

Ενεργειακή Αξιοποίηση Στερεής Βιομάζας και Εφαρμογές

Ιωάννης Ελευθεριάδης
Τμήμα Βιομάζας, ΚΑΠΕ
Επιμελητήριο Σερρών 21.06.2017

6/22/2017

Στερεά βιοκαύσιμα

- Διάφορα είδη
 - Ξυλώδη
 - Αγρωστώδη
 - Ενεργειακά φυτά
- Διαφορετικές μορφές
 - Καυσόξυλα
 - Pellets
 - Μπριγκέτες
 - Θρυμματισμένο υλικό
 - Δέματα
 - Χύμα
 - Κονιορτοποιημένο υλικό

Ξυλώδη βιοκαύσιμα

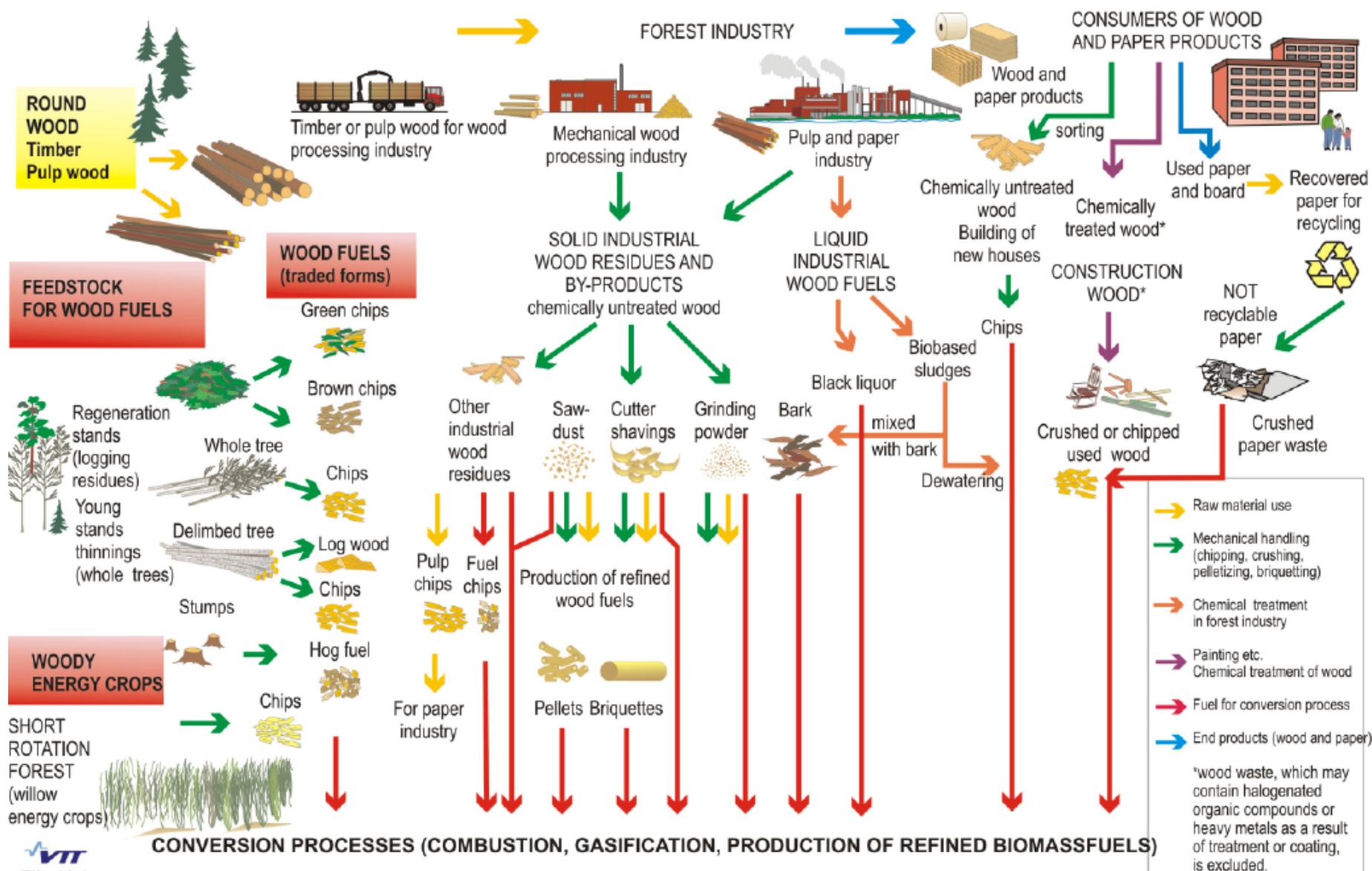
- Ξυλώδης βιομάζα
 - Ξύλο δασών/ φυτειών
 - Ολόκληρα δέντρα
 - Κορμόξυλο
 - Υπολείμματα υλοτομιών
 - Πρέμνα / ρίζες
 - Φλοιός
 - Υποπροϊόντα επεξεργασίας ξύλου
 - Πριονίδι / εξακρίδια
 - Επεξεργασμένο κα μη επεξεργασμένο
 - Χρησιμοποιημένο ξύλο
 - Κτίρια / κατασκευές

Πρώτη ύλη για ξυλώδη βιοκαύσιμα

1.1 FOREST, PLANTATION AND OTHER VIRGIN WOOD

1.2 BY-PRODUCTS AND RESIDUES FROM WOOD PROCESSING INDUSTRY

1.3 USED WOOD



Source: E. Alakangas, VTT, Finland

Πρώτη ύλη για στερεά βιοκαύσιμα

Πρώτη ύλη	Μέση υγρασία	Πηγή	Χρήση
Υπολείμματα πριστηρίου	15 – 50%	Πριστήρια	Θρυμματισμένο ξύλο, pellets
Στρογγύλη ξυλεία	20 – 50%	Δάση, πριστήρια	Καυσόξυλα, Θρυμματισμένο ξύλο
Δασικά υπολείμματα	45 – 55%	Δάση	Καυσόξυλα, Θρυμματισμένο ξύλο
Διαμόρφωση χώρων πρασίνου	45 – 60%	Φορείς διαχείρισης	Θρυμματισμένο ξύλο
SRC	45 – 55%	Φυτείες	Θρυμματισμένο ξύλο
Στελέχη	10 – 20%	Αγροτικά υποπροϊόντα	Μονάδες άχυρου
Άλλες μορφές	10-60%	Αγροτικά υποπροϊόντα	Μονάδες θέρμανσης

