



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



ΤΜ
ΧΠ
ΠΑ



Εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο: Κυκλική διαχείριση ασφαλτικών υλικών

ΓΡΗΓΟΡΟΥΛΗ ΑΛΚΜΗΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΕΡΑΦΕΙΜ ΠΟΛΥΖΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2022

ΔΗΛΩΣΗ

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: Σεπτέμβριος 2022

Όνοματεπώνυμο: Γρηγορούλη Αλκμήνη

Υπογραφή:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της κυκλικής οικονομίας είναι να δώσει απάντηση σε μια σειρά από προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή και η αλόγιστη χρήση φυσικών ορυκτών και πλουτοπαραγωγικών πηγών. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης, με απώτερο σκοπό την μεγιστοποίηση του κύκλου ζωής των υφιστάμενων υλικών και προϊόντων και τη δημιουργία προστιθέμενης αξίας. Ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή πρώτων υλών, με κατανάλωση σε ποσοστό 80% από το σύνολο των υλικών που παράγονται και χρησιμοποιούνται στο δομημένο περιβάλλον, καθώς και παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων, με σημαντικές αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία. Αξίζει επομένως, να τονιστεί η σημασία της κυκλικής οικονομίας και η εφαρμογή των αρχών της στον κατασκευαστικό κλάδο. Ο τομέας των κατασκευών και των κατεδαφίσεων παράγει μια από τις μεγαλύτερες ροές αποβλήτων, ενώ τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, αποτελούν τα πιο βαριά και ογκώδη απόβλητα που παράγονται στην Ε.Ε. Αντιπροσωπεύουν το 25% - 30% του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων και αποτελούνται από υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν. Το είδος των τεχνικών ανάκτησης ωστόσο, είναι δυνατό να επηρεάσει την ποιότητα των υλικών ή προϊόντων που θα ληφθούν, και πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν ή ανακυκλωθούν κατά συνέπεια, στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Οι βασικές κατηγορίες των υλικών αυτών είναι τα ασφαλτικά υλικά, το ξύλο, οι οπτόπλινθοι και το σκυρόδεμα, καθώς και το έδαφος και η άμμος. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει αναφορά στην ανάκτηση των ασφαλτικών υλικών και στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης της ανακτημένης ασφάλτου για την εκ νέου χρήση της στην κατασκευή οδοστρωμάτων.

Λέξεις κλειδιά: Κυκλική οικονομία, κατασκευαστικός τομέας, κύκλος ζωής υλικών, απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, ασφαλτικά υλικά

ABSTRACT

The goal of the circular economy is to respond to several challenges such as climate change and the reckless use of natural minerals and wealth. In this context, the circular economy is a model of production and consumption, with the goal of maximizing the life cycle of existing materials and products and creating added value. The construction industry is the largest consumer of raw materials, consuming 80% of all materials produced and used in the built environment, as well as the production of substantial amounts of waste, with significant negative effects on the environment, the economy and society. It is therefore worth emphasizing the importance of the circular economy and the application of its principles in the construction industry. The construction and demolition sector produces one of the largest waste streams, while excavation, construction and demolition waste is the heaviest and largest waste generated in the EU. They stand for 25% - 30% of the total waste generated and consist of materials that can be recycled. The type of recovery techniques, however, can affect the quality of the materials or products that will be received, and are therefore going to be reused or recycled, in the context of the circular economy. The main categories of these materials are asphalt materials, wood, bricks and concrete, as well as soil and sand. In this dissertation, reference will be made to the recovery of asphalt materials and to the reuse and recycling practices of reclaimed asphalt for its reuse in the construction of pavements.

Keywords: Circular economy, construction sector, material life cycle, excavation, construction and demolition waste, asphalt materials

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την εκπόνηση της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο: Κυκλική διαχείριση ασφαλτικών υλικών» στα πλαίσια του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν προκειμένου να υλοποιηθεί το έργο αυτό.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σεραφείμ Πολύζο, επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής εργασίας για την καθοδήγηση και παρότρυνση σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας προκειμένου να αποτυπωθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Ευχαριστώ επίσης την οικογένεια μου και κυρίως τον μικρότερο αδερφό μου Οδυσσέα για την στήριξη που μου παρείχαν το διάστημα της πενταετούς φοίτησης στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του τμήματος, καθώς και τους φίλους μου για την έμπρακτη αγάπη και υπομονή που έδειξαν το διάστημα αυτό.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης για τη συμβολή τους, μεταλαμπαδεύοντας τις πολύτιμες γνώσεις τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. ΣΚΟΠΟΣ	9
1.2. ΣΤΟΧΟΙ	9
1.3. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ	12
2.1. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	12
2.1.1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	13
2.1.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	14
2.1.3. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	14
2.1.4. ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	15
2.2. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	17
2.3. ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ ΚΑΙ Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	21
3.1. Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ	21
3.1.1. ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ	21
3.1.2. ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΑ	23
3.2. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	25
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ	25
3.2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	26
3.2.3. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	28
3.2.4. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	28
3.2.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ	44
4.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ	44
4.2. ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΕΣΔΑ)	45
4.3. ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	49
4.4. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ⁵¹	54
4.5. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΣΤΗΝ Ε.Ε.	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ	62
5.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	62
5.2. ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	64
5.3. ΑΣΦΑΛΤΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	67
5.4. Η ΚΥΚΛΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ	68
5.5. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	70
5.6. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	72
5.7. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	76
5.7.1. ΕΙΔΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	76
5.7.2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	81
5.8. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	93
5.9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	93
5.10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	99
6.1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (ΠΕΣΔΑ)	99
6.2. ΤΟΠΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	101
6.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ	102
6.3.1. ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ (ΕΟΑΝ)	103

6.3.2.	ΣΥΛΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (ΣΣΕΔ)	103
6.3.3.	ΥΠΟΧΡΕΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	107
6.3.4.	ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	107
6.3.5.	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΤΗΝ Π.Ε ΛΑΡΙΣΑΣ.....	108
6.4.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	113
6.4.1.	ΧΡΗΣΗ ΦΡΕΖΑΡΙΣΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΟ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ	113
6.4.2.	ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΑΔΡΑΝΗ ΟΔΟΠΟΙΑΣ.....	113
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ		117
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	117
	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ, ΧΑΡΤΩΝ, ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΔΡΑΣΗ ΓΙΑ Α.Ε.Κ.Κ.	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΤΗΡΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΚΩΔΙΚΟΙ Ε.Κ.Α.	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΚΣΚΑΦΩΝ.....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Α.Ε.Κ.Κ.	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ, ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΣΥΝΘΕΣΗ Α.Ε.Κ.Κ.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ.	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑΚ ΑΘΕ ΤΥΠΟ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Ε.Κ.Κ.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ Χ.Υ.Τ.	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΤΙΜΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ.....	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΟΥ ΕΣΔΑ	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΕΙΣΟΔΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	124

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ,.....	13
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	15
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	17
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	19
ΕΙΚΟΝΑ 5: Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 6: Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	29
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΩΝ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΕΙΑΣ.....	33
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΓΥΨΟΥ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ....	44
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΣΔΑ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΡΟΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΜΕΝΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	69
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ.....	79
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ ΓΙΑ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟ.....	80
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΝΝΗΣ.....	80
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΚΑΤΑ ΠΑΡΤΙΔΕΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ.....	81
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ.....	81
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	83
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΜΟΝΤΕΡΝΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ.....	86
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΤΥΜΠΑΝΟ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	87
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.Κ.Κ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΟΡΙΑ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ.....	98
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΤΗΝ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ.....	102
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΑΝΑΚΕΜ.....	104
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΑΝΑΚΕΜ.....	104
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΑΑΝΕΛ.....	105
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΑΑΝΕΛ.....	105
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΑΝΑΒΕ.....	106
ΕΙΚΟΝΑ 39: ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΑΝΑΒΕ.....	106
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΤΗΝ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ.....	108
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΕΑΣΑ.....	109
ΕΙΚΟΝΑ 42: ΕΙΣΟΔΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022.....	109
ΕΙΚΟΝΑ 43: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022.....	110
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2018.....	110
ΕΙΚΟΝΑ 45: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2019.....	111
ΕΙΚΟΝΑ 46: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2020.....	111
ΕΙΚΟΝΑ 47: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2021.....	112
ΕΙΚΟΝΑ 48: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2022.....	112
ΕΙΚΟΝΑ 49: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΕ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΚΟΙΝΗΣ ΟΦΕΛΕΙΑΣ.....	124
ΕΙΚΟΝΑ 50: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΕ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ.....	124

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

A.E.K.K:	Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων
A.A.N.ΕΛ:	Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Νότιας Ελλάδας
ΑΝ.Α.Β.Ε:	Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Βόρειας Ελλάδας
ΑΝ.Α.ΚΕ.Μ:	Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Κεντρικής Μακεδονίας
E.E:	Ευρωπαϊκή Ένωση
E.K.A:	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΟΑΝ:	Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
ΕΣΔΑ:	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΕΤΕΠ:	Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Π.Ε.	Περιφερειακή Ενότητα
ΠΕΣΔΑ:	Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΣΔΑ:	Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΣΕΔ:	Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης
ΣΣΕΔ:	Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης
ΧΥΤ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής
CMA:	Cold Mix Asphalt
ΕΑΡΑ:	European Asphalt Pavement Association
HMA:	Hot Mix Asphalt
HWMA:	Half Warm Mix Asphalt
LCA	Life Cycle Assessment
LCCA	Life Cycle Cost Analysis
MDF:	Medium Density Fibreboard
ΡΑΗ:	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
PCB:	Poly-Chlorinated Biphenyls
RA:	Reclaimed Asphalt
RAP:	Reclaimed Asphalt Pavement
WMA:	Warm Mix Asphalt

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της κυκλικότητας στον κατασκευαστικό κλάδο και συγκεκριμένα στην αξιοποίηση των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων που παράγονται από κατασκευαστικές δραστηριότητες και αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο ποσοστό στο σύνολο των χωρών της Ε.Ε. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στη ροή αποβλήτων ασφαλτικών υλικών, που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν πιο εύκολα, στον τρόπο διαχείρισης και αξιοποίησής τους, καθώς και στον εντοπισμό της εφαρμογής της κυκλικής διαχείρισης τους στην Π.Ε. Λάρισας.

Έπειτα από βιβλιογραφική επισκόπηση παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με τα δομικά υλικά και τα Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων, τόσο υπό την αιγίδα νομικών πλαισίων και οδηγιών μη νομικά δεσμευτικών της Ε.Ε. όσο και της Ελλάδας, και ακολούθως για τα ασφαλτικά υλικά που αποτελούν ειδική κατηγορία αποβλήτων που παράγονται από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις. Οι βιβλιογραφικές πηγές προέρχονται κατά κύριο λόγο από επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων που ανακτήθηκαν από επιστημονικές ιστοσελίδες όπως οι Scopus, Web of Science, Academia και Google Scholar. Ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν και ιστοσελίδες της Ε.Ε. όπως αυτή της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την εύρεση εκθέσεων και άρθρων για τη διαχείριση των αποβλήτων και τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων, αλλά και ιστοσελίδες σχετικές με τη διαχείριση των ασφαλτικών υλικών όπως η Ευρωπαϊκή Οργάνωση Ασφαλτοστρώσεων. Η διαχείριση των βιβλιογραφικών πηγών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Zotero. Ακόμη, η χρήση του λογισμικού QGIS, συνέβαλε στην οπτική αναπαράσταση των πληροφοριών που συλλέχθηκαν μέσα από τη δημιουργία χαρτών.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε πρωτογενή έρευνα για τη συλλογή ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων, προκειμένου να δοθούν απαντήσεις όσον αφορά την κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών στην Π.Ε. Λάρισας. Στο πλαίσιο αυτό, αναζητήθηκαν πληροφορίες αρχικά από το Δήμο Λαρισαίων και την Περιφέρεια Θεσσαλίας. Έπειτα, συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για αρμόδιους όσον αφορά την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση ασφαλτικών υλικών. Με αυτόν τον τρόπο αναζητήθηκαν πληροφορίες από ένα εργοστάσιο ανάκτησης - ανακύκλωσης που διαχειρίζεται, επεξεργάζεται και πουλά ανακυκλωμένα ασφαλτικά υλικά στη Λάρισα, στα πλαίσια της διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ., καθώς και από εργοασφαλτική εταιρεία που επεξεργάζεται τα υλικά που προκύπτουν από το οδόστρωμα προκειμένου να δημιουργηθεί ζεστό ασφαλτόμιγμα. Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών, ακολούθησε η σύγκριση με αδρανή που λαμβάνονται από λατομεία που βρίσκονται εντός της Π.Ε. Λάρισας.

1.2. Στόχοι

Στόχοι αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της κυκλικότητας όσον αφορά τη διαχείριση των δευτερογενών υλικών που προέρχονται από τον κατασκευαστικό κλάδο, η επισκόπηση μιας εκ των σημαντικότερων ροών αποβλήτων στην Ε.Ε., των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων, και η ειδικότερη αναζήτηση όσον αφορά την κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών.

1.3. Δομή εργασίας

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ορισμός της κυκλικής οικονομίας, η διαφορά με τη γραμμική οικονομία καθώς και η βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων και των απορριμμάτων στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται λόγος για την σημαντικότητα της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο και αναφέρονται τα δομικά υλικά, οι τρόποι διαχείρισής τους καθώς και οι μέθοδοι ανάκτησης.

Στο 4^ο κεφάλαιο διευκρινίζεται ο ορισμός των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.), και αναφέρονται τα πλαίσια διαχείρισής τους, τόσο στην Ε.Ε. όσο και στην Ελλάδα.

Στο 5^ο κεφάλαιο αναλύεται η εφαρμογή της ανακύκλωσης στα ασφαλτικά υλικά. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στον κύκλο ζωής του οδοστρώματος, στην κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών και τις τεχνικές αξιοποίησης για εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Ακόμη, γίνεται μια γενική αναφορά στη μέθοδο Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής καθώς και στην Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής.

Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στα ασφαλτικά υλικά με περιοχή μελέτης την Π.Ε. Λάρισας. Ειδικότερα, παρουσιάζεται το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Θεσσαλίας και το Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων, που αποτελούν πλαίσια για τη διαχείριση αυτού του είδους των υλικών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Α.Ε.Κ.Κ. για την Π.Ε. Λάρισας και τέλος, αναλύονται οι τεχνικές ανακύκλωσης των ασφαλτικών υλικών, σύμφωνα με έρευνα στην Π.Ε. Λάρισας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας δεν επιδέχεται σαφή ορισμό και αποτελεί μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης με απώτερο σκοπό την παράταση του κύκλου ζωής και τη δημιουργία προστιθέμενης αξίας (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2015). Πρόκειται να αντικαταστήσει το γραμμικό μοντέλο οικονομίας που είχε ως αποτέλεσμα την αναποτελεσματική διαχείριση των πόρων. Η κυκλική οικονομία διακρίνεται από αρχές και η κυκλικότητα ενός προϊόντος καθορίζεται από κάποια βασικά στοιχεία. Παρόλα τα οφέλη της κυκλικής οικονομίας, εντοπίζονται και δυσκολίες όσον αφορά την προώθηση της. Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας απαιτείται η συνεπής εφαρμογή και επιβολή της ισχύουσας νομοθεσίας για τα απόβλητα, προκειμένου οι πόροι και τα απορρίμματα που προκύπτουν με το τέλος του κύκλου ζωής τους να διαχειρίζονται βιώσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

2.1. Κυκλική Οικονομία

Η Κυκλική Οικονομία (Circular Economy) έχει ως στόχο να δώσει μία βιώσιμη απάντηση σε μία σειρά από πιεστικές προκλήσεις σε Ευρωπαϊκό αλλά και Παγκόσμιο επίπεδο. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η κλιματική κρίση, η απερίσκεπτη και συνεχόμενη χρήση των υφιστάμενων ορυκτών και πλουτοπαραγωγικών πηγών, η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και των αυξανόμενων κοινωνικοοικονομικών ανισοτήτων, η περιορισμένη προσαρμογή των κοινωνιών στα νέα περιβαλλοντικά, κοινωνικοοικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα και η απουσία δεσμευτικών πρωτοβουλιών και συμφωνιών σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και η καταστροφή των οικοσυστημάτων. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας δύναται να συμβάλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων και στην προστασία των οικοσυστημάτων γενικότερα (Σωτηρόπουλος, 2019).

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας δεν επιδέχεται σαφή ορισμό, μπορεί να χαρακτηριστεί όμως ως ένα οικονομικό σύστημα εντός του οποίου διατηρείται η αξία των προϊόντων, των υλικών και άλλων πόρων στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επομένως επιδιώκεται η ενίσχυση της αποτελεσματικής χρήσης τους στην παραγωγή και κατανάλωση, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο το περιβαλλοντικό αντίκτυπο, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα, και αποδεσμεύοντας επικίνδυνες ουσίες σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής μέσα από την ιεράρχηση των αποβλήτων (European Union, 2020).

Πρόκειται για μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης, που περιλαμβάνει την ανταλλαγή, την εκμίσθωση, την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανακαίνιση, καθώς και την ανακύκλωση των υφιστάμενων υλικών και προϊόντων όσο το δυνατόν περισσότερο, με σκοπό να παραταθεί ο κύκλος της ζωής τους και κατά συνέπεια να δημιουργηθεί προστιθέμενη αξία (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2015).

Ο όρος κυκλική οικονομία (Circular Economy) εισήχθη στην βιβλιογραφία για πρώτη φορά από τους Pearce και Turner (1989), οι οποίοι πρότειναν μια κυκλική ροή αξίας με θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον. Ωστόσο η ιδέα έχει βαθιές ρίζες που χρονολογούνται από το 1960, και μεγάλος αριθμός ερευνητών, θεωρητικών και επαγγελματιών συνεδρίων έχουν συμβάλει.

Η εκκίνηση της κυκλικής οικονομίας εντοπίζεται με τον Boulding (1966), ο οποίος πρότεινε την εφαρμογή ενός κυκλικού οικολογικού συστήματος έναντι του σπάταλου γραμμικού οικονομικού μοντέλου, και το σύστημα αυτό ώθησε περαιτέρω την εννοιολογική ανάπτυξη της βιωσιμότητας.

Ο Stahel (1982), εισήγαγε την έννοια του σπειροειδούς βρόγχου (ή κλειστού κύκλου) εντός του οποίου ο ίδιος αναπληρώνει την οικονομική δομή, και σύμφωνα με αυτόν αναπτύχθηκε η ιδέα της οικονομίας απόδοσης. Το βασικότερο στοιχείο της οικονομίας απόδοσης είναι ο επαναπροσδιορισμός της παραγωγής, των πωλήσεων και της συντήρησης. Επομένως αντί για αγαθά οι επιχειρήσεις θα πρέπει να προωθούν αποδόσεις.

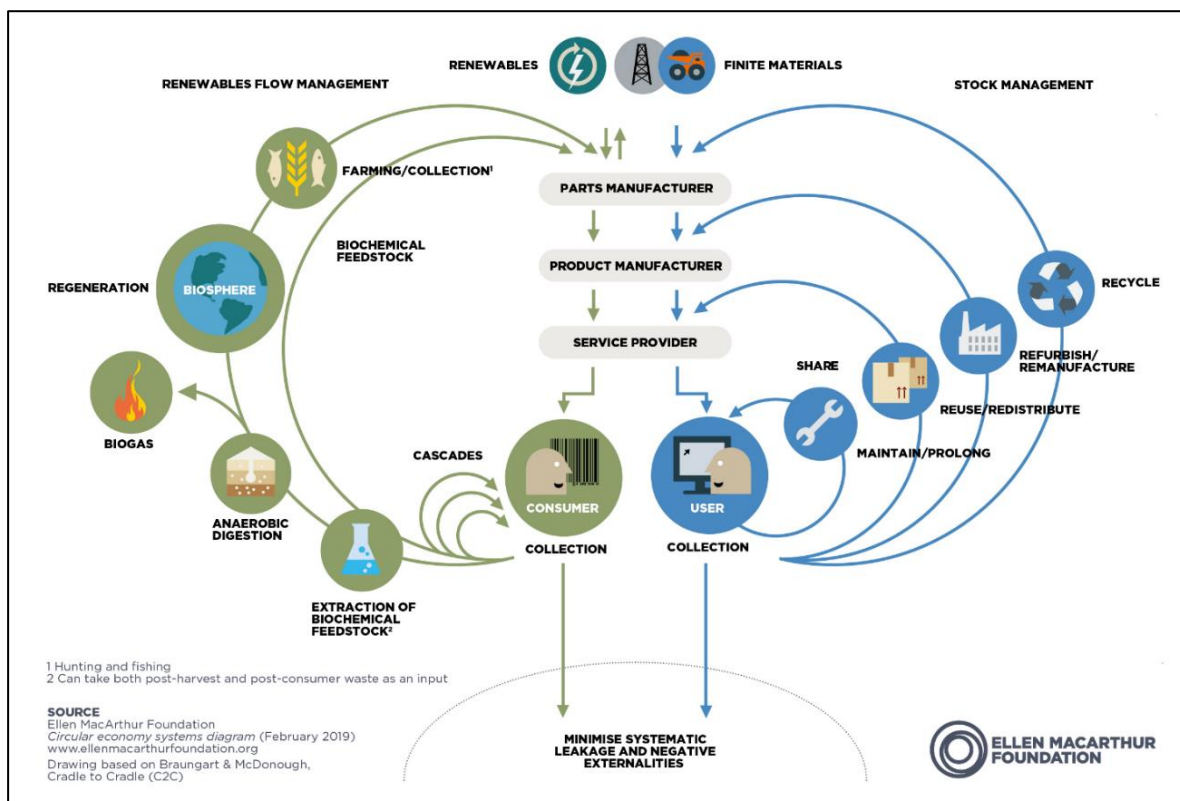
Η πρωτοβουλία 'cradle-to-cradle' από τους Braungart και McDonough (2008), ενσωμάτωσε την έννοια του Stahel, και εξετάζει όλα τα υλικά που εμπλέκονται σε βιομηχανικές και εμπορικές διεργασίες προκειμένου να είναι θρεπτικά, από τα οποία υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες, οι τεχνικές και οι βιολογικές.

Ακόμη μια διάσταση της κυκλικής οικονομίας είναι η βιολογική μίμηση που προτάθηκε από τον Benyus (1998). Σύμφωνα με αυτή, το οικονομικό σύστημα είναι σε θέση να μιμηθεί τους τρόπους της φύσης προκειμένου να αντιμετωπίσει τις βιομηχανικές και εμπορικές προκλήσεις και να εκτιμήσει τη λειτουργική απόδοση έναντι των λύσεων που απαντώνται στη φύση.

Ο φυσικός καπιταλισμός από την άλλη, αποσκοπεί στη δημιουργία μιας κοινής οικονομικής πλατφόρμας που αναγνωρίζει τις ανάγκες, τόσο του περιβάλλοντος όσο και της κοινωνίας. Οι βασικές προτάσεις του φυσικού καπιταλισμού αφορούν τη δημιουργία κύκλου παραγωγής κλειστού βρόγχου με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση των υλικών αυξάνοντας την αποδοτικότητα χρήσης των πόρων και επιμηκύνοντας τη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων (Sariati, 2017).

Η κυκλική οικονομία ωστόσο, προέρχεται και από την βιομηχανική οικολογία (industrial ecology) και δίνει έμφαση στα οφέλη που προκύπτουν έπειτα από τη διαχείριση των αποβλήτων που ανακυκλώνονται, καθώς και των υποπροϊόντων τους (Nasir et al., 2017).

2.1.1. Διάγραμμα κυκλικής οικονομίας



ΕΙΚΟΝΑ 1: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ,
Πηγή: (Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Το ίδρυμα Ellen MacArthur ορίζει την κυκλική οικονομία σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι δύο πλευρές του διαγράμματος σχετίζονται άμεσα με το δομημένο περιβάλλον (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Στην δεξιά πλευρά απεικονίζεται ο τεχνικός κύκλος που κλείνει τους βρόγχους των πόρων μέσα από τις στρατηγικές αρχές της κυκλικής οικονομίας όπως, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακαίνιση και η ανακύκλωση. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο τα προϊόντα και τα υλικά διατηρούν τη χρησιμότητά τους και η ανακύκλωση αποτελεί μέρος του τεχνικού κύκλου, τον τελευταίο βρόγχο επιλογής (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Η αριστερή πλευρά αντίστοιχα, απεικονίζει το βιολογικό κύκλο, τους βρόγχους και την αλληλουχία που διαβεβαιώνουν τη βιώσιμη διαχείριση των βιολογικών πόρων που δημιουργεί ανανεώσιμες ροές και αποθέματα. Πρόκειται για βιολογικά υλικά τα οποία μπορούν να επιστραφούν στο φυσικό σύστημα με ασφάλεια προκειμένου να αποκατασταθεί το φυσικό κεφάλαιο (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Στόχος αυτού του οικονομικού μοντέλου είναι η ελαχιστοποίηση της εξόρυξης των πρώτων υλών και της παραγωγής αποβλήτων κατά συνέπεια (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

2.1.2. Βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας

Σύμφωνα με το ίδρυμα Ellen MacArthur, η κυκλική οικονομία βασίζεται σε τρεις αρχές, με γνώμονα το σχεδιασμό.

Η πρώτη αρχή αφορά τη μείωση των αποβλήτων και της ρύπανσης μέσα από το σχεδιασμό προϊόντων τα οποία θα χρησιμοποιούνται με βέλτιστο τρόπο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επαναχρησιμοποίηση του κύκλου.

Η κυκλικότητα των προϊόντων και των υλικών αποτελεί τη δεύτερη αρχή της κυκλικής οικονομίας. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο είναι εφικτός ο επαναπροσδιορισμός της οικονομίας όπου είναι δυνατό για να αποφευχθεί η κατανάλωση πεπερασμένων πόρων. Αντιθέτως, είναι επιθυμητή η επαναχρησιμοποίηση, η ανακατασκευή ή η ανακύκλωση, με τελικό στόχο την θετική επίδραση στην οικονομία και το περιβάλλον.

Τέλος, άλλη μια αρχή αφορά την αναγέννηση της φύσης μέσα από την επιστροφή των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος καθώς και σε άλλα συστήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η κυκλικότητα διαφοροποιείται ανάμεσα στα καταναλώσιμα και στα ανθεκτικά συστατικά ενός προϊόντος. Τα καταναλώσιμα αγαθά αποτελούνται κατά κύριο λόγο από βιολογικά συστατικά τα οποία είναι λιγότερο τοξικά ή και ωφέλιμα και μπορούν να επιστραφούν στη βιόσφαιρα, ενώ τα ανθεκτικά συστατικά προέρχονται από τεχνικά συστατικά ακατάλληλα για τη βιόσφαιρα, όπως τα μέταλλα και τα πλαστικά που είναι σχεδιασμένα για επαναχρησιμοποίηση.

Εξίσου σημαντικό είναι η απαιτούμενη ενέργεια να παρέχεται από ανανεώσιμες πηγές για να μειωθεί η εξάρτηση από πόρους και να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα του συστήματος. Η δημιουργία ανθεκτικότητας, όσον αφορά τα προβλήματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, είναι επιθυμητό να περιλαμβάνουν διαφορετικά συστήματα με πολλές συνδέσεις και επίπεδα (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

2.1.3. Βασικά στοιχεία κυκλικότητας ενός προϊόντος

Ένα προϊόν προκειμένου να καθίσταται κυκλικό οφείλει τόσο στη φάση της σχεδίασης όσο και στη κατασκευή και παραγωγή τους να ακολουθούν τα παρακάτω βασικά στάδια:

1. Τη βέλτιστη σχεδίαση που θα αποσκοπεί στην ανθεκτικότητα του προϊόντος και θα διευκολύνει την επισκευή, την αναβάθμιση ή την ανακατασκευή του προκειμένου να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.
2. Στα στάδια κατασκευής και παραγωγής του προϊόντος να επιδιώκεται περισσότερο αποδοτική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων λαμβάνοντας υπόψη το περιβαλλοντικό και κοινωνικό αντίκτυπο της παραγωγής των υλών.
3. Από τη σκοπιά της κατανάλωσης το προϊόν θα πρέπει να επιλέγεται από τον καταναλωτή με κριτήρια περιβαλλοντικής και οικονομικής βιωσιμότητας. Αφού επιλεγεί η διάρκεια ζωής του είναι επιθυμητό να παραταθεί έτσι ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη σπατάλη πρώτων υλών.
4. Στο πλαίσιο της μεγιστοποίησης της αξίας του προϊόντος θα επιλέγεται η διάθεση του εφόσον δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, να αναβαθμιστεί ή ανακατασκευαστεί περαιτέρω και η διαχείριση-επεξεργασία των αποβλήτων να οδηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό ανακύκλωσης και ανάκτησης πόρων.
5. Οι ανάκτηση των πρώτων υλών να συνοδεύεται από την εισαγωγή τους στην αγορά λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια με σκοπό την επανεκκίνηση του κύκλου ζωής των υλικών (Σωτηρόπουλος, 2019).

2.1.4. Οφέλη και δυσκολίες προώθησης της κυκλικής οικονομίας

Η κυκλική οικονομία διακρίνεται από οφέλη τόσο λειτουργικά όσο και στρατηγικά σε μικροοικονομικό και μακροοικονομικό επίπεδο. Αποτελεί σημαντική ευκαιρία με δυνατότητες καινοτομίας, δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, καθώς και οικονομικής ανάπτυξης (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Σημαντικό πλεονέκτημα που απορρέει από την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας είναι πρωτίστως η διατήρηση των υφιστάμενων πλουτοπαραγωγικών πηγών δημιουργώντας κατά αυτό τον τρόπο περαιτέρω αξία στα προϊόντα (Σωτηρόπουλος, 2019). Η αύξηση της παραγωγικότητας των υλικών είναι δυνατό να έχει να έχει θετικό αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Η κυκλική οικονομία είναι δυνατό να δημιουργήσει περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς με αυτό το οικονομικό μοντέλο παραγωγής μειώνεται η χρήση πρώτων υλών και ελαχιστοποιείται η διάθεση απορριμμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προϊόντα που προέρχονται από μη γραμμικές διαδικασίες παραγωγής παρατηρείται ότι διαθέτουν



ΕΙΚΟΝΑ 2: ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Πηγή: (Ενιαίος Σύνδεσμος Διαχείρισης Απορριμμάτων Κρήτης, 2017)

χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, με αποτέλεσμα να μειώνονται σημαντικά τα αέρια του θερμοκηπίου συμβάλλοντας κατά αυτόν τον τρόπο στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Sehnem, et al., 2018). Έτσι, η αξία της γης πρόκειται να ενισχυθεί κυρίως λόγω της παραγωγικότητας του εδάφους, της μείωσης των αποβλήτων και της επιστροφής των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Οφέλη από την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας ωστόσο, εντοπίζονται και στις μικρές επιχειρήσεις. Με την κυκλική οικονομία επομένως οι επιχειρήσεις έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν την έκθεση σε κινδύνους όπως η προσφορά και η μεταβολή των τιμών των πόρων, καθώς η έλλειψη μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων έχει ως συνέπεια την αύξηση της τιμής των πρώτων υλών. Ακόμη, μπορεί να δημιουργηθεί νέα αγορά και περαιτέρω ευκαιρίες για ανάπτυξη μέσα από την εισαγωγή νέων προϊόντων και να δοθούν κίνητρα για τον εντοπισμό νέων ιδεών μέσα από την εισαγωγή της καινοτομίας. Επιδίωξη των επιχειρηματιών λοιπόν, αποτελεί η δημιουργία ωφελειών μέσα από μια οικονομία που λειτουργεί με υψηλότερα ποσοστά τεχνολογικής ανάπτυξης, βελτιωμένη αποτελεσματικότητα των υλικών, της εργασίας και της ενέργειας, καθώς και περισσότερες ευκαιρίες για κέρδος. Σημαντική είναι και η μείωση του περιβαλλοντικού κόστους, η αύξηση της εμπιστοσύνης των πελατών αλλά και η δημιουργία περισσότερο σταθερών εσόδων (Ellen MacArthur Foundation, 2014). (Κοτταρίδη, 2020;)

Σημαντική ευκαιρία εντοπίζεται και για την κοινωνία, εφόσον δημιουργούνται περισσότερες θέσεις εργασίας, γεγονός το οποίο εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο η αγορά εργασίας θα οργανωθεί και θα ρυθμιστεί (Ellen MacArthur Foundation, 2014). Ακόμη, είναι πιθανό να δημιουργηθούν ευκαιρίες κοινωνικής ένταξης και συνοχής μέσα από την ανάπτυξη της πρακτικής της δωρεάς ή της ανταλλαγής υλικών με αποτέλεσμα να διατηρείται η αξία τους (Σωτηρόπουλος, 2019).

Η υλοποίηση και προώθηση της κυκλικής οικονομίας ωστόσο, ενέχει ορισμένες δυσκολίες και αφορούν:

1. Την απουσία ενός ολοκληρωμένου συστήματος καταγραφής υλικών και προϊόντων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους.
2. Την έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με τις δυνατότητες και τα όρια της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στα υλικά και τα προϊόντα με αποτέλεσμα να ενισχυθούν τα επιχειρηματικά και οικονομικά μοντέλα.
3. Η ανάγκη για ενίσχυση του ήδη χαμηλού ποσοστού ανάκτησης των υλικών
4. Την αξιόπιστη καταγραφή στατιστικών στοιχείων σε ευρωπαϊκό επίπεδο με σκοπό τον περιορισμό της δημιουργίας αποβλήτων.
5. Τα λανθασμένα καταναλωτικά πρότυπα και η ενίσχυση της εμπιστοσύνης του καταναλωτικού κοινού ως προς τα προϊόντα που απορρέουν από το σύστημα της κυκλικής οικονομίας.
6. Η εστίαση των υπαρχουσών νομοθετικών πρωτοβουλιών στο τέλος του κύκλου ζωής κατά κύριο λόγο και όχι στη διαδικασία του σχεδιασμού ή της παραγωγής.
7. Την ανεπαρκή αλληλεπίδραση των ευρωπαϊκών πολιτικών
8. Τις δυσκολίες της τεχνολογικής προόδου να δημιουργήσει ευκαιρίες για την αντιμετώπιση προβλημάτων που επιβραδύνουν τη μετάβαση στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας (Σωτηρόπουλος, 2019).

2.2. Γραμμική και κυκλική οικονομία

Το τρέχον κοινωνικοοικονομικό σύστημα βασίζεται στη γραμμική οικονομία, μέσα από την οποία οι επιχειρήσεις παράγουν προϊόντα και οι καταναλωτές τα χρησιμοποιούν και τα πετούν. Η ροή των υλικών αντίστοιχα, συνάδει με τη λογική της δημιουργίας αξίας εντός της οποίας μπορούν να εισέρχονται μόνο παρθένα υλικά, που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν, προκαλώντας με αυτόν το τρόπο περιττές απώλειες πόρων, τόσο στην αλυσίδα παραγωγής όσο και στο τέλος του κύκλου ζωής (Michelini et al., 2017).

Σύμφωνα με πρόσφατες περιβαλλοντικές και οικονομικές τάσεις, γίνεται αντιληπτό ότι το μοντέλο της γραμμικής οικονομίας έχει εξαντληθεί. Αυτό συμβαίνει διότι το φυσικό περιβάλλον δεν είναι εφικτό να διατηρήσει το τρέχον επίπεδο εκμετάλλευσης των πόρων, ενώ η αυξανόμενη έλλειψη των πόρων, που εμφανίζεται εξαιτίας των δημογραφικών τάσεων, ασκεί σοβαρή πίεση όσον αφορά το κέρδος (Sariatli, 2017).

Το σημερινό γραμμικό οικονομικό μοντέλο βασίζεται άμεσα με εισροές φθηνών και διαθέσιμων πόρων προκειμένου να δημιουργηθούν συνθήκες ανάπτυξης και σταθερότητας. Ωστόσο, το γραμμικό αυτό μοντέλο τίθεται υπό αμφισβήτηση κυρίως λόγω της μεγάλης αύξησης που παρατηρείται στη ζήτηση, σε συνδυασμό με την πεπερασμένη προσφορά των πόρων (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Η γραμμική οικονομία επομένως, εξαντλεί τους φυσικούς πόρους και μακροπρόθεσμα χαρακτηρίζεται ως μη βιώσιμη λύση (Dieckmann et al., 2020). Η κυκλική οικονομία από την άλλη αποτελεί μια εναλλακτική θεμελιώδη λύση έναντι του παραδοσιακού γραμμικού μοντέλου οικονομίας, με σκοπό τη μείωση των απορριμμάτων, της ρύπανσης, αλλά και την εξοικονόμηση πόρων (Schröder, Lemille and Desmond, 2020).



ΕΙΚΟΝΑ 3: ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Το μοντέλο γραμμικής οικονομίας περιλαμβάνει τα παρθένα υλικά, τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την κατανάλωση και τελικά την απόρριψη του υλικού.

Πηγή: (Sustainable procurement in Manitoba, 2022)

Η κυκλική οικονομία λοιπόν, πρόκειται να αντικαταστήσει την αναποτελεσματική διαχείριση πόρων του παραδοσιακού γραμμικού μοντέλου οικονομίας και η διαφορά τους έγκειται στην αντικατάσταση του τέλους του κύκλου ζωής των υλικών, στρεφόμενοι προς τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εξάλειψη των τοξικών χημικών ουσιών με στόχο την εξάλειψη των αποβλήτων (Michelini et al., 2017).

2.3. Βιώσιμη διαχείριση φυσικών πόρων και απορριμμάτων

Οι πόλεις σε όλο τον κόσμο επεκτείνονται και καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων, που τροφοδοτούν τις αναπτυσσόμενες οικονομίες τους. Στο πλαίσιο αυτό διακρίνονται ορισμένες από τις συνέπειες της ακατάπαυστης κατανάλωσης πόρων, οι οποίες είναι η δημιουργία απόβλητων υλικών, τα λύματα και ο μολυσμένος αέρας. Μια τυπική προσέγγιση όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων στο παρελθόν αποτελούσε η υγειονομική ταφή, ενώ τη δεδομένη στιγμή υπάρχει αυξανόμενη αναγνώριση της δυναμικής τους αξίας (Awasthi et al., 2021).

Η έννοια της μηδενικής απόρριψης (zero waste) είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επίλυση ζητημάτων που προκύπτουν από τα στερεά απόβλητα. Η προσέγγιση αυτή επιδιώκει την αναμόρφωση της αλυσίδας εφοδιασμού των πόρων, απομακρύνοντας την από ξεπερασμένους τρόπους, με αποτέλεσμα το σύνολο των δευτερογενών προϊόντων ή υλικών να επαναχρησιμοποιούνται ή να ανακυκλώνονται. Η δημιουργία προϊόντων που είναι ανθεκτικά για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των απορριμμάτων, και κατά συνέπεια τη μείωση των προϊόντων που παράγονται και στη συνέχεια απορρίπτονται (Awasthi et al., 2021).

Οι ορυκτοί πόροι που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές έχουν αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής και οι περιβαλλοντικές πιέσεις εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Πρωτίστως η διαδικασία εξόρυξης των υλικών τείνει να γίνει επιζήμια για το τοπίο, δημιουργεί θόρυβο και έχει αρνητικές επιπτώσεις για τη βιοποικιλότητα. Το στάδιο επεξεργασίας αντίστοιχα για την κατασκευή δομικών υλικών παρουσιάζει μεγάλη περιβαλλοντική σημασία, καθώς είναι μια ενεργοβόρα διαδικασία με αποτέλεσμα τις μεγάλες εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα. Η χρήση των δομικών υλικών σε κτίρια και υποδομές χαρακτηρίζεται από προσδόκιμο ζωής ίσο με τριάντα έτη και πάνω, γεγονός που συνεπάγεται υψηλό περιβαλλοντικό κόστος για τη συντήρησή τους. Όταν η φάση της χρήσης των υλικών ολοκληρωθεί, αυτά μετατρέπονται σε υλικά κατεδάφισης και η ανακύκλωσή τους έχει τη δυνατότητα να μειώσει την ανάγκη για εξόρυξη παρθένων πρώτων υλών. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι τα δευτερογενή ορυκτά υλικά κατασκευών πρόκειται να αντικαταστήσουν σε περιορισμένο βαθμό τις απαιτήσεις για πρωτογενείς πόρους (European Environment Agency, 2005).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι χώρες της Ε.Ε. έχουν στρέψει τους φορείς διαχείρισης απορριμμάτων προς την πρόληψη και την ανακύκλωση των απορριμμάτων. Αυτή η πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων κρίνεται σημαντική για την εξαγωγή μεγαλύτερης αξίας από τους πόρους, με ταυτόχρονη μείωση της επιβάρυνσης στο περιβάλλον (Sultanova, Maliashova and Gadelshina, 2021). Στο πλαίσιο της εφαρμογής της οδηγίας – πλαίσιο της Ε.Ε. για τα απόβλητα εντοπίζονται δύο στόχοι, η πρόληψη και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την παραγωγή και τη διαχείριση αποβλήτων καθώς και η βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων (European Commission).

Οι κύριες ροές απορριμμάτων που εντοπίζονται είναι πέντε και η Ε.Ε. έχει αναπτύξει την έννοια της ακολουθίας όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων (Sultanova, Maliashova and Gadelshina, 2021). Πιο συγκεκριμένα, στη νομοθεσία και την πολιτική για την πρόληψη και τη διαχείριση των αποβλήτων ισχύει ως τάξη προτεραιότητας η ακόλουθη ιεράρχηση όσον αφορά τα απόβλητα (ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ «Για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών»):

1. Πρόληψη
2. Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση
3. Επαναχρησιμοποίηση
4. Άλλου είδους ανάκτηση, και

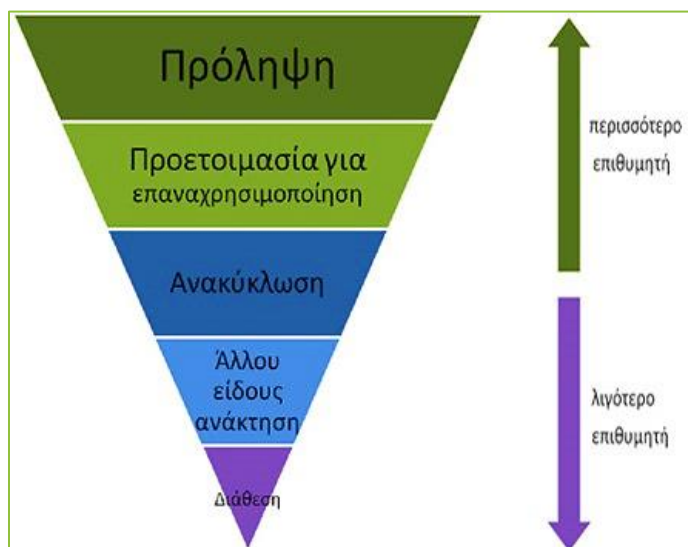
5. Διάθεση

Η πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων εντοπίζεται πρώτη στην ιεραρχία και αφορά τα μέτρα που λαμβάνονται πριν μια ουσία, υλικό ή προϊόν γίνει απόβλητο και τα οποία μειώνουν εκ των προτέρων την ποσότητα απορριμμάτων, τις αρνητικές επιπτώσεις των παραγόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, και την περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες σε υλικά και προϊόντα (Sultanova, Maliashova and Gadelshina, 2021). Η πρόληψη της μετατροπής προϊόντων και υλικών σε απόβλητα για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και η μετατροπή αποβλήτων που δεν μπορούν να αποφευχθούν σε πόρο, αποτελούν τα βασικά βήματα για την επίτευξη μιας πιο πράσινης και κυκλικής οικονομίας. Το γεγονός αυτό μπορεί να τονώσει την ανάπτυξη, να δημιουργήσει θέσεις εργασίας, να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να μειώσει την εξάρτηση της Ε.Ε. από εισαγόμενες πρώτες ύλες (European Commission, 2022).

Η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και η επαναχρησιμοποίηση αποτελούν επόμενα βήματα της ιεραρχίας των αποβλήτων και τα στάδια πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων και αυτό της επαναχρησιμοποίησης αποτελούν τις προτιμώμενες επιλογές. Η ανακύκλωση ακολουθεί στην ιεράρχηση των αποβλήτων και αποτελεί κάθε εργασία κατά την οποία γίνεται επεξεργασία ενός απόβλητου υλικού, ανεξάρτητα από το εάν το προϊόν που προκύπτει εξυπηρετεί τον αρχικό του σκοπό ή κάποιον άλλο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανακύκλωση αποτελεί βασικό στοιχείο του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Sultanova, Maliashova and Gadelshina, 2021).

Επόμενο επίπεδο της ιεραρχίας αποβλήτων είναι η χρήση των απορριμμάτων για άλλους σκοπούς, με κύρια την ανάκτηση των αποβλήτων προκειμένου να ληφθεί ενέργεια (μέθοδος waste to energy). Όταν τα απόβλητα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τους παραπάνω τρόπους, η ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου τους είναι προτιμότερη επιλογή από την υγειονομική ταφή τους. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκε μια πρωτοβουλία παραγωγής ενέργειας από απόβλητα για τη βελτίωση της ανάκτησης ενέργειας κατά την αποτέφρωση αποβλήτων. Ακολουθώντας, η διάθεση των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής εφόσον τα απόβλητα υποβληθούν πρωτίστως σε επεξεργασία, αποτελεί την τελική και έσχατη επιλογή μεταξύ των επιπέδων της ιεραρχίας των αποβλήτων (Sultanova, Maliashova and Gadelshina, 2021; European Commission, 2022).

Η επίτευξη της κυκλικής οικονομίας στην Ε.Ε. απαιτεί τη συνεπή εφαρμογή και επιβολή της ισχύουσας νομοθεσίας για τα απόβλητα, τη στιγμή που δεν παρατηρείται ακόμη και σε κράτη - μέλη με συγκριτικά καλύτερες επιδόσεις (European Commission, 2022).



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η πρόληψη και η επαναχρησιμοποίηση αποτελούν διαδικασίες περισσότερο επιθυμητές, ενώ ακολουθούν με σειρά προτεραιότητας ως λιγότερο επιθυμητές οι διαδικασίες ανακύκλωσης, άλλου είδους ανάκτησης και η διάθεση.

Πηγή: (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, χ.έ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ ΚΑΙ Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ 5: Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ

Πηγή: (Puskas and Moga, 2015)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κατασκευαστικός τομέας αφορά ένα μεγάλο, δυναμικό και πολύπλοκο τμήμα της βιομηχανίας και κατέχει σημαντικό ρόλο για την οικονομία, αφού αντιπροσωπεύει ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 4% και 10% του συνολικού ΑΕΠ μιας χώρας, αλλά και για την ποιότητα ζωής της κοινωνίας. Ακόμη, αποτελεί σημαντικό εργαλείο μέσα από το οποίο οι κυβερνήσεις είναι δυνατό να επιτύχουν τις πολιτικές τους (Behm, 2008; Wilkinson et al., 2016). Όσον αφορά την Ελλάδα, ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελεί έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της ελληνικής οικονομίας (με συμμετοχή γύρω στο 8% στο ΑΕΠ), συνδέεται στενά με την οικονομική ανάπτυξη της χώρας, και είναι σημαντικός για τη διαμόρφωση τάσεων και εξελίξεων (Βασιλογλου, 2010). Η ζήτηση του κατασκευαστικού κλάδου μπορεί να επηρεαστεί από την κατασκευαστική και οικοδομική δραστηριότητα και από την εξέλιξη των δημοσίων έργων, που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την πορεία των δημοσίων επενδύσεων και τις οικονομικές συνθήκες που επικρατούν (Καραγιάννη, 2009). Ο τομέας των κατασκευών περιλαμβάνει την ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα, τα δημόσια έργα και τα συγχρηματοδοτούμενα έργα (Βασιλογλου, 2010). Στο πλαίσιο αυτό τονίζεται η σημασία του κατασκευαστικού τομέα, καθώς είναι δυνατό να προκαλέσει την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων, που διακατέχονται από σημαντικές αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία. Ο τομέας των κατασκευών και των κατεδαφίσεων παράγει μια από τις μεγαλύτερες ροές αποβλήτων που προέρχονται από την κατασκευή, την ανακαίνιση και την κατεδάφιση κτιρίων, οδών, γεφυρών και άλλων κατασκευών, και αποτελούνται από διάφορους τύπους υλικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΛΑΔΟ ΚΑΙ Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.1. Η κυκλική οικονομία στον κατασκευαστικό κλάδο

Ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή πρώτων υλών, με κατανάλωση σε ποσοστό 80% από το σύνολο των υλικών που παράγονται, και χρησιμοποιούνται στο δομημένο περιβάλλον. Μέσα σ' αυτό πλαίσιο αξίζει να τονιστεί η σημασία της κυκλικής οικονομίας καθώς και η εφαρμογή των αρχών της. Η επιπρόσθετη αξία πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την προσαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας στις κατασκευές, ενώ η επαναχρησιμοποίηση και η αποσυναρμολόγηση θα εξετάζονται εκ των προτέρων. Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας είναι αναγκαίο να καταλήγει στην μεγιστοποίηση του κύκλου ζωής, στην τήρηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας, στην δημιουργία ευκαιριών όσον αφορά την αξία των προϊόντων, καθώς και στις αλληλεπιδράσεις του κατασκευαστικού κλάδου με το φυσικό περιβάλλον και τους άλλους τομείς (CESME Interreg Europe, 2020).

Ειδικότερα, οι λόγοι για τους οποίους απαιτείται η κυκλική οικονομία είναι οι εξής:

- Η ανάγκη για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
Ο κίνδυνος αύξησης των τιμών των πρώτων υλών
- Πιθανός περιορισμός ως προς την παροχή πόρων, και κυρίως του ξύλου.
- Οι αυστηρότερες απαιτήσεις για υγειονομική ταφή και ο περιορισμός της.
- Οι υψηλότεροι στόχοι που έχουν τεθεί για την ενεργειακή απόδοση στα κτίρια.
- Μείωση του αποτυπώματος του άνθρακα στις κατασκευές.
Οι ανταγωνιστικές χρήσεις των υλικών.
- Η χαμηλή απομένουσα αξία των υλικών στο τέλος του κύκλου ζωής των κατασκευών (CESME Interreg Europe, 2020).

Η κυκλικότητα του τομέα των κατασκευών ακολουθείται από τα εξής βασικά στοιχεία:

1. Οι πόροι θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αποδοτικοί και να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή διάρκεια ζωής.
2. Να σπαταλούνται όσο το δυνατόν λιγότεροι πόροι κατά τη φάση κατασκευής.
3. Τα απόβλητα που θα παράγονται θα πρέπει να διατηρούνται χωριστά προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ακολουθήσει ανακύκλωση υψηλής ποιότητας (CESME Interreg Europe, 2020).

Τα υλικά που προκύπτουν από την αποσυναρμολόγηση – αποξήλωση ενός περιουσιακού στοιχείου, τα οποία όμως δεν χαρακτηρίζονται επικίνδυνα, μπορούν πρωτίστως να ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Σημαντικό είναι η ανακύκλωση σε κάθε περίπτωση να είναι υψηλής ποιότητας, με αποτέλεσμα η υγειονομική ταφή να περιοριστεί ως ότου γίνει μηδενική (CESME Interreg Europe, 2020).

3.1.1. Πράσινες δημόσιες συμβάσεις¹

¹ Η διαδικασία με την οποία οι δημόσιες αρχές επιδιώκουν να συνάψουν συμβάσεις για αγαθά, υπηρεσίες και έργα με μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, σε σύγκριση με αγαθά, υπηρεσίες και έργα που επιτελούν την ίδια πρωταρχική λειτουργία τα οποία θα αποτελούσαν το αντικείμενο της σύμβασης υπό άλλες συνθήκες.

Οι Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις (ΦΕΚ Β' 466/08.02.2021) στον τομέα των δημόσιων κτιρίων και των δημόσιων δρόμων αποτελούν στρατηγικό εργαλείο υψίστης σημασίας, για τη μείωση των επιπτώσεων του δομημένου περιβάλλοντος (κτήρια, δρόμοι κ.λπ.) στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, καθώς και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Το δομημένο περιβάλλον ευθύνεται για το 40% κατά προσέγγιση του συνόλου των ρύπων σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021).

Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών και προϊόντων, καθώς και ολόκληρων δομικών στοιχείων, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του δομημένου περιβάλλοντος και στην ανάπτυξη των αρχών της κυκλικής οικονομίας (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021).

Παράλληλα η παραγωγή αποβλήτων από εκσκαφές, κατεδαφίσεις και κατασκευές αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές κατηγορίες αποβλήτων από πλευράς όγκου. Σύμφωνα με το ΕΣΔΑ η παραγωγή στη χώρα ανέρχεται σε 4,9 εκ. τόνους το έτος 2018, ενώ για τα έτη 2025 και 2030 υπερβαίνει τους 5,5 εκ. τόνους/έτος. Για τον λόγο αυτό έχουν ήδη προβλεφθεί στο ΕΣΔΑ κατάλληλα μέτρα για την αύξηση του όγκου των ανακυκλωμένων ΑΕΚΚ σε δημόσια και άλλα έργα, με στόχο την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης σε επίπεδο χώρας (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021).

Επιπροσθέτως, η ανάκτηση και χρήση ανακυκλωμένων υλικών, όπως αδρανών προσμειγμάτων από απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), συμβάλει στην ανάπτυξη της αγοράς δευτερογενών υλικών, η οποία αποτελεί βασική κατεύθυνση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, του νέου Ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, καθώς και των εθνικών στόχων της Ελλάδας για την κυκλική οικονομία (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021).

Στο πλαίσιο αυτό και σε συμφωνία με τις διεθνείς τάσεις και τις εθνικές δεσμεύσεις, αποτελεί καίρια επιδίωξη, τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για τα δημόσια έργα και τα δημόσια κτίρια, να προέρχονται, σε ένα μικρό αρχικά ποσοστό (15%), από τα ανακτώμενα αδρανή υλικά των ΑΕΚΚ, που βαθμιαία θα αυξάνεται, όσο η οικονομία βελτιώνεται. Για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι απαραίτητη η θέσπιση των τεχνικών προδιαγραφών των αδρανών υλικών, τα οποία εξέρχονται των μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ, σε εθνικό επίπεδο, ώστε τα απόβλητα ΑΕΚΚ να αποτελούν προϊόντα ειδικών προδιαγραφών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραπάνω σύσταση εφαρμόζεται προαιρετικά και δεν έχει δεσμευτική εφαρμογή (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ	ΟΡΟΣΗΜΟ	ΧΡΟΝΟΔΙ- ΑΓΡΑΜΜΑ	ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ
Διερεύνηση τεχνικών προδιαγραφών για χρήση ανακτώμενων αδρανών από μονάδες ΑΕΚΚ στα δημόσια έργα	Σύσταση ομάδας εργασίας και ανάλυση βέλτιστων πρακτικών και υφιστάμενης κατάστασης	30 – 06 – 2021	Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών
			Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
			Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΔΡΑΣΗ ΓΙΑ Α.Ε.Κ.Κ.

Πηγή: (ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ και ΣΚΡΕΚΑΣ, 2021)

3.1.2. Σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία και ειδικές δράσεις για κατασκευές και κτίρια

Το σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία αφορά έναν οδικό χάρτη με τετραετή διάρκεια, από το 2021 έως το 2025, και περιλαμβάνει δράσεις σύμφωνα με τις οποίες η οικονομία της χώρας θα καταστεί βιώσιμη και ανταγωνιστική (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, 2021).

