



# Επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων

**Ενότητα 9:** Καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας – Στοιχεία κόστους μονάδων θερμικής επεξεργασίας.

Μουσιόπουλος Νικόλαος  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

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



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο 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.





# Καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας – Στοιχεία κόστους μονάδων θερμικής επεξεργασίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα ενότητας

- Καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.
- Στοιχεία κόστους μονάδων θερμικής επεξεργασίας.



# Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση των καινοτόμων θερμικών μεθόδων επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων.
- Στοιχεία κόστους θερμικής επεξεργασίας.



# Καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας

- Πυρόλυση.
- Εξαερίωση.
- Θερμόλυση.
- Μέθοδος Siemens.
- Μέθοδος Thermoselect.
- Μέθοδος Noell.
- Μέθοδος EDDITH.
- Μέθοδος Von Roll.
- Μέθοδος TPS.
- Μέθοδος ΝΚΚ.
- Μέθοδος ΡΚΑ.
- Μέθοδος ΡΙΤ.
- Μέθοδος Nexus.
- Μέθοδος Andco Torrax.
- Μέθοδος WGT.



# Οι καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας...

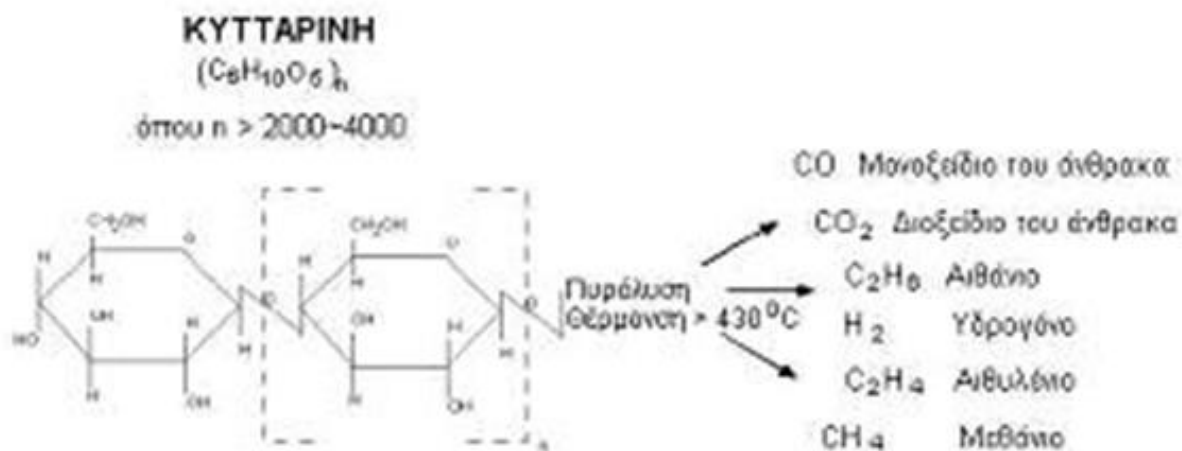
- Συνδυάζουν την καύση, την πυρόλυση και την εξαερίωση.
- Έχουν τα παρακάτω οφέλη:
  - Οικολογικά (ελάχιστες εκπομπές αερίων ρύπων και μικρές ποσότητες τηγμένης σκωρίας μέσω διαχωρισμού πλύσης).
  - Ενεργειακά (εξοικονόμηση και ενεργειακή απεξάρτηση).
  - Οικονομικά (φθηνότερη κατασκευή).





# Πυρόλυση: Διάσπαση κυτταρίνης σε αέρια προϊόντα

- Επεξεργασία που προκαλεί χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών μέσω της θέρμανσής τους με απουσία οξυγόνου.



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,

19/06/2015.

