π.χ. σαρακι, τερμίτες. Όπως και στους μύκητες, τα έντομα προσβάλλουν το ξύλο, είτε είναι δέντρο, πιστή ξυλεία ή ξύλινη κατασκευή. Τα ξυλοφάγα έντομα βρίσκουν καταφύγιο, τρέφονται και τοποθετούν τα αυγά τους σε αυτό. Η προσβολή ευνοείται από μεγάλες θερμοκρασίες και μικρά ποσοστά υγρασίας. Κατά την εισβολή τους δημιουργούν οπές στο ξύλο.



Εικόνα 2.4: Προσβολή εντόμων σε ξύλο, εσωτερική όψη



Εικόνα 2.5: Προσβολή εντόμων σε έπιπλο

Ένας άλλος ζωικός παράγοντας αλλοίωσης ξύλου είναι οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί οι οποίοι προσβάλλουν ξύλινες κατασκευές που βρίσκονται σε θαλασσινό νερό π.χ. υποστήριγματα αποβάθρας, ξύλινα σκάφη σε ακινησία, στρογγυλή ξυλιά αποθηκευμένη κ.α. Οι οργανισμοί αυτοί προσβάλλουν το ξύλο όπως και τα έντομα, για καταφύγιο, τροφή και τοποθέτηση αυγών προκαλώντας έτσι μεγάλες ζημιές στο ξύλο. (Stalker & Applefield 1986, Unger et al. 2001)



Εικόνα 2.6: Προσβολή υποστήριγμα αποβάθρας από θαλάσσιους μικροοργανισμούς



Εικόνα 2.7: Προσβολή ξύλου από θαλάσσιο μικροοργανισμό

### ❖ Αβιοτικοί παράγοντες

Οι *κλιματικοί παράγοντες*, δηλαδή η θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχή, χιόνι, αέρας, φώς κ.α., προκαλούν αλλοιώσεις στο ξύλο όταν αυτό είναι εκτεθειμένο πολύ καιρό στο ύπαιθρο. Αλλοιώσεις στο ξύλο προκαλούνται και από την ρύπανσης της ατμόσφαιρας.

Η μακροχρόνια έκθεση του ξύλου στις εξωτερικές συνθήκες και στις εναλλαγές τους, προκαλούν στο ξύλο το *φαινόμενο γήρανσης*, εμφανίζοντας ραγαδώσεις, στρεβλώσεις, επιφανειακή διάβρωση και μεταβολής χρώματος στο ξύλο.

Κατά την βροχόπτωση το ξύλο προσροφά υγρασία και κατά την έκθεση του στον ήλιο το ξύλο αποβάλλει υγρασία, προκαλώντας την αύξηση και μείωση των επιπέδων υγρασίας. Το ξύλο ρικνώνεται και διογκώνεται με αποτέλεσμα την αποκόλληση των αυξητικών δακτυλίων, ραγαδώσεις των κυτταρικών τοιχωμάτων κ.α. (Τσουμής, 2009).

Γενικά το φώς και οι υπεριώδης ακτίνες του ήλιου, σε συνδυασμό την θερμότητα, προκαλούν χρωματικές μεταβολές, αλλά μπορούν να προκαλέσουν και ελάττωση της μηχανικής αντοχής του, ραγαδώσεις, επιφανειακή διάβρωση κάνοντας την επιφάνεια περισσότερο πορώδης και ινώδης. Παρατηρείται ελάττωση του βαθμού πολυμερισμού της κυτταρίνης και άλλων χημικών αλλοιώσεων όπως θραύση χημικών δεσμών, αλλοίωση της λιγνίνης και έκλυση χημικών ουσιών.

Άλλοι παράγοντες που προκαλούν αλλοιώσεις στο ξύλο είναι οι επανειλημμένες μηχανικές φορτίσεις που ασκούνται σε αυτό, ανάλογα με την χρήση του, παραδείγματος χάριν όταν το ξύλο χρησιμοποιείται σε στρωτήρες σιδηροδρόμων, πατώματα, σκάλες, είτε είναι απλά ραφεία σε μια βιβλιοθήκη κ.τ.λ.

## 2.3. Προστασία του ξύλου

Η προστασία του ξύλου είναι σημαντική για την αύξηση της διάρκειας ζωής του και την διατήρηση της αισθητικής του.

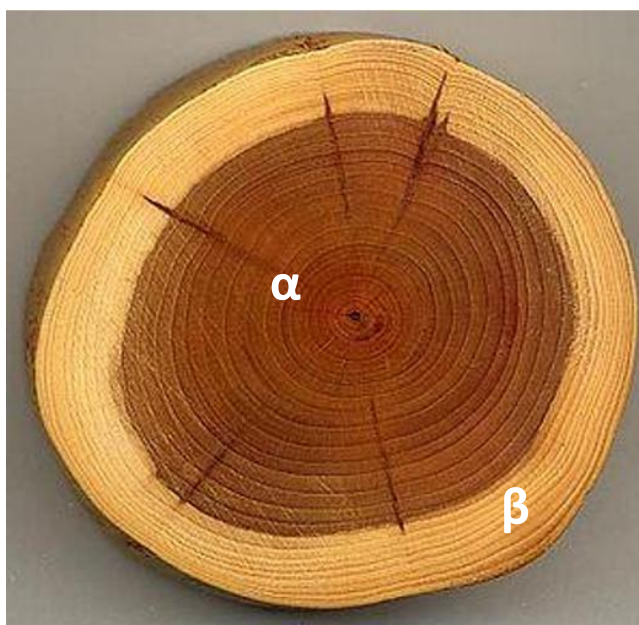
### 2.3.1. Φυσική ανθεκτικότητα

Φυσική ανθεκτικότητα ονομάζεται η ανθεκτικότητα που παρουσιάζει το κάθε είδος ξύλου στους βιολογικούς κινδύνους από την φύση του. Εκτός από την επίδραση των εξωτερικών συνθηκών εξαρτάται επίσης από την χρήση του ξύλου, π.χ. εξωτερικές κατασκευές στην ύπαιθρο, κατασκευές σε επαφή με το έδαφος, κατασκευές μέσα σε νερό ή τη θάλασσα κ.α. (Σαρκατζή, 2022)

Η φυσική προστασία του ξύλου εξαρτάται από δύο κύριους παράγοντες που είναι το είδος του ξύλου και τα εκχυλίσματα που εμπεριέχονται σε αυτό. “Τα εκχυλίσματα είναι φυσικές ουσίες που προστατεύουν το ξύλο από προσβολές μυκήτων, εντόμων, τερμιτών και άλλων οργανισμών”. (Μαντάνης 2009, σελ. 100)

Τα εκχυλίσματα είναι ουσίες οι οποίες δεν παίρνουν μέρος στην δομή της ξυλώδους ύλης όπως τα κύτταρα απλά βρίσκονται μέσα στο ξύλο και ονομάζονται εκχυλίσματα γιατί μπορούν ως ένα βαθμό να εκχυλιστούν από αυτό.

Ξύλα τα οποία περιέχουν εκχυλίσματα συνήθως έχουν πιο σκούρο χρώμα και γενικότερα περισσότερη ανθεκτικότητα και φυσική διάρκεια. Κανόνας είναι πως το εγκάρδιο<sup>7</sup> ξύλο έχει πάντα περισσότερη ανθεκτικότητα από το *σομφό*<sup>8</sup> ξύλο, το οποίο έχει και πιο ανοιχτό χρώμα. (Κωστάντου, 2012)



Εικόνα 2.8: (α) Εγκάρδιο ξύλο, (β) Σομφό ξύλο

### 2.3.2. Τρόποι προστασίας του ξύλου

Πέρα από την φυσική προστασία που παρέχουν τα εκχυλίσματα στο ξύλο, εφαρμόζονται από τον άνθρωπο και άλλοι τρόποι για την προστασία του. Αυτοί οι τρόποι επεκτείνουν την ζωή του ξύλου και καλυτερεύουν τις ιδιότητές του, με αποτέλεσμα να μην γίνεται επιπλέον δαπάνη για την κατασκευή προϊόντων που προέρχονται από αυτό.

Παρακάτω αναφέρονται διάφορες επεξεργασίες - τρόποι για την προστασίας του ξύλου:

<sup>7</sup> Εγκάρδιο ξύλο: είναι το κεντρικό τμήμα του κορμού και είναι πιο σκούρο από το υπόλοιπο

<sup>8</sup> Σομφό ξύλο: είναι το ξύλο που περιβάλλει το εγκάρδιο

### 2.3.2.1. Εμποτισμός του ξύλου

Ο εμποτισμός του ξύλου είναι μια διαδικασία κατά την οποία χημικά διαλύματα διεισδύουν βαθιά στη μάζα του ξύλου επιτυγχάνοντας έτσι την υψηλή αντοχή του σε βιολογικούς κινδύνους, καθώς και για να βελτιώσουν τη μηχανική αντοχή και την ανθεκτικότητα του στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η διαδικασία εμποτισμού μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους, ανάλογα με το είδος του ξύλου και την χρήση που προορίζεται.

Οι μέθοδοι αυτοί διακρίνονται σε:

- Εμποτισμός *χωρίς εφαρμογή πίεσης*, όπου η εφαρμογή των χημικών ουσιών γίνεται με *επάλειψη* χρησιμοποιώντας ένα πινέλο ή βούρτσα, με *ραντισμό*, με απλή *εμβάπτιση*, κατά την οποία το ξύλο εμβαπτίζεται σε διάφορες χημικές ουσίες, και με την *μέθοδο διάχυσης*<sup>9</sup>. Η μέθοδοι αυτοί θεωρούνται λιγότερο αποτελεσματικοί. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνεται και η μέθοδος *θερμού και ψυχρού λουτρού*, όπου το ξύλο τοποθετείται διαδοχικά σε θερμό λουτρό (υψηλές θερμοκρασίες) και έπειτα σε ψυχρό λουτρό (θερμοκρασία περιβάλλοντος) στα οποία περιέχεται συντηρητικό.
- Εμποτισμός *υπό πίεση*, όπου εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διείσδυση του χημικού στο ξύλο και καλύτερη συγκράτηση του από αυτό.

Διακρίνονται σε:

- ✓ Εμποτισμό *υπό υψηλής πίεση* ή αλλιώς *μέθοδο πλήρων κυττάρων*, όπου το ξύλο τοποθετείται σε κλειστό θάλαμο στον οποίο εφαρμόζεται κενό 600 TORR για μισή ώρα περίπου, στη συνέχεια ο θάλαμος γεμίζει με την συντηρητική ουσία, ασκείται ατμοσφαιρική πίεση (7-8 ατμόσφαιρες) μέχρι το συντηρητικό να διεισδύσει στο ξύλο, έπειτα η πίεση αφαίρεση με την ουσία και τέλος εφαρμόζεται κενό 400 TORR για περίπου δέκα λεπτά, ούτως ώστε να απομακρυνθεί η ουσία από την επιφάνεια του ξύλου (Φιλίππου 2014).
- ✓ Εμποτισμό με *σταδιακή αύξησης πίεσης* ή αλλιώς *μέθοδος κενών κυττάρων*, όπου αρχικά στο θάλαμο εφαρμόζεται μικρή πίεση για δέκα λεπτά, εισάγεται η ουσία και παράλληλα αυξάνεται η πίεση (7-8 ατμόσφαιρες), η οποία διατηρείται για μια ώρα ή και περισσότερο. Στη

<sup>9</sup> Μέθοδος διάχυσης: Το ξύλο έχει υγρασία πάνω από 60% στο οποίο εφαρμόζεται το εμποτιστικό σε μορφή πάστας στην επιφάνεια του ξύλου και στη συνέχεια σκεπάζεται και αφήνεται μερικές εβδομάδες. (Κακαράς. 2000. Σελ. 78)

συνέχεια η ουσία αφαιρείται μαζί με την πίεση και εφαρμόζεται κενό 500 TORR για δέκα λεπτά (Φιλίππου 2014).

- ✓ Εμποτισμό με κενό – πίεση – κενό (διπλού κενού) ή αλλιώς *VPV (Vacuum – Pressure – Vacuum)*. Αυτή η μέθοδος συνδυάζει τη χρήση κενού και πίεσης για να εξασφαλίσει την πλήρη και ομοιόμορφη κατανομή των χημικών ουσιών στο ξύλο και αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές μεθόδους για τον εμποτισμό του ξύλου. Το ξύλο τοποθετείται σε θάλαμο, δημιουργείται κενό για να αφαιρεθεί ο αέρας από τα κενά και τα κύτταρα του ξύλου με αποτέλεσμα να επιτρέπεται η μέγιστη απορρόφηση του χημικού διαλύματος. Στη συνέχεια ο θάλαμος γεμίζει με το συντηρητικό ενώ το κενό αφαιρείται και αυξάνεται η πίεση. Το συντηρητικό απομακρύνεται από το θάλαμο και εφαρμόζεται ξανά κενό για να αφαιρεθεί το περίσσιο διάλυμα από την επιφάνεια του ξύλου (Κακαράς, 2000).
- ✓ Εμποτισμός με εναλλασσόμενες πιέσεις ή αλλιώς *O.P.M. (oscillating and alternating pressure methods)*. Στην μέθοδο αυτή εφαρμόζονται εναλλακτικά το κενό και η πίεση στο ξύλο, πάλι με την χρήση χημικού διαλύματος και θαλάμου (Κακαράς, 2000).
- ✓ Άλλη μέθοδος εμποτισμού του ξύλου με πίεση είναι η *μέθοδος υγραιών (liquefied gas process)*. Σε αυτή την διαδικασία ο εμποτισμός του ξύλου γίνεται με την χρήση υγροποιημένων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Το ξύλο τοποθετείται σε θάλαμο, εφαρμόζεται κενό και έπειτα το υγροποιημένο αέριο εισάγεται στο θάλαμο με υψηλή πίεση (μέθοδος πλήρων κυττάρων). Με αυτή τη μέθοδο το συντηρητικό μπορεί να διεισδύσει ακόμα και στο εγκάρδιο. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά φιλική προς το περιβάλλον σε σχέση με άλλες μεθόδους όπου ο εμποτισμός γίνεται με χημικά διαλύματα (Anders, 2009).
- ✓ Μέθοδος *Boulton*, είναι μια μέθοδος εμποτισμού και ξήρανσης στο ξύλο. Η διαδικασία αυτή συνδυάζει τη χρήση θερμότητας και κενού για να βελτιώσει την απορρόφηση των συντηρητικών χημικών ουσιών από το ξύλο. Το ξύλο τοποθετείται σε έναν κλειστό θάλαμο εμποτισμού στον οποίο διοχετεύεται το συντηρητικό διάλυμα που θερμαίνεται στους 80-105°C και στη συνέχεια εφαρμόζεται κενό, αφαιρώντας τον αέρα από τα κενά και τα κύτταρα του ξύλου. Ο θάλαμος αφήνεται να κρυώσει, και το

ξύλο στεγνώνει, διατηρώντας τις χημικές ουσίες που έχουν διεισδύσει σε αυτό (Yuen, 1952).

Αποδεικνύεται πως με τον εμποτισμό του ξύλου υπό πίεση αυξάνεται η φυσική διάρκεια του έως και δεκαπέντε φορές ανάλογα με την μέθοδο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

#### **2.3.2.2. Μερική θερμική τροποποίηση του ξύλου**

Η *μερική απανθράκωση* χρησιμοποιούταν από τα αρχαία χρόνια για την βελτίωση των ιδιοτήτων του ξύλου κυρίως για τη ρίκνωση και τη διόγκωση του, την σκληρότητα, αλλά και για στην αντοχή του προς τη φωτιά. Περιλαμβάνει την επιφανειακή καύση του ξύλου, με αποτέλεσμα το ξύλο να αποκτά σκούρο προς μαύρο χρώμα.

#### **2.3.2.3. Θερμική τροποποίηση του ξύλου**

Η *θερμική τροποποίηση* είναι μια διαδικασία που βελτιώνει τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου. Παράγεται με την χρήση θερμότητας και ατμού, όπου η σύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων και οι ιδιότητες του ξύλου τροποποιούνται μέσω της έκθεσης του σε θερμοκρασίες περίπου 160 C<sup>0</sup> έως 260 C<sup>0</sup>, χωρίς την χρήση χημικών ουσιών και σε περιβάλλον χωρίς την παρουσία οξυγόνου για την αποφυγή της καύσης του. Μετά την ολοκλήρωση της θερμικής διαδικασίας, το ξύλο ψύχεται σταδιακά για να αποκατασταθεί η υγρασία και η σταθερότητα στις διαστάσεις του.

Τα θερμικά τροποποιημένα ξύλα, παρουσιάζουν αυξημένη ανθεκτικότητα στους μύκητες και άλλους βιοτικούς οργανισμούς, βελτιώνεται σημαντικά η διαστασιακή του σταθερότητα (ρίκνωση και διόγκωση), και αποκτά πιο σκούρο χρώμα.

Τα προϊόντα που παράγονται προορίζονται συνήθως για δάπεδα, εξωτερικές κατασκευές (π.χ. προσόψεις κτιρίων, κουφώματα κ.τ.λ.), αλλά και για εσωτερικές επενδύσεις. Τέτοια προϊόντα είναι τα Thermowood, OHT, Platowood, Vacwood κ.α.

#### **2.3.2.4. Χημική τροποποίηση του ξύλου**

Η χημική τροποποίηση του ξύλου είναι μια διαδικασία κατά την οποία το ξύλο υποβάλλεται σε χημικές αντιδράσεις για να βελτιωθούν οι ιδιοτήτές του, όπως η αντοχή σε βιολογικούς παράγοντες, η σταθερότητα των διαστάσεων και η ανθεκτικότητα του στις καιρικές συνθήκες. Αυτή η τροποποίηση περιλαμβάνει την εισαγωγή χημικών ουσιών στη μάζα του ξύλου, και οδηγεί στη χημική αλλαγή του κυτταρικού τοιχώματος. Το ξύλο γίνεται πιο ανθεκτικό σε μύκητες, έντομα και άλλους βιολογικούς παράγοντες, μειώνεται η απορρόφηση υγρασίας, απαιτεί λιγότερη συντήρηση στο ξύλο και αποκτά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

#### Τεχνικές χημικής τροποποίησης:

- **Ακετυλίωση (Acetylation):** Η ακετυλίωση του ξύλου είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την τροποποίηση των χημικών ιδιοτήτων του ξύλου, με σκοπό να βελτιωθεί η αντοχή του σε υγρασία και βιολογικούς παράγοντες, όπως μύκητες και έντομα. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την αντίδραση των υδροξυλομάδων του ξύλου με οξικό ανυδρίτη ( $\text{CH}_3\text{CO}$ )<sub>2</sub>O, σχηματίζοντας ακετυλιωμένες ενώσεις και απελευθερώνοντας ως παραπροϊόν οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Το ξύλο καθαρίζεται και στεγνώνεται ώστε να αφαιρεθεί η υγρασία. Έπειτα τοποθετείται σε ένα κλειστό θάλαμο και εμποτίζεται υπό πίεση με οξικό ανυδρίτη. Ο θάλαμος θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες (συνήθως 100-140°C) για δύο με τέσσερις ώρες, επιτρέποντας την αντίδραση του οξικού ανυδρίτη με τις υδροξυλομάδες του ξύλου. Το ξύλο αφαιρείται από τον θάλαμο και απομακρύνεται το υπολειμματικό οξικό οξύ. Το ξύλο ξηραίνεται ξανά για να αφαιρεθεί η υπολειμματική υγρασία. Η ακετυλίωση του ξύλου αυξάνει τη διάρκεια ζωής του και αποτελεί μια φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο, καθώς δεν χρησιμοποιεί τοξικά χημικά και βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του ξύλου χωρίς να αλλοιώνει την εμφάνισή του (Sandberg 2017, Φιλίππου 2014).

#### **2.3.2.5. Αποθήκευση**

Σωστή *αποθήκευση* του ξύλου σε ξηρό, καλά αεριζόμενο χώρο χωρίς να ακουμπάει στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η υγρασία και η ανάπτυξη μούχλας.

#### **2.3.2.6. Συντήρηση**

Η τακτική επιθεώρηση και *συντήρηση* για να εντοπίζονται έγκαιρα φθορές και προβλήματα, όπως σάπισμα ή έντομα κρίνεται απαραίτητη.

Αυτοί οι τρόποι μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό, ανάλογα με τις ανάγκες και τις συνθήκες χρήσης του ξύλου.

Η χρήση όμως των συντηρητικών για το ξύλο απαιτεί προσοχή και συμμόρφωση με τους τοπικούς κανονισμούς και περιβαλλοντικές οδηγίες. Πολλά από τα συντηρητικά είναι τοξικά και μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. (Καπερίδου, Μπαρμπούτης, 2009). Επίσης, το ξύλο που έχει εμποτιστεί με συντηρητικά πρέπει να διαχειρίζεται κατάλληλα στο τέλος της ζωής του, αποφεύγοντας την καύση ή την απόρριψη σε μη εγκεκριμένες περιοχές.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εμποτισμού και του σωστού συντηρητικού εξαρτάται από τη χρήση του ξύλου, τις κλιματικές συνθήκες και τις ειδικές απαιτήσεις του έργου.

#### **2.3.2.7. Χρήση καλυμμάτων**

Προστατευτικά καλύμματα (π.χ. πλαστικά ή αδιάβροχα υφάσματα), μπορούν να αποδειχτούν χρήσιμα για την προστασία του ξύλου από τις καιρικές συνθήκες.

### **2.3.3. Προστατευτικές ουσίες**

#### **2.3.3.1. Βαφές και βερνίκια**

- Βαφές: Προστατεύουν από την ηλιακή ακτινοβολία και την υγρασία. Οι βαφές με βάση το λάδι διεισδύουν καλύτερα στο ξύλο.
- Βερνίκια: Περιέχουν επιπλέον προστασία από γρατζουνιές και φθορές. Υπάρχουν βερνίκια για εσωτερική και εξωτερική χρήση.

#### **2.3.3.2. Συντηρητικά**

- Υδατοδιαλυτά συντηρητικά: Προστατεύουν το ξύλο από μύκητες, έντομα και μικροοργανισμούς.
- Ελαιοδιαλυτά συντηρητικά: Προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια προστασίας και είναι ιδανικά για ξύλο σε εξωτερικούς χώρους.

#### **2.3.3.3. Λάδια και κεριά**

- Λάδι Λιναριού ή Τεγιορέ: Διεισδύουν στο ξύλο και το προστατεύουν από την υγρασία.
- Κερί: Προσφέρει μια φυσική γυαλάδα και προστατεύει από την υγρασία και την βρωμιά.

#### **2.3.3.4. Ρητίνες**

Οι ρητίνες (π.χ. πολυουρεθάνης) δημιουργούν ένα σκληρό προστατευτικό στρώμα που αυξάνει την αντοχή του ξύλου σε φθορές και υγρασία.

#### **2.3.3.4. Αερογόνες και καπνογόνες ουσίες**

- Αερογόνες ουσίες: Αυτές οι ουσίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την προστασία του ξύλου από έντομα και μύκητες και άλλους βιοτικούς παράγοντες.
- Καπνογόνες Ουσίες: Χρησιμοποιούνται κυρίως για την εξάλειψη εντόμων και άλλων παρασίτων που βρίσκονται μέσα στο ξύλο ή σε αποθηκευμένες ξύλινες κατασκευές.

#### **2.3.3.5. Πολυμερή και σύνθετα υλικά**

Τα πολυμερή υλικά είναι ουσίες που αποτελούνται από μεγάλες αλυσίδες μορίων, τα οποία ονομάζονται μονομερή και ενώνονται μέσω χημικών δεσμών.

Τα σύνθετα υλικά (composite materials or composites) είναι υλικά που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα συστατικά με διαφορετικές φυσικές ή χημικές ιδιότητες.

#### **2.3.4. Πολυμερή και σύνθετα υλικά για την προστασία επιφανειών ξύλου**

##### **2.3.4.1. Πολυμερή**

Τα πολυμερή βρίσκουν εκτεταμένη χρήση σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής και της βιομηχανίας λόγω των μοναδικών τους ιδιοτήτων.

Για την προστασία του ξύλου, χρησιμοποιούνται διάφορα πολυμερή που προσφέρουν αντοχή στις καιρικές συνθήκες, την υγρασία, τους μύκητες και τα παράσιτα. Αυτά τα πολυμερή μπορούν να εφαρμοστούν ως επιχρίσματα, στεγανωτικά, βερνίκια ή βαφές. Μερικά από τα πιο κοινά πολυμερή για την προστασία του ξύλου περιλαμβάνουν:

- Πολυουρεθάνη (Polyurethane): Τα Πολυουρεθανικά βερνίκια τα οποία εφαρμόζονται στην επιφάνεια του ξύλου προστατεύοντας το έτσι από την υγρασία και την φθορά. Παρέχουν σκληρή ανθεκτική επιφάνεια που αντέχει στις γρατζουνιές και στα χτυπήματα. (Κουσαθανάς 2017)
- Τα ακρυλικά (Acrylics), τα οποία περιλαμβάνουν βαφές και βερνίκια, χρησιμοποιούνται ευρέως για την εξωτερική και εσωτερική προστασία του ξύλου. Εφαρμόζονται εύκολα, συνήθως με την χρήση πινέλων, στεγνώνουν γρήγορα και αναπτύσσουν αντοχές στις καιρικές συνθήκες και στην ακτινοβολία UV.
- Εποξικά (Epoxy): Οι εποξικές ρητίνες συνήθως χρησιμοποιούνται για την προστασία του ξύλου σε σκληρές συνθήκες, όπως σε θαλάσσιο περιβάλλον. Δημιουργούν πολύ ανθεκτικές επιφάνειες οι οποίες είναι ανθεκτικές στην υγρασία και σε χημικά διαλύματα.
- Πολυεστέρας (Polyester): Πολυεστερικές ρητίνες χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδιασμό με υαλοβάμβακα για την ενίσχυση και προστασία του ξύλου. Παρέχουν αντοχή στην υγρασία και στις χημικές ουσίες και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σε σκάφη και άλλες κατασκευές που είναι εκτεθειμένες σε νερό.

- Βινυλοπολυμερή (Vinyl Polymers): Τα βινιλικά στεγνωτικά και βερνίκια χρησιμοποιούνται για την προστασία του ξύλου από την υγρασία και την φθορά. Παρέχουν ελαστικότητα και αντοχή στις καιρικές συνθήκες.
- Αλκιδικά (Alkyd): Τα αλκιδικά είναι βαφές και βερνίκια που χρησιμοποιούνται κυρίως για εξωτερικές εφαρμογές για την προστασία του ξύλου. Παρέχουν καλή διείσδυση στο ξύλο, αντοχή στην υγρασία και μεγάλη διάρκεια ζωής.

Ένα από τα φημισμένα και πολυχρησιμοποιημένα υλικά για την προστασία του ξύλου είναι το *Paraloid B-72*. Είναι ένα ακρυλικό πολυμερές, συγκεκριμένα ένα συμπολυμερές αιθυλικής μεθακρυλικής και μεθακρυλικής μεθυλεστέρα (Ethyl Methacrylate-co-Methyl Acrylate) (Μανούδης Π. 2009). Το Paraloid B-72 συνήθως διαλύεται σε οργανικούς διαλύτες, όπως η ακετόνη ή το αιθυλικό αλκοόλ, για να δημιουργηθεί ένα διάλυμα που μπορεί να εφαρμοστεί με πινέλο, ψεκασμό ή εμβάπτιση. Η συγκέντρωση του διαλύματος και η μέθοδος εφαρμογής εξαρτώνται από την επιθυμητή χρήση και το αντικείμενο που προστατεύεται. Αποτελεί κυρίως υδρόφοβο υλικό γεγονός που το καθιστά ένα από τα πιο πολύτιμα εργαλεία στη προστασία του ξύλου.

Οι διαλύτες παίζουν κρίσιμο ρόλο σε πολλές χημικές, βιομηχανικές και καθημερινές διαδικασίες. Ο κύριος ρόλος τους είναι η διάλυση άλλων ουσιών, διευκολύνοντας έτσι τις χημικές αντιδράσεις. Χρησιμοποιούνται στη σύνθεση πολλών χημικών προϊόντων, όπως χρώματα, βερνίκια, κόλλες και πλαστικά. Για παράδειγμα η ακετόνη ( $C_3H_6O$ ) είναι μια απλή οργανική ένωση που ανήκει στην κατηγορία των κετονών. Αποτελείται από τρία άτομα άνθρακα, έξι άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Χρησιμοποιείται ευρέως ως διαλύτης σε πολλές βιομηχανίες, όπως τα καλλυντικά, τα χρώματα και τα βερνίκια και ως αντιδραστήριο στη σύνθεση οργανικών ενώσεων. Όπως και η φουρφουρυλική αλκοόλη ονομάζεται επίσης φουρανική μεθανόλη ή οξυμεθυλένιο μεθανόλη. Με την προσθήκη καταλύτη υπό κανονικές συνθήκες ή με την εφαρμογή θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσουν για την παραγωγή ρητίνης. Στόχος της μεθόδους είναι ο εμποτισμός του ξύλου με μόρια φουρφουρυλικής αλκοόλης και όξινους καταλύτες. Μετά τη θέρμανση και με τη δράση του καταλύτη, δηλαδή της φουρφουρυλικής αλκοόλης τα μόρια σχηματίζουν πολυμερές ρητίνη, η οποία γεμίζει τα κενά του ξύλου. Έτσι φουσκώνει το κυτταρικό τοίχωμα, με αποτέλεσμα να βελτιώνονται τις ιδιοτήτων του ξύλου. (Bi, Li, Hui, Gaff, Lorenzo, Corbi, Ashraf. 2021)

#### 2.3.4.2. Σύνθετα

“Τα πρώτα σύνθετα υλικά επινοήθηκαν από την φύση (φυτικοί και ζωικοί ιστοί, αλλά αργότερα βεβαίως και από τον άνθρωπο (πλίθοι από πηλό μέσα στον οποίο έχει διασπαρθεί άχυρο). Με την ανακάλυψη των πρώτων συνθετικών ρητινών φορμαλδεΐδης (UF, MF, PF) δημιουργήθηκαν και τα πρώτα σύγχρονα σύνθετα πολυμερικά υλικά ενσωματώνοντας σε αυτά κυτταρινούχες ίνες”. (Κακάβας 2010, σελ. 180)

Σύμφωνα με τον Βατάλη, τα σύνθετα υλικά χωρίζονται σε δύο επικρατέστερους τύπους, στους οποίους το πληρωτικό υλικό είναι ίνες και εκείνοι στους οποίους είναι σωματίδια όπου οι εφαρμογές τους παρουσιάζουν σημαντική βελτίωση των ιδιοτήτων τους σε σύγκριση με τα αντίστοιχα παραδοσιακά σύνθετα υλικά (Βατάλης, 2009).

Τα σύνθετα υλικά διακρίνονται με βάση την μήτρα τους σε σύνθετα υλικά *πολυμερικής μήτρας*, σύνθετα υλικά *μεταλλικής μήτρας* και σύνθετα υλικά *κεραμικής μήτρας*.

Τα σύνθετα υλικά πολυμερικής μήτρας διακρίνονται με βάση το είδος ενισχυτικού/πληρωτικού μέσου σε:

- Σύνθετα υλικά με συνεχείς ίνες προσανατολισμένες προς μία ή περισσότερες κατευθύνσεις.
- Σύνθετα υλικά με ίνες μικρού μήκους προσανατολισμένες προς μία κατεύθυνση, ή τυχαία διασκορμισμένες μέσα στην πολυμερική μήτρα.
- Σύνθετα υλικά με σφαιρικά ή ακανόνιστα σωματίδια, φυλλίδια, ή και γυάλινα κενά σφαιρίδια.
- Σύνθετα υλικά με περισσότερα του ενός ενισχυτικά μέσα (πολυφασικά πολυμερικά σύνθετα υλικά) (Κακάβας 2010).

#### Πλεονεκτήματα των σύνθετων υλικών

- Υψηλή Αντοχή και Ακαμψία: Τα σύνθετα υλικά μπορούν να προσφέρουν εξαιρετική αντοχή και ακαμψία με μικρό βάρος.
- Ανθεκτικότητα στη Διάβρωση: Τα πολυμερή και οι κεραμικές μήτρες είναι συχνά ανθεκτικά στη διάβρωση.
- Ελαφρύ Βάρος: Οι ίνες άνθρακα και τα πολυμερή έχουν υψηλή αντοχή-προς-βάρος σχέση.
- Ευκαμψία στον Σχεδιασμό: Μπορούν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη.

### Μειονεκτήματα των σύνθετων υλικών

- Δυσκολία Ανακύκλωσης: Τα σύνθετα υλικά είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν λόγω της σύνθετης φύσης τους.
- Ευαισθησία στις Υψηλές Θερμοκρασίες: Κάποια πολυμερή μπορεί να μην αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες. (Παπλιάκα 2009)

Τα σύνθετα υλικά αποτελούν σημαντικό μέρος της σύγχρονης τεχνολογίας και βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς λόγω των μοναδικών και ευέλικτων ιδιοτήτων τους. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον έχει στραφεί προς τη δημιουργία των *νανοσύνθετων υλικών (nanocomposites)*.

## Κεφάλαιο 3

### Μελέτη νανοσύνθετων υλικών και η επίδραση τους στις ιδιότητες ξύλου

#### 3.1. Εισαγωγή

“Τα νανοσύνθετα πολυμερικά υλικά έχουν ξεπροβάλει ως μια νέα τάξη υλικών” (Κακάβας, 2010, σελ. 184). Η χρήση νανοσωματιδίων σε σύνθετα υλικά παρουσιάζουν βελτίωση στις ιδιότητες των υλικών αυτών όχι μόνο στις μηχανικές αλλά και στις θερμικές, ηλεκτρικές και οπτικές τους ιδιότητες. (Κακάβας 2010, Πουρνάρα 2014)

Τα υλικά που αποτελούνται από πολυμερικές μήτρες και περιέχουν εγκλείσματα σε μέγεθος της τάξης των μανομέτρων ονομάζονται *νανοσύνθετα πολυμερικά υλικά*. Η ενσωμάτωση αυτών των δύο υλικών είναι μια συνηθισμένη πρακτική για την βελτίωση των ιδιοτήτων του ξύλου. Τα υλικά μεγέθους νανομέτρων ψευδαργύρου, χαλκού ή/και τιτανίου, μπορούν να ενσωματωθούν στη σύνθεσης μιας επίστρωσης είτε σε μείγμα διαλύματος όπου η εφαρμογή της επίστρωσης στην επιφάνεια του ξύλου μπορεί να γίνει με βύθιση, με επάλειψη ή ψεκασμό, είτε “in situ”<sup>10</sup>. Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται in situ συμβαίνουν μέσα σε ένα σύστημα χωρίς την απομάκρυνση των αντιδραστηρίων ή των προϊόντων. Αυτό είναι συχνά σημαντικό σε αντιδράσεις που είναι ευαίσθητες στον αέρα ή την υγρασία.

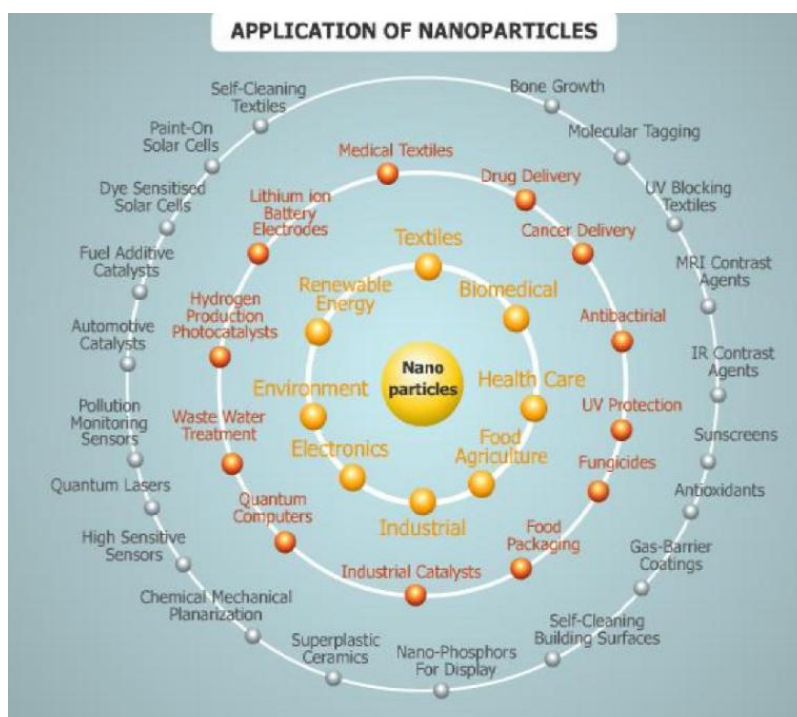
#### 3.2. Νανοσωματίδια και νανοτεχνολογία

“Το πρόθεμα “νάνο” προέρχεται από την ελληνικά λέξη νάνος. Χρησιμοποιείται στην επιστήμη και την τεχνολογία και σημαίνει  $10^{-9} = 0.000000001$ . Ένα νανόμετρο (nm) είναι δηλαδή ένα δισεκατομμύριο του μέτρου” (Πουρνάρα, 2014. σελ. 7).

Η χρήση της νανοτεχνολογίας στην επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου, αποτελεί πλεονέκτημα. Τα υλικά που είναι βασισμένα στη νανοτεχνολογία έχουν ως μοναδικό χαρακτηριστικό να διεισδύουν αποτελεσματικά σε βάθος μέσα στο ξύλο με αποτέλεσμα να αλλοιώνουν τη χημική σύνθεση της επιφάνειάς του ξύλου (Paradopoulos, Taghiyari, 2009). Αυτό επηρεάζει τις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ στερεάς επιφάνειας και νερού. Η

<sup>10</sup> Η φράση “in situ” είναι λατινική και σημαίνει “στη θέση του” ή “επιτόπου”. Στη χημεία, την επιστήμη των υλικών και άλλους τεχνικούς τομείς, η χρήση του όρου “in situ” αναφέρεται σε διαδικασίες ή μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο φυσικό τους περιβάλλον, χωρίς να αφαιρεθούν από την κανονική τους θέση. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει την παρατήρηση και τον χειρισμό συστημάτων ή υλικών με τρόπο που ελαχιστοποιεί τις αλλαγές ή τη διατάραξη τους. Υλικά όπως καταλύτες ή νανοσωματίδια μπορούν να συντεθούν και να μελετηθούν in situ για να κατανοηθούν οι διαδικασίες σχηματισμού τους.

χρήση νανοσωματιδίων τροποποιεί την μορφολογία της επιφάνειας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τραχύτητα της και έτσι να δημιουργούνται υπερυδρόφοβες επιφάνειες (Manoudis N. P. & Karapanagiotis I., 2013. Roduner, 2006).



Εικόνα 3.1: Απεικόνιση εφαρμογών των νανοσωματιδίων (Πουρνάρα 2014).

Πολλές μελέτες έδειξαν πως η χρήση νανοσωματιδίων βελτιώνουν την ιδιότητα του ξύλου στο να απορροφά υγρασία. Ο Μαντάνης και Παπαδόπουλος, εφάρμοσαν ένωση νανοτεχνολογίας ονόματι SurfaPore™ W σε ξύλο Πεύκης, όπου διαπίστωσαν πως η εφαρμογή της ένωσης μείωσε τη συνολική απορρόφηση κατά 26,5%, την πολυμοριακή απορρόφηση κατά 23,9% και την μονομοριακή απορρόφηση από 33,1% σε κορεσμό του ξύλου (Mandanis, Papadopoulos, 2010).

Σε μια άλλη μελέτη διαπιστώθηκε πως με την χρήση νανοσωματιδίων οξειδίου του ψευδαργύρου (ZnO), παρατηρήθηκε στο ξύλο διαστασιακή σταθερότητα και μείωση της υγροσκοπικότητας (Soltani, Najafi, Yousefian, Naji, Bakar, 2013). Η αντίσταση στην υγρασία που φέρουν τα νανოსύνθετα αυτά υλικά, όπως τα νανοσωματίδια  $\text{SiO}_2$ , οφείλεται κυρίως στην δημιουργία τραχύτητας της επιφάνειας. Σε πειραματική μελέτη, όπου εφαρμόστηκαν σε διάφορα υλικά νανοσωματίδια με πολυμερές, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τραχύτητας σε επιφάνειες των υλικών, μεταξύ αυτών και ξύλου. Η μέτρηση της απορρόφησης του νερού έγινε με την μέθοδο της επικαθούμενης σταγόνας, και της γωνίας επαφής υλικού και νερού, όπου η επικάλυψη του ξύλου παρουσίασε καλή πρόσφυση στο υπόστρωμα. (Ντέλια, 2018)

Η χρήση των νανοσωματιδίων αποδεικνύεται πως βελτιώνουν και τις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου. Η ακαμψία και η σκληρότητα των ανόργανων σωματιδίων σε συνδυασμό των ιδιοτήτων του πολυμερούς αλληλεπιδρούν με αποτέλεσμα την μείωση της κίνησης των τμημάτων της αλυσίδας του πολυμερές βελτιώνοντας έτσι τις μηχανικές ιδιότητες (Papadopoulos, Taghiyari, 2019). Παράλληλα κάνει το ξύλο να αντιστέκεται στην τριβή και τις γρατζουνιές.

Σε μια μελέτη, επιλέχθηκαν ως μήτρα ακρυλική πολυολική πολουρεθάνη η οποία είναι επιστροφή ικανή να σκληρύνει σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ενσωματώθηκαν επιφανειακά σωματίδια νανο-πυριτίου δύο διαφορετικών τύπων (υδρόφιλου και υδρόφοβου πυριτίου), για να διερευνηθεί αν βελτιώνονται οι ιδιότητες των προκυπτουσών επικαλύψεων. Τα δείγματα εξετάστηκαν σε μηχανική αντοχή δυνάμεων εφελκυσμού, στην αντίσταση των επιφανειών σε χάραξη και στην έκθεση σε UV ακτινοβολία. Οι επικαλύψεις που περιείχαν υδρόφοβο νανο-πυρίτιο έδειξαν καλύτερες βελτιώσεις στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, ιδιαίτερα αντίσταση στις γρατσουνιές. Η ανάμειξη του υδρόφοβου νανοπυριτικού με την επιλεγμένη μήτρα πολουρεθάνης οδήγησε σε ενισχυμένη μηχανική απόδοση καθώς και βελτιωμένη ρεολογική συμπεριφορά των νανοςύνθετων επικαλύψεων που προέκυψαν. Ενώ το υδρόφιλο νανοπυριτικού παρατηρήθηκαν χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες αντοχής. Εκφρασμένες ρεολογικές μετρήσεις έδειξαν πως οι επικαλύψεις ενσωματωμένου με υδρόφοβο νανο-πυρίτιο, έχουν μια συμπεριφορά αραίωσης διάτμησης, δηλαδή ιδιότητες κατά της χαλάρωσης. Τέλος, η ενσωμάτωση 4–8% σωματιδίων υδρόφοβου νανοπυριτίου στην επιλεγμένη, διαφανή επιστροφή πολουρεθάνης, έδειξαν βελτιωμένες ιδιότητες (Jalili 2006).

Μια άλλη ιδιότητα των νανοσωματιδίων είναι να απορροφούν την υπεριώδης ακτινοβολία (UV) με αποτέλεσμα να επεκτείνεται η ζωή της προστατευτικής επιστροφής και παράλληλα να προστατεύεται η επιφάνεια του ξύλου. Το μικρό μέγεθος των νανοσωματιδίων προσφέρουν υψηλή προστασία κατά την ακτινοβολία UV στις επιφάνειες χωρίς να καταστρέφεται η διαφάνεια των επιστρώσεων (Nikolic, M.; Lawther, J. M.; Sanadi, 2015).

