

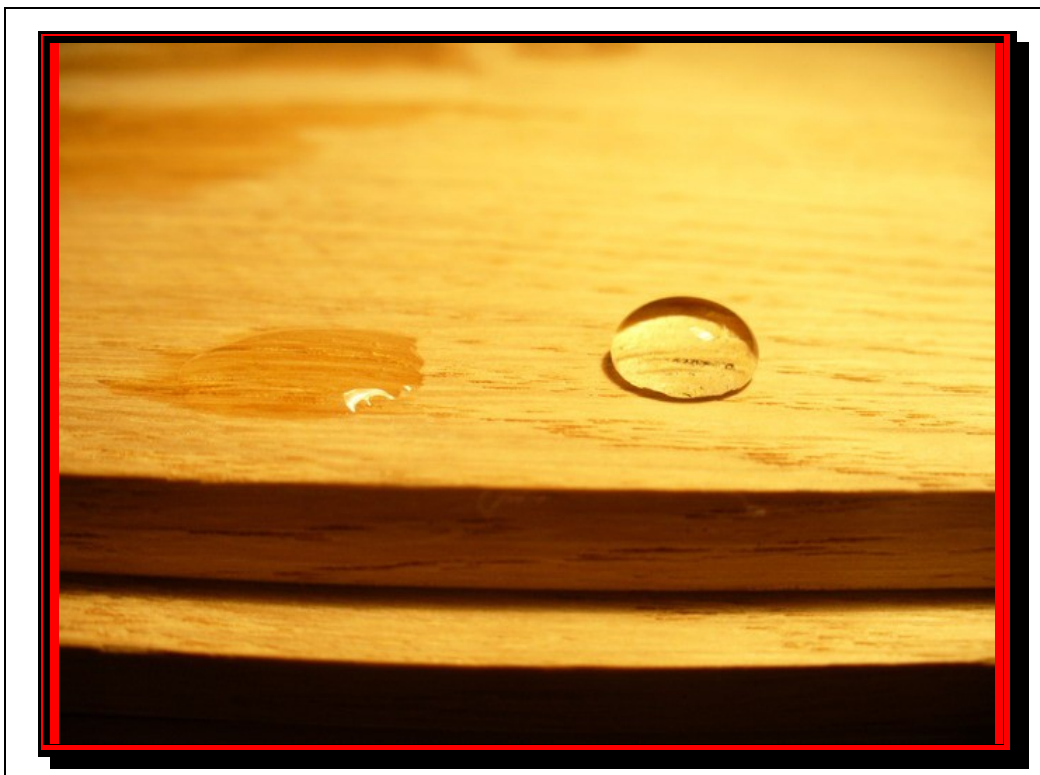


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΛΑΡΙΣΑΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΞΥΛΟΥ & ΕΠΙΠΛΟΥ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ
ΕΛΑΤΗΣ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΕΥΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΜΕ ΣΚΕΥΑΣΜΑ
ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ»**



ΛΑΕΡΤΗ ΝΤΕΝΤΕ

Επιβλέπων
Καθ. Γεώργιος Μαντάνης

ΚΑΡΔΙΤΣΑ - ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

Πρόλογος

Για την ολοκλήρωση των σπουδών μου, στο Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Παράρτημα Καρδίτσας στο Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου-Επίπλου συνέταξα την παρούσα πτυχιακή εργασία.

Το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας είναι: *«Μελέτη υγροσκοπικών ιδιοτήτων ξύλου ελάτης και δασικής πεύκης επιφανειακά τροποποιημένου με σκεύασμα νανοτεχνολογίας»*

Η νανοτεχνολογία είναι μια νέα προσέγγιση για την κατανόηση και την άρτια γνώση των ιδιοτήτων της ύλης σε νανοκλίμακα: ένα νανόμετρο (ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου) είναι το μήκος ενός μικρού μορίου. Στο επίπεδο αυτό αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και είναι δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και τεχνικών κλάδων. Ως εκ τούτου, ο χαρακτήρας της νανοτεχνολογίας είναι άκρως διεπιστημονικός.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση χρήσης ενός σκευάσματος νανοτεχνολογίας για την βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας του ξύλου.

Τα δυο είδη ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν ελάτη και δασική πεύκη ελληνικής προέλευσης. Η εφαρμογή του σκευάσματος είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση των δειγμάτων στην εφαιπτομενική και στην ακτινική επιφάνεια κυρίως τα πρώτα λεπτά τοποθέτησης των δοκιμίων στο νερό.

Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας είναι διασπορές πολυμερών, αδιαβροχοποιούν σε κάποιο βαθμό τις επιφάνειες του ξύλου διεισδύοντας βαθιά στους πόρους των επιφανειών και επιτυγχάνουν χημική τροποποίηση αντιδρώντας με τα δομικά συστατικά του ξύλου (κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες) και επικαλύπτοντας τα μικροϊνίδια. Έτσι βελτιώνεται η διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου και επιτυγχάνεται σημαντική προστασία, καθώς τα νανοσωματίδια περιβάλλουν την πολύ μεγάλη *εσωτερική επιφάνεια* του ξύλου εξασφαλίζοντας την απόθεση του νερού.

Τέλος, θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον καθηγητή του τμήματος Δρ. Γεώργιο Μαντάνη για την πολύτιμη βοήθειά του στη δημιουργία και την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας. Ακόμα θέλω να ευχαριστήσω και την οικογένειά μου που μου συμπαράσταθη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου στο Τ.Ε.Ι.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	5
1. Εισαγωγή - Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	6
1.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την ρίκνωση - διόγκωση	7
1.2. Σημασία της ρίκνωσης και διόγκωσης	8
1.3. Αιτίες ανισοτροπίας ρίκνωσης - διόγκωσης	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	10
2. Τι είναι η νανοτεχνολογία	11
2.1. Πώς ήλθε στην ζωή μας η νανοτεχνολογία	15
2.2. Κυτταρίνη και νανοσωματίδια	17
2.3. Νανοπαρασκευάσματα ως βιοκτόνα	19
2.4. Αποτελέσματα χειρισμών νανομεταλλικών στοιχείων	21
2.4.1. Τεστ τερμιτών	22
2.4.2. Αποτελέσματα μούχλας	23
2.4.3. Αποτελέσματα αποσύνθεσης	24
2.4.4. Αποτελέσματα έκπλυσης νανοστοιχείων	25
2.4.5. Προστασία του ξύλου από την υπερϊώδη ακτινοβολία	27
2.5. Η μείωση της διόγκωσης σε προϊόντα ξύλου.	29
2.6. Η μείωση της κατά πάχους διόγκωσης ξυλοπλακών	30
2.7. Νανοτεχνολογία για πυροπροστασία του ξύλου	32
2.8. Πιθανοί κίνδυνοι για τον άνθρωπο	33
2.9. Προστασία του περιβάλλοντος	35
2.10. Πλεονεκτήματα της νανοτεχνολογίας	36
2.11. Τρόποι χρήσης νανοπροϊόντων.	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	38
3. Σκοπός	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	40
4. Υλικά και Μέθοδοι	41
4.1. Υλικά	41
4.2. Μέθοδοι	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	44
5. Πειραματικό μέρος	45
5.1. Διαστασιακή διόγκωση ελάτης στην εφαπτομενική τομή	53
5.2. Διαστασιακή διόγκωση ελάτης στην ακτινική τομή	56
5.3. Διαστασιακή διόγκωση δασικής πεύκης στην εφαπτομενική τομή	59
5.4. Διαστασιακή διόγκωση δασικής πεύκης στην ακτινική τομή	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	65
6. Συμπεράσματα	66
Βιβλιογραφία	71
Παράρτημα.	72



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

*Εισαγωγή – Ανασκόπηση της
βιβλιογραφίας*

1. Εισαγωγή – Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Το σημαντικότερο μειονέκτημα του ξύλου είναι η διαστασιακή του αστάθεια. Το ξύλο σαν υγροσκοπικό υλικό έχει την ιδιότητα να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον, την υγρασία αυτή μπορεί να την αποκτήσει είτε σε υγρή μορφή με το νερό ή σε μορφή υδρατμών από την ατμόσφαιρα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αύξηση της μάζας και του όγκου του. Η ποσότητα υγρασίας που τελικά συγκρατεί το ξύλο εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες στις οποίες είναι εκτεθειμένο. Το ξύλο φτάνει σε κατάσταση κορεσμού όταν τα κυτταρικά τοιχώματα είναι πλήρως κορεσμένα με νερό (σημείο ινοκόρου*).

Αυτό προκαλεί αύξηση των διαστάσεων και στις τρεις κατευθύνσεις (αξονική, ακτινική, εφαπτομενική). Η υγροσκοπικότητα του ξύλου οφείλεται στη χημική σύνθεσή του, στο γεγονός δηλαδή ότι τα συστατικά του, κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, πηκτινικές ουσίες και (λιγότερο) λιγνίνη είναι ουσίες υγροσκοπικές. Εξαιτίας της ιδιότητάς του αυτής, το ξύλο περιέχει πάντοτε υγρασία είτε ως κορμός δένδρου, είτε ως στρογγύλη ξυλεία, είτε ως πριστή ξυλεία (πηγή: *Μαντάνης 2003*).

Η είσοδος της υγρασίας στη μάζα του ξύλου μπορεί να περιοριστεί μόνο στο μικροσκοπικό πορώδες ή να συνεχίσει και στα κυτταρικά τοιχώματα, η διόγκωση αυτή των κυτταρικών τοιχωμάτων προκαλεί διόγκωση του ξύλου. Έτσι η αύξηση της εσωτερικής επιφάνειας μπορεί να φτάσει και 2000 φορές μεγαλύτερη της επιφάνειας του μικροπορώδους του ξύλου. Σχετικά με τον τρόπο εισόδου της υγρασίας από την επιφάνεια στο εσωτερικό του ξύλου διακρίνουμε: την *προσρόφηση*, *απορρόφηση*, *διάχυση* και *εκρόφηση*.

Προσρόφηση: Η βασική αιτία εισόδου του νερού (υγροσκοπικότητα) στη μάζα του ξύλου είναι η έλξη μορίων νερού από υδροξύλια του ξύλου ιδίως της κυτταρίνης. Στην αρχή δημιουργείται μονομοριακό στρώμα νερού που βαθμιαία γίνεται πολυμοριακό. Το μονομοριακό στρώμα νερού συγκρατείται από τα υδροξύλια με ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου. Το πολυμοριακό στρώμα (από 6-10 μόρια σε πάχος) εισέρχεται και συγκρατείται με τη δράση δευτερεύουσων ελκτικών δυνάμεων. Συμπληρωματικά, νερό μπορεί να προσληφθεί με τριχοειδή συμπύκνωση σε κενά που υπάρχουν στο κυτταρικό τοίχωμα, ανοίγματα μεμβρανών βοθρίων και μικρά στόμια βοθρίων που όλα δρουν ως *τριχοειδή*. Μετά τον κορεσμό των τοιχωμάτων, νερό μπορεί να εισέλθει και στις κυτταρικές κοιλότητες.

***Σημείο ινοκόρου** του ξύλου είναι η θεωρητική εκείνη κατάσταση όπου τα κυτταρικά τοιχώματα είναι πλήρως κορεσμένα με νερό και οι κυτταρικές κοιλότητες είναι άδειες. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η υγρασία του ξύλου είναι περίπου 26-35%.

Απορρόφηση: Είναι η μηχανική είσοδος υγρών στο πορώδες του ξύλου ως αποτέλεσμα τριχοειδούς έλξης. Η απορρόφηση συνοδεύεται και με προσρόφηση των υγρών στην εσωτερική επιφάνεια του πορώδους με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται επιφανειακές τάσεις. Η ταχύτητα και το βάθος εισόδου εξαρτάται από το μέγεθος των πόρων και την επιφανειακή τάση των υγρών.

Διάχυση: Διάχυση γίνεται από θέσεις μεγαλύτερης υγρασίας προς θέσεις μικρότερης υγρασίας των τοιχωμάτων αλλά και δια μέσου των κυτταρικών κοιλοτήτων. Εφόσον υπάρχει διαφορά πίεσεως ατμών, το νερό εξατμίζεται σε μία επόμενη κοιλότητα, συγκρατείται και μεταβάλλεται σε υγρό στο επόμενο τοίχωμα.

Εκρόφηση: Η ποσότητα υγρασίας που περιέχει ένα τεμάχιο ξύλου το οποίο είναι εκτεθειμένο στις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος δεν μένει ποτέ σταθερή, αλλά μεταβάλλεται συνεχώς. Η εκρόφηση γίνεται στην αρχή με εξάτμιση από την εκτεθειμένη επιφάνεια του ξύλου, όταν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από το σημείο ινοκόρου. Εφόσον τα κυτταρικά τοιχώματα είναι κορεσμένα, νερό που συγκρατείται μέσα στις κυτταρικές κοιλότητες χρειάζεται για την εξάτμιση του μεγαλύτερη ενέργεια από αυτήν που χρειάζεται για την εξάτμιση νερού από μια ελεύθερη επιφάνεια (πηγή: Τσουμής 2009).

1.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την ρίκνωση - διόγκωση

Ρίκνωση είναι η ελάττωση των διαστάσεων του ξύλου όταν η υγρασία του ελαττώνεται κάτω από το σημείο ινοκόρου και *διόγκωση* η αύξηση των διαστάσεων του όταν η υγρασία αυξάνεται μέχρι το σημείο αυτό. Μεταβολές της υγρασίας πάνω από το σημείο ινοκόρου, άσχετα με το μέγεθος τους, δεν έχουν καμία επίδραση στις διαστάσεις του ξύλου.

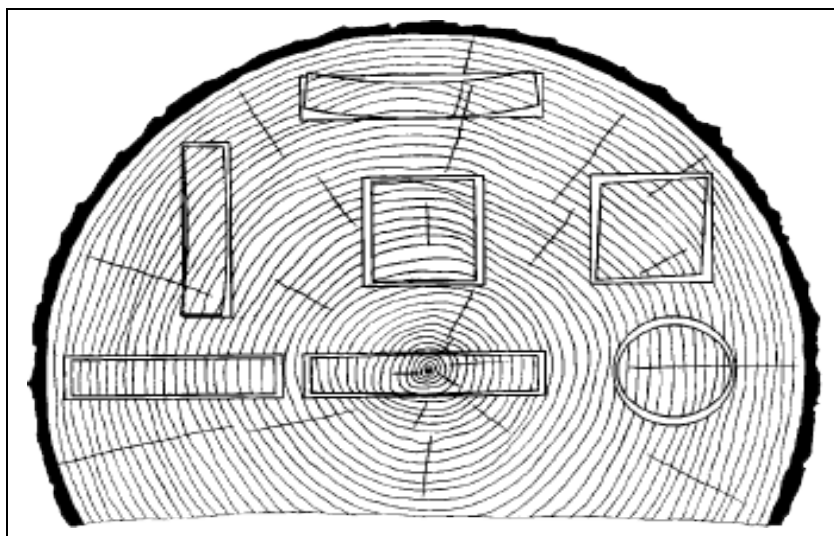
Η ρίκνωση και η διόγκωση του ξύλου επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η υγρασία, πυκνότητα, δομή, εκχυλίσματα, χημική σύσταση και μηχανικές ιδιότητες. Το μέγεθος της ρίκνωσης – διόγκωσης είναι ανάλογο με την υγρασία που αποβάλλεται ή προσλαμβάνεται από το ξύλο όταν η υγρασία κυμαίνεται από μηδέν ως το σημείο ινοκόρου.

Η σχέση είναι πρακτικά ευθύγραμμη και ισχύει και στις τρεις αυξητικές διευθύνσεις (αξονική, ακτινική, εφαπτομενική). Η διαφορά της πυκνότητας μεταξύ των διαφορετικών ειδών παίζει σημαντικό ρόλο, είδη με μεγαλύτερη πυκνότητα ρικνώνονται και διογκώνονται περισσότερο. Αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ξυλώδους ύλης (μεγαλύτερο πάχος κυτταρικών τοιχωμάτων). Η πυκνότητα επηρεάζει και την δομή του ξύλου.

Το κάθε είδος ξύλου έχει και διαφορετική περιεκτικότητα σε εκχυλίσματα, έτσι είδη με μεγάλη περιεκτικότητα εκχυλισμάτων έχουν μικρότερη ρίκνωση και διόγκωση (πηγή: Τσουμής 2009).

1.2. Σημασία της ρίκνωσης και διόγκωσης

Η ρίκνωση και η διόγκωση μπορούν να γίνουν σοβαρό εμπόδιο στην αξιοποίηση του ξύλου γιατί υποβαθμίζουν την ποιότητα κατασκευών και προϊόντων του. Η υποβάθμιση μπορεί να προέλθει από απλή αυξομείωση διαστάσεων, ανισοτροπία ή διαφορετική ρίκνωση και διόγκωση στη μάζα του ξύλου με την επίδραση διαφορών κατανομής υγρασίας ή πυκνότητας. Έτσι προκαλούνται ποικίλα ελαττώματα, όπως ανοίγματα ή σφήνωση αρμών, μεταβολή του σχήματος εγκάρσιων διατομών, στρέβλωση, ραγάδωση και σε ειδικές περιπτώσεις, κελύφωση, κυψελίδωση και κατάρρευση.



Εικόνα 1.1. Μεταβολή του σχήματος λόγω διαφορετικής εφαπτομενικής και ακτινικής ρίκνωσης.

1.3. Αιτίες ανισοτροπίας ρίκνωσης – διόγκωσης

Η διαφορετική ρίκνωση και διόγκωση σε διαφορετικές αυξητικές διευθύνσεις (αξονική, ακτινική, εφαπτομενική) αποδίδεται κυρίως στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων. Το κυτταρικό τοίχωμα διακρίνεται σε πρωτογενές και δευτερογενές. Το πρωτογενές είναι πολύ λεπτό και στο δευτερογενές υπάρχουν τρεις στρώσεις (S1, S2, S3) με διαφορετική διάταξη μικροϊνιδίων. Στην εξωτερική (S1) και στην εσωτερική στρώση (S3) τα μικροϊνίδια έχουν διεύθυνση σχεδόν κάθετη με το μήκος του κυττάρου, ενώ στη μεσαία στρώση (S2) είναι σχεδόν παράλληλα με το μήκος του.

Όταν γίνεται προσρόφηση υγρασίας, η μεσαία στρώση (S2) τείνει να διογκωθεί, ανάλογα με τον αριθμό των μικροϊνιδίων, οι δυο άλλες στρώσεις (S1 και S3) έχουν ανασταλτική επίδραση, γιατί η διάταξη των μικροϊνιδίων είναι διαφορετική.

Έτσι εξηγείται η μικρή αξονική ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου. Αν η διάταξη των μικροϊνιδίων της μεσαίας στρώσης ήταν εντελώς παράλληλη με τον άξονα του κυττάρου, η αξονική ρίκνωση θα ήταν μηδενική. Η διαφορά αυτή μεταξύ ακτινικής και εφαπτομενικής ρίκνωσης – διόγκωσης αποδίδεται στην παρουσία των ακτίνων οι οποίες λόγω της ακτινικής τους διεύθυνσης έχουν ανασταλτική επίδραση.

Άλλος παράγοντας που παρατηρήθηκε να επιδρά σημαντικά στην ρίκνωση – διόγκωση κυρίως στα κωνοφόρα είναι οι μεγάλες αποκλίσεις των μικροϊνιδίων που προκαλούνται από την παρουσία πολυάριθμων βοθρίων στα ακτινικά τοιχώματα των αξονικών τραχειίδων.

Αιτία ανισοτροπίας θεωρείται και η διαφορετική πυκνότητα πρώιμου και όψιμου ξύλου. Το όψιμο ξύλο ρικνώνεται και διογκώνεται περισσότερο (μέχρι 3,5 φορές) επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ρίκνωση & διόγκωση του εφαπτόμενου πρώιμου ξύλου. Επειδή οι αυξητικοί δακτύλιοι έχουν εφαπτομενική διεύθυνση, η εφαπτομενική ρίκνωση – διόγκωση είναι μεγαλύτερη (πηγή: Τσουμής 2009).

Πίνακας 1.1. Ρίκνωση πρώιμου και όψιμου ξύλου (πηγή: Τσουμής 2009)

Είδος	Εφαπτ. Πρώιμο	Ακτιν. Πρώιμο	Εφαπτ. Όψιμο	Ακτιν. Όψιμο
Ελάτη, λευκή	6,3	3,4	8,8	5,8
Πεύκη, δασική	8,2	2,9	11,3	8,1
Ψευδοτσούγκα	9,9	2,9	10,9	5,7
Λάρικα	10,2	3,2	12,3	7,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

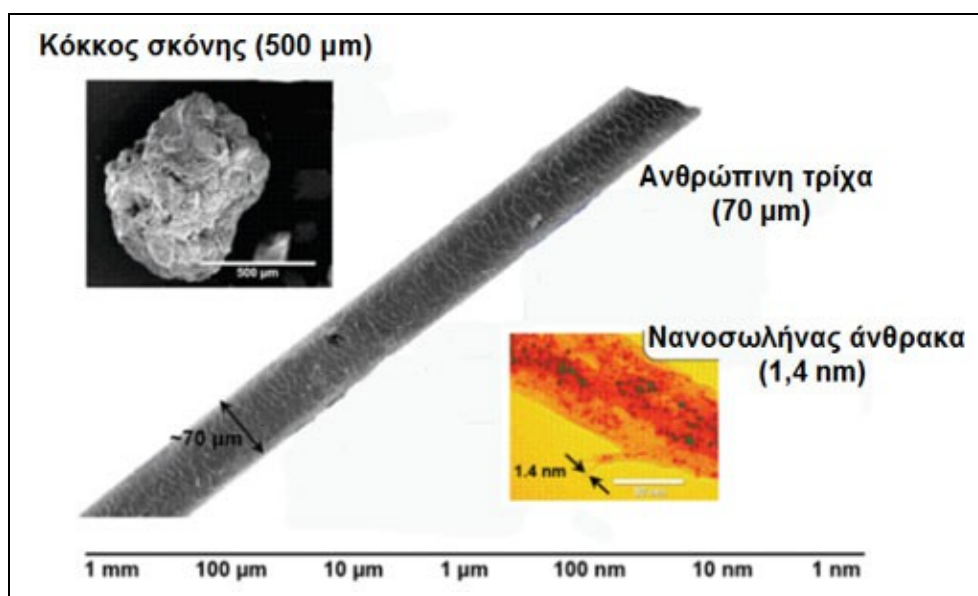
Τι είναι η νανοτεχνολογία

2. Τι είναι η νανοτεχνολογία

Η **νανοτεχνολογία** είναι μια νέα προσέγγιση για την κατανόηση και την άρτια γνώση των ιδιοτήτων της ύλης σε νανοκλίμακα. Έχει την δυνατότητα ελέγχου ή χειρισμού υλικών σε ατομική κλίμακα με στόχο την παραγωγή δομών με πρωτότυπες ιδιότητες και λειτουργίες που οφείλονται στο μέγεθός τους, στο σχήμα τους ή στη σύνθεσή τους.

Η αρχή της νανοτεχνολογίας είναι απλή: αντί να σμικρύνεται η ύλη μέχρις ότου επιτευχθεί η μικρότερη μονάδα, η τελευταία αυτή αποσπάται από την ύλη.

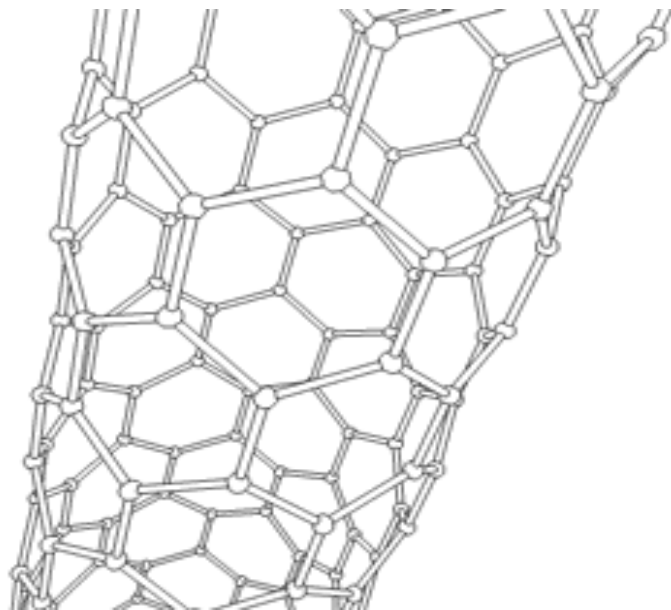
Οι δομές αυτές είναι σε μέγεθος μικρότερες από 100 nm. Ένα νανόμετρο (nm) είναι ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου, που περίπου αναλογεί σε 100.000 φορές μικρότερο από το πλάτος μίας ανθρώπινης τρίχας.



Εικόνα 2.1. Μεγέθυνση νανοσωλήνα άνθρακα

Έτσι δημιουργούνται νέα νοήμονα υλικά διαφορετικού μεγέθους και σχήματος σε νανοκλίμακα, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξαιρετικές ιδιότητες, όπως ηλεκτρικές, οπτικές, φυσικές, χημικές, κ.ά. Οι ιδιότητες αυτές των υλικών μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικές από τις ιδιότητες των ίδιων υλικών σε συμβατική κλίμακα, υλικά ελαφρύτερα, ισχυρότερα και πολυλειτουργικά.

Στο επίπεδο αυτό αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και είναι δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και τεχνικών κλάδων.



Ως εκ τούτου ο χαρακτήρας της νανοτεχνολογίας είναι άκρως διεπιστημονικός. Τα υλικά από τα οποία παράγεται το **νάνο-** εξαρτώνται κυρίως από τις χρήσεις που προορίζεται το προϊόν, έχουν σαν βάση το νερό ή την αλκοόλη, άλλα υλικά τα οποία περιέχουν είναι: πυρίτιο, τιτάνιο, χρυσός, χαλκός, ασήμι, κεραμικά υλικά, κ.ά.

Εικόνα 2.1. Τρισδιάστατη απεικόνιση ενός νανοσωλήνα άνθρακα

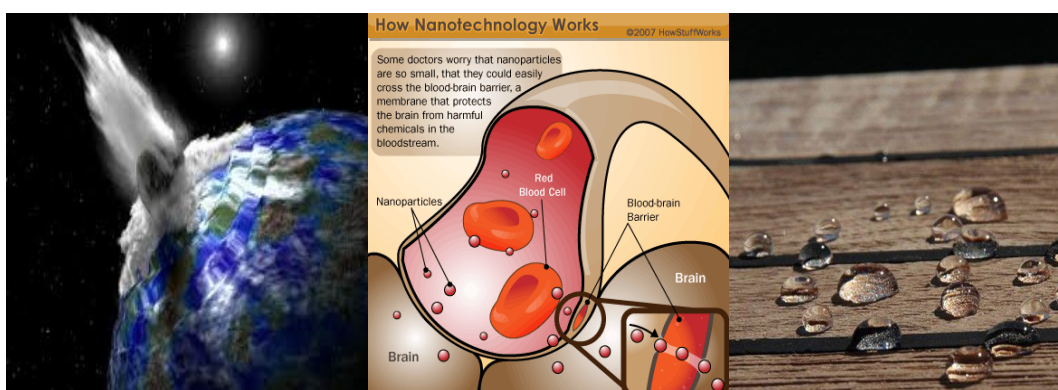
Π.χ. οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι ομόκεντροι κύλινδροι γραφίτη, κλειστοί σε κάθε άκρο με πενταμελείς δακτυλίους και ανακαλύφθηκαν το 1991 από τον *Sumio Iijima*. Οι νανοσωλήνες μπορεί να είναι πολυφλοιϊκοί με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από ένα ή περισσότερα στρώματα γραφίτη ή μονοφλοιϊκοί, όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη. Όταν οι νανοσωλήνες ομαδοποιούνται έχουμε τις λεγόμενες *συστοιχίες νανοσωλήνων*.

Στους πολυφλοιϊκούς νανοσωλήνες οι εσωτερικοί σωλήνες έχουν διάμετρο της τάξης μερικών nm, ενώ οι εξωτερικοί μπορεί να έχουν διάμετρο πολλές φορές πολλαπλάσια. Στα άκρα των κυλίνδρων γραφίτη δεν υπάρχουν ελεύθεροι δεσμοί αλλά αυτά καλύπτονται από κατάλληλες ημισφαιρικές δομές παρόμοιες με αυτές των φουλερένιων. Φανταζόμαστε έναν νανοσωλήνα σαν ένα στρώμα γραφίτη το οποίο έχει τυλιχτεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η αρχή και το τέλος του να συμπέσουν. Η απόσταση μεταξύ των διαδοχικών στρωμάτων άνθρακα στους πολυφλοιϊκούς νανοσωλήνες μπορεί να πάρει διάφορες τιμές.

Ορισμένες πιθανές χρήσεις των νανοσωλήνων είναι: Τρανζίστορς, κβαντικοί υπολογιστές, επίπεδες οργανικές οθόνες, βαφή εκτροπής της ακτινοβολίας, αντικατάσταση οπτικών ινών και ηλεκτρικών καλωδίων, νανοαισθητήρες εξαιρετικής ευαισθησίας, ισχυρότερα κράματα και πολυμερή σε οχήματα (διαστημόπλοια, αεροπλάνα, αυτοκίνητα), σε αλεξίσφαιρα γιλέκα, κυψέλες αποθήκευσης υπερσυμπυκνωμένου υδρογόνου, τεχνητοί μύες.

