

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΤΟΥΣ ΖΩΗΣ

Νικόλαος Μουσιόπουλος

Καθηγητής, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, ΑΠΘ

Ελευθέριος Ιακώβου

Καθηγητής, Εργαστήριο Ποσοτικής Ανάλυσης, Logistics & Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας, Α.Π.Θ.

Άγις Παπαδόπουλος

Αν. Καθηγητής, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, ΑΠΘ

Χαρίσιος Αχίλλας

Υπ. διδάκτορας, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Α.Π.Θ.

Δημήτριος Αηδόνης

Υπ. διδάκτορας, Εργαστήριο Ποσοτικής Ανάλυσης, Logistics & Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας, Α.Π.Θ.

Δημήτριος Αναστασέλος

Υπ. διδάκτορας, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Α.Π.Θ.

Γεώργιος Μπανιάς

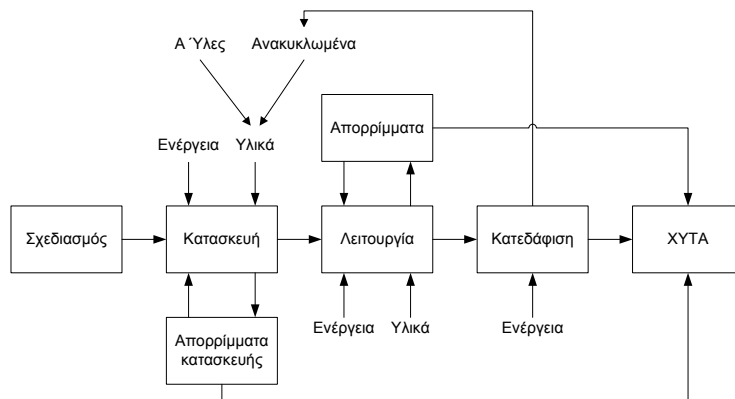
Υπ. διδάκτορας, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Α.Π.Θ.

Λέξεις κλειδιά: ΑΕΚΚ, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, δομικά υλικά

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα σε όγκο ρεύματα αποβλήτων. Η ανεξέλεγκτη απόρριψή τους εκτός από μόλυνση του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των υπογείων υδάτινων πόρων, έχει σημαντική επίπτωση στην αισθητική υποβάθμιση της περιοχής απόρριψής τους. Η ανακύκλωση των δομικών υλικών σε κατάλληλες μονάδες διαχείρισης, με παράλληλη παροχή νέων εκμεταλλεύσιμων υλικών, αποτελεί τη σύγχρονη τάση της περιβαλλοντικής μηχανικής στην περιοχή της εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην επισκόπηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης εν αχρηστία δομικών υλικών, μέσα από εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε διεθνές επίπεδο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου παράγονται απορρίμματα, τα οποία ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό έχουν την έντονη διαφοροποίηση τόσο στη σύστασή τους, όσο και στις τελικές προς διάθεση ποσότητες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων (εξαιρουμένων των απορριμμάτων που παράγονται από τους κατοίκους του κτιρίου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κτιρίου) προέρχεται κατά την κατασκευή και κατεδάφιση του κτιρίου. Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η χρήση των διαφόρων υλικών, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, καθώς και η παραγωγή των απορριμμάτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου. Η ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ) τα οποία καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) ή σε ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική πρόκληση. Το πρόβλημα έγκειται στην ύπαρξη διεργασιών οι οποίες δημιουργούν προβλήματα στην τελική διάθεση, στη χρησιμοποίηση υλικών τα οποία δεν έχουν καμία δυνατότητα μελλοντικής επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης μετά το τέλος της ωφέλιμής τους ζωής, στις κατασκευαστικές πρακτικές αλλά και τις μεθόδους κατεδάφισης, οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή υπερβολικά μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων.



Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής υλικών στη διάρκεια του κύκλου ζωής κτιρίου

Τα ΑΕΚΚ προκύπτουν κατά τη διάρκεια διεργασιών όπως οι κατασκευές κτιρίων, οι κατεδαφίσεις κτιρίων που βρίσκονται στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, οι ανακαινίσεις κτιρίων για την αισθητική και λειτουργική αναβάθμισή τους, όπως επίσης και οι καταστροφές που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα κυριότερα απορρίμματα τα οποία συναντώνται κατά τη διάρκεια των τριών κύριων διεργασιών.

