



Αντισεισμική και Ενεργειακή Αναβάθμιση  
Κατασκευών και Αειφόρος Ανάπτυξη  
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία**

---

**«Διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης - ανακύκλωσης οικοδομικών υλικών και η συμβολή τους στην περιβαλλοντική προστασία»**

---



Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια: Παπαχρήστου Μαρία

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Παραλικά Μαρία

**Αθήνα Μάρτιος, 2017**

## Περιεχόμενα

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....                                                         | 4  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                                        | 5  |
| ABSTRACT .....                                                        | 6  |
| Κατάλογος Εικόνων .....                                               | 7  |
| Κατάλογος Πινάκων .....                                               | 8  |
| Κεφάλαιο 1 Οικοδομικά υλικά.....                                      | 9  |
| 1.1 Εισαγωγή.....                                                     | 9  |
| 1.2 Κύριες κατηγορίες δομικών υλικών .....                            | 10 |
| 1.2.1 Σκυρόδεμα.....                                                  | 10 |
| 1.2.2 Τούβλο – πλακάκια – κεραμικά .....                              | 12 |
| 1.2.3 Ξύλο.....                                                       | 15 |
| 1.2.4 Γύψος.....                                                      | 19 |
| 1.2.5 Ασφαλτος .....                                                  | 20 |
| 1.2.6 Μέταλλα .....                                                   | 21 |
| 1.2.6.1 Σίδηρος.....                                                  | 21 |
| 1.2.6.2 Χάλυβας .....                                                 | 24 |
| 1.2.6.3 Χαλκός.....                                                   | 26 |
| 1.2.6.4 Αλουμίνιο .....                                               | 27 |
| Κεφάλαιο 2 Δομικά υλικά και περιβάλλον .....                          | 29 |
| 2.1 Περιβάλλον και δομικά υλικά .....                                 | 29 |
| 2.1.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις .....                                | 30 |
| 2.1.2 Συνολική απαιτούμενη ενέργεια .....                             | 30 |
| 2.1.3 Οικολογικά δομικά υλικά.....                                    | 32 |
| 2.1.4 Μέθοδοι αξιολόγησης δομικών υλικών, με βάση την οικολογία.....  | 33 |
| 2.1.5 Οικολογικά σήματα .....                                         | 37 |
| 2.2 Τοξικότητα δομικών υλικών .....                                   | 38 |
| 2.3 Ανακύκλωση δομικών υλικών .....                                   | 42 |
| Κεφάλαιο 3 Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)..... | 44 |
| 3.1 Σύσταση και επικινδυνότητα των ΑΕΚΚ.....                          | 44 |
| 3.1.1 Απόβλητα από κατεδαφίσεις – μπάζα .....                         | 46 |
| 3.1.2 Απόβλητα από εκσκαφές - κατασκευές.....                         | 47 |
| 3.1.3 Απόβλητα οδοποιίας.....                                         | 49 |
| 3.1.4 Εργοταξιακά απόβλητα .....                                      | 49 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.5 Ρυπασμένα εδάφη.....                                   | 52 |
| 3.2 Πλαίσιο διαχείρισης των ΑΕΚΚ.....                        | 54 |
| 3.2.1 Πρόβλημα.....                                          | 57 |
| 3.2.2 Νομοθεσία.....                                         | 59 |
| 3.2.3 Επεξεργασία.....                                       | 63 |
| 3.2.4 Εναλλακτική διαχείριση.....                            | 63 |
| Κεφάλαιο 4 Ανάκτηση και ανακύκλωση δομικών υλικών.....       | 65 |
| 4.1 Χώροι διαχείρισης ΑΕΚΚ.....                              | 65 |
| 4.1.1 Κινητή μονάδα ανακύκλωσης στο χώρο του εργοταξίου..... | 67 |
| 4.1.2 Σταθερό συγκρότημα ανακύκλωσης.....                    | 69 |
| 4.2 Στάδια επεξεργασίας ΑΕΚΚ.....                            | 72 |
| 4.3 Συστήματα επανάκτησης των ΑΕΚΚ.....                      | 76 |
| 4.4 Μελλοντικές τάσεις στη διαχείριση των αποβλήτων.....     | 77 |
| 4.5 Τα οφέλη και η σημασία της ανακύκλωσης.....              | 79 |
| Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα.....                                 | 81 |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή αποτελεί την μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία της Παπαχρήστου Μαρίας στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. της ΣΤΕΦ του ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ., για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τίτλο «Αντισεισμική και Ενεργειακή Αναβάθμιση Κατασκευών και Αειφόρος Ανάπτυξη».

Οι ενότητες που ακολουθούν περιγράφουν εν γένει τα συνηθέστερα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε συμβατικές κατασκευές καθώς και τη συνάρτησή τους με το περιβάλλον. Ειδικότερα εστιάζει στα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, με σημαντική μνεία στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση τους, αναλύοντας κυρίως τους τρόπους και τις διαδικασίες που αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί. Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα για τη λειτουργικότητα των μέχρι τώρα πραγματοποιούμενων μεθόδων επαναχρησιμοποίησης – ανακύκλωσης.

Ολοκληρώνοντας αυτόν τον σύντομο πρόλογο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τους γονείς μου που με στήριξαν αλλά και με βοήθησαν τόσο σε ψυχολογικό επίπεδο όσο και εμπράκτως, στην ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών που επέλεξα έως και την συγγραφή της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής.

Κλείνοντας κρίνω απαραίτητη την ευχαριστία μου προς το πρόσωπο της υπεύθυνης καθηγήτριας μου, Δρ. Παραλίκα Μαρία, για την αμέριστη συμπαράσταση της, την χρήσιμη βοήθεια της και τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τις διαδικασίες που μπορούμε να ακολουθήσουμε ώστε να ανακυκλώσουμε ή και να επαναχρησιμοποιήσουμε τα συνηθέστερα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό.

Αρχικά γίνεται μια αναλυτική αναφορά και περιγραφή των δομικών υλικών και των κατηγοριών αυτών και περιγράφεται η σχέση τους με το περιβάλλον, οι συνηθέστερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς και οι μέθοδοι αξιολόγησης τους με βάση την οικολογία. Μετέπειτα, αναφερόμαστε στα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), στις κατηγορίες τους αλλά και στο πλαίσιο διαχείρισής τους. Ιδιαίτερη αναφορά θα γίνει στους χώρους διαχείρισης των ΑΕΚΚ, στα στάδια επεξεργασίας αλλά και στα συστήματα επανάκτησης. Για να καταλήξουμε ασφαλώς στις μελλοντικές τάσεις στη διαχείριση των δομικών αποβλήτων, στα οφέλη της χρήσης της ανακύκλωσης.

Εν κατακλείδι, εξάγουμε συμπεράσματα για την πορεία των περιγραφόμενων διαδικασιών. Εξάγοντας την επιτακτική ανάγκη, όλοι μας να ευαισθητοποιηθούμε σε οικολογικά θέματα και να επιλέγουμε δομικά υλικά με τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση στις κατασκευές μας, ενώ παράλληλα να αποφεύγουμε υλικά με τοξικό χαρακτήρα. Τονίζουμε ιδιαίτερα ότι όλα τα δομικά υλικά στο σύνολο τους μπορούν τόσο να ανακυκλωθούν, όσο και να επαναχρησιμοποιηθούν. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι έχει θεσπιστεί νομοθεσία για τη διαχείριση των ΑΕΚΚ, αλλά θα πρέπει να εφαρμοστούν στην πράξη όλες οι ισχύουσες νομοθεσίες, αλλά και να κατασκευαστούν περισσότερα συγκροτήματα ανακύκλωσης. Τέλος, κρίνεται χρήσιμο να διεξαχθούν στο μέλλον και άλλες έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο μελέτης, ώστε να υπάρχουν συγκριτικά αποτελέσματα, τα οποία θα συμβάλλουν στην αναμόρφωση της ανακύκλωσης στην Ελλάδα.

## ABSTRACT

This present dissertation discusses the procedures we can follow in order to recycle or reuse the most common construction materials that are used both in Greece and abroad.

At first, a detailed reference and description of the construction materials and their categories is made and their relationship to the environment, the most common environmental impacts as well as their evaluation methods based on the ecology is described. Afterwards, we refer to the excavation, construction and demolition waste (ECDW), to their categories and to their management framework. A special reference will be made to the management area of ECDW, the processing stages and the recovery systems.

To conclude of course to the future trends in the management of the construction waste, the benefits of recycling. In conclusion, we draw conclusions about the course of the described procedures. Excluding the urgent need that we all become aware of the ecological issues and choose construction materials with the lowest energy consumption in our constructions, but at the same time we avoid toxic materials. We point out that all construction materials as a whole can be both recycled and reused. We should also consider the fact that legislation for the management of the ECDW has been in place, but all the existing legislations must be implemented and more recycling areas must be constructed. Finally, it is useful to carry out more studies in the future with similar subjects of study, so as to have comparative results which will contribute to the reform of recycling in Greece.

## Κατάλογος εικόνων

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Εικόνα 1</b> Σκυρόδεμα.....                                                                        | 12 |
| <b>Εικόνα 2</b> Είδη τούβλων .....                                                                    | 14 |
| <b>Εικόνα 3</b> Είδη κεραμιδιών .....                                                                 | 15 |
| <b>Εικόνα 4</b> Είδη ξυλείας .....                                                                    | 18 |
| <b>Εικόνα 5</b> Διακόσμηση εσωτερικών χώρων με γυψοσανίδα .....                                       | 19 |
| <b>Εικόνα 6</b> Ασφαλτόστρωση δρόμων.....                                                             | 20 |
| <b>Εικόνα 7</b> Σιδερένια γέφυρα στο ποταμό Severn, 1750.....                                         | 20 |
| <b>Εικόνα 8</b> Γέφυρα στο Εδιμβούργο, 1889.....                                                      | 21 |
| <b>Εικόνα 9</b> Ολυμπιακό στάδιο στο Μόναχο, 1972 .....                                               | 23 |
| <b>Εικόνα 10</b> Διεθνές αεροδρόμιο στην Οζάκα, 1994 .....                                            | 24 |
| <b>Εικόνα 11</b> Δομικός χάλυβας .....                                                                | 26 |
| <b>Εικόνα 12</b> Χαλκοσωλήνες.....                                                                    | 27 |
| <b>Εικόνα 13</b> Παράθυρα αλουμινίου.....                                                             | 28 |
| <b>Εικόνα 14</b> Οικολογικά σήματα.....                                                               | 37 |
| <b>Εικόνα 15</b> Σύμβολα ταξινόμησης τοξικών ουσιών.....                                              | 41 |
| <b>Εικόνα 16</b> Ανακύκλωση δομικών υλικών .....                                                      | 43 |
| <b>Εικόνα 17</b> Οικοδομικά απόβλητα στην Ελλάδα σε ποσοστά .....                                     | 50 |
| <b>Εικόνα 18</b> Μοντέλο διαχείρισης ΑΕΚΚ.....                                                        | 56 |
| <b>Εικόνα 19</b> Συνολική παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση .....                    | 57 |
| <b>Εικόνα 20</b> Οικία κατασκευασμένη από ανακυκλώσιμα υλικά στη Δανία.....                           | 58 |
| <b>Εικόνα 21</b> Διαχείριση στερεών αποβλήτων.....                                                    | 64 |
| <b>Εικόνα 22</b> Πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης Άνω Λιοσίων .....                                        | 66 |
| <b>Εικόνα 23</b> Κινητή μονάδα ανακύκλωσης .....                                                      | 68 |
| <b>Εικόνα 24</b> Κινητό συγκρότημα ανακύκλωσης μπαζών σκυροδέματος.....                               | 68 |
| <b>Εικόνα 25</b> Συστήματα διαλογής .....                                                             | 70 |
| <b>Εικόνα 26</b> Μονάδα ανακύκλωσης αδρανών υλικών Μακεδονίας Α.Ε .....                               | 71 |
| <b>Εικόνα 27</b> Θραυστήρας .....                                                                     | 72 |
| <b>Εικόνα 28</b> Μονάδα πλύσεως (πάνω), πυκνωτής λάσπης (κάτω).....                                   | 73 |
| <b>Εικόνα 29</b> Σύστημα επανάκτησης υπολειμμάτων σκυροδέματος .....                                  | 76 |
| <b>Εικόνα 30</b> Ρομπότ ανακύκλωσης σκυροδέματος .....                                                | 78 |
| <b>Εικόνα 31</b> Συνολικός κύκλος εργασιών ανακύκλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση έτη 2004 & 2006-2009..... | 79 |

## **Κατάλογος πινάκων**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Πίνακας 1</b> Κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος.....                                    | 11 |
| <b>Πίνακας 2</b> Ταξινόμηση ξυλείας και προέλευσή της.....                               | 16 |
| <b>Πίνακας 3</b> Ενσωματωμένη ενέργεια βασικών οικοδομικών υλικών.....                   | 31 |
| <b>Πίνακας 4</b> Κατηγορίες οικολογικών δομικών υλικών.....                              | 32 |
| <b>Πίνακας 5</b> Κοινοτικός κατάλογος τοξικών ουσιών.....                                | 40 |
| <b>Πίνακας 6</b> Επικίνδυνες ουσίες.....                                                 | 40 |
| <b>Πίνακας 7</b> Σύσταση αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων σε ποσοστιαία αναλογία .. | 45 |
| <b>Πίνακας 8</b> Ευρωπαϊκός κατάλογος ΑΕΚΚ.....                                          | 50 |
| <b>Πίνακας 9</b> Εγκαταστάσεις ανακύκλωσης στην ευρωπαϊκή ένωση .....                    | 71 |



## Κεφάλαιο 1 Οικοδομικά υλικά

### 1.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της γης τα τελευταία χρόνια, οδήγησε στην δημιουργία μεγάλων κατασκευαστικών έργων. Με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγάλα αποθέματα φυσικών πόρων, τα οποία θα μπορούν να διατεθούν για το παραπάνω σκοπό. Στο παρελθόν, οι κατασκευές αποτελούνταν από απλά υλικά, όπως ξύλο, άχυρο και πέτρα, τα οποία ήταν δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να επιστρέψουν στην φύση χωρίς κάποια επεξεργασία. Στην σύγχρονη εποχή, λόγω των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών του ανθρώπου, τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι σύνθετα και απαιτούν ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης, ώστε να μην υπάρχει επιπλέον επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Fatta, Papadopoulos, Avramikos, Sgourou, Moustakas, Kourmouisis, Mentzis & Loizidou, 2003). Οικολογικές έννοιες, όπως η ενεργειακή κατανάλωση και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, απασχολούν ολοένα και περισσότερο τους αρχηγούς των κρατών σε παγκόσμιο επίπεδο. Για τον υπολογισμό της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης πρέπει να εξετάζεται ο κύκλος της οικοδομικής δραστηριότητας και συγκεκριμένα κάθε στάδιο του ξεχωριστά. Επιπλέον στα χρησιμοποιούμενα υλικά, πρέπει να σημειώνεται η εμπεριεχόμενη ενέργεια, η προέλευση των πρώτων υλών, η τοξικότητα τους και η πιθανή εκπομπή ραδιενέργειας και αέριων ρύπων. Σε αρκετά ανεπτυγμένα κράτη, έχει θεσπιστεί συγκεκριμένη νομοθεσία ώστε να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες του φαινομένου αυτού. Στην παρούσα εργασία, θα εξεταστεί η υφιστάμενη κατάσταση, τα σχέδια και οι μελλοντικές τάσεις για την ανακύκλωση στον κατασκευαστικό τομέα, στην Ελλάδα αλλά και σε χώρες του εξωτερικού.

## 1.2 Κύριες κατηγορίες δομικών υλικών

Σύμφωνα με τους Ashby και Jones (1980), ως δομικά υλικά ορίζονται τα υλικά εκείνα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και στην συντήρηση των τεχνικών-δομικών έργων. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: σε φυσικά και σύνθετα. Στα φυσικά υλικά περιλαμβάνονται τα ακόλουθα: το ξύλο, ο πηλός και η πέτρα, τα οποία παραλαμβάνονται απευθείας από το φυσικό χώρο, χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια ανθρώπινη επεξεργασία. Στα βασικά σύνθετα υλικά ανήκουν το σκυρόδεμα, ο γύψος, η άσφαλτος, ο χάλυβας και το αλουμίνιο.

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων έχει ως δομικό υλικό το σκυρόδεμα, το αμέσως επόμενο σε χρήση είναι το τούβλο (Fatta et al., 2003).

Παρακάτω θα γίνει αναλυτική περιγραφή των ευρέως χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών:

### 1.2.1 Σκυρόδεμα

Με τον όρο σκυρόδεμα ή μπετόν, νοείται το μείγμα αδρανών ορυκτών, νερού και προσμίξεων, το οποίο έχει ως συνδετικό υλικό το τσιμέντο. Ως οπλισμένο σκυρόδεμα ορίζεται το μπετόν, το οποίο είναι ενισχυμένο με χαλύβδινες ράβδους. Το σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, το δε οπλισμένο σκυρόδεμα άρχισε να χρησιμοποιείται στις κατασκευές το 1950. Το σκυρόδεμα αποτελεί ένα από τα καλύτερα κατασκευαστικά υλικά, λόγω των σπουδαίων χαρακτηριστικών του. Η ιδιότητα του να παίρνει το σχήμα του καλουπιού, η μεγάλη αντοχή του στο χρόνο και στις καιρικές συνθήκες, η ανθεκτικότητα του στη φωτιά και το χαμηλό κόστος είναι κάποια από τα πλεονεκτήματά του. Ο τρόπος παρασκευής του σκυροδέματος ποικίλει και αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου, ρυθμίζεται η αναλογία των υλικών του μείγματος. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (1997) πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις στην διαδικασία σύνθεσης του συγκεκριμένου δομικού υλικού, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η αντισεισμικότητα των κατασκευών στην πάροδο των ετών. Η αντοχή του σκυροδέματος περιγράφεται από το Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Συγκεκριμένα έχουν οριστεί 14 κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος, σε σχέση με την θλιπτική αντοχή του (Πίνακας 1). Οι κατηγορίες αυτές, παρουσιάζουν την αντοχή του σκυροδέματος σε πρότυπο κυλινδρικό και κυβικό δοκίμιο. Η αντοχή του σκυροδέματος εξετάζεται με τη λήψη δειγμάτων από το υλικό προς χύτευση. Η επιλογή της κατάλληλης κατηγορίας σκυροδέματος, εξαρτάται από

την υπολογιζόμενη ανθεκτικότητα της κατασκευής, τις χημικές, φυσικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις του χώρου. Ο υπολογισμός της ανθεκτικότητας του έργου σε ορισμένο χρόνο, υπολογίζεται σε συνάρτηση με την έννοια της αντιοικονομικότητας και της αντικατάστασης του (Τσίμας & Τσιβιλής, 2004).

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί το σκυρόδεμα, μπορούν να συγκεντρωθούν κυρίως στη διάρκεια της εξόρυξης και κυρίως από την ενέργεια που απαιτείται για να επιτευχθεί αυτή η εργασία. Τα αδρανή υλικά που συνθέτουν το σκυρόδεμα, είναι δυνατόν να αντικατασταθούν από άλλα εναλλακτικά υλικά, όπου θα συμβάλλουν στη μείωση του ρυθμού εξάντλησης των φυσικών πόρων και θα μπορούν να ανακυκλωθούν ευκολότερα. Τα υλικά αυτά, μπορεί να είναι τέφρα, σκωρία υψικάμινου, φθαρμένα ελαστικά αλλά και γυαλί. Γενικά είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παραγωγή του σκυροδέματος είναι μια διαδικασία που προκαλεί μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου, καθώς και πολλά βαρέα μέταλλα (Τσίμας & Τσιβιλής, 2004).

*Πίνακας 1 Κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος*

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| <b>C 12/15</b> | <b>C 50/60</b>  |
| <b>C 16/20</b> | <b>C 55/67</b>  |
| <b>C 20/25</b> | <b>C 60/75</b>  |
| <b>C 25/30</b> | <b>C 70/85</b>  |
| <b>C 30/37</b> | <b>C 80/95</b>  |
| <b>C 35/45</b> | <b>C 90/105</b> |
| <b>C 40/50</b> | -               |
| <b>C 45/55</b> | -               |

Πηγή: [www.interbeton.gr](http://www.interbeton.gr)



Εικόνα 1 Σκυρόδεμα

Πηγή: [www.ditikienergolaviki.com](http://www.ditikienergolaviki.com)

### 1.2.2 Τούβλο – πλακάκια – κεραμικά

Τα αργιλικά προϊόντα, όπως είναι τα τούβλα, τα πλακάκια και τα κεραμίδια έχουν ως βασικό συστατικό το πηλό. Συγκεκριμένα, πρόκειται για αδρανή και σταθερά προϊόντα. Τα δομικά αυτά υλικά, έχουν συγκεκριμένο σχήμα, το οποίο προκύπτει μετά την τοποθέτησή τους σε καλούπια και την ξήρανσή τους σε κλιβάνους, την όπτηση και την ψύξη τους.

Το τούβλο ή πλίνθος αποτελεί βασικό δομικό υλικό και χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα έως και σήμερα στις οικοδομές. Τα πρώτα τούβλα τοποθετούνται χρονικά στο 7.000 π.Χ., τα οποία βρέθηκαν στην Τουρκία. Τούβλα εντοπίζονται επίσης στους ναούς των αρχαίων Αιγυπτίων. Οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν πρώτοι τους κλιβάνους για την ξήρανση των τούβλων. Μέχρι τότε, η ξήρανση γινόταν με φυσικό τρόπο. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν επίσης το τούβλο ως δομικό υλικό, σε αρκετά δημόσια κτίρια, καθώς ήταν πιο ανθεκτικό στην διάβρωση σε σχέση με το μάρμαρο.

Το 12<sup>ο</sup> αιώνα, τα τούβλα εμφανίζονται στην Ευρώπη. Το σχήμα τους δεν είναι τέλειο και έχουν χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα. Στην περίοδο της αναγέννησης, το τούβλο παύει να χρησιμοποιείται στις κατασκευές, ενώ κάνει πάλι ορατή την εμφάνισή του, το 18<sup>ο</sup> αιώνα (The Brick Directory, 2017). Σήμερα, το τούβλο χρησιμοποιείται σε πλήθος κατασκευών. Ο πλίνθος ψήνεται στους 900 βαθμούς Κελσίου για ορισμένο χρονικό διάστημα. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του τούβλου στις κατασκευές,

είναι υψηλή θερμομόνωση και η ηχομόνωση που προσφέρει, η αντισεισμικότητα, η πυροπροστασία καθώς και το χαμηλό κόστος αγοράς του (Κορωναίος & Πουλάκος, 2006).

Υπάρχουν πλήθος διαφορετικών κατηγοριών τούβλων, ώστε να ικανοποιούν στο μέγιστο τις διαφορετικές ανάγκες του ανθρώπου και των σύγχρονων κατασκευαστικών έργων.

Κατηγορίες τούβλων:

1. Διάτρητα τούβλα, τα οποία χρησιμοποιούνται στις οικοδομές. Σχήματος παραλληλεπίπεδου, με έξι ή δώδεκα οπές
2. Τούβλα αντοχής, τα οποία είναι συμπαγή
3. Πυρότουβλα, με μεγάλη θερμική αντοχή
4. Θερμομονωτικά τούβλα
5. Διακοσμητικά τούβλα
6. Τούβλα τσιμέντου
7. Τούβλα οδοστρωσίας
8. Οξύμαχα αργιλικά τούβλα (The Brick Directory, 2017)

Τα τούβλα, τα οποία φέρουν τρύπες, έχουν μικρό βάρος, εμφανίζουν καλύτερη θερμομόνωση και ηχομόνωση σε σύγκριση με τα υπόλοιπες κατηγορίες αργιλικών προϊόντων και επιτρέπουν την πλήρωση τους, με τα συνδετικά υλικά, με αποτέλεσμα να έχουμε μεγάλη σταθερότητα των κτισμάτων. Σύμφωνα με την νομοθεσία, οι πλίνθοι πρέπει να εξετάζονται ως προς την ομοιομορφία του σχήματος και του χρώματος, την υδροαπορρόφηση και την μηχανική αντοχή τους.

Τα αρχαιότερα πλακάκια υπολογίζονται περίπου στο 575 π.Χ. στην Μεσοποταμία. Το 15<sup>ο</sup> αιώνα, οι Πέρσες χρησιμοποιούσαν τα κεραμικά πλακάκια στη διακόσμηση των τζαμιών.

Τα κεραμικά πλακάκια έχουν ως πρώτη ύλη το πηλό και χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη των δαπέδων και των τοίχων ή για την κατασκευή μικρών αντικειμένων, όπως τραπεζάκια. Στο εμπόριο κυκλοφορούν πλακάκια σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, από απλά τετράγωνα έως και σύνθετα ψηφιδωτά. Αυτά, μπορεί να είναι επικαλυμμένα με πορσελάνη ή όχι, με σκοπό την επένδυση εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων (Τριανταφύλλου, 2005). Τα πλακάκια αντικατέστησαν την χρήση του μαρμάρου, αφού τοποθετούνται ευκολότερα και έχουν μικρότερο κόστος.

Τα πρώτα κεραμίδια χρονολογούνται το 3.000 π.Χ. στην μυκηναϊκή εποχή. Τα κεραμίδια τοποθετούνταν μόνο σε πέτρινα κτίσματα, τα οποία διέθεταν την απαραίτητη αντοχή.

Τα κεραμίδια, χρησιμοποιούνται ως υλικό κάλυψης των σκεπών, με κλίση. Ειδικότερα, τα κεραμίδια τοποθετούνται αλληλεπικαλυπτόμενα, ώστε να αποκλείεται η είσοδος της βροχής στο εσωτερικό των κτιρίων. Η παρασκευή των κεραμιδιών επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του πηλού σε καλούπια πάχους 10 mm (The Brick Directory, 2017). Τα κεραμίδια ανάλογα με το σχήμα τους διακρίνονται στις επόμενες βασικές κατηγορίες:

- Επίπεδα
- Κυρτά
- Πλακοειδή

Με τροποποιήσεις και συνδυασμούς των προαναφερθέντων κατηγοριών, προκύπτουν επιπλέον μορφές κεραμιδιών, όπως είναι τα βυζαντινά, τα ολλανδικά και τα ρωμαϊκά (Stephen & Christopher, 2004).



Εικόνα 2 Είδη τούβλων

Πηγή: [www.moraitsavee.gr](http://www.moraitsavee.gr)



Εικόνα 3 Είδη κεραμιδιών

Πηγή: [www.mpimpas.gr](http://www.mpimpas.gr)

### 1.2.3 Ξύλο

Ο άνθρωπος έχει χρησιμοποιήσει από το παρελθόν το ξύλο, ως υλικό για κατασκευές πρόχειρων καταλυμάτων. Σήμερα η εξέλιξη της βιομηχανίας και της τεχνολογίας, έχουν εισάγει στο εμπόριο ποικίλα προϊόντα ξύλου, τα οποία το καθιστούν βασικό δομικό υλικό. Το ξύλο είναι φυσικό-οργανικό προϊόν, το οποίο αποτελείται από κυτταρίνη και λιγνίνη.

Τα πλεονεκτήματα του είναι αρκετά, όπως ότι είναι οικολογικό υλικό (λόγω της οργανικής αποσύνθεσης), η καλή θερμομόνωση – ηχομόνωση που προσφέρει και η μεγάλη ποικιλία σε χρώματα, ανάλογα με το είδος του δέντρου.

Παρόλα αυτά το ξύλο εμφανίζει και διάφορα μειονεκτήματα, τα οποία πρέπει να εξετάζονται προσεχτικά κατά την μελέτη των έργων, στα οποία χρησιμοποιείται. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η υγροσκοπικότητα, η συχνή συντήρηση, η ανισορροπία, η πιθανή προσβολή από μύκητες και γενικότερα η ευαισθησία του στις περιβαλλοντικές επιδράσεις. Το ξύλο είναι εύφλεκτο υλικό και αποτελεί μια ακόμη ιδιότητα, την οποία πρέπει να υπολογίζει ο χρήστης του. Με κατάλληλες κατεργασίες, όπως έκπλυση και ξήρανση, πολλές από τις παραπάνω καταστάσεις αντιμετωπίζονται επιτυχώς.

Η διαδικασία της έκπλυσης, εφαρμόζεται στη δομική ξυλεία. Με την διαδικασία αυτή, απομακρύνονται οι χυμοί του δέντρου, ώστε να προστατευτεί από προσβολές εντόμων και μυκήτων. Σε σχέση με την ξήρανση, γίνεται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο, ώστε να μειωθεί η υγρασία του δέντρου.

Για την συντήρηση του ξύλου, πραγματοποιούνται ελαιοχρωματισμοί, επίστρωση με βερνίκι και πίσσα. Το ξύλο, το οποίο βρίσκει χρήση στον κατασκευαστικό τομέα κατατάσσεται σε κλάσεις αντοχής, ώστε να είναι εναρμονισμένο με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Η αξιολόγηση και η κατάταξη του ξύλου στις διάφορες κλάσεις, γίνεται με οπτικό και μηχανικό τρόπο.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι οι χώρες, οι οποίες ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πρέπει άμεσα να εφαρμόσουν και να προσαρμοστούν στον Ευρωκώδικα 5. Ο κώδικας αυτός, αφορά τον σχεδιασμό των ξύλινων κατασκευών. Το δομικό ξύλο παράγεται από κωνοφόρα - αειθαλή και πλατύφυλλα - φυλλοβόλα δέντρα. Τα δέντρα αυτά παρουσιάζονται στο πίνακα 2.

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί το ξύλο, είναι ανάλογες της προέλευσης του, του είδους ξυλείας ειδικότερα. Με μεγάλη προσοχή πρέπει να γίνεται η διαχείριση της δασοκομίας, η χρήση των συντηρητικών καθώς και η μεταφορά. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η ξυλεία πρέπει να προέρχεται από πιστοποιημένες δασικές εκτάσεις. Στην Ελλάδα, έχει παρατηρηθεί χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων ξυλείας και κρίνεται αναγκαία η καλλιέργεια αντίστοιχων δασών οικοδομικής ξυλείας.

Κατά την επεξεργασία της ξυλείας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αβλαβή φυσικά παρασιτοκτόνα.

*Πίνακας 2 Ταξινόμηση ξυλείας και προέλευσή της*

| Μαλακή ξυλεία                                                                                                    | Σκληρή ξυλεία                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Κωνοφόρα - αειθαλή δέντρα</b>                                                                                 | <b>Πλατύφυλλα – φυλλοβόλα δέντρα</b>                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Κυπαρίσσι</b></li><li>• <b>Έλατο</b></li><li>• <b>Πεύκο</b></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Καστανιά</li><li>• Καρυδιά</li><li>• Οξυά</li><li>• Συμήδα</li><li>• Λεύκα</li></ul> |

Πηγή: [www.interbeton.gr](http://www.interbeton.gr)



Τα προϊόντα του ξύλου χωρίζονται στα φυσικά και βιομηχανικά. Στη φυσική ξυλεία, εντάσσεται η πριστή, η πελεκητή και στρογγυλή ξυλεία. Η **πριστή** ξυλεία είναι ορθογώνια μέλη κορμών, τα οποία χρησιμοποιούνται στην επιπλοποιία, στα κουφώματα και για επενδύσεις δαπέδων και τοίχων.

Η **πελεκητή** ξυλεία χρησιμοποιούταν στο παρελθόν. Σήμερα η χρήση της είναι αρκετά περιορισμένη. Η ξυλεία αυτή, είναι τμήματα κορμών, τα οποία έχουν κοπεί με πέλεκυ. Παραδοσιακά έπιπλα, κατασκευάζονται με πελεκητό ξύλο. Η **στρογγυλή** ξυλεία, είναι ευθύγραμμα τμήματα ξύλου, με κυκλική διατομή. Το συγκεκριμένο είδος ξυλείας, χρησιμοποιείται ως στύλος ηλεκτροδότησης και ως πάσσαλος. Η στρογγυλή ξυλεία, χρησιμοποιείται κατά κόρον στην αρχιτεκτονική και συγκεκριμένα στις κατασκευές ξύλινων κατοικιών.

Σε ότι αφορά τα δομικά βιομηχανικά προϊόντα ξύλου, τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα ακόλουθα:

### *1. Προϊόντα επεξεργασίας υπολειμμάτων ξύλου*

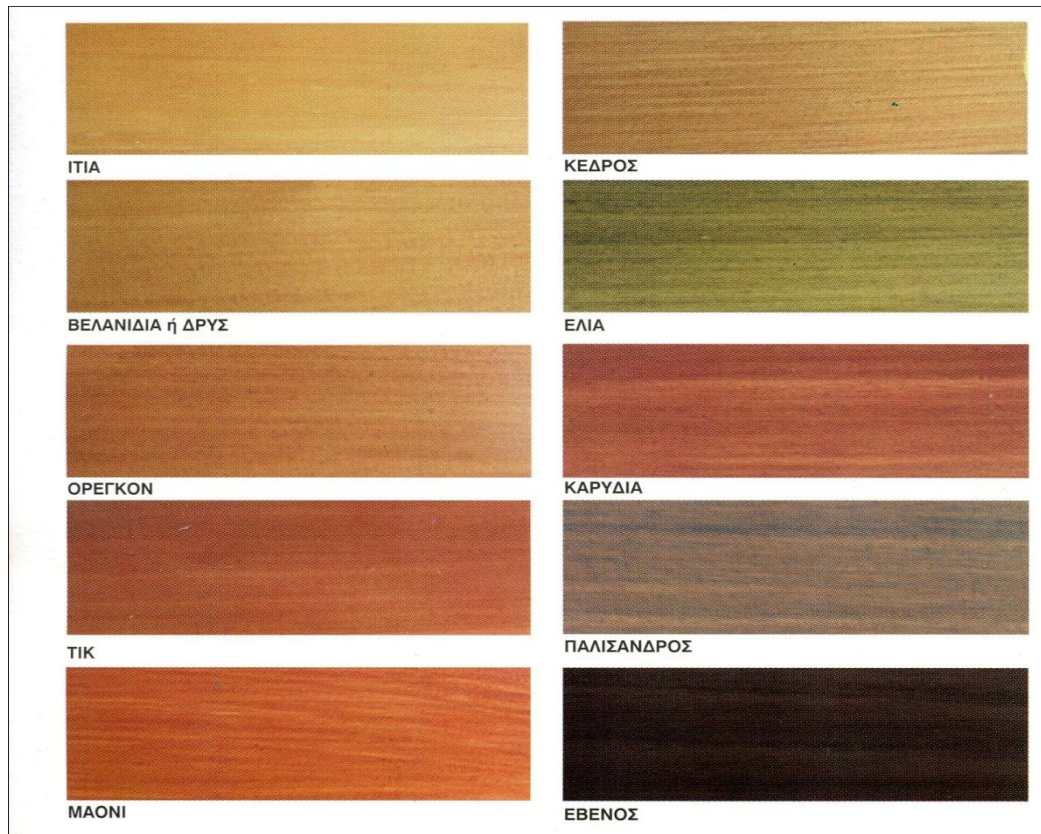
**Μοριόπλακες ή νοβοπάν:** Στην κατηγορία αυτή του ξύλου χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα ξύλου όπως κλαδιά και ροκανίδια, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με κόλλα. Το νοβοπάν χρησιμοποιείται για την επένδυση τοίχων και δαπέδων και ως υλικό πληρώσεως για θερμομόνωση και ηχομόνωση.

**Ινόπλακες ή MDF:** Πρόκειται για σκληρές πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από ξυλώδεις ίνες. Οι ινοσανίδες κυκλοφορούν στο εμπόριο σε δύο μορφές: στις πορώδεις-μονωτικές, όπου βρίσκουν χρήση στην επένδυση δαπέδων και κουφωμάτων και στις σκληρές-πρεσαριστές, όπου χρησιμοποιούνται για ηχομόνωση και θερμομόνωση των κτιρίων.

### *2. Ξυλεία σε ειδικές μορφές*

**Συγκολλητή ξυλεία ή Glued laminated:** Είναι ξυλεία κατώτερης ποιότητας, ευθύγραμμα ή καμπύλα τμήματα ξύλου, ορθογώνιας διατομής, τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με κόλλα. Η χρήση του συγκεκριμένου είδους ξυλείας, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς απελευθερώνουν επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο. Η συγκολλητή ξυλεία, έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή σκαφών, στην επιπλοποιία, στα κουφώματα, στα δάπεδα και στην επένδυση ολόσωμων φορέων.

**Κόντρα πλακέ ή αντικολλητή ξυλεία:** Τμήματα ξύλου, αποτελούμενα από συγκολλημένα φύλλα ξύλου. Βρίσκουν χρήση στην επιπλοποιία, σε επενδύσεις τοίχων και δαπέδων, στην κατασκευή κιβωτίων και στη διακόσμηση εσωτερικών χώρων (Σιούτα & Γιαννακούλης, 2010).

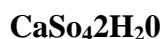


*Εικόνα 4 Είδη ξυλείας*

Πηγή: [www.gardenideas.gr](http://www.gardenideas.gr)

#### 1.2.4 Γύψος

Η γύψος ανήκει στα θειικά ορυκτά και έχει ως κύριο συστατικό το ασβέστιο. Ο χημικός τύπος της γύψου είναι ο κάτωθι:



Το πέτρωμα αυτό, βρίσκεται άχρωμο ή σε λευκό χρώμα στη φύση. Η γύψος παρουσιάζει 2.79 ειδικό βάρος και θρυμματίζεται εύκολα. Η θέρμανση της γύψου στους 130 °C, τη μετατρέπει σε στερεή μορφή. Αξιοποιώντας την ιδιότητα αυτή, παράγονται διάφορα οικοδομικά προϊόντα, όπως οι γυψοσανίδες και τα γυψοκονιάματα. Με άνοδο της θερμοκρασίας στους 250 °C, δημιουργείται η βιομηχανική γύψος. Αντίστοιχα, σε θερμοκρασία 350 °C παράγεται η υδραυλική γύψος και σε θερμοκρασία ανώτερη των 500 °C σχηματίζεται γύψος, η οποία βρίσκει χρήση στα μαρμαροκονιάματα. Περιοχές πλούσιες σε αποθέματα γύψου είναι: η Καρδίτσα, η Κρήτη, η Ρόδος και η Καβάλα.

Η γύψος χρησιμοποιείται κατά κόρον στην διακόσμηση των κτιρίων, στη μορφή των γυψοσανίδων. Η γυψοσανίδα αποτελείται από γύψο και χαρτί και είναι φιλική στο περιβάλλον. Ειδικότερα, οι γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται ως διαχωριστικοί τοίχοι, στη δημιουργία ψευδοροφών και κρυφών φωτισμών, καθώς και στη διακόσμηση των τζακιών και των θηρών (Τριανταφύλλου, 2005).



Εικόνα 5 Διακόσμηση εσωτερικών χώρων με γυψοσανίδα

Πηγή: [www.materia.gr](http://www.materia.gr)

### 1.2.5 Ασφαλτος

Η ασφαλτος είναι παράγωγο του πετρελαίου, μαύρου χρώματος και προκύπτει από την οξείδωση, πολυμερισμένων υδρογοναθράκων. Υπάρχει η φυσική και βιομηχανική ασφαλτος.

Η φυσική ασφαλτος αποτελείται από θειούχο άνθρακα και βενζίνη και αναλόγως της ποσότητας των ουσιών αυτών, κατατάσσεται σε ποιοτικές κλάσεις.

Η ασφαλτος χρησιμοποιείται για την παραγωγή χρωμάτων και βερνικιών, στην ασφαλτόστρωση των δρόμων (τύπος 50/70), στην κάλυψη των αρμών στα ξύλινα δάπεδα και στην επίστρωση των ταρατσών.

Οι μεγαλύτερες παραγωγές χώρες ασφάλτου είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και η Αίγυπτος.

Στην Ελλάδα σπουδαία κοιτάσματα φυσικής ασφάλτου εντοπίζονται στους Παξούς και Αντίπαξους, στην Ζάκυνθο και στην Ήπειρο.

Η ασφαλτος μεταφέρεται με ειδικά βυτιοφόρα φορτηγά και δεξαμενόπλοια, στην σταθερή θερμοκρασία των 145 με 160 ° C (Herbert, 2009).



*Εικόνα 6 Ασφαλτόστρωση δρόμων*

Πηγή: [www.thebest.gr](http://www.thebest.gr)

## 1.2.6 Μέταλλα

Η «εποχή του χαλκού» και η «εποχή του σιδήρου», αποτέλεσαν σημαντικούς σταθμούς στην ιστορία του ανθρώπου, με τη χρήση των μετάλλων στα πρώτα εργαλεία. Στην κατηγορία των μετάλλων, εντάσσεται μια σειρά χημικών στοιχείων, τα οποία παρουσιάζουν κοινές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές είναι το υψηλό σημείο βρασμού και τήξης, η μεγάλη πυκνότητα τους, ο όγκιμος και ελατός χαρακτήρας τους. Επιπλέον, μια άλλη σημαντική ιδιότητα των μετάλλων είναι ότι αποτελούν καλούς αγωγούς της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.

Χαρακτηριστική συμπεριφορά μετάλλων εμφανίζει ο χαλκός, ο σίδηρος, το αργίλιο ή αλουμίνιο, το νάτριο, το τιτάνιο και το ουράνιο.

Η ανάγκη του ανθρώπου για μεγάλα ανθεκτικά κατασκευαστικά έργα, ένταξε τα μέταλλα στα βασικά δομικά υλικά. Στο ίδιο πλαίσιο, δημιουργήθηκαν τα κράματα, εμφανίζοντας βελτιωμένες τις ιδιότητες των μετάλλων. Τα κράματα συντίθενται από δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία, όπου το ένα από αυτά είναι μέταλλο. Παραδείγματα κραμάτων, τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον στα τεχνικά έργα είναι ο χάλυβας και το αλουμίνιο (Ανρίρ, 2014).

Στην ενότητα αυτή θα περιγραφούν ο σίδηρος, ο χάλυβας, ο χαλκός και το αλουμίνιο.

### 1.2.6.1 Σίδηρος

Όπως ήδη αναφέρθηκε ο σίδηρος, ανήκει στα μέταλλα. Είναι λευκού χρώματος και μαγνητικός. Ο σίδηρος παρουσιάζει έντονη οξείδωση, σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Από το σίδηρο προκύπτουν τρία είδη κραμάτων:

- Ο κραματούχος χάλυβας
- Ο ανθρακούχος χάλυβας
- Και ο χυτοσίδηρος

Ο σίδηρος έχει μεγάλη ιστορία στα κατασκευαστικά έργα. Συγκεκριμένα, ο σίδηρος είχε χρησιμοποιηθεί στους ναούς των αρχαίων Ελλήνων και σε ρωμαϊκά ξύλινα αρχιτεκτονικά έργα ως συνδετικό υλικό. Στον Μεσαίωνα και στην Αναγέννηση, ο σίδηρος εντοπίζεται σε ελκυστήρες εκκλησιών. Στην διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης, γίνεται για πρώτη φορά η χύτευση του σιδήρου σε ράβδους και αρχίζει

η εντατική παραγωγή του σε αυτή τη μορφή. Εκείνη την περίοδο, αρχίζει η αντικατάσταση των ξύλινων σκεπών με μεταλλικές.

Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, ο σίδηρος γίνεται το συνηθέστερο υλικό κατασκευών. Η υψηλή παραγωγικότητα, η αντοχή στη φωτιά και η οικονομικότητα του, το καθιστούν το πρώτο υλικό στις προτιμήσεις των κατασκευαστών της εποχής.

Στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αρχίζει η κατασκευή πολυεπίπεδων κτιρίων, με χυτοσίδηρο.

Την ίδια εποχή, παρόμοια εξέλιξη παρατηρείται και στο κλάδο της γεφυροποιίας, με την εμφάνιση των καλωδιακών γεφυρών.

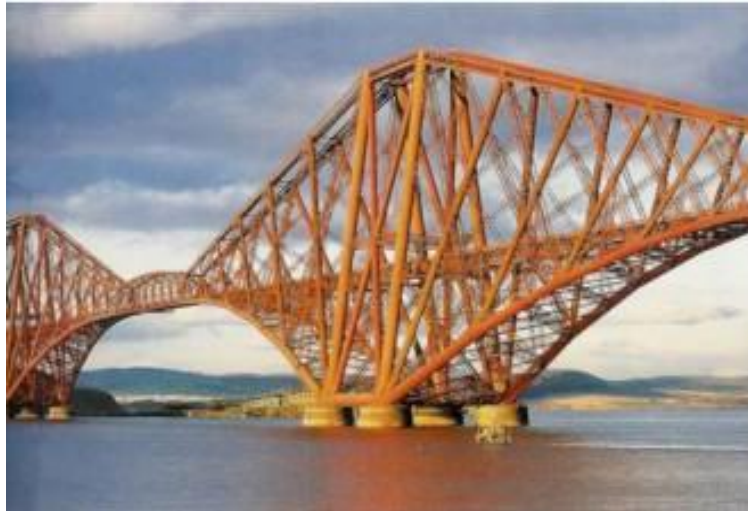
Το 1889, αποτελεί ορόσημο στην ιστορία του σιδήρου, καθώς παραδίδεται ο πύργος του Eiffel, το τελευταίο σημαντικό έργο χυτοσίδηρου (Κορωνάιος & Πουλάκος, 2006).

