



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
ΔΠΜΣ Βιώσιμη Διαχείριση Περιβαλλοντικών
Αλλαγών
και Κυκλική Οικονομία

**“ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ
ΠΡΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ.
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΩΣ ΕΛΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ
ΥΛΙΚΑ”**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΓΚΟΛΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2023, ΒΟΛΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο – ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	7
1.1. Ορισμός Κυκλικής Οικονομίας.....	7
1.2. Μοντέλα της Κυκλικής Οικονομίας.....	9
1.3. Από την γραμμική στην κυκλική οικονομία	10
1.4. Οφέλη της κυκλικής οικονομίας	11
1.5. Το κυκλικό μοντέλο στην Ελλάδα	12
1.5.1. Εθνική Στρατηγική.....	13
1.5.2. Στόχοι του Κυκλικού μοντέλου	14
1.6. Βιώσιμη ανάπτυξη και κλιματική αλλαγή	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο – ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	16
2.1. Ορισμός βιοαπόβλητα	16
2.2. Κατηγορίες βιολογικών αποβλήτων.....	17
2.3. Διαχείριση βιοαποβλήτων	18
2.4. Αποτροπή δημιουργίας βιοαποβλήτων	19
2.5. Τα βιοαπόβλητα στην Ελλάδα	20
2.6. Τεχνικές για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο - ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	23
3.1. Ορισμός της κομποστοποίησης.....	23
3.2. Μεθοδολογία κομποστοποίησης	24
3.3. Οικολογικό Σήμα - Συστήματα πιστοποίησης	25
3.4. Απόβλητα κατάλληλα για κομποστοποίηση	28
3.5.Υλικά που δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο κομπόστ	28
3.6. Πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης	29

3.7. Μειονεκτήματα της κομποστοποίησης	29
3.8. Συστήματα κομποστοποίησης.....	30
3.9. Φάσεις-Στάδια κομποστοποίησης.....	32
3.10. Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση.....	33
3.11. Ο μικροβιόκοσμος στη κομποστοποίηση.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο – ΑΧΥΡΟ ΡΥΖΙΟΥ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤ	40
4.1. Γενικά.....	40
4.2. Αξιοποίηση του ρυζιού και των παράγωγων προϊόντων του	40
4.3. Προϊόντα που προκύπτουν από το ρύζι.....	40
4.4. Παραγωγή ρυζιού παγκοσμίως	42
4.5. Παραγωγή ρυζιού στην Ελλάδα.....	44
4.6. Άχυρο ρυζιού	48
4.7. Άχυρο ρυζιού και κομποστοποίηση	49
4.8. Δείκτες εδαφικής ποιότητας – επιδράσεις της χρήσης του άχυρου σίτου.....	50
4.9. Άχυρο ρυζιού και επίδραση στην ποιότητα του εδάφους	52
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προώθηση της κυκλικής οικονομίας και η διαδικασία της κομποστοποίησης στην διαχείριση των οργανικών αποβλήτων.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται διερεύνηση της διαχείρισης οργανικών αποβλήτων, που προέρχονται κυρίως από αστικά περιβάλλοντα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εστιάζει στη δυνατότητα κομποστοποίησης αυτών προκειμένου να παραχθούν προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία (N, P, K). Το παραγόμενο κομπόστ δύναται να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό, δηλαδή ως υλικό το οποίο μπορεί να βελτιώσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τη γονιμότητα των εδαφών όταν εφαρμόζεται σε αυτά.

Μελέτες που έχουν γίνει παγκοσμίως έχουν αναδείξει τα υλικά αυτά ως πολύτιμα εργαλεία ελάττωσης της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων, αλλά και άλλων ρύπων που υπάρχουν στα εδάφη, δημιουργώντας μαζί τους ενώσεις (χηλικές), οι οποίες εμποδίζουν τη μετακίνησή τους προς τα φυτά και τα ζώα, άρα και προς τον άνθρωπο. Επομένως, η μελέτη της σωστής διαχείρισης των αστικών αποβλήτων ή των παραπροϊόντων ορισμένων διεργασιών, δύναται να οδηγήσει σε υλικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της γονιμότητας των γεωργικών εδαφών, άρα και την αύξηση της παραγωγικότητας, αλλά και ως προϊόντα αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών.

ABSTRACT

The subject of this thesis is the promotion of ~~the~~ the circular economy and the composting process in the treatment of organic waste.

In this thesis, the treatment of organic waste, mainly from urban environments, is investigated in the context of the circular economy. The literature review focuses on the possibility of composting ~~them~~ in order to produce high added value products, with high organic matter content and rich in nutrients. The produced compost can be used as a soil improver, i.e. as a material that can improve the physicochemical properties and fertility of soils when applied to them.

Studies carried out worldwide have shown these materials to be valuable tools for reducing the concentration of heavy metals and other pollutants present in soils by forming compounds (chelating agents) which prevent their transfer to plants and animals and thus to humans. Therefore, studying the correct treatment of municipal waste or the by-products of certain processes can lead to materials that are able to increase the fertility of agricultural soils, and thus increase productivity, but also as products for the rehabilitation of polluted soils.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκε σημαντική αναβάθμιση του παγκόσμιου βιοτικού επιπέδου. Αυτό το γεγονός, σε συνάρτηση με την παγκόσμια πληθυσμιακή αύξηση, έχει οδηγήσει και σε υπέρμετρη παραγωγή αποβλήτων.

Με τον όρο κυκλική οικονομία νοείται η επιμήκυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων με ταυτόχρονη εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, πιο συχνή επαναχρησιμοποίηση, και ανακύκλωση των υλικών. Γίνεται επομένως μια στροφή από το υπάρχον γραμμικό μοντέλο «παράγω- καταναλώνω- απορρίπτω» σε ένα κυκλικό μοντέλο που δίνει έμφαση στην «μείωση, επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακύκλωση, ανάκτηση». Στα ευρύτερα οφέλη της κυκλικής οικονομίας, συγκαταλέγονται η δημιουργία νέων ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων και η μείωση της ανάγκης για σπάνιους πόρους, της κατανάλωσης ενέργειας και των επιπέδων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Σε καθημερινή βάση, αυτό που έχει μεγάλη επίδραση στο περιβάλλον και στη ζωή των ανθρώπων είναι η διαχείριση των αποβλήτων. Ένας τρόπος, με τον οποίο προωθείται η αειφορία και η ανακύκλωση, είναι όταν τα βιοαπόβλητα επεξεργάζονται με φυσικές διαδικασίες. Έτσι, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει σε διαδικασίες της κομποστοποίησης.

Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης, το κομπόστ που παράγεται, αποτελεί ένα προϊόν υψηλής ποιότητας και προστιθέμενης αξίας, με πολλές θετικές επιπτώσεις στη γεωργία, όπως η μείωση της ανάγκης για χρήση χημικών λιπασμάτων, η βελτίωση της υγείας των φυτών και η αύξηση της παραγωγικής ικανότητας του εδάφους.

Η παρούσα μελέτη χωρίζεται σε τέσσερα κύρια μέρη. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στην κυκλική οικονομία, τους στόχους της, την εθνική στρατηγική και το ποσοστό κυκλικότητας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στο δεύτερο μέρος, δίνονται πληροφορίες που αφορούν τα βιοαπόβλητα, την διαχείριση αυτών, το επίπεδο βιοαποβλήτων στη χώρα μας και την αποφυγή δημιουργίας τους. Στο τρίτο, ακολουθεί η τεχνική περιγραφή της διεργασίας της κομποστοποίησης και των διαφόρων τύπων αυτής. Τέλος, το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στην χρήση αχύρου και ειδικότερα στην χρήση αχύρου του ρυζιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

1.1. Ορισμός Κυκλικής Οικονομίας

Στη σημερινή εποχή, τα περιβαλλοντικά, τα οικονομικά και τα κοινωνικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε παγκοσμίως, έχουν οδηγήσει τους ανθρώπους στην ανάγκη να βελτιώσουν την σχέση τους με το περιβάλλον και να αξιοποιούν όσο περισσότερο μπορούν τους πόρους. Από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα, η οικονομία λειτουργούσε με βάση το γραμμικό μοντέλο «παίρνω - φτιάχνω - απορρίπτω», με αποτέλεσμα όλα τα προϊόντα να οδηγούνται στο τελικό στάδιο της ζωής τους. Γι αυτό τον λόγο, η κοινωνία προσπαθεί να στραφεί στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, το οποίο αναφέρεται στην επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανανέωση και την ανακύκλωση των προϊόντων - υλικών (Κοτταρίδη, 2020).

Η κυκλική οικονομία είναι ένα μοντέλο, που έχει ως σκοπό να μειώσει τα απόβλητα που προέρχονται από την διαδικασία της παραγωγής και στη συνέχεια να τα αξιοποιήσει και να τα χρησιμοποιήσει ξανά είτε σ' αυτήν, είτε σε άλλη παραγωγική διαδικασία. Με λίγα λόγια, πρόκειται για ένα σύστημα που προσπαθεί να διατηρήσει την αξία των υλικών για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα που τους επιτρέπεται. Δίνει έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανανέωση και την ανακύκλωση των προϊόντων, ώστε να τους δώσει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Στην κυκλική οικονομία, ο σχεδιασμός των προϊόντων γίνεται εξ αρχής με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην έχουμε αλόγιστη χρήση των πόρων και των υλικών και να μπορούν τα προϊόντα να επαναχρησιμοποιηθούν, με περιορισμένη παραγωγή αποβλήτων. Με λίγα λόγια, οτιδήποτε μπορεί να θεωρηθεί ως απόβλητο, μετατρέπεται σε πρώτη ύλη (ΕΚΤ, 2019). Εστιάζει στο να μειωθεί ο υπερκαταναλωτισμός των υλικών που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να παραχθούν τα προϊόντα και δίνει έμφαση σε ανανεώσιμους πόρους, ζωικά και φυτικά υποπροϊόντα, καθώς και σε υλικά που βιοαποικοδομούνται (Circle Economy Foundation, 2020). Με σκοπό να επιτευχθεί η κυκλικότητα στον τρόπο που εκμεταλλεύονται τους φυσικούς πόρους, πραγματοποιείται πολυδιάστατη συζήτηση, στην οποία βασίζεται η κυκλική οικονομία (Priyadarshini, Abhilash, 2020).

Ένα προϊόν για να μπορεί να θεωρηθεί κυκλικό, πρέπει να ακολουθεί κάποια στάδια κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του. Έχει εννιά βασικές αρχές, οι οποίες είναι οι εξής (Kirchherr κα., 2017 και Van Buren κα, 2016):

1. Refuse – Reject (Απόρριψη), όπου εγκαταλείπονται τα προϊόντα που δεν είναι σημαντική η χρήση τους.
2. Rethink (Αναθεώρηση)
3. Reduce (Μείωση), με την έννοια ότι μπορούν να μειωθούν οι πόροι που χρησιμοποιούνται τόσο για κατανάλωση όσο και για την παραγωγή ενός προϊόντος. Αυτό είναι δυνατό να συμβεί με το να σχεδιάζεται αποτελεσματικά το προϊόν σε κάθε στάδιο.
4. Reuse (Επαναχρησιμοποίηση), με στόχο να επαναχρησιμοποιούνται προϊόντα, τα οποία είναι σε ικανοποιητική κατάσταση ή μπορούν ακόμα και να διανεμηθούν σε υπηρεσίες λόγω της κατάστασής τους.
5. Repair (Επιδιόρθωση), όπου τα προϊόντα θα έχουν την δυνατότητα να επιδιορθώνονται και να λειτουργούν από την αρχή.
6. Restore – Refurbish (Επαναφορά), εννοώντας τα προϊόντα που αποκαθίστανται και επανέρχονται στην αρχική κατάσταση, εφόσον έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους.
7. Rebuild – Remanufacture (Ανακατασκευή), αναφέρεται στα προϊόντα τ' οποία αποσυναρμολογούνται, με σκοπό να αντικατασταθούν τα εξαρτήματα που έχουν ελάττωμα και να επανέλθουν στην αρχική τους λειτουργία.
8. Redefine – Repurpose (Επαναπροσδιορισμός), σχετίζεται με τα προϊόντα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον αρχικό στόχο τους, έχουν επαναχρησιμοποιηθεί και πλέον έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικό σκοπό σε άλλα προϊόντα που παράγονται.
9. Recycle (Ανακύκλωση), όπου επαναφέρονται τα υλικά από ένα ήδη υπάρχον προϊόν και παράγονται νέα προϊόντα και υλικά.

Οι κυριότερες από τις εννιά βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας είναι η μείωση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση.

1.2. Μοντέλα της Κυκλικής Οικονομίας

Η εφαρμογή των βασικών αρχών της κυκλικής οικονομίας αναπτύσσει τόσο την καινοτομία στη σκέψη για νέες εφαρμογές στρατηγικών όσο τα επιχειρηματικά μοντέλα για τη μετάβαση στην κυκλική οικονομία (Ferasso κα, 2020). Τα μοντέλα αυτά δίνουν την ευκαιρία στους πελάτες/χρήστες να εφαρμόζουν άριστα τις αρχές της κυκλικής οικονομία προστατεύοντας το περιβάλλον. Ακόμη, σύμφωνα με τους (Pieroni κα, 2020), υπολογίζεται ότι υπάρχουν συνολικά μέχρι σήμερα πάνω από τρία εκατομμύρια επιχειρησιακά μοντέλα προκειμένου να δημιουργηθεί ένα νέο κυκλικό μοντέλο με νέες στρατηγικές για τις επιχειρήσεις.

Τρία βασικά μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί για την κυκλική οικονομία είναι τα εξής:

- i. μοντέλο συντονισμού, όπου παρατηρούνται οι τρόποι ανακύκλωσης των προϊόντων, επαναχρησιμοποίησης και δημιουργίας νέων,
- ii. κυκλικός σχεδιασμός, στο υπάρχον μοντέλο περιγράφεται ο τρόπος παραγωγής και σχεδιασμού των προϊόντων πιο ανθεκτικών, μεγάλωνοντας τον κύκλο ζωής,
- iii. μοντέλο επαναχρησιμοποίησης, το οποίο αφορά τα μεταχειρισμένα προϊόντα όπου έχουν καταστραφεί και έχουν την ανάγκη για αναδιαμόρφωση. Η δημιουργία αυτών των νέων προϊόντων αποτελεί την αύξηση των νέων κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων για το οικοσύστημα (Pieroni κα, 2020).

Σύμφωνα με τα παραπάνω κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα, η βοήθειά τους είναι πολύτιμη στη δημιουργία ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου, που θα συμβάλλει στην μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων και ταυτόχρονα την θετική εξέλιξη του οικοσυστήματος. Τα πλεονεκτήματα των νέων αυτών μοντέλων θα προσφέρουν αξία στα προϊόντα, προστατεύοντας έτσι το περιβάλλον και γενικότερα το οικοσύστημα (Lüdeke-Freund (2010). Επιπρόσθετα, για να δημιουργηθούν αυτά τα μοντέλα που προαναφέρθηκαν, απαιτείται να ληφθούν ορισμένες βασικές αρχές από το εκάστοτε επιχειρηματικό μοντέλο, οι οποίες είναι: πρώτη η οικονομία, δεύτερον η αξία των προϊόντων και τρίτον οι εισροές των επιχειρήσεων μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το οικονομικό κόστος (Yang κα, 2017).

1.3. Από την γραμμική στην κυκλική οικονομία

Μέχρι και σήμερα, το μοντέλο που επικρατεί είναι αυτό της γραμμικής οικονομίας, στο οποίο τα προϊόντα και τα υλικά που χρησιμοποιούνται φτάνουν στο τέλος της ζωής τους και στη συνέχεια απορρίπτονται, γεγονός που δε βοηθάει στη βιώσιμη ανάπτυξη και επηρεάζει τόσο στην προστασία του περιβάλλοντος, όσο και στην ανάπτυξη μιας χώρας.

Η μετάβαση από την Γραμμική στην Κυκλική Οικονομία έχει ιδιαίτερη σημασία και οφείλεται να γίνει σε όλες τις χώρες του πλανήτη, ώστε να υπάρχουν μεγαλύτερα αποτελέσματα στην μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το κυκλικό μοντέλο είναι αυτό που προσπαθεί να αντικαταστήσει την απόρριψη των αποβλήτων με τις τρεις πιο βασικές αρχές, δηλαδή τη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση των υλικών και των προϊόντων (Garcés-Ayerbe C κα, 2019). Πολύ κοντά σ' αυτό βρίσκονται η Κίνα (Geng et al., 2019) και η Ολλανδία (Cramer, 2020).



Εικόνα 1.1. Από την γραμμική στην κυκλική οικονομία (ΕΚΤ, Μάρτιος-Μάιος 2019).

1.4. Οφέλη της κυκλικής οικονομίας

Η μετάβαση στο κυκλικό μοντέλο μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, καθώς η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση οδηγούν στη μείωση της παραγωγής των αποβλήτων.

Τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την Κυκλική Οικονομία είναι ότι μειώνεται το κόστος των προϊόντων, διότι μειώνεται η παραγωγή, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται υλικά και ενέργεια. Προωθούνται προϊόντα, τα οποία είναι ανθεκτικά και καινοτόμα, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγάλων κερδών και γενικότερα μία καλύτερη ποιότητα ζωής (Europarliament 2015). Επιπλέον, προάγεται η καινοτομία και δίνονται νέες ευκαιρίες στις επιχειρήσεις.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προκύπτει σχετικά με το περιβάλλον είναι ότι μειώνεται η ρύπανση του, καθώς τα προϊόντα επαναχρησιμοποιούνται και μειώνονται οι πηγές από τις οποίες προέρχονται οι πρώτες ύλες. Άρα, έχουμε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται σε σημαντικό βαθμό οι εκπομπές του θερμοκηπίου. Τέλος, επηρεάζει θετικά στο κλίμα, την ποιότητα της ατμόσφαιρας και των υδάτων, την βιοποικιλότητα και το έδαφος κι επομένως και την ποιότητα ζωής των οργανισμών (European Commission, 2020b).