Βιοκαύσιμα από αγροτικά υπολείμματα

- Αγροτικά υπολείμματα
 - Καλλιέργειες με σιτηρά και αγραωστώδη
 - Όλο το φυτό
 - Άχυρο
 - Σπόροι
 - Κελύφη
 - Κουκούτσια



Πελετοποίηση

- Μετατροπή ενός υλικού χαμηλής πυκνότητας
 - Αύξηση πυκνότητας (άχυρο: 40 kg/m³ → 750 kg/m³)
 - Μείωση δαπανών μεταφοράς, αποθήκευσης, διαχείρισης
 - Συγκεκριμένο μέγεθος → διεθνή πρότυπα
 - Ομοιογενές υλικό → αυτόματη διαδικασία



Προμήθεια και εφοδιασμός βιομάζας

- Είναι σημαντική για:
 - Σταθερή προμήθεια όλο το χρόνο
 - Πρόβλεψη τιμών
 - Σταθερή ποιότητα
 - Εμπόριο και συμβάσεις
 - Σχεδιασμό και συντήρηση του συστήματος θέρμανσης

Ζήτηση βιομάζας για ενέργεια

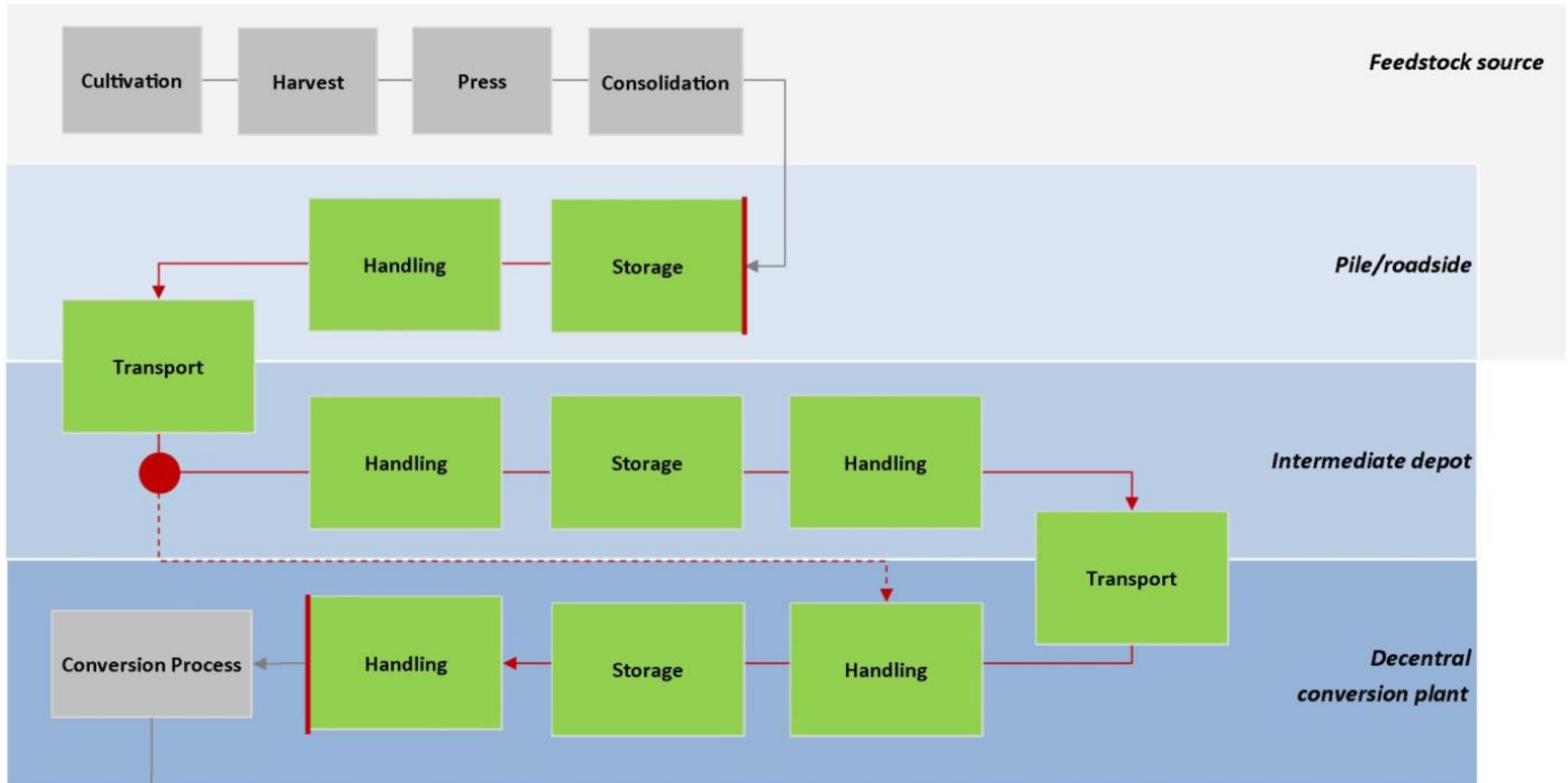
Τυπικά μεγέθη λειτουργίας για διάφορα μεγέθη και είδη μονάδων

Type of plant	Heat _(th) or power _(e) capacity ranges, and annual hours of operation.	Biomass fuel required (oven dry tonnes/year)	Vehicle movements for biomass delivery to the plant	Land area required to produce the biomass (% of total within a given radius).
Small heat	100 - 250 kW _{th} 2 000 hr	40 - 60	3 - 5 / yr	1 - 3% within 1 km radius
Large heat	250kW _{th} - 1 MW _{th} 3 000 hr	100 - 1200	10 - 140 / yr	5 - 10% within 2 km radius
Small CHP	500 kW _e - 2 MW _e 4 000 hr	1 000 - 5 000	150 - 500 / yr	1 - 3% within 5 km radius
Medium CHP	5 - 10 MW _e 5 000 hr	30 000 - 60 000	5 - 10 / day	5 - 10% within 10 km radius
Large power plant	20 - 30 MW _e 7 000 hr	90 000 - 150 000	25 - 50 / day and night	2 - 5% within 50 km radius

Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας

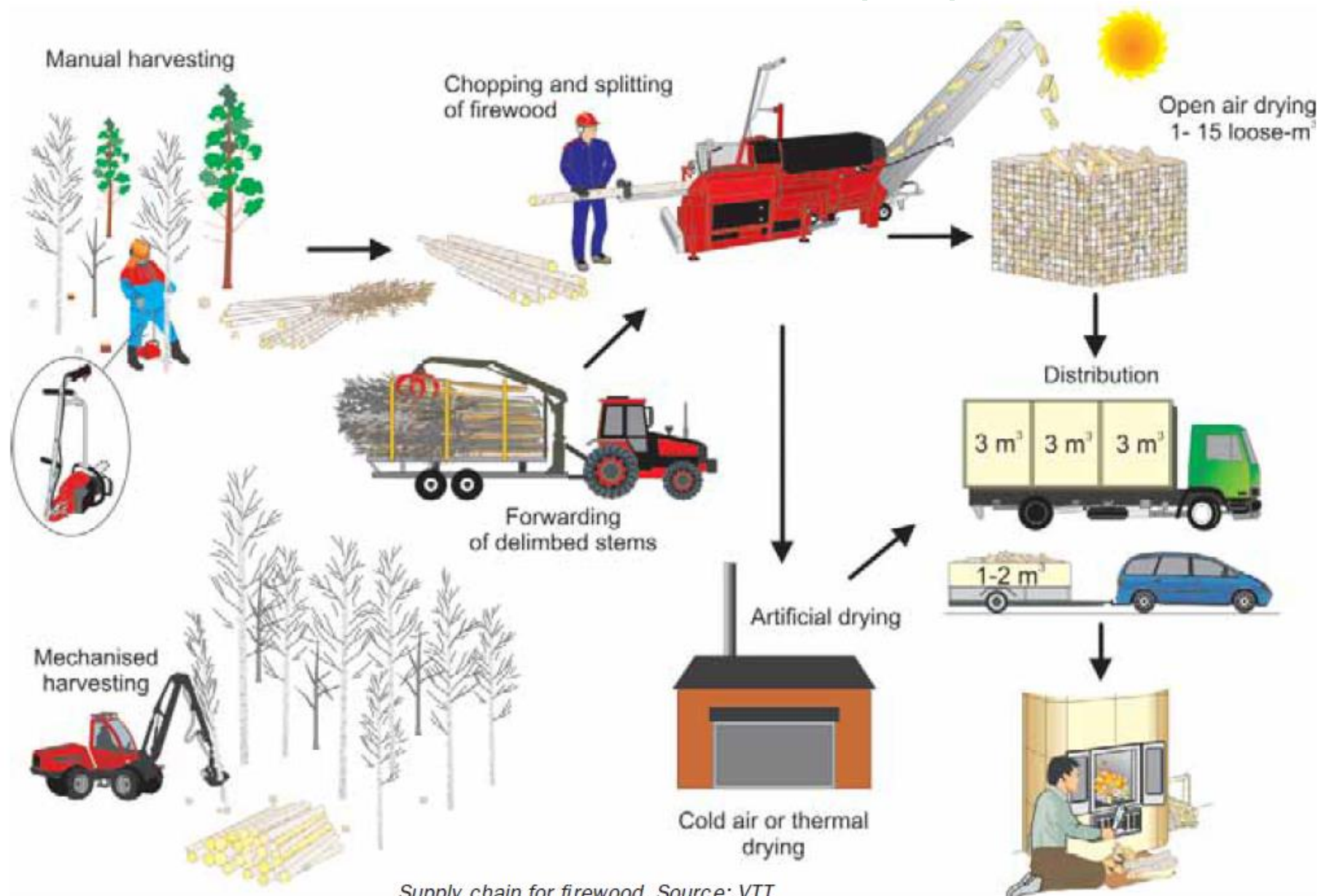
- Καλλιέργεια
- Συγκομιδή
- Ξήρανση
- Προεπεξεργασία
- Φόρτωση, εκφόρτωση
- Μεταφορά
 - Μικρών αποστάσεων
 - Μεγάλων αποστάσεων
- Αποθήκευση
 - Ενδιάμεση
 - Μακράς διάρκειας

Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας



Rotter and Rohrhofer (2013)

Εφοδιαστική αλυσίδα ξυλώδους βιομάζας



Supply chain for firewood. Source: VTT

Εφοδιαστική αλυσίδα ξυλώδους βιομάζας - εξοπλισμός

Chainsaw

purchase cost: 500-900 €

productivity in high forest:

1-1.2 solid m³/h (thinning)

2-2.5 solid m³/h (main felling)

productivity in coppice:

0.4-0.7 stacked m³/h (average cond.)

0.8-1.8 stacked m³/h (good cond.)

fuel consumption per hour:

0.6-1 l (petrol and oil mixture)

hourly cost: ≈ 18-20 €



Tractor and winch

tractor purchase cost: 45,000-60,000 €

winch purchase cost: 3000-4200 €

productivity in high forest: 2.5-6 solid m³/h

productivity in coppice: 3-7 stacked m³/h

fuel consumption per hour: 4-9 l

hourly cost: ≈ 45-50 € (2 operators)



Tractor and trailer

tractor purchase cost: 45,000-60,000 €

trailer purchase cost: 8,000-25,000 €

loading capacity: 5-15 t

productivity: 5-12 solid m³/h

(depending on hauling distance)

fuel consumption per hour: 5-10 l

hourly cost: ≈ 40-50 €



Εφοδιαστική αλυσίδα ξυλώδους βιομάζας - εξοπλισμός

Hybrid harvester

purchase cost: 240,000 €

max cutting diameter: 55 cm

max delimbing diameter: 50 cm

max negotiable slope: 45-50%

productivity: 10-15 solid m³/h

fuel consumption per hour: 10-12 l

hourly cost: ≈ 80 €



Skidder

purchase cost: 120,000 – 150,000 €

skidding capacity: up to 3 t

max negotiable slope: 20%

productivity: 8 - 12 solid m³/h

(depending on hauling distance)

fuel consumption per hour: 6-10 l

hourly cost: ≈ 55 - 65 €



Tractor-mounted processor

tractor purchase cost: 30,000 €

processor purchase cost: 45,000 €

max cutting diameter: 48 cm

max delimbing diameter: 40 cm

productivity: 10-15 solid m³/h

fuel consumption per hour: 4-5 l

hourly cost: ≈ 35 €



6/22/2017

Francescato V, et al. Wood fuels handbook. AIEL, Italien
Agriforestry Energy Association, 2008

