



Συσκευασία Τροφίμων

Ενότητα 21:

Ανακύκλωση (2/2), 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκων: Αντώνιος Καναβούρας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Μαθησιακοί Στόχοι

- Η εφαρμογή των διαφορετικών επεξεργασιών των απορριμμάτων των υλικών συσκευασίας.

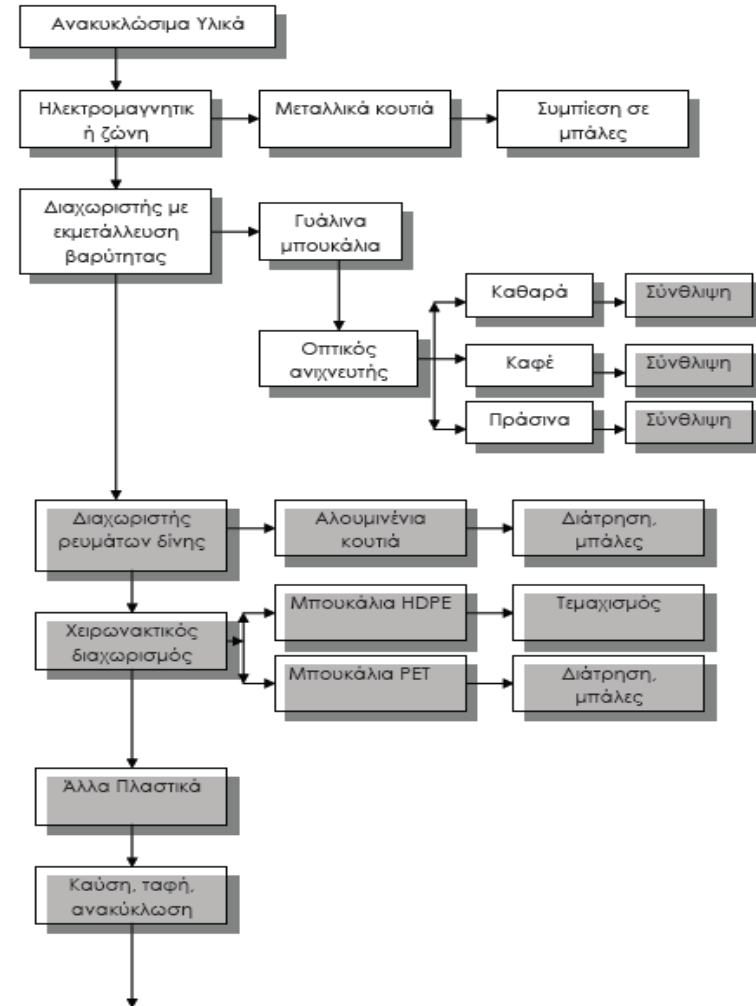
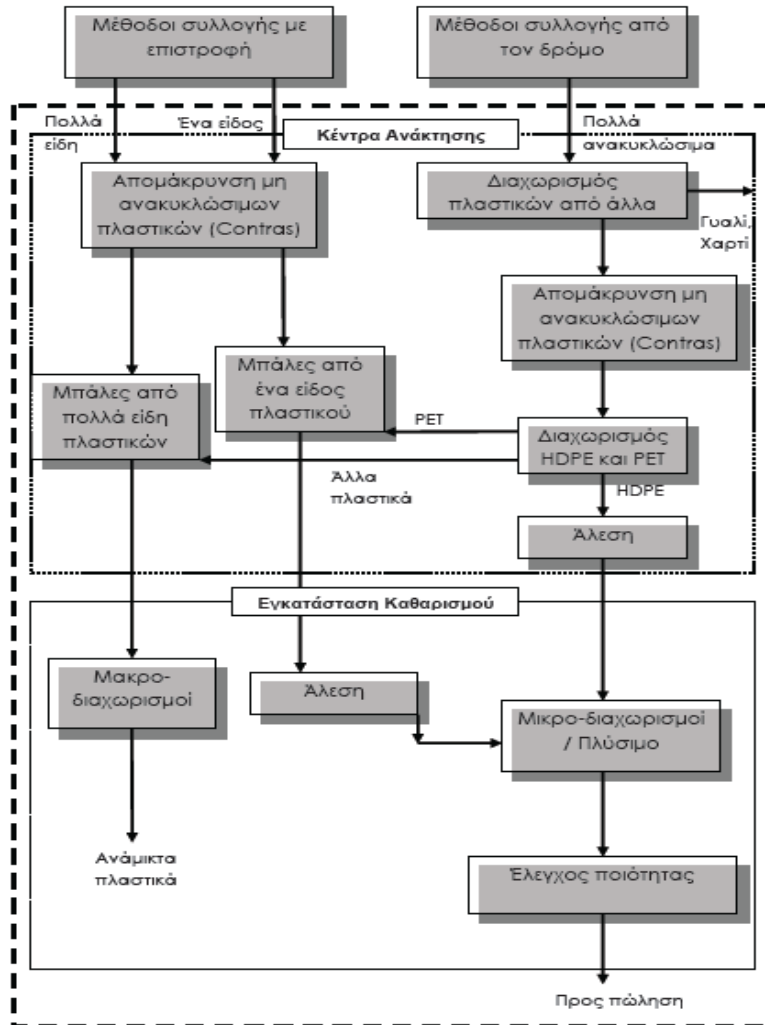


