

## Παραγωγή συμπιεσμένου καυσόξυλου από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου

Γεώργιος Ι. Μαντάνης<sup>1</sup>

### Περίληψη

Σ' αυτή την εργασία γίνεται μία παρουσίαση και ανάλυση των γενικών χαρακτηριστικών της παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου (ή τεχνητού καυσόξυλου) από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου. Στη χώρα μας το εν λόγω προϊόν δεν είναι ευρέως διαδεδομένο. Γι' αυτό μέσω αυτής της εργασίας ενθαρρύνεται η παραγωγή μίας τέτοιας μορφής καυσόξυλου από την άποψη ότι μπορεί κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις να επιφέρει οικονομικά οφέλη στις μικρές και μεσαίες μονάδες κατεργασίας ξύλου, καθώς επίσης και ότι μπορεί να επιλύσει τα προβλήματα διάθεσης και μόλυνσης που δημιουργούνται από τη συσσώρευση τέτοιων υπολειμμάτων στις παραπάνω μονάδες.

**Λέξεις κλειδιά:** Συμπιεσμένο καυσόξυλο, μπρικέτα, υπολείμματα κατεργασίας ξύλου.

### Εισαγωγή

Οι μικρές και μεσαίες μονάδες κατεργασίας ξύλου παράγουν κάθε χρόνο σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων (πριονίδια, ροκανίδια, εξακριδία, ξυλοτεμαχίδια, φλοιό, ξυλόσκονη). Μερικές απ' αυτές τις μονάδες/επιχειρήσεις μετατρέπουν την ποσότητα αυτή της βιομάζας σε ατμό ή θερμική ενέργεια με σκοπό να ικανοποιήσουν σε κάποιο βαθμό τις ανάγκες τους σε ενέργεια ή θέρμανση. Βέβαια, σημαντικό ποσοστό αυτών των υπολειμμάτων κατεργασίας του ξύλου διατίθεται δωρεάν ή πωλείται σε χαμηλές τιμές από μικρότερες επιχειρήσεις (συνήθως μικρές βιοτεχνίες ή κριστήρια) σε μεγαλύτερες, οι οποίες και τα εκμεταλλεύονται για την παραγωγή μοριοπλακών ή ινοπλακών. Ένα μικρότερο ποσοστό αυτών των υπολειμμάτων διατίθεται επίσης σε εκτροφεία πουλερικών ή χοίρων κυρίως από επιχειρήσεις που αντιμετωπίζουν προβλήματα διάθεσης ή μόλυνσης από τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων υπολειμμάτων ξύλου. Μονάδες ξύλου που αξιοποιούν τα υπολείμματά τους κατά τη χειμερινή περίοδο για θέρμανση συνήθως χρησιμοποιούν κοινές σόμπες (άμεση καύση).

Τα υπολείμματα της κατεργασίας του ξύλου είναι βέβαια λιγνοκυτταρινικής φύσης υπολείμματα και μπορεί να αποτελούνται τόσο από υπολείμματα ξύλου, όσο και φλοιού. Η περιεχομένη υγρασία τους μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το δασοπονικό είδος και τη προηγούμενη χρήση τους. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται το ενδεχόμενο χρήσης των παραπάνω υπολειμμάτων για την παραγωγή συμπιεσμένου ξύλου (συμπιεσμένου καυσόξυλου ή τεχνητού καυσόξυλου) με μορφή κυλινδρική (densified log) ή σφαιρική (pellet). Η όλη διαδικασία παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου από υπολείμματα ξύλου και φλοιού απεικονίζεται στο Σχήμα 1 (TDRI 1983) και περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια : την ξήρανση, το θρυμματισμό (ή κονιοποίηση) και τη συμπίεση. Μετά τη συμπίεση παράγονται προϊόντα που είναι γνωστά ως συμπιεσμένα καυσόξυλα (ή αλλιώς "μπρικέτες") με ξηρή πυκνότητα μεγαλύτερη του  $0,65 \text{ g/cm}^3$  (μέχρι και  $1,2 \text{ g/cm}^3$ ). Πλεονεκτήματα αυτής της αξιοποίησης των υπολειμμάτων ξύλου αποτελούν τα παρακάτω (Resch 1992) :

- ομοιόμορφο μέγεθος του προϊόντος,
- αύξηση της περιεχομένης θερμιδικής του αξίας ανά μονάδα όγκου,
- καλύτερος έλεγχος του προϊόντος κατά την καύση,
- χαμηλότερες απώλειες σε θερμική ενέργεια,
- απαίτηση μικρότερου μεγέθους αποθηκευτικών χώρων

<sup>1</sup> Δασολόγος - Τεχνολόγος Ξύλου (Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Wisconsin-Madison, ΗΠΑ),  
Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, TK 570 06 Βασιλικά, Θεσσαλονίκη.  
Τηλ.: 031 - 461 171,2,3, Fax: 031 - 461 341.



