



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΑΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στην:

Βιομηχανική Διοίκηση & Τεχνολογία

Κατεύθυνση: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ»**

ΑΛΚΙΒΙΑΔΗΣ ΚΙΤΣΑΤΟΓΛΟΥ

Επιβλέπων: Δ. Σιδηράς, Καθηγητής

Οκτώβριος 2016

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται μια καινούρια μέθοδος για την περισυλλογή των αστικών απορριμμάτων. Σύμφωνα με αυτή, προτείνεται η αναγραφή ενός διακριτού κωδικού (Qrcode) στα απορρίμματα, στον οποίο θα είναι καταγεγραμμένα συγκεκριμένα στοιχεία του υλικού της συσκευασίας του προϊόντος. Αυτό θα διευκολύνει ώστε τα απορρίμματα να αποθέτονται από το πολίτη στα σημερινά μάρκετ όπου μέσω ενός ταμείου και με τη βοήθεια του εν λόγω κωδικού να διαχωρίζονται σε κάδους. Με αυτό τον τρόπο, θα επιτυγχάνεται σωστός διαχωρισμός στα ανακυκλώσιμα υλικά καθώς και ενημέρωση της σύστασης των υλικών για την καλύτερη τελική διαχείριση τους. Επίσης προτείνεται η ανακύκλωση να γίνεται με υποχρεωτικό και καθολικό χαρακτήρα με τη συμμετοχή όλων των εμπορικών καταστημάτων και την οικονομική επιβράβευση των πολιτών για τον διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων από τα οργανικά. Αυτό θα ανέβαζε την απόδοση του όλου συστήματος ανακύκλωσης και θα παρείχε το οικονομικό κίνητρο για την προώθηση της, δημιουργώντας παράλληλα μια νέα αγορά υλικών. Πιο αναλυτικά:

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στην κυκλική οικονομία ως αειφόρος τρόπος ανάπτυξης, στους στόχους της Ευρωπαϊκής ένωσης για την ανακύκλωση απορριμμάτων και στο τωρινό σύστημα περισυλλογής απορριμμάτων.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το καινούριο σύστημα συλλογής απορριμμάτων, οι απαιτήσεις που αυτό έχει και οι επιδράσεις του στο περιβάλλον και την κοινωνία.

Στο κεφάλαιο 3 αναλύονται τα απορρίμματα από πλαστικό και μέταλλο με σκοπό αυτά να εξετασθούν κάτω από την λειτουργία του καινούριου συστήματος.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται αξιολόγηση της παρούσας διαδικασίας συλλογής απορριμμάτων σύμφωνα με τη ροή energy και την αποτύπωση των καταναλισκόμενων πόρων.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα οικονομικά δεδομένα της τωρινής διαδικασίας συλλογής απορριμμάτων, των εργοστασίων ανακύκλωσης καθώς και της πώλησης των παραγόμενων υλικών.

Στο κεφάλαιο 6 εξετάζεται το προτεινόμενο σύστημα συλλογής προσαρμοσμένο στην περιοχή της Αττικής και υπολογίζονται τα οικονομικά στοιχεία από αυτό.

Στο κεφάλαιο 7 καταγράφονται τα προκύπτοντα συμπεράσματα.

Τέλος, στο κεφάλαιο 8, παρατίθεται η σχετική βιβλιογραφία κατά αλφαβητική σειρά.

Πίνακας περιεχομένων

1	Κυκλική οικονομία και Απορρίμματα	1
1.1	Ορισμός.....	1
1.2	Ευρωπαϊκοί Στόχοι.....	1
1.3	Ευρωπαϊκή νομοθεσία	3
1.4	Παραγωγή απορριμμάτων στην Ευρώπη.....	7
1.4.1	Βασικό πλαίσιο συλλογής απορριμμάτων	10
1.4.2	Μέθοδοι περισυλλογής απορριμμάτων	11
1.5	Κάλυψη συλλογής απορριμμάτων.....	15
1.6	Αστικά Απορρίμματα	16
1.6.1	Σύσταση αστικών αποβλήτων.....	16
2	Περιγραφή ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.....	21
2.1.1	Απορρίμματα ενταγμένα στο προτεινόμενο σχεδιασμό	26
2.2	Απαιτήσεις καινούριου σχεδιασμού.....	33
2.2.1	Ταμεία.....	33
2.2.2	Κάδοι συλλογής.....	34
2.2.3	Ετικέτα αναγνώρισης (QR Code).....	37
2.2.4	Μορφή ετικέτας και εισαχθέντων στοιχείων	40
2.2.5	Σύστημα μεταφοράς	42
2.2.6	Συνιστώμενες προδιαγραφές προϊόντων	44
2.2.7	Οικονομικά κίνητρα	47
2.3	Οφέλη – μειονεκτήματα.....	48

2.3.1	Οικονομικά – ενεργειακά οφέλη	49
2.3.2	Περιβαλλοντικά οφέλη	49
2.3.3	Κοινωνικά οφέλη.....	51
2.3.4	Μειονεκτήματα	52
3	Παραδείγματα εφαρμογής συστήματος διαχείρισης	53
3.1	Πλαστικά	53
3.1.1	Διαχείριση πλαστικών απορριμμάτων.....	54
3.1.2	Οικολογικά οφέλη ανακύκλωσης πλαστικών	60
3.1.3	Οικονομικά στοιχεία ανακύκλωσης πλαστικών.....	62
3.2	Μέταλλα.....	63
3.2.1	Ανακύκλωση μετάλλου σκραπ.....	63
3.2.2	Σιδηρούχα μέταλλα.....	64
3.2.3	Μη σιδηρούχα μέταλλα	67
4	Αξιολόγηση της ροής ανακύκλωσης.....	71
4.1	Ορισμός emergy.....	71
4.2	Emergy στην ανακύκλωση.....	73
4.2.1	Εφαρμογή μεθόδου emergy στην ανακύκλωση σίδηρου	75
4.2.2	Εφαρμογή της μεθόδου emergy στην ανακύκλωση πλαστικών και υαλικών	79
5	Οικονομική αξιολόγηση συλλογής και ανακύκλωσης απορριμμάτων	84
5.1	Παράγοντες εξάρτησης κόστους συλλογής	84
5.2	Μελέτες ανάλυσης κόστους συλλογής.....	84
5.3	Μονάδες ανακύκλωσης	89

5.4	Κόστος μηχανικής διαλογής	91
5.5	Κόστος σταθμού μεταφόρτωσης	91
5.6	Τιμές πώλησης ανακυκλώσιμων υλικών.....	92
6	Εφαρμογή του συστήματος στην Αττική	96
6.1	Στοιχεία παραγωγής αποβλήτων.....	96
6.2	Υπολογισμός εσόδων- εξόδων του προτεινόμενου συστήματος διαλογής για την Αττική	100
7	Συμπεράσματα - προτάσεις.....	108
8	Βιβλιογραφία.....	110

Λίστα γραφημάτων

Σχήμα 1-1 Αλλαγή τρόπου διαχείρισης υλικών και απορριμμάτων (MacArthur 2015, http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram)	3
Σχήμα 1-2 Ανακύκλωση αστικών απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή ένωση (EuropeanEnvironmentalAgency 2013).	9
Σχήμα 1-3 Ποσοστό (%) των στερεών δημοτικών αποβλήτων που ανακυκλώνεται σε σχέση με το συνολικό ποσό αποβλήτων που παράγεται (WasteAtlas 2015).....	10
Σχήμα 1-4 Κάλυψη συλλογής απορριμμάτων για επιλεγμένες πόλεις ανάλογα με το επίπεδο εισοδήματος (Wilson et al. 2014).	15
Σχήμα 2-1 Σχεδιάγραμμα προτεινόμενου συστήματος.....	22
Σχήμα 2-2 Σχηματική απεικόνιση της διαλογής σε ταμείο.....	23
Σχήμα 2-3 Ευρύτερη σχηματική απεικόνιση προτεινόμενου συστήματος	25
Σχήμα 2-4 Σχέδιο ταμείου παράδοσης.....	34
Σχήμα 2-5 Qr code, version 3 (29x29). Το σκανάρισμα της οδηγεί στην ιστοσελίδα ΜΠΣ Διαχείριση ενέργειας και περιβάλλοντος (Qrcode 2015).	37
Σχήμα 2-6 Στοιχεία κωδικού (Denso-company 2011).....	38
Σχήμα 2-7 QR code version 40 (177x177) (Wikipedia-qrcode).....	38
Σχήμα 2-8 Κατεστραμμένος αλλά αναγνωρίσιμος κωδικός (Wikipedia-qrcode)	39
Σχήμα 3-1 Παραγωγή πλαστικών στην Ευρώπη το 2013. (Eurostat, EuropePlastics)	53
Σχήμα 3-2 Επιλογές ανάκτησης πλαστικών. (Ανδρεόπουλος Α. 2015).....	55
Σχήμα 3-3 Ποσοστό ανακύκλωσης στο τέλος ζωής 60 μετάλλων (UNEP 2011).	64
Σχήμα 3-4 Η χρήση του σκραπ σιδήρου στην παραγωγή σιδήρου (BIRa 2015).....	67
Σχήμα 3-5 Συνολική περιβαλλοντική επίπτωση (Pts/t) και το μερίδιο συνεισφοράς για κάθε τομέα παραγωγής αλουμινίου ανά τόνο υλικού A (AA3014 και 380 κράματα), B (AA6061 και 355 κράματα), (Paraskevas et al. 2014)	69

Σχήμα 4-1 Συγκεντρωτικό σύστημα με ροές ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011).....	74
Σχήμα 4-2 Επίδραση του αριθμού των φορών ανακύκλωσης στο energy των ροών ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011).	75
Σχήμα 4-3 Η συνεχής ανακύκλωση του χάλυβα βάσει του 30% και 90% ποσοστού ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011)	76
Σχήμα 4-4 Συνεχής ανακύκλωση χρησιμοποιημένων κουτιών αλουμινίου για 30% και 90% του υλικού ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011).	76
Σχήμα 4-5 Διάγραμμα ενέργειας (Α) συμβατού συστήματος και (Β) αντίστροφης πορείας σκραπ - Τ μεταφορά υλικού αλουμινίου (Giannetti et al., 2013)	78
Σχήμα 5-1 Κόστος συλλογή μετά τον μηχανικό χωρισμό και την διαλογή στην πηγή των Ολλανδικών δήμων, η τελευταία χωρίζεται σε drop-off και curbside συλλογή, συμπεριλαμβανομένων τα ανώτερα και κατώτερα όρια για διαφορετικούς δήμους. (€ / τόνο), (Groot et al. 2014).	87
Σχήμα 5-2 Το μέσο συνολικό κόστος συλλογής ανά είδος δήμου από πεζοδρόμιο (curbside) και κέντρα απόθεσης (drop-off) (€ / τόνο), (Groot et al. 2014).....	88
Σχήμα 5-3 Το μέσο συνολικό κόστος συλλογής ανά δήμο για συλλογή από πεζοδρόμιο (curbside) και κέντρα απόθεσης (drop-off) με διαφορετικά ποσοστά πληρότητας ενός εμπορευματοκιβωτίου (αριστερό διάγραμμα) και φορτηγών συλλογής (δεξί διάγραμμα) (€ / τόνο) (Groot et al. 2014).....	88
Σχήμα 5-4 Συνολικός κύκλος εργασιών ανακύκλωσης βασικών ανακυκλώσιμων υλικών στην Ε.Ε. το 2004 & 2006-2009 σε δις € και τρέχουσες τιμές (Eurostat, European Environmental Agency).....	89
Σχήμα 5-5 Τιμές για το ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού.	94
Σχήμα 5-6 Τιμές για το ΧΑΛΥΒΑ παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού.....	94
Σχήμα 5-7 Τιμές για το ΠΛΑΣΤΙΚΟ παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού	95
Σχήμα 5-8 Τιμές για το ΧΑΡΤΙ παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού.....	95
Σχήμα 6-1 Συμμετοχή των Περιφερειών στην ετήσια παραγωγή Α.Σ.Α (Μπουρτσαλάς et al. 2011).	97
Σχήμα 6-2 Μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για τις Περιφέρειες της Ελλάδος (Μπουρτσαλάς et al. 2011).	97
Σχήμα 6-3 Ποιοτική σύσταση των Α.Σ.Α. της Αττικής (ΠΕ.Σ.Δ.Α. 2014).	99

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1-1 Ποσότητες ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στην Ευρώπη το 2012.	7
Πίνακας 1-2 Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο.....	17
Πίνακας 1-3 Επικίνδυνες ουσίες που απορρίπτονται στα δημοτικά απόβλητα	17
Πίνακας 1-4 Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ, 2011)	18
Πίνακας 2-1 Διαθέσιμα δεδομένα εισαγωγής στην ετικέτα.....	38
Πίνακας 2-2 Επίπεδα διόρθωσης σφαλμάτων κώδικα ετικέτας.	39
Πίνακας 2-3 Ενδεικτικά στοιχεία χαρακτηρισμού στην ετικέτα προϊόντων.....	40
Πίνακας 2-4 Ωφέλειες από αντικατάσταση πρώτων υλών από υλικά ανακύκλωσης.....	48
Πίνακας 2-5 Μείωση εκπομπών άνθρακα από την υποκατάσταση παρθένας ύλης.	51
Πίνακας 3-1 Παραγωγή και ανάκτηση πλαστικών στις ΗΠΑ το 2012.....	57
Πίνακας 3-2 Παγκόσμια ζήτηση για μη σιδηρούχα μέταλλα και κατανάλωση σκραπ	68
Πίνακας 4-1 Αποτελέσματα της αξιολόγησης energy της συμβατικής παραγωγής αλουμινίου και της ανακύκλωσης των χρησιμοποιημένων αλουμινένιων κουτιών.	77
Πίνακας 4-2 Αξιολόγηση των συμβατικών και ανακυκλωτικών διαδικασιών της πλαστικής ξυλεία.	79
Πίνακας 4-3 Αξιολόγηση των συμβατικών και ανακυκλωτικών διαδικασιών του γυαλιού.....	80
Πίνακας 5-1 Κόστος συλλογής για συλλέγονται χωριστά ανακυκλώσιμα υλικά ανά ακαθάριστό εθνικό εισόδημα (ΑΕΕ) κάθε χώρας.....	85
Πίνακας 5-2 Κόστος λειτουργίας εγκατάσταση ανάκτησης υλικών (Material recovery facility - MRF) για συλλέγονται χωριστά ξηρά ανακυκλώσιμα υλικά ανά ακαθάριστό εθνικό προϊόν (ΑΕΠ) κάθε χώρας.	91
Πίνακας 5-3 Ενδεικτικό κόστος μεταφόρτωσης ΑΣΑ στην Ελλάδα.	92
Πίνακας 6-1 Μέσες τιμές υλικών στην Ελλάδα το 2009.	98
Πίνακας 6-2 Δημογραφικά στοιχεία νομού Αττικής για το 2011.	97

Πίνακας 6-3 Στοιχεία συλλογής μπλε κάδου στην Αττική το 2014.	100
Πίνακας 6-4 Συνολικός όγκος απορριμμάτων ανά έτος και απαιτούμενα δρομολόγια ανά κατάσταση με κανονική συμπλήρωση κάδων.	101
Πίνακας 6-5 Αντίστροφη συμπλήρωση κάδων και συνολική υποκύπτουσα ποσότητα αποβλήτων.	102
Πίνακας 6-6 Συνολικά ετήσια έξοδα δρομολογίων Αττικής.	102
Πίνακας 6-7 Συγκεντρωτικές τιμές κόστους συλλογής για διάφορους τρόπους υπολογισμού.	106
Πίνακας 6-8 Ανάλυση εσόδων από ανακύκλωση για το καινούριο σύστημα.	107
Πίνακας 8-1 Διευκρινίσεις συντομογραφιών Πίνακα 1-1.	1

1 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

1.1 Ορισμός

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας εντάσσεται στα πλαίσια της προσπάθειας υιοθέτησης της αειφόρου ανάπτυξης και αποτελεί την καινούρια παγκόσμια πρόκληση στις παραγωγικές δομές και δραστηριότητες στην Ευρώπη. Προάγεται η αξία των απορριμμάτων και η διαχείριση τους μετά το πέρας της ωφέλιμη ζωή τους, όπου πρέπει να αντιμετωπίζονται ως πρώτη ύλη, είτε άμεσα για επαναχρησιμοποίηση, είτε έμμεσα μέσω της ανακύκλωσης τους. Έως τώρα η οικονομία λειτουργούσε με το γραμμικό μοντέλο «παίρνω-φτιάχνω-απορρίπτω», στο οποίο κάθε υλικό απορριπτόταν όταν τελείωνε η χρησιμότητα του. Ωστόσο η αύξηση του πληθυσμού αλλά και οι απαιτήσεις σε πλούτο καθιστούν την ζήτηση πολύτιμων και σπάνιων πρώτων υλών συνεχώς μεγαλύτερη, οδηγώντας παράλληλα στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Ενδεικτικό είναι ότι κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή ένωση, χρησιμοποιούνται σχεδόν 16 τόνοι υλικών ανά άτομο (μέταλλα, ορυκτά καύσιμα, ζωοτροφές, νερό, κλπ.), ενώ κάθε πολίτης της παράγει, κατά μέσο όρο, πάνω από 5 τόνους αποβλήτων ετησίως εκ των οποίων μόνο το 36% ανακυκλώνεται (Eurostat-waste, 2015). Ο στόχος της μετάβασης σε μια κυκλική οικονομία προϋποθέτει αλλαγή της εστίασης στην επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανανέωση και ανακύκλωση υφιστάμενων υλικών και προϊόντων. Απαραίτητη θεωρείται η αντιμετώπιση των αποβλήτων ως πηγή και πρώτη ύλη για μια άλλη διεργασία ή υπηρεσία η οποία θα προωθήσει την ανακύκλωση, την μείωση της ταφής και εν τέλει θα δημιουργήσει κίνητρα για την αλλαγή της καταναλωτικής συμπεριφοράς.

1.2 Ευρωπαϊκοί Στόχοι

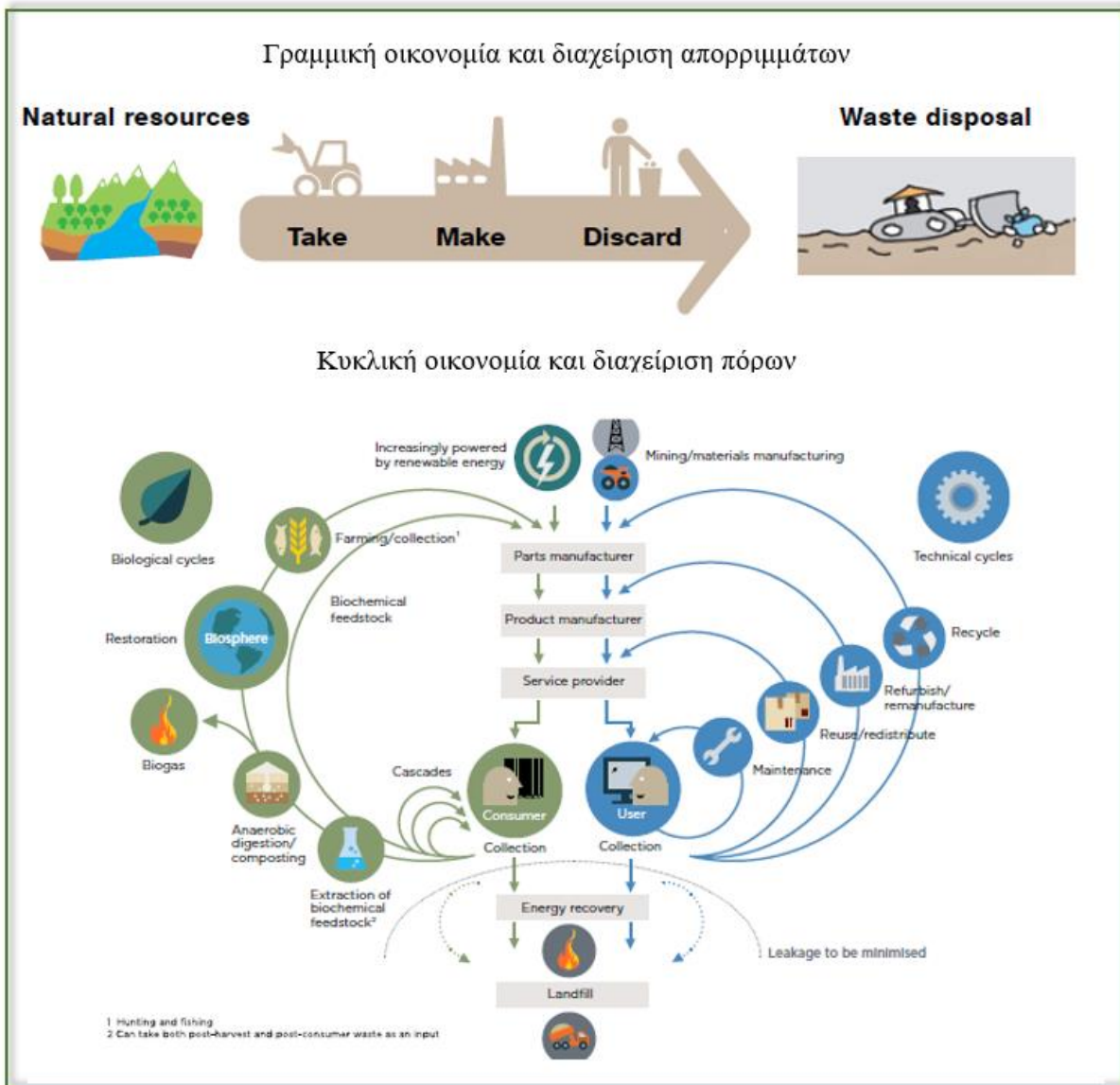
Για να επιτευχθεί η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας και να αφομοιωθεί στην λειτουργία και τη παραγωγική δραστηριότητα της οικονομίας, η Ευρωπαϊκή ένωση καθόρισε συγκεκριμένους στόχους με υποχρεωτικό χαρακτήρα για κάθε χώρα μέλος της (European Commission, 2014). Συνεπώς ζητείται από τους Ευρωπαίους να ανακυκλώνουν το 70 % των αστικών αποβλήτων και το 80 % των αποβλήτων συσκευασίας έως το 2030, ενώ έως το 2025 προτείνεται να έχει απαγορευτεί η υγειονομική ταφή των ανακυκλώσιμων αποβλήτων. Υπολογίζεται ότι ετησίως παράγονται 2 δισεκατομμύρια τόνοι αποβλήτων στα κράτη-μέλη της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων και των επικίνδυνων αποβλήτων. Για την αντιμετώπιση της διαχείρισης

των στερεών απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει στη δημιουργία μιας «κοινωνίας της ανακύκλωσης» με τρεις κατευθύνσεις:

- ✓ Μείωση παραγωγής αποβλήτων εν γένει και ιδιαιτέρως των επικίνδυνων αποβλήτων.
- ✓ Τα προκύπτοντα απόβλητα να αντιμετωπίζονται ως πόροι με ανάκτηση ή ανακύκλωση.
- ✓ Μείωση των αρνητικών επιπτώσεων από τη διαχείριση των αποβλήτων.

Σύμφωνα με το ίδρυμα Ellen-MacArthur, η σημερινή διάρκεια ωφέλιμης ζωής των φυσικών προϊόντων είναι μόλις τέσσερα έτη, μετά τα οποία μόνο το 40% όλων των υλικών επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται, σε μόλις 3% της αρχικής τους αξίας (MacArthur, n.d.). Η οργάνωση αυτή προτείνει νέα πρότυπα υλικών, αγορές δευτερογενών υλικών και ένα αναβαθμισμένο σύστημα ανακύκλωσης. Τα προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι ανθεκτικά, να μοιράζονται, να επαναχρησιμοποιούνται, να επιδιορθώνονται και να ανακυκλώνονται.

Είναι γεγονός ότι μόνο το 40% των υλικών του συστήματος στερεών αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή ένωση των 28 ανακυκλώνονται, το 22% αποτεφρώνονται με ανάκτηση ενέργειας και τα υπόλοιπα 38% καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής (Eurostat, 2012). Ακόμη και υλικά όπως το PET, ο χάλυβας, το χαρτί, που θεωρούνται παραδείγματα επιτυχίας στον τομέα της ανακύκλωσης, χαρακτηρίζονται από διαρροή αξίας έως και 75% από την πρώτη φορά χρήσης τους. Το 33% των τροφίμων καταλήγει στα απορρίμματα όπως επίσης και το 46% των οπωροκηπευτικών. Επειδή ωστόσο η ταφή και η καύση των απορριμμάτων είναι συνδεδεμένες με έντονες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ρύπανσης στα ύδατα, το νερό και το έδαφος (Gochfeld, 1995; N.Tangri, 2003), είναι καίριας σημασίας η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης και έως εκ τούτου η μείωση της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων.



Σχήμα 1-1 Αλλαγή τρόπου διαχείρισης υλικών και απορριμμάτων (MacArthur 2015, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram>)

1.3 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Η πιο πρόσφατη Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98 ενοποιεί και εκσυγχρονίζει την υφιστάμενη νομοθεσία και υπαγορεύει στην υλοποίηση όλων των απαραίτητων προεργασιών από τις αρμόδιες εθνικές αρχές, ώστε να τεθεί σε εφαρμογή στις 12.12 2010. Στην Ελλάδα, αυτό ακόμη δεν έχει γίνει (Αραβώσης, 2015).

Σε αυτήν την Οδηγία αποσαφηνίζονται οι ορισμοί της ανακύκλωσης, ανάκτησης και εισάγεται για πρώτη φορά η αρχή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Σύμφωνα με την τελευταία οι επιχειρήσεις που διαθέτουν προϊόντα στην αγορά, αναλαμβάνουν την οικονομική ευθύνη

για τις δραστηριότητες που αφορούν την πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση ή άλλες μορφές ανάκτησης για τα απόβλητα που παράγονται από τη χρήση των προϊόντων τους. Επίσης, οφείλουν να πληροφορούν το κοινό για το βαθμό στον οποίο το προϊόν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί.

Επιπλέον η οδηγία, ιεραρχεί τις μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων ως εξής:

- α) πρόληψη,
- β) προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση,
- γ) ανακύκλωση,
- δ) άλλου είδους ανάκτηση, π.χ. ανάκτηση ενέργειας, και
- ε) διάθεση.

Από τα κράτη-μέλη απαιτείται να επιλέγουν μεθόδους διαχείρισης που επιφέρουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα από περιβαλλοντικής απόψεως, όπως μεθόδους επεξεργασίας που συνοδεύονται από υψηλά ποσοστά ανάκτησης υλικών ή ενέργειας και να καταρτίζουν προγράμματα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων, τα οποία να λαμβάνουν υπόψη ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων και των υλικών. Επίσης, τα κράτη-μέλη οφείλουν να ενθαρρύνουν τον σχεδιασμό των προϊόντων κατά τρόπον ώστε να μειώνονται οι αρνητικές συνέπειές τους στο περιβάλλον και η δημιουργία αποβλήτων κατά τη διαδικασία παραγωγής και χρήσης τους, και την ανάπτυξη, παραγωγή και εμπορία προϊόντων που είναι κατάλληλα για πολλαπλές χρήσεις, ανθεκτικά από τεχνική άποψη και, αφού καταστούν απόβλητα, κατάλληλα για ορθή και ασφαλή ανάκτηση και διάθεση συμβατή με το περιβάλλον.

Η οδηγία, θέτει στα κράτη-μέλη τους ακόλουθους συγκεκριμένους στόχους:

- α) έως το 2020, αύξηση τουλάχιστον στο 50%, κατά βάρος, της προετοιμασίας για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων, όπως το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί από νοικοκυριά και ενδεχομένως άλλης προέλευσης, στο βαθμό που τα απόβλητα αυτά είναι παρόμοια με τα απόβλητα των νοικοκυριών,
- β) έως το 2020 αύξηση τουλάχιστον στο 70% κατά βάρος της προετοιμασίας για την επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση άλλων υλικών, συμπεριλαμβανομένων των

εργασιών υγειονομικής ταφής όπου γίνεται χρήση αποβλήτων για την υποκατάσταση άλλων υλικών, μη επικίνδυνων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, εξαιρουμένων των υλικών που απαντούν στη φύση και τα οποία ορίζονται στην κατηγορία 17 05 04 του καταλόγου αποβλήτων.

γ) τα κράτη - μέλη οφείλουν να καταρτίσουν ένα ή περισσότερα σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΔΑ) τα οποία μόνα τους ή συνδυασμένα, να καλύπτουν ολόκληρη τη γεωγραφική επικράτεια του κράτους-μέλους.

Μια από τις απαιτήσεις που ήδη εφαρμόζεται, της Ευρωπαϊκής οδηγίας πακεταρίσματος (European Commission, 1994), είναι η υποχρέωση των χωρών να ανακυκλώνουν συγκεκριμένες ποσότητες συσκευασιών. Για το λόγο αυτό υιοθετήθηκε νομοθεσία η οποία έχει αναγνωρίσει, ομαδοποιήσει και κωδικοποιήσει όλα τα δυνατά απόβλητα. Ο κατάλογος αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119//ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001), δίνεται στο παράρτημα της εργασίας αυτής. Παρακάτω δίνονται κάποιες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη νομοθεσία.

A. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

1. Ο κατάλογος του Παραρτήματος αποτελεί εναρμονισμένο κατάλογο αποβλήτων και μπορεί να αναθεωρείται από την Επιτροπή Ε.Κ .σε τακτά χρονικά διαστήματα βάσει νέων γνώσεων, και ιδίως ερευνητικών αποτελεσμάτων σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 18 της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 91/156/ΕΚ.

2. Οι διάφορες κατηγορίες αποβλήτων του καταλόγου προσδιορίζονται πλήρως με τον εξαψήφιο κωδικό για το απόβλητο και τους αντίστοιχους διψήφιους και τετραψήφιους κωδικούς για τους τίτλους των κεφαλαίων. Αυτό συνεπάγεται ότι ο προσδιορισμός ενός αποβλήτου στον κατάλογο περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

2.1. Προσδιορισμός της πηγής που παράγει το απόβλητο στα κεφάλαια 01 έως 12 ή 17 έως 20 και προσδιορισμός του αντιστοίχου εξαψήφιου κωδικού για το απόβλητο (εξαιρουμένων των κωδικών των εν λόγω κεφαλαίων που λήγουν σε 99). Σημειώνεται ότι μία συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να πρέπει να ταξινομήσει τις δραστηριότητές της σε διάφορα κεφάλαια.

2.2. Εάν δεν μπορεί να ευρεθεί κατάλληλος κωδικός στα κεφάλαια 01 έως 12 ή 17 έως 20, για τον προσδιορισμό του αποβλήτου θα πρέπει να εξετασθούν τα κεφάλαια 13, 14 και 15.

2.3. Εάν δεν αντιστοιχεί κανένας από αυτούς τους κωδικούς αποβλήτων, ο προσδιορισμός πρέπει να γίνει σύμφωνα με το κεφάλαιο 16.

2.4. Εάν το απόβλητο δεν εμπίπτει ούτε στο κεφάλαιο 16, πρέπει να χρησιμοποιείται ο κωδικός 99 (απόβλητα που δεν προσδιορίζονται αλλιώς) στο τμήμα του καταλόγου που αντιστοιχεί στην δραστηριότητα που έχει προσδιορισθεί στο πρώτο στάδιο.

3. Για την εφαρμογή του παρόντος ως «επικίνδυνη ουσία» νοείται κάθε ουσία που ταξινομείται ή θα ταξινομηθεί ως επικίνδυνη σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ, όπως έχει τροποποιηθεί. Ως «βαρύ μέταλλο» νοείται κάθε ένωση αντιμονίου, αρσενικού, καδμίου, χρωμίου (εξασθενούς), χαλκού, μολύβδου, υδραργύρου, σεληνίου, τελλουρίου, θαλλίου και κασσιτέρου, συμπεριλαμβανομένων των μετάλλων αυτών στην μεταλλική μορφή, εφ' όσον χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες ουσίες.

4. Εάν ένα απόβλητο χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνο βάσει γενικής ή ειδικής αντιστοιχίας με επικίνδυνες ουσίες, το απόβλητο είναι επικίνδυνο, μόνον εάν αυτές οι ουσίες είναι παρούσες σε συγκεντρώσεις (π.χ. ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος) που είναι αρκετές, ώστε το απόβλητο να εκδηλώσει μία από τις ιδιότητες που αναφέρονται στο παράρτημα II της παρούσας απόφασης. Όσον αφορά τα σημεία H3 έως H8, H10 και H11, εφαρμόζεται η παράγραφος 4 των σημειώσεων του Παραρτήματος II του παρόντος άρθρου. Για τα χαρακτηριστικά H1, H2, H9 και H12 έως H14, η παράγραφος 4 των σημειώσεων του Παραρτήματος II δεν προβλέπει προδιαγραφές προς το παρόν.

5. Δεδομένου ότι σύμφωνα με την οδηγία 1999/45/ΕΚ, η περίπτωση των κραμάτων θεωρείται ότι χρειάζεται περαιτέρω εξέταση, λόγω του ότι τα χαρακτηριστικά των κραμάτων είναι τέτοια ώστε να μπορεί να μην είναι δυνατόν να καθορισθούν με ακρίβεια οι ιδιότητές τους, χρησιμοποιώντας τις προς το παρόν διαθέσιμες συμβατικές μεθόδους, οι διατάξεις της παραγράφου 4 του Παραρτήματος II του παρόντος άρθρου δεν ισχύουν σε κράματα καθαρών μετάλλων (τα οποία δεν έχουν μολυνθεί από επικίνδυνες ουσίες). Τούτο θα εξακολουθήσει να ισχύει εν αναμονή περαιτέρω εργασιών επί της συγκεκριμένης προσέγγισης της ταξινόμησης των κραμάτων. Τα απόβλητα υλικά, τα οποία απαριθμούνται ειδικά στον κατάλογο αυτόν, παραμένουν ταξινομημένα όπως έχουν προς το παρόν.

1.4 Παραγωγή απορριμμάτων στην Ευρώπη

Η ποσοτική σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων ανά κάτοικο, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Απόδειξη της παραπάνω παραδοχής, αποτελούν οι αξιοσημείωτες διαφορές στους ρυθμούς παραγωγής αποβλήτων που παρουσιάζονται στις Ευρωπαϊκές πόλεις. Για παράδειγμα, μία σύγκριση των οικονομικών τομέων το έτος 2010 δείχνει ότι οι μεγαλύτερες πόλεις της δυτικής Ευρώπης χαρακτηρίζονταν από κατά πολύ υψηλότερους ρυθμούς παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων (520 kg/κάτοικο/έτος) από ότι οι πόλεις της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης όπου οι ποσότητες πέφτουν έως και 30% (354 kg/κάτοικο/έτος). Το 2008 η ενωμένη Ευρώπη των 27 παρήγαγε περισσότερους από 2.6 δισεκατομμύρια τόνους αποβλήτων από τους οποίους 3.7% ήταν επικίνδυνα, 58% ορυκτής προέλευσης, ποσοστά τα οποία κυμάνθησαν στα ίδια επίπεδα με τα προηγούμενα χρόνια. Το 2012 τα στατιστικά δεν μεταβληθήκαν όπως φαίνεται και στο παρακάτω πίνακα.

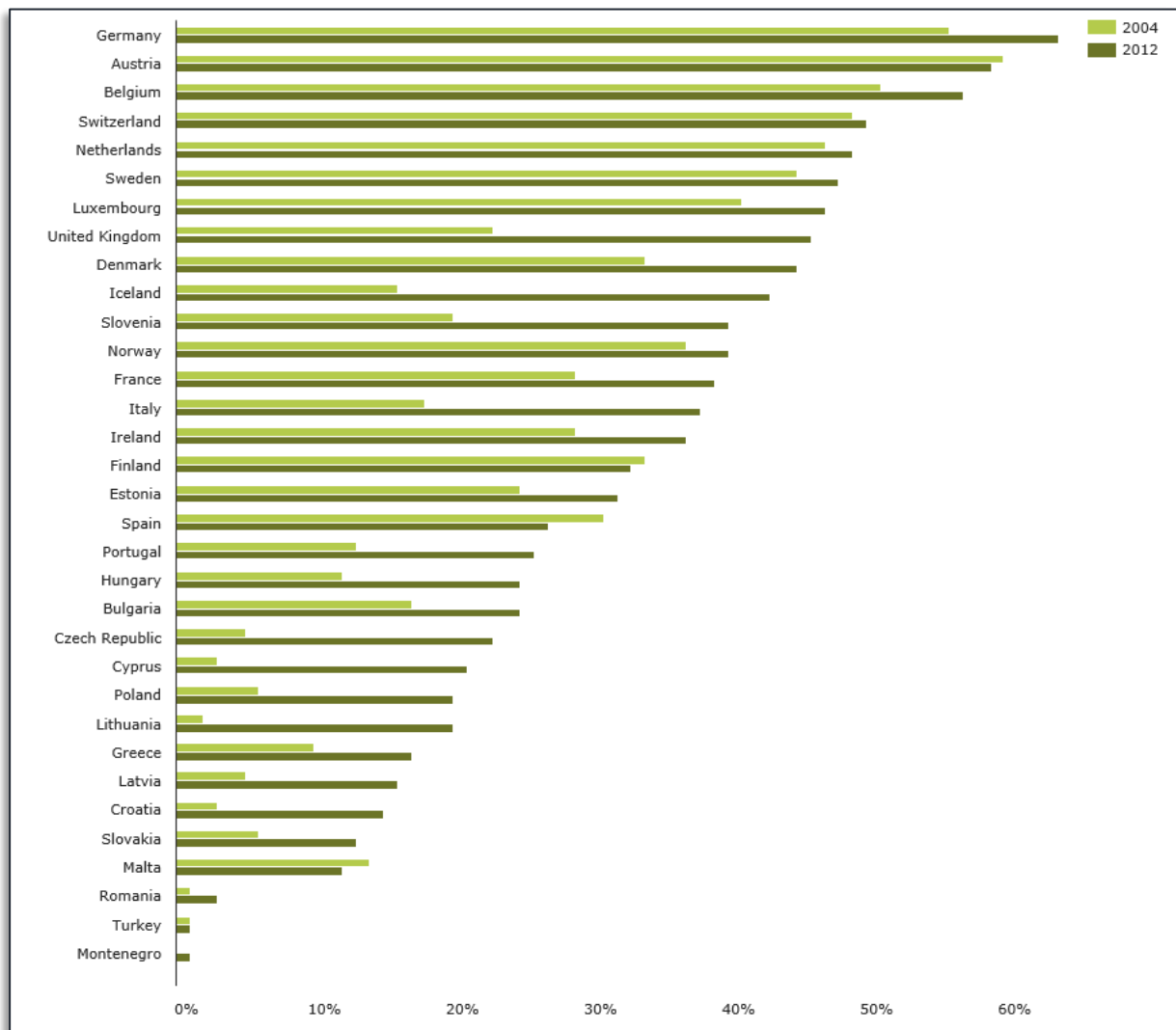
Πίνακας 1-1 Ποσότητες ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στην Ευρώπη το 2012.

Χώρα/τόνοι αποβλήτων	Σύνολο ανακυκλώσιμων αποβλήτων	Μέταλλα	Γυαλί	Χαρτί	Πλαστικά	Εξοπλισμός	Δέρμα-Ξύλο-Υφασμα
<i>Της Ευρωπαϊκής Ένωσης (28 χώρες)</i>	242.390.000	14.260.000	18.310.000	46.950.000	17.090.000	16.000.000	63.660.000
<i>Βέλγιο</i>	12.836.611	382.522	893.667	3.870.157	610.994	387.293	4.418.070
<i>Βουλγαρία</i>	1.925.085	690.372	65.116	201.539	99.922	120.976	245.776
<i>Τσεχική Δημοκρατία</i>	4.808.611	26.575	312.995	702.468	325.623	69.518	378.787
<i>Δανία</i>	3.261.161	526.138	177.765	1.025.491	107.195	163.118	263.521
<i>Γερμανία</i>	37.283.685	543.847	2.976.251	8.183.517	2.530.498	2.489.447	12.530.595
<i>Εσθονία</i>	1.492.849	19.281	48.988	94.676	22.706	30.269	830.343
<i>Ιρλανδία</i>	1.360.522	108.382	253.102	395.914	126.249	264.090	245.678
<i>Ελλάδα</i>	2.000.459	92.330	74.557	521.713	133.232	193.228	157.716
<i>Ισπανία</i>	13.352.299	744.758	1.136.019	3.598.612	1.142.921	1.094.760	1.614.000
<i>Γαλλία</i>	33.735.163	2.154.500	2.354.634	7.348.000	1.646.794	2.228.258	6.885.735
<i>Κροατία</i>	781.475	23.528	44.592	200.446	39.186	62.588	117.315
<i>Ιταλία</i>	25.740.527	532.285	2.512.060	5.147.515	2.733.088	2.717.441	4.557.821

<i>Κύπρος</i>	309.824	2.587	22.213	136.865	74.258	19.952	48.314
<i>Λετονία</i>	311.910	68.553	29.305	106.212	21.576	20.940	63.452
<i>Λιθουανία</i>	903.235	94.046	73.844	123.942	50.638	70.628	211.516
<i>Λουξεμβούργο</i>	434.383	5.912	60.766	109.323	26.329	14.465	98.075
<i>Ουγγαρία</i>	2.936.950	296.682	156.867	538.301	185.787	98.453	306.393
<i>Μάλτα</i>	63.076	22.453	2.839	10.588	4.365	15.179	15.114
<i>Ολλανδία</i>	8.489.670	581.617	598.268	2.313.466	609.645	505.801	2.786.955
<i>Αυστρία</i>	5.581.141	0	306.158	1.841.067	357.595	155.612	996.450
<i>Πολωνία</i>	12.630.990	77.490	939.948	1.134.822	969.653	220.006	4.104.741
<i>Πορτογαλία</i>	4.475.414	474.646	619.544	986.774	213.722	233.570	975.678
<i>Ρουμανία</i>	5.500.147	136.193	234.332	928.137	649.343	133.816	2.123.033
<i>Σλοβενία</i>	952.837	45.896	44.200	129.858	47.777	29.674	352.964
<i>Σλοβακία</i>	1.644.128	31.301	62.233	221.959	108.140	32.553	427.269
<i>Φινλανδία</i>	13.456.696	276.496	142.721	649.058	91.349	224.387	11.958.885
<i>Σουηδία</i>	5.587.346	547.893	278.525	744.403	175.836	581.217	1.220.129
<i>Ηνωμένο Βασίλειο</i>	40.530.352	5.749.511	3.884.974	5.680.268	3.986.175	3.819.823	5.722.664
<i>Ισλανδία</i>	90.962	36.479	5.028	22.709	6.427	8.391	19.576
<i>Λιχτενστάιν</i>	23.091	429	953	9.150	173	529	2.098
<i>Νορβηγία</i>	3.440.196	924.250	86.474	804.938	157.859	356.649	1.466.675
<i>Μαυροβούνιο</i>	9.975	157	673	2.380	130	2.476	2.983
<i>Π. Γ. Δ. Μ.</i>	40.434	3.419	1.585	3.095	10.860	767	5.066
<i>Σερβία</i>	269.204	11.799	8.388	58.339	17.854	10.048	61.231
<i>Τουρκία</i>	2.605.930	298.007	88.773	435.563	214.580	14.976	361.264
<i>Βοσνία και Ερζεγοβίνη</i>	332.687	3.224	6.305	4.989	1.867	635	249.785
<i>Κοσσυφοπέδιο</i>	18.450	4.099	406	725	877	360	8.761

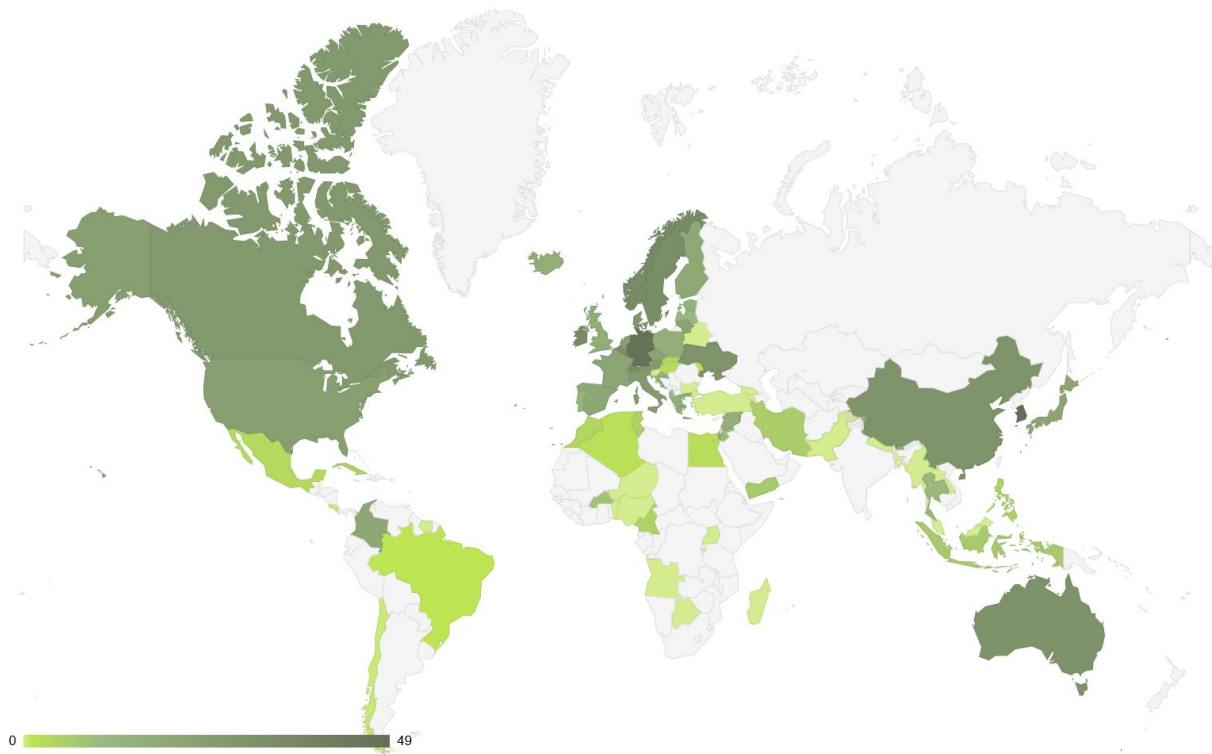
Πηγή Eurostat (2012).

