AgroBioHeat

ΠΡΟΩΘΩΝΤΑΣ ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΥΠΑΙΘΡΟ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

UABIO

ΕΚΕΤΑ
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το έργο αυτό έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο πλαίσιο της Συμφωνίας Επιχορήγησης No 818369

Το έργο αυτό έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο πλαίσιο της Συμφωνίας Επιχορήγησης No 818369

ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ

Η έκδοση «Ενέργεια από Υπολείμματα Καλαμποκιού», που έγινε από τον Σύνδεσμο Βιοενέργειας της Ουκρανίας (UABIO) και το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Ελλάδος (ΕΚΕΤΑ), αποτελεί μέρος μιας σειράς οδηγών που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο του έργου AgroBioHeat και στοχεύουν στο να παρέχουν συστηματική γνώση σχετικά με τη χρήση διαφορετικών τύπων αγροτικής βιομάζας. Ειδικότερα, εστιάζει στα υπολείμματα της καλλιέργειας αραβόσιτου (γνωστό και ως καλαμπόκι) και στον τρόπο με τον οποίο αυτή η πηγή βιομάζας που παράγεται ετησίως σε τεράστιες ποσότητες και επί του παρόντος δεν αξιοποιείται επαρκώς – μπορεί να συλλεχθεί αποτελεσματικά και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοενέργειας.

Το έργο AgroBioHeat στοχεύει στην μαζική ανάπτυξη βελτιωμένων και έτοιμων λύσεων θέρμανσης μέσω αγροτικής βιομάζας στην Ευρώπη. Η αγροτική βιομάζα είναι μια μεγάλη, αναξιοποίητη και εγχώρια ενεργειακή πηγή, η οποία μπορεί να υποστηρίξει την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων για την ενέργεια και το κλίμα, προάγοντας παράλληλα την αγροτική ανάπτυξη και την κυκλική οικονομία. Το έργο έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης βάσει της Συμφωνίας Επιχορήγησης No 818369.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο, επισκεφθείτε www.agrobioheat.eu.

Αυτή η δημοσίευση αντικατοπτρίζει μόνο τις απόψεις των συγγραφέων. Ο Ευρωπαϊκός Εκτελεστικός Οργανισμός για το Κλίμα, τις Υποδομές και το Περιβάλλον (CINEA) δεν είναι υπεύθυνος για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιλαμβάνονται.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ
Georgii Geletukha, Semen Drahniev, Tetiana Zheliezna/
Σύνδεσμος Βιοενέργειας της Ουκρανίας (UABIO)
Μανώλης Καραμπίνης/
Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Ελλάδος (ΕΚΕΤΑ)

Μεταφρασμένο στην Ελληνική γλώσσα από το Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας ΙΝΑΣΟ-ΠΑΣΕΓΕΣ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογραφία	Επεξήγηση
CB	Σπάδικας αραβόσιτου
CCM	Μείγμα αραβόσιτου
CHP	Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ)
d.b.	Ξηρή βάση
DM	Ξηρή ύλη
E	Κορύνες
ESP	Ηλεκτροστατικός διαχωριστής
EW	Φλοιός αραβόσιτου
GHG	Εκπομπή αερίων θερμοκηπίου
GR	Σπόροι
LV	Φύλλα
LHV	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα
Mgy	Εκατομμύρια γαλόνια ανά έτος
MY	Περίοδος εμπορίας
OGC	Πτητικές Οργανικές Ενώσεις
PJ	Pettajoule
PTO	Δυναμολήπτες
ST	Κοτσάνια / Στελέχη
TSP	Συνολικα σωματίδια
VS	Πτητικά στερεά
W	Υγρασία
w.b.	Υγρή βάση

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή 7

Τα υπολείμματα καλαμποκιού ως πηγή ενέργειας ... 8
- Ο αραβόσιτος στη φυτική παραγωγή 8
- Υπολείμματα καλαμποκιού 9
- Ιδιότητες καυσίμου από υπολείμματα αραβόσιτου 15

Συγκομιδή υπολειμμάτων αραβόσιτου 17
- Τεχνολογίες συγκέντρωσης κόκκου αραβόσιτου 17
- Επιλογές συγκομιδής υπολειμμάτων καλαμποκιού 19
- Η αλυσίδα ανεφοδιασμού DuPont 22
- Μεταφορά υποπροϊόντων καλαμποκιού σε δεμάτια 23
- Συγκομιδή υπολειμμάτων καλαμποκιού σε στρογγυλά δεμάτια 24
- Συγκομιδή τεμαχισμένων υπολειμμάτων καλαμποκιού 24
- Συστήματα συγκομιδής για αλωνισμένους σπάδικες καλαμποκιού 25
- Αποθήκευση υπολειμμάτων καλαμποκιού 25
- Πεπιεσμένα υπολείμματα καλαμποκιού 27

Παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα καλαμποκιού 28
- Παραγωγή θερμότητας από στελέχη καλαμποκιού 28
- Παραγωγή θερμότητας από σπάδικες αραβόσιτου 29

Παραγωγή ενέργειας από υπολείμματα καλαμποκιού 31

Βιοαιθανόλη από υπολείμματα καλαμποκιού 33

Βιοαέριο από υπολείμματα καλαμποκιού 35

Θέματα αειφορίας για την αξιοποίηση υπολειμμάτων καλαμποκιού 37
- Βιώσιμη συγκομιδή των υπολειμμάτων καλαμποκιού 37
- Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από την εφοδιαστική αλυσίδα των υπολειμμάτων καλαμποκιού 38

Παράρτημα I: Κύριοι τύποι μηχανήματων για συγκομιδή, logistics υπολειμμάτων καλαμποκιού και επεξεργασία τους σε πέλλετ/μπρικέτες 40

Παράρτημα II: Ενεργειακά συστήματα για την παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα καλαμποκιού 44

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Κύριοι παραγωγοί καλαμποκιού στον κόσμο τα τελευταία 5 χρόνια 8

Πίνακας 2: Σύγκριση ενδεικτικών ιδιοτήτων καυσίμου κλασμάτων υπολειμμάτων αραβόσιτου, με διαφορετικές ποικιλίες βιομάζας 15

Πίνακας 3: Παραγωγή μεθανίου από υπολείμματα αραβόσιτου και ενσίρωση αραβόσιτου 35

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Εσοδεία καλαμποκιού στις ΗΠΑ από το 1866 έως το 2019 10

Εικόνα 2: Παραγωγή σπόρων, μείγματος αραβόσιτου και απόδοση αυτών σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ από το 2015 έως το 2019 10

Εικόνα 3: Διαφορετικά υπέργεια μέρη του φυτού του αραβόσιτου και η αναλογία ξηρής μάζας τους 11

Εικόνα 4: Εμπειρικό μοντέλο που υπολογίζει την πρόβλεψη απόδοσης υπολειμμάτων αραβόσιτου, σε σχέση με την οικονομική απόδοση του σπόρος 11

Εικόνα 5: Υπολείμματα καλαμποκιού σε χωράφι μετά το πέρασμα θεριζοαλωνιστικής μηχανής 12
Εικόνα 6: Ενεργειακό δυναμικό υπολειμμάτων αραβόσιτου στην Ευρώπη (2019) 13
Εικόνα 7: Διαφορετικές τελικές χρήσεις για τα μέρη της καλλιέργειας αραβόσιτου 14
Εικόνα 8: Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα ως συνάρτηση της περιεκτικότητας σε υγρασία (w.b.) του καλαμποκιού 16
Εικόνα 9: Τεχνολογίες συγκομιδής αραβόσιτου με ροές υπολειμμάτων αραβόσιτου 17
Εικόνα 10: Συγκομιδή καλαμποκιού με θεριζοαλωνιστική μηχανή εξοπλισμένη με κεφαλή καλαμποκιού 18
Εικόνα 11: Σχηματισμός υπολειμμάτων αραβόσιτου πίσω από τη θεριζοαλωνιστική μηχανή 19
Figure 12: Τεχνολογικά σχήματα για τη συγκομιδή υπέργειων υπολειμμάτων καλαμποκιού 20
Εικόνα 13: Μοντέλα αγροτικών μηχανημάτων για τη συγκομιδή υποπροϊόντων αραβόσιτου 21
Εικόνα 14: Μοντέλο της μονάδας παραγωγής κυτταρινικής αιθανόλης της DuPont, με αλυσίδα εφοδιασμού υπολειμμάτων καλαμποκιού 22
Εικόνα 15: Πρόγραμμα λειτουργίας του εργοστασίου κυτταρινικής βιοαιθανόλης DuPont 23
Εικόνα 16: Αλυσίδες τροφοδοσίας τεμαχισμένου καλαμποκιού 24
Εικόνα 17: Θεριζοαλωνιστικές μηχανές σπάδικων 25
Εικόνα 18: Υπαίθρια αποθήκευση δεματιών καλαμποκιού στην Ισπανία 26
Εικόνα 19: Τετράγωνα δεμάτια με υπολείμματα καλαμποκιού στο χωριό Krynichnoe 28
Εικόνα 20: Η μονάδα βιομάζας Miajadas 15 MW 32
Εικόνα 21: Δεμάτια υπολειμμάτων καλαμποκιού στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιομάζας του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής Miajadas 32
Εικόνα 22: Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινική βιομάζα 33
Εικόνα 23: Σχηματικό διάγραμμα της προεπεξεργασίας λιγνοκυτταρινικού υλικού για παραγωγή βιοαερίου 36
Εικόνα 24: Οικονομικοί παράγοντες συλλογής υπολειμμάτων αραβόσιτου, περιοριστικοί παράγοντες και γεωπονικές στρατηγικές 38
Εικόνα 25: Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την εναλλακτική χρήση υπολειμμάτων καλαμποκιού, σε σύγκριση με τον μέσο όρο του δικτύου ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου των ΗΠΑ 39

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αραβόσιτος (γνωστός και ως «καλαμπόκι») είναι μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στον κόσμο. Είναι ένα ιδιαίτερα παραγωγικό φυτό τροπικής προέλευσης και δέσμευσης άνθρακα C_4. Η καταγωγή του είναι από την περιοχή των Άνδεων της Κεντρικής Αμερικής, γεγονός που εξηγεί την ανάγκη του για θερμότητα ώστε να αναπτυχθεί. Σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο αραβόσιτος παράγει περισσότερη οργανική ύλη σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες. Αυτό το δημητριακό καλλιεργείται για σιτηρά και χορτονομή (ενσίρωμα ή καταναλώνεται απευθείας από ζώα χωρίς ενσίρωση). Το καλαμπόκι χρησιμοποιείται συχνά με την έννοια του κόκκου αραβόσιτου[1], η παγκόσμια παραγωγή του οποίου ήταν από 972 έως 1,123 Mt ετησίως, την περίοδο 2015-2019. Την περίοδο εμπορίας 2019/2020 (M.Y), η ΕΕ παρήγαγε 65 Mt καλαμποκιού ή σχεδόν το 6% της παγκόσμιας παραγωγής[2]. Στην Ουκρανία, η παραγωγή καλαμποκιού έχει ξεπεράσει την παραγωγή σιταριού και ο αραβόσιτος έχει γίνει η κύρια καλλιέργεια στη χώρα βάσει της ακαθάριστης σοδειάς. Οι πολύτιμες ιδιότητες του καλαμποκιού προκαλούν διαρκώς υψηλότερη ζήτηση στην παγκόσμια και ευρωπαϊκή αγορά. Η μέση απόδοση καλαμποκιού ήταν υψηλότερη από 7 τόνους/εκτάριο στην ΕΕ και την Ουκρανία τα τελευταία χρόνια.

Εκτός από τους σπόρους, σχηματίζεται και σημαντική ποσότητα υπολειμμάτων αραβόσιτου[3] (αλωνισμένοι μίσχοι, φύλλα, σπάδικες, φλοιοί κ.λπ.). Μπορούν να συλλεχθούν και να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικούς σκοπούς ως αγροτική βιομάζα, συμπεριλαμβανομένης της βιοενέργειας. Τα υπολείμματα αραβόσιτου που συλλέγονται και λαμβάνονται από χωράφια, θεωρούνται υποπροϊόντα αραβόσιτου. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, βιοαερίου και υγρών βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς. Αυτή τη στιγμή πάντως, τα υπολείμματα αραβόσιτου είναι ένας μεγάλος, μη χρησιμοποιημένος τοπικός ανανεώσιμος πόρος, ο οποίος θα μπορούσε να υποστηρίξει την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων για την ενέργεια και το κλίμα, προάγοντας παράλληλα την αγροτική ανάπτυξη και την κυκλική οικονομία.

Τα υπολείμματα αραβόσιτου έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες καυσίμου, γεγονός που απαιτεί τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων λεβήτων για την καύση αυτού του τύπου αγροτικής βιομάζας. Η οικονομικά εφικτή χρήση αυτής της βιομάζας, εξαρτάται, επίσης, από την κατάλληλη αλυσίδα αξίας: «συγκομιδή – μεταφορά – αποθήκευση». Αυτά τα ζητήματα και η προοπτική δημιουργίας βιομάζας μέσω των υπολειμμάτων αραβόσιτου για ενέργεια στην ΕΕ και την Ουκρανία, η δυνατότητα επεξεργασίας αυτής της αγροτικής βιομάζας σε πέλλετ/μπρικέτες, βιοαέριο και υγρό βιοκαύσιμο δεύτερης γενιάς, αλλά και οι πτυχές βιωσιμότητας, περιγράφονται σε αυτόν τον οδηγό.

[1] Σε αυτή τη μελέτη, ο αραβόσιτος και το καλαμπόκι χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα.

[2] World Agricultural Production, Έκθεση USDA https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf

[3] Το υπέργειο μέρος του αραβόσιτου που καλλιεργείται για κόκκους και αφήνεται στο χωράφι μετά τη συγκομιδή (αλωνισμένοι μίσχοι, φύλλα, φλοιοί και σπάδικες) αναφέρεται συνήθως ως «στελέχη και φύλλα αραβόσιτου» ή «άχυρο καλαμποκιού».

ΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΣΤΗ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ο αραβόσιτος κυριαρχεί στη φυτική παραγωγή παγκοσμίως, λόγω της δυνατότητας αποδοτικής καλλιέργειάς του σε διάφορα μέρη και της αυξανόμενης ζήτησης για καλαμπόκι που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεγάλης γκάμας προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων. Παγκοσμίως, περίπου το 60% της βιοαιθανόλης παράγεται από καλαμπόκι[4]. Το 2019, σχεδόν το 30% του καλαμποκιού (105.6 Mt) χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή της πρώτης γενιάς βιοαιθανόλης στις ΗΠΑ[5].

Οι ΗΠΑ είναι ο παγκόσμιος ηγέτης στις σοδειές και στην παραγωγή καλαμποκιού (Πίνακας 1). Η ΕΕ είναι ο 4ος μεγαλύτερος παραγωγός καλαμποκιού στον κόσμο και η Ουκρανία κατατάσσεται στην 6η θέση. Σύμφωνα με τα προκαταρκτικά στοιχεία, η παραγωγή καλαμποκιού στις Η.Π.Α το 2020/2021 (ΜΥ) ήταν 358.5 Mt (32% της παγκοσμίου παραγωγής), και η μέση απόδοση ήταν 10.8 τόνοι/εκτάριο. Σε άλλες χώρες, η παραγωγή καλαμποκιού το 2020/2021 ΜΥ ήταν οι εξής: Κίνα – περίπου 260.7 Mt, Βραζιλία – 87 Mt, ΕΕ – 67.1 Mt, Αργεντινή – 50.5 Mt, Ινδία – 31.5 Mt, και Ουκρανία – 30.3 Mt. Οι προβλέψεις του USDA[6] για το 2021/2022 ΜΥ είναι 70.4 Mt για την ΕΕ και 40.0 Mt για την Ουκρανία, δηλαδή υψηλότερες από το προηγούμενο έτος. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην ΕΕ, ο πράσινος αραβόσιτος, που καλλιεργείται κυρίως για ενσίρωση, καταλαμβάνει μεγάλες εκτάσεις. Το 2019, η έκταση συγκομιδής πράσινου αραβόσιτου ήταν 6.4 εκατομμύρια εκτάρια, ενώ η έκταση του καλαμποκιού και οι εκτάσεις με μείγμα αραβόσιτου και στάχυ ήταν 8.9 εκατομμύρια εκτάρια[7]. Η συνολική έκταση με καλαμπόκι ήταν σχεδόν το 14.5% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην ΕΕ-28 και πάνω από 18.5% στην Ουκρανία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1:
Κύριοι παραγωγοί καλαμποκιού στον κόσμο τα τελευταία 5 χρόνια (κατά ΜΥ)[6]

No.	Χώρα/ περιοχή	Έκταση, Mha					Απόδοση, t/ha (τόνος/ εκτάριο)					Παραγωγή, Mt				
		2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022
1	ΗΠΑ	33.5	32.9	32.9	33.3	34.4	11.1	11.1	10.5	10.8	11.1	371.1	364.3	346.0	358.5	382.6
2	Κίνα	42.4	42.1	41.3	41.3	43.3	6.1	6.1	6.3	6.3	6.5	259.1	257.2	260.8	260.7	272.6
3	Βραζιλία	16.6	17.5	18.5	19.9	20.8	4.9	5.8	5.5	4.4	5.7	82.0	101.0	102.0	87.0	118.0
4	ΕΕ	8.3	8.3	8.9	9.3	9.4	7.5	7.8	7.5	7.2	7.5	62.0	64.4	66.7	67.1	70.4
5	Αργεντινή	5.2	6.1	6.3	6.4	6.8	6.2	8.4	8.1	7.9	8.0	32.0	51.0	51.0	50.5	54.5
6	Ουκρανία	4.4	4.6	5.0	5.4	5.4	5.4	7.8	7.2	5.6	7.4	24.1	35.8	35.9	30.3	40.0
7	Ινδία	9.4	9.0	9.6	9.9	9.7	3.1	3.1	3.0	3.2	3.1	28.8	27.7	28.8	31.5	30.0
8	Μεξικό	7.3	7.2	6.6	7.1	7.3	3.8	3.8	4.0	3.8	3.8	27.6	27.6	26.7	27.4	28.0
	Κόσμος	**192.2**	**192.1**	**193.6**	**198.8**	**203.0**	**5.6**	**5.9**	**5.8**	**5.7**	**6.0**	**1080**	**1123**	**1120**	**1123**	**1209**

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: 2020/2021 ΜΥ – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, 2021/2022 ΜΥ – ΠΡΟΒΛΕΨΗ (ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2021).

[4] *OECD FAO Agricultural Outlook 2019 2028. http://www.fao.org/3/ca4076en/ca4076en.pdf*
[5] *World of corn 2020. http://www.worldofcorn.com/pdf/WOC-2020.pdf*
[6] *World Agricultural Production, USDA Reports https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf*
[7] *Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home*

Η αύξηση των αποδόσεων του καλαμποκιού τις τελευταίες δεκαετίες (Εικ. 1) συνδέεται με την ανάπτυξη της Γεωπονικής Επιστήμης και τη χρήση της βιοτεχνολογίας για τη διαμόρφωση των υβριδίων. Σε συγκριτικά τεστ, οι Αμερικανοί αγρότες κατάφεραν να επιτύχουν αποδόσεις καλαμποκιού σε επίπεδο άνω των 25.0 t/ha. Το 2019, η Εθνική Ένωση Παραγωγών Καλαμποκιού στις ΗΠΑ ανακοίνωσε παγκόσμιο ρεκόρ στη Βιρτζίνια, σχεδόν 38.7 τόνους/στρέμμα (616.2 μπουσέλ/στρέμμα) σιτηρών αραβόσιτου[8]. Αναμένεται αύξηση της μέσης παγκόσμιας απόδοσης αραβόσιτου (2016-2018) κατά 14% μέχρι το 2028[4].

Η κατανομή της πραγματικής απόδοσης και της συγκομιδής καλαμποκιού και μείγματος αραβόσιτου σε χώρες της ΕΕ φαίνεται στην Εικ. 2. Ο σπόρος καλαμποκιού βρίσκεται στην κορυφή της παραγωγής. Οι πιο αποδοτικοί παραγωγοί καλαμποκιού ήταν η Ρουμανία (17.3 Mt το 2019), η Γαλλία (13.0 Mt το 2019) και η Ουγγαρία (8.3 Mt το 2019). Από το 2015 έως το 2019, ο υψηλότερος μέσος όρος συγκομιδής σπόρων καλαμποκιού και μίγματος αραβόσιτου επιτεύχθηκε στην Ισπανία (11.6 t/ha), Ελλάδα (10.3 t/ha), Αυστρία και Ιταλία (10.1 t/ha).

ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το κύριο προϊόν της καλλιέργειας του καλαμποκιού είναι ο σπόρος, που είναι οικονομικά και η προσοδοφόρα παραγωγή. Επιπλέον, το φυτό του καλαμποκιού αποτελείται από διάφορα υπόγεια και υπέργεια μέρη (Εικ. 3), τα οποία σχηματίζουν υπολείμματα καλαμποκιού. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στο καλαμπόκι, η αναλογία υπολειμμάτων/σπόρος είναι σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με άλλα δημητριακά. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, ο σχηματισμός βιομάζας στα φύλλα και τους μίσχους του αραβόσιτου είναι υψηλός, ακόμη και σε συνθήκες μέτριας άρδευσης, γεγονός που καθιστά τη συγκεκριμένη καλλιέργεια σημαντική πηγή γεωργικής παραγωγής υπολειμματικής βιομάζας[10].

Η αναλογία απόδοσης υπολειμμάτων αραβόσιτου (R) σε σχέση με την απόδοση κόκκων (Y), γνωστή και ως R/Y, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, κυρίως από την ποικιλία φυτών, τις γεωργικές πρακτικές, το κλίμα και το χωράφι[11]. Γενικά, αυτή η αναλογία (R/Y) μειώνεται με την αύξηση στην απόδοση του καλαμποκιού (Εικ. 4), αλλά η σχέση μεταξύ της απόδοσης υπολείμματος και της απόδοσης καλαμποκιού είναι ασθενής. Είναι πιο βολικό να χρησιμοποιείτε την τυπική αναλογία R/Y. Για παράδειγμα, στην Ουκρανία, το τυπικό R/Y = 1.3. Κατά τη συγκομιδή, η περιεκτικότητα σε υγρασία των υπολειμμάτων κόκκων καλαμποκιού και του καθαυτού καλαμποκιού μπορεί να είναι διαφορετική και η περιγραφόμενη προσέγγιση δεν λαμβάνει υπόψη τον συγκεκριμένο παράγοντα. Συχνά ένας δείκτης συγκομιδής (HI) χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της απόδοσης υπολειμμάτων: η αναλογία σιτηρών σε συνολική βιομάζα αναφέρεται πάντα στο βάρος της ξηρής ύλης. Στις ΗΠΑ, το HI γενικά κυμαίνεται γύρω 0.50[12], που αντιστοιχεί στο R/Y = 1.