Λέξεις Κλειδιά

- ανακύκλωση,
- επεξεργασία,
- καύση,
- αστικά απόβλητα,
- περιβαλλοντική επιβάρυνση



Διαχωρισμός 1/10





Διαχωρισμός 2/10

Διαχωρισμός με αέρα

- Ένας από τους ευκολότερους τρόπους να χωριστούν τα διαφορετικά υλικά είναι ο διαχωρισμός με αέρα. Οι λόγοι για την χρήση των διαχωριστών αέρα μπορούν να είναι πολλοί και διαφορετικοί και με διάφορα μεγέθη, που χρησιμοποιούνται για τις ακόλουθες εφαρμογές:
- Για να αφαιρέσει το χάλυβα, τις πέτρες και την άμμο από το τεμαχισμένο φιλμ επειδή το φιλμ είναι πολύ ελαφρύτερο. Οι φολίδες του φιλμ θα πάνε επάνω ενώ η βαριά πρόσμιξη θα πέσει κάτω στο κατώτατο σημείο.



Διαχωρισμός 3/10

- Μια άλλη πολύ κοινή εφαρμογή είναι να χωριστούν οι πλαστικές ετικέτες (LDPE, PP, PS και μερικές φορές, PVC) από τις φολίδες PET.
- Η ίδια συσκευή χρησιμοποιείται επίσης για τον διαχωρισμό των πολύ μικρών τεμαχιδίων που παράγονται από τις διάφορες μηχανές της γραμμής παραγωγής, παραδίδοντας ένα προϊόν χωρίς σκόνη.
- Φυσικά υπάρχουν περιπλοκότερες συσκευές για να κάνουν την εργασία αν η αποδοτικότητα της συσκευής πρέπει να είναι υψηλότερη. Οπωσδήποτε, για μεγάλη απόδοση προτείνεται να υπάρχουν περισσότεροι από έναν διαχωριστές.



Διαχωρισμός 4/10

Δοχεία επίπλευσης για τον διαχωρισμό πλαστικών

- Οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό ενός δοχείου επίπλευσης είναι:
- Ο λόγος ανάμεσα στην επιφάνεια του δοχείου και τον όγκο των φολίδων σε κάθε χρονική στιγμή.
- Ο φαινόμενος όγκος των ξηρών φολίδων.
- Η πυκνότητα του κάθε υλικού (χρήσιμου και προσμίξεων)
- Η ταχύτητα του νερού στην επιφάνεια του δοχείου.



Διαχωρισμός 5/10

- Η παροχή εξόδου του δοχείου
- Ο τρόπος τροφοδοσίας των φυτρίδων στο δοχείο (στην επιφάνεια ή ενδιάμεσα)
- Η ανάμιξη κάτω από την επιφάνεια
- Η γωνία των πλευρών στον πάτο
- Η καθαρότητα του νερού.