Εφοδιαστική αλυσίδα ξυλώδους βιομάζας - εξοπλισμός

Excavator-based processor

excavator purchase cost: 170,000 €
processor purchase cost: 60,000 €
max cutting diameter: 65 cm
max delimbing diameter: 60 cm
productivity: 15-40 solid m³/h
fuel consumption per hour: 15 - 17 l
hourly cost: ≈ 85 €



Chipper

small power

purchase cost: 3,500-35,000 €
working diameter: max 20 cm
productivity: 2-3 t/h
fuel consumption per hour: 5-8 l

medium power

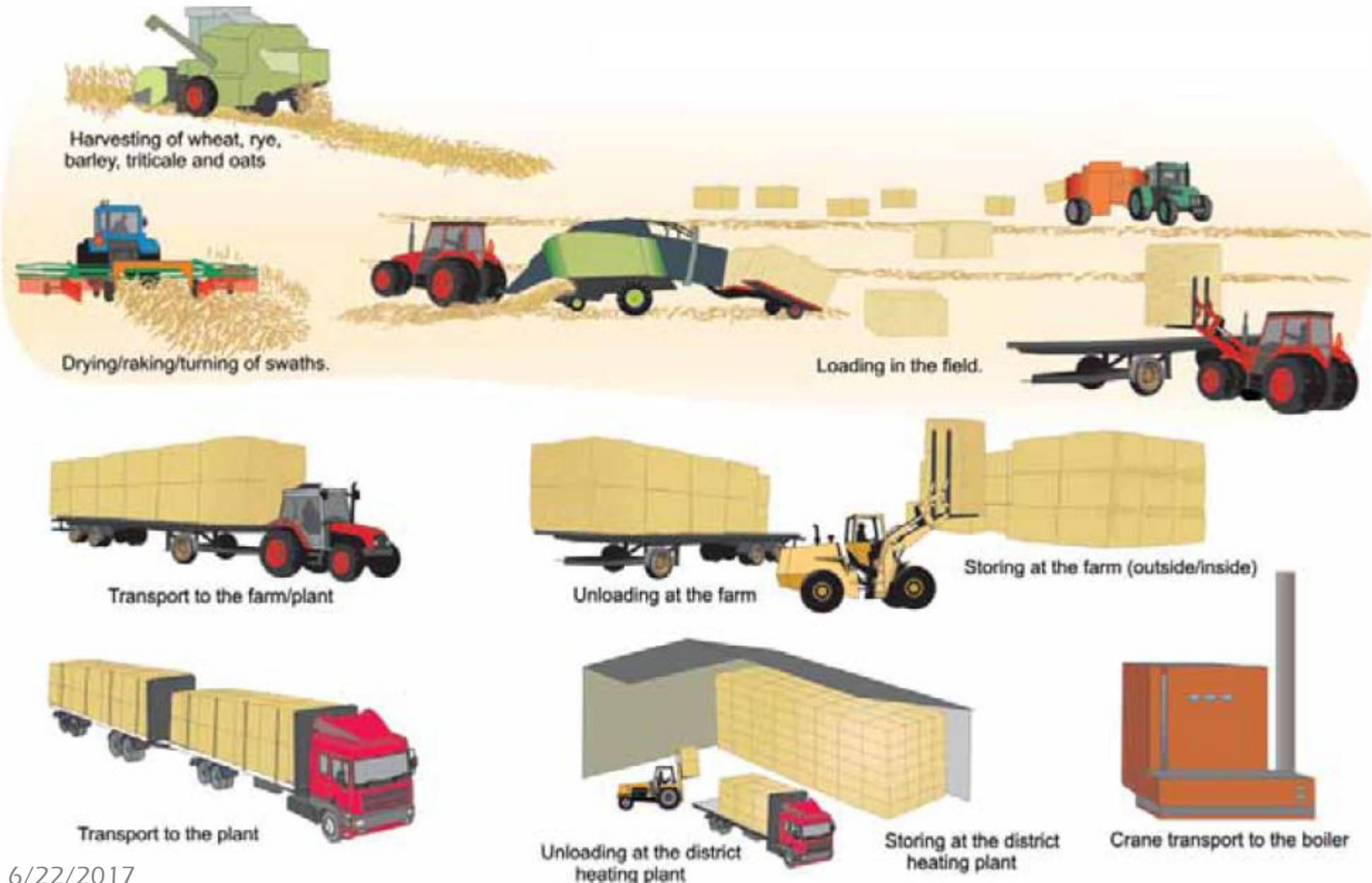
purchase cost: 15,000-75,000 €
working diameter: max 30 cm
productivity: 4-7 t/h
fuel consumption per hour: 10-14 l

high power

purchase cost: 31,000-250,000 €
working diameter: > 30 cm
productivity: 13-20 t/h
fuel consumption per hour: 34-38 l
hourly cost: ≈ 150-190 €



Εφοδιαστική αλυσίδα άχυρου



Εφοδιαστική αλυσίδα άχυρου



Συγκομιδή



Διαχείριση



Δεματοποίηση

Danish Technological Institute

Εφοδιαστική αλυσίδα άχυρου



Φόρτωση / εκφόρτωση



Μεταφορά για αποθήκευση



Αποθήκευση / κάλυψη

Εφοδιαστική αλυσίδα άχυρου



Τελική μεταφορά



Εκφόρτωση / αποθήκευση

Danish Technological Institute

Μεταφορά

Vehicle-trailer combination		Feedstock type	Max. cargo space / payload
Farm tractor and (two) tippers		Wheat straw and wood chips	70 m ³ / 21.4 t
Farm tractor and platform trailer		Wheat straw	89 m ³ / 18 t
Farm tractor and hook lift trailer for roll-off containers		Wood chips	40 m ³ / 23 t
Truck and drawbar trailer		Wheat straw and wood chips	115 m ³ / 25 t
Truck and drawbar/hook lift trailer for roll-off containers		Wood chips	60 m ³ / 26 t

Φόρτωση / εκφόρτωση

Handling equipment

Front-end loaders (farm tractor)



Telescopic handler



Forklift truck



Gantry crane



Αποθήκευση

Storage locations (biomass logistics)		Square bales	Wood chips
1	Piles/roadside landing		
2	Intermediate depot		
3	Decentral conversion plant		

