

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΦΥΤΕΙΕΣ ΤΑΧΥΑΥΞΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

## Η ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ "ΔΗΜΗΤΡΑ"

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ  
Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΓΕΝΙΚΑ

Η παραγωγή βιομάζας από φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων – γνωστή ως εντατική δασοπονία μικρού περίτροπου χρόνου - έχει ερευνηθεί από τη δεκαετία του '60 [1, 2, 3] και μπορεί να περιλαμβάνει φυτείες για παραγωγή προϊόντων ξύλου και φυτείες βιομάζας ή ενεργειακές φυτείες. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, μπορεί να γίνει με την εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών μεθόδων όπως είναι η πυρόλυση, υδρόλυση, μηχανική και χημική μετατροπή, όπως έχουν αναφερθεί και στο παρελθόν [1, 4, 5]. Οι θερμοδικές τιμές από φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας έχει αναφερθεί [6, 7] ότι κυμαίνονται μεταξύ 4,3 και 4,8 Kcal/g, το οποίο ισοδυναμεί περίπου με 27 βαρέλια πετρελαίου στο εκτάριο (Ha) ετησίως (1 Ha = 10 στρεμ.). Η βιομάζα από ταχυαυξή είδη (π.χ. λεύκες, ιτιές, παυλώνια, πλάτανος, σκλήθρο, ακακία, ευκάλυπτος, φράξος) αντιπροσωπεύει μία καθαρή πηγή ενέργειας και παράγει λιγότερες εκπομπές σε σύγκριση με τα περισσότερα στερεά καύσιμα [2, 3, 8, 9]. Η βιομάζα από δασοπονικές φυτείες αποτελεί μια σημαντική πηγή καυσίμου και μπορεί να χρησιμοποιείται σε μίξη με τα στερεά καύσιμα (π.χ. λιγνίτης) για μείωση των ανεπιθύμητων αέριων εκπομπών [1, 2, 10].

Στις φυτείες μικρού περίτροπου χρόνου (ή βιομηχανικές φυτείες), ποικιλίες ή κλώνοι ταχυαυξών δασοπονικών ειδών (π.χ. *Eukalyptus* spp., *Populus* spp., *Salix* spp., *Paulownia* spp., *Platanus* spp., *Alnus* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus* spp.) αυξάνουν σε στενούς φυτευτικούς συνδέσμους με κανονική κατανομή στο χώρο που προσεγγίζουν περισσότερο τις γεωργικές καλλιέργειες [1, 2, 3, 6, 8, 11]. Τα δασοπονικά αυτά είδη έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως είναι η ταχυαύξια, εύκολη αναπαραγωγή με μοσχεύματα, μεγάλη πρεμνοβλαστική/ριζοβλαστική ικανότητα, ξύλο κατάλληλο για πολλές χρήσεις, και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται στις εν λόγω φυτείες [1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12].

Η παραγωγή βιομάζας από φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, σπουδαιότεροι των οποίων είναι [1, 3, 6, 7, 8, 11, 13]: 1) δασοπονικό είδος, 2) προέλευση, ποικιλία ή κλώνος, 3) φυτευτικός σύνδεσμος, 4) πειραματικός σχεδιασμός (αμιγείς ή μικτές φυτείες), 5) φυτευτικό υλικό (δενδρύλλια ή μοσχεύματα, διαστάσεις μοσχευμάτων), 6) καλλιεργητικές φροντίδες (φρεζάρισμα, λίπανση, άρδευση, φυτοπροστασία, αραίωση), και 7) εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Η παραγωγή βιομάζας έχει αναφερθεί ότι ποικίλλει μεταξύ ειδών, ποικιλιών και κλώνων με μεγάλο εύρος παραγωγής (ξηρό βάρος) που μπορεί να κυμαίνεται από 8 έως 35 tns/ha/έτος [1, 3, 6, 7, 8, 11], ανάλογα με τον αριθμό των δέντρων/ha, τις τοπικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Η πολιτική υποστήριξη (μέσω κινήτρων ή επιδοτήσεων) είναι επίσης ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, ακόμη και αν υπάρχει μεγάλο οικονομικό όφελος των δασοπονικών φυτειών μικρού περίτροπου χρόνου [1, 6, 7, 8]. Η πολιτική υποστήριξη όμως, θα πρέπει να βασίζεται σε ένα εθνικό/περιφερειακό ορθολογικό σύστημα επιδοτήσεων (με βάση την απόδοση προϊόντος και όχι τη χωρική επιφάνεια όπως γινόταν και γίνεται μέχρι σήμερα), και δεν πρέπει ο παραγωγός/επενδυτής να βασίζεται και μόνο σε αυτή. Οικονομικοί περιορισμοί που σχετίζονται με την αλλαγή χρήσης γης θα πρέπει να απομακρυνθούν, μελέτες βιωσιμότητας πρέπει να ενισχυθούν και τεχνικές συμβουλές πρέπει να είναι διαθέσιμες στους αγρότες και επιχειρηματίες επενδυτές [1, 7, 8].

Στο παρόν έντυπο/φυλλάδιο παρουσιάζεται μια γενική ανασκόπηση και ανάλυση των φυτειών ταχυαυξών δασικών δέντρων (δασοπονία μικρού περίτροπου χρόνου), βασιζόμενη σε ερευνητική εμπειρία, επιστημονικά δεδομένα και εθνικές και διεθνείς βιβλιογραφικές αναφορές.

## 2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Όλα τα δέντρα έχουν C3 φωτοσύνθεση (τύπος/μηχανισμός φωτοσύνθεσης) [8]. Η μέγιστες φωτοσυνθετικές τιμές των φύλλων φυλλοβόλων δέντρων είναι περίπου ίση με αυτές των φύλλων των αγροτικών καλλιεργειών [8]. Η εκτίμηση της παραγωγής βιομάζας θα πρέπει, εκτός από τις στατιστικές και μαθηματικές μεθόδους (διάφορα αυξητικά μοντέλα), να βασίζεται στη χρήση της 'ανάλυσης χρήσης φωτός' [1, 6, 8], όπου η παραγωγή ξύλου/βιομάζας ερμηνεύεται: (1) από το ποσοστό φωτός που συλλαμβάνεται (απορροφάται) από την κομοστέγη της φυτείας, (2) την αποτελεσματικότητα χρήσης του φωτός (καθαρή αναπνοή), (3) το ποσοστό των προϊόντων αφομοίωσης που συμμετέχουν στο σχηματισμό ξύλου/ιστών, και (4) τις απώλειες θνησιμότητας.