Διαχωρισμός 6/10

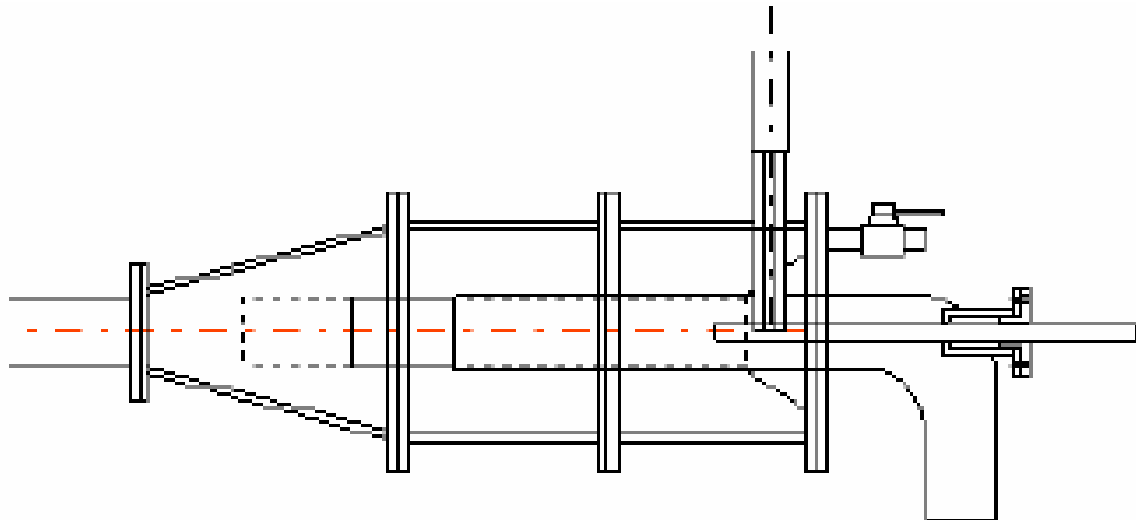
Υδροκυκλώνες

- Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην ανακύκλωση πλαστικών. Είναι κυκλώνες που λειτουργούν με νερό αντί για αέρα. Εξαιτίας του νερού πρέπει να δοθεί λίγη προσοχή στην ταχύτητα εισόδου και το μέγεθος της εξόδου γιατί αυτοί οι παράμετροι μπορεί να αλλάξουν την αποδοτικότητα της συσκευής.
- Οι υδροκυκλώνες χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρη δύναμη του νερού, που περιστρέφεται μέσα στον κύλινδρο για να διαχωρίσουν υλικά πυκνότητας μεγαλύτερης του 1 g/cm^3 στην άκρη ενώ υλικό μικρότερης πυκνότητας μένει στο κέντρο. Η κίνηση του νερού ενισχύει τη διαφορά της ειδικής πυκνότητας των υλικών.



Διαχωρισμός 7/10

- Υδροκυκλώνες



Σχήμα 18: Τυπική διάταξη υδροκυκλώνα



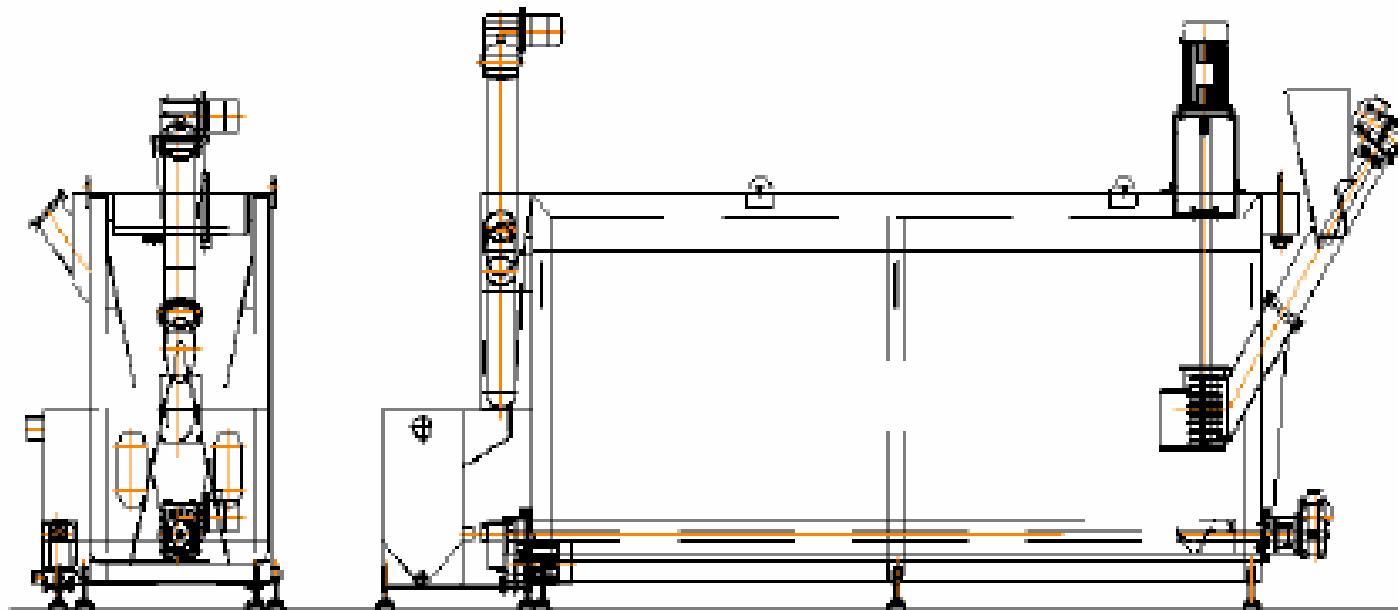
Διαχωρισμός 8/10

Εξοπλισμός έκπλυσης σκάρτου

- Η έκπλυση του σκάρτου πλαστικού έχει στόχο την απομάκρυνση της βρωμιάς και επιμολύνσεων από την επιφάνεια του κάθε πλαστικού. Αυτό που απαιτείται είναι μια συσκευή χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, ελάχιστης συντήρησης που πετυχαίνει το καλύτερο δυνατόν αποτέλεσμα.
- Κάθε φορά που οι φολίδες του πλαστικού βρίσκονται σε περιβάλλον που προκαλεί τριβή, απομακρύνεται ένα μέρος της βρωμιάς. Πολλές φορές περισσότερες από μια συσκευές είναι απαραίτητες για τον πλήρη καθαρισμό.



