

Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδίαση ταινιοδρόμων μεταφοράς πλαστικών και μεταλλικών εξαρτημάτων αυτοκινήτου και μηχανημάτων επεξεργασίας τους

Λιάκος Παναγιωτης-Ειρηναίος
ΑΜ: TM20054

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Τζιράκης Ευάγγελος

Ηράκλειο, 2025

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου σε όλους όσοι με στήριξαν και συνέβαλαν, άμεσα ή έμμεσα, στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πρώτα από όλα, οφείλω ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Τζιράκη Ευάγγελο, για την επιστημονική του καθοδήγηση, την διαρκή του διαθεσιμότητα, τις πολύτιμες υποδείξεις και την στήριξή του σε κάθε στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας. Η συμβολή του ήταν καθοριστική για την διαμόρφωση του περιεχομένου της εργασίας αυτής. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το εκπαιδευτικό και διοικητικό προσωπικό του τμήματος Μηχανικών, της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, για το ευνοϊκό ακαδημαϊκό περιβάλλον και της ευκαιρίες μάθησης που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ξεχωριστές ευχαριστίες οφείλω στον θείο μου, Γιάννη, ο οποίος με βοήθησε ουσιαστικά στην πρακτική διάσταση της εργασίας. Χάρη σε εκείνον, είχα την ευκαιρία να επισκεφθώ ένα εργοστάσιο ανακύκλωσης οχημάτων, γεγονός που μου επέτρεψε να παρατηρήσω από κοντά τη λειτουργία της διαδικασίας, να συλλέξω πολύτιμες πληροφορίες και να ενισχύσω την ερευνητική μου προσέγγιση με εμπειρικά δεδομένα. Η συμβολή του δεν περιορίστηκε μόνο στην πρακτική διευκόλυνση, αλλά συνοδεύτηκε και από αδιάκοπη ενθάρρυνση και υποστήριξη, για την οποία είμαι βαθύτατα ευγνώμων.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αμέριστη αγάπη, κατανόηση και ηθική υποστήριξη σε κάθε μου βήμα. Χωρίς την δική τους παρουσία και πίστη σε εμένα, τίποτα από όλα αυτά δεν θα ήταν εφικτό.

Λιάκος Παναγιώτης-Ειρηναίος

Περίληψη

Η ανακύκλωση παίζει καθοριστικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και στη βιώσιμη ανάπτυξη. Μέσω αυτής, μειώνονται τα απορρίμματα που καταλήγουν σε χωματερές, εξοικονομούνται φυσικοί πόροι και περιορίζεται η ενεργειακή κατανάλωση. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανακύκλωση των αυτοκινήτων, καθώς κάθε όχημα περιέχει χρήσιμα υλικά, όπως σίδηρο, αλουμίνιο, πλαστικό και γυαλί, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Παράλληλα, η σωστή διαχείριση τοξικών ουσιών, όπως τα λάδια κινητήρα και τα υγρά φρένων, αποτρέπει τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων. Η ανακύκλωση ενός αυτοκινήτου δεν είναι απλώς μια περιβαλλοντική πράξη, αλλά συμβάλει και στην οικονομία, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και προωθώντας την κυκλική οικονομία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, περιγράφεται η αναλυτική διαδικασία ανακύκλωσης οχημάτων και επεξεργασίας των μεταλλικών και πλαστικών μερών τους, με σκοπό την κατανόηση της παραγωγικής λειτουργίας, αλλά και η πλήρης επιστημονική κάλυψη του θέματος χρησιμοποιώντας τόσο δύο διαστάσεων σχέδια (2D), όσο και τριών διαστάσεων (3D), στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD. Επιπλέον, στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD θα σχεδιαστούν και οι κατάλληλοι ταινιόδρομοι οι οποίοι θα μεταφέρουν τα υλικά αυτά. Η επεξεργασία που επιτυγχάνεται στα οχήματα πριν και μετά την ανακύκλωσή τους, δεν είναι μια απλή διαδικασία. Απαιτεί αρκετή μελέτη με σκοπό να αξιοποιηθούν όσο το δυνατό μεγαλύτερα και περισσότερα υλικά που απαρτίζουν τα οχήματα. Στην επόμενη παράγραφο θα παρουσιαστεί με λίγα λόγια η όλη διεργασία που ακολουθείται πριν και μετά την ανακύκλωση του οχήματος.

Όλα ξεκινούν όταν το αυτοκίνητο καταφτάσει σε ένα εξουσιοδοτημένο κέντρο ανακύκλωσης. Εκεί πρώτα γίνατι η καταγραφή και η ταυτοποίηση του οχήματος. Υστέρα ακολουθεί η διαδικασία της απορρύπανσης, δηλαδή η αφαίρεση όλων επικίνδυνων υλικών (π.χ. υγρά φρένων, βενζίνη, λάδια μηχανής), τα οποία συλλέγονται και επαναχρησιμοποιούνται σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Στη συνέχεια αφαιρούνται τα επαναχρησιμοποιούμενα εξαρτήματα, όπως η μπαταρία, το ραδιόφωνο, το ταχύμετρο ή ακόμα και ολόκληρος ο κινητήρας, εφόσον βρίσκεται σε αρκετά καλή κατάσταση. Αυτά μπορούν να πωληθούν ως μεταχειρισμένα ανταλλακτικά. Έπειτα, το αμάξωμα και το υπόλοιπο πλαίσιο μεταφέρονται στον λεγόμενο shredder (τεμαχιστής), όπου το αυτοκίνητο κόβεται σε μικρότερα κομμάτια. Τα κομμάτια αυτά περνούν από μια διεργασία διαχωρισμού, όπως μαγνητικά πεδία για τον διαχωρισμό των σιδηρούχων μετάλλων, ρεύματα Eddy για τα μη σιδηρούχα μέταλλα (όπως αλουμίνιο και χαλκό), και τεχνικές χειροδιαλογής για τον διαχωρισμό πλαστικών, γυαλιών και αφρωδών υλικών. Το τελικό υλικό κατηγοριοποιείται και προωθείτε για επαναχρησιμοποίηση ή επεξεργασία στη βιομηχανία.

Με τούτη τη διαδικασία, μπορεί να ανακυκλωθεί έως και το 85-90% ενός αυτοκινήτου κατά βάρος. Η ανακύκλωση όχι μόνο μειώνει τον όγκο των αποβλήτων, αλλά συμβάλει σημαντικά

στην εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας, προωθώντας έναν πιο βιώσιμο και υπεύθυνο τρόπο διαχείρισης των παλαιών οχημάτων.

Λέξεις κλειδιά: ανακύκλωση, απορρύπανση, shredder (τεμαχιστής), μαγνητικά πεδία, χειροδιαλογή

Abstract

Recycling plays a crucial role in environmental protection and sustainable development. It reduces waste going to landfills, saves natural resources and reduces energy consumption. Car recycling is particularly important, as each vehicle contains useful materials, such as iron, aluminum, plastic and glass, which can be reused. At the same time, the proper management of toxic sub-

stances, such as engine oils and brake fluids, prevents soil and water pollution. Recycling a car is not just an environmental act, but also contributes to the economy, creating new jobs and promoting the circular economy. In this thesis, the detailed process of recycling vehicles and processing their metal and plastic parts is described, with the aim of understanding the production operation, as well as the complete scientific coverage of the subject using both two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) drawings in the AutoCAD design program. In addition, the appropriate conveyors that will transport these materials will be designed in the AutoCAD design program. The processing achieved in vehicles before and after their recycling is not a simple process. It requires a lot of study in order to utilize as much and as many materials as possible that make up the vehicles. The next paragraph will briefly present the entire process that is followed before and after the recycling of the vehicle. It all starts when the car arrives at an authorized recycling center. There, the vehicle is first recorded and identified. This is followed by the decontamination process, i.e. the removal of all hazardous materials (e.g. brake fluids, gasoline, engine oils), which are collected and reused in accordance with environmental regulations. Then the reusable components are removed, such as the battery, radio, speedometer or even the entire engine, if it is in good enough condition. These can be sold as used spare parts. Then, the body and the remaining chassis are transferred to the so-called shredder, where the car is cut into smaller pieces. These pieces go through a separation process, such as magnetic fields to separate ferrous metals, Eddy currents for non-ferrous metals (such as aluminum and copper), and hand sorting techniques to separate plastics, glass and foam materials. The final material is categorized and forwarded for reuse or processing in industry. With this process, up to 85-90% of a car by weight can be recycled. Recycling not only reduces the volume of waste, but also contributes significantly to saving raw materials and energy, promoting a more sustainable and responsible way of managing old vehicles.

Keywords: recycling, decontamination, shredder, magnetic fields, hand-sorting

Ορολογία

Συντομεύσεις

ΟΤΚΖ	Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....3
Περίληψη.....4
Abstract.....5
Ορολογία.....6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....10
Εισαγωγή.....10
1.1 Η ιστορία της ανακύκλωσης στην Ελλάδα.....10
1.2 Η σημασία της ανακύκλωσης.....11
1.3 Το 1ο εργοστάσιο ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα.....12
1.4 Στόχοι Διατριβής.....12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....14
Διαδικασία επεξεργασίας ΟΤΚΖ Οχημάτων.....14
2.1 Παραλαβή οχημάτων ΟΤΚΖ.....14
2.2 Αφαίρεση άχρηστων – χρήσιμων αντικειμένων εντός του οχήματος.....15
2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΟΤΚΖ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....17
2.4 Διαχείριση Οχήματος μετά την απορρύπανση.....25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....26
Μεταφορά και Προετοιμασία του Οχήματος για Τεμαχισμό.....26
3.1 Μεταφορά οχήματος με γερανοφόρο αρπάγη προς τεμαχισμό.....27
3.2 Είσοδος και Επεξεργασία Οχήματος στον Τεμαχιστή (Shredder).....28
3.3 Διαχωρισμός Σιδηρούχων Μετάλλων με Μαγνητικό Τύμπανο.....29
3.4 Επαγωγικός Διαχωρισμός Μη Σιδηρούχων Μετάλλων (Eddy Current Separator).....30
3.5 Διαδικασία Χειροδιαλογής ως Τελικό Στάδιο Διαχωρισμού στη Γραμμή Επεξεργασίας ΟΤΚΖ.....32
3.6 Διαδικασία Φόρτωσης Υπολειμμάτων ΟΤΚΖ σε Μεταφορικά και Τεχνικές Παράμετροι Διαχείρισης.....34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....36
Ανάπτυξη Μηχανολογικών Σχεδίων στα Προγράμματα.....36
Inventor, Creo Parametric.....36
4.1 Ταινιόδρομος Μεταφοράς.....37
4.2 SHREDER (ΤΕΜΑΧΙΣΤΗΣ).....38
4.3 MAGNETIC DRUM (ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΥΜΠΑΝΟ).....38
4.3.1 VIBRATING TABLE.....39
4.4.1 VIBRATING TABLE.....40
4.6 Τελικώς ανεπτυγμένο σχέδιο της μονάδας ανακύκλωσης.....41

4.6.1 Σχεδιαστική απεικόνιση του κτηρίου απορρύπανσης και των μηχανημάτων.....41

4.6.2 Σχεδιαστική απεικόνιση των μηχανημάτων επεξεργασίας του απορρυπασμένου οχήματος και των ταινιοδρόμων μεταφοράς.....42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....45

Πίνακες Τυποποίησης Μηχανολογικών Συστημάτων Μεταφοράς.....45

5.1.....46

5.2.....47

5.3.....48

5.4.....49

5.5.....49

5.6.....50

5.7.....50

5.8.....51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....52

Συμπεράσματα - Προτάσεις.....52

6.1 Τεχνικά Συμπεράσματα Σχεδιασμού Ταινιοδρόμων.....52

6.2 Βελτιστοποίηση Επεξεργασίας και Διαχωρισμού Υλικών.....52

6.3 Προτάσεις για Βελτίωση και Μελλοντική Ανάπτυξη.....53

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Η ιστορία της ανακύκλωσης στην Ελλάδα.

Η ανακύκλωση στην Ελλάδα αποτελεί μια σχετικά νέα περιβαλλοντική πρακτική, η οποία απέκτησε συστηματική μορφή μόλις τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Παρόλο που σε παλαιότερες εποχές υπήρχαν αυθόρμητες και άτυπες μορφές ανακύκλωσης-όπως η συλλογή παλιών μετάλλων από ‘’παλιατζήδες’’, ή επαναχρησιμοποίηση γυάλινων μπουκαλιών και η επισκευή ρούχων και συσκευών- αυτές οι πρακτικές δεν στηρίζονταν σε περιβαλλοντική συνείδηση, αλλά περισσότερο στην ανάγκη για οικονομία. Η ουσιαστική αρχή της οργανωμένης ανακύκλωσης ξεκίνησε στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, με την εφαρμογή της ευρωπαϊκής οδηγίας για την διαχείριση των αποβλήτων συσκευασιών και την ίδρυση της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης το 2001 (ΕΕΑΑ), η οποία εισήγαγε το γνωστό σύστημα των μπλε κάδων στους δήμους. Παράλληλα, δημιουργήθηκαν

συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης για **οχήματα τέλους ζωής**, μπαταρίες, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, ελαστικά και άλλα υλικά. Ωστόσο, παρά τις υποδομές, η ανακύκλωση στη χώρα δεν γνώριζε την ραγδαία ανάπτυξη που θα αναμενόταν, καθώς αντιμετώπισε εμπόδια όπως η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών, η απουσία κουλτούρας διαλογής στην πηγή και οι ανισότητες μεταξύ των δημοτικών προγραμμάτων. Τα τελευταία χρόνια, εντείνονται οι προσπάθειες μέσω περιβαλλοντικής νομοθεσίας, εκπαιδευτικών δράσεων και ανταποδοτικών κινήτρων, ενώ οι πολίτες δείχνουν αυξανόμενο ενδιαφέρον και περιβαλλοντική ευαισθησία. Αν και η Ελλάδα παραμένει κάτω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο στην ανακύκλωση, η πορεία είναι θετική και οι βάσεις για ένα πιο βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης αποβλήτων έχουν ήδη τεθεί.

1.2 Η σημασία της ανακύκλωσης

Η ανακύκλωση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ενέργειες που μπορούμε να κάνουμε για να προστατεύσουμε το περιβάλλον και να διασφαλίσουμε ένα βιώσιμο μέλλον για τις επόμενες γενιές. Μέσω της ανακύκλωσης, τα σπορίσματα αποκτούν νέα ζωή, μετατρέπονται σε χρήσιμα υλικά και μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μέσω της ανακύκλωσης, μειώνονται οι ποσότητες σκουπιδιών που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και περιορίζεται η ρύπανση του εδάφους, του νερού και της ατμόσφαιρας. Ιδιαίτερη σημασία έχει και η ανακύκλωση οχημάτων τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ), καθώς τα παλιά και μη λειτουργικά οχήματα περιέχουν υλικά υψηλής αξίας (όπως μέταλλα και πλαστικά), αλλά και επικίνδυνες ουσίες όπως λάδια, καύσιμα και βαρέα μέταλλα, που πρέπει να απομακρύνονται με ειδικές διαδικασίες. Μέσα από την ανακύκλωση οχημάτων, όχι μόνο αξιοποιούνται χρήσιμα υλικά που επανέρχονται στην παραγωγή, αλλά παράλληλα προστατεύεται το περιβάλλον από τοξικούς ρύπους, ενώ μειώνονται οι ανάγκες εξόρυξης και παραγωγής νέων πρώτων υλών. Η σωστή διαχείριση των ΟΤΚΖ αποτελεί υποχρέωση τόσο για τους πολίτες όσο και για την ίδια την Πολιτεία, ενισχύοντας τη μετάβαση προς μια κυκλική οικονομία με σεβασμό στη φύση και τις επόμενες γενιές



Εικόνα 1 Βιομηχανία ανακύκλωσης οχημάτων OTKZ ALBA (ΓΕΡΜΑΝΙΑ)

1.3 Το 1ο εργοστάσιο ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα

Το πρώτο εργοστάσιο ανακύκλωσης οχημάτων τέλους κύκλου ζωής (OTKZ) στην Ελλάδα, ιδρύθηκε από την εταιρεία Αρχιμήδης Νεονάκης Α.Ε την δεκαετία του 1960. Η εταιρεία αυτή υπήρξε από τις πρώτες που δραστηριοποιήθηκαν στον τομέα της ανακύκλωσης αυτοκινήτων και μετάλλων στη χώρα μας. Με την πάροδο των ετών, εξελίχθηκε σε ηγέτη της αγοράς, ειδικά κατά τη δεκαετία του 2000, προσφέροντας ολοκληρωμένες λύσεις στην εναλλακτική διαχείριση σιδηρούχων μετάλλω, καθώς και στην επεξεργασία καλωδίων. Μια άλλη σημαντική εταιρία στον τομέα της ανακύκλωσης οχημάτων είναι η Αειφόρος Α.Ε, η οποία πρωτοστάτησε στην ανακύκλωση τέλους κύκλου ζωής στην Ελλάδα. Η εταιρία αυτή αποτέλεσε μελέτη περίπτωσης για την εφαρμογή των κοινοτικών οδηγιών σχετικά με την ανακύκλωση οχημάτων. Επιπλέον, η εταιρεία METECO S.A που ιδρύθηκε το 1977 στη Θεσσαλονίκη, παρέχει λύσεις κυκλικής οικονομίας και δραστηριοποιείται στον τομέα της ανακύκλωσης οχημάτων στην Ελλάδα.