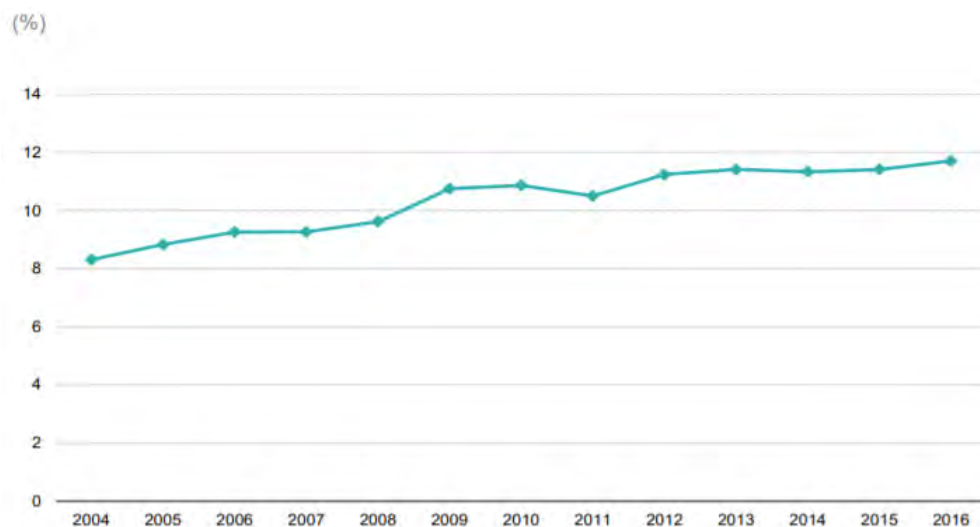
Με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας πέρα από την εξοικονόμηση κόστους, εξασφαλίζονται και νέες θέσεις εργασίας. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, τα οφέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που προκύπτουν από την Κυκλική Οικονομία, είναι ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται από δύο τοις εκατό έως και τέσσερα τοις εκατό, οι επιχειρήσεις εξοικονομούν 600 δισεκατομμύρια ευρώ και δημιουργούνται περισσότερες από 2 δισεκατομμύρια θέσεις εργασίας. Τέλος, υπάρχει ανάπτυξη με ποσοστό έως και 6% και παράλληλα εξοικονομούνται πόροι, δεδομένου ότι στη σημερινή κατάσταση, σε χρονικό διάστημα 6 μηνών, το 80% των προϊόντων έχει μετατραπεί σε απόβλητα (ΥΠΕΝ 2020).

1.5. Το κυκλικό μοντέλο στην Ελλάδα

Το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας είναι ευκαιρία για τη χώρα μας και μεγάλη ανάγκη, καθώς συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη της οικονομίας. Η Ελλάδα έχει τις προϋποθέσεις για το συγκεκριμένο σύστημα για τους εξής λόγους:

- Διαθέτει φυσικούς πόρους και απόβλητα που δεν έχουν αξιοποιηθεί.
- Ο πρωτογενής της τομέας έχει την πιθανότητα να αναπτυχθεί, την ανάγκη να εκσυγχρονιστεί και να μειωθεί το κόστος που παράγονται τα προϊόντα.
- Είναι διαθέσιμο το πλαίσιο στρατηγικής από την Ευρωπαϊκή Ένωση και διαθέτει εργαλεία ικανά για χρηματοδότηση (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ, 2020)).

Σύμφωνα λοιπόν με την μελέτη της Eurostat για το έτος αναφοράς του 2016, το ποσοστό της κυκλικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν 11.7%, το οποίο αυξήθηκε κατά 3.4 μονάδες από το 2004 που ήταν 8.3%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η ΕΕ καταναλώνει λιγότερες πρώτες ύλες, όπως δομικά υλικά και ορυκτά καύσιμα, ενώ η ποσότητα ανακύκλωσης αυξάνεται ελάχιστα (Eurostat,2019).



Διάγραμμα 1. Ποσοστό υλικών κυκλικής οικονομίας στην ΕΕ, 2004-2016.

1.5.1. Εθνική Στρατηγική

Η Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία, η οποία ανακοινώθηκε τον Δεκέμβριο του 2018 από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, έχει την ίδια άποψη με τις αρχές που ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Βασική προϋπόθεση αυτής είναι τα εξής (Paramonioudis κα, 2022):

1. Η μακροπρόθεσμη οικολογική ανάπτυξη
2. Η στήριξη της κυκλικής επιχειρηματικότητας
3. Κυκλικότητα των πόρων που καταναλώνονται

Εφαρμόζοντας την Εθνική Στρατηγική, οι στόχοι έως και το 2030 είναι οι εξής:

1. Ένταξη κριτηρίων οικολογικής σχεδίασης και ΑΚΖ των προϊόντων.
2. Αποδοτική υλοποίηση της ιεραρχίας για τον έλεγχο των αποβλήτων, προωθώντας την πρόβλεψη της μείωσης των αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση.
3. Προώθηση της αποδοτικότητας ενέργειας στις παραγωγικές διαδικασίες.
4. Απλοποίηση και δημιουργία σχημάτων που θα είναι κατάλληλα στο να παρέχουν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες και απόψεις, θα προσφέρουν καλύτερη συνεννόηση μεταξύ των υπηρεσιών και των οικονομικών και κοινωνικών φορέων.
5. Αλλαγή από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο, προωθώντας την διαφάνεια στις διαδικασίες.
6. Εκτέλεση διαφανών και εφαρμόσιμων κριτηρίων για να παρακολουθείται η υλοποίηση της μετάβασης.

Έπειτα απ' όσα ανακοινώθηκαν στην Εθνική Στρατηγική το 2018, σχετικά με την Κυκλική Οικονομία, τον Μάρτιο του 2021 ανακοινώθηκε το Σχέδιο Δράσης της Κυκλικής Οικονομίας, το οποίο ανταποκρίνεται με αυτό της ΕΕ που πήρε έγκριση το 2020. Αναφέρεται στις εξής αρχές:

1. Αειφόρος παραγωγή και βιομηχανική στρατηγική.
2. Χρήση προϊόντων και υλικών με σκοπό την μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, με σκοπό να ικανοποιούνται οι σημερινές ανάγκες χωρίς να επηρεάζονται οι μελλοντικές.
3. Μεγαλύτερη αξία των υλικών, με σκοπό να μειώνονται τα απόβλητα.
4. Υποστηρικτικές δράσεις με βάση τη Νομοθεσία για την εκτέλεση του Σχεδίου Δράσης.

5. Προϊόντα όπως είναι τα πλαστικά, συσκευασίες, ηλεκτρονικά και μεταφορικά μέσα πρέπει να πραγματοποιηθούν δράσεις, ώστε να εξεταστούν πρώτα.

1.5.2. Στόχοι του Κυκλικού μοντέλου

Για να αναπτυχθεί η Οικονομία, το Περιβάλλον και η Κοινωνία, είναι αναγκαίο να εφαρμόζονται σε μεγάλο βαθμό οι στόχοι που έχουν τεθεί σχετικά με την ανακύκλωση. Για να συμβεί αυτό, πρέπει οι χώρες που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση να παίρνουν τα απαραίτητα μέτρα σχετικά με την ανακύκλωση του κάθε υλικού ξεχωριστά. Οι νέοι στόχοι που πρέπει να έχουν υλοποιηθεί μέχρι το 2025 και το 2030 είναι:

- Να γίνεται ανακύκλωση τουλάχιστον το 65% των συσκευασιών που απορρίπτονται, μέχρι τις 31/12/ 2025.
- 50 τοις εκατό των πλαστικών και του αλουμινίου
- 25 τοις εκατό ξύλου
- 70 τοις εκατό από τα σιδηρούχα μέταλλα και το γυαλί
- 75 τοις εκατό χαρτιού και χαρτονιού

1.6. Βιώσιμη ανάπτυξη και κλιματική αλλαγή

Τόσο οι αντιδράσεις όσο και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν στενή σχέση με την βιώσιμη ανάπτυξη. Τον Απρίλιο του 2021, το Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο της ΕΕ αποφάσισαν προσωρινά σχετικά με το ευρωπαϊκό νομοθέτημα για το κλίμα, που έχει ως στόχο την ελάττωση των εκπομπών για το 2030. Αυτό επιβάλλει την μεταβολή της βιομηχανίας της ΕΕ, ταυτόχρονα όμως ενισχύει τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, ανοίγει νέες θέσεις εργασίας, έχει θετική επίδραση στην υγεία και στο περιβάλλον στους πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο).

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη πρέπει να υλοποιηθούν 17 στόχοι μέχρι το 2030 για να θεωρηθεί ότι υπάρχει βιώσιμη ανάπτυξη. Πρώτος στόχος είναι ο μηδενισμός της φτώχειας, όπου ακόμα και στις χώρες οι οποίες είναι αναπτυσσόμενες, δίνει την δυνατότητα για βιώσιμες θέσεις εργασίας και εντείνει την ισότητα χωρίς κανένα περιορισμό. Ο δεύτερος είναι η μείωση της πείνας που μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη σωστή χρήση της δασολογίας, της γεωργίας και της αλιείας, ώστε να μη κινδυνεύει το περιβάλλον και ταυτόχρονα να υπάρχει θρεπτική τροφή για όλους καθώς και

εισοδήματα. Ο τρίτος στοχεύει στην ευημερία και την υγεία όλων, για να εξαλειφθεί ένα μεγάλο φάσμα ασθενειών. Τέταρτος στόχος είναι η ποιοτική αλλά και καθολική εκπαίδευση σε οποιοδήποτε φύλο, η οποία αποτελεί αφετηρία για να βελτιωθεί η ανθρώπινη ζωή και η βιώσιμη ανάπτυξη. Όσον αφορά τον πέμπτο στόχο, θα πρέπει να υπάρχει ισότητα των δύο φύλων τόσο για την ευημερία όσο και για έναν κόσμο βιώσιμο και ειρηνικό. Ο έκτος επικεντρώνεται στο καθαρό νερό και στην αποχέτευση, δηλαδή στην μείωση της λειψυδρίας, της κακής ποιότητας του νερού και στις ανεπαρκείς εγκαταστάσεις υγιεινής. Ο έβδομος στόχος στοχεύει στην φθηνή και στην καθαρή ενέργεια. Ο όγδοος έχει ως στόχο την αξιοπρεπή εργασία και την οικονομική ανάπτυξη, δεδομένου ότι οι κοινωνίες θα δημιουργήσουν συνθήκες ώστε να υπάρχουν ποιοτικές θέσεις εργασίας και θα ενισχύεται η οικονομία χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Στον ένατο στόχο αναφέρεται η βιώσιμη ανάπτυξη της βιομηχανίας, καθώς είναι η κύρια πηγή εισοδήματος και επιτρέπει την ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου, παρέχει λύσεις για την περιβαλλοντικά ορθή βιομηχανοποίηση και επενδύει στις υποδομές. Ο δέκατος στοχεύει στη μείωση της ανισότητας και ο ενδέκατος στις βιώσιμες πόλεις και κοινότητες, χωρίς να είναι βάρος στο περιβάλλον. Από τους πιο σημαντικούς στόχους είναι ο δωδέκατος, όπου εστιάζει στην κλιματική αλλαγή και θα πρέπει να καταναλώνονται και να παράγονται όσα χρειάζονται χωρίς οι άνθρωποι να οδηγούνται στον υπερκαταναλωτισμό. Οι επόμενοι τρεις στόχοι είναι εξίσου σημαντικοί διότι η προστασία τους κάνουν την Γη κατοικήσιμη, με τον δέκατο τρίτο να αναφέρεται στην δράση του κλίματος, ο δέκατος τέταρτος στη ζωή στο νερό και ο δέκατος πέμπτος στη ζωή για στεριά. Ο προτελευταίος στόχος είναι σχετικός με την ειρήνη, την δικαιοσύνη και τους ισχυρούς δεσμούς. Ο τελευταίος και σημαντικότερος αφορά την συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων, του ιδιωτικού τομέα και της κοινωνίας.



Εικόνα 1.2. Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης μέχρι το 2030.

(Πηγή: Ηνωμένα Έθνη <https://unric.org/el/17-στοχοι-βιωσιμης-αναπτυξης/>)

Εξίσου σημαντικός είναι κι ο σκοπός του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας για την ενημέρωση και την προετοιμασία της γης από φυσικές πανωλεθρίες. Εστιάζει στην εκπαίδευση μεθόδων (Climate Smart Agriculture) που μειώνουν την κλιματική αλλαγή και έχουν την δυνατότητα να παράγουν τρόφιμα χωρίς να χάνεται η θρεπτική τους αξία. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του Climate Smart Agriculture είναι η βιώσιμη αύξηση της παραγωγής, η αειφορία, η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, αντιμετωπίζει την έλλειψη διατροφικής ασφάλειας, τον υποσιτισμό και τις επιδράσεις που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στην παραγωγή τροφής (Διαμαντίδης, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ

2.1. Ορισμός βιοαπόβλητα

Με τον όρο βιοαπόβλητα χαρακτηρίζονται τ' απορρίμματα που προέρχονται από τις κατοικίες, τις εγκαταστάσεις που μεταποιούν τρόφιμα, τις παροχές υπηρεσιών εστίασης, τα οποία μπορούν να αποικοδομηθούν με βιολογικούς τρόπους (ΥΠΕΝ, 2020).

Σχετικά με τα στοιχεία από το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020 - 2030 (ΠΥΣ 39/ΦΕΚ 85Α), επί της ποσότητας των Αστικών Στερεών αποβλήτων που παράγονται συνολικά ανά έτος, το 44,3 τοις εκατό ανήκει στα βιοαπόβλητα, το 22,2% είναι χαρτί και χαρτόνι, το 13,9 τοις εκατό αφορά τα πλαστικά, το 3,9 τοις εκατό τα μέταλλα, το 4,3% ανήκει στο γυαλί και τέλος το 11,4% που απομένει αντιστοιχεί στα ανακτήσιμα και μη υλικά.

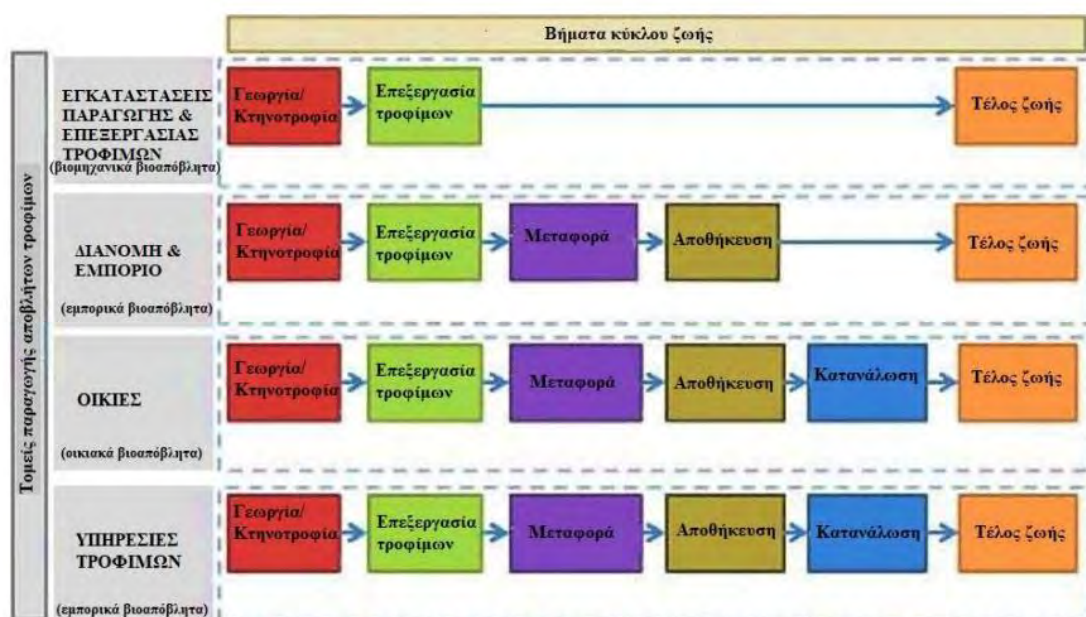


Εικόνα 2.1. Υλικά που τοποθετούνται στους καφέ κάδους (ΥΠΙΕΝ, 2020)

2.2. Κατηγορίες βιολογικών αποβλήτων

Τα βιολογικά απόβλητα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τα οικιακά απόβλητα, τα εμπορικά απόβλητα και τα βιομηχανικά απόβλητα (ΕΠΠΕΡΑ, 2012).

- i. Τα οικιακά απόβλητα περιλαμβάνουν τα απόβλητα που προέρχονται από τις τροφές και από τους κήπους. Ως απόβλητο τροφών θεωρείται ό,τι γίνεται χρήση ώστε να παραχθεί ένα γεύμα και ό,τι απομένει απ'αυτά.
- ii. Εμπορικά απόβλητα, τα οποία προέρχονται από χώρους εστίασης, ξενοδοχειακές μονάδες, γραφεία και γενικότερα από τέτοιου είδους εγκαταστάσεις.
- iii. Βιομηχανικά απόβλητα, στα οποία ανήκουν αυτά των βιομηχανιών που επεξεργάζονται φρούτα και λαχανικά, κρέατα και αλιεύματα .



Εικόνα 2.2. Βήματα κύκλου ζωής παραγωγής αποβλήτων για κάθε κατηγορία.