Η παραγωγή ξυλώδους βιομάζας μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση ταχυαυξών πλατύφυλλων ειδών και δασοκομικές μεθόδους οι οποίες δημιουργούν γρήγορο κλείσιμο της κομοστέγης, δείκτη φυλλικής επιφάνειας γύρω στο 6, πρόωμη έκπτυξη φύλλων την άνοιξη και ισχυρή ανάπτυξη μετά από αποψιλωτικές υλοτομίες [1, 6, 7, 8]. Ταχυαυξή πλατύφυλλα είδη σε νεαρό στάδιο, έχουν αποτελεσματικότητα χρήσης φωτός παρόμοια με αυτή των γεωργικών καλλιεργειών [8]. Τα πλατύφυλλα είδη τα οποία πρεμνοβλαστάνουν εύκολα (π.χ. *Populus* spp., *Paulownia* ssp., *Salix* spp., *Eucalyptus* spp., *Platanus* spp., *Fraxinus* spp.) πρέπει να προτιμούνται στις φυτείες μικρού περιόδου χρόνου. Τα κωνοφόρα είδη δημιουργούν πολύ αποδοτικές κομοστέγες, αλλά τα περισσότερα είδη χρειάζονται μεγάλο χρονικό διάστημα για να αναπτύξουν κλειστές κομοστέγες [8].

Το θέμα της λίπανσης των φυτειών είναι σχετικό. Τα θρεπτικά στοιχεία χρειάζονται για αντικατάσταση των απωλειών από την υλοτομία, για αύξηση της συγκόμωσης, διατήρηση υψηλού δείκτη φυλλικής επιφάνειας, υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης φωτός και χαμηλή σχέση ρίζα/βλαστός [1, 6, 7, 8]. Ο άριστος φυτευτικός σύνδεσμος για μεγιστοποίηση της παραγωγής βιομάζας είναι εκείνος που απαιτείται για να φθάσουμε στο σημείο της αυτο-αραιώσης με το τέλος του περιόδου χρόνου (χρόνος υλοτομίας) [1, 6, 8]. Αυτό βέβαια εξαρτάται από τον αριθμό των κορμών ανά δέντρο, τον ατομικό βαθμό αύξησής των και το χρόνο περιφοράς (υλοτομίας). Ο άριστος χρόνος περιφοράς διαφέρει μεταξύ των ειδών και των θέσεων των φυτειών. Πρόσφατες μελέτες στην Ευρώπη και Β. Αμερική προτείνουν περίτροπους χρόνους των 5-12 ετών, αντί των 2-4 ετών, για τα περισσότερα πλατύφυλλα είδη [1, 6, 7, 8].

### 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ

Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιείται στις φυτείες ταχυαυξών πλατύφυλλων δασικών δέντρων (Εικ. 2) θα πρέπει γενικά να έχει τις παρακάτω επιθυμητές ιδιότητες [1, 2, 3, 6, 7, 8, 11]: 1) υψηλή παραγωγή βιομάζας, 2) εξαιρετικά ταχεία νεανική αύξηση, 3) υψηλή πρεμνοβλαστική ικανότητα - ακόμη και μετά από κάποιους κύκλους περιφοράς, 4) χαμηλό ποσοστό θνησιμότητας λόγω της δυσκολίας ή ακόμη και μη δυνατότητας αντικατάστασης των φυτών που απέτυχαν, 5) υψηλή ανθεκτικότητα σε βιοτικές προσβολές (έντομα, μύκητες, βακτήρια) σε στενούς φυτευτικούς συνδέσμους, 6) καλή προσαρμογή σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα, και 7) ιδιότητες όπως το μήκος των ινών και η πυκνότητα ξύλου είναι σημαντικές, όταν η βιομάζα παράγεται για σκοπούς άλλους εκτός από την ενέργεια.

Η επιλογή είναι το πρώτο βήμα στη γενετική βελτίωση. Στο Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια λίστα των ειδών που χρησιμοποιούνται στις φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων στην Ευρώπη.

**Πίνακας 1.** Πλατύφυλλα είδη κατάλληλα για φυτείες μικρού περιόδου χρόνου

<b>ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΟ ΕΙΔΟΣ</b>	
<i>Acacia</i> spp.	<i>x Platanus acerifolia</i>
<i>Acer</i> spp. ( <i>Acer negundo</i> )*	<i>Platanus occidentalis</i>
<i>Ailanthus glandulosa</i> *	<i>Platanus orientalis</i>
<i>Alnus</i> ssp	<i>Populus</i> spp.
<i>Betula pendula</i>	<i>Quercus rubra</i> (syn. <i>Q. borealis</i> )
<i>Eucalyptus</i> spp.	<i>Robinia pseudoacacia</i> *
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Salix</i> spp.
<i>Morus</i> spp.	<i>Sophora japonica</i>
<i>Paulownia</i> ssp. ( <i>P. tomentosa</i> , <i>P. elongata</i> , <i>P. fortunei</i> )	<i>Ulmus</i> spp.

\*τα είδη δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές, για το λόγο ότι εύκολα μπορούν να γίνουν ζιζάνια κάτω από ειδικές συνθήκες.

Τα πιο ενδιαφέροντα είδη είναι οι λεύκες, είδη Παυλώνιας, είδη ευκαλύπτου, ιτιές και ο φράξος [1, 6, 7, 8, 9]. Η βελτίωση στη δασοπονία μικρού περιόδου χρόνου χρησιμοποιεί τις ίδιες μεθόδους επιλογής όπως και στην κανονική δασοπονία [1, 3, 6, 7, 8, 11]: α) συγκέντρωση ενός βασικού πληθυσμού μέσω μιας επιλογής ειδών τα οποία εκπληρώνουν το σκοπό παραγωγής

(δασική βιομάζα, τεχνική ξυλεία), β) επιλογή ενός βασικού πληθυσμού του επιλεγμένου γένους, γ) δοκιμές προσαρμογής, δ) μελέτη της ποικιλότητας μέσα στο είδος, ε) επιλογή του καλύτερου πληθυσμού, ζ) επιλογή κλώνων, η) μελέτη πιθανού υβριδισμού μεταξύ των επιλεγμένων ειδών, και θ) βλαστητική αναπαραγωγή για εξασφάλιση του γενετικού κέρδους.

Τα είδη Παυλώνιας (*Paulownia* ssp.) είναι φυλλοβόλα δέντρα, αναπτύσσονται πολύ γρήγορα (Εικ. 1), απαιτούν ελάχιστη φροντίδα και το αρχικό κόστος εγκατάστασής τους είναι σχετικά μικρό. Είναι ταχυαυξή είδη δέντρων, έχουν την ικανότητα να πρεμνοβλαστάνουν και συνεπώς είναι κατάλληλα για χρήση σε ενεργειακές φυτείες (βλ. σχετικό φυλλάδιο ΙΔΕ – Σπανός και συν., 2012).