Σήμερα, η ανακύκλωση οχημάτων στην Ελλάδα διέπεται από αυστηρό θεσμικό πλαίσιο, με πιστοποιημένα κέντρα ανακύκλωσης να διαχειρίζονται το οχήματα τέλους κύκλου ζωής, εξασφαλίζοντας την περιβαλλοντικά υπεύθυνη απόσυρσή τους.

1.4 Στόχοι Διατριβής

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζεται ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφοράς και επεξεργασίας εξαρτημάτων από παλιά οχήματα, ,ε έμφαση στα πλαστικά και μεταλλικά στοιχεία. Η εργασία εστιάζει τόσο στη μηχανολογική μελέτη των ταινιοδρόμων όσο και στην επιλογή των κατάλληλων μηχανημάτων ανακύκλωσης, με στόχο τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας μιας σύγχρονης μονάδας διαχείρισης OTKZ. Πιο συγκεκριμένα, ηεργασία στοχεύει:

- **Στην Ανάλυση και στη τεχνική σχεδίαση ταινιοδρόμων** για τη βέλτιστη μεταφορά πλαστικών και μεταλλικών εξαρτημάτων αυτοκινήτων, λαμβάνοντας υπόψη λειτουργικές απαιτήσεις, αντοχές υλικών και εργονομία γραμμής παραγωγής.
- **Στην Μελέτη και στην επιλογή κατάλληλων μηχανημάτων επεξεργασίας** (τεμαχιστές, διαχωριστές, πρέσες και λοιπά) με στόχο την αποδοτική διαχείριση και ανακύκλωση των μεταφερόμενων εξαρτημάτων, σύμφωνα με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

ΚΑΙ

- **Στην Ενσωμάτωση του συστήματος μεταφοράς και επεξεργασίας** σε μία ολοκληρωμένη γραμμή παραγωγής, ,με έμφαση στον αυτοματισμό, την ενεργειακή αποδοτικότητα και τη συμμόρφωση με τις ευρωπαικές προδιαγραφές για τις μονάδες ανακύκλωσης ΟΤΚΖ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Διαδικασία επεξεργασίας ΟΤΚΖ Οχημάτων

2.1 Παραλαβή οχημάτων ΟΤΚΖ

Η διαδικασία παραλαβής ΟΤΚΖ (Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής) στην Ελλάδα αφορά την οριστική απόσυρση και ανακύκλωση ενός οχήματος που δεν χρησιμοποιείται πλέον ή δεν είναι κατάλληλο για κυκλοφορία. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος απευθύνεται σε εξουσιοδοτημένο κέντρο παραλαβής ή επεξεργασίας, το οποίο είναι ενταγμένο στο σύστημα της Εναλλακτικής Διαχείρισης Οχημάτων Ελλάδος (ΕΟΔΕ). Επιπλέον η παραλαβή ενός οχήματος προς ανακύκλωση δεν γίνεται απαραίτητα από το ιδιοκτήτη του οχήματος, αλλά μπορεί και να γίνει από τον Δήμο της κάθε περιοχής. Δηλαδή όταν ένα όχημα βρίσκεται παρατημένο από τον ιδιοκτήτη του σε έναν δημόσιο χώρο για διάφορους λόγους (συνήθως δρόμοι και πεζοδρόμια), τότε ο ίδιος ο Δήμος της περιοχής εκείνης αναλαμβάνει την απομάκρυνση του οχήματος. Μετά τον έλεγχο του οχήματος και την αποδοχή του, το κέντρο εκδίδει **Βεβαίωση Παραλαβής** και στην συνέχεια **Βεβαίωση Καταστροφής**, η οποία χρησιμοποιείται για την οριστική διαγραφή του οχήματος από το Υπουργείο Μεταφορών.

Όταν λοιπόν γίνει και επίσημα η παραλαβή του ΟΤΚΖ, είτε από τον ιδιοκτήτη, είτε από τον Δήμο τότε, τα οχήματα τοποθετούνται σε ειδικά **ράφια** (βλ. Εικόνα 2). Εκεί τα αυτοκίνητα χωρίζονται σε απορρυπασμένα και σε μη απορρυπασμένα. Η ανάλυση των δύο αυτών εννοιών γίνετσι σε παρακάτω κεφάλαιο.



Εικόνα 2 Τοποθέτηση οχήματος σε ειδικά ράφια μετά την παραλαβή (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑ-ΜΕΤ)

2.2 Αφαίρεση άχρηστων – χρήσιμων αντικειμένων εντός του οχήματος

Πριν την έναρξη της διαδικασίας ζύγισης σε ένα όχημα τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ) στο πλαίσιο της διαδικασίας ανακύκλωσης, διενεργείται μια κρίσιμη φάση προ επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει την επιμελή απομάκρυνση όλων των μη ανακυκλώσιμων, μεταγενέστερων ή περιττών αντικειμένων από το εσωτερικό και τον χώρο των αποσκευών του οχήματος. Η ενέργεια αυτή αποσκοπεί στη διασφάλιση της ακρίβειας στη μέτρηση του καθαρού βάρους του αμαξώματος. Συγκεκριμένα, απομακρύνονται προσωπικά αντικείμενα ιδιοκτητών (απορρίμματα, ξένα σώματα, εύφλεκτα υλικά), πρόσθετες μη εργοστασιακές εγκαταστάσεις (ηχοσυστήματα, GPS, οθόνες, διακοσμητικά καλύμματα, aftermarket καλωδιώσεις), καθώς και κάθε είδους υλικά χωρίς ανακυκλώσιμη ή εμπορική αξία. (Βλ. Εικόνα 3)



Εικόνα 3 Αφαίρεση ραδιοφώνου ΟΤΚΖ οχήματος από εξιδεικευμένο προσωπικό (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

Ταυτόχρονα, εφόσον κριθεί τεχνικά και οικονομικά σκόπιμο, γίνεται επιλεκτική αφαίρεση των εξαρτημάτων που έχουν υψηλή αξία (όπως καθίσματα, προβολείς, ηλεκτροκινητήρες παραθύρων, καταλύτες, βλ.Εικόνα 4), τα οποία δύναται να διοχετευθούν προς επαναχρησιμοποίηση ή πώληση ως μεταχειρισμένα ανταλλακτικά.

Η διαδικασία πραγματοποιείται από εξιδεικευμένο τεχνικό προσωπικό, σε ελεγχόμενο χώρο του κέντρου ανακύκλωσης και καταγράφεται συστηματικά σε έντυπο ή ψηφιακό δελτίο προκαταρκτικού ελέγχου. Η σωστή απομάκρυνση όλων των μη σταθερών και μη ανακυκλώσιμων στοιχείων είναι απαραίτητη ώστε η ζύγιση να αντανακλά με ακρίβεια τη μάζα του καθαρού οχήματος, δηλαδή του αμαξώματος και των λειτουργικών του μερών μετά την απορρύπανση, χωρίς εξωγενή βάρη. Το καθαρό βάρος που προκύπτει εισάγεται στη βάση δεδομένων του φορέα διαχείρισης και αποτελεί κρίσιμο ποσοτικό στοιχείο για την αποτίμηση των ποσοστών ανκύκλωσης και ανάκτησης υλικών ανά όχημα. Επιπλέον, επηρεάζει την έκδοση της **Βεβαίωσης Καταστροφής** και την εν γένει αξιολόγιση της αποδοτικότητας της εγκατάστασης.



Εικόνα 4 Αφαίρεση πίσω φανού ΟΤΚΖ οχήματος από εξιδεικευμένο προσωπικό (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΟΤΚΖ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η απορρύπανση ενός οχήματος που έχει εισέλθει στον κύκλο ανακύκλωσης αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα και ρυθμισμένα στάδια της συνολικής διαδικασίας διαχείρισης ΟΤΚΖ (οχήματα τέλους κύκλου ζωής). Πρόκειται για ένα σύνολο τεχνικών ενεργειών που αποσκοπούν στην ασφαλή, ελεγχόμενη και περιβαλλοντικά συμβατή απομάκρυνση όλων των ρυπογόνων, επικίνδυνων ή μη ανακυκλώσιμων ουσιών και υλικών του οχήματος, ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του ανθρώπινου δυναμικού και του περιβάλλοντος, αλλά και η ποιότητα των υλικών που θα ανακτηθούν στη συνέχεια. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα σημεία απορρύπανσης εντός των εγκαταστάσεων ενός αδειοδοτημένου Κέντρου Επεξεργασίας Οχημάτων, με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού και μεθοδολογίας σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας.

2.3.1 Αρχικά το όχημα τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, εξοπλισμένο με στεγανό δάπεδο, σημεία συγκράτησης διαρροών, μηχανισμούς στήριξης και συστήματα συλλογής υγρών (Βλ. Εικόνα 5). Η πρώτη ενέργεια αφορά την αποσύνδεση και απομάκρυνση της μπαταρίας, λόγω της παρουσίας ηλεκτρολύτη και βαρέων μετάλλων (π.χ. μόλυβδος), τα οποία θεωρούνται επικίνδυνα απόβλητα.

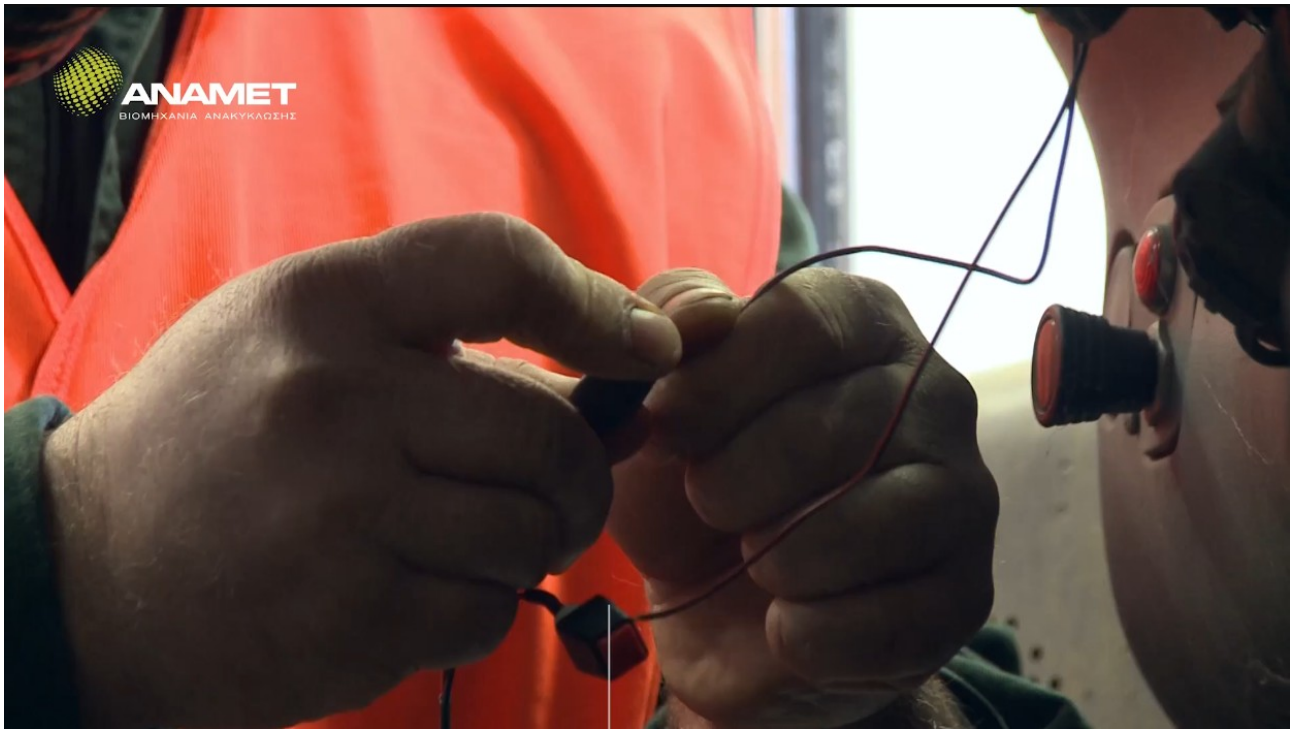


Εικόνα 5 Ειδικός χώρος απορρύπανσης ΟΤΚΖ οχήματος (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.3.2 Ένα από τα πιο κρίσιμα στάδια στην απορρύπανση και αποσυναρμολόγηση ενός οχήματος τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ) είναι η διαχείριση των παθητικών συστημάτων ασφαλείας, κυρίως των αερόσακων (airbags) και των προεντατήρων ζωνών ασφαλείας. Τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν πυροτεχνικούς μηχανισμούς ενεργοποίησης που βασίζονται σε ηλεκτροπυροτεχνικά στοιχεία ή υβριδικές ενώσεις με προωθητικά αέρια (όπως νιτρική γουαναδίνη), ικανά να δημιουργήσουν απότομη αύξηση πίεσης για την ταχεία ανάπτυξη του αερόσακου. Λόγω της εκρηκτικής φύσης τους, απαιτείται ιδιαίτερη τεχνική προσοχή κατά την απενεργοποίηση ή την ελεγχόμενη ενεργοποίησή τους, καθώς οποιοδήποτε μη ελεγχόμενο ερέθισμα (στατικός ηλεκτρισμός, θερμική ακτινοβολία, κρούση) μπορεί να προκαλέσει ακούσια ανάφλεξη με κίνδυνο τραυματισμού ή πυρκαγιάς.

Η διαδικασία ξεκινά με την αποσύνδεση της μπαταρίας του οχήματος και την αναμονή ενός ελάχιστου χρόνου αποφόρτισης των κυκλωμάτων (συνήθως 10–30 λεπτά), ώστε να εξαλειφθεί κάθε ηλεκτροστατική τάση. Στη συνέχεια, οι μονάδες αερόσακων αποσυνδέονται από την κεντρική μονάδα ελέγχου (ECU) και αφαιρούνται μηχανικά, χρησιμοποιώντας ειδικά απομονωμένα εργαλεία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά για λόγους ασφαλείας και νομικής συμμόρφωσης, ακολουθείται η ελεγχόμενη ενεργοποίηση (controlled deployment) σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, υπό επιτήρηση και με τήρηση όλων των μέτρων προστασίας. Η μέθοδος αυτή εξουδετερώνει οριστικά το πυροτεχνικό σύστημα και επιτρέπει την ασφαλή περαιτέρω διαχείριση των υπολοίπων υλικών (υφάσματα, μεταλλικά μέρη, πλαστικά περιβλήματα).

Όλα τα βήματα τεκμηριώνονται σε πρωτόκολλα ασφαλείας και έντυπα αποβλήτων, ενώ η διαχείριση των αερόσακων, ως αποβλήτων με χαρακτηριστικά κινδύνου (HP3 – εύφλεκτων, HP6 – τοξικών), υπόκειται σε ειδικές πρόνοιες βάσει της ADR και της ισχύουσας περιβαλλοντικής νομοθεσίας (Βλ. Εικόνα 6 για ενδεικτική απεικόνιση συστήματος αερόσακου).



