



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών  
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

# Χημική & Περιβαλλοντική Τεχνολογία

**4<sup>η</sup> εργαστηριακή δραστηριότητα:  
Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας,  
πτητικής ύλης και θερμογόνου δύναμης**

**Νικόλαος Γ. Σαββάκης**

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΕΛΜΕΠΑ

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

# Θεωρητικό υπόβαθρο και βασικοί όροι

- **Η υγρασία** είναι ένα χαρακτηριστικό κατ' εξοχή καθοριστικό για την καταλληλότητα των ΑΣΑ για καύση και παραγωγή ατμού ή/και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς το νερό πρέπει να εξατμιστεί πριν προχωρήσει η θερμική επεξεργασία.
- **Η υγρασία** είναι επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό για την κομποστοποίηση και για τη συμπεριφορά των ΑΣΑ υπό τις αναερόβιες συνθήκες ενός ΧΥΤΑ.
- **Ξηρό βάρος (Ξ.Β.):** Το στερεό κλάσμα ενός στερεού αποβλήτου, ή άλλου υποστρώματος που παραμένει μετά την θέρμανση του δείγματος στους  $100 \pm 5$  °C, το οποίο αποτελείται από τα ανόργανα (ή σταθεροποιημένα) στερεά και τα εξαερώσιμα στερεά (ή πτητικά ή οργανικά στερεά).



# 1. Προετοιμασία δείγματος



- Το εργαστηριακό δείγμα αποτελείται από: ζυμώσιμα υλικά (τροφικά υπολείμματα), ΔΞΥΛ (δέρμα, ξύλο ύφασμα, λάστιχο), πλαστικά συσκευασίας και χαρτιά (χαρτί, χαρτόνι εκτός χαρτιών προσωπικής υγιεινής).
- Στο πεδίο έγινε η συλλογή των επιμέρους κλασμάτων, ενώ η προετοιμασία-παρασκευή των τεσσάρων δειγμάτων πραγματοποιείται στο εργαστήριο.
- Για τη συλλογή των ποσοτήτων απορριμμάτων από κάθε κλάσμα δεν χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός που ήταν πιθανό να αλληλοεπιδράσει με το δείγμα και να το αλλοιώσει.
- Για την παρασκευή του εργαστηριακού δείγματος χρησιμοποιείται ο απαραίτητος εξοπλισμός ασφαλείας (γάντια, μάσκες).
- Η μείωση του μεγέθους των υλικών λαμβάνει χώρα με μαχαίρια και ψαλίδια (εργασία με το χέρι), ώστε να μην επηρεαστεί το περιεχόμενο σε υγρασία των απορριμμάτων.