Παρακάτω δίνεται συγκριτικό διάγραμμα των συνολικών αποβλήτων που ανακυκλώνονται με φθίνουσα σειρά ποσοτήτων για την χρονιά 2004 και 2012 στην Ευρώπη.



Σχήμα 1-2 Ανακύκλωση αστικών απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή ένωση (EuropeanEnvironmentalAgency, 2013).

Σημείωση: Το ποσοστό ανακύκλωσης υπολογίζεται ως το ποσοστό των δημοτικών αποβλήτων που ανακυκλώνονται ή μετατρέπονται σε λίπασμα. Αλλαγές στη μεθοδολογία αναφοράς σημαίνει ότι τα δεδομένα του 2012 δεν είναι πλήρως συγκρίσιμα με τα στοιχεία του 2004 για την Αυστρία, Κύπρος, Μάλτα, τη Σλοβακία και την Ισπανία. Στοιχεία του 2005 χρησιμοποιήθηκαν αντί του 2004 για την Πολωνία λόγω των αλλαγών στη μεθοδολογία. Λόγω της διαθεσιμότητας των δεδομένων, αντί των στοιχείων του 2004, τα στοιχεία του 2003, χρησιμοποιήθηκαν για την Ισλανδία. Στοιχεία του 2007 χρησιμοποιήθηκαν για την Κροατία και τα δεδομένα του 2006 για τη Σερβία.



Σχήμα 1-3 Ποσοστό (%) των στερεών δημοτικών αποβλήτων που ανακυκλώνεται σε σχέση με το συνολικό ποσό αποβλήτων που παράγεται (WasteAtlas 2015).

1.4.1 Βασικό πλαίσιο συλλογής απορριμμάτων

Μέχρι τώρα το σύστημα συλλογής απορριμμάτων που επικρατεί κατά κύριο λόγο στις ανεπτυγμένες χώρες, σε παγκόσμια κλίμακα, είναι η συλλογή σε κάδους στο πεζοδρόμιο. Τοποθετούνται συνήθως δύο κάδοι για χωριστή συλλογή των οργανικών και των σύμμεικτων ανακυκλώσιμων σε τέτοια θέση ώστε να εξυπηρετούνται περίπου δέκα με είκοσι κατοικίες. Επίσης κάποιες δημοτικές κοινότητες εφαρμόζουν επιπλέον πρόγραμμα το οποίο αφορά αποκλειστικά τα ανακυκλώσιμα υλικά, τοποθετώντας δοχεία σε σημεία κεντρικά και εύκολα προσβάσιμα, με σκοπό τη συλλογή κάθε ανακυκλώσιμου υλικού ξεχωριστά. Η συχνότητα συλλογής τους εξαρτάται από τον όγκο των κάδων και τους εξυπηρετούμενους κατοίκους.

Η συμμετοχή των πολιτών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος συλλογής καθώς αυτοί οφείλουν να διαχωρίζουν τα οργανικά από τα διάφορα ανακυκλώσιμα υλικά και να εν συνεχεία να τα απορρίπτουν σε αντίστοιχους κάδους. Τα ποσοστά επιτυχίας του υφιστάμενου αυτού συστήματος έχουν πολλές διακυμάνσεις τόσο από χώρα σε χώρα όσο και από υλικό σε υλικό. Είναι γεγονός ότι οι περισσότερο αναπτυγμένες χώρες έχουν υψηλότερα ποσοστά ανάκτησης υλικών της τάξης του 60%, κυρίως λόγω της

ενημέρωσης και της παιδείας που παρέχουν στους πολίτες τους. Ωστόσο διαφορές ανακύπτουν ακόμα και μέσα στην ίδια την χώρα ανάμεσα στα υλικά που τελικά διαχωρίζονται και ανακυκλώνονται. Αυτό οφείλεται στη μη ομοιόμορφα κατανεμημένη, αλλά και ελλιπής πολλές φορές, τοποθέτηση αντίστοιχων ειδικών κάδων στους τοπικούς δήμους. Άλλα στοιχεία που αποθαρρύνουν την διαχωρισμό στην πηγή είναι η υπερπλήρωση των κάδων, η έλλειψη χώρου στις κατοικίες, η δυσπιστία για τη σωστή διαχείριση των ανακτώμενων υλικών, η παρουσία μελών της οικογένειας που δεν διατίθενται να συμμετάσχουν, ο μικρός αριθμός των τελικών παραγόμενων ανακυκλώσιμων (Gallardo et al., 2015). Επιπλέον εξαιτίας του εθελοντικού χαρακτήρα του όλου συστήματος, που επαφίεται υποχρεωτικά στις αξίες και στα προσωπικά χαρακτηριστικά του ατόμου, διαταράσσεται η σταθερότητα εφαρμογής του και ως εκ τούτου θέτεται μη ελκυστικό σε επενδύσεις οι οποίες θα το εξελίξουν (McCarty & Shrum, 1994). Αξίζει, να επισημανθεί η αναγκαιότητα των προσπαθειών για την απαραίτητη εξοικείωση του πολίτη με το υπάρχον σύστημα ανακύκλωσης, οι οποίες οφείλουν να είναι συνεχείς για την συνέτιση και εκπαίδευση κάθε νεότερης γενιάς συμμετεχόντων πολιτών.

1.4.2 Μέθοδοι περισυλλογής απορριμμάτων

Στην προσπάθεια για τον καλύτερο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων αποβλήτων πέρα του βασικού προαναφερθέντος, τέθηκαν σε εφαρμογή διάφοροι τρόποι συλλογής σε μεμονωμένες περιοχές ή κοινότητες.

Κέντρα συλλογής υλικών: Η λειτουργία των προγραμμάτων αυτών στηρίζεται στον διαχωρισμό συγκεκριμένων ειδών αποβλήτων από τους κατοίκους στο σπίτι και στην μετέπειτα μεταφορά τους σε χώρους συλλογής ή μεμονωμένους κάδους. Από τα σημεία αυτά ο φορέας οργάνωσης του προγράμματος τα μεταφέρει στο τελικό εξειδικευμένο χρήστη για ανακύκλωση. Για παράδειγμα εφαρμόζονται συστήματα μεταφοράς και απόθεσης σε υλικά όπως οι μπαταρίες και τα ηλεκτρονικά απόβλητα, σε ειδικούς συμβεβλημένους κάδους σε καταστήματα ηλεκτρονικών ειδών ή δημοτικές υπηρεσίες. Επίσης οι λευκές συσκευές σε μικρή κλίμακα και τα αυτοκίνητα συλλέγονται σε ειδικές εγκαταστάσεις από ανεξάρτητες επιχειρήσεις διαχείρισης ή πιο σπάνια από τις μητρικές εταιρείες μετά το πέρας του χρόνου ζωής τους, με σκοπό την αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση τους. Παρόλο που υπάρχουν δεσμευτικοί κανόνες για την ευθύνη του κύκλου ζωής των προϊόντων (νόμος 2002/96/EC), οι εταιρείες για διάφορους λόγους όπως είναι η οικονομική αποδοτικότητα της συλλογής, δεν

αναλαμβάνουν τη διαχείριση των προϊόντων τους μετά το πέρας της ζωής τους, δυσκολεύοντας έτσι τη διαχείριση του συνόλου των αποβλήτων από τις δημοτικές αρχές.

Συλλογή πόρτα-πόρτα: Σε αυτό το σύστημα, οι κάτοικοι τοποθετούν στην εξώπορτα τους τα απορρίμματα τους σε συγκεκριμένες ημέρες, ώστε να περισυλλεγούν από το όχημα συλλογής και να οδηγηθούν στον τελικό χρήστη. Το πρόγραμμα αφορά σε ένα ή περισσότερα υλικά τα οποία συλλέγονται, είτε όλα μαζί (ανάμεικτα) είτε το κάθε υλικό χωριστά, πέρα των οργανικών. Η συμμετοχή σε προγράμματα συλλογής πόρτα-πόρτα μπορεί να είναι εθελοντική ή υποχρεωτική, ενώ στους κατοίκους παραχωρούνται πολλές φορές δοχεία και σακούλες για την αποθήκευση των ανακυκλώσιμων υλικών στο σπίτι. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την ευελιξία στη συχνότητα και τον έλεγχο ποιότητας. Τα μειονεκτήματα έγκειται στο μεγάλο κόστος και τη σύγχυση που δημιουργείται σχετικά με το ποια μέρα μαζεύεται το κάθε είδος απορριμμάτων. Η Βρετανία, η οποία υπήρξε πρωτοπόρα στην διαλογή στη πηγή, έχει θέσει από το 1994 σε εφαρμογή, σε κάποιες πόλεις της, σχέδιο το οποίο απαιτεί από τα νοικοκυριά να χωρίσουν τα ανακυκλώσιμα από τα μη ανακυκλώσιμα υλικά τοποθετώντας τα σε 2 διαφορετικές τύπου τσάντες. Το περιεχόμενο αυτών συλλέγονταν κάθε εβδομάδα μπροστά από την κατοικία του κάθε νοικοκυριού, από όχημα χωρισμένο σε δύο διαμερίσματα (οργανικά/ανακυκλώσιμα). Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται μέχρι και σήμερα σε κάποιες μικρές πόλεις της χώρας. Παρόμοιο σύστημα ακολουθείται και στην πόλη Μπόρα της Σουηδίας, όπου σε ξεχωριστές σακούλες συλλέγονται τα οργανικά απόβλητα και τα καύσιμα απορρίμματα, ενώ τα ανακυκλώσιμα προσκομίζονται από τον πολίτη σε κέντρα με ειδικούς κάδους (drop-off sites). Η περίπτωση της πόλης αυτή εξετάστηκε (Rousta et al., 2015) καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η κοντινή απόσταση των κέντρων διαλογής ανακυκλώσιμων πρέπει να τοποθετείται κοντά στις κατοικίες προκειμένου να μειωθεί η λάθος ταξινόμηση των απορριμμάτων στους αντίστοιχους κάδους, ενώ σε αυτό μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό το ενημερωτικό υλικό πάνω στους κάδους.

Τα κέντρα ή μηχανήματα αγοράς υλικών αποτελούν ουσιαστικά επέκταση των κέντρων συλλογής υλικών, με τρόπο ώστε η διαχείρισή τους να περιλαμβάνει και το οικονομικό κίνητρο. Η λειτουργία τους στηρίζεται στο ότι οι κάτοικοι μεταφέρουν σε αυτά τα διαχωρισμένα υλικά και αμείβονται για αυτά σε τιμή μικρότερη από αυτήν που το κέντρο αγοράς εισπράττει από τον τελικό χρήστη. Η αμοιβή αυτή αποτελεί και το κίνητρο προς τον κάτοικο που συμμετέχει. Τις περισσότερες φορές λειτουργούν ως κέντρα ανακύκλωσης ενός υλικού, συνήθως υλικού μεγάλης αξίας. Τα κέντρα αγοράς υλικών είναι τα πιο συνηθισμένα

για συλλογή και ανακύκλωση κουτιών αλουμινίου, η λειτουργία των οποίων υποστηρίζεται από τους κατασκευαστές αλουμινίου. Τα κέντρα αυτά στην πλειοψηφία τους είναι αυτόματα μηχανήματα στα οποία ο πολίτης εισάγει τα απορρίμματά, αυτά ταυτοποιούνται και εν συνεχεία εκτυπώνεται το δελτίο απόδειξης. Τα απορρίμματα αφορούν συσκευασίες πλαστικών, υάλινων και αλουμινένιων υλικών. Τέτοια συστήματα δέχονται και συνθλίβουν μπουκάλια, με σκοπό τη μείωση του όγκου τους και της συχνότητας συλλογής τους από απορριμματοφόρα (reverse – vending machine). Έχει μελετηθεί το σύστημα αυτό της απόθεσης σε κέντρα/μηχανήματα με ακόλουθη αποζημίωση του καταναλωτή (Ino, 2011) με στόχο τη διερεύνηση της βέλτιστης πολιτικής απόθεση-αποζημίωσης D-R (deposit-refund). Έγινε ανάλυση διάφορων σεναρίων με τη βοήθεια μαθηματικών εξισώσεων, εξετάστηκε το κόστος αποζημίωσης στην περίπτωση που μπορεί να συμβεί παράνομη διάθεση των αποβλήτων (καύση/χρωματερή) από την πλευρά τόσο των νοικοκυριών όσο και των επιχειρήσεων. Η κρατική ενίσχυση γίνεται με φόρο επί των αρχικών προϊόντων, επιδότηση των συλλεγόμενων καταλοίπων, παρακολούθηση και οικονομική επιβάρυνση των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων με παράνομη διάθεση αποβλήτων. Σε αυτό το σύστημα, πρωταρχικός στόχος αποδεικνύεται η επίβλεψη από τις αρχές του φορτίου και η αντίστοιχη ποινή στις επιχειρήσεις αντί των νοικοκυριών. Το κόστος απόθεση σε κέντρο θα πρέπει πάντα να είναι ίσο με το κόστος διάθεσης αποβλήτων στη προγενέστερη μορφή του, ενώ η επιδότησή στους καταναλωτές για την ενθάρρυνση της ανακύκλωσης, πρέπει να ποικίλει ανάλογα με τη σχέση μεταξύ του κόστους παρακολούθησης, το κόστος διάθεσης και την τεχνολογία.

Pay-As-You-Throw. Έχουν προταθεί συστήματα όπου η οικονομική επιβάρυνση προσδίδεται στους καταναλωτές ανάλογα με την ποσότητα που αυτοί απορρίπτουν ως απόβλητο. Πλέον πρόσφατο άρθρο (Elia et al., 2015) κάνει ειδική αναφορά στις στρατηγικές “πληρώνεις όσο πετάς” με στόχο μια βιώσιμη οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οργάνωση των ροών αποβλήτων. Η προτεινόμενη διαδικασία προβλέπει την μέτρηση των απορριμμάτων των καταναλωτών και την απόδοση προστίμου βάση ενός τιμοκαταλόγου ο οποίος θα επηρεάζεται από τη κρατική διάρθρωση και την τιμή του αντίστοιχου παρθένου υλικού. Η καταμέτρηση του μίγματος απορριμμάτων γίνεται από πόρτα σε πόρτα ή με ειδική τεχνολογία αναγνώρισης επί τόπου σε ειδικά διαμορφωμένους κάδους. Βασικός, στόχος του όλου εγχειρήματος αποτελεί η μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων μέσω της τιμωρίας των καταναλωτών.

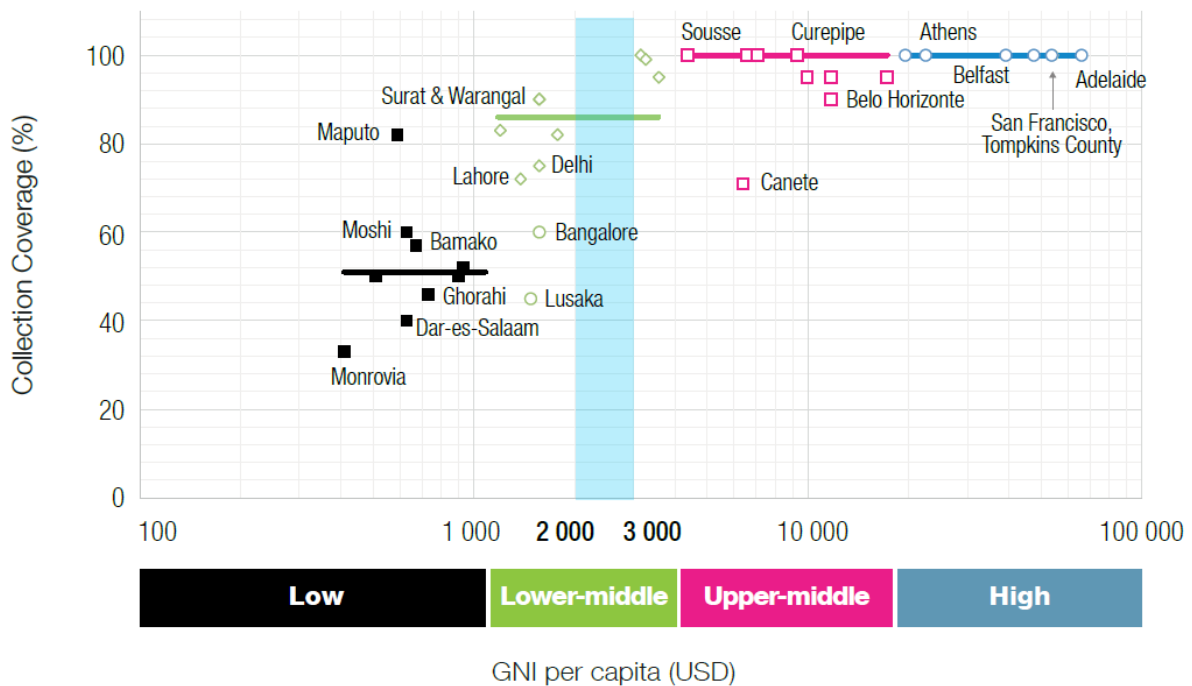
Μέθοδος ‘αντίστροφου μάρκετ’. Σε αυτά τα συστήματα οι πολίτες προσκομίζουν τα ανακυκλώσιμα απόβλητα τους σε ειδικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε απομακρυσμένο σημείο εντός πόλεως, όπου αυτά ζυγίζονται και διαχωρίζονται σε αντίστοιχους κάδους με αντάλλαγμα κάποιο οικονομικό όφελος (reverse supermarket). Η συλλογή των απορριμμάτων με οικονομικά κίνητρα ανάλογα με το βάρος των υλικών, εφαρμόζεται σε ελάχιστα μέρη παγκοσμίως. Ένα αρνητικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι η ταξινόμηση και διαχωρισμός των απορριμμάτων ανά υλικό γίνεται αποκλειστικά μέσω του υποδοχέα- ανθρώπου. Κάτι τέτοιο εξαρτάται μόνο από τις εμπειρίες και τις γνώσεις του υποδοχέα και το οποίο περιέχει σημαντικά σφάλματα (Sidique et al. 2010; Sidique et al. 2013). Ωστόσο η τελική αποτελεσματικότητα του όλου συστήματος εξαρτάται από τη διάθεση που θα επιδείξει ο καταναλωτής για την μεταφορά και απόθεση των απορριμμάτων σε κεντρικά σημεία. Η κινητοποίηση του χρήστη είναι συνάρτηση της μετρικής απόστασης, της οικειοποίησης του με τη διαδικασία και κυρίως της κοινωνική πίεσης που δέχεται για ανακύκλωση (Sidique et al. 2010). Προς επίρρωση του προαναφερθέντος αποτελεί το γεγονός ότι αν και έχει προωθηθεί σε μεγάλο βαθμό η συλλογή ηλεκτρονικών απορριμμάτων σε κέντρα, αυτή δεν βρίσκει απήχηση από το ευρύ κοινό. Καθοριστικός παράγοντας επιτυχίας αποτελεί και σε αυτήν την εφαρμογή οι ηθικές αξίες του καταναλωτή και κατά δεύτερο λόγο η ενημέρωση του για την τοξικότητα των εν λόγω αποβλήτων (Saphores et al. 2012).

Πραγματοποιήθηκε πρόσφατα κοινωνιολογική έρευνα (De Feo & Polito, 2015) η οποία προσδιόρισε την στάση των πολιτών απέναντι σε ξεχωριστά κέντρα συλλογής με αποζημίωση κατά βάρος. Η μελέτη αφορούσε την πόλη Baronissi της Ιταλίας, όπου οι κάτοικοι έχουν την επιλογή επιπλέον της συμβατικής, να προσκομίζουν τα απορρίμματα σε απομακρυσμένο κέντρο και να λαμβάνουν ως αντίτιμο κουπόνια αγοράς στα τοπικά μαγαζιά (με χρήση ειδικής πιστωτικής κάρτας). Οι κάτοικοι οργάνωναν τα απορρίμματα σε 5 διαφορετικές χρωματικά σακούλες συλλέγοντας τα οργανικά, μη ανακυκλώσιμα υπολείμματα, χαρτιά/χαρτόνια, ανακυκλώσιμα, αναλώσιμα υγιεινής, ηλεκτρονικό εξοπλισμό ενώ σε ειδικά δοχεία τοποθετούσαν τα υαλικά απορρίμματα και το λάδι μαγειρέματος. Σε μια περίοδο 3 ετών (2010-2013) τα ανακυκλώσιμα που αποτέθηκαν στα κέντρα αυξήθηκαν από το 6.9% στο 19% των συνολικών ανακυκλώσιμων αποβλήτων της περιοχής, με ορισμένα απόβλητα να συλλέγονται αποκλειστικά στα κέντρα το τελευταίο έτος (λάστιχα, ηλεκτρονικός εξοπλισμός, αδρανή υλικά και συντρίμια, οικιακά λάδια). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 95,8% των πολιτών που συμμετείχαν στα κέντρα είχε καλή έως πολύ καλή άποψη για το συγκεκριμένο σύστημα

συλλογής ενώ το 99.2% θεωρούσε καλές/πολύ καλές τις συνθήκες μέσα στις εγκαταστάσεις. Οι πολίτες επισκέπτονταν αυτά τα κέντρα κυρίως για περιβαλλοντικούς λόγους.

1.5 Κάλυψη συλλογής απορριμμάτων

Η κάλυψη της συλλογής απορριμμάτων αναφέρεται στο ποσοστό των νοικοκυριών που είναι συνδεδεμένα με το σύστημα συλλογής απορριμμάτων. Είναι γεγονός ότι πολλές, χαμηλού εισοδήματος πόλεις, έχουν κάλυψη συλλογής των στερεών απορριμμάτων κυμαινόμενη από 30 με 60%, ενώ έχει υπολογισθεί ότι περισσότεροι από 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως δεν έχουν πρόσβαση σε σύστημα συλλογής απορριμμάτων (Wilson et al., 2015). Γενικά το ποσοστό κάλυψης της συλλογής αυξάνεται ανάλογα με το επίπεδο εισοδήματος, ενώ από ένα σημείο και μετά η κάλυψη φθάνει στο ανώτερο σημείο της περίπου 100% χωρίς το επίπεδο εισοδήματος πλέον να επιδρά σε αυτό. Το σημείο αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα το οποίο δείχνει τη κάλυψη συλλογής σε σχέση με το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα ανά κάτοικο σε λογαριθμική κλίμακα όπου το σημείο –κατώφλι απεικονίζεται ως μπλε κάθετη μπάρα.



Σχήμα 1-4 Κάλυψη συλλογής απορριμμάτων για επιλεγμένες πόλεις ανάλογα με το επίπεδο εισοδήματος (Wilson et al. 2014).

1.6 Αστικά Απορρίμματα

Στον όρο αστικά στερεά απόβλητα ή ΑΣΑ (Municipal Solid Waste) περιλαμβάνονται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, τα οποία λόγω φύσης ή σύνθεσης, είναι παρόμοια με τα οικιακά, όπως απόβλητα από εμπορικές και συναφείς δραστηριότητες, κτίρια γραφείων και ιδρύματα (σχολεία, νοσοκομεία, κυβερνητικά κτίρια). Περιλαμβάνει επίσης ογκώδη απόβλητα (στρώματα, έπιπλα κ.α.) και απόβλητα κήπων, φύλλα, κλαδιά, κηπευτικά, καθώς και απόβλητα από καθαρισμό δρόμων.

Στα αστικά απορρίμματα που διαχειρίζονται οι φορείς αποκομιδής περιλαμβάνονται:

- Κατάλοιπα κάθε φύσης, όπως οικιακά απορρίμματα, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά που τοποθετούνται μέσα στις πλαστικές σακούλες.
- Απορρίμματα από εμπορικές εγκαταστάσεις και βιοτεχνίες, κτίρια γραφείων που τοποθετούνται επίσης σε σακούλες ή κάδους όπως τα οικιακά
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύες, προϊόντα από καθαρισμούς δρόμων και δημοσίων χώρων, που συγκεντρώνονται σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Κατάλοιπα από χώρους εκθέσεων αγορές, εορτές, κλπ., που συγκεντρώνονται επίσης σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία (πλην των μολυσματικών που συγκεντρώνονται σε ειδικούς χώρους).
- Ογκώδη αντικείμενα

Δεν περιλαμβάνονται στα αστικά απορρίμματα:

- Αδρανή και κατάλοιπα δημοσίων έργων
- Βιομηχανικές στάχτες, σκουριές, μολυσματικά νοσοκομείων, υπολείμματα σφαγείων
- Πολύ ογκώδη αντικείμενα που απαιτούν ειδικό τρόπο μεταφοράς.

1.6.1 Σύσταση αστικών αποβλήτων

Τα αστικά απορρίμματα αποτελούν περίπου το 25 με 30% των συνολικών αποβλήτων παγκοσμίως. Το ποσοστό αυτό μεταβάλλεται ανά χώρα λόγω των ιδιομορφιών του κάθε συστήματος συλλογής απορριμμάτων και του αντίστοιχου χαρακτηρισμού τους ως αστικά απόβλητα.

Πίνακας 1-2 Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο.

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

Πηγή: (Φελεσκούρα & Παπαιωάνου, 2004)

Ιδιαίτερη μνεία θα πρέπει να γίνει για τις επικίνδυνες ουσίες που περιέχονται στα αστικά στερεά απόβλητα και καταλήγουν ορισμένες φορές στους κοινούς πράσινους κάδους αποκομιδής. Η έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης καθώς και η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών έχει ως αποτέλεσμα να οδηγούνται τελικώς προς ταφή μαζί με το ρεύμα των αστικών αποβλήτων επικίνδυνα υλικά, τα οποία θα πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά και να υπόκειται σε ξεχωριστή επεξεργασία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που δύνανται να περιέχονται στα δημοτικά απόβλητα και οι οποίες ορισμένες φορές καταλήγουν στους χώρους διάθεσης.

Πίνακας 1-3 Επικίνδυνες ουσίες που απορρίπτονται στα δημοτικά απόβλητα

ΕΙΔΟΣ	ΠΡΟΪΟΝ
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ	Μπαταρίες
	Ηλεκτρικός εξοπλισμός
	Θερμόμετρα, βαρόμετρα
	Λαμπτήρες φθορίου
	Λυχνίες υδραργύρου
	Λαμπτήρες

ΜΟΛΥΒΔΟΣ	Γυαλί
	Χρώματα
	Κράματα
ΚΑΔΜΙΟ	Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες
ΧΡΩΜΙΟ	Δέρματα
ΒΡΩΜΙΟ	Πυρανθεκτικά υλικά
	Πλαστικά και υφάσματα
	Ηλεκτρικός εξοπλισμός

Εύφλεκτες Ουσίες: Πρόκειται κυρίως για απορριπτόμενα χρώματα και βερνίκια από χρήση σε κατοικίες. Επίσης, αφορούν στις εύφλεκτες ουσίες που περιέχονται στη λάσπη που προέρχεται από τα στεγνοκαθαριστήρια.

Φυτοφάρμακα: Οι κενές συσκευασίες φυτοφαρμάκων, αυτά που έχει λήξει η ημερομηνία χρήσης τους καθώς και απορριπτόμενα υπολείμματα φυτοφαρμάκων καταλήγουν στα δημοτικά απόβλητα. Προέρχονται κυρίως από αγροτικές περιοχές.

Προϊόντα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης: Αφορά παρασκευάσματα και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται για ιατροφαρμακευτική περίθαλψη κατ' οίκο, όπως επίσης και συσκευασίες αυτών. Περιλαμβάνουν ληγμένα φάρμακα, υπολείμματα φαρμάκων, σύριγγες, συσκευασίες φαρμάκων, επιδέσμους, κ.λπ.

Μπαταρίες: Οι μπαταρίες απορρίπτονται στα δημοτικά απόβλητα είτε μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής τους είτε λόγω ελαττωματικότητάς τους.

Πίνακας 1-4 Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ, 2011)

<i>Με βάση τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων, τα δημοτικά απόβλητα ταξινομούνται με τον κωδικό 20.</i>	
20 01	χωριστά συλλεγόμενα μέρη (εκτός από το σημείο 15 01)

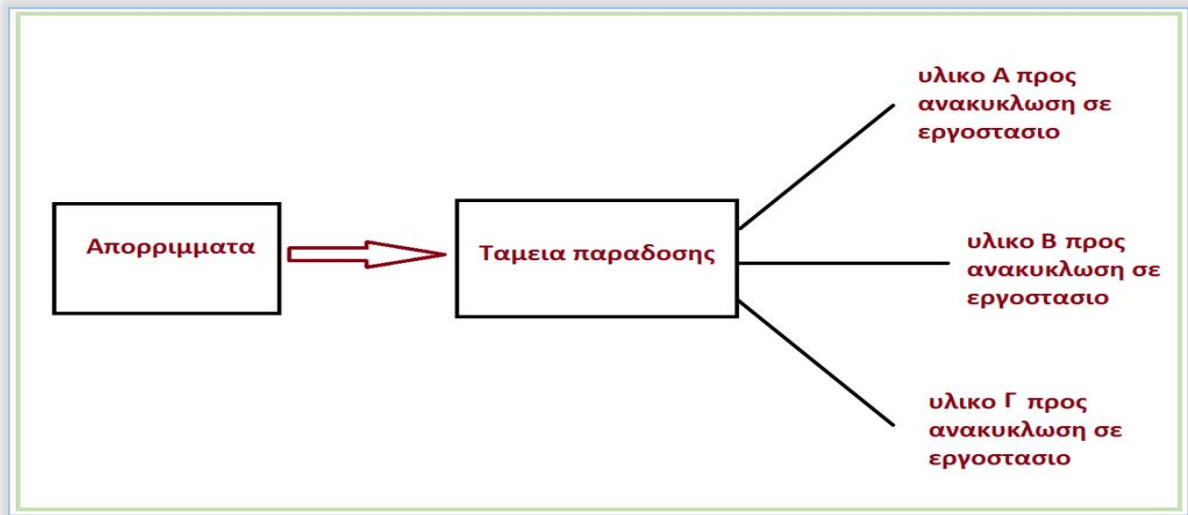
20 01 01	χαρτιά και χαρτόνια
20 01 02	γυαλιά
20 01 08	βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα κουζίνας και χωρών διαίτησης
20 01 10	ρούχα
20 01 11	υφάσματα
20 01 17*	φωτογραφικά χημικά
20 01 19*	ζιζανιοκτόνα
20 01 21	σωλήνες φθορισμού και άλλα απόβλητα περιέχοντα υδράργυρο
20 01 22	αεροζόλ
20 01 23	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες
20 0131*	κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες
20 01 32	φάρμακα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 31
20 01 33*	μπαταρίες και συσσωρευτές που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 06 01, 16 06 02 ή 16 06 03 και μεικτές μπαταρίες και συσσωρευτές που περιέχουν τις εν λόγω μπαταρίες
20 01 34	μπαταρίες και συσσωρευτές άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 33
20 01 35*	απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21 και 20 01 23 που περιέχει επικίνδυνα συστατικά στοιχεία
20 01 36	απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21, 20 01 23 και 20 01 35
20 01 37*	ξύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες
20 01 38	ξύλο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 20 01 37
20 01 39	πλαστικά
20 01 40	μέταλλα

20 01 41	απόβλητα από τον καθαρισμό καμινάδων
20 01 99	άλλα μέρη μη προδιαγραφόμενα άλλως
20 02	απόβλητα κήπων και πάρκων (περιλαμβάνονται απόβλητα νεκροταφείων)
20 02 01	βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα
20 02 02	χώματα και πέτρες
20 02 03	άλλα μη βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα
20 03	άλλα δημοτικά απόβλητα
20 03 01	ανάμεικτα δημοτικά απόβλητα
20 03 02	απόβλητα από αγορές
20 03 03	υπολείμματα από τον καθαρισμό δρόμων
20 03 04	λάσπη σηπτικής δεξαμενής
20 03 06	απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων
20 03 07	ογκώδη απόβλητα
20 03 99	δημοτικά απόβλητα με προδιαγραφόμενα άλλως

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

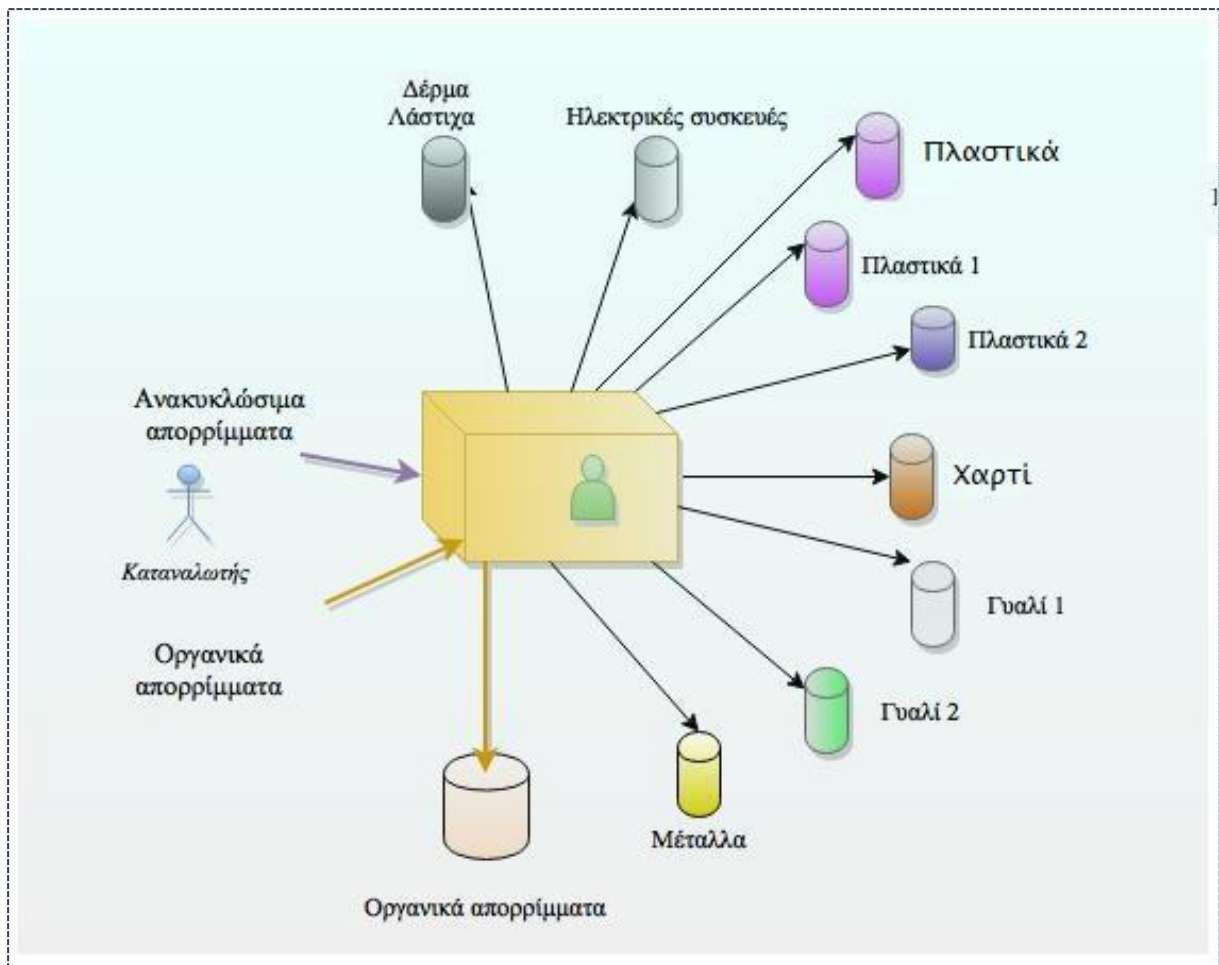
Είναι γεγονός ότι παγκοσμίως δεν υφίσταται κάποιο συγκεκριμένο σύστημα που να αποδίδει ικανοποιητικά ποσοστά ανακύκλωσης, με την διαλογή και ανακύκλωση των απορριμμάτων να επαφίεται κυρίως στην βούληση των πολιτών. Βασική λογική του προς εξέταση συστήματος είναι η ευθύνη της διαχείρισης των απορριμμάτων να ενεργοποιήσει όλους τους φορείς που εμπλέκονται με την παραγωγή, κατανάλωση, και εν τέλει ανακύκλωση των αστικών απορριμμάτων. Γι' αυτό το λόγο μελετάται μια εξελιγμένη μορφή του συστήματος αντίστροφου μάρκετ όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, όπου τα ειδικά κέντρα συλλογής θα αποτελούν τα τοπικά μάρκετ και η απόδοση αντίτιμου στο καταναλωτή θα γίνεται βάση της σύστασης του υλικού-απορρίμματος, όπως αυτή θα αναγράφεται σε ειδική ετικέτα. Επιπλέον προτείνεται η απαγόρευση των δημοτικών κάδων - πέρα των μικρών κάδων για μικρά δημοτικά απορρίμματα σε συγκεκριμένα μέρη, με σκοπό το καινούριο, υπό θεώρηση σύστημα να λάβει υποχρεωτικό χαρακτήρα.

Αναλυτικότερα οι εταιρείες παραγωγής θα έχουν την ευθύνη του αποχαρακτηρισμού του ανακυκλώσιμου υλικού κατά την διαδικασία παραγωγής του και αντίστοιχης καταγραφής του με εκτυπώσιμη ετικέτα πάνω στο υλικό, τα μάρκετ θα οφείλουν να εξοπλισθούν με ταμεία και κάδους για την αναγνώριση της ετικέτας και τον ανάλογο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων προϊόντων, οι καταναλωτές θα καλούνται να διαχωρίζουν σε δύο σακούλες τα οργανικά από τα ανακυκλώσιμα απορρίμματα και θα τις προσκομίζουν στα μάρκετ όπου θα επιβραβεύονται οικονομικά για καθένα από τα διαχωρίσιμα υλικά. Τέλος τα εργοστάσια ανακύκλωσης ή άλλος φορέας θα συλλέγουν τα απορρίμματα από τα μάρκετ με σκοπό την ανακύκλωση. Τονίζεται ότι το όλο σύστημα θα πρέπει να ελέγχεται από το κράτος, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή και νόμιμη λειτουργία του.



Σχήμα 2-1 Σχεδιάγραμμα προτεινόμενου συστήματος

Το βασικότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι γίνεται σωστός και υψηλός διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων καθώς και σημαντική μείωση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων. Αυτό θα ενισχυθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό εφόσον γίνει ολική κατάργηση των κάδων πεζοδρομίου, με στόχο η ανάκτηση των αποβλήτων να αγγίζει πολύ υψηλά ποσοστά (~90%). Επιπλέον το κάθε εργοστάσιο ανακύκλωσης θα έχει εξασφαλισμένη την απαραίτητη πρώτη ύλη για την ομαλή λειτουργία του και θα ενημερώνεται εκ των προτέρων για την σύσταση του εισερχόμενου όγκου απορριμμάτων προς ανακύκλωση με στόχο να μεταβάλλει ανάλογα τις παραμέτρους των μεταποιητικών διεργασιών του.



Σχήμα 2-2 Σχηματική απεικόνιση της διαλογής σε ταμείο

Παρακάτω γίνεται λεπτομερής περιγραφή του νέου συστήματος συλλογής από την δημιουργία ενός προϊόντος μέχρι τον τελικό προορισμό για την ανακύκλωση του.

Αρχικά όλες οι κατασκευάστριες εταιρείες των ανακυκλώσιμων προϊόντων θα υποχρεούνται κατά τη διαδικασία παρασκευής τους να εισάγουν ηλεκτρονικά σε μια ετικέτα QR code τα δεδομένα αυτά που είναι απαραίτητα για την σωστή ενημέρωση και λειτουργία της ανακύκλωσης, όπως είναι ο όγκος, η χημική σύσταση και ο κωδικός υλικού για καθένα από τα ευκόλως διασπώμενα μέρη του τελικού προϊόντος. Αυτή η ετικέτα θα είναι εκτυπωμένη σε κάθε διασπώμενο υλικό ξεχωριστά και σε σημείο που δεν θα μπορεί εύκολα να αλλοιωθεί, ώστε να είναι μετέπειτα εύκολα αναγνωρίσιμη.

Από τη πλευρά του, ο πολίτης θα διαχωρίζει στην οικία του τα ανακυκλώσιμα και τα οργανικά απορρίμματα σε δύο σακούλες, τις οποίες εν συνεχεία θα μεταφέρει ο ίδιος και θα παραδίδει σε μάρκετ. Τα οργανικά απορρίμματα θα αποτίθενται χειροκίνητα από το πολίτη σε ξεχωριστό

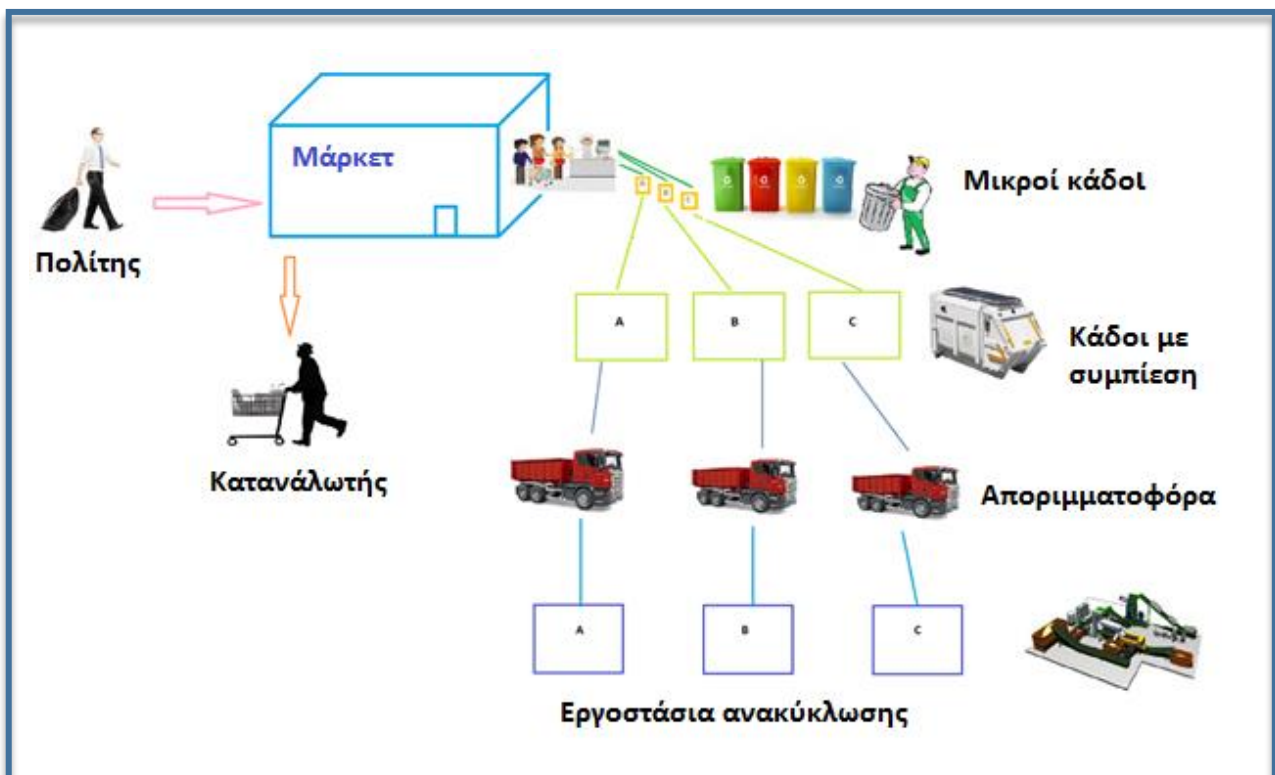
κάδο και τα συλλεγόμενα ανακυκλώσιμα θα μεταφέρονται σε ειδικά ταμεία όπου θα διαχωρίζονται από τον ταμιά, σε καθορισμένους κάδους ανά υλικό. Οι πολίτες θα έχουν οικονομικό όφελος από την προσκόμιση του κάθε είδους ανακυκλώσιμου απορρίμματος. Η απολαβή θα αποδίδεται στον καταναλωτή ως όφελος προσκομίζοντας κάποια ειδική ατομική κάρτα πίστωσης ώστε να έχει έκπτωση είτε από το ίδιο το κατάστημα παράδοσης ως μπόνους ή από κάποια δημόσια επιχείρηση ή άμεσο χρηματικό κέρδος. Το προσφερόμενο οικονομικό ποσό για κάθε προϊόν θα μπορούσε να μειώνεται σταδιακά με το χρόνο εφόσον οι πολίτες θα εξοικειώνονται με την ανακύκλωση έτσι το οικονομικό κίνητρο θα μειώνεται.