(Πετρίδου Σ., 2019)

2.3. Διαχείριση βιοαποβλήτων

Για να είναι όσο πιο χρήσιμος γίνεται, ο τρόπος που επεξεργάζονται τα βιοαπόβλητα, είναι σημαντικό να ξεχωρίζονται από τα υπόλοιπα απορρίμματα. Ένας τρόπος που μπορεί να συμβάλλει στη σωστή διαχείριση αυτών των αποβλήτων είναι η κομποστοποίηση στις κατοικίες αλλά και σε τοπικό επίπεδο, με την προϋπόθεση η διαδικασία να γίνεται σωστά. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται ο διαχωρισμός των αποβλήτων, άρα μειώνεται το κόστος που απαιτείται για να μεταφερθούν τα απόβλητα στην πηγή. Η αποφυγή της μεταφοράς τους συμβάλλει ωστόσο και στην μείωση των επιπτώσεων του περιβάλλοντος.

2.4. Αποτροπή δημιουργίας βιοαποβλήτων

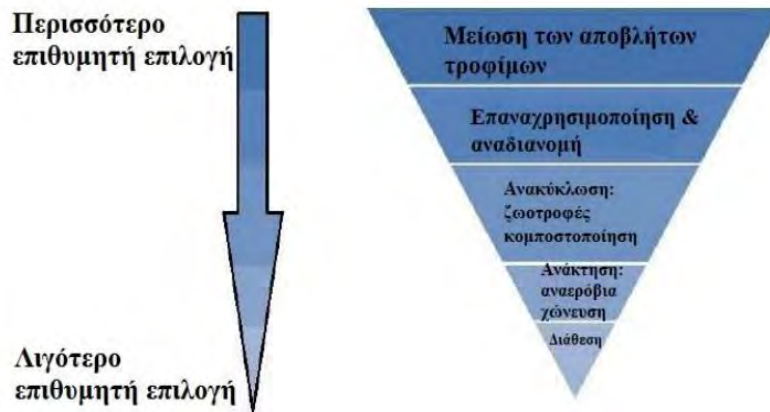
Για να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, σκοπός είναι να αποφεύγονται τα προϊόντα τροφίμων πριν αυτά αποτελέσουν απόβλητα.

Μηδενικά απόβλητα είναι ο σχεδιασμός των προϊόντων και διαδικασιών, προκειμένου να αποφευχθεί η μεγάλη ποσότητα αποβλήτων και η τοξικότητα αυτών, η καύση τους και η ταφή τους. Τα μηδενικά απόβλητα εστιάζουν τόσο στην ανάκτηση, όσο και στην συντήρηση των πόρων (ZWIA,2018).

Σημαντική προϋπόθεση, ώστε η πρόληψη να έχει αποτέλεσμα και να ελαττωθεί η ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, είναι ο σχεδιασμός προγραμμάτων σχετικά με τα τρόφιμα. Σύμφωνα με το Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων, που δημιουργήθηκε στη χώρα μας το 2014 σχετικά με την πρόληψη των αποβλήτων, θα πρέπει:

- Οι πολίτες να ενημερώνονται και να ευαισθητοποιούνται σχετικά με την πρόληψη, ώστε να εστιάζουν στα τρόφιμα που έχουν πραγματικά ανάγκη και όχι σε περιττά τρόφιμα, αλλά και να μάθουν να τα διαχειρίζονται με πιο σωστό τρόπο.
- Να υπάρχουν σχετικά προγράμματα που θα ενημερώνουν και θα εκπαιδεύουν για το πως μπορούν τα τρόφιμα να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Να χρησιμοποιούνται λιγότεροι φυσικοί πόροι για να παραχθούν τα τρόφιμα.
- Να μοιράζονται τα τρόφιμα σε ανθρώπους που το έχουν ανάγκη, όπως είναι οι ηλικιωμένοι, οι άστεγοι κτλ.

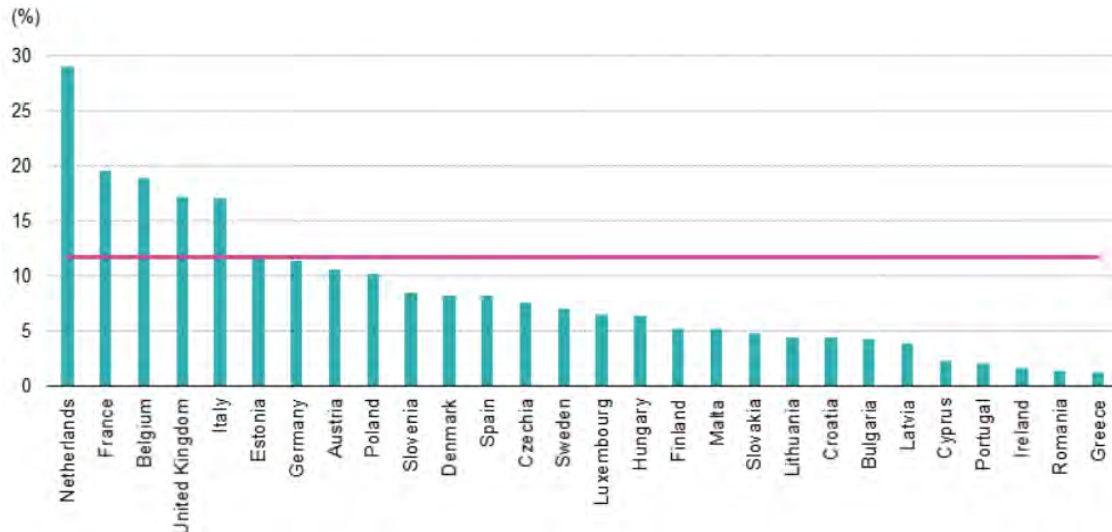
Σχετικά με την ιεράρχηση της διαχείρισης των αποβλήτων, είναι σημαντικό ως προτιμώμενη επιλογή να είναι η πρόληψη, με αποτέλεσμα να μειωθούν οι επιδράσεις που είναι αρνητικές τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον.



Εικόνα 2.3. Ιεράρχηση διαχείρισης αποβλήτων τροφίμων .

2.5. Τα βιοαπόβλητα στην Ελλάδα

Παρόλο που η περισσότερη επιθυμητή επιλογή στην πυραμίδα ιεράρχησης της διαχείρισης των αποβλήτων είναι η πρόληψη, στην Ελλάδα η βασική μέθοδος διαχείρισης είναι η υγειονομική ταφή με ποσοστό 78,4% για το έτος 2018. Το ποσοστό αυτό απέχει σε μεγάλο βαθμό από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που αντιστοιχεί σε 22,6% (ΕΣΔΑ,2020).



Διάγραμμα 2. Ποσοστό υλικών κυκλικής οικονομίας στην ΕΕ, 2016.

Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα ποσοστά κυκλικότητας μεταξύ των χωρών, με το χαμηλότερο στην Ελλάδα. Το 2016, τα ποσοστά κυμαίνονταν από 1.3% στην Ελλάδα, 1.5% στην Ρουμανία, και 1.7% στην Ιρλανδία έως 18.9% στο Βέλγιο, 19.5% στην Γαλλία και 29.0% στις Κάτω Χώρες (Ολλανδία).

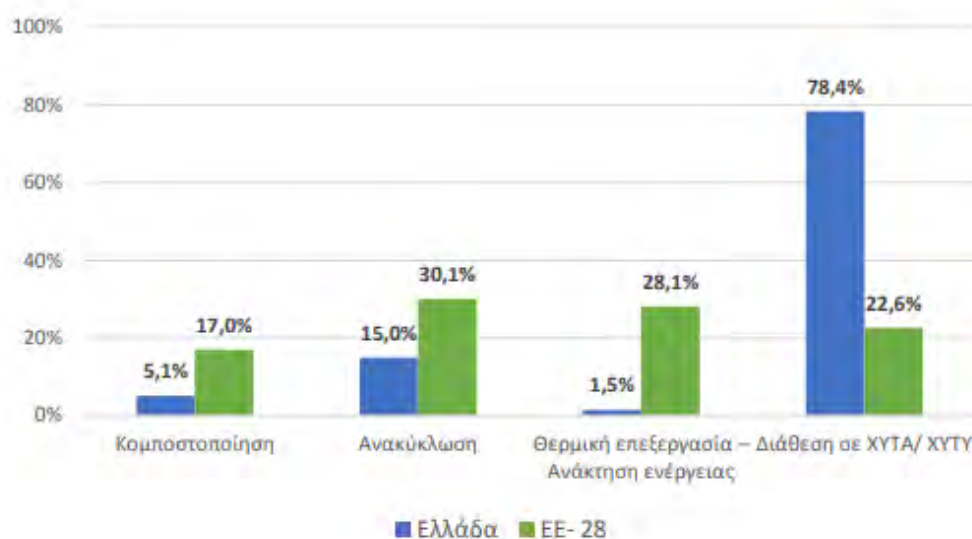
Γι αυτό τον λόγο, πρέπει να καταβάλλουμε ακόμη μεγάλες προσπάθειες για την διαχείριση των αποβλήτων (Eurostat,2018). Αναμένεται ότι η ολοκληρωτική νομοθετική εφαρμογή για τα απορρίμματα στην Ελλάδα θα είχε σημαντικότερα οφέλη, όπως (ΕΛΟΤ,2018):

- ❖ θα ενίσχυε τον ετήσιο τζίρο του κλάδου διαχείρισης απορριμμάτων και ανακύκλωσης κατά 1.8 δισ. ευρώ
- ❖ θα δημιουργούσε πάνω από 15.900 νέες θέσεις απασχόλησης.

Όπως φαίνεται, η κυκλική οικονομία στην Ελλάδα μπορεί να τροφοδοτήσει ένα ποιοτικό άλμα στην οικονομία. Δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, τροφοδοτεί την δημιουργία νέων επαγγελματιών και την κοινωνική οικονομία, που είναι ακόμα σε πολύ χαμηλό επίπεδο, καθώς και τη μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές.

Πίνακας 1. Διαχείριση των ΑΣΑ συγκριτικά με τον μέσο όρο της ΕΕ.

2018	ΠΑΡΑΓΩΓΗ		Κομποστοποίηση	Ανακύκλωση	Θερμική επεξεργασία-Ανάκτηση ενέργειας	Διάθεση σε ΧΥΤΑ	Λοιπά
	Kg/κάτοικο/έτος	τ./εκατ.€ΑΕΠ					
Ελλάδα	514	28,9	5,1%	15%	1,5%	78,4%	0%
ΕΕ-28	489	17,2	17%	30,1%	28,1%	22,6%	2,2%



Διάγραμμα 3. Ποσοστά διαχείρισης των αποβλήτων στην Ελλάδα συγκριτικά με την ΕΕ.

Τα βιοαποδομήσιμα υλικά που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, είναι κατά 2.000.000 τόνους πιο πάνω από την ανώτατη ποσότητα που είχε προσδιοριστεί από τη νομοθεσία και το ΕΣΔΑ που υπήρχε προηγουμένως (ΕΣΔΑ,2020).

2.6. Τεχνικές για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων

Οι τρεις κατηγορίες που θεωρούνται οι κυριότερες μέθοδοι για την επεξεργασία και την διάθεση των αποβλήτων είναι (Meegoda, Li, Patel & Wang, 2018):

- i. Βιολογική επεξεργασία, η οποία σχετίζεται με τα οργανικά απόβλητα ή αλλιώς με τα απόβλητα που βιοαποικοδομούνται και συμπεριλαμβάνει τις διαδικασίες της κομποστοποίησης και της αναερόβιας χώνευσης.
- ii. Θερμική επεξεργασία, που περιλαμβάνει διαδικασίες όπως είναι η αεριοποίηση, η καύση και η πυρόλυση.
- iii. Μηχανική επεξεργασία, που αφορά τη μέθοδο κατά την οποία διαχωρίζονται τ' απόβλητα μέσω μηχανικών μέσων.

Απ' όλα τα αστικά στερεά απόβλητα, αυτά που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος είναι τα βιοαπόβλητα. Γι αυτό τον λόγο, έχει μεγάλη σημασία να μειωθεί η υγειονομική ταφή, ώστε να μειωθεί η ποσότητα του μεθανίου που παράγεται και ταυτόχρονα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Άρα, από τις παραπάνω μεθόδους, αυτές που προτείνονται είναι της βιολογικής και της θερμικής επεξεργασίας.

Σχετικά με την κυκλική οικονομία και τις αρχές της, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για να επεξεργάζονται τα βιοαπόβλητα που συλλέγονται ξεχωριστά, είναι η αναερόβια χώνευση και η κομποστοποίηση. Πέρα από την πρόληψη και την επαναχρησιμοποίηση που θεωρούνται οι πιο επιθυμητές επιλογές για το περιβάλλον, ακολουθεί η αναερόβια χώνευση και στη συνέχεια η κομποστοποίηση.

Παρ' όλα αυτά, η αναερόβια χώνευση δε μπορεί να επιτευχθεί τεχνικά πάντα, όπως κι όταν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων στους κήπους. Ενώ γενικά τα απόβλητα στους κήπους μπορούν να επεξεργαστούν με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης, συνήθως περιορίζεται η ενεργειακή απόδοση, διότι παρουσιάζεται λιγνίνη, η οποία δεν είναι εφικτό να διασπαστεί χωρίς να υπάρχει οξυγόνο. Στην περίπτωση που η αναερόβια

χώνευση δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι αναγκαίο η κομποστοποίηση να εκτιμάται σχετικά με την ανάκτηση ενέργειας (Blakeney, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο- ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1.Ορισμός της κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση θεωρείται μία αξιοσημείωτη και βιώσιμη τεχνική για τα οργανικά απόβλητα και την διαχείριση αυτών, καθώς είναι πιο εύκολο να εφαρμοστεί σε χώρους κλειστούς, με την προϋπόθεση ότι διαχειρίζεται ορθά ένα καλής ποιότητας προϊόν (Heena Kauser, 2022). Κομποστοποίηση χαρακτηρίζεται μία εξώθερμη αερόβια βιολογική διεργασία, κατά την οποία διαλύονται και σταθεροποιούνται ανομοιογενής οργανικά υλικά. Πραγματοποιείται κάτω από συνθήκες φυσικού και χημικού περιβάλλοντος που διευκολύνουν την διαδοχή καθορισμένων θερμοφίλων και μεσόφιλων πληθυσμών μικροβίων (Gray κα, 1971). Οι κυριότερες λειτουργίες της είναι τρεις:

- i. Προετοιμασία
- ii. Αποσύνθεση
- iii. Μετα-επεξεργασία

Προκειμένου το απόβλητο να σταθεροποιηθεί, είναι αναγκαίες συγκεκριμένες συνθήκες στην υγρασία και τον αερισμό, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 45° C. Σκοπός αυτών των θερμοκρασιών είναι η εξουθένωση των παθογόνων και των σπόρων (Haug, 1993).

Στην διαδικασία της κομποστοποίησης, η πρώτη ύλη γίνεται κομπόστ, που έχει υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικές ουσίες και οργανική ύλη. Η διαδικασία αφορά τη δημιουργία ενός συνδυασμού οργανικών υλικών, όπως οι τροφές που προέρχονται από την κουζίνα, κοπριά ζώων, απορρίμματα από κήπους κι άλλη ύλη που εμπεριέχει άνθρακα και αζωτούχες ουσίες. Το μείγμα αυτό διατίθεται σε μια μονάδα παραγωγής κομπόστ, όπου επικρατούν οι απαραίτητες συνθήκες αερισμού, υγρασίας και θερμοκρασίας προκειμένου να αναπτυχθούν οι οργανισμοί που είναι κατάλληλοι για να αποικοδομηθούν τα οργανικά υλικά.

Η διεργασία της αποδόμησης των οργανικών υλικών δρομολογείται από μικροοργανισμούς, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Κατά τη διαδικασία αυτή δημιουργείται θερμότητα, αέριο, λίπασμα και υγρασία. Η θερμότητα προκύπτει καθώς

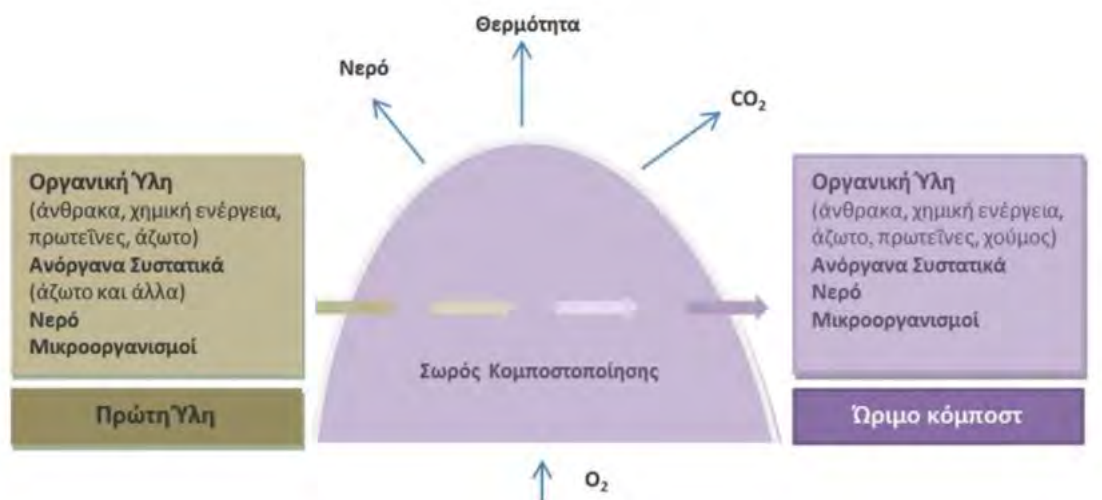
ενεργοποιούνται οι μικροοργανισμοί και υπάρχει πιθανότητα ύπαρξης σχετικά μεγάλων θερμοκρασιών. Για να είναι αποδοτική η αποδόμηση των οργανικών υλικών, είναι απαραίτητο κατά την κομποστοποίηση, να αναμειχθεί το υλικό με στροβιλισμό και να διατηρείται το περιβάλλον σε ισορροπία.