Διαχωρισμός 9/10



Σχήμα 19: Σύστημα Εκπλυσης



Διαχωρισμός 10/10

Πρόπλυση

- Η πρόπλυση του σκάρτου πλαστικού πρέπει να γίνεται όταν η ποσότητα ή και η ποσότητα της πρόσμιξης / ακαθαρσίας υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια.
- Είναι κάτι το απαραίτητο όταν έχει κανείς να κάνει με φιλμ θερμοκηπίων, φιλμ με μεγάλη ποσότητα χαρτιού, μπουκάλια PET και HDPE (εξαιτίας των ετικετών και της κόλλας).
- Γλυτώνει τις λεπίδες του κοκκοποιητή και του θρυμματιστή από τη φθορά αλλά από την άλλη μεριά αυξάνει την πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί υγρός κοκκοποιητής και κάποιες φορές αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα.
- Δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος και πολλοί παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη.



Ξήρανση 1/7

Ξέπλυμα-Ξήρανση φολίδων πλαστικού (Rinse-drying)

- Η κύρια εφαρμογή αφορά τη αφαίρεση φολίδων από ένα υγρό περιβάλλον, την απομάκρυνση των επιφανειακών υλικών με προσθήκη καθαρού νερού και την απομάκρυνση του νερού στη συνέχεια πριν την αφαίρεση του πλαστικού.
- Μετά την μηχανή έκπλυσης και ανάλογα με το πλαστικό υλικό που έχει πλυθεί, μπορεί να υπάρχουν ίχνη βρωμιάς που απομακρύνονται εύκολα από αυτή την μηχανή.

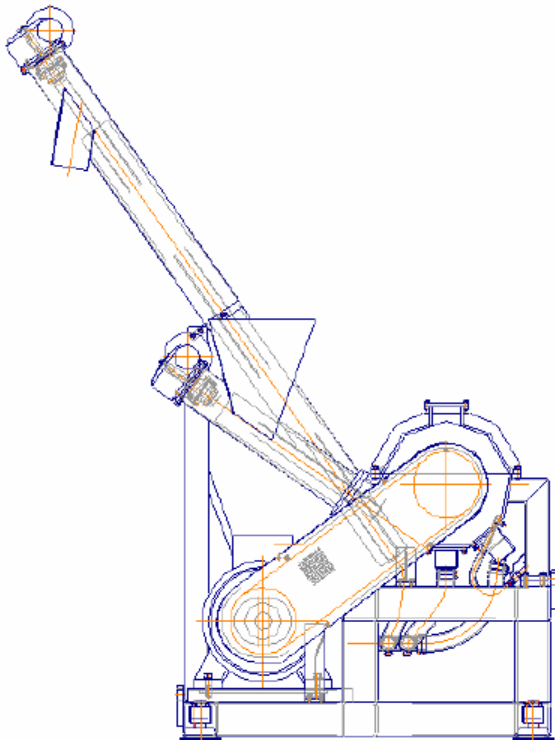


Ξήρανση 2/7

- Αν οι φολίδες πλαστικού προέρχονται από δοχείο όπου υπάρχουν και χημικά η μηχανή ξεπλύματος τα απομακρύνει εντελώς και οι φολίδες είναι έτοιμες για το τελικό ξέπλυμα και την ξήρανση. Αν προηγείται κοκκοποιητής τότε απομακρύνεται μεγάλη ποσότητα ακαθαρσιών.



Ξήρανση 3/7



Σχήμα 20: Τυπικός ξηραντήρας με ταινία μεταφοράς



Σχήμα 21: Τυπικοί ξηραντήρες (hydro-extractors) για ανακυκλωμένα πλαστικά



Ξήρανση 4/7

Μηχανικός Φυγοκεντρικός Ξηραντήρας

- Η ξήρανση ενδέχεται να παίξει σημαντικό ρόλο σε μια μονάδα ανακύκλωσης. Η ποιότητα και η ταχύτητα της ξήρανσης εξαρτάται από το πάχος των φολίδων του πλαστικού. Αν τα κομμάτια έχουν το μέγεθος μερικών χιλιοστών τότε μπορεί να είναι μεγάλο πρόβλημα.
- Πέντε τύποι ξηραντικών συσκευών που κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά:
- Φυγοκεντρικοί ξηραντήρες (Centrifugal dryers)
- Πρέσες συμπίεσης (Squeezing presses)



Ξήρανση 5/7

- Συστήματα θερμού αέρα (Hot air systems)
- Περιστρεφόμενες σχάρες με κυκλοφορία θερμού αέρα (Rotating screens with hot air crossing)
- Συσσωματοποιητές (Agglomerators)
- Επιπλέον υπάρχουν και μερικά συστήματα που σπάνια χρησιμοποιούνται
- Ρευστοστερεές κλίνες (Fluidizing beds)
- Φούρνοι μικροκυμάτων συνεχούς λειτουργίας (Microwave continuous ovens)
- Φούρνοι υπερύθρου φωτός συνεχούς λειτουργίας (Infrared lights continuous ovens)