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής της παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου (TDR1 1983).

ράγονται σε μία μονάδα (βιοτεχνία, πριστήριο, κ.ά.) εξαρτάται από το είδος του ξύλου, το μέγεθος των κορμοτεμαχίων ή τις διαστάσεις της πριστήξης ξυλείας, την περιεχομένη υγρασία του ξύλου και ακόμα πιο σημαντικά από τον τύπο του μηχανικού εξοπλισμού (Τσουμής 1984, Φιλίππου 1986). Τυπικά, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κορμοτεμαχίων ή της πριστήξης ξυλείας που κατεργάζεται, τόσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες των υπολειμμάτων που παράγονται. Η διαθεσιμότητα των υπολειμμάτων επηρεάζεται επίσης και από το είδος της μονάδας κατεργασίας (λ.χ. μονάδες που παράγουν πριστή ξυλεία παράγουν επίσης ξυλοτεμαχίδια, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαρτοπολτού, ή ακόμα πριονίδια ή ξυλόσκονη, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες μονάδες για την παραγωγή μοριοπλακών ή ινοπλακών). Επίσης, οι ποσότητες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν εναλλακτικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ατμού αποτελώντας ουσιαστικά ανταγωνιστικές μορφές της παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υπολειμμάτων ξύλου ποικίλουν αρκετά. Το μέγεθός τους μπορεί να κυμαίνεται από ξυλόσκονη έως τεμαχίδια φλοιού ή εξακρίδια, ενώ η περιεχομένη υγρασία τους μπορεί να κυμαίνεται από σχετικά χαμηλής υγρασίας ροκανίδια έως φλοιό περιεχομένης υγρασίας μεγαλύτερης του 100 % (Σημειώνεται εδώ ότι για την παραγωγή συμπιεσμένου ξύλου υψηλής θερμοκρασιακής αξίας πρέπει οπωσδήποτε η περιεχομένη υγρασία των υπολειμμάτων ξύλου μετά το στάδιο της ξήρανσης να είναι μικρότερη του 20%) (Reineke 1955, Currier 1977, Μαντάνης 1996). Η υψηλότερη θερμοκρασιακή αξία της πρώτης ύλης των υπολειμμάτων ξύλου (σε ξηρή κατάσταση) είναι συνήθως 4-6 Kcal/Kg, ενώ υπολείμματα ξύλου πλατυφύλων μπορεί να έχουν χαμηλότερη θερμοκρασιακή αξία. Τυπικά, η παρουσία φυσικών ρητινών στο ξύλο (βλ. κωνοφόρα είδη) αυξάνει τη θερμοκρασιακή του αξία (Φιλίππου 1986). Επίσης, η περιεχομένη υγρασία είναι μία άλλη σημαντική παράμετρος. Γι' αυτό συνήθως η πρώτη ύλη για την παραγωγή συμπιεσμένου ξύλου υποβάλλεται σε μία αρχική ξήρανση ούτως, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασιακή αξία του τελικού προϊόντος. Σε μερικές περιπτώσεις τα υπολείμματα κατεργασίας περιέχουν και μικρές ποσότητες σκόνης ή κόκκων

Το συμπιεσμένο καυσόξυλο είναι ευρέως διαδεδομένο στις προηγμένες χώρες της Δύσης (ΗΠΑ, Καναδάς, κ.ά.). Από το 1991 υπολογίζεται ότι περισσότερες από 100.000 οικιακές θερμάστρες ξύλου (κν. σόμπες) στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν συμπιεσμένο καυσόξυλο κάποιας μορφής, ενώ οι χρήστες αυτού του προϊόντος φαίνεται ότι εκτιμούν ιδιαίτερα την άνεση της χρήσης του, τη χαμηλή εκπομπή επιβλαβών ουσιών στο περιβάλλον (λ.χ. CO, CO<sub>2</sub>, κ.ά.) και τη σχετικά υψηλή ασφάλεια της χρήσης του (Resch 1992). Υπολογίζεται ότι σε ολόκληρη τη Β. Αμερική λειτουργούν με οικονομική επιτυχία περισσότερες από 50 εταιρίες παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου (Resch 1992). Συνήθως, η επιτυχία μίας τέτοιας μονάδας αξιοποίησης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τους παρακάτω παράγοντες (Resch 1992, Currier 1977) :

- ποιότητα και ποσότητα της διαθέσιμης πρώτης ύλης (υπολείμματα κατεργασίας ξύλου και υπολείμματα δασικών υλοτομιών),
- διαθεσιμότητα του κεφαλαίου επένδυσης και του χώρου εγκατάστασης,
- κατάσταση και συνθήκες της αγοράς για διάθεση των τελικών προϊόντων,
- προσωπικό και στελέχωση της μονάδας.

Η σχετική επίδραση των παραπάνω παραγόντων και η αξιολόγηση αυτών για μία συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να εκτιμηθεί έτσι, ώστε να δημιουργήσει μία μονάδα παραγωγής συμπιεσμένου ξύλου με οικονομική επιτυχία.

#### Πρώτη ύλη για την παραγωγή συμπιεσμένου καυσόξυλου

Γενικά, οι ποσότητες των υπολειμμάτων κατεργασίας ξύλου που παράγονται σε μία μονάδα (βιοτεχνία, πριστήριο, κ.ά.) εξαρτάται από το είδος του ξύλου, το μέγεθος των κορμοτεμαχίων ή τις διαστάσεις της πριστήξης ξυλείας, την περιεχομένη υγρασία του ξύλου και ακόμα πιο σημαντικά από τον τύπο του μηχανικού εξοπλισμού (Τσουμής 1984, Φιλίππου 1986). Τυπικά, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κορμοτεμαχίων ή της πριστήξης ξυλείας που κατεργάζεται, τόσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες των υπολειμμάτων που παράγονται. Η διαθεσιμότητα των υπολειμμάτων επηρεάζεται επίσης και από το είδος της μονάδας κατεργασίας (λ.χ. μονάδες που παράγουν πριστή ξυλεία παράγουν επίσης ξυλοτεμαχίδια, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαρτοπολτού, ή ακόμα πριονίδια ή ξυλόσκονη, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες μονάδες για την παραγωγή μοριοπλακών ή ινοπλακών). Επίσης, οι ποσότητες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν εναλλακτικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ατμού αποτελώντας ουσιαστικά ανταγωνιστικές μορφές της παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υπολειμμάτων ξύλου ποικίλουν αρκετά. Το μέγεθός τους μπορεί να κυμαίνεται από ξυλόσκονη έως τεμαχίδια φλοιού ή εξακρίδια, ενώ η περιεχομένη υγρασία τους μπορεί να κυμαίνεται από σχετικά χαμηλής υγρασίας ροκανίδια έως φλοιό περιεχομένης υγρασίας μεγαλύτερης του 100 % (Σημειώνεται εδώ ότι για την παραγωγή συμπιεσμένου ξύλου υψηλής θερμοκρασιακής αξίας πρέπει οπωσδήποτε η περιεχομένη υγρασία των υπολειμμάτων ξύλου μετά το στάδιο της ξήρανσης να είναι μικρότερη του 20%) (Reineke 1955, Currier 1977, Μαντάνης 1996). Η υψηλότερη θερμοκρασιακή αξία της πρώτης ύλης των υπολειμμάτων ξύλου (σε ξηρή κατάσταση) είναι συνήθως 4-6 Kcal/Kg, ενώ υπολείμματα ξύλου πλατυφύλων μπορεί να έχουν χαμηλότερη θερμοκρασιακή αξία. Τυπικά, η παρουσία φυσικών ρητινών στο ξύλο (βλ. κωνοφόρα είδη) αυξάνει τη θερμοκρασιακή του αξία (Φιλίππου 1986). Επίσης, η περιεχομένη υγρασία είναι μία άλλη σημαντική παράμετρος. Γι' αυτό συνήθως η πρώτη ύλη για την παραγωγή συμπιεσμένου ξύλου υποβάλλεται σε μία αρχική ξήρανση ούτως, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασιακή αξία του τελικού προϊόντος. Σε μερικές περιπτώσεις τα υπολείμματα κατεργασίας περιέχουν και μικρές ποσότητες σκόνης ή κόκκων

άμμου, οι οποίες παγιδεύονται στο φλοιό ή στο ξύλο κυρίως κατά την υλοτομία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μεγαλύτερου ποσοστού στάχτης (τέφρας) μετά την πλήρη καύση του τεχνητού καυσόξυλου (Reineke 1955, Resch 1992).

Μονάδες παραγωγής τεχνητού καυσόξυλου στο εξωτερικό εκμεταλλεύονται επίσης τα δασικά υπολείμματα που προκύπτουν μετά τις δασικές υλοτομίες, ειδικά στην περίπτωση των αποφιλωτικών υλοτομιών κατά τις οποίες απαιτείται πλήρης καθαρισμός της δασικής επιφάνειας μετά το τέλος της υλοτομίας (Currier 1977, TDRI 1983). Βέβαια, μία άλλη πηγή πρώτης ύλης για την παραγωγή τεχνητού καυσόξυλου αποτελούν οι τεχνητές φυτείες ταχυνωζών δασικών ειδών (λ.χ. λεύκης, ευκαλύπτου, ιτιάς), οι οποίες παράγουν διάφορες ποσότητες ξηρής βιομάζας (συνήθως 5-14 ton/ha) ανάλογα με το δασοπονικό είδος και τη θέση της φυτείας (Τσουμής 1984). Ωστόσο, το κόστος τέτοιων φυτειών παραμένει υψηλό και πιθανώς ασύμφορο για την παραγωγή τεχνητού καυσόξυλου, αφού η παραγόμενη βιομάζα τέτοιων φυτειών αξιοποιείται ορθολογικότερα με άλλες μεθόδους (λ.χ. αεριοποίηση, υγροποίηση).