Η πρόληψη της ανάπτυξης διαφόρων μικροοργανισμών αποτελεί στόχο των επιστρώσεων του ξύλου. Σε μια μελέτη αναφέρεται πως η χρήση νανοσωματιδίων είναι αποτελεσματική για τη προστασία του ξύλου ενάντια στους μύκητες και τα βακτήρια. Ορισμένα στοιχεία, και κυρίως τα ιόντα τους, μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία για την προστασία ενάντια σε διάφορους τύπους μικροοργανισμών. Ο άργυρος και ο χαλκός, είτε σε στοιχειώδη μορφή είτε ως άλατα, είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα (Bak, Nemeth, Molnar, 2018, Δαδράνη 2017). Μελέτη που διεξάχθηκε σε πανεπιστήμιο της Ιταλίας, όπου τα δείγματα ξύλου τα

οποία εμβολιάστηκαν με μύκητα, τα οποία εκτέθηκαν σε UVA ακτινοβολία για ένα μήνα, έδειξε πως νανοσωματίδια  $\text{TiO}_2$  όχι μόνο μείωσε αλλά και καθυστέρησε την ανάπτυξη των κονιδίων (Goffredoa ,Citteriob, Biavascoc, Stazid, Munafda 2024).

Να αναφερθεί πως ένας σημαντικός παράγοντας για την βελτίωση των νανოსύνθετων επιστρώσεων είναι οι αναλογίες των συστατικών που περιέχουν. Δηλαδή είναι πιθανό σε ορισμένες αναλογίες να έχουνε τη μέγιστη βελτίωση κάποιον ιδιοτήτων ενώ με την προσθήκη ενός άλλου υλικού να προκύψουν αντίθετα αποτελέσματα (Rabelo 2001, Δάλλας 2007). Σε πειραματική μελέτη παράχθηκαν, νανοσωματίδια πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) με μέση διάμετρο~25 nm από τετρααιθυλορθοπυριτικό άλας (TEOS) και PVP ως επιφανειοδραστικό με τη χρήση μεθόδου sol-gel, όπου η αναλογία σύνθεσης πυριτίου και οξυγόνου βρέθηκε ικανοποιητική. Η μέθοδος αυτή αποδεικνύεται να είναι εύκολη, οικονομική και χωρίς ρύπους για την παραγωγή νανοσωματιδίων του πυριτίου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικές εφαρμογές (Dubey 2015).

### **3.3. Χρωματικές αλλαγές της επιφάνειας του ξύλου - Μέτρηση χρώματος επιφάνειας**

Κατά την έκθεση του ξύλου στις καιρικές συνθήκες παρατηρούνται χρωματικές αλλαγές κυρίως λόγω της υπεριώδης ακτινοβολίας. Η υπεριώδης ακτινοβολίας πηγάζει από τον ήλιο και φτάνει στη γη μέσω της επανεκπομπής της από την ατμόσφαιρα (Acharli, 2023). Αυτό συμβαίνει λόγω των φωτονίων, τα οποία έχουν αρκετή ενέργεια ώστε να σπάσουν τους χημικούς δεσμούς στο ξύλο αλλά και στα πολυμερή. (Nikolic,M.; Lawther, J.M.; Sanadi, 2015). Η πιθανότητα να συμβούν χρωματικές αλλαγές στο ξύλο εξαιτίας της απορρόφησης φωτονίων, επηρεάζεται και από το περιβάλλον που βρίσκετε, αν υπάρχει η παρουσία οξυγόνου και νερού.

Σε πειράματα μελέτης, όπως και στη συγκεκριμένη εργασία, για την αντοχής του ξύλου στο φώς ή των διαφόρων υλικών που εφαρμόζονται σε αυτό, χρησιμοποιούνται κυρίως λάμπες εκκένωσης ξένου (xenon), στις οποίες έχουν προσαρμοστεί κατάλληλα φίλτρα ώστε να προσομοιώνουν το φώς του ήλιου ή το φώς της ημέρας. Ανάλογα του χρόνου παραμονής των δοκιμίων ξύλου, είτε αυτά είναι ακατέργαστα, είτε με επικάλυψη, τόσο αυξάνονται και οι επιδράσεις της έκθεσης της ακτινοβολίας σε αυτά. Η επίδραση της ακτινοβολίας, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω επιδρά στις χρωματικές αλλαγές των επιφανειών του ξύλου. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να μετρηθούν με την χρήση διάφορων συσκευών μέτρησης χρώματος επιφανειών (χρωματόμετρα), και την εφαρμογή των μετρήσεων αυτών σε συγκεκριμένο πρότυπο.

Το πρότυπο προβλέπει τις τρεις χρωματικές μεταβλητές. Σύμφωνα με το πρότυπο, η μεταβλητή  $L^*$  έχει κλίμακα από 0 ως 100 και αντιπροσωπεύει την λευκότητα του χρώματος (βάθος λευκότητας). Τιμή της μεταβλητής  $L^*$  ίση με μηδέν αντιστοιχεί στο απόλυτο μαύρο ενώ όταν είναι εκατό αντιστοιχεί στο απόλυτο λευκό χρώμα. Η μεταβλητή  $a^*$  έχει κλίμακα από -100 ως +100 και δείχνει πόσο κόκκινο (θετικές τιμές) ή πόσο πράσινο (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα (βάθος ερυθρότητας). Η μεταβλητή  $b^*$  ή αλλιώς βαθμός κιτρινίσματος έχει κλίμακα από -100 ως +100 και δείχνει πόσο κίτρινο (θετικές τιμές) ή πόσο μπλε (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα).

Οι συνολικές μεταβολές αποχρώσεων ( $\Delta E^*$ ) που οφείλονται σε κάποιο χειρισμό ή άλλο παράγοντα υπολογίζονται από τον τύπο:

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

Όταν οι τιμές του  $\Delta E^*$  είναι χαμηλές, αντιστοιχούν σε μικρές διαφορές αποχρώσεων και όταν είναι υψηλές αντιστοιχούν σε μεγάλες διαφορές αποχρώσεων.

### 3.4. Επιφανειακή τραχύτητα του ξύλου

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η χρήση νανοσύνθετων υλικών ως επίστρωση επιτυγχάνουν την τραχύτητα των επιφανειών.

Η τραχύτητα μιας επιφάνειας μετριέται και αυτή με την χρήση ειδικών συσκευών. Στην παρούσα εργασία η μέτρηση της τραχύτητας των δοκιμών έγινε με την χρήση συσκευής που χρησιμοποιεί μια μηχανική βελόνα για να σαρώσει την επιφάνεια του δοκιμίου δίνοντας τρεις ενδείξεις  $R_a$ ,  $R_q$  και  $R_z$ . Οι ενδείξεις  $R_a$ ,  $R_q$  και  $R_z$  είναι τυπικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και τον χαρακτηρισμό της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Η παράμετρος  $R_a$  (μέση τραχύτητα), είναι η μέση αριθμητική απόκλιση των προφίλ της επιφάνειας από την κεντρική γραμμή της σε ένα δεδομένο μήκος. Είναι μια από τις πιο κοινές μεθόδους μέτρησης της τραχύτητας και εκφράζει τη μέση απόσταση των ανωμαλιών από την κεντρική γραμμή.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx$$

όπου  $Z(x)$  είναι το προφίλ της επιφάνειας και  $L$  το μήκος μέτρησης.

Η παράμετρος  $R_q$  (τυπική απόκλιση της τραχύτητας), επίσης γνωστή ως RMS (Root Mean Square) τραχύτητα, είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης των τετραγώνων των αποκλίσεων

από την κεντρική γραμμή. Αυτή η μέτρηση δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις μεγαλύτερες ανωμαλίες της επιφάνειας.

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L [Z(x)]^2 dx}$$

Η παράμετρος  $Rz$  (μέγιστο ύψος τραχύτητας), είναι το μέσο άθροισμα των ύψιστων κορυφών και των βαθύτερων κοιλοτήτων της επιφάνειας σε πέντε διαδοχικά τμήματα του μήκους μέτρησης.

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (Z_{i,max} - Z_{i,min})$$

όπου  $Z_{i,max}$  είναι η μέγιστη κορυφή και  $Z_{i,min}$  είναι η μέγιστη κοιλότητα σε κάθε τμήμα.

Οι παράμετροι  $Ra$ ,  $Rq$  και  $Rz$  παρέχουν έναν ολοκληρωμένο τρόπο αξιολόγησης και χαρακτηρισμού της τραχύτητας των επιφανειών. Κάθε παράμετρος έχει τις δικές της εφαρμογές και προσφέρει διαφορετικές πληροφορίες για την ποιότητα και την απόδοση μιας επιφάνειας.

### 3.5. Τεχνητή γήρανση

#### 3.5.1. Σκοπός εφαρμογής επιταχυνόμενης γήρανσης στο ξύλο.

Η φθορά του ξύλου οφείλεται κυρίως από την φυσική γήρανση όταν το ξύλο είναι εκτεθειμένο στο περιβάλλον χωρίς καμία προστασία για πολύ καιρό. Οι κύριοι παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στο ξύλο είναι η υπεριώδης ακτινοβολία, η υγρασία και η αλλαγή της θερμοκρασία. (Mitani, 2019)

Πολύ σημαντικό για την επέκταση ζωής ενός είδους ξύλου είναι η κατανόηση των περιβαλλοντικών παραγόντων και σε πιο βαθμό οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν το κάθε είδος ξύλου. Διάφοροι τρόποι επεξεργασίας του ξύλου, ακόμα και η εφαρμογή απλών μέτρων μπορούν να αυξήσουν κατά πολύ την διάρκεια ζωής του. Συνεπώς στα πλαίσια της εφαρμογής διαφόρων τρόπων προστασίας του ξύλου περιλαμβάνονται όλες οι μελέτες για την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στο ξύλο.

Εφόσον εφαρμοστεί στο ξύλο η ανάλογη επεξεργασία μελετούνται οι επιρροές που προκαλούνται από τις έντονες συνθήκες περιβάλλοντος. Το κόνσεπτ στην εφαρμογή τεχνητής γήρανσης είναι να επιτευχθεί η φυσική γήρανση του ξύλου σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Το ξύλο τοποθετείτε σε ειδικούς κλιματικούς θαλάμους όπου εκτίθεται

σε ακραίες συνθήκες για ορισμένο χρονικό διάστημα, κατά την διάρκεια του οποίου παρακολουθούνται και καταγράφονται οι διάφορες αλλαγές που συμβαίνουν στην δομή του με αποτέλεσμα την οποιαδήποτε αλλαγή των ιδιοτήτων του. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο ρυθμός της φθορά που προκαλείτε από το περιβάλλον στο ξύλο.

Παρόλα αυτά οι τεχνητές συνθήκες στο θάλαμο μπορούν να προσεγγίσουν τις φυσικές ως ένα βαθμό αφού πολλά παίζουν ρόλο, όπως οι δυνάμεις της αποσύνθεσης στο φυσικό κόσμο, η εποχή και η τοποθεσία του ξύλου, όπως και η επιρροή των διαφόρων μικροοργανισμών. Στην περίπτωση όμως πειραματικών μελετών μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για το ξύλο και το κάθε υλικό.

Όπως στο ξύλο έτσι και στα πολυμερή η τεχνητή γήρανση μπορεί να προκαλέσει φθορές. Κατά την γήρανση τα πολυμερή μπορεί να αποπολυμεριστούν ή να υπάρξουν αντιδράσεις πλευρικής αλυσίδας. Στον αποπολυμερισμό το πολυμερή διασπάται σε μονομερή, διμερή, τριμερή ή ακόμα και σε μικρότερο μήκος αλυσίδας. Οι πλευρικές αντιδράσεις χωρίζονται σε δυο τύπους: την διάσπαση της πλευρικής αλυσίδας και την κυκλοποίηση. Όταν η έκθεση τους είναι μακροχρόνια έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του υλικό στις αρχικές του ιδιότητες (Allen 1992, Παπλιάκα 2009, Κουσαθανάς 2017).

Για την πραγματοποίηση του πειράματος στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Suntest XLS+. Είναι ένα εξελιγμένο εργαστηριακό σύστημα προσομοίωσης ηλιακού φωτός, το οποίο χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση των δοκιμών αντοχής υλικών και προϊόντων στην ηλιακή ακτινοβολία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Χρησιμοποιεί πηγή ξένον που προσομοιώνει το πλήρες φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, από την υπεριώδη (UV) έως την υπέρυθη (IR) ακτινοβολία. Αυτό επιτρέπει την ακριβή αναπαράσταση των πραγματικών συνθηκών ηλιακού φωτός. Διαθέτει σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας που επιτρέπει τη ρύθμιση και τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Αυτό είναι σημαντικό για την αξιολόγηση της θερμικής αντοχής των υλικών. Παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της σχετικής υγρασίας, επιτρέποντας τη δοκιμή των υλικών υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

## Κεφάλαιο 4

### Πειραματικό Στάδιο

#### 4.1. Εισαγωγή

Για να μπορέσει να αναπτυχθεί μια χρήσιμη μέθοδος προστασίας ξύλινων επιφανιών, πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραμάτων όπου μέσα από τα αποτελέσματα ευρύνθηκαν κάποιες διαπιστώσεις.

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ειδικός χώρος εργαστήριου χημείας, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας – Σχολή Τεχνολογίας, Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού, όπου εκεί υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες και οι κατάλληλα συσκευές.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια 31 ημερών (1 μήνα), από την πρώτη μέρα που έγινε η εμφάνιση και στη συνέχεια η τοποθέτηση τους στο θάλαμο Suntest XLS+, μέχρι την τελευταία μέρα όπου και έγιναν οι τελικές μετρήσεις σε αυτά.

#### 4.2. Πειραματική διαδικασία

Τα ξύλα που επιλέχθηκαν είναι ο Δρυς και ο Αϊλανθος. Αυτά τα είδη ξύλου, κατατάσσονται στην κατηγορία δακτυλιόπορων πλατύφυλλων. Ο Δρυς επιλέχθηκε λόγω του ότι αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά και πολύτιμα είδη ξύλου παγκοσμίως, χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές λόγω της αντοχής, της αισθητικής και των μηχανικών του ιδιοτήτων. Ο Αϊλανθος επιλέχθηκε λόγω του ότι αποτελεί ένα ταχυαυξές<sup>11</sup> είδος πλατύφυλλου.

Αρχικά έγινε η κοπή των δοκιμών ξύλου σε διαστάσεις, περίπου 20mm μήκος x 20mm πλάτος x 10mm πάχος, στα οποία αφαιρέθηκαν τυχών αγκίδες. Στην συνέχεια έγινε διαχωρισμός και σήμανση διακοσίων εξήντα δυο, σε σύνολο, δοκιμών σε δύο ομάδες όπου, για τα δοκίμια Δρυ ονομάστηκε ως ομάδα “Ο” (Oak) και για τα δοκίμια του Αϊλανθου ομάδα “Α”. Ακολούθησε η μέτρηση των ακριβές διαστάσεων τους (αξονικά, εφαπτομενικά, ακτινικά) με παχύμετρο, και του βάρους με ζυγαριά ακριβείας. Στη συνέχεια έγινε η καταγραφή των δεδομένων σε έγγραφο Microsoft excel.

---

<sup>11</sup> Ταχυαυξές: Αυξάνεται - αναπτύσσετε γρήγορα



Εικόνα 4.1: Διαχωρισμός δοκιμών ξύλου Δρυ σε ομάδες

Στη συνέχεια έγινε μέτρηση του χρώματος του κάθε δοκιμίου στην επιφάνεια που δεν σημάνθηκε (εικ.4.2). Στην ίδια επιφάνεια έγινε και η μέτρηση της τραχύτητας. Η μέτρηση της τραχύτητας πραγματοποιήθηκε με κίνηση παράλληλα των ακτινών-νερών των ξύλινων δοκιμίου (εικ. 4.3) αλλά και κάθετα σε αυτά. Όλα τα αποτελέσματα καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν στο λογιστικό πρόγραμμα Excel.



Εικόνα 4.2: Μέτρηση χρώματος επιφάνειας δοκιμίου



Εικόνα 4.3: Μέτρηση τραχύτητας σε δοκίμιο Δρυός

### 4.3. Παρασκευή σύνθετων υλικών με νανοσωματίδια

Για την παρασκευή των διαλυμάτων με νανοσωματίδια, χρησιμοποιήθηκε το ακρυλικό πολυμερές Paraloid B72, το οποίο είναι υλικό ευρέως χρηστικό για την προστασία του ξύλου. Επίσης αποτελεί υδρόφοβο υλικό (εικ. 4.5). Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε ακετόνη,

η οποία παρουσιάζει χαμηλή τοξικότητα σε σχέση με άλλους διαλύτες, και τέλος νανοσωματίδια οξειδίου του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) μεγέθους 7nm. Η επιλογή αυτών των νανοσωματιδίων έγινε λόγω της ιδιότητάς τους να είναι υδρόφοβα, της διαφάνειας του υλικού και της χημικής ανθεκτικότητας που παρουσιάζουν.

Κατά τη διάρκεια παρασκευής των διαλυμάτων αναμίχθηκαν 80% ακετόνη σε 20% Paraloid B72, μαζί με διαφορετικά ποσοστά νανοσωματιδίων. Συγκεκριμένα οι συγκεντρώσεις που παράχθηκαν ήταν 0% (μόνο Paraloid), 1%, 2%, 3% και 4% νανοσωματίδια.



Εικόνα 4.4: Μέτρηση όγκου Paraloid B72



Εικόνα 4.5: Συσκευή ανάμιξης με την χρήση μαγνήτη

Η μέτρηση και η ανάμιξη της δοσολογίας των διαλυμάτων έγιναν σε ειδικά δοχεία (beaker) (εικ. 4.4), τα οποία είχαν βαθμονομημένες ενδείξεις που εξυπηρέτησαν στην μέτρηση του όγκου των υλικών. Η ανάμιξη έγινε με την χρήση ειδικής συσκευής ανάμιξης στην οποία προστέθηκε ειδικός μαγνήτης μέσα στο μείγμα ο οποίος εκτελούσε μια περιστροφική κίνηση, με αποτέλεσμα την ανάμιξη των υλικών. Αρχικά αναμίχθηκαν η ακετόνη με την Paraloid σε πέντε διαφορετικά beaker, και στη συνέχεια προστέθηκαν τα νανοσωματίδια σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

Έπειτα έγινε η εμφάνιση των δοκιμών (εικ. 4.6, 4.7) στα διαλύματα που αναλογούσαν στην κάθε ομάδα. Για παράδειγμα η ομάδα Δρυός με σήμανση "O-20" εμφάνιστηκε σε διάλυμα περιεκτικότητας 2% νανοσωματίδια κτλ. Η εμφάνιση του κάθε δοκιμίου

διαρκούσε ένα λεπτό. Έπειτα το δοκίμιο σκουπιζόταν σε απορροφητικό χαρτί και ζυγιζόταν σε ζυγαριά ακριβείας.



Εικόνα 4.6: Εμβάπτιση δοκιμίων Δρυός



Εικόνα 4.7: Εμβάπτιση και ζύγιση δοκιμίων Δρυός

Μετά από την εμβάπτιση ενός αριθμού δοκιμίων παρατηρήθηκε πως η σήμανση με στύλο στα δοκίμια έφερε ως αποτέλεσμα τον χρωματισμό του διαλύματος. Αυτό μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα τον ελαφρύ χρωματισμό των δοκιμίων κάτι που δεν παρατηρήθηκε με γυμνό μάτι.

Αφού πραγματοποιήθηκε η εμβάπτιση των δοκιμίων στις ανάλογες ομάδες τα δοκίμια τοποθετήθηκαν σε ειδικές σήτες (εικ. 4.8, 4.9) ώστε η επίστρωση να στεγνώσει. Τα δοκίμια παρέμειναν στις σήτες για τρεις μέρες ώστε να κλιματιστούν.



Εικόνα 4.8: Τοποθέτηση δοκιμίων Αΐλανθου σε ειδικές σήτες



Εικόνα 4.9: Τοποθέτηση δοκιμίων Δρυός σε ειδικές σήτες

Μετά τον κλιματισμό των δοκιμίων παρατηρήθηκε σε κάποια δοκίμια να έχει μείνει περίσσιο υλικό στην επιφάνεια όπου ακουμπούσε στη σήτα. Αυτό προέκυψε λόγω του ότι τα δοκίμια δεν σκουπίστηκαν καλά μετά την εμφάνιση. Επίσης η τοποθέτηση τους έπρεπε να είχε γίνει με την επιφάνεια της σήμανσης να ακουμπάει στην σήτα όπως φαίνεται και στα δοκίμια του Αϊλανθου (εικ.4.10).



Εικόνα 4.10: Δοκίμιο Δρυός μετά τον κλιματισμό, περίσσιο υλικό από την εμφάνιση

#### **4.4. Μέτρηση χρώματος και τραχύτητας της επιφάνειας των δοκιμίων**

Στο επόμενο στάδιο του πειράματος έγιναν μετρήσεις χρώματος της επιφάνειας όλων των δοκιμίων (εικ. 4.2). Στην επιφάνεια όπου δεν έχει γίνει η σήμανση των δοκιμίων έγινε μέτρηση με χρωματόμετρο και στην συνέχεια η καταγραφή αυτών των μετρήσεων σε excel. Η μέτρηση έγινε με όργανο χρωματομέτρησης (PCE Instrument Colorimeter). Οι πληροφορίες που παρέχει το χρωματόμετρο ήταν σε πέντε ενδείξεις L, a, b, c, και h. Έγινε η καταγραφή των τριών ενδείξεων L, a, b, οι οποίες εφαρμόζονται στον τύπο του πρότυπου "CIE Lab", προσδιορισμός χρώματος και μεταβολών χρώματος. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για να προσδιοριστούν οι οποιεσδήποτε χρωματικές μεταβολές που υπέστησαν τα δοκίμια μετά την εμφάνιση. Μετά από 21 μέρες, έγινε πάλι μέτρηση του χρώματος των επιφανειών των δοκιμίων, και τέλος μετά από 28 μέρες.

Η ίδια διαδικασία ακολούθησε και για την μέτρηση της τραχύτητας των δοκιμίων με τραχύμετρο. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Surface Roughness Measuring Tester. Η συσκευή τοποθετήθηκε σε δοκίμια τα οποία βρίσκονταν πάνω σε μια σταθερή επιφάνεια. Με αυτό τον τρόπο η συσκευή βρισκόταν στο ίδιο ύψος με το δοκίμιο στο οποίο

πραγματοποιούνταν η μέτρηση, εάν η συσκευή δεν βρισκόταν σε παράλληλο ύψος με το δείγμα τότε η μέτρηση θα ήταν λάθος. Μετά από 21 μέρες, έγινε πάλι μέτρηση της τραχύτητας των επιφανειών των δοκιμίων, και τέλος μετά από 28 μέρες.

#### 4.5. Τεχνητή γήρανση των δοκιμίων

Μετά τις πρώτες μετρήσεις τα δοκίμια, Δρυός και Αϊλανθου τοποθετήθηκαν στη συσκευή - θάλαμο Suntest XLS+ (εικ. 4.11), ώστε να εφαρμοστούν σε αυτά η διαδικασία της τεχνητής γήρανσης σε ανάλογο πρόγραμμα. Στην προκειμένη περίπτωση το πρόγραμμα διαρκούσε 28 μέρες. Επιλέχθηκαν 10 δοκίμια για κάθε ομάδα, όπου το πρώτο γράμμα υποδηλώνει το είδος, ο αριθμός τα ποσοστά νανοσωματιδίων και τέλος ο τρίτος αριθμός τον αριθμό του δοκιμίου π.χ. O-10-3 δηλαδή:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| • O-M (O = Oak, Δρυς) | • A-M (A = Αϊλανθος) |
| • O-1% νανοσωματίδια  | • A-1% νανοσωματίδια |
| • O-2% νανοσωματίδια  | • A-2% νανοσωματίδια |
| • O-3% νανοσωματίδια  | • A-3% νανοσωματίδια |
| • O-4% νανοσωματίδια  | • A-4% νανοσωματίδια |

Το “M” δηλώνει τον μάρτυρα, δηλαδή δοκίμιο χωρίς εμφάνιση.



Εικόνα 4.11: Θάλαμος – συσκευή τεχνητής γήρανσης Suntest XLS+



Εικόνα 4.12: Δοκίμια κατά την διαδικασία τεχνητής γήρανσης

Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν με τέτοιο τρόπο (εικ. 4.12) ώστε η επιφάνεια χωρίς σήμανση να είναι εκτεθειμένη, αφού εκεί θα πραγματοποιούνταν η μετρήσεις των χρωματικών αλλαγών και της τραχύτητας της επιφάνειας.

## Κεφάλαιο 5

### Αποτελέσματα

#### 5.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τις ενδείξεις – μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος στα δοκίμια Δρυός και Αΐλανθου, δίνονται τα παρακάτω αποτελέσματα.

#### 5.2 Μέτρηση χρώματος της επιφάνειας των δοκιμών

Οι μετρήσεις του χρώματος της επιφάνειας των δοκιμών έγιναν σε τρεις φάσεις. Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.1, Πίνακα 5.2), παρουσιάζονται οι χρωματικές μεταβολές ΔΕ\* των δοκιμών Δρυός και Αΐλανθου. Παράλληλα παρουσιάζονται οι τυπικές αποκλίσεις σε κάθε μέτρηση.

Η *τυπική απόκλιση* είναι ένα μέτρο της διασποράς ή της διακύμανσης των τιμών σε ένα σύνολο δεδομένων. Όταν η τυπική απόκλιση είναι πάνω από το ένα, αυτό δείχνει ότι οι τιμές των δεδομένων παρουσιάζουν μια σημαντική διακύμανση από τον μέσο όρο τους. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν αρκετές τιμές που είναι σημαντικά υψηλότερες ή χαμηλότερες από τον μέσο όρο. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι πιο διάσπαρτα.

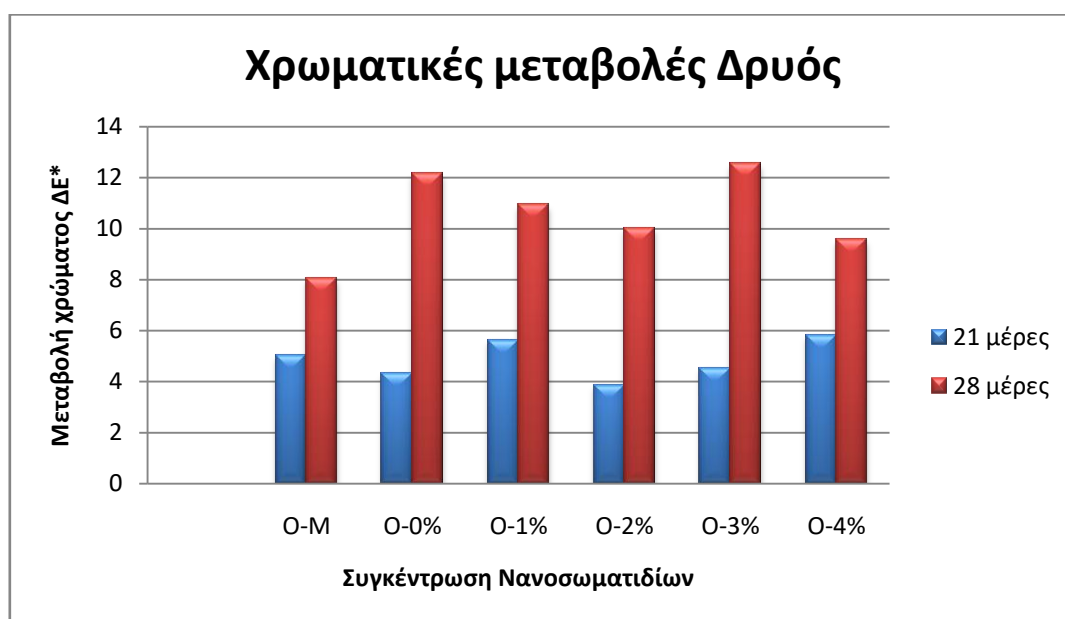
Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.1 και 5.2, οι χρωματικές μεταβολές των δοκιμών αυξάνονται σε όλα τα δοκίμια. Στα διαγράμματα 5.1 και 5.2, παρουσιάζονται οι χρωματικές μεταβολές των δοκιμών αφού αυτά εκτέθηκαν στο θάλαμο Suntest XLS+. Η πρώτη μεταβολή με μπλε χρώμα δηλώνει την μέτρηση των δοκιμών μετά από 21 μέρες στο θάλαμο και η κόκκινη την παραμονή τους 28 μέρες, όπου και τελείωσε η πειραματική διαδικασία.

| ΧΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΔΡΥΟΣ ΔΕ* |          |          |
|--------------------------------|----------|----------|
| w/w                            | 21 μέρες | 28 μέρες |
| O-M (MO)                       | 5.03279  | 8.01363  |
| O-M (TA)                       | 1.59679  | 1.99128  |
| O-0% (MO)                      | 4.33336  | 12.1553  |
| O-0% (TA)                      | 1.800569 | 3.262089 |
| O-1% (MO)                      | 5.6347   | 10.92437 |
| O-1% (TA)                      | 3.068098 | 2.468497 |
| O-2% (MO)                      | 3.86294  | 10.03525 |
| O-2% (TA)                      | 1.221451 | 4.08328  |
| A-3% (MO)                      | 4.54299  | 12.54099 |
| A-3% (TA)                      | 1.060958 | 2.351557 |
| O-4% (MO)                      | 5.81271  | 9.57198  |
| O-4% (TA)                      | 2.45108  | 2.056433 |

Πίνακας 5.1: Χρωματικές μεταβολές των δοκιμών Δρυός

Μετά την έκθεση των δοκιμίων στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης, το χρώμα της εκτεθειμένης επιφάνειας (εικ. 5.1) απέκτησε μια πιο λευκή απόχρωση. Και οι μάρτυρες και τα εμβαπτισμένα δοκίμια παρουσίασαν διαφορές στο χρώμα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.1, την μεγαλύτερη μεταβολή μετά από 21 μέρες είχαν τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με το νανοσύνθετο το οποίο περιείχε 4% νανοσωματίδια. Στη συνέχεια ακολουθούν τα δοκίμια με 1% νανοσωματίδια και οι μάρτυρες.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η παραμονή των δοκιμίων για 28 μέρες παρουσίασαν χρωματικές μεταβολές και στα δοκίμια που δεν εμβαπτίστηκαν αλλά και στα δοκίμια που εμβαπτίστηκαν μόνο με paraloid και σε αυτά που περιείχαν νανοσωματίδια. Μετά από 28 μέρες τις μεγαλύτερες μεταβολές παρουσιάζουν τα δοκίμια με περιεκτικότητα 3% και τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με paraloid. Ενώ τα δοκίμια με περιεκτικότητα 4% παρουσίασαν την μικρότερη μεταβολή. Αυτό αποδεικνύει πως τα νανοσύνθετα με περιεκτικότητα 4% παρέχουν μεγαλύτερη προστασία στο πολυμερές όσο αφορά τις χρωματικές μεταβολές.



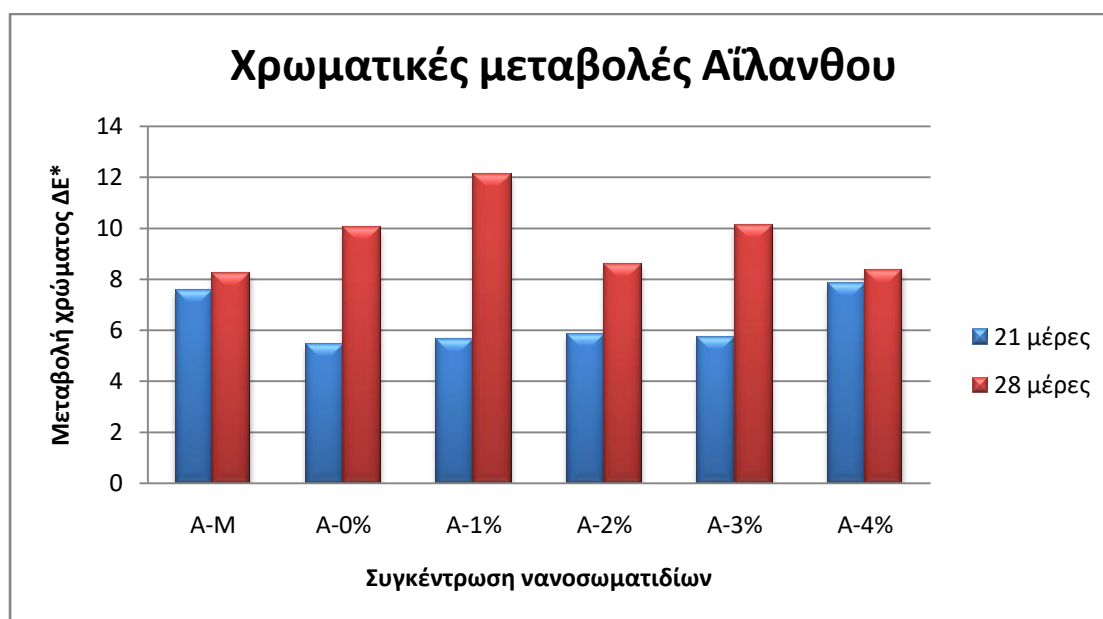
Διάγραμμα 5.1: Χρωματικές μεταβολές των δοκιμίων Δρυός

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και στο διάγραμμα 5.2, όπου παρουσιάζονται οι χρωματικές μεταβολές των δοκιμίων Αϊλανθου. Ενώ μετά από 21 μέρες τα δοκίμια παρουσιάζουν υψηλές μεταβολές στους μάρτυρες και στα δοκίμια περιεκτικότητας 4% νανοσωματίδια, στις 28 μέρες φαίνεται να υπάρχει μια αντίσταση της μεταβολής σε σύγκριση των δοκιμίων με πολυμερές, 1%, 2% και 3%. Τα δοκίμια μάρτυρα και τα δοκίμια περιεκτικότητας 4% παρουσιάζουν να έχουν παρόμοιες συμπεριφορές μεταξύ τους και στα δύο είδη ξύλου.

| ΧΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΪΛΑΝΘΟΥ ΔΕ* |          |          |
|-----------------------------------|----------|----------|
| w/w                               | 21 μέρες | 28 μέρες |
| A-M (MO)                          | 7.5826   | 8.2517   |
| A-M (TA)                          | 1.77494  | 1.84511  |
| A-0% (MO)                         | 5.45338  | 10.01357 |
| A-0% (TA)                         | 1.452917 | 2.269062 |
| A-1% (MO)                         | 5.65738  | 12.1123  |
| A-1% (TA)                         | 1.58937  | 2.091218 |
| A-2% (MO)                         | 5.8411   | 8.577188 |
| A-2% (TA)                         | 0.872829 | 0.76104  |
| A-3% (MO)                         | 5.72382  | 10.12653 |
| A-3% (TA)                         | 1.000215 | 2.022007 |
| A-4% (MO)                         | 7.8106   | 8.365526 |
| A-4% (TA)                         | 2.302082 | 1.698745 |

Πίνακας 5.2: Χρωματικές μεταβολές των δοκιμών Αΐλανθου

Τα δοκίμια μαρτύρων Αΐλανθου παρουσιάζουν μικρότερες χρωματικές μεταβολές σε σχέση με τα δοκίμια Δρυός.



Διάγραμμα 5.2: Χρωματικές μεταβολές των δοκιμών Αΐλανθου

Να σημειωθεί εδώ πως οι τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου των μετρήσεων παρουσιάζουν μεγάλα νούμερα. Αυτό δηλώνει πως τα δεδομένα είναι πιο διάσπαρτα.

### 5.3. Μέτρηση τραχύτητας στις επιφάνειες των δοκιμών

Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα παρουσιάζονται οι μεταβολές της τραχύτητας των επιφανειών των δοκιμών που εκτέθηκαν στο θάλαμο, αλλά και οι τυπικές αποκλίσεις. Οι μετρήσεις έγιναν κατά μήκος και κατά πλάτος των ινών των δοκιμών. Στον πίνακα 5.3 και διάγραμμα 5.3 παρουσιάζονται οι μετρήσεις τραχύτητας κατά μήκος των ινών, σε

δοκίμια ξύλου Δρυός. Οι μετρήσεις παρουσιάζουν αύξηση στις τραχύτητας των δοκιμίων μετά την εμφάνιση στις παρουσιάζονται στην 1<sup>η</sup> μέτρηση στο διάγραμμα 5.3.

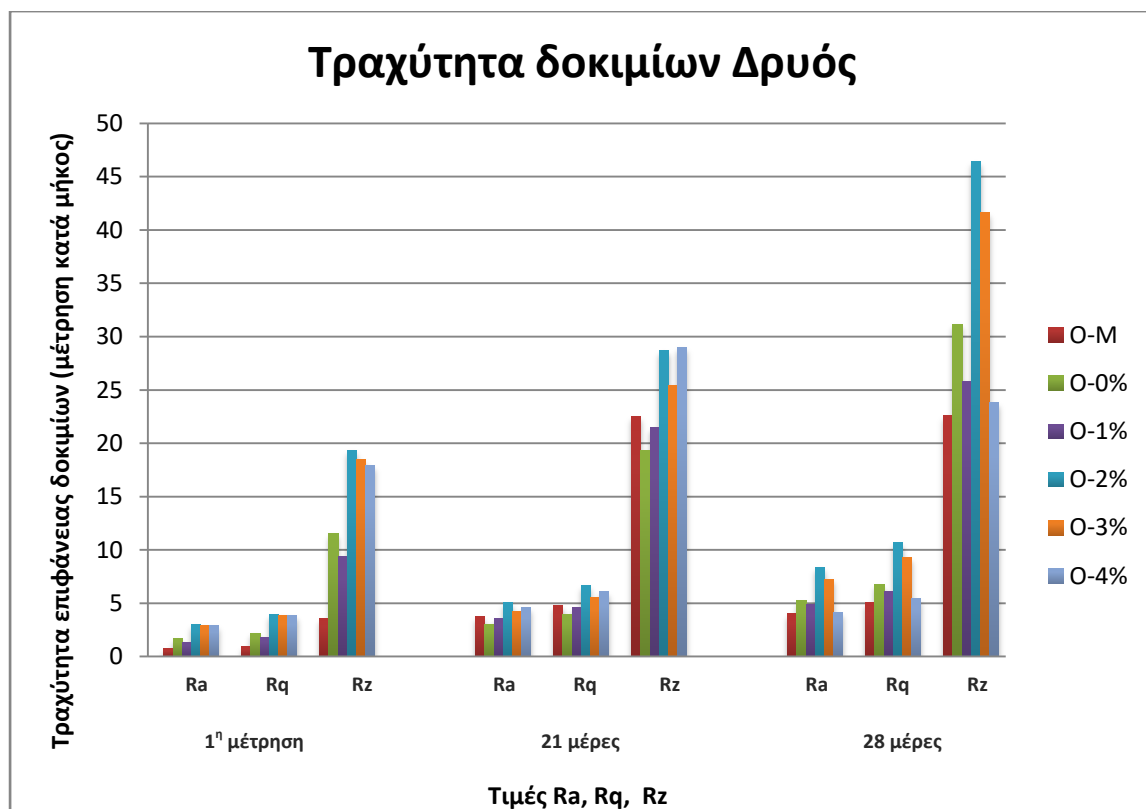
| ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΔΡΥΟΣ (μέτρηση κατά μήκος) |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
|--------------------------------------|------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
|                                      | 1 <sup>η</sup> μέτρηση |         |         | 21 μέρες |         |         | 28 μέρες |         |         |
| w/w                                  | Ra                     | Rq      | Rz      | Ra       | Rq      | Rz      | Ra       | Rq      | Rz      |
| O-M<br>(MO)                          |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-M<br>(TA)                          | 0.7333                 | 0.9307  | 3.5907  | 3.7337   | 4.7937  | 22.5375 | 3.9929   | 5.0542  | 22.5778 |
|                                      | 0.32976                | 0.4157  | 1.5295  | 1.0133   | 1.4061  | 6.611   | 1.49326  | 1.91888 | 8.17152 |
| O-0%<br>(MO)                         |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-0%<br>(TA)                         | 1.7227                 | 2.2052  | 11.5776 | 3.0305   | 3.9262  | 19.2923 | 5.269    | 6.7511  | 31.1612 |
|                                      | 0.7437                 | 0.99304 | 4.811   | 0.9656   | 1.24288 | 5.36562 | 1.2671   | 1.59632 | 7.7032  |
| O-1%<br>(MO)                         |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-1%<br>(TA)                         | 1.3672                 | 1.8303  | 9.3407  | 3.5591   | 4.5793  | 21.5148 | 4.8855   | 6.0657  | 25.7812 |
|                                      | 0.37148                | 0.54608 | 2.45832 | 1.63894  | 2.08362 | 9.65036 | 2.0034   | 2.31764 | 9.27204 |
| O-2%<br>(MO)                         |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-2%<br>(TA)                         | 2.9777                 | 3.9718  | 19.3556 | 5.0502   | 6.6254  | 28.7112 | 8.3413   | 10.6746 | 46.451  |
|                                      | 1.37364                | 1.8346  | 8.613   | 1.55248  | 2.05436 | 9.09208 | 3.73502  | 4.50984 | 19.129  |
| O-3%<br>(MO)                         |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-3%<br>(TA)                         | 2.8931                 | 3.884   | 18.4479 | 4.2414   | 5.5568  | 25.4149 | 7.2727   | 9.3325  | 41.5946 |
|                                      | 0.7667                 | 1.3386  | 5.0217  | 1.5942   | 2.19276 | 10.4909 | 1.79478  | 2.2267  | 9.97504 |
| O-4%<br>(MO)                         |                        |         |         |          |         |         |          |         |         |
| O-4%<br>(TA)                         | 2.9373                 | 3.8722  | 17.8987 | 4.5913   | 6.0942  | 28.9615 | 4.1716   | 5.4714  | 23.8588 |
|                                      | 0.9537                 | 1.3386  | 6.1509  | 1.99056  | 2.86344 | 14.9114 | 1.2344   | 1.6762  | 7.0964  |

Πίνακας 5.3: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Δρυός, μέτρηση κατά μήκους των ινών

Η παραμονή των δοκιμίων στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης αύξησε την τραχύτητα στις επιφάνειες σε όλες τις ομάδες. Μετά από 28 μέρες παρατηρείτε σε γενικό βαθμό η μεγαλύτερες ενδείξεις.

Η κόκκινη ένδειξη, σε όλα τα διαγράμματα, αφορά τον μάρτυρα και έχει της μικρότερες τιμές σε σχέση των υπόλοιπων ενδείξεων που περιλαμβάνουν δοκίμια εμβαπτισμένα με paraloid, 1% νανοσωματίδια, 2%, 3% και 4%. Αυτό αποδεικνύει πως η χρήση νανოსύνθετων πολυμερή υλικών αυξάνουν την τραχύτητα της επιφάνειας του ξύλου.

Οι ενδείξεις των μετρήσεων μετά από 21 μέρες δείχνουν ότι τα δοκίμια με περιεκτικότητα 4% έχουν τις μεγαλύτερες ενδείξεις. Ενώ τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με νανοςύνθετο υλικό περιεκτικότητας 2% νανοσωματίδια, παρατηρείτε μετά από 28 μέρες, να έχουν την μεγαλύτερη τραχύτητα στις επιφάνειες των δοκιμίων ξύλου Δρυός κατά μήκους των ινών. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι, στα περισσότερα δοκίμια με περιεκτικότητα 4% νανοσωματίδια, παρατηρείτε να έχουν απώλεια υλικού από την επιφάνεια μέτρησης όπως φαίνεται στις εικόνες 5.1 και 5.2.



Διάγραμμα 5.3: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Δρυός, μέτρηση κατά μήκος των ινών

Γι' αυτό το λόγο και οι ενδείξεις μάρτυρα και δοκιμίων με 4% περιεκτικότητας νανοσωματιδίων έχουν σχεδόν τις ίδιες ενδείξεις μετά από 28 μέρες.