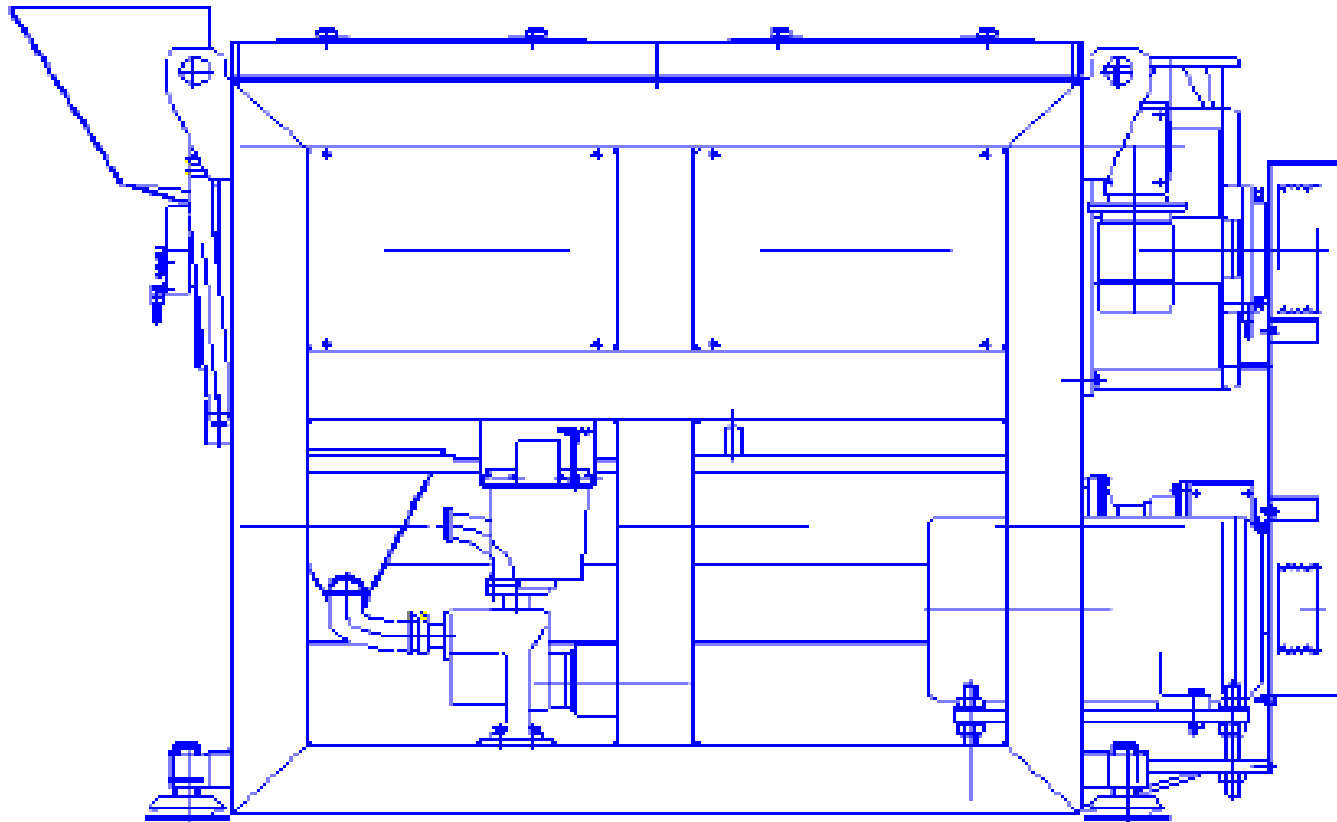


Ξήρανση 6/7

- Σε όλες τις συσκευές το πρώτο βήμα είναι η αφαίρεση του περισσότερου νερού όταν οι φολίδες (κομμάτια) πλαστικού εξέρχονται από της δεξαμενή επίπλευσης ή κάποια παρόμοια γραμμή που έχει ποσοστό νερού πάνω από 50 %.
 - Γι' αυτό το σκοπό υπάρχουν δύο συσκευές:
 - Οι φυγοκεντρικοί ξηραντήρες και
 - οι πρέσες συμπίεσης.
- Συνήθως προτιμάται η χρήση φυγοκεντρικού ξηραντήρα γιατί οι πρέσες μπορεί να είναι πολύ ακριβές λόγω της ενέργειας που απαιτούν και του σχετικά υψηλότερο τα κόστους συντήρησης. Επιπλέον καμιά φορά λιώνουν το υλικό κάτι που σημαίνει ότι χρειάζεται.