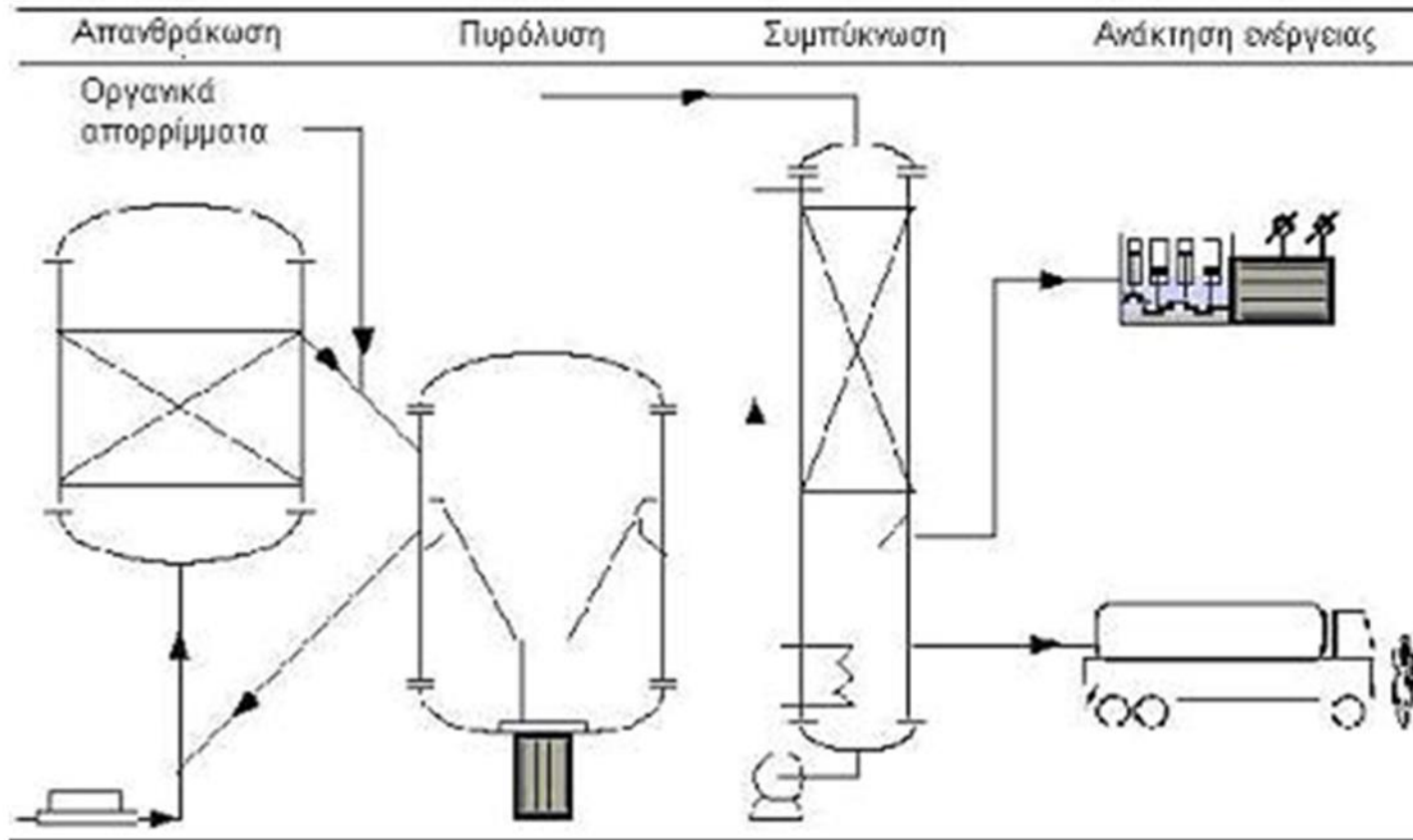


# Οι 7 φάσεις της πυρόλυσης

- Ξήρανση (100-200 °C).
- Οξείδωση και αποθείωση στους 200 °C, όπου και πραγματοποιείται διάσπαση του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα.
- Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων (μεθάνιο) στους 340 °C.
- Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα με οξυγόνο και άζωτο αντίστοιχα στους 400 °C.
- Μετατροπή πισσασφαλτούχων σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400-600 °C).
- Διάσπαση πισσασφαλτούχων (600 °C).
- Δημιουργία αρωματικών ενώσεων και αφυδρογόνωση βουταδιενίου (πάνω από 600 °C).



# Διαδικασία πυρόλυσης



Πηγή:

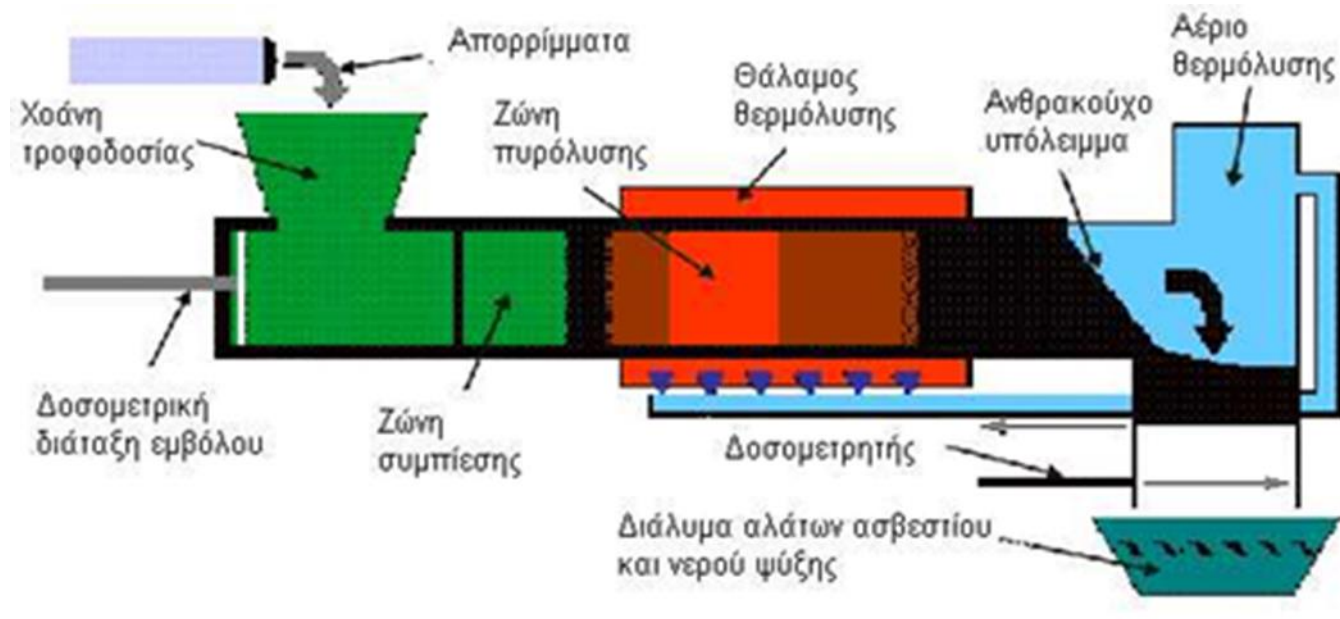
<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.

# Εξαερίωση

- Βιομηχανική μέθοδος με την οποία παράγονται προϊόντα φιλικά με το περιβάλλον.
- Οι χρησιμοποιούμενες δευτερογενείς πρώτες ύλες χαρακτηρίζονται ενίοτε ως «επικίνδυνα απόβλητα».
- Περιλαμβάνει την ατελή καύση ανθρακούχων καυσίμων και τη δημιουργία αερίου καυσίμου, πλούσιου σε μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες.
- Κατά την καύση του αερίου παράγονται μικρές ποσότητες  $H_2S$ .
- Το αέριο σύνθεσης παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη 4 έως 11  $MJ/m^3$  και για την ανάκτηση ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται αεριοστρόβιλος με ειδικούς θαλάμους καύσης (σιλό).