Εικόνα 5.1: Δοκίμια Δρυός περιεκτικότητας 4% νανοσωματιδίων μετά από 28 μέρες



Εικόνα 5.2: Δοκίμιο Δρυός περιεκτικότητας 4% νανοσωματίδια μετά από 28 μέρες

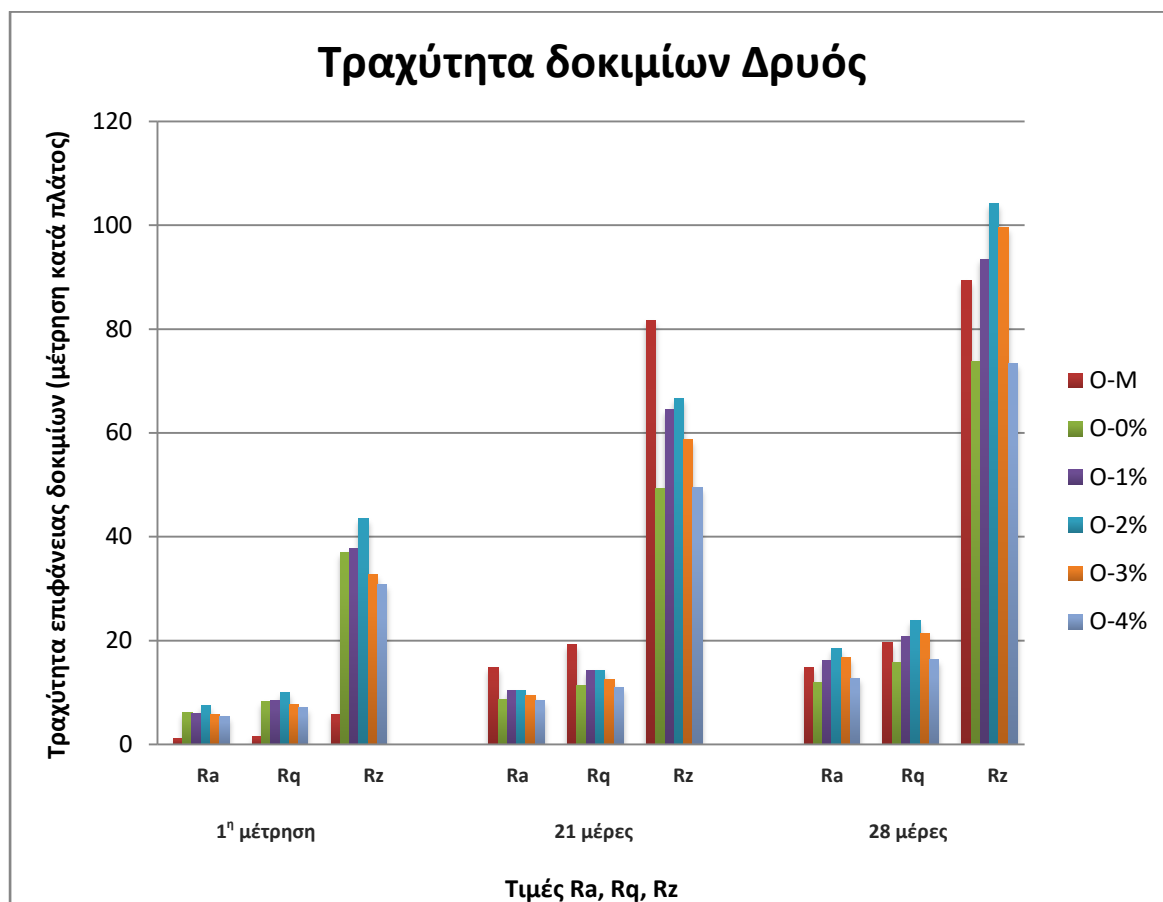
Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5.4), παρουσιάζονται οι μετρήσεις τραχύτητας κατά πλάτος της επιφάνειας των δοκιμών Δρυός.

| ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΔΡΥΟΣ (μέτρηση κατά πλάτος) |            |         |         |          |         |          |          |         |          |
|---------------------------------------|------------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
|                                       | 1η μέτρηση |         |         | 21 μέρες |         |          | 28 μέρες |         |          |
| w/w                                   | Ra         | Rq      | Rz      | Ra       | Rq      | Rz       | Ra       | Rq      | Rz       |
| O-M<br>(MO)                           | 1.1854     | 1.4862  | 5.8099  | 14.7346  | 19.234  | 81.5893  | 14.8584  | 19.5318 | 89.2609  |
| O-M<br>(TA)                           | 0.33132    | 0.4292  | 1.8486  | 3.0798   | 3.4866  | 10.29776 | 3.1286   | 3.9984  | 16.2193  |
| O-0%<br>(MO)                          | 6.1245     | 8.3141  | 36.9673 | 8.6451   | 11.2972 | 49.1953  | 11.9068  | 15.7862 | 73.7489  |
| O-0%<br>(TA)                          | 1.9639     | 2.8773  | 12.7853 | 2.1675   | 2.97196 | 14.76104 | 2.503    | 3.52724 | 17.08632 |
| O-1%<br>(MO)                          | 5.9406     | 8.4742  | 37.6487 | 10.424   | 14.1186 | 64.536   | 16.2236  | 20.6953 | 93.4592  |
| O-1%<br>(TA)                          | 1.68028    | 2.68028 | 11.2667 | 2.5182   | 3.12068 | 12.0394  | 3.28248  | 3.98844 | 15.79016 |
| O-2%<br>(MO)                          | 7.4981     | 9.9787  | 43.443  | 10.3807  | 14.2647 | 66.5279  | 18.439   | 23.7734 | 104.199  |
| O-2%<br>(TA)                          | 2.2887     | 3.05264 | 12.0544 | 3.33364  | 4.5469  | 19.66408 | 3.3996   | 4.03572 | 16.92108 |
| O-3%<br>(MO)                          | 5.7116     | 7.5774  | 32.6703 | 9.4129   | 12.4067 | 58.7648  | 16.6251  | 21.4251 | 99.5007  |
| O-3%<br>(TA)                          | 1.1722     | 1.7932  | 7.2841  | 1.98448  | 2.3677  | 12.348   | 3.2299   | 4.0837  | 16.37516 |
| O-4%<br>(MO)                          | 5.4159     | 7.058   | 30.7844 | 8.3629   | 10.958  | 49.456   | 12.7362  | 16.3856 | 73.2989  |
| O-4%<br>(TA)                          | 1.20508    | 1.5564  | 5.57668 | 2.00348  | 2.7998  | 11.2864  | 2.81904  | 3.63572 | 14.5389  |

Πίνακας 5.4: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμών Δρυός, μέτρηση κατά πλάτος των ινών

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η τραχύτητα των επιφανειών αυξήθηκε μετά την εμβάπτιση. Μετά την παραμονή τους στο θάλαμο γήρανσης η τραχύτητα αυξήθηκε. Μετά από 21 μέρες

παραμονής στους στο θάλαμο γήρανσης, παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση της τραχύτητας των δοκιμίων μάρτυρα, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.4.



Διάγραμμα 5.4: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Δρυός, μέτρηση κατά πλάτος των ινών

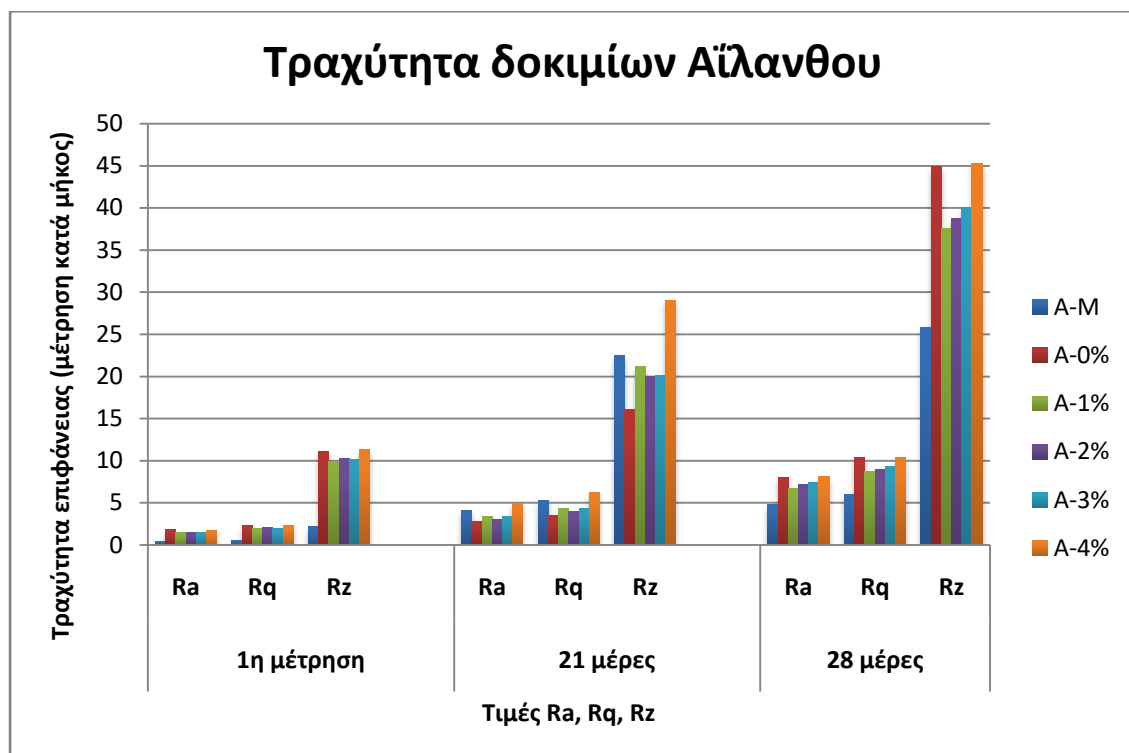
Όπως και στις μετρήσεις κατά μήκος των ινών έτσι και στις μετρήσεις κατά πλάτος των ινών παρατηρείται πως από τα εμβαπτισμένα δοκίμια, τα δοκίμια με περιεκτικότητα 2% έχουν την μεγαλύτερη επιφανειακή τραχύτητα.

Τα δοκίμια Αΐλανθου παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά όσο αφορά την μέτρηση τραχύτητας κατά μήκους των ινών των δοκιμίων, σε σχέση με τα δοκίμια Δρυός. Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.5 και στο διάγραμμα 5.5, η τραχύτητα των δοκιμίων παρουσίασαν αύξηση μετά την εμβάπτιση. Η αύξηση στις τιμές παρατηρούνται να αυξάνονται μετά από 21 μέρες και ακόμα περισσότερο μετά από 28 μέρες.

Μετά από 21 μέρες παρατηρείται τα δοκίμια του μάρτυρα να έχουν την μεγάλη αύξηση σε σχέση με την 1<sup>η</sup> μέτρηση. Μετά από 21 μέρες η επιφάνεια των δοκιμίων με περιεκτικότητα 4% νανοσωματίδια έχουν την μεγαλύτερη επιφανειακή τραχύτητα από τα εμβαπτισμένα δοκίμια αλλά και μετά από 28 μέρες στο θάλαμο γήρανσης.

| ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΑΪΛΑΝΘΟΥ (μέτρηση κατά μήκος) |            |         |         |          |         |          |          |         |         |
|-----------------------------------------|------------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|
|                                         | 1η μέτρηση |         |         | 21 μέρες |         |          | 28 μέρες |         |         |
| w/w                                     | Ra         | Rq      | Rz      | Ra       | Rq      | Rz       | Ra       | Rq      | Rz      |
| A-M<br>(MO)                             | 0.4449     | 0.564   | 2.1477  | 4.1189   | 5.226   | 22.4832  | 4.7752   | 5.9595  | 25.7582 |
| A-M<br>(TA)                             | 0.1613     | 0.2178  | 0.7973  | 2.02944  | 2.5986  | 10.99392 | 1.18844  | 1.5004  | 6.67664 |
| A-0%<br>(MO)                            | 1.7662     | 2.266   | 11.023  | 2.7959   | 3.5177  | 16.0265  | 8.0431   | 10.3863 | 44.9084 |
| A-0%<br>(TA)                            | 0.85932    | 0.985   | 3.697   | 0.7291   | 0.9407  | 4.5791   | 2.0863   | 2.3381  | 9.36388 |
| A-1%<br>(MO)                            | 1.4981     | 1.9564  | 9.9235  | 3.3277   | 4.3446  | 21.144   | 6.7356   | 8.6781  | 37.5331 |
| A-1%<br>(TA)                            | 0.4557     | 0.657   | 3.3719  | 0.69184  | 0.84512 | 3.3598   | 2.59052  | 2.59052 | 10.2345 |
| A-2%<br>(MO)                            | 1.4849     | 2.0162  | 10.2251 | 3.0364   | 3.9625  | 20.0111  | 7.1332   | 8.9736  | 38.7013 |
| A-2%<br>(TA)                            | 0.50948    | 0.79484 | 3.47352 | 0.57972  | 0.7598  | 3.9883   | 1.68636  | 2.02028 | 8.0647  |
| A-3%<br>(MO)                            | 1.4452     | 1.9028  | 10.1443 | 3.4129   | 4.3076  | 20.0428  | 7.3766   | 9.3147  | 40.0294 |
| A-3%<br>(TA)                            | 0.34108    | 0.46972 | 2.49402 | 1.10448  | 1.10448 | 4.62212  | 1.6062   | 1.8823  | 6.6232  |
| A-4%<br>(MO)                            | 1.7317     | 2.3005  | 11.3331 | 4.899    | 6.2624  | 29.0314  | 8.0849   | 10.3273 | 45.2056 |
| A-4%<br>(TA)                            | 0.55924    | 0.7731  | 3.9507  | 1.3148   | 1.59768 | 6.92696  | 1.8365   | 2.2009  | 8.79888 |

Πίνακας 5.5: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Αΐλανθου, μέτρηση κατά μήκους των ινών



Διάγραμμα 5.5: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Αΐλανθου, μέτρηση κατά μήκους των ινών

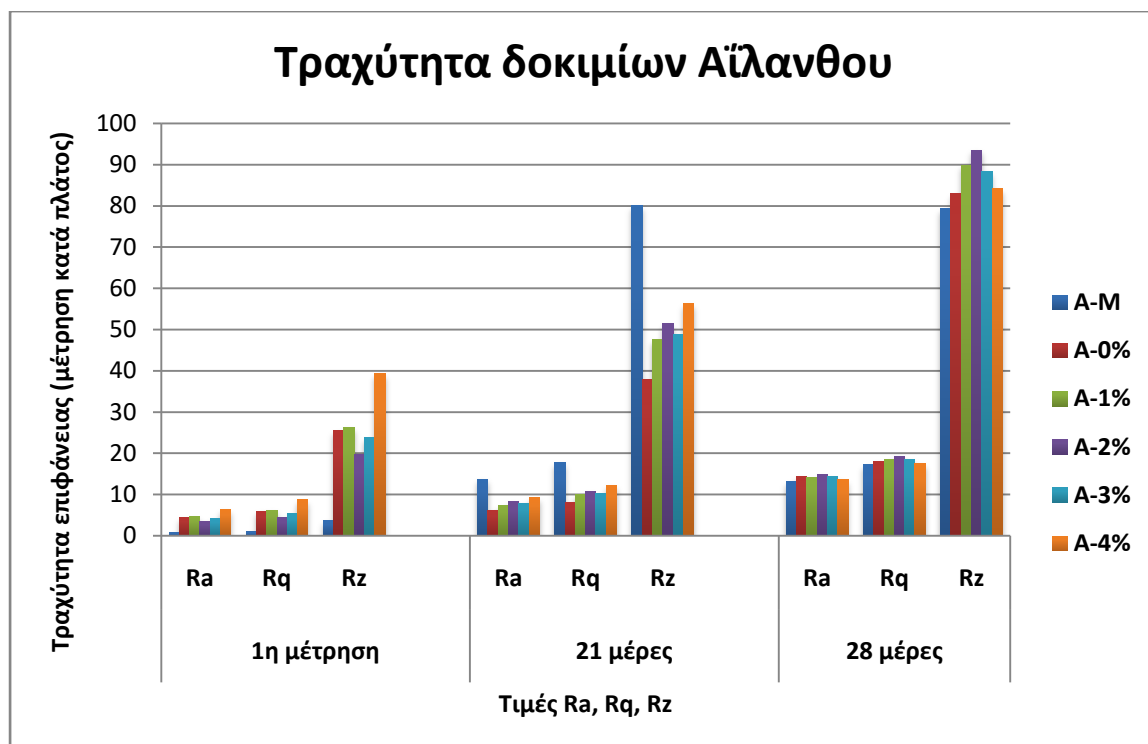
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μετρήσεις τραχύτητας επιφάνειας των δοκιμίων Αΐλανθου κατά πλάτος των ινών (πίνακας 5.6).

| ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΑΪΛΑΝΘΟΥ (μέτρηση κατά πλάτος) |            |         |         |          |         |          |          |         |         |
|------------------------------------------|------------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|
|                                          | 1η μέτρηση |         |         | 21 μέρες |         |          | 28 μέρες |         |         |
| w/w                                      | Ra         | Rq      | Rz      | Ra       | Rq      | Rz       | Ra       | Rq      | Rz      |
| A-M<br>(MO)                              | 0.7468     | 0.9243  | 3.5781  | 13.7064  | 17.6329 | 79.9614  | 13.2113  | 17.2676 | 79.301  |
| A-M<br>(TA)                              | 0.16856    | 0.19816 | 0.81536 | 2.28292  | 2.93172 | 12.03232 | 2.2777   | 2.70732 | 10.8092 |
| A-0%<br>(MO)                             | 4.5183     | 5.9245  | 25.5302 | 6.1915   | 8.1174  | 37.8145  | 14.3028  | 18.099  | 82.9137 |
| A-0%<br>(TA)                             | 1.3591     | 1.8309  | 7.68524 | 2.3432   | 2.3432  | 13.8428  | 2.20784  | 2.9568  | 13.084  |
| A-1%<br>(MO)                             | 4.6889     | 6.1676  | 26.185  | 7.3768   | 9.8634  | 47.6492  | 14.1347  | 18.4247 | 89.8773 |
| A-1%<br>(TA)                             | 2.19506    | 2.97504 | 11.1408 | 1.56036  | 2.32488 | 10.1862  | 1.5519   | 2.0235  | 11.129  |
| A-2%<br>(MO)                             | 3.4066     | 4.2949  | 19.5935 | 8.1786   | 10.7952 | 51.3838  | 14.7202  | 19.3018 | 93.5205 |
| A-2%<br>(TA)                             | 0.4446     | 0.5731  | 2.4644  | 1.01612  | 1.4766  | 7.19916  | 2.0856   | 2.9204  | 13.1067 |
| A-3%<br>(MO)                             | 4.0559     | 5.29    | 23.7973 | 7.9034   | 10.2977 | 48.8084  | 14.429   | 18.5835 | 88.2206 |
| A-3%<br>(TA)                             | 1.1851     | 1.6338  | 7.81056 | 1.23928  | 1.73304 | 6.81556  | 1.4654   | 1.6788  | 7.891   |
| A-4%<br>(MO)                             | 6.4447     | 8.805   | 39.2817 | 9.233    | 12.1326 | 56.276   | 13.541   | 17.4857 | 84.2101 |
| A-4%<br>(TA)                             | 1.91764    | 2.6834  | 9.4497  | 1.9934   | 2.66728 | 10.8424  | 2.3362   | 2.6093  | 11.2135 |

Πίνακας 5.6: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμίων Αΐλανθου, μέτρηση κατά πλάτος των ινών

Τα δοκίμια μάρτυρα παρουσίασαν και εδώ μεγάλη αύξηση σε σχέση με την 1<sup>η</sup> μέτρηση. Μετά από 28 μέρες οι ενδείξεις παρουσίασαν μια σταθερότητα.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.6, τα εμβαπτισμένα δοκίμια με περιεκτικότητα 4% νανοσωματίδια, παρουσιάζουν να έχουν την μεγαλύτερη αύξηση της επιφανειακής τραχύτητας σε σχέση με τα υπόλοιπα εμβαπτισμένα δοκίμια μετά από 21 μέρες. Ακολουθούν τα δοκίμια με περιεκτικότητα 2 %, τα οποία μετά από 28 μέρες παρουσιάζουν να έχουν τις μεγαλύτερες τιμές, όπως και στα δοκίμια Δρυός. Αποδεικνύετε πως τα δοκίμια με επικάλυψη νανοςύνθετου υλικού περιεκτικότητας νανοσωματιδίων 2% παρουσιάζουν περισσότερες τραχύ επιφάνειες όταν αυτά εκτίθενται σε τεχνητή γήρανση 28 ημερών. Παρόλα αυτά οι τιμές των εμβαπτισμένων δοκιμίων είναι αρκετά κοντά.



Διάγραμμα 5.6: Τραχύτητα επιφάνειας δοκιμών Αΐλανθου, μέτρηση κατά πλάτος των ινών

Και εδώ οι τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου των μετρήσεων παρουσιάζουν μεγάλα νούμερα.

#### 5.4. Προσρόφηση υγρασίας

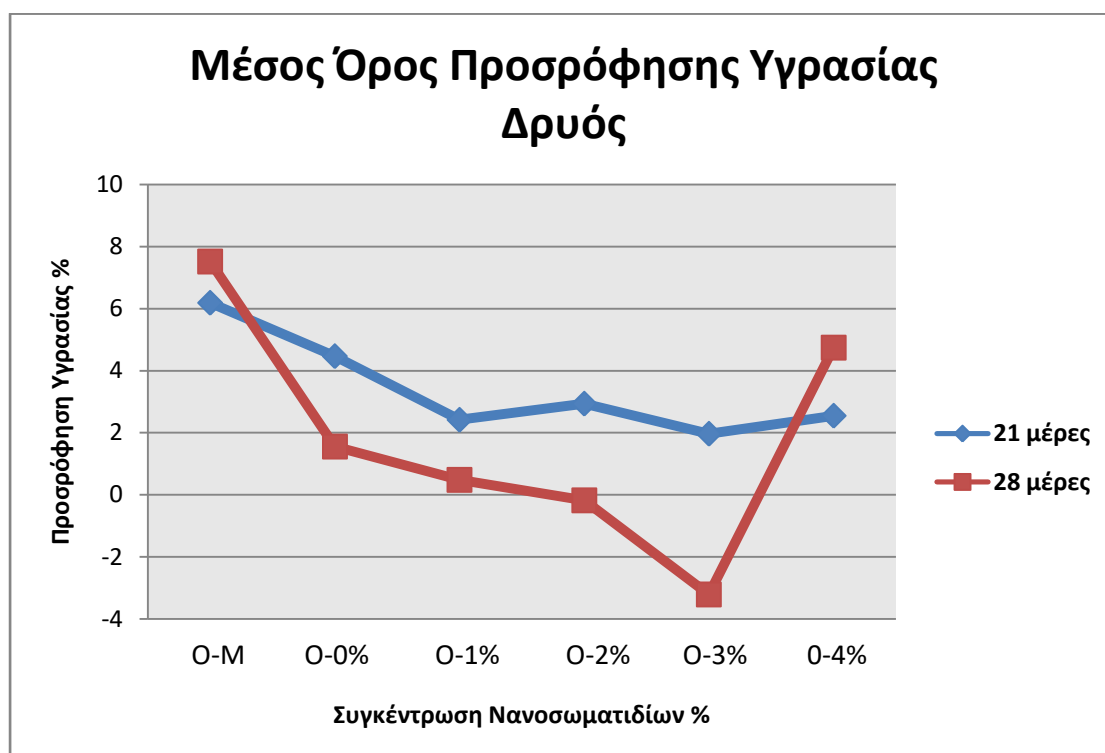
Στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 5.7 και 5.8), παρουσιάζονται τα δεδομένα προσρόφησης των δοκιμών Δρυός και Αΐλανθου μετά από 21 και 28 μέρες παραμονής τους στο θάλαμο Suntest XLS+.

| ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΔΡΥΟΣ |          |          |
|---------------------------|----------|----------|
| w/w                       | 21 μέρες | 28 μέρες |
| O-M (MO)                  | 6.19     | 7.52     |
| O-M (TA)                  | 4.14     | 2.77     |
| O-0% (MO)                 | 4.47     | 1.56     |
| O-0% (TA)                 | 2.01     | 1.44     |
| O-1% (MO)                 | 2.42     | 0.48     |
| O-1% (TA)                 | 1.12     | 1.6      |
| O-2% (MO)                 | 2.94     | -0.18    |
| O-2% (TA)                 | 1.63     | 1.7      |
| A-3% (MO)                 | 1.97     | -3.21    |
| A-3% (TA)                 | 1.76     | 1.59     |
| O-4% (MO)                 | 2.55     | 4.74     |
| O-4% (TA)                 | 1.74     | 3.14     |

Πίνακας 5.7: Προσρόφηση υγρασίας δοκιμών Δρυός

Στο διάγραμμα 5.7, παρουσιάζονται με μπλε χρώμα η γραμμή προσρόφησης των δοκιμίων μετά από 21 μέρες έκθεσης τους στο θάλαμο γήρανσης και η κόκκινη μετά από 28 μέρες. Η κάθε κουκίδα αντιστοιχεί στην κάθε ομάδα, όπου η πρώτη κουκίδα αντιστοιχεί στο μέσο όρο των μαρτύρων, η δεύτερη σε εμβαπτισμένα δοκίμια paraloid, η τρίτη σε δοκίμια με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%, η τέταρτη με ποσοστά 2%, η πέμπτη με ποσοστά 3% και η έκτη σε δοκίμια με ποσοστά 4%.

Μετά από 21 μέρες παρατηρείται μεγάλη αύξηση της προσρόφησης στα δοκίμια Δρυός τα οποία δεν εμβαπτίστηκαν (μάρτυρες). Η προσρόφηση των εμβαπτισμένων δοκιμίων παρατηρείται να μειώνεται όσο η ποσότητα των νανοσωματιδίων αυξάνεται. Δοκίμια Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% παρουσιάζουν να έχουν τις καλύτερες συμπεριφορές όσο αφορά την προσρόφηση. Αυτό φαίνεται και πιο έντονα στη μέτρηση των 28 ημερών, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.7 (κόκκινη γραμμή), αφού τα δοκίμια φαίνεται να έχουν φτάσει σε σημείο να έχουν αποβάλει υγρασία.



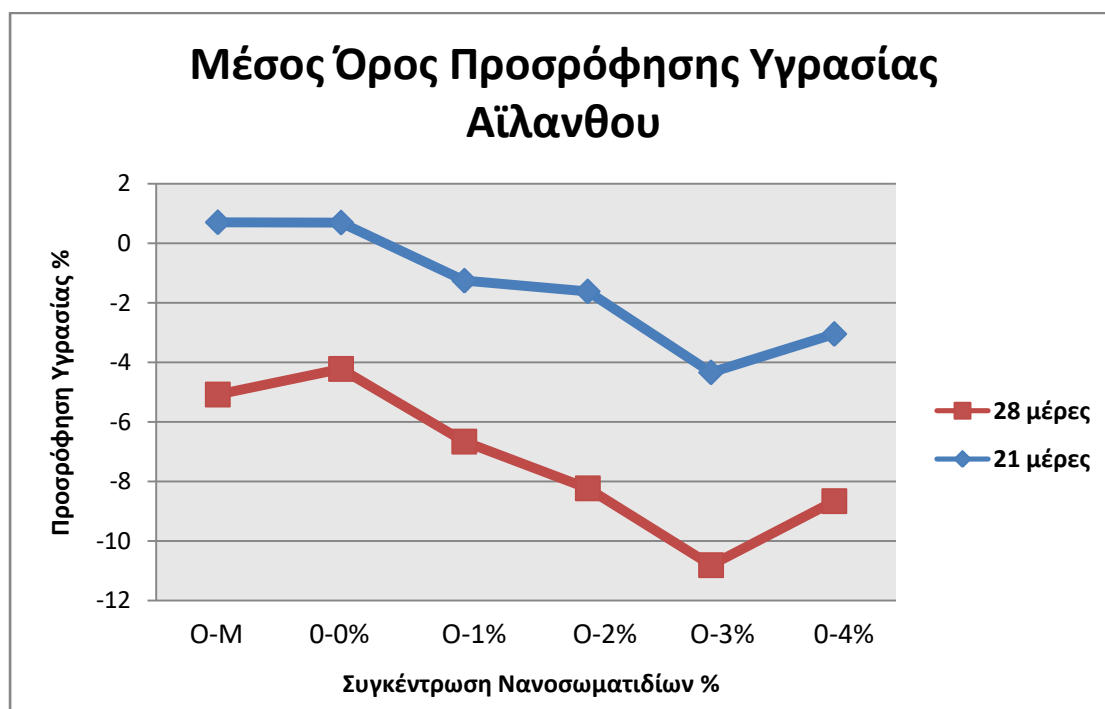
Διάγραμμα 5.7: Προσρόφηση υγρασίας δοκιμίων Δρυός

Τα δοκίμια με ποσοστά νανοσωματιδία 4% παρουσιάζουν αύξηση της προσρόφησης κατά πολύ μετά από 28 μέρες στο θάλαμο γήρανσης. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι υπήρξε αποκόλληση του υλικού από τα δοκίμια με περιεκτικότητα νανοσωματιδίων 4% (εικ. 5.2), με αποτέλεσμα οι ενδείξεις να πλησιάζουν τα ποσοστά του μάρτυρα.

Όπως στα δοκίμια Δρυός έτσι και στα δοκίμια Αϊλανθου παρατηρούνται μεταβολές στην προσρόφηση της υγρασίας σε διαφορετικό βαθμό μεταξύ των ομάδων. Μετά από 21 μέρες παρατηρείτε τα δοκίμια του μάρτυρα και τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με paraloit να έχουν περίπου τα ίδια ποσοστά προσρόφησης. Ενώ μετά από 28 μέρες παρατηρείται να έχει αυξηθεί η προσρόφηση των δοκιμών τα οποία εμβαπτίστηκαν σε paraloit. Και εδώ παρουσιάζονται τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με ποσοστά 3% νανοσωματίδια να έχουν καλύτερες συμπεριφορές όσο αφορά την προσρόφηση και στις δύο μετρήσεις (21 μέρες και 28 μέρες).

| ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΪΛΑΝΘΟΥ |          |          |
|------------------------------|----------|----------|
| w/w                          | 21 μέρες | 28 μέρες |
| A-M (MO)                     | 0.97     | -1.59    |
| A-M (TA)                     | 0.65     | 1.33     |
| A-0% (MO)                    | 0.69     | -4.91    |
| A-0% (TA)                    | 3.9      | 3.41     |
| A-1% (MO)                    | -1.26    | -5.4     |
| A-1% (TA)                    | 2.27     | 2.86     |
| A-2% (MO)                    | -1.62    | -6.61    |
| A-2% (TA)                    | 5.05     | 4.86     |
| A-3% (MO)                    | -4.34    | -6.47    |
| A-3% (TA)                    | 3.28     | 3.34     |
| A-4% (MO)                    | -3.05    | -5.61    |
| A-4% (TA)                    | 4.52     | 4.18     |

Πίνακας 5.8: Προσρόφηση υγρασίας δοκιμών Αϊλανθου



Διάγραμμα 5.8: Προσρόφηση υγρασίας δοκιμών Αϊλανθου

Οι τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου των μετρήσεων παρουσιάζουν μεγάλα νούμερα.

## 5.5. Διόγκωση

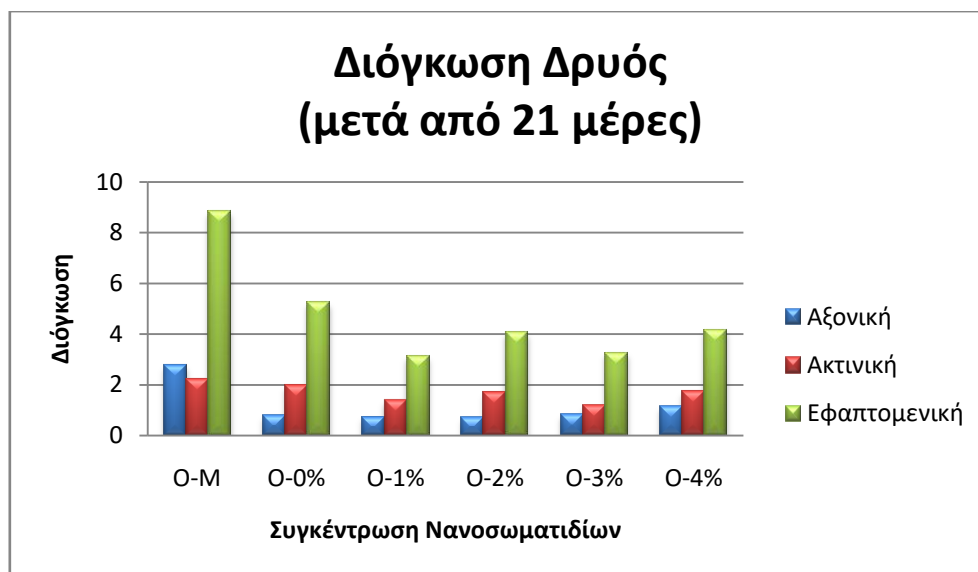
Στους πίνακες 5.9 και 5.10 παρουσιάζονται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των δοκιμών Δρυός και Αΐλανθου σε συμπεριφορές διόγκωσης, μετά από έκθεσης τους στο θάλαμο γήρανσης. Οι μετρήσεις έγιναν αξονικά, ακτινικά και εφαπτομενικά μετά από 21 μέρες και μετά από 28 μέρες.

| ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΔΡΥΟΣ |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                | 21 μέρες                   |                            |                            | 28 μέρες                   |                            |                            |
| w/w            | Αξονική                    | Ακτινική                   | Εφαπτομενική               | Αξονική                    | Ακτινική                   | Εφαπτομενική               |
| O-M<br>(MO)    |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| O-M<br>(TA)    | 2.760671852<br>0.203713744 | 2.222051787<br>0.587971074 | 8.822225621<br>1.500158559 | 0.553376264<br>0.382816662 | 2.34181037<br>0.600410414  | 7.514106077<br>1.582769198 |
| O-0%<br>(MO)   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| O-0%<br>(TA)   | 0.775703<br>0.202984853    | 1.949433<br>0.745260208    | 5.247074129<br>2.253562617 | 0.202984853<br>0.21771305  | 0.745260208<br>0.882934359 | 2.253562617<br>2.057019191 |
| O-1%<br>(MO)   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| O-1%<br>(TA)   | 0.730572<br>0.341540644    | 1.39102<br>0.566400883     | 3.121217847<br>2.261983479 | 0.341540644<br>0.246996172 | 0.566400883<br>0.541404931 | 2.261983479<br>0.886384051 |
| O-2%<br>(MO)   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| O-2%<br>(TA)   | 0.702115<br>0.161415459    | 1.690088<br>0.587039619    | 4.044169321<br>1.558054647 | 0.161415459<br>0.332524354 | 0.587039619<br>0.346719095 | 1.558054647<br>0.956843865 |
| A-3%<br>(MO)   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| A-3%<br>(TA)   | 0.822224<br>0.387729687    | 1.170006<br>0.460844257    | 3.254855646<br>1.771577025 | 0.387729687<br>0.338117493 | 0.460844257<br>0.483621652 | 1.771577025<br>1.095745778 |
| O-4%<br>(MO)   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
| O-4%<br>(TA)   | 1.130964<br>0.33896986     | 1.737643<br>0.528683888    | 4.169541534<br>1.240339965 | 0.33896986<br>0.354051991  | 0.528683888<br>0.73074304  | 1.240339965<br>2.039381858 |

Πίνακας 5.9: Διόγκωση δοκιμών Δρυός προς όλες τις κατευθύνσεις

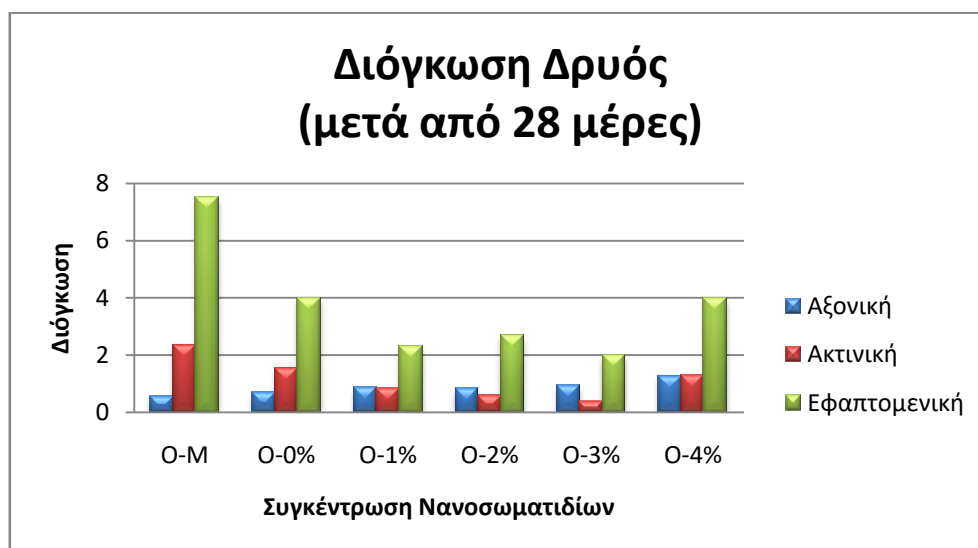
Στο διάγραμμα 5.9 παρουσιάζονται τα ποσοστά διόγκωσης των δοκιμών Δρυός στις τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις μετά από 21 μέρες στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης. Η αξονική με μπλε χρώμα, η ακτινική με κόκκινο χρώμα και η εφαπτομενική με πράσινο χρώμα.

Ξεκάθαρα φαίνεται πως η εφαπτομενική κατεύθυνση παρουσιάζει την μεγαλύτερη διόγκωση και από τις τρεις κατευθύνσεις σε όλα τα δοκίμια. Τα δοκίμια με ποσοστά 1% και 3% νανοσωματίδια φαίνεται να έχουν την καλύτερη συμπεριφορά από όλα τα δοκίμια. Τα δοκίμια του μάρτυρα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διόγκωση και στις τρεις κατευθύνσεις. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα δοκίμια τα οποία έχουν εμβαπτιστεί με νανοσωματίδια παρουσιάζουν λιγότερη διόγκωση.



Διάγραμμα 5.9: Διόγκωση δοκιμίων Δρυός προς όλες τις κατευθύνσεις

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 5.9, τα δοκίμια Δρυός μετά από 28 μέρες παρουσιάζουν να έχουν μείωση στις τιμές. Η μείωση αυτή οφείλεται στο ότι η μέτρηση των δοκιμίων έγινε σε διαφορετική φάση του πειράματος καθώς οι συνθήκες μέσα στο θάλαμο εκτελούν μια κυκλική διαδικασία με αποτέλεσμα τα δοκίμια στην προκειμένη περίπτωση να ήταν σε φάση έκθεσης της ακτινοβολίας. Αυτό έκανε τα δοκίμια να έχουν απώλεια υγρασίας και παράλληλα μείωση των διαστάσεων τους.



Διάγραμμα 5.10: Διόγκωση δοκιμίων Δρυός προς όλες τις κατευθύνσεις

Παρόλα αυτά δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά στις τιμές των δοκιμίων σε σχέση με τις τιμές που παρουσίασαν οι μετρήσεις μετά από 21 μέρες. Πάλι, τα δοκίμια του μάρτυρα παρουσιάζουν να έχουν την μεγαλύτερη διόγκωση. Τα δοκίμια που εμβαπτίστηκαν με νανοσύνθετα πολυμερή 1% νανοσωματίδια, ενώ στο διάγραμμα 5.9 είχαν ελάχιστα

καλύτερες ενδείξεις από τα δοκίμια με 3% νανοσωματίδια, στο διάγραμμα 5.10 φαίνεται τα δοκίμια με 3% να έχουν την μικρότερη διόγκωση, και συγκεκριμένα να έχουν ρικνωθεί αρκετά στην αξονική κατεύθυνση.

Οι τιμές της διόγκωσης των δοκιμίων Αΐλανθου παρουσιάζονται στον κάτω πίνακα (πίνακας 5.10), με τα ποσοστά τυπικής απόκλισης των μέσο όρων. Και εδώ παρατηρείται πως οι τυπικές αποκλίσεις του μέσου όρου των μετρήσεων παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις τιμές.

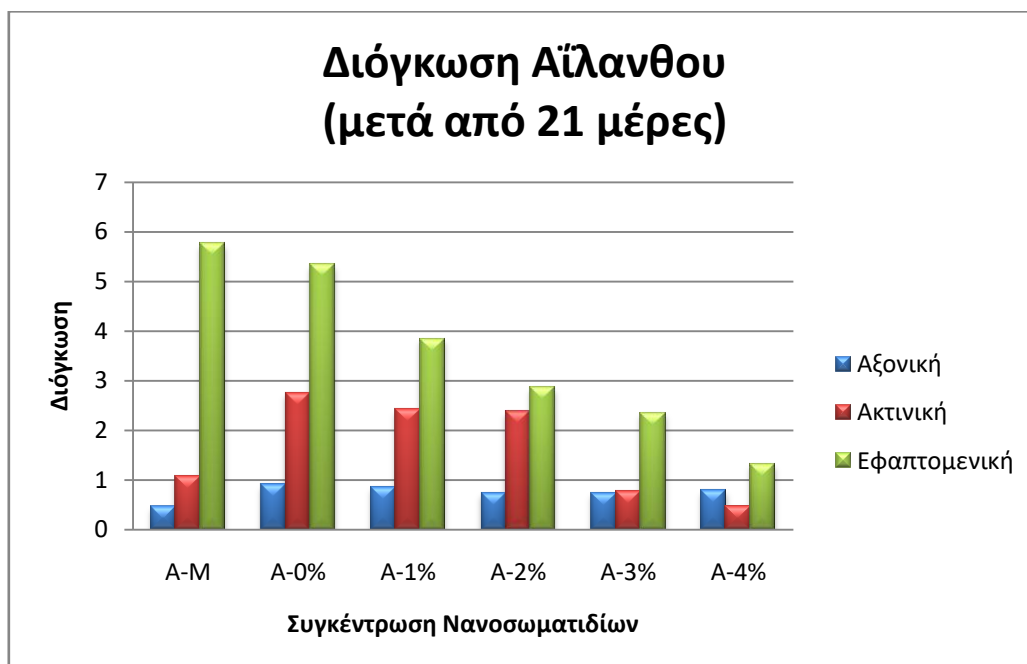
| ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΑΪΛΑΝΘΟΥ |             |             |              |              |              |              |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | 21 μέρες    |             |              | 28 μέρες     |              |              |
| w/w               | Αξονική     | Ακτινική    | Εφαπτομενική | Αξονική      | Ακτινική     | Εφαπτομενική |
| A-M<br>(MO)       |             |             |              |              |              |              |
| A-M<br>(TA)       | 0.456241605 | 1.064934832 | 5.763313866  | 0.40261173   | 0.908050146  | 1.416120127  |
|                   | 0.139903727 | 0.78940299  | 1.886286315  | 0.207387014  | 0.530805088  | 0.826722037  |
| A-0%<br>(MO)      |             |             |              |              |              |              |
| A-0%<br>(TA)      | 0.902142098 | 2.748281851 | 5.344277054  | 0.78493681   | 2.748281851  | 2.024420701  |
|                   | 0.200197538 | 0.736317519 | 1.203257298  | 0.312376694  | 0.7306317519 | 0.796481592  |
| A-1%<br>(MO)      |             |             |              |              |              |              |
| A-1%<br>(TA)      | 0.854352066 | 2.411723466 | 3.84325385   | 0.715861855  | 1.964053577  | 1.423693738  |
|                   | 0.254438087 | 0.952876943 | 1.557291165  | 0.280129584  | 1.9856000285 | 0.28524661   |
| A-2%<br>(MO)      |             |             |              |              |              |              |
| A-2%<br>(TA)      | 0.74322444  | 2.376230259 | 2.864909887  | 1.0421100035 | 1.141406679  | 0.866612734  |
|                   | 0.073372102 | 0.887325979 | 1.432098088  | 0.260314475  | 0.844389054  | 0.945804824  |
| A-3%<br>(MO)      |             |             |              |              |              |              |
| A-3%<br>(TA)      | 0.740918329 | 0.768302051 | 2.350127073  | 0.993210232  | 0.288203791  | 0.940252588  |
|                   | 0.099195794 | 0.381550597 | 0.411475996  | 0.233705584  | 0.471313224  | 0.492271451  |
| A-4%<br>(MO)      |             |             |              |              |              |              |
| A-4%<br>(TA)      | 0.79017933  | 0.725130828 | 1.322201089  | 0.860384248  | 0.274490461  | 0.427145798  |
|                   | 0.186859353 | 0.472388049 | 0.698736355  | 0.262194746  | 0.461705346  | 0.402602957  |

Πίνακας 5.10: Διόγκωση δοκιμίων Αΐλανθου προς όλες τις κατευθύνσεις

Στο διάγραμμα 5.11, παρουσιάζονται σε γραφική παράσταση οι τιμές της διόγκωσης των δοκιμίων. Οι τιμές δείχνουν πως τα δοκίμια διογκώθηκαν περισσότερο στην εφαπτομενική κατεύθυνση. Τα δοκίμια του μάρτυρα είχαν την μεγαλύτερη διόγκωση εφαπτομενικά, αλλά σε σχέση με τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με paraloid, νανοσωματίδια 1% και 2%, έχουν λιγότερη ακτινική διόγκωση.