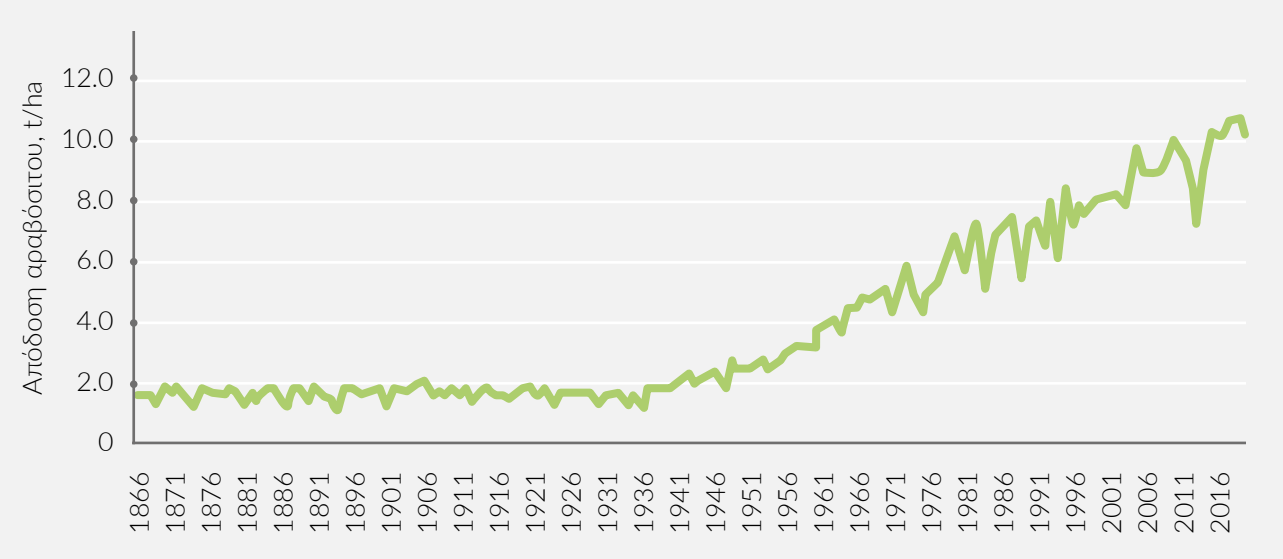
Διαφορετικές συσχετίσεις για την εκτίμηση της αναλογίας R/Y με βάση την απόδοση των κόκκων προτείνονται στην επιστημονική βιβλιογραφία. Σε αυτόν τον οδηγό, χρησιμοποιείται η εξίσωση Bentsen et al.[13] για την αξιολόγηση της προοπτικής βιομάζας από τα υπολείμματα αραβόσιτου, αφού θεωρείται ότι παρέχει μια καλή αντιστοίχιση με τις πειραματικές παρατηρήσεις:

$$R/Y = 2.656*\exp(-0.103*Y),$$

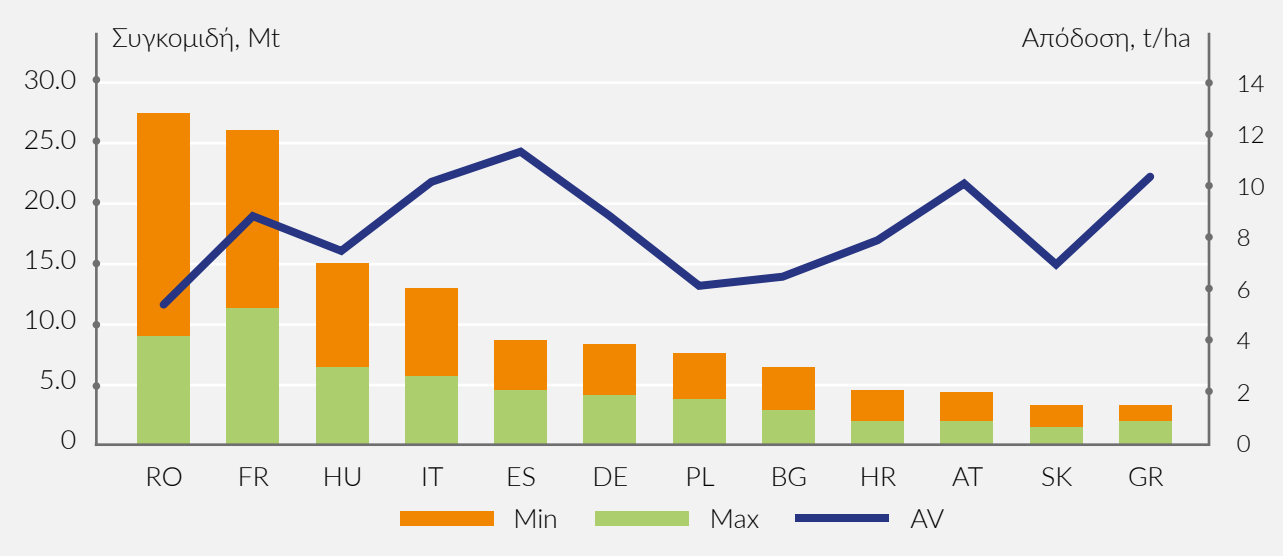
Όπου R/Y και Y είναι σε t/ha (τόνοι/εκτάριο) ξηρής ύλης.

---

[8] https://www.ocj.com/2019/12/2019-national-corn-yield-contest-hits-new-yield-record/
[9] https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/croptr18.pdf
[10] Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J., Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869
[11] Maximising the yield of biomass from residues of agricultural crops and biomass from forestry. Final report of Ecofys project. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Ecofys%20-%20Final_%20report_%20EC_max%20yield%20biomass%20residues%2020151214.pdf
[12] https://www.canr.msu.edu/news/harvest_index_a_predictor_of_corn_stover_yield
[13] Bentsen NS, Felby C, Thorsen BJ. Agricultural residue production and potentials for energy and materials services. Progr Energ Combustion Sci 2014;40:59–73. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2013.09.003

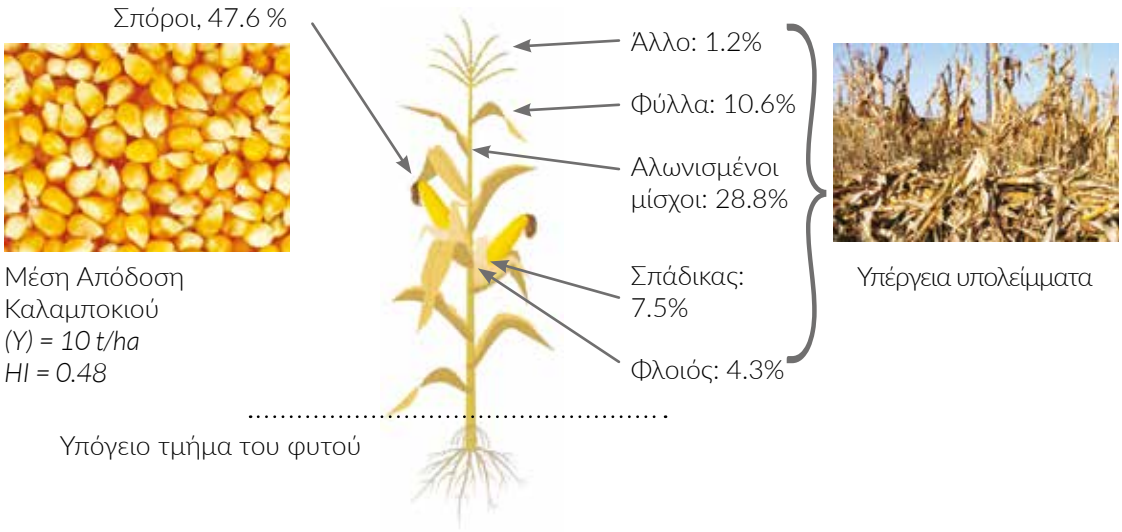


ΕΙΚΟΝΑ 1:
Απόδοση αραβόσιτου στις ΗΠΑ από το 1866 έως το 2019[9].

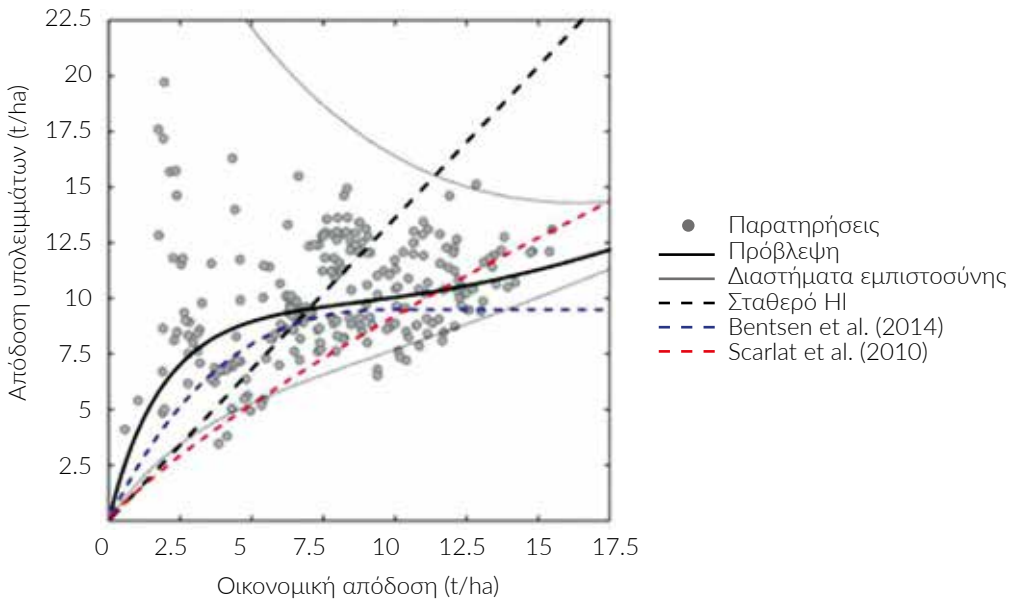


ΕΙΚΟΝΑ 2:
Παραγωγή σπόρων, μείγματος αραβόσιτου και απόδοση αυτών σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ από το 2015 έως το 2019.

(Πηγή: Eurostat online data code: TAG00093, UABIO elaboration).



ΕΙΚΟΝΑ 3:
Διαφορετικά υπέργεια μέρη του φυτού του αραβόσιτου και η αναλογία ξηρής ύλης τους[14].



ΕΙΚΟΝΑ 4:
Εμπειρικό μοντέλο υπολογισμού της απόδοσης υπολειμμάτων καλαμποκιού· ανάλογα με την οικονομική απόδοση του κόκκου[15].

[14] *David Ertl Sustainable corn stover harvest / Iowa Corn Promotion Board, 2013. – 18 p. https://www.researchgate.net/publication/319493290_Sustainable_Corn_Stover_Harvest_A_publication_of_the_Iowa_Corn_Promotion_Board*

[15] *García-Condado S, López-Lozano R, Panarello L, et al. Assessing lignocellulosic biomass production from crop residues in the European Union: modelling, analysis of the current scenario and drivers of interannual variability. GCB Bioenergy. 2019;00:1–23. https://doi.org/10.1111/gcbb.12604*

ΕΙΚΟΝΑ 5:
Υπέργεια υπολείμματα αραβόσιτου στο χωράφι, μετά τη χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής.

Τα υπέργεια υπολείμματα μπορεί εν μέρει να συλλέγονται ως υποπροϊόντα αραβόσιτου που έχουν κάποια εμπορική αξία (Εικ. 5). Τα υπόλοιπα υπέργεια και υπόγεια υπολείμματα του καλαμποκιού αφήνονται στο χωράφι για να λειτουργήσουν ως οργανικό λίπασμα. Οι κατάλληλες πρακτικές διαχείρισης υπολειμμάτων είναι απαραίτητες για την ποιότητα του εδάφους. Η προσεκτική αφαίρεση υπολειμμάτων καλλιέργειας εξασφαλίζει ότι θα διατηρείται ένα ποσοστό υπολειμμάτων στη γη, ώστε το έδαφος να διαθέτει ποιότητα και οργανική ύλη που μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης[16]. Οι πτυχές βιωσιμότητας για τα υποπροϊόντα αραβόσιτου κατά τη συγκομιδή, περιγράφονται στο Κεφάλαιο «Θέματα αειφορίας για την αξιοποίηση υπολειμμάτων καλαμποκιού» αυτού του οδηγού. Τα δεδομένα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με τη βιώσιμη απομάκρυνση υπολειμμάτων, ποικίλλουν από 25% έως 70%. Σε αυτήν την προοπτική απόκτησης ενεργειακής βιομάζας, λαμβάνεται υπόψη ποσοστό απομάκρυνσης 40% για τα υπολείμματα αραβόσιτου.

Η παραγωγή γεωργικών υπολειμμάτων, συμπεριλαμβανομένων και αυτών του καλαμποκιού, είναι εποχική και εξαρτάται από τις περιόδους συγκομιδής. Οι κόκκοι του καλαμποκιού συλλέγονται σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια, ανάλογα με την ποικιλία, τον τόπο καλλιέργειας και την εποχή της σποράς. Συνήθως, το χρονικό πλαίσιο για τη συγκομιδή καλαμποκιού καθορίζεται από το επίπεδο υγρασίας του κόκκου. Πριν από τη συγκομιδή, οι καλλιεργητές εξετάζουν την περιεκτικότητα σε υγρασία του σπόρου και την ωριμότητά του, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες σποράς και την ποικιλία. Η περιεκτικότητα σε υγρασία δεν είναι ομοιογενής σε όλα τα μέρη του καλαμποκιού και μειώνεται ταχύτατα μετά την πάροδο τεσσάρων μηνών από την ημερομηνία σποράς[17]. Στην Ευρώπη, η τυπική περίοδος συγκομιδής του καλαμποκιού είναι Σεπτέμβριος-Νοέμβριος. Να σημειωθεί ότι ορισμένοι καλλιεργητές κάνουν τη συγκομιδή καλαμποκιού τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο ή και ακόμη αργότερα. Αυτό δεν οφείλεται, πάντως, σε αγροτεχνικές απαιτήσεις, αλλά συμβαίνει εξαιτίας κάποιων

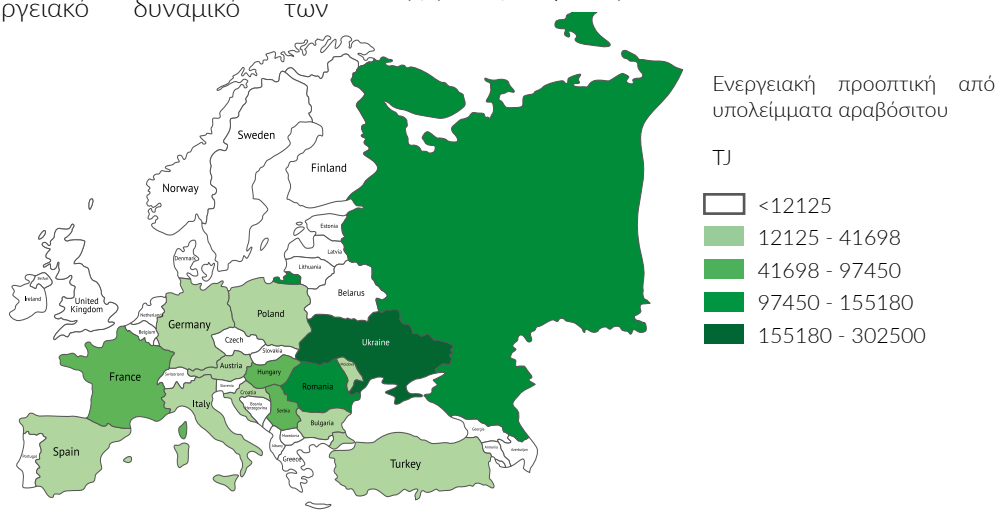
[16] *Nicolae Scarlat, Milan Martinov, Jean-François Dallemand Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use / Waste Management, Volume 30, Issue 10, October 2010, Pages 1889-1897. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.016*

[17] *C. Igathinathane, Alvin R.Womac, Shahab Sokhansanj, Lester O.Pordesimo. Vertical Mass and Moisture Distribution in in Standing Corn Stalks // 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting (Ottawa, Ontario, Canada, 1-4 August, 2004). – 20 p.*

αναγκών παραγωγής, αλλά και λόγω οικονομικής σκοπιμότητας. Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, τα υπέργεια υπολείμματα του καλαμποκιού είναι συχνά πιο υγρά (W > 30%) από τους σπόρος (η τυπική υγρασία της ΕΕ είναι W14%), αλλά μετά τη συγκομιδή των κόκκων, μειώνεται ταχύτατα ειδικά σε συνθήκες δυνατών ανέμων. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των υπολειμμάτων καλαμποκιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα καιρικά φαινόμενα κατα την περίοδο συγκομιδης, χαρακτηριστικό παραδειγμα αποτελούν τα καιρικά φαινόμενα όπως εντονες βροχοπτώσεις οι οποίεες μπορουν να οδηγήσουν σε υποβάθμιση της συλλεγόμενης βιομαζας η οποια εχει σκοπό να αξιοποιηθεί για ενεργειακους σκοπούς.

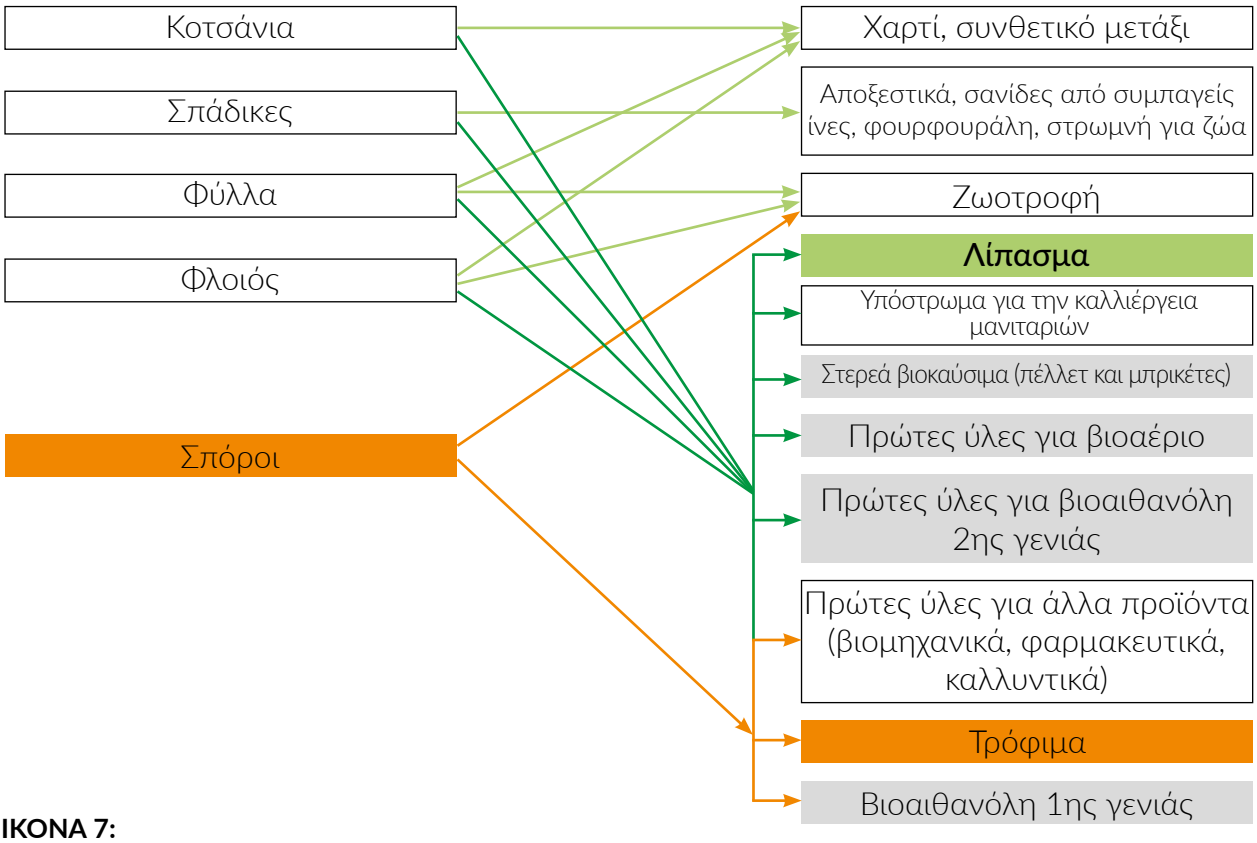
Για τον υπολογισμό του ενεργειακού δυναμικού των υπολειμμάτων αραβόσιτου, χρησιμοποιήθηκε η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα/LHV (σε ξηρή βάση) των 17.5 MJ/kg[18] (Εικ. 6). Η κατανομή του ενεργειακού δυναμικού των υπολειμμάτων αραβόσιτου στην Ευρώπη δεν είναι ομοιόμορφη. Το 2019, μεγαλύτερη συγκέντρωση υπολειμμάτων αραβόσιτου είχε η Ουκρανία, με ισοδύναμο ενέργειας 302.5 PJ. Στην κορυφή της βρέθηκε η Ρουμανία (155.2 PJ), η Γαλλία (97.5 PJ) και η Ουγγαρία (64.8 PJ). Το συνολικό ενεργειακό δυναμικό από υπολείμματα αραβόσιτου στην ΕΕ των 28 ήταν 557.9 PJ, το 2019. Υπάρχει επίσης σημαντική προοπτική σε χώρες όπως η Ισπανία, η Ελλάδα, το Βέλγιο, η Αυστρία και η Τουρκία.

Το πραγματικό ενεργειακό δυναμικό των υπολειμμάτων αραβόσιτου καθορίζεται, στην πραγματικότητα, από τους καλλιεργητές. Θα παρέχουν βιώσιμα υπολείμματα καλαμποκιού εάν έχουν οικονομικό συμφέρον. Το κόστος των υποπροϊόντων αραβόσιτου στην αγορά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αγροβιομάζας, τα οποία είναι σημαντικά για τους τελικούς χρήστες. Τα διαφορετικά μέρη των υποπροϊόντων αραβόσιτου έχουν διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αλλά γενικά είναι πρόκειται για μια λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα. Οι κύριοι τρόποι χρήσης του σπόρος και των υπολειμμάτων αραβόσιτου φαίνονται στην Εικ.7. Τα υπέργεια υπολείμματα καλαμποκιού έχουν σχετικά χαμηλή θρεπτική αξία, ειδικά οι αλωνισμένοι μίσχοι οι οποίοι θεωρούνται ζωοτροφές χαμηλής ποιότητας[19]. Η θρεπτική αξία των φύλλων και του φλοιού αραβόσιτου είναι υψηλότερη σε σύγκριση με τα στελέχη και τους σπάδικες αραβόσιτου, αλλά εξακολουθούν να μην χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό. Επί του παρόντος, το καλαμπόκι αφήνεται κυρίως στο χωράφι, οργώνεται και ενσωματώνεται στο έδαφος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιοχές, τα υπολείμματα των καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων των υπολειμμάτων καλαμποκιού, καίγονται στα χωράφια, γεγονός που προκαλεί πολυάριθμες αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον[20]. Όλα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι η υπολειμματική βιομάζα απο αραβόσιτο θα μπορουσε να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη αγροβιομάζας για στερεά βιοκαύσιμα, βιοαιθανόλη 2ης γενιάς και βιοαέριο.



ΕΙΚΟΝΑ 6:
Ενεργειακή προοπτική από υπολείμματα αραβόσιτου στην Ευρώπη (2019).

[18] *Caroline Schneider, Hanz Hartmann Maize as energy crop for combustion. Agricultural optimization of fuel supply. TFZ, 2006. http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/09_bericht.pdf*
[19] *Characterisation of Agricultural Waste Co- and By-Products. Report of the AgroCycle project. 2016. http://www.agrocycle.eu/files/2017/10/D1.2_AgroCycle.pdf*
[20] *Vladislav Zekić, Vesna Rodić, Milenko Jovanović Potentials and economic viability of small grain residue use as a source of energy in Serbia. Biomass and Bioenergy, 2010. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.07.012*



ΕΙΚΟΝΑ 7:
Διάφορες τελικές χρήσεις για τα μέρη του καλλιεργημένου αραβόσιτου[21].

[21] *Position paper UABIO N 23 (2020) "Analysis of pellets and briquettes production from corn residues" https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-en.pdf*

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Σε γενικές γραμμές, τα υπολείμματα αραβόσιτου διαθέτουν απαιτητικές συνθήκες καύσης, οι οποίες, ωστόσο, είναι καλύτερες από αυτές του άχυρου δημητριακών. Σε κάθε περίπτωση, κατά την επιλογή ενός λέβητα για καύση υπολειμμάτων αραβόσιτου, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικοί παράμετροι των υπολειμμάτων και οι απαιτήσεις των κατασκευαστών λεβήτων. Μια σύγκριση των ιδιοτήτων καυσίμου με υπολείμματα αραβόσιτου από εκείνες για άλλα γεωργικά υπολείμματα και ροκανίδια παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2:
Σύγκριση ενδεικτικών ιδιοτήτων καυσίμου κλασμάτων υπολειμμάτων αραβόσιτου, με διαφορετικές ποικιλίες βιομάζας.

