



# Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου

Ενότητα 13: Ενέργεια

Ιωάννης Φιλίππου  
Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Ενέργεια



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Το ξύλο ως καύσιμο υλικό
2. Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας
3. Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα



# Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση του ξύλου ως καύσιμου υλικού και των μορφών των βιοκαυσίμων.
- Γνωριμία και εξοικείωση με τις διαδικασίες και τις μεθόδους παραγωγής ενέργειας (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση)
- Κατανόηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του ξύλου ως πηγής ενέργειας.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Το ξύλο ως καύσιμο

# Εισαγωγή (1/7)

- Η προβλεπόμενη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και κυρίως η αυξανόμενη ανησυχία για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τις επιπτώσεις στη κλιματική αλλαγή έχουν στρέψει το παγκόσμιο ενδιαφέρον στη βιομάζα και ιδιαίτερα στη δασική βιομάζα για παραγωγή ενέργειας. Η βιομάζα παρουσιάζει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι είναι ανανεώσιμη φυσική ύλη. Αναπαράγεται συνεχώς με δέσμευση ηλιακής ενέργειας και CO<sub>2</sub> μέσω της φωτοσύνθεσης.





# Εισαγωγή (2/7)

- Υπολογίζεται ότι η φωτοσύνθεση ανανεώνει τη βιομάζα στον κόσμο με σχηματισμό περίπου 150 δισεκατομμυρίων τόνων άνθρακα ετησίως. Η πηγή αυτή άνθρακα αντιπροσωπεύει περίπου 50 φορές περισσότερη ενέργεια από την παγκόσμια ετήσια κατανάλωση. Ορθολογική μετατροπή ενός μικρού μέρους της βιομάζας αυτής σε ενέργεια θα ήταν δυνατό να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των αναγκών του ανθρώπου σε ενέργεια.



# Εισαγωγή (3/7)

- Υπάρχουν μεγάλες ποσότητες δασικής βιομάζας, υπό μορφή δένδρων μικρών διαστάσεων, καλλιεργητικών αραιώσεων, αείφυλλων πλατύφυλλων, θάμνων, υπολειμμάτων κατεργασίας, υπολειμμάτων συγκομιδής, φλοιού, φύλλων και ριζών, που παραμένουν αναξιοποίητες. Η ανακύκλωση των χρησιμοποιημένων προϊόντων ξύλου και χαρτιού για παραγωγή ενέργειας αποτελεί σημαντική πηγή.



# Εισαγωγή (4/7)

- Υπάρχουν επίσης μεγάλες δυνατότητες δημιουργίας τεχνικών δασών με ταχυαυξή είδη σε αργούντα σήμερα εδάφη, για την παραγωγή δασικής βιομάζας με σκοπό τη μετατροπή της σε ενέργεια.
- Ιστορικά η βιομάζα, ειδικότερα το ξύλο, έχει υπηρετήσει ως πηγή ενέργειας τον άνθρωπο από τότε που ανακαλύφθηκε η φωτιά.



# Εισαγωγή (5/7)

- Μέχρι τον προηγούμενο αιώνα το ξύλο αποτελούσε τη μοναδική πηγή ενέργειας του ανθρώπου. Τον περασμένο αιώνα το ξύλο, ως πηγή ενέργειας, αντικαταστάθηκε από το ορυκτό κάρβουνο, τον λιγνίτη, και αργότερα από το πετρέλαιο. Συνεχίζει όμως και σήμερα, το ξύλο, να χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες για την κάλυψη πολλών αναγκών σε ενέργεια του ανθρώπου, τόσο σε οικιακή όσο και σε βιομηχανική κλίμακα.



# Εισαγωγή (6/7)

- Σε πολλές χώρες, κυρίως υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες, αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας και παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή οικονομία των χωρών αυτών.
- Περίπου 50% τις παγκόσμιας ετήσιας ποσότητας συγκομιζόμενου ξύλου (περί τα 3.500.000.000 m<sup>3</sup>) χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη.



# Εισαγωγή (7/7)

- Η παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα (συμπεριλαμβανομένης της δασικής βιομάζας) αντιπροσωπεύει σήμερα το 14-15% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Το ποσοστό αυτό προβλέπεται να φθάσει το 40% έως το 2050.
- Στον Πίνακα 13.1 δίνονται συνοπτικά οι μορφές της δασικής βιομάζας, οι μέθοδοι μετατροπής τους σε ενέργεια και οι μορφές καυσίμου υλικού και παραγόμενης ενέργειας.



# Συστήματα παραγωγής ενέργειας από δασική βιομάζα

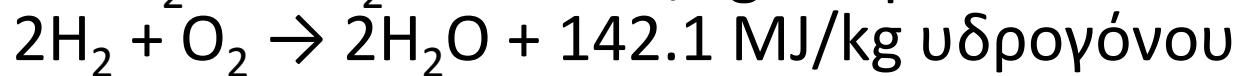
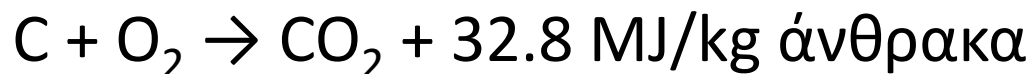
Εικόνα 13.1. Συστήματα παραγωγής ενέργειας από δασική βιομάζα

Πρώτες ύλες	Επεξεργασία	Μορφή καυσίμου	Μορφές Ενέργειας
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Καυσόξυλα</li> <li>- Ξύλο θρυμματισμού</li> <li>- Υπολείμματα κατεργασίας</li> <li>- Υπολείμματα υλοτομιών</li> <li>- Χρησιμοποιημένο ξύλο</li> <li>- Ξύλο από ενεργειακές φυτείες</li> </ul>	<p><b>Μηχανική</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Κοπή-θρυμματισμός</li> <li>- Παραγωγή πελλετών, μπρικετών</li> </ul> <p><b>Άμεση καύση</b></p> <p><b>Πυρόλυση</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ανθρακοποίηση</li> <li>- Ξηρή απόσταξη</li> <li>- Υγροποίηση</li> <li>- Αεριοποίηση</li> </ul> <p><b>Βιολογική - Ζύμωση</b></p>	<p><b>Στερεά καύσιμα</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Καυσόξυλα</li> <li>- Ξυλοτεμαχίδια</li> <li>- Βιοάνθρακας</li> <li>- Πελλέτες</li> <li>- Μπρικέτες</li> </ul> <p><b>Υγρά καύσιμα</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Βιοέλαιο</li> <li>- Fiesher-Troesch Ντίζελ</li> <li>- Βιοαιθανόλη</li> <li>- Βιομεθανόλη</li> </ul> <p><b>Αέρια καύσιμα</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ευλαέριο</li> <li>- Συνθετικό αέριο</li> <li>- Βιοϋδρογόνο</li> </ul>	<p><b>Θέρμανση με καύση</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Οικιακή θέρμανση, μαγειρική</li> <li>- Κεντρική θέρμανση</li> <li>- Τηλεθέρμανση</li> </ul> <p><b>Ηλεκτρισμός-Θέρμανση (ΣΗΘ)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Με ατμοστρόβιλους</li> <li>- Με αεριοστρόβιλους</li> <li>- Με μηχανές καύσης</li> <li>- Με τον οργανικό κύκλο Rankle</li> </ul> <p><b>Μεταφορές</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Μηχανές εσωτερικής καύσης</li> <li>- Κυψέλες καυσίμων</li> </ul>



# Θερμαντική αξία του ξύλου (1/4)

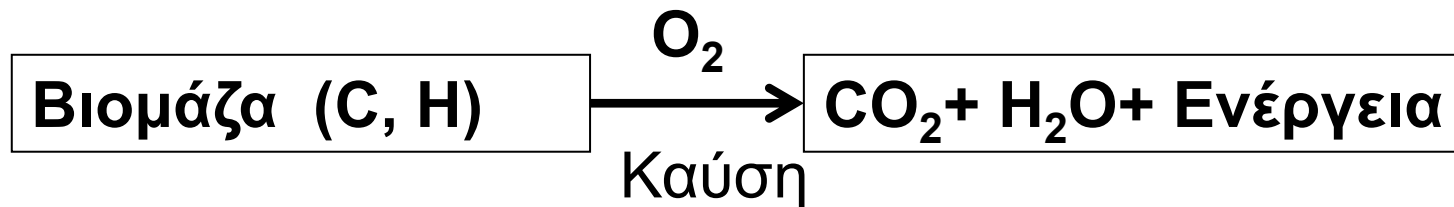
- Κατά τη καύση ενός καύσιμου υλικού παράγεται ενέργεια. Ως καύση εννοούμε την ταχεία χημική ένωση οξυγόνου με τα χημικά στοιχεία της καύσιμης ύλης.
- Τα κύρια καύσιμα χημικά στοιχεία των λιγνοκυτταρικών υλικών είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο. Πλήρης καύση (οξειδωση) των στοιχείων αυτών δίνει  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και θερμική ενέργεια κατά το σχήμα:





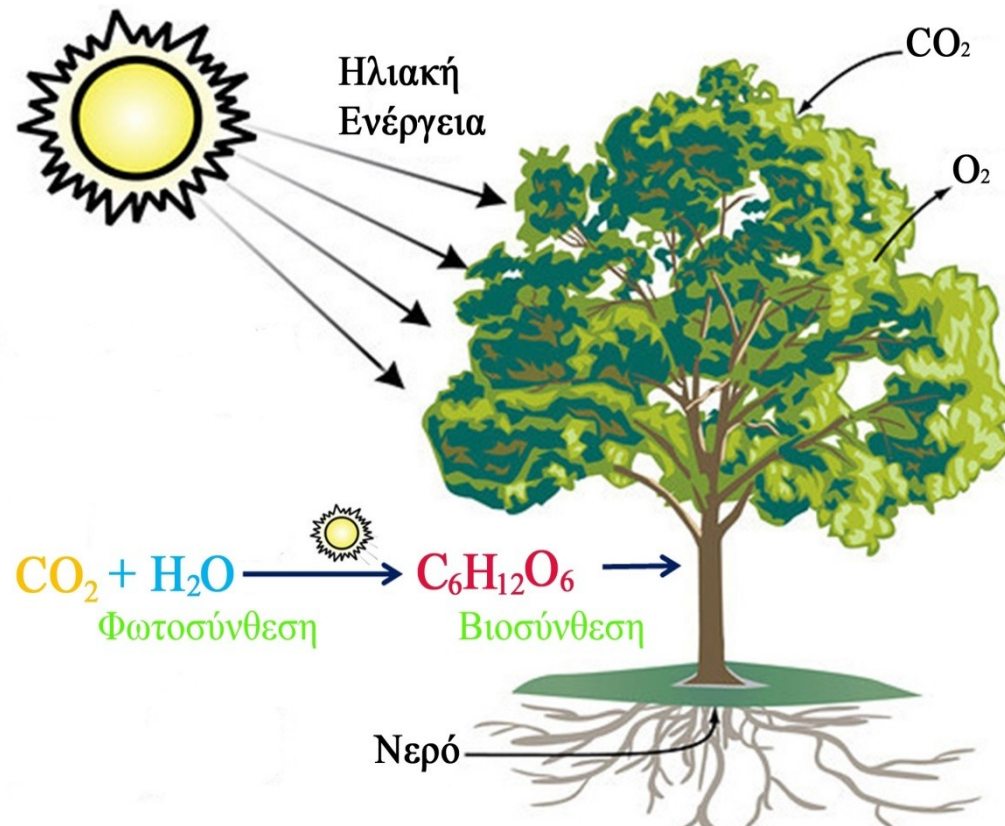
# Θερμαντική αξία του ξύλου (2/4)

- Η καύση του ξύλου ελευθερώνει την ενέργεια που δεσμεύεται στο δένδρο κατά τη φωτοσύνθεση (Εικόνα 13.2) σε μία αντίστροφη αντίδραση.



# Δέσμευση ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοσύνθεσης

Εικόνα 13.2. Δέσμευση ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοσύνθεσης



# Θερμαντική αξία του ξύλου (3/4)

- Το μέγιστο ποσό ενέργειας που εκλύεται κατά την πλήρη καύση ενός καύσιμου υλικού ονομάζεται θερμαντική ή θερμιδική αξία (στη βιβλιογραφία αναφέρονται και οι όροι θερμιδικό περιεχόμενο ή θερμογόνο δύναμη) και εκφράζεται συνήθως σε MJ/Kg ή Kcal/Kg απόλυτα ξηρής μάζας καυσίμου (1MJ= 239 Kcal).
- Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται επίσης και οι όροι: καθαρή (Net Calorific Value, NCV) ή κατώτερη θερμιδική αξία (Lower Heating Value, LHV) και ακαθάριστη (Gross Calorific Value, GCV) ή ανώτερη θερμιδική αξία (Higher Heating Value, HHV).



# Επίδραση χημικής σύστασης και δασοπονικού είδους (1/3)

- Η θερμαντική αξία του ξύλου και γενικότερα της δασικής βιομάζας διαφέρει μεταξύ των διαφόρων δασοπονικών ειδών και μορφών (κορμός, φλοιός, φύλλα κλπ) και επηρεάζεται από τη περιεκτικότητα στα καύσιμα στοιχεία άνθρακα και υδρογόνο και σε τέφρα.
- Η τέφρα συμβάλει στο βάρος της βιομάζας, μειώνει τη θερμαντική της αξία και συχνά δημιουργεί προβλήματα σε συστήματα καύσης της βιομάζας.
- Τα χημικά συστατικά δασικής βιομάζας είναι η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, η λιγνίνη και τα εκχυλίσματα και το ποσοστό τους διαφέρει επίσης στα διάφορα δασοπονικά είδη και τα τμήματα του ιδίου δένδρου.



# Επίδραση χημικής σύστασης και δασοπονικού είδους (2/3)

- Η κυτταρίνη έχει μικρότερο ποσοστό άνθρακα (C=41%, O=53%, H=6%) από τη λιγνίνη (C=72%, O=22%, H=6%).
- Στα φαινολικά και ρητινώδη εκχυλίσματα το ποσοστό άνθρακα κυμαίνεται από 75-90% και του υδρογόνου από 7-12%.
- Η θερμαντική αξία των πολυσακχαριτών κυμαίνεται από 17-18,2 MJ/Kg, της λιγνίνης από 25,5-27,2 MJ/Kg και των εκχυλισμάτων από 17-38 MJ/Kg.



# Επίδραση χημικής σύστασης και δασοπονικού είδους (3/3)

- Η θερμαντική αξία (απόλυτα ξηρής μάζας) διαφόρων ειδών δασικής βιομάζας κυμαίνεται από 17,5-26,3 MJ/Kg (4200-6280 Kcal/Kg).
- Η μέση θερμαντική αξία των πλατυφύλλων (ποσοστό λιγνίνης κατά μ.ό. 22%) είναι περίπου 19,5 MJ/Kg και των κωνοφόρων (ποσοστό λιγνίνης κατά μ.ό. 30%, μεγαλύτερο ποσοστό ρητινωδών εκχυλισμάτων) είναι περίπου 20,3 MJ/Kg.
- Τα κλαδιά έχουν μεγαλύτερη θερμαντική αξία από το ξύλο.



# Επίδραση υγρασίας

- Η βιομάζα στην μορφή που χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη περιέχει πάντοτε διάφορα ποσοστά υγρασίας.
- Η υγρασία μειώνει την αξιοποιήσιμη θερμαντική αξία της βιομάζας.
- Ξύλο με χαμηλή υγρασία, εκτός του ότι παράγει περισσότερη καθαρή ενέργεια, έχει και άλλα πλεονεκτήματα. Επιτρέπει γρηγορότερη και πληρέστερη καύση, παράγει λιγότερα καυσαέρια και αυξάνει την χωρητικότητα και αποδοτικότητα στους λέβητες με κλειστά συστήματα.



# Μορφές ξυλωδών στερεών καυσίμων (1/5)

- Τα ξυλώδη στερεά καύσιμα παράγονται σε διάφορες μορφές όπως καυσόξυλα, ξυλοτεμαχίδια (chips), θρύμματα (hog fuel), ξυλόσκονη, μπριγκέτες (τεχνητό καυσόξυλο, wood briquettes) και συμπυκνώματα ή σύμπηκτα ξύλου (πελλέτες, wood pellets).
- Οι μπριγκέτες και τα συμπυκνώματα παράγονται με συμπίεση σε ειδικές πρέσες από κορμοτεμάχια μικρών διαστάσεων (καυσόξυλα, ξύλο θρυμματισμού), υπολείμματα κατεργασίας, υπολείμματα υλοτομίας, απορρίμματα χρησιμοποιηθέντων προϊόντων ξύλου και χαρτιού, φλοιό, φύλλωμα, πρέμνα (συν.)