Ασφάλεια προμήθειας

- Συμβολαιοποίηση
 - Συμβάσεις προμήθειας διασφαλίζουν
 - Έγκαιρη προμήθεια
 - Ποιότητα
 - Σταθερότητα τιμών
 - Επιστροφή σε περίπτωση παραβίασης της σύμβασης
- Χώρος αποθήκευσης
 - Εξισορρόπηση μεταξύ της ασφάλειας εφοδιασμού και του κόστους επένδυσης
 - Η αποθήκευση θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τον εφοδιασμό με καύσιμα μία εβδομάδα
 - Σε πολλές περιπτώσεις συνιστάται μεγαλύτερος χώρος αποθήκευσης για να περιοριστεί ο αριθμός των μεταφορών και να γεφυρώσει περιόδους χωρίς δυνατότητα εφοδιασμού

Έλεγχος ποιότητας

- Πρότυπα στερεών βιοκαυσίμων
 - EN 14961: Technical specifications →
 - → EN ISO 17225
 - EN 15234: Quality assurance
- Ετικέτα EN-plus, EN

Εφοδιαστική αλυσίδα - προκλήσεις

- Διαφορετικοί τύποι
- Εποχικές μεταβολές (ποσότητες & ποιότητα)
- Χρόνος αποθήκευσης
- Χαμηλή πυκνότητα



Διαχείριση για να εξασφαλιστεί...

- Διαθεσιμότητα την κατάλληλη στιγμή
- Στις σωστές ποσότητες
- Στην κατάλληλη ποιότητα



→ Σταθερή, ασφαλής προμήθεια με προβλέψιμο (χαμηλό) κόστος

- Συστήματα καύσης και θέρμανσης μικρής κλίμακας (για αγροικίες ή για λίγα νοικοκυριά)
- Μεγαλύτερα συστήματα καύσης και θέρμανσης (για μικρά δίκτυα τηλεθέρμανσης με αρκετά συνδεδεμένα νοικοκυριά)
- Μονάδες συμπαραγωγής (CHP) με θρυμματισμένο ξύλο (κύκλου ORC, ατμοστρόβιλου)
- Αεριοποίηση για παραγωγή ηλεκτρισμού
- Σύγκραση σε μεγάλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (με ορυκτά καύσιμα)
- Διεργασίες βιο-διυλιστηρίου (π.χ. πυρόλυση, αεριοποίηση, ανθρακοποίηση, βιο-αιθανόλη βιοχημικής μετατροπής, βιο-πλαστικά)
- Παραγωγή pellets
- Ειδικές εφαρμογές: ως **επίστρωμα** για εργασίες κηπουρικής, **στρωμνή**, παραγωγή μανιταριών, ως **δομικό υλικό**

- ✓ Κατάλληλος για φορτία > 25kW (100kW).
- ✓ Αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου.
- ✓ Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις – Δεξαμενή αδράνειας.
- ✓ Διαχείριση: γερό εξοπλισμό
- ✓ Αποθήκευση: χώρο
- ✓ Τοπικό/ φτηνό καύσιμο, προδιαγραφές, υγρασία.

- Υγρασία καυσίμου: 15-50%
- Τροφοδοσία από κάτω, οριζόντια ή κλιμακωτά
- Αυτόματη έναυση
- Αυτόματο καθαρισμό
- Αυτόματη απομάκρυνση στάχτης
- Έλεγχος: με αισθητήρα λ
- Τηλεχειρισμός

VEITO 60 kW stoker burner





Σύστημα θέρμανσης με θρυμματισμένο ξύλο μεσαίας κλίμακας (3 MW) - λέβητας και δοχείο αδράνειας (Πηγή: Rutz D.)

22/6/2017



**Σύστημα ORC (1,520 kW_{el}) της
'Grünfuttertrocknungsgenossenschaft Kirchdorf a.H.eG'
(Πηγή: Rutz D.)**

22/6/2017

Μεταφορά-Αποθήκευση



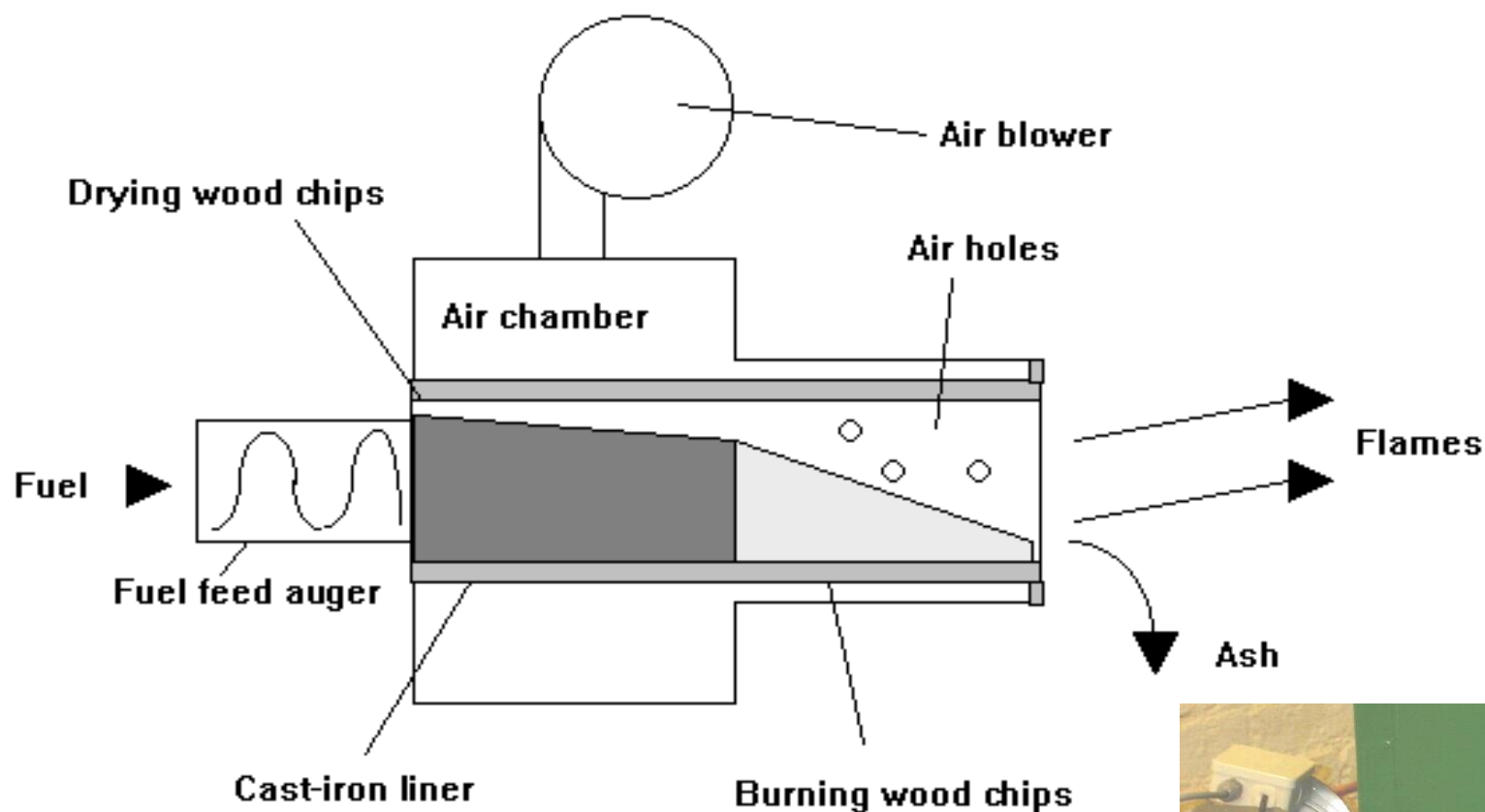
Αποθήκευση



Αποθήκευση θρυμματισμένου ξύλου- Ασφάλεια

- ✓ Υγρασία $> 35\%$ → αποσύνθεση (μικροβιακή δραστηριότητα) → θερμότητα
- ✓ -1% της θερμογόνου το μήνα
- ✓ Ανάπτυξη μυκήτων, επικίνδυνοι για τα πνευμόνια
- ✓ Σε ψηλούς σωρούς → θερμότητα, υψηλή θερμοκρασία, αυτανάφλεξη
- ✓ Αναφέρεται μέγιστο ύψος 8-12μ