# Θερμόλυση

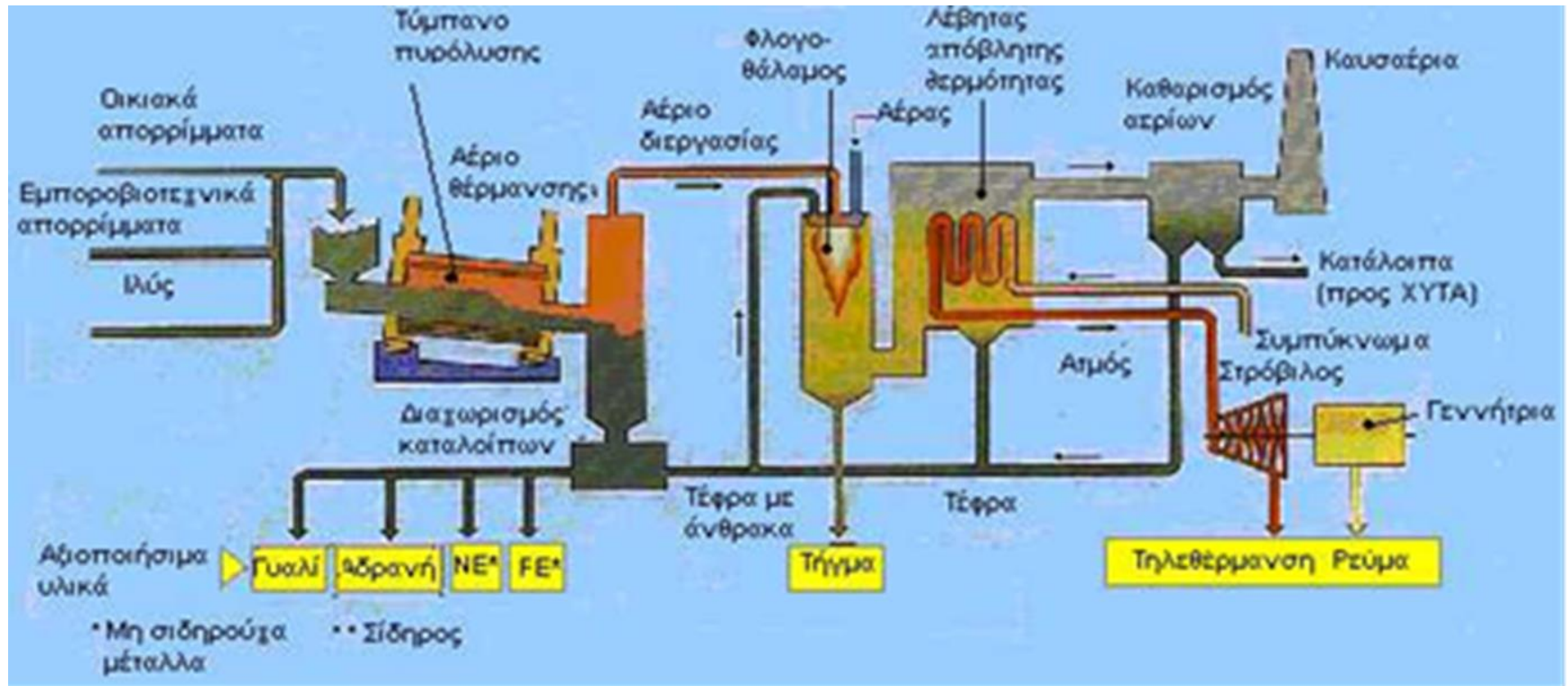


Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Μέθοδος Siemens

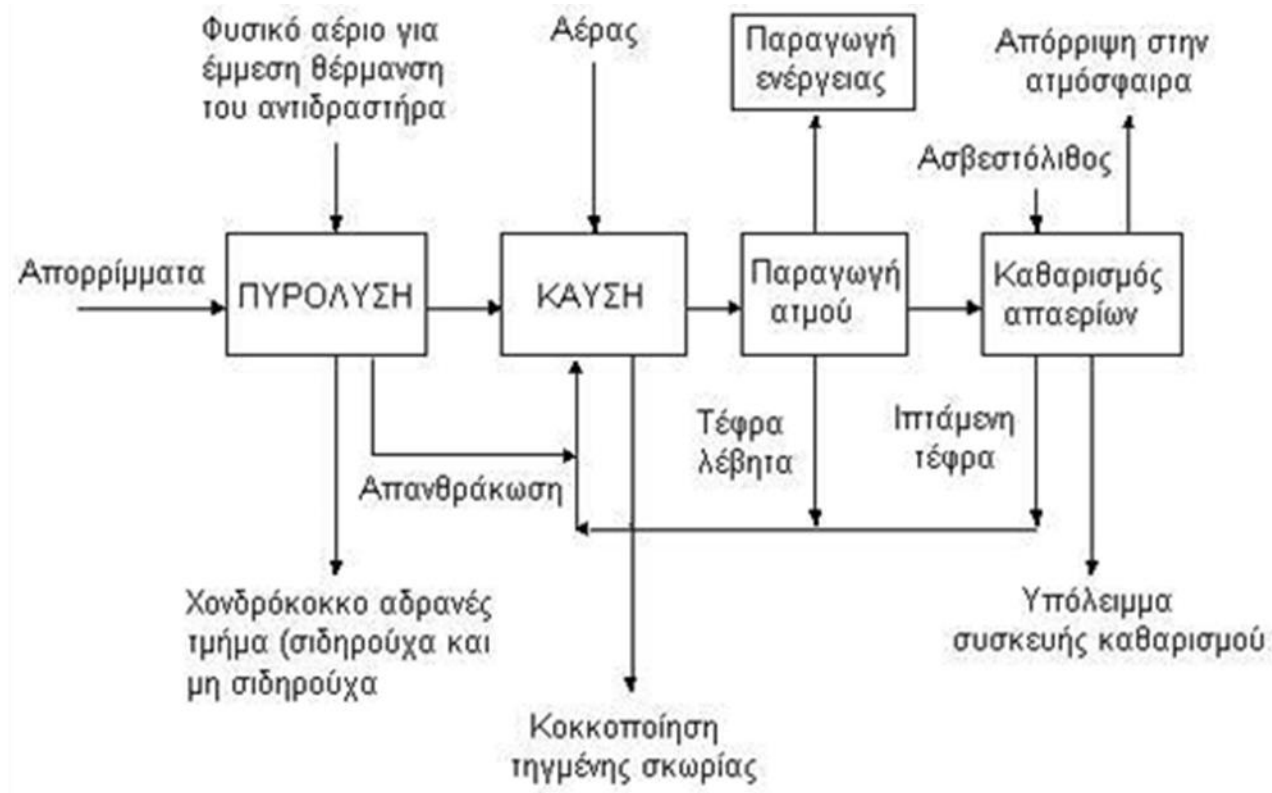


Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Διάγραμμα ροής μεθόδου Siemens



