

# Ανακύκλωση

## Ανακύκλωση εμποτισμένης ξυλείας

**Έρευνα:** Δρ. Γ. Μαντάνης, Δρ. Ι. Κακαράς και Γ. Αναστάσης  
Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου-Επίπλου Παράρτημα Καρδίτσας, Τ.Ε.Ι. Λάρισας,  
Τ.Κ.43 100, Καρδίτσα τηλ. 244 10 28499, Email: mantanis@teilar.gr

Ο εμποτισμός του ξύλου με διάφορες προστατευτικές ουσίες γίνεται με σκοπό την προστασία του ξύλου από βιολογικούς, κλιματικούς και άλλους παράγοντες, την επιμήκυνση της διάρκειας υπηρεσίας του μετά την εγκατάσταση στην οριστική του θέση, την οικονομικότητα των ξύλινων κατασκευών και, τέλος, την εξοικονόμηση πρώτης ύλης σε ξύλο, ώστε η αντικατάστασή του να γίνεται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Ο εμποτισμός επιβάλλεται κυρίως στις περιπτώσεις στύλων τηλεπικοινωνιών (ΟΤΕ), ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), πασσάλων, στρωτήρων σιδηροδρόμων (ΟΣΕ), ξυλείας μεταλλείων, ξύλινων σπιτιών και υπαίθριων ξύλινων κατασκευών.

### Το πρόβλημα

Τι γίνεται όμως μετά το τέλος χρήσης αυτής της ξυλείας; Είναι ευρέως γνωστό ότι η εμποτισμένη ξυλεία περιέχει στη μάζα της χημικές ουσίες επικίνδυνες και επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Υπάρχουν άραγε μέθοδοι και τεχνικές ανακύκλωσης αυτής της ξυλείας; Όχι, δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα ασφαλείς τρόποι ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης αυτού του ξύλου.

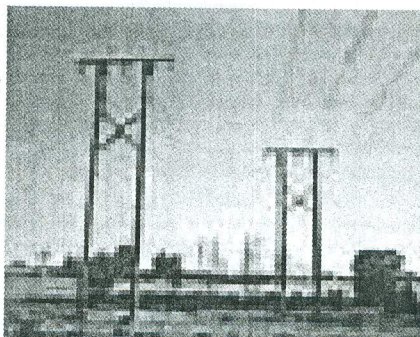
Η έρευνα που διεξάγεται σε παγκόσμιο επίπεδο πάνω στο αντικείμενο αυτό είναι μεγάλη, πολυδιάστατη και πολυδάπανη. Μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) αποσύρονται κάθε έτος από την υπηρεσία περίπου 2.000.000 κ.μ. εμποτισμένης ξυλείας, που δυστυχώς δεν μπορεί και δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθεί με τρόπο ασφαλή και περιβαλλοντικά φιλικό.

Το παρόν άρθρο περιγράφει συνοπτικά μία νέα μέθοδο, τη μέθοδο Chartherm, που είναι μία καινοτόμος τεχνολογία ανακύκλωσης εμποτισμένης ξυλείας που βρίσκεται σήμερα στη φάση κλιμάκωσης της τε-

χνολογίας της στο βιομηχανικό επίπεδο (scale-up).

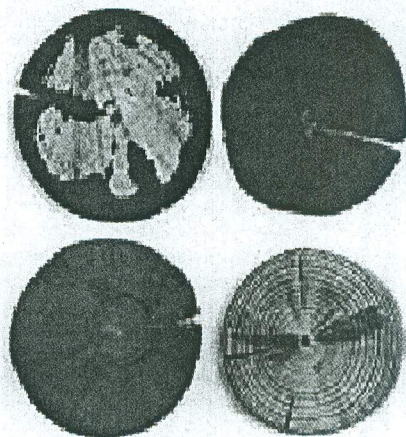
### Παρούσα κατάσταση

Οι ξύλινοι στύλοι (βλ. στύλοι ΔΕΗ) αποτελούν το κύριο μέρος των υπερυψωμένων συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος στις περισσότερες χώρες, π.χ. μόνον στη Γαλλία υπάρχουν σήμερα περίπου 25.000.000 στύλοι. Κάθε χρόνο, οι στύλοι αυτοί υφίστανται συντήρηση. Κατά τη διάρκεια των διαδικασιών συντήρησης, αρκετές χιλιάδες ξύλινων στύλων αποσύρονται από την υπηρεσία. Ο μέσος όρος διάρκειας χρήσης αυτών είναι περίπου 35 έτη. Αντικατάσταση αυτών μπορεί



να γίνει για λόγους μεγάλης διάρκειας χρήσης ή να συνδέεται με τυχαία ατυχήματα από γεωργικά μηχανήματα, τροχαία ατυχήματα, δασικές πυρκαγιές, θύελλες, κ.ά.