Ιδιότητες	Μονάδες μέτρησης	Κίτρινο άχυρο[1]	Γκρίζο (πολυκαιρισμένο) άχυρο[1]	Σπάδικες[2]	Στέλεχος καλαμποκιού[3]	Ροκανίδια[1]
Περιεκτικότητα σε υγρασία	%	10-20	10-20	12.5	10-18	40-50
καΚατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα	MJ/kg	14.4	15	15.2	15-17	10.4
Περιεκτικότητα σε τέφρα	%wt	4	3	2.2	5-6.5	1
Άνθρακας	%wt	42	43	41.3	41	50
Υδρογόνο	%wt	5	5	5.2	5.1	6
Οξυγόνο	%wt	37	38	38.8	38	38
Χλώριο	%wt	0.75	0.2	0.14	0.13	0.02
Άζωτο	%wt	0.35	0.41	0.5	0.84	0.3
Θείο	%wt	0.16	0.13	0.08	0.09	0.05
Κάλιο (αλκάλια)	%wt dry	1.03*	0.61**	0.48-1.02	0.61	0.14***
Θερμοκρασία παραμόρφωσης τέφρας	°C	930*	905**	790-1200 (1033 μέση τιμή)	820-1160 (1070 μέση τιμή)	1270***

[1] Straw to Energy. Technologies, policy and innovation in Denmark. Second edition" (http://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2020/11/AgroBioHeat_D7.6_Straw_to_energy_EN.pdf).
[2] Συγκεντρωτικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων Phyllis (https://phyllis.nl/); Brunner et al., 2011[22]; Brunner et al., 2021[23]; Antonenko et al., 2018[24]; AgroCycle. Characterisation of Agricultural Waste Co- and By-Products http://www.agrocycle.eu/files/2017/10/D1.2_AgroCycle.pdf.
[3] Συγκεντρωτικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων Phyllis (https://phyllis.nl/); Antonenko et al., 2018[24]; AgroCycle. Characterisation of Agricultural Waste Co- and By-Products http://www.agrocycle.eu/files/2017/10/D1.2_AgroCycle.pdf
* Μέση τιμή για το άχυρο σιταριού (Δανία) από τη βάση δεδομένων Phyllis (https://phyllis.nl/).
** Μέση τιμή για το άχυρο σιταριού (Δανία, weathered) από τη βάση δεδομένων Phyllis (https://phyllis.nl/).
*** Μέση τιμή για ακατέργαστη ξυλεία από τη βάση δεδομένων Phyllis (https://phyllis.nl/).

[22] Brunner, T., Kanzian, W., Obernberger, I., & Theissl, A. (2011). Combustion properties of maize cobs – results from lab and pilot-scale tests. In Proceedings of the 19th European Biomass Conference & Exhibition (pp. 944-951).
[23] Brunner, T., Nowak, P., Mandl, C., Obernberger, I. (2021). Assessment of agrobiomass performance in state-of-the-art residential boilers. In Proceedings of the 29th European Biomass Conference & Exhibition (pp. 379-388).
[24] V.O. Antonenko, V.I. Zubenko, O.V. Epik Fuel properties of Ukrainian corn stover. DOI https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.11

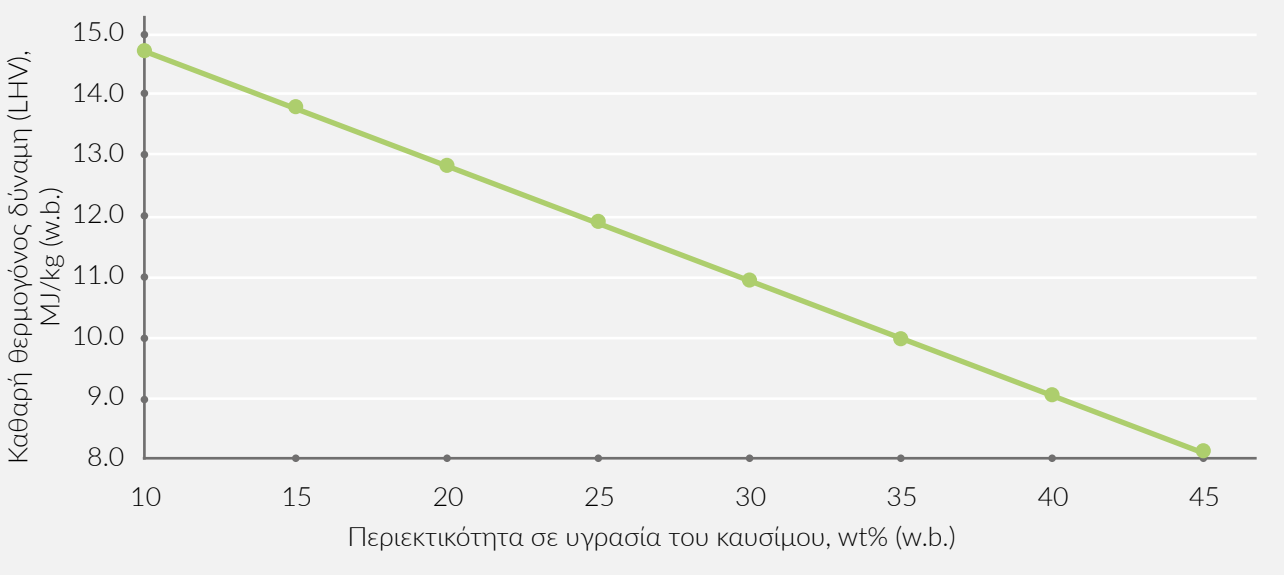
Η στοιχειακή σύνθεση των υπολειμμάτων αραβόσιτου είναι σχεδόν ίδια με των αχύρων των δημητριακών, και έτσι έχουν συγκρίσιμη θερμογόνο δύναμη. Οι ιδιότητες αχύρου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τόπο καλλιέργειας, τον χρόνο συγκομιδής τις καιρικές συνθήκες, το έδαφος και τα λιπάσματα[25].

Η περιεκτικότητα των υπέργειων υπολειμμάτων καλαμποκιού σε τέφρα είναι σημαντική για την περαιτέρω παραγωγή βιοκαυσίμων. Η περιεκτικότητα σε τέφρα εξαρτάται από την τεχνολογία συγκομιδής, καθώς η ποσότητα της τέφρας αυξάνεται όταν η βιομάζα έρχεται σε επαφή με χώμα. Εξαιτίας αυτού, υπάρχουν δύο τύποι τέφρας: Η δομική και η μη δομική[26]. Η δομική τέφρα αποτελείται από ανόργανες ουσίες που περιέχονται στη φυτική βιομάζα. Η συνήθης περιεκτικότητα των υπέργειων υπολειμμάτων καλαμποκιού σε δομική τέφρα είναι 3.5%. Η μη δομική τέφρα είναι μια ανόργανη ουσία (κυρίως χώμα), που μπαίνει στο άχυρο κατά τη συγκομιδή, κυρίως στη διαδικασία της στρωματοποίησης και δεματοποίησης. Το τυπικό σύνολο περιεκτικότητας σε τέφρα για πολλαπλά περάσματα γεωργικών μηχανημάτων κατά τη συγκομιδή είναι 8-10%.

Όσον αφορά στη συμπεριφορά τήξης της τέφρας, ορισμένα δείγματα υπολειμμάτων αραβόσιτου είναι πιο κοντά στη βιομάζα του ξύλου, γεγονός που προσφέρει καλύτερες συνθήκες καύσης σε σύγκριση με το άχυρο από καλλιέργειες δημητριακών. Συγκριτικά: η θερμοκρασία μετατροπής σε στάχτη για το ξύλο είναι περίπου 1,270 °C, ενώ η αντίστοιχη θερμοκρασία είναι 790-1,200 °C για τους σπάδικες και 820-1,160 °C για τους αλωνισμένους μίσχους αραβόσιτου (βλ. Πίνακα 2). Επιπλέον, οι μίσχοι καλαμποκιού περιέχουν λιγότερο χλώριο (0.13%) σε σύγκριση με το φρέσκο (κίτρινο) άχυρο από τις καλλιέργειες δημητριακών (0.75%). Αυτό αποτελεί έναν θετικό παράγοντα για την εκμετάλλευση των υπολειμμάτων αραβόσιτου ως καύσιμο, καθώς οι ενώσεις του χλωρίου προκαλούν διάβρωση των χαλύβδινων στοιχείων του ενεργειακού εξοπλισμού.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία έχει καθοριστική επίδραση στη θερμογόνο δύναμη των υπολειμμάτων αραβόσιτου. Το διάγραμμα που δείχνει την εξάρτηση της κατώτερη θερμογόνος ικανότητα (LHV) των υπέργειων υπολειμμάτων αραβόσιτου από την υγρασία, βασίζεται στην εξίσωση (2.2) από το εγχειρίδιο[27], και απεικονίζεται στην Εικ. 8.

Για την επίτευξη σχετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία στα υποπροϊόντα αραβόσιτου, είναι απαραίτητο να επιλεγχθεί μια κατάλληλη στρατηγική συγκομιδής και υλικοτεχνικής υποστήριξης.



ΕΙΚΟΝΑ 8:
Κατώτερη θερμογόνος ικανότητα (LHV) ως συνάρτηση της περιεκτικότητας σε υγρασία (w.b.) του υπέργειων υπολειμμάτων καλαμποκιού.

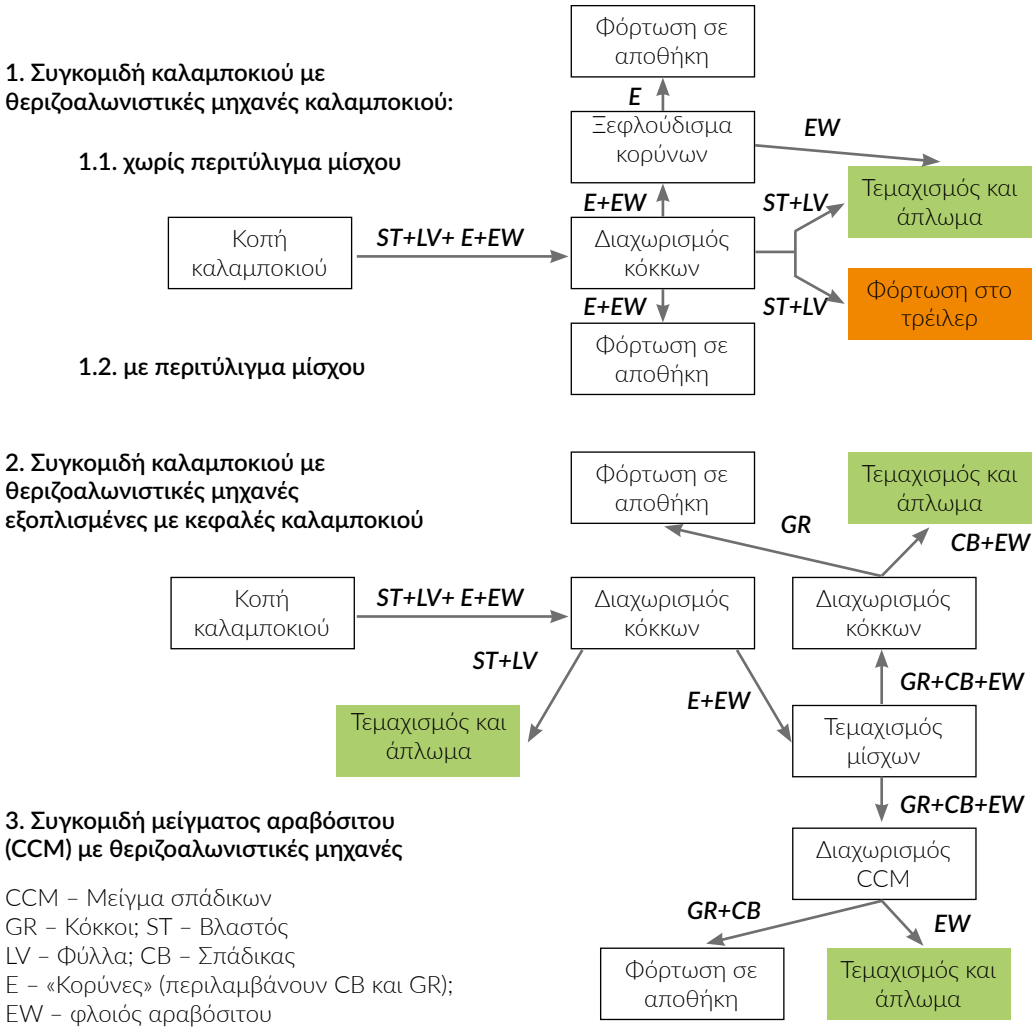
[25] *Vyll Varesa. Handbook for biofuel consumer // Tallinn: Tallinn Technology University, 2005 – 183 p.*
[26] *Brittany Schon, Matt Darr. Corn Stover Ash. https://store.extension.iastate.edu/Product/Corn-Stover-Ash*
[27] *Van Loo, S.; Koppejan, J. The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing; Earthscan: London, UK, 2008. – 465 p.*

ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΠΟΡΩΝ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Η τεχνολογία συγκομιδής σπόρων αραβόσιτου έχει άμεσες επιπτώσεις στους τύπους υπολειμμάτων αραβόσιτου που μπορούν να ληφθούν και τον τρόπο συλλογής τους. Υπάρχουν τρία βασικά τεχνολογικά σχήματα για τη συγκομιδή σπόρων αραβόσιτου (Εικ.9):

1. Συγκομιδή κόκκων καλαμποκιού με θεριζοαλωνιστικές μηχανές και επιτόπου διαχείριση των κορύνων:
   1.1. με ταυτόχρονο ξεφλούδισμα των κορύνων (διαχωρισμός περιτύλιξης);
   1.2. χωρίς ξεφλούδισμα των κορύνων;
2. Συγκομιδή αραβόσιτου με θεριζοαλωνιστικές μηχανές εξοπλισμένες με κεφαλές καλαμποκιού;
3. Συγκομιδή μείγματος σπόρων και σπάδικων με θεριζοαλωνιστικές μηχανές.



ΕΙΚΟΝΑ 9:
Τεχνολογίες συγκομιδής σπόρων αραβόσιτου· με ροές υπολειμμάτων αραβόσιτου[28].

[28] *UABio's Position Paper N 16 (2016) "Opportunities for harvesting by-products of grain corn for energy production in Ukraine" http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-16-en.pdf*

ΕΙΚΟΝΑ 10:
Συγκομιδή καλαμποκιού με θεριζοαλωνιστικές μηχανές εξοπλισμένες με κεφαλές καλαμποκιού.

Ο σπόρος αραβόσιτου πρέπει να συλλέγεται με την υγρασία του να κυμαίνεται μεταξύ 20% έως 35-40%, ενώ το μείγμα αραβόσιτου πρέπει να συλλέγεται όταν η περιεκτικότητα σε υγρασία των σπόρων είναι 40-50%. Η συγκομιδή καλαμποκιού χωρίς τον τεμαχισμό των σπάδικων ξεκινά όταν η υγρασία των σπόρων είναι μικρότερη από 40%, ενώ οι σπάδικες πρέπει να θρυμματίζονται με περιεκτικότητα υγρασίας λιγότερο από 30%. Με υψηλότερη υγρασία το τεμαχισμένο περιεχόμενο χάνει την ποιότητά του, το καλαμπόκι τραυματίζεται και η παραγωγικότητα των καλλιεργητών μειώνεται. Ο πιο ποιοτικός θρυμματισμός λαμβάνει χώρα όταν η περιεκτικότητα του σπόρου σε υγρασία είναι 20-22%[29].

Στην Ουκρανία, κατά τις δεκαετίες του 1980 και 1990, η τεχνολογία συγκομιδής σπόρων αραβόσιτου ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής και περιελάμβανε τη συλλογή όλης της βιολογικής απόδοσης της καλλιέργειας μέσω της χρήσης θεριζοαλωνιστικών μηχανών SK-5M, Enisei-1200, Don-1500 και KZS-9-1 με ειδικές κεφαλές PPK-4, KMD-6, PZKS-6 που παράγονταν στο εργοστάσιο "Khersonmash". Αυτές οι κεφαλές μετέφεραν τα τεμαχισμένα υπολείμματα του αραβόσιτου στο τρέιλερ.

Στις μέρες μας, η κύρια μέθοδος για την εμπορική συγκομιδή σπόρων αραβόσιτου είναι ο τεμαχισμός των κορύνων μέσω θεριζοαλωνιστικής μηχανής στο χωράφι, εξοπλισμένων με κεφαλές καλαμποκιού (Εικ. 10). Αυτή η μέθοδος συγκομιδής κόκκων καλαμποκιού είναι η πιο συμφέρουσα οικονομικά. Σε σύγκριση με τη συγκομιδή κορύνων, η μέθοδος αυτή παρέχει 1.8-2 φορές μείωση του κόστους εργασίας και μείωση 20-25% στην κατανάλωση καυσίμων[30]. Μόνο ορισμένοι καλλιεργητές (κυρίως εργοστάσια σπόρων) συλλέγουν το καλαμπόκι σε μορφή μη τεμαχισμένων μίσχων και κάνουν τον τεμαχισμό επιτόπου για να συλλέξουν τους κόκκους. Τα εργοστάσια σπόρων καλλιεργούν αραβόσιτο για να αποκτήσουν (υβριδικούς) σπόρους καλαμποκιού ως φυτικό απόθεμα. Σε σύγκριση με την ΕΕ, η συλλογή μείγματος σπόρων και μείγματος αραβόσιτου (CCM) με θεριζοαλωνιστικές μηχανές δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη στην Ουκρανία.

[29] V.D. Hrechkosii, M.D. Dmytryshak, R.V. Shatrov and other. Complex mechanization of grain production: Textbook // K: Ltd. "Nilan-Ltd", 2012 – 288 p.
[30] Cherenkov A.V., Tsykov V.S., Dziubetskyi B.V., Shevchenko M.S. et al. Intensification of corn technologies – a guarantee for yield stabilization at 90-100 m.c./ha level (practical recommendations) // Dnepropetrovsk: NU Institute of Steppe zone agriculture NAASU, 2012 – 31 p.

ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Κατά τη συγκομιδή σπόρων με θεριζοαλωνιστική μηχανή εξοπλισμένη με κεφαλή καλαμποκιού, τα φυτικά υπολείμματα κατανέμονται ως εξής (Εικ. 11): υπολείμματα καλαμιών (10% του βάρους των κόκκων), υπολείμματα πίσω από την κεφαλή καλαμποκιού (96% του βάρους των κόκκων) και υπολείμματα πίσω από το θεριζοαλωνιστική μηχανή (24% του βάρους των κόκκων). Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι οι κεφαλές καλαμποκιού απαιτούν πολύ μεγαλύτερη ισχύ από τις κεφαλές κόκκων. Συνήθως, είναι 7.5 kW (10 HP) ανά σειρά και απαιτείται επιπλέον ισχύς 2.3 kW (3 HP) ανά σειρά στην κεφαλή εάν τα εξαρτήματα τεμαχισμού των βλαστών είναι εγκατεστημένα[31].

ST – βλαστοί, LV – φύλλα, EW – φλοιός αραβόσιτου, CB – αλωνισμένος μίσχος, M_{grain} – μονάδα μέτρησης βάρους των κόκκων

ΕΙΚΟΝΑ 11:
Σχηματισμός υπολειμμάτων αραβόσιτου πίσω από τη θεριζοαλωνιστική μηχανή.

Η συμπίεση βιομάζας σε δεμάτια, καθώς οι πρώτες ύλες μπορούν συμπιεστούν κατά το τετραπλάσιο (από 40 kg/m^3 έως πάνω από 160 kg/m^3), συμβάλλει στην αύξηση της εφοδιαστικής αποδοτικότητας και μειώνει την απαιτούμενη επιφάνεια αποθήκευσης. Τα τεχνολογικά συστήματα συγκομιδής υπολειμμάτων αραβόσιτου σε δεμάτια, χωρίζονται σε 4 κύριους τύπους:

1. Σύστημα συγκομιδής με ένα πέρασμα: Στη θεριζοαλωνιστική μηχανή προσαρτάται χορτοδετικό που επιτρέπει τον σχηματισμό δεματιών από υπολείμματα καλαμποκιού, ταυτόχρονα με την κοπή των κόκκων (Εικ. 12α).

2. Σύστημα δύο περασμάτων: Μια θεριζοαλωνιστική μηχανή με κεφαλή καλαμποκιού που δημιουργεί σειράδια, και στη συνέχεια δημιουργούνται τα δεμάτια με χορτοδετικό προσαρτημένο σε τρακτέρ (Εικ. 12β).

3. Σύστημα τριών περασμάτων: θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ που τεμαχίζει και δημιουργεί σειράδια + τρακτέρ με χορτοδετικό που δημιουργεί μεγάλες τετράγωνες μπάλες (στρογγυλές μπάλες) (Εικ. 12γ).

4. Σύστημα πολλαπλών περασμάτων: θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ με καταστροφέα + τρακτέρ με μηχανική τσουγκράνα + τρακτέρ με χορτοδετικό (Εικ. 12δ).

Η τυπική συλλογή υπολειμμάτων καλαμποκιού με το σύστημα πολλαπλών περασμάτων θα οδηγήσει σε επίπεδα περιεκτικότητας σε τέφρα μεταξύ 8 και 12%, ανάλογα με το έτος, τις συνθήκες καλλιέργειας και κυρίως σε σχέση με τη μόλυνση του χώματος που συλλέγεται κατά τη διαδικασία της δεματοποίησης. Η συλλογή με ένα πέρασμα παράγει πρώτη ύλη με περιεκτικότητα σε τέφρα μικρότερη από 4% και δεν επιτρέπει στην πρώτη ύλη να φτάσει στο έδαφος μέχρι να σχηματιστεί ένα δέμα (Εικ. 12α). Οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές μονής διέλευσης έχουν απώλεια παραγωγικότητας λόγω του ότι μέρος της βιομάζας ρέει μέσα από αυτές. Οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές που σχεδιάστηκαν να χειρίζονται υψηλότερα ποσοστά βιομάζας έχουν μείωση 30% στην παραγωγικότητα, σε ρυθμούς συλλογής βιομάζας 3.4 Mg/ha[32].

[31] Corn: Chemistry and Technology, Third Edition. Edited by Sergio O. Serna-Saldivar Woodhead Publishing and AACC International Press, 2018. – 690 p.
[32] J. Darr, K. Webster, A. Shah Machinery Innovations to Meet Industrial Biomass Harvesting Demands in Expanding United States Markets / Land.Technik AgEng 2013. Conference Proceedings, 2013. – 399-406 p.

α) Σύστημα συγκομιδής με ένα πέρασμα: θεριζοαλωνιστική μηχανή με δεματοποιητή

β) Θεριζοαλωνιστική μηχανή με κεφαλή καλαμποκιού που δημιουργεί σειράδια + τρακτέρ με δεματοποιητή

γ) Θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ που τεμαχίζει και δημιουργεί σειράδια + τρακτέρ με δεματοποιητή

δ) Θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ με καταστροφέα + τρακτέρ με τσουγκράνα + τρακτέρ με δεματοποιητή

ΕΙΚΟΝΑ 12:
Τεχνολογικά σχήματα για τη συγκομιδή υπέργειων υπολειμμάτων καλαμποκιού[33].

Η εταιρεία AGCO παράγει το σύστημα συγκομιδής μονής διέλευσης Challenger, το οποίο διατίθεται στην αγορά ορισμένων χωρών, μεταξύ των οποίων και οι ΗΠΑ.

