

**Επίδειξη της αποδοτικότητας των πόρων
μέσω καινοτόμων, ολοκληρωμένων
συστημάτων ανακύκλωσης αποβλήτων
για τις απομακρυσμένες περιοχές**

PAVEtheWAYSTE

LIFE14 ENV/GR/000722

Παραδοτέα:

**B.1.1: Τεχνικές προδιαγραφές για διαφορετικά
σχέδια του πρωτότυπου συστήματος - Πράσινο
Περίπτερο**

**B.1.2: Πλήρη μηχανολογικά σχέδια για το
πρωτότυπο σύστημα**

**B.1.3: Τεχνική έκθεση για τον σχεδιασμό του
πρωτότυπου συστήματος**

Συντάχθηκε στο πλαίσιο της

Δράση B: Δράσεις υλοποίησης

Υποδράση B.1: Σχεδιασμός του πρωτότυπου, καινοτόμου
συστήματος για το διαχωρισμό στην πηγή και επεξεργασία
ΑΣΑ



Περίληψη

Η παρούσα τεχνική έκθεση συντάχθηκε στο πλαίσιο του συγχρηματοδοτούμενου Ευρωπαϊκού Έργου LIFE-Περιβάλλον “Επίδειξη της αποδοτικότητας των πόρων μέσω καινοτόμων, ολοκληρωμένων συστημάτων ανακύκλωσης απόβλητων για τις απομακρυσμένες περιοχές” με ακρωνύμιο «PAVEtheWAYSTE» (Demonstrating resource efficiency through innovative, integrated waste recycling schemes for remote areas). Αποτελεί την παρουσίαση του αντικειμένου της Δράσης B.1. του έργου με τίτλο «Σχεδιασμός του πρωτοτύπου, καινοτόμου συστήματος για το διαχωρισμό στην πηγή και επεξεργασία των ΑΣΑ».

Σκοπός της δράσης αυτής του έργου είναι ο σχεδιασμός ενός συστήματος (Πράσινο Περίπτερο - ΠΠ) το οποίο δύναται να διαχειριστεί συγκεκριμένες ροές ΑΣΑ. Ειδικότερα στα ΠΠ θα οδηγούνται οι εξής κατηγορίες ΑΣΑ:

1. **ανακυκλώσιμα υλικά** όπως χαρτί/χαρτόνι, γυαλί, πλαστικό και μέταλλο
2. **ειδικές ροές αποβλήτων** όπως τηγανέλαια, μικρές μπαταρίες, λαμπτήρες κλπ
3. **υλικά για επαναχρησιμοποίηση** όπως είδη παντοπωλείου, είδη ατομικής υγιεινής, είδη ένδυσης και υπόδησης, βιβλία, παιχνίδια κλπ

Τα **ανακυκλώσιμα υλικά** θα καταλήγουν στα ΠΠ είτε με απευθείας διάθεση από τους συμμετέχοντες, είτε από συλλογή και μεταφορά των προδιαλεγμένων υλικών από την υπηρεσία καθαριότητας του εκάστοτε Δήμου. Επομένως, τα ανακυκλώσιμα υλικά θα οδηγούνται στα ΠΠ σε 4 διακριτά προδιαλεγμένα ρεύματα ήτοι (i) χαρτί/χαρτόνι, (ii) γυαλί, (iii) πλαστικό και (iv) μέταλλο και θα υπόκεινται σε κατ'επιλογήν επεξεργασία.

Οι **ειδικές ροές αποβλήτων και τα υλικά για επαναχρησιμοποίηση** θα παραδίδονται απευθείας στο χειριστή του ΠΠ προδιαλεγμένα ο οποίος στη συνέχεια θα προβαίνει στην αποθήκευσή τους χωρίς καμία ενδιάμεση επεξεργασία.

Στην παρούσα αναφορά παρουσιάζονται τέσσερα διαφορετικά σενάρια για την ανάπτυξη των ΠΠ τα οποία εξετάζονται και συγκρίνονται με σκοπό να επιλεγεί το καταλληλότερο συναρτήσει του κόστους κατασκευής, της εργονομίας, της αποτελεσματικότητας, αλλά και του κόστους λειτουργίας για τη διαχείριση των προαναφερόμενων κατηγοριών ΑΣΑ.

