

Accoya και platowood, τα νέα «πράσινα» προϊόντα τροποποιημένης ξυλείας

Δύο νέα προϊόντα τροποποιημένης ξυλείας, η Accoya και το Platowood με κοινό χαρακτηριστικό τους την «πράσινη» τεχνολογία τους δείχνουν τον δρόμο για ένα πιο οικολογικό αύριο

του καθηγητή Γεωργίου Μαντάνη, ΤΕΙ Λάρισας Email mantanis@teilar.gr

Ξυλεία Accoya® – οικολογική ξυλεία για εξωτερικές ξύλινες κατασκευές με υψηλή διάρκεια ζωής & μεγάλη ανθεκτικότητα

Στις μέρες μας είναι πολύ επιτακτική η ανάγκη για νέες, πράσινες τεχνολογίες σ' όλους τους κλάδους της βιομηχανίας και κατ' επέκταση και στη βιομηχανία ξύλου και ξύλινων κατασκευών, με αποτέλεσμα μεγάλα ποσά να επενδύονται επίσης στην έρευνα και ανάπτυξη νέων, περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών. Λαμβάνοντας υπόψη την απαγόρευση χρήσης των αλάτων χρωμίου (Cr) και αρσενικού (As) σε εμποτιστικές ουσίες σε αρκετές εφαρμογές του ξύλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο προσανατολισμός προς τα οικολογικά προϊόντα και «καθαρές» τεχνολογίες είναι πλέον μονόδρομος.

Ο απώτερος στόχος ήταν και είναι σήμερα η παραγωγή προϊόντων ξύλου με πολύ βελτιωμένες ιδιότητες, εφάμιλλες μ' αυτές του εμποτισμένου ξύλου.

Δύο σημαντικές τεχνολογικές λύσεις για την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι η χημική και η θερμική τροποποίηση του ξύλου, δηλ. η βελτίωσή του με χρήση ακίνδυνων χημικών ή/και θερμότητας, αντίστοιχα, για την παραγωγή ξύλου με καλύτερες ιδιότητες. Κύριος στόχος αυτών των τεχνολογιών είναι το τροποποιημένο ξύλο να έχει μεγαλύτερη διαστασιακή σταθερότητα (μικρότερη ρίκνωση-διόγκωση) και μεγαλύτερη φυσική διάρκεια, δηλ. υψηλότερη αντοχή στις κλιματικές συνθήκες, τους μύκητες - έντομα και την ηλιακή ακτινοβολία.

Μια περίπτωση τροποποίησης του ξύλου αποτελεί η καινοτόμος τεχνολογία Accoya η οποία κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με το εμπορικό όνομα AccoyaWood. Η τεχνολογία αυτή έφτασε σε βιομηχανικό επίπεδο χάρις τις πολύχρονες ερευνητικές προσπάθειες των Αμερικανών ερευνητών Dr.

Alfred Stamm (1947-1980) και Καθ. Roger Rowell (1985-2004) του Forest Products Lab - Madison και του Σουνδού Καθ. Rune Simonson (1990-2004) του Chalmers University of Technology. Η μέθοδος αυτή τροποποιεί χημικά το ξύλο επιτρέποντας έτσι τη βελτίωση ειδών, π.χ. Pinus radiata, Oregon pine, κ.ά. Η παραγόμενη ξυλεία φέρει οικολογικό σήμα και είναι εξαιρετικά υψηλής ποιότητας.

Η ιδέα παραγωγής του

Χημική τροποποίηση προκύπτει με αντίδραση των συστατικών του ξύλου (συνήθως τα ελεύθερα υδροξύλια -OH της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών) και επιλεγμένων χημικών ουσιών, με ή χωρίς τη βοήθεια καταλύτη και δημιουργία δεσμών μεταξύ τους. Η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και η λιγνίνη καταμένονται στα κυτταρικά τοιχώματα σε διάφορες αναλογίες και τα υδροξύλιά τους αποτελούν τις πιο άφθονες χημικές θέσεις όπου αντιδρούν. Αυτά τα τρία πολυμερή συνιστούν τα κυτταρικά τοιχώματα. Οι κενοί χώροι μπορούν να θεωρηθούν σαν

Ξύλινη περίφραξη και δάπεδο deck
σε οικία της Γλυφάδας (2011)