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΤΙΤΛΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΕΠΙΣΠΕΥΔΩΝ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΦΟΡΕΑΣ
E.6.1	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΒΙΩΣΙΜΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	<p>Διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής για το βιώσιμο δομημένο περιβάλλον, στα πλαίσια της νέας ολοκληρωμένης στρατηγικής της Ε.Ε., με προώθηση των αρχών της κυκλικότητας για όλη τη διάρκεια ζωής των κτιρίων, μέσω των ακόλουθων μέτρων:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Εξέταση των επιδόσεων βιωσιμότητας των δομικών προϊόντων στο πλαίσιο της αναθεώρησης του σχετικού κανονισμού για τα δομικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένης της θέσπισης απαιτήσεων ανακυκλωμένου περιεχόμενου για ορισμένα δομικά προϊόντα. 2) Προώθηση μέτρων για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας και της προσαρμοστικότητας των δομημένων περιουσιακών στοιχείων 3) Χρήση του πλαισίου «Level(s)» για την ενσωμάτωση της αξιολόγησης του κύκλου ζωής στις δημόσιες συμβάσεις σε συμφωνία με το ενωσιακό πλαίσιο βιώσιμης χρηματοδότησης και διερεύνηση της σκοπιμότητας καθορισμού στόχων για τη μείωση των ανθρακούχων εκπομπών και της δυνατότητας αποθήκευσής τους. 4) Ενδεχόμενη αναθεώρηση των στόχων ανάκτησης υλικών που προβλέπει η ενωσιακή νομοθεσία για τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων και τα κλάσματα κάθε υλικού σε αυτά. 5) Προώθηση πρωτοβουλιών για τη μείωση της σφράγισης του εδάφους, την αποκατάσταση εγκαταλελειμμένων ή ρυπασμένων βιομηχανικών εκτάσεων και αύξηση της ασφαλούς, βιώσιμης και κυκλικής χρήσης των χωμάτων εκσκαφής. 	2022	ΥΠΕΝ - ΥΠΟΜΕ

E.6.2	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ Σ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ	Προώθηση δράσεων, ενεργειών και νέων νομοθετικών ρυθμίσεων για την ενίσχυση του βαθμού απόδοσης της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ, καθώς και για την παροχή κινήτρων για την περαιτέρω αύξηση της γεωγραφικής κάλυψης της χώρας από τα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης για τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων. Αναβάθμιση των ΣΕΔ για τα ΑΕΚΚ σύμφωνα με τα άρθρα 9 και 12 του ν. 4819/2021.	2021-2025	ΥΠΕΝ (ΕΟΑΝ) – Ιδιώτες/ Υπόχρεοι Διαχειριστές
E.6.3	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΓΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΥΛΙΚΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ	Ανάπτυξη αγορών για τα δευτερογενή υλικά της επεξεργασίας αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων κυρίως με τη χρήση τους στα δημόσια έργα ή όταν αυτό δεν είναι εφικτό με τη χρήση τους ως δευτερογενείς πρώτες ύλες στη βιομηχανία ή και την αντίστοιχη αναμόρφωση του ρυθμιστικού πλαισίου όπου απαιτείται. Περιλαμβάνεται και η δημιουργία καταλόγου ανακυκλωμένων α' υλών τα οποία μπορούν να χρησιμοποιούνται στα δημόσια έργα και η προώθηση της χρήσης τους μέσα από τις πράσινες δημόσιες συμβάσεις.	2021-2025	ΥΠΕΝ - ΥΠΟΜΕ
E.6.4	ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΥΚΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ Α ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ	Ενσωμάτωση κριτηρίων κυκλικότητας που αφορούν για παράδειγμα το ποσοστό δευτερογενών αδρανών υλικών, βελτιστοποίηση των επιδόσεων του κύκλου ζωής, αύξηση του προσδόκιμου ζωής των δομημένων στοιχείων κατά την αξιολόγηση προτάσεων σε προγράμματα ανακαίνισης των δημόσιων και ιδιωτικών κτηρίων.	2021-2025	ΥΠΕΝ - ΥΠΟΜΕ
E.6.5	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ Α) ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ ΕΓΚΑΤΑΛΕΛΕΙΜΜΕΝΩΝ ΑΚΙΝΗΤΩΝ Β) ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΠΟΥ	Δημιουργία χρηματοδοτικού προγράμματος από το νέο ΕΣΠΑ 2021-2027 ή το Ταμείο Ανάκαμψης για Α) Ανακαίνιση εγκαταλελειμμένων ακινήτων, υποδομών, κτιρίων, εγκαταστάσεων και η επαναφορά τους με τον ίδιο ή διαφορετικό σκοπό από αυτόν για τον οποίο κατασκευάστηκαν. Β) Αποκατάσταση εκτάσεων που χαρακτηρίζονται από υποβαθμισμένα εδάφη, ώστε να καταστούν και πάλι αξιοποιήσιμες και εξυγίανση εγκαταλελειμμένων ή υποβαθμισμένων περιοχών όπως εκτάσεις βιομηχανικών, εμπορικών εγκαταστάσεων, στο πλαίσιο της προετοιμασίας για ανάπλαση.	2021-2025	ΥΠΕΝ - ΥΠΟΜΕ

	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜ ΕΝΑ ΕΔΑΦΗ			
--	--	--	--	--

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΤΗΡΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, 2021)

3.2. Δομικά υλικά

3.2.1. Γενικά

Ο τομέας των κατασκευών περιλαμβάνει δραστηριότητες, οι οποίες προκαλούν την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά μπορούν να έχουν σημαντικές αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον, στην οικονομία και στην κοινωνία (Πολύζος, 2022).

Ο τομέας των κατασκευών και των κατεδαφίσεων παράγει μια από τις μεγαλύτερες ροές αποβλήτων. Οι ροές αυτές προέρχονται από την κατασκευή, την ανακαίνιση και την κατεδάφιση κτιρίων, οδών, γεφυρών και άλλων κατασκευών. Τα απόβλητα που προέρχονται από τις κατασκευές και την κατεδάφιση αποτελούνται από διάφορους τύπους υλικών. Οι ποσότητες των υλικών αυτών εξαρτώνται από ορισμένους παράγοντες οι οποίοι είναι:

- i. Το είδος της κατασκευής, (αστικά ή βιομηχανικά κτίρια, δρόμοι, γέφυρες, κ.λ.π.).
- ii. Το μέγεθος της κατασκευής, το είδος της κατασκευαστικής δραστηριότητας (αρχική κατασκευή, ανακαίνιση, επισκευή, κατεδάφιση κ.λπ.).
- iii. Την τοποθεσία στην οποία παράγονται.

Είναι προφανές ότι οι εργασίες κατεδάφισης παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων σε σχέση με τις εργασίες κατασκευής. Το είδος των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την κατεδάφιση επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των προϊόντων ή υλικών που θα ληφθούν, καθώς και τα δευτερεύοντα υλικά και προϊόντα που μπορεί να παραχθούν με την ανακύκλωση. Για να υπάρξει η δυνατότητα αξιοποίησης των αποβλήτων, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι επιμελούς διαχωρισμού τους. Από ορισμένες κατασκευές λαμβάνονται καλύτερης ποιότητας υλικά μετά την κατεδάφιση και η ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίησή τους είναι ευκολότερη. Για παράδειγμα σε κτήρια, στα οποία τα δομικά στοιχεία και τα συστήματα συνδέονται ισχυρά με στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, ο διαχωρισμός των υλικών κατά την κατεδάφιση είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία (Πολύζος, 2022).

3.2.2. Κατηγορίες δομικών υλικών

Τα υλικά που προκύπτουν από την κατεδάφιση των οικοδομών ή την αποξήλωση των υποδομών γενικότερα είναι διαφόρων ειδών και λαμβάνονται σε διαφορετικές ποσότητες και διαφορετικά ποσοστά. Οι ποσότητες αυτές εξαρτώνται από το είδος του έργου που κατεδαφίζεται, αν δηλαδή πρόκειται για οικοδομικό έργο, για αστικά εμπορικά ή βιομηχανικά κτήρια, για δρόμους, γέφυρες κ.λ.π., αλλά και το μέγεθος του έργου. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε σημασία έχει το είδος της κατεδάφισης ή αποξήλωσης που χρησιμοποιείται και τα υλικά που ενσωματώθηκαν στην κατασκευή του έργου (Πολύζος, 2022).

Στις Ευρωπαϊκές χώρες τα προϊόντα ή απορρίμματα που προέρχονται από την κατεδάφιση των οικοδομικών έργων αποτελούνται κατά κύριο λόγο από τούβλα και τσιμέντο σε ποσοστό σχεδόν 80%, ενώ το υπόλοιπο 20% αποτελείται από δομικά υλικά στήριξης και συσκευασίας, καθώς και από υπερκείμενα υλικά που προέρχονται από ανασκαφές (Πολύζος, 2022).

Τα υλικά που προκύπτουν από τις κατεδαφίσεις μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν μέσα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Οι βασικές κατηγορίες των υλικών αυτών είναι τα ασφαλτικά υλικά, το ξύλο, οι οπτόπλινθοι και το σκυρόδεμα, καθώς και το έδαφος και η άμμος (Πολύζος, 2022).

Ειδικότερα, και σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων από τις κατασκευές και κατεδαφίσεις προκύπτουν τα παρακάτω απόβλητα:

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ (ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΧΩΜΑ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΑΠΟ ΡΥΠΑΣΜΕΝΕΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ)	
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΤΙΤΛΟΣ
17 01	Σκυρόδεμα, τούβλα, πλακίδια και κεραμικά
17 01 01	Σκυρόδεμα
17 01 02	Τούβλα
17 01 03	Πλακίδια και κεραμικά
17 01 06	Μείγματα ή επιμέρους συστατικά από σκυρόδεμα, τούβλα, πλακίδια και κεραμικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 01 07	Μείγμα σκυροδέματος, τούβλων, πλακιδίων και κεραμικών εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 01 06
17 02	Ξύλο, γυαλί και πλαστικό
17 02 01	Ξύλο
17 02 02	Γυαλί
17 02 03	Πλαστικό
17 02 04	Γυαλί, πλαστικό και ξύλο που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες ή έχουν μολυνθεί από αυτές
17 03	Μείγματα ασφάλτου και ορυκτής πίσσας, λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας
17 03 01	Μείγματα ορυκτής ασφάλτου που περιέχουν λιθανθρακόπισσα
17 03 02	Μείγματα ορυκτής ασφάλτου εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 03 01
17 03 03	Λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας
17 04	Μέταλλα (περιλαμβανομένων και των κραμάτων τους)
17 04 01	Χαλκός, μπρούντζος, ορείχαλκος
17 04 02	Αλουμίνιο
17 04 03	Μόλυβδος
17 04 04	Ψευδάργυρος

17 04 05	Σίδηρος και χάλυβας
17 04 06	Κασσίτερος
17 04 07	Ανάμεικτα μέταλλα
17 04 09	Απόβλητα μετάλλων μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες
17 04 10	Καλώδια που περιέχουν πετρέλαιο, λιθανθρακόπισσα και άλλες επικίνδυνες ουσίες
17 04 11	Καλώδια εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 04 10
17 05	Χώματα (περιλαμβανομένων χωμάτων εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες), πέτρες και μπάζα εκσκαφών
17 05 03	Χώματα και πέτρες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 05 04	Χώματα και πέτρες άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 03
17 05 05	Μπάζα εκσκαφών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 05 06	Μπάζα εκσκαφών άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 17 05 05
17 05 07	Έρμα σιδηροτροχιών που περιέχει επικίνδυνες ουσίες
17 05 08	Έρμα σιδηροτροχιών εκτός εκείνου που περιλαμβάνεται στο σημείο 17 05 07
17 06	Μονωτικά υλικά και υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμιάντο
17 06 01	Μονωτικά υλικά που περιέχουν αμιάντο
17 06 03	Άλλα μονωτικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή τις περιέχουν
17 06 04	Μονωτικά υλικά εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 17 06 01 και 17 06 03
17 06 05	Υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμιάντο
17 08	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο
17 08 01	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες
17 08 02	Υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 17 08 02
17 09	Άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων
17 09 01	Απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν υδράργυρο
17 09 02	Απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν pcb (π.χ. στεγανωτικά υλικά που περιέχουν pcb, δάπεδα με βάση ρητίνες που περιέχουν pcb, μονάδες στεγανοποιημένης υαλόφραξης που περιέχουν pcb, πυκνωτές που περιέχουν pcb)
17 09 03	Άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων (περιλαμβανομένων μειγμάτων αποβλήτων) που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
17 09 04	Μείγματα αποβλήτων δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 17 09 01, 17 09 02 και 17 09 03

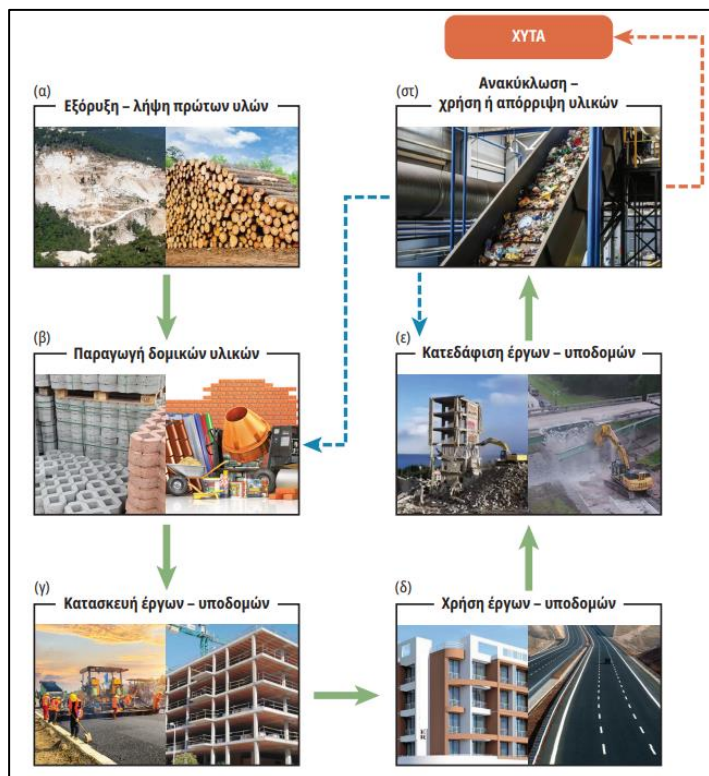
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΚΩΔΙΚΟΙ Ε.Κ.Α.

Πηγή: (Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ))

3.2.3. Ο κύκλος ζωής των δομικών υλικών

Ο κύκλος ζωής των δομικών υλικών περιλαμβάνει τη χρονική περίοδο από τη λήψη των πρώτων υλών (αδρανή υλικά, ξύλο, κ.λ.π) που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες παραγωγής δομικών υλικών, έως την ανακύκλωσή τους ή την απόρριψή τους στους ΧΥΤΑ (Εικόνα 6). Συγκεκριμένα, τα στάδια τα οποία περιλαμβάνει ο κύκλος ζωής των δομικών υλικών είναι τα εξής:

1. Λήψη πρώτων υλών (αδρανή υλικά, ξύλο, άργιλος, κ.λ.π.) που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των δομικών υλικών
2. Βιομηχανική επεξεργασία των πρώτων υλών και παραγωγή των δομικών υλικών.
3. Ενσωμάτωση των δομικών υλικών κατά την κατασκευή των έργων και των υποδομών.
4. Χρήση των έργων και των υποδομών.
5. Κατεδάφιση των έργων και των υποδομών, όταν κριθεί ότι έχουν εξαντλήσει τον οικονομικό χρόνο ζωής τους.
6. Ανακύκλωση και βιοδιάσπαση των προϊόντων κατεδάφισης, παραγωγή υλικών, πρώτων υλών και απορριμμάτων που μεταφέρονται στους ΧΥΤΑ (Πολύζος, 2022).



ΕΙΚΟΝΑ 6: Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Πηγή: (Πολύζος, 2022)

3.2.4. Ανακύκλωση δομικών υλικών

Για την εξασφάλιση της κυκλικής οικονομίας στον κλάδο των κατασκευών, είναι σημαντικό ποσοστό δομικών υλικών μπορεί να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται η λήψη νέων φυσικών πόρων και πρώτων υλών και περιορίζεται η διάθεση των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής. Σημειώνεται ότι η επαναχρησιμοποίηση των δομικών υλικών έχει μεγαλύτερη αξία, αφού η ανακύκλωση απαιτεί περισσότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την επαναχρησιμοποίηση των υλικών αυτών (Πολύζος, 2022).

Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων αποτελούν τα πιο βαριά και ογκώδη απόβλητα που παράγονται στην Ε.Ε. και αντιπροσωπεύουν το 25% - 30% του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων και αποτελούνται από υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021).

1. Σκυρόδεμα

Η αντικατάσταση των πρωτογενών αδρανών υλικών σκυροδέματος με τα ανακυκλωμένα αδρανή υλικά σκυροδέματος στις κατασκευές αποτελεί μια από τις αποτελεσματικότερες στρατηγικές που προωθούν την κυκλικότητα. Η εφαρμογή ανακυκλωμένων αδρανών σκυροδέματος ελαχιστοποιεί τη διάθεση απορριμμάτων και αποτρέπει την εξάντληση των πρωτογενών πόρων, με αποτέλεσμα τη μείωση της εξάρτησης από πρώτες ύλες και την αύξηση της αποδοτικότητας όσον αφορά την



ΕΙΚΟΝΑ 7: ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Πηγή: (Johnson, 2020)

κατανάλωση του υλικού. Ω εκ τούτου το σκυρόδεμα μετά από κατάλληλη θραύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες χρήσεις και με την άμεση επαναχρησιμοποίηση του αποφεύγεται η παραγωγή σκυροδέματος και κατά συνέπεια οι επιπτώσεις που προκύπτουν κατά την παραγωγή του, δηλαδή η απελευθέρωση βλαβερών αερίων και ουσιών (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Οι βασικές διαφορές ανάμεσα στα ανακυκλώσιμα αδρανή του σκυροδέματος και τα φυσικά αδρανή οφείλονται στην ύπαρξη του προσκολλημένου κονιάματος που καθιστά υποδιαιρέσιμες τις μηχανικές τους ιδιότητες σε σχέση με τα φυσικά αδρανή. Η ποιότητα και η ποσότητα του προσκολλώμενου κονιάματος καθορίζει την ποιότητα των ανακυκλώσιμων αδρανών και κατά συνέπεια την ποιότητα του ανακυκλώσιμου σκυροδέματος (Πολύζος, 2022).

Η διαδικασία ανακύκλωσης του σκυροδέματος περιλαμβάνει την εφαρμογή τεχνικών, οι οποίες περιλαμβάνουν τη διάσπασή του (σε χονδρόκοκκα ή λεπτόκοκκα αδρανή) και εν συνεχεία την υποβολή του σε καθαρισμό από άλλα υπολείμματα υλικών, όπως ο χαλύβδινος οπλισμός και η μόνωση, αφαίρεση των ρύπων και τελική διαλογή τους στο εργοτάξιο ή σε ειδικές εγκαταστάσεις (Πολύζος, 2022).

Παρόλο που ένα σημαντικό τμήμα των απορριμμάτων σκυροδέματος εξακολουθεί να απορρίπτεται σε χώρους υγειονομικής ταφής εντός της ΕΕ, αυτή η πρακτική αποθαρρύνεται όλο και περισσότερο. Το σκυρόδεμα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους στην αρχική του μορφή αλλά και να ανακυκλωθεί και κατά συνέπεια να υποστεί επανεπεξεργασία σε χονδροειδή ή λεπτά αδρανή. Το πρώτο βήμα είναι η αφαίρεση του συνόλου των ακαθαρσιών, όπως η χαλύβδινη ενίσχυση πριν από τη σύνθλιψη και την ταξινόμηση (Bio Intelligence Service, 2011).

Η ανακύκλωση σκυροδέματος περιλαμβάνει επεξεργασία σε χονδροειδή ή λεπτά αδρανή, μέσω διεργασιών που είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται με φυσικά αδρανή (κοσκίνισμα, σύνθλιψη και μεταφορά) και μια αποτελεσματική διαλογή στο εργοτάξιο ή στην εγκατάσταση επεξεργασίας είναι απαραίτητη για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων ανακύκλωσης. Συχνά εγκαθίστανται κινητοί διαλογείς και θραυστήρες σε εργοτάξια για να επιτρέπεται η επιτόπια επεξεργασία, ενώ σε άλλες περιπτώσεις, δημιουργούνται συγκεκριμένες τοποθεσίες επεξεργασίας. Μόλις ταξινομηθούν και υποστούν επεξεργασία, αυτά τα αδρανή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως

έχουν σε οδικά έργα ή να επανεισαχθούν στην κατασκευή σκυροδέματος (Bio Intelligence Service, 2011).

Τα χονδροειδή αδρανή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές οδικής βάσης, υποβάσεως και έργα πολιτικού μηχανικού. Ως εκ τούτου, ο τομέας της χρήσης οδοποιίας αντιπροσωπεύει μία από τις κύριες εφαρμογές για ανακυκλωμένα αδρανή σκυροδέματος και μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη του στόχου του 70%. Τα χονδροειδή αδρανή μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως υλικό πλήρωσης σε λατομεία. Το θρυμματισμένο σκυρόδεμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε χωματοургικές κατασκευές, για την κατασκευή δρόμων, αυλών και χώρων στάθμευσης, ως επίχωση για εκσκαφές σωληνώσεων, περιβαλλοντικές κατασκευές, θεμέλια κτιρίων, καθώς και άλλες χρήσεις (Bio Intelligence Service, 2011).

Λεπτά αδρανή μπορούν επίσης να ληφθούν από απορρίμματα σκυροδέματος και να χρησιμοποιηθούν στη θέση της φυσικής άμμου στα κονιάματα. Ωστόσο, η χρήση λεπτών αδρανών από ανακυκλωμένο σκυρόδεμα θα μπορούσε να επηρεάσει άμεσα την περιεκτικότητα του κονιάματος και συνεπώς την εργασιμότητα και την αντοχή του ενώ μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση λόγω της υψηλής απορρόφησης νερού με κίνδυνο καθίζησης και εμφάνισης ρωγμών. Για τους λόγους αυτούς, τα ανακυκλωμένα λεπτά αδρανή δεν χρησιμοποιούνται στην παραγωγή δομικού σκυροδέματος. Επιπλέον, η μόλυνση του σκυροδέματος με γύψο μπορεί να εμποδίσει την ανακυκλωσιμότητα του υλικού, καθώς ο καθαρισμός συνεπάγεται σημαντικό πρόσθετο κόστος, τόσο οικονομικό όσο και περιβαλλοντικό. Οι εφαρμογές αυτές αναφέρονται συχνά ως «down-cycling» σε αντίθεση με την επανεισαγωγή του ανακυκλωμένου σκυροδέματος απευθείας στην παραγωγή σκυροδέματος, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των φυσικών αδρανών (Bio Intelligence Service, 2011).

Τόσο τα χονδροειδή όσο και τα λεπτά ανακυκλωμένα αδρανή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή σκυροδέματος. Ωστόσο, καθώς το τσιμέντο δεν είναι ανακυκλώσιμο, αυτή η επιλογή εξακολουθεί να απαιτεί την κατανάλωση παρθένου τσιμέντου. Τεχνικά, η χρήση ανακυκλωμένων αδρανών στην παραγωγή σκυροδέματος είναι περιορισμένη για δομικούς λόγους (Bio Intelligence Service, 2011).

Μετά τη διαλογή και επεξεργασία, τα εν λόγω αδρανή μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Σε διάφορα έργα (οδικά έργα, επιχωματώσεις, ως υλικό πλήρωσης στα λατομεία, κατασκευή αυλών και χώρων στάθμευσης, επιχωματώσεις εκσκαφών σωληνώσεων, κατασκευή περιβάλλοντος χώρου, θεμέλια κτιρίων, κλπ.)
- Στην εκ νέου κατασκευή σκυροδέματος.

Οι πιο κοινές χρήσεις του σκυροδέματος στον κατασκευαστικό τομέα των κτιρίων είναι για θεμέλια, δάπεδα για επίπεδα ισογείου ή άνω ορόφου, δομικά κουφώματα, εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι, συμπεριλαμβανομένων πάνελ, μπλοκ ή διακοσμητικών στοιχείων με χρώματα και φινιρίσματα, κεραμίδια στέγης και πλακόστρωτα κήπου. Ακόμη, είναι κατάλληλο για κατασκευές έργων πολιτικού μηχανικού και για την κατασκευή φραγμάτων γιατί είναι σε θέση να αντιστέκεται στην υγρασία και τις καιρικές διακυμάνσεις, τους μηχανικούς περιορισμούς και τις υψηλές θερμοκρασίες. Το σκυρόδεμα απορροφά επίσης τον ήχο, μειώνει τις μεταβολές της θερμοκρασίας και παρέχει προστασία από διαφορετικούς τύπους ακτινοβολίας και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Άλλες συγκεκριμένες εφαρμογές για υποδομές περιλαμβάνουν επίσης, δρόμους, σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και άλλες κοινές βιομηχανικές εφαρμογές (Bio Intelligence Service, 2011).

Η ανακύκλωση σκυροδέματος όμως, αντιμετωπίζει και κάποια εμπόδια τα οποία αφορούν:

- Υψηλή διαθεσιμότητα και το χαμηλό κόστος των πρώτων υλών.
- Η αβεβαιότητα σχετικά με την παροχή των δευτερογενών υλικών.
- Προβληματισμός σχετικά με την ποιότητα των ανακυκλωμένων προϊόντων συγκριτικά με νέα υλικά.

Ωστόσο υπάρχουν και παράγοντες που προωθούν τα ανακυκλωμένα Απόβλητα Κατασκευών και Κατεδαφίσεων και αυτοί είναι:

- Υψηλή ζήτηση για αδρανή υλικά στην οδοποιία, σε συνδυασμό με την υψηλότερη ποιότητα των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών σκυροδέματος σε σύγκριση με πρωτογενών αδρανών υλικών.
- Ο σχεδιασμός για αποδόμηση που θα οδηγήσει σε εκ νέου χρήση των τσιμεντόλιθων.
- Διαλογή στην πηγή για την αύξηση της ποιότητας.
- Φόροι ή απαγορεύσεις διάθεσης σε χωματερές και χώρους υγειονομικής ταφής για την προώθηση εναλλακτικών λύσεων.
- Ενσωμάτωση των απαιτήσεων επαναχρησιμοποιημένων ή ανακυκλωμένων υλικών σε οικοδομικά πρότυπα.
- Πιστοποίηση ποιότητας για τα ανακυκλωμένα υλικά (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

2. Οπτόπλινθοι – Πλακάκια – Κεραμικά

Η επαναχρησιμοποίηση τέτοιων οικοδομικών απορριμμάτων πρέπει να γίνεται μέσω του επιλεκτικού τρόπου κατεδάφισης των υφιστάμενων κατασκευών. Τα υλικά αυτά μπορούν να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (μεγαλύτερη των 100 χρόνων), όμως παρόλα αυτά κατεδαφίζονται συνήθως σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Προκειμένου να ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν στη συνέχεια, οι οπτόπλινθοι, τα πλακίδια και τα κεραμικά, είναι σημαντικό να



ΕΙΚΟΝΑ 8: ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΩΝ

Πηγή: (Watson, 2020)

απομακρυνθεί οποιοδήποτε κονίαμα ή συνδετική κόλλα, μια διαδικασία δύσκολη και χρονοβόρα, που απαιτεί χειρονακτική εργασία (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Η εξαγωγή πλακιδίων στέγης και η αποθήκευσή τους για επαναχρησιμοποίηση είναι εφικτή και το απόθεμα που προκύπτει από οικοδομικά έργα μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες χρήσεις, μεταξύ των οποίων η ενσωμάτωση τους σε νέα κτίρια. Για να γίνει αυτό, κρίνεται επιτακτική η αποδόμηση του κτιρίου. Ωστόσο, αυτά τα υλικά είναι συχνά μολυσμένα, γεγονός που δημιουργεί προβληματισμό κυρίως λόγω:

- Της χρονοβόρας και απαιτητικής διαδικασίας καθαρισμού των τούβλων
- Της υψηλής περιεκτικότητας σε κονίαμα και της δυσκολίας αφαίρεση του

- Της μεγάλης ποσότητας σκόνης κονιάματος που μπορεί να εμποδίσει την προσκόλληση μεταξύ κονιάματος και τούβλων και να οδηγήσει σε ασθενέστερη τοιχοποιία, ανάλογα με τη σύνθεση του κονιάματος.
- Της διαφορετικής ποιότητας των τούβλων, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της αντοχής και της φέρουσας ικανότητας της τοιχοποιίας από ανακυκλωμένα τούβλα.
- Της δύσκολης φύσης του υλικού και του υψηλού κόστους που σχετίζεται με τη διαδικασία επαναχρησιμοποίησης, γεγονός που καθιστά σε ορισμένες περιπτώσεις την χρήση επαναχρησιμοποιούμενων οπτόπλινθων πιο δαπανηρή από τη χρήση νέων (Bio Intelligence Service, 2011).

Επίσης, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η αντοχή και η φέρουσα ικανότητα της τοιχοποιίας που είναι κατασκευασμένη από ανακυκλωμένα τούβλα και γι' αυτό το λόγο συνήθως προτιμάται να επαναχρησιμοποιούνται σε επικαλύψεις όψεων ή εσωτερικών τοίχων. Η επαναχρησιμοποίηση των οπτόπλινθων και των πλακιδίων στέγης μειώνει την κατανάλωση ενέργειας καθώς και τις εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα, που συνήθως εμφανίζονται κατά τη διαδικασία κατασκευής τους (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Τα οικοδομικά απορρίμματα από οπτόπλινθους, πλακάκια και κεραμικά από μια κατεδάφιση είναι σε αναμεμιγμένη μορφή. Αυτά μπορούν να θρυμματιστούν και να κοσκινιστούν αντικαθιστώντας την άμμο, χαλίκια ή πέτρες για διάφορες εργασίες. Το μίγμα πρέπει να είναι απολύτως απαλλαγμένο από στοιχεία που είναι δυνατό να προκαλέσουν ρύπανση, όπως ο πετροβάμβακας, το σκυρόδεμα, τα βαρέα μέταλλα και πολυκυκλικό αρωματικό υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ). Έτσι για την περαιτέρω ανακύκλωση τους, ο καθαρισμός τους είναι το πρώτο βασικό στάδιο (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Ένα υψηλό ποσοστό κεραμικών απορριμμάτων κατασκευών και κατεδαφίσεων είναι κατάλληλο για σύνθλιψη και ανακύκλωση ως υποκατάστατο για πρόσφατα εξορυσσόμενα (πρωτογενή) αδρανή σε ορισμένες εφαρμογές χαμηλότερης ποιότητας όπως η μηχανική πλήρωση και οδική υπόβαση (Bio Intelligence Service, 2011).

Επιλογές ανακύκλωσης είναι οι εξής:

- Άθραυστα, για τη συμπλήρωση και σταθεροποίηση μικρών δρόμων ιδιαίτερα σε υγρές περιοχές όπως δάση και πεδιάδες.
- Θρυμματισμένα, ως υλικά υπόβασης για την κατασκευή οδικών έργων. Το μείγμα αντικαθιστά φυσικά υλικά, όπως η άμμος και τα χαλίκια, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες.
- Θρυμματισμένα, για την εξομάλυνση και πλήρωση χαντακιών για δίκτυα σωλήνων και αντικαθιστά φυσικά υλικά όπως η άμμος.
- Θρυμματισμένα, αντικαθιστούν την άμμο στην παραγωγή σκυροδέματος.
- Θρυμματισμένα κόκκινα τούβλα και κεραμίδια για την κατασκευή άμμου για τένις. Το λεπτό επιφανειακό στρώμα διαστρώνεται πάνω από χονδρόκοκκα στρώματα που μπορούν να περιέχουν θρυμματισμένα τούβλα. Η διαδικασία είναι πιο αποτελεσματική όταν πραγματοποιείται σε εργοστάσια τούβλων ή κεραμιδιών, όπου υπάρχει περίσσεια ακατάλληλου υλικού.
- Θρυμματισμένα τούβλα και κεραμίδια ως υποστρώματα φυτών. Το υλικό μπορεί να αναμιχθεί με βιοδιασπώμενα οργανικά υλικά και είναι τέλειο για πράσινες στέγες: το

πορώδες του υλικού που επιτρέπει τη διατήρηση νερού και βοηθά στη διατήρηση των φυτών κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων.

Το μειωμένο κόστος των τούβλων, πλακιδίων και ειδών κεραμικής που παράγονται από πρώτες ύλες είναι δυνατό να αποτελέσει εμπόδιο στην ανακύκλωση του. Ωστόσο, εντοπίζονται και παράγοντες που προωθούν την ανακύκλωση και αυτοί είναι:

- Σχεδιασμός για το τέλος του κύκλου ζωής τους (σχεδιασμός για προσεκτική κατεδάφιση (αποδόμηση) για επαναχρησιμοποίηση των τούβλων και κεραμιδιών.
- Αύξηση της διάρκειας ζωής των κτιρίων (> 100 έτη) για τη μείωση των ποσοτήτων των αποβλήτων που παράγονται.
- Φόροι και απαγορεύσεις διάθεσης σε χωματερές ή χώρους υγειονομικής ταφής τέτοιων απορριμμάτων, για την προώθηση εναλλακτικών λύσεων.
- Συνεχής επιστημονική έρευνα για τη βελτίωση των τεχνικών διαχωρισμού και καθαρισμού των τούβλων από άλλα ανάμεικτα απόβλητα και ειδικά από μολυσματικούς παράγοντες.

3. Ξύλο

Το ξύλο που χρησιμοποιείται στις κατασκευές μπορεί να είναι καθαρό ή μολυσμένο. Ως «καθαρό» ορίζεται το ξύλο στο οποίο δεν έχουν προστεθεί κόλλες, ρητίνες, πλαστικά και άλλα συνθετικά υλικά. Ως «μολυσμένο» ορίζεται το ξύλο που έχει υποστεί επεξεργασία και στο οποίο έχουν προστεθεί κόλλες, ρητίνες, χρώματα και άλλα συνθετικά υλικά. Τα πρόσθετα αυτά χημικά υλικά είναι ιδιαίτερα δηλητηριώδη, και η παρουσία τους είναι εφικτό να περιορίσει την δυνατότητα ανακύκλωσης των «μολυσμένων» ξύλων (Πολύζος, 2022).



ΕΙΚΟΝΑ 9: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΕΙΑΣ

Πηγή: (Zhejiang Supu Technology Co., 2022)

Ως παραδείγματα επεξεργασμένου ξύλου μπορούν να αναφερθούν τα κόντρα πλακέ, οι μοριοσανίδες και τα επιστρωμένα προϊόντα ξύλου. Η καταλληλότητα των αποβλήτων για ανακύκλωση ξύλου εξαρτάται από το επίπεδο της μόλυνσης, ενώ αυτές διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Μη επεξεργασμένη ξυλεία
- Ξυλεία με επίστρωση που δεν περιέχει αλογονούχες οργανικές ενώσεις.
- Ξυλεία με επίστρωση που περιέχει οργανικές ενώσεις.
- Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικό ξύλου.
- Ξυλεία που περιέχει βλαβερές ουσίες (χαλκό -αρσενικό- χρώμιο κλπ.).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υγειονομική ταφή καθώς και η διάθεση σε χωματερές των απορριμμάτων ξύλου μπορεί να οδηγήσει:

- Σε εκπομπές μεθανίου (CH₄), που αποτελεί ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου.
- Σε επιβάρυνση της χρήσης γης που ακολουθείται έπειτα από την υγειονομική ταφή του ξύλου.
- Σε πιθανή μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα από τις χημικές ουσίες στην επιφάνεια του ξύλου, προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή του υλικού.

Ξυλεία από κτίρια που φθάνουν το τέλος της ζωής τους μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί εκ νέου όταν οι κατάλληλες μέθοδοι αποδόμησης έχουν εφαρμοστεί. Σημαντικό ποσοστό ξυλείας που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί είναι οι παλέτες μεταφοράς υλικών οι οποίες οι περισσότερες μπορούν να επιστραφούν και να χρησιμοποιηθούν εκ νέου από τους προμηθευτές με μία μικρή επιδιόρθωση.

Προκειμένου να προχωρήσει η ανακύκλωση από μείγμα απορριμμάτων που περιέχουν ξύλο πρέπει να υπάρξει μία προκαταρκτική επεξεργασία αυτών των απορριμμάτων. Η επεξεργασία των απορριμμάτων ξυλείας περιλαμβάνει:

1. Εφαρμογή τεχνικής δείκτη χρώματος (colour indicator technique) για την ανίχνευση της χημικής μόλυνσης των αποβλήτων ξύλου για την ανακύκλωση σε κάθε δείγμα ξύλου, στο εργοτάξιο.
2. Διαχωρισμός στο εργοτάξιο επεξεργασμένου ή μη επεξεργασμένου απορριμμάτων ξύλου.
3. Χειρονακτική διαλογή για την απομάκρυνση προσμείξεων μετά από ένα, δύο ή τρία στάδια θραύσης.
4. Διαχωρισμός των σιδηρούχων (χάλυβας-μαγνητικά μέταλλα) και μη σιδηρούχων μετάλλων (χαλκός-μόλυβδος-φύλλα αλουμινίου) με μαγνήτες ή κυκλώνες.
5. Διαχωρισμός των ορυκτών (σκυρόδεμα) με κοσκίνισμα.
6. Διαχωρισμός ελαφριών στοιχείων (πλαστικά) μέσα σε ένα ή πολλαπλά στάδια κοσκίνισματος με αέρα.
7. Εφαρμογή τεχνικής δείκτη χρώματος (colour indicator technique) για την ανίχνευση της χημικής μόλυνσης των αποβλήτων ξύλου για την σωστή διοχέτευση του ξύλου στην ανακύκλωση.

Τα τελευταία χρόνια, η ανακύκλωση ξύλου γνώρισε βελτιώσεις σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εταιρειών που ασχολούνται με τη δραστηριότητα αυτή.

Από την ανακύκλωση ξυλείας προκύπτουν:

- Άλλα προϊόντα ξυλείας όπως το κόντρα πλακέ - Ινοσανίδες (Fibreboard) που περιέχουν ίνες ξύλου όπως το λεγόμενο (MDF).
- Η ανακυκλωμένη ξυλεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαμόρφωση εξωτερικών χώρων και κήπων, σε επιφάνειες για ιππασία εξωτερικές και εσωτερικές αρένες, και για στρωμένη κτηνοτροφίας.
- Μέθοδος κομποστοποίησης ή για εδαφοβελτιωτικό μετά από κομποστοποίηση.

Τα απόβλητα ξύλου που είναι μολυσμένα και φέρουν επικίνδυνες ουσίες, είναι δυνατό να αξιοποιηθούν και να παράγουν ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια προκύπτει με τους παρακάτω τρόπους:

- Σε μικρά συστήματα θέρμανσης (pellets)
- Σε συστήματα θέρμανσης που απαιτούν έγκριση σε εγκαταστάσεις για την αεριοποίηση.
- Στις εγκαταστάσεις για την παραγωγή τσιμέντου και κλίνκερ τσιμέντου.
- Σε αποτεφρωτήρες αστικών αποβλήτων

Για να εξασφαλιστεί η καλή ποιότητα των προϊόντων που προέρχονται από δευτερογενές ξύλο, τα τυποποιημένα όρια για τοξικά στοιχεία από ανακυκλωμένο ξύλο, είναι η ίδια όπως και για πρώτες ύλες. Οι οριακές τιμές της χημικής μόλυνσης πρέπει να συμμορφώνονται με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Η ανάκτηση υλικών και η ανανεώσιμη ενέργεια αποτελούν στρατηγικούς πολιτικούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης των απορριμμάτων. Τα απορρίμματα ξύλου αποτελούν μια πολύτιμη δευτερεύουσα πρώτη ύλη και μπορούν να υποκαταστήσουν αποτελεσματικά τις πρωτογενείς πρώτες ύλες από τα δάση ή τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό βέβαια προϋποθέτει κατάλληλα συστήματα διαχείρισης των απορριμμάτων ξύλου, που αξιοποιούν τις ενεργειακές και υλικές ιδιότητες του ανακτημένου ξύλου που υπάρχει σε αυτά. Αύξηση της ανακύκλωσης ξύλου για παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών δεσμεύει CO₂ σε προϊόντα ξύλου, συμβάλλει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της έλλειψης ξύλου στη βιομηχανία και μειώνει την πίεση στα δάση. Είναι σημαντικό ωστόσο να αποφευχθεί να χρησιμοποιηθεί το ξύλο, το οποίο είναι κατάλληλο για την άμεση παραγωγή των προϊόντων ξυλείας, για την παραγωγή ενέργειας. Παρόλο λοιπόν που η ανάκτηση ενέργειας είναι μια πολύ καλή επιλογή για την ανάκτηση των υπολειμμάτων ξύλου από ΑΚΚ, υποθάλλει κινδύνους ως προς το να γίνει η μοναδική ή κύρια μέθοδος ανάκτησης.

4. Γύψος

Η γύψος είναι μια κατεξοχήν ανακυκλώσιμη πρώτη ύλη καθότι η χημική του σύνθεση παραμένει αμετάβλητη. Πρόκειται για υλικό στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία η ανακύκλωση «κλειστού κύκλου». Η βιομηχανία ανακύκλωσης γύψου έχει αναπτύξει ένα σύστημα στο οποίο το γύψο μπορεί να έχει σχεδόν την ίδια ποιότητα με το γύψο στην πρωτογενή του μορφή και το τελικό προϊόν να είναι 99% καθαρό.



ΕΙΚΟΝΑ 10: ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΓΥΨΟΥ

Πηγή: (Construction & Demolition Recyclers, 2022)

Από το σύνολο των απορριμμάτων γυψοσανίδων το 94% αποτελείται από τη σκόνη γύψου και το υπόλοιπο 6% από χαρτί ή χαρτόνι (ή άλλα υλικά) που περιέχει μηδαμινό ποσοστό γύψου και αυτό το μέρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη κομποστοποίηση ή στη παραγωγή θερμότητας. Από την άλλη υπάρχει πάντα ένα υπολειμματικό κλάσμα χαρτιού που παραμένει στη σκόνη γύψου και η οποία εμποδίζει τη βελτίωση των ποσοστών εισαγωγής από ανακυκλωμένη σκόνη στις διαδικασίες παραγωγής που ισχύουν σήμερα. Οι αντίστοιχοι κίνδυνοι είναι η βλάβη των μηχανημάτων κατασκευής και οι επιπτώσεις στην ακουστική ή θερμική ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Η διάθεση αποβλήτων γύψου σε χωματερές οδηγεί στη παραγωγή υδρόθειου (H₂S), όταν αναμιγνύεται με βιοδιασπώμενα απόβλητα, που είναι ένα άχρωμο και πολύ δηλητηριώδες εύφλεκτο αέριο με χαρακτηριστική οσμή σάπιου αυγού. Η ΕΕ απαιτεί την ταφή αποβλήτων γύψου μόνο σε ειδικά κελιά σε χωματερές αδρανών αποβλήτων για την αποφυγή παραγωγής αυτού του επικίνδυνου αερίου.

Συνεχόμενη έρευνα εστιάζει σε διάφορους τομείς για την αύξηση της ανακύκλωσης γύψου:

- Στη ανάπτυξη της βιομηχανίας ώστε να μπορεί να ανακυκλωθεί γύψος με περισσότερη περιεκτικότητα σε χαρτί.
- Στην ανάπτυξη μεθόδων για τη πιο επιτυχή αφαίρεση κλασμάτων χαρτιού από τις γυψοσανίδες.

- Στην αντικατάσταση ανακυκλωμένου γύψου από ΑΚΚ από το φυσικό γύψο για τη παραγωγή τσιμέντου (5% γύψου στο τσιμέντο).
- Στη χρησιμοποίηση ανακυκλωμένου γύψου στη γεωργία

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα απορρίμματα προϊόντων γύψου που συλλέγονται από την κατεδάφιση και την ανακαίνιση έργων μπορεί να είναι μολυσμένα με άλλα υλικά, όπως χρώματα, μεταλλικούς συνδέσμους, βίδες, ξύλο και μονωτικά υλικά, μεταξύ άλλων, τα οποία καταστούν δύσκολη την ανακύκλωση. Επομένως, η ανακύκλωση είναι εφικτή όταν τα απόβλητα γύψου δεν έχουν «μολυνθεί».

Η ανακύκλωση των υλικών αυτών είναι δυνατό να προωθηθεί με τους εξής παράγοντες:

- Αύξηση της τιμής του φυσικού γύψου σε πολλές χώρες
- Αύξηση των φόρων για απορρίμματα γύψου στις χωματερές.
- Η διαλογή και διαχωρισμός των απορριμμάτων γύψου στο εργοτάξιο προκειμένου να αποφευχθεί η μόλυνση των 'καθαρών' απορριμμάτων γύψου που περιορίζει την περαιτέρω αξιοποίηση του.

Εκτιμάται ότι το 25% των υλικών φυσικού γύψου μπορούν να αντικατασταθούν από ανακυκλωμένο γύψο σε σκόνη για την παραγωγή των γυψοσανίδων.

5. Ασφαλτικά υλικά

Απορρίμματα ασφάλτου παράγονται κατά την εκσκαφή των οδοστρωμάτων σε όλο το πάχος τους ή αφαιρώντας την επιφανειακή στρώση λόγω φθοράς ή αύξησης της ολισθηρότητας. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτουν κυρίως πλάκες ασφάλτου και στην δεύτερη τρίμμα ασφαλτομίγματος μετά από χρήση φρέζας ασφάλτου. Οι παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων ασφάλτου που αξιοποιούνται μεταβάλλονται από χώρα σε χώρα της Ε.Ε. Οι παραγόμενες ποσότητες ασφαλτομίγματος αντίστοιχα, που προκύπτουν από ανάκτηση συγκριτικά με την συνολικά παραγόμενη ποσότητα, κυμαίνεται στις χώρες της Ε.Ε. από 0 έως 66 % (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Για τη χρήση της ασφάλτου που έχει ανακτηθεί, απαιτείται ο κατάλληλος προσδιορισμός των τελικών ιδιοτήτων της. Η επίδραση των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών στην απόδοση του οδοστρώματος έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές, οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το ποσοστό ανακυκλωμένων υλικών που χρησιμοποιούνται επιδρούν σημαντικά στις ιδιότητες του τελικού μίγματος ασφαλτόστρωσης. Στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας η ανακύκλωση των παλαιών ασφαλτικών οδοστρωμάτων σε νέο ασφαλτικό μείγμα θεωρείται ως μια ικανοποιητική λύση για τον περιορισμό της χρήσης νέων υλικών και την διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν υπό τη μορφή ανασχηματισμένης ασφάλτου (Bio Intelligence Service, 2011).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η διάθεση σε χωματερές του ασφαλτομίγματος που έχει μολυνθεί με πίσσα δεν αποτελεί βέλτιστη λύση, καθώς είναι δυνατό να προκαλέσει μόλυνση των υδάτων εφόσον εκπέμπονται πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ), οργανικές ενώσεις καρκινογόνες και επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Εκτός αυτού τα ασφαλτικά υλικά έχουν τη δυνατότητα να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, και η διάθεση τους χωρίς περαιτέρω αξιοποίηση απαιτεί τη δέσμευση γης (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Ως εκ τούτου η χρήση του τρίμματος ασφάλτου για απλή επίχωση ή ανάκτηση ενέργειας δεν θεωρούνται από την βιομηχανία ασφάλτου ως ενδιαφέρουσες επιλογές ανάκτησης, γιατί δεν αξιοποιούνται πλήρως οι πρώτες ύλες του.

Η προσθήκη τρίμματος ασφάλτου σε νέο ασφαλτόμιγμα με τα παλαιά αδρανή και άσφαλτο από τη άλλη, έχει την δυνατότητα να αντικαταστήσει τη χρησιμοποίηση νέων πρωτογενών ασφαλτικών υλών. Οι τεχνικές αξιοποίησης αντίστοιχα, κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες την ζεστή και την ψυχρή ανακύκλωση και αυτές σε δυο υποκατηγορίες την ανακύκλωση επί τόπου του έργου και την ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος. Και στην ζεστή και στην ψυχρή ανακύκλωση το τρίμμα πιθανόν να απαιτεί κοσκίνισμα ή και θραύση των τεμαχίων ασφάλτου καθώς και ιδιαίτερο τρόπο προσωρινής αποθήκευσης για να αποφεύγεται η επανασυσσωμάτωση του. Το ποσοστό ανάμειξης ανακυκλωμένου και πρωτογενούς ασφαλτομίγματος αντίστοιχα, εξαρτάται από την τεχνολογία του συγκροτήματος παραγωγής και από τις ιδιότητες του ανακτώμενου ασφαλτομίγματος (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).

Η κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών επιδιώκεται, καθώς εντοπίζονται διάφοροι παράγοντες που στηρίζουν και προωθούν την αξιοποίηση των ασφαλτικών υλικών. Πρώτα απ' όλα το οικολογικό αποτύπωμα άνθρακα για την ανακυκλωμένη άσφαλτο είναι χαμηλότερο από την άσφαλτο που κατασκευάζεται από παρθένα αδρανή υλικά. Ακόμη, η κατανάλωση ενέργειας και καυσίμου πρόκειται να μειωθεί εφόσον οι μονάδες ανακύκλωσης εκσυγχρονιστούν κατά την παραγωγή ασφαλτομίγματος και η μείωση του κόστους κατανάλωσης θα οδηγήσει στην προτίμηση της από τους παραγωγούς ασφάλτου. Επιπλέον, η απαγόρευση διάθεσης απορριμμάτων ασφάλτου σε χωματερές και η αναθεώρηση του ορισμού της ως προϊόν και όχι ως απόβλητο, πρόκειται να ενισχύσει την προώθηση των ανακυκλωμένων υλικών ασφάλτου.

Παρότι η κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα, είναι δυνατό να εντοπιστούν ορισμένα εμπόδια όπως το κόστος θραύσης και κοσκίνισματος των αδρανών που είναι ίδιο, είτε για τη ανακύκλωση ασφάλτου είτε για την παρασκευή ασφάλτου από παρθένα υλικά. Επιπλέον η διαθεσιμότητα παρθένων αδρανών σε χαμηλό κόστος δεν προωθεί την επιλογή ανακύκλωσης ευρέως από τους παρασκευαστές ασφάλτου. Άλλο ένα ζήτημα προέρχεται από την απαγόρευση της χρήσης του αμιάντου που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν για την παραγωγή ασφάλτου σε αρκετές χώρες όπως η Γαλλία. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται δυσκολίες που συνδέονται με την αναγνώριση της ασφάλτου που περιέχει αμιάντο (Αναστασοπούλου, Βασιλείου και Καραλής, 2012).



ΕΙΚΟΝΑ 11: ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Πηγή: (Paving Finder, 2021)

6. Έδαφος και άμμος

Το έδαφος και η άμμος προκύπτουν από εργασίες εκσκαφών, οι οποίες πραγματοποιούνται και κατά την εκτέλεση τεχνικών έργων. Οι μεγάλες ποσότητες των υλικών αυτών που παράγονται στην κατά την κατασκευή των έργων αυτών μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, στις περιπτώσεις που οι μηχανικές του ιδιότητες των υλικών τα καθιστούν κατάλληλα (Πολύζος, 2022). (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022β)



ΕΙΚΟΝΑ 12: ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022)

3.2.5. Μέθοδοι ανάκτησης αποβλήτων

Οι δύο βασικές μέθοδοι κατεδάφισων είναι η συμβατική κατεδάφιση και η επιλεκτική κατεδάφιση (Γιουβανάκης, 2015).

Παραδοσιακός τρόπος κατεδάφισης – συμβατική κατεδάφιση

Ο παραδοσιακός τρόπος κατεδάφισης πραγματοποιείται με μηχανικό εξοπλισμό, χωρίς να καταβάλλεται προσπάθεια για το διαχωρισμό των υλικών που προκύπτουν. Ως διαδικασία έχει μικρό κόστος, δεν απαιτεί πολύ χρόνο και παράγει μεγάλη ποσότητα άμορφων υλικών, που μπορούν να εναποτεθούν σε χώρους υγειονομικής ταφής (Πολύζος, 2022).

Με τον όρο «συμβατική κατεδάφιση» (demolition) ή «ολική κατεδάφιση» νοείται η μέθοδος κατά την οποία οι κτιριακές εγκαταστάσεις κατεδαφίζονται με την ολοκληρωτική καταστροφή των επιμέρους δομικών στοιχείων που τη συνθέτουν. Κατά τη διαδικασία της συμβατικής κατεδάφισης τα παραγόμενα απόβλητα των κατεδαφίσεων συλλέγονται σε κάδους (containers), χωρίς να λαμβάνει χώρα οποιαδήποτε διαδικασία διαλογής και διαχωρισμού των υλικών στο σημείο κατεδάφισης (Γιουβανάκης, 2015).

Η μέθοδος της συμβατικής κατεδάφισης επιλέγεται στις περιπτώσεις όπου στόχος είναι η ολική κατεδάφιση ενός κτηρίου και η απελευθέρωση του χώρου για περαιτέρω χρήση. Η τεχνική αυτή προτιμάται για την απλότητα της και το μειωμένο κόστος των εργασιών της, καθώς δεν απαιτείται η παρουσία πολυάριθμου και εξειδικευμένου προσωπικού, ούτε και η χρήση βαρέων μηχανημάτων και εξοπλισμού μεγάλης κλίμακας. Στον αντίποδα όμως, η μέθοδος αυτή έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό ρίσκο καθώς λόγω της φύσης της δεν γίνεται διαλογή των παραγόμενων αποβλήτων στην πηγή και αυτό σημαίνει ότι μεγάλο μέρος των αποβλήτων που είναι ανακυκλώσιμα, καταλήγουν στα απορρίμματα. Επίσης την ίδια κατάληξη έχει και ένα μεγάλο ποσοστό επικίνδυνων υλικών, καθώς η πιθανότητα να αναμιγνύονται στους κάδους συλλογής μαζί με τα αδρανή-μη τοξικά υλικά είναι μεγάλη. Τελικά το κόστος

διαχωρισμού των δομικών υλικών στον χώρο συλλογής είναι πρακτικά μεγαλύτερο, με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να προτιμάται μόνο σε ιδιαίτερες περιπτώσεις κτηρίων με απλή κατασκευή και ενιαία δομή, όπως SILOS, καμινάδες και παλιά κτίσματα με μειωμένη αξία ανακυκλώσιμων υλικών (Γιουβανάκης, 2015).

Επιλεκτικός τρόπος κατεδάφισης

Οι ποσότητες των υλικών που ανακτώνται αυξάνονται αν χρησιμοποιηθεί επιλεκτικός τρόπος κατεδάφισης αντί για τον παραδοσιακό. Η επιλεκτική κατεδάφιση είναι γνωστή ως «αντίστροφη κατασκευή», καθώς περιλαμβάνει εργασίες αποδόμησης ενός τεχνικού έργου και λήψης των υλικών που προκύπτουν. Περιλαμβάνει τη σταδιακή κατεδάφιση των δομικών στοιχείων ενός κτιρίου ή μιας τεχνικής κατασκευής, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο διαχωρισμός και η ταξινόμηση των δομικών υλικών (Πολύζος, 2022)(Πολύζος, 2022).

Με τον όρο «επιλεκτική κατεδάφιση - αποδόμηση» (deconstruction), ορίζεται η οργανωμένη απομάκρυνση ή/και επεξεργασία συγκεκριμένων υλικών και συστατικών, πριν την έναρξη της διαδικασίας της κατεδάφισης του βασικού σκελετού της κατασκευής. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία της κατασκευής ενδείκνυται να απομακρυνθούν, είτε λόγω της οικονομικής τους αξίας, είτε της ιστορικής τους σπουδαιότητας, είτε γιατί υπάρχει η δυνατότητα άμεσης επαναχρησιμοποίησης χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, είτε γιατί η παρουσία τους ρυπαίνει ή μειώνει την ποιότητα του ρεύματος των αποβλήτων (π.χ. η παρουσία επικίνδυνων συστατικών στο ρεύμα των αδρανών αποβλήτων) (Γιουβανάκης, 2015).

Η μέθοδος της επιλεκτικής κατεδάφισης χρησιμοποιείται ευρέως στις περιπτώσεις που κύριος σκοπός είναι η ανάκτηση των υλικών που μπορούν να σωθούν από το κτίριο και η επαναχρησιμοποίησή τους. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου απέναντι στην συμβατική κατεδάφιση είναι οι πολύ υψηλές επιδόσεις στον τομέα της ανάκτησης και ανακύκλωσης υλικών. Μετά το τέλος της κατεδάφισης, η διαλογή των υλικών μπορεί να γίνει είτε εντός του εργοταξίου (on site sorting) είτε σε ειδικά διαμορφωμένα κέντρα διαλογής εκτός του χώρου κατεδάφισης (off site sorting) (Γιουβανάκης, 2015).

Στα πλεονεκτήματα της επιλεκτικής κατεδάφισης είναι οι λεπτομερείς και ακριβείς διεργασίες οι οποίες διατηρούν τα δομικά υλικά σε πολύ καλή κατάσταση με αποτέλεσμα να μπορούν να εισαχθούν απευθείας στην αγορά. Οι εργασίες που γίνονται, χρησιμοποιούν μικρά μηχανήματα και εργαλεία χειρός. Επομένως, παρά το γεγονός ότι το προσωπικό πρέπει να είναι πιο εξειδικευμένο και έμπειρο, σε σχέση με την συμβατική κατεδάφιση, εξοικονομείται κεφάλαιο από την απουσία μίσθωσης βαρέων μηχανημάτων και εξοπλισμών. Ταυτόχρονα, τα απόβλητα που παράγονται είναι πιο καθαρά με αποτέλεσμα να μπορούν να διοχετευτούν απευθείας στις δομικές εργασίες ως δευτερογενή υλικά. Ακόμη και στην περίπτωση που τα υλικά αυτά χρησιμοποιηθούν στο ίδιο εργοτάξιο, υπάρχει κέρδος μέσω της μείωσης των εξόδων μεταφοράς και της μη ανάγκης αγοράς νέων υλικών. (Γιουβανάκης, 2015)

Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου της επιλεκτικής κατεδάφισης είναι ότι αποτελεί μία χρονοβόρα διαδικασία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καθυστέρηση της ολοκλήρωσης ενός έργου και για αυτόν τον λόγο χρειάζεται πολύ καλή οργάνωση. Το κόστος αυξάνεται λόγω της χρήσης ειδικών μηχανημάτων για την επεξεργασία των υλικών και την διαλογή τους, όπως επίσης και για την αγορά ξεχωριστών κάδων για κάθε απόβλητο. Παράλληλα, η απαίτηση τόσο αριθμητικά μεγαλύτερου αλλά και ειδικά καταρτισμένου και ειδικευμένου εργατικού δυναμικού

για τον προσεκτικό διαχωρισμό, την ταυτοποίηση και τον έλεγχο των υλικών αποτελεί εκ των σημαντικότερων μειονεκτημάτων της μεθόδου σε σύγκριση με αυτή της συμβατικής κατεδάφισης (Γιουβανάκης, 2015).

Πλεονεκτήματα της μεθόδου της επιλεκτικής κατεδάφισης αποτελούν:

- Ο αυξημένος ρυθμός εκτροπής απορριμμάτων κατασκευών και κατεδάφισης (CDW) από χωματερή και συνακόλουθη διατήρηση της χρήσης γης.
- Η αξιοποίηση των αποβλήτων ως δευτερογενών πρώτων υλών, μειώνοντας κατά συνέπεια την ανάγκη για πρωτογενείς πρώτες ύλες.
- Η ενισχυμένη προστασία του περιβάλλοντος τόσο σε τοπική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα με τη μείωση της υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και τη χρήση νέων υλικών.
- Η μείωση του συνολικού κόστους κατεδάφισης μέσω εξοικονόμησης τελών υγειονομικής ταφής και εσόδων από την πώληση δευτερογενών πρώτων υλών (Pantini and Rigamonti, 2020).