Ο σίδηρος αντικαθίσταται σταδιακά από το χάλυβα. Σήμερα, με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών εφαρμόζονται πλήθος καινοτομιών στην αρχιτεκτονική των μεταλλικών κτιρίων, όπως είναι η νέα τάση της ρευστότητας (Ashby & Jones, 1980).



*Εικόνα 7 Σιδερένια γέφυρα στο ποταμό Severn, 1750*

Πηγή: (Giedion, 1959)



*Εικόνα 8 Γέφυρα στο Εδιμβούργο, 1889*

Πηγή: (Eekhout, 2004)



*Εικόνα 9 Ολυμπιακό στάδιο στο Μόναχο, 1972*

Πηγή: [www.rpbw.com](http://www.rpbw.com)



*Εικόνα 10 Διεθνές αεροδρόμιο στην Οζάκα, 1994*

Πηγή: [www.rpbw.com](http://www.rpbw.com)

### 1.2.6.2 Χάλυβας

Χάλυβας ή αλλιώς ατσάλι ονομάζεται το κράμα σιδηρού και άνθρακα, με περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη του 1,8%. Η κατασκευαστική βιομηχανία έχει δημιουργήσει ποικιλία χαλύβων, συνδυάζοντας το σίδηρο με διάφορα χημικά στοιχεία. Ένας συνηθισμένος συνδυασμός χάλυβα είναι άνθρακας και πυρίτιο, σε αναλογία από 0,1 έως 0,7 % για κάθε στοιχείο. Το ποσοστό του άνθρακα, προσδίδει τα βασικά χαρακτηριστικά στο ατσάλι. Όσο αυξάνεται το ποσοστό του άνθρακα, τόσο μεγαλύτερη μηχανική αντοχή αποκτά το κράμα.

Ανάλογα με τη χρήση του χάλυβα διακρίνεται στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

- Χάλυβας κατάλληλος για κατασκευή όπλων
- Χάλυβας κατάλληλος για την κατασκευή εργαλείων
- Δομικός χάλυβας
- Ανοξείδωτος χάλυβας
- Πυρίμαχος χάλυβας



Υπάρχουν περίπου 3.000 είδη χάλυβα, κατάλληλοι για διάφορες ειδικές εργασίες. Στα τεχνικά έργα, χρησιμοποιείται κυρίως ο ανοξείδωτος χάλυβας. Στην κατηγορία αυτή ατσαλιού, προστίθεται χρώμιο σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη του 12% και επιπλέον νικέλιο και μολυβδαίνιο.

Ο χάλυβας παράγεται με αναγωγή του χυτοσίδηρου και κυκλοφορεί στο εμπόριο σε μορφή δοκών και λαμαρινών. Οι διαδικασίες που δίνουν μορφή στα μέταλλα είναι:

- Η χύτευση
- Η πλαστική παραμόρφωση
- Και η μηχανουργική κατεργασία (έλαση και διέλαση)

Η περισσότερο χρησιμοποιημένη διαδικασία είναι η πλαστική παραμόρφωση.

Ο δομικός χάλυβας χρησιμοποιείται σε διάφορες αρχιτεκτονικές κατασκευές: όπως στη γεφυροποιία, σε μεταλλικούς σκελετούς, σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, σε προκατασκευασμένα σπίτια, σε σωληνώσεις κ.α.

Στη σημερινή εποχή, πολλές φορές ο χάλυβας συνδυάζεται με άλλα δομικά υλικά (π.χ. πέτρα, τούβλο), προσδίδοντας πληθώρα ιδιοτήτων, προσαρμοσμένες στις ανάγκες του έργου.

Σε ότι αφορά την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί ο χάλυβας, είναι σημαντική κατά τη διάρκεια της παραγωγής του. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η εμπεριεχόμενη ενέργεια ανά κιλό υλικού είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με άλλα δομικά υλικά. Ο χάλυβας επαναχρησιμοποιείται σε ένα σημαντικό ποσοστό, σε μικρότερη όμως ποσότητα από το αλουμίνιο. Η επαναχρησιμοποίηση του χάλυβα, βρίσκει εφαρμογές στα δευτερογενή προϊόντα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η διάβρωση του χάλυβα, αντιμετωπίζεται σε ένα μεγάλο ποσοστό, με προσθήκη νικελίου και χρωμίου, γεγονός που τον καθιστά ανοξείδωτο (Bugayev et al., 2001).



*Εικόνα 11 Δομικός χάλυβας*

Πηγή: [www.firesecurity.gr](http://www.firesecurity.gr)

### 1.2.6.3 Χαλκός

Η χρήση του χαλκού, έχει καταγραφεί από την προϊστορία, ως πρώτη ύλη στα σκεύη, στα όπλα και στα εργαλεία του ανθρώπου. Ο χαλκός ανήκει στα μέταλλα και είναι γνωστός για την χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη του. Σήμερα, από τον χαλκό, προκύπτουν τα κράματα του μπρούτζου και του ορείχαλκου. Ο χαλκός χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς. Ειδικότερα αποτελεί βασικό υλικό σε διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, όπως σε πηνία και ηλεκτρομαγνήτες, στην κατασκευή σωληνώσεων και στις στέγες.

Αξιοσημείωτη ιδιότητα του χαλκού είναι η ικανότητα του να παρεμποδίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Για το λόγο αυτό, ο χαλκός είναι το ιδανικό δομικό στοιχείο στην κατασκευή σωληνώσεων που προορίζονται για μεταφορά πόσιμου νερού (Κορωναίος & Σαργεντής, 2005).



*Εικόνα 12 Χαλκοσωλήνες*

Πηγή: [www.freezecom.gr](http://www.freezecom.gr)

#### **1.2.6.4 Αλουμίνιο**

Το αλουμίνιο ή αργίλιο παράγεται από το ορυκτό – βωξίτης, το οποίο με την διαδικασία της ηλεκτρόλυσης μετατρέπεται σε αλουμίνιο. Το αλουμίνιο θεωρείται το πρώτο σε ποσότητα χημικό στοιχείο στον πλανήτη γη. Μέσω των διαδικασιών της έλασης, της διέλασης και της χύτευσης, το αργίλιο βρίσκει εφαρμογές στο δομικό τομέα, τον οικιακό εξοπλισμό και στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Το αλουμίνιο παρουσιάζει ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες, όπου το καθιστούν υλικό υψηλής ποιότητας.

Τέτοιες ιδιότητες είναι:

- Η μεγάλη αντοχή του στη διάβρωση, με σημαντική αξία στο χώρο των οικοδομών και της ναυπηγικής
- Η υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Οι ιδιότητες αυτές, έχουν μεγάλη σημασία για την κατασκευή των ηλεκτρικών αγωγών και των μαγειρικών σκευών
- Μη διαπερατό στο φως. Χαρακτηριστικό χρήσιμο για την κατασκευή συσκευασιών

- Η σημαντικότερη ιδιότητα του, είναι η δυνατότητα της πλήρους ανακύκλωσης του, καθιστώντας το ένα οικολογικό δομικό υλικό. Συγκεκριμένα, για την ανακύκλωση του, απαιτείται μόνο το 5% της αρχικής ενέργειας που χρειάστηκε για την πρωτογενή παραγωγή του. Τα δευτερογενή παραγόμενα προϊόντα, διατηρούν υψηλή ποιότητα.

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί το αλουμίνιο, σχετίζονται με τη φάση της εξόρυξης και την κατά τη διάρκεια της επεξεργασία και μετατροπής του βωξίτη, όπου δαπανώνται μεγάλα ποσά ενέργειας. Η ποσότητα της παραγόμενης ρύπανσης του δευτερογενούς αλουμινίου, είναι σημαντικά μικρότερη σε σύγκριση με αυτή του πρωτογενούς υλικού. Το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται σήμερα σε χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης είναι ανακυκλώσιμο σε ποσοστό 85 % . Όπως ήδη αναφέρθηκε το αλουμίνιο παράγεται από την ηλεκτρόλυση της αλουμίνας, όπου η ενεργειακή κάλυψη στο μεγαλύτερο ποσοστό της γίνεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια (Κορωνάιος & Σαργεντής, 2005).



*Εικόνα 13 Παράθυρα αλουμινίου*

Πηγή: [www.tsoumasgr.weebly.com](http://www.tsoumasgr.weebly.com)

## Κεφάλαιο 2 Δομικά υλικά και περιβάλλον

### 2.1 Περιβάλλον και δομικά υλικά

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί έντονη περιβαλλοντική επιβάρυνση, λόγω της εκτεταμένης οικοδομικής δραστηριότητας. Συχνά το φυσικό περιβάλλον έρχεται σε σύγκρουση με το δομημένο περιβάλλον. Στο φυσικό περιβάλλον, περιλαμβάνονται οι έμβιοι και άβιοι οργανισμοί, οι οποίοι προέκυψαν στη γη με φυσικό τρόπο. Σύμφωνα με την Φραγκούλη (2010), το δομημένο περιβάλλον περιλαμβάνει τις ανθρώπινες κατασκευές. Οι πλημμύρες, το λιώσιμο των πάγων, το παγκόσμιο επισιτιστικό πρόβλημα, η τρύπα του όζοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η καταστροφή των δασών του Αμαζονίου είναι κάποια από τα προβλήματα που μαστίζουν τον πλανήτη. Για την αντιμετώπιση της κατάστασης αυτής, διεξάγεται εμπειριστατωμένη έρευνα από τους επιστήμονες, ώστε να αναπτυχθεί συγκεκριμένο σχέδιο δράσης. Ο σχεδιασμός του σύγχρονων πόλεων, υπονομεύει το φυσικό πλούτο (Cuperus & Boone, 2003). Η υπερκατανάλωση των φυσικών πόρων, η μόλυνση του περιβάλλοντος χώρου και η παντελή απουσία οικολογικής συμπεριφοράς των πολιτών είναι κάποιοι από τους λόγους, που το μέλλον διαγράφεται δυσοίωνο για τις επόμενες γενιές. Σε σχέση με τον κατασκευαστικό τομέα, κρίνεται απαραίτητη η αειφόρος αξιοποίηση των δομικών υλικών, ώστε να μην γίνεται αλόγιστη χρήση των φυσικών αποθεμάτων.

Η επιλογή των κατάλληλων οικολογικών υλικών ενδιαφέρει όλο και περισσότερο τους κατασκευαστές των κτιρίων.

Για να χαρακτηριστεί ένα προϊόν οικολογικό, πρέπει να εξεταστούν και να ικανοποιούνται κάποια κριτήρια. Συγκεκριμένα, υπολογίζονται οι **περιβαλλοντικές επιπτώσεις** κατά την παραγωγή της πρώτης ύλης. Επιπλέον καταγράφεται **η συνολική απαιτούμενη ενέργεια** για την συλλογή, την μεταφορά, την επεξεργασία και την τοποθέτηση του υλικού στο δομικό έργο. Συνυπολογίζεται επίσης για κάθε δομικό υλικό, **η «συμπεριφορά» του, στην κατασκευή**. Ειδικότερα σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος, έχει σημασία η θερμική μόνωση, η διατήρηση της υγρασίας σε φυσιολογικά επίπεδα καθώς και η μη παραγωγή τοξικών ουσιών. Ακόμα η οικολογία του δομικού υλικού εξετάζεται στην φάση της κατεδάφισης του τεχνικού

έργου, σε σχέση με την δυνατότητα του για *ανακύκλωση* και *βιοδιάσπαση* (Calbenis & Tsimas, 2004).

### 2.1.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στον κατασκευαστικό τομέα, γίνεται μεγάλη σπατάλη των φυσικών πόρων. Απαραίτητη κρίνεται η ανάπτυξη ενός βιώσιμου σχεδίου διαχείρισης. Οι φυσικοί πόροι της γης διακρίνονται σε ανανεώσιμους και μη ανανεώσιμους. Οι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, παράγονται μέσω φυσικών και τεχνητών διαδικασιών. Το δάσος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα φυσικού ανανεώσιμου πόρου. Τα δέντρα αποδίδουν μεγάλες ποσότητες ξυλείας, μέσω της υλοτόμησης και μπορούν να ανανεωθούν μέσω φυσικής ή τεχνητής αναδάσωσης.

Αντίθετα, οι μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, όπως είναι τα μέταλλα εξαντλούνται με την εντατική χρησιμοποίησή τους, καθώς δεν μπορούν να ανανεωθούν φυσικά ή τεχνητά. Η ανακύκλωση ορισμένων υλικών, βοηθά στον έλεγχο και στη καθυστέρηση της εξάντλησης των φυσικών αποθεμάτων (Calbenis & Tsimas, 2004).

### 2.1.2 Συνολική απαιτούμενη ενέργεια

Συνολική απαιτούμενη ενέργεια ή αλλιώς ενσωματωμένη ενέργεια δομικού υλικού, ορίζεται ως άθροισμα των ενεργειακών απαιτήσεων του σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής (Σαργεντής, 2016).

Η ενσωματωμένη ενέργεια διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- στην αρχική ενέργεια, η οποία αναφέρεται στην κατασκευή του τεχνικού έργου
- και στην ενέργεια συντήρησης, η οποία είναι ανάλογη της φθοράς της κατασκευής

Για τον προσδιορισμό της αρχικής ενσωματωμένης ενέργειας, χρησιμοποιούνται διάφορες βάσεις δεδομένων, δομημένες από διάφορα πανεπιστημιακά ιδρύματα του εξωτερικού. Στις βάσεις δεδομένων, είναι καταχωρημένες μετρήσεις μέσω όρων απαιτούμενης ενέργειας για κάθε υλικό. Η ενέργεια αυτή, είναι εκφρασμένη σε

αριθμούς ως οικονομικά στοιχεία ή εκπεμπόμενα αέρια του θερμοκηπίου. Η μονάδα μέτρησης είναι MJ/kg, δηλαδή πόση ενέργεια χρειάζεται για να παραχθεί ένα κιλό δομικού υλικού ή σε tCO<sub>2</sub>/kg, εκφράζει πόσοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα θα παραχθούν στην ατμόσφαιρα από την ενέργεια που χρειάζεται για την παραγωγή ενός κιλού δομικού υλικού. Η ποσότητα της ενσωματωμένης ενέργειας μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά ανάλογα με τη μορφή που θα διατεθεί το υλικό στην κατασκευή. Επομένως, οι βάσεις δεδομένων μπορούν να αποτελέσουν ένα εργαλείο προσέγγισης της ενσωματωμένης ενέργειας και όχι ακριβούς προσδιορισμού της. Σε σχέση με την ενέργεια συντήρησης εξαρτάται από την αντοχή των χρησιμοποιούμενων υλικών (Σαργεντής, 2016).

*Πίνακας 3 Ενσωματωμένη ενέργεια βασικών οικοδομικών υλικών*

| Υλικό                              | Ενσωματωμένη ενέργεια |                   |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------|
|                                    | MJ/kg                 | MJ/m <sup>3</sup> |
| <b>Προκατασκευασμένο σκυρόδεμα</b> | 0,94                  | 2,350             |
| <b>Χυτό σκυρόδεμα</b>              | 1,30                  | 2,730             |
| <b>Ακατέργαστη ξυλεία</b>          | 2,50                  | 1,380             |
| <b>Τούβλο</b>                      | 2,50                  | 5,170             |
| <b>Χάλυβας, ανακυκλωμένος</b>      | 8,90                  | 37,210            |
| <b>Χάλυβας</b>                     | 32,00                 | 251,200           |

Πηγή: (Σαργεντής, 2016)

Για την μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας, γίνονται κάποιες προτάσεις:

- Θα πρέπει στον κατασκευαστικό τομέα, να ελαχιστοποιηθεί η χρησιμοποιούμενη ποσότητα υλικών, ικανοποιώντας όμως παράλληλα τις ανάγκες του χρήστη.
- Προσεκτικός σχεδιασμός των κτιρίων, χρησιμοποιώντας υλικά με μεγάλη διάρκεια ζωής, εξασφαλίζοντας την μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση.
- Επαναχρησιμοποίηση υλικών.

- Επιλογή δομικών υλικών, με κριτήριο το τόπο παραγωγής τους, ώστε να είναι μικρότερο το κόστος μεταφοράς.
- Επιλογή δομικών υλικών, με την μικρότερη ενσωματωμένη ενέργεια (Σαργεντής, 2016).

### 2.1.3 Οικολογικά δομικά υλικά

Ένα δομικό υλικό για να χαρακτηριστεί ως οικολογικό, πρέπει:

- Να έχει μικρή δεσμευμένη ενέργεια
- Να είναι ανακυκλώσιμο
- Με μεγάλη διάρκεια ζωής
- Και χωρίς τοξικότητα και με αμελητέες εκπομπές αέριων ρύπων

Τα οικολογικά δομικά υλικά διακρίνονται σε φυσικά, βιομηχανικά και θερμομονωτικά (Κορωνάιος & Σαργεντής 2005, ΥΠΕΧΩΔΕ 2000). Μερικά από τα βασικότερα οικολογικά υλικά ακολουθούν στον επόμενο πίνακα:

*Πίνακας 4 Κατηγορίες οικολογικών δομικών υλικών*

| <b>Οικολογικά δομικά υλικά</b> |                    |                      |
|--------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Φυσικά</b>                  | <b>Βιομηχανικά</b> | <b>Θερμομονωτικά</b> |
| Άργιλος                        | Μέταλλα            | Διογκωμένος φελλός   |
| Εύλο                           | Γυψοσανίδες        | Ίνες κοκοφοίνικα     |
| Πέτρα                          | Προϊόντα ξύλου     | Βαμβάκι              |
| Άχυρο                          | Βαφές              | Ίνες λιναριού        |
| Φελλός                         |                    | Heraclith            |
| Μπαμπού                        |                    |                      |

Πηγή: (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000)



## 2.1.4 Μέθοδοι αξιολόγησης δομικών υλικών, με βάση την οικολογία

### Μέθοδος ανάλυσης κόστους – οφέλους

- **Willingness to pay - WTP**

Στη μέθοδο αυτή, με τη χρησιμοποίηση ερωτηματολογίου καταγράφεται ποσοτικά η διαθεσιμότητα των πολιτών να πληρώσουν, ώστε να ζουν σε ένα υγιές χώρο, με την επιλογή οικολογικών οικοδομικών υλικών. Ανάλογα με τις απαντήσεις, προκύπτει ένας μέσος όρος από το σύνολο των απαντήσεων για κάθε υλικό. Στα υλικά, για τα οποία σημειώνεται ο μεγαλύτερος μέσος όρος, αποτελούν τις βέλτιστες επιλογές στον κατασκευαστικό τομέα. Η μέθοδος αυτή, δεν θεωρείται αξιόπιστη, καθώς οι ερωτηθέντες είναι πιθανόν ανενήμεροι.

### Ανάλυση πολλών κριτηρίων

- **Multi – criteria decision analysis – MCDA**

Στην ανάλυση αυτή, χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια, τα οποία αξιολογούνται ξεχωριστά το καθένα με συντελεστές. Στην συνέχεια χρησιμοποιείται ορισμένη συνάρτηση, προκύπτοντας ένα αριθμητικό αποτέλεσμα. Και αυτή η μέθοδος, δεν θεωρείται αξιόπιστη, αφού τα στοιχεία σύνθεσης της συνάρτησης είναι υποκειμενικά.

### Ανάλυση κύκλου ζωής – AKZ

Με την ανάλυση αυτή, υπολογίζεται η περιβαλλοντική επιβάρυνση σε όλη τη διάρκεια της ζωής του δομικού υλικού, από την απαιτούμενη ενέργεια κατά την παραγωγή ή την εξόρυξη του έως την τελική απομάκρυνση του υλικού από την κατασκευή. Η ανάλυση του κύκλου ζωής, σχετίζεται με την ανάπτυξη οικολογικού σήματος στον ευρωπαϊκό χώρο.

Ο κύκλος ζωής των υλικών απασχολεί τους επιστήμονες εδώ και 35 χρόνια. Ωστόσο το τελευταίο διάστημα έχει παρατηρηθεί ραγδαία επιβάρυνση του περιβάλλοντος, κάνοντας επιτακτική ανάγκη την ανάλυση του κύκλου ζωής των δομικών υλικών.

Η Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry προτείνει τέσσερα στάδια σχετικά με την μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής:

- Αρχικός προσδιορισμός του κύριου σκοπού και στόχου της ανάλυσης
- Καταγραφή των δεδομένων
- Αναλυτική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Διόρθωση και βελτιστοποίηση του κύκλου ζωής

Αναλυτικότερα η διαδικασία της ανάλυσης του κύκλου ζωής των οικοδομικών υλικών μπορεί να χωριστεί επίσης στα επόμενα στάδια:

- Ανάλυση της αρχικής υπόθεσης, ώστε να παρουσιαστούν τα κύρια στοιχεία, λαμβάνοντας υπόψη το καταναλωτικό κοινό.
- Προσδιορισμός του στόχου και του σκοπού της μελέτης.
- Συγκέντρωση, εξέταση και καταγραφή των δεδομένων.
- Πραγματοποίηση υπολογισμού με τα διαθέσιμα δεδομένα και κατασκευή του συστήματος μελέτης.
- Περιβαλλοντικός χαρακτηρισμός, ταξινομώντας και αξιολογώντας διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους.
- Τελική ερμηνεία των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τον αρχικό στόχο και σκοπό που είχαν οριστεί.

#### Προσδιορισμός του στόχου και του σκοπού της μελέτης

Ο προσδιορισμός του στόχου και του σκοπού της μελέτης, αναλύεται στο ISO 14041. Κάθε φορά ο στόχος και ο σκοπός, προσαρμόζονται στο εξεταζόμενο οικοδομικό υλικό. Πολλές φορές μάλιστα, απαιτείται ο σκοπός – στόχος της μελέτης να επαναπροσδιοριστεί σύμφωνα με τα τελικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα στη φάση αυτή, συγκεντρώνονται οι πληροφορίες που απαιτούνται για την καταγραφή των δεδομένων. Παραδείγματος χάρη, στο στάδιο προσδιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, θα πρέπει να καταγραφούν οι κατηγορίες επιπτώσεων. Εργαλεία ανάλυσης του κύκλου ζωής είναι: KCL, ECO, JEMLCA, GABI, EDIP.

### Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων

Τα δεδομένα εξετάζονται ως προς την αξιοπιστία τους, σε σχέση με τα δεδομένα εισόδου – εξόδου και των σχετικών αναφορών. Η ποιότητα των δεδομένων, εξαρτάται από :

- Την προέλευση των δεδομένων
- Την μέθοδο συλλογής
- Τον τρόπο επεξεργασίας
- Καθώς και το χρονικό διάστημα – κόστος συλλογής των δεδομένων.