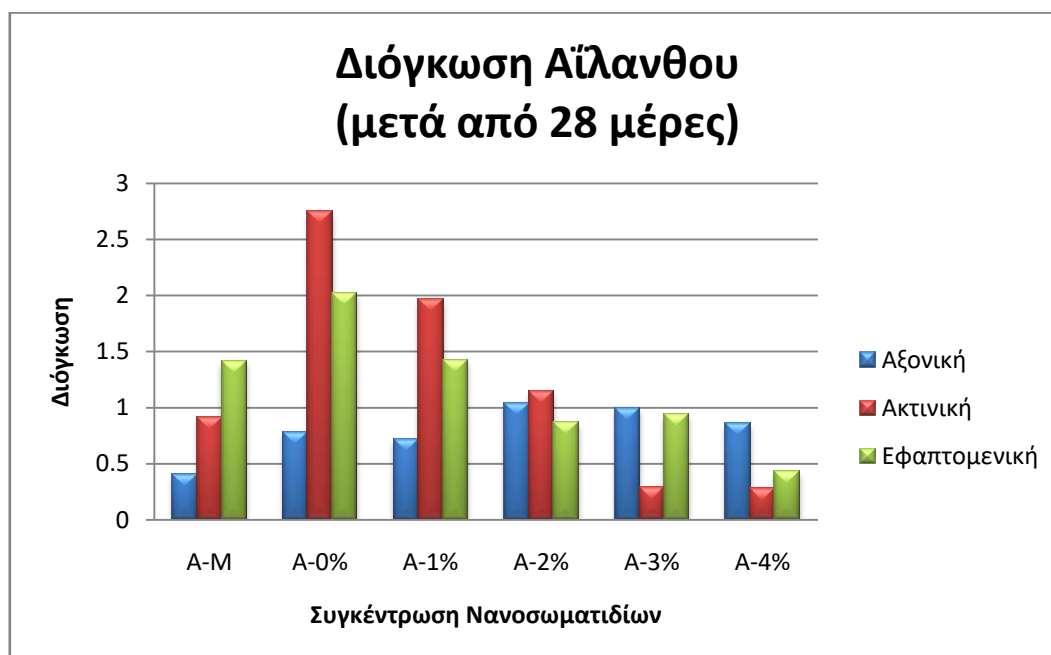
Γενικά τα εμβαπτισμένα δοκίμια παρουσιάζουν να έχουν καλύτερες συμπεριφορές στη διόγκωση από τα δοκίμια του μάρτυρα.

Δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν σε νανοσύνθετο πολυμερές με ποσοστά 4% νανοσωματίδια παρουσιάζουν να έχουν την μικρότερη διόγκωση μετά από 21 μέρες στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης.



Διάγραμμα 5.11: Διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου προς όλες τις κατευθύνσεις

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 5.12, τα δοκίμια Αΐλανθου μετά από 28 μέρες παρουσιάζουν να έχουν μείωση και αυτά στις τιμές. Η μείωση έφερε ως αποτέλεσμα, τα δοκίμια να έχουν απώλεια υγρασίας και παράλληλα μείωση των διαστάσεων τους. Αυτό οφείλεται στον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε πιο πάνω, για τα δοκίμια Δρυός.



Διάγραμμα 5.12: Διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου προς όλες τις κατευθύνσεις

Τα δοκίμια Αΐλανθου παρουσιάζουν να έχουν μια περίεργη συμπεριφορά στις ενδείξεις της διόγκωσης τους. Ενώ στο διάγραμμα 5.11 παρουσιάζουν να έχουν μεγαλύτερη εφαπτομενική διόγκωση, μετά από 28 μέρες παρατηρείτε να αυξάνεται η ακτινική διόγκωση κατά πολύ κυρίως στα δοκίμια που έχουν εμβαπτιστεί μόνο με paraloid και με ποσοστά 1% νανοσωματίδια. Σε γενικές γραμμές η εφαπτομενική διόγκωση παρουσιάζει να έχει καλύτερη συμπεριφορά μετά από 28 μέρες. Τα δοκίμια του μάρτυρα παρατηρείτε να έχουν ρικνωθεί αρκετά και στις τρεις κατευθύνσεις. Αυτό σημαίνει πως έχουν αποβάλει περισσότερη υγρασία από τα υπόλοιπα δοκίμια. Αν τα δοκίμια αυτά ήταν εμβαπτισμένα τότε δεν θα είχαν τόσες πολλές διαφορές στις τιμές, που αποδεικνύει πως το ακατέργαστο ξύλο χωρίς προστασία διογκώνεται και ρικνώνεται πιο εύκολα από το προστατευμένο.

Τα δοκίμια με νανοςύνθετο πολυμερές το οποίο περιέχει ποσοστά νανοσωματιδίων 4%, ξεκάθαρα έχουν βελτιώσει την ιδιότητα των δοκιμών Αΐλανθου στο να προσροφούν υγρασία και να διογκώνονται.

## 5.6. Παρατηρήσεις

Εκτός από τα δεδομένα που έδωσαν οι μετρήσεις στα δοκίμια, κατά την πειραματική διαδικασία, στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται διάφορες επιπτώσεις της τεχνητής γήρανσης σε αυτά.

Όπως αναφέρεται και πιο πάνω σε δοκίμια Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%, παρατηρήθηκε απώλεια υλικού κατά την τελευταία μέτρηση μετά από 28 μέρες. Στην εικόνα 5.3 απεικονίζονται κάποια από τα δοκίμια αυτά.



Εικόνα 5.3: Δοκίμια Δρυός μετά από 28 μέρες

Στην εικόνα 5.4, φαίνεται η απώλεια του υλικού από τα δοκίμια σε μαύρη επιφάνεια. Στην οποία είχαν τοποθετηθεί τα δοκίμια μέχρι να μετρηθούν.



Εικόνα 5.4: Επιφάνεια τοποθέτησης των δοκιμών μέχρι να μετρηθούν

Απώλεια είχαν και τα δοκίμια Αΐλανθου, κάτι που δεν φαίνεται ξεκάθαρα από τις φωτογραφίες, αλλά παρατηρείτε πως οι επιφάνειες των δοκιμών έχουν αλλοιωθεί (εικ. 5.5).



Εικόνα 5.5: Δοκίμια Αΐλανθου μετά από 28 μέρες

Στα δοκίμια μάρτυρα Δρυός παρατηρήθηκε η εμφάνιση ραγαδώσεων και αποκόλλησης των ινών μέσα στο ξύλο. Στις εικόνες 5.6 και 5.7, φαίνεται ξεκάθαρα. Επίσης παρατηρείται η επιφάνεια που ήταν εκτεθειμένη στο θάλαμο γήρανσης να έχει πιο λευκό χρώμα σε σχέση με το υπόλοιπο μέρος του κάθε δοκιμίου.



Εικόνα 5.6: Δοκίμια μάρτυρα Δρυός μετά από 28 μέρες



Εικόνα 5.7: Δοκίμια μάρτυρα Δρυός μετά από 28 μέρες

Στην εικόνα 5.8, απεικονίζεται η εκτεθειμένη επιφάνεια δοκιμίου Δρυός (μάρτυρα) και οι επιδράσεις της τεχνητής γήρανσης.



Εικόνα 5.8: Εκτεθειμένη επιφάνεια δοκιμίου μάρτυρα Δρυός μετά από 28 μέρες

Σε δοκίμια τα οποία εμβεπτίστηκαν τέτοια φαινόμενα δεν παρατηρούνται σε αυτό το βαθμό.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα δοκίμια Αϊλανθου μετά από την έκθεση τους για 28 μέρες στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης. Στα δοκίμια παρατηρείτε να έχουν δημιουργηθεί ραγαδώσεις.



Εικόνα 5.9: Δοκίμια μάρτυρα Αϊλανθου μετά από 28 μέρες



Εικόνα 5.10: Δοκίμιο μάρτυρα Αϊλανθου μετά από 28 μέρες

Τα εμβαπτισμένα δοκίμια Αϊλανθου παρουσιάζουν να έχουν μεγαλύτερες αντοχές από τα δοκίμια μάρτυρα του.

## Κεφάλαιο 6

### Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η χρήση πολυμερούς με νανοσωματίδια οξειδίου του πυριτίου μπορούν να αυξήσουν την αντίσταση του ξύλου στις επιδράσεις που προκαλούνται από περιβαλλοντικές συνθήκες.

Λόγω της φύσης του το ξύλο παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα στο κάθε είδος, καθώς παρατηρήθηκαν διαφορετικές συμπεριφορές μεταξύ των δοκιμών Δρυός και Αϊλανθου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, τα δοκίμια που εμβαπτίστηκαν έχουν μεγαλύτερες αντοχές από τα δοκίμια του μάρτυρα και στα δύο είδη ξύλου.

Οι χρωματικές μεταβολές στην επίστρωση των εμβαπτισμένων δοκιμών φαίνεται να έχουν μεγαλύτερες μεταβολές και σε κάθε ποσοστό νανοσωματιδίων παρουσιάζεται να είναι διαφορετικές. Τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν με πολυμερές παρουσιάζουν να έχουν περίπου τις ίδιες μεταβολές ( $\Delta E^*$ ), με τα δοκίμια τα οποία περιείχαν νανοσωματίδια ποσοστού 3%. Τα δοκίμια περιεκτικότητας 4% παρουσιάζουν να έχουν τις μικρότερες μεταβολές σε σχέση με τα υπόλοιπα εμβαπτισμένα δοκίμια. Άρα σύμφωνα με το πρότυπο όπου οι χαμηλές τιμές του  $\Delta E^*$  αντιστοιχούν σε μικρές διαφορές αποχρώσεων, συμπεραίνεται πως τα δοκίμια με ποσοστά 4%, ενισχύουν την προστατευτική ικανότητα της επίστρωσης.

Η επιφανειακή τραχύτητα των δοκιμών παρουσιάζει αύξηση μετά την εφαρμογή των νανοσύνθετων υλικών. Μετά την έκθεση τους στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης η τραχύτητα αυξάνετε. Με το πέρασμα των ημερών αυξάνετε όλο και περισσότερο. Ο λόγος της αύξησης της τραχύτητας οφείλετε στην επίδραση των καιρικών συνθηκών που προσομοιώνονται στο θάλαμο τεχνητής γήρανσης. Στα δοκίμια Δρυός παρατηρείτε να υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση τραχύτητας, στα δοκίμια με ποσοστά 2% νανοσωματίδια και στις δύο κατευθύνσεις, ενώ τα δοκίμια με ποσοστά 4% να έχουν την λιγότερη. Στα δοκίμια Αϊλανθου, στην κατά μήκους διεύθυνση, παρατηρείτε να έχουν την μεγαλύτερη αύξηση τα δοκίμια με ποσοστά 4% και την μικρότερη τα δοκίμια με 1%. Στην κατά πλάτους διεύθυνση, ενώ παρατηρείτε αύξηση του μάρτυρα, στο πέρασμα των 21 ημερών, οι ενδείξεις μετά από 28 μέρες παρουσιάζουν τα δοκίμια με ποσοστά 2% να έχουν μεγαλύτερη αύξηση όπως διαπιστώθηκε και στα δοκίμια Δρυός. Οι αλλαγές στις τιμές που παρουσιάζουν τα δοκίμια

μετά από μια εβδομάδα αποδεικνύει πόσο σημαντικό είναι το χρονικό διάστημα έκθεσης των δοκιμίων και πως αντιδρούν αυτά ανάλογα των ποσοστών νανοσωματιδίων που περιέχουν. Σε αυτή την περίπτωση τα δοκίμια με ποσοστά περιεκτικότητας 4% νανοσωματίδια παρουσιάζουν, σε μια συνολική εικόνα, να έχουν καλύτερες ενδείξεις.

Η προσρόφηση του ξύλου αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην βελτίωση των ιδιοτήτων του. Από τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας παρατηρείτε πως τα νανοςύνθετα πολυμερή με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%, παρουσιάζουν να έχουν την μεγαλύτερη αντίσταση στην υγρασία. Αναμφίβολα η αποκόλληση του υλικού σε δοκίμια με ποσοστά νανοσωματιδίων 4% (εικ.5.2), είναι ο λόγος που παρουσιάζουν κακές μεταβολές, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.7, κάτι που δηλώνει πως η επίστρωση προστατεύει το ξύλο όσο αυτή παραμένει σε αυτό.

Αυτό εξηγεί και τα δεδομένα διόγκωσης (διάγραμμα 5.10), στα δοκίμια Δρυός, όπου τα δοκίμια τα οποία εμβαπτίστηκαν σε πολυμερές με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% έχουν την μικρότερη διόγκωση μετά από 21 μέρες στο θάλαμο γήρανσης αλλά και μετά από 28 μέρες. Ενώ στα δοκίμια Αϊλανθου, τα δοκίμια με ποσοστά 4% νανοσωματίδια παρουσιάζουν να έχουν της μικρότερες ενδείξεις διόγκωσης.

Οι τιμές της τυπικής απόκλισης δηλώνουν πως όχι μόνο το είδος του ξύλου διαφέρει, αλλά και το κάθε δοκίμιο στο ίδιο είδος αντιδρά διαφορετικά.

Οι αναλογίες των ποσοστών των νανοσωματιδίων είναι πιθανό να έχουν τη μέγιστη βελτίωση κάποιων ιδιοτήτων, ενώ η προσθήκη άλλων ποσοστών να προκύψουν διαφορετικά αποτελέσματα.

Από τις εικόνες – φωτογραφίες του υποκεφαλαίου 5.6, παρατηρούνται οπτικά οι επιρροές της τεχνητής γήρανσης στα δοκίμια μάρτυρα των δύο ειδών ξύλου. Η εμφάνιση ραβδώσεων και η φθορά στις επιφάνειες των δοκιμίων μάρτυρα, αποδεικνύει πως τα εμβαπτισμένα δοκίμια παρουσιάζουν μεγαλύτερες αντοχές.

Σε γενικές γραμμές, νανοςύνθετα πολυμερή με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% και 4% φαίνεται να ενισχύουν την προστασία του ξύλου, με αποτέλεσμα να βελτιώνουν τις ιδιότητες του και να επεκτείνεται η διάρκεια ζωής του.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

1. Σκουλικίδης Ν. Θ. (2000). "Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων". Έκδοση ΠΕΚ. Κρήτη.
2. Igor Wachter, Tomáš Štefko , Peter Rantuch, Jozef Martinka and Alica Pastierová. (2021). «Effect of UV Radiation on Optical Properties and Hardness of Transparent Wood». Department of Integrated Safety, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava 1, Slovak University of Technology in Bratislava, Botanická 49, 917 24 Trnava. Slovakia.
3. Τσουμής Θ. Γιώργος, (2009). "Επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου, Τόμος Α΄. Δομή και Ιδιότητες". Εκδόσεις Γαργατάνη. Ελλάς. Ε.Ε. Θεσσαλονίκη.
4. Βατάλης Σ. Αργύρης, (2009). "Επιστήμη και τεχνολογία υλικών, 2<sup>η</sup> Έκδοση". Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
5. Κακάβας Β. Κωσταντίνος, (2010). "Πολυμερή και σύνθετα υλικά". Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Καρδίτσα.
6. Φιλίππου Ιωάννης (2014). «Τεχνολογία ξύλου». Power point παρουσίαση, ενότητα 7. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS443/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/07.%20EMPOTISMOS%20-%20Opencourses%20AUTH.pdf )
7. Μαντάνης Ι. Γεώργιος, Κακαράς Α. Ιωάννης, (2022). "Δομή, Χαρακτηριστικά και Ιδιότητες του Ξύλου". pdf. Καρδίτσα. ( <http://mantanis.users.uth.gr/wood.pdf> )
8. Τσουμής, Γ.Θ. (1983). Επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου. Τόμος Α. Δομή και ιδιότητες. Εκδόσεις Γαργατάνη. Θεσσαλονίκη.
9. Κρουσταλλάκη, Μ. (2017). «Διαγνωστική μελέτη του Τρούλου της ανωδομής του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου στα Ιεροσόλυμα – Προτάσεις συντήρησης και αποκατάστασης», Μεταπτυχιακή εργασία, Διατμηματικό ΠΜΣ «Προστασία των Μνημείων» με κατεύθυνση «Δομικά Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης» του τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών και Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Αθήνα
10. Μαντάμης Ι. Γεώργιος (2015). "Δομή Ξύλου", Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Καρδίτσα

11. Σαρκατζή Βασιλική. (2022). «Οι απειλές υποβάθμισης/καταστροφής από βιολογικούς παράγοντες σε ξύλινες κατασκευές - σύγχρονες πρακτικές προστασίας. Περίπτωση μελέτης μιας ξύλινης δομικής κατασκευής». Διπλωματική εργασία ΠΜΣ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Καρδίτσα
12. Κωσταντού Ζαχαρούλα. (2012). «Προστασία ξύλινων κατασκευών». Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ. Αθήνα
13. Μπιρμπίλης Δημήτρης (2012). “Εργαστηριακές Σημειώσεις, Ιδιότητες Ξύλου”, Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Καρδίτσα.
14. Μαντάνης Ι. Γεώργιος (2004). “Εισαγωγή στις ιδιότητες ξύλου”. ΤΕΙ Λάρισας, Καρδίτσα.
15. Μαντάνης Ι. Γεώργιος (2008). “Εφαρμογές των ειδών ξύλου στην ελληνική αγορά”. Ξυλεία / Επιπλέον, Τεύχος Νοεμβρίου- Δεκεμβρίου (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/http://mantanis.users.uth.gr/2008-19.pdf )
16. Κουτσιανίτης Δημήτριος. «Υλοχρηστική, Ιδιότητες του Ξύλου, Μηχανικές Ιδιότητες, Θεωρία, Ενότητα 4», παρουσίαση power point. Τμήμα Δασολογίας & ΔΦΠ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://oeclass.aua.gr/eclass/modules/document/file.php/3383/%CE%99%CE%94%CE%99%CE%9F%CE%A4%CE%97%CE%A4%CE%95%CE%A3%20%CE%9E%CE%A5%CE%9B%CE%9F%CE%A5%20%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91\_%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%204.pdf )
17. WoodCo (2022) «Understanding the Janka Wood Hardness Scale», San Antonio ([https://www.woodco.com/blog/wood-wisdom-13/understanding-the-janka-wood-hardness-scale-14#blog\\_content](https://www.woodco.com/blog/wood-wisdom-13/understanding-the-janka-wood-hardness-scale-14#blog_content) )
18. Υγειονομική Κρήτης. (<https://igionomikikritis.gr/troktika-entoma/ksylofaga-entoma/>)
19. Φιλίππου Ι. (1983). «Χημική Τεχνολογία του ξύλου». Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
20. Tsoumis G. (1968). «Wood as Raw Material». Pergamon Press. New York.
21. Μαντάνης Ι. Γιώργος 2009. “Γνωρίζετε για... / Επιπλέον”. (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/http://www.wfdt.teilar.gr/papers/e-pipleon/2009\_gnorizete\_gia\_40.pdf )

22. Κακαράς Ιωάννης 2000. “Σημειώσεις τεχνολογίας ξύλου Ι, Μέρος Α, Ξύλινοι στύλοι - πάσσαλοι”. Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Καρδίτσα.
23. Δημητράκης Σ. Παναγιώτης (2012). «Νανοσωματίδια ως δομικά στοιχεία ηλεκτρονικών διατάξεων». Ε.Μ.Π. Αθήνα.  
(<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/27744?lang=el#page/1/mode/2up> )
24. Δάλλας Παναγιώτης (2007). «Σύνθεση, χαρακτηρισμός και ιδιότητες αγώγιμων πολυμερών και νανοσύνθετων υλικών από μαγνητικά νανοσωματίδια και οργανικές πολυμερείς ενώσεις». Ε.Κ.Π. Αθήνα.  
(<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/17635?lang=el#page/1/mode/2up> )
25. Βασιλάκη Δ. Μαρίννα (2009). «Μελέτη της επίδρασης της επιφάνειας και της διεπιφάνειας στη μαγνητική συμπεριφορά νανοσωματιδίων». Ε.Μ.Π. Αθήνα.  
(<https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/22995?lang=el#page/1/mode/2up> )
26. Anders W. Kjellow, Ole Henriksen. (2009). “Supercritical wood impregnation”. ELSEVIER. Science Direct. Denmark.  
([https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844609002101?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8909f0526c87ee6b](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844609002101?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8909f0526c87ee6b) )
27. Baha M., Dupont J. L., Bauer H. (2023). “Liquefied Natural Gas: production process and cold energy recovery”. IIR. (<https://iifiir.org/en/encyclopedia-of-refrigeration/liquefied-natural-gas-production-process-and-cold-energy-recovery-br-nbsp> )
28. Yuen, Hsiu Huo. (1952). “Impregnation of green wood”. Published by Pro Quest LLC (2020). Brooklyn.  
(<https://www.proquest.com/openview/cc02cc408c8fae6dfb8775fc6429f45e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y> )
29. Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G. (2017). Wood modification technologies (<https://iforest.sisef.org/contents/?id=ifor2380-010> )
30. Mantanis G., Terzi E., Kartal S.N., Papadopoulos A. (2014). Evaluation of mold, decay and termite resistance of pine wood treated with zinc- and copper- based nanocompounds. *International Biodeterioration and Biodegradation* ([https://www.researchgate.net/publication/261029873\\_Evaluation\\_of\\_mold\\_decay\\_and\\_termite\\_resistance\\_of\\_pine\\_wood\\_treated\\_with\\_zinc\\_and\\_copper\\_based\\_nanocompounds](https://www.researchgate.net/publication/261029873_Evaluation_of_mold_decay_and_termite_resistance_of_pine_wood_treated_with_zinc_and_copper_based_nanocompounds) )

31. Βασιλική Καμπαρίδου, Ιωάννης Βαρμβούτης. (2009). «Οικολογική & Κοινωνική αποκατάσταση Πυρόπληκτων περιοχών, Περιβαλλοντικές ανησυχίες για τα συντηρητικά του ξύλου». ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
32. Stalker, I., Applefield, M. (1986). The Preservation of Wood, A Self Study Manual for Wood Treaters. University of Georgia, Athens, GA. Revised by Milton F.T.
33. Wenzhai Bi, Haitao Li\*, David Hui, Milan Gaff, Rodolfo Lorenzo, Ileana Corbi, Ottavia Corbi, and Mahmud Ashraf. (2021). «Effects of chemical modification and nanotechnology on wood properties». Review Article.
34. Unger, A., Schniewind, A.P., Unger, W. (2001). Conservation of wood artifacts. Edited by Herrmann, B., Wagner, G.A.Springer-Verlag Berlin Heidelberg
35. Yongfeng Li. (2011). «Wood – polymer composites». Northeast Forest University Harbin 150040. P.R. China
36. Μανούδης Π. (2009). “Μελέτη και Αξιολόγηση Προστατευτικών Επιστρώσεων για την Επιφανειακή Συντήρηση και Προστασία Μνημείων Πολιτισμού “. Τμήμα Χημικών Μηχανικών Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
37. Antonios N. Papadopoulos 1,\* and Hamid R. Taghiyari 2. 2019. «Innovative Wood Surface Treatments Based on Nanotechnology». 1 ΔΠΕ. Δράμα. 2 Department of Wood Science and Technology, Faculty of Materials Engineering & New Technologies. Shahid Rajae University of Education. Ιράν
38. Bak, M. Nemeth, R. (2018). «Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood». BioResources  
(<https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/effect-of-different-nanoparticle-treatments-on-the-decay-resistance-of-wood/> )
39. Bak M., Molnar, F. Nemeth R. (2018) «Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. Wood Mater». Sci. Eng.  
(<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480272.2018.1528568> )
40. Mantanis G., Papadopoulos A.N., (2010). «The sorption of water vapour of wood treated with a nanotechnology compound». Springer link. Wood Sci. Technol.  
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-010-0326-6> )
41. Δαρδάνη Ζωή (2017). «Σύνθεση και Μελέτη Επιφανειών με Νανοσωματίδια Οξειδίου του Ψευδαργύρου και Πολυμερικά Ικρίωματα Πολυκαπρολακτόνης για Αντιμικροβιακές Εφαρμογές». Διπλωματική εργασία ΠΜΣ. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη

42. Papadopoylos N. A., Taghiyari R. H. (2019). «Innovative Wood Surface Treatments Based on Nanotechnology». Hellenic University, Drama. Shahid Rajae Teacher Training University, Iran.
43. Nikolic, M., Lawther, J.M., Sanadi, A.R. (2015). «Use of nanofillers in wood coating: A scientific review». J. Coat. Technol. Res.  
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s11998-015-9659-2> )
44. Ντέλια Ελένη (2018). «Υπερυδρόφοβο Paraloid B72 με χρήση νανοσωματιδίων». Διπλωματική εργασία. ΠΜΣ. ΑΠΘ Θεσσαλονίκη.
45. Mitani A., Ntalos G., Koutsianitis D., Ninikas K., (2019). "Aging effect of some varnish coated wood species on color difference and surface roughness". Online ISSN. Vol. 15. N<sup>o</sup> 4. UTH. Karditsa.  
([https://www.researchgate.net/publication/340377830\\_AGING\\_EFFECT\\_OF\\_SOME\\_VARNISH\\_COATED\\_WOOD\\_SPECIES\\_ON\\_COLOR\\_DIFFERENCE\\_AND\\_SURFACE\\_ROUGHNESS](https://www.researchgate.net/publication/340377830_AGING_EFFECT_OF_SOME_VARNISH_COATED_WOOD_SPECIES_ON_COLOR_DIFFERENCE_AND_SURFACE_ROUGHNESS) )
46. Αξαρχή Ασημίνα. (2023). "Η ηλιακή ακτινοβολία επιδρά στην αλλοίωση χρωμάτων". Open Schools Journal for Open Science. Αμερικάνικο κολλέγιο Ανατόλια. Θεσσαλονίκη.  
(<https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/openschoolsjournal/article/view/31979> )
47. Giovanni Battista Goffredoa , Barbara Citteriob, Francesca Biavascoc, Francesca Stazid, Sara Barcelli e Placido Munafòd. (2024). «Nanotechnology on wood: The effect of photocatalytic nanocoatings against Aspergillus niger». Department of civil and building engineering and architecture, polytechnic university of Marche, 12, via Brece Bianche, 60131 Ancona, Italy
48. Παπλιάκα Ζωή Ε. (2009). «Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός υλικών σε ζωγραφικά έργα σύγχρονης τέχνης». Διδακτορική διατριβή. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
49. Κουσαθανάς Ματθαίος (2017). «Μελέτη της υποβάθμισης των μηχανικών ιδιοτήτων πολυμερικών φιλμ λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών». Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ. Αθήνα
50. D Rabelo, ECD Lima, AC Reis, WC Nunes, MA Novak, VK Garg, AC Oliveira, PC Morais (2001). « Preparation of Magnetite Nanoparticles in Mesoporous Copolymer

Template». Nano-Letters.

(<https://scholar.google.gr/citations?user=YTGPYeEAAAAJ&hl=el> )

51. Mohammad Mehdi Jalili, Siamak Moradian \*, Hamed Dastmalchian, Ali Karbasi (2007). «Investigating the variations in properties of 2-pack polyurethane clear coat through separate incorporation of hydrophilic and hydrophobic nano-silica». Department of Polymer and Color Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O. Box 15875-4413, Iran.  
([https://www.academia.edu/53164064/Investigating\\_the\\_Variations\\_In\\_Properties\\_of\\_2\\_Pack\\_Polyurethane\\_Clear\\_Coat\\_Through\\_Separate\\_Incorporation\\_of\\_Hydrophilic\\_and\\_Hydrophobic\\_Nano\\_Silica?uc-g-sw=22720095](https://www.academia.edu/53164064/Investigating_the_Variations_In_Properties_of_2_Pack_Polyurethane_Clear_Coat_Through_Separate_Incorporation_of_Hydrophilic_and_Hydrophobic_Nano_Silica?uc-g-sw=22720095) )
52. R.S. Dubey a, Y.B.R.D. Rajesh b, M.A. More c (2015). «Synthesis and Characterization of SiO<sub>2</sub> Nanoparticles via Sol-gel Method for Industrial Applications». a. Advanced Research Laboratory for Nanomaterials and Devices, Department of Nanotechnology, Swarnandhra College of Engineering and Technology, Seetharampuram, Narsapur-534280 (A.P.), b. Department of Chemistry, School of Chemical & Biotechnology, SASTRA University, Tirumalaisamudram, Thanjavur-613401 (T. N.), c. Center for Advanced Studies in Materials Science & Condensed Matter Physics, Department of Physics, University of Pune, India, (M.S.). India  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785315003430> )

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Πίνακες

Το πορτοκαλί χρώμα αντιστοιχεί σε δοκίμια Δρυός και το μοβ χρώμα σε δοκίμια Αΐλανθου.

Χρωματικές μεταβολές μετά από 21 μέρες στο θάλαμο γήρανσης

|        | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |  |
|--------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|--|
| A/A    | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |  |
| O-M-1  | 77.54              | 4.85 | 17.89 | 76.25 | 3.9                 | 17.12 | -1.29 | -0.95            | -0.77 | 1.777498 |  |
| O-M-2  | 81.3               | 5.47 | 18.59 | 74.59 | 4.36                | 20.17 | -6.71 | -1.11            | 1.58  | 6.982306 |  |
| O-M-3  | 76.84              | 5.11 | 18.44 | 76.36 | 3.45                | 16.47 | -0.48 | -1.66            | -1.97 | 2.620477 |  |
| O-M-4  | 77.67              | 5.85 | 23.75 | 77.83 | 3.86                | 17.52 | 0.16  | -1.99            | -6.23 | 6.542064 |  |
| O-M-5  | 76.81              | 5.53 | 23.85 | 72.39 | 4.38                | 21.98 | -4.42 | -1.15            | -1.87 | 4.93516  |  |
| O-M-6  | 79.35              | 5.81 | 22.4  | 77.74 | 3.75                | 17.86 | -1.61 | -2.06            | -4.54 | 5.239017 |  |
| O-M-7  | 78.01              | 5.07 | 22.2  | 74.7  | 3.97                | 18.85 | -3.31 | -1.1             | -3.35 | 4.836176 |  |
| O-M-8  | 68.38              | 6.68 | 24.48 | 71.54 | 3.19                | 16.83 | 3.16  | -3.49            | -7.65 | 8.982661 |  |
| O-M-9  | 73.21              | 6.25 | 21.23 | 72    | 3.39                | 16.81 | -1.21 | -2.86            | -4.42 | 5.401861 |  |
| O-M-10 | 80.3               | 5.28 | 19.55 | 77.88 | 4.4                 | 17.99 | -2.42 | -0.88            | -1.56 | 3.010714 |  |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 5.032793 |  |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 1.596788 |  |

Πίνακας 1: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών μάρτυρα Δρυός

|        | μετά από εμβολπτηση |      |       | Δ-Ο   |      | μετά από 3 βδομάδες |       |                  |       |          |          |  |
|--------|---------------------|------|-------|-------|------|---------------------|-------|------------------|-------|----------|----------|--|
| A/A    | L                   | a    | b     | L     | a    | b                   | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |          |  |
| O-0-1  | 66.01               | 8.56 | 28.24 | 68.2  | 7.01 | 25.78               | 2.19  | -1.55            | -2.46 | 3.640082 |          |  |
| O-0-2  | 73.27               | 5.53 | 22.93 | 68.35 | 7.07 | 24.96               | -4.92 | 1.54             | 2.03  | 5.540659 |          |  |
| O-0-3  | 75.04               | 6.07 | 23.35 | 67.78 | 9.21 | 28.59               | -7.26 | 3.14             | 5.24  | 9.48814  |          |  |
| O-0-4  | 67.63               | 8.62 | 27.5  | 67.4  | 8.54 | 29.1                | -0.23 | -0.08            | 1.6   | 1.618425 |          |  |
| O-0-5  | 66.8                | 7.84 | 27.91 | 64.46 | 6.64 | 23.36               | -2.34 | -1.2             | -4.55 | 5.255293 |          |  |
| O-0-6  | 68.03               | 7.62 | 27.07 | 66.89 | 8.42 | 28.23               | -1.14 | 0.8              | 1.16  | 1.812512 |          |  |
| O-0-9  | 78.07               | 5.3  | 22.37 | 74.64 | 7.34 | 26.92               | -3.43 | 2.04             | 4.55  | 6.05219  |          |  |
| O-0-10 | 76.01               | 5.16 | 23.3  | 73.79 | 6.95 | 25.95               | -2.22 | 1.79             | 2.65  | 3.892942 |          |  |
| O-0-18 | 73.58               | 5.96 | 23.89 | 69.5  | 6.68 | 23.94               | -4.08 | 0.72             | 0.05  | 4.143344 |          |  |
| O-0-19 | 68.47               | 7.48 | 26.77 | 66.7  | 7.42 | 26.11               | -1.77 | -0.06            | -0.66 | 1.89     |          |  |
|        |                     |      |       |       |      |                     |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       |          | 4.333359 |  |
|        |                     |      |       |       |      |                     |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       |          | 1.800569 |  |

Πίνακας 2: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|         | μετά από εμβάπτιση |      |       |  | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|--|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     |  | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |          |  |
| O-10-2  | 71.44              | 6.2  | 24.61 |  | 68.21 | 6.65                | 23.43 | -3.23 | 0.45             | -1.18 | 3.468112 |          |  |
| O-10-6  | 71.46              | 5.87 | 23.7  |  | 66.42 | 6.94                | 24.27 | -5.04 | 1.07             | 0.57  | 5.183763 |          |  |
| O-10-7  | 71.08              | 7.21 | 25.89 |  | 68.98 | 7.82                | 26.04 | -2.1  | 0.61             | 0.15  | 2.19194  |          |  |
| O-10-9  | 65.97              | 8.15 | 27.91 |  | 67.11 | 5.86                | 21.99 | 1.14  | -2.29            | -5.92 | 6.449039 |          |  |
| O-10-13 | 72.78              | 5.55 | 23.94 |  | 65.42 | 10.46               | 30.51 | -7.36 | 4.91             | 6.57  | 11.0201  |          |  |
| O-10-14 | 67.12              | 7.93 | 28.04 |  | 65.65 | 8.1                 | 24.89 | -1.47 | 0.17             | -3.15 | 3.480273 |          |  |
| O-10-16 | 69.19              | 7.21 | 27.3  |  | 60.21 | 12.48               | 32.43 | -8.98 | 5.27             | 5.13  | 11.60733 |          |  |
| O-10-18 | 65.46              | 8.08 | 26.7  |  | 66.81 | 7.62                | 26.17 | 1.35  | -0.46            | -0.53 | 1.521512 |          |  |
| O-10-19 | 75.3               | 4.64 | 20    |  | 67.37 | 7.02                | 22.99 | -7.93 | 2.38             | 2.99  | 8.802806 |          |  |
| O-10-20 | 67.07              | 7.58 | 27.32 |  | 64.98 | 8.26                | 25.89 | -2.09 | 0.68             | -1.43 | 2.622098 |          |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       |          | 5.634698 |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       |          | 3.068098 |  |

Πίνακας 3: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 1% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       |  | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|--|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     |  | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |  |
| O-20-1  | 66.64              | 7.5  | 27.76 |  | 66.59 | 8.84                | 29.35 | -0.05 | 1.34             | 1.59  | 2.079952 |  |
| O-20-5  | 75.46              | 5.47 | 23.38 |  | 71.91 | 5.55                | 21.88 | -3.55 | 0.08             | -1.5  | 3.854724 |  |
| O-20-6  | 74.12              | 5.77 | 23.1  |  | 71.06 | 7.23                | 26.49 | -3.06 | 1.46             | 3.39  | 4.794507 |  |
| O-20-7  | 70.26              | 5.94 | 24.49 |  | 66.82 | 8.16                | 25.76 | -3.44 | 2.22             | 1.27  | 4.286595 |  |
| O-20-8  | 68.01              | 7.65 | 28.21 |  | 68.89 | 6.87                | 25.14 | 0.88  | -0.78            | -3.07 | 3.287507 |  |
| O-20-10 | 70.55              | 6    | 24.5  |  | 69.87 | 7.17                | 24.32 | -0.68 | 1.17             | -0.18 | 1.365174 |  |
| O-20-11 | 65.63              | 7.77 | 26.66 |  | 67.77 | 6.55                | 23.07 | 2.14  | -1.22            | -3.59 | 4.35386  |  |
| O-20-12 | 66.91              | 7.74 | 27.1  |  | 64.67 | 8.07                | 24.87 | -2.24 | 0.33             | -2.23 | 3.177955 |  |
| O-20-14 | 71.98              | 5.2  | 23.35 |  | 67.74 | 8.65                | 29.36 | -4.24 | 3.45             | 6.01  | 8.124051 |  |
| O-20-16 | 72.79              | 5.6  | 23.12 |  | 69.68 | 6.35                | 23.95 | -3.11 | 0.75             | 0.83  | 3.305072 |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 3.86294  |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 1.221451 |  |

Πίνακας 4: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 2% νανοσωματίδια

| μετά από εμβάπτηση |       |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |  |
|--------------------|-------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|--|
| A/A                | L     | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |  |
| O-30-5             | 65    | 7.65 | 26.41 | 66.94 | 6.41                | 21.76 | 1.94  | -1.24            | -4.65 | 5.188805 |  |
| O-30-6             | 65.65 | 7.76 | 27.88 | 67.85 | 5.78                | 22.57 | 2.2   | -1.98            | -5.31 | 6.079186 |  |
| O-30-9             | 65.82 | 7.59 | 27.14 | 67.12 | 7.21                | 22.93 | 1.3   | -0.38            | -4.21 | 4.422499 |  |
| O-30-11            | 64.68 | 7.34 | 26.86 | 66.21 | 7.13                | 23.29 | 1.53  | -0.21            | -3.57 | 3.889717 |  |
| O-30-12            | 67.41 | 7.62 | 26.86 | 66.3  | 7.97                | 25.28 | -1.11 | 0.35             | -1.58 | 1.962396 |  |
| O-30-13            | 76.81 | 5.29 | 23.61 | 72.99 | 6.14                | 22.89 | -3.82 | 0.85             | -0.72 | 3.979108 |  |
| O-30-14            | 65.92 | 7.73 | 27.45 | 67.27 | 6.84                | 24.56 | 1.35  | -0.89            | -2.89 | 3.311601 |  |
| O-30-17            | 66.82 | 7.57 | 27.35 | 70.44 | 5.52                | 22.32 | 3.62  | -2.05            | -5.03 | 6.527465 |  |
| O-30-19            | 73.97 | 5.54 | 23.07 | 69.84 | 6.8                 | 23.85 | -4.13 | 1.26             | 0.78  | 4.387813 |  |
| O-30-20            | 65.51 | 7.84 | 27.84 | 68.56 | 6.6                 | 23.21 | 3.05  | -1.24            | -4.63 | 5.681285 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 4.542988 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 1.060958 |  |

Πίνακας 5: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 3% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |
| O-40-1  | 71.82              | 5.96 | 24.03 | 67.47 | 6.99                | 22.95 | -4.35 | 1.03             | -1.08 | 4.598891 |
| O-40-2  | 67.28              | 7.95 | 28.28 | 65.88 | 10.63               | 32.24 | -1.4  | 2.68             | 3.96  | 4.982369 |
| O-40-3  | 68.99              | 6.42 | 25.68 | 65.87 | 7.43                | 24.61 | -3.12 | 1.01             | -1.07 | 3.449551 |
| O-40-4  | 72.09              | 6.43 | 24.84 | 67.09 | 6.51                | 21.39 | -5    | 0.08             | -3.45 | 6.07527  |
| O-40-6  | 65.17              | 7.59 | 27.63 | 63.25 | 11.23               | 33.76 | -1.92 | 3.64             | 6.13  | 7.383285 |
| O-40-8  | 65.88              | 8.17 | 28.11 | 63.11 | 10.17               | 28.56 | -2.77 | 2                | 0.45  | 3.44607  |
| O-40-9  | 71.06              | 5.36 | 24.41 | 65.41 | 10.47               | 32.8  | -5.65 | 5.11             | 8.39  | 11.33255 |
| O-40-13 | 64.95              | 8.24 | 27.88 | 62.93 | 10.73               | 31.03 | -2.02 | 2.49             | 3.15  | 4.494775 |
| O-40-15 | 67.87              | 7.35 | 27.43 | 68.82 | 8.17                | 26.36 | 0.95  | 0.82             | -1.07 | 1.649182 |
| O-40-17 | 71.28              | 5.66 | 24.11 | 67.47 | 9.97                | 33.15 | -3.81 | 4.31             | 9.04  | 10.71512 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 5.812706 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 2.45108  |

Πίνακας 6: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 5% νανοσωματίδια

|        | μετά από εμβολήση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |       |        |          |
|--------|-------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|--------|----------|
| A/A    | L                 | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa    | Δb     | ΔΕ*      |
| A-M-1  | 81.78             | 6.05 | 24.74 | 76.7  | 5.7                 | 21.66 | -5.08 | -0.35 | -3.08  | 5.951076 |
| A-M-2  | 79.1              | 5.58 | 25.01 | 75.27 | 4.75                | 19.82 | -3.83 | -0.83 | -5.19  | 6.503376 |
| A-M-3  | 82.02             | 6.08 | 20.47 | 74.98 | 4.64                | 21.83 | -7.04 | -1.44 | 1.36   | 7.31333  |
| A-M-4  | 84.01             | 5.81 | 19.35 | 75.43 | 4.61                | 21.42 | -8.58 | -1.2  | 2.07   | 8.907373 |
| A-M-5  | 80.19             | 5.12 | 18.58 | 75.52 | 4.29                | 20.05 | -4.67 | -0.83 | 1.47   | 4.965753 |
| A-M-6  | 80.01             | 6.01 | 22.08 | 72.52 | 4.99                | 23.53 | -7.49 | -1.02 | 1.45   | 7.696947 |
| A-M-7  | 80.28             | 5.26 | 19.6  | 75.51 | 4.35                | 20.2  | -4.77 | -0.91 | 0.6    | 4.892954 |
| A-M-8  | 81.39             | 5.21 | 29.23 | 78.27 | 4.29                | 17.9  | -3.12 | -0.92 | -11.33 | 11.78769 |
| A-M-9  | 82.25             | 5.84 | 19.85 | 75.51 | 4.23                | 20.8  | -6.74 | -1.61 | 0.95   | 6.994441 |
| A-M-10 | 83.4              | 5.32 | 17.91 | 73.2  | 4.17                | 21.31 | -10.2 | -1.15 | 3.4    | 10.81307 |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |
|        |                   |      |       |       |                     |       |       |       |        |          |