Τα πρώτα δύο κεφάλαια της έκθεσης περιλαμβάνουν οριζόντιες-κοινές δράσεις των εξεταζόμενων εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού του ΠΠ και αφορούν (α) στις αρχικές προδιαγραφές των ΠΠ και (β) στην λειτουργικότητα και στον αισθητικό σχεδιασμό των ΠΠ.

Τα επόμενα κεφάλαια αφορούν στην ανάπτυξη των τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού των ΠΠ η διαφοροποίηση των οποίων βασίζεται στον τρόπο

επεξεργασίας των υλικών τα οποία καταλήγουν στα ΠΠ. Ειδικότερα, το πρώτο σενάριο περιλαμβάνει σύστημα πολλαπλών αποσπώμενων κάδων σε συνδυασμό με πλήρως αυτοματοποιημένο υδραυλικό σύστημα συμπίεσης υλικών. Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει σύστημα συμβατικών κάδων συλλογής υλικών σε συνδυασμό με μερικώς αυτοματοποιημένο σύστημα συμπίεσης και δεματοποίησης των υλικών. Το τρίτο σενάριο περιλαμβάνει σύστημα συμβατικών κάδων συλλογής υλικών σε συνδυασμό με μερικώς αυτοματοποιημένο σύστημα τεμαχισμού των υλικών. Το τέταρτο σενάριο σχεδιασμού αποτελεί την πιο ευέλικτη περίπτωση, την στιγμή που βασίζεται σε ενιαίο Σχεδιασμό του Συστήματος.

Η εξέταση του εκάστοτε σεναρίου βασίζεται σε παραμέτρους όπως η εργονομία και οργάνωση των δράσεων στα ΠΠ, ο βαθμός συμπίεσης ή τεμαχισμού των υλικών, η διαστασιολόγηση των συστημάτων, υποσυστημάτων και των αποθηκευτικών χώρων, ο μέγιστος αριθμός υλικών που δύναται να διαχειριστεί κάθε σύστημα, η απαιτούμενη ηλεκτρολογική εγκατάσταση και η ανάλυση κόστους και αποδοτικότητας.

Στη συνέχεια της παρούσας έκθεσης γίνεται συγκριτική ανάλυση των εναλλακτικών σχεδιαστικών σεναρίων των ΠΠ ως προς την πολυπλοκότητα, το κόστος ανάπτυξης, το πιθανό κόστος συντήρησης και επισκευής, τον αριθμό των διαφορετικών ρευμάτων που θα μπορεί να δεχθεί το κάθε ένα, τον αποθηκευτικό χώρο, τον βαθμό αυτοματισμού, την λειτουργική άνεση και την καταναλισκόμενη ενέργεια.

Κριτήριο σύγκρισης	1 ^ο Σχεδιαστικό Σενάριο	2 ^ο Σχεδιαστικό Σενάριο	3 ^ο Σχεδιαστικό Σενάριο	4 ^ο Σχεδιαστικό Σενάριο
Βαθμός αυτοματισμού	Αυτόματη συμπίεση	Ημι-αυτόματη συμπίεση	Ημι-αυτόματος τεμαχισμός	Ημι-αυτόματη συμπίεση
Πολυπλοκότητα	Υψηλή πολυπλοκότητα του μηχανισμού	Απλός χειρισμός	Απλός χειρισμός	Απλός χειρισμός
Κόστος ανάπτυξης	>45.000ευρώ ανά σύστημα	<30.000ευρώ ανά σύστημα	>37.000ευρώ ανά σύστημα	<30.000ευρώ ανά σύστημα
Πιθανό κόστος συντήρησης και επισκευής	Υψηλό (πιθανές βλάβες), απαιτείτε ηλεκτρο-μηχανολογικό συνεργείο τουλάχιστον 3 ατόμων, υπάρχουν βαρέα στοιχεία.	Μικρό (ελάχιστη πιθανότητα βλαβών λόγω της χρήσεως εμπορικών συστημάτων). Χαμηλό κόστος εξαρτημάτων, δυνατότητα αποστολής για την επισκευή ενός εξαρτήματος, δυνατότητα επισκευής από τοπικούς τεχνίτες. Δεν απαιτείται	Μικρό (ελάχιστη πιθανότητα βλαβών λόγω της χρήσεως εμπορικών συστημάτων). Χαμηλό κόστος εξαρτημάτων, δυνατότητα αποστολής για την επισκευή ενός εξαρτήματος, δυνατότητα επισκευής από τοπικούς τεχνίτες. Δεν απαιτείται αποθήκευσης μικρών ανταλλακτικών	Μικρό (ελάχιστη πιθανότητα βλαβών λόγω της χρήσεως εμπορικών συστημάτων). Χαμηλό κόστος εξαρτημάτων, δυνατότητα αποστολής για την επισκευή ενός εξαρτήματος, δυνατότητα επισκευής από τοπικούς τεχνίτες. Δεν απαιτείται