Πίνακας 1. Παραγόμενα απορρίμματα ανάλογα με την προέλευσή τους

Κατεδάφιση	Ανάμεικτα. Περιλαμβάνουν σκυρόδεμα, τούβλα, κονιάματα, σίδηρο, ξύλο, πλαστικό, καλώδια, μηχανικό εξοπλισμό, κτλ.
Κατασκευή	Ξύλο, μονωτικό υλικό, σωλήνες, απορρίμματα συσκευασιών, σκυρόδεμα, τούβλα, κονιάματα, κτλ.
Ανακαίνιση	Ξύλο, μονωτικό υλικό, σωλήνες, απορρίμματα συσκευασιών, σκυρόδεμα, τούβλα, μηχανικός εξοπλισμός.

2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η μέχρι πρόσφατα έλλειψη νομικού πλαισίου για τη διαχείριση των ΑΕΚΚ αποτελεί τη βάση του προβλήματος πλημμελούς διαχείρισής τους στην Ελλάδα. Σήμερα, ενώ το νομοθετικό πλαίσιο υπάρχει, δεν έχει δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως ώστε να τεθεί σε ισχύ. Συγκεκριμένα, τον Μάιο του 2007 υπογράφηκε το Σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος (Π.Δ.) για την «Εναλλακτική διαχείριση των ΑΕΕΚ», το οποίο βασίζεται στους προγενέστερους νόμους 1650/86 για την «Προστασία του Περιβάλλοντος» και 2939/01 για τις «Συσκευασίες και την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων», καθώς επίσης και στις σχετικές Κοινοτικές Οδηγίες [1]. Κύρια επιδίωξη του εν λόγω Π.Δ. είναι η θέσπιση μέτρων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση ή/και αξιοποίηση των υλικών αυτών. Παράλληλα, προβλέπει τη διαλογή και την επεξεργασία των ΑΕΚΚ σε εγκεκριμένες μονάδες, με σκοπό να επαναχρησιμοποιείται μέρος τους (π.χ. σίδηρα, τούβλα, σκυρόδεμα κ.λπ.) και μόνο οι ποσότητες που δεν είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν να καταλήγουν σε χώρους απόθεσης. Σε γενικές γραμμές, το Π.Δ. προσπαθεί να βάλει τάξη στον τρόπο συλλογής και μεταφοράς των ΑΕΚΚ, αλλά και να καθορίσει τις υποχρεώσεις όλων των φορέων που θα τα διαχειρίζονται. Επιμέρους στόχος του Π.Δ. είναι επίσης η υιοθέτηση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (2001/573/ΕΚ) και η επίτευξη των στόχων που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την αξιοποίηση των ΑΕΚΚ. Οι ποσοτικοί στόχοι που θέτει το Π.Δ. είναι:

- Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2010, να αξιοποιείται κατ' ελάχιστο το 30% σε βάρος, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.
- Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, να αξιοποιείται τουλάχιστον το 60% σε βάρος, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΕΚΚ

Οι κύριοι τρόποι αξιοποίησης των εν αχρηστία δομικών υλικών που μπορούν να προκύψουν από την αποδόμηση, κατεδάφιση ή ανακαίνιση ενός τεχνικού έργου. Η ανάλυση επικεντρώνεται στην επισκόπηση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης εν αχρηστία δομικών

υλικών, μέσα από εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε διεθνές επίπεδο, ενώ εξετάζονται τα κυριότερα δομικά υλικά από άποψη αναλογίας τους στο συνολικό μείγμα ΑΕΚΚ, όπως σκυροδέμα, τούβλα, κεραμικά, πλακάκια, ξύλο, γυαλί, πλαστικό, μέταλλα, καθώς επίσης ασφάλτου και ορυκτής πίσσας έργων οδοποιίας.

3.1 Διαχείριση σκυροδέματος

Στις περισσότερες των περιπτώσεων, από τη συνολική ποσότητα ΑΕΚΚ ενός τεχνικού έργου, το σημαντικότερο ποσοστό αποτελούν τα απορρίμματα σκυροδέματος, το οποίο αποτελείται από τσιμέντο, άμμο, γαρμπίλι και χαλίκι. Η αξιοποίηση του σκυροδέματος στο τέλος της ωφέλιμής του ζωής μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος αφορά στη θραύση και επαναχρησιμοποίησή του σε κατασκευές ως έχει, ενώ ο δεύτερος αφορά στην ανακύκλωση του σκυροδέματος για την παραγωγή άλλων υλικών, είτε ως πρόσθετο, είτε ως υλικό αντικατάστασης του τσιμέντου. Σε γενικές γραμμές πάντως, η ανάκτηση του υλικού αυτού δεν θεωρείται εύκολη στην πράξη για το λόγο ότι είναι πολύ δύσκολος ο διαχωρισμός των επιμέρους υλικών που περιέχει.