Η μορφή των δεδομένων μπορεί να είναι με τους ακόλουθους τρόπους:

- Μικτά
- Σταθερά
- Κανονικοποιημένα
- Μέση τιμή

### Καταγραφή δεδομένων

Στο στάδιο της καταγραφής των δεδομένων για κάθε οικοδομικό υλικό θα οριοθετείται ως σύστημα. Η έννοια του συστήματος, αναφέρεται στο σύνολο των διεργασιών, οι οποίες έχουν ως κοινό στοιχείο συγκεκριμένο δομικό υλικό ή την ενέργεια στο στάδιο κατασκευής, μεταφοράς και εξόρυξης. Το σύστημα είναι εμφανώς διαχωρισμένο από το εξωτερικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας κατάλληλα όρια.

### Διάγραμμα ροής επεξεργασίας

Τα σημεία που αποτελούν το σύστημα, είναι δυνατόν να παρουσιαστούν με ένα διάγραμμα ροής. Τα περισσότερα διαγράμματα αποτελούνται από τα εξής επίπεδα:

- Κύρια – βασική παραγωγή
- Παραγωγή βοηθητικών – συμπληρωματικών υλών
- Βιομηχανίες – εργοστάσια παραγωγής καυσίμων (Μουσιόπουλος, 2000; Carlson *et al.* 2003).

## Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, δεν έχουν προσδιοριστεί ακόμα κάποιες κοινά αποδεκτές μεθοδολογίες. Γενικά μια εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελείται από τρία στάδια:

- Ταξινόμηση

Τα στοιχεία που έχουν προκύψει από την απογραφή των δεδομένων, τοποθετούνται στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Για παράδειγμα, η παραγωγή ενέργειας τοποθετείται στις κατηγορίες, εξάντλησης αποθεμάτων καθώς και στις εκπομπές αερίων.

Συνήθως οι επιπτώσεις διακρίνονται σε επόμενα πεδία για την προστασία: των φυσικών πόρων, του περιβάλλοντος και της υγείας του ανθρώπου.

- Χαρακτηρισμός

Σε αυτό το στάδιο, γίνεται η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων που καταγράφηκαν προηγουμένως. Ο χαρακτηρισμός γίνεται βάση επιστημονικών αναφορών. Ο προσδιορισμός των χαρακτηρισμών, γίνεται κυρίως με τη χρήση μοντέλων.

- Αξιολόγηση

Στο συγκεκριμένο βήμα, οι διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων σταθμίζονται, ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους.

## Εκτίμηση βελτιώσεων

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής συνθέτουν μια βάση δεδομένων, ώστε να ληφθούν συγκεκριμένες αποφάσεις με σκοπό το μέγιστο περιβαλλοντικό όφελος. Σύμφωνα με τον οργανισμό Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry, η εκτίμηση βελτιώσεων ορίζεται ως την συστηματική αξιολόγηση των μέτρων και των πρακτικών που μπορούν να εφαρμοστούν, ώστε να μειωθεί η περιβαλλοντική καταστροφή. Στην εκτίμηση αυτή, εμπεριέχονται ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα ( Μουσιόπουλος, 2000).

## Οικολογική προτίμηση

Η μέθοδος αυτή, έχει ως βασικό στόχο να ενημερώσει το καταναλωτικό κοινό για τα φιλικά προς το περιβάλλον δομικά υλικά. Πρόκειται για ενημερωτικό εγχειρίδιο, το οποίο διανεμήθηκε για πρώτη φορά, στην Ολλανδία το 1991 (Sargentis *et al.*, 2007).

### 2.1.5 Οικολογικά σήματα

Αρκετά κράτη στην Ευρώπη, έχουν προβεί στην πιστοποίηση κάποιων δομικών υλικών τους ως οικολογικά, εφαρμόζοντας συγκεκριμένες διαδικασίες. Ειδικότερα η ευρωπαϊκή επιτροπή δημιούργησε και όρισε το Κοινοτικό Σύστημα Απονομής Οικολογικού Σήματος, με σκοπό τον έλεγχο και την ανάπτυξη περιβαλλοντικών δράσεων. Τα οικολογικά υλικά, φέρουν κατάλληλη σήμανση, ώστε να είναι άμεσα αναγνωρίσιμα από το καταναλωτικό κοινό. Το σήμα αυτό, απονέμεται εκτός από τα δομικά υλικά και σε συστήματα ή διαδικασίες με περιβαλλοντικό ενδιαφέρον.

Τα πρώτα σήματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την πιστοποίηση των προϊόντων αυτών ήταν το λουλούδι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ο γερμανικός Γαλάζιος Άγγελος.

Ο Γαλάζιος Άγγελος έχει πιστοποιήσει δομικά υλικά όπως βαφές, δάπεδα, προϊόντα ξύλου και συντήρησης κτιρίων, ινόπλακες και ενεργειακές συσκευές (ηλιακοί συλλέκτες, λαμπτήρες κ.α.).

Οικολογικά σήματα, άλλων κρατών είναι ο Σκανδιναβικός κύκνος, το γαλλικό NF, το ισπανικό κ.α.



Αυστρία



Γαλλία



Γερμανία



Ευρώπη

Εικόνα 14 Οικολογικά σήματα

Πηγή: [www.flowmagazine.gr](http://www.flowmagazine.gr)

Το κοινοτικό σύστημα απονομής οικολογικού σήματος ιδρύθηκε το 1992 (ΕΟΚ/880.92), με σκοπό την αξιολόγηση της οικολογικής συμπεριφοράς των εξεταζόμενων δομικών υλικών. Στην Ελλάδα, ο φορέας πιστοποίησης οικολογικών κατασκευαστικών υλικών είναι ο ΑΣΑΟΣ, Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος. Για την πιστοποίηση των προϊόντων, των υπηρεσιών και των συστημάτων εξετάζεται η ρύπανση που προκαλείται στον αέρα και στα ύδατα, η διαχείριση των φυσικών πόρων, η ενέργεια που καταναλώνεται και η συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κ.α. (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000).

## 2.2 Τοξικότητα δομικών υλικών

Ο όρος τοξικότητα αναφέρεται στην ιδιότητα ορισμένων υλικών να απελευθερώνουν ουσίες, οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα των εσωτερικών χώρων και δρουν αρνητικά στην υγεία των διαβιούντων οργανισμών του κτιρίου. Οι τοξικές ουσίες είναι δυνατόν να επιβαρύνουν τους υδροφόρους ορίζοντες και τον αέρα, στην περίπτωση που απελευθερωθούν σε εξωτερικό χώρο. Μια τοξική ουσία, μπορεί να εισέρθει στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της κατάποσης, της εισπνοής και της δερματικής απορρόφησης, επηρεάζοντας δυσμενώς διάφορα ζωτικά όργανα, όπως το συκώτι, τους πνεύμονες και τους νεφρούς.

Ως αποτέλεσμα της παραπάνω κατάστασης, έχει προκύψει το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου – Sick building syndrome. Το σύνδρομο αυτό, αφορά κυρίως τις κατοικίες, όπου παρατηρείται εσωτερική ρύπανση. Η εσωτερική ρύπανση σημαίνει κακή ποιότητα αέρα, λόγω παρουσίας χημικών, φυσικών και βιολογικών τοξικών παραγόντων (Δρίβας, 2004). Γνωστές τοξικές ουσίες είναι:

Ο **αμιάντος**, είναι μέταλλευμα με ινώδη μορφή και κρυσταλλική δομή. Βρίσκει εφαρμογή σε περισσότερα από 3.000 τεχνικά υλικά. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται για την παρασκευή σχοινιών, χαρτιών, σε σωληνώσεις και ως μονωτικό υλικό. Μεγάλη εφαρμογή έχει βρει στην παραγωγή προϊόντων αμιαντοτσιμέντου, όπως είναι το ελλενίτ. Το ελλενίτ είχε χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως κατασκευαστικό υλικό σε νοσοκομεία, σχολεία και σπίτια. Το υλικό αυτό γίνεται επικίνδυνο για τους κατοίκους, όταν φθείρεται, τρίβεται ή κατά τη διάρκεια του καθαρισμού του, αφού απελευθερώνονται θρύμματα στον αέρα.

Οι κάτοικοι των κτιρίων αυτών, παρουσιάζουν κοινή συμπτωματολογία. Μερικά από τα συμπτώματα είναι: βήχας, ερεθισμένη αναπνευστική οδός, ρινόρροια και δακρύρροια, λήθαργος, αδυναμία και ζάλη. Η παραμονή του ανθρώπου για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε τέτοιου είδους κτίρια, μπορεί να έχει δραματικές εξελίξεις στη υγεία του. Συχνά εμφανιζόμενες παθολογίες είναι: ρινίτιδα, επιπεφυκίτιδα, δερματοπάθειες αλλά και διαφόρων ειδών νεοπλασίες.

Η **φορμαλδεΰδη** ή μεθανάλη, είναι οργανική χημική ουσία, ευρέως χρησιμοποιημένη σε ρητίνες δαπέδων, νοβοπάν, καπλαμάδες, κόντρα πλακέ και υφάσματα επίπλων. Η ουσία αυτή, φαίνεται να έχει άμεση σύνδεση με την πρόκληση δερματίτιδων αλλά και με την εμφάνιση καρκίνου του πνεύμονα.

Στα **οξειδία αζώτου**, περιλαμβάνονται το μονοξείδιο και το διοξείδιο του αζώτου, ουσίες ιδιαίτερα τοξικές. Οι ουσίες αυτές παράγονται από τζάκια και οικιακές συσκευές αερίου. Συνήθεις βλάβες στην υγεία του ανθρώπου από τα οξειδία του αζώτου είναι το άσθμα και διάφορα άλλα αναπνευστικά προβλήματα.

Το **μονοξείδιο του άνθρακα** είναι μια ιδιαίτερα τοξική ουσία, η οποία παράγεται στο εσωτερικό των κατοικιών από μαγειρικό εξοπλισμό. Η χημική αυτή ουσία, προκαλεί στον άνθρωπο δηλητηρίαση, με κύρια συμπτώματα τη ζάλη, το πονοκέφαλο, ενώ είναι δυνατόν να προκληθεί σε μακροχρόνια έκθεση, βλάβη στην καρδιά και τελικά το άτομο να οδηγηθεί στο θάνατο. Το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί υποξία στον οργανισμό, αφού εμποδίζει τη δέσμευση του οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη (Δρίβας, 2004).

Πλήθος τοξικών δομικών υλικών είναι υπεύθυνα για τη ρύπανση των υδάτων και γενικότερα για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Σε μια προσπάθεια να ελεγχθεί αυτή η κατάσταση, η ευρωπαϊκή επιτροπή εξέδωσε ορισμένες κοινοτικές οδηγίες, ώστε να ρυθμιστεί αναλόγως η παραγωγή των επικίνδυνων αυτών ουσιών. Ειδικότερα δημιουργήθηκε κατάλογος τοξικών ουσιών, με τον οποίο πρέπει να συμμορφωθούν οι βιομηχανίες παραγωγής δομικών υλικών σε όλα τα κράτη – μέλη.

Σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί, οι ουσίες οι οποίες περιλαμβάνονται στον κατάλογο 1 απαγορεύεται αυστηρά να διοχετευτούν στους υδάτινους πόρους, ενώ για τις ουσίες στο κατάλογο 2, πρέπει να περιοριστεί σημαντικά η απελευθέρωση τους (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000).

Πίνακας 5 Κοινοτικός κατάλογος τοξικών ουσιών

| Κατάλογος 1                          | Κατάλογος 2                                                                                                         |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Οργανοφωσφορικές ενώσεις             | Φωσφορικές ενώσεις                                                                                                  |
| Οργανοχλωρικές ενώσεις               | Αμμωνία και νιτρώδεις ενώσεις                                                                                       |
| Ενώσεις ψευδαργύρου                  | Κυανιούχες ενώσεις                                                                                                  |
| Ενώσεις καδμίου                      | Τα μέταλλα που ακολουθούν και οι ενώσεις τους: Zn, Ni, Cu, Se, Cr, Mo, An, As, Ti, Ba, Be, Sn, B, U, Th, Te, Ag, Co |
| Ενώσεις υδραργύρου                   |                                                                                                                     |
| Προϊόντα πετρελαίου                  |                                                                                                                     |
| Σύνθετες ενώσεις, μεγάλης πυκνότητας |                                                                                                                     |

Πηγή: (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000)

Τοξικές δομικές ουσίες θεωρούνται διάφορα χρώματα, φορμαλδεύδες προϊόντων ξύλου, πλαστικά προϊόντα με βάση το πετρέλαιο και πετροχημικές ρητίνες (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000).

Αναλυτικός κατάλογος με τις επικίνδυνες ουσίες του κατασκευαστικού κλάδου, παρατίθενται παρακάτω.

Πίνακας 6 Επικίνδυνες ουσίες

| Ουσία                              | Χρήση          |
|------------------------------------|----------------|
| <b>Αμίαντος</b>                    | Κτίρια         |
| <b>Βενζόλιο</b>                    | Βενζίνη        |
| <b>Πριονίδια ξύλου</b>             | Προϊόντα ξύλου |
| <b>Χρωμικός ψευδάργυρος</b>        | Αντισκωρικά    |
| <b>Ενώσεις χρωμίου</b>             | Ξύλο           |
| <b>Συνθετικές ίνες</b>             | Μονώσεις       |
| <b>Διχλωρομεθάνιο</b>              | Διαλύτες       |
| <b>Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες</b> | Διαλύτες       |











Πηγή: (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000)



Σύμφωνα με τον Κορωναίο και τον Σαργεντή (2005), η τοξικότητα των δομικών υλικών ανιχνεύεται με τη μέθοδο DEV –S<sub>4</sub>, η οποία έχει αναπτυχθεί σύμφωνα με το γερμανικό πρότυπο DIN 38414 και με τη μέθοδο Toxicity Characteristic Leaching Procedure.

Για τον καθορισμό της τοξικότητας μιας ουσίας, εξετάζεται η διαλυτότητα, η πυκνότητα, το ιξώδες και η τάση της για βιοσυσσώρευση.

Για την ευκολότερη εξυπηρέτηση των καταναλωτών, η ευρωπαϊκή ένωση έχει δημιουργήσει κατάλληλα σύμβολα για κάθε τοξικό δομικό υλικό. Συγκεκριμένα, η ετικέτα των προϊόντων, πρέπει να είναι πλήρης και ευδιάκριτη. Κάθε δομικό υλικό, ταξινομείται σε κατηγορίες, ανάλογα με τα φυσικοχημικά και τοξικολογικά χαρακτηριστικά του (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000).

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| T                                                                                   | C                                                                                   | N                                                                                   | E                                                                                    | Xn                                                                                    |
|   |   |   |   |   |
| Τοξικό                                                                              | Διαβρωτικό                                                                          | Επικίνδυνο για το περιβάλλον                                                        | Εκρηκτικό                                                                            | Επιβλαβές                                                                             |
| Xi                                                                                  | F                                                                                   | O                                                                                   | T+                                                                                   | F+                                                                                    |
|  |  |  |  |  |
| Ερεθιστικό                                                                          | Εύφλεκτο                                                                            | Οξειδωτικό                                                                          | Πολύ τοξικές                                                                         | Εξαιρετικά εύφλεκτες                                                                  |

Εικόνα 15 Σύμβολα ταξινόμησης τοξικών ουσιών

Πηγή: [www.proexoe.gr](http://www.proexoe.gr)

Στο πλαίσιο της τοξικότητας των ουσιών είναι σημαντικό να αναφερθεί και η ραδιενέργεια που μπορεί να εκπέμπει κάποιο δομικό υλικό. Συγκεκριμένα, η ραδιενέργεια εκπέμπεται από το ραδόνιο. Το χημικό αυτό στοιχείο ανήκει στα αέρια ραδιενεργά και εντοπίζεται συνήθως σε μικροποσότητες στα ορυκτά. Στον κλάδο των κατασκευών ραδόνιο, είναι δυνατόν να απελευθερωθεί σε μικρή ποσότητα από το τσιμέντο, τα τούβλα ακόμα και το ξύλο. Μεγαλύτερες ποσότητες ραδιενέργειας εκλύουν ορισμένα πετρώματα, όπως ο γρανίτης και μερικά είδη γύψου και πέτρας.

Το ραδόνιο σε ανοιχτούς χώρους δεν είναι επικίνδυνο, καθώς αραιώνεται στην ατμόσφαιρα. Σε εσωτερικό χώρο, συγκεντρώνεται στα ανώτερα στρώματα – ορόφους, ως αποτέλεσμα της αέριας φύσης του. Για την αντιμετώπιση της ραδιενέργειας αυτού του είδους, συστήνεται καλός αερισμός (Δρίβας, 2004).

### 2.3 Ανακύκλωση δομικών υλικών

Με τη διαδικασία της ανακύκλωσης, τα απόβλητα διαφόρων δραστηριοτήτων του ανθρώπου επεξεργάζονται και μετατρέπονται σε πρώτες ύλες με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση και την παραγωγή νέων προϊόντων. Η ανακύκλωση έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων, την μείωση του όγκου των απορριμμάτων και την εξοικονόμηση της ενέργειας. Στην προσπάθεια των επιστημόνων να μειώσουν αποτελεσματικά την καταναλωθείσα ενέργεια στο κύκλο ζωής των δομικών προϊόντων, έχουν δημιουργηθεί διάφορες διεθνείς πιστοποιήσεις, όπως το LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) και το BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessments Method), οι οποίες υπολογίζουν συγχρόνως το ανθρακικό αποτύπωμα. Σύμφωνα με τον Δημούδη (2016), η ανακύκλωση είναι μια προσπάθεια του ανθρώπου να ακολουθήσει τις αρχές της φύσης, διατηρώντας τους πόρους της σε επαρκή ποσότητα.

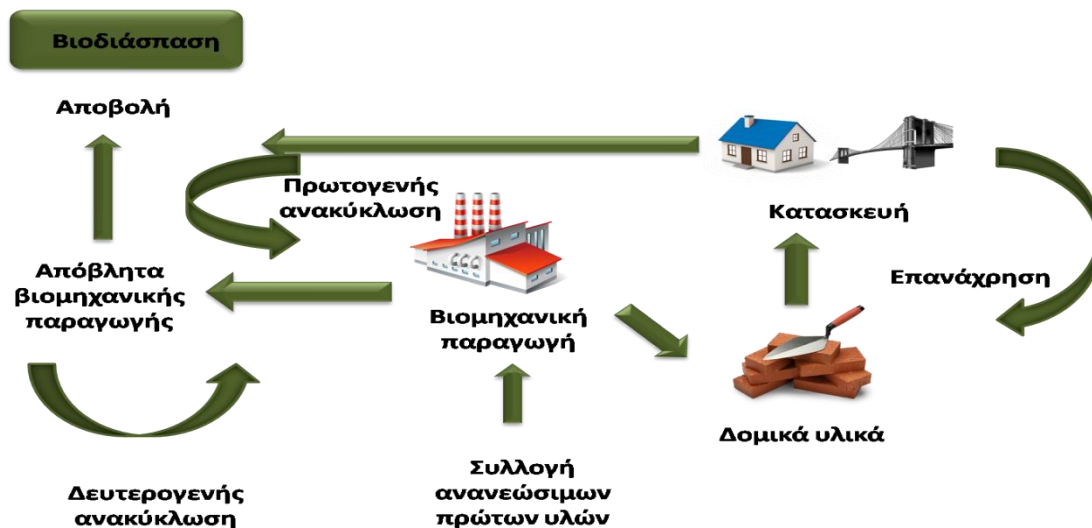
Βασικός στόχος της ευρωπαϊκής ένωσης είναι να εξασφαλίσει επαρκή ποσότητα φυσικών αποθεμάτων στις επόμενες γενιές και η μείωση της ρύπανσης στο περιβάλλον. Η σημασία της ανακύκλωσης των δομικών υλικών είναι μεγάλη, καθώς ο κατασκευαστικός τομέας διοχετεύει ένα μεγάλο όγκο απορριμμάτων στο πλανήτη.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων αυτών, είναι αδρανή υλικά, τα οποία προκαλούν μικρή επιβάρυνση κατά την απομάκρυνση τους από τις κατασκευές.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί, ότι η ανακύκλωση πολλές φορές μπορεί να είναι μια διαδικασία με υψηλό κόστος, ιδιαίτερα σε δομικά προϊόντα με μεγάλη αρχική παραγωγική διαδικασία. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εφαρμόζεται ανακύκλωση, έχοντας πάντα ως γνώμονα τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

Στον τομέα της δόμησης, τα απόβλητα προέρχονται από τις εκσκαφές, τις κατασκευές και τις κατεδαφίσεις των τεχνικών έργων. Με την ανάπτυξη ολοκληρωμένου στρατηγικού σχεδιασμού στην κατεύθυνση της ανακύκλωσης, θα μειωθούν βαθμιαία τα μπάζα, ενώ παράλληλα θα καθιερωθεί η προτίμηση εναλλακτικών υλικών στην

οικοδομή. Σε κρατικό επίπεδο, δεν υπάρχουν ειδικά διαμορφωμένοι χώροι για την απόρριψη των οικοδομικών απορριμμάτων, με αποτέλεσμα συχνά να συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες αυτών σε ακατάλληλα σημεία. Στον ελλαδικό χώρο, σε ετήσιο επίπεδο, ο κατασκευαστικός τομέας παράγει 6 εκατομμύρια τόνους απορριμμάτων (Galbenis & Tsimas 2004, ΥΠΕΧΩΔΕ, 2000). Από την ποσότητα αυτή, μόνο το 5% οδηγείται για ανακύκλωση. Η ανάλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, η σχετική νομοθεσία και η διαχείριση των αποβλήτων μέσω της διαδικασίας της ανακύκλωσης, θα αναπτυχθούν στα επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 16 Ανακύκλωση δομικών υλικών

Πηγή: (Κορωναίος & Σαργεντής, 2005)

## Κεφάλαιο 3 Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)

### 3.1 Σύσταση και επικινδυνότητα των ΑΕΚΚ

Με τον όρο απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων, ορίζουμε ένα μεγάλο εύρος δομικών υλικών. Το μεγαλύτερο ποσοστό των υλικών αυτών, είναι αδρανής ουσίες, με χαμηλή επικινδυνότητα και με αμελητέες φυσικές, χημικές και βιολογικές μεταβολές. Τα συγκεκριμένα αδρανή δομικά υλικά, δεν επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου. Επιπλέον, η αποστράγγιση των αδρανών υλικών δεν υποβαθμίζει την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτινων πόρων (Galbenis & Tsimas, 2004).