Εικόνα 6 Εξουδετέρωση αερόσακου ΟΤΚΖ οχήματος από εξειδικευμένο προσωπικό (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.3.3 Ένα από τα πιο απαιτητικά τεχνικά βήματα της απορρύπανσης είναι η άντληση και διαχωρισμένη συλλογή όλων των υγρών του οχήματος. Κάθε τύπος υγρού απαιτεί εξειδικευμένο χειρισμό, ώστε να διασφαλίζεται η περιβαλλοντική συμμόρφωση και πόσο μάλλον και η προστασία του προσωπικού. Ειδικότερα πραγματοποιείται η αφαίρεση του λιπαντικού του κινητήρα, του πετρελαίου ή της βενζίνης, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, του λιπαντικού του κιβωτίου ταχυτήτων, του υγρού των φρένων και του ψυκτικού υγρού. Η αφαίρεση του λιπαντικού του κινητήρα πραγματοποιείται με χρήση αντλίας κενού ή μέσω της βαλβίδας αποστράγγισης στο κάρτερ, σε περιβάλλον με κατάλληλη συλλεκτική λεκάνη για αποφυγή διαρροών. Το χρησιμοποιημένο λάδι εντάσσεται στη κατηγορία των επικίνδυνων αποβλήτων λόγω του υψηλού επιπέδου ρύπων και βαρέων μετάλλων που φέρει (Βλ. Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Αφαίρεση λιπαντικών μηχανής με αντλία κενού ΟΤΚΖ οχήματος από εξειδικευμένο προσωπικό (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.3.4 Στην συνέχεια ακολουθεί η άντληση του πετρελαίου ή της βενζίνης. Η άντληση των καυσίμων από το ρεζερβουάρ γίνεται είτε με διάνοιξη ειδικής θύρας είτε με χρήση αντλιών εξαγωγής χαμηλής πίεσης και αντιεκρηκτικής προστασίας (ATEX). Η διαδικασία εκτελείται σε ελεγχόμενο περιβάλλον με αντιστατικά μέσα και εξαερισμό, προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία εύφλεκτης ατμόσφαιρας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα ροής του καυσίμου που αντλείται θα πρέπει να είναι συγκεκριμένη διότι οι υψηλές ταχύτητες μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα την δημιουργία σπινθήρα και αυτό θα προκαλέσει την ολική καταστροφική έκρηξη (Βλ. Εικόνα 8).



Εικόνα 8 Ειδικό μηχάνημα διάνοιξης θύρας με σκοπό της ασφαλή άντληση του καυσίμου (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.3.5 Η διαδικασία απομάκρυνσης του λιπαντικού ελαίου του κιβωτίου ταχυτήτων αποτελεί κρίσιμο στάδιο της απορρύπανσης ενός οχήματος τέλους κύκλου ζωής, καθώς το συγκεκριμένο υγρό κατατάσσεται στα επικίνδυνα απόβλητα και η διαχείρισή του διέπεται από αυστηρές τεχνικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Η αποστράγγιση πραγματοποιείται είτε μέσω της βαλβίδας αποστράγγισης, που εντοπίζεται συνήθως στο κάτω μέρος του κιβωτίου (σε μηχανικά κιβώτια), είτε σε περιπτώσεις κλειστών ή μη εξοπλισμένων με βαλβίδα κυκλωμάτων, όπως τα αυτόματα κιβώτια ή τα κιβώτια CVT με τη χρήση συστήματος αναρρόφησης, το οποίο εισάγεται μέσω του σωλήνα πλήρωσης ή του δείκτη στάθμης.

Το λιπαντικό έλαιο κιβωτίου είναι συνήθως υψηλού ιξώδους (SAE 75W-90 ή ATF τύπου Dexron), καθώς έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί υπό υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, μειώνοντας την τριβή και προστατεύοντας τα γρανάζια από φθορά. Μ ε την πάροδο του χρόνου, συγκεντρώνει σημαντικά ποσοστά μεταλλικών ρινισμάτων και προϊόντων θερμικής αποσύνθεσης, καθιστώντας το όχι μόνο παχύρρευστο, αλλά και εν δυνάμει ρυπαντικό παράγοντα. Κατά την φάση της απομάκρυνσης, το όχημα πρέπει να είναι σταθερά τοποθετημένο σε επίπεδη επιφάνεια και η θερμοκρασία του ελαίου ελεγχόμενη, ώστε να επιτυγχάνεται ευχερέστερη ροή χωρίς θερμικούς κινδύνους.

2.3.6 Μια από τις πιο κρίσιμες και απαιτητικές φάσεις της διαδικασίας απορρύπανσης ενός οχήματος τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ) είναι η ασφαλής απομάκρυνση των υγρών φρένων. Τα υγρά φρένων τα οποία ανήκουν συνήθως στις κατηγορίες DOT3, DOT 4 ή DOT 5, ανάλογα με το είδος του συστήματος πέδησης αποτελούνται κυρίως από πολυαλκυλενογλυκόλες ή σιλικονούχα παράγωγα και παρουσιάζουν υψηλό δείκτη υγροσκοπικότητας χημική αστάθεια και σημαντική τοξικότητα. Λόγω των ιδιοτήτων αυτών, κατατάσσονται στα επικίνδυνα απόβλητα και η διαχείρισή τους πρέπει να συμμορφώνεται αυστηρά με την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία (π.χ. Οδηγία 2008/98/ΕΚ, Κανονισμός REACH). Η άντληση πραγματοποιείται με δύο κύριες μεθόδους. Είτε μέσω των βαλβίδων εξαέρωσης (bleeder valves) που βρίσκονται στις δαγκάνες ή τους κυλίνδρους τροχών, είτε μέσω αναρρόφησης απευθείας από το δοχείο διαστολής του κυκλώματος φρένων. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από τον τύπο και τη διαμόρφωση του συστήματος πέδησης. Χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα αναρρόφησης με υπό πίεση (vacuum brake fluid evacuators), τα οποία επιτρέπουν την πλήρη και ελεγχόμενη εκκένωση του κυκλώματος, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο έκχυσης ή ψεκασμού του υγρού.

Η διαδικασία απαιτεί αυστηρή τήρηση μέτρων ασφαλείας, καθώς η επαφή των υγρών φρένων με το δέρμα ή τους οφθαλμούς μπορεί να προκαλέσει σοβαρούς ερεθισμούς, ενώ η ακούσια διάχυσή τους στο περιβάλλον δύναται να προκαλέσει ρύπανση του εδάφους και υδροφόρου ορίζοντα. Συνεπώς, το προσωπικό πρέπει να φέρει τα κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), όπως γάντια νιτριλίου, προστατευτικά γυαλιά και αδιάβροχη ενδυμασία, ενώ απαιτείται η ύπαρξη δευτερογενούς συστήματος συγκράτησης (spill containment) στον χώρο εργασίας (Βλ. Εικόνα 9 & 10 για οπτική τεκμηρίωση της διαδικασίας).



Εικόνα 9 Με το ειδικό μηχάνημα διάνοιξης οπών πραγματοποιείται η αφαίρεση του υγρού των φρένων (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ANAMET)



Εικόνα 10 Σωληνάκι αναρρόφησης υγρών φρένων (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ANAMET)

2.3.7 Παρότι η ποσότητα και η αντιληπτή επικινδυνότητα του ψυκτικού υγρού ενός οχήματος τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ) συχνά υποτιμώνται, η ασφαλής και ελεγχόμενη απομάκρυνσή του αποτελεί απαραίτητο στάδιο της διαδικασίας απορρύπανσης, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/53/ΕΚ περί οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής και την νομοθεσία διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων. Το ψυκτικό υγρό αποτελεί ένα υδατικό διάλυμα, συνήθως με βάση την αιθυλενογλυκόλη ή την προπυλενογλυκόλη, σε συγκέντρωση 30-50 % και λειτουργεί ως μέσο θερμικής μεταφοράς και αντιψυκτικής προστασίας στο κύκλωμα ψύξης του κινητήρα. Η χημική του σύνθεση περιλαμβάνει επίσης αναστολείς διάβρωσης, χρωστικές και πρόσθετα σταθεροποίησης, ενώ λόγω της κυκλοφορίας του σε θερμικά και μεταλλικά μέρη του συστήματος (ψυγείο, αντλία, μπλοκ κυλίνδρων), μπορεί να περιέχει επιμολύνσεις με βαρέα μέταλλα όπως χαλκό, μόλυβδο ή ψευδάργυρο.

Η απομάκρυνση του ψυκτικού πραγματοποιείται με δύο βασικές μεθόδους. Είτε μέσω της κάτω βαλβίδας αποστράγγισης (drain plug) του ψυγείου, είτε σε περιπτώσεις απουσίας τάπας ή βλαβών μέσω αναρρόφησης από την τάπα πλήρωσης ή το δοχείο διαστολής με την χρήση υπό πίεσης. Η διαδικασία πρέπει να εκτελείται σε χώρο με κατάλληλη υποδομή συγκράτησης διαρροών (spill containment tray) ώστε να προληφθεί η ανεξέλεγκτη διασπορά του υγρού, το οποίο θεωρείται τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς και επιβαρυντικό για το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα.

Η συλλογή του ψυκτικού γίνεται σε σφραγιζόμενα, χημικά ανθεκτικά δοχεία, με κατάλληλη σήμανση (όπως για παράδειγμα UN3082) και το απόβλημα παραδίδεται σε εξουσιοδοτημένο φορέα για ανάκτηση ή ενεργειακή αξιοποίηση. Η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (όπως γάντια, μάσκα προστασίας ατμών και γυαλιά) είναι υποχρεωτική για την αποφυγή δερματικών ή αναπνευστικών επιδράσεων. Η όλη διαδικασία τεκμηριώνεται μέσω κατάλληλου εντύπου παρακολούθησης αποβλήτου (EAA), διασφαλίζοντας τη νομιμότητα και ιχνηλασιμότητα της διαχείρισης.

2.3.8 Σε περίπτωση που το όχημα φέρει δεξαμενή υγραερίου (LPG) ή συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG), η διαδικασία απορρύπανσης περιλαμβάνει επιπρόσθετα στάδια, τα οποία διενεργούνται με αυστηρά πρότυπα ασφάλειας και τεχνικής επάρκειας. Αρχικά, πραγματοποιείται πλήρης εκκένωση του αερίου από την δεξαμενή και το σύστημα αγωγών μέσω εξειδικευμένων βαλβίδων εκτόνωσης και κατάλληλων συσκευών εξαερισμού, ώστε να διασφαλιστεί η αποτροπή συσσώρευσης εύφλεκτων αερίων στο χώρο εργασιών.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η μηχανική αποσύνδεση της δεξαμενής από το όχημα, η οποία χαρακτηρίζεται ως απόβλητο υψηλού κινδύνου (hazardous waste) εξαιτίας της πιθανής υπολειμματικής πίεσης και της φύσης του περιεχομένου της. Η διαχείριση και τελική απόσυρσή της πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις προβλέψεις της κείμενης νομοθεσίας περί διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων. Ταυτόχρονα, αφαιρείται ο καταλύτης του οχήματος, ο οποίος φέρει υψηλή περιβαλλοντική και οικονομική αξία. Ο καταλύτης περιέχει πολύτιμα ευγενή μέταλλα, όπως πλατίνα (Pt), παλλάδιο (Pd) και ρόδιο (Rh), τα οποία συλλέγονται για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση. Η παρουσία αυτών των μετάλλων όχι μόνο υπογραμμίζει τη σημασία της σωστής διαχείρισης των καταλυτών, αλλά και ενισχύει την αποδοτικότητα της ανακύκλωσης οχημάτων στο σύνολό της.

2.3.9 Η συλλογή όλων των υγρών ενός οχήματος κατά την διαδικασία απορρύπανσης αποτελεί ένα κρίσιμο στάδιο που διέπετε από αυστηρές περιβαλλοντικές και τεχνικές προδιαγραφές. Αφού προηγηθεί η επιτυχής άντληση ή αποστράγγιση όλων των επιμέρους υγρών που προαναφέρθηκαν, διοχετεύονται σε κατάλληλα, ερμητικά κλειστά δοχεία προσωρινής αποθήκευσης. Τα δοχεία αυτά είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να αντέχουν τη χημική σύσταση του κάθε υγρού, να πληρούν τις απαιτήσεις στεγανότητας, να φέρουν ευκρινή σήμανση και να αποτρέπουν οποιαδήποτε διαρροή ή εξάτμιση επικίνδυνων πτητικών ουσιών (Βλ. Εικόνα 11). Κάθε τύπος υγρού αποθηκεύεται ξεχωριστά, ώστε να διατηρείται η καθαρότητα και η δυνατότητα αναγέννησης ή ορθής διάθεσης. Επιπλέον, η διακίνηση των γεμάτων δοχείων εντός των εγκαταστάσεων γίνεται με την βοήθεια ανθεκτικών παλετών και ανυψωτικών μέσων, εξασφαλίζοντας τη μηχανική ακαιρεότητα και την ασφάλεια του προσωπικού. Ο συνολικός όγκος της συλλεγόμενων υγρών καταγράφεται στο αντίστοιχο μητρώο περιβαλλοντικής διαχείρισης, ενώ στη συνέχεια τα δοχεία αποστέλλονται σε αδειο-

δοτημένους φορείς διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων για τελική επεξεργασία ή αξιοποίηση, σύμφωνα με τις προβλέψεις της ισχύουσας νομοθεσίας.



Εικόνα 11 Δεξαμενές αποθήκευσης λιπαντικών υγρών και καυσίμων ΟΤΚΖ οχημάτων (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

2.4 Διαχείριση Οχήματος μετά την απορρύπανση

Μετά την ολοκλήρωση της απορρύπανσης, το όχημα χαρακτηρίζεται ως περιβαλλοντικά απαλλαγμένο από ρυπογόνες ουσίες και καθίσταται κατάλληλο για περαιτέρω μηχανική και υλική επεξεργασία. Αρχικά, πραγματοποιείται η δεύτερη ζύγιση του οχήματος (post-edition), σε γεφυροπλάστιγγα βιομηχανικού τύπου, ώστε να καταγραφεί το καθαρό βάρος του κελύφους χωρίς υγρά ή λοιπά επικίνδυνα υπολείμματα. Η μέτρηση αυτή τεκμηριώνει τον λόγο ανάκτησης υλικών και είναι ουσιώδης για τη συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές οδηγίες περί ελαχιστοποίησης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ΟΤΚΖ. Το υπόλοιπο αμάξωμα, αποτελούμενο κυρίως από το πλαίσιο και μη αξιοποιήσιμα στοιχεία, μεταφέρεται στη μονάδα μηχανικής τεμαχισμού (shredder), όπου υποβάλλεται σε μηχανική επεξεργασία για τον διαχωρισμό των μεταλλικών κλασμάτων (όπως σίδηρου, χαλκού) και των υπόλοιπων υλικών. Τα ανακτημένα υλικά προωθούνται σε εξειδικευμένους φορείς ανακύκλωσης για περαιτέρω κατεργασία. Αυτή η διαδικασία θα αναλυθεί στο παρακάτω κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μεταφορά και Προετοιμασία του Οχήματος για Τεμαχισμό

3.1 Μεταφορά οχήματος με γερανοφόρο αρπάγη προς τεμαχισμό

Αφού ολοκληρωθούν οι φάσεις της αποσυναρμολόγησης και της απορρύπανσης, το εναπομείναν αμάξωμα του Οχήματος Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ), απαλλαγμένο από ρυπογόνα υγρά και επαναχρησιμοποιήσιμα εξαρτήματα, οδηγείται στον τελικό σταθμό της μηχανικής επεξεργασίας. Η μεταφορά προς τον τεμαχιστή τύπου **shredder** ή υδραυλική πρέσα πραγματοποιείται με τη χρήση γερανοφόρου μηχανήματος εφοδιασμένου με υδραυλική αρπάγη τύπου **claw** ή **grapple**. Το μηχάνημα αυτό διαθέτει ενισχυμένο σύστημα περιστροφής και αρπαγής, σχεδιασμένο για τη διαχείριση ογκωδών και βαρέων μεταλλικών αντικειμένων.

Η αρπάγη εφαρμόζει ελεγχόμενη μηχανική πίεση στο αμάξωμα, στοχεύοντας σε δομικά σημεία υψηλής αντοχής, όπως οι ενισχυμένες περιοχές του πλαισίου (όπως μαρσπιέ, εγκάρσιες δοκοί). Ο χειριστής επιλέγει την κατεύθυνση πρόσφυσης ώστε να ελαχιστοποιήσει την ανεξέλεγκτη παραμόρφωση και να πετύχει ομοιόμορφη συμπίεση, χωρίς να εκτοξεύονται υπολείμματα. Παράλληλα, η διαδικασία καταγράφεται, καθώς σε αρκετές εγκαταστάσεις συνδέεται με λογισμικό ιχνηλασιμότητας που ελέγχει την είσοδο προς το shredder και τεκμηριώνει την ταυτότητα του κάθε αμαξώματος.