Η τεχνολογία αυτή έχει σκοπό να προσχεδιάσει και να ελέγξει τις φυσικές διεργασίες χρησιμοποιώντας ως θεμελιώδη δομική μονάδα το *άτομο*, κατόπιν να συνθέσει τα μόρια και τις χημικές ενώσεις και τέλος να περάσει σε πιο σύνθετες κατασκευές με ελεγχόμενες ιδιότητες. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε να παραλληλιστεί με την κατασκευή μίας μηχανής, όπου ο μηχανικός αντί να χρησιμοποιήσει τα συμβατικά μέσα, όπως βίδες, γρανάζια κλπ. θα χρησιμοποιούσε τα άτομα ή τα μόρια για να συνθέσει «νανομηχανές» με προδιαγεγραμμένη λειτουργικότητα. Η νανοτεχνολογία σήμερα εφαρμόζεται:

- Στην ιατρική με πολύ εντυπωσιακά αποτελέσματα.
- Στο διάστημα για προστασία των διαστημικών σταθμών.
- Στην πληροφορική όπου νέες γενιές επεξεργαστών κατασκευάζονται και θα ανατρέψουν τα μέχρι σήμερα δεδομένα.
- Σε καταναλωτικά προϊόντα τα οποία απευθύνονται στο ευρύ κοινό με στόχο να κάνουν την ζωή των ανθρώπων καλύτερη και ασφαλέστερη.
- Στα επόμενα χρόνια τα πάντα στην ζωή μας θα περιέχουν στοιχεία νανοτεχνολογίας.



Εικόνα 2.2. Διάφορες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας σε κλάδους της επιστήμης

Ο Εθνικός Οργανισμός Προώθησης της Νανοτεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (US National Nanotechnology Initiative – NNI USA) προέβλεψε ότι η επανάσταση της νανοτεχνολογίας θα λάβει χώρα σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο, που ξεκίνησε το 2000, περιελάμβανε την ανάπτυξη απλών καινοτόμων υλικών με μοναδικές ιδιότητες, όπως φιλμ προστασίας και εμποτιστικές ουσίες (Moon 2006, Roco 2006).

Το δεύτερο στάδιο που ξεκίνησε το 2005 και περιλαμβάνει την ανάπτυξη σύνθετων νανοσκευασμάτων τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν κάποιες από τις ιδιοτήτες τους (σχήμα, μέγεθος, αγωγιμότητα) κατά τη διάρκεια της χρήσης του τελικού προϊόντος (Roco 2006).



Εικόνα 2.3. Νανοτεχνολογία, η εξέλιξη της επιστήμης τον 21^ο αιώνα.

Το τρίτο στάδιο θα ξεκινήσει το 2012 και αναμένεται τα νανοσκευάσματα να χρησιμοποιηθούν στα τελικά προϊόντα. Μετά το 2020, σύμφωνα με την πρόβλεψη του *Εθνικού Οργανισμού Προώθησης της Νανοτεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών*, αναμένεται να ξεκινήσει το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της «επανάστασης», όπου θα κορυφωθεί η επέκταση της επιστήμης της νανοτεχνολογίας και θα συμπεριλάβει την ανάπτυξη υπερμοριακών συστημάτων με βιοενεργές ιδιότητες και δυνατότητες (Metha 2005, Roco 2006).

Παρά το γεγονός ότι το ξύλο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως δομικό υλικό για χιλιάδες χρόνια, η πολύπλοκη χημική του και ιεραρχική αρχιτεκτονική του παρεμπόδισαν τις προσπάθειες των ερευνητών για να κατανοήσουν και να ελέγξουν τις επιδόσεις του.

Η νανοτεχνολογία θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών των ανέπαφων κυτταρικών τοιχωμάτων, των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των στρωμάτων του κυτταρικού τοιχώματος, καθώς και των ιδιοτήτων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της κυτταρίνης, ημικυτταρίνης και λιγνίνης, που παρέχουν και τη βάση για τις ιδιότητες που παρατηρούμε στο ξύλο στο σύνολό του.

Οι βελτιώσεις που θα προσφέρει η νανοτεχνολογία στα δασικά προϊόντα θα είναι πολλά και σημαντικά. Θα μπορούν να παραχθούν προϊόντα πιο ελαφρά και με λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Προϊόντα ευφυή που μπορεί να περιέχουν νανοαισθητήρες για την μέτρηση της υγρασίας, της θερμοκρασίας, της πίεσης, των φορτίων καταπόνησης και των χημικών εκπομπών, καθώς και την ανίχνευση μικροοργανισμών, για την φθορά που προκαλούν τερμίτες και μύκητες.

2.1. Πώς ήλθε στην ζωή μας η νανοτεχνολογία

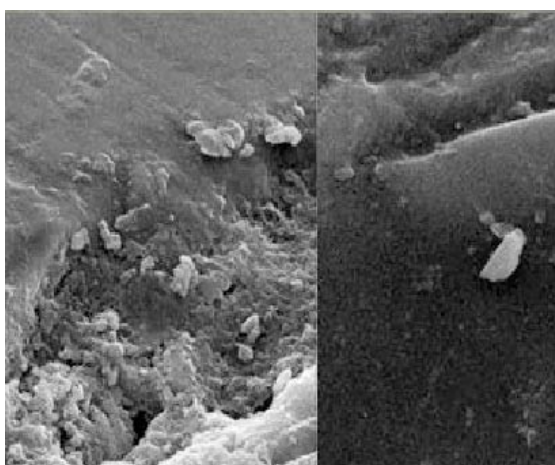


Η φύση στα φυτά πρώτη εδώ και πολλά εκατομμύρια χρόνια πριν από εμάς χρησιμοποιεί την νανοτεχνολογία. Όλοι έχουν παρατηρήσει τις γνωστές *δροσοσταλίδες* που υπάρχουν στα φύλλα των δέντρων όταν βρέχει. Αυτές τις δροσοσταλίδες έβλεπαν οι επιστήμονες και δεν μπορούσαν να καταλάβουν πώς δημιουργούνται και ποιος είναι ο λόγος ύπαρξής τους.

*Εικόνα 2.4. Το φαινόμενο της δροσοσταλίδας
LOTUS EFFECT*

Τα τελευταία χρόνια χάρη στην κατασκευή ενός υπερσύγχρονου ηλεκτρονικού μικροσκοπίου *ESEM*, οι επιστήμονες αφού μεγέθυναν τα φύλλα κατά πολλά εκατομμύρια φορές, κατάφεραν να αντιληφθούν πώς δημιουργείται αυτό το φαινόμενο.

Διαπίστωσαν λοιπόν ότι τα φυτά για να μπορούν να καθαρίζουν τα φύλλα τους από την σκόνη και άλλες ρυπαρές ουσίες, αναπτύσσουν **νανοσωματίδια** τα οποία σφραγίζουν τους πόρους των φύλλων έτσι, ώστε τα ξένα σώματα να μην βρίσκουν τρόπο να σταθούν, και απλά παραμένουν πάνω στο φύλλο, ενώ ταυτόχρονα δεν εμποδίζουν την αναπνοή του φυτού. Όταν βρέχει το νερό παρασύρει τα ξένα σώματα που υπάρχουν πάνω στα φύλλα και τα καθαρίζει, την ίδια στιγμή όμως ούτε και το νερό βρίσκει πόρους να αγκιστρωθεί πάνω στο



*Εικόνα 2.5. Μεγέθυνση γυάλινης επιφάνειας
σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο*

φύλλο, οπότε παραμένει και δημιουργεί τις γνωστές μας *δροσοσταλίδες*.

Το φαινόμενο αυτό οι επιστήμονες το ονόμασαν **LOTUS EFFECT** και θα το βλέπουμε σε όσα προϊόντα έχουν σφράγιση και προστασία με νανοτεχνολογία.

Θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι όλα τα υλικά ακόμη και τα πιο λεία, όπως το γυαλί και η πορσελάνη αν τα δούμε στο μικροσκόπιο θα

διαπιστώσουμε ότι έχουν τεράστιους πόρους, αόρατους μεν στο ανθρώπινο μάτι η την υφή, αλλά όχι και στους ρυπογόνους οργανισμούς που υπάρχουν στο περιβάλλον. Έτσι λοιπόν μέσα στους πόρους των υλικών πρώτα επικάθονται λιπαρές ουσίες του περιβάλλοντος, πάνω σε αυτές τις ουσίες κάθονται τα μικροσωματίδια των διαφόρων ρύπων του περιβάλλοντος και δημιουργείται η γνωστή μας βρωμιά που βλέπουμε σε όλες τις επιφάνειες.

Όταν καθαρίζουμε μία επιφάνεια με τα γνωστά χημικά το μόνο που επιτυγχάνουμε είναι να αφαιρούμε τις βρωμιές και ταυτόχρονα να ξανανοίγουμε τους πόρους, οπότε επαναλαμβάνεται η προηγούμενη διαδικασία για χρόνια, με συνέπεια ο άνθρωπος μια ζωή να πληρώνει, να χάνει χρόνο και το σπουδαιότερο να ρυπαίνει τον υδροφόρο ορίζοντα, αφού όλα τα χημικά απόβλητα εκεί καταλήγουν. Εδώ λοιπόν η επιστήμη παρεμβαίνει και υποκαθιστά την φύση δημιουργώντας το φαινόμενο *LOTUS EFFECT* με τεχνικά μέσα.



Εικόνα 2.3. Τροποποιημένη με νανοσωματίδια ξύλινη επιφάνεια

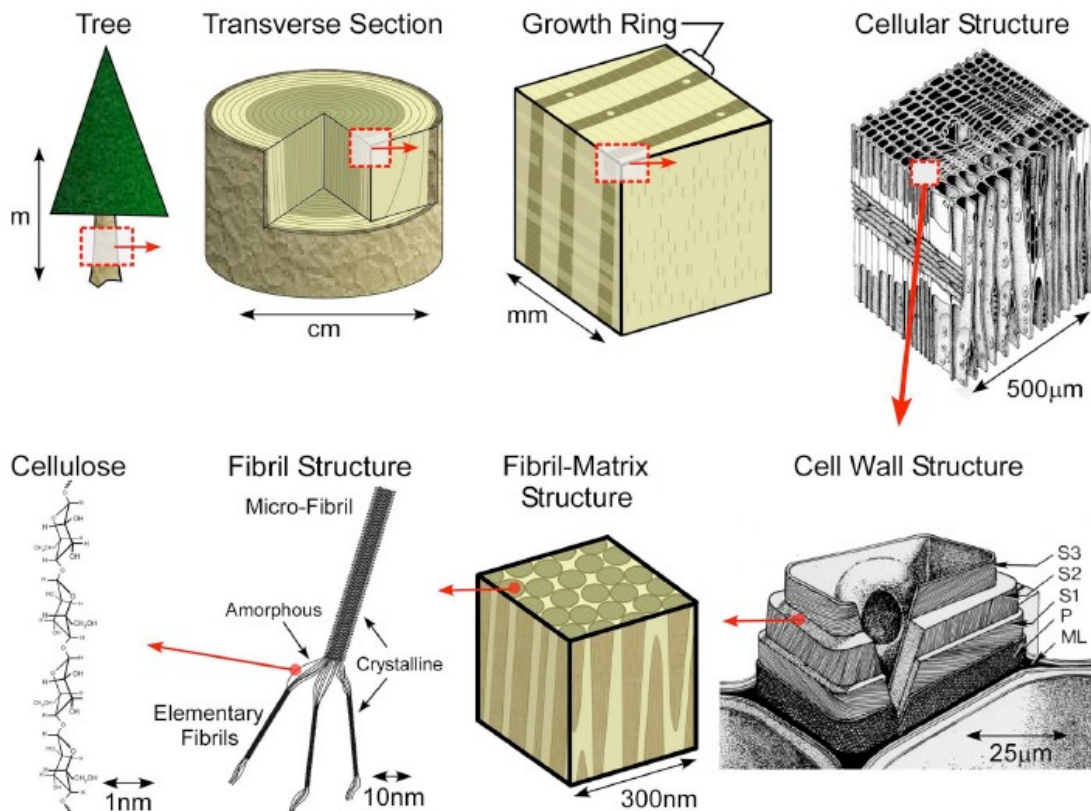
Δηλαδή μέσω του νερού ή της αλκοόλης που βρίσκονται στα μπουκάλια με το νάνοπροϊόν εκτοξεύουμε εκατομμύρια νανοσωματίδια τα οποία έχουν την ιδιότητα να γεμίζουν τους πόρους του υλικού δημιουργώντας έτσι μία πραγματικά λεία επιφάνεια, σε λίγα λεπτά το νερό ή η αιθανόλη εξατμίζονται και η ψεκασμένη επιφάνεια, ενώ δια γυμνού οφθαλμού δεν παρουσιάζει καμία διαφορά, κανείς άνθρωπος δεν μπορεί να αντιληφθεί την διαφορά μεταξύ ενός προϊόντος σφραγισμένου με νανοτεχνολογία και ενός άλλου χωρίς.

Μόνο με πάρα πολύ ακριβά ηλεκτρονικά μικροσκόπια μπορεί κάποιος να δει την διαφορά. Έτσι τώρα δεν υπάρχουν πόροι όπου να επικαθίσουν λιπώδεις ουσίες πάνω στις οποίες θα τοποθετηθούν οι ρυπογόνοι οργανισμοί.

2.2. Κυτταρίνη και νανοσωματίδια

Σε νανοκλίμακα το ξύλο αποτελείται από *στοιχειώδη νάνο ινίδια* τα οποία έχουν διαστάσεις περίπου 3-5nm και αποτελούνται από κυτταρινικές αλυσίδες πολυμερών. Αυτά οργανώνονται σε διάταξη κρυσταλλική και λιγότερο σε άμορφες περιοχές. Η κυτταρίνη φαίνεται να έχει μεγάλες δυνατότητες ως *νανοϋλικό*.

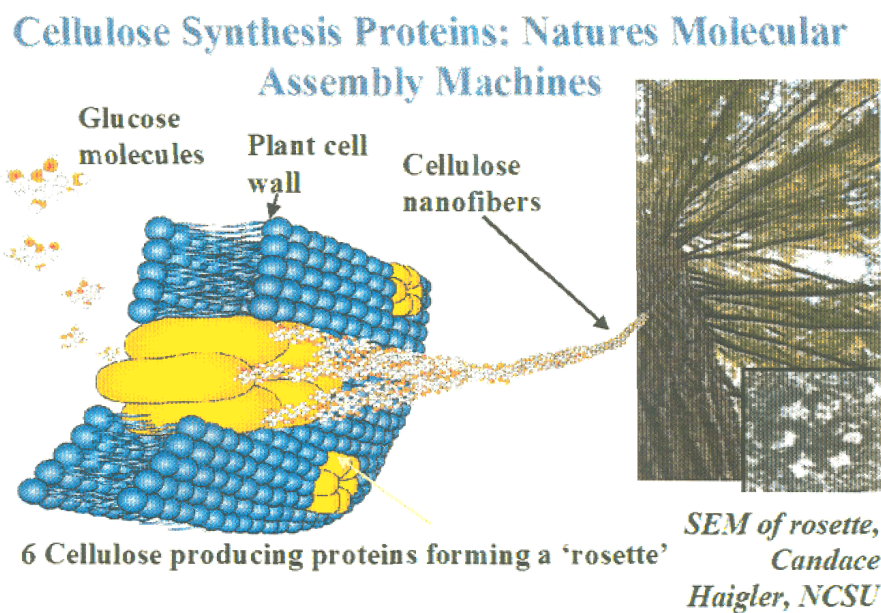
Η κυτταρίνη είναι ένα άφθονο ακατέργαστο βιολογικό υλικό. Έχει λεπτές ίνες ως δομή, είναι οργανική ουσία και αποτελεί το σπουδαιότερο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων π.χ. αποτελεί το 40-50% της μάζας του ξύλου.



Εικόνα 2.4. Μακρομοριακή και μικρομοριακή δομή του ξύλου (πηγή: *The U.S. Forest Products Industry*)

Η κυτταρίνη είναι μια ανανεώσιμη πρώτη ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους και να αντικαταστήσει μη ανανεώσιμα υλικά, όπως τα μέταλλα και τα κεραμικά. Ωστόσο, δεν έχουν γίνει γνωστές όλες οι δυνατότητές της. Η υψηλή αντοχή και η ευελιξία των *νανοϊνών κυτταρίνης* προσφέρουν την ευκαιρία να κάνουν πιο ελαφριά και ανθεκτικά τα υλικά. Συγκριτικά με τον άνθρακα οι νανοσωλήνες έχουν πολύ υψηλή αντοχή, αλλά είναι και εύθραυστοι. Η δομή αυτή της κυτταρίνης συγκεντρώνει και καθορίζει πολύ καλά τις πολλαπλάσιες κλίμακες, που κυμαίνονται από νανοκλίμακα ως μακροκλίμακα.

Η χρήση των νανοσωματιδίων στα δομικά υλικά θα επιτρέψει τη συναρμολόγηση πιο λειτουργικών υλικών και υποστρωμάτων με σημαντικές ιδιότητες αντοχής, οι οποίες θα επιτρέψουν την παραγωγή μικρότερου βάρους προϊόντων, που προέρχονται από λιγότερο ακριβά υλικά και με λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Σημαντικές βελτιώσεις σε ένα ευρύ φάσμα των ιδιοτήτων και της λειτουργικότητας των προϊόντων θα δώσει το έναυσμα για την δημιουργία νέων νανοϋλικών.



Εικόνα 2.5. Παραγωγή πρωτεϊνών από κυτταρίνη (πηγή: Wegner & Jones 2005)

Εκτός από το μέγεθος, τα νανοϋλικά πρέπει να παρουσιάσουν μοναδικές και καινοτόμες ιδιότητες, χαρακτηριστικά που θα είναι διαφορετικά από το πλήθος και τις ιδιότητες των άλλων υλικών.

Η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ υγρασίας και ξυλωδών συστατικών σε νανοκλίμακα θα επιτρέψει την ανάπτυξη νέων καινοτόμων τεχνολογιών, που θα βελτιώσουν τόσο την ανθεκτικότητα αλλά και την διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου και των υλικών που έχουν ως βάση το ξύλο. Επιπλέον η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ξύλου και του νερού θα επιτρέψει τεράστιες μειώσεις στη χρήση ενέργειας και νερού, αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη χρήση της ξυλείας ως πρώτη ύλη.

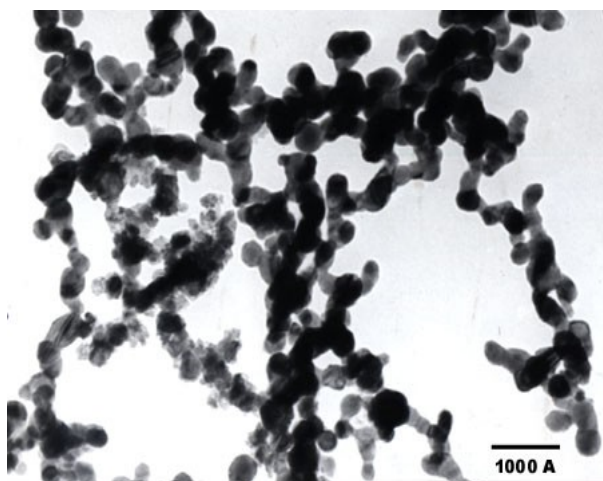
2.3. Νανοπαρασκευάσματα ως βιοκτόνα

Η νανοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει και τον τομέα συντήρησης του ξύλου, μέσω της δημιουργίας νέων μοναδικών προϊόντων με μοναδικές ιδιότητες, τα *nanometals*. Τα μεταλλικά στοιχεία τα οποία περιέχουν τα νανοσωματίδια αυτά είναι χαλκός, ψευδάργυρος, βόριο και άργυρος.

Εκτός από το πρόβλημα της διαστασιακής αστάθειας που αντιμετωπίζουν τα προϊόντα του ξύλου λόγω της υγρασίας, σημαντικό θέμα είναι και η προσβολή του ξύλου από μικροοργανισμούς όπως μύκητες, μούχλα και τερμίτες.

Για να αναπτυχθούν οι μύκητες χρειάζονται μία πηγή τροφής που για τους ξυλοσηπτικούς μύκητες είναι το ξύλο, κατάλληλες θερμοκρασίες, υγρασία στο υπόστρωμα και αέρα. Οι μύκητες δεν διαθέτουν χλωροφύλλη για την παραγωγή θρεπτικών οργανικών ουσιών, εξαρτώνται από τις οργανικές ουσίες των φυτών και ιδιαίτερα την κυτταρίνη, λιγνίνη και τις ημικυτταρίνες, τις οποίες διασπούν με ένζυμα που εκκρίνουν. Τα έντομα που προσβάλλουν το ξύλο το χρησιμοποιούν ως πηγή τροφής, ως χώρο που θα περάσουν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους και για την ωοτοκία.

Τα *nanometals* δημιουργούνται με ελεγχόμενο μέγεθος των σωματιδίων από 1-100nm. Με το εύρος αυτό μπορεί να βελτιωθεί η διεισδυτικότητα των χημικών ουσιών σε σχέση με το ξύλο. Η εμπορική χρήση των μικρομετροποιημένων συντηρητικών χαλκού περιορίζεται προς το παρόν στο πεύκο, στα άλλα είδη δεν υπάρχει επαρκής διείσδυση. Η προετοιμασία των νανοσωματιδίων μετάλλου ουσιαστικά αυξάνει την ωφέλιμη επιφάνεια του μετάλλου σε ομοιόμορφες κατανεμημένες στρώσεις. Εάν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μικρότερο από την διάμετρο του κυτταρικού τοιχώματος του ξύλου (<10.000nm) τότε το

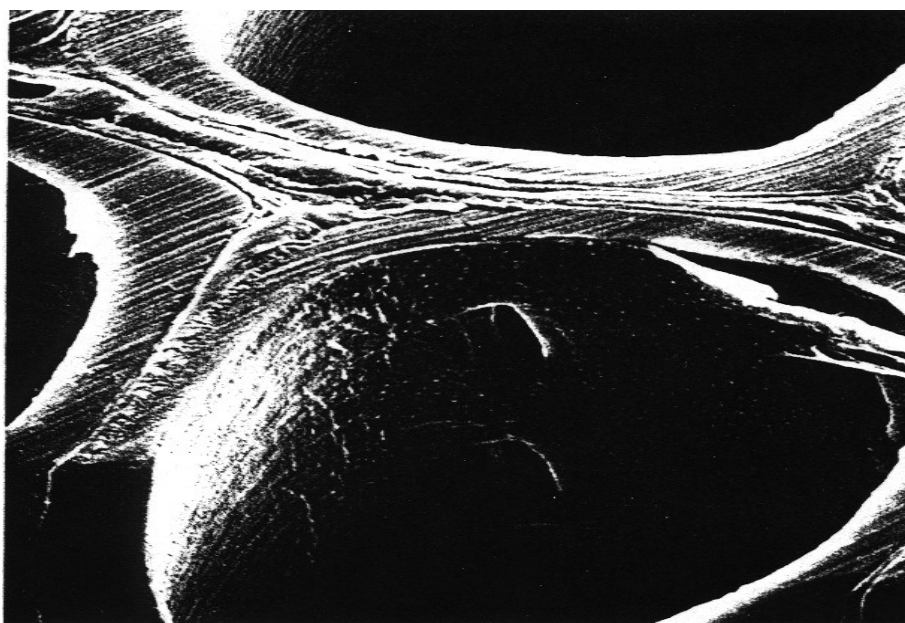


άνοιγμα οριοθετείται στα 400-600nm έτσι έχουμε πλήρη διείσδυση και ομοιόμορφη κατανομή. Ακόμα τα νανοσωματίδια δείχνουν υψηλή σταθερότητα διασποράς, οι μικροκατανομές ενός νανοτροποποιημένου ξύλου με συντηρητικό χαλκού (10-700 nm) έδειξε πολλές αποθέσεις των σωματιδίων του χαλκού στις τραχειίδες και στα βοθρία του ξύλου.

Εικόνα 2.6. Μικροσκοπική απεικόνιση νανοσωματιδίων χαλκού

Η εναποθέτηση των σωματιδίων αυτών δημιούργησαν ένα διαφορετικό μοτίβο νανοκατανομής στα επεξεργασμένα ξύλα. Με τα νανοτροποποιημένα σωματίδια του χαλκού και την βοήθεια άλλων συντηρητικών παρατηρήθηκε *εσωτερική σταθεροποίηση* του ξύλου.

Η σταθεροποίηση αυτή του χαλκού θεωρείται πως πραγματοποιείται κυρίως μέσω της εναπόθεσης των σωματιδίων σε κοίλα τμήματα του ξύλου, σε τριτογενείς στρώματα των κυττάρων και όχι μέσω χημικής αντίδρασης. Η προσθήκη μίας επιφανειοδραστικής ουσίας μπορεί να αυξήσει περαιτέρω την σταθερότητα διασποράς επιτρέποντας μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των νανομετάλλων. Τέλος τα νανομεταλλικά σκευάσματα έχουν χαμηλό ιξώδες. Οι συνδυασμένες αυτές ιδιότητες έχουν την δυνατότητα για μεγαλύτερη διείσδυση και προστασία, πιο ομοιόμορφη κατανομή των σωματιδίων πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια. Πρόσθετα μπορεί το σύστημα να ενισχυθεί με μια διασπορά από ειδικές ρητίνες ή παραφίνες.



Εικόνα 2.7. Διακρίνεται το κυτταρικό τοίχωμα (ηλεκτρονικό μικροσκόπιο)

Τα σκευάσματα νανοτεχνολογίας έχουν σαν σκοπό να εισχωρήσουν στα κυτταρικά τοιχώματα και λόγω του μικρού τους μεγέθους να επεκταθούν σε όλη την υπομικροσκοπική δομή του ξύλου και να αδιαβροχοποιήσουν την μεγάλη *εσωτερική επιφάνεια* του ξύλου. Η μεταφορά των νανοσωματιδίων μέσα στη ξυλώδη μάζα γίνεται με την βοήθεια των βοθρίων που υπάρχουν στα κυτταρικά τοιχώματα, έτσι είναι πιο εύκολη η μεταφορά των νανοστοιχείων στην εσωτερική επιφάνεια του ξύλου (Kartal et al. 2009).

2.4. Αποτελέσματα χειρισμών νανομεταλλικών στοιχείων

Εισαγωγή

Τα κυριότερα συστατικά του ξύλου είναι τα πολυμερή, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων του κυττάρου (συστατικά κυτταρικού τοιχώματος, πρωτεΐνες). Στη φύση υπάρχουν δύο ή περισσότεροι μηχανισμοί αποικοδόμησης που είναι δυνατόν να συνδυάζονται για την αποσύνθεση πολυμερών. Η βιολογική αποικοδόμηση μπορεί να συμβαίνει μέσα από τη δράση διάφορων ενζύμων ή από διάφορα προϊόντα (π.χ. οξέα και υπεροξειδία) τα οποία εκκρίνονται από μικροοργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, έντομα). Η διαδικασία της βιολογικής αποικοδόμησης των πολυμερών συμβαίνει όταν πρώτα προσβάλλονται οι δεσμοί της μακρομοριακής αλυσίδας της κυτταρίνης αποπολυμερίζοντας το μακρομόριο και στη συνέχεια ακολουθεί η *απολιθοποίηση*.

Τα νανοσωματίδια που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα περιείχαν οξειδία αλάτων του βορίου, χρωμίου, ψευδαργύρου, χαλκού, θειϊκού χαλκού. Ο συνδυασμός των αλάτων αυτών μας δίνει πολύ αποτελεσματικά εντομοκτόνα μυκητοκτόνα συντηρητικά του ξύλου, τα οποία βρίσκουν παγκόσμια χρήση. Τα τελευταία χρόνια έχει απαγορευθεί η χρήση των αλάτων του αρσενικού (γνωστά ως άλατα CCA) για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος και του ανθρώπου. Τα πλέον ασφαλή από τα άλατα αυτά είναι τα βορικά άλατα (γνωστά ως άλατα CCB) και τα άλατα χαλκού.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες πειραματικές αναφορές που έγιναν σε δοκίμια ξύλου για την αντοχή των νανοσωματιδίων στη βιολογική αποικοδόμηση από τους μύκητες και τους τερμίτες.

2.4.1. Αποτελέσματα τεστ τερμιτών

Τα νανοσωματίδια εισχώρησαν στη ξυλώδη μάζα του ξύλου. Η θνησιμότητα των τερμιτών μετά από τέσσερις εβδομάδες επώασης έδειξε πως τα σκεύασμα νανοβορίου και βορικού οξέος προκάλεσαν 100% θνησιμότητα. Νανοψευδάργυρος μαζί με επιφανειοδραστική ουσία προκάλεσε μέτρια θνησιμότητα, περίπου 31% και το ξύλο υπέστη τις μεγαλύτερες απώλειες μάζας από οποιοδήποτε άλλο σκεύασμα. Όλες οι υπόλοιπες δοκιμές είχαν χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας από 1-7%.

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν (*southern yellow pine*) μεγέθους 25x25x5mm. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ένα ακρυλικό κύλινδρο διαμέτρου 90mm και ύψους 60mm, μέσα στον κύλινδρο υπήρχε υδρίαλος. Η θερμοκρασία διατηρήθηκε στους 27°C με σχετική υγρασία 85%. Στο τέλος της δοκιμής τα δείγματα αποξηράθηκαν σε φούρνο και κλιματίστηκαν στους 27°C και σχετική υγρασία 60%. Η απώλεια μάζας υπολογίστηκε με την εκ νέου ζύγιση (Kartal et al. 2009).