Οι προκλήσεις της επιλεκτικής κατεδάφισης αφορούν:

- Τα υπάρχοντα κτίρια και τα δομικά στοιχεία που δεν έχουν σχεδιαστεί για αποσυναρμολόγηση.
- Οι κατασκευαστικές πρακτικές κτιρίων περιλαμβάνουν τη χρήση υλικών με επιφανειακή επίστρωση ή δευτερεύον φινίρισμα.
- Ο διαχωρισμός των διαφορετικών εξαρτημάτων επί του παρόντος δεν είναι σχεδόν εφικτός από τεχνική και οικονομική άποψη.
- Η έκταση του διαχωρισμού των υλικών εξαρτάται επίσης από τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των δομικών στοιχείων επί τόπου, στην τοπική αγορά ανακυκλωμένων υλικών και την ανταγωνιστικότητά τους σε σύγκριση με τις πρωτογενείς πρώτες ύλες καθώς και από πολιτικές πτυχές, όπως κανονισμούς, εντολές, νόμους και κίνητρα.
- Ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελείται ως επί το πλείστον από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, που λειτουργούν με περιορισμένο περιθώριο κέρδους. Κατά συνέπεια, δεν καταβάλλουν προσπάθειες για την εφαρμογή προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης χωρίς άμεσο οικονομικό κέρδος.
- Επιπλέον, η επιλεκτική κατεδάφιση απαιτεί πρόσθετο χρόνο, χώρο και εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό που μπορεί να θεωρηθεί ως περιοριστικό στοιχείο σε ορισμένες περιπτώσεις, με αποτέλεσμα η παραδοσιακή κατεδάφιση να προτιμάται από την επιλεκτική κατεδάφιση από πολλούς ιδιοκτήτες και εργολάβους.
- Η περιβαλλοντική και οικονομική βιωσιμότητα ενός έργου επιλεκτικής κατεδάφισης θα πρέπει να αξιολογηθεί πριν από την κατεδάφιση, λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαιτερότητα που σχετίζεται με το κτίριο καθώς και τους παράγοντες που σχετίζονται με το πλαίσιο. Ο κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει κριτικά τη βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων επιλεκτικής κατεδάφισης σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μέσω της μεθοδολογίας Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA). Λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης των καταναλωμένων υλικών στο τέλος της

ζωής των κτιρίων, οι Zoghi και Kim (2020) αξιολόγησαν τα οικονομικά οφέλη από την υλοποίηση της αποκατασκευής (Pantini and Rigamonti, 2020).

Μικτός τρόπος κατεδάφισης

1. Κατασκευές

Ο τομέας των κατασκευών, της ανέγερσης και της ανακαίνισης ενός κτηρίου αποτελεί την δεύτερη κατηγορία εργασιών στον κατασκευαστικό τομέα σε ποσότητες παραγωγής αποβλήτων. Σε σύγκριση με τις κατεδαφίσεις, στις κατασκευές τα απόβλητα παράγονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες, ενώ χαρακτηρίζονται και από μία σχετική ομοιομορφία. Στην περίπτωση αυτή ο υπεύθυνος της κατασκευής γνωρίζει την ακριβή σύσταση και ποσότητα των αποβλήτων, το οποίο οδηγεί σε ευκολότερη διαχείριση και καλύτερη αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν (Γιουβανάκης, 2015).

Για μία ακόμη πιο ολοκληρωμένη στρατηγική διαχείρισης, τα απόβλητα των κατασκευών θα μπορούσαν να μειωθούν ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού. Παρά την επικρατούσα άποψη ότι τα απόβλητα παράγονται κυρίως στο στάδιο της κατασκευής, αποδεικνύεται ότι το ένα τρίτο περίπου της παραγόμενης ποσότητας θα μπορούσε να μειωθεί με την σωστή και περιβαλλοντικά προσανατολισμένη σχεδίαση (Γιουβανάκης, 2015).

Ο υπεύθυνος εργολάβος σε κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα οφείλει να διατηρεί αποθέματα υλικών έτσι ώστε να αποφύγει τυχόν καθυστερήσεις που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του εκάστοτε έργου. Στα εργοτάξια, επειδή είναι οι κύριοι χώροι διεξαγωγής οικοδομικών έργων, κάποια δομικά υλικά αναπόφευκτα καταστρέφονται. Στην περίπτωση αυτή, ο εργολάβος πρέπει να προμηθευτεί νέα ποσότητα υλικών, αλλά συγχρόνως οφείλει να διαχειρίζεται εποικοδομητικά τα κατεστραμμένα υλικά, που πλέον θεωρούνται απόβλητα (Γιουβανάκης, 2015).

Αναφορικά, τα απόβλητα κατασκευών χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες ως εξής: κατεστραμμένα υλικά, υλικά που δεν χρησιμοποιήθηκαν, υλικά συσκευασίας και άλλα βοηθητικά υλικά (Γιουβανάκης, 2015).

2. Εκσκαφές

Τα υλικά εκσκαφών μπορεί να είναι χώματα εκσκαφών, άμμος, χαλίκι, πέτρες, πετρώματα και οποιαδήποτε υλικά μπορεί να προκύψουν από εκσκαφές. Σε ελάχιστες περιπτώσεις εμφανίζονται και άλλα υλικά όπως σκυρόδεμα, ξύλα, ασφαλτος ή διάφορα μέταλλα που έχουν θαφτεί κάτω από το έδαφος, ή σχετίζονται με κάποια υπόγεια κατασκευή (Γιουβανάκης, 2015).

Βασικό στοιχείο των αποβλήτων εκσκαφών είναι ότι η σύστασή τους εξαρτάται από δύο παράγοντες, τα χαρακτηριστικά του εδάφους που γίνεται η εκσκαφή και το είδος της διεργασίας. Η ποσότητες που παράγονται αποτελούν σημαντικό μέρος του όγκου παραγωγής Α.Ε.Κ.Κ. και για τον λόγο αυτό η σωστή στρατηγική διαχείρισης είναι επιτακτική (Γιουβανάκης, 2015).

Με κριτήριο την καθαρότητα και την σύσταση των αποβλήτων, μπορεί να σχεδιαστεί ένα σωστό πλάνο διαχείρισης και επαναχρησιμοποίησης. Τα απορρίμματα των εκσκαφών μπορούν να αντικαταστήσουν λειτουργικά την άμμο και το χαλίκι για χωματουργικές εργασίες ή σε τομείς όπως η οδοποιία. Πιο συγκεκριμένα, τα καθαρότερα απόβλητα που δεν έχουν ρυπανθεί από επικίνδυνα ή τοξικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λειτουργικές ανάγκες στους

χώρους διάθεσης, όπως για παράδειγμα σε επιχωματώσεις ή για την αποκατάσταση παλαιότερων χώρων διάθεσης και λατομείων (Γιουβανάκης, 2015).

Για την επεξεργασία χώματος από ρυπασμένα εδάφη, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές, με στόχο τη διάσπαση - εξουδετέρωση των ουσιών που προκάλεσαν τη ρύπανση. Οι τεχνικές επεξεργασίας των ρυπασμένων χρωμάτων ταξινομούνται ως εξής:

- Βιολογικοί μέθοδοι: Πραγματοποιούνται με διάσπαση των οργανικών ρύπων για τη μετατροπή τους σε ακίνδυνα προϊόντα για το περιβάλλον
- Φυσικοί μέθοδοι: Είναι μέθοδοι που βασίζονται στις διαφορετικές φυσικές ιδιότητες του ρύπου και των χρωμάτων, όπως πυκνότητα, ηλεκτρικό δυναμικό, διαλυτότητα κ.α. Οι μέθοδοι αυτοί συνδυάζονται με μεθόδους διαχωρισμού ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ανάκτηση
- Χημικοί μέθοδοι: Είναι μέθοδοι κατά τις οποίες πραγματοποιείται ανάμειξη των χρωμάτων με χημικές ουσίες, με στόχο τη μείωση της τοξικότητάς τους.
- Θερμικοί μέθοδοι: Πρόκειται για μεθόδους που βασίζονται στη θέρμανση των χρωμάτων και στοχεύουν στη διάσπαση των ρύπων σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Μέθοδοι επεξεργασίας/σταθεροποίησης: Οι μέθοδοι αυτοί μειώνουν ή και εξαφανίζουν τη ρυπογόνο δραστηριότητα του ρύπου, χωρίς να αλλάζουν τη χημική του φύση. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με τη χρήση σταθεροποιητών, όπως τσιμέντο (Γιουβανάκης, 2015).

Η βασικότερη ανάγκη που πρέπει να καλυφθεί στην περίπτωση της στρατηγικής διαχείρισης για τα απόβλητα εκσκαφών είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος του μεγάλου όγκου μεταφοράς;. Ο υπεύθυνος εργολάβος οφείλει να σχεδιάσει πολύ προσεκτικά την διαχείριση της εκσκαφής, καθώς ειδικά στην ανέγερση κατασκευών, το χώμα χρησιμοποιείται καθ' όλη την διάρκεια της κατασκευής για στήριξη αλλά και στο τέλος για κηπευτικές ανάγκες. Επομένως, για την σωστή διαχείριση και σε συνεργασία με τον υπεύθυνο για τις χωματοουργικές διαδικασίες πρέπει να έχει σχεδιάσει από πριν την χωροθέτηση για τις ποσότητες αυτές των απορριμμάτων (Γιουβανάκης, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ 13: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ
Πηγή: (Magar, 2020)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

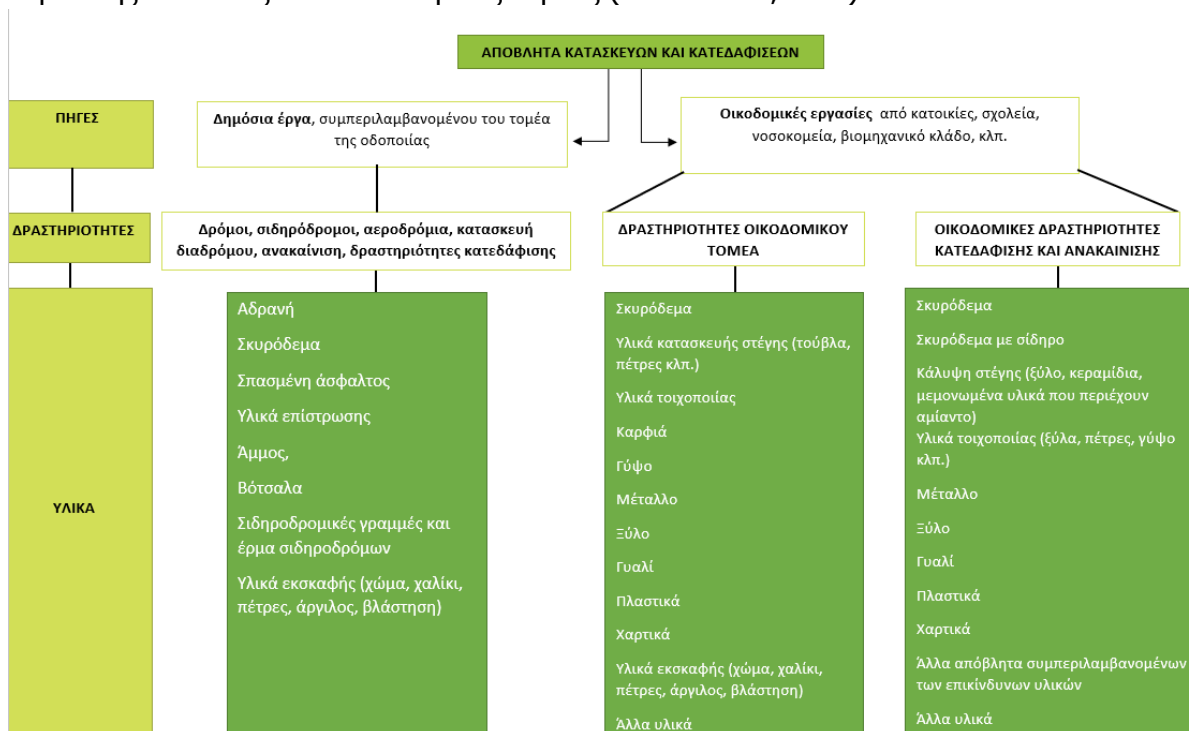
Τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων αποτελούν μια από τις σημαντικότερες ροές αποβλήτων στην Ε.Ε. και απαρτίζονται από υλικά που απομένουν έπειτα από υλοποίηση δραστηριοτήτων όπως η κατασκευή κτιρίων και αστικών υποδομών, η ολική ή μερική τους κατεδάφιση, καθώς και η κατασκευή και συντήρηση δρόμων. Πρόκειται για μείγμα διαφορετικών υλικών, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα αδρανή απόβλητα, τα μη αδρανή και μη επικίνδυνα απόβλητα, και τα επικίνδυνα απόβλητα. Η ποικιλία αυτού του είδους αποβλήτων, που παράγονται ανά δραστηριότητα, αντιμετωπίζει διαφορετικές προκλήσεις, οι οποίες επιδέχονται διάφορες πρακτικές διαχείρισης (Monier et al., 2017). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα απόβλητα που προκύπτουν από νέες κατασκευές είναι λιγότερο αναμειγμένα και μολυσμένα και η δυνατότητα να ανακτηθούν είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα απόβλητα κατεδαφίσεων. Ωστόσο, η συνολική ποσότητα αποβλήτων στις νέες κατασκευές είναι χαμηλή, με τα απόβλητα που προκύπτουν από κατεδάφιση να αντιπροσωπεύουν τις υψηλότερες ποσότητες αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, με δυσκολία ως προς την ανάκτησή τους (Bio Intelligence Service, 2011). Τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων έχουν μεγάλες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, καθώς ορισμένα από τα συστατικά τους στοιχεία διαθέτουν υψηλή αξία και έχουν τη δυνατότητα να ανακυκλωθούν πιο εύκολα (Monier et al., 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ

4.1. Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων

Τα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις, αφορούν κάθε υλικό ή αντικείμενο που προκύπτει από εκσκαφή, κατασκευή και κατεδάφιση και θεωρείται απόβλητο (European Commission, 2015).

Υπάρχουν δύο βασικοί τομείς, όσον αφορά τον εντοπισμό και την ανάγκη διαχείρισης των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, τα δημόσια έργα που συμπεριλαμβάνουν τον τομέα της οδοποιίας και ο οικοδομικός τομέας (Monier et al., 2017).



ΕΙΚΟΝΑ 14: ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Πηγή: (Monier et al., 2017), Ιδία Επεξεργασία

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο τομέας των δημοσίων έργων έχει αναπτύξει σημαντικά τη χρήση ανακυκλωμένων αδρανών στα περισσότερα κράτη – μέλη της Ε.Ε., ενώ ο οικοδομικός τομέας αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα εξαιτίας της ποικιλομορφίας, των ποσοτήτων και των χαρακτηριστικών των υλικών που απαντώνται σε αυτόν (Monier et al., 2017).

Η σύνθεση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων δεν είναι καθορισμένη και διαφοροποιείται μεταξύ των τοποθεσιών και των χωρών, καθώς και της σύνθεσης των απορριμμάτων αυτού του είδους. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι επικίνδυνες ουσίες που είναι πιθανό να περιέχονται στα δομικά υλικά και απαιτούν προσοχή. Τα σημαντικότερα επικίνδυνα συστατικά που εντοπίζονται στα απόβλητα μπορεί να είναι:

- Ο αμιάντος που βρίσκεται στη μόνωση, στις στέγες, και τα κεραμίδια
- Οι βαφές με βάση το μόλυβδο, που βρίσκονται στις στέγες, τα πλακάκια και τα ηλεκτρικά καλώδια
- Οι φαινόλες, σε επιστρώσεις με βάση την ρητίνη, τις κόλλες και άλλα υλικά.

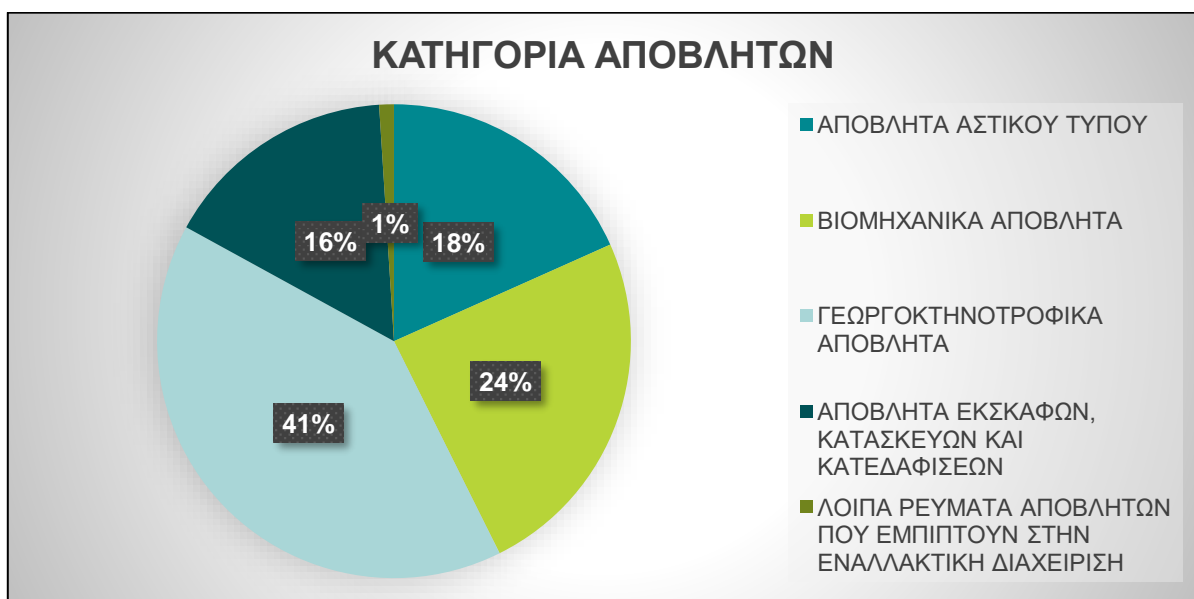
- Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), και
- Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011)

4.2. Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων (ΕΣΔΑ)

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) αφορά τον στρατηγικό και πολιτικό σχεδιασμό της χώρας για τη διαχείριση των αποβλήτων. Η σύνταξη των Σχεδίων Διαχείρισης αποτελούν υποχρέωση των κρατών μελών της Ε.Ε., όπως προκύπτει από την Οδηγία 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα και αφορά μια περίοδο δέκα ετών. Ωστόσο, ανά πέντε έτη αξιολογούνται και αναθεωρούνται αν απαιτείται, στα πλαίσια του ν. 4685/2020 (Α' 92) (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020).

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων καλείται να αντιμετωπίσει μια σειρά από απόβλητα, η ποσότητα των οποίων αφορά το έτος 2018. Πρόκειται για τα:

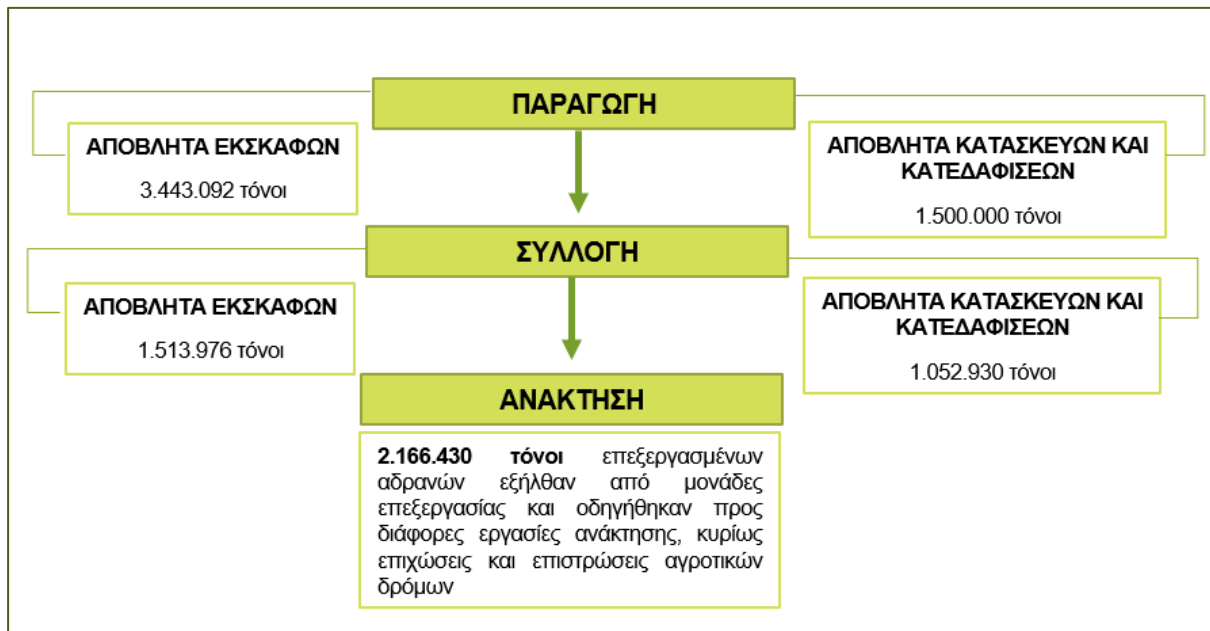
1. **Απόβλητα αστικού τύπου** (αστικά στερεά απόβλητα και ιλύες αστικού τύπου – DS),
2. **Βιομηχανικά απόβλητα** (Βιομηχανικά μη επικίνδυνα και επικίνδυνα απόβλητα, μη συμπεριλαμβανομένων όσων εντάσσονται στην εναλλακτική διαχείριση ή σε άλλες κατηγορίες),
3. **Γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα**,
4. **Λοιπά επικίνδυνα απόβλητα** (Απόβλητα που περιέχουν αμιάντο, απόβλητα συσκευασιών επικίνδυνων ουσιών, απόβλητα που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια/τριφαινύλια),
5. **Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων** (απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων και απόβλητα εκσκαφών),
6. **Λοιπά ρεύματα αποβλήτων που εμπίπτουν στην εναλλακτική διαχείριση** (απόβλητα λιπαντικών ελαίων, οχήματα τέλους κύκλου ζωής, απόβλητα συσσωρευτών οχημάτων και βιομηχανίας, απόβλητα ηλεκτρικού – ηλεκτρονικού εξοπλισμού, μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων, και
7. **Επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικών μονάδων** (επικίνδυνα απόβλητα αμιγώς μολυσματικά, μικτά επικίνδυνα απόβλητα και άλλα επικίνδυνα απόβλητα).



ΕΙΚΟΝΑ 15: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΣΔΑ

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020), Ίδια Επεξεργασία

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται αντιληπτό ότι τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό παραγωγής αποβλήτων, αφού αντιστοιχεί στο 16% των παραγόμενων αποβλήτων, σύμφωνα με το έτος αναφοράς 2018. Ειδικότερα, η υφιστάμενη κατάσταση για το έτος 2018 αποτυπώνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 16).



ΕΙΚΟΝΑ 16: ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020), Ίδια Επεξεργασία

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υφιστάμενος σχεδιασμός διαχείρισης αποβλήτων (ΕΣΔΑ), είχε προβλέψει την κάλυψη σε εθνικό επίπεδο των Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ), που στοχεύουν στην διαχείριση των ΑΕΚΚ. Ωστόσο, δεν έχει επιτευχθεί πλήρης κάλυψη της χώρας αναφορικά με του ενεργούς ΣΕΔ ΑΕΚΚ, εξαιτίας της απουσίας αδειοδοτημένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας των εν λόγω αποβλήτων, στο σύνολο των περιφερειακών ενότητων.

Αναφορικά με τον δεύτερο γενικό στόχο του ΕΣΔΑ, ενός θεσμοθετημένου ποσοτικού στόχου για το 2020, αυτός αφορά την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών που θα πρέπει να ισούται με τουλάχιστον 70% του συνολικού βάρους των παραγόμενων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων. Από την άλλη, δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την παραγωγή αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων στη χώρα ή αξιόπιστου τρόπου υπολογισμού, με αποτέλεσμα να μην εξάγονται ασφαλή συμπεράσματα.

Έως το 2030 σύμφωνα με εκτιμήσεις, η παραγωγή ΑΕΚΚ θα ακολουθήσει τον αντίστοιχο ρυθμό μεταβολής του πραγματικού ΑΕΠ (real GDP) της χώρας. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβολή του πραγματικού ΑΕΠ και την παραγόμενη ποσότητα των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΚΚ) και των αποβλήτων εκσκαφών (ΕΚ) για το έτος αναφοράς (2018), υπολογίζεται η παραγωγή ΑΕΚΚ για τα έτη 2020, 2025 και 2030.

ΑΕΚΚ	2018	2020	2025	2030
ΑΚΚ	1.500.000	1.436.790	1.578.909	1.651.251
ΕΚ	3.443.092	3.298.000	3.624.220	3.790.272
Συνολική παραγωγή ΑΕΚΚ (σε τόνους)	4.943.092	4.734.790	5.203.130	5.441.523

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΚΣΚΑΦΩΝ

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020)

Προκειμένου να επιτευχθεί η διαχείριση των ΑΕΚΚ, στο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) τίθενται στόχοι και μέτρα, καθώς και δείκτες παρακολούθησης για το κάθε μέτρο (Πίνακας 1 Παραρτήματος). Οι στόχοι διαχείρισης των παραγόμενων ΑΕΚΚ, είναι οι εξής:

1. Για το 2020 το 70% των παραγόμενων ΑΚΚ θα προετοιμάζονται για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση.
2. Περαιτέρω αύξηση της γεωγραφικής κάλυψης της χώρας από Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης για ΑΕΚΚ.
3. Θεσμοθέτηση υποχρέωσης εναλλακτικής διαχείρισης των παραγόμενων ΑΕΚΚ στα δημόσια και ιδιωτικά έργα, με την προσαρμογή της σχετικής νομοθεσίας ή της διαδικασίας όπου απαιτείται.
4. Εξορθολογισμός της λειτουργίας των ΣΕΔ (ΠΙΝΑΚΑΣ 4) και αναπροσαρμογή των χρηματικών εισφορών.
5. Χωριστή συλλογή για τα απόβλητα εκσκαφών, τα οποία εξαιρούνται από τους στόχους των ΑΕΚΚ, καθώς και για την περίσσεια σκυροδέματος που προκύπτει κατά τα έργα κατασκευών.
6. Ανάπτυξη αγορών για τα δευτερογενή υλικά της επεξεργασίας ΑΕΚΚ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020).

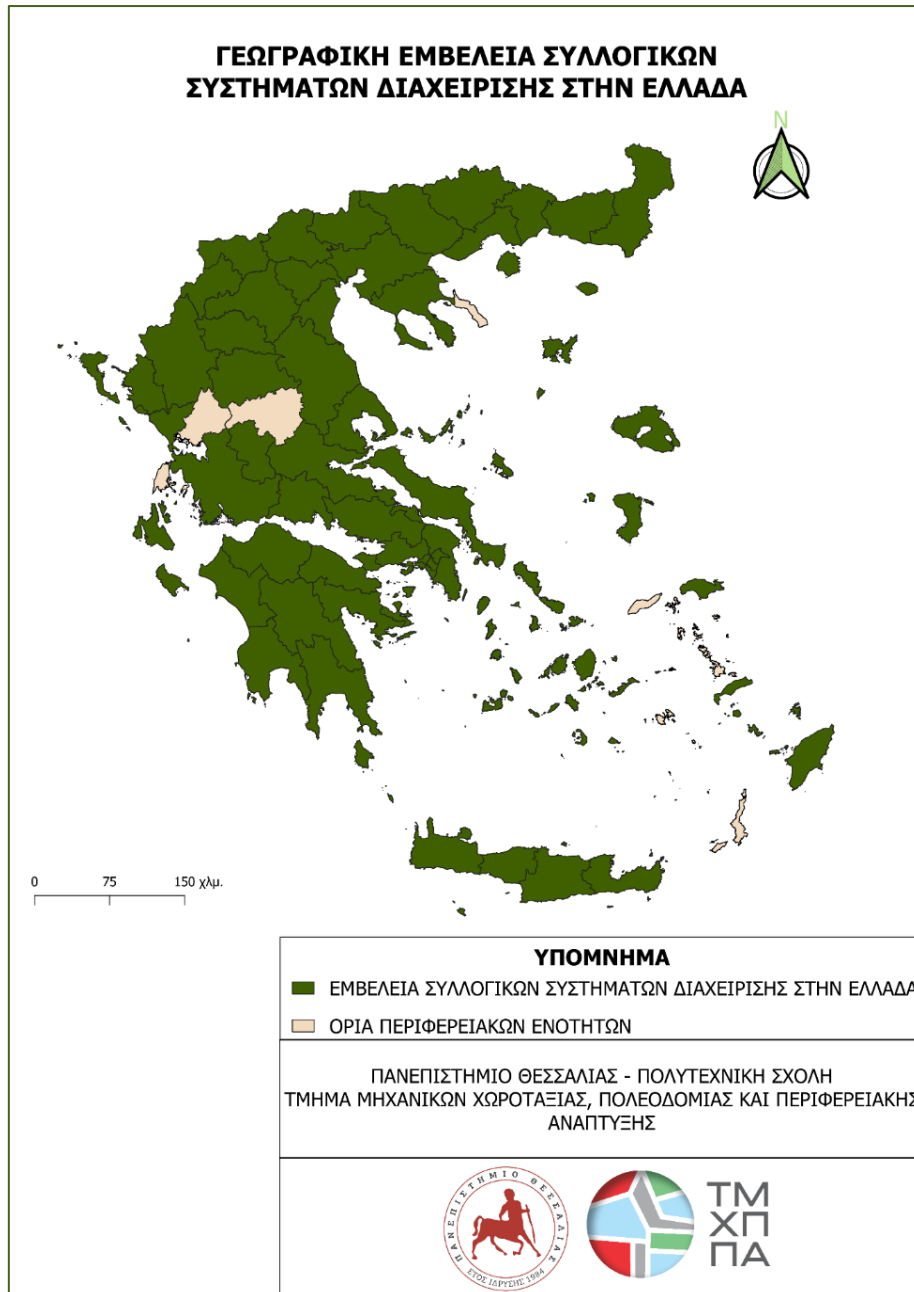
Α/Α	ΣΕΔ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ
1	«Ανακύκλωση Αδρανών Βορείου Ελλάδας Α.Ε.» - ΑΝ.Α.Β.Ε. Α.Ε.	Π.Ε. Θεσσαλονίκης, Πέλλας, Πιερίας, Κιλκίς, Ημαθίας και Χαλκιδικής
2	«Σύστημα Ανακύκλωσης Κεντρικής Ελλάδας ΕΠΕ» - ΣΑΝΚΕ Α.Ε.	Π.Ε. Εύβοιας, Βοιωτίας και Αττικής
3	«Εναλλακτική Διαχείριση Προϊόντων Εκσκαφών, Κατεδαφίσεων Α.Ε.» - ΣΕΔΠΕΚΑΤ Α.Ε.	Π.Ε. Αττικής
4	«Ι. Κουφίδης – Ι. Κτενίδης & ΣΙΑ Ο.Ε.» - Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Χαλκιδικής Ο.Ε.	Π.Ε. Χαλκιδικής
5	«Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Κεντρικής Μακεδονίας Α.Ε.»	ΠΚΜ και ειδικότερα σε Π.Ε. Ημαθίας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Πέλλας, Πιερίας, Σερρών, Χαλκιδικής
6	«Ψάρρας – Εναλλακτική Διαχείριση ΑΕΚΚ ΑΜΚΕ»	ΠΚΜ και ειδικότερα σε Π.Ε. Ημαθίας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Πέλλας, Πιερίας, Σερρών, Χαλκιδικής
7	«Ανακύκλωση Αδρανών Νότιας Ελλάδας ΑΜΚΕ» - Α.Α.Ν.Ε.Λ.	Π.Ε. Λακωνίας και Κυκλάδων και Π.Ε. Μεσσηνίας και Κέρκυρας
8	«Αποστολάκης Εμ. & ΣΙΑ Ο.Ε.» - ΔΙΑΣ Σύστημα Ανακύκλωσης ΑΕΚΚ	Π.Ε. Ηρακλείου και Λασιθίου

9	«Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων Ανακύκλωση Α.Ε.Κ.Κ. Αττικής Ανώνυμη Εταιρία» - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ Α.Ε.Κ.Κ. ΑΤΤΙΚΗΣ Α.Ε.	Π.Ε. Αττικής
---	--	--------------

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Α.Ε.Κ.Κ.

Τα ΣΕΔ των Α.Ε.Κ.Κ. τη δεδομένη στιγμή έχουν διευρύνει τη γεωγραφική τους εμβέλεια, επομένως τόσο ο συγκεκριμένος πίνακας όσο και το ΕΣΔΑ από όπου αντλήθηκε η πληροφορία πρέπει να επικαιροποιηθούν, καθώς αφορούν το έτος 2020. Ο παρακάτω χάρτης ωστόσο, αποτυπώνει την σημερινή εικόνα της γεωγραφικής εμβέλειας των ΣΣΕΔ στην Ελλάδα.

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020)

**ΕΙΚΟΝΑ 17: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΕΔ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Η γεωγραφική εμβέλεια των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης για το σύνολο της Ελλάδας, αποτυπώθηκε σε μορφή χάρτη λαμβάνοντας στοιχεία τόσο από το ΕΣΔΑ, όσο και από τον ΕΟΑΝ προκειμένου να επικαιροποιηθούν τα στοιχεία που λήφθηκαν από το ΕΣΔΑ. Παρατηρείται ότι η εμβέλεια των ΣΕΔ δεν καλύπτει ολόκληρη την Ελλάδα, ενώ ένας από τους στόχους ήταν η πλήρη κάλυψη της Ελλάδας με ΣΕΔ.

Πηγή: QGIS, Ίδια Επεξεργασία

4.3. Εθνικό σχέδιο πρόληψης αποβλήτων

Το Εθνικό Σχέδιο Πρόληψης Αποβλήτων θέτει τις βάσεις, καθώς και τα ελάχιστα ενδεικτικά απαιτούμενα μέτρα και δράσεις, για την προώθηση της πρόληψης, τα οποία θα πρέπει να συμπληρώνονται, επεκτείνονται, εξειδικεύονται, αλλά και να αναθεωρούνται, αλλά μόνο επί τω αυστηρότερο, από τις αρμόδιες κατά νόμον αρχές είτε στο πλαίσιο επιχειρησιακών στρατηγικών, είτε στο πλαίσιο επιχειρησιακών σχεδίων για ειδικά ρεύματα. Απώτερος σκοπός είναι η ενίσχυση της πρόληψης, την επιτάχυνση της μετάβασης προς την κυκλική οικονομία και πάντα σε πλήρη συμφωνία και εναρμόνιση με τις αντίστοιχες πολιτικές, νομοθεσίες, πρότυπα και κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στο πλαίσιο αυτό ένα από τα σημαντικότερα οριζόντια μέτρα που απευθύνονται σε όλους τους τομείς προτεραιότητάς είναι η εφαρμογή του τέλους ταφής ήδη από το 2022, ως του σημαντικότερου εργαλείου για την εφαρμογή στην πράξη της αρχής της ιεράρχησης των μεθόδων διαχείρισης και με ουσιαστικό αντίκτυπο, τόσο για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης, όσο και ως κινήτρου για την ενθάρρυνση της πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων στην πηγή (Έγκριση του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων) .

Ο κύριος στόχος που αφορά την πρόληψη για το ρεύμα προτεραιότητας «Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων» είναι η μείωση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων στη χώρα, μέσω της μετάβασης του κατασκευαστικού κλάδου προς την κυκλική διαχείριση πόρων και αποβλήτων. Ακολουθώντας, παρουσιάζονται οι βασικοί πυλώνες, οι δράσεις και οι δείκτες παρακολούθησης του ρεύματος αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Πίνακας 6).

ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ, ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ				
ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ		ΔΡΑΣΕΙΣ		ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ
1	Ανάπτυξη οικολογικού σχεδιασμού και οικολογικής ανακαίνισης κτιρίων για να επιτρέπεται η προσαρμοστικότητα τους, να επεκτείνεται η διάρκεια ζωής τους και να διευκολύνεται η αποσυναρμολόγηση και η ανακύκλωσή τους.	1.1	Ενίσχυση της εφαρμογής ορθών πρακτικών όσον αφορά στην κυκλικότητα των κατασκευών	Πλήθος ορθών πρακτικών που διανέμονται/έτος
		1.2	Ενσωμάτωση του θέματος του οικολογικού σχεδιασμού και της οικολογικής ανακαίνισης κτιρίων στα προγράμματα σπουδών ειδικών σε επαγγελματικές σχολές και σχολές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης	Πλήθος προγραμμάτων σπουδών που έχουν ενσωματώσει το θέμα του οικολογικού σχεδιασμού.
		1.3	Ενσωμάτωση πτυχών, που σχετίζονται με την οικολογική ανακαίνιση των κτιρίων στο πρόγραμμα «Εξοικονομώ - Αυτονομώ»	Πλήθος ωφελούμενων του προγράμματος που έχουν ενσωματώσει το θέμα της οικολογικής ανακαίνισης.
		1.4	Ενσωμάτωση πτυχών, που σχετίζονται με την πρόληψη αποβλήτων, την αποφυγή επιβλαβών ουσιών και τη διαχείριση αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, στα πρότυπα των «βιώσιμων κτιρίων».	Πλήθος κτιρίων που πιστοποιούνται ως «βιώσιμα κτίρια», έχοντας ενσωματώσει τις αρχές της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων.

	1.5	Ενθάρρυνση της ανακαίνισης ενός κτιρίου έναντι της κατεδάφισής του	Πλήθος κτιρίων που ανακαινίστηκαν
--	-----	--	-----------------------------------

ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ		ΔΡΑΣΕΙΣ		ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ
2	Ανάπτυξη πρακτικών επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων.	2.1	Ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης των δομικών υλικών	Ποσότητες αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων που συλλέχθηκαν και επαναχρησιμοποιήθηκαν
		2.2	Προώθηση της έρευνας για την επαναχρησιμοποίηση δομικών στοιχείων	Πλήθος ερευνών που διεξήχθησαν
		2.3	Ενσωμάτωση των αρχών της πρόληψης και της επαναχρησιμοποίησης των ΑΕΚΚ στα προγράμματα σπουδών ειδικών σε επαγγελματικές σχολές και σχολές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.	Πλήθος προγραμμάτων σπουδών που έχουν ενσωματώσει τις αρχές πρόληψης και επαναχρησιμοποίησης ΑΕΚΚ.
		2.4	Δημιουργία προτύπων ποιότητας για επαναχρησιμοποιήσιμα υλικά για να διασφαλιστεί η χρήση τους στον κατασκευαστικό κλάδο.	Πρότυπα που υιοθετήθηκαν

3	Προτεραιότητα στην επαναχρησιμοποίηση των υλικών εκσκαφών στην τοποθεσία που δημιουργούνται, με ενθάρρυνση της δημιουργίας κέντρων ή χώρων επαναχρησιμοποίησης και εντός των μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό.	3.1	Περιορισμός εκσκαφών και προσπάθεια εξισορρόπησης των υλικών εκσκαφών με τα υλικά πλήρωσης.	Ποσότητα αποβλήτων εκσκαφών
		3.2	Δημιουργία κέντρων ή χώρων επαναχρησιμοποίησης και εντός των μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ.	Πλήθος νέων κέντρων/χώρων επαναχρησιμοποίησης

4	Ανάπτυξη νέων (δομικά) κυκλικών πρακτικών στον κατασκευαστικό κλάδο	4.1	Πιλοτικά έργα για την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και τεχνικών που παράγουν λιγότερα απόβλητα.	Πλήθος πιλοτικών έργων που υλοποιήθηκαν για την ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών και τεχνικών
		4.2	Διάδοση ορθών πρακτικών και υποστήριξη της κατάρτισης για νέες τεχνικές	Πλήθος οδηγών ορθής πρακτικής που διανέμονται ή μεταφορτώνονται
		4.3	Εισαγωγή εθελοντικών συμφωνιών στον κατασκευαστικό κλάδο	Πλήθος συμφωνιών που έχουν συναφθεί
		4.4	Ανάπτυξη εργαλείου αξιολόγησης του κύκλου ζωής (ΑΚΖ) των κτιρίων	1. Σχεδιασμός/ υλοποίηση εργαλείου 2. Αριθμός χρηστών/ έτος

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ, ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Πηγή: (Έγκριση του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων)

4.4. Η κατάσταση της διαχείρισης των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων στην Ελλάδα

Η διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων στην Ελλάδα αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις και φαίνεται να υπολείπεται σε μεγάλο βαθμό, παρότι από το 2010 τέθηκε σε ισχύ ένα ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των απορριμμάτων.

Διαθέσιμα στοιχεία για την παραγωγή και διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων στην Ελλάδα, βρίσκονται στη Eurostat και βασίζονται σε εκτιμήσεις, καθώς δεν είναι εφικτό να εκτιμηθεί η πραγματική κατάσταση στην Ελλάδα. Τα στοιχεία αυτά δεν περιλαμβάνουν τα εδάφη και τα φυσικά υλικά που προκύπτουν από εκσκαφές.

Η σύνθεση των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία για το 2012 είναι η εξής:

Κατηγορία αποβλήτων	Δημιουργήθηκε το 2012 (kton)	Ανακτήθηκε το 2012 (kton)
Μη επικίνδυνα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων	815,3	2,7
Επικίνδυνα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων	0,02	0
ΣΥΝΟΛΟ	815,3	2,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΣΥΝΘΕΣΗ Α.Ε.Κ.Κ.

Πηγή: (Deloitte, 2015)

Το 2012 στην Ελλάδα είχαν παραχθεί περίπου 815 χιλιάδες τόνοι αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων εκ των οποίων ανακτήθηκαν μόνο οι 2,7 χιλιάδες τόνοι και οι υπόλοιποι κατέληξαν σε Χ.Υ.Τ.Α. Η παραγωγή συνεχίζει να μειώνεται από το 2010, εξαιτίας της σημαντικής επιβράδυνσης του κατασκευαστικού τομέα, και το επικίνδυνο απόβλητο για την Ελλάδα που είναι ο αμιάντος, εξαγεται προκειμένου να επεξεργαστεί ορθά στη Γερμανία.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει, οι φορείς του κατασκευαστικού κλάδου έχουν υποχρέωση να οργανώνουν συστήματα διαχείρισης Αποβλήτων Κατασκευών και Κατεδαφίσεων, είτε μεμονωμένα πρόσωπα είτε συλλογικά μέσα από οργανισμούς, για τη σωστή διαχείριση που επιτυγχάνεται μέσα από τις δραστηριότητες τους.

Στην πραγματικότητα ένα μεγάλο μέρος των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων διαχειρίζεται παράνομα, επομένως το σύνολο των αποβλήτων που δημιουργείται στο εργοτάξιο μεταφέρεται και απορρίπτεται χωρίς αντίστοιχη έγκριση σε φυσικούς χώρους, όπως πλαγιές βουνών και υδάτινα ρέματα, και σε απομακρυσμένες τοποθεσίες με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να εντοπιστούν.

Επιπρόσθετα, υπάρχει μεγάλη ποσότητα αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων που επαναχρησιμοποιείται επί τόπου, η οποία δεν αναφέρεται στην κατηγορία αυτού του είδους αποβλήτων και δεν λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό των εθνικών ή κοινοτικών στόχων.

Το πρώτο Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης ξεκίνησε την λειτουργία του το 2011. Έως και το τέλος του 2018 τα ΣΣΕΔ ΑΕΚΚ κάλυπταν το 65% περίπου στο σύνολο των περιφερειακών ενοτήτων της χώρας, ενώ σύμφωνα με την ΚΥΑ 36259/1757/2010 θα έπρεπε από 1/1/2014 να έχει καλυφθεί όλη η Επικράτεια (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021).

Για την διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων στην Ελλάδα είναι δυνατό να εντοπιστεί μια σειρά από εμπόδια.

ΚΥΡΙΑ ΕΜΠΟΔΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Έλλειψη πολιτικής βούλησης	Χαμηλή έως ανύπαρκτη πολιτική βούληση για την αντιμετώπιση του ζητήματος της παράνομης διάθεσης αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων και της επιβολής νόμου.
	Χαμηλή υποστήριξη στις περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις καθιστώντας την διαχείριση αναποτελεσματική.
	Οι τροποποιήσεις στους κανονισμούς διαχείρισης των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων έχουν επιφέρει ασάφεια.
	Παρατηρούνται καθυστερήσεις όσον αφορά την επιβολή των προστίμων στους παραβάτες των κανόνων διαχείρισης.
Νοοτροπία στον κατασκευαστικό τομέα	Τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων δεν θεωρούνται ροή απορριμμάτων που απαιτεί άμεση προσοχή και επεξεργασία. Μπορεί να απορριφθεί οπουδήποτε και να αφεθεί εκεί, καθώς η αδρανής φύση του το καθιστά ακίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.
Οι ανάδοχοι αποφεύγουν το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων	Δεν υπάρχει αγορά αλλά ούτε και ζήτηση για ανακυκλωμένα υλικά κατασκευών και κατεδαφίσεων, καθώς τα φυσικά υλικά προτιμώνται στις οικοδομικές εργασίες.
Έλλειψη εγκαταστάσεων επεξεργασίας και περιορισμένο δίκτυο κατάλληλων χώρων	Το τρέχον δίκτυο εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων δεν επαρκεί έτσι ώστε να καλύψει τη συνολική ποσότητα αποβλήτων που δημιουργείται ή το σύνολο της ελληνικής επικράτειας.
	Δεν υπάρχει μητρώο κατάλληλων χώρων για την εγκατάσταση νέων μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων.
Έλλειψη κινήτρων για ανακύκλωση	Ο φόρος υγειονομικής ταφής δεν θεωρείται επαρκής έτσι ώστε τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων να ανακτηθούν.
	Το κόστος των δραστηριοτήτων ανάκτησης είναι υψηλότερο από τις τιμές του τελικού ανακυκλωμένου προϊόντος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ.

Πηγή: (Deloitte, 2015)

Τα κυριότερα προβλήματα εντοπίζονται:

- στον προσδιορισμό των συνολικών ποσοτήτων ΑΕΚΚ που παράγονται στην χώρα, καθώς δεν υπάρχει μια καθορισμένη μεθοδολογία υπολογισμού. Ο προσδιορισμός βασίζεται σε εκτιμήσεις μελετών επιστημονικών ομάδων και της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής.
- στο γεγονός ότι μέχρι στιγμής δεν έχει καταστεί εφικτή η πλήρης εφαρμογή της νομοθεσίας όπως η κατάθεση των Στοιχείων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΔΑ) για τα διάφορα έργα, ιδιωτικά και δημόσια, αλλά και ο έλεγχός τους ώστε να αξιοποιούνται τα σχετικά δεδομένα.
- σε ελλείψεις των νομοθετικών ρυθμίσεων (π.χ. άρθρο 51 Ν. 4280), οι οποίες, αν και εφόσον εξαιρεθούν, θα εξασφαλίσουν την αποτελεσματικότερη διαχείριση των ΑΕΚΚ.

- στο γεγονός ότι δεν υπάρχει πλήρης κάλυψη της ελληνικής επικράτειας από πλευράς των εν ενεργεία ΣΣΕΔ ΑΕΚΚ, εξαιτίας της απουσίας αδειοδοτημένων (εν λειτουργία) εγκαταστάσεων επεξεργασίας σε όλες τις περιφερειακές ενότητες για τα απόβλητα του συγκεκριμένου ρεύματος.
- Στην έλλειψη επαρκών ελεγκτικών μηχανισμών παρακολούθησης των παράνομων δραστηριοτήτων διάθεσης ΑΕΚΚ.
- Στο γεγονός ότι δεν υπάρχει ουσιαστικά συνεργασία με τους ΟΤΑ α' βαθμού.
- Στην έλλειψη αγοράς για τα δευτερογενή υλικά που προέρχονται από την επεξεργασία ΑΕΚΚ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021).

Η βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων θα επιτευχθεί μέσα από:

- Την ύπαρξη ορθά διατυπωμένου νομικού πλαισίου για τη διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων για τη βιώσιμη διαχείρισή τους.
- Ύπαρξη μοναδικής αρχής για την εποπτεία της εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων.
- Οργάνωση συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων από τους φορείς του κατασκευαστικού κλάδου για τη βιώσιμη διαχείριση τους.
- Ευαισθητοποίηση της κοινότητας για τη δημιουργία προϋποθέσεων για βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων.

Ως εκ τούτου υπάρχουν ακόμα πολλά θέματα που χρήζουν βελτίωσης και για τα οποία ο ΕΟΑΝ καταβάλλει ιδιαίτερες προσπάθειες, όπως:

- Προώθηση ενισχυτικών δράσεων, ενεργειών και νέων νομοθετικών ρυθμίσεων για την ενίσχυση του βαθμού απόδοσης της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ.
- Ενέργειες για την εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΔΑ) για τα ιδιωτικά και δημόσια έργα.
- Προώθηση Τεχνικών Προδιαγραφών για υποχρεωτική χρήση ανακυκλωμένων υλικών υψηλών προδιαγραφών στα έργα.
- Πρότυπες συμβάσεις με διαχειριστές και μονάδες ανακύκλωσης.
- Διεύρυνση συμβάσεων συνεργασίας με τους ΟΤΑ α' βαθμού.
- Παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας των Μονάδων Επεξεργασίας ΑΕΚΚ, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης των διακινούμενων ποσοτήτων ΑΕΚΚ (εισερχομένων και εξερχομένων).
- Ομογενοποίηση των εισφορών για παρόμοιες εργασίες διαχείρισης ΑΕΚΚ και μείωση του διοικητικού κόστους.

Η βασική εθνική νομοθεσία για την εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.) είναι η ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)», όπως αυτή συμπληρώθηκε με το άρθρο 181 «Μεταλλευτικές – Λατομικές εργασίες εντός δασών – δασικών εκτάσεων» του Ν.4001/2011 και το άρθρο 40 «Θέματα σχετικά με απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις» του Ν.4030/2011 όπως τροποποιήθηκε και αντικαταστάθηκε με το άρθρο 51 του Ν.4280/2014 «Περιβαλλοντική αναβάθμιση και ιδιωτική πολεοδόμηση – Βιώσιμη ανάπτυξη οικισμών Ρυθμίσεις δασικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις», αλλά και το άρθρο 17 του Ν.4067/2012 «Νέος Οικοδομικός Κανονισμός» (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021).

Στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ «για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων Οδηγιών», γίνεται αναφορά στους στόχους ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ που πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020 και στην Απόφαση 2011/753/ΕΕ «περί θεσπίσεων

κανόνων και μεθόδων υπολογισμού για τον έλεγχο της συμμόρφωσης προς τους στόχους του άρθρου 11 παράγραφος 2 της οδηγίας 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου» όπου περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού των στόχων ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ της οδηγίας 2008/98/ΕΚ.

Με το άρθρο 12 της ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 τίθενται ποσοτικοί στόχοι για την αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΚΚ), το οποίο επικαιροποιείται και ενισχύεται με το άρθρο 27 του Ν.4042/2012. Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, τίθενται στόχοι για την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση άλλων υλικών (συμπεριλαμβανομένων των εργασιών επίχωσης όπου γίνεται χρήση αποβλήτων για την υποκατάσταση άλλων υλικών) των μη επικίνδυνων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων εξαιρουμένων των υλικών που απαντώνται στη φύση και τα οποία ορίζονται στην κατηγορία 17 05 04 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ήτοι ΑΚΚ), ως ακολούθως:

- μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2012, τα ΑΚΚ που ανακτώνται πρέπει να ανέρχονται στο 30 % του συνολικού βάρους των παραγομένων ΑΚΚ στη χώρα.
- μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, τα ΑΚΚ που ανακτώνται πρέπει να ανέρχονται στο 50 % του συνολικού βάρους των παραγομένων ΑΚΚ στη χώρα.
- μέχρι το 2020, τα ΑΚΚ που ανακτώνται πρέπει να ανέρχονται στο 70 % του συνολικού βάρους των παραγομένων ΑΚΚ στη χώρα (Deloitte, 2015).

Ως Διαχειριστές ΑΕΚΚ χαρακτηρίζονται οι ανάδοχοι των δημόσιων ή ιδιωτικών έργων (κατασκευαστές, εργολήπτες τεχνικών και οικοδομικών έργων, φορείς εκμίσθωσης εξοπλισμού και παροχής υπηρεσιών προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής και μεταφοράς των ΑΕΚΚ) ή ο κύριος του έργου εφόσον δεν έχει αναθέσει το έργο σε ανάδοχο (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021).

4.5. Η διαχείριση των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων στην Ε.Ε.

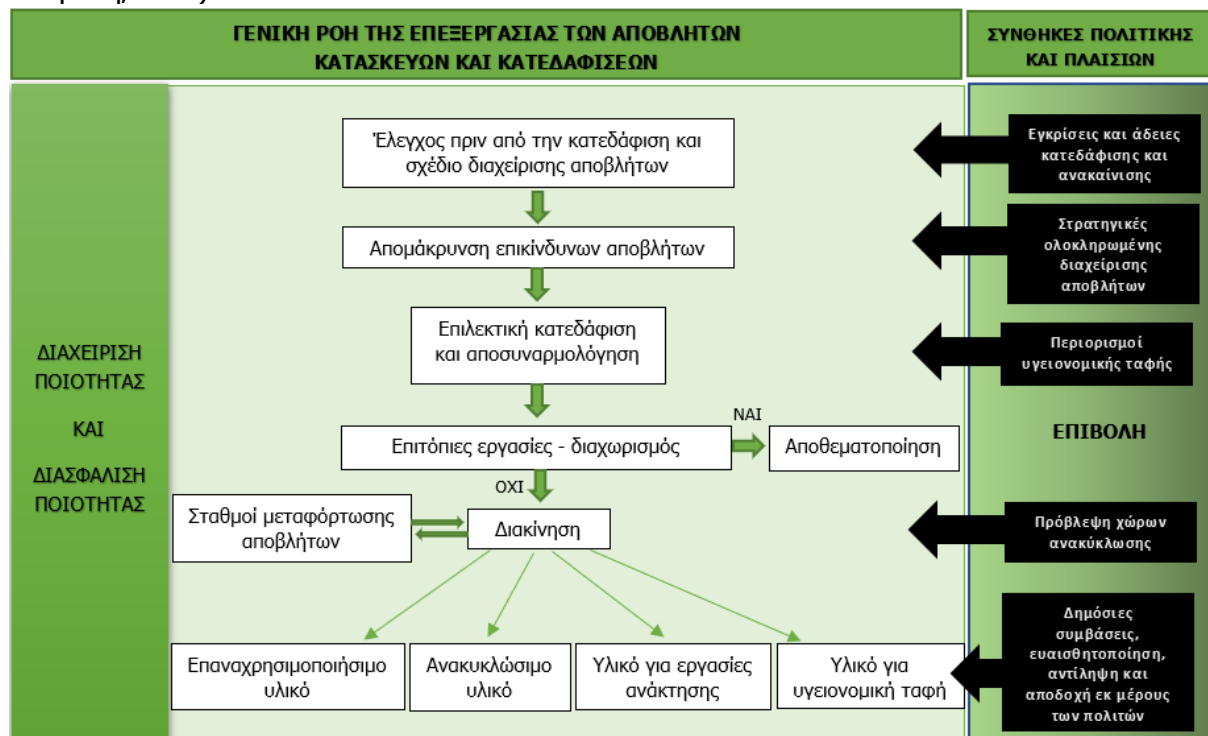
Η ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών από κατασκευές και κατεδαφίσεις ποικίλλει σημαντικά στο σύνολο της Ε.Ε., με ποσοστά από λιγότερο από 10% έως πάνω από 90%. Αντίστοιχα, ανά κράτος μέλος εφαρμόζονται διαφορετικοί ορισμοί για τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων, με αποτέλεσμα να καθίσταται δύσκολη η σύγκριση μεταξύ των χωρών (European Commission, 2022).

Οι κύριοι στόχοι της Ε.Ε. για αυτή τη ροή αποβλήτων αφορούν τη διασφάλιση ότι η διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων εφαρμόζεται με περιβαλλοντικά ορθό τρόπο, καθώς και την αξιοποίηση του δυναμικού των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων που θα συμβάλλει στη μετάβαση προς την κυκλική οικονομία (European Commission, 2022).

Σύμφωνα με την οδηγία – πλαίσιο για τα απόβλητα, τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων αποτελούν ροή αποβλήτων με προτεραιότητα και τίθενται οι παρακάτω στόχοι:

- Αύξηση σε τουλάχιστον 70% κατά βάρος έως το 2020, για την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση άλλων υλικών μη επικίνδυνων αποβλήτων κατασκευής και κατεδάφισης (εξαιρουμένων των φυσικών υλικών που ορίζονται στην κατηγορία 17 05 04 του καταλόγου αποβλήτων).
- Προώθηση της επιλεκτικής κατεδάφισης ώστε να καταστεί δυνατή η απομάκρυνση και ο ασφαλής χειρισμός επικίνδυνων ουσιών, να διευκολυνθεί η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση υψηλής ποιότητας με την επιλεκτική απομάκρυνση των υλικών και να δημιουργηθούν συστήματα διαλογής.
- Μείωση της παραγωγής αποβλήτων (European Commission, 2022).

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο της Ε.Ε. για τη διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, η ροή επεξεργασία τους αναπαρίσταται στο παρακάτω διάγραμμα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016).



ΕΙΚΟΝΑ 18: ΡΟΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ

Στο διάγραμμα αποτυπώνονται οι ροές επεξεργασίας των αποβλήτων εκσκαφών και κατεδαφίσεων, σύμφωνα με το πρωτόκολλο της Ε.Ε. για τη διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων και η εφαρμογή του δεν είναι δεσμευτική.

Πηγή: (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016)

1. Έλεγχος πριν από την κατεδάφιση και σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων

Είναι σημαντικό να διενεργείται έλεγχος πριν από κάθε έργο ανακαίνισης ή κατεδάφισης και για κάθε υλικό που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί, καθώς και για τα επικίνδυνα απόβλητα που είναι πιθανό να εντοπιστούν. Με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο εύκολη η ταυτοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, η εκτέλεση ορθών εργασιών αποδόμησης και ο προσδιορισμός των πρακτικών αποσυναρμολόγησης και κατεδάφισης. Τα μέτρα που θα ληφθούν θα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποιότητας και ποσότητας των ανακυκλωμένων προϊόντων, αλλά και του όγκου των υλικών που θα επαναχρησιμοποιηθούν πλησίον ή εντός του εργοταξίου.