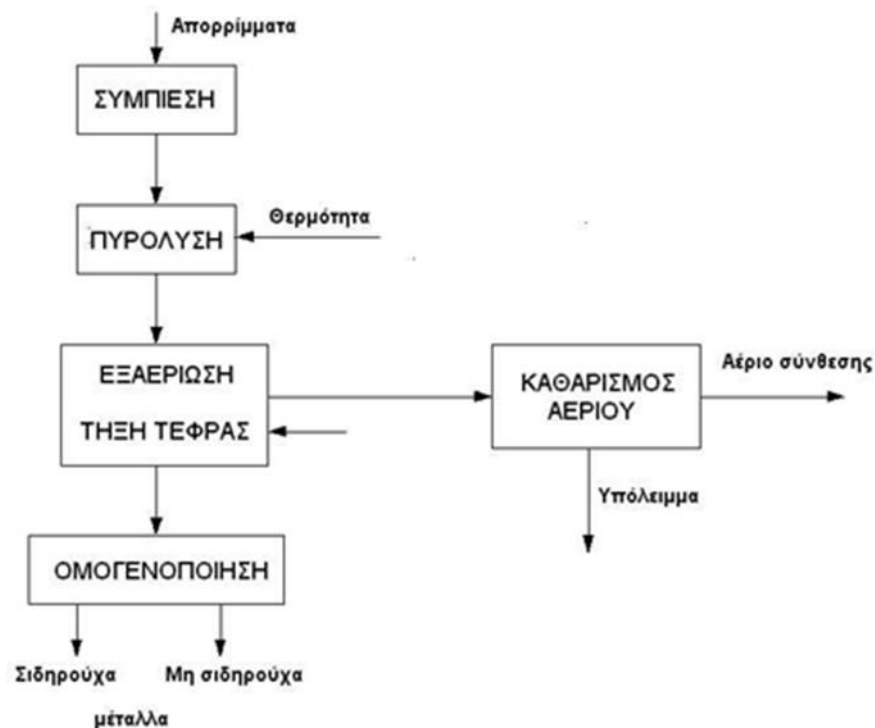
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.





# Μέθοδος Thermoselect – Διάγραμμα ροής



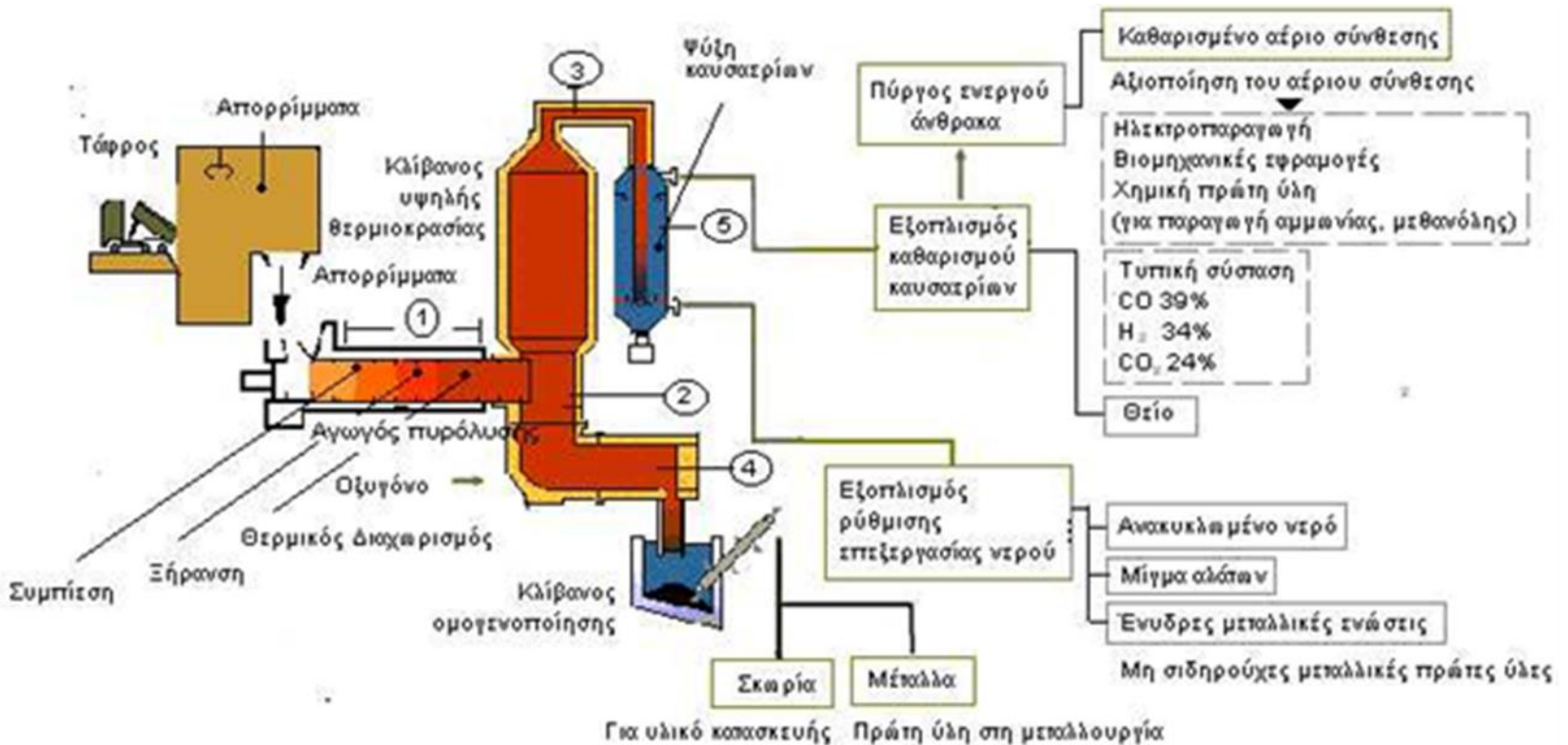
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.