Οι σταθμοί απόθεσης θα είναι τα κοινά σούπερ μάρκετ ή άλλες μεγάλες εταιρείες όπως εμπορικά καταστήματα, που στοχεύουν στην πώληση αγαθών και έχουν την δυνατότητα εγκατάστασης ταμείων. Τα μάρκετς επιλέχθηκαν γιατί είναι το πιο σύνηθες μέρος που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές για να προμηθευτούν προϊόντα ενώ είναι τοποθετημένα σε επαρκή συχνότητα στον αστικό ιστό για την εύκολη εξυπηρέτηση αυτών. Τα μάρκετς θα έχουν ισχυρό κίνητρο συμμετοχής και συνεργασίας στο σύστημα καθώς η έτσι κι αλλιώς αναγκαία και συχνή προσέλευση του πολίτη σε αυτά θα δημιουργήσει προδιάθεση αγοράς δηλαδή αύξηση της κατανάλωσης στο εκάστοτε κατάστημα απόθεσης. Σε κάθε άλλη περίπτωση θα μπορούσε να επιβληθεί η διαδικασία με νόμο. Τα ταμεία θα είναι στεγασμένα σε επιλεγμένους χώρους εταιρειών ή καταστημάτων και οι οποίοι θα έχουν την ευθύνη της προμήθειας και λειτουργίας του εξοπλισμού τους (ταμεία και κάδοι). Στα ταμεία θα σαρώνονται τα απορρίμματα από τον ταμιά και θα τοποθετούνται από τον ίδιο στον κατάλληλο αρχικό μικρό κάδο. Στις περιπτώσεις όπου τα απορρίμματα λόγω των πολλών ποσοτήτων ή/και της μη εφικτής αποτύπωσης σε αυτά ετικέτας, αυτά θα ζυγίζονται και θα αποτιμώνται με μια σταθερή προκαθορισμένη τιμή του συστήματος. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι αυτές των εφημερίδων, χαρτιών Α4 και αποσπασμένων κομματιών γυαλιού ή μετάλλου. Απαιτείται ωστόσο μερική επιμόρφωση του εργατικού δυναμικού στο διάκριση των υλικών. Οι δευτερεύοντες μεγάλοι κάδοι προτείνεται να είναι μεγάλου όγκου με συμπίεση, οι οποίοι θα περισυλλέγονται μόνο όταν γεμίσουν, από φορτηγά και θα μεταφέρονται στα εργοστάσια ανακύκλωσης. Οι σταθμοί και τα ταμεία θα μπορούν επίσης να λειτουργούν ανεξάρτητα και σε μεγάλες βιομηχανίες-εταιρείες όπου υπάρχει μεγάλη παραγωγή αποβλήτων, τόσο από τη παραγωγική λειτουργία όσο και από τους χώρους των γραφείων.

Ακόμα και τα ογκώδη απορρίμματα όπως οι λευκές συσκευές και τα έπιπλα θα μπορούσαν να προσδίδουν όφελος στον πολίτη με αναγραφή ετικέτας σε αυτά, ενώ η συλλογή

τους μπορεί να αναλαμβάνεται από μικρά ευέλικτα οχήματα (με χρέωση ή δωρεάν) που θα εντάσσονται στο σύστημα, με στόχο την αποφόρτιση τους σε εργοστάσια για την ανάλογη διαχείριση τους.

Στην περίπτωση που υπάρχουν παραπάνω από ένα ιδιωτικά εργοστάσια ανακύκλωσης τα οποία διεκδικούν με ίσους όρους την διαχείριση συγκεκριμένου υλικού, τότε τα απορρίμματα θα μοιράζονται σε αυτά ανάλογα με το συνολικό βάρος ή όγκο των απορριμμάτων. Θα κατανέμονται αναλογικά τα απορρίμματα από κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα κάθε ευρύτερης περιοχής εξυπηρέτησης, ο οποίος θα ελέγχει την πορεία των απορριμμάτων, αποφασίζοντας και μοιράζοντας κάθε φορά ολόκληρο το πακέτο συλλογής δηλαδή το περιεχόμενο των συλλεγμένων κάδων. Με αυτό τον τρόπο θα εξασφαλίζεται ο υγιής ανταγωνισμός ανάμεσα στα εργοστάσια για την διεκδίκηση της πρώτης ύλης τους, τα απορρίμματα.



Σχήμα 2-3 Ευρύτερη σχηματική απεικόνιση προτεινόμενου συστήματος

2.1.1 Απορρίμματα ενταγμένα στο προτεινόμενο σχεδιασμό

Από τα υλικά τα οποία περιλαμβάνονται στα οικιακά απορρίμματα το χαρτί, το γυαλί, τα σιδηρούχα μέταλλα, το αλουμίνιο, τα πλαστικά και γενικότερα τα βιοαποδομήσιμα οργανικά θεωρούνται κατά τεκμήριο ανακυκλώσιμα. Επιπλέον τα λάστιχα και τα δέρματα προωθούνται κυρίως για επαναχρησιμοποίηση. Επίσης, μια καινούρια μορφή απορριμμάτων που χρήζει συγκομιδής και ειδικής μεταχείρισης είναι τα ηλεκτρονικά. Τα απορρίμματα που προτείνεται να συλλέγονται ανά κάδο περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω:

I Χαρτί

Τα είδη του χαρτιού που συνήθως ανακτώνται μέσω των προγραμμάτων ανακύκλωσης είναι εφημερίδες, χαρτοσακούλες, χαρτόνι και χαρτί γραφείου. Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες (ποιότητες), ανάλογα με την ποιότητα των ινών και το βαθμό των ξένων προσμίξεων. Γενικά θεωρείται ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ίνες τόσο καθαρότερο και καλύτερης ποιότητας είναι το χαρτί και κατά συνέπεια υψηλότερη η τιμή αγοράς του. Με την ανακύκλωση υποβαθμίζονται οι ίνες του χαρτιού (π.χ. η ανάμειξη και επεξεργασία του με νερό θραύει και μικραίνει τις ίνες). Κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανακυκλώνεται απεριόριστα, λόγω της φθοράς που οι ίνες αυτές υφίστανται. Οι εφημερίδες δεν απαιτούν καλή ποιότητα χαρτιού, ενώ επισημαίνεται ότι η χρήση τους προβλέπεται να μειωθεί περεταίρω λόγω της ανόδου της ηλεκτρονικής ενημέρωσης. Το χαρτόνι αποτελεί συνήθως τη συσκευασία για μεταφορά άλλων προϊόντων. Πηγές παραγωγής απορριμμάτων χαρτονιού είναι τα υπερμάρκετ, οι αποθήκες χοντρικής, τα εργοστάσια κλπ. Τα χάρτινα κουτιά γίνονται επίπεδα και δένονται για μεταφορά σε χαρτοβιομηχανίες με στόχο την κατασκευή χαρτονιού και κουτιών διαφορετικού τύπου. Χαρτί υψηλής ποιότητας θεωρείται το χαρτί γραφείου (φωτοτυπικό, εκτύπωσης κλπ.) που περιέχει ίνες υψηλής ποιότητας. Το μικτό χαρτί περιλαμβάνει περιοδικά, βιβλία, εφημερίδες που αποτελούν τη χαμηλότερη ποιότητα χαρτιού που περιέχεται στα οικιακά απορρίμματα. Μετά τη συλλογή, το χαρτί μεταφέρεται στον εταιρεία για να το διαχειρισθεί ως έχει ή μετά από επιλογή, ανάλογα με τις ποσότητες και το κόστος της πρόσθετης διαλογής του. Τα προϊόντα που παράγονται από ανακυκλωμένο χαρτί είναι πισσόχαρτο, χαρτί μονώσεων, χαρτί γραφής, tissue και χάρτινα κουτιά. Οι προσμίξεις που συνήθως απαντώνται στο χαρτί που ανακτάται είναι πλαστικά, μεταλλικά αντικείμενα (συνδετήρες, συρραφές), πλαστική ή κέρινη επικάλυψη και φαγητά.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ίσως χρειασθούν παραπάνω του ενός κάδου για καλύτερο διαχωρισμό του χαρτιού/χαρτονιού ανάλογα με την ποιότητα του. Στην παρούσα εργασία υιοθετείται η τοποθέτηση ενός κάδου συλλογής χαρτιού στα ταμεία για χάριν απλοποίησης καθώς δεν εξετάζονται εκτενέστερα οι διεργασίες ανακύκλωσης του συγκεκριμένου υλικού.

II Γυαλί

Η ανακύκλωση του γυαλιού αφορά στις φιάλες, τα δοχεία και άλλα υλικά (τζάμια, πιάτα, γυαλιά υψηλής αντοχής σε θερμότητα, κρύσταλλα κλπ.). Πηγές παραγωγής απορριμμάτων γυαλιού είναι τα εργοστάσια κατασκευής, εμφιάλωσης και συσκευασίας, τα κέντρα διασκέδασης, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, τα νοικοκυριά και διάφορα καταστήματα. Το γυαλί υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες λευκό, πράσινο και καφέ. Κατά τη συλλογή, θραύεται για να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Γυαλί καφέ χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια μπύρας και φαρμάκων τα οποία είναι χημικά ευαίσθητα στο φως και πράσινου χρώματος για μπουκάλια κρασιού και αναψυκτικών. Το προς ανακύκλωση γυαλί συλλέγεται ανάμεικτο σε χωριστούς υποδοχείς (containers) για το σύνολο του γυαλιού, σε δοχεία για κάθε χρώμα, σε κέντρα ανακύκλωσης. Το τελικό προϊόν της ανακύκλωσης γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή υαλοβάμβακα, fiberglass, σημάτων για τους δρόμους κλπ. Το υαλόθραυσμα μικτού χρώματος χρησιμοποιείται στα πυρότουβλα, τα τούβλα, το τσιμέντο και την άσφαλτο. Όσον αφορά τις προσμίξεις, οι ετικέτες δεν αποτελούν πρόβλημα. Προβληματικά κατά την επεξεργασία είναι τα πόματα, τα μεταλλικά αντικείμενα και δαχτυλίδια, τα κεραμικά, η σκόνη και οι πέτρες που πιθανόν να καταστήσουν τα προϊόντα ακατάλληλα για χρήση, επειδή μερικά από αυτά δεν τήκονται στο φούρνο και δημιουργούν φυσαλίδες στο τελικό προϊόν. Οι τιμές αγοράς του διαχωρισμένου γυαλιού είναι υψηλότερες από εκείνες του ανάμεικτου, το οποίο χρησιμοποιείται μόνο για παραγωγή πράσινου γυαλιού. Η ανακύκλωση του γυαλιού είναι μέρος της παραγωγικής διαδικασίας στα εργοστάσια, λόγω της σπανιότητας του βασικού συστατικού της, της σόδας, και της ρυπογόνου και ενεργοβόρας επεξεργασίας του παρθένου υλικού (Vellini & Savioli, 2009). Η διαδικασία ανακύκλωσης γυαλιού αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια: διαλογή, απομάκρυνση ακαθαρσιών, μείωση μεγέθους και κοσκίνισμα, πλύσιμο, κοσκίνισμα, δόνηση, και λιώσιμο σε κλίβανο.

Για την αύξηση της ποιότητας του ανακυκλώσιμου γυαλιού προτείνεται η χρήση τουλάχιστον δύο κάδων συλλογής γυαλιού ένας για τα καφέ που είναι πρώτο σε παραγωγή

παγκοσμίως και ένας για τα λευκά, πράσινα ή άλλα χρώματα. Ενδεχομένως μελλοντικά να τοποθετηθούν και άλλοι για καλύτερο διαχωρισμό των ανάμεικτων γυαλικών.

III Μέταλλα

Σιδηρούχα μέταλλα: Βασική πηγή αποβλήτων σιδήρου είναι τα σιδερένια κουτιά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία και τα οποία αποτελούνται από χάλυβα με λεπτή εσωτερική επικάλυψη κασσίτερου (tin cans) για να αποφεύγεται το σκούριασμα και για να προστατεύεται το περιεχόμενο του κουτιού. Η επικάλυψη του κουτιού μπορεί να είναι και από χρώμιο. Ο κασσίτερος είναι υλικό αξίας μεγαλύτερης αυτής του χάλυβα, και αντιπροσωπεύει το 0.5-1% του συνολικού βάρους του κουτιού. Η διαλογή για ανακύκλωση των σιδερένιων κουτιών γίνεται στη πηγή ή/και στο κέντρο ανακύκλωσης όπου με τη χρήση μαγνητικού διαχωριστή τα σιδερένια κουτιά διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα υλικά (π.χ. κουτιά αλουμινίου, πλαστικές φιάλες) και αφού θραυτούν και δεματοποιηθούν μεταφέρονται στη βιομηχανία. Τα διμεταλλικά είναι ορισμένα κουτιά μπίρας και αναψυκτικών που αποτελούνται από χάλυβα και έχουν αλουμινένιο καπάκι. Το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι και μετά τον ειδικό τεμαχισμό μπορεί να παραμένουν προσμίξεις αλουμινίου στο χάλυβα.

Μη σιδηρούχα μέταλλα (αλουμίνιο): Η ανακύκλωση αλουμινίου αφορά κυρίως στα κουτιά αναψυκτικών και μπίρας, ενώ άλλα είδη αλουμινίου που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι υδρορροές, πλαίσια παραθύρων, έπιπλα κήπων, εξαρτήματα αυτοκινήτων κλπ. Η μεταφορά των ανακτώμενων αλουμινένιων κουτιών στη βιομηχανία μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, όπως χύμα, δεματοποιημένα και συμπιεσμένα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του αλουμινίου είναι η υψηλή τιμή που το υλικό έχει ως σκραπ (λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας που έχει η βιομηχανία όταν το χρησιμοποιεί αντί για πρώτη ύλη), γεγονός που ευνοεί την ανακύκλωσή του. Η ανάκτηση του αλουμινίου μπορεί να γίνει στη πηγή ή/και σε κέντρα ανακύκλωσης. Μετά τη συλλογή τους, τα κουτιά αλουμινίου διαχωρίζονται από τα σιδηρούχα και τα διμεταλλικά με τη χρήση μαγνητικού διαχωριστή. Τα κουτιά του αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν απεριόριστα χωρίς το τελικό προϊόν να χάσει τις ιδιότητές του. Περισσότερα στο κεφάλαιο 3.2.

IV Πλαστικά

Τα πλαστικά προϊόντα προέρχονται από ένα είδος ρητίνης ή από σύνδεση διαφορετικών ρητινών. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πλαστικών που επιτάχυνε την εξάπλωσή τους,

αποτελεί η σχέση του βάρους προς τον όγκο που καταλαμβάνουν, η οποία φτάνει μέχρι 1:3. Η αλλαγή της συσκευασίας των προϊόντων προς όφελος του πλαστικού είχε ως συνέπεια τη δραματική αύξηση της συμμετοχής του στα απορρίμματα, τα τελευταία κυρίως χρόνια. Υπάρχουν πολλά προβλήματα με τα πλαστικά σε σχέση με τη δυνατότητα ανακύκλωσης. Αυτά οφείλονται στα εξής:

α) υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση

β) τα διάφορα είδη είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν. Γι' αυτό το λόγο θα χρησιμοποιηθούν τρεις κάδοι συλλογής πλαστικών, όπως αναλύονται περαιτέρω στο κεφάλαιο 3.1.

γ) υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις.

Η ανακύκλωση των πλαστικών αφορά κυρίως PVC, PET και HDPE. Από PET κατασκευάζονται φιάλες ανθρακούχων αναψυκτικών ή ορισμένες εμφιαλωμένου νερού, ενώ από HDPE (High density polyethelene) κατασκευάζονται φιάλες γάλακτος, αναψυκτικών και απορρυπαντικών. Λόγω της χαρακτηριστικής σχέσης όγκου/ βάρους, τα πλαστικά μπουκάλια θραύονται και δεματοποιούνται για την οικονομικότερη μεταφορά τους στη βιομηχανία, όπου κατά την επεξεργασία τους απομακρύνονται οι προσμίξεις (ετικέτες, κατάλοιπα και σκόνη). Από PVC κατασκευάζονται φιάλες για μεταλλικό νερό, βρώσιμα λάδια, χυμούς, καλλυντικά κλπ., καθώς επίσης και πλαστικά σκαφίδια για τρόφιμα (π.χ. λαχανικά). Τα θερμοπλαστικά διαθέτουν τη δυνατότητα επαναθέρμανσης και επαναδιαμόρφωσης, αν και η επαναθέρμανση τελικά τα υποβαθμίζει. Άλλα προβλήματα στα ανακυκλωμένα πλαστικά εμφανίζονται λόγω βιολογικών προσμίξεων που δεν καταστρέφονται. Τα μπουκάλια PET και HDPE δεν μπορούν να ξαναγίνουν μπουκάλια για τροφές. Τέλος, προϊόντα από ανακυκλωμένο PET είναι διάφορα υποβοηθητικά υλικά για επιστρώσεις και επενδύσεις, σχοινιά και σπάγκοι, γεωφάσματα και διαμορφωμένα πλαστικά, ενώ προϊόντα από ανακυκλωμένο HDPE είναι οι διάφορες βιομηχανικές επιστρώσεις δαπέδων, δεξαμενές, κάδοι, γλάστρες. Αλεσμένες φιάλες PVC χρησιμοποιούνται στην παραγωγή σωλήνων ύδρευσης, αποχέτευσης, άρδευσης κλπ..

V Δέρμα-Υφασμα-Λάστιχο

Στο κάδο αυτό θα συλλέγονται τρία ήδη που είναι εύκολα διαχωρίσιμα μεταξύ τους, με σκοπό την εξοικονόμηση χώρου για την συλλογή τους σε ξεχωριστούς κάδους.

Τα υφάσματα αποτελούν μια ευρεία γκάμα υλικών, όπως ρούχα ή χαλιά τα οποία είναι εύκολα επιδιορθώσιμα και επαναχρησιμοποιήσιμα. Συνήθως προσφέρονται σε οργανισμούς και φορείς όπως σε ιδρύματα, νοσοκομεία και Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (ΜΚΟ) που ασχολούνται με τέτοιου είδους δραστηριότητες. Εξάλλου η διαχείριση των ρούχων αποτελεί αντικείμενο συνεχούς επιστημονικής μελέτης με ανάπτυξη μεθόδων όπως η πυρόλυση, που παράγει ενέργεια χωρίς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η παραγωγή πιο κατάλληλου μονωτικού υλικού για τις οικοδομές, τα αυτοκίνητα κ.ά. (Ανάκυκλος, 2015) . Η μέχρι τώρα εναλλακτική χρήση τους μετά το πέρας της ζωής τους είναι ως:

- Ρούχα καθαρισμού, για πλοία, βιομηχανίες, γκαράζ κ.λπ.
- Συστατικό για υψηλής ποιότητας χαρτί (βαμβακερά)
- Νέες ίνες για παραγωγή καινούργιων ρούχων (κυρίως μάλλινα)
- Πολτός για μονωτικά υλικά στα αυτοκίνητα
- Υλικό που χρησιμοποιείται ως επίστρωση στα χαλιά, γέμιση για έπιπλα κ.ά.
- Μονωτικά υλικά για τις οικοδομές
- Κουμπιά, φερμουάρ κ.λπ. για επαναχρησιμοποίηση.

Τα λάστιχα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ανάλογα την χρήση και την κατάσταση τους ή να αποτελέσουν καύσιμο υλικό. Στην κατηγορία των λάστιχών δεν θα εντάσσονται τα ελαστικά των οχημάτων τα οποία έχουν υποχρεωτικά ξεχωριστή συλλογή από τα τοπικά βουλκανιζατέρ.

VI Ηλεκτρονικά απόβλητα

Τα ηλεκτρονικά απόβλητα αποτελούν πολύ τοξικό ρύπο όταν αποθέτονται στο περιβάλλον χωρίς προεπεξεργασία. Επίσης περιέχουν χρήσιμα και σπάνια συστατικά όπως βαρέα μέταλλα, χρυσός και πλατίνα που πρέπει να αποσπαστούν από αυτά πριν την ταφή ή ανακύκλωση του κύριου προϊόντος, για την ανάκτηση τους και την πρόληψη ρύπανσης.

Η χρήση ετικέτας στα ηλεκτρονικά απόβλητα πέραν από την βασική λειτουργία, μπορεί να επιτελέσει ρόλο εγχειριδίου αποσυναρμολόγησης. Ο κωδικός QR έχει τη δυνατότητα να

περιέχει δεδομένα υπό τη μορφή διαδικτυακής σύνδεσης την οποία το προσωπικό αποσυναρμολόγησης θα μπορεί να επισκέπτεται και να συμβουλευτεί προκειμένου να αφαιρέσει με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα τα μέρη εκείνα που αποτελούν πολύτιμη ύλη καθώς και να διαχωρίσει σωστά τα στοιχεία τα οποία απαρτίζουν το τελικό προϊόν. Η ιστοσελίδα η οποία θα είναι συνδεδεμένη για κάθε ξεχωριστό είδος προϊόντων θα διαμορφώνεται από τις κατασκευάστριες εταιρείες είτε αυτοτελώς είτε συνεργαζόμενες από κοινού. Επίσης λόγω της ποικιλίας ηλεκτρονικών συσκευών η αποζημίωση που θα προσφέρεται στο καταναλωτή θα διαμορφώνεται συναρτήσει της συνολικής αθροιστικά αξίας των συστατικών του απορρίμματος και της δυνατότητας του πλήρους διαχωρισμού τους. Τέλος για την στήριξη του νόμου που προβλέπει την επιστροφή των ηλεκτρικών συσκευών στους κατασκευαστές της στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, η ετικέτα μπορεί να συνεισφέρει άμεσα. Έτσι προτείνεται η αναγραφή των στοιχείων της κατασκευάστριας εταιρείας και η παραπομπή σε διαδικτυακή ιστοσελίδα για την ενημέρωση πιθανού ειδικού χώρου της εταιρείας για την επιστροφή των υπολειμματικών προϊόντων της. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η ομαδοποίηση των ηλεκτρονικών απορριμμάτων, η επιστροφή και ανάθεση της ανακύκλωσης τους στις μητρικές τους εταιρείες με σκοπό τη βέλτιστη ανάκτηση των πολύτιμων συστατικών.

VII Οργανικά απόβλητα

Τα οργανικά απόβλητα περιλαμβάνουν τα τροφικά υπολείμματα και τα απόβλητα κήπου και συνεπώς δεν δύναται να φέρουν ετικέτα, ωστόσο θα συλλέγονται επίσης στα μάρκετ σε ξεχωριστό εξωτερικό κάδο λόγω της έντονης οσμής που αυτά προκαλούν. Με αυτό τον τρόπο τα οργανικά, λόγω της μικρής περιεκτικότητας που θα έχουν σε άλλα ανάμεικτα υλικά, θα προωθούνται για λιπασματοποίηση. Ένα ακόμα θετικό στοιχείο που απορρέει του διαχωρισμού από τον καταναλωτή, των ανακυκλώσιμων από τα οργανικά, αποτελεί η προώθηση της οικιακής κομποστοποίησης με ειδικούς κάδους για την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού. Αυτό ευνοεί και ευνοείται από την οικειοθελή μείωση της ποσότητας των αποβλήτων για την διευκόλυνση στην μεταφοράς τους και που εν τέλει θα μειώσει το οργανικό φορτίο προς επεξεργασία στα κέντρα κομποστοποίησης. Το τελευταίο προϋποθέτει την εξοικείωση των πολιτών με την οικιακή κομποστοποίηση, την ενημέρωση και αγορά κατάλληλου εξοπλισμού. Έχει υπολογιστεί ότι το 35% των οικιακών απορριμμάτων μπορούν να κομποστοποιηθούν.

Μελλοντικά ενταγμένα απορρίμματα

Στο προβλεπόμενο σύστημα θα μπορούσε να προστεθεί ένας κάδος για την συλλογή των απορριπτόμενων μπαταριών. Οι μπαταρίες ήδη συλλέγονται σε επιλεγμένα σημεία, όπως εταιρείες και μάρκετ με μεγάλη επιτυχία, συνεπώς η προσθήκη ειδικού κάδου απλά θα διευκόλυνε την περισυλλογή και όχι τόσο τον διαχωρισμό τους από τα υπόλοιπα απόβλητα. Επιπρόσθετα θα ήταν επίσης πρακτικό να χρησιμοποιηθούν οι κάδοι των ηλεκτρονικών απορριμμάτων για την περισυλλογή όλων των μπαταριών, εφόσον αυτές θεωρούνται αποσπασματικό μέρος των ηλεκτρονικών συσκευών.

Επιπρόσθετα θα μπορούσε να συμπεριληφθεί ένας μηχανισμός συλλογής των ελαίων, αποδίδοντας οικονομικό κίνητρο στους καταναλωτές μέσω του βάρους ή όγκου τους. Για να γίνει αυτό ίσως χρειασθούν ειδικές φιάλες μεταφοράς. Υπάρχουν πολύ λίγα μάρκετ τα οποία έχουν υποδοχές για την περισυλλογή ελαίων χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά τα οργανικά σε μεταγενέστερο χρόνο, μετά την ωρίμανση του συγκεκριμένου συστήματος διαχείρισης, προτείνεται η προσθήκη οικονομικής επιβάρυνσης στα οργανικά απόβλητα. Οι σακούλες με τα απόβλητα θα ζυγίζονται και ανάλογα με το βάρος τους θα προσδίδεται ένα αρνητικό κόστος στους καταναλωτές. Έτσι προωθείται τόσο η μείωση στη πηγή των αποβλήτων, όσο και ο διαχωρισμός, δηλαδή η απαλλαγή από προσμίξεις στα συγκεντρωμένα οργανικά απορρίμματα.

Απορρίμματα μη ενταγμένα στο σχεδιασμό

➤ Κηπευτικά απόβλητα (μεγάλες ποσότητες)

Συνήθης πρακτική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων, αν και λανθασμένη, αποτελεί η επιτόπου καύση από τους γεωργούς για την ταχεία απαλλαγή από αυτά, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση μεταφέρονται σε ΧΥΤΑ.

➤ Ιλύς βιολογικών καθαρισμών

Το προϊόν του βιολογικού καθαρισμού ανάλογα με την επεξεργασία που έχει υποστεί για την οργανική σταθεροποίηση του, χρησιμοποιείται ως λίπασμα σε καλλιέργειες, ως υλικό καύσης ή ως κάλυμμα των κυττάρων του ΧΥΤΑ.

➤ Υπολείμματα καύσης

Τα υπολείμματα καύσης λόγω του μικρού όγκου τους και της αδρανής χημικής σύστασης τους προωθούνται σε ΧΥΤΑ.

➤ Απόβλητα οικοδομικών εργασιών

Τα οικοδομικά υλικά λόγω του μεγάλου όγκου και βάρους τους συλλέγονται με εκσκαφικά μηχανήματα και είτε επαναπροωθούνται για οικοδομική χρήση είτε γίνεται ταφή τους σε ειδικούς χώρους.

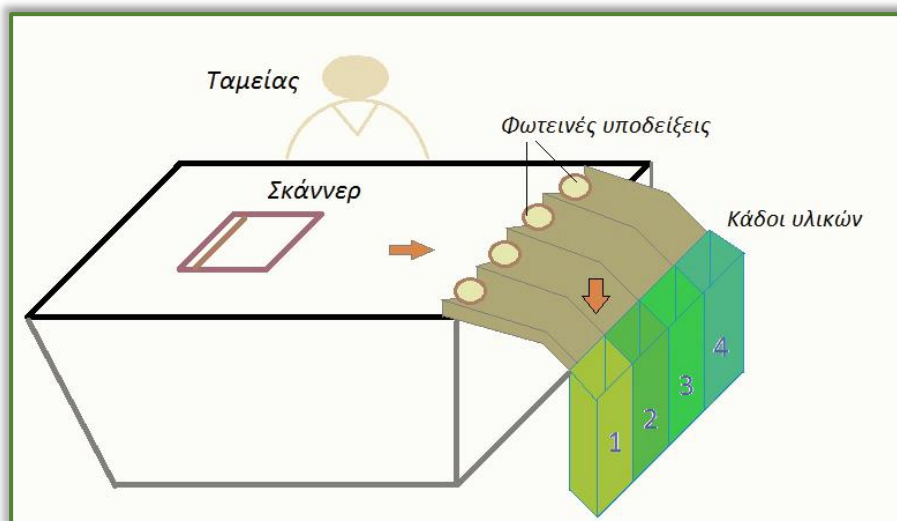
➤ Απόβλητα νοσοκομείων

Τα νοσοκομειακά απόβλητα όπως και κάποια απόβλητα χημικών εργαστηρίων επειδή περιέχουν μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών έχουν ξεχωριστή περισυλλογή και επεξεργασία (καύση).

2.2 Απαιτήσεις καινούριου σχεδιασμού

2.2.1 Ταμεία

Τα ταμεία θα είναι υπεύθυνα για την αποκωδικοποίηση των υλικών και την τοποθέτηση τους στον αντίστοιχο κάδο. Στα ταμεία ο χειριστής θα έχει την υποχρέωση να σαρώνει τα προϊόντα μέσω της ετικέτας (scanning), να προσδιορίζει την κατηγορία του απορρίμματος, εφόσον αυτό δεν έχει ταυτοποιηθεί μέσω της ετικέτας και στο τέλος να αποδίδει το οικονομικό αντίτιμο στον πολίτη. Τα οικονομικά αντίτιμα θα δίνονται είτε με την επίδειξη κάποιας ειδικής κάρτας για συλλογή πόντων είτε με έκδοση κουπονιών για αγορά από το συγκεκριμένο κατάστημα ή χρηματική απολαβή. Τα σημεία των σκάνερ θα λειτουργούν επίσης σαν ζυγιστήρια με σκοπό να ποσοτικοποιούνται τα αντικείμενα που δεν έχουν τη δυνατότητα αναγραφής ετικέτας αλλά έχει οριστεί για αυτά προκαθορισμένη τιμή (π.χ. κόλλες Α4, εφημερίδες), η διάκριση και η ζύγιση των οποίων θα γίνεται από τον εκάστοτε ταμεία. Η ύπαρξη φωτεινών υποδείξεων οι οποίες θα ανάβουν με το πέρας της κάθε σάρωσης, θα κατευθύνουν την χειροκίνητη σωστή τοποθέτηση των απορριμμάτων στους κάδους, ενώ η μερική κλίση των διαδρομών προς τους σωλήνες θα βοηθήσει τη φυσική ροή προς τον αντίστοιχο κάδο, όπως φαίνεται στο σχήμα 2-4. Η επιπρόσθετη ύπαρξη φραγμού των εισόδων πέρα από τον κατάλληλο κάδο απόθεσης, ο οποίος θα ανοίγει την χρονική στιγμή της σάρωσης του απορρίμματος, θα εξασφαλίσει την σωστή και ομαλή λειτουργία του ταμειακού συστήματος. Τα ταμεία παράδοσης θα στεγάζονται εντός των μάρκετ σε ξεχωριστό σημείο από τα υπόλοιπα ταμεία, για την αποφυγή επαφής με τα τρόφιμα του καταστήματος. Θεωρητικά ο πολίτης θα προβαίνει σε μερικό καθαρισμό του περιεχομένου των ανακυκλώσιμων κατά τη διαλογή τους στην οικία, οπότε δεν θα υπάρχει πρόβλημα μόλυνσης του εξοπλισμού του ταμείου και γενικότερα του χώρου του μάρκετ.



Σχήμα 2-4 Σχέδιο ταμείου παράδοσης

Οι κάδοι στα ταμεία θα είναι μικροί (βοηθητικοί) και συνεπώς η πλήρωση τους θα γίνεται γρήγορα. Γι' αυτό το λόγο θα υπάρχει υπάλληλος ο οποίος θα αδειάζει το περιεχόμενο τους στους μεγαλύτερους όπου θα είναι οι τελικοί κάδοι απόθεσης για περισυλλογή. Οι αρχικοί κάδοι θα έχουν αρίθμηση με σκοπό την διευκόλυνση της διαδικασίας και την αντιστοίχιση τους στους μεγαλύτερους κάδους συμπίεσης. Προτείνεται αυτή η αρίθμηση να γίνει κανόνας και να διατηρηθεί σε όλα τα κέντρα συλλογής.

2.2.2 Κάδοι συλλογής

Όγκος

Υπάρχουν τριών είδη κάδου που είναι πιο διαδεδομένοι και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άμεσα:

- Container - πρέσα: Χρησιμοποιείται αντί για τους κάδους προσωρινής αποθήκευσης σε χώρους με μεγάλη παραγωγή στερεών αποβλήτων (βιοτεχνίες, νοσοκομεία, βιομηχανικές μονάδες, οικιστικά συγκροτήματα κ.λπ.). Η χωρητικότητά του ανέρχεται μέχρι και 26 κυβικά μέτρα. Η φόρτωση και μεταφορά του για απόρριψη του περιεχομένου του απαιτεί ειδικό όχημα.
- Container ορθογωνικής διατομής - χωρίς πρέσα: Η χωρητικότητά του μπορεί να φθάσει μέχρι τα 40 κυβικά μέτρα. Το άδειασμά του γίνεται με ανατροπή, ενώ η φόρτωσή του στο όχημα μεταφοράς επιτυγχάνεται με έλξη.

- Container τραπεζοειδούς διατομής τύπου σκάφης – χωρίς πρέσα: Η χωρητικότητά του είναι 10 κυβικά μέτρα περίπου. Το όχημα μεταφοράς του μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλες εργασίες (π.χ. συλλογή και μεταφορά παλαιών οχημάτων). Η φόρτωσή του γίνεται με τη βοήθεια γερανού και το άδειασμά του γίνεται με ανατροπή.

Οι παραπάνω κάδοι αποτελούν σημερινά τυπικά παραδείγματα χρησιμοποίησης συλλογής απορριμμάτων και δεν αποκλείεται η ύπαρξη άλλων ή η μελλοντική κατασκευή προσαρμοσμένων κάδων για την καλύτερη λειτουργία του προτεινόμενου συστήματος.

Ο όγκος των κάδων προτείνεται να είναι ο μέγιστος επιτρεπτός με σκοπό να την όσο λιγότερη συχνή συγκομιδή τους και μεταφορά τους μέχρι το σημείο διάθεσης του περιεχομένου τους. Για να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος μεταφοράς, οι κάδοι θα λειτουργούν με το μηχανισμό της συμπίεσης, δηλαδή θα επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση του όγκου απορριμμάτων ανά κάδο.

Ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις μάρκετ υπάρχει ο χωρικός περιορισμός που δεν επιτρέπει ή διευκολύνει την συλλογή από σχετικά μεγάλα απορριμματοφόρα των κάδων είτε λόγω του οδικού συστήματος ή άλλων τεχνικών λόγων που δεν επιτρέπουν την πρόσβαση στην τοποθεσία των κάδων. Για αυτό το λόγο προτείνεται ο όγκος των κάδων να αποτελεί συνάρτηση του μεγέθους του μάρκετ όσο και του αντίστοιχου υλικού. Ειδικότερα, για τα ηλεκτρονικά απόβλητα ο κάδος πρέπει να είναι ογκώδης γιατί συνήθως υπάρχουν αρκετά ογκώδη απορρίμματα που θα παραδοθούν στα ταμεία όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων, τηλεοράσεις κλπ., ενώ η εφαρμογή συμπίεσης θα δυσχέραινε την αποσυναρμολόγησή τους. Αντίθετα τα δέρματα και τα υφάσματα αποτελούν μικρό ποσοστό των αστικών απορριμμάτων με ένα μικρό κάδο να είναι πιο προσιτός. Τα πλαστικά επειδή θα συλλεχθούν σε τρεις ξεχωριστούς κάδους, προτείνεται η ύπαρξη μικρών κάδων με συμπίεση, μιας και η συμπίεσή τους δεν επηρεάζει την ανακύκλωση. Αντίστοιχοι κάδοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τα υαλικά. Στα χαρτιά και στα μέταλλα, προτείνεται η συλλογή τους σε μεγάλους κάδους με συμπίεση. Τέλος τα οργανικά λόγω των οσμών και της ποσότητας τους, απαιτούν όσο το δυνατό μεγάλους κλειστούς κάδους με τη μέγιστη δυνατή συμπίεση και επιπλέον συλλογής των διασταλλαγμάτων που θα προκύψουν από αυτήν με αντίστοιχα διάθεση στο τοπικό σύστημα επεξεργασία λυμάτων.

Ο όγκος των κάδων που θα επιλέγεται κάθε φορά στα ταμεία συγκέντρωσης έχει την δυνατότητα να υπολογίζεται επίσης ως συνάρτηση του πλήθους των καταναλωτών που ήδη

εξυπηρετεί, αλλά και του βιοτικού επιπέδου της τοπικής κοινωνίας εφόσον αυτό επηρεάζει άμεσα τη σύσταση και τη ποσότητα των αστικών αποβλήτων. Η συχνότητα συλλογής των αποβλήτων από τα αντίστοιχα οχήματα, θα καθορίσει τις τελικές διαστάσεις αλλά και τις σχεδιαστικές προδιαγραφές των κάδων με βάση τον τρόπο περισυλλογής από τα οχήματα.

Ανάλογα με τον όγκο και τον τύπο του κάδου θα διαφέρει ο τύπος των μέσων συλλογής και μεταφοράς (απορριμματοφόρα):

- Οχήματα που έχουν μηχανισμό για την εκκένωση των κάδων, συνήθως κυλιόμενων και ονομάζονται οχήματα οπίσθιας φόρτωσης.
- Οχήματα που έχουν το μηχανισμό στο πλάι (οχήματα πλευρικής φόρτωσης).
- Οχήματα που λειτουργούν με ανυψωτικό γερανό.
- Οχήματα που έχουν τον μηχανισμό εκκένωσης εμπρός (οχήματα εμπρόσθιας φόρτωσης).

Ηλεκτρονική αναφορά πλήρωσης και ελέγχου

Η διαχείριση των αποβλήτων μπορεί να βελτιωθεί από σύγχρονες μεθόδους συσκευών εντοπισμού, όπως ογκομετρικοί αισθητήρες και GPS (Global Positioning System) οι οποίες επιτρέπουν να μεταφέρονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Συγκεκριμένα οι αισθητήρες πλήρωσης θα εφαρμόζονται στους κάδους με σκοπό να δίνεται το έναυσμά ώστε να ξεκινήσει η αποκομιδή τους από τα αντίστοιχα τροχοφόρα. Το σημείο στο οποίο θα συμπληρώνονται οι κάδοι θα μπορούσε να υπολογισθεί επιπλέον μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος καταμέτρησης των συνολικών ετικετών, ωστόσο ένας τέτοιος υπολογισμός δεν είναι πάντα ακριβής λόγω των ιδιοτήτων της εκάστοτε συμπίεσης των απορριμμάτων στους κάδους. Έτσι εξοικονομούνται πόροι από την μείωση της συχνότητας δρομολογίων των απορριμματοφόρων εξαιτίας της μετακίνησης τους με μη πλήρη φορτίο, αυξάνοντας έτσι την παραγωγικότητα τους. Παρόμοιο σύστημα είναι έτοιμο προς εφαρμογή στην πόλη των Χανίων στην Ελλάδα και της Σεβίλλης στην Ισπανία, το οποίο αφορά στην ηλεκτρονική παρακολούθηση των μπλε κάδων ανακύκλωσης απορριμμάτων, δίνοντας τη δυνατότητα με την τοποθέτηση φορητών αισθητήρων σε κάδους ανακύκλωσης να συλλέγονται δεδομένα από τους κάδους σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό θα υπάρχει μια πλήρης αποτύπωση για την κατάσταση των κάδων ανακύκλωσης, δηλαδή για το ποιοι κάδοι είναι γεμάτοι από ανακυκλώσιμα υλικά και χρειάζονται συλλογή, και ποιοι όχι. Τα κίνητρα της

εφαρμογής του συστήματος στις δύο αυτές πόλεις, αποτέλεσαν η συμβολή στη μείωση του κόστους, η βελτιστοποίηση των δρομολογίων και της κατανάλωσης καυσίμων από τα απορριμματοφόρα, η μείωση των αέριων εκπομπών, η αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας – μέχρι και η ενημέρωση για πυρκαγιά σε πραγματικό χρόνο (Ewas, 2015).

Επίσης κάθε όχημα προτείνεται να έχει ενσωματωμένο πομπό ο οποίος θα δείχνει σε κάθε στιγμή την γεωγραφική του θέση, αποθαρρύνοντας έτσι τη μεταφορά τους σε μη επιτρεπτά μέρη όπως είναι οι χωματερές ή εγκαταστάσεις καύσης. Τα οχήματα αλλά και τα δεδομένα από τα ταμεία θα παρακολουθούνται από ένα κεντρικό ηλεκτρονικό διακομιστή εγκατεστημένο σε κάποιο κρατικό φορέα, για τον έλεγχο και την αξιόπιστη λειτουργία του όλου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

2.2.3 Ετικέτα αναγνώρισης (QR Code)

Η ετικέτα που θα χρησιμοποιείται για την αποδικοποίηση των αποβλήτων είναι η εξελεγμένη μορφή του bar code που χρησιμοποιείται ευρέως σε καταστήματα και μάρκετς. Η μορφή της είναι τετράγωνη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και μπορεί να διαμορφωθεί άμεσα από ένα υπολογιστικό μηχάνημα μετά την είσοδο σε αυτό των στοιχείων καταγραφής.

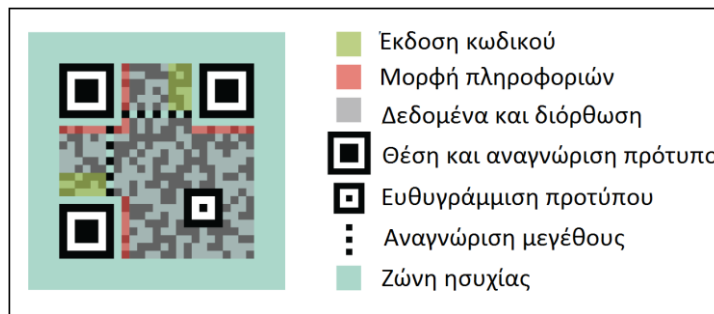
Σχεδιασμός

Ανάλογα με την ποσότητα των πληροφοριών που εισάγονται στο κωδικό QR, το μέγεθος (διαστάσεις) της ετικέτας αυξάνονται ανάλογα. Μέχρι στιγμής έχουν δημιουργηθεί 40 εκδόσεις που η κάθε μια αφορά την αυξανόμενη ικανότητα αποθήκευσης. Ο κώδικας που ενσωματώνεται σε κάθε ετικέτα μπορεί να αναγνωρισθεί από 2-διαστάσεων ψηφιακό οπτικό αισθητήρα και εν συνεχεία να αναλυθεί ψηφιακά από έναν υπολογιστικό επεξεργαστή. Ο επεξεργαστής εντοπίζει τα τρία ευμεγέθη διακριτά τετράγωνα στις γωνίες χρησιμοποιώντας το τέταρτο (ή περισσότερα) μικρότερο τετράγωνο για να αναγνωρίσει το μέγεθος του σχήματος, τον προσανατολισμό και την γωνία θέασης. Έπειτα, οι μικρές διάχυτες κουκίδες μετατρέπονται σε δυαδικούς αριθμούς και τελικά επικυρώνονται με έναν κωδικό διόρθωσης σφαλμάτων. Ανάλογα με τον τύπο των πληροφοριών που εισάγονται στο κωδικό όπως αλφαριθμητικοί ή ελληνικοί χαρακτήρες χρησιμοποιείται άλλος πίνακας προγραμματιστικών συμβόλων, ενώ η διαδικασία για την εγγραφή τους στον κώδικα υπαγορεύεται σύμφωνα με πρότυπες οδηγίες



Σχήμα 2-5 Qr code, version 3 (29x29). Το σκανάρισμα της οδηγεί στην ιστοσελίδα ΜΠΣ Διαχείριση ενέργειας και περιβάλλοντος (Qrcode, 2015).