Με βάση τη διεθνή πρακτική, οι συνηθέστερες πρακτικές αξιοποίησης του σκυροδέματος στο τέλος της ωφέλιμής του ζωής – στις περισσότερες των περιπτώσεων, αφού έχει προηγουμένως υποστεί κάποια επεξεργασία (π.χ. θρυμματισμός) – αποτελούν οι παρακάτω:

- Τοποθέτησή του γύρω από τσιμεντοσωλήνες για όμβρια ύδατα.
- Χρήση ως αδρανών σε αντικατάσταση των χαλικιών και της άμμου.
- Χρήση ως υλικό για βάσεις και υποβάσεις κάτω από ασφαλτικό τάπητα σε έργα οδοποιίας.
- Χρήση σε προσωρινή οδοποιία και χωματόδρομους ή και δασικούς δρόμους.
- Χρήση ως αδρανών σε παραγωγή σκυροδέματος και ασφάλτου.
- Χρήση στην κατασκευή υλικών για πεζοδρόμια.
- Χρήση ως υλικό ημερήσιας κάλυψης των απορριμμάτων των ΧΥΤΑ.
- Χρήση ως υλικό επιχώσεων σε οικοδομικά έργα.
- Σε έργα επεξεργασίας και βιολογικού καθαρισμού λυμάτων. Το σκυροδέμα μπορεί να αντικαταστήσει φυσικά υλικά, όπως άμμος ή/και χαλίκια, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες για το σκοπό αυτό.

3.2 Διαχείριση τούβλων, πλακιδίων και κεραμικών

Όπως και στην περίπτωση του σκυροδέματος, υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να αξιοποιηθεί το συγκεκριμένο κλάσμα των ΑΕΚΚ. Από τη μία, η άμεση επαναχρησιμοποίηση κεραμιδιών από τις στέγες κτιρίων είναι απόλυτα εφικτή, καθώς η αφαίρεσή τους και η αποθήκευσή τους δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Επίσης, σε πολλά οικοδομικά έργα δεν

είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός των αναγκών σε τούβλα, οπότε αυτά που μένουν αχρησιμοποίητα σε ένα έργο μπορούν να διοχετεύονται για άλλες χρήσεις. Αντίθετα, τα τούβλα που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί και προκύπτουν από εργασίες αποδόμησης, κατεδάφισης ή ανακαίνισης ενός τεχνικού έργου παρουσιάζουν περισσότερες δυσκολίες για άμεση επαναχρησιμοποίηση, για τον λόγο ότι μπορεί πιθανότατα να έχουν μολυνθεί με σκυρόδεμα, κονίαμα, γύψο ή/και άλλα υλικά.

Σε διεθνές επίπεδο, οι κύριοι τρόποι αξιοποίησης τούβλων, πλακιδίων και κεραμικών στο τέλος της ωφέλιμής τους ζωής είναι:

- Αναμόρφωση ως τούβλα και κεραμίδια.
- Υλικά πλήρωσης και σταθεροποίησης για έργα υποδομής. Παρόλο που τα υλικά που προέρχονται από τη θραύση ενός τοίχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας, δεν είναι κατάλληλα για βαριά κυκλοφορία λόγω του κινδύνου παραμόρφωσης. Τα ανωτέρω υλικά αντικαθιστούν φυσικά υλικά, όπως την άμμο και τα χαλίκια, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες για αυτό το σκοπό. Σε μερικές περιπτώσεις, τα υλικά που προέρχονται από τη θραύση ενός τοίχου, αναμιγνύονται μαζί με σκυρόδεμα και φυσικά αδρανή για τη δημιουργία ενός μίγματος.
- Αδρανή για εργοταξιακό και πρόχυτο σκυρόδεμα και κονιάματα. Θραυσμένα τούβλα και άλλα υλικά τοιχοποιίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξομάλυνση και πλήρωση ορυγμάτων για σωλήνες. Το θραυσμένο υλικό αντικαθιστά φυσικά υλικά, όπως την άμμο, προκαλώντας λιγότερες αναταραχές σε τοπία. Για τα ορύγματα των σωληνώσεων χρησιμοποιείται ένα λεπτόκοκκο υλικό. Χονδρότερα τεμάχια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα αδρανή σκυροδέματος ή κονιαμάτων.
- Αδρανή για τούβλα από πυριτικό ασβέστιο. Θραυσμένα τούβλα, κεραμίδια και άλλα στοιχεία τοιχοποιίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή στο έγχυτο σκυρόδεμα. Το υλικό αντικαθιστά άλλες πρώτες ύλες, όπως την άμμο. Η παραγωγή θραυστών αδρανών για σκυρόδεμα περιλαμβάνει θραύση, ταξινόμηση και καθαρισμό του υλικού κατεδάφισης. Η κυριότερη περιβαλλοντολογική επίπτωση αυτής της διεργασίας είναι η παραγωγή σκόνης κατά τη θραύση και το κοσκίνισμα. Το πρόβλημα μπορεί να μειωθεί με την κατάβρεξή τους με νερό και είναι ανάλογο με τα προβλήματα που συνδέονται με την παραγωγή φυσικών αδρανών.
- Άμμος για γήπεδα τένις. Η άμμος για την επιφανειακή κάλυψη γηπέδων τένις παράγεται από τη θραύση ερυθρών τούβλων και κεραμιδιών για στέγες. Διαφορετικά είδη τούβλων δίνουν διαφορετικές ποιότητες και χρωματισμούς της άμμου που χρησιμοποιείται στα γήπεδα τένις. Η καλή ποιότητα του ψημένου υλικού έχει πολυάριθμα ευεργετήματα, όπως καλύτερη αποστράγγιση του νερού, ενιαίο χρώμα, μεγαλύτερη πυκνότητα (μικρότερος διασκορπισμός από τον αέρα) και μικρότερα