Ξήρανση 7/7



Σχήμα 22: Τυπικός Ξηραντήρας



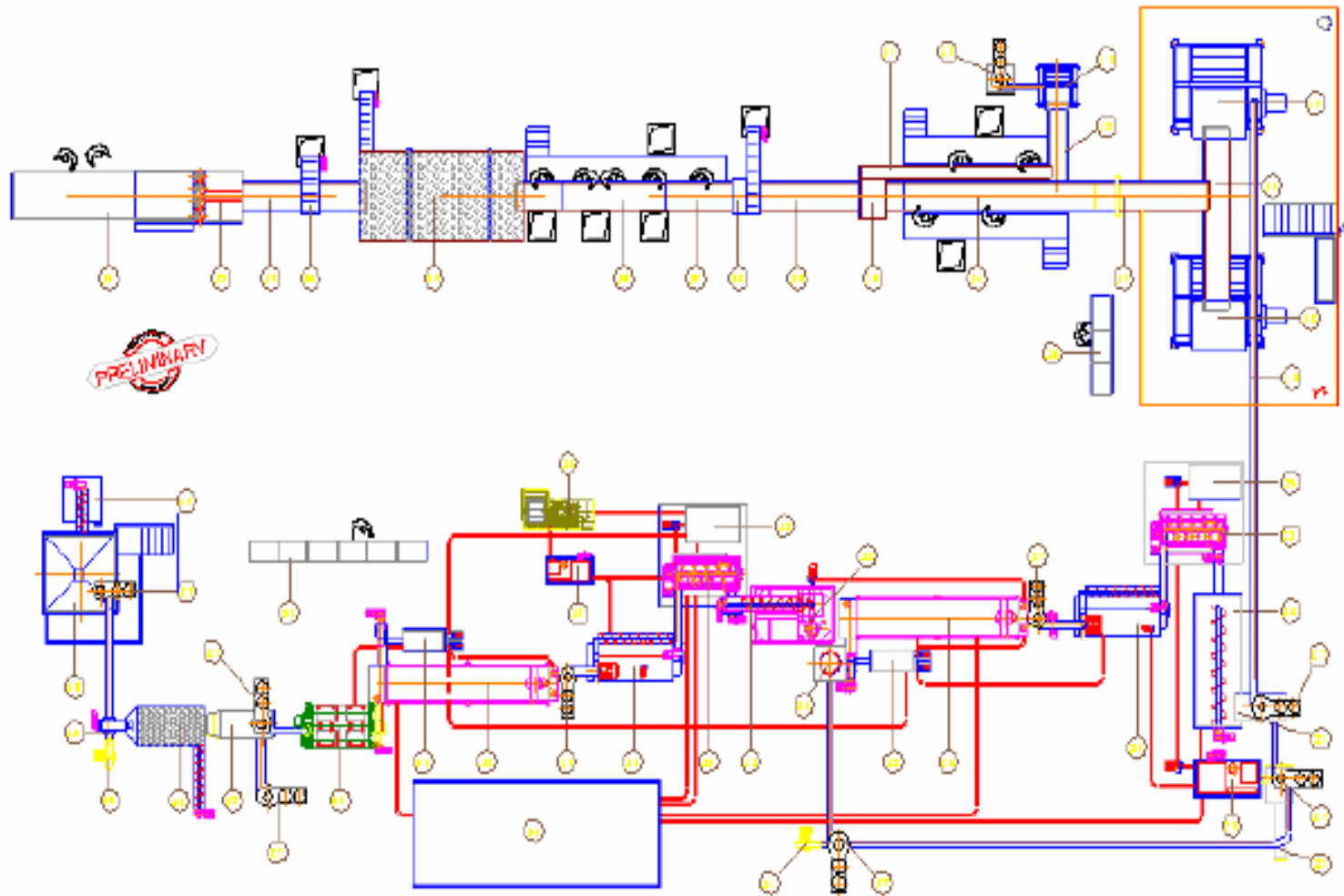
Φίλτρα και Πρέσες

Ταξινόμηση

- Οι αρχές του συστήματος στηρίζονται στο διαχωρισμό του υλικού με βάση το μέγεθος με τη χρήση ενός ή περισσότερων κόσκινων ή σχαρών.
- Υπάρχουν πολλές μεταβλητές και θα πρέπει η κάθε σχάρα να είναι διαφορετικής διαμέτρου οπών, και με χρήση κατάλληλου ρεύματος θερμού αέρα μπορεί οι φολίδες να πάνε στη μία ή την άλλη κατεύθυνση.
- Οι ταξινομητές μπορεί να είναι είτε επίπεδοι είτε επικλινείς ή κυκλικοί και οι επιλογή εξαρτάται από το υλικό που πρόκειται να ταξινομηθεί.



Πλήρης Διάταξη Ανακύκλωσης





Δοσομέτρηση 1/2

- Μετά από όλα τα προηγούμενα στάδια (ταξινόμηση, θρυμματισμός, κοκκοποίηση κ.λ.π) όταν το υλικό είναι σε μορφή φολίδων, για την επίτευξη καλύτερου αποτελέσματος στο στάδιο έκπλυσης θα πρέπει το υλικό να τροφοδοτείται με σταθερή παροχή.
- Έτσι ανάμεσα στα μηχανήματα προπαρασκευής και τη γραμμή έκπλυσης πρέπει να υπάρχει ένα ενδιάμεσο στάδιο.



Δοσομέτρηση 2/2

- Μπορεί να είναι σιλό ή κάπιοιο δοχείο όπου οι φολίδες αποθηκεύονται για λίγο πριν μεταφερθούν με μεταφορική ταινία (screw conveyor) στη γραμμή έκπλυσης.
- Παράμετροι είναι η τροφοδοσία (Kg/hour), τα ελάχιστα και μέγιστα RPM της μεταφορικής ταινίας, η πυκνότητα των φολίδων.