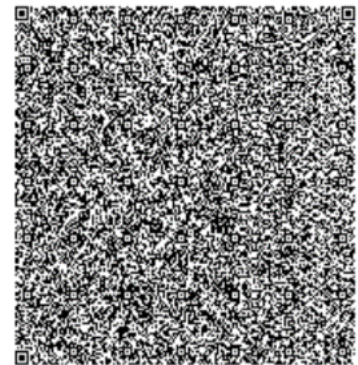
(ISO). Στο παρακάτω σχήμα τονίζονται τα γραφικά χαρακτηριστικά του κωδικού που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση από το σκάνερ.



Σχήμα 2-6 Στοιχεία κωδικού (Denso, 2011)

Αποθηκευτικότητα

Ο χώρος αποθήκευσης εξαρτάται από την ποσότητα των συμβόλων του QR code, από το τύπο δεδομένων, την έκδοση (1...40) δηλαδή το μέγεθος του σχήματος και το επίπεδο της διόρθωσης σφαλμάτων. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει ενδεικτικά τους χαρακτήρες εγγραφής, για την έκδοση 40 που έχει τη μέγιστη αποθηκευτικότητα με επίπεδο διόρθωσης L.



Σχήμα 2-7 QR code version 40 (177×177) (Wikipedia-qrcode)

Πίνακας 2-1 Διαθέσιμα δεδομένα εισαγωγής στην ετικέτα.

ΤΥΠΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ	BITS/CHAR	ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ	7.089	3½	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
ΑΛΦΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ	4.296	5½	0–9, A–Z, space, \$, %, *, +, -, ., /, :
ΔΥΑΔΙΚΑ/ΒΥΤΕ	2.953	8	ISO 8859-1
ΙΑΠΩΝΙΚΑ/ΙΕΡΟΓΛΥΦΙΚΑ	1.817	13	Shift JIS X 0208

Πηγή:(Iso/Iec 18004, 2006)

Διόρθωση σφαλμάτων

Ο κωδικός διόρθωσης χρησιμοποιείται σε περίπτωση που ο κωδικός-της ετικέτας αλλοιωθεί. Οι κωδικοποιημένες λέξεις έχουν μέγεθος 8 bit και χρησιμοποιούν το Reed-Solomon error correction αλγόριθμο με 4 επίπεδα. Όσο μεγαλύτερο το επίπεδο διόρθωσης, τόσο περισσότερο μειώνεται ο αποθηκευτικός χώρος. Το επίπεδο διαλέγεται ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπου αυτό παραμένει δηλαδή κατά πόσο αυτές είναι ικανές να αλλοιώσουν τα χαρακτηριστικά της ετικέτας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα ποσοστά ανάκτησης του συνολικού περιεχομένου πληροφοριών σε σχέση με τα επίπεδα διόρθωσης.



Σχήμα 2-8 Κατεστραμμένος αλλά αναγνωρίσιμος κωδικός (Wikipedia-qr-code)

Πίνακας 2-2 Επίπεδα διόρθωσης σφαλμάτων κώδικα ετικέτας.

Επίπεδο L (Low)	7%
Επίπεδο M (Medium)	15%
Επίπεδο Q (Quartile)	25%
Επίπεδο H (High)	30%

Πηγή: (Iso/Iec 18004, 2006)

Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά

Ο κωδικός της ετικέτας μπορεί να σαρωθεί υπό οποιαδήποτε γωνία (360°). Ο QR κωδικός δεν χρειάζεται άδεια για την εφαρμογή του, είναι επακριβώς ορισμένος και δημοσιοποιημένος με τυποποίηση ISO (ISO/IEC 18004:2000). Η ακριβής επιλογή του μεγέθους του κώδικα ανάλογα με τη ποσότητα των δεδομένων εισαγωγής μπορεί να υπολογισθεί από σχετικούς πίνακες. Η αναγνώριση του κωδικού σε καμπυλωτές επιφάνειες και με μικρό επίπεδο διόρθωσης ίσως δυσχεράνει την αποκρυπτογράφηση του. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα χρώματα για την απεικόνιση του κωδικού, ωστόσο έχει επικρατήσει η εμφάνιση του άσπρου-μαύρου ως η βέλτιστη αντίθεση που χρειάζεται για τη σάρωση. Μέχρι στιγμής οι πιο κοινοί τύποι που μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα κωδικό και να ανοίξουν αυτόματα με το αντίστοιχο πρόγραμμα από ένα έξυπνο τηλέφωνο είναι:

- επαφές επικοινωνίας (contact data)
- ημερολογιακά γεγονότα (calendar data)

- διευθύνσεις ιστοσελίδων (URL)
- email διευθύνσεις
- αριθμοί τηλεφώνου
- γραπτά μηνύματα (SMS)
- απλό κείμενο
- γεωγραφικές συντεταγμένες

2.2.4 Μορφή ετικέτας και εισαχθέντων στοιχείων

Το επίπεδο διόρθωσης στο κωδικό των απορριμμάτων θα είναι το μέγιστο δυνατό καθώς υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα αλλοίωσης της ετικέτας στις συσκευασίες. Η εισαγωγή των στοιχείων στους κωδικούς μπορεί να γίνεται είτε απευθείας από τους παραγωγούς είτε από τους πωλητές του εκάστοτε προϊόντος, όπως τα μάρκετς. Είναι προτιμότερο αυτό να διαμορφώνεται από τους κατασκευαστές οι οποίοι θα γνωρίζουν με ακρίβεια κάθε φορά τα στοιχεία του προϊόντος καθώς αυτά ενδεχομένως να μεταβάλλονται με την παραγωγική διαδικασία. Ωστόσο ο παραπάνω τρόπος δεν είναι εφικτός όταν τα υλικά προέρχονται από παραγωγούς μη συμβεβλημένους ή ενημερωμένους για την προσθήκη ετικετών των εν λόγω κωδικών. Παρακάτω προτείνονται η μορφή της ετικέτας και τα στοιχεία για την εισαγωγή τους στους κωδικούς των απορριμμάτων σε μορφή πίνακα:

Πίνακας 2-3 Ενδεικτικά στοιχεία χαρακτηρισμού στην ετικέτα προϊόντων

Όνομασία Υλικού		Κωδικός Υλικού		Βάρος υλικού (Kg)	Όγκος υλικού (m³)	Όγκος υλικού με συμπίεση (m³)
π.χ. PET		π.χ. 111AAAA		....	....	....
<i>Όνομασία συστατικών</i>	<i>Κωδικός επιμέρους συστατικών</i>	<i>Περιεκτικότητα επιμέρους συστατικών (%)</i>	<i>Δευτερεύοντα μη αποσπώμενα υλικά</i>	<i>Κωδικός δευτερευόντων υλικών</i>	<i>Περιεκτικότητα δευτερευόντων συστατικών (%)</i>	

π.χ. A1	....	....	π.χ. B1	....	....
A2	...	...	B2	...	...
...
A _n	.	.	B _N	.	.
Ποσοστό παρθένας ύλης (%)....			Ιστοσελίδα: π.χ. www.e-waste.com		

Η χημική σύσταση του κάθε απορρίμματος θα προσδιορίσει την τελική συνολική σύσταση των συλλεχθέντων απορριμμάτων ως μια ενιαία παρτίδα σε ένα κάδο που θα εισέλθει στην διαδικασία της ανακύκλωσης. Επιπρόσθετα οι ιδιότητες για την ανακύκλωση των απορριμμάτων μπορούν να προσδιορισθούν από το ποσοστό παρθένας ύλης που τυχόν χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του απορρίμματος. Τα παραπάνω στοιχεία θα καταγράφονται από το κεντρικό server κάθε μάρκετ και θα παραδίδονται ηλεκτρονικά ή/και γραπτώς στο εργοστάσιο όπου προορίζεται να γίνει η ανακύκλωση των υλικών.

Οι κωδικοί των υλικών θα έχουν παγκόσμια ισχύ εφόσον κατοχυρωθούν με ISO από την παγκόσμια οργάνωση τυποποίησης και θα είναι αυτοί βάση των οποίων θα γίνεται ο διαχωρισμός σε κάδους. Ανάλογα με το κωδικό υλικού θα αντιστοιχίζεται κάθε φορά από το μηχάνημα σάρωσης κάποια τιμή του οικονομικού κινήτρου για τους καταναλωτές. Ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις, όπως αυτήν των ηλεκτρονικών αποβλήτων όπου η σύσταση δεν παραμένει ίδια σε κάθε υλικό με συγκεκριμένο κωδικό, η οικονομική απόδοση δύναται να υπολογίζεται από τους κωδικούς των επιμέρους συστατικών. Με αυτό τον τρόπο το όλο σύστημα θα έχει ευελιξία σε περιπτώσεις κατά τις οποίες θα προσαρμόζονται καινούρια υλικά, θα μεταβάλλεται η σύσταση ή ο χαρακτηρισμός των υπάρχοντων και θα εντάσσονται νέοι κάδοι συλλογής στα ταμεία.

Τα επιπλέον δευτερεύοντα υλικά είναι αυτά που δεν είναι εύκολο ή επιθυμητό να διαχωριστούν από τον χρήστη και παραμένουν στην κύρια συσκευασία κατά τη διαδικασία της συλλογής. Αυτά αποτελούν τις ξένες προσμίξεις των ανακυκλωμένων υλικών και δύναται να επηρεάσουν την τελική καθαρότητα των τελικών ανακυκλωμένων υλικών. Τα στοιχεία αυτά αφορούν κυρίως τα εργοστάσια ανακύκλωσης με σκοπό την καταγραφή ξένων προσμίξεων.

Τέλος όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, για τα ηλεκτρονικά απορρίμματα ως επί το πλείστον θα προστίθεται διαδικτυακή παραπομπή σε ιστοσελίδα όπου θα υπάρχουν διευκρινήσεις για τον αποδόμηση της συσκευασίας και απόσπαση των πολύτιμων υλικών. Η προσθήκη ιστοσελίδας μπορεί να γίνεται και για τα υπόλοιπα υλικά εφόσον το επιθυμούν οι κατασκευαστές, κυρίως στην περίπτωση των υλικών που προορίζονται για επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την ενημέρωση του κοινού για τα υλικά και τη χρήση τους.

Άλλα πιθανά στοιχεία εισαγωγής στην ετικέτα είναι τα στοιχεία της κατασκευάστριας εταιρείας ή/και τα στοιχεία του καταστήματος πώλησης, ώστε να γίνεται ταυτοποίηση του προϊόντος σε περίπτωση που στην ετικέτα εισήχθησαν ακατάλληλα ή λανθασμένα στοιχεία και να γίνεται αντίστοιχη ενημέρωση. Επίσης μέσω της ιστοσελίδας θα μπορούσε να γίνεται ενημέρωση των πολιτών για τον τρόπο επιστροφής των ογκωδών κυρίως συσκευών στις εταιρείες μετά το πέρας της ζωής των προϊόντων. Επιπρόσθετα στην ετικέτα θα μπορούσε να προσαρμοσθεί η πράσινη ετικέτα (eco-label) που ήδη χρησιμοποιείται σε κάποια υλικά και δείχνει την ενεργειακή και περιβαλλοντική υπόσταση της κατασκευής του προϊόντος. Η πράσινη ετικέτα χρησιμοποιείται σήμερα κυρίως για την ενημέρωση του κοινού και την ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης ώστε να γίνεται προτίμηση ανάλογων προϊόντων πιο φιλικών στο περιβάλλον.

2.2.5 Σύστημα μεταφοράς

Εφοδιαστική αλυσίδα

Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται σε δύο μορφές μεταφοράς των απορριμμάτων. Αρχικά, δημιουργείται ένα κλειστό σύστημα (closed loop) όπου ο πολίτης αποκτάει τα καινούρια προϊόντα και αφού τα καταναλώσει μεταβαίνει στο ίδιο σημείο για να αποθέσει τα απορρίμματα του. Εν συνεχεία έχει την δυνατότητα να κάνει εκ νέου αγορές νέων προϊόντων, κλείνοντας έτσι το κύκλο αγοράς-χρήσης-απόθεσης του προϊόντος.

Στο δεύτερο στάδιο τα απορρίμματα μεταφέρονται στα εργοστάσια ανακύκλωσης από φορτηγά μέσα. Τα φορτηγά είτε θα σχετίζονται με την βασική προμήθεια του συγκεκριμένου μάρκετ και εν συνεχεία περισυλλογή των απορριμμάτων ή θα αποτελούν ανεξάρτητο φορέα οπότε η περισυλλογή γίνεται μόνο όταν πληρωθεί ο κάδος. Στην πρώτη περίπτωση αναπτύσσονται τα οφέλη της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως είναι η εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας, προϋποθέτοντας όμως στενή συνεργασία των εμπλεκόμενων φορέων για την

καλύτερη συνεννόησή και λειτουργία του συστήματος. Αυτός ο τρόπος είναι ιδανικός στην περίπτωση που τα εργοστάσια παραγωγής διαθέτουν ταυτόχρονα εξοπλισμό ανακύκλωσης των προϊόντων τους όπως στα γυαλικά, όπου η ανακύκλωση και η παραγωγή των τελικών προϊόντων συνυπάρχουν σαν ενιαίο συνεχόμενο σύστημα. Συνεπώς σε μια τέτοια περίπτωση πρέπει να διερευνηθεί η προοπτική ώστε τα συγκεντρωμένα απορρίμματα να συλλέγονται με τα ίδια φορητά που εκφορτώνουν τα προϊόντα στα μάρκετ, παίρνοντας τη μορφή αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρόμοια διαδικασία δύναται να εφαρμοσθεί στις περιπτώσεις των μετάλλων και των πλαστικών, καθώς πολλά παρασκευαστικά εργοστάσια αυτών των υλικών διαθέτουν τομέα ανακύκλωσης των απορριμμάτων. Στη δεύτερη περίπτωση τα μεταφορικά μέσα μπορούν να ανήκουν είτε σε δημόσιο ή ιδιωτικό φορέα ή στα εργοστάσια ανακύκλωσης. Στις δύο αυτές περιπτώσεις τα φορητά θα πρέπει να έχουν και την ευθύνη της διάθεσης των τελικών ανακυκλωμένων υλικών στις εταιρείες πώλησης αυτών.

Κινητός τρόπος συλλογής

Προτείνεται τα ταμεία συλλογής να διαμορφωθούν κατάλληλα ώστε να εγκατασταθούν σε φορητά οχήματα τα οποία θα έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται. Τέτοια οχήματα δύναται να χρησιμοποιούνται σε χώρους μεγάλης συνάθροισης πολιτών και διεξαγωγής γεγονότων όπου οι απορριπτόμενες ποσότητες δεν μπορούν να καλυφθούν από τους επιτόπου μικρούς δημόσιους κάδους. Τέτοια γεγονότα είναι οι λαϊκές αγορές, τα παζάρια, αθλητικές και πολιτιστικές διοργανώσεις ή κάθε άλλη υπαίθρια διοργάνωση που υπάρχει συσσώρευση απορριμμάτων. Τα οχήματα μεταφοράς θα είναι συνδεδεμένα με το διαδίκτυο για την επικύρωση της απόθεσης, θα περιέχουν μικρούς κάδους συλλογής των κάδων ενώ με το πέρας της διοργάνωσης θα αποθέτουν τα συλλεγμένα απορρίμματα στο πλησιέστερο κάδο που θα βρίσκεται σε μάρκετ. Ο συγκεκριμένος τρόπος συλλογής θα ευνοήσει άτομα, όπως είναι οι υπερηλικιωμένοι, που χρησιμοποιούν συνήθως τις λαϊκές αγορές για την προμήθεια φαγώσιμων και δεν είναι σε θέση να μετακινηθούν στα μάρκετ. Τα φορητά μέσα στην περίπτωση αυτή θα αποτελούν ιδιοκτησία των μάρκετ ή θα ανήκουν σε ανεξάρτητο φορέα όπως είναι οι δήμοι.

2.2.6 Συνιστώμενες προδιαγραφές προϊόντων

Επαναχρησιμοποίηση

Η επαναχρησιμοποίηση απορριμμάτων είναι το προγενέστερο επιθυμητό στάδιο της ανακύκλωσης. Με την επανένταξη του προϊόντος στην καταναλωτική αλυσίδα με μικρή επεξεργασία, εξοικονομούνται τόσο ενεργειακοί όσο και πρώτες ύλες από την μεταποίηση του με την ανακύκλωση. Πολλές φορές τα απορρίμματα είτε γιατί αλλοιώθηκε το υλικό τους, είτε γιατί δεν υπάρχει η απαραίτητη κατευθυντήρια οδός για την αξιοποίηση τους με την αρχική λειτουργική μορφή τους, καταλήγουν για ταφή ή ανακύκλωση. Με στόχο να ενθαρρυνθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό η επαναχρησιμοποίηση απαιτείται πληροφόρηση του κοινού στις πιθανές χρήσεις του μετα-καταναλωτικού υλικού, σε θέματα όπως της ασφάλεια και της υγιεινής. Σε περίπτωση που το υλικό προωθείται σε ταμεία για την ανακύκλωση του η επαναχρησιμοποίηση σε κάποια υλικά όπως το γυαλί και το πλαστικό λόγω αλλοίωσης τους (θραύση-συμπίεση) καθίσταται αναποτελεσματική. Γι' αυτό το λόγο προτείνεται η ύπαρξη καθολικών κανόνων και προτύπων που θα ευνοήσουν την τυποποίηση των συσκευασιών των προϊόντων όπου είναι δυνατό με σκοπό την άμεση επανένταξη τους στην καταναλωτική ροή μετά από τη συλλογή τους στα ταμεία. Ένας τέτοιος τρόπος είναι η θέσπιση κανόνα ώστε όλες γυάλινες φιάλες να έχουν την ίδια τυποποιημένη μορφή ανάλογα με τον όγκο τους, και αφού συλλεγούν στα ταμεία αναλλοιώτες, να επιστρέφονται στα εργοστάσια εμφιάλωσης. Εκεί με μια μικρή απαραίτητη επεξεργασία καθαρισμού θα γεμίζουν με το προϊόν της εταιρείας, θα ετικετοποιούνται και θα επαναπροωθούνται στην αγορά. Η διαφορά σε αυτή τη περίπτωση όσον αφορά τα ταμεία είναι ο διαφορετικός τρόπος συλλογής, όπου θα δίνεται έμφαση στην προσεκτική χωρίς αλλοίωση μεταχείρισης τους, όπως και αποθήκευση τους σε ειδικούς υποδοχείς. Η ίδια διαδικασία θα μπορούσε να εφαρμοσθεί στις ανθεκτικές πλαστικές συσκευασίες εφόσον αυτές δεν προορίζονται για να περιέχουν υγρή ή στερεή τροφή. Το σύστημα αυτό προϋποθέτει την αποδοχή και τη συνεργασία ενός μεγάλου ποσοστού εταιρειών, την μεταξύ τους νομική συμφωνία, με σκοπό τόσο να διευκολυνθεί η σωστή και γρήγορη επιστροφή των υλικών προς επαναχρησιμοποίηση, όσο κυρίως για την αποφυγή αθέμιτου ανταγωνισμού (το σχήμα της φιάλης αποτελεί εργαλείο μάρκετινγκ).

Επιπρόσθετα, εφόσον είναι εφικτό η ετικέτα να αποδικοποιηθεί από τους ίδιους τους πολίτες, προτείνεται η επιπλέον εισαγωγή σε αυτήν στοιχείων και οδηγιών που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση του συγκεκριμένου υλικού. Για παράδειγμα στα πλαστικά θα

αναφέρονται το κατά πόσον μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την φύλαξη τροφίμων, υπό ποιες συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία κλπ.) και για πόση διάρκεια. Με αυτό τον τρόπο θα υπάρξει άμεση κινητοποίηση των πολιτών για την αντιμετώπιση των αποβλήτων ως ευκαιρία για εναλλακτική αξιοποίηση τους.

Εξάλλου τα συλλεγόμενα απορρίμματα του κάδου που περιέχει δέρμα και γενικότερα ρουχισμό, υπάρχει ως προτεραιότητα η επαναχρησιμοποίηση τους με την αρχική τους μορφή, ή αφού επιδιορθωθούν, ενώ ως τελευταίο στάδιο προωθούνται για ανακύκλωση.

Εύκολα διαχωριζόμενα συστατικά

Η ανακύκλωση γενικά βασίζεται σημαντικά στο ποσοστό του διαχωρισμού των υλικών. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να τηρούνται δύο κανόνες στην διαχείριση των απορριμμάτων. Ο πρώτος είναι η αρχική σχεδίαση των προϊόντων ώστε να μην αναμειγνύονται διαφορετικά στοιχεία ή υλικά μέσα σε ένα προϊόν ή ακόμα και αν γίνεται αυτό να μπορούν εύκολα να αποσπαστούν και να διαχωρισθούν. Το δεύτερο είναι η διατήρηση διαφορετικών ειδών αποβλήτων ξεχωριστά στα στάδια διαχείρισης τους με στόχο να εξασφαλισθεί ότι δεν θα 'μολυνθούν' από άλλες ροές αποβλήτων. Το τελευταίο ικανοποιείται σε μεγάλο βαθμό από τον διαχωρισμό στα μάρκετς, ωστόσο είναι κάτι που θα μπορούσε να βελτιωθεί με την προσθήκη περισσότερων κάδων. Όσον αφορά τον πρώτο κανόνα υπάρχουν κάποια στοιχεία τα οποία εφόσον αφομοιωθούν στην κατασκευή των προϊόντων θα βοηθήσουν τόσο την ανακύκλωση όσο και την προεπεξεργασία τους από τον καταναλωτή. Το σύνολο αυτών των εφαρμογών εντάσσεται στον οικολογικό σχεδιασμό των προϊόντων που προορίζονται για ανακύκλωση. Περιλαμβάνει μείωση των διαφορετικών συστατικών, μείωση των αντίστοιχων σημείων ένωσης τους, βελτίωση του αρχικού σχεδιασμού συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ώστε αυτές να γίνονται με τις ίδιες διαδικασίες και εργαλεία, τοποθέτηση σημείων ένωσης που είναι εύκολα αφαιρούμενες ή διασπώμενες, ενσωμάτωση εικονογραφημάτων για την διευκόλυνση της διαδικασίας διαχωρισμού. Επίσης για την μείωση του χρόνου αποσυναρμολόγησης, το προϊόν μπορεί να κατασκευάζεται ως μια σειρά από εύκολα προσβάσιμες ενότητες, διασφαλίζοντας ότι τα σημεία σύνδεσης είναι εύκολα εντοπίσιμα. Εξίσου σημαντική είναι η δυνατότητα της επισήμανσης και εύκολης απόσπασης τοξικών στοιχείων από την απόβλητο όπως είναι οι μπαταρίες (Cerdan et al. 2009).

Είναι σημαντικό λοιπόν, σε ένα προϊόν, ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα, εύκολα να αποσυναρμολογήσει τα κομμάτια εκείνα που έχουν διαφορετική σύσταση μεταξύ τους, με

σκοπό το διαχωρισμό τους στο ταμείο. Για παράδειγμα θα πρέπει ο πολίτης να ενημερωθεί για τον σωστό διαχωρισμό του χάρτινου μέρους από το πλαστικό ενός απορριμματος, το καθένα από τα οποία υλικά πρέπει να έχει άλλη ετικέτα. Επίσης ο χρήστης οφείλει να ξεπλένει το απόρριμμα από τυχόν οργανικά υπολείμματα, τα οποία προκαλούν εκτός από αισθητική αποκρουστικότητα και πηγές ανάπτυξης οσμών και εντόμων. Το πλύσιμο των απορριμμάτων προβλέπεται να αποκτήσει άμεση προτεραιότητα για τον πολίτη εφόσον ο ίδιος θα έχει την ευθύνη της μεταφοράς και κυρίως της προσκόμισης του στα ταμεία, τα οποία εξάλλου αποτελούν δημόσιο χώρο.

Ένα πρόσφατο χαρακτηριστικό παράδειγμα εύκολου διαχωρισμού αποτελεί το μοντέλο αυτοκίνητου Eco2 της Renault το οποίο έχει σχεδιαστεί ώστε το 95% της μάζας τους να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Σε αυτή τη περίπτωση η τοποθέτηση ετικετών σε κάθε διαφορετικό κομμάτι το οποίο θα αποσπάται θα διευκολύνει τον διαχωρισμό των επιμέρους του, όχι αναγκαστικά με την παράδοση σε ταμεία εφόσον αυτό θεωρείται πρακτικά μη εφικτό, αλλά στα ειδικά κέντρα αποσυναρμολόγησης οχημάτων.

Συστατικά με παρόμοια χημική σύσταση

Για να καλυφθεί η περίπτωση που δεν είναι εφικτός ή επιθυμητός από τον καταναλωτή ο διαχωρισμός των διαφορετικών συστατικών του υλικού, η κατασκευάστρια εταιρεία οφείλει να κινείται στην κατεύθυνση ώστε τα προϊόντα της να αποτελούνται από παρόμοιο υλικό. Με αυτή την έννοια μια συσκευασία πρέπει να έχει ενιαία ή παρόμοια χημική σύσταση με σκοπό να μην υπάρχουν μολυσματικές προσμίξεις κατά την διαδικασία της ανακύκλωσης. Ένα συχνό προϊόν που αποτελείται συνήθως από 3 διαφορετικά συστατικά είναι το εμφιαλωμένο νερό (PET), στη περίπτωση του οποίου θα μπορούσε η ετικέτα να απομακρυνθεί και το σχέδιο της να αντιγραφεί πάνω στη φιάλη, ενώ το καπάκι έχοντας την ίδια σύσταση με το κυρίως σώμα της φιάλης, θα μπορεί να μην αποσπάται και να τοποθετηθεί στον ίδιο κάδο για ανακύκλωση. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η χρήση της ετικέτας που είναι συνήθως από PVC, όπως και η κόλλα που χρησιμοποιείται και πρέπει να απομακρυνθεί από το μπουκάλι ως οργανικό οξύ. Επίσης, επειδή ίσως να μην είναι εφικτή η ύπαρξη επαρκών κάδων για την συλλογή και ανάλογη αποδοτική διαχείριση όλων των διαφορετικών πλαστικών που κυκλοφορούν, προτείνεται η ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης εκείνων των απαραίτητων πλαστικών που μπορούν επιτυχώς να ανακυκλωθούν ταυτόχρονα. Το ίδιο ισχύει και για τα υαλικά όπου ανάλογα με το χρώμα προκύπτει άλλη ποιότητα.

Ένα ανάλογο παράδειγμα αποτελεί η προώθηση του οικολογικού σχεδιασμού σε απορρίμματα των επιβατών από την εστίαση τους σε αεροπλάνο (Chou, 2014). Για τα πλαστικά σκεύη που χρησιμοποιούνται από τους επιβάτες κατά την διάρκεια της πτήσης μελετήθηκε η δυνατότητα ώστε αυτά να ενσωματωθούν σε μια ενιαία ομογενή συσκευασία και να αποσπαστούν από αυτή σαν κομμάτι πάζλ για την χρήση τους.

2.2.7 Οικονομικά κίνητρα

Η οικονομική επιβράβευση που θα προσδίδεται στον καταναλωτή για την προσκόμιση των συλλεγόντων απορριμμάτων στα ταμεία θα αντιστοιχίζεται για κάθε προϊόν από τον αντίστοιχο αλγόριθμο του προγράμματος του ταμείου. Το οικονομικό αυτό ποσό μπορεί να διαφέρει τόσο από χώρα σε χώρα όσο και ανάμεσα στα τοπικά μάρκετ, καθώς αυτό θα εξαρτηθεί από την πολιτική που θα ακολουθηθεί στον τομέα αυτό. Οι οικονομικοί πόροι οι οποίοι θα στηρίζουν την αποζημίωση των καταναλωτών προτείνεται να αποτελούν κάποιοι από τους παρακάτω πέντε ή συνδυασμός αυτών.

- I. Θα γίνει υιοθέτηση ενός σταθερού κόστους ανάλογα με την προβλεπόμενη υπολειμματική αξία του απορριπτόμενου υλικού, το οποίο θα προστίθεται στην αρχική τιμή του προϊόντος κατά την αγορά του από το κατάστημα πώλησης. Αυτό το ποσό θα επιστρέφεται στους καταναλωτές κατά την παράδοση των απορριμμάτων στο ταμείο ως ‘επιβράβευση’ για την συμμετοχή στην ανακύκλωση. Προτείνεται αυτό το κόστος να υπολογίζεται ανάλογα με το περιβαλλοντικό κόστος που θα πρόκυπτε αν το συγκεκριμένο απόρριμμα προωθούνταν σε ΧΥΤΑ ή για καύση.
- II. Το προσκομιζόμενο ποσό θα δίνεται απευθείας από τα εργοστάσια ανακύκλωσης ως όφελος της παραγωγής νέων ανακυκλώσιμων υλικών προς πώληση, θα μεταβάλλεται κάθε φορά ως ποσοστό της οριακής τιμή του τελικού ανακυκλωμένου προϊόντος το οποίο αποτελεί προς το παρών συνάρτηση και της τιμής του παρθένου υλικού. Εφόσον θεωρηθεί ότι η τιμή πρέπει να παραμένει σταθερή, η διαφορά της καθορισμένης από την οριακή τιμή, θα καλύπτεται από το κράτος ή κάποια άλλη χρηματοδότηση (π.χ. ΟΤΑ), με οικονομικούς πόρους οι οποίοι θα εξοικονομηθούν από το σημερινό υπάρχων σύστημα διαχείρισης των απορριμμάτων. Αυτή η περίπτωση έχει το μειονέκτημα του υπολογισμού και επαλήθευσης κάθε φορά της οριακής τιμής των διάφορων εργοστασίων.
- III. Το οικονομικό όφελος των πολιτών θα καλύπτεται από το εκάστοτε μάρκετ στο οποίο θα αποθέτονται τα απορρίμματα. Με αυτό τον τρόπο θα προσφέρονται στους καταναλωτές

προσφορές ή μπόνους πόντους για αγορές εντός του συγκεκριμένου καταστήματος μάρκετ ή της αλυσίδας στο οποίο ανήκει. Αυτό το σύστημα αποσκοπεί στην αύξηση του ανταγωνισμού ανάμεσα στα μάρκετς με σκοπό αυτά να προσελκύσουν περισσότερους καταναλωτές, οι οποίοι μετά την απόθεση των απορριμμάτων στα ταμεία θα μπορούν να προβούν σε αγορές εντός του ιδίου καταστήματος. Αυτό το μπόνους, εμφανίζεται συχνά στους σημερινούς τρόπους προσέλκυσης πελατών από μεγάλα εμπορικά καταστήματα, προσφέροντας δωρεάν πόντους αγορών επί της ποσότητας των αγορών και εν συνεχεία αξιοποίηση τους με συγκεκριμένη έκπτωση επί των νέων αποκτηθέντων προϊόντων της εταιρείας. Με αυτό τον τρόπο η αφομοίωση του νέου συστήματος διαλογής απορριμμάτων από τις συμμετέχοντες εταιρείες θα γίνει χωρίς προβλήματα και θα εναρμονισθεί με τις στρατηγικές τους για την αύξηση των πωλήσεων τους.

- IV. Στην οικονομική επιβράβευση των καταναλωτών θα μπορούσε να συμμετάσχει σε κάποιο ποσοστό η επιχείρηση ηλεκτρισμού (π.χ. ΔΕΗ). Είναι γεγονός ότι το όλο σύστημα θα εξοικονομήσει αρκετή ενέργεια από την επεξεργασία και παραγωγή νέου παρθένου υλικού, η οποία τελικά θα χρεωθεί ως όφελος με τη μορφή λευκών πιστοποιητικών στην εκάστοτε επιχείρηση ή χώρα και η οποία θα μπορούσε να μετακυλήσει στους καταναλωτές. Στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ακόμα το σύστημα των λευκών πιστοποιητικών ωστόσο βρίσκεται υπό εξέταση η εφαρμοσιμότητα του.
- V. Τέλος, οι τιμές αποτίμησης για κάθε υλικό ή συσκευασία θα μπορούσαν να δίνονται απευθείας από το κράτος και οι οποίες θα καθορίζονται από τις αντίστοιχες τιμές της χρηματιστηριακής αγοράς στις οποίες εντάσσονται πολλά υλικά όπως τα μέταλλα που απαντώνται στις ηλεκτρονικές συσκευές.

2.3 Οφέλη – μειονεκτήματα

Η μείωση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων και η χρήση ανακυκλωμένων (δευτερογενών) υλικών σε αντικατάσταση πρωτογενών έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας, αλλά και μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ωφέλειες που προκύπτουν αν αντικατασταθούν οι πρώτες ύλες με δευτερογενή υλικά που προέρχονται από ανακύκλωση.

Πίνακας 2-4 Ωφέλειες από αντικατάσταση πρώτων υλών από υλικά ανακύκλωσης.

	Χαρτί	Γυαλί	Χαλκός	Αλουμίνιο
Ενέργεια (%)	23-74	4-32	47-74	90-97
Αέρια ρύπανση (%)	73	6-22	85	95
Ρύπανση νερών (%)	35	-	76	97
Χρήση νερού (%)	59	50	40	-

Πηγή: (Θεοχάρη et al. 2006)

2.3.1 Οικονομικά – ενεργειακά οφέλη

- Εξοικονόμηση πετρελαίου από τις μειωμένες διαδρομές απορριμματοφόρων.
- Ενθάρρυνση της κατανάλωσης, οικονομικό όφελος προς τις εμπορικές εταιρείες.
- Μείωση έως εξάλειψη της ενέργειας που απαιτείται για την μηχανική διαλογή στα εργοστάσια ανακύκλωσης.
- Αύξηση της απόδοσης των συστημάτων ανακύκλωσης λόγω της βελτίωσης της καθαρότητας του εισερχόμενου ρεύματος απορριμμάτων.
- Αύξηση του ανταγωνισμού ανάμεσα στα προϊόντα από ανακυκλώσιμη πρώτη ύλη σε σχέση με αυτά από παρθένα πρώτη ύλη. Επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας όταν τα προϊόντα παράγονται από ανακυκλωμένη απ' ότι από παρθένα πρώτη ύλη (Björklund & Finnveden, 2005).
- Μείωση των κρατικών επιχορηγήσεων για κατασκευή και δημιουργία ΧΥΤΑ και ενθάρρυνση ανάπτυξης εγκαταστάσεων ανακύκλωσης στα ιδιωτικά εργοστάσια.

2.3.2 Περιβαλλοντικά οφέλη

- Μείωση εκπομπών θερμοκηπίου, SO_x, NO_x από τις μειωμένες διαδρομές των απορριμματοφόρων.
- Η διαχείριση των αποβλήτων συνδέεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή με πολλούς τρόπους. Τα απόβλητα που αντί να ανακυκλώνονται καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, κατά την αποσύνθεσή τους εκπέμπουν μεθάνιο, ένα αέριο του θερμοκηπίου 25 φορές ισχυρότερο από το διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον η ανακύκλωση υλικών αντί της παραγωγής τους από πρώτες ύλες απαιτεί λιγότερη ενέργεια και επομένως εκπέμπονται και μικρότερες

ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Για την Ε.Ε. η έρευνα της Ökoportal υπολόγισε την εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου από την τρέχουσα ανακύκλωση των αστικών στερεών αποβλήτων σε 160εκ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα, που αντιστοιχεί στην συνολική ποσότητα που παράγουν ολόκληρη η Ελλάδα και η Φιλανδία μαζί. Στις ΗΠΑ, η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) έχει υπολογίσει ότι η απόρριψη 100 τόνων χαρτιού γραφείου παράγει 62 τόνους CO₂ ενώ η ανακύκλωση 50 τόνων από το ίδιο χαρτί έχει το αντίστροφο αποτέλεσμα και απορροφά 3 τόνους CO₂. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στην ανάλυση του κύκλου ζωής όπου η ανακύκλωση γλυτώνει την κοπή δέντρων που με τη σειρά τους συγκομίζουν διοξείδιο του άνθρακα (E.O.Aν, 2015). Εξάλλου η ανακύκλωση θα συμβάλλει στην μείωση των αποβλήτων που προορίζονται για καύση μειώνοντας τους παραγομένους τοξικούς ρύπους που αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα.

- Μείωση των απορριπτόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και συνεπώς μείωσης των χώρων ταφής τους. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον εγκυμονεί πολλούς κινδύνους που πολλές φορές δεν γίνονται άμεσα αντιληπτοί. Απόβλητα όπως οι μπαταρίες και τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά είδη περιέχουν επικίνδυνες ουσίες όπως μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο κλπ. που η διάχυσή τους στο περιβάλλον έχει επιπτώσεις στο έδαφος, το νερό, τους οργανισμούς, ακόμη και στον άνθρωπο. Ειδικά τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων θεωρούνται επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Το πλαστικό χρειάζεται αιώνες για να αποδομηθεί και η παρουσία του μπορεί να προκαλέσει ακόμη και το θάνατο σε υδρόβιους και άλλους οργανισμούς. Η απόρριψη του γυαλιού σε χωματερές κοντά σε δασικές εκτάσεις προκαλεί συχνά πυρκαγιές.
- Εξάλειψη των εστιών μόλυνσης από τους συμβατικούς κάδους στις γειτονιές και αποφυγή των οσμών που αναδύονται κατά την περισυλλογή των απορριμματοφόρων.
- Μείωση πλαστικών σακούλων. Εφόσον τα ανακυκλώσιμα απορρίμματα (όχι τα οργανικά) θα μεταφέρονται με την ίδια ειδική σακούλα, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αγορά εκ νέου προϊόντων από το συγκεκριμένο κατάστημα, μειώνοντας έτσι την ποσότητα πλαστικών σακούλων που διακινούνται (θέτοντας επι πληρωμή τις επιπλέον πλαστικές).
- Μείωση του θορύβου που δημιουργείται από τα απορριμματοφόρα.
- Πιθανή μείωση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων ως απόρροια της διευκόλυνση της υποχρεωτικής μεταφοράς τους από τον καταναλωτή.

- Μη συσσώρευση σκουπιδιών στους δρόμους ή φραγμός των δημόσιων υδρορροών-αποχετεύσεων από αυτά. Τα συσσωρευμένα απορρίμματα στους δρόμους έχουν αποδειχτεί αίτιο ανάπτυξης επιδημίας στο Σουράτ της Ινδίας το 1994.
- Μείωση εκπομπών άνθρακα από την υποκατάσταση παρθένας ύλης από ανακυκλώσιμα απόβλητα για την παραγωγή νέων υλικών.

Πίνακας 2-5 Μείωση εκπομπών άνθρακα από την υποκατάσταση παρθένας ύλης.

Είδος υλικού	Εκπομπή CO ₂ από την παρασκευή του παρθένου υλικού (τόνοι CO ₂ /τόνο παρασκευασμένου υλικού)	Εκπομπές CO ₂ που αποφεύγονται μέσω της ανακύκλωσης σε σύγκριση με την παραγωγή παρθένου υλικού τόνοι (τόνοι CO ₂ / τόνο ανακυκλωμένου υλικού)
Χαλκός	20	13-19.7
Αλουμίνιο	13	4.6-12.4
Ατσάλι	1.5	0.9-1.3
Πλαστικό	2.1-4.7	1.7-4.5
Χαρτί-Χαρτόνι	1.1-3.4	0.6-3.1
Γυάλινα	0.9	0.3-0.6

Πηγή:(ISWA, 2010)

2.3.3 Κοινωνικά οφέλη

- Διαμόρφωση στον καταναλωτή μια υπεύθυνη σχέση προς την κατανάλωση και το κύκλο ζωής των προϊόντων.
- Δημιουργία θέσεων εργασίας όπως σε ταμεία, και εργοστάσια ανακύκλωσης. Εκτιμήθηκε ότι η ανακύκλωση 10 χιλιάδων τόνων αποβλήτων δημιουργεί 250 θέσεις εργασίας, ενώ η ταφή σε ΧΥΤΑ μόνο 10 (Hansen & Panagiotakopoulos, 2006). Στην Ε.Ε. έχει υπολογισθεί ότι οι εργαζόμενοι στην ανακύκλωση αυξήθηκαν από 230.000 το 2000, σε 512.000 το 2008, μια αύξηση 10,57% ετησίως. Η αύξηση αυτή ήταν η δεύτερη μεγαλύτερη στον κλάδο της οίκο-βιομηχανίας μετά τον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ειδικότερα για την Ελλάδα υπολογίζεται ότι η ανακύκλωση συνεισφέρει σε περίπου 3.600 θέσεις πλήρους απασχόλησης (Ε.Ο.Αν, 2015).

- Η μη δημόσια ύπαρξη κάδων σκουπιδιών και η συνεπακόλουθη μείωση των απορριμμάτων στη θάλασσα θα δημιουργήσει θετική εικόνα όχι μόνο στους πολίτες της χώρας αλλά κυρίως στους τουρίστες της, οι οποίοι αποτελούν μέρος της οικονομίας όπως την περίπτωση του νησιού Μπαρμπέιντος στο οποίο ο τουρισμός αποτελεί το 50% του ΑΕΠ.

2.3.4 Μειονεκτήματα

- Επιβάρυνση του πολίτη με τη μεταφορά των απορριμμάτων στα μάρκετ – σε πολλές περιπτώσεις η μεταβίβαση τους θεωρείται αναγκαία και προγραμματισμένη για την αγορά νέων προϊόντων.
- Εύρεση εκτάσεων/χώρων για την εγκατάσταση των κάδων αυτών. Ο πιο πιθανός τρόπος εγκατάστασης των κάδων είναι ο δρόμος ή ακόμα και η κατασκευή υπόγειων εγκαταστάσεων. Σε μεγάλα μάρκετ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο ιδιόκτητος χώρος όπως είναι το πάρκινγκ ή τα σημεία εκφόρτωσης των προϊόντων.

3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

3.1 Πλαστικά

Τα πλαστικά χρησιμοποιούνται ευρέως χάρη στα πλεονεκτήματά τους όπως είναι το χαμηλό κόστος, η αντοχή, η ελαφρότητα, η υγιεινή και η σχεδιαστική ευλυγισία τους (Andrady & Neal 2009; Thompson et al., 2009). Η παγκόσμια κατανάλωση πλαστικών έχει ένα μέσο όρο ρυθμό αύξησης 5-6%, φθάνοντας τα 297.5 εκατ. τόνους το 2015. Το 2010, η Κίνα έγινε η μεγαλύτερη παραγωγός πλαστικών, αριθμώντας το 23,5% της παγκόσμιας παραγωγής, με την Ευρώπη δεύτερη, με 21,5% (Saisinchai 2014).



Σχήμα 3-1 Παραγωγή πλαστικών στην Ευρώπη το 2013. (Eurostat, EuropePlastics)

Τα πλαστικά ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των πολυμερών, μαζί με τα θερμοσκληρυνόμενα ή ρητίνες και τα ελαστικά. Τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά είναι πολύ

ανθεκτικά στη θερμότητα και στις χημικές ουσίες και χαρακτηρίζονται για την ελαφρότητα τους. Έτσι χρησιμοποιούνται, στη πλειονότητα τους, στα μέσα μεταφοράς (τρένα, λεωφορεία, πλοία, σκάφη και αεροπλάνα) με τα απορρίμματα από το συγκεκριμένο υλικό να απορρίπτονται σε χώρους απορριμμάτων βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Όσον αφορά τα ελαστικά, προέρχονται από οχήματα, ενώ έχει θεσπισθεί ξεχωριστή συλλογή τους κυρίως σε βουλκανιζατέρ και ειδική μεταχείριση με τεμαχισμό. Συνεπώς τα θερμοσκληρυνόμενα και τα ελαστικά δεν απαντώνται στα αστικά απορρίμματα τουλάχιστον σε αξιοσημείωτες ποσότητες.