Περίπου 50 είδη ευκαλύπτων (*Eukalyptus* spp.) έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη (ως επί το πλείστον στις Μεσογειακές χώρες) στην κανονική δασοπονία (για αναδασώσεις) και για παραγωγή δασικής βιομάζας, αλλά μέχρι τώρα το πιο σημαντικό είδος είναι ο *E. Globulus* [8]. Ωστόσο, η γενετική βάση του είναι υπερβολικά στενή και επομένως η στρατηγική επιλογής θα πρέπει να περιλάβει επί πλέον γενετικό υλικό από ιθαγενείς φυσικούς πληθυσμούς στο εξωτερικό (Αυστραλία, Τασμανία) [8]. Επιπλέον, η επιλογή θα πρέπει να περιλαμβάνει και κλώνους (διαφόρων ειδών) οι οποίοι παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Οι λεύκες (*Populus* spp.) αποτελούν τα πιο σημαντικά είδη για τις φυτείες μικρού περιήρου χρόνου για το λόγο ότι έχουν τη δυνατότητα να αυξάνουν και να επιβιώνουν σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλόντων (θέσεων) [1, 6, 7, 8, 12]. Ακόμη και στις Μεσογειακές χώρες, όπου το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής είναι πολύ ξηρό ή φτωχό (μη γόνιμο) για τις φυτείες λεύκης, εντούτοις υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες εκτάσεις - αναχώματα ποταμών, προσωρινά κατακλιζόμενες, πεδινές και γεωργικές με δυνατότητα άρδευσης, εκτάσεις κοντά σε λίμνες και λιμνάζοντα εδάφη, ρέματα με συνεχή ροή, άλλα πεδινά εδάφη με υψηλό επίπεδο (1-2 m) στάθμης υπόγειων υδάτων - για ανάπτυξη της λευκο-καλλιέργειας [6, 8]. Συμπερασματικά οι λεύκες (*Populus* spp.) μπορούν να χρησιμοποιούνται στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης.

Τα είδη ιτιάς (*Salix* spp.) είναι πολύ σημαντικά (καυσόξυλα, βιομάζα, χαρτί) [2, 6, 8] για πολλές χώρες όπως Γερμανία, Ιρλανδία, Βρετανία, Σουηδία, Βαλκανικές χώρες, Καναδάς, Η.Π.Α., Νέα Ζηλανδία καθώς επίσης τελευταία και στην Ελλάδα. Στη Βρετανία έχει γίνει επιλογή πάνω από 500 κλώνους ιτιάς και η συλλογή εμπλουτίζεται με επιλεγμένους κλώνους από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (Βέλγιο, Ολλανδία, Σουηδία, Βαλκανικές χώρες) [8]. Η επιλογή στοχεύει στην ανάπτυξη και παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού κλώνων ιτιάς, προσαρμοσμένων σε διάφορα τοπικά περιβάλλοντα, με μεγάλη αύξηση και υψηλή πρεμνοβλαστική ικανότητα [6, 8].

Ο φράξος (*Fraxinus angustifolia*), τα πλατάνια (*Platanus orientalis*, *P. occidentalis*, *xPlatanus acerifolia*), η ερυθρή δρυς (*Quercus rubra*) και η Σοφόρα (*Sophora japonica*) επίσης είναι μέτρια ταχυαυξή πλατύφυλλα δέντρα, αλλά μπορούν να συνδυάζουν την παραγωγή βιομάζας, καυσόξυλων και τεχνικού ξύλου (ανάλογα με τις συνθήκες και το φυτευτικό σύνδεσμο). Δεν έχουν ιδιαίτερες εδαφικές απαιτήσεις, ευνοούνται σε χαλαρά, υγρά, αμμο-πηλώδη και αμμο-αργιλώδη εδάφη στα πεδινά και ημιορεινά.

Η χρήση της ψευδακακίας (*Robinia pseudoacacia*) επίσης είναι ενδιαφέρουσα λόγω της ικανότητάς της να δεσμεύει άζωτο (όπως και η Σοφόρα) και των μετρίων απαιτήσεών της σε έδαφος και υγρασία [8]. Ωστόσο, θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη ότι το είδος μπορεί να καταλήξει σε ζιζάνιο λόγω της υψηλής ριζοβλαστική ικανότητας και της επικράτησης/κυριαρχίας της κάτω από ειδικές συνθήκες (σε πλούσια, βαθιά, χαλαρά και υγρά εδάφη).



**Εικ. 1.** Φυτεία Παυλόνιας στο πρώτο στάδιο εγκατάστασης για παραγωγή βιομάζας και τεχνικού ξύλου.



**Εικ. 2.** Φυτεία ταχυνζών πλατύφυλλων δασικών δέντρων για παραγωγή βιομάζας και τεχνικού ξύλου.

#### 4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΘΕΣΕΩΝ – ΦΥΤΕΙΕΣ

Η επιλογή των θέσεων για φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας θα πρέπει να βασίζεται στα παρακάτω κριτήρια [1, 3, 6, 7, 8]:

Α) Οι θέσεις πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε μια υψηλή απόδοση παραγωγής τουλάχιστον 10-12 m<sup>3</sup>/ha/year (ξηρή βιομάζα) να επιτυγχάνεται. Ωστόσο θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι τα διαφορετικά είδη διαφέρουν το ένα από το άλλο στις απαιτήσεις.

Β) Οι φυτείες παραγωγής βιομάζας θα πρέπει να εγκαθίστανται σε σχετικά επίπεδα εδάφη (Εικ. 3) για να είναι δυνατή η χρήση μηχανημάτων για τις εργασίες της καλλιέργειας, των αραιώσεων και της τελικής υλοτομίας/θερισμού.

Γ) Η έκταση μιας φυτείας θα πρέπει να καθορίζεται από το σκοπό της ίδρυσης της. Ένας ιδιοκτήτης για δική του χρήση μπορεί να αρκείται σε μια έκταση 1-2 ha (10-20 στρεμ.), αλλά η παραγωγή βιομάζας εμπορικής κλίμακας σπάνια θα αποδώσει κέρδος όταν η φυτεία είναι μικρότερη των 10 ha (100 στρεμ.).

Δ) Θα πρέπει να επιλέγονται θέσεις που απαιτούν λίγη ή καθόλου στράγγιση και άρδευση, για το λόγο ότι οι εργασίες αυτές συνήθως έχουν υψηλό κόστος.