Για την αποτελεσματική συλλογή και δεματοποίηση υποπροϊόντων αραβόσιτου, είναι σημαντικό να δημιουργούνται συστοιχίες από υπολείμματα αραβόσιτου. Στο σύστημα δύο περασμάτων, χρησιμοποιείται Θεριζοαλωνιστική μηχανή με ειδική κεφαλή καλαμποκιού που δημιουργεί συστοιχίες (Εικ. 12β). Η κεφαλή καλαμποκιού Geringhoff Mais Star Collect μπορεί να τεμαχίσει και να απλώσει υπέργεια υπολείμματα καλαμποκιού στο χωράφι ή να τα τοποθετήσει σε σειρές (συστοιχίες). Στην κορυφή κάθε της σειράς μπορούν, επίσης, να προστεθούν τεμαχισμένοι σπάδικες και φλοιοί που σχηματίζονται μετά το πέρασμα της θεριοζαλωνιστικής μηχανής. Η εταιρεία New Holland παράγει τις κεφαλές Cornrower™ για τη διαμόρφωση συστοιχιών, που μπορούν να προσαρτηθούν στη θεριζοαλωνιστική μηχανή. Συγκριτικές δοκιμές ανάμεσα σε συγκομιδή με ένα πέρασμα και σε συγκομιδή με δύο περάσματα[34] έδειξε ότι η συγκομιδή σπόρων με το σύστημα δύο

[33] Report on "Analysis of utilisation of corn straw as an energy source" (2018). Prepared by SEC Biomass for EBRD under the Contract C38842/1018/5362.
[34] K. J. Shinners, R. G. Bennett, D. S. Hoffman Single- and two-pass corn grain and stover harvesting Transactions of the ASABE. 55(2): 341-350. (doi: 10.13031/2013.41372) @2012 https://elibrary.asabe.org/login.asp?search=0&JID=3&AID=41372&CID=t2012&v=55&i=2&T=2

περασμάτων ήταν 9% χαμηλότερη σε σχέση με τη συμβατική διαμόρφωση της θεριζοαλωνιστικής μηχανής. Επίσης, για το σύστημα δύο περασμάτων, οι καλλιεργητές πρέπει να επενδύσουν σε ειδικό εξοπλισμό, γεγονός που θα μειώσει την παραγωγικότητα στη συγκομιδή κόκκων αραβόσιτου.

Συνήθως, οι καλλιεργητές δεν διαθέτουν τους απαραίτητους πόρους για τη συλλογή βιομάζας, καθώς βασικός τους στόχος είναι η παραγωγή σπόρων αραβόσιτου. Οι καλλιεργητές τείνουν να συλλέγουν κόκκους αραβόσιτου με τυπικές θεριζοαλωνιστικές μηχανές και κεφαλές καλαμποκιού, χωρίς να ενδιαφέρονται για περαιτέρω συγκομιδή των υπολειμμάτων. Για την αποτελεσματική συγκομιδή των υπολειμμάτων καλαμποκιού, είναι καλύτερα να ανατεθεί το έργο σε μια εξειδικευμένη εταιρεία, η οποία διαθέτει μηχανήματα υψηλής απόδοσης και συλλέγει αγροτική βιομάζα με καλή ποιότητα. Το έργο μπορεί να επιτευχθεί με σύστημα τριών περασμάτων ή/και με συστήματα πολλαπλών περασμάτων.

Στο σύστημα τριών περασμάτων, χρησιμοποιείται ειδικός καταστροφέας που αφαιρεί κόκκους από τους μίσχους και δημιουργεί σειράδια με τα υπολείμματα του αραβόσιτου (Εικ. 12γ). Σε αυτή την περίπτωση, η θεριζοαλωνιστική μηχανή μπορεί να αυξήσει την απόδοσή της κατά τη διάρκεια συγκομιδής κόκκων αραβόσιτου. Η αμερικανική εταιρεία Hiniker παράγει τις μηχανές της σειράς 5,600, με πλάτος 4.5, 6 και 9 m, οι οποίες τεμαχίζουν και βάζουν σε σειρά τα υπολείμματα καλαμποκιού. Με σκοπό να δημιουργείται τέτοιος αριθμος σειρών ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη και αποδοτικότερη συγκομιδή και να μειώνεται ο αριθμός περασμάτων. Οι Hiniker 5,610 και 5,620 έχουν συνδεδεμένα δύο περάσματα σε μια μόνο θεριστική-χορτοκοπτική μηχανή. Ο καταστροφέας με πλάτος 30 πόδια, πρέπει να είναι στερεωμένος σε τρακτέρ με κινητήρα ισχύος 200 ίππων.

Σε ένα σύστημα πολλαπλών περασμάτων, χρησιμοποιείται ένας καταστροφέας στερεωμένος σε ένα τρακτέρ, τη στιγμή που τα υπολείμματα στοιβάζονται σε συστοιχίες μέσω μηχανικής τσουγκράνας που είναι κι αυτή στερεωμένη στο τρακτέρ (Εικ. 12δ). Για να είναι αποδοτική με τους μίσχους καλαμποκιού, η τσουγκράνα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με πιο δυνατά δόντια σε σύγκριση με μια τσουγκράνα για άχυρο. Όπως και οι τσουγκράνες, έτσι και η απόδοση της συγκομιδής από καταστροφείς μίσχων μπορεί να ρυθμιστεί αλλάζοντας την απόσταση ανάμεσα στα δόντια τεμαχισμού και το έδαφος. Επειδή οι τεμαχιστές μίσχων δεν φτάνουν, συνήθως, στο έδαφος, το επίπεδο μόλυνσης του χώματος και τα επίπεδα τέφρας από υπολείμματα καλαμποκιού είναι γενικά μικρότερα σε σχέση με μιας μηχανικής τσουγκράνας[35].

Χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α.	Αναλογία στην Ε.Ε.
1. Δημιουργούν σειρές	
Hiniker 5600 series	Biochipper 300, 400, 500, 600
2. Δεματοποιούν	
Massey Ferguson 2270XD	Krone Big Pack 1290 HDP
3. Συλλέγουν τα δεμάτια από το χωράφι	
ProAg 16 K Plus Bale Runner	Arcusin Autostack XP 54T

ΕΙΚΟΝΑ 13:
Μοντέλα αγροτικών μηχανημάτων για συλλογή υπολειμμάτων καλλιέργειας αραβόσιτου.

[35] *Matt Darr Industrial harvesting of corn stover as a biomass (2012). Proceedings of the Integrated Crop Management Conference. 9. https://lib.dr.iastate.edu/icm/2012/proceedings/9*

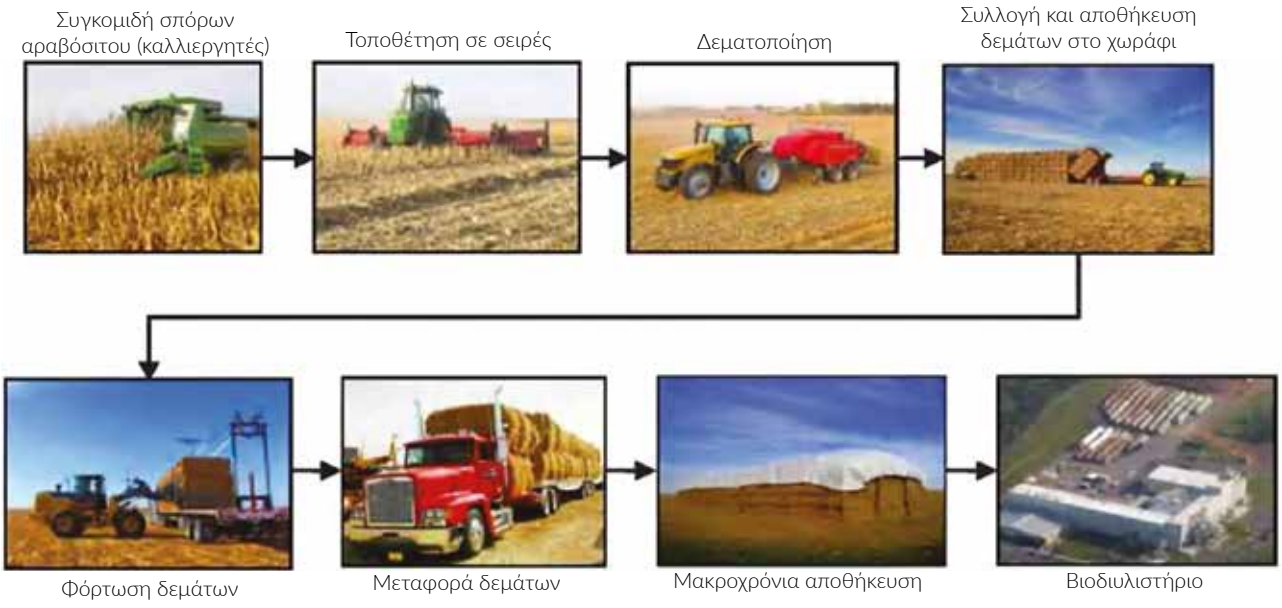
Για την αποφυγή απωλειών ξηρής ύλης και υποβάθμισης της ποιότητας της βιομάζας, τα δεμάτια πρέπει να αφαιρούνται γρήγορα από το χωράφι και να τοποθετούνται σε στοίβες για αποθήκευση. Για παράδειγμα, το τρέιλερ 16K Plus Bale Runner συλλέγει 12 μεγάλα δεμάτια με 1.2 m πλάτος και 0.9m ύψος σε ένα πέρασμα, και τοποθετείται σε τρακτέρ με ισχύ 180 ίππων. Στις ΗΠΑ, επίσης, χρησιμοποιούνται αυτοκινούμενες μηχανές φόρτωσης. Το μοντέλο Stinger Stacker 6500 διαθέτει κινητήρα 305 ίππων, 6-τάχυτο αυτόματο κιβώτιο και μέσα σε μία ώρα μπορεί να συλλέξει και να στοιβάξει 80-120 μεγάλα ορθογώνια δεμάτια.

Από αυτές τις τεχνολογίες, το σύστημα τριών περασμάτων (Εικ. 12γ) εφαρμόζεται περισσότερο στις ευρωπαϊκές συνθήκες, λόγω της δυνατότητας χρήσης τυπικών διαθέσιμων μηχανημάτων για τους παραγωγούς γεωργικών προϊόντων και της λιγότερης επαφής της βιομάζας με το χώμα. Σε διάφορα στάδια της διαδικασίας συγκομιδής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά μοντέλα εξοπλισμού.

Μερικά παραδείγματα τέτοιων μηχανημάτων φαίνονται στην Εικ. 13. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με μηχανήματα συγκομιδής, με logistics για τα υπολείμματα αραβόσιτου και την επεξεργασία τους σε πέλλετ/μπρικέτες περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι.

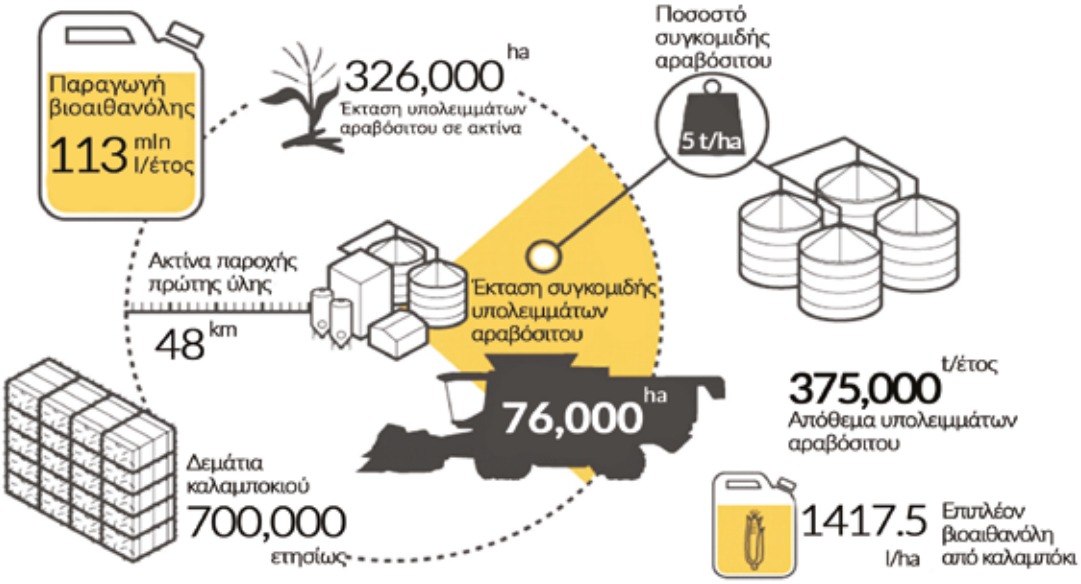
Η ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ DUPONT

Ένα παράδειγμα ολοκληρωμένης αλυσίδας εφοδιασμού υπολειμμάτων αραβόσιτου (δεματοποιημένη βιομάζα) παρουσιάζεται στην Εικ. 14. Ήταν η εφοδιαστική αλυσίδα που εφαρμόστηκε από την εταιρεία Dupont (ΗΠΑ) και παρείχε λιγνινοκυτταρινούχα αιθανόλη με πρώτη ύλη τα υπολείμματα αραβόσιτου. Το μεγάλο προηγμένο βιοδιυλιστήριο της Dupont άνοιξε στις 30 Οκτωβρίου 2015, στην πόλη Νεβάδα, της Πολιτείας της Αϊόβα. Η δυναμικότητα του εργοστασίου ήταν περισσότερα από 110 εκατ. λίτρα λιγνινοκυτταρινούχα αιθανόλη αιθανόλης ανά έτος. Το καλαμπόκι συλλέχθηκε από ντόπιους καλλιεργητές, ενώ άλλες εργασίες πραγματοποιήθηκαν από το προσωπικό του εργοστασίου. Το 2018, η Verbio North America Corp. αγόρασε τη DuPont Cellulosic Ethanol LLC στη Νεβάδα. Ο νέος ιδιοκτήτης έχει σχεδιάσει να παράγει ανανεώσιμο φυσικό αέριο (RNG), αφού πρώτα κάνεις τις απαραίτητες τροποποιήσεις στις εγκαταστάσεις[36].



ΕΙΚΟΝΑ 14:
Μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας υπολειμμάτων καλαμποκιού της Dupont για την παραγωγή κυτταρινικής αιθανόλης[37].

[36] *http://ethanolproducer.com/articles/15885/burgeoning-biomethane*
[37] *DuPont Nevada Site Cellulosic Ethanol Facility Feedstock Collection Program http://www.dupont.com/content/dam/dupont/products-and-services/industrial-biotechnology/documents/IB-PDF-04-Feedstock_Collection_Program_2015.pdf*



ΕΙΚΟΝΑ 15:
Πρόγραμμα λειτουργίας του εργοστασίου κυτταρινικής βιοαιθανόλης Dupont[38].

Το πρόγραμμα λειτουργίας φαίνεται στην Εικ. 15. Η Dupont πλήρωνε τους καλλιεργητές για την άδεια συγκομιδής υπολειμμάτων καλαμποκιού και αναλάμβανε τη διαχείριση του κόστους συγκομιδής, την αποθήκευση και τη μεταφορά. Οι καλλιεργητές πιστώνονταν για την παροχή πρόσβασης στο χωράφι τους και για τα θρεπτικά συστατικά που έχανε το χώμα κατά τη διαδικασία συλλογής των υποπροϊόντων αραβόσιτου. Τα υπολείμματα καλαμποκιού συγκεντρώνονταν από τα 500 πλησιέστερα αγροκτήματα. Υπήρχαν 85 μόνιμες θέσεις εργασίας στο εργοστάσιο και 150 άτομα συμμετείχαν στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της εποχικής πρώτης ύλης.

Για το πρόγραμμα συλλογής υπολειμμάτων καλαμποκιού για την παραγωγή λιγνινοκυτταρινούχα αιθανόλη αιθανόλης, η Dupont έκανε συμβάσεις με καλλιεργητές για τη συγκομιδή, αποθήκευση και παράδοση υποπροϊόντων καλαμποκιού στις εγκαταστάσεις της. Για να πιστοποιηθούν οι καλλιεργητές, έπρεπε να πληρούν τα ακόλουθα κριτήρια:

- Οι καλλιέργειες να βρίσκονται σε ακτίνα 48 χιλιομέτρων από τη Νεβάδα της Αϊόβα.
- Τα στρέμματα καλαμποκιού να καλλιεργούνται χωρίς άροση ή συντηρητικές τεχνικές άροσης
- Απόδοση 12.2 τόνους ανά εκτάριο ή μεγαλύτερη.
- Σχετικά επίπεδο έδαφος (με κλίση 4% ή μικρότερη).

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΣΕ ΔΕΜΑΤΙΑ

Η συλλογή και μεταφορά υποπροϊόντων αραβόσιτου σε δεμάτια, είναι κοινή πρακτική για πολλές εταιρείες. Αφού στοιβαχθούν τα δέματα σε αποθήκες κοντά σε χωράφια, θα πρέπει να μεταφερθούν στην κύρια (κεντρική) αποθήκη. Για τη φόρτωση στις αποθήκες, χρησιμοποιούνται εμπρόσθιοι φορτωτές (κλάρκ) και Αυτόματοι φορτωτές. Για τη μεταφορά από την τοπική στην κεντρική αποθήκη, χρησιμοποιούνται φορτηγά με ημιρυμουλκούμενες πλατφόρμες. Τέτοιος εξοπλισμός χρησιμοποιείται συνήθως για τα logistics και σε δεμάτια άχυρου και σανού. Όμως, τα δεμάτια από υποπροϊόντα αραβόσιτου έχουν γενικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και, ως εκ τούτου, είναι βαρύτερα σε σύγκριση με δεμάτια από άχυρο δημητριακών ή ελαιοκράμβη, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή μηχανών για δεματοποίηση και στοίβαξη. Είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί το φορτίο,

[38] http://www.dupont.com/products-and-services/industrial-biotechnology/advanced-biofuels/articles/nevada-cellulosic-ethanol-by-the-numbers.html
[39] Justin McGill, Matt Darr Transporting Biomass on Iowa Roadways. PM 3051G (2014) https://store.extension.iastate.edu/product/Transporting-Biomass-on-Iowa-Roadways

χρησιμοποιώντας ιμάντες πρόσδεσης ή τρέιλερ χωρίς πλευρές[39]. Έως και 36 μεγάλα τετράγωνα δεμάτια με μέσο ξηρό βάρος 0.43 t μπορούν να μεταφερθούν σε ένα τυπικό αμερικανικό ημιρυμουλκούμενο 14.4 m. Η ιδανική πυκνότητα του ξηρού δέματος για τις δυνατότητες έλξης των τυπικών ημιρυμουλκούμενων, είναι 196 kg/m^3. Τα φορτία βιομάζας πρέπει να είναι σωστά ασφαλισμένα για να μην υπάρχει ο κίνδυνος μετατόπισης κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΣΕ ΣΤΡΟΓΓΥΛΙΑ ΔΕΜΑΤΙΑ

Η βιομάζα μπορεί να δεματοποιηθεί σε στρογγυλά δεμάτια χρησιμοποιώντας στρογγυλό χορτοδετικό αντί για μεγάλο τετράγωνο χορτοδετικό. Οι στρογγυλές χορτοδετικές μηχανές είναι επίσης πολύ αποδοτικές για την παραγωγή βιομάζας και προσφέρουν το πλεονέκτημα της ευκολότερης λειτουργίας με λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης[40]. Τα στρογγυλά χορτοδετικά απαιτούν ιπποδύναμη έως και 75 ίππους PTO. Για επαρκή ισχύ της ράβδου ζεύξης και για μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας του χορτοδετικού, προτείνεται ένα τρακτέρ με κινητήρα 120+ ίππων κατά τις βιομηχανικές εργασίες δεματοποίησης. Τα στρογγυλά χορτοδετικά υψηλής πυκνότητας με προεπεξεργασία κοπής, μπορούν να επιτύχουν δεμάτια με πυκνότητα 160 kg/m^3. Τα μεγάλα τετράγωνα χορτοδετικά απαιτούν πολύ περισσότερη ισχύ σε σχέση με τους στρογγυλούς δεματοποιητές. Επίσης, τα μεγάλα τετράγωνα χορτοδετικά υψηλής χωρητικότητας, συνήθως, απαιτούν τουλάχιστον 180+ ίππους. Πρόσθετη ιπποδύναμη μπορεί να απαιτηθεί εάν χρησιμοποιούνται χορτοδετικές μηχανές υψηλής πυκνότητας. Τέτοιοι δεματοποιητές έχουν τη δυνατότητα να παράγουν δεμάτια με πυκνότητα άνω των 184 kg/m^3. Σε γενικές γραμμές, πάντως, οι στρογγυλές χορτοδετικές μηχανές είναι λιγότερο παραγωγικές σε σχέση με τις μεγάλες τετράγωνες. Λαμβάνοντας υπόψη τον μικρότερο όγκο μεταφοράς και αποθήκευσης, τα logistics των στρογγυλών δεματιών σε σύγκριση με των τετράγωνων, είναι πιο περίπλοκα και πιο κοστοβόρα.

ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Εκτός από τις τεχνολογίες δεματοποίησης, τα στελέχη και τα φύλλα αραβόσιτου μπορούν να συλλεχθούν σε τεμαχισμένη μορφή, ως μείγμα διαφορετικών υποπροϊόντων αραβόσιτου ή χωριστά

α) Σύστημα συγκομιδής με θεριζοαλωνιστική μηχανή χορτονομής: θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ με τεμαχιστή μίσχων που δημιουργεί σειράδια + μηχανή χορτονομής + τρακτέρ με ρυμουλκούμενο

β) Σύστημα συγκομιδής με βαγόνι φόρτωσης χορτονομής:
θεριζοαλωνιστική μηχανή + τρακτέρ με τεμαχιστή μίσχων που δημιουργεί συστοιχίες + τρακτέρ με βαγόνι φόρτωσης χορτονομής

ΕΙΚΟΝΑ 16:
Αλυσίδα τροφοδοσίας τεμαχισμένων υπολειμμάτων καλαμποκιού.

[40] *Matt Darr, Keith Webster Corn Stover Harvesting Machinery. PM3051A (2014) https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Stover-Harvesting-Machinery*
[41] *Monika Fleschhut, Kurt-Jurgen Hulsbergen, Stefan Thurner, Joachim Eder Analysis of different corn stover harvest systems / LANDTECHNIK, 71 (6), 2016. – 252-270 p.*

από αυτά, ως σπάδικες. Τα διαγράμματα ροής των τεμαχισμένων υπολειμμάτων αραβόσιτου με τη χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής χορτονομής ή βαγονιού φόρτωσης χορτονομής, φαίνονται στην Εικ. 16. Πειράματα του Bavarian State Research Centre for Agriculture το 2014 και το 2015, δείχνουν ότι η περιεκτικότητα σε τέφρα του καλαμποκιού ήταν 7.0 % σε DM ± 1.9 για τη συγκομιδή μέσω θεριζοαλωνιστικής μηχανής χορτονομής και 6.9% σε DM ± 2.0 για τη συγκομιδή μέσω βαγονιού φόρτωσης χορτονομής[41].