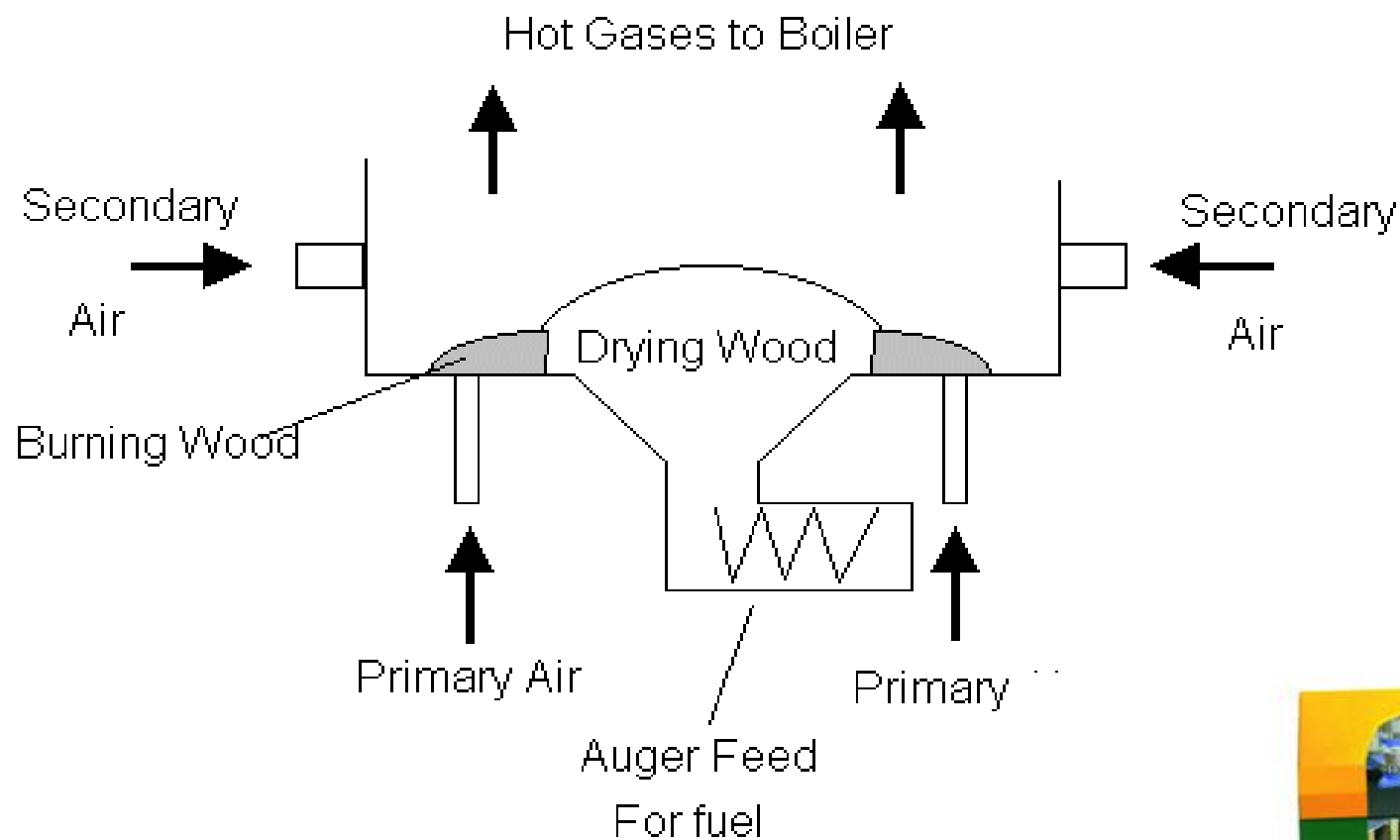
Τροφοδοσία - Stokers



VETO 60 kW
stoker burner



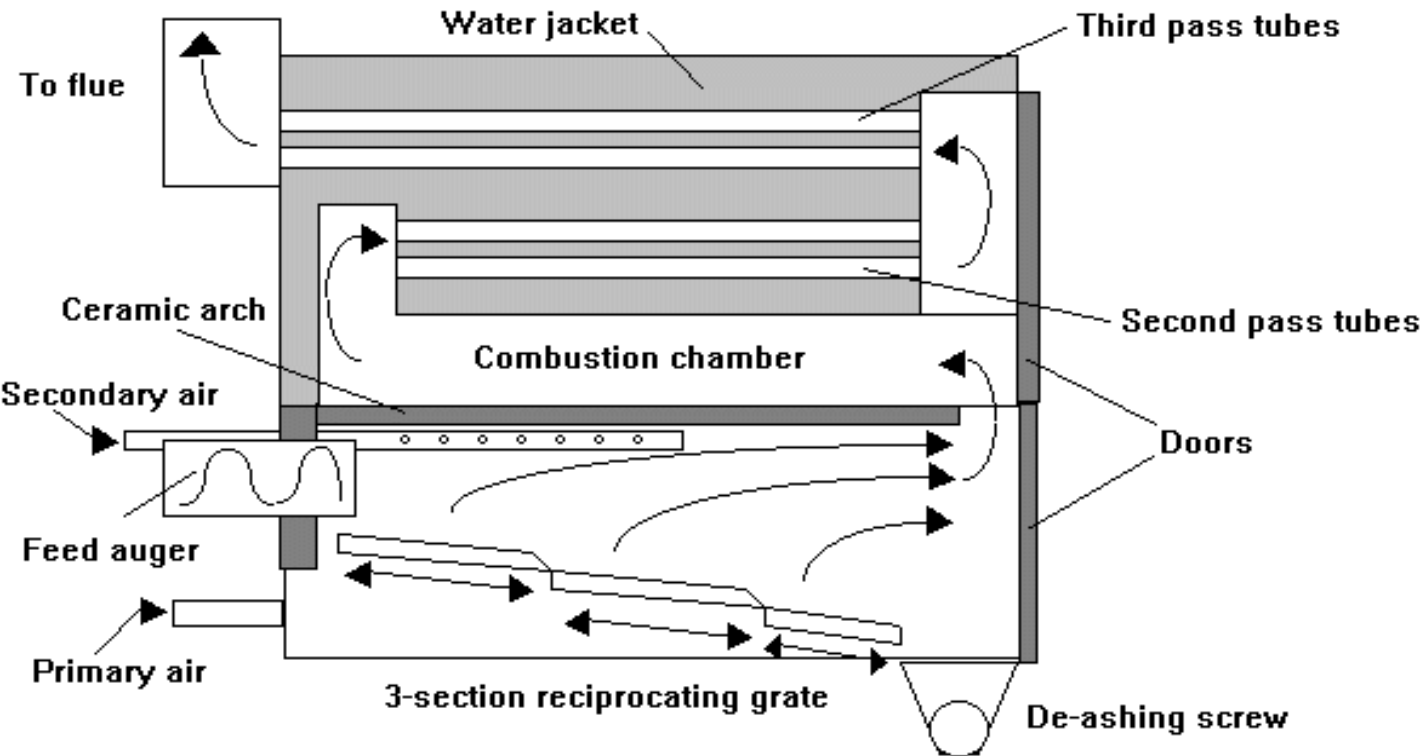
Τροφοδοσία - Stokers



KWB underfeed stoker
with vertical tube
heat exchanger



Τροφοδοσία - Κλιμακωτή εσχάρα



- Ανθεκτική σε «υγρά» και ακανόνιστα καύσιμα γιατί διαθέτει μεγαλύτερη «διαδρομή»

Πηγή: British Biogen

**Small HDG chip boiler
~50 kW**



**300 kW Compton boiler
with refractory lined
stepped grate**

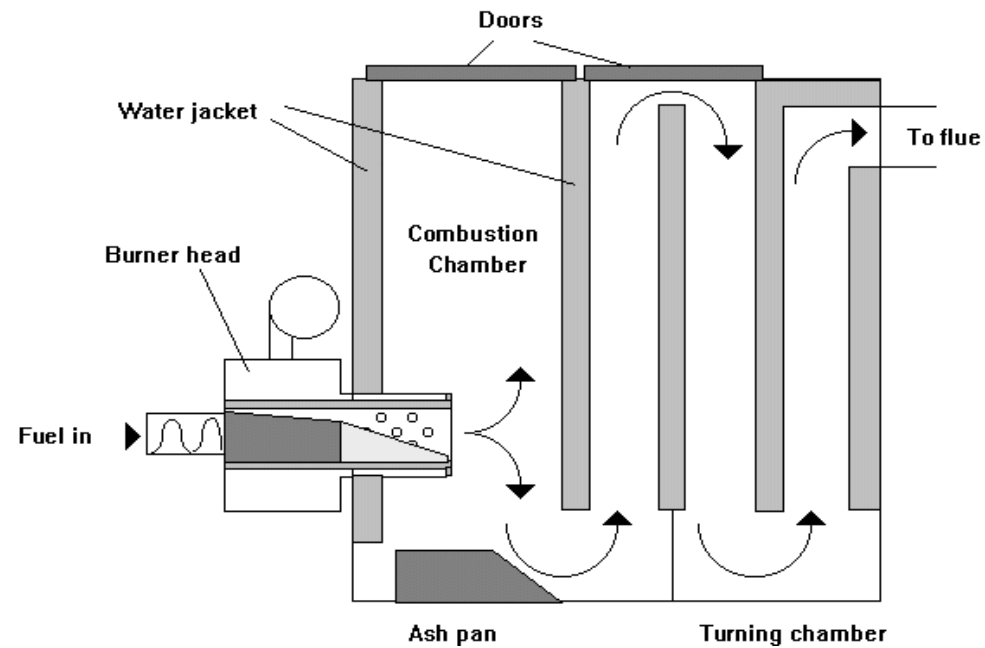
Μικροί 30 - 100 kW

- ✓ Οικιακοί
- ✓ Θέρμανση και νερό χρήσης, μικρά δίκτυα
- ✓ Μέγεθος ηλεκτρικής κουζίνας
- ✓ Υψηλών προδιαγραφών καύσιμο, υγρασία <30%
- ✓ Καυστήρας stoker



- ✓ Θέρμανση και νερό χρήσης, θερμότητα διεργασίας
- ✓ μικρά δίκτυα θερμότητας ή μεγάλα κτίρια
- ✓ Μέσων προδιαγραφών καύσιμο, υγρασία <40%
- ✓ Κλιμακωτή εσχάρα