**Εικ. 3.** (α) Φυτεία φράξου (*Fraxinus angustifolia*), και (β) λεύκης (x *Populus euroamericana*, Κλώνος I-262) ηλικίας 6 ετών για παραγωγή βιομάζας και τεχνικού ξύλου σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις στα αναχώματα του ποταμού Αξιού (περιοχή: Κιλκίς - Θεσσαλονίκη).

Η προετοιμασία της θέσης και οι καλλιεργητικοί χειρισμοί πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες διαφορετικά η παραγωγή βιομάζας δεν θα είναι οικονομικά βιώσιμη. Τα κύρια σημεία - κανόνες που χρειάζονται προσοχή περιγράφονται παρακάτω [1, 2, 6, 7, 8]: 1) να γίνεται περίφραξη για προστασία της φυτείας από οικόσιτα και άγρια ζώα, 2) να γίνεται αποστράγγιση ή άρδευση όταν χρειάζεται, 3) να γίνεται απομάκρυνση των πρέμων δέντρων - επειδή αυτό ανεβάζει το κόστος, θέσεις χωρίς πρέμνα (π.χ. προηγούμενα γεωργικές εκτάσεις) θα πρέπει να προτιμούνται, 4) να γίνεται έλεγχος των ζιζανίων (συνιστάται μηχανικά) σε όλα τα στάδια και συνήθως πρέπει να αρχίζει το καλοκαίρι πριν από τη φύτευση, 5) όλα τα είδη, και ειδικότερα τα γενετικά βελτιωμένα φυτά, ευνοούνται από το όργωμα και καλλιέργεια (φρεζάρισμα) του εδάφους ακόμη και όταν το έδαφος είναι ελαφρύ και έχει χαλαρή δομή, και 6) η χρήση των γλοοκοπτικών, αντί της μηχανικής καλλιέργειας, μπορεί να χρησιμοποιείται εναλλακτικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει σοβαρός κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους - εναλλακτικά επίσης, σε αραιούς φυτευτικούς συνδέσμους, ο έλεγχος των ζιζανιοκτόνων μπορεί να γίνεται σε συνδυασμό με γεωργικές καλλιέργειες (π.χ. αγρωστώδη/ψυχανθή).

Η προστασία ενάντια σε ασθένειες και προσβολές εντόμων είναι πιο δύσκολη στις φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας σε σχέση με την κανονική δασοπονία. Σε υψηλές πυκνότητες, κάποια είδη μυκήτων και εντόμων ευνοούνται από τον κακό αερισμό και την υψηλή υγρασία [1, 6, 7, 8]. Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται περιγράφονται ως παρακάτω [1, 6, 7, 8]: α) επιλογή

φυτευτικού υλικού ανθεκτικού σε ασθένειες, β) να αποφεύγεται η μονοκαλλιέργεια (ένα είδος ή ένας κλώνος) σε μεγάλες εκτάσεις - είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται ένα μείγμα ανθεκτικών ειδών και κλώνων ή η έκταση της φυτείας να διαιρείται σε μικρά τεμάχια (plots) και το καθένα να φυτεύεται με διαφορετικό είδος ή κλώνο (μονοκαλλιέργεια μικρής κλίμακας), γ) χειρισμός των πρέμων (μετά την υλοτομία) με μυκητοκτόνα ή βιολογικά παρασκευάσματα για εμπόδιση της προσβολής από ξυλο-σηπτικούς μύκητες - εναλλακτική λύση είναι η μηχανική απομάκρυνση των πρέμων, και δ) επαρκής χώρος μεταξύ των γραμμών για να επιτρέπεται η είσοδος των μηχανημάτων για έλεγχο των ζιζανίων.

Η επιλογή του γενετικού υλικού και η σωστή φύτευση είναι σημαντικοί παράγοντες διότι η ταχεία αύξηση σε νεαρό στάδιο και το μικρό ποσοστό απωλειών είναι ουσιαστικά για την επιτυχία της φυτείας. Ο φυτευτικός σύνδεσμος και ο χρόνος περιφοράς πρέπει να προσχεδιάζονται γιατί σχετίζονται με το βαθμό αύξησης των φυτών, τη μέθοδο υλοτομίας/θερισμού και το είδος των παραγόμενων προϊόντων [1, 6, 7, 8, 13]. Για την παραγωγή ξυλο-πολτού χαμηλές φυτευτικές πυκνότητες των 1.000 - 2.500 φυτά/ha και χρόνο περιφοράς 8-14 έτη συνήθως προτιμούνται [1, 6, 7, 8]. Οι αραιοί φυτευτικοί σύνδεσμοι (χαμηλές φυτευτικές πυκνότητες) μειώνουν το κόστος εγκατάστασης, η παραγόμενη ξυλώδη βιομάζα περιέχει μικρότερο ποσοστό φλοιού σε σύγκριση με αυτή των στενών συνδέσμων, και συνήθως έχουν χαμηλότερο κόστος υλοτομίας/θερισμού [1, 6, 7, 8]. Για την παραγωγή βιομάζας για ενέργεια, οι φυτευτικές πυκνότητες είναι γενικά υψηλότερες (4.000 – 10.000 φυτά/ha) και έχουν μικρότερο χρόνο περιφοράς (4-6 έτη) [1, 3, 6, 7, 8, 11]. Πολύ μικροί περίτροποι χρόνοι (1-3 έτη) έχουν προταθεί για την παραγωγή βιομάζας για ενέργεια αλλά η προσέγγιση αυτή είναι συζητήσιμη για διάφορους λόγους, όπως [1, 7, 8]: οι μηχανές υλοτομίας/θερισμού (harvesters) θα πρέπει είναι πολύ μεγάλες και δαπανηρές σε σχέση με το μέγεθος των περισσότερων φυτειών, το κόστος εγκατάστασης θα είναι υψηλό, και ο χειρισμός - αποθήκευση - ξήρανση των παραγόμενων προϊόντων θα κοστίζουν πιο ακριβά σε σύγκριση με τα προϊόντα μεγαλύτερων χρόνων περιφοράς.

## **5. ΥΛΟΤΟΜΙΑ, ΞΗΡΑΝΣΗ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Η επιλογή του εξοπλισμού και των μεθόδων εργασίας για υλοτομία/θερισμό των φυτειών δασοπονίας μικρού περίτροπου χρόνου, και το σχετικό κόστος, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες με σημαντικότερους τους παρακάτω [1, 6, 7, 8]: 1) την επιλογή του είδους και τους δασοκομικούς χειρισμούς που θα εφαρμοσθούν, 2) τον τύπο της παραγωγής που σχεδιάζεται, σύμφωνα με το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων προϊόντων κατά το χρόνο υλοτομίας, 3) την τελική χρήση των προϊόντων: χαρτοπολτός, βιομάζα (ενέργεια, χημική χρήση) ή συνδυασμός των δύο, και 4) την κλίμακα της παραγωγής - εάν πρόκειται για εφοδιασμό μεγάλων καταναλωτών ή πρόκειται για παραγωγή μικρής κλίμακας.