Εικόνα 12 Κάδος αρπάγης τύπου claw (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

3.2 Είσοδος και Επεξεργασία Οχήματος στον Τεμαχιστή (Shredder)

Κατά την είσοδο του Οχήματος Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ) στη μονάδα τεμαχισμού, το όχημα που είναι πλέον απορρυπασμένο και απαλλαγμένο από επικίνδυνες ουσίες, τοποθετείται εντός της χοάνης φόρτωσης του τεμαχιστή βαρέως τύπου (automotive shredder). Ο shredder αποτελεί ένα βιομηχανικό σύστημα μεγάλης ισχύος, σχεδιασμένο να αποδομεί ταχύτατα τη μεταλλική υπερκατασκευή και τα υπόλοιπα υλικά του οχήματος, μετατρέποντάς τα σε θραύσματα μικρών διαστάσεων. Ο κύριος μηχανισμός λειτουργίας του αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο ρότορα εξοπλισμένο με σφυριά ή μαχαίρια υψηλής σκληρότητας, τα οποία εφαρμόζουν διαδοχικά πλήγματα και θραύση επί της μεταλλικής μάζας του οχήματος.

Καθώς το όχημα εισέρχεται στον ενεργό θάλαμο τεμαχισμού, ενεργοποιείται ο κινητήρας υψηλής ισχύος (συνήθως κινητήρας 1000-3000 kW ή υδροστατικός πετρελαιοκίνητος), ο οποίος θέτει σε κίνηση τον ρότορα. Η μηχανική δράση συνδυάζει κοπή, σύνθλιψη και κρουστική αποδόμηση, με αποτέλεσμα την αποσύνθεση όλων των συνδεδεμένων δομικών στοιχείων του αμαξώματος. Τα σφυριά περιστρέφονται με υψηλή γωνιακή ταχύτητα, χτυπώντας επανειλημμένα τα μεταλλικά και μη μεταλλικά μέρη, έως ότου αυτά μειωθούν σε τεμάχια μεγέθους συνήθως μικρότερων των 150 χιλιοστών. Παράλληλα, στα τοιχώματα του θαλάμου τεμαχισμού υπάρχουν πλέγματα ελέγχου μεγέθους εξόδου (grate system), τα οποία λειτουργούν ως φίλτρα για την επιθυμητή κοκομετρία



Εικόνα 13 Τοποθέτηση ΟΤΚΖ οχήματος σε τεμαχιστή με σκοπό την δημιουργία σκραπ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

Το θραυσμένο υλικό, γνωστό και ως shredder fraction, μεταφέρεται μέσω κεκλιμένου ταινιόδρομου σε διαδοχικά στάδια μηχανικού διαχωρισμού, ανάλογα με τη σύσταση και τη μαγνητική ή επαγωγική συμπεριφορά των υλικών. Η διαδικασία τεμαχισμού πραγματοποιείται σε κλειστό

μεταλλικό περίβλημα με συστήματα καταστολής σκόνης και θορύβου, προκειμένου να τηρούνται οι κανονισμοί ασφαλείας και περιβαλλοντικής συμμόρφωσης. Επιπλέον, η γραμμή διαθέτει συστήματα συνεχούς παρακολούθησης (monitoring systems) για θερμοκρασία, φθορά μαχαιρών και έλεγχο ροής υλικού.



Εικόνα 14 Ταινιόδρομος μεταφοράς πλαστικών και μεταλλικών αντικειμένων αυτοκινήτου (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ANAMET)

Ο shredder αποτελεί τον κρίσιμο κόμβο μεταξύ της απορρύπανσης και του διαχωρισμού υλικών, καθορίζοντας την αποδοτικότητα της ανακύκλωσης και την ποιότητα των ανακτώμενων πρώτων υλών.

3.3 Διαχωρισμός Σιδηρούχων Μετάλλων με Μαγνητικό Τύμπανο

Μετά την ολοκλήρωση της μηχανικής θραύσης στον shredder, το προκύπτον μίγμα υλικών γνωστό και ως shredder output fraction, αποτελείται από σιδηρούχα μέταλλα, μη σιδηρούχα μέταλλα, πλαστικά, ελαστικά, υαλώδη υλικά και διάφορα μη μεταλλικά υπολείμματα. Το πρώτο κρίσιμο βήμα στη φάση του διαχωρισμού είναι η ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων (Fe), η οποία πραγματοποιείται μέσω μαγνητικού τυμπάνου (magnetic drum separator ή magnetic head pulley) (Βλ. Εικόνα 15).

Η βασική αρχή λειτουργίας βασίζεται στην ιδιότητα των σιδηρούχων υλικών να έλκονται από μαγνητικά πεδία υψηλής έντασης. Ο μαγνητικός διαχωριστής αποτελείται από τυμπανωτή μονάδα συνήθως με διάμετρο 300 με 800 χιλιοστά, ενσωματωμένη στο άκρο ενός συνεχούς ταινιόδρομου, μέσω του οποίου μεταφέρεται η θραυσμένη μάζα υλικού. Στο εσωτερικό του τυμπάνου βρίσκεται σταθερός μαγνητικός πυρήνας, κατασκευασμένος είτε από σπάνιες γαίες (Neodymium – Iron – Boron) για υψηλής ισχύος διαχωρισμό, είτε από κεραμικά υλικά (Ferrite) για χαμηλότερης

έντασης εφαρμογές. Καθώς η ροή του υλικού φτάνει στο τέλος του ιμάντα και περνάει από το τμήμα του μαγνητικού τυμπάνου, τα σιδηρούχα μέταλλα όπως χάλυβας, σίδηρος, εναπομείναντα κομμάτια κινητήρα, δοκών και πλαισίου έλκονται από το μαγνητικό πεδίο και παραμένουν προσκολλημένα στον περιστρεφόμενο εξωτερικό μανδύα του τυμπάνου. Αυτά περιστρέφονται μαζί με τον ιμάντα και αποκολλώνται μόνο όταν το υλικό υπερβεί τη ζώνη επιρροής του πεδίου, οπότε και απορρίπτεται σε ξεχωριστή ροή συλλογής (ferrous stream) μέσω καναλιού ή χοάνης.



Εικόνα 15 Διαχωρισμός μεταλλικών εξαρτημάτων αυτοκινήτων με την παρέμβαση μαγνητικού τυμπάνου (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ANAMET)

Τα υπόλοιπα υλικά, που δεν επηρεάζονται από το μαγνητικό πεδίο δηλαδή τα μη σιδηρούχα και τα μη μεταλλικά, ακολουθούν ελεύθερη παραβολική τροχιά και πέφτουν σε διακριτή ροή. Η ακρίβεια στον σχεδιασμό της θέσης και κλίσης των διαχωριστικών ελασμάτων μεταξύ των ροών είναι κρίσιμη για την αποφυγή διασταυρούμενης επιμόλυνσης. Ο διαχωρισμός με μαγνητικό τύμπανο είναι συνεχής, μηχανικός και υψηλής απόδοσης, επιτυγχάνοντας ποσοστά ανάκτησης σιδηρούχου υλικού της τάξης του 95% με 98%, ανάλογα με την ποιότητα του εξοπλισμού και τον βαθμό προ επεξεργασίας του shredder fraction. Οι μαγνητικοί διαχωριστές συχνά λειτουργούν σε συνδυασμό με συστήματα αυτόματης βαθμονόμησης έντασης πεδίου και αισθητήρες υπερθέρμανσης για προστασία του συστήματος από υπερφόρτωση.

3.4 Επαγωγικός Διαχωρισμός Μη Σιδηρούχων Μετάλλων (Eddy Current Separator)

Μετά την απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων από την θραυσμένη ροή υλικού μέσω μαγνητικού διαχωρισμού, η εναπομείνασα ροή, γνωστή ως non-ferrous & residual stream, αποτελείται κυρίως από μη σιδηρούχα μέταλλα όπως αλουμίνιο, χαλκός, ψευδάργυρος και ορείχαλκος,

καθώς και από μη μεταλλικά υλικά, όπως πλαστικά, καουτσούκ, γυαλί και οργανικά υπολείμματα. Σε αυτό το στάδιο, προκειμένου να επιτευχθεί περαιτέρω διαχωρισμός και ανάκτηση πολύτιμων δευτερογενών πρώτων υλών, εφαρμόζεται ο επαγωγικός διαχωρισμός μέσω του συστήματος Eddy Current Separator (ECS), το οποίο βασίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και της δημιουργίας επαγωγικών ρευμάτων εντός αγώγιμων υλικών.

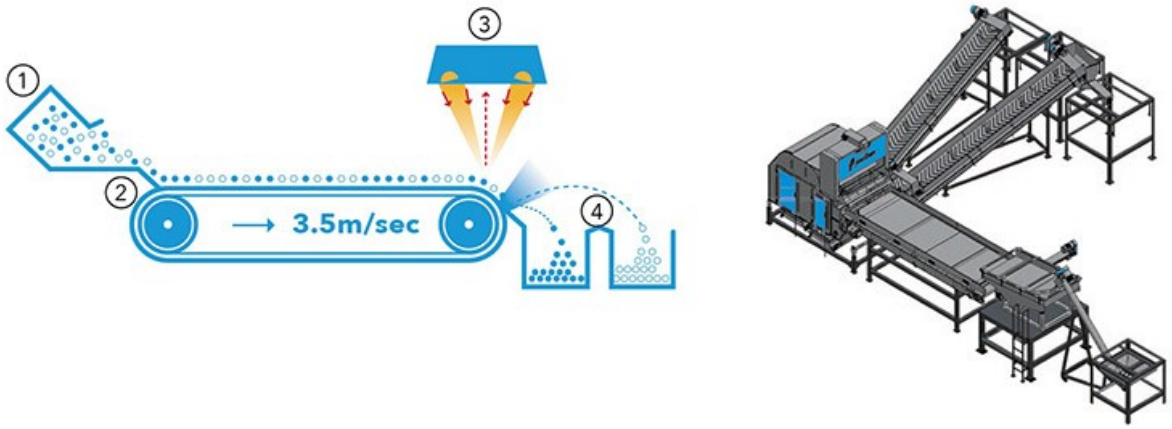
Το σύστημα ECS αποτελείται από έναν επίπεδο ταινιόδρομο, στο άκρο του οποίου ενσωματώνεται ένας ειδικά σχεδιασμένος κυλινδρικός ρότορας υψηλής ταχύτητας. Ο ρότορας περιλαμβάνει περιμετρικά τοποθετημένους μαγνήτες σπάνιων γαιών συνήθως Neodymium – Iron – Boron, οι οποίοι έχουν εναλλασσόμενη πολικότητα και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται ένα ταχύτατα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο καθώς ο ρότορας περιστρέφεται με ταχύτητες που μπορούν να υπερβούν τις 3000 στροφές ανά λεπτό. Όταν τα αγώγιμα, αλλά μη μαγνητικά υλικά όπως αλουμίνιο και ο χαλκός διέρχονται πάνω από αυτή τη ζώνη υψηλής μαγνητικής δραστηριότητας, επάγονται σε αυτά ηλεκτρικά ρεύματα τα επονομαζόμενα ‘eddy currents’, δηλαδή δινορεύματα. Τα ρεύματα αυτά δημιουργούν στο εσωτερικό των υλικών δευτερογενή μαγνητικά πεδία, τα οποία σύμφωνα με τον νόμο του Λενζ, αντιτίθενται στο αρχικό μαγνητικό πεδίο που τα προκάλεσε.



Εικόνα 16 Μη μεταλλικά υλικά καταλήγουν σε δοχείο σύλεξης με την επίδραση του ECS (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

Η αλληλεπίδραση των μαγνητικών αυτών πεδίων προκαλεί την άσκηση απωστικών ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων στα μη σιδηρούχα μεταλλικά αντικείμενα, με αποτέλεσμα να αποκλίνουν από την κανονική τροχιά πτώσης τους σε σχέση με τα μη αγώγιμα υλικά. Αυτή η διαφορά στην τροχιά εκμεταλλεύεται για την καθαρή και στοχευμένη απομάκρυνση των μη σιδηρούχων μετάλ-

λων, τα οποία συλλέγονται σε ξεχωριστή χοάνη συλλογής. Η ακρίβεια αυτής της εκτροπής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ρότορα, την απόσταση της ροής από το σημείο εφαρμογής του πεδίου, καθώς και από τη σωστή ρύθμιση των διαχωριστικών λεπίδων (splitters), οι οποίες πρέπει να τοποθετούνται με ακρίβεια χιλιοστού για να ελαχιστοποιηθεί η επιμόλυνση μεταξύ των ρευμάτων. Η απόδοση ενός συστήματος ECS είναι ιδιαίτερα υψηλή όταν τα υλικά έχουν υποβληθεί προηγουμένως σε κατάλληλη προ επεξεργασία, όπως διαβάθμιση κατά μέγεθος (screening) και αφαίρεση των μαγνητικών και υπέρβαρων υλικών. Τα βέλτιστα αποτελέσματα παρατηρούνται σε σωματίδια μεγέθους μικρότερου των 100 χιλιοστών και σε περιπτώσεις που το πάχος των μεταλλικών στοιχείων επιτρέπει την επαγωγή επαρκούς έντασης ρευμάτων. Για την ενίσχυση της αποδοτικότητας, πολλά βιομηχανικά συστήματα ECS συνδυάζονται με τεχνολογίες ελέγχου μεταβλητής ταχύτητας του ρότορα και του ιμάντα, αισθητήρες φόρτωσης, καθώς και συστήματα διαλογής με χρήση οπτικών αισθητήρων όπως NIR ή XRF (Βλ. Εικόνα 17), ώστε να παρακολουθείται και να ρυθμίζεται το πραγματικό χρόνο η απόδοση του διαχωρισμού.



Εικόνα 17 Οπτικός αισθητήρας τύπου NIR (ΘΕΣΗ 3)

Ο επαγωγικός διαχωρισμός, με την χρήση του Eddy Current Separator, αποτελεί τεχνολογικά κρίσιμο στάδιο στη διαδικασία ανακύκλωσης ΟΤΚΖ, καθώς επιτρέπει την ανάκτηση δευτερογενών πολύτιμων μετάλλων με υψηλό ποσοστό καθαρότητας και εμπορική αξία. Η σωστή ενσωμάτωσή του στο σύστημα των μεταφορικών και επεξεργαστικών γραμμών ενισχύει σημαντικά τη συνολική απόδοση του συστήματος και διασφαλίζει την περιβαλλοντική συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές οδηγίες για την ανάκτηση και την ελαχιστοποίηση του υπολείμματος ASR (Automotive Shredder Residue).

3.5 Διαδικασία Χειροδιαλογής ως Τελικό Στάδιο Διαχωρισμού στη Γραμμή Επεξεργασίας ΟΤΚΖ

Μετά την εφαρμογή των μηχανικών και αυτοματοποιημένων τεχνολογιών διαχωρισμού, όπως ο μαγνητικός διαχωρισμός και επαγωγικός διαχωρισμός μέσω Eddy Current Separator, συχνά ακολουθεί το στάδιο της χειροδιαλογής, το οποίο αποτελεί κρίσιμο συμπληρωματικό μέσο για τη βελτίωση της καθαρότητας των τελικών ρευμάτων υλικών. Η χειροδιαλογή εφαρμόζεται είτε επί

της κύριας ροής είτε σε παρακαμπτήρια ρεύματα (by-pass lines) και εκτελείται σε ειδικά διαμορφωμένους σταθμούς, στους οποίους προβλέπεται ασφαλής και εργονομικά σχεδιασμένος χώρος για το προσωπικό.

Η διαδικασία περιλαμβάνει την οπτική αναγνώριση και την χειροκίνητη απομάκρυνση υπολειμματικών ρυπαντικών υλικών, μη μεταλλικών εγκλείστων, υγρών ή μη πλήρως διαχωρισμένων εξαρτημάτων, καθώς και άλλων αντικειμένων που δεν έχουν ανιχνευθεί ή αποβληθεί μέσω των προηγούμενων σταδίων. Η επιτυχία της χειροδιαλογής εξαρτάται άμεσα από την κατάλληλη φωταγώγηση, την ταχύτητας μεταφοράς του ιμάντα, ο οποίος συνήθως ρυθμίζεται στα 0,3 m/s με 0,6 m/s για να επιτρέψει επαρκή χρόνο αντίδρασης, καθώς και την εκπαίδευση κα εμπειρία του προσωπικού, το οποίο καλείται να αναγνωρίσει τα υλικά με βάση την υφή, το χρώμα, το βάρος και τη γεωμετρία τους (Βλ. Εικόνα 18).