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΣΠΑΔΙΚΩΝ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Μια άλλη επιλογή για τη συγκομιδή υπολειμμάτων καλαμποκιού είναι να συλλέξουμε ένα μέρος τους αφού πρώτα διαχωρίσουμε τους σπόρους των μίσχων μέσω θεριζοαλωνιστικής μηχανής. Το 2018, ερευνητές του ιταλικού CREA-IT (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e 'Analisi dell'Economia Agraria) πραγματοποίησαν δοκιμές για το BECOOL project σε χωράφι, ώστε να αξιολογήσουν την απόδοση ενός καινοτόμου μηχανοποιημένου συστήματος συλλογής σπάδικων καλαμποκιού, που ονομάζεται Harcob[42] (Εικ. 17α). Χρησιμοποιώντας τη θεριζοαλωνιστική μηχανή με το σύστημα Harcob, ήταν δυνατή η συγκομιδή 2 t/ha αλωνισμένων μίσχων κατά μέσο όρο (4.1 t./ώρα)[43]. Η εταιρεία Vermeer έχει κατασκευάσει τη μηχανή συγκομιδής διαχωρισμένων μίσχων CCX770 (Εικ. 17β), η οποία είναι ήδη διαθέσιμη στην αγορά[44]. Η μηχανή Vermeer CCX770 Cob Harvester είναι ένα βαγόνι συλλογής διαχωρισμένων μίσχων αραβόσιτου, προσαρτημένο σε θεριζοαλωνιστική μηχανή. Αυτό το μηχάνημα δίνει τη δυνατότητα στους καλλιεργητές να συλλέγουν καλαμπόκι και διαχωρισμένων μίσχους (ξεχωριστά και ταυτόχρονα) με ένα πέρασμα. Στην Ουκρανία, ορισμένοι αγρότες προσαρμόζουν το σύστημα διαχωρισμού των θεριζοαλωνιστικών μηχανών ώστε να μειώνεται η ανάγκη διαχωρισμού των κόκκων αραβόσιτου από τους μίσχους. Έτσι, οι μίσχοι με τους κόκκους μεταφέρονται σε αποθήκες σιτηρών και εκεί διαχωρίζονται σε σταθερές μονάδες διαχωρισμού, με τους αλωνισμένους μίσχους να χρησιμοποιούνται ως βιομάζα για τα ξηραντήρια των κόκκων αραβόσιτου. Η περιγραφόμενη τεχνολογία βασίζεται σε ήδη υπάρχοντα μηχανήματα και δεν απαιτεί κεφάλαιο για πρόσθετο εξοπλισμό. Όμως, χρησιμοποιείται μόνο για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργητών και δεν μπορεί να εφαρμοστεί για τη συλλογή αυτού του τύπου βιομάζας σε μεγάλη κλίμακα για τον τομέα της βιοενέργειας.

α)

β)

ΕΙΚΟΝΑ 17:
Μηχανές συγκομιδής διαχωρισμένων μίσχων: α) Σύστημα Harcob, β) Vermeer CCX770.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το υπολείμματα καλαμποκιού πρέπει να φυλάσσονται σε συνθήκες που εξασφαλίζουν τη διατήρηση του επιθυμητού επιπέδου περιεκτικότητας σε υγρασία, και σε συνθήκες, δηλαδή, που τα προστατεύουν από τη βροχή, από το μουσκεμένο έδαφος, από την αποσύνθεση και από μια πιθανή φωτιά. Η επιλογή του τύπου αποθήκευσης εξαρτάται από την τοποθεσία και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες. Τα υπολείμματα καλαμποκιού μπορούν να αποθηκευτούν σε ανοιχτό χώρο, κάτω από προστατευτικό κάλυμμα, σε μόνιμη αποθηκευτική κατασκευή ή να γίνει αναερόβια αποθήκευση[45].

[42] *https://www.becoolproject.eu/2018/10/22/recovering-maize-cob-converting-untapped-biomass-resource-into-valuable-feedstock/*
[43] *http://www.etaflorence.it/proceedings/?detail=15215*
[44] *https://www.vermeer.com/NA/en/N/equipment/cob_harvester*
[45] *Matt Darr, Ajay Shah, Kevin Peyton, Keith Webster Corn Stover Storage Methods https://store.extension.iastate.edu/product/14077*

ΕΙΚΟΝΑ 18:
Αποθήκευση υπολειμμάτων αραβόσιτου σε ανοιχτό χώρο, στην Ισπανία.

Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί παράγοντες για να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα αποθήκευσης: η σταθερότητα της πρώτης ύλης κατά την αποθήκευση, το κόστος της υποδομής αποθήκευσης, η προσβασιμότητα στην πρώτη ύλη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, η ενοποίηση της πλατφόρμας αποθήκευσης με μονάδα επεξεργασίας. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η δωρεάν πρόσβαση στη βιομάζα για τους φορτωτές.

Η αποθήκευση βιομάζας σε μόνιμες αποθηκευτικές κατασκευές προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα. Ωστόσο, λόγω της σχετικά χαμηλής πυκνότητας των υπολειμμάτων του καλαμποκιού, συμπεριλαμβανομένων των δεματιών και του υψηλού κόστους για καινούργια κτίρια αποθηκών, οι μόνιμες κατασκευές αποθήκευσης είναι οικονομικά ανέφικτες. Σε αυτή την περίπτωση, εάν κάποιος ενδιαφερόμενος έχει ήδη μόνιμες αποθήκες, μπορεί να τις χρησιμοποιήσει και για τα υπολείμματα καλαμποκιού.

Η υπαίθρια αποθήκευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια προσωρινή τοπική μορφή αποθήκευσης για τα υπολείμματα καλαμποκιού, όταν το ανώτερο στρώμα της βιομάζας χρησιμεύει ως κάλυψη (Εικ. 18). Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κύρια μορφή αποθήκευσης σε ορισμένες περιοχές, αλλά είναι απαραίτητο να γίνει αυτό πολύ προσεκτικά, λόγω του κίνδυνου απώλειας ξηρής ύλης της βιομάζας.

Η αναερόβια αποθήκευση ή ενσίρωση είναι μια ευρέως διαδεδομένη αποθηκευτική μέθοδος για υγρές πρώτες ύλες στην κτηνοτροφική βιομηχανία. Η αναερόβια αποθήκευση είναι οικονομικά βιώσιμη για πρώτες ύλες υψηλής υγρασίας, ιδιαίτερα για τις αρχές της σεζόν αποθήκευσης δεματιών ή για αποθήκευση έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια μιας εξαιρετικά υγρής εποχής κατά τη συγκομιδή[45].

Η αποθήκευση υπολειμμάτων καλαμποκιού κάτω από προστατευτικό κάλυμμα προσφέρει τη βέλτιστη ισορροπία κόστους και διατήρησης της ποιότητας. Το υλικό agrofibre μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μουσαμάς, προσφέροντας προστασία από τη βροχή και το χιόνι. Ο αέρας που το διαπερνά εμποδίζει το σχηματισμό μυκήτων και μούχλας. Το υλικό agrofibre χρησιμοποιείται και για την ξήρανση ροκανιδιών. Το agrofibre μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερα από 5 χρόνια[46].

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης υπολειμμάτων καλαμποκιού πρέπει να τηρούν όλους τους Κανονισμούς Πυρασφάλειας. Για παράδειγμα, στην Ουκρανία[47], το εμβαδόν μιας στοίβας με δεμάτια αχύρου πρέπει να είναι μικρότερο από 500 m^2 και στις στοίβες με τεμαχισμένο άχυρο πρέπει να είναι μικρότερο από 300 m^2. Η απόρριψη δεματιών (τεμαχισμένα άχυρο) σε διπλές στοίβες γίνεται με απόσταση όχι μικρότερη από 6 m μεταξύ των στοιβών και όχι μικρότερη από 30 m μεταξύ παρακείμενων διπλών στοιβών.

[45] *Matt Darr, Ajay Shah, Kevin Peyton, Keith Webster Corn Stover Storage Methods https://store.extension.iastate.edu/product/14077*
[46] *http://zavod-kobzarenko.derevo.ua/catalog/details/6019*
[47] *http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-07*

ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Η περαιτέρω μεταποίηση των υποπροϊόντων αραβόσιτου σε μπρικέτες και πέλλετ θα αυξήσει την προστιθέμενη αξία της βιομάζας. Οι μπρικέτες βιομάζας είναι πεπιεσμένα υλικά κυλινδρικού, ορθογώνιου ή οποιουδήποτε άλλου σχήματος με εγκάρσια διάσταση που δεν είναι μικρότερη από 25 mm και μήκος 100-400 mm. Η διάμετρος μιας μπρικέτας είναι συνήθως 60-75 mm, αν και δεν υπάρχουν τυπικά μεγέθη για αυτό προϊόν. Οι μπρικέτες μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικά σχήματα, αλλά συνολικά, μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους: NESTRO, RUF και Pini&Kay (οι ονομασίες βασίζονται στα ονόματα των εταιρειών που κατασκευάζουν γνωστές πρέσες για την παραγωγή μπρικετών αυτού του τύπου). Μια τυπική διαδικασία παραγωγής μπρικετών βιομάζας περιλαμβάνει επτά στάδια: παραλαβή πρώτης ύλης, τεμαχισμός, βαθμονόμηση, ξήρανση, συμπίεση πρώτης ύλης σε μπρικέτες (μπρικετοποίηση), ψύξη και συσκευασία. Η δημιουργία μιας ποιοτικής μπρικέτας από τεμαχισμένη φυτική μάζα, εξαρτάται από τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του υλικού και από τις συνθήκες της διαδικασίας μπρικετοποίησης. Οι προϋποθέσεις ποιότητας είναι: η πυκνότητα της μπρικέτας (0.8-1.3 t/m^3), η περιεκτικότητα σε υγρασία, οι διαστάσεις (διάμετρος, μήκος) και το κανονικό σχήμα. Η πυκνότητα είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει τη μηχανική αντοχή και τη στεγανότητα μιας μπρικέτας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μπρικετών ως καύσιμη ύλη, είναι η σταθερή θερμοκρασία τους για πολλές ώρες κατά την καύση. Οι μπρικέτες βιομάζας μπορούν να καούν σε σπιτικούς λέβητες και σε μικρούς λέβητες στερεών καυσίμων με χειροκίνητη φόρτωση (έως ~100-150 kW), τους οποίους συναντάμε σε νοικοκυριά, σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν με κρατική χρηματοδότηση κ.λπ. Στην αγορά, υπάρχουν και αυτοματοποιημένοι λέβητες με αποθηκευτικό χώρο (έως ~240 kW), σχεδιασμένοι για λειτουργία με μπρικέτες βιομάζας. Μπρικέτες μικρότερης πυκνότητας (δηλαδή «πιο μαλακές» λόγω πιο υγρής πρώτης ύλης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλους λέβητες με αυτόματη τροφοδοσία, καθώς μια ράβδος τεμαχισμού που κατασκευάζεται από ισχυρό μέταλλο θα είναι σε θέση να συνθλίψει τις πιο μαλακές μπρικέτες και να εξασφαλίσει την αδιάλειπτη τροφοδοσία τους στον κλίβανο.

Η γεωργική βιομάζα τροποποιείται σε μικρά συσσωματώματα (pellets) για να αυξήσει την απόδοση των logistics και να επεκτείνει τη δυνατότητα της ενεργειακής της χρήσης. Τα πέλλετ από υπολείμματα αραβόσιτου είναι μη ξυλώδη πέλλετ και η τεχνική διαδικασία για τη παραγωγή τους είναι παρόμοια με τη διαδικασία μπρικετοποίησης βιομάζας από γεωργική πρώτη ύλη. Τα μη ξυλώδη πέλλετ είναι συμπυκνωμένα βιοκαύσιμα που παράγονται από αλεσμένη βιομάζα, με ή χωρίς πρόσθετα. Έχουν κυλινδρικό σχήμα με διάμετρο < 25 mm, τυχαίο μήκος (συνήθως 3.15 έως 40 mm) και σπασμένα άκρα λόγω της μηχανικής συμπίεσης[48]. Τα κύρια χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την οργάνωση της παραγωγικής διαδικασίας της κοκκοποίησης είναι η αρχική κατάσταση της βιομάζας (μέγεθος σωματιδίων, αρχική μείωση όγκου, παρουσία ακαθαρσιών, περιεκτικότητα σε υγρασία). Κατά την επεξεργασία υπολειμμάτων καλλιεργειών, φλοιών ηλίανθου, καλαμιών κ.λπ. είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα τυπικό σχήμα σχεδιασμένο για την παραγωγή πέλλετ άχυρου.

Συνοψίζοντας: πολλές τεχνολογίες βασισμένες σε διαφορετικά είδη μηχανών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συγκομιδή υποπροϊόντων αραβόσιτου. Για μεγάλης κλίμακας συγκομιδή, είναι λογικό να χρησιμοποιούνται ειδικά μηχανήματα υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένων, τεμαχιστών που δημιουργούν σειράδια, δεματοποιητών, τρέιλερ κ.λπ. Όμως, για μικρής κλίμακας συγκομιδή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, με διαφορετικούς τρόπους, μηχανήματα που ήδη υπάρχουν στον υπάρχοντα εξοπλισμό. Είναι σημαντικό να αποφευχθεί η μόλυνση της βιομάζας με χώμα, αλλά και η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των υποπροϊόντων αραβόσιτου. Τα κύρια κόστη της αποθήκευσης καλαμποκιού με μουσαμά είναι το κόστος ενοικίασης γης, το κόστος προετοιμασίας του εδάφους με το υλικό, κόστος φόρτωσης/εκφόρτωσης, κόστος φύλαξης και το κόστος που σχετίζεται με τις απώλειες της πρώτης ύλης λόγω απώλεια ξηρής ύλης. Η μεταποίηση υπολειμμάτων καλαμποκιού σε μπρικέτες και πέλλετ, αυξάνει την ενεργειακή πυκνότητα του όγκου της βιομάζας, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν η βιομάζα μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις.

[48] *ISO 17225-6:2014 Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets*

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΣΤΕΛΕΧΗ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Τα υπολείμματα αραβόσιτου, όπως και άλλα υπολειμμάτων καλλιεργειών, χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων σε αγροτικές περιοχές με κρύο χειμώνα, ιδιαίτερα σε περιοχές με λιγοστά δάση. Στα νότια χωριά της περιοχής της Οδησσού στην Ουκρανία, οι ντόπιοι, εδώ και δεκαετίες, ενοικιάζουν αγροτεμάχια καλαμποκιού από αγροτικές επιχειρήσεις ή μεγαλοκαλλιεργητές. Παλιότερα οι ντόπιοι καλλιεργούσαν και θέριζαν καλαμπόκι με το χέρι, αλλά τώρα χρησιμοποιούν μηχανήματα για τις χρήσεις αυτές, όπως δεματοποιητες για καλαμποκι. Συλλέγουν υπολείμματα καλαμποκιού και τα τοποθετούν κοντά στο σπίτι τους (Εικ. 19). Κατά τις κρύες εποχές του χρόνου, οι ντόπιοι χρησιμοποιούν τα υπολείμματα αραβόσιτου ως ζωοτροφή και βιομάζα για θέρμανση. Καίνε τα στελέχη του αραβόσιτου σε παραδοσιακές σόμπες, η χρήση των οποίων μειώνεται τα τελευταία χρόνια.

Τα τεμαχισμένα υπολείμματα αραβόσιτου αποτελούν δύσκολη μορφή βιομάζας για μικρής κλίμακας χρήση στην οικιακή θέρμανση, λόγω της χαμηλής πυκνότητάς τους. Επίσης, ο χειρισμός μεγάλων δεματιών μπορεί να αποτελεί πρόβλημα. Σε αυτήν την περίπτωση, η παραγωγή μπρικετών και πέλλετ από μιας τέτοιας μορφής βιομάζα, μπορεί να είναι μια καλή επιλογή για σύγχρονους λέβητες. Ωστόσο, προς το παρόν, η ευρεία παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων από υπολείμματα αραβόσιτου δεν εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στην Ουκρανία και στην Ευρώπη. Υπάρχουν μόνο λίγες περιπτώσεις μέσων παραγωγής θερμότητας από δεμάτια υπολειμμάτων καλαμποκιού που χρησιμοποιούνται για θέρμανση και ξήρανση σιτηρών. Ο κύριος λόγος για αυτό είναι η συγκομιδή βιομάζας σε περιόδους βροχών και η ανάμειξη των υπολειμμάτων με το χώμα.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, τα υπολείμματα αραβόσιτου μπορούν να λειτουργήσουν ως καλύτερη βιομάζα για καύση σε σύγκριση με το άχυρο δημητριακών, αλλά τα χαρακτηριστικά ως καυσίμου της αγροβιομάζας εξαρτώνται από τις τοπικές συνθήκες και τις πρακτικές συγκομιδής. Σε κάθε περίπτωση, οι λέβητες πρέπει να είναι κατάλληλοι για καύση υποπροϊόντων καλαμποκιού. Μπορεί να είναι, για παράδειγμα, ένας τροποποιημένος λέβητας που σχεδιάστηκε για καύση βιομάζας ξύλου. Γενικά, οι λέβητες που λειτουργούν με υποπροϊόντα δημητριακών θεωρούνται κατάλληλοι και για την καύση υπολειμμάτων καλαμποκιού, με την προϋπόθεση ότι αυτά έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία κατά την καύση. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά μείγματα καύσης της βιομάζας, για παράδειγμα ξύλο με υπολείμματα καλαμποκιού.

Τα πειράματα καύσης μικρών δεματιών υπολειμμάτων καλαμποκιού σε μη τροποποιημένο λέβητα 146 kW με διπλούς θαλάμους για κορμούς ξύλου και η καύση στρογγυλών δεματιών υπολειμμάτων καλαμποκιού σε λέβητα βιομάζας Farm 2000 με ισχύ 176 kW περιγράφονται στα άρθρα[49,50]. Και οι δύο λέβητες είχαν καλή απόδοση στην παραγωγή θερμότητας χρησιμοποιώντας δεμάτια υπολειμμάτων

ΕΙΚΟΝΑ 19:
Τετράγωνα δεμάτια με υπολείμματα αραβόσιτου στο χωριό Krynychne.

καλαμποκιού, αλλά χρειάζονταν βελτιώσεις ώστε να επιτευχθεί πιο αποτελεσματική καύση. Έτσι, ο μικρός λέβητας των 146 kW, παρήγαγε κατά μέσο όρο 7.5% τέφρα από τα δεμάτια, η οποία περιελάμβανε περίπου 2% άκαυστα υπολείμματα, ενώ το ξύλο παρήγαγε 1.7% τέφρα. Οι εκπομπές καυσαερίων ήταν κατά μέσο όρο 1,324 mg/m^3 CO και 99.1 NOx για τον αραβόσιτο (118 mg/m^3 CO και 50.6 NOx για το ξύλο). Η συνολική απόδοση μεταφοράς θερμότητας για τα υπολείμματα καλαμποκιού ήταν χαμηλότερη από ό,τι για το ξύλο (57% έναντι 77%). Στον λέβητα βιομάζας Farm 2000, οι μέσες εκπομπές από το καλαμπόκι ήταν 2,725 mg/m^3 CO, 9.8 mg/m^3 NOx και 2.1 mg/m^3 SO_2, δηλαδή χαμηλότερες όσον αφορά στα NOx και SO_2 και υψηλότερες όσον αφορά στο CO, σε σχέση με τις εκπομπές από καύση υποπροϊόντων σιταριού (CO 2,210 mg/m^3, NOx 40.4 mg/m^3 και SO_2 3.7 mg/m^3).

Πρέπει να σημειωθεί ότι και οι δύο λέβητες χρησιμοποιούσαν συστήματα καύσης με σταθερή σχάρα, τα οποία συχνά παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα αποτελεσματικότητα και υψηλές εκπομπές άκαυστων ρύπων και τέφρας κατά την καύση αγροτικής βιομάζας. Τα συστήματα με κινούμενη σχάρα μπορούν να επιτύχουν καύση με υψηλότερη ταχύτητα και απόδοση, καθώς το στερεό καύσιμο κινείται κατά μήκος της σχάρας από το τμήμα εισόδου του έως το τμήμα εκροής τέφρας, γεγονός που επιτρέπει την καλύτερη ανάμειξη μεταξύ αέρα και καυσίμου και διευκολύνει τη διανομή του άνθρακα, ώστε να επιταχύνεται η καύση[51].

Ενδιαφέρον για τη χρήση υπολειμμάτων αραβόσιτου σε εφαρμογές θέρμανσης υπάρχει σε περιοχές που σκοπεύουν να καταργήσουν σταδιακά τον άνθρακα ως μέσο θέρμανσης. Στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία, η Δημοτική Επιχείρηση Τηλεθέρμανσης Ευρύτερης Περιοχής Αμυνταίου (ΔΕΤΕΠΑ) εγκαινίασε το φθινόπωρο του 2020 μια νέα μονάδα επεξεργασίας βιομάζας για να αντικαταστήσει τη θερμαντική απόδοση που παρείχε ένας πλέον παροπλισμένος λιγνιτικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής. Κατά το πρώτο έτος, η μονάδα βασιζόταν περισσότερο σε πρώτες ύλες βιομάζας που προέρχονταν από ήδη καθιερωμένους προμηθευτές (τεμαχισμένο ξύλο και πέλλετ φλοιού ηλίανθου), αλλά η ΔΕΤΕΠΑ έχει έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη εφοδιαστικών αλυσίδων τοπικής αγροβιομάζας, με στόχο την προμήθεια περίπου 5,000 τόνων από υπολείμματα αραβόσιτου και αμπελιού κατά την περίοδο 2021-2022[52]. Στην Κίνα υπάρχει τεράστιο δυναμικό γεωργικών υποπροϊόντων συμπεριλαμβανομένων και των υπολειμμάτων αραβόσιτου. Η εταιρεία Great Resources έχει αναπτύξει διάφορα έργα αξιοποίησης των υπολειμμάτων του αραβόσιτου: από εργοστάσια που κάνουν ξήρανση σιτηρών που χρησιμοποιούν μπρικέτες από άχυρο αραβόσιτου έως βιομηχανικές μονάδες που παράγουν ψύξη, θερμότητα, ατμό, ηλεκτρική ενέργεια και λιπάσματα από υπολείμματα αραβόσιτου[53].

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΣΠΑΔΙΚΕΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Με μια πρώτη ματιά, οι ιδιότητες του καυσίμου από σπάδικες αραβόσιτου εμφανίζονται αρκετά υποσχόμενες: χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα και άζωτο σε σύγκριση με πολλά άλλα καύσιμα αγροτικής βιομάζας. Η βασική πρόκληση στην καύση σπάδικων καλαμποκιού είναι η υψηλή περιεκτικότητα του καυσίμου σε κάλιο, κάτι που μειώνει τη θερμοκρασία τήξης της τέφρας. Στη σχάρα του φούρνου μπορεί να σχηματιστούν λιωμένες σκωρίες, που εμποδίζουν τις διόδους του αέρα. Επιπλέον, οι εναποθέσεις τέφρας στις θερμαινόμενες επιφάνειες λειτουργούν ως μονωτικό υλικό και μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές απώλειες απόδοσης λόγω της μειωμένης μεταφοράς θερμότητας. Τέλος, οι σπάδικες καλαμποκιού παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο που σε συνδυασμό με κάλιο και άλλες ενώσεις μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό διαβρωτικών ουσιών. Αποτελέσματα καύσης σπάδικων καλαμποκιού σε αντιδραστήρα εργαστηριακής κλίμακας και σε πιλοτική κλίμακα σε εργοστάσιο καύσης βιομάζας στην Αυστρία περιγράφονται στην έκθεση[22]. Η ενεργειακή πυκνότητα των σπάδικων αραβόσιτου ανέρχεται σε 518 kWh/m^3 (περίπου 55% της ενεργειακής πυκνότητας των ροκανιδιών με συγκρίσιμη περιεκτικότητα σε υγρασία). Λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε άζωτο των σπάδικων αραβόσιτου, αναμένονται αυξημένες εκπομπές NOx σε σύγκριση με τα χημικά μη επεξεργασμένα ροκανίδια. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής σε πιλοτική κλίμακα, η μονάδα καύσης λειτούργησε στο 70%-85% της ονομαστικής χωρητικότητας του λέβητα (350 kWth).