Τα οργανικά στερεά απόβλητα που ενδείκνυνται απαραίτητα για κομποστοποίηση είναι πολλών διαφορετικών ειδών, όπως για παράδειγμα τα υπολείμματα κήπων (κλωνάρια, φύλλα, χόρτα), απόβλητα που προέρχονται από τις τροφές και την γεωργία, ακόμα και τα ανθρώπινα περιττώματα (Lohri κα, 2017).

3.2.Μεθοδολογία κομποστοποίησης

Στην οργανική ύλη περιέχονται χημικές ενώσεις, οι οποίες διασπώνται μέσω ορισμένων μικροοργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια, τα ακτινοβακτήρια, οι μύκητες, εφόσον υπάρχουν οι ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και υγρασίας. Έτσι, προκαλείται η άνοδος της θερμοκρασίας στην ποσότητα της ύλης. Έτσι, προκαλείται η άνοδος της θερμοκρασίας στην ποσότητα της ύλης, η οποία όμως όταν οι οργανικές ουσίες αποδομούνται και σταθεροποιούνται με έντονους ρυθμούς, πέφτει στην θερμοκρασία που έχει το περιβάλλον.

Από την διαδικασία προκύπτουν το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό, ανόργανα στοιχεία, θερμότητα και το κομπόστ, δηλαδή το προϊόν που παράγεται στο τέλος της κομποστοποίησης και αντιστοιχεί κατά προσέγγιση στο 20-40% της οργανικής ύλης που υπάρχει στο αρχικό στάδιο.



Εικόνα 3.1. Μεθοδολογία της κομποστοποίησης.

3.3.Οικολογικό Σήμα - Συστήματα πιστοποίησης

Το περιβαλλοντικό σήμα αποτελεί ένα λογότυπο ή μια υπογραφή που αποδεικνύει στους καταναλωτές πως ένα προϊόν είναι οικολογικό και ότι προέρχεται από βιολογική παραγωγή. Αποσκοπεί στην προβολή προϊόντων με μειωμένες περιβαλλοντικές συνέπειες σε συγκριτικά με άλλα προϊόντα που ανήκουν στην αντίστοιχη κατηγορία.

Υπάρχουν πολλά συστήματα πιστοποίησης, σε διάφορες χώρες παγκοσμίως, τα οποία έχουν σκοπό να ενσωματώσουν όλα τα δεδομένα που επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του προϊόντος. Ορισμένα από τα οποία είναι τα εξής:

◆ AfOR Compost Certified

Θέτει κάποιους κανονισμούς για το πότε το κομπόστ θεωρείται “προϊόν” και πότε “απόβλητο”. Υπενθυμίζει πως στην Αγγλία και την Ουαλία, το κομπόστ οφείλει να πληροί τις προδιαγραφές PAS 100 & CQP (Publicly Available Specification for Composted Materials του British Standards Institution και Compost Quality Protocol του Environment Agency and Waste and Resources Action Programme). Τα κομπόστ που διατίθενται στη Σκωτία και τη Βόρεια Ιρλανδία για κάθε χρήση πρέπει να τηρούνται μόνο οι προδιαγραφές PAS 100. Σε διαφορετική περίπτωση, το κομπόστ πρέπει να θεωρείται απόβλητο (Ecolabel Index).



Εικόνα 3.2. Οικολογικό σήμα AfOR Compost Certified

♦ Compost Label RAL

Γίνεται εφαρμογή του στην Γερμανία έχοντας ως στόχο να παρακολουθεί το πόσο ποιοτικό είναι το προϊόν που προκύπτει τελικά. Επιπλέον, έχει ως σκοπό να προάγει την κομποστοποίηση και την αναερόβια χώνευση ως καθοριστικό στοιχείο για μια βιώσιμη επεξεργασία των βιοαποβλήτων.

Η Bundesgütemeinschaft Kompost e.V. (BGK) είναι ο οργανισμός που θεωρείται υπεύθυνος για το σύστημα που αναφέρεται παραπάνω και από τη χρονολογία 1992 εξασφαλίζει την ποιότητα του κομπόστ. Το 2000 καθορίστηκε το σήμα RAL για προϊόντα, τα οποία προκύπτουν από την αναερόβια χώνευση των βιοαποβλήτων και από τις ενεργειακές ανανεώσιμες σοδειές, ενώ το 2003 για κομπόστ που προκύπτει από την λάσπη των λυμάτων (Ecolabel Index).



Εικόνα 3.3. Οικολογικό σήμα Compost Label RAL.

♦ BSI PAS 100

Ένα πρότυπο που αναφέρεται σε μονάδες κομποστοποίησης αλλά και σε μονάδες αναερόβιας χώνευσης είναι το BSI PAS 100, το οποίο εφαρμόζεται από το British standard institution. Τα ζητήματα που σχετίζεται είναι η διαδικασία της κομποστοποίησης, τα υλικά που εισέρχονται σ' αυτήν και η ετικέτα που προστίθεται στο προϊόν (Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) προδιαλεγμένων αποβλήτων, 2014).



Εικόνα 3.4. Βρετανικό οικολογικό σήμα BSI PAS 100.

♦ Keur compost

Αναφέρεται σε κομπόστ που έχει παραχθεί με την εφαρμογή αυστηρών κριτηρίων, τα οποία έχουν καθοριστεί στην "Κατευθυντήρια γραμμή αξιολόγησης του Keurcompost". Αυτό εξασφαλίζει ότι το προϊόν ανταποκρίνεται σε κάθε περίπτωση στις προδιαγραφές του νόμου για τα λιπάσματα και στις ανάγκες της αγοράς σχετικά με τις γεωργικές ιδιότητες και την κατάσταση υγείας των φυτών. Επιπλέον, στα κριτήρια περιλαμβάνονται οι επιθεωρήσεις, η συλλογή δειγμάτων και η μεταφορά (Keurcompost, 2020).



Εικόνα 3.5 Οικολογικό σήμα Keur Compost.

3.4. Απόβλητα κατάλληλα για κομποστοποίηση

Στα υλικά που προκύπτουν από τα οικιακά απόβλητα και είναι κατάλληλα για να κομποστοποιηθούν ανήκουν (ΥΠΕΝ, 2018):

1. Οργανικά απορρίμματα όπως είναι το εξωτερικό περίβλημα ενός καρπού (φλούδες), μίσχοι λαχανικών, χόρτα και οπωρικά όπως είναι οι πατάτες, οι ντομάτες, τα κολοκύθια, το καρπούζι κλπ.) και ό,τι έχει απομείνει από τις σαλάτες αφού πρώτα έχουν στεγνώσει τελείως από τα νερά.
2. Υπολείμματα που προέρχονται από την κηπουρική, τα θερμοκήπια και τις καλλιέργειες.
3. Φαγητά που έχει παρέλθει η ημερομηνία λήξης τους, εξαιρουμένου του κρέατος.
4. Οργανικά λιπάσματα όπως είναι τα περιττώματα των ζώων.
5. Τα υπολείμματα από την καύση στο τζάκι.
6. Το χαρτί που χρησιμοποιείται στην κουζίνα.
7. Κατάλοιπα φυτικών ουσιών και καφέ, καθώς και τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται για τον γαλλικό καφέ.

Τα αστικά απόβλητα, τα οποία έχουν αναμειχθεί, έχουν τη δυνατότητα να κομποστοποιηθούν παρόλο που αυτό δεν ενδείκνυται, καθώς υπάρχει πιθανότητα το κομπόστ που έχει παραχθεί να μην είναι καλό ποιοτικά. Αναλόγως με την υγρασία που χρησιμοποιείται καθώς και το κλίμα που επικρατεί, είναι πιθανόν να χρειάζεται να προστεθεί νερό αρχικά ή ενδιάμεσα της διαδικασίας, προκειμένου η υγρασία να είναι ικανοποιητική για τη δράση των μικροβίων (Lohri et al, 2017).

3.5.Υλικά που δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο κομπόστ

Μερικά από τα υλικά που δεν πρέπει να περιέχονται στην διαδικασία της κομποστοποίησης είναι τα εξής (ΥΠΕΝ, 2020):

1. Εφημερίδα ή χαρτιά από περιοδικά, τα οποία είναι έγχρωμα
2. Πλαστικά, Γυαλί και Μέταλλο
3. Σακούλες που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική σκούπα
4. Φάρμακα
5. Χόρτο που έχει κοπεί από γκαζόν και έχει έρθει σε επαφή με ζιζανιοκτόνα
6. Στάχτη που προέρχεται από τα κάρβουνα
7. Κοπριά που προέρχεται από τις γάτες και τα σκυλιά

8. Τρόφιμα που περιέχουν κρέας ή ψάρι, καθώς κατά την διεργασία της κομποστοποίησης δεν αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα να μην απομακρύνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.
9. Τα οργανικά υλικά που αναμειγνύονται με πετρέλαιο, λάδι, βενζίνη και βαφή.
10. Φυτά που έχουν αρρωστήσει, διότι τα ζωικά παράσιτα εξαφανίζονται μόνο στην περίπτωση που κατά την κομποστοποίηση αναπτυχθούν πολύ μεγάλες θερμοκρασίες.

3.6. Πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση αποτελεί μία διαδικασία με πολλά πλεονεκτήματα, γι αυτό είναι και η μέθοδος που επιλέγεται συνήθως για την διαχείριση των αστικών αποβλήτων. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν είναι (Κανακόπουλος, 2014):

1. Χαμηλές δαπάνες επένδυσης και λειτουργίας, σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των αποβλήτων.
2. Μικρό χρονικό διάστημα για να κατασκευαστεί η μονάδα που γίνεται η επεξεργασία.
3. Δεν εκλύονται επικίνδυνα αέρια και τοξικές ουσίες, καθώς και επικίνδυνα στερεά κατάλοιπα.
4. Το προϊόν που προκύπτει τελικά από την διαδικασία (κομπόστ) είναι χρήσιμο τόσο για την γεωργία όσο και για την κηπουρική.
5. Προωθεί την κυκλική οικονομία, διότι τ' απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.
6. Μείωση των αποβλήτων που επρόκειτο να ταφούν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων.
7. Συμβάλλει θετικά στην ανεργία, καθώς δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας.

3.7. Μειονεκτήματα της κομποστοποίησης

Ορισμένα από τα μειονεκτήματα που προκύπτουν κατά την κομποστοποίηση είναι οσμές, σκόνη, τα οποία όμως μπορούν να ελεγχθούν όσο βελτιώνονται οι υποδομές και οργανώνονται οι δραστηριότητες. Επιπλέον, συγκριτικά με άλλους τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων, η κομποστοποίηση είναι μία μέθοδος όπου απαιτεί πιο πολύ έδαφος. Οι ανάγκες σε χώρο πολλές φορές εξαρτώνται από την ανάγκη που υπάρχει για αποθήκευση και τη ζήτηση της αγοράς.

Αποδεικνύεται ότι η κομποστοποίηση παρουσιάζει πολλά αξιόλογα πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλες τεχνικές, αλλά τα δύο " αρνητικά " της είναι μηδαμινά και μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν. Κατά συνέπεια, το πόρισμα είναι ότι η κομποστοποίηση είναι η ιδανικότερη επιλογή για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων (Κανακόπουλος,2014).

3.8. Συστήματα κομποστοποίησης

Τα συστήματα κομποστοποίησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- ♦ **Κλειστού τύπου**, τα οποία χρησιμοποιούν κλειστούς βιοαντιδραστήρες, οι οποίοι διακρίνονται σε περιστρεφόμενα τύμπανα, οριζόντιους και κατακόρυφους. Τα συστήματα αυτά θεωρούνται αποδοτικά, διότι οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται προκαλούν αερισμό, λόγω της ανάδευσης που δημιουργούν. Η κομποστοποίηση στα συγκεκριμένα συστήματα δε χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα, ενδεχομένως μερικές μόνο ώρες να είναι αρκετές, διότι κοστίζει αρκετά και το κομπόστ ωριμάζει στα ανοιχτά τύπου συστήματα (Λουκάς,2008).



Εικόνα 3.6. Κομποστοποίηση σειραδίων κλειστού τύπου (Πηγή: Compost Systems GmbH)

♦ **Ανοιχτού τύπου**, τα οποία διακρίνονται στις εξής υποκατηγορίες:

I. Συστήματα με αναδευόμενους σωρούς: Στη συγκεκριμένη κατηγορία, χρησιμοποιούνται οι φρέζες ως κατάλληλα μηχανήματα για τον αερισμό, προκειμένου να προστατευτούν οι αερόβιες συνθήκες. Το υλικό που είναι να κομποστοποιηθεί, τοποθετείται σε σειρές, οι οποίες είναι παράλληλες μεταξύ τους και έχουν μεγάλο μήκος, γνωστές ως σειράδια. Η επέκτασή τους διαμορφώνεται ανάλογα με το υλικό και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για να γίνει η ανάδευση(Λουκάς, 2008).



Εικόνα 3.7. Κομποστοποίηση ανοιχτού τύπου, με ανάδευση.

II. Συστήματα με στατικούς σωρούς: Η κομποστοποίηση στη κατηγορία συστημάτων ανοιχτού τύπου, δεν εφαρμόζεται με αναστροφή και το υλικό που είναι να κομποστοποιηθεί τοποθετείται με αντίστοιχο τρόπο όπως στα αναστρεφόμενα σειράδια και στηρίζεται με διογκωτικούς παράγοντες, δηλαδή φύλλα, ροκανίδια. Το υλικό βρίσκεται σε αερισμό και η υγρασία περιορίζεται κάτω από το 60 τοις εκατό. Επιπλέον, ο χρόνος της κομποστοποίησης διαρκεί περισσότερο από τα κλειστά συστήματα και το μείγμα που προκύπτει τελικά είναι ανομοιογενές (Λουκάς, 2008).



Εικόνα 3.8. Κομποστοποίηση με σειράδια (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

3.9. Φάσεις-Στάδια κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε τέσσερις φάσεις αναλόγως με τη θερμοκρασία που επικρατεί και είναι οι εξής (Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία προδιαλεγμένων αποβλήτων, 2014):

- **Ψυχροφιλική φάση**, όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος φθάνει μέχρι 22°C και διαρκεί από μία μέχρι δύο ημέρες. Το υλικό εγκλιματίζεται από τα βακτήρια και τους μύκητες αλλά και από μικροοργανισμούς που θεωρούνται απαραίτητοι για την διαδικασία της κομποστοποίησης.
- **Μεσοφιλική φάση**, με διάρκεια 3-4 ημερών και θερμοκρασία περιβάλλοντος από 22°C μέχρι 40°C . Σ' αυτό το στάδιο, οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και αυξάνονται. Οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, δηλαδή οι μύκητες, τα βακτήρια, αποσυνθέτουν με γρήγορους ρυθμούς τις ουσίες που μπορούν να διαιρεθούν εύκολα, όπως είναι τα σάκχαρα και οι πρωτεΐνες, κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.
- **Θερμοφιλική φάση**, η οποία κυμαίνεται από 40°C μέχρι 60°C και έχει χρονική διάρκεια 15 με 20 ημέρες. Στη συγκεκριμένη φάση οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί αντικαθίστανται από τους θερμόφιλους, οι οποίοι αποσυνθέτουν αμέσως τις πρωτεΐνες, τους σύνθετους υδατάνθρακες και τα λίπη. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 65°C , υπάρχει περίπτωση να μειωθούν πολλές κατηγορίες των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα το υλικό να αποδίδει λιγότερο.

- **Ωρίμανση** ή αλλιώς **δεύτερη μεσοφιλική φάση** είναι το στάδιο κατά τ' οποίο υπάρχει σταθερή πτώση της θερμοκρασίας και ταυτόχρονα της βιολογικής δραστηριότητας του υλικού. Οι χημικές αντιδράσεις συνεχίζουν να πραγματοποιούνται προκειμένου το τελικό υλικό να σταθεροποιηθεί και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, παρόλο που η θερμοκρασία έχει φτάσει την θερμοκρασία που έχει το περιβάλλον. Επιπλέον, σ' αυτή την φάση, προκύπτουν είτε από εξωτερικά εμπλουτισμένο υλικό, είτε από το αρχικό στάδιο της κομποστοποίησης, μεσόφιλοι μικροοργανισμοί που διασπών το άμυλο και την κυτταρίνη.

3.10. Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση

Διάφοροι μικροοργανισμοί είναι αυτοί που συμβάλλουν στην διεργασία της κομποστοποίησης. Η λειτουργία τους σχετίζεται από ορισμένους παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία, ο λόγος C/N, το pH, η υγρασία, ο αερισμός και το μέγεθος που έχουν τα υλικά. Πιο αναλυτικά (Κωνσταντάκου, 2010):.

♦ Θερμοκρασία

Όταν διασπάται ο άνθρακας, η θερμότητα που προκύπτει εξακολουθεί να υπάρχει στη μάζα του υλικού, με αποτέλεσμα να προκαλεί άνοδο στη θερμοκρασία. Η υψηλή θερμοκρασία συμβάλλει στη βιολογική δραστηριότητα, κατά την οποία απελευθερώνεται θερμότητα, όπως προαναφέρθηκε.