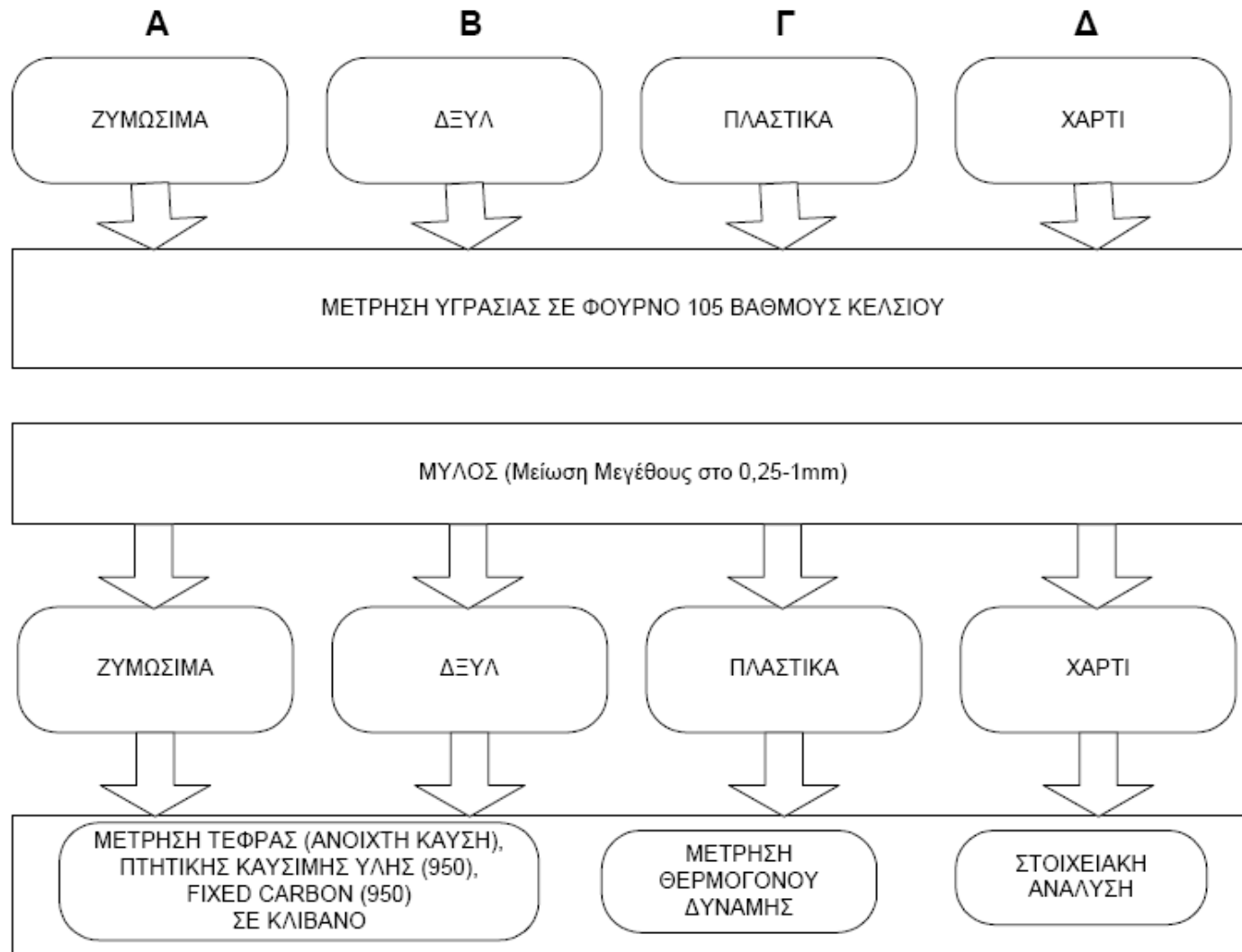




## 2. Εργαστηριακές αναλύσεις

- Οι εργαστηριακές αναλύσεις των ΑΣΑ πραγματοποιούνται στα κλάσματα του χαρτιού, του πλαστικού, των ζυμώσιμων και του ΔΞΥΛ και περιλαμβάνουν:
  - ❖ **Προσδιορισμό υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης:** δηλαδή μέτρηση του % περιεχομένου σε υγρασία, του % περιεχομένου σε τέφρα και του % περιεχομένου σε πτητική ύλη. Οι παραπάνω αναλύσεις γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα ASTM E790, E830 και E897.
  - ❖ **Στοιχειακή ανάλυση:** περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της % σύστασης σε άνθρακα (C), υδρογόνο (H) και άζωτο (N). Οι αναλύσεις γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα ASTM E777 και E778, αντίστοιχα για C, H και N.
  - ❖ **Θερμογόνος δύναμη:** η ανάλυση γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E955

# Διάγραμμα ροής εργαστηριακών αναλύσεων των ΑΣΑ



# 3. Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης

## 3.1 Υπολογισμός υγρασίας

- Αρχικά τα δείγματα ζυγίζονται σε ζυγό, με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων και κατώτερη τιμή μέτρησης την 0,0001gr.
- Μετά την ζύγιση τα δείγματα τοποθετούνται στον φούρνο για 24 ώρες στους  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ .
- Στη συνέχεια φυλάσσονται στον ξηραντήρα, δηλαδή σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας, έτσι ώστε να αποκτήσουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου. Μετά την ξήρανση τα δείγματα ζυγίζονται ξανά.
- Η υγρασία υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Υγρασια \%} = \left[ \frac{W_{in} - W_{fin}}{W_{in}} \right] * 100$$

Όπου  $W_{in}$ : το αρχικό βάρος του δείγματος σε g

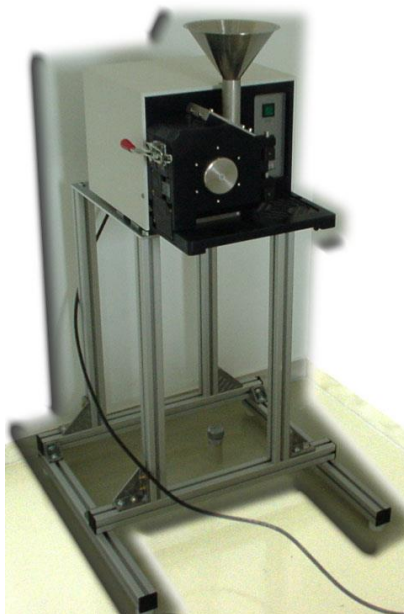
$W_{fin}$ : το τελικό βάρος του δείγματος μετά την ξήρανση σε g



# 3. Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης

## 3.2 Προσδιορισμός τέφρας

- Μετα τον υπολογισμό της υγρασίας των δειγμάτων, τα ξηρά πλέον δείγματα αλέθονται στον εργαστηριακό μαχαιρόμυλο και κονιορτοποιούνται.