[49] *R.Morissette, P.Savoie, J.Villeneuve Combustion of Corn Stover Bales in a Small 146-kW Boiler // Energies, 2011, 4. – 1102-1111 p.*
[50] *R.Morissette, P. Savoie, J. Villeneuve. Corn Stover and Wheat Straw Combustion in a 176-kW Boiler Adapted for Round Bales // Energies, 2013, 6. – 5760-5774 p.*
[51] *https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2020/10/AgroBioHeat_D4.2_agrobiomass-fuels-and-utilization-systems_v1.0.pdf*
[52] *www.ot.gr/2021/10/05/english-edition/kozani-green-heating-from-corn-and-vine-residues/*
[53] *Hong Hao Unlock the huge potential of agro residue. Presentation. 9.12.2021*
https://www.worldbioenergy.org/news/574/50/WBA-Webinar-1-Agricultural-residues-to-energy/

Παρατηρήθηκε σχηματισμός μικρών τεμαχίων σκωρίας στη σχάρα, που οφειλόταν κυρίως στη δημιουργία πυριτικών αλάτων εμπλουτισμένων με K και Na σε θερμοκρασίες τήξης περίπου 1,050 °C. Σχετικά με τις αέριες εκπομπές, παρατηρήθηκε ότι με εκπομπές CO και OGC κατά μέσο όρο στο 15.6 αντίστοιχα, και 1.3 mg/Nm^3 (ξηρό καυσαέριο, 13 vol% O_2), επετεύχθη μια επιπλέον καύση των αερίων. Ο μέσος όρος εκπομπών NOx ανήλθε σε 247 mg/Nm^3, ενώ θα μπορούσαν να μειωθούν οι εκπομπές NOx κατά περίπου 30% με τη βελτιστοποιημένη εφαρμογή πρωτευόντων μέτρων. Όπως αναμενόταν από την αξιολόγηση του του υγρού χημικού καυσίμου, παρατηρήθηκαν αυηξημένες εκπομπές HCl και SOx, κατά μέσο όρο 34 mg/Nm^3 και 30 mg/Nm^3 αντίστοιχα. Η συνολική εκπομπή σωματιδίων (TSP) ανήλθε, κατά μέσο όρο, σε 91 mg/Nm^3. Κατά συνέπεια, ειδικά για εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας, θα είναι απαραίτητη η χρήση ενός σακκόφιλτρου ή ενός ηλεκτροστατικού φίλτρου (ESP) για τον περιορισμό των εκπομπών σωματιδίων. Η ανάλυση της τέφρας της εσχάρας και της ιπτάμενης τέφρας του κυκλώνα έδειξε ότι ο κύκλος των θρεπτικών συστατικών που απαιτεί το φυτό (με την εξαίρεση του αζώτου) μπορεί να κλείσει σχεδόν τελείως με την επιστροφή της τέφρας της εσχάρας ή μιας ανάμειξης της τέφρας εσχάρας και της τέφρας του κυκλώνα στα χωράφια που καλλιεργούνται με καλαμπόκι.

Η πιθανή επίδραση της υψηλής περιεκτικότητας σε κάλιο των σπάδικων καλαμποκιού, αποδείχθηκε σε μια σειρά δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του έργου AgroBioHeat[23]. Σε δύο υπερσύγχρονα και κατάλληλα για εφαρμογή σε αστικό περιβάλλον συστήματα καύσης (λέβητας με σύστημα κινητής σχάρας σε συνδυασμό με φίλτρο ESP για έλεγχο σωματιδίων και λέβητας με καινοτόμο τεχνολογία μεταφοράς αέρα), δοκιμάστηκαν διάφορες ποικιλίες καυσίμων από αγροτική βιομάζα (πυρήνας ελιάς, πέλλετ από φλοιό ηλίανθου, αργυρόχορτο, λεύκα, αγροπέλλετ, σπάδικες αραβόσιτου χωρίς τους σπόρους). Οι σπάδικες αραβόσιτου εμφάνισαν ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα σε κάλιο -περισσότερο από 1% wt d.b.– γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την υψηλή εκπομπή σωματιδίων σε σύγκριση με τις άλλες μορφές αγροτικής βιόμαζας που δοκιμάστηκαν, καθώς και την αυξημένη θερμοκρασία καυσαερίων με τις αντίστοιχες απώλειες απόδοσης.

Οι ιδιαιτερότητες της καύσης μίσχων καλαμποκιού, σε εφαρμογές μεσαίας κλίμακας μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της χρήσης κατάλληλων τεχνολογιών και τεχνογνωσίας. Η γαλλική εταιρεία κατασκευής λεβήτων Compte-R έχει αναπτύξει πολλά συστήματα για την καύση υπολειμμάτων αραβόσιτου, από το 2012. Τα βασικά χαρακτηριστικά τέτοιων συστημάτων περιλαμβάνουν υδρόψυκτες σχάρες που διατηρούν τις θερμοκρασίες κάτω από 850 °C, ειδικό σχεδιασμό του θαλάμου καύσης και επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας ώστε να πέφτει η θερμοκρασία των καυσαερίων στο σημείο εισόδου των μίσχων κάτω από 650 °C. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων για την αποφυγή της απελευθέρωσης λεπτών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα[54]. Οι λέβητες καλαμποκιού της Compte-R έχουν εγκατασταθεί σε εταιρείες επεξεργασίας σπόρων αραβόσιτου, αλλά επίσης και σε εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης.

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ECO$_2$W-ACKEN ΣΤΟ ΣΤΡΑΣΒΟΥΡΓΟ[55]

Από το 2016, πολλά κεντρικά κτίρια της συνοικίας Wacken του Στρασβούργου τροφοδοτούνται με θερμότητα από μια εγκατάσταση με δύο λέβητες Compte-R, έναν 3.2 MW που τροφοδοτείται με ξύλο και έναν 2 MW που χρησιμοποιεί αλωνισμένους μίσχους αραβόσιτου. Το δίκτυο Eco$_2$Wacken παρέχει θερμότητα 30 GWh ανά έτος και χρησιμοποιεί 8,000 τόνους ροκανιδιών και 3,000 τόνους μίσχων καλαμποκιού ετησίως, με μέση απόδοση 87%. Η καύσιμη ύλη παραδίδεται με φορτηγά (λιγότερα από τρία δρομολόγια ανά ημέρα) και η εκφόρτωση γίνεται σε δύο ξεχωριστούς χώρους. Η αποθήκη ξυλείας έχει χωρητικότητα 300 m^3, αρκετή για τέσσερις ημέρες λειτουργίας, ενώ οι μίσχοι αποθηκεύονται σε σιλό 180 m^3, χωρητικότητα που εγγυάται δύο ημέρες λειτουργίας. Οι αλωνισμένοι μίσχοι καλαμποκιού προέρχονται από κοντινή γεωργική εταιρεία, ενώ η πλούσια σε κάλιο τέφρα από την καύση τους ανακυκλώνεται πίσω στις φάρμες ως λίπασμα. Ειδικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των εκπομπών σκόνης σε πολύ χαμηλά επίπεδα (κάτω από 10 mg/Nm^3).

Εναλλακτικά μπορεί να παραχθεί θερμότητα απο τους δυο εφεδρικούς λέβητες αερίου ισχύος 6 MW, ενώ μια δεξαμενή ζεστού νερού 95 m^3 προσφέρει τη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης. Υπολογίζεται ότι περισσότεροι από 7,000 τόνοι CO_2 εξοικονομούνται ετησίως μέσω της λειτουργίας αυτού του συστήματος τηλεθέρμανσης.

[54] *https://www.bioenergie-promotion.fr/51630/compte-r-confirme-son-expertise-en-combustion-des-agrocombustibles-solides/*
[55] *https://www.bioenergie-promotion.fr/51570/bois-rafle-de-mais-pour-la-chaufferie-eco2wacken-de-strasbourg/*

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Τα υπολείμματα αραβόσιτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν από συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) και από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που λειτουργούν με άχυρο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετη βιομάζα για ταυτόχρονη καύση με ξύλο. Ένα τυπικό εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής με καύση βιομάζας χρησιμοποιεί άμεση καύση της βιομάζας σε λέβητα για την παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης, ο οποίος κινεί μια τουρμπίνα και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Μια μονάδα ΣΗΘ εκμεταλλεύεται και τη θερμότητα και έτσι παράγει και ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

Πολλά έργα σταθμών παραγωγής ενέργειας με τη χρήση υπολειμμάτων καλαμποκιού ως καύσιμο έχουν αναπτυχθεί από την DP CleanTech. Η εταιρεία παρέδωσε το προηγμένο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα Liaoyuan, με εγκατεστημένη ισχύ 30 MWe, στην επαρχία Jilin της Κίνας το 2007. Προμηθεύεται καύσιμη ύλη από τοπικούς καλλιεργητές, κυρίως άχυρο καλαμποκιού. Ο λέβητας για το άχυρο έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται σκληρά καύσιμα, όπως ροκανίδια, τα οποία παρέχονται από βοηθητικό σιλό που συνεισφέρει έως και το 35% στη συνολική απαίτηση σε καύσιμο. Το εργοστάσιο καταναλώνει περισσότερους από 160,000 τόνους άχυρου ετησίως και φτάνει σε διαθεσιμότητα 7800 ώρες/έτος. Ο λέβητας ατμού λειτουργεί με υψηλές παραμέτρους ατμού στα 92 bar και 540 °C, με αποτέλεσμα καθαρή συνολική απόδοση της μονάδας άνω του 32% και απόδοση λέβητα άνω του 93%. Το άχυρο οδηγείται στο λέβητα μέσω ειδικού τροφοδοτικού σωλήνα και στη συνέχεια καίγεται σε υδρόψυκτη δονούμενη σχάρα υπό προσεκτικά ελεγχόμενες συνθήκες. Οι δονήσεις της σχάρας ρυθμίζουν τα στάδια καύσης[56].

Ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής μέσω βιομάζας Miajadas στην Ισπανία (Εικ. 20, 21), αποδίδει 15 MWe. Λειτουργεί από το 2010, καταναλώνει 110,000 μετρικούς τόνους βιομάζας ετησίως από ποώδη (άχυρο δημητριακών, υπολείμματα καλαμποκιού) και ξύλο (απόβλητα κλαδέματος και δασοκομίας). Αναπτύχθηκε ως R&D project σε συνεργασία με εταιρείες και τεχνολογικά κέντρα από την Ισπανία, τη Φινλανδία και τη Δανία, με υποστήριξη από το 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για υποστήριξη στην έρευνα. Φορέας λειτουργίας του σταθμού είναι η Acciona Energía. Η μέση ετήσια παραγωγή του εργοστασίου είναι 128 GWh, που ισοδυναμεί με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας 40,000 κατοικιών. Η λειτουργία του αποσοβεί 123,000 μετρικούς τόνους CO_2 ετησίως[57]. Το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί λέβητα ατμού με δονούμενη σχάρα και παροχή ατμού 71 t/h, σε θερμοδυναμικό κύκλο Rankine με σύστημα διπλής τροφοδοσίας για δεμάτια και ροκανίδια[58].

Η εταιρεία Babcock & Wilcox Vølund από τη Δανία έχει προμηθεύσει με την απαραίτητη τεχνολογία τη χαρτοβιομηχανία Bulleh Shah Packaging Limited στο Πακιστάν, η οποία αντλεί ενέργεια μέσω καύσης βιομάζας[60]. Η μονάδα τροφοδοτείται με πολλά και διαφορετικά γεωργικά υπολείμματα (άχυρο σίτου, μίσχους καλαμποκιού, μίσχους ρυζιού, βαμβάκι και άλλα) από ντόπιους καλλιεργητές, και παράγει ατμό με παροχή 150 t/h. Η ονομαστική παροχή καυσίμου είναι 37.7 t/h. Ο λέβητας διαθέτει υδρόψυκτη δονούμενη σχάρα της B&W-Vølund για αποτελεσματική καύση της βιομάζας. Η τέφρα που παράγεται από αυτόν τον λέβητα προσφέρεται δωρεάν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα για καλλιέργειες, ως υλικό πλινθοποιίας, αλλά και ως εναλλακτικό υλικό της άμμου με την οποία στερεώνει πλακάκια στα δάπεδα[61].

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους σταθμούς θερμικής ενέργειας και ηλεκτροπαραγωγής με υπολείμματα αγροτικών καλλιεργειών μπορείτε να βρείτε στον οδηγό της AgroBioHeat, “Straw to Energy. Technologies, policy and innovation in Denmark. Second edition”. (http://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2020/11/AgroBioHeat_D7.6_Straw_to_energy_EN.pdf).

[56] *https://www.dpcleantech.com/waste-and-biomass-clean-energy-technologies/combustion-technology/dp-wcv-grate/download/994/30/22*
[57] *https://www.acciona.com/projects/miajadas-biomass-plant/?_adin=01010174103*
[58] *http://ghesa.com/en/portfolio_page/miajadas/*
[59] *https://www.acciona-energia.com/es/areas-de-actividad/?_adin=0744759730*
[60] *https://www.babcock.com/-/media/documents/case-profiles/renewables/pch201-130-packages.ashx?la=ru-ru&hash=F11E957E-430907C7A937EE06E6AA6FAA852EB0A2*
[61] *https://www.packages.com.pk/wp-content/uploads/2020/09/Packages-Group-Sustainability-Report-2019.pdf*

ΕΙΚΟΝΑ 20:
Η μονάδα βιομάζας 15 MW Miajadas.

ΕΙΚΟΝΑ 21:
Δεμάτια με υπολείμματα αραβόσιτου σε αποθήκη του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής Miajadas[59].

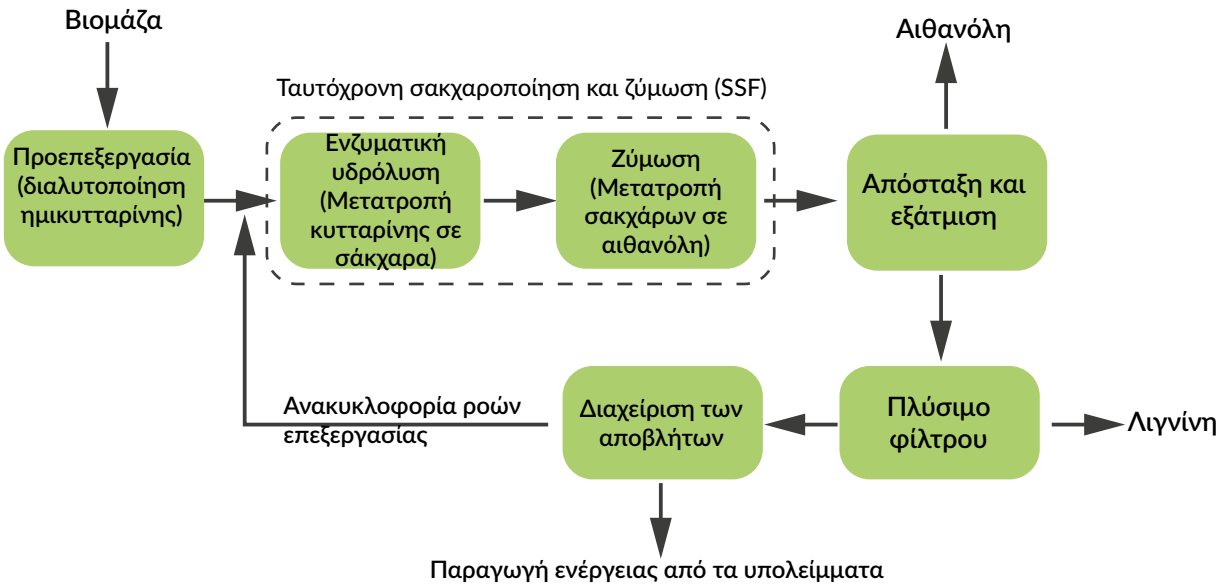
ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το καλαμπόκι παίζει καθοριστικό ρόλο ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης. Σύμφωνα με εκθέσεις της ένωσης Ευρωπαίων παραγωγών ανανεώσιμης αιθανόλης (ePURE), η βιομηχανία ανανεώσιμης αιθανόλης συνεχίζει να αναπτύσσεται. Η εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα (ΕΕ27 + HB) το 2020 ήταν 9,992 εκατομμύρια λίτρα, ενώ το 2019 ήταν 9,893 εκατομμύρια λίτρα. Τα μέλη του ePURE χρησιμοποίησαν 6.67 εκατομμύρια τόνους καλαμπόκι για τον σκοπό αυτό το 2020 που ήταν το 49.5% του συνολικού όγκου της παραγόμενης βιοαιθανόλης (αντίστοιχα, 6.56 εκατ. τόνοι και 48.6% το 2019), κάτι που δείχνει τη σημασία του καλαμποκιού στην παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς στην ΕΕ[62].

Τα υπολείμματα αραβόσιτου θα μπορούσαν να είναι σημαντική πρώτη ύλη και για βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς, που είναι προηγμένο βιοκαύσιμο από λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα. Η συμβολή των προηγμένων βιοκαυσίμων και του βιοαερίου που παράγεται από τη συγκεκριμένη πρώτη ύλη, αναφέρεται στο Μέρος Α του Παραρτήματος IX της Ευρωπαϊκής Οδηγίας RED II ως μερίδιο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών τουλάχιστον 0.2% το 2022, τουλάχιστον 1% το 2025 και τουλάχιστον 3.5% το 2030.

Η παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα αραβόσιτου απαιτεί ένα στάδιο προεπεξεργασίας για την καταστροφή της λιγνινοκυτταρινούχας δομής, ώστε η πρόσβαση των ενζύμων στις αλυσίδες κυτταρίνης να είναι ευκολότερη. Ένα τυπικό σχήμα παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνινοκυτταρινούχα πρώτη ύλη παρουσιάζεται στην Εικ. 22. Από έναν ξηρό τόνο υπολειμμάτων καλαμποκιού, η εν δυνάμει απόδοση αιθανόλης είναι 428 λίτρα. Σύμφωνα με στοιχεία της DuPont Nevada Site Cellulosic Ethanol Facility, από 1 τόνο υπέργειων υπολειμμάτων αραβόσιτου μπορούν να παραχθούν 283.5 λίτρα βιοαιθανόλης (Εικ. 15). Επίσης, καλαμπόκι κατευθείαν από το χωράφι θα μπορούσε να παράξει βιοαιθανόλη πρώτης γενιάς. Συνολικά, 140.8 GJ μπορούν να ληφθούν από τη καύση υπολειμμάτων και βιοκαυσίμων από ένα εκτάριο με καλλιέργεια καλαμποκιού[63].

Έως το τέλος του 2020, μόνο ένας μικρός αριθμός εγκαταστάσεων παραγωγής αιθανόλης από κυτταρινικά



ΕΙΚΟΝΑ 22:
Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα[64].

[62] *https://www.epure.org/wp-content/uploads/2021/09/210823-DEF-PR-European-renewable-ethanol-Key-figures-2020-web.pdf*
[63] *Second-Generation Biofuel Markets: State of Play, Trade and Developing Country Perspectives. United Nations conference on trade and development – 69 p.*
[64] *M. N. A. M. Yusoff, N. W. M. Zulkifli, B. M. Masum and H. H. Masjuki Feasibility of bioethanol and biobutanol as transportation fuel in spark-ignition engine: a review. RSC Adv., 2015, 5, 100184–100211.*

υλικά λειτουργούσε με επιτυχία παγκοσμίως[65]. Κινήσεις για λανσάρισμα λιγνινοκυτταρινούχας βιοαιθανόλης στην αγορά πραγματοποιήθηκαν πρόσφατα, κυρίως στις ΗΠΑ και τη Βραζιλία[66]. Επίσης, ορισμένες δεύτερης γενιάς εγκαταστάσεις βιοαιθανόλης ξεκίνησαν τη λειτουργία τους στην ΕΕ και την Κίνα, αλλά μόνο μερικές από αυτές κάνουν εμπορική παραγωγή βιοαιθανόλης από υπολείμματα αραβόσιτου.

Στις ΗΠΑ, το συνολικό ετήσιο εγκατεστημένο δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης ανέρχονταν στα 66,000 εκ. λίτρα το 2020, ενώ την προηγούμενη χρονιά παρήχθησαν 52,239 εκ. λίτρα[67]. Το 4.1% της παραγωγής βιοαιθανόλης στις ΗΠΑ μπορεί να χρησιμοποιήσει κυτταρινούχα βιομάζα ως πρώτη ύλη, και το 0.4% λειτουργεί μόνο με κυτταρινούχα βιομάζα. Μερικές από αυτές τις μονάδες παράγουν βιοαιθανόλη από υπολείμματα καλαμποκιού. Οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις αυτή τη στιγμή είναι η VERBIO North America Corp στη Νεβάδα με παραγωγή 113.5 εκ. λίτρων ετησίως (30 mgy[68]), η οποία αγοράστηκε από την DuPont, η Project LIBERTY στο Emmetsburg – 75.7 εκ. λίτρα ετησίως (20 mgy) και η Seaboard Energy Kansas στο Hugoton –94.6 εκ. λίτρα ετησίως (25 mgy).

Στη Βραζιλία, η βαγάσση είναι η κύρια πρώτη ύλη για την κυτταρινική βιοαιθανόλη. 178 χιλιάδες τόνοι αυτής της μορφής βιομάζας χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή 32 εκ. λίτρων το 2020[69]. Τα εργοστάσια δεν έχουν φτάσει σε πλήρη δυναμικότητα, λόγω λειτουργικών/μηχανικών προκλήσεων. Στην Κίνα, η Longlive Bio-technology Co. Ltd εγκαινίασε μια μονάδα κυτταρινούχας αιθανόλης με δυναμικότητα 60,000 τόνων ετησίως, στην επαρχία Shandong το 2012[70].

Η πρόβλεψη του USDA είναι η παραγωγή 25 εκατ. λίτρων κυτταρινούχας αιθανόλης στην ΕΕ το 2020[71]. Μία από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις παραγωγής κυτταρινούχας αιθανόλης στον κόσμο, η Beta Renewables, εγκαινιάστηκε επίσημα στο Crescentino (Ιταλία) το 2013, αλλά έκλεισε το 2017 λόγω αναδιάρθρωσης στη μητρική εταιρεία Mossi & Ghisolfi. Το εργοστάσιο είχε ετήσια παραγωγή 40 kt αιθανόλης από άχυρο σίτου, υπολείμματα ρυζιού και καλάμια (Arundo donax)[72]. Η εγκατάσταση εξαγοράστηκε από την εταιρεία χημικών Versalis, θυγατρική της Eni, τον Νοέμβριο του 2018. Ο νέος ιδιοκτήτης σχεδιάζει την επαναλειτουργία της εγκατάστασης το 2020.

Το project COMETHA που υποστηρίζεται από το 7ο Framework Programme της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2014-2018) περιελάμβανε την κατασκευή και λειτουργία μιας ολοκληρωμένης προ-εμπορικής βιομηχανικής εγκατάστασης για την παραγωγή 80,000 t/y δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλης από λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα στο Porto Marghera (Ιταλία)[73]. Το έργο αφορούσε στην ανάπτυξη μιας βιώσιμης αλυσίδας εφοδιασμού με 360,000 τόνους λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα ετησίως, που προέρχονταν από την Περιφέρεια του Veneto και περιελάμβανε πολυετείς καλλιέργειες (Arundo donax) και αγροτικά υποπροϊόντα (υπέργεια υπολείμματα καλαμποκιού που είναι η καταλληλότερη πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης στη συγκεκριμένη γεωγραφική θέση).

Το 2021, το πρώτο εμπορικής κλίμακας εργοστάσιο παραγωγής κυτταρινούχας αιθανόλης στην Ευρώπη, θα ολοκληρωθεί από την Ελβετική εταιρεία Clariant στη Νοτιοδυτική Ρουμανία. Η καινοτόμος λύση που αναπτύχθηκε από την εταιρεία προς αυτήν την κατεύθυνση, είναι η τεχνολογία sunliquid®, η οποία μετατρέπει γεωργικά υπολείμματα, π.χ. άχυρο δημητριακών, υποπροϊόντα καλαμποκιού, ρυζιού ή βαγάσσης, σε κυτταρινούχα αιθανόλη. Η μονάδα sunliquid® στη Ρουμανία θα παράγει 50,000 τόνους κυτταρινικής αιθανόλης με την επεξεργασία 250,000 τόνων βιώσιμου άχυρου σίτου τοπικής προέλευσης. Σε μια κατά κύριο λόγο αγροτική περιοχή, θα δημιουργηθούν περισσότερες από 400 μόνιμες θέσεις εργασίας με την κατασκευή αυτής της μονάδας –οι 100 από αυτές στο ίδιο το εργοστάσιο και οι 300 σε παρακείμενες περιοχές, π.χ. στην αλυσίδα εφοδιασμού πρώτων υλών. Παράλληλα, σε εξέλιξη βρίσκονται projects κυτταρινικής αιθανόλης σε τρεις ακόμη ευρωπαϊκές χώρες, Σλοβακία, Πολωνία, και Βουλγαρία, με την τεχνολογία της Clariant[74].