Στην περίπτωση υψηλής αξίας της ιστάμενης ξυλείας, όπως αναμένεται, η συνολική βιομάζα θα υλοτομηθεί για παραγωγή στρόγγυλης ξυλείας και σε συνδυασμό για παραγωγή ξυλο-τεμαχιδίων (chips). Οι φυτείες παραγωγής βιομάζας για ξυλοπολτό προορίζονται για τις βιομηχανίες παραγωγής ξυλο-πλακών (μοριοσανίδες, ινοσανίδες, άλλα προϊόντα με βάση το ξύλο) και τις χαρτοβιομηχανίες [1, 7, 8]. Η παραγωγή αυτού του είδους φυτειών περιλαμβάνει μεγάλους κορμούς που τεμαχίζονται σε μικρότερα τεμάχια. Οι κορυφές και τα υπολείμματα της υλοτομίας μετατρέπονται σε ξυλο-τεμαχίδια για παραγωγή ενέργειας ή άλλες χρήσεις (π.χ. κομπόστα, χημική αξιοποίηση, ζωοτροφή). Στην περίπτωση βιομάζας για ενεργειακή χρήση (περίτροπος χρόνος 2-5 έτη) παράγονται κορμοί μικρότερων διαστάσεων, οι οποίοι τεμαχίζονται εξ' ολοκλήρου σε ξυλο-τεμαχίδια [1, 7, 8].

Το κόστος (τρέχουσες τιμές) υλοτομίας/θερισμού-συλλογής κυμαίνεται από 30-35 €ξηρό τόνο (μερικώς μηχανοποιημένες εργασίες) μέχρι 20-25 €ξηρό τόνο (πλήρως μηχανοποιημένες εργασίες) [1, 8]. Σε σχέση με το μέλλον δύο μέθοδοι/διαδικασίες υλοτομίας (θερισμού) προτείνονται: α) υλοτομία/θερισμός-συλλογή από τους ίδιους τους παραγωγούς που μπορεί να γίνεται με χειροκίνητα εργαλεία και ελαφρύ μηχανικό εξοπλισμό που μπορεί να προσαρμόζεται σε γεωργικούς ελκυστήρες, και β) ανάθεση των εργασιών (υλοτομίας/θερισμού-συλλογή) σε εργολάβους ανάδοχους (η συνεταιρισμό των παραγωγών) που μπορούν να εφοδιάζονται με μεγάλα και ισχυρά μηχανήματα για μεγάλες εκτάσεις.

Η ξήρανση και αποθήκευση της βιομάζας είναι εργασίες που συνδέονται μεταξύ τους. Δύο εναλλακτικές συνήθως εφαρμόζονται [6, 8]: 1) απλή αποθήκευση στο ύπαιθρο (Εικ. 4) των ξυλο-τεμαχιδίων σε σωρούς (με κάλυψη ή χωρίς) διαφορετικών μορφών και διαστάσεων και ενδεχομένως με εφαρμογή/εγκατάσταση ενός απλού συστήματος αερισμού, και 2) προηγμένες μέθοδοι αποθήκευσης στις οποίες τα ξυλο-τεμαχίδια αποθηκεύονται σε σιλό, που συνήθως βρίσκονται κοντά σε εγκαταστάσεις κατανάλωσης της βιομάζας (για ενέργεια ή άλλη βιομηχανική χρήση). Σε σχέση με τη μεταφορά της δασικής βιομάζας στα κέντρα κατανάλωσης (Εικ. 4), η μεταφορά οδικώς (με οχήματα) είναι γενικά λιγότερο δαπανηρή και πιο εύκολη σε σχέση με άλλα μέσα [1, 8].



**Εικ. 4.** Τεμαχισμός, ξήρανση, μεταφόρτωση και μεταφορά της βιομάζας.

## **6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (ΚΑΥΣΙΜΑ & ΧΗΜΙΚΑ) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Οι βασικές τεχνολογικές μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και χημικά είναι οι εξής [1, 4, 5] (Εικ. 5):

- 1) Η θερμοχημική – περιλαμβάνει θερμοχημικές διαδικασίες όπως: α) η πυρόλυση και αεριοποίηση, β) η ρευστοποίηση (υγροποίηση), γ) η υδρόλυση, και δ) η χημική επεξεργασία.
- 2) Η βιολογική – αναφέρεται στην ενζυμική μετατροπή με διαδικασίες όπως η ζύμωση και η χώνευση (digestion). Η ενζυμική μετατροπή γίνεται με την παρουσία εξειδικευμένων μικροοργανισμών (βακτήρια και μύκητες).
- 3) Η μηχανική – αναφέρεται στην μετατροπή με μηχανικές μεθόδους (όπως τεμαχισμός, σύνθλιψη, υψηλή πίεση).

Η πυρόλυση και η αεριοποίηση αποτελούν μέρος της διαδικασίας της θερμικής καύσης [4, 5, 14]. Η πυρόλυση (καταστρεπτική απόσταξη) γίνεται σε θερμοκρασία κάτω των 600° C, απουσία



οξυγόνου, και παράγει κάρβουνο και ένα πτητικό μείγμα [4, 15]. Το κάρβουνο που παράγεται με τη μέθοδο αυτή αποτελεί μια σημαντική πηγή καυσίμου. Το πτητικό μείγμα μπορεί να χωρισθεί στα συμπυκνωμένα ρευστά (πυρολιγνικό οξύ, πίσσα ξύλου, ακετόνη, οξικό οξύ, μεθυλική αλκοόλη) και στα μη συμπυκνωμένα αέρια ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) [4, 14, 15].