Εικόνα 18 Διαδικασία χειροδιαλογής σε παρακαμπτήριο ρεύμα από εξειδικευμένο προσωπικό με όλα τα μέτρα ασφαλείας (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

Η χειροδιαλογή χρησιμοποιείται επίσης για την επιλογή συγκεκριμένων υλικών υψηλής αξίας ή για την απομόνωση υλικών που απαιτούν ειδική διαχείριση, όπως μικρές ηλεκτρονικές πλακέτες, μπαταρίες, ή επικίνδυνα απόβλητα που διέφυγαν από την αρχική απορρύπανση. Παράλληλα, παρέχει την δυνατότητα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των προηγούμενων τεχνολογικών σταδίων, λειτουργώντας ως τελικός έλεγχος ποιότητας (quality control point) στο τέλος της γραμμής διαχωρισμού.

Από τεχνικής άποψης, η χειροδιαλογή απαιτεί αυστηρή συμμόρφωση με πρότυπα υγείας και ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων απαγωγής σκόνης, χρήσης ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού, καθώς και προδιαγραφών ελαχιστοποίησης της μυοσκελετικής καταπόνη-

σης. Για την βελτίωση της εργονομίας, συνήθως ενσωματώνονται υπερυψωμένες πλατφόρμες, εργονομικά στηρίγματα και συστήματα προειδοποίησης ροής υλικού, ώστε να διασφαλίζεται η αδιάλειπτη και αποδοτική λειτουργία της χειροκίνητης διαλογής. Παρότι η τάση στον τομέα της ανακύκλωσης οδηγεί προς την πλήρη αυτοματοποίηση, η χειροδιαλογή διατηρεί τη σημασία της ως μέθοδος ακρίβειας για την επίτευξη των επιπέδων καθαρότητας και απαιτούνται από τις σύγχρονες αγορές ανακτημένων υλικών.

3.6 Διαδικασία Φόρτωσης Υπολειμμάτων ΟΤΚΖ σε Μεταφορικά και Τεχνικές Παράμετροι Διαχείρισης

Αφού πραγματοποιηθεί και η διαδικασία της χειροδιαλογής, τα υπολείμματα της ανακύκλωσης των Οχημάτων Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ) γνωστά και ως ASR (Automotive Shredder Residue) συγκεντρώνονται σε καθορισμένο σημείο προσωρινής αποθήκευσης εντός της εγκατάστασης. Το ASR αποτελεί ένα σύνθετο μίγμα από μη ανακτήσιμα υλικά όπως πλαστικά χαμηλής ποιότητας, υφάσματα, μονωτικά, ίνες γυαλιού, σκόνες και άλλα λεπτόκοκκα υπολείμματα, τα οποία δεν διαχωρίστηκαν επιτυχώς με τα προηγούμενα μηχανικά και φυσικοχημικά μέσα. Η φόρτωσή τους σε μεταφορικά μέσα προς τελική διάθεση ή περαιτέρω επεξεργασία πραγματοποιείται με τη χρήση βαρέως τύπου μηχανικού εξοπλισμού, όπως αρπάγες, ερπυστριοφόροι φορτωτές (wheel loaders), ή τηλεσκοπικοί γερανοί με κάδους τύπου clamshell, ανάλογα με τη μορφολογία και τον όγκο του υλικού. Η διαδικασία συνήθως υποστηρίζεται από αυτόματους ζυγιστικούς μηχανισμούς ή γεφυροπλάστιγγες που είναι ενσωματωμένες στον χώρο φόρτωσης, ώστε να διασφαλίζεται η ακριβής μέτρηση του φορτίου ανά όχημα.



Εικόνα 19 Διαδικασία φόρτωσης υπολειμμάτων σε ειδικό κάδο που φέρεται από φορτηγό όχημα (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΝΑΜΕΤ)

Η τροφοδοσία των φορτηγών με τα υπολείμματα πραγματοποιείται σε προκαθορισμένες θέσεις φορτοεκφόρτωσης, οι οποίες διαθέτουν κατάλληλο σχεδιασμό για την αποφυγή διαρροών και την ελαχιστοποίηση εκπομπών σκόνης και πτητικών ενώσεων. Σε πολλές περιπτώσεις, για την τήρηση των περιβαλλοντικών ορών λειτουργίας, η διαδικασία ενσωματώνεται σε κλειστούς ή μερικώς καλυμμένους χώρους με σύστημα φίλτρων και απαγωγής αερίων, ενώ εφαρμόζονται επίσης συστήματα ψεκασμού νερού για την καταστολή της σκόνης. Από τεχνικής σκοπιάς, η σωστή διαχείριση της φόρτωσης περιλαμβάνει την κατάλληλη κατανομή του βάρους στο φορτηγό, την αποφυγή υπερφόρτωσης σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις περί μεταφοράς αποβλήτων και την χρήση στεγανοποιημένων ή καλυμμένων οχημάτων για την αποτροπή τυχαίας διασποράς του φορτίου κατά την οδική μεταφορά. Παράλληλα, τηρείται η σχετική ιχνηλασιμότητα του φορτίου μέσω συνοδευτικών εγγράφων όπως Ειδικά Έντυπα Αναγνώρισης Αποβλήτων (ΕΕΑΑ) και καταχωρήσεων στο Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων.

Η αποτελεσματική και ασφαλής φόρτωση των υπολειμμάτων ολοκληρώνει τον κύκλο της ανακύκλωσης ενός ΟΤΚΖ, διασφαλίζοντας τη μετάβαση των μη αξιοποιήσιμων υλικών προς περαιτέρω ενεργειακή αξιοποίηση, θερμική επεξεργασία, ή ελεγχόμενη ταφή, σύμφωνα με την ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων και τους στόχους περιβαλλοντικής συμμόρφωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

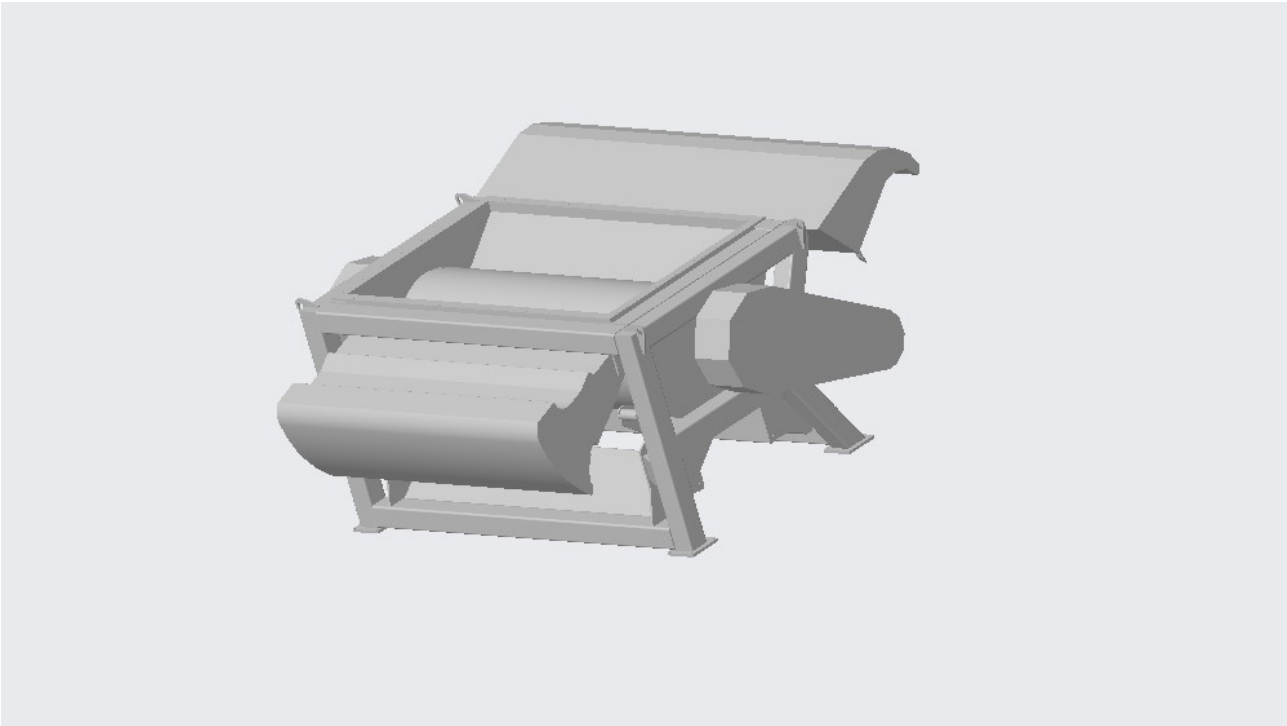
Ανάπτυξη Μηχανολογικών Σχεδίων στα Προγράμματα Inventor, Creo Parametric

4.1 Ταινιόδρομος Μεταφοράς



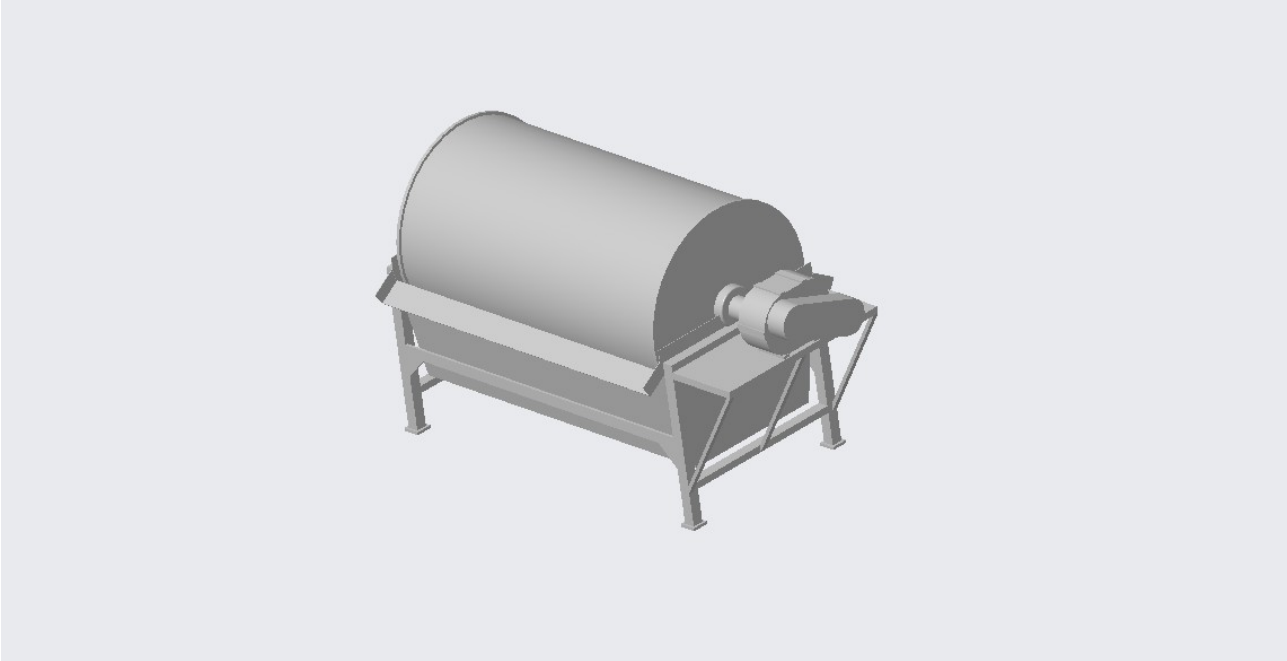
Εικόνα 20 Ταινιόδρομος μεταφοράς υλικών με ιμάντα πάχους χιλίων χιλιοστών (1000 mm) και μήκους (12303mm)

4.2 SHREDER (ΤΕΜΑΧΙΣΤΗΣ)



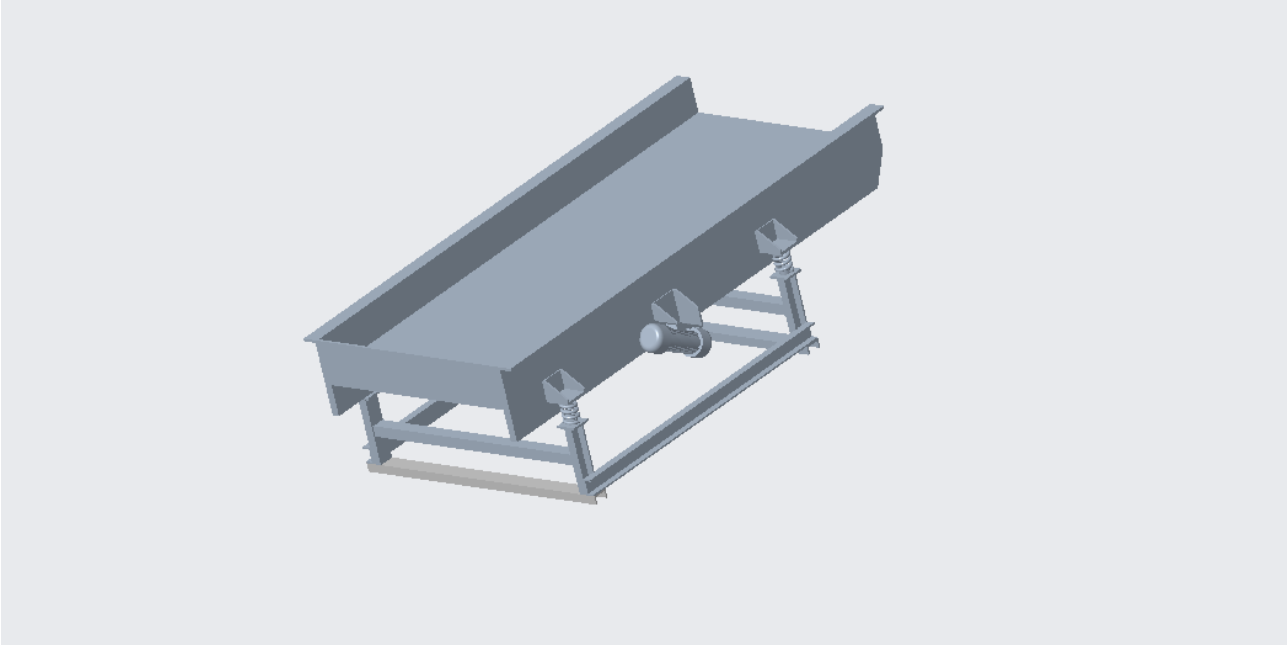
Εικόνα 21 Τεμαχιστής OTKZ οχήματος

4.3 MAGNETIC DRUM (ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΥΜΠΑΝΟ)



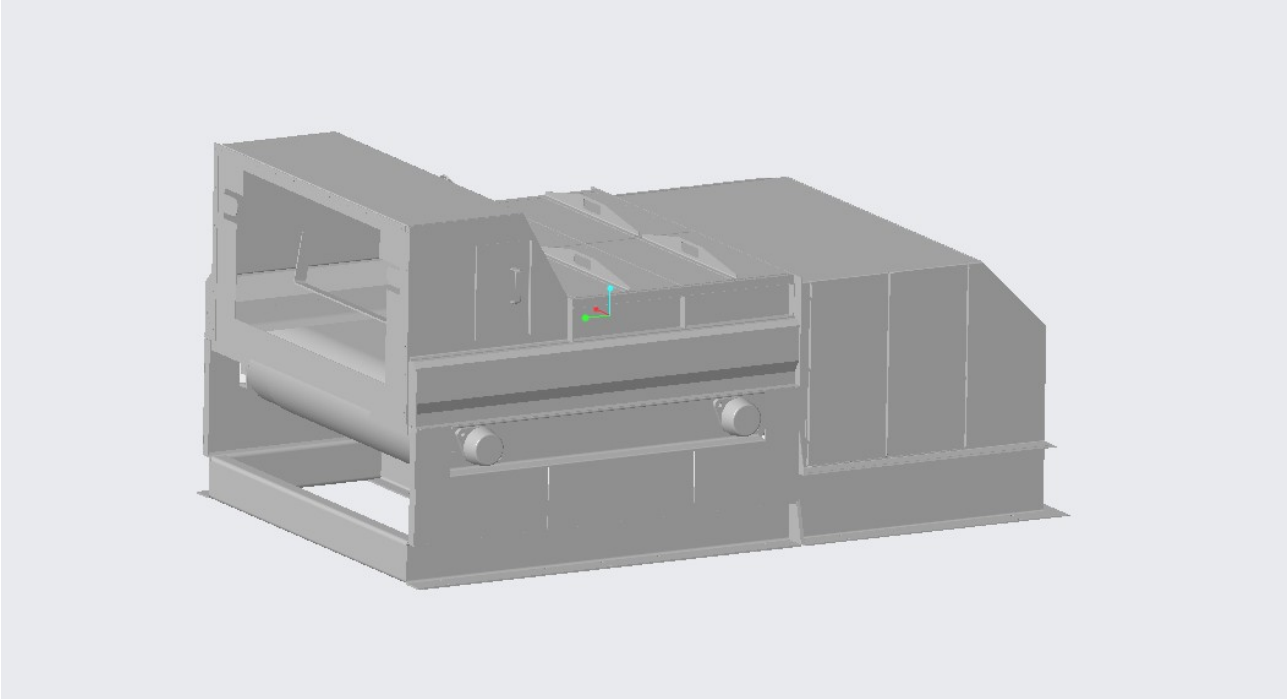
Εικόνα 22 Μαγνητικό τύμπανο που διαχωρίζει τα σιδηρούχα με τα μη σιδηρούχα