Ο έλεγχος πριν από την κατεδάφιση αποτελείται από δύο μέρη:

1. Τις συλλεγόμενες πληροφορίες:

Στο πλαίσιο αυτό ταυτοποιούνται όλα τα υλικά – απόβλητα που θα παραχθούν κατά τη διάρκεια των εργασιών κατεδάφισης, μέσα από τον προσδιορισμό της ποσότητας, της ποιότητας και της θέσης τους στην κτιριακή ή αστική υποδομή.

2. Πληροφορίες σχετικά με:

- Τα υλικά που θα πρέπει να διαχωριστούν στην πηγή (π.χ. επικίνδυνα απόβλητα).
- Τα υλικά που μπορούν ή δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν.
- Τον τρόπο διαχείρισης των αποβλήτων και τις δυνατότητες ανακύκλωσης

Είναι σημαντικό ωστόσο, να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές αγορές των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, των επαναχρησιμοποιούμενων και ανακυκλωμένων υλικών, καθώς και η διαθέσιμη χωρητικότητα των εγκαταστάσεων ανακύκλωσης.

Ο έλεγχος πριν από την κατεδάφιση διενεργείται από ειδικό εμπειρογνώμονα με κατάλληλες γνώσεις σχετικές με τα δομικά υλικά, τις οικοδομικές τεχνικές και το ιστορικό των κατασκευών και είναι εξοικειωμένος με τη διαχείριση και επεξεργασία των αποβλήτων.

Οι δημόσιες αρχές θα πρέπει να αποφασίσουν τις οριακές τιμές αποβλήτων στο πλαίσιο του ελέγχου πριν από την κατεδάφιση.

Αναφορικά με το σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, αυτό επικεντρώνεται στη διαδικασία, σε περίπτωση που τα υλικά που προκύπτουν θα επαναχρησιμοποιηθούν ή θα ανακυκλωθούν, και περιέχουν μια σειρά από πληροφορίες όπως ο τρόπος εκτέλεσης των εργασιών κατεδάφισης, τους υπεύθυνους εκτέλεσης των εργασιών, τα υλικά που θα συλλεχθούν, τη μέθοδο ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης ή τελικής επεξεργασίας και τον τρόπο παρακολούθησης.

Σημαντικό είναι η εκτέλεση των δραστηριοτήτων κατεδάφισης να βασίζεται σε σχετικό σχέδιο, συνίσταται να εποπτεύεται στο σύνολο της από τοπική αρχή ή από ανεξάρτητους τρίτους, και ο έλεγχος να διενεργείται τόσο, στο εργοτάξιο όσο και με την ολοκλήρωση των εργασιών.

2. Απομάκρυνση επικίνδυνων αποβλήτων

Οι ορθές πρακτικές απολύμανσης πρέπει να εκτελούνται για διάφορους λόγους, εκτός της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης, για την προστασία του περιβάλλοντος, για την προστασία της υγείας των εργαζομένων και των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή πλησίον του εργοταξίου, αλλά και για λόγους ασφαλείας.

Τα πιο συνηθισμένα προϊόντα επικίνδυνων αποβλήτων είναι ο αμιάντος, η πίσσα, τα ραδιενεργά απόβλητα, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), ο μόλυβδος, τα ηλεκτρικά εξαρτήματα που περιέχουν υδράργυρο, τα μονωτικά υλικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες κλπ.

Η απολύμανση είναι απαραίτητη για τον αποκλεισμό του ενδεχόμενου μόλυνσης ανακυκλώσιμων υλικών από επικίνδυνα σωματίδια, τα οποία εντοπίζονται ακόμη και σε μικρό ποσοστό. Για το λόγο αυτό πρέπει να απομακρύνονται με ορθό και συστηματικό τρόπο πριν από την κατεδάφιση.

Στο σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων είναι αναγκαίο να προβλέπονται τα μέτρα που θα ληφθούν σε περίπτωση εντοπισμού μη αναμενόμενων επικίνδυνων αποβλήτων.

Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, η απομάκρυνση των επικίνδυνων αποβλήτων πρέπει να συμμορφώνεται με την ισχύουσα σε εθνικό επίπεδο νομοθεσία.

3. Επιλεκτική κατεδάφιση και αποσυναρμολόγηση

Οι κύριες ροές αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των αδρανών αποβλήτων από κτιριακές ή αστικές υποδομές, θα πρέπει να υποβάλλονται σε χωριστή επεξεργασία (π.χ. σκυρόδεμα, τούβλα, λιθοδομές, πλακάκια, κεραμικά).

Είναι σημαντικό να εξετάζεται το ενδεχόμενο χειροκίνητης αποσυναρμολόγησης ενός ευρύτερου φάσματος υλικών, ώστε να είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών όπως η απογύμνωση πριν την κατεδάφιση και η περισυλλογή με το πέρας της κατεδάφισης. Οι εργασίες αυτές αποσκοπούν, εκτός από τη μεταγενέστερη επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των υλικών, στον καθαρισμό των κύριων ροών που προορίζονται για την παραγωγή ανακυκλωμένων αδρανών υλικών.

Οι δευτερεύουσες ροές αντίστοιχα, ενδέχεται να υποβαθμίζουν την ποιότητα των ανακυκλωμένων υλικών κατασκευών και κατεδαφίσεων, και σε περίπτωση μη εφαρμογής τοπικού – εθνικού κανονιστικού πλαισίου, υπάρχει ο κίνδυνος μη ορθής επεξεργασίας δευτερευουσών υλικών.

4. Επιτόπιες εργασίες - διαχωρισμός

Προκειμένου να επιτευχθεί η ορθή διαχείριση των αποβλήτων είναι αναγκαία η εξασφάλιση του διαχωρισμού των υλικών. Ο καλύτερος δυνατός διαχωρισμός των υλικών θα επιφέρει την αποτελεσματικότερη ανακύκλωση και την υψηλότερη ποιότητα των ανακυκλωμένων αδρανών και λοιπών υλικών. Παρόλα αυτά, ο διαχωρισμός των υλικών εξαρτάται από τις διαθέσιμες επιλογές στο εργοτάξιο, το κόστος και τα έξοδα των διαχωρισμένων υλικών.

Πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ των υλικών με γνώμονα τις επιλογές επεξεργασίας τους, όπως ο καθαρισμός για επαναχρησιμοποίηση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση στην ίδια ή σε άλλη εφαρμογή, αποτέφρωση και διάθεση.

Ο διαχωρισμός στην πηγή περιλαμβάνει τα παρακάτω είδη εργασιών:

- Διαχωρισμός επικίνδυνων αποβλήτων
- Αποδόμηση (αποσυναρμολόγηση, περιλαμβανομένου του διαχωρισμού δευτερευουσών ροών και των υλικών στερέωσης)
- Διαχωρισμός των υλικών στερέωσης
- Δομική ή μηχανική κατεδάφιση

Η εκτέλεση εργασιών εντός του εργοταξίου είναι δυνατό να προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όσον αφορά το κόστος και τη μείωση των αναγκών για μεταφορά. Ωστόσο, οι αποφάσεις σχετικά με τις προπαρασκευαστικές εργασίες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης εντός του εργοταξίου, θα πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση, σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του εργοταξίου. Στο πλαίσιο αυτό, λαμβάνονται υπόψη οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράγοντες, παράγοντες που αφορούν την υγεία, καθώς και οι αντίστοιχοι κίνδυνοι.

Όσον αφορά τα απορρίμματα συσκευασίας που είναι δυνατό να δημιουργηθούν εντός του εργοταξίου, θα πρέπει να υποβάλλονται σε όσο το δυνατόν εκτενέστερη διαλογή, σύμφωνα με τις τοπικές πρακτικές συλλογής αποβλήτων, όπως το πλαστικό, το ξύλο, το χαρτόνι, και το μέταλλο. Σημαντική ωστόσο, είναι και η επισήμανση των απορριμμάτων συσκευασίας με τους κατάλληλους κωδικούς αποβλήτων σε περίπτωση που υπάρχουν μολυσμένες συσκευασίες, όπως για παράδειγμα τα δοχεία χρωμάτων.

5. Αποθεματοποίηση

Η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και η ανάκτηση υλικών κατασκευών και κατεδαφίσεων προϋποθέτει την ορθή αποθεματοποίηση. Οι εργασίες αποθεματοποίησης και εναποθήκευσης θα πρέπει να εκτελούνται με ενδεδειγμένο τρόπο έτσι ώστε να αποτρέπεται ή να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον, και για πραγματικούς και επωφελείς σκοπούς.

6. Διακίνηση

Η εγγύτητα των μονάδων διαλογής και ανακύκλωσης είναι αρκετά σημαντική για τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων τα οποία, σε περίπτωση χύδην υλικών, όπως τα αδρανή κατασκευαστικά υλικά, δεν μπορούν να μεταφερθούν οδικώς σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Στο πλαίσιο αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται προσπάθεια διατήρησης μικρών αποστάσεων, αφού οι μεγαλύτερες αποστάσεις δεν είναι ελκυστικές από οικονομική άποψη, και συρρικνώνονται τα περιβαλλοντικά οφέλη της ανακύκλωσης.

Η βελτίωση της διακίνησης θα επιτευχθεί μέσα από τη βελτιστοποίηση της χρήσης των οδικών δικτύων και της αξιοποίησης των οφελών από την κατάλληλη τεχνολογία πληροφοριών.

Κατά τη διακίνηση πρέπει να παρέχεται εγγύηση για την ακεραιότητα των υλικών από τη διαδικασία συναρμολόγησης έως την ανακύκλωση. Για παράδειγμα η ανακύκλωση του γυαλιού προϋποθέτει την καθαριότητα των κάδων, καθώς η επαφή με υπολείμματα σκυροδέματος, λίθων ή τούβλων το καθιστά ακατάλληλο για ανακύκλωση.

7. Σταθμοί μεταφόρτωσης αποβλήτων

Η χρήση σταθμών μεταφόρτωσης αποβλήτων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, καθώς χρησιμεύουν ως σύνδεσμος μεταξύ ενός σημείου τοπικής συλλογής αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων και μιας εγκατάστασης τελικής διάθεσης των αποβλήτων.

Το μέγεθος, το καθεστώς ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων και οι παρεχόμενες υπηρεσίες διαφέρουν μεταξύ των σταθμών μεταφόρτωσης, ωστόσο στο σύνολο τους αποσκοπούν στη συγκέντρωση αποβλήτων από πολλαπλά σημεία περισυλλογής. Ορισμένες φορές, οι σταθμοί μεταφόρτωσης παρέχουν υπηρεσίες διαλογής και ανακύκλωσης των αποβλήτων.

8. Επαναχρησιμοποίηση υλικό

Στο πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης των ανακτημένων υλικών, είναι σημαντική η προετοιμασία τους έτσι ώστε να εφαρμοστεί ελάχιστη ή μηδενική επεξεργασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση προσφέρει περισσότερα οφέλη συγκριτικά με την ανακύκλωση, καθώς αποφεύγονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την επεξεργασία του υλικού. Η επιλογή όμως της επαναχρησιμοποίησης ενδέχεται να μην είναι πάντα εύκολη στην πράξη.

9. Ανακυκλώσιμο υλικό

Ο ορθός σχεδιασμός των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και των συναφών δραστηριοτήτων που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων στα εργοτάξια αποτελεί προϋπόθεση για την εξασφάλιση υψηλών ποσοστών ανακύκλωσης και ανακυκλωμένων προϊόντων υψηλής ποιότητας.

Η ανακύκλωση των δομικών υλικών είναι εφικτή, είτε εντός εργοταξίου είτε εκτός εργοταξίου σε μονάδες ανακύκλωσης.

Η ανακύκλωση των αποβλήτων Κατασκευών και Κατεδαφίσεων είναι σημαντικό να προάγεται κυρίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.

10. Υλικό για εργασίες ανάκτησης

Επίχωση:

Η επίχωση αποτελεί ένα τρόπο επαναχρησιμοποίησης μη επικίνδυνων αποβλήτων Κατασκευών και Κατεδαφίσεων και μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τη συλλογή, τη μεταφορά, και την επεξεργασία των αποβλήτων. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε ειδικές περιπτώσεις, όταν δεν είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση ή η ανακύκλωση με εφαρμογή σε υλικά υψηλότερης ποιότητας, στο πλαίσιο της ιεράρχησης των αποβλήτων.

Αξίζει να τονιστεί ότι η επίχωση συνίσταται ως έσχατη λύση εξαιτίας των μειονεκτημάτων που διαθέτει. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι η υπονόμηση των κινήτρων για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση, δηλαδή η εφαρμογή της σε υλικά υψηλότερης αξίας. Ακόμη ένα αρνητικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας επίχωσης ενός υλικού είναι η επεξεργασία στην οποία πρέπει να υποβληθεί πριν από την επίχωση για την αποφυγή ανεπιθύμητων περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η έκλυση βλαβερών ουσιών στα υπόγεια ύδατα.

Ενέργεια:

Είναι δυνατή η εξέταση όλων των ευκαιριών που προκύπτουν από την ανάκτηση με τη μορφή υποκατάστατων καυσίμων, γνωστών και ως καυσίμων από απορρίμματα (Refused Derived Fuels – RDF). Προϋπόθεση αποτελεί να υπάρχουν σχετικές υποδομές διακίνησης για τη συλλογή και διανομή υλικών όπως:

- Μολυσμένο ξύλο και προϊόντα ξυλείας που δεν είναι κατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση
- Πλαστικές ύλες
- Οργανικά μονωτικά υλικά (θερμομόνωση, ηχομόνωση)
- Ασφαλτούχες υδατοστεγανωτικές μεμβράνες

11. Υλικό για υγειονομική ταφή

Ο περιορισμός της υγειονομικής ταφής αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη αγοράς ανακυκλωμένων υλικών κατασκευών και κατεδαφίσεων. Ο συνδυασμός της επιβολής απαγορεύσεων και φόρων στην υγειονομική ταφή θα μπορούσε να παρέχει τα απαιτούμενα κίνητρα. Οι περιορισμοί ωστόσο θα πρέπει να συνοδεύονται και από άλλα μέτρα.

Η σταδιακή μείωση των χώρων υγειονομικής ταφής με την πρόβλεψη, όπου κρίνεται απαραίτητο, περιόδων μετάβασης, συνιστά επιτακτική ανάγκη για την πρόληψη δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον και στη διασφάλιση ότι τα απόβλητα ως οικονομικά πολύτιμοι πόροι, ανακτώνται προοδευτικά και αποτελεσματικά μέσω της ορθής διαχείρισης αποβλήτων και της τήρησης της ιεράρχησης των αποβλήτων.

Η ορθή εφαρμογή των απαγορεύσεων υγειονομικής ταφής απαιτεί αυστηρή και τυποποιημένη πολιτική αποδοχής των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων. Στο πλαίσιο αυτό τα απόβλητα θα πρέπει να υποβάλλονται πρωτίστως σε επεξεργασία πριν από την απόθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής, τα επικίνδυνα απόβλητα να μεταφέρονται σε χώρο υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων, και οι χώροι υγειονομικής ταφής για αδρανή απόβλητα να χρησιμοποιούνται μόνο για αδρανή απόβλητα.

Η επιβολή φόρων στη υγειονομική ταφή έχει ως στόχο την αποτροπή της χρήσης της υγειονομικής ταφής ως της φθηνότερης μεθόδου διαχείρισης αποβλήτων, ενώ αποτελεί ευέλικτο μέσο που θεσπίζεται από τα κράτη – μέλη, τις περιφέρειες ή τις τοπικές αρχές. Οι φόροι θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (αστικός χώρος ή ύπαιθρος), τη φύση των αποβλήτων (επικίνδυνα ή μη επικίνδυνα), καθώς και την κατάστασή τους (κατεργασμένα ή μη).

12. Διαχείριση ποιότητας

Διαχείριση ποιότητας στα στάδια ταυτοποίησης, διαχωρισμού στην πηγή και συλλογή των αποβλήτων:

- Ο έλεγχος ποιότητας των εργασιών πριν και κατά τη διάρκεια της κατεδάφισης θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Σε περίπτωση μη ορθής απομάκρυνσης επικίνδυνων αποβλήτων, και μη διαχωρισμού στο εργοτάξιο, δημιουργεί τον κίνδυνο μόλυνσης ολόκληρης της ροής αποβλήτων.
- Τα βασικά βήματα διαχείρισης της ποιότητας κατά το στάδιο της κατεδάφισης περιλαμβάνουν τη διενέργεια ελέγχου πριν την κατεδάφιση, την υποβολή στοιχείων επιτόπου και τη σύνταξη τελικής έκθεσης για τη μονάδα ανακύκλωσης.
- Τα βασικά βήματα διαχείρισης της ποιότητας κατά τη διάρκεια νέων κατασκευαστικών εργασιών περιλαμβάνουν την ταυτοποίηση των αναμενόμενων αποβλήτων και ποσοτήτων για την κατάρτιση σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων.

Διαχείριση ποιότητας κατά τη μεταφορά των αποβλήτων Κατασκευών και Κατεδαφίσεων:

- Τα απόβλητα Κατασκευών και Κατεδαφίσεων θα πρέπει να μεταφέρονται με ασφαλή και νόμιμο τρόπο, χωρίς να έχουν επιβλαβείς συνέπειες στο περιβάλλον ή να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των εργαζομένων.
- Πριν από τη μεταφορά ο ανάδοχος θα πρέπει να ελέγχει αν τα απόβλητα είναι επικίνδυνα και να μεριμνά για την κατάλληλη μεταφορά τους. Τα επικίνδυνα απόβλητα θα πρέπει να φυλάσσονται χωριστά από άλλα απόβλητα και να αποθηκεύονται με ασφαλή τρόπο σε κάδους που φέρουν σαφή επισήμανση και μακριά από μη εξουσιοδοτημένα άτομα. Επιπλέον, ο ανάδοχος θα πρέπει να αποδεικνύει ότι τα επικίνδυνα απόβλητα Κατασκευών

και Κατεδαφίσεων μεταφέρονται σε εγκατάσταση εξουσιοδοτημένη για την παραλαβή τους.

Διαχείριση ποιότητας κατά την κατεργασία και επεξεργασία των αποβλήτων Κατασκευών και Κατεδαφίσεων:

- Η διαχείριση ποιότητας στο χώρο ανακύκλωσης περιλαμβάνει διάφορα βήματα που πρέπει να ακολουθεί ο φορέας ανακύκλωσης. Τα αδρανή απόβλητα που προορίζονται για ανακύκλωση γίνονται δεκτά σε εγκαταστάσεις σύνθλιψης στις οποίες εφαρμόζονται αυστηρά πρωτόκολλα αποδοχής. Η εταιρεία ανακύκλωσης διασφαλίζει την καλή ποιότητα των υλικών εισαγωγής και την εξάλειψη των επικίνδυνων ουσιών και προσμείξεων κατά τη διαδικασία επεξεργασίας.
- Μετά την κατεργασία, ο έλεγχος παραγωγής στο εργοστάσιο καθορίζει τη συχνότητα και τα είδη δειγματοληψίας και δοκιμών ώστε να διασφαλίζεται ότι το σύνολο της παραγωγής στην Ε.Ε. υποβάλλεται σε δοκιμές σύμφωνα με τα ίδια πρότυπα.

13. Διασφάλιση ποιότητας

- Τα εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα που ισχύουν για τα πρωτογενή υλικά εφαρμόζονται και στα ανακυκλωμένα υλικά. Τα ανακυκλωμένα υλικά θα πρέπει να αξιολογούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ευρωπαϊκών προτύπων προϊόντων, εφόσον τα υλικά διέπονται από αυτά.
- Χρήση των υφιστάμενων ευρωπαϊκών προτύπων προϊόντων
- Στις περιπτώσεις που δεν εφαρμόζονται τα ευρωπαϊκά πρότυπα προϊόντων, γίνεται χρήση των ευρωπαϊκών τεχνικών αξιολογήσεων.

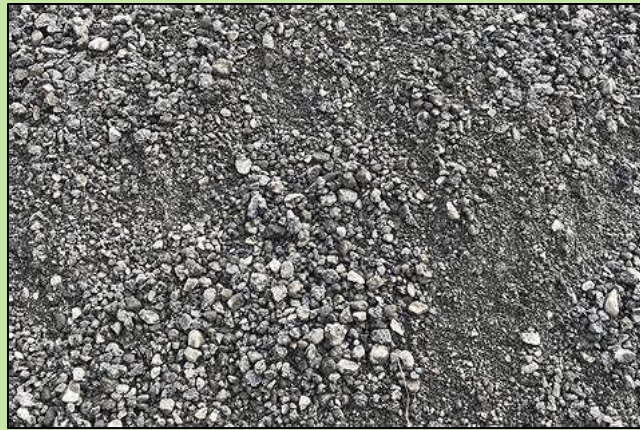
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ



ΕΙΚΟΝΑ 19: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Πηγή: (Cherry Companies, n.d.)



ΕΙΚΟΝΑ 20: ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΜΕΝΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Πηγή: (Anchorage Sand & Gravel, n.d.)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι το οδόστρωμα των αυτοκινητοδρόμων καταναλώνει μεγάλες ποσότητες παρθένων υλικών, το κόστος των υλικών αυξάνεται και δίνεται έμφαση στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αντίστοιχα, τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οδοστρωμάτων έχουν διαφοροποιηθεί και προοδεύουν με την πάροδο του χρόνου. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο κρίνεται αναγκαία η ανάδειξη της βιωσιμότητας των αυτοκινητοδρόμων, που προκύπτει από την εφαρμογή ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών (Li et al., 2019; Magar et al., 2022). Η χρήση υλικών όπως το ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα αποτελεί την περισσότερο κοινά χρησιμοποιούμενη βιώσιμη στρατηγική για το οδόστρωμα από ασφαλτικό σκυροδέμα, λόγω της ικανότητας του να υποκαθιστά εν μέρει το παρθένο συνδετικό υλικό και τα αδρανή που περιλαμβάνει η άσφαλτος σε μείγματα ασφαλτικού σκυροδέματος (Yang et al., 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

5.1. Χαρακτηριστικά οδοστρώματος

Το ασφαλτικό οδοστρώμα υπόκειται σε συχνές επισκευές λόγω των αλλαγών όσον αφορά τις ιδιότητες του κατά τη γήρανση του (Nawarathna and Hesp, 2022). Η τακτική επισκευή, η σφράγιση ρωγμών και η επικάλυψη είναι οι συνήθεις τρόποι επισκευής του ταλαιπωρημένου οδοστρώματος (Magar et al., 2022).

Κατά τη διαδικασία πραγματοποίησης εκσκαφών προκειμένου να κατασκευαστούν έργα οδοποιίας, παράγονται απόβλητα υλικά, τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις δεν αξιοποιούνται σε δεύτερο στάδιο, με την ενσωμάτωσή τους στο υπό κατασκευή έργο. Τα υλικά αυτά όμως που παραμένουν και προκύπτουν από εκσκαφές έργων οδοποιίας, δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον της οδού. Τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργούνται είναι:

1. Η αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντος εξαιτίας της εναπόθεσης μεγάλου όγκου γαιών και χωματισμών που προκύπτουν από τις εκσκαφές.
Η μείωση της αποδοτικότητας του εδάφους στις περιπτώσεις που τα παραμένοντα υλικά εναποτίθενται σε παραγωγικό έδαφος.
3. Είναι εφικτό να προκαλέσουν πλήγμα στον τουρισμό και την οικονομία, αφού υποβαθμίσουν το φυσικό περιβάλλον και την τουριστική ελκυστικότητα των περιοχών. Ειδικότερα, η μη αποκατάσταση των λατομείων αδρανών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή έργων οδοποιίας δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην αισθητική του περιβάλλοντος (Πολύζος, 2022).

Άλλη περίπτωση αποβλήτων που προέρχονται από έργα οδοποιίας είναι αυτά που προκύπτουν από τη συντήρηση και ανακατασκευή των οδών. Αναφορικά με την ανακατασκευή των οδών, αυτή περιλαμβάνει την εκσκαφή των υπαρχόντων υλικών και την αντικατάστασή τους με νέα. Στο πλαίσιο αυτό κρίνεται αναγκαία η ανακύκλωση των υλικών που προϋπάρχουν προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση ή ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η μείωση του κόστους και η μείωση της επίδρασης στο περιβάλλον (Πολύζος, 2022).

Σε αντίθεση με την επαναλαμβανόμενη επίστρωση στην υπάρχουσα επιφάνεια ασφάλτου, το φρεζάρισμα του ταλαιπωρημένου οδοστρώματος και στη συνέχεια η τοποθέτηση ενός νέου στρώματος ανακυκλωμένου μείγματος έχει δείξει καλύτερη απόδοση, αντοχή στην υγρασία, και αποτελεί ένα αποτελεσματικό και εποικοδομητικό τρόπο για μακροπρόθεσμες επιδόσεις με σημαντικά οφέλη, τα οποία περιλαμβάνουν:

- 1) μειωμένο κόστος κατασκευής,
- 2) περιορισμό της χρήσης νέων αδρανών και συνδετικών,
- 3) περιβαλλοντικά οφέλη,
- 4) χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- 5) συμβάλλει στη βιωσιμότητα και
- 6) ανανεώσιμη πηγή των εργασιών κατασκευής (Magar et al., 2022).

Τα υπάρχοντα υλικά ασφαλτικού οδοστρώματος συνήθως αφαιρούνται κατά τη διάρκεια επιφανειακών εργασιών, αλλά και εργασιών αποκατάστασης ή ανακατασκευής (Nawarathna and Hesp, 2022). Τα υλικά που προκύπτουν μπορούν να είναι κατάλληλα στην αντικατάσταση των πρώτων υλών τόσο σε οδοστρώματα σκυροδέματος όσο και σε ασφαλτόστρωτα. Επιπλέον,

λαμβάνοντας υπόψη το βέλτιστο περιεχόμενο που αντικαθίσταται, η μακροπρόθεσμη απόδοση των οδοστρωμάτων πρόκειται να βελτιωθεί σημαντικά (Jahanbakhsh et al., 2020).

Οι σημαντικές αυξήσεις στο κόστος των ασφαλτοστρώσεων αλλά και η συνειδητοποίηση της ανάγκης για βιώσιμες υποδομές τα τελευταία χρόνια, οδήγησαν στη αύξηση της χρήσης των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών στην κατασκευή ασφάλτου θερμής ανάμειξης, εντός ορισμένων ορίων και υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται οι κατάλληλες προφυλάξεις. Οι δύο κύριοι παράγοντες που οδηγούν στη χρήση ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών είναι η εξοικονόμηση κόστους και τα περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς το κόστος παραγωγής των νέων ασφαλτικών μιγμάτων πρόκειται να μειωθεί και να ελαχιστοποιηθούν οι απαιτήσεις σε παρθένα υλικά. Άλλη μια χρήση των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών αποτελεί η επαναχρησιμοποίηση τους σε στρώματα βάσης, οδοστρώματα και σε αγροτικούς δρόμους (Nawarathna and Hesp, 2022).

Όλο αυτό το οδικό δίκτυο απαιτεί σημαντική ποσότητα αδρανών, ασφαλτικών και τσιμεντοειδών συνδετικών και προσθέτων ενίσχυσης της απόδοσης για την αντιμετώπιση των διαρκώς αυξανόμενων απαιτήσεων όσον αφορά τα φορτία των αξόνων και τη συχνότητα κυκλοφορίας. Παράλληλα, με την αύξηση των βαρέων οχημάτων στο δρόμο και τη σπανιότητα των πρώτων υλών ανάλογα με την περιοχή, η βιομηχανία οδοστρωμάτων αντιμετωπίζει νέες προκλήσεις όσον αφορά τους πόρους και μηχανικές επιδόσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν (Poulikakos et al., 2017).

Η άσφαλτος είναι ένα μείγμα αδρανών υλικών, ασφαλτικών συνδετικών, πληρωτικών και προσθέτων, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή και συντήρηση δρόμων, χώρων στάθμευσης, σιδηροδρομικών γραμμών, λιμανιών, αεροδρομίων, ποδηλατοδρόμων, πεζοδρομίων, καθώς και χώρων παιχνιδιού και άθλησης. Μπορεί εύκολα να επισκευαστεί και, στο τέλος της διάρκειας ζωής της, να ανακτηθεί από έναν δρόμο και να θερμανθεί ξανά προκειμένου να αναμειχθεί και να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ή/και τη συντήρηση νέων δρόμων. Αυτό το πολύ συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, καθιστά την άσφαλτο ένα από τα ελάχιστα υλικά κατασκευής που επισκευάζονται εύκολα, και είναι έως και 100% επαναχρησιμοποιήσιμα και ανακυκλώσιμα (EAPA, 2022b). Είναι γεγονός ότι πολλοί αρμόδιοι, ακόμη και σήμερα, δίνουν προτεραιότητα στη χρηματοδότηση νέων κατασκευών πριν από τη συντήρηση των υπάρχοντων οδικών πόρων, που στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγούν έγκαιρα σε υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και κόστος ανακατασκευής (EAPA, 2022b).

Το Πρότυπο Προϊόντος Ασφάλτου EN 13108-8 «Ανακτημένη Άσφαλτος» ορίζει την «ανακτημένη άσφαλτο», ως την επεξεργασμένη επιτόπια άσφαλτο, κατάλληλη και έτοιμη για χρήση ως συστατικό υλικό για άσφαλτο, αφού ελεγχθεί, αξιολογηθεί και ταξινομηθεί σύμφωνα με αυτό το πρότυπο. Ειδικότερα, σύμφωνα με την EAPA η επαναχρησιμοποίηση της ασφάλτου ορίζεται ως η λειτουργία με την οποία η επαναδιεκδικούμενη άσφαλτος (RA) ενσωματώνεται ξανά στο οδόστρωμα, με τα αδρανή και το παλαιωμένο ασφαλτικό συνδετικό υλικό να εκτελούν την ίδια λειτουργία όπως στην αρχική τους εφαρμογή. Η ανακύκλωση της ασφάλτου αντίστοιχα ορίζεται ως η λειτουργία κατά την οποία η επαναδιεκδικούμενη άσφαλτος (RA) χρησιμοποιείται ως υλικό θεμελίωσης, πλήρωσης ή οδοποιίας, με τα ανακτημένα αδρανή και την άσφαλτο να εκτελούν μικρότερη (ή εναλλακτική μηχανική) λειτουργία από ό,τι στην αρχική εφαρμογή.

Στην Ευρώπη, τα φυσικά αδρανή που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ασφαλτικών μιγμάτων, συγκεκριμένα η άσφαλτος θερμής ανάμειξης (HMA) ή η άσφαλτος θερμού μίγματος (WMA), υπόκεινται σε πετρογραφική εξέταση για γενική ταξινόμηση, σύμφωνα με το πρότυπο EN

932-3. Αυτά τα αδρανή πρέπει να έχουν αρκετά καλά χαρακτηριστικά ώστε να μπορούν να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις που ορίζονται στα πρότυπα EN 13043, EN 933-11, EN 933-1, EN 933-5, EN 933-9, EN 1097-1, EN 1097-2 και EN 1744-1 (Martinho, Picado-Santos and Capitão, 2018).

5.2. Κύκλος ζωής οδοστρώματος

Ένα αποτελεσματικό μοντέλο ανάλυσης κύκλου ζωής πρέπει να χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που να ενσωματώνει, τόσο την αναμενόμενη μακροπρόθεσμη απόδοση του οδοστρώματος όσο και το σχετικό κόστος. Πρέπει επίσης να παρέχει στους μηχανικούς του οδοστρώματος πρακτικές επιλογές για την ανάπτυξη πιθανής συντήρησης και αποκατάστασης (Abaza, 2002).

Το αναπτυγμένο μοντέλο ανάλυσης βέλτιστου κύκλου ζωής απαιτεί τη χρήση καμπυλών απόδοσης οδοστρώματος. Η κατασκευή μιας καμπύλης απόδοσης κατασκευάζεται για μια συγκεκριμένη δομή οδοστρώματος είτε με βάση τα πραγματικά δεδομένα κινδύνου του οδοστρώματος είτε χρησιμοποιώντας άλλες κατάλληλες τεχνικές όπως η έννοια της δυνατότητας συντήρησης (Abaza, 2002).

Η τεχνική πρόβλεψης απόδοσης που χρησιμοποιείται στο μοντέλο ανάλυσης κύκλου ζωής οδοστρώματος, βασίζεται σε μια σταδιακή ανάλυση της βασικής εξίσωσης σχεδιασμού του εύκαμπτου οδοστρώματος (Abaza, 2002)

Η παύση της χρησιμότητας του κύκλου ζωής του οδοστρώματος ορίζεται ως η αναλογία του κόστους του κύκλου ζωής προς την απόδοση του κύκλου ζωής. Το κόστος κύκλου ζωής του οδοστρώματος περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία κόστους που προκύπτουν κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ανάλυσης, δηλαδή την αρχική κατασκευή, συντήρηση και αποκατάσταση οδοστρώματος και το πρόσθετο κόστος χρήσης. Η απόδοση του κύκλου ζωής του οδοστρώματος ορίζεται ως η περιοχή κάτω από την καμπύλη απόδοσης του κύκλου ζωής που εκτιμάται κατά την ίδια περίοδο ανάλυσης (Abaza, 2002).

Η αναπτυσσόμενη πολιτική απόφασης παρέχει δύο επιλογές, μια σταθερή περίοδο ανάλυσης με σταθερό αριθμό κύκλων αποκατάστασης προγραμματισμένους σε ίσα χρονικά διαστήματα· ή μια περίοδος μεταβλητής ανάλυσης με σταθερό αριθμό μεγάλων κύκλων αποκατάστασης προγραμματισμένους σε άνισα χρονικά διαστήματα. Κάθε επιλογή παρέχει μια διαφορετική προσέγγιση για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό των σχεδίων συντήρησης και επισκευής (M&R). Στην πρώτη επιλογή, ο δείκτης κατάστασης τελικής απόδοσης που σχετίζεται με κάθε σημαντικό κύκλο αποκατάστασης θεωρείται μέρος των δεδομένων εξόδου του μοντέλου. Στη δεύτερη επιλογή αντίστοιχα, πρέπει να καθοριστεί ο δείκτης κατάστασης τελικής απόδοσης για κάθε μεγάλο κύκλο αποκατάστασης. Επίσης, η βάση για την οικονομική σύγκριση μεταξύ των πιθανών σχεδίων συντήρησης και επισκευής είναι διαφορετική για κάθε επιλογή (Abaza, 2002).

Το ανεπτυγμένο μοντέλο βέλτιστου κύκλου ζωής οδοστρώματος απαιτεί τη χρήση κατάλληλων εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης οδοστρώματος. Οι εργασίες συντήρησης σε αυτό το μοντέλο ορίζονται ως απαραίτητες δραστηριότητες ρουτίνας που αναλαμβάνονται με σκοπό τη διατήρηση ασφαλών και αποδεκτών συνθηκών οδήγησης στο δρόμο. Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν κυρίως τη σφράγιση ρωγμών και τη διόρθωση λακκούβων και συμβάλλουν ελάχιστα στην παράταση της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος. Οι εργασίες αποκατάστασης είναι σημαντικές περιοδικές δραστηριότητες που αναλαμβάνονται με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος. Αυτές οι κύριες δραστηριότητες περιλαμβάνουν την ανακαίνιση της επιφάνειας, δηλαδή ασφαλική επικάλυψη, την ανακάλυψη σε συνδυασμό με άλλες θεραπείες όπως ο ψυχρός

σχεδιασμός ή η μερική ανακατασκευή και η πλήρης ανακατασκευή. Αν και η τακτική συντήρηση δεν αυξάνει τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος, έχει άμεση επίδραση στο πρόσθετο κόστος χρήστη. Όσο περισσότερα χρήματα δαπανώνται για την τακτική συντήρηση, τόσο λιγότερο πρόσθετο κόστος χρήστη επιβαρύνει. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια της ζωής του οδοστρώματος. Το προστιθέμενο κόστος χρήστη σχετίζεται επίσης αντιστρόφως με τον αριθμό των κύριων κύκλων αποκατάστασης που εφαρμόζονται σε μια δεδομένη περίοδο ανάλυσης. Αναμένεται να μειωθεί εάν η μείζονα αποκατάσταση πραγματοποιείται συχνότερα για το ίδιο επίπεδο εργασιών τακτικής συντήρησης (Abaza, 2002).

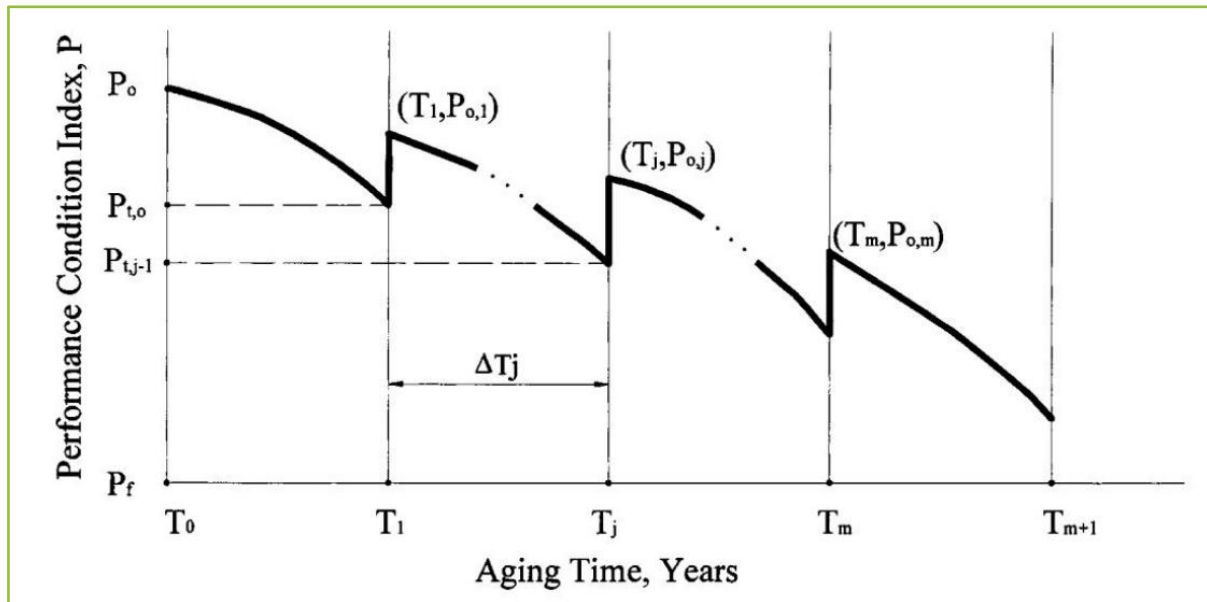
Η τυπική καμπύλη απόδοσης κύκλου ζωής για ένα αρχικό δομικό τμήμα οδοστρώματος με εφαρμοσμένο αριθμό κύκλων αποκατάστασης συμβολίζεται με m . Το αρχικό δομικό τμήμα του οδοστρώματος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια αρχική τιμή του δείκτη κατάστασης απόδοσης (P_0) και μια τελική τιμή ($P_{t,o}$). Ο πρώτος μεγάλος κύκλος αποκατάστασης εφαρμόζεται μόλις η αρχική κατασκευή του οδοστρώματος φτάσει στην καθορισμένη τιμή του δείκτη κατάστασης τελικής απόδοσης. Η μεγάλη αποκατάσταση επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος, όπως υποδεικνύεται από τη στιγμιαία αύξηση του δείκτη κατάστασης απόδοσης που αντιστοιχεί σε κάθε κύριο κύκλο αποκατάστασης (Abaza, 2002).

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τους αρχικούς και τελικούς δείκτες συνθηκών απόδοσης (P_0, j και $P_{t, j}$) που σχετίζονται με κάθε σημαντικό κύκλο αποκατάστασης που εξετάζεται σε μια περίοδο ανάλυσης (T_{m+1}) σε έτη. Αυτές οι δύο τιμές του δείκτη απόδοσης που σχετίζονται με τον κύκλο αποκατάστασης j , αντιπροσωπεύουν δύο βασικές παραμέτρους στην επιτυχή εφαρμογή αυτού του μοντέλου. Εκτιμώνται με βάση τα πρότυπα σχεδιασμού και τις κατασκευαστικές πρακτικές, καθώς και την επιτόπια εμπειρία στην αξιολόγηση και τη δοκιμή αποκατεστημένων οδοστρωμάτων (Abaza, 2002).

Εάν, για παράδειγμα, η μεγάλη αποκατάσταση συνίσταται μόνο στην επαναφορά της επιφάνειας, ο δείκτης αρχικής κατάστασης απόδοσης του κύκλου j αναμένεται να είναι χαμηλότερος από την αντίστοιχη τιμή του προηγούμενου κύκλου (Abaza, 2002).

Ο προγραμματισμένος χρόνος αποκατάστασης (T_j) του κύκλου j είναι το άθροισμα του προγραμματισμένου χρόνου για τον προηγούμενο κύκλο και του πρόσθετου χρονικού διαστήματος (ΔT_j). Το πρόσθετο χρονικό διάστημα είναι σταθερό στην πρώτη επιλογή και προσδιορίζεται με βάση μια καθορισμένη περίοδο σταθερής ανάλυσης (T_{m+1}) και έναν σταθερό αριθμό μεγάλων κύκλων αποκατάστασης (m). Στη δεύτερη επιλογή, το πρόσθετο χρονικό διάστημα είναι μεταβλητό για κάθε κύκλο και υπολογίζεται από την αντίστοιχη καμπύλη απόδοσης με βάση μια καθορισμένη τιμή δείκτη τελικής απόδοσης (Abaza, 2002).

Μια καμπύλη απόδοσης κύκλου ζωής οδοστρώματος κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας μεμονωμένες καμπύλες απόδοσης. Μια μεμονωμένη καμπύλη απόδοσης μπορεί να δημιουργηθεί για την αρχική κατασκευή οδοστρώματος και για κάθε αποκατασταθεί με βάση καθορισμένους δείκτες αρχικής και τερματικής κατάστασης απόδοσης και άλλες απαιτήσεις σχεδιασμού (Abaza, 2002).



ΕΙΚΟΝΑ 21: ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Πηγή: (Abaza, 2002)

Με βάση την ατομική απόδοση των καμπυλών και τις απαιτήσεις δεδομένων για την πολιτική απόφαση που θα επιλεγεί, κατασκευάζεται μια καμπύλη απόδοσης κύκλου ζωής οδοστρώματος. Η πρώτη πολιτική απόφαση απαιτεί σταθερή περίοδο ανάλυσης κύκλου ζωής οδοστρώματος (T_{m+1}) και σταθερό αριθμό μεγάλων κύκλων αποκατάστασης (m). Το πρόσθετο χρονικό διάστημα που προκύπτει (ΔT_j) μεταξύ των διαδοχικών κύκλων αποκατάστασης είναι επίσης σταθερό, όπως φαίνεται στην εξίσωση 5.1.

$$T_j = \frac{T_{m+1}}{m+1}, \quad T_j = j * \Delta T_j, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.1)$$

Όπου:

T_j = προγραμματισμένος χρόνος αποκατάστασης για τον κύκλο j

m = αριθμός αναπτυγμένων μεγάλων κύκλων αποκατάστασης σε σταθερή περίοδο ανάλυσης T_{m+1}

Η τιμή του δείκτη κατάστασης τελικής απόδοσης για την αρχική κατασκευή του οδοστρώματος και κάθε κύκλο αποκατάστασης, εκτιμάται από τις αντίστοιχες επιμέρους καμπύλες απόδοσης χρησιμοποιώντας το πρόσθετο χρονικό διάστημα που προκύπτει. Στη συνέχεια, η καμπύλη απόδοσης κύκλου ζωής του οδοστρώματος κατασκευάζεται από τμήματα καμπύλης που λαμβάνονται από μεμονωμένες καμπύλες απόδοσης που ορίζονται από τους αρχικούς και τερματικούς δείκτες συνθηκών απόδοσης (Abaza, 2002).

Στη δεύτερη περίπτωση αφορά μια περίοδο ανάλυσης μεταβλητού κύκλου ζωής (T_{m+1}) με βάση έναν καθορισμένο αριθμό μεγάλων κύκλων αποκατάστασης (m). Αυτή η επιλογή απαιτεί τον καθορισμό ενός δείκτη που να αφορά την κατάσταση του τελικού οδοστρώματος ($P_{t,j}$) για την αρχική κατασκευή του οδοστρώματος και κάθε σημαντικό κύκλο αποκατάστασης. Το πρόσθετο χρονικό διάστημα (ΔT_j) μεταξύ των διαδοχικών κύκλων αποκατάστασης σε αυτή την περίπτωση είναι μεταβλητό και εκτιμάται ξεχωριστά για κάθε κύκλο. Ο προγραμματισμένος χρόνος αποκατάστασης (T_j) για τον j κύκλο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.2.

$$T_j = T_{j-1} + \Delta T_j, \quad J = 1, 2, \dots, m+1 \quad T_0 = 0.0 \quad (5.2)$$

Όπου:

$$\Delta T_j = \text{Πρόσθετο χρονικό διάστημα για τον κύκλο } j$$

Υπολογίζεται με βάση τον τελικό δείκτη λειτουργικότητας και την μεμονωμένη καμπύλη απόδοσης που αντιστοιχεί στον κύκλο (j-1) και εκτιμάται για τον πρώτο κύκλο από την καμπύλη απόδοσης που αντιστοιχεί στην αρχική δομή του οδοστρώματος με βάση την τιμή του τελικού δείκτη εξυπηρέτησης ($P_{t,0}$).

$$\Delta T_{m+1} = \text{Τελευταίο πρόσθετο χρονικό διάστημα}$$

Υπολογίζεται από την καμπύλη απόδοσης που αντιστοιχεί στον κύκλο αποκατάστασης m με βάση την τιμή του τελικού δείκτη λειτουργικότητας ($P_{t,m}$).

Ο κύκλος ζωής ενός οδοστρώματος περιλαμβάνει τη φάση της παραγωγής των υλικών, την κατασκευή, τη χρήση, την συντήρηση και την αποκατάσταση, καθώς και το τέλος της ζωής του (Li et al., 2019). Αντίστοιχα ο κύκλος ζωής των υλικών που ανακυκλώνονται από το οδόστρωμα, περιλαμβάνει την φάση απόκτησης και επεξεργασίας πρώτων υλών, τη μεταφορά πρώτων υλών, τη αποθήκευση πρώτων υλών, την παραγωγή ασφάλτου, τη μεταφορά του υλικού στο χώρο, την εγκατάσταση, τη χρήση, τη συντήρηση, και το τέλος του κύκλου ζωής.

Τα υλικά ανακυκλώνονται από τα στάδια συντήρησης και στο τέλος του κύκλου ζωής τους και η διαδικασία αυτή μειώνει αποτελεσματικά την απαίτηση για παρθένες πρώτες ύλες αρχικά. Η ανακύκλωση είναι σπάνια ένας συνεχής κύκλος όπου το υλικό που λαμβάνεται από ένα οδόστρωμα τοποθετείται εκ νέου στο ίδιο μέρος με ένα συστατικό της φρέσκιας ασφάλτου. Υπάρχει πάντα κάποια καθυστέρηση όταν το ανακυκλωμένο υλικό διατηρείται σε αποθέματα πριν από την επαναχρησιμοποίηση και επομένως είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι πιθανές επιπτώσεις των στραγγισμάτων που προκύπτουν από τη διάχυση εξαιτίας βροχοπτώσεων, μέσω αυτών των αποθεμάτων μη δεσμευμένης ανακτημένης ασφάλτου (Wayman, 2012).

5.3. Ασφαλτοσκυρόδεμα

Ως ασφαλτικό σκυρόδεμα ορίζεται το ομοιογενές μείγμα που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση με ανάμειξη θερμών και ξηρών αδρανών χονδροκόκκων, λεπτόκοκκων και παιπάλης, με θερμή καθαρή άσφαλο ως συνδετικό. Το ασφαλτικό σκυρόδεμα προορίζεται για την κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας, συνδετικών ή ισοπεδωτικών (Υπουργείο Δημοσίων Έργων, 1965). Εφαρμόζεται εκτενώς σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, αστικούς δρόμους, αεροδρόμια και χώρους στάθμευσης καθώς προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η άνεση κατά την οδήγηση, ο χαμηλός θόρυβος και η αντίσταση στην ολίσθηση (Xu et al., 2022).

Το σκυρόδεμα είναι από τα πιο δημοφιλή και ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά στον κατασκευαστικό κλάδο, λόγω της υψηλής αντοχής και της σταθερότητάς του. Κατασκευάζεται από μείγμα αδρανών υλικών (συνήθως άμμος και χαλίκι), νερού και τσιμέντου, με ολοένα και μεγαλύτερη τη χρήση πρόσθετων βελτίωσης της απόδοσης, όπως ίνες και πολυμερή (Al-Mufti and Fried, 2017; Roulikakos et al., 2017).

Οι ιδιαιτερότητες που προκύπτουν ύστερα από ποιοτικό έλεγχο του ασφαλτικού οδοστρώματος, εξαρτώνται κυρίως από την ποιότητα ασφάλτου, την ποιότητα των αδρανών, τη διαβάθμιση των αδρανών, καθώς και τη συμπεριφορά ένωσης ασφάλτου-αδρανών, που σχετίζονται στενά με τις μηχανικές επιδόσεις του, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής σε ζημιές που προκαλούνται από την υγρασία και την καταπόνηση. Στο πλαίσιο αυτό, η ενσωμάτωση του ανακτημένου ασφαλτικού σκυροδέματος σε ασφαλτικά μείγματα προκαλεί αβεβαιότητες όσον αφορά την συνολική ποιότητα του οδοστρώματος (Xu et al., 2022).

Η ζήτηση για σκυρόδεμα ασκεί πίεση στους διαθέσιμους φυσικούς πόρους που προορίζονται για την κατασκευής του, όπως το λεπτό και χοντρό χαλίκι και η προσοχή έχει στραφεί προς την εύρεση και χρήση εναλλακτικών αδρανών προκειμένου να αντικατασταθεί η χρήση εξορυκτικών υλικών. Ένας παράγοντας που συνέβαλε στη χρήση εναλλακτικών λύσεων είναι η εισαγωγή του φόρου εισφοράς σε αδρανή υλικά σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες (Al-Mufti and Fried, 2017).

Ένα παράδειγμα εναλλακτικών αδρανών που έχει τη μορφή ανακυκλωμένου υλικού, είναι το ανακυκλωμένο σκυρόδεμα (RCA) και η ανακυκλωμένη άσφαλτος. Η χρήση της ανακυκλωμένης ασφάλτου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και να εφαρμοστεί ως εναλλακτικό αδρανή υλικό στο σκυρόδεμα και είναι δυνατό να ληφθεί κυρίως από παλιές ασφαλτικές επιφάνειες που προορίζονται για υγειονομική ταφή, οι οποίες θρυμματίζονται και χρησιμοποιούνται στο σύνολο τους (Al-Mufti and Fried, 2017).

Τα ανακτημένα αδρανή ασφάλτου έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή υλικού ασφαλτικών οδοστρωμάτων, έτσι ώστε να αντικαταστήσουν τα παρθένα φυσικά αδρανή. Το ποσοστό της παρουσίας ανακυκλωμένων αδρανών ασφάλτου στα ασφαλτομείγματα μπορεί να είναι έως και 30% για εφαρμογή σε οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων. Τα ασφαλτικά υλικά που ανακυκλώνονται δεσμεύονται στο νέο μείγμα, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την ποσότητα πίσσας που καταναλώνεται. Άλλη εφαρμογή των ανακυκλωμένων αδρανών ασφάλτου είναι ως χαλαρό υλικό υπόβασης στην οδοποιία. (Al-Mufti and Fried, 2017).

Τόσο το ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα (RAP) όσο και η ανακυκλωμένη ασφαλτική πλάκα (RAS) είναι κοινά ανακυκλωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται σε ασφαλτικά μείγματα λόγω της ικανότητάς τους να υποκαθιστούν εν μέρει την ανάγκη για παρθένα αδρανή και ασφαλτικό συνδετικό υλικό (Yang et al., 2015).

Τα υφιστάμενα πεζοδρόμια μπορούν να κατεδαφιστούν με σύνθλιψη κατά κομμάτια ή φρεζάρισμα. Για τη σύνθλιψη κατά κομμάτια κατεδαφίζεται ολόκληρη η δομή του δεσμευμένου οδοστρώματος, ενώ το βάθος φρεζαρίσματος μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ μερικών χιλιοστών και περίπου 10 εκατοστών ανάλογα με τον εξοπλισμό (Mino et al., 2015).

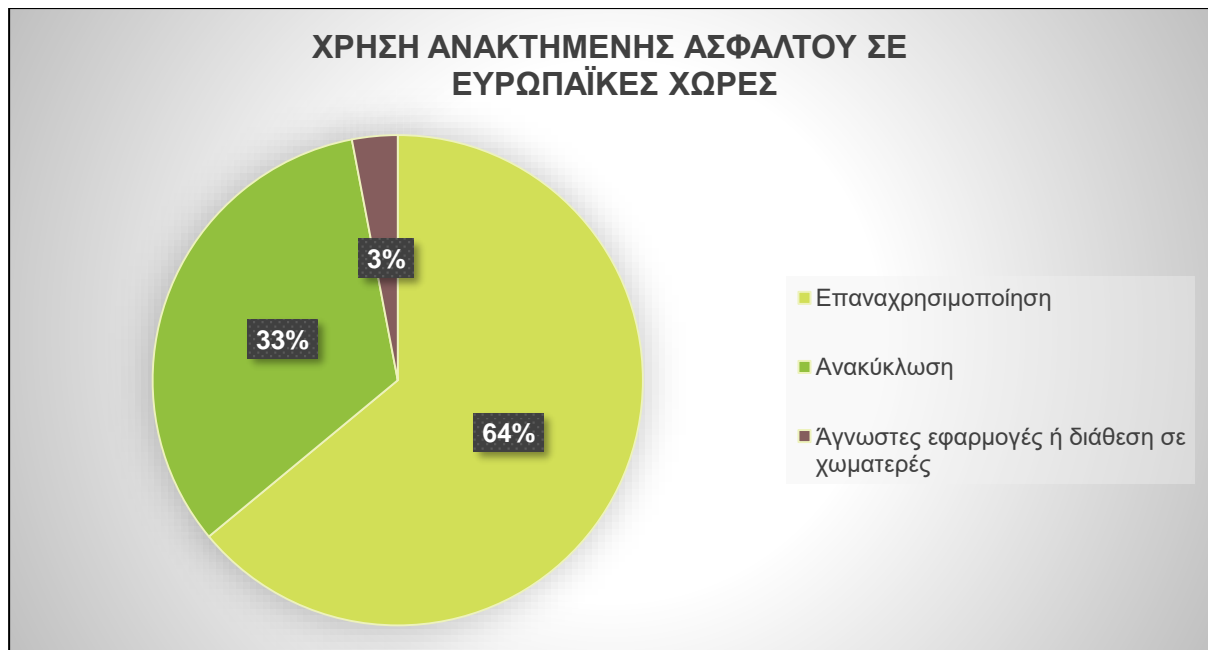
5.4. Η κυκλικότητα της ασφάλτου

Σύμφωνα με την ιεραρχία των απορριμμάτων, όπως καθορίζεται από την οδηγία 2008/98/EK, η πιο βιώσιμη στρατηγική για τους ασφαλτοστρωμένους δρόμους είναι η παράταση της ζωής τους, διατηρώντας την άσφαλτο όσο το δυνατόν περισσότερο, μειώνοντας την ανάγκη αφαίρεσής της. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από στρατηγικές συντήρησης του οδοστρώματος πριν από μεταγενέστερες και πιο δαπανηρές επισκευές ή ανακατασκευές. Εάν ένας δρόμος έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και συντηρηθεί σωστά τότε διαρκεί για διπλάσιο χρόνο και έχει διατηρηθεί το 100% των παρθένων υλικών που θα είχαν χρησιμοποιηθεί για την ανακατασκευή του. Με τη χρήση αυτών των τεχνικών, είναι δυνατό να επεκταθεί σημαντικά η διάρκεια ζωής της επιφάνειας του δρόμου και να γίνουν τα

κάτω δομικά στρώματα χρησιμοποιούμενα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ακολούθως, όταν οι εργασίες πρόληψης και επισκευής δεν είναι περαιτέρω αποτελεσματικές, η ασφαλτος φτάνει στο τέλος της διάρκειας ζωής της και πρόκειται να αφαιρεθεί από το οδόστρωμα (ΕΑΡΑ, 2022b).

Ένα από τα χαρακτηριστικά της ασφάλτου είναι το γεγονός ότι καθίσταται εύκολη η επισκευής της, και στο τέλος της διάρκειας ζωής της μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και να ανακυκλωθεί έως και 100% για πολλούς κύκλους. Το ανακυκλωμένο υλικό όμως δεν είναι σε γενικές γραμμές κατάλληλο για άμεση χρήση, και απαιτεί κάποια ενδιάμεση επεξεργασία. Αφού ληφθεί η ανακυκλωμένη ασφαλτος είναι έτοιμη για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση (ΕΑΡΑ, 2022). Η αξία του ασφαλτικού υλικού που ανακτάται μπορεί να μεγιστοποιηθεί με τη επαναχρησιμοποίησή του, εφόσον ενσωματώνεται εκ νέου στο οδόστρωμα και εκτελεί την ίδια λειτουργία συγκριτικά με την ανακύκλωση του, δηλαδή τη χρήση του ως αδρανή υλικό που εκτελεί μικρότερη λειτουργία (Tarsi, Tataranni and Sangiorgi, 2020; ΕΑΡΑ, 2022a).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα Ευρωπαϊκών χωρών με έτος αναφοράς το 2020, το 64% της διαθέσιμης ασφάλτου επαναχρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή νέων μειγμάτων, το 33% ανακυκλώθηκε σε άλλες εφαρμογές ή τοποθετήθηκαν σε ΧΥΤΑ, ενώ το 3% χρησιμοποιήθηκε σε άλλες άγνωστες εφαρμογές ή σε χωματερές (ΕΑΡΑ, 2022b).