# Μονάδα Thermoselect



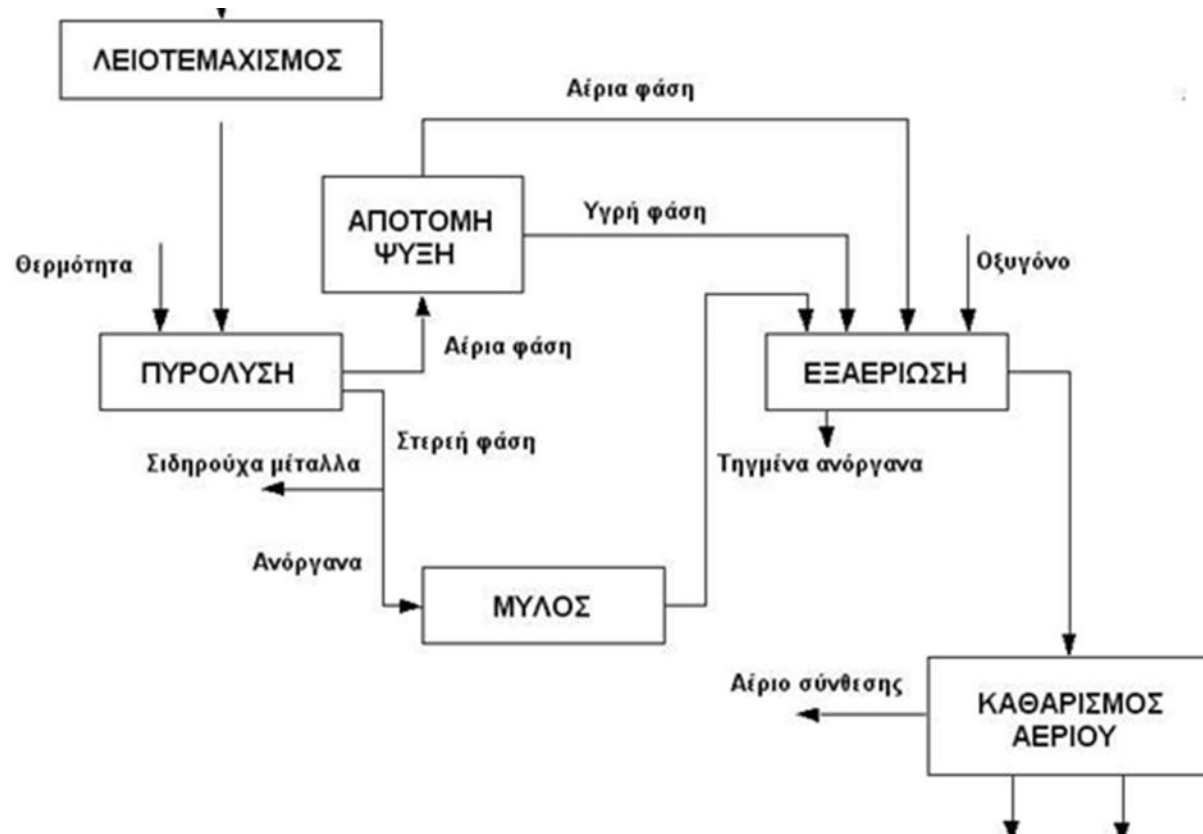
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>

19/06/2015.



# Μέθοδος Noell – Διάγραμμα ροής



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Μέθοδος EDDITh – Διάγραμμα ροής



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Μέθοδος Von Roll – Τεχνολογίες διαχείρισης



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>

19/06/2015.



# Μέθοδος Von Roll

- Διεργασία RCP (αξιοποίηση σκωρίας από τσιμεντοβιομηχανία).
- Εγκατάσταση WTI (καύση με περιστρεφόμενο κυλινδρικό κλίβανο).