Σιλό Ανάμιξης 1/2

- Σε περιπτώσεις όπου η πηγή πλαστικών προς ανακύκλωση δεν είναι μια και σταθερή, η χρήση σιλό ανάμιξης είναι επιβεβλημένη ειδικά σε περιπτώσεις όπου το υλικό είναι σε μορφή πελλέτας. Για παράδειγμα μετά την πλύση φιλμ και ανάμικτων πλαστικών, το υλικό αποτελείται από καθαρό μεν υλικό αλλά διαφορετικών χρωμάτων και ιδιοτήτων (Melt Flow Index).



Σιλό Ανάμιξης 2/2

- Έτσι το τελικό προϊόν άλλοτε θα είναι σκληρό άλλοτε μαλακό κατά το στάδιο της πελλετοποίησης.
- Η ανάμιξη πριν τον εκβολέα (extruder) εξασφαλίζει ροή σταθερής ποιότητας.
- Για λόγους αντοχής πρέπει να είναι φτιαγμένο από σκληρό ανθεκτικό υλικό και όσο πιο μεγάλο γίνεται.



Συσσωματοποίηση (Agglomerators Densifiers)

- Οι συσσωματοποιητές που επίσης καλούνται πυκνοποιητές είναι μηχανές που μετατρέπουν χαλαρά ασυμπίεστα υλικά σε κομμάτια μεγαλύτερης φαινόμενης πυκνότητας για την καλύτερη τροφοδοσία του εκβολέα ή για την έκχυση με πίεση.
- Επίσης χρησιμοποιούνται και ως στάδιο απομάκρυνσης της υγρασίας.
- Υπάρχουν δύο είδη:
 - Συσσωματοποιητές ασυνεχούς λειτουργίας (Batch Type Agglomerator) και
 - συσσωματοποιητές συνεχούς λειτουργίας (Continuous Type Agglomerator).
 - Ο δεύτερος τύπος χρησιμοποιείται και ως στάδιο τροφοδοσίας του εκβολέα και δεν χρειάζεται χειριστή.



Τυπικοί Πελλετοποιητές



Σχήμα 24: Τυπικοί πελλετοποιητές κατάλληλοι για ανακυκλωμένα πλαστικά



Συσσωματοποιητές Ασυνεχούς Λειτουργίας 1/2

Batch densifier (Agglomerator)

- Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για πολλά χρόνια με πολλά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.
- Μπορεί να είναι θορυβώδης, να καταναλώνει πολύ ενέργεια, να προκαλεί δονήσεις και σκουπίδια
- Ακόμη και αν το υλικό περιέχει υγρασία ο συσσωματοποιητής ασυνεχούς λειτουργίας θα παράγει ξηρό υλικό μεγάλης φαινόμενης πυκνότητας.



Συσσωματοποιητές Ασυνεχούς Λειτουργίας 2/2

- Αν το υλικό είναι μίγμα πλαστικών διαφορετικού MFI θα αναμιχθούν σε πελλέτες σταθερής ποιότητας και χαρακτηριστικών.
- Επίσης το μέγεθος των υλικών τροφοδοσίας δεν επηρεάζει τη λειτουργία.



Τυπικός Συσσωματοποιητής Ασυνεχούς Λειτουργίας



Σχήμα 25: Τυπικός συσσωματοποιητής ασυνεχούς λειτουργίας κατάλληλος για ανακυκλωμένα πλαστικά



Σχήμα 26: Τυπικός densifier κατάλληλος για ανακυκλωμένα πλαστικά



Συσσωματοποιητές Συνεχούς Λειτουργίας 1/2

(Continuous Type Agglomerator).

- Στην περίπτωση ανακύκλωση μετακαταναλωτικών πλαστικών και ειδικά λεπτών φιλμ και ρολών LLDPE-LDPE-HDPE και υλικών συσκευασίας χαμηλού ειδικού βάρους είναι επιβεβλημένο να αυξηθεί η πυκνότητα του υλικού για την περαιτέρω επεξεργασία του υλικού στον εκβολέα.