# Μορφές ξυλωδών στερεών καυσίμων (2/4)

Εικόνα 13,2. Διάφορες μορφές στερεών Α  
ξυλωδών καυσίμων:

- Α. καυσόξυλα και υπολείμματα υλοτομιών,
- Β. ξυλοτεμαχίδια
- Γ. θρύμματα και μπριγκέτες
- Δ. ξυλόσκονη και πελλέτες



# Μορφές ξυλωδών στερεών καυσίμων (3/5)

- (συν.) ή/και αγροτικά υπολείμματα, μετά από θρυμματισμό και ξήρανση. Υψηλής ποιότητας πελλέτες και μπριγκέτες παράγονται μόνο από καθαρό ξύλο.
- Τα συμπυκνώματα (wood pellets) είναι σχετικά νέα και αναβαθμισμένη μορφή στερεού καυσίμου (επίσημα ονομάζονται εξευγενισμένα στερεά καύσιμα βιομάζας).
- Έχουν μικρό ποσοστό υγρασίας (5-10%), σχετικά μεγάλο ειδικό βάρος ( $600-800 \text{ Kg/m}^3$ ) και μικρό μέγεθος (διάμετρο 6mm, μήκος 3,15-40mm) και διευκολύνουν τη μεταφορά, την αποθήκευση και την (συν.)



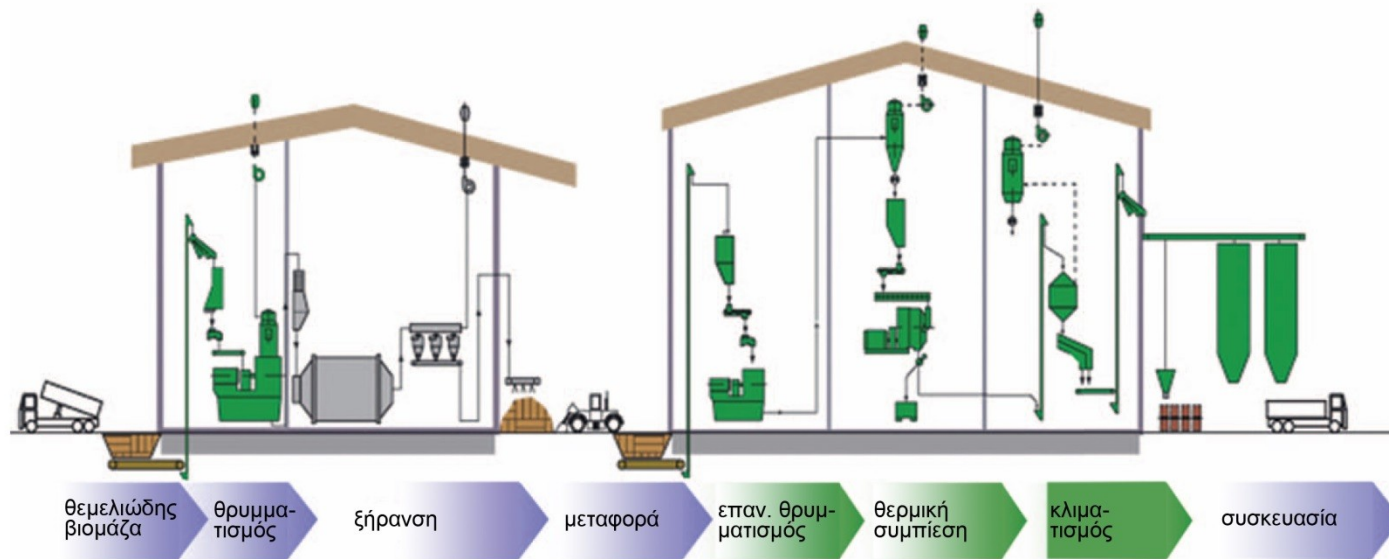
# Μορφές ξυλωδών στερεών καυσίμων (4/5)

- (συν.) αυτόματη τροφοδοσία τους σε ενεργειακά τζάκια, λέβητες κεντρικής θέρμανσης και βιομηχανικά συστήματα παραγωγής ενέργειας.
- Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες-ποιότητες, ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης και την περιεχόμενη τέφρα.
- Στην Εικόνα 13.3 δίνονται τα βασικά στάδια βιομηχανικής παραγωγής τους. Στη μηχανή συμπίεσης τα λεπτά ξυλοτεμαχίδια συμπιέζονται να περάσουν μέσα από τρύπες ορισμένης διαμέτρου ενός σταθερού δίσκου με πίεση 700-750 bar και θερμοκρασία 100-120°C.



# Γραμμή παραγωγής ξυλωδών συμπυκνωμάτων

Εικόνα 13.3. Διάγραμμα γραμμής παραγωγής ξυλωδών συμπυκνωμάτων (wood pellets)



# Μορφές ξυλωδών στερεών καυσίμων (5/5)

- Στις συνθήκες αυτές (πίεσης και θερμοκρασίας), η λιγνίνη πλαστικοποιείται και συγκολλά τα ξυλοτεμαχίδια. Η συγκόλληση ολοκληρώνεται στο στάδιο της ψύξης.
- Η παραγωγή των πελλετών είναι τεχνολογικά απλή και μπορεί να γίνει ακόμη και σε μικρές μετακινούμενες εγκαταστάσεις μέσα στο δάσος ή σε δασοπλατείες.
- Οι μπριγκέτες παράγονται με παρόμοιο τρόπο αλλά έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις (διάμετρο 25-125mm και μήκος 50-400mm).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας

# Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας

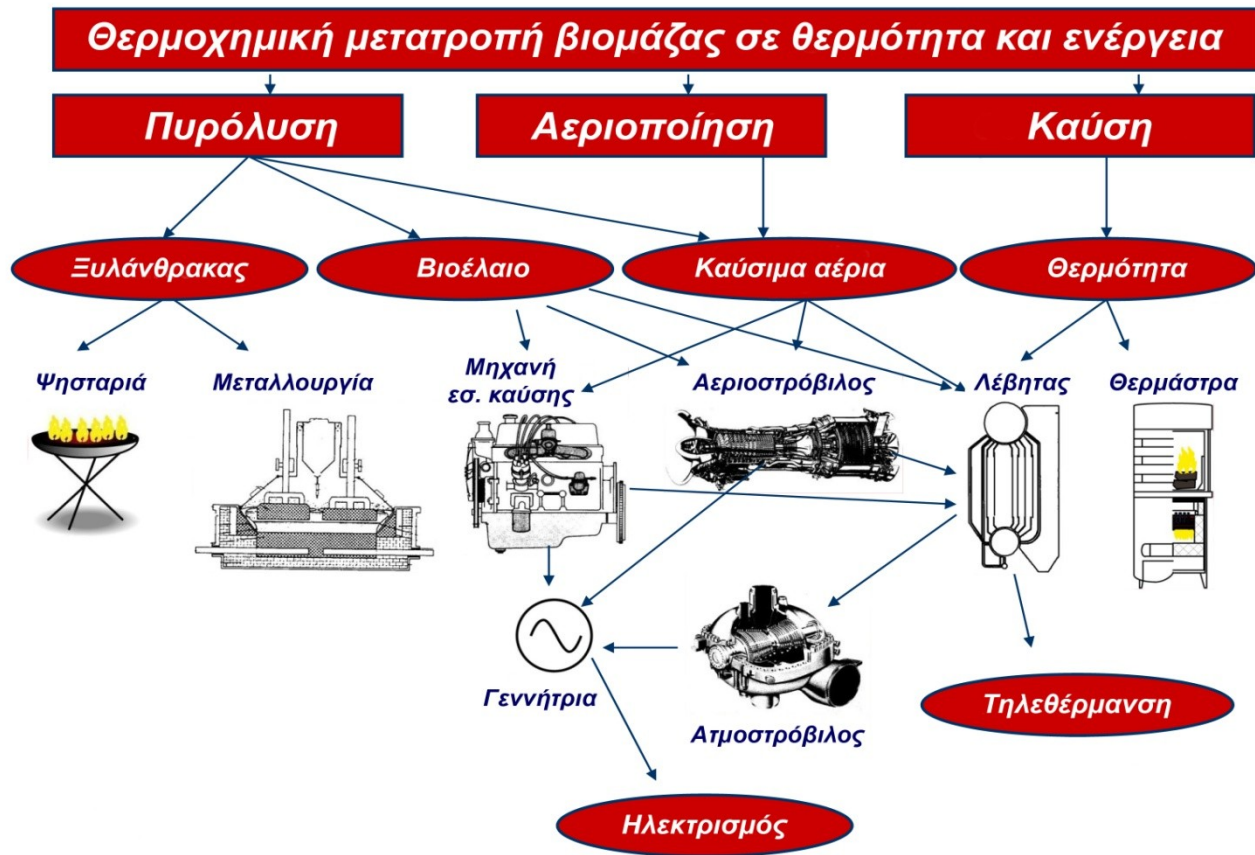
- Οι κυριότερες μέθοδοι παραγωγής ενέργειας, καυσίμων ή/και άλλων χημικών από την δασική βιομάζα με θερμόλυση είναι η άμεση καύση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση.
- Στις μεθόδους παραγωγής ενέργειας από το ξύλο περιλαμβάνονται επίσης και η υδρόλυση/ζύμωση με την οποία παράγεται η αιθανόλη ως καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης.





# Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας

Εικόνα 13. 4. Εναλλακτικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από το ξύλο





# Καύση (1/12)

- Σήμερα, όπως και στο παρελθόν ο ευκολότερος τρόπος παραγωγής ενέργειας από το ξύλο είναι η άμεση καύση του.
- Ελεύθερη καύση του ξύλου για παραγωγή ενέργειας γίνεται από τότε που ο άνθρακας εφεύρε την φωτιά. Η πρωτόγονη αυτή χρήση του ως καυσόξυλου για θέρμανση και μαγειρική, είναι ευρύτατη ως σήμερα.



# Καύση (2/12)

- Υπολογίζεται ότι η μισή περίπου παραγωγή από τα δάση της γης χρησιμοποιείται ως καυσόξυλα.
- Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες το 75-85% της κατανάλωσης ενέργειας παράγεται με καύση ξυλώδους βιομάζας.



# Καύση (3/12)

Καύση ξυλώδους βιομάζας για παραγωγή ενέργειας γίνεται σε τρεις τομείς:

- στον οικιακό τομέα όπου χρησιμοποιείται για μαγείρεμα, θέρμανση χώρων και νερού,
- σε πολυκατοικίες ή άλλα μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα όπως νοσοκομεία, σχολεία, δημοτικά κτίρια ή ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα με τηλεθέρμανση (district heating plants) για θέρμανση χώρων και νερού, και



# Καύση (4/12)

- σε βιομηχανίες, κυρίως επεξεργασίας ξύλου, για ξήρανση, άτμιση, θέρμανση ή/και παραγωγή ηλεκτρισμού ή σε ανεξάρτητες μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού, θερμότητας ή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.



# Καύση (5/12)

- Σε κατοικίες η καύση γίνεται σε τζάκια και σόμπες. Τα πατροπαράδοτα ή τυπικά τζάκια έχουν πολύ μικρή απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20%. Το υπόλοιπο τη θερμαντικής αξίας φεύγει στην ατμόσφαιρα με τους καπνούς.
- Η ημιτελής καύση του ξύλου στα τζάκια, και λιγότερο σε συμβατικές σόμπες, έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα, αιωρούμενων μικροσωματιδίων, αιθάλης και μιας αποκρουστικής οσμής που μολύνουν τόσο το εξωτερικό περιβάλλον όσο και τον εσωτερικό χώρων οικιών.



# Καύση (6/12)

- Σύγχρονα τζάκια, τα καλούμενα ενεργειακά τζάκια έχουν δυνατότητα να θερμαίνουν και άλλους χώρους ή νερό και να λειτουργούν όπως το καλοριφέρ.
- Το ενεργειακό τζάκι καίει κυρίως καυσόξυλα και πελλέτες διαθέτει θάλαμο δευτερογενούς καύσης των καυσαερίων, εκπέμπει πολύ λίγα καυσαέρια και η απόδοση του κυμαίνεται μεταξύ 80 και 85%.



# Καύση (7/12)

- Οι τυπικές ή συμβατικές σόμπες καίνε κυρίως καυσόξυλα (ξυλόσομπες) και έχουν απόδοση που κυμαίνεται από 35-60% και παράγουν πολλά καυσαέρια.
- Οι σύγχρονες σόμπες καίνε πελλέτες (pellet stoves), έχουν δυνατότητα ρύθμισης της καύσης και έχουν μεγάλη απόδοση (80-90%) και πολύ χαμηλό επίπεδο καυσαερίων.
- Είναι επίσης δυνατό να συνδεθούν με λέβητα και να ζεσταίνουν νερό για θέρμανση άλλων χώρων όπως και τα ενεργειακά τζάκια.



# Καύση (8/12)

- Ξύλο χρησιμοποιείται για θέρμανση μεγάλων οικιστικών συγκροτημάτων (πολυκατοικίες, νοσοκομεία κλπ) σε καυστήρες-λέβητες κεντρικής θέρμανσης.
- Το κύριο πρόβλημα της χρησιμοποίησης καυσόξυλων είναι η απαίτηση μεγάλων αποθηκευτικών χώρων (το ξύλο έχει μικρή πυκνότητα και πολύ μικρή χωρική πυκνότητα) και η αδυναμία αυτόματης τροφοδοσίας του καυστήρα.





# Καύση (9/12)

- Σύγχρονοι όμως καυστήρες χρησιμοποιούν ξυλοτεμαχίδια (chips), θρύμματα (hog fuel) και κυρίως συμπυκνώματα (pellets) που έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα, απαιτούν μικρότερους αποθηκευτικούς χώρους και διευκολύνουν την αυτόματη τροφοδοσία. Σύγχρονοι καυστήρες έχουν απόδοση 80-90%.



# Καύση (10/12)

- Το ξύλο χρησιμοποιείται σε βιομηχανικό επίπεδο με καύση για παραγωγικές διεργασίες όπως για ξήρανση, για παραγωγή ατμού για άτμιση, θέρμανση και άλλες βιομηχανικές ανάγκες ή/και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Στην αξιοποίηση του αυτή τα ξύλο χρησιμοποιείται κυρίως σε μορφή μικρών διαστάσεων (ξυλοτεμαχίδια-chips, ξυλόσκονη ή πελλέτες) και καίγεται σε ειδικούς καυστήρες (φούρνους-furnaces).



# Καύση (11/12)

- Για ξήρανση χρησιμοποιούνται είτε απ' ευθείας τα παραγόμενα καυσαέρια (πχ ξήρανση ξυλοτεμαχιδίων στην παραγωγή μοριοσανίδων) είτε ατμός σε ειδικά ξηραντήρια (πχ πριστής ξυλείας, ξυλοφύλλων).
- Στις βιομηχανίες κατεργασίας ξύλου και παραγωγής χαρτοπολτού για παραγωγή της απαιτούμενης βιομηχανικής ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως τα υπολείμματα τους.



# Καύση (12/12)

- Γενικά, το ξύλο μπορεί να καεί σε μικρής κλίμακας μοντέρνους λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή τηλεθέρμανσης, ηλεκτρικής ενέργειας ή για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ, CHP). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ταυτόχρονη καύση με μαζούτ.
- Στους σύγχρονους λέβητες ατμού η αξιοποίηση της θερμαντικής αξίας του ξύλου κυμαίνεται από 80 έως 90% και υπάρχουν συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο ή μόλυνση του περιβάλλοντος.