---

[65] *Renewables 2021 Global Status Report. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf*
[66] *Technical options for retrofitting industries with bioenergy. BioFitHandbook https://www.biofit-h2020.eu/publications-reports/BioFitHandbook-2020-03-18.pdf*
[67] *Essential energy. 2021. Ethanol industry outlook. Renewable fuels association report. https://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2021/02/RFA_Outlook_2021_fin_low.pdf*
[68] *Million gallons per year*
[69] *Biofuels Annual. Brazil. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_08-03-2020*
[70] *https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/advanced-technologies/sugar-to-alcohols*
[71] *Biofuels Annual. European Union. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_The%20Hague_European%20Union_06-29-2020*
[72] *Monica Padella, Adrian O'Connell, Matteo Prussi. What is still Limiting the Deployment of Cellulosic Ethanol? Analysis of the Current Status of the Sector Appl. Sci. 2019, 9, 4523; doi:10.3390/app9214523*
[73] *https://cordis.europa.eu/project/id/322406*
[74] *https://www.euractiv.com/section/alternative-renewable-fuels/opinion/making-european-sustainable-mobility-a-reality-with-cellulosic-ethanol/*

ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το ενσίρωμα αραβόσιτου είναι ένα από τα πιο δημοφιλή υποστρώματα για την τροφοδοσία γεωργικών μονάδων βιοαερίου. Ωστόσο, λόγω της αύξησης των τιμών στο ενσίρωμα αραβόσιτου, πολλές μονάδες βιοαερίου άρχισαν να αναζητούν εναλλακτικά υποστρώματα, που μπορεί να είναι ευκολότερο να αποκτηθούν, είναι φθηνά και προσφέρουν υψηλή παραγωγικότητα μεθανίου[75]. Τα υπολείμματα καλαμποκιού μπορούν να είναι ένα από αυτά τα εναλλακτικά υποστρώματα.

Ένα πλεονέκτημα της χρήσης υπολειμμάτων αραβόσιτου για αναερόβια χώνευση είναι ότι η διαδικασία δεν επηρεάζεται από τη δυνητικά υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία μετά τη συγκομιδή, η οποία μπορεί να είναι προβληματική στις διαδικασίες άμεσης καύσης. Το ζυμωμένο υπόστρωμα από τη μονάδα βιοαερίου μπορεί να εφαρμοστεί ως βιολίπασμα για την ανακυκλοφορία θρεπτικών συστατικών στη γεωργική γη, μαζί με μέρος του άνθρακα.

Σε σύγκριση με το ενσίρωμα αραβόσιτου, η αναερόβια χώνευση των υπολειμμάτων αραβόσιτου (άχυρο) έχουν χαμηλότερη απόδοση βιοαερίου (πίνακας 3). Απαιτεί, επίσης, περισσότερο χρόνο κατακράτησης σε σύγκριση με το ενσίρωμα αραβόσιτου, αλλά αυτό είναι κάτι που θα μπορούσε να καλυφθεί από τους χειριστές της μονάδας βιοαερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3:

Παραγωγή μεθανίου από υπολείμματα αραβόσιτου[76] και ενσίρωμα αραβόσιτου[77].

	DM, % υγρό βάρος	Βιοαέριο, l_N/kg VS	CH_4, l_N/kg VS	Αποδομημένο DM, %
1. Κλάσματα υπολειμμάτων καλαμποκιού				
• Μίσχοι	25.5 ± 0.8	424.3	233.8	53.9
• Φύλλα	63.3 ± 0.8	442.9	244.5	57.0
• Φλοιός	58.2 ± 0.6	544.4	307.0	70.4
• Σπάδικες αραβόσιτου	43.5 ± 0.2	379.8	206.6	51.3
2. Ενσίρωμα αραβόσιτου	27.7	673	345	77.9

DM –ξηρή ουσία, VS –πτητικά στερεά

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε λιγνινοκυτταρινούχες χημικές ενώσεις, τα υπολείμματα αραβόσιτου (Πίνακας 2), πρέπει να υποστούν μηχανική, φυσική, βιολογική ή χημική προεπεξεργασία πριν από τη ζύμωση (Εικ.23). Αυτές οι διαδικασίες βελτιώνουν την απόδοση σε βιοαέριο και μειώνουν τον χρόνος κατακράτησης του υποστρώματος σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα, αλλά απαιτούν πρόσθετη ενέργεια και κόστος. Από ενεργειακής απόψεως, μόνο η χημική προεπεξεργασία δείχνει να είναι βιώσιμη[78].

Η ανάλυση επτά διαφορετικών χημικών προεπεξεργασιών άχυρου καλαμποκιού, δείχνει ότι άχυρο προεπεξεργασμένο με 3% H_2O_2 και 8% $Ca(OH)_2$ προκάλεσε υψηλότερες αποδόσεις μεθανίου 216.7 και 206.6 ml CH_4/g (πτητικά στερεά - VS), τιμές που είναι 115.4% και 105.3% υψηλότερες από αυτές του μη επεξεργασμένου άχυρου, αντίστοιχα[79].

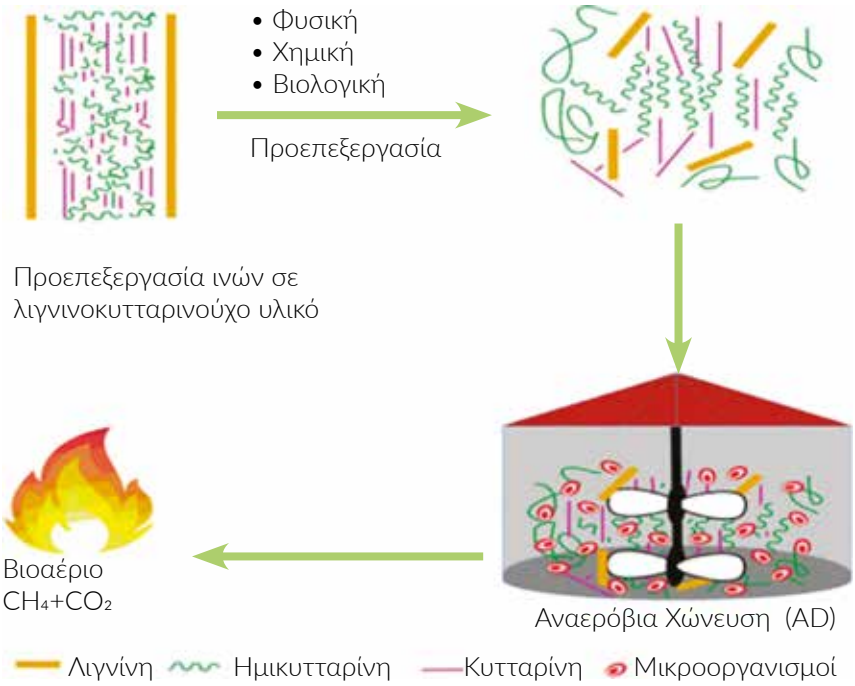
Αυτές οι δύο χημικές διαδικασίες είναι οικονομικά και αποτελεσματικά ανώτερες σε σχέση με τις άλλες συγκρίσιμες προεπεξεργασίες. Επίσης, πολλά υποσχόμενη είναι η βιολογική προεπεξεργασία.

Άχυρο καλαμποκιού προεπεξεργασμένο με σύνθετα μικρόβια, παράγει 131.6% περισσότερο συνολικό μεθάνιο σε σχέση με το μη επεξεργασμένο άχυρο[80].

[75] *Mazurkiewicz, J.; Marczuk, A.; Pochwatka, P.; Kujawa, S. Maize Straw as a Valuable Energetic Material for Biogas Plant Feeding. Materials 2019, 12, 3848. https://doi.org/10.3390/ma12233848*

[76] *Simona Menardo, Gianfranco Airoldi, Vincenzo Cacciatore, Paolo Balsari Potential biogas and methane yield of maize stover fractions and evaluation of some possible stover harvest chains, Biosystems Engineering, Volume 129, 2015, 352-359. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.11.010.*

[77] *Bauer, A., Leonhartsberger, C., Bösch, P., Amon, B., Friedl, A., & Amon, T. (2009). Analysis of methane yields from energy crops and agricultural by-products and estimation of energy potential from sustainable crop rotation systems in EU-27. Clean Technologies and Environmental Policy, 12(2), 153–161. doi:10.1007/s10098-009-0236-1.*



ΕΙΚΟΝΑ 23:
Σχηματικό διάγραμμα της προεπεξεργασίας λιγνινοκυτταρινούχο υλικού για παραγωγή βιοαερίου[81].

Το 2013, τέθηκε σε λειτουργία μια πιλοτική μονάδα αναερόβιας χώνευσης άχυρου καλαμποκιού με ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα 50 kW, στο Renqiu της Κίνας[82]. Αυτό το εργοστάσιο βιοαερίου διαθέτει 40 m^3 συνεχούς τροφοδοσίας υδρόλυσης για το στάδιο προεπεξεργασίας και δύο χωνευτήρες 476 m^3.

Τον Δεκέμβριο του 2019, η ισπανική AB Energy SPA ξεκίνησε την παραγωγή βιομεθανίου με παροχή 606 Nm^3/h από γεωργικές πρώτες ύλες, συμπεριλαμβανομένων υπολειμμάτων καλαμποκιού, στο Μιλάνο. Το βιομεθάνιο τροφοδοτεί το δίκτυο φυσικού αερίου της Ιταλίας[83].

Οι βιομηχανικές τεχνολογίες βιοαερίου με τη χρήση υπολειμμάτων καλαμποκιού και άλλων καλλιεργειών ως πρώτη ύλη, αναπτύσσονται διαρκώς. Μια τέτοια μονάδα της EnviTec Biogas (Γερμανία) θα κατασκευαστεί κοντά στην πόλη Qin Xian, στην επαρχία Shaanxi της Κίνας. Μόλις ολοκληρωθεί, η μονάδα με τους τέσσερις χωνευτήρες θα παράγει περίπου 37.000 Nm^3 βιοαερίου καθημερινά από μίσχους καλαμποκιού και άλλα γεωργικά υποπροϊόντα[84]. Μια διαδικασία τριών σταδίων αναβάθμισης του αερίου με μεμβράνη, κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την Evonik, επιτρέπει στο βιοαέριο να ραφιναριστεί σε βιομεθάνιο με χαμηλά επίπεδα απώλειας μεθανίου[85].

Στην περιοχή Khmelnitsky της Ουκρανίας, κατασκευάζεται μονάδα βιοαερίου με ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα των 10.5 MW από την Teofipol Energy Company. Η μονάδα θα χρησιμοποιεί υπολείμματα καλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένου μεγάλου όγκου υπολειμμάτων αραβόσιτου.

Η Verbio (Γερμανία) ανακοίνωσε την εγκατάσταση ενός αναερόβιου χωνευτηρίου στο πρώην εργοστάσιο αιθανόλης της DuPont, στη Νεβάδα των Η.Π.Α. Αυτή η μονάδα θα χρησιμοποιεί 100,000 τόνους υπολειμμάτων καλαμποκιού ετησίως για παραγωγή βιομεθανίου με ενεργειακό ισοδύναμο τα 80 εκατ. λίτρα βενζίνης[86].

---

[78] *Croce, S., Wei, Q., D'Imporzano, G., Dong, R., & Adani, F. (2016). Anaerobic digestion of straw and corn stover: The effect of biological process optimization and pre-treatment on total bio-methane yield and energy performance. Biotechnology Advances, 34(8), 1289–1304. doi:10.1016/j.biotechadv.2016.09.004*

[79] *Song Z, GaiheYang, Liu X, Yan Z, Yuan Y, et al. (2014) Comparison of Seven Chemical Pretreatments of Corn Straw for Improving Methane Yield by Anaerobic Digestion. PLoS ONE 9(4): e93801. doi:10.1371/journal.pone.0093801*

[80] *Panpan Li, Chao He, Gang Li, Pan Ding, Mingming Lan, Zan Gao & Youzhou Jiao (2020) Biological pretreatment of corn straw for enhancing degradation efficiency and biogas production, Bioengineered, 11:1, 251-260, DOI: 10.1080/21655979.2020.1733733*

ΘΕΜΑΤΑ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

ΒΙΩΣΙΜΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Η αδιάκριτη συγκομιδή των υπολειμμάτων των καλλιεργειών μπορεί να επιφέρει βλαβερές συνέπειες στη λειτουργία του εδάφους, στην ανάπτυξη των φυτών και σε άλλες πτυχές του οικοσυστήματος[87]. Η μειωμένη εναπόθεση οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος συνεπάγεται άμεση μείωση των αποθεμάτων C και κατά συνέπεια υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στους ζώντες μικροοργανισμούς. Πάντως, οι επιπτώσεις της διαχείρισης των υπολειμμάτων των καλλιεργειών σε εκπομπές GHG από το έδαφος, δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητές και η απαιτούνται περισσότερες μελέτες πεδίου. Γενικά, η συγκομιδή των υπολειμμάτων μειώνει τις εκπομπές CO_2 και N_2O που παράγονται από την αποσύνθεση και δεν έχει επιπτώσεις στην εκπομπή CH_4. Ωστόσο, η σταδιακή εξάντληση των αποθεμάτων C και N από το χώμα, που σχετίζεται με την αντικατάσταση του N μέσω ορυκτών λιπασμάτων, θα μπορούσε να προκαλέσει αρνητικό ισοζύγιο C και υψηλότερες εκπομπές N_2O σε περιοχές όπου συλλέγονται τα υπολείμματα. Κάθε μονάδα κάνει διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών επιτόπου, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες. Για τη βιώσιμη παραγωγή βιοενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης (π.χ. συντηρητικό (ελαφρύ) όργωμα, εναλλαγή καλλιεργειών, διαχείριση θρεπτικών ουσιών και/ή οργανικά υπολείμματα).

Υπό αυτήν την έννοια και η στρατηγική συγκομιδής υπολειμμάτων καλαμποκιού εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Μια εννοιολογική απεικόνιση του πώς πρέπει να εξισορροπούνται οι οικονομικοί παράγοντες έναντι των περιοριστικών παραγόντων που σχετίζονται με την προστασία του εδάφους και του γενικότερου οικοσυστήματος, βρίσκεται στην Εικ. 24.

Για να βοηθήσει τους καλλιεργητές να πάρουν μια ορθολογική απόφαση, η Υπηρεσία Διατήρησης Φυσικών Πόρων του USDA εξέδωσε μια μελέτη με συγκεκριμένες οδηγίες, ώστε να αποτραπεί η υποβάθμιση του εδάφους που προκύπτει από την υπερβολική συγκομιδή υπολειμμάτων αραβόσιτου[89].

Σύμφωνα με την μελέτη, τα βιώσιμα ποσοστά αφαίρεσης υπολειμμάτων καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ποικίλλουν ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης, την απόδοση και τον τύπο εδάφους. Τα RUSLE, WEQ και Soil Conditioning Index είναι πιθανώς τα πιο πρακτικά εργαλεία για την πρόβλεψη των ποσοστών ασφαλούς συγκομιδής. Το ποσοστό συγκομιδής δεν είναι ίδιο με το ποσοστό κάλυψης του εδάφους: είναι απαραίτητη η κατάλληλη μετατροπή, η οποία και διαφέρει κατά καλλιέργεια και περιοχή. Ενώ περιοχές με χαμηλή κλίση και υψηλή απόδοση μπορεί να υποστηρίξουν τη συγκομιδή υπολειμμάτων, σε πολλές περιοχές οι ποσότητες υπολειμμάτων που απαιτούνται για τη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους είναι μεγαλύτερες από την τρέχουσες πρακτικές εδαφοκάλυψης. Μερικές εταιρείες παρέχουν βιώσιμη αφαίρεση υπολειμμάτων συγκομιδής. Για παράδειγμα, η Pacific Ag[90] συμφωνεί με τον κάθε καλλιεργητή ξεχωριστά, χωράφι προς χωράφι, τη σωστή ποσότητα συγκομιδής υπολειμμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες υγρασίας και προστασίας του εδάφους και να βελτιστοποιείται η αποτελεσματικότητα της άροσης.

---

[81] *Amin, F.R., Khalid, H., Zhang, H. et al. Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion. AMB Expr 7, 72 (2017). https://doi.org/10.1186/s13568-017-0375-4*

[82] *Bionova Biogas GmbH. Map with references Semi-aerobic Hydrolysis Facilities in Germany and around the world https://bionova-biogas.de/en/pdf/2014_References_Bionova.pdf*

[83] *Biogas success stories 2020. European Biogas Association. https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/11/EBA_catalogue2020_WEB-1.pdf*

[84] *Biogas barometer 2020. EurObserv'ER https://www.eurobserv-er.org/pdf/biogas-barometer-2020/*

[85] *https://www.bioenergy-news.com/news/construction-underway-on-two-envitec-biogas-projects-in-china/*

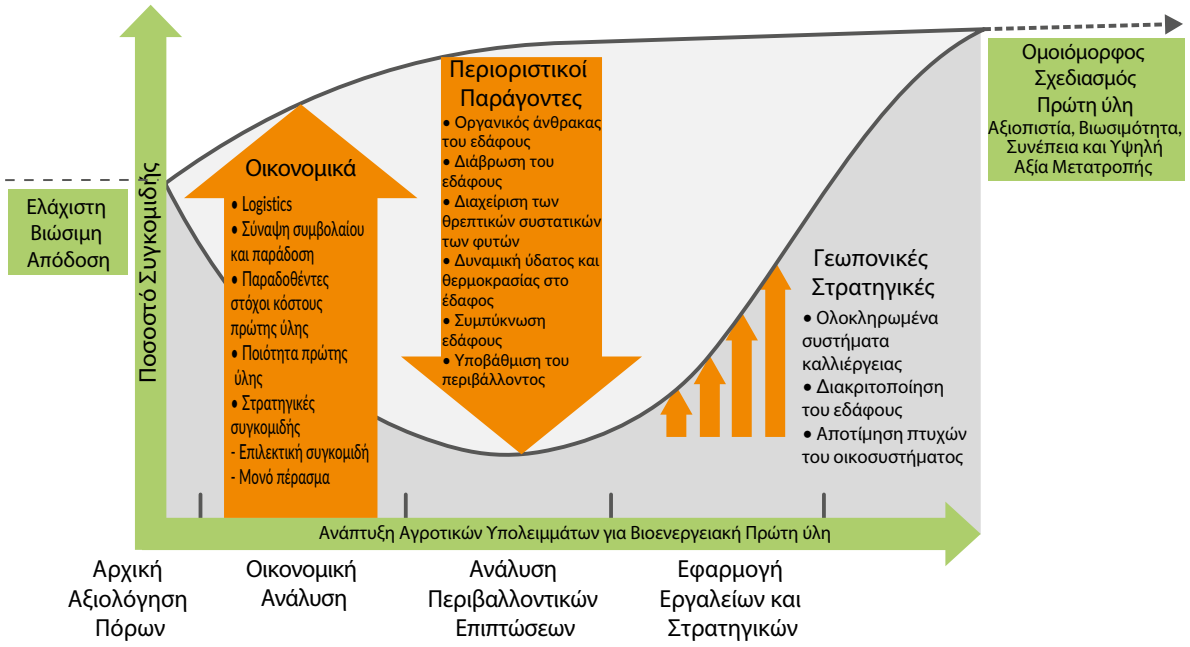
[86] *Renewables 2021 Global Status Report. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf*

[88] *Cherubin Maurício et al. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. Scientia Agricola, v.75, n.3, 55-272. 75. doi:10.1590/1678-992X-2016-0459*

[89] *https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2442&context=usdaarsfacpub*

[89] *Susan S. Andrews. White paper. Crop Residue Removal for Biomass Energy Production: Effects on Soils and Recommendations // USDA-Natural Resource Conservation Service – February 22, 2006.*

[90] *https://pacificag.com/harvesting/*



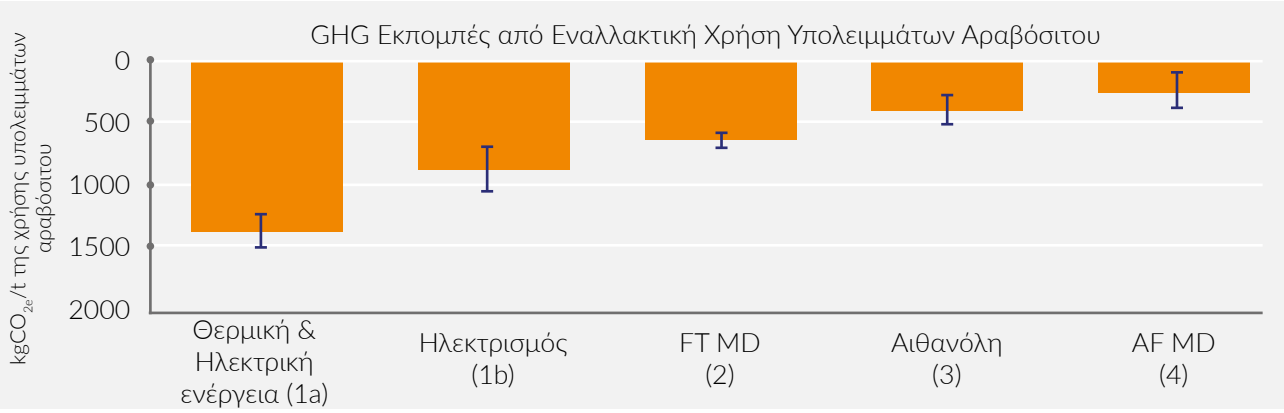
ΕΙΚΟΝΑ 24:
Οικονομική εξάρτηση του ποσοστού συγκομιδής υπολειμμάτων αραβόσιτου, περιοριστικοί παράγοντες και γεωπονικές στρατηγικές[88].
Οι ράβδοι στα δεξιά απεικονίζουν διάφορες πρακτικές διαχείρισης εδάφους και καλλιεργειών, που μπορούν να εφαρμοστούν για να διασφαλιστεί ότι αναπτύσσονται και διατίθενται βιώσιμες διαδικασίες προμήθειας της πρώτης ύλης.

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG) ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Τα υπολείμματα καλαμποκιού πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας RED II(Renewable Energy Directive) για τη μείωση των εκπομπών αερίων και τη βιωσιμότητα χωρίς GHG (π.χ. ποιότητα του εδάφους, βιοποικιλότητα και αποθέματα άνθρακα στο έδαφος) όταν χρησιμοποιούνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις (≥20 MW). Μια βιώσιμη αλυσίδα τροφοδοσίας CHP που χρησιμοποιεί υπολείμματα καλαμποκιού στη Ρουμανία, παρουσιάζεται στην έκθεση του ερευνητικού project Smart CHP EU[91]. Αυτή η εφοδιαστική αλυσίδα αξιολογείται με βάση τις συνολικές τιμές εκπομπών για την προμήθεια βιομάζας, τη διαδικασία παραγωγής βιοελαίου μέσω ταχείας πυρόλυσης (FPBO) και τη μεταφορά του FPBO από την τοποθεσία της μονάδας έως τον τελικό χρήστη. Κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης παράγεται όχι μόνο έλαιο, αλλά και ατμός και ηλεκτρική ενέργεια ως παραπροϊόντα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μείωση των τιμών εκπομπής της εφοδιαστικής αλυσίδας Smart CHP για τα υπολείμματα αραβόσιτου είναι 95% για την ηλεκτρική ενέργεια και 96% για τη θερμική εάν υποθέσουμε ότι η απόσταση μεταφοράς του FPBO είναι 50 χλμ. και 94% και 96% αντίστοιχα για απόσταση 150 χλμ. Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την τροφοδοσία καλαμποκιού είναι 2.0 gCO_2-eq ανά MJ βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών κατά τη συλλογή υπολειμμάτων καλαμποκιού που είναι 0.88 gCO_2-eq ανά MJ βιομάζας.