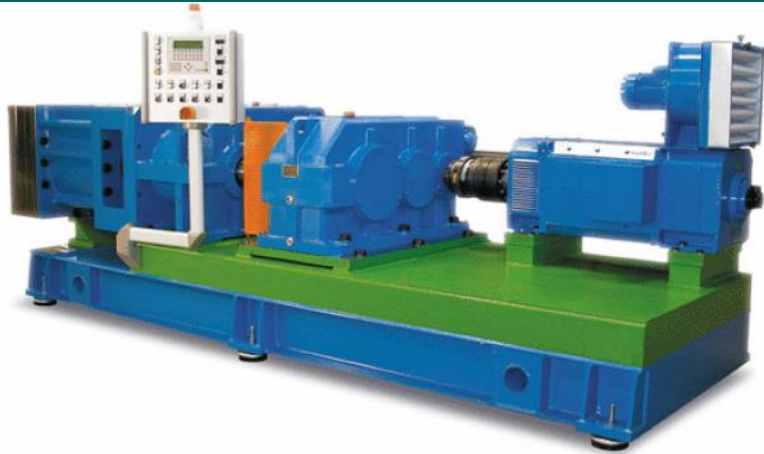


Συσσωματοποιητές Συνεχούς Λειτουργίας 2/2

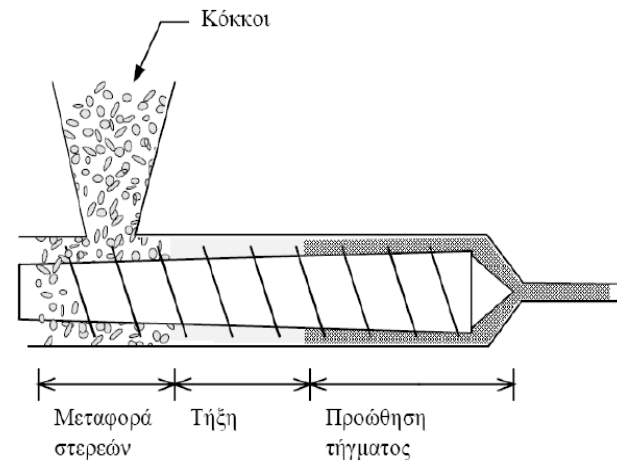
- Οι συσσωματοποιητές συνεχούς λειτουργίας έχουν μειωμένη δυναμικότητα όταν το φιλμ έχει μικρό πάχος και είναι αυξημένη η υγρασία στην επιφάνεια.
- *Χαρακτηριστικά της συσκευής:*
 - Αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας από 20 kg/m^3 σε 400 kg/m^3
 - Ελάττωση της υγρασίας του πλαστικού
 - Απαιτείται προσοχή στις διαστάσεις για να μην πέφτουν (σε μορφή σκόνης) κομμάτια πλαστικού στο έδαφος.
 - Μικρή κατανάλωση ενέργειας και λίγα εργατικά.



Τυπικός Συσσωματοποιητής Συνεχούς Λειτουργίας



Σχήμα 27: Τυπικός συσσωματοποιητής συνεχούς λειτουργίας κατάλληλος για ανακυκλωμένα πλαστικά



Σχήμα 28: Λειτουργία Εκβολέα



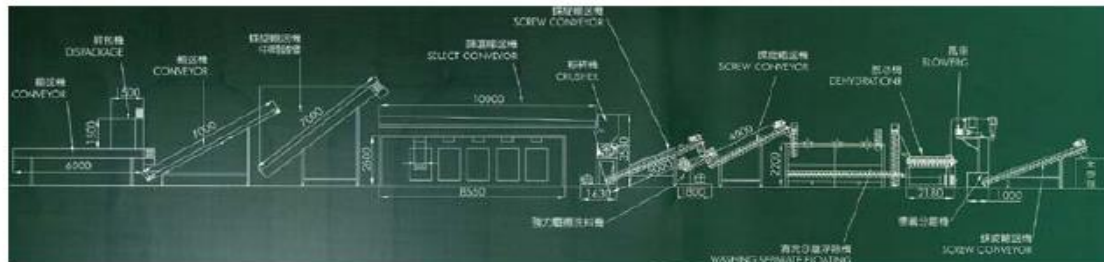
Σχήμα 29: Τυπικοί εκβολείς κατάλληλοι για ανακυκλωμένα πλαστικά



Σχήμα 30: Τυπική συσκευή παρασκευής φιλμ (σακούλες) κατάλληλοι για ανακυκλωμένα πλαστικά



Παραδείγματα Μονάδων 1/3



Σχήμα 31: Μονάδα ανακύκλωσης PET



Παραδείγματα Μονάδων 2/3



Σχήμα 32: Καθετοποιημένη μηχανή ανακύκλωσης μικρού μεγέθους



Παραδείγματα Μονάδων 3/3



Σχήμα 33: Μηχανή κοκκοποίησης PET



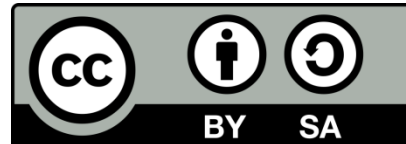
Βιβλιογραφία

- Α. Καναβούρας. Συσκευασία Προϊόντων κατά την Μεταφορά και Αποθήκευση τους. Αθήνα, Εκδ. Παπαζήση, 2009.
- Ν. Γ. Καρακασίδης. Κυτιοποιΐα. Αθήνα, Εκδ. Ίων
- Ν. Γ. Καρακασίδης. Σχεδιασμός συσκευασίας. Αθήνα, Ενδ. Ίων,
- Σ. Ε. Παπαδάκης. Συσκευασία τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Τζιόλα.



Άδειες Χρήσης

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





Χρηματοδότηση

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





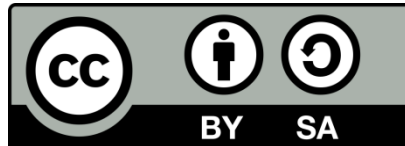
Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αντώνιος Καναβούρας, «Συσκευασία Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://oceclass.aua.gr/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

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

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.