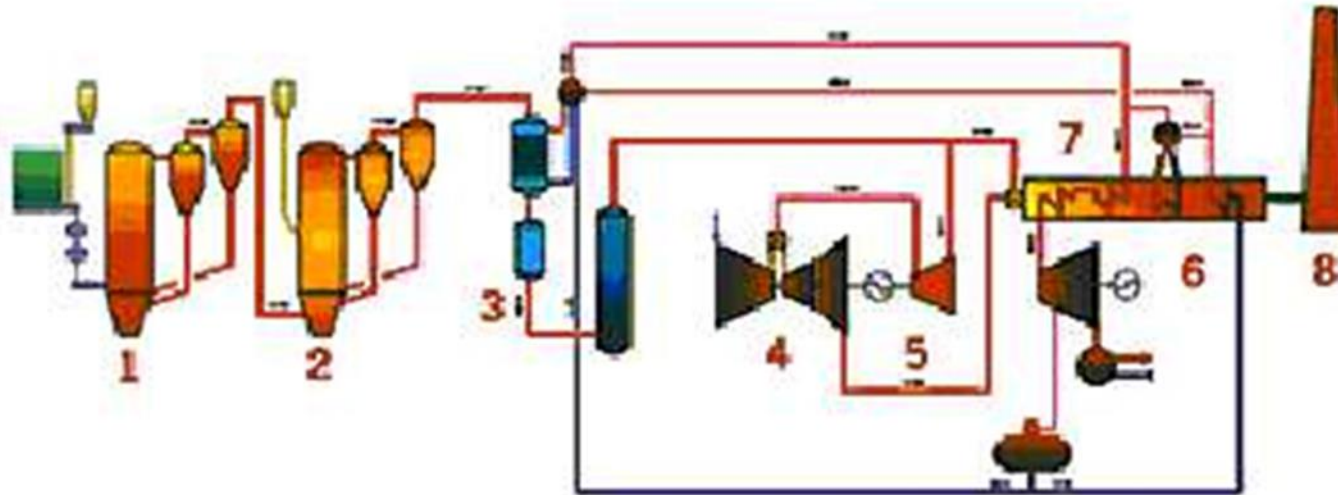


Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Μέθοδος TPS – Η διαδικασία απαερίωσης



- 1 Εξαεριωτής
- 2 Εξαεριωτής πίσσας
- 3 Ψύκτης, φίλτρο, πλυντηρίδα
- 4 Αεριοστρόβιλος - Γεωήτρια

- 5 Αεριοσυμπιεστής
- 6 Ατμοστρόβιλος
- 7 Ατμός ανάκτησης θερμότητας
- 8 Καπνοδόχος

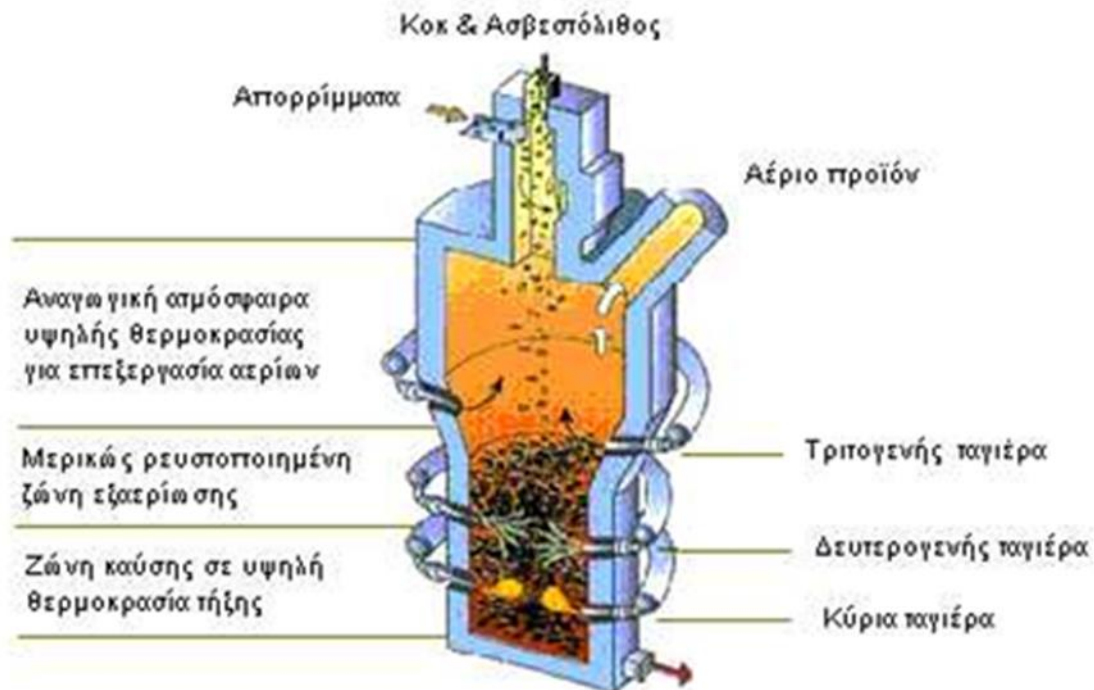
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.





# Μέθοδος ΝΚΚ – Σχηματική παράσταση



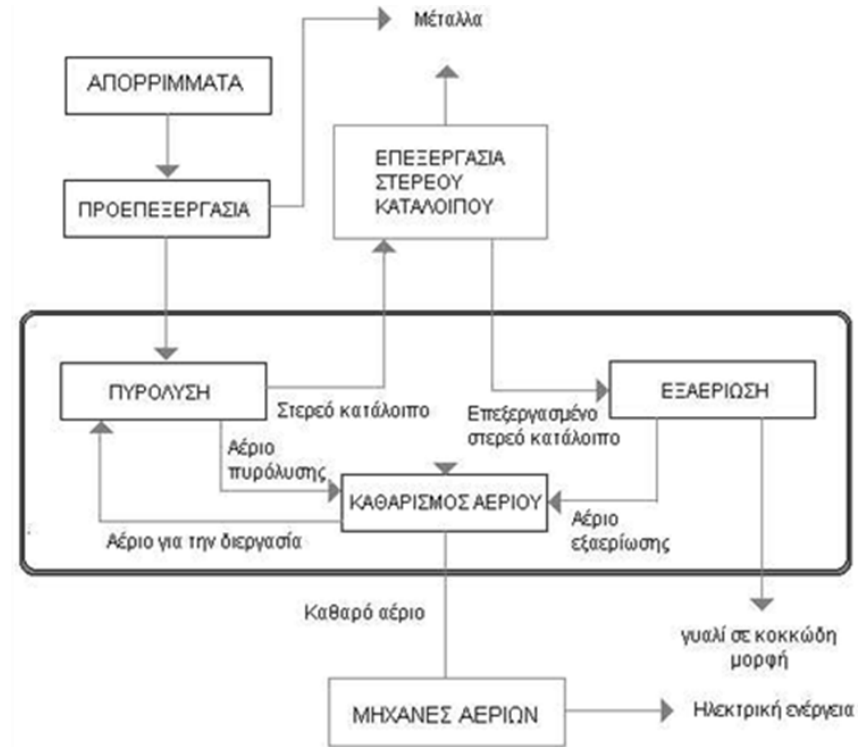
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.



# Μέθοδος ΡΚΑ

- Χρησιμοποιημένα λάστιχα.
- Απόβλητα τεμαχισμού αυτοκινήτων.
- Υλικά συσκευασίας.
- Επικίνδυνα απόβλητα.
- Οικιακά απόβλητα.
- Απόβλητα βιολογικού καθαρισμού.



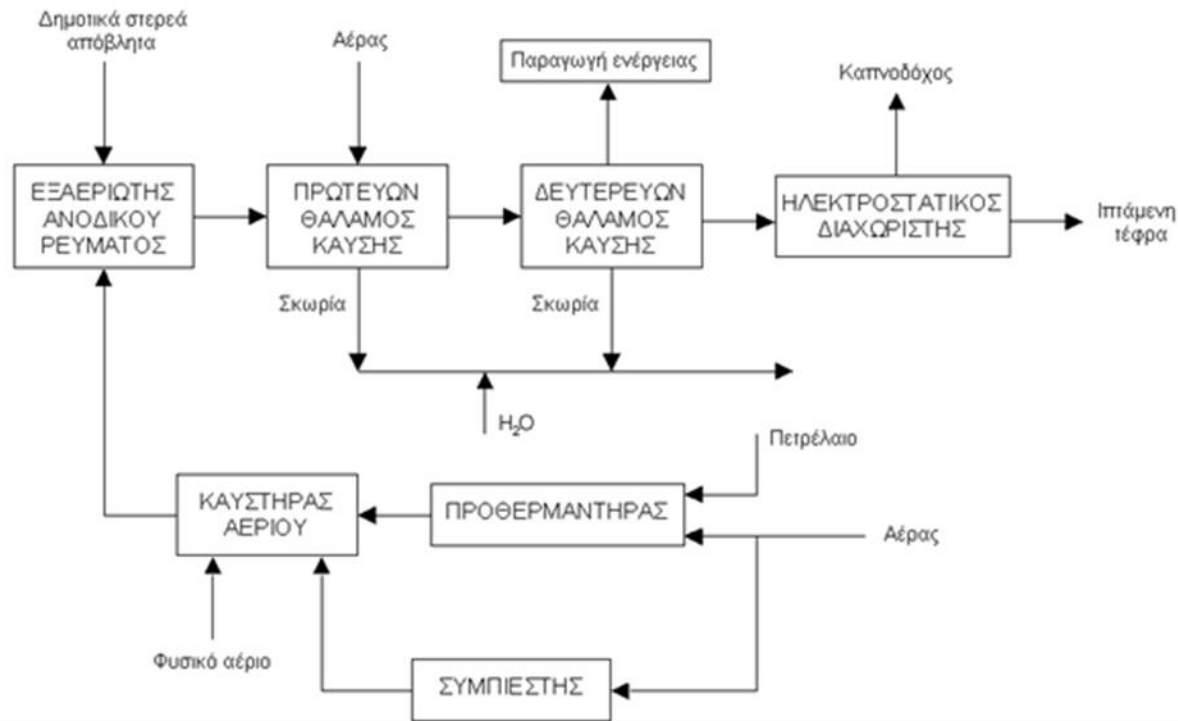
Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.





# Μέθοδος ΡΙΤ



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
19/06/2015.

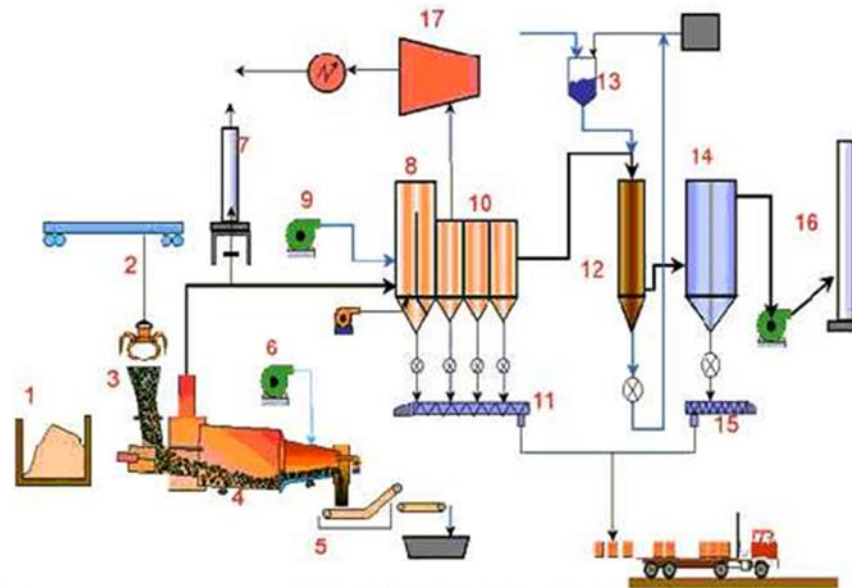


# Μέθοδος Nexus

- Τα αστικά στερεά απόβλητα προεπεξεργάζονται για να ομοιογενοποιηθούν και στη συνέχεια εισέρχονται στο θάλαμο θερμόλυσης όπου θερμαίνονται στους 100 °C σε συνθήκες υποπίεσης.
- Το οργανικό κλάσμα μετατρέπεται σε ανθρακούχο υπόλειμμα πυρόλυσης, αέριο καύσης και υγρούς υδρογονάνθρακες.
- Ακολουθεί η ζώνη ξήρανσης και πυρόλυσης (650 °C, 700 mbar) και τέλος η ψύξη του στερεού υπολείμματος.



# Μέθοδος Andco Torrax – Διάγραμμα ροής



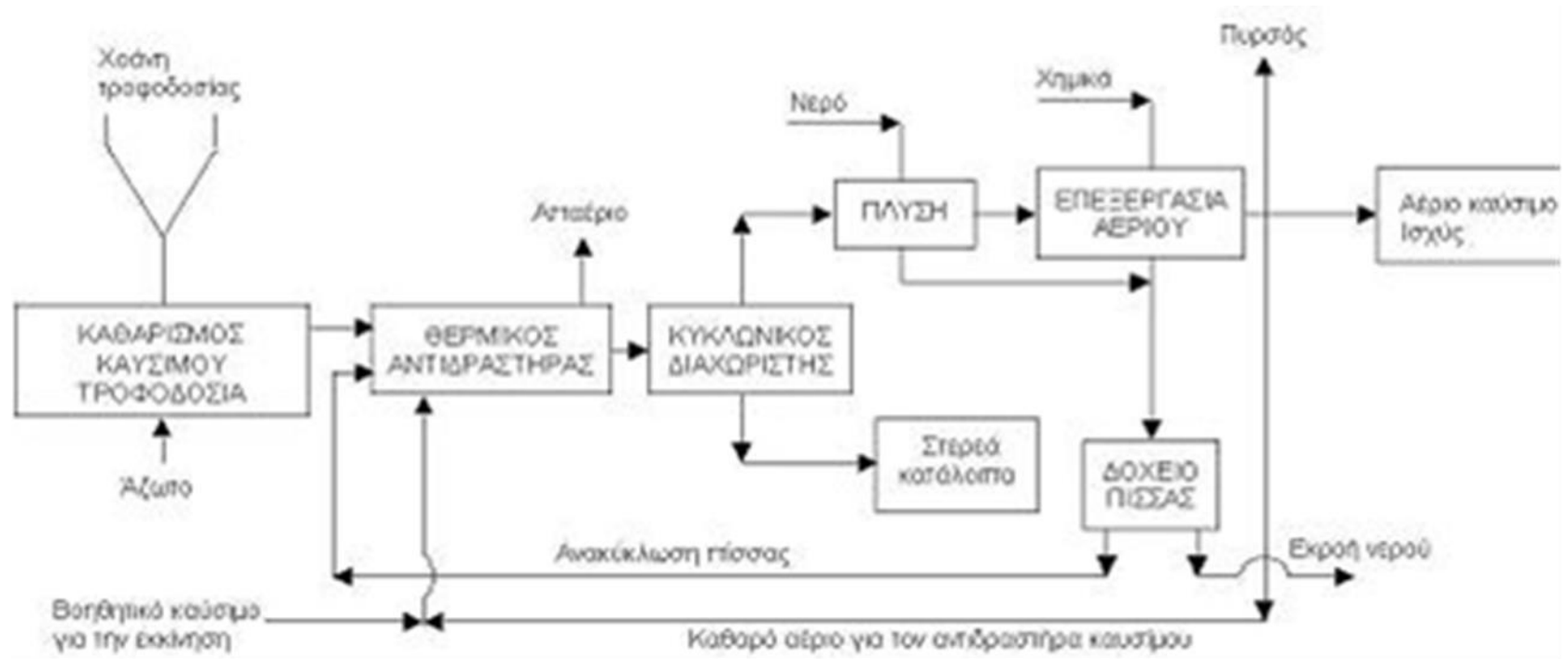
- |   |                               |    |   |
|---|-------------------------------|----|---|
| 1 | Τάβρος                        | 10 | Λέβητας απόβλητης θερμότητας                          |
| 2 | Γερανογέφυρα με αρπάγη        | 11 | Συλλογή ιπτάμενης τέφρας                              |
| 3 | Φρέατο τροφοδοσίας            | 12 | Αντιδραστήρας καθαρισμού καυσαερίων                   |
| 4 | Συσκευή πυρόλυσης             | 13 | Προετοιμασία πρόσθετων ουδετεροποίησης                |
| 5 | Ανακυκλώσιμα στερεά κατάλοιπα | 14 | Σακκόφιλο   |
| 6 | Ανεμιστήρας αέρα διεργασίας   | 15 | Συλλογή υπολειμμάτων απο τον καθαρισμό των καυσαερίων |
| 7 | Καπνοδόχος ανάγκης            | 16 | Καπνοδόχος  |
| 8 | Θάλαμος μετάκαυσης            | 17 | Ατμοστρόβιλος   |
| 9 | Ανεμιστήρας αέρα καύσης       |    |   |

Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>  
18/06/2015.



# Μέθοδος WGT – Διάγραμμα ροής



Πηγή:

<http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf>,  
18/06/2015.



# Στοιχεία κόστους θερμικής επεξεργασίας

- Το κόστος επεξεργασίας αποτελείται από το κόστος επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης. Το κόστος αυτό επηρεάζεται από στοιχεία όπως:
  - Το εύρος της δυναμικότητας της εγκατάστασης.
  - Οικονομικές παραμέτρους.
  - Το βαθμό απόδοσης της μεθόδου.
  - Τις μεθόδους των συστημάτων ελέγχου της υγρής και της αέριας ρύπανσης.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
  - Σχήματα και Πίνακες:
    - [http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MEN\\_G320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf](http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MEN_G320/Σημειώσεις%20μαθήματος/5%20ΘΕΡΜΙΚΗ%20ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.pdf), 19/06/2015.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Μουσιόπουλος Νικόλαος. «Επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων. Καινοτόμες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας – Στοιχεία κόστους μονάδων θερμικής επεξεργασίας». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS392/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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







# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Περκουλίδης Γιώργος  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014-2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



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

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# 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.