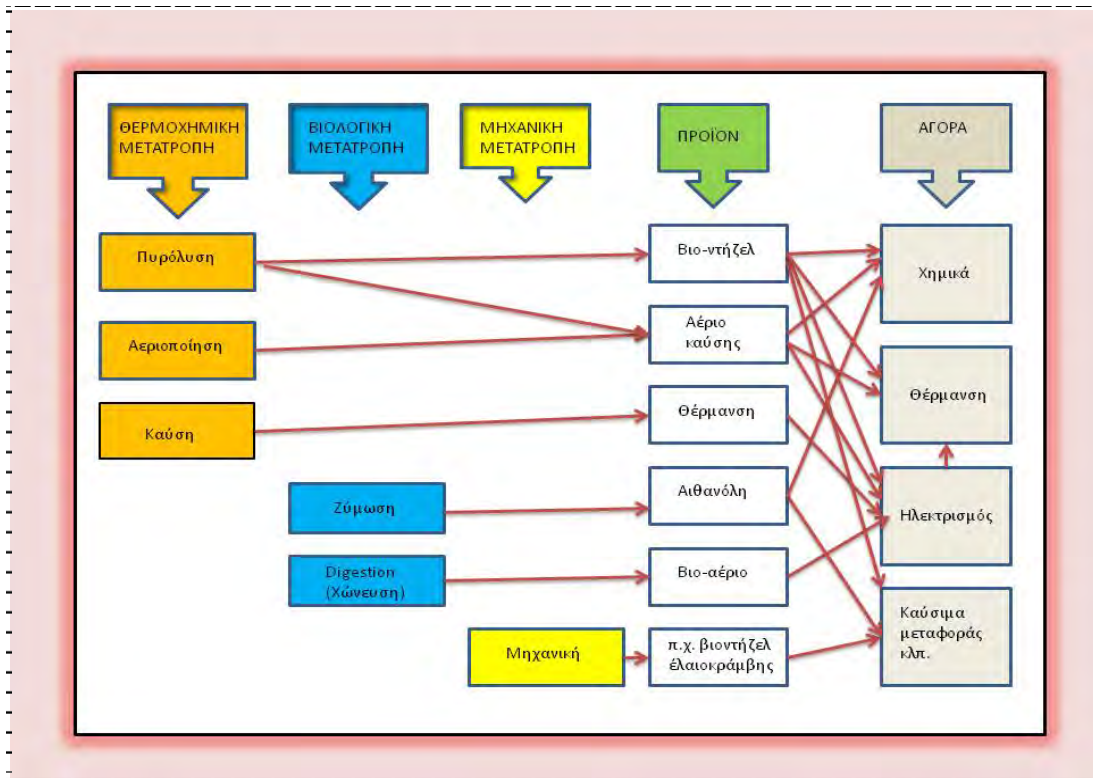
Η αεριοποίηση της βιομάζας επιτυγχάνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες ( $>600^\circ \text{C}$ ) απ' ό τι η πυρόλυση και παρουσία οξυγόνου [4, 5, 15, 16]. Το μείγμα που παράγεται κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης είναι κύρια μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) και υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ), αλλά και άλλα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), άζωτο ( $\text{N}$ ) και επίσης υδρατμοί [4, 15, 16, 17, 18]. Το παραγόμενο αέριο μείγμα (gasogen, ή χαμηλό Btu-αέριο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σαν καύσιμο σε οχήματα ή να αναβαθμισθεί σε ένα αέριο μείγμα (που περιέχει μόνο  $\text{CO}$  και  $\text{H}_2$ ) και κατόπιν να μετατραπεί σε αμμωνία, μεθυλική αλκοόλη ή μεθάνιο [4, 5, 15].

Ρευστοποίηση είναι η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας σε ρευστό καύσιμο [4, 5, 15, 19]. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, η μεθανόλη μπορεί να παραχθεί από το συνθετικό αέριο. Η μεθανόλη μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε υγρό καύσιμο [4, 5, 15]. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται 'έμμεση' ρευστοποίηση [4, 5]. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις η ρευστοποίηση αναφέρεται στη παραγωγή υγρού καυσίμου (γνωστό σαν 'πρωτο-προϊόν') απ' ευθείας από τη φυτική βιομάζα [4, 5, 19, 20].

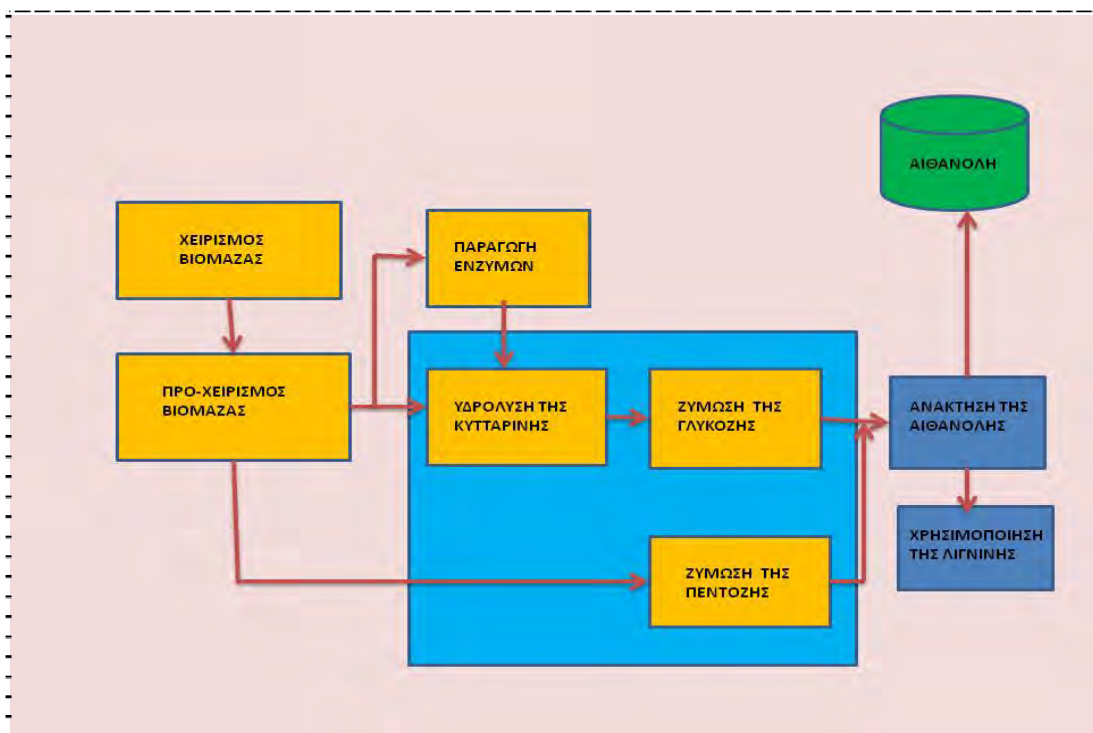
Κατά τη μέθοδο της υδρόλυσης το ξύλο διαχωρίζεται στα τρία κύρια συστατικά του, την κυτταρίνη, τις ημι-κυτταρίνες και την λιγνίνη [4, 5, 15]. Κάθε συστατικό μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα χημικά, ενέργεια, και τροφή. Η υδρόλυση είναι ή επιλογική μετατροπή των συστατικών υδρογονανθράκων του ξύλου στα συστατικά τους σάκχαρα [5, 15]. Η αυτο-υδρόλυση είναι μια εξειδικευμένη μορφή προ-μεταχείρισης στην οποία υψηλής πίεσης ατμός ή έκρηξη ατμού χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ημι-κυτταρινών και της λιγνίνης από την κυτταρίνη [5]. Η διαδικασία ατμού παράγει κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνες οι οποίες εν μέρει είναι υδρολυμένες, και μικρού μοριακού βάρους συνθετικών λιγνίνης. Η κυτταρίνη στη συνέχεια μπορεί να αποδομηθεί από μικρο-οργανισμούς και να μετατραπεί σε αιθανόλη [5, 15]. Στην υδρόλυση με οξέα, χρησιμοποιείται είτε υδροχλωρικό είτε θειικό οξύ [15]. Η υδρόλυση με οξέα είναι μία από τις παλαιότερες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε χημικά και έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμόζεται στα περισσότερα είδη ξύλου. Η ενζυμική υδρόλυση (Εικ. 6) είναι η βιολογική/βιοτεχνολογική μέθοδος μετατροπής της κυτταρίνης σε γλυκόζη και κατόπιν σε αιθυλική αλκοόλη [5]. Τα ένζυμα για αυτή τη διαδικασία παράγονται από επιλεγμένα στελέχη ζυλοσηπτικών μυκήτων και βακτηρίων [5].