Πίνακας 7: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|        | μετά από εμβάπτηση |      |       |  | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |  |
|--------|--------------------|------|-------|--|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|--|
| A/A    | L                  | a    | b     |  | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |  |
| A-0-1  | 79.18              | 5.82 | 23.67 |  | 74.53 | 6.79                | 27.21 | -4.65 | 0.97             | 3.54  | 5.924103 |  |
| A-0-4  | 78.52              | 6.28 | 29.7  |  | 74.45 | 6.49                | 25.07 | -4.07 | 0.21             | -4.63 | 6.168136 |  |
| A-0-6  | 77.41              | 6.17 | 29.07 |  | 75.75 | 6.52                | 25.92 | -1.66 | 0.35             | -3.15 | 3.577793 |  |
| A-0-9  | 77.2               | 5.49 | 26    |  | 75.19 | 6.81                | 26.1  | -2.01 | 1.32             | 0.1   | 2.406761 |  |
| A-0-13 | 76.66              | 6.58 | 31.79 |  | 72.48 | 8.54                | 32.8  | -4.18 | 1.96             | 1.01  | 4.725897 |  |
| A-0-14 | 79.25              | 5.61 | 24.13 |  | 75.49 | 7.09                | 27.98 | -3.76 | 1.48             | 3.85  | 5.581263 |  |
| A-0-15 | 76.12              | 5.74 | 29    |  | 72.93 | 7.07                | 27.33 | -3.19 | 1.33             | -1.67 | 3.838476 |  |
| A-0-17 | 77.79              | 5.37 | 23.75 |  | 73.41 | 6.49                | 27.71 | -4.38 | 1.12             | 3.96  | 6.010025 |  |
| A-0-19 | 77.24              | 5.97 | 27.38 |  | 74.79 | 5.66                | 22.14 | -2.45 | -0.31            | -5.24 | 5.792771 |  |
| A-0-20 | 78.05              | 5.37 | 24.32 |  | 73.2  | 8.33                | 33.16 | -4.85 | 2.96             | 8.84  | 10.50855 |  |
|        |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 5.453378 |  |
|        |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 1.452917 |  |

Πίνακας 8: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       |  | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|--|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     |  | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| A-10-1  | 78.58              | 6.21 | 26.61 |  | 74.45 | 5.96                | 23.3  | -4.13 | -0.25            | -3.31  | 5.298632 |  |
| A-10-4  | 77.28              | 6.82 | 30.4  |  | 73.8  | 6.45                | 24.74 | -3.48 | -0.37            | -5.66  | 6.65454  |  |
| A-10-5  | 76.86              | 6.61 | 30.14 |  | 72.4  | 6.45                | 26.15 | -4.46 | -0.16            | -3.99  | 5.986426 |  |
| A-10-6  | 76.47              | 5.25 | 26.12 |  | 73.11 | 5.99                | 24.7  | -3.36 | 0.74             | -1.42  | 3.722042 |  |
| A-10-8  | 78.93              | 6.35 | 29.07 |  | 72.45 | 6.53                | 26.28 | -6.48 | 0.18             | -2.79  | 7.0574   |  |
| A-10-12 | 80.42              | 5.96 | 26.86 |  | 77.84 | 5.79                | 21.53 | -2.58 | -0.17            | -5.33  | 5.924036 |  |
| A-10-13 | 70.14              | 6.84 | 37.48 |  | 72.39 | 6.88                | 27.11 | 2.25  | 0.04             | -10.37 | 10.61136 |  |
| A-10-18 | 77.54              | 5.76 | 24.92 |  | 74.06 | 6.45                | 24.97 | -3.48 | 0.69             | 0.05   | 3.548098 |  |
| A-10-19 | 80.92              | 5.9  | 25.32 |  | 77    | 6.99                | 25.8  | -3.92 | 1.09             | 0.48   | 4.096938 |  |
| A-10-20 | 77.16              | 6.32 | 29.6  |  | 75.88 | 6.87                | 26.2  | -1.28 | 0.55             | -3.4   | 3.674357 |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 5.657383 |  |
|         |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 1.58937  |  |

Πίνακας 9: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αΐλανθου ποσοστού 1% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |
| A-20-3  | 79.16              | 5.84 | 27.44 | 72.64 | 6.25                | 25.02 | -6.52 | 0.41             | -2.42 | 6.966699 |
| A-20-6  | 78.63              | 6.19 | 27.87 | 72.55 | 6.31                | 24.87 | -6.08 | 0.12             | -3    | 6.780914 |
| A-20-7  | 78.82              | 6.4  | 29.35 | 74.14 | 6.46                | 25.37 | -4.68 | 0.06             | -3.98 | 6.14381  |
| A-20-8  | 81.11              | 5.97 | 25.59 | 77.47 | 5.91                | 22.33 | -3.64 | -0.06            | -3.26 | 4.886799 |
| A-20-12 | 78.31              | 6.21 | 28.59 | 73.29 | 7.55                | 30.74 | -5.02 | 1.34             | 2.15  | 5.623033 |
| A-20-14 | 78.65              | 6.21 | 28.72 | 73.89 | 6.36                | 24.28 | -4.76 | 0.15             | -4.44 | 6.511044 |
| A-20-15 | 77.03              | 6.08 | 28.84 | 74.86 | 6.05                | 24.74 | -2.17 | -0.03            | -4.1  | 4.638944 |
| A-20-16 | 80.19              | 6.07 | 27.3  | 73.66 | 7.04                | 27.46 | -6.53 | 0.97             | 0.16  | 6.60359  |
| A-20-17 | 77.16              | 6.22 | 29.16 | 74.85 | 6.49                | 26.09 | -2.31 | 0.27             | -3.07 | 3.85148  |
| A-20-20 | 79.06              | 6.17 | 29.31 | 75.16 | 6.23                | 24.23 | -3.9  | 0.06             | -5.08 | 6.404686 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 5.8411   |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 0.872829 |

Πίνακας 10: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 2% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |          |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|----------|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |          |
| A-30-1  | 77.02              | 6.07 | 28.01 | 70.77 | 7.93                | 30.67 | -6.25 | 1.86             | 2.66  | 7.042563 |          |
| A-30-7  | 76.91              | 6.15 | 28.69 | 75.12 | 5.88                | 22.72 | -1.79 | -0.27            | -5.97 | 6.238421 |          |
| A-30-9  | 78.92              | 5.86 | 27.45 | 73.48 | 7.3                 | 28.69 | -5.44 | 1.44             | 1.24  | 5.762361 |          |
| A-30-11 | 77.8               | 5.33 | 23.92 | 72.95 | 6.9                 | 26.81 | -4.85 | 1.57             | 2.89  | 5.859991 |          |
| A-30-15 | 78.32              | 5.42 | 23.79 | 73.36 | 6.58                | 27.67 | -4.96 | 1.16             | 3.88  | 6.403249 |          |
| A-30-16 | 76.11              | 6.49 | 30.21 | 73.07 | 7.12                | 29.43 | -3.04 | 0.63             | -0.78 | 3.201078 |          |
| A-30-17 | 78.24              | 6.32 | 28.83 | 76.32 | 6.17                | 23.7  | -1.92 | -0.15            | -5.13 | 5.47958  |          |
| A-30-18 | 78.86              | 5.51 | 28.02 | 74.05 | 6.68                | 27.74 | -4.81 | 1.17             | -0.28 | 4.958165 |          |
| A-30-19 | 80.26              | 6.66 | 28.81 | 77.47 | 6.37                | 25.61 | -2.79 | -0.29            | -3.2  | 4.255373 |          |
| A-30-20 | 78.09              | 6.05 | 28.53 | 71.32 | 8.63                | 32.01 | -6.77 | 2.58             | 3.48  | 8.037394 |          |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       |          | 5.723818 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       |          | 1.000215 |

Πίνακας 11: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 3% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτηση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 3 βδομάδες |       |       |                  |       |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |  |
| A-40-1  | 79.14              | 6.47 | 28.51 | 76.21 | 6.63                | 25.05 | -2.93 | 0.16             | -3.46 | 4.53675  |  |
| A-40-2  | 75.74              | 6.69 | 30.49 | 73.19 | 7.13                | 28.15 | -2.55 | 0.44             | -2.34 | 3.488796 |  |
| A-40-4  | 75.52              | 6.43 | 29.48 | 70.46 | 8.07                | 30.23 | -5.06 | 1.64             | 0.75  | 5.37175  |  |
| A-40-6  | 77.26              | 6.29 | 29.26 | 71.16 | 8.14                | 31.96 | -6.1  | 1.85             | 2.7   | 6.922608 |  |
| A-40-9  | 78.68              | 5.75 | 27.02 | 71.22 | 7.03                | 30.48 | -7.46 | 1.28             | 3.46  | 8.322355 |  |
| A-40-11 | 74.64              | 6.99 | 30.96 | 67.27 | 9.47                | 34.63 | -7.37 | 2.48             | 3.67  | 8.598616 |  |
| A-40-15 | 80.77              | 5.13 | 24.32 | 72.22 | 7.7                 | 30.76 | -8.55 | 2.57             | 6.44  | 11.00822 |  |
| A-40-16 | 77.69              | 5.73 | 24.58 | 70.08 | 8.14                | 32.32 | -7.61 | 2.41             | 7.74  | 11.1188  |  |
| A-40-18 | 79.74              | 5.53 | 22.5  | 72.33 | 7.12                | 31.17 | -7.41 | 1.59             | 8.67  | 11.51543 |  |
| A-40-20 | 77.96              | 5.74 | 24.84 | 72.79 | 6.85                | 29.76 | -5.17 | 1.11             | 4.92  | 7.2227   |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 7.810603 |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 2.302082 |  |

Πίνακας 12: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 4% νανοσωματίδια

Χρωματικές μεταβολές μετά από 28 μέρες στο θάλαμο γήρανσης

|        | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A    | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| O-M-1  | 77.54              | 4.85 | 17.89 | 76.66 | 2.92                | 13.55 | -0.88 | -1.93            | -4.34  | 4.830621 |  |
| O-M-2  | 81.3               | 5.47 | 18.59 | 77.24 | 3.58                | 15.16 | -4.06 | -1.89            | -3.43  | 5.640975 |  |
| O-M-3  | 76.84              | 5.11 | 18.44 | 77.32 | 2.75                | 13.19 | 0.48  | -2.36            | -5.25  | 5.776028 |  |
| O-M-4  | 77.67              | 5.85 | 23.75 | 79.33 | 3.37                | 13.81 | 1.66  | -2.48            | -9.94  | 10.37832 |  |
| O-M-5  | 76.81              | 5.53 | 23.85 | 77.21 | 3.26                | 15.15 | 0.4   | -2.27            | -8.7   | 9.000161 |  |
| O-M-6  | 79.35              | 5.81 | 22.4  | 78.94 | 3.23                | 14.47 | -0.41 | -2.58            | -7.93  | 8.349216 |  |
| O-M-7  | 78.01              | 5.07 | 22.2  | 78.33 | 3.35                | 14.2  | 0.32  | -1.72            | -8     | 8.189066 |  |
| O-M-8  | 68.38              | 6.68 | 24.48 | 73.76 | 2.13                | 12.67 | 5.38  | -4.55            | -11.81 | 13.7522  |  |
| O-M-9  | 73.21              | 6.25 | 21.23 | 73.6  | 2.36                | 13.83 | 0.39  | -3.89            | -7.4   | 8.369241 |  |
| O-M-10 | 80.3               | 5.28 | 19.55 | 79.19 | 3.59                | 14.06 | -1.11 | -1.69            | -5.49  | 5.850496 |  |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 8.013633 |  |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 1.991282 |  |

Πίνακας 13: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών μάρτυρα Δρυός

|        | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |
|--------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|
| A/A    | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |
| O-0-1  | 66.01              | 8.56 | 28.24 | 74.19 | 2.54                | 13.08 | 8.18  | -6.02            | -15.16 | 18.2477  |
| O-0-2  | 73.27              | 5.53 | 22.93 | 74.06 | 3.38                | 16.06 | 0.79  | -2.15            | -6.87  | 7.241788 |
| O-0-3  | 75.04              | 6.07 | 23.35 | 72.36 | 3.57                | 16.55 | -2.68 | -2.5             | -6.8   | 7.724791 |
| O-0-4  | 67.63              | 8.62 | 27.5  | 73.35 | 2.95                | 14.1  | 5.72  | -5.67            | -13.4  | 15.63417 |
| O-0-5  | 66.8               | 7.84 | 27.91 | 68.81 | 2.78                | 14.73 | 2.01  | -5.06            | -13.18 | 14.2603  |
| O-0-6  | 68.03              | 7.62 | 27.07 | 73.14 | 3.05                | 13.91 | 5.11  | -4.57            | -13.16 | 14.83855 |
| O-0-9  | 78.07              | 5.3  | 22.37 | 72.83 | 3.51                | 14.62 | -5.24 | -1.79            | -7.75  | 9.524925 |
| O-0-10 | 76.01              | 5.16 | 23.3  | 71.86 | 4.46                | 16.71 | -4.15 | -0.7             | -6.59  | 7.819245 |
| O-0-18 | 73.58              | 5.96 | 23.89 | 75.55 | 2.49                | 12.17 | 1.97  | -3.47            | -11.72 | 12.38064 |
| O-0-19 | 68.47              | 7.48 | 26.77 | 72.35 | 2.75                | 14.31 | 3.88  | -4.73            | -12.46 | 13.88088 |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 12.1553  |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 3.262089 |

Πίνακας 14: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

| μετά από εμβάπτιση |       |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------------------|-------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A                | L     | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| O-10-2             | 71.44 | 6.2  | 24.61 | 71.75 | 2.95                | 13.72 | 0.31  | -3.25            | -10.89 | 11.36885 |  |
| O-10-6             | 71.46 | 5.87 | 23.7  | 72.58 | 3.35                | 15.98 | 1.12  | -2.52            | -7.72  | 8.197756 |  |
| O-10-7             | 71.08 | 7.21 | 25.89 | 68.08 | 3.91                | 19.74 | -3    | -3.3             | -6.15  | 7.596874 |  |
| O-10-9             | 65.97 | 8.15 | 27.91 | 73.24 | 2.96                | 14.06 | 7.27  | -5.19            | -13.85 | 16.48064 |  |
| O-10-13            | 72.78 | 5.55 | 23.94 | 69.09 | 4.4                 | 17.59 | -3.69 | -1.15            | -6.35  | 7.433781 |  |
| O-10-14            | 67.12 | 7.93 | 28.04 | 67.79 | 3.96                | 17.08 | 0.67  | -3.97            | -10.96 | 11.6761  |  |
| O-10-16            | 69.19 | 7.21 | 27.3  | 65.81 | 4.37                | 16.23 | -3.38 | -2.84            | -11.07 | 11.91784 |  |
| O-10-18            | 65.46 | 8.08 | 26.7  | 71.61 | 2.69                | 15.11 | 6.15  | -5.39            | -11.59 | 14.18459 |  |
| O-10-19            | 75.3  | 4.64 | 20    | 68.93 | 3.61                | 15.06 | -6.37 | -1.03            | -4.94  | 8.126586 |  |
| O-10-20            | 67.07 | 7.58 | 27.32 | 67.13 | 3.61                | 15.72 | 0.06  | -3.97            | -11.6  | 12.26069 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 10.92437 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.468497 |  |

Πίνακας 15: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 1% νανοσωματίδια

| μετά από εμβάπτιση |       |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------------------|-------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A                | L     | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| O-20-1             | 66.64 | 7.5  | 27.76 | 72.58 | 3.37                | 15.36 | 5.94  | -4.13            | -12.4  | 14.3562  |  |
| O-20-5             | 75.46 | 5.47 | 23.38 | 73.6  | 3.62                | 16.82 | -1.86 | -1.85            | -6.56  | 7.065104 |  |
| O-20-6             | 74.12 | 5.77 | 23.1  | 74.48 | 3.85                | 17.24 | 0.36  | -1.92            | -5.86  | 6.177022 |  |
| O-20-7             | 70.26 | 5.94 | 24.49 | 69.25 | 4.53                | 19.29 | -1.01 | -1.41            | -5.2   | 5.481624 |  |
| O-20-8             | 68.01 | 7.65 | 28.21 | 73.54 | 2.7                 | 14.35 | 5.53  | -4.95            | -13.86 | 15.72205 |  |
| O-20-10            | 70.55 | 6    | 24.5  | 74.61 | 3.02                | 15.5  | 4.06  | -2.98            | -9     | 10.31329 |  |
| O-20-11            | 65.63 | 7.77 | 26.66 | 71.64 | 2.99                | 13.76 | 6.01  | -4.78            | -12.9  | 15.01261 |  |
| O-20-12            | 66.91 | 7.74 | 27.1  | 71.49 | 2.63                | 13.55 | 4.58  | -5.11            | -13.55 | 15.18852 |  |
| O-20-14            | 71.98 | 5.2  | 23.35 | 71.2  | 5.76                | 21.02 | -0.78 | 0.56             | -2.33  | 2.520099 |  |
| O-20-16            | 72.79 | 5.6  | 23.12 | 75.27 | 2.91                | 15.43 | 2.48  | -2.69            | -7.69  | 8.51602  |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 10.03525 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 4.08328  |  |

Πίνακας 16: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 2% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| O-30-5  | 65                 | 7.65 | 26.41 | 71.85 | 3.13                | 14.3  | 6.85  | -4.52            | -12.11 | 14.62891 |  |
| O-30-6  | 65.65              | 7.76 | 27.88 | 71.51 | 2.71                | 13.79 | 5.86  | -5.05            | -14.09 | 16.0739  |  |
| O-30-9  | 65.82              | 7.59 | 27.14 | 67.06 | 4.1                 | 17.82 | 1.24  | -3.49            | -9.32  | 10.02896 |  |
| O-30-11 | 64.68              | 7.34 | 26.86 | 69.62 | 3.88                | 16.16 | 4.94  | -3.46            | -10.7  | 12.28272 |  |
| O-30-12 | 67.41              | 7.62 | 26.86 | 69.95 | 3.86                | 16.34 | 2.54  | -3.76            | -10.52 | 11.45686 |  |
| O-30-13 | 76.81              | 5.29 | 23.61 | 79.21 | 3.93                | 14.47 | 2.4   | -1.36            | -9.14  | 9.547209 |  |
| O-30-14 | 65.92              | 7.73 | 27.45 | 72.07 | 3.21                | 15.63 | 6.15  | -4.52            | -11.82 | 14.07001 |  |
| O-30-17 | 66.82              | 7.57 | 27.35 | 72.67 | 2.71                | 15.19 | 5.85  | -4.86            | -12.16 | 14.34251 |  |
| O-30-19 | 73.97              | 5.54 | 23.07 | 71.4  | 3.5                 | 16.18 | -2.57 | -2.04            | -6.89  | 7.631422 |  |
| O-30-20 | 65.51              | 7.84 | 27.84 | 72.85 | 3.27                | 15.16 | 7.34  | -4.57            | -12.68 | 15.34741 |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 12.54099 |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.351557 |  |

Πίνακας 17: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 3% νανοσωματίδια

| μετά από εμβάπτιση |       |      |       | Δ-Ο   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------------------|-------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A                | L     | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| O-40-1             | 71.82 | 5.96 | 24.03 | 69.38 | 3.16                | 16.17 | -2.44 | -2.8             | -7.86  | 8.693285 |  |
| O-40-2             | 67.28 | 7.95 | 28.28 | 66.33 | 5.77                | 20.23 | -0.95 | -2.18            | -8.05  | 8.393891 |  |
| O-40-3             | 68.99 | 6.42 | 25.68 | 71.88 | 2.97                | 15.08 | 2.89  | -3.45            | -10.6  | 11.51584 |  |
| O-40-4             | 72.09 | 6.43 | 24.84 | 69.31 | 3.11                | 17.11 | -2.78 | -3.32            | -7.73  | 8.860231 |  |
| O-40-6             | 65.17 | 7.59 | 27.63 | 70.11 | 4.22                | 17.01 | 4.94  | -3.37            | -10.62 | 12.1879  |  |
| O-40-8             | 65.88 | 8.17 | 28.11 | 70.09 | 3.49                | 16.32 | 4.21  | -4.68            | -11.79 | 13.36528 |  |
| O-40-9             | 71.06 | 5.36 | 24.41 | 65.43 | 8.15                | 26.24 | -5.63 | 2.79             | 1.83   | 6.544456 |  |
| O-40-13            | 64.95 | 8.24 | 27.88 | 66.31 | 7.46                | 21.85 | 1.36  | -0.78            | -6.03  | 6.230482 |  |
| O-40-15            | 67.87 | 7.35 | 27.43 | 70.51 | 3.72                | 16.84 | 2.64  | -3.63            | -10.59 | 11.50194 |  |
| O-40-17            | 71.28 | 5.66 | 24.11 | 72.79 | 3.67                | 16.06 | 1.51  | -1.99            | -8.05  | 8.428683 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 9.572198 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.056433 |  |

Πίνακας 18: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Δρυός ποσοστού 4% νανοσωματίδια

|        | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-O   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |
|--------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|
| A/A    | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |
| A-M-1  | 81.78              | 6.05 | 24.74 | 77.25 | 4.4                 | 16.7  | -4.53 | -1.65            | -8.04  | 9.3747   |
| A-M-2  | 79.1               | 5.58 | 25.01 | 76.06 | 4.09                | 16.63 | -3.04 | -1.49            | -8.38  | 9.038036 |
| A-M-3  | 82.02              | 6.08 | 20.47 | 75.7  | 4.19                | 18.22 | -6.32 | -1.89            | -2.25  | 6.96972  |
| A-M-4  | 84.01              | 5.81 | 19.35 | 75.57 | 4.36                | 18.2  | -8.44 | -1.45            | -1.15  | 8.640521 |
| A-M-5  | 80.19              | 5.12 | 18.58 | 76.36 | 3.98                | 16.8  | -3.83 | -1.14            | -1.78  | 4.374574 |
| A-M-6  | 80.01              | 6.01 | 22.08 | 72.71 | 4.2                 | 19.35 | -7.3  | -1.81            | -2.73  | 8.001187 |
| A-M-7  | 80.28              | 5.26 | 19.6  | 76.3  | 3.75                | 16.78 | -3.98 | -1.51            | -2.82  | 5.106163 |
| A-M-8  | 81.39              | 5.21 | 29.23 | 79.62 | 4.12                | 15.29 | -1.77 | -1.09            | -13.94 | 14.09413 |
| A-M-9  | 82.25              | 5.84 | 19.85 | 73.15 | 3.77                | 19.57 | -9.1  | -2.07            | -0.28  | 9.336664 |
| A-M-10 | 83.4               | 5.32 | 17.91 | 75.95 | 4.08                | 17.25 | -7.45 | -1.24            | -0.66  | 7.581273 |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 8.251697 |
|        |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 1.845114 |

Πίνακας 19: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών μάρτυρα Αϊλανθου

|        | μετά από εμβάπτιση |      |       |  | Δ-A   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------|--------------------|------|-------|--|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A    | L                  | a    | b     |  | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| A-0-1  | 79.18              | 5.82 | 23.67 |  | 74.87 | 4.37                | 18.28 | -4.31 | -1.45            | -5.39  | 7.052    |  |
| A-0-4  | 78.52              | 6.28 | 29.7  |  | 74.88 | 4.3                 | 18.53 | -3.64 | -1.98            | -11.17 | 11.91381 |  |
| A-0-6  | 77.41              | 6.17 | 29.07 |  | 78.9  | 4.02                | 14.75 | 1.49  | -2.15            | -14.32 | 14.55696 |  |
| A-0-9  | 77.2               | 5.49 | 26    |  | 77.55 | 4.28                | 15.92 | 0.35  | -1.21            | -10.08 | 10.1584  |  |
| A-0-13 | 76.66              | 6.58 | 31.79 |  | 75.7  | 5.13                | 19    | -0.96 | -1.45            | -12.79 | 12.90768 |  |
| A-0-14 | 79.25              | 5.61 | 24.13 |  | 76.44 | 3.9                 | 15.73 | -2.81 | -1.71            | -8.4   | 9.021097 |  |
| A-0-15 | 76.12              | 5.74 | 29    |  | 73.9  | 4.62                | 18.11 | -2.22 | -1.12            | -10.89 | 11.17027 |  |
| A-0-17 | 77.79              | 5.37 | 23.75 |  | 76.33 | 4.1                 | 16.78 | -1.46 | -1.27            | -6.97  | 7.23363  |  |
| A-0-19 | 77.24              | 5.97 | 27.38 |  | 77.16 | 4.31                | 16.79 | -0.08 | -1.66            | -10.59 | 10.71961 |  |
| A-0-20 | 78.05              | 5.37 | 24.32 |  | 76.22 | 5.2                 | 19.24 | -1.83 | -0.17            | -5.08  | 5.40224  |  |
|        |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 10.01357 |  |
|        |                    |      |       |  |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.269062 |  |

Πίνακας 20: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου μόνο με paraloid

|         | μετά από εμβολίηση |      |       | Δ-Α   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| A-10-1  | 78.58              | 6.21 | 26.61 | 76.82 | 4.02                | 16.41 | -1.76 | -2.19            | -10.2  | 10.57987 |  |
| A-10-4  | 77.28              | 6.82 | 30.4  | 74.51 | 4.39                | 18.07 | -2.77 | -2.43            | -12.33 | 12.86883 |  |
| A-10-5  | 76.86              | 6.61 | 30.14 | 74.66 | 4.75                | 19.18 | -2.2  | -1.86            | -10.96 | 11.33231 |  |
| A-10-6  | 76.47              | 5.25 | 26.12 | 76.95 | 4.3                 | 16.55 | 0.48  | -0.95            | -9.57  | 9.629008 |  |
| A-10-8  | 78.93              | 6.35 | 29.07 | 75.97 | 4.5                 | 17.29 | -2.96 | -1.85            | -11.78 | 12.28627 |  |
| A-10-12 | 80.42              | 5.96 | 26.86 | 80.81 | 4.3                 | 14.39 | 0.39  | -1.66            | -12.47 | 12.58605 |  |
| A-10-13 | 70.14              | 6.84 | 37.48 | 74.93 | 4.37                | 18    | 4.79  | -2.47            | -19.48 | 20.21176 |  |
| A-10-18 | 77.54              | 5.76 | 24.92 | 75.93 | 3.98                | 15.88 | -1.61 | -1.78            | -9.04  | 9.353187 |  |
| A-10-19 | 80.92              | 5.9  | 25.32 | 79.32 | 4.55                | 16.35 | -1.6  | -1.35            | -8.97  | 9.211048 |  |
| A-10-20 | 77.16              | 6.32 | 29.6  | 78.62 | 4.77                | 16.71 | 1.46  | -1.55            | -12.89 | 13.06469 |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 12.1123  |  |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.091218 |  |

Πίνακας 21: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 1% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-A   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |       |          |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|----------|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb    | ΔΕ*      |
| A-20-3  | 79.16              | 5.84 | 27.44 | 72.12 | 5.74                | 23.73 | -7.04 | -0.1             | -3.71 | 7.958373 |
| A-20-6  | 78.63              | 6.19 | 27.87 | 73.13 | 5.67                | 23.1  | -5.5  | -0.52            | -4.77 | 7.298856 |
| A-20-7  | 78.82              | 6.4  | 29.35 | 74.56 | 5.39                | 20.92 | -4.26 | -1.01            | -8.43 | 9.499084 |
| A-20-8  | 81.11              | 5.97 | 25.59 | 77.07 | 4.97                | 18.68 | -4.04 | -1               | -6.91 | 8.066579 |
| A-20-12 | 78.31              | 6.21 | 28.59 | 73.33 | 5.98                | 23.01 | -4.98 | -0.23            | -5.58 | 7.482627 |
| A-20-14 | 78.65              | 6.21 | 28.72 | 73.13 | 5.19                | 21.22 | -5.52 | -1.02            | -7.5  | 9.368073 |
| A-20-15 | 77.03              | 6.08 | 28.84 | 68    | 5.93                | 26.49 | -9.03 | -0.15            | -2.35 | 9.331983 |
| A-20-16 | 80.19              | 6.07 | 27.3  | 72.62 | 6.13                | 23.96 | -7.57 | 0.06             | -3.34 | 8.274304 |
| A-20-17 | 77.16              | 6.22 | 29.16 | 75.11 | 4.99                | 19.8  | -2.05 | -1.23            | -9.36 | 9.660487 |
| A-20-20 | 79.06              | 6.17 | 29.31 | 74.38 | 5.31                | 21.87 | -4.68 | -0.86            | -7.44 | 8.831512 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |       | 8.577188 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |       | 0.76104  |

Πίνακας 22: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 2% νανοσωματίδια

|         | μετά από εμβάπτιση |      |       | Δ-Α   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |
|---------|--------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|
| A/A     | L                  | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |
| A-30-1  | 77.02              | 6.07 | 28.01 | 74.67 | 4.48                | 18.82 | -2.35 | -1.59            | -9.19  | 9.61804  |
| A-30-7  | 76.91              | 6.15 | 28.69 | 76.43 | 4.13                | 16.99 | -0.48 | -2.02            | -11.7  | 11.88279 |
| A-30-9  | 78.92              | 5.86 | 27.45 | 73.51 | 4.48                | 19.21 | -5.41 | -1.38            | -8.24  | 9.953396 |
| A-30-11 | 77.8               | 5.33 | 23.92 | 75.44 | 4.15                | 17.54 | -2.36 | -1.18            | -6.38  | 6.904086 |
| A-30-15 | 78.32              | 5.42 | 23.79 | 76.56 | 4.38                | 17.79 | -1.76 | -1.04            | -6     | 6.338706 |
| A-30-16 | 76.11              | 6.49 | 30.21 | 74.22 | 4.77                | 20.74 | -1.89 | -1.72            | -9.47  | 9.808741 |
| A-30-17 | 78.24              | 6.32 | 28.83 | 78.45 | 4.46                | 16.48 | 0.21  | -1.86            | -12.35 | 12.49104 |
| A-30-18 | 78.86              | 5.51 | 28.02 | 77.58 | 4.26                | 16.27 | -1.28 | -1.25            | -11.75 | 11.88543 |
| A-30-19 | 80.26              | 6.66 | 28.81 | 81.54 | 4.4                 | 14.69 | 1.28  | -2.26            | -14.12 | 14.35689 |
| A-30-20 | 78.09              | 6.05 | 28.53 | 73.92 | 5.33                | 21.71 | -4.17 | -0.72            | -6.82  | 8.026188 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 10.12653 |
|         |                    |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 2.022007 |

Πίνακας 23: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 3% νανοσωματίδια

| μετά από εμβάπτιση |       |      |       | Δ-A   | μετά από 4 βδομάδες |       |       |                  |        |          |  |
|--------------------|-------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|--------|----------|--|
| A/A                | L     | a    | b     | L     | a                   | b     | ΔL    | Δa               | Δb     | ΔΕ*      |  |
| A-40-1             | 79.14 | 6.47 | 28.51 | 78.7  | 4.72                | 16.71 | -0.44 | -1.75            | -11.8  | 11.93717 |  |
| A-40-2             | 75.74 | 6.69 | 30.49 | 76.21 | 4.57                | 18.24 | 0.47  | -2.12            | -12.25 | 12.44097 |  |
| A-40-4             | 75.52 | 6.43 | 29.48 | 74.54 | 5.16                | 21.97 | -0.98 | -1.27            | -7.51  | 7.679414 |  |
| A-40-6             | 77.26 | 6.29 | 29.26 | 74.65 | 5                   | 20.52 | -2.61 | -1.29            | -8.74  | 9.212155 |  |
| A-40-9             | 78.68 | 5.75 | 27.02 | 73.06 | 5.2                 | 22.79 | -5.62 | -0.55            | -4.23  | 7.05548  |  |
| A-40-11            | 74.64 | 6.99 | 30.96 | 70.31 | 5.68                | 24.06 | -4.33 | -1.31            | -6.9   | 8.250758 |  |
| A-40-15            | 80.77 | 5.13 | 24.32 | 76.44 | 4.55                | 18.57 | -4.33 | -0.58            | -5.75  | 7.221343 |  |
| A-40-16            | 77.69 | 5.73 | 24.58 | 74.25 | 4.7                 | 19.01 | -3.44 | -1.03            | -5.57  | 6.627171 |  |
| A-40-18            | 79.74 | 5.53 | 22.5  | 73.75 | 4.81                | 21.5  | -5.99 | -0.72            | -1     | 6.115431 |  |
| A-40-20            | 77.96 | 5.74 | 24.84 | 70.93 | 5.49                | 23.77 | -7.03 | -0.25            | -1.07  | 7.115357 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        | 8.365526 |  |
|                    |       |      |       |       |                     |       |       | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        | 1.698745 |  |

Πίνακας 24: Χρωματικές μεταβολές δοκιμών Αϊλανθου ποσοστού 4% νανοσωματίδια

## Τραχύτητα

### Πρώτη μέτρηση

|                         |        | με νερά |        |        |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|--------|---------|--------|--------|--|---------|--------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz     |  | Ra      | Rq     | Rz      |
|                         | O-M-1  | 0.721   | 0.954  | 3.675  |  | 0.928   | 1.192  | 4.839   |
|                         | O-M-2  | 0.502   | 0.589  | 2.191  |  | 1.494   | 1.94   | 7.873   |
|                         | O-M-3  | 1.971   | 2.484  | 9.106  |  | 1.195   | 1.505  | 5.713   |
|                         | O-M-4  | 0.204   | 0.257  | 1.036  |  | 1.073   | 1.267  | 4.622   |
|                         | O-M-5  | 0.454   | 0.606  | 2.682  |  | 1.885   | 2.346  | 9.056   |
|                         | O-M-6  | 0.849   | 1.087  | 4.39   |  | 1.283   | 1.558  | 5.729   |
|                         | O-M-7  | 0.957   | 1.174  | 4.622  |  | 0.674   | 0.872  | 3.723   |
|                         | O-M-8  | 0.805   | 0.983  | 3.808  |  | 1.697   | 2.228  | 9.74    |
|                         | O-M-9  | 0.384   | 0.49   | 2.113  |  | 0.41    | 0.498  | 1.863   |
|                         | O-M-10 | 0.486   | 0.583  | 2.284  |  | 1.215   | 1.456  | 4.941   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 0.7333  | 0.9207 | 3.5907 |  | 1.1854  | 1.4862 | 5.8099  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.32976 | 0.4157 | 1.5295 |  | 0.33132 | 0.4292 | 1.84786 |

Πίνακας 25: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Δρυός

|                         |        | με νερά |         |         |  | κόντρα |        |         |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|--|--------|--------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq     | Rz      |
|                         | O-0-1  | 2.981   | 3.818   | 18.162  |  | 7.34   | 10.584 | 47.884  |
|                         | O-0-2  | 2.771   | 4.109   | 22.024  |  | 9.37   | 13.723 | 65.202  |
|                         | O-0-3  | 0.494   | 0.649   | 4.075   |  | 5.998  | 7.461  | 29.494  |
|                         | O-0-4  | 1.357   | 1.762   | 10.037  |  | 9.205  | 11.651 | 43.474  |
|                         | O-0-5  | 0.862   | 1.131   | 6.172   |  | 3.327  | 4.461  | 19.78   |
|                         | O-0-6  | 1.169   | 1.689   | 9.339   |  | 4.319  | 5.704  | 28.629  |
|                         | O-0-9  | 2.075   | 2.83    | 15.369  |  | 7.948  | 10.115 | 42.695  |
|                         | O-0-10 | 1.013   | 1.279   | 6.963   |  | 3.058  | 4.216  | 19.599  |
|                         | O-0-18 | 2.323   | 1.756   | 8.827   |  | 6.579  | 9.884  | 49.508  |
|                         | O-0-19 | 2.182   | 3.029   | 14.808  |  | 4.101  | 5.342  | 23.408  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 1.7227  | 2.2052  | 11.5776 |  | 6.1245 | 8.3141 | 36.9673 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.7437  | 0.99304 | 4.81052 |  | 1.9639 | 2.8773 | 12.7853 |

Πίνακας 26: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|---------|--------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz      |
|                         | O-10-2  | 1.942   | 2.619   | 14.591  |  | 6.828   | 9.473  | 44.314  |
|                         | O-10-6  | 1.064   | 1.574   | 8.627   |  | 9.668   | 12.977 | 52.98   |
|                         | O-10-7  | 1.384   | 1.758   | 8.505   |  | 7.488   | 10.437 | 44.462  |
|                         | O-10-9  | 1.277   | 1.652   | 8.561   |  | 5.109   | 6.995  | 28.873  |
|                         | O-10-13 | 1.204   | 1.606   | 9.173   |  | 6.05    | 8.855  | 40.603  |
|                         | O-10-14 | 0.561   | 0.78    | 5.368   |  | 8.06    | 13.303 | 62.218  |
|                         | O-10-16 | 2.633   | 3.772   | 16.382  |  | 2.133   | 2.659  | 12.587  |
|                         | O-10-18 | 1.096   | 1.31    | 5.597   |  | 4.226   | 5.611  | 25.754  |
|                         | O-10-19 | 1.353   | 1.684   | 9.075   |  | 3.893   | 6.558  | 33.208  |
|                         | O-10-20 | 1.158   | 1.548   | 7.528   |  | 5.951   | 7.874  | 31.488  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 1.3672  | 1.8303  | 9.3407  |  | 5.9406  | 8.4742 | 37.6487 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 0.37148 | 0.54608 | 2.45832 |  | 1.68028 | 2.5348 | 11.2667 |

Πίνακας 27: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |        |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|--------|---------|--|--------|---------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
| O-20-1                  | 3.198   | 4.202  | 20.011  |  | 7.629  | 9.764   | 42.726  |
| O-20-5                  | 6.418   | 8.413  | 39.939  |  | 8.995  | 12.682  | 56.382  |
| O-20-6                  | 3.243   | 4.611  | 21.755  |  | 6.514  | 8.281   | 36.313  |
| O-20-7                  | 2.956   | 4.023  | 19.998  |  | 9.559  | 12.844  | 57.874  |
| O-20-8                  | 1.96    | 2.506  | 12.428  |  | 8.845  | 11.449  | 43.265  |
| O-20-10                 | 5.92    | 7.783  | 38.14   |  | 4.973  | 6.448   | 25.156  |
| O-20-11                 | 1.001   | 1.248  | 5.987   |  | 5.016  | 6.398   | 25.426  |
| O-20-12                 | 1.424   | 1.91   | 9.612   |  | 3.932  | 5.311   | 27.5    |
| O-20-14                 | 2.408   | 3.438  | 18.287  |  | 5.612  | 8.407   | 45.627  |
| O-20-16                 | 1.249   | 1.584  | 7.399   |  | 13.906 | 18.203  | 74.161  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 2.9777  | 3.9718 | 19.3556 |  | 7.4981 | 9.9787  | 43.443  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.37364 | 1.8346 | 8.613   |  | 2.2887 | 3.05264 | 12.0544 |

Πίνακας 28: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |        |         |  | κόντρα |        |         |
|-------------------------|---------|--------|---------|--|--------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra     | Rq     | Rz      |
| O-30-5                  | 1.152   | 1.505  | 8.336   |  | 4.339  | 5.895  | 28.517  |
| O-30-6                  | 4.367   | 6.121  | 27.75   |  | 5.682  | 7.038  | 27.917  |
| O-30-9                  | 3.497   | 4.374  | 18.958  |  | 6.134  | 7.89   | 36.657  |
| O-30-11                 | 2.548   | 3.355  | 16.654  |  | 6.037  | 8.708  | 37.652  |
| O-30-12                 | 2.921   | 3.84   | 17.544  |  | 7.393  | 10.277 | 42.476  |
| O-30-13                 | 3.216   | 4.158  | 19.494  |  | 7.918  | 10.526 | 38.925  |
| O-30-14                 | 2.651   | 4.043  | 19.051  |  | 6.937  | 9.452  | 44.062  |
| O-30-17                 | 2.459   | 3.001  | 12.498  |  | 3.895  | 4.825  | 22.84   |
| O-30-19                 | 1.822   | 2.392  | 12.099  |  | 4.639  | 5.773  | 23.071  |
| O-30-20                 | 4.298   | 6.051  | 32.095  |  | 4.142  | 5.39   | 24.586  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 2.8931  | 3.884  | 18.4479 |  | 5.7116 | 7.5774 | 32.6703 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.7667  | 1.0654 | 5.0217  |  | 1.1722 | 1.7932 | 7.2841  |

Πίνακας 29: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |        |         |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|---------|--------|---------|--|---------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz      |
| O-40-1                  | 4.958   | 6.944  | 33.582  |  | 7.979   | 10.593 | 44.803  |
| O-40-2                  | 4.997   | 6.691  | 28.7    |  | 5.407   | 6.742  | 29.55   |
| O-40-3                  | 2.132   | 2.583  | 10.261  |  | 3.463   | 4.469  | 20.213  |
| O-40-4                  | 2.307   | 3.094  | 17.21   |  | 4.478   | 6.225  | 30.96   |
| O-40-6                  | 3.034   | 3.953  | 20.066  |  | 4.618   | 6.032  | 26.777  |
| O-40-8                  | 1.505   | 1.936  | 9.511   |  | 7.523   | 10.097 | 43.499  |
| O-40-9                  | 3.027   | 4.066  | 18.145  |  | 6.311   | 7.928  | 31.759  |
| O-40-13                 | 2.267   | 2.966  | 12.317  |  | 5.876   | 7.396  | 28.971  |
| O-40-15                 | 1.707   | 2.089  | 9.44    |  | 4.218   | 5.345  | 23.972  |
| O-40-17                 | 3.439   | 4.4    | 19.755  |  | 4.286   | 5.753  | 27.34   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 2.9373  | 3.8722 | 17.8987 |  | 5.4159  | 7.058  | 30.7844 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.9537  | 1.3386 | 6.1509  |  | 1.20508 | 1.5564 | 5.57668 |

Πίνακας 30: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

|                         |        | με νερά |        |        |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|--------|---------|--------|--------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz     |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-M-1  | 0.255   | 0.333  | 1.39   |  | 0.763   | 0.936   | 3.398   |
|                         | A-M-2  | 0.584   | 0.827  | 2.906  |  | 1.392   | 1.766   | 7.254   |
|                         | A-M-3  | 0.856   | 1.067  | 3.896  |  | 0.66    | 0.817   | 3.323   |
|                         | A-M-4  | 0.198   | 0.237  | 0.884  |  | 0.817   | 0.99    | 3.979   |
|                         | A-M-5  | 0.385   | 0.475  | 1.886  |  | 0.607   | 0.762   | 3.048   |
|                         | A-M-6  | 0.325   | 0.384  | 1.402  |  | 0.858   | 0.996   | 3.392   |
|                         | A-M-7  | 0.546   | 0.733  | 2.981  |  | 0.705   | 0.9     | 3.382   |
|                         | A-M-8  | 0.255   | 0.302  | 1.19   |  | 0.416   | 0.498   | 1.816   |
|                         | A-M-9  | 0.568   | 0.703  | 2.662  |  | 0.687   | 0.85    | 3.057   |
|                         | A-M-10 | 0.477   | 0.579  | 2.28   |  | 0.563   | 0.728   | 3.132   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 0.4449  | 0.564  | 2.1477 |  | 0.7468  | 0.9243  | 3.5781  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.1613  | 0.2178 | 0.7973 |  | 0.16856 | 0.19816 | 0.81536 |

Πίνακας 31: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|                         |        | με νερά |       |        |  | κόντρα |        |         |
|-------------------------|--------|---------|-------|--------|--|--------|--------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq    | Rz     |  | Ra     | Rq     | Rz      |
|                         | A-0-1  | 1.064   | 1.563 | 8.051  |  | 4.543  | 5.89   | 24.883  |
|                         | A-0-4  | 0.96    | 1.336 | 8.181  |  | 3.442  | 4.265  | 18.404  |
|                         | A-0-6  | 1.532   | 1.939 | 9.711  |  | 2.642  | 3.292  | 16.075  |
|                         | A-0-9  | 2.365   | 2.856 | 11.306 |  | 4.553  | 5.911  | 26.413  |
|                         | A-0-13 | 5.464   | 6.601 | 28.207 |  | 7.18   | 9.592  | 40.242  |
|                         | A-0-14 | 1.38    | 1.831 | 9.97   |  | 8.585  | 11.267 | 44.358  |
|                         | A-0-15 | 0.8     | 1.007 | 5.709  |  | 2.331  | 3.021  | 13.26   |
|                         | A-0-17 | 1.71    | 2.238 | 12.041 |  | 4.526  | 5.848  | 22.276  |
|                         | A-0-19 | 1.102   | 1.505 | 8.683  |  | 4.368  | 6.069  | 29.534  |
|                         | A-0-20 | 1.285   | 1.784 | 8.371  |  | 3.013  | 4.09   | 19.857  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 1.7662  | 2.266 | 11.023 |  | 4.5183 | 5.9245 | 25.5302 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.85932 | 0.985 | 3.697  |  | 1.3591 | 1.8309 | 7.68524 |