Τα απόβλητα των εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων παράγονται σε μεγάλες ποσότητες λόγω της φθοράς των παλαιών κτιρίων, της συγκέντρωσης και της αύξησης του πληθυσμού στις μεγαλουπόλεις, της κατασκευής μεγάλων τεχνικών έργων και της βαθμιαίας ανόδου του βιοτικού επιπέδου.

Η παραγωγή των κατασκευαστικών και δομικών απορριμμάτων φαίνεται να έχει άμεση συσχέτιση με την οικονομική κατάσταση μιας χώρας.

Το ζήτημα της διαχείρισης των ΑΕΚΚ απασχολεί ολοένα και περισσότερο τις κυβερνήσεις των κρατών – μελών της ευρωπαϊκής ένωσης και εντάσσεται πλέον στις εθνικές και διεθνείς νομοθεσίες.

Η σύσταση των ΑΕΚΚ ποικίλει και είναι ανάλογη των χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών της κατασκευής. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα βασικά δομικά υλικά είναι: τα τούβλα, τα πλακάκια, το τσιμέντο, ο χάλυβας, ο χυτοσίδηρος, το οπλισμένο σκυρόδεμα και οι μπογιές. Ως εκ τούτου, η σύσταση των ΑΕΚΚ συνίσταται από ορυκτά, άργιλο, γύψο, πυλό, άμμο, μέταλλα και ρινίσματα αυτών, γυαλί, σκυρόδεμα, πλαίσια και ίνες ξύλου κ.α. (Αναστασοπούλου κ.α, 2012).

Η σύσταση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων σε ποσοστό επί τοις 100, δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7 Σύσταση αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων σε ποσοστιαία αναλογία

| Υλικό                      | Απόβλητα κατασκευών | Απόβλητα κατεδαφίσεων |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Άσφαλτος</b>            | 0,13                | 1,61                  |
| <b>Σκυρόδεμα</b>           | 9,27                | 19,99                 |
| <b>Οπλισμένο σκυρόδεμα</b> | 8,25                | 33,11                 |
| <b>Ξύλο</b>                | 10,95               | 7,46                  |
| <b>Τούβλο</b>              | 5,00                | 6,33                  |
| <b>Μέταλλα</b>             | 4,36                | 3,41                  |

Πηγή: Υπηρεσία περιβάλλοντος Κύπρου, ΕΜΠ

Ο αμίαντος και το πολυχλωριωμένο διφαινύλιο κατατάσσονται στην κατηγορία των αποβλήτων των ΑΕΚΚ, με την μεγαλύτερη επικινδυνότητα για την υγεία του ανθρώπου (Αβραμίκος, 2002).

Ωστόσο, τα περισσότερα απόβλητα των ΑΕΚΚ, μπορούν να μετατραπούν σε επικίνδυνα υλικά μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες. Τα ταξικά αυτά υλικά, πρέπει να διαχωρίζονται από τα αδρανή απόβλητα και να υπόκεινται σε ειδική επεξεργασία.

Σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ (2006 – 2011), τα επικίνδυνα υλικά απόβλητα είναι τα κάτωθι:

- Τα πρόσθετα σκυροδέματος
- Κόλλες
- Μονωτικά υλικά
- Ρητίνες
- Γυψοσανίδες
- Προϊόντα αμιάντου
- Βαφές

Στην ευρωπαϊκή ένωση, η οδηγία 91/689 ορίζει τον τρόπο διαχείρισης των επικίνδυνων αποβλήτων. Σε εθνικό επίπεδο, για το ίδιο θέμα έχουν δημοσιευτεί η Κρατική Υπουργική Απόφαση – ΚΥΑ 13588/725/2006 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων», η ΚΥΑ 24944/1159/ΦΕΚ «Έγκριση γενικών τεχνικών προδιαγραφών για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων» και η ΚΥΑ 8668/2007 «Έγκριση εθνικού σχεδιασμού επικίνδυνων αποβλήτων».

Στο χώρο των εργοταξίων εντοπίζονται επικίνδυνα υλικά όπως αμίαντος, κόλλες και διαφόρων ειδών μονωτικά.

Σε ότι αφορά τους χώρους κατεδάφισης καταγράφονται διάφορα επικίνδυνα υλικά όπως:

- Ηλεκτρικά είδη
- Αμίαντος
- Ξυλεία, η οποία έχει υποστεί επεξεργασία
- Ψυκτικές συσκευές
- Ορυκτά υλικά

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων είναι ευκολότερη κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενός τεχνικού έργου, παρά κατά την κατεδάφιση του (Tiess & Χαλκιοπούλου, 2011).

Τα ΑΕΚΚ διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω: απόβλητα κατεδάφισης, απόβλητα εκσκαφών - κατασκευών, απόβλητα οδοποιίας και εργοταξιακά απόβλητα.

### 3.1.1 Απόβλητα από κατεδαφίσεις – μάζα

Στα απόβλητα κατεδαφίσεων, περιλαμβάνεται το χαλίκι, το μπετόν, η γύψος, η άμμος, τα τούβλα, τμήματα σπασμένων ειδών υγιεινής, κόλλες και μογιές, τα οποία συχνά αποκαλούνται ως μάζα. Τα απόβλητα αυτής της κατηγορίας, δεν παρουσιάζουν ομοιομορφία στην δομή τους.

Τα υλικά που απαρτίζουν τα απόβλητα είναι κάθε φορά διαφορετικά και ανάλογα της κατασκευής (Μανές, 2009).

Για την καλύτερη διαχείριση των υλικών αυτών, συνίσταται επιλεκτική κατεδάφιση. Η επεξεργασία των αποβλήτων της συγκεκριμένης κατηγορίας, μπορεί να πραγματοποιηθεί εντός εργοταξίου (on – site) ή σε σταθερές μονάδες απομακρυσμένες από το εργοτάξιο (off – site).

Ως επιλεκτική κατεδάφιση, ορίζεται η απομάκρυνση συγκεκριμένων υλικών πριν την διαδικασία της ολικής κατεδάφισης, καθώς τα υλικά αυτά παρουσιάζουν εμπορική αξία ή μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα σύμφωνα με την ΕΕΔΣΑ, προτείνονται οι παρακάτω ενέργειες κατά την διάρκεια μιας κατεδάφισης:

- Απομάκρυνση των επίπλων
- Απομάκρυνση των επικίνδυνων δομικών υλικών, όπως ο αμίαντος

- Απομάκρυνση των υλικών που δύναται να επαναχρησιμοποιηθούν, όπως πόρτες και παράθυρα
- Απομάκρυνση δομικών υλικών από τη σκεπή
- Στη συνέχεια ακολουθεί η κατεδάφιση της κατασκευής και η συλλογή των μπαζών

Ωστόσο, συχνά η διαδικασία της επιλεκτικής κατεδάφισης παραβλέπεται για την επίτευξη των προγραμματισμένων ενεργειών σε συντομότερο χρονικό διάστημα (Μανές, 2009). Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων από τις κατεδαφίσεις, χρησιμοποιείται η επόμενη εξίσωση:

$$DW = ND * SD * WD * D$$

όπου

DW = τα απόβλητα των κατεδαφίσεων, εκφρασμένα σε τόνους

ND = ο αριθμός των κατεδαφίσεων

SD = ως μέσο εμβαδό κτιρίου, έχει οριστεί 280 m<sup>2</sup>/κτίριο

WD = ως παραγόμενη ποσότητα για κάθε απόβλητο έχει οριστεί 8 m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup>

D = ως πυκνότητα παραγόμενου αποβλήτου έχει οριστεί 1,5 tn/m<sup>3</sup> (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ, 2006 – 2011).

### 3.1.2 Απόβλητα από εκσκαφές - κατασκευές

Τα απόβλητα – υλικά εκσκαφών, παράγονται συνήθως κατά τη κατασκευή ενός έργου. Ειδικότερα τα υλικά εκσκαφών μπορεί να είναι διαφόρων ειδών ορυκτά, όπως άμμος, χαλίκια, πέτρες και άργιλος. Στην κατηγορία αυτή, κατατάσσονται επίσης υλικά τα οποία έχουν παραχθεί κατά τη διάρκεια φυσικών φαινομένων, όπως κατολισθήσεις και υπερχειλίσεις χειμάρρων.

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων εκσκαφών, ακολουθεί η επόμενη εξίσωση:

$$EW = ND * ES * ED * D$$

όπου

EW = τα απόβλητα των εκσκαφών, εκφρασμένα σε τόνους

ND = συμβολίζει τον αριθμό των αδειών για νέες κατασκευές  
ES = συμβολίζει την μέση επιφάνεια εκσκαφής  
ED = συμβολίζει το μέσο βάθος εκσκαφής  
D = συμβολίζει την πυκνότητα του κάθε παραγόμενου αποβλήτου (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ, 2006 – 2011).

Σε σχέση με τα απόβλητα κατασκευών, ο εργολάβος του έργου δύναται να γνωρίζει και να καθορίσει ακριβώς τη σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων.

Σύνηθες φαινόμενο είναι κατά την κατασκευή ενός έργου πολλά δομικά υλικά να βρίσκονται σε περίσσεια και συχνά να καταστρέφονται. Ο διαχειριστής του έργου είναι υπεύθυνος για την απομάκρυνση των υλικών – αποβλήτων και την αξιοποίηση τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Ειδικότερα ως απόβλητα κατασκευών, μπορούν να χαρακτηριστούν τα επόμενα υλικά:

- Δομικά υλικά, τα οποία καταστράφηκαν από την έκθεση τους στον αέρα και γενικότερα στις καιρικές συνθήκες
- Δομικά υλικά, τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του έργου
- Υλικά συσκευασίας
- Καθώς και άλλα επιπλέον βοηθητικά υλικά (Μανές, 2009)

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων κατασκευών, ακολουθεί η κάτωθι εξίσωση:

$$CW = (NC + EX) * VW * D$$

όπου

CW = τα απόβλητα των κτιριακών κατασκευών, εκφρασμένα σε τόνους

NC = συμβολίζει το εμβαδόν των νέων κατασκευών

EX = προσθήκες σε ήδη υπάρχουσες οικοδομές

VW = ο παραγόμενος όγκος για κάθε απόβλητο στις νεόδμητες οικοδομές ανά εμβαδό, έχει οριστεί  $8 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$

D = ως πυκνότητα παραγόμενου αποβλήτου έχει οριστεί  $1,5 \text{ tn/m}^3$  (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ, 2006 – 2011).



### 3.1.3 Απόβλητα οδοποιίας

Τα οδοστρώματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα εύκαμπτα οδοστρώματα
- Και στα άκαμπτα οδοστρώματα

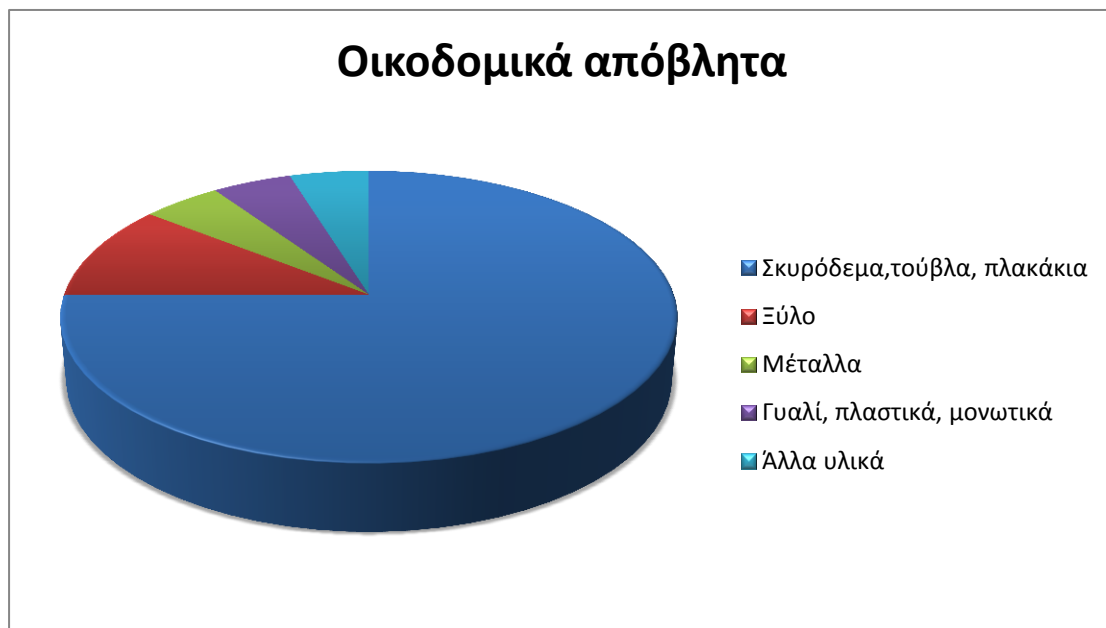
Ανάλογα με την κατηγορία οδοστρώματος, χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα υλικά. Ειδικότερα στα εύκαμπτα οδοστρώματα χρησιμοποιούνται υλικά όπως χαλίκια και άσφαλτος. Στα δε άκαμπτα οδοστρώματα γίνεται χρήση σκυροδέματος, εμφανίζοντας μεγάλη αντοχή, με επιρρέπεια όμως στο σχηματισμό ρωγμών.

Στα απόβλητα οδοποιίας περιλαμβάνεται κυρίως η άσφαλτος αλλά και οποιοδήποτε άλλο υλικό κατασκευής οδοστρωμάτων, όπως χαλίκι, άμμος και σκύρα. Τα υλικά οδοποιίας προκύπτουν κατά την κατασκευή και την επιδιόρθωση των δρόμων αλλά και κατά την διάρκεια ηλεκτρικών και υδραυλικών έργων στα μεγάλα αστικά κέντρα (Μανές, 2009).

### 3.1.4 Εργοταξιακά απόβλητα

Στα εργοταξιακά απόβλητα περιλαμβάνεται ένα μεγάλο εύρος υλικών, όπως μέταλλα, γυαλί, ηλεκτρικά καλώδια, πλαστικό, ξύλο, χρώματα, βερνίκια κ.α.. Τα υλικά αυτά παράγονται κατά τη διάρκεια λειτουργίας εργοταξίων κατασκευής, κατεδάφισης και ανακαίνισης δομικών και τεχνικών έργων (Μανές, 2009).

Στο επόμενο σχήμα, παρουσιάζεται η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων για κάθε υλικό στην Ελλάδα εκφρασμένη σε ποσοστά:



*Εικόνα 17 Οικοδομικά απόβλητα στην Ελλάδα σε ποσοστά*

Πηγή: European Environment Information and Observation Network, 2014

Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων, τα ΑΕΚΚ συμβολίζονται με το αριθμό 17 και παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

*Πίνακας 8 Ευρωπαϊκός κατάλογος ΑΕΚΚ*

|                 |                                                                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>17 00 00</b> | <b>Απόβλητα προερχόμενα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, συμπεριλαμβανομένου τα ρυπασμένα χώματα εκσκαφών</b> |
| <b>17</b>       | Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, συμπεριλαμβανομένου την οδοποιία                                    |
| <b>17 01</b>    | Τούβλα, σκυρόδεμα και κεραμικά                                                                                |
| <b>17 01 01</b> | Σκυρόδεμα                                                                                                     |
| <b>17 01 02</b> | Τούβλα                                                                                                        |
| <b>17 01 03</b> | Κεραμικά                                                                                                      |
| <b>17 01 06</b> | Μίγμα ή κλάσμα σκυροδέματος, τούβλα, κεραμικά, τα οποία περιέχουν επικίνδυνα υλικά                            |
| <b>17 01 07</b> | Μίγμα σκυροδέματος, τούβλων και κεραμικών. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 01 06.                        |
| <b>17 02</b>    | Ξύλο, πλαστικό & γυαλί                                                                                        |

|                 |                                                                          |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>17 02 01</b> | Ξύλο                                                                     |
| <b>17 02 02</b> | Γυαλί                                                                    |
| <b>17 02 03</b> | Πλαστικό                                                                 |
| <b>17 02 04</b> | Ξύλο, γυαλί, πλαστικό, τα οποία περιέχουν επικίνδυνα υλικά               |
| <b>17 03</b>    | Μίγματα βιτουμενίου, ανθρακόπισσα πίσσας και άλλων προϊόντων             |
| <b>17 03 01</b> | Μίγματα βιτουμενίου, τα οποία περιέχουν ανθρακόπισσα                     |
| <b>17 03 02</b> | Μίγματα βιτουμενίου. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 03 01          |
| <b>17 03 03</b> | Ανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας                                         |
| <b>17 04</b>    | Μέταλλα                                                                  |
| <b>17 04 01</b> | Χαλκός, μπρούτζος και ορείχαλκος                                         |
| <b>17 04 02</b> | Αλουμίνιο                                                                |
| <b>17 04 03</b> | Μόλυβδος                                                                 |
| <b>17 04 04</b> | Ψευδάργυρος                                                              |
| <b>17 04 05</b> | Σίδηρος και χάλυβας                                                      |
| <b>17 04 06</b> | Κασσίτερος                                                               |
| <b>17 04 07</b> | Μίγμα υλικών                                                             |
| <b>17 04 09</b> | Απόβλητα μετάλλων από επικίνδυνα υλικά                                   |
| <b>17 04 10</b> | Καλώδια με ανθρακόπισσα και επικίνδυνα υλικά                             |
| <b>17 04 11</b> | Καλώδια. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 04 10                      |
| <b>17 05</b>    | Χώματα, πέτρες και μπάζα εκσκαφών. Συμπεριλαμβάνονται τα ρυπασμένα εδάφη |
| <b>17 05 03</b> | Χώματα και πέτρες, συμπεριλαμβανομένου επικίνδυνα υλικά                  |
| <b>17 05 04</b> | Χώματα και πέτρες. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 05 03            |
| <b>17 05 05</b> | Μπάζα, τα οποία περιέχουν επικίνδυνα υλικά                               |
| <b>17 05 06</b> | Μπάζα. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 05 05                        |
| <b>17 05 07</b> | Φορτίο φορτηγών οχημάτων, χωρίς αξία, το οποίο περιέχει επικίνδυνα υλικά |
| <b>17 05 08</b> | Φορτίο οχημάτων. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 05 07              |
| <b>17 06</b>    | Δομικά και μονωτικά υλικά, τα οποία περιέχουν αμιάντο                    |
| <b>17 06 01</b> | Μονωτικά υλικά, τα οποία περιέχουν αμιάντο                               |
| <b>17 06 03</b> | Μονωτικά υλικά, τα οποία περιέχουν άλλα επικίνδυνα υλικά                 |
| <b>17 06 04</b> | Μονωτικά υλικά. Δεν είναι ίδια                                           |

|                 |                                                                                                                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | κατηγορία με τις 17 06 01 και 17 06 03                                                                                                                         |
| <b>17 06 05</b> | Δομικά υλικά , τα οποία περιέχουν αμίαντο                                                                                                                      |
| <b>17 08</b>    | Δομικά υλικά με κύριο υλικό το γύψο                                                                                                                            |
| <b>17 08 01</b> | Δομικά υλικά με κύριο υλικό το γύψο, τα οποία έχουν ρυπανθεί                                                                                                   |
| <b>17 08 02</b> | Δομικά υλικά με κύριο υλικό το γύψο. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με την 17 08 01                                                                                |
| <b>17 09</b>    | Άλλα υλικά από κατασκευές και κατεδαφίσεις                                                                                                                     |
| <b>17 09 01</b> | Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, τα οποία περιέχουν υδράργυρο                                                                                         |
| <b>17 09 02</b> | Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, τα οποία περιέχουν PCB                                                                                               |
| <b>17 09 03</b> | Άλλα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, συμπεριλαμβανομένου αποβλήτων μικτών αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, τα οποία περιέχουν επικίνδυνα υλικά |
| <b>17 09 04</b> | Απόβλητα μικτών κατασκευών και κατεδαφίσεων. Δεν είναι η ίδια κατηγορία με τις 17 09 01, 17 09 02, 17 09 03                                                    |

Πηγή: (Ευρωπαϊκή ένωση, 2017)

### 3.1.5 Ρυπασμένα εδάφη

Τα χώματα εκσκαφών παράγονται σε μεγάλες ποσότητες, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται μεγάλος όγκος των αποβλήτων αυτών. Η μεταφορά των αποβλήτων εκσκαφών σε κατάλληλους χώρους έχει μεγάλο κόστος και πρέπει να υπολογίζεται από τον διαχειριστή του τεχνικού έργου. Τα χώματα εκσκαφών, τα οποία δεν είναι ρυπασμένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιχωματώσεις, ώστε να αποφευχθεί η μεταφορά τους. Ωστόσο, τα εδάφη τα οποία έχουν ρυπανθεί, πρέπει να υποστούν κάποια μορφή επεξεργασίας, ώστε να διασπαστούν οι επικίνδυνες ουσίες.

Οι τεχνικές εξυγίανσης των ρυπασμένων εδαφών, είναι οι ακόλουθες:

- Φυσικές μέθοδοι: Στις μεθόδους αυτές, αξιοποιούνται οι φυσικές ιδιότητες του ρυπαντή και του μολυσμένου εδάφους. Αυτές οι ιδιότητες είναι η

διαλυτότητα, το ηλεκτρικό δυναμικό κ.α.. Πολλές φορές οι φυσικές μέθοδοι, συνδυάζονται με κάποιο σύστημα απομάκρυνσης για την ολική εξυγίανση του εδάφους.

- Βιολογικές μέθοδοι: Στις μεθόδους αυτές, ανήκει το composting και το bioremediation. Οι βιολογικές μέθοδοι συμβάλλουν στην διάσπαση των οργανικών ρυπαντών.
- Χημικές μέθοδοι: Στο ρυπασμένο έδαφος διαλύονται χημικές ουσίες με σκοπό την βαθμιαία μείωση της τοξικότητας.
- Θερμικές μέθοδοι: Με την εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας στο έδαφος, το οποίο έχει ρυπανθεί πραγματοποιείται διάσπαση των επικίνδυνων χημικών ουσιών. Κατά την εκτέλεση αυτών των μεθόδων απαιτείται μεγάλη προσοχή, ώστε να μην επηρεάζεται η δομή και οι ιδιότητες του εδάφους.
- Μέθοδοι σταθεροποίησης: Στις μεθόδους αυτές, χρησιμοποιούνται διάφορες σταθεροποιητικές ουσίες όπως το τσιμέντο, με σκοπό τη μείωση του ρύπου και ως βελτιωτικό εδάφους.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, γίνεται σε συνάρτηση με το είδος και το βαθμό της ρύπανσης καθώς και σε σχέση με τη γεωμορφολογία του εδάφους (ΕΕΔΣΑ, 2017).

### 3.2 Πλαίσιο διαχείρισης των ΑΕΚΚ

Σύμφωνα με την οδηγία 1999/31 της ευρωπαϊκής ένωσης, απαγορεύεται η ρήψη αδρανών υλικών και γενικότερα των μπαζών στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων – ΧΥΤΑ. Σε εθνικό επίπεδο η ΚΥΑ 36259/2010 ορίζει τα μέτρα και τους όρους σχετικά με την εναλλακτική διαχείριση των ΑΕΚΚ.

Συγκεκριμένα το πλαίσιο αυτό, προτείνει τη δημιουργία ειδικών συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης στον τομέα των κατασκευών. Ειδικότερα μέσω των συστημάτων, προβλέπεται η συλλογή, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση των ΑΕΚΚ. Οι εταιρείες που αναλαμβάνουν τη διαχείριση αυτή, πρέπει να ελέγχονται και στην περίπτωση που πληρούν τις προϋποθέσεις να τους δίνεται άδεια από τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων.

Για αποτελεσματικότερη διαχείριση των ΑΕΚΚ κατά την έναρξη ενός έργου πρέπει να παραδίδονται στην αρμόδια υπηρεσία έγγραφα σχετικά με τις αναμενόμενες παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων εκσκαφών, τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης αυτών των υλικών στη εν λόγω κατασκευή, την δυνατότητα ανακύκλωσης τους, καθώς και την προβλεπόμενη ποσότητα αποβλήτων που θα διανεμηθεί στους ΧΥΤΑ.

Η παραπάνω διαδικασία ισχύει για ιδιωτικά έργα, ενώ στην περίπτωση δημόσιων κατασκευών θα πρέπει να εκπονείται επιπρόσθετη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΕΔΣΑ, 2017).

Ανάλογα με το ποσοστό ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ που έχουν πραγματοποιήσει τα κράτη – μέλη κατατάσσονται σε τρία επίπεδα. Αναλυτικότερα:

- Επίπεδο 1

Στο επίπεδο αυτό περιλαμβάνονται χώρες όπως η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Ελλάδα, η Νότια Ιταλία και η Ιρλανδία. Στα προαναφερθέντα κράτη δεν είναι ικανοποιητικό το επίπεδο επαναχρησιμοποίησις των ΑΕΚΚ. Οι λόγοι που περιορίζουν την ανάπτυξη της ανακύκλωσης είναι:

1. Η παντελής απουσία προστίμων στις παράνομες αποθέσεις των ΑΕΚΚ.

2. Οι πρώτες ύλες προσφέρονται σε χαμηλές τιμές, με αποτέλεσμα να μην είναι δελεαστική η παραγωγή δευτερογενών προϊόντων. Το βασικό οικοδομικό υλικό, το τσιμέντο, έχει πολύ χαμηλό κόστος παραγωγής.
3. Η απουσία κατάλληλων εγκαταστάσεων ανακύκλωσης.

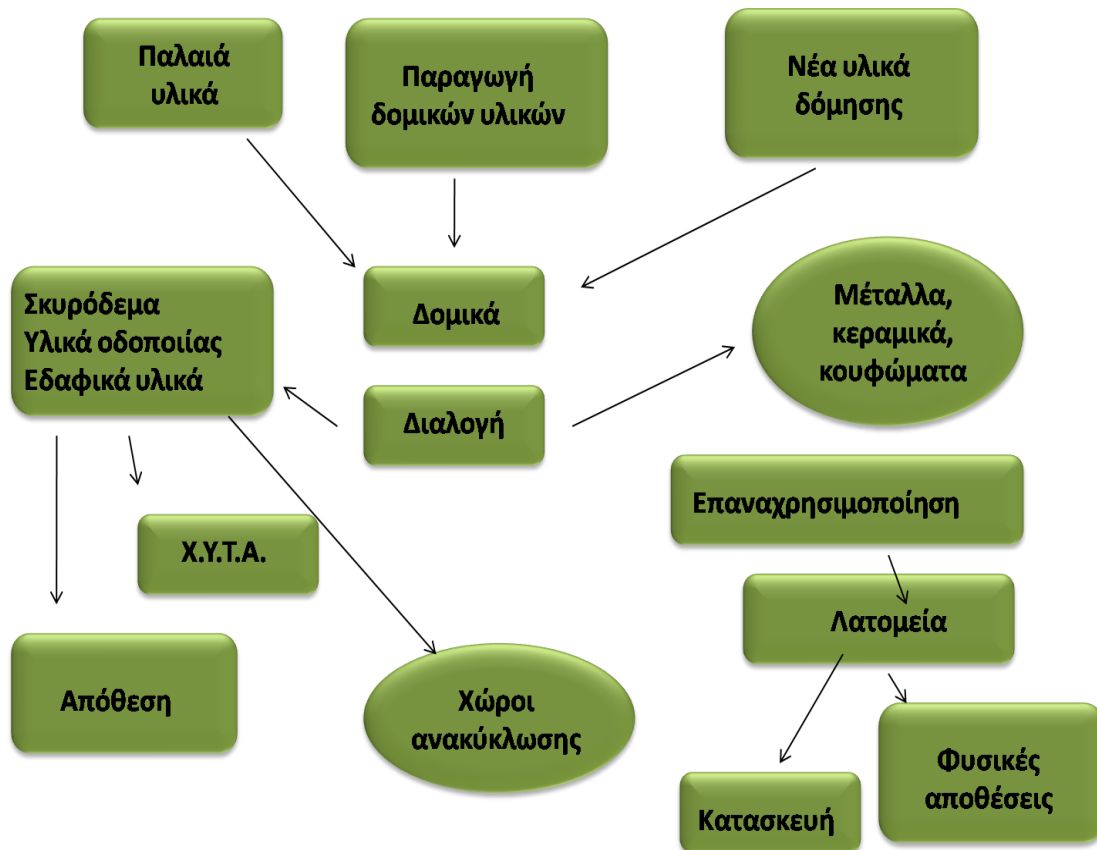
- Επίπεδο 2

Στο επίπεδο αυτό διαχείρισης των ΑΕΚΚ περιλαμβάνονται χώρες, όπως: η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, το Βέλγιο, το Λουξεμβούργο και η Βόρειος Ιταλία. Τα συγκεκριμένα κράτη έχουν εφαρμόσει υψηλό κόστος στην εναπόθεση των ΑΕΚΚ, στους ΧΥΤΑ. Τα ανακυκλώσιμα προϊόντα εμφανίζουν ανοδική πορεία στη ζήτηση του καταναλωτικού κοινού.

- Επίπεδο 3

Στο επίπεδο αυτό έχουν καταταχθεί χώρες, οι οποίες διαθέτουν ανεπτυγμένο σχέδιο διαχείρισης και ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ. Οι πολίτες των κρατών αυτών είναι ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένοι σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Χώρες της κατηγορίας αυτής, αποτελούν η Ολλανδία, η Δανία, η Σουηδία, η Αυστρία και η Γερμανία. Η αυστηρή νομοθεσία, τα πρόστιμα, το υψηλό κόστος χρήσης των ΧΥΤΑ καθώς και η ήδη ανεπτυγμένη αγορά προϊόντων ανακύκλωσης είναι μόνο κάποιοι από τους λόγους επιτυχίας της διαχείρισης αυτής (Ευρωπαϊκή επιτροπή – European Commission, 2015).

Κάτωθι παρουσιάζεται σχηματοποιημένα το μοντέλο διαχείρισης των ΑΕΚΚ:



Εικόνα 18 Μοντέλο διαχείρισης ΑΕΚΚ

Πηγή: (Οικονόμου, 2006)

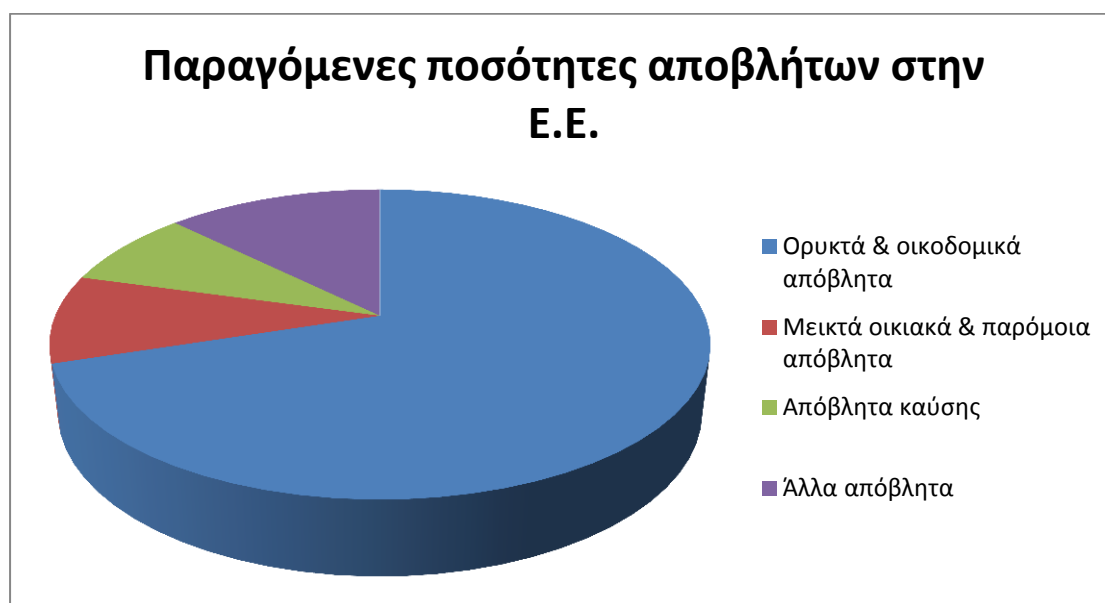


### 3.2.1 Πρόβλημα

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή επιτροπή – European Commission (2015), τα κράτη – μέλη παράγουν ετησίως συνολικά 3 δισεκατομμύρια τόνους αποβλήτων. Το 3 % αυτών, είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον και πρέπει να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία. Στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής οδηγείται το 64 % της συνολικής παραγόμενης ποσότητας των αποβλήτων, ενώ μόνο το 36 % επαναχρησιμοποιείται. Η επεξεργασία των αποβλήτων συνεισφέρει κατά 0,75 % στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν – ΑΕΠ.

Τα απόβλητα των ΑΕΚΚ επηρεάζουν το ΑΕΠ του κατασκευαστικού κλάδου.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2017) αναφέρει ότι τα απόβλητα του κατασκευαστικού τομέα και τα ορυχεία αντιπροσωπεύουν το 61 % της συνολικής ποσότητας των αποβλήτων.



Εικόνα 19 Συνολική παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Πηγή: European Environment Agency, 2012

Όπως ήδη αναφέρθηκε μεγάλες ποσότητες αποβλήτων εκσκαφών, κατεδαφίσεων και κατασκευών συσσωρεύονται σε ακατάλληλους χώρους. Στα απόβλητα των ΑΕΚΚ περιλαμβάνονται ποικίλα δομικά υλικά όπως τούβλα, τσιμέντα, ξύλο, πλαστικά κ.α.. Όπως τονίζει η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 30 % της συνολικής ποσότητας αποβλήτων, προέρχεται από τον κατασκευαστικό τομέα και

η διαχείριση τους αποτελεί προτεραιότητα (European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, 2017).

Η ανακύκλωση των ΑΕΚΚ κρίνεται ως διαδικασία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και με μικρό κόστος σε σύγκριση με την ανακύκλωση άλλων υλικών.

Δυστυχώς ενώ κάποιες χώρες είναι ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένες στην ανακύκλωση των ΑΕΚΚ με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη Δανία, κάποιες άλλες είναι αδιάφορες και ελλειπείς στην διαχείριση αυτού του τύπου. Συχνά τα ΑΕΚΚ διοχετεύονται στα ΧΥΤΑ, μαζί με τα αστικά απόβλητα, με αποτέλεσμα την συσσώρευση τεράστιων όγκων απορριμμάτων.

Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει ως λύση την μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων μέσα από την εφαρμογή αυστηρών μέτρων, καθώς και την εξέλιξη και βελτίωση των μεθόδων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των δομικών υλικών.

Η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων του κατασκευαστικού τομέα, εκτός από το τεράστιο περιβαλλοντικό όφελος που προσφέρει, συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στη μείωση του κόστους των έργων (Jones *et al.*, 2012).



*Εικόνα 20 Οικία κατασκευασμένη από ανακυκλώσιμα υλικά στη Δανία*

Πηγή: [www.trendir.com](http://www.trendir.com)

### 3.2.2 Νομοθεσία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η νομοθεσία, η οποία αναφέρεται στην απόβλητα των ΑΕΚΚ και στην γενικότερη διαχείριση τους.

#### Ευρωπαϊκή Νομοθεσία σχετική με τα απόβλητα

- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2008/400, με δημοσίευση στις 16 Ιουνίου 2008, σχετική με τις δημόσιες συμβάσεις για τη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2008/98, με δημοσίευση στις 19 Νοεμβρίου 2008. Η οδηγία αυτή περιλαμβάνει τροποποιήσεις της προαναφερόμενης νομοθεσίας, όπου έχει γίνει διαγραφή ορισμένων οδηγιών.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2006/12, με δημοσίευση 5 Απριλίου 2006. Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σε σχέση με τα απόβλητα.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2001/118, με δημοσίευση 16 Ιανουαρίου 2001. Η οδηγία αυτή, αφορά τροποποιήσεις στο κατάλογο των αποβλήτων.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2000/76, με δημοσίευση 4 Δεκεμβρίου 2000. Οδηγία σε σχέση με την αποτέφρωση των αποβλήτων.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 2000/532, με δημοσίευση 3 Μαΐου 2000. Οδηγία με αναλυτικό κατάλογο των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Εφημερίδα Κυβερνήσεως 1999/31, με δημοσίευση 26 Απριλίου 1999. Οδηγία σχετική με την διάθεση των αποβλήτων σε ειδικούς χώρους.

Συμπερασματικά, η εφαρμοζόμενη πολιτική της Ευρώπης στοχεύει σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα ανακύκλωσης, με ταυτόχρονη την ελαχιστοποίηση της παραγωγής των αποβλήτων.

Συγκεκριμένα τα κράτη – μέλη πρέπει να συμμορφώνονται στις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κάθε κράτος είναι υποχρεωμένο να υποβάλλει γραπτή αναφορά, σύμφωνα με την πρόοδο του σε αυτή την κατεύθυνση. Τα κράτη, τα οποία αποτυγχάνουν να ακολουθήσουν τις οδηγίες, πρέπει να εξηγήσουν τους λόγους αποτυχίας και να αναφέρουν τις δράσεις που θα εφαρμόσουν από εδώ και στο εξής.

Ειδικότερα η οδηγία 2008/98 θέτει ως στόχο μέχρι το 2020, να αυξηθεί κατά 70 % σε βάρος η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των δομικών υλικών. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στο στόχο αυτό, δεν περιλαμβάνονται τα απόβλητα κατεδαφίσεων.

Σε σχέση με τις πράσινες δημόσιες συμβάσεις ορίζονται συγκεκριμένα μέτρα για το δομικό κλάδο. Το 60 % της συνολικής ποσότητας αποβλήτων πρέπει να ανακυκλώνετε και να επανακτάτε.

Συχνά οι επιδιωκόμενοι στόχοι αποτυγχάνουν να πραγματοποιηθούν λόγω τεχνικών, οικονομικών ή πολιτικών εμποδίων (European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, 2017).

#### Οικονομικά εμπόδια

Τα δομικά υλικά όπως τα τούβλα και το σκυρόδεμα παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και με χαμηλό κόστος, με αποτέλεσμα τα επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα, δευτερογενής παραγωγής να μην προτιμούνται από τους εργολάβους.

Για την αντιμετώπιση της προαναφερθείσας προβληματικής κατάστασης συστήνεται η εφαρμογή υψηλών εισφορών ως προς την διάθεση των αποβλήτων στις χωματερές, με παράλληλη αύξηση των φόρων στις εταιρείες που κάνουν εξόρυξη των πρώτων υλών.

#### Πολιτιστικά εμπόδια

Το αγοραστικό κοινό είναι ιδιαίτερα επιφυλακτικό με τα δευτερογενή ανακυκλωμένα προϊόντα και ιδιαίτερα για το σκυρόδεμα. Διατυπώνοντας αμφιβολίες για την αντοχή και τις ιδιότητες των υλικών αυτών. Η πιστοποίηση των δευτερογενών δομικών υλικών, φαίνεται να αποτελεί μια λύση στις ανασφάλειες των δυνητικών πελατών.

Ιδιαίτερης σημασίας είναι η αντοχή που παρουσιάζουν ορισμένα επαναχρησιμοποιούμενα υλικά στην κατασκευή οδοστρωμάτων. Απαραίτητη κρίνεται η διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών στον τομέα αυτό.

#### Τεχνικά εμπόδια

Απαραίτητο στάδιο για μια επιτυχημένη ανακύκλωση είναι η σωστή διαλογή των αποβλήτων των ΑΕΚΚ, με την απομάκρυνση των επικίνδυνων υλικών. Η επιλεκτική κατεδάφιση είναι επίσης απαραίτητη διαδικασία για την ανακύκλωση (European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, 2017).

## Εθνική νομοθεσία

- Νόμος 2939/2001, ΦΕΚ 179 Α. Γίνεται η ίδρυση του Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων προϊόντων.
- Κρατική Υπουργική Απόφαση 24944/1159/2006, ΦΕΚ 791/Β/30-6-2006. Αφορά την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Κρατική Υπουργική Απόφαση 21017/84/2009, ΦΕΚ 1287/Β/ 30-6-2009. Οδηγίες για τις επιχειρήσεις, οι οποίες έχουν ως αντικείμενο εργασίας τις κατεδαφίσεις, τις κατασκευές και τις εγκαταστάσεις υλικών αμιάντου.
- Νόμος 3854/2010, ΦΕΚ 94 Α. Τροποποίηση της σχετικής νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών.
- Νόμος 3855/2010, ΦΕΚ 95Α. Νόμος για την προώθηση των Πράσινων Δημόσιων Συμβάσεων, με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.
- Κρατική Υπουργική Απόφαση 36259/1757/Ε103/2010, ΦΕΚ 1312/Β/ 24-8-2010.

Αναλυτικότερα μέχρι τη 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020, η ανακύκλωση των ΑΕΚΚ πρέπει να φτάσει στο 70 % του συνολικού όγκου. Απαραίτητη κρίνεται η ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών.

Βασικοί ορισμοί, οι οποίοι περιέχονται στο ΦΕΚ, θα αναλυθούν παρακάτω:

- Διαχείριση ΑΕΚΚ

Με τον όρο διαχείριση των ΑΕΚΚ, αναφερόμαστε στη συλλογή, την μετακίνηση, την φόρτωση, την αποθήκευση, την αξιοποίηση και την διάθεση των αποβλήτων. Στην διαχείριση των ΑΕΚΚ, περιλαμβάνεται η έννοια της προστασίας και της αποκατάστασης του χώρου, στον οποίο εκτελούνται οι προαναφερθέντες ενέργειες.

- Εναλλακτική διαχείριση ΑΕΚΚ

Η εναλλακτική διαχείριση αφορά την συλλογή, την μεταφορά, την αποθήκευση, την επεξεργασία και την προώθηση των ΑΕΚΚ στην διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης μέσω του εμπορίου.

- Επαναχρησιμοποίηση ΑΕΚΚ

Στην επαναχρησιμοποίηση τα απόβλητα των εκσκαφών, των κατεδαφίσεων και των κατασκευών, χρησιμοποιούνται εκ νέου στον κατασκευαστικό κλάδο, επιτελώντας τον αρχικό σκοπό της δημιουργίας τους.

- Επεξεργασία ΑΕΚΚ

Στην διαδικασία της επεξεργασίας περιλαμβάνονται η διαλογή και η θραύση. Η διαδικασία της επεξεργασίας πραγματοποιείται σε κατάλληλους εγκεκριμένους χώρους.

- Ανακύκλωση ΑΕΚΚ

Ως ανακύκλωση ορίζεται η εκ νέου επεξεργασία των ΑΕΚΚ, ώστε να χρησιμοποιηθούν για τον αρχικό σκοπό της δημιουργίας. Στην διαδικασία της ανακύκλωσης, δεν υπάρχει ο στόχος της απελευθέρωσης της δεσμευμένης ενέργειας.

- Ανάκτηση ενέργειας ΑΕΚΚ

Η χρήση των ΑΕΚΚ ως καύσιμα υλικά, απελευθερώνοντας την δεσμευμένη ενέργεια. Στην διαδικασία αυτή πρέπει να τηρείται αυστηρά η νομοθεσία, εξασφαλίζοντας την προστασία του περιβάλλοντος.

- Αξιοποίηση ΑΕΚΚ

Στην αξιοποίηση των ΑΕΚΚ, περιλαμβάνονται όλες οι ενέργειες αξιοποίησης, όπως αναφέρονται στο άρθρο 17. Επιπλέον στις εργασίες αυτές, κατατάσσονται οι επιχωματώσεις, η αποκατάσταση των λατομείων, των χωματερών, των χώρων υγειονομικής ταφής και η ανάπλαση των υποβαθμισμένων τοπίων.

- Διαχειριστές των ΑΕΚΚ

Πιθανοί διαχειριστές των ΑΕΚΚ, είναι οι ανάδοχοι των ιδιωτικών και δημόσιων έργων όπως είναι οι εργολάβοι, οι κατασκευαστές, διάφοροι φορείς παροχής εξοπλισμών, συλλογής και αποθήκευσης των αποβλήτων εκσκαφών, κατεδαφίσεων και κατασκευών.

### 3.2.3 Επεξεργασία

Για να ξεκινήσει η ανακύκλωση των ΑΕΚΚ, πρέπει να υποστούν αρχικά κάποια μορφή επεξεργασίας, όπως διαλογή και θραύση, καθώς και οποιαδήποτε άλλη ενέργεια η οποία συμβάλλει στην επαναχρησιμοποίηση των υλικών αυτών.

Πιο συγκεκριμένα, για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων των ΑΕΚΚ, χρησιμοποιούνται οι επόμενες μέθοδοι:

- Η εναπόθεση στο έδαφος
- Η ανακύκλωση
- Και καύση του μικρότερου κλάσματος

Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εναπόθεση των αποβλήτων στο έδαφος. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή επιτροπή – European commission (2013) τα ΑΕΚΚ, οδηγούνται σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 70% στις χωματερές.

Η ανακύκλωση θεωρείται μια από τις φιλικότερες μεθόδους για τη φύση, καθώς μειώνει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον ελαχιστοποιώντας τον όγκο των αποβλήτων. Σε σχέση με την καύση του ελαφρότερου κλάσματος, είναι η μέθοδος με την μικρότερη χρησιμοποίηση.