ΕΙΚΟΝΑ 22: ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ

Πηγή: (ΕΑΡΑ, 2022a)

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι, αν και η ισχυρή πολιτική της ΕΕ για την κυκλική οικονομία μπορεί να διευκολύνει τη χρήση ανακτημένης ασφάλτου για την κατασκευή και τη συντήρηση νέων δρόμων, μπορεί ωστόσο να τονώσει μια σειρά πρωτοβουλιών που στοχεύουν στην εισαγωγή ενός μεγάλου φάσματος διαφορετικών υποπροϊόντων και απορριμμάτων άλλων τομέων στην ασφαλτο. Υπό αυτή την έννοια, η ΕΑΡΑ προειδοποιεί τα τελευταία χρόνια για τις αρνητικές συνέπειες που μπορεί να παράγουν ορισμένα από αυτά τα προϊόντα στην ασφαλτο, ιδίως όσον αφορά την ποιότητα/αντοχή, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων/χειριστών. Στο πλαίσιο αυτό, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωσή των ασφαλτικών υλικών στο τέλος της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος τίθεται σε κίνδυνο, συνεπώς

θα μπορούσε να έρχεται σε αντίθεση με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, καθώς θα καθιστούσε απαραίτητη την απόρριψη σε χώρο υγειονομικής ταφής, ενός υλικού που σε άλλες περιπτώσεις θα επαναχρησιμοποιούνταν 100% ή/και θα ανακυκλώνονταν πολλές φορές (ΕΑΡΑ, 2022a).

Σύμφωνα με τη θέση της ΕΑΡΑ, εφόσον είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμη, πρέπει να πραγματοποιηθεί σωστή συντήρηση του δρόμου για να μεγιστοποιηθεί η διάρκεια ζωής των οδικών δικτύων, να αποτραπεί η δημιουργία αποβλήτων και να ελαχιστοποιηθεί η εξάντληση νέων πόρων. Μετά από αυτό, η επαναχρησιμοποίηση της υπάρχουσας ασφάλτου θα είναι πάντα η πρώτη επιλογή και η ανακύκλωσή της η δεύτερη. Επομένως, δεν θα πρέπει να υπάρχει πρόθεση (ή απαίτηση) να απορριφθούν τα ασφαλτικά υλικά και η «άσφαλτος» δεν πρέπει να θεωρηθεί ως «απόβλητο». Η βιομηχανία της ασφάλτου αντίστοιχα, πρέπει να αποφεύγει τη χρήση προϊόντων, υποπροϊόντων και απορριμμάτων από άλλους τομείς, τα οποία μπορεί να θέτουν σε κίνδυνο τις θεμελιώδεις ιδιότητες της ασφάλτου, όπως η κυκλικότητα της (ΕΑΡΑ, 2022a).

Η ΕΑΡΑ, έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση της κυκλικότητας του οδικού τομέα, συνιστά τις παρακάτω ενέργειες:

- Τόνωση της ζήτησης όσον αφορά τη χρήση βιώσιμων λύσεων στην κατασκευή και συντήρηση δρόμων, μέσα από αποτελεσματικές στρατηγικές συντήρησης και χρήσης της ανακτημένης ασφάλτου που προέρχεται από υπάρχοντα οδοστρώματα.

- Κατάρτιση ρυθμιστικών σχεδίων, στα οποία η άσφαλτος δεν θα θεωρείται σε καμία περίπτωση ως απόβλητο με τη θέσπιση εύλογων κριτηρίων για το τέλος των αποβλήτων της ανακτημένης ασφάλτου.

- Παραγωγή ισχυρών προδιαγραφών με σκοπό τη μεγιστοποίηση της κυκλικότητας στον τομέα της οδοποιίας.

- Να αποτραπεί η εισαγωγή αποβλήτων υλικών και υποπροϊόντων από άλλες βιομηχανίες, τα οποία θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της ασφάλτου.

- Επαρκή διαχείριση των ασφαλτικών υλικών που ανακτώνται, και κυρίως των επικίνδυνων υλικών όπως η λιθανθρακόπισσα και ο αμιάντος που εντοπίζονται σε παλιά οδοστρώματα. Στο πλαίσιο αυτό οι αρμόδιοι έχουν την υποχρέωση να φροντίζουν για τον εντοπισμό των ουσιών αυτών ή άλλων δευτερευόντων υλικών, και να αποτρέπεται η επαναχρησιμοποίησή τους (ΕΑΡΑ, 2022a).

5.5. Τεχνικές ανάκτησης οδοστρώματος

Τα παλαιωμένα οδοστρώματα μπορούν να κατεδαφιστούν με σύνθλιψη ή φρεζάρισμα και για τα ασφαλτομίγματα υψηλής ποιότητας απαιτούνται ομοιογενή ανακτημένα υλικά, ενώ η διαβάθμιση και η περιεκτικότητα του συνδετικού υλικού, καθώς και οι ιδιότητες των αδρανών και συνδετικών υλικών, να πληρούν τις απαιτήσεις που διέπουν τα παρθένα υλικά. Η αφαίρεση των ταλαιπωρημένων ή αδύναμων στρωμάτων βοηθά στην επίτευξη μιας μακροπρόθεσμης απόδοσης της επικάλυψης και οι διαδικασίες άλεσης θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά έτσι ώστε το αλεσμένο υλικό να μην είναι μολυσμένο με χώμα, υλικό βάσης, γεωυφάσματα επιστρώσεως ή άλλα υπολείμματα. Τα αλεσμένα υλικά που μολύνονται θα πρέπει να αποθηκεύονται χωριστά από τα ασφαλτικά υλικά που ανακτώνται και πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο ασφαλτικό μείγμα (Mino et al., 2015).

Το ασφαλτικό οδοστρώμα μπορεί να αλεστεί σε μερικό ή πλήρες βάθος και όταν τα διάφορα στρώματα έχουν διαφορετική ποιότητα αδρανών πρέπει να επιλέγεται η αφαίρεση με μερικό βάθος άλεσης έτσι ώστε να επιτραπεί η χρήση της ανακτημένης ασφάλτου αργότερα σε στρώματα υψηλότερης αξίας. Ως εκ τούτου το μηχάνημα άλεσης, το βάθος και η ταχύτητα θα επηρεάσουν την

ποιότητα της ανακτημένης ασφάλτου ενώ η σύνθλιψη θα πρέπει να αποφεύγεται προκειμένου να μειωθεί η παραγωγή υπερβολικού περιεχομένου λεπτόκοκκων αδρανών που συνήθως υπάρχουν ήδη από τη διαδικασία της άλεσης (Mino et al., 2015).

1. ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ

Πριν από το φρεζάρισμα του υπάρχοντος οδοστρώματος, ο ιδιοκτήτης του δρόμου πρέπει να πραγματοποιήσει ή να αναθέσει **προκαταρκτικούς ελέγχους** για να αναγνωρίσει το υλικό που πρόκειται να αλεσθεί (πάχος στρώσεων, χαρακτηριστικά υλικού κ.λπ.) καθώς και για να προστατεύσει τις υπόγειες εγκαταστάσεις (π.χ. σωλήνες νερού, φρεάτια κ.λπ.). Στη συνέχεια, η άλεση της υπάρχουσας ασφάλτου γίνεται συμβατικά με μηχανές φρεζαρίσματος, οι οποίες συνθλίβουν το υλικό σε λεπτότερα υλικά. Σε αυτή τη διαδικασία είναι πολύ σημαντικό, εφόσον είναι εφικτό, **να αλέθονται ανεξάρτητα τα υπάρχοντα στρώματα** (δηλαδή τα επιφανειακά στρώματα χωριστά από τα βασικά στρώματα), προκειμένου να ταξινομηθεί το υλικό που προκύπτει για συγκεκριμένους σκοπούς. Για παράδειγμα, αυτή η προσέγγιση επιτρέπει μια πιο βιώσιμη χρήση των υλικών υψηλότερης αξίας στις νέες επιφανειακές πορείες (ΕΑΡΑ, 2022).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μηχάνημα φρεζαρίσματος θα πρέπει να μπορεί να φρεζάρει το υπάρχον οδόστρωμα στο απαιτούμενο βάθος και πλάτος και να παράγει ομοιογενές υλικό με την απαιτούμενη κοκκομετρική σύνθεση σε μία μόνο διέλευση, με σταθερή ή αυτόματα ρυθμιζόμενη ταχύτητα. Αντίστοιχα πρέπει να διαθέτει σύστημα ελέγχου με το οποίο θα εξασφαλίζεται ότι το φρεζάρισμα πραγματοποιείται στο προκαθορισμένο βάθος. Ακόμη, η ταχύτητα κίνησης του περιστρεφόμενου οδοντωτού τυμπάνου πρέπει να είναι σταθερή για κάθε τμήμα του έργου, έτσι ώστε το βάθος φρεζαρίσματος να είναι το ίδιο (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2009).

Το φρεζάρισμα ως τεχνική ανάκτησης έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Το βάθος του φρεζαρίσματος είναι ευέλικτο και εξαρτάται από τον εξοπλισμό άλεσης του οδοστρώματος.
- Η άλεση έχει ως αποτέλεσμα το μέγεθος των κόκκων του ανακυκλωμένου υλικού οδοστρώματος να επιτρέπει κατά κύριο λόγο την εφαρμογή του σε νέα ασφαλτικά μείγματα χωρίς περαιτέρω επεξεργασία (θρυμματισμό ή/και κοσκίνισμα), στοιχείο που αποτελεί προϋπόθεση των τεχνικών επιτόπιας ανακύκλωσης.
- Το φρεζάρισμα ανά στρώμα (layer by layer) επιτρέπει την ανάκτηση υλικών μίας πηγής με υψηλή ομοιογένεια, επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίηση σε ασφαλτικά μείγματα με υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης.
- Το ξεχωριστό φρεζάρισμα επιτρέπει την αφαίρεση του υλικού των οδοστρωμάτων προκειμένου να ανακυκλωθεί, το οποίο είναι στρωμένο πάνω σε επίπεδο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες (π.χ. πίσσα) και αποφεύγεται με αυτό τον τρόπο η μόλυνση καθαρού υλικού.
- Η προγενέστερη αφαίρεση των παχύρρευστων υλικών σήμανσης του δρόμου με φρεζάρισμα λεπτής στρώσης πρόκειται να βελτιώσει την ποιότητα της ανακτημένης ασφάλτου.
- Αφαιρεί τα ταλαιπωρημένα στρώματα που απαρτίζουν το οδόστρωμα.
- Εξομαλύνει και αποκαθιστά την όψη του οδοστρώματος
- Αφήνει μια τραχιά υφή στην υπόλοιπη επιφάνεια που δημιουργεί πολύ καλή συνένωση με την ακολουθούμενη επικάλυψη

- Είναι μια αποτελεσματική διαδικασία απομάκρυνσης του ασφαλτικού υλικού που μπορεί να εκτελεστεί σύντομα σε μια λωρίδα κυκλοφορίας όπου θα κλείσει με τις εργασίες επιστρώσεως (Mino et al., 2015).

2. ΣΥΝΘΛΙΨΗ

Η ανακτημένη άσφαλτος μπορεί επίσης να ληφθεί από την πλήρη κατεδάφιση ενός υπάρχοντος οδοστρώματος χρησιμοποιώντας μπουλντόζα ή εκσκαφέα. Αυτή η διαδικασία συνήθως περιορίζεται σε μικρές περιοχές, είναι αργή και έχει ως αποτέλεσμα την απόκτηση μεγάλων κομματιών οδοστρώματος, που μπορεί να είναι πιο δύσκολο να μετατραπούν σε χρησιμοποιήσιμο ανακυκλωμένο υλικό. **Όταν τα υλικά που ανακτώνται είναι μολυσμένα με υποκείμενα στρώματα και χώμα, είναι προτιμότερο να συνθλιβονται και να χρησιμοποιούνται ως υλικό βάσης παρά σε ασφαλτικό μείγμα.** Η σύνθλιψη των τεμαχίων μπορεί να είναι εφικτή για μικρότερα εργοτάξια καθώς και για χώρους όπου η κατασκευή του δρόμου κατεδαφίζεται σε πλήρες βάθος (Mino et al., 2015).

5.6. Ανακύκλωση ασφαλτοσκυροδέματος

Κάθε χρόνο εκατομμύρια χιλιόμετρα δρόμων αποσυναρμολογούνται και επισκευάζονται ή ανακατασκευάζονται ξανά, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων ασφαλτικού υλικού. Η εξάντληση των χώρων υγειονομικής ταφής, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε φυσικά αδρανή και άσφαλτο, καθώς και η κλιμάκωση του κόστους κατασκευής, η ανακύκλωση του ασφαλτοστρώματος αποτελεί δράση μεγάλης προτεραιότητας για τις υπηρεσίες αυτοκινητοδρόμων σε όλο τον κόσμο (Wang, 2016; Nawarathna and Hesp, 2022). Το ανακτημένο ασφαλτικό οδόστρωμα (RAP) που είναι δευτερεύουσα πρώτη ύλη, αποτελεί μια νέα τάση και μια πολύτιμη εναλλακτική λύση στην οδοποιία ειδικά υπό συνθήκες αυξανόμενης κυκλοφορίας και χρησιμοποιείται για την συντήρηση και την αποκατάσταση δρόμων (Sengoz and Oylumluoglu, 2013; Jain and Singh, 2021). Αυτό οφείλεται στην ανάγκη μείωσης των οικοδομικών αποβλήτων, της διατήρησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και της μείωσης του ενεργειακού κόστους. Η πρακτική αυτή συνάδει με τον παγκόσμιο στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης μέσω της συνετής εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων, που στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης παρθένων αδρανών και στην εξεύρεση βιώσιμων λύσεων για την αντιμετώπιση των υλικών RAP που παράγονται από έργα αποκατάστασης αυτοκινητοδρόμων (Mugume, 2022)

Με τα χρόνια η ανακύκλωση έχει γίνει μια από τις πιο επιθυμητές εναλλακτικές λύσεις αποκατάστασης οδοστρώματος και αναμένεται να συνεχίσει να είναι η πιο ελκυστική τεχνική αποκατάστασης για τη βελτίωση της βιωσιμότητας των δρόμων και της κατασκευής τους. Ωστόσο, η επιλογή της τεχνικής αποκατάστασης θα πρέπει να βασίζεται στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην οικονομική και μηχανική εκτίμηση, και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Oner and Sengoz, 2015; Yang et al., 2015). Η χρήση του RAP είναι αποδεκτή παγκοσμίως λόγω του ότι είναι οικονομικά αποδοτική, φιλική προς το περιβάλλον και με δυνατότητα βελτίωσης των μηχανικών ιδιοτήτων του οδοστρώματος (Magar et al., 2022).

Το ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα (RAP) είναι ένα μείγμα που αποτελείται από παλαιά αλεσμένα κομμάτια οδοστρώματος, και περιλαμβάνει παλαιωμένο συνδετικό υλικό ασφάλτου και αδρανή που παράγονται με ανακύκλωση ασφάλτου θερμού μίγματος (HMA), γνωστό ως το πιο κοινό ανακυκλωμένο υλικό που χρησιμοποιείται σε εύκαμπτα οδοστρώματα. Το RAP ως λιγότερο

δαπανηρό συνδετικό υλικό, μπορεί να αντικαταστήσει το παρθένο συνδετικό υλικό με σκοπό την προετοιμασία φιλικών προς το περιβάλλον οδοστρωμάτων. Επιπλέον, η χρήση παλαιωμένης ασφάλτου σε νέα μείγματα οδηγεί στη μείωση της περιεκτικότητας της απαιτούμενης νέας πίσσας (Sengoz and Oylumluoglu, 2013; Jahanbakhsh et al., 2020).

Τα ασφαλτοστρώματα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους βρίσκονται σε φάση αποκατάστασης μέσω φρεζαρίσματος υφιστάμενων επιφανειών οδοστρώματος και αντικατάστασής τους με νέες επιφάνειες. (Mugume, 2022). Τα μέσα με τα οποία μπορεί να ληφθεί είναι με φρεζάρισμα οδοστρώματος με περιστροφική μηχανή φρεζαρίσματος, με τύμπανο ψυχρής φρέζας ή με λειτουργία σχισμής/θραύσης (Sengoz and Oylumluoglu, 2013). Όταν συνθλίβεται και κοσκινίζεται επαρκώς, το RAP είναι ένα υψηλής ποιότητας και καλά διαβαθμισμένο αδρανή υλικό που επικαλύπτεται με συνδετικό υλικό ασφάλτου (Kuchiishi, Vasconcelos and Bariani Bernucci, 2021).

Τα υλικά RAP έχουν ενσωματωθεί όλο και περισσότερο σε τεχνολογίες ζεστού και ψυχρού μείγματος ως μέρος των οικονομικών τεχνικών για την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στην οδοποιία (Mugume, 2022). Επί του παρόντος, μια σειρά από φορείς αυτοκινητοδρόμων επιτρέπουν τη χρήση ανακυκλωμένων ασφαλτικών οδοστρωμάτων (RAP) σε νέα ασφαλτικά μείγματα (Wang, 2016).

Στην πραγματικότητα, η ποσότητα της παραγωγής RAP είναι πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές οδοστρώματος. Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης Ασφαλτοστρωμένων Πεζοδρομίων (European Asphalt Pavement Association), παρά την άφθονη διαθεσιμότητα RAP σε όλο τον κόσμο, μόνο το 47% του υπάρχοντος RAP έχει χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές οδοστρώματος σε 19 αναπτυγμένες χώρες (Jahanbakhsh et al., 2020).

Η επιφανειακή πορεία είναι το ανώτατο στρώμα που έχει άμεση επαφή με τους τροχούς του οχήματος. Αυτό το στρώμα είναι επίσης υπεύθυνο για τον έλεγχο του θορύβου, την αντίσταση στην ολίσθηση για λόγους ασφαλείας και την αποστράγγιση του στάσιμου νερού για την πρόληψη της πρόωρης αστοχίας. Όταν το RAP πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην επιφανειακή πορεία, η υφή του οδοστρώματος είναι ζωτικής σημασίας καθώς διέπει την αντίσταση τριβής και τη συνολική ασφάλεια του αυτοκινήτου/οδηγού (Magar et al., 2022).

Το ανακτημένο ασφαλτοστρωμένο πεζοδρόμιο (RAP) παρέχει υψηλής ποιότητας αδρανή και συνδετικά και μπορεί να ανακυκλωθεί έως και 100% σε νέους δρόμους. Στο πλαίσιο αυτό υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση κόστους που σχετίζεται με τα υλικά, ακόμη και αν χρησιμοποιούνται αναζωογονητικοί παράγοντες για την αποκατάσταση των ιδιοτήτων του παλιού συνδετικού υλικού ασφάλτου (Roulikakos et al., 2017). Η συμπερίληψη υλικών RAP έχει βρεθεί ότι έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένη αντοχή στη ζημιά από την υγρασία τόσο για ζεστές όσο και για ζεστές ασφάλτους μιγμάτων (Mugume, 2022).

Ένα από τα κύρια προβλήματα με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών στα πεζοδρόμια είναι εάν θα επιτευχθεί ισοδύναμη λειτουργική και δομική απόδοση με οδοστρώματα που περιέχουν σημαντικά ποσοστά ανακυκλωμένων υλικών (Yang et al., 2015).

Εκτός από την ετερογένεια του RAP, η διαβάθμισή του είναι δύσκολο να ελεγχθεί, καθώς η ταχύτητα της μηχανής φρεζαρίσματος και το βάθος άλεσης του οδοστρώματος επηρεάζουν τη διαβάθμιση του. Ορισμένες μελέτες έχουν αναφέρει ότι το RAP που προέκυψε από τη διαδικασία άλεσης προκάλεσε μια πιο χονδροειδή διαβάθμιση. Επομένως, λόγω της χαμηλής ποσότητας λεπτών σωματιδίων, απαιτείται συνήθως η προσθήκη ενός ποσοστού λεπτών παρθένων αδρανών. Αυτό είναι απαραίτητο, καθώς το συνδετικό υλικό ασφάλτου διασκορπίζεται κατά προτίμηση μέσω των λεπτών αδρανών (Kuchiishi, Vasconcelos and Bariani Bernucci, 2021).

Ως εκ τούτου είναι δύσκολο να παρακολουθηθεί και να ρυθμιστεί η χρήση των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών, καθώς δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για το πως επηρεάζει την απόδοση της καθαρής ασφάλτου, ενώ υπάρχει έλλειψη αποτελεσματικών πρωτόκολλων που θα καθοδηγούν τους κατασκευαστές σχετικά με την κατάλληλη ποσότητα ανακυκλωμένου ασφαλτικού υλικού που θα προστεθεί προκειμένου να διατηρηθεί το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης του νέου δρόμου (Nawarathna and Hesp, 2022).

Είναι κοινά αποδεκτό ότι οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των ανακυκλωμένων υλικών είναι διαφορετικές από αυτές των παρθένων υλικών. Τέτοιες αλλαγές ή διαφορές στις εγγενείς ιδιότητες των ανακυκλωμένων υλικών μπορεί επίσης να έχουν ως αποτέλεσμα διαφορές στην απόδοση ακόμη και αν το μείγμα έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σωστά. Τα χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών περιλαμβάνουν την πηγή, το ειδικό βάρος, τη σκληρότητα και την απορρόφηση, ενώ το επίπεδο γήρανσης, το ιξώδες και η ακαμψία αποτελούν αντίστοιχα, τα κύρια χαρακτηριστικά του συνδετικού υλικού. Μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών, οι ιδιότητες του συνδετικού των ανακυκλωμένων υλικών έχουν μεγάλη επίδραση στη συνολική αντοχή και τη συμπεριφορά θραύσης των μιγμάτων (Yang et al., 2015).

Σύμφωνα με έρευνα των συγγραφέων έχει αποδειχθεί ότι το σκυρόδεμα ασφάλτου που περιέχει πολύ υψηλές ποσότητες RAP (60% για παράδειγμα) μπορεί να έχει μηχανική απόδοση παρόμοια με το μείγμα όλων των παρθένων συστατικών (Roulikakos et al., 2017).

Η απόδοση των μειγμάτων που περιέχουν ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα κρίνεται ανεπιθύμητη όταν εφαρμόζεται σχετικά λεπτή επικάλυψη και ελάχιστη επεξεργασία πριν από την επικάλυψη, που οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει υψηλή επίδραση των ρωγμών του υπάρχοντος οδοστρώματος στην επικάλυψη. Από την άλλη, η σχετικά παχιά επικάλυψη και η εντατική επεξεργασία πριν από την επικάλυψη, συμβάλουν στη βέλτιστη απόδοση των μειγμάτων που περιέχουν ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδόστρωμα, με αποτέλεσμα να έχουν καλύτερη απόδοση συγκριτικά με τα παρθένα μείγματα, όσον αφορά την αυλάκωση και την τραχύτητα, χωρίς να προκαλούν επιπλέον ενοχλήσεις που σχετίζονται με το ράγισμα (Wang, 2016).

Το RAP μπορεί να συλληχθεί και να ληφθεί από διαφορετικές πηγές, είτε με άλεση, αποκατάσταση πλήρους βάρους, παραγωγή σε εργαστήριο μέσω της διαδικασίας ταχείας γήρανσης ή υπολειμματικά απόβλητα από τη μονάδα HMA. Το αποθηκευμένο RAP θα πρέπει επίσης να αντιμετωπίζεται παρόμοια με τα καθαρά αδρανή, όπου ο χώρος αποθήκευσης πρέπει να είναι καθαρός και απαλλαγμένος από υγρασία και οργανικές ακαθαρσίες. Εάν δεν ληφθούν τέτοια μέτρα, αυτό θα αυξήσει τη δυσκολία στην ξήρανση και τη θέρμανση του υλικού RAP. Αυτό θα επηρεάσει την παραγωγή HMA που αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου οδηγώντας στην εκπομπή τοξικών αερίων (Magar et al., 2022).

Ομοίως, συνιστάται η επεξεργασία και η διαβάθμιση σε δύο κλάσματα (χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο) ή τρία (υπερμεγέθη, χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) κλάσματα για την επίτευξη ομοιόμορφης διαβάθμισης και την τροποποίηση της συνοχής του αποθηκευμένου RAP ανέφεραν ότι η ανώτερη κλασμάτωση του RAP επέτρεψε τη χρήση μεγαλύτερου ποσοστού RAP σε επιφανειακά, ενδιάμεσα και βασικά στρώματα, αντίστοιχα. Όταν το RAP αναμιγνύεται με καθαρά υλικά, το τελικό μείγμα γίνεται πολύ άκαμπο, το οποίο γίνεται ευαίσθητο σε ρωγμές σε χαμηλή θερμοκρασία. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τέτοιες συνθήκες, γενικά προστίθεται ένα μαλακό καθαρό συνδετικό ή ένα αναζωογονητικό υλικό. Το αναζωογονητικό υλικό αναζωογονεί χημικά το συνδετικό για να αποτρέψει την οξειδωση, κάνει το πιο άκαμπο μείγμα πιο απαλό και αποκαθιστά τις αρχικές

του ιδιότητες. Επομένως, ένας τέτοιος χημικός παράγοντας θα επιτρέψει τη χρήση υψηλότερου ποσοστού RAP. Διαπιστώθηκε ότι το αναζωογονημένο μείγμα αύξησε την αντοχή στην κόπωση του ανακυκλωμένου μείγματος. Υπάρχει επίσης ανάγκη για μια σωστή επιλογή μαλακότερων συνδετικών και αναζωογονητών για την πρόληψη της πλαστικής παραμόρφωσης του μείγματος. Υπάρχει επίσης μια μεγάλη ανησυχία σχετικά με το εάν το παλαιωμένο συνδετικό ασφάλτου συνδυάζεται πραγματικά με το τακτοποιημένο συνδετικό υλικό (Magar et al., 2022).

Οι πρακτικές διαχείρισης επωφελούνται επιπλέον για τη διαπίστωση της καλύτερης ποιότητας του RAP και της απόδοσής του. Αυτό περιλαμβάνει από την έναρξη της διαδικασίας φρεζαρίσματος, αποθήκευση, ταξινόμηση, απαίτηση συνδετικού υλικού μέχρι την τελική στρώση στο οδόστρωμα. Οι οδηγίες σχεδιασμού μίγματος ποικίλλουν ανάλογα με την τοποθεσία και εξαρτώνται από παραμέτρους όπως η πηγή RAP, το περιεχόμενο και ο τύπος συνδετικού υλικού, ο παράγοντας ανακύκλωσης, το μέγεθος αδρανών, η ανάμειξη, η συμπίεση και το κλίμα. Αν και υπάρχουν πολλές μεθοδολογίες για την προετοιμασία του μείγματος, γενικά, το κύριο κίνητρο είναι η εφαρμογή στο πεδίο για να αντέχει το αναμενόμενο κυκλοφοριακό φορτίο και να αποδίδει ικανοποιητικά σε όλη τη διάρκεια ζωής του. Όταν το περιεχόμενο RAP χρησιμοποιείται σε ένα ενδιάμεσο έως υψηλότερο ποσοστό, πρέπει να πραγματοποιηθεί τροποποίηση στο σχεδιασμό του μείγματος με έλεγχο ποιότητας (Magar et al., 2022).

Παρατηρείται ότι η χαμηλή περιεκτικότητα σε RAP δεν έχει επιζήμια επίδραση στην επιφανειακή πορεία, ενώ η περιεκτικότητα σε RAP 30% προκαλεί ρωγμές σε χαμηλή θερμοκρασία και ευαισθησία στην υγρασία. Στην Ευρώπη, το 25–50% του περιεχομένου RAP μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιφανειακή πορεία και θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε μικρό ποσοστό σε επιφανειακά μείγματα για να αποφευχθεί η επίδραση στις ιδιότητες τριβής. Ομοίως, προτάθηκε ότι το 20% του περιεχομένου RAP δεν επηρεάζει τις ιδιότητες της τριβής. Σύμφωνα με το πρότυπο ιταλικής οδού, επιτρέπεται το 20% της ανακτημένης ασφάλτου με μέσο πάχος 60 mm. Ομοίως, η σωστή ομοιογένεια στο μείγμα σχεδιασμού με δύο ξεχωριστά τύμπανα για προθέρμανση 50% RAP με αναζωογονητικό έδειξε βελτίωση στη μόνιμη παραμόρφωση, ευαισθησία στο νερό και αντοχή στην κόπωση σε σύγκριση με το καθαρό μείγμα (Magar et al., 2022).

Έχει υποδειχθεί ότι, σε περίπτωση χαμηλής περιεκτικότητας σε RAP, η προσθήκη ανακυκλωμένης ασφάλτου οδηγεί σε αύξηση της αντίστασης σε ρωγμές λόγω καταπόνησης, και σε αυλάκωση, ενίσχυση της ενδεχόμενης βλάβης από την υγρασία των μιγμάτων, αύξηση του λόγου έντασης τεντώματος και μείωσης της μεταβλητότητας των ιδιοτήτων του συνδετικού υλικού και της περιεκτικότητας του κατά παρόμοιο μέγεθος στην ανάμειξη και την άλεση (Jahanbakhsh et al., 2020).

Όσον αφορά την απόδοση των υλικών από ασφαλτοσκυρόδεμα που ενσωματώνουν υψηλή περιεκτικότητα σε RAP, έχει αποδειχθεί ότι αυτά τα μείγματα είχαν υψηλότερη αντοχή σε αυλακώσεις και ανθεκτικότητα. Αντίστοιχα, η προσθήκη υψηλής ποσότητας RAP επηρεάζει τις ογκομετρικές ιδιότητες του παρασκευασμένου ασφαλτικού σκυροδέματος που μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιδράσεις στα μηχανικά χαρακτηριστικά του ασφαλτικού μείγματος (Jahanbakhsh et al., 2020). Πολλές οδικές αρχές αντίστοιχα, περιορίζουν την ποσότητα των υλικών RAP που μπορούν να ενσωματωθούν σε ασφαλτούχα μείγματα, καθώς τα μείγματα μπορεί να είναι ευαίσθητα σε κόπωση και ρωγμές σε χαμηλή θερμοκρασία (Mugume, 2022).

Ένα από τα μειονεκτήματα της χρήσης ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών είναι η υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία συγκριτικά με τα αποθέματα παρθένων αδρανών υλικών και μπορεί να περιορίσει τη μέγιστη δυνατή χρήση ανακτημένης ασφάλτου. Αυτό συμβαίνει διότι η υγρασία θα προκαλέσει υψηλότερο κόστος για τη θέρμανση και ξήρανση του υλικού, θα μειώσει το ρυθμό παραγωγής, ενώ ενδέχεται να περιοριστεί και η ποσότητα της ανακτημένης ασφάλτου στο μείγμα. Ακόμη, οι εκπομπές πρόκειται να αυξηθούν κατά 10% για κάθε αύξηση του επιπέδου υγρασίας κατά 1% (Mino et al., 2015).

Ακόμη, η αποθήκευση της ανακτημένης ασφάλτου σε χωριστά αποθέματα σύμφωνα με τις ιδιότητες της παρότι συνίσταται έτσι ώστε να βελτιωθεί η ομοιογένεια και να επιτραπούν υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης στα τελικά μείγματα, απαιτεί μεγάλο χώρο αποθήκευση κοντά στην εγκατάσταση όπου πρόκειται να αναμειχθεί (Mino et al., 2015).

Μια έρευνα σχετικά με τα εμπόδια που εμποδίζουν της χρήσης ανακυκλωμένων υλικών στον κατασκευαστικό κλάδο αποκάλυψε ότι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι εταιρείες δεν χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα υλικά είναι το κόστος που προκύπτει από την έλλειψη εκπαίδευσης, ενώ λιγότερο συχνά αναφέρονται λόγοι που αναφέρονται στην ποιότητα του προϊόντος (Roulikakos et al., 2017).

5.7. Τεχνικές επαναχρησιμοποίησης ασφαλτικού οδοστρώματος

Στα πλαίσια της **επαναχρησιμοποίησης** η ανακυκλωμένη άσφαλτος ενσωματώνεται εκ νέου στο οδόστρωμα, με τα αδρανή και το παλαιωμένο ασφαλτικό συνδετικό υλικό να **εκτελούν την ίδια λειτουργία όπως στην αρχική τους εφαρμογή** (ΕΑΡΑ, 2022).

Ενώ η επαναχρησιμοποίηση της ανακτημένης ασφάλτου με τυπικά ασφαλτικά συνδετικά υλικά έως και 30% επιτυγχάνεται συχνά με επιτυχία, προκύπτουν νέες προκλήσεις. Τα τελευταία χρόνια, περισσότερα τροποποιημένα πολυμερή και σκληρότερης ποιότητας συνδετικά υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ασφάλτου και ως εκ τούτου η ανακτημένη άσφαλτος που βασίζεται σε αυτά μπορεί να μην επαναχρησιμοποιηθεί επαρκώς με τον ίδιο τρόπο. Ταυτόχρονα, περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες απαιτούν τη μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης της ανακυκλωμένης ασφάλτου αυξάνοντας το ποσοστό της σε νέα μείγματα (ΕΑΡΑ, 2022).

Η προσθήκη ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών δεν θα πρέπει να επηρεάζει την απόδοση του παρθένου ασφαλτικού υλικού, και για το λόγο αυτό συνίσταται η ανάμειξη χαμηλότερων ποσοστών ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών (<20%) με το παρθένο υλικό, καθώς η χρήση υψηλότερων ποσοστών στο μείγμα ενδέχεται να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στο νέο οδόστρωμα. Από την άλλη, η χρήση υψηλών ποσοστών δύναται να επηρεάσει θετικά στην εξοικονόμηση κόστους και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Nawarathna and Hesp, 2022).

5.7.1. Είδος τεχνικής επεξεργασίας

Οι **τεχνικές αξιοποίησης** που εντοπίζονται και είναι δυνατό να εφαρμοστούν είναι δύο:

- Η «**επί τόπου**» (in situ) ανακύκλωση με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων,
- Η επεξεργασία των υλικών σε ειδικά κέντρα «**εκτός του έργου**» (ex situ) που περιλαμβάνουν εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος (Πολύζος, 2022).

Αν και η εφαρμογή του RAP στη βιομηχανία οδοστρωμάτων είναι πολύ καλά εδραιωμένη, η έρευνα για τη μεγιστοποίηση της χρήσης ανακυκλωμένων υλικών στην κατασκευή, αποκατάσταση και

συντήρηση οδοστρωμάτων εξακολουθεί να παραμένει ένας τομέας τρέχοντος ενδιαφέροντος λόγω της περιβαλλοντικής διαχείρισης και της αυξανόμενης σημασίας της αειφορίας στα έργα υποδομής μεταφορών. Για το σκοπό αυτό, οι τεχνικές ανακύκλωσης πεζοδρομίων, όπως οι πρακτικές ανακύκλωσης με ζεστό και κρύο, έχουν βελτιωθεί γρήγορα τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Tavassoti, Solaimanian and Chen, 2022).

Η επαναχρησιμοποίηση εντός του εργοστασίου (ή εκτός εργοταξίου) συνίσταται στην απομάκρυνση του υλικού από την τοποθεσία σε μια μονάδα που βρίσκεται αλλού, η οποία επεξεργάζεται την ανακτημένη άσφαλο προκειμένου να την επαναχρησιμοποιήσει είτε στο αρχικό έργο είτε σε άλλα έργα. Η επιτόπια επαναχρησιμοποίηση επιτρέπει στο ανακυκλωμένο υλικό να ενσωματωθεί απευθείας πίσω στο νέο ασφαλτικό οδόστρωμα υπό κατασκευή ή συντήρηση (ΕΑΡΑ, 2022a).

Η επιλογή της διαδικασίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

- Την εγγύτητα του κατάλληλου εργοστασίου ασφάλτου
- Την φύση, την ποσότητα, την ποιότητα και το περιεχόμενο της ανακυκλωμένης ασφάλτου στο νέο μείγμα.
- Την ποσότητα και τον τύπο των πιθανών ρύπων στο ανακτηθέν υλικό.
- Την προγραμματισμένη διάρκεια κατασκευής
- Τη διαθεσιμότητα χώρου για την προσωρινή αποθήκευση της ανακυκλωμένης ασφάλτου πριν από την επαναχρησιμοποίηση.
- Την απαίτηση μηχανικών επιδόσεων από το νέο πεζοδρόμιο (ΕΑΡΑ, 2022a).

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η επί τόπου τεχνική επεξεργασία περιλαμβάνει την αποκατάσταση παλαιών οδοστρωμάτων με την επεξεργασία των υπαρχόντων υλικών και την προσθήκη ενός συνδετικού υλικού. Τα πλεονεκτήματα της διαδικασίας αυτής είναι τα ακόλουθα:

- Το υπάρχον υλικό αποκαθίσταται, μειώνοντας έτσι την ζήτηση σε πρωτογενές υλικό
- Απαιτούνται λιγότερες μετακινήσεις υλικών
- Η διαδικασία είναι γρηγορότερη, ελαττώνοντας τυχόν ενοχλήσεις στην κυκλοφορία.
- Τα κόστη είναι συνήθως χαμηλότερα από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής (Πολύζος, 2022).

Ο μηχανικός εξοπλισμός για την εκτέλεση των έργων ανακύκλωσης επιτόπου θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω μηχανήματα:

1. Μηχανικός εξοπλισμός φρεζαρίσματος
2. Μηχανικός εξοπλισμός ανάμιξης
3. Μηχανικός εξοπλισμός διάστρωσης και ενδεχομένως προ συμπίκνωσης
4. Μηχανικός εξοπλισμός δοσολόγησης και διανομής του τσιμέντου
5. Μηχανικός εξοπλισμός δοσολόγησης και διανομής του νερού
6. Μηχανικός εξοπλισμός δημιουργίας αρμών στο νωπό υλικό
7. Μηχανικός εξοπλισμός συμπίκνωσης
8. Μηχανικός εξοπλισμός ισοπέδωσης της επιφάνειας (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2009)

ΕΚΤΟΣ ΤΟΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Αναφορικά με την τεχνική ανακύκλωσης εκτός τόπου, τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι τα εξής:

- Η εγκατάσταση ανακύκλωσης εύκολα μεταφέρεται και μπορεί να τοποθετηθεί σε έναν επιλεγμένο χώρο σε μικρό χρονικό διάστημα.
- Η εγκατάσταση είναι άκαπνη, άοσμη και δεν παράγει θόρυβο.
- Η επιλογή της τοποθεσίας της εγκατάστασης ανακύκλωσης μπορεί να είναι τέτοια έτσι ώστε να ελαττώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Στο χώρο ανακατασκευής οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν στο ελάχιστο.
- Τα υλικά επεξεργάζονται σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον με αποτέλεσμα την παραγωγή ελεγμένου ποιοτικού προϊόντος.
- Τα υλικά αποθηκεύονται όλα μαζί μέχρι την επαναχρησιμοποίησή τους (Πολύζος, 2022).

Στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου ανακύκλωσης η ανακτημένη άσφαλτος μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω έτσι ώστε να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά της και να επιτραπούν υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης. Για την προεπεξεργασία των υλικών πριν προστεθούν στο τελικό μείγμα συνιστώνται οι εργασίες σύνθλιψης, κοσκινίσματος και ομογενοποίησης. Οι στόχοι που απορρέουν από την επεξεργασία της ανακτημένης ασφάλτου αφορούν τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου αποθέματος υλικών από διαφορετική συλλογή υλικών ανακτημένης ασφάλτου και της παραγωγής μείγματος, το διαχωρισμό μεγάλων σωματιδίων ανακτημένης ασφάλτου σε μέγεθος που μπορεί να θερμανθεί αποτελεσματικά και να διασπαστεί κατά την ανάμιξη με παρθένα αδρανή, τη μείωση του μέγιστου μεγέθους των κόκκων αδρανών έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επιφανειακά μείγματα και την ελαχιστοποίηση της δημιουργίας σκόνης (Mino et al., 2015).

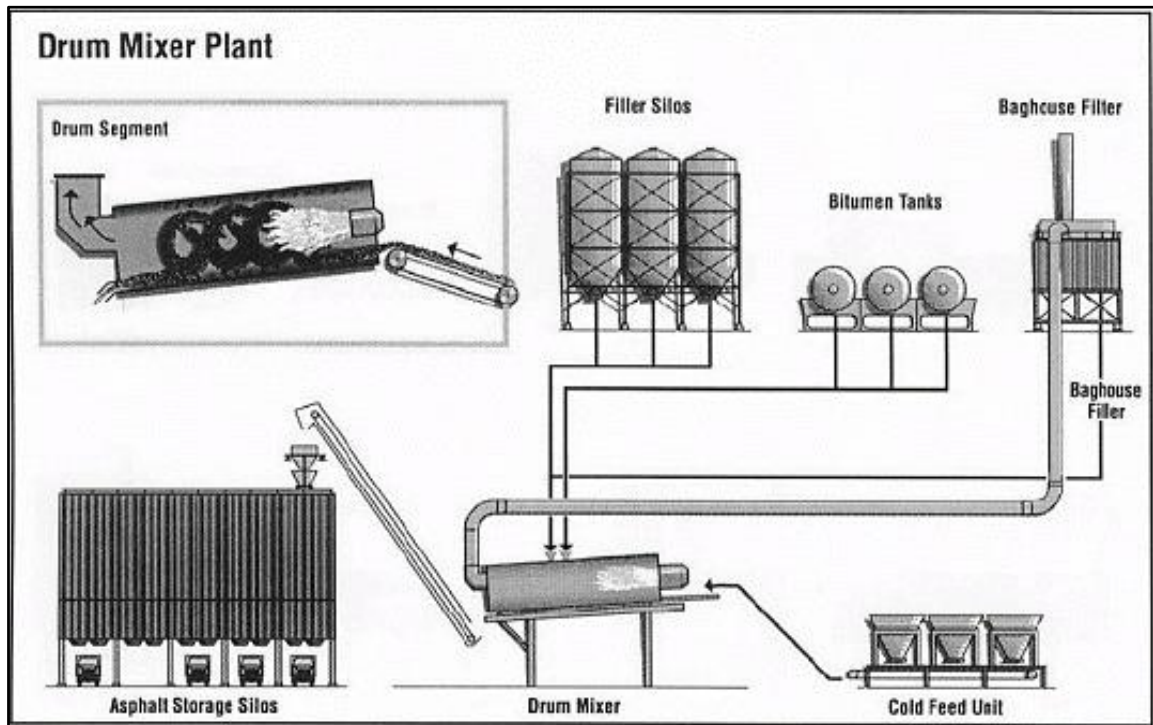
Σε μια συμβατική εγκατάσταση τυμπάνων, χρησιμοποιείται μια κεντρική είσοδος για την εισαγωγή της ανακτημένης ασφάλτου στα υπέρθερμα αδρανή. Τα καυτά παρθένα αδρανή πρέπει να στεγνώσουν, να θερμανθούν και να αναμιχθούν μηχανικά με την ανακτημένη άσφαλτο. Τα ανακτημένα ασφαλτικά προστατεύονται από τη φλόγα του καυστήρα με ένα πέπλο αδρανών σε ένα τύμπανο παράλληλης ροής ή εισάγονται πίσω από τη φλόγα σε τύμπανο αντίθετης ροής. Οι περισσότερες συμβατικές εγκαταστάσεις τυμπάνων μπορούν να εισάγουν έως και 50% ανακτημένης ασφάλτου (Mino et al., 2015).

Οι παράγοντες που είναι δυνατό να επηρεάσουν τη ποσότητα αδρανών που θα εισαχθούν είναι:

- Η περιεκτικότητα σε υγρασία και η θερμοκρασία περιβάλλοντος των υλικών
- Ο ρυθμός παραγωγής
- Η θερμοκρασία
- Η επιτρεπόμενη περιεκτικότητα όσον αφορά την υγρασία του τελικού μείγματος
- Η συσσώρευση λεπτών αδρανών και του συνδετικού υλικού στο τύμπανο

Αξίζει να αναφερθεί ότι το υλικό του ανακυκλωμένου ασφαλτικού οδοστρώματος δεν μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία σε κανονικές εγκαταστάσεις τυμπάνων, καθώς παράγεται μεγάλη ποσότητα “μπλε καπνού” όταν η ανακτημένη άσφαλτος έρχεται σε επαφή με τη φλόγα του καυστήρα. Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό είναι να τροποποιηθεί η μονάδα μίξης με τύμπανα. Στο πλαίσιο αυτό, η ανακτημένη άσφαλτος εισάγεται στο τύμπανο κάτωθι της φλόγας του καυστήρα προκειμένου να αναμιχθεί με θερμαινόμενα νέα αδρανή υλικά. Έτσι, η ανακτημένη άσφαλτος προστατεύεται από μια ποσότητα αδρανών υλικών η οποία περνά

πριν από το σημείο που εισάγεται η ανακτημένη άσφαλτος έτσι ώστε να μην έρχεται σε άμεση επαφή με τη φλόγα του καυστήρα που συνεπάγεται την παραγωγή μπλε καπνού (Mino et al., 2015).

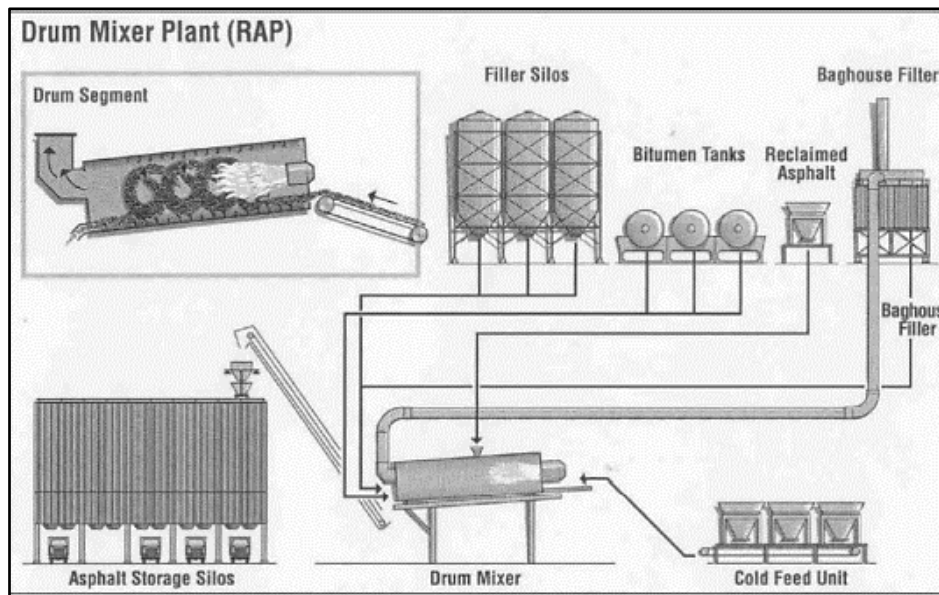


ΕΙΚΟΝΑ 23: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ

Πηγή: (Mino et al., 2015)

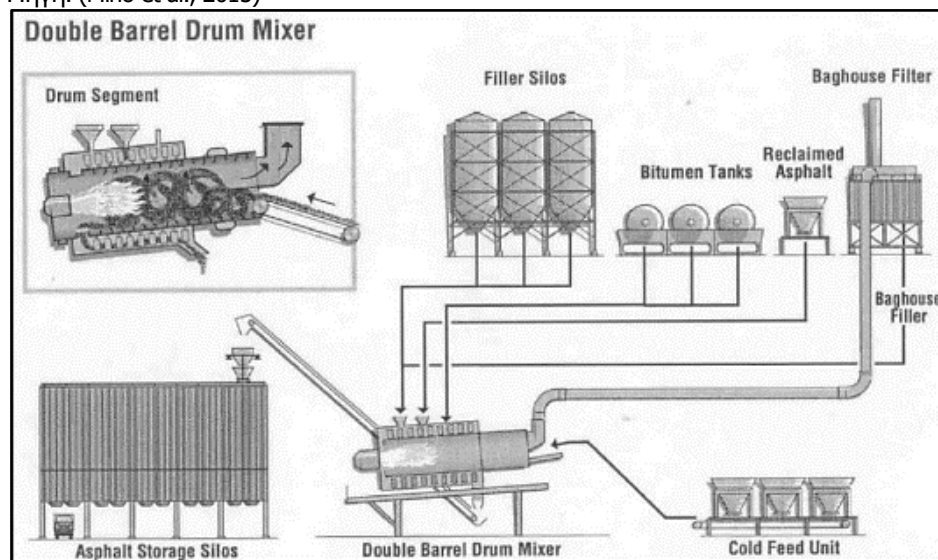
Ένας άλλος τύπος εγκατάστασης, είναι οι αναδευτήρες τυμπάνων παράλληλης ροής που χρησιμοποιήθηκαν αποτελεσματικά για ανακύκλωση τη δεκαετία του '70 και του '80. Σε έναν αναδευτήρα τυμπάνου παράλληλης ροής με απομονωμένη περιοχή ανάμιξης, η συσκευή ανάμιξης συγκολλάτε στο κέλυφος του στεγνωτηρίου έτσι ώστε να περιστρέφεται μαζί με το στεγνωτήριο. Οι ποσότητες αερίων αφαιρούνται από το στεγνωτήριο πριν το μείγμα αδρανών και ανακτημένης ασφάλτου εισαχθεί στην περιοχή ανάμιξης. Αντίστοιχα, σε ένα αναδευτήρα τυμπάνου παράλληλης ροής με σωλήνα ξήρανσης αντίθετης ροής, η ανακτημένη άσφαλτος εισάγεται σε ένα ψυχρότερο τμήμα του στεγνωτηρίου και προχωρά αντίθετα στο ρεύμα αερίων προκειμένου να αναμιχθεί με τα παρθένα αδρανή στην περιοχή όπου το μείγμα αδρανών ανακτημένης ασφάλτου εισέρχεται στην περιοχή ανάμιξης εντός του στεγνωτηρίου.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '80 έχουν αναπτυχθεί δύο νέα σχέδια τυμπάνων για πιο αποτελεσματική μεταφορά θερμότητας σε υλικά ανακτημένης ασφάλτου κατά την ανάμιξη. Πρόκειται για ένα σχέδιο διπλής κάννης και τριπλού τυμπάνου. Η μονάδα ανάμιξης τυμπάνου διπλής κάννης έχει περισσότερο χώρο ανάμιξης από ένα συμβατικό αναμεικτήρα τυμπάνων.



ΕΙΚΟΝΑ 24: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ ΓΙΑ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟ

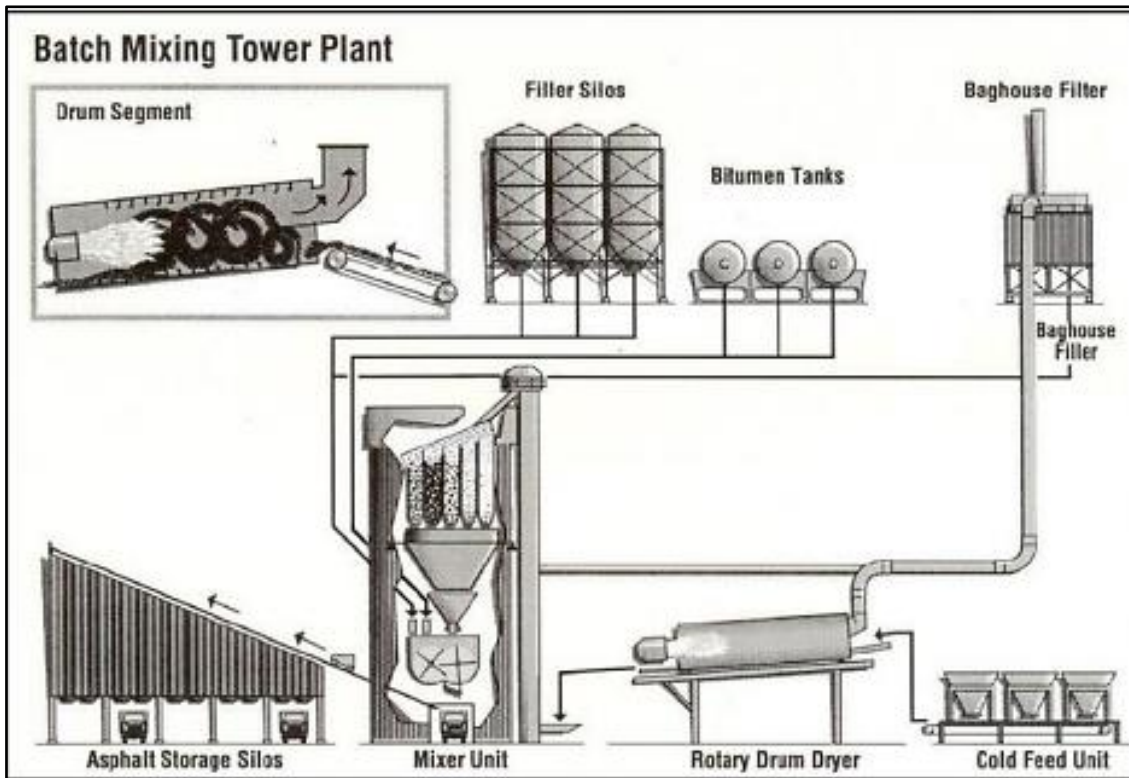
Πηγή: (Mino et al., 2015)



ΕΙΚΟΝΑ 25: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΑ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΝΝΗΣ

Πηγή: (Mino et al., 2015)

Τη δεδομένη στιγμή τα περισσότερα εργοστάσια ασφάλτου στην Ευρώπη είναι τύπου παρτίδας, όπου υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι εισαγωγής ανακτημένης ασφάλτου. Οι μονάδες παρτίδας ωστόσο, δεν επιτρέπουν υψηλή περιεκτικότητα σε ανακτημένη ασφάλτο συγκριτικά με τις εγκαταστάσεις τυμπάνων. Το τυπικό εύρος της ανακτημένης ασφάλτου είναι 10% - 20% και πολύ σπάνια η περιεκτικότητα υπερβαίνει το 40%, αν και έχει χρησιμοποιηθεί έως και 50% ανακτημένης ασφάλτου. Για να επιτευχθεί περιεκτικότητα σε ανακτημένη ασφάλτο πάνω από 40% είναι απαραίτητη η ξεχωριστή θέρμανση της με τη χρήση ενός διπλού στεγνωτηρίου ή ενός παράλληλου τυμπάνου. Μια κοινή παραλλαγή της μονάδας τύπου παρτίδας είναι η εγκατάσταση πύργου (Mino et al., 2015).



ΕΙΚΟΝΑ 26: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΚΑΤΑ ΠΑΡΤΙΔΕΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ

Πηγή: (Mino et al., 2015)



ΕΙΚΟΝΑ 27: ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ

Πηγή: (KESAR, 2022)

5.7.2. Θερμοκρασία ασφαλτομίγματος

Η χρήση της ανακτημένης ασφάλτου σε νέα ασφαλτικά μείγματα έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σε σύγκριση με παρόμοια ασφαλτικά μείγματα που κατασκευάζονται με παρθένες πρώτες ύλες. Ωστόσο, η βιομηχανία της ασφάλτου φροντίζει να διασφαλίσει ότι με αυτόν τον τρόπο δεν αλλοιώνουν αρνητικά όλα τα θεωρητικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Ορισμένες εκτιμήσεις περιλαμβάνουν:

- Την ελαχιστοποίηση του προβλήματος που σχετίζεται με τη χρήση υψηλότερης θερμοκρασίας ανάμειξης του νέου και του παλαιωμένου συνδετικού υλικού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από τη μείωση της υγρασίας που περιέχεται στο απόθεμα των ανακτημένων ασφαλτικών υλικών, τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών μονάδων ασφάλτου, τη χρήση παραγόντων «ανακύκλωσης» ασφάλτου ή/και τη χρήση τεχνολογιών ασφάλτου χαμηλής θερμοκρασίας.
- Όταν χρησιμοποιούνται παράγοντες ανακύκλωσης, λαμβάνονται υπόψη οι ενσωματωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Τον κατάλληλο χαρακτηρισμό του υλικού, τον σχεδιασμό και την εκτέλεση του μείγματος που θα εφαρμόζονται κατά τη χρήση της ανακτημένης ασφάλτου.
- Τον κατάλληλο σχεδιασμό της διεργασίας και του μείγματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ανθεκτικότητα των υλικών και κατά συνέπεια των μειγμάτων.
- Την επιλεκτική άλεση και την ταξινόμηση της ανακτημένης ασφάλτου, σύμφωνα με τη φύση του αδρανούς υλικού, καθώς και του τύπου και της ποσότητας της πίσσας.
- Μέριμνα έτσι ώστε να ελεγχθεί εάν τα ανακτημένα ασφαλτικά υλικά περιέχουν ρυπογόνα υλικά που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια, αλλά και τη μελλοντική ανακυκλωσιμότητα του νέου μείγματος. Στο πλαίσιο αυτό κρίνεται αναγκαίος ο χαρακτηρισμός του υλικού και η αξιολόγηση του κινδύνου.
- Την επιλογή του μείγματος που περιέχει ανακτημένη άσφαλτο, δηλαδή το ζεστό, το θερμό και το ψυχρό ασφαλτικό μείγμα, με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και των αποτελεσμάτων παραγωγής.
- Την ενίσχυση της βιωσιμότητας των μειγμάτων που επιτυγχάνεται με την ελαχιστοποίηση των αποστάσεων μεταφοράς.

Τα μείγματα επικάλυψης ασφάλτου (είτε αναμειγνύονται εν ψυχρώ είτε αναμειγνύονται εν θερμώ) πρέπει να είναι αποδεκτής ποιότητας, ώστε να μην διακυβεύεται η απόδοση. Επιπροσθέτως, διαθέτουν χαρακτηριστικά που δεν διαφέρουν από εκείνα του μείγματος που σχηματίζεται από το υπάρχον πεζοδρόμιο, καθώς το επισκευασμένο τμήμα θα υποστεί την ίδια ένταση κυκλοφορίας με οποιοδήποτε άλλο τμήμα του οδοστρώματος (Boateng et al., 2021).