Κριτήριο σύγκρισης	1° Σχεδιαστικό Σενάριο	2° Σχεδιαστικό Σενάριο	3° Σχεδιαστικό Σενάριο	4° Σχεδιαστικό Σενάριο
		συνεργείο. Δυνατότητα αποθήκευσης μικρών ανταλλακτικών		συνεργείο. Δυνατότητα αποθήκευσης μικρών ανταλλακτικών
Αποθηκευτικός χώρος	Το αυτόματο σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια και μειώνει δραστικά τον αποθηκευτικό χώρο, ο οποίος είναι και ο υπέρτατος στόχος μας	Ο αποθηκευτικός χώρος βελτιστοποιείται αναλόγως την περιοχή. Δεν υπάρχουν περιττά συστήματα.	Ο αποθηκευτικός χώρος βελτιστοποιείται αναλόγως την περιοχή. Δεν υπάρχουν περιττά συστήματα.	Ο αποθηκευτικός χώρος είναι σταθερός για όλες τις περιοχές εφαρμογής. Δεν υπάρχουν περιττά συστήματα.
Λειτουργική άνεση	χαμηλή	χαμηλή	χαμηλή	υψηλή
Δυνατότητα αλλαγής σημείου εφαρμογής	χαμηλή	χαμηλή	χαμηλή	υψηλή
Εγκατεστημένη ισχύς	5-6KW	<4.5kW	>5.5kW	<5kW
Αριθμός διαφορετικών ρευμάτων	7 + δευτερεύουσες ροές	13 + δευτερεύουσες ροές	13 + δευτερεύουσες ροές	13 + δευτερεύουσες ροές

Σύμφωνα με το 1° Σενάριο Σχεδιασμού τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Η διαστασιολόγηση της βάσης του συμπίεστή, είναι οριακή όσον αφορά το ύψος και το πλάτος συναρτήσει των προδιαγραφών που είχαν τεθεί. Το κόστος κατασκευής αυτής δεν μπορεί να μειωθεί επιπλέον αφού η μελέτη αντοχής έχει εξάγει έναν συντελεστή ασφαλείας περίπου 1.38.
- ✓ Η βάση του συμπίεστή έχει βελτιστοποιηθεί όσον αφορά την αντοχή συναρτήσει του κόστους, αφού το έμβολο θα ασκεί διαφορετική πίεση συναρτήσει της θέσης του κάδου. Το κόστος ανάπτυξης του αυτόματου πολλαπλού συμπίεστή είναι μεγάλο και ενδέχεται να αυξηθεί ακόμα περισσότερο λόγω του ότι δεν υπάρχει εμπορικά και θα απαιτηθούν αρκετές εργατώρες ώστε να επιλυθούν πρακτικά προβλήματα.
- ✓ Το πρόβλημα της απόσπασης των κάδων από τον συμπίεστή αλλά και η αφαίρεση των απορριμμάτων από το εσωτερικό τους μπορεί να λυθεί επιτυχώς χρησιμοποιώντας το μηχανισμό που έχει αναφερθεί στην μελέτη.
- ✓ Ένας υπάλληλος κρίνεται ικανός για την διαχείριση του συστήματος.
- ✓ Το συνολικό κόστος ξεπερνά τα 45.000 ευρώ ανά σύστημα.
- ✓ Μέγιστη διαχείριση ημερησίως 286kg ανά σύστημα (600 τόνοι / έτος για τα εννέα συστήματα).
- ✓ Η συνολική ισχύς ανέρχεται οριακά στα 5-6kW και αυτό γιατί ο συνολικός χρόνος συμπίεσης σε κάθε κάδο είναι σχετικά μεγάλος (60s).
- ✓ Δυνατότητα διαχείρισης 5 ροών προς συμπίεση και αποθήκευση 2 βασικών ροών καθώς και δευτερευουσών ροών.