### 3.2.4 Εναλλακτική διαχείριση

Σύμφωνα με το νόμο 2939/2001 οι βασικές αρχές της εναλλακτικής διαχείρισης ορίζονται ως εξής:

- Βασική προϋπόθεση, είναι η μείωση της δημιουργίας απόβλητων, λειτουργώντας ως μέτρο πρόληψης.
- Η επαναχρησιμοποίηση.
- Η ανακύκλωση.
- Η προσπάθεια ανάκτησης της δεσμευμένης ενέργειας.
- Η εφαρμογή και η γνωστοποίηση του μέτρου «Ο ρυπαίνων πληρώνει».
- Ευαισθητοποίηση όλων των εμπλεκόμενων, οι οποίοι ασχολούνται με τα υλικά αυτά.
- Ανάπτυξη της περιβαλλοντικής παιδείας των χρηστών και των πολιτών.

Η εναλλακτική διαχείριση βασίζεται στην σωστή διαλογή και διαχωρισμό των ΑΕΚΚ. Ειδικότερα μια ποσότητα ΑΕΚΚ, είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή αν δεν μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω να οδηγηθεί στους ΧΥΤΑ. Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζονται οι διαθέσιμες επιλογές για τη διαχείριση των ΑΕΚΚ, με διάταξη από τη λιγότερο σημαντική προς τη μεγαλύτερη, αρχίζοντας από τη βάση της πυραμίδας (Jones *et al.*, 2012).



Εικόνα 21 Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Πηγή: (Παπαχρήστου κ.α., 2009)



## Κεφάλαιο 4 Ανάκτηση και ανακύκλωση δομικών υλικών

### 4.1 Χώροι διαχείρισης ΑΕΚΚ

Στην Ελλάδα, ιδιωτικές εταιρείες έχουν αναλάβει την διαχείριση των ΑΕΚΚ. Συγκεκριμένα, ο μικρός αριθμός αδειοδοτημένων επιχειρήσεων για αυτό το σκοπό, προσπαθούν να επεξεργαστούν το τεράστιο παραγόμενο όγκο των ΑΕΚΚ. Μέχρι πρότινος, τα απόβλητα των κατασκευών κατέληγαν ανεξέλεγκτα σε χωματερές ή ακόμα και σε ρέματα και χαράδρες χωρίς να έχουν υποστεί κάποια μορφή επεξεργασίας και ανακύκλωσης (Μουσιόπουλος, 2002). Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2015), οι υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας είναι δυνατόν να διαχειριστούν 3 εκατομμύρια τόνους απορριμμάτων. Ωστόσο δεν διαθέτουν τις κατάλληλες εγκαταστάσεις για την διάθεση των υπολειμμάτων.

Στην Αττική υπάρχουν τρία συστήματα διαχείρισης των ΑΕΚΚ. Σε ότι αφορά την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων την έχουν αναλάβει 7 εταιρείες. Αναλυτικότερα τα απόβλητα αμιάντου διατίθενται στην Γερμανία. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μονάδες επεξεργασίας δεν είναι κατανομημένες σε όλη τη χώρα, με αποτέλεσμα να μην εξυπηρετούνται όλες οι περιοχές.

Κάτωθι παρουσιάζονται τα συστήματα διαχείρισης των ΑΕΚΚ:

- Ανακύκλωση Αδρανών Βορείου Ελλάδος Α. Ε. – ΑΝ.Α.Β.Ε.Α.Ε.
- Σύστημα Ανακύκλωσης Κεντρικής Ελλάδας – Σ.ΑΝ.Κ.Ε.Ε Ε.Π.Ε., Αττική
- Εναλλακτική Διαχείριση Προϊόντων Εκσκαφών Κατεδαφίσεων Α.Ε. – Σ.Ε.Δ.Π.Ε.ΚΑΤ. Α.Ε., Αττική
- Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Χαλκιδικής Ο. Ε. Κουφίδης – Κτενίδης & ΣΙΑ ΟΕ
- Ανακύκλωση ΑΕΚΚ Κεντρικής Μακεδονίας Α. Ε.
- Ψάρρας Εναλλακτικής Διαχείριση ΑΕΚΚ - ΑΜΚΕ
- Ανακύκλωση Αδρανών Νότιας Ελλάδας – Α.Α.Ν.ΕΛ., το οποίο έχει εμβέλεια στους νομούς Αττικής, Λακωνίας, Κυκλάδων και στις περιφερειακές ενότητες Μεσσηνίας και Κέρκυρας (Οικονομου, 2004).

Αξίζει να αναφερθεί ότι έχει ιδρυθεί πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης στην περιοχή των Άνω Λιοσίων. Το έργο είναι συγχρηματοδοτούμενο από την ευρωπαϊκή ένωση και συγκεκριμένα από το πρόγραμμα Life 00 ENV/GR/000739, προϋπολογισμού 2.403.685 ευρώ. Σε πέντε μήνες λειτουργίας, η μονάδα είχε ανακυκλώσει 30.000 τόνους ΑΕΚΚ. Η ανακύκλωση αφορούσε κυρίως το σκυρόδεμα και τούβλα. Η πιλοτική αυτή μονάδα, έχει δυναμικότητα 300 τόνους ανά ημέρα.

Τέτοιου είδους μονάδες για να θεωρηθούν βιώσιμες πρέπει η δυναμικότητα τους να ξεπερνάει τους 350.000 τόνους ανά έτος.

Για την αναγνώριση των δευτερογενών ανακυκλώσιμων προϊόντων στην χώρα μας από το καταναλωτικό κοινό, φαίνεται ότι θα απαιτηθεί ένα εύλογο χρονικό διάστημα (Οικονομου, 2004).



*Εικόνα 22 Πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης Άνω Λιοσίων*

Πηγή: Πρόγραμμα Life 00 ENV/GR/000739

#### 4.1.1 Κινητή μονάδα ανακύκλωσης στο χώρο του εργοταξίου

Η επεξεργασία και ειδικότερα η θραύση των ΑΕΚΚ, μπορεί να πραγματοποιηθεί στο χώρο του εργοταξίου, με τη χρήση αυτοφερόμενων θραυστικών συγκροτημάτων. Η κινητή μονάδα ανακύκλωσης ή αλλιώς κινητό συγκρότημα ανακύκλωσης, μειώνει το κόστος κατασκευής και την ρύπανση της ατμόσφαιρας, καθώς δεν χρειάζεται η μεταφορά των αποβλήτων σε άλλο χώρο (Thomark, 2001). Σε συγκριτική οικονομική αξιολόγηση, η κινητή μονάδα ανακύκλωσης κοστίζει λιγότερο από μια σταθερή. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραγόμενα ανακυκλώσιμα προϊόντα είναι χαμηλότερης ποιότητας από εκείνα που παράγονται από μια ολοκληρωμένη επεξεργασία.

Η δυναμικότητα μιας μεγάλης κινητής μονάδας μπορεί να φτάσει τα 400 m<sup>3</sup>/h μπαζών (Soutsos, 2011).

Τα απαραίτητα εξαρτήματα μιας κινητής μονάδας ανακύκλωσης είναι τα ακόλουθα:

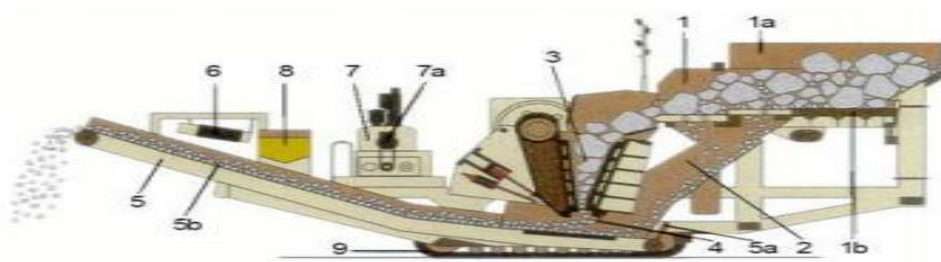
- Θραυστήρας αποβλήτων σκυροδέματος
- Μεταφορέας απόθεσης άχρηστων υλικών
- Δευτερογενής θραυστήρας
- Κόσκινο
- Ταινία μεταφοράς των υλικών για δευτερογενή θραύση

Τα μικρά αυτοφερόμενα συγκροτήματα είναι δυνατόν να επεξεργαστούν έως και 100 m<sup>3</sup>/h ΑΕΚΚ.

Στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κυριότερα πλεονεκτήματα των κινητών μονάδων ανακύκλωσης:

- Ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των υλικών
- Αύξηση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγής
- Λιγότερο ανθρώπινο δυναμικό
- Δεν προκαλούν ρύπανση
- Δεν προκαλούν κυκλοφοριακή συμφόρηση, με την παρουσία μεγάλου αριθμού φορτηγών οχημάτων (Gutzman *et al.*, 2015)

- 1α = ανατρεπόμενη καρότσα τροφοδοσίας, με δυνατότητα επέκτασης
- 1b = κυλιόμενη τροφοδότηση
- 2 = πλαγιά παράκαμψης
- 3 = σιαγόνες για θραύση
- 4 = προστασία του μάντα, μέσω θωράκισης
- 5α = μεταφορική ταινία με υδραυλικό έλεγχο
- 5b = μεταφορική ταινία με ενισχυμένο μάντα
- 6 = διαχωριστής με μαγνήτη
- 7 = κινητήρας με γεννήτρια
- 8 = δεξαμενές λαδιού και καυσίμου
- 9 = ερπύστριες



Εικόνα 23 Κινητή μονάδα ανακύκλωσης

Πηγή: (Gutzman *et al.*, 2015)



Εικόνα 24 Κινητό συγκρότημα ανακύκλωσης μπαζών σκυροδέματος

Πηγή: (Gutzman *et al.*, 2015)

#### 4.1.2 Σταθερό συγκρότημα ανακύκλωσης

Οι σταθερές – μόνιμες μονάδες ανακύκλωσης επεξεργάζονται με ολοκληρωμένο και λεπτομερή τρόπο τα απόβλητα των δομικών υλικών. Οι μόνιμες μονάδες τοποθετούνται σε οργανωμένες δημόσιες ή ιδιωτικές μονάδες ανακύκλωσης.

Τα συγκροτήματα αυτά, είναι εξοπλισμένα με μηχανήματα πλύσεως, θραυστήρες, μαγνήτες διαχωρισμού, κόσκινα και πίνακες ελέγχου των παραγόμενων ανακυκλωμένων υλικών (Οικονομου, 2004).

Τα δευτερογενή υλικά που προκύπτουν από την επεξεργασία των σταθερών συγκροτημάτων είναι υψηλής ποιότητας. Η ποιότητα των ανακυκλωμένων προϊόντων εξασφαλίζεται με την πλύση της άμμου και την απομάκρυνση των λεπτόκοκκων υλικών από την κύρια μάζα του δομικού υλικού (Gutzman *et al.*, 2015).

Η πρόσμιξη των υλικών προς ανακύκλωση με άχρηστες ουσίες αποφεύγεται με την παρουσία οπτικού συστήματος. Αισθητήρες του συστήματος OEM recycling equipment έχουν χρησιμοποιηθεί στη διαλογή διαφόρων ΑΕΚΚ, όπως ξύλο, πλαστικό, γύψο κ.α.. Με τον τρόπο αυτό, η σταθερή μονάδα ανακύκλωσης τροφοδοτείται μόνο με καθαρά υλικά (Gutzman *et al.*, 2015).

Πολλές φορές στη πράξη για την ανακύκλωση των ΑΕΚΚ, χρησιμοποιούνται συνδυαστικά το κινητό και σταθερό συγκρότημα. Ειδικότερα στα λατομεία είναι συνήθως εγκατεστημένα μόνιμα συγκροτήματα ανακύκλωσης. Αντίθετα στα εργοτάξια χρησιμοποιούνται κυρίως κινητές μονάδες ανακύκλωσης. Πολλές φορές για λόγους ευκολίας, τα ΑΕΚΚ μεταφέρονται από τους εργολάβους στα λατομεία, με σκοπό την παραγωγή χρήσιμων αδρανών υλικών, μέσω της διαδικασίας της ανακύκλωσης. Έτσι μειώνεται το πρόβλημα της διάθεσης των ΑΕΚΚ και επιπλέον γίνεται επαναχρησιμοποίηση των υλικών. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα κινητά συγκροτήματα παρά το χαμηλός κόστος αγοράς τους, δεν μπορούν να προσφέρουν ανακυκλώσιμα υλικά υψηλής καθαρότητας, αφού παρουσιάζουν αδυναμία ελέγχου των ανεπιθύμητων λεπτόκοκκων υλικών. Βέβαια για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κινητές μονάδες ανακύκλωσης, εξοπλισμένες με κόσκινα και καταιονισμό νερού (Soutsos, 2011).

Σύμφωνα με τον πίνακα 9, τα κινητά συγκροτήματα είναι περισσότερα από 620, ενώ τα σταθερά συγκροτήματα είναι εμφανώς λιγότερα, συγκεκριμένα μόνο 420. Στην ευρωπαϊκή κατάταξη, η χώρα της Γερμανίας φαίνεται να υπερέρχει συγκριτικά με τα

υπόλοιπα κράτη – μέλη στην ανακύκλωσης, αφού διαθέτει το 40 % των μονάδων επεξεργασίας των ΑΕΚΚ (Soutsos, 2011).

Παρακάτω έχει περιγραφεί η μονάδα ανακύκλωσης αδρανών υλικών της Μακεδονίας.

Συγκεκριμένα η μονάδα είναι εξοπλισμένη ως εξής:

- Ηλεκτρονικός εξοπλισμός, όπως πίνακες ελέγχου, κινητήρες και παροχές ρεύματος.
- Εξοπλισμός για το πρώτο επίπεδο διαλογής των αδρανών υλικών, όπως μαγνήτες διαχωρισμού, ραβδοκόσκινα κ.α..
- Εξοπλισμός για το δεύτερο επίπεδο διαλογής των αδρανών υλικών, όπως μαγνήτες διαχωρισμού, κόσκινα κ.α..
- Εξοπλισμός για την αεροδιαλογή.
- Εξοπλισμός για διαλογή με τα χέρια.
- Μηχανήματα επεξεργασίας, όπως θραυστήρες.
- Χώρος διαλογής για τα έτοιμα ανακυκλώσιμα προϊόντα.
- Ταινίες μεταφοράς (Οικονομου, 2004).



*Εικόνα 25 Συστήματα διαλογής*

Πηγή: (Εφραιμίδης, 2008)



*Εικόνα 26 Μονάδα ανακύκλωσης αδρανών υλικών Μακεδονίας Α.Ε*

Πηγή: [www. anakyklosi-am.gr](http://www.anakyklosi-am.gr)

*Πίνακας 9 Εγκαταστάσεις ανακύκλωσης στην ευρωπαϊκή ένωση*

| <b>Χώρα</b>             | <b>Κινητά συγκροτήματα</b> | <b>Σταθερά συγκροτήματα</b> |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Γερμανία</b>         | 260                        | 180                         |
| <b>Ιρλανδία</b>         | 10                         | 1                           |
| <b>Ισπανία</b>          | 8                          | 4                           |
| <b>Ολλανδία</b>         | 5                          | 40                          |
| <b>Γαλλία</b>           | 40                         | 40                          |
| <b>Ιταλία</b>           | 120                        | 50                          |
| <b>Δανία</b>            | 15                         | 15                          |
| <b>Ηνωμένο βασίλειο</b> | 150                        | 40                          |
| <b>Βέλγιο</b>           | 15                         | 50                          |

Πηγή: (Καλδέλλης & Κωνσταντινίδης, 2005)

## 4.2 Στάδια επεξεργασίας ΑΕΚΚ

Οι μονάδες ανακύκλωσης πρέπει να μπορούν να επεξεργαστούν διαφόρων ειδών υλικά, όπως πλαστικό, ξύλο, χώμα κ.α.. Τα συγκροτήματα επεξεργασίας, τα οποία δεν μπορούν να καθαρίσουν τα ανακυκλωμένα υλικά σε ποσότητα μεγαλύτερη των 75 m<sup>3</sup>/h, χρησιμοποιούνται μόνο για πλύση αποθεμάτων και για διαχωρισμό της άμμου από άχρηστα υλικά. Η προαναφερόμενη διαδικασία είναι χρήσιμη για την τήρηση των προδιαγραφών ποιότητας του παραγόμενου σκυροδέματος, ελέγχοντας την ποσότητα της άμμου (Jones et al., 2012).

Η μεταφορά των μικτών υλικών στο εργοτάξιο, πραγματοποιείται με τη χρήση φορτηγών οχημάτων. Τα υλικά προς ανακύκλωση, ελέγχονται λεπτομερώς από οπτική κάμερα, την ώρα που φτάνει το φορτίο στην γεφυροπλάστιγγα. Υλικά, τα οποία κρίνονται ακατάλληλα οδηγούνται στις χωματερές, ενώ τα υλικά που πέρασαν επιτυχώς τον έλεγχο πάνε στην μονάδα πλύσεως. Απόβλητα μεγάλου όγκου, τεμαχίζονται σε μικρότερα κομμάτια μέσω κρουστικού σφυριού – ψαλιδιού (concrete cruncher), το οποίο είναι προσαρμοσμένο σε υδραυλικό εκσκαφέα. Τα ψαλίδια είναι δυνατόν να ασκήσουν δύναμη 600 tn. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ΑΕΚΚ, μεταφέρονται σε σιαγονοφόρο θραυστήρα. Τα υλικά διέρχονται από διαχωρισμό πρώτου επιπέδου, ώστε να απομακρυνθούν όσα έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 100 mm (Jones et al., 2012).



*Εικόνα 27* Θραυστήρας

Πηγή: (Εφραμιμίδης, 2008)



Θρυμματιστές σκυροδέματος χρησιμοποιούνται για την διαίρεση του σκυροδέματος σε μικρά κομμάτια, στο χώρο του εργοταξίου. Ειδικότερα, με την ρύθμιση των εσωτερικών οδόντων επιτυγχάνεται διαχωρισμό του σπλισμού. Η απομάκρυνση των μεταλλικών υλικών, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση μαγνήτη, ο οποίος είναι εξάρτημα του τροφοδοτικού ιμάντα. Μετά το επίπεδο αυτό της επεξεργασίας, τα υλικά μεταφέρονται μέσω του ιμάντα σε κόσκινο, εφαρμόζοντας καταιονισμό νερού. Τα ΑΕΚΚ, μικρότερα των 5 mm οδηγούνται σε μονάδα πλύσεως και επεξεργασίας άμμου. Υδροκυκλώνας, απομακρύνει τα αιωρούμενα σωματίδια, όπως είναι ο άργιλος. Με εφαρμογή αφυδάτωσης της άμμου, απομακρύνονται τα υλικά της μικρότερης διαμέτρου, παράγοντας εμπορεύσιμη άμμου υψηλής ποιότητας. Συγκεκριμένα, οι συνθήκες που επιτυγχάνεται η αφυδάτωση της άμμου είναι σε 12 % υγρασία και 40 micron (Μουσιόπουλος, 2002).

Η οικονομικότητα της μονάδας, εξαρτάται από την ορθολογική διαχείριση του νερού πλύσεως. Ωστόσο η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού επηρεάζεται από τη σύνθεση του υλικού προς επεξεργασία. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, εφαρμόζεται η μέθοδος της πύκνωσης της λάσπης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ηλεκτρική διαχωριστική ικανότητα του κάθε υλικού. Ειδικότερα, τα περίσσεια στερεά υλικά μεταφέρονται σε μορφή λάσπης με ειδικές αντλίες σε μακρινή απόσταση από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των ΑΕΚΚ. Το καθαρό – περίσσιο νερό που χρησιμοποιήθηκε στην προαναφερόμενη μέθοδο, αποθηκεύεται στο τέλος της διαδικασίας σε δεξαμενές νερού, αφού έχει προηγηθεί φιλτράρισμα. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται επαναχρησιμοποίηση του νερού και εξοικονόμηση των φυσικών πόρων κατ' επέκ



*Εικόνα 28 Μονάδα πλύσεως (πάνω), πυκνωτής λάσπης (κάτω)*

Πηγή: (Εφραμιδής, 2008)

Εξέλιξη της σύγχρονης εποχής για την καλύτερη και οικονομικότερη διαχείριση του νερού είναι η πρέσα φίλτρων, η οποία τοποθετείτε σε συνδυασμό με τον πυκνωτή λάσπης. Η πρέσα μετατρέπει τα επεξεργαζόμενα υλικά σε «δέματα» ή «πλάκες», με σκοπό την ευκολότερη μεταφορά τους. Συνήθως, οι χρησιμοποιούμενες φιλτρόπρεσες είναι δυναμικότητας 30 tn/h και ασκώντας πίεση 15 bar. Οι παραγόμενες «πλάκες» αποτελούνται κατά 90 % από στερεά υλικά. Η εύρυθμη λειτουργία του συστήματος στο σύνολο του, εξασφαλίζεται με τον έλεγχο από ηλεκτρονικούς πίνακες και υπολογιστές (Soutsos, 2011).

Μετά τον διαχωρισμό, τα αδρανή υλικά οδηγούνται σε πλυντήριο, το οποίο φέρει δύο φτερωτούς άξονες με μήκος 8 μέτρων. Ανάλογα με την σύσταση των επεξεργαζόμενων υλικών, ρυθμίζεται η ταχύτητα των αξόνων. Τα άχρηστα υλικά, συγκρατούνται από ένα κόσκινο.

Τα αδρανή υλικά, τα οποία έχουν διάμετρο μεγαλύτερη των 5 mm οδηγούνται από το κόσκινο αποστραγγίσεως σε διπλό κόσκινο, με σκοπό τον τελευταίο διαχωρισμό και διαβάθμιση.

Η διάκριση αυτή, δίνει πέντε προϊόντα, τα οποία είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές ποιοτικού σκυροδέματος:

- Άμμος μικρότερη από 5 mm
- 5 έως 10 mm
- 10 έως 20 mm
- 20 έως 40 mm
- 40 έως 100 mm

Και τα παραπροϊόντα της διαδικασίας, τα οποία συσκευάζονται σε μορφή «δέματος» εμφανίζουν εμπορική αξία. Τα ανακυκλώσιμα αυτά παραπροϊόντα, βρίσκουν χρήσεις στα αρδευτικά έργα, ως υλικό κάλυψης σε αγωγούς. Η μάζα σιδήρου, που συλλέγεται από τους μαγνήτες πουλιέται σε χαμηλή τιμή ως scrap. Οι μαγνήτες δεν είναι χρήσιμη μόνο για τη συλλογή των μετάλλων αλλά και για εξασφάλιση της καθαρότητας των υλικών (Soutsos, 2011).