αποθηκευτικές δεξαμενές για τα χημικά που χρησιμοποιούνται για χημική τροποποίηση του ξύλου. Οι χημικές ουσίες λοιπόν τροποποιούν τα κύρια χημικά συστατικά του ξύλου χωρίς να αφήνουν τοξικά υπολείμματα μέσα στο ξύλο. Η χημική τροποποίηση μπορεί να μεταβάλλει και τον υδρόφιλο χαρακτήρα του ξύλου. Η εισαγωγή χημικών μέσα στα κυτταρικά τοιχώματα και η δημιουργία χημικών δεσμών με το ξύλο ελαττώνουν το μέγεθος της ρίκνωσης και της διόγκωσης επειδή το ξύλο βρίσκεται σε μερική ή ολική κατάσταση διόγκωσης και πολλά υδροξύλια αποκλείονται από τη δημιουργία δεσμών υδρογόνου με μόρια νερού ή αντικαθίστανται από άλλες υδρόφοβες ομάδες.

Η τεχνολογία παραγωγής του

Το χημικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του Accoya είναι ο οξικός ανυδρίτης. Ο ακίνδυνος αυτός ανυδρίτης αντιδρά με τα υδροξύλια του ξύλου σχηματίζοντας εστέρες. Η αντίδραση εστεροποίησης καταλήγει με όξινους ή αλκαλικούς καταλύτες και λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία 1200C. Κατά την αντίδραση γίνεται η ηλεγόμενη ακετυλίωση του ξύλου και παράγεται ακετυλιωμένο ξύλο (acetylated wood) και οξικό οξύ σαν παραπροϊόν. Η ακετυλίωση είναι αντίδραση απλής αντικατάστασης, δηλ. μια ακετυλική ομάδα υποκαθιστά ένα υδροξύλιο χωρίς πολυμερισμό. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση του βάρους του ξύλου λόγω πρόσληψης τέτοιων ομάδων ανάγεται κατευθείαν σε αριθμό -OH που έχουν υποκατασταθεί.

Ξύλινα κουφώματα σε παραδοσιακή κατοικία της Σάμου (2011)



Ξύλινη πέργκολα σε παραδοσιακή οικία της Πάρου (2011)



Θάλαμος εμποτισμού υπό πίεση

Η τεχνολογία του τροποποιημένου ξύλου Accoya βασίζεται στα ακόλουθα στάδια:

- Επιλογή ξυλείας και ξήρανση (μέχρι 2-4% επίπεδο υγρασίας).
- Εμποτισμός της ξυλείας με κατάλληλο καταλύτη. Ο εμποτισμός της ξυλείας διογκώνει τα κυτταρικά τοιχώματα του ξύλου με σκοπό τη διευκόλυνση της χημικής αντίδρασης.
- Αντίδραση του ξύλου με το χημικό αντιδραστήριο. Η ξυλεία μεταφέρεται σε ειδικούς αντιδραστήρες (κλειστούς κλιβάνους) και η χημική τροποποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία ~1200C.
- Προσθήκη ακετόνης. Η ακετόνη προστίθεται στον αντιδραστήρα για μια ώρα περίπου με σκοπό τον τερματισμό της χημικής αντίδρασης.
- Ξήρανση της ξυλείας και τελικός κλιματισμός.

Οι ιδιότητες του Accoya

Φυσικές ιδιότητες. Η πυκνότητα του Accoya είναι περίπου 10% υψηλότερη σε σχέση με το μη τροποποιημένο ξύλο, γεγονός που οφείλεται στην είσοδο των ακετυλικών ομάδων στα κυτταρικά τοιχώματα και την πλήρωση των κενών χώρων. Η υγροσκοπικότητα του Accoya (ρίκνωση & διόγκωση) μειώνεται με συνέπεια τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητάς του. Ξύλο Accoya από δασική πεύκη είχε εφραπτομενική διόγκωση

0,9%, ενώ το ίδιο μη τροποποιημένο ξύλο είχε 8%. Επίσης, το ξύλο παρουσιάζει τιμή αντιρρίκνωσης 80%. Πρόσθετα, το Accoya είναι λιγότερο ανισότροπο, καθώς η διαφορά μεταξύ εφαπτομενικής και ακτινικής ρίκνωσης και διόγκωσης είναι σημαντικά μικρότερη, ενώ εμφανίζει και μικρότερη θερμική αγωγιμότητα.