Η θερμοκρασία που θεωρείται κατάλληλη κυμαίνεται στους 55° C και το κατώτατο όριο στους 35° C. Παρόλα αυτά είναι αναγκαίο να παραμένει στους 65° C για διάστημα σχεδόν μιας εβδομάδας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών που ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στα φυτά. Οι μεγάλες τιμές θερμοκρασίας ενδεχομένως να προκαλέσουν προβλήματα σε συνδυασμό με την υγρασία, διότι όταν υπάρχει άνοδος την θερμοκρασίας η υγρασία λιγοστεύει και είναι αναγκαίο να γίνεται αναπλήρωση αυτής. Για να ελέγχεται η διαδικασία της κομποστοποίησης, αν το κάθε στάδιο επιτυγχάνεται ή όχι, πρέπει ταυτόχρονα να παρατηρείται η θερμοκρασία που επικρατεί. Αν η θερμοκρασία είναι σε χαμηλότερα όρια από τα επιτρεπτά, θεωρείται απαραίτητο να προστεθούν υλικά που είναι πλούσια σε άζωτο. Σε περίπτωση που το κλίμα είναι ψυχρό, τότε πρέπει να γίνει προσθήκη φύλλων ή άχυρου.

♦ Λόγος C/N

Ο λόγος του άνθρακα (C) προς το άζωτο (N) προσδιορίζει την αντιστοιχία των θρεπτικών ουσιών που συμμετέχουν στη διαδικασία κομποστοποίησης. Όταν ο άνθρακας ή το άζωτο βρίσκεται σε μεγαλύτερη ή σε λιγότερη ποσότητα απ' αυτήν που είναι απαραίτητη, τότε υπάρχει πιθανότητα να επηρεάσει την διαδικασία αυτή. Αναγκαία θεωρείται η ισορροπία του άνθρακα και του αζώτου, δεδομένου ότι όταν υπερσχύει ο άνθρακας, επιβραδύνεται η ταχύτητα της κομποστοποίησης (Στεργιόπουλος Δ., 2022).

Πίνακας 2. Τιμές λόγου C/N για διαφόρων ειδών αποβλήτων (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	C/N	ΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	C/N
υπολείμματα λαχανικών	10 - 20	γρασίδι	12 - 25
απόβλητα τροφίμων (από εστιατόρια)	12 - 20	διάφορα μικρά απόβλητα κήπου	20 - 60
απόβλητα από επεξεργασία φρούτων	15 - 25	φυτά πατάτας	25
μίγμα αποβλήτων κουζίνας	20 - 23	λουλούδια και μίγμα φυτικού ιστού	20 - 60
απόβλητα κουζίνας	23	ογκώδη υπολείμματα θάμνων, τεμαχισμένα	23 - 31
φρούτα	35	διάφορα φύλλα	30 - 60
απόβλητα χαρτιού	120 - 170	φύλλα (κλήθρα, μελία, γαύρος)	25
πριονίδι	100 - 500	φύλλα (φλαμουριά, βελανιδιά, σημύδα, ξύλο βαμβακιού, οξυά)	40 - 60
χαρτί και χαρτόνι	200 - 500	βελόνες κωνοφόρων	30 - 100
υγρή κοπριά	2 - 3	άχυρο (κριθάρι, ψυχανθή)	40 - 50
κοπριά πτηνών χωρίς υλικό επίστρωσης	10	άχυρο (βρώμη)	60
κόμποστ από κοπριά βοοειδών	10	άχυρο (σίκαλη, σιτάρι)	100
κοπριά πτηνών και άχυρο	13 - 18	φλοιοί	100 - 130
κοπριά βοοειδών (με λίγο άχυρο)	20	υπολείμματα κοπής δέντρων από καθαρό ξύλο	100 - 150
κοπριά αλόγων	25	άχυρο (βρώμη)	60
κοπριά βοοειδών & μεγάλη ποσότητα επίστρωσης από άχυρο	30	τύρφη	30 - 50

♦ pH

Άλλος ένας παράγοντας που συμβάλλει στην κομποστοποίηση είναι το pH των υλικών που συμπεριλαμβάνονται σ' αυτήν. Όταν το pH δεν είναι όξινο και είναι αλκαλικό, ευνοεί περισσότερο. Αντιθέτως, το pH που είναι όξινο, επειδή εξοντώνει τους μικροοργανισμούς, επιβραδύνει την διαδικασία (Modupe Stella Ayilara, 2020).

Οπότε, ιδανικές τιμές pH είναι από 6,5 μέχρι 8, ενώ από 8,5 και πάνω παράγεται αμμωνία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αλκαλικότητας. Το pH που έχει το τελικό κομπόστ είναι ουδέτερο και δεν αλλάζει.

♦ Υγρασία

Η υγρασία θεωρείται ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας, ο οποίος είναι ικανός να επηρεάσει του μικροοργανισμούς να αναπτυχθούν. Γι αυτό τον λόγο, κρίνεται σκόπιμο να είναι γνωστό το ποσοστό υγρασίας του οργανικού υλικού. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται να συμπληρωθεί νερό, προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη υγρασία. Για τα υλικά που είναι ανεπαρκώς δομημένα, το ιδανικό ποσοστό συγκέντρωσης της υγρασίας είναι 45 με 50 τοις εκατό, ενώ για αυτά που είναι επαρκώς δομημένα κυμαίνεται στο 45-60%. Υλικά όπως είναι το πριονίδι, τα φύλλα που είναι ξερά, τα θρύμματα ξύλου, έχουν υψηλότερη υγρασία από τα υλικά όπως είναι το χαρτί, τα υπολείμματα των τροφών και το χορτάρι. Τέλος, όταν η υγρασία βρίσκεται σε ποσοστό κάτω από το 40%, υπάρχει αδυναμία ανάπτυξης των μικροοργανισμών και όταν βρίσκεται πάνω από το 70% δεν είναι εφικτό να υπάρξει η κατάλληλη επαφή με το οξυγόνο.

♦ Μέγεθος σωματιδίων

Για να εξασφαλιστεί ένα πορώδες στο μίγμα, το οποίο θα είναι μεγάλο, παίζει σημαντικό ρόλο τι μέγεθος έχουν τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Ταυτόχρονα, αυτό συμβάλλει θετικά στο να υπάρχει ο κατάλληλος αερισμός και η ιδανική υγρασία στην κομποστοποίηση. Το φάσμα τιμών για το μέγεθος των υλικών που μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλο, κυμαίνεται από 1,5 μέχρι 5 εκατοστά.

Πίνακας 3. Παράμετροι σχετικοί με την κομποστοποίηση.

Παράμετρος	Αποδεκτά όρια	Ιδανικά όρια
Υγρασία	40-65%	45-60%
Αναλογία C/N	20-40:1	25-35:1
Οξυγόνο	>5%	>10%
Θερμοκρασία	43-66 °C	54-60 °C
Φαινομενική πυκνότητα (kg/m ³)	600	600
pH	5.5-9	6.5-8

3.11. Ο μικροβιόκοσμος στη κομποστοποίηση

Τα βακτήρια που κυριαρχούν στη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι τα εξής (Aguilar-Paredes κα, 2023):

- ♦ **Firmicutes:** Είναι θετικά κατά Gram βακτήρια και μη νηματοειδή. Τα είδη Firmicutes έχουν αποτελέσει αντικείμενο ευρείας μελέτης για τις θετικές τους επιπτώσεις στην εξέλιξη των βιώσιμων γεωργικών συστημάτων.

Στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνεται η προώθηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, συμβάλλοντας στην απόκτηση πόρων, όπως άζωτο, σίδηρος, φώσφορος καθώς και άλλα μέταλλα. Επιπλέον, δίνουν τη δυνατότητα να η παραγωγή άμεσων ισοδύναμων φυτικών ορμονών που συντελούν στη βιολογική προστασία των παθογόνων φυτών.

Επιπλέον παράγοντες που συσχετίζονται με το έδαφος και επιλύονται με την χρήση αυτών των μικροοργανισμών είναι η ερημοποίηση της γης, η ελάττωση της συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος, όπως επίσης και η μόλυνση από ουσίες οργανικές (π.χ. φυτοφάρμακα) και ανόργανες ρυπογόνες ουσίες (π.χ. μέταλλα).

Η συγκεκριμένη ομάδα βρίσκεται στα πρώτα στάδια της κομποστοποίησης και μειώνονται όσο η διαδικασία προχωράει στις επόμενες φάσεις. Παρόλα αυτά, οι **θερμοανεκτικοί**, αντέχουν σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες, από 30°C μέχρι και 50° C και σε ακόμα μεγαλύτερες (πάνω από 50° C) μπορούν να ανταπεξέλθουν οι **θερμόφιλοι**.

- ♦ **Ακτινοβακτήρια ή ακτινομύκητες:** Όπως και τα Firmicutes, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, έτσι και τα ακτινοβακτήρια είναι θετικά κατά Gram. Αποτελούν μία ομάδα βακτηρίων, η οποία μπορεί να ανιχνευτεί λόγω της διαμόρφωσής τους, καθώς σχηματίζουν νηματοειδείς διακλαδώσεις, έχοντας την μορφή αράχνης. Θεωρούνται σημαντικοί μικροοργανισμοί που συμβάλλουν στην καλλιέργεια και την αποδοτικότητα των φυτών.

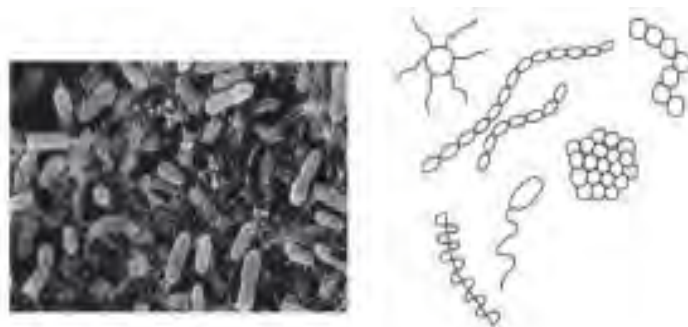
Συγκεκριμένα, τα μέλη του γένους *Streptomyces* συντελούν στην καλλιέργεια και την υγεία των φυτών, χάρη στις φυτοορμόνες, στη διαλυτοποίηση των φωσφορικών αλάτων και λόγω ότι θεωρούνται αζωτοδεσμευτικά βακτήρια. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται ως παρεμποδιστές των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών, εφόσον δύνανται να παράγουν αντιβιοτικά.

Τα ακτινοβακτήρια έχουν την ικανότητα να αποσυνθέτουν οργανικές ενώσεις, όπως είναι η χυτίνη, η κυτταρίνη, η λιγνίνη και η πρωτεΐνη. Οι φάσεις κατά τις οποίες εμφανίζονται είναι οι μεσόφιλη και θερμόφιλη, σε θερμοκρασίες μέχρι 50°C-60°C και όταν το pH είναι ουδέτερο ή αλκαλικό.



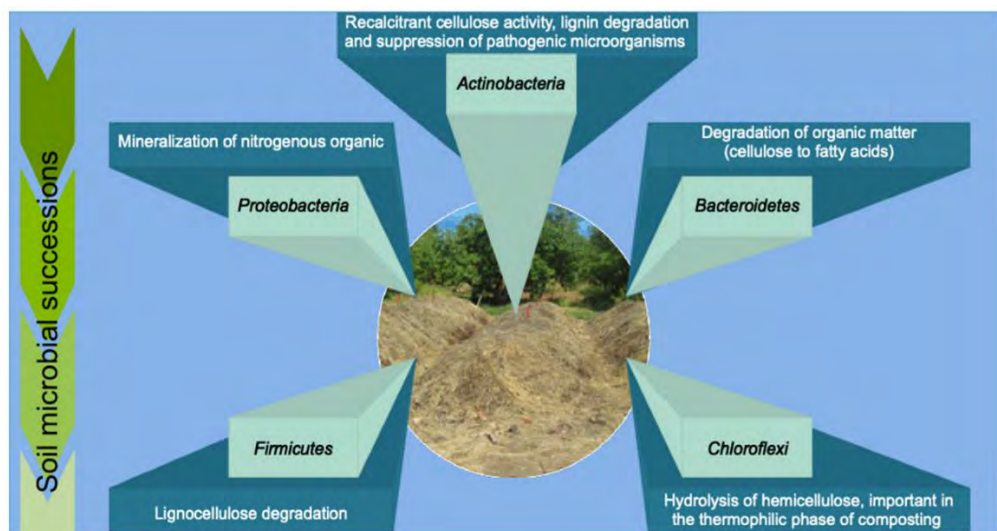
Εικόνα 3.9. Δομή ακτινοβακτηρίων (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

- ♦ **Πρωτεοβακτήρια:** Αποτελούν την ομάδα που παρουσιάζει ποικίλες μορφές και απαρτίζει το πιο μεγάλο είδος της οργανικής ύλης. Είναι αρνητικά κατά Gram και διαθέτουν μεμβράνη εξωτερικά, η οποία περιλαμβάνει λιποπολυσακχαρίτη. Ορισμένα βακτήρια αυτής της ομάδας που εντοπίζονται στο έδαφος, έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν την υγρασία και παίζουν σημαντικό ρόλο για τα θρεπτικά συστατικά. Σχετικά με την διαδικασία της κομποστοποίησης, έχουν σπουδαίο παράγοντα στο θείο, το άζωτο και τον άνθρακα. Τα πρωτεοβακτήρια αφθονούν στο αρχικό στάδιο της διαδικασίας, που είναι η μεσόφιλη φάση και σιγά σιγά ελαττώνονται στη θερμόφιλη φάση και στα υπόλοιπα στάδια της κομποστοποίησης.



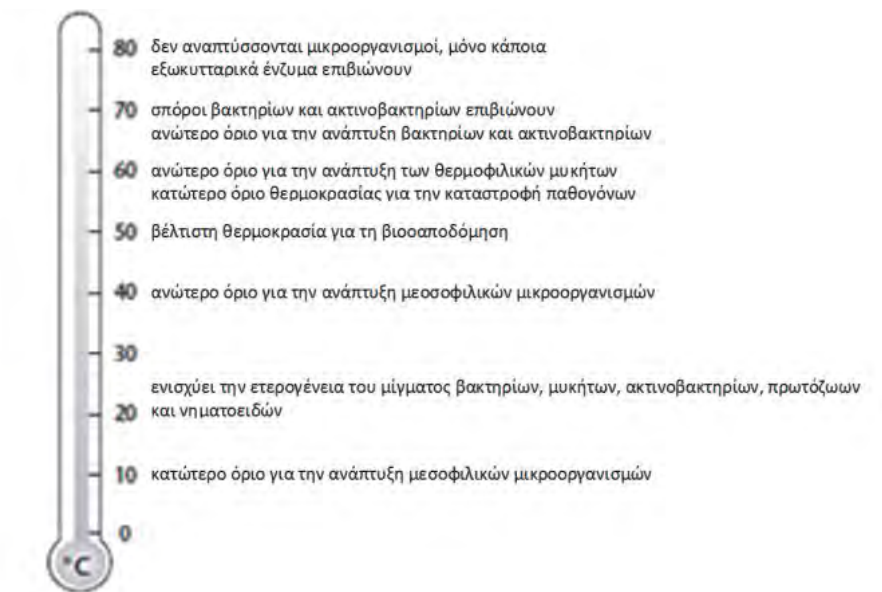
Εικόνα 3.10. Δομή πρωτεοβακτηρίων (Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

- ◆ **Bacteroidetes:** Τα συγκεκριμένα βακτήρια είναι κι αυτά Gram αρνητικά, όπως και η προηγούμενη κατηγορία. Βρίσκονται σε μεγαλύτερο βαθμό στις φάσεις της κομποστοποίησης που επικρατεί ψύξη και κι εκεί που πραγματοποιείται η ωρίμανση, δηλαδή στην δεύτερη μεσοφιλική φάση. Εκεί, η κυτταρίνη κι ένας τύπος ημικυτταρίνης, η ξυλάνη, αξιοποιούνται ως πηγή άνθρακα.
- ◆ **Χλωροβακτήρια:** Τα χλωροβακτήρια είναι άλλη μία κατηγορία που ανήκει στα Gram αρνητικά και το σχήμα τους μοιάζει με νήμα. Κατά την κομποστοποίηση είναι από τα είδη που παίζουν βασικό ρόλο στη φάση της ωρίμανσης. Είναι συνδεδεμένα με την απομάκρυνση των θρεπτικών στοιχείων και με τον κύκλο του χλωρίου, αλλά βασικός σκοπός τους είναι η διάσπαση της ημικυτταρίνης στην θερμόφιλη φάση.



Εικόνα 3.11. Είδη βακτηρίων κατά την κομποστοποίηση.

Στην διαδικασία της κομποστοποίησης, οι περισσότεροι οργανισμοί αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20° C μέχρι και 70° C, ενώ η βιοδιάσπασή τους πραγματοποιείται στην θερμοκρασία των 50° C.



Εικόνα 3.12. Θερμοκρασίες και μικροοργανισμοί στην κομποστοποίηση
(Πηγή: ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΑΧΥΡΟ ΡΥΖΙΟΥ ΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤ

4.1. Γενικά

Στην Ιαπωνία, το ρύζι αποτελεί τη σπουδαιότερη καλλιέργεια, αποφέροντας κάθε χρόνο μεγάλη ποσότητα καταλοίπων άχυρο ρυζιού.

Αντίστοιχα, σε μία περιοχή στο νοτιοδυτικό Βιετνάμ, οι τόνοι ρυζιού ξεπερνούν τα 18 εκατομμύρια τον χρόνο, με αποτέλεσμα να θεωρείται η πιο μεγάλη περιοχή που καλλιεργούνται τα σιτηρά. Από την πλευρά του βόρειου Βιετνάμ, παράγεται ρύζι χωρίς όμως να χρησιμοποιείται ως λίπασμα και είτε καίγεται, είτε αξιοποιείται για να παραχθούν μανιτάρια ή για τροφή των ζώων. Το έδαφος στους αγρούς αυτών των περιοχών έχει μεγάλη συγκέντρωση οργανικής ύλης. Κάθε χρόνο, για ένα διάστημα έξι μηνών, από τον Μάιο μέχρι τον Νοέμβριο, ένα σημαντικό τμήμα πλημμυρίζει λόγω υγρής περιόδου και εφοδιάζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες (Takeshi κα, 2009).