Εικόνα 2.8. Προσβολή ξύλου από τερμίτες

2.4.2. Αποτελέσματα μούχλας

Όλα τα παρασκευάσματα των νανομετάλλων και των αντίστοιχων ελέγχων που έγιναν με θειϊκό οξύ, θειϊκό ψευδάργυρο, βορικό οξύ δεν μπόρεσαν να παράσχουν επαρκή προστασία από την ανάπτυξη της μούχλας (ευρωτίασης).

Η εμφάνιση των δειγμάτων σε νανοψευδάργυρο και επιφανειακή δραστική ουσία είχε την χαμηλότερη προστασία. Μια εκτίμηση είναι πως μετά από έξι εβδομάδες η επιφάνεια του δοκιμίου καλύφθηκε σε ποσοστό 40% με μούχλα. Τα είδη μούχλας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τρία: *Aspergillus Niger*, *Penicillium Chrysogenum* PH02 και *Trichoderma Viride*.



Εικόνα 2.9. Είδη μούχλας (*Aspergillus Niger*, *Trichoderma Viride*)

Τα δείγματα του ξύλου ψεκάστηκαν με 1ml σπόρων μούχλας. Τα είδη καλλιεργήθηκαν και συντηρήθηκαν σε 2% βύνη, θερμοκρασία 27°C και σχετική υγρασία 80%. Οι σπόροι επώαστηκαν στους 27 °C και 80% σχετική υγρασία για τέσσερις εβδομάδες. Το μέγεθος των δοκιμίων ήταν 7x20x70mm (Kartal *et al.* 2009).



Εικόνα 2.10. *Penicillium Chrysogenum* PH02

2.4.3. Αποτελέσματα αποσύνθεσης (σήψης)

Στο τεστ αποσύνθεσης, τα δοκίμια που εμποτίστηκαν με τα νανομεταλλικά σκευάσματα εκτίθενται στο μύκητα *Antrodia sp.* Οι απώλειες μάζας έφτασαν στο 19-35%. Τα δείγματα που εμποτίστηκαν σε θειϊκό χαλκό είχαν τη χαμηλότερη απώλεια μάζας (19%). Δεν υπήρχε καμία απόδειξη ότι τα δείγματα νανοχαλκού και νανοψευδαργύρου βελτίωσαν την αντοχή σε αποσύνθεση.



Εικόνα 2.11. Ο μύκητας *Antrodia sp.*

Η έκθεση των δειγμάτων που εμποτίστηκαν με νανοχαλκό και θειϊκό χαλκό στο μύκητα *G. Trabeum* έδειξε πως ο νανοχαλκός είχε καλύτερα αποτελέσματα (3-15%). Για τον λευκό μύκητα (*T. Versicolor*) τα αποτελέσματα έδειξαν πως για τα εμποτισμένα δείγματα, η απώλεια μάζας έφτανε το 10% και για τα μη εμποτισμένα στο 31%.

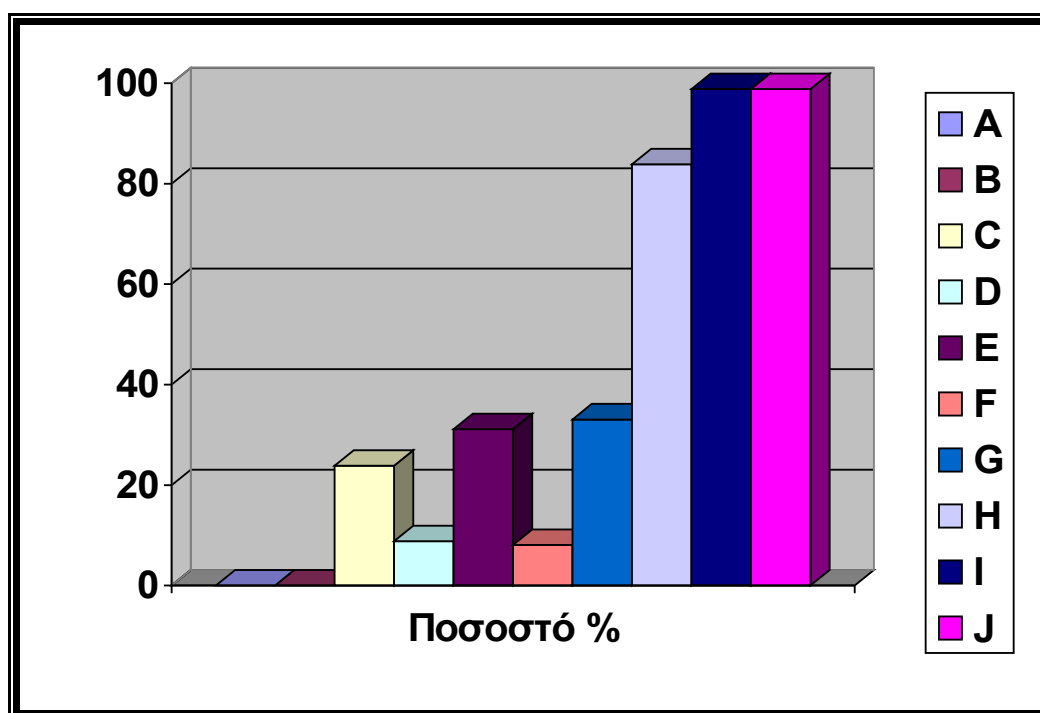
Αντίθετα τα δείγματα που εκτέθηκαν στον καφέ μύκητα δεν έδειξαν κάποια διαφορά στην απώλεια μάζας. Ο εμποτισμός τους έγινε με νανοψευδάργυρο με και χωρίς ασήμι και οξείδιο του ψευδαργύρου. Τα δείγματα που περιείχαν και επιφανειοδραστική ουσία στο διάλυμά τους είχαν λιγότερη απώλεια μάζας κατά 10%. Αυτό δείχνει ότι η επιφανειοδραστική ουσία μπορεί να έχει αντιμυκητιακές ιδιότητες (*Kartal et al. 2009*).



Εικόνα 2.12. Μύκητες σήψης *G. Trabeum* & *T. Versicolor*.

2.4.4. Αποτελέσματα έκπλυσης νανοστοιχείων

Τα δεδομένα έκπλυσης αντιπροσωπεύουν 9 χρονικά διαστήματα χειρισμών. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν μέσα σε μπουκάλι των 500ml με 100ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια υποβάλλονται σε μια ήπια ανατάραξη για 14 μέρες. Τα στοιχεία συλλέχτηκαν μετά από 6 ώρες και για 1,2,4,6,8,10,12, και 14 μέρες. Η έκπλυση του νανοχαλκού από τα επεξεργασμένα δείγματα του ξύλου ήταν και μετά βίας ανιχνεύσιμη, αλλά τα ποσοστά έκπλυσης του θειικού χαλκού ήταν σημαντικά ως την δεύτερη μέρα.



Γράφημα 2.1. Ποσοστό εκπλυσιμότητας νανοστοιχείων από ξύλο.

A - Νανοχαλκός + επιφανειοδραστική ουσία B - Νανοχαλκός C - Θειικός χαλκός

D - Νανοψευδάργυρος + επιφανειοδραστική ουσία E - Νανοψευδάργυρος

F - Νανοψευδάργυρος/ασήμι + επιφανειοδραστική ουσία G - Νανοψευδάργυρος/ασήμι

H - Θειικός ψευδάργυρος I - Νανοβόριο J - Βορικό οξύ

Υπήρχαν σημαντικές διαφορές παρακράτησης της χημικής ουσίας που εμποτίστηκε στα δείγματα ξύλου, ανάλογα με το μέγεθος. Για παράδειγμα το λεπτό δείγμα (25x25x5mm) είχε 40% υψηλότερη διατήρηση της χημικής ουσίας νανοχαλκού και 21% διατήρηση του θειικού χαλκού (CuSO_4) σε σχέση με άλλα δείγματα μεγαλύτερου πάχους (19x19x19mm). Ωστόσο αυτό δεν ισχύει για το σκεύασμα ψευδαργύρου.

Νανοσκευάσματα ψευδαργύρου και επιφανειοδραστική ουσία είχαν υψηλότερη παρακράτηση χημικών περίπου 31%. Αντίστοιχα ο νανοψευδάργυρος χωρίς την επιφανειοδραστική ουσία είχε 17%.

Η δοκιμή έκπλυσης των νανοπαρασκευασμάτων του ψευδαργύρου με ασήμι έδειξε χαμηλή έκπλυση των νανομετάλλων σε σύγκριση με το ποσοστό του θειϊκού ψευδαργύρου. Οι ρυθμοί έκπλυσης του νανοβορίου και του βορικού οξύ ήταν σχεδόν παρόμοιοι και γρήγορη μέχρι την τέταρτη μέρα, το νανοβόριο υπερβαίνει το βορικό οξύ την έκτη μέρα.

Για τις διαφορές αυτές που υπάρχουν στην έκπλυση των νανομετάλλων μπορεί να ευθύνονται και οι δυνάμεις Van der Waals* (*Kartal et al. 2009*).

**Van der Waals*: ασθενής χημικός δεσμός μεταξύ μορίων, του οποίου το βαθύτερο αίτιο είναι οι ιδιότητες του κενού. Δεσμοί *Vander-Waals* καθορίζουν τις ιδιότητες του νερού και άρα όλες τις βιολογικές διεργασίες.

2.4.5. Προστασία του ξύλου από την υπεριώδη ακτινοβολία

Σήμερα, η φθορά που προκαλείται από την υπεριώδη ακτινοβολία αποτελεί ένα ολοένα επιδεινούμενο πρόβλημα για την κοινωνία του ανθρώπου. Από τις ακρυλικές βαφές μέχρι το δέρμα του ανθρώπου – εκατομμύρια είδη επιφανειών είναι ευαίσθητα στην βλάβη που προκαλεί η υπεριώδης ακτινοβολία (UV).

Υπάρχουν πολλά υλικά για φιλτράρισμα της υπεριώδους ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται ευρέως στα χρώματα, τα καλλυντικά. Τα περισσότερα έχουν οργανική βάση, όπως η διφαινυλοκετόνη, αλλά οι περισσότεροι παράγοντες *μπλοκαρίσματος* υπεριώδους ακτινοβολίας που έχουν οργανική βάση είναι τοξικοί και σταδιακά χάνουν την αποτελεσματικότητά τους λόγω φθοράς από την υπεριώδη ακτινοβολία. Με την προώθηση των νανοτεχνολογιών, καινοτόμοι ανόργανοι *νάνο παράγοντες μπλοκαρίσματος* υπεριώδους ακτινοβολίας συνθέτουν μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία.

Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι για εφαρμογή των τεχνολογιών *μπλοκαρίσματος* της υπεριώδους ακτινοβολίας: ως πρόσθετα και ως υλικά επικάλυψης.

Η επικάλυψη είναι ένας καινοτόμος τρόπος εφαρμογής, για σκοπούς *μπλοκαρίσματος* της υπεριώδους ακτινοβολίας. Υπάρχουν μια σειρά από προϊόντα επικάλυψης που είναι διαφανή στο ορατό φως και μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορα είδη επιφανειών. Η απλή επικάλυψη του υποστρώματος με μερικές εκατοντάδες νανόμετρα φιλμ προσφέρει προστασία έναντι της υπεριώδους ακτινοβολίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν σε κάθε εφαρμογή, ιδιαίτερα σε εκείνες όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα ([Http://nanopieria.gr](http://nanopieria.gr))

Το ξύλο υποβαθμίζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία κυρίως λόγω της αστάθειας του πολυμερούς της λιγνίνης, έτσι χάνεται η αρχική του εμφάνιση και γίνεται πιο γκριζό, παρόλο που υπάρχουν άχρωμα επιστρώματα που μπορεί να παραχθούν και να κρατήσουν την UV ακτινοβολία σταθερή. Η υποβάθμιση του υποστρώματος οδηγεί σε πρόωρη βλάβη του συστήματος επίστρωσης.

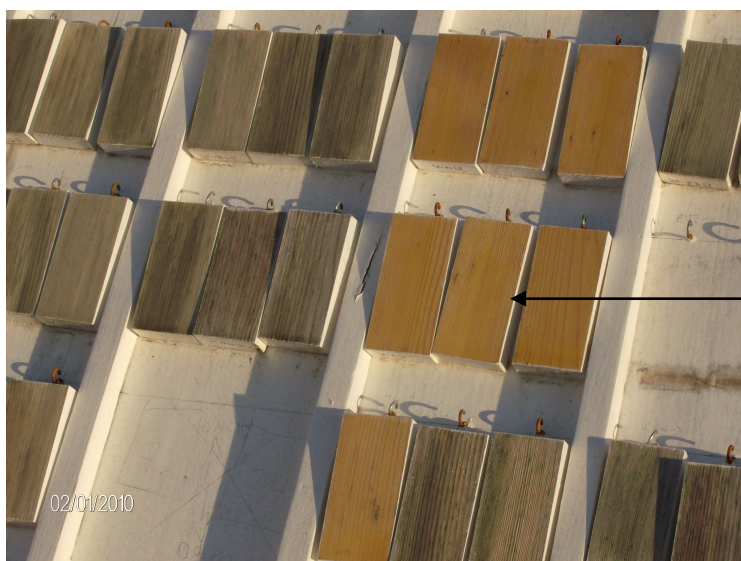
Η ακετυλίωση έχει χρησιμοποιηθεί ως μια πιθανή μέθοδο για την τροποποίηση της χημικής φύσης του υποστρώματος έτσι ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Η προστασία αυτή θεωρείται ότι προκύπτει λόγω της παραγωγής του ακετυλικού υπεροξειδίου κατά την διάρκεια της έκθεσης η οποία οδηγεί σε λεύκανση των ινών. Κάποιες άλλες εναλλακτικές εμποτιστικές ουσίες όπως διϋδροξύ – βενζοφαινόνη (DHBP) βελτιώνουν την απόδοση των επιστρωμάτων σε ξύλο.

Μια πρόσφατη έρευνα για αλλαγές χρώματος σε ξύλινες επιφάνειες (*Sahin and Mantanis 2010*) επικεντρώθηκε σε 5 είδη ξύλου (δασική πεύκη, ελάτη, ρόμπολο, καστανιά και κερασιά) τα οποία τροποποιήθηκαν με σωματίδια νανοτεχνολογίας.

Τα πέντε είδη χωρίστηκαν σε δοκίμια control και treated και μελετήθηκαν για τις αλλαγές του χρώματος πάνω στην ξύλινη επιφάνεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια αποτελεσματικότητα των αντί UV προστατευμένων επιφανειών. Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις παρατηρήθηκαν στην κερασιά και λιγότερο στην καστανιά. Ωστόσο, η UV ακτινοβολία φαίνεται να αλλάζει πιο πολύ την κίτρινη επιφάνεια των κωνοφόρων ειδών παρά των πλατυφύλλων που έχουν μεγαλύτερη σκληρότητα, όπως η κερασιά και καστανιά. Οι αντί UV επιφάνειες των πλατυφύλλων ξύλου απέδωσαν μεγαλύτερη στιλπνότητα σε σύγκριση με τα αντί UV των κωνοφόρων ειδών, όπως ελάτη και δασική πεύκη. Ωστόσο η απευθείας σύνδεση με ομοιοπολικούς σταθεροποιητές UV φαίνεται να οδηγεί σε βελτίωση των επιδόσεων.

Μετά από 12 μήνες έκθεσης των δειγμάτων σε ηλιακή ακτινοβολία και στα δύο μέρη (control και treated) ήταν εμφανή τα σημάδια αλλοίωσης των επιφανειών όμως το γκριζάρισμα των επιφανειών είχε μειωθεί σημαντικά.

Η νανοπροστασία με οξείδιο του ψευδαργύρου σε συγκέντρωση 2,5% παρέχει ουσιαστική αντίσταση στην απορρόφηση του νερού μετά από 12 μήνες υπαίθριας έκθεσης. Το συμπέρασμα είναι ότι νανοξείδια του ψευδαργύρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νέες συνθέσεις συντηρητικών ξύλου για να δώσουν αντοχή στην έκπλυση, στην UV ακτινοβολία και την απορρόφηση του νερού (Sahin and Mantanis 2010).



Εικόνα 2.13. Χρωματικές διαφορές στα δείγματα control (αριστερά) και στα δείγματα treated (δεξιά) ξύλου πεύκου. Δεξιά τα δείγματα έχουν δεχτεί χειρισμό προστασίας νανοσκευάσματος έναντι της UV (αρχείο: Γ. Μαντάνης 2010).

2.5. Η μείωση της διόγκωσης σε προϊόντα ξύλου

Η ινώδης φύση του ξύλου το καθιστά ένα ευέλικτο και πρωταρχικό υλικό για διάφορες χρήσεις. Ωστόσο δυο ιδιότητες περιορίζουν την χρήση του.

- Μεταβολή των διαστάσεων όταν υποβάλλονται σε διακυμάνσεις υγρασίας.
- Ευαισθησία σε βιοαποδόμηση από τους μικροοργανισμούς.



Εικόνα 2.13. Ξύλινη επιφάνεια τροποποιημένη με νανοσωματίδια (δεξιά).

Η διαφορετική υγρασία που μπορεί να περιέχουν τα ξύλα διαμορφώνει και μια διαστασιακή αστάθεια η οποία μπορεί να μειώσει την αξία του και να θέσει σε κίνδυνο τον συνδυασμό του ξύλου με άλλα υλικά (κόλλα, επιφανειακές επεξεργασίες). Μέχρι πρόσφατα οι αδυναμίες αυτές αντιμετωπίζονταν με εμποτισμό της ξυλείας με υδρόφοβες ουσίες (όπως έλαια, σιλικόνες, πενταχλωροφαινόλη, άλατα αρσενικού, καλίου, ψευδαργύρου κ.λπ.) Επίσης το ξύλο μπορεί να τροποποιηθεί χημικά ή θερμικά, να μειωθεί έτσι η διαστασιακή αστάθεια. **!**

Οι πιο αποτελεσματικές μέθοδοι εμποτισμού του ξύλου είναι αυτές που γίνονται σε κλειστό κύλινδρο με άσκηση πίεσης και κενού μέσα στον κύλινδρο. Με τον τρόπο αυτό το υγρό εμποτιστικό εισχωρεί μέσα στα κενά του ξύλου και έτσι επιτυγχάνεται πλήρης προστασία του ξύλου. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο αποτελεσματική και επιβάλλεται σε εξωτερικές εφαρμογές του ξύλου και ειδικότερα όταν η κατασκευή μας έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή το νερό ή είναι μέσα στο έδαφος (στυλοί, στρωτήρες, περιφράξεις, γέφυρες, μη εμφανείς στέγες, κλπ).

Μια επιλογή για την βελτίωση της υγροσκοπικότητας της συμπαγούς ξυλείας είναι η αξιοποίηση της νανοτεχνολογίας και οι λύσεις που προσφέρει. Η χρήση της νανοτεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε μια νέα γενιά προϊόντων που θα έχουν καλύτερη απόδοση και θα χρησιμοποιηθούν σε δύσκολα περιβάλλοντα. Είναι γνωστό ότι το πορώδες κυτταρικό τοίχωμα του ξύλου αποτελείται από την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την λιγνίνη. Έτσι

είναι εύκολη η διείσδυση των νανοσωματιδίων στο πορώδες του ξύλου και αλλάζει ουσιαστικά η χημεία των επιφανειών, καθώς τα νανοσωματίδια καλύπτουν την πολύ μεγάλη εσωτερική επιφάνεια του ξύλου. Αυτό οδηγεί σε υψηλή προστασία από την υγρασία.

Η σύνθεση του υδατικού διαλύματος *Surfapore W* αποτελείται από τρία διαφορετικά μεγέθη νανοσωματιδίων, ειδικά σχεδιασμένα για να εισχωρήσουν στη μάζα του ξύλου. Τα μικρότερα μεγέθη προορίζονται να διεισδύσουν μέσα στα τριχοειδή αγγεία και σχηματίζουν δεσμούς με τις ομάδες υδροξυλίων που υπάρχουν στην κυτταρίνη. Τα μεγαλύτερα νανοσωματίδια προορίζονται να διεισδύσουν στο κατάλληλο βάθος και αντιδρούν με τα πολυμερή του ξύλου. Τέλος η διαμόρφωση συμπληρώνεται από ένα γαλάκτωμα παραφίνης που έχει ως στόχο να προστατέψει την επιφάνεια και να διατηρήσει την φυσική όψη του ξύλου χωρίς να την αλλάξει.

Φαίνεται λοιπόν ότι η διείσδυση των νανοσωματιδίων έχει ως αποτέλεσμα την υψηλότερη προστασία από την υγρασία που προσροφά το ξύλο.

2.6. Η μείωση της κατά πάχους διόγκωσης των ξυλοπλακών

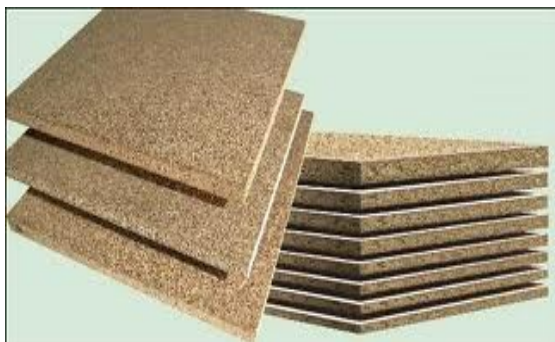
Το βασικό μειονέκτημα των ξυλοπλακών στην τελική χρήση είναι διαστασιακή τους αστάθεια, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή του συμπαγούς ξύλου. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής πίεσης που ασκείται κατά την παραγωγή τους. Σημαντικό ρόλο παίζει η πυκνότητα της ξυλοπλάκας, η διάταξη της πρώτης ύλης και η ποσότητα της συγκολλητικής ουσίας. Σήμερα υπάρχουν διάφορες μέθοδοι χειρισμών που μπορούν να χωριστούν σε τρία διαφορετικά μέσα εφαρμογής.

Προεπεξεργασία μετά το χειρισμό και την τεχνολογία παραγωγής είναι η πρώτη ομάδα, περιλαμβάνει τις μεθόδους που εξελίσσουν την μεταχείριση εφαρμόζοντας στα πάνελ θερμική συμπίεση και τροποποιούν θερμικά τα ξυλοτεμαχίδια (χημική ή θερμική τροποποίηση των ξυλοτεμαχιδίων ή ινών).

Δεύτερη μέθοδος είναι οι χειρισμοί που εφαρμόζονται στην ξυλοπλάκα μετά την έξοδο από την πρέσα, κυρίως επάλειψη με έλαια ή έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τελευταία μέθοδος είναι οι χειρισμοί που εφαρμόζονται στο στρωματωμένο υλικό πριν αυτό οδηγηθεί στην πρέσα για συγκόλληση. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη βελτίωση περιεκτικότητας σε ανθυγροσκοπικά υλικά. Ωστόσο, μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις είναι να εντοπιστούν συμβατοί συνδυασμοί υδροαπωθητικών χημικών ουσιών και κόλλες.

Το Surfapore W είναι ένα υδατικό διάλυμα εύκολο στην εφαρμογή. Δεν περιέχει συντηρητικά ή άλλους επικίνδυνους διαλύτες και μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα ως αστάρι πριν την εφαρμογή του βερνικιού ή άλλης επένδυσης. Η εφαρμογή του μπορεί να γίνει με ρολό, πινέλο ή με ψεκασμό.



Εικόνα 2.14. Ξυλοπλάκες OSB και μοριοσανίδες

Το σκεύασμα νανοτεχνολογίας Surfapore W χρησιμοποιήθηκε σε μοριοσανίδες, MDF και OSB. Η πυκνότητα των προϊόντων ήταν 0,66, 0,70 και 0,63 g/cm³ για μοριοσανίδες, MDF και OSB αντίστοιχα, ενώ το πάχος ήταν 18, 16 και 15mm. Τα δείγματα κόπηκαν 50x50mm και τοποθετήθηκαν για 30 δευτερόλεπτα στο υδατικό διάλυμα νανοτεχνολογίας. Η διόγκωση κατά την τοποθέτηση ήταν αμελητέα. Η πρόσληψη του Surfapore W ήταν 110, 135 και 155 g/m² της επιφάνειας των πλακών OSB, μοριοσανίδας και MDF.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν την βελτίωση και σταθερότητα των διαστάσεων. Την υψηλότερη βελτίωση είχε το MDF (13,6%), στις μοριοσανίδες (12,1%) και το OSB είχε την χαμηλότερη (9,9%). Το MDF εμφάνισε μεγαλύτερη βελτίωση επειδή είναι πιο ομογενές υλικό. Η χαμηλότερη βελτίωση στο OSB μπορεί να οφείλεται στο ότι ασκούνται μεγάλες πιέσεις κατά την παραγωγή του. Η βελτίωση αυτή αποδείχτηκε σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (*Mantanis and Papadopoulos 2010*).

Πίνακας 2.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες της ουσίας Surfapore W

Χρώμα	γαλακτώδες
Σημείο βρασμού	>100 °C
pH	8,8
Ειδικό βάρος	0.98 g/cm ³
Ιξώδες	20 mPa.s
Περιεκτικότητα σε VOC	38 g/L (EU limit 130 g/L)
Περιεκτικότητα σε στερεά	14.32% w/v

2.7. Νανοτεχνολογία για πυροπροστασία του ξύλου

Τα νανοσωματίδια οργανώνονται μετά την σύλληψή τους σε μία στρώση (επίστρωση) και συνδέονται στενά με την επιφάνεια. Έτσι οι επιφάνειες είναι λείες και για αυτό το λόγο δεν είναι απορροφητικές, τότε τα σωματίδια δικτυώνονται γερά μέσα στην επιφάνεια και με αυτόν τον τρόπο προστατεύουν. Το προτέρημα μίας νανοεπικάλυψης είναι ότι το αντικείμενο μετά την σκλήρυνση μπορεί να συνεχίσει να επιβαρύνεται χημικά και μηχανικά. Αντέχει στην ζέστη μέχρι μια θερμοκρασία 450 °C καθώς και στο ψύχος. Το αποτέλεσμα είναι να έχει μεγαλύτερη αντοχή και με μια φυσιολογική χρήση και να μην προκαλείται σχεδόν καμία μηχανική φθορά.



Η πυροπροστασία του ξύλου είναι μια προστατευτική επικάλυψη για το σχετικό υλικό σε περίπτωση πυρκαγιάς – που βασίζεται σχεδόν στη φύση, έχοντας ως κύριο συστατικό το νερό δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο επάνω του ένα μονωτικό στρώμα. Το προστατευόμενο υλικό μπορεί να αποτελείται εντελώς από ξύλο, τάβλες από μελαμίνη ή επικαλυμμένο κόντρα-πλακέ για στεγνούς εσωτερικούς χώρους.

Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας για πυροπροστασία του ξύλου είναι ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον (άοσμα και δεν περιέχουν αλογόνα, βαρέα μέταλλα ή διαλυτικά μέσα).

Μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα (βαφή με πινέλο, ρολό ή ψεκαστήρα) και εντελώς διαφανές. Τα προϊόντα για την πυροπροστασία του ξύλου περιέχουν, ως κύριο συστατικό, έναν υδρογονάνθρακα από άμυλο αραβοσίτου ή πατάτας. Το προστατευτικό στρώμα που θα δημιουργηθεί, αναπτύσσει σε περίπτωση φωτιάς και εκπεμπόμενης θερμότητας αέρια που δεν καίγονται (με αμελητέα παραγωγή καπνού). Προστατεύει έτσι το ξύλο από την επίδραση της φωτιάς, σχηματίζοντας ένα μονωτικό αφρώδες στρώμα, κατά της θερμότητας, από άνθρακα.

Οι περιοχές εφαρμογής του σκευάσματος πυροπροστασίας:

- Σχολεία και παιδικοί σταθμοί
- Στρατόπεδα
- Διατηρητέα κτίρια
- Ξύλινα σπίτια
- Γενικά ξύλινες επιφάνειες

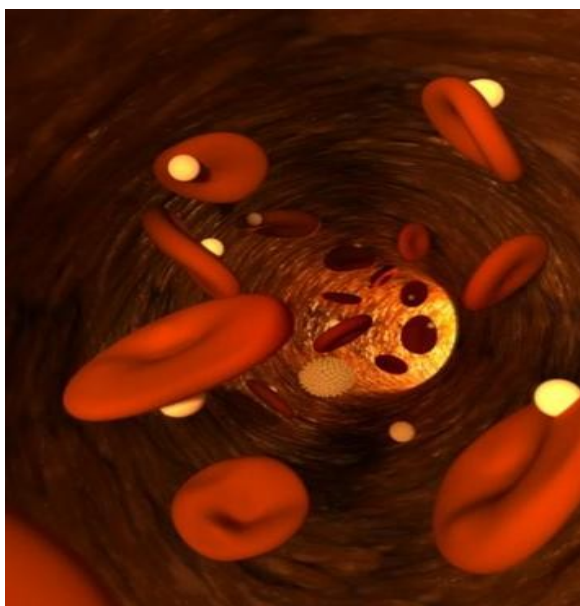
2.8. Πιθανοί κίνδυνοι για τον άνθρωπο

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, οι παρούσες γνώσεις μας για την τοξικότητα των νανοσωματιδίων είναι περιορισμένες. Έντονη είναι η διαφωνία που υφίσταται στους κόλπους της επιστημονικής κοινότητας και σχετίζεται με την έλλειψη συστηματικής έρευνας των κινδύνων της νέας τεχνολογίας.

Πριν από πέντε περίπου χρόνια μια ομάδα ερευνητών από τον Καναδά βρήκε μετά από μελέτες ότι όσο μικρότερα τα σωματίδια που μπαίνουν μέσα σε έναν οργανισμό, σε τόσο μικρότερα συστήματά του μπορούν να διεισδύσουν. Τα νανοσωματίδια μπορούν λοιπόν να εισέλθουν σε κύτταρα και να συγκεντρωθούν μέσα σε ζωτικά όργανα. Τα νανοσωματίδια είναι τόσο μικρά που μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη του κυττάρου αλλά ταυτόχρονα έχουν μέγεθος ικανό να μεταφέρει στο DNA ξένο υλικό.

Μικροσκοπικά σωματίδια άνθρακα, χρυσού, μεταλλοξειδίων και λιπίδια ήταν τα βασικά συστατικά της νανοτεχνολογίας πρώτης γενιάς.

Άλλα πειράματα σε ποντίκια έδειξαν ότι εισπνεόμενα νανοσωματίδια μεταφέρονταν στον εγκέφαλο προκαλώντας ανεπανόρθωτες ζημιές εκεί. Άλλες έρευνες έδειξαν ότι τα μικροσωματίδια αυτά προκαλούν ένα είδος οξειδωτικού στρες στα κύτταρα που οδηγεί σε φλεγμονές. Το συμπέρασμα είναι ότι οι ίδιες ιδιότητες που καθιστούν τη νανοτεχνολογία τόσο ελκυστική, είναι και αυτές που επιφέρουν προβλήματα και δυσλειτουργίες στους ζωντανούς οργανισμούς, ειδικότερα όταν αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα. Και ενώ οι απόψεις για την τοξικότητα συνεχίζουν να δίστανται, δεν είναι λίγες οι φορές που 3 ή 5 διαφορετικές ερευνητικές ομάδες βγάζουν διαφορετικά μεταξύ τους αποτελέσματα κάνοντας τα ίδια



πειράματα δύσκολα ερμηνεύσιμα.

Το 2004 είχε εμφανιστεί μια μελέτη πάνω στα ψάρια. Τα πειράματα έδειξαν ότι όταν εκτέθηκαν σε νανοσωματίδια, γρήγορα αυτά συγκεντρώθηκαν στον εγκέφαλό τους βλάπτοντας τον σε μεγάλο βαθμό. Λίγο καιρό αργότερα, άλλοι επιστήμονες που έκαναν το ίδιο πείραμα ήρθαν στο συμπέρασμα ότι τα ψάρια τα έβλαψε μια άλλη ουσία (ένας διαλύτης) και όχι τα μικροσωματίδια της τεχνολογίας αυτής.

Τον τελευταίο καιρό όλο και συχνότερες είναι οι ανησυχίες επιστημόνων που ισχυρίζονται ότι τα νανοσωματίδια που κατασκευάζει ο άνθρωπος και τα οποία είναι τόσο πολλά υποσχόμενα, βλάπτουν ανεπανόρθωτα τα κύτταρα των πνευμόνων, εφόσον εύκολα, μέσω της αναπνοής διεισδύουν εκεί. Ειδικά για τους εργαζόμενους στον τομέα της νανοτεχνολογίας υπάρχει ο συνεχής και ταυτόχρονα άγνωστος κίνδυνος για την υγεία τους, με άγνωστες συνέπειες σε αυτή. Ακόμη χειρότερα είναι τα πράγματα για το περιβάλλον: η συσσώρευση μικροσωματιδίων της εν λόγω τεχνολογίας στο περιβάλλον εγκυμονεί και αυτή μεγάλους κινδύνους, μιας και εδώ δεν υπάρχουν στοιχεία από έρευνες και στατιστικές μελέτες. Σποραδικά εμφανίζονται οργανώσεις και οργανισμοί, οι οποίοι προσπαθούν να «τυποποιήσουν» κάποια δεδομένα για την νανοτεχνολογία και την ασφαλή χρήση των προϊόντων της. Παρά ταύτα στον τομέα αυτό δεν έχουν επενδυθεί σοβαρά κεφάλαια, λείπει η εξειδίκευση και το προσωπικό. Η φαρμακευτική εταιρία *Novartis*, στα πλαίσια του δικού της «αυτοέλεγχου» για την ασφάλεια των φαρμάκων της με νανοτεχνολογία, υποσχέθηκε να χρησιμοποιεί σωματίδια που μπορεί ο ανθρώπινος οργανισμός έστω και σε βάθος χρόνου να αποβάλλει.

Κριτικοί, όπως π.χ. ο οργανισμός *Friends of the Earth*, έχουν πάντως επισημάνει ότι τέτοιου είδους μέτρα παίρνονται κυρίως για να ριχτεί στάχτη στα μάτια των κυβερνήσεων και να μην θεσπιστούν νόμοι για αυστηρότερους ελέγχους, ή γιατί οι εταιρίες δεν έχουν τα χρήματα για να χρησιμοποιήσουν πιο εξελιγμένα άρα και πιο επικίνδυνα υλικά. Η ειδική οδηγία της E.E. η γνωστή REACH (ερευνά και καταγράφει κάποιες χημικές ουσίες που παράγονται ή εισάγονται στις χώρες της Ευρώπης), έχει και αυτή νομικά κενά σε σχέση με την νανοτεχνολογία. Εδώ υπάρχει υποχρέωση καταγραφής των τεχνητών ουσιών που παράγονται ή εισάγονται στην E.E. μόνον εφόσον αυτές ξεπερνούν ετησίως έναν τόνο βάρους. Έτσι διαφεύγουν όλα τα μικροσωματίδια που παράγονται σε ποσότητες μερικών γραμμαρίων το πολύ (πηγή: <http://zenithmag.wordpress.com>).

Άλλες έρευνες έδειξαν ότι μικροσκοπικά σφαιρίδια που χορηγούνται ενδοφλεβίως θα μπορούν στο μέλλον να εντοπίζουν τα καρκινικά κύτταρα και να απενεργοποιούν τα γονίδια που τροφοδοτούν τους όγκους. Όταν εισαχθούν στην κυκλοφορία του αίματος, τα νανοσωματίδια εξαπλώνονται σε όλο το σώμα μέχρι να συναντήσουν τα καρκινικά κύτταρα που φέρουν τον συγκεκριμένο υποδοχέα. Τα νανοσφαιρίδια μπαίνουν τότε μέσα στα καρκινικά κύτταρα και διαλύονται.

2.9. Προστασία του περιβάλλοντος

Με την όλο και πιο έντονη παρουσία των σημαδιών της κλιματικής καταστροφής που λαμβάνει χώρα, ολοένα και περισσότερο άρχισαν οι επιστήμονες να ψάχνουν τρόπους για προϊόντα που θα «προστάτευαν» με τον ένα ή άλλο τρόπο το περιβάλλον και θα προερχόταν από τα εργαστήρια της νανοτεχνολογίας. Και πράγματι τα πρώτα βήματα έγιναν στον τομέα των επαναφορτιζόμενων μπαταριών οι οποίες εκμεταλλευόμενες την τεχνολογία αυτή, μπορούν να δουλεύουν για περισσότερο χρόνο έχοντας ταυτόχρονα και μεγαλύτερο αριθμό φορτίσεων (οι μπαταρίες αυτές περιέχουν νανοσωλήνες άνθρακα). Μεγάλες ελπίδες υπάρχουν και στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία μπορεί να έχουν πλέον πάχος δέκατα του χιλιοστού, έχοντας και βελτιωμένη απόδοση. Θα μπορούν έτσι να αναπαράγουν την ενέργεια που χρειάστηκε για την κατασκευή τους σε μόλις ένα έτος, όταν τα συμβατικά φωτοβολταϊκά χρειάζονται σήμερα 3 έτη.

Τα νανοσωματίδια έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν το ενεργειακό κόστος, και να βελτιώσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Οι επιφανειακές επεξεργασίες (ξύλου, πέτρας) μπορούν να μειώσουν σε σημαντικό βαθμό τη χρήση χημικών καθαριστικών και την εξοικονόμηση νερού αλλά και του κόστους συντήρησης.

Το βρετανικό υπουργείο περιβάλλοντος δημοσίευσε μάλιστα μια έκθεση το 2007, η οποία μεταξύ άλλων έλεγε πως αν επενδυθούν τα ανάλογα ποσά στην τεχνολογία αυτή για την προστασία του περιβάλλοντος, θα μπορούσαν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου να μειωθούν κατά 20% μέχρι το έτος 2050!

Και εδώ ξαναγεννιέται το ερώτημα μήπως τελικά η νανοτεχνολογία έχει περισσότερες ευκαιρίες απ' ότι ρίσκα; Σίγουρη απάντηση δεν υπάρχει προς το παρόν, χρειάζεται ακόμη πολυετής έρευνα πάνω στις δυνατότητες αυτών των υλικών, ηθική και προπάντων ψυχραιμία. (πηγή: <http://zenithmag.wordpress.com>).

2.10. Πλεονεκτήματα της ναυοτεχνολογίας



- Δεν επηρεάζει την οπτική εμφάνιση του ξύλου.
- Τεράστια οικονομία χρημάτων, από εξοικονόμηση ενέργειας.
- Προστασία από την UV ακτινοβολία.
- Μεγάλη διάρκεια προστασίας και εύκολο καθάρισμα της επιφάνειας.

Εικόνα 2.15. Ξύλινες εξωτερικές επιφάνειες τροποποιημένες με ναυοσκευάσματα.

- Τεράστια αντοχή σε τριβές
- Εύκολη εφαρμογή, γρήγορο στέγνωμα
- Άμεση χρήση μετά την εφαρμογή του προϊόντος
- Διατηρεί τη δυνατότητα αναπνοής της καλυπτόμενης επιφάνειας
- Ανθεκτικό σε πίεση πλύσης (50-60 bar)
- Εξαιρετική αντίσταση στον παγετό
- Μη χημικό – άοσμο
- Δεν επιτρέπει να δημιουργηθούν βρύα ή μύκητες ή μαυρίλες
- Δεν επηρεάζεται από την κακοκαιρία
- Δεν επιτρέπει στην υγρασία να διαπεράσει την προστατευμένη επιφάνεια
- Ιδανικό για παραθαλάσσιες περιοχές , δεν αφήνει το αλάτι να διαβρώσει το ξύλο.

2.11. Τρόποι χρήσης νανοπροϊόντων

Ο τρόπος εφαρμογής των νανοπροϊόντων σε μια ξύλινη επιφάνεια γίνεται με απλό ψεκασμό, όπου οι επιφάνειες ψεκάζονται σε δύο κύκλους εργασιών (ανάλογα με την απορροφητικότητα της επιφάνειας). Αρχικά γίνεται ο πρώτος ψεκασμός και πριν στεγνώσει η πρώτη επίστρωση θα πρέπει να ακολουθήσει και η δεύτερη. Εφ' όσον η επιφάνεια είναι μεγάλη θα πρέπει η εργασία να γίνεται μέτρο προς μέτρο έτσι ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση αρκετού υλικού στην επιφάνεια. Άλλου είδους τεχνικές εφαρμογής είναι το πινέλο ή ρολό βαψίματος. Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής αλλάζει και η ποσότητα κατανάλωσης.

Η ποσότητα κατανάλωσης που απαιτείται κάθε φορά έχει να κάνει με την μέθοδο εφαρμογής και τον τύπο της επιφάνειας, κυμαίνεται μεταξύ 30ml/m² και 200ml/m². Αυτό σημαίνει ότι με 1 λίτρο μπορούμε να καλύψουμε επιφάνειες από 5m² έως 33m². Ως προϋπόθεση συνιστάται πρώτα μία δοκιμή σε κάθε επιφάνεια προκειμένου να διαπιστωθεί η απορροφητικότητα της.

Ο χρόνος ωρίμανσης που χρειάζεται μετά από την επίστρωση του διαλύματος κυμαίνεται περίπου από 24 έως 48 ώρες (θερμοκρασία 20 °C). Ο χρόνος που απαιτείται για την πλήρη σκλήρυνση μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η προστασία των νανοπροϊόντων φτάνει έως 8 χρόνια, υπό την προϋπόθεση ότι η τοποθέτηση του σκευάσματος έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Παρά την υψηλή τεχνολογία τους, το κόστος τους είναι χαμηλότερο λαμβάνοντας υπόψη τις τροποποιημένες ιδιότητες και το νέο χρόνο ζωής - από 1 € ανά τ.μ. επιφάνειας εφαρμογής - αλλά προφανέστατα προσδίδουν υψηλή προστιθέμενη αξία στην ξύλινη κατασκευή. Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται πως τα νέα αυτά υλικά αποτελούν σημαντική τεχνολογική εξέλιξη και θα έχουν στο άμεσο μέλλον πολλές προοπτικές εφαρμογής και στη χώρα μας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Σκοπός

3. Σκοπός

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν να μελετηθεί η επίδραση που προκαλεί η νανοτεχνολογία στη μείωση της διόγκωσης του ξύλου από την υγρασία της ατμόσφαιρας και το νερό. Τα δύο είδη ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες των πειραμάτων και δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας ήταν *δασική πεύκη* και *ελάτη* ελληνικής προέλευσης.

Η μελέτη αυτή έγινε έτσι ώστε να καταγραφούν οι διαφορές στη διόγκωση της εφαπτομενικής και ακτινικής τομής που μπορεί να υπήρχε μεταξύ των δειγμάτων treated που δέχτηκαν χειρισμό και αυτών που δεν δέχτηκαν control. Η διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου είναι θεμελιώδους σημασίας λόγω του ότι το ξύλο βρίσκει εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα κατασκευών. Έτσι έχει μεγάλη σημασία η μείωση της υγρασίας που εισέρχεται στο εσωτερικό του ξύλου, αυτό θα βοηθούσε στην καλύτερη μηχανική του κατεργασία αλλά και την καλύτερη συνεργασία με άλλα υλικά, όπως συγκολλητικές ουσίες, γυαλί, βίδες και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή επίπλων ή άλλων δομικών κατασκευών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Υλικά και μέθοδοι

4. Υλικά και μέθοδοι

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο *Εργαστήριο Τεχνολογίας Ξύλου* του Τ.Ε.Ι. Λάρισας – Παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

4.1. Υλικά

Τα δείγματα πάρθηκαν από τέσσερις τάβλες μασίφ ξύλου διαστάσεων 100x15x2,5cm. Τα είδη ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ήταν δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*) και ελάτη (*Abies sp.*) ελληνικής προέλευσης. Τα δείγματα είχαν μέσο όρο ετησίων δακτυλίων δέκα ανά cm. Η φαινομενική πυκνότητα των δειγμάτων κατά μέσο όρο είναι: δασική πεύκη: 0,55-0,58 g/cm³, ελάτη: 0,41-0,46 g/cm³. Τα δοκίμια τεμαχίστηκαν σε δισκοπρίονο σε διαστάσεις (εφαπ. x ακτιν. x αξονική) 25x25x15mm, αφού λειάνθηκαν και καθαρίστηκαν προσεκτικά για να απομακρυνθεί η περιττή ύλη, τα δείγματα τοποθετήθηκαν για δυο εβδομάδες σε θάλαμο κλιματισμού σε θερμοκρασία 20±1°C και σχετική υγρασία 65±3%.

Το σκεύασμα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα λευκό υδατικό διάλυμα της εταιρείας NanoPhos Α.Ε. το οποίο επιλέχθηκε για τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας του ξύλου και την μείωση της διόγκωσης. Το διάλυμα περιέχει νανοσωματίδια τιτανίου και μια άγνωστη παραφίνη, έχει pH ~ 8,8 με ειδικό βάρος 0,98g/cm³, ελάχιστη οσμή και σημείο βρασμού στους 100°C. Όλες οι μετρήσεις εφαπτομενικής, ακτινικής τομής και πάχους έγιναν με ηλεκτρονικό παχύμετρο ακριβείας 0,01mm.

Με το πέρας του κλιματισμού γίνεται διαχωρισμός των δοκιμίων σε control και treated ακολουθεί η αρίθμηση τους, τα δείγματα διαχωρίζονται προσεκτικά σε σειρές των δέκα για τις ανάγκες του κάθε πειράματος. Τα δείγματα που επιλέχθηκαν δεν είχαν σφάλματα στη δομή τους και επελέγησαν με μεγάλη προσοχή.



Στη συνέχεια γίνονται οι αρχικές μετρήσεις εφαπτομενικής τομής, ακτινικής τομής και του πάχους. Η μέτρηση του αρχικού βάρους και του τελικού έγιναν σε ζυγό ακριβείας. Ακολουθεί ο προσδιορισμός της φαινομενικής* πυκνότητας σε όλα τα δοκίμια για τα δυο είδη ξύλου.

$$R_{12} = M_{12} / V_{12}$$

Εικόνα 4.1. Δοκίμια ξύλου ελάτης

* Η φαινομενική πυκνότητα υπολογίζεται για πρακτικούς λόγους σε κάποια συγκεκριμένη υγρασία (συνήθως 8%, 12%, 15%) ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετεί. Δεν είναι συγκρίσιμο μέγεθος.

4.2. Μέθοδοι

Τα δείγματα treated εμβαπτίστηκαν για 15 και 30 δευτερόλεπτα (ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος) σε λουτρό που περιείχε ικανοποιητική ποσότητα του νανοσκευάσματος σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια αφού απομακρύνθηκε η περίσσια ποσότητα του σκευάσματος με απορροφητικό χαρτί, ακολουθεί η τοποθέτηση των δοκιμίων στο θάλαμο κλιματισμού για 24 ώρες.

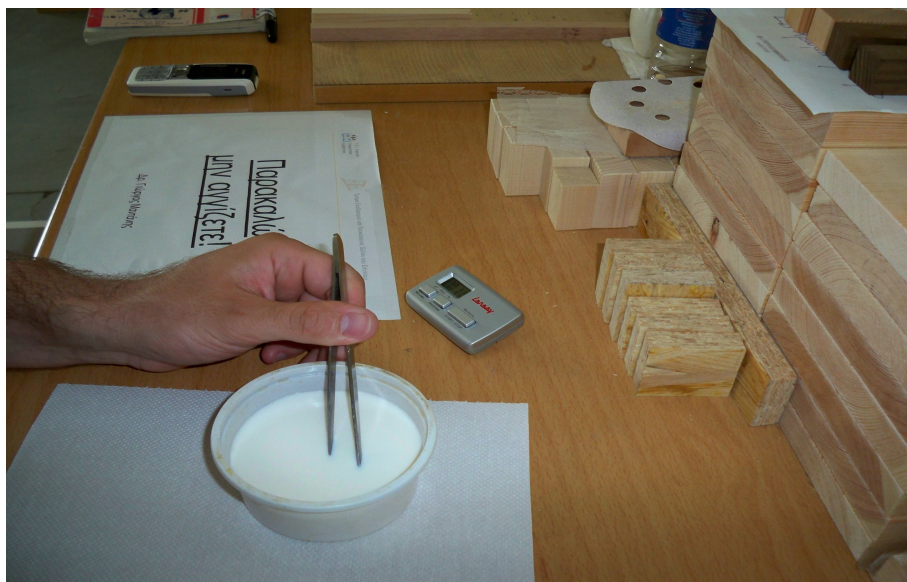
Στο δεύτερο μέρος του πειράματος μετά τον κλιματισμό, τα δοκίμια control και treated τοποθετήθηκαν μέσα στο νερό, σε χρονικές περιόδους των 15, 30, 60 λεπτών και αντίστοιχα για 2, 12 και 24 ώρες. Με το πέρας της χρονικής διάρκειας του κάθε πειράματος, ακολούθησαν οι τελικές μετρήσεις της εφαπτομενικής και ακτινικής τομής για την κάθε χρονική περίοδο ξεχωριστά στα control και treated, στη συνέχεια μετράται το τελικό βάρος. Έπειτα καθορίζεται το ποσοστό διόγκωσης στην εφαπτομενική και στην ακτινική τομή με τον τύπο:

$$\delta = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100$$

όπου, δ : ποσοστό διόγκωσης του ξύλου (%)

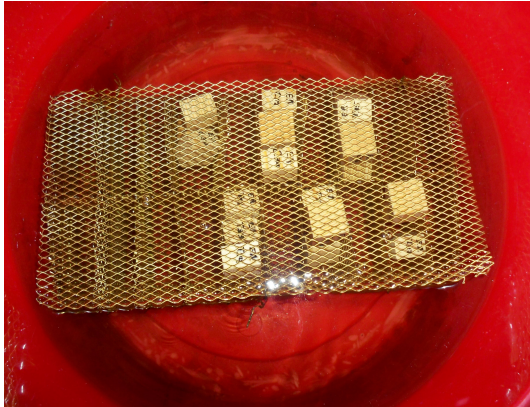
L_1 : αρχική διάσταση του ξύλου (σε περιεχόμενη υγρασία ~12%)

L_2 : τελική διάσταση του ξύλου



Εικόνα 4.2. Χειρισμός δοκιμίων ξύλου σε σκεύασμα νανοτεχνολογίας.

Στη συνέχεια ακολουθεί το τελευταίο πείραμα τα δείγματα μετρήθηκαν στις αρχικές τους διαστάσεις (εφαπτομενική, ακτινική, αξονική και αρχικό βάρος), τα δοκίμια treated εμβαπτίστηκαν στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα και τοποθετήθηκαν στο θάλαμο κλιματισμού για 24 ώρες. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες. Με το πέρασμα των δυο μηνών μετρήθηκαν οι τελικές διαστάσεις στις εφαπτομενικές, ακτινικές τομές καθώς και το τελικό βάρος για να δούμε ποια θα είναι η διαστασιακή μεταβολή ανάμεσα στα δείγματα control και treated.



Εικόνα 4.3. Τοποθέτηση των δειγμάτων στο νερό



Εικόνα 4.4. Μέτρηση των δειγμάτων με ψηφιακό παχύμετρο



Εικόνα 3.5. Caliper - αυτόματο παχύμετρο ακριβείας.

Για να διαπιστωθεί επακριβώς ο ρυθμός διάγκωσης της εφαπτομενικής τομής στα δοκίμια control και treated έγιναν μετρήσεις με το αυτόματο παχύμετρο ακριβείας (*caliper*). Τα δοκίμια treated τροποποιήθηκαν για 30 δευτερόλεπτα στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας και τοποθετήθηκαν στο θάλαμο κλιματισμού για 24 ώρες.

Για να συγκριθούν οι ρυθμοί διάγκωσης σε νερό των δοκιμίων control και treated χρησιμοποιήθηκαν τρία ζεύγη δοκιμίων για το κάθε πείραμα και για τα δυο είδη ξύλου. Τα χρονικά διαστήματα που έγιναν οι μετρήσεις των δοκιμίων ήταν των 30 δευτερολέπτων και ενός λεπτού (βλ. ρυθμοί διάγκωσης).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Πειραματικό μέρος

Κεφάλαιο 5. Πειραματικό μέρος

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΕΥΚΗΣ

Οι μετρήσεις των δοκιμίων που δεν δέχτηκαν χειρισμό (control) και αυτά που δέχτηκαν (treated), έγιναν με διαφορά ενός λεπτού. Τα δοκίμια treated τροποποιήθηκαν με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα. Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις είναι το αυτόματο παχύμετρο ακριβείας *caliper*. Το οποίο μετράει με ακρίβεια 0,01mm. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε η περίσσια ποσότητα του νανοσκευάσματος με απορροφητικό χαρτί, τα δείγματα δεν είχαν κάποια ιδιαίτερη διόγκωση λόγω της παραμονής τους μέσα στην εμποτιστική ουσία.

*Πίνακας 5.1. Διόγκωση εφαπτομενικής τομής δασικής πεύκης (διαστασιακή αύξηση).
Οι μετρήσεις έγιναν ανά λεπτό****

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/m in	(C41) 22,48	(T41) 22,46	(C42) 22,48	(T42) 22,53	(C43) 22,37	(T43) 22,51
1'	2,5	0	0,2	0	2,8	0
2'	5	0,8	3	0,3	4,5	0
3'	7,5	2	6	0,6	6	0,2
4'	9	3,1	9	1,5	7,5	1
5'	10	4,2	10,5	2,2	9	2
6'	11	5,2	11,8	3	10	2,6
7'	12	6	13	4	11	3,2
8'	13	6,8	14	4,8	12	3,5
9'	14	7,9	15	5,5	13,2	4
10'	14,8	8,8	16	6,2	14,5	4,5
11'	15,8	9,3	16,6	7	15,5	5
12'	16,7	10	17,2	7,6	16,5	6
13'	17,5	10,8	18	8	17,5	6,5
14'	18,3	11,4	19	8,4	18,5	7,5
15'	19,2	12	19,8	9	19,1	8
16'	20	12,6	20,4	9,5	20	8,5

***Για να βρεθεί ο ακριβέστατος βαθμός διόγκωσης των δοκιμίων κάνουμε: π.χ.

$$\text{Για (C41)} \quad 2,5 \times 0,01 = 0,025$$

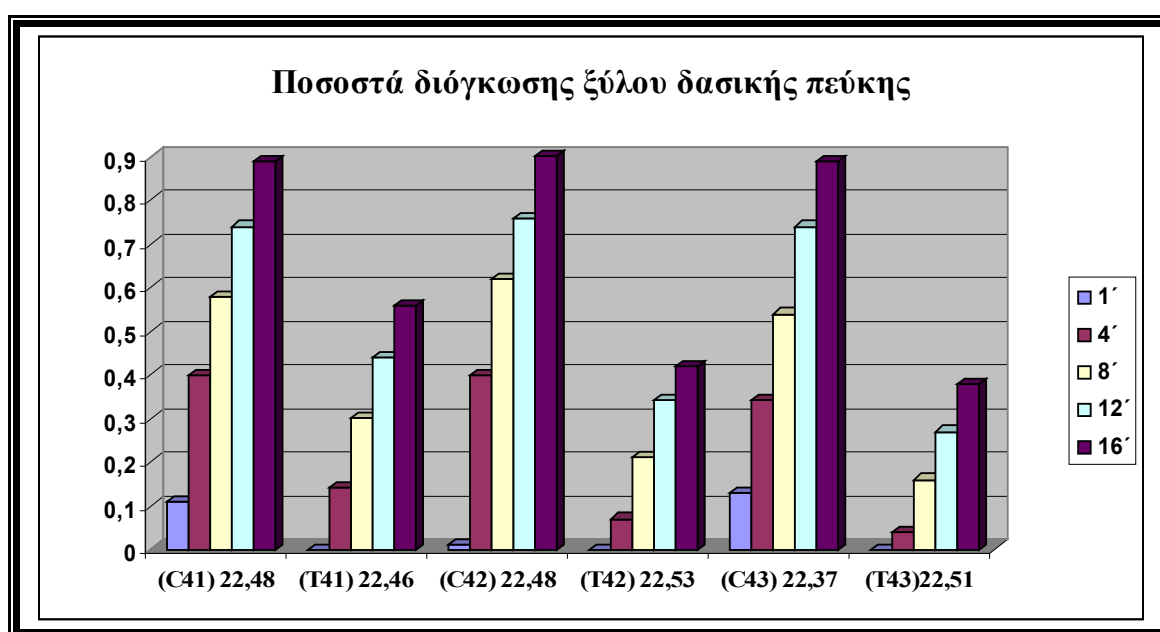
Το αποτέλεσμα προστίθεται με την αρχική μέτρηση π.χ. $22,48 + 0,025 = 22,505 \text{ mm}$

Στον παρακάτω Πίνακα 5.2 επιλέχτηκαν πέντε χρονικά σημεία του πειράματος διόγκωσης εφαπτομενικής τομής ξύλου δασικής πεύκης, έτσι ώστε να δείξουμε την διαστασιακή και ποσοστιαία αύξηση μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.2. Ποσοστά διόγκωσης (%) εφαπτομενικής τομής δοκιμίων control και treated ξύλου δασικής πεύκης.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/min	(C41) 22,48	(T41) 22,46	(C42) 22,48	(T42) 22,53	(C43) 22,37	(T43) 22,51
1´	0,11	0,00	0,01	0,00	0,13	0,00
4´	0,40	0,14	0,40	0,07	0,34	0,04
8´	0,58	0,30	0,62	0,21	0,54	0,16
12´	0,74	0,44	0,76	0,34	0,74	0,27
16´	0,89	0,56	0,90	0,42	0,89	0,38

Γράφημα 5.1. Ποσοστά διόγκωσης δοκιμίων control και treated τοποθετημένα σε νερό.



Στο γράφημα 5.1. φαίνονται οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα δείγματα control και treated. Στο πρώτο λεπτό η διόγκωση στα δείγματα που δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας είναι σχεδόν μηδενική. Ενώ στα δείγματα control υπάρχει μια αύξηση που σε σχέση με τα treated φτάνει σε ποσοστό το 0,10%. Στη συνέχεια το ποσοστό αυτό στα τέσσερα λεπτά μεγαλώνει και φτάνει περίπου το 0,40%. Όπως βλέπουμε και στο γράφημα με το τέλος των μετρήσεων στα 16 λεπτά τα ποσοστά κυμαίνονται για control 0,90% και για treated 0,45%.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΕΥΚΗΣ

Οι μετρήσεις των δοκιμίων που δεν δέχτηκαν χειρισμό (control) και αυτών που δέχτηκαν (treated), έγιναν με αυτόματο παχύμετρο ακριβείας *caliper*. Οι μετρήσεις

πραγματοποιήθηκαν με διαφορά 30 δευτερολέπτων. Τα δοκίμια treated τοποθετήθηκαν αρχικά μέσα στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε η περίσσια ποσότητα του νανοσκευάσματος με απορροφητικό χαρτί, τα δείγματα δεν είχαν κάποια ιδιαίτερη διόγκωση λόγω της παραμονής τους μέσα στην εμποτιστική ουσία.

*Πίνακας 5.3. Διόγκωση εφαπτομενικής τομής δασικής πεύκης (διαστασιακή αύξηση). Οι μετρήσεις έγιναν κάθε 30 δευτερόλεπτα. ****

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/sec	(C31) 22,18	(T31) 22,11	(C32) 22,16	(T32) 22,13	(C33) 22,23	(T33) 22,08
30''	1.5	0	9	0	14	0
1'	3	0	16	0	26	0,2
1'30''	4.2	0	23	0,2	38	0,5
2'	5.5	0,3	30	0,4	50	0,8
2'30''	6.5	0,6	38	0,7	62	1
3'	7.5	0,9	47	1	72	1,2
3'30''	8.2	1,1	56	1,3	81	1,6
4'	9	1,4	63	1,7	89	2
4'30''	9.8	1,8	68	2	95	2,2
5'	10.5	2	71,5	2,2	100	2,4
5'30''	11.1	2,2	74,5	2,5	104	2,7
6'	11.7	2,5	76,5	2,8	108	2,8
6'30''	12.1	2,9	78,5	3,1	110,5	3
7'	13	3,1	80	3,4	113	3,2
7'30''	13.5	3,4	81,5	3,8	115	3,5
8'	14	3,8	82,5	4	117	3,8
8'30	14.5	4	84	4,2	119	4
9'	15	4,2	85	4,6	120,5	4,15
9'30''	15.5	4,5	86	5	121,5	4,3
10'	16	4,9	86,5	5,3	122,3	4,4

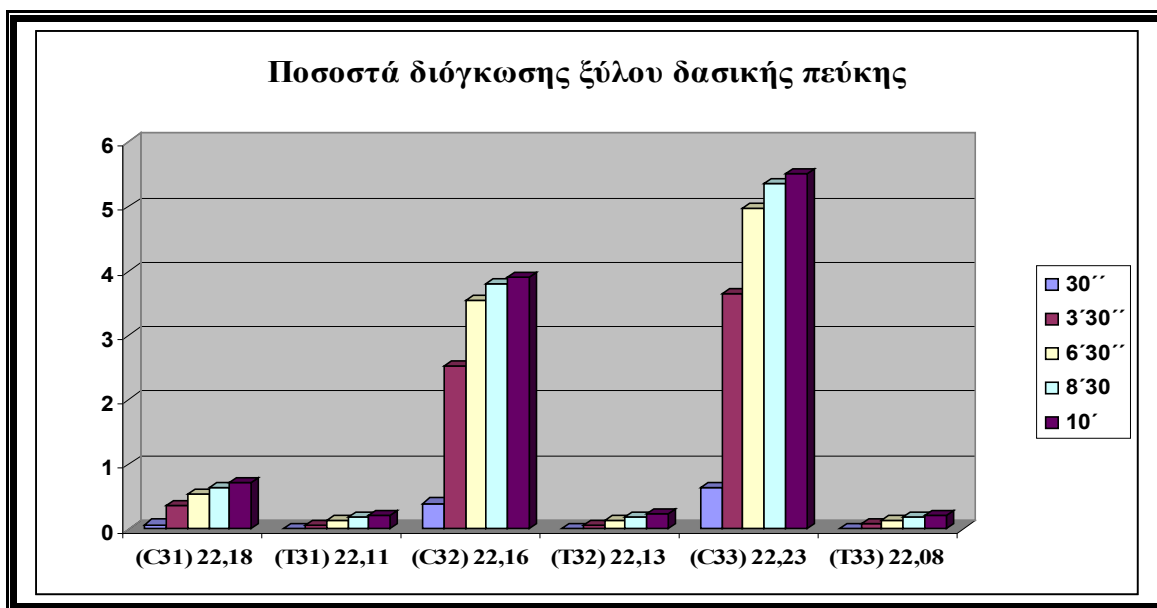
*** Ισχύει ότι και στον Πίνακα 5.1.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.4 επιλέχθηκαν πέντε χρονικά σημεία του πειράματος διόγκωσης εφαπτομενικής τομής ξύλου δασικής πεύκης, έτσι ώστε να δείξουμε την διαστασιακή και ποσοστιαία αύξηση μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.4. Ποσοστά διόγκωσης εφαπτομενικής τομής δοκιμίων control και treated ξύλου δασικής πεύκης.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ / sec	C31 22,18	T31 22,11	C32 22,16	T32 22,13	C33 22,23	T33 22,08
30''	0,07	0,00	0,40	0,00	0,63	0,00
3'30''	0,37	0,05	2,53	0,06	3,64	0,07
6'30''	0,55	0,13	3,54	0,14	4,98	0,14
8'30	0,65	0,18	3,80	0,19	5,35	0,18
10'	0,72	0,22	3,90	0,24	5,50	0,20

Γράφημα 5.2. Ποσοστά διόγκωση δοκιμίων control και treated τοποθετημένα σε νερό.



Είναι φανερό πως τα δοκίμια treated στα πρώτα 30 δευτερόλεπτα αντιστάθηκαν στην εισροή των μορίων του νερού στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του ξύλου σε απόλυτο βαθμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μηδενική διόγκωση των δοκιμίων. Παρατηρούμε πως τα δοκίμια treated έχουν μια σταθερή διόγκωση περίπου 0,22% μέχρι τα δέκα λεπτά.

Στα δοκίμια C32 και C33 η διόγκωση φτάνει στα 30 δευτερόλεπτα το 0,63% και στα 10 λεπτά το 5,5%. Στο δοκίμιο C31 παρατηρούμε ότι η διόγκωση είναι αρκετά μικρή φτάνει στα 10 λεπτά περίπου το 0,72% αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποια εσωτερική ανωμαλία του ξύλου όπως ρόζος ή μεγάλη περιεκτικότητα σε εκχυλίσματα. Δεν είναι αντιπροσωπευτικό.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΕΛΑΤΗΣ

Οι μετρήσεις των δοκιμίων που δεν δέχτηκαν χειρισμό (control) και αυτά που δέχτηκαν (treated), έγιναν με αυτόματο παχύμετρο ακριβείας *caliper* με διαφορά ενός λεπτού. Τα δοκίμια treated τοποθετήθηκαν μέσα στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε η περίσσια ποσότητα του νανοσκευάσματος με απορροφητικό χαρτί, τα δείγματα δεν είχαν κάποια ιδιαίτερη διόγκωση λόγω της παραμονής τους μέσα στην εμποτιστική ουσία.

*Πίνακας 5.5. Διόγκωση εφαπτομενικής τομής ελάτης (διαστασιακή αύξηση) οι μετρήσεις έγιναν ανά λεπτό.****

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/min	(C58) 22,48	(T58) 22,46	(C59) 22,48	(T59) 22,53	(C60) 22,37	(T60) 22,51
1´	4	0,5	13,5	0	2,5	0
2´	8	1	15	0,6	5	1
3´	12	1,5	17	2	7,5	1,5
4´	16	2	19	4,2	10	2
5´	20	2,8	21	6,3	12	2,8
6´	23	3,2	22,5	8	14,2	3,5
7´	26	3,6	24	9,2	16,5	4
8´	29,6	4	26	10,5	18,5	5
9´	32,9	4,6	27	11,8	20,3	5,6
10´	35,9	5	29	12,8	22,1	6,2
11´	38	5,5	30,5	13,8	24	7
12´	40,5	6,2	32	14,5	25,9	7,5
13´	42,5	6,6	33,5	15	27,5	7,8
14´	44,5	7,2	35	16	29	8,2
15´	46	7,5	36	16,5	30	8,5
16´	47,5	7,8	37,5	17,2	31,5	9,2

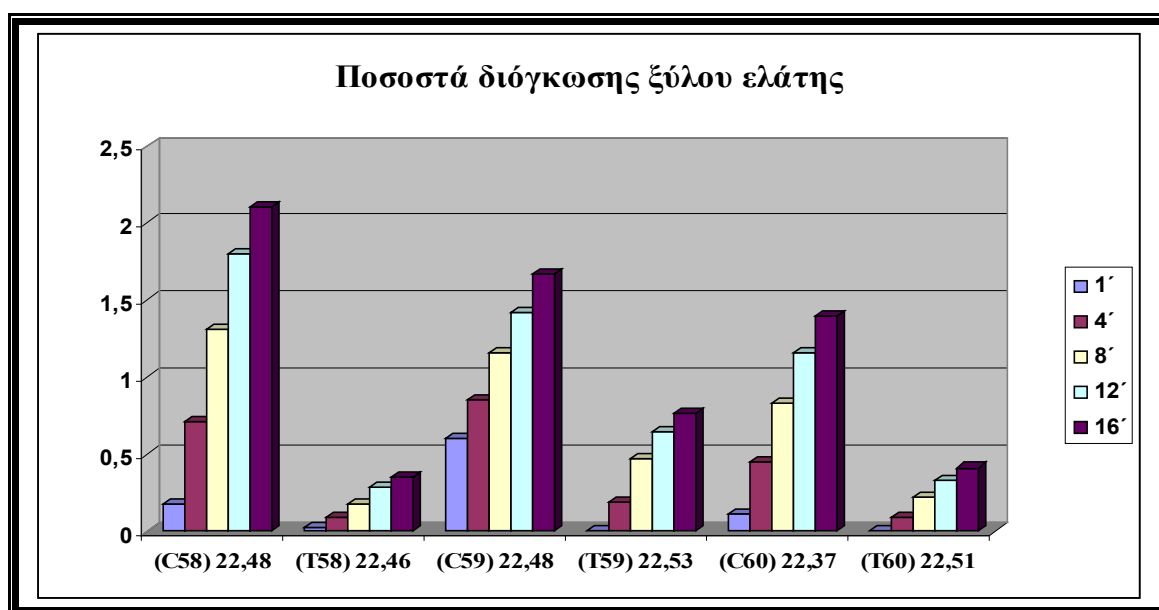
*** Ισχύει ότι και στον Πίνακα 5.1.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.6 επιλέχθηκαν πέντε χρονικά σημεία του πειράματος διόγκωσης εφαπτομενικής τομής ξύλου ελάτης, έτσι ώστε να δείξουμε την διαστασιακή και ποσοστιαία αύξηση μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.6. Ποσοστά διόγκωσης εφαπτομενικής τομής δοκιμίων control και treated ξύλου ελάτης.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/min	(C58) 22,48	(T58) 22,46	(C59) 22,48	(T59) 22,53	(C60) 22,37	(T60) 22,51
1'	0,18	0,02	0,60	0,00	0,11	0,00
4'	0,71	0,09	0,85	0,19	0,45	0,09
8'	1,31	0,18	1,16	0,47	0,83	0,22
12'	1,8	0,28	1,42	0,64	1,16	0,33
16'	2,11	0,35	1,67	0,76	1,40	0,41

Γράφημα 5.3. Διόγκωση δοκιμίων control και treated τοποθετημένα σε νερό.



Στο πρώτο λεπτό η διόγκωση στα δοκίμια treated είναι σχεδόν μηδενική όταν στα control φτάνει το 0,60%. Μετά τα 8 λεπτά η διόγκωση έφτασε στα control το 1,31% και στα treated το 0,47%. Στα 16 λεπτά ο ρυθμός διόγκωσης στα control έφτασε το 2,11% και στα treated 0,76%. Οι διαφορές μεταξύ των ποσοστών των δύο δοκιμίων control και treated εδώ είναι μικρότερες σε σχέση με την δασική πεύκη αλλά και η διόγκωση των δοκιμίων control είναι μικρότερη. Αυτό έχει να κάνει κυρίως με την διαφορά που έχουν στην πυκνότητα τα δύο είδη και συνεπώς στην ξυλώδη μάζα.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΕΛΑΤΗΣ

Οι μετρήσεις των δοκιμίων που δεν δέχτηκαν χειρισμό (control) και αυτά που δέχτηκαν (treated), έγιναν με αυτόματο παχύμετρο ακριβείας *caliper* με διαφορά 30 δευτερολέπτων. Τα δοκίμια treated τοποθετήθηκαν μέσα στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε η περίσσια ποσότητα του νανοσκευάσματος με απορροφητικό χαρτί, τα δείγματα δεν είχαν κάποια ιδιαίτερη διόγκωση λόγω της παραμονής τους μέσα στην εμποτιστική ουσία.

*Πίνακας 5.7. Διόγκωση εφαπτομενικής τομής ελάτης (διαστασιακή αύξηση). Οι μετρήσεις έγιναν κάθε 30 δευτερόλεπτα****

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/sec	(C49) 24,11	(T49) 24,41	(C50) 24,65	(T50) 24,71	(C51) 24,15	(T51) 24,64
30''	9	0	5	0	10	0
1'	17	0,2	7	0,2	16	0
1'30''	22	0,4	10	0,4	29	0,3
2'	30	0,5	12	0,9	38	0,6
2'30''	37	1,5	14	1,1	46	0,9
3'	44	2	15	1,5	52	1,1
3'30''	49	2,1	16,5	1,9	57	1,5
4'	54	2,5	17,5	2,2	62	1,9
4'30''	58,5	3	19	2,5	66	2,1
5'	62	3,2	20	2,9	70	2,5
5'30''	66	3,7	21	3,1	73	2,9
6'	69	4	22	3,5	76	3,2
6'30''	72	4,2	23,1	3,9	79	3,5
7'	74,5	4,6	24,2	4	81	4
7'30''	77	5	25,1	4,4	83,5	4,2
8'	79	5,3	26,3	4,8	85,5	4,7
8'30	81	5,7	27,5	5,1	87	5
9'	83	6	28,5	5,5	88,5	5,2
9'30''	84,5	6,3	29,5	5,9	90	5,6
10'	86	6,8	30,5	6,1	91,5	6

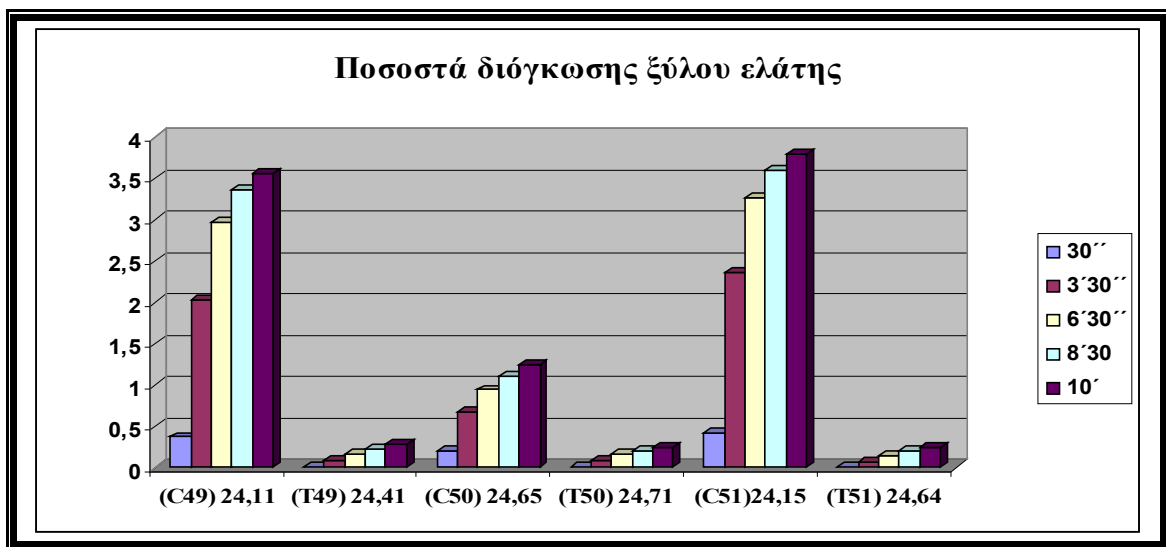
*** Ισχύει ότι και στον Πίνακα 5.1.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.8 επιλέχτηκαν πέντε χρονικά σημεία του πειράματος διόγκωσης εφαπτομενικής τομής ξύλου ελάτης, έτσι ώστε να δείξουμε την διαστασιακή και ποσοστιαία αύξηση μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.8. Ποσοστά διόγκωσης (%) εφαπτομενικής τομής δειγμάτων control και treated ξύλου ελάτης.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ						
ΧΡΟΝΟΣ/sec	(C49) 24,11	(T49) 24,41	(C50) 24,65	(T50) 24,71	(C51) 24,15	(T51) 24,64
30''	0,37	0,00	0,20	0,00	0,41	0,00
3'30''	2,03	0,08	0,67	0,08	2,36	0,06
6'30''	2,98	0,17	0,94	0,16	3,27	0,14
8'30''	3,36	0,23	1,11	0,20	3,60	0,20
10'	3,56	0,28	1,24	0,25	3,79	0,24

Γράφημα 5.4. Ποσοστά διόγκωση δοκιμίων control και treated τοποθετημένα σε νερό.



Είναι φανερό πως και εδώ τα ποσοστά ανάμεσα στα δοκίμια control και treated είναι αρκετά μεγάλα. Στο γράφημα 5.4 βλέπουμε καθαρά πως τα δοκίμια C49 και C51 στα πρώτα 3'30'' έχουν μια διόγκωση περίπου 2,2% όπου στα δέκα λεπτά φτάνει το 3,79%. Το δοκίμιο C50 έχει πολύ μικρότερη διόγκωση αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε κάποια εσωτερική ανωμαλία του ξύλου, όπως ρόζος είτε σε μεγάλο ποσοστό εκχυλισμάτων.

Στα δοκίμια treated η διόγκωση στα 30 δευτερόλεπτα είναι μηδενική, στα 3'30'' δεν ξεπερνά το 0,08% και στα 10 λεπτά φτάνει το 0,25%. Οι διαφορές αυτές μεταξύ των δοκιμίων control αλλά και η σταθερή διόγκωση των δοκιμίων treated που φτάνει περίπου το 0,08% αποδεικνύουν ότι το σκεύασμα νανοτεχνολογίας λειτουργεί όσο αφορά την διόγκωση αλλά και την διαστασιακή σταθερότητα.

5.1. Διαστασιακή διόγκωση ελάτης στην εφαπτομενική τομή

Οι παρακάτω πίνακες αφορούν την διαστασιακή διόγκωση ξύλου ελάτης στην εφαπτομενική τομή. Οι μετρήσεις έγιναν ανά 15, 30 και 60 λεπτά. Ο λόγος των μετρήσεων αυτών έγινε για να διαπιστωθούν οι διαφορές διόγκωσης μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.9. Διαστασιακή διόγκωση εφαπτομενικής τομής ξύλου ελάτης (control).

Είδος	Αρχ. Μέτρηση	15 Λεπτά	30 Λεπτά	60 Λεπτά
C 19	24,49	24,89	25,19	25,20
C 20	24,37	25,09	25,18	25,21
C 21	24,79	25,24	25,56	25,81
C 22	24,74	25,22	25,54	25,82
C 23	24,87	25,30	25,50	25,76
C 24	24,48	25,00	25,12	25,14
C 25	24,84	25,38	25,68	25,89
C 26	24,83	25,21	25,52	25,80
C 27	24,80	25,32	25,55	25,76
C 28	24,28	24,89	25,07	25,08

Πίνακας 5.10. Διαστασιακή διόγκωση εφαπτομενικής τομής ξύλου ελάτης (treated).

Είδος	Αρχ. Μέτρηση	15 Λεπτά	30 Λεπτά	60 Λεπτά
T 19	24,46	24,60	24,88	24,90
T 20	24,97	25,12	25,39	25,54
T 21	24,52	24,80	25,01	25,16
T 22	24,51	24,83	25,09	25,13
T 23	24,96	25,24	25,50	25,66
T 24	24,95	25,07	25,46	25,72
T 25	24,58	24,76	24,97	25,05
T 26	24,36	24,73	24,93	24,99
T 27	24,90	25,11	25,34	25,65
T 28	24,58	24,68	24,96	25,16

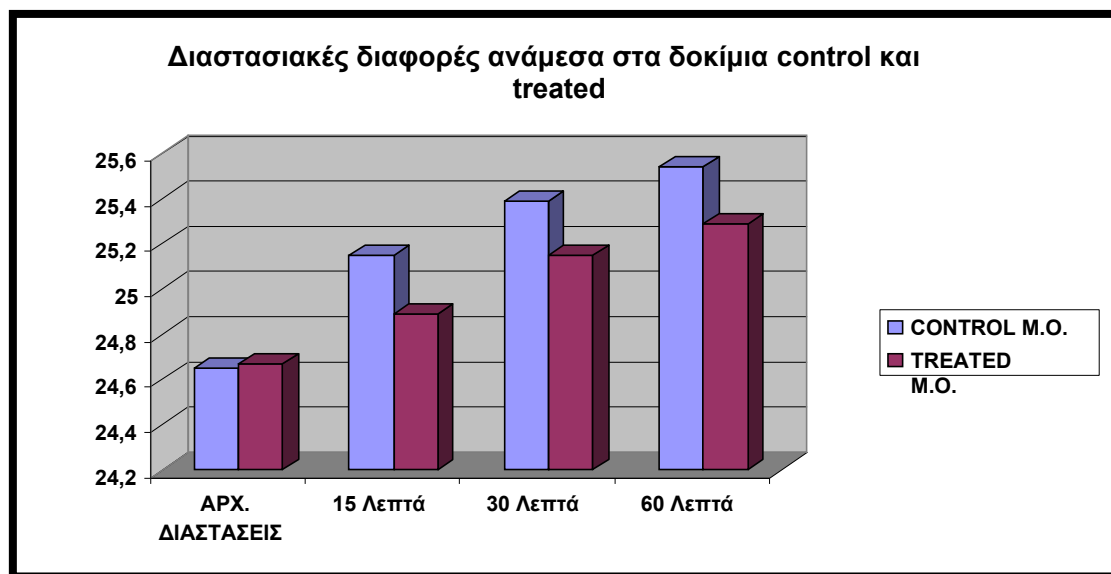
Στους Πίνακες 5.9 και 5.10 δίνονται τα αποτελέσματα διόγκωσης ξύλου είδους ελάτης. Τα στοιχεία προέρχονται από μετρήσεις που έγιναν σε 10 δοκίμια ελάτης τα οποία δεν δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας και σε 10 εμποτισμένα δοκίμια treated. Τα δοκίμια treated τροποποιήθηκαν στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5.11. Μέσος όρος εφαπτομενικής διόγκωσης δοκιμίων (control και treated) ξύλου ελάτης σε νερό(%).

	CONTROL M.O.	εΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗ (%)	TREATED M.O.	εΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗ (%)
ΑΡΧ. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	24,65		24,67	
15 Λεπτά	25,15	2,02	24,89	0,91
30 Λεπτά	25,39	3,02	25,15	1,95
60 Λεπτά	25,54	3,61	25,29	2,51

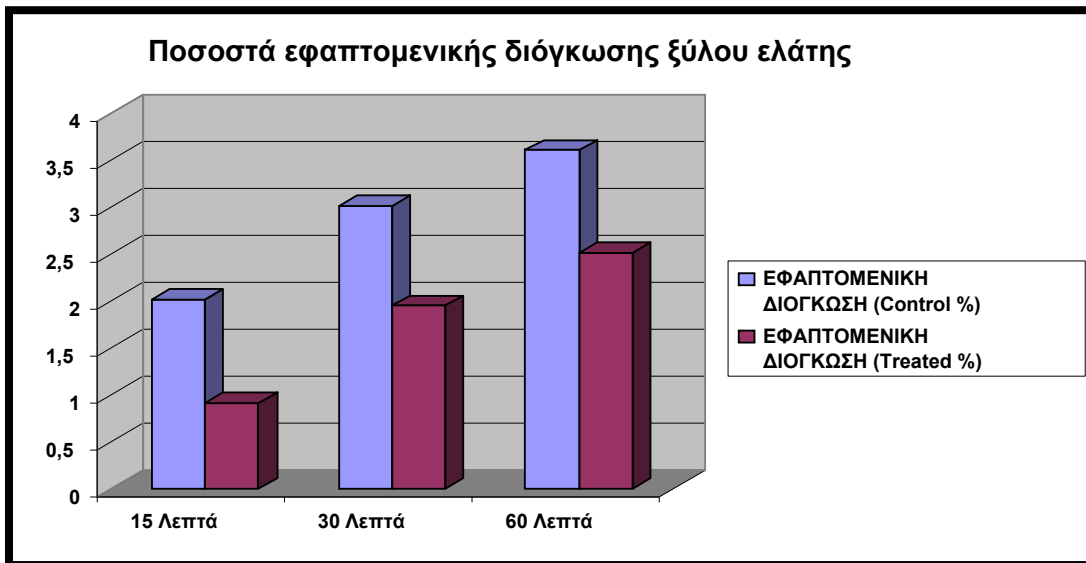
Στον πίνακα 5.11 φαίνεται ο μέσος όρος των διαστάσεων της εφαπτομενικής διόγκωσης των 10 δοκιμίων, για την κάθε χρονική περίοδο ξεχωριστά. Δίπλα παρατίθενται τα ποσοστά διόγκωσης για την κάθε περίοδο (%). Τα αποτελέσματα έδειξαν κατά μέσο όρο πως τα πρώτα 15 λεπτά, παραμονής των δοκιμίων στο νερό, το ποσοστό διόγκωσης στα control έφτασε το 2,02% ενώ στα δοκίμια treated 0,91%. Στα 30 λεπτά το ποσοστό έφτασε το 3,02 για control και 1,95 για treated. Στα 60 λεπτά το ποσοστό έφτασε στα control 3,61% και στα treated 2,51%.

Γράφημα 5.5. Εφαπτομενική διόγκωση ξύλου ελάτης δειγμάτων (control και treated).



Στο γράφημα 5.5 παρουσιάζονται οι διαφορές που υπάρχουν στη διόγκωση ανάμεσα στα δοκίμια control και treated, όπου φαίνεται μια σταθερή διαφορά της τάξης του 1,1%.

Γράφημα 5.6. Ποσοστά εφαπτομενικής διόγκωσης ξύλου ελάτης (control και treated)



Στο γράφημα 5.6. φαίνονται τα ποσοστά και οι διαφορές που υπάρχουν στα δύο είδη control και treated. Είναι φανερό πως τα δοκίμια treated αντιστάθηκαν στην διόγκωση τα πρώτα 15 λεπτά σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Στη συνέχεια του πειράματος και έχοντας φτάσει τα 60 λεπτά παραμονής των δοκιμίων μέσα στο νερό οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των δοκιμίων treated στα 15, 30 και 60 λεπτά παραμένουν σταθερές στο 1,1%. Ακόμα παρατηρούμε πως τα δοκίμια treated διογκώνονται σημαντικά όταν φτάνουν τα 60 λεπτά μέσα στο νερό, αυτό συμβαίνει γιατί αρχίζουν και διασπώνται οι δεσμοί που υπάρχουν ανάμεσα στην ξυλώδη μάζα και τα νανοσωματίδια. Έτσι φαίνεται πως τα νανοσωματίδια αρχίζουν και εκπλύονται από την ξύλινη επιφάνεια μετά τα 60 λεπτά (βλέπε Παράρτημα).

5.2. Διαστασιακή διόγκωση ελάτης στην ακτινική τομή

Οι παρακάτω πίνακες αφορούν την διαστασιακή διόγκωση ξύλου ελάτης στην ακτινική τομή. Οι μετρήσεις έγιναν ανά 15, 30 και 60 λεπτά. Ο λόγος των μετρήσεων αυτών έγινε για να διαπιστωθούν οι διαφορές διόγκωσης μεταξύ των δοκιμίων control και treated.

Πίνακας 5.12. Διαστασιακή διόγκωση ξύλου ελάτης ακτινικής τομής (control).

ειδος	ΑΡΧ. ΜΕΤΡΗΣΗ	15 Λεπτα	30 λεπτα	60 λεπτα
C19	25,36	25,65	25,83	25,88
C20	25,34	25,71	25,74	25,80
C21	24,98	25,28	25,40	25,59
C22	24,48	24,78	24,95	25,09
C23	24,93	25,24	25,35	25,51
C24	25,33	25,71	25,77	25,83
C25	24,92	25,24	25,34	25,51
C26	24,92	25,16	25,35	25,48
C27	24,96	25,25	25,37	25,51
C28	25,36	25,65	25,67	25,72

Πίνακας 5.13. Διαστασιακή διόγκωση ξύλου ελάτης ακτινικής τομής (treated).

ειδος	ΑΡΧ. ΜΕΤΡΗΣΗ	15 Λεπτα	30 λεπτα	60 λεπτα
T19	25,47	25,67	25,70	25,71
T20	25,05	25,17	25,33	25,45
T21	25,30	25,44	25,49	25,54
T22	25,43	25,61	25,65	25,67
T23	25,01	25,17	25,33	25,47
T24	24,64	24,76	24,95	25,08
T25	25,46	25,61	25,66	25,65
T26	25,44	25,60	25,64	25,65
T27	24,89	24,98	25,12	25,30
T28	25,46	25,53	25,70	25,84

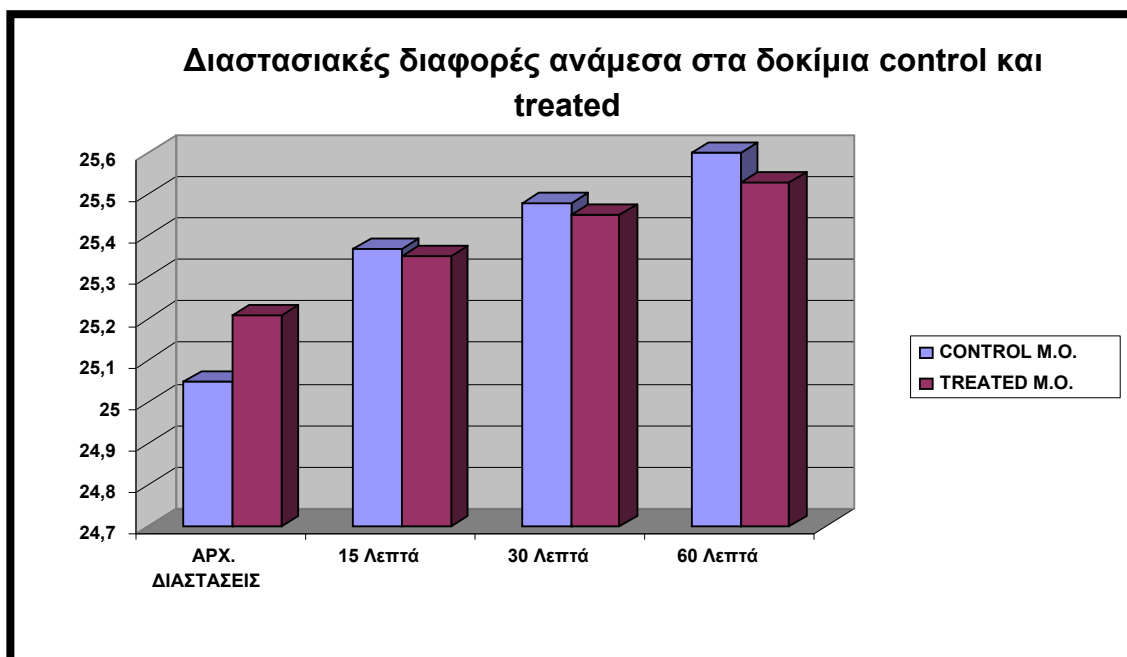
Στους Πίνακες 5.12 και 5.13 δίνονται τα αποτελέσματα διόγκωσης στην ακτινική τομή ξύλου ελάτης. Τα στοιχεία προέρχονται από μετρήσεις που έγιναν σε 10 δοκίμια ελάτης control τα οποία δεν δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας και σε 10 εμποτισμένα δοκίμια treated. Τα δοκίμια treated τροποποιήθηκαν στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5.14. Ποσοστά διόγκωσης ακτινικής τομής ξύλου ελάτης δοκιμίων (control και treated) σε νερό(%).

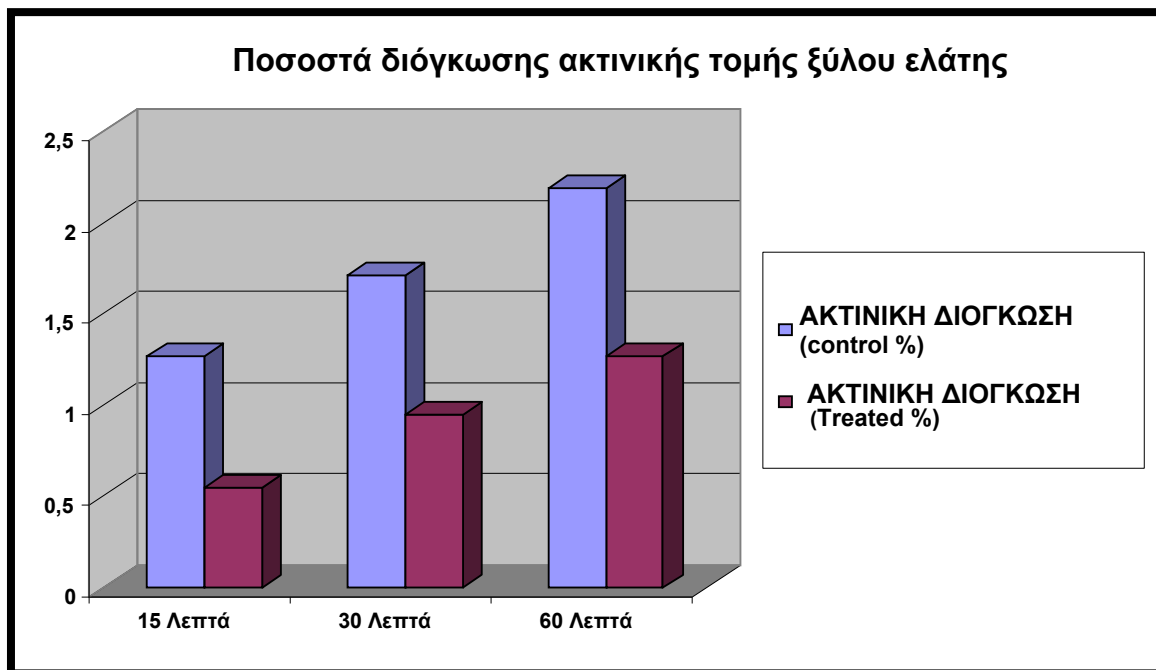
	CONTROL M.O.	ακτινική ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(c)	TREATED M.O.	ακτινική ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(t)
ΑΡΧ. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	25,05		25,21	
15 Λεπτά	25,37	1,27	25,35	0,55
30 Λεπτά	25,48	1,71	25,45	0,95
60 Λεπτά	25,60	2,19	25,53	1,27

Στο Πίνακα 5.14 φαίνεται ο μέσος όρος των διαστάσεων της ακτινικής διόγκωσης των 10 δοκιμίων, για την κάθε χρονική περίοδο ξεχωριστά. Δίπλα παρατίθενται τα ποσοστά διόγκωσης για την κάθε περίοδο (%). Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν μέσα σε νερό για 15, 30 και 60 λεπτά. Τα ποσοστά διόγκωσης που παρουσίασαν τα δείγματα ήταν αρκετά μικρότερα σε σχέση με την εφαπτομενική τομή. Ωστόσο φαίνεται πως το σκεύασμα νανοτεχνολογίας λειτούργησε αρκετά καλά εμποδίζοντας την διόγκωση των δειγμάτων. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.14 οι διαφορές μεταξύ των χρονικών περιόδων κυμαίνονται για treated 0,32 – 0,40% και για control 0,44 – 0,48%.

Γράφημα 5.7. Διαστασιακές διαφορές ανάμεσα στα δοκίμια (control και treated).



Γράφημα 5.8. Ποσοστά διόγκωσης ακτινικής τομής ξύλου ελάτης.



Στο γράφημα 5.8 φαίνονται τα ποσοστά και οι διαφορές που υπάρχουν στα δύο είδη control και treated. Στα πρώτα 15 λεπτά η διόγκωση στα control έφτασε το 1,27% και στα treated 0,55% μια διαφορά περίπου 0,72 %. Στα 30 λεπτά η διόγκωση στα control έφτασε το 1,71% και στα treated το 0,95% μια διαφορά περίπου 0,76% και στα 60 λεπτά η διόγκωση στα control έφτασε το 2,19% και στα treated 1,27 μια διαφορά περίπου 0,92%. Στην ακτινική τομή τα ποσοστά είναι πολύ μικρότερα αυτό αποδίδεται κυρίως στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων και στην διάταξη των μικροϊνιδίων, σε σύγκριση με τις διαστασιακές μεταβολές στην εφαπτομενική κατεύθυνση.

5.3. Διαστασιακή διόγκωση δασικής πεύκης στην εφαπτομενική τομή

Στους πίνακες 5.15 και 5.16 δίνονται τα αποτελέσματα διόγκωσης ξύλου είδους δασικής πεύκης. Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στο νερό για 15, 30 και 60 λεπτά αντίστοιχα. Τα στοιχεία προέρχονται από μετρήσεις που έγιναν σε 10 δοκίμια control δασικής πεύκης τα οποία δεν δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας και σε 10 εμποτισμένα δοκίμια treated. Τα δοκίμια treated τροποποιήθηκαν στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5.15. Διαστασιακή διόγκωση εφαπτομενικής τομής ξύλου δασικής πεύκης (control).

Είδος	Αρχ. Μέτρηση	15 Λεπτά	30 Λεπτά	60 Λεπτά
C 1	22,53	23,19	23,44	23,55
C 2	22,53	23,24	23,36	23,52
C 3	22,55	22,90	23,20	23,39
C 4	22,48	23,23	23,46	23,54
C 5	22,34	23,05	23,20	23,38
C 6	22,49	23,03	23,39	23,52
C 7	22,52	23,10	23,34	23,50
C 8	22,53	23,32	23,47	23,56
C 9	22,41	22,97	23,29	23,42
C 10	22,46	23,01	23,32	23,47

Πίνακας 5.16. Διαστασιακή διόγκωση εφαπτομενικής τομής ξύλου δασικής πεύκης (treated).

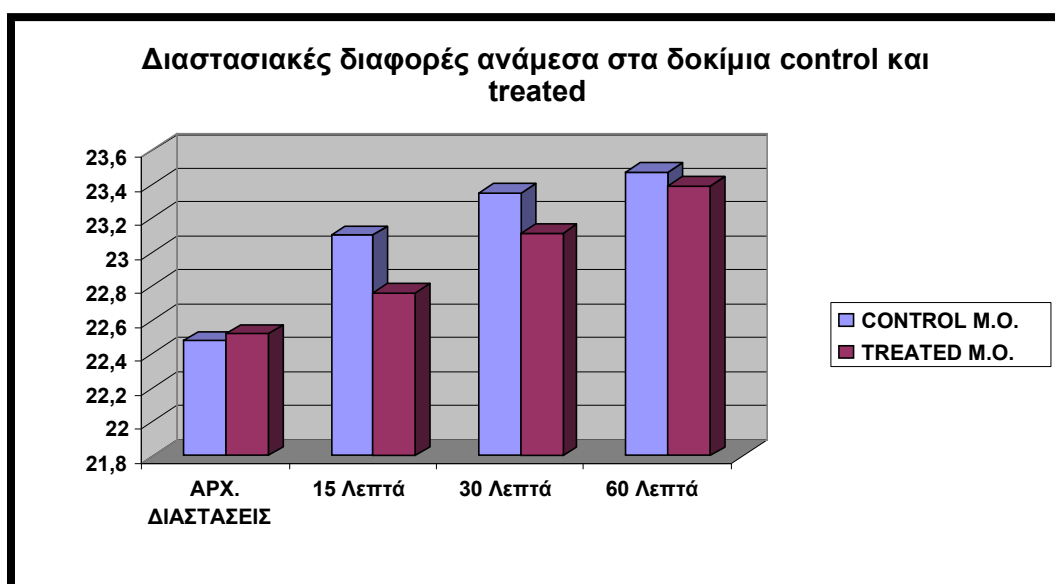
Είδος	Αρχ. Μέτρηση	15 Λεπτά	30 Λεπτά	60 Λεπτά
T 1	22,28	22,40	22,82	23,11
T 2	22,58	22,93	23,25	23,52
T 3	22,65	22,91	23,30	23,53
T 4	22,56	22,72	23,07	23,42
T 5	22,55	22,84	23,18	23,35
T 6	22,58	22,83	23,30	23,51
T 7	22,53	22,77	23,06	23,34
T 8	22,56	22,77	23,20	23,45
T 9	22,46	22,66	22,95	23,37
T10	22,51	22,80	23,04	23,30

Πίνακας 5.17. Ποσοστά εφαπτομενικής διόγκωσης δασικής πεύκης δοκιμίων (control και treated) σε νερό (%).

	CONTROL M.O.	εΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(c)	TREATED M.O.	εΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(t)
ΑΡΧ. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	22,48		22,52	
15 Λεπτά	23,10	2,75	22,76	1,06
30 Λεπτά	23,35	3,87	23,11	2,60
60 Λεπτά	23,47	4,40	23,39	3,86

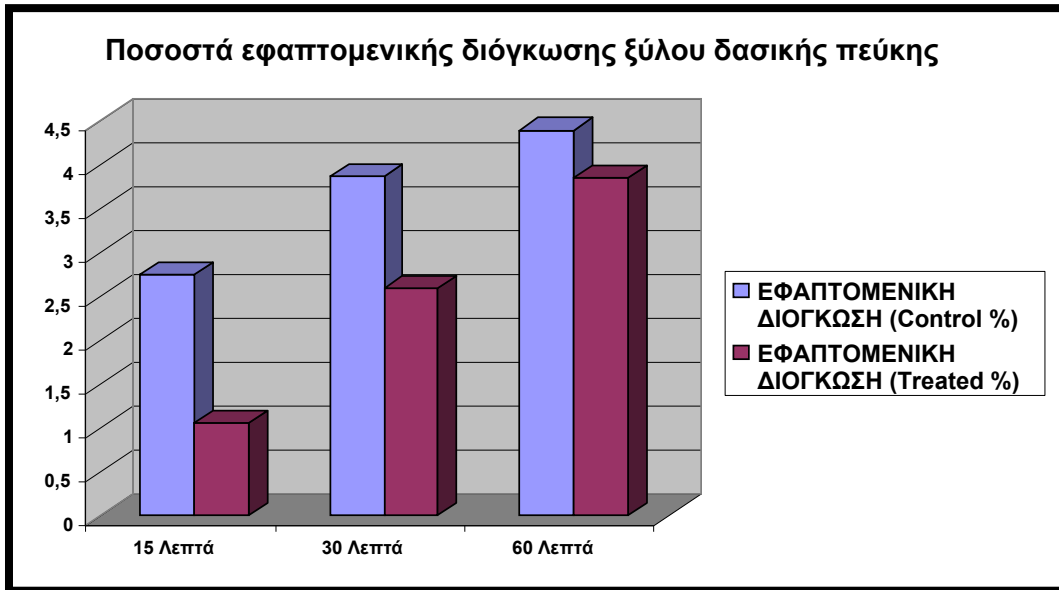
Στον Πίνακα 5.17 φαίνεται ο μέσος όρος των διαστάσεων της εφαπτομενικής διόγκωσης των 10 δοκιμίων, για την κάθε χρονική περίοδο ξεχωριστά. Δίπλα παρατίθενται τα ποσοστά διόγκωσης για την κάθε περίοδο (%). Τα αποτελέσματα έδειξαν κατά μέσο όρο πως τα πρώτα 15 λεπτά, παραμονής των δοκιμίων στο νερό, το ποσοστό διόγκωσης στα control έφτασε το 2,75% ενώ στα δοκίμια treated 1,06%. Στα 30 λεπτά το ποσοστό έφτασε το 3,87 για control και 2,6 για treated. Στα 60 λεπτά το ποσοστό έφτασε στα control 4,4% και στα treated 3,86%. Φαίνεται πως στα πρώτα 15 λεπτά η διαφορά διόγκωσης των δοκιμίων είναι αρκετά μεγάλη, περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερη.

Γράφημα 5.9. Εφαπτομενική διόγκωση ξύλου δασικής πεύκης δειγμάτων (control και treated).



Όπως φαίνεται και στο γράφημα 5.9 μετά τα πρώτα 15 λεπτά τα δοκίμια treated άρχισαν να διογκώνονται σημαντικά σε τέτοιο βαθμό που ξεπέρασαν και τα δοκίμια control. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε εύκολα βλέποντας τις διαφορές που υπάρχουν στον πίνακα 5.17 μετά τα πρώτα 15 λεπτά.

Γράφημα 5.10. Ποσοστά εφαιπτομενικής διόγκωσης δασικής πεύκης



Στο γράφημα 5.10 αναπαριστάται η εφαιπτομενική διόγκωση ξύλου δασικής πεύκης. Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν μέσα στο νερό για 15, 30 και 60 λεπτά. Παρατηρείται πως τα δοκίμια treated αντιστάθηκαν σε μεγάλο βαθμό τα πρώτα 15 λεπτά, η διαφορά στα ποσοστά διόγκωσης μεταξύ των δοκιμίων control και treated έφτασε το 1,69%. Στην συνέχεια βλέπουμε η διαφορά αυτή να μειώνεται σημαντικά και φτάνει στα 60 λεπτά το 0,54%. Η αντίσταση των νανοσωματιδίων στην διόγκωση φαίνεται να μειώθηκε σημαντικά σε αυτά τα δοκίμια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην μεγαλύτερη πυκνότητα της δασικής πεύκης, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη απορρόφηση του νερού στο εσωτερικό του ξύλου, άρα και ευκολότερη διάσπαση των δεσμών μεταξύ νανοσωματιδίων και ξυλώδους μάζας.

5.4. Διαστασιακή διόγκωση δασικής πεύκης στην ακτινική τομή

Στους πίνακες 5.18 και 5.19 δίνονται τα αποτελέσματα διόγκωσης ξύλου είδους δασικής πεύκης ακτινικής τομής. Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στο νερό για 15, 30 και 60 λεπτά αντίστοιχα. Τα στοιχεία προέρχονται από μετρήσεις που έγιναν σε 10 δοκίμια control δασικής πεύκης τα οποία δεν δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας και σε 10 εμποτισμένα δοκίμια treated. Τα δοκίμια τροποποιήθηκαν στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5.18. Διαστασιακή διόγκωση ξύλου δασική πεύκης ακτινικής τομής (control).

ειδος	ΑΡΧ. ΜΕΤΡΗΣΗ	15 Λεπτα	30 λεπτα	60 λεπτα
C1	22,64	22,98	23,25	23,32
C2	22,60	22,92	23,08	23,20
C3	22,58	22,89	23,09	23,22
C4	22,54	22,84	23,02	23,18
C5	22,56	22,87	23,03	23,17
C6	22,54	22,98	23,12	23,22
C7	22,57	22,95	23,06	23,20
C8	22,57	23,00	23,17	23,28
C9	22,56	22,95	23,16	23,23
C10	22,53	22,92	23,06	23,18

Πίνακας 5.19. Διαστασιακή διόγκωση ξύλου δασικής πεύκης ακτινικής τομής (treated).

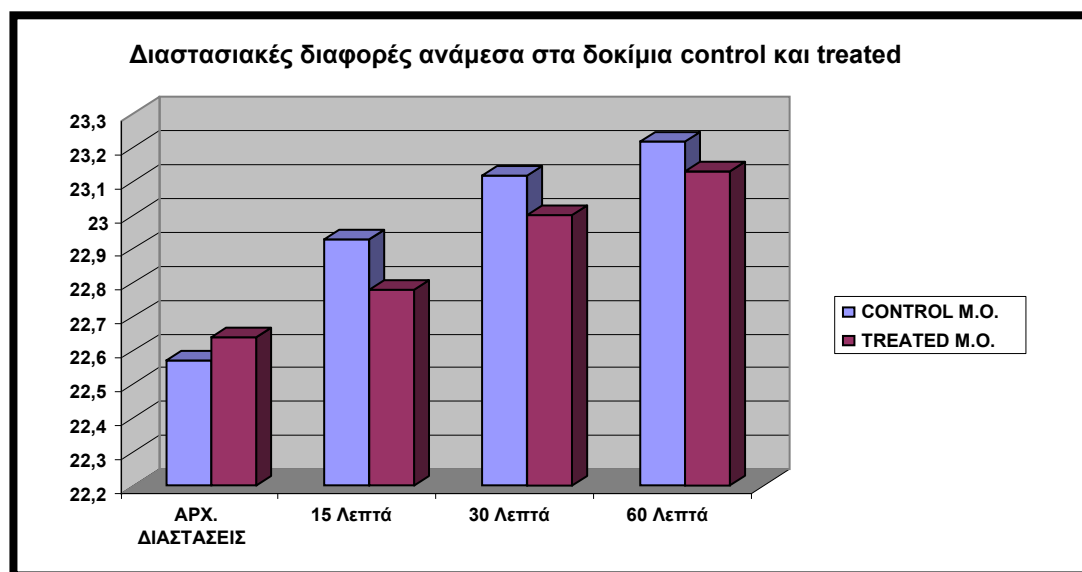
ειδος	ΑΡΧ. ΜΕΤΡΗΣΗ	15 Λεπτα	30 λεπτα	60 λεπτα
T1	22,54	22,60	22,77	22,97
T2	22,71	22,95	23,10	23,25
T3	22,66	22,85	23,09	23,22
T4	22,66	22,75	22,91	23,15
T5	22,65	22,82	23,02	23,08
T6	22,69	22,81	23,10	23,25
T7	22,66	22,79	23,06	23,15
T8	22,61	22,78	22,95	23,09
T9	22,61	22,68	22,90	23,10
T10	22,60	22,82	23,00	23,05

Πίνακας 5.20. Ποσοστά διόγκωσης ακτινικής τομής ξύλου δασικής πεύκης δοκιμίων (control και treated) σε νερό %.

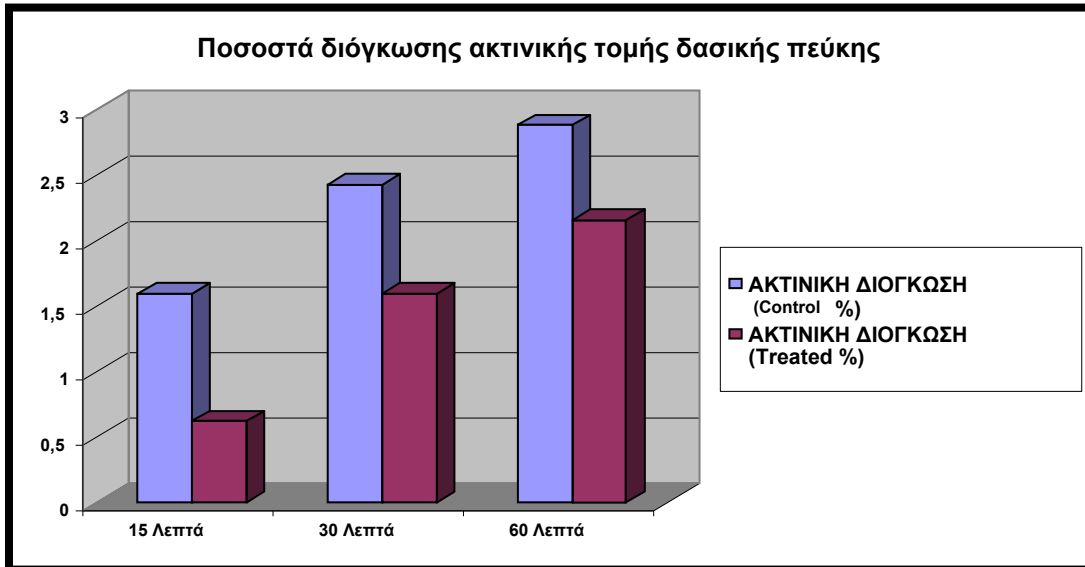
	CONTROL M.O.	ακτινική ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(c)	TREATED M.O.	ακτινική ΔΙΟΓΚΩΣΗ %(t)
ΑΡΧ. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	22,57		22,64	
15 Λεπτά	22,93	1,59	22,78	0,62
30 Λεπτά	23,12	2,43	23,00	1,59
60 Λεπτά	23,22	2,88	23,13	2,16

Στον πίνακα 5.20 φαίνεται ο μέσος όρος των διαστάσεων της εφαπτομενικής διόγκωσης των 10 δοκιμίων, για την κάθε χρονική περίοδο ξεχωριστά. Δίπλα παρατίθενται τα ποσοστά διόγκωσης για την κάθε περίοδο (%). Τα αποτελέσματα έδειξαν κατά μέσο όρο πως τα πρώτα 15 λεπτά, παραμονής των δοκιμίων στο νερό, το ποσοστό διόγκωσης στα control έφτασε το 1,59% ενώ στα δοκίμια treated 0,62%. Στα 30 λεπτά το ποσοστό έφτασε το 2,43% για control και 1,59% για treated. Στα 60 λεπτά το ποσοστό έφτασε στα control 2,88% και στα treated 2,16%.

Γράφημα 5.11. Διαστασιακές διαφορές ανάμεσα στα δοκίμια control και treated.



Γράφημα 5.12. Ποσοστά διόγκωσης ακτινικής τομής ξύλου δασικής πεύκης.



Στο γράφημα 5.12 φαίνονται τα ποσοστά και οι διαφορές που υπάρχουν στα δύο είδη control και treated ακτινικής τομής. Στα πρώτα 15 λεπτά η διαφορά ανάμεσα στα δύο δοκίμια φτάνει στα 0,97%, στα 30 λεπτά η διαφορά είναι στα 0,84% και στα 60 λεπτά στα 0,72%. Παρατηρούμε μια αύξηση της διόγκωσης στα δοκίμια treated που μπορεί να οφείλεται στην μεγαλύτερη πυκνότητα που έχει το είδος αυτό σε σχέση με την ελάτη.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

Συμπεράσματα

6. Συμπεράσματα

Το ξύλο είναι ένα πολύ καλό υλικό με πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και με μειονεκτήματα. Είναι μια ανανεώσιμη πρώτη ύλη η οποία χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα με πολλούς τρόπους, όπως στις δομικές κατασκευές, για θερμαντικούς σκοπούς αλλά και στη διακόσμηση των χώρων λόγω της σχεδίασης και των χρωμάτων που έχει το κάθε είδος ξύλου. Είναι μονωτικό υλικό και αποτελεί την πρώτη ύλη από την οποία μπορεί ο άνθρωπος να παράγει με μηχανική ή χημική κατεργασία πάνω από 2.000 προϊόντα. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που ο άνθρωπος προσπαθεί να αυξήσει την διάρκεια ζωής των ξύλινων κατασκευών αλλά και να διατηρήσει μια διαστασιακή σταθερότητα στις ξύλινες κατασκευές. Τα βασικά μειονεκτήματα του ξύλου αναφέρονται στο γεγονός ότι είναι ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό, το οποίο ως προϊόν βιολογικών διεργασιών προσβάλλεται από μύκητες, έντομα, βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς.

Σκοπός της εργασίας ήταν να χρησιμοποιηθεί ένα καινούργιο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για να διαπιστωθεί πόσο επηρεάζει την μείωση της διόγκωσης του ξύλου από την υγρασία.

Τα δύο είδη ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες των πειραμάτων ήταν δασική πεύκη και ελάτη. Αρχικά έγιναν μετρήσεις πάνω στη διόγκωση της εφαπτομενικής τομής με αυτόματο παχύμετρο ακριβείας (caliper). Στη συνέχεια τα πειράματα χωρίστηκαν σε χρονικούς περιόδους των 15, 30, και 60 λεπτών μέσα στο νερό και 2, 12 και 24 ωρών. Το τελικό στάδιο της πειραματικής εργασίας ήταν η τοποθέτηση των δοκιμίων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες για να διαπιστωθεί η προστασία που μπορεί να προσφέρει η νανοτεχνολογία σε κανονικές συνθήκες του περιβάλλοντος

Όπως φάνηκε στα πειράματα υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δοκίμια treated που δέχτηκαν χειρισμό με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας και στα δοκίμια control που παρέμειναν ως είχαν. Τα δοκίμια της δασικής πεύκης treated στη μέτρηση που έγινε με το αυτόματο παχύμετρο ακριβείας στα πρώτα τρία λεπτά τοποθέτησης στο νερό παρουσίασαν μια διόγκωση περίπου 0,05%, ενώ αντίθετα τα δοκίμια control έφτασαν στο 2,2%. Στο τέλος του πειράματος στα δέκα λεπτά τα ποσοστά διόγκωσης για treated είχαν φτάσει στα 0,22% και control στα 3,8%. Είναι φανερό από τα αποτελέσματα, πως ο χειρισμός που δέχτηκαν τα δοκίμια treated με νανοσωματίδια εμπόδισαν την εισροή του νερού στο εσωτερικό του ξύλου. Στα δοκίμια της ελάτης treated τα ποσοστά διόγκωσης έφτασαν τα πρώτα λεπτά το 0,07% ενώ τα control στα 1,68%. Στο τέλος του πειράματος τα ποσοστά διαμορφώθηκαν για treated 0,25% και control 2,86%.

Φαίνεται πως το σκεύασμα νανοτεχνολογίας επιδρά θετικά στη μείωση της διόγκωσης του ξύλου από την υγρασία, καταφέρνει έτσι να στεγανοποιεί την εσωτερική ξυλώδη μάζα σε ορισμένο βαθμό τουλάχιστον στα πρώτα λεπτά που θα δεχτεί κάποια ποσότητα νερού, διατηρείται έτσι μια διαστασιακή σταθερότητα στα δοκίμια.

Στους πίνακες 6.1 και 6.2 φαίνονται αναλυτικά οι διαφορές που παρουσίασαν τα δοκίμια control και treated στην εφαπτομενική και ακτινική τομή, στα διάφορα χρονικά διαστήματα που τοποθετήθηκαν μέσα στο νερό. Τα στοιχεία δίνονται κατά μέσο όρο. Τα δοκίμια δέχτηκαν χειρισμό εμφάνισης για 30 δευτερόλεπτα με το σκεύασμα νανοτεχνολογίας.

Πίνακας 6.1. Μέσος όρος εφαπτομενικής διόγκωσης ελάτης και δασικής πεύκης.

Χρόνος	Ελάτη – Εφαπτομενική διόγκωση						Δασική πεύκη – Εφαπτομενική διόγκωση					
	Control			Treated			Control			Treated		
Λεπτά	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Control Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Treated Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Control Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Treated Τελικό	Ποσοστά (%)
15'	24,58	25,11	2,16	24,51	24,82	1,27	22,42	22,78	1,61	22,46	22,66	0,89
30'	24,58	25,41	3,38	24,51	25,22	2,89	22,42	23,05	2,81	22,46	22,92	2,03
60'	24,58	25,54	3,90	24,51	25,30	3,22	22,42	23,26	3,74	22,46	23,08	2,76
Ώρες												
2	22,62	23,37	3,32	22,72	23,39	2,93	22,51	23,22	3,15	22,58	23,11	2,34
12	22,62	23,41	3,50	22,72	23,42	3,08	22,51	23,47	4,27	22,58	23,52	4,16
24	22,62	23,45	3,67	22,72	23,49	3,39	22,51	23,54	4,58	22,58	23,62	4,60

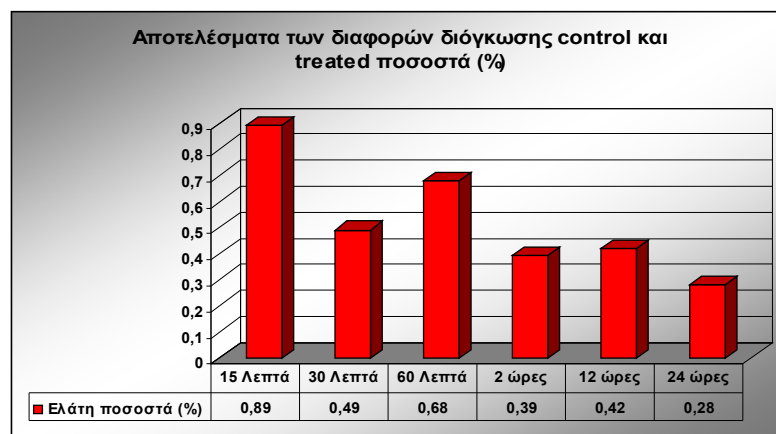
Πίνακας 6.2. Μέσος όρος ακτινικής διόγκωσης ελάτης και δασικής πεύκης

Χρόνος	Ελάτη – Ακτινική διόγκωση						Δασική πεύκη – Ακτινική διόγκωση					
	Control			Treated			Control			Treated		
Λεπτά	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Control Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Treated Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Control Τελικό	Ποσοστά (%)	Μ.Ο. Αρχικές διαστάσεις	Μ.Ο. Treated Τελικό	Ποσοστά (%)
15'	25,11	25,40	1,16	25,33	25,49	0,63	22,55	22,68	0,58	22,55	22,65	0,44
30'	25,11	25,58	1,87	25,33	25,65	1,26	22,55	22,82	1,20	22,55	22,76	0,93
60'	25,11	25,71	2,39	25,33	25,69	1,42	22,55	22,90	1,55	22,55	22,87	1,41
Ώρες												
2	22,46	22,82	1,60	22,54	22,82	1,24	22,59	22,94	1,55	22,58	22,79	0,93
12	22,46	22,84	1,69	22,54	22,84	1,33	22,59	23,02	1,91	22,58	22,90	1,41
24	22,46	22,87	1,83	22,54	22,88	1,51	22,59	23,07	2,12	22,58	22,93	1,56

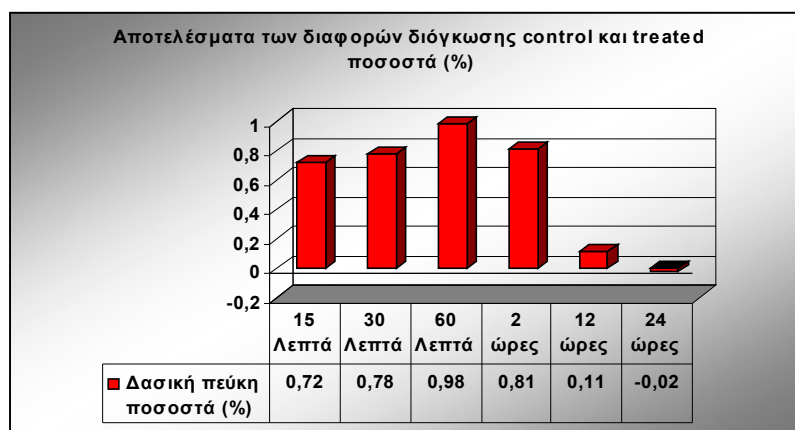
Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, τα ποσοστά διόγκωσης των δοκιμίων control και treated παρουσίασαν κάποιες διαφορές στις χρονικές περιόδους που τοποθετήθηκαν μέσα στο νερό. Οι διαφορές αυτές διόγκωσης μας έδειξαν πως μετά τα πρώτα 60 λεπτά εμφάνισης και των δύο δοκιμίων στο νερό, τα δοκίμια treated τα οποία δέχτηκαν χειρισμό με νανοσωματίδια άρχισαν να διογκώνονται σημαντικά, όπου μετά τις 24 ώρες η διαφορά κυμάνθηκε στα δείγματα της ελάτης στο 0,28% περίπου, ενώ στα δοκίμια της δασικής πεύκης δεν υπάρχει καμία ουσιαστική διαφορά.

Στο γράφημα 6.1 δίνονται τα αποτελέσματα από τις διαφορές που υπήρχαν μεταξύ των ποσοστών control και treated στις χρονικές περιόδους εμφάνισης των δοκιμών.

Γράφημα 6.1. Αποτελέσματα της διαφοράς διόγκωσης στην εφαπτομενική τομή σε ποσοστά (%) των δοκιμών control και treated ξύλου ελάτης.



Γράφημα 6.2. Αποτελέσματα της διαφοράς διόγκωσης στην εφαπτομενική τομή σε ποσοστά (%) των δοκιμών control και treated ξύλου δασικής πεύκης.



Με τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στα γραφήματα 6.1 και 6.2 φαίνεται πως τα νανοσωματίδια, έως και τις 24 ώρες αρχίζουν και χάνουν την αρχική τους ιδιότητα που είναι η αδιαβροχοποίηση της ξύλινης επιφάνειας. Έτσι διαπιστώνουμε πως οι δεσμοί που δημιούργησαν τα νανοσωματίδια με την ξύλινη επιφάνεια αρχίζουν και διασπώνται μετά τα 60 λεπτά.

Πίνακας 6.3. Εφαπτομενική και ακτινική διόγκωση των δοκιμίων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες.

Ελάτη – Τοποθέτηση των δοκιμίων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες						
Εφαπτομενική διόγκωση			Ακτινική διόγκωση			
Είδος	Αρχικές διαστάσεις	Εφαπτομενική διόγκωση	Ποσοστά (%)	Αρχικές διαστάσεις	Ακτινική διόγκωση	Ποσοστά (%)
Control	24,65	24,61	-0,16	25,09	25,12	0,12
Treated	24,78	24,53	-1,01	25,22	25,07	-0,59
Δασική πεύκη – Τοποθέτηση των δοκιμίων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες						
Εφαπτομενική διόγκωση			Ακτινική διόγκωση			
Είδος	Αρχικές διαστάσεις	Εφαπτομενική διόγκωση	Ποσοστά (%)	Αρχικές διαστάσεις	Ακτινική διόγκωση	Ποσοστά (%)
Control	22,51	22,40	-0,49	22,58	22,59	0,04
Treated	22,50	22,25	-1,11	22,59	22,52	-0,31

Στον πίνακα 6.3. παρουσιάζονται τα στοιχεία από την εφαπτομενική και ακτινική διόγκωση των δοκιμίων που τοποθετήθηκαν για 2 μήνες σε εξωτερικές συνθήκες. Το πείραμα αυτό έγινε για να διαπιστώσουμε πως αντιδρούν τα νανοσωματίδια σε φυσικές κλιματολογικές συνθήκες. Τα δοκίμια με εξαίρεση την ακτινική τομή στα control παρουσίασαν ρίκνωση και στις δύο διαστάσεις.

Για να βρούμε την ρίκνωση των δοκιμίων χρησιμοποιούμε το μαθηματικό τύπο:

$$\rho = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

$$L_1$$

όπου: ρ = ρίκνωση επί τοις εκατό της χλωρής διάστασης (%)

L_1 = χλωρή διάσταση (cm)

L_2 = ξηρή διάσταση (cm)

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τους καλοκαιρινούς μήνες, (Ιούλιος, Αύγουστος) όπου οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές φτάνοντας και τους 40°C και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας χαμηλή. Λαμβάνοντας υπόψη πως η διακύμανση της σχετικής υγρασίας ξηρού ξύλου για την περιοχή μας κυμαίνεται περίπου στο 10±3% τους θερινούς μήνες και πως τα δοκίμια κλιματίστηκαν σε κανονικές συνθήκες 20±1°C και σχετική υγρασία 65±3% οδηγούμαστε στο συμπέρασμα της ρίκνωσης των δοκιμίων.

Τα δοκίμια treated παρουσίασαν μεγαλύτερη ρίκνωση, αυτό συμβαίνει γιατί μετά την εκρόφηση της υγρασίας από τα κυτταρικά τοιχώματα τα νανοσωματίδια δεν επέτρεψαν την προσρόφηση της υγρασίας στη ξυλώδη επιφάνεια.

Σε κάθε περίπτωση, η παρούσα εργασία αποτέλεσε μια πρώτη πειραματική δοκιμή για να δειχθούν κάποια χρήσιμα αποτελέσματα και η έρευνα δεν σταματάει εδώ. Είναι χρήσιμη πληροφορία ωστόσο ότι τα σκευάσματα νανοτεχνολογίας τουλάχιστον όσον αφορά αρχική ανθεκτικότητα έναντι του νερού (*water repellency*) μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές λύσεις αλλά και περισσότερη έρευνα επίσης απαιτείται.

Βιβλιογραφία

- Μαντάνης Γ. (2003). Δομή και ιδιότητες του ξύλου. Διδακτικές σημειώσεις, ΤΕΙ Λάρισας, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.
- Μαντάνης Γ. και Ο. Γκορτζή (2009). Η τεχνολογία του μέλλοντος: Νανοτεχνολογία & ξύλο! Περιοδικό *Επιπέλον*, τεύχος 38, 2/2009.
- Τσουμής Γ.Θ. (2009). Επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου, Τόμος Β΄. Βιομηχανική αξιοποίηση. Εκδόσεις Γαρταγάνη.
- Τσουμής Γ.Θ. (2009). Επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου, Τόμος Α΄. Δομή και ιδιότητες του ξύλου. Εκδόσεις Γαρταγάνη.
- Wegner T.H. and P.E. Jones (2006). Advancing cellulose-based nanotechnology. *Cellulose* 13: 115-118.
- Moon R.J., Frihart C.R. and T.H. Wegner (2006). Nanotechnology applications in the forest products industry. *Forest Products Journal* 56 (5): 4-10.
- Wegner T.H. and P.E. Jones (2005). Nanotechnology for forest products. Part 1. Solutions for people, processes and paper (July 2005): 44-46.
- Wegner T.H. and P.E. Jones (2005). Nanotechnology for forest products. Part 2. Solutions for people, processes and paper (July 2005): 43-45.
- Roughley D.J. (2005). Nanotechnology: Implications for the wood products industry. Final report. Forintek Canada Corp., 14 April 2005 pp. 13-22.
- Clausen C.A. (2007). Nanotechnology: Implications for the Wood Preservation Industry. Paper prepared for the 38th Annual Meeting, IRG/WP: The International Research Group on Wood Protection, 20-24 May 2007, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA, pp. 2-10.
- Mantanis G.I. and A. Papadopoulos (2010). The sorption of water vapour of wood treated with a nanotechnology compound. *Wood Science and Technology* 44 (3): 515-522.
- Mantanis G.I. and A. Papadopoulos (2010). Reducing the thickness swelling of wood-based panels by applying a nanotechnology compound. *European Journal of Wood & Wood Products* 68: 237-239.
- Sahin T. and G. Mantanis (2011). Nano-based surface treatment effects on swelling, water sorption and hardness of wood. *Maderas. Ciencia y tecnologia* 13: 1.
- Sahin T. and G. Mantanis (2011). Colour changes in wood surfaces modified by a nanoparticulate based treatment. *Wood Research* (in press).
- Kartal, S. N, Green, F., Clausen, Carol A. (2009). Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites? *International biodeterioration & biodegradation*, Vol. 63 (2009): 490-495.

Ιστοσελίδες:

<http://zenithmag.wordpress.com>

<http://nanopieria.gr>

<http://el.wikipedia.org/wiki/...F%CE%B1>

<http://www.nanoclub.gr>

<http://www.nanoshopping.gr>



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

SCIENCEPHOTOLIBRARY

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated)
μετά από 15 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15΄)**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχική	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C19	24,49	25,36	24,89	25,65	3,88	4,75	1,63	1,14	14,94	0,41
C20	24,37	25,34	25,09	25,71	3,68	4,70	2,95	1,46	14,93	0,39
C21	24,79	24,98	25,24	25,28	4,15	4,85	1,81	1,20	15,04	0,44
C22	24,74	24,48	25,22	24,78	4,02	4,78	1,94	1,22	15,00	0,44
C23	24,87	24,93	25,30	25,24	4,45	5,06	1,72	1,24	15,06	0,47
C24	24,48	25,33	25,00	25,71	3,74	4,75	2,12	1,50	14,91	0,40
C25	24,84	24,92	25,38	25,24	4,16	4,86	2,17	1,28	14,96	0,44
C26	24,83	24,92	25,21	25,16	4,15	4,79	1,57	1,06	15,06	0,44
C27	24,80	24,96	25,32	25,25	4,54	5,10	2,09	1,16	14,97	0,48
C28	24,28	25,36	24,89	25,65	3,74	4,71	2,51	1,14	15,02	0,40
T19	24,46	25,47	24,60	25,67	3,77	4,52	1,40	0,70	15,03	0,40
T20	24,97	25,05	25,12	25,17	4,74	5,01	0,60	0,47	15,13	0,50
T21	24,52	25,3	24,80	25,44	3,78	4,49	1,14	0,55	14,87	0,40
T22	24,51	25,43	24,83	25,61	3,81	4,51	1,30	0,70	14,99	0,40
T23	24,96	25,01	25,24	25,17	4,54	4,98	1,12	0,63	15,08	0,48
T24	24,95	24,64	25,07	24,76	4,08	4,79	0,48	0,48	14,96	0,44
T25	24,58	25,46	24,76	25,61	3,69	4,45	0,73	0,58	15,08	0,39
T26	24,36	25,44	24,73	25,60	3,73	4,53	1,47	0,62	15,02	0,40
T27	24,90	24,89	25,11	24,98	4,16	4,81	0,84	0,36	15,09	0,44
T28	24,58	25,46	24,68	25,53	3,94	4,71	0,40	0,27	14,97	0,42

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 2,05% Ακτινικά – 1,23%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 0,95% Ακτινικά – 0,53%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 15 λεπτά.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated) μετά από 30 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15'')										
Είδος	Εφαπτομ. Αρχική	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα
C19	24,49	25,36	25,19	25,83	3,88	5,15	2,85	1,85	14,94	0,41
C20	24,37	25,34	25,18	25,74	3,68	5,06	3,32	1,57	14,93	0,39
C21	24,79	24,98	25,56	25,40	4,15	5,23	3,10	1,68	15,04	0,44
C22	24,74	24,48	25,54	24,95	4,02	5,16	3,23	1,91	15,00	0,44
C23	24,87	24,93	25,50	25,35	4,45	5,37	2,53	1,68	15,06	0,47
C24	24,48	25,33	25,12	25,77	3,74	4,96	2,61	1,73	14,91	0,40
C25	24,84	24,92	25,68	25,34	4,16	5,19	3,38	1,68	14,96	0,44
C26	24,83	24,92	25,52	25,35	4,15	5,18	2,77	1,72	15,06	0,44
C27	24,80	24,96	25,55	25,37	4,54	5,49	3,02	1,64	14,97	0,48
C28	24,28	25,36	25,07	25,67	3,74	4,98	3,25	1,22	15,02	0,40
T19	24,46	25,47	24,88	25,70	3,77	5,02	1,71	0,90	15,03	0,40
T20	24,97	25,05	25,39	25,33	4,74	5,50	1,68	1,11	15,13	0,50
T21	24,52	25,30	25,01	25,49	3,78	4,64	1,99	0,75	14,87	0,40
T22	24,51	25,43	25,09	25,65	3,81	4,72	2,36	0,86	14,99	0,40
T23	24,96	25,01	25,50	25,33	4,54	5,29	2,16	1,27	15,08	0,48
T24	24,95	24,64	25,46	24,95	4,08	5,03	2,04	1,25	14,96	0,44
T25	24,58	25,46	24,97	25,66	3,69	4,58	1,58	0,78	15,08	0,39
T26	24,36	25,44	24,93	25,64	3,73	4,61	2,29	0,78	15,02	0,40
T27	24,90	24,89	25,34	25,12	4,16	4,95	1,76	0,92	15,09	0,44
T28	24,58	25,46	24,96	25,70	3,94	4,79	1,54	0,94	14,97	0,42

Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,06% Ακτινικά – 1,67%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,06% Ακτινικά – 0,95%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 30 λεπτά.

Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated) μετά από 60 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15'')										
Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C19	24,49	25,36	25,20	25,88	3,88	528	2,89	2,05	14,94	0,41
C20	24,37	25,34	25,21	25,80	3,68	516	3,44	1,81	14,93	0,39
C21	24,79	24,98	25,81	25,59	4,15	5,36	4,11	2,44	15,04	0,44
C22	24,74	24,48	25,82	25,09	4,02	526	4,36	2,49	15,00	0,44
C23	24,87	24,93	25,76	25,51	4,45	5,42	3,57	2,32	15,06	0,47
C24	24,48	25,33	25,14	25,72	3,74	5,19	2,69	1,53	14,91	0,40
C25	24,84	24,92	25,89	25,51	4,16	5,25	4,22	2,36	14,96	0,44
C26	24,83	24,92	25,80	25,48	4,15	5,26	3,90	2,24	15,06	0,44
C27	24,80	24,96	25,76	25,51	4,54	5,55	3,87	2,20	14,97	0,48
C28	24,28	25,36	25,08	25,72	3,74	5,12	3,29	1,42	15,02	0,40
T19	24,46	25,47	24,90	25,71	3,77	5,10	1,80	0,94	15,03	0,40
T20	24,97	25,05	25,54	25,45	4,74	5,54	2,28	1,59	15,13	0,50
T21	24,52	25,30	25,16	25,54	3,78	4,89	2,61	0,94	14,87	0,40
T22	24,51	25,43	25,13	25,67	3,81	4,96	2,52	0,94	14,99	0,40
T23	24,96	25,01	25,66	25,47	4,54	5,32	2,80	1,83	15,08	0,48
T24	24,95	24,64	25,72	25,08	4,08	5,11	3,08	1,78	14,96	0,44
T25	24,58	25,46	25,05	25,65	3,69	4,78	1,91	0,74	15,08	0,39
T26	24,36	25,44	24,99	25,65	3,73	4,85	2,54	0,82	15,02	0,40
T27	24,90	24,89	25,65	25,30	4,16	5,06	3,01	1,64	15,09	0,44
T28	24,58	25,46	25,16	25,84	3,94	4,90	2,35	1,49	14,97	0,42

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,64% Ακτινικά – 2,09%

M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,72% Ακτινικά – 1,27%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 60 λεπτά.

Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated) μετά από 15 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30'')										
Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος Τελ.	Εφαπτομ. (%)	Ακτιν. (%)	Πάχος	Πυκνότητα
C39	24,85	24,93	25,29	25,21	4,09	4,82	1,77	1,12	15,03	0,44
C40	24,91	24,96	25,30	25,26	4,48	5,18	1,56	1,20	15,02	0,48
C41	24,86	24,91	25,15	25,09	4,46	5,03	1,16	0,72	14,98	0,48
C42	24,55	25,34	24,92	25,65	3,92	4,74	1,50	1,22	14,95	0,42
C43	24,77	24,58	25,29	24,88	4,21	4,98	2,09	1,22	15,03	0,46
C44	24,87	24,95	25,31	25,25	4,46	5,12	1,76	1,20	15,05	0,47
C45	24,33	25,38	25,08	25,68	3,82	4,82	3,08	1,18	14,96	0,41
C46	24,13	25,34	24,85	25,70	3,82	4,87	2,98	1,42	14,97	0,41
C47	24,31	25,32	25,02	25,63	3,93	4,97	2,92	1,22	14,95	0,42
C48	24,21	25,34	24,89	25,67	3,69	4,70	2,80	1,30	14,98	0,40
T39	24,45	25,37	24,79	25,51	4,02	4,78	1,39	0,55	14,91	0,43
T40	24,51	25,41	24,81	25,56	3,79	4,54	1,22	0,59	15,08	0,40
T41	24,36	25,44	24,71	25,65	3,76	4,36	1,46	0,82	14,96	0,40
T42	24,89	25,04	25,14	25,18	4,32	4,76	1,00	0,55	15,10	0,46
T43	24,32	25,38	24,75	25,66	3,71	4,58	1,76	1,10	14,97	0,40
T44	24,94	24,99	25,12	25,09	4,32	4,60	0,72	0,40	15,13	0,45
T45	24,28	25,38	24,68	25,53	3,67	4,63	1,64	0,59	15,01	0,39
T46	24,47	25,48	24,89	25,67	4,01	5,11	1,71	0,74	15,02	0,42
T47	24,57	25,41	24,87	25,55	3,84	4,39	1,22	0,55	15,08	0,40
T48	24,27	25,37	24,52	25,49	3,69	4,83	1,03	0,74	14,97	0,40

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 2,16% Ακτινικά – 1,18%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 1,31% Ακτινικά – 0,66%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 15 λεπτά.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated) μετά από 30 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30'')										
Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτομ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C39	24,85	24,93	25,73	25,47	4,09	5,06	3,54	2,16	15,03	0,44
C40	24,91	24,96	25,72	25,51	4,48	5,40	3,25	2,20	15,02	0,48
C41	24,86	24,91	25,60	25,36	4,46	5,29	2,97	1,80	14,98	0,48
C42	24,55	25,34	25,24	25,83	3,92	5,12	2,81	1,93	14,95	0,42
C43	24,77	24,58	25,67	25,13	4,21	5,21	3,63	2,23	15,03	0,46
C44	24,87	24,95	25,76	25,49	4,46	5,36	3,57	2,16	15,05	0,47
C45	24,33	25,38	25,18	25,76	3,82	5,14	3,49	1,49	14,96	0,41
C46	24,13	25,34	24,96	25,79	3,82	4,98	3,43	1,77	14,97	0,41
C47	24,31	25,32	25,16	25,74	3,93	5,24	3,49	1,65	14,95	0,42
C48	24,21	25,34	25,11	25,73	3,69	4,97	3,71	1,53	14,98	0,40
T39	24,45	25,37	25,20	25,72	4,02	5,07	3,06	1,37	14,91	0,43
T40	24,51	25,41	25,24	25,73	3,79	4,83	2,97	1,25	15,08	0,40
T41	24,36	25,44	25,09	25,71	3,76	4,72	2,99	1,06	14,96	0,40
T42	24,89	25,04	25,62	25,42	4,32	5,00	2,93	1,51	15,10	0,46
T43	24,32	25,38	25,05	25,72	3,71	4,94	3,00	1,33	14,97	0,40
T44	24,94	24,99	25,66	25,38	4,32	4,93	2,48	1,56	15,13	0,45
T45	24,28	25,38	25,04	25,68	3,67	4,88	3,13	1,18	15,01	0,39
T46	24,47	25,48	25,21	25,81	4,01	5,31	3,02	1,29	15,02	0,42
T47	24,57	25,41	25,19	25,71	3,84	4,68	2,52	1,18	15,08	0,40
T48	24,27	25,37	24,95	25,69	3,69	5,03	2,80	1,26	14,97	0,40

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,39% Ακτινικά – 1,89%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,89% Ακτινικά – 1,30%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 30 λεπτά.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated)
μετά από 60 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτομ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C39	24,85	24,93	25,91	25,57	4,09	5,22	4,26	2,56	15,03	0,44
C40	24,91	24,96	25,92	25,64	4,48	5,59	4,05	2,72	15,02	0,48
C41	24,86	24,91	25,81	25,49	4,46	5,49	3,82	2,32	14,98	0,48
C42	24,55	25,34	25,52	25,89	3,92	5,27	3,95	2,17	14,95	0,42
C43	24,77	24,58	25,84	25,25	4,21	5,39	4,31	2,72	15,03	0,46
C44	24,87	24,95	25,90	25,61	4,46	5,6	4,14	2,64	15,05	0,47
C45	24,33	25,38	25,19	25,94	3,82	5,30	3,53	2,20	14,96	0,41
C46	24,13	25,34	25,01	25,95	3,82	5,26	3,64	2,40	14,97	0,41
C47	24,31	25,32	25,15	25,86	3,93	5,44	3,45	2,13	14,95	0,42
C48	24,21	25,34	25,14	25,88	3,69	5,15	3,84	2,13	14,98	0,40
T39	24,45	25,37	25,22	25,73	4,02	5,22	3,14	1,41	14,91	0,43
T40	24,51	25,41	25,27	25,75	3,79	5,02	3,10	1,33	15,08	0,40
T41	24,36	25,44	25,12	25,73	3,76	4,94	3,11	1,13	14,96	0,40
T42	24,89	25,04	25,78	25,52	4,32	5,16	3,57	1,91	15,10	0,46
T43	24,32	25,38	25,13	25,71	3,71	5,12	3,33	1,30	14,97	0,40
T44	24,94	24,99	25,79	25,49	4,32	5,15	3,40	2,00	15,13	0,45
T45	24,28	25,38	25,08	25,72	3,67	5,08	3,29	1,33	15,01	0,39
T46	24,47	25,48	25,27	25,84	4,01	5,45	3,26	1,41	15,02	0,42
T47	24,57	25,41	25,23	25,74	3,84	4,85	2,68	1,29	15,08	0,40
T48	24,27	25,37	25,11	25,72	3,69	5,18	3,46	1,37	14,97	0,40

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,90% Ακτινικά – 2,40%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 3,23% Ακτινικά – 1,45%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 60 λεπτά.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated)
μετά από 2 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30'')**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C29	22,67	22,41	23,35	22,77	3,09	4,30	3,00	1,60	14,98	0,40
C30	22,59	22,42	23,32	22,73	2,97	3,85	3,23	1,38	15,06	0,39
C31	22,53	22,51	23,17	22,78	3,12	4,07	2,84	1,19	15,15	0,40
C32	22,67	22,54	23,49	22,98	3,09	4,35	3,61	1,95	15,02	0,40
C33	22,63	22,46	23,44	22,82	3,06	4,18	3,57	1,60	14,98	0,40
C34	22,65	22,42	23,54	22,79	3,19	4,48	3,92	1,65	15,07	0,41
C35	22,57	22,51	23,22	22,78	2,97	3,83	2,87	1,19	15,03	0,39
C36	22,62	22,44	23,44	22,79	3,07	4,24	3,62	1,55	15,01	0,40
C37	22,63	22,43	23,31	22,93	3,16	4,21	3,00	2,22	15,03	0,41
C38	22,63	22,46	23,47	22,81	3,04	4,22	3,71	1,55	14,96	0,40
T29	22,75	22,52	23,41	22,80	3,14	4,09	2,90	1,24	15,02	0,41
T30	22,71	22,51	23,40	22,82	3,13	4,02	3,03	1,37	15,07	0,40
T31	22,76	22,63	23,44	22,87	3,21	4,14	2,98	1,06	15,1	0,41
T32	22,73	22,49	23,39	22,79	3,19	4,08	2,90	1,33	15,05	0,41
T33	22,79	22,48	23,48	22,74	3,38	4,68	3,02	1,15	15,11	0,43
T34	22,73	22,59	23,44	22,88	3,33	4,15	3,12	1,28	15,24	0,42
T35	22,73	22,49	23,43	22,81	3,15	4,08	3,07	1,42	15,09	0,41
T36	22,56	22,59	23,19	22,91	3,27	4,15	2,79	1,41	15,28	0,42
T37	22,67	22,48	23,30	22,67	3,08	3,70	2,77	0,84	15,14	0,40
T38	22,71	22,57	23,42	22,88	3,14	4,19	3,12	1,37	15,06	0,40

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,33% Ακτινικά – 1,60%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,97% Ακτινικά – 1,24%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 2 ώρες.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated) μετά από 12 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30´)										
Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτομ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C29	22,67	22,41	23,40	22,79	3,09	4,68	3,22	1,69	14,98	0,40
C30	22,59	22,42	23,35	22,75	2,97	4,17	3,36	1,47	15,06	0,39
C31	22,53	22,51	23,18	22,85	3,12	4,36	2,88	1,51	15,15	0,40
C32	22,67	22,54	23,52	22,99	3,09	4,70	3,74	1,99	15,02	0,40
C33	22,63	22,46	23,48	22,85	3,06	4,50	3,75	1,73	14,98	0,40
C34	22,65	22,42	23,60	22,85	3,19	4,75	4,19	1,91	15,07	0,41
C35	22,57	22,51	23,27	22,78	2,97	4,08	3,10	1,20	15,03	0,39
C36	22,62	22,44	23,47	22,79	3,07	4,58	3,75	1,55	15,01	0,40
C37	22,63	22,43	23,37	22,94	3,16	4,65	3,27	2,27	15,03	0,41
C38	22,63	22,46	23,49	22,85	3,04	4,58	3,80	1,73	14,96	0,40
T29	22,75	22,52	23,45	22,78	3,14	4,58	3,07	1,15	15,02	0,41
T30	22,71	22,51	23,43	22,78	3,13	4,46	3,17	1,28	15,07	0,40
T31	22,76	22,63	23,49	22,90	3,21	4,67	3,20	1,19	15,10	0,41
T32	22,73	22,49	23,45	22,79	3,19	4,57	3,16	1,33	15,05	0,41
T33	22,79	22,48	23,42	22,86	3,38	5,14	2,76	1,69	15,11	0,43
T34	22,73	22,59	23,43	22,90	3,33	4,58	3,07	1,37	15,24	0,42
T35	22,73	22,49	23,48	22,85	3,15	4,58	3,30	1,60	15,09	0,41
T36	22,56	22,59	23,25	22,93	3,27	4,60	3,05	1,50	15,28	0,42
T37	22,67	22,48	23,38	22,70	3,08	4,07	3,13	0,97	15,14	0,40
T38	22,71	22,57	23,44	22,88	3,14	4,70	3,21	1,81	15,06	0,40

Μ.Ο. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,50% Ακτινικά – 1,70%
Μ.Ο. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 3,11% Ακτινικά – 1,38%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 12 ώρες.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων ελάτης (control και treated)
μετά από 24 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος Τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C29	22,67	22,41	23,43	22,83	3,09	5,27	3,35	1,87	14,98	0,40
C30	22,59	22,42	23,39	22,75	2,97	4,62	3,54	1,47	15,06	0,39
C31	22,53	22,51	23,23	22,86	3,12	4,90	3,10	1,55	15,15	0,40
C32	22,67	22,54	23,55	23,00	3,09	5,32	3,88	2,04	15,02	0,40
C33	22,63	22,46	23,52	22,89	3,06	4,95	3,93	1,91	14,98	0,40
C34	22,65	22,42	23,62	22,86	3,19	5,26	4,28	1,96	15,07	0,41
C35	22,57	22,51	23,30	22,82	2,97	4,66	3,23	1,37	15,03	0,39
C36	22,62	22,44	23,51	22,88	3,07	5,02	3,93	1,96	15,01	0,40
C37	22,63	22,43	23,40	22,98	3,16	5,30	3,40	2,45	15,03	0,41
C38	22,63	22,46	23,51	22,89	3,04	5,04	3,88	1,91	14,96	0,40
T29	22,75	22,52	23,51	22,84	3,14	5,28	3,34	1,42	15,02	0,41
T30	22,71	22,51	23,51	22,86	3,13	5,14	3,52	1,55	15,07	0,40
T31	22,76	22,63	23,56	22,99	3,21	5,41	3,51	1,59	15,10	0,41
T32	22,73	22,49	23,55	22,84	3,19	5,32	3,60	1,55	15,05	0,41
T33	22,79	22,48	23,53	22,90	3,38	5,80	3,24	1,86	15,11	0,43
T34	22,73	22,59	23,52	22,93	3,33	5,30	3,47	1,50	15,24	0,42
T35	22,73	22,49	23,49	22,87	3,15	5,28	3,34	1,68	15,09	0,41
T36	22,56	22,59	23,28	22,99	3,27	5,21	3,19	1,77	15,28	0,42
T37	22,67	22,48	23,40	22,72	3,08	4,62	3,22	1,06	15,14	0,40
T38	22,71	22,57	23,54	22,91	3,14	5,39	3,65	1,50	15,06	0,40

M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,65% Ακτινικά – 1,85%

M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 3,40% Ακτινικά – 1,55%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 24 ώρες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης ελάτης σε εξωτερικές συνθήκες
για 2 μήνες
(treated χειρισμός για 30'')**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτο. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C49	24,37	25,15	24,30	25,09	3,60	5,21	-0,28	-0,23	14,88	0,39
C50	24,83	24,97	24,85	25,09	4,13	5,52	0,08	0,48	15,09	0,44
C51	24,35	25,39	24,36	25,47	3,70	5,23	0,04	0,31	14,99	0,40
C52	24,40	25,34	24,47	25,38	3,86	5,34	0,28	0,15	14,97	0,41
C53	24,86	24,91	24,88	24,99	4,11	5,47	0,08	0,32	15,03	0,44
C54	24,30	25,34	24,33	25,41	3,61	5,07	0,12	0,27	14,87	0,39
C55	24,92	24,96	24,91	24,98	4,42	5,65	-0,04	0,08	14,99	0,47
C56	24,91	24,86	24,76	24,86	4,16	5,57	-0,60	0,00	14,95	0,45
C57	24,87	24,93	24,62	24,85	4,42	5,85	-1,00	-0,32	15,12	0,47
T49	24,91	24,82	24,52	24,56	4,07	4,63	-1,56	-1,04	15,17	0,43
T50	25,02	25,12	24,75	24,92	4,23	4,70	-1,07	-0,79	15,02	0,44
T51	25,00	25,04	24,71	24,80	4,07	4,77	-1,16	-0,95	15,07	0,43
T52	24,69	25,53	24,49	25,48	4,12	4,88	-0,81	-0,19	14,98	0,43
T53	24,33	25,47	24,12	25,39	3,71	4,42	-0,86	-0,31	15,03	0,39
T54	24,57	25,45	24,44	25,38	3,89	4,48	-0,52	-0,27	15,00	0,41
T55	25,03	25,09	24,80	24,94	4,45	5,15	-0,91	-0,59	15,02	0,47
T56	25,01	25,03	24,66	24,83	4,06	4,58	-1,39	-0,80	15,10	0,43
T57	24,41	25,41	24,19	25,30	3,64	4,17	-0,90	-0,43	14,93	0,39

***M.O. Ελάτης (C) εφαπτομενική μέτρηση – (-0,15)% Ακτινικά – (0,12)%
M.O. Ελάτης (T) εφαπτομενική μέτρηση – (-1,02)% Ακτινικά – (-0,59)%***

Έκθεση των δειγμάτων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 15 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15΄΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C1	22,53	22,64	23,19	22,98	4,32	4,81	2,92	1,50	14,61	0,57
C2	22,53	22,60	23,24	22,92	4,30	4,78	3,15	1,41	14,63	0,57
C3	22,55	22,58	22,9	22,89	4,57	4,93	1,55	1,37	15,18	0,59
C4	22,48	22,54	23,23	22,84	4,58	4,96	3,33	1,33	15,28	0,59
C5	22,34	22,56	23,05	22,87	4,4	4,85	3,17	1,37	14,95	0,58
C6	22,49	22,54	23,03	22,98	4,53	4,92	2,40	1,95	15,24	0,58
C7	22,52	22,57	23,10	22,95	4,50	4,90	2,57	1,68	15,22	0,58
C8	22,53	22,57	23,32	23,00	4,47	4,88	3,50	1,90	15,19	0,57
C9	22,41	22,56	22,97	22,95	4,48	4,89	2,49	1,72	15,23	0,58
C10	22,46	22,53	23,01	22,92	4,56	4,92	2,44	1,73	15,2	0,60
T1	22,28	22,54	22,40	22,60	4,38	4,69	0,53	0,20	14,95	0,58
T2	22,58	22,71	22,93	22,95	4,43	4,74	1,55	1,05	14,84	0,58
T3	22,65	22,66	22,91	22,85	4,39	4,65	1,14	0,80	14,81	0,57
T4	22,56	22,66	22,72	22,75	4,50	4,78	0,70	0,40	15,3	0,57
T5	22,55	22,65	22,84	22,82	4,62	5,06	1,28	0,70	15,35	0,59
T6	22,58	22,69	22,83	22,81	4,36	4,69	1,10	0,50	14,84	0,57
T7	22,53	22,66	22,77	22,79	4,52	4,79	1,06	0,44	15,26	0,58
T8	22,56	22,61	22,77	22,78	4,41	4,75	0,90	0,75	15,19	0,57
T9	22,46	22,61	22,66	22,68	4,38	4,65	0,80	0,30	15,33	0,56
T10	22,51	22,60	22,80	22,82	4,57	5,02	1,28	0,97	15,33	0,58

***Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 2,75% Ακτινική – 1,59%
Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 1,03 % Ακτινική – 0,61%***

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 15 λεπτά.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 30 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15΄΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτ. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C1	22,53	22,64	23,44	23,25	4,32	4,95	4,03	2,69	14,61	0,57
C2	22,53	22,60	23,36	23,08	4,30	4,93	3,68	2,12	14,63	0,57
C3	22,55	22,58	23,20	23,09	4,57	5,10	2,88	2,25	15,18	0,59
C4	22,48	22,54	23,46	23,02	4,58	5,12	4,35	2,12	15,28	0,59
C5	22,34	22,56	23,20	23,03	4,40	4,98	3,84	2,08	14,95	0,58
C6	22,49	22,54	23,39	23,12	4,53	5,06	4,00	2,57	15,24	0,58
C7	22,52	22,57	23,34	23,06	4,50	5,04	3,64	2,17	15,22	0,58
C8	22,53	22,57	23,47	23,17	4,47	5,01	4,17	2,65	15,19	0,57
C9	22,41	22,56	23,29	23,16	4,48	5,05	3,92	2,65	15,23	0,58
C10	22,46	22,53	23,32	23,06	4,56	5,12	3,82	2,35	15,20	0,60
T1	22,28	22,54	22,82	22,77	4,38	4,88	2,42	1,02	14,95	0,58
T2	22,58	22,71	23,25	23,10	4,43	4,90	2,96	1,71	14,84	0,58
T3	22,65	22,66	23,30	23,09	4,39	4,85	2,82	1,89	14,81	0,57
T4	22,56	22,66	23,07	22,91	4,50	4,93	2,26	1,10	15,30	0,57
T5	22,55	22,65	23,18	23,02	4,62	5,09	2,79	1,63	15,35	0,59
T6	22,58	22,69	23,30	23,10	4,36	4,79	3,18	1,80	14,84	0,57
T7	22,53	22,66	23,06	23,06	4,52	4,92	2,35	1,76	15,26	0,58
T8	22,56	22,61	23,2	22,95	4,41	4,84	2,83	1,50	15,19	0,57
T9	22,46	22,61	22,95	22,90	4,38	4,79	2,18	1,28	15,33	0,56
T10	22,51	22,60	23,04	23,00	4,57	5,12	2,35	1,76	15,33	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,83% Ακτινική – 2,36%
Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,61% Ακτινική – 1,54%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 30 λεπτά.
 Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 60 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 15΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C1	22,53	22,64	23,55	23,32	4,32	5,40	4,52	3,00	14,61	0,57
C2	22,53	22,60	23,52	23,20	4,30	5,66	4,39	2,65	14,63	0,57
C3	22,55	22,58	23,39	23,22	4,57	5,55	3,72	2,83	15,18	0,59
C4	22,48	22,54	23,54	23,18	4,58	5,70	4,71	2,83	15,28	0,59
C5	22,34	22,56	23,38	23,17	4,40	5,39	4,65	2,70	14,95	0,58
C6	22,49	22,54	23,52	23,22	4,53	5,42	4,57	3,01	15,24	0,58
C7	22,52	22,57	23,50	23,20	4,50	5,52	4,35	2,79	15,22	0,58
C8	22,53	22,57	23,56	23,28	4,47	5,60	4,57	3,14	15,19	0,57
C9	22,41	22,56	23,42	23,23	4,48	5,49	4,50	2,96	15,23	0,58
C10	22,46	22,53	23,47	23,18	4,56	5,66	4,49	2,88	15,20	0,60
T1	22,28	22,54	23,11	22,97	4,38	5,15	3,72	1,90	14,95	0,58
T2	22,58	22,71	23,52	23,25	4,43	5,38	4,16	2,37	14,84	0,58
T3	22,65	22,66	23,53	23,22	4,39	5,17	3,88	2,47	14,81	0,57
T4	22,56	22,66	23,42	23,15	4,50	5,32	3,81	2,16	15,30	0,57
T5	22,55	22,65	23,35	23,08	4,62	5,60	3,54	1,89	15,35	0,59
T6	22,58	22,69	23,51	23,25	4,36	5,12	4,11	2,46	14,84	0,57
T7	22,53	22,66	23,34	23,15	4,52	5,32	3,59	2,16	15,26	0,58
T8	22,56	22,61	23,45	23,09	4,41	5,41	3,94	2,12	15,19	0,57
T9	22,46	22,61	23,37	23,10	4,38	5,14	4,05	2,16	15,33	0,56
T10	22,51	22,60	23,30	23,05	4,57	5,39	3,50	1,99	15,33	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 4,44% Ακτινική – 2,87%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 3,83% Ακτινική – 2,16%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 60 λεπτά.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 15 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 15 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30'')

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C21	22,47	22,55	22,79	22,60	4,51	4,86	1,42	0,22	15,06	0,59
C22	22,39	22,54	22,83	22,69	4,27	4,77	1,95	0,66	14,98	0,56
C23	22,47	22,60	22,88	22,81	4,33	4,84	1,82	0,92	14,83	0,57
C24	22,39	22,49	22,80	22,57	4,13	4,58	1,83	0,35	14,88	0,55
C25	22,37	22,51	22,67	22,65	4,25	4,70	1,34	0,62	14,88	0,56
C26	22,39	22,53	22,73	22,68	4,23	4,69	1,51	0,65	14,98	0,56
C27	22,40	22,52	22,77	22,65	4,28	4,71	1,65	0,57	14,98	0,56
C28	22,44	22,53	22,77	22,69	4,38	4,82	1,47	0,71	15,08	0,57
C29	22,44	22,52	22,72	22,66	4,56	4,91	1,24	0,62	15,08	0,59
C30	22,44	22,56	22,89	22,72	4,41	4,82	2,01	0,70	15,09	0,57
T21	22,43	22,53	22,61	22,62	4,33	4,61	0,80	0,39	15,17	0,56
T22	22,48	22,52	22,72	22,60	4,40	4,72	1,06	0,35	15,16	0,57
T23	22,42	22,55	22,66	22,64	4,30	4,60	1,07	0,39	15,08	0,56
T24	22,47	22,55	22,62	22,60	4,50	4,77	0,66	0,22	15,24	0,58
T25	22,45	22,59	22,62	22,69	4,39	4,68	0,75	0,44	15,03	0,57
T26	22,49	22,56	22,61	22,57	4,49	4,60	0,53	0,04	15,19	0,58
T27	22,52	22,53	22,70	22,56	4,52	4,81	0,79	0,13	15,23	0,58
T28	22,49	22,52	22,67	22,63	4,46	4,72	0,80	0,48	15,17	0,58
T29	22,47	22,59	22,73	22,83	4,56	5,02	1,15	1,06	15,25	0,59
T30	22,43	22,54	22,69	22,71	4,55	5,04	1,15	0,75	15,37	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 1,62% Ακτινική – 0,60%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 0,87% Ακτινική – 0,42%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 15 λεπτά.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 30 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C21	22,47	22,55	22,98	22,79	4,51	5,01	2,26	1,06	15,06	0,59
C22	22,39	22,54	23,05	22,83	4,27	4,90	2,94	1,28	14,98	0,56
C23	22,47	22,60	23,26	22,98	4,33	4,98	3,51	1,68	14,83	0,57
C24	22,39	22,49	23,08	22,71	4,13	4,77	3,08	0,97	14,88	0,55
C25	22,37	22,51	23,02	22,81	4,25	4,84	2,90	1,33	14,88	0,56
C26	22,39	22,53	23,06	22,83	4,23	4,85	2,99	1,33	14,98	0,56
C27	22,40	22,52	23,01	22,80	4,28	4,85	2,73	1,24	14,98	0,56
C28	22,44	22,53	23,06	22,79	4,38	4,95	2,76	1,15	15,08	0,57
C29	22,44	22,52	22,98	22,77	4,56	5,03	2,40	1,11	15,08	0,59
C30	22,44	22,56	23,01	22,86	4,41	4,94	2,54	1,32	15,09	0,57
T21	22,43	22,53	22,92	22,74	4,33	4,78	2,18	0,93	15,17	0,56
T22	22,48	22,52	22,92	22,68	4,40	4,84	1,95	0,71	15,16	0,57
T23	22,42	22,55	22,87	22,78	4,30	4,75	2,00	1,01	15,08	0,56
T24	22,47	22,55	22,88	22,71	4,50	4,90	1,82	0,70	15,24	0,58
T25	22,45	22,59	22,83	22,76	4,39	4,79	1,69	0,75	15,03	0,57
T26	22,49	22,56	22,93	22,78	4,49	4,90	1,95	0,97	15,19	0,58
T27	22,52	22,53	22,96	22,68	4,52	4,92	1,95	0,66	15,23	0,58
T28	22,49	22,52	22,91	22,76	4,46	4,85	1,86	1,06	15,17	0,58
T29	22,47	22,59	23,01	22,92	4,56	5,22	2,40	1,46	15,25	0,59
T30	22,43	22,54	22,98	22,82	4,55	5,21	2,45	1,24	15,37	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 2,81% Ακτινική – 1,24%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,02% Ακτινική – 0,95%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 30 λεπτά.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 60 λεπτά σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C21	22,47	22,55	23,22	22,87	4,51	5,13	3,33	1,41	15,06	0,59
C22	22,39	22,54	23,23	22,94	4,27	4,97	3,75	1,77	14,98	0,56
C23	22,47	22,60	23,46	23,03	4,33	5,10	4,40	1,90	14,83	0,57
C24	22,39	22,49	23,23	22,78	4,13	4,85	4,02	1,28	14,88	0,55
C25	22,37	22,51	23,27	22,85	4,25	4,95	4,03	1,50	14,88	0,56
C26	22,39	22,53	23,25	22,90	4,23	4,98	3,84	1,64	14,98	0,56
C27	22,40	22,52	23,18	22,89	4,28	4,95	3,48	1,64	14,98	0,56
C28	22,44	22,53	23,25	22,87	4,38	5,07	3,60	1,50	15,08	0,57
C29	22,44	22,52	23,21	22,85	4,56	5,18	3,43	1,46	15,08	0,59
C30	22,44	22,56	23,24	22,95	4,41	5,07	3,56	1,72	15,09	0,57
T21	22,43	22,53	23,05	22,80	4,33	4,90	2,76	1,19	15,17	0,56
T22	22,48	22,52	23,09	22,76	4,40	4,95	2,71	1,06	15,16	0,57
T23	22,42	22,55	23,05	22,81	4,30	4,85	2,80	1,15	15,08	0,56
T24	22,47	22,55	23,10	22,80	4,50	5,02	2,80	1,10	15,24	0,58
T25	22,45	22,59	23,06	22,88	4,39	4,90	2,71	1,28	15,03	0,57
T26	22,49	22,56	23,09	22,83	4,49	5,03	2,66	1,19	15,19	0,58
T27	22,52	22,53	23,19	22,76	4,52	5,07	2,97	1,02	15,23	0,58
T28	22,49	22,52	23,09	22,84	4,46	4,98	2,66	1,42	15,17	0,58
T29	22,47	22,59	23,10	23,14	4,56	5,32	2,80	2,25	15,25	0,59
T30	22,43	22,54	23,05	23,04	4,55	5,30	2,76	2,21	15,37	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,74% Ακτινική – 1,58%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,76% Ακτινική – 1,38%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 60 λεπτά.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 2 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C11	22,48	22,52	23,13	22,86	4,36	5,13	2,89	1,50	15,06	0,59
C12	22,54	22,59	23,15	22,82	4,61	4,97	2,70	1,01	14,98	0,56
C13	22,58	22,72	23,41	23,19	4,34	5,17	3,67	2,06	14,83	0,57
C14	22,51	22,60	23,34	23,12	4,58	5,45	3,68	2,30	15,36	0,58
C15	22,50	22,54	23,05	22,82	4,49	4,95	2,44	1,24	14,88	0,56
C16	22,49	22,59	23,17	22,89	4,35	4,98	3,02	1,32	14,98	0,56
C17	22,39	22,51	23,18	22,86	4,17	4,95	3,52	1,55	14,98	0,56
C18	22,54	22,53	23,17	22,82	4,54	5,07	2,79	1,28	15,08	0,57
C19	22,51	22,59	23,18	22,87	4,46	5,18	2,97	1,23	15,08	0,59
C20	22,54	22,68	23,39	23,16	4,61	5,47	3,77	2,11	15,38	0,58
T11	22,60	22,58	23,06	22,78	4,68	4,90	2,03	0,88	15,17	0,56
T12	22,58	22,59	23,03	22,77	4,55	4,95	1,99	0,79	15,16	0,57
T13	22,80	22,71	23,22	22,94	4,81	4,85	1,84	1,01	15,08	0,56
T14	22,53	22,59	23,04	22,80	4,40	5,02	2,26	0,92	15,24	0,58
T15	22,49	22,58	22,99	22,80	4,23	4,90	2,22	0,97	15,03	0,57
T16	22,57	22,58	23,01	22,77	4,74	5,03	1,94	0,84	15,19	0,58
T17	22,56	22,58	23,17	22,78	4,59	5,15	2,70	0,88	15,14	0,58
T18	22,42	22,50	23,32	22,80	4,16	4,85	3,12	0,93	14,93	0,55
T19	22,54	22,56	23,17	22,77	4,53	5,10	2,79	0,93	15,15	0,58
T20	22,67	22,60	23,15	22,77	4,71	5,30	2,11	0,75	15,37	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 3,14% Ακτινική – 1,56%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 2,30% Ακτινική – 0,89%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 2 ώρες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 12 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30΄΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C11	22,48	22,52	23,33	22,93	4,36	5,33	3,78	1,82	15,06	0,59
C12	22,54	22,59	23,56	22,93	4,61	5,59	4,52	1,50	14,98	0,56
C13	22,58	22,72	23,51	23,22	4,34	5,54	4,11	2,20	14,83	0,57
C14	22,51	22,6	23,52	23,21	4,58	5,90	4,48	2,70	15,36	0,58
C15	22,50	22,54	23,50	22,95	4,49	5,38	4,44	1,81	14,88	0,56
C16	22,49	22,59	23,35	22,97	4,35	5,30	4,61	1,68	14,98	0,56
C17	22,39	22,51	23,36	22,91	4,17	5,17	4,33	1,77	14,98	0,56
C18	22,54	22,53	23,59	22,95	4,54	5,53	4,65	1,86	15,08	0,57
C19	22,51	22,59	23,48	22,99	4,46	5,44	4,30	1,77	15,08	0,59
C20	22,54	22,68	23,51	23,18	4,61	5,88	4,30	2,20	15,38	0,58
T11	22,60	22,58	23,60	22,89	4,68	5,55	4,42	1,37	15,17	0,56
T12	22,58	22,59	23,47	22,92	4,55	5,40	3,94	1,46	15,16	0,57
T13	22,80	22,71	23,85	23,11	4,81	5,72	4,60	1,76	15,08	0,56
T14	22,53	22,59	23,35	22,93	4,40	5,27	3,63	1,50	15,24	0,58
T15	22,49	22,58	23,29	22,86	4,23	5,10	3,55	1,24	15,03	0,57
T16	22,57	22,58	23,52	22,90	4,74	5,65	4,20	1,41	15,19	0,58
T17	22,56	22,58	23,61	22,88	4,59	5,54	4,65	1,32	15,14	0,58
T18	22,42	22,50	23,32	22,80	4,16	5,15	4,01	1,33	14,93	0,55
T19	22,54	22,56	23,58	22,88	4,53	5,47	4,61	1,41	15,15	0,58
T20	22,67	22,60	23,61	22,89	4,71	5,57	4,14	1,28	15,37	0,58

M.O. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 4,35% Ακτινική – 1,93%

M.O. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 4,17% Ακτινική – 1,40%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 12 ώρες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης δοκιμίων δασικής πεύκης (control και treated) μετά από 24 ώρες σε νερό (treated χειρισμός για 30΄)

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτομ. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Ποκνότητα.
C11	22,48	22,52	23,39	22,98	4,36	5,57	4,04	2,04	15,06	0,59
C12	22,54	22,59	23,69	22,99	4,61	5,90	5,10	1,77	14,98	0,56
C13	22,58	22,72	23,63	23,27	4,34	6,27	4,65	2,42	14,83	0,57
C14	22,51	22,60	23,58	23,29	4,58	5,92	4,75	3,05	15,36	0,58
C15	22,50	22,54	23,56	23,00	4,49	5,70	4,71	2,04	14,88	0,56
C16	22,49	22,59	23,39	22,98	4,35	5,65	4,00	1,72	14,98	0,56
C17	22,39	22,51	23,39	22,94	4,17	5,41	4,46	1,91	14,98	0,56
C18	22,54	22,53	23,67	22,99	4,54	5,84	5,01	2,00	15,08	0,57
C19	22,51	22,59	23,54	23,06	4,46	5,68	4,57	2,08	15,08	0,59
C20	22,54	22,68	23,58	23,24	4,61	6,27	4,61	2,46	15,38	0,58
T11	22,60	22,58	23,67	22,88	4,68	5,87	4,73	1,32	15,17	0,56
T12	22,58	22,59	23,63	22,94	4,55	5,69	4,65	1,54	15,16	0,57
T13	22,80	22,71	24,00	23,20	4,81	6,03	5,26	2,15	15,08	0,56
T14	22,53	22,59	23,40	22,97	4,40	5,57	3,86	1,68	15,24	0,58
T15	22,49	22,58	23,38	22,91	4,23	5,38	3,95	1,46	15,03	0,57
T16	22,57	22,58	23,64	22,93	4,74	5,96	4,74	1,55	15,19	0,58
T17	22,56	22,58	23,71	22,91	4,59	5,83	5,09	1,46	15,14	0,58
T18	22,42	22,50	23,34	22,81	4,16	5,42	4,10	1,37	14,93	0,55
T19	22,54	22,56	23,69	22,95	4,53	5,77	5,10	1,72	15,15	0,58
T20	22,67	22,60	23,75	22,91	4,71	5,87	4,76	1,37	15,37	0,58

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – 4,59% Ακτινική – 2,14%

Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – 4,62% Ακτινική – 1,56%

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νερό για 24 ώρες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα ναυοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

**Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης σε εξωτερικές συνθήκες δασικής
πεύκης (control και treated) μετά από 15 λεπτά σε νερό
(treated χειρισμός για 30΄)**

Είδος	Εφαπτομ. Αρχ.	Ακτιν. Αρχ.	Εφαπτο. Τελ.	Ακτιν. Τελ.	Βάρος/gr Αρχικό	Βάρος τελ.	Εφαπτομ. %	Ακτιν. %	Πάχος	Πυκνότητα.
C31	22,49	22,57	22,31	22,34	4,38	5,16	-0,80	-1,01	15,14	0,57
C32	22,54	22,58	22,38	22,55	4,49	5,87	-0,71	-0,13	15,28	0,57
C33	22,54	22,63	22,48	22,69	4,34	5,81	-0,26	0,26	14,59	0,58
C34	22,52	22,59	22,45	22,66	4,33	5,62	-0,31	0,30	14,62	0,58
C35	22,60	22,66	22,53	22,74	4,31	5,81	-0,31	0,35	14,66	0,57
C36	22,49	22,57	22,48	22,62	4,27	5,50	-0,04	0,22	14,62	0,57
C37	22,42	22,56	22,37	22,58	4,35	5,70	-0,22	0,08	15,13	0,56
C38	22,52	22,51	22,39	22,61	4,48	5,16	-0,57	0,44	15,25	0,58
C39	22,48	22,55	22,35	22,56	4,36	5,55	-0,57	0,04	14,58	0,59
C40	22,55	22,63	22,31	22,56	4,19	5,73	-1,06	-0,30	14,65	0,56
T31	22,51	22,55	22,19	22,45	4,40	4,90	-1,42	-0,44	15,32	0,56
T32	22,48	22,54	22,26	22,54	4,46	5,25	-0,97	0,00	15,26	0,57
T33	22,40	22,54	22,21	22,51	4,45	5,16	-0,84	-0,13	15,32	0,57
T34	22,53	22,59	22,27	22,57	4,28	5,08	-1,15	-0,08	14,78	0,57
T35	22,61	22,70	22,32	22,53	4,48	4,87	-1,28	-0,74	14,69	0,59
T36	22,52	22,63	22,36	22,56	4,48	5,10	-0,71	-0,30	15,31	0,57
T37	22,55	22,60	22,33	22,58	4,27	4,88	-0,97	-0,08	14,69	0,57
T38	22,53	22,59	22,18	22,41	4,26	5,01	-1,55	-0,79	14,77	0,56
T39	22,48	22,61	22,29	22,53	4,29	5,07	-0,84	-0,35	14,64	0,57
T40	22,38	22,58	22,12	22,50	4,44	4,95	-1,16	-0,35	15,40	0,57

***Μ.Ο. Δασικής πεύκης (C) εφαπτομενική μέτρηση – (-0,48%) Ακτινικά – (0,04%)
Μ.Ο. Δασικής πεύκης (T) εφαπτομενική μέτρηση – (-1,09%) Ακτινικά – (-0,32%)***

Έκθεση των δειγμάτων σε εξωτερικές συνθήκες για 2 μήνες.
Τοποθέτηση στο σκεύασμα νανοτεχνολογίας για 30 δευτερόλεπτα.