Ο καλύτερος τρόπος χημικής μετατροπής είναι να διαχωριστεί το ξύλο στα τρία κύρια χημικά συστατικά του την κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνες και λιγνίνη [5, 21, 22]. Η κυτταρίνη εκτός από την παραγωγή υλικών όπως η γλυκόζη, πρωτεΐνη κ.α. έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης και άλλων χημικών [5, 21, 23, 24, 25, 26, 27].

Η αιθυλική αλκοόλη επίσης αποτελεί το ενδιαμέσο για άλλα βιομηχανικά χημικά, όπως το αιθυλένιο και το βουταδιένιο [15, 21, 25]. Το αιθυλένιο, βουταδιένιο και οι φαινόλες (από λιγνίνη) αποτελούν τη βάση για συνθετικά πολυμερή [5, 25]. Άλλα χημικά όπως D -ξυλόζη, ξυλιτόλη και φουρφουράλη μπορούν να παραχθούν από τις ημι-κυτταρίνες [15, 22, 26]. Φαινόλες και άλλα αρωματικά σύνθετα μπορούν επίσης να παραχθούν από τη λιγνίνη και να χρησιμοποιηθούν στη παραγωγή συνθετικών πολυμερών [5, 25, 26].



Εικ. 5. Βασικές μέθοδοι και διαδικασίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και χημικά.



Εικ. 6. Ενζυμική υδρόλυση της βιομάζας για παραγωγή βιο-αιθανόλης.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο παρόν έντυπο (φυλλάδιο) παρουσιάστηκε μια γενική ανασκόπηση και επαρκής ανάλυση σε διάφορα επίπεδα (οικονομικό, επιστημονικό, τεχνολογικό, διαχείριση & βελτίωση φυτειών) των εντατικών δασοπονικών φυτειών και οι δυνατότητες ενεργειακής και χημικής αξιοποίησης της

δασικής βιομάζας. Από την όλη ανασκόπηση και ανάλυση του θέματος προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα και προτάσεις:

- Οι φυτείες ταχουαζών δασικών δέντρων αποτελούν αντικείμενο έρευνας από τη δεκαετία του 50 και αφορούν φυτείες με σκοπό την παραγωγή προϊόντων ξύλου και φυτείες βιομάζας ή ενεργειακές φυτείες.
- Στις φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον ταχουαζή πλατύφυλλα δασοπονικά είδη που ανήκουν κυρίως στα γένη: *Populus*, *Eucalyptus*, *Salix*, *Paulownia*, *Platanus*, *Robinia* (*R. pseudoacacia*), *Acer*, *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Morus*, *Quercus rubra*, *Sophora* και *Betula*.
- Στην εντατική δασοπονία εφαρμόζονται στενοί φυτευτικοί σύνδεσμοι και έντονες καλλιεργητικές τεχνικές που προσεγγίζουν τις γεωργικές καλλιέργειες.
- Τα δασοπονικά είδη που επιλέγονται για χρήση σε φυτείες βιομάζας/ενεργειακές φυτείες θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ταχουαζία, εύκολη αγενή ή εγγενή παραγωγή, μεγάλη πρεμνοβλαστική και ριζοβλαστική ικανότητα και να παράγουν ξυλώδη βιομάζα κατάλληλη για πολλές χρήσεις.
- Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα είναι εφικτή με εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών μεθόδων όπως η πυρόλυση και αεριοποίηση, ρευστοποίηση, υδρόλυση, χημική και μηχανική μετατροπή.
- Η βιομάζα από ταχουαζή δασοπονικά είδη αντιπροσωπεύει μία ήπια μορφή ενέργειας από τη χρήση της οποίας προκύπτουν μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με τους ρύπους που προκύπτουν από τη χρήση των περισσότερων συμβατικών καυσίμων (π.χ. λιγνίτης).
- Οι φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας μπορούν να αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος όταν στο κέρδος παραγωγής προστεθεί και το εμπορικό κέρδος.
- Οι φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας μπορούν να αποτελούν μια εναλλακτική χρήση των οριακών γαιών καθώς επίσης και των εγκαταλειμμένων ή εκτός χρήσης γεωργικών εκτάσεων.
- Το κόστος εγκατάστασης των φυτειών δασικής βιομάζας είναι κατά πολύ μικρότερο από το κόστος εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (ίδιας χωρικής κάλυψης), δεν απαιτούνται εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις, και μπορούν να συναγωνίζονται οικονομικά με τα φωτοβολταϊκά.
- Οι εντατικές δασοπονικές φυτείες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σαν ένα είδος αποταμίευσης για το λόγο ότι η παραγωγή μπορεί να λαμβάνεται οποτεδήποτε, και ειδικά όταν οι εμπορικές τιμές του προϊόντος είναι σχετικά υψηλές ή τουλάχιστον οικονομικά αποδεκτές (σε αντίθεση με τα φωτοβολταϊκά).
- Σημαντικό επίσης, ενόψει της οικονομικής κρίσης και των αυξημένων τιμών των υγρών καυσίμων, το ξύλο των δασοπονικών φυτειών μπορεί να χρησιμοποιείται και για τις ατομικές ανάγκες (π.χ. οικιακή θέρμανση) των ίδιων των παραγωγών για κάλυψη μέρους των εξόδων για οικιακή ενέργεια.
- Επιπρόσθετα, με κατάλληλους δασοκομικούς χειρισμούς (αραιώσεις, κλαδεύσεις, μείξη ειδών, επέκταση περιόδου χρόνου), οι δασοπονικές φυτείες (ή μέρος αυτών) μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικά προϊόντα και υπηρεσίες (π.χ. βιομάζα, καυσόξυλα, πολύτιμη τεχνική ξυλεία, ενέργεια, αιθανόλη και άλλα χημικά, ζωοτροφή, μέλι, φαρμακευτικές ουσίες, αγροδασοπονία, τροφή, βιοποικιλότητα).
- Τέλος, οι φυτείες δασικής βιομάζας παρέχουν και κοινωνικά οφέλη, κύρια με την απασχόληση (σε πιστήρια και εργοστάσια αξιοποίησης της βιομάζας) του τοπικού εργατικού δυναμικού και τη μείωση των εισαγωγών για παρόμοια προϊόντα.