4.2. Αξιοποίηση του ρυζιού και των παράγωγων προϊόντων του

Το ρύζι καταναλώνεται ως τρόφιμο, όπως είναι για παράδειγμα το πιλάφι, το νερόβραστο χυλωμένο ρύζι, το ρυζόγαλο, κ.λπ. Είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, καθώς το ποσοστό κυμαίνεται 7-15%. Κατά την διαδικασία που ζυμώνονται οι τριμμένοι του κόκκοι, παράγεται το σάκε, το οποίο είναι αλκοολούχο ποτό που φημίζεται στο ανατολικό τμήμα της Ασίας. Είναι επίσης αξιοποιήσιμο στη φαρμακοβιομηχανία και στη βιομηχανία χαρτιού. Οι καρποί που έχουν υποστεί επεξεργασία είναι κατάλληλοι, ώστε να παραχθούν τροφές που είναι επεξεργασμένες, για την παραγωγή νιφάδων και κόκκων και οι κόκκοι που έχουν θρυμματιστεί για άλλες τροφές που έχουν επεξεργαστεί.

Επιπλέον, αξιοποιείται για την παρασκευή αλευριού, το οποίο γίνεται χρήση στη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων. Η χρήση του είναι σημαντική και σαν ζωοτροφή από τα πίτουρα που προκύπτουν.

4.3. Προϊόντα που προκύπτουν από το ρύζι

Το ρύζι κατά την παραγωγή του αλλά και την μεταποίηση του, μπορεί να προσφέρει ορισμένα υποπροϊόντα, τα οποία περιέχουν ενώσεις που παίζουν σημαντικό ρόλο στην υγεία του ανθρώπου. Τα προϊόντα αυτά είναι το άχυρο, η φλούδα και το πίτουρο. Ο φλοιός και το άχυρο του ρυζιού συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται σαν συμπληρώματα στο λίπασμα αλλά και για να παραχθεί ηλεκτρική και θερμική ενέργεια στις μονάδες που επεξεργάζονται το ρύζι (Κυρίτση, Α. ,2009).

♦ Άχυρο ρυζιού

Ένα από τα πιο σημαντικά υλικά που προκύπτουν από την παραγωγή ρυζιού είναι το άχυρο, πλησιάζοντας σχεδόν τους 283.000.000 τόνους κάθε χρόνο, διεθνώς. Παρότι είναι άφθονο, δε μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης οργανικών στοιχείων και της περιορισμένης θρεπτικής αξίας που έχει. Γίνεται συνήθως χρήση για τροφή στα ζώα και ως καύσιμο στο σπίτι. Προκειμένου να απορριφθεί, πραγματοποιείται η καύση του σε μη αστικές περιοχές, έχοντας ως απώτερο σκοπό την αντικατάσταση του παλιού εδάφους με νέο και την εξάλειψη των ζιζανίων, ώστε το έδαφος να είναι σε θέση για την καλλιέργεια που ακολουθεί. Εντούτοις, μπορεί να θεωρηθεί επιβλαβές τόσο για το περιβάλλον, όσο και για την υγεία του ανθρώπου(Κυρίτση, Α. ,2009).

♦ Φλοιός ρυζιού

Αποτελεί το απόβλητο που προκύπτει από την άλεση του ρυζιού και αντιστοιχεί στο 23% του ολικού του βάρους ή αντίστοιχα σε 149.000.000 τόνους κάθε χρόνο, παγκοσμίως. Δεν αξιοποιείται ιδιαίτερα, διότι τα χαρακτηριστικά του θεωρούνται ανεπιθύμητα, καθώς δεν είναι κατάλληλο για τροφή και έχει μεγάλες συγκεντρώσεις στάχτης και λιγνίνης. Έτσι, απομακρύνεται με την διαδικασία της καύσης ανοιχτού τύπου, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Παρόλα αυτά, ένα σημαντικό προσόν του είναι ότι έχει αντιοξειδωτική δράση, η οποία συμβάλλει στην απομάκρυνση του οξειδωτικού στρες από τους κόκκους του ρυζιού. Ο φλοιός του ρυζιού, πέρα από την ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, χρησιμοποιείται ώστε να παραχθεί και χαλαζίας. Επιπλέον, έχει σχεδόν ίδια τιμή θέρμανσης με αυτή που έχει το άχυρο(Κυρίτση, Α. ,2009).

♦ Πίτουρο ρυζιού

Από την εξωτερική στρώση του καστανού ρυζιού προκύπτει το πίτουρο, το οποίο είναι παράγωγο και του ανήκει το δέκα τοις εκατό του ποσοστού από το ολικό βάρος του ρυζιού, δηλαδή σχεδόν 60.000.000 τόνοι. Αν και έχει αντιοξειδωτική δράση και ενεργεί θετικά στην ανθρώπινη υγεία, δεν αξιοποιείται σαν τροφή για τον άνθρωπο. Σε αντίθεση με τ' άλλα δύο υποπροϊόντα, το πίτουρο είναι κατάλληλο για χρήση ως τροφή ζώων. Ακόμη, έχει συμβάλλει στην διαδικασία εξαγωγής λαδιού σε βιομηχανίες προϊόντων διατροφής.

Επιπρόσθετα προϊόντα που προκύπτουν από την παραγωγή ρυζιού είναι το θραυσμένο ρύζι, αλεύρι από ρύζι που είναι κατάλληλο για την παραγωγή ζυμαρικών, λάδι από ρύζι που προκύπτει από την εξωτερική στρώση του καστανού ρυζιού, το άμυλο ρυζιού, η στάχτη που μπορεί να γίνει χρήση για τα δόντια που έχουν απώλεια χρώματος (προκύπτει από το φλοιό του ρυζιού) και τέλος τα οиноπνευματώδη(Κυρίτση, Α. ,2009).

4.4. Παραγωγή ρυζιού παγκοσμίως

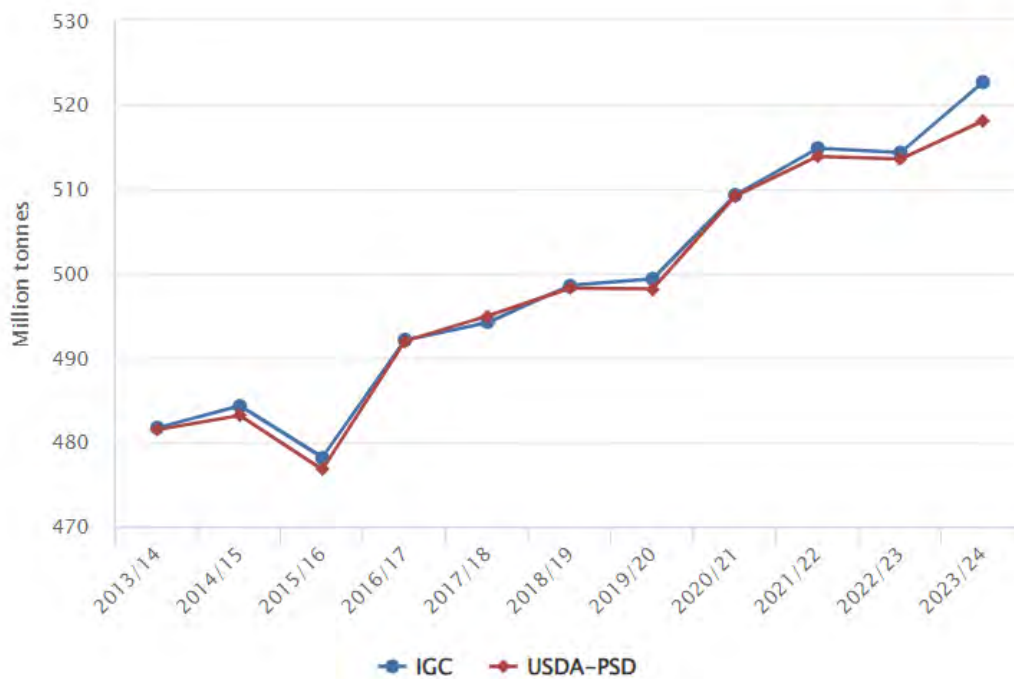
Το ρύζι θεωρείται από τις πιο σημαντικές παραγωγές στα δημητριακά, μετά το καλαμπόκι, παγκοσμίως.

Η παραγωγή ρυζιού κατά την χρονολογία 2023-2024 μειώθηκε, ενώ η χρήση του είναι αυξημένη, αναμένοντας ότι στην Ινδία θα υπάρχει μεγάλη ανάγκη ρυζιού για την κατηγορία των τροφίμων και την παραγωγή των βιομηχανιών. Επιπλέον, το εμπόριο μειώθηκε το 2023 και το 2024, αν και η μεταφορά του ήταν αυξημένη συγκριτικά με το μειωμένο ποσοστό που υπήρχε το 2022-2023. Οι προμήθειες ρυζιού για το έτος 2023-2024 είχαν μία μικρή αύξηση τον Ιούλιο, συγκριτικά με το 2022-2023, καθώς οι 195.3 εκατομμύρια τόνοι ρυζιού άγγιξαν τους 198.5 εκατομμύρια τόνους ρυζιού (AMIS, 2023).

Πίνακας 4. Υπολογισμός ρυζιού για κάθε κατηγορία (AMIS, 2023).

	2022/23	2023/24	
	estimate	6 Jul	7 Sep
Production	517.5	523.7	523.2
Supply	714.6	718.8	718.5
Utilization	520.6	520.0	520.9
Trade	52.4	56.4	53.3
Ending Stocks	195.3	198.5	198.1

in million tonnes



Διάγραμμα 4. Παραγωγή ρυζιού σε όλο τον κόσμο (AMIS, 2023).

Πίνακας 5. Τιμές παραγωγής ρυζιού σε όλο τον κόσμο για τα έτη 2013-2023 (AMIS, 2023).

Season	IGC	USDA-PSD
<i>Last Update</i>	5 Oct 2023	12 Sep 2023
2023/24	522.69	518.08
2022/23	514.32	513.56
2021/22	514.84	513.88
2020/21	509.29	509.17
2019/20	499.36	498.17
2018/19	498.59	498.25
2017/18	494.17	494.95
2016/17	492.08	491.98
2015/16	478.19	476.74
2014/15	484.31	483.14
2013/14	481.68	481.47

Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Σιτηρών (International Grains Council), το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (United States Department of Agriculture) και την Διεύθυνση Συστημάτων Προμηθειών (Procurement Systems Division) προκύπτει, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4., ότι από την χρονολογία 2013 μέχρι και το 2023, η παραγωγή ρυζιού έχει αυξηθεί αρκετά, σε όλο τον κόσμο. Κατά το έτος 2013, η παραγωγή ρυζιού ανέρχονταν στους 481.47 – 481.68 εκατομμύρια τόνους, ενώ σήμερα, η παραγωγή κυμαίνεται από 518.08 μέχρι 522.69 εκατομμύρια τόνους.

4.5. Παραγωγή ρυζιού στην Ελλάδα

Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, όσον αφορά τις εξαγωγές ρυζιού συγκριτικά με την παραγωγή στην εγχώρια αγορά, κατά τη χρονολογία 2016-2017, επισημαίνεται ένα υψηλό ποσοστό. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6., σχετικά με την κατηγορία Japonica, πραγματοποιήθηκαν εξαγωγές στις Τρίτες χώρες αλλά και σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχοντας ποσοστό 59,15%. Σχετικά με την κατηγορία Indica, το ποσοστό εξαγωγών σε τρίτες χώρες και στην Ε.Ε. αντιστοιχεί σε 56,59 %. Συνολικά, δηλαδή, εξήχθη το 58,33%. Αντίστοιχα, η ποσότητα ρυζιού που εισήχθη από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις Τρίτες χώρες είναι μικρή, καθώς αναλογεί σε 2,37% για τον τύπο Japonica και 21,77% για τον τύπο Indica. Το σύνολο των εισαγωγών επί της εγχώριας χρήσης αντιστοιχεί σε 9,56%.

Πίνακας 6. Εξαγωγές ρυζιού για το έτος 2016-2017(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

Εξαγωγές ρυζιού σε σχέση με την εγχώρια παραγωγή*			
	japonica	indica	Σύνολο
Παραγωγή (t)	121.368	56.564	177.932
Εξαγωγές (σε Ε.Ε. και Τρίτες χώρες) (t)	71.784	32.010	103.794
Ποσοστό εξαγωγ. επί της παραγωγής (%)	59,15	56,59	58,33

Πίνακας 7. Εισαγωγές ρυζιού για το έτος 2016-2017(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

Εισαγωγές ρυζιού σε σχέση με την εγχώρια χρήση*			
	japonica	indica	Σύνολο
Συνολική εγχώρια χρήση (t)	123.140	72.379	195.518
Εισαγωγές (από Ε.Ε. και Τρίτες χώρες) (t)	2.925	15.758	18.683
Ποσοστό εισαγωγών επί της εγχώριας χρήσης (%)	2,37	21,77	9,56

Όσον αφορά την παραγωγή του ρυζιού, παρατηρούμε από τον Πίνακα 8., ότι και για τις δύο κατηγορίες έχουμε διακυμάνσεις. Οι μεγαλύτερες όμως, σχετίζονται με την κατηγορία Japonica, καθώς έχουμε μείωση για τα έτη 2013 και 2016 και στα υπόλοιπα αυξάνεται. Στην Indica, έχουμε όλες τις χρονολογίες πτωτική τάση, με εξαίρεση το έτος 2016 που υπάρχει αύξηση της παραγωγής ρυζιού.

Πίνακας 8. Εκτάσεις και παραγωγή ρυζιού για τα έτη 2015 μέχρι 2016(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

Καλλιεργούμενες εκτάσεις και παραγωγή ρυζιού πενταετίας (ha)						
Τύπος ρυζιού		Εμπορικό έτος				
		2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Εκτάσεις	japonica	8.849	6.689	15.433	23.388	21.699
	indica	21.561	18.606	10.573	6.064	10.463
	Σύνολο	30.410	25.295	26.006	29.452	32.162
Παραγωγή	japonica	61.945	53.512	77.394	133.848	121.368
	indica	172.486	154.428	50.286	31.456	56.564
	Σύνολο	234.431	207.940	127.680	165.304	177.932

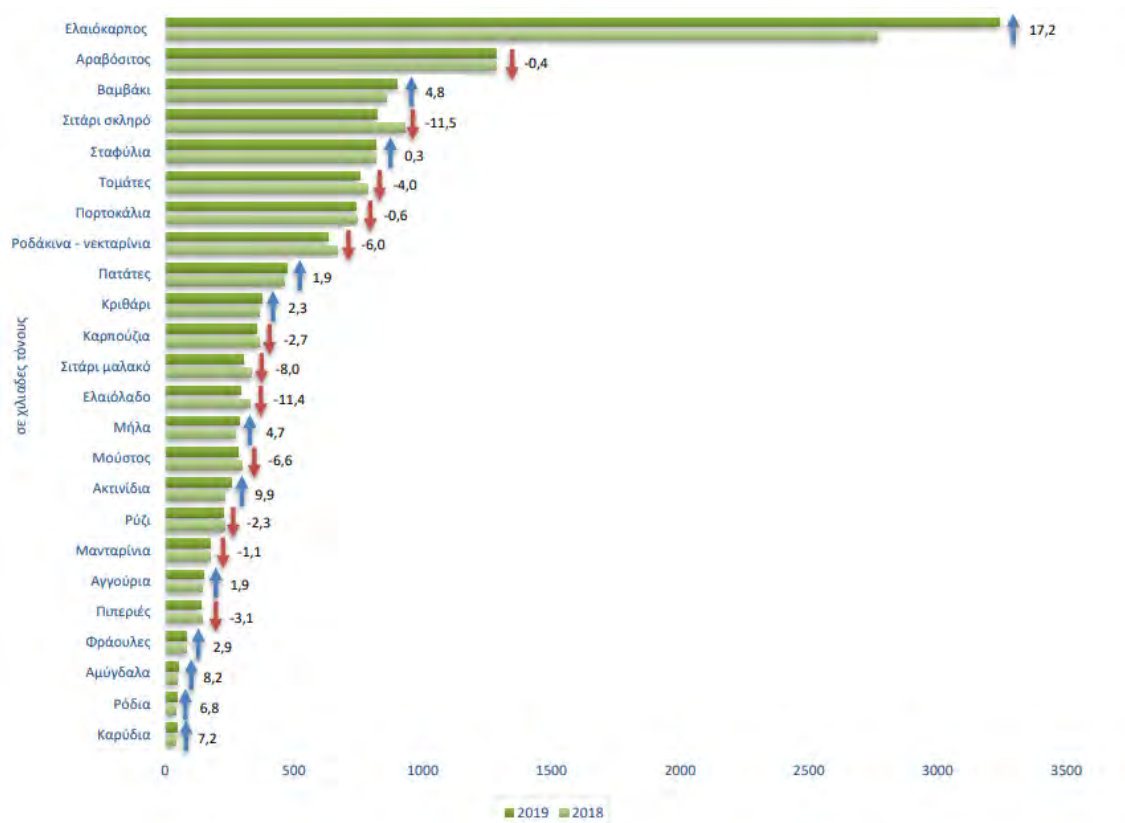
Πίνακας 9. Στοιχεία για την καλλιέργεια ρυζιού 2016-2017 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΡΥΖΙΟΥ 2016/2017*			
	Τύπου japonica	Τύπου indica	Σύνολο
Αρχικά αποθέματα (τόνοι)			
<i>Ιδιωτικά</i>	1.558	562	2.120
<i>Παρέμβαση</i>	0	0	0
Σύνολο αρχικών αποθεμάτων (τόνοι)	1.558	562	2.120
Χρησιμοποιήσιμη Παραγωγή (τόνοι)	121.368	56.564	177.932
<i>Έκταση (εκτάρια)</i>	21.699	10.463	32.162
<i>Απόδοση (τόνοι/εκτάρια, σε επίπεδο αναποφλοίωτου)</i>	9,5	9,0	9,3
<i>Βιομηχανική απόδοση (%)</i>	59%	60%	59%
Εισαγωγές (από Τρίτες Χώρες) (τόνοι)	607	8.942	9.549
Εισαγωγές (από χώρες της Ε.Ε.) (τόνοι)	2.318	6.816	9.134
Εισαγωγές (Σύνολο) (τόνοι)	2.925	15.758	18.683
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑ (τόνοι)	125.851	72.884	198.735
Εγχώρια χρήση (τόνοι)			
<i>Ανθρώπινη κατανάλωση / Βιομηχανική χρήση / Ζωοτροφή</i>	47.016	38.276	85.292
<i>Σπόρος **</i>	4.340	2.093	6.432
Συνολική Εγχώρια Χρήση (τόνοι)	51.356	40.369	91.724
Εξαγωγές (σε Τρίτες Χώρες) (τόνοι)	53.720	481	54.201
Εξαγωγές (σε χώρες της Ε.Ε.) (τόνοι)	18.064	31.529	49.593
Εξαγωγές (Σύνολο) (τόνοι)	71.784	32.010	103.794
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	123.140	72.379	195.518
Τελικά αποθέματα *** (τόνοι)			
<i>Ιδιωτικά</i>	2.711	505	3.216
<i>Παρέμβαση</i>	0	0	0
Σύνολο τελικών αποθεμάτων (τόνοι)	2.711	505	3.216
Μεταβολή στα αποθέματα (τόνοι)	1.153	-57	1.096
Μεταβολή στα δημόσια αποθέματα (τόνοι)	—	—	—

Πίνακας 10. Στοιχεία για την καλλιέργεια ρυζιού 2017-2018(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΡΥΖΙΟΥ 2017/2018*			
	Τύπου japonica	Τύπου indica	Σύνολο
Αρχικά αποθέματα (τόνοι)			
<i>Ιδιωτικά</i>	2.711	505	3.216
<i>Παρέμβαση</i>	0	0	0
Σύνολο αρχικών αποθεμάτων (τόνοι)	2.711	505	3.216
Χρησιμοποιήσιμη Παραγωγή (τόνοι)	104.748	44.880	149.628
<i>Έκταση (εκτάρια)</i>	21.000	8.500	29.500
<i>Απόδοση (τόνοι/εκτάρια, σε επίπεδο αναποφλοίωτου)</i>	8,6	8,8	8,7
<i>Βιομηχανική απόδοση (%)</i>	58%	60%	59%
Εισαγωγές (από Τρίτες Χώρες) (τόνοι)	3.285	11.238	14.523
Εισαγωγές (από χώρες της Ε.Ε.) (τόνοι)	3.001	6.411	9.412
Εισαγωγές (Σύνολο) (τόνοι)	6.286	17.649	23.935
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑ (τόνοι)	113.745	63.034	176.779
Εγχώρια χρήση (τόνοι)			
<i>Ανθρώπινη κατανάλωση / Βιομηχανική χρήση / Ζωοτροφή</i>	18.846	28.337	47.183
<i>Σπόρος **</i>	4.200	1.700	5.900
Συνολική Εγχώρια Χρήση (τόνοι)	23.046	30.037	53.083
Εξαγωγές (σε Τρίτες Χώρες) (τόνοι)	69.833	725	70.558
Εξαγωγές (σε χώρες της Ε.Ε.) (τόνοι)	14.682	26.400	41.082
Εξαγωγές (Σύνολο) (τόνοι)	84.515	27.125	111.640
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	107.561	57.162	164.723
Τελικά αποθέματα *** (τόνοι)			
<i>Ιδιωτικά</i>	6.184	5.872	12.056
<i>Παρέμβαση</i>	0	0	0
Σύνολο τελικών αποθεμάτων (τόνοι)	6.184	5.872	12.056
Μεταβολή στα αποθέματα (τόνοι)	3.473	5.367	8.840
Μεταβολή στα δημόσια αποθέματα (τόνοι)	—	—	—

Συγκριτικά, από τον Πίνακα 9 και τον Πίνακα 10., προκύπτει ότι οι τόνοι για την χρησιμοποιήσιμη παραγωγή και οι εκτάσεις έχουν μειωθεί αρκετά για το έτος 2017 σε σχέση με το έτος 2016, ειδικά για τον τύπο ρυζιού Indica. Όσον αφορά την χρονολογία 2018-2019, η παραγωγή ρυζιού έχει μεταβληθεί κατά -2,3% (Διάγραμμα 5), καθώς το 2018 οι τόνοι ανέρχονταν σε 233,4 χιλιάδες ενώ το 2019 σε 228 χιλιάδες.



Διάγραμμα 5. Ποσοστιαία μεταβολή παραγωγής ρυζιού για το έτος 2018-2019 (ΕΛΣΤΑΤ,2021).

4.6. Άχυρο ρυζιού

Συγκεκριμένα, εμπεριέχει κυτταρίνη, στην οποία ανήκει το 40-50% του ποσοστού περίπου, από 10-20% λιγνίνη και 0,5 με 0,7 τοις εκατό άζωτο (Thuy κα, 2008). Από αυτές τις καλλιέργειες, ένα κύριο μέρος τους, αποβάλλεται με καύση ή καλύπτεται σε αγρούς. Από το άχυρο ρυζιού προκύπτει κομποστ που είναι ιδιαίτερα δεδομένο, καθώς προκύπτουν οργανικά υλικά που έχουν ευεργετικές ιδιότητες για το έδαφος. Σε περίπτωση που η λιγνίνη αποδομηθεί είναι κατάλληλη στην επιτάχυνση της διαδικασίας της χουμοποίησης, παρ' όλα αυτά είναι αρκετά δύσκολο λόγω της ανθεκτικότητας της (Masaaki κα, 1992).

Το άχυρο ρυζιού είναι ένα παράγωγο του ρυζιού που προέρχεται από τη συγκομιδή του ορυζώνα. Από κάθε kg λευκασμένου ρυζιού προκύπτουν κατά προσέγγιση 0,7-1,4 kg άχυρο ρυζιού, εξαρτώμενα από τις ποικιλίες, το επίπεδο κοπής των υπολειμμάτων και την υγρασία κατά τη συγκομιδή. Εφόσον γίνει ο αλώνισμός, στη συνέχεια πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του άχυρου ρυζιού από τους κόκκους με το χέρι ή με μηχανές που είναι σταθερές για αλώνισμα ή με μηχανές θεριζοαλωνιστικές. Το ειδικό βάρος του άχυρου ρυζιού που είναι ασυμπίεστο ανέρχεται σε περίπου 70 έως 80 kg/m³ σε επίπεδο υγρασίας περίπου 15-18% (Rice Knowledge Bank).

Συγκριτικά με ορισμένα στερεά καύσιμα, ο φλοιός του άχυρου ρυζιού έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη συγκέντρωση σε διοξείδιο του πυριτίου, το οποίο καταστρέφει από τις μηχανές επεξεργασίας τα εξαρτήματά τους και εμποδίζει την πέψη των ζώων.
- Η συγκέντρωση στις πτητικές ουσίες είναι υψηλότερη απ' ότι στο ξύλο, κι ακόμα πιο υψηλή απ' αυτήν του άνθρακα.
- Έχει πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση σε τέφρα παρά στο ξύλο και τον άνθρακα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα σχετικά με την μετατροπή της ενέργειας.
- Μεγάλη ποσότητα σε τέφρα, κάλιο και αλκάλια, γεγονός που οδηγεί σε συσσωμάτωση, ρύπανση αλλά και λιώσιμο των εξαρτημάτων από τους καυστήρες ή τους λέβητες (Rice Knowledge Bank).

4.7. Άχυρο ρυζιού και κομποστοποίηση

Με την διαδικασία της κομποστοποίησης τα υπολείμματα που προκύπτουν από τις καλλιέργειες μετατρέπονται σ' ένα πιο λειτουργικό οργανικό λίπασμα. Αν και τα οργανικά λιπάσματα, μεταξύ των οποίων και το κομπόστ του άχυρου ρυζιού, είναι συνήθως χαμηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά, δηλαδή σε φώσφορο και άζωτο, μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευεργετικά, διότι περιλαμβάνουν ιχνοστοιχεία και μικροοργανισμούς που δεν περιέχονται αντίστοιχα σ' ένα ανόργανο λίπασμα. Συγκεκριμένα, το άχυρο ρυζιού είναι εμπλουτισμένο σε κάλιο.

Πίνακας 11. Συστατικά άχυρου ρυζιού (Rice Knowledge Bank).

Άχυρο ρυζιού	
C (%)	41
N (%)	0.5-0.8
P (%)	0.05-0.1
K (%)	0.3-2.0
Ca (%)	0.03-0.17

Αφού γίνει η άλεση ή η συλλογή, ο φλοιός του ρυζιού ή το άχυρο, συγκεντρώνονται σε στοίβες. Για να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, παρακάτω παρατίθενται ορισμένες συμβουλές:

- Για να παραχθεί καλής ποιότητας κομπόστ είναι σημαντική η πρόσληψη αζώτου, η υψηλή συγκέντρωση σε υγρασία και η μεγάλη ποσότητα μικροοργανισμών.
- Η κομποστοποίηση επιτυγχάνεται καλύτερα όταν οι χώροι είναι ισορροπημένοι, στεγνοί, σε σκιά και όταν τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι κομμένα σε μέγεθος τρία με πέντε εκατοστά.
- Οι σωροί κομπόστ θα πρέπει, αν αυτό είναι εφικτό, να δομούνται σε στρώσεις που προέρχονται από υλικά που προκύπτουν από τις καλλιέργειες σιτηρών, τα οποία έχουν υψηλή συγκέντρωση άνθρακα και χαμηλή συγκέντρωση αζώτου, συνδυασμένα με υπολείμματα ψυχανθών φυτών ή κοπριάς που έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αζώτου. Η αναλογία που πρέπει να είναι 2 προς 1.

- Στην κομποστοποίηση, οι σωροί δε θα πρέπει να είναι υπερβολικά υγροί, σε σημείο που να στάζει το νερό, αλλά ούτε και υπερβολικά ξηροί, δηλαδή να ραγίζει το άχυρο.
- Προκειμένου να πραγματοποιηθεί καλύτερα η αποικοδόμηση, παίζει σημαντικό ρόλο η αραίωση του κομπόστ με υλικά που περιέχουν άζωτο και μικροοργανισμούς (είτε ένα από τα δύο είτε και τα δύο), ώστε να ενισχύεται η αποσύνθεση.
- Αρκετοί από τους καλλιεργητές, αντί να κάνουν ανάμειξη και περιστροφή τους σωρούς ανά δεκατέσσερις ημέρες, τους αφήνουν στην αρχική τους κατάσταση.

Όταν η θερμοκρασία και η υγρασία που επικρατεί είναι ευνοϊκές, το κομπόστ μπορεί να θεωρηθεί ώριμο σε τέσσερις με οχτώ εβδομάδες (Rice Knowledge Bank).

4.8. Δείκτες εδαφικής ποιότητας – επιδράσεις της χρήσης του άχυρου σίτου

Έχει πραγματοποιηθεί πλήθος μελετών προκειμένου να εκτιμηθούν οι δείκτες της ποιότητας του εδάφους. Οι δείκτες που αποτελούν θεμέλιο ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα και η ποσότητα των καλλιεργούμενων προϊόντων είναι οι εξής:

♦ Οπτικοί δείκτες

Αυτοί λαμβάνονται συνήθως μετά από παρακολούθηση του εδάφους και μετά από φωτογραφική απεικόνιση. Ορισμένοι απ' αυτούς είναι:

- Η μεταβολή του χρωματισμού του εδάφους
- Η στασιμότητα του νερού (λίμναση)
- Η ανταπόκριση των φυτών
- Τα είδη των παράσιτων και
- Η εναπόθεση μεταφερόμενης ύλης

Τα κριτήρια αυτά αποτελούν στοιχείο για το αν η κατάσταση του εδάφους βρίσκεται σε κίνδυνο ή υπόκειται σε αλλαγές, εξαιτίας των καλλιεργειών ή του ανθρώπινου παράγοντα (Golia, 2023).

♦ Φυσικοί δείκτες

Συνδέονται με τους πόρους και τα ισχυρά σωματίδια και το πως αυτά επιδρούν. Κάθε μέτρηση σχετίζεται με το αν το έδαφος είναι βαθύ ή ρηχό (πόσα εκατοστά βάθος έχει), την ογκομετρική πυκνότητα, το σύνολο της επιφάνειας, τον φλοιό και την συμπίκνωση. Οι δείκτες αυτοί δηλαδή, εκφράζουν οτιδήποτε περιορίζει τα φυτά και τις ρίζες να αναπτυχθούν, την κυκλοφορία και το φιλτράρισμα του νερού ή του διαλύματος του εδάφους μέσα στην εδαφοτομή (Golia, 2023).

♦ Χημικοί δείκτες

Οι χημικοί δείκτες αφορούν μετρήσεις που σχετίζονται με τα παρακάτω:

- Το pH, δηλαδή το πόσο όξινο είναι το περιβάλλον
- Την αλατότητα του εδάφους
- Την οργανική ύλη που περιλαμβάνεται στο έδαφος
- Το ποσοστό του φωσφόρου
- Τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων αλλά και χημικών ουσιών που σχετίζονται με τον άνθρακα, το πετρέλαιο και την βενζίνη (PAHs).
- Το ποσοστό των θρεπτικών ουσιών.

Η χημεία του εδάφους παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατάσταση της υγείας του και στην ποιότητά του, καθώς έχει επιπτώσεις στην σχέση του με τα φυτά, στην κατάσταση του νερού (πόσο ποιοτικό είναι), στην κινητικότητα των ρύπων στα υδάτινα συστήματα κλπ (Golia, 2023).

♦ Βιολογικοί δείκτες

Οι αξιολογήσεις των οργανισμών μικρής κλίμακας αλλά και των μικροοργανισμών συμπεριλαμβάνονται στους βιολογικούς δείκτες όπως επίσης και η κίνηση αυτών και η εμφάνιση των παραγώγων τους. Η διακρίβωση της κίνησης των μικροβίων και ιδιαίτερα η μικροβιακή αποικοδόμηση της οργανικής ύλης που πραγματοποιείται μέσα στο έδαφος γίνονται αντιληπτές από τον ρυθμό αναπνοής. Η αξιολόγηση της ποσότητας των σπόρων που προκύπτουν από τα ζιζάνια ή το σύνολο των παθογόνων μπορούν να αποτελέσουν φυσικό κριτήριο για την ποιότητα του εδάφους (Golia, 2023).

4.9. Άχυρο ρυζιού και επίδραση στην ποιότητα του εδάφους

Η ικανότητα που έχει το έδαφος να δρα μέσα σε χαρακτηριστικά ή επιβλεπόμενα περιβαλλοντικά όρια, για να παρέχει λειτουργίες στο οικοσύστημα, να διατηρεί την αποδοτικότητα των φυτών και των οργανισμών, να συγκρατεί ή να βελτιώνει το νερό και να ενισχύει την ανθρώπινη ευεξία και διαβίωση, σχετίζεται με την έννοια ‘‘ποιότητα του εδάφους’’ (Golia, 2023).

Το άχυρο σιταριού, θα μπορούσε να είναι ένας βασικός παράγοντας για τη βελτιστοποίηση της υγείας του εδάφους, την αύξηση της γονιμότητάς του και τον έλεγχο των επιπτώσεων των τοξικών ρύπων (Golia, 2023).

Από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα, είναι γνωστό πως το άχυρο ρυζιού αξιοποιείται στις γεωργικές πρακτικές προκειμένου να ενισχυθεί η γονιμότητα του εδάφους. Συνήθως στο τελείωμα της περιόδου καλλιέργειας, η καύση του άχυρου του σιταριού αποτελούσε πρακτική ‘‘παράδοση’’ των αγροτών, με σκοπό την απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων, τα οποία παραμένουν άθικτα στον κάμπο αφού πραγματοποιηθεί η συγκομιδή των χωραφιών. Τα κατάλοιπα που προέρχονται από την τελευταία σοδειά μπορούν να υποστούν διάφορες επεμβάσεις, όπως συγκόλληση, η βόσκηση, η καύση, η ενσωμάτωση, ή να διατηρηθούν άθικτα στον αγρό (περίπτωση περιορισμένης κατεργασίας). Αντί να γίνεται καύση του άχυρου, είναι σημαντικό να γίνεται ενσωμάτωση αυτού, διότι χάρη σ’ αυτό αυξάνεται η οργανική ουσία στο έδαφος και ελαττώνεται η εισροή των λιπασμάτων (Golia, 2023).

Χημικοί δείκτες: Σε γενικές γραμμές, η χρήση κομπόστ συνέβαλε στη βελτίωση των χημικών ιδιοτήτων του υπό εξέταση εδάφους. Το κομπόστ περιλαμβάνει πλήθος βασικών θρεπτικών συστατικών για τα φυτά (π.χ. άζωτο, φωσφόρο και κάλιο) και δύναται παράλληλα να είναι πηγή οργανικών ουσιών (Thuy κα, 2008). Ο περιορισμός του νατρίου και του χλωρίου, έχει μεγάλη σπουδαιότητα στα κομποστ. Άλλες διαλυτές ουσίες που βρίσκονται στο κομπόστ, όπως είναι το κάλιο και το ασβέστιο, αποτελούν ανόργανες θρεπτικές ουσίες που είναι αναγκαίες για την καλλιέργεια των φυτών και συμβάλλουν στη μειωμένη νατρίωση του εδάφους.

Τα επιστημονικά συμπεράσματα για την επίδραση της προσθήκης αχύρου και κομπόστας ρυζιού στην τιμή του pH είναι αντικρουόμενα. Οι ερευνητές Clivenge κα (2019) έδειξαν ότι η προσθήκη τόσο του αχύρου όσο και του κομπόστ οδήγησαν σε μικρή άυξησης της

αλκαλικότητας της εδαφικής αντίδρασης. Η αύξηση αυτή του pH είχε ως έμμεσο αποτέλεσμα την ελάττωση της διαθέσιμης συγκέντρωσης των τοξικών στοιχείων που υπήρχαν στα εδαφικά δείγματα, δηλ. περιορίσε την πιθανή μετακίνησή τους και την πρόσληψή τους από τα φυτά. Αντίθετα στην έρευνα των Hussien κα (2019) η αυξανόμενη ποσότητα του κομπόστ που προστέθηκε, είχε ως συνέπεια τη μικρή μείωση στην τιμή του pH του εδάφους, παράλληλα με τη συγκέντρωση του διαλυτού νατρίου και του χλωρίου.

Στην ίδια έρευνα (Hussien et al. 2019), το κομπόστ που χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από άχυρο ρυζιού και απόβλητα ζώων, τα οποία ήταν πλούσια σε ανόργανα λιπάσματα (Sally A. Yassin, et al, 2023).

Η ενσωμάτωση του άχυρου ρυζιού στο έδαφος είναι μια εργασία η οποία μπορεί να επηρεάζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, μπορεί να αυξήσει τον οργανικό άνθρακα (C) του εδάφους και να ανακυκλώσει τα θρεπτικά συστατικά. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Clivenge κα (2019) απέδειξε ότι το άχυρο ρυζιού περιέχει περίπου 80, 40 και 30% του καλίου (K), του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P), αντίστοιχα, που προσλαμβάνονται από το ρύζι και, συνεπώς, η ενσωμάτωσή του μπορεί να μειώσει την απαίτηση λίπανσης της επόμενης καλλιέργειας. Ωστόσο, λόγω της χαμηλής ποιότητας του άχυρου ρυζιού, η αποσύνθεσή του είναι αργή. Έτσι, η χρονική στιγμή αυτής της επέμβασης, σε συνδυασμό με τη διαχείριση του νερού, καθίσταται σημαντική.

Από την άλλη πλευρά η κομποστοποίηση του άχυρου του ρυζιού με την προσθήκη κοπριάς μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα και την παροχή θρεπτικών στοιχείων.

Ομοίως, ο βιοάνθρακας από τη θερμική καύση του άχυρου ρυζιού για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να προστεθεί στο έδαφος για τη βελτίωση του οργανικού C του εδάφους (Trinh κα, 2014).

Φυσικοί δείκτες: Με την προσθήκη άχυρου στα εδάφη βελτιώνονται οι φυσικές ιδιότητες αυτών, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η υγρασία, να μειώνεται η συνολική πυκνότητα και να αυξάνεται το ολικό πορώδες. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Lou και κα (2011,b) απέδειξε ότι το στρώμα από άχυρο συνέβαλλε στο να μειωθεί η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους και οδήγησε στην αύξηση της υγρασίας.

Σύμφωνα με τα δείγματα του εδάφους, διαπιστώθηκε ότι έχουν βελτιωθεί οι φυσικοί δείκτες, καθώς μειώθηκε η ογκομετρική πυκνότητα και αυξήθηκε η ικανότητα κατακράτησης του ύδατος. Ενισχύθηκαν οι δείκτες που σχετίζονται με την γονιμότητα

και τις θρεπτικές ουσίες, όπως επίσης αυξήθηκαν οι οργανικές ουσίες, ρυθμίστηκαν το K, N και P αλλά και ο λόγος C/N (Golia, 2023). Οι ερευνητές Thuan και Long (2010) χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους άχυρο ρυζιού προηγούμενων ετών προκειμένου να βελτιώσουν τόσο τις χημικές όσο και τις παραμέτρους γονιμότητας των εδαφών για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Επιπλέον, οι Tuyen και Tan σε έρευνά τους το 2001, απέδειξαν την σημαντική ενίσχυση που προσέφερε η χρήση και του αχύρου και της κομπόστ ρυζιού σε πρακτικές καλλιέργειας σε αγροτικά εδάφη, καθώς βελτίωσαν σημαντικά τον αερισμό των εδαφών στα οποία προστέθηκαν.

Βιολογικοί δείκτες: Σύμφωνα με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα λιπάσματα επιδρούν σημαντικά στις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Η προσθήκη κομπόστ άχυρου ρυζιού συνδυαστικά με φωσφορικό ορυκτό χαμηλής ποιότητας, μύκητες και απόβλητα που διέρχονται από την μαρμαρυγία ενισχύουν τις βιολογικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η παραγωγή από τις καλλιέργειες, άρα και η γονιμότητα του εδάφους (Meena & Biswas, 2014). Οι ερευνητές Vijayarabhaka κα το 2017 απέδειξαν με τα πειράματά τους ότι η χρήση του αχύρου και του κομποστ ρυζιού ενίσχυσε σημαντικά την περιεκτικότητα των εδαφικών συστημάτων με μικρο- και μακρο- στοιχεία ενισχύοντας σημαντικά τους δείκτες γονιμότητας των εδαφών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όλες οι χώρες βασίζονταν στο γραμμικό μοντέλο, κατά το οποίο τα προϊόντα και τα υλικά ακολουθούσαν το ‘‘παράγω-καταναλώνω και απορρίπτω’’, με αποτέλεσμα να οδηγούνται στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Αυτό βέβαια, οδηγούσε σε μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων, καθώς υπήρχε συνεχόμενη παραγωγή προϊόντων, τα οποία στο τέλος κατέληγαν στην απόρριψή τους.

Η μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο, ήρθε για να εστιάσει στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των προϊόντων, με τις διαδικασίες της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης και της ανάκτησης των υλικών.

Όπως φαίνεται κι από τα στατιστικά στοιχεία, η χώρα μας ,δυστυχώς, απέχει από τους στόχους που έχουν τεθεί σχετικά με την κυκλική οικονομία.

Στη σημερινή εποχή, ένα από τα σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας είναι η αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία πηγάζει από τις εκπομπές του φαινομένου του θερμοκηπίου κι από τη λανθασμένη διαχείριση των αποβλήτων. Βασικό ρόλο παίζει η πρόληψη, δηλ. η αποφυγή δημιουργίας των βιοαποβλήτων.

Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν, τα ανόργανα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην γεωργία, να αντικατασταθούν και να αποφέρουν οφέλη στο περιβάλλον με την διαδικασία της κομποστοποίησης.

Έτσι, όταν πραγματοποιείται ανακύκλωση στα απορρίμματα και τα τρόφιμα έχουμε θετικές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική και την ανθρώπινη υγεία, σε αντίθεση με τις διαδικασίες της καύσης και της ταφής.

Η προσθήκη του αχύρου και κομπόστ ρυζιού είχε θετική επίδραση στην ποιότητα και την υγεία των εδαφικών δειγμάτων, όπου αυτά προστέθηκαν.

Συγκεκριμένα, η προσθήκη των υλικών αυτών είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική ενίσχυση των φυσικών, χημικών και βιολογικών δεικτών ποιότητας των εδαφών. Η προσθήκη του αχύρου ρυζιού προκάλεσε μια μικρή αύξηση στην τιμή του εδαφικού pH συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό στην ελάττωση της διαθεσιμότητας των πιθανά τοξικών στοιχείων. Επιπλέον, προκάλεσε αύξηση στο ποσοστό και το μέγεθος των πόρων, συμβάλλοντας στον αερισμό του εδάφους. Το γεγονός αυτό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα υγιούς ανάπτυξης του ριζικού συστήματος και ομαλής ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών. Επιπλέον, συνεισφέρει στην ομαλή ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου του εδάφους, βοηθώντας στην αύξηση των μικροβιολογικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την υγεία και ποιοτική παραγωγή δυναμική των εδαφών.

Τέλος, η προσθήκη σημαντικών ποσοτήτων μικρο και μακρο στοιχείων κατά την προσθήκη αχύρου και κομποστ ρυζιού συμβάλλει σημαντικά τόσο στην αύξηση της παραγωγής, όσο και στη γονιμότητα των εδαφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Διαμαντίδης, Δ. (2017). Διατροφή και κλιματική αλλαγή: Ένα νόμισμα με δύο όψεις (Infographics). greenacenda.gr. Ανακτήθηκε από: <https://greenagenda.gr/διατροφή-και-κλιματική-αλλαγή-ένα-νόμ/>
- ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ, Μάρτιος-Μάιος 2019
- ΕΠΠΕΡΑΑ, «Οδηγός Εφαρμογής Προγραμμάτων Διαλογή στην Πηγή & Συστημάτων Διαχείριση Των Βιοαποβλήτων», Αθήνα 2012
- Ηνωμένα Έθνη. Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης. Ανακτήθηκε από: <https://unric.org/el/17-στοχοι-βιωσιμης-αναπτυξης>
- Κανακόπουλος Δ., «Η Κομποστοποίηση Ως Λύση Για Τα Απόβλητα», Επιστημονικό Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα «Αειφόρος Διαχείριση Αποβλήτων», ΑΙΤ, Αθήνα 2014
- Κοτταρίδη Κ. (2020), «Κυκλική οικονομία και μικρές επιχειρήσεις: Ανάδειξη εμποδίων, καλές πρακτικές & προτάσεις για την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας», *Ερευνητικά Κείμενα ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ*, No.13/2020, σσ. 40.
- Κυρίτση, Α. (2009). ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΡΥΖΙΟΥ.
- Κωνσταντάκου Π., «Αξιοποίηση Των Υπολειμμάτων Ελαιουργίας», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΠΜΣ Γενικού Τμήματος, Μελέτη και Αξιοποίηση Φυσικών Προϊόντων, Αθήνα 2010
- Λουκάς Χ., «Συν-Κομποστοποίηση Λυματολάσπης Βιολογικού Καθαρισμού Για Κλαδοκαθάρων Για Την Πόλη Της Ηγουμενίτσας», Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πρόγραμμα Σπουδών «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Έργων Υποδομής», Πάτρα 2008
- (Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) προδιαλεγμένων αποβλήτων, 2014).
- ΥΠΕΝ (2018), Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), 2020-2030
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ΕΥΣΔΕΠ (Επιτελική Δομή ΕΣΠΑ Υ.Π.ΕΝ. Τομέα περιβάλλοντος), «Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων(ΕΣΔΑ) 2020-2030», 2020.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). (2020). *Κυκλική οικονομία*.

EENH

- Aguilar-Paredes A, Valdés G, Araneda N, Valdebenito E, Hansen F, Nuti M. Microbial Community in the Composting Process and Its Positive Impact on the Soil Biota in Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 2023; 13(2):542. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020542>
- Blakeney, M. (2019). Strategies for FLW reduction. In Food Loss and Food Waste (pp. 138-178). Edward Elgar Publishing.
- Chivenge, P. et al. (2020). Rice Straw Incorporation Influences Nutrient Cycling and Soil Organic Matter. In: Gummert, M., Hung, N., Chivenge, P., Douthwaite, B. (eds) Sustainable Rice Straw Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_8
- Christian Riuji Lohri., Stefan Diener., Imanol Zabaleta., Adeline Mertenat., Christian Zurbru"gg., (2017). Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middleincome settings. DOI 10.1007/s11157-017-9422-5
- Circle Economy Foundation, (2020). The key elements of the Circle economy.
- Circular economy business models: The state of research and avenues ahead. Business Strategy and the Environment, 29(8), 3006–3024. <https://doi.org/10.1002/bse.2554>
- Cramer, J. (2020). Practice-based model for implementing circular economy: The case of the Amsterdam Metropolitan Area. Journal of Cleaner Production. 255:1-9
- European Commission. (2020b, March 30). Tackling the toughest circular economy challenges.
- EuropeanParliament, 2015. Circular Economy: definition, importance and benefits. [Online] Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO0563/circular-economy-definition-importance-and-benefits> [Accessed 1 October 2022].
- Eurostat,2018, Circular material use rate, Calculation method.

- (Evangelia E. Golia, June 2023) “The impact of heavy metal contamination on soil quality and plant nutrition. Sustainable management of moderate contaminated agricultural and urban soils, using low cost materials and promoting circular economy”
- Ferasso, M., Beliaeva, T., Kraus, S., Clauss, T., & Ribeiro-Soriano, D. (2020). Circular economy business models: The state of research and avenues ahead.<https://doi.org/10.1002/bse.2554>
- Garcés-Ayerbe C, Rivera-Torres P, Suárez-Perales I, Leyva-de la Hiz DI. Is It Possible to Change from a Linear to a Circular Economy? An Overview of Opportunities and Barriers for European Small and Medium-Sized Enterprise Companies. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Mar 8;16(5):851. doi: 10.3390/ijerph16050851. PMID: 30857193; PMCID: PMC6427659.
- Geng, Y. Sarkis, J. Bleischwitz, R. (2019). Globalize the circular economy. *Nature*. 565:153-155
- Gray et al., 1971 K.R. Gray, K. Sherman, A. Biddlestone. Review of composting. Part 2—The practical process. *Process Biochemistry*, 6 (10) (1971), pp. 22-28
- Haug R., (1993) «The Practical Handbook of Compost Engineering», Lewis Publishers.
- Kirchherr, J. Reike, D. Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, *Resources. Conservation and Recycling*. 127:221-232.
- Lüdeke-Freund, F. (2010): Towards a Conceptual Framework of Business Models for Sustainability
- M. D. Meena & D. R. Biswas (2014) Changes in Biological Properties in Soil Amended with Rock Phosphate and Waste Mica Enriched Compost using Biological Amendments and Chemical Fertilizers Under Wheat-Soybean Rotation, *Journal of Plant Nutrition*, 37:12, 2050-2073, DOI: [10.1080/01904167.2014.920368](https://doi.org/10.1080/01904167.2014.920368)
- Masaaki Kakezawa, Akio Mimura & Yoshimasa Takahara (1992) Application of two-step composting process to rice straw compost, *Soil Science and Plant Nutrition*, 38:1, 43-50, DOI: [10.1080/00380768.1992.10416950](https://doi.org/10.1080/00380768.1992.10416950)
- Meegoda, J. N., Li, B., Patel, K., & Wang, L. B. (2018). A review of the processes, parameters, and optimization of anaerobic digestion.

92 International journal of environmental research and public health, 15(10), 2224.

- Mingyu Yang, Lin Chen, Jiangjiang Wang, Goodluck Msigwa, Ahmed I. Osman, Samer Fawzy, David W. Rooney & Pow-Seng Yap (2022) Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues
- Papamonioudis K, Zabaniotou A. Exploring Greek Citizens' Circular Thinking on Food Waste Recycling in a Circular Economy—A Survey-Based Investigation. *Energies*. 2022; 15(7):2584. <https://doi.org/10.3390/en15072584>
- Pieroni, M., McAloone, T., Pigosso, D. (2020). Business model innovation for circular economy: Integrating Literature and practice into a process Model. Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, 1, 2119- 2128. doi:10.1017/dsd.2020.28 <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.28>
- Priyadarshini P, Abhilash PC. Circular economy practices within energy and waste management sectors of India: A meta-analysis. *Bioresour Technol*. 2020 May; 304:123018. doi: 10.1016/j.biortech.2020.123018. Epub 2020 Feb 13. PMID: 32087547
- Sally A. Yassin*, Salah Y. Awadalla*, El-Sayed M. El-Hadidi**, Mahmoud M. Ibrahim*** and Ahmed A. Taha**, ‘Assessment of The Compost Addition and Sandification to Overcome the Calcium Carbonate Problems in Heavy Clay Calcareous Soils at ElFarafra Oasis – Egypt’.
- Takeshi Watanabe, Luu H. Man, Duong M. Vien, Vu T. Khang, Nguyen N. Ha, Tran B. Linh & Osamu Ito (2009) Effects of continuous rice straw compost application on rice yield and soil properties in the Mekong Delta, *Soil Science and Plant Nutrition*, 55:6, 754-763, DOI: 10.1111/j.1747-0765.2009.00424.x
- Thuan HN, Long DT (2010) Use rice straw from previous season for the following season on degraded soil, Bac Giang province, Vietnam. *J Sci Dev, Hanoi Agric University* 8:843–849
- Thuy NH, Shan Y, Bijay-Singh WK, Cai Z, Yadvinder-Singh BRJ (2008) Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. *Soil Sci Soc Am J* 72:514–523
- Trinh MV, Loan BTP, Van the T (2014) Developing crop residue collection, treatment of crop residue to reduce greenhouse gas emission in rural area in Red River Delta, Report results of project from Ministry of Agriculture and Rural Development period 2011–2014

- Tuyen TQ, Tan PS (2001) Effects of straw management and tillage practices on soil fertility and grain yield of rice. *Omonrice* 9:74–78
- Van Buren, N. Demmers, M. Van der Heijden, R. Wilton, F. (2016). Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments. *Sustainability*. 8:647:1-17.
- Vijayaprabhaka A, Nalliah Durairaj S, Vinoth Raj J (2017) Effect of rice straw management options on soil available macro and micro nutrients in succeeding rice field. *Intl J Chem Stud* 5:410–413
- Zero Waste International Alliance, (2018).