Αν και τα ζεστά μείγματα έχουν καλύτερη απόδοση από τα κρύα μείγματα, το πρώτο χρησιμοποιείται σπάνια στη διόρθωση λακκούβων, καθώς οι ποσότητες που απαιτούνται για εργασίες συντήρησης μπορεί να μην δικαιολογούν το κόστος λειτουργίας μιας εγκατάστασης θερμής ανάμειξης, ούτε να διατηρείται η θερμοκρασία του μείγματος κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής έτσι ώστε να επιτρέπεται η επαρκής συμπύκνωση κατά την τοποθέτηση. Άλλες αξιοσημείωτες προκλήσεις της χρήσης του μείγματος θερμής ασφάλτου σχετίζονται με τις δυσκολίες στην προμήθεια ποσοτήτων που ανταποκρίνονται στο μέγεθος της επιδιόρθωσης και τη διατήρηση των θερμοκρασιών συμπίεσης, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές εργασίας όταν προέρχονται από εργοστάσια ασφάλτου (Boateng et al., 2021).

Τα μίγματα επικάλυψης ασφάλτου αποτελούνται ουσιαστικά από συνδετικό υλικό ασφάλτου και ορυκτά συσσωματώματα μιας δεδομένης δομής με το συνδετικό, είτε γαλάκτωμα κοπής είτε ασφάλτου, αναμειγμένο με τα αδρανή σε κατάλληλες αναλογίες για να έχει ως αποτέλεσμα αποδεκτές φυσικές ιδιότητες για το μίγμα επικάλυψης και απόδοση κατά τη λειτουργία (Boateng et al., 2021). Τα διαφορετικά ασφαλτικά μείγματα και το εύρος των θερμοκρασιών κατασκευής τους συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

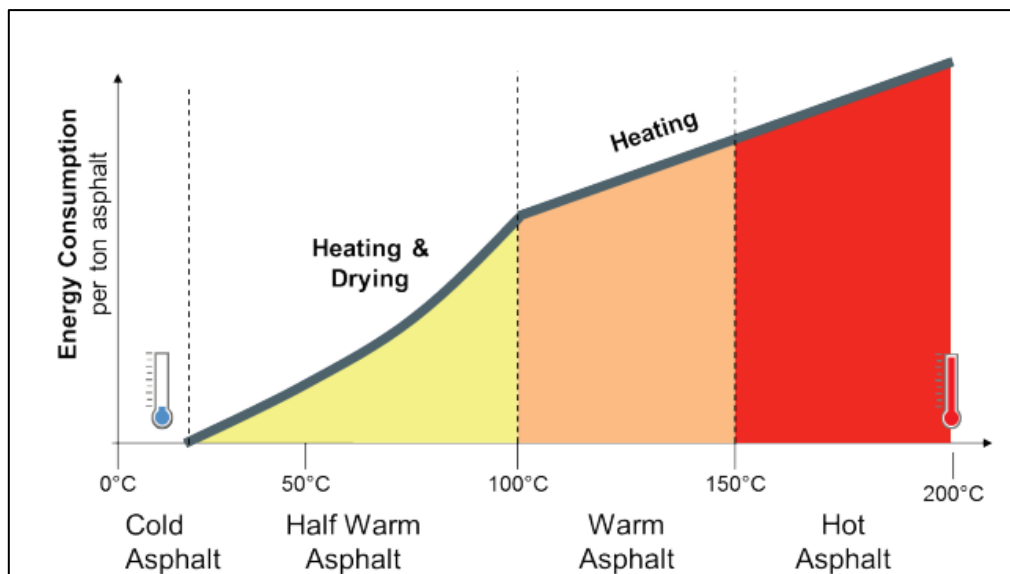
ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΜΕΙΓΜΑ	ΕΥΡΟΣ
Μείγμα ζεστής ασφάλτου (HMA)	150 °C – 190 °C
Μείγμα θερμής ασφάλτου (WMA)	100 °C – 140 °C
Μείγμα ημίθερμης ασφάλτου (HWMA)	60 °C – 100 °C
Μείγμα ψυχρής ασφάλτου (CMA)	0 °C – 40 °C

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑΚ ΑΘΕ ΤΥΠΟ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Πηγή: (Jain and Singh, 2021)

Ο σχεδιασμός ψυχρού μίγματος επεξεργάζεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ ο σχεδιασμός μείγματος ζεστής ασφάλτου γίνεται συνήθως για θερμοκρασία ανάμειξης και συμπίεσης από 140 °C έως 160 °C περίπου. Σε περίπτωση σχεδιασμού κρύου μίγματος, συνήθως η θερμοκρασία σχεδιασμού κυμαίνεται γενικά από 0 °C έως 40 °C (Jain and Singh, 2021).

Οι μέθοδοι σχεδιασμού ασφαλτομίγματος ποικίλλουν, παγκοσμίως, με τις ΗΠΑ να εφαρμόζουν τη μέθοδο SUPERPAVE, ενώ στην Ευρώπη και τις ασιατικές χώρες να χρησιμοποιείται η μέθοδος MARSHALL (Jain and Singh, 2021).



ΕΙΚΟΝΑ 28: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πηγή: (European Asphalt Pavement Association, 2014)

ΖΕΣΤΟ ΜΙΓΜΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Η ανακύκλωση ζεστού μίγματος σε εργοστάσιο γενικά συνεπάγεται οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Μεταξύ των οικονομικών πλεονεκτημάτων, το πιο σημαντικό είναι η μείωση του κόστους που επιτυγχάνεται στην κατανάλωση αδρανών και συνδετικών. Αυτά τα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται λιγότερο, γεγονός που συνεπάγεται επίσης λιγότερες ανάγκες μεταφοράς υλικών. Ως εκ τούτου, αυτό είναι ένα περιβαλλοντικό πλεονέκτημα. Το κέρδος είναι υψηλότερο για την ασφαλτο, λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλές τιμές του αργού πετρελαίου. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της τεχνικής σχετίζεται

με την παραγωγή των μειγμάτων, δεδομένου ότι υπάρχει μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης εάν το ανακυκλωμένο υλικό δεν θερμαίνεται (Santos, Baptista and Caritão, 2010).

Ένα ανακυκλωμένο ασφαλτικό σκυροδέμα σε εργοστάσιο εν θερμώ είναι εφικτό, σε τεχνικούς όρους, με ενσωμάτωση 40% του ανακυκλωμένου ασφαλτικού σκυροδέματος κατά συνολικό βάρος, χρησιμοποιώντας μια τεχνική πρόσμιξης πριν την κατασκευή (ανακυκλωμένων ασφαλτικών σκυροδεμάτων και νέων αδρανών). Όλα τα μηχανικά χαρακτηριστικά αυτού του είδους υλικού τείνουν να είναι καλύτερα ή τουλάχιστον ίσα με τα χαρακτηριστικά ενός παραδοσιακού μείγματος και το τελικό κόστος είναι τουλάχιστον κατά 17% μικρότερο (Santos, Baptista and Caritão, 2010).

ΘΕΡΜΟ ΜΙΓΜΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Παρότι το ζεστό μίγμα ασφάλτου (Hot – Mix Asphalt) είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο, ορισμένες μελέτες προτείνουν τη χρήση άλλης διαδικασίας που μειώνει τη θερμοκρασία παραγωγής και τοποθέτησης των ασφαλτικών μειγμάτων. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο προτείνεται το θερμό ασφαλτικό μίγμα (Warm – Mix Asphalt) και χρησιμοποιείται κυρίως στις ευρωπαϊκές χώρες. Το θερμό μίγμα ασφάλτου επιτρέπει τη μείωση της θερμοκρασίας παραγωγής και ασφαλτόστρωσης σε σύγκριση με την τυπική διαδικασία ζεστού μείγματος ασφάλτου (HMA), και στόχος του είναι να αποκτήσει αντοχή και ανθεκτικότητα ισοδύναμη ή καλύτερο από το ζεστό μίγμα ασφάλτου (Sengoz and Oylumluoglu, 2013). Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ευρωπαϊκή Βιομηχανία Ασφάλτου ενθαρρύνει τη χρήση θερμής ασφάλτου κυρίως λόγω της μείωσης των εκπομπών, ενώ τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα για τα «Ασφαλτικά Μείγματα» δεν αποκλείουν τη χρήση θερμού ασφαλτομίγματος. Σύμφωνα με εργαστηριακά δεδομένα απόδοσης, τα μείγματα θερμού ασφαλτομίγματος φαίνεται να παρέχουν την ίδια ή και καλύτερη απόδοση από το θερμό ασφαλτόμιγμα (European Asphalt Pavement Association, 2014).

Η τεχνολογία WMA προσφέρει μια λύση για τη διατήρηση της τρέχουσας κατάστασης της τεχνολογίας που επιτρέπει τη χρήση του RAP σε σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία από τα μείγματα HMA (Oner and Sengoz, 2015).

Η τεχνολογία Warm Mix Asphalt (WMA) παρέχει όχι μόνο την επιλογή ανακύκλωσης ασφαλτικού οδοστρώματος σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία που διατηρείται στα ζεστά μείγματα, αλλά ενθαρρύνει επίσης τη χρήση του RAP και επομένως εξοικονομεί ενέργεια και χρήματα (Oner and Sengoz, 2015).

Οφέλη θερμού ασφαλτομίγματος

Η μείωση της θερμοκρασίας επιτρέπει διάφορα οφέλη συγκριτικά με το ζεστό μίγμα ασφάλτου, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μείωση παραγωγής καπνού και όχλησης του κοινού, μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, εξοικονόμηση κόστους καυσίμων, και βελτίωση των συνθηκών εργασίας. Η ανάκτηση ασφαλτικού οδοστρώματος (RAP) με τεχνολογίες θερμού μίγματος ασφάλτου (WMA), μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις χρησιμοποιώντας λιγότερο παρθένο υλικό και μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Sengoz and Oylumluoglu, 2013).

Το θερμό ασφαλτόμιγμα (WMA) είναι το δεύτερο είδος ασφαλτικού μίγματος που έχει κερδίσει δημοτικότητα τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το WMA έχει θερμοκρασία κατασκευής στην περιοχή των 100-140 C γεγονός που το κάνει καλή αντικατάσταση σε ζεστό μίγμα άσφαλτος. Σε σύγκριση με HMA, θερμοκρασία ανάμιξης και συμπίεσης του WMA είναι 20-40 C χαμηλότερη, γεγονός που το

καθιστά φιλικό προς το περιβάλλον. Αυτή η μείωση της θερμοκρασίας στο WMA επιτυγχάνεται κυρίως με τρεις τρόπους, οι οποίοι περιλαμβάνουν: χρησιμοποιώντας οργανικά πρόσθετα, χημικά πρόσθετα και τεχνικές αφρισμού νερού. Το WMA χωρίζεται περαιτέρω σε δύο κατηγορίες, το θερμό μίγμα ασφάλτου (WMA) και το ημίθερμο μίγμα ασφάλτου (HWMA). Όταν η μέγιστη θερμοκρασία κατασκευής είναι κάτω από 100 C, το μείγμα θεωρείται ως ημίθερμη άσφαλτος. Βρέθηκε ότι το WMA έχει εξίσου καλές επιδόσεις με το HMA και ακόμη καλύτερες σε ορισμένες περιπτώσεις (Jain and Singh, 2021).

Η χρήση του RAP με τεχνολογίες WMA μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις χρησιμοποιώντας λιγότερο παρθένο υλικό και μειώνοντας τις εκπομπές CO₂. Αντίστοιχα είναι δυνατή η κατασκευή μιγμάτων με RAP, με παρόμοιες ιδιότητες με τα μείγματα HMA μέσω της χρήσης προσθέτων WMA (Oner and Sengoz, 2015).

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα από τη χρήση της ασφάλτου θερμού μίγματος είναι το σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο έκθεσης σε καπνούς πίσσας κατά τη διάρκεια των εργασιών επιστρώσης σε σύγκριση με το ζεστό μείγμα ασφάλτου. Αυτό το χαμηλότερο επίπεδο έκθεσης υποστηρίζει τον στόχο της ευρωπαϊκής βιομηχανίας ασφάλτου για τη μείωση των αναθυμιάσεων ασφάλτου κατά τη διάρκεια των εργασιών επιστρώσης για τη βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας των εργαζομένων στην άσφαλο (European Asphalt Pavement Association, 2014).

Η ευρωπαϊκή βιομηχανία ασφάλτου προσπαθεί να λάβει μέτρα για τη μείωση των εκπομπών. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες ανάμειξης και τοποθέτησης θα έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διαδικασία που υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο του Κιότο (European Asphalt Pavement Association, 2014).

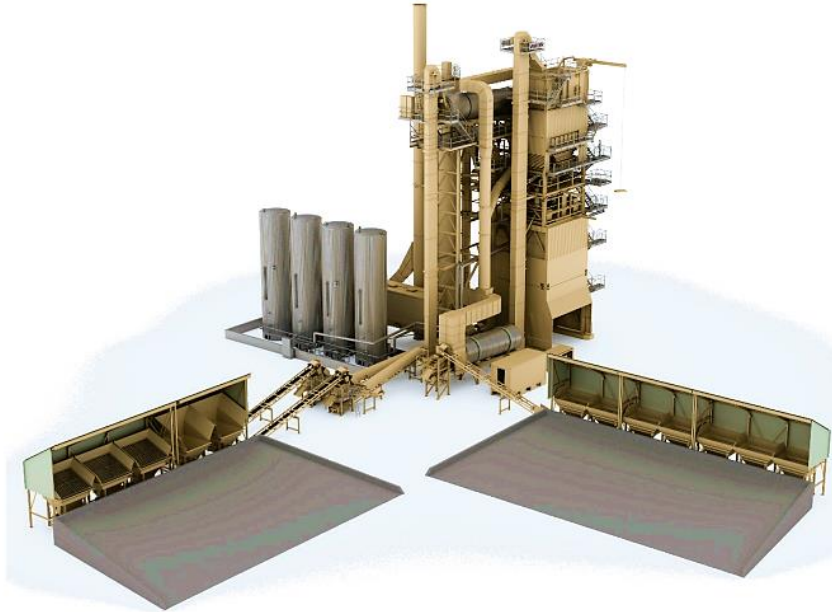
Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες ανάμειξης και οδοστρώματος ελαχιστοποιούν τις εκπομπές αναθυμιάσεων και οσμών και δημιουργούν πιο δροσερές συνθήκες εργασίας για τους εργαζόμενους στην άσφαλο. Κατά κανόνα, η απελευθέρωση καπνού μειώνεται κατά περίπου 50% για κάθε μείωση της θερμοκρασίας κατά 12 °C. Έτσι, μια μείωση της θερμοκρασίας κατά 25 °C μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών καπνών κατά περίπου 75%. Η μείωση της έκθεσης κατά τις εργασίες επιστρώσης θα μειώσει επίσης τον πιθανό ερεθισμό λόγω αναθυμιάσεων ασφάλτου (European Asphalt Pavement Association, 2014).

Λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας παραγωγής του WMA απαιτείται λιγότερο καύσιμο για τη θέρμανση των αδρανών υλικών με αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές στο εργοστάσιο ασφάλτου. Άλλα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση θερμού ασφαλτομίγματος προκύπτουν από τη μείωση των εκπομπών CO₂ σε ποσοστό 20% - 35%, SO₂ σε ποσοστό 20% - 35%, τη μείωση πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) έως και 50%, CO σε ποσοστό 10% - 30% και του μονοξειδίου του αζώτου (NO_x) σε ποσοστό 60% - 70% (European Asphalt Pavement Association, 2014).

Τα οφέλη της παραγωγής θερμού ασφαλτομίγματος είναι επιπροσθέτως το λιγότερο σκληρό συνδετικό υλικό κατά την κατασκευή, η μείωση της θερμικής καταπόνησης των στοιχείων του εργοστασίου, και η συμβατότητα με τη χρήση της ανακυκλωμένης ασφάλτου (European Asphalt Pavement Association, 2014).

Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παραγωγής μπορούν επίσης να μειώσουν τη γήρανση της πίσσας κατά τη διάρκεια του σταδίου παραγωγής, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει επιπρόσθετα τη θερμική

αντίσταση και την αντοχή σε ρωγμές της ασφάλτου εξαιτίας της καταπόνησης (European Asphalt Pavement Association, 2014).



ΕΙΚΟΝΑ 29: ΜΟΝΤΕΡΝΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Πηγή: (European Asphalt Pavement Association, 2014)

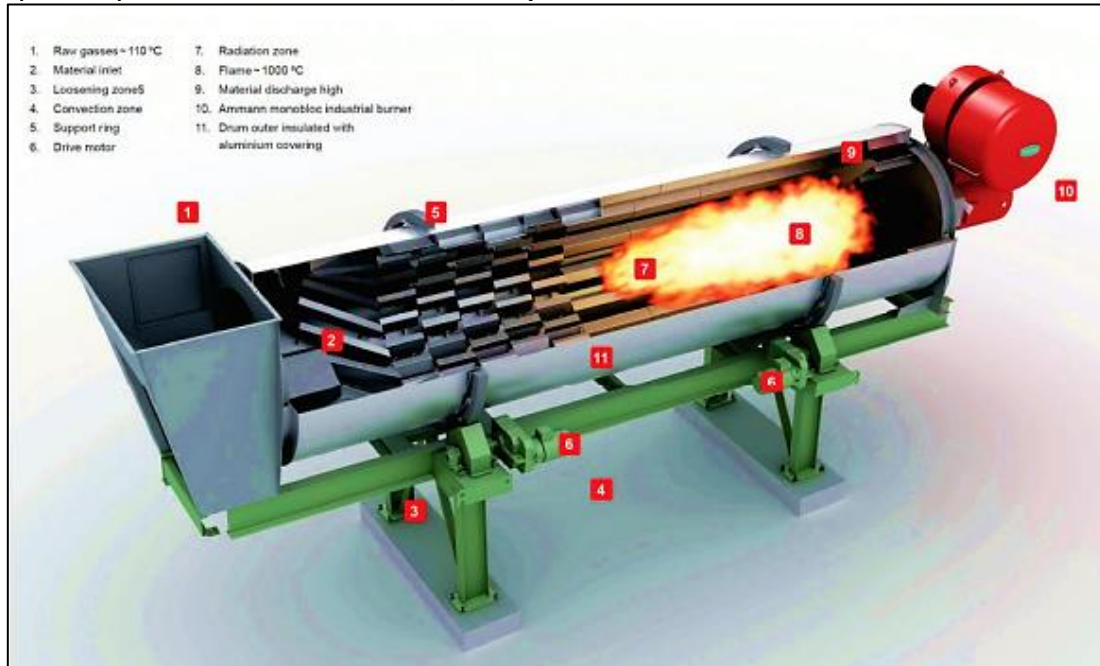
Οι τεχνολογίες θερμού ασφαλτομείγματος λειτουργούν πάνω από 100°C με αποτέλεσμα να παραμένει μικρή ποσότητα νερού. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές προκειμένου να μειωθεί αποτελεσματικά η θερμοκρασία του ιξώδους που διέπει το συνδετικό υλικό, και να καταστεί επιτρεπτή η πλήρης επίστρωση και η δημιουργία συμπαγούς μείγματος σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Οι πιο κοινές πρακτικές αφορούν τη χρήση οργανικών πρόσθετων, χημικών πρόσθετων ή τεχνικών αφρισμού (Sengoz and Oylumluoglu, 2013; European Asphalt Pavement Association, 2014). Στο πλαίσιο αυτό είναι δυνατή η κατασκευή μειγμάτων με ανακτημένο ασφαλτικό οδοστρώματος, με παρόμοιες ιδιότητες με το ζεστό μείγμα ασφάλτου, μέσω της χρήσης των εν λόγω πρόσθετων (Sengoz and Oylumluoglu, 2013).

Καθώς η πίσσα ανακτημένων ασφαλτικών οδοστρωμάτων αντιδρά και χάνει ορισμένα από τα συστατικά της κατά τη διαδικασία κατασκευής (βραχυπρόθεσμη γήρανση) και ζωής της (μακροπρόθεσμη γήρανση), η ρεολογική συμπεριφορά θα διαφέρει φυσικά από τα παρθένα υλικά. Κατά τη διαδικασία της γήρανσης, η ασφαλτος εκτίθεται σε ζεστό αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 135°C έως 165°C, με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά το ιξώδες. Αντίστοιχα, κατά την κατασκευή και επισκευή της ασφάλτου, χάνονται πολλά από τα συστατικά πετρελαίου της με αποτέλεσμα την υψηλή αναλογία ασφαλτικών στο μείγμα, το οποίο οδηγεί σε αύξηση της σκληρότητας και του ιξώδους (Sengoz and Oylumluoglu, 2013).

Η χρήση του πρόσθετου θερμού μείγματος ασφάλτου είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την παραγωγή και τοποθέτηση υλικών επίστρωσης, καθώς και την ανακύκλωση ενός παλιού και οξειδωμένου οδοστρώματος. (Sengoz and Oylumluoglu, 2013).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συμβατικά τύμπανα γήρανσης έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να στεγνώνουν και να θερμαίνουν τα αδρανή σε θερμοκρασία ζεστού μείγματος, με αποτέλεσμα να

απαιτούνται αλλαγές ως προς τον τύπο ή τη θέση των πτητικών στοιχείων μέσα στο τύμπανο (European Asphalt Pavement Association, 2014).



ΕΙΚΟΝΑ 30: ΤΥΜΠΑΝΟ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Πηγή: (European Asphalt Pavement Association, 2014)

Η τεχνολογία WMA μπορεί να ταξινομηθεί με βάση τα οργανικά αλλά και τα χημικά πρόσθετα και τη χρήση του νερού. Τα οργανικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ροής της πίσσας, μειώνοντας το ιξώδες της πίσσας. Μετά την κρυστάλλωση, τα οργανικά πρόσθετα τείνουν να αυξάνουν την ακαμψία της πίσσας και την αντοχή της ασφάλτου έναντι των παραμορφώσεων. Τα χημικά πρόσθετα είναι συνδυασμός παραγόντων γαλακτωματοποίησης, πολυμερών και προσθέτων για την ενίσχυση της εργασιμότητας, της συμπίκνωσης και της πρόσφυσης. Η μείωση της θερμοκρασίας παρέχεται χωρίς προσθήκη νερού. Τα χημικά πρόσθετα μπορούν να ενθαρρύνουν την επεξεργασία του ασφαλτικού μείγματος σε χαμηλότερες θερμοκρασίες με το συνδυασμό RAP. Μικρές ποσότητες νερού προστίθενται στην καυτή άσφαλτο με τεχνολογία αφρισμού. Το νερό που εγχέεται εξατμίζεται και προκαλεί την παραγωγή μεγάλου όγκου αφρού. Ο μεγάλος όγκος αφρού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαστολής της πίσσας και τη μείωση του ιξώδους της πίσσας, γεγονός που βελτιώνει την επίστρωση και την εργασιμότητα των μιγμάτων ασφαλτικών οδοστρωμάτων. Ωστόσο η χρήση νερού προκαλεί ορισμένα προβλήματα απογύμνωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα κατά της απογύμνωσης για την ελαχιστοποίηση της ευαισθησίας στην υγρασία και για την παροχή χημικής πρόσφυσης μεταξύ της πίσσας και των επιφανειών των αδρανών (Oner and Sengoz, 2015).

ΨΥΧΡΟ ΜΕΙΓΜΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Οι περισσότερες επεμβάσεις συντήρησης σε ασφαλτούχους δρόμους (οδοστρώματα από ασφαλτοσκυρόδεμα και επιφανειακές επικαλύψεις) που περιλαμβάνουν επισκευές μερικού βάθους και επιδιόρθωση λακκούβων, πραγματοποιούνται με τη χρήση ψυχρού ασφαλτομίγματος που προετοιμάζεται και αποθηκεύεται πριν από τη χρήση (Boateng et al., 2021). Η χρήση του CMA μέχρι στιγμής είναι περιορισμένη κυρίως για αγροτικές οδοποιίες και δρόμους με χαμηλή πυκνότητα

κυκλοφορίας και σε μεγάλο βαθμό για μικρές εργασίες κατασκευής και επισκευής, επειδή εντοπιζόταν πρόβλημα σχετικό με τη σταθερότητα και την αντοχή. Για το λόγο αυτό οι ερευνητές μελετούν διάφορες μεθόδους για τη βελτίωση της απόδοσης του ψυχρού ασφαλτομίγματος (Jain and Singh, 2021). Στο πλαίσιο αυτό η χρήση του ψυχρού ασφαλτομίγματος για τη διόρθωση λακκούβων είναι συχνή πρακτική στη βιομηχανία οδοστρωμάτων (Boateng et al., 2021).

Στο πλαίσιο αναζήτησης βιώσιμων λύσεων, οι μηχανικοί οδοστρωμάτων ασχολούνται με την ανάπτυξη υλικών επιστρώσης με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα. Μία από αυτές τις λύσεις είναι το μείγμα ψυχρής ασφάλτου (Cold-Mix Asphalt), το οποίο έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει πολλούς περιορισμούς που εντοπίζονται στο μείγμα ζεστής ασφάλτου. Το μείγμα ψυχρής ασφάλτου παράγεται κυρίως με ανάμιξη αδρανών και ασφαλτικού γαλακτώματος χωρίς την εφαρμογή θερμότητας (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022). Η ανάμιξη και η τοποθέτηση του μείγματος μπορούν να πραγματοποιηθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μεταξύ 0 °C και 40 °C (Jain and Singh, 2021).

Το μείγμα ψυχρής ασφάλτου είναι ένα μείγμα που αποτελείται από αδρανή με συνδετικό ασφάλτου μειωμένου ιξώδους και παράγεται με γαλακτωματοποίηση της πίσσας σε νερό πριν από την ανάμιξη με τα αδρανή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Στο στάδιο της γαλακτωματοποίησης, η άσφαλτος είναι λιγότερο παχύρρευστη, το μείγμα είναι πιο εύκολο στην εργασία και συμπαγές. Το γαλάκτωμα σπάει αφού εξατμιστεί μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού και το κρύο μείγμα αποκτά τις ιδιότητες του ζεστού ασφαλτομίγματος (Shanbara et al., 2021).

Η άσφαλτος ψυχρής ανάμιξης είναι ένας τύπος ασφάλτου που διαφέρει από άλλα ασφαλτικά μείγματα επειδή παράγει χαμηλά επίπεδα ρύπανσης και είναι πιο οικονομική επειδή δεν θερμαίνει τα αδρανή κατά τη διαδικασία κατασκευής (Chegenizadeh et al., 2022).

Η χρήση του ψυχρού ασφαλτομίγματος για τη διόρθωση λακκούβων είναι πλέον διάχυτη στη βιομηχανία οδοστρωμάτων λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους εκκίνησης, της μειωμένης εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και της φιλικότητας προς το περιβάλλον σε σύγκριση με το ζεστό ασφαλτόμειγμα. Στις περισσότερες χώρες με χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμη και ασφαλτικά μείγματα ψυχρής ανακύκλωσης έχουν πειραματιστεί και εφαρμοστεί με επιτυχία για εργασίες αποκατάστασης οδοστρωμάτων (Boateng et al., 2021).

Η χρήση του ψυχρού ασφαλτομίγματος για την παραγωγή εύκαμπτου οδοστρώματος διαθέτει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων, που την καθιστά καλύτερη συγκριτικά με το ζεστό και θερμό ασφαλτόμειγμα. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μια πρακτική φιλική προς το περιβάλλον με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και κυρίως χαμηλότερες εκπομπές CO₂, αφού το ασφαλτόμειγμα παράγεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χωρίς να απαιτείται θέρμανση. Το ψυχρό ασφαλτόμειγμα μειώνει σημαντικά τους καπνούς και τις εκπομπές των εργοστασίων, παρέχοντας καλύτερο περιβάλλον εργασίας στο προσωπικό παραγωγής και τους χειριστές (Jain and Singh, 2021; Shanbara et al., 2021). Όπως έχει παρατηρηθεί, η εκπομπή επικίνδυνων πτητικών συστατικών και η κατανάλωση καυσίμων μειώνονται σημαντικά (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022).

Η κατασκευή και διάστρωση του μείγματος σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, χωρίς τη θέρμανση τεράστιων ποσοτήτων αδρανών και ασφάλτου, απαιτεί λιγότερη ενέργεια για τη μείωση του ιξώδους της πίσσας και λιγότερη κατανάλωση καυσίμου (Jain and Singh, 2021; Shanbara et al., 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι το ενεργειακό κόστος είναι συγκριτικά υψηλό στις περισσότερες χώρες, και ως εκ τούτου οποιαδήποτε μείωση ενέργειας κρίνεται θετική από τους παραγωγούς ασφάλτου (Jain and Singh, 2021). Σύμφωνα με τους (Jain and Singh, 2021) η κατανάλωση ενέργειας του ψυχρού

ασφαλτομίγματος ανέρχεται σε λιγότερο από 60% της κατανάλωσης ενέργειας ζεστού ασφαλτομίγματος, ενώ το μείγμα καταναλώνει περίπου 95% λιγότερη ενέργεια από το ζεστό και θερμό ασφαλτόμιγμα. Όσον αφορά τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, είναι δυνατό να δημιουργήσει καλύτερες συνθήκες εργασίας και να εξοικονομήσει χρήματα (Jain and Singh, 2021).

Η παραγωγή ψυχρού ασφαλτομίγματος δεν απαιτεί μεγάλες επενδύσεις σε εξοπλισμό, γεγονός που την καθιστά ευκολότερη την υιοθέτησή και έχει την ικανότητα να διασπρωθεί σε κρύες καιρικές συνθήκες. Η μειωμένη θερμοκρασία ανάμειξης και συμπίεσης αντίστοιχα, μειώνει τον χρόνο κατασκευής του δρόμου, που σε ορισμένες περιπτώσεις όπως η αποκατάσταση σημαντικών αστικών δρόμων και αυτοκινητοδρόμων, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Το κρύο μείγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε απομακρυσμένες περιοχές, τόσο για αρχική κατασκευή με παρθένα μείγματα όσο και με τη χρήση ανακυκλωμένου ασφαλτοστρώματος. Επιπροσθέτως, η τεχνολογία ψυχρής ανακύκλωσης διαθέτει πλεονεκτήματα που αφορούν την εξάλειψη του ταλαιπωρημένου υλικού επιστρώσης, την ενίσχυση της αντοχής των κατασκευών οδοστρώματος, τη βελτίωση της ποιότητας ολίσθησης, την υψηλή απόδοση της χρήσης ανακυκλωμένου ασφαλτικού οδοστρώματος, και του χαμηλού μηχανικού κόστους (Jain and Singh, 2021).

Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη του ψυχρού ασφαλτομίγματος εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περιβαλλοντική πολιτική του κράτους. Οι αυστηρότερες διατάξεις για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όχι μόνο θα οδηγήσουν σε καλύτερα οικονομικά οφέλη, αλλά θα ενθαρρύνουν επίσης τους επαγγελματίες και τους ανάδοχους να χρησιμοποιούν περισσότερο το ψυχρό ασφαλτόμιγμα. Προκειμένου να ενθαρρυνθεί περαιτέρω η επιτόπια εφαρμογή του ψυχρού ασφαλτομίγματος, θα πρέπει να παρέχονται πιο λεπτομερείς εθνικές και διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές/προδιαγραφές για το σχεδιασμό και την προετοιμασία του. Αυτό θα παρακινούσε τους ερευνητές και τη βιομηχανία να βρουν καινοτόμες και οικονομικές λύσεις για τα προβλήματα που εντοπίζονται στο ψυχρό ασφαλτόμιγμα (Jain and Singh, 2021).

Εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματα της εφαρμογής ψυχρού ασφαλτομίγματος, ενέχει και μια σειρά από μειονεκτήματα, καθώς αποτυγχάνει όσον αφορά τις απαιτήσεις αντοχής και σταθερότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές σταθερότητας Marshall του μη τροποποιημένου ψυχρού ασφαλτομίγματος είναι σημαντικά χαμηλότερες από το ζεστό και θερμό ασφαλτόμιγμα (Jain and Singh, 2021). Μερικά από τα μειονεκτήματα της χρήσης ψυχρού μείγματος είναι η κατώτερη απόδοση και ειδικότερα η κακή αρχική αντοχή, η υψηλή περιεκτικότητα σε κενά αέρα στα συμπιεσμένα μείγματα και η μεγαλύτερη ευαισθησία στην υγρασία, η δυσκολία στη συμπίκνωση και η μεγαλύτερη απαιτούμενη διάρκεια για την επίτευξη πλήρως σκληρών δειγμάτων για καλύτερη απόδοση (Boateng et al., 2021; Jain and Singh, 2021; Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022). Το ψυχρό ασφαλτόμιγμα παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία στις κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές πιέσεις λόγω της ύπαρξης νερού μέσα στο μείγμα, γεγονός που προκαλεί μεγάλη ανησυχία για τη βιομηχανία ασφάλτου (Shanbara et al., 2021).

Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται νερό στην παρασκευή του ψυχρού ασφαλτομίγματος και τα αδρανή δεν θερμαίνονται, η υγρασία επηρεάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ συνδετικού και αδρανών, με αποτέλεσμα τη μειωμένη πρόσφυση που δημιουργεί διάφορες μορφές ταλαιπωρίας του οδοστρώματος, όπως ρωγμές. Η αυλάκωση εντοπίζεται αντίστοιχα, από τη μειωμένη γήρανση του συνδετικού υλικού λόγω των μειωμένων θερμοκρασιών παραγωγής του μείγματος που οδηγεί σε μόνιμη παραμόρφωση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ως εκ τούτου το ψυχρό ασφαλτόμιγμα

παρουσιάζει κατώτερη απόδοση στις αυλακώσεις σε σύγκριση με το ζεστό και το θερμό ασφαλτόμιγμα (Jain and Singh, 2021).

Το ψυχρό ασφαλτόμιγμα απαιτεί αρκετό χρόνο σκλήρυνσης πριν αποκτήσει πλήρη αντοχή, και αυτό αποτελεί παράγοντα που το καθιστά σε μειονεκτική θέση σε σύγκριση με το ζεστό και το θερμό ασφαλτόμιγμα, όπου ο δρόμος μπορεί να ανοίξει για την κυκλοφορία μόλις μετά από 24 ώρες κατασκευής (Jain and Singh, 2021). Οι αστοχίες που αφορούν αυλακώσεις και καταπόνηση, και επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του οδοστρώματος μπορούν να ξεπεραστούν ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία/τροποποίηση του ψυχρού ασφαλτομίγματος πριν από την εφαρμογή του (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αστοχία των μιγμάτων είναι δυνατό να προέρχεται από τη χρήση αδρανών ενός μεγέθους που δεν μπορούν να επιτύχουν μια άκαμπτη σταθερή δομή όταν συμπιέζονται. Η έλλειψη λεπτόκοκκων αδρανών έχει ως αποτέλεσμα γενικά χαμηλές πυκνότητες υπό συμπίεση, κακή σύμπλεξη μεταξύ των αδρανών και υψηλή περιεκτικότητα σε κενά. Ακόμη ένας παράγοντας που αξίζει προσοχή είναι η ανεπάρκεια στην περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα αδρανή δεν θα επικαλύπτονται σωστά, κάτι που αποδεικνύεται εύκολα από το χαμηλό πάχος του στρώματος γύρω από τα αδρανή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα εύθραυστο μείγμα χωρίς πρόσφυση και ανθεκτικότητα που θα αποσυντεθεί γρήγορα όταν τεθεί σε λειτουργία (Boateng et al., 2021).

Διάφοροι παράγοντες είναι δυνατό να επηρεάσουν τις μηχανικές ιδιότητες και τις ιδιότητες αντοχής και απόδοσης του ψυχρού ασφαλτομίγματος, όπως τα χαρακτηριστικά και η διαβάθμιση των αδρανών, η ποιότητα και περιεκτικότητα του συνδετικού υλικού, η περιεκτικότητα σε νερό και κενά αέρα, η κατάσταση και ο χρόνος σκλήρυνσης, τα ενεργά πληρωτικά, καθώς και άλλοι παράγοντες (Jain and Singh, 2021; Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022). Οι επιθυμητές ιδιότητες του μείγματος αντίστοιχα, περιλαμβάνουν σταθερότητα, στεγανότητα, ανθεκτικότητα, τη δυνατότητα να είναι εύπλαστο και την ικανότητα αποθήκευσης του (Boateng et al., 2021).

Ο πιο επιθυμητός τύπος ψυχρού ασφαλτομίγματος που χρησιμοποιείται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, αφορά την τεχνολογία ψυχρού μίγματος με γαλάκτωμα πίσσας (CBEM) (Shanbara et al., 2021). Ορισμένες από τις μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικά πληρωτικά, πρόσθετα και τροποποιητές για τη βελτίωση της απόδοσης του ψυχρού ασφαλτομίγματος, γεγονός που αύξησε σε μικρό βαθμό τη χρήση του, παρότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής σε έργα μεγάλης κλίμακας. Επομένως, απαιτείται πιο εκτενή έρευνα για το ψυχρό ασφαλτόμιγμα και ειδικότερα για την απλοποίηση της διαδικασίας σχεδιασμού του μείγματος, τη βελτίωση της μακροπρόθεσμης απόδοσης, την καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών ωφελειών του κύκλου ζωής και την εξομάλυνση της μετάβασης της παραγωγής από το ζεστό και θερμό ασφαλτόμιγμα στο ψυχρό ασφαλτόμιγμα (Jain and Singh, 2021).

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για τη βελτίωση της απόδοσης του ψυχρού ασφαλτομίγματος περιλαμβάνουν τσιμέντο, ασβέστη, ιπτάμενη τέφρα, ίνες και χημικά πρόσθετα και πολλοί από τους ερευνητές έχουν τα έχουν χρησιμοποιήσει και μπορούν να ενσωματωθούν με δύο διαδικασίες. Στην πρώτη διαδικασία εισέρχονται πρόσθετα κατά την παρασκευή ψυχρού μίγματος, ενώ στη δεύτερη διαδικασία προστίθενται στο γαλάκτωμα και στη συνέχεια αυτό το τροποποιημένο γαλάκτωμα χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψυχρού ασφαλτομίγματος (Jain and Singh, 2021).

Αξιζει ωστόσο να τονιστεί ότι η χρήση οποιουδήποτε πρόσθετου, πληρωτικού ή είδους υλικού τροποποίησης για τη βελτίωση της απόδοσης του ψυχρού ασφαλτομίγματος, υπονομεύει τα κύρια πλεονεκτήματά του, δηλαδή το χαμηλό κόστος και τις χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με τη χρήση τσιμέντου 2%, η εκπομπή CO₂ στο ψυχρό ασφαλτόμιγμα είναι ίδια με το ζεστό ασφαλτόμιγμα (Jain and Singh, 2021).

Η επιλογή της κατάλληλης διαβάθμισης αδρανών μπορεί να οδηγήσει σε επαρκή απόδοση του μείγματος ψυχρής ασφάλτου. Επίσης, ο σχεδιασμός της μείξης ψυχρής ασφάλτου έχει γίνει κατά κύριο λόγο για κατασκευές οδοστρωμάτων με παχιά στρώση, ενώ θα πρέπει να εξεταστούν νέες πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη μεθόδων σχεδιασμού μείγματος λεπτής στρώσης (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022).

Ακόμη, η ενσωμάτωση αποβλήτων υποπροϊόντων, χημικών ουσιών και ινών έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τις ιδιότητες του ψυχρού ασφαλτομίγματος (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022). Εκτός από το τσιμέντο Portland, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως ως σταθεροποιητικός παράγοντας, τα πολυμερή μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν ως περαιτέρω μέσα σταθεροποίησης των ανακυκλωμένων μιγμάτων. Η χρήση τροποποιημένου πολυμερούς γαλακτώματος αντί του κανονικού γαλακτώματος βελτιώνει την απόδοση όσον αφορά την καταπόνηση των δειγμάτων ψυχρού μίγματος και μπορεί να αναβάλει την έναρξη των μικρορωγμών. Ωστόσο, η επίδρασή του στη συνολική απόδοση κόπωσης των ψυχρών μιγμάτων δεν κρίνεται σημαντική σε σύγκριση με την επίδραση της σταθεροποίησης τσιμέντου 1% (Tavassoti, Solaimanian and Chen, 2022).

Επικρατεί η γενική πεποίθηση ότι η ενσωμάτωση πολύ υψηλών ποσοτήτων ανακυκλωμένου ασφαλτικού οδοστρώματος σε ένα ασφαλτικό μείγμα μπορεί να το καταστήσει επιρρεπές σε ρωγμές εξαιτίας της καταπόνησης που υφίσταται. Ως εκ τούτου, θα ήταν ωφέλιμο να διερευνηθούν περαιτέρω τα σχεδιασμένα ψυχρά μείγματα με 100% ανακτημένο ασφαλτικό οδοστρώμα σε σχέση με την κόπωση τους ανά απόδοση. Παρόλα αυτά η σταθεροποίηση των ασφαλτικών μιγμάτων ψυχρής ανάμειξης με 1% τσιμέντο Portland, βελτίωσε σημαντικά την αντοχή σε ρωγμές, που οφείλονται στην καταπόνηση των μιγμάτων με τη χρήση 100% ανακτημένου ασφαλτικού οδοστρώματος (Tavassoti, Solaimanian and Chen, 2022).

Ενώ οι περισσότεροι φορείς έχουν θεσπίσει όρια, που κυμαίνονται συνήθως από 10 έως 50% στη μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδοστρώμα που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα νέο θερμό ασφαλτόμιγμα, η χρήση σε ποσοστό έως και 100% ανακυκλωμένων ασφαλτικών οδοστρωμάτων σε κρύο ασφαλτόμιγμα έχει καταστεί βιώσιμη επιλογή. Η βελτίωση της ευαισθησίας. Προκειμένου να βελτιωθεί η ευαισθησία των ασφαλτικών μιγμάτων στη δημιουργία ρωγμών λόγω της κόπωσης του οδοστρώματος, κρίνεται ευεργετική η χρήση σταθεροποιητικών παραγόντων όπως τα πολυμερή, ο ασβέστης και το τσιμέντο Portland (Tavassoti, Solaimanian and Chen, 2022).

Αποτελέσματα των δοκιμών υποδεικνύουν ότι το μείγμα ψυχρής ασφάλτου με 60% ανακυκλωμένου ασφαλτικού οδοστρώματος χαρακτηρίζεται από υψηλότερη μηχανική απόδοση από τη συμβατική του ψυχρού μίγματος ασφάλτου. Η παρασκευή του ψυχρού μίγματος ασφάλτου με ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδοστρώμα που περιέχει υπολειπόμενο συνδετικό, οδήγησε σε καλύτερη ακαμψία, και μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση και την μόνιμη παραμόρφωση, σε σύγκριση με αυτή του μίγματος ψυχρού ασφάλτου που παράγεται με ανακυκλωμένο ασφαλτικό οδοστρώμα χωρίς υπολείμματα συνδετικού υλικού (Dash, Chandrappa and Sahoo, 2022).

Η ανακύκλωση με αφρό ασφάλτου είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί ανακυκλωμένο υλικό που λαμβάνεται από προβληματικό πεζοδρόμια μαζί με άσφαλτο με τη μορφή αφρού γνωστού ως αφρώδους πίσσας. Η αφρισμένη πίσσα εξ ορισμού είναι μια σύνθεση πίσσας, αέρα και νερού που παράγεται από την έγχυση κρύου νερού σε ζεστή άσφαλτο που καταλύεται σε αυθόρμητο σχηματισμό αφρού. Επιτυγχάνεται μέσω της έγχυσης μικρών ποσοτήτων κρύου νερού (συνήθως 2-5%) σε ζεστή πίσσα σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 160 και 180 °C, με αποτέλεσμα η καυτή άσφαλτος να επεκτείνεται σε περίπου 15-20 φορές τον αρχικό της όγκο και, ως εκ τούτου, να παράγεται ένας αφρός. Η διαδικασία τροποποιεί προσωρινά τις φυσικές ιδιότητες της πίσσας μετατρέποντάς την σε ατμό που παγιδεύεται σε χιλιάδες μικροσκοπικές φυσαλίδες ασφάλτου που μπορούν στη συνέχεια να αναμειχθούν εύκολα με τα αδρανή. Ενδείκνυται για τμήματα οδοστρώματος όπου η υπάρχουσα βάση είναι υγιής, και χρησιμοποιείται κατά προτίμηση σε ένα στρώμα βάσης. Σύμφωνα με έρευνα, τα μείγματα αφρώδους ασφάλτου που χρησιμοποιήσαν λεπτές στρώσεις επικάλυψης επιφάνειας παρουσίασαν καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με παχιά στρώματα ασφαλτικού σκυροδέματος, με αποτέλεσμα να ενισχυθεί η αντοχή του μίγματος, η αντοχή σε εφελκυσμό, η ακαμψία, και η καταπόνηση (Mugume, 2022).

Στην τεχνολογία ψυχρής ανακύκλωσης η ταξινόμηση του ανακυκλωμένου υλικού είναι σημαντική, αλλά η πραγματική του σύνθεση από ανακυκλωμένη άσφαλτο, στρώσεις δεσμευμένες με τσιμέντο ή μη δεσμευμένο υλικό έχει μικρότερη σημασία (Mino et al., 2015).

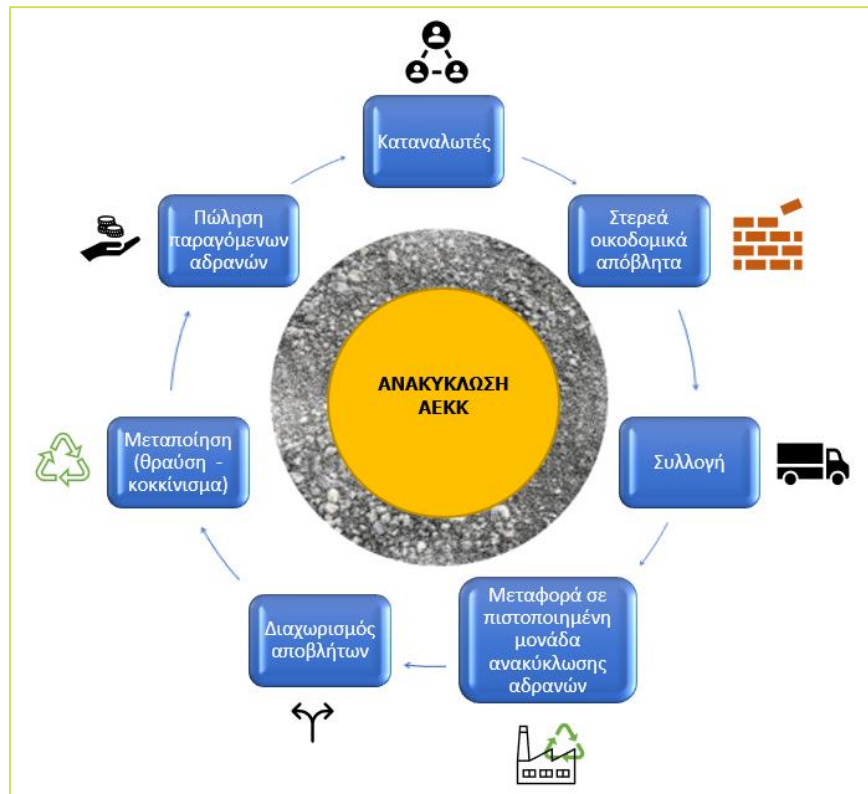
Οι μονάδες ανακύκλωσης ψυχρού μίγματος είναι αυτόνομες, εξαιρετικά κινητές και μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτοκινούμενη ταξιδιωτική εγκατάσταση (Midland mix-raver). Η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του μίγματος είναι πολύ χαμηλή σε σύγκριση με άλλες κατασκευαστικές διαδικασίες και το ψυχρό ασφαλτόμιγμα είναι επίσης καλύτερο για τις ημέρες αιθαλομίχλης όπου το ζεστό ασφαλτόμιγμα δεν είναι κατάλληλο (Jain and Singh, 2021).

Η τεχνική της ψυχρής επιτόπιας ανακύκλωσης περιλαμβάνει, πρώτα την αφαίρεση του υλικού του οδοστρώματος από το υπάρχον οδόστρωμα. Για να επιτευχθούν καλές μηχανικές ιδιότητες το αφαιρούμενο υλικό συνθλίβεται στην απαιτούμενη διαβάθμιση και έπειτα προστίθεται συνδετικό υλικό και φρέσκο αδρανή σε ψυχρή μορφή (γαλάκτωμα, περικοπή ή αφρισμένη πίσσα). Αυτά τα υλικά αναμειγνύονται καλά στη συνέχεια τοποθετούνται και συμπιέζονται. Προκειμένου να βελτιωθεί η αντοχή του μίγματος, μπορούν να προστεθούν στο μείγμα πρόσθετα όπως τσιμέντο, ασβέστης και ιπτάμενη τέφρα κ.λπ. (Jain and Singh, 2021).

Στην ψυχρή ανακύκλωση σε κεντρική μονάδα, το ανακυκλωμένο υλικό οδοστρώματος συλλέγεται και στη συνέχεια μεταφέρεται από την τοποθεσία στην κεντρική μονάδα. Υπάρχουν δύο τρόποι για τη διαμόρφωση της διαδικασίας. Στην πρώτη διαδικασία το υλικό αλέθεται στην τοποθεσία και στη συνέχεια μεταφέρεται στο κεντρικό εργοστάσιο ενώ στην άλλη διαδικασία πρώτα το υλικό μεταφέρεται στο κεντρικό εργοστάσιο και στη συνέχεια πραγματοποιείται η σύνθλιψη του. Στο κεντρικό εργοστάσιο, η απαιτούμενη ποσότητα γαλακτώματος, τα παρθένα αδρανή και σταθεροποιητικοί παράγοντες αναμειγνύονται με υλικό ανακυκλωμένου ασφαλτικού οδοστρώματος. Μετά τη σωστή ανάμειξη, το μείγμα μεταφέρεται πίσω στο σημείο όπου τοποθετείται και συμπιέζεται στο επιθυμητό επίπεδο. Κατά τη διαδικασία ανάμειξης απαιτείται ακριβής έλεγχος, καθώς η υπερβολική ανάμειξη μπορεί να προκαλέσει πρόωρη θραύση της πίσσας (γαλακτωματοποιημένη) και η μικρή ανάμειξη μπορεί να προκαλέσει ανεπαρκή επίστρωση αδρανών (Jain and Singh, 2021).

5.8. Τεχνικές ανακύκλωσης ασφαλτικών υλικών

Όταν η άσφαλτος ανακυκλώνεται, χρησιμοποιείται συνήθως ως αδρανή σε άλλα δομικά προϊόντα. Αυτά περιλαμβάνουν αδρανή στήριξης και θωράκισης σιδηροδρόμων, αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται ως αδρανή για μη δεσμευμένα μείγματα, όπως υλικά υποβάσεως και πλήρωσης για την κατασκευή έργων ή τα ίδια ως αδέσμευτα μείγματα. Όταν η ανακυκλωμένη άσφαλτος χρησιμοποιείται σε άλλα υλικά, υπάρχουν ποιοτικά όρια και απαιτήσεις στις προδιαγραφές για το υλικό προορισμού, ιδίως σε σχέση με το συγκρατημένο περιεχόμενο συνδετικού υλικού. Η ανακυκλωμένη άσφαλτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και ως αδρανή για σκυρόδεμα, αλλά χρήση αυτή δεν εκμεταλλεύεται την εγγενή αξία της περιεκτικότητας σε άσφαλτο (ΕΑΡΑ, 2022).



ΕΙΚΟΝΑ 31: ANAKYKΛΩΣΗ Α.Ε.Κ.Κ.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022)

5.9. Αξιολόγηση του κύκλου ζωής των υλικών

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment) αποτελεί μια δομημένη και διεθνώς τυποποιημένη μέθοδος που ποσοτικοποιεί όλες τις σχετικές εκπομπές, τους πόρους που καταναλώνονται καθώς και τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις επιπτώσεις στην υγεία, που σχετίζονται με οποιοδήποτε αγαθό ή υπηρεσία (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011).

Επιδιώκεται επομένως, η ποσοτικοποίηση όλων των φυσικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, είτε εισροές φυσικών και ενεργειακών πόρων είτε εκροές με τη μορφή εκπομπών στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Οι εν λόγω εισροές και εκροές συγκεντρώνονται σε έναν ισολογισμό ή σε ένα απόθεμα κύκλου ζωής για ένα δεδομένο σύστημα. Με την ολοκλήρωση της απογραφής, οι εισροές και εκροές μεταφράζονται σε δείκτες που σχετίζονται με διαφορετικές πιέσεις όπως η εξάντληση των πόρων, η κλιματική αλλαγή, και η τοξικότητα για τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011).

Είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής ποσοτικοποιεί ολιστικά και συστηματικά την περιβαλλοντική απόδοση των προϊόντων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους, από

την παραγωγή πρώτων υλών, την κατασκευή και τη χρήση, έως τη συντήρηση και την τελική διάθεση, και εκφράζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά κατηγορία επιπτώσεων ή περιβαλλοντικού προβλήματος. Όλες οι εκπομπές που συμβάλουν σε ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα μετατρέπονται σε μια κοινή μονάδα χρησιμοποιώντας παράγοντες μετατροπής, όπως για παράδειγμα η επισκόπηση της κλιματικής αλλαγής σε ένα χρονικό πλαίσιο 100 ετών (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011; Yang et al., 2015).

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του κύκλου ζωής μπορούν να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να κατανοήσουν τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αντιμετωπίζουν όταν λαμβάνουν αποφάσεις, όσον αφορά τις επιλογές διαχείρισης απορριμμάτων (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011).

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) κατά συνέπεια, αφορά μέθοδο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των οδοστρωμάτων και την ποσοτικοποίηση των οφελών και προβλημάτων που προκύπτουν από την εισαγωγή και χρήση ανακυκλωμένου υλικού (Yang et al., 2015).

Μια μελέτη ΑΚΖ αποτελείται από τέσσερα στάδια, και συγκεκριμένα:

1. Ορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής,
2. Ανάλυση απογραφής του κύκλου ζωής,
3. Εκτίμηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής και,
4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Μια ΑΚΖ που βασίζεται σε διαδικασίες, λαμβάνει υπόψη όλες τις διεργασίες μονάδας που απαιτούνται για κάθε φάση του κύκλου ζωής (δηλαδή παραγωγή, κατασκευή, χρήση, συντήρηση και απόρριψη). Οι προηγούμενες εισροές πρώτων υλών και ενέργειας από καθεμία από αυτές τις διεργασίες συλλέγονται χρησιμοποιώντας υπάρχοντα ή συλλεγμένα δεδομένα μαζί με τις εκροές περιβαλλοντικών εκπομπών. Αυτά τα δεδομένα απογραφής στη συνέχεια χαρακτηρίζονται σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ερμηνεύονται σε σχέση με τον στόχο και το εύρος της μελέτης (Yang et al., 2015).

Κατά τη διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής, πρώτα από όλα επιλέγεται μια ανεξάρτητη επιτροπή αξιολόγησης. Έπειτα ακολουθείται μια διαδικασία με πέντε στάδια:

1. Τον ορισμό του στόχου
2. Τον ορισμό του πεδίου εφαρμογής
3. Την ανάλυση της απογραφής του κύκλου ζωής
4. Την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής και,
5. Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν συχνά επαναλήψεις και η προετοιμασία μιας έκθεσης Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής ακολουθεί την ολοκλήρωση αυτών των φάσεων. Ακολούθως, η έκθεση υποβάλλεται για εξέταση στην Επιτροπή Αναθεώρησης. Τελικώς, η προετοιμασία της τελικής έκθεσης θα πρέπει να αντικατοπτρίζει τις αναλύσεις των σχολίων του ελεγκτή και τις προτεινόμενες αναθεωρήσεις (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011).

Προκειμένου να προσδιοριστούν ποσοτικά οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την ανακύκλωση στερεών αποβλήτων του οδοστρώματος των αυτοκινητοδρόμων,

σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής, αναπτύχθηκαν δύο τεχνικές αξιολόγησης, η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) και η ανάλυση του κόστους του κύκλου ζωής (LCCA) (Li et al., 2019).

Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) και συγκεκριμένα η σειρά ISO 14000 αντιμετωπίζει περιβαλλοντικά ζητήματα και περιλαμβάνει τη σειρά 14044 που σχετίζεται με την αξιολόγηση του κύκλου ζωής. Η σειρά αυτή ασχολείται τόσο με τις τεχνικές όσο και με τις οργανωτικές πτυχές της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής, και οι μεθοδολογικές πτυχές ορίζονται στις σειρές 14044 και 14040, και προσδιορίζουν τις γενικές αρχές και απαιτήσεις για τη διεξαγωγή μιας Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi and Pant, 2011).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

Συνήθως, ένα πλήρες μοντέλο Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής στο οδόστρωμα περιλαμβάνει τη μονάδα υλικού, τη μονάδα μεταφοράς/διανομής, τη μονάδα κατασκευής, τη μονάδα συμφόρησης λόγω δραστηριοτήτων συντήρησης και αποκατάστασης, τη μονάδα χρήσης και τη μονάδα του τέλους ζωής. Η λειτουργικότητα της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει τα παραπάνω έξι στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων διάφορων συμπληρωματικών μοντέλων που είναι δυνατό να είναι προσαρτημένα στις αντίστοιχες μονάδες (Yu, Lu and Xu, 2013).

Η μονάδα υλικού ασχολείται με τις διαδικασίες παραγωγής υλικών, από την εξόρυξη πρώτων υλών έως την αναχώρηση προς τους κατασκευαστές. Η μονάδα διανομής είναι στενά συνδεδεμένη με τη μονάδα υλικού και τη μονάδα του τέλους ζωής. Όλα τα υλικά, ο εξοπλισμός και τα απόβλητα μεταφέρονται με συνδυασμό οδικών, σιδηροδρομικών και πλωτών οδών. Αέρια θερμοκηπίου, ρυθμιζόμενες εκπομπές και χρήση ενέργειας στις μεταφορές χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση των αερίων του θερμοκηπίου και της ενέργειας, που περιλαμβάνει δεδομένα για την παραγωγή καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας, τη μεταφορά με φορτηγά, την παραγωγή ξύλινων ράβδων και το φυσικό αέριο που καίγεται κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (Yu, Lu and Xu, 2013).