Πίνακας 32: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |        |        |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|--------|--------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq     | Rz     |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-10-1  | 2.028   | 2.466  | 11.677 |  | 7.019   | 9.768   | 41.242  |
|                         | A-10-4  | 1.707   | 2.12   | 10.778 |  | 4.221   | 5.317   | 21.287  |
|                         | A-10-5  | 1.08    | 1.322  | 6.294  |  | 2.35    | 2.908   | 13.341  |
|                         | A-10-6  | 1.088   | 1.362  | 7.149  |  | 2.425   | 3.122   | 15.201  |
|                         | A-10-8  | 0.932   | 1.151  | 5.839  |  | 2.956   | 3.722   | 17.456  |
|                         | A-10-12 | 2.669   | 3.729  | 19.72  |  | 3.234   | 4.149   | 19.877  |
|                         | A-10-13 | 0.906   | 1.148  | 5.852  |  | 10.905  | 13.598  | 54.28   |
|                         | A-10-18 | 1.723   | 2.266  | 11.485 |  | 7.118   | 10.012  | 38.737  |
|                         | A-10-19 | 1.206   | 1.514  | 7.624  |  | 4.042   | 5.826   | 25.754  |
|                         | A-10-20 | 1.642   | 2.486  | 12.817 |  | 2.619   | 3.254   | 14.675  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 1.4981  | 1.9564 | 9.9235 |  | 4.6889  | 6.1676  | 26.185  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 0.4557  | 0.657  | 3.3719 |  | 2.19506 | 2.97504 | 11.1408 |

Πίνακας 33: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|--------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq     | Rz      |
| A-20-3                  | 2.675   | 3.939   | 18.123  |  | 3.081  | 3.864  | 18.042  |
| A-20-6                  | 0.882   | 1.162   | 7.058   |  | 3.867  | 4.804  | 20.818  |
| A-20-7                  | 1.889   | 2.501   | 13.127  |  | 3.131  | 3.903  | 18.612  |
| A-20-8                  | 1.81    | 2.389   | 12.279  |  | 4.599  | 6.269  | 28.018  |
| A-20-12                 | 1.295   | 1.628   | 7.681   |  | 2.644  | 3.286  | 15.068  |
| A-20-14                 | 1.186   | 1.496   | 8.69    |  | 3.266  | 3.98   | 16.298  |
| A-20-15                 | 1.046   | 1.329   | 7.678   |  | 2.688  | 3.576  | 20.325  |
| A-20-16                 | 0.821   | 1.089   | 5.818   |  | 3.613  | 4.453  | 18.989  |
| A-20-17                 | 1.132   | 1.419   | 7.058   |  | 3.58   | 4.309  | 18.23   |
| A-20-20                 | 2.113   | 3.21    | 14.739  |  | 3.597  | 4.505  | 21.535  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 1.4849  | 2.0162  | 10.2251 |  | 3.4066 | 4.2949 | 19.5935 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.50948 | 0.79484 | 3.47352 |  | 0.4446 | 0.5731 | 2.4644  |

Πίνακας 34: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|--------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq     | Rz      |
| A-30-1                  | 1.052   | 1.278   | 5.236   |  | 2.915  | 3.88   | 20.011  |
| A-30-7                  | 1.285   | 1.767   | 9.828   |  | 2.689  | 3.315  | 14.569  |
| A-30-9                  | 1.302   | 1.704   | 9.568   |  | 6.634  | 9.194  | 39.594  |
| A-30-11                 | 1.582   | 2.004   | 11.595  |  | 4.093  | 6.186  | 38.675  |
| A-30-15                 | 1.625   | 2.319   | 11.393  |  | 3.039  | 3.784  | 16.697  |
| A-30-16                 | 1.113   | 1.443   | 8.679   |  | 6.133  | 8.138  | 31.941  |
| A-30-17                 | 2.834   | 3.734   | 19.915  |  | 4.668  | 5.48   | 20.967  |
| A-30-18                 | 1.133   | 1.419   | 6.577   |  | 4.677  | 5.621  | 24.032  |
| A-30-19                 | 1.289   | 1.621   | 8.862   |  | 2.995  | 3.774  | 15.758  |
| A-30-20                 | 1.237   | 1.739   | 9.79    |  | 2.716  | 3.528  | 15.729  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 1.4452  | 1.9028  | 10.1443 |  | 4.0559 | 5.29   | 23.7973 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.34108 | 0.46972 | 2.49402 |  | 1.1851 | 1.6338 | 7.81056 |

Πίνακας 35: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |        |         |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|---------|--------|---------|--|---------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz      |
| A-40-1                  | 1.721   | 2.476  | 13.885  |  | 5.923   | 7.661  | 33.202  |
| A-40-2                  | 1.169   | 1.665  | 9.656   |  | 5.553   | 8.545  | 39.921  |
| A-40-4                  | 1.137   | 1.539  | 8.287   |  | 7.662   | 9.548  | 43.896  |
| A-40-6                  | 1.904   | 2.519  | 13.098  |  | 7.591   | 11.549 | 50.667  |
| A-40-9                  | 1.519   | 1.961  | 8.927   |  | 7.375   | 9.721  | 39.794  |
| A-40-11                 | 1.83    | 2.428  | 12.119  |  | 3.34    | 4.233  | 20.27   |
| A-40-15                 | 2.204   | 2.689  | 12.046  |  | 4.986   | 6.606  | 34.45   |
| A-40-16                 | 3.785   | 5.256  | 25.271  |  | 5.379   | 7.248  | 35.549  |
| A-40-18                 | 0.855   | 1.022  | 4.02    |  | 12.739  | 17.819 | 69.379  |
| A-40-20                 | 1.193   | 1.45   | 6.022   |  | 3.899   | 5.12   | 25.689  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 1.7317  | 2.3005 | 11.3331 |  | 6.4447  | 8.805  | 39.2817 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.55924 | 0.7731 | 3.9507  |  | 1.91764 | 2.6834 | 9.4497  |

Πίνακας 36: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

Μετά από 21 μέρες

|                         |        | με νερά |        |         |  | κόντρα  |        |          |
|-------------------------|--------|---------|--------|---------|--|---------|--------|----------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz       |
|                         | O-M-1  | 1.738   | 2.29   | 11.564  |  | 14.889  | 19.883 | 82.926   |
|                         | O-M-2  | 3.225   | 3.946  | 16.573  |  | 18.559  | 21.644 | 77.058   |
|                         | O-M-3  | 4.789   | 5.851  | 27.817  |  | 11.777  | 15.613 | 72.557   |
|                         | O-M-4  | 5.276   | 6.698  | 30.033  |  | 18.182  | 25.217 | 113.99   |
|                         | O-M-5  | 5.394   | 6.912  | 30.922  |  | 12.097  | 16.254 | 73.996   |
|                         | O-M-6  | 3.736   | 5.372  | 28.049  |  | 14.374  | 19.71  | 76.361   |
|                         | O-M-7  | 3.215   | 4.078  | 22.778  |  | 18.847  | 23.95  | 95.429   |
|                         | O-M-8  | 3.208   | 3.877  | 16.769  |  | 8.435   | 13.36  | 77.654   |
|                         | O-M-9  | 4.54    | 6.166  | 28.681  |  | 11.591  | 14.276 | 60.421   |
|                         | O-M-10 | 2.216   | 2.747  | 12.189  |  | 18.595  | 22.433 | 85.501   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 3.7337  | 4.7937 | 22.5375 |  | 14.7346 | 19.234 | 81.5893  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 1.0133  | 1.4061 | 6.611   |  | 3.0798  | 3.4866 | 10.29776 |

Πίνακας 37: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Δρυός

|                         |        | με νερά |         |         |  | κόντρα |         |          |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|--|--------|---------|----------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz       |
|                         | O-0-1  | 1.468   | 1.977   | 10.179  |  | 11.363 | 17.036  | 85.041   |
|                         | O-0-2  | 5.431   | 7.184   | 34.197  |  | 11.13  | 14.65   | 69.034   |
|                         | O-0-3  | 3.927   | 5.258   | 25.385  |  | 5.473  | 6.806   | 25.823   |
|                         | O-0-4  | 3.168   | 3.918   | 17.954  |  | 10.851 | 13.218  | 49.381   |
|                         | O-0-5  | 2.567   | 3.229   | 17.683  |  | 7.983  | 12.318  | 65.352   |
|                         | O-0-6  | 2.905   | 3.839   | 17.981  |  | 7.46   | 9.198   | 34.973   |
|                         | O-0-9  | 1.524   | 2.091   | 11.409  |  | 7.254  | 9.088   | 37.684   |
|                         | O-0-10 | 2.071   | 2.699   | 15.174  |  | 4.218  | 5.237   | 24.496   |
|                         | O-0-18 | 4.424   | 5.551   | 25.123  |  | 11.33  | 13.342  | 49.707   |
|                         | O-0-19 | 2.82    | 3.516   | 17.838  |  | 9.389  | 12.079  | 50.462   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 3.0305  | 3.9262  | 19.2923 |  | 8.6451 | 11.2972 | 49.1953  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.9656  | 1.24288 | 5.36562 |  | 2.1675 | 2.97196 | 14.76104 |

Πίνακας 38: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|--------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
|                         | O-10-2  | 5.576   | 7.414   | 32.68   |  | 12.584 | 16.609  | 79.789  |
|                         | O-10-6  | 3.166   | 4.295   | 21.3    |  | 15.357 | 19.077  | 75.46   |
|                         | O-10-7  | 1.997   | 2.368   | 9.266   |  | 9.797  | 13.455  | 62.738  |
|                         | O-10-9  | 2.814   | 3.808   | 21.592  |  | 13.618 | 18.292  | 76.904  |
|                         | O-10-13 | 1.978   | 2.484   | 11.16   |  | 11.256 | 15.75   | 72.999  |
|                         | O-10-14 | 1.388   | 1.748   | 7.547   |  | 9.863  | 14.121  | 63.789  |
|                         | O-10-16 | 2.005   | 2.686   | 13.488  |  | 3.367  | 4.815   | 22.724  |
|                         | O-10-18 | 3.371   | 4.248   | 18.076  |  | 7.596  | 10.406  | 55.264  |
|                         | O-10-19 | 6.08    | 7.812   | 38.739  |  | 11.896 | 16.466  | 77.725  |
|                         | O-10-20 | 7.216   | 8.93    | 41.3    |  | 8.906  | 12.195  | 57.968  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 3.5591  | 4.5793  | 21.5148 |  | 10.424 | 14.1186 | 64.536  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.63894 | 2.08362 | 9.65036 |  | 2.5182 | 3.12068 | 12.0394 |

Πίνακας 39: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |          |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|---------|---------|----------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz       |
| O-20-1                  | 4.251   | 5.797   | 24.997  |  | 7.879   | 11.728  | 57.035   |
| O-20-5                  | 8.038   | 10.604  | 46.574  |  | 6.849   | 9.264   | 49.938   |
| O-20-6                  | 3.899   | 5.641   | 21.62   |  | 6.264   | 8.765   | 43.54    |
| O-20-7                  | 4.606   | 5.556   | 23.25   |  | 10.954  | 15.803  | 75.459   |
| O-20-8                  | 4.704   | 6.244   | 27.105  |  | 7.935   | 10.487  | 44.602   |
| O-20-10                 | 6.97    | 9.175   | 40.511  |  | 12.196  | 15.32   | 65.858   |
| O-20-11                 | 1.716   | 2.304   | 13.359  |  | 6.66    | 8.345   | 39.874   |
| O-20-12                 | 4.704   | 6.13    | 27.025  |  | 10.029  | 14.61   | 79.182   |
| O-20-14                 | 7.905   | 10.369  | 44.509  |  | 18.99   | 25.866  | 116.86   |
| O-20-16                 | 3.709   | 4.434   | 18.162  |  | 16.051  | 22.459  | 92.931   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 5.0502  | 6.6254  | 28.7112 |  | 10.3807 | 14.2647 | 66.5279  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.55248 | 2.05436 | 9.09208 |  | 3.33364 | 4.5469  | 19.66408 |

Πίνακας 40: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
| O-30-5                  | 2.656   | 3.557   | 16.759  |  | 8.641   | 11.163  | 52.965  |
| O-30-6                  | 4.561   | 6.524   | 33.907  |  | 12.419  | 15.903  | 70.549  |
| O-30-9                  | 4.561   | 6.355   | 30.286  |  | 6.024   | 8.179   | 41.824  |
| O-30-11                 | 8.043   | 10.608  | 46.25   |  | 8.719   | 12.498  | 86.552  |
| O-30-12                 | 2.168   | 2.736   | 12.875  |  | 7.542   | 10.084  | 46.424  |
| O-30-13                 | 7.703   | 9.704   | 43.52   |  | 11.188  | 14.809  | 65.038  |
| O-30-14                 | 3.089   | 3.744   | 15.105  |  | 9.727   | 13.273  | 64.525  |
| O-30-17                 | 4.31    | 5.522   | 25.566  |  | 7.601   | 10.155  | 46.219  |
| O-30-19                 | 3.353   | 4.382   | 19.491  |  | 14.24   | 17.389  | 68.9    |
| O-30-20                 | 1.97    | 2.436   | 10.39   |  | 8.028   | 10.614  | 44.652  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 4.2414  | 5.5568  | 25.4149 |  | 9.4129  | 12.4067 | 58.7648 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.5942  | 2.19276 | 10.4909 |  | 1.98448 | 2.3677  | 12.348  |

Πίνακας 41: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|---------|--------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz      |
| O-40-1                  | 7.776   | 10.811  | 50.913  |  | 12.388  | 17.231 | 77.636  |
| O-40-2                  | 3.935   | 4.999   | 22.03   |  | 8.804   | 11.415 | 47.473  |
| O-40-3                  | 4.91    | 6.469   | 32.503  |  | 7.322   | 8.038  | 41.251  |
| O-40-4                  | 7.305   | 9.62    | 48.454  |  | 7.095   | 9.449  | 50.571  |
| O-40-6                  | 8.327   | 11.794  | 58.533  |  | 7.065   | 8.912  | 34.246  |
| O-40-8                  | 1.554   | 2.022   | 9.24    |  | 9.937   | 13.248 | 65.891  |
| O-40-9                  | 2.354   | 3.059   | 14.415  |  | 12.34   | 15.937 | 60.158  |
| O-40-13                 | 2.331   | 3.054   | 13.53   |  | 6.321   | 8.18   | 36.387  |
| O-40-15                 | 3.452   | 4.158   | 16.827  |  | 5.659   | 7.343  | 35.973  |
| O-40-17                 | 3.969   | 4.956   | 23.17   |  | 6.698   | 9.827  | 44.974  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 4.5913  | 6.0942  | 28.9615 |  | 8.3629  | 10.958 | 49.456  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.99056 | 2.86344 | 14.9114 |  | 2.00348 | 2.7998 | 11.2864 |

Πίνακας 42: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

|                         |        | με νερά |        |          |  | κόντρα  |         |          |
|-------------------------|--------|---------|--------|----------|--|---------|---------|----------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz       |  | Ra      | Rq      | Rz       |
|                         | A-M-1  | 2.098   | 2.547  | 11.167   |  | 9.004   | 11.699  | 55.16    |
|                         | A-M-2  | 2.994   | 3.715  | 16.136   |  | 17.09   | 21.833  | 95.091   |
|                         | A-M-3  | 1.661   | 1.996  | 8.934    |  | 16.132  | 19.684  | 81.513   |
|                         | A-M-4  | 3.24    | 4.074  | 19.849   |  | 11.882  | 15.533  | 76.228   |
|                         | A-M-5  | 3.011   | 3.773  | 16.633   |  | 15.478  | 20.392  | 94.12    |
|                         | A-M-6  | 2.097   | 2.511  | 10.965   |  | 14.918  | 19.733  | 92.722   |
|                         | A-M-7  | 12.082  | 15.861 | 72.554   |  | 12.303  | 16.101  | 72.059   |
|                         | A-M-8  | 6.303   | 7.474  | 27.382   |  | 10.222  | 12.54   | 56.237   |
|                         | A-M-9  | 3.8     | 4.973  | 19.276   |  | 16.056  | 21.056  | 94.884   |
|                         | A-M-10 | 3.903   | 5.336  | 21.936   |  | 13.979  | 17.758  | 81.6     |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 4.1189  | 5.226  | 22.4832  |  | 13.7064 | 17.6329 | 79.9614  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 2.02944 | 2.5986 | 10.99392 |  | 2.28292 | 2.93172 | 12.03232 |

Πίνακας 43: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|                         |        | με νερά |        |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|--------|---------|--------|---------|--|--------|---------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
|                         | A-0-1  | 2.413   | 3.026  | 12.691  |  | 11.669 | 15.479  | 71.501  |
|                         | A-0-4  | 3.025   | 3.851  | 17.792  |  | 4.927  | 6.378   | 32.972  |
|                         | A-0-6  | 3.33    | 4.425  | 21.325  |  | 4.769  | 6.15    | 30.232  |
|                         | A-0-9  | 3.316   | 4.071  | 17.893  |  | 3.442  | 4.265   | 18.404  |
|                         | A-0-13 | 2.139   | 2.696  | 13.659  |  | 3.779  | 5.045   | 24.039  |
|                         | A-0-14 | 2.482   | 3.144  | 14.142  |  | 5.087  | 6.516   | 33.077  |
|                         | A-0-15 | 1.141   | 1.356  | 5.491   |  | 7.318  | 10.237  | 48.956  |
|                         | A-0-17 | 4.034   | 4.922  | 23.224  |  | 10.404 | 13.29   | 52.812  |
|                         | A-0-19 | 3.92    | 5.023  | 22.794  |  | 7.091  | 9.562   | 47.203  |
|                         | A-0-20 | 2.159   | 2.663  | 11.254  |  | 3.429  | 4.252   | 18.949  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 2.7959  | 3.5177 | 16.0265 |  | 6.1915 | 8.1174  | 37.8145 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 0.7291  | 0.9407 | 4.5791  |  | 2.3432 | 3.21968 | 13.8428 |

Πίνακας 44: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |         |        |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz     |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-10-1  | 5.701   | 7.124   | 32.176 |  | 10.685  | 14.878  | 63.826  |
|                         | A-10-4  | 2.866   | 3.769   | 19.357 |  | 8.615   | 11.089  | 51.135  |
|                         | A-10-5  | 2.686   | 3.512   | 18.409 |  | 8.918   | 12.062  | 59.528  |
|                         | A-10-6  | 3.031   | 4.079   | 19.668 |  | 6.855   | 9.368   | 59.384  |
|                         | A-10-8  | 4.18    | 5.287   | 22.568 |  | 4.972   | 6.427   | 34.513  |
|                         | A-10-12 | 2.919   | 3.873   | 19.505 |  | 7.144   | 9.164   | 42.266  |
|                         | A-10-13 | 3.451   | 4.43    | 21.927 |  | 5.649   | 7.272   | 37.001  |
|                         | A-10-18 | 2.724   | 3.617   | 18.561 |  | 9.091   | 13.049  | 55.304  |
|                         | A-10-19 | 3.438   | 4.763   | 24.704 |  | 5.35    | 6.968   | 36.71   |
|                         | A-10-20 | 2.281   | 2.992   | 14.565 |  | 6.489   | 8.357   | 36.825  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 3.3277  | 4.3446  | 21.144 |  | 7.3768  | 9.8634  | 47.6492 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 0.69184 | 0.84512 | 3.3598 |  | 1.56036 | 2.32488 | 10.1862 |

Πίνακας 45: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |        |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|--------|---------|--|---------|---------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
| A-20-3                  | 2.351   | 3.131  | 16.718  |  | 8.561   | 11.204  | 58.642  |
| A-20-6                  | 3.566   | 4.708  | 23.826  |  | 7.58    | 10.065  | 48.36   |
| A-20-7                  | 3.789   | 4.792  | 22.313  |  | 10.279  | 14.266  | 71.366  |
| A-20-8                  | 3.809   | 4.963  | 25.176  |  | 8.942   | 11.199  | 49.724  |
| A-20-12                 | 2.742   | 3.542  | 18.163  |  | 7.072   | 8.652   | 38.312  |
| A-20-14                 | 1.832   | 2.326  | 10.941  |  | 6.425   | 7.995   | 40.431  |
| A-20-15                 | 2.322   | 3.052  | 14.518  |  | 10.013  | 13.387  | 59.842  |
| A-20-16                 | 3.104   | 4.082  | 19.774  |  | 7.382   | 9.592   | 45.945  |
| A-20-17                 | 3.606   | 4.731  | 23.849  |  | 7.461   | 10.289  | 51.681  |
| A-20-20                 | 3.243   | 4.298  | 24.833  |  | 8.071   | 11.303  | 49.535  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 3.0364  | 3.9625 | 20.0111 |  | 8.1786  | 10.7952 | 51.3838 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 0.57972 | 0.7598 | 3.9883  |  | 1.01612 | 1.4766  | 7.19916 |

Πίνακας 46: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
| A-30-1                  | 1.879   | 2.514   | 12.474  |  | 7.96    | 10.035  | 45.632  |
| A-30-7                  | 2.988   | 3.947   | 19.232  |  | 7.27    | 9.238   | 48.948  |
| A-30-9                  | 5.936   | 7.068   | 30.144  |  | 9.423   | 12.688  | 63.097  |
| A-30-11                 | 5.181   | 6.532   | 30.627  |  | 6.342   | 8.03    | 39.164  |
| A-30-15                 | 2.312   | 3.072   | 15.861  |  | 9.37    | 11.516  | 47.739  |
| A-30-16                 | 4.289   | 5.283   | 22.468  |  | 11.057  | 15.065  | 68.458  |
| A-30-17                 | 2.482   | 3.444   | 19.214  |  | 7.824   | 10.587  | 47.515  |
| A-30-18                 | 2.577   | 3.275   | 14.99   |  | 6.152   | 7.978   | 44.21   |
| A-30-19                 | 2.717   | 3.312   | 16.082  |  | 6.437   | 8.454   | 40.158  |
| A-30-20                 | 3.768   | 4.629   | 19.336  |  | 7.199   | 9.386   | 43.163  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 3.4129  | 4.3076  | 20.0428 |  | 7.9034  | 10.2977 | 48.8084 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.10448 | 1.25632 | 4.62212 |  | 1.23928 | 1.73304 | 6.81556 |

Πίνακας 47: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         | με νερά |         |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--|--------|---------|---------|
| A/A                     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
| A-40-1                  | 3.454   | 4.688   | 24.844  |  | 6.499  | 8.039   | 34.139  |
| A-40-2                  | 3.108   | 4.127   | 21.997  |  | 5.385  | 7.309   | 42.392  |
| A-40-4                  | 3.496   | 4.36    | 20.684  |  | 7.68   | 10.566  | 54.417  |
| A-40-6                  | 4.963   | 6.277   | 29.147  |  | 9.593  | 12.144  | 55.893  |
| A-40-9                  | 4.484   | 5.92    | 27.071  |  | 9.634  | 12.804  | 61.179  |
| A-40-11                 | 3.54    | 4.329   | 18.284  |  | 12.483 | 16.555  | 72.722  |
| A-40-15                 | 5.449   | 7.449   | 37.609  |  | 7.401  | 9.28    | 42.518  |
| A-40-16                 | 10.145  | 12.785  | 54.973  |  | 14.393 | 18.302  | 79.237  |
| A-40-18                 | 4.738   | 6.162   | 28.402  |  | 9.981  | 13.919  | 66.178  |
| A-40-20                 | 5.613   | 6.527   | 27.303  |  | 9.281  | 12.408  | 54.085  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      | 4.899   | 6.2624  | 29.0314 |  | 9.233  | 12.1326 | 56.276  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> | 1.3148  | 1.59768 | 6.92696 |  | 1.9934 | 2.66728 | 10.8424 |

Πίνακας 48: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

Μετά από 28 μέρες

|                         |        | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | O-M-1  | 3.19    | 3.783   | 15.555  |  | 21.595  | 31.202  | 150.26  |
|                         | O-M-2  | 2.923   | 3.737   | 18.894  |  | 19.327  | 24.139  | 103.9   |
|                         | O-M-3  | 3.883   | 4.953   | 22.399  |  | 16.823  | 21.168  | 87.816  |
|                         | O-M-4  | 2.474   | 3.107   | 14.002  |  | 12.501  | 17.283  | 87.775  |
|                         | O-M-5  | 7.535   | 9.158   | 36.011  |  | 12.834  | 16.484  | 68.589  |
|                         | O-M-6  | 7.004   | 9.17    | 46.043  |  | 15.817  | 21.133  | 94.719  |
|                         | O-M-7  | 3.725   | 4.654   | 19.124  |  | 11.115  | 14.588  | 71.515  |
|                         | O-M-8  | 1.562   | 2.098   | 10.187  |  | 9.942   | 13.771  | 70.214  |
|                         | O-M-9  | 4.906   | 6.429   | 26.537  |  | 12.257  | 15.541  | 74.659  |
|                         | O-M-10 | 2.727   | 3.453   | 17.026  |  | 16.373  | 20.009  | 83.162  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 3.9929  | 5.0542  | 22.5778 |  | 14.8584 | 19.5318 | 89.2609 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 1.49326 | 1.91888 | 8.17152 |  | 3.1286  | 3.9984  | 16.2193 |

Πίνακας 49: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Δρυός

|                         |        | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | O-0-1  | 3.604   | 4.599   | 20.594  |  | 14.365  | 19.908  | 94.626  |
|                         | O-0-2  | 6.037   | 7.657   | 37.842  |  | 14.056  | 17.355  | 75.245  |
|                         | O-0-3  | 9.795   | 12.392  | 52.443  |  | 15.705  | 21.155  | 97.161  |
|                         | O-0-4  | 6.222   | 7.984   | 32.948  |  | 11.533  | 15.684  | 82.884  |
|                         | O-0-5  | 5.093   | 6.38    | 28.45   |  | 10.644  | 13.574  | 61.63   |
|                         | O-0-6  | 2.776   | 3.467   | 15.47   |  | 12.338  | 15.728  | 75.929  |
|                         | O-0-9  | 5.358   | 6.953   | 33.543  |  | 9.01    | 11.782  | 57.096  |
|                         | O-0-10 | 4.651   | 6.485   | 37.546  |  | 4.889   | 6.353   | 28.198  |
|                         | O-0-18 | 4.274   | 5.539   | 26.448  |  | 15.585  | 22.363  | 102.08  |
|                         | O-0-19 | 4.88    | 6.055   | 26.328  |  | 10.943  | 13.96   | 62.64   |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 5.269   | 6.7511  | 31.1612 |  | 11.9068 | 15.7862 | 73.7489 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 1.2672  | 1.59632 | 7.7032  |  | 2.503   | 3.52724 | 17.0863 |

Πίνακας 50: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | O-10-2  | 3.821   | 4.64    | 19.498  |  | 17.424  | 23.138  | 110.43  |
|                         | O-10-6  | 4.134   | 5.166   | 22.553  |  | 20.837  | 27.407  | 123.83  |
|                         | O-10-7  | 5.147   | 6.57    | 27.876  |  | 17.432  | 21.447  | 99.962  |
|                         | O-10-9  | 2.424   | 3.376   | 17.118  |  | 14.785  | 18.985  | 89.312  |
|                         | O-10-13 | 3.831   | 4.897   | 20.651  |  | 9.248   | 11.529  | 50.368  |
|                         | O-10-14 | 3.49    | 4.718   | 20.984  |  | 11.342  | 15.054  | 72.224  |
|                         | O-10-16 | 10.652  | 12.898  | 55.177  |  | 19.849  | 24.064  | 98.381  |
|                         | O-10-18 | 8.459   | 10.115  | 39.802  |  | 17.424  | 21.66   | 98.143  |
|                         | O-10-19 | 5.301   | 6.268   | 26.63   |  | 13.107  | 17.271  | 82.982  |
|                         | O-10-20 | 1.596   | 2.009   | 7.523   |  | 20.788  | 26.398  | 108.96  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 4.8855  | 6.0657  | 25.7812 |  | 16.2236 | 20.6953 | 93.4592 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 2.0034  | 2.31764 | 9.27204 |  | 3.28248 | 3.98844 | 15.7902 |

Πίνακας 51: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |         |        |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|--|--------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz     |  | Ra     | Rq      | Rz      |
|                         | O-20-1  | 13.661  | 17.003  | 72.493 |  | 11.155 | 15.275  | 68.897  |
|                         | O-20-5  | 5.441   | 6.881   | 32.688 |  | 20.199 | 25.441  | 110.54  |
|                         | O-20-6  | 11.726  | 14.804  | 64.065 |  | 21.848 | 28.201  | 126.11  |
|                         | O-20-7  | 5.677   | 8.64    | 46.492 |  | 21.71  | 28.998  | 133.74  |
|                         | O-20-8  | 18.312  | 22.766  | 98.399 |  | 12.052 | 15.511  | 76.532  |
|                         | O-20-10 | 7.68    | 9.881   | 38.024 |  | 25.065 | 30.629  | 123.93  |
|                         | O-20-11 | 5.29    | 6.426   | 26.988 |  | 18.04  | 23.638  | 107.46  |
|                         | O-20-12 | 6.823   | 8.456   | 34.215 |  | 15.511 | 20.491  | 89.655  |
|                         | O-20-14 | 3.053   | 3.993   | 20.889 |  | 19.603 | 25.376  | 108.02  |
|                         | O-20-16 | 5.75    | 7.896   | 30.257 |  | 19.207 | 24.174  | 97.107  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 8.3413  | 10.6746 | 46.451 |  | 18.439 | 23.7734 | 104.199 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 3.73502 | 4.50984 | 19.129 |  | 3.3996 | 4.03572 | 16.9211 |

Πίνακας 52: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |        |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|--------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | O-30-5  | 2.273   | 3.062  | 14.739  |  | 16.19   | 20.711  | 97.714  |
|                         | O-30-6  | 7.087   | 8.732  | 35.394  |  | 15.962  | 20.663  | 101.95  |
|                         | O-30-9  | 7.065   | 9.226  | 40.874  |  | 18.09   | 23.011  | 107.57  |
|                         | O-30-11 | 8.218   | 9.935  | 40.015  |  | 9.197   | 12.538  | 61.125  |
|                         | O-30-12 | 6.932   | 8.83   | 40.299  |  | 10.926  | 13.861  | 68.233  |
|                         | O-30-13 | 8.119   | 11.188 | 52.8    |  | 17.642  | 23.307  | 111.19  |
|                         | O-30-14 | 6.741   | 8.598  | 37.938  |  | 20.762  | 26.631  | 119.6   |
|                         | O-30-17 | 5.297   | 6.879  | 32.023  |  | 20.252  | 24.958  | 110.86  |
|                         | O-30-19 | 14.455  | 18.008 | 79.063  |  | 22.529  | 29.637  | 127.71  |
|                         | O-30-20 | 6.54    | 8.867  | 42.801  |  | 14.701  | 18.934  | 89.055  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 7.2727  | 9.3325 | 41.5946 |  | 16.6251 | 21.4251 | 99.5007 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.79478 | 2.2267 | 9.97604 |  | 3.2299  | 4.0837  | 16.3752 |

Πίνακας 53: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |        |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|--------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | O-40-1  | 6.983   | 9.337  | 41.991  |  | 23.16   | 28.643  | 116.06  |
|                         | O-40-2  | 2.859   | 3.864  | 18.317  |  | 12.654  | 15.982  | 69.642  |
|                         | O-40-3  | 5.654   | 6.931  | 28.415  |  | 16.188  | 20.942  | 97.298  |
|                         | O-40-4  | 4.817   | 5.849  | 26.453  |  | 11.305  | 15.112  | 70.587  |
|                         | O-40-6  | 2.848   | 3.892  | 18.083  |  | 9.232   | 11.692  | 51.507  |
|                         | O-40-8  | 2.172   | 2.631  | 9.931   |  | 12.786  | 16.177  | 76.582  |
|                         | O-40-9  | 2.711   | 3.458  | 15.372  |  | 12.906  | 17.214  | 73.337  |
|                         | O-40-13 | 4.634   | 7.366  | 30.321  |  | 11.85   | 15.13   | 71.325  |
|                         | O-40-15 | 4.096   | 5.131  | 22.109  |  | 12.524  | 16.922  | 75.912  |
|                         | O-40-17 | 4.942   | 6.255  | 27.596  |  | 4.757   | 6.042   | 30.739  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 4.1716  | 5.4714 | 23.8588 |  | 12.7362 | 16.3856 | 73.2989 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.2344  | 1.6762 | 7.0964  |  | 2.81904 | 3.63572 | 14.5389 |

Πίνακας 54: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Δρυός με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

|                         |        | με νερά |        |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|--------|---------|--------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-M-1  | 3.571   | 4.305  | 17.561  |  | 9.004   | 11.94   | 58.61   |
|                         | A-M-2  | 4.486   | 5.457  | 22.225  |  | 14.001  | 18.884  | 82.373  |
|                         | A-M-3  | 1.848   | 2.206  | 9.06    |  | 17.734  | 23.657  | 107.43  |
|                         | A-M-4  | 4.142   | 5.317  | 26.576  |  | 10.575  | 13.625  | 59.361  |
|                         | A-M-5  | 5.184   | 6.324  | 25.637  |  | 13.266  | 17.104  | 73.842  |
|                         | A-M-6  | 3.983   | 5.048  | 22.914  |  | 14.118  | 17.427  | 76.523  |
|                         | A-M-7  | 5.891   | 7.409  | 30.787  |  | 12.811  | 17.228  | 84.543  |
|                         | A-M-8  | 4.679   | 5.922  | 23.769  |  | 10.901  | 14.557  | 74.123  |
|                         | A-M-9  | 5.175   | 6.316  | 26.995  |  | 11.377  | 15.615  | 81.276  |
|                         | A-M-10 | 8.793   | 11.291 | 52.058  |  | 18.326  | 22.639  | 94.929  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 4.7752  | 5.9595 | 25.7582 |  | 13.2113 | 17.2676 | 79.301  |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 1.18844 | 1.5004 | 6.67664 |  | 2.2777  | 2.70732 | 10.8092 |

Πίνακας 55: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|                         |        | με νερά |         |         |  | κόντρα  |        |         |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|--|---------|--------|---------|
|                         | A/A    | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq     | Rz      |
|                         | A-0-1  | 11.282  | 14.229  | 59.203  |  | 17.119  | 21.726 | 93.066  |
|                         | A-0-4  | 11.545  | 14.423  | 59.634  |  | 16.153  | 19.65  | 91.512  |
|                         | A-0-6  | 8.894   | 10.622  | 42.748  |  | 11.119  | 13.654 | 64.29   |
|                         | A-0-9  | 6.839   | 9.207   | 42.271  |  | 13.441  | 16.621 | 76.248  |
|                         | A-0-13 | 4.233   | 6.005   | 25.407  |  | 7.424   | 9.899  | 45.375  |
|                         | A-0-14 | 10.023  | 12.849  | 54.945  |  | 14.188  | 17.438 | 80.322  |
|                         | A-0-15 | 6.422   | 9.245   | 43.396  |  | 15.627  | 20.176 | 98.474  |
|                         | A-0-17 | 8.903   | 11.499  | 52.671  |  | 17.792  | 23.145 | 101.44  |
|                         | A-0-19 | 6.212   | 7.736   | 33.008  |  | 15.099  | 19.255 | 95.229  |
|                         | A-0-20 | 6.078   | 8.048   | 35.801  |  | 15.066  | 19.426 | 83.181  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |        | 8.0431  | 10.3863 | 44.9084 |  | 14.3028 | 18.099 | 82.9137 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |        | 2.0863  | 2.3381  | 9.36388 |  | 2.20784 | 2.9568 | 13.084  |

Πίνακας 56: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-10-1  | 7.399   | 9.346   | 39.305  |  | 15.549  | 20.305  | 97.207  |
|                         | A-10-4  | 4.613   | 6.713   | 30.839  |  | 15.078  | 19.22   | 90.676  |
|                         | A-10-5  | 4.3     | 5.459   | 23.633  |  | 16.68   | 22.48   | 104.9   |
|                         | A-10-6  | 5.776   | 8.446   | 39.729  |  | 13.11   | 18.67   | 106.09  |
|                         | A-10-8  | 5.142   | 6.703   | 32.301  |  | 12.737  | 16.789  | 86.97   |
|                         | A-10-12 | 5.653   | 7.486   | 37.544  |  | 11.191  | 14.283  | 66.824  |
|                         | A-10-13 | 11.422  | 13.53   | 52.58   |  | 14.659  | 17.773  | 75.869  |
|                         | A-10-18 | 1.977   | 2.658   | 12.187  |  | 16.467  | 21.566  | 104.43  |
|                         | A-10-19 | 12.448  | 15.751  | 63.398  |  | 13.679  | 17.884  | 91.606  |
|                         | A-10-20 | 8.626   | 10.689  | 43.815  |  | 12.197  | 15.277  | 74.201  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 6.7356  | 8.6781  | 37.5331 |  | 14.1347 | 18.4247 | 89.8773 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 2.59052 | 2.92072 | 10.2345 |  | 1.5519  | 2.0235  | 11.129  |

Πίνακας 57: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα  |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|---------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra      | Rq      | Rz      |
|                         | A-20-3  | 4.608   | 6.117   | 25.555  |  | 10.094  | 13.494  | 71.258  |
|                         | A-20-6  | 6.148   | 7.575   | 31.966  |  | 13.843  | 18.806  | 94.559  |
|                         | A-20-7  | 7.346   | 9.144   | 38.08   |  | 16.775  | 21.764  | 102.15  |
|                         | A-20-8  | 7.321   | 9.283   | 41.24   |  | 15.278  | 19.798  | 92.772  |
|                         | A-20-12 | 7.644   | 9.492   | 39.447  |  | 16.897  | 21.388  | 99.357  |
|                         | A-20-14 | 8.203   | 10.197  | 44.864  |  | 16.267  | 21.556  | 105.77  |
|                         | A-20-15 | 4.977   | 6.217   | 26.22   |  | 18.812  | 26.605  | 131.3   |
|                         | A-20-16 | 4.368   | 5.884   | 31.362  |  | 12.719  | 16.404  | 78.746  |
|                         | A-20-17 | 8.792   | 11.183  | 46.671  |  | 13.4    | 16.703  | 81.856  |
|                         | A-20-20 | 11.925  | 14.644  | 61.608  |  | 13.117  | 16.5    | 77.437  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 7.1332  | 8.9736  | 38.7013 |  | 14.7202 | 19.3018 | 93.5205 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.68636 | 2.02028 | 8.0647  |  | 2.0856  | 2.9204  | 13.1067 |

Πίνακας 58: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |        |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|---------|--------|---------|--|--------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq     | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
|                         | A-30-1  | 10.415  | 12.813 | 50.693  |  | 13.681 | 18.144  | 81.89   |
|                         | A-30-7  | 7.775   | 9.751  | 43.219  |  | 16.05  | 20.582  | 98.882  |
|                         | A-30-9  | 6.37    | 8.335  | 39.451  |  | 17.13  | 21.658  | 97.654  |
|                         | A-30-11 | 10.061  | 12.255 | 47.889  |  | 11.256 | 15.473  | 77.918  |
|                         | A-30-15 | 9.186   | 11.683 | 51.255  |  | 16.634 | 21.158  | 95.912  |
|                         | A-30-16 | 7.477   | 9.483  | 37.128  |  | 14.253 | 18.476  | 87.737  |
|                         | A-30-17 | 6.207   | 8.206  | 36.882  |  | 14.196 | 17.832  | 79.657  |
|                         | A-30-18 | 5.811   | 7.574  | 32.28   |  | 15.229 | 19.33   | 95.948  |
|                         | A-30-19 | 7.28    | 8.952  | 40.207  |  | 12.832 | 17.215  | 92.162  |
|                         | A-30-20 | 3.184   | 4.095  | 21.29   |  | 13.029 | 15.967  | 74.446  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 7.3766  | 9.3147 | 40.0294 |  | 14.429 | 18.5835 | 88.2206 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.6062  | 1.8823 | 6.6232  |  | 1.4654 | 1.6788  | 7.891   |

Πίνακας 59: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                         |         | με νερά |         |         |  | κόντρα |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--|--------|---------|---------|
|                         | A/A     | Ra      | Rq      | Rz      |  | Ra     | Rq      | Rz      |
|                         | A-40-1  | 9.402   | 11.747  | 50.15   |  | 16.654 | 20.748  | 93.968  |
|                         | A-40-2  | 8.07    | 10.192  | 42.742  |  | 13.49  | 17.222  | 86.541  |
|                         | A-40-4  | 8.828   | 11.548  | 50.739  |  | 15.516 | 19.742  | 92.431  |
|                         | A-40-6  | 12.216  | 15.048  | 64.161  |  | 15.978 | 19.783  | 87.268  |
|                         | A-40-9  | 4.21    | 5.673   | 29.155  |  | 10.334 | 14.688  | 76.892  |
|                         | A-40-11 | 7.726   | 10.211  | 46.008  |  | 9.923  | 13.819  | 74.082  |
|                         | A-40-15 | 9.567   | 12.046  | 49.993  |  | 9.567  | 12.046  | 49.993  |
|                         | A-40-16 | 9.594   | 12.252  | 54.177  |  | 14.046 | 17.676  | 83.97   |
|                         | A-40-18 | 5.715   | 7.243   | 31.649  |  | 12.71  | 16.607  | 80.046  |
|                         | A-40-20 | 5.521   | 7.313   | 33.282  |  | 17.192 | 22.526  | 116.91  |
| <b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:</b>      |         | 8.0849  | 10.3273 | 45.2056 |  | 13.541 | 17.4857 | 84.2101 |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:</b> |         | 1.8365  | 2.2009  | 8.79888 |  | 2.3362 | 2.6093  | 11.2135 |

Πίνακας 60: Επιφανειακή τραχύτητα δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

## Διόγκωση

Διόγκωση μετά από 21 μέρες

### Αξονικά

|                  | A/A    | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-M-1  | 20.28             | 20.52             | 1.183431953                                           |
|                  | O-M-2  | 20.41             | 20.57             | 0.783929446                                           |
|                  | O-M-3  | 20.23             | 20.41             | 0.889767672                                           |
|                  | O-M-4  | 20.24             | 20.33             | 0.444664032                                           |
|                  | O-M-5  | 20.16             | 20.31             | 0.744047619                                           |
|                  | O-M-6  | 20.37             | 20.49             | 0.58910162                                            |
|                  | O-M-7  | 20.18             | 20.34             | 0.792864222                                           |
|                  | O-M-8  | 20.18             | 20.37             | 0.941526264                                           |
|                  | O-M-9  | 20.18             | 20.38             | 0.991080278                                           |
|                  | O-M-10 | 20.3              | 20.35             | 0.246305419                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                   |                   | 0.760671852                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                   |                   | 0.203713744                                           |

|                  | A/A    | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | A-M-1  | 20.52             | 20.65             | 0.633528265                                           |
|                  | A-M-2  | 20.44             | 20.64             | 0.978473581                                           |
|                  | A-M-3  | 20.36             | 20.45             | 0.442043222                                           |
|                  | A-M-4  | 20.47             | 20.55             | 0.390815828                                           |
|                  | A-M-5  | 20.22             | 20.31             | 0.445103858                                           |
|                  | A-M-6  | 20.32             | 20.39             | 0.344488189                                           |
|                  | A-M-7  | 20.11             | 20.17             | 0.298359025                                           |
|                  | A-M-8  | 20.41             | 20.45             | 0.195982362                                           |
|                  | A-M-9  | 20.23             | 20.31             | 0.395452299                                           |
|                  | A-M-10 | 20.54             | 20.63             | 0.438169426                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                   |                   | 0.456241605                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                   |                   | 0.139903727                                           |