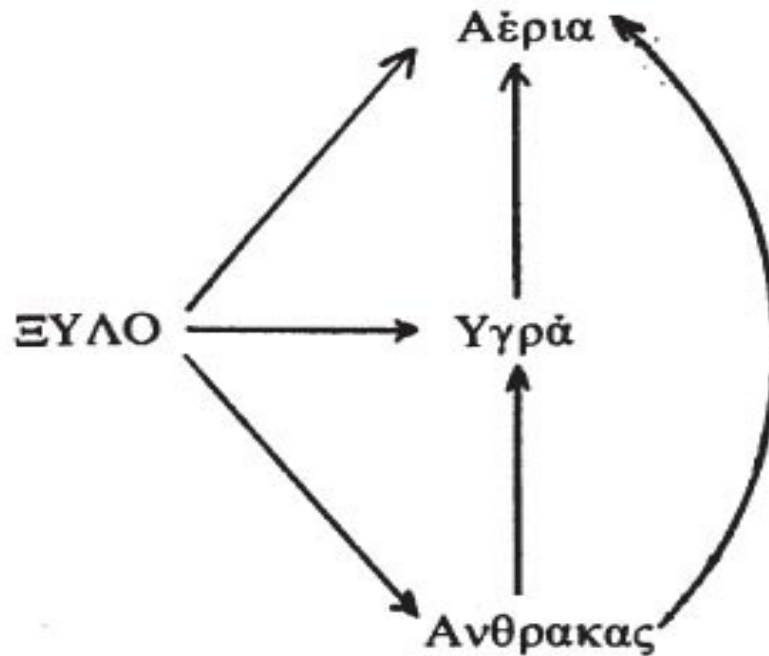
# Πυρόλυση (1/3)

- Η πυρόλυση είναι φυσικοχημική μέθοδος διάσπασης της οργανικής ύλης που γίνεται με θέρμανση σε απουσία αέρα.
- Πυρόλυση ξύλου λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 300-900°C και δίνει ξυλάνθρακα, μίγμα υγρών και μίγμα αερίων προϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας ή/και χημικών προϊόντων.
- Η απόδοση του ξύλου σε ξυλάνθρακα, υγρά και αέρια προϊόντα καθώς και η χημική σύσταση αυτών εξαρτάται από το είδος του ξύλου και κυρίως από τις συνθήκες πυρόλυσης (θερμοκρασία, ταχύτητα και διάρκεια θέρμανσης).



# Πυρόλυση (2/3)

Εικόνα 13.5. Προϊόντα πυρόλυσης ξύλου



# Πυρόλυση (3/3)

- Ανάλογα με το κύριο (επιθυμητό) προϊόν, τις συνθήκες και τις τεχνητές παραγωγής, η πυρόλυση διακρίνεται σε:
  - ανθρακοποίηση (carbonization),
  - σε αργή πυρόλυση (slow pyrolysis) και
  - ταχεία πυρόλυση (fast pyrolysis).
- Ανθρακοποίηση σε χαμηλές θερμοκρασίες ονομάζεται καβούρντισμα του ξύλου (wood torrefication) και το παραγόμενο προϊόν καβουρντισμένο ξύλο (torrefied wood).



# Ανθρακοποίηση

- Ο όρος ανθρακοποίηση χρησιμοποιείται κυρίως όταν το παραγόμενο προϊόν είναι ξυλάνθρακας (charcoal ή biochar).
- Βασικός σκοπός της ανθρακοποίησης του ξύλου είναι ο εμπλουτισμός του σε άνθρακα με την απομάκρυνση των άλλων συστατικών του.
- Η απομάκρυνση των υγρών και αερίων συστατικών επιτρέπει την αύξηση της θερμαντικής αξίας και μια καθαρότερη καύση με λίγο ή καθόλου καπνό και φλόγα.





# Τεχνολογία παραγωγής (1/6)

- Η παραγωγή ξυλάνθρακα είναι σχετικά απλή, γίνεται σε θερμοκρασία 400-500°C και διαρκεί ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα του ξυλάνθρακα, το είδος του ξύλου, το ποσοστό υγρασίας του και τον τύπο της εγκατάστασης παραγωγής του από λίγες ώρες έως 7 ημέρες.
- Υπάρχουν διάφοροι τύποι εγκαταστάσεων παραγωγής ξυλάνθρακα. Ο πατροπαράδοτος τύπος είναι τα ανθρακοκάμινια (charcoal kilns).



# Τεχνολογία παραγωγής (2/6)

- Σε αυτά η πρώτη ύλη (ξύλο) τοποθετείται σε λάκκους που ανοίγονται στο έδαφος (earth pit kiln), ή σε σωρούς πάνω στο έδαφος (earth mound kiln) και καλύπτεται από χώμα. Αργότερα, για την ανθρακοποίηση κατασκευάσθηκαν καμίνια με θαλάμους από πηλό, τούβλα, μπετό, πέτρα ή μέταλλο. Τα μεταλλικά καμίνια είναι σταθερά ή φορητά.



# Τεχνολογία παραγωγής (3/6)

- Η απαιτούμενη θερμότητα για την έναρξη της ανθρακοποίησης στις εγκαταστάσεις αυτές παρέχεται με εσωτερική μερική καύση του ξύλου.
- Σε νεότερους τύπους εγκαταστάσεων (retort furnaces) η παραγωγή ξυλάνθρακα είναι συνεχής, οικογενειακή ή βιομηχανική.
- Η απαιτούμενη θερμότητα για την έναρξη της ανθρακοποίησης παρέχεται με εξωτερική θέρμανση του θαλάμου ανθρακοποίησης.



# Τεχνολογία παραγωγής (4/6)

- Η θέρμανση μπορεί να γίνει με συμβατικά μέσα, με καύση ξύλου, και κυρίως με καύση των υγρών και αερίων που παράγονται κατά την ανθρακοποίηση.
- Στα καμίνια γίνεται ανθρακοποίηση κυρίως καυσόξυλων ενώ στις νεότερες εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και υπολείμματα κατεργασίας ξύλου (υπολείμματα υλοτομίας, εξακρίδια πρίσης, πριονίδι, φλοιός, λιγνίνη κ.ά.).



# Τεχνολογία παραγωγής (5/6)

- Πολλές βιομηχανικές μονάδες λειτουργούν στην Ευρώπη και στην Αμερική. Στην Ελλάδα παραγωγή ξυλάνθρακα, κυρίως από καυσόξυλα δρυός και αείφυλλων πλατύφυλλων, γίνεται στα πατροπαράδοτα καμίνια εδάφους και σε δύο μονάδες μικρής βιομηχανικής παραγωγής.
- Η απόδοση του ξύλου σε ξυλάνθρακα και η χημική σύσταση του τελευταίου εξαρτώνται από την θερμοκρασία ανθρακοποίησης, τον χρόνο ανθρακοποίησης, το είδος του ξύλου και το τύπο εγκατάστασης.



# Τεχνολογία παραγωγής (6/6)

- Η απόδοση στα καμίνια εδάφους είναι μικρή, συνήθως 1 kg ξυλάνθρακα από 5-8 kg ξύλου ξηρού στον αέρα.
- Στα κτιστά ή μεταλλικά καμίνια, υπάρχει καλύτερος έλεγχος της διαδικασίας πυρόλυσης και η απόδοση είναι συνήθως 1 kg ξυλάνθρακα από 4-6 kg ξύλου.
- Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις η απόδοση είναι συνήθως 1 kg ξυλάνθρακα από 3-5 kg ξύλου και ο παραγόμενος ξυλάνθρακας είναι ποιοτικά καλύτερος (είναι ομοιόμορφος και έχει μεγαλύτερο ποσοστό άνθρακα).



# Ιδιότητες-χρήσεις ξυλάνθρακα (1/7)

- Ο ξυλάνθρακας (κάρβουνο) του εμπορίου περιέχει συνήθως 80-82% άνθρακα, 12-15% πτητικά συστατικά και 1-3% τέφρα και θερμαντική αξία 7.400-7.800 Kcal/Kg και ως καύσιμο υλικό υπερτερεί του ξύλου. Έχει 1,5-1,8 φορές μεγαλύτερη θερμαντική αξία, μικρό ποσοστό υγρασίας και καίγεται αργά χωρίς καπνούς και φλόγα.
- Ο ξυλάνθρακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας με άμεση καύση, να μετατραπεί σε μπριγκέτες ή με υγροποίηση και αεριοποίηση σε καύσιμα υγρά και αέρια.



# Ιδιότητες-χρήσεις ξυλάνθρακα (2/7)

Εικόνα 13.6. Α. Ξυλοκάρβουνο, Β και Γ καρβουνομπριγκέτες



A



B



Γ





# Ιδιότητες-χρήσεις (3/7)

- Ο ξυλάνθρακας μπορεί να μετατραπεί σε καρβουνομπριγκέτες ( charcoal briquettes) και να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωμένο καύσιμο. Οι καρβουνομπριγκέτες παράγονται από σκόνη ξυλάνθρακα, συγκολλητική ουσία και πληρωτικό υλικό ή ρυθμιστικό υλικό της καύσης (όλα τα πρόσθετα περίπου 10-12%) σε διάφορα σχήματα (μακρόστενο, ωοειδές, εξαγωνικό, σε σχήμα μαξιλαριού, κλπ) με συμπίεση σε ειδικές πρέσες.



# Ιδιότητες-χρήσεις (4/7)

- Ως συγκολλητική ουσία χρησιμοποιείται συνήθως αμυλόκολλα. Οι μπριγκέτες έχουν υγρασία γύρω στο 5% και πυκνότητα κατά 20-25% μεγαλύτερη από το ξυλάνθρακα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μπριγκέτας είναι ή ευκολία στο χειρισμό και η απαλλαγή από τη σκόνη και το μουτζούρωμα.