---

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. USDA Forest Service. U.S. Dep. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Gen. Tech. Rep. NC-58, 28 pp, 1980.
2. USDA Forest Service. U.S. Dep. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Gen. Tech. Rep. NC-91, 154 pp, 1983.
3. Σπανός Κ.Α, 2002. Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνολογίας (Ι.Η.Τ.), 7<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, Πρακτ. σελ. 187-196, 2002.

4. Reed, T. B. Energy from Biomass Conference, Nov. 4-7, Brighton, UK, SERI/TP-622-893, 14 pp., 1980.
5. Phelps J. E. U.S. Dep. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Gen. Techn. Rep. NC-91, pp. 131-138, 1983.
6. Poplar Research Institute (Institute Za Topolarstvo). Novi Sad, 295 pp., 1986.
7. Dickmann, D. I., Isebrands, J. G., Eckenwalder, J. E., Richardson, J. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 397 pp., 2001.
8. Hummel, F.C., Palz, W., Grassi, G. (edit.). Elsevier Applied Science Publ., London and New York, 600 pp, 1988.
9. Marosvolgyi B., Halupa L., Wesztergom I. Biomass and Bioenergy 16, p. 245-247, 1999.
10. Spanos K., Skodras, G., Karlopoulos, E., Sakellaropoulos, G.P., 2000. Fifth International Conference on "Environmental Pollution", August 28 – Sept. 1st, 2000, Thessaloniki, Greece, Proc. p. 680-686, 2000.
11. Πανέτσος, Κ. Π., Αλιζώτη, Π., Σκαλτσογιάννης, Α. Πρακτ. 4<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου 'Ήπιες Μορφές Ηλιακής Ενέργειας' - Τόμος Β', Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής (I.H.T.), 6-8 Οκτωβρίου 1992, Ξάνθη, σελ. 362-370, 1992.
12. Maini, J. S., Cayford, J. H. (edit.). Dep. of Forestry and Rural Development, Publ. No 1205, 257 pp., 1968.
13. Liesebach M., Wuehlisch G., Muhs H.-J. Forest Ecology and Management 121, p. 25-39, 1999.
14. Zabaniotou, A. A., Kalogiannis, G., Kappas, E., Karabelas, A. I. Fifth International Conference on "Environmental Pollution", August 28 – Sept. 1st, 2000, Thessaloniki, Greece, Proc. p. 694-700, 2000.
15. Goldstein, E. S. TAPPI 63(2), p. 105-108, 1980.
16. Brink, D. L. In Organic Chemicals from Biomass (I. S. Goldstein, ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 45-62, 1981.
17. Αμπελιώτης, Κ. Γ., Γυφτοπούλου, Μ., Κυρίτσης, Σ. Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνολογίας (I.H.T.), 7<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, Πρακτ. σελ. 161-167, 2002.
18. Σακκάς, Θ. Κ., Murphy, J. D. Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνολογίας (I.H.T.), 7<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, Πρακτ. σελ. 197-204, 2002.
19. Miller, I. J., Fellows, S. K. Nature 289, p. 398-399, 1981.
20. Livingston, M. Canadian Forest Industries 102 (6), p. 8, 1982.
21. Goldstein, I. S. In Organic Chemicals from Biomass (I. S. Goldstein, ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 101-124, 1981a.
22. Thomson, N. S. In Organic Chemicals from Biomass (I. S. Goldstein, ed.) CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 125-141, 1981.
23. Lyons, T. P. Gasohol U.S.A. (February), p. 14-15, 17-18, 27-28, 1981.
24. Wiegel, J. Experientia 38, p. 151-156, 1982.
25. Goldstein, I. S. Science 189 (4206), p. 847-852, 1975.
26. Σπανός, Κ.Α., 2006. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ, 8<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 29-31 Μαρτίου 2006, Θεσσαλονίκη, Πρακτ. σελ. 461-468.
27. Σπανός, Κ.Α., Κωνσταντινίδης, Π., Κωνσταντινίδης, Χ., 2012. Εκδ. ΕΛΓΟ – 'ΔΗΜΗΤΡΑ', ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ, Επιστ. Φυλλάδιο – ΠΑΥΛΩΝΙΑ, 7 σελ., 2012.

I. Διάθεση φυτευτικού υλικού:

Τα ΦΥΤΩΡΙΑ ΣΕΡΡΩΝ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ σε συνεργασία με το ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (Θεσ/νίκης) παράγουν και διαθέτουν πιστοποιημένα δενδρύλλια ταχυνωτών δασικών δέντρων για χρήση για φυτείες βιομάζας και παραγωγής τεχνικού ξύλου καθώς και για καλλωπιστική & αισθητική χρήση (δενδροστοιχίες/πάρκα).

II. Παροχή πληροφοριών και τεχνογνωσίας:

Για περισσότερες πληροφορίες για την εγκατάσταση και διαχείριση των φυτειών παραγωγής δασικής βιομάζας και πολύτιμης τεχνικής ξυλείας, οι ενδιαφερόμενοι ιδιώτες-εταιρείες (επενδυτές) μπορούν να απευθύνονται στο ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ και στα ΦΥΤΩΡΙΑ ΣΕΡΡΩΝ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ.

**Δρ Κων/νος Σπανός**  
**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ**  
Τηλ.: 2310 461171  
Fax: 2310 461341  
e-mail: [kspanos@fri.gr](mailto:kspanos@fri.gr)

**Παντελής Κωνσταντινίδης**  
**Χαράλαμπος Κωνσταντινίδης**  
**ΦΥΤΩΡΙΑ ΣΕΡΡΩΝ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ**  
Τηλ.: 23210 76489  
Fax: 23210 76488  
e-mail: [fytkon@otenet.gr](mailto:fytkon@otenet.gr)