4.3.1 VIBRATING TABLE



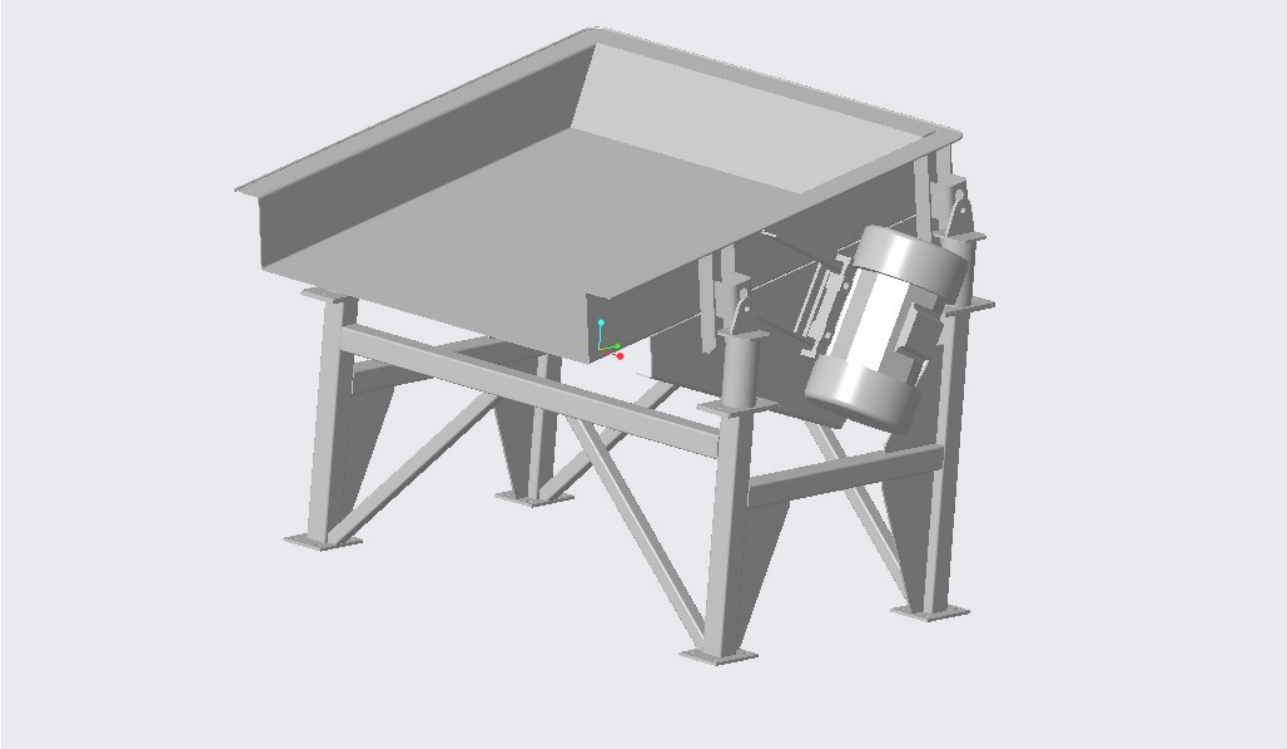
Εικόνα 23 Τραπέζι που προκαλεί δονήσεις και οδηγεί τα υλικά στο μαγνητικό τύμπανο

4.4 EDDY CURRENT SEPERATOR



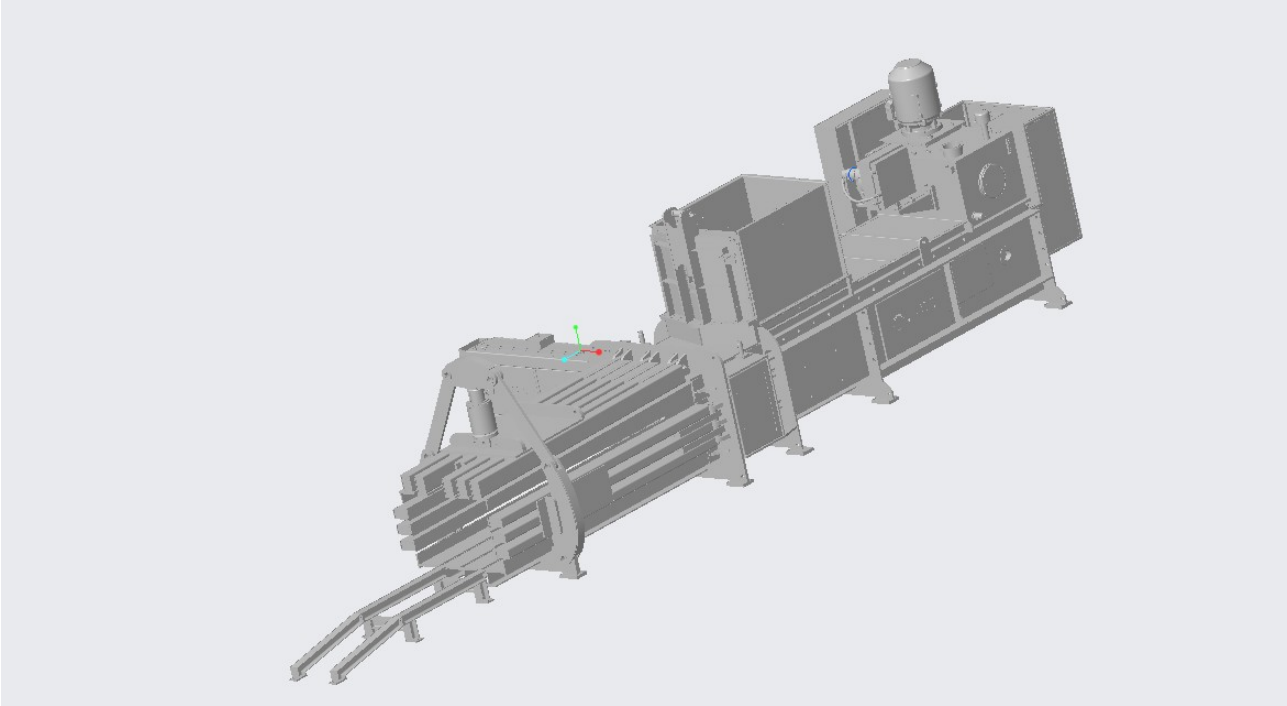
Εικόνα 24 Διαχωρίζει τα μεταλλικά υλικά ανάλογα με την αγωγιμότητά τους

4.4.1 VIBRATING TABLE



Εικόνα 25 Τραπέζι που δημιουργεί δονήσεις και οδηγεί τα υλικά στο eddy current separator

4.5 ΠΡΕΣΣΑ (PRESS)



Εικόνα 26 Πρέσα που συμπιέζει τα υλικά και τα μετατρέπει σε σχήμα κύβου

4.6 Τελικώς ανεπτυγμένο σχέδιο της μονάδας ανακύκλωσης

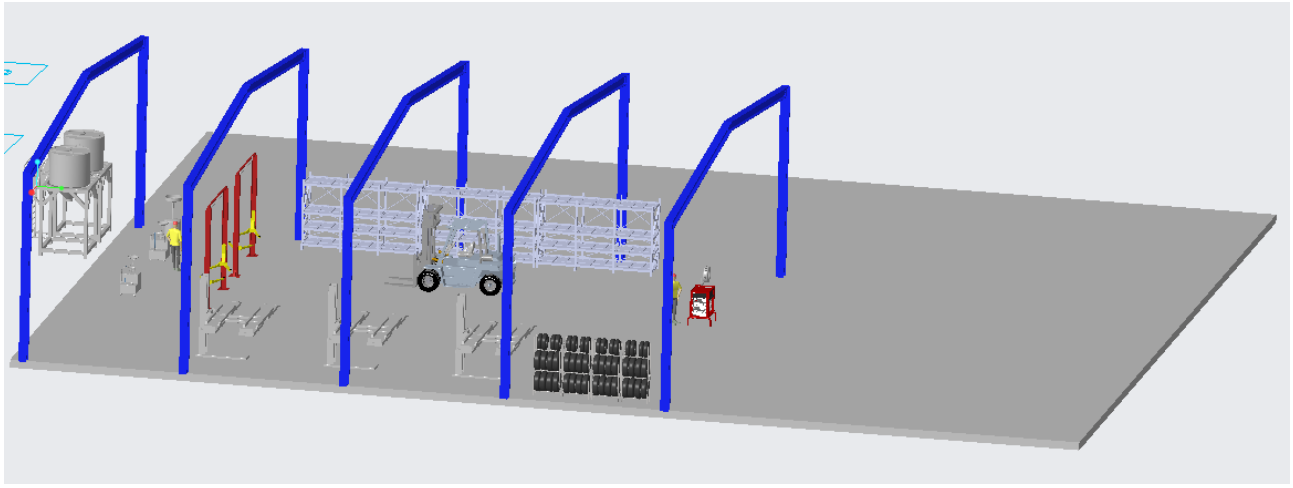
Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού όλων των εξαρτημάτων που απαρτίζουν τη μονάδα ανακύκλωσης, (shredder, μαγνητικό τύμπανο, eddy current separator, ταινιόδρομοι μεταφοράς, μονάδα χειροδιαλογής), σκοπός είναι να πραγματοποιηθεί η συναρμολόγηση όλων των παραπάνω με αποτέλεσμα την αποτύπωση όλης της εγκατάστασης.

4.6.1 Σχεδιαστική απεικόνιση του κτηρίου απορρύπανσης και των μηχανημάτων

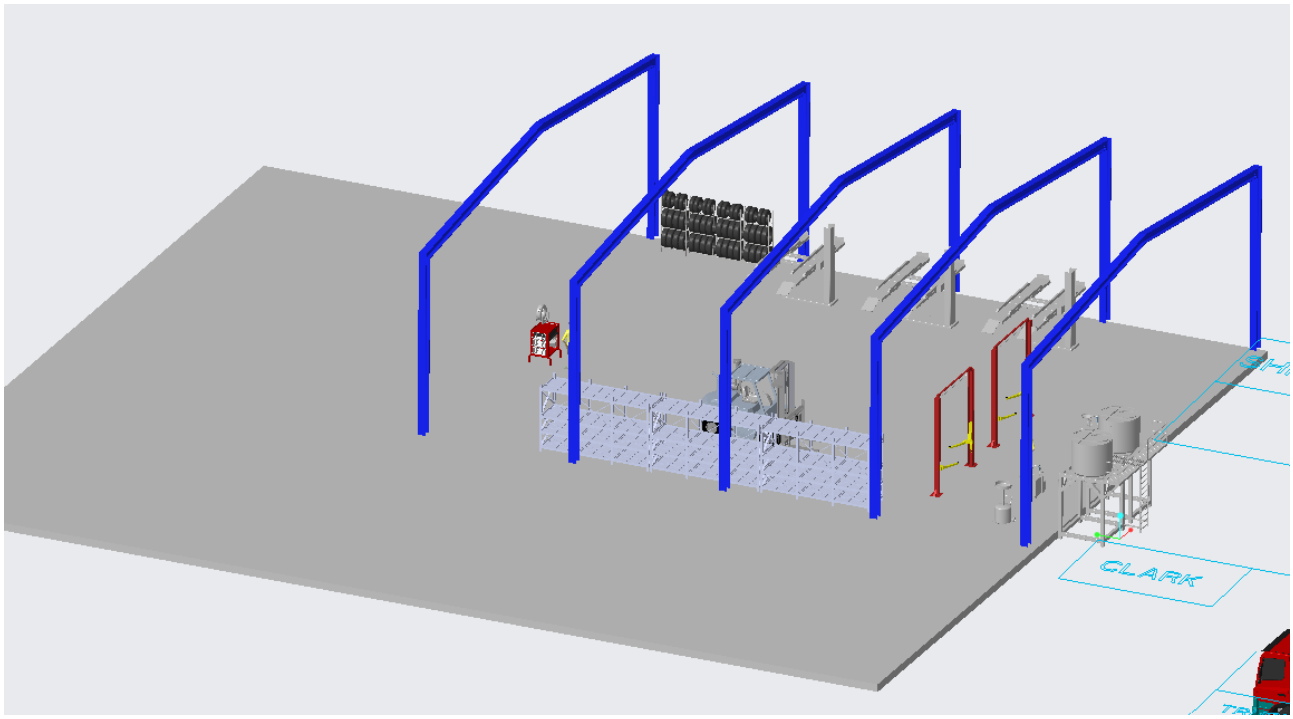
Το κτήριο απορρύπανσης αποτελεί τον πρώτο και πλέον κρίσιμο σταθμό στη διαδικασία ανακύκλωσης ενός Οχήματος Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ), καθώς σε αυτό εκτελούνται όλες οι εργασίες ασφαλούς απομάκρυνσης επικίνδυνων και ρυπογόνων ουσιών πριν την εισαγωγή του οχήματος στον τεμαχισμό. Η δομή του περιλαμβάνει έναν κλειστό και πλήρως αεριζόμενο χώρο ο οποίος διαθέτει βιομηχανικό δάπεδο υψηλής αντοχής και επικάλυψη ανθεκτική στα χημικά. Στο εσωτερικό, η διάταξη είναι εργονομικά σχεδιασμένη ώστε να επιτρέπει την ταυτόχρονη εργασία σε πολλαπλά οχήματα, με διακριτές θέσεις εργασίας για την αποστράγγιση καυσίμων, λιπαντικών, ψυκτικών υγρών και υγρών φρένων. Αναλυτικότερα το κτήριο διαθέτει τρείς γρύλους ανύψωσης με σκοπό την απομάκρυνση των άχρηστων αντικειμένων και δύο ανυψωτικούς γρύλους για την αφαίρεση των υγρών. Στο εσωτερικό υπάρχει επίσης και ένα όχημα Κλαρκ για την μεταφορά των οχημάτων. Μεταλλικά ράφια για την τοποθέτηση των χρήσιμων ανταλλακτικών και των ζαντών των αυτοκινή-

των βρίσκονται στα πλαϊνά του κτηρίου για να μην εμποδίζουν την ομαλή εργασία του εξειδικευμένου προσωπικού.

Στο σημείο που πραγματοποιείται η αφαίρεση των υγρών του οχήματος, βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά του κτηρίου ειδικές δεξαμενές οι οποίες είναι τοποθετημένες πάνω σε μεταλλικές κατασκευές που διαθέτουν μια σκάλα και κάγκελα για την ασφαλή πρόσβαση του εργαζόμενου.