προβλήματα χορταριάσματος. Το λεπτό επιφανειακό στρώμα διαστρώνεται πάνω από χονδρόκοκκα στρώματα, τα οποία επίσης μπορούν να περιέχουν θραυσμένο υλικό από τούβλα.

- Υποστρώματα για φυτά. Για το σχηματισμό υποστρωμάτων καλλιέργειας φυτών μπορούν να χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων και εν αχρηστία τούβλα και κεραμίδια. Το υλικό μπορεί να αναμιχθεί με άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φυτών, όπως για παράδειγμα οργανικά λιπάσματα.

3.3 Διαχείριση ξύλου

Το ξύλο συναντάται σε αρκετά μεγάλες ποσότητες στο εσωτερικό των παλαιότερων κυρίως κτιρίων, ως υλικό για την επίστρωση των πατωμάτων των δωματίων. Οι πόρτες των δωματίων στο εσωτερικό ενός κτιρίου, καθώς και οι ντουλάπες όπως και ο πάγκος των κουζινών είναι μέρη στα οποία επίσης το ξύλο είναι το κυρίαρχο υλικό. Τέλος, σε αρκετά κτίρια (κυρίως μονοκατοικίες) οι ξύλινες οροφές και τα ξύλινα κουφώματα αποτελούν συνήθη κατασκευαστική πρακτική, με αποτέλεσμα οι τελικές προς διαχείριση ποσότητες ξύλου να αυξάνονται σημαντικά.

Τα απορρίμματα ξύλου, εκτός του ότι προέρχονται από διαφορετικά είδη ξυλείας, έχουν διαφορετική φόρμα, μέγεθος και συνήθως περιέχουν διαφόρων ειδών ουσίες (βερνίκια, χρώματα), με αποτέλεσμα να είναι αρκετά επικίνδυνα για το περιβάλλον. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μαζί με το ξύλο περιέχονται διάφορα απορρίμματα, όπως μεταξύ άλλων καρφιά και γυαλί, τα οποία δυσκολεύουν την περαιτέρω επεξεργασία και ανάκτησή του.

Οι εσωτερικές πόρτες των κτιρίων καθώς και τα κουφώματα τα οποία αποτελούνται από ξύλο, εφόσον βρίσκονται σε καλή κατάσταση, μπορούν να αφαιρεθούν προσεκτικά πριν την ανακαίνιση/κατεδάφιση του κτιρίου και να οδηγηθούν σε αγορές μεταχειρισμένων υλικών όπου μπορούν να μεταπωληθούν.

Οι κυριότεροι τρόποι ανακύκλωσης ξύλου, το οποίο προέρχεται από κατεδαφίσεις είναι οι εξής:

- Κατασκευή σανίδων πάνελ (panels) καθώς και μεσαίας πυκνότητας MDF οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή σπιτιών.
- Θρυμματισμός ξύλου (ροκανίδια, σκόνη) για την παραγωγή προϊόντων συμπίεσης, όπως ξύλινα δάπεδα, σανίδες κόντρα πλακέ, κλπ.
- Προϊόντα ξύλου-σκυροδέματος. Μπορεί να επιτευχθεί παραγωγή τούβλων, panels από υπολείμματα ξύλου και σκυροδέματος με σχετικά καλές θερμομονωτικές και αντιπυρικές ιδιότητες.
- Αξιοποίηση της θερμογόνου δύναμής του εφόσον είναι απαλλαγμένο από διάφορες προσμίξεις (ελεγχόμενη καύση).
- Χρήση σε συνδυασμό με ανακυκλωμένα πλαστικά υλικά για τη δημιουργία εξαιρετικά αποτελεσματικών, υψηλής απόδοσης, συνθετικών υλικών. Πεδίο εφαρμογής των υλικών αυτών αποτελεί η

συσκευασία προϊόντων, διάφορα εξαρτήματα στο εσωτερικό των αυτοκινήτων, η κατασκευή επίπλων καθώς και σε διάφορες εξωτερικές κατασκευές (π.χ. παγκάκια).