[91] *D5.1 SUSTAINABILITY ASSESSMENT_ BTG_ JUNE 2020 https://www.smartchp.eu/?jet_download=1799*

Στις ΗΠΑ, η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που προέρχεται από τροφοδοσία υπολειμμάτων καλαμποκιού, σε σύγκριση με τα συμβατικά αντίστοιχά τους, μειώνουν τις εκπομπές GHG κατά 21–92%. Το περιβαλλοντικό όφελος είναι μεγαλύτερο κατά τη συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας στο σενάριο αντικατάστασης του ηλεκτρικού δικτύου και του φυσικού αερίου στις ΗΠΑ (1.4 tCO_2-eq ανά τόνο τροφοδοσίας υπολειμμάτων καλαμποκιού)[92], κάτι που φαίνεται στην Εικ. 25. Μια πιλοτική μελέτη στην επαρχία Jilin της Κίνας[93] απέδειξε ότι η αντικατάσταση της καύσης άνθρακα με pellets από άχυρο καλαμποκιού μπορεί να εξαλείψει το 90.46% του κύκλου ζωής εκπομπών GHG. Όμως, υπάρχουν διάφοροι φόβοι που σχετίζονται με τα υπολείμματα καλαμποκιού, ανάλογοι με υπολείμματα άλλων καλλιεργειών που συλλέγονται στα χωράφια. Η ενέργεια από υπολείμματα καλαμποκιού παράγει σχετικά χαμηλότερες εκπομπές GHG, οι οποίες δύνανται να υπολογιστούν με τη χρήση εγκεκριμένης μεθοδολογίας για κάθε συγκεκριμένη αλυσίδα αξίας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (REDII), μόνο οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης αποκλειστικά από στερεή βιομάζα ή από καύσιμα με συνολική ονομαστική θερμική ισχύ 20 MW ή περισσότερο, πληρούν τα κριτήρια βιωσιμότητας και εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.



ΕΙΚΟΝΑ 25:
Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου από εναλλακτική χρήση υπολειμμάτων καλαμποκιού, σε σύγκριση με τον μέσο όρο του δικτύου των ΗΠΑ όπου:
Η FT είναι η η μέθοδος Fischer–Tropsch, MD είναι το κλάσμα απόσταξης, AF είναι η προχωρημένη ζύμωση [92].

[92] *Trivedi, P., Malina, R., & Barrett, S. R. H. (2015). Environmental and economic tradeoffs of using corn stover for liquid fuels and power production. Energy & Environmental Science, 8(5), 1428–1437. doi:10.1039/c5ee00153f*
[93] *Shizhong Song, Pei Liu, Jing Xu, Chinhao Chong, Xianzheng Huang, Linwei Ma, Zheng Li, Weidou Ni, Life cycle assessment and economic evaluation of pellet fuel from corn straw in China: A case study in Jilin Province, Energy (2017), doi: 10.1016/j.energy.2017.04.068*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: ΚΥΡΙΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ, LOGISTICS ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΣΕ ΠΕΛΛΕΤ/ ΜΠΡΙΚΕΤΕΣ

Περισσότερες πληροφορίες από κατασκευαστές μηχανημάτων και αντιπροσώπους μπορείτε να βρείτε στον ηλεκτρονικό πίνακα στον παρακάτω σύνδεσμο:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1o-u1S0B5IXwjQW72b7C_G5kNAwmxE6-I6VcyEd6myog/edit#gid=0

Λογότυπο	Επικοινωνία	Περιγραφή	Τεμαχισμός/ συστοιχίες	Δεματοποίηση	Συλλογή/ φόρτωση	Μεταφορά	Πελετοποίηση/ Μπρικετοποίηση
BIO G	**BioG GmbH** Weilbolden 18, 4972 Utzenaich Austria +43 (0) 7751/50149–0 office@biog.at https://biog.at	Το BioChipper, ένα μηχάνημα που αναπτύχθηκε από την BioG, δημιουργεί λωρίδες με υλικό εδαφοκάλυψης και επιτρέπει τη συλλογή υπολειμμάτων καλλιεργειών, όπως υπολείμματα καλαμποκιού, άχυρο ελαιοκράμβης, άχυρο σιτηρών, δευτερεύουσες καλλιέργειες κ.λπ. Οι διαδικασίες αναρρόφησης, τεμαχισμού και περιτύλιξης πραγματοποιούνται σε ένα μόνο βήμα.	●				
HINIKER	**HINIKER COMPANY** 58766 240th Street Mankato, MN 56002 USA (507)-625-6621 (800)-433-5620 https://www.hiniker.com	Το Hiniker 5600 Series Flail Windrower μπορεί να μειώσει σημαντικά τον χρόνο συγκομιδής υπολειμμάτων, τεμαχίζοντας και τυλίγοντας τα κοτσάνια με ένα μόνο πέρασμα.	●				
LOFTNESS	**LOFTNESS COMPANY** 650 South Main Street PO Box 337 Hector, MN 55342 USA 320-848-6266 info@loftness.com https://www.loftness.com	Ο τεμαχιστής Windrowing Shredder της Loftness μετατρέπει την πρόκληση σε ευκαιρία. Απρόβλεπτες συνθήκες στις αγορές και η αυξημένη ζήτηση για βιομάζα, μετατρέπουν τα υπολείμματα των καλλιεργειών σε ένα μέσο κερδοφορίας.	●				
CLAAS	**CLAAS** https://www.claas-group.com/	Η CLAAS παράγει σε παγκόσμια κλίμακα αυτοκινούμενες θεριζοαλωνιστικές μηχανές για ζωοτροφές. Η CLAAS έχει, επίσης, κορυφαίες επιδόσεις στον τομέα της γεωργικής μηχανικής παγκοσμίως, με τρακτέρ, δεματοποιητές και μηχανήματα πράσινης συγκομιδής.		●	●		

Λογότυπο	Επικοινωνία	Περιγραφή	Τεμαχισμός/ συστοιχίες	Δεματοποίηση	Συλλογή/ φόρτωση	Μεταφορά	Πελετοποίηση/ Μπρικετοποίηση
KRONE	**Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG** Zentrale: Heinrich-Krone-Straße 10 D-48480 Spelle Tel.: +49 (0)5977/935-0 Fax: +49 (0)5977-935-339 Info.ldm@krone.de https://landmaschinen.krone.de/	Ως ειδική στις ζωοτροφές, η εταιρεία KRONE κατασκευάζει χορτοκοπτικές μηχανές δίσκων, περιστροφικούς ξηραντήρες, τσουγκράνες, βαγόνια χορτονομής και ρυμουλκούμενα ενσίρωσης, στρογγυλά και τετράγωνα χορτοδετικά, καθώς και το υψηλών επιδόσεων αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό BiG M και το BiG X που είναι αλωνιστική μηχανή για ζωοτροφές.		●	●	●	
KUHN	**Kuhn Group** KUHN SAS 4 Impasse des Fabriques BP 50060 F-67706 Saverne CEDEX +33(0)3 88 01 81 00 Fax: +33(0)3 88 01 81 01 https://www.kuhn.com/	Ο Ομιλος Kuhn είναι παγκόσμιος παραγωγός μηχανημάτων συγκομιδής αχύρων και χορτονομής. Παράγει τεμαχιστές, τσουγκράνες και δεματοποιητές.	●	●			
AGCO Your Agriculture Company	**AGCO Corporation** https://www.agcocorp.com	Μέσω γνωστών εμπορικών σημάτων όπως Challenger®, Fendt®, GSI®, Massey Ferguson® και Valtra®, η AGCO Corporation παρέχει αγροτικές λύσεις σε καλλιεργητές σε ολόκληρο τον κόσμο μέσω μιας πλήρους σειράς από τρακτέρ, θεριζοαλωνιστικές μηχανές, κτηνοτροφικό εξοπλισμό, σπόρους και εργαλεία άροσης, εφαρμογές αποθήκευσης σιτηρών και συστήματα παραγωγής πρωτεϊνών. Η AGCO παράγει επίσης χλοοκοπτικά και χορτοδετικά μηχανήματα, φυσητήρες χορτονομής και κουτιά αποθήκευσης, όλα με καινοτομίες σε μέγεθος, χωρητικότητα και αποτελεσματικότητα.		●	●		
CNH INDUSTRIAL	**CNH Industrial** https://www.cnhindustrial.com/	Η CNH Industrial παράγει και εμπορεύεται γεωργικό και κατασκευαστικό εξοπλισμό, φορτηγά και επαγγελματικά οχήματα. Εμπορικά σήματα της εταιρείας, που κατασκευάζουν μηχανήματα για τη συγκομιδή και μεταφορά των αγροτικών υπολειμμάτων είναι τα New Holland, Case, Iveco.	●	●	●	●	

Λογότυπο	Επικοινωνία	Περιγραφή	Τεμαχισμός/ συστοιχίες	Δεματοποίηση	Συλλογή/ φόρτωση	Μεταφορά	Πελετοποίηση/ Μπρικετοποίηση
	Arcusin S.A. Polígono Industrial Pla d'Urgell - Av. Merlet, 8 - 25245 VILA-SANA Lleida (Spain) T 973 71 28 55 - 696 98 29 10 arcusin@arcusin.com https://www.arcusin.com	Η εταιρεία παράγει μηχανήματα για τον τομέα χειρισμού δεματιών. Αυτόματοι φορτωτές δεματιών AutoStack FSX και XP54. Συσσωρευτής δεματιών Bales ForStack 8.12			●		
	ZAVOD KOBZARENKO LTD Ukraine, 42500, Sumy region., Lypova Dolyna, Rusaniwska street, 17 +38 (044) 451-68-77, +38 (095) 277-63-98 www.kobzarenko.com.ua	Εξοπλισμός συλλογής και μεταφοράς δεματιών. - ρυμουλκούμενο για τετράγωνα δέματα PT-16 KVADRO; - ρυμουλκούμενα αυτοφόρτωσης για στρογγυλά δέματα. - ρυμουλκούμενες πλατφόρμες.			●	●	
	ProAG 2131 Airport Drive Saskatoon, SK Canada S7L 7E1 306-933-8585 https://www.proagdesigns.com/	Τα μηχανήματα μεταφοράς δεματιών της ProAG έχουν σχεδιαστεί για στρογγυλά και μεγάλα τετράγωνα δεμάτια και αναλαμβάνουν τόσο το μάζεμα όσο και το στοίβαγμα τους.			●		
	URSUS S.A. **DOBRE MIASTO - HQ** ul. Fabryczna 21, 11-040 Dobre Miasto Poland +48 22 506 56 00 dobremiasto@ursus.com https://www.ursus.com/	Το URSUS είναι αναμφίβολα το παλαιότερο Πολωνικό εμπορικό σήμα για οχήματα, μηχανήματα και συσκευές που προορίζονται να καλύψουν τις γεωργικές ανάγκες. Ανάμεσά τους βρίσκονται δεματοποιητές (συμπεριλαμβανομένων αυτών που προορίζονται για ενσίρωση σανού) και πλατφόρμες για τη μεταφορά δεματιών.		●		●	
	AMANDUS KAHL GmbH & Co. KG Dieselstrasse 5–9 21465 Reinbek Hamburg, Germany +49 (0) 40 72 77 10 info@akahl.de https://akahl.de	Η πελετοποίηση ανανεώσιμων πρώτων υλών για την ανάκτηση ενέργειας είναι ένας από τους τομείς δραστηριοποίησης της KAHL. Μέρος του προγράμματος της KAHL είναι η πελετοποίηση άχυρου καλλιεργειών και αποξηραμένης χορτονομής σε εργοστάσια.					●
	John Deer https://www.deere.com	Από την ίδρυσή της το 1837, η εταιρεία John Deere προσφέρει προϊόντα και υπηρεσίες για να υποστηρίξει όσους συνδέονται με τη γη. Η John Deere παράγει μια μεγάλη γκάμα μηχανημάτων για τη συλλογή βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων δεματοποιητών και φορτωτών.	●	●	●		

Λογότυπο	Επικοινωνία	Περιγραφή	Τεμαχισμός/ συστοιχίες	Δεματοποίηση	Συλλογή/ φόρτωση	Μεταφορά	Πελετοποίηση/ Μπρικετοποίηση
CPM EUROPE	**CPM Europe B.V.** Rijder 2, 1507 DN Zaandam The Nether-lands +31 75 65 12 611 info@cpmeurope.nl https://www.cpmeu-rope.nl/	Η CPM Europe παράγει υψηλής ποιότητας εξοπλισμό για την πελετοποίηση και λείανση μιας μεγάλης ποικιλίας ξυλείας και αγροτικών προϊόντων.					●
ANDRITZ	**ANDRITZ Feed and Biofuel A/S** Esbjerg, Denmark Phone: +45 72 160 300 andritz-fb.dk@andritz.com https://www.andritz.com	Η ANDRITZ μπορεί να σχεδιάσει, να κατασκευάσει, να προμηθεύσει και να βελτιστοποίησει τον εξοπλισμό για την παραγωγή υψηλής ποιότητας πέλλετ από βιομάζα. Οι λύσεις της ANDRITZ είναι υποστηρίζονται από τεχνικές και μηχανικές συμβουλές, εγκαταστάτες και after market εξυπηρέτηση σε παγκόσμιο επίπεδο.					●
ICK GROUP	**ICK GROUP** office 222, 89 A, Pros-pect Peremogy, Kyiv, 03115, Ukraine tel.: +38 (067) 215 10 32 fax: +38 (044) 451 02 30 e-mail: info@ick.ua https://ick.ua/	Ο Ομιλος ICK κατασκευάζει εξοπλισμό υπό το δικό του εμπορικό σήμα GRANTECH. Διαθέτει πολυετή εμπειρία στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και σε τεχνολογίες για την πελετοποίηση διαφορετικών υλικών.					●
C.F. Nielsen A/S	**C.F. Nielsen A/S** Solbjergvej 19 DK-9574 Baelum tel: +45 9833 7400 https://cfnielsen.com/	Η C. F. Nielsen είναι η κορυφαία εταιρεία παγκοσμίως στον σχεδιασμό και την παραγωγή μηχανικών λύσεων μπρικετοποίησης από βιομάζα και απόβλητα.					●
	PE "Briquetting Technologies" 13313, Ukraine, Zhytomyr region, c. Berdychiv, Semenivska str., 116 +38 (067) 410 21 02 bricteh@gmail.com https://briq-tech.com/	Ο σύνθετος εξοπλισμός που απαιτείται για την παραγωγή καύσιμων μπρικετών και πέλλετ.					●

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Περισσότερες πληροφορίες από τους παραγωγούς λεβήτων μπορείτε να βρείτε στον ηλεκτρονικό πίνακα στον παρακάτω σύνδεσμο:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1hb1IEKkxlR_0StT5L0ibOfZzggeZ-BjeARq33iwjiaE/edit#gid=0

Λογότυπο	Επικοινωνία	Περιγραφή	Μικροί λέβητες (100-500 kW)	Μεσαίοι λέβητες (500 kW – 1 MW)	Μεγάλοι λέβητες (πάνω από 1 MW)	Ατμολέβητες
COMPTE·R	**Group COMPTE.R** https://www.compte-r.com/en/	Για περισσότερα από 130 χρόνια, η COMPTE.R δημιουργεί καινοτόμες λύσεις θέρμανσης με βιομάζα για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέχρι που εξειδικεύτηκε στην ενέργεια βιομάζας.			●	●
DP CleanTech	**DP CleanTech** https://www.dp-cleantech.com/	Το χαρτοφυλάκιο λύσεων βιομάζας της DP αποτελείται από εφαρμοσμένες και κατοχυρωμένες με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας κορυφαίες τεχνολογίες για την καύση, αεριοποίηση και μετατροπή βιοαερίου βιομάζας σε καθαρή ενέργεια.			●	●
B&W BABCOCK & WILCOX	**Babcock & Wilcox Vølund** https://www.babcock.com/	Η B&W προσφέρει τεχνολογικές λύσεις και υπηρεσίες με περιβαλλοντική συνείδηση, σε πελάτες ενέργειας και βιομηχανίας σε όλο τον κόσμο –με ασφάλεια και ηθική δέσμευση.			●	●
tts boilers	**TTS eko s.r.o.** https://www.ttsboilers.cz/	Στο πλαίσιο του οικολογικού της προγράμματος, η εταιρεία TTS ασχολείται κυρίως με την ανάπτυξη, την παραγωγή, τη συναρμολόγηση και τη συντήρηση βιομηχανικών λεβήτων και λεβητοστασίων για την καύση βιομάζας.			●	
VOLYN KALVIS	**Volyn-Kalvis LLC** https://www.volyn-kalvis.com.ua/en/	Η Volyn-Kalvis LLC παράγει αυτοματοποιημένους λέβητες στερεών καυσίμων με κινούμενη σχάρα για την καύση διαφορετικών τύπων βιομάζας: πριονίδια, ροκανίδια, υπολείμματα δημητριακών, μίσχους ηλίανθου και καλαμποκιού, καθώς και πέλλετ από ξύλο, ηλίανθους, τύρφη και άλλα φυτικά υλικά.	●	●	●	
KRIGER	**Kriger boiler plant** https://kriger.com.ua/	Το εργοστάσιο καυστήρων Kriger είναι μια εταιρεία με πλήρη κύκλο ετοιμοπαράδοτων κατασκευών για κάθε επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής θερμικής ενέργειας.		●	●	●

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ AGROBIOHEAT

Λογότυπο	Περιγραφή
ΕΚΕΤΑ ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	Το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) στην Ελλάδα, είναι ένα από τα κορυφαία ερευνητικά κέντρα της χώρας. Μεταξύ των τομέων εξειδίκευσής του περιλαμβάνονται και δράσεις για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη παραγωγή και χρήση στερεών βιοκαυσίμων, τη εξοικονόμηση ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος. www.certh.gr
aveBiom Asociación Española de la Biomasa	Η AVEBIOM είναι η Ισπανική Ένωση Βιοενέργειας, η οποία αντιπροσωπεύει όλες τις εταιρείες στην αλυσίδα εφοδιασμού βιοενέργειας της Ισπανίας. www.avebiom.org
BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH	Η BIOS είναι μια αυστριακή εταιρεία μηχανολογίας, έρευνας και ανάπτυξης, με περισσότερα από 20 χρόνια εμπειρίας στον τομέα της ενεργειακής χρήσης βιομάζας. www.bios-bioenergy.at
Bioenergy EUROPE	Η Bioenergy Europe (παλαιότερα γνωστή ως AEBIOM) είναι η φωνή της ευρωπαϊκής βιοενέργειας. Στοχεύει στην ανάπτυξη μιας βιώσιμης αγοράς βιοενέργειας, βασισμένης σε δίκαιες επιχειρηματικές συνθήκες. www.bioenergyeurope.org
Food & Bio Cluster Denmark	Η Food & Bio Cluster Denmark είναι το εθνικό δίκτυο της Δανίας για τα τρόφιμα και τους βιοπόρους. Προωθεί τη συνεργασία μεταξύ της έρευνας και των επιχειρήσεων και προσφέρει στα μέλη της ενιαία πρόσβαση σε χρηματοδότηση, ανάπτυξη επιχειρήσεων, έργα, εγκαταστάσεις και διάφορες συμβουλευτικές υπηρεσίες. www.foodbiocluster.dk
circe RESEARCH CENTRE FOR ENERGY RESOURCES	Το Technology Centre ιδρύθηκε στην Ισπανία το 1993, με στόχο να προσφέρει πρωτοποριακές λύσεις στον τομέα της ενέργειας για μια βιώσιμη ανάπτυξη. www.fcirce.es
INASO-PASEGES INSTITOUTO AGROTIKIS & SYNETAIRISTIKIS OIKONOMIAS	Η ΙΝΑΣΟ-ΠΑΣΕΓΕΣ είναι ένας αστικός μη κερδοσκοπικός οργανισμός, ο οποίος ιδρύθηκε το 2005 στην Αθήνα από την Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ενώσεων Γεωργικών Συνεταιρισμών (ΠΑΣΕΓΕΣ). www.neapaseges.gr
ZEZ Zelena Energetska Zadruga	Η Green Energy Cooperative (ZEZ) ιδρύθηκε το 2013 ως μέρος του project “Development of Energy Cooperatives in Croatia”, που υλοποιείται από το United Nations Development Program (UNDP) στην Κροατία. www.zez.coop
GREEN ENERGY Romanian Innovative Biomass CLUSTER	Ο κύριος σκοπός της Cluster είναι να αναπτύξει τον τομέα της βιοενέργειας στη Ρουμανία και να αυξήσει το ενδιαφέρον για την παραγωγή και τη χρήση της βιομάζας. www.greencluster.ro
UABIO	Η UABIO ιδρύθηκε το 2013 ως δημόσιος οργανισμός. Σκοπός της δραστηριότητας του εν λόγω Συνδέσμου είναι η δημιουργία μιας κοινής πλατφόρμας συνεργασίας στην αγορά βιοενέργειας της Ουκρανίας. www.uabio.org

Λογότυπο	Περιγραφή
	Η AILE ασχολείται με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την εξοικονόμηση ενέργειας σε γεωργικές και αγροτικές περιοχές της Δυτικής Γαλλίας. www.aile.asso.fr
	Η White Research είναι μια επιχείρηση κοινωνικής έρευνας και παροχής συμβουλών με έδρα τις Βρυξέλλες, η οποία ειδικεύεται στη συμπεριφορά των καταναλωτών, στην ανάλυση της αγοράς και στη διαχείριση καινοτόμων λύσεων. www.white-research.eu
	Η Agronergy είναι ένας πάροχος υπηρεσιών ηλεκτρισμού στη Γαλλία, ο οποίος είναι αφοσιωμένος στην ανανεώσιμη θερμότητα. www.agronergy.fr

AVERO

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Αυτός ο οδηγός από τον Σύνδεσμο Βιοενέργειας της Ουκρανίας (UABIO) και το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Ελλάδος (ΕΚΕΤΑ), καλύπτει θέματα που σχετίζονται με την τρέχουσα κατάσταση της παραγωγής αραβόσιτου, τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειάς του και τις δυνατότητες χρήσης υπολειμμάτων αραβόσιτου για ενέργεια. Ο οδηγός παρέχει μια ανασκόπηση των τεχνολογιών για τη συλλογή υπολειμμάτων καλαμποκιού και τη χρήση τους για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, βιοαερίου και βιοαιθανόλης. Περιλαμβάνει, επίσης, καταλόγους εταιρειών που προσφέρουν μηχανήματα συγκομιδής, λύσεις για την αλυσίδα εφοδιασμού υπολειμμάτων αραβόσιτου, μεταποίησή τους σε πέλλετ/μπρικέτες και ενεργειακά συστήματα για την παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα αραβόσιτου. Ο οδηγός έχει δημιουργηθεί στο πλαίσιο του έργου AgroBioHeat, το οποίο συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το AgroBioHeat στοχεύει στην προώθηση οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμων λύσεων θέρμανσης μέσω αγροτικής βιομάζας στην Ευρώπη.

Σχετικά με το ΙΝΑΣΟ-ΠΑΣΕΓΕΣ

Το Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας (ΙΝΑΣΟ-ΠΑΣΕΓΕΣ) είναι μια αστική μη κερδοσκοπική εταιρία, που ιδρύθηκε το 2005 από την ΠΑΣΕΓΕΣ. Υλοποιεί εθνικά όσο και ευρωπαϊκά και διεθνή προγράμματα με σκοπό τη προώθηση και την ανάπτυξη της αγροτικής και συνεταιριστικής οικονομίας σε περιφερειακό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

www.neapaseges.gr

AgroBioHeat

UABIO

ΕΚΕΤΑ
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το έργο αυτό έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο πλαίσιο της Συμφωνίας Επιχορήγησης No 818369