- ✓ Το κόστος συντήρησης αναμένεται να είναι υψηλό, ενώ υπάρχει η πιθανότητα βλαβών οι οποίες μπορούν να επιλυθούν μόνο με εξειδικευμένο προσωπικό. Απαιτείται ηλεκτρο-μηχανολογικό συνεργείο τουλάχιστον 3 ατόμων, ενώ υπάρχουν και βαρέα στοιχεία.
- ✓ Το αυτόματο σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια και μειώνει δραστικά τον αποθηκευτικό χώρο. Ουσιαστικά θα απαιτείται μεγαλύτερη συχνότητα εκκένωσης των υλικών σε σχέση με το δεύτερο σενάριο.

Σύμφωνα με το 2° Σενάριο Σχεδιασμού τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Η διαστασιολόγηση των κάδων εξαρτάται από την περιοχή ώστε να μεγιστοποιηθεί ο όγκος αποθήκευσης. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το κόστος ανάπτυξης και ελαχιστοποιείται η συχνότητα εκκένωσης του συστήματος.
- ✓ Ένας υπάλληλος κρίνεται ικανός για την διαχείριση του συστήματος.
- ✓ Το σύνολο των ανακυκλώσιμων υλικών δύναται να ανέλθει στους 800 τόνους ετησίως για τα εννέα συστήματα.
- ✓ Το συνολικό κόστος ενδέχεται να φτάσει τα 30.000 ευρώ.
- ✓ Η πλήρης παραμετρική μελέτη επιτρέπει τον υπολογισμό της συχνότητας εκκένωσης του συστήματος αναλόγως με τις ροές για οποιαδήποτε περιοχή.
- ✓ Η συνολική ισχύς ανέρχεται οριακά στα 3-4kW.
- ✓ Η καταναλισκόμενη ενέργεια αφορά κυρίως το κλιματιστικό σώμα. Το ποσοστό κατανάλωσης του συμπιεστή και του θραυστήρα είναι μικρότερο από το 30% της συνολικής κατανάλωσης.
- ✓ Δυνατότητα διαχείρισης 10 ροών προς συμπίεση, 3 ροών γυαλιού προς θραύση, αποθήκευση δευτερευουσών ροών.
- ✓ Το κόστος συντήρησης πρόκειται να είναι χαμηλό, πιθανές βλάβες μπορούν να επιλυθούν από τοπικούς τεχνίτες ενώ δεν απαιτείται συνεργείο.
- ✓ Ο αποθηκευτικός χώρος βελτιστοποιείται αναλόγως την περιοχή. Δεν υπάρχουν περιττά συστήματα.

Σύμφωνα με το 3° Σενάριο Σχεδιασμού τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Σύμφωνα με το 3° Σενάριο Σχεδιασμού των ΠΠ σημειώνεται ότι αυτό περιλαμβάνει ένα σύστημα συμβατικών κάδων συλλογής υλικών σε συνδυασμό με μερικώς αυτοματοποιημένο σύστημα τεμαχισμού.
- ✓ Η διαστασιολόγηση των κάδων εξαρτάται από την περιοχή ώστε να μεγιστοποιηθεί ο όγκος αποθήκευσης. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το κόστος ανάπτυξης και ελαχιστοποιείται η συχνότητα εκκένωσης του συστήματος.
- ✓ Ένας υπάλληλος κρίνεται ικανός για την διαχείριση του συστήματος
- ✓ Σχεδιαστικά, το 3° Σενάριο σχεδιασμού των ΠΠ διαφοροποιείται από το 2° Σενάριο μόνο στην αντικατάσταση του συστήματος συμπίεσης/δεματοποίησης και θραυστικού με ένα μερικώς αυτοματοποιημένο σύστημα τεμαχισμού.
- ✓ Οι αρχικές προδιαγραφές, η λειτουργικότητα και ο αισθητικός σχεδιασμός δεν διαφοροποιούνται από το 2° σενάριο.