Πίνακας 61: Αξονική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός,

Πίνακας 62: Αξονική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|                  | A/A    | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-0-1  | 20.19             | 20.29             | 0.4952947                                             |
|                  | O-0-2  | 19.98             | 20.09             | 0.550550551                                           |
|                  | O-0-3  | 20.31             | 20.51             | 0.984736583                                           |
|                  | O-0-4  | 19.98             | 20.12             | 0.700700701                                           |
|                  | O-0-5  | 20.09             | 20.33             | 1.194624191                                           |
|                  | O-0-6  | 20.03             | 20.2              | 0.84872691                                            |
|                  | O-0-9  | 20.02             | 20.16             | 0.699300699                                           |
|                  | O-0-10 | 20.17             | 20.29             | 0.594942985                                           |
|                  | O-0-18 | 20.19             | 20.41             | 1.089648341                                           |
|                  | O-0-19 | 20.05             | 20.17             | 0.598503741                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                   |                   | 0.77570294                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                   |                   | 0.202984853                                           |

|                  | A/A    | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | A-0-1  | 20.21             | 20.39             | 0.890648194                                           |
|                  | A-0-4  | 20.1              | 20.37             | 1.343283582                                           |
|                  | A-0-6  | 20.16             | 20.31             | 0.744047619                                           |
|                  | A-0-9  | 20.11             | 20.29             | 0.895077076                                           |
|                  | A-0-13 | 20.42             | 20.6              | 0.881488737                                           |
|                  | A-0-14 | 20.34             | 20.47             | 0.63913471                                            |
|                  | A-0-15 | 20.33             | 20.48             | 0.737825873                                           |
|                  | A-0-17 | 20.52             | 20.82             | 1.461988304                                           |
|                  | A-0-19 | 20.26             | 20.42             | 0.789733465                                           |
|                  | A-0-20 | 20.37             | 20.5              | 0.638193422                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                   |                   | 0.902142098                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                   |                   | 0.200197538                                           |

Πίνακας 63: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,

Πίνακας 64: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

|                  | A/A     | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-10-2  | 20.3              | 20.47             | 0.837438424                                           |
|                  | O-10-6  | 20.25             | 20.71             | 2.271604938                                           |
|                  | O-10-7  | 20.46             | 20.48             | 0.097751711                                           |
|                  | O-10-9  | 20.01             | 20.1              | 0.449775112                                           |
|                  | O-10-13 | 20.11             | 20.18             | 0.34808553                                            |
|                  | O-10-14 | 20.06             | 20.15             | 0.448654038                                           |
|                  | O-10-16 | 20.32             | 20.45             | 0.63976378                                            |
|                  | O-10-18 | 20.24             | 20.38             | 0.691699605                                           |
|                  | O-10-19 | 20.31             | 20.46             | 0.738552437                                           |
|                  | O-10-20 | 20.45             | 20.61             | 0.782396088                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.730572166                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.341540644                                           |
|                  |         |                   |                   |                                                       |
|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|                  | A-10-1  | 20.35             | 20.49             | 0.687960688                                           |
|                  | A-10-4  | 20.14             | 20.41             | 1.34061569                                            |
|                  | A-10-5  | 20.26             | 20.55             | 1.431391905                                           |
|                  | A-10-6  | 20.07             | 20.25             | 0.896860987                                           |
|                  | A-10-8  | 20.28             | 20.48             | 0.986193294                                           |
|                  | A-10-12 | 20.26             | 20.34             | 0.394866732                                           |
|                  | A-10-13 | 20.25             | 20.43             | 0.888888889                                           |
|                  | A-10-18 | 20.54             | 20.69             | 0.730282376                                           |
|                  | A-10-19 | 20.36             | 20.45             | 0.442043222                                           |
|                  | A-10-20 | 20.15             | 20.3              | 0.744416873                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.854352066                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.254438087                                           |

Πίνακας 65: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 1% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 66: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

|                  | A/A     | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-20-1  | 20.19             | 20.42             | 1.139177811                                           |
|                  | O-20-5  | 20.18             | 20.3              | 0.594648167                                           |
|                  | O-20-6  | 20.29             | 20.35             | 0.295712173                                           |
|                  | O-20-7  | 20.05             | 20.24             | 0.947630923                                           |
|                  | O-20-8  | 20.33             | 20.47             | 0.688637482                                           |
|                  | O-20-10 | 20.05             | 20.16             | 0.548628429                                           |
|                  | O-20-11 | 20.33             | 20.48             | 0.737825873                                           |
|                  | O-20-12 | 20.24             | 20.37             | 0.64229249                                            |
|                  | O-20-14 | 20.45             | 20.58             | 0.635696822                                           |
|                  | O-20-16 | 20.23             | 20.39             | 0.790904597                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.702115477                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.161415459                                           |
|                  |         |                   |                   |                                                       |
|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|                  | A-20-3  | 20.07             | 20.21             | 0.697558545                                           |
|                  | A-20-6  | 20.24             | 20.35             | 0.543478261                                           |
|                  | A-20-7  | 20.2              | 20.34             | 0.693069307                                           |
|                  | A-20-8  | 20.45             | 20.64             | 0.929095355                                           |
|                  | A-20-12 | 20.41             | 20.55             | 0.685938266                                           |
|                  | A-20-14 | 20.59             | 20.75             | 0.777076251                                           |
|                  | A-20-15 | 20.57             | 20.72             | 0.729217307                                           |
|                  | A-20-16 | 20.16             | 20.31             | 0.744047619                                           |
|                  | A-20-17 | 20.25             | 20.42             | 0.839506173                                           |
|                  | A-20-20 | 20.17             | 20.33             | 0.793257313                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.74322444                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.073372102                                           |

Πίνακας 67: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 2% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 68: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

| A/A              | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-30-5           | 20.21             | 20.33             | 0.593765463                                           |
| O-30-6           | 20.28             | 20.39             | 0.542406312                                           |
| O-30-9           | 20.21             | 20.58             | 1.830776843                                           |
| O-30-11          | 20.26             | 20.34             | 0.394866732                                           |
| O-30-12          | 19.96             | 20.25             | 1.452905812                                           |
| O-30-13          | 20.33             | 20.53             | 0.983767831                                           |
| O-30-14          | 20.39             | 20.36             | -0.147130947                                          |
| O-30-17          | 20.29             | 20.45             | 0.788565796                                           |
| O-30-19          | 20.02             | 20.2              | 0.899100899                                           |
| O-30-20          | 20.38             | 20.56             | 0.883218842                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.822224358                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.387729687                                           |

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| A-30-1           | 20.4              | 20.59             | 0.931372549                                           |
| A-30-7           | 20.18             | 20.31             | 0.64420218                                            |
| A-30-9           | 20.26             | 20.45             | 0.93780849                                            |
| A-30-11          | 20.21             | 20.37             | 0.791687284                                           |
| A-30-15          | 20.21             | 20.36             | 0.742206828                                           |
| A-30-16          | 20.17             | 20.33             | 0.793257313                                           |
| A-30-17          | 20.27             | 20.42             | 0.740009867                                           |
| A-30-18          | 20.13             | 20.28             | 0.745156483                                           |
| A-30-19          | 20.26             | 20.37             | 0.542941757                                           |
| A-30-20          | 20.35             | 20.46             | 0.540540541                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.740918329                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.099195794                                           |

Πίνακας 69: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 3% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 70: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

| A/A              | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-40-1           | 20.23             | 20.58             | 1.730103806                                           |
| O-40-2           | 20.43             | 20.62             | 0.930004895                                           |
| O-40-3           | 20.27             | 20.55             | 1.381351751                                           |
| O-40-4           | 20.24             | 20.64             | 1.976284585                                           |
| O-40-6           | 20.27             | 20.43             | 0.789343858                                           |
| O-40-8           | 20.26             | 20.41             | 0.740375123                                           |
| O-40-9           | 20.05             | 20.25             | 0.997506234                                           |
| O-40-13          | 20.28             | 20.42             | 0.690335306                                           |
| O-40-15          | 20.3              | 20.5              | 0.985221675                                           |
| O-40-17          | 20.2              | 20.42             | 1.089108911                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 1.130963614                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.33896986                                            |

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| A-40-1           | 20.08             | 20.27             | 0.946215139                                           |
| A-40-2           | 20.36             | 20.53             | 0.83497053                                            |
| A-40-4           | 20.32             | 20.44             | 0.590551181                                           |
| A-40-6           | 20.14             | 20.22             | 0.397219464                                           |
| A-40-9           | 20.22             | 20.45             | 1.137487636                                           |
| A-40-11          | 20.14             | 20.28             | 0.695134062                                           |
| A-40-15          | 20.42             | 20.6              | 0.881488737                                           |
| A-40-16          | 20.27             | 20.46             | 0.937345831                                           |
| A-40-18          | 20.24             | 20.35             | 0.543478261                                           |
| A-40-20          | 20.26             | 20.45             | 0.93780849                                            |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.790169933                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.186859353                                           |

Πίνακας 71: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 4% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 72: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

## Ακτινικά

|                  | A/A    | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | O-M-1  | 19.74                | 20.21                | 2.380952381                                                 |
|                  | O-M-2  | 19.62                | 20.01                | 1.987767584                                                 |
|                  | O-M-3  | 19.65                | 20.03                | 1.933842239                                                 |
|                  | O-M-4  | 19.55                | 20.23                | 3.47826087                                                  |
|                  | O-M-5  | 19.47                | 20.12                | 3.33846944                                                  |
|                  | O-M-6  | 19.31                | 19.54                | 1.191092698                                                 |
|                  | O-M-7  | 19.58                | 19.86                | 1.430030644                                                 |
|                  | O-M-8  | 19.62                | 20.07                | 2.293577982                                                 |
|                  | O-M-9  | 19.66                | 19.98                | 1.627670397                                                 |
|                  | O-M-10 | 19.54                | 20.04                | 2.558853634                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 2.222051787                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 0.587971074                                                 |
|                  | A/A    | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|                  | A-M-1  | 9.71                 | 10.03                | 3.295571576                                                 |
|                  | A-M-2  | 9.7                  | 9.91                 | 2.164948454                                                 |
|                  | A-M-3  | 19.69                | 19.79                | 0.507872016                                                 |
|                  | A-M-4  | 19.7                 | 19.91                | 1.065989848                                                 |
|                  | A-M-5  | 19.68                | 19.8                 | 0.609756098                                                 |
|                  | A-M-6  | 19.74                | 19.68                | -0.303951368                                                |
|                  | A-M-7  | 19.62                | 19.79                | 0.866462793                                                 |
|                  | A-M-8  | 19.64                | 19.69                | 0.254582485                                                 |
|                  | A-M-9  | 19.69                | 19.79                | 0.507872016                                                 |
|                  | A-M-10 | 19.64                | 19.97                | 1.680244399                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 1.064934832                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 0.78940299                                                  |

Πίνακας 73: Ακτινική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός,  
Πίνακας 74: Ακτινική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

|                  | A/A    | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | O-0-1  | 19.51                | 19.88                | 1.896463352                                                 |
|                  | O-0-2  | 19.57                | 20.16                | 3.0148186                                                   |
|                  | O-0-3  | 19.56                | 20.18                | 3.169734151                                                 |
|                  | O-0-4  | 19.61                | 19.78                | 0.86690464                                                  |
|                  | O-0-5  | 19.66                | 20.11                | 2.288911495                                                 |
|                  | O-0-6  | 19.65                | 19.88                | 1.170483461                                                 |
|                  | O-0-9  | 19.63                | 19.95                | 1.630157922                                                 |
|                  | O-0-10 | 19.6                 | 20.1                 | 2.551020408                                                 |
|                  | O-0-18 | 19.6                 | 20.08                | 2.448979592                                                 |
|                  | O-0-19 | 19.7                 | 19.79                | 0.456852792                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 1.949432641                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 0.745260208                                                 |
|                  | A/A    | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|                  | A-0-1  | 19.73                | 20.04                | 1.571211353                                                 |
|                  | A-0-4  | 9.67                 | 10.01                | 3.516028956                                                 |
|                  | A-0-6  | 19.54                | 20.03                | 2.507676561                                                 |
|                  | A-0-9  | 19.59                | 20.13                | 2.756508423                                                 |
|                  | A-0-13 | 19.59                | 19.96                | 1.888718734                                                 |
|                  | A-0-14 | 19.67                | 19.99                | 1.626842908                                                 |
|                  | A-0-15 | 9.69                 | 10.1                 | 4.231166151                                                 |
|                  | A-0-17 | 19.52                | 20.04                | 2.663934426                                                 |
|                  | A-0-19 | 9.59                 | 9.99                 | 4.17101147                                                  |
|                  | A-0-20 | 19.61                | 20.11                | 2.549719531                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 2.748281851                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 0.736317519                                                 |

Πίνακας 75: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,  
Πίνακας 76: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-10-2           | 19.54                | 19.93                | 1.995905834                                                 |
| O-10-6           | 19.69                | 20.02                | 1.675977654                                                 |
| O-10-7           | 19.72                | 19.84                | 0.60851927                                                  |
| O-10-9           | 19.57                | 19.71                | 0.715380685                                                 |
| O-10-13          | 19.61                | 20.02                | 2.090770015                                                 |
| O-10-14          | 19.63                | 19.93                | 1.528273051                                                 |
| O-10-16          | 19.63                | 20.12                | 2.496179317                                                 |
| O-10-18          | 19.66                | 19.85                | 0.966429298                                                 |
| O-10-19          | 19.62                | 19.89                | 1.376146789                                                 |
| O-10-20          | 19.71                | 19.8                 | 0.456621005                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.391020292                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.566400883                                                 |
|                  |                      |                      |                                                             |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-10-1           | 19.61                | 19.83                | 1.121876594                                                 |
| A-10-4           | 9.67                 | 10.05                | 3.929679421                                                 |
| A-10-5           | 9.68                 | 9.91                 | 2.376033058                                                 |
| A-10-6           | 19.6                 | 19.9                 | 1.530612245                                                 |
| A-10-8           | 9.64                 | 10.02                | 3.941908714                                                 |
| A-10-12          | 19.58                | 20                   | 2.145045965                                                 |
| A-10-13          | 9.69                 | 10.09                | 4.127966976                                                 |
| A-10-18          | 19.56                | 19.86                | 1.533742331                                                 |
| A-10-19          | 19.64                | 20.11                | 2.393075356                                                 |
| A-10-20          | 19.66                | 19.86                | 1.017293998                                                 |
|                  |                      |                      | 2.411723466                                                 |
|                  |                      |                      | 0.952876943                                                 |

Πίνακας 77: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%,  
Πίνακας 78: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-20-1           | 19.59                | 19.87                | 1.429300664                                                 |
| O-20-5           | 19.54                | 20.2                 | 3.377686796                                                 |
| O-20-6           | 19.67                | 19.98                | 1.576004067                                                 |
| O-20-7           | 19.72                | 19.99                | 1.369168357                                                 |
| O-20-8           | 19.67                | 19.92                | 1.270971022                                                 |
| O-20-10          | 19.67                | 19.92                | 1.270971022                                                 |
| O-20-11          | 19.68                | 19.86                | 0.914634146                                                 |
| O-20-12          | 19.62                | 20.03                | 2.089704383                                                 |
| O-20-14          | 19.73                | 19.94                | 1.064368981                                                 |
| O-20-16          | 19.7                 | 20.2                 | 2.538071066                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.69008805                                                  |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.587039619                                                 |
|                  |                      |                      |                                                             |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-20-3           | 9.65                 | 9.99                 | 3.523316062                                                 |
| A-20-6           | 9.65                 | 10.04                | 4.041450777                                                 |
| A-20-7           | 9.69                 | 9.98                 | 2.992776058                                                 |
| A-20-8           | 19.66                | 19.95                | 1.475076297                                                 |
| A-20-12          | 9.71                 | 9.98                 | 2.780638517                                                 |
| A-20-14          | 9.67                 | 9.95                 | 2.895553257                                                 |
| A-20-15          | 19.54                | 19.82                | 1.432958035                                                 |
| A-20-16          | 9.67                 | 9.79                 | 1.240951396                                                 |
| A-20-17          | 19.51                | 19.99                | 2.460276781                                                 |
| A-20-20          | 19.58                | 19.76                | 0.919305414                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.376230259                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.887325979                                                 |

Πίνακας 79: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%,  
Πίνακας 80: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

|                  | A/A     | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | O-30-5  | 19.55                | 19.79                | 1.227621483                                                 |
|                  | O-30-6  | 19.59                | 19.89                | 1.531393568                                                 |
|                  | O-30-9  | 19.68                | 19.86                | 0.914634146                                                 |
|                  | O-30-11 | 19.65                | 19.72                | 0.356234097                                                 |
|                  | O-30-12 | 19.66                | 19.8                 | 0.712105799                                                 |
|                  | O-30-13 | 19.63                | 20.08                | 2.292409577                                                 |
|                  | O-30-14 | 19.8                 | 20.02                | 1.111111111                                                 |
|                  | O-30-17 | 19.74                | 19.9                 | 0.810536981                                                 |
|                  | O-30-19 | 19.62                | 20                   | 1.936799185                                                 |
|                  | O-30-20 | 19.58                | 19.74                | 0.817160368                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 1.171000631                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 0.460844257                                                 |
|                  | A/A     | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|                  | A-30-1  | 19.59                | 19.86                | 1.378254211                                                 |
|                  | A-30-7  | 19.6                 | 19.74                | 0.714285714                                                 |
|                  | A-30-9  | 19.72                | 19.71                | -0.050709939                                                |
|                  | A-30-11 | 19.65                | 19.77                | 0.610687023                                                 |
|                  | A-30-15 | 19.55                | 19.72                | 0.869565217                                                 |
|                  | A-30-16 | 19.62                | 19.65                | 0.152905199                                                 |
|                  | A-30-17 | 19.57                | 19.72                | 0.766479305                                                 |
|                  | A-30-18 | 19.62                | 19.75                | 0.662589195                                                 |
|                  | A-30-19 | 19.54                | 19.66                | 0.614124872                                                 |
|                  | A-30-20 | 9.67                 | 9.86                 | 1.96483971                                                  |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 0.768302051                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 0.381550597                                                 |

Πίνακας 81: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%,  
Πίνακας 82: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%

|                  | A/A     | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | O-40-1  | 19.7                 | 20.13                | 2.182741117                                                 |
|                  | O-40-2  | 19.56                | 19.88                | 1.63599182                                                  |
|                  | O-40-3  | 19.64                | 19.98                | 1.731160896                                                 |
|                  | O-40-4  | 19.66                | 20.1                 | 2.238046796                                                 |
|                  | O-40-6  | 19.71                | 20.01                | 1.522070015                                                 |
|                  | O-40-8  | 19.72                | 19.84                | 0.60851927                                                  |
|                  | O-40-9  | 19.75                | 20.29                | 2.734177215                                                 |
|                  | O-40-13 | 19.65                | 19.91                | 1.323155216                                                 |
|                  | O-40-15 | 19.76                | 19.95                | 0.961538462                                                 |
|                  | O-40-17 | 19.68                | 20.16                | 2.43902439                                                  |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 1.73764252                                                  |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 0.528683888                                                 |
|                  | A/A     | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|                  | A-40-1  | 19.63                | 19.77                | 0.713194091                                                 |
|                  | A-40-2  | 19.55                | 19.67                | 0.613810742                                                 |
|                  | A-40-4  | 9.68                 | 9.81                 | 1.342975207                                                 |
|                  | A-40-6  | 19.6                 | 19.58                | -0.102040816                                                |
|                  | A-40-9  | 19.7                 | 19.74                | 0.203045685                                                 |
|                  | A-40-11 | 9.45                 | 9.56                 | 1.164021164                                                 |
|                  | A-40-15 | 19.65                | 19.68                | 0.152671756                                                 |
|                  | A-40-16 | 19.6                 | 19.68                | 0.408163265                                                 |
|                  | A-40-18 | 19.61                | 19.81                | 1.019887812                                                 |
|                  | A-40-20 | 19.59                | 19.93                | 1.735579377                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 0.725130828                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 0.472388049                                                 |

Πίνακας 83: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%,  
Πίνακας 84: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

## Εφαπτομενικά

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-M-1            | 9.66                 | 10.38                | 7.453416149                                                 |
| O-M-2            | 9.64                 | 10.78                | 11.82572614                                                 |
| O-M-3            | 9.62                 | 10.54                | 9.563409563                                                 |
| O-M-4            | 9.59                 | 10.48                | 9.280500521                                                 |
| O-M-5            | 9.56                 | 10.66                | 11.50627615                                                 |
| O-M-6            | 9.44                 | 10.27                | 8.792372881                                                 |
| O-M-7            | 9.68                 | 10.12                | 4.545454545                                                 |
| O-M-8            | 9.63                 | 10.34                | 7.372793354                                                 |
| O-M-9            | 9.22                 | 10.09                | 9.436008677                                                 |
| O-M-10           | 9.59                 | 10.4                 | 8.446298227                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 8.822225621                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.50015859                                                  |

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| A-M-1            | 19.6                 | 20.14                | 2.755102041                                                 |
| A-M-2            | 19.66                | 20.27                | 3.102746694                                                 |
| A-M-3            | 9.56                 | 10.28                | 7.531380753                                                 |
| A-M-4            | 9.64                 | 10.36                | 7.468879668                                                 |
| A-M-5            | 9.7                  | 10.37                | 6.907216495                                                 |
| A-M-6            | 9.64                 | 10.23                | 6.12033195                                                  |
| A-M-7            | 9.66                 | 9.96                 | 3.105590062                                                 |
| A-M-8            | 9.66                 | 10.11                | 4.658385093                                                 |
| A-M-9            | 9.64                 | 10.4                 | 7.883817427                                                 |
| A-M-10           | 9.63                 | 10.41                | 8.099688474                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 5.763313866                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.886286315                                                 |

Πίνακας 85: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός

Πίνακας 86: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αϊλανθου

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-0-1            | 9.63                 | 9.86                 | 2.388369678                                                 |
| O-0-2            | 9.49                 | 10.14                | 6.849315068                                                 |
| O-0-3            | 9.63                 | 10.35                | 7.476635514                                                 |
| O-0-4            | 9.61                 | 9.86                 | 2.601456816                                                 |
| O-0-5            | 9.64                 | 10.2                 | 5.809128631                                                 |
| O-0-6            | 9.6                  | 9.86                 | 2.708333333                                                 |
| O-0-9            | 9.61                 | 10.39                | 8.116545265                                                 |
| O-0-10           | 9.62                 | 10.51                | 9.251559252                                                 |
| O-0-18           | 9.62                 | 10.1                 | 4.98960499                                                  |
| O-0-19           | 9.65                 | 9.87                 | 2.279792746                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 5.247074129                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 2.253562617                                                 |

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| A-0-1            | 9.62                 | 10.35                | 7.588357588                                                 |
| A-0-4            | 19.64                | 20.43                | 4.022403259                                                 |
| A-0-6            | 9.63                 | 10.24                | 6.334371755                                                 |
| A-0-9            | 9.6                  | 10.18                | 6.041666667                                                 |
| A-0-13           | 9.58                 | 10.14                | 5.845511482                                                 |
| A-0-14           | 9.51                 | 10.12                | 6.414300736                                                 |
| A-0-15           | 19.57                | 20.05                | 2.452733776                                                 |
| A-0-17           | 9.62                 | 10.13                | 5.301455301                                                 |
| A-0-19           | 19.53                | 20.23                | 3.584229391                                                 |
| A-0-20           | 9.56                 | 10.12                | 5.857740586                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 5.344277054                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.203257298                                                 |

Πίνακας 87: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,

Πίνακας 88: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-10-2           | 9.61                 | 10.1                 | 5.098855359                                           |
| O-10-6           | 9.67                 | 10.03                | 3.722854188                                           |
| O-10-7           | 9.41                 | 9.68                 | 2.869287991                                           |
| O-10-9           | 9.65                 | 9.82                 | 1.761658031                                           |
| O-10-13          | 9.64                 | 10.02                | 3.941908714                                           |
| O-10-14          | 9.6                  | 10.04                | 4.583333333                                           |
| O-10-16          | 9.67                 | 9.85                 | 1.861427094                                           |
| O-10-18          | 9.68                 | 9.8                  | 1.239669421                                           |
| O-10-19          | 9.63                 | 10.07                | 4.569055036                                           |
| O-10-20          | 9.59                 | 9.74                 | 1.564129301                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 3.121217847                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.261983479                                           |

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| A-10-1           | 9.61                 | 9.94                 | 3.433922997                                           |
| A-10-4           | 19.65                | 20.14                | 2.493638677                                           |
| A-10-5           | 19.6                 | 19.91                | 1.581632653                                           |
| A-10-6           | 9.65                 | 10.2                 | 5.699481865                                           |
| A-10-8           | 19.7                 | 20.14                | 2.233502538                                           |
| A-10-12          | 9.61                 | 10.24                | 6.555671176                                           |
| A-10-13          | 19.56                | 19.89                | 1.687116564                                           |
| A-10-18          | 9.61                 | 10.15                | 5.619146722                                           |
| A-10-19          | 9.65                 | 10.1                 | 4.663212435                                           |
| A-10-20          | 9.63                 | 10.06                | 4.465212876                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 3.84325385                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.557291165                                           |

Πίνακας 89: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%,  
Πίνακας 90: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-20-1           | 9.6                  | 9.87                 | 2.8125                                                |
| O-20-5           | 9.47                 | 10.08                | 6.441393875                                           |
| O-20-6           | 9.64                 | 9.92                 | 2.904564315                                           |
| O-20-7           | 9.65                 | 10.1                 | 4.663212435                                           |
| O-20-8           | 9.62                 | 10.01                | 4.054054054                                           |
| O-20-10          | 9.7                  | 10.06                | 3.711340206                                           |
| O-20-11          | 9.67                 | 9.78                 | 1.13753878                                            |
| O-20-12          | 9.62                 | 9.81                 | 1.975051975                                           |
| O-20-14          | 9.66                 | 10.04                | 3.933747412                                           |
| O-20-16          | 9.65                 | 10.5                 | 8.808290155                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 4.044169321                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.558054647                                           |

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| A-20-3           | 19.59                | 20.02                | 2.194997448                                           |
| A-20-6           | 19.6                 | 20.14                | 2.755102041                                           |
| A-20-7           | 19.66                | 20                   | 1.729399797                                           |
| A-20-8           | 9.62                 | 10.09                | 4.885654886                                           |
| A-20-12          | 19.74                | 19.9                 | 0.810536981                                           |
| A-20-14          | 19.64                | 19.91                | 1.374745418                                           |
| A-20-15          | 9.66                 | 10.22                | 5.797101449                                           |
| A-20-16          | 19.52                | 19.82                | 1.536885246                                           |
| A-20-17          | 9.66                 | 10.15                | 5.072463768                                           |
| A-20-20          | 9.63                 | 9.87                 | 2.492211838                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.864909887                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.432098088                                           |

Πίνακας 91: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%,  
Πίνακας 92: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-30-5           | 9.62                 | 9.77                 | 1.559251559                                                 |
| O-30-6           | 9.7                  | 10                   | 3.092783505                                                 |
| O-30-9           | 9.65                 | 9.86                 | 2.176165803                                                 |
| O-30-11          | 9.65                 | 9.85                 | 2.07253886                                                  |
| O-30-12          | 9.66                 | 9.91                 | 2.587991718                                                 |
| O-30-13          | 9.6                  | 10.51                | 9.479166667                                                 |
| O-30-14          | 9.7                  | 9.87                 | 1.75257732                                                  |
| O-30-17          | 9.64                 | 9.81                 | 1.763485477                                                 |
| O-30-19          | 9.68                 | 10.25                | 5.888429752                                                 |
| O-30-20          | 9.65                 | 9.86                 | 2.176165803                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 3.254855646                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.771577025                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-30-1           | 9.74                 | 10.03                | 2.977412731                                                 |
| A-30-7           | 9.64                 | 9.88                 | 2.489626556                                                 |
| A-30-9           | 9.55                 | 9.77                 | 2.303664921                                                 |
| A-30-11          | 9.64                 | 9.88                 | 2.489626556                                                 |
| A-30-15          | 9.58                 | 9.81                 | 2.400835073                                                 |
| A-30-16          | 9.66                 | 9.89                 | 2.380952381                                                 |
| A-30-17          | 9.65                 | 9.98                 | 3.419689119                                                 |
| A-30-18          | 9.67                 | 9.86                 | 1.96483971                                                  |
| A-30-19          | 9.69                 | 9.87                 | 1.857585139                                                 |
| A-30-20          | 19.72                | 19.96                | 1.21703854                                                  |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.350127073                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.411475996                                                 |

Πίνακας 93: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%,  
Πίνακας 94: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-40-1           | 9.67                 | 10.14                | 4.860392968                                                 |
| O-40-2           | 9.59                 | 9.92                 | 3.441084463                                                 |
| O-40-3           | 9.6                  | 9.96                 | 3.75                                                        |
| O-40-4           | 9.65                 | 10.18                | 5.492227979                                                 |
| O-40-6           | 9.64                 | 9.99                 | 3.630705394                                                 |
| O-40-8           | 9.6                  | 9.92                 | 3.333333333                                                 |
| O-40-9           | 9.69                 | 10.15                | 4.747162023                                                 |
| O-40-13          | 9.65                 | 9.97                 | 3.316062176                                                 |
| O-40-15          | 9.67                 | 9.8                  | 1.344364012                                                 |
| O-40-17          | 9.64                 | 10.39                | 7.780082988                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 4.169541534                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.240339965                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-40-1           | 9.64                 | 9.79                 | 1.556016598                                                 |
| A-40-2           | 9.66                 | 9.89                 | 2.380952381                                                 |
| A-40-4           | 19.68                | 19.76                | 0.406504065                                                 |
| A-40-6           | 9.65                 | 9.99                 | 3.523316062                                                 |
| A-40-9           | 9.66                 | 9.76                 | 1.035196687                                                 |
| A-40-11          | 19.57                | 19.6                 | 0.153295861                                                 |
| A-40-15          | 9.52                 | 9.59                 | 0.735294118                                                 |
| A-40-16          | 9.62                 | 9.73                 | 1.143451143                                                 |
| A-40-18          | 9.62                 | 9.74                 | 1.247401247                                                 |
| A-40-20          | 9.61                 | 9.71                 | 1.040582726                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.322201089                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.698736355                                                 |

Πίνακας 95: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%,  
Πίνακας 96: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

## Διόγκωση μετά από 28 μέρες

### Αξονικά

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-M-1            | 20.28             | 20.39             | 0.542406312                                           |
| O-M-2            | 20.41             | 20.57             | 0.783929446                                           |
| O-M-3            | 20.23             | 20.36             | 0.642609985                                           |
| O-M-4            | 20.24             | 20.28             | 0.197628458                                           |
| O-M-5            | 20.16             | 20.24             | 0.396825397                                           |
| O-M-6            | 20.37             | 20.54             | 0.834560628                                           |
| O-M-7            | 20.18             | 20.33             | 0.743310208                                           |
| O-M-8            | 20.18             | 20.37             | 0.941526264                                           |
| O-M-9            | 20.18             | 20.44             | 1.288404361                                           |
| O-M-10           | 20.3              | 20.13             | -0.837438424                                          |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.553376264                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.382816662                                           |

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| A-M-1            | 20.52             | 20.62             | 0.487329435                                           |
| A-M-2            | 20.44             | 20.58             | 0.684931507                                           |
| A-M-3            | 20.36             | 20.49             | 0.638506876                                           |
| A-M-4            | 20.47             | 20.51             | 0.195407914                                           |
| A-M-5            | 20.22             | 20.26             | 0.197823937                                           |
| A-M-6            | 20.32             | 20.49             | 0.836614173                                           |
| A-M-7            | 20.11             | 20.16             | 0.248632521                                           |
| A-M-8            | 20.41             | 20.43             | 0.097991181                                           |
| A-M-9            | 20.23             | 20.31             | 0.395452299                                           |
| A-M-10           | 20.54             | 20.59             | 0.243427459                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.40261173                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.207387014                                           |

Πίνακας 97: Αξονική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός,

Πίνακας 98: Αξονική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-0-1            | 20.19             | 20.3              | 0.54482417                                            |
| O-0-2            | 19.98             | 20.07             | 0.45045045                                            |
| O-0-3            | 20.31             | 20.47             | 0.787789266                                           |
| O-0-4            | 19.98             | 20.18             | 1.001001001                                           |
| O-0-5            | 20.09             | 20.28             | 0.945744151                                           |
| O-0-6            | 20.03             | 20.18             | 0.748876685                                           |
| O-0-9            | 20.02             | 20.21             | 0.949050949                                           |
| O-0-10           | 20.17             | 20.23             | 0.297471492                                           |
| O-0-18           | 20.19             | 20.26             | 0.34670629                                            |
| O-0-19           | 20.05             | 20.2              | 0.748129676                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.682004413                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.21771305                                            |

| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| A-0-1            | 20.21             | 20.24             | 0.148441366                                           |
| A-0-4            | 20.1              | 20.22             | 0.597014925                                           |
| A-0-6            | 20.16             | 20.42             | 1.28968254                                            |
| A-0-9            | 20.11             | 20.4              | 1.442068623                                           |
| A-0-13           | 20.42             | 20.61             | 0.930460333                                           |
| A-0-14           | 20.34             | 20.51             | 0.835791544                                           |
| A-0-15           | 20.33             | 20.53             | 0.983767831                                           |
| A-0-17           | 20.52             | 20.58             | 0.292397661                                           |
| A-0-19           | 20.26             | 20.42             | 0.789733465                                           |
| A-0-20           | 20.37             | 20.48             | 0.540009818                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.78493681                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.312376694                                           |

Πίνακας 99: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,

Πίνακας 100: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-10-2           | 20.3              | 20.4              | 0.492610837                                           |
| O-10-6           | 20.25             | 20.43             | 0.888888889                                           |
| O-10-7           | 20.46             | 20.63             | 0.830889541                                           |
| O-10-9           | 20.01             | 20.14             | 0.649675162                                           |
| O-10-13          | 20.11             | 20.22             | 0.546991546                                           |
| O-10-14          | 20.06             | 20.3              | 1.196410768                                           |
| O-10-16          | 20.32             | 20.58             | 1.279527559                                           |
| O-10-18          | 20.24             | 20.45             | 1.037549407                                           |
| O-10-19          | 20.31             | 20.43             | 0.59084195                                            |
| O-10-20          | 20.45             | 20.69             | 1.173594132                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.868697979                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.246496172                                           |
| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-10-1           | 20.35             | 20.39             | 0.196560197                                           |
| A-10-4           | 20.14             | 20.28             | 0.695134062                                           |
| A-10-5           | 20.26             | 20.42             | 0.789733465                                           |
| A-10-6           | 20.07             | 20.2              | 0.647732935                                           |
| A-10-8           | 20.28             | 20.53             | 1.232741617                                           |
| A-10-12          | 20.26             | 20.29             | 0.148075025                                           |
| A-10-13          | 20.25             | 20.42             | 0.839506173                                           |
| A-10-18          | 20.54             | 20.71             | 0.827653359                                           |
| A-10-19          | 20.36             | 20.46             | 0.491159136                                           |
| A-10-20          | 20.15             | 20.41             | 1.290322581                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.715861855                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.280129584                                           |

Πίνακας 101: Αξονική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά 1% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 102: Αξονική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά 1% νανοσωματίδια

| A/A              | Αρχικό Μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| O-20-1           | 20.19             | 20.52             | 1.634472511                                           |
| O-20-5           | 20.18             | 20.27             | 0.445986125                                           |
| O-20-6           | 20.29             | 20.38             | 0.44356826                                            |
| O-20-7           | 20.05             | 20.18             | 0.648379052                                           |
| O-20-8           | 20.33             | 20.66             | 1.623216921                                           |
| O-20-10          | 20.05             | 20.2              | 0.748129676                                           |
| O-20-11          | 20.33             | 20.5              | 0.836202656                                           |
| O-20-12          | 20.24             | 20.42             | 0.889328063                                           |
| O-20-14          | 20.45             | 20.56             | 0.537897311                                           |
| O-20-16          | 20.23             | 20.33             | 0.494315373                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 0.830149595                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.332524354                                           |
| A/A              | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-20-3           | 20.07             | 20.19             | 0.597907324                                           |
| A-20-6           | 20.24             | 20.54             | 1.482213439                                           |
| A-20-7           | 20.2              | 20.37             | 0.841584158                                           |
| A-20-8           | 20.45             | 20.69             | 1.173594132                                           |
| A-20-12          | 20.41             | 20.58             | 0.832925037                                           |
| A-20-14          | 20.59             | 20.84             | 1.214181642                                           |
| A-20-15          | 20.57             | 20.89             | 1.555663588                                           |
| A-20-16          | 20.16             | 20.33             | 0.843253968                                           |
| A-20-17          | 20.25             | 20.47             | 1.086419753                                           |
| A-20-20          | 20.17             | 20.33             | 0.793257313                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                   |                   | 1.042100035                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                   |                   | 0.260314475                                           |

Πίνακας 103: Αξονική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά 2% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 104: Αξονική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά 2% νανοσωματίδια

|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-30-5  | 20.21             | 20.47             | 1.286491836                                           |
|                  | O-30-6  | 20.28             | 20.37             | 0.443786982                                           |
|                  | O-30-9  | 20.21             | 20.44             | 1.13805047                                            |
|                  | O-30-11 | 20.26             | 20.44             | 0.888450148                                           |
|                  | O-30-12 | 19.96             | 20.33             | 1.853707415                                           |
|                  | O-30-13 | 20.33             | 20.5              | 0.836202656                                           |
|                  | O-30-14 | 20.39             | 20.43             | 0.196174595                                           |
|                  | O-30-17 | 20.29             | 20.41             | 0.591424347                                           |
|                  | O-30-19 | 20.02             | 20.24             | 1.098901099                                           |
|                  | O-30-20 | 20.38             | 20.56             | 0.883218842                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.921640839                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.338117493                                           |
|                  |         |                   |                   |                                                       |
|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|                  | A-30-1  | 20.4              | 20.56             | 0.784313725                                           |
|                  | A-30-7  | 20.18             | 20.46             | 1.387512389                                           |
|                  | A-30-9  | 20.26             | 20.43             | 0.839091807                                           |
|                  | A-30-11 | 20.21             | 20.42             | 1.03908956                                            |
|                  | A-30-15 | 20.21             | 20.46             | 1.237011381                                           |
|                  | A-30-16 | 20.17             | 20.29             | 0.594942985                                           |
|                  | A-30-17 | 20.27             | 20.39             | 0.592007893                                           |
|                  | A-30-18 | 20.13             | 20.39             | 1.29160457                                            |
|                  | A-30-19 | 20.26             | 20.46             | 0.987166831                                           |
|                  | A-30-20 | 20.35             | 20.59             | 1.179361179                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.993210232                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.233705584                                           |

Πίνακας 105: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 3% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 106: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 3% νανοσωματίδια

|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | O-40-1  | 20.23             | 20.58             | 1.730103806                                           |
|                  | O-40-2  | 20.43             | 20.76             | 1.615271659                                           |
|                  | O-40-3  | 20.27             | 20.58             | 1.529353725                                           |
|                  | O-40-4  | 20.24             | 20.61             | 1.828063241                                           |
|                  | O-40-6  | 20.27             | 20.5              | 1.134681796                                           |
|                  | O-40-8  | 20.26             | 20.46             | 0.987166831                                           |
|                  | O-40-9  | 20.05             | 20.25             | 0.997506234                                           |
|                  | O-40-13 | 20.28             | 20.43             | 0.73964497                                            |
|                  | O-40-15 | 20.3              | 20.45             | 0.738916256                                           |
|                  | O-40-17 | 20.2              | 20.49             | 1.435643564                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 1.273635208                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.354051991                                           |
|                  |         |                   |                   |                                                       |
|                  | A/A     | Αρχικό μήκος (bo) | Τελικό μήκος (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|                  | A-40-1  | 20.08             | 20.25             | 0.846613546                                           |
|                  | A-40-2  | 20.36             | 20.55             | 0.933202358                                           |
|                  | A-40-4  | 20.32             | 20.41             | 0.442913386                                           |
|                  | A-40-6  | 20.14             | 20.5              | 1.787487587                                           |
|                  | A-40-9  | 20.22             | 20.42             | 0.989119683                                           |
|                  | A-40-11 | 20.14             | 20.35             | 1.042701092                                           |
|                  | A-40-15 | 20.42             | 20.56             | 0.685602351                                           |
|                  | A-40-16 | 20.27             | 20.33             | 0.296003947                                           |
|                  | A-40-18 | 20.24             | 20.39             | 0.741106719                                           |
|                  | A-40-20 | 20.26             | 20.43             | 0.839091807                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                   |                   | 0.860384248                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                   |                   | 0.262194746                                           |

Πίνακας 107: Αξονική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά 4% νανοσωματίδια,  
Πίνακας 108: Αξονική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου με ποσοστά 4% νανοσωματίδια

## Ακτινικά

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-M-1            | 19.74                | 20.21                | 2.380952381                                                 |
| O-M-2            | 19.62                | 20.05                | 2.191641182                                                 |
| O-M-3            | 19.65                | 20.03                | 1.933842239                                                 |
| O-M-4            | 19.55                | 20.15                | 3.069053708                                                 |
| O-M-5            | 19.47                | 20.06                | 3.03030303                                                  |
| O-M-6            | 19.31                | 19.84                | 2.744691869                                                 |
| O-M-7            | 19.58                | 20.18                | 3.064351379                                                 |
| O-M-8            | 19.62                | 19.78                | 0.815494393                                                 |
| O-M-9            | 19.66                | 19.94                | 1.424211597                                                 |
| O-M-10           | 19.54                | 20.08                | 2.763561924                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.34181037                                                  |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.600410414                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-M-1            | 9.71                 | 9.72                 | 0.102986612                                                 |
| A-M-2            | 9.7                  | 9.9                  | 2.06185567                                                  |
| A-M-3            | 19.69                | 19.75                | 0.30472321                                                  |
| A-M-4            | 19.7                 | 19.85                | 0.76142132                                                  |
| A-M-5            | 19.68                | 19.79                | 0.558943089                                                 |
| A-M-6            | 19.74                | 19.86                | 0.607902736                                                 |
| A-M-7            | 19.62                | 19.95                | 1.681957187                                                 |
| A-M-8            | 19.64                | 19.73                | 0.458248473                                                 |
| A-M-9            | 19.69                | 19.95                | 1.320467242                                                 |
| A-M-10           | 19.64                | 19.88                | 1.221995927                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.908050146                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.530815088                                                 |

Πίνακας 109: Ακτινική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός,

Πίνακας 110: Ακτινική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αϊλανθου

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διασταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-0-1            | 19.51                | 19.66                | 0.768836494                                                 |
| O-0-2            | 19.57                | 20.6                 | 5.263157895                                                 |
| O-0-3            | 19.56                | 19.89                | 1.687116564                                                 |
| O-0-4            | 19.61                | 19.74                | 0.662927078                                                 |
| O-0-5            | 19.66                | 19.84                | 0.915564598                                                 |
| O-0-6            | 19.65                | 19.94                | 1.475826972                                                 |
| O-0-9            | 19.63                | 19.98                | 1.782985227                                                 |
| O-0-10           | 19.6                 | 19.95                | 1.785714286                                                 |
| O-0-18           | 19.6                 | 19.79                | 0.969387755                                                 |
| O-0-19           | 19.7                 | 19.69                | -0.050761421                                                |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.526075545                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.882934359                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-0-1            | 19.73                | 20.04                | 1.571211353                                                 |
| A-0-4            | 9.67                 | 10.01                | 3.516028956                                                 |
| A-0-6            | 19.54                | 20.03                | 2.507676561                                                 |
| A-0-9            | 19.59                | 20.13                | 2.756508423                                                 |
| A-0-13           | 19.59                | 19.96                | 1.888718734                                                 |
| A-0-14           | 19.67                | 19.99                | 1.626842908                                                 |
| A-0-15           | 9.69                 | 10.1                 | 4.231166151                                                 |
| A-0-17           | 19.52                | 20.04                | 2.663934426                                                 |
| A-0-19           | 9.59                 | 9.99                 | 4.17101147                                                  |
| A-0-20           | 19.61                | 20.11                | 2.549719531                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.748281851                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.736317519                                                 |