Κατά τη μοντελοποίηση της μονάδας κατασκευής, ελήφθησαν δεδομένα εκπομπών για όλες τις μη οδικές κατασκευές και τον εξοπλισμό οχημάτων (Yu, Lu and Xu, 2013).

Η μονάδα συμφόρησης αντιπροσωπεύει την πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων κατά τις περιόδους κατασκευής και συντήρησης και αποκατάστασης, σε αντίθεση με τις κανονικές λειτουργίες κυκλοφορίας. Οι μη φυσιολογικές συμπεριφορές κυκλοφορίας, όπως αλλαγές στη ροή της κυκλοφορίας, καθυστέρηση κυκλοφορίας και το μήκος ουράς, μοντελοποιήθηκαν. Χρησιμοποιήθηκαν οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις του μοτίβου κυκλοφορίας. Οι πρόσθετες καταναλώσεις καυσίμου και οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις υπολογίστηκαν από:

$$Y_{\text{total}} = VMT_{\text{queue}} \times Y_{\text{queue}} + VMT_{\text{workzone}} \times Y_{\text{workzone}} + VMT_{\text{detour}} \times Y_{\text{detour}} - VMT_{\text{normal}} \times Y_{\text{normal}} \quad (5.3)$$

Όπου:

- Y_i = Τιμή διαφορετικών περιβαλλοντικών δεικτών, όπως η κατανάλωση καυσίμου (L/km) ή οι τιμές εκπομπών (g/km)
- VMT_i = Συνολικά μίλια που διανύθηκαν από οχήματα (χλμ. ή μίλι)

Το i είναι ο δείκτης σεναρίου, που αντιπροσωπεύει το σύνολο, την αναμονή στην ουρά, τη διέλευση από τη ζώνη εργασίας, την παράκαμψη ή τη λειτουργία υπό κανονικές συνθήκες.

5.10. Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής

Η ανάλυση του κόστους του κύκλου ζωής (Life Cycle Cost Analysis) εφαρμόζεται συνήθως σε σχέδια και συντήρηση οδοστρωμάτων. Πρόκειται για εργαλείο που υποστηρίζει τον υπολογισμό του συνολικού κόστους σε σχέση με τα διαφορετικά κόστη όσον αφορά την κατασκευή, τη συντήρηση και την κατανάλωση καυσίμου των οχημάτων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη καθαρή εξοικονόμηση στον κύκλο ζωής (Yu, Lu and Xu, 2013).

Τα στοιχεία κόστους που προκύπτουν κατά την περίοδο ανάλυσης του κύκλου ζωής περιλαμβάνουν το κόστος κατασκευής του αρχικού οδοστρώματος, το κόστος αποκατάστασης ορισμένων μεγάλων κύκλων αποκατάστασης, το κόστος συντήρησης ρουτίνας και το πρόσθετο κόστος χρήστη. Η τακτική συντήρηση και το πρόσθετο κόστος χρήστη εκτιμώνται ως ένα στοιχείο κόστους στο αναπτυγμένο μοντέλο, καθώς σχετίζονται άμεσα μεταξύ τους και υπολογίζονται σε ετήσια βάση.

Με την παρουσία ενός ενεργού προγράμματος τακτικής συντήρησης, το πρόσθετο κόστος χρήστη θα είναι ελάχιστο, ενώ η διαδικασία για την εκτίμηση του κόστους κύκλου ζωής είναι διαφορετική για κάθε επιλογή πολιτικής απόφασης. Στο πλαίσιο αυτό η μέθοδος της παρούσας αξίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πρώτη επιλογή πολιτικής απόφασης, καθώς η διάρκεια της περιόδου ανάλυσης του κύκλου ζωής είναι σταθερή για όλα τα πιθανά σχέδια συντήρησης και αποκατάστασης.

Η παρούσα αξία του κόστους του κύκλου ζωής του οδοστρώματος υπολογίζεται από την εξίσωση (5.3).

$$P_{LC} = C_C + M_C \times f(P|A, r, T_{m+1}) + \sum_{j=1}^m R_j \times f(P|F, r, T_j) \quad (5.4)$$

$$f(P|A, r, T_{m+1}) = \frac{[(1+r)^{T_{m+1}} - 1]}{r(1+r)^{T_{m+1}}}$$

$$f(P|F, r, T_j) = \frac{1}{(1+r)^{T_j}}$$

Όπου:

P_{LC} = Κόστος αξίας για ένα δεδομένο σχέδιο συντήρησης και αποκατάστασης (\$/m²)

C_C = Αρχικό κόστος κατασκευής της αρχικής κατασκευής οδοστρώματος (\$/m²)

M_C = Ετήσια τακτική συντήρηση και πρόσθετο κόστος χρήστη (\$/m²)

R_j = Μελλοντικό κόστος αποκατάστασης του κύκλου j ($j=1,2,\dots,m$)

T_{m+1} = Μήκος περιόδου ανάλυσης κύκλου ζωής σε χρόνια.

r = Ετήσιο επιτόκιο

m = Αριθμός αναπτυσσόμενων μεγάλων κύκλων αποκατάστασης σε μια περίοδο ανάλυσης

$$T_j = \text{Προγραμματισμένος χρόνος αποκατάστασης του κύκλου } j \text{ σε χρόνια}$$

$$f(P|A, r, T_{m+1}) = \text{Παράγοντας μετατροπής ενός ενιαίου ετήσιου κόστους σε ένα κόστος του παρόντος,}$$

$$f(P|F, r, T_j) = \text{Παράγοντας μετατροπής ενός μελλοντικού κόστους σε ένα κόστος του παρόντος}$$

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο το κόστος του κύκλου ζωής, το βέλτιστο σχέδιο συντήρησης και αποκατάστασης είναι αυτό που σχετίζεται με την ελάχιστη αξία του τρέχοντος κόστους του κύκλου ζωής. Η μέθοδος ισοδύναμου ετήσιου κόστους χρησιμοποιείται στη δεύτερη επιλογή πολιτικής απόφασης με περίοδο ανάλυσης μεταβλητού κύκλου ζωής. Το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του κύκλου ζωής του οδοστρώματος υπολογίζεται για κάθε πιθανό σχέδιο συντήρησης και αποκατάστασης από παραμέτρους κόστους που παρουσιάστηκαν προηγουμένως χρησιμοποιώντας την εξίσωση (5.4).

$$EA_{LC} = P_{LC} \times f(A|P, r, T_{m+1}) \quad (5.5)$$

$$f(A|P, r, T_{m+1}) = \left[\frac{r(1+r)^{T_{m+1}}}{(1+r)^{T_{m+1}} - 1} \right]$$

Όπου:

$$EA_{LC} = \text{Ετήσιο κόστος κύκλου ζωής οδοστρώματος (\$/m}^2\text{).}$$

$$P_{LC} = \text{Κόστος παρούσας αξίας του κύκλου ζωής του οδοστρώματος για μεταβλητές περιόδους } T_{m+1}$$

$$f(A|P, r, T_{m+1}) = \text{Παράγοντας μετατροπής ενός παρόντος κόστους σε ένα ισοδύναμο ενιαίο ετήσιο κόστος}$$

Ομοίως, τα πιθανά σχέδια συντήρησης και αποκατάστασης με μεταβλητή περίοδο ανάλυσης κύκλου ζωής, μπορούν να συγκριθούν χρησιμοποιώντας ετήσιες τιμές κόστους ισοδύναμου κύκλου ζωής οδοστρώματος. Η μέθοδος ισοδύναμου ετήσιου κόστους μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην πρώτη επιλογή πολιτικής απόφασης με σκοπό την πραγματοποίηση συμβατών συγκρίσεων. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο το κόστος, το πρόγραμμα με το ελάχιστο ισοδύναμο ετήσιο κόστος κύκλου ζωής επιλέγεται ως το βέλτιστο (Abaza, 2002).

Αξιζει να σημειωθεί ότι η σύγκριση μεταξύ πιθανών σχεδίων συντήρησης και αποκατάστασης που βασίζονται αποκλειστικά στο κόστος κύκλου ζωής δεν θεωρείται αποτελεσματική προσέγγιση, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη την αναμενόμενη μακροπρόθεσμη απόδοση του κύκλου ζωής του οδοστρώματος (Abaza, 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ



ΕΙΚΟΝΑ 32: ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΟΡΙΑ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ

Πηγή: QGIS, Ιδία επεξεργασία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών ενέχει ένα σύνολο σημαντικών πλεονεκτημάτων, εφόσον μεγαλώνει η αξία του υλικού που ανακτάται. Στο πλαίσιο αυτό διερευνάται αν η κυκλική διαχείριση των υλικών αυτών που ανακτώνται εφαρμόζεται με επιτυχία στην Π.Ε. Λάρισας. Πιο συγκεκριμένα, μελετάται η διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ. που περιλαμβάνει αυτού του είδους τα υλικά, ενώ στη συνέχεια ερευνάται εάν εφαρμόζεται η επαναχρησιμοποίηση των ασφαλτικών υλικών για νέο ασφαλτόμιγμα καθώς και η χρήση του ως αδρανή υλικά για την βάση και την υπόβαση του οδοστρώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΣΑΣ

6.1. Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Θεσσαλίας (ΠΕΣΔΑ)

Τα υλικά οδοποιίας μπορεί να είναι άσφαλτος και οποιαδήποτε άλλα υλικά οδοστρώματος, υλικά βάσεων και υποβάσεων, δηλαδή χαλίκι, άμμος, σκύρα και γενικά υλικά που προκύπτουν από την αποξήλωση και ανακαίνιση οδών. Τα άχρηστα υλικά οδοποιίας προέρχονται όχι μόνο από την αποξήλωση και τη συντήρηση των δρόμων αλλά και από τις υπόγειες υδραυλικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πόλεων καθώς και από έργα επιδιόρθωσης αυτών (Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2016).

Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, δεν υφίσταται σύστημα καταγραφής των παραγόμενων ποσοτήτων και για το λόγο αυτό οι εκτιμήσεις που γίνονται, αποτελούν μία κατά προσέγγιση αποτύπωση της υφιστάμενης παραγωγής.

Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας δεν υφίσταται Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ), σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010. Επίσης, δεν βρίσκεται υπό αδειοδότηση κάποιο Σύστημα, βάσει των στοιχείων του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ). Για το λόγο αυτό η διαχείριση των ΑΕΚΚ πραγματοποιείται από τους διαχειριστές των ΑΕΚΚ (κατασκευαστές, εργολάβοι) μη οργανωμένα και δίχως να είναι δυνατή η καταγραφή των παραγόμενων και των προς διαχείριση ή διάθεση ποσοτήτων. Παρόλα αυτά ένα μεγάλο τμήμα των ΑΕΚΚ επαναχρησιμοποιείται και ανακυκλώνεται συμπεριλαμβάνοντας τις εργασίες επίχωσης όπου γίνεται χρήση των αποβλήτων αυτών για την υποκατάσταση άλλων υλικών. Οι εργασίες αυτές δύναται να λαμβάνουν χώρα επί τόπου κατά την κατασκευή ή κατεδάφιση των έργων, παρόλα αυτά δεν είναι επίσημα καταγεγραμμένες.

Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη υποδομών στο σύνολο της Περιφέρειας, πραγματοποιείται σχεδόν σε όλους σχεδόν τους Δήμους διάθεση / επίχωση των ΑΕΚΚ σε ανενεργά λατομεία ή άλλους χώρους. Η πρακτική αυτή όμως θεωρείται ως ανεξέλεγκτη διάθεση εφόσον δεν συνοδεύεται από την απαιτούμενη αδειοδότηση.

Κατά συνέπεια, η διαχείριση των ΑΕΚΚ στην Περιφέρεια χρήζει άμεσης προτεραιότητας προκειμένου να:

1. παύσει η ανεξέλεγκτη διάθεση των ΑΕΚΚ σε χώρους μη αδειοδοτημένους
2. επιτευχθούν οι στόχοι που τίθενται από τη νομοθεσία για την ανακύκλωση των ΑΕΚΚ για τα έτη 2015 και 2020.

Οι στόχοι που τίθενται για την Περιφέρεια Θεσσαλίας αποτελούν εξειδίκευση των εθνικών στόχων:

- Έως το 2020 προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση 70% κ.β. (εξαιρούνται τα απόβλητα εκσκαφών) (Νόμος 4042/2012),
- Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση άλλων υλικών αποβλήτων και αξιοποίηση πρέπει να ανέλθει κατ' ελάχιστον στο 50 %, ως προς το συνολικό βάρος των παραγομένων ΑΕΚΚ στη χώρα (ΚΥΑ36259/1757/Ε103/2010).
- Η Περιφέρεια Θεσσαλίας να καλυφθεί με Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης έως 30/6/2015 (ΚΥΑ36259/1757/Ε103/2010).

ΜΕΤΡΑ ΠΕΣΔΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ:

Μέτρο 1: Έναρξη διαδικασιών για τη δημιουργία Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης για το σύνολο της Περιφέρειας

Μέτρο 2: Δημιουργία τεσσάρων τουλάχιστον Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας (Ανάκτησης) ΑΕΚΚ, εκ των οποίων ένα στη Λάρισα.

Μέτρο 3: Δημιουργία τουλάχιστον 1 Χ.Υ.Τ. Αδρανών χωρητικότητας κατά μέγιστο 400.000 tn για μεταφορά υπολειμμάτων από τις Μονάδες ΑΕΚΚ (μόνο των αδρανών).

Μέτρα 4: Ειδικές ρυθμίσεις για τα απόβλητα εκσκαφών

Οι εγκαταστάσεις αυτές περιλαμβάνουν εκτός των βασικών έργων υποδομής (οικίσκος ελέγχου, χώρος εκφόρτωσης, χώρος αποθήκευσης, οδοποιία, κλπ.) το σύνολο του απαραίτητου εξοπλισμού για τη μηχανική επεξεργασία των ΑΕΚΚ, όπως υδραυλική ψαλίδα τεμαχισμού (κατακερματισμού) των αδρανών, φορητός σπαστήρας αδρανών υλικών, φορητός τεμαχιστής υλικών, κόσκινο διαχωρισμού των επεξεργασμένων υλικών και διάταξη αποκονίωσης.

Τα επικίνδυνα υπολείμματα θα παραδίδονται σε αδειοδοτημένες εταιρείες, ενώ τα μη επικίνδυνα απόβλητα και μη αδρανή θα οδηγούνται στους 7 ενεργούς Χ.Υ.Τ.Α. της Περιφέρειας. Αντίστοιχα τα αδρανή υπολείμματα, τα οποία δεν μπορούν να αξιοποιηθούν θα οδηγούνται σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Αδρανών.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΕΚΚ

1.	Να είναι πλησίον στις πρωτεύουσες των Νομών
2.	Ενθαρρύνεται η χωροθέτηση των μονάδων σε ανενεργά λατομεία ανεξαρτήτως του ιδιοκτησιακού καθεστώτος τους. Η λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των ΑΕΚΚ σε λατομεία δεν θα πρέπει να παρατείνεται πέραν του χρόνου αποκατάστασης του λατομείου που ορίζεται με τη σύμβαση ανάθεσης του αναδόχου. Η εγκατάσταση των μονάδων σε δάση, δασικές εκτάσεις μπορεί να ενεργηθεί κατόπιν χορήγησης έγκρισης επέμβασης από τον Γ.Γ. της Αποκεντρωμένης Διοίκησης (όπως προβλέπεται και στο άρθρο 40 του Νόμου 4030/2011 και αντικαταστάθηκε με το άρθρο 51 του Ν. 4280/2014). Εγκεκριμένα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης στερεών αποβλήτων μπορούν να προβαίνουν σε εναπόθεση, επεξεργασία και αξιοποίηση αποβλήτων που προέρχονται από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ) σε μεταλλεία και λατομεία των οποίων έπαυσε η λειτουργία για οποιονδήποτε λόγο χωρίς αποκατάσταση αυτών. Η εγκατάσταση των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης διενεργείται επί τη βάση εγκεκριμένης μελέτης, σύμφωνα με την οικεία απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων αποκατάστασης του τοπίου και της δασικής βλάστησης και κατά τα οριζόμενα στις παραγράφους 1 έως 3 του άρθρου 30 του ν. 4030/2011 (Α' 249), όπως ισχύει. Οι ανωτέρω εγκαταστάσεις είναι προσωρινές και απομακρύνονται με την ολοκλήρωση του έργου της αποκατάστασης.
3.	Κατάλληλες θεωρούνται και οι θέσεις που εμπίπτουν σε περιοχές στις οποίες επιτρέπεται, από τις ισχύουσες κάθε φορά πολεοδομικές διατάξεις, η εγκατάσταση βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων της ίδιας κατηγορίας με αυτή των μονάδων εναλλακτικής διαχείρισης (όπως προβλέπεται και στο άρθρο 33 του Νόμου 3164/2003, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει).
4.	Να είναι πλησίον κεντρικού οδικού άξονα (κατά προτεραιότητα σε εθνικό δίκτυο ή πρωτεύον επαρχιακό) και για την πρόσβαση στο χώρο να μην απαιτείται διέλευση από κέντρα οικισμών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Ε.Κ.Κ.

Πηγή: (Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2016)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ Χ.Υ.Τ	
1.	Να βρίσκεται σε κεντροβαρή θέση ως προς τις μονάδες ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ, εκτός κι αν καλύπτεται το κριτήριο 3.
2.	Ενθαρρύνεται η χωροθέτηση του Χ.Υ.Τ. σε ανενεργά λατομεία ανεξαρτήτως του ιδιοκτησιακού καθεστώτος τους (όπως προβλέπεται και στο άρθρο 40 του Νόμου 4030/2011 και αντικαταστάθηκε με το άρθρο 51 του Ν. 4280/2014) σε συνδυασμό με μία από τις προβλεπόμενες μονάδες αξιοποίησης των ΑΕΚΚ.
3.	Ενθαρρύνεται η χωροθέτηση του Χ.Υ.Τ. σε οικόπεδο πλησίον/εντός αδειοδοτημένου ΧΥΤΑ όπως στο Χ.Υ.Τ.Α. Λάρισας, όπου υπάρχει διαθέσιμο όμορο οικόπεδο, δημοτικής ιδιοκτησίας που μπορεί να παραχωρηθεί.
4.	Να είναι πλησίον κεντρικού οδικού άξονα (κατά προτεραιότητα σε εθνικό δίκτυο ή πρωτεύον επαρχιακό) και για την πρόσβαση στο χώρο να μην απαιτείται διέλευση από κέντρα οικισμών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ Χ.Υ.Τ.

Πηγή: (Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2016)

6.2. Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων

Η διαχείριση των παραγόμενων ΑΕΚΚ και ογκωδών αποβλήτων στον Δήμο Λαρισαίων δεν μπορεί παρά να χαρακτηρίζεται ως προβληματική. Ειδικότερα με την διαχείριση ογκωδών, αδρανών αποβλήτων καθώς και αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, δραστηριοποιούνται η Υπηρεσία Καθαριότητας Περιβάλλοντος αλλά και η Δ/νση Τεχνικών Έργων (Διεύθυνση Καθαριότητας και Ανακύκλωσης, 2015).

Η Τεχνική Υπηρεσία με ανάλογο μηχανολογικό εξοπλισμό συλλέγει σε καθημερινή βάση, τα παραγόμενα απόβλητα από εργασίες κατεδαφίσεων κτισμάτων, εκσκαφών & διαμόρφωσης κοινοχρήστων χώρων και κατασκευών έργων υποδομής (διάνοιξη οδοποιίας, κατασκευή δικτύων κ.α.) και μέρος των συλλεγόμενων απορριμμάτων αξιοποιείται σε άλλες χωματοουργικές εργασίες, ενώ το υπόλοιπο εναποτίθεται κατά περιόδους σε χώρους υποδεικνυόμενους προς διάθεση ή αποκατάσταση (εργασίες επίχωσης).

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του αρμόδιου τμήματος, οι ποσότητες που διαχειρίζεται η τεχνική υπηρεσία του Δήμου Λάρισας είναι σημαντικά μειωμένες έναντι παλαιότερων ετών, λόγω του περιορισμένου αριθμού των εκτελούμενων έργων.

Από την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης για τα ΑΕΚΚ – ογκώδη απορρίμματα, προκύπτουν τα ακόλουθα:

1. Χωριστή συλλογή των παραγόμενων ΑΕΚΚ –ογκωδών γίνεται και από τις δύο αρμόδιες Υπηρεσίες του Δήμου μας (Δ/νση Καθαριότητας & Ανακύκλωσης και Δ/νση Τεχνικών Έργων).
2. Οι σημερινές παραγόμενες ποσότητες λόγω του αρνητικού οικονομικού κλίματος, έχουν μειωθεί σημαντικά (ιδίως των αποβλήτων εκσκαφών και κατασκευών).
3. Ο κύριος όγκος των ανωτέρω αποβλήτων (άνω του 80%) δεν οδηγούνται προς ταφή στον ΧΥΤΑ, αλλά εναποτίθεται κατά περιόδους σε χώρους υποδεικνυόμενους από την Τ.Υ. προς εναπόθεση, αποκατάσταση (εργασίες επίχωσης) ή αξιοποιείται σε άλλες χωματοουργικές εργασίες.
4. Δεν υπάρχουν στα όρια του Δήμου αλλά και της Περιφερειακής Ενότητας, αδειοδοτημένος – εγκεκριμένος χώρος διάθεσης των αποβλήτων ΑΕΚΚ ή χώρος προσωρινής αποθήκευσης ή/και αξιοποίησης.

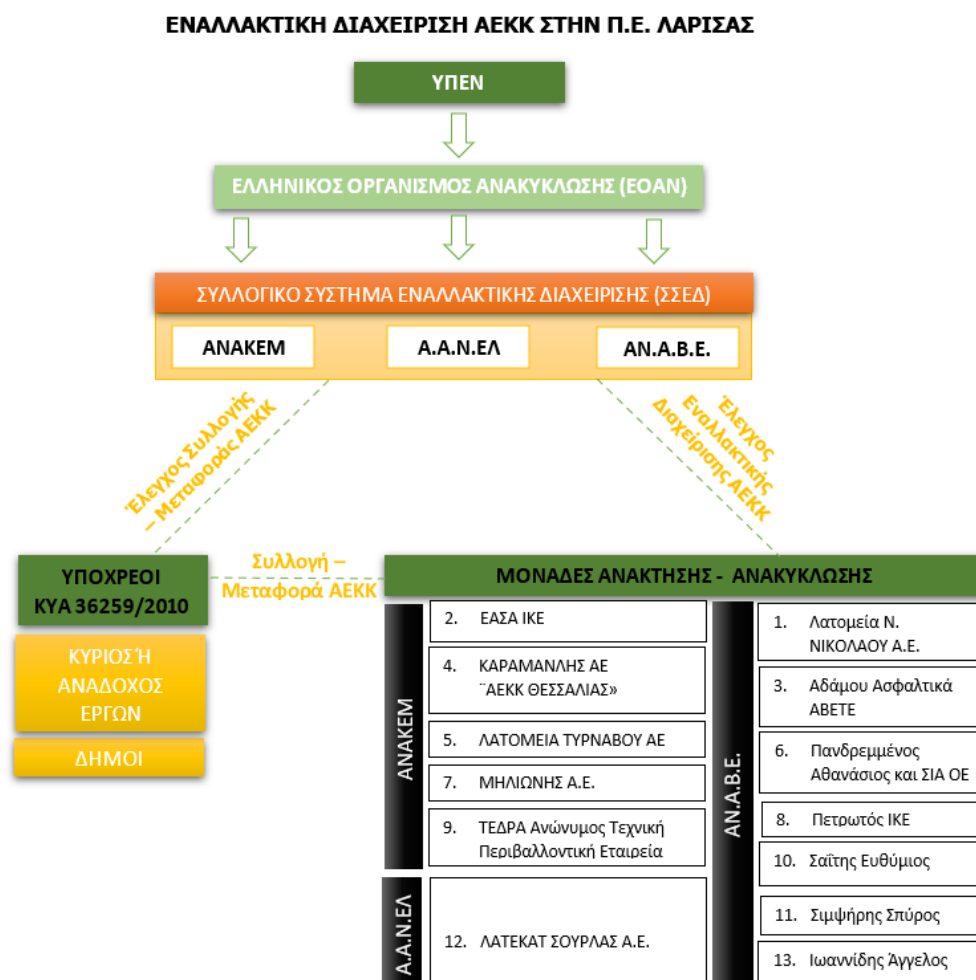
5. Συνεπώς υφίσταται επί του παρόντος θέμα επιβολής ειδικού προστίμου ταφής (από 1/01/2016) για τα ογκώδη απόβλητα που μεταφέρονται στο ΧΥΤΑ.

6.3. Συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης για την Π.Ε. Λάρισας

Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) εντάχθηκαν στην εναλλακτική διαχείριση με την ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)».

Για την εναλλακτική διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ. ισχύουν τα προβλεπόμενα στο άρθρο 30 του ν. 4819/2021, στην ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010, καθώς και στο ν. 4495/2017 «Έλεγχος και προστασία του Δομημένου Περιβάλλοντος και άλλες Διατάξεις» (Α' 167) (ΚΥΑ-11977624292021).

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 36259/2010, ως σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης νοείται η οργάνωση σε ατομική ή συλλογική βάση με οποιαδήποτε νομική μορφή των εργασιών συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης, επαναχρησιμοποίησης, επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΕΚΚ.



ΕΙΚΟΝΑ 33: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΤΗΝ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ

Η εναλλακτική διαχείριση Α.Ε.Κ.Κ. στην Π.Ε. Λάρισας αποτελείται από τρία ΣΣΕΔ υπεύθυνα για τη διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ και από μονάδες ανάκτησης – ανακύκλωσης, αλλά και συλλογείς – μεταφορείς που συνεργάζονται με αυτά τα ΣΣΕΔ. Οι υπόχρεοι διαχείρισης οφείλουν αντίστοιχα να συνάψουν συνεργασία με ένα από τα τρία ΣΣΕΔ.

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

6.3.1. Ελληνικός οργανισμός ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ)

Ο ΕΟΑΝ υποβάλλει προς το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ετήσια στατιστικά στοιχεία σχετικά με την επίδοση της χώρας στη διαχείριση των αποβλήτων υποχρεωτικά για τα ρεύματα εναλλακτικής διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων - Α.Ε.Κ.Κ. Αντίστοιχα, παρακολουθεί τη διαχείριση των συγκεκριμένων αποβλήτων μέσω των Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης που εγκρίνει και εποπτεύει.

6.3.2. Συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης (ΣΣΕΔ)

Τα Συλλογικά Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ) είναι οι υπεύθυνοι φορείς για την εναλλακτική διαχείριση ΑΕΚΚ στην περιοχή εμβέλειάς τους (ΑΝΑΚΕΜ, 2022). Οι φορείς ΣΣΕΔ έχουν ως αποκλειστικό σκοπό την οργάνωση και λειτουργία ΣΣΕΔ εγκεκριμένου από τον Ε.Ο.ΑΝ. Επιτρέπεται η λειτουργία περισσοτέρων του ενός φορέων ΣΣΕΔ για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων συσκευασίας ή για κάθε ρεύμα αποβλήτων άλλων προϊόντων.

Παρακολουθούν και καταγράφουν τα στοιχεία για την εναλλακτική διαχείριση των ΑΕΚΚ και συντάσσουν απολογισμούς προς τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (Ε.Ο.ΑΝ.) (ΑΝΑΚΕΜ, 2022).

Τα ΣΣΕΔ οργανώνονται σε εταιρείες που δεν επιδιώκουν κέρδος, με οποιαδήποτε νομική μορφή, σε ατομική ή συλλογική βάση. Οργανώνουν, συντονίζουν και εποπτεύουν όλη τη διαδικασία διαχείρισης των ΑΕΚΚ με στόχο την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων και την εναλλακτική διαχείρισή τους, δηλαδή τις εργασίες συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης, επαναχρησιμοποίησης, επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΕΚΚ, ώστε τα ανακυκλωμένα ή ανακτημένα υλικά να επιστρέφουν στην αγορά. Τα ΣΣΕΔ συνεργάζονται με όλους τους εμπλεκόμενους στη διαχείριση ΑΕΚΚ, δηλαδή με διαχειριστές ΑΕΚΚ (εργολάβοι ιδιωτικών και δημοσίων έργων, κατασκευαστές, φορείς εκμίσθωσης εξοπλισμού και παροχής υπηρεσιών προσωρινής αποθήκευσης συλλογής και μεταφοράς, ιδιώτες), με μονάδες επεξεργασίας και με Εταιρείες Συλλογής, Μεταφοράς και Προσωρινής Αποθήκευσης ΑΕΚΚ, καθώς και με δημόσιους φορείς και οργανισμούς και ιδιαίτερα Περιφέρειες και τους Δήμους (ΑΝΑΚΕΜ, 2022).

Σύμφωνα με το άρθρο 4Γ του υπ' αριθμ. ν. 4496/2017 με τίτλο «Εποπτεία και διαφάνεια των ΣΣΕΔ» (ΦΕΚ Α' 170/08.11.2017), κάθε φορέας ΣΣΕΔ υποχρεούται να τηρεί και να διαθέτει, ύστερα από αίτημα υπόχρεου που συμμετέχει ή συνεργάζεται με αυτόν, πληροφορίες σχετικά με τους παραγωγούς που έχουν ενταχθεί στο εν λόγω ΣΣΕΔ, τις χρηματικές εισφορές που καταβάλλονται συνολικά στο ΣΣΕΔ, τα στοιχεία των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας, καθώς και των συμβάσεων που έχουν συναφθεί με το φορέα ΣΣΕΔ, τα σημεία και κέντρα συλλογής αποβλήτων, καθώς και το σύνολο των ποσοτήτων, των οποίων η διαχείριση έλαβε χώρα με ευθύνη του εν λόγω ΣΣΕΔ.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 τα συστήματα αποβλέπουν:

1. Στη συλλογή των ΑΕΚΚ από τα εργοτάξια ή τους χώρους που παράγονται προκειμένου να διοχετεύονται προς τις πλέον ενδεδειγμένες λύσεις εναλλακτικής διαχείρισης.
2. Στην επαναχρησιμοποίηση ή στην αξιοποίηση συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των συλλεγόμενων υλικών.
3. Στη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις που αναφέρονται σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας και ασφάλειας των καταναλωτών και των εργαζομένων στο σύστημα, προστασίας των δικαιωμάτων βιομηχανικού και εμπορικού απορρήτου και αποφυγής εμποδίων στο εμπόριο ή στρεβλώσεων στον ανταγωνισμό για τα εισαγόμενα προϊόντα.

1. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΕΚΚ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ Α.Ε – ΑΝΑ.ΚΕ.Μ.



ΕΙΚΟΝΑ 34: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ANAKEM

Πηγή: (ΑΝΑΚΕΜ, 2022)

Η Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Κεντρικής Μακεδονίας Α.Ε. – ΑΝΑΚΕΜ Α.Ε. αποτελεί ένα «Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών, Κατεδαφίσεων» με εμβέλεια σε 8

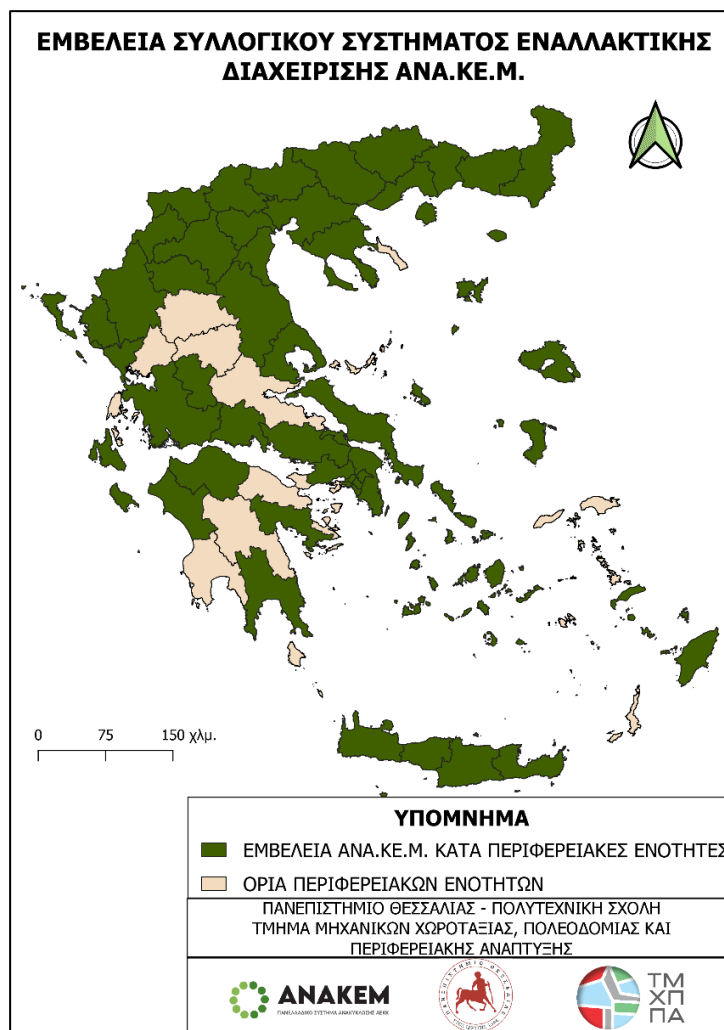
Περιφέρειες και 19 Περιφερειακές Ενότητες.

και υπό την αιγίδα της λειτουργούν συνολικά 148 μονάδες ανακύκλωσης, εκ των οποίων οι πέντε λαμβάνουν χώρα στην Π.Ε. Λάρισας (ΑΝΑΚΕΜ, 2022).

Η ΑΝΑΚΕΜ βραβεύτηκε για τη συμβολή της στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και για τις επιδόσεις στην ανακύκλωση, στα Greek Green Awards 2019 και 2022 αντίστοιχα, κατά την Διεθνή Έκθεση Verde Tec. Ακόμη, έχει πιστοποιηθεί και εφαρμόζει Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας κατά ISO 9001 και Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης κατά ISO 14001.

Η ΑΝΑΚΕΜ Α.Ε. συνεργάζεται με τις ακόλουθες μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ στην Π.Ε. Λάρισας:

1. ΕΑΣΑ ΙΚΕ
2. ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ ΕΕ "ΑΕΚΚ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ"
3. ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ ΑΕ
4. ΜΗΛΙΩΝΗΣ ΑΕ
5. ΤΕΔΡΑ Ανώνυμος Τεχνική Περιβαλλοντική Εταιρεία (ΑΝΑΚΕΜ, 2022)



ΕΙΚΟΝΑ 35: ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΑΝΑΚΕΜ

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΝΟΤΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ – Α.Α.Ν.ΕΛ.



ΕΙΚΟΝΑ 36: ΛΟΓΟΤΥΠΟ
ΑΑΝΕΛ

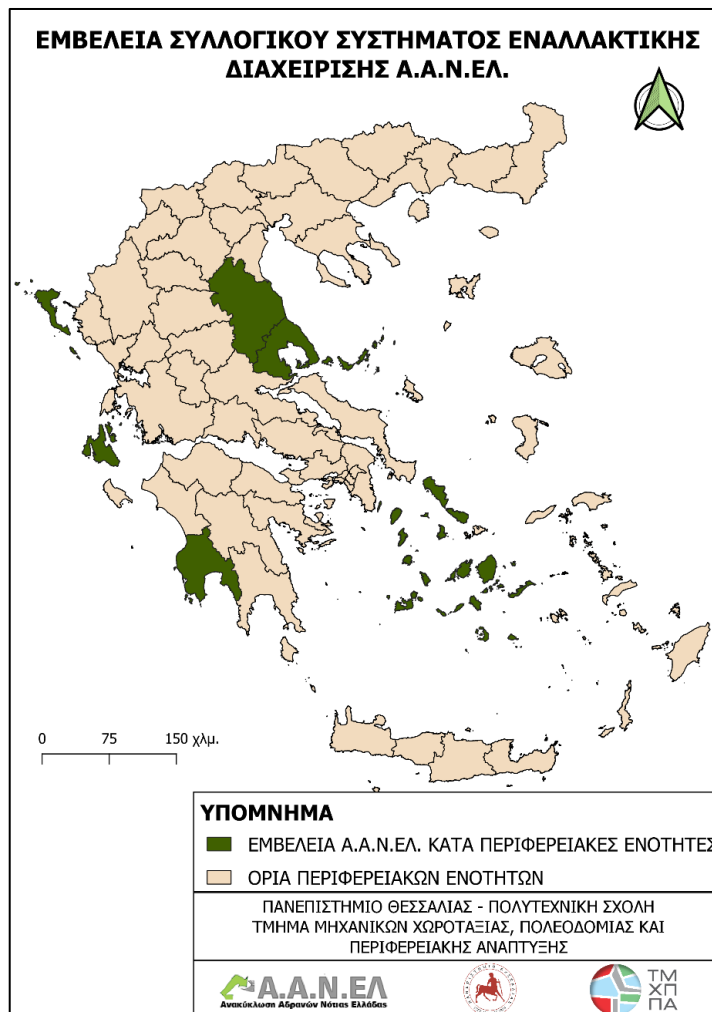
Πηγή: (ΑΑΝΕΛ, 2022)

Η αστική εταιρεία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με την επωνυμία Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατεδαφίσεων, Κατασκευών ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΝΟΤΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ και διακριτικό τίτλο «ΑΑΝΕΛ» συστάθηκε και λειτουργεί σύμφωνα με την ΚΥΑ 36259/1757/Ε103 «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)» ΦΕΚ 1312/Β/24.8.2010.

Αντικείμενο της ΑΑΝΕΛ είναι η οργάνωση και εποπτεία των εργασιών εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ (Συλλογή-Μεταφορά-Ανάκτηση) που πραγματοποιούνται από δημόσια ή/και ιδιωτικά νομικά και φυσικά πρόσωπα (Διαχειριστές, Μονάδες) και η ενημέρωση της δημόσιας διοίκησης και των διαχειριστών ΑΕΚΚ για τις υποχρεώσεις τους που απορρέουν από την νομοθεσία (ΑΑΝΕΛ, 2022).

Κεντρικός της στόχος είναι ο έλεγχος και η παρεμπόδιση της ανεξέλεγκτης απόρριψης των ΑΕΚΚ, ενώ προτεραιότητα είναι η επαναχρησιμοποίηση των υλικών που προκύπτουν, ώστε να επιτευχθεί η μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία.

Η συμβεβλημένη μονάδα ανάκτησης ΑΕΚΚ που εντάσσεται στο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Α.Α.Ν.ΕΛ. και εντοπίζεται στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, είναι η ΛΑΤΕΚΑΤ ΣΟΥΡΛΑΣ Α.Ε.



ΕΙΚΟΝΑ 37: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ΑΑΝΕΛ

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Α.Ε

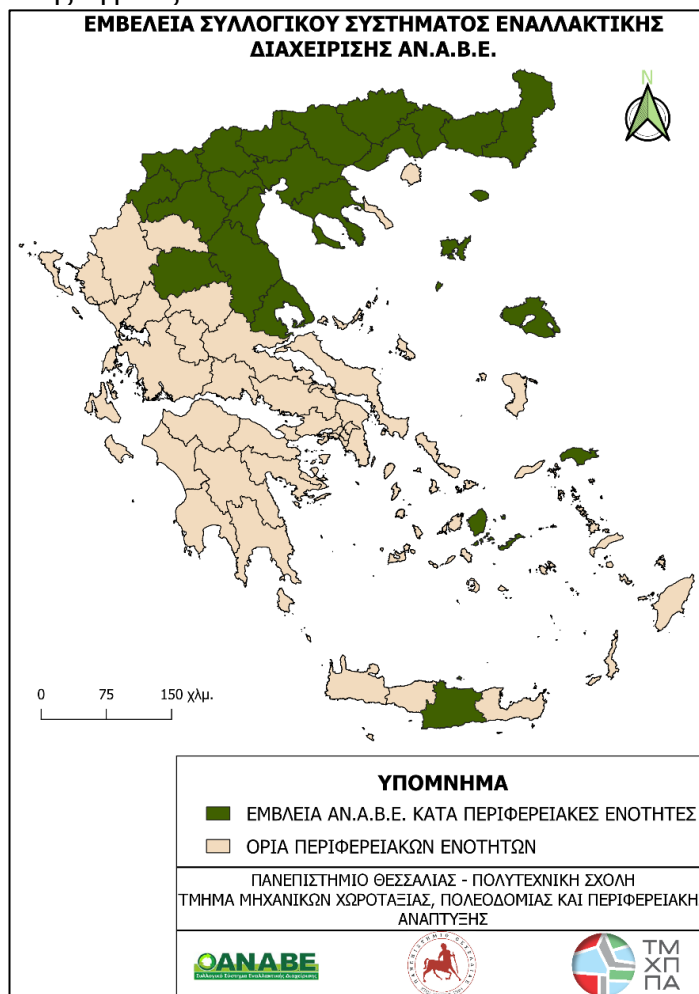
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ANABE

Πηγή: (ANABE, 2022)

Η ANABE ΑΕ είναι το πρώτο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) που εγκρίθηκε το 2011 από τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ) με γεωγραφική εμβέλεια την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 2014 επέκτεινε την γεωγραφική της εμβέλεια στις Περιφερειακές Ενότητες Καβάλας, Δράμας και Ηρακλείου, ενώ το 2017 στις Περιφερειακές Ενότητες Ροδόπης, Ξάνθης και Έβρου καλύπτοντας πλέον και όλη την Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Το έτος 2019 εγκρίθηκε η ανανέωση της λειτουργίας της ANABE ΑΕ για ακόμα έξι έτη καθώς και η επέκταση της γεωγραφικής της εμβέλειας στις Περιφερειακές Ενότητες Νάξου, Καστοριάς, Λάρισας, Λήμνου, Λέσβου, Σάμου, Φλώρινας και Τρικάλων. Τέλος, το 2020 εγκρίθηκε η επέκταση της γεωγραφικής της εμβέλειας στις Περιφερειακές Ενότητες Κοζάνης και Μαγνησίας (ANABE, 2022).

Η ANABE ΑΕ πιστοποιείται σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9001:2015 και ISO 14001:2015 και οι μονάδες ανακύκλωσης που εντοπίζονται στην Π.Ε. Λάρισας είναι:

1. Λατομεία Ν. ΝΙΚΟΛΑΟΥ Α.Ε.
2. Αδάμου Ασφαλτικά ΑΒΕΤΕ
3. Πανδρεμμένος Αθανάσιος και ΣΙΑ ΟΕ
4. Πετρωτός ΙΚΕ
5. Σαϊτής Ευθύμιος
6. Σιμπήρης Σπύρος
7. Ιωαννίδης Άγγελος



ΕΙΚΟΝΑ 39: ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΣΣΕΔ ANABE

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

6.3.3. Υπόχρεοι εναλλακτικής διαχείρισης

Κάθε επιχείρηση που εκτελεί εργασίες εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ είναι υποχρεωμένη να συμβληθεί με εγκεκριμένο ΣΕΔ (ΑΝΑΚΕΜ, 2022) (Εικόνες 49 και 50 Παραρτήματος). Την ευθύνη για τη διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ. έχουν ο κύριος ή ο ανάδοχος του έργου εφόσον αυτό έχει ανατεθεί (Δομή και ελάχιστο περιεχόμενο του Κανονισμού Καθαριότητας των Ο.Τ.Α. Α' βαθμού).

Πιο συγκεκριμένα απαγορεύονται:

- Η εναπόθεση επί του πεζοδρομίου, του οδοστρώματος ή άλλου κοινόχρηστου (δημόσιου ή ιδιωτικού) χώρου ΑΕΚΚ χωρίς άδεια από το δήμο ή χωρίς τη λήψη ειδικών μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος που προβλέπονται κάθε φορά από τις κείμενες διατάξεις. Ακόμη, απαγορεύεται η εναπόθεση ΑΕΚΚ χωρίς κατάλληλη συσκευασία και χωρίς την λήψη των απαιτούμενων προστατευτικών μέτρων για την ασφάλεια πεζών και οχημάτων και την αποφυγή ρύπανσης από την διαρροή υλικών.

- Η απόρριψη Α.Ε.Κ.Κ. σε ακάλυπτους χώρους, όπως οικόπεδα, ρέματα, πάρκα, άλση, δασικές εκτάσεις εντός ή εκτός σχεδίου πόλεως ή οικισμού.

- Η χωρίς άδεια κατάληψη κοινόχρηστων (δημόσιων ή δημοτικών) χώρων για την τοποθέτηση ειδικών κάδων (σκάφες, containers κτλ.) στους οποίους ρίπτονται Α.Ε.Κ.Κ. Οι υπεύθυνοι υποχρεούνται να διαθέτουν σχετική άδεια από το Δήμο και να αναρτούν σε εμφανές σημείο τον αριθμό της άδειας, την ημερομηνία έκδοσης και τα στοιχεία του υπεύθυνου.

- Η εγκατάλειψη αδρανών υλικών από επαγγελματικά αυτοκίνητα εργολάβων ή μεταφορικών εταιρειών σε δρόμους ή άλλους κοινόχρηστους χώρους (Δομή και ελάχιστο περιεχόμενο του Κανονισμού Καθαριότητας των Ο.Τ.Α. Α' βαθμού).

ΔΗΜΟΣ

Με βάση το νέο ΕΣΔΑ ο Δήμος συλλέγει εγκαταλελειμμένα ΑΕΚΚ από οικοδομικά έργα (συνήθως μικρής κλίμακας) και ΑΕΚΚ από τα δημοτικά έργα που αναλαμβάνουν με αυτεπιστασία².

Η συλλογή γίνεται είτε από τα συνεργεία του Δήμου είτε από συμβεβλημένο με ΣΕΔ συλλέκτη-μεταφορέα έπειτα από μειοδοτικό διαγωνισμό και οδηγούνται στη συνέχεια σε μονάδα επεξεργασίας ΑΕΚΚ. Η μονάδα επεξεργασίας αντίστοιχα, παραλαμβάνει τα ΑΕΚΚ και εκδίδει το απαραίτητο Πιστοποιητικό Παραλαβής (Σκρέκας κ.α., 2022). Οι ΟΤΑ, όπως κάθε Υπόχρεος Διαχειριστής, οφείλει να συνάψει Σύμβαση Συνεργασίας με εγκεκριμένο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης ΑΕΚΚ, που δραστηριοποιείται στην Π.Ε. στην οποία υπάγονται (aanel, 2022).

Ο Δήμος δεν έχει την υποχρέωση συλλογής και μεταφοράς αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων που προκύπτουν από οικοδομικές εργασίες ιδιωτικών ή δημοσίων φορέων, την ευθύνη των οποίων έχει ο ανάδοχος του δημοσίου ή ιδιωτικού έργου ή ο κύριος αυτού εφόσον θα έχει αναθέσει το έργο σε ανάδοχο (Δομή και ελάχιστο περιεχόμενο του Κανονισμού Καθαριότητας των Ο.Τ.Α. Α' βαθμού).

6.3.4. Μεταφορά

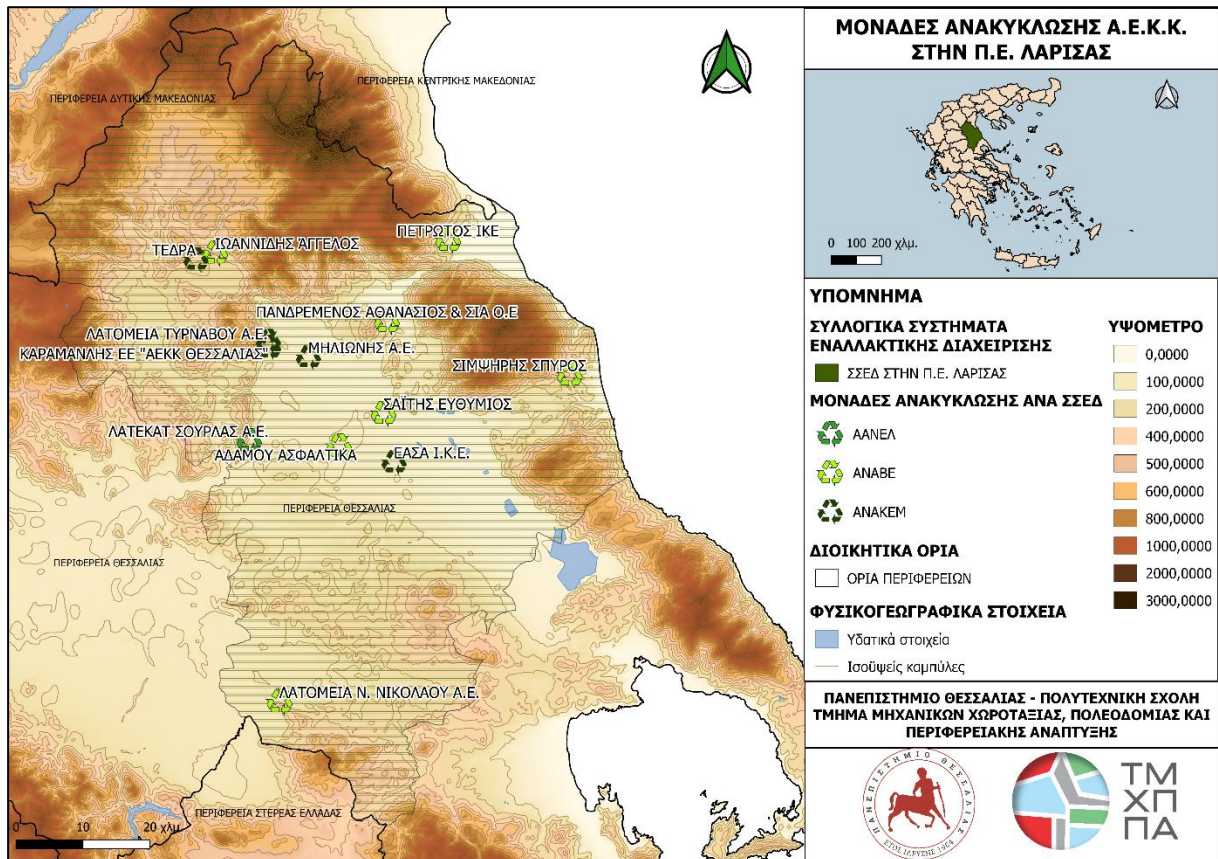
Τα ΑΕΚΚ μεταφέρονται με ευθύνη του κύριου ή του ανάδοχου του έργου από τον οποίο παρήχθησαν, από συλλέκτες – μεταφορείς εγγεγραμμένους στο ΗΜΑ σε εγκαταστάσεις υποδοχής Α.Ε.Κ.Κ., σε συνεργασία με ΣΕΔ Α.Ε.Κ.Κ. και μέσα από σύμβαση σύμβασης συνεργασίας του κύριου

² Η φροντίδα και επιστασία της κατασκευής ενός τεχνικού έργου από τον οργανισμό, το πρόσωπο κ.λπ. που ενδιαφέρεται άμεσα για το έργο αυτό.

ή αναδόχου, στην περίπτωση που δεν το έχει αναθέσει με το ΣΕΔ. Στο άρθρο 30 του ν. 4819/2021 προβλέπονται και εξαιρέσεις που αφορούν τους υπόχρεους διαχειριστές των Α.Ε.Κ.Κ. μέσω ΣΕΔ.

6.3.5. Μονάδες ανάκτησης – ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ. στην Π.Ε Λάρισας

Σύμφωνα με τα Συλλογικά Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης τα εργοστάσια ανακύκλωσης στο σύνολο της Π.Ε. Λάρισας παρουσιάζονται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 40).



ΕΙΚΟΝΑ 40: ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΤΗΝ Π.Ε. ΛΑΡΙΣΑΣ

Οι μονάδες ανάκτησης – ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ. σε αυτό το χάρτη, εντοπίζονται κατηγοριοποιημένες ανά ΣΣΕΔ. Κατά κύριο λόγο βρίσκονται εκτός του αστικού ιστού και ένα σημαντικό μέρος από αυτές σε εγκαταστάσεις λατομικών περιοχών.

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

Με την συμμετοχή της μονάδας ανάκτησης στο ΣΣΕΔ ΑΕΚΚ η υποχρέωση για την υποβολή στον ΕΟΑΝ (ή άλλη αρμόδια αρχή) της ετήσιας έκθεσης προγραμματισμού για το επόμενο έτος μεταφέρεται στο σύστημα και η μονάδα απαλλάσσεται από τις υποχρεώσεις που απορρέουν από το άρθρο 8 της ΚΥΑ 36259/1757/Ε103 (ΦΕΚ 1312/Β/24-8-2010). Εκτός αυτού η μονάδα ανάκτησης επιδοτείται από το σύστημα για κάθε τόνο εισερχομένων ΑΕΚΚ, σύμφωνα με τα εγκεκριμένα ποσά της σύμβασης συνεργασίας (ΑΑΝΕΛ, 2022).

Ακόμη, η μονάδα ανάκτησης καθίσταται ο μοναδικός ιδιοκτήτης των προϊόντων που θα προέλθουν από την διαδικασία Εναλλακτικής Διαχείρισης των ΑΕΚΚ που θα εισέλθουν σε αυτήν και μπορεί να τα εμπορευθεί ελεύθερα εφόσον τα προϊόντα αυτά τηρούν τις προδιαγραφές για την χρήση που προορίζονται και έχουν σήμανση CE (ΑΑΝΕΛ, 2022).

Μία εκ του συνόλου των μονάδων ανάκτησης – ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ. είναι η ΕΑΣΑ, από την οποία αντλήθηκαν πληροφορίες για τη διαχείριση των ασφαλτικών υλικών.

Η ΕΑΣΑ αναλαμβάνει την ανακύκλωση ποικίλων υλικών, όπως, αδρανή κοκκώδη υλικά (σκυρόδεμα, τούβλα, άσφαλτος, γυαλί, κλπ.), απορρίμματα ξυλείας, μέταλλα (χάλυβα, αλουμίνιο, σίδηρο και μη σιδηρούχα μέταλλα), χαρτί και πλαστικά (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022β).



ΕΙΚΟΝΑ 41: ΛΟΓΟΤΥΠΟ ΕΑΣΑ

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022)

Το πεδίο δραστηριότητας της περιλαμβάνει την παραλαβή των στερεών αποβλήτων από ιδιωτικά ή δημόσια τεχνικά έργα, που διαθέτουν ΣΔΑ με την ΑΝΑΚΕΜ Α.Ε., τη διαλογή και επεξεργασία των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων, τη ζύγιση και τον χαρακτηρισμό της κατηγορίας των εισερχομένων ΑΕΚΚ και τέλος τη μεταπώληση των υλικών που προκύπτουν από την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων.

Ένα από τα υλικά που εισέρχεται στην ΕΑΣΑ είναι και υλικά από τα έργα οδοποιίας τα οποία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, το υλικό που προκύπτει από την απόξεση ασφάλτου με κωδικό ΑΕΚΚ 17 03 02 και τα ανάμεικτα υλικά (περιέχουν αδρανή) με κωδικό ΑΕΚΚ 17 09 04.

Η είσοδος των υλικών αυτών στις εγκαταστάσεις της ΕΑΣΑ για το διάστημα 2018-2022 παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 42 και Πίνακας 17 Παραρτήματος).