# Ιδιότητες-χρήσεις (5/7)

- Εκτός από την χρησιμοποίηση του ως καύσιμου υλικού ο ξυλάνθρακας χρησιμοποιείται στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων. Χρησιμοποιείται κυρίως στην μεταλλουργική για την αναγωγή των οξειδίων των μετάλλων (σιδήρου, χαλκού, νικελίου, αλουμινίου κ.ά.) ή σε μίξη για την παραγωγή κραμάτων.



# Ιδιότητες-χρήσεις (6/7)

- Επίσης χρησιμοποιείται για παραγωγή ενεργού άνθρακα, πυρίτιδας, πυροτεχνημάτων, πλαστικών, ελαστικών, διαφόρων φαρμακευτικών και χημικών παρασκευασμάτων, διηθητικών και απορροφητικών υλικών, ζωοτροφών κ.ά..



# Ιδιότητες-χρήσεις (7/7)

- Ιδιαίτερη, σπουδαιότητα έχει η χρησιμοποίηση του για παραγωγή ενεργού άνθρακα και ως βελτιωτικού της γονιμότητας των εδαφών. Λόγω του εκτεταμένου μικροπορώδους και της μεγάλης ειδικής επιφάνειας του είναι εξαιρετικό απορροφητικό και βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στον καθαρισμό αερίων και υγρών αποβλήτων.



# Καβούρντισμα (1/3)

- Το καβούρντισμα (φρύξη, torrefaction) του ξύλου είναι μια ήπια μορφή ανθρακοποίησης του και λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες μεταξύ 200 και 320°C και ατμοσφαιρική πίεση. Κατά τη διαδικασία της φρύξης, αποβάλλονται από το ξύλο το νερό που περιέχεται στη βιομάζα και τα διάφορα πτητικά που προκύπτουν από διάσπαση των συστατικών του ξύλου (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη) στις παραπάνω συνθήκες.



# Καβούρντισμα (2/3)

- Το προϊόν που προκύπτει είναι το υπόλοιπο στερεό, ξηρό και μαυρισμένο ξύλο και αναφέρεται ως torrefied wood (καβουρντισμένο ξύλο).
- Το καβουρντισμένο ξύλο είναι βελτιωμένο καύσιμο σε σχέση με το ξύλο. Έχει μεγαλύτερη θερμαντική αξία που κυμαίνεται ανάλογα με το είδος της ξυλώδους βιομάζας και τις συνθήκες πυρόλυσης μεταξύ 20 και 25 MJ/kg.



# Καβούρντισμα (3/3)

- Το προϊόν είναι υδρόφοβο και μπορεί να αποθηκευτεί σε υγρό περιβάλλον σε ελεύθερο χώρο ακόμη και όταν βρέχει χωρίς να μειώνεται η θερμαντική του αξία λόγω πρόσληψης υγρασίας. Επίσης λόγω της θερμικής μεταχείρισης που έχει υποστεί είναι ανθεκτικό στη σήψη.
- Είναι εύθρυπτο και αλέθεται εύκολα σε σκόνη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη μορφή αυτή ως καύσιμο ή να συμπυκνωθεί σε πελλέτες και μπριγκέτες. Στη συμπυκνωμένη μορφή έχει μεγάλη θερμική πυκνότητα, μικρότερο μεταφορικό και αποθηκευτικό κόστος και διευκολύνει αυτόματα τροφοδοσία των καυστήρων καύσης του.





# Αργή πυρόλυση (1/4)

- Με την αργή πυρόλυση (slow pyrolysis) επιδιώκεται εκτός από την παραγωγή ξυλάνθρακα η αξιοποίηση των υγρών και αερίων προϊόντων της πυρόλυσης είτε ως καύσιμων υλικών είτε ως βάση για την παραγωγή χημικών προϊόντων.
- Η αργή πυρόλυση είναι επίσης γνωστή και ως καταστρεπτική απόσταξη του ξύλου (destructive distillation of wood).



# Αργή πυρόλυση (2/4)

- Η καταστρεπτική απόσταξη είναι σχετικά ταχύτερη πυρόλυση από την ανθρακοποίηση και γίνεται σε θαλάμους από κεραμικό υλικό και συνηθέστερα σε λέβητες από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Σε σύγχρονους λέβητες η παραγωγή είναι συνεχής και η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε τέσσερις φάσεις.



# Αργή πυρόλυση (3/4)

- Τα παραγόμενα υγρά και αέρια διέρχονται από συμπυκνωτές και φίλτρα καθαρισμού.
- Τα μη συμπυκνούμενα αέρια που είναι κυρίως  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  και υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται με καύση για την θέρμανση του λέβητα ή συλλέγονται και χρησιμοποιούνται ως ξυλαέριο.
- Τα υγρά προϊόντα συλλέγονται και διαχωρίζονται σε πίσσα, κρεόζωτο, βαριά και ελαφρά λάδια, μεθανόλη, οξικό οξύ, ακετόνη και εστέρες ή χρησιμοποιούνται ως καύσιμο (πυρολυτικό λάδι, βιοέλαιο).



# Αργή πυρόλυση (4/4)

- Καταστρεπτική απόσταξη ξύλου κωνοφόρων (ιδιαίτερα παλαιών πρέμνων πεύκης) δίνει επίσης κολοφώνιο, τερεβινθέλαιο, διπεντένιο, πινέλαιο κ.ά..
- Ο παραγόμενος ξυλάνθρακας χρησιμοποιείται ως καύσιμο ως έχει ή συμπυκνώνεται σε μπριγκέτες και πελλέτες, καθώς και σε άλλες χρήσεις όπως ο κοινός ξυλάνθρακας.



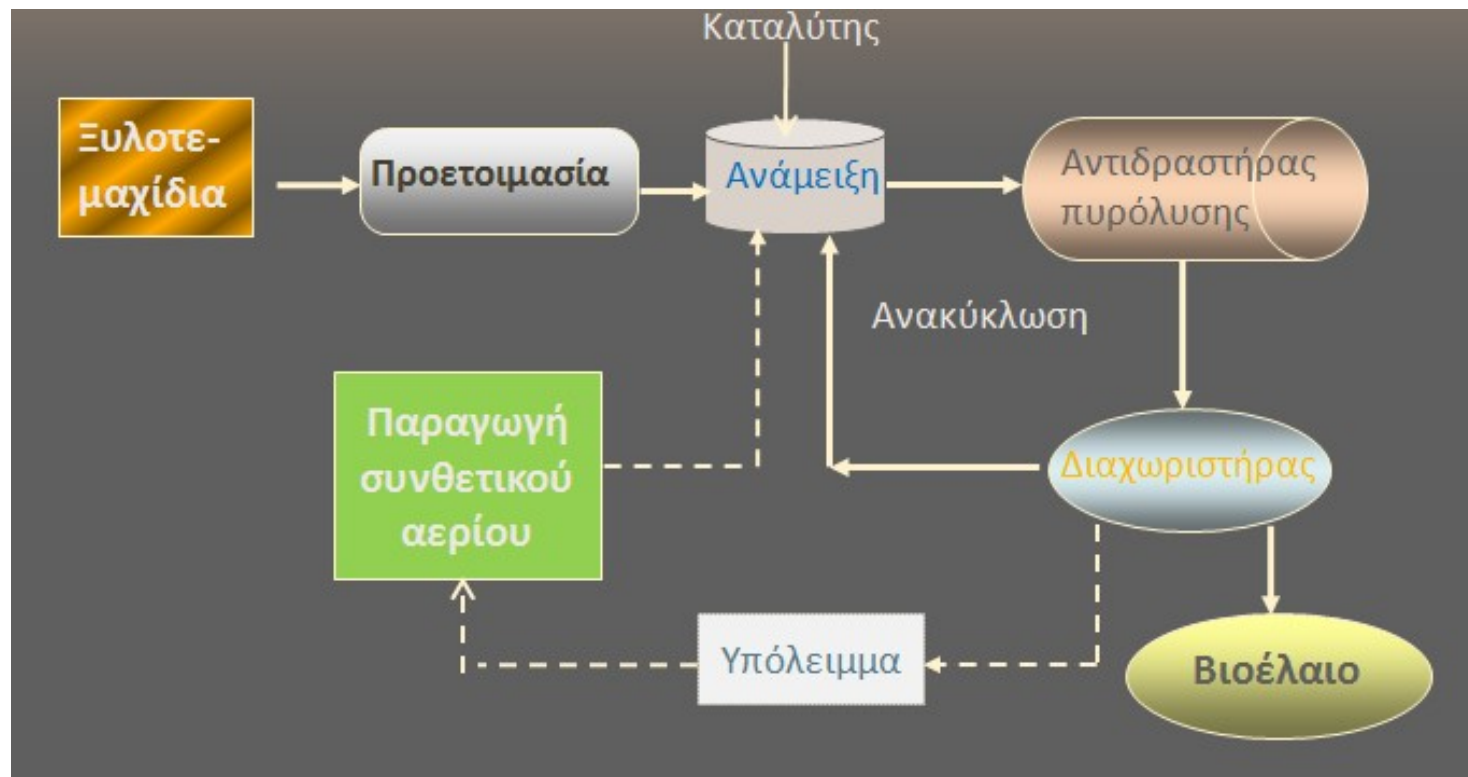
# Υγροποίηση-Ταχεία πυρόλυση (1/4)