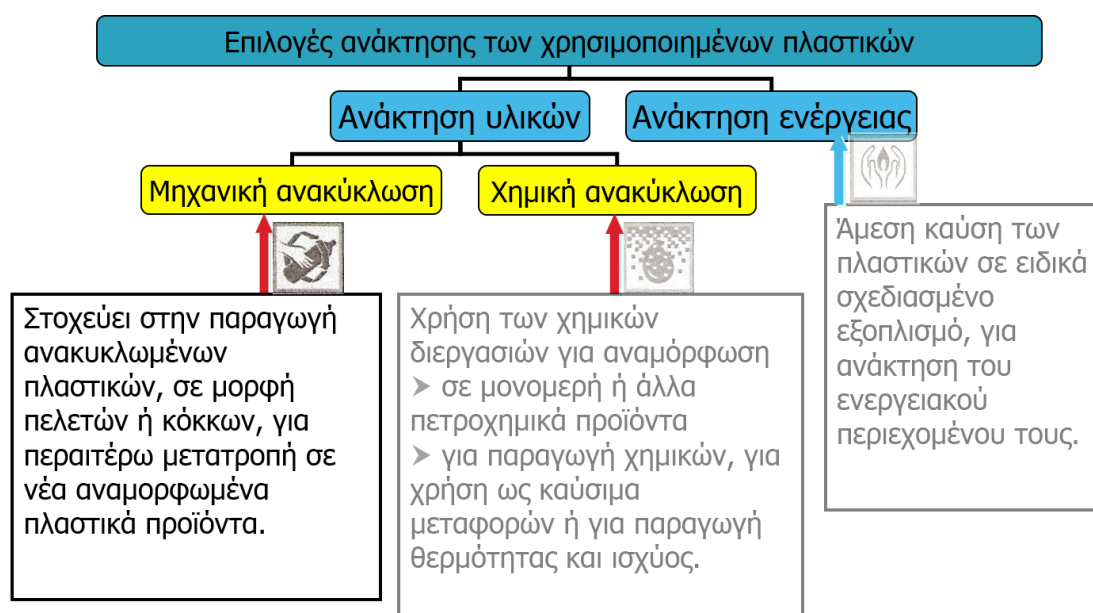
3.1.1 Διαχείριση πλαστικών απορριμμάτων

Ο στόχος για την ανακύκλωση των πλαστικών συσκευασιών είναι η οροθέτηση τους ως μία αναγνωρίσιμη, υψηλής ποιότητας, δευτερεύουσα πρώτη ύλη (Plastics - Association of Plastics & Manufacturers., 2012). Ωστόσο τα ποικίλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μετακαταναλωτικών πλαστικών συσκευασιών κάνουν την ανακύκλωση τους διαφορετική από τα άλλα ανακυκλώσιμα υλικά. Υπάρχουν πολλοί τύποι και συνθέσεις πλαστικών που χρησιμοποιούνται ευρέως. Τα πιο κοινά παραδείγματα που μπορούν να βρεθούν σε συσκευασίες παραθέτονται παρακάτω (Bing et al. 2012):

- PET (polyethelene terephthalate), π.χ. μπουκάλια νερού και σόδας.
- PP (polypropylene), π.χ. συσκευασίες φαγητού για μικροκύματα, μπουκάλια απορρυπαντικών.
- PE (polyethelene), π.χ. μπουκάλια γάλακτος, πολλά μπουκάλια σαμπουάν.
- Φιλμ, π.χ. σακούλες, αλουμινένιες συσκευασίες
- Μείγμα σκληρών πλαστικών, π.χ. PVC (polyvinyl chloride), PS (polystyrene) και ψευδώς ταξινομημένα PE, PP, PET.

Εξαιτίας αυτής της ποικιλότητας η συνήθης διαχείριση των πλαστικών αποβλήτων γίνεται κυρίως με καύση και εναπόθεση σε ΧΥΤΑ. Οι δύο αυτές εφαρμογές έχουν το μειονέκτημα της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και του αυξανόμενου κόστους. Η διάθεση σε χώρους ταφής οφείλει να ξεπερασθεί εξαιτίας του αυξανόμενου όγκου των αποβλήτων και της μειούμενης χωρητικότητας των ΧΥΤΑ, της απελευθέρωσης βλαβερών ουσιών και της μακροχρόνιας

(>400χρ.) αποσύνθεσης των πλαστικών. Από τη άλλη μεριά η καύση τίθεται αποκρουστική καθώς απελευθερώνει επικίνδυνες ουσίες όπως υποξείδιο του αζώτου, οξείδια του θείου, σκόνης, διοξίνες και άλλες τοξίνες (Ali & Siddiqui, 2005). Υπό αυτές τις συνθήκες, η διαχείριση των πλαστικών αποτελεί μείζονα σημασία παγκοσμίως, με την ανακύκλωση να εμφανίζεται ως ένας αποτελεσματικός τρόπος στη λύση του προβλήματος. Υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα για την αξιοποίηση της ανακύκλωσης όπως η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για την επεξεργασία νέου υλικού, η μείωση των αποβλήτων που καταλήγουν σε καύση/XYTA, και η εν μέρει αντικατάσταση παρθένων υλικών που παράγονται από ορυκτά καύσιμα (Siddique et al. 2008; Saisinchai 2014).



Σχήμα 3-2 Επιλογές ανάκτησης πλαστικών. (Ανδρέουπουλος Α., 2015).

Τα πλαστικά, μετά την ανακύκλωσή τους, αλλοιώνονται οι μηχανικές ιδιότητές τους, όπως για παράδειγμα στις ρητίνες όπου χρειάζεται τουλάχιστον 50% παρθένο υλικό για την επαναδημιουργία τους, χωρίς ωστόσο αυτό να εγγυάται τις απαραίτητες μηχανικές ιδιότητες. Το τελικό προϊόν της ανακύκλωσης χρησιμοποιείται είτε για την κατασκευή ινών (φλις ρούχα), είτε για κατασκευή θερμοπλαστικών φιλμ ή αξιοποιείται σε ποσοστό έως 20% για την κατασκευή νέων φιαλών.

Η τεχνολογία ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων διακρίνεται ανάλογα με το είδος της εφαρμοζόμενης διεργασίας σε τέσσερις κατηγορίες (ASTMD-5033-90), (Conshohocken, 1998):

- i. Πρωτογενής ή εσωτερική ανακύκλωση ή ανακύκλωση κλειστού βρόχου (Primary home recycling or closed loop recycling): Ορίζεται ως η μετατροπή του σκάρτου παραγωγής πλαστικών (producer or home scrap) με συμβατικές μεθόδους παραγωγής, σε προϊόντα που είναι εφάμιλλα σε ποιότητα με αυτά από παρθένο υλικό.
- ii. Δευτερογενής ανακύκλωση ή ανακύκλωση μετά τη χρήση ή φυσική μηχανική ανακύκλωση (Secondary or Physical mechanical material recycling or down cycling): Ορίζεται ως η μετατροπή, με συνδυασμό διεργασιών, των μετακαταναλωτικών πλαστικών (post-consumer scrap), που έχουν (ή δεν έχουν) υποβληθεί σε προκαταρκτικό διαχωρισμό, προς προϊόντα των οποίων οι εφαρμογές έχουν λιγότερες απαιτήσεις ποιότητας από αυτές των μητρικών προϊόντων.
- iii. Τριτογενής ανακύκλωση ή χημική/θερμική ανακύκλωση με ανάκτηση πρώτων υλών (Tertiary recycling): Ορίζεται ως το σύνολο των διεργασιών που παράγουν χημικά και καύσιμα υλικά από τα μετακαταναλωτικά πλαστικά.
- iv. Τεταρτογενής ανακύκλωση ή θερμική ανακύκλωση με ανάκτηση ενέργειας (Quaternary recycling): Ορίζεται το σύνολο των διεργασιών που παράγουν θερμική ενέργεια από τα μετακαταναλωτικά πλαστικά (κλιβανισμός).

Γενικότερα, η ανακύκλωση ομογενών πλαστικών υλικών οδηγεί σε ευρύτερες εφαρμογές και αυξάνει την αξία του παραγόμενου υλικού, ενώ η πρόσβαση σε μια επαρκή, σταθερή και αξιόπιστη πηγή διαχωρισμένων πλαστικών υπόσχεται τη βιωσιμότητα της ανακύκλωσης (Burat et al., 2009, Sadat-Shojai & Bakhshandeh, 2011). Διαφορετικά πλαστικά, γενικά, δεν μπορούν να ανακυκλωθούν μαζί λόγω της χημικής ασυμβατότητας, διαφορετικού σημείου τήξης και θερμικής σταθερότητας, που περιορίζει την ποιότητα των παραγόμενων πλαστικών (Carvalho et al. 2012; Kangal 2010). Συγκεκριμένα, το PVC μειώνει την απόδοση της ανακύκλωσης σχηματίζοντας ενώσεις ή διαστρεβλώνει την ποιότητα άλλων πλαστικών ακόμα και σε μικρές ποσότητες PVC (PVCsite). Ακόμα και η καύση του προκαλεί αέρια που καταστρέφουν τις συσκευές και μολύνουν το περιβάλλον (Ulrici et al. 2013; Serranti et al. 2012).

Στο καινούριο σύστημα συλλογής, προτείνεται να υπάρχουν τρεις ξεχωριστοί κάδοι συλλογής πλαστικών απορριμμάτων, ένας για υλικά PVC, ένας για PET και ένας τρίτος για τα υπόλοιπα πλαστικά απορρίμματα. Τα PET βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα αστικά απορρίμματα και επειδή προορίζονται κυρίως για την συσκευασία τροφίμων απαιτείται να είναι καθαρά από προσμίξεις/επιμολύνσεις κατά την διεργασία ανακύκλωσης. Επιπλέον τα

PET δεν μπορούν να διαχωρισθούν από τα HDPE και τα PVC (Mantia, 1996). Αντίθετα τα PVC βρίσκονται στα απορρίμματα σε πολύ μικρά ποσοστά με αυξητικές τάσεις, ωστόσο η δυσκολία που υπάρχει αυτά να διακριθούν από τα ανάμεικτα πλαστικά σε συνδυασμό με τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η ταφή και καύση τους, επιβάλλει τη ξεχωριστή συλλογή τους. Οι τρεις κάδοι συλλογής έχουν την δυνατότητα να πληθύνουν εφόσον κρίνεται αναγκαίο ή υπάρχουν οι απαραίτητες υποδομές για την εγκατάστασή τους.

Πίνακας 3-1 Παραγωγή και ανάκτηση πλαστικών στις ΗΠΑ το 2012

ΥΛΙΚΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (%)	ΑΝΑΚΤΗΣΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ (%) ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΩΜΕΝΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ (%) ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ
HDPE	5530000	17,4	570000	20,4	10,3
LDPE/LLDPE	7350000	23,1	390000	13,9	5,3
PET	4520000	14,2	880000	31,4	19,5
PP	7190000	22,6	40000	1,4	0,6
PS	2240000	7,1	20000	0,7	0,9
PVC	870000	2,7	0	0	0
ΆΛΛΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	4050000	7,8	v/α		
ΣΥΝΟΛΟ	31750000		2800000		8,8

Πηγή: (EPA, 2015)

Πίνακας 3-1 Σύνοψη κύριων χαρακτηριστικών διεργασίας ανακύκλωσης ανά υλικό.

PET	Υψηλή ανάκτηση με καθαρές φιάλες PET.
	Χρωματισμένο PET χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ινών.
	Πρόσθετα ζητήματα με υλικά CPET, PET-G.

HDPE	Υψηλή ανάκτηση με φυσικές φιάλες HDPE, αλλά πιο περίπλοκη για αδιαφανείς φιάλες και δίσκους, λόγω της μεγάλης ποικιλίας των τύπων και χρωμάτων και μείγματα με LDPE και PP.
PVC	Κακή ανάκτηση λόγω της διασταυρούμενης μόλυνσης με PET.
	Συσκευασίες PVC και ετικέτες παρουσιάζουν ένα σημαντικό ζήτημα με φιάλες PET και μεικτών πλαστικών ανακύκλωσης.
LDPE	Χαμηλά ποσοστά ανάκτησης, ανακυκλώνονται ως επί το πλείστο ως αναμειγμένες πολυολεφίνες που μπορεί να έχουν επαρκείς ιδιότητες για ορισμένες εφαρμογές. Οι περισσότερες μετακαταναλωτικές εύκαμπτες συσκευασίες δεν ανακτώνται.
PP	Δεν είναι ευρέως ανακυκλούμενο ακόμη και από μετα-κατανάλωση. Χρειάζεται δράση για τη διαλογή και τον διαχωρισμό, καθώς και την ανάπτυξη των αγορών για περαιτέρω ανακυκλωμένα PP.
PS	Φτωχή ανάκτηση, είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνουν οικονομικά αποδοτικοί διαχωρισμοί από αναμειγνύόμενα απορρίμματα, η χωριστή συλλογή των βιομηχανικών συσκευασιών και του αφρού EPS μπορεί να είναι αποτελεσματική.

Πηγή: (Hopewell et al. 2009)

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή για τα υλικά των δύο κάδων που επιλέχθηκαν να συλλεγούν ξεχωριστά, το PET και PVC.

Το PET είναι το πιο διαδεδομένο ανακυκλώσιμο πλαστικό, ακολουθούμενο από το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), PP και PVC (Saisinchai, 2014). Το τερεφθαλικό πολυαιθυλαίνιο (PET) χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή συσκευασιών για ανθρακούχα και μη αναψυκτικά. Έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι του γυαλιού, όπως είναι η ασφάλεια από πτώση και το μειωμένο βάρος το οποίο ευνοεί την οικονομική και περιβαλλοντική μεταφορά του (Chilton et al. 2010). Η διαχείριση των απορριμμάτων του PET όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σύμφωνα με την ανάλυση κύκλου ζωής του, συγκλίνει προς την ανακύκλωση του και όχι την καύση του (Awaja & Pavel 2005). Η

ανακύκλωση του PET καθίσταται πιο δύσκολη στη περίπτωση του κλειστού τύπου ανακύκλωση (closed-loop) απ' ό τι στη καθοδική ανακύκλωση (down-cycling) γιατί απαιτούνται υψηλότερης ποιότητας υλικά, προηγμένες διεργασίες και καθαρισμός ώστε να αναμιχθεί με παρθένο πολυμερές και να ενσωματωθεί σε καινούρια δοχεία. Έρευνες σε εργοστασιακή κλίμακα έδειξαν ότι η μέγιστη ποσότητα καθαρού scrap PET που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καινούριο προϊόν είναι 5% (Chilton 2009). Έχουν αναφερθεί μια σειρά από ρύπους που κάνουν την ανακύκλωση του PET με καθοδική ανακύκλωση αδύνατη (Awaja & Pavel 2005). Αυτοί οι ρύποι περιλαμβάνουν νερό, άλλα πολυμερή (καπάκια μπουκαλιών και ετικέτες), χρωστικές ουσίες, ακαεταλδεύδες, μέταλλα και το προηγούμενο περιεχόμενο των μπουκαλιών (απορρυπαντικά, φυτοφάρμακα), τα οποία απομακρύνονται με χρήση υδροξειδίου του νατρίου. Η τελική διαδικασία προβλέπει το λιώσιμο και την μορφοποίηση του PET σε πέλλετ με φυσικές διαστάσεις και βαθμό κρυσταλλικότητας ίδιο με αυτό παρθένου υλικού. Η χημική ανακύκλωση του PET θεωρείται πιο επιτυχημένη με τη διαδικασία του απο-πολυμερισμού υπό ηπιότερες συνθήκες. Η ρητίνη PET μπορεί να αναλυθεί από γλυκόλυση, μεθανόλυση ή υδρόλυση και να δημιουργήσει ακόρεστες πολυεστερικές ρητίνες (Sinha & Patel 2008). Μπορεί να μετατραπεί ξανά σε PET, είτε μετά από-πολυμερισμό, ή απλά ανατροφοδότηση με PET ρητίνη μέσα στον αντιδραστήρα πολυμερισμού, αυτό μπορεί επίσης να αφαιρέσει πτητικούς ρυπαντές όταν η αντίδραση λαμβάνει χώρα κάτω από υψηλή θερμοκρασία και κενό (Fischer) .

Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι ένα από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα θερμοπλαστικά υλικά και η ζήτηση του παγκοσμίως υπερβαίνει τα 35 εκατομμύρια τόνους ετησίως, ενώ κατατάσσεται δεύτερο μετά από το πολυαιθυλένιο ως προς στον όγκο στη βιομηχανία πλαστικών (Sadat-Shojai & Bakhshandeh, 2011). Αναπτύχθηκε σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους και της υψηλής απόδοσης του. Προτιμάται σε υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα, υλικά καθαρισμού, κλωστοϋφαντουργικά, μπουκάλια συσκευασίας ποτών, ιατρικές συσκευές, καθώς επίσης και σε προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως σωλήνες, κουφώματα, μόνωση καλωδίων, καλύμματα δαπέδων, φύλλα για στέγες, κλπ. (Burat et al., 2009). Στα προϊόντα από PVC λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής και της πρόσφατης σχετικά ανάπτυξης τους, δημιουργήθηκε μια υστέρηση μεταξύ της κατανάλωσης και της συγκέντρωσης των αποβλήτων τους (Yarahmadi et al., 2003). Η υγειονομική ταφή του κρύβει πιθανούς περιβαλλοντικούς κινδύνους που σχετίζονται με την περιεκτικότητα του πολυμερές σε χλώριο (Lisk, 1991). Η αποτέφρωση και

η πυρόλυση του PVC επίσης δεν ευνοείται λόγω των μεγάλων ποσοτήτων υδροχλωρικού αερίου, χλωριούχων διοξινών και άλλων τοξικών προϊόντων που παράγονται, ενώ προκαλείται και η μείωση του χρόνου ζωής του καυστήρα (Wu et al., 1994, Wey et al., 1998). Μια πιο κατάλληλη οδός, η οποία μπορεί να ανακτήσει την ενέργεια ή/και το υλικό περιεχόμενο αυτών των υλικών, χωρίς οποιαδήποτε περιβαλλοντικά προβλήματα, είναι η ανακύκλωση. Η απλή ανακύκλωση για την παραγωγή δευτερογενών υλικών δυσχεραίνεται εξαιτίας των πολλών τύπων πλαστικών, από τα οποία δεν μπορεί εύκολα ή οικονομικά να διαχωρισθεί (Park et al., 2007). Πλαστικά αντικείμενα που παράγονται από μικτά ανακυκλωμένα υλικά θα έχουν κακές μηχανικές ιδιότητες και λίγες δυνατότητες εφαρμογής (Garcia et al., 2007). Η κυρίαρχη μέθοδος ανακύκλωσης PVC είναι η μηχανική ανακύκλωση η οποία εφαρμόζεται ήδη εδώ και πολλά χρόνια για τα απόβλητα PVC μετά την κατανάλωση. Η δεύτερη μέθοδος ανακύκλωσης είναι η χημική ανακύκλωση η οποία βασίζεται στην ιδέα της μετατροπής του πλαστικού σε χημικά για επαναχρησιμοποίηση σε πολυμερισμό ή άλλες χημικές διεργασίες (Braun, 2002). Από τις δύο αποδεκτές τεχνικές ανακύκλωσης, μηχανικής και χημικής ανακύκλωσης, η πρώτη προτιμάται όταν η προέλευση και η σύνθεση των αποβλήτων από PVC είναι γνωστή (Yarahmadi et al., 2003).

3.1.2 Οικολογικά οφέλη ανακύκλωσης πλαστικών

Αν τα ανακυκλωμένα πλαστικά χρησιμοποιούνταν για να παράγουν αγαθά τα οποία σε διαφορετική περίπτωση θα κατασκευάζονταν από νέο παρθένο πολυμερές, αυτό θα μείωνε απευθείας τη χρησιμοποίηση πετρελαίου και αντίστοιχων εκπομπών του θερμοκηπίου. Η χημική ανακύκλωση ως τεχνολογία ικανοποιεί την ανάγκη για επανάκτηση του αρχικού υλικού σε σχέση με τη μηχανική, ωστόσο παραμένει πιο ενεργοβόρα καθώς το πολυμερές πρέπει πρώτα να αποπολυμερισθεί και εν συνεχεία να επαναπολυμερισθεί. Ιστορικά η τεχνολογία μηχανικής ανακύκλωσης έχει επιδοτηθεί σημαντικά εξαιτίας του πολύ χαμηλού κόστους των πετροχημικών και αντίθετα του υψηλού κόστους επεξεργασίας και εγκαταστάσεων της χημικής ανακύκλωσης. Η ενεργειακή ανάκτηση από πλαστικά (μέσω του μετασχηματισμού του σε καύσιμο ή με απευθείας καύση για ηλεκτροπαραγωγή) μειώνει τον όγκο απόθεσης σε ΧΥΤΑ αλλά η ζήτηση για ορυκτά καύσιμα παραμένει ίδια καθώς τα πλαστικά απορρίμματα κατατάσσονται ως πετροχημικά (Garforth et al. 2004), ενώ επιπλέον υπάρχουν περιβαλλοντικές και ανθρώπινες ανησυχίες από τις εκπομπές. Ο πίνακας 3-2 παρέχει δεδομένα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή παρθένου υλικού πριν τη κατεργασία

του και συνοψίζει την ικανότητα των ρητινών να ανακυκλωθούν από μετακαταναλωτικά απορρίμματα. Το δεσπόζων πλεονέκτημα της ανακύκλωσης πλαστικών είναι η μείωση της απαίτησης για παραγωγή πλαστικών. Επίσης φέρεται να εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια από αυτή που παράγει (Morris 1996), ενώ η ανάλυση του κύκλου ζωής του συστήματος αποφαίνεται σε περισσότερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την ταφή και την καύση με ανάκτηση ενέργειας (Arena et al. 2003).

Έχει υπολογισθεί ότι η ανακύκλωση των PET μπουκαλιών δίνει καθαρό κέρδος σε αέρια του θερμοκηπίου της τάξεως 1.5 τόνους CO₂ ισοδύναμα ανά τόνο ανακυκλωμένου PET (Reifschneider 2005). Μια άλλη έρευνα (AKZ) υπολόγισε ότι η χρησιμοποίηση 100 τοις εκατό ανακυκλωμένου PET μπουκαλιού αντί για 100 τοις εκατό παρθένο υλικό θα μείωνε τις συνολικές εκπομπές από 446 σε 327 g CO₂ ανά μπουκάλι, με αποτέλεσμα 27 τοις εκατό σχετική μείωση στις εκπομπές (WRAP 2008b). Τα αναμιγμένα πλαστικά, αν και είναι η τελευταία επιλογή πηγής για ανακύκλωση, θα μπορούσε ακόμα να συνεισφέρουν στη μείωση σε αέρια του θερμοκηπίου της τάξεως 0.5 τόνους CO₂ ισοδύναμα ανά τόνο ανακυκλωμένου PET (Best Food Forward, 2008). Η διαφορά με τη προηγούμενη μείωση οφείλεται στην αποδοτικότερη ανακύκλωση ξεχωριστών ροών αλλά και στις υψηλές εκπομπές της παραγωγής παρθένας ύλης PET. Ωστόσο, η ανακύκλωση των αναμιγμένων πλαστικών έχει θετικότερα στοιχεία σε σχέση με την ταφή και την ενεργειακή ανάκτηση ως στερεά καύσιμα, εφόσον υπάρχει αντικατάσταση του παρθένου πολυμερούς.

Πίνακας 3-2 Σύγκριση στοιχείων περιβαλλοντικής επιβάρυνσης δημοτικής παραγωγής πολυμερών από τη πηγή μέχρι την κατανάλωση και ενδεικτικά η δυνατότητα ανακύκλωσης τους.

Πολυμερές	Ενέργεια (GJ tonne ⁻¹)	Νερό (kL tonne ⁻¹)	CO ₂ -e _a (t tonne ⁻¹)	Σε χρήση ^β (ktonne)	Κλειστού τύπου ανακύκλωση
PET	82.7	66	3.4	2160	ναι
HDPE	76.7	32	1.9	5468	εν μέρει
PVC	56.7	46	1.9	6509	εν μέρει
LDPE	78.1	47	2.1	7899	εν μέρει
PP	73.4	43	2.0	7779	θεωρητικά
PS	87.4	140	3.4	2600	θεωρητικά

Αναμιγμένα πλαστικά	8-55	3.5 _γ	1.4	3130	εν μέρει
--------------------------------	------	------------------	-----	------	----------

α: CO₂-e είναι GWP υπολογίζεται ως 100 ετησίως που αντιστοιχούν στις εκπομπές CO₂. Όλα τα στοιχεία AKZ είναι ειδικά για την ευρωπαϊκή βιομηχανία και καλύπτει τη διαδικασία παραγωγής των πρώτων υλών, ενδιάμεσων και τελικών πολυμερές, αλλά όχι περαιτέρω επεξεργασία και υλικοτεχνική υποστήριξη (EuropePlastics 2008).

β: Χρήση για το σύνολο της EE-15 χώρες σε όλους τους τομείς της αγοράς το 2002.

γ: Τυπικές τιμές για τις εκπομπές στα ύδατα και αερίων του θερμοκηπίου από δραστηριότητες ανακύκλωσης όταν παραχθεί 1 κιλό PET από τα πλαστικά απορρίμματα (Perugini et al., 2005).

3.1.3 Οικονομικά στοιχεία ανακύκλωσης πλαστικών

Δύο παράγοντες καθορίζουν την οικονομική βιωσιμότητα της ανακύκλωσης των θερμοπλαστικών. Αυτοί είναι η τιμή των ανακυκλωμένων πολυμερών σε σύγκριση με το παρθένο πολυμερές υλικό και το κόστος ανακύκλωσης σε σύγκριση με εναλλακτικούς αποδεκτούς τρόπους διαχείρισης. Επιπλέον, υπάρχουν ζητήματα όσον αφορά τη διακύμανση της πρόγνωσης, της ποσότητας και της ποιότητας των εξερχόμενων προϊόντων της ανακύκλωσης σε σύγκριση με την άμεση και σχετικά άφθονη παροχή των παρθένων πολυμερών. Με το νέο προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης, οι παραπάνω δυσκολίες έχουν τη δυνατότητα να ξεπεραστούν. Αφενός τα πλαστικά θα διαχωρίζονται πλέον σε περισσότερους του ενός κάδους, αυξάνοντας την ποιότητα, ενώ το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου θα φροντίζει για την έγκαιρη ενημέρωση της ποσότητας και της σύστασης του πακέτου απορριμμάτων προς συλλογή.

Η πρωταρχική μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων υπήρξε η ταφή στο έδαφος και η καύση. Το κόστος της ταφής ποικίλει σημαντικά ανάμεσα στις περιοχές ανάλογα με την υποκείμενη γεωλογία και τις χρήσεις της παρακείμενης γης προκρίνοντας έτσι τη μη βιωσιμότητα του εν λόγω συστήματος. Στην Ιαπωνία, για παράδειγμα, η εκσκαφή κοστίζει αρκετά λόγω του βραχώδους ηφαιστειακού υποστρώματος, ενώ στην Ολλανδία η διαπερατότητα της θάλασσας προβληματίζει την εφαρμοσιμότητα της ταφής.

Η συλλογή των οικιακών πλαστικών σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως στις πόλεις, είναι οικονομικά αποδοτικότερη, καθώς επίσης μπορούν να επιτευχθούν κλίμακες οικονομίας. Το κόστος της παρθένας ύλης είναι άμεσα εξαρτώμενο από την τιμή του πετρελαίου, το οποίο είναι η βασική τροφοδοσία της παραγωγής πλαστικών. Όσο η ποιότητα των ανακτώμενων πλαστικών είναι μικρότερη από τη αυτή της παρθένας ύλης, τότε η τελευταία καθορίζει και την τιμή του ανακυκλωθέντος πλαστικού.

Η τεχνολογική πρόοδος στο τομέα της ανακύκλωσης μπορεί να βελτιώσει το οικονομικό μέρος της μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας των μηχανημάτων και της γεφύρωσης του χάσματος ανάμεσα στο παρθένο και το ανακυκλώσιμο υλικό. Η ανακύκλωση είναι ιδιαίτερος ενισχυμένη από τεχνολογίες μετατροπής των πλαστικών σε πλαστικά τροφικής συσχέτισης αφαιρώντας την μόλυνση, ενισχύοντας έτσι την κλειστή ανακύκλωση. Τέτοια τεχνολογία έχει αποδεχθεί επιτυχώς για rPET από καθαρές φιάλες (WRAP, 2008) και για rHDPE από φιάλες γάλακτος (WRAP 2006).

3.2 Μέταλλα

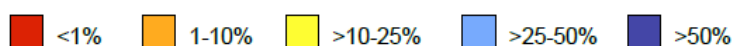
Τα τεχνικά μεταλλικά υλικά γενικότερα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα σιδηρούχα και τα μη σιδηρούχα. Τα σιδηρούχα μεταλλικά υλικά περιλαμβάνουν κυρίως τους χάλυβες και τους χυτοσιδήρους, ενώ τα μη σιδηρούχα περιλαμβάνουν τα κράματα χαλκού, αλουμινίου, τιτανίου, μαγνησίου, ψευδαργύρου, μολύβδου, κ.λπ.

3.2.1 Ανακύκλωση μετάλλου σκραπ

Τα μέταλλα συγκριτικά με άλλα υλικά, έχουν το υψηλότερο δυναμικό για συστηματική ανακύκλωση εξαιτίας της υψηλής οικονομικής αξίας τους, των μεγάλων ποσοτήτων σκραπ που επιτρέπουν την κλίμακα οικονομίας αλλά και της ιδιότητας τους να μην αλλοιώνεται η ποιότητα τους κατά την ανακύκλωση. Ωστόσο η περιεκτικότητά τους σε προσμίξεις (κράματα και ξένα στοιχεία) δυσχεραίνει πολλές φορές την ανακύκλωση τους (Paraskevas et al., 2015). Πολλές εγκαταστάσεις ανακύκλωσης δέχονται τόσο σιδηρούχα όσο και μη σιδηρούχα μέταλλα για ανακύκλωση. Το σκραπ τροφοδοτείται σε μεγάλους τεμαχιστές ή θραυστήρες που χωρίζει το μέταλλο σε μικρότερα κομμάτια. Το σκραπ σιδήρου διαχωρίζεται από θραύσματα μη σιδηρούχων μετάλλων και άλλων υλικών με χρήση μαγνητικών διαχωριστών. Τα κομμάτια απορριμμάτων από χάλυβα τίθενται σε χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της σύνθεσής τους, και ταξινομούνται ανά είδος. Στη συνέχεια τα αποκόμματα λιώνουν για να ξαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του νέου σιδήρου και χάλυβα.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	(117) (Uus)	118 Uuo

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



Σχήμα 3-3 Ποσοστό ανακύκλωσης στο τέλος ζωής 60 μετάλλων (Graedel, 2011).

Σημείωση: Το σχήμα χρησιμοποιεί τον περιοδικό πίνακα για να δείξει το παγκόσμιο μέσο όρο στο τέλος του κύκλου ζωής της (μετα-καταναλωτή) λειτουργικής ανακύκλωσης για εξήντα μέταλλα. Λειτουργική ανακύκλωση στην οποία οι φυσικές και χημικές ιδιότητες που έκαναν το υλικό επιθυμητό στην πρώτη θέση διατηρούνται για μετέπειτα χρήση. Κενές θέσεις δείχνουν ότι δεν υπάρχουν στοιχεία ή οι εκτιμήσεις δεν είναι διαθέσιμες ή ότι το στοιχείο αυτό δεν εξετάστηκε στο πλαίσιο της μελέτης. Οι αξιολογήσεις αυτές δεν υπολογίζουν τις εκπομπές μετάλλου άνθρακα από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Με την εφαρμογή της ετικέτας σε κομμάτια διαφορετικής σύστασης μετάλλων, είναι δυνατό να αποφευχθεί ο μαγνητικός διαχωρισμός αφού μια απλή κωδικοποίηση θα αναγνωρίζει το είδος του μετάλλου. Επίσης, ο χημικός έλεγχος δεν θα είναι απαραίτητος καθώς η ποιότητα και τα στοιχεία σύνθεσης του μετάλλου θα μπορούν να αναγνωρισθούν μέσω της ετικέτας.

3.2.2 Σιδηρούχα μέταλλα

Η παγκόσμια παραγωγή σιδηρούχων μετάλλων αυξάνεται σταθερά με ρυθμό 40% από το 2005 φθάνοντας τα 1.67 δις. τόνους το 2014. Ο χάλυβας ο οποίος αποτελεί το βασικό στοιχείο της κατηγορίας αυτής είναι ένα κράμα σιδήρου συν μια ποικιλία από άλλα συστατικά, όπως κοκ, ασβεστόλιθος, μαγγάνιο, αλουμίνιο και νικέλιο ανάλογα με τη χρήση του κράματος.

Κατάταξη των χάλυβων

Οι προδιαγραφές που πρέπει να έχει η κάθε κατηγορία χάλυβα μετά από ανακύκλωση δίνονται σε σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες. Ανάλογα με τη χημική σύστασή τους οι χάλυβες μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (M3, 2014):

- Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες. Περιέχουν έως 1,0% Mn και ελάχιστα ποσοστά προσμείξεων θείου (S) και φωσφόρου (P) έως 0,05%. Πρόκειται για μαλακούς χάλυβες (για μικρή περιεκτικότητα C), οι οποίοι παρουσιάζουν αυξημένη συγκολλησιμότητα.
- Κραματομένοι χάλυβες.- *Ελαφρά κραματομένοι χάλυβες*. Περιέχουν προσμείξεις έως 2%. Τέτοιοι είναι οι δομικοί ή κατασκευαστικοί χάλυβες.

- *Μέτρια κραματομένοι χάλυβες*. Περιέχουν προσμείξεις από 2% έως 10%.

- *Ισχυρά κραματομένοι χάλυβες*. Περιέχουν προσμείξεις πάνω από 10%. Τέτοιοι είναι οι ανοξείδωτοι χάλυβες, οι εργαλειοχάλυβες, οι ταχυχάλυβες, οι ανοξείδωτοι χάλυβες και οι χάλυβες μαρτενγήρανσης (Maraging) με μεγάλα ποσοστά βολφράμιου (W), βανάδιου (V), μολυβδαίνιου (Mo), χρωμίου (Cr), νικελίου (Ni) και κοβάλτιου (Co).

Όσον αφορά τον προορισμό τους οι χάλυβες διακρίνονται σε :

- Χάλυβες διαμόρφωσης. Αυτοί υφίστανται περαιτέρω μηχανική κατεργασία (έλαση, διέλαση).
- Χυτοχάλυβες. Παράγονται απευθείας με χύτευση υπό μορφή «χελωνών».

Όσον αφορά τη χρήση οι χάλυβες διακρίνονται σε:

- Χάλυβες κατασκευών. Είναι χάλυβες με μικρά, σχετικά ποσοστά κραματικών στοιχείων (συνήθως Mn, Cr) και χρησιμοποιούνται σε πλήθος κατασκευών, όπως π.χ. λέβητες, μεταλλικοί σκελετοί, κ.λπ., αλλά και σε στοιχεία μηχανών, όπως π.χ. άξονες, διωστήρες, βαλβίδες, ελατήρια, κ.λπ.
- Ανοξείδωτοι χάλυβες. Είναι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Cr (>13%) και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, που απαιτείται υψηλή αντοχή σε διάβρωση, όπως π.χ. στη χημική βιομηχανία. Κατασκευές από ανοξείδωτο χάλυβα είναι σωλήνες, πτερωτές, δοχεία, εναλλάκτες θερμότητας, αντιδραστήρες και οτιδήποτε έρχεται σε επαφή με

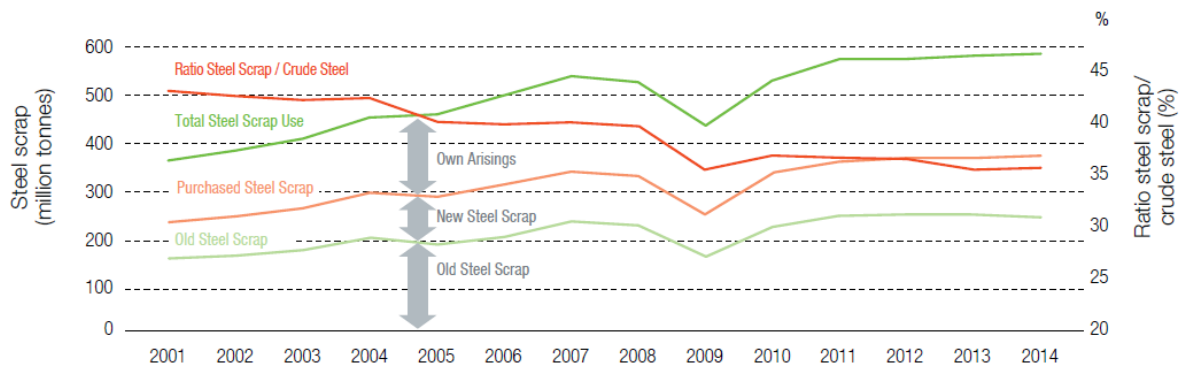
διαβρωτικό υγρό, καθώς επίσης σε ιατρικά εργαλεία (π.χ. χειρουργικά νυστέρια) και είδη οικιακής χρήσεως, όπως π.χ. είδη κουζίνας, μαχαιροπήρουνα, κ.λπ.

- Εργαλειοχάλυβες. Περιέχουν συνήθως μεγάλα ποσοστά κραματικών στοιχείων (W, Mo, Cr, V), τα οποία ευνοούν την αύξηση της σκληρότητας και της αντίστασης σε φθορά-τριβή. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εργαλείων κοπής (κοπτικά τόνου, φρέζας, πλάνης, κ.λπ.) ή διαμόρφωσης (μήτρες, έμβολα, καλούπια χύτευσης και διαμόρφωσης).
- Χάλυβες ηλεκτρομαγνητικών εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πυρήνων μετασχηματιστών ηλεκτρικών γεννητριών, μονίμων μαγνητών, κ.λπ.

Ανακύκλωση σιδηρούχου μετάλλου σκραπ

Το σκραπ μπορεί να ομαδοποιηθεί σε τρεις πηγές: (i) μετά την κατανάλωση (παλιό) σκραπ (ii) νέο σκραπ (π.χ. παραγωγή ρετάλια) που αγοράστηκαν από μύλους χάλυβα από βιομηχανίες και (iii) από εσωτερική παραγωγή σκραπ η οποία ανακυκλώνεται απευθείας μέσα στα χαλυβουργεία. Οι ποσότητες τόσο των νέων όσο και των παλαιών σκραπ είναι σχετικά σταθερές, με τις ποσότητες των παλαιών σκραπ να ποικίλλουν τα τελευταία 14 έτη μεταξύ 180 και 260 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Το σκραπ είναι η κύρια πρώτη ύλη σε ηλεκτρικούς τοξωτούς φούρνους, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως ένα μικρό ποσοστό της συνολικής πρώτης ύλης στους παραδοσιακούς υψικαμίνους χρησιμοποιώντας οπτάνθρακα και σιδηρομετάλλευμα.

Το παρακάτω γράφημα αποτυπώνει μια σταθερή αύξηση των απορριμμάτων σιδήρου για την περίοδο 2001-2014 αν και αυτό δεν έχει συμβαδίσει με την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα, ενώ η αναλογία των απορριμμάτων χάλυβα προς ακατέργαστο χάλυβα μειώθηκε σταθερά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Την περίοδο 2011-2014, η συνολική χρησιμοποίηση χάλυβα σκραπ άγγιξε τους 600 εκατομμύρια τόνους, ποσό αντιπροσωπεύει κάτι λιγότερο από το 40% της συνολικής παραγωγής χάλυβα.



Σχήμα 3-4 Η χρήση του σκραπ σιδήρου στην παραγωγή σιδήρου (BIR, 2015).

Πηγές σιδηρούχου μετάλλου προς ανακύκλωση μπορούν να βρεθούν σε παλιά αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές, χαλύβδινες δοκούς, σιδηροδρομικές γραμμές, πλοία, κονσέρβες τροφίμων, καπάκια των μπουκαλιών, δοχεία χρωμάτων και αερολύματα. Η ανακύκλωση σιδηρούχων μετάλλων έχει πολλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Τα αποσπά από την υγειονομική ταφή, μειώνει την ανάγκη για την εξαγωγή και την κατασκευή των πρώτων υλών και συμβάλλει στη σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Όλοι οι τύποι του χάλυβα είναι 100% ανακυκλώσιμοι και μπορούν να ανακυκλωθούν πολλές φορές (AllscrapKITSAS, 2014).

Σύμφωνα με τη βιομηχανία, κάθε τόνος σιδηρούχου μετάλλου σκραπ που πηγαίνει πίσω στην παραγωγή μειώνει τη χρήση του σιδηρομεταλλεύματος κατά 1.400 kg, του άνθρακα κατά 740kg και του ασβεστόλιθου κατά 120kg (τιμές από παραγωγή σε φούρνο), (World Steel Association, 2012).

3.2.3 Μη σιδηρούχα μέταλλα

Η παγκόσμια παραγωγή βασικών μη σιδηρούχων μετάλλων αυξάνεται με ταχύ ρυθμούς όπως και η ζήτηση σκραπ για ανακύκλωση. Ωστόσο μόνο τα 20 από τα 60 μέταλλα, όπως φάνηκαν στο σχήμα 3.3 ανακυκλώνονται σε μεγαλύτερο ποσοστό από το 50% στο τέλος ζωής τους. Το αλουμίνιο είναι το πιο συνήθως χρησιμοποιημένο και το πιο γρήγορα ανεπτυγμένο από όλα τα μη σιδηρούχα μέταλλα.

Πίνακας 3-2 Παγκόσμια ζήτηση για μη σιδηρούχα μέταλλα και κατανάλωση σκραπ

	ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΖΗΤΗΣΗ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ			ΠΑΓΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΚΡΑΠ		
	2000 (εκατ. τόνους)	2011 (εκατ. τόνους)	ποσοστό αύξησης %	2000 (εκατ. τόνους)	2011 (εκατ. τόνους)	ποσοστό αύξησης %
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	25	45	82	11	18	68
ΧΑΛΚΟΣ	15	19	30	7	10	45
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	9	12	30	3,7	5,8	57
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	7	10	40	0,8	1,1	34
ΝΙΚΕΛΙΟ	1	1,1	10	0,6	0,9	42
ΧΑΛΥΒΑΣ*	1144	1607	40	401	573	43

Σημείωση: Ο χάλυβας δεν είναι σιδηρούχο μέταλλο και τοποθετήθηκε για σύγκριση. Επίσης τα στοιχεία του χάλυβα το 2000 καταγράφονται για το έτος 2005 (Veys, 2011).

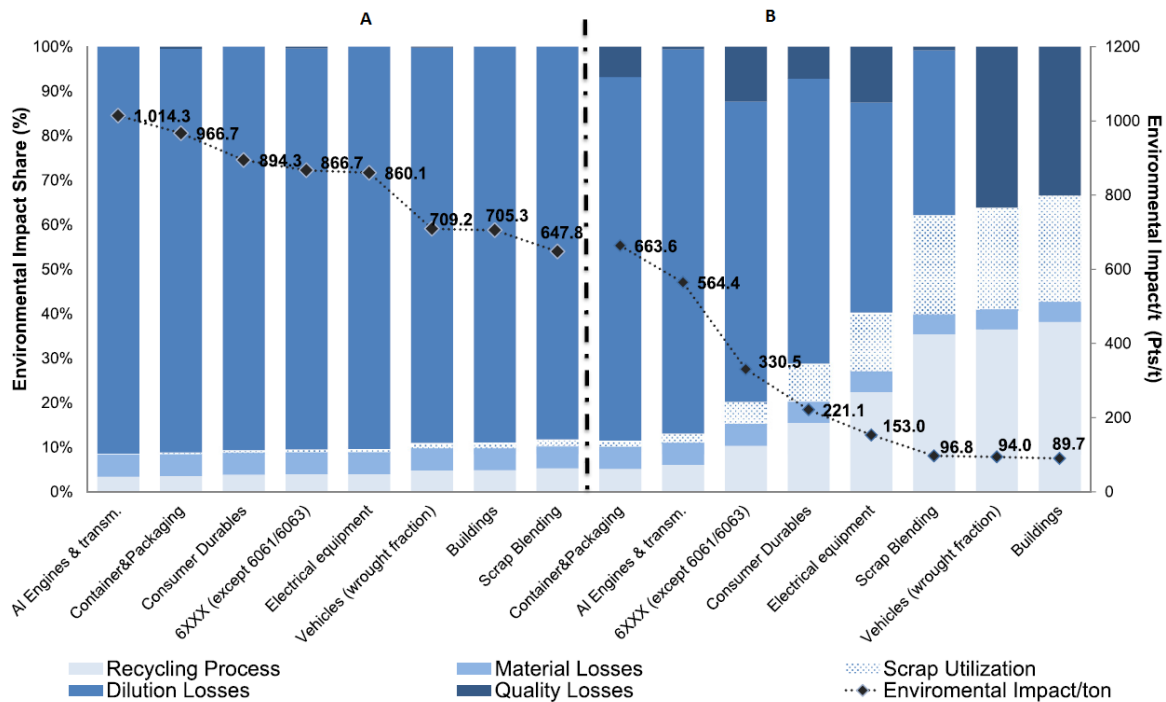
Ανακύκλωση αλουμινίου

Τρεις επιλογές ανακύκλωσης του αλουμινίου δύναται να προσδιορισθούν από περιβαλλοντική σκοπιά:

- Διατήρηση της ποιότητας. Αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα των ρευμάτων σκραπ ελέγχεται αποτελεσματικά και η ανακύκλωση πραγματοποιείται σε ένα κλειστό βρόχο (closed loop), χωρίς καμία σημαντική αλλαγή στη χημική σύνθεση μεταξύ της εισόδου-εξόδου του μετάλλου.
- Μείωση ποιότητας (down-cycling): Χρησιμοποιείται όταν οι απαιτήσεις για τη ποιότητα αλουμινίου είναι χαμηλές. Η συσσώρευση των προσμίξεων και των ακαθαρσιών στα αλουμινένια κράματα αναμειγνύονται με υψηλότερης καθαρότητας ρεύματα απορριμμάτων και παράγουν προϊόντα χαμηλότερης καθαρότητας (π.χ. μετάβαση από μικτά σφυρήλατα κράματα σε χαμηλή ποιότητα).
- Αραίωση των προσμίξεων (dilution): Όταν οι προσμίξεις του σκραπ αραιώνονται με υψηλότερης καθαρότητας εισροές. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στη περίπτωση της

ζήτησης υψηλότερης ποιότητας αλουμινίου και γι' αυτό λαμβάνοντας υπόψη την περιορισμένη διαθεσιμότητα σε σκραπ, το βασικό συστατικό μίξης ειδικά για τα σφυρήλατα κράματα, είναι το παρθένο αλουμίνιο.