3.4 Διαχείριση γυαλιού

Οι ποσότητες γυαλιού προς διαχείριση μπορεί να προέλθουν κατά τη διάρκεια μιας κατασκευής ή μιας κατεδάφισης ενός έργου κυρίως από την θραύση των υαλοπινάκων. Το γυαλί έχει το μεγάλο πλεονέκτημα συγκριτικά με τα υπόλοιπα ΑΕΚΚ στο ότι μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς να αλλοιωθούν οι φυσικές και μηχανικές του ιδιότητες. Δεδομένου ότι για την παραγωγή του απαιτούνται αρκετά μεγάλες ποσότητες ενέργειας, η ανάκτησή του και η τελική ανακύκλωσή του μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια μιας κατεδάφισης ή ανακαίνισης και εφόσον το γυαλί δεν θα οδηγηθεί για επαναχρησιμοποίηση, θραύεται με σκοπό να μειωθεί ο όγκος του. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το υαλόθραυσμα, το οποίο αποθηκεύεται προσωρινά σε ξεχωριστό κάδο αποθήκευσης, έτσι ώστε να μην αναμιχθεί με άλλα απορρίμματα. Το υαλόθραυσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή σκυροδέματος, ασφάλτου, υαλότουβλων, κεραμικών πλακιδίων καθώς επίσης και για την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος. Αναλυτικά ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται για:

- Παραγωγή ινών γυαλιού. Το ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ινών γυαλιού για την κατασκευή ηχομονωτικών και θερμομονωτικών υλικών και συγκεκριμένα για την παραγωγή του υαλοβάμβακα. Το ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται σε ποσοστό 3-4% σε σχέση με τις συνολικές ποσότητες των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών, κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας του υαλοβάμβακα. Το γυαλί που προέρχεται από ΑΕΚΚ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καινούριου γυαλιού μόνο όταν δεν περιέχει κάποια άλλη ουσία.
- Κεραμικά πλακάκια. 100% αντικατάσταση από ανακυκλωμένο γυαλί πραγματοποιείται στις ΗΠΑ. Το τελικό προϊόν παρουσιάζει εξαιρετική ανακλαστική επιφάνεια μετά το γυάλισμα.
- Παραγωγή ασφάλτου για κατασκευή δρόμων. Το προς ανακύκλωση γυαλί θα πρέπει να θρυμματιστεί σε πολύ μικρές διαστάσεις προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ασφάλτου.
- Παραγωγή σκυροδέματος. Η προσθήκη γυαλιού ως πρώτη ύλη κατά τη διαδικασία παραγωγής του σκυροδέματος μπορεί να οδηγήσει σε ελάττωση της αντοχής του παραγόμενου σκυροδέματος.

3.5 Διαχείριση πλαστικών

Στις κατασκευές, το πλαστικό χρησιμοποιείται κυρίως στις εγκαταστάσεις ύδρευσης, αποχέτευσης λυμάτων και ομβρίων υδάτων, στα πατώματα, στα κουφώματα, στα κεραμίδια, καθώς και στην τοποθέτηση των ηλεκτρολογικών καλωδίων. Η ανακύκλωση πλαστικών είναι αρκετά δύσκολη και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Από περιβαλλοντικής άποψης είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή όταν καίγονται τα πλαστικά που περιέχουν χλώριο (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο) παράγουν τοξικές ενώσεις (διοξίνες και φουράνια), όπως επίσης και για το λόγο ότι τα περισσότερα πλαστικά διασπώνται δύσκολα.

Υπάρχουν πολλά προβλήματα αναφορικά με τα πλαστικά και τη δυνατότητα ανακύκλωσής τους. Αυτά οφείλονται στο ότι (i) υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετική χημική σύσταση αλλά και φυσικές ιδιότητες, (ii) είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν εύκολα, ακόμα και εάν φαίνονται ίδια, (iii) υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πλαστικών είναι η σχέση βάρους/όγκου που φτάνει μέχρι και 1:3. Λόγω της σχέσης αυτής, τα πλαστικά θραύονται για την οικονομικότερη μεταφορά τους στη μονάδα επεξεργασίας, όπου κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους απομακρύνονται οι προσμίξεις.

Τα πλαστικά υλικά τα οποία ανακτώνται από τα ΑΕΚΚ μπορούν να διαχωριστούν, να καθαριστούν, να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν σε προϊόντα τα οποία είναι σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα πλαστικά ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τους όπως:

- Προϊόντα πλαστικής ξυλείας (π.χ. παγκάκια, τραπέζια εξοχής, καταστρώματα, κτλ.).
- Διαχωριστικά αυτοκινητοδρόμων.
- Κώνοι ρύθμισης της κυκλοφορίας.