Σε σχέση με τα κόσκινα, το πρώτο συγκρατεί υλικά με διάμετρο μεγαλύτερη από 30 cm και το δεύτερο έχει σκοπό την συγκράτηση των άχρηστων ουσιών. Το υπόλοιπο υλικό που μένει από τα κόσκινα, μεταφέρεται στο μαγνήτη με σκοπό την αφαίρεση των μεταλλικών στοιχείων. Συνήθεις μεταλλικά υλικά στις μονάδες επεξεργασίας

είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο. Οι μαγνήτες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στους μόνιμους και στους ηλεκτρικούς. Οι μόνιμοι μαγνήτες εντοπίζονται στα κινητά συγκροτήματα ανακύκλωσης, καθώς λειτουργούν χωρίς ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτρικοί μαγνήτες χρησιμοποιούνται στις μόνιμες μονάδες ανακύκλωσης, αφού έχουν μεγαλύτερη ισχύ. Οι μόνιμοι μαγνήτες χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: σε επίπεδους μαγνήτες και σε μαγνήτες τυμπάνου.

Η πλύση στα αδρανή υλικά τα καθιστά σε προϊόντα υψηλότερης ποιότητας σε σύγκριση με τα δευτερογενή υλικά που έχει εφαρμοστεί μόνο ξήρανση. Μέσω της διαδικασίας που περιγράφηκε προηγουμένως παράγεται επίσης ποιοτική άμμος (Jones *et al.*, 2012).

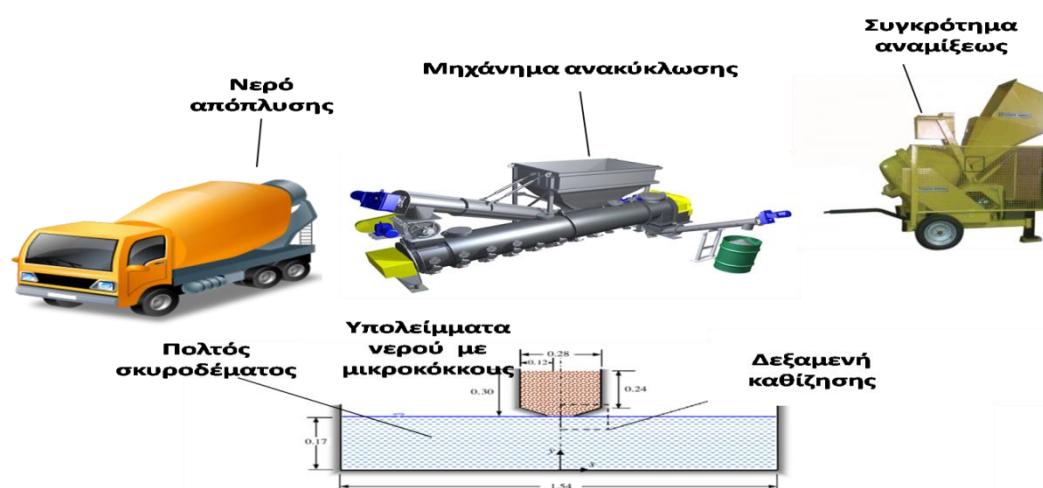
Στη σύγχρονη εποχή, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η επεξεργασία των ΑΕΚΚ, μπορεί να πραγματοποιηθεί με μεγάλη αποτελεσματικότητα και χαμηλό κόστος (Jones *et al.*, 2012).

### 4.3 Συστήματα επανάκτησης των ΑΕΚΚ

Τα συστήματα επανάκτησης των υλικών διακρίνονται στις δύο επόμενες κατηγορίες:

- Ανοιχτού κυκλώματος
- Κλειστού κυκλώματος

Συγκεκριμένα, στο σύστημα επανάκτησης ανοιχτού κυκλώματος παραπροϊόντων σκυροδέματος, επανακτάται το χαλίκι και η άμμος, τα οποία οδηγούνται στο σύστημα παραγωγής. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού συλλέγεται σε μια δεξαμενή καθίζησης και επαναχρησιμοποιείται στις πλύσεις. Τα υλικά μικρής διαμέτρου και μεγάλου μοριακού βάρους, τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής, αξιοποιούνται καταλλήλως σε σημαντικές άλλες εργασίες (Jones *et al.*, 2012).



Εικόνα 29 Σύστημα επανάκτησης υπολειμμάτων σκυροδέματος

Πηγή: (Εφραιμίδης, 2008)

Σε ότι αφορά το σύστημα επανάκτησης, κλειστού κυκλώματος τα παραπροϊόντα σκυροδέματος συλλέγονται μαζί με τα περίσσεια νερά. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχει απώλεια υλικών, ούτε σε ελάχιστο ποσοστό.

Τα συγκροτήματα αυτά, μπορεί να είναι κινητά ή σταθερά. Η εγκαταστάσεις αυτού του είδους, έχουν ως κύρια μηχανήματα το κόσκινο, τα μηχανήματα καθαρισμού – πλύσεως, τις δεξαμενές καθιζήσεως, τους κοχλίες και τις μεταφορικές ταινίες.

Η παραγόμενη λάσπη χρησιμοποιείται στη μονάδα αναμίξεως (Gutzman *et al.*, 2015).

#### 4.4 Μελλοντικές τάσεις στη διαχείριση των αποβλήτων

Η διαχείριση των αποβλήτων συμβάλλει θετικά στη διαμόρφωση της οικονομίας των ευρωπαϊκών κρατών. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό των απασχολούμενων στο κλάδο της ανακύκλωσης αυξάνει με μεγάλο ρυθμό. Τα ανακυκλώσιμα προϊόντα χαίρουν μεγάλης αναγνώρισης από το καταναλωτικό κοινό (Gutzman *et al.*, 2015).

Τα δευτερογενή παραγόμενα προϊόντα των ΑΕΚΚ είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στις κατασκευές και στα τεχνικά έργα, καθώς οι ανάγκες σε πρώτες ύλες είναι πολύ μεγάλες. Στη Δανία, όπως ήδη αναφέρθηκε το 90 % των ΑΕΚΚ ανακυκλώνεται και αρκεί να καλύψει μόλις το 6 % των αναγκών (Gutzman *et al.*, 2015).

Η απαγόρευση της χρήσης των πλαστικών, η δημιουργία ρομπότ ανακύκλωσης σκυροδέματος και η ανάπτυξη της κοινωνικής ευθύνης των εταιρειών είναι κάποιες από τις τάσεις και τις καινοτόμες δημιουργίες που φαίνεται ότι θα κυριαρχήσουν τα επόμενα έτη σε σχέση με την διαχείριση των αποβλήτων (Econews, 2017).

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι τάσεις αυτές:

- Απαγόρευση πλαστικών

Τα πλαστικά υλικά διασπώνται με πολύ αργούς ρυθμούς, προκαλώντας μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Για παράδειγμα το φελιζόλ, λόγω του χαμηλού του κόστους χρησιμοποιείται κατά κόρον στις μονώσεις των κτιρίων αλλά και ως υλικό συσκευασίας. Το φελιζόλ έχει την ιδιότητα να διεισδύει στο έδαφος και να μολύνει τους υδροφόρους ορίζοντες (Econews, 2017).

- Ρομπότ ανακύκλωσης σκυροδέματος

Πρόκειται για δημιουργία σουηδού φοιτητή, η οποία αλλάζει τα δεδομένα στην κατεδάφιση των κτιρίων. Ειδικότερα, με το μηχάνημα αυτό, γίνεται θρυμματισμός του μπετόν, χωρίς ωστόσο να παράγονται απόβλητα. Η κατεδάφιση του κτιρίου, γίνεται με την εκτόξευση υψηλής πίεσης νερού. Με τον τρόπο αυτό, το σκυροδέμα

διαχωρίζεται σε νερό, χαλίκια και τσιμέντο. Το νερό επαναχρησιμοποιείται και τα χαλίκια και το τσιμέντο προχωρεί σε ανακύκλωση άμεσα ή συσκευάζονται για εκ νέου πώληση (Econews, 2017).

- Εταιρική κοινωνική ευθύνη

Οι εταιρείες προκειμένου να γνωρίσουν αναγνώριση από το καταναλωτικό κοινό, προβάλλουν και εφαρμόζουν διάφορες περιβαλλοντικές δράσεις. Τέτοιου είδους ενέργειες εφαρμόζονται και στο κλάδο της ανακύκλωσης, στο πλαίσιο της αειφορίας και της βιωσιμότητας (Econews, 2017).



*Εικόνα 30 Ρομπότ ανακύκλωσης σκυροδέματος*

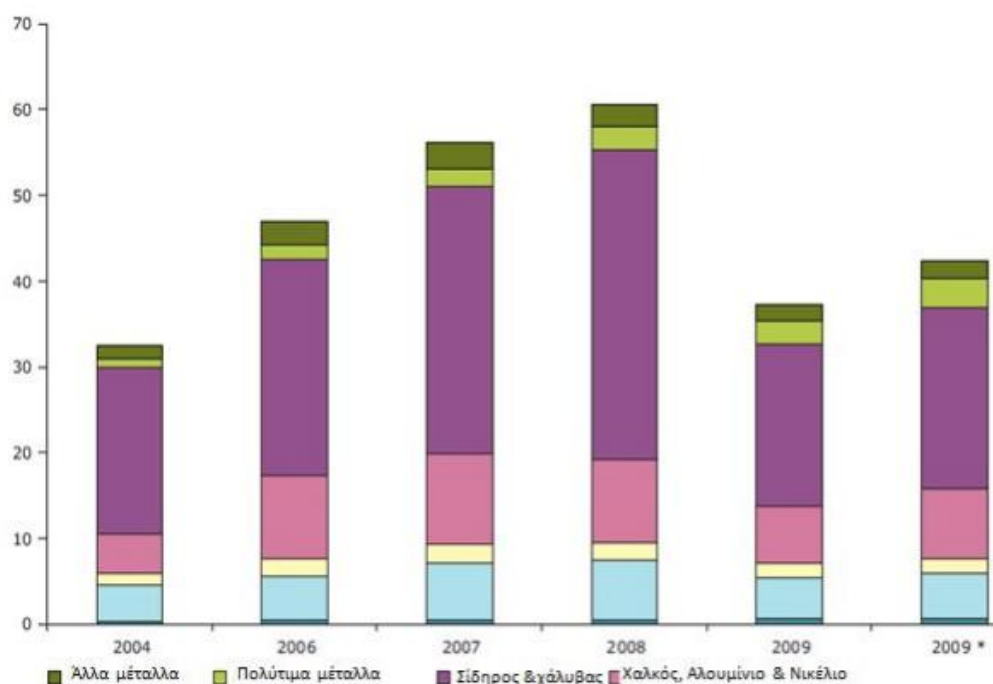
Πηγή: [www.newpost.gr](http://www.newpost.gr)

## 4.5 Τα οφέλη και η σημασία της ανακύκλωσης

Τα οφέλη της ανακύκλωσης στις μέρες μας είναι πλήρως τεκμηριωμένα. Ειδικότερα, η επαναχρησιμοποίηση των δομικών υλικών συμβάλλει στην δημιουργία μιας βιώσιμης οικονομίας, με περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη παράλληλα.

### Οικονομικά οφέλη

Τα οικονομικά οφέλη προκύπτουν από την αξία των υλικών που επαναχρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα τα έτη 2004 – 2008, η ανακύκλωση προσέφερε στην Ευρωπαϊκή Ένωση 60, 5 δις. ευρώ. Δυστυχώς όμως τα επόμενα έτη που ακολούθησαν, λόγω της οικονομικής ύφεσης προσέφερε μόνο 37, 2 δις. ευρώ.



Εικόνα 31 Συνολικός κύκλος εργασιών ανακύκλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση έτη 2004 & 2006-2009

Πηγή: Eurostat

Η αξία των εξαγωγών των ανακυκλώσιμων προϊόντων είναι μεγάλη. Η ενέργεια αυτή συνδέεται κυρίως με την ανάπτυξη των ασιατικών χωρών και κυρίως της Κίνας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει μέσω την ανακύκλωσης σε μια αποδοτικότερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων, ιδιαίτερα για το αλουμίνιο, το σίδηρο, το χάλυβα, το γυαλί και το χαρτί.

### Περιβαλλοντικά οφέλη

Υπάρχουν διάφορες έρευνες που συνδέουν την διαχείριση των αποβλήτων με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, καθώς τα υλικά τα οποία δεν ανακυκλώνονται και οδηγούνται στους ΧΥΤΑ εκπέμπουν επικίνδυνα αέρια σε πολύ πιο μεγάλο βαθμό. Η ευρωπαϊκή ένωση στοχεύει ότι μαζί με την φιλική διαχείριση των δομικών υλικών θα επιτευχτεί και οι στόχοι που έχει θέσει μέχρι το 2020, σε σχέση με την εκπομπές των επικίνδυνων αερίων.

### Κοινωνικά οφέλη

Η ανακύκλωση έχει συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Ειδικότερα οι εργασίες συλλογής, διαλογής και επεξεργασίας απαιτούν περισσότερους εργαζομένους σε σχέση με την ταφή των αποβλήτων.

Όπως αναφέρει η διευθνή της "Αναπτυξιακής Σύμπραξης Θεσσαλονίκη: Ανάπτυξη -Ανακύκλωση -Απασχόληση", Νικόλαο Παπαδόπουλο, σήμερα μπορούν να απασχοληθούν στην ανακύκλωση δέκα χιλιάδες άνθρωποι σε εθνικό επίπεδο, με αύξηση στα επόμενα πέντε έτη.

Ένα σημαντικό όφελος σχετίζεται με την αποτροπή ρεύματος αποβλήτων στους ΧΥΤΑ. Ειδικά στη χώρα μας υπάρχει μεγάλο πρόβλημα κορεσμού στις περιοχές υγειονομικής ταφής. Η ανακύκλωση είναι δυνατόν να αυξήσει το χρόνο ζωής των υπαρχόντων ΧΥΤΑ.



## Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα απασχολούν ολοένα και περισσότερο τους πολίτες και τους κυβερνήτες των κρατών. Η αλλαγή της παιδείας και η ευαισθητοποίηση όλων σε οικολογικά θέματα είναι πλέον επιτακτική ανάγκη.

Σε ότι αφορά τον δομικό κλάδο, σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, όλα τα δομικά υλικά στο σύνολο τους μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Αξίζει να αναφερθεί ότι κάποια υλικά ανακυκλώνονται πιο εύκολα σε σχέση με άλλα, καθώς δεσμεύουν και χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια. Τα δομικά υλικά, τα οποία έχουν την μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση πρέπει να προωθούνται και προτιμώνται από τους εργολάβους στις κατασκευές. Υλικά με τοξικό χαρακτήρα πρέπει να αποφεύγονται στις κατασκευές εσωτερικών χώρων.

Πολλά κράτη – μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης λειτουργούν ως πρότυπα στον τομέα της ανάκτησης και της ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ, αφού έχουν αναπτύξει ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης. Σε κρατικό επίπεδο, υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Οι νόμοι που έχουν θεσπιστεί, πρέπει να εφαρμοστούν στην πράξη με τις ανάλογες προσαρμογές. Περισσότερα συγκροτήματα ανακύκλωσης πρέπει να ιδρυθούν με βάση την χωροταξία, κυρίως κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα. Με τον τρόπο αυτό, θα συγκεντρώνονται τα ΑΕΚΚ σε κατάλληλους χώρους, αποφεύγοντας τα προβλήματα διάθεσης.

Οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης στην Ελλάδα είναι εκσυγχρονισμένες και εναρμονισμένες με τα διεθνή πρότυπα. Νέες τεχνολογίες και καινοτόμα προϊόντα φαίνεται ότι μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητα του κλάδου.

Η εν λόγω εργασία μας περιγράφει αναλυτικά τα διαθέσιμα δομικά υλικά και τις ιδιότητες αυτών, την ανακύκλωση που είναι δυνατόν να εφαρμοστεί, την νομοθεσία στην Ευρώπη και στην Ελλάδα και τις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης που υπάρχουν, καθώς και τις μελλοντικές τάσεις του χώρου.

Κρίνεται χρήσιμο να διεξαχθούν στο μέλλον και άλλες έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο μελέτης, ώστε να υπάρχουν συγκριτικά αποτελέσματα, τα οποία θα συμβάλλουν στην αναμόρφωση της ανακύκλωσης στον ελλαδικό χώρο.

## Βιβλιογραφία

### Ξένη βιβλιογραφία

- Ashby, M. F. and Jones, D. R. 1980. *Engineering Materials : An introduction to their properties and applications*, Pergamon press, Oxford.
- Avnir, D. 2014. Molecularly doped metals. *Accounts of chemical research*, 47: 579 – 592.
- Bugayev, K., Konovalov, Y., Bychkov, Y., Tretyakov, E. & Ivan, v. 2001. *Iron and steel production*, The Minerva group.
- Econews, [www.econews.gr](http://www.econews.gr)
- Galbenis, C. T. and Tsimas, S. 2004. *Characterization of recycled aggregates obtained from demolished buildings in Greece, Sustainable waste management and recycling: challenges and opportunities*, proceedings of international conference, London.
- Guzman – Solis, J., Leiva, C., Martinez – Rocamora, A., Vilches, LF., Alba Rodriguez, D., Arenas, C. G. & Marreno, M., 2015. Recycling of wastes into construction materials. In: SS Muthu, Environmental implications of recycling and recycled products. *Singapore: Springer Science & Business Media*, pp. 51 – 78.
- Cuperus, J. G., and Boone, J., 2003. International experiences in the use of recycled aggregates, Recycling and reuse of waste materials, *Proceeding of international symposium*, Dundee, pp. 383 – 387.
- European Commission, 2015. Environment: Directive 2008/98/EC on waste. Available at: [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)
- European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, 2017. Available at: [Scp.eionet.europa.eu](http://Scp.eionet.europa.eu)
- Fatta, D., Papadopoulos, A., Avramikos, E., Sgourou, E., Moustakas, K., Kourmoussis, F., Mentzis, A. a& Loizidou, M. 2003. Generation and management of construction and demolition waste in Greece – An existing challenge, *Resources, conservation and recycling*, volume 40, pp. 81 – 91.
- Giedion, S., 1959, Space, time and architecture. *The growth of a new tradition*, Cambridge

- Herbert, A. 2009. *Asphalts and allied substances: their occurrence, models of production, uses in the arts and methods of testing*. New York, Van Nostrand.
- Jones, J., Jackson, J., Tudor, T., Bates, M. 2012. *Strategies to enhance waste minimization and energy conservation within organizations: a case study from the UK construction sector*. *Waste Management Research*: 30, pp. 981 – 990.
- Oikonomou, N. 2004. Recycled concrete aggregates, Cement and Concrete Composites, *Article Press*, Corrected Proof.
- Sargentis, G. F., Bartsioka, K., Symeonidis, N., Hadjibiros, K. 2007. *Evaluation method regarding the effect of building design in the context of sustainable development*, 10<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, Kos Island, Department of Environmental Studies University of the Aegean.
- Soutsos, M., Tang, K. & Millard, S. 2011. Use of recycled demolition aggregate in precast products, concrete paving blocks. *Construction and building materials*, 25 (7): 3131 – 3143.
- Stephen, E. & Christopher, A. 2004. *Barry's introduction to construction of buildings*, John Wiley & sons pp. 123 – 124.
- The Brick Directory, 2017. Διαθέσιμο στο: [www. Brickdirectory.co.uk](http://www.Brickdirectory.co.uk).
- Thomark, C. 2001. Conservation of energy and natural resources by recycling building waste, resources, *conservation and recycling* 33: 113 – 130.

## Ελληνική βιβλιογραφία

- Αβραμίκος, Η. 2002. *Διαχείριση των αποβλήτων που προέρχονται από κατασκευές και κατεδαφίσεις – Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην Ελλάδα*. Διπλωματική εργασία, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.
- Αναστασοπούλου, Μ., Βασιλείου, Β. & Κάραλης, Κ. 2012. *Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων*. Πάτρα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- Δρίβας, Σ. 2004. *Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου*, ένθετο 3: θέματα επαγγελματικής υγείας, Αθήνα.
- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ, 2006 – 2011. *Σύσταση και επικινδυνότητα των ΑΕΚΚ*. Διαθέσιμο στο: [www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)
- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων – ΕΕΔΣΑ, 2017. Διαθέσιμο στο: [www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)
- Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2017. Διαθέσιμο στο: [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)
- Κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος.
- Κορωνάιος, Α. Γ. & Πουλάκος, Γ. Ι. 2006. *Τεχνικά υλικά*, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Κορωνάιος, Α. Γ. & Σαργεντής, Γ. Φ. 2005. *Δομικά υλικά και οικολογία, Τεχνική έκθεση ερευνητικού έργου*, 2<sup>η</sup> έκδοση, ΕΜΠ.
- Μανές, Ν. 2009. *Διαχείριση δομικών υλικών στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών*, ΑΠΘ, Ενεργειακός Τομέας, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη.
- Μουσιόπουλος, Ν. 2002. *Ανακύκλωση*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
- Σαργεντής, Γ. 2016. *Ενσωματωμένη ενέργεια – το υλικό ως ενεργειακή αποθήκη*, άρθρο τεχνικές σελίδες.
- Σιούτα, Ν. & Γιαννακούλης, Λ. 2010. *Περιβάλλον, κατασκευή, ΣΠΔ και βιώσιμη κατασκευή, πρώτη εφαρμογή του EMAS στην κατασκευή της Ελλάδας*, Άκτωρ.
- Tiess, G., Χαλκιοπούλου, Φ. 2011. *Βιώσιμη διαχείριση για την παραγωγή αδρανών και βιώσιμη προμήθεια αδρανών από διάφορες πηγές σε*

περιφερειακό, εθνικό και διακρατικό επίπεδο. Εγχειρίδιο. Επεξεργασία ελληνικού κειμένου Φ. Χαλκιοπούλου. Πολυτεχνείο Κρήτης.

- Τριανταφύλλου, Α. 2005. *Δομικά υλικά, Πάτρα*, 7<sup>η</sup> έκδοση.
- Τσίμας, Σ. και Τσιβιλής, Σ. 2004. *Επιστήμη και τεχνολογία τσιμέντου, Σχολή χημικών μηχανικών*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- ΥΠΕΧΩΔΕ 2000. *Οικολογική δόμηση*, Αθήνα, εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.
- Φραγκούλη, Ι. 2010. *Περιβαλλοντικός βιοκλιματικός, οικολογικός και ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων – χρήση ανάλυσης κύκλου ζωής των υλικών: το παράδειγμα μια κατοικίας*. Διαθέσιμο στο: <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3662?show=full>