Το παρακάτω σχήμα προκύπτει από τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ανακύκλωσης του αλουμινίου (Paraskevas et al., 2015) και αποτυπώνει το κύκλο ζωής του ανακυκλωμένου υλικού για δύο ποιότητες αυτού. Στη μελέτη αυτή αναδεικνύεται ο ρόλος της υποβάθμισης της ποιότητας καθώς και οι απώλειες κατά τη διάρκεια της αραίωσης στην ανακύκλωση των μετάλλων. Προκύπτει το συμπέρασμα ότι για να γίνει οικονομικότερη και πιο περιβαλλοντική η διαχείριση στο κύκλο ζωής του αλουμινίου πρέπει να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της ανάμειξης διαφόρων υλικών, στοχεύοντας στον καλύτερο αρχικό διαχωρισμό των σκραπ.



Σχήμα 3-5 Συνολική περιβαλλοντική επίπτωση (Pts/t) και το μερίδιο συνεισφοράς για κάθε τομέα παραγωγής αλουμινίου ανά τόνο υλικού A (AA3014 και 380 κράματα), B (AA6061 και 355 κράματα), (Paraskevas et al., 2015)

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο και για τα δύο εξεταζόμενα υλικά, προέρχεται από την ανακύκλωση των συσκευασιών και διάφορων εξαρτημάτων μηχανών. Και τα δύο αυτά απορρίμματα ανακυκλώνονται ως επι το πλείστο με την μέθοδο της διάλυσης.

Συμπερασματικά, τα μέταλλα δεν κατανέμονται σε διακριτές κατηγορίες που χρήζουν διαχωρισμού αναμεταξύ του στη διαδικασία συλλογής του σκραπ αλλά κατανέμονται ανάλογα με το είδος και το ποσοστό των προσμίξεων. Συνεπώς, προτείνεται η τοποθέτηση ενός κάδου στα μάρκετ όπου θα συγκεντρώνονται όλα τα μέταλλα και μετέπειτα βάση της ετικέτας θα μπορούν χειροκίνητα να διαχωρίζονται ανάλογα με την επιθυμητή χρήση τους.

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

4.1 Ορισμός emergy

Το emergy είναι ένα είδος διαθέσιμης ενέργειας (εξέργειας) που καταναλώνεται σε άμεσους και έμμεσους μετασχηματισμούς που απαιτούνται για να δημιουργήσουν ένα προϊόν ή μια υπηρεσία. Το emergy αντιπροσωπεύει στην πραγματικότητα ένα μέτρο της ποιοτικής διαφοράς μεταξύ των διαφόρων μορφών ενέργειας. Μετριέται σε μονάδες emjoules (sej), μιας μονάδας αναφερόμενης στην διαθέσιμη ενέργεια του ενός είδους που καταναλώνεται στους μετασχηματισμούς και αντιστοιχεί στις διάφορες μορφές ενέργειας και πόρων (π.χ. ηλιακό φως, νερό, ορυκτά καύσιμα, κ.λπ.). Κάθε μορφή ενέργειας παράγεται από διαδικασίες μετασχηματισμού στη φύση και η κάθε μία έχει διαφορετική ικανότητα να στηρίζει το έργο στα φυσικά και ανθρωπογενή συστήματα. Η αναγνώριση αυτών των διαφορών στην ποιότητα είναι μια βασική έννοια κλειδί της μεθοδολογίας emergy (Odum, 1996). Το emergy διακρίνεται ως μια θεωρητική μορφή και η αξία του αποτελεί το προϊόν της ειδικής ενέργειας με τη ροή μάζας και την αναλογία μετασχηματισμού. Παρακάτω δίνονται κάποιοι ορισμοί που προκύπτουν από την έννοια του emergy.

Μεταμορφωσιμότητα (Transformity): Είναι η είσοδος emergy ανά μονάδα διαθέσιμης ενέργειας εξόδου. Για παράδειγμα, αν 10.000 ηλιακά emjoules απαιτούνται για να δημιουργήσουν ένα joule από ξύλο, τότε η ηλιακή μεταμορφωσιμότητα του ξύλου είναι 10.000 ηλιακά emjoules ανά joule (Sej / J). Η ηλιακή μεταμορφωσιμότητα του ηλιακού φωτός που απορροφάται από τη γη, είναι 1,0 εξορισμού.

Ειδικό emergy (Specific Emergy): Είναι το emergy ανά μονάδα μάζας εξόδου και εκφράζεται συνήθως ως το ηλιακό Emergy ανά γραμμάριο (Sej/g). Οι υλικοί πόροι μπορούν καλύτερα να αξιολογηθούν με δεδομένα ανά μονάδα μάζας. Επειδή απαιτείται ενέργεια για να συγκεντρωθεί ένα υλικό, η μοναδιαία αξία emergy οποιασδήποτε ουσίας αυξάνεται με τη συγκέντρωση. Ως εκ τούτου, στοιχεία και ενώσεις που δεν βρίσκονται σε αφθονία στη φύση έχουν υψηλότερες αναλογίες emergy/μάζα, όταν βρίσκονται σε συμπυκνωμένη μορφή αφού απαιτείται περισσότερο περιβαλλοντικό έργο για να τα συγκεντρώσει τόσο χωρικά όσο και χημικά.

Emergy ανά μονάδα χρήματος: Είναι το emergy που στηρίζει τη δημιουργία μιας μονάδας οικονομικού προϊόντος (εκφραζόμενη ως νόμισμα). Χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των

πληρωμών χρημάτων σε μονάδες emergy. Δεδομένου ότι τα χρήματα καταβάλλονται στους ανθρώπους για τις υπηρεσίες τους και όχι στο περιβάλλον, η συμβολή σε μια διαδικασία που αντιπροσωπεύεται από χρηματικές πληρωμές είναι το emergy που οι άνθρωποι αγοράζουν με τα χρήματα. Το ύψος των πόρων που το χρήμα αγοράζει εξαρτάται από την ποσότητα των emergy που στηρίζουν την οικονομία και το ποσό των χρημάτων που κυκλοφορεί. Μια μέση αναλογία emergy/νόμισμα, στο ηλιακό emjoules/\$, μπορεί να υπολογιστεί διαιρώντας τη συνολική χρήση emergy ενός κράτους ή ενός έθνους με το ακαθάριστο εθνικό προϊόν της οικονομίας. Η αναλογία αυτή ποικίλλει ανά χώρα και έχει αποδειχθεί ότι μειώνεται κάθε χρόνο, το οποίο είναι ένας δείκτης του πληθωρισμού.

Emergy ανά μονάδα εργασίας: Είναι το ποσό του emergy που υποστηρίζει μια μονάδα εργασίας και παρέχεται απευθείας σε μια διαδικασία. Όταν οι εργάτες εφαρμόζουν το έργο τους σε μια διαδικασία τότε έμμεσα με τον τρόπο αυτό επενδύουν στο σύνολο emergy που έκανε δυνατή την εργασία αυτή (φαγητό, εκπαίδευση, μεταφορές, κλπ.). Αυτή η ένταση του emergy εκφράζεται γενικά ως emergy ανά ώρα (Sej/yr ή Sej/hr.), αλλά χρησιμοποιείται επίσης και το emergy ανά χρηματικές απολαβές του εργάτη (Sej/\$).

Ενίσχυση (Empower): Είναι η ροή του emergy (δηλαδή, emergy ανά μονάδα χρόνου). Οι ροές emergy συνήθως εκφράζονται σε μονάδες ηλιακής empower (ηλιακή emjoules ανά ώρα).

Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν την σχετικότητα των ροών σε μια διαδικασία ανακύκλωσης. Κάποιοι από αυτούς είναι:

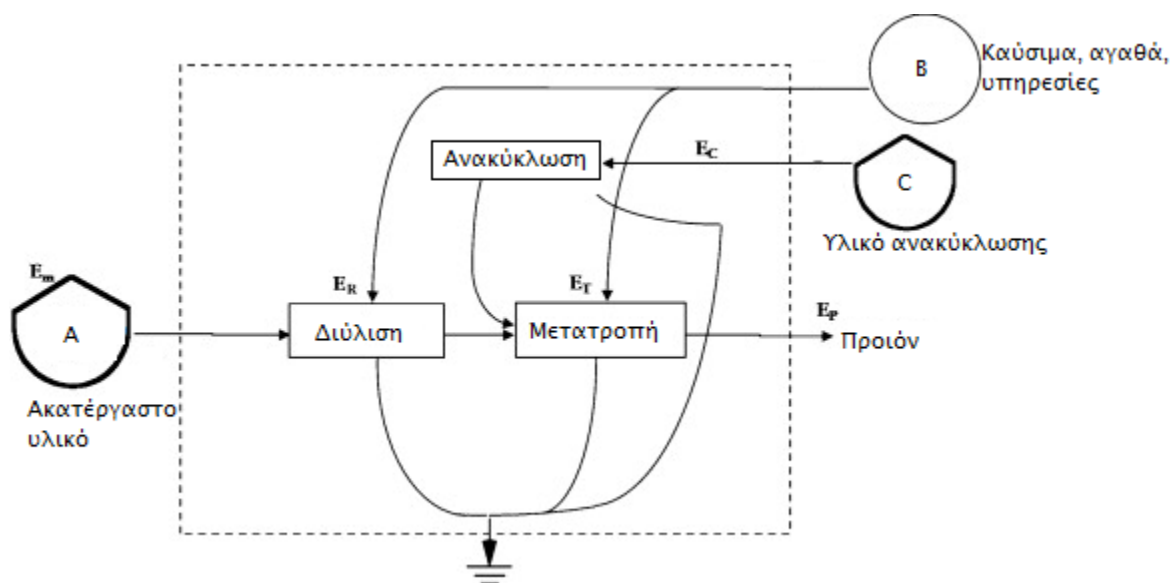
- ❖ **Emergy Yield Ratio (EYR).** Σύνολο emergy που απελευθερώνεται ανά μονάδα emergy που επενδύεται από μη ανανεώσιμες συνεισφορές. Ο λόγος είναι ένα μέτρο του πόσο μια επένδυση επιτρέπει μια διαδικασία (π.χ. ανακύκλωση) την αξιοποίηση των τοπικών πόρων, προκειμένου να συμβάλει περαιτέρω στην οικονομία.
- EYR_i είναι η υπολογισμένη αναλογία χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η επίπτωση του ανακυκλωμένου υλικού και παραμένει σταθερή για κάθε βρόχο.
- EYR_c υπολογίζεται μόνο με βάση της επιπρόσθετης emergy που απαιτείται για την διαδικασία της ανακύκλωσης.
- ❖ **Environmental Loading Ratio (ELR).** Η αναλογία της μη ανανεώσιμης (παρθένου υλικού) και της εισακτέας χρησιμοποιηθείσας ύλης (emergy) ως προς την ανανεώσιμη πηγή χρήσης. Είναι ένας δείκτης της πίεσης μιας διαδικασίας μετασχηματισμού στο περιβάλλον και

μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο πίεσης του οικοσυστήματος, λόγω της παραγωγικής δραστηριότητας.

- ❖ **Emergy Sustainability Index (ESI).** Ο λόγος του Emergy Yield Ratio προς το Environmental Loading Ratio. Μετρά τη συμβολή ενός πόρου ή διαδικασίας για την οικονομία ανά μονάδα των περιβαλλοντικού φορτίου.
- ❖ **Aerial Empower Intensity.** Η αναλογία της συνολικής χρήσης emergy στην οικονομία μιας περιοχής ή ενός έθνους με τη συνολική έκταση της περιοχής ή του έθνους. Η ανανεώσιμη και μη ανανεώσιμη πυκνότητα emergy επίσης υπολογίζεται χωριστά με τη διαίρεση του συνόλου των ανανεώσιμων πηγών emergy ανά περιοχή και του συνόλου της μη ανανεώσιμης emergy ανά περιοχή, αντίστοιχα.
- ❖ **Recycle Benefit Ratio (RBR).** Εκφράζει την αναλογία του emergy που απαιτείται για την προμήθεια παρθένου υλικού προς το απαιτούμενο emergy για την ανακύκλωση του υλικού αντικατάστασης. Δίνει την πληροφορία για την δυνατότητα εξοικονόμησης μέσω της ανακύκλωσης ενός προϊόντος όταν αυτό προορίζεται για την αντικατάσταση παρθένου υλικού.
- ❖ **Recycle Yield Ratio (RYR).** Η αναλογία του emergy ενός ανακυκλωμένου υλικού προς το emergy που χρησιμοποιήθηκε για την ανακύκλωση. Αξιολογεί το καθαρό κέρδος της κοινωνίας όταν γίνεται ανακύκλωση.

4.2 Emergy στην ανακύκλωση

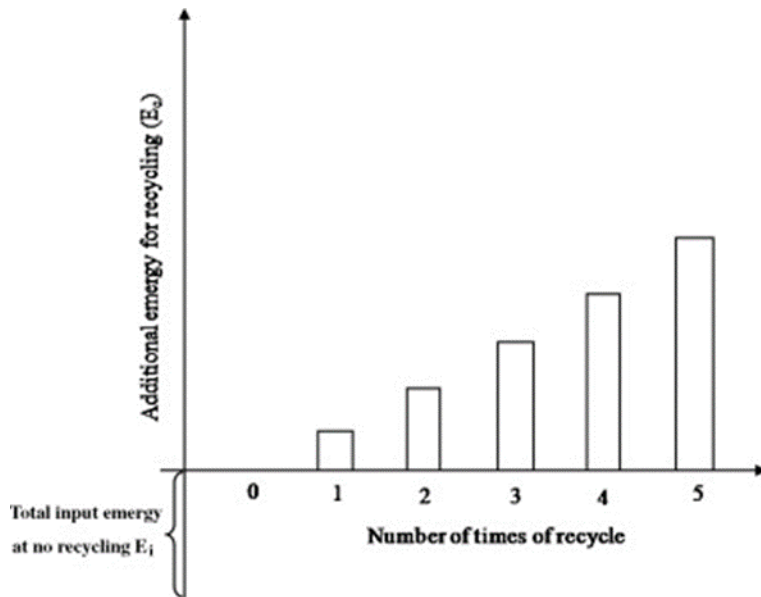
Η σύνθεση του emergy εφαρμόζεται ευρέως για την αξιολόγηση οικολογικών συστημάτων, ενεργειακών συστημάτων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων διάφορων διεργασιών. Η ανακύκλωση είναι μια σημαντική έννοια στην ολοκλήρωση του οικολογικού κύκλου ζωής των υλικών, όπου τα προϊόντα ή διεργασίες αποτελούν ταυτόχρονα έξοδο και είσοδο των συστημάτων. Ειδικότερα στην ανακύκλωση αποβλήτων, παρατηρήθηκε ότι το emergy παίζει ρόλο κυρίως στον τελευταίο κρίκο της παραγωγικής αλυσίδας και συνεπώς διερευνήθηκαν συγκεκριμένοι τρόποι υπολογισμού των ποσοτήτων emergy στον κύκλο ζωής των αποβλήτων (S. Ulgiati & M. Raugéi 2004). Αν τα απόβλητα απελευθερωθούν στο περιβάλλον, η είσοδος στη φύση μέσω διεργασιών αποδόμησης, πρέπει να προσμετράτε και να αποδίδεται στο κυρίως προϊόν. Ωστόσο αν τα απόβλητα επεξεργαστούν και επανενταχθούν στην παραγωγική διαδικασία ως υποκατάστατα υλικά ή πηγές, μόνο το emergy που επενδύεται στην επεξεργασία και ανακύκλωση πρέπει να αποδίδεται στους πόρους ανακύκλωσης.



Σχήμα 4-1 Συγκεντρωτικό σύστημα με ροές ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011)

Σε περιπτώσεις συνεχούς ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης όπως εξετάζει η παρούσα εργασία, το emergy μπορεί να αποτελέσει έναν αξιόπιστο δείκτη των απαιτούμενων ροών μάζας και ενέργειας για την τελική διαμόρφωση ενός απορρίμματος. Θεωρείται ένα συγκεντρικό σύστημα όπως στην Σχήμα 4-21 όπου μια ροή ακατέργαστου υλικού (source A) με αρχικά ενσωματωμένο emergy E_M εξευγενίζεται, μετασχηματίζεται, χρησιμοποιείται και τελικά απορρίπτεται. Μια άλλη πηγή (source B) αντιπροσωπεύει την ροή από άλλες υπηρεσίες αγαθά και καύσιμα. Ως εκ τούτου, η διαδικασία της διύλισης απαιτεί μια είσοδο emergy (E_R). Η διαδικασία μετατροπής του εξευγενισμένου υλικού σε ένα τελικό προϊόν απαιτεί επίσης εισόδους emergy των καυσίμων, αγαθών και υπηρεσιών (E_T). Επιπλέον emergy μέσω των υπηρεσιών και των εισροών καυσίμου θα απαιτούνταν για ανακύκλωση (E_C) από την πηγή (C). Η emergy στο τελικό παραγόμενο προϊόν (E_P) είναι τότε το άθροισμα των emergy στις πρώτες ύλες και όλες οι εισροές emergy που απαιτούνται για τη διατήρηση του κύκλου του υλικού του συστήματος, δηλαδή $E_P = E_M + E_R + E_C + E_T$.

Η μέθοδος αυτή μελετήθηκε (Ampronsah et al. 2011) με εφαρμογή ανακύκλωσης σε δύο τύπους υλικών, μεταλλικά (σίδηρος, χάλυβας) και μη μεταλλικά (πλαστικά, γυαλί), λαμβάνοντας δεδομένα από μια παλαιότερη μελέτη (Buranakarn 1998).

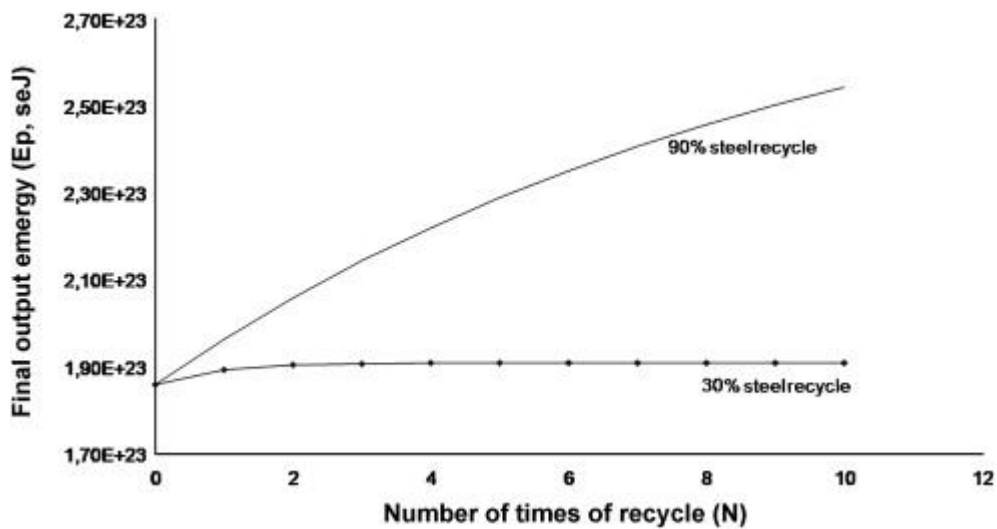


Σχήμα 4-2 Επίδραση του αριθμού των φορών ανακύκλωσης στο energy των ροών ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011).

Η μεταμορφωτική αναλογία ή μεταμορφωσιμότητα όπως αναφέρθηκε αποτελεί ένα μέτρο της σύγκλισης των ροών emergy ώστε να παραχθεί ένα αποτέλεσμα. Έμεσα καταδεικνύει την ποσότητα των δραστηριοτήτων του περιβάλλοντος που απαιτήθηκαν για την δημιουργία ενός τελικού προϊόντος. Η μεταμορφωσιμότητα ενός προϊόντος δίνεται ως εξής: $\tau_P = \sum sourceE_i/Q$, η οποία λαμβάνει υπόψη τις επιμέρους ροές Emergy (E_M , E_R , E_C , και E_T) πάνω από ένα χρόνο και την έξοδο του προϊόντος (Q). Το πρόσθετο emergy (E_C) που απαιτείται από ένα σύστημα που περιλαμβάνει ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση του υλικού προφανώς αυξάνει την παραγωγή ή την τελική emergy σε σύγκριση με εκείνη ενός συμβατικού συστήματος. Ως εκ τούτου, μια νέα μεταμορφωσιμότητα θα καθορίζεται από αυτό το σύστημα το οποίο περιλαμβάνει την ανακύκλωση.

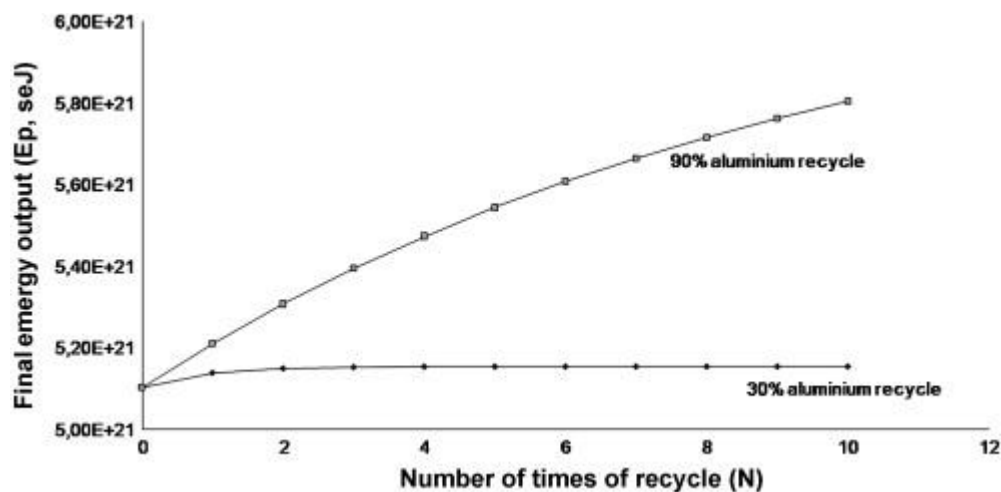
4.2.1 Εφαρμογή μεθόδου emergy στην ανακύκλωση σιδήρου

Στη περίπτωση του σιδήρου εξετάστηκε η απόδοση emergy με συμβατική παραγωγή παρθένας πρώτης ύλης και έπειτα με ανακύκλωση όπου χρησιμοποιήθηκε σίδηρος αποκλειστικά από κτίρια, και εν συνεχεία σε συνδυασμό με προϊόντα χάλυβα από τη διαδικασία παραγωγής ως υποκατάστατο του ακατέργαστου χυτοσιδήρου. Ως παράμετροι emergy εισήχθησαν η πρώτη ύλη χυτοσιδήρου, φυσικό αέριο, άλλα καύσιμα, ηλεκτρικό ρεύμα, μεταφορά, εργατικά, ετήσια απόδοση και διαχωρισμός του σιδήρου για ανακύκλωση.



Σχήμα 4-3 Η συνεχής ανακύκλωση του χάλυβα βάσει του 30% και 90% ποσοστού ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011)

Παρατηρείται και στις δύο περιπτώσεις 30% και 90% ανακύκλωση σιδήρου scrap μια βαθμιαία συσσώρευση του emerge από την πρώτη στη δεύτερη, στη τρίτη και ούτε καθεξής φορά ανακύκλωση. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στο παρακάτω διάγραμμα όπου γίνεται ανακύκλωση κουτιών αλουμινίου.



Σχήμα 4-4 Συνεχής ανακύκλωση χρησιμοποιημένων κουτιών αλουμινίου για 30% και 90% του υλικού ανακύκλωσης (Ampronsah et al. 2011).

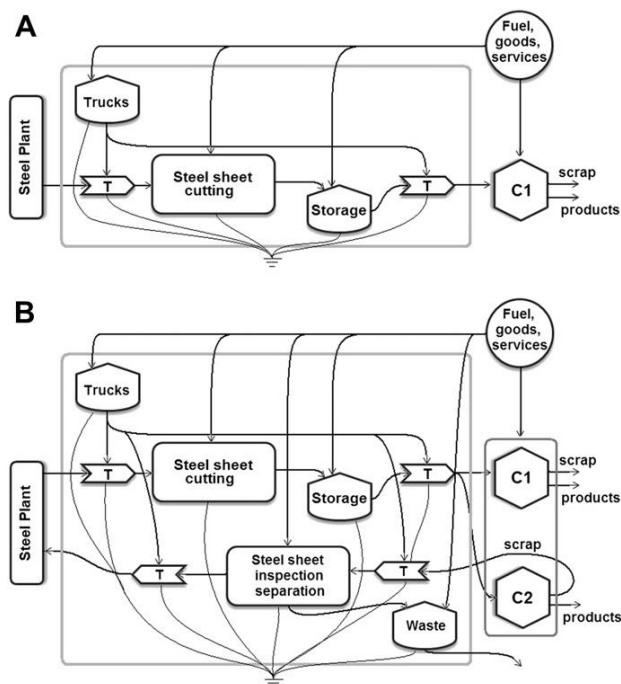
Πίνακας 4-1 Αποτελέσματα της αξιολόγησης emergy της συμβατικής παραγωγής αλουμινίου και της ανακύκλωσης των χρησιμοποιημένων αλουμινένιων κουτιών.

	ΜΟΝΑΔΑ/ΧΡΟΝ Ο	ΕΙΣΟΔΟΣ ΠΟΡΩΝ	ΗΛΙΑΚΟ EMERGY ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ (SEJ/UNIT)	EMERGY (SEJ/YEAR)
ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΛΛΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ				
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	g	4.17E+11	1.17E+10	4.88E+21
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	J	1.08E+15	1.74E+05	1.88E+20
ΕΡΓΑΣΙΑ	\$	2.09E+07	1.15E+12	2.40E+19
ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ	g	4.00E+11	1.27E+10	5.08E+21
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ				
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	g	1.25E+11	1.17E+10	1.46E+21
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	J	1.08E+15	1.74E+05	1.88E+20
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΑΛ. ΚΟΥΤΙΩΝ	g	2.29E+11	8.24E+06	1.89E+18
ΜΕΤΑΦΟΡΑ (ΦΟΡΤΗΓΑ)	ton-mile	2.82E+07	9.65E+11	2.2E+19
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΚΟΥΤΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	g	2.29E+11	1.17E+10	2.68E+21
ΕΡΓΑΣΙΑ	\$	2.90E+07	1.15E+12	3.34E+19
ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ	g	4.00E+11	1.29E+10	5.16E+21
ΣΥΛΛΟΓΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΑΛ. ΚΟΥΤΙΩΝ	g	2.29E+11	2.51E+08	5.5E+19
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ SCRAP	g	6.25E+10	1.17E+10	7.31E+20

Πηγή: (Buranakarn 1998)

Από το παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι ο διαχωρισμός των χρησιμοποιημένων αλουμινένιων κουτιών καταναλώνει το λιγότερο energy από όλες τις διαδικασίες ανακύκλωσης, όπως επίσης και η συλλογή.

Σε διαφορετική έρευνα (Giannetti et al., 2013) αξιολογήθηκε με βάση το energy η εφαρμογή της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας για την παραγωγή και διανομή του αλουμινίου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το εργοστάσιο αλουμινίου προκύπτει μεγαλύτερο πλεονέκτημα για τον διανομέα προϊόντων στην περίπτωση που ο ίδιος επιστρέφει το σκραπ αλουμινίου από τους πελάτες στο εργοστάσιο με μέσο σταθμό ελέγχου και διαχωρισμού της ποιότητας, κυρίως χάρη στην εξοικονόμηση καυσίμου που γίνεται στα φορτηγά.



Σχήμα 4-5 Διάγραμμα ενέργειας (A) συμβατού συστήματος και (B) αντίστροφης πορείας σκραπ - T μεταφορά υλικού αλουμινίου (Giannetti et al., 2013)

Στην περίπτωση ογκωδών απορριμμάτων όπου δεν δύναται να διατεθεί το σκραπ σιδήρου σε ταμεία, οπότε να αντικατασταθεί η λειτουργία των ενδιάμεσων σταθμών διαχωρισμού, η εφαρμογή ετικέτας στα προϊόντα αλουμινίου θα διευκολύνει τον διαχωρισμό στα ειδικά αυτά κέντρα διανομής ενώ παράλληλα θα μειώσει την ποσότητα των απορριπτόμενων αποβλήτων τα οποία δεν μπορούν να ταξινομηθούν.

4.2.2 Εφαρμογή της μεθόδου emergy στην ανακύκλωση πλαστικών και υαλικών

Σε αμφότερες τις διεργασίες ανακύκλωσης πλαστικών και υαλικών, υπάρχουν συναφείς δαπάνες της συλλογής και διαλογής και ως εκ τούτου η emergy ανά μάζα του προϊόντος από τις διεργασίες ανακύκλωσης είναι υψηλότερη από την συμβατική διαδικασία.

Πίνακας 4-2 Αξιολόγηση των συμβατικών και ανακυκλωτικών διαδικασιών της πλαστικής ξυλεία.

	Μονάδα/ έτος	Εισερχόμενος πόρος	Ηλιακό emergy ανά μονάδα (sej/unit)	Emergy ανά μονάδας (sej/year)
Συμβατικό πλαστικό προϊόν				
Ίνες ξύλου	J	2.67E+12	4.20E+04	1.12E+17
Πλαστική ρητίνη	g	7.22E+08	5.27E+09	3.80E+18
Ηλεκτρισμός	J	1.08E+12	1.74E+05	1.88E+17
Μεταφορές (φορτηγό)	ton-mile	1.87E+05	9.65E+11	1.80E+17
Μηχανήματα	g	4.84E+05	6.70E+09	3.24E+15
Εργασίας	\$	5.27E+05	1.15E+12	6.06E+17
Ετήσια απόδοση	g	8.50E+08	5.75E+09	4.89E+18
Τέλος φόρμας				
Διαδικασία Ανακύκλωσης				
Μεταφορές (φορτηγό)	ton-mile	1.87E+05	9.65E+11	1.80E+17
Ηλεκτρισμός	J	1.08E+12	1.74E+05	1.88E+17
Συλλογή	g	8.49E+08	2.51E+08	2.13E+17
Μηχανήματα	g	4.84E+05	6.70E+09	3.24E+15

Μετα καταναλωτικό χαρτί	g	2.67E+12	1.42E+05	3.79E+17
Μετα καταναλωτικά προϊόντα	g	7.22E+08	5.27E+09	3.80E+18
Ετήσια απόδοση	g	8.50E+08	6.33E+09	5.38E+18
Εργασία	\$	5.27E+05	1.15E+12	6.06E+17
Διαχωρισμός	g	8.49E+08	8.24E+06	7.00E+15

Πηγή: (Buranakarn 1998).

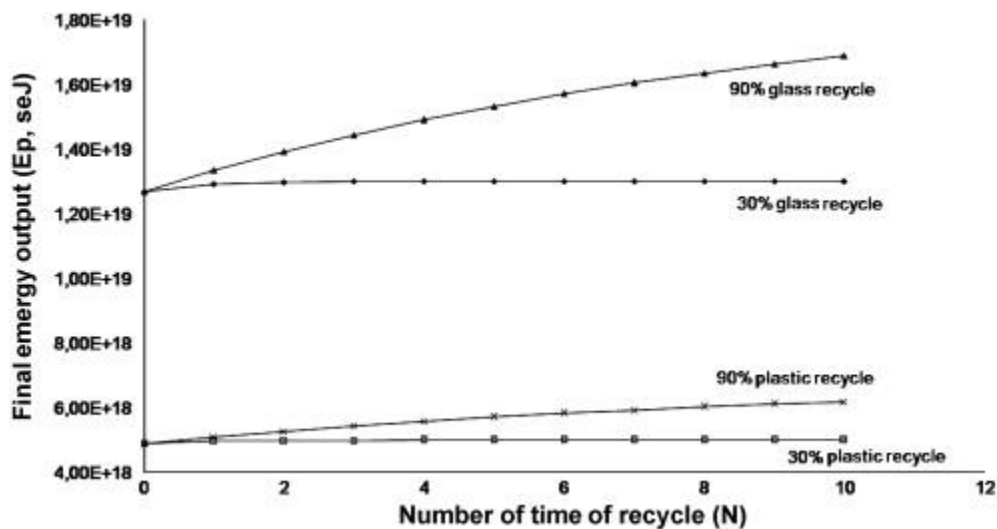
Πίνακας 4-3 Αξιολόγηση των συμβατικών και ανακυκλωτικών διαδικασιών του γυαλιού.

	Μονάδα/ έτος	Εισερχόμενος πόρος	Ηλιακό emergy ανά μονάδα (sej/unit)	Emergy ανά μονάδα (sej/year)
Συμβατικά κεραμικά πλακίδια (γυαλί)				
Πυριτική άμμος	g	3.38E+09	1.00E+09	3.38E+18
Άμμος	g	1.31E+08	1.00E+09	1.31E+17
Άργιλος	g	1.09E+09	2.00E+09	2.18E+18
Άλλα	g	2.18E+08	1.00E+09	2.18E+17
Νερό	J	1.08E+09	4.80E+04	5.18E+13
Φυσικό αέριο	J	8.85E+13	4.80E+04	4.25E+18
Ηλεκτρισμός	J	1.61E+12	1.74E+05	2.80E+17
Μεταφορές (φορτηγό)	ton-mile	1.19E+06	9.65E+11	1.15E+18
Μηχανήματα	g	4.08E+07	6.70E+09	2.73E+17
Εργασία	\$	6.85E+05	1.20E+12	8.22E+17
Ετήσια απόδοση	g	4.14E+09	3.06E+09	1.27E+19

Διαδικασία Ανακύκλωσης				
Μεταφορές (φορτηγό)	ton-mile	1.19E+06	9.65E+11	1.15E+18
Άμμος	g	1.31E+08	1.00E+09	1.31E+17
Ετήσια απόδοση	g	4.14E+09	3.38E+09	1.40E+19
Ηλεκτρισμός	J	1.21E+12	1.74E+05	2.11E+17
Άλλα	g	2.18E+08	1.00E+09	2.18E+17
Άργιλος	g	1.09E+09	2.00E+09	2.18E+18
Μηχανήματα	g	4.08E+07	6.70E+09	2.73E+17
Φυσικό αέριο	J	6.65E+13	4.80E+04	3.19E+18
Διαχωρισμός	g	2.70E+09	1.32E+07	3.56E+16
Μετακαταναλωτικά υάλινα μπουκάλια	g	2.70E+09	1.90E+09	5.13E+18
Νερό	J	1.08E+09	4.80E+04	5.18E+13
Συλλογή	g	2.70E+09	2.51E+08	6.78E+17
Εργασία	ξ	6.85E+05	1.20E+12	8.22E+17

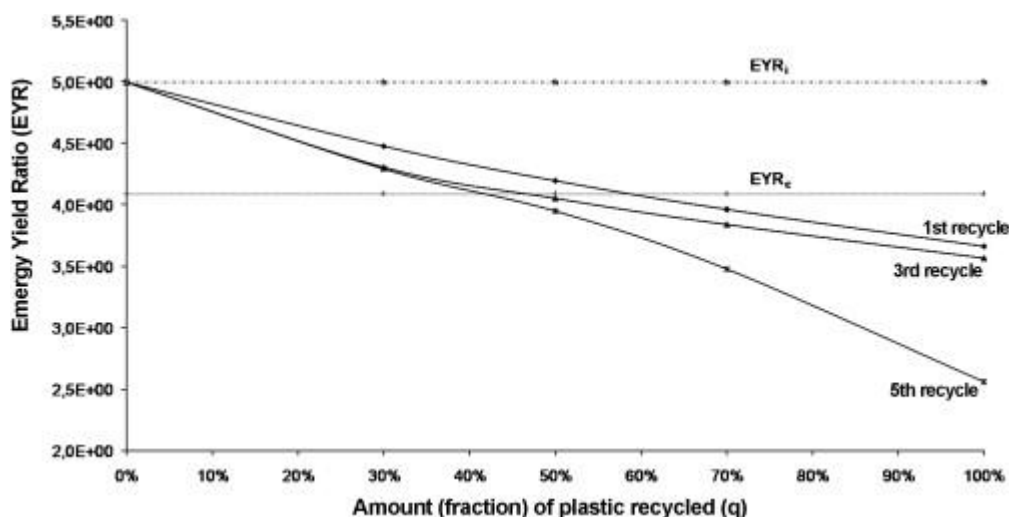
Πηγή: (Buranakarn 1998).

Από τους δύο παραπάνω πίνακα παρατηρείται μια κατανάλωση πόρων σε μεγάλο βαθμό για τη συλλογή στην ανακύκλωση της πλαστικής ξυλείας και γυαλιού, περίπου ισάξια με τις υπόλοιπες για τις διαδικασίες παραγωγής και ανακύκλωσης. Ο διαχωρισμός απασχολεί τους λιγότερους πόρους των εν λόγω διαδικασιών, ίσως χάριν της ευκολίας οπτικής αναγνώρισης του.



Σχήμα 4.6 Η συνεχής ανακύκλωση του γυαλιού μετά καταναλωτών (κεραμικά πλακίδια) και πλαστικά για το 30% και 90% ανακύκλωση (Amrongsah et al. 2011).

Η γενική αρχή είναι η ίδια για τα δύο υλικά, για παράδειγμα, η ανακύκλωση ενός υλικού επηρεάζεται πολύ από τον ρυθμό ανακύκλωσης και τον αριθμό των φορών που η ανακύκλωση γίνεται. Τα κριτήρια για την εύρεση των βέλτιστων επιπέδων για το ρυθμό και τις φορές ανακύκλωσης εξαρτάται από την ασυμπτωτική συμπεριφορά των αντίστοιχων προτύπων για τη λειτουργία ανακύκλωσης. Επίσης και σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει συσσώρευση emergy λόγω των φορών ανακύκλωσης.



Σχήμα 4.7 Επιπτώσεις της ανακύκλωσης πλαστικών σε EYR. (Amrongsah et al. 2011)

Από το τελευταίο διάγραμμα παρατηρείται ότι πέφτει η απόδοση της συνεισφερόμενης ποσότητας emergy όσο πιο πολύ ανακυκλώνεται το πλαστικό, κάτι που ίσως οφείλεται στην

απώλεια των ιδιοτήτων του πλαστικού κατά την ανακύκλωση και συνεπώς χρήζει ανάγκης η πρόσμιξης του με παρθένο υλικό. Γι' αυτό το λόγο, η περιεκτικότητα του σε παρθένο υλικό δίνεται ως είσοδος στην ετικέτα της συσκευασίας προϊόντος, με σκοπό να εξετάζεται το κατά πόσον μπορεί να ανακυκλωθεί ή είναι προτιμότερο να οδηγηθεί για καύση ή σε ΧΥΤΑ.

Το νέο σύστημα διαχείρισης υπόσχεται μείωση σε μεγάλο ποσοστό των καταναλισκόμενων περιβαλλοντικών πόρων όπως αυτοί μετρήθηκαν σε emjoules για τον διαχωρισμό και κατά δεύτερο λόγο για τη συλλογή του αλουμινίου, πλαστικού και γυαλιού. Τέτοιοι πόροι είναι το νερό, ο ηλεκτρισμός, η εργασία και τα ορυκτά καύσιμα οι οποίοι έχουν άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον.

5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Στο παρών κεφάλαιο εξετάζονται δύο τρόποι συλλογής των απορριμμάτων, με δημοτικούς κάδους στο πεζοδρόμιο (curbside) το οποίο είναι το επικρατέστερο σύστημα παγκοσμίως και με απομονωμένα κέντρα/μηχανήματα απόθεσης (drop-off) τα οποία αφορούν κυρίως τα πλαστικά, μεταλλικά και υαλικά απορρίμματα.

5.1 Παράγοντες εξάρτησης κόστους συλλογής

Τα κόστη περισυλλογής των απορριμμάτων διαχωρίζονται σε άμεσα και έμμεσα. Τα πρώτα περιλαμβάνουν τους κάδους, μισθούς και άλλες εξωτερικές υπηρεσίες ενώ τα δεύτερα αφορούν διοικητικά και γενικά κόστη, χρηματοοικονομικά έξοδα και φόρους. Αυτά τα κόστη επηρεάζονται από πολλαπλούς παράγοντες όπως είναι τα χαρακτηριστικά του δήμου (μέγεθος και πυκνότητα πληθυσμού), τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά (αποστάσεις, υψόμετρο, οδικό δίκτυο) και από την ποσότητα και ποιότητα των στερεών αποβλήτων που θα διαχειριστούν (Dijkgraaf & Gradus, 2008, Stevens, 1978). Τα εξωτερικά περιβαλλοντικά κόστη συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη και αφορούν την ποσότητα των εκπεμπόμενων αερίων από τα φορτηγά κατά την περισυλλογή. Αυτά μπορούν να μεταφραστούν σε χρηματική αξία μέσω της εμπορίας άνθρακα στην Ευρώπη και είναι περίπου 20€ ανά τόνο CO₂-eq. Το CO₂-eq ανά κιλό καύσιμο πετρελαίου υπολογίζεται περίπου στο 3.8 kg CO₂-eq/l πετρελαίου (Defra, 2012).

Στην παρούσα εργασία γίνεται η υπόθεση, ότι οι πολίτες μεταφέρουν τα απορρίμματα τους μόνο όταν έχουν ως στόχο να προβούν ταυτόχρονα σε αγορές στα προοριζόμενα καταστήματα απόθεσης. Συνεπώς τα κόστη μετακίνησης δεν υπολογίζονται ως επιπρόσθετα εξαιτίας της μετακίνησης τους με ιδιωτικά οχήματα. Σε αντίθετη περίπτωση το συνολικό κόστος περισυλλογής από πεζοδρόμια είναι κατά πολύ χαμηλότερο σε σχέση με την ιδιωτική μεταφορά αποκλειστικά σε κέντρα (Beigl & Salhofer, 2004).

5.2 Μελέτες ανάλυσης κόστους συλλογής

Η συλλογή αποτελεί υψηλή προτεραιότητα στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε μια σύγχρονη πόλη. Προκειμένου να σχεδιασθεί και να λειτουργήσει μια υπηρεσία συλλογής

σωστά, το κόστος και οι οικονομικές πηγές πρέπει να είναι γνωστά και κατανοητά λεπτομερώς. Είναι αρκετά δύσκολο να υπολογισθούν τα τυπικά κόστη της συλλογής αποβλήτων στο σύνολο των χωρών καθώς κάθε μια από αυτές εφαρμόζει διαφορετικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων το οποίο άπτεται άμεσα στο τρόπο συλλογής αυτών. Παρακάτω δίνονται κάποια παραδείγματα κόστους συλλογής σε διάφορες πόλεις.

Σε μελέτη για το κόστος των υπηρεσιών συλλογής περιλαμβανομένου του περιβαλλοντικού φόρου, αξιολογήθηκαν για το έτος 2001 στην πόλη της Κωνσταντινούπολη τα σχετικά κόστη (Dogan et al., 2003). Το ποσοστό των υπαλλήλων που εργάζονται στις υπηρεσίες της αποκομιδής των στερεών αστικών απορριμμάτων σε σχέση με το σύνολο αυτών που απασχολούνται εν γένει στη διαχείριση, είναι 83% στον ιδιωτικό τομέα και 17% στο δημόσιο τομέα. Παρατηρήθηκε ότι με την ιδιωτικοποίηση, το κόστος εργασίας μπορεί να μειωθεί κατά περίπου 75%. Το κόστος συλλογής ανά μονάδα απορρίμματος κυμαίνεται παγκοσμίως από 12,2 US \$ / τόνο σε US \$ 50,7 / τόνο, και για την Κωνσταντινούπολη το μέσο κόστος συλλογής υπολογίσθηκε στα 24,4 US \$ / τόνο. Το κόστος της υπηρεσίας συλλογής είναι περίπου το 70% του συνολικού κόστους των στερεών διαχείρισης αποβλήτων, το κόστος μεταφοράς είναι 17% και οι τακτικές δαπάνες για διάθεση των απορριμμάτων ανέρχονται σε 13%. Το ποσοστό των συλλεγόμενων φόρων για τις δαπάνες αποκομιδής απορριμμάτων κυμαίνεται από 3% έως 67%. Επίσης τονίσθηκε ότι η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αντιπροσωπεύει μεταξύ 12 και 25% της συνολικής δαπάνης των δημοτικών αρχών.