#### Συζήτηση και συμπεράσματα

Σ' αυτή την εργασία γίνεται μία σύντομη παρουσίαση και ανάλυση των γενικών χαρακτηριστικών της παραγωγής συμπιεσμένου καυσόξυλου (ή τεχνητού καυσόξυλου) από τα υπολείμματα κατεργασίας του ξύλου. Οι πολυάριθμες μικρές και μεσαίες μονάδες κατεργασίας ξύλου και παραγωγής διαφόρων προϊόντων ξύλου (έπιπλα, παρκέτα, παλέτες, κτλ.) της χώρας μας είναι δυνατόν να αξιοποιήσουν τις ποσότητες αυτές τουλάχιστον με αυτό τον τρόπο ούτως, ώστε να εκμεταλλεύονται το μέρος αυτό της βιομάζας για το δικό τους συμφέρον. Στη χώρα μας το εν λόγω προϊόν δεν είναι ευρέως διαδεδομένο. Μόνο στην περιοχή της Δ. Μακεδονίας (κυρίως στην περιοχή της Κοζάνης) είναι γνωστό ότι λειτουργούν μερικές μονάδες συμπίεσης των υπολειμμάτων ξύλου και φλοιού (με χρήση "μπρικετομηχανών") και έτσι παράγονται κάποιες ποσότητες συμπιεσμένου καυσόξυλου, οι οποίες διακινούνται στην εν λόγω περιοχή. Στο εμπόριο υπάρχουν διάφορα παραπλήσια προϊόντα καυσόξυλου (κυρίως για τζάκια), τα οποία είναι εισαγόμενα από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συμπερασματικά λοιπόν, μέσω αυτής της εργασίας ενθαρρύνεται η παραγωγή μίας τέτοιας μορφής καυσόξυλου (με τη βοήθεια των εμπορικά διαθέσιμων μπρικετομηχανών) από την άποψη ότι μπορεί κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις να παρουσιάσει οικονομικά οφέλη για τις μικρές και μεσαίες μονάδες κατεργασίας ξύλου, αλλά και να επιλύσει σε σημαντικό βαθμό τα προβλήματα διάθεσης και μόλυνσης που δημιουργούνται στις διάφορες μονάδες κατεργασίας ξύλου από τη συνεχή συσσώρευση διαφόρων υπολειμμάτων ξύλου σ' αυτές τις μονάδες.

#### Production of compressed fire-wood from wood industry residues

George I. Mantanis<sup>1</sup>

#### Summary

In this work, the general characteristics of the production of compressed wood (or briquetting fire-wood) from wood industry residues are presented and discussed. In Greece, the particular product (compressed fire-wood) is not widely known. The aim of this work is to encourage the production of this kind of fire-wood from the point of view that it can bring under specific conditions economical benefits to the small-medium size wood industries, and also can solve some of the disposal problems caused by the accumulation of these wood residues.

**Key words:** Compressed or briquetting fire-wood, briquette, wood residues.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Currier R. A., 1977. Manufacturing densified wood and bark fuels. Oregon State University Extension

<sup>1</sup> Wood Technology Researcher (Univ. of Wisconsin-Madison Forestry Ph.D.), Forest Research Institute, Vassilika 570 06, Thessaloniki, Greece.

- Service. Special Report No. 490: 1-5, Oregon, USA.
- Μαντάνης Γ. Ι., 1996. Πειραματική μονάδα συμπιεσμένου καυσόξυλου από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου, υπολείμματα δασικών υλοτομιών και γεωργικά υπολείμματα. Ερευνητική πρόταση. Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη, (αδημοσίευτη).
- Reineke L. H., 1955. Briquettes from wood waste. Forest Products Laboratory Report No. 1666 - 13: 1-7. USDA, Madison, WI, USA\*
- Resch H., 1992. Producing densified fuels from wood and bark. *Holzf. u. Holzv.* 3/1992: 49-53.
- Tropical Development and Research Institute, 1983. A profile of the briquetting of agricultural and forestry residues. Report No. G181: 1-12, London, UK.
- Τσουμής Γ., 1984. Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Φιλίππου Ι. Λ., 1986. Χημεία & Χημική Τεχνολογία του Ξύλου. Κεφ. 10.8.1. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

# GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 9 - No 1/1998

ISSN 1105-9478

1/1998

ΤΟΜΟΣ 9

## ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