Για την επιτυχή ανακύκλωση των συγκεκριμένων υλικών και την παραγωγή καινούριων πλαστικών υλικών με συγκεκριμένες ιδιότητες και προδιαγραφές, πρέπει τα υλικά αυτά να αναμιγνύονται μέχρι κάποιο ποσοστό με τα υλικά τα οποία αποτελούν πρώτη ύλη για την παραγωγή των καινούριων αυτών υλικών. Το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει και μέχρι και 70% ανακυκλωμένο και 30% πρώτη ύλη για την παραγωγή των καινούριων πλαστικών υλικών.

3.6 Διαχείριση μετάλλων

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές χωρίζονται σε σιδηρούχα (χάλυβας) και μη σιδηρούχα (αλουμίνιο, χαλκός, ψευδάργυρος).

3.6.1 Σιδηρούχα

Σε όλες τις φάσεις κατασκευής αλλά και κατεδάφισης ενός έργου προκύπτουν σιδηρούχα απόβλητα από ένα πλήθος πηγών όπως κάγκελα,

χαλύβδινα πλαίσια, οπλισμός σκυροδέματος, σιδερόβερρες, κλπ. Οι ποσότητες του χάλυβα συλλέγονται συνήθως από ιδιώτες οι οποίοι αναλαμβάνουν την ανακύκλωσή τους π.χ. παρασκευή κραμάτων, ή την πώλησή τους σε άλλους ενδιαφερόμενους. Ο χάλυβας μπορεί να ανακυκλωθεί και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καινούριων ποσοτήτων χάλυβα. Κατά τη διαδικασία της κατεδάφισης είναι από τα ελάχιστα υλικά των οποίων η διαχείριση αποφέρει κέρδος για τον εργολάβο, με αποτέλεσμα ο βαθμός ανάκτησής τους να πλησιάζει το 100%.

3.6.2 Μη Σιδηρούχα

Το αλουμίνιο αποτελεί τον κυριότερο εκπρόσωπο των μη σιδηρούχων μετάλλων. Στα ΑΕΚΚ το αλουμίνιο μπορεί να προέλθει από ένα πλήθος πηγών όπως κατασκευαστικά πλαίσια, σκέπαστρα, οροφές, πόρτες, κουφώματα, υδρορροές, κλπ. Η διεργασία παραγωγής του αλουμινίου είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα, αφού ένας τόνος αλουμινίου που παράγεται από βωξίτη απαιτεί κατανάλωση ενέργειας της τάξης των 51 MWh. Αντίθετα, ένας τόνος αλουμινίου που παράγεται από ανακυκλωμένο αλουμίνιο απαιτεί την κατανάλωση μόλις 2 MWh. Επιτυγχάνεται επομένως εξοικονόμηση ενέργειας έως και 95%, γεγονός το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προκύπτει από την ανακύκλωση του αλουμινίου.

Κυριότερες πηγές παραγωγής χαλκού αποτελούν οι σωληνώσεις κυρίως από το δίκτυο θέρμανσης και κλιματισμού, τα σκέπαστρα οροφών καθώς και το εσωτερικό των καλωδίων. Αντίστοιχα ο μόλυβδος προέρχεται από σωλήνες υδραυλικών εγκαταστάσεων, παλιές αποχετεύσεις, σιφόνια καθώς και φύλλα μονώσεων. Ο ψευδάργυρος συναντάται όχι τόσο συχνά και κυρίως σε σωλήνες ύδρευσης καθώς και σκέπαστρα οροφής.

3.7 Διαχείριση ασφάλτου και ορυκτής πίσσας, λιθανθρακόπισσας και προϊόντα πίσσας

Διάφορες μορφές ασφάλτου βρίσκονται στη φύση, σε καθαρή κατάσταση ή αναμεμιγμένες με διάφορες ανόργανες ουσίες, ή προέρχονται από τη διύλιση του πετρελαίου. Οι κυριότερες κατασκευαστικές εφαρμογές της ασφάλτου περιλαμβάνουν τα έργα οδοποιίας, κατασκευής γεφυρών, σκεπών και συνθετικών πατωμάτων. Αντίστοιχα, η πίσσα είναι βιτουμινούχο απόσταγμα που παράγεται με αποικοδομητική απόσταξη οργανικών υλών, όπως είναι ο λιθάνθρακας και το ξύλο.

Η άμεση επαναχρησιμοποίηση αυτών των υλικών είναι ιδιαίτερα δύσκολη, καθώς οι δύο μεγαλύτερες κατηγορίες ασφατικών υλικών που είναι τα υλικά που προέρχονται από έργα οδοποιίας και τα υλικά κατασκευής σκεπών, δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν άμεσα χωρίς ουσιαστική επεξεργασία. Κατά κύριο λόγο, τα υλικά αυτά στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους επαναχρησιμοποιούνται σε έργα οδοποιίας ως βάση σε

οδούς, αλλά και ως υλικό στρώσης σε αγροτικούς δρόμους, ενώ με περαιτέρω επεξεργασία χρησιμοποιούνται ακόμη και για νέα άσφαλτο.

Συγκεκριμένα, για την ανακύκλωση των υλικών κατασκευής του οδοστρώματος έχουν αναπτυχθεί δύο μέθοδοι. Η μέθοδος της επιτόπιας ανακύκλωσης στο χώρο αποκατάστασης του δρόμου και η μέθοδος της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος. Η επιτόπια ανακύκλωση, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί με ή χωρίς την προσθήκη θερμότητας (εν θερμώ – εν ψυχρώ), περιορίζεται μόνο στα υλικά της κυκλοφοριακής στρώσης του οδοστρώματος. Η μέθοδος της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος επιτρέπει καλύτερο έλεγχο της ποιότητας των υλικών και καλύτερο μηχανικό έλεγχο της κατασκευαστική λειτουργίας, με αποτέλεσμα το παραγόμενο μίγμα να παρουσιάζει υψηλή συνοχή και ποιότητα.

3.8 Διαχείριση απορριμμάτων εκσκαφών

Τα υλικά εκσκαφών μπορεί να είναι χώματα εκσκαφών, άμμος, χαλίκι, πέτρες, πετρώματα αργίλου και οποιαδήποτε υλικά μπορεί να προκύψουν από εκσκαφές. Τα άχρηστα υλικά εκσκαφών υπάρχουν σε κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα και ιδιαίτερα στις υπόγειες κατασκευές, έργα της γεωτεχνικής μηχανικής και αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι των παραγόμενων απορριμμάτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις. Η σύσταση των υλικών εκσκαφής εξαρτάται σημαντικά από τα τοπικά γεωλογικά δεδομένα και από το είδος της κατασκευής. Τα απόβλητα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά πλήρωσης και σταθεροποίησης σε κατασκευές, όπως για παράδειγμα στην κατασκευή δρόμων και μονοπατιών. Τα απορρίμματα εκσκαφών μπορούν να αντικαταστήσουν φυσικά υλικά όπως άμμο και χαλίκι.

3.9 Διαχείριση μονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους από πλευράς δομικής φυσικής και έχουν ως προορισμό τους να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και μείωση της θερμικής προσόδου κατά τη περίοδο δροσισμού. Μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: Τα οργανικά αφρώδη και τα ανόργανα ινώδη. Κυριότεροι εκπρόσωποι της πρώτης κατηγορίας αποτελούν η διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη καθώς και ο αφρός πολυουρεθάνης, ενώ της δεύτερης κατηγορίας αποτελεί ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας.

Ο πετροβάμβακας στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του πρακτικά δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Είναι όμως ανακυκλώσιμος και η συνηθέστερη πρακτική αφορά στη χρησιμοποίησή του ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριου πετροβάμβακα. Μπορεί επίσης να τοποθετηθεί

σε χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων χωρίς να επηρεάζει το έδαφος, καθώς το ποσοστό του οργανικού άνθρακα που εμπεριέχει βρίσκεται κάτω από το 1,5% της συνολικής μάζας, αρκετά δηλαδή πιο χαμηλά από το επιτρεπτό όριο.