Άλλη έρευνα έδειξε ότι τα μοναδιαία κόστη συλλογής αυξάνονται με το επίπεδο εισοδήματος κάθε χώρας, εξαιτίας του υψηλού κόστους τόσο του προσωπικού όσο και της υποχρέωσης συμμόρφωσης με πιο αυστηρές περιβαλλοντικές ρυθμίσεις (World Bank, 2012). Ειδικότερα στις πιο φτωχές χώρες, το κόστος συλλογής ισοδυναμεί με περίπου το 90% του συνολικού κόστους διαχείρισης, με τα όμως απόβλητα να καταλήγουν κυρίως σε χωματερές. Αυτή είναι η κύρια αιτία που αυτές οι χώρες δεν δύναται να αναβαθμίσουν το σύστημα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων και συνάμα να επεκτείνουν την κάλυψη συλλογής στη χώρα. Όσο το κρατικό εισόδημα αυξάνεται, περισσότερες ανεπτυγμένες τεχνολογίες γίνονται οικονομικά προσιτές και τόσο βελτιώνονται οι συνθήκες περιβάλλοντος μέσα στη κάθε χώρα.

Πίνακας 5-1 Κόστος συλλογής για συλλέγονται χωριστά ανακυκλώσιμα υλικά ανά ακαθάριστο εθνικό εισόδημα (ΑΕΕ) κάθε χώρας.

	ΕΙΣΟΔΗΜΑ
--	-----------------

	Πολύ Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
Εισόδημα (ΑΕΕ/κάτ.) 2006	< 795	795-3145	3145-9326	> 9736
Κόστος Συλλογής (€/τόνο)	18-45	27-68	36-82	77-227

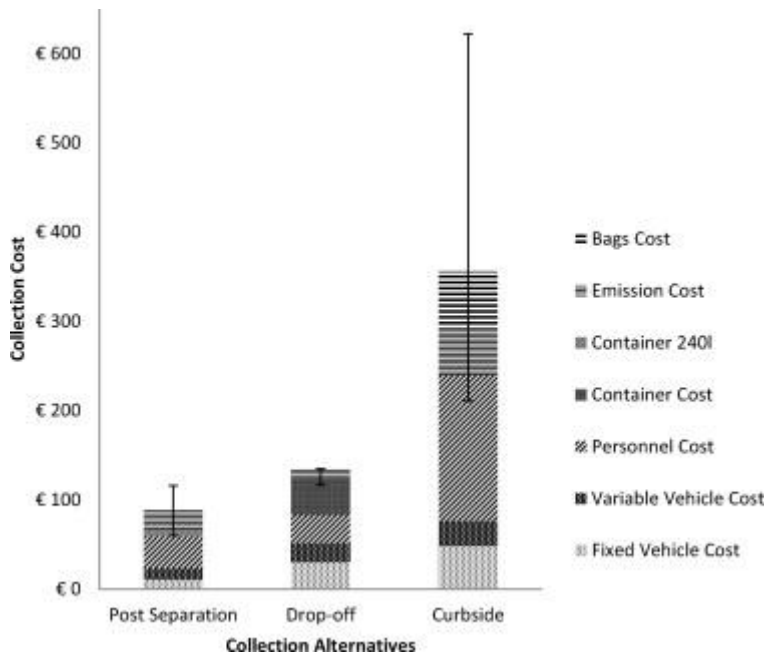
Πηγή: (World Bank, 2012).

Για την περιοχή των ΗΠΑ εξετάστηκε τόσο το κόστος συλλογής των δημοτικών απορριμμάτων όσο και τα προγράμματα ανακύκλωσης καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το οριακό και μέσο κόστος της ανακύκλωσης υπερβαίνει το κόστος της συλλογής και των συστημάτων διάθεσης απορριμμάτων (Bohm et al., 2010). Επιπρόσθετα, η οικονομία κλίμακας εμφανίζεται στην συλλογή των αποβλήτων και στην ανακύκλωση αλλά εξαφανίζεται στα υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης. Τα ποσοστά ανακύκλωσης στις ΗΠΑ το 2006 ήταν 32,5% με κάλυψη συλλογής του 51% του πληθυσμού και μίνιμουμ οριακό κόστος 75\$/τόνο για 13.200 τόνους/έτος.

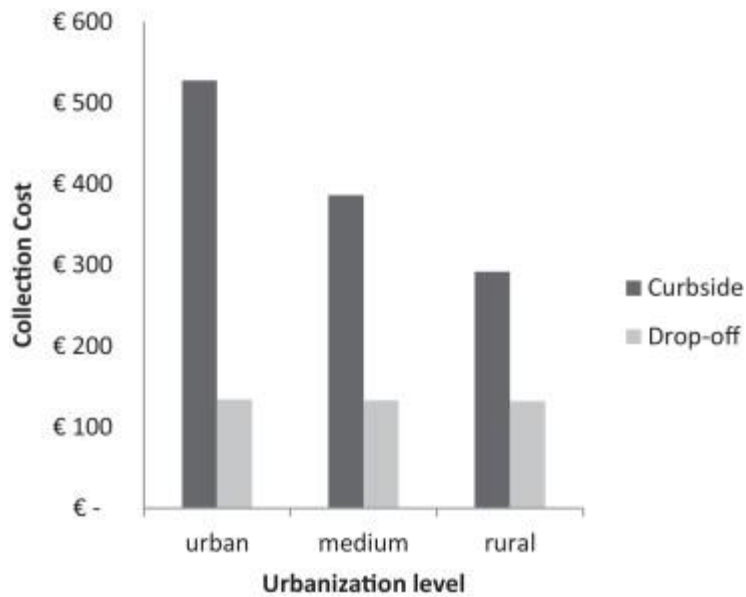
Σε μελέτη που διεξήχθη για τα κόστη συλλογής για την περιοχή της Ιταλίας (Greco et al. 2015) διερευνήθηκαν τα πλήρη κόστη για τα απόβλητα χαρτιού και χαρτονιού, πλαστικών, μετάλλων, γυαλιών, οργανικών και άλλων αδιαφοροποίητων. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει οικονομία κλίμακος η οποία είναι διαφορετική για κάθε είδος αποβλήτου ενώ η συλλογή ξεχωριστά (διαφορετικούς κάδους) των διαφοροποιημένων αποβλήτων αυξάνει κατά πολύ το συνολικό κόστος συλλογής. Το κόστος συλλογής των οργανικών απορριμμάτων εξαρτάται από την ποσότητα, το ποσοστό των εγχώριων μονάδων, το ποσοστό ανακύκλωσης και την αποδοτικότητα του εργατικού δυναμικού. Για τα υπόλοιπα απορρίμματα (γυαλί, πλαστικό, μέταλλο) το κόστος διαφοροποιείται ανάλογα με τη ποσότητα, τον πληθυσμό, την πυκνότητα και την εργασιακή απόδοση. Η απόδοση του εργατικού δυναμικού και των μηχανημάτων παίζει σημαντικό ρόλο κάτι που αποδεικνύεται από το γεγονός ότι το κόστος συλλογής των οργανικών αποβλήτων προκύπτει μικρότερο όταν η συλλογή γίνεται από ιδιωτικές εταιρείες παρά από τους δήμους.

Σε διαφορετικό άρθρο (Groot et al. 2014) υπολογίστηκαν τα κόστη της συλλογής πλαστικών σε όλους τους δήμους της Ολλανδίας. Βρέθηκε ότι το συνολικό κόστος συλλογής ανά τόνο συλλεγόμενων πλαστικών με διαχωρισμό στη πηγή (source-separation) είναι δύο φορές υψηλότερο από τον μηχανικό διαχωρισμό (post-separation). Επίσης επισημάνθηκε το μεγαλύτερο σταθερό κόστος της συλλογής από κέντρα/μηχανήματα απόθεσης σε σχέση με το

αντίστοιχο από πεζοδρόμιο, εξαιτίας των βαρέων μηχανημάτων που απαιτούνται για την εκκένωση αυτών των μεγάλων κάδων (container). Επίσης το κόστος εκπομπών αποτελεί το 15% (53 €/tn) του συνολικού κόστους συλλογής από πεζοδρόμιο ενώ σε κέντρα/μηχανήματα απόθεσης αποτελεί μόνο το 8% (11 €/tn) κάτι που οφείλεται στις συχνές στάσεις και τους αυξημένους χρόνους μη παραγωγικής λειτουργίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας συνοψίζονται στα δύο παρακάτω γραφήματα.

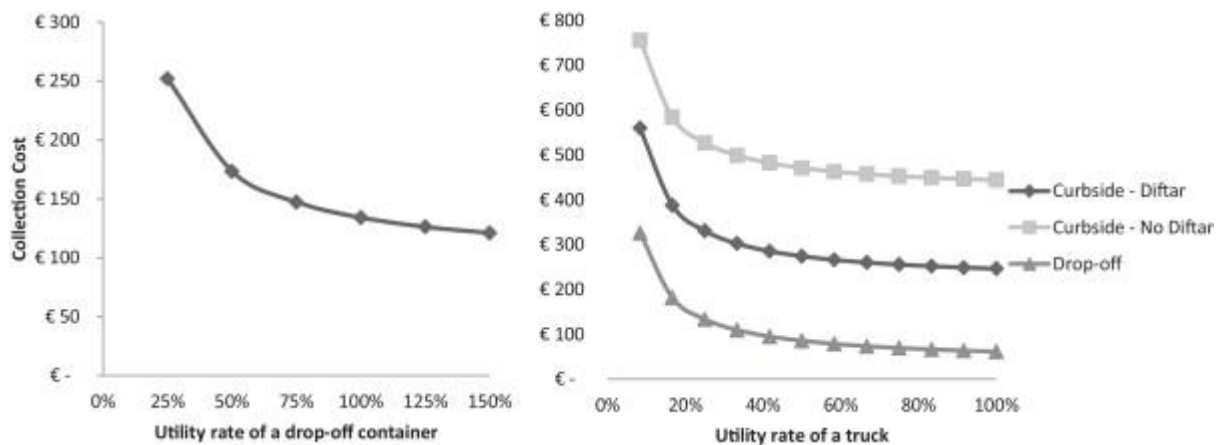


Σχήμα 5-1 Κόστος συλλογή μετά τον μηχανικό χωρισμό και την διαλογή στην πηγή των Ολλανδικών δήμων, η τελευταία χωρίζεται σε drop-off και curbside συλλογή, συμπεριλαμβανομένων τα ανώτερα και κατώτερα όρια για διαφορετικούς δήμους. (€ / τόνο), (Groot et al. 2014).



Σχήμα 5-2 Το μέσο συνολικό κόστος συλλογής ανά είδος δήμου από πεζοδρόμιο (curbside) και κέντρα απόθεσης (drop-off) (€/ τόνο), (Groot et al. 2014).

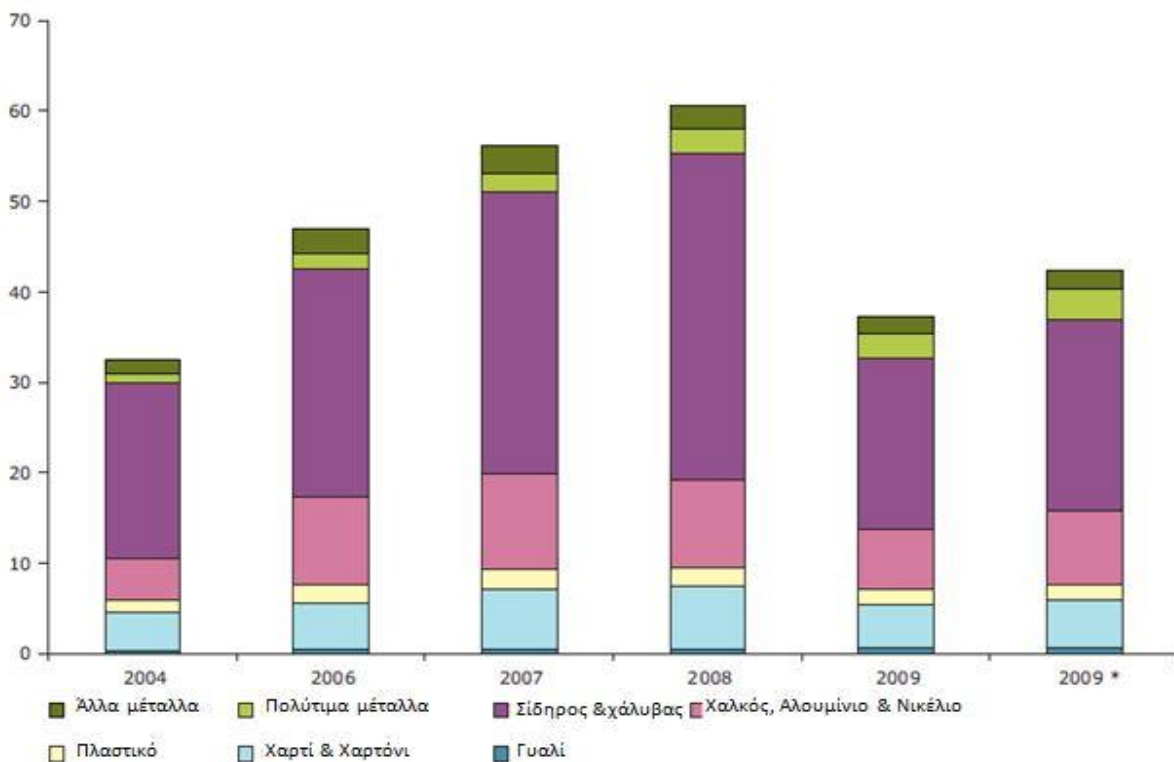
Επίσης στην ίδια εργασία μοντελοποιήθηκε η επίδραση της διαφορετικής πληρότητας των απορριμματοφόρων στο συνολικό κόστος. Η μέγιστη χωρητικότητα των εν εξεταζόμενων φορτηγών λήφθηκε ίση με 3000kg και για τους δύο τρόπους συλλογής. Το συμπέρασμα ήταν ότι για να υπάρχει οικονομική αποδοτικότητα, τα φορτηγά πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 50% πλήρη.



Σχήμα 5-3 Το μέσο συνολικό κόστος συλλογής ανά δήμο για συλλογή από πεζοδρόμιο (curbside) και κέντρα απόθεσης (drop-off) με διαφορετικά ποσοστά πληρότητας ενός εμπορευματοκιβωτίου (αριστερό διάγραμμα) και φορτηγών συλλογής (δεξί διάγραμμα) (€/ τόνο) (Groot et al. 2014).

5.3 Μονάδες ανακύκλωσης

Τα οικονομικά οφέλη της ανακύκλωσης προκύπτουν από την πώληση των υλικών που ανακτώνται ή δημιουργούνται μέσω της ανακύκλωσης. Ο κύκλος εργασιών της ανακύκλωσης των πιο σημαντικών υλικών σχεδόν διπλασιάστηκε την περίοδο 2004-2008 στην Ευρωπαϊκή Ένωση (από 32,5δισ € σε 60,5δισ €) για να πέσει στα 37,2 δισ €, το 2009, λόγω της οικονομικής ύφεσης, παραμένοντας όμως σε υψηλότερα επίπεδα από ότι πέντε χρόνια πριν (Ε.Ο.Αν, 2015). Το παραπάνω ποσό υποεκτιμά την πραγματική οικονομική αξία της ανακύκλωσης καθώς δεν περιλαμβάνει δραστηριότητες που συνδέονται με την ανακύκλωση όλων των υλικών. Τη μεγαλύτερη αξία έχουν τα μέταλλα (σίδηρος, χάλυβας, αλουμίνιο και χαλκός) και ακολουθεί το χαρτί και το χαρτόνι.



Σχήμα 5-4 Συνολικός κύκλος εργασιών ανακύκλωσης βασικών ανακυκλώσιμων υλικών στην Ε.Ε. το 2004 & 2006-2009 σε δισ € και τρέχουσες τιμές (Eurostat, European Environmental Agency).

Η συνολική αξία των εξαγωγών των ανακυκλώσιμων υλικών παρουσιάζει αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια, γεγονός που συνδέεται με την ανάπτυξη των ασιατικών οικονομιών και ειδικότερα της Κίνας. Για ορισμένα ανακυκλώσιμα υλικά, όπως το χαρτί, το αλουμίνιο και ο χαλκός, η αξία των εξαγωγών είναι υψηλότερη από ότι πριν την οικονομική κρίση. Μεγαλύτερη είναι επίσης η επίδραση στις εξαγωγές των δευτερογενών μετάλλων όπου η

άνοδος των διεθνών τιμών είχε ως αποτέλεσμα μέχρι και τον πενταπλασιασμό της αξίας των εξαγωγών τους μέσα σε μια δεκαετία (2000-2010).

Τα στοιχεία της Eurostat δείχνουν ότι η διαδικασία της ανακύκλωσης καλύπτει την κατανάλωση χαρτιού και χαρτονιού κατά 41%, του σιδήρου και χάλυβα κατά 42%, του αλουμινίου κατά 10%, του γυαλιού κατά 14% και του πλαστικού κατά 2% (στοιχεία του 2006). Θεωρείται ότι υπάρχει δυναμικό για ακόμη μεγαλύτερη συμμετοχή των ανακυκλωμένων υλικών στην παραγωγή πρώτων υλών όπως για παράδειγμα στο πλαστικό, στο γυαλί και διάφορα επιμέρους μέταλλα. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είναι απαραίτητη για τη βελτίωση των ποσοστών ανακύκλωσης και δίνει ευκαιρίες για ανάπτυξη ερευνητικών και επαγγελματικών καινοτομιών (Ε.Ο.Αν, 2015).

Ένα κρίσιμο σημείο για την προώθηση της ανακύκλωσης είναι η ανάκτηση των σπάνιων μετάλλων που είναι απαραίτητα για νέες τεχνολογίες όπως π.χ. οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το πρώτο βήμα για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής βιομηχανίας υψηλής τεχνολογίας είναι η αύξηση της ανακύκλωσης των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Τα απόβλητα αυτά αντιπροσωπεύουν ένα ρεύμα υψηλής αξίας, λόγω των σπάνιων μετάλλων που περιέχουν, όπου εκτιμάται ότι η αξία από τη διαχείρισή τους θα φτάσει τα 5,6 δις ευρώ μέχρι το 2020. Μέταλλα όπως το ίνδιο που χρησιμοποιείται στα φωτοβολταϊκά και στις επίπεδες οθόνες, το γερμάνιο που χρησιμοποιείται στις οπτικές ίνες, το γάλλιο για κυκλώματα κ.α., εισάγονται στην Ε.Ε. ενώ οι ανάγκες της βιομηχανίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και πληροφορικής αυξάνονται ραγδαία. Καθοριστικός παράγοντας σε αυτού του είδους αποβλήτων παρουσιάζεται ο αρχικός σχεδιασμός και η ευκολία απόσπασης των προς επαναχρησιμοποίηση υλικών που επηρεάζουν άμεσα το χρόνο εργασίας και το εργατικό κόστος και συνεπώς το κέρδος για το εργοστάσιο ανακύκλωσης (Ayres et al. 1997).

Το συνολικό κόστος της συλλογής, διαχωρισμού, επεξεργασίας και διάθεσης στην αγορά των ανακυκλωμένων προϊόντων υπερβαίνει το κόστος συλλογής και απόθεσης των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αυτό είναι η κλίμακα οικονομίας, το εργατικό δυναμικό, το αρχικό κεφάλαιο και τα δικαιώματα απόθεσης. Το οριακό κόστος ανακύκλωσης κυμαίνεται από 80 σε 210\$ ανά τόνο, με αυξανόμενο κόστος όσο μειώνεται η ποσότητα ανακύκλωσης (Bohm et al. 2010).

Το καινούριο προτεινόμενο σύστημα υπόσχεται σταθερή τροφοδοσία και συνεπώς και κέρδη, καλύπτοντας το προηγούμενο βασικό μειονέκτημα που ήταν η κλίμακα οικονομίας. Επίσης από την αύξηση της ποιότητας της παραγωγής μπορούν να ανακύψουν νέες αγορές διάθεσης των ανακυκλώσιμων υλικών. Για παράδειγμα η απόσπαση ηλεκτρονικών συσκευών από έναν υπολογιστή σε επαρκής ποσότητες, όπως ένας σκληρός δίσκος, μια μνήμη κλπ., που δεν μπορούν να προωθηθούν σε καινούρια προϊόντα, θα οδηγήσει ενδεχομένως στην μετασκευή ενός υπολογιστή χαμηλών προδιαγραφών για να δοθεί σε αντίστοιχες αγορές ζήτησης, όπως για παράδειγμα σε σχολεία ή σε οικονομικά υποανάπτυκτες χώρες.

5.4 Κόστος μηχανικής διαλογής

Ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών στα εργοστάσια ανακύκλωσης επιτυγχάνεται με μηχανική διαλογή. Στο σύστημα διαχωρισμού συμμετέχει εν μέρει τόσο το ανθρώπινο δυναμικό όσο και μηχανήματα που απαιτούν ενέργεια και έχουν μεγάλο αρχικό κόστος. Το καινούριο σύστημα ωστόσο υπόσχεται τη μείωση έως εκμηδένιση της απόκτησης και χρήσης τέτοιων μηχανημάτων εφόσον ο διαχωρισμός θα γίνεται σε ικανοποιητικό βαθμό και άμεσα στα ταμεία. Ένα τυπικό κόστος εγκατάστασης μηχανικής διαλογής ανέρχεται σε 7 με 9 εκατομμύρια ευρώ με δυναμικότητα 100.000 τόνους ανά έτος (Pfaff-Simoneit, 2012).

Πίνακας 5-2 Κόστος λειτουργίας εγκατάσταση ανάκτησης υλικών (Material recovery facility - MRF) για συλλέγονται χωριστά ξηρά ανακυκλώσιμα υλικά ανά ακαθάριστο εθνικό προϊόν (ΑΕΠ) κάθε χώρας.

	ΕΙΣΟΔΗΜΑ ΧΩΡΑΣ			
	Πολύ Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
ΑΕΠ (€/κάτ./έτος) 2012	<2450	2450-4900	4900-7350	7350-41000
MRF (€/τόνο)	23-36	32-42	41-54	73-86

Πηγή: (PFAFF-SIMONEIT, 2012)

5.5 Κόστος σταθμού μεταφόρτωσης

Οι Σ.Μ.Α. χωροθετούνται σε κεντροβαρή σημεία ως προς τις πηγές δημιουργίας των ΑΣΑ, ώστε τα απορριμματοφόρα οχήματα μετά την συμπλήρωση του φορτίου τους να διανύουν την ελάχιστη δυνατή απόσταση μέχρι τον Σ.Μ.Α., όπου ξεφορτώνουν και επιστρέφουν στο έργο

της αποκομιδής. Έπειτα άλλα φορτηγά αναλαμβάνουν την μετακίνηση των απορριμμάτων από τους σταθμούς μεταφόρτωσης στους χώρους τελικής επεξεργασίας τους. Στο καινούριο σύστημα δεν θα λειτουργούν ΣΜΑ εφόσον δεν κρίνονται απαραίτητοι, έχοντας έτσι επιπλέον οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος.

Πίνακας 5-3 Ενδεικτικό κόστος μεταφόρτωσης ΑΣΑ στην Ελλάδα.

Κόστος κατασκευής και λειτουργίας Σ.Μ.Α.	10 € /τόνο
Κόστος μεταφοράς απορριμματοφόρου ή Σ.Μ.Α.	3 € /Km
Δυναμικότητα απορριμματοφόρου.	6,5 τόνοι
Δυναμικότητα Container Σ.Μ.Α.	20 τόνοι

Πηγή: (ΕΕΔΣΑ, 2011)

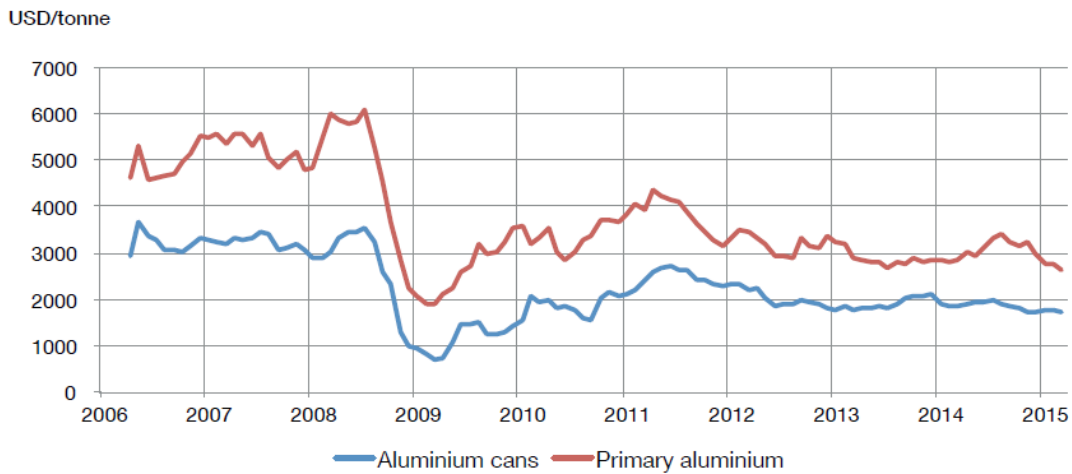
5.6 Τιμές πώλησης ανακυκλώσιμων υλικών

Η αξία των πόρων των αποβλήτων είναι ένας οδηγός για την ανάπτυξη μιας σειράς από διαφορετικές επιχειρηματικές δραστηριότητες. Ορισμένη ποσότητα ενέργειας από την επεξεργασία των αποβλήτων θεωρείται επίσης ως επιπλέον ανάκτηση πόρων, συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής του βιοαερίου, την βιολογική χώνεψη, τη θερμική επεξεργασία για να την παραγωγή ηλεκτρισμού ή / και θερμότητας και την επεξεργασία των πρωτεύων απορριμμάτων (RDF) ή δευτερέων ανακτηθέντων απορριμμάτων (SRF) με σημαντική θερμογόνο δύναμη για την καύση σε βιομηχανικούς λέβητες ή κλιβάνους. Η ανάκτηση πόρων από τα διάφορα ρεύματα αποβλήτων εξαρτάται από το πόσο μεγάλη ζήτηση υπάρχει για τη συγκεκριμένη ποιότητα και ποσότητα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των αγοραστών. Τα οικονομικά στοιχεία της ανακύκλωσης αλλάζουν γενικά με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα, το κόστος της ανακύκλωσης ηλεκτρονικού εξοπλισμού στις ΗΠΑ πλησιάζει πλέον το σημείο της παραγωγής κέρδους, χωρίς εξωτερική οικονομική ενίσχυση. Η ανακύκλωση εξελίσσεται συνεχώς σε μια παγκοσμιοποιημένη επιχείρηση καθώς από το 2000, έχει αναπτύξει τρέχοντα κύκλο εργασιών άνω των 200 εκατομμυρίων δολαρίων. Συνεπώς τυχόν διακυμάνσεις των τιμών συνήθως ανακοινώνονται γρήγορα και έχουν άμεσο αντίκτυπο στις αγορές σε παγκόσμιο επίπεδο (UNEP, 2015). Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν την διαμόρφωση των τιμών των δευτεροβάθμιων πόρων τα οποία παρακολουθούν εκ του σύνεγγυς

τις διακυμάνσεις των αντίστοιχων του παρθένου υλικού. Το ίδιο συνέβη και την περίοδο 2008/09 όπου η οικονομική ύφεση έπληξε τις βιομηχανίες και προκάλεσε τόσο τις πρωτοβάθμιες όσο και τις δευτεροβάθμιες τιμές των πόρων να πέσουν κατακόρυφα, όπως αντίστοιχα και η πτώση των τιμών του πετρελαίου στις αρχές του 2015.

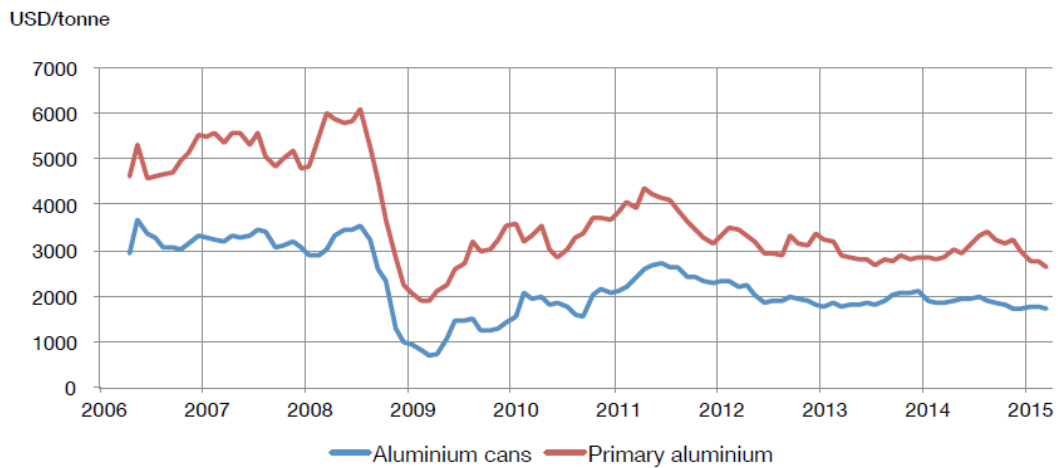
Όσον αφορά τα ηλεκτρονικά απόβλητα έχει αναφερθεί ότι το μεγαλύτερο κόστος και συνεπώς εμπόδιο στην διαδικασία ανακύκλωσης τους, αποτελεί η μεταφορά και συλλογή τους από το σύστημα αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (Dat et al., 2012). Σύμφωνα με μια πρόσφατη εταιρική έκθεση, ο σύνθετος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης (CAGR) του κλάδου της ανακύκλωσης ηλεκτρονικών αποβλήτων από το 2013 ως το 2019 θα διαμορφωθεί σε 23,06%, ενώ η αποτίμηση του κλάδου το 2012 ήταν 9,84 δισ. δολάρια (Transparency-Market-Research, 2015). Έχει εκτιμηθεί επίσης ότι η ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων σε υψηλά ποσοστά συμμετοχής έχει κέρδος 53 €/τόνο για την περιοχή της Τουρκίας (Kilic et al., 2015).

Σχήμα 5-5 Τιμές για το **ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ** παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού.



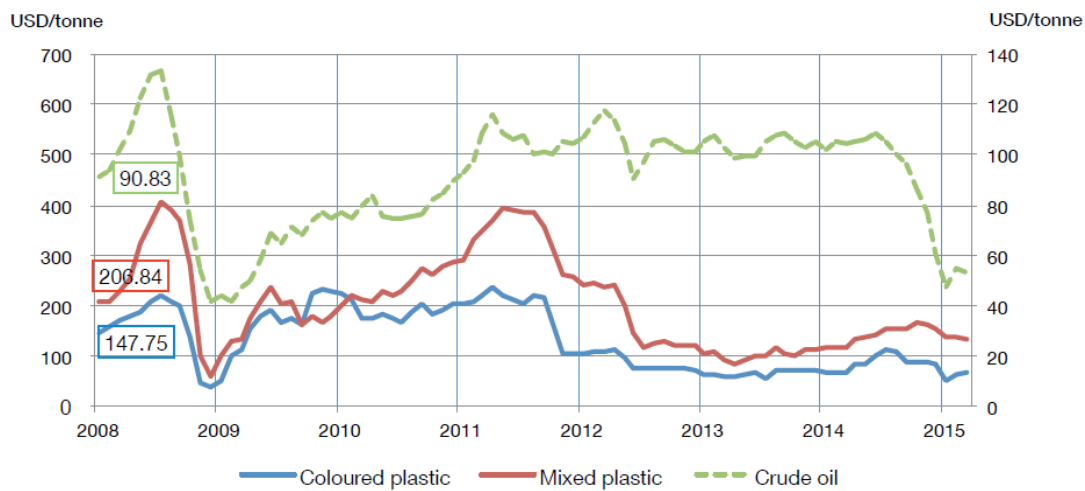
Πηγή: Κουτιά αλουμινίου(Aluminium cans): www.letsrecycle.com, πρωτεύον υλικό: www.indexmundi.com.

Σχήμα 5-6 Τιμές για το **ΧΑΛΥΒΑ** παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού.



Πηγή: Κουτιά από χάλυβα (Steel cans): www.letsrecycle.com, πρωτεύον υλικό: www.indexmundi.com.

Σχήμα 5-7 Τιμές για το ΠΛΑΣΤΙΚΟ παρθένου και ανακυκλωμένου υλικού



Πηγή: Τιμές για τα έγχρωμα και μικτά πλαστικά (mixed and coloured plastic) www.letsrecycle.com, Τιμές για το αργό πετρέλαιο (crude oil): www.indexmundi.com.

Σχήμα 5-8 Τιμές για το ΧΑΡΤΙ παρθένο και ανακυκλωμένου υλικού.



Πηγή: Τιμές για τα εφημερίδες και μικτό χαρτί (newspaper and mixed office paper) www.letsrecycle.com.

6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ

6.1 Στοιχεία παραγωγής αποβλήτων

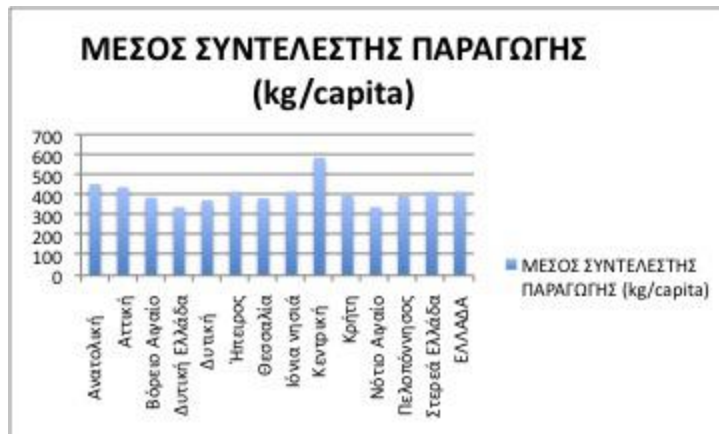
Τα οικιακά απορρίμματα ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβλητές αυτές, είναι το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, η κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και οι εποχές του έτους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα εμπορικής προέλευσης απορρίμματα είναι κυρίως υλικά συσκευασίας. Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων (Α.Σ.Α) ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 1997, η μέση παραγωγή ανερχόταν σε 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα και το 2001 ανήλθε σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα. Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους ΧΥΤΑ. Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους 6.000 τόνους/ημέρα. Η περιφέρεια Αττικής παράγει τα περισσότερα απορρίμματα, καθώς διαθέτει τον μεγαλύτερο πληθυσμό με 3,76 εκατ. κατοίκους και πυκνότητα πληθυσμού 988 κάτοικοι/τ.χλμ. Ο μέσος συντελεστής παραγωγής απορριμμάτων είναι 585 kg/κάτ. Ο μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για την Ελλάδα ήταν κατά το 2001, 417 kg/κάτ., ενώ σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat κατά το 2009 ήταν 458 kg/κάτ. Το ποσοστό ανακύκλωσης υπολογίζεται σε 24,5% ενώ το υπόλοιπο 75 με 80% των απορριμμάτων καταλήγει σε υγειονομική ταφή.



Σχήμα 6-1 Συμμετοχή των Περιφερειών στην ετήσια παραγωγή Α.Σ.Α (Μπουρτσαλάς et al., 2011).

Πίνακας 6-1 Δημογραφικά στοιχεία νομού Αττικής για το 2011.

Πληθυσμός	Πληθυσμιακή πυκνότητα (κάτ./m2)	% Συμμετοχή στο ΑΕΠ	Κατά κεφαλή ΑΕΠ (€)	Παραγόμενα ΑΣΑ (ξηροί τόνοι/έτος)	Κατά κεφαλή ΑΣΑ (ξηροί τόνοι/έτος)
3.761.810	987,9	49,3	25,359	1.951.552	0,458



Σχήμα 6-2 Μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α. για τις Περιφέρειες της Ελλάδος (Μπουρτσαλάς et al., 2011).

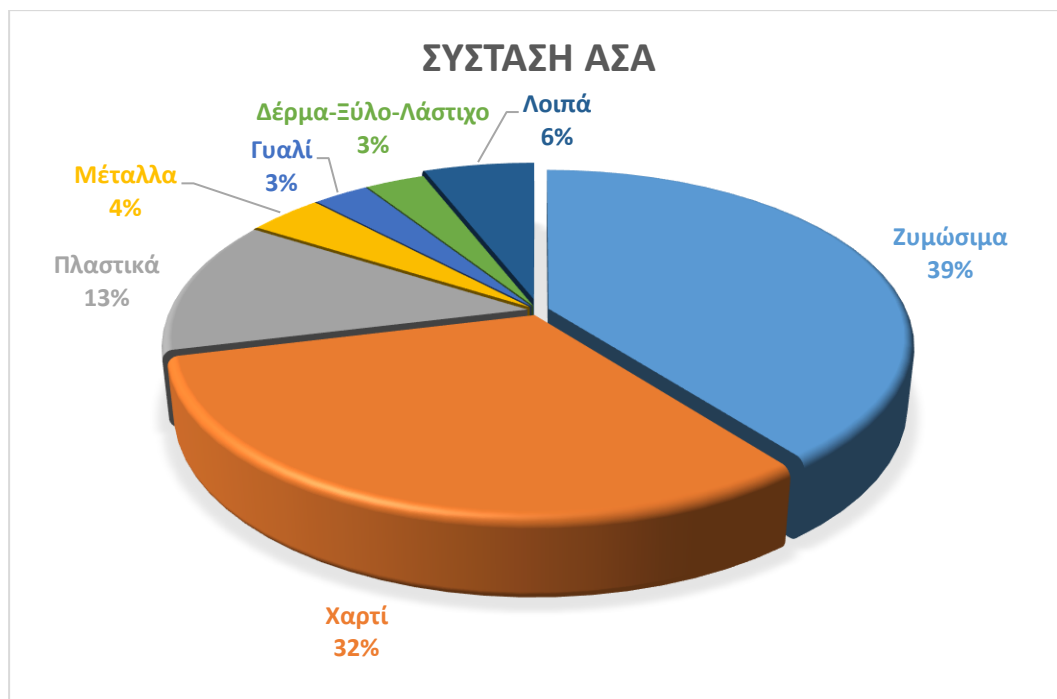
Η τιμή πώλησης των ανακυκλωμένων υλικών ή πόρων όπως το βιοαέριο έπειτα από επεξεργασία των αστικών απορριμμάτων φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6-2 Μέσες τιμές υλικών στην Ελλάδα το 2009.

Υλικό / Προϊόν	Τιμή
Γυαλί	3 € / tn
Χαρτί	50 € / tn
Πλαστικό (κατά μέσο όρο)	65 € / tn
Πλαστικό PET*	87€ / tn
Πλαστικό Φιλμ*	11€ / tn
Λοιπά πλαστικά*	49€ / tn
Μη σιδηρούχα μέταλλα (Αλουμίνιο)	700 € / tn
Σιδηρούχα μέταλλα	130 € / tn
Compost	2,5 € / tn
SRF	-20 € / tn
RDF	-20 € / tn
Ηλεκτρική ενέργεια*	108 € / MWh
Θερμότητα / Θέρμανση	30 € / KWh

Πηγή: (JESSICA 2010), *(Φραντζής, 2011)

Οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (39%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό. Αντίθετα έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (32%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (13%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά γυαλί (3%), μέταλλα (4%), δέρμα-ξύλο-λάστιχο (3%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά. Τα πλαστικά αναλύονται περαιτέρω με ποσοστά 7.4% για PP-PE, 1,5% για PVC και 4,1% για PET. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα σύμφωνα με την οργάνωση Step η Ελλάδα το 2014 εισήγαγε στην αγορά 13kg/κάτ. ηλεκτρονικό εξοπλισμό και παράγαγε 15,2kg/κάτ. ηλεκτρονικά απόβλητα (StEP, 2014).



Σχήμα 6-3 Ποιοτική σύσταση των Α.Σ.Α. της Αττικής (ΠΕ.Σ.Δ.Α. 2014).

Εργοστάσια διαχείρισης Αττικής

Το εργοστάσιο που επεξεργάζεται τα απόβλητα της Αττικής βρίσκεται στα Άνω Λιόσια, κόστισε 64 εκατ. Ευρώ (1997) και έχει μέγιστη δυναμικότητα 1200 τον/μέρα σύμμεικτων αποβλήτων, παράγοντας RDF και σε μικρή ποσότητα σιδηρούχα μέταλλα, αλουμίνιο και καλής ποιότητας κομπόστ. Το δεύτερο εργοστάσιο που παραλαμβάνει σύμμικτα απορρίμματα κατασκευάστηκε στην Φυλή (2010) με τελικό κόστος 120 εκατ. ευρώ, λειτουργικά έξοδα 95 ευρώ ανά τόνο και δυναμικότητας 1200 τον/μέρα. Παράγει 24.000 τον./έτος κομπόστ (θάβεται στο ΧΥΤΑ Φυλής), 36.000 τον/έτος RDF (θάβεται) και 42.000 τον/έτος υπολείμματα (θάβονται) (Κανακόπουλος, 2015). Επίσης υπάρχουν σχέδια για την ανάπτυξη δύο ακόμα εργοστασίων παρόμοια με αυτό στα Άνω Λιόσια, μηχανικής διαλογής και βιολογικής επεξεργασίας και άλλων 3 εργοστασίων αποκλειστικά βιολογικής επεξεργασίας. Λειτουργούν επίσης 6 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

Πίνακας 6-1 Στοιχεία συλλογής μπλε κάδου στην Αττική το 2014.

Κάδοι (χιλ.)	46
Οχήματα	174
Δρομολόγια (χιλ.)	41
Ανάκτηση (χιλ. τόνοι)	74
Επιπλέον ποσότητες που αφαιρέθηκαν από το μπλε κάδο (εκτ.)	20
Ανάκτηση κ.κ. (κιλά/κάτοικο στο έτος)	25

Πηγή: Ελληνική εταιρεία αξιοποίησης ανακύκλωσης, (ΕΕΑΑ, 2015).

Κατανομή μάρκετ

Οι μεγαλύτερες αλυσίδες σούπερ μάρκετ έχουν παρουσία σε όλες σχεδόν τις περιφέρειες της Ελλάδας. Σύμφωνα με την έρευνα – μελέτη της ICAP που πραγματοποιήθηκε σε σημαντικό αριθμό επιχειρήσεων, το 2014 οι έντεκα (11) μεγαλύτερες αλυσίδες του κλάδου (βάσει κύκλου εργασιών) εκμεταλλεύονται συνολικά 2.080 καταστήματα σε όλη την Ελλάδα. Η Αττική συγκεντρώνει το 37,2% του συνόλου των καταστημάτων, δηλαδή 774 σούπερ μάρκετ και ακολουθεί στη δεύτερη θέση η Κεντρική Μακεδονία με 24,2%.

6.2 Υπολογισμός εσόδων- εξόδων του προτεινόμενου συστήματος διαλογής για την Αττική

Στην Αττική το μέσο κόστος για την συνολική διαχείριση των αστικών αποβλήτων κυμαίνεται σε €42/κάτ.-έτος με την ελάχιστη τιμή να φθάνει €11/κάτ.-έτος και την μέγιστη τα €130/κάτ.-έτος (JESSICA, 2010). Όσον αφορά την αποκομιδή ξεχωριστά, αυτή κοστίζει 25€/τόνο και η διάθεση 10€/τόνο συμπεριλαμβανομένων του περιβαλλοντικού κόστους και το κόστος διαχείρισης των διαρροών (Θεοχάρη et al., 2006). Γενικά θεωρείται ότι το κόστος συλλογής & μεταφοράς και το κόστος διάθεσης αποτελούν κατά μέσο όρο το 91% και 9% του συνολικού κόστους, αντίστοιχα (Λαζαρίδη et al., 2004). Συνεπώς δαπανάται ένα ποσό της τάξης των 77 εκατομμυρίων ετησίως για την συλλογή των ΑΣΑ. Το καινούριο σύστημα προσβλέπει στη μείωση αυτού του ποσού και την αύξηση των εσόδων από την πώληση των ανακτηθέντων υλικών.

Τα κόστη του καινούριου συστήματος αποτελούν η συλλογή των απορριμμάτων από τα μάρκετ μέσω οχημάτων, τα λειτουργικά έξοδα αυτών και η αρχική απόσβεση του εξοπλισμού όπως

φαίνεται στο πίνακα 6-5. Για να προσδιορισθούν τα απαιτούμενα δρομολόγια συλλογής υπολογίζονται αρχικά στο πίνακα 6-4 οι συνολικές φορές πλήρωσης του κάθε κάδου για ένα έτος, υποθέτοντας κάδους διαφορετικού όγκου (10-20 m³) με πρέσα και ομοιόμορφη κατανομή απορριμμάτων σε 774 καταστήματα στην Αττική. Για τον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας αστικών θεωρήθηκε παραγωγή αποβλήτων 585 Kg/κάτ. έτος ενώ επιπλέον για τα οργανικά θεωρείται απομάκρυνση υγρής μάζας κατά τη συμπίεση ίση με 20% της συνολικής μάζας αυτών.

Πίνακας 6-2 Συνολικός όγκος απορριμμάτων ανά έτος και απαιτούμενα δρομολόγια ανά κατάσταση με κανονική συμπλήρωση κάδων.