Από τα στοιχεία που υπάρχουν, εκτός από τη χώρα μας, στις χώρες της Ευρώπης, οι στύλοι εμποτίζονται αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά με υδατοδιαλυτά άλατα. Αντίθετα, στη χώρα μας, χρησιμοποιείται ευρέως το πισσέλαιο (κρεόζωτο). Το πισσέλαιο χρησιμοποιείται κυρίως σε ξύλινους στύλους ηλεκτρισμού και στρωτήρες σιδηροδρόμων. Το ίδιο περίπου συμβαίνει και στην Νότια Αφρική και τη Βραζιλία. Αντίθετα, στις Η.Π.Α., το 65% περίπου των στύλων εμποτίζεται με πενταχλωροφαινόλη (γνω-



στή και ως 'penta'), το 27% με πισσέλαιο και το 10% με υδατοδιαλυτά άλατα. Από τα άλατα, η χρήση των αλάτων χαλκού -χρωμίου-αρσενικού (γνωστά και ως CCA), έχει τα τελευταία χρόνια διευρυνθεί εξαιτίας της αποτελεσματικότητάς τους, της εύκολης χρήσης τους και της σχετικά καλύτερης περιβαλλοντικά - φιλικής συμπεριφοράς τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην Ευρώπη σήμερα, το 65% των στύλων και το 68% της λοιπής ξυλείας εμποτίζεται με άλατα CCA.

### Τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος

Με βάση τα παραπάνω, το θέμα της ανακύκλωσης γίνεται συνεπώς κρίσιμο, ως αποτέλεσμα της ανάγκης για προστασία του περιβάλλοντος, των αλλαγών στους κανονισμούς της Ε.Ε. και της ανάγκης για



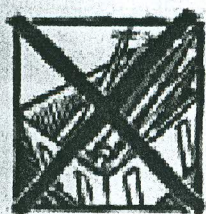
# ανακύκλωση

εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων.

## Υποχρεώσεις από νέους κανονισμούς της Ε.Ε.

Σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς σχετικά με τα απόβλητα, όλα τα είδη αποβλήτων που αποτελούνται από ξύλο που έχει εμποτιστεί ή έχει επικαλυφθεί με ουσίες που περιέχουν βαρέα μέταλλα, PCP, λιντένιο ή κρεόζωτο έχουν ταξινομηθεί ως 'επικίνδυνα απόβλητα' (ορολογία της Ε.Ε.). Τέτοια είδη αποβλήτων ξύλου πρέπει σαφώς να διαχωρισθούν από άλλους τύπους αποβλήτων και να υποβληθούν σε ειδική επεξεργασία.

## Χώροι υγειονομικής ταφής αποβλήτων (κατηγορίας I)



Με δεδομένο ότι οι ισχύοντες κανονισμοί της Ε.Ε. στοχεύουν στο να διατηρήσουν τους χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων κατηγορίας I αποκλειστικά και μόνο για

αστικά απόβλητα, τα επικίνδυνα απόβλητα της εμποτισμένης ξυλείας δεν μπορούν να ταξινομηθούν σε αυτήν την κατηγορία. Είναι γεγονός ότι στην Ευρώπη σήμερα το τίμημα υγειονομικής ταφής (landfill fee) για ένα τόνο εμποτισμένης ξυλείας σε νόμιμη χωματερή (ή ΧΥΤΑ) κοστίζει περίπου 120-150 ευρώ!

## Ανακύκλωση με καύση



Η καύση ξύλου που έχει εμποτιστεί ή επικαλυφθεί με εμποτιστικές ουσίες, οργανικά διαλύματα ή χρώματα, βερνίκια, συντηρητικά, προϋποθέτει και απαιτεί ειδικές προφυλάξεις λόγω της τοξικότητας των καυσαερίων που απελευθερώνονται. Το φαινόμενο είναι έντονο στην περίπτωση αλάτων με αρσενικό, βαρέων μετάλλων, κ.ά. Οι βιομηχανικοί αποτεφρωτήρες που

χρησιμοποιούνται δεν είναι πλήρως εξοπλισμένοι για να επιτύχουν χαμηλές εκπομπές επιβλαβών χημικών, ειδικά διοξινών, όπως αυτές που απαιτούν οι κανονισμοί της Ε.Ε. για την καύση, ενώ γενικά στους αποτεφρωτήρες η παραγωγή και εμφάνιση ιδιαίτερα ανεξέλεγκτων χημικών παραπροϊόντων είναι και συχνή και επιβλαβής για τη δημόσια υγεία. Ήδη, η καύση εμποτισμένου ξύλου με άλατα CCA έχει απαγορευθεί σε πολλές χώρες λόγω της εκπομπής κλασμάτων αρσενικού, παρά τη χρήση πολλαπλών φίλτρων.

## Δυνατότητες ανακύκλωσης

Προκειμένου να θεωρηθεί ένα σύστημα ανακύκλωσης βιώσιμο και αποτελεσματικό θα πρέπει να παρουσιάζει τα ακόλουθα ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- Να μην παρουσιάζει μειονεκτήματα από τεχνικής άποψης.
- Να είναι περιβαλλοντικά φιλικό χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Να έχει οργανωμένο σύστημα συλλογής και μεταφοράς της ξυλείας.
- Να παρουσιάζει σωστή οργάνωση και χωροταξία των κατά τύπους εργοστασίων επεξεργασίας και ανακύκλωσης.
- Να έχει κλιμακωθεί σε βιομηχανικό επίπεδο μετά από ολοκληρωμένη μελέτη όλων των οικονομικών, περιβαλλοντικών και τεχνικών παραμέτρων.

## Chartherm:

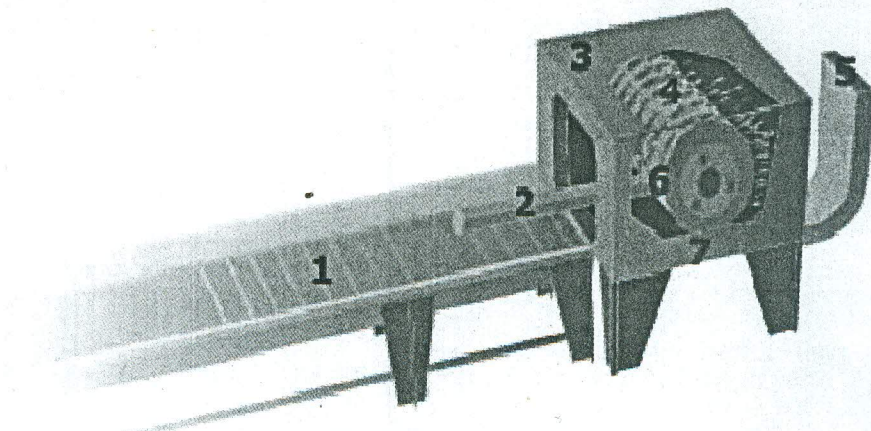
### Μία νέα μέθοδος ανακύκλωσης εμποτισμένης ξυλείας

Η μέθοδος Chartherm αναπτύχθηκε στη Γαλλία από τη βιομηχανική εταιρία Beaumartin S.A. (2001) και διαμέσου αυτής είναι δυνατή η ανακύκλωση παλιάς εμποτισμένης ξυλείας και η μετατροπή της σε "καθαρό" υψηλής ποιότητας ξυλάνθρακα. Η μέθοδος αυτή αποτελείται από τρία επιμέρους στάδια:

- Στάδιο θρυμματισμού
- Στάδιο θερμικής κατεργασίας
- Στάδιο διαχωρισμού βαρέων μετάλλων

Μονάδα πιλοτικού μεγέθους έχει κατασκευαστεί και βρίσκεται σε λειτουργία εδώ και δύο χρόνια. Τα αποτελέσματα σε πιλοτικό επίπεδο έχουν αποδείξει την τεχνική αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Ωστόσο, στην παρούσα φάση, διενεργείται μία ολοκληρωμένη μελέτη (τεχνική, οικονομική και περιβαλλοντική) από ομάδα αναγνωρισμένων εμπειρογνομόνων, ούτως ώστε να καταδειχθεί ότι η μέθοδος Chartherm είναι οικονομικά βιώσιμη, ασφαλής και τεχνικά αξιόπιστη.

Το ισχυρό πλεονέκτημά της είναι ότι επιτρέπει στα προϊόντα αποβλήτων ξύλου να ανακυκλωθούν ανεξάρτητα από το επίπεδο ρύπανσής τους, χωρίς την ανάγκη για προγενέστερη ταξινόμηση. Οι δοκιμές έχουν δείξει ότι ακόμα και η απομάκρυνση κλασμάτων αρσενικού είναι χαμηλότερη από τα αυστηρά επίπεδα των κανονισμών της Ε.Ε.,



ΣΧΗΜΑ 1. Στάδιο θρυμματισμού

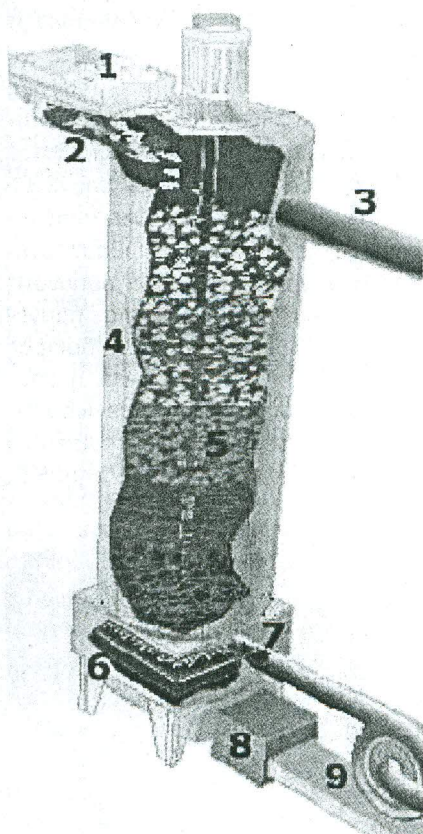
(1) ιμάντας μεταφοράς (2) στύλοι (3) θρυμματιστής (4) τύμπανο (5) έξοδος θρυμματισμένου ξύλου (6) θρυμματισμός (7) συλλέκτης μετάλλων.

# ανακύκλωση

ενώ περισσότερο από το 99,92% των βαρέων μετάλλων διαχωρίζεται και απομονώνεται στα στερεά υπολείμματα που μένουν. Με τη μέθοδο Chartherm επιτυγχάνεται απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων (βλ. άλατα CCA), ενώ ο παραγόμενος ξυλάνθρακας είναι καθαρός και μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα στη βαριά βιομηχανία.

## Στάδιο θρυμματισμού

Η εμποτισμένη ξυλεία πρώτα θρυμματίζεται. Το στάδιο αυτό είναι αναγκαίο για να μειωθεί το μέγεθος των ξύλινων κορμών και να γίνει ομοιόμορφο. Ο θρυμματισμός της ξυλείας παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες. Τα κοπτικά μέσα απαιτούν συχνότερο τρόχισμα, η παραγωγή μεγάλου κλάσματος ξυλόσκονης προκαλεί δυσκολίες στην περαιτέρω επεξεργασία, ενώ μεταλλικά υπολείμματα μπορεί να εγκλωβίζο-



**ΣΧΗΜΑ 2. Στάδιο θερμικής κατεργασίας**  
(1) χοάνη (2) εισαγωγή ξυλοτεμαχιδίων (3) έξοδος αερίων (4) αντιδραστήρας (5) ξυλοτεμαχίδια σε διαφορετικά επίπεδα chartherisation (6) κόσκινο (7) εισαγωγή θερμού αερίου (8) απόσπαση ξυλάνθρακα (9) εξαγωγή ξυλάνθρακα

νται στο ξύλο και να απαιτούν τη χρήση μαγνητών.

Ωστόσο, μία νέα μηχανή θρυμματισμού που έχει αναπτυχθεί (Σχήμα 1) επιλύνει τα παραπάνω προβλήματα, επιτρέπει την εισαγωγή ολόκληρων κορμών ή στύλων και μειώνει, κυρίως, την παραγωγή ξυλόσκονης.

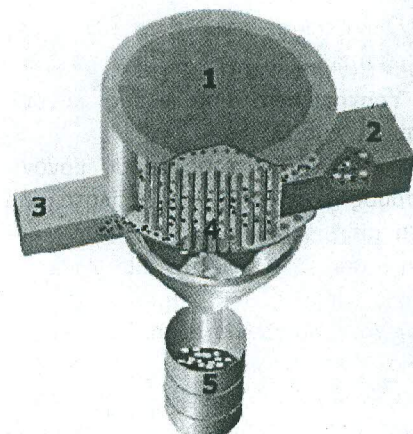
## Στάδιο θερμικής κατεργασίας

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την αρχική θέρμανση του ξύλου, αφού πρώτα έχει εισαχθεί στη στήλη αντίδρασης, με ρεύμα θερμών αερίων. Η αδιαβατική καύση που λαμβάνει χώρα οδηγεί σε εξαέρωση πτητικών στοιχείων, ενώ τα ορυκτά στοιχεία παγιδεύονται στα υπολείμματα ξυλάνθρακα, που είναι πλούσια σε θερμιδικό περιεχόμενο (περίπου 6.500 kcal/kg). Η θερμοκρασία των αερίων θέρμανσης είναι χαμηλότερη από αυτή που χρησιμοποιείται στη θερμόλυση. Το στάδιο αυτό απαιτεί ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας, της πίεσης, του παραγόμενου οξυγόνου και της περιεκτικότητας σε CO των αερίων. Η διεργασία αυτή ονομάζεται και chartherisation.

Τα ανακυκλούμενα αέρια καίγονται στους 850°C σε σχεδόν 2 δευτερόλεπτα προτού επαναχρησιμοποιηθούν ή αποβληθούν από το σύστημα. Το επίπεδο εισαγόμενης στο σύστημα ξυλομάζας ρυθμίζεται συνεχώς στην κορυφή της στήλης αντίδρασης, ενώ το υπόλειμμα ξυλάνθρακα εξάγεται από το κατώτερο σημείο της στήλης, ψύχεται, συμπιέζεται και αποθηκεύεται έτοιμο για χρήση στο επόμενο στάδιο.

## Στάδιο διαχωρισμού βαρέων μετάλλων

Τα υπολείμματα ξυλάνθρακα περιέχουν όλα τα βαρέα μέταλλα του αρχικού ξύλου. Ο παραγόμενος ξυλάνθρακας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυτή τη μορφή. Είναι σημαντικό να εξαχθούν τα ρυπογόνα στοιχεία για την παραγωγή καθαρού ξυλάνθρακα κατάλληλο για χρήση. Το υπόλειμμα ξυλάνθρακα εισάγεται σε μύλο με χάντρες, ειδικό για αυτήν την εφαρμογή. Ο ξυλάνθρακας



**ΣΧΗΜΑ 3. Στάδιο διαχωρισμού βαρέων μετάλλων**  
(1) πνευματικός φυγοκεντρωτής (2) εισαγωγή υπολειμμάτων ξυλάνθρακα (3) εξαγωγή καθαρού ξυλάνθρακα (4) τύμπανο εξαερισμού (5) βαρέα μέταλλα

αλέθεται, ώστε να απελευθερωθούν σταδιακά τα μόρια μετάλλων που τον περιβάλλουν. Στη συνέχεια περνούν από πνευματικό κόσκινο και μεταφέρονται σε πνευματικό φυγοκεντρωτή, όπου με βάση τη διαφορά πυκνότητας άνθρακα / μετάλλων, τα βαρέα μέταλλα επιταχύνονται προς τα εξωτερικά τοιχώματα, ενώ ο ξυλάνθρακας απορροφείται στο κέντρο και διαβιβάζεται προς ένα μεγάλο φίλτρο. Τα βαρέα μέταλλα ανακτώνται κάτω από το φυγοκεντρωτή και περιέχουν ένα μικρό ποσοστό ξυλάνθρακα, ενώ ο καθαρός ξυλάνθρακας ανακτάται από την έξοδο του φίλτρου.

## Τελικά προϊόντα της μεθόδου

Το κύριο προϊόν της μεθόδου Chartherm είναι 100% καθαρός ξυλάνθρακας που λαμβάνεται χωρίς την παραγωγή ανόργανων ουσιών (τέφρας) και έχει θερμαντική αξία περίπου 6.500 kcal/kg. Ο ξυλάνθρακας αυτός έχει τη μορφή λεπτής και ομοιογενούς σκόνης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τη βαριά βιομηχανία για έκχυση (injection). Ο ξυλάνθρακας αντιπροσωπεύει περίπου το 25% της ξηρής μάζας της αρχικής εμποτισμένης ξυλείας, ενώ η μάζα των λοιπών στερεών αποβλήτων που παράγονται είναι σαφώς λιγότερη από το 3% του αρχικού ξύλου. □