- Η θερμική υγροποίηση (thermal liquefaction) γίνεται με ταχεία πυρόλυση (fast pyrolysis) και αποβλέπει στη μετατροπή του ξύλου και γενικότερα της φυτικής βιομάζας σε υγρά (πυρολυτικό λάδι ή βιοέλαιο) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα υψηλής θερμαντικής αξίας ή/και ως χημική πλατφόρμα για την παραγωγή πολύτιμων χημικών προϊόντων.



# Υγροποίηση-Ταχεία πυρόλυση (2/4)

Εικόνα 13.7. Απλοποιημένο διάγραμμα ταχείας πυρόλυσης (υγροποίησης) ξύλου



# Υγροποίηση-Ταχεία πυρόλυση (3/4)

- Ταχεία πυρόλυση λαμβάνει χώρα όταν το ξύλο θερμαίνεται με μεγάλη ταχύτητα στους 450-600 °C (για 1-3 δευτερόλεπτα), απουσία αέρα.
- Στις συνθήκες αυτές πυρολύεται η βιομάζα και παράγονται οργανικοί ατμοί, αέρια και ξυλάνθρακας. Συνήθως η παραγωγική διαδικασία ακολουθεί συνεχή ροή.



# Υγροποίηση-Ταχεία πυρόλυση (4/4)

- Γενικά, υψηλότερες θερμοκρασίες αυξάνουν τη ταχύτητα και το βαθμό αποσύνθεσης του ξύλου.
- Στη θερμοκρασιακή περιοχή των 500°C επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή βιοελαίου. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες (μέχρι 700°C) ένα μέρος των συστατικών του βιοελαίου αεριοποιείται, ενώ σε χαμηλότερες αυξάνει η ποσότητα του άνθρακα.
- Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση είναι η ταχύτητα θέρμανσης και ο χρόνος πυρόλυσης, το είδος του ξύλου και το μέγεθος των ξυλοτεμαχιδίων (1-5 mm).





# Άμεση ή Καταλυτική υγροποίηση

- Με την άμεση υγροποίηση (direct or catalytic lignefaction) επιδιώκεται η πλήρης υγροποίηση του ξύλου σε υγρά.
- Η άμεση υγροποίηση διαφέρει από τη υγροποίηση με ταχεία πυρόλυση κυρίως στο ότι χρησιμοποιεί χαμηλότερες θερμοκρασίες (250-350°C), πίεση (10-30 Μρα) και καταλύτη και μετατρέπει σχεδόν όλη τη ξυλώδη μάζα σε βιοέλαιο. Ως καταλύτης χρησιμοποιείται συνήθως το ανθρακικό κάλιο ή ανθρακικό νικέλιο.



# Ιδιότητες και χρήσεις βιοελαίου (1/3)

- Το βιοέλαιο αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό χημικών ενώσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο ή να αποτελέσει πρώτη ύλη βιοδιυλιστηρίου για διύλιση του σε διάφορα χημικά όπως και το αργό πετρέλαιο.
- Ως καύσιμο μπορεί να αντικαταστήσει το μαζούτ σε λέβητες οικιακής, κεντρικής και τηλεθέρμανσης, σε λέβητες ατμού, σε αεριοστρόβιλους για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης ή να αεριοποιηθεί για να παραχθούν καύσιμα μηχανών εσωτερικής ή χημικά.



# Ιδιότητες και χρήσεις βιοελαίου (2/3)

- Σε σύγκριση με το μαζούτ, το βιοέλαιο ως καύσιμο έχει μικρότερη θερμαντική αξία, αλλά κατά 50% μεγαλύτερο ειδικό βάρος και απαιτεί μικρότερους αποθηκευτικούς χώρους (η μικρότερη θερμαντική αξία του οφείλεται στο μεγάλο ποσοστό νερού και οξυγόνου), είναι όξινο και μπορεί να προκαλέσει διάβρωση μεταλλικών αποθηκών, έχει υψηλό ιξώδες και είναι πιθανή η διάσθρωση των διαφόρων συστατικών του.



# Ιδιότητες και χρήσεις βιοελαίου (3/3)

- Το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι κυρίως περιβαλλοντικό, είναι ανανεώσιμο και περιέχει πολύ μικρό ποσοστό αζώτου και ελάχιστο ή καθόλου θείου.
- Σήμερα καταβάλλονται πολλές βιομηχανικές προσπάθειες για την αναβάθμιση του βιοελαίου με την απομάκρυνση του νερού και μείωση του οξυγόνου ώστε να καταστεί κατάλληλο ως καύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης.



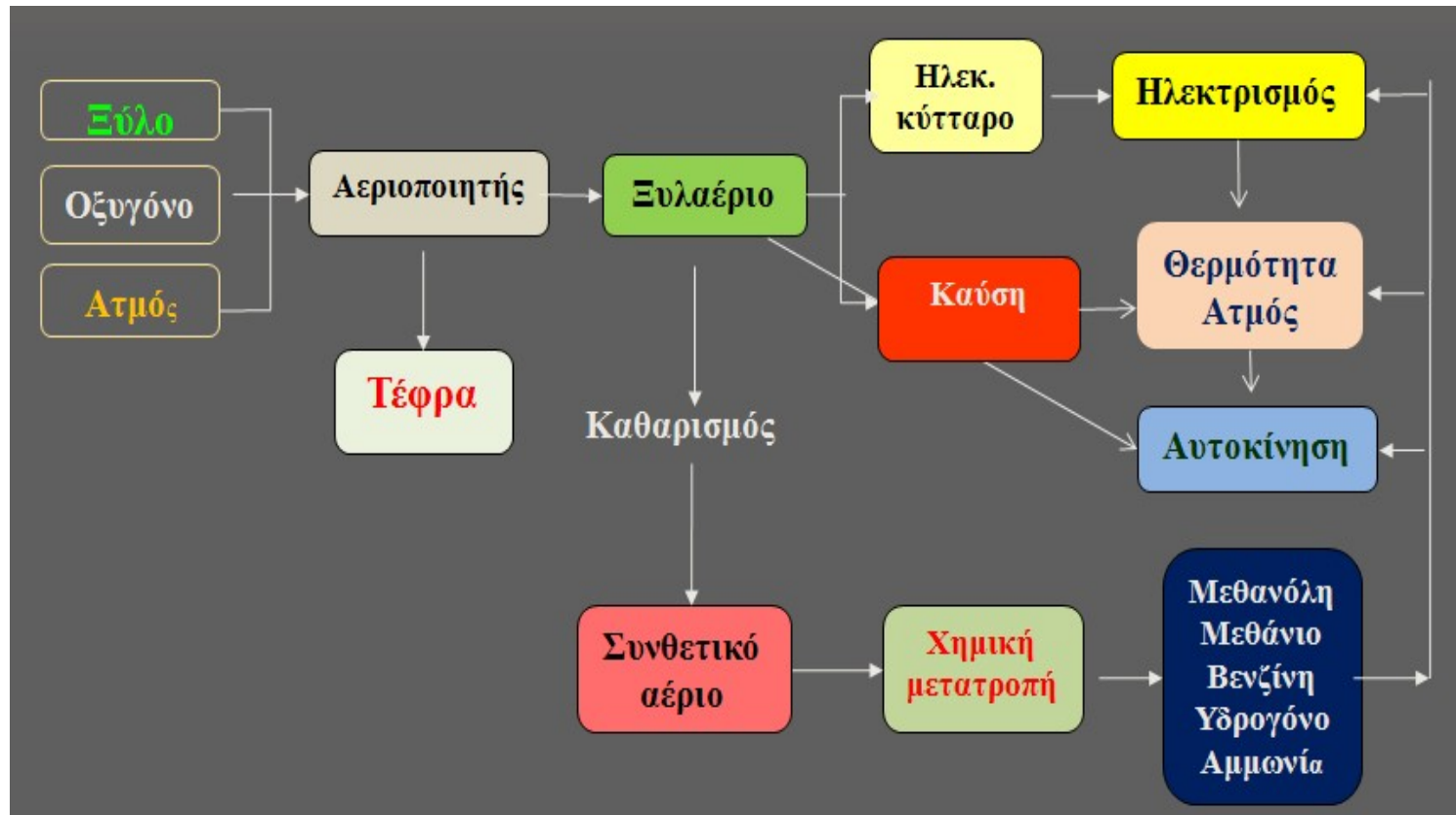
# Αεριοποίηση (1/2)

- Με την αεριοποίηση του ξύλου (δασικής βιομάζας) επιδιώκεται η μετατροπή όλης της οργανικής ύλης σε αέρια (ξυλαέριο) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας με άμεση καύση ή να μετατραπούν σε καύσιμα υγρά και αέρια με υψηλότερη θερμαντική αξία ή σε χημικά προϊόντα.
- Για τον σκοπό αυτό η αεριοποίηση γίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες (1000-1400°C) παρουσία περιορισμένης και ελεγχόμενης ποσότητας αέρα ή οξυγόνου ώστε τα κύρια προϊόντα να είναι μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (συνθετικό αέριο).



# Αεριοποίηση (2/2)

Εικόνα 13.8. Απλοποιημένο σχήμα αεριοποίησης ξύλου για παραγωγή ενέργειας και χημικών



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (1/7)

Το ξύλο, και γενικότερα η δασική βιομάζα, ως πηγή ενέργειας συγκρινόμενο με τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, γαιάνθρακα, φυσικό αέριο) έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Το ξύλο είναι ανανεώσιμο υλικό (παράγεται μέσω της φωτοσύνθεσης, δεσμεύοντας ενέργεια από τον ήλιο, CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα και νερό από το έδαφος) ενώ τα ορυκτά δεν ανανεώνονται, εξαντλούνται συνεχώς, και μολύνουν το περιβάλλον.



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (2/7)

- Το  $\text{CO}_2$  που παράγεται κατά την καύση όλων των καυσίμων και εκλύεται στην ατμόσφαιρα είναι το κύριο αίτιο του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Τα βιοκαύσιμα του ξύλου έχουν ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα (η ποσότητα  $\text{CO}_2$ , που εκλύουν κατά τη καύση τους είναι ίση με τη ποσότητα που έχει δεσμευτεί κατά τη φωτοσύνθεση τους).





# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (3/7)

- Αν μάλιστα ληφθεί υπόψη ότι ένα μέρος της δασικής βιομάζας δεν συγκομίζεται αλλά παραμένει στο δάσος είτε για αύξηση του ξυλαποθέματος είτε ως υπολείμματα υλοτομιών, τα βιοκαύσιμα του ξύλου έχουν θετικό ισοζύγιο άνθρακα. Η παραγωγή και χρησιμοποίηση του ξύλου και των στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων προϊόντων του δεν μολύνει το περιβάλλον με τοξικές ουσίες σε αντίθεση με την παραγωγή και χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων. Τα προϊόντα καύσης της βιομάζας και των βιοκαυσίμων είναι βασικά νερό και διοξείδιο του άνθρακα, και ελάχιστες ποσότητες αζώτου.



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (4/7)

- Καύση ορυκτών καυσίμων εκλύει εκτός του διοξειδίου του άνθρακα και διοξείδια του θείου και αζώτου που μολύνουν το περιβάλλον και αποτελούν σοβαρούς και συνεχείς κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και των φυτών (όξινη βροχή).
- Επίσης, η κατεργασία των ορυκτών καυσίμων (διύλιση, αεριοποίηση κτλ.) παράγει απόβλητα τα οποία μολύνουν και καταστρέφουν τη ζωή στους χώρους αποβολής των (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες κ.ά.).



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (5/7)

- Η ημιτελής καύση του καυσόξυλου σε πατροπαράδοτα τζάκια, και λιγότερο σε συμβατικές σόμπες, έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα, αιωρούμενων μικροσωματιδίων, αιθάλης και μιας αποκρουστικής οσμής. Η χρησιμοποίηση όμως σύγχρονων καυστήρων (ενεργειακά τζάκια, σύγχρονες σόμπες, καυστήρες με λέβητες κεντρικής θέρμανσης και τηλεθέρμανσης) και εξευγενισμένων στερεών βιοκαυσίμων (πελλετών ξύλου), βιοελαίου και ξυλαερίου ελαχιστοποιηθούν το πρόβλημα.



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (6/7)

- Η παραγωγή ξύλου στο δάσος με την φωτοσύνθεση αποτελεί το αποδοτικότερο σύστημα συνεχούς δέσμευσης και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας. Το δάσος αποτελεί τον απλούστερο τρόπο αποθήκευσης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποτεδήποτε χρειασθεί. Η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία στην χρησιμοποίησή της. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια σε στερεά, υγρή και αέρια μορφή ή μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί και χημικά προϊόντα για τα οποία οι ανάγκες του ανθρώπου είναι επίσης μεγάλες και συνεχώς αυξάνονται.



# Πλεονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (7/7)

- Ξύλο παράγεται σε όλες τις χώρες του κόσμου και είναι εύκολα προσιτό. Τα ορυκτά καύσιμα παράγονται μόνον σε λίγες χώρες και η διαθεσιμότητα τους εξαρτάται από διεθνείς πολιτικές, στρατιωτικές και οικονομικές συνθήκες.



# Μειονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (1/4)

Το ξύλο ως καύσιμο υλικό έχει επίσης **μειονεκτήματα:**

- Έχει χαμηλή θερμαντική αξία κατά μονάδα βάρους και ακόμη μικρότερη κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Το ξύλο έχει σχετικά μεγάλες ποσότητες υγρασίας οι οποίες μειώνουν την διαθέσιμη θερμαντική αξία όταν αυτή υπολογίζεται με βάση το υγρό βάρος του.



# Μειονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (2/4)

- Το ξύλο στο δάσος, ιδιαίτερα τα υπολείμματα συγκομιδής, είναι διάσπαρτο σε μεγάλες εκτάσεις κι αν ληφθεί υπ' όψη ο μεγάλος όγκος σε σχέση με το βάρος του, η συλλογή και μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις είναι αντιοικονομική.



# Μειονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (3/4)

- Χρησιμοποίηση με άμεση καύση ή αεριοποίηση όμως του ξύλου σε μικρές αποστάσεις από τους τόπους παραγωγής του ή των υπολειμμάτων κατεργασίας του μέσα στα εργοστάσια για παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας έχει αποδειχθεί οικονομικά συμφερότερη από την χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων.





# Μειονεκτήματα του ξύλου ως πηγής ενέργειας (4/4)

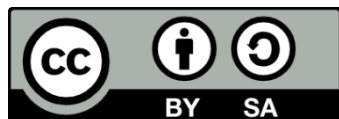
- Το πρόβλημα της συγκομιδής και μεταφοράς του ξύλου από το δάσος μπορεί να αντιμετωπισθεί με εφαρμογή σύγχρονης τεχνολογίας συγκομιδής, τεμαχισμού σε θρύμματα ή/και συμπύκνωσής του σε πελλέτες και μπριγκέτες υψηλής πυκνότητας. Επίσης μετατροπή του ξύλου επί τόπου σε καύσιμα μεγαλύτερης θερμαντικής αξίας και πυκνότητας (ξυλάνθρακα, πυρολυτικό λάδι, μεθανόλη και αιθανόλη) ελαχιστοποιεί τα πιο πάνω μειονεκτήματα του ξύλου.





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Παπανικολάου Αναστάσιος  
Θεσσαλονίκη, 30/ 8/ 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:\*
- \* Όλες οι εικόνες (13.1-13-8) είναι παρμένες από το προσωπικό αρχείο του κ. Ιωάννη Φιλίππου



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιωάννης Φιλίππου.  
«Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου. Ενέργεια». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη  
2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS442/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