Είδος ΑΣΑ ανά κάδο	Ποσοστό στα ΑΣΑ (%)	Ετήσια παραγωγή (tn/y)	Πυκνότητα (kg/m ³)	Όγκος απορριμμάτων (m ³ /y)	Συμπίεση στο κάδο	Όγκος με συμπίεση (m ³ /y)	Όγκος ανά κατάσταση μα (m ³ /y)	Όγκος μεταβλητού κάδου (m ³)	Φορές συμπλήρωσης <u>μεταβλητού</u> όγκου κάδου ανά έτος
Οργανικά	39	858.257	290	2.959.507	9	263.067	340	20	16,99
Μέταλλα	5	110.033	150	733.553	7	104.793	135	10	13,54
Γυαλί 1 (60%)	3	39.612	200	198.059	9	22.007	28	10	2,84
Γυαλί 2 (40%)	3	26.408	200	132.040	9	14.671	19	10	1,90
Χαρτί	32	704.211	70	10.060.155	9	1.117.795	1.444	20	72,21
Πλαστικά (93%)	14	286.526	65	4.408.089	8	551.011	712	15	47,46
Πλαστικά 1 (PET 5%)	14	15.405	65	236.994	8	29.624	38	15	2,55
Πλαστικά 2 (PVC 2%)	14	6.162	65	94.798	8	11.850	15	15	1,02
Ηλεκτρονικά	3	66.020	200	330.099	2	165.049	213	10	21,32
ΔΞΥΛ	4	88.026	300	293.421	7	41.917	54	10	5,42
Σύνολο	100	2.200.659							185

Ωστόσο επειδή οι τελικές φορές συμπλήρωσης των κάδων δεν συμπληρώνονται εξολοκλήρου σε ακέραιο αριθμό αλλά παραμένουν κάποιες ποσότητες επιπλέον, ο παρακάτω πίνακας υπολογίζει με αντίστροφη συμπλήρωση τα τελικά απορρίμματα που απαιτούνται με σκοπό την εύρεση του πραγματικού κόστους συλλογής ανά τόνο.

Πίνακας 6-3 Αντίστροφη συμπλήρωση κάδων και συνολική ποσότητα αποβλήτων προς συλλογή.

Είδος ΑΣΑ ανά κάδο	Αρχικές φορές συμπλήρωσης κάδου	Φορές συμπλήρωσης κάδου ανά έτος	Όγκος κάδου (m ³)	Πυκνότητα (kg/m ³)	Συμπίεση στο κάδο	Ετήσια παραγωγή (tn/y)
Οργανικά	16,99	17	20	290	9	824.217
Μέταλλα	13,54	13	10	150	7	105.651
Γυαλί 1 (60%)	2,84	3	10	200	9	41.796
Γυαλί 2 (40%)	1,90	2	10	200	9	27.864
Χαρτί	72,21	72	20	70	9	702.173
Πλαστικά (93%)	47,46	47	15	65	8	283.748
Πλαστικά 1 (PET 5%)	2,55	2	15	65	8	12.074
Πλαστικά 2 (PVC 2%)	1,02	1	15	65	8	6.037
Ηλεκτρονικά	21,32	21	10	200	2	65.016
ΔΞΥΛ	5,42	5	10	300	7	81.270
Σύνολο	185	183				2.149.847

Με βάση τη νέα συνολική ποσότητα απορριμμάτων των 2.149.847 τόνων και τις 183 συνολικά φορές συμπλήρωσης διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 6-4 Συνολικά ετήσια έξοδα δρομολογίων Αττικής.

Βάση υπολογισμών		
Κάτοικοι	3.761.810	κάτ.
Καταστήματα (μάρκετ)	774	
Παραγωγή αποβλήτων	2.149.847	tn
Συμβατικό κόστος συλλογής	35	€/tn
Φορές συμπλήρωσης κάδων ενός ταμείου	183	

<i>(1) Έξοδα μεταφοράς κάδου ανά έτος</i>		
<i>Τιμή πετρελαίου κίνησης (ενσωματώνει περιβαλλοντικό κόστος)</i>	0,90	€ / l
<i>Μέση κατανάλωση οχήματος</i>	0,20	l/Km
<i>Κόστος κίνησης φορτηγού</i>	0,18	€/Km
<i>Μέση απόσταση κίνησης φορτηγού (Υ)</i>	30	Km
<i>Σταθερό κόστος ανά δρομολόγιο (έξοδα λειτουργίας οχήματος + εργασία) (Υ)</i>	30	€
<i>Συνολικό κόστος ανά δρομολόγιο</i>	35,39	€
<i>Συνολικό κόστος δρομολογίων ανά κατάστημα</i>	183	€
<i>Συνολικό κόστος δρομολογίων στην Αττική</i>	6.476	€
<i>(2) Λειτουργικά έξοδα ταμείου ανά έτος</i>		
<i>Μισθός ενός μάρκετ</i>	17.000	€
<i>Έξοδα λειτουργίας και συντήρησης ενός ταμείου</i>	2.000	€
<i>Έξοδα για το σύνολο των ταμείων</i>	14.706.000	€
<i>(3) Απόσβεση αρχικών εξόδων</i>		
<i>Σύνολο κάδων ενός μάρκετ</i>	10	
<i>Κόστος ενός κάδου (Υ)</i>	3.000	€
<i>Κόστος ταμείου για ένα μάρκετ (Υ)</i>	700	€
<i>Σύνολο κόστους για ένα μάρκετ</i>	30.700	€
<i>Κόστος για το σύνολο των μάρκετ</i>	23.761.800	€
<i>Περίοδος απόσβεσης</i>	15	έτη
<i>Αναλογική απόσβεση κόστους ανά έτος</i>	1.584.120	€

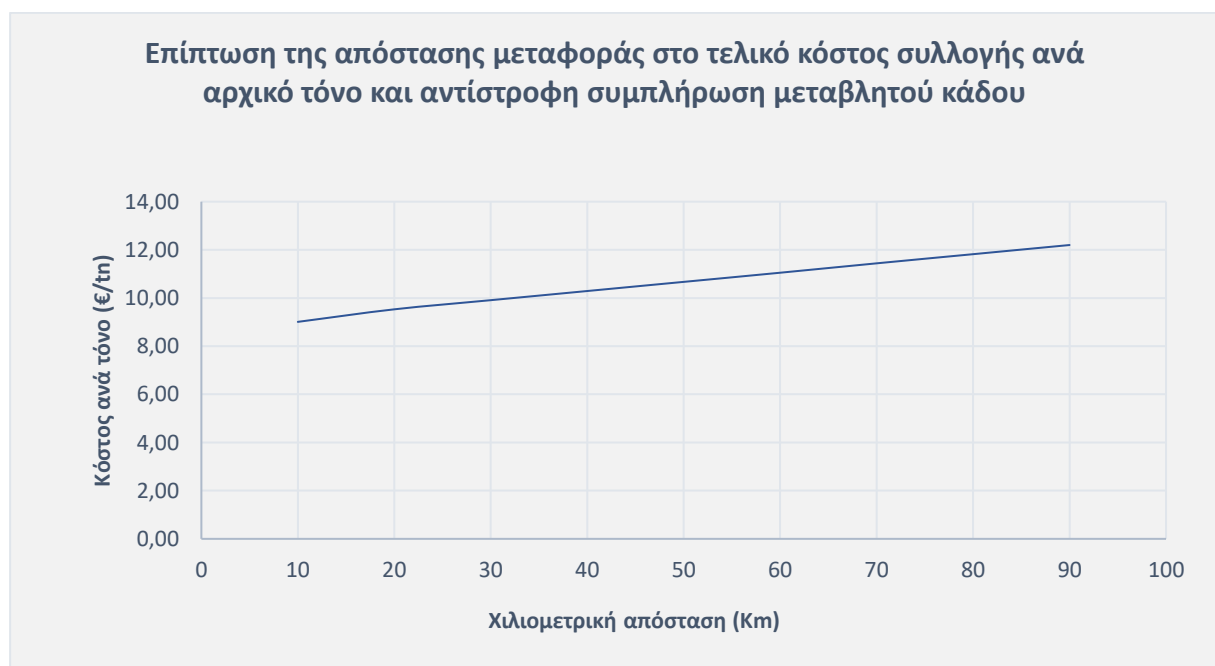
Άθροισμα ετήσιων εξόδων (1)+(2)+(3)		
Συνολικό κόστος συλλογής	21.302.547,10	€
Κόστος ανά κάτοικο ανά έτος	5,66	€/κάτ.
Κόστος ανά αρχικό τόνο	9,91	€/tn
Κόστος ανά μεταφερόμενο τελικό τόνο	10,73	€/tn
Σύγκριση κοστών		
Παλαιό κόστος ανά κάτοικο	20,00	€/κάτ.
Παλαιό κόστος ανά τόνο	35	€/tn
Συνολικό παλαιό κόστος συλλογής	75.244.642,20	€
Εξοικονόμησης από το νέο σύστημα	53.942.095,10	€
Ποσοστό εξοικονόμησης	72	%
Λοιπά στοιχεία		
Παλαιό κόστος διαχείρισης ΑΣΑ	157.996.020	€
Παλαιό κόστος επεξεργασίας ΑΣΑ	82.751.378	€
Έσοδα από πώληση υλικών στο νέο σύστημα	65.610.808	€
Υπολογισμός με αντίστροφη συμπλήρωση κάδου σταθερού όγκου 15m ³		
Φορές συμπλήρωσης κάδων ενός ταμείου	197	
Κόστος ανά κάτοικο ανά έτος	5,76	€/κάτ.
Κόστος ανά αρχικό τόνο	10,09	€/tn
Κόστος ανά μεταφερόμενο τελικό τόνο	10,92	€/tn
Έσοδα από πώληση υλικών στο νέο σύστημα (Πίνακας 6-7)	66.980.340,02	€

Σημείωση: όπου (Υ) θεωρείται υπόθεση τιμής.

Το περιβαλλοντικό κόστος από τις εκπομπές των καυσαερίων των φορτηγών θεωρείται ότι ενσωματώνεται στην αρχική τιμή αγοράς του πετρελαίου κίνησης. Επίσης στα αρχικά έξοδα δεν συμπεριλήφθηκε το κόστος αγοράς μεταφορικών οχημάτων που ενδεχομένως χρειασθούν, ενώ δεν δύναται να υπολογισθεί η ποσότητα τους, η οποία θα καθορισθεί κυρίως κατά τη λειτουργία του συστήματος.

Υπολογίστηκε τελικώς ότι η εξοικονόμηση από το νέο σύστημα είναι της τάξης του 72% ετησίως, αντιστοιχώντας σε 54 εκατομμύρια ευρώ τα οποία σε λιγότερο από ένα χρόνο μπορούν να αποσβέσουν τα έξοδα της αρχικής αγοράς του εξοπλισμού.

Θεωρήθηκε μια μέση απόσταση κίνησης φορτηγού περίπου 30χλμ. και πάγιο κόστος δρομολογίου συμπεριλαμβανομένου του εργασιακού μισθού 30 €. Αυτή η απόσταση προκύπτει ανάμεσα του σημείου εγκατάστασης των εργοστασίων ανακύκλωσης και του κάθε ταμείου ξεχωριστά και συνεπώς δεν δύναται να υπολογισθεί στη παρούσα εργασία. Γι' αυτό το λόγο δημιουργήθηκε το παρακάτω διάγραμμα που αποτυπώνει την εξάρτηση του κόστους συλλογής από τη μέση αυτή απόσταση. Για την κατασκευή του θεωρήθηκε παράλληλα μια αύξηση ή μείωση του πάγιου κόστους μετακίνησης ίση με 4€ για κάθε 10 χιλιόμετρα.



Σχήμα 6-4 Συνεισφορά της μέσης απόστασης κίνησης του φορτηγού με το συνολικό κόστος συλλογής.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται μικρή μεταβολή του συνολικού κόστους συλλογής ακόμα και σε αρκετά μεγάλη απόσταση μεταφοράς για την Αττική όπως είναι τα 90 χιλιόμετρα.

Πίνακας 6-5 Συγκεντρωτικές τιμές κόστους συλλογής για διάφορους τρόπους υπολογισμού.

	Κόστος ανά κάτοικο	Κόστος ανά αρχικό τόνο	Κόστος ανά μεταφερόμενο τελικό τόνο
Κανονική συμπλήρωση με μεταβλητό όγκο κάδου	5,68	9,71	10,53
Κανονική συμπλήρωση με σταθερό όγκο κάδου 15m ³	5,79	9,89	10,73
Αντίστροφη συμπλήρωση με μεταβλητό όγκο κάδου	5,66	9,91	10,73
Αντίστροφη συμπλήρωση με σταθερό όγκο κάδου 15m ³	5,76	10,09	10,92

Το €/tn είναι πιο αξιόπιστος δείκτης κόστους σε σχέση με το ανά κάτοικο γιατί δεν θεωρείται μεγάλη ακρίβεια στον υπολογισμό των κατοίκων λόγω του τουρισμού και της μη πλήρους καταγραφής των μόνιμων κατοίκων.



Σχήμα 6-5 Διαφορετικά κόσθη συλλογής αστικών απορριμμάτων σε χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης (Hogg, 2002).

Επισημαίνεται ότι τα κόστη συλλογής σε μη αστικό δίκτυο σε όλες τις παραπάνω ευρωπαϊκές χώρες είναι αυξημένα κατά περίπου 2€/tn. Είναι φανερό ότι η Ελλάδα παρουσιάζει το μικρότερο κόστος συλλογής αστικών απορριμμάτων μικρότερο από το μισό του μέσου όρου. Αυτό ίσως οφείλεται ότι δεν έχει αναπτύξει σε μεγάλη κλίμακα τον διαχωρισμό των προς ανακύκλωση απορριμμάτων σε παραπάνω του ενός κάδου, κάτι που θα αύξανε σημαντικά τα κόστη αποκομιδής.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που αφορούν την περιοχή της Αττικής προκύπτει ο παρακάτω πίνακας ο οποίος αφορά τα συνολικά έσοδα που δύναται να έχει το καινούριο σύστημα.

Πίνακας 6-6 Ανάλυση εσόδων από ανακύκλωση για το καινούριο σύστημα.

Σύσταση ΑΣΑ	Ποσοστό ΣΤΑ ΑΣΑ (%)	Ετήσια παραγωγή (tn/ έτος)	Απόδοση Ανακύκλωσης (%)	Υλικό προς πώληση (tn)	Μέση τιμή υλικού (€/tn)	Έσοδα από πώληση (€)
Οργανικά	39	824.217	13	107.148	3	267.871
Μέταλλα	4	105.651	85	89.803	400	35.921.340
Γυαλί	3	69.660	20	13.932	3	41.796
Χαρτί	32	702.173	52	365.130	50	18.256.493
Πλαστικά	13	301.860	50	150.930	60	9.055.800
Ηλεκτρονικά	3	65.016	60	39.010	53	2.067.509
ΔΞΥΛ	3	81.270	20	16.254	4	65.016
Σύνολο:		2.149.847				65.610.808

Πηγή: Απόδοση ανακύκλωσης (NEA, 2013).

Στο παραπάνω πίνακα υπολογίστηκαν τα συνολικά έσοδα από την πώληση των ανακυκλωμένων απορριμμάτων στο σύνολο της Αττικής, αθροίζοντας συνολικά 65 εκατομμύρια ευρώ. Η απόδοση της ανακύκλωσης για κάθε ρεύμα αποβλήτων διαφέρει ανάλογα με το μηχανολογικό εξοπλισμό ενώ στην περίπτωση αυτή λήφθηκαν υπόψιν τυπικές τιμές απόδοσης. Μέσα σε αυτό το ποσοστό θεωρήθηκε ιδανικός διαχωρισμός αρχικά από τους πολίτες και εν συνεχεία από τα ταμεία. Επίσης οι τιμές πώλησης των υλικών θεωρήθηκαν ότι παραμένουν σύμφωνες με αυτές του

Πίνακας 6-2 Μέσες τιμές υλικών στην Ελλάδα το 2009. Δεν προσμετρώνται η καινούρια διαμορφωμένη οικονομία κλίμακας και η αύξηση τιμής λόγω καλύτερης ποιότητας υλικού λόγω διαχωρισμού, παράγοντες που αυξάνουν την τελική τιμή.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η υπάρχουσα κατάσταση στην Ευρωπαϊκή ένωση όσον αφορά την διαχείριση των απορριμμάτων έχει τάσεις βελτίωσης, ωστόσο σε κάποιες χώρες όπως στην Ελλάδα, ο τομέας της ανακύκλωσης βραδυπορεί καθώς επαφίεται ακόμα ως επί το πλείστον στην βούληση του πολίτη για συμμετοχή. Η επιθυμητή κατάσταση όπως την ορίσαν οι ευρωπαϊκοί στόχοι είναι η πλήρης αξιοποίηση των απορριμμάτων είτε μέσω ανάκτησης του υλικού είτε σε μορφή καυσίμου για παραγωγή ενέργειας. Προς αυτήν την κατεύθυνσή η παρούσα διπλωματική προτείνει και περιγράφει ένα νέο σύστημα συλλογής των απορριμμάτων με σκοπό την επίτευξη των απαιτούμενων στόχων ενώ παράλληλα καταλήγει στα εξής συμπεράσματα:

Η επιτυχής εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης δύναται να απομακρύνει τους κάδους πεζοδρομίου ενώ τα υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης δεν θα εξαρτώνται από την ενημέρωση και συνεργασία του καταναλωτή.

Τα απορρίμματα θα μπορούν να αποκτήσουν άμεση χρηματική αξία μέσω της δημιουργίας αγοράς η οποία θα καθορίζει την τιμή τους, ενώ παράλληλα θα καταστήσει την ανακύκλωση θελκτική και ανταγωνιστική με τελικό αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Τα πλαστικά απορρίμματα χωρίζονται σε αρκετές κατηγορίες που χρήζουν ξεχωριστή διαχείριση και συνεπώς μελλοντικά θα ήταν προτιμότερη η ένταξη περισσότερων κάδων συλλογής από τις τρεις προτεινόμενες (PET, PVC ,ανάμεικτα).

Από οικονομική άποψη όσο και βάση της ροής emergy έγινε σαφές ότι μπορούν να εξοικονομηθούν οικονομικοί και άλλοι πόροι, οι οποίοι δύναται να δοθούν ως οικονομικό αντίτιμο στους καταναλωτές για την ορθή προσκόμιση των απορριμμάτων.

Στην Αττική η εφαρμογή αυτού του συστήματος σε ιδανικές συνθήκες, προσφέρει ετήσιο οικονομικό όφελος 72% μεταφραζόμενο σε 54 εκατ. ευρώ, μόνο από την συλλογή των απορριμμάτων. Αυτό το ποσό μπορεί να κατανεμηθεί στους πολίτες ως ανταμοιβή για την συνεισφορά τους στο σύστημα. Επίσης υπολογίστηκαν τα συνολικά έσοδα από την πώληση των ανακυκλωμένων απορριμμάτων σε 65.610.808 €.

Προτάσεις περαιτέρω ανάπτυξης:

- Υπολογισμός της βέλτιστης μεθόδου οικονομικής επιβράβευσης των καταναλωτών.
- Σχεδιασμός εγκαταστάσεων για την ένταξη περισσότερων διαφορετικών κάρδων και συνεπώς καλύτερου διαχωρισμού στα μάρκετ.
- Διαμόρφωση σε επίπεδο προγραμματισμού του ηλεκτρονικού συστήματος ταμείων – ετικέτας.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ali, M.F. & Siddiqui, M.N., 2005. Thermal and catalytic decomposition behavior of PVC mixed plastic waste with petroleum residue. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 74(1-2), pp.282–289.
- ALL-SCRAP-KITSAS, 2014. Ανακύκλωση Σιδήρου σκραπ. Available at: <http://kitsas-scrap.gr/new2/recycling-iron-metal> [Accessed November 30, 2015].
- Amponsah, N.Y., Le Corre, O. & Lacarriere, B., 2011. Recycling flows in emergy evaluation: A mathematical paradox? *Ecological Modelling*, 222(17), pp.3071–3081.
- Arena, U., Mastellone, M.L. & Perugini, F., 2003. Life Cycle assessment of a plastic packaging recycling system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(2), pp.92–98. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF02978432> [Accessed August 5, 2015].
- Awaja, F. & Pavel, D., 2005. Statistical models for optimisation of properties of bottles produced using blends of reactive extruded recycled PET and virgin PET. *European Polymer Journal*, 41(9), pp.2097–2106.
- Ayres, R., Ferrer, G. & Van Leynseele, T., 1997. Eco-efficiency, asset recovery and remanufacturing. *European Management Journal*, 15(5), pp.557–574.
- Beigl, P. & Salhofer, S., 2004. Comparison of ecological effects and costs of communal waste management systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(2), pp.83–102.
- BEST FOOD FORWARD, 2008. The carbon impact of bottling Australian wine in the UK : PET and glass bottles. , (March), pp.1–34. Available at: http://www.bestfootforward.com/media/upload/report/Carbon_Impact_of_Bottling_Australian_Wine_in_the_UK-_PET_and_Glass_Bottles.pdf [Accessed August 5, 2015].
- Bing, X., Bloemhof-Ruwaard, J.M. & Van Der Vorst, J.G.A.J., 2014. Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(1-2), pp.119–142. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10696-012-9149-0> [Accessed September 20, 2015].
- BIR, 2015. World Steel Recycling in Figures 2010 – 2014. Available at: <http://www.bir.org/publications/brochures/> [Accessed November 30, 2015].

- Björklund, A. & Finnveden, G., 2005. Recycling revisited - Life cycle comparisons of global warming impact and total energy use of waste management strategies. *Resources, Conservation and Recycling*, 44(4), pp.309–317.
- Bohm, R.A., Folz, D.H., Kinnaman, T.C. & Podolsky, M.J., 2010. The costs of municipal waste and recycling programs. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), pp.864–871.
- Braun, D., 2002. Recycling of PVC. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 27(10), pp.2171–2195.
- Buranakarn, V., 1998. *Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method*. University of Florida, Gainesville, FL. Available at: internal-pdf://buranakarn1998-3748460288/Buranakarn1998.pdf.
- Burat, F., Gooney, A. & Kangal, M., 2009. Selective separation of virgin and post-consumer polymers (PET and PVC) by flotation method. *Waste Management*, 29(6), pp.1807–1813.
- Carvalho, M.T., Ferreira, C., Santos, L.R. & Paiva, M.C., 2012. Optimization of froth flotation procedure for poly(ethylene terephthalate) recycling industry. *Polymer Engineering and Science*, 52(1), pp.157–164. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/pen.22058> [Accessed August 5, 2015].
- Cerdan, C., Gazulla, C., Raugei, M., Martinez, E. & Fullana-i-Palmer, P., 2009. Proposal for new quantitative eco-design indicators: a first case study. *Journal of Cleaner Production*, 17(18), pp.1638–1643.
- Chilton, 2009. *Commercial-scale recycling of post-consumer PET waste, PhD thesis*. The Open University, Milton Keynes, UK.
- Chilton, T., Burnley, S. & Nesaratnam, S., 2010. A life cycle assessment of the closed-loop recycling and thermal recovery of post-consumer PET. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), pp.1241–1249.
- Chou, J.R., 2014. An ARIZ-based life cycle engineering model for eco-design. *Journal of Cleaner Production*, 66, pp.210–223.
- Dat, L.Q., Truc Linh, D.T., Chou, S.Y. & Yu, V.F., 2012. Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. *Expert Systems with Applications*, 39(7), pp.6380–6387.

- DEFRA, 2012. *Guidelines to Defra/DECC GHG Conversion Factors for Company Reporting*, Produced by AEA for the Department of Energy and Climate Change (DECC) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), version 1.
- Denso, A., 2011. Qr code essentials. Retrieved from <http://www.nacs.org/LinkClick.aspx>, pp.1–12. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:QR+Code+Essentials#0>.
- Dijkgraaf, E. & Gradus, R.H.J.M., 2008. Cost savings of contracting out refuse collection in The Netherlands. *The Waste Market: Institutional Developments in Europe*, 30(2), pp.9–21. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1024175730230> [Accessed September 20, 2015].
- Dogan, K., Suleyman, S., Doğan, K. & Süleyman, S., 2003. Report: Cost and financing of municipal solid waste collection services in Istanbul. *Waste Management & Research*, 21(5), pp.480–485. Available at: <http://wmr.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0734242X0302100511> [Accessed November 9, 2015].
- Elia, V., Gnoni, M.G. & Tornese, F., 2015. Designing Pay-As-You-Throw schemes in municipal waste management services: A holistic approach. *Waste management (New York, N.Y.)*, 44, pp.188–195.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013. Interactive system diagram - Circular Economy. 2013. Available at: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/interactive-system-diagram> [Accessed October 22, 2015].
- EPA, 2015. Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures. , p.2. Available at: <http://www.epa.gov/smm/advancing-sustainable-materials-management-facts-and-figures> [Accessed December 13, 2015].
- EUROPEAN COMMISSION, 2014. Questions and answers on the Commission Communication “Towards a Circular Economy” and the Waste Targets Review. , (July). Available at: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-450_el.htm [Accessed November 30, 2015].
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2013. Municipal waste recycling rates in 32

- European countries, 2001 and 2010. Available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/municipal-waste-recycling-rates-in> [Accessed November 30, 2015].
- EUROPEPLASTICS, 2008. Eco profiles on the european plastics industry. Available at: <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/eco-profiles.aspx> [Accessed August 6, 2015].
- EUROSTAT, 2012. *Landfill still accounted for nearly 40% of municipal waste treated in the EU27 in 2010. Eurostat Press Office; 2012,*
- EUROSTAT-WASTE, 2015. Material flows and resource productivity - Eurostat. *European commission.* Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/material-flows-and-resource-productivity> [Accessed October 18, 2015].
- EWAS, 2015. *Efficient and sustainable waste management methodologies using ICT tools enabling GHG emissions reduction,* Available at: <http://life-ewas.eu/en/> [Accessed September 26, 2015].
- De Feo, G. & Polito, A.R., 2015. Using economic benefits for recycling in a separate collection centre managed as a “reverse supermarket”: A sociological survey. *Waste Management*, 38(1), pp.12–21.
- Gallardo, A., Carlos, M., Peris, M. & Colomer, F.J., 2015. Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. *Waste Management*, 36, pp.1–11.
- Garcia, D., Balart, R., Sánchez, L. & López, J., 2007. Compatibility of recycled PVC/ABS blends. Effect of previous degradation. *Polymer Engineering and Science*, 47(6), pp.789–796. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/pen.20755> [Accessed December 13, 2015].
- Garforth, A.A., Ali, S., Hernández-Martínez, J. & Akah, A., 2004. Feedstock recycling of polymer wastes. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8(6), pp.419–425.
- Giannetti, B.F., Bonilla, S.H. & Almeida, C.M.V.B., 2013. An energy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling. *Journal of Cleaner Production*, 46, pp.48–57.
- Gochfeld, M., 1995. Incineration: health and environmental consequences. *The Mount Sinai*

- journal of medicine, New York*, 62(5), pp.365–74. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7500967> [Accessed August 29, 2015].
- Graedel, T.E., 2011. *Recycling Rates of Metals*, Available at: http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metals_Recycling_Rates_110412-1.pdf.
- Greco, G., Allegrini, M., Del Lungo, C., Gori Savellini, P. & Gabellini, L., 2014. Drivers of solid waste collection costs. Empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 106, pp.364–371.
- Groot, J., Bing, X., Bos-Brouwers, H. & Bloemhof-Ruwaard, J., 2014. A comprehensive waste collection cost model applied to post-consumer plastic packaging waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 85, pp.79–87.
- Hansen, J.A. & Panagiotakopoulos, D., 2006. Impact assessment of waste management options in Singapore. *Waste management research the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association ISWA*, 56(3), pp.244–254.
- Hogg, D., 2002. *Costs for Municipal Waste Management in the EU [annexes]*, Available at: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/eucostwaste.pdf>.
- Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E., 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1526), pp.2115–2126. Available at: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/364/1526/2115#sec-15> [Accessed February 27, 2015].
- Ino, H., 2011. Optimal environmental policy for waste disposal and recycling when firms are not compliant. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), pp.290–308.
- ISO/IEC 18004, 2006. *ISO/IEC 18004 - Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology - QR Code*, Available at: http://www.swisseduc.ch/informatik/theoretische_informatik/qr_codes/docs/qr_standard.pdf.
- ISWA, 2010. Waste and climate change. In p. 64.

- JESSICA, 2010. *Instruments for Solid Waste Management in Greece*, Available at: <http://www.jessicafund.gr/wp-content/uploads/jessica-instruments-for-solid-waste-management-in-greece-en.pdf>.
- Kangal, M.O., 2010. Selective Flotation Technique for Separation of PET and HDPE Used in Drinking Water Bottles. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 31(4), pp.214–223. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08827508.2010.483362#.VcIbF9IVhjo> [Accessed August 5, 2015].
- Kilic, H.S., Cebeci, U. & Ayhan, M.B., 2015. Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, pp.120–132.
- Kuyucak, N. & Volesky, B., 1988. Industrial Solutions. *Biotechnology Letters*, i(2), pp.137–142. Available at: <http://www.uhde-inventa-fischer.com/> [Accessed August 5, 2015].
- Lisk, D.J., 1991. Environmental effects of landfills. *Science of The Total Environment*, 100, pp.415–468.
- M3, 2014. Σημειώσεις εργαστηρίου Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης, Μηχανικοί Παραγωγής, Πολυτεχνείο Κρήτης. Available at: <http://www.m3.tuc.gr/anagnwsthrio/ylika/shmeiwseis/6 sidhrouxa kramataw.pdf>.
- MacArthur, E., Circular Economy - Ellen MacArthur Foundation - UK, USA, Europe, Asia & South America. Available at: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/> [Accessed October 22, 2015].
- Mantia, F.P. La, 1996. *Recycling of PVC and Mixed Plastic Waste*, ChemTec Publishing. Available at: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=KWFq-bx2s-0C&pgis=1> [Accessed December 13, 2015].
- McCarty, J.A. & Shrum, L.J., 1994. The recycling of solid wastes: Personal values, value orientations, and attitudes about recycling as antecedents of recycling behavior. *Journal of Business Research*, 30(1), pp.53–62.
- Morris, J., 1996. Recycling versus incineration: An energy conservation analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 47(1-3), pp.277–293.

- N.Tangri, 2003. Waste incineration: a dying technology. Global alliance for incinerator alternatives; Available at: [http://www.no-burn.org/downloads/Waste Incineration - A Dying Technology.pdf](http://www.no-burn.org/downloads/Waste%20Incineration%20-%20A%20Dying%20Technology.pdf).
- NEA, 2013. Waste Statistics and Recycling Rate for 2012. , 2013(September). Available at: <http://www.app2.nea.gov.sg/> [Accessed January 8, 2016].
- Odum, H.T., 1996. *Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision Making* 766, Available at: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471114421.html> [Accessed August 21, 2015].
- Paraskevas, D., Kellens, K., Dewulf, W. & Duflou, J.R., 2015. Environmental modelling of aluminium recycling: A Life Cycle Assessment tool for sustainable metal management. *Journal of Cleaner Production*, 105, pp.357–370.
- Park, C.H., Jeon, H.S. & Park, J.K., 2007. PVC removal from mixed plastics by triboelectrostatic separation. *Journal of Hazardous Materials*, 144(1-2), pp.470–476.
- Perugini, F., Mastellone, M.L. & Arena, U., 2005. A life cycle assessment of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes. *Environmental Progress*, 24(2), pp.137–154. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/ep.10078> [Accessed August 6, 2015].
- Pfaff-Simoneit, 2012. *Entwicklung eines sektoralen Ansatzes zum Aufbau von nachhaltigen Abfallwirtschaftssystemen in Entwicklungsländern vor dem Hintergrund von Klimawandel und Ressourcenverknappung* Wolfgang Pfaff-Simoneit,
- Plastics - Association of Plastics & Manufacturers., 2012. *the Facts 2012 An analysis of European plastics production , demand and waste data for 2011.*, Available at: http://www.plasticseurope.org/documents/document/20121120170458-final_plasticsthefacts_nov2012_en_web_resolution.pdf.
- PVCsite, PVC's Physical Properties - PVC. Available at: <http://www.pvc.org/en/p/pvcs-physical-properties> [Accessed December 13, 2015].
- QRCODE, 2015. QR Code Generator: QR Stuff Free Online QR Code Generator And Creator For Brochures, Print Advertising, Business Cards & Stickers. Available at: <http://www.qrstuff.com/> [Accessed November 30, 2015].

- Reifschneider, M., 2005. *Benefits of Recycling*, Available at: [http://www.kansasgreenteams.org/files/Benefits of Recycling Newsletter Article_0_0.pdf](http://www.kansasgreenteams.org/files/Benefits_of_Recycling_Newsletter_Article_0_0.pdf).
- Rousta, K., Bolton, K., Lundin, M. & Dahl, L., 2015. Quantitative assessment of distance to collection point and improved sorting information on source separation of household waste. *Waste Management*, 40, pp.22–30.
- Sadat-Shojai, M. & Bakhshandeh, G.R., 2011. Recycling of PVC wastes. *Polymer Degradation and Stability*, 96(4), pp.404–415.
- Saisinchai, S., 2014. Separation of PVC from PET/PVC mixtures using flotation by calcium lignosulfonate depressant. *Engineering Journal*, 18(1), pp.45–53. Available at: <http://engj.org/index.php/ej/article/view/379> [Accessed July 6, 2015].
- Saphores, J.D.M., Ogunseitan, O.A. & Shapiro, A.A., 2012. Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of U.S. households. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, pp.49–63.
- Serranti, S., Gargiulo, A. & Bonifazi, G., 2012. Hyperspectral imaging for process and quality control in recycling plants of polyolefin flakes. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20(5), pp.573–581. Available at: http://www.researchgate.net/publication/258666647_Hyperspectral_imaging_for_process_and_quality_control_in_recycling_plants_of_polyolefin_flakes [Accessed August 5, 2015].
- Shonfield, P., 2008. *LCA of Management Options for Mixed Waste Plastics*, Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:LCA+of+Management+Options+for+Mixed+Waste+Plastics#0>.
- Siddique, R., Khatib, J. & Kaur, I., 2008. Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 28(10), pp.1835–1852.
- Sidique, S.F., Lupi, F. & Joshi, S. V., 2013. Estimating the demand for drop-off recycling sites: A random utility travel cost approach. *Journal of Environmental Management*, 127, pp.339–346.
- Sidique, S.F., Lupi, F. & Joshi, S. V., 2010. The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(3), pp.163–170.

- Sinha, V., Patel, M.R. & Patel, J. V., 2010. Pet waste management by chemical recycling: A review. *Journal of Polymers and the Environment*, 18(1), pp.8–25. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-008-0106-7> [Accessed August 5, 2015].
- STEP, 2014. StEP E-waste World Map - Step 2014. Available at: <http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html> [Accessed November 16, 2015].
- Stevens, B., 1978. Scale, market structure, and the cost of refuse collection. *The Review of Economics and Statistics*, 60(3), pp.438–448. Available at: <http://ideas.repec.org/a/tpr/restat/v60y1978i3p438-48.html>.
- TRANSPARENCY-MARKET-RESEARCH, 2015. Global E-Waste Recycling And Reuse Services Market- Industry Analysis, Size, Share, Trends & Forecast 2010-2017. Available at: <http://www.transparencymarketresearch.com/e-waste-recycling-and-reuse-services.html> [Accessed August 17, 2015].
- Ulgiati, S., Bargigli, S. & Raugei, M., 2005. Dotted the I's and Crossing the T's of Emergy Synthesis: Material Flows, Information and Memory Aspects, and Performance Indicators. In *Emergy Synthesis 3*.
- Ulrici, A., Serranti, S., Ferrari, C., Cesare, D., Foca, G. & Bonifazi, G., 2013. Efficient chemometric strategies for PET-PLA discrimination in recycling plants using hyperspectral imaging. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 122, pp.31–39.
- UNEP, 2015. *Global_Waste_Management_Outlook-2015*, Available at: http://www.unep.org/publications/\nhhttp://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=011782_en.
- Vellini, M. & Savioli, M., 2009. Energy and environmental analysis of glass container production and recycling. *Energy*, 34(12), pp.2137–2143.
- Veys, F., 2011. Bureau of International Recycling. *Office*, pp.1–2. Available at: <http://www.bir.org/publications/brochures> [Accessed November 30, 2015].
- WASTEATLAS, 2015. Interactive map with visualized waste management data. *Waste management for everyone*. Available at: <http://www.atlas.d-waste.com/> [Accessed October 18, 2015].
- Wey, M.Y., Yu, L.J. & Jou, S.I., 1998. The influence of heavy metals on the formation of

- organics and HCl during incinerating of PVC-containing waste. *Journal of Hazardous Materials*, 60(3), pp.259–270.
- Wilson, D.C., Rodic, L., Cowing, M.J., Velis, C.A., Whiteman, A.D., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, D., Stretz, J. & Oelz, B., 2015. “Wasteaware” benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35, pp.329–342. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25458855> [Accessed November 25, 2014].
- WORLD BANK, 2012. *What a waste: a global review of solid waste management: Waste Composition*, Available at: http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf.
- WRAP, 2006. *HDPE recycling process: commercial feasibility study.*, Available at: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/PLA0017_Commercial_Feasibility_Study_Final_Report2.a633d046.3153.pdf.
- WRAP, 2008. Large-scale demonstration of viability of recycled PET (rPET) in retail packaging | WRAP UK. Available at: <http://www.wrap.org.uk/content/large-scale-demonstration-viability-recycled-pet-rpet-retail-packaging> [Accessed August 6, 2015].
- Wu, C.-H., Chang, C.-Y., Hor, J.-L., Shih, S.-M., Chen, L.-W. & Chang, F.-W., 1994. Two-Stage pyrolysis model of PVC. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 72(4), pp.644–650. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/cjce.5450720414> [Accessed December 13, 2015].
- Yarahmadi, N., Jakubowicz, I. & Martinsson, L., 2003. PVC floorings as post-consumer products for mechanical recycling and energy recovery. *Polymer Degradation and Stability*, 79(3), pp.439–448.
- ΑΝΑΚΥΚΛΟΣ, 2015. Η διαδικασία της ανακύκλωσης ρούχων. Available at: <http://www.anakyklos.com/el/2014-04-03-15-13-48/43-2014-04-02-23-58-07> [Accessed August 11, 2015].
- Ανδρέοπουλος Α., 2015. Ανακύκλωση πολυμερών με υψηλή προστιθέμενη αξία. *Σεμινάριο αειφόρου ανάπτυξης <<Από την θεωρία στην πράξη>>, διοργάνωση Ε.Μ.Π., 2015. Αθήνα.*

- Αραβώσης, Κ., 2015. Διαχείριση απορριμμάτων στην Ελλάδα. προβλήματα – προοπτικές. *Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Απορριμμάτων -Περιφέρεια Αττικής-ΕΣΔΝΑ*. Αθήνα.
- Ε.Ο.ΑΝ, 2015. Η σημασία και τα οφέλη της ανακύκλωσης. Available at: <http://www.eoan.gr/el/content/22/i-simasia-kai-ta-ofeli-tis-anakuklosis> [Accessed August 20, 2015].
- ΕΕΑΑ, 2015. Η ανακύκλωση των αποβλήτων συσκευασίας. Αποτελέσματα, προβλήματα και προοπτική. *Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Απορριμμάτων -Περιφέρεια Αττικής-ΕΣΔΝΑ*.
- ΕΕΔΣΑ, 2011. Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Available at: <http://www.eedsa.gr/default.aspx?lang=gr> [Accessed October 17, 2015].
- ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2001. *Κατάλογος αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ.*, Available at: <https://drive.google.com/file/d/0B1wpryAKjk8eclIzOWJTMVNMVE/view?pli=1>.
- Θεοχάρη, Αραβώσης, Βαρελίδης, Διαβάτης, Ζιώγας, Ιατρού, Μπούρκα, Οικονομόπουλος, Παπαρηγορίου, Παντελάρας & Φραντζής, 2006. *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα / Η περίπτωση της Αττικής*, Available at: <http://library.tee.gr/digital/m2183.pdf>.
- Κανακόπουλος, Δ., 2015. Διαλογή στη πηγή και κομποστοποίηση. Τα πρώτα αναγκαία βήματα. *Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Απορριμμάτων -Περιφέρεια Αττικής-ΕΣΔΝΑ*.
- Λαζαρίδη, Κ., Κομίλης, Δ. & Ροβολής, Α., 2004. *Συγκριτική ανάλυση και γεωγραφική διαφοροποίηση του κόστους διαχείρισης στέρεων αποβλήτων σε αστικούς και αγροτικούς δήμους*, Available at: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=6342>.
- Μπουρτσαλάς, Α.Χ., Ι.Θέμελης, Ν. & Καλογήρου, Ε., 2011. *Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος*, Available at: <http://www.wtert.gr/attachments/article/271/%CE%94.%CE%A3.%CE%91.%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1.pdf>.
- ΠΕ.Σ.Δ.Α., 2014. *ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΕ.Σ.Δ.Α.) ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ*, Available at: http://www.patt.gov.gr/site/attachments/3496_PESDA_ATTIKHS_FINAL.pdf.

Φελεσκούρα, Χ. & Παπαιωάνου, Ε., 2004. *ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ*. ΤΕΙ ΧΑΛΚΙΔΑΣ.

Φραντζής, Ι., 2011. «*Μελέτη, κατασκευή, συγχρηματοδότηση, λειτουργία, συντήρηση και εκμετάλλευση του έργου παραχώρησης των Μονάδων Επεξεργασίας Απορριμμάτων εντός των Ο.Ε.Δ.Α. Περιφέρειας Αττικής*»,

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 8-1 Διευκρινίσεις συντομογραφιών Πίνακα 1-1.

Total Waste		<i>W075</i>	Wood wastes
		<i>W076</i>	Textile wastes
<i>W01-05</i>	Chemical and medical wastes (subtotal)	<i>W077_08</i>	Equipment (subtotal, <i>W077+W08A+W081+W0841</i>)
<i>W011</i>	Spent solvents	<i>W077</i>	Waste containing PCB
<i>W012</i>	Acid, alkaline or saline wastes	<i>W08A</i>	Discarded equipment (except discarded vehicles and batteries and accumulators waste) (<i>W08</i> except <i>W081, W0841</i>)
<i>W013</i>	Used oils	<i>W081</i>	Discarded vehicles
<i>W014</i>	Spent chemical catalysts	<i>W0841</i>	Batteries and accumulators wastes
<i>W02A</i>	Chemical wastes	<i>W09</i>	Animal and vegetal wastes (subtotal, <i>W091+W092+W093</i>)
<i>W032</i>	Industrial effluent sludges	<i>W091</i>	Animal and mixed food waste
<i>W033</i>	Sludges and liquid wastes from waste treatment	<i>W092</i>	Vegetal wastes
<i>W05</i>	Health care and biological wastes	<i>W093</i>	Animal faeces, urine and manure
<i>W06_07A</i>	Recyclable wastes (subtotal, <i>W06+W07</i> except <i>W077</i>)	<i>W10</i>	Mixed ordinary wastes (subtotal, <i>W101+W102+W103</i>)
<i>W061</i>	Metal wastes, ferrous	<i>W101</i>	Household and similar wastes
<i>W062</i>	Metal wastes, non-ferrous	<i>W102</i>	Mixed and undifferentiated materials
<i>W063</i>	Metal wastes, mixed ferrous and non-ferrous	<i>W103</i>	Sorting residues
<i>W071</i>	Glass wastes	<i>W11</i>	Common sludges
<i>W072</i>	Paper and cardboard wastes	<i>W12-13</i>	Mineral and solidified wastes (subtotal)
<i>W073</i>	Rubber wastes		
<i>W074</i>	Plastic wastes		

W121	Mineral waste from construction and demolition	W1601A	End-of-life vehicles: Other materials arising from depollution (excluding fuel) (LoW: 160108 until 160111+160121)
W12B	Other mineral wastes (W122+W123+W125)	W1601B	End-of-life vehicles: metal components (LoW: 160117+160118)
W124	Combustion wastes	W160119	End-of-life vehicles: large plastic parts
W126	Soils	W160120	End-of-life vehicles: glass
W127	Dredging spoils	W1601C	End-of-life vehicles: Other arising from dismantling (LoW: 160122+160199)
<i>Mineral wastes from waste treatment and stabilised wastes</i>		W1606	Batteries and accumulators
W1501	Packaging	W160601	Lead batteries
W150101	Paper and cardboard packaging	W160602	Ni-Cd batteries
W150102	Plastic packaging	W160605	Other batteries and accumulators
W150103	Wooden packaging	W1606B	Portable batteries and accumulators
W150104	Metallic packaging	W1608	Catalysts
<i>Aluminium packaging</i>		W1910	Total shredding
<i>Steel packaging</i>		W191001	Ferrous scrap (steel) from shredding
W150107	Glass packaging	W191002	Non-ferrous materials (aluminium, copper, zinc, lead, etc.) from shredding
W150199	Other packaging	W1910A	Shredder Light Fraction (SLF) (LoW: 191003+191004)
DMDP	Total dismantling and de-pollution	W1910B	Other materials arising from shredding (LoW: 191005+191006)
LIQ	Liquids (excluding fuel) (LoW: 1301 until 1306+1406+160113 until 160115+160121+160122+160199)	NMIN	Waste excluding major mineral wastes
W160103	End-of-life vehicles: tyres		
W160107	End-of-life vehicles: oil filters		