Πίνακας 111: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,

Πίνακας 112: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αϊλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-10-2           | 19.54                | 19.81                | 1.381780962                                                 |
| O-10-6           | 19.69                | 19.76                | 0.355510411                                                 |
| O-10-7           | 19.72                | 19.82                | 0.507099391                                                 |
| O-10-9           | 19.57                | 19.7                 | 0.664282064                                                 |
| O-10-13          | 19.61                | 19.98                | 1.886792453                                                 |
| O-10-14          | 19.63                | 19.91                | 1.426388181                                                 |
| O-10-16          | 19.63                | 19.62                | -0.050942435                                                |
| O-10-18          | 19.66                | 19.71                | 0.254323499                                                 |
| O-10-19          | 19.62                | 19.89                | 1.376146789                                                 |
| O-10-20          | 19.71                | 19.83                | 0.608828006                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.841020932                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.541404931                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-10-1           | 19.61                | 19.69                | 0.407955125                                                 |
| A-10-4           | 9.67                 | 9.79                 | 1.240951396                                                 |
| A-10-5           | 9.68                 | 10.73                | 10.84710744                                                 |
| A-10-6           | 19.6                 | 19.57                | -0.153061224                                                |
| A-10-8           | 9.64                 | 9.8                  | 1.659751037                                                 |
| A-10-12          | 19.58                | 19.6                 | 0.102145046                                                 |
| A-10-13          | 9.69                 | 9.94                 | 2.57997936                                                  |
| A-10-18          | 19.56                | 19.68                | 0.613496933                                                 |
| A-10-19          | 19.64                | 20.11                | 2.393075356                                                 |
| A-10-20          | 19.66                | 19.65                | -0.0508647                                                  |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.964053577                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.985600285                                                 |

Πίνακας 113: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%,  
Πίνακας 114: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| O-20-1           | 19.59                | 19.75                | 0.816743236                                                 |
| O-20-5           | 19.54                | 19.88                | 1.740020471                                                 |
| O-20-6           | 19.67                | 19.82                | 0.762582613                                                 |
| O-20-7           | 19.72                | 19.66                | -0.304259635                                                |
| O-20-8           | 19.67                | 19.69                | 0.101677682                                                 |
| O-20-10          | 19.67                | 19.77                | 0.508388409                                                 |
| O-20-11          | 19.68                | 19.76                | 0.406504065                                                 |
| O-20-12          | 19.62                | 19.71                | 0.458715596                                                 |
| O-20-14          | 19.73                | 19.85                | 0.608210846                                                 |
| O-20-16          | 19.7                 | 19.84                | 0.710659898                                                 |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.580924318                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.346719095                                                 |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo] \cdot 100$ |
| A-20-3           | 9.65                 | 9.82                 | 1.761658031                                                 |
| A-20-6           | 9.65                 | 9.9                  | 2.590673575                                                 |
| A-20-7           | 9.69                 | 9.78                 | 0.92879257                                                  |
| A-20-8           | 19.66                | 19.65                | -0.0508647                                                  |
| A-20-12          | 9.71                 | 9.98                 | 2.780638517                                                 |
| A-20-14          | 9.67                 | 9.83                 | 1.654601861                                                 |
| A-20-15          | 19.54                | 19.71                | 0.870010235                                                 |
| A-20-16          | 9.67                 | 9.75                 | 0.827300931                                                 |
| A-20-17          | 19.51                | 19.52                | 0.051255766                                                 |
| A-20-20          | 19.58                | 19.58                | 0                                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.141406679                                                 |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.844389054                                                 |

Πίνακας 115: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%,  
Πίνακας 116: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-30-5           | 19.55                | 19.59                | 0.204603581                                           |
| O-30-6           | 19.59                | 19.56                | -0.153139357                                          |
| O-30-9           | 19.68                | 19.72                | 0.203252033                                           |
| O-30-11          | 19.65                | 19.68                | 0.152671756                                           |
| O-30-12          | 19.66                | 19.83                | 0.864699898                                           |
| O-30-13          | 19.63                | 19.87                | 1.222618441                                           |
| O-30-14          | 19.8                 | 19.68                | -0.606060606                                          |
| O-30-17          | 19.74                | 19.79                | 0.253292806                                           |
| O-30-19          | 19.62                | 19.91                | 1.478083588                                           |
| O-30-20          | 19.58                | 19.62                | 0.204290092                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.382431223                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.483621652                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-30-1           | 19.59                | 19.68                | 0.45941807                                            |
| A-30-7           | 19.6                 | 19.74                | 0.714285714                                           |
| A-30-9           | 19.72                | 19.63                | -0.456389452                                          |
| A-30-11          | 19.65                | 19.68                | 0.152671756                                           |
| A-30-15          | 19.55                | 19.71                | 0.818414322                                           |
| A-30-16          | 19.62                | 19.61                | -0.0509684                                            |
| A-30-17          | 19.57                | 19.64                | 0.357690342                                           |
| A-30-18          | 19.62                | 19.52                | -0.509683996                                          |
| A-30-19          | 19.54                | 19.53                | -0.051177073                                          |
| A-30-20          | 9.67                 | 9.81                 | 1.447776629                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.288203791                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.471313224                                           |

Πίνακας 117: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%,  
Πίνακας 118: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-40-1           | 19.7                 | 20.03                | 1.675126904                                           |
| O-40-2           | 19.56                | 19.79                | 1.175869121                                           |
| O-40-3           | 19.64                | 19.93                | 1.476578411                                           |
| O-40-4           | 19.66                | 20.31                | 3.306205493                                           |
| O-40-6           | 19.71                | 20.06                | 1.775748351                                           |
| O-40-8           | 19.72                | 19.8                 | 0.405679513                                           |
| O-40-9           | 19.75                | 20.1                 | 1.772151899                                           |
| O-40-13          | 19.65                | 19.6                 | -0.254452926                                          |
| O-40-15          | 19.76                | 19.8                 | 0.20242915                                            |
| O-40-17          | 19.68                | 19.96                | 1.422764228                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.295810014                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.73074304                                            |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-40-1           | 19.63                | 19.68                | 0.254712175                                           |
| A-40-2           | 19.55                | 19.5                 | -0.255754476                                          |
| A-40-4           | 9.68                 | 9.75                 | 0.723140496                                           |
| A-40-6           | 19.6                 | 19.65                | 0.255102041                                           |
| A-40-9           | 19.7                 | 19.66                | -0.203045685                                          |
| A-40-11          | 9.45                 | 9.53                 | 0.846560847                                           |
| A-40-15          | 19.65                | 19.52                | -0.661577608                                          |
| A-40-16          | 19.6                 | 19.59                | -0.051020408                                          |
| A-40-18          | 19.61                | 19.78                | 0.86690464                                            |
| A-40-20          | 19.59                | 19.78                | 0.969882593                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.274490461                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.461705346                                           |

Πίνακας 119: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%,  
Πίνακας 120: Ακτινική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

## Εφαπτομενικά

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-M-1            | 9.66                 | 10.39                | 7.556935818                                           |
| O-M-2            | 9.64                 | 10.65                | 10.47717842                                           |
| O-M-3            | 9.62                 | 10.46                | 8.731808732                                           |
| O-M-4            | 9.59                 | 10.42                | 8.654848801                                           |
| O-M-5            | 9.56                 | 10.3                 | 7.740585774                                           |
| O-M-6            | 9.44                 | 10.32                | 9.322033898                                           |
| O-M-7            | 9.68                 | 10.36                | 7.024793388                                           |
| O-M-8            | 9.63                 | 9.84                 | 2.180685358                                           |
| O-M-9            | 9.22                 | 9.72                 | 5.422993492                                           |
| O-M-10           | 9.59                 | 10.36                | 8.02919708                                            |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 7.514106077                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.582769198                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-M-1            | 19.6                 | 19.52                | -0.408163265                                          |
| A-M-2            | 19.66                | 19.73                | 0.356052899                                           |
| A-M-3            | 9.56                 | 9.73                 | 1.778242678                                           |
| A-M-4            | 9.64                 | 9.79                 | 1.556016598                                           |
| A-M-5            | 9.7                  | 9.83                 | 1.340206186                                           |
| A-M-6            | 9.64                 | 9.89                 | 2.593360996                                           |
| A-M-7            | 9.66                 | 9.84                 | 1.863354037                                           |
| A-M-8            | 9.66                 | 9.74                 | 0.82815735                                            |
| A-M-9            | 9.64                 | 9.97                 | 3.423236515                                           |
| A-M-10           | 9.63                 | 9.71                 | 0.830737279                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.416120127                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.826722037                                           |

Πίνακας 121: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Δρυός  
Πίνακας 122: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-0-1            | 9.63                 | 9.71                 | 0.830737279                                           |
| O-0-2            | 9.49                 | 10.14                | 6.849315068                                           |
| O-0-3            | 9.63                 | 10.04                | 4.257528557                                           |
| O-0-4            | 9.61                 | 9.75                 | 1.456815817                                           |
| O-0-5            | 9.64                 | 10.08                | 4.564315353                                           |
| O-0-6            | 9.6                  | 9.76                 | 1.666666667                                           |
| O-0-9            | 9.61                 | 10.38                | 8.012486993                                           |
| O-0-10           | 9.62                 | 10.16                | 5.613305613                                           |
| O-0-18           | 9.62                 | 10.1                 | 4.98960499                                            |
| O-0-19           | 9.65                 | 9.82                 | 1.761658031                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 4.000243437                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 2.057019191                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-0-1            | 9.62                 | 9.8                  | 1.871101871                                           |
| A-0-4            | 19.64                | 19.87                | 1.17107943                                            |
| A-0-6            | 9.63                 | 9.81                 | 1.869158879                                           |
| A-0-9            | 9.6                  | 9.82                 | 2.291666667                                           |
| A-0-13           | 9.58                 | 9.95                 | 3.862212944                                           |
| A-0-14           | 9.51                 | 9.81                 | 3.154574132                                           |
| A-0-15           | 19.57                | 19.62                | 0.255493102                                           |
| A-0-17           | 9.62                 | 9.86                 | 2.494802495                                           |
| A-0-19           | 19.53                | 19.72                | 0.972862263                                           |
| A-0-20           | 9.56                 | 9.78                 | 2.30125523                                            |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.024420701                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.796481592                                           |

Πίνακας 123: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid,  
Πίνακας 124: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-10-2           | 9.61                 | 9.96                 | 3.642039542                                           |
| O-10-6           | 9.67                 | 9.99                 | 3.309203723                                           |
| O-10-7           | 9.41                 | 9.67                 | 2.763018066                                           |
| O-10-9           | 9.65                 | 9.76                 | 1.139896373                                           |
| O-10-13          | 9.64                 | 9.99                 | 3.630705394                                           |
| O-10-14          | 9.6                  | 9.76                 | 1.666666667                                           |
| O-10-16          | 9.67                 | 9.8                  | 1.344364012                                           |
| O-10-18          | 9.68                 | 9.74                 | 0.619834711                                           |
| O-10-19          | 9.63                 | 9.86                 | 2.388369678                                           |
| O-10-20          | 9.59                 | 9.83                 | 2.502606882                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.300670505                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.886384051                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-10-1           | 9.61                 | 9.76                 | 1.560874089                                           |
| A-10-4           | 19.65                | 19.94                | 1.475826972                                           |
| A-10-5           | 19.6                 | 19.89                | 1.479591837                                           |
| A-10-6           | 9.65                 | 9.83                 | 1.865284974                                           |
| A-10-8           | 19.7                 | 19.81                | 0.558375635                                           |
| A-10-12          | 9.61                 | 9.7                  | 0.936524454                                           |
| A-10-13          | 19.56                | 19.89                | 1.687116564                                           |
| A-10-18          | 9.61                 | 9.78                 | 1.768990635                                           |
| A-10-19          | 9.65                 | 9.8                  | 1.554404145                                           |
| A-10-20          | 9.63                 | 9.76                 | 1.349948079                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.423693738                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.28524661                                            |

Πίνακας 125: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%,  
Πίνακας 126: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 1%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-20-1           | 9.6                  | 9.74                 | 1.458333333                                           |
| O-20-5           | 9.47                 | 9.95                 | 5.068637804                                           |
| O-20-6           | 9.64                 | 9.88                 | 2.489626556                                           |
| O-20-7           | 9.65                 | 9.9                  | 2.590673575                                           |
| O-20-8           | 9.62                 | 9.77                 | 1.559251559                                           |
| O-20-10          | 9.7                  | 10                   | 3.092783505                                           |
| O-20-11          | 9.67                 | 9.83                 | 1.654601861                                           |
| O-20-12          | 9.62                 | 9.77                 | 1.559251559                                           |
| O-20-14          | 9.66                 | 10.04                | 3.933747412                                           |
| O-20-16          | 9.65                 | 9.98                 | 3.419689119                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.682659628                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.956843865                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-20-3           | 19.59                | 19.71                | 0.612557427                                           |
| A-20-6           | 19.6                 | 19.7                 | 0.510204082                                           |
| A-20-7           | 19.66                | 19.52                | -0.712105799                                          |
| A-20-8           | 9.62                 | 9.77                 | 1.559251559                                           |
| A-20-12          | 19.74                | 19.57                | -0.861195542                                          |
| A-20-14          | 19.64                | 19.67                | 0.152749491                                           |
| A-20-15          | 9.66                 | 9.8                  | 1.449275362                                           |
| A-20-16          | 19.52                | 19.67                | 0.768442623                                           |
| A-20-17          | 9.66                 | 9.82                 | 1.6563147                                             |
| A-20-20          | 9.63                 | 9.97                 | 3.530633437                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.866612734                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.945804824                                           |

Πίνακας 127: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%,  
Πίνακας 128: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-30-5           | 9.62                 | 9.7                  | 0.831600832                                           |
| O-30-6           | 9.7                  | 9.72                 | 0.206185567                                           |
| O-30-9           | 9.65                 | 9.8                  | 1.554404145                                           |
| O-30-11          | 9.65                 | 9.92                 | 2.797927461                                           |
| O-30-12          | 9.66                 | 9.91                 | 2.587991718                                           |
| O-30-13          | 9.6                  | 10.03                | 4.479166667                                           |
| O-30-14          | 9.7                  | 9.83                 | 1.340206186                                           |
| O-30-17          | 9.64                 | 9.76                 | 1.244813278                                           |
| O-30-19          | 9.68                 | 10.03                | 3.615702479                                           |
| O-30-20          | 9.65                 | 9.78                 | 1.347150259                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 2.000514859                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.095745778                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-30-1           | 9.74                 | 9.81                 | 0.718685832                                           |
| A-30-7           | 9.64                 | 9.78                 | 1.452282158                                           |
| A-30-9           | 9.55                 | 9.62                 | 0.732984293                                           |
| A-30-11          | 9.64                 | 9.69                 | 0.518672199                                           |
| A-30-15          | 9.58                 | 9.78                 | 2.087682672                                           |
| A-30-16          | 9.66                 | 9.76                 | 1.035196687                                           |
| A-30-17          | 9.65                 | 9.75                 | 1.03626943                                            |
| A-30-18          | 9.67                 | 9.82                 | 1.551189245                                           |
| A-30-19          | 9.69                 | 9.78                 | 0.92879257                                            |
| A-30-20          | 19.72                | 19.59                | -0.659229209                                          |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.940252588                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.492271451                                           |

Πίνακας 129: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%,  
Πίνακας 130: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 3%

| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| O-40-1           | 9.67                 | 10.22                | 5.687693899                                           |
| O-40-2           | 9.59                 | 9.8                  | 2.189781022                                           |
| O-40-3           | 9.6                  | 10.15                | 5.729166667                                           |
| O-40-4           | 9.65                 | 10.29                | 6.632124352                                           |
| O-40-6           | 9.64                 | 9.77                 | 1.348547718                                           |
| O-40-8           | 9.6                  | 9.77                 | 1.770833333                                           |
| O-40-9           | 9.69                 | 10.24                | 5.675954592                                           |
| O-40-13          | 9.65                 | 9.95                 | 3.10880829                                            |
| O-40-15          | 9.67                 | 9.79                 | 1.240951396                                           |
| O-40-17          | 9.64                 | 10.25                | 6.32780083                                            |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 3.97116621                                            |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 2.039381858                                           |
| A/A              | Αρχική διάσταση (bo) | Τελική διάσταση (bu) | Ποσοστό Διόγκωσης σε %<br>$\Delta = [(bu-bo)/bo]*100$ |
| A-40-1           | 9.64                 | 9.7                  | 0.622406639                                           |
| A-40-2           | 9.66                 | 9.77                 | 1.138716356                                           |
| A-40-4           | 19.68                | 19.66                | -0.101626016                                          |
| A-40-6           | 9.65                 | 9.75                 | 1.03626943                                            |
| A-40-9           | 9.66                 | 9.69                 | 0.310559006                                           |
| A-40-11          | 19.57                | 19.41                | -0.817577925                                          |
| A-40-15          | 9.52                 | 9.55                 | 0.31512605                                            |
| A-40-16          | 9.62                 | 9.7                  | 0.831600832                                           |
| A-40-18          | 9.62                 | 9.67                 | 0.51975052                                            |
| A-40-20          | 9.61                 | 9.65                 | 0.416233091                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.427145798                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 0.402602957                                           |

Πίνακας 131: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%,  
Πίνακας 132: Εφαπτομενική διόγκωση δοκιμίων Αϊλανθου με ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

## Προσρόφηση

Μετά από 21 μέρες

| Ο                | A/A    | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |  | A/A              | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|--|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-M-1  | 2.6216               | 2.9229               | 11.49                                       |  | O-0-1            | 2.9021               | 2.9714               | 2.39                                        |
|                  | O-M-2  | 2.6726               | 2.9438               | 10.15                                       |  | O-0-2            | 2.5922               | 2.7675               | 6.76                                        |
|                  | O-M-3  | 2.5591               | 2.765                | 8.05                                        |  | O-0-3            | 2.8108               | 3.0318               | 7.86                                        |
|                  | O-M-4  | 2.5825               | 2.8558               | 10.58                                       |  | O-0-4            | 2.5996               | 2.6715               | 2.77                                        |
|                  | O-M-5  | 2.5508               | 2.8311               | 10.99                                       |  | O-0-5            | 2.7868               | 2.8728               | 3.09                                        |
|                  | O-M-6  | 2.54                 | 2.5534               | 0.53                                        |  | O-0-6            | 2.6959               | 2.7583               | 2.31                                        |
|                  | O-M-7  | 2.5998               | 2.5674               | -1.25                                       |  | O-0-9            | 2.7578               | 2.912                | 5.59                                        |
|                  | O-M-8  | 2.6907               | 2.7375               | 1.74                                        |  | O-0-10           | 2.679                | 2.8468               | 6.26                                        |
|                  | O-M-9  | 2.4715               | 2.5644               | 3.76                                        |  | O-0-18           | 2.7062               | 2.8671               | 5.95                                        |
|                  | O-M-10 | 2.5863               | 2.7179               | 5.09                                        |  | O-0-19           | 2.78                 | 2.8283               | 1.74                                        |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 6.11                                        |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 4.47                                        |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 4.14                                        |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 2.01                                        |

Πίνακας 133: Προσρόφηση δοκιμών μάρτυρα Δρυός ,  
Πίνακας 134: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-10-2  | 2.6719               | 2.7845               | 4.21                                        |                  | O-20-1  | 2.6886               | 2.7234               | 1.29                                        |
|                  | O-10-6  | 2.6476               | 2.7133               | 2.48                                        |                  | O-20-5  | 2.5801               | 2.6987               | 4.60                                        |
|                  | O-10-7  | 2.6229               | 2.6698               | 1.79                                        |                  | O-20-6  | 2.6309               | 2.6797               | 1.85                                        |
|                  | O-10-9  | 2.6085               | 2.6446               | 1.38                                        |                  | O-20-7  | 2.6282               | 2.7003               | 2.74                                        |
|                  | O-10-13 | 2.6874               | 2.828                | 5.23                                        |                  | O-20-8  | 2.8572               | 2.9287               | 2.50                                        |
|                  | O-10-14 | 2.7242               | 2.7968               | 2.67                                        |                  | O-20-10 | 2.6271               | 2.6788               | 1.97                                        |
|                  | O-10-16 | 2.9616               | 3.0042               | 1.44                                        |                  | O-20-11 | 2.875                | 2.8969               | 0.76                                        |
|                  | O-10-18 | 2.8074               | 2.8335               | 0.93                                        |                  | O-20-12 | 2.7277               | 2.7768               | 1.80                                        |
|                  | O-10-19 | 2.7917               | 2.8792               | 3.13                                        |                  | O-20-14 | 2.7043               | 2.7706               | 2.45                                        |
|                  | O-10-20 | 2.8307               | 2.8578               | 0.96                                        |                  | O-20-16 | 2.6683               | 2.9196               | 9.42                                        |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 2.42                                        | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 2.94                                        |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 1.12                                        | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 1.63                                        |

Πίνακας 135: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1% ,  
Πίνακας 136: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

|                  | A/A     | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|------------------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
|                  | O-30-5  | 2.7058                     | 2.7253                     | 0.72                                           |                  | O-40-1  | 2.6834                     | 2.7742                     | 3.38                                           |
|                  | O-30-6  | 2.7736                     | 2.807                      | 1.20                                           |                  | O-40-2  | 2.7195                     | 2.7598                     | 1.48                                           |
|                  | O-30-9  | 2.8201                     | 2.8404                     | 0.72                                           |                  | O-40-3  | 2.7306                     | 2.7978                     | 2.46                                           |
|                  | O-30-11 | 2.9391                     | 2.9574                     | 0.62                                           |                  | O-40-4  | 2.8673                     | 2.9831                     | 4.04                                           |
|                  | O-30-12 | 2.6489                     | 2.6781                     | 1.10                                           |                  | O-40-6  | 2.9845                     | 3.0176                     | 1.11                                           |
|                  | O-30-13 | 2.6858                     | 2.8519                     | 6.18                                           |                  | O-40-8  | 2.828                      | 2.8456                     | 0.62                                           |
|                  | O-30-14 | 2.9423                     | 2.9688                     | 0.90                                           |                  | O-40-9  | 2.686                      | 2.8189                     | 4.95                                           |
|                  | O-30-17 | 2.9036                     | 2.9333                     | 1.02                                           |                  | O-40-13 | 2.9103                     | 2.9316                     | 0.73                                           |
|                  | O-30-19 | 2.6536                     | 2.8274                     | 6.55                                           |                  | O-40-15 | 2.8498                     | 2.8549                     | 0.18                                           |
|                  | O-30-20 | 2.6888                     | 2.7077                     | 0.70                                           |                  | O-40-17 | 2.7148                     | 2.8915                     | 6.51                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                            |                            | 1.97                                           | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                            |                            | 2.55                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                            |                            | 1.76                                           | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                            |                            | 1.74                                           |

Πίνακας 137: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% ,  
Πίνακας 138: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

| A                | A/A    | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |  | A/A              | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|--|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | A-M-1  | 2.7919               | 2.8314               | 1.41                                        |  | O-0-1            | 2.7455               | 2.7487               | 0.12                                        |
|                  | A-M-2  | 2.8027               | 2.7825               | -0.72                                       |  | O-0-2            | 2.8441               | 2.8268               | -0.61                                       |
|                  | A-M-3  | 2.571                | 2.6052               | 1.33                                        |  | O-0-3            | 2.9604               | 2.6661               | -9.94                                       |
|                  | A-M-4  | 2.7948               | 2.8232               | 1.02                                        |  | O-0-4            | 2.81                 | 2.8707               | 2.16                                        |
|                  | A-M-5  | 2.6586               | 2.7116               | 1.99                                        |  | O-0-5            | 2.9103               | 2.7369               | -5.96                                       |
|                  | A-M-6  | 2.7917               | 2.7842               | -0.27                                       |  | O-0-6            | 2.6322               | 2.9091               | 10.52                                       |
|                  | A-M-7  | 2.5923               | 2.6127               | 0.79                                        |  | O-0-9            | 2.822                | 2.8804               | 2.07                                        |
|                  | A-M-8  | 2.6606               | 2.6831               | 0.85                                        |  | O-0-10           | 2.8151               | 2.9477               | 4.71                                        |
|                  | A-M-9  | 2.736                | 2.7834               | 1.73                                        |  | O-0-18           | 2.8281               | 2.8376               | 0.34                                        |
|                  | A-M-10 | 2.7777               | 2.8224               | 1.61                                        |  | O-0-19           | 2.8019               | 2.9002               | 3.51                                        |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 0.97                                        |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 0.69                                        |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 0.65                                        |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 3.90                                        |

Πίνακας 138: Προσρόφηση δοκιμών μάρτυρα Αϊλανθου ,  
Πίνακας 140: Προσρόφηση δοκιμών Αϊλανθου μόνο με paraloid

|                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-10-2  | 2.742                | 2.8247               | 3.02                                        |                  | O-20-1  | 2.7709               | 2.7957               | 0.90                                        |
|                  | O-10-6  | 2.7925               | 2.8202               | 0.99                                        |                  | O-20-5  | 2.6741               | 2.8395               | 6.19                                        |
|                  | O-10-7  | 2.7387               | 2.7737               | 1.28                                        |                  | O-20-6  | 2.87                 | 2.82                 | -1.74                                       |
|                  | O-10-9  | 2.8925               | 2.7939               | -3.41                                       |                  | O-20-7  | 2.8608               | 2.6547               | -7.20                                       |
|                  | O-10-13 | 3.02                 | 2.8496               | -5.64                                       |                  | O-20-8  | 2.6839               | 2.8653               | 6.76                                        |
|                  | O-10-14 | 2.8321               | 2.6599               | -6.08                                       |                  | O-20-10 | 2.7401               | 2.8753               | 4.93                                        |
|                  | O-10-16 | 2.9968               | 2.9885               | -0.28                                       |                  | O-20-11 | 2.8062               | 2.7094               | -3.45                                       |
|                  | O-10-18 | 2.9442               | 2.9137               | -1.04                                       |                  | O-20-12 | 2.9289               | 2.7817               | -5.03                                       |
|                  | O-10-19 | 2.6203               | 2.6086               | -0.45                                       |                  | O-20-14 | 2.907                | 2.6493               | -8.86                                       |
|                  | O-10-20 | 2.6884               | 2.662                | -0.98                                       |                  | O-20-16 | 2.8566               | 2.6076               | -8.72                                       |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | -1.26                                       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | -1.62                                       |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 2.27                                        | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 5.05                                        |

Πίνακας 141: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1% ,  
Πίνακας 142: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

|                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-30-5  | 2.9613               | 2.7674               | -6.55                                       |                  | O-40-1  | 2.7133               | 2.6161               | -3.58                                       |
|                  | O-30-6  | 2.8771               | 2.5739               | -10.54                                      |                  | O-40-2  | 2.6273               | 2.5958               | -1.20                                       |
|                  | O-30-9  | 2.8717               | 2.7669               | -3.65                                       |                  | O-40-3  | 2.6903               | 2.7879               | 3.63                                        |
|                  | O-30-11 | 2.8221               | 2.7569               | -2.31                                       |                  | O-40-4  | 2.9003               | 2.6069               | -10.12                                      |
|                  | O-30-12 | 2.8301               | 2.7716               | -2.07                                       |                  | O-40-6  | 2.6815               | 2.9253               | 9.09                                        |
|                  | O-30-13 | 2.8856               | 2.6053               | -9.71                                       |                  | O-40-8  | 2.8561               | 2.6456               | -7.37                                       |
|                  | O-30-14 | 2.8445               | 2.6464               | -6.96                                       |                  | O-40-9  | 3.0251               | 2.7759               | -8.24                                       |
|                  | O-30-17 | 2.7046               | 2.7648               | 2.23                                        |                  | O-40-13 | 2.9028               | 2.7046               | -6.83                                       |
|                  | O-30-19 | 2.6787               | 2.6251               | -2.00                                       |                  | O-40-15 | 2.8581               | 2.7218               | -4.77                                       |
|                  | O-30-20 | 2.902                | 2.8482               | -1.85                                       |                  | O-40-17 | 2.8074               | 2.7758               | -1.13                                       |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | -4.34                                       | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | -3.05                                       |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 3.28                                        | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 4.52                                        |

Πίνακας 143: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% ,  
Πίνακας 144: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

Μετά από 28 μέρες

| Ο                | A/A    | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |  | A/A              | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|--|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-M-1  | 2.6216               | 2.8919               | 10.31                                       |  | O-0-1            | 2.9021               | 2.8823               | -0.68                                       |
|                  | O-M-2  | 2.6726               | 2.7902               | 4.40                                        |  | O-0-2            | 2.5922               | 2.6977               | 4.07                                        |
|                  | O-M-3  | 2.5591               | 2.6934               | 5.25                                        |  | O-0-3            | 2.8108               | 2.8792               | 2.43                                        |
|                  | O-M-4  | 2.5825               | 2.7593               | 6.85                                        |  | O-0-4            | 2.5996               | 2.6197               | 0.77                                        |
|                  | O-M-5  | 2.5508               | 2.7351               | 7.23                                        |  | O-0-5            | 2.7868               | 2.7901               | 0.12                                        |
|                  | O-M-6  | 2.54                 | 2.7852               | 9.65                                        |  | O-0-6            | 2.6959               | 2.7033               | 0.27                                        |
|                  | O-M-7  | 2.5998               | 2.8432               | 9.36                                        |  | O-0-9            | 2.7578               | 2.8463               | 3.21                                        |
|                  | O-M-8  | 2.6907               | 2.7137               | 0.85                                        |  | O-0-10           | 2.679                | 2.7367               | 2.15                                        |
|                  | O-M-9  | 2.4715               | 2.6366               | 6.68                                        |  | O-0-18           | 2.7062               | 2.7911               | 3.14                                        |
|                  | O-M-10 | 2.5863               | 2.9634               | 14.58                                       |  | O-0-19           | 2.78                 | 2.7826               | 0.09                                        |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                      |                      | 7.52                                        |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                      |                      | 1.56                                        |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                      |                      | 2.77                                        |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                      |                      | 1.44                                        |

Πίνακας 145: Προσρόφηση δοκιμών μάρτυρα Δρυός ,  
Πίνακας 146: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός μόνο με paraloid

|                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική Μάζα σε gr mo | Τελική Μάζα σε gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε % $Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
|                  | O-10-2  | 2.6719               | 2.6435               | -1.06                                       |                  | O-20-1  | 2.6886               | 2.637                | -1.92                                       |
|                  | O-10-6  | 2.6476               | 2.6454               | -0.08                                       |                  | O-20-5  | 2.5801               | 2.523                | -2.21                                       |
|                  | O-10-7  | 2.6229               | 2.7083               | 3.26                                        |                  | O-20-6  | 2.6309               | 2.6396               | 0.33                                        |
|                  | O-10-9  | 2.6085               | 2.5999               | -0.33                                       |                  | O-20-7  | 2.6282               | 2.5728               | -2.11                                       |
|                  | O-10-13 | 2.6874               | 2.7531               | 2.44                                        |                  | O-20-8  | 2.8572               | 2.8543               | -0.10                                       |
|                  | O-10-14 | 2.7242               | 2.6611               | -2.32                                       |                  | O-20-10 | 2.6271               | 2.5952               | -1.21                                       |
|                  | O-10-16 | 2.9616               | 2.9246               | -1.25                                       |                  | O-20-11 | 2.875                | 2.8194               | -1.93                                       |
|                  | O-10-18 | 2.8074               | 2.8255               | 0.64                                        |                  | O-20-12 | 2.7277               | 2.7311               | 0.12                                        |
|                  | O-10-19 | 2.7917               | 2.8924               | 3.61                                        |                  | O-20-14 | 2.7043               | 2.7159               | 0.43                                        |
|                  | O-10-20 | 2.8307               | 2.8289               | -0.06                                       |                  | O-20-16 | 2.6683               | 2.8507               | 6.84                                        |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | 0.48                                        | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                      |                      | -0.18                                       |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 1.60                                        | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                      |                      | 1.70                                        |

Πίνακας 147: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1% ,  
Πίνακας 148: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

|                  | A/A     | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |                  | A/A     | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-mo)/mo]*100$ |
|------------------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|------------------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
|                  | O-30-5  | 2.7058                     | 2.6403                     | -2.42                                          |                  | O-40-1  | 2.6834                     | 2.876                      | 7.18                                           |
|                  | O-30-6  | 2.7736                     | 2.6854                     | -3.18                                          |                  | O-40-2  | 2.7195                     | 2.8132                     | 3.45                                           |
|                  | O-30-9  | 2.8201                     | 2.7448                     | -2.67                                          |                  | O-40-3  | 2.7306                     | 2.8619                     | 4.81                                           |
|                  | O-30-11 | 2.9391                     | 2.8584                     | -2.75                                          |                  | O-40-4  | 2.8673                     | 3.1052                     | 8.30                                           |
|                  | O-30-12 | 2.6489                     | 2.6163                     | -1.23                                          |                  | O-40-6  | 2.9845                     | 3.0191                     | 1.16                                           |
|                  | O-30-13 | 2.6858                     | 2.6455                     | -1.50                                          |                  | O-40-8  | 2.828                      | 2.8674                     | 1.39                                           |
|                  | O-30-14 | 2.9423                     | 2.8644                     | -2.65                                          |                  | O-40-9  | 2.686                      | 3.0504                     | 13.57                                          |
|                  | O-30-17 | 2.9036                     | 2.5792                     | -11.17                                         |                  | O-40-13 | 2.9103                     | 2.934                      | 0.81                                           |
|                  | O-30-19 | 2.6536                     | 2.5792                     | -2.80                                          |                  | O-40-15 | 2.8498                     | 2.8841                     | 1.20                                           |
|                  | O-30-20 | 2.6888                     | 2.6413                     | -1.77                                          |                  | O-40-17 | 2.7148                     | 2.8662                     | 5.58                                           |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                            |                            | -3.21                                          | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |         |                            |                            | 4.74                                           |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                            |                            | 1.59                                           | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |         |                            |                            | 3.14                                           |

Πίνακας 149: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% ,  
Πίνακας 150: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

| A                | A/A    | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε<br>% $Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |  |                  | A/A    | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε<br>% $Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |
|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|--|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|
|                  | A-M-1  | 2.7919                     | 2.7225                     | -2.49                                                |  |                  | O-0-1  | 2.7455                     | 2.5954                     | -5.47                                                |
|                  | A-M-2  | 2.8027                     | 2.7318                     | -2.53                                                |  |                  | O-0-2  | 2.8441                     | 2.7205                     | -4.35                                                |
|                  | A-M-3  | 2.571                      | 2.5378                     | -1.29                                                |  |                  | O-0-3  | 2.9604                     | 2.5288                     | -14.58                                               |
|                  | A-M-4  | 2.7948                     | 2.7334                     | -2.20                                                |  |                  | O-0-4  | 2.81                       | 2.6811                     | -4.59                                                |
|                  | A-M-5  | 2.6586                     | 2.6173                     | -1.55                                                |  |                  | O-0-5  | 2.9103                     | 2.5746                     | -11.53                                               |
|                  | A-M-6  | 2.7917                     | 2.8165                     | 0.89                                                 |  |                  | O-0-6  | 2.6322                     | 2.7323                     | 3.80                                                 |
|                  | A-M-7  | 2.5923                     | 2.5582                     | -1.32                                                |  |                  | O-0-9  | 2.822                      | 2.7331                     | -3.15                                                |
|                  | A-M-8  | 2.6606                     | 2.5636                     | -3.65                                                |  |                  | O-0-10 | 2.8151                     | 2.7886                     | -0.94                                                |
|                  | A-M-9  | 2.736                      | 2.7899                     | 1.97                                                 |  |                  | O-0-18 | 2.8281                     | 2.683                      | -5.13                                                |
|                  | A-M-10 | 2.7777                     | 2.6744                     | -3.72                                                |  |                  | O-0-19 | 2.8019                     | 2.7134                     | -3.16                                                |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                            |                            | -1.59                                                |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |        |                            |                            | -4.91                                                |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                            |                            | 1.33                                                 |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |        |                            |                            | 3.41                                                 |

Πίνακας 151: Προσρόφηση δοκιμών μάρτυρα Αΐλανθου ,  
Πίνακας 152: Προσρόφηση δοκιμών Αΐλανθου μόνο με paraloid

| A/A              | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |        |  | A/A              | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|--------|--|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|
|                  | O-10-2                     | 2.742                      | 2.7201                                               | -0.80  |  | O-20-1           | 2.7709                     | 2.6492                     | -4.39                                                |
|                  | O-10-6                     | 2.7925                     | 2.6873                                               | -3.77  |  | O-20-5           | 2.6741                     | 2.6853                     | 0.42                                                 |
|                  | O-10-7                     | 2.7387                     | 2.7098                                               | -1.06  |  | O-20-6           | 2.87                       | 2.6734                     | -6.85                                                |
|                  | O-10-9                     | 2.8925                     | 2.6346                                               | -8.92  |  | O-20-7           | 2.8608                     | 2.51                       | -12.26                                               |
|                  | O-10-13                    | 3.02                       | 2.7074                                               | -10.35 |  | O-20-8           | 2.6839                     | 2.7315                     | 1.77                                                 |
|                  | O-10-14                    | 2.8321                     | 2.5146                                               | -11.21 |  | O-20-10          | 2.7401                     | 2.7419                     | 0.07                                                 |
|                  | O-10-16                    | 2.9968                     | 2.8675                                               | -4.31  |  | O-20-11          | 2.8062                     | 2.5527                     | -9.03                                                |
|                  | O-10-18                    | 2.9442                     | 2.8077                                               | -4.64  |  | O-20-12          | 2.9289                     | 2.6514                     | -9.47                                                |
|                  | O-10-19                    | 2.6203                     | 2.5024                                               | -4.50  |  | O-20-14          | 2.907                      | 2.502                      | -13.93                                               |
|                  | O-10-20                    | 2.6884                     | 2.5688                                               | -4.45  |  | O-20-16          | 2.8566                     | 2.5027                     | -12.39                                               |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                            |                            |                                                      | -5.40  |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                            |                            | -6.61                                                |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                            |                            |                                                      | 2.86   |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                            |                            | 4.86                                                 |

Πίνακας 153: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 1% ,  
Πίνακας 154: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 2%

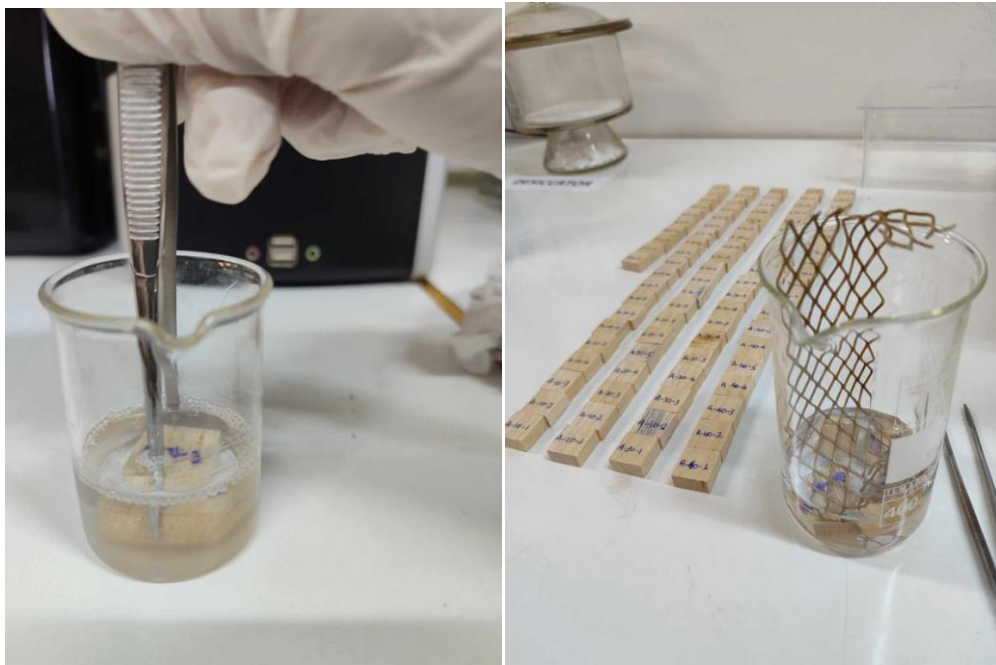
| A/A              | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |        |  | A/A              | Αρχική<br>Μάζα σε<br>gr mo | Τελική<br>Μάζα σε<br>gr mu | Ποσοστό Υγρασίας σε %<br>$Y=[(\mu-\mu_0)/\mu_0]*100$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|--------|--|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|
|                  | O-30-5                     | 2.9613                     | 2.696                                                | -8.96  |  | O-40-1           | 2.7133                     | 2.5331                     | -6.64                                                |
|                  | O-30-6                     | 2.8771                     | 2.5195                                               | -12.43 |  | O-40-2           | 2.6273                     | 2.5279                     | -3.78                                                |
|                  | O-30-9                     | 2.8717                     | 2.7241                                               | -5.14  |  | O-40-3           | 2.6903                     | 2.7059                     | 0.58                                                 |
|                  | O-30-11                    | 2.8221                     | 2.7079                                               | -4.05  |  | O-40-4           | 2.9003                     | 2.5246                     | -12.95                                               |
|                  | O-30-12                    | 2.8301                     | 2.7004                                               | -4.58  |  | O-40-6           | 2.6815                     | 2.8329                     | 5.65                                                 |
|                  | O-30-13                    | 2.8856                     | 2.5455                                               | -11.79 |  | O-40-8           | 2.8561                     | 2.5581                     | -10.43                                               |
|                  | O-30-14                    | 2.8445                     | 2.5768                                               | -9.41  |  | O-40-9           | 3.0251                     | 2.7344                     | -9.61                                                |
|                  | O-30-17                    | 2.7046                     | 2.7123                                               | 0.28   |  | O-40-13          | 2.9028                     | 2.676                      | -7.81                                                |
|                  | O-30-19                    | 2.6787                     | 2.5738                                               | -3.92  |  | O-40-15          | 2.8581                     | 2.655                      | -7.11                                                |
|                  | O-30-20                    | 2.902                      | 2.7658                                               | -4.69  |  | O-40-17          | 2.8074                     | 2.6963                     | -3.96                                                |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                            |                            |                                                      | -6.47  |  | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:      |                            |                            | -5.61                                                |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                            |                            |                                                      | 3.34   |  | ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ: |                            |                            | 4.18                                                 |

Πίνακας 155: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός με ποσοστά νανοσωματιδίων 3% ,  
Πίνακας 156: Προσρόφηση δοκιμών Δρυός ποσοστά νανοσωματιδίων 4%

## Εικόνες - φωτογραφίες



Εικόνα 1: Προετοιμασία νανοςύνθετου μίγματος,  
Εικόνα 2: Έτοιμα νανοςύνθετα μίγματα διαφορετικών ποσοστών



Εικόνα 3: Εμβάπτιση δοκιμίου Δρυός σε νανοςύνθετο μίγμα,  
Εικόνα 4: Εμβάπτιση δοκιμίων Αΐλανθου σε νανοςύνθετο μίγμα



Εικόνα 5: Ζύγιση δοκιμίου Αΐλανθου σε ζυγό ακριβείας μετά την εμφάνιση,  
Εικόνα 6: Ομάδες δοκιμίων Αΐλανθου



Εικόνα 7: Δοκίμια Αΐλανθου μέσα στο θάλαμο Suntest XLS+,  
Εικόνα 8: Δοκίμια Δρυός μέσα στο θάλαμο Suntest XLS+

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου Δρ. Νταλό Γεώργιο και Δρ. Μητάνη Ανδρομάχη για την βοήθεια τους, την καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης τους ευχαριστώ για την υποστήριξη τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.