Εικόνα 27 Αριστερή πλάγια όψη του κτηρίου απορρύπανσης

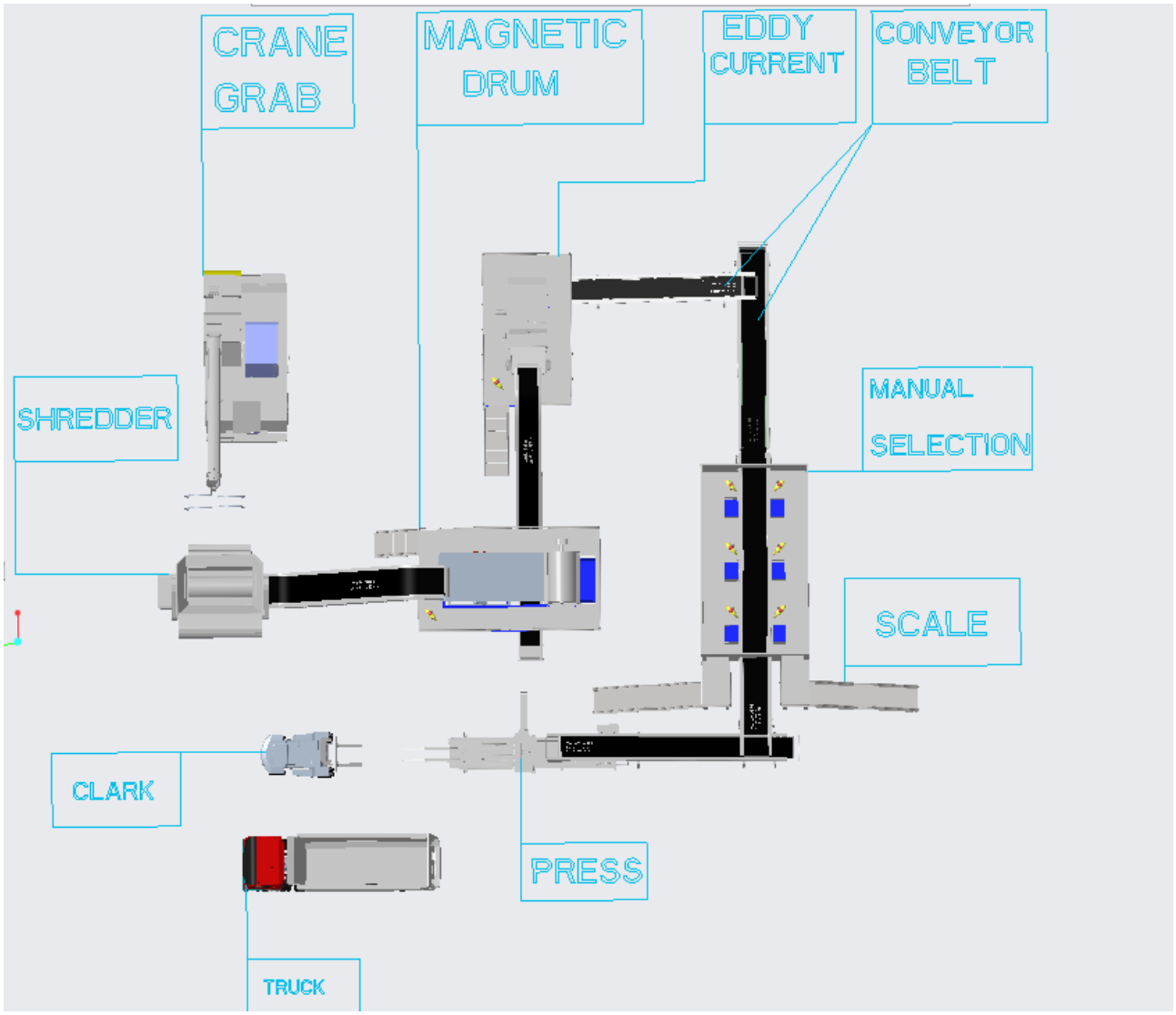


Εικόνα 28 Δεξιά πλάγια όψη του κτηρίου απορρύπανσης

4.6.2 Σχεδιαστική απεικόνιση των μηχανημάτων επεξεργασίας του απορρυπασμένου οχήματος και των ταινιοδρόμων μεταφοράς

Η διαδικασία μεταφοράς του οχήματος πραγματοποιείται σε εξωτερικό, ελεγχόμενο χώρο, ο οποίος διαθέτει κατάλληλη διαμόρφωση δαπέδου για την κυκλοφορία βαρέων μηχανη-

μάτων και την αποφυγή της καθίζησης. Ο χειριστής του γερανού τοποθετεί την αρπάγη σε στρατηγικά σημεία του αμαξώματος, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ανύψωση χωρίς παραμόρφωση κρίσιμων περιοχών που ενδέχεται να επηρεάσουν την τροφοδοσία του shredder. Ο θάλαμος του shredder είναι σχεδιασμένος ώστε να αντέχει τις υψηλές μηχανικές καταπονήσεις που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της θραύσης, ενώ διαθέτει και συστήματα ασφαλείας που εμποδίζουν την ακούσια απελευθέρωση για την απομάκρυνση τυχόν υπολειπόμενων στοιχείων που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά, όπως μεγάλες πέτρες ή μηχανικά εμπόδια.



Εικόνα 29 Κάτοψη της μονάδας επεξεργασίας ΟΤΚΖ οχημάτων

Αφού το όχημα τεμαχιστεί από τον shredder, τα κομμάτια του αυτοκινήτου οδηγούνται με την βοήθεια ταινιόδρομου μεταφοράς σε ένα νέο μηχάνημα, το μαγνητικό τύμπανο (magnetic drum). Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο το μαγνητικό τύμπανο έχει την ικανότητα να διαχωρίζει τα σιδηρούχα μέταλλα ανάλογα με την μαγνητική επαγωγή τους. Το συγκεκριμένο μαγνητικό τύμπανο που έχει σχεδιαστεί είναι τοποθετημένο επάνω σε μια σιδηροκατασκευή με σκοπό την ασφαλή συγκράτηση του μηχανήματος, διότι αναπτύσσονται διάφοροι κραδασμοί οι οποίοι επηρεάζουν την λειτουργεία του συστήματος. Στο κάτω μέρος του τυμπάνου είναι

τοποθετημένος ένας κάδος αποθήκευσης των άχρηστων υλικών που διαχωρίζονται. Επιπλέον η σιδηροκατασκευή στήριξης διαθέτει και ένα πατάρι με κάγκελα και μια σκάλα με σκοπό να μπορεί ο εργαζόμενος να επεμβαίνει με ασφάλεια σε οποιαδήποτε δυσλειτουργία του μηχανήματος.

Τα εναπομείνασα υλικά οδηγούνται ξανά με την απαραίτητη παρουσία του ταινιόδρομου σε ένα νέο μηχάνημα το eddy current separator. Με το eddy current separator πραγματοποιείται ο περαιτέρω διαχωρισμός και η ανάκτηση των πολύτιμων δευτερογενών πρώτων υλών. Όπως και το προηγούμενο μηχάνημα, έτσι και αυτό βρίσκεται πάνω σε μια σιδηροκατασκευή για την αποφυγή των κραδασμών αλλά και την ασφαλή λειτουργία του μηχανήματος. Η σιδηροκατασκευή αυτή διαθέτει και πατάρι με κάγκελα και μια σκάλα για την ασφαλή παρεμβολή του εξειδικευμένου προσωπικού. Κάτω από το eddy current separator υπάρχει ένας κάδος των άχρηστων απορριμμάτων.

Στη συνέχεια ακολουθούν δύο διαδοχικοί ταινιόδρομοι. Ο δεύτερος ταινιόδρομος περνά μέσα από έναν κλειστό χώρο στον οποίο εκεί πραγματοποιείται η διαδικασία της χειροδιαλογής. Η χειροδιαλογή, όπως επισημάνθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιείται επίσης για την επιλογή συγκεκριμένων υλικών υψηλής αξίας ή για την απομόνωση υλικών που απαιτούν ειδική διαχείριση, όπως μικρές ηλεκτρονικές πλακέτες, μπαταρίες, ή επικίνδυνα απόβλητα που διέφυγαν από την αρχική απορρύπανση. Όπως φαίνεται και στο σχέδιο εκεί εργάζονται έξι άτομα όπου το κάθε ένα στο κάτω μέρος της κατασκευής διαθέτει δικό του κάδο για την περισυλλογή των υλικών. Και αυτή η μονάδα είναι τοποθετημένη επάνω σε μια σιδηροκατασκευή με σκοπό την ασφαλή συγκράτησή της. Ακόμη διαθέτει δύο σκάλες πρόσβασης διότι σε περίπτωση βλάβης της μονάδας να πραγματοποιείται εύκολα και γρήγορα η απομάκρυνση του προσωπικού δυναμικού.

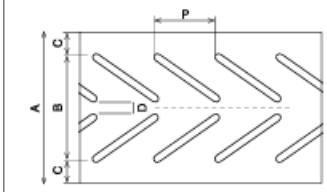
Τέλος ακολουθεί και ένας ακόμη ταινιόδρομος ο οποίος οδηγεί τα υλικά στη πρέσα. Η πρέσα συμπιέζει τα υλικά και τα μετατρέπει σε μορφή κύβου. Στη συνέχεια το όχημα τύπου Κλαρκ να φορτώνει στο φορτηγό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Πίνακες Τυποποίησης Μηχανολογικών Συστημάτων Μεταφοράς

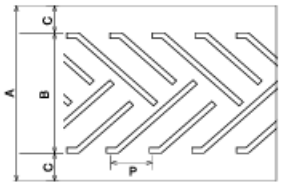
5.1

S15 CLASSIC / CLÁSICO / CLASSIQUE



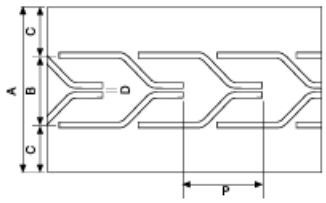
A	400	500	600	650	800	1000
B	300	300	450	450	600	600
C	50	100	75	100	100	200
D	25	25	25	25	25	25
P	146	146	219	219	328	250

S15 OFFSET / ESCALONADO / DÉCALÉ



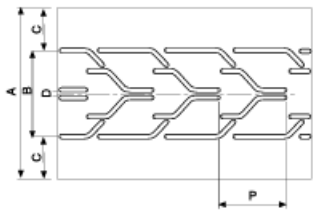
A	1000	1200	1400
B	750	750	750
C	125	225	425
D	40	40	40
P	300	300	300

S17 – L285



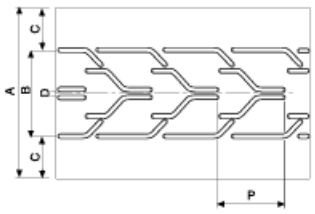
A	400	500
B	285	285
C	57	107
D	20	20
P	330	330

L440



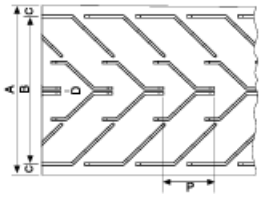
A	600	650
B	425	425
C	88	103
D	20	20
P	315	315

L640



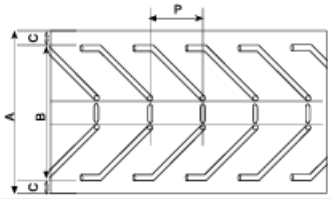
A	800	1000
B	620	620
C	90	190
D	20	20
P	375	375

L970



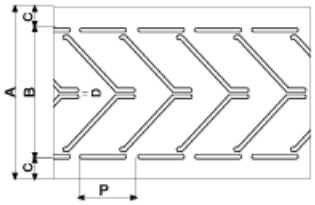
A	1200	1400
B	950	950
C	125	225
D	20	20
P	390	390

S25 type N



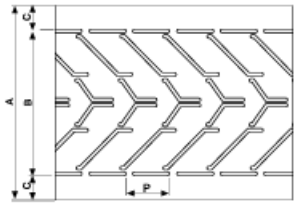
A	600	650	800	1000	1200
B	450	450	550	750	750
C	100	100	125	125	225
D	10	10	10	10	10
P	320	320	270	450	450

S25 - L540



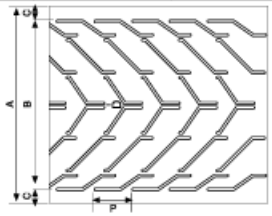
A	650	800
B	540	540
C	55	130
D	15	15
P	250	250

S25 – L830



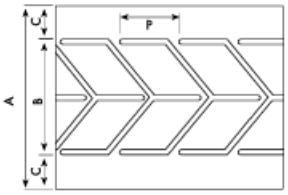
A	1000	1200
B	830	830
C	85	185
D	15	15
P	250	250

S25 – L1120



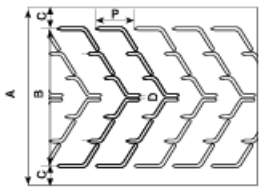
A	1200	1400
B	1120	1120
C	40	140
D	15	15
P	250	250

S32



A	800	1000
B	600	800
C	100	100
D	--	--
P	365	480

S30 – L1325



A	1400	1600	1800
B	1325	1325	1625
C	43	137	88
D	15	15	15
P	330	330	330

Πίνακας 1 Διαφορετικά είδη ταινιοδρόμων ανάλογα με την επιθυμητή εργασία (S15 CLASSIC)

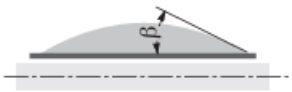
5.2

TABLE TABLA TABLEAU 1A	NON COVERED PULLEY / TAMBOR NO REVESTIDO / TAMBOUR SANS REVÊTEMENT μ=0,25													
	α=180° K1=1,84							α=210° K1=1,67						
	SPEED / VELOCIDAD / VITESSE (m/s)							SPEED / VELOCIDAD / VITESSE (m/s)						
MOTOR POWER POTENCIA MOTOR PUISSANCE MOTEUR (kw)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
1	3680	1840	1227	920	736	613	460	3340	1670	1113	835	668	557	418
2	7360	3680	2453	1840	1472	1227	920	6680	3340	2227	1670	1336	1113	835
3	11040	5520	3680	2760	2208	1840	1380	10020	5010	3340	2505	2004	1670	1253
4	14720	7360	4907	3680	2944	2453	1840	13360	6680	4453	3340	2672	2227	1670
5	18400	9200	6133	4600	3680	3067	2300	16700	8350	5567	4175	3340	2783	2088
6	22080	11040	7360	5520	4416	3680	2760	20040	10020	6680	5010	4008	3340	2505
7	25760	12880	8587	6440	5152	4293	3220	23380	11690	7793	5845	4676	3897	2923
8	29440	14720	9813	7360	5888	4907	3680	26720	13360	8907	6680	5344	4453	3340
9	33120	16560	11040	8280	6624	5520	4140	30060	15030	10020	7515	6012	5010	3758
10	36800	18400	12267	9200	7360	6133	4600	33400	16700	11133	8350	6680	5567	4175
11	40480	20240	13493	10120	8096	6747	5060	36740	18370	12247	9185	7348	6123	4593
12	44160	22080	14720	11040	8832	7360	5520	40080	20040	13360	10020	8016	6680	5010
13	47840	23920	15947	11960	9568	7973	5980	43420	21710	14473	10855	8684	7237	5428
14	51520	25760	17173	12880	10304	8587	6440	46760	23380	15587	11690	9352	7793	5845
15	55200	27600	18400	13800	11040	9200	6900	50100	25050	16700	12525	10020	8350	6263
16	58880	29440	19627	14720	11776	9813	7360	53440	26720	17813	13360	10688	8907	6680
17	62560	31280	20853	15640	12512	10427	7820	56780	28390	18927	14195	11356	9463	7098
18	66240	33120	22080	16560	13248	11040	8280	60120	30060	20040	15030	12024	10020	7515
19	69920	34960	23307	17480	13984	11653	8740	63460	31730	21153	15865	12692	10577	7933
20	73600	36800	24533	18400	14720	12267	9200	66800	33400	22267	16700	13360	11133	8350