Μηχανικές ιδιότητες: Οι μηχανικές ιδιότητες θεμελιώδους σημασίας, όπως είναι το μέτρο θραύσης (MOR) και το μέτρο ελαστικότητας (MOE) δεν επηρεάζονται σημαντικά, ενώ αυξάνεται η αντοχή του σε σκληρότητα.

Ανθεκτικότητα σε βιολογικούς εκθροούς: Η ανθεκτικότητα των ελάχιστα ανθεκτικών ειδών ερυθρελάτης και πεύκης βελτιώνεται σημαντικά (κλίση ανθεκτικότητας 1). Είναι χαρακτηριστικό ότι η βιολογική ανθεκτικότητα του Accoya από πεύκο είναι υψηλότερη κι από αυτή των πολύ ανθεκτικών τροπικών ειδών Teak και Red Meranti. Το Accoya αμερικάνικης πεύκης (Pinus radiata) προσφέρεται με εγγύηση 25 ετών όταν χρησιμοποιείται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Επίσης έχει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Κανονικά, οι λοιπές ξυλοκατασκευές από ξυλεία Accoya γίνονται με εγγύηση για 30 χρόνια ζωής.

Συμπεριφορά κατά την κατεργασία: Η πρίση, το πλάνισμα και η διαμόρφωση των άκρων της ξυλείας Accoya δεν διαφέρει σε σχέση με το μη τροποποιημένο ξύλο. Η συγκόλλησή του με τις συμβατικές πολυουρεθανικές ρητίνες έχει αναφερθεί να είναι καλύτερη εξαιτίας της χαμηλότερης ισοδύναμης υγρασίας. Απαιτεί όμως συγκεκριμένη κόλληση. Το φινιρίσμά του είναι παρόμοιο με αυτό του μη τροποποιημένου, ενώ τα βερνίκια διαρκούν 3 έως 4 φορές περισσότερο μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης. Έχει πολύ μεγάλη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) του ήλιου και δεν μεταχρωματίζεται.

Accoya & περιβάλλον

Το Accoya είναι ένα νέο προϊόν ξύλου που παράγεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Είναι 100% οικολογικό υλικό, που έχει πολλά πιστοποιητικά ποιότητας. Μετά το τέλος του κύκλου ζωής του, το προϊόν είναι ακίνδυνο και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί/ανακυκλωθεί όπως και το κανονικό ξύλο.

Οι εφαρμογές και χρήσεις του Accoya

Η ξυλεία Accoya χρησιμοποιείται σήμερα στην Ευρώπη σε κατασκευές εξωτερικού χώρου, κυρίως σε κουφώματα, έπιπλα κήπου, ειδικές κατασκευές, φράχτες, ξυλπενδύσεις σε κτίρια, δάπεδα τύπου decking, υπόστεγα κ.α. Η ξυλεία αυτή βρίσκεται στην αγορά την τελευταία πενταετία, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι το Νοέμβριο του 2008 τελείωσε η κατασκευή στην πόλη Sneek της Ολλανδίας, της πρώτης ξύλινης αυτοκινητογέφυρας στον κόσμο (μήκους 32 m και πλάτους 12 m) που μπορεί να δεχτεί βάρος εξήντα τόνων (Εικ. 1). Για την κατα-



Εξωτερικό ξύλινο δάπεδο deck σε καφετέρια της Πάρου (2011)



Ξύλινο εξωτερικό παράθυρο & εξώπορτα σε κατοικία της Μυτιλήνης (2010)



Οι φωτογραφίες ανήκουν στην επιχείρηση Εφαρμογές Ο.Ε. (www.efar.gr), η οποία έχει ερευνητική συνεργασία με το Εργαστήριο Τεχνολογίας Ξύλου του Τ.Ε.Ι. Λάρισας, από το έτος 2010



Ξύλινα εξωτερικά παράθυρα σε οικία της Πάρου (2009)



Ξυλπεένδυση και δάπεδα σε μοντέρνα κατοικία στην Αθήνα (2012)

σκευή της χρησιμοποιήθηκαν 690 m³ επικοληητής ξυλείας Accoya. Πληροφορίες για νεότερα projects της ολλανδικής βιομηχανίας ξύλου Titan Wood BV εδώ: www.accoya.com