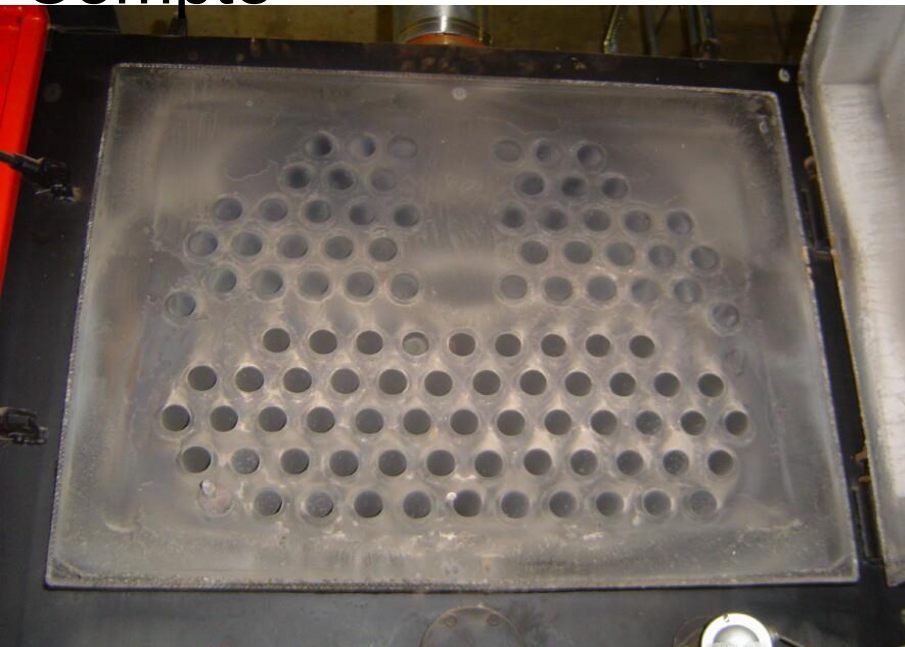




VETO

Compte

• KWB



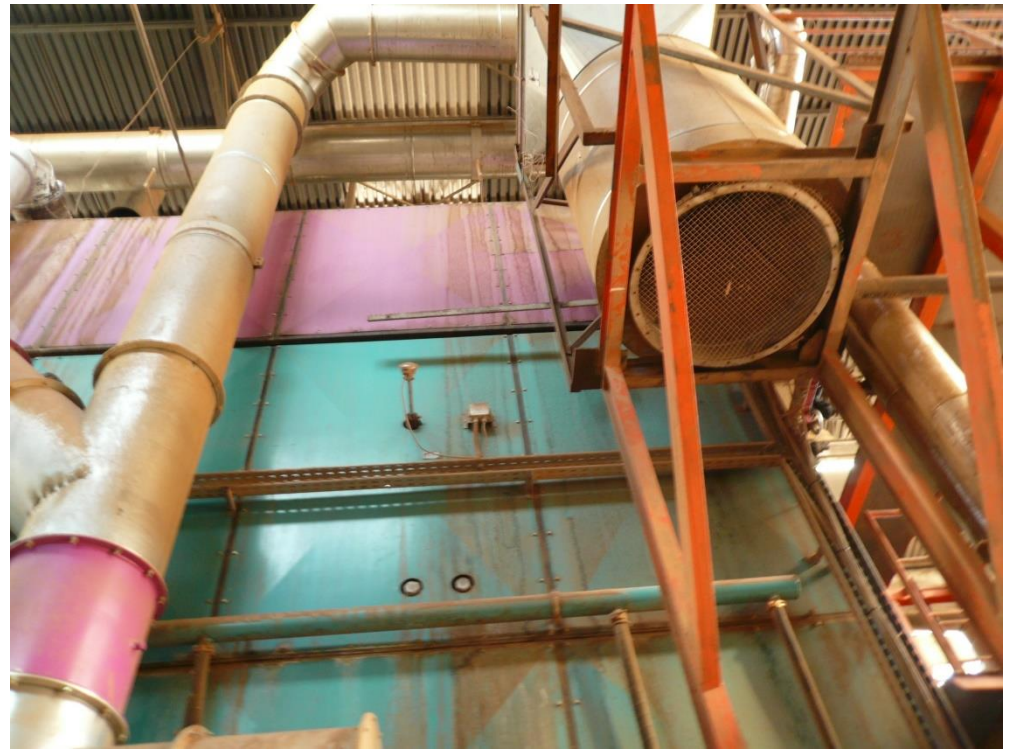
Υπέρ & Κατά

- ✓ Φτηνό καύσιμο
- ✓ Αυτόματος έλεγχος
- ✓ Ποικιλία μεγέθους και τεχνολογίας
- ✓ Μεγάλη αντοχή
- ✓ Καλύτερα για $> 100\text{kW}$
- ✗ Απαιτείται προσοχή στην διαχείριση καυσίμου
- ✗ Συνεχής συντήρηση
- ✗ Μεγάλος όγκος αποθήκευσης καυσίμου











6/22/2017



6/22/2017



6/22/2017



6/22/2017





Φωτογραφίες Ν.ΣΑΜΑΡΑΣ

6/22/2017



Φωτογραφίες Ν ΣΑΜΑΡΑΣ

Εγκατάσταση 2 λεβήτων ισχύος 1.000.000
Kcal/h έκαστος

6/22/2017



Φωτογραφίες Ν.ΣΑΜΑΡΑΣ

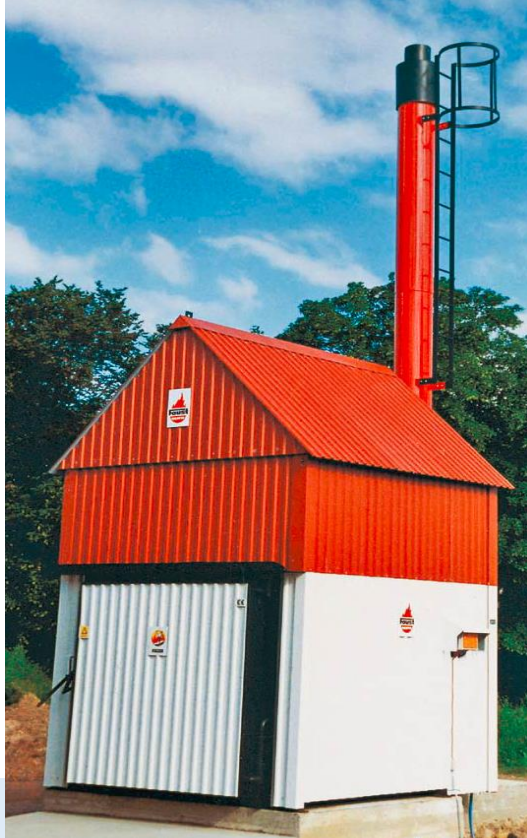
6/22/2017



6/22/2017



6/22/2017



6/22/2017

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!!

Ιωάννης Ελευθεριάδης
Τμήμα Βιομάζας, ΚΑΠΕ
Τηλ. 210 6603384, 210 6603300
Fax. 210 6603301
Email: joel@cres.gr
www.cres.gr