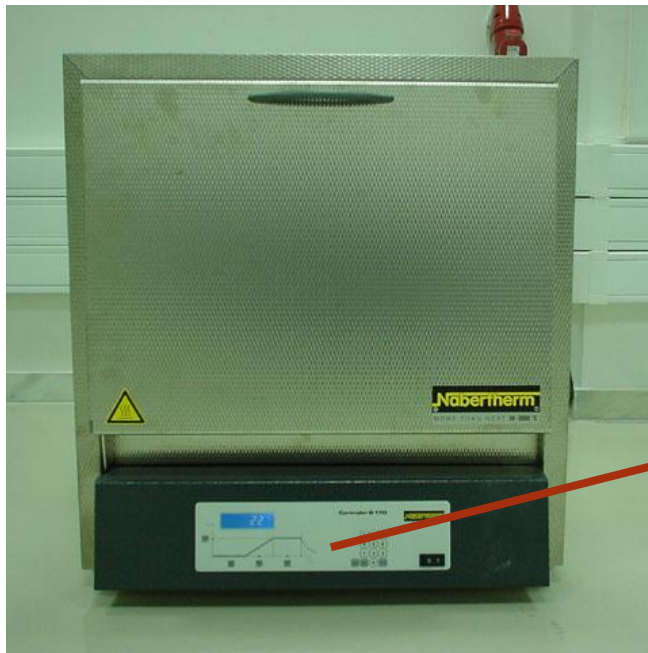


εργαστηριακά δείγματα  
(Ζυμώσιμα, ΔΞΥΛ, Πλαστικά,  
Χαρτιά) μετά το στάδιο της άλεσης.

# 3. Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης

## 3.2 Προσδιορισμός τέφρας

- Στην συνέχεια, ποσότητα **1 gr** τοποθετείται σε πυρίμαχο χωνευτήριο και **το δείγμα καίγεται στον κλίβανο** με σκοπό να προσδιοριστεί το **% ποσοστό τέφρας**. Το ποσοστό τέφρας στο δείγμα μετράται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E 830 με βάση το οποίο **τα δείγματα καίγονται σε θερμοκρασία  $575 \pm 25$  °C για μία ώρα**.



# 3. Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης

## 3.2 Προσδιορισμός τέφρας

- Μετά την καύση, τα δείγματα μεταφέρονται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας για την εξισορρόπηση των θερμοκρασιών μεταξύ του χωνευτηρίου και της ατμόσφαιρας. Κατόπιν, ζυγίζονται στον αναλυτικό ζυγό και ο προσδιορισμός της τέφρας γίνεται από την σχέση :

$$\text{Τεφρα \%} = \left[ \frac{\mathbf{F} - \mathbf{G}}{\mathbf{W}} \right] * 100$$

Όπου **F**: το βάρος του χωνευτηρίου και τέφρας σε g

**G**: το βάρος του χωνευτηρίου σε g

**W**: το αρχικό βάρος του δείγματος σε g

# 3. Προσδιορισμός υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης

## 3.3 Προσδιορισμός πτητικής ύλη

- Ο υπολογισμός της πτητικής ύλης γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E897.
- Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό 1 g καλά ομογενοποιημένου και ξηραμένου δείγματος τοποθετείται σε προζυγισμένο χωνευτήριο το οποίο διαθέτει καπάκι.
- Το χωνευτήριο στην συνέχεια τοποθετείται στον κλίβανο σε θερμοκρασία  $950 \pm 20^\circ\text{C}$  για 7 min .
- Έπειτα, αφήνεται να έρθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας.
- Η πτητική ύλη επί ξηρού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Πτητική ύλη επί ξηρού (\%)} = \left[ \frac{A - B}{A} \right] * 100$$

Όπου **A**: το βάρος του δείγματος που αναλύεται σε g

**B**: το βάρος του δείγματος μετα την κάυση σε g

# Εργασία

## Ζητούνται:

1. Να γίνει σύντομη θεωρητική εισαγωγή. Να αναφερθούν οι κατηγορίες των Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ) και να γίνει μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων επεξεργασίας τους (ΟΧΙ αντιγραφή των σημειώσεων).
2. Να περιγραφεί αναλυτικά η πειραματική διαδικασία (ΟΧΙ αντιγραφή των σημειώσεων).
3. Να δοθούν οι ορισμοί της υγρασίας, πτητικής ύλης και της τέφρας (αν δεν έχουν ήδη δοθεί) και να υπολογιστούν: η % περιεχόμενη υγρασία, η % περιεχόμενη τέφρα και η % περιεχόμενη πτητική ύλη, βάση των μετρήσεων που δίνονται.
4. Για ποιο λόγο δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην υγρασία των απορριμμάτων;
5. Ποια είναι η επίδραση των ποσοστών τέφρας και πτητικής ύλης στην θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ;