



Μηχανική Περιβάλλοντος

Ενότητα 8: Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Δρ. Ελένη Γκριλλα
Μηχανικός Περιβάλλοντος

e-mail. elen.grilla@gmail.com

Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Ως **στερεά αστικά απόβλητα** ορίζονται τα στερεά απόβλητα που παράγονται από οικιστικές, εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός των ορίων μίας πόλης.

Σε αυτά **περιλαμβάνονται** ζωικά και φυτικά υπολείμματα από την παρασκευή του φαγητού, μπουκάλια, πλαστικά, εφημερίδες, κουτιά αλουμινίου και υλικά συσκευασίας.

Αντίθετα, **δεν περιλαμβάνονται** υλικά όπως:

- υπολείμματα οικοδομικών εργασιών,
- λάσπες προερχόμενες από μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων,
- τέφρα προερχόμενη από καύση υλικών και απόβλητα βιομηχανικών διεργασιών, ακόμη και αν τα συγκεκριμένα υλικά διατίθενται συχνά σε χώρους υγειονομικής ταφής αστικών απορριμμάτων.

Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Οι κατά άτομο παραγόμενες ποσότητες στερεών αστικών αποβλήτων διαφοροποιούνται ανάλογα με το **βιοτικό επίπεδο** και τις **διατροφικές συνήθειες** του πληθυσμού, τη **συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων** κ.α.

- Στις **ευρωπαϊκές χώρες** η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα των στερεών αστικών αποβλήτων υπολογίζεται σε περίπου **1 kg αποβλήτων ανά άτομο**.
- Στις **Η.Π.Α.** αντίθετα, η παραγωγή των στερεών αστικών αποβλήτων είναι σημαντικά υψηλότερη, προσεγγίζοντας τα **2 kg αποβλήτων ανά άτομο και ημέρα**.

Χώρα	Παραγωγή Απορριμμάτων (Kg/άτομο - ημέρα)	Χ.Υ.Τ.Α. (%)	Καύση (%)
Αυστρία	0,97	68	8
Καναδάς	1,71	84	9
Γαλλία	0,83	45	41
Γερμανία	0,87	66	30
Ιαπωνία	1,08	33	64
Ισπανία	0,88	77	5
Μ. Βρετανία	0,98	78	14
Η.Π.Α.	2,0	62	16

Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Ως «**διαχείριση στερεών αποβλήτων**» νοείται:

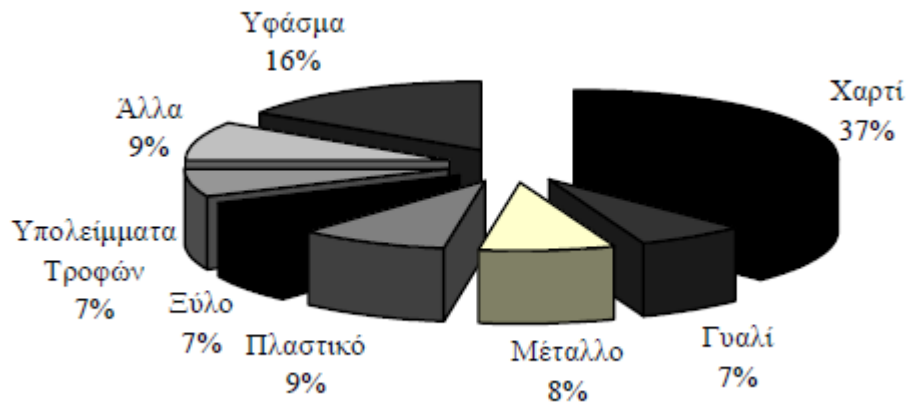
- η συλλογή,
- μεταφορά,
- ανάκτηση και τελικά
- η διάθεση των αποβλήτων, με την παράλληλη εποπτεία αυτών των δράσεων αλλά και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης



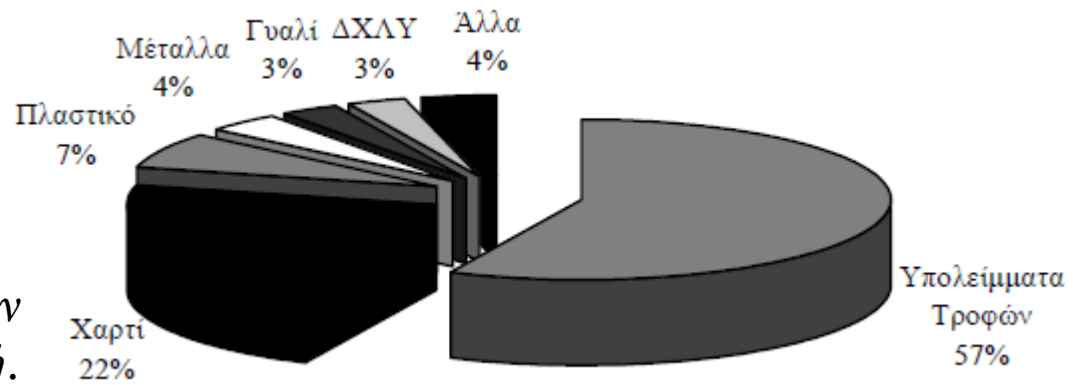
Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Παράλληλα με την παραγόμενη ποσότητα των απορριμμάτων διαφοροποίηση παρατηρείται από χώρα σε χώρα και ως προς τη σύσταση και τις μεθόδους διαχείρισης που εφαρμόζονται.

Με τον όρο **σύσταση** περιγράφονται τα συστατικά από τα οποία αποτελείται το ρεύμα των στερεών αποβλήτων και η σχετική



Σύσταση στερεών αστικών αποβλήτων στις Η.Π.Α.



Σύσταση στερεών αστικών αποβλήτων στην Αττική.

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων

Η γνώση της **πυκνότητας** των απορριμμάτων είναι απαραίτητη για να μπορεί να προσδιοριστεί η συνολική μάζα των απορριμμάτων και ο όγκος του νερού που περιέχουν.

Ως μέση τιμή της πυκνότητας των αστικών απορριμμάτων μπορεί να λαμβάνεται μέσα στο απορριμματοφόρο η $250 - 350 \text{ kg/m}^3$.

Συστατικά	Πυκνότητα (kg/m^3)
Υπολείμματα τροφών	290
Χαρτιά	85
Χαρτόνια	50
Πλαστικά	65
Γυαλιά	195
Μέταλλα	210
Κονσέρβες	90

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων

Η περιεχόμενη **υγρασία** των απορριμμάτων εκφράζεται συνήθως ως το βάρος υγρασίας που περιέχεται στη μονάδα του βάρους του υγρού ή ξηρού υλικού.

$$\text{Περιεχόμενη υγρασία (\%)} = [(A-B)/A]*100$$

Όπου

A: αρχικό βάρος δείγματος και

B: το βάρος του δείγματος μετά την ξήρανση.

Για τα περισσότερα αστικά απορρίμματα η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 15–40% εξαρτώμενη από τη **σύσταση** των απορριμμάτων, την **εποχή** του έτους, τις **καιρικές συνθήκες** και ιδιαίτερα την βροχή.

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων

Συστατικά	Υγρασία (%)
Υπολείμματα τροφών	70
Χαρτιά	6
Χαρτόνια	5
Πλαστικά	2
Γυαλιά	2
Μέταλλα	3
Κονσέρβες	3
Απορρίμματα κήπων (κλαδιά, φύλλα κλπ)	60
Στάχτη, σκόνη τούβλα κλπ	8
Υφάσματα	10
Αδρανή κάτω των 20 mm	8

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων – Παράδειγμα

Να υπολογιστεί το περιεχόμενο σε υγρασία ενός δείγματος ΑΣΑ με την ακόλουθη σύσταση:

Συστατικό	Σύσταση κ.β. (%) (νωπό βάρος)	Ποσοστό υγρασίας (%)	Ξηρό Βάρος
Ζυμώσιμα	12	70	
Χαρτί	40	6	
Χαρτόνι	8	5	
Πλαστικά	4	2	
Υπολ. αυλών	15	60	
Εύλα	5	20	
Αδρανή*	16	3	
ΣΥΝΟΛΟ	100		

* περιλαμβάνονται γυαλί, άλλα μέταλλα, κτλ.

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων – Παράδειγμα

Λύση

Συστατικό	Σύσταση κ.β. (%) (νωπό βάρος)	Ποσοστό υγρασίας (%)	Ξηρό Βάρος
Ζυμώσιμα	12	70	$= (100 - 70) * 12 / 100$ $= 3.6$
Χαρτί	40	6	37.6
Χαρτόνι	8	5	7.6
Πλαστικά	4	2	3.9
Υπολ. αυλών	15	60	6.0
Ξύλα	5	20	4.0
Αδρανή*	16	3	15.5
ΣΥΝΟΛΟ	100		78.2

*περιλαμβάνονται γυαλί, άλλα μέταλλα, κτλ.

Υποθέτοντας ότι το δείγμα ζυγίζει 100 kg, η υγρασία του δείγματος είναι $100 - 78.2 = 21.8 \%$

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων

Τα απορρίμματα μπορούν να θεωρηθούν ως μείγμα καυσίμων και μη καυσίμων υλικών.

Σε περίπτωση που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη, οι σημαντικότερες ιδιότητες που πρέπει να είναι γνωστές είναι:

- η υγρασία: απώλεια βάρους στους 105°C σε 1 h
- η πτητικότητα: απώλεια βάρους στους 550°C
- ο σταθερός άνθρακας: καύσιμη ύλη μετά την αφαίρεση του πτητικού κλάσματος
- η στάχτη

Θερμογόνος δύναμη των οικιακών απορριμμάτων είναι η ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση της μονάδας βάρους και εκφράζεται σε kcal ανά kg απορριμμάτων.

Συνήθως έχει τιμές από 1200 – 2000 kcal/kg

Σχέση Dulong:

$$\text{Btu/lb} = 145 C + 610 (\text{H}_2 - 1/8 \text{O}_2) + 40S + 10N$$

$$1 \text{ Btu/lb} = 0.556 \text{ kcal/kg}$$

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων - Παράδειγμα

Να εκτιμηθεί το ενεργειακό περιεχόμενο 100 kg αστικών στερεών αποβλήτων στις Η.Π.Α. και να συγκριθεί με το ενεργειακό περιεχόμενο της αντίστοιχης ποσότητας απορριμμάτων στην Ελλάδα. Η σύσταση των στερεών αποβλήτων δίνεται στα παρακάτω σχήματα. Θεωρήστε ότι η θερμογόνος δύναμη των μετάλλων, των γυαλιών και των απορριμμάτων που χαρακτηρίζονται ως “άλλα” είναι μηδενική.

Υλικό	Θερμογόνος Δύναμη (kJ/kg)	ΗΠΑ		Ελλάδα	
		Βάρος Υλικού (kg)	Παραγόμενη ενέργεια (kJ)	Βάρος Υλικού (kg)	Παραγόμενη ενέργεια (kJ)
Χαρτί	15800	37		22	
Υπολείμματα τροφής	5500	7		57	
Πλαστικό	32800	9		7	
Ξύλο	16000	7		1,5	
Ύφασμα	18700	16		1,5	
Μέταλλο	0	8		4	
Γυαλί	0	7		3	
Άλλα	0	9		4	
Σύνολο	-	100		100	

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Στερεών Αποβλήτων - Παράδειγμα

Λύση

Παραγόμενη ενέργεια κάθε υλικού = Βάρος υλικού * ΘΔ

Υλικό	Θερμογόνος Δύναμη (kJ/kg)	ΗΠΑ		Ελλάδα	
		Βάρος Υλικού (kg)	Παραγόμενη ενέργεια (kJ)	Βάρος Υλικού (kg)	Παραγόμενη ενέργεια (kJ)
Χαρτί	15800	37	584600	22	347600
Υπολείμματα τροφής	5500	7	38500	57	313500
Πλαστικό	32800	9	295200	7	229600
Ξύλο	16000	7	112000	1,5	24000
Ύφασμα	18700	16	299200	1,5	28050
Μέταλλο	0	8	0	4	0
Γυαλί	0	7	0	3	0
Άλλα	0	9	0	4	0
Σύνολο	-	100	1329500	100	942750

Η καύση 100 kg απορριμμάτων έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 1.329.500 kJ ενέργειας στις ΗΠΑ, ενώ στην Ελλάδα η καύση αντίστοιχης ποσότητας συντελεί στην παραγωγή 942.750 kJ.

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων

Για την αποθήκευση των απορριμμάτων συνήθως χρησιμοποιούνται κάδοι που διακρίνονται σε κυλιόμενους και σταθερούς.

- Οι **κυλιόμενοι κάδοι** τοποθετούνται σε θέσεις με εύκολη πρόσβαση για τα απορριματοφόρα και αδειάζοντάς τους με τη βοήθεια ειδικού μηχανισμού. Συμβάλλουν στην εξασφάλιση καλών συνθηκών υγιεινής, στη διευκόλυνση του έργου των εργατών και στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου συλλογής. Το υλικό κατασκευής τους είναι επιψευδαργυρωμένος χάλυβας ή πλαστικό και ο όγκος των απορριμμάτων που μπορεί να αποθηκευτεί κυμαίνεται μεταξύ 100 - 1000 L.
- Οι **σταθεροί κάδοι** χρησιμοποιούνται σε αστικές περιοχές με χαμηλή πυκνότητα δόμησης, όπου είναι δύσκολη η προσέγγιση του απορριματοφόρου. Το άδειασμα τους γίνεται χειρωνακτικά, ενώ δεν είναι εφικτή η μηχανική πλύση τους.

Τα σύγχρονα οχήματα συλλογής απορριμμάτων είναι κλειστού τύπου, εφοδιασμένα με σύστημα συμπίεσης των απορριμμάτων και σύστημα ανύψωσης κάδων.

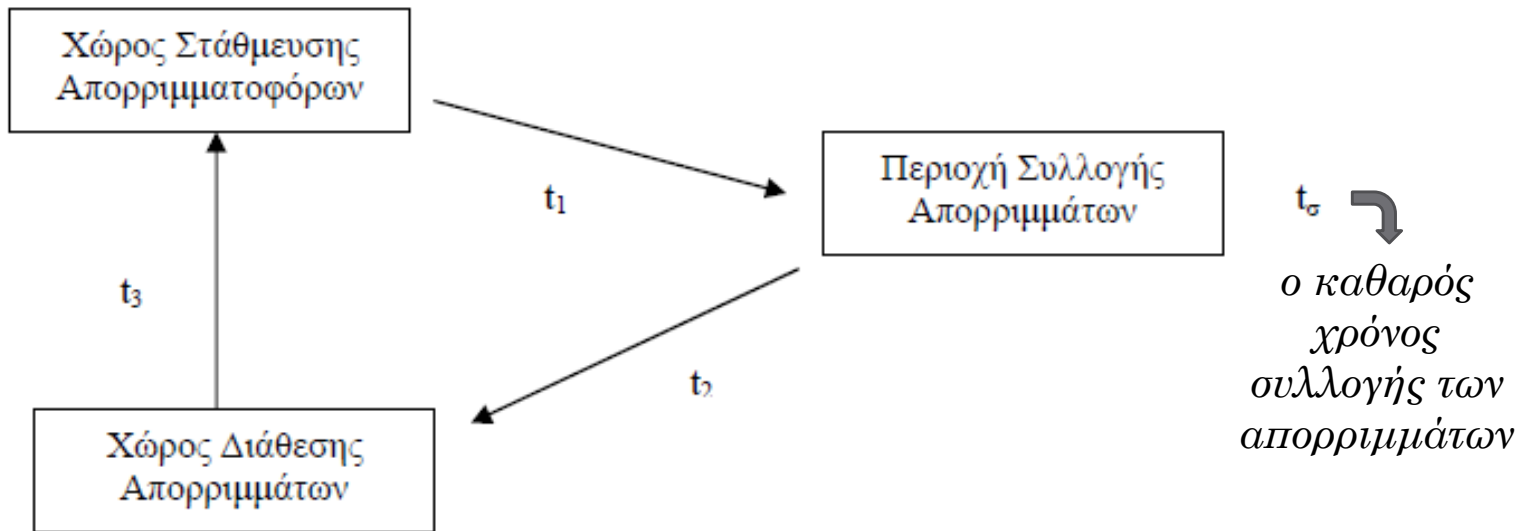
Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων

Τα κλειστά οχήματα συλλογής απορριμμάτων κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον **όγκο των απορριμμάτων** που μπορούν να μεταφέρουν και το **βαθμό συμπίεσης** που επιτυγχάνουν.

- Ο όγκος των μεταφερόμενων απορριμμάτων κυμαίνεται μεταξύ 5 και 30 m³.
- Η πυκνότητα των στερεών αστικών αποβλήτων κυμαίνεται περίπου στα 120 kg/m³.
- Στα σύγχρονα οχήματα επιδιώκεται η συμπίεση των απορριμμάτων με σκοπό να επιτευχθούν πυκνότητες έως 900 kg/m³. Ο λόγος πυκνότητας των απορριμμάτων μέσα στο απορριμματοφόρο προς την αρχική πυκνότητα των απορριμμάτων ονομάζεται **συντελεστής συμπίεσης**.
- Στα παλιότερα απορριμματοφόρα, ο συντελεστής συμπίεσης κυμαινόταν μεταξύ 3 και 4, ενώ στα σύγχρονα προσεγγίζει την τιμή 8.

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων

Αν θεωρήσουμε ένα σύστημα συλλογής που αποτελείται από το χώρο στάθμευσης των απορριμματοφόρων, την περιοχή συλλογής και την περιοχή διάθεσης των απορριμμάτων.



$t_\delta \rightarrow$ ο χρόνος για το άδειασμα ενός απορριμματοφόρου

Αν με n οριστεί ο αριθμός των διαδρομών του απορριμματοφόρου από την περιοχή συλλογής προς το χώρο διάθεσης, τότε ο **συνολικός χρόνος εργασίας του απορριμματοφόρου** (T_t) μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$T_t = t_1 + t_\sigma + [(2n-1) \times t_2] + (n \times t_\delta) + t_3 + t_\xi$$

t_ξ : ο συνολικός χρόνος λοιπών καθυστερήσεων (διάλειμμα προσωπικού κ.α.)

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων – Άσκηση 1

Αν υποθέσουμε ότι χρειάζονται 0.4 ώρες για τη μετακίνηση του απορριμματοφόρου από το χώρο στάθμευσης στην περιοχή συλλογής των απορριμμάτων, 0.4 ώρες από την περιοχή συλλογής έως την περιοχή διάθεσης και 0.25 ώρες από την περιοχή διάθεσης έως το χώρο στάθμευσης. Για την εκφόρτωση ενός απορριμματοφόρου στο χώρο διάθεσης απαιτούνται 0.2 ώρες, ενώ 1 ώρα καταναλώνεται σε άλλες καθυστερήσεις. Αν κάθε μέρα πραγματοποιούνται δύο διαδρομές προς το χώρο διάθεσης, πόσος χρόνος απομένει σε ένα οκτάωρο για τη συλλογή των απορριμμάτων.

$$T_t = t_1 + t_\sigma + [(2n-1) \times t_2] + (n \times t_\delta) + t_3 + t_\xi$$

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων

Ο **χρόνος που δαπανά ένα απορριματοφόρο σε κάθε στάση** του μέσα στην περιοχή συλλογής των απορριμμάτων υπολογίζεται με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$t_{\text{στάσης}} = \left(\frac{s}{u}\right) + (t_a \times n_k)$$

Όπου:

s = η απόσταση που πρέπει να διανύσει το απορριματοφόρο μεταξύ δύο στάσεων (m)

u = η μέση ταχύτητα του απορριματοφόρου (m/s)

t_a = ο χρόνος που απαιτείται για να αδειάσει ένας κάδος (s)

n_k = ο αριθμός των κάδων που πρέπει να αδειάσει σε κάθε στάση

- Όπου s/u μπορεί να αντιστοιχεί στο χρόνο από τον ένα κάδο στον επόμενο
- Ο καθαρός χρόνος συλλογής απορριμμάτων στην περιοχή συλλογής,

$$t_o = t_{\text{στάσης}} \times \Sigma \text{στάσεις}$$

Ο **απαιτούμενος όγκος** του απορριματοφόρου υπολογίζεται με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$V_a = \frac{V_k \times N}{r}$$

Όπου:

V_a = ο όγκος του απορριματοφόρου (m^3)

V_k = ο μέσος όγκος των απορριμμάτων σε κάθε στάση (m^3)

N = ο αριθμός των στάσεων

r = ο συντελεστής συμπίεσης των απορριμμάτων μέσα στο απορριματοφόρο

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων – Άσκηση 2

Σε μία περιοχή που εξυπηρετείται από ένα απορριματοφόρο, κάθε πολυκατοικία τοποθετεί καθημερινά τα απορρίμματά της (όγκου 0.25 m^3) σε έναν ατομικό κάδο που είναι τοποθετημένος στην είσοδό της. Αν σε μία ημέρα ο καθαρός χρόνος συλλογής των απορριμμάτων, t_0 από το απορριματοφόρο ισούται με 4.75 ώρες και η μέση απόσταση μεταξύ των κάδων είναι 80 m, πόσες στάσεις θα πρέπει να κάνει ένα απορριματοφόρο και τι μέγεθος θα πρέπει να έχει. Θεωρείστε ότι ο συντελεστής συμπίεσης των απορριμμάτων ισούται με 3.5, η μέση ταχύτητα του απορριματοφόρου με 2 m/s και ο χρόνος αδειάσματος ενός κάδου με 10 s.

$$t_{\text{στάσης}} = \left(\frac{S}{u}\right) + (t_a \times n_k)$$

$$V_a = \frac{V_k \times N}{r}$$

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων – Άσκηση 3

Υποθέστε ότι το ετήσιο κόστος αγοράς, συντήρησης και μετακίνησης ενός απορριματοφόρου δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Ετήσιο Κόστος (Ευρώ/έτος)} = 10000 + 4000 V$$

Όπου V ο όγκος του απορριματοφόρου σε m^3 .

Αν θεωρήσουμε ότι το συγκεκριμένο όχημα επανδρώνεται από δύο άτομα με μισθό 15 Ευρώ ανά ώρα.

Κάντε οικονομική ανάλυση του συστήματος συλλογής του της άσκησης 2 στο οποίο ένα όχημα όγκου 24.4 m^3 συλλέγει τα απορρίμματα από 342 πολυκατοικίες κατά τη διάρκεια μίας ημέρας.

Το όχημα και το προσωπικό εργάζονται πέντε ημέρες την εβδομάδα, ενώ τα απορρίμματα από κάθε πολυκατοικία συλλέγονται μία φορά εβδομαδιαίως.

Ποιο είναι το κόστος ανά τόνο απορριμμάτων που συλλέγονται, αν υποθέσουμε ότι κάθε πολυκατοικία παράγει 0.25 m^3 απορριμμάτων την εβδομάδα με πυκνότητα 120 kg/ m^3 .

Συστήματα Μεταφόρτωσης

Το κόστος συλλογής αποτελεί συνήθως το **80%** ή και περισσότερο του **συνολικού κόστους** συλλογής και διάθεσης, όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της υγειονομικής ταφής για τη διάθεση των απορριμμάτων.

Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της καύσης, το κόστος συλλογής είναι περίπου το 60%.

Πολλές φορές η συλλογή γίνεται πιο οικονομική με τη δημιουργία **Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων**.

Είναι οικονομικοί όταν:

- Μεγάλες ποσότητες πρέπει να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις.
- Χρησιμοποιούνται σε αστικές περιοχές μικρά απορριμματοφόρα.
- Ένας σταθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλά απορριμματοφόρα.

Συστήματα Μεταφόρτωσης

- Η χωρητικότητά του κυμαίνεται από 20 έως 50 m³.
- Μείωση όγκου για πιο αποδοτική μεταφορά.
- Φόρτωση σε μεγάλα οχήματα ή κοντέινερ.



Θα βάζατε σταθμό μεταφόρτωσης σε μια μικρή πόλη;

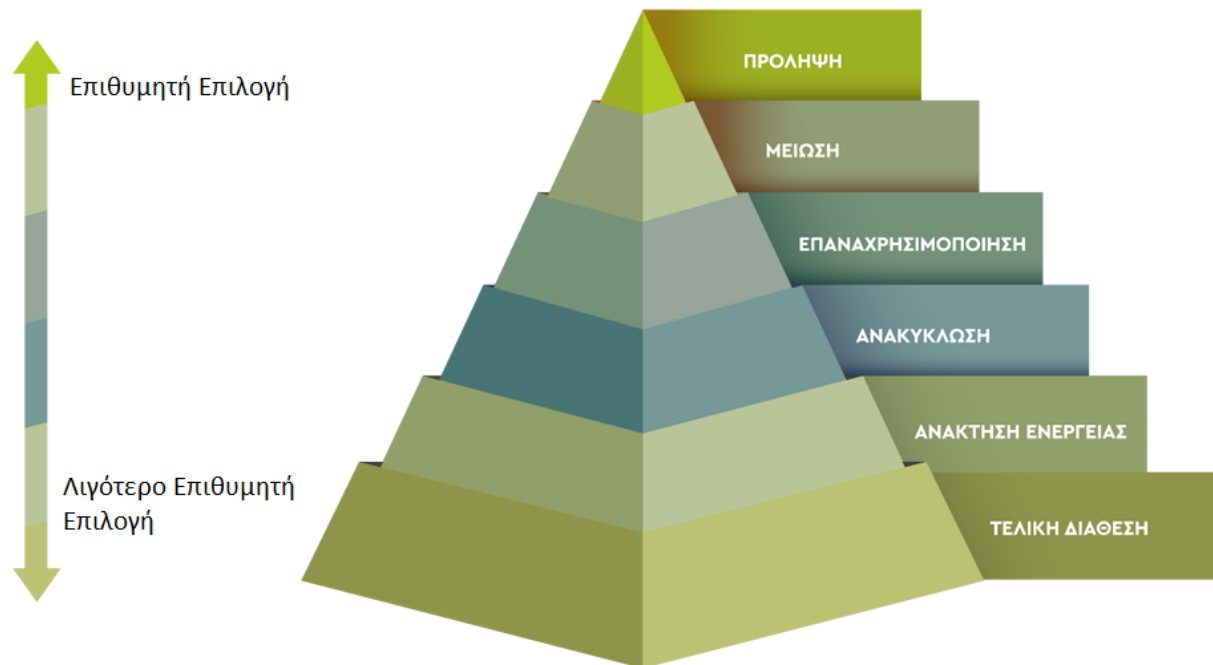
Διάθεση Απορριμμάτων

Η διάθεση απορριμμάτων στην Ελλάδα είναι συνώνυμη της **Υγειονομικής Ταφής**.

Στη χώρα υπήρχαν κατά τα τελευταία 20-25 χρόνια πάνω από 5000 χωματερές και περίπου το 70% αυτών χαρακτηρίζονταν ως ανεξέλεγκτες.

Με βάση στοιχεία του 2017, στην Ελλάδα το 80% των αστικών απορριμμάτων οδηγείται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

Αντιθέτως, το ποσοστό αυτό στην Ευρώπη είναι 23.4%.



Διάθεση Απορριμμάτων

- Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) ή αλλιώς Χωματερές.
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), όπου η διαφορά με τους ΧΥΤΑ είναι το είδος των απορριμμάτων που διατίθενται.

Με τον όρο υπολείμματα του όρου ΧΥΤΥ εννοούμε τα απορρίμματα που έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία πριν αποτεθούν στο χώρο διάθεσης.

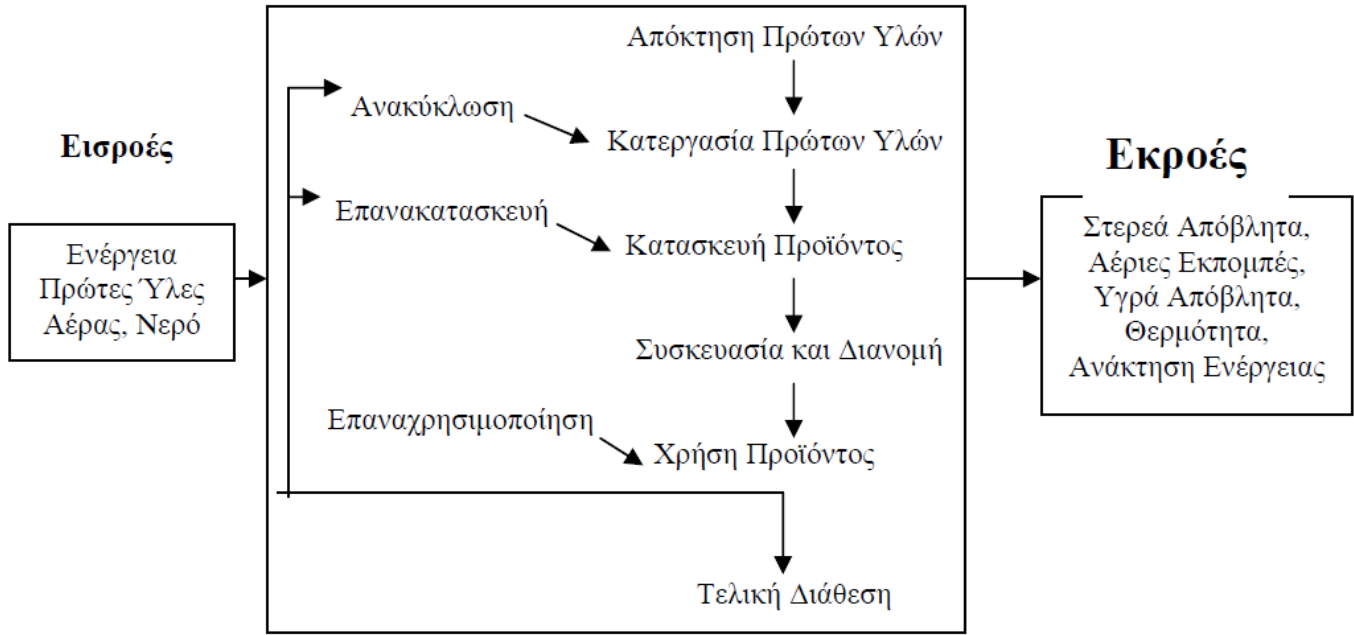


Εκτίμηση Κύκλου Ζωής Υλικών

Κατά τη διαχείριση των απορριμμάτων συνήθως εστιάζουμε στην επιλογή μεθόδου διαχείρισής τους και αντιμετωπίζουμε το δίλημμα της καύσης ή της ταφής τους.

Καθώς όμως παρουσιάζονται όλο και συχνότερα φαινόμενα διακοπής της λειτουργίας των αποτεφρωτήρων λόγω ανεπαρκούς απόδοσης τους ή πλήρωσης των Χ.Υ.Τ.Α., τότε γίνεται επιτακτική η απαίτηση για μία διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στην εφαρμογή ισοζυγίων ύλης και ενέργειας σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.



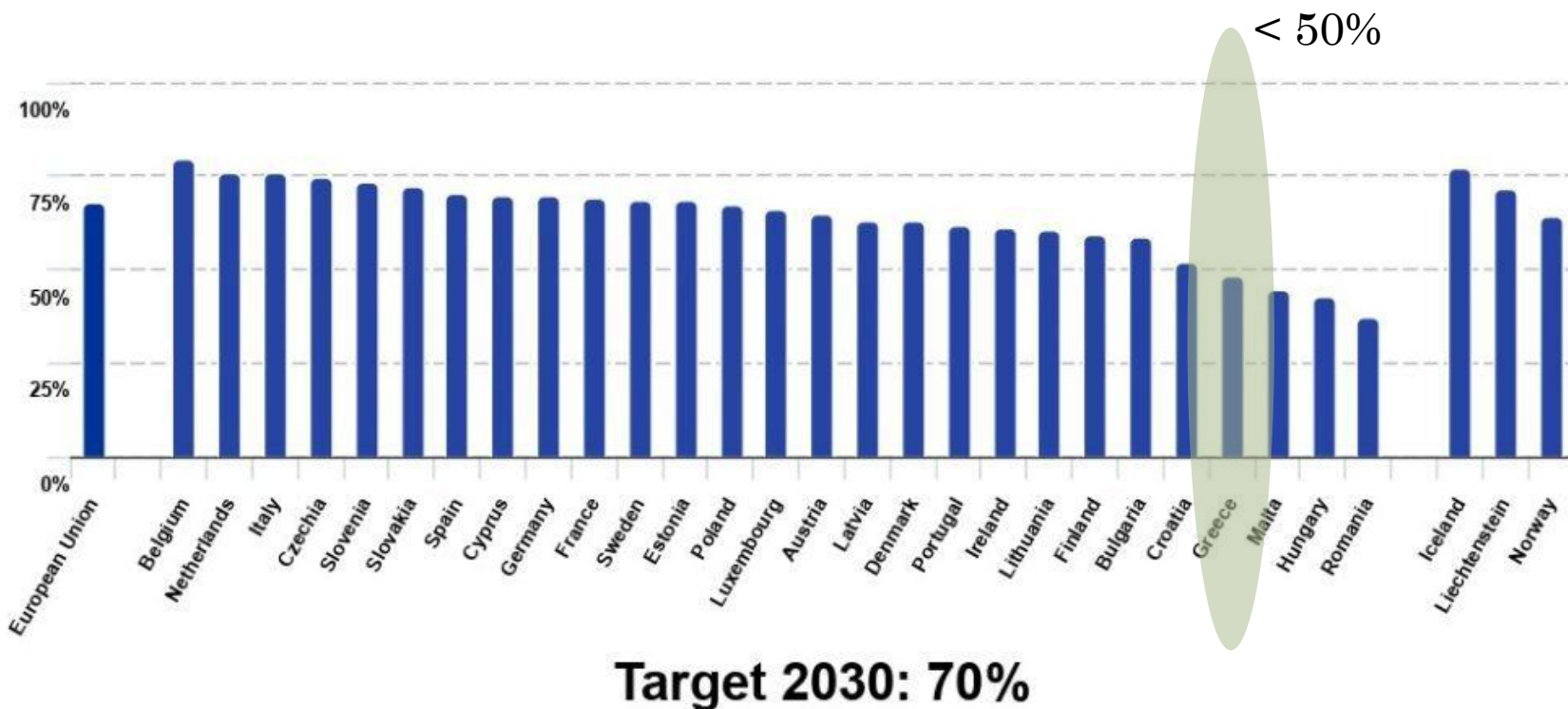
Εκτίμηση Κύκλου Ζωής Υλικών

Με τον όρο *επαναχρησιμοποίηση* εννοούμε τη χρήση του προϊόντος για δεύτερη ή και τρίτη φορά σε κάποια δραστηριότητα που είναι η ίδια με αυτή για την οποία κατασκευάστηκε (π.χ. πλαστική σακούλα για μεταφορά αγαθών) ή τελείως διαφορετική (π.χ. γυάλινα βάζα για αποθήκευση μικροαντικειμένων).

Ο όρος *επανακατασκευή* αναφέρεται στην πλήρη αποσυναρμολόγηση του προϊόντος, την επιδιόρθωση των επαναχρησιμοποιούμενων μερών του και τη συναρμολόγησή τους με νέα αντικείμενα με στόχο την κατασκευή ενός καινούργιου προϊόντος.

Με τον όρο *ανακύκλωση* αναφερόμαστε στην ανάκτηση υλικών από το ρεύμα των αποβλήτων και στην κατεργασία τους με στόχο να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες κατά την κατασκευή νέων προϊόντων.

Ανακύκλωση



Note: sorted by recycling rate. EU: Eurostat estimate. Croatia, Czechia, Finland, Hungary, Poland, Slovakia: provisional. Cyprus: estimate. Bulgaria, Cyprus, Romania: 2022 data instead of 2023. Iceland, Slovakia: definition differs.

Source: Eurostat - [env_waspacr](#)

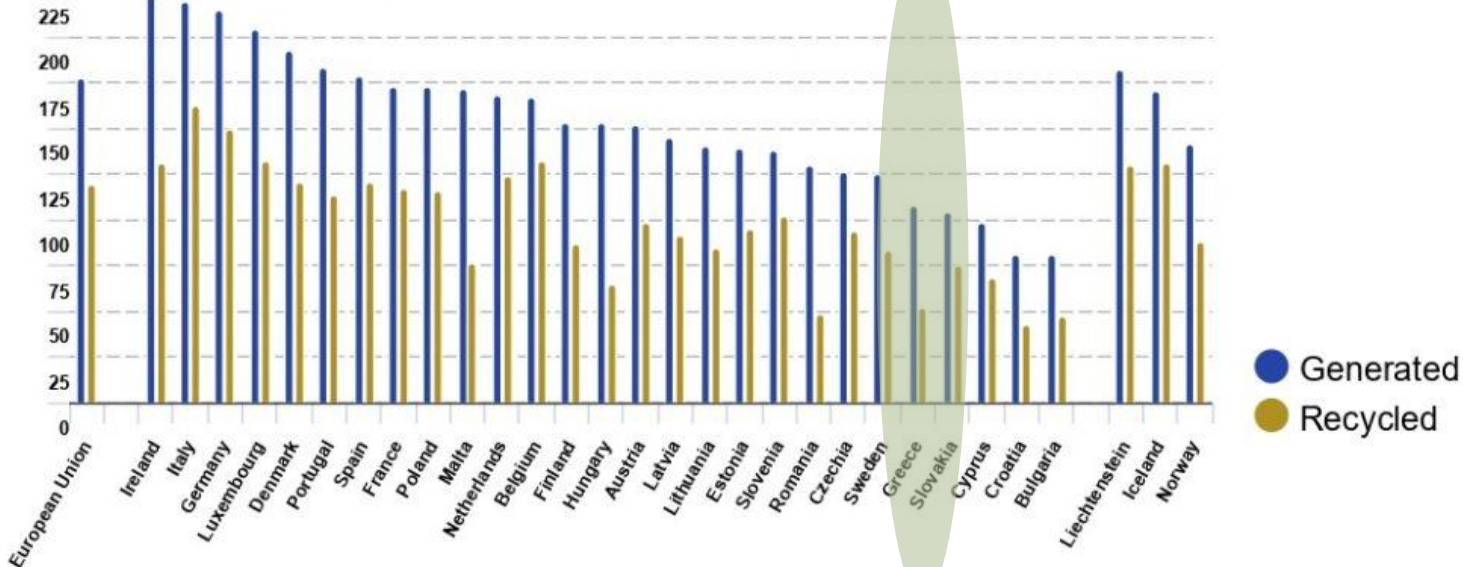
Packaging waste generated and recycled, 2023

(kilograms per capita)

Countries selected: 31

Series selected: 2

Generated ~ 110%
Recycled ~ 60%



Note: sorted by packaging waste generated. EU: Eurostat estimates. Croatia, Czechia, Finland, Hungary, Poland and Slovakia: provisional. Bulgaria, Cyprus and Romania: 2022 data instead of 2023. Iceland and Slovakia: definition differs.

Source: Eurostat - [env_waspac](#)

Figure 4: Packaging waste generated and recycled, 2023

Συστήματα «πληρώνεις όσο πετάς»

Η μείωση της παραγωγής των απορριμμάτων είναι πολύ σημαντικός στόχος ώστε να επιτύχουμε την αειφορική διαχείριση των ΑΣΑ.

Το κόστος της διαχείρισης των απορριμμάτων στην Ελλάδα πληρώνεται μέσω δημοτικών τελών.

Για να ενθαρρυνθούν οι παραγωγοί απορριμμάτων (δημότες) να μειώσουν τη ποσότητα που παράγουν και να αυξήσουν την ανακύκλωση, έχουν εφαρμοστεί σε κάποιες χώρες συστήματα που είναι γνωστά ως μοναδιαία τιμολόγηση, μεταβλητά τέλη ή σύστημα «πληρώνεις όσο πετάς».

Μελέτες στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι με τα συστήματα αυτά επιτυγχάνονται μειώσεις αποβλήτων της τάξης 25-45%.



Συστήματα «πληρώνεις όσο πετάς»

Υπάρχουν 4 βασικοί τύποι συστημάτων:

- **Συστήματα κάδου.** Οι δημότες επιλέγουν τον αριθμό των κάδων που θα βγάλουν έξω για συλλογή. Κάθε μέγεθος κάδου εκφράζει συγκεκριμένου όριο βάρους ή όγκου. Ανάλογα με τον αριθμό και το μέγεθος των κάδων πληρώνονται τα έξοδα διάθεσης.
- **Συστήματα προπληρωμένης σακούλας.** Τα ΑΣΑ που θέλει να δώσει ο καταναλωτής στο σύστημα συλλογής μπορούν να μπουν μόνο μέσα σε ειδικές σακούλες. Τα έξοδα διάθεσης προπληρώνονται όταν ο καταναλωτής αγοράζει τη σακούλα από το κατάστημα.
- **Συστήματα δυο επιπέδων.** Ένας συνδυασμός από πάγια δημοτικά τέλη τα οποία πληρώνουν όλοι και έξτρα τέλους που πληρώνεται από τον δημότη όταν θα παράγει κάδους ή σακούλες πάνω από ένα όριο.
- **Συστήματα βασισμένα στο βάρος.** Το κόστος αποτιμάται ανάλογα με το βάρος των ΑΣΑ που τοποθετείται προς συλλογή. Ο κάδος πρέπει να είναι ασφαλισμένος και με δικό του σύστημα αυτόματης ζύγισης και ο δημότης έχει κωδικό.

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων – Άσκηση 4

Θεωρείστε ότι για τη συλλογή των απορριμμάτων σε μία πόλη χρειάζονται 20 min για τη μετακίνηση του απορριμματοφόρου από το χώρο στάθμευσης στο χώρο συλλογής, 20 min για τη μετακίνηση του απορριμματοφόρου από το χώρο συλλογής στο χώρο διάθεσης, 15 min για το άδειασμα του απορριμματοφόρου στο χώρο διάθεσης, 15 min για τη μετακίνηση του απορριμματοφόρου από το χώρο διάθεσης στο χώρο στάθμευσης, 40 min ημερησίως για διάλειμμα των εργαζομένων στο απορριμματοφόρο, 0.5 min για μετακίνηση του απορριμματοφόρου από το έναν κάδο στον επόμενο και 1 min για το άδειασμα του κάδου στο απορριμματοφόρο.

Θεωρείστε επίσης ότι ο όγκος του απορριμματοφόρου είναι 25 m^3 , ο συντελεστής συμπίεσης των απορριμμάτων που επιτυγχάνεται ισούται με 4, ο όγκος των απορριμμάτων που αποτίθενται σε κάθε κάδο ισούται με $0.2 \text{ m}^3/\text{δημότη}$, ενώ κάθε κάδος εξυπηρετεί 4 δημότες.

α) Να υπολογίσετε πόσες ώρες την ημέρα θα πρέπει να εργάζεται το προσωπικό του απορριμματοφόρου εάν θεωρήσουμε ότι το απορριμματοφόρο γεμίζει δύο (2) φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας.

β) Αν το απορριμματοφόρο χρησιμοποιείται πέντε ημέρες την εβδομάδα και τα απορρίμματα κάθε δημότη συλλέγονται μία φορά εβδομαδιαίως πόσοι δημότες εξυπηρετούνται από το απορριμματοφόρο.

Συστήματα Αποθήκευσης, Συλλογής και Μεταφοράς Στερεών Αποβλήτων – Άσκηση 5

Ένα ελαιοτριβείο παράγει στερεά απόβλητα. Να υπολογίσετε την πυκνότητα του δείγματος των στερεών αποβλήτων που παράγει αν αυτό έχει την ακόλουθη σύσταση:

Συστατικό	Σύσταση (kg)	Τυπική πυκνότητα (kg/m ³)
Ζυμώσιμα	12	290
Χαρτί	40	85
Χαρτόνι	8	50
Πλαστικά	4	65
Φύλλα και άλλα υπολείμματα αυλών	15	105
Εύλα	5	240
Αδρανή	16	190
ΣΥΝΟΛΟ	100	

Άκηη 1

Ο ουνολικός ρρονος ερραίας του απορριηατοφόρου (T_t) υπολοηεται με τη βοήθεια των ερραών:

$$T_t = t_1 + t_\sigma + [(2n-1) \times t_2] + (n \times t_\delta) + t_3 + t_4$$

Για να υπολοηάτε το καάρο ρρονο ουλοηής των απορριηατών, t_σ , ρρηοιτοποώ των παραπάνω ερραών:
Αρα,

$$t_\sigma = T_t - t_1 - [(2n-1) \times t_2] - (n \times t_\delta) - t_3 - t_4$$

$$\Rightarrow t_\sigma = 8 - 0.4 - [(2 \cdot 2 - 1) \times 0.4] - (2 \cdot 0.2) - 0.25 - 1$$

$$\Rightarrow t_\sigma = 4.75 \text{ ώρες.}$$

Άκηη 2

Ο ρρονος που απαιηεται με καθε βράβη του απορριηατοφόρου, $t_{\sigma\alpha\beta\eta\sigma}$:

$$t_{\sigma\alpha\beta\eta\sigma} = \left(\frac{S}{u}\right) + (t_a \times \eta_k)$$

$$\Rightarrow t_{\sigma\alpha\beta\eta\sigma} = \frac{80 \text{ m}}{2 \text{ m/s}} + (10 \text{ s/καδ} \times 1 \text{ καδ}) = 50 \text{ s}$$

Εφόον ο καάρος ρρονο ουλοηής ίβουται με 4.75 ώρες την ηέρα, ο αριθμός των βράβων που πραγματοποιοηούν ηηρηόιας ίβουται με:

$$N = \frac{4.75 \text{ ώρες/ηέρα} \times 3600 \text{ s/ώρα}}{50 \text{ s/βράβη}} = 342 \text{ βράβη}$$

3/ Ο όγκος του απορριψματοφόρου είναι :

$$V_{\alpha} = \frac{V_k \cdot N}{r} = \frac{0.25 \text{ m}^3/\text{στρώβη} \times 342 \text{ στρώβη}}{3.5} = 24.4 \text{ m}^3$$

Άσκηση 3

Το ετήσιο κόστος ενός απορριψματοφόρου όγκου 24.4 m^3 υπολογίζεται σε :

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο Κόστος Απορ/φορου (Ευρώ/έτος)} &= 10000 + (4000 \times 24.4) \\ &= 107600 \text{ Ευρώ/έτος} \end{aligned}$$

Το ετήσιο κόστος του προσωπικού ανέρχεται σε :

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο Κόστος (Ευρώ/έτος)} &= 2 \times 15 \text{ Ευρώ/ώρα} \times 52 \text{ εβδομάδες/έτος} \times 5 \text{ ηφ/εβδ.} \\ &\quad \times 8 \text{ ώρες/ηφ} = 62400 \text{ Ευρώ/έτος.} \end{aligned}$$

Κατά τη διάρκεια 1 ημέρας, το απορριψματοφόρο εξυπηρετεί 342 πολυκατοικίες, δηλαδή σε διάστημα μιας εβδομάδας εξυπηρετεί $342 \times 5 = 1710$ πολυκατοικίες.

Η συνολική ποσότητα απορριψμάτων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια ενός έτους από το απορριψματοφόρο είναι :

$$\begin{aligned} \text{Απορριψματα} &= (0.25 \text{ m}^3/\text{πολυκατοικία και εβδομάδα}) \times (120 \text{ kg/m}^3) \times \\ &\quad (1710 \text{ πολυκατ.}) \times (52 \text{ εβδομάδες/έτος}) = 2667.600 \text{ kg} \\ &= 2668 \text{ tn/έτος} \end{aligned}$$

Το κόστος ανά τόνο απορριψμάτων που συλλέγονται :

$$\text{Κόστος} = \frac{(62400 + 107600) \text{ Ευρώ/έτος}}{2668 \text{ tn/έτος}} = 63,72 \text{ Ευρώ/tn.}$$

Άσκηση 4

α) Αρχικά υπολογίζω τις βλαβές που θα υφίσταται το απορ/φόρο σε μια ημέρα:

$$V_a = \frac{V_k \cdot N}{r} \Rightarrow N = \frac{25 \text{ m}^3 \cdot 4}{0.2 \text{ m}^3/\text{δημέρα} \cdot 4 \text{ δημέρες}} = 125 \text{ βλαβές}$$

Όμως, το απορ/φόρο γίνεται 2 φορές την ημέρα.

$$\text{Άρα } N = 2 \times 125 \text{ βλαβές} = 250 \text{ βλαβές.}$$

Έγκειται χρησιμοποίηση των ζωνών: $t_{\text{σκαβός}} = \frac{s}{u} + (t_a \times n_k)$

όπου $\frac{s}{u}$ αντεβραχική βρο χρόνο από τον ένα υαίδο βζων

$$\text{επίπεδο άρα } \frac{s}{u} = 0.5 \text{ min}$$

$$\text{Άρα, } t_{\text{σκαβός}} = 0.5 + (1 \text{ min} \times 1) = 1.5 \text{ min}$$

Ο καθαρός χρόνος βυθολογίας απορριψμάτων βζων περιοχή βυθολογίας είναι, $t_{\sigma} = t_{\text{σκαβός}} \times N = 1.5 \times 250$

$$\Rightarrow t_{\sigma} = 375 \text{ min.}$$

Έγκειται χρησιμοποίηση των ζωνών.

$$T = t_1 + t_{\sigma} + [(2n-1) \times t_2] + (n \times t_3) + t_3$$

όπου, n = αριθμός διαδρομών απορ/ρου από περιοχή βυθολογίας προς το χώρο διαίθεσης.

t_1 = 0 χρόνος για τη μετακίνηση του οχήματος από το χώρο βυθολογίας βζων περιοχή βυθολογίας.

t_2 = 0 χρόνος για τη μετακίνηση του οχήματος από τη περιοχή βυθολογίας βζων χώρο διαίθεσης.

t_3 : ο χρόνος για τη μετακίνηση του οχήματος από το χώρο διαδίκτυο στο χώρο γραφείου στο τέλος της ημέρας.

t_5 : ο χρόνος για το είδαίωμα ενός ατόμου/που στο χώρο διαδίκτυο.

t_f : ο συνολικός χρόνος λοιπών διαδικασιών

Άρα,

$$T = 20 + 375 + ((2 \times 2 - 1) \cdot 20) + (2 \times 15) + 15 + 40 = 540 \text{ min}$$

$$\rightarrow T = 540 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 9 \text{ ώρες.}$$

β) Ημερήσιος: $250 \text{ πακέτα} \times 4 \text{ συφορές} = 1000 \text{ συφορές}$

Για 5 ημέρες: $5 \times 1000 \text{ συφορές} = 5000 \text{ συφορές}$

Άσκηση 5

Η πυκνότητα υπολογίζεται με τον τύπο $\rho = \frac{m}{V}$

Άρα, υπολογίζω τον όγκο του κάθε συστατικού του δείγματος και έπειτα βρίσκω την συνολική πυκνότητα.

Όγκος για ζυψώματα: $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{12 \text{ kg}}{290 \text{ kg/m}^3} = 0.041 \text{ m}^3$

Όγκος για χαρτί: $V_2 = \frac{40}{85} = 0.471 \text{ m}^3$

.. Χαρτόνι: $V_3 = \frac{8}{50} = 0.160 \text{ m}^3$

.. Πλαστικά: $V_4 = \frac{4}{65} = 0.062 \text{ m}^3$

.. Υπόλοιπων: $V_5 = \frac{15}{105} = 0.143 \text{ m}^3$

7
Όγκος για Ξύλα : $V_6 = \frac{5}{240} = 0.021 \text{ m}^3$

- " - Ασβανή : $V_7 = \frac{16}{190} = 0.084 \text{ m}^3$

Σύνολο : $V = 0.982 \text{ m}^3$

Άρα, η πυκνότητα του δείγματος θα είναι :

$$\rho = \frac{100 \text{ kg}}{0.982 \text{ m}^3} = 101,8 \text{ kg/m}^3$$