



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ  
ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ  
ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΒΑΣΗ  
ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ**



**ΣΥΝΤΑΚΤΕΣ:**

**ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

**ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ**

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :**

**ΣΤΕΛΛΑ Π. ΠΙΕΡΗ - ΥΠ. ΔΙΔΑΚΤΩΡ ΕΜΠ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΙΟΥΛΙΟΣ 2012**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική, με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού εργαλείου για τη μέτρηση του ανθρακικού αποτυπώματος και της ενσωματωμένης ενέργειας κτηρίων με βάση τα υλικά τους», η οποία εκπονήθηκε για τον τομέα της Δομοστατικής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. από τους φοιτητές Κουτσογιάννη Αναστάσιο και Παπαδόπουλο Ιωάννη. Αντικείμενο της αποτελεί η μελέτη της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας και του ανθρακικού αποτυπώματος των κτηριακών κατασκευών, με βάση τα δομικά υλικά που τις αποτελούν.

Υπεύθυνος της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής του Ε.Μ.Π., κ. Τζουβαδάκης Ιωάννης τον οποίο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για την επίβλεψη και τον χρόνο που αφιέρωσε στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην συνεπιβλέπουσα της διπλωματικής αυτής, υποψήφια διδάκτωρ κ. Πιερή Στέλλα για το ειλικρινές ενδιαφέρον, την ηθική υποστήριξη, την καθοδήγηση, τις πληροφορίες αλλά και τον χρόνο που μας παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειας αυτής.

Ευχαριστούμε τον ιδιοκτήτη του ξενοδοχείου Crowne Plaza κύριο Απόστολο Μουσαμά για την εμπιστοσύνη και δυνατότητα μελέτης και ανεμπόδιστης πρόσβασης σε δεδομένα που αφορούν την ξενοδοχειακή του μονάδα που έδωσε κατά τη διάρκεια του ερευνητικού μας έργου καθώς επίσης και, ιδιαίτερα, τον κ. Κεσκίνογλου και την κυρία Κούζιτς, Διευθύντρια του τμήματος ποιότητας και ασφάλειας των τροφίμων του ξενοδοχείου και πολιτικό μηχανικό, για την προσφορά των απαραίτητων πληροφοριών και διευκρινήσεων σχετικά με την ανακαίνιση της.

Ευχαριστούμε, επίσης και το μέλος του ειδικού και εργαστηριακού επιστημονικού διδακτικού προσωπικού, κ. Αθανάσιο Στάμο για την πολύτιμη βοήθεια του σχετικά με την ανάλυση λειτουργίας ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να μην εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη στο φιλικό και οικογενειακό μας περιβάλλον για την στήριξη που μας προσέφεραν όλο αυτό το διάστημα. Χωρίς την συμβολή όλων των παραπάνω η πραγμάτωση της παρούσας εργασίας θα ήταν αδύνατη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στο αντικείμενο της εκτίμησης του ανθρακικού αποτυπώματος και της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας κτηριακών κατασκευών με βάση ολόκληρο τον κύκλο ζωής των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του εκάστοτε κτηρίου. Αυτό επετεύχθη με την ανάπτυξη λογισμικού εργαλείου το οποίο βασίζεται στο περιβάλλον του Microsoft Excel και υπολογίζει το ανθρακικό αποτύπωμα και τη συνολική ενσωματωμένη ενέργεια τόσο ολόκληρου του κτηρίου, όσο και των διαφορετικών δομικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται, βοηθώντας, με τον τρόπο αυτό, στην επιλογή του συνδυασμού δομικών υλικών που επιφέρει τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, για νέες κατασκευές, αλλά και στην αξιολόγηση υφιστάμενων.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, χρειάστηκε μία πολύπλευρη προσέγγιση του ζητήματος από διάφορες σκοπιές. Συγκεκριμένα, η εργασία αυτή διαρθρώνεται ως εξής: Καταρχήν, εισάγει τον αναγνώστη στην αναγκαιότητα του περιβαλλοντικού σχεδιασμού των κτηρίων τη σημερινή εποχή, έπειτα, αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στον κτηριακό τομέα παγκόσμια. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται ένα κτήριο και τα οποία παίζουν μεγάλο ρόλο στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην κατασκευή ενός κτηρίου. Ακολουθεί η παρουσίαση, η σύγκριση και η αξιολόγηση των σημαντικότερων εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης, ενώ επεξηγείται η μεθοδολογία που χρησιμοποιούν τα διάφορα εργαλεία και πιο αναλυτικά, η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ), την οποία χρησιμοποιεί και το εργαλείο που αναπτύχθηκε. Έπειτα πραγματοποιείται η ανάπτυξη του λογισμικού εργαλείου, με την ανάλυση των βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, των εκάστοτε παραδοχών, αλλά και του οδηγού χρήσης. Στη μελέτη του αποτυπώματος CO<sub>2</sub> συμπεριλαμβάνονται και οι μετακινήσεις των προϊόντων προς τον χώρο του εργοταξίου. Γίνεται εφαρμογή του εργαλείου τόσο για την αξιολόγηση του ανθρακικού αποτυπώματος και της ενσωματωμένης ενέργειας της πρόσφατης ανακαίνισης ξενοδοχειακής μονάδας, όσο και για την κριτική και αξιολόγηση του εργαλείου που αναπτύχθηκε. Τέλος, από τα συμπεράσματα γίνεται σαφής η πολυπλοκότητα του ζητήματος, η αξία της προσπάθειας προσέγγισης του, αλλά και η σημασία της φάσης της κατασκευής του κτηρίου στον κύκλο της ζωής του, η οποία έχει αμεληθεί να ερευνηθεί σε βάθος.

## **ABSTRACT**

This thesis focus on estimating the carbon footprint and the embodied energy of building constructions, based on the entire life cycle of the building materials, used for the construction of each building. This was achieved with the development of a software tool, using Microsoft Excel, which calculates the carbon footprint and the embodied energy of a building as a whole but also for the different components that consist the building. Thus, the tool helps us to choose the most efficient combination of building materials that lead to the least harmful environmental impacts of new buildings, and also to evaluate the environmental hazards of existing buildings.

To achieve our goal, it took a multifaceted approach to the issue from different perspectives. Specifically, this thesis is structured as follows: Firstly, it introduces the reader to the necessity of the environmental design of the buildings in our time and then reflects the current situation in the building sector worldwide. After that, there is a presentation of different building materials, which play a large role in the environmental impacts of a building construction. Then, it follows the presentation, the comparison and the evaluation of important environmental management tools and is explained the methodology that such tools use, focusing on the Life Cycle Assessment (LCA), which is also used by the tool developed for this thesis. To continue, there is the development of the software tool, with the analysis of the data bases used, the relevant assumptions which were made and the presentation of the user guide of the tool. The CO<sub>2</sub> footprint study, also includes the transport of the products from the place where are produced to the construction site. Then, the tool is applied for a hotel unit, in order to calculate the carbon footprint and the embodied energy of a recent renovation of it, and in addition to criticize and evaluate the tool which was developed. Finally, the conclusions show clearly the complexity and the value of approaching the subject, but also the importance of the construction of the building in its life cycle, which has neglected to be investigated in depth.

# **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....                       | 3         |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....                                     | 4         |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                     | 5         |
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....                                  | 6         |
| <b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....                            | 10        |
| <b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....                            | 12        |
| <br>  |           |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....                                  | <b>14</b> |
| 1.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....                              | 14        |
| 1.2 Σκοπός και δομή της παρούσας εργασίας.....            | 16        |
| <br>  |           |
| <b>2. ΚΤΗΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b> .....                     | <b>18</b> |
| <br>  |           |
| <b>3. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b> .....                              | <b>22</b> |
| 3.1 Υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα.....                | 22        |
| 3.1.1 Ξύλο.....   | 22        |
| 3.1.2 Σκυρόδεμα.....                                      | 24        |
| 3.1.3 Αλουμίνιο.....                                      | 26        |
| 3.1.4 Χάλυβας.....  | 28        |
| 3.1.5 Γυαλί.....  | 30        |
| 3.1.6 Εξηλασμένη Πολυσερίνη.....                          | 31        |
| 3.1.7 Πετροβάμβακας.....                                  | 33        |
| 3.1.8 Ελαφροβαρείς Τσιμεντόλιθοι.....                     | 34        |
| 3.1.9 Γυψοσανίδα.....                                     | 35        |
| 3.1.10 Κεραμικά Πλακίδια.....                             | 36        |
| 3.1.11 Πορώδης Αργιλικοί Οπτόπλινθοι (Πορώδη Τούβλα)..... | 37        |
| 3.2 Διάφορα "Οικολογικά" Υλικά.....                       | 38        |
| 3.2.1 Πλάκες Πεπιεσμένου Άχρουν.....                      | 38        |
| 3.2.2 Biofiber.....                                       | 38        |
| 3.2.3 Μαλλί Προβάτου.....                                 | 39        |
| 3.2.4 Icynene.....  | 40        |
| 3.2.5 OSB.....  | 41        |
| 3.2.6 Ytong.....  | 42        |
| 3.2.7 Linoleum.....                                       | 43        |

#### **4. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ..... 44**

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4.1     | Ιστορική Αναδρομή.....   | 44 |
| 4.2     | Θεωρίες και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική αξιολόγηση.....                | 45 |
| 4.2.1   | Ανάλυση Κύκλου Ζωής.....   | 45 |
| 4.2.1.1 | Ορισμός – Περιγραφή.....   | 45 |
| 4.2.1.2 | Εφαρμογή της Α.Κ.Ζ. στον κτηριοδομικό σχεδιασμό.....                           | 49 |
| 4.2.2   | Ενσωματωμένη Ενέργεια.....   | 51 |
| 4.2.3   | Ανθρακικό Αποτύπωμα.....   | 52 |
| 4.2.4   | Οικολογική Προτίμηση.....  | 53 |
| 4.2.5   | Πολυκριτηριακή Ανάλυση.....  | 53 |
| 4.3     | Κατηγορίες Εργαλείων.....  | 53 |
| 4.3.1   | Κριτήρια κατηγοριοποίησης εργαλείων.....                                       | 53 |
| 4.3.2   | Κατάταξη και ομαδοποίηση των εργαλείων.....                                    | 55 |
| 4.3.2.1 | Σύστημα Αξιολόγησης ATHENA.....  | 55 |
| 4.3.2.2 | Σύστημα Αξιολόγησης IEA Annex 31.....  | 57 |
| 4.4     | Παρουσίαση ορισμένων βασικών εργαλείων.....                                    | 58 |
| 4.4.1   | Πρόγραμμα IEA Annex - Πρώτη Κατηγορία.....                                     | 58 |
| 4.4.1.1 | Ecotect.....   | 58 |
| 4.4.2   | Πρόγραμμα IEA Annex - Δεύτερη Κατηγορία.....                                   | 59 |
| 4.4.2.1 | Bees.....  | 59 |
| 4.4.2.2 | Athena Ecocalculator.....  | 61 |
| 4.4.3   | Πρόγραμμα IEA Annex - Τρίτη Κατηγορία.....                                     | 63 |
| 4.4.3.1 | Πρόγραμμα SusCon.....  | 63 |
| 4.4.3.2 | BREEAM.....  | 66 |
| 4.4.3.3 | LEED.....  | 67 |
| 4.4.4   | Πρόγραμμα IEA Annex - Τέταρτη Κατηγορία.....                                   | 69 |
| 4.4.4.1 | Environmental Preference Method (Περιβαλλοντική Μέθοδος Προτίμησης - EPM)..... | 69 |
| 4.4.5   | Πρόγραμμα IEA Annex - Πέμπτη Κατηγορία.....                                    | 71 |
| 4.4.5.1 | Natureplus.....  | 71 |

#### **5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ CON.CO<sub>2</sub>.ESTIMATOR..... 73**

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 5.1     | Περιγραφή Εργαλείου.....                            | 73 |
| 5.2     | Βάσεις δεδομένων και παραδοχές.....                 | 76 |
| 5.2.1   | Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 2.0..... | 76 |
| 5.2.1.1 | Γενικά Στοιχεία.....                                | 76 |
| 5.2.1.2 | Κριτήρια επιλογής συντελεστών.....                  | 78 |
| 5.2.1.3 | Οριακές συνθήκες.....                               | 80 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 5.2.1.4   | Χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία για την ανακύκλωση.....  | 82  |
| 5.2.2     | 2012 Guidelines to Defra’s GHG Conversion Factors for Company Reporting.....                | 83  |
| 5.2.2.1   | Γενικά στοιχεία.....  | 83  |
| 5.2.2.2   | Παραδοχές οδηγού μετατροπής για κάθε μεταφορικό μέσο.....                                   | 85  |
| 5.2.2.2.1 | Φορτηγό.....  | 85  |
| 5.2.2.2.2 | Τρένο.....  | 85  |
| 5.2.2.2.3 | Αεροπλάνο (αερομεταφορές).....  | 86  |
| 5.2.2.2.4 | Πλοίο.....  | 86  |
| 5.2.3     | Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 - 2/2010.....                           | 87  |
| 5.2.3.1   | Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων..... | 87  |
| 5.3       | Μεθοδολογία – Παραδοχές.....  | 87  |
| 5.3.1     | Περιγραφή μεθοδολογίας.....   | 87  |
| 5.3.2     | Παραδοχές.....  | 89  |
| 5.3.3     | Προσεγγιστικοί υπολογισμοί υλικών.....  | 91  |
| 5.3.3.1   | Etalbond.....   | 91  |
| 5.3.3.2   | Καθρέπτης.....  | 92  |
| 5.3.3.3   | Corian.....   | 92  |
| 5.3.4     | Καθορισμός συντελεστών των μέσων μεταφοράς.....   | 93  |
| 5.3.5     | Επεξήγηση μονάδων μέτρησης.....   | 94  |
| 5.4       | Οδηγός χρήσης λογισμικού προγράμματος.....  | 95  |
| 5.4.1     | Γενικός οδηγός χρήσης.....  | 95  |
| 5.4.2     | Χρωματική επεξήγηση κελιών.....   | 101 |
| 5.4.3     | Πρόσθετες επισημάνσεις.....   | 101 |

## **6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ..... 105**

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.1   | Περιγραφή της ξενοδοχειακής μονάδας..... | 105 |
| 6.2   | Περιγραφή ανακαίνισης.....               | 107 |
| 6.3   | Επεξεργασία δεδομένων.....               | 110 |
| 6.3.1 | Θεμελίωση.....                           | 111 |
| 6.3.2 | Δοκάρια.....                             | 111 |
| 6.3.3 | Υποστυλώματα.....                        | 111 |
| 6.3.4 | Εξωτερική Τοιχοποιία.....                | 112 |
| 6.3.5 | Ανοίγματα.....                           | 112 |
| 6.3.6 | Εσωτερική Τοιχοποιία.....                | 112 |
| 6.3.7 | Δάπεδα.....                              | 113 |



|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 6.3.8     | Στέγη.....   | 113        |
| 6.3.9     | Δώμα.....  | 114        |
| 6.4       | Εισαγωγή δεδομένων στο εργαλείο Con.CO <sub>2</sub> .E.....                      | 114        |
| 6.5       | Παρατηρήσεις – Επεξηγήσεις.....  | 131        |
| <b>7.</b> | <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>134</b> |
| 7.1       | Κριτική εργαλείου Con.CO <sub>2</sub> .Estimator.....                            | 134        |
| 7.2       | Κριτική των αποτελεσμάτων για το ξενοδοχείο.....                                 | 135        |
| 7.3       | Εναλλακτικές προτάσεις για την επίτευξη λιγότερων ρύπων κατά την ανακαίνιση..... | 137        |
| 7.4       | Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και αξιοποίηση του λογισμικού.....                | 138        |
|           | <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>  | <b>139</b> |
|           | <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....</b>  | <b>146</b> |
|           | <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....</b>  | <b>155</b> |

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

|   |    |
|---|----|
| <b>Εικόνα 1.1:</b> Περιβαλλοντική Κρίση (Πηγή: <i>VCE Environmental Science</i> ).....  | 15 |
| <b>Εικόνα 2.1:</b> Αναλογίες χρήσης ορυκτών καυσίμων σε ανεπτυγμένες οικονομίες (Πηγή: <i>Courtesy Max Fordham</i> ).....               | 18 |
| <b>Εικόνα 3.1:</b> Πλάκα Εξηλασμένης Πολυστερίνης (Πηγή: <a href="http://www.ermis-sa.gr">www.ermis-sa.gr</a> ).....                    | 32 |
| <b>Εικόνα 3.2:</b> Ρολό Πετροβάμβακα (Πηγή: <a href="http://www.tsakiroglou.gr">www.tsakiroglou.gr</a> ).....                           | 34 |
| <b>Εικόνα 3.3:</b> Ekorpanely (Πηγή: <a href="http://www.nabidky.edb.cz">www.nabidky.edb.cz</a> ).....                                  | 38 |
| <b>Εικόνα 3.4:</b> Biofiber (Πηγή: <a href="http://iselco.blogspot.gr">iselco.blogspot.gr</a> ).....                                    | 39 |
| <b>Εικόνα 3.5:</b> Μαλλί Προβάτου ως μόνωση (Πηγή: <a href="http://www.emseal.com">www.emseal.com</a> ).....                            | 40 |
| <b>Εικόνα 3.6:</b> Μονωτικός Αφρός ICYNENE (Πηγή: <a href="http://www.3rings.designerpages.com">www.3rings.designerpages.com</a> )..... | 41 |
| <b>Εικόνα 4.1:</b> Τεχνικό Πλαίσιο A.K.Z (Πηγή: <i>Moussiopoulos and Boura, 1998</i> ).....   | 46 |
| <b>Εικόνα 4.2:</b> Ανθρακικό Αποτόπωμα (Πηγή: <a href="http://www.caglecartoons.com">www.caglecartoons.com</a> ).....                   | 52 |
| <b>Εικόνα 4.3:</b> Autodesk Ecotect Analysis ( <a href="http://www.technodiastasi.eu">www.technodiastasi.eu</a> ).....                  | 59 |
| <b>Εικόνα 4.4:</b> Εργαλείο BEES (Πηγή: <a href="http://www.toolsforsustainability.com">www.toolsforsustainability.com</a> ).....       | 60 |
| <b>Εικόνα 4.5:</b> Athena Ecocalculator (Πηγή: <a href="http://www.eco-structure.com">www.eco-structure.com</a> ).....                  | 61 |
| <b>Εικόνα 4.6:</b> Εργαλείο SusCon (Πηγή: <i>Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων, Σταύρος Γ. Πουλόπουλος</i> ).....                       | 65 |
| <b>Εικόνα 4.7:</b> Λίστα Αξιολόγησης LEED (Πηγή: <a href="http://usgbc.org">usgbc.org</a> ).....  | 69 |
| <b>Εικόνα 5.1:</b> Διάγραμμα Ακολουθίας Διεργασιών του Εργαλείου Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης.....                                       | 74 |
| <b>Εικόνα 5.2:</b> Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 2.0.....  | 76 |
| <b>Εικόνα 5.3:</b> Βάση Δεδομένων DEFRA 2012 Guidelines.....  | 84 |
| <b>Εικόνα 5.4:</b> Etalbond (Πηγή: <i>Τεχνική έκθεση «Aluminium Magazine»</i> ).....  | 91 |
| <b>Εικόνα 5.5:</b> Πάγκος από corian (Πηγή: <a href="http://winsted.com">winsted.com</a> ).....   | 92 |
| <b>Εικόνα 5.6:</b> Γενικά Στοιχεία Κτηρίου.....   | 96 |
| <b>Εικόνα 5.7:</b> Καρτέλα «Δοκάρια».....   | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Εικόνα 5.8:</b> Βοηθητικό Σκαρίφημα.....  | 98  |
| <b>Εικόνα 5.9:</b> Πίνακας Μεταφοράς Υλικών.....   | 98  |
| <b>Εικόνα 5.10:</b> Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων.....  | 99  |
| <b>Εικόνα 5.11:</b> Διαγράμματα Απεικόνισης Αποτελεσμάτων.....   | 99  |
| <b>Εικόνα 5.12:</b> Συγκριτικά Διαγράμματα Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Υλικών.....  | 102 |
| <b>Εικόνα 6.1:</b> Πρόσοψη Ξενοδοχειακής μονάδας Crowne Plaza (Πηγή: Crowne Plaza).  | 105 |
| <b>Εικόνα 6.2:</b> