



Τ.Ε.Ι. Λάρισσας
Παράρτημα
Καρδίτσας



Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου

**Α΄ ΤΟΜΕΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΞΥΛΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ
ΘΕΡΜΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ»**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ Χ. ΣΑΛΤΑΣ**

Επιβλέπων

Δρ. Γεώργιος Μαντάνης
Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισσας

ΚΑΡΔΙΤΣΑ - ΜΑΙΟΣ 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1. Υπόβαθρο	6
1.2. Η διαδικασία παραγωγής του Thermo Wood	6
❖ Εκπομπές αερίου κατά τη διαδικασία	8
❖ Απώλεια νερού κατά τη διαδικασία	8
❖ Κατανάλωση ενέργειας	8
1.3. Αλλαγές στη δομή του ξύλου και χημικές αντιδράσεις	9
1.3.1. Αλλαγές στη δομή του ξύλου	9
1.3.2. Αλλαγές των χημικών συνθέσεων	10
1.4. Κλάσεις θερμικής τροποποίησης (Thermo Wood)	11
1.5. Κατάλογος των σχετικών προτύπων	12
2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ THERMOWOOD	13
2.1. Πυκνότητα	13
2.2. Αντοχή	15
2.2.1. Αντοχή σε κάμψη	15
2.2.2. Ικανότητα συγκράτησης της βίδας	17
2.2.3. Αντοχή σε εγκάρσια θλίψη	17
2.2.4. Αντοχή σε αξονική θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες)	17
2.2.5. Αντοχή σε κρούση (δυναμική αντοχή)	18
2.2.6. Αντοχή σε διάτμηση	18
2.2.7. Αντοχή σε σχίση	19
2.3. Σκληρότητα	19
2.4. Υγρασία ισορροπίας	20
2.5. Σταθερότητα	20
2.6. Διαπερατότητα	22
2.7. Θερμικές ιδιότητες	23
2.8. Αντοχή στη φωτιά	23
2.8.1. Δοκιμή SBI (Μεμονωμένο καιόμενο αντικείμενο)	23
2.8.2. Δοκιμή ISO 5660	25
2.8.3. Δοκιμή σύμφωνα με το πρότυπο NF B 52501	26
2.8.4. Δοκιμή της επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας του Βρετανικού προτύπου BS 476, Μέρος 7	26

2.8.5.Συμπεριφορά του Thermo Wood σύμφωνα με τους Φινλανδικούς κανονισμούς δόμησης	27
2.9. Βιολογική ανθεκτικότητα	27
2.10. Ανθεκτικότητα στα έντομα	29
2.11. Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες	30
2.11.1. Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες χωρίς επεξεργασία της επιφάνειας	30
❖ Βροχή	30
❖ Ηλιοφάνεια	31
2.11.2. Ανθεκτικότητα της επεξεργασμένης επιφάνειας Thermo Wood στις καιρικές συνθήκες	33
2.12. Χρώμα	34
2.13. Εκπομπές	36
2.14. Αποτίμηση της οικοτοξικότητας των υγρών αποβλήτων	37
3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ	38
3.1. Γενικοί χειρισμοί	38
3.2. Πριόνισμα	38
3.3. Πλάνισμα	39
3.4. Φρεζάρισμα	40
3.5. Λείανση	41
3.6. Βιομηχανοποιημένη συγκόλληση και σύνδεση	41
3.7. Βιομηχανική επεξεργασία της επιφάνειας	44
3.8. Εμποτισμός για βελτίωση της ανθεκτικότητας στην φωτιά	45
3.9. Πρακτικές εμπειρίες από Φινλανδική εταιρία σύνδεσης	45
3.10. Υγιεινή και Ασφάλεια	47
4. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	49
4.1. Γενική μεταχείριση του προϊόντος	49
4.2. Μέθοδοι στερέωσης του τελικού προϊόντος	49
4.2.1.Κάρφωμα	49
4.2.2.Τύποι καρφιών	50
4.2.3.Βίδωμα	50
4.3. Συγκόλληση στον τόπο παραγωγής	51
4.4. Επεξεργασία της επιφάνειας στον τόπο παραγωγής	52
4.5. Πάγκοι σάουνας από Thermo Wood	52
4.6. Συντήρηση του προϊόντος	53

5. ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ THERMOWOOD	54
Kiilto: Συστάσεις για τη βιομηχανοποιημένη συγκόλληση του ThermoWood	56
Gori: Συστάσεις για την επεξεργασία της επιφάνειας του Thermowood	58
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ THERMOWOOD	59
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	67
❖ Μειονεκτήματα Thermowood	67
❖ Πλεονεκτήματα Thermowood	67
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

Πρόλογος

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και κατά συνέπεια η κατασκευή κουφώματος από θερμικά τροποποιημένη ξυλεία, κυρίως λευκής. Είναι μελέτη έρευνας και κατασκευής της μεθόδου τροποποίησης του ξύλου αλλά και της συμπεριφοράς αυτού στη βιομηχανική κατεργασία – παράγωγη.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου και επιβλέποντα αυτής της πτυχιακής εργασίας Δρ. Γεώργιο Μαντάνη για τις πληροφορίες που μου παρείχε αλλά και για τη συμπαράσταση και καθοδήγηση που προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια ολοκλήρωσής της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τις εταιρείες STORAENZO, EYROTECHNIKA και τους συνεργάτες τους για τις δοθείσες πληροφορίες και την άμεση προθυμία που επέδειξαν παροχή σε οποιαδήποτε βοήθειας.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την αμέριστη υλική και ηθική αρωγή που μου παρείχαν μέχρι το πέρας της πτυχιακής μου εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Υπόβαθρο

Είναι γνωστό εδώ και αιώνες ότι η θερμική επεξεργασία της επιφάνειας του ξύλου σε ανοιχτό χώρο καθιστά το ξύλο περισσότερο ανθεκτικό για εξωτερικές εφαρμογές. Ήδη, από την εποχή των Βίκινγκς, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείτο για κατασκευές εξωτερικού χώρου, όπως π.χ. για φράχτες.

Σε επιστημονικό επίπεδο η θερμική επεξεργασία του ξύλου μελετήθηκε στη Γερμανία από τους Stamm και Hansen τη δεκαετία του 1930 και στις Ηνωμένες Πολιτείες από τον White τη δεκαετία του 1940. Η έρευνα πάνω στο αντικείμενο αυτό συνεχίστηκε τη δεκαετία του 1950 από τους Γερμανούς Bavendam, Runkel και Buro. Οι Kollman & Schneider δημοσίευσαν τα ευρήματά τους τη δεκαετία του 1960 και το 1970 οι Rusche και Burmester. Τη δεκαετία του 1990 η ερευνητική εργασία συνεχίστηκε στη Γαλλία και στη Δανία, αλλά πιο εντατική και περιεκτική ήταν αυτή που έγινε από το Τεχνικό Ερευνητικό Κέντρο της Φιλανδίας (VTT).

Το ξύλο Thermowood επεξεργάζεται σε θερμοκρασία τουλάχιστον 180° C ενώ προστατεύεται με ατμό – μέθοδος που ανέπτυξε το VTT. Εκτός από την προστασία που προσφέρει, ο ατμός επηρεάζει επίσης τις χημικές μετατροπές που γίνονται στο ξύλο. Η επεξεργασία έχει ως τελικό αποτέλεσμα το ξύλο να αποκτήσει διάφορες ιδιότητες. Το χρώμα του γίνεται πιο σκούρο, παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στις ασταθείς καιρικές συνθήκες απ' ότι το κανονικό ξύλο και βελτιώνονται οι ιδιότητες θερμομόνωσης. Αν η θερμική τροποποίηση γίνει επαρκώς, καθιστά το ξύλο ανθεκτικό στη σήψη, αλλά μειώνει ελαφρώς την αντοχή του.

1.2. Η διαδικασία παραγωγής του Thermowood

Το VTT σε συνεργασία με τη Φινλανδική βιομηχανία ανέπτυξαν μια διαδικασία θερμικής τροποποίησης του ξύλου, βιομηχανικής κλίμακας, με την εμπορική ονομασία Thermowood. Σήμερα η διαδικασία αυτή επιτρέπεται στα μέλη του Φινλανδικού Συνεταιρισμού Θερμικά Τροποποιημένου Ξύλου.

Η διαδικασία παραγωγής του Thermowood μπορεί να διαχωριστεί σε τρία κύρια στάδια:

- Στάδιο 1: Αύξηση της θερμοκρασίας και ξήρανση σε υψηλές θερμοκρασίες

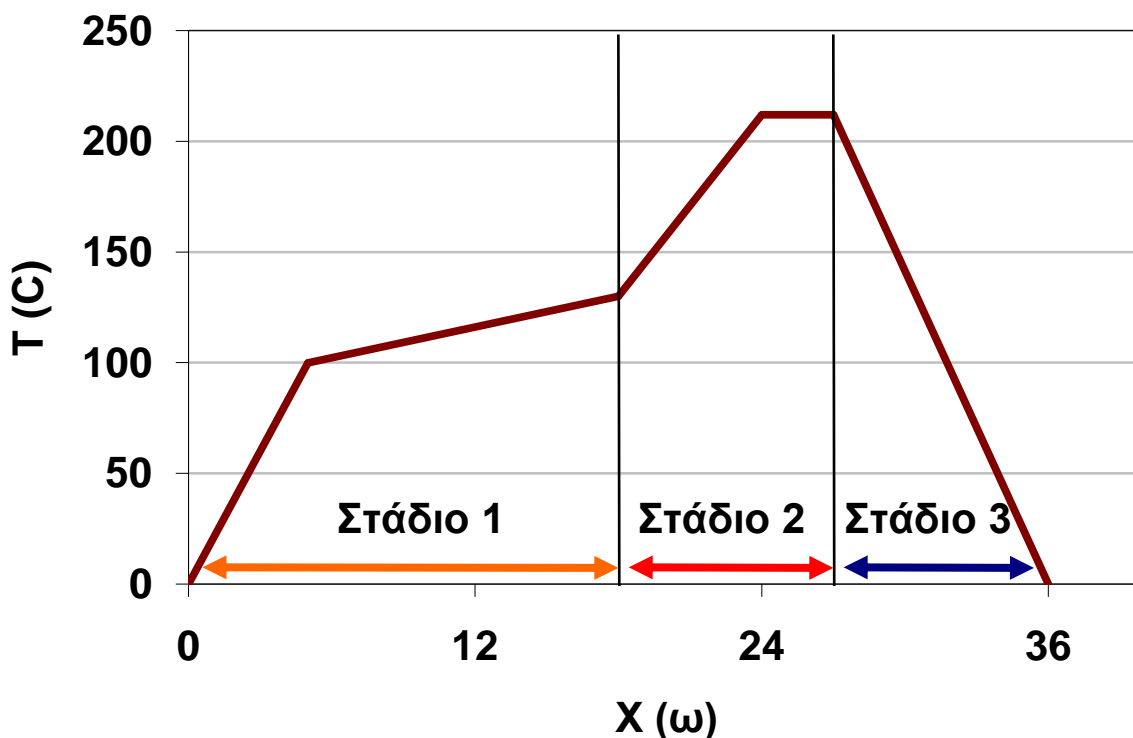
Η θερμοκρασία ξήρανσης αυξάνεται ραγδαία φτάνοντας περίπου τους 100°C χρησιμοποιώντας τη θερμότητα και τον ατμό. Έπειτα η θερμοκρασία φτάνει και διατηρείται σταθερή στους 130°C ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται υψηλή θερμοκρασία ξήρανσης και η περιεκτικότητα του ξύλου σε υγρασία φτάνει κοντά στο 0%.

- Στάδιο 2: Έντονη θερμική τροποποίηση

Όταν γίνει ξήρανση σε υψηλή θερμοκρασία, η θερμοκρασία στο θάλαμο ξήρανσης αυξάνεται στους 185°C - 230°C . Όταν επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή για 2-3 ώρες ανάλογα με την τελική επιθυμητή χρήση.

- Στάδιο 3. Κλιματισμός και σταθεροποίηση της υγρασίας

Το τελικό στάδιο είναι η μείωση της θερμοκρασίας μέσω συστημάτων ψεκασμού νερού. Όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 80 - 90°C , η υγρασία επανέρχεται στο ξύλο. Ακολουθεί το στάδιο σταθεροποίησης με σκοπό η υγρασία του ξύλου να φτάσει σε επίπεδο άνω του 4%, ανάλογα με την επιθυμητή χρήση.



Σχήμα 1. Σχηματικό διάγραμμα της παραγωγικής διαδικασίας

Για την αύξηση και τη μείωση της θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται ένα ειδικό σύστημα ρύθμισης για την αποφυγή ρωγμών στην επιφάνεια ή στο εσωτερικό του ξύλου. Η εσωτερική θερμοκρασία του ξύλου αντισταθμίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στο θάλαμο ξήρανσης. Η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του θαλάμου ξήρανσης και του ξύλου εξαρτάται από τις διαστάσεις των δειγμάτων.

Η πρώτη ύλη μπορεί να είναι φρέσκο ή αποξηραμένο ξύλο. Αν η διαδικασία ξεκινήσει από το φρέσκο ξύλο, η διαδικασία ξήρανσης μπορεί να γίνει πολύ γρήγορα χρησιμοποιώντας τον ατμό. Η γρήγορη αυτή ξήρανση μπορεί να γίνει καθώς δε μας ενδιαφέρει η αλλαγή του χρώματος και επίσης γιατί οι ρητίνες θα απομακρυνθούν από το ξύλο κατά τη θερμική επεξεργασία.

Η μέθοδος είναι κατάλληλη για μαλακή και σκληρή ξυλεία, ωστόσο η διαδικασία χρήζει βελτιστοποίησης για κάθε είδος ξύλου.

«Εκπομπές αερίου από τη διαδικασία»

Έχει εκτιμηθεί ότι η θερμική τροποποίηση ενός (1) m³ ελάτης απελευθερώνει 100 - 150 g/m³ οξικού οξέος το μέγιστο και συνολικά 20 - 40 kg/m³ διαφόρων ενώσεων. Καθώς δεν εξατμίζεται μόνο νερό κατά τη διαδικασία, τα αέρια που εκπέμπονται θα πρέπει να επεξεργάζονται ώστε να αποφευχθεί η άσκοπη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με την καύση των αερίων χρησιμοποιώντας έναν ειδικού τύπου καυστήρα είτε ως μέρος της διαδικασίας θερμικής τροποποίησης είτε ως ξεχωριστή διαδικασία. Η φλόγα τροφοδοτείται με μερικά επιπρόσθετα αέρια καύσιμα. Κάποιες μονάδες παραγωγής χρησιμοποιούν συσκευές καθαρισμού αερίων.

«Η απώλεια νερού κατά τη διαδικασία»

Από τη διαδικασία παράγεται συμπυκνωμένο νερό το οποίο εν μέρει είναι αρκετά όξινο (pH≈3) εξαιτίας του μυρμηκικού και του οξικού οξέος που εξατμίζεται από το ξύλο. Το νερό περιέχει επίσης μια ποσότητα ρητίνης που έχει εξατμιστεί και άλλα στέρεα συστατικά του ξύλου. Γίνεται διαχωρισμός της στερεής φάσης σε μια ειδική λεκάνη καθιζήσεως και της υγρής, η οποία υποβάλλεται σε επεξεργασία.

«Κατανάλωση ενέργειας»

Ο θάλαμος ξήρανσης θερμαίνεται χρησιμοποιώντας ατμό και ηλεκτρισμό ή μόνο θερμαντικούς σωλήνες ελαίου. Η ενέργεια παράγεται από απόβλητα του φλοιού και του ξύλου ή από καύσιμο πετρέλαιο. Επιπροσθέτως, απαιτείται καθαρός ατμός για να δημιουργήσει την κατάλληλη

ατμόσφαιρα. Η ενέργεια που απαιτείται είναι κυρίως για την ξήρανση και αναλογεί στο 80% της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται. Γι' αυτό η συνολική ενέργεια που απαιτείται είναι μόνο 25% μεγαλύτερη από εκείνη που καταναλώνεται κατά την τεχνητή ξήρανση κανονικής ξυλείας. Όσον αφορά τον ηλεκτρισμό και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται η ίδια ποσότητα.

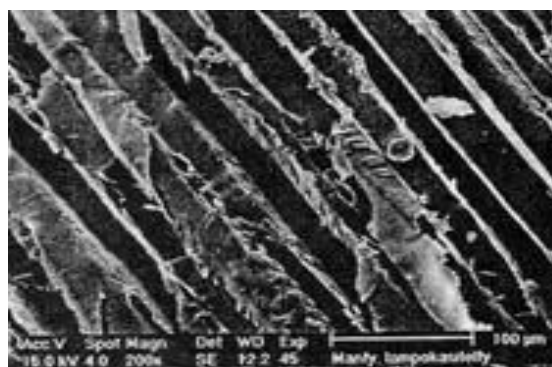
1.3 Αλλαγές στη δομή του ξύλου και στις γημικές αντιδράσεις

1.3.1 Αλλαγές στη δομή του ξύλου

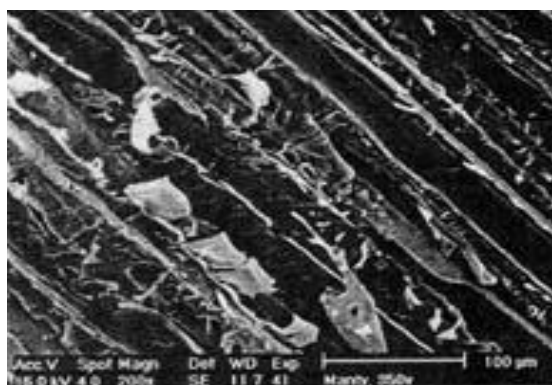
Συγκρίνοντας τη δομή ξύλου άνω των 100 χρόνων -από κατασκευές- με την αντίστοιχη δομή θερμικά τροποποιημένου ξύλου, παρατηρούνται ευδιάκριτες διαφορές. Τα παρακάτω σχήματα παρουσιάζουν τη μικροδομή κανονικού ξύλου πεύκης, θερμικά τροποποιημένου ξύλου πεύκης και ξύλου πεύκης 350 ετών -από κάποια κατασκευή- (Εικόνες από το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Tampere University of Technology). Σύμφωνα με αναλύσεις, η θερμική τροποποίηση του ξύλου, που γίνεται με έναν συγκεκριμένο τρόπο, προκαλεί γήρανση του ξύλου. Για παράδειγμα, μπορεί σε μια νύχτα η δομή του ξύλου να «γεράσει» περισσότερο από 200 χρόνια.



Σχήμα 2. Μη τροποποιημένο ξύλο πεύκης



Σχήμα 3. Thermowood

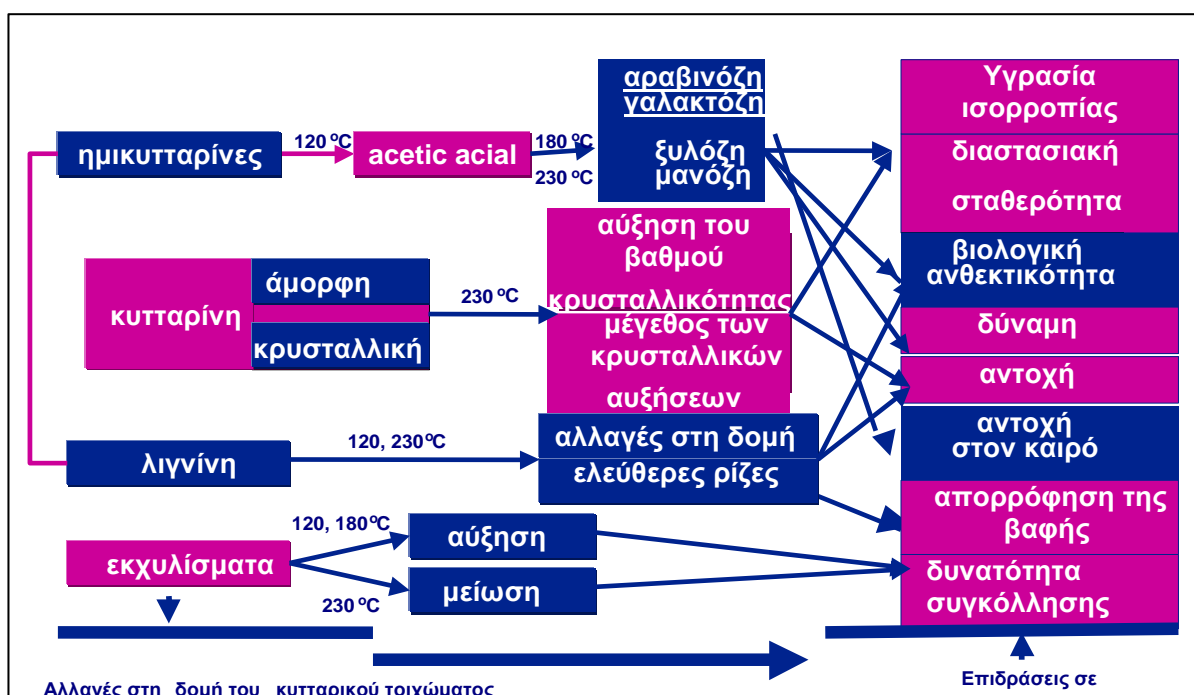


Σχήμα 4. Πεύκο 350 ετών

1.3.2 Αλλαγές των χημικών συνθέσεων

Το VTT, το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Helsinki (Helsinki University of Technology) και το Πανεπιστήμιο του Helsinki (Helsinki University) έχουν δημοσιεύσει διάφορες επιστημονικές εργασίες σχετικά με τις χημικές μεταβολές του θερμικά τροποποιημένου ξύλου στο κοινό τους έργο «Οι μηχανισμοί αντίδρασης του τροποποιημένου ξύλου (Reaction Mechanisms of Modified Wood)» (1998-2001). Επίσης, ο Risto Kotilainen από το φινλανδικό Πανεπιστήμιο της Jyväskylä (Jyväskylä University) έκανε μια διατριβή με τίτλο «Οι χημικές μεταβολές στο ξύλο κατά τη θερμική επεξεργασία στους 150-260° C (Chemical Changes in Wood during Heating at 150–260°C)».

Σύμφωνα με τον Kotilainen, απαιτούνται βασικές γνώσεις όσον αφορά τη χημική σύνθεση, τη δομή και τις φυσικές ιδιότητες του ξύλου, για να μπορεί να καταλάβει κανείς τις πολυάριθμες μεταβολές που συμβαίνουν στη φυσική και χημική δομή του ενώ θερμαίνεται. Γι' αυτό το λόγο, παρουσιάζουμε στην εικόνα που ακολουθεί περιληπτικά τις αλλαγές που υποδεικνύει το VTT.



Σχήμα 5. Μηχανισμοί αντίδρασης του θερμικά τροποποιημένου ξύλου (VTT)

1.4 Κλάσεις θερμικής τροποποίησης (Thermowood)

Σε στάδιο επεξεργασίας βρίσκεται ένα σύστημα ταξινόμησης της κατεργασίας σε συνεργασία με Φιλανδούς παραγωγούς θερμικά τροποποιημένης ξυλείας. Εκτός από αυτό το σύστημα, υπό εξέλιξη βρίσκεται επίσης το έργο για τη δημιουργία ενός προτύπου όσον αφορά τις πρώτες ύλες και την ποιότητα του προϊόντος.

Όσον αφορά τη μαλακή ξυλεία, στους παρακάτω πίνακες περιγράφονται δύο κλάσεις Thermowood που μελετώνται, η μία συνίσταται για εφαρμογές εσωτερικού χώρου και η άλλη για εφαρμογές εξωτερικού χώρου, ενώ για τη σκληρή ξυλεία υπάρχουν δύο κλάσεις που συνιστώνται μόνο για εσωτερική χρήση. Επιπλέον, είναι δυνατή η παραγωγή Thermowood σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες για συγκεκριμένους σκοπούς.

Πρότυπες κλάσεις Thermowood για μαλακή ξυλεία (πεύκη & ελάτη)

	Εσωτ. Κλάση	Εξωτ. Κλάση
Θερμοκρασία επεξεργασίας	190 °C	212 °C
Ανθεκτικότητα	+	++
Διαστασιακή σταθερότητα	+	++
Αντοχή σε κάμψη	καμία αλλαγή	-
Αμαύρωση του χρώματος	+	++

Πρότυπες κλάσεις Thermowood για σκληρή ξυλεία (σημόδα & λεύκη)

	Εσωτ. 1 Κλάση	Εσωτ. 2 Κλάση
Θερμοκρασία επεξεργασίας	180 °C	200 °C
Ανθεκτικότητα	καμία αλλαγή	+
Διαστασιακή σταθερότητα	+	+
Αντοχή σε κάμψη	καμία αλλαγή	-
Αμαύρωση του χρώματος	+	++

1.5 Κατάλογος των σχετικών προτύπων

- EN 20-1 Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός της προστατευτικής αποτελεσματικότητας ενάντια στο *Lyctus Brunneus* (Stephens) – Μέρος 1: Εφαρμογή με επεξεργασίας της επιφάνειας (εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 21 Συντηρητικά ξύλου – Καθορισμός των τοξικών δόσεων εναντίον του *Anobium punctatum* (De Geer) με μεταφορά προνυμφών (εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 46 Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός της προληπτικής δράσεως εναντίον των πρόσφατα εκκολαπτόμενων προνυμφών του *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus) (εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 47 Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός των τοξικών δόσεων εναντίον των προνυμφών του *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus) (εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 84 Συντηρητικά ξύλου – Δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης επεξεργασμένου ξύλου πριν βιολογικές δοκιμές – Δοκιμή έκπλυσης
- EN 113 Συντηρητικά ξύλου – Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της προστατευτικής αποτελεσματικότητας εναντίον των καταστροφικών για το ξύλο βασιδιομυκών – Προσδιορισμός των τοξικών δόσεων
- EN 117 Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός των τοξικών δόσεων εναντίον του *Reticulitermes santonensis* de Feytaud (Εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 252 Μέθοδος δοκιμής πεδίου για τον προσδιορισμό της σχετικής προστατευτικής αποτελεσματικότητας ενός συντηρητικού ξύλου σε επαφή με το έδαφος
- EN 302-2 Συγκολλητικές ουσίες για φέρουσες ξύλινες κατασκευές, μέθοδοι δοκιμών – Μέρος 2: προσδιορισμός της ανθεκτικότητας στην αποκόλληση (Εργαστηριακή μέθοδος)
- EN 335 – 1 Αντοχή ξύλου και προϊόντων ξύλου – Ορισμός των κατηγοριών επικινδυνότητας της βιολογικής προσβολής – Μέρος 1: Γενικά
- EN 335 – 1 Αντοχή ξύλου και προϊόντων ξύλου – Ορισμός των κατηγοριών επικινδυνότητας της βιολογικής προσβολής – Μέρος 2: Εφαρμογή σε συμπαγές ξύλο
- EN 350 – 1 Αντοχή ξύλου και προϊόντων ξύλου – Φυσική ανθεκτικότητα του συμπαγούς ξύλου – Μέρος 1: Οδηγός των αρχών για τις δοκιμές και την κατάταξη της φυσικής ανθεκτικότητας του ξύλου
- EN 350 – 2 Αντοχή ξύλου και προϊόντων ξύλου – Φυσική ανθεκτικότητα του συμπαγούς ξύλου – Μέρος 2: Οδηγός για τη φυσική ανθεκτικότητα και

- τη δυνατότητα κατεργασίας των σπουδαιότερων ειδών ξύλου για την Ευρώπη.
- EN 392 Συγκολλημένη ξυλεία με χρήση κόλλας – Δοκιμή διάτμησης των γραμμών κολλήσεως
 - EN 342 Δομές της ξυλείας – Δομική και συγκολλημένη ξυλεία με χρήση κόλλας – Προσδιορισμός κάποιων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων
 - EN 460 Ανθεκτικότητα ξύλου και προϊόντων με βάση το ξύλο – Φυσική ανθεκτικότητα του συμπαγούς ξύλου – Οδηγός απαιτήσεων ανθεκτικότητας ξύλου για χρήση ανάλογα με τις κατηγορίες επικινδυνότητας
 - ENV 807 Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός της τοξικής αποτελεσματικότητας έναντι μικροσηπτικών μικρομυκήτων και άλλων μικροοργανισμών εδάφους
 - EN 927 – 1 Χρώματα και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επιχρίσεως για ξύλα σε εξωτερικούς χώρους – Μέρος 1: Κατάταξη και επιλογή
 - EN 927 – 3 Χρώματα και βερνίκια - Χρήσιμα υλικά και συστήματα επιχρίσεως για ξύλα σε εξωτερικούς χώρους – Μέρος 3: Δοκιμή φυσικής γήρανσης
 - EN 927 – 4 Χρώματα και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επιχρίσεως για ξύλα σε εξωτερικούς χώρους – Μέρος 4: Εκτίμηση διαπερατότητας υδρατμών
 - EN 927 – 5 Χρώματα και βερνίκια - Υλικά και συστήματα επιχρίσεως για ξύλα σε εξωτερικούς χώρους – Μέρος 5: Εκτίμηση διαπερατότητας νερού
 - EN 12037 Συντηρητικά ξύλου – Μέθοδος δοκιμής πεδίου για τον προσδιορισμό της σχετικής προστατευτικής αποτελεσματικότητας ενός συντηρητικού ξύλου χωρίς επαφή με το έδαφος – Μέθοδος οριζόντιας σύνδεσης με επίθεση
 - ISO 5660 – 1 Δοκιμές καύσης – αντίδραση στη φωτιά – Μέρος 1: ρυθμός έκλυσης θερμότητας από τα δομικά υλικά (μέθοδος κωνικού θερμιδομετρητή)
 - ISO 6341 Ποιότητα νερού – Προσδιορισμός της αναστολής της κινητικότητας της *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Δοκιμή οξείας τοξικότητας
 - ASTM D 3273 Μέθοδος δοκιμής σε περιβαλλοντικό θάλαμο για την ανθεκτικότητα στην ανάπτυξη μούχλας στην επιφάνεια των εσωτερικών στρωμάτων.

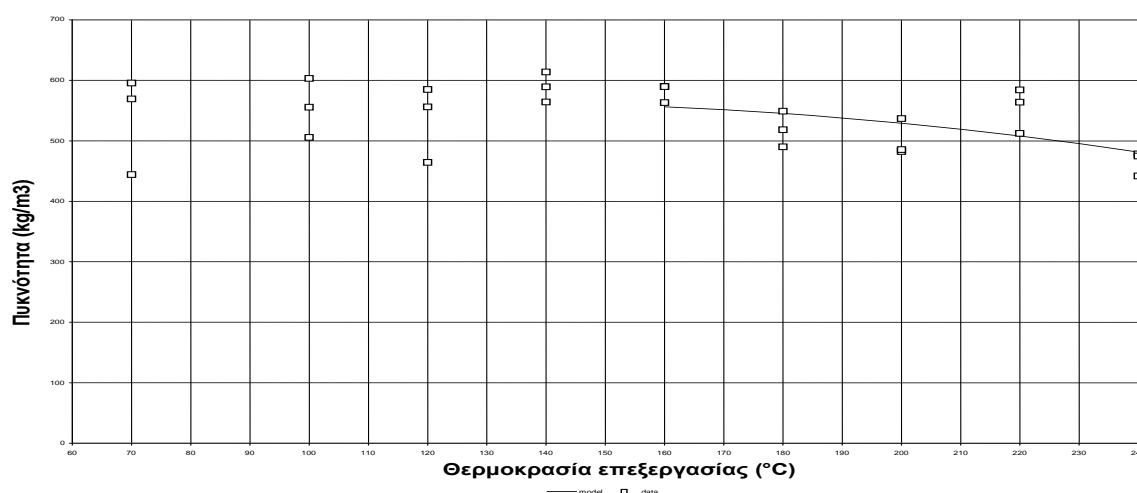
2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ THERMOWOOD

Όλες οι ιδιότητες που περιγράφονται στα κεφάλαια που ακολουθούν βασίζονται σε ένα εύρος αποτελεσμάτων από δοκιμές που έχουν γίνει με το Thermowood εδώ και αρκετά χρόνια. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως κατευθυντήριες γραμμές και παρουσιάζουν διαφορές εξαιτίας των φυσικών διαφορών ανάμεσα στα κομμάτια ξυλείας. Σε συνεχή εξέλιξη βρίσκονται περαιτέρω δοκιμές, ώστε να εξακριβωθούν τα αποτελέσματα των προηγούμενων δοκιμών και να δημιουργηθεί μια στατιστική βάση δεδομένων με τις πιο σημαντικές ιδιότητες του Thermowood.

Η πλειονότητα των δοκιμών που έχουν διεξαχθεί είναι σε μαλακή ξυλεία, ωστόσο έχουν γίνει και κάποιες δοκιμές σε είδη, όπως η σημύδα και η λεύκη. Φαινομενικά, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ της ελάτης και της πεύκης, αλλά προφανώς υπάρχουν φυσικές διαφορές, όπως για παράδειγμα η πυκνότητα και τα είδη των ρόζων.

2.1. Πυκνότητα

Η πυκνότητα υπολογίστηκε με βάση το βάρος και τις διαστάσεις του δείγματος. Το Thermowood είχε μικρότερη πυκνότητα από το μη τροποποιημένο ξύλο. Αυτό οφείλεται κυρίως στις αλλαγές που παρατηρούνται στη μάζα του δείγματος κατά την επεξεργασία, κατά την οποία το ξύλο παρουσίασε απώλεια βάρους. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όσο υψηλότερες είναι οι θερμοκρασίες της επεξεργασίας, τόσο μειώνεται η πυκνότητα. Η απόκλιση είναι μεγάλη και ο συντελεστής προσδιορισμού πολύ μικρός.



Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στην πυκνότητα του τροποποιημένου ξύλου πεύκης στους 160-240° C (ώρες). Ο μέσος όρος της πυκνότητας στη ζώνη της θερμοκρασίας $\theta < 160$ °C είναι 560 kg/m³. Η σχετική υγρασία (RH) του υλικού ήταν σε ποσοστό 65%. (VTT)

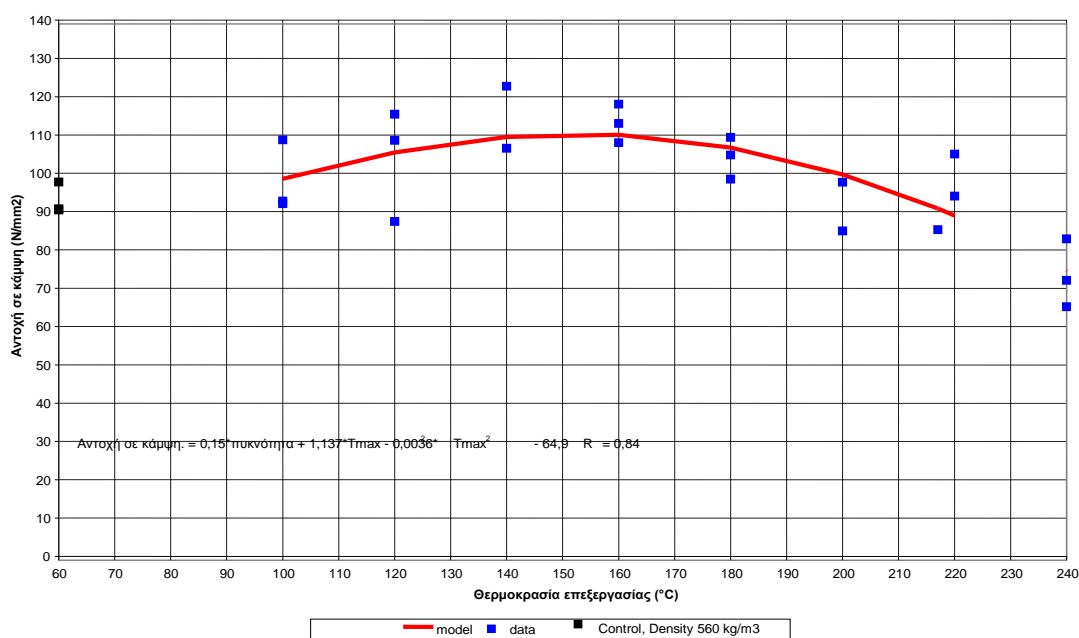
2.2 Αντοχή

Η αντοχή του ξύλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα και η τιμή της πυκνότητας του Thermowood είναι ελαφρώς μικρότερη μετά την επεξεργασία. Γι αυτό το λόγο είναι φανερό ότι το Thermowood σε μερικές περιπτώσεις παρουσιάζει μικρότερη αντοχή, αλλά ο λόγος αντοχής-βάρους μπορεί στην πράξη να παραμείνει αμετάβλητος.

Επίσης, η αντοχή του ξύλου εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία, όταν η αυτή είναι κάτω από το σημείο ισοκόρου. Επειδή το Thermowood έχει λιγότερη υγρασία ισοροπίας, σε σταθερές συνθήκες έχει λιγότερη περιεχόμενη υγρασία και γι' αυτό μπορεί να παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή από το κανονικό ξύλο.

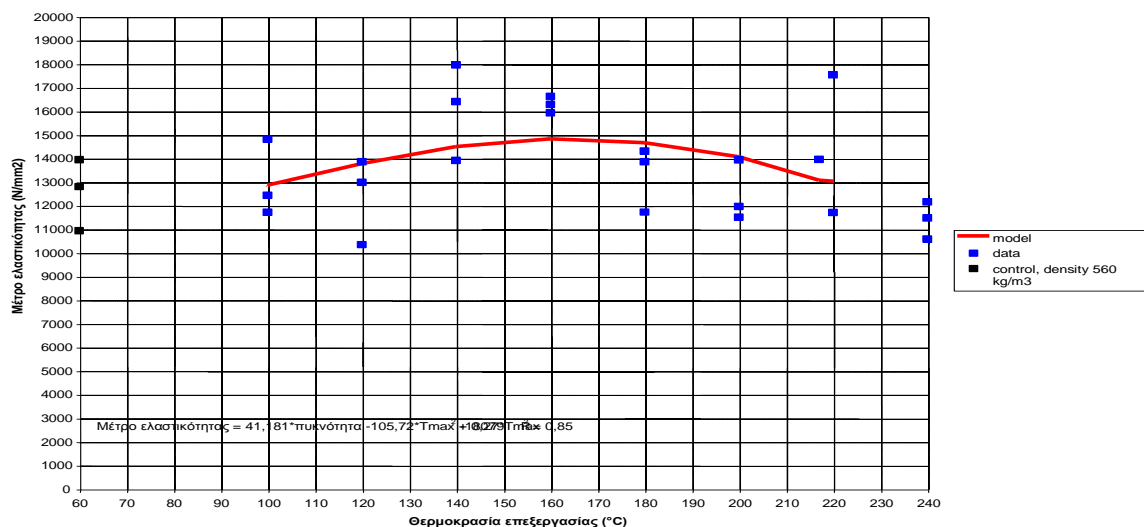
2.2.1 Αντοχή σε κάμψη

Έχουν δοκιμαστεί δύο μέθοδοι για την αντοχή σε κάμψη. Στην πρώτη χρησιμοποιήθηκε υλικό απαλλαγμένο από ελαττώματα, μικρού πλάτους, και στη δεύτερη χρησιμοποιήθηκαν κομμάτια με φυσικά ελαττώματα, μεγαλύτερου πλάτους. Τα αποτελέσματα (βλ. παρακάτω) δείχνουν ότι η πεύκη σε θερμοκρασίες άνω των 220° C αρχίζει να παρουσιάζει σημαντική μείωση της αντοχής.



Επίδραση της θερμικής τροποποίησης στην αντοχή σε διάρρηξη (πεύκη), μέτριας πυκνότητας 560 kg/m³. (VTT)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν παρατηρείται σημαντική μείωση του μέτρου ελαστικότητας όταν γίνεται θερμική τροποποίηση της ξυλείας (βλ. παρακάτω).



Επίδραση της θερμικής τροποποίησης στην ελαστικότητα του πεύκου, μέτριας πυκνότητας 560 kg/m^3 . (VTT)

Η αντοχή της θερμικά τροποποιημένης ελάτης μελετήθηκε χρησιμοποιώντας μεγαλύτερα δείγματα, σύμφωνα με το πρότυπο EN 408. Πριν από τη δοκιμή, τα κομμάτια υγράθηκαν σε ποσοστό 45 και 65% σχετικής υγρασίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Στην ξυλεία που περιέχει ρόζους, η αντοχή του θερμικά τροποποιημένου ξύλου είναι μικρότερη από αυτή του μη τροποποιημένου, εξαιτίας της έκκρισης ρητίνης από το ξύλο. Ειδικά για την ελάτη, η αντοχή μειώνεται, γιατί χαλαρώνουν οι ξεροί ρόζοι.

Η αντοχή σε κάμψη και το μέτρο ελαστικότητας της θερμικά τροποποιημένης ελάτης

Σειρά	πλάτος (mm)	ύψος (mm)	μήκος (mm)	σχετική υγρασία (%)	πυκνότητα	αντοχή σε κάμψη 1) N/mm^2	μέτρο ελαστικότητας 1) N/mm^2	μέτρο φαινομενικής ελαστικότητας 1) N/mm^2
1	38	100	1800	45	425 ± 45	$23,0 \pm 11,2$	11015 ± 3142	9495 ± 2823
2	38	100	1800	65	392 ± 40	$22,5 \pm 9,2$	12326 ± 1681	11494 ± 1280
3	100	38	1800	45	392 ± 25	$19,0 \pm 5,4$	10486 ± 1649	9537 ± 1705
4	100	38	1800	65	397 ± 17	$27,9 \pm 5,9$	11913 ± 1422	11230 ± 1224

1) Μέση τιμή και τυπική απόκλιση

Οι τιμές αναφοράς για τη μη τροποποιημένη ελάτη με 12% περιεχόμενη υγρασία αντιστοιχούν στην αντοχή σε κάμψη $40 - 50 \text{ N/mm}^2$ και σε μέτρο ελαστικότητας $9700 - 12000 \text{ N/mm}^2$.

Μετά από δοκιμές που έγιναν σε τροποποιημένα μη διαβαθμισμένα υλικά με ελαττώματα με πλάτος 1800 mm για 4 ώρες στους $230 \text{ }^\circ\text{C}$ (παραπάνω πίνακας), η αντοχή τους μειώθηκε μέχρι και

40% σε σύγκριση με το κανονικά επεξεργασμένο ξύλο, καθώς εξασθένησαν οι περιοχές γύρω από τα ελαττώματα. Ωστόσο, με επεξεργασία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (190° C) για 4 ώρες η διαφορά στην αντοχής σε κάμψη ήταν πολύ μικρότερη.

Η πλειονότητα των δοκιμών μέχρι τώρα αφορούσε μικρά τμήματα ξύλου απαλλαγμένα από ελαττώματα. Είναι απαραίτητο λοιπόν να γίνουν περισσότερες δοκιμές σε μεγαλύτερα τμήματα ξύλου και για τη σχέση που έχουν οι διάφορες ποσότητες ρόζων καθώς και τα διάφορα είδη ρόζων. Προς το παρόν, συστήνουμε να **ΜΗ** χρησιμοποιείται το Thermowood για φέρουσες δομές, καθώς δεν έχουν γίνει ολοκληρωμένες μελέτες.

2.2.2 Ικανότητα συγκράτησης του κοιλία

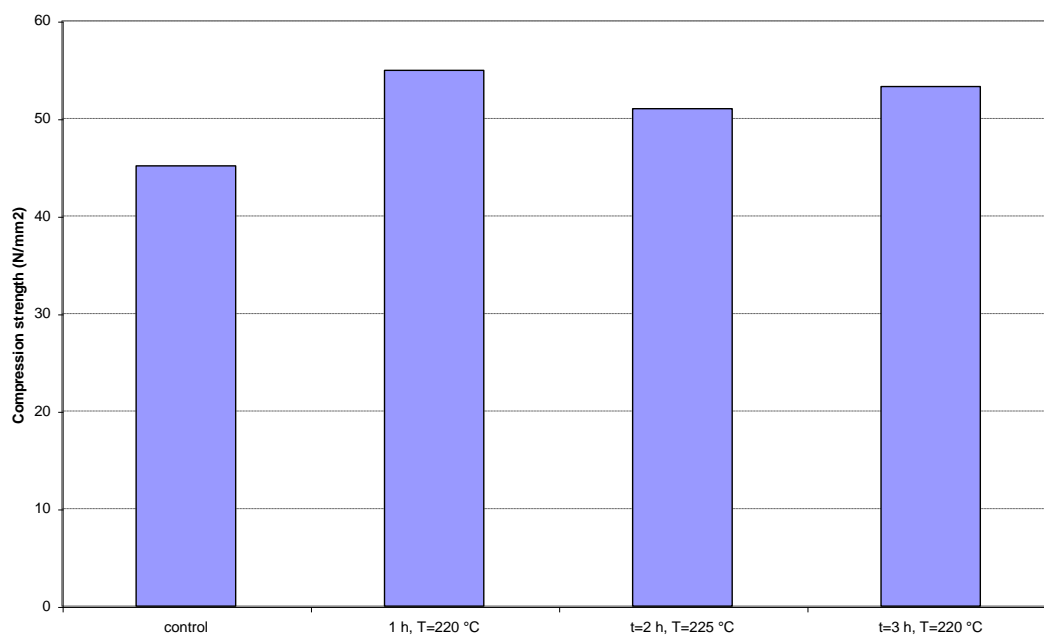
Τα αποτελέσματα της έρευνας (1999) για τη «Θερμική Τροποποίηση της Ξυλείας» από το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας στο Mikkeli (Institute of Environmental technology at Mikkeli), έδειξαν ότι η σημαντικότερη επίδραση στην ικανότητα συγκράτησης του κοιλία προκαλείται από τη γενική διακύμανση της κατανομής της πυκνότητας στο ξύλο παρά στην ίδια τη θερμική τροποποίηση. Παρατηρήθηκε ότι όταν η πυκνότητα του υλικού είναι μικρότερη και γινόταν προδιάτρηση των οπών, τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα.

2.2.3 Αντοχή σε εγκάρσια θλίψη

Σύμφωνα με δοκιμές που έγιναν από τη VTT, παρατηρήθηκε μια βελτίωση ποσοστού 30% στην αντοχή σε εγκάρσια θλίψη, όταν το ξύλο επεξεργάστηκε θερμικά στους 195° C για 3 ώρες, σε σύγκριση με το κανονικά αποξηραμένο ξύλο. Τα δείγματα ξύλου που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη αυτή είχαν εμβαπτιστεί σε νερό πριν από τη δοκιμή.

2.2.4 Αντοχή σε αξονική θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες)

Η αντοχή σε θλίψη εξαρτάται κυρίως από την πραγματική πυκνότητα του ξύλου. Μπορεί να αποδειχθεί ότι η διαδικασία της θερμικής τροποποίησης δεν έχει αρνητικές συνέπειες στις τιμές της αντοχής σε θλίψη. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν μάλιστα ότι οι τιμές ήταν καλύτερες απ' ότι στην κανονικά αποξηραμένη ξυλεία και σε υψηλές θερμοκρασίες τροποποίησης (βλ. το παρακάτω σχήμα).



Αντοχή σε θλίψη (compression strength) της ελάτης (N/mm²), μέτριας πυκνότητας 420kg/m³. (VTT)

Από τις δοκιμές βρέθηκε ότι όταν το φορτίο της πίεσης έφτανε στο μέγιστο, τα δοκίμια έσπαγαν σε μικρότερα μέρη αλλά δεν συνθλιβόνταν όπως στο κανονικά αποξηραμένο ξύλο. Έτσι, λοιπόν, είναι φανερό ότι η θερμικά τροποποιημένη ξυλεία και η κανονικά αποξηραμένη ξυλεία δεν έχουν την ίδια ελαστικότητα.

2.2.5 Αντοχή σε κρούση (δυναμική αντοχή)

Μετά από δοκιμές (CTBA) αποδείχθηκε ότι η τιμή της αντοχής σε κρούση του Thermowood μειώνεται σε σύγκριση με το κανονικά αποξηραμένο ξύλο. Έπειτα από δοκιμή σε ελάτη που υπέστη τρίωρη επεξεργασία στους 220° C, παρατηρήθηκε ότι η αντοχή σε κρούση μειώθηκε περίπου στο 25%.

2.2.6 Αντοχή στη διάτμηση

Σε δοκιμές που έγιναν (από τη VTT) για την αντοχή στη διάτμηση με κάθετη και παράλληλη προς τις ίνες διεύθυνση, παρατηρήθηκε ότι οι ιδιότητες της αντοχής μειώνονταν από 1 έως 25% με κάθετη προς τις ίνες διεύθυνση και από 1 έως 40% με παράλληλη προς τις ίνες διεύθυνση, σε θερμοκρασία επεξεργασίας των 230° C για 4 ώρες. Ωστόσο, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (190° C) η

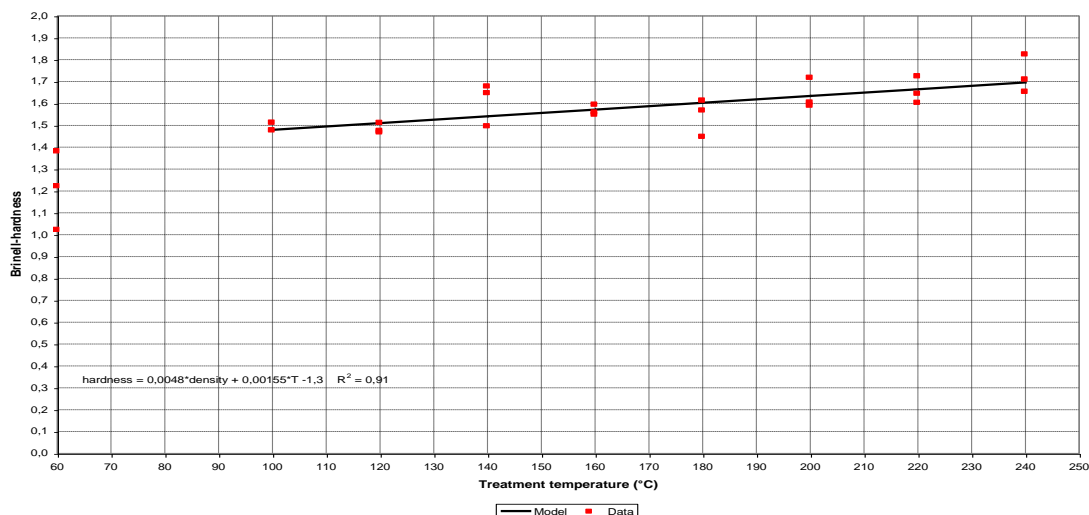
πεύκη επηρεαζόταν ελαφρώς, ενώ η ελάτη παρουσίαζε μείωση 1 έως 20% και προς τις δύο διευθύνσεις.

2.2.7 Αντοχή σε σχίση

Οι δοκιμές, όσον αφορά τη σχίση, έγιναν από το Ινστιτούτο περιβαλλοντικής τεχνολογίας του Mikkelä (Institute of environmental technology at Mikkelä) χρησιμοποιώντας ελάτη, πεύκη και σημάδα σε διάφορες θερμοκρασίες επεξεργασίας. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών συμπεραίνουμε ότι η αντοχή σε σχίση μειώνεται 30-40% και η φθορά είναι ελαφρώς πιο έντονη σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

2.3 Σκληρότητα

Η δοκιμή για τη σκληρότητα Brinell έγινε σύμφωνα με το πρότυπο prEN 1534. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι όσο περισσότερο αυξάνεται το επίπεδο της θερμοκρασίας της θερμικής τροποποίησης, η τιμή της σκληρότητας βελτιώνεται, ωστόσο σε γενικές γραμμές η αλλαγή είναι τόσο μικρή που στην ουσία δεν παρατηρείται καμία επίδραση (βλ. τα αποτελέσματα παρακάτω). Όπως συμβαίνει με όλα τα είδη ξύλου, ο βαθμός σκληρότητας Brinell εξαρτάται περισσότερο από την πυκνότητα.

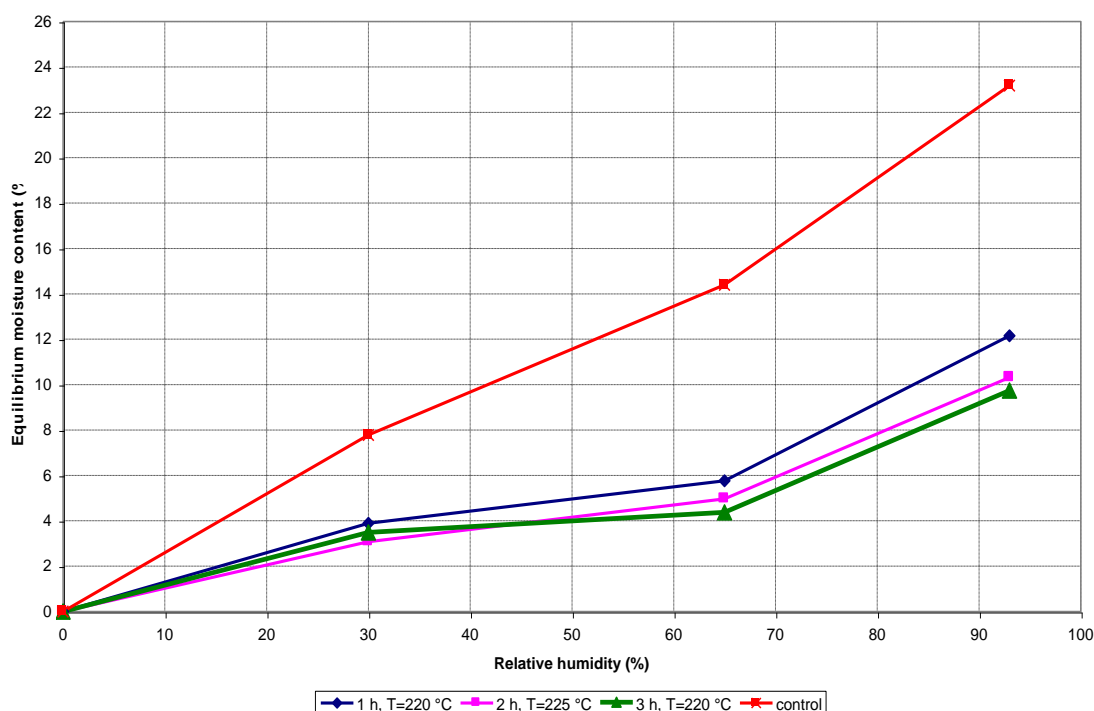


Brinell-hardness = σκληρότητα Brinell, hardness = σκληρότητα, density = πυκνότητα, treatment temperature = θερμοκρασία επεξεργασίας

Επίδραση της θερμικής τροποποίησης στη σκληρότητα Brinell του πεύκου, χρόνος επεξεργασίας: 3 ώρες (VTT)

2.4 Υγρασία ισορροπίας

Η θερμική τροποποίηση του ξύλου προκαλεί μείωση της υγρασίας ισορροπίας. Έγιναν δοκιμές, ώστε να συγκριθεί το θερμικά τροποποιημένο ξύλο με το κανονικά επεξεργασμένο ξύλο σε διάφορες σχετικές υγρασίες. Σε χαμηλές υγρασίες η διαφορά στην πρόσληψη υγρασίας δεν είναι αξιοσημείωτη, αλλά σε υψηλότερες υγρασίες και υψηλότερες θερμοκρασίες στο στάδιο της έντονης θερμικής επεξεργασίας, είναι μεγαλύτερη. Όταν υλικά που έχουν επεξεργαστεί σε υψηλές θερμοκρασίες εκτίθενται σε ποσοστό υγρασίας 90%, η περιεχόμενη υγρασία μπορεί να είναι 40-50% λιγότερη από το κανονικά επεξεργασμένο ξύλο. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις επιδράσεις στα υλικά που επεξεργάζονται για 1-3 ώρες στους 220-225° C και σε διάφορες υγρασίες.

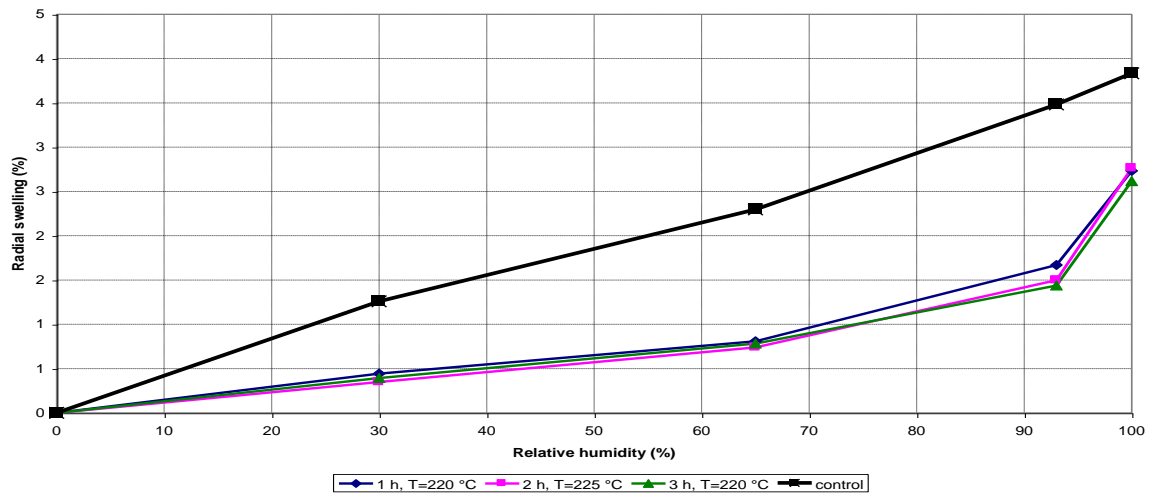


Equilibrium moisture content = υγρασία ισορροπίας, relative humidity = σχετική υγρασία

Επίδραση της σχετικής υγρασίας στην περιεχόμενη υγρασία της θερμικά τροποποιημένης ελάτης. (VTT)

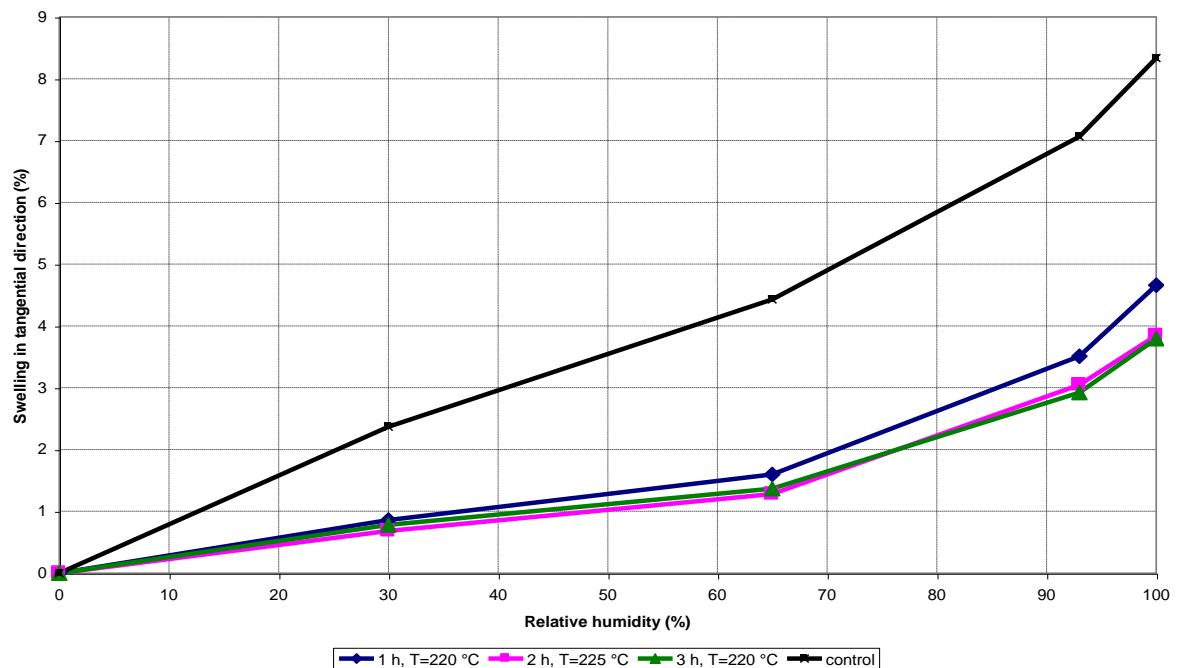
2.5 Σταθερότητα

Η συνολική σταθερότητα του θερμικά τροποποιημένου ξύλου μπορεί έχει πολλές θετικές πλευρές. Λόγω της χαμηλής υγρασίας ισορροπίας, μειώνεται σημαντικά η αξονική και εφαπτομενική διόγκωση (βλ. τα παρακάτω σχήματα).



Radial swelling = αξονική διόγκωση, relative humidity = σχετική υγρασία

Αξονική διόγκωση της ελάτης σε σχέση με την σχετική υγρασία (VTT).



Swelling in tangential direction = εφαπτομενική διεύθυνση της διόγκωσης, relative humidity = σχετική υγρασία

Εφαπτομενική διόγκωση της ελάτης σε σχέση με την σχετική υγρασία. (VTT)

Η επίδραση της θερμικής τροποποίησης στη διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου ήταν φανερή κατά την κοπή του τελικού προϊόντος. Σύμφωνα με δοκιμές που έκανε η VTT σε θερμικά

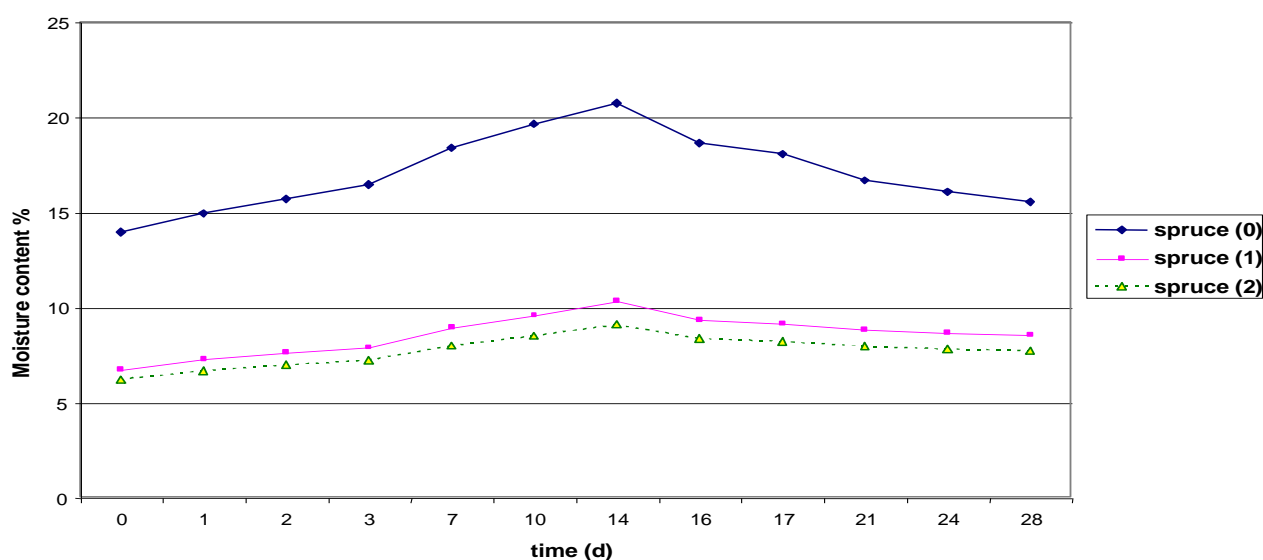
τροποποιημένο ξύλο με και χωρίς επίχριση, το ξύλο διατήρησε τη μορφή του. Το κανονικό ξύλο είτε επηρεάστηκε από την τελική επεξεργασία είτε είχε γίνει επίστρωση με διάλυμα ανόργανων αλάτων - χαλκό, χρώμιο και αρσενικό- (CCA) είτε όχι.

Λόγω της διαστασιακής σταθερότητας του ξύλου, ο τεμαχισμός του υλικού σε μικρότερα ξυλοτεμάχια έχει θετικά αποτελέσματα, καθώς μειώνεται το ποσοστό των παραμορφώσεων και η γενική διαστολή.

2.6 Διαπερατότητα

Η προσρόφηση νερού από θερμικά τροποποιημένο ξύλο δοκιμάστηκε από τη CTBA για την διείσδυση από τις ίνες στα άκρα του ξύλου, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο σε προϊόντα όπως π.χ. κατασκευές για παράθυρα. Τα δείγματα βυθίστηκαν σε απιονισμένο νερό και έπειτα φυλάχτηκαν σε χώρο με σχετική υγρασία 65% και με θερμοκρασία 20° C κάνοντας περιοδικές μετρήσεις κάθε 9 ημέρες. Ως αποτέλεσμα, σε μικρό χρονικό διάστημα, η προσρόφηση νερού του θερμικά τροποποιημένου ξύλου ήταν 20-30% λιγότερη απ' ότι σε κανονικά επεξεργασμένο ξύλο.

Το VTT εξέτασε τη διαπερατότητα της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σύμφωνα με το πρότυπο EN 927-4. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα, όπου 0 σημαίνει καμία επεξεργασία, 1 και 2 σημαίνουν θερμική επεξεργασία στους 195° C και στους 210° C αντίστοιχα.



Moisture content=Περιεχόμενη υγρασία, Time=Χρόνος, Spruce= Ελάτη

Επίδραση της διαπερατότητας υδρατμών στη θερμικά τροποποιημένη ξυλεία. (VTT)

Δοκιμές έγιναν επίσης από το VTT σύμφωνα με το πρότυπο EN 927-5. Τα δείγματα ξύλου τοποθετήθηκαν σε λεκάνες με νερό για 72 ώρες με τις άκρες των δειγμάτων να είναι στεγανοποιημένες. Το αποτέλεσμα ήταν ότι η μη τροποποιημένη ελάτη παρουσίαζε αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας 22%, ενώ μετά από επεξεργασία στους 195° C είχε μια αύξηση του 12% και στους 210% μια αύξηση του 10%.

2.7 Θερμικές ιδιότητες

Δοκιμές έδειξαν ότι η θερμοαγωγιμότητα του ThermoWood μειώνεται 20-25% σε σύγκριση με την κανονικά επεξεργασμένη μαλακή ξυλεία. Γι' αυτό το υλικό έχει πλεονεκτήματα όταν χρησιμοποιείται σε εξωτερικές εφαρμογές, π.χ. πόρτες, επενδύσεις, παράθυρα, και σε σάουνες. Σύμφωνα με δοκιμές από το VTT, η θερμοαγωγιμότητα λ_{10} του ThermoWood (Εξωτ. Κλάση) είναι 0.099 W/(m K). Η αντίστοιχη τιμή για τη μη τροποποιημένη πριστή ξυλεία είναι 0.12 W/(m K), σύμφωνα με το πρότυπο C4 του Φιλανδικού κανονισμού δόμησης.

2.8 Αντοχή στη φωτιά

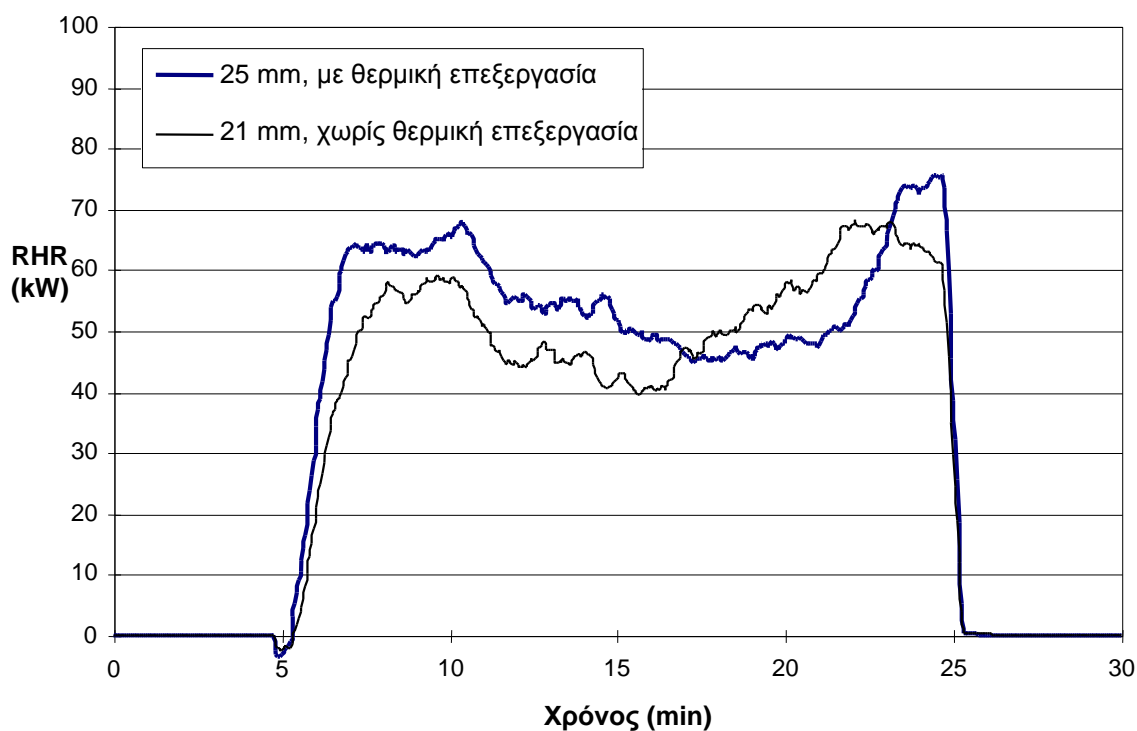
2.8.1 Δοκιμή SBI (EN 13823)

Η μέθοδος δοκιμής «Μεμονωμένο Καιόμενο Προϊόν (Single Burning Item, SBI)» έχει ως σκοπό να προσδιορίσει την πραγματική συμπεριφορά που παρουσιάζουν οικοδομικά υλικά (εκτός από τις επενδύσεις για δάπεδο) των ευρωπαϊκών τάξεων B, D και C. Σύμφωνα με αυτή, ένα δείγμα που αποτελείται από δύο κατακόρυφες πλευρές που σχηματίζουν μια ορθή γωνία, εκτίθεται σε φλόγες καυστήρα αερίου. Το ύψος των πλευρών του δείγματος είναι 1.5 m και τα πλάτη τους 0.5 και 1.0 m. Ο καυστήρας αερίου τοποθετείται στη βάση της γωνίας και αρκεί για ένα μεμονωμένο καιόμενο προϊόν. Παράγει θερμότητα περίπου 40 kW/m² το μέγιστο.

Η επίδραση της θερμικής τροποποίησης στο ρυθμό έκλυσης θερμότητας (rate of heat release-RHR) παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας της θερμικά τροποποιημένης πεύκης αυξήθηκε περίπου 10 kW συγκριτικά με τη μη επεξεργασμένη πεύκη. Η προηγούμενη αύξηση του ρυθμού έκλυσης θερμότητας προς το τέλος της δοκιμής σε ένα μη τροποποιημένο θερμικά δείγμα οφείλεται στο μικρότερο πάχος του. Η συνολική έκλυση θερμότητας (Total Heat Release-THR) παρουσιάζει μια αύξηση περίπου 15% εξαιτίας της θερμικής τροποποίησης. Η παραγωγή καπνού μόλις που διπλασιάστηκε. Επιπλέον, ο χρόνος ανάφλεξης (που βασίζεται στην αύξηση κατά 5 kW του ρυθμού έκλυσης θερμότητας) μειώθηκε κατά 30%.

Συμπερασματικά, η θερμική τροποποίηση φαίνεται να επιδρά αρνητικά στη συμπεριφορά του ξύλου στη φωτιά. Αυτό ίσως σχετίζεται με την απελευθέρωση πτητικών κατά τη θερμική τροποποίηση. Αν και η θερμοκρασία κατά την τροποποίηση δεν πλησιάζει την θερμοκρασία ανάφλεξης του ξύλου, μπορεί τα συστατικά του να παρουσιάσουν βαθμιαία αποσύνθεση. Συνεπώς, οι ιδιότητες του υλικού αλλάζουν έχοντας ως αποτέλεσμα την ελαφρώς μειωμένη αντοχή στη φωτιά.

Οι δοκιμές που έχουν γίνει για το ThermoWood είναι πολύ λίγες, ώστε να καθοριστούν επακριβείς τιμές. Ωστόσο, μπορούμε να πούμε ότι το ThermoWood δεν διαφέρει σημαντικά από το κανονικό ξύλο όσον αφορά την πυρασφάλεια. Το ThermoWood κατατάσσεται στην τάξη D.



Ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας (RHR) σε δείγματα πεύκου με (2/1) και χωρίς (3/1) θερμική κατεργασία. Το πάχος των δειγμάτων ήταν 21 και 25 mm για θερμικά τροποποιημένες και μη σανίδες πεύκης, αντίστοιχα.

Brandsäkra Trähus – Στάδιο 2: Αποτελέσματα δοκιμών SBI προϊόντων από ξύλο

Προϊόν	Πάχος (mm)	FIGRA (W/s)	THR _{600s} (MJ)	SMOGRA (m ² /s ²)	TSP _{600s} (m ³)
Ελάτη	18	419	18,0	4	36,3
Πεύκη (θερμικά τροποποιημένη)	25	581	32,8	6	62,5
Πεύκη	21	321	23,2	3	15,0
Πεύκη (με κοιλότητα 22 mm)	21	329	22,3	4	35,5
Πεύκη	15	361	26,6	4	17,5
Πεύκη	45	587	23,9	12	54,4
Ελάτη (εσοχές και προεξοχές), κάθετα	15	452	17,0	3	34,0
Ελάτη (εσοχές και προεξοχές), οριζόντια	15	494	18,4	4	50,0
Κόντρα πλακέ (ελάτη)	12	596	15,8	3	45,0
Κόντρα πλακέ (επιφάνεια πεύκης)	12	437	16,6	1	21,0

FIGRA=Fire Growth Rate (Ταχύτητα αύξησης της φωτιάς), THR600s=Total Heat Release after 600 s (Ολική έκλυση θερμότητας), SMOGRA= Smoke Growth Rate (Ταχύτητα αύξησης του καπνού) και TSP=Total Smoke Production (Ολική παραγωγή καπνού)

2.8.2 Δοκιμή ISO 5660

Οι ιδιότητες της φωτιάς του Thermowood δοκιμάστηκαν από το VTT σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5660. Η θερμική τροποποίηση μείωσε στο μισό το χρόνο ανάφλεξης για το δείγμα της πεύκης και της ελάτης (πίνακας 5 και 6), σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο. Η έκλυση θερμότητας μειώθηκε 32% στα δείγματα πεύκου. Τα θερμικά τροποποιημένα δείγματα ελάτης δεν παρουσίασαν καμία αλλαγή. Η παραγωγή καπνού ήταν μικρότερη στα θερμικά τροποποιημένα δείγματα πεύκης και ελάτης σε σύγκριση με τα μη τροποποιημένα δείγματα.

Θερμιδομετρική δοκιμή των ρόζων ISO 5660, επίπεδο ακτινοβολίας 50 kW/m², πεύκη.

Διάσταση (mm)	Χρόνος επεξεργασίας στους 230 °C (h)	Απώλεια βάρους (%)	Χρόνος ανάφλεξης (s)	RHR(60s, ave) (kW/m ²)	Καπνός (m ² /kg)
50 x 150	5	7,2	12	137	180
50 x 150	8	11,8	13	136	47
50 x 150	10	14,4	16	160	120
50 x 150	0		19 – 25	150 - 200	25 - 100 (200)

Θερμιδομετρική δοκιμή των ρόζων ISO 5560, στάθμη/ επίπεδο ακτινοβολίας 25 kW/ m², έλατο.

Διάσταση (mm)	Χρόνος επεξεργασίας στους 230 °C (h)	Χρόνος ανάφλεξης (s)	RHR (60s, ave) (kW/ m ²)	Καπνός (m ² /kg)
50 x 150	8	97	112	21
50 x 150	0	193	113	72

2.8.3 Δοκιμή σύμφωνα με το πρότυπο NF B 52501

Οι δοκιμές διεξήχθησαν από την CTBA σύμφωνα με το πρότυπο NF B 52501. Όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν μπορούν να ταξινομηθούν σε M₃. Η ανθεκτικότητα του θερμικά τροποποιημένου ξύλου πρέπει να θεωρείται παρόμοια με του μη τροποποιημένου ξύλου.

2.8.4 Δοκιμή της επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας του Βρετανικού προτύπου BS 476, Μέρος 7

Ένα μικρό ποσοστό δειγμάτων πεύκης και ελάτης που έχουν επεξεργαστεί στους 210° C υποβλήθηκαν σε δοκιμές στο Ηνωμένο Βασίλειο σύμφωνα με την κατηγορία 1 του βρετανικού προτύπου για την επιφανειακή εξάπλωση της φλόγας (μέρος 7). Από τα αποτελέσματα καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τα θερμικά τροποποιημένα είδη ανήκουν στην κατηγορία 4. Η πρότυπη κατηγοριοποίηση για κανονικά επεξεργασμένη μαλακή ξυλεία είναι της κατηγορίας 3. Η θερμικά τροποποιημένη ξυλεία υπερέβη το όριο της τρίτης κατηγορίας από το πρώτο λεπτό.

Συμπερασματικά, λόγω της μικρής ποσότητας δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, καταλήγουμε στο ότι δεν μπορούμε να βασιστούμε σε αυτά τα αποτελέσματα και είναι απαραίτητο να γίνουν περισσότερες δοκιμές χρησιμοποιώντας υλικά που επεξεργάστηκαν σε διάφορες θερμοκρασίες και με διαφορετικές περιεχόμενες υγρασίες.

Οι δοκιμές και τα αποτελέσματα του βρετανικού προτύπου εστίασαν μόνο στην εξάπλωση της φλόγας και στα νέα πρότυπα EN, αυτό το στοιχείο αποτελεί ένα μόνο μέρος της διαδικασίας της δοκιμής. Είναι φανερό ότι η θερμικά τροποποιημένη ξυλεία παρουσιάζει μείωση του χρόνου ανάφλεξης, αλλά όσον αφορά την έκλυση θερμότητας και την παραγωγή καπνού παρουσιάζει αύξηση σχετικά με την κανονικά επεξεργασμένη ξυλεία.

2.8.5 Συμπεριφορά του Thermowood σύμφωνα με τους Φινλανδικούς κανονισμούς δόμησης

Οι απαιτήσεις για πυρασφάλεια των κατασκευών και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτές καθορίζονται στο ενότητα E1 (Πυρασφάλεια των κατασκευών – Κανονισμοί και οδηγίες, 1997) του Φινλανδικού κατασκευαστικού κώδικα. Ο δομικός σχεδιασμός για την αντίσταση στη φωτιά γίνεται σύμφωνα με την ενότητα B1 (Ασφάλεια και επιφόρτιση των δομών – Κανονισμοί, 1998) και ενότητα B10 (Ξύλινες δομές – Οδηγίες 1983, τροποποίηση 1990) του Φινλανδικού κατασκευαστικού κώδικα.

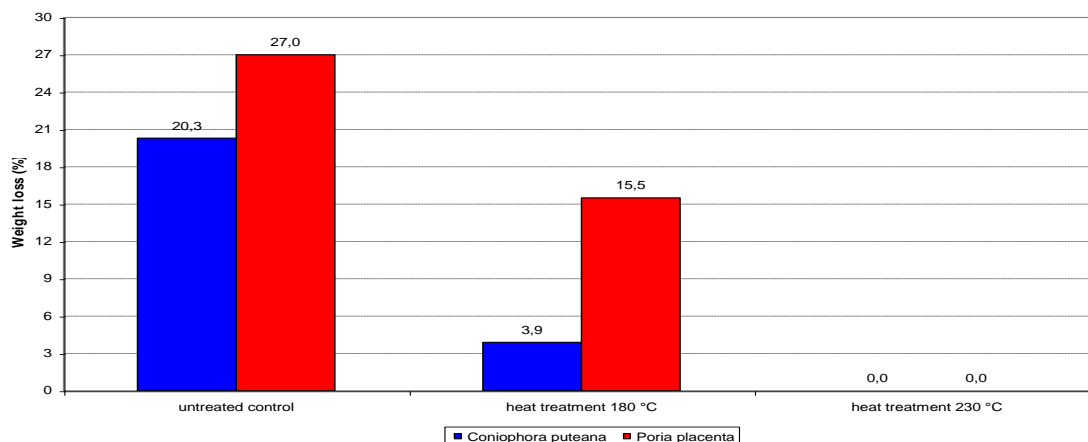
Οι μέθοδοι δοκιμής και τα κριτήρια αποδοχής για τις θερμικές ιδιότητες του κατασκευαστικού υλικού, των δομικών στοιχείων και μηχανισμών καθορίζονται στον οδηγό «Ympäristöopas 35 1998, Rakennustuotteiden palotekninen hyväksyntä» («Περιβαλλοντολογικός οδηγός 35, 1998 – σχεδιασμός αποδοχής των κατασκευαστικών υλικών όσον αφορά την πυρκαγιά») που εκδόθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Φινλανδίας.

Το Thermowood πληροί τις απαιτήσεις για την 2^η κατηγορία ανάφλεξης όπως περιγράφεται στην έκδοση που αναφέρεται στο 11.2.

2.9 Βιολογική ανθεκτικότητα

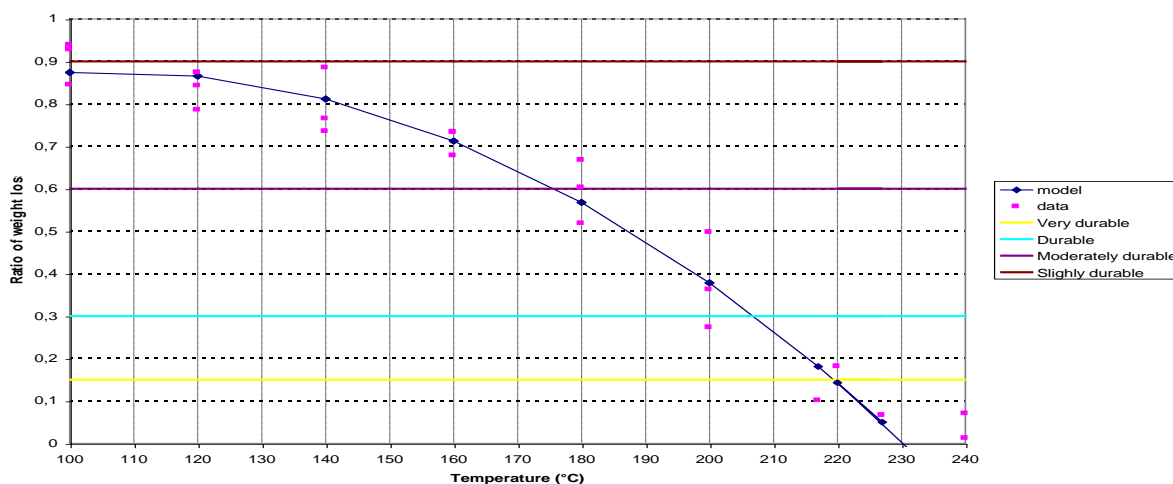
Διεξήχθησαν τρεις δοκιμές από το VTT αναφορικά με την επίδραση της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας στην βιολογική ανθεκτικότητα σε εργαστηριακές συνθήκες. Οι δοκιμές έγιναν σύμφωνα με το πρότυπο EN 113 με χρόνο αποσύνθεσης 16 εβδομάδες και επίσης σύμφωνα με μια τροποποίηση του EN 113, κάνοντας χρήση μικρότερων δειγμάτων και επιταχύνοντας το χρόνο δοκιμής για μικρότερο χρόνο αποσύνθεσης (6 εβδομάδες). Η τρίτη δοκιμή έγινε σε επαφή με το χώμα σύμφωνα με το πρότυπο ENV 807 και οι χρόνοι δοκιμής ήταν 8, 16, 24 και 32 εβδομάδες. Χρησιμοποιήθηκαν οι μύκητες *Coniophora puteana* και *poria placenta*, οι οποίοι θεωρούνται οι πιο κοινοί και πιο προβληματικοί μύκητες. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι και τα δύο είδη ζουν στην επιφάνεια του εδάφους.

Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι επηρεάστηκε σημαντικά η ανθεκτικότητα της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας στην αποσύνθεση, παρουσιάζοντας καστανή σήψη. Τα δύο είδη μυκήτων προκάλεσαν διαφορετικά αποτελέσματα στην θερμικά τροποποιημένη ξυλεία. Το *Poria placencia* χρειάζεται μεγαλύτερη θερμική επεξεργασία απ' ό τι το *Coniophora puteana* για να πετύχει το υψηλότερο επίπεδο ανθεκτικότητας της ξυλείας (βλ. παρακάτω σχήμα).



Επίδραση της θερμικής τροποποίησης στην αποσύνθεση που προκαλεί η ξηρή σήψη (παραλλαγή του προτύπου EN 113). Θερμικά τροποποιημένη πεύκη, χρόνος επεξεργασίας 4 ώρες. (VTT)

Η βιολογική ανθεκτικότητα σύμφωνα με το πρότυπο EN 113 παρουσίασε πολύ καλό ποσοστό αντοχής σε εξάρτηση με την θερμοκρασία και με το χρόνο της επεξεργασίας. Για να ανέβει το ξύλο στην κατηγορία 1 (πολύ ανθεκτικό), απαιτούνται θερμοκρασίες άνω των 220° C για 3 ώρες, ενώ για την κατηγορία 2 (ανθεκτικό) τα καλύτερα αποτελέσματα έχουν οι θερμοκρασίες γύρω στους 210° C για 3 ώρες επίσης (βλ. παρακάτω σχήμα EN 350-1 – Φυσική ανθεκτικότητα)



Ratio of weight loss=αναλογία απώλειας βάρους, temperature=θερμοκρασία, very durable=πολύ ανθεκτικό, durable=ανθεκτικό, moderately durable=μέτριας ανθεκτικότητας, slightly durable=ελαφρώς ανθεκτικό

Επίδραση της θερμοκρασίας στο λόγο της απώλειας βάρους – Πεύκη, χρόνος επεξεργασίας: 3 ώρες, πρότυπο EN 350-1 – Φυσική ανθεκτικότητα (VTT)

Σύμφωνα με επιτόπιες δοκιμές, όταν το ThermoWood έρχεται σε επαφή με το έδαφος (EN 252) τα αποτελέσματα δεν είναι αποδεκτά. Ο λόγος μάλλον δεν είναι η προσβολή από τους μύκητες. Εξαιτίας της συνεχούς επαφής με την υγρασία παρατηρείται απώλεια της μηχανικής αντοχής και συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η απώλεια αντοχής είναι αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης αλλά είναι απαραίτητο να διεξαχθεί περισσότερη έρευνα πάνω στο θέμα.

2.10 Ανθεκτικότητα στα έντομα

Οι δοκιμές έγιναν από το CTBA της Γαλλίας (Centre Technique de Bois et de l'Ameusement). Στον εσωτερικό σομόφο της μαλακής ξυλείας βρέθηκαν ξυλοφάγα έντομα (σαράκια) Longhorn. Το *anobium punctatum* (ανόβιο) είναι μια συνηθισμένη κάμπια που επιτίθεται ειδικά στη σκληρή ξυλεία. Ο *lyctus bruneus* (λύκτος) εντοπίζεται σε κάποια είδη σκληρής ξυλείας. Τα αποτελέσματα των δοκιμών δείχνουν ότι το ThermoWood είναι ανθεκτικό και στα τρία έντομα που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Έντομο Longhorn και προνύμφη σε δοκιμές με ThermoWood. (Jarmo Holopainen, Πανεπιστήμιο του Kuorio)

Δοκιμές που έγιναν από το Πανεπιστήμιο του Kuorio (University of Kuorio) αποδεικνύουν επίσης, ότι το ThermoWood είναι αρκετά ανθεκτικό ενάντια στα ξυλοφάγα έντομα Longhorn. Η ανάλυση των δοκιμών καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα έντομα αναγνωρίζουν την πεύκη από τις εκπομπές τερπενίου, το οποίο δημιουργεί το κατάλληλο περιβάλλον για τη γέννηση των αβγών τους.

Επειδή οι εκπομπές τερπενίου από το Thermowood είναι σημαντικά πιο μειωμένες απ' ό τι εκείνες του κανονικού ξύλου (βλ. κεφάλαιο 2.13), αναμένεται ότι θα προτιμήσουν το κανονικό ξύλο αντί του Thermowood, όταν αυτό είναι δυνατό. Σύμφωνα με την ανάλυση, τα ίδια φαινόμενα παρατηρούνται και στους τερμίτες. Ωστόσο, το θέμα χρήζει περαιτέρω έρευνας.

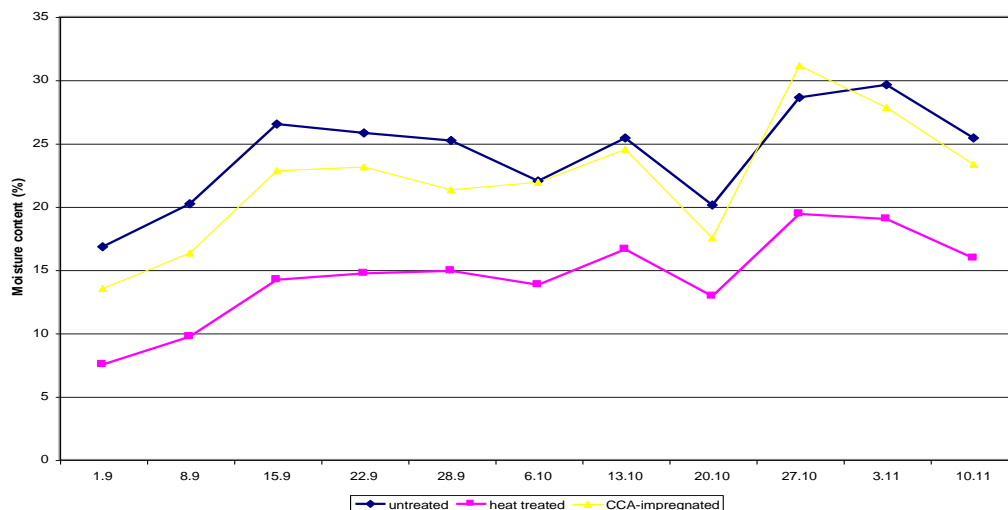
Όσον αφορά τους τερμίτες, το πρόβλημα προς το παρόν είναι περισσότερο εμφανές σε περιοχές του Νότιου ημισφαιρίου, αλλά έχουν ήδη εξαπλωθεί και στη Γαλλία και έχουν αναφερθεί περιπτώσεις στις περισσότερες χώρες της Β. Ευρώπης σήμερα. Οι τερμίτες επιτίθενται στις κατασκευές από το έδαφος, αποφεύγοντας, όταν είναι δυνατό, την απευθείας έκθεση στο φως του ήλιου. Οι τερμίτες θα επιτεθούν σε υλικά από ξύλο, αλλά και από τσιμέντο στην αναζήτησή τους για ένα καλό γεύμα. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι και μέτρα, για να περιοριστεί το πρόβλημα. Ένας τρόπος είναι η τοποθέτηση μεμβρανών από πολυθένιο στα θεμέλια της κατασκευής και διάφορων ασφαλικών διαλυμάτων, τα οποία μπορούν να σφραγίσουν όλους τους πιθανούς δρόμους προς την κατασκευή. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών για το χρόνο αντοχής του Thermowood αποδείχθηκε ότι δεν είναι ικανό να αντιμετωπίσει μια επίθεση από τερμίτες. Ωστόσο, προτείνεται να γίνονται επιτόπιες δοκιμές, καθώς τα είδη των τερμιτών διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Γενικότερα, όμως, το θέμα των τερμιτών χρήζει περαιτέρω έρευνας.

2.11 Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες

2.11.1 Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες χωρίς κατεργασία της επιφάνειας

«Βρογή»

Έχουν γίνει πολλές δοκιμές για να προσεγγίσουμε την αντίσταση του ThermoWood ενάντια στη φυσική επίδραση των καιρικών συνθηκών. Από τα αποτελέσματα του επεξεργασμένου στους 225° C υλικού (6 ώρες), παρατηρήθηκε ότι υπήρχε περίπου το μισό ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο, και αυτή η διαφορά παρέμεινε ίδια για 5 χρόνια έκθεσης. Το σχήμα που ακολουθεί περιγράφει την ανάπτυξη της περιεχόμενης υγρασίας σε φυσικές καιρικές συνθήκες του μη τροποποιημένου ξύλου, του ThermoWood και του εμποτισμένου ξύλου με οξείδια χαλκού, χρωμίου και αρσενικού (CCA).

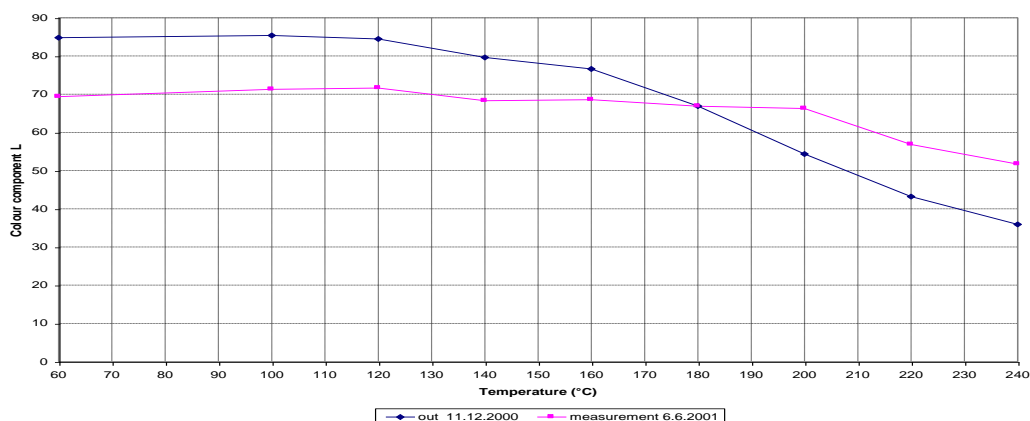


Moisture content=περιεκτικότητα σε νερό, untreated=ακατέργαστο, heat treated=θερμικά τροποποιημένο, CCA-impregnated=εμποτισμένο με χαλκό, χρώμιο και αρσενικό

Η περιεχόμενη υγρασία τροποποιημένων πλακών πεύκου κατά την έκθεση σε φυσικές συνθήκες το 1994. (VTT)

Όπως όλα τα υλικά που εκτίθενται στο φυσικό περιβάλλον, το Thermowood μπορεί να επηρεαστεί από την επιφανειακή μούχλα. Λόγω των βακτηρίων που μεταφέρονται με τον αέρα ή της λάσπης που υπάρχει στη βροχή, μπορεί να σχηματιστούν μύκητες στην μη επεξεργασμένη επιφάνεια. Ωστόσο αφού βρίσκεται στο επάνω στρώμα της επιφάνειας, μπορεί να φύγει εάν την καθαρίσουμε ή την τρίψουμε.

«Ηλιοφάνεια»



Colour component L=συντελεστής χρώματος L, temperature=θερμοκρασία, out=, measurement=μέτρηση

Επίδραση της θερμικής τροποποίησης στην αλλαγή του χρώματος της πεύκης (σε εξωτερικό χώρο), τρίωρη επεξεργασία.

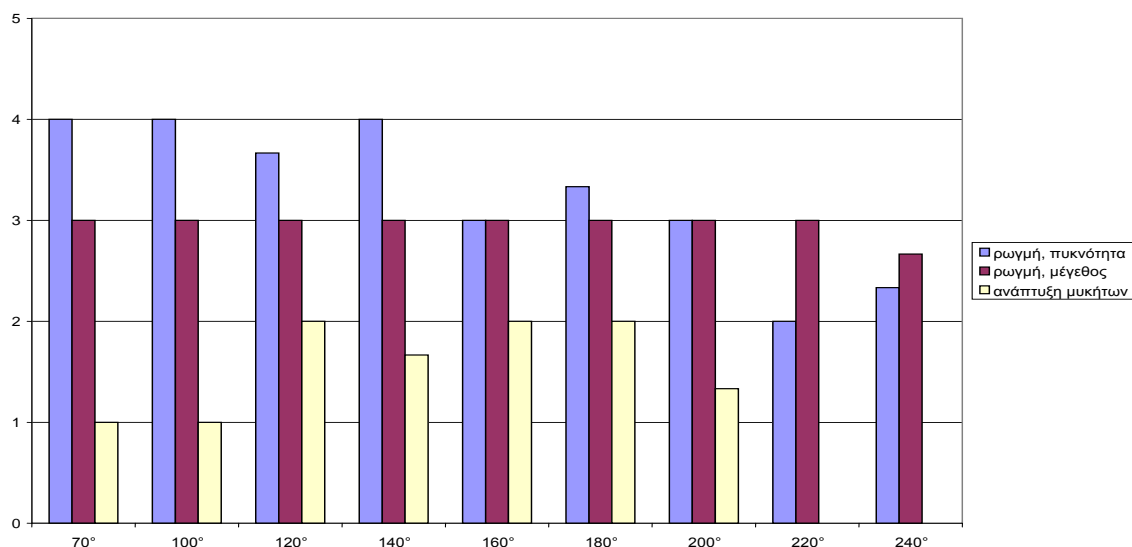
Επιτόπιες δοκιμές έγιναν όσον αφορά την ανθεκτικότητα του ThermoWood στην επίδραση της ηλιοφάνειας (υπεριώδης ακτινοβολία). Όπως τα περισσότερα φυσικά υλικά, το ThermoWood δεν μπορεί να αντισταθεί στις υπεριώδεις ακτίνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος από κανονικό καφέ σε στυλπνό γκρι μετά από μια περίοδο άμεσης έκθεσης στο φως του ηλίου. Το παραπάνω σχήμα παρουσιάζει την αλλαγή του συντελεστή L του χρώματος μετά από την πάροδο έξι μηνών.

Αν και η περιεχόμενη υγρασία και η διαστασιακή σταθερότητα παρουσιάζουν σημαντική μείωση με το ThermoWood, η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί μικρές ρωγμές στην επιφάνεια των μη επιχρισμένων πλακών, όταν εκτίθενται σε αυτή. Τα επίπεδα των επιφανειακών ρωγμών στο ThermoWood δείχνουν σημεία βελτίωσης στο υπό έλεγχο υλικό του μη επεξεργασμένου ξύλου όταν χρησιμοποιούνται υψηλές θερμοκρασίες (βλ. παρακάτω σχήμα).

Η επίδραση της διαδικασίας της θερμικής τροποποίησης στις επιφανειακές ρωγμές και στην ανάπτυξη μυκήτων στην επιφάνεια παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί. Οι ρωγμές βαθμολογήθηκαν ως εξής:

- μέγεθος (0 – 5):
 - 0 καθόλου ρωγμές
 - 1 η ρωγμή είναι ορατή με το loop, μεγέθυνση *10
 - 2 η ρωγμή είναι ορατή στο γυμνό μάτι
 - 3 η ρωγμή διακρίνεται καθαρά
 - 4 ρωγμές, όταν το πλάτος είναι πάνω κάτω του 1 mm
 - 5 μεγάλες ρωγμές, όταν το πλάτος είναι άνω του 1 mm.

- πυκνότητα (0 – 5):
 - 1 ελάχιστος αριθμός ρωγμών
 - 5 η επιφάνεια είναι γεμάτη με ρωγμές



Επίδραση της θερμοκρασίας της θερμικής τροποποίησης στις ρωγμές της επιφάνειας και ανάπτυξη μυκήτων στις πλάκες από πεύκο, θερμική επεξεργασία τριών ωρών, έκθεση σε εξωτερικές συνθήκες για 6 μήνες.

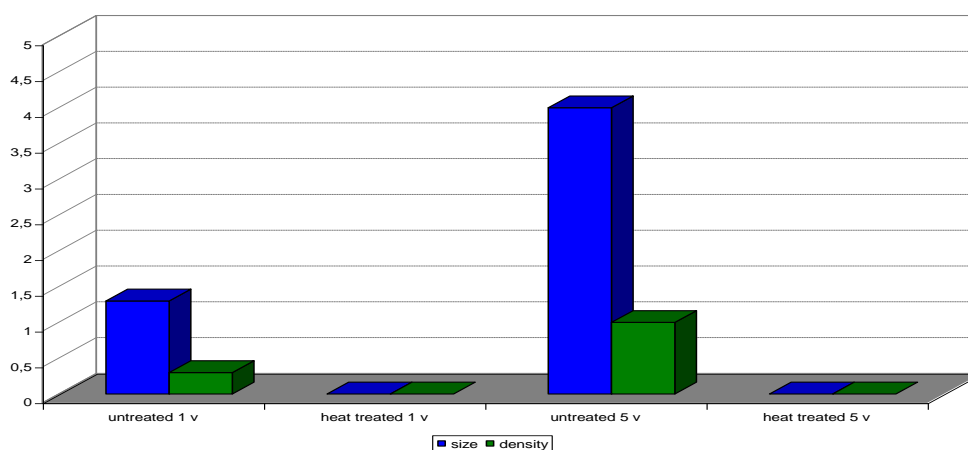
Το συμπέρασμα από την επίδραση της ηλιοφάνειας (υπεριώδους ακτινοβολίας) είναι ότι προστατεύοντας την επιφάνεια με χρωστικές ουσίες, το ThermoWood παρουσιάζει καλύτερη ανθεκτικότητα όσον αφορά τις ρωγμές της επιφάνειας και γι αυτό συνιστάται η επεξεργασία της επιφάνειας.

2.11.2 Ανθεκτικότητα της επεξεργασμένης επιφάνειας ThermoWood στις καιρικές συνθήκες

Επιτόπιες δοκιμές με 5 χρόνια έκθεση σε εξωτερικές συνθήκες έγιναν από το VTT ώστε να μελετηθούν οι επιδόσεις της επίχρισης στην επιφάνεια του ThermoWood, σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο. Οι πλάκες βαθμολογήθηκαν οπτικά σύμφωνα με το πρότυπο ISO 4628 κατά την έκθεση.

Παρατηρήθηκε ότι η περιεχόμενη υγρασία του ThermoWood ήταν περίπου στο μισό σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο. Τα απαλά/ελαστικά ή χωρίς χρωστικές ουσίες βερνίκια και έλαια δεν προστάτευαν το ThermoWood ή το μη τροποποιημένο ξύλο, καθώς φθείρονται και οι ετήσιοι δακτύλιοι αρχίζουν να χαλαρώνουν όπως και στις πλάκες χωρίς επίχριση. Οι επιστρωμένες με απαλά/ελαστικά βερνίκια πλάκες έχουν μια έντονη τάση να σπάνε.

Έπειτα από πενταετή έκθεση παρατηρήθηκε επίδραση του υποστρώματος του ThermoWood στην επίδοση της βαφής στις συνδέσεις. Η οξική και η υδατοδιαλυτή ακρυλική βαφή απέδωσαν καλύτερα στις θερμικά τροποποιημένες πλάκες απ' ό τι στις μη τροποποιημένες. Οι πλάκες που επιστρώθηκαν με αυτές τις βαφές δεν παρουσίασαν αποφλοίωση στο υπόστρωμα του ThermoWood (παρακάτω σχήμα).

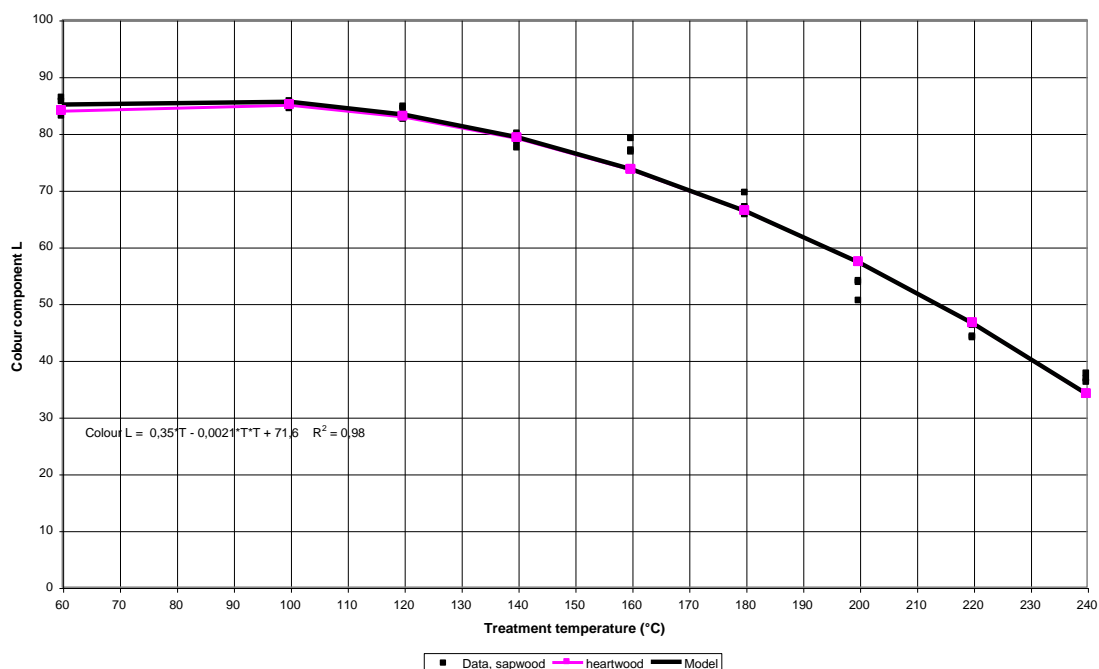


Αποτέλεσμα του υποστρώματος στην αποφλοίωση της υδατοδιαλυτής βαφής (πεύκη)

Οι βαφές των εξωτερικών τοιχωμάτων απέδωσαν θετικά στο ThermoWood και στο μη τροποποιημένο υπόστρωμα και δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική επίδραση. Για το ThermoWood το καλύτερο σύστημα επίστρωσης είναι: αστάρωμα με βάση το έλαιο και τελική επίστρωση με διαλυτά αλκυδικά ή υδατοδιαλυτά ακρυλικά επιχρίσματα.

2.12 Χρώμα

Το χρώμα του ThermoWood επηρεάζεται από την θερμοκρασία και το χρόνο της επεξεργασίας. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο σκούρο είναι το χρώμα. Όπως συμβαίνει με όλα τα είδη μαλακής ξυλείας, οι κανονικές διακυμάνσεις που οφείλονται στην πυκνότητα και το πρώιμο ξύλο επηρεάζουν τη συνοχή του χρώματος. Στην αρχή το χρώμα μπορεί να παραμένει σχεδόν το ίδιο κατά τη διαδικασία και μετράται βάσει του συντελεστή L. Θεωρείται ότι η τιμή του συντελεστή L μπορεί να αποτελέσει κριτήριο για τον έλεγχο της ποιότητας της διαδικασίας.



Η επίδραση της θερμικής τροποποίησης στο συντελεστή L του χρώματος στις σανίδες από πεύκη, χρόνος επεξεργασίας: 3 ώρες (VTT).

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο χρωματισμός της θερμικά τροποποιημένης πεύκης σε διαφορετικές θερμοκρασίες.



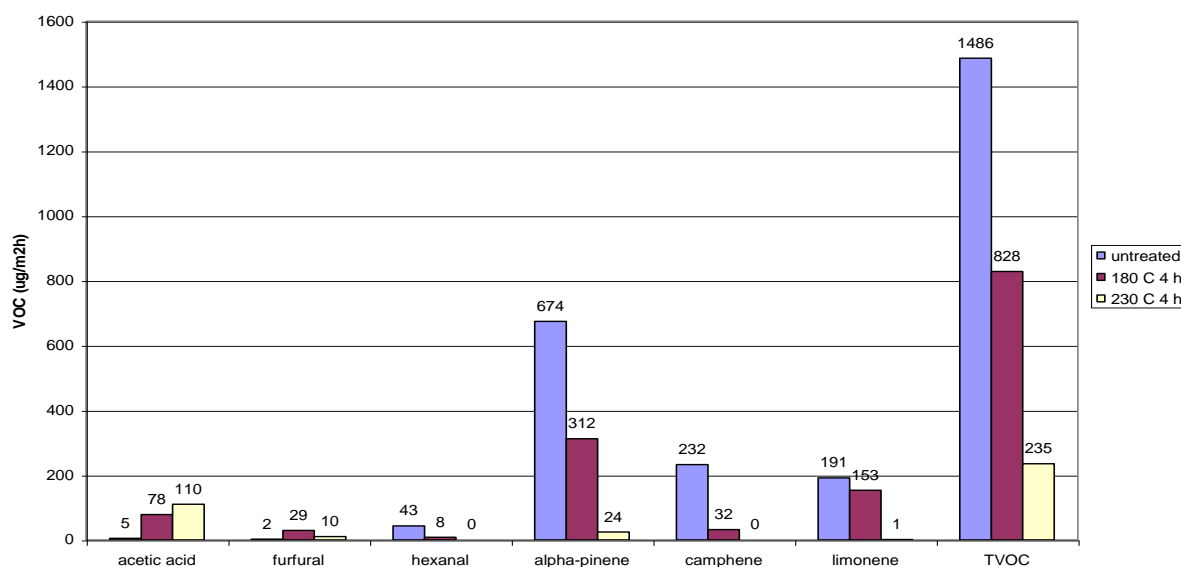
Οι χρωματισμοί της θερμικά τροποποιημένης πεύκης, θερμοκρασίες επεξεργασίας 70 και 100-240° C ανά διαστήματα 20° C, χρόνος επεξεργασίας: 3 ώρες (VTT)

2.13 Εκπομπές

Οι εκπομπές καθορίστηκαν μετά από δοκιμές σε θερμικά τροποποιημένα δείγματα πεύκης. Τα δείγματα επεξεργάστηκαν για 4 ώρες σε θερμοκρασίες των 180° C και 230° C. Η δοκιμή έγινε 7 και 8 εβδομάδες αντίστοιχα, μετά την επεξεργασία.

Οι μετρήσεις των εκπομπών έγιναν σύμφωνα με τη μέθοδο δοκιμής της Χημικής Τεχνολογίας της VTT KET 3300495 (VTT Chemical Technology KET 3300495). Το μη τροποποιημένο δείγμα πεύκης είχε το μεγαλύτερο συντελεστή εκπομπής πηπτικών οργανικών ενώσεων - ΠΟΕ (1486 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Οι τερπίνες είχαν τους μεγαλύτερους συντελεστές εκπομπής και ειδικά το α -πινένιο, το καμφένιο και το λιμονένιο. Η μη τροποποιημένη πεύκη περιείχε επίσης εξάνιο και μικρά ποσοστά φουρφουρόλης και οξικού οξέος.

Ο συντελεστής εκπομπής για τη θερμικά τροποποιημένη στους 180° C πεύκη ήταν 828 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Το δείγμα περιείχε τερπίνες, φουρφουρόλη, εξάνιο και οξικό οξύ. Ο συντελεστής εκπομπής για τη θερμικά τροποποιημένη στους 230° C πεύκη ήταν μικρότερος από 235 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Ο μεγαλύτερος συντελεστής εκπομπής ήταν 110 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ με την ύπαρξη του οξικού οξέος. Αυτό το δείγμα περιείχε μόνο πολύ μικρές ποσότητες τερπινών και οι συντελεστές τους ήταν πολύ μικροί. Οι διάφορες εκπομπές περιγράφονται στο παρακάτω σχήμα.

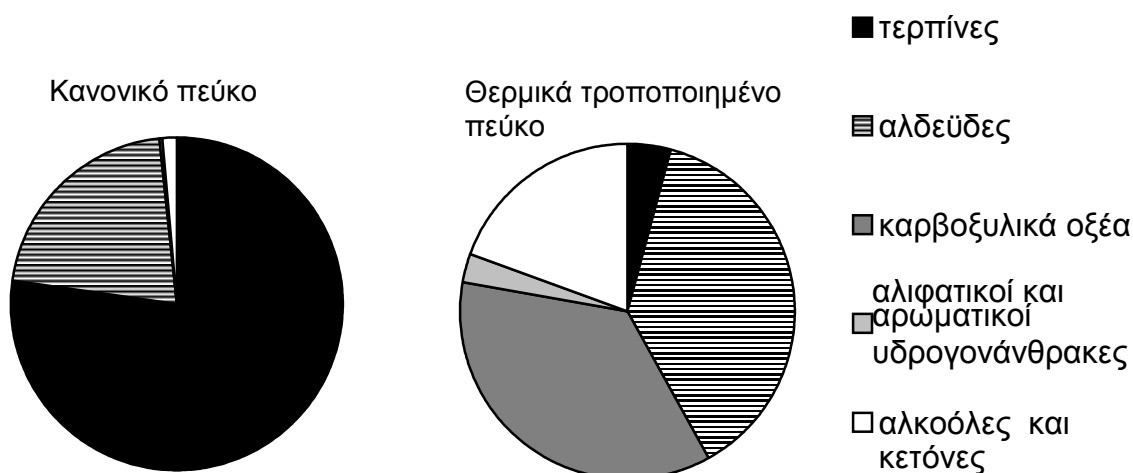


VOC volatile organic compounds=πηπτικές οργανικές ενώσεις (ΠΟΕ), acetic acid=οξικό οξύ, furfural=φουρφουρόλη, hexanal=εξάνιο, alpha-pinene= α -πινένιο, camphene=καμφένιο, limonene=λιμονένιο, TVOC-Total volatile organic compounds=ολικές ΠΟΕ, untreated=μη τροποποιημένο.

Πηπτικές οργανικές ενώσεις από τα δείγματα του πεύκου, ηλικίας 2 μηνών. (VTT)

Η μυρωδιά του καπνού στα θερμικά τροποποιημένα δείγματα ξύλου μπορεί να προέρχεται από τη φουρφουρόλη. Προς το παρόν δεν έχουν ολοκληρωθεί οι δοκιμές όσον αφορά τη μυρωδιά, ωστόσο το Περιβαλλοντικό Ινστιτούτο του Mikkelii θα διεξάγει σύντομα δοκιμές.

Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει τις εκπομπές της κανονικής πεύκης και του ThermoWood σύμφωνα με δοκιμές που έγιναν στο Πανεπιστήμιο του Kuorio. Το συνολικό ποσοστό των πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) μειώθηκε κατά 82% λόγω της θερμικής τροποποίησης.



Οι πτητικές οργανικές ενώσεις της κανονικής πεύκης περιέχουν 70% τερπίνες, αλλά της θερμικά τροποποιημένης μόνο 10% (Πανεπιστήμιο του Kuorio)

Η εκπομπή κατά τη διαδικασία παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 1.

2.14 Αποτίμηση της οικοτοξικότητας των υγρών αποβλήτων

Η οικοτοξικότητα των υγρών αποβλήτων της θερμικά τροποποιημένης ελάτης δοκιμάστηκε από τη CTBA. Οι δοκιμές έγιναν στα υγρά απόβλητα που αποκομίστηκαν από τη δοκιμή EN 84. Αυτή η δοκιμή εφαρμόστηκε, για να αποτιμηθεί η στερεότερη συμπεριφορά των δισακχαριτών στα κύτταρα του ξύλου. Μικρά δείγματα αποπλύθηκαν με νερό και το νερό εξετάστηκε σύμφωνα με το πρότυπο NF-EN ISO 506341 εναντίον *Daphnia magna* (μικρό οστρακόδερμο του γλυκού νερού) και έγιναν δοκιμές τοξικότητας Microtox σε θαλάσσια φωταυγή βακτήρια. Τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν ότι τα αποπλύματα δεν περιέχουν τοξικές ουσίες για το *Daphnia magna* και είναι αβλαβή για τα βακτήρια.

Το ThermoWood δοκιμάστηκε ως υποκατάστατο του οστού (VTT και Χειρουργικό Τμήμα του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου στο Turku). Οι προκαταρκτικές δοκιμές έδειξαν καλά αποτελέσματα: η θερμικά τροποποιημένη σημύδα έχει παρόμοιες ιδιότητες με το οστό. Μετά από την επεξεργασία το ThermoWood είναι άγνοο και δεν περιέχει καμία τοξική ουσία.

3 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ

3.1 Γενικοί χειρισμοί

Στην αρχή χρειάζεται λίγο περισσότερη προσοχή όταν χρησιμοποιούμε το ThermoWood απ' ότι όταν κατεργαζόμαστε το κανονικό ξύλο. Λόγω της αυξημένης ευθραυστότητας που παρουσιάζει, οι επιφάνειες είναι πιο επιρρεπείς σε μηχανικές ζημιές που μπορεί να προκληθούν από την περαιτέρω κατεργασία. Προτείνεται να χρησιμοποιούνται αιχμηρά εργαλεία κατά την κατεργασία του ThermoWood.

3.2 Πριόνισμα

Λόγω της σταθεροποίησης του ξύλου μετά από τη διαδικασία της θερμικής τροποποίησης, μειώνεται η περαιτέρω παραμόρφωση μετά το πριόνισμα. Ωστόσο, εάν κάποια κομμάτια παραμορφώθηκαν κατά τη διαδικασία της θερμικής τροποποίησης, αυτό μπορεί να προκαλέσει κάποιο πρόβλημα στις μεταφορές.

Καθώς δεν υπάρχει άλλη ρητινική ουσία στο ThermoWood, το ποσοστό τριβής που προκαλείται από τις κολλώδεις ουσίες μπορεί να βελτιώσει το χρόνο ζωής των εξαρτημάτων κοπής. Ωστόσο, οι απόψεις δίστανται σε αυτόν τον τομέα.

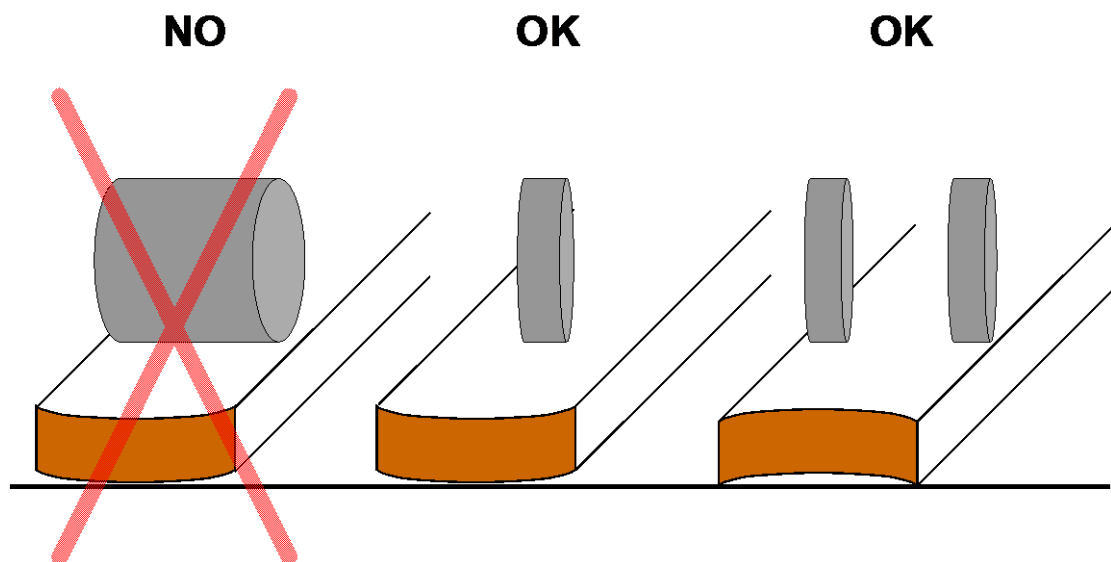
Η διαδικασία πριονίσματος του ThermoWood δε διαφέρει από τη διαδικασία πριονίσματος του μη τροποποιημένου ξύλου. Στην περίπτωση που υπάρχουν ρόζοι, δεν παρατηρείται κάποια διαφορά στην κοπή σε σύγκριση με το κανονικό ξύλο. Το μόνο πρόβλημα είναι η σκόνη. Επειδή το ThermoWood είναι πολύ ξηρό, η σκόνη είναι πολύ λεπτή και μπορεί να εξαπλωθεί εύκολα στο περιβάλλον. Επίσης η εισπνοή της σκόνης του ThermoWood μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους πνεύμονες των εργατών.

Λόγω των παραπάνω λόγων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του συστήματος απομάκρυνσης της σκόνης. Πρέπει να είναι πολύ δυνατό και επίσης να είναι εξοπλισμένο με σύστημα ύγρανσης έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος έκθεσης στη σκόνη.

Οι λεπίδες πριονίσματος με μορφή οδοντώσεων μπορεί να προκαλέσουν ξεφλούδισμα στις άκρες των κομματιών ThermoWood, γι αυτό συνιστώνται καλές οδοντωτές λάμες με σκληρά μεταλλικά μέρη.

3.3 Πλάνισμα

Ένα αποτέλεσμα της διαδικασίας της θερμικής τροποποίησης είναι η παραμόρφωση που παρουσιάζεται στο υλικό, αν και στην υποενότητα για τη σταθερότητα αναφέραμε ότι είναι περιορισμένη περαιτέρω διαστολή μετά την κατεργασία. Όταν λοιπόν πλανίζονται κομμάτια ξύλου που δεν έχουν ξανακοπεί, προτείνεται να αντικαθιστάται ο κύλινδρος ακτινικής προώθησης με έναν άλλον που να έχει δυο λεπτούς τροχούς έτσι ώστε η επαφή με το κομμάτι να γίνεται στις εξωτερικές άκρες της επιφάνειας με το κοίλωμα προς τα πάνω, βλ. παρακάτω σχήμα. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας λεπτός τροχός γυρνώντας το κομμάτι έτσι ώστε το κοίλωμα να είναι προς τα κάτω. Και οι δύο μέθοδοι καθιστούν δυνατή τη δημιουργία μιας επίπεδης επιφάνειας καθώς το κομμάτι προχωρά μέσα στο μηχάνημα, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον κίνδυνο της εμφάνισης ρωγμών και καθιστώντας δυνατή τη μεγαλύτερη πίεση από τον κύλινδρο του ακτινικού συστήματος προώθησης.



Απεικόνιση των προτεινόμενων κυλίνδρων ακτινικής προώθησης για την αποφυγή ραγίσματος των σανίδων.

Για την αποφυγή του ραγίσματος των σανίδων, προτείνεται πριν από την επεξεργασία, να δημιουργείται μια επίπεδη επιφάνεια-βάση με πλάνη ή με μηχανική πριονοκορδέλα. Η Seinäjoki Polytechnic έκανε μια σειρά από δοκιμές όσον αφορά το πλάνισμα του ThermoWood, δοκίμασαν διάφορες γωνίες κοπής. Σύμφωνα με αυτές τις δοκιμές, όλες οι γωνίες δούλεψαν καλά και επίσης ήταν καλή και η ποιότητα της επιφάνειας. Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με σκληρές μεταλλικές λεπίδες στις μηχανές κοπής, όπως και όταν δουλεύουμε με είδη σκληρής ξυλείας.

Το ThermoWood παρουσιάζει μικρότερη τριβή και η διαδικασία της ακτινικής προώθησης των κομματιών γίνεται με πιο ομαλό τρόπο. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη ρητίνης στο ξύλο. Από την

άλλη πλευρά, λόγω της εύθραυστης φύσης του υλικού, το ακτινικό σύστημα προώθησης πρέπει να ρυθμίζεται σε χαμηλές πιέσεις ώστε να αποφευχθεί το ράγισμα των σανίδων. Καλά αποτελέσματα είχαμε όταν οι κύλινδροι τοποθετούνταν όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Σε κάποια σημεία πλανίσματος πρέπει επίσης να μειώνεται η ταχύτητα, για παράδειγμα στη μια περίπτωση από 80 m ανά λεπτό σε 60 m ανά λεπτό, και σε άλλη από 100 m ανά λεπτό σε 80 m ανά λεπτό. Εάν η ταχύτητα του ακτινικού συστήματος προώθησης μειωθεί, αντίστοιχη ρύθμιση θα πρέπει να γίνει και στην ταχύτητα περιστροφής των κοπτών. Πολύ υψηλή ταχύτητα περιστροφής σε αναλογία με την ταχύτητα του ακτινικού συστήματος προώθησης μπορεί να κάψει την επιφάνεια του ξύλου.

Η πίεση των κυλίνδρων, η ταχύτητα καθώς και άλλοι παράμετροι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα σημεία και τη μηχανή πλανίσματος. Γι' αυτό δεν μπορούμε να σχηματίσουμε γενικές θεωρίες, αλλά ως κατευθυντήρια γραμμή μπορούμε να πούμε ότι το ThermoWood πρέπει να κατεργάζεται κυρίως σύμφωνα με τις παραμέτρους που ισχύουν για τη σκληρή ξυλεία παρά για τη μαλακή.

Παρατηρήθηκε ότι οι μηχανές (κόπτες και άλλες επιφάνειες) που χρησιμοποιούνται δουλεύοντας με ThermoWood, μετά είναι πολύ καθαρές, λόγω της έλλειψης ρητίνης στο ξύλο. Μπορεί επίσης μετά τη χρήση οι μηχανές να καθαρίσουν από τη ρητίνη που περιέχει η σκόνη από προηγούμενες παρτίδες παραγωγής.

Για καλύτερο αποτέλεσμα πλανίσματος και ελαχιστοποίηση της χαλάρωσης του ετήσιου δακτυλίου προτείνεται να χρησιμοποιείται υλικό που έχει κοπεί με τρόπο τέτοιο ώστε να μεγιστοποιηθεί η κάθετη συγκόλληση. Επίσης πρέπει να επιδιώκεται η καλύτερη επιφάνεια των σανίδων καθώς έτσι θα βελτιωθεί το αποτέλεσμα του πλανίσματος. Υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ του τύπου του ακτινωτού συστήματος προώθησης, της κατεύθυνσης των ινών, της κοπής, της αιχμηρότητας των λεπίδων και της ταχύτητας. Όταν συνδυάζονται προσεκτικά αυτές οι μεταβλητές, δίνονται τα καλύτερα αποτελέσματα.

3.4 Δρομολόγηση (φρεζάρισμα)

Η VTT πραγματοποίησε δοκιμές χρησιμοποιώντας κάνοντα αριθμητικό έλεγχο μέσω υπολογιστή. Για να έχουμε καλή ποιότητα της επιφάνειας πρέπει ειδικά οι λεπίδες της φρέζας να είναι κοφτερές, αλλιώς το ξύλο θα σκιστεί. Περισσότερο σχίσιμο παρατηρείται, όταν γίνεται φρεζάρισμα κατά μήκος των ινών του ξύλου. Τα μεγαλύτερα προβλήματα σχίσματος παρατηρήθηκαν στην αρχή και στο τέλος του φρεζαρίσματος όταν η λεπίδα βγαίνει από το ξύλο. Κατάσταση παρόμοια με εκείνη της έντονης ευθραυστότητας της σκληρής ξυλείας.

Επίσης η σειρά η οποία ακολουθείται κατά τη διαδικασία επηρεάζει τις ιδιότητες του ξύλου. Καλύτερα αποτελέσματα παρατηρούνται όταν υπάρχει αρκετό στέρεο ξύλινο υλικό πίσω από τη λεπίδα. Γι' αυτό το λόγο η διαδικασία πρέπει να σχεδιάζεται προσεκτικά εκ των προτέρων.

Η φθορά των λεπίδων είναι μικρότερη απ' ότι στην κανονική ξυλεία.

3.5 Λείανση

Η γενικότερη διαδικασία γίνεται, όπως και με το μη τροποποιημένο ξύλο και δεν έχουν αναφερθεί προβλήματα. Συχνά η λείανση δεν είναι καν απαραίτητη, καθώς μετά το πλάνισμα ή το φρεζάρισμα η ποιότητα της επιφάνειας του ThermoWood είναι καλή.

Το ThermoWood από σημύδα λειαίνεται, όπως η κανονική σημύδα. Σχετικά με το ThermoWood από πεύκη και από έλατο, οι παράμετροι που πρέπει να ακολουθούνται είναι εκείνες της ξηρής ξυλείας. Η λείανση είναι εύκολη και το γυαλόχαρτο δεν εμποδίζεται από ρητίνη.

Οι κόκκοι της σκόνης έχουν μικρό μέγεθος, το οποίο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την απομάκρυνσή της. Από την άλλη, όμως, είναι ελαφριά και ξηρή και δεν απαιτεί κάποιο ειδικό σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης. Όπως ισχύει και με άλλους τους τύπους σκόνης ξύλου, υπάρχει ο κίνδυνος έκθεσης στη σκόνη υπό κάποιες συνθήκες.

3.6 Βιομηχανοποιημένη συγκόλληση και σύνδεση

«Συγκόλληση»

Για τη συγκόλληση του ThermoWood, πρέπει να ανατρέχουμε πάντα στις ειδικές οδηγίες που δίνουν οι κατασκευαστές της κόλλας. Το παράρτημα 1 παρουσιάζει τις συστάσεις ενός από τους κατασκευαστές.

Η VTT μελέτησε την ικανότητα συγκόλλησης του θερμικά τροποποιημένου ξύλου με πολυβινυλικές κόλλες (PVAc-glues) ενός και δύο συστατικών, πολουρεθανικές κόλλες ενός και δύο συστατικών (PU), κόλλες ρεσορσινόλης-φαινόλης (RF) και κόλλες ισοκυανικού πολυμερούς γαλακτώματος (EPI). Η δοκιμή για την ικανότητα συγκόλλησης έγινε σύμφωνα με το πρότυπο DIN 68603. Η αντοχή της υγρασίας καθορίστηκε σύμφωνα με το πρότυπο EN 392 (συνολική δοκιμή διάτμησης). Η ανθεκτικότητα της υγρασίας έγινε σύμφωνα με τη δοκιμή αποκόλλησης EN 302-2. Η διείσδυση της κόλλας στο ThermoWood μελετήθηκε με μικροσκόπιο.

Η ικανότητα συγκόλλησης εξαρτάται από το χρόνο και τη θερμοκρασία της κατεργασίας. Η αύξηση του χρόνου και της θερμοκρασίας μείωσε την αντοχή σε διάτμηση (σχήμα 46). Η αιτία είναι η ευθραυστότητα του υλικού. Επίσης αυτό εξηγεί και τα υψηλά ποσοστά αποτυχίας του ξύλου (90 – 100%). Η αποκόλληση οφείλεται στο ξύλο και όχι στην κόλλα.

Η διείσδυση της κόλλας EPI στο θερμικά τροποποιημένο ξύλο ήταν υψηλή, κάτι που μπορεί μερικώς να επηρεάσει τις τιμές αντοχής. Η κόλλα EPI είναι ελαφρώς αλκαλική και επίσης οι πολλές ώρες της ψυχρής συμπίεσης μπορεί να βοηθούν την κόλλα να διεισδύσει.

Οι εμπειρίες από ένα εργοστάσιο συγκόλλησης με κόλλα χρησιμοποιώντας θερμικά τροποποιημένη πεύκη ως πρώτη ύλη ήταν καλές. Οι κόλλες MUF και RF έκαναν καλή δουλειά. Χρησιμοποιήθηκαν οι κανονικές παράμετροι παραγωγής (χρόνος συμπίεσης, συμπίεση κτλ). Οι οδοντωτές ενώσεις έγιναν με την κόλλα MUF.

Από την άποψη της κόλλας, τα αποτελέσματα είναι καλύτερα σε τροποποιημένο ξύλο σε χαμηλές θερμοκρασίες. Με την κόλλα PVAc, η περιεκτικότητα της κόλλας σε νερό θα πρέπει να ελαχιστοποιείται. Η διαδικασία της θερμικής τροποποίησης κλείνει τα τοιχώματα του ξύλου, καθιστώντας την απορρόφηση της κόλλας και του νερού από το ξύλο δυσκολότερη και περισσότερο χρονοβόρα.

Μερικές κόλλες PVAc μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στους ουσιαστικά επιμήκεις χρόνους ξήρανσης, λόγω της ανάγκης εισχώρησης του νερού στο ξύλο, π.χ. η σκλήρυνση της κόλλας βασίζεται στην απορρόφηση νερού από το ξύλο. Οι κόλλες χημικής σκλήρυνσης επιτρέπουν φυσιολογικούς χρόνους ξήρανσης.

Όλες οι δοκιμές που έγιναν με κόλλες PU ήταν επιτυχείς, αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι η αντίδραση σκλήρυνσης της PU χρειάζεται νερό. Το νερό μπορεί να απορροφηθεί είτε από το υλικό του ξύλο είτε από τον περιβάλλοντα αέρα. Το απαραίτητο ποσοστό υγρασίας εξαρτάται από την κόλλα, αλλά αν είναι ξηρά και το ξύλο και ο αέρας, υπάρχει η πιθανότητα η συγκόλληση να μην είναι επιτυχής.

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις σωστές συνθήκες εργασίας, π.χ. θερμοκρασία και η περιεχόμενη υγρασία, η καθαρότητα της επιφάνειας κτλ, όταν δουλεύουμε με ThermoWood, όπως και σε κάθε εργασία συγκόλλησης.

«Δακτυλοειδείς συνδέσεις»

Το Ινστιτούτο Τεχνολογίας του Seinäjoki έκανε δοκιμές δακτυλοειδών συνδέσεων με

- τέσσερις διαφορετικές κόλλες: MUF, PVAc, 2xPU
- τρεις «ανοιχτούς χρόνους» : 15', 30', 60'
- έξι πιέσεις μεταξύ 1,3 – 7,8 N/mm² (αντίστοιχη πίεση στη διάτμηση 0,2 – 1,2 Mpa)

Οι συνδέσεις ήταν σταθερές με όλες τις δοκιμαστικές παραμέτρους. Η μέγιστη πίεση έγινε σύμφωνα με τις δοκιμές στα 22 N/mm², οι οποίες είναι δέκα φορές η πίεση που απαιτεί η σταθερή διάτμηση.

Προτείνεται η χρήση σκληρών μεταλλικών λεπίδων για την κατεργασία των δακτύλων. Επίσης συστήνεται να απλώσετε την κόλλα και στις δύο άκρες, ώστε να εξασφαλισθεί μια στέρεα ένωση.

Η χρήση αμβλέων λεπίδων προκαλεί αποφλοιώση των δακτύλων, γι' αυτό είναι απαραίτητο οι λεπίδες να είναι αιχμηρές. Επίσης, οι ελαφρώς μικρότερες ταχύτητες κατεργασίας, έχουν ως αποτέλεσμα τη μικρότερη αποφλοιώση των δακτύλων.

Διάφορες μέθοδοι δακτυλοειδών συνδέσεων δοκιμάστηκαν με επιτυχία. Βιομηχανικές δοκιμές απέδειξαν ότι έχουμε καλύτερα αποτελέσματα όταν προηγείται πλάνισμα της σύνδεσης των δακτύλων λόγω της καμπυλότητας που προκαλεί η θερμική διαδικασία στο ThermoWood, και επιτρέπεται μεγαλύτερη ταχύτητα και λιγότερες παύσεις. Επιπλέον, βελτιώνεται η αποτελεσματικότητα της συσκευής οπτικού ελέγχου σε αυτόματη εγκάρσια κοπή.

«Μηχανικές ενώσεις»

Η χρήση λαμαρινόβιδας ή προδιάτρηση των οπών πρέπει να γίνονται, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία ρωγμών στο υλικό.



Λαμαρινόβιδα

Η μειωμένη αντοχή στο σχίσσιμο και επίσης η ελαφρώς μειωμένη αντοχή στην κάμψη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των συνδέσεων. Προτείνεται να γίνεται δοκιμή στις βασικότερες συνδέσεις και στις λεπτομέρειες του προϊόντος πριν από την παραγωγή. Οι μεγάλοι ρόζοι (ειδικά σε σχέση με το μέγεθος της εγκάρσιας τομής) αποτελούν πάντα επικίνδυνο παράγοντα για το

ThermoWood, λόγω της έλλειψης ρητινικών ουσιών, οι οποίες στο κανονικό ξύλο δρουν ως συγκολλητικό στοιχείο μεταξύ του ρόζου και της περιβάλλουσας περιοχής.

Το γεγονός ότι το ThermoWood παρουσιάζει μεγαλύτερη διαστασιακή σταθερότητα επιτρέπει το σχεδιασμό μικρότερων συνδέσεων απ' ότι στο κανονικό ξύλο.

3.7 Βιομηχανοποιημένη επεξεργασία της επιφάνειας

Το ThermoWood ως βάση επίχρισης μπορεί να συγκριθεί με το ακατέργαστο ξύλο. Η απομάκρυνση των ρητινών από το θερμικά τροποποιημένο ξύλο σημαίνει ότι ο κίνδυνος της έκκρισης ρητίνης στην επιφάνεια της βαφής από την περιοχή των ρόζων μειώνεται, γι' αυτό δεν είναι απαραίτητη η επίστρωση των ρόζων με βερνίκι πριν από την επεξεργασία της επιφάνειας.

Πρέπει να ανατρέχουμε πάντα στις ειδικές οδηγίες των κατασκευαστών βαφής όταν γίνεται κατεργασία της επιφάνειας του ThermoWood. Τα παραρτήματα 2 & 3 παρουσιάζουν τις συστάσεις των κατασκευαστών.

Η επιφάνεια του ThermoWood απορροφά καλύτερα τη βαφή εάν έχει γίνει φινίρισμα με πλάνη ή αν το πρώιμο ξύλο έχει βαφτεί. Διαφορετικά, με επιφάνεια που έχει κατεργαστεί με πριονοκορδέλα τα μικρά τεμάχια ξύλου τείνουν να χαλαρώνουν. Οι επιφάνειες πρέπει να καθαρίζονται, όπως οποιοδήποτε άλλο υλικό.

Οι ουσίες με βάση το έλαιο λειτουργούν όπως και στο κανονικό ξύλο. Δουλεύοντας με υδατοδιαλυτές ουσίες, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το ThermoWood παρουσιάζει μικρότερη απορροφητικότητα νερού απ' ότι το κανονικό ξύλο. Ωστόσο, δεν έχουν αναφερθεί προβλήματα. Οι ουσίες με βάση το νερό φαίνεται να λειτουργούν καλά, όταν στεγνώνουν αργά και υπάρχει αρκετός χρόνος για να διεισδύσουν στο ξύλο. Οι βαφές και τα βερνίκια σκλήρυνσης UV έχουν καλά αποτελέσματα όπως τα έλαια και τα κεριά.

Όσον αφορά επιτόπιες δοκιμές σε εξωτερικές εφαρμογές, αναμένονται τα αποτελέσματα των δοκιμών που έγιναν με τις βαφές Dygup/Gorí. Δοκιμάστηκε μια σειρά από πολλά συστήματα βιομηχανικής εφαρμογής με βάση το νερό διαφόρων χρωμάτων. Δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης έγιναν επίσης στο ThermoWood (Dygup) του οποίου η επιφάνεια είχε επιχρισθεί μία φορά και δεν είχε εμποτιστεί καθώς και σε κανονικά εμποτισμένη μαλακή ξυλεία με επιχρισμένη επιφάνεια. Αυτά τα δείγματα έχουν ήδη δοκιμαστεί για 2000 ώρες στο θάλαμο επιταχυνόμενης γήρανσης και δεν έχουν παρουσιάσει κάποια αλλαγή στις επιδόσεις τους. Η δοκιμή θα συνεχιστεί για ακόμα 2000 ώρες μήπως παρατηρηθεί κάποια αλλαγή.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών καταγράφηκε μεγαλύτερη κατανάλωση ασταριού, αλλά εκτός από αυτό δεν υπήρξε άλλη σημαντική διαφορά. Αντιθέτως επιτυγχάνονται έξοχα αποτελέσματα όσον αφορά την επιφάνεια και την αισθητική εμφάνιση του ThermoWood. Τα υλικά βαφής που μπορούμε να προτείνουμε προς το παρόν για το ThermoWood αναφέρονται στα παρακάτω παραρτήματα.

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις σωστές συνθήκες εργασίας, π.χ. θερμοκρασία και η περιεχόμενη υγρασία, η καθαρότητα της επιφάνειας κτλ, κατά την κατεργασία της επιφάνειας του ThermoWood, όπως και με όλες τις επιφάνειες.

3.8 Εμποτισμός για βελτίωση της ανθεκτικότητας στην φωτιά

Το ThermoWood από πεύκη είχε καλά αποτελέσματα στις προκαταρκτικές δοκιμές εμποτισμού, οι οποίες έγιναν με τη χρήση των ουσιών Moelven Fireguard IV και Injecta F για τον εμποτισμό ενάντια στην εξωτερική φωτιά. Και οι δύο ουσίες απορροφήθηκαν περισσότερο από το ThermoWood παρά από το κανονικό ακατέργαστο ξύλο, λόγω της έλλειψης ρητίνης του πρώτου. Θα διεξαχθούν περαιτέρω δοκιμές.

3.9 Πρακτικές εμπειρίες από Φινλανδική εταιρία σύνδεσης

Τα αποτελέσματα που ακολουθούν είναι πραγματικά σχόλια από χημικό μηχανικό Φινλανδικής εταιρίας που έχει ως αντικείμενο τις συνδέσεις ξύλου και δουλεύει επιτυχώς με το ThermoWood για περίοδο τουλάχιστον 4 χρόνων.

«Πρώτη ύλη»

Δούλεψαν με θερμικά τροποποιημένη πεύκη, ελάτη, λεύκη & σημύδα.

- ❖ Λεύκη: καλά αποτελέσματα, αλλά μικρή διαθεσιμότητα
- ❖ Σημύδα: καλά αποτελέσματα και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα
- ❖ Πεύκη & Ελάτη: καλά αποτελέσματα, όταν οι ρόζοι είναι μικροί σε μέγεθος και σε ηλικία, υπάρχει πρόβλημα, όταν οι ρόζοι είναι ξηροί και μεγαλύτεροι σε μέγεθος, διαθεσιμότητα σε καλά επίπεδα
- ❖ Στην πλειονότητα των περιπτώσεων χρησιμοποιήθηκαν διαστάσεις μια μονάδα μεγαλύτερες από το συνηθισμένο για καλύτερα αποτελέσματα καθώς το υλικό μικραίνει, παρουσιάζει κυρτώσεις και στρεβλώσεις κατά τη διαδικασία της θερμικής τροποποίησης.

«Πριόνισμα»

- ❖ Οι κανονικές μηχανές και εργαλεία λειτουργούν, αλλά πρέπει να είναι αιχμηρά
- ❖ Δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα στο πριόνισμα εγκάρσιας κοπής
- ❖ Δεν υφίστανται εξωτερικές πιέσεις στο θερμικά τροποποιημένο ξύλο
- ❖ Η υφή του ξύλου μοιάζει περισσότερο με της σκληρής ξυλείας και τα εργαλεία παρουσιάζουν ανάλογη φθορά

«Πλάνισμα»

- ❖ Χρησιμοποιήθηκαν κανονικές μηχανές και κόπτες
- ❖ Οι μηχανές και οι κόπτες πρέπει να είναι καλά διατηρημένοι και αιχμηροί
- ❖ Η ανάπτυξη και η χρήση τεχνικών κοπής οδηγούν σε άριστο φινίρισμα
- ❖ Οι κόπτες φθείρονται, όπως και όταν δουλεύουμε με σκληρή ξυλεία
- ❖ Η λεύκη, η σημύδα και η πεύκη είναι καλά υλικά για πλάνισμα
- ❖ Η ελάτη απαιτεί περισσότερη φροντίδα και προσοχή, αλλά μπορεί να έχει καλά αποτελέσματα

«Φρεζάρισμα»

- ❖ Κατά την κατασκευή εντορμιών και τη δημιουργία σταθερών συνδέσεων υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος θραύσης
- ❖ Απαιτούνται πολύ αιχμηροί κόπτες
- ❖ Είναι πολύ σημαντική η επιλογή των σωστών γωνιών κοπής καθώς και η ταχύτητα κοπής

«Λείανση»

- ❖ Δεν παρατηρούνται προβλήματα κατά τη χρήση μηχανών λείανσης
- ❖ Το γυαλόχαρτο φθείρεται με τον ίδιο ρυθμό που φθείρεται και κατά τη λείανση σκληρής ξυλείας

«Κάρφωμα και βίδωμα»

- ❖ Πιστόλια με πεπιεσμένο αέρα είναι τα καλύτερα εργαλεία για κάρφωμα
- ❖ Εάν το κάρφωμα γίνεται με παραδοσιακό σφυρί είναι απαραίτητη η προδιάτρηση
- ❖ Για το βίδωμα χρειάζεται προδιάτρηση
- ❖ Για την αποφυγή σχισίματος δουλεύουμε όπως με τη σκληρή ξυλεία

«Συγκόλληση»

- ❖ Απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος στεγνώματος της κόλλας και συμπίεσης
- ❖ Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές κόλλες
- ❖ Αν υπάρχει πρόβλημα με το χρόνο για το στέγνωμα της κόλλας χρησιμοποιείστε υψηλές θερμοκρασίες

«Επεξεργασία της επιφάνειας»

- ❖ Κατάλληλες είναι οι κανονικές μέθοδοι
- ❖ Χωρίς χρωστικές ουσίες, το χρώμα μετά από καιρό παίρνει μια απόχρωση απαλού γκρι
- ❖ Η επιφάνεια είναι απορροφητική
- ❖ Είναι καλό υλικό για βαφές με βάση το νερό

«Αποθήκευση της πρώτης ύλης»

- ❖ Όχι έκθεση σε χιόνι ή βροχή
- ❖ Προστασία των συσκευασιών με χαρτί περιτυλίγματος ή σε αποθήκες
- ❖ Δεν είναι απαραίτητες ειδικές συνθήκες στο χώρο αποθήκευσης
- ❖ Η διαδικασία κατεργασίας πρέπει να συμπεριλαμβάνει και το στάδιο της αντιστάθμισης της υγρασίας

3.10 Υγιεινή & Ασφάλεια

Δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά την υγιεινή και την ασφάλεια, ανάμεσα στο ThermoWood και τα διάφορα είδη της μαλακής και της σκληρής ξυλείας. Υπάρχουν, ωστόσο, δύο ευκρινείς διαφορές: η μυρωδιά του υλικού και η σκόνη που παράγεται κατά την κατεργασία του ThermoWood.

Το ThermoWood έχει μια μυρωδιά καπνού, η οποία προέρχεται από τα χημικά συστατικά που ονομάζονται φουρφουρόλες. Αν και οι ανθρώπινες αισθήσεις μπορούν να ανιχνεύσουν εύκολα τη μυρωδιά και φαίνεται να είναι πιο έντονη από του ακατέργαστου ξύλου, τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν το αντίθετο. Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2.13, οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) από το ThermoWood αποτελούν ένα μέρος μόνο των συνολικών εκπομπών από την κανονική πεύκη.

Δεν βρέθηκαν τοξικά ή επιβλαβή συστατικά στο ThermoWood. Δοκιμάστηκε ακόμα και ως υποκατάστατο του οστού (βλ. 2.14). Σε κάθε περίπτωση, αν οι σχίζες του ξύλου εισχωρήσουν η απομάκρυνση του φλοιού γίνεται το ίδιο σύντομα με το κανονικό ξύλο.

Οι κόκκοι της σκόνης του ThermoWood έχουν μικρότερο μέγεθος απ' ότι στην κανονική μαλακή ξυλεία. Μπορεί να συγκριθεί με τη σκόνη της ινόπλακας μέσης πυκνότητας (MDF), αν και έχει μικρότερη πυκνότητα από το ThermoWood, ή της σκληρής ξυλείας. Η σκόνη μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε αυτούς που πάσχουν από άσθμα. Εξαιτίας των παραπάνω λόγων πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά το σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης. Πρέπει να είναι πολύ δυνατό και επίσης εξοπλισμένο με σύστημα ύγρανσης ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο η έκθεση στη σκόνη.

Συνήθως τα συστήματα απομάκρυνσης της σκόνης που υπάρχουν σε βιομηχανικά περιβάλλοντα δεν έχουν κάποια ειδική ρύθμιση. Αν για κάποιο λόγο υπάρχει σκόνη στο περιβάλλον εργασίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μάσκες προστασίας από τη σκόνη.

Κατά τη συγκόλληση ή τη βαφή του ThermoWood, να ανατρέχετε πάντα στις ειδικές οδηγίες για την υγεία και την ασφάλεια που δίνουν οι κατασκευαστές της κόλλας ή των βαφών.

4. ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΪΟΝ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

4.1 Γενική χρήση του προϊόντος

Το πριόνισμα του ThermoWood γίνεται όπως και στο μη τροποποιημένο ξύλο. Στην περίπτωση των ρόζων δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη φθορά σε σύγκριση με το κανονικό ξύλο.

Στη λείανση, τη διάτρηση και το ξάκρισμα είναι εύκολη η χρήση όλων των ειδών των εργαλείων χεριού. Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται στο πριόνισμα αλλά και η διάτρηση είναι εύκολη ακόμα και όταν υπάρχουν ρόζοι.

Λόγω της ευθραυστότητας του ThermoWood, πρέπει να δοθεί προσοχή κατά την κατεργασία του. Η πτώση των κομματιών μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις άκρες. Τα μεγάλα κομμάτια δε θα πρέπει να σηκώνονται από τη μία μόνο πλευρά.

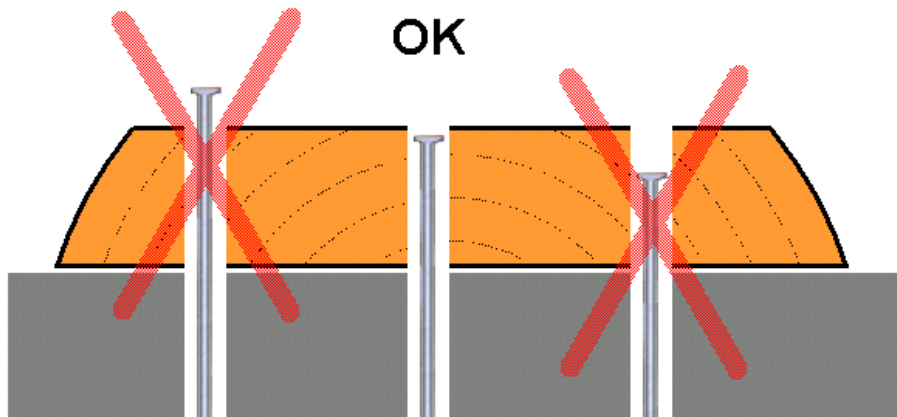
Το μόνο πρόβλημα με τα εργαλεία χεριού είναι η σκόνη. Λόγω της ξηρότητας της σκόνης του ThermoWood, οι κόκκοι της έχουν πολύ μικρό μέγεθος και μπορεί να απλωθεί εύκολα στο χώρο. Η καλύτερη λύση είναι ένα αποδοτικό σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης, αλλά αυτό δεν είναι πάντα δυνατό και σε αυτήν την περίπτωση προτείνεται η χρήση μάσκας προστασίας από τη σκόνη.

4.2 Μέθοδοι στερέωσης του τελικού προϊόντος

«Κάρφωμα»

Προτείνεται η χρήση πιστολιού με συμπιεσμένο αέρα κατά τη στερέωση. Επίσης, πριν τη χρήση να γίνει δοκιμή τη πίεσης ώστε να ρυθμιστεί το βάθος εισχώρησης του καρφιού, βλ. παρακάτω σχήμα. Το καλύτερο αποτέλεσμα πετυχαίνεται με τη χρήση μικρού πιστολιού συμπιεσμένου αέρα με ρυθμιζόμενο βάθος εισχώρησης του καρφιού.

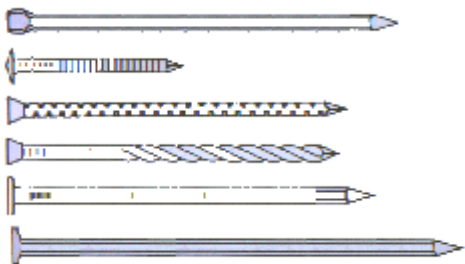
Η χρήση κανονικού σφυριού αυξάνει τον κίνδυνο σχίσσης λόγω της επαφής του σφυριού με το ξύλο. Χρησιμοποιήστε ζουμπά για καρφιά για τα τελευταία 2-3 mm της εισχώρησης του καρφιού, για να αμβλύνετε το αιχμηρό σημείο του καρφιού πριν να στερεώσετε με το σφυρί.



Σχηματική απεικόνιση του σωστού βάθους εισχώρησης του καρφιού.

«Είδη καρφιών»

Για να μειωθεί ο κίνδυνος αποχρωματισμού από το ανοξείδωτο ατσάλι του καρφιού είναι καλύτερα τα γαλβανισμένα καρφιά, εάν χρησιμοποιηθεί πιστόλι συμπιεσμένου αέρα για τη στερέωση, καθώς η επαφή μετάλλου με μέταλλο δεν επιτρέπει τη θραύση της γαλβανισμένης στερεοποίησης. Τα γαλβανισμένα καρφιά είναι επίσης καλά, εάν η επένδυση έγινε με βαφή επικάλυψης. Για την μείωση του κινδύνου σχίσης καταλληλότερα είναι τα μικρά καρφιά με οβάλ κεφαλή.



Κάποιοι κατάλληλοι τύποι καρφιών, από τους οποίους προτείνεται περισσότερο το μικρό καρφί με την οβάλ κεφαλή που απεικονίζεται πρώτο.

«Βίδα»

Η προδιάτρηση (κοντά στις άκρες) και η διάτρηση διεύρυνσης είναι απαραίτητες, όπως και όταν δουλεύουμε με σκληρή ξυλεία ή MDF και άλλα εύθραυστα υλικά. Οι βίδες από ανοξείδωτο ατσάλι με φρεζαρισμένη κεφαλή είναι οι πιο κατάλληλες για εξωτερικές εφαρμογές ή για άλλα περιβάλλοντα με υγρασία. Η βέλτιστη δύναμη συγκράτησης επιτυγχάνεται με τις λιγότερο σπειρωτές

βίδες. Οι λαμαρινόβιδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο ThermoWood χωρίς να προηγηθεί διάτρηση.



Λαμαρινόβίδα

4.3 Συγκόλληση επιτόπου

Κατά τη συγκόλληση του ThermoWood, πρέπει να ακολουθούνται οι ειδικές οδηγίες των κατασκευαστών κόλλας. Το παράρτημα 1 παρουσιάζει τις οδηγίες ενός κατασκευαστή.

Όσον αφορά την κόλλα, καλύτερα αποτελέσματα έχουμε όταν το ξύλο επεξεργάζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες π.χ. Εσωτ. κλάση του ThermoWood. Κατά τη συναρμολόγηση πρέπει να χρησιμοποιούνται χαμηλές πιέσεις, καθώς το υλικό είναι πιο εύθραυστο από το ακατέργαστο ξύλο.

Το θερμικά τροποποιημένο ξύλο απορροφά αργά νερό και κόλλες με βάση το νερό, όπως είναι η PVAc. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι το γεγονός ότι απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι συμπίεσης απ' ότι στο κανονικό ξύλο. Κάποιες κόλλες PVAc μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα όταν παρατείνεται ο χρόνος στεγνώματος, γιατί το νερό προσπαθεί να εισχωρήσει στο ξύλο, π.χ. η σκλήρυνση της κόλλας βασίζεται στην απορρόφηση νερού από το ξύλο. Δουλεύοντας με κόλλα PVAc, η περιεκτικότητα της κόλλας σε νερό θα πρέπει να ελαχιστοποιείται.

Έχει αναφερθεί ότι οι πολυουρεθανικές (PU) κόλλες λειτουργούν καλά με το ThermoWood. Αν και οι δοκιμές που έγιναν με τις κόλλες PU ήταν επιτυχείς, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η αντίδραση της σκλήρυνσης της PU απαιτεί νερό. Το νερό μπορεί να απορροφηθεί είτε από το ξύλο, είτε από τον περιβάλλοντα αέρα. Το ποσοστό υγρασίας που απαιτείται εξαρτάται από την κόλλα, αν είναι πολύ ξηρό και το ξύλο και ο αέρας, υπάρχει η πιθανότητα η συγκόλληση να είναι ανεπιτυχής.

Οι κόλλες που έχουν υποστεί χημική σκλήρυνση επιτρέπουν να παραμένουν αμετάβλητοι ο χρόνος στεγνώματος και άλλες παράμετροι συγκόλλησης.

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις σωστές συνθήκες εργασίας, π.χ. θερμοκρασία και η περιεχόμενη υγρασία, η καθαρότητα της επιφάνειας κτλ, όταν δουλεύουμε με ThermoWood, όπως και σε κάθε εργασία συγκόλλησης.

4.4 Επεξεργασία της επιφάνειας επιτόπου

Χωρίς επίχριση το ThermoWood ραγίζει, παίρνει μια γκρι απόχρωση, δημιουργούνται κενά ανάμεσα στις ίνες και είναι εκτεθειμένο στην ανάπτυξη μυκήτων στην επιφάνεια. Συνεπώς, προτείνουμε την κατεργασία της επιφάνειας.

Όταν το αστάρωμα γίνεται με το χέρι, το αποτέλεσμα της επίχρισης της επιφάνειας είναι καλύτερο απ' ό,τι όταν χρησιμοποιούνται βαφές με βάση το έλαιο. Ωστόσο όταν το υλικό εφαρμόζεται σε πεδίο με ασταρωμένη επιφάνεια έπειτα τα αντίστοιχα τελικά επιχρίσματα μπορούν να εφαρμοστούν με το χέρι χωρίς να παρουσιαστούν προβλήματα ούτε με τις βαφές με βάση λάδι ούτε με αυτές που βασίζονται στο νερό, ανάλογα πάντα με τον τύπο επίστρωσης και τις συστάσεις του κατασκευαστή.

Για να αποφύγουμε την αλλαγή του χρώματος, η ουσία θα πρέπει να περιέχει χρωστικά. Η βαφή που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι διαφανής με προστιθέμενες καφέ χρωστικές ουσίες ώστε το χρώμα να ταιριάζει όσο το δυνατόν περισσότερο με το φυσικό χρώμα του ThermoWood. Ωστόσο στην πλειονότητα των περιπτώσεων αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια ελαφρώς πιο σκούρα εμφάνιση. Κάθε κατεργασία θα έχει και διαφορετικά διαστήματα για τη διατήρηση. Όσο περισσότερες χρωστικές ουσίες χρησιμοποιούνται, τόσο μεγαλύτερο το χρονικό διάστημα. Ωστόσο, το αρχικό χρώμα και χαρακτηριστικά του ThermoWood επηρεάζονται αρνητικά με την αύξηση της περιεκτικότητας σε χρωστικές ουσίες.

Προτείνεται η κατεργασία της επιφάνειας πριν από την εγκατάσταση και φινίρισμα μετά την εγκατάσταση. Κατά την κατεργασία της επιφάνειας του ThermoWood, πρέπει να ανατρέχετε στις ειδικές οδηγίες των κατασκευαστών βαφών. Το παράρτημα 3 παρουσιάζει τις συστάσεις ενός από τους κατασκευαστές.

4.5 Πάγκοι σάουνας από ThermoWood

Οι πάγκοι σάουνας από ThermoWood απορροφούν εύκολα νερό από τις άκρες των σανίδων. Οι εναλλαγές διαβροχής και ξήρανσης σε περιπτώσεις με υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να

προκαλέσουν το ράγισμα των άκρων των πάγκων. Για να αποφευχθεί αυτό, προτείνεται η επικάλυψη των άκρων με έλαιο, κερί ή βερνίκι.

Έχει αναφερθεί ότι η χρήση αλκαλικών απορρυπαντικών ($\text{pH} > 7$) κατά τον καθαρισμό των πάγκων των οποίων η επιφάνεια δεν έχει υποστεί κατεργασία, προκαλεί ράγισμα της επιφάνειας, χαλάρωση των ετήσιων δακτυλίων και τραχύτητα. Γι' αυτό **δεν** επιτρέπεται η χρήση αλκαλικών απορρυπαντικών για τον καθαρισμό των πάγκων ThermoWood. Η λειτουργία των μηχανισμών όσον αφορά τα φαινόμενα αυτά δεν είναι πλήρως γνωστή.

4.6 Συντήρηση του προϊόντος

Κάθε κατεργασία θα διατηρεί το προϊόν για διαφορετικό διάστημα. Όσο περισσότερες χρωστικές ουσίες χρησιμοποιούνται, τόσο μεγαλύτερο το χρονικό διάστημα. Ωστόσο, το αρχικό χρώμα και χαρακτηριστικά του ThermoWood επηρεάζονται αρνητικά με την αύξηση της περιεκτικότητας σε χρωστικές ουσίες. Εμπειρικά, ο χρωματισμός της επιφάνειας με διάφανη βαφή διατηρεί για διπλάσιο και τριπλάσιο χρονικό διάστημα το ξύλο σε σύγκριση με τις μη χρωστικές ουσίες. Από την άλλη, η βαφή επικάλυψης διατηρεί το υλικό για το διπλάσιο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τη διαφανή χρωστική βαφή.

Οι περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά το πόσο θα διαρκέσει η επίδραση της κατεργασίας της επιφάνειας. Η υπεριώδης ακτινοβολία από το φως του ηλίου και η υγρασία μπορούν να φθείρουν την επεξεργασμένη επιφάνεια. Γι' αυτό π.χ. η νότια πλευρά μιας κατασκευής χρειάζεται πιο συχνά συντήρηση απ' ότι η βόρεια πλευρά. Κάτι παρόμοιο ισχύει όσον αφορά το κλίμα. Η επεξεργασία της επιφάνειας των κατασκευών που βρίσκονται σε περιοχές με ηπειρωτικό κλίμα διαρκεί περισσότερο απ' ότι σε θαλάσσιες περιοχές. Για να εξασφαλίσουμε τη βέλτιστη απόδοση της επιχρίσεως και για να αποφύγουμε τις ζημιές, οι επιφάνειες θα πρέπει να καθαρίζονται και να ελέγχονται ετησίως, και αν βρεθεί κάποιο ελάττωμα, να διορθωθεί αμέσως.

Επιτρέπεται η χρήση αλκαλικών απορρυπαντικών για τον καθαρισμό του ThermoWood (βλ. 4.5)

Πάντα να ανατρέχετε στις ειδικές οδηγίες των κατασκευαστών βαφών για τη συντήρηση, αν διατίθενται.

5. ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ THERMOWOOD*Πίνακας I**Κλάσεις και προτεινόμενες χρήσεις ThermoWood® κωνοφόρων*

ΚΩΝΟΦΟΡΑ (ΠΕΥΚΗ, ΕΛΑΤΗ)	
Thermo-S	Thermo-D
Κατασκευή στοιχείων σπιτιού	Προστατευτικά καλύμματα
Κατασκευή επίπλων κήπου	Εξωτερικές πόρτες
Πόρτες και παράθυρα	Παντζούρια
Δομικά στοιχεία	Πατώματα
Κατασκευή σάουνας	Κατασκευή επίπλων κήπου
	Κατασκευή σάουνας
	Κατασκευή στοιχείων μπάμιου

*Πίνακας II**Κλάσεις και προτεινόμενες χρήσεις ThermoWood® πλατύφυλλων*

ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΑ (ΣΗΜΥΔΑ, ΛΕΥΚΗ)	
Thermo-S	Thermo-D
Κατασκευή στοιχείων σπιτιού	Κατασκευή επίπλων σπιτιού
Κατασκευή επίπλων κήπου	Κατασκευή επίπλων κήπου
Πατώματα	Πατώματα
Κατασκευή σάουνας	Κατασκευή σάουνας

*Πίνακας III**Παραγωγή θερμικά τροποποιημένου ξύλου στην Ευρώπη (Militz 2002).*

ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (m ³)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (m ³)
Φινλανδία	150.000	200.000
Γαλλία	15.000	25.000
Γερμανία	0	10.000
Ολλανδία	0	30.000

Kiilto: Συστάσεις για τη βιομηχανοποιημένη συγκόλληση του ThermoWood

«Κόλλα»

- Η οξύτητα βοηθά την κόλλα στη συγκόλληση της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας
- Το ξηρό περιεχόμενο της κόλλας είναι 45-60%, και η περιεχόμενη υγρασία θα πρέπει να ελαχιστοποιείται
- Το μικρό μέγεθος των σωματιδίων της συγκολλητικής ουσίας βοηθά στην καλύτερη σύνδεση της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας
- Το τιμή του ιξώδους θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 8000mPas
- Η συγκόλληση θα πρέπει να είναι ελαστική, ειδικά όταν προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για ξύλινο πάτωμα, σκάλες κτλ.

«Προτεινόμενες οδηγίες χρήσης»

- Ποσότητα επίστρωσης : 120-150g/m², η υπερβολική δόση επιβραδύνει τη δράση της κόλλας
- Ανοιχτός χρόνος επικόλλησης: 1 με 3 λεπτά, ύγρανση της επιφάνειας του ξύλου
- Πίεση πρεσαρίσματος: 0.1-0.5 N/mm²
- Χρόνος πρεσαρίσματος: 4-6 φορές μεγαλύτερος σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο. Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία κατεργασίας της ξυλείας τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος πρεσαρίσματος

«Προτεινόμενα είδη κόλλας»

Kestokol D 30

- Υψηλό ποσοστό ξηρού περιεχομένου
- Μικρό μέγεθος σωματιδίων
- Ανθεκτικότητα της συγκόλλησης των συνδέσεων στο νερό (EN 204/D3, pH=3)
- Κατάλληλο για συγκόλληση των συνδέσεων συμπαγούς ξύλου

Kestokol D 360

- Πολύ υψηλό ποσοστό ξηρού περιεχομένου
- Ανθεκτικότητα της συγκόλλησης των συνδέσεων στο νερό (EN 204/D3, pH=3)
- Κατάλληλο για συγκόλληση των συνδέσεων συμπαγούς ξύλου
- Μαζική παραγωγή συγκόλλησης

Kestokol D 4+S

- Ανθεκτικότητα της συγκόλλησης των συνδέσεων στο νερό (EN 204/D4, pH=2,5)
- Ανθεκτικότητα της συγκόλλησης των συνδέσεων στη ζέστη WATT 91
- Κατάλληλο για συγκόλληση συνδέσεων συμπαγούς ξύλου
- Παράθυρα και πόρτες
- Επικολητοί κορμοί
- Κατασκευές σάουνας
- Μαζική παραγωγή συγκόλλησης
- Χρώμα συγκόλλησης μπλε/ γκρι

Kiilto F3+σκληρυντική ουσία

- ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες (κατάλληλο για βάρκες, έπιπλα κήπου κτλ)
- εφαρμογή 1 ώρα
- απαιτείται μεγάλος χρόνος πρεσαρίσματος

Gori: Συστάσεις για την επεξεργασία της επιφάνειας του ThermoWood

«Gori 411»

Βιομηχανοποιημένη υδατοδιαλυτή βαφή κατάλληλη για το αστάρωμα παραθύρων, πορτών κτλ.
Διαθέσιμη σε διάφανα χρώματα

Μέθοδοι εφαρμογής

Gori επίχριση με ροή, Gori μηχανή εφαρμογής, εμβάπτιση, βάνιμο

Χρόνος στεγνώματος στους 20° C και 50% σχετική υγρασία – Έτοιμο για δεύτερη στρώση μετά από 1-2 ώρες. Με ειδικά συστήματα επιτάχυνσης του στεγνώματος, ο χρόνος μπορεί να μειωθεί στο μισό (στους 25-35° C)

«Gori 410»

Βιομηχανοποιημένη υδατοδιαλυτή βαφή κατάλληλη για το αστάρωμα παραθύρων, πορτών κτλ.
Διαθέσιμη σε αδιαφανή και λευκά χρώματα,

Αυτή είναι μια βαφή βασικής επίστρωσης με πολύ καλές ιδιότητες στοκαρίσματος

Μέθοδοι εφαρμογής

Gori επίχριση με ροή, Gori μηχανή εφαρμογής, εμβάπτιση, βάνιμο

Χρόνος στεγνώματος στους 20° C και 50% σχετική υγρασία, 100-125 um πάχος φρέσκου χρώματος – Έτοιμο για δεύτερη στρώση μετά από 1-2 ώρες. Με ειδικά συστήματα επιτάχυνσης του στεγνώματος, ο χρόνος μπορεί να μειωθεί στο μισό (στους 25-35° C)

«Gori 897»

Υδατοδιαλυτό τελικό επίχρισμα για βιομηχανικές εφαρμογές. Διαθέσιμο σε διαφανή και σε αδιαφανή χρώματα. Η βαφή είναι αντιστατική και ανθεκτική σε χημικά όπως οι καθαριστικές ουσίες. Το διαφανές υλικό απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία για να μειώσει την επίδραση της γήρανσης. Αυτό το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω από ένα προκαταρκτικό Gori όπως το 4.11

Μέθοδοι εφαρμογής

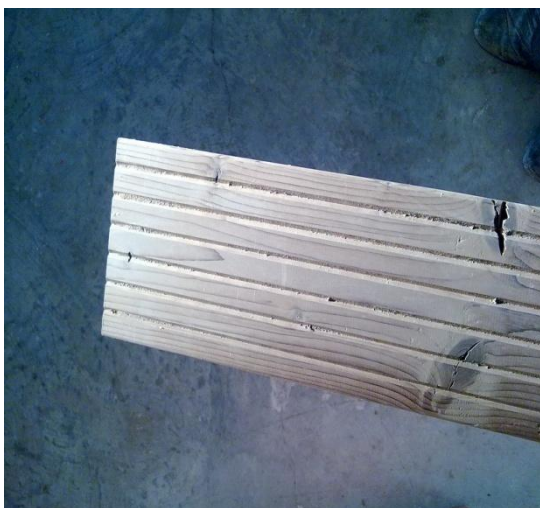
Πιστόλι ψεκασμού με ή χωρίς αέρα ή αυτόματα συστήματα ψεκασμού.

Η θερμοκρασία του υλικού θα πρέπει να είναι 18,22° C και η σχετική υγρασία περίπου 50%, η περιεχόμενη υγρασία του ξύλου δεν πρέπει να ξεπερνά το 15%.

Χρόνος στεγνώματος στους 20° C και 60% σχετική υγρασία, 250-300 um πάχος φρέσκου χρώματος – Έτοιμο για χρήση σε 1-2 ώρες. Με ειδικά συστήματα επιτάχυνσης του στεγνώματος, ο χρόνος μπορεί να μειωθεί στο μισό (στους 25-35° C)

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ THERMOWOOD

Για να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε το κούφωμα χρησιμοποιήσαμε thermowood πεύκης σε μορφή βέργας με διαστάσεις 5,00m X 0,12m X 0,03m (βλ. εικ. 1 & 2).



Εικ. 1 & 2 Πρώτη ύλη Thermowood σε μορφή βέργας

Στη συνέχεια σκίσαμε στο πλάτος και στο μήκος τις βέργες στον ταινιοπρίονα και πήραμε ως αποτέλεσμα 15 κομμάτια με διαστάσεις 2,00μ X 0,75μ X 0,023μ για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε τρικολλητή ξυλεία και να έχουμε τις επιθυμητές διαστάσεις. (βλ. εικ. 3 & 4)



Εικ. 3 & 4 Σχίσιμο των βεργών στις επιθυμητές διαστάσεις

Κατόπιν οδηγούμε στην πρέσα τα ξύλα, στα οποία θα γίνει η επάλειψη της κόλλας (Rakkol D4) με ρολό. Τέλος τα τοποθετούμε στην πρέσα. (βλ. εικ. 5, 6 & 7). Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν έγινε θερμό πρεσάρισμα.



Εικ. 5 Επάλειψη κόλλας πριν το πρεσάρισμα



Εικ. 6 Επάλειψη κόλλας πριν το πρεσάρισμα



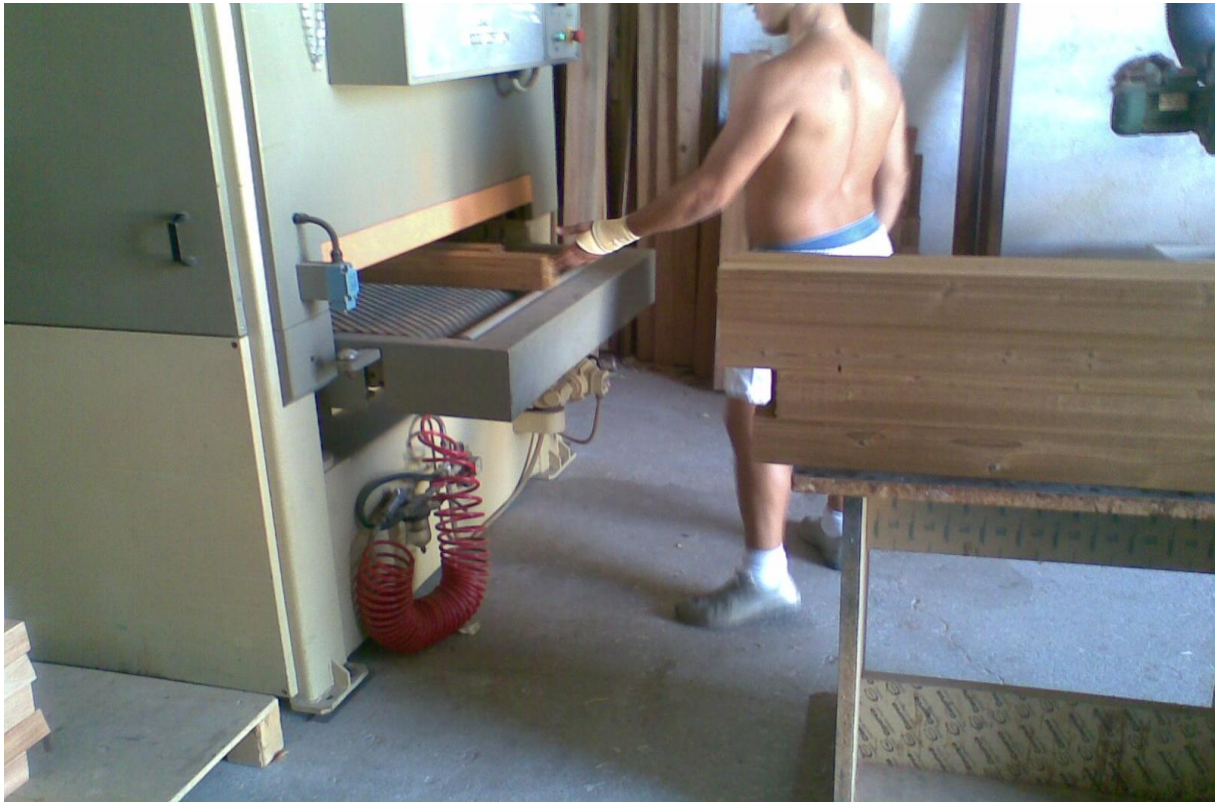
Εικ. 7 Τοποθέτηση των ξύλων στη πρέσα

Εφόσον τα ξύλα έμειναν υπό πίεση στον απαιτούμενο χρόνο, 60 λεπτά περίπου, τότε ανοίξαμε την πρέσα και στη συνέχεια μεταφέραμε τα ξύλα στη ραμποτέζα, για να τα πλανίσουμε και να τα ξεχονδρίσουμε. (βλ. εικ. 8)



Εικ. 8 Πλανιά – γωνιά στην ραμποτέζα

Για να μπορέσουμε φυσικά να χουμε τις ιδανικές διαστάσεις πρέπει τα ξύλα μετά τη ραμποτέζα να λειανθούν.(βλ. εικ. 9 & 10)



Εικ. 9 Είσοδος και λείανση των ξυλοτεμαχιδίων



Εικ. 10 Έξοδος των ξυλοτεμαχιδίων από το τριβείο

Μετά τη λείανση πρέπει να δώσουμε στα ξύλα μορφή στο γωνιακό κουφωμάτων (βλ. εικ. 11, 12 & 13), τέτοια ώστε με το μοντάρισμα που θα υποστούν στην επομένη κατεργασία(μονταριστικό κουφωμάτων) να δημιουργήσουμε το κάσωμα του παραθύρου και τα τζαμλίκια του(βλ. εικ.14, 15 & 16).



Εικ. 11 Δημιουργία μόρσων – εγκοπών



Εικ. 12 Δημιουργία μόρσων – εγκοπών



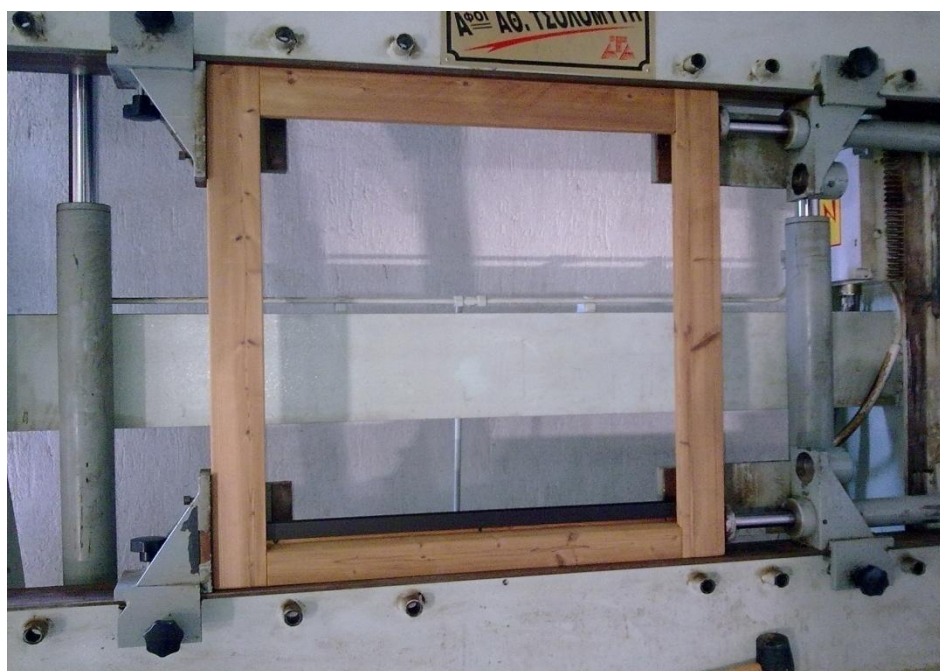
Εικ. 13 Δημιουργία πατούρων κατά μήκος του ξύλου



Εικ. 14 Επάλειψη κόλλας με μηχανήμα αέρος



Εικ. 15 Τοποθέτηση τραβέρσας στο μπόι



Εικ. 16 Τελικό μοντάρισμα της κάσας

Τέλος τοποθετήθηκαν οι μηχανισμοί στην κάσα και στα τζαμλίκια καθώς και τα τζάμια σε αυτά και πήραμε το τελικό αποτέλεσμα.(βλ. εικ. 17)



Εικ. 17 Τελική μορφή παραθύρου με τοποθετημένα μηχανισμοί και τζαμιά

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Κατά την κατεργασία των ξύλων thermowood σ όλες τις φάσεις υπήρξαν κάποιες παρατηρήσεις άλλες ως μειονεκτήματα κι άλλες ως πλεονεκτήματα.

Οι παρατηρήσεις αυτές είναι οι εξής:

«Μειονεκτήματα Thermowood»

- ❖ Υψηλό κόστος αγοράς για πεύκη
- ❖ Έντονη οσμή καμένου ξύλου πριν και από την τοποθέτηση βερνικιού ενώ ελάχιστη μετά την τοποθέτησή του
- ❖ Γρήγορη φθορά στα κοπτικά
- ❖ Εξαιτίας της διαδικασίας που υποβάλλεται το ξύλο, οι ρόζοι του σκάνε κι ανοίγουν, και παράλληλα γίνονται πιο σκληροί με αποτέλεσμα να σπάνε ή και να ξεκολλούν μερικές φόρες

«Πλεονεκτήματα Thermowood»

- ❖ Ομοιόμορφο χρώμα σ όλη του τη σάρκα
- ❖ Επιλογές αποχρώσεων από ανοιχτό ωχρά μέχρι σκούρο καφέ
- ❖ Δεν υπάρχει ρετσίνι στους ρητινοφόρους αγωγούς
- ❖ Δεν παράγεται ποσότητα σκόνης
- ❖ Αντιδρά θετικά στα βερνίκια νερού
- ❖ Σε χρήση λευκής κόλλας τα ξύλα αντέδρασαν θετικά χωρίς να υπάρξει κάποια δυσλειτουργία
- ❖ Δεν προσροφά νερό, άρα δεν υπάρχουν διαστασιακές αλλαγές

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με προσωπικές μου παρατηρήσεις μετά απ' όλες τις κατεργασίες που έγιναν στο ξύλο, πριν πάρουμε το τελικό αποτέλεσμα, μπορώ να προτείνω το προϊόν ως μια καλή πρώτη ύλη για εξωτερικές χρήσεις διότι έχουν αυξηθεί αρκετά οι ιδιότητες του. Υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό στη φύση(πέυκη) σ' αντίθεση με τα αφρικανικά ξύλα(meranti, niangon κ.α.), άρα δεν υπάρχει φόβος μείωσης του ποσοστού του στην αγορά.

Δέχεται φιλικά τα υδατοδιαλυτά βερνίκια φιλικά καθώς και τη λευκή κόλλα επιπέδου D3 και D4 χωρίς να υπάρχουν αρνητικές ενδείξεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Fengel, D. and Wegener, G., 1983. Wood : Chemistry, ultrastructure and reactions. New York: de Gruyter.
- Hill, C.A.S., Hale, M.D., Faharani, M.R., Forster, S., Suttie, E.D., Jones, D.L., and Papadopoulos, A.N., 2003. Decay of anhydride modified wood. Proceedings of the 1st European Conference on Wood Modification. Gent, Belgium:212-218.
- Jamsa, S., and Viitaniemi, P., 1998. Heat treatment of wood. Better durability without chemicals. Nordiske Trebeskyttelsesdager: 45-51.
- Kakaras, J.A., and Philippou, J.L., 1996. Treatability of several Greek wood species with the water soluble preservative CCB. Holz als Roh-und Werkstoff 54: 407-410.
- Kakaras J.A, Goroyias G., Papadopoulos A.N. and Hale, M.D., 2002. Observation on the performance of CCB and creosote treated fence posts after 18 years of exposure in Greece. International Research Group on Wood Preservation. Cardiff, Wales, U.K. (Document No. IRG/WP 02-30288).
- Kamdem, D.P., Pizzi, A., Guyonnet, R. and Jermannaud, A., 1999. Durability of heat treated wood. International Research Group on Wood Preservation. Document no. IRG/WP 99-40145.
- Kotilainen, R., 2000. Chemical changes in wood during heating at 150 – 260 °C. Ph.D Thesis, Jyvaskyla University. Research report 80, Finland.
- Leithoff, H. and Peek, R.D., 1998. Hitzebehandlung eine Alternative zum chemischen holzschutz. Tagungsband zur 21. Holzschutz – Tagung der DGFH in Rosenheim 97-108.
- Παπαδόπουλος, Α., Καραστεργίου, Σ., Νταλός, Γ., Μαντάνης, Γ. (2004). Θερμική τροποποίηση ξύλου: μια νέα τεχνική για το ξύλο με βελτιωμένες ιδιότητες. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, σειρά II, τόμος 15, τεύχ. 1/2004.
- Μαντάνης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., (2009) PlatoWood: Καινοτόμος τεχνολογία για βελτιωμένη ξυλεία. Περιοδικό "Επιπλέον", τεύχος 41, 8/2009.
- Μαντάνης, Γ., (2007) VisorWood: τροποποιημένη ξυλεία με εξαιρετικές ιδιότητες. Περιοδικό "Επιπλέον", τεύχος 30, 9/2007.
- Μαντάνης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., (2005) ThermoWood: θερμικά τροποποιημένο ξύλο. Περιοδικό "Επιπλέον", τεύχος 19, 2005.
- Μαντάνης, Γ., (2005) Εισαγωγή στις ιδιότητες του ξύλου. Διδακτικές σημειώσεις. Τ.Ε.Ι. Λάρισας.
- Mayes, D., and Oksanen, O., 2002: Thermowood Handbook. Thermowood, Finnforest Stora.
- Militz, H., 2002. Thermal treatment of wood: European Processes and their background. International Research Group on Wood Preservation. Document no. IRG/WP 02-40241.
- Papadopoulos, A.N., 2001. Swelling, cell wall porosity and chemical modification of wood. Διδακτορική Διατριβή. University of Wales, Bangor.
- Papadopoulos, A.N., 2002. Chemical modification of wood. Part 1: An introductory approach. The Bio Products Journal 3(9):11-13.
- Rapp, A.O. and Sailer, M., 2000. Heat treatment in Germany. Proceedings of Seminar 'Production and development of heat treated wood in Europe'. Helsinki, Stockholm, Oslo.

- Rapp, A.O., Sailer, M., and Westin, M., 2000. Innovative Holzvergütung neue Einsatzbereiche für Holz. Proceedings of the Dreiländer – Holztagung. Luzern, Switzerland.
- Stamm, A.J., 1964. Wood and cellulose science. New York: Roland Press.
- Syrjanen, T., Jamsa, S., and Viitaniemi, P., 2000. Heat treatment of wood in Finland. Proceedings of Seminar 'Production and development of heat treated wood in Europe'. Helsinki, Oslo, Stockholm.
- Tjeerdsma, B.F., Boonstra, M., and Militz, H., 1998. Thermal modification of non-durable wood species. Part II. Improved wood properties of thermally treated wood. International Research Group on Wood Preservation. Document no. IRG/WP 98-40124.
- Tjeerdsma, B.F., Stevens, M., and Militz, H., 2000. Durability aspects of hydrothermal treated wood. International Research Group on Wood Preservation. Document no. IRG/WP 00-4.
- Tsoumis, G., 1992. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Φιλίππου, Ι.Λ., 1986. Χημεία και χημική τεχνολογία του ξύλου. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.