Η ξυλεία αυτή έχει εισαχθεί στη χώρα μας από την ελληνική επιχείρηση Ξυλοκατασκευών Εφαρμογές Ο.Ε. (www.efar.gr) που εδρεύει στην Πάρο, και πιστεύεται ότι θα αποτελέσει άριστη πρώτη ύλη για πολλές κατασκευές εξωτερικού χώρου, ιδίως για τις ακραίες κλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Εισήχθη το 2009, έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε πλήθος ξυλοκατασκευών (βλ. εικόνες), έχει δοκιμαστεί πειραματικά στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Ξύλου του ΤΕΙ Λάρισας, σε 8 διαφορετικά πειράματα με πολύ θετικά αποτελέσματα. Οι χρήσεις του στη χώρα μας είναι κυρίως σε κουφώματα υψηλής ποιότητας (πόρτες-παράθυρα), ξυλπεενδύσεις, φράχτες και δάπεδα, πέργκολες και άλλες εξωτερικές κατασκευές. Είναι χρήσιμο συνεπώς οι έλληνες μηχανικοί και αρχιτέκτονες να γνωρίσουν αυτό το νέο, καινοτόμο υλικό Accoya και να το δοκιμάσουν σε κατασκευές, αφού δίνεται και με υψηλή εγγύηση χρόνου ζωής (>30 χρόνια).

Plato®wood νέα ξυλεία! οικολογικό και πράσινο υλικό κατάλληλο για ξυλπεενδύσεις κτιρίων και κατοικιών στη χώρα μας

Περίπου 400 είδη ξύλου κυκλοφορούν στο εμπόριο σήμερα και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Η προσφορά ποιοτικής ξυλείας, ειδικά τροπικών ειδών και πλατυφύλλινων ειδών της εύκρατης ζώνης, στην ελληνική αγορά χρόνο με το χρόνο μειώνεται. Στις μέρες μας τα δεδομένα έχουν αλλιάξει δραματικά κυρίως με την αύξηση του πληθυσμού, τις εκτεταμένες έως ληστροικές υλοτομίες, τον αφανισμό των τροπικών δασών και με τα ποικίλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Μπροστά σε αυτά τα μείζονος σημασίας ζητήματα, οι επιστήμονες αλλά και οι ίδιες οι βιομηχανίες ξύλου αναζητούν από τις αρχές της δεκαετίας του '90 πιο περιβαλλοντικά φιλικές τεχνολογίες. Στόχος πλέον είναι η παραγωγή πράσινων προϊόντων ξύλου με βελτιωμένες ιδιότητες, εφάμιλλες με αυτές του εμποτισμένου ξύλου. Ζητούμενο παραμένει η διαστασιακή σταθερότητα, η διάρκεια (ανθεκτικότητα) στο χρόνο, η ανθεκτικότητα στους μύκητες, τα έντομα και την ηλιακή ακτινοβολία.

Μια περίπτωση τέτοιας νέας τεχνολογίας αποτελεί η καινοτόμος τεχνολογία Plato® που αναπτύχθηκε στην Ολλανδία και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με το εμπορικό όνομα Plato®Wood. Η μέθοδος αυτή τροποποιεί θερμικά το ξύλο με

Εξωτερική ξύλινη επένδυση σε κτίριο



θερμ
τας έ
κ.α.
ρετικ

Όλα
χουα
τις ε
πης.

Η ιδ
Η όλη
από
μια
υδρο
καύσ

Η τε
Η τεχ
βασί
town
• Στο
σου
atm)
φρώ
Οι η
μερικ
ραμέ
των μ

• Στο
ραντ
10%
μέχρι

Φωτογραφίες: ανήκουν αποκλειστικά στην ολλανδική εταιρεία Plato International BV με την οποία το Εργαστήριο Τεχνολογίας Ξύλου έχει ερευνητική συνεργασία διά της Επιτροπής Ερευνών του ΤΕΙ Λάρισας

**Ξύλινη κατασκευή
σε ηχοπέτασμα στην Ολλανδία**



θερμότητα και ατμό, χωρίς τη χρήση χημικών ουσιών επιτρέποντας έτσι τη βελτίωση ειδών ξύλου, π.χ. ερυθρελάτη, λεύκη, frake κ.α. Η παραγόμενη ξυλεία φέρει οικολογικό σήμα και είναι εξαιρετικά υψηλής ποιότητας.

Όλα τα παραπάνω δεδομένα στοιχειοθετούνται με την υπάρχουσα σήμερα τεχνολογική και επιστημονική βιβλιογραφία και τις εφαρμογές που έχουν ήδη γίνει σε άλλες χώρες της Ευρώπης.

Η ιδέα παραγωγής

Η όλη ιδέα της παραγωγής αυτού του προϊόντος ξεκίνησε τυχαία από τη βιομηχανία Royal Dutch Shell στην Ολλανδία διαμέσου μιας ερευνητικής προσπάθειας που είχε διαφορετικό στόχο: την υδροθερμική μετατροπή υπολειμμάτων βιομάζας σε νέα βιοκαύσιμα!

Η τεχνολογία παραγωγής

Η τεχνολογία του θερμικά τροποποιημένου ξύλου Plato@Wood βασίζεται στα ακόλουθα τέσσερα στάδια (<http://www.platowood.nl/>):

- **Στάδιο υδροθερμόλυσης**, στο οποίο η ξυλεία θερμαίνεται στους 150-180°C υπό ατμό και σε αυξανόμενη πίεση (6 έως 8 atm) για διάστημα 5 ωρών. Το στάδιο αυτό απαιτεί ξυλεία ελαφρώς ξηραμένη στον αέρα, δηλ. με υγρασία περίπου 15-20%. Οι ημικυτταρίνες του ξύλου στο στάδιο αυτό αποικοδομούνται μερικώς και η λιγνίνη «ενεργοποιείται». Ωστόσο, η κυτταρίνη παραμένει ανέπαφη, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τη διατήρηση των μηχανικών ιδιοτήτων του Plato@Wood σε υψηλό επίπεδο.

- **Στάδιο ξήρασης**, το οποίο γίνεται σε κοινό βιομηχανικό ξηραντήριο. Η ξυλεία ξηραίνεται μέχρι ένα επίπεδο υγρασίας 8-10%. Το στάδιο αυτό διαρκεί αρκετές ημέρες (από 5 ημέρες μέχρι και 3 εβδομάδες).

- **Στάδιο τροποποίησης**, κατά το οποίο η ξυλεία τροποποιείται θερμικά στους 150-190°C σε ένα ξηρό περιβάλλον για χρονικό διάστημα 12-16 ωρών. Χημικές αντιδράσεις συμβαίνουν μέσα στο ξύλο, οι αλδεΐδες που σχηματίστηκαν κατά το πρώτο στάδιο αντιδρούν με την ήδη «ενεργοποιημένη» λιγνίνη με αποτέλεσμα την δημιουργία νέων, δυνατών χημικών δεσμών. Το στάδιο αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας του ξύλου και δίνει στο τέλος ξυλεία με ποσοστό υγρασίας περίπου 1%!

- **Στάδιο κλιματισμού**, κατά το οποίο το Plato@Wood κλιματίζεται όπως και η κοινή ξυλεία ξηραντηρίου ανάλογα με τις συνθήκες που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί (6 έως 10%). Το στάδιο αυτό διαρκεί περίπου 3 ημέρες.

Οι ιδιότητες του

Φυσικές ιδιότητες: Η πυκνότητα του Plato@Wood είναι περίπου 10% χαμηλότερη σε σύγκριση με το μη τροποποιημένο ξύλο, γεγονός που οφείλεται στην υδρόλυση συστατικών κατά τα στάδια παραγωγής του αλλήλα και στην «εξάτμιση» των εκχυλισμάτων του. Η υγροσκοπικότητα του Plato@Wood (ρίκνωση & διόγκωση) μειώνεται με συνέπεια τη βελτίωση της διαστασιακής του σταθερότητας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ξύλο Plato@Wood πεύκης έχει σημείο ινοκόρου περίπου 15%, ενώ το ίδιο μη τροποποιημένο ξύλο έχει 27-30%. Επίσης, η ξυλεία παρουσιάζει τιμή αντιρρίκνωσης (εναλλακτικός τρόπος μέτρησης της διαστασιακής σταθερότητας) 50%. Πρόσθετα, το Plato@Wood είναι λιγότερο ανισότροπο, καθώς η διαφορά μεταξύ εφαπτομενικής και ακτινικής ρίκνωσης και διόγκωσης είναι σημαντικά μικρότερη.

Μηχανικές ιδιότητες: Οι μηχανικές ιδιότητες θεμελιώδους σημασίας, όπως είναι το μέτρο θραύσης (MOR) και το μέτρο ελαστικότητας (MOE) δεν επηρεάζονται σημαντικά. Το μέτρο