TABLE TABLA TABLEAU 1B	COVERED PULLEY / TAMBOR REVESTIDO / TAMBOUR AVEC REVÊTEMENT μ=0,30													
	α=180° K1=1,67							α=210° K1=1,5						
	SPEED / VELOCIDAD / VITESSE (m/s)							SPEED / VELOCIDAD / VITESSE (m/s)						
MOTOR POWER POTENCIA MOTOR PUISSANCE MOTEUR (kw)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
1	3340	1670	1113	835	668	557	418	3000	1500	1000	825	600	500	375
2	6680	3340	2227	1670	1336	1113	835	6000	3000	2000	1650	1200	1000	750
3	10020	5010	3340	2505	2004	1670	1253	9000	4500	3000	2475	1800	1500	1125
4	13360	6680	4453	3340	2672	2227	1670	12000	6000	4000	3300	2400	2000	1500
5	16700	8350	5567	4175	3340	2783	2088	15000	7500	5000	4125	3000	2500	1875
6	20040	10020	6680	5010	4008	3340	2505	18000	9000	6000	4950	3600	3000	2250
7	23380	11690	7793	5845	4676	3897	2923	21000	10500	7000	5775	4200	3500	2625
8	26720	13360	8907	6680	5344	4453	3340	24000	12000	8000	6600	4800	4000	3000
9	30060	15030	10020	7515	6012	5010	3758	27000	13500	9000	7425	5400	4500	3375
10	33400	16700	11133	8350	6680	5567	4175	30000	15000	10000	8250	6000	5000	3750
11	36740	18370	12247	9185	7348	6123	4593	33000	16500	11000	9075	6600	5500	4125
12	40080	20040	13360	10020	8016	6680	5010	36000	18000	12000	9900	7200	6000	4500
13	43420	21710	14473	10855	8684	7237	5428	39000	19500	13000	10725	7800	6500	4875
14	46760	23380	15587	11690	9352	7793	5845	42000	21000	14000	11550	8400	7000	5250
15	50100	25050	16700	12525	10020	8350	6263	45000	22500	15000	12375	9000	7500	5625
16	53440	26720	17813	13360	10688	8907	6680	48000	24000	16000	13200	9600	8000	6000
17	56780	28390	18927	14195	11356	9463	7098	51000	25500	17000	14025	10200	8500	6375
18	60120	30060	20040	15030	12024	10020	7515	54000	27000	18000	14850	10800	9000	6750
19	63460	31730	21153	15865	12692	10577	7933	57000	28500	19000	15675	11400	9500	7125
20	66800	33400	22267	16700	13360	11133	8350	60000	30000	20000	16500	12000	10000	7500

Πίνακας 2 Ηλεκτροκινητήρες ταινιοδρόμων, ανάλογα με την ισχύει και η αντίστοιχη ροπή και ταχύτητα

5.3



Tab. **5₃ - Loaded volume**
with flat roller sets **v = 1 m/s**

Belt width mm	Angle of surcharge β	I_{VT} m³/h λ = 0°	Belt width mm	Angle of surcharge β	I_{VT} m³/h λ = 0°
300	5°	2.5	1600	5°	101.3
	10°	5.1		10°	203.2
	20°	10.3		20°	411.3
	25°	13.0		25°	519.0
	30°	15.8		30°	630.1
400	5°	5.0	1800	5°	129.2
	10°	10.1		10°	259.2
	20°	20.5		20°	524.8
	25°	25.8		25°	662.1
	30°	31.3		30°	803.8
500	5°	8.4	2000	5°	160.5
	10°	16.8		10°	322.0
	20°	34.1		20°	652.0
	25°	43.0		25°	822.7
	30°	52.2		30°	998.7
650	5°	15.0	2200	5°	199.3
	10°	30.1		10°	399.8
	20°	60.9		20°	809.6
	25°	76.9		25°	1021.5
	30°	93.3		30°	1240.0
800	5°	23.5	2400	5°	242.3
	10°	47.2		10°	486.0
	20°	95.6		20°	984.1
	25°	120.6		25°	1241.7
	30°	146.4		30°	1507.4
1000	5°	37.9	2600	5°	289.5
	10°	76.0		10°	580.7
	20°	153.8		20°	1175.8
	25°	194.1		25°	1483.5
	30°	235.6		30°	1800.9
1200	5°	55.6	2800	5°	340.8
	10°	111.6		10°	683.7
	20°	225.9		20°	1384.4
	25°	285.0		25°	1746.8
	30°	346.0		30°	2120.5
1400	5°	76.7	3000	5°	396.4
	10°	153.9		10°	795.2
	20°	311.7		20°	1610.1
	25°	393.3		25°	2031.5
	30°	477.5		30°	2466.2

Πίνακας 3 Γωνία ταινιόδρομου μεταφοράς ανάλογα με το πλάτος

5.4

Range of qualities

Cover	Cover classification		Temperatur range °C			Polymer basis
	Abrasion < mm³	Elongation at break min. in %	Min. ambient temperature	Constant material temperature	Max. temporary material temperature	
AA*	130	400	-30	80	90	SBR
Y	150	400	-30	80	100	SBR
X/H	120	450	-40	80	90	NR
W/D	90	400	-30	80	90	NR/SBR
T1	200	400	-20	150	170	SBR
T2	200	400	-20	200	220	EPDM
G	130	400	-20	80	90	SBR/NBR
G+	130	400	-20	80	90	NBR
G1	170	450	-20	80	90	SBR/NBR
K/S	200	350	-20	80	90	SBR
VT/V	175	350	-20	80	90	CR
PVG SBR	90	400	-10	50	60	SBR
PVG C1**	120	400	0	50	60	CR
PVG C2**	160	400	0	50	60	CR

Πίνακας 4 Ποιότητα ταινιόδρομου ανάλογα με το είδος κατασκευής

5.5

Tab. **4 - Minimum belt width**

in relation to belt breaking load and roller inclinations.

Breaking load	Belt width		
N/mm	λ= 20/25° mm	λ= 30/35°	λ= 45°
250	400		
315	400	400	450
400	400	400	450
500	450	450	500
630	500	500	600
800	500	600	650
1000	600	650	800
1250	600	800	1000
1600	600	800	1000

Πίνακας 5 Ελάχιστο πλάτος ταινιόδρομου

5.6

TABLE TABLA TABLEAU 2	BELT STRENGTH CLASE DE BANDA DE T1(N) Y ANCHO BANDA (mm) TYPE DE BANDE DE T1 (N) ET LARGEUR DE BANDE (mm)						
	TYPE OF BELT / TIPO DE BANDA / TYPE DE BANDE						
B WIDTH B ANCHO B LARGEUR (mm)	160/2	200/2	250/2	315/3	400/3	500/4	630/4
300	4800	6000	7500	9450	12000	15000	18900
400	6400	8000	10000	12600	16000	20000	25200
500	8000	10000	12500	15750	20000	25000	31500
600	9600	12000	15000	18900	24000	30000	37800
650	10400	13000	16250	20475	26000	32500	40950
700	11200	14000	17500	22050	28000	35000	44100
800	12800	16000	20000	25200	32000	40000	50400
1000	16000	20000	25000	31500	40000	50000	63000
1200	19200	24000	30000	37800	48000	60000	75600
1400	22400	28000	35000	44100	56000	70000	88200

Πίνακας 6 Αντοχή ταινιόδρομου μεταφοράς ανάλογα με το πάχος του

5.7

Designation (kN/m)	Min cover thickness (mm)	Cords		Belt mass		Belt thickness (mm)
		Diameter (mm)	Spacing (mm)	Standard (kg/m^2)	Grade S (kg/m^2)	
ST500	4	2.6	13.8	14.1	16.3	10.6
ST560	4	2.8	13.8	14.7	16.9	10.8
ST630	4	3.0	13.8	15.2	17.4	11
ST710	4	3.1	13.8	15.5	17.6	11.1
ST800	4	3.4	13.8	16.4	18.5	11.4
ST900	4	3.8	15.3	17.2	19.3	11.8
ST1000	4	4.0	15.3	17.9	20.0	12
ST1120	4	4.2	15.3	18.4	20.5	12.2
ST1250	5	4.5	15.3	21.8	24.4	14.5
ST1400	5	4.8	15.3	22.7	25.3	14.8
ST1600	5	5.5	17.3	24.4	27.0	15.5
ST1800	5	6.0	17.3	25.9	28.5	16
ST2000	5	6.4	17.3	27.2	29.8	16.4
ST2240	5	6.8	17.3	28.8	31.4	16.8
ST2500	6	7.4	19.4	32.4	35.4	19.4
ST2800	6	8.0	19.4	34.3	37.4	20
ST3150	6	8.6	19.4	36.8	39.9	20.6
ST3550	7	9.2	19.4	41.3	44.8	23.2
ST4000	7	9.8	19.4	43.7	47.2	23.8
ST4500	8	10.4	19.4	48.7	52.7	26.4
ST5000	8	11.0	19.4	51.2	55.2	27
ST5600	9	11.8	19.4	57.4	61.8	29.8
ST6300	9	12.8	20	61.1	65.5	30.8

Designation (kN/m)	Min cover thickness (mm)	Cords		Belt mass		Belt thickness (mm)
		Diameter (mm)	Spacing (mm)	Standard (kg/m^2)	Grade S (kg/m^2)	
FIXED PITCH BELT CONSTRUCTIONS						
ST800	4	3.2	12	14.7	16.9	11.2
ST1000	4	3.8	12	16.0	18.2	11.8
ST1250	4	4.0	12	16.6	18.7	12
ST1600	5	4.6	12	20.3	22.9	14.6
ST2000	5	5.2	12	21.8	24.4	15.2
ST2500	5	5.6	12	22.9	25.6	15.6
DIN BELT CONSTRUCTIONS						
ST1000	4	3.6	12	17.3	19.4	11.6
ST1250	4	4.4	14	19.6	21.7	12.4
ST1600	5	5.2	15	24.1	26.7	15.2
ST2000	5	5.2	12	25.4	28.0	15.2
ST2500	5	6.8	15	30.0	32.6	16.8
ST3150	6	7.6	15	35.7	38.7	19.6
ST3500	6	8.2	15	38.2	41.2	20.2
ST4000	6	8.6	15	40.2	43.1	20.6
ST4500	7	9.6	16	45.9	49.3	23.6
ST5000	8	10.6	17	51.6	55.5	26.6
ST5400	8	11.0	17	53.5	57.4	27

Πίνακας 7 Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του ταινιόδρομου και οι αντίστοιχες ελάχιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις

5.8

Tab. **3 - Maximum speeds advised**

Lump size max. dimensions		**Belt** min. width	max. speed			
uniform up to mm	mixed up to mm	mm	A	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

Πίνακας 8 Μέγιστες ταχύτητες ταινιόδρομου ανάλογα με το πάχος κατασκευής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα - Προτάσεις

6.1 Τεχνικά Συμπεράσματα Σχεδιασμού Ταινιοδρόμων

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε τη σημασία της προσεκτικής και τεχνικά τεκμηριωμένης σχεδίασης μηχανολογικών συστημάτων μεταφοράς, με έμφαση στους ταινιόδρομος που χρησιμοποιούνται σε μονάδες επεξεργασίας και ανακύκλωσης οχημάτων. Μέσα από την ανάλυση φορτίων, τη μελέτη των καμπύλων μεταφοράς και την επιλογή κρίσιμων εξαρτημάτων όπως ιμάντες, τύμπανα, έδρανα και κινητήρια συστήματα, προέκυψαν δεδομένα που τεκμηριώνουν τη βιωσιμότητα του προτεινόμενου σχεδιαστικού μοντέλου. Ο υπολογισμός των τάσεων στον ιμάντα, η επιλογή υλικών υψηλής αντοχής (S355, S235 και πολλά ακόμη) καθώς και η υιοθέτηση πρότυπων (DIN, ISO), απέδειξαν ότι ο ταινιόδρομος μπορεί να λειτουργήσει αξιόπιστα υπό συνεχές φορτίο, με υψηλό δείκτη λειτουργικής ασφάλειας. Επιπλέον, διαπιστώθηκε πως η σωστή γεωμετρική κατανομή στηρίξεων και τυμπάνων ελαχιστοποιεί τα σημεία παραμόρφωσης και παρατείνει τον κύκλο ζωής του συστήματος.

6.2 Βελτιστοποίηση Επεξεργασίας και Διαχωρισμού Υλικών

Κατά την μελέτη του κύκλου ζωής ενός ΟΤΚΖ (Όχημα Τέλους Κύκλου Ζωής), αποδείχθηκε ότι η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα του τεμαχισμού και της διαλογής υλικών αποτελεί καθοριστι-

κό παράγοντα για την ενεργειακή και λειτουργική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως τα μαγνητικά τύμπανα και οι επαγωγικοί διαχωριστές τύπου eddy current παρέχει δυνατότητες υψηλής καθαρότητας στον διαχωρισμό σιδηρούχων και μη σιδηρούχων υλικών, μειώνοντας τις απώλειες και αυξάνοντας την ανακυκλωσιμότητα των προϊόντων. Παράλληλα η χρήση χειροδιαλογής ως συμπληρωματική διεργασία παρέχει ευελιξία στην απομάκρυνση δύσκολων ή μη ανιχνεύσιμων υλικών όπως σύνθετα πολυμερή, διασφαλίζοντας έτσι την ποιότητα του τελικού κλάσματος. Η μηχανολογική διάσταση της διαχείρισης των υπολειμμάτων αναδεικνύει την ανάγκη συνεχούς ροών, για την επίτευξη βιομηχανικής συνέργειας με περιβαλλοντική υπευθυνότητα.

6.3 Προτάσεις για Βελτίωση και Μελλοντική Ανάπτυξη

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα, καθίσταται σαφές ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια τεχνικής και λειτουργικής αναβάθμισης τόσος στα συστήματα μεταφοράς όσο και στα μηχανήματα επεξεργασίας υλικών. Προτείνεται η ενσωμάτωση αυτοματοποιημένων συστημάτων ανίχνευσης και ελέγχου όπως μέσω PLC ή SCADA για την καλύτερη παρακολούθηση της ροής και της κατάστασης λειτουργίας των ταινιοδρόμων. Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη νέων σχεδιαστικών λύσεων με αρθρωτές (modular) αρχιτεκτονικές μπορεί να επιτρέψει ταχύτερη συντήρηση και προσαρμοστικότητα του εξοπλισμού ανάλογα με το είδος των προς ανακύκλωση εξαρτημάτων. Τέλος, συνιστάται η διαρκής επικαιροποίηση των σχεδίων CAD με βάση την πρόοδο της διεθνούς τυποποίησης (ISO, EN) και η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για την τεχνική κατάρτιση του προσωπικού λειτουργίας, προκειμένου να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο αποδοτικότητας και ασφάλειας στον χώρο της ανακύκλωσης οχημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ

1) Groover, M. P. (2013). *Principles of Modern Manufacturing*. Wiley.

2) Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson**.**

3) Mulholland, A. (2019). *Recycling Technology: Concepts and Applications*. CRC Press**.**

4) Franz, R. (2016). *Handbook of Material Separation*. Elsevier.

5) Kutz, M. (Ed.). (2007). *Handbook of Environmental Engineering*. Wiley.

6) Housholder, R. (2002). *Material Handling Systems: Designing for Safety and Performance*. **SME Press.**

7) Pichtel, J. (2014). *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*. CRC Press.

8) Gerrard, J., & Kandlikar, M. (2007). *Is European End-of-Life Vehicle legislation living up to expectations? Environmental Science & Technology*, 41(7), 2195–2200.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

1) Vermeulen, I. et al. (2011). "Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or disposal options." *Journal of Hazardous Materials*, 190(1–3), 8–27.

2) Santini, A. et al. (2012). "Recycling of ELVs: A state-of-the-art review." *Waste Management*, 32(6), 977–990.

3) Zhang, Y., & Forssberg, E. (1998). "Mechanical separation-oriented characterization of electronic scrap." *Resources, Conservation and Recycling*, 23(1–2), 133–150.

4) Yao, Y., & Wen, Z. (2010). "Current situation and future development of end-of-life vehicle recycling in China." *Procedia Environmental Sciences*, 2, 666–675.

5) Zhou, C. et al. (2016). "Separation technologies for metals recovery from waste automotive shredder residues (ASR): A review." *Waste Management*, 60, 620–633.

ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ

1) Directive 2000/53/EC – *European Directive on End-of-Life Vehicles (ELV)*.

2) ISO 14001:2015 – Environmental management systems.

3) ISO 18263 – Plastics recycling standard for material recovery**.**

4) UNECE Regulation No. 132 – Approval of vehicles with regard to their recyclability.

5) EN 15001 – Waste Treatment – Shredding Residue Management.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΕΚΜΙΡΙΩΣΗ

1) **Autodesk Inc.** (2023). *AutoCAD Mechanical – User Guide & Reference Manual*.
2) **Creo Parametric** 10.0.4.0

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ ΚΑΙ ΦΟΡΕΙΣ

1) Εθνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ) – https://www.eoan.gr
2) Ελληνική Εταιρεία Ανακύκλωσης Οχημάτων (ΕΔΟΕ) – https://www.edoe.gr
3) European Environment Agency (EEA) – https://www.eea.europa.eu
4) International Automobile Recycling Congress (IARC) – https://www.icm.ch
5) European Automobile Manufacturers Association (ACEA) – https://www.acea.auto
6) https://grabcad.com/library
7) https://el.avtotachki.com/tehnicheskaya-stat-ya-kakie-materialy-ispol-zuyutsya-v-proizvodstve-kuzovov/#i-5