- ✓ Η εργονομία, η διαχείριση και η οργάνωση αλλάζει σημαντικά κατά την προσθήκη ενός μερικώς αυτοματοποιημένου συστήματος τεμαχισμού.
- ✓ Αυξημένο κόστος κτήσης και λειτουργίας Το συνολικό κόστος ενδέχεται να ξεπεράσει τα 30.000 ευρώ. Αυτό οφείλεται κυρίως στο κόστος κτήσης του συστήματος τεμαχισμού.
- ✓ Η συνολική ισχύς ξεπερνά τα 5.5kW
- ✓ Αποτελεσματικότητα δυσανάλογη του κόστους λόγω του συστήματος τεμαχισμού

Σύμφωνα με το 4^ο Σενάριο Σχεδιασμού τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα.

- ✓ Η διαστασιολόγηση των κάδων είναι ανεξάρτητη από το σημείο εφαρμογής.
- ✓ Η διαστασιολόγηση του χώρου αποθήκευσης υλικών ανακύκλωσης είναι σταθερή και υπολογίζεται να καλύψει διαχειριστικά το μεγαλύτερο μέρος των εισροών. (Καθαρό εμβαδόν χώρου $\sim 4.1 \text{ m}^2$), χωρίς να απαιτηθεί αύξηση της συχνότητας εκκένωσης του συστήματος.
- ✓ Ένας υπάλληλος κρίνεται ικανός για την διαχείριση του συστήματος
- ✓ Η εργονομία, η διαχείριση και η οργάνωση βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα.
- ✓ Ο ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός του επιτρέπει την μεταφορά και λειτουργία του σε διαφορετικά σημεία εφαρμογής αν απαιτηθεί κατά τον επανασχεδιασμό των σημείων εγκατάστασης.
- ✓ Η συνολική ισχύς δεν υπερβαίνει τα 5 kW
- ✓ Το συνολικό κόστος ενδέχεται να μην ξεπεράσει τα 30.000 ευρώ.
- ✓ Γίνεται χρήση δεύτερου συμπιεστή μόνο για τα λευκά (τροποποιημένος συμπιεστής Recycling@Home), που δίνει στο σύστημα ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία.

Λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές λεπτομέρειες, την λειτουργική ικανότητα, την ευελιξία, την κατασκευαστική ευκολία, την ευκολία μεταφοράς, τοποθέτησης και λειτουργίας όλων των ανωτέρω αναφερθέντων σεναρίων σχεδιασμού, αποφασίστηκε η ανάπτυξη του τέταρτου σχεδιαστικού σεναρίου ως πρωτότυπο λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει στο σύνολο.

Το τέταρτο σχεδιαστικό σενάριο είναι πιο βιώσιμο: μικρή πολυπλοκότητα, χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης, χαμηλό κόστος συντήρησης, εύκολη επίλυση προβλημάτων, καλύτερη δυνατότητα διαχείρισης υλικών και αριθμού ροών και η κατανάλωση ρεύματος να βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Ουσιαστικά πρόκειται για Σενάριο Ενιαίου Σχεδιασμού με τήρηση του όγκου του αποθηκευτικού χώρου σε αποδεκτά υψηλό επίπεδο χωρίς να παραβλέπονται ουσιαστικές ανθρωποκεντρικές – εργασιακές απαιτήσεις, παρόλο που πρόκειται για πιλοτική εγκατάσταση και εφαρμογή.

Executive Summary

The work performed was based on the requirement that the developed prototype Green Kiosk should manage specific MSW streams:

1. recyclable materials such as paper / cardboard, glass, plastic and metal
2. specific waste streams such as used cooking oils, small batteries, lamps,
3. materials for re-use such as common hygienic products, clothing & footwear, books, toys etc.