ΕΙΚΟΝΑ 42: ΕΙΣΟΔΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022

Η ποσότητα των υλικών με κωδικό 17 03 02 εμφανίζεται μειωμένη από το 2018 έως το 2020, ενώ η είσοδος των υλικών με κωδικό 17 09 04 αρχίζει να αυξάνεται σημαντικά, ενώ το 2022 παρατηρείται μικρότερη ποσότητα αυτού του είδους των υλικών, δεδομένου ότι δεν έχει ολοκληρωθεί το έτος αυτό και αντιπροσωπεύει την είσοδο των υλικών μέχρι την ημερομηνία ανάκτησης, τον μήνα Ιούνιο.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

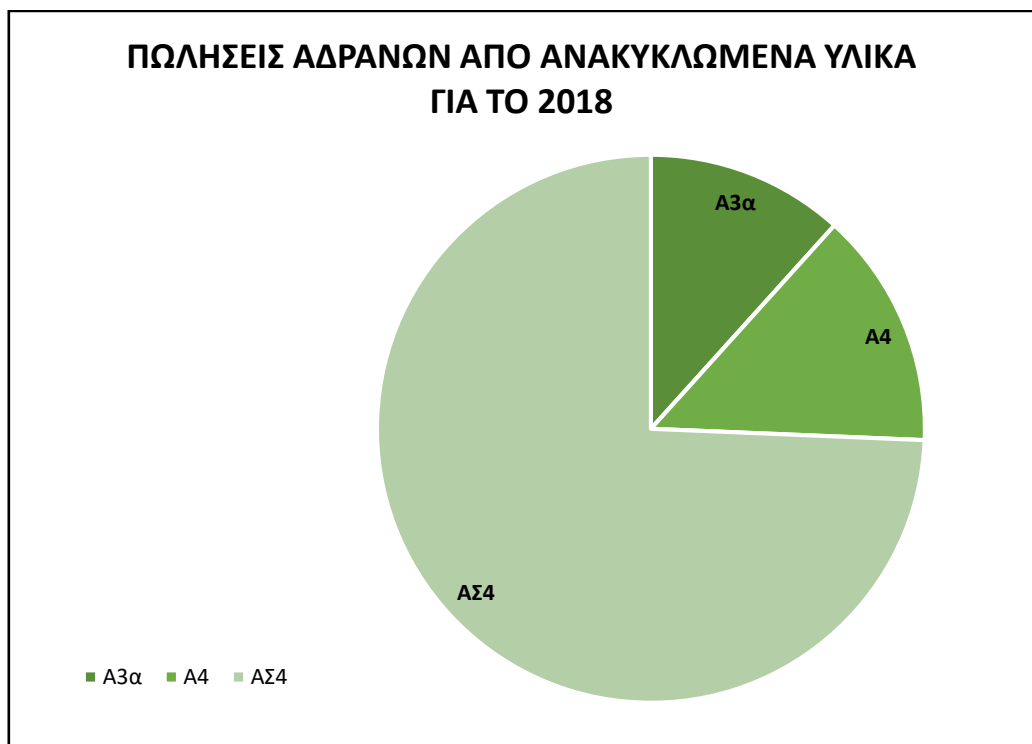
Η πώληση των υλικών αυτών αντίστοιχα, αναλύεται στις παρακάτω εικόνες (Εικόνες 43, 44, 45, 46, 47 και 48 και Πίνακας 16 Παραρτήματος), ενώ η τιμή πώλησης ανά κατηγορία υλικού που αντιστοιχεί στις τρέχουσες τιμές ανά τόνο υλικού παρουσιάζεται στον Πίνακα 18 του παραρτήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 43: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022

Οι πωλήσεις των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών φαίνεται να έχει αυξηθεί ραγδαία το έτος 2021. Η πτωτική πορεία για το έτος 2022 οφείλεται στο γεγονός ότι τα δεδομένα δεν αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το έτος αφού δε έχει ακόμη ολοκληρωθεί, αλλά μέχρι και τον Ιούνιο του 2022 καθώς τότε ανακτήθηκαν.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

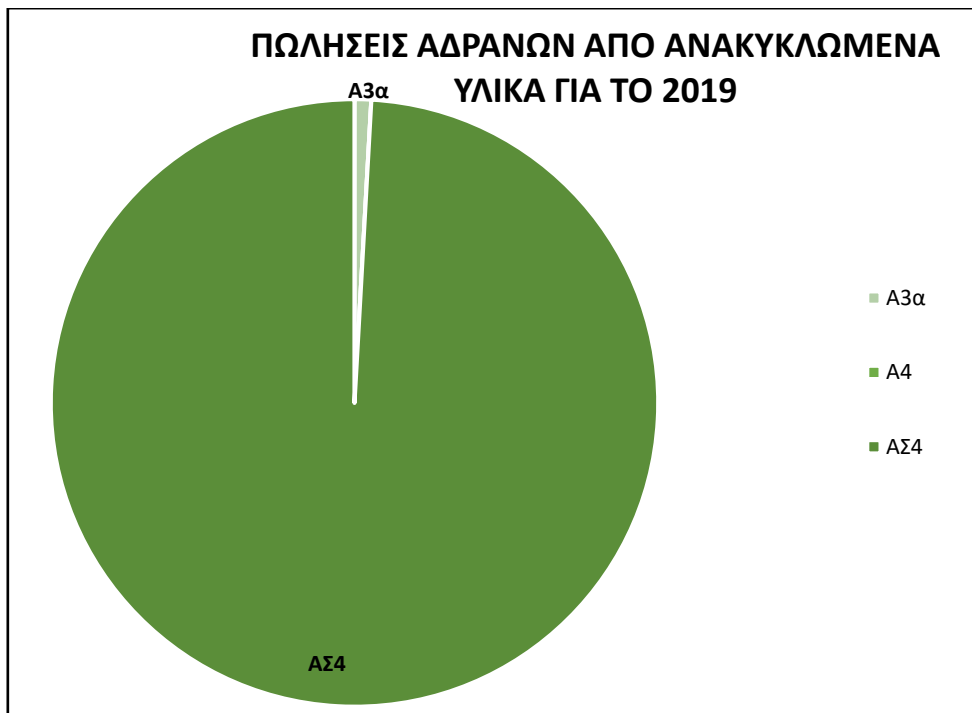


ΕΙΚΟΝΑ 44: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2018

Όσον αφορά το έτος 2018 οι πωλήσεις ανακυκλωμένων αδρανών είναι μεγαλύτερες για τα υλικά ΑΣ4, ακολουθούν τα Α4 και έπειτα τα Α3α³.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

³ Η κωδικοποίηση των υλικών διατηρήθηκε ίδια με τα δεδομένα που ανακτήθηκαν από τη μονάδα ανακύκλωσης για λόγους ευκολίας και η αντιστοιχία των κωδικών αυτών με το είδος των υλικών εντοπίζεται στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 45: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2019

Για το έτος 2019 η πώληση αδρανών είναι μεγαλύτερη για τα υλικά ΑΣ4 και ένα μικρό μέρος για τα υλικά Α3α.
Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)



ΕΙΚΟΝΑ 46: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2020

Η σύσταση των αδρανών που πωλήθηκαν από τις εγκαταστάσεις της ΕΑΣΑ το 2020 αποτελείται κατά κύριο λόγο από ΑΣ4 και μικρότερο μέρος από Α3α.
Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)



ΕΙΚΟΝΑ 47: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2021

Για το 2021, η σύσταση των αδρανών που πωλήθηκαν αφορά κατά κύριο λόγο τα υλικά ΑΣ4 και ένα μικρό μέρος υλικών Α4.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)



ΕΙΚΟΝΑ 48: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ 2022

Για το 2022 αντίστοιχα, το μεγαλύτερο μέρος των υλικών που πωλήθηκαν ήταν ΑΣ4Κ, ακολουθεί η ποσότητα Α4, η ΑΣ4, και ένα μικρό μέρος των υλικών Α3α.

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

6.4. Τεχνικές ανακύκλωσης ασφαλτικών υλικών στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας

6.4.1. Χρήση φρεζαριστού υλικού στο ασφαλτόμιγμα

Τα ασφαλτικά υλικά που προκύπτουν από το φρεζάρισμα των οδοστρωμάτων είναι δυνατό να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν εκ νέου για τη παραγωγή νέου ασφαλτομίγματος. Όσον αφορά το ασφαλτόμιγμα, αυτό αποτελείται από αδρανή που θερμαίνονται σε θερμοκρασία 160°C και άσφαλο που αποθηκεύεται ξεχωριστά. Το ποσοστό του φρεζαριστού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί αλλά και από προδιαγραφές, και πρέπει πριν χρησιμοποιηθεί να ελεγχθεί καθώς πρέπει να είναι γνωστή η κοκκομετρία (Στεργιούλας, 2022).

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, το κόστος της παραγωγής ασφαλτομίγματος μειώνεται με την προσθήκη υλικού που προκύπτει από το φρεζάρισμα των οδοστρωμάτων. Συνίσταται να χρησιμοποιείται σε ποσοστό 10-20% για μεγαλύτερη ασφάλεια όσον αφορά την ποιότητα του ασφαλτομίγματος αλλά και για την αποφυγή μεγαλύτερου ελέγχου του φρεζαριστού υλικού, ενώ σε ακραίες περιπτώσεις 30% και μόνο σε ισοπεδωτική στρώση (Στεργιούλας, 2022).

ΤΥΠΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/tn)
ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	56 €/tn
ΠΡΟΣΘΗΚΗ 10% ΦΡΕΖΑΡΙΣΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	51 €/tn
ΠΡΟΣΘΗΚΗ 15% ΦΡΕΖΑΡΙΣΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	49 €/tn
ΠΡΟΣΘΗΚΗ 30% ΦΡΕΖΑΡΙΣΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	42 €/tn

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Πηγή: (Στεργιούλας, 2022), Ιδία Επεξεργασία

6.4.2. Χρήση ανακτημένων ασφαλτικών υλικών ως αδρανή οδοποιίας

Τα ανακυκλωμένα ασφαλτικά υλικά με την κατάλληλη διεργασία μπορούν να αντικαταστήσουν τα αδρανή που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία. Ωστόσο, τα ανακυκλωμένα αδρανή σύμφωνα με εργοστάσιο ανακύκλωσης στην Π.Ε. Λάρισας χρησιμοποιήθηκαν είτε για τη δημιουργία νέου ασφαλτομίγματος ή για εργασίες επίχωσης σε οδικό δίκτυο με χαμηλό κυκλοφοριακό φορτίο, όπως οι χωματόδρομοι.

Αναλύοντας το κόστος των αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στη βάση και την υπόβαση του οδοστρώματος, έγινε σύγκριση μεταξύ των τιμών των ανακυκλωμένων αδρανών από εργοστάσιο ανακύκλωσης εντός της Π.Ε. Λάρισας, και των παρθένων αδρανών υλικών από λατομεία της Π.Ε. Λάρισας. Ο τύπος των αδρανών υλικών που θα μελετηθούν είναι το θραυστό υλικό οδοστρωσίας (3A) και το θραυστό υλικό επίχωσης (E4) και στις τιμές συμπεριλαμβάνεται ο Φ.Π.Α.

Το **θραυστό υλικό οδοστρωσίας 3A** παράγεται ύστερα από μηχανική κατεργασία και θραύση ασβεστόλιθου στο λατομείο και στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός με κόσκινα και η διαβάθμιση του είναι 0 έως 31,5 mm. Το υλικό αυτό χρησιμοποιείται ως υλικό οδοστρωσίας και σε σταθεροποιημένα με υδραυλικές κονίες υλικά σύμφωνα με το EN 13242 και τις ΕΤΕΠ (Λατομεία Τυρνάβου Α.Ε., 2022).

Το **θραυστό υλικό επίχωσης E4**, παράγεται ύστερα από μηχανική κατεργασία και θραύση ασβεστόλιθου στο λατομείο, ενώ στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός με κόσκινα και η διαβάθμιση του είναι 0 έως 63 mm. Το υλικό αυτό χρησιμοποιείται ως υλικό επίχωσης για την κατασκευή Στρώσης Έδρασης Επιχώματος, στην κατασκευή εξυγιαντικής στρώσης σε σκάφες

και ορύγματα οδοποιίας, στην κατασκευή των μεταβατικών επιχωμάτων αλλά και για διάφορες άλλες χρήσεις, στα πλαίσια των απαιτήσεων των ΕΤΕΠ (Λατομεία Τυρνάβου Α.Ε., 2022).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι έγινε μετατροπή της τιμής των υλικών από ευρώ ανά τόνο (€/tn) σε ευρώ ανά κυβικό μέτρο (€/m³), έτσι ώστε να έχουμε την τιμή της διάστρωσης. Για το λόγο αυτό η τιμή κάθε υλικού πολλαπλασιάστηκε με το ειδικό βάρος, μια τιμή διαφορετική ανά υλικό. Έτσι, η μετατροπή της τιμής πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις, για το 3Α και το Ε4 αντίστοιχα.

$$\text{Τιμή 3Α ανά κυβικά μέτρα (m}^3\text{)} = 1,65 * \text{Τιμή 3Α ανά τόνο (tn)} \quad (6.1)$$

$$\text{Τιμή Ε4 ανά κυβικά μέτρα (m}^3\text{)} = 1,55 * \text{Τιμή Ε4 ανά τόνο (tn)} \quad (6.2)$$

Αρχικά λήφθηκαν οι τιμές των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών, οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση. Ο τύπος των ανακυκλωμένων υλικών για το 3Α είναι ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας 3Α με βάση την άσφαλτο και ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας 3Α με βάση το σκυρόδεμα. Για το Ε4 αντίστοιχα, οι κατηγορίες ήταν ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας Ε4 με βάση την άσφαλτο, ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας Ε4 με βάση την άσφαλτο και το σκυρόδεμα και κοσκινισμένο ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας Ε4 με βάση την άσφαλτο και το σκυρόδεμα. Οι τιμές που λήφθηκαν πολλαπλασιάστηκαν με το ειδικό βάρος που διέπει τα υλικά 3Α και Ε4.

Στη συνέχεια ανακτήθηκαν οι τιμές για τις παραπάνω κατηγορίες υλικών αλλά και το ειδικό τους βάρος από δύο διαφορετικά λατομεία που εντοπίζονται στην Π.Ε. Λάρισας. Οι τιμές που δόθηκαν από τα λατομεία εντοπίζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΛΑΤΟΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΤΙΜΗ (€/tn)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (tn/m ³)
ΛΑΤΟΜΕΙΟ Α	3Α	4,5	1,65
	Ε4	3,7	1,55
ΛΑΤΟΜΕΙΟ Β	3Α	5	1,65
	Ε4	5	1,55

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΤΙΜΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Πηγή: (Λατομεία Θεσσαλίας, 2022; Λατομεία Τυρνάβου Α.Ε., 2022)

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται η σύγκριση του κόστους μεταξύ των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών, καθώς και των υλικών λατομείου (Πίνακας 14).

ΕΙΔΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΤΙΜΗ (€/tn)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (tn/m ³)	ΤΙΜΗ (€/m ³)	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ	ΤΙΜΗ (€/tn)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (tn/m ³)	ΤΙΜΗ (€/m ³)
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3Α	6,8	1,65	11,22	ΘΡΑΥΣΤΟ ΥΛΙΚΟ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ 3Α	4,5 - 5	1,65	7,42 - 8,25
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3Α	3,4	1,65	5,61				
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4	5,65	1,55	8,76	ΥΛΙΚΟ ΈΔΡΑΣΗΣ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ Ε4	3,7 - 5	1,55	5,73 - 7,75
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4	2,9	1,55	4,49				
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4 ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΕΝΟ	3,4	1,55	5,27				

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α; Λατομεία Θεσσαλίας, 2022; Λατομεία Τυρνάβου Α.Ε., 2022)

Σύμφωνα με τις τιμές που λήφθηκαν για τα είδη των αδρανών που χρησιμοποιούνται στο οδόστρωμα, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- 1) Το υλικό 3Α είναι ακριβότερο του Ε4, τόσο στην περίπτωση των ανακυκλωμένων αδρανών όσο και στα αδρανή λατομείου.
- 2) Το ειδικό βάρος είναι μεγαλύτερο για το υλικό 3Α
- 3) Το ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας 3Α με βάση την ασφαλτο είναι ακριβότερο από τα αδρανή υλικά 3Α των λατομείων.
- 4) Το ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας 3Α με βάση το σκυρόδεμα είναι φθηνότερη επιλογή από τα αδρανή υλικά 3Α των λατομείων.
- 5) Το ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας Ε4 με βάση την ασφαλτο είναι ακριβότερο από τα αδρανή υλικά Ε4 λατομείων.

- 6) Το ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας E4 με βάση την άσφαλτο και το σκυρόδεμα, αλλά και το κοσκινισμένο ανακυκλωμένο υλικό επίχωσης κατηγορίας E4 με βάση την άσφαλτο και το σκυρόδεμα, αποτελούν πιο οικονομική επιλογή συγκριτικά με τα αδρανή υλικά E4 λατομείου.

Όπως γίνεται αντιληπτό η ύπαρξη ασφάλτου στα αδρανή υλικά αυξάνει την τιμή τους, ενώ ο συνδυασμός ασφάλτου και σκυροδέματος μειώνει το κόστος. Ειδικότερα, για το υλικό 3A από την άποψη μόνο του κόστους, δεν αποτελεί συμφέρουσα επιλογή η αντικατάσταση του με ανακυκλωμένα αδρανή υλικά ασφάλτου. Το ανακυκλωμένο υλικό με βάση το σκυρόδεμα όμως θα μπορούσε να αντικαταστήσει τα αδρανή υλικά 3A των λατομείων. Για το υλικό E4 αντίστοιχα, τα ανακυκλωμένα υλικά με βάση την άσφαλτο είναι ακριβότερα σε σχέση με τα αδρανή υλικά E4 λατομείων, ενώ τα ανακυκλωμένα υλικά που περιέχουν εκτός από την άσφαλτο και σκυρόδεμα, αποτελούν πιο οικονομική επιλογή συγκριτικά με τα αδρανή υλικά E4 λατομείου. Συνεπώς, η αντικατάσταση των υλικών λατομείου από αδρανή που περιέχουν μόνο άσφαλτο δεν αποτελεί βέλτιστη οικονομική λύση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπεράσματα

Τα Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (Α.Ε.Κ.Κ.), αποτελούν μια από τις σημαντικότερες ροές αποβλήτων στην Ε.Ε. και έχουν μεγάλες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, στα πλαίσια της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο με σκοπό να παραταθεί ο κύκλος ζωής των υλικών, να δημιουργηθεί προστιθέμενη αξία, να εξοικονομηθούν φυσικοί πόροι, και να ελαχιστοποιηθεί η διάθεση των απορριμμάτων. Είναι σημαντικό η ανακύκλωση των υλικών να είναι υψηλής ποιότητας, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τη διάθεση των υλικών σε υγειονομική ταφή. Για το λόγο αυτό μια σειρά από πολιτικές και πλαίσια σε επίπεδο τόσο της Ε.Ε. όσο και της Ελλάδας όπως το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων και τα Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων των εκάστοτε Περιφερειών της Ελλάδας, καθώς και την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία στον τομέα των δημοσίων κτιρίων και δρόμων, παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές για την ορθή διαχείριση της συγκεκριμένης ροής αποβλήτων χωρίς να αποτελούν κείμενα δεσμευτικά ως προς την εφαρμογή τους. Η σύνθεση αυτού του είδους αποβλήτων δεν είναι καθορισμένη, και ενδέχεται να περιλαμβάνουν επικίνδυνες ουσίες που θα πρέπει να επεξεργαστούν κατάλληλα. Η κάλυψη των Συλλογικών Συστημάτων Διαχείρισης που διαχειρίζονται τα Α.Ε.Κ.Κ. από την άλλη δεν έχει επιτευχθεί πλήρως για όλη τη χώρα και δεν είναι εύκολο να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την παραγωγή τους. Εκτός αυτού ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στη διαχείριση των Α.Ε.Κ.Κ. στην Ελλάδα είναι το φαινόμενο της παράνομης απόρριψης των υλικών σε χωματερές, γεγονός το οποίο αυξάνει την πιθανότητα λήψης προστίμου, σύμφωνα με τις αρχές της Ε.Ε. Συνεπώς η ανάγκη για χρησιμοποίηση εκ νέου των υλικών που προκύπτουν από την εκσκαφή, την κατασκευή και την κατεδάφιση κρίνεται σημαντική.

Ένα είδος αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων αποτελούν και τα ασφαλικά υλικά, η κυκλική διαχείριση των οποίων μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλα ποσοστά. Η ενεργειακή κρίση, η αύξηση της τιμής του αργού πετρελαίου και η μείωση των ορυκτών πόρων καθιστά την κυκλική διαχείριση των ασφαλικών υλικών ύψιστης σημασίας, καθώς αποτελεί ένα δευτερογενές υλικό με δυνατότητα αξιοποίησης έως και 100%. Τα οδοστρώματα ως επί το πλείστον έχουν τη δυνατότητα να καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες παρθένων υλικών προκειμένου να κατασκευαστούν και το κόστος των υλικών αυξάνεται όλο και περισσότερο. Στο πλαίσιο αυτό παρατηρείται η ανάγκη για την εισαγωγή της βιωσιμότητας στις υποδομές αυτές, που πρόκειται να επιτευχθεί με την εφαρμογή ανακυκλωμένων ασφαλικών υλικών που ανακτώνται ύστερα από επισκευές και ανακατασκευές με την τεχνική φρεζαρίσματος των οδικών δικτύων για την εξαγωγή του τάλαιπωρημένου και καταπονημένου οδοστρώματος. Ακόμη, η χρήση ανακυκλωμένων ασφαλικών υλικών είναι σε θέση να μειώσει την εισαγωγή των υλικών αυτών σε χώρους υγειονομικής ταφής, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η αξία του υλικού, καθώς η διάθεση του συνεπάγεται το τέλος του κύκλου ζωής. Όσον αφορά τα αποθέματα των ανακτημένων ασφαλικών υλικών είναι συνήθως μεγαλύτερα από αυτά που τελικά αξιοποιούνται.

Τονίζεται ότι η πιο βιώσιμη στρατηγική για τους ασφαλτοστρωμένους δρόμους είναι η παράταση της ζωής τους, που επιτυγχάνεται όταν η τακτική συντήρηση προηγείται των μεταγενέστερων δαπανηρών επισκευών και ανακατασκευών. Όταν οι εργασίες πρόληψης και επισκευής δεν είναι περαιτέρω αποτελεσματικές, τότε η ασφαλτος φτάνει στο τέλος της διάρκειας ζωής της και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και ακολούθως να ανακυκλωθεί. Η επαναχρησιμοποίηση των ασφαλικών υλικών θα πρέπει να προηγείται της ανακύκλωσης στα πλαίσια της μεγιστοποίησης της αξίας του υλικού και εφόσον ακολουθηθεί κάποιου είδους επεξεργασία πριν από τη χρήση του.

Η επαναχρησιμοποίηση των ασφαλτικών υλικών, που αποτελεί την καλύτερη δυνατή μέθοδο αξιοποίησης, εφαρμόζεται όταν τα ανακυκλωμένα ασφαλτικά υλικά ενσωματώνονται εκ νέου στο οδόστρωμα και εκτελούν την ίδια λειτουργία με την αρχική τους εφαρμογή, και είναι δυνατό να επεξεργαστούν επιτόπου και εκτός τόπου σε εργοστάσια ανακύκλωσης. Ωστόσο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγάλο ποσοστό όσον αφορά τη δημιουργία νέου ασφαλτομίγματος, προκειμένου το ασφαλτόμιγμα να διαθέτει την ίδια απόδοση με αυτή της χρήσης εξ ολοκλήρου παρθένων αδρανών υλικών.

Η θερμοκρασία παραγωγής και τοποθέτησης του ασφαλτομίγματος είναι δυνατό να μειωθεί με τη χρήση θερμού ασφαλτομίγματος, μια μέθοδο με πολλά περιβαλλοντικά οφέλη αφού μειώνεται η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, εξοικονομείται ενέργεια και κατανάλωση καυσίμου και σε ορισμένες περιπτώσεις η απόδοση του είναι καλύτερη από το ζεστό ασφαλτόμιγμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση του θερμού ασφαλτομίγματος ενθαρρύνεται από την Ευρωπαϊκή Βιομηχανία Ασφάλτου και τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα για τα ασφαλτομίγματα δεν αποκλείουν τη χρήση του. Άλλη μια μέθοδος παραγωγής ασφαλτομίγματος με μεγαλύτερο περιβαλλοντικό όφελος είναι το ψυχρό ασφαλτόμιγμα που δεν απαιτεί θέρμανση και είναι δυνατό να επεξεργαστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ωστόσο, παρόλα τα περιβαλλοντικά οφέλη αποδεικνύεται μείγμα κατώτερης ποιότητας από το ζεστό και θερμό ασφαλτόμιγμα και η χρήση του περιορίζεται σε μικρές επιδιορθώσεις του οδοστρώματος, που σε άλλη περίπτωση η χρήση ζεστού και θερμού ασφαλτομίγματος ενδέχεται να παρουσιάζει επιπρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος όσον αφορά τις εγκαταστάσεις ανάμειξης.

Η ανακύκλωση των ασφαλτικών υλικών από την άλλη συνεπάγεται την μικρότερη αξία των υλικών και την εφαρμογή τους σε άλλου είδους χρήσεις όπως η χρήση τους ως υλικά θεμελίωσης, πλήρωσης ή οδοποιίας. Ειδικότερα, μια από τις χρήσεις της είναι ως αδρανή υλικά επίχωσης που θα χρησιμοποιηθούν στη βάση και την υπόβαση των οδοστρωμάτων. Ωστόσο, η επιλογή αυτή δεν είναι δυνατό να αξιοποιήσει πλήρως τις πρώτες ύλες του και δεν θεωρείται ενδιαφέρουσα επιλογή ανάκτησης, καθώς δεν μεγιστοποιεί την αξία του υλικού.

Η εναλλακτική διαχείριση των Αποβλήτων Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων στην Π.Ε. Λάρισας πραγματοποιείται τη δεδομένη στιγμή με ευθύνη τριών συλλογικών συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης με σκοπό την παρακολούθηση και την καταγραφή των στοιχείων εναλλακτικής διαχείρισης. Εκτός αυτού έχουν αρμοδιότητα οργάνωσης, συντονισμού και εποπτείας του συνόλου της διαχείρισης των Α.Ε.Κ.Κ., και συνεργάζονται με όλους τους αρμόδιους διαχείρισης των υλικών αυτών.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που ανακτήθηκαν από μονάδα ανακύκλωσης Α.Ε.Κ.Κ. εντός της Π.Ε. Λάρισας για τα ασφαλτικά υλικά, εισέρχονται δύο τύποι ασφαλτικών υλικών σύμφωνα με τους κωδικούς Ε.Κ.Α., τα ασφαλτικά και τα ανάμεικτα υλικά που περιλαμβάνουν άσφαλτο. Όπως φαίνεται η είσοδος των ανάμεικτων υλικών αυξάνεται όλο και περισσότερο, ενώ τα καθαρά ασφαλτικά υλικά μειώνονται. Οι πωλήσεις ανακυκλωμένων αδρανών αντίστοιχα άρχισαν να αυξάνονται σημαντικά και το είδος υλικού που πωλείται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι τα ανακυκλωμένα υλικά επίχωσης με βάση την άσφαλτο και το σκυρόδεμα κατηγορίας E4 κοσκινισμένο και μη και πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η τιμή του είναι χαμηλότερη συγκριτικά με τα αντίστοιχα αδρανή τύπου E4 που λαμβάνονται από λατομεία.

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των ασφαλτικών υλικών για τη δημιουργία νέου ασφαλτομίγματος, εφαρμόζεται στην Π.Ε. Λάρισας για μικρό ποσοστό έως και 15% έτσι ώστε να παραμείνει ίδια η ποιότητα του ασφαλτομίγματος συγκριτικά με την κανονική παραγωγή, ενώ για ισοπεδωτική στρώση που εξομαλύνει το επίπεδο του οδοστρώματος πριν την εφαρμογή του

ασφαλτομίγματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί έως και 30%. Η εφαρμογή μεγαλύτερης ποσότητας φρεζαριστού υλικού οδοστρώματος παρατηρήθηκε ότι μειώνει το κόστος παραγωγής του ασφαλτομίγματος, επομένως καθίσταται πιο εύκολη η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών για αυτού του είδους τη χρήση.

Η χρήση των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών οδοποιίας 3Α και Ε4 στην Π.Ε. Λάρισας αντίστοιχα, δεν πραγματοποιείται για οδοστρώματα με μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας αλλά αξιοποιούνται ως επί το πλείστον σε χωματόδρομους. Η σύγκριση μεταξύ του κόστους των ανακυκλωμένων αδρανών υλικών και των αντίστοιχων αδρανών υλικών λατομείου έδειξε ότι η χρήση καθαρών ασφαλτικών υλικών για τέτοιου είδους χρήσεις δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα επιλογή. Ο συνδυασμός ωστόσο των υλικών ασφάλτου και σκυροδέματος είχε ως αποτέλεσμα η τιμή των υλικών να είναι μικρότερη από τα παρθένα υλικά λατομείου. Όπως φαίνεται και από τις πωλήσεις των υλικών ανά κατηγορία, η επιλογή της αγοράς ανακυκλωμένων υλικών με βάση την ασφάλτο και το σκυρόδεμα προτιμάται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Συνοψίζοντας, η ανάκτηση και αξιοποίηση των ασφαλτικών υλικών μπορεί να εφαρμοστεί και η αξία της μεγιστοποίησης του κύκλου ζωής των υλικών αναγνωρίζεται σε επίπεδο Ε.Ε. Παρόλα αυτά τα Α.Ε.Κ.Κ. και κατά συνέπεια τα ανακτημένα ασφαλτικά υλικά συνεχίζουν να ορίζονται ως απόβλητα, γεγονός που δεν επιτρέπει τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των υλικών αυτών ως αντικατάστατα των παρθένων αδρανών υλικών, ενώ εξακολουθεί να επικρατεί η αντίληψη σε ορισμένες περιπτώσεις ότι το ανακυκλωμένο υλικό είναι κατώτερης ποιότητας από το φυσικό. Ως εκ τούτου δεν υπάρχει κανένα δεσμευτικό πρότυπο που να απαιτεί τη χρήση ενός ορισμένου ποσοστού ανακυκλωμένης ασφάλτου, είτε ως υλικό για τα ασφαλτομίγματα είτε ως αδρανή για τη βάση και την υπόβαση, με αποτέλεσμα τα ανακτημένα ασφαλτικά υλικά να εντοπίζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτά που τελικά αξιοποιούνται. Το κόστος των ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών από την άλλη θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερο από το κόστος των παρθένων αδρανών υλικών λατομείου.

Έναυσμα για περαιτέρω έρευνα αποτελούν οι μέθοδοι Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment) και Ανάλυση του Κόστους του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost Analysis). Στην πρώτη περίπτωση τα αποτελέσματα της μεθόδου αποδεικνύουν τα οφέλη και τις επιπτώσεις των επιλογών διαχείρισης των ασφαλτικών υλικών, ενώ με τη δεύτερη μέθοδο υπολογίζεται το συνολικό κόστος των σχεδίων συντήρησης και αποκατάστασης των οδοστρωμάτων.

Προτάσεις

Προκειμένου η κυκλική διαχείριση των ασφαλτικών υλικών να εφαρμοστεί με επιτυχία είναι αναγκαία η λήψη ορισμένων μέτρων.

1. Σωστή καταγραφή του συνόλου των υλικών που ανακτώνται από εργασίες κατασκευής, επισκευής και συντήρησης των οδοστρωμάτων.
2. Να καταστεί δεσμευτική η χρήση ανακυκλωμένων ασφαλτικών υλικών εφόσον προηγηθούν εργαστηριακές μελέτες που να αποδεικνύουν την ικανότητα χρησιμοποίησης των υλικών σε νέα ασφαλτομίγματα.
3. Είναι σκόπιμο να μειωθεί περαιτέρω το συνολικό κόστος όσον αφορά τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών έτσι ώστε να είναι σίγουρη η επιλογή τους έναντι της χρήσης επιπλέον παρθένων υλικών. Μια λύση είναι η χρήση της ανακτημένης ασφάλτου επιτόπου, έτσι ώστε να μειωθεί και το μεταφορικό κόστος.
4. Μείωση της θερμοκρασίας των ασφαλτικών μειγμάτων για την αποφυγή των εκπομπών αερίων. Μια επιλογή που προτείνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Ασφαλτικού Οδοστρώματος είναι η χρήση θερμού ασφαλτομίγματος. Αντίστοιχα για μικρές εργασίες επισκευής του οδοστρώματος προτείνεται η χρήση ψυχρού ασφαλτομίγματος.

5. Η ανάκτηση των ασφαλτικών υλικών θα αξιοποιείται πρώτα ως υλικό για τη δημιουργία νέου ασφαλτομίγματος και έπειτα ως αδρανή για τη βάση και την υπόβαση των οδοστρωμάτων έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η αξία των ασφαλτικών υλικών, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας.
6. Αποθήκευση των ασφαλτικών υλικών που ανακτώνται σε χωριστά αποθέματα ανάλογα με τις ιδιότητες τους έτσι ώστε να βελτιωθεί η ομοιογένεια και να επιτραπούν μεγαλύτερα ποσοστά ανακύκλωσης.
7. Αποτροπή της διαβροχής της αποθηκευμένης ασφάλτου, με την τοποθέτησή της σε προστατευμένο χώρο αποθήκευσης και σε κωνική μορφή για την αποφυγή συγκράτησης νερού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	ΜΕΤΡΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ
Για το 2020 το 70% των παραγόμενων ΑΚΚ θα προετοιμάζονται για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση	Δημιουργία υποδομών επεξεργασίας ΑΕΚΚ επαρκούς δυναμικότητας για την κάλυψη του συνόλου των αναγκών διαχείρισης.	Αριθμός και εγκατεστημένη δυναμικότητα μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε t/έτος.
	Πρώθηση ενισχυτικών δράσεων, ενεργειών και νέων νομοθετικών ρυθμίσεων για την ενίσχυση του βαθμού απόδοσης της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο περιφερειών και συνολικά για τη χώρα.
	Κοινή κατηγοριοποίηση του ΑΚΚ σε ροές, κατηγορίες και υποκατηγορίες για όλα τα ΣΕΔ. Προσδιορισμός των συνολικών ποσοτήτων ΑΕΚΚ που παράγονται στην χώρα, χρησιμοποιώντας μια καθορισμένη μεθοδολογία υπολογισμού.	Παραγωγή ΑΕΚΚ σε t/έτος
	Εντατικοποίηση ελέγχων για την αντιμετώπιση των παράνομων δραστηριοτήτων διάθεσης ΑΕΚΚ	Μέση σύσταση των παραγόμενων ΑΕΚΚ (%) Αριθμός ελέγχων Αριθμός παραβάσεων
Περαιτέρω αύξηση της γεωγραφικής κάλυψης της χώρας από Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης για ΑΕΚΚ.	Ανάπτυξη των σχετικών ΣΕΔ με στόχο τη βέλτιστη κάλυψη των Περιφερειών.	Αριθμός και εγκατεστημένη δυναμικότητα μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε t/έτος.
	Κατασκευή απαιτούμενων ΧΥΤ για τη διάθεση των υπολειμμάτων επεξεργασίας των ΑΕΚΚ που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν/ ανακτηθούν και να κατευθυνθούν προς παραγωγή εναλλακτικού καυσίμου. Προτεραιότητα θα δοθεί στα νησιά.	Αριθμός και δυναμικότητα χώρων υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε t/έτος.
	Διευκρίνιση για τη συμπερίληψη των περιοχών των λατομείων που δηλώθηκαν ως αναδασωτές, στις διατάξεις του Νόμου που αναφέρονται στην εγκατάσταση Μονάδων Ανακύκλωσης και την αποκατάσταση λατομείων.	Αριθμός και δυναμικότητα χώρων υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε t/έτος.
Θεσμοθέτηση υποχρέωσης εναλλακτικής διαχείρισης των παραγόμενων ΑΕΚΚ στα δημόσια και ιδιωτικά έργα, με την προσαρμογή της σχετικής νομοθεσίας ή της διαδικασίας όπου απαιτείται.	Θέσπιση ελάχιστου ποσοστού δευτερογενών αδρανών που θα χρησιμοποιούνται στα δημόσια τεχνικά έργα, στο πλαίσιο υλοποίησης των Πράσινων Δημόσιων Συμβάσεων.	Ποσότητες συνολικά και ανά υλικό των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων (t).
	Πρώθηση τεχνικών προδιαγραφών για υποχρεωτική χρήση ανακυκλωμένων υλικών υψηλών προδιαγραφών στα έργα.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο Περιφερειών και συνολικά για τη χώρα (%).

	Οικονομικά κίνητρα μέσω φόρων και χρεώσεων, απαγορεύσεις υγειονομικής ταφής για πολλά κλάσματα ΑΚΚ, μείωση του ΦΠΑ για ανακυκλωμένα υλικά, φορολογία, ή και εισφορά των φυσικών υλικών.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο Περιφερειών και συνολικά για τη χώρα (%).
		Ποσοστό διαλογής στην πηγή και εκτροπής προς μονάδες ανακύκλωσης για τα ρεύματα ξύλου, γυαλιού και μετάλλων (%).
Εξ ορθολογισμός της λειτουργίας των ΣΕΔ και αναπροσαρμογή των χρηματικών εισφορών.	Ομογενοποίηση των εισφορών για παρόμοιες εργασίες διαχείρισης ΑΕΚΚ και μείωση του διοικητικού κόστους.	Έκδοση σχετικής ρύθμισης
	Παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας των Μονάδων Επεξεργασίας ΑΕΚΚ, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης των διακινουμένων ποσοτήτων ΑΕΚΚ.	Αριθμός και εγκατεστημένη δυναμικότητα μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε t/έτος.
	Εξ ορθολογισμός των καλών πρακτικών από τα ΣΣΕΔ για αύξηση του κινήτρου των μονάδων ανακύκλωσης για ανακύκλωση.	Οδηγός καλών πρακτικών Επιδόσεις μονάδων
Χωριστή συλλογή για τα απόβλητα εκσκαφών, τα οποία εξαιρούνται από τους στόχους των ΑΕΚΚ, καθώς και για την περίσσεια σκυροδέματος που προκύπτει κατά τα έργα κατασκευών.	Παροχή οδηγιών και τεχνικών συμβουλών προς τους υπόχρεους διαχειριστές ΑΕΚΚ, σχετικά με τις υποχρεώσεις τους την εφαρμογή των κατάλληλων μεθόδων διαχείρισης, τη χωριστή συλλογή στο χώρο του εργοταξίου, τις δυνατότητες/επιλογές προώθησης στην αγορά των δευτερογενών υλικών.	Ποσότητες συνολικά και ανά υλικό των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων (t).
	Θέσπιση οικονομικών κινήτρων για την χωριστή συλλογή τους.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης ανακύκλωσης, και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο Περιφερειών και συνολικά για τη χώρα (%). Ποσοστό διαλογής στην πηγή και εκτροπής προς μονάδες ανακύκλωσης για τα ρεύματα ξύλου, γυαλιού και μετάλλων (%).

	Η ποιότητα των ΑΚΚ που συλλέγονται και μεταφέρονται στις Μονάδες Ανακύκλωσης θα πρέπει να βελτιωθεί μέσω της τροποποίησης του νομικού πλαισίου, συμπεριλαμβανομένων διατάξεων για υποχρεωτική διαλογή, ελέγχους πριν από την κατεδάφιση και επιλεκτικές κατεδαφίσεις, μέτρα επιτήρησης και προστασίας για τα εμπορευματοκιβώτια και διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας των αποβλήτων.	Μέση σύσταση των παραγόμενων ΑΕΚΚ (%).
Ανάπτυξη αγορών για τα δευτερογενή υλικά της επεξεργασίας ΑΕΚΚ.	Υιοθέτηση πρωτοκόλλων ποιότητας άλλων ΚΜ για τον αποχαρακτηρισμό των ΑΕΚΚ, μέχρι την ολοκλήρωση των μελετών από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και την έκδοση σχετικού Κανονισμού.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο Περιφερειών και συνολικά για τη χώρα (%).
	Ενθάρρυνση της χρήσης δευτερογενών υλικών της επεξεργασίας των ΑΕΚΚ από δημόσιους φορείς.	Ποσότητες συνολικά και ανά υλικό των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων (t).
	Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις (ΠΔΣ) μέσω της εισαγωγής υποχρεωτικών ποσοστών ανακυκλωμένων αδρανών, τουλάχιστον σε μεγάλα έργα πολιτικού μηχανικού.	Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ανά υλικό, για κάθε ΣΕΔ ξεχωριστά, σε επίπεδο Περιφερειών και συνολικά για τη χώρα (%).
	Χρήση των δευτερογενών αδρανών ορυκτής προέλευσης ως υλικό πλήρωσης σε ΧΥΤ ή σε έργα αποκατάστασης ΧΑΔΑ.	Ποσότητες συνολικά και ανά υλικό των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων (t).

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΟΥ ΕΣΔΑ

Πηγή: (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020)

ΕΙΔΟΣ	2018	2019	2020	2021	2022
ΣΥΝΟΛΟ	7626,46	2870,06	2663,42	29769,12	7739,72
A3α	891,14	462,34	23,56	48,00	247,02
A4	1066,04	-	-	2500,50	1933,94
AΣ4	5669,28	2407,72	2639,86	27220,62	1375,70
AΣ4Κ	-	-	-	-	4183,06

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΕΚΚ	2018	2019	2020	2021	2022
17 09 04	1562,2	16715,38	30606,06	64444,1	30229,75
17 03 02	43287,42	27357,46	8062,44	5423,06	4071,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΕΙΣΟΔΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2018-2022

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

ΕΙΔΟΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΤΙΜΗ
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3α	A3A-2	6,8 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4	A4	5.65 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4	AΣ4	2,9 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε4 ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΕΝΟ	AΣ4K	3,4 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΧΩΜΑ	ΧΩΜΑΤΑ	0,6 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 3 ^A	Σ3A-1	3,4 € + Φ.Π.Α. /tn
ΥΛΙΚΟ ΕΠΙΧΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ζ	ΣΖ	2,9 € + Φ.Π.Α. /tn

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

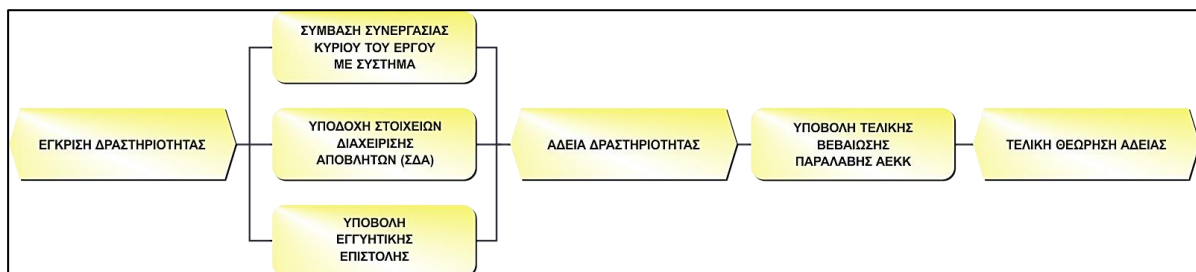
Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ



ΕΙΚΟΝΑ 49: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΕ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΚΟΙΝΗΣ ΟΦΕΛΕΙΑΣ

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)



ΕΙΚΟΝΑ 50: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ Α.Ε.Κ.Κ. ΣΕ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

Πηγή: (ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

Abaza, K.A., 2002. Optimum Flexible Pavement Life-Cycle Analysis Model. *Journal of Transportation Engineering*, 128(6), pp.542–549.

Al-Mufti, R.L. and Fried, A.N., 2017. Improving the strength properties of recycled asphalt aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 149, pp.45–52.

Anchorage Sand & Gravel, n.d. Recycled Asphalt Pavement (RAP). *Anchorage Sand & Gravel*. Available at: <<https://www.anchsand.com/product/recycled-asphalt-pavement-rap/>> [Accessed 15 September 2022].

Awasthi, A.K., Cheela, V.R.S., D’Adamo, I., Iacovidou, E., Islam, M.R., Johnson, M., Miller, T.R., Parajuly, K., Parchomenko, A., Radhakrishan, L., Zhao, M., Zhang, C. and Li, J., 2021. Zero waste approach towards a sustainable waste management. *Resources, Environment and Sustainability*, 3, p.100014.

Behm, M., 2008. Construction Sector. *Journal of Safety Research*, 39(2), pp.175–178.

Bio Intelligence Service, 2011. *SERVICE CONTRACT ON MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE – SR1*. [online] European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Greece_Factsheet_Final.pdf> [Accessed 5 April 2022].

Boateng, K.A., Tuffour, Y.A., Obeng-Atuah, D. and Agyeman, S., 2021. Quality of cold-mix asphalt in bituminous pavement maintenance in Ghana: Preliminary indications. *Case Studies in Construction Materials*, 15, p.e00769.

CESME Interreg Europe, 2020. *The CESME White Book*. Available at: <<https://www.cesme-book.eu/>>.

Chegenizadeh, A., Tuffilli, A., Arumdani, I.S., Budihardjo, M.A., Dadras, E. and Nikraz, H., 2022. Mechanical Properties of Cold Mix Asphalt (CMA) Mixed with Recycled Asphalt Pavement. *Infrastructures*, 7(4), p.45.

Cherry Companies, n.d. Recycled Asphalt. *Cherry Companies*. Available at: <<https://cherrycompanies.com/recycling-services/asphalt/>> [Accessed 15 September 2022].

Construction & Demolition Recyclers, 2022. Construction & Demolition Recyclers. *USA Gypsum*. Available at: <<https://www.usagypsum.com/drywall-recycling/construction-demolition-recycler-transfer-stations>> [Accessed 14 September 2022].

Dash, S.S., Chandrappa, A.K. and Sahoo, U.C., 2022. Design and performance of cold mix asphalt – A review. *Construction and Building Materials*, 315, p.125687.

Deloitte, 2015. *Construction and Demolition Waste management in Greece*.

Dieckmann, E., Sheldrick, L., Tennant, M., Myers, R. and Cheeseman, C., 2020. Analysis of Barriers to Transitioning from a Linear to a Circular Economy for End of Life Materials: A Case Study for Waste Feathers. *Sustainability*, 12(5), p.1725.

EAPA, 2022a. *Asphalt – A Key Construction Product for the European Circular Economy*.

EAPA, 2022b. *Recommendations for Road Authorities to achieve circular economy goals through the maintenance, re-use and recycling of asphalt*.

Ellen MacArthur Foundation, 2013. Towards the circular economy. p.112.

Ellen MacArthur Foundation, 2014. *Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*.

Ellen MacArthur Foundation, 2019. The butterfly diagram: visualising the circular economy. Available at: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>>.

European Asphalt Pavement Association, 2014. *The use of Warm Mix Asphalt - EAPA Position Paper*. Available at: <<https://eapa.org/warm-mix-asphalt/>>.

European Commission, 2015. *Construction and Demolition Waste management in Greece*. [online] European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Greece_Factsheet_Final.pdf> [Accessed 5 September 2022].

European Commission, 2022. *Construction and demolition waste*. [online] European Commission. Available at: <https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en> [Accessed 13 September 2022].

European Commission, 2022. *Waste prevention and management*. [online] Environment. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm> [Accessed 14 September 2022].

European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, Manfredi, S. and Pant, R., 2011. *Supporting environmentally sound decisions for Construction and Demolition (C&D) waste management: a practical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA)*. [online] LU: Publications Office. Available at: <<https://data.europa.eu/doi/10.2788/54618>> [Accessed 22 May 2022].

European Environment Agency ed., 2005. *Sustainable use and management of natural resources*. EEA report. Copenhagen: European Environment Agency.

Jahanbakhsh, H., Karimi, M.M., Naseri, H. and Nejad, F.M., 2020. Sustainable asphalt concrete containing high reclaimed asphalt pavements and recycling agents: Performance assessment, cost analysis, and environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 244, p.118837.

Jain, S. and Singh, B., 2021. Cold mix asphalt: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 280, p.124378.

Johnson, A., 2020. Concrete and the circular economy. *Moreton Bay Recycling*. Available at: <<https://moretonbayrecycling.com.au/concrete-recycling-circular-economy/>> [Accessed 14 September 2022].

KESAR, 2022. *Asphalt Batch Mix Plant - Asphalt Batching Plant Manufacturer from Mehsana*. [online] <https://www.kesarequipment.com/asphalt-batch-mix-plant.html#asphalt-batching-plant>. Available at: <<https://www.kesarequipment.com/asphalt-batch-mix-plant.html#asphalt-batching-plant>> [Accessed 15 September 2022].

Kuchiishi, A.K., Vasconcelos, K. and Bariani Bernucci, L.L., 2021. Effect of mixture composition on the mechanical behaviour of cold recycled asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(8), pp.984–994.

Li, J., Xiao, F., Zhang, L. and Amirkhanian, S.N., 2019. Life cycle assessment and life cycle cost analysis of recycled solid waste materials in highway pavement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 233, pp.1182–1206.

Magar, J., 2020. Application of Industrial and Agricultural Waste for Sustainable Construction. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(7), pp.1869–1875.

- Magar, S., Xiao, F., Singh, D. and Showkat, B., 2022. Applications of reclaimed asphalt pavement in India – A review. *Journal of Cleaner Production*, 335, p.130221.
- Martinho, F., Picado-Santos, L. and Capitão, S., 2018. Feasibility Assessment of the Use of Recycled Aggregates for Asphalt Mixtures. *Sustainability*, 10(6), p.1737.
- Michellini, G., Moraes, R.N., Cunha, R.N., Costa, J.M.H. and Ometto, A.R., 2017. From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, 64, pp.2–6.
- Mino, G.D., Liberto, C.M.D., Noto, S., Wellner, F., Blasl, A., Airey, G. and Presti, D.L., 2015. Toward a sustainable 100% recycling of reclaimed asphalt in road pavements. p.68.
- Monier, V., Hestin, M., Impériale, A.C., Prat, L., Hobbs, G., Adams, K., Pairon, M., Winghe, M.R., Wiaux, F., Wahlström, M., Gaillot, O. and Ramos, M., 2017. *Resource Efficient Use of Mixed Wastes - Improving management of construction and demolition waste*.
- Mugume, R.B., 2022. Investigation of Foamed Bitumen Mixes Using Reclaimed Asphalt Pavement Materials for Cold Recycling Technology. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 15(1), pp.98–110.
- Nasir, M.H.A., Genovese, A., Acquaye, A.A., Koh, S.C.L. and Yamoah, F., 2017. Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. *International Journal of Production Economics*, 183, pp.443–457.
- Nawarathna, C. and Hesp, S., 2022. On the Use of Reclaimed Asphalt in the Circular Economy. *SSRN Electronic Journal*. [online]
- Oner, J. and Sengoz, B., 2015. Utilization of Recycled Asphalt Concrete with Warm Mix Asphalt and Cost-Benefit Analysis. *PLoS ONE*, 10(1), p.e116180.
- Pantini, S. and Rigamonti, L., 2020. Is selective demolition always a sustainable choice? *Waste Management*, 103, pp.169–176.
- Paving Finder, 2021. *Asphalt Recycling - The Process and Its Benefits*. [online] Paving Finder. Available at: <<https://pavingfinder.com/expert-advice/asphalt-recycling/>> [Accessed 14 September 2022].
- Poulikakos, L.D., Papadaskalopoulou, C., Hofko, B., Gschösser, F., Cannone Falchetto, A., Bueno, M., Arraigada, M., Sousa, J., Ruiz, R., Petit, C., Loizidou, M. and Partl, M.N., 2017. Harvesting the unexplored potential of European waste materials for road construction. *Resources, Conservation and Recycling*, 116, pp.32–44.
- Puskas, A. and Moga, L., 2015. Sustainability of reinforced concrete frame structures - A case study. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10, pp.165–176.
- Santos, L.G. de P., Baptista, A.M. da C. and Capitão, S.D., 2010. Assessment of the Use of Hot-Mix Recycled Asphalt Concrete in Plant. *Journal of Transportation Engineering*, 136(12), pp.1159–1164.
- Sariatli, F., 2017. Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), pp.31–34.
- Schröder, P., Lemille, A. and Desmond, P., 2020. Making the circular economy work for human development. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, p.104686.
- Sengoz, B. and Oylumluoglu, J., 2013. Utilization of recycled asphalt concrete with different warm mix asphalt additives prepared with different penetration grades bitumen. *Construction and Building Materials*, 45, pp.173–183.

Shanbara, H.K., Dulaimi, A., Al-Mansoori, T., Al-Busaltan, S., Herez, M., Sadique, M. and Abdel-Wahed, T., 2021. The future of eco-friendly cold mix asphalt. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, p.111318.

Sultanova, D., Maliashova, A. and Gadelshina, S., 2021. Waste management as an element of sustainable development of the circular economy in the European Union. *E3S Web of Conferences*, 247, p.01007.

Sustainable procurement in Manitoba, 2022. *Carbon Emissions from Goods & Services | Sustainable Procurement in Manitoba*. [online] Sustainable procurement in Manitoba. Available at: <<http://manitobasustainableprocurement.com/node/426>> [Accessed 14 September 2022].

Tarsi, G., Tataranni, P. and Sangiorgi, C., 2020. The Challenges of Using Reclaimed Asphalt Pavement for New Asphalt Mixtures: A Review. *Materials*, 13(18), p.4052.

Tavassoti, P., Solaimanian, M. and Chen, X., 2022. Characterization of fatigue performance of cold mix recycled asphalt mixtures through uniaxial tension–compression testing. *Construction and Building Materials*, 329, p.127155.

Wang, Y., 2016. The effects of using reclaimed asphalt pavements (RAP) on the long-term performance of asphalt concrete overlays. *Construction and Building Materials*, 120, pp.335–348.

Watson, P., 2020. Construction Waste Disposal of Bricks. Available at: <<https://www.vexnews.com/construction-waste-disposal-of-bricks/>> [Accessed 14 September 2022].

Wayman, M., 2012. *Life Cycle Assessment of Reclaimed Asphalt*.

Wilkinson, S., Chang-Richards, A.Y., Sapeciay, Z. and Costello, S.B., 2016. Improving construction sector resilience. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(2), pp.173–185.

Xu, X., Luo, Y., Sreeram, A., Wu, Q., Chen, G., Cheng, S., Chen, Z. and Chen, X., 2022. Potential use of recycled concrete aggregate (RCA) for sustainable asphalt pavements of the future: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 344, p.130893.

Yang, R., Kang, S., Ozer, H. and Al-Qadi, I.L., 2015. Environmental and economic analyses of recycled asphalt concrete mixtures based on material production and potential performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, pp.141–151.

Yu, B., Lu, Q. and Xu, J., 2013. An improved pavement maintenance optimization methodology: Integrating LCA and LCCA. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 55, pp.1–11.

Zhejiang Supu Technology Co., 2022. *Wood Waste Recycling*. [online] Available at: <<https://www.gator-recycling.com/Wood-Waste-Recycling-id3366154.html>> [Accessed 14 September 2022].

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

AANEΛ, 2022. Συμμετοχή στο Σύστημα. ΣΣΕΔ ΑΕΚΚ ΑΑΝΕΛ. Προσβάσιμο από: <<https://www.aanel.gr/συμμετοχή-στο-σύστημα/>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

ANABE, 2022. ANABE - Ανακύκλωση Αδρανών Βορείου Ελλάδος. [online] ANABE. Προσβάσιμο από: <<http://anabe.gr/>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

ANAKEM, 2022. ANAKEM A.E. – Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Κεντρικής Μακεδονίας A.E. Προσβάσιμο από: <<https://anakem.gr/>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

Αναστασοπούλου, Μ., Βασιλείου, Β. and Καραλής, Κ., 2012. *Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων*. Προσβάσιμο από: <<http://library.tee.gr/digital/del/>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

Βασιλογλου, Ν., 2010. *Προσδιοριστικοί παράγοντες και η διαχρονική εξέλιξη της οικοδομικής δραστηριότητας στην Ελλάδα*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Σ.-Α. and ΣΚΡΕΚΑΣ, Κ., 2021. *Κ.Υ.Α. 14900/2021: Έγκριση σχεδίου Δράσης για τις Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις*. [online] Forin Σταματόπουλος ΙΚΕ. Προσβάσιμο από: <<https://www.forin.gr/articles/article/43952/kua-14900-2021>> [Πρόσβαση 2 Αυγούστου 2022].

Γιουβανάκης, Ι., 2015. *Διαχείριση Αποβλήτων από την κατασκευαστική δραστηριότητα: Βιβλιογραφική επισκόπηση*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Διεύθυνση Καθαριότητας και Ανακύκλωσης, 2015. *Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων*. Προσβάσιμο από: <https://www.larissadimos.gr/images/data/ANAKYKLVSH/TSDA_Larissa_2015.pdf> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

Δομή και ελάχιστο περιεχόμενο του Κανονισμού Καθαριότητας των Ο.Τ.Α. Α' βαθμού. [online] Προσβάσιμο από: <<https://water-waste.gr/site/>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022α. *ΕΑΣΑ*. [Προσωπική επικοινωνία], 2022.

ΕΑΣΑ ΙΚΕ, 2022β. *ΕΑΣΑ ΙΚΕ*. [online] ΕΑΣΑ ΙΚΕ. Προσβάσιμο από: <<https://easa-ike.gr/>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

Έγκριση του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων.

Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2016. *Επικαιροποίηση Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Θεσσαλίας*. Προσβάσιμο από: <<https://www.thessalia-espa.gr/attachments/article/208/meletipesda.pdf>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης, 2021. *Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) – ΕΟΑΝ*. Προσβάσιμο από: <<https://www.eoan.gr/>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2009. *ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-17-00 «Στρώσεις οδοστρώματος από τσιμεντόδετο ανακυκλωμένο μίγμα φρεζαρισμένων ασφαλτικών και υποκείμενων στρώσεων οδοστρώσεως»*. [online] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ - ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ. Προσβάσιμο από: <https://www.ggde.gr/images/attachments/petep_2020/372_etep/> [Πρόσβαση 21 Αυγούστου 2022].

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016. *Πρωτόκολλο της ΕΕ για τη διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων*. [online] European Commission. Προσβάσιμο από: <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/>> [Πρόσβαση 5 Σεπτεμβρίου 2022].

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2015. *Κυκλική οικονομία: Χρησιμοποίησέ το ξανά*. [online] Προσβάσιμο από: <<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimoroiise-to-xana>> [Πρόσβαση 13 Σεπτεμβρίου 2022].

Καραγιάννη, Ζ., 2009. *Ανάλυση κατασκευαστικού κλάδου: Περίπτωση ελληνικής εταιρείας*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Λατομεία Θεσσαλίας, 2022. *Λατομεία Θεσσαλίας*. [Προσωπική επικοινωνία], 2022.

Λατομεία Τυρνάβου Α.Ε., 2022. ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ Α.Ε. - ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ - ΛΑΤΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ. [online] ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΥΡΝΑΒΟΥ Α.Ε. Προσβάσιμο από: <<http://www.latomiatirnavou.gr/el/>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ).[online] Προσβάσιμο από: <<https://www.eoan.gr/wp-content/uploads/2020/07/>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ «Για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών». Άρθρο 4 [online] Προσβάσιμο από: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

Πολύζος, Σ., 2022. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ. 1η Έκδοση. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.

Σκρέκας, Κ., Καραμίντζιος, Ε., Παπαστεργίου, Δ. and Χιωτάκης, Ν., 2022. Οδηγός για Δήμους για τη διαλογή στην Πηγή & την Ανακύκλωση. [online] ΕΟΑΝ. Προσβάσιμο από: <<https://www.eoan.gr>> [Πρόσβαση 2 Αυγούστου 2022].

Στεργιούλας, Γ., 2022. ΕΡΓΟΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΣΤΕΡΓΙΟΥΛΑΣ Γ. Α.Τ.Ε. [Προσωπική επικοινωνία], 2022.

Σωτηρόπουλος, Α., 2019. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ: ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ & ΕΥΗΜΕΡΙΑ.

Υπουργείο Δημοσίων Έργων, 1965. Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή Α 265 - Ασφαλτικό Σκυρόδεμα. Προσβάσιμο από: <<http://www.paver.gr/images/tehnika/prodiagrafes/ptp/ptp-a265.pdf>> [Πρόσβαση 15 Σεπτεμβρίου 2022].

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων συμπεριλαμβανομένων των επικίνδυνων αποβλήτων. Προσβάσιμο από: <<http://www.opengov.gr/minenv/>> [Πρόσβαση 14 Σεπτεμβρίου 2022].

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας and Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, 2021. Κυκλική Οικονομία: Νέο σχέδιο δράσης της Ελλάδας. Προσβάσιμο από: <<https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2022/03/>> [Πρόσβαση 24 Ιουλίου 2022].