Τα απορρίμματα της πολυστερίνης είναι βλαπτικά για το περιβάλλον, όχι μόνο εξαιτίας της διαφυγής διάφορων προσθετικών υλικών, αλλά και επειδή η πολυστερίνη δεν αποσυντίθεται εύκολα. Η πολυστερίνη μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αλλά και να ανακυκλωθεί σχετικά εύκολα λόγω της θερμοπλαστικής φύσης του υλικού. Η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να επιτευχθεί αν η πολυστερίνη μετά την αποξήλωσή της παραμείνει σε καλή κατάσταση. Αναφορικά με την ανακύκλωση, αυτή μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την πολυστερίνη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριας πολυστερίνης, μια πρακτική η οποία υιοθετείται από τη βιομηχανία παραγωγής μονωτικών υλικών. Η πολυστερίνη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί μετά από θερμική επεξεργασία, για την παρασκευή άκαυστου, υψηλών προδιαγραφών, ελαφρού σκυροδέματος. Τέλος τα απορρίμματα της πολυστερίνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χυτά τεμάχια, κυρίως ως υλικά συσκευασίας και προστασίας κατά τις μεταφορές, μετά από κατάλληλη θερμική επεξεργασία.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η απόρριψη των ΑΕΚΚ σε ΧΥΤΑ, καθώς επίσης και σε ανεξέλεγκτους χώρους διάθεσης, αποτελεί σήμερα την κυρίαρχη πρακτική στον τομέα της διαχείρισης του συγκεκριμένου ρεύματος απορριμμάτων. Είναι φανερό ότι αυτή η πρακτική δεν μπορεί να θεωρηθεί ως οικολογικά ορθή πρακτική διαχείρισης απορριμμάτων, καθώς συμβάλλει στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης πρακτικής διαχείρισης των ΑΕΚΚ, περιλαμβάνουν εκτός από την αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τη μόλυνση του εδάφους, των υπογείων υδάτων, καθώς επίσης και τη μόλυνση της ατμόσφαιρας. Η έλλειψη, μέχρι πρόσφατα, σαφούς νομικού πλαισίου αναφορικά με τη διαχείριση των ΑΕΚΚ, η επιθυμία των εργολάβων να αποπερατώνουν τη διαδικασία της κατεδάφισης σε σύντομο χρονικό διάστημα αδιαφορώντας για το που θα καταλήξουν τα παραγόμενα απορρίμματα, καθώς και η μη ύπαρξη ειδικών ΧΥΤΑ αδρανών υλικών είναι μερικοί μόνο λόγοι που οδηγούν στην εδραίωση της πρακτικής αυτής. Το συντριπτικό ποσοστό των ΑΕΚΚ, όπως αναλύθηκε διεξοδικά στην παρούσα εργασία, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή να αξιοποιηθεί το ενεργειακό του περιεχόμενο, με μια μεγάλη ποικιλία τρόπων και εφαρμόζοντας απλές τεχνικές. Η ανακύκλωση των δομικών υλικών σε κατάλληλες μονάδες διαχείρισης με παράλληλη παροχή νέων, εκμεταλλεύσιμων δομικών υλικών, αποτελεί τη σύγχρονη τάση της περιβαλλοντικής μηχανικής αναφορικά με το πεδίο της εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων. Προς

αυτή την κατεύθυνση θα πρέπει η αγορά των δομικών υλικών τα οποία προέρχονται από την επεξεργασία των ΑΕΚΚ να αναπτυχθεί και να ενημερωθούν όλοι οι αρμόδιοι φορείς για τα πλεονεκτήματα των υλικών αυτών (περιβαλλοντικά ή ακόμη και οικονομικά) σε σύγκριση με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, «Απόβλητα από Εκσκαφές, Κατασκευές και Κατεδαφίσεις», URL: <http://www.eedsa.gr> (τελ. επίσκεψη: 12.12.07), (2007)

Παπαδόπουλος Άγης (Επιστημονικός Υπεύθυνος), «Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών», Παραδοτέο έργου «Σχεδιασμός & Ανάπτυξη Καινοτόμων Προϊόντων Πετροβάμβακα για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Υφισταμένων & Νεόδμητων Κτιρίων», (2004)

California Environmental Protection Agency, Integrated Waste Management Board «Deconstruction Training Manual - Waste Management Reuse and Recycling at Mother Field», URL: <http://www.p2pays.org/ref/34/33885.pdf> (τελ. επίσκεψη: 21.12.07), (2001)

Dolan P., Lampo R., Dearborn J., «Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste», USACERL Technical Report 97/58, (1999)

Environmental Protection Agency, «Construction and Demolition (C&D) Debris», URL: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/debris-new/index.htm> (τελ. επίσκεψη: 19.12.07), (2006)

Fatta, D., Papadopoulos, A., Avramikos, E., Sgourou, E., Moustakas, K., Kourmoussis, F., Mentzis, A. and Loizidou, M., «Generation and management of construction and demolition waste in Greece - An existing challenge», Resources, Conservation and Recycling, 40, pp. 81–91, (2003)

Hendriks CF, Pietersen HS., «Sustainable raw materials: construction and demolition waste», Cachan Cedex, France, RILEM Publication, (2000)

Montecinos, W., Holda, A., «Construction and demolition waste management in Denmark. Example of brick, wood, treated wood and PVC management», COWAM Project Report, (2006)

Moussiopoulos N., Papadopoulos A., Iakovou E., Achillas H., Aidonis D., Anastaselos D. and Banias G., «Legislative framework on Construction and Demolition waste management», 1st International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, Skiathos, pp.1569-1575, (2007)

Tam V., Tam C., «A review on the viable technology for construction waste recycling», Resources, Conservation and Recycling, 47, pp. 209–221, (2006)