Recyclable materials will end up in Green Kiosks either by direct delivery by the participants or by collecting and transporting the pre-selected materials from the municipal cleaning service. Thus, recyclable materials will be delivered to the Green Kiosks in 4 distinct predetermined basic waste streams, i.e. (i) paper / cardboard, (ii) glass, (iii) plastic, and (iv) metal and will be subjected to treatment.

Specific waste streams and **materials for re-use** will be delivered directly to the operator of the Green Kiosk and then will be stored without any intermediate processing.

Four different scenarios have been elaborated by the design team for the development of innovative Green Kiosks which are examined and compared in order to select the most appropriate one, in terms of construction costs, ergonomics, efficiency and operating costs for the management of the above mentioned MSW categories.

The first step of the work performed included horizontal-joint actions of the proposed alternative design scenarios of the Green Kiosk and concern (a) the original specifications of the prototype system and (b) the functionality and aesthetic design of the Green Kiosks.

The next steps concerned the development of the four alternative design scenarios of the Green Kiosks, the differentiation of which is based on the way materials are processed. In particular, the first scenario included a multi-deck bucket system in combination with a fully automated hydraulic compression system. The second scenario included a system of conventional waste collection bins combined with a semi-automated compression and baling system. The third scenario included a system of conventional waste collection bins combined with a partially automated shredding system. The fourth design scenario is the most flexible case, based on an integrated system design.

The examination of each scenario is based on parameters such as ergonomics and organization of the treatment stages in the Green Kiosks, the degree of compression / shredding of the materials, the sizing of the systems, the sub-systems and the

storage areas, the maximum number of materials that each system can handle, the required electrical installation and the cost-efficiency analysis.

Following, a comparative analysis of the alternative design scenarios of the Green Kiosks was conducted in terms of complexity of system's operation, cost of construction, potential maintenance and repair costs, the number of different streams that each system can treat and accommodate, the storage space, the degree of automation, the functional comfort and the energy consumed. The results of the comparative analysis of the different design scenarios are summarized in the following Table.

Evaluation criteria	1st Scenario	2nd Scenario	3rd Scenario	4th Scenario
Degree of automation	fully automated hydraulic compression system	Semi-automated compression system	Semi-automated shredding system	Semi-automated compression system
Complexity of system's operation	High complexity	Simple operation	Simple operation	Simple operation
Construction cost	> 45,000 € per system	< 30,000 € per system	> 37,000 € per system	< 30,000 € per system
Potential maintenance and repair costs	High (possible damage), an electromechanical repair shop of at least 3 people is required, there are heavy components.	Low (minimum probability of damage due to the use of commercial systems). Low cost of parts, possibility of shipping for the repair of a component, repair by local craftsmen. No repair shop is required. Ability to store small spare parts	Low (minimum probability of damage due to the use of commercial systems). Low cost of parts, possibility of shipping for the repair of a component, repair by local craftsmen. No repair shop is required. Ability to store small spare parts	Low (minimum probability of damage due to the use of commercial systems). Low cost of parts, possibility of shipping for the repair of a component, repair by local craftsmen. No repair shop is required. Ability to store small spare parts
Storage space	The automated system occupies a large surface area and greatly reduces the storage space, which is the ultimate objective of our work	The storage area is optimized according to the implementation region. There are no unnecessary systems.	The storage area is optimized according to the implementation region. There are no unnecessary systems.	The storage space is stable for all implementation regions. There are no unnecessary systems.
Functional comfort	Low	Low	Low	High
Ability to change	Low	Low	Low	High

Evaluation criteria	1 st Scenario	2 nd Scenario	3 rd Scenario	4 th Scenario
implementation point				
Installed power capacity	5-6 KW	< 4.5kW	> 5.5kW	< 5kW
Number of waste streams handled	7 basic + special waste streams	13 basic + special waste streams	13 basic + special waste streams	13 basic + special waste streams

According to the 1st Scenario the main conclusions are as follows:

- ✓ The dimensioning of the base of the compressor is limited in height and width depending on the specifications that had been set. The cost of manufacturing cannot be further reduced since the durability study has given a safety factor of about 1.38.
- ✓ The compressor base has been optimized for cost-related strength since the piston will exert different pressure as a function of the bucket position. The cost of deploying the automatic multiple compressor is large and may increase even more because it is not commercial and it will take several man-hours to solve practical problems.
- ✓ The problem of removing the bins from the compressor and removing the waste from the inside of the compactor can be successfully solved using the mechanism mentioned in the study.
- ✓ One employee is qualified to manage the system.
- ✓ The total cost is over € 45,000 per system.
- ✓ Maximum daily management of 286 kg per system (600 tons / year for the nine systems).
- ✓ The total installed power capacity is limited to 5-6kW because the total compression time in each bucket is relatively high (60s).
- ✓ Ability to handle 5 streams to be compressed and store 2 basic streams & secondary streams.
- ✓ Maintenance costs are expected to be high, and there is a possibility of damage that can only be solved by qualified personnel. An electromechanical repair shop of at least 3 people is required, while there are heavy elements.
- ✓ The automated system occupies a large surface area and drastically reduces the storage space. Essentially, a higher frequency of evacuation and transfer of the sorted materials will be required compared to the second scenario.

According to the 2nd Scenario the main conclusions are as follows:

- ✓ The dimensioning of the bins depends on the implementation area to maximize the storage volume. This reduces the construction costs and minimizes the system evacuation frequency.
- ✓ One employee is qualified to manage the system.
- ✓ The total recyclable materials can be up to 800 tons per year for the nine systems.
- ✓ The total cost may reach € 30,000.
- ✓ The complete parametric study allows you to calculate the discharge frequency of the system according to the flows for any area.
- ✓ The total installed power capacity is limited to 3-4kW.
- ✓ The energy consumed mainly concerns the air conditioner. Compressor and crusher consumption is less than 30% of total consumption.
- ✓ Management of 10 waste streams to compress, 3 streams of glass to break, storage of secondary streams.
- ✓ Maintenance costs are low, possible damage can be solved by local craftsmen and no repair shop is required.
- ✓ The storage area is optimized according to the implementation region. There are no unnecessary systems.

According to the 3rd Scenario the main conclusions are as follows:

- ✓ For the 3rd Design Scenario, it is noted that this includes a system of conventional waste collection bins combined with a partially automated shredding system.
- ✓ The dimensioning of the bins depends on the area to maximize the storage volume. This reduces construction costs and minimizes the frequency of the evacuation of the sorted materials.
- ✓ One employee is qualified to manage the system
- ✓ In designing aspects, the 3rd Scenario is different from 2nd Scenario only to the substitution of the compressor/baler and crusher by a partially automated shredding system.
- ✓ The original specifications, functionality and aesthetic design do not differ from the previous ones.
- ✓ Ergonomics and management stages for the processing of materials change significantly when adding a partially automated shredding system.
- ✓ Increased cost of purchase and operation. The total cost may exceed € 37,000. This is mainly due to the cost of the shredding system.
- ✓ The total power is over 5.5kW
- ✓ Effectiveness is disproportionate to costs

According to the 4th Scenario the main conclusions are as follows:

- ✓ The dimensions of the bins are independent of the implementation area.

- ✓ The size of the storage area is stable and is determined so as to manage and cover the needs for most of the inputs (net area $\sim 4.1 \text{ m}^2$), without requiring an increase in the evacuation frequency of stored materials.
- ✓ One employee is qualified to manage the system
- ✓ Ergonomics, management stages and organization of everyday work are at a particularly high level.
- ✓ Its man-centered design allows it to be transported and operated at different implementation regions, if required during the consideration of installation points.
- ✓ The total installed power capacity does not exceed 5 kW
- ✓ The total cost may not exceed € 30,000.
- ✓ A second compressor is used only for tinplate materials (Recycling@Home modified compressor), which gives an added value to the system.

Finally, taking into account the technical details, functional ability, flexibility, manufacturing convenience, ease of transportation, installation and operation of all the above-mentioned design scenarios, it was decided to develop the fourth design scenario as a prototype due to its comparative advantages.

The fourth design scenario is more sustainable: small complexity, lower development costs, low maintenance costs, easy problem solving, better material and flow management, and power consumption at satisfactory levels. Essentially, this is an Integrated Design Scenario, keeping the volume of storage space at an acceptable high level, without overlooking substantive anthropocentric - work requirements, even though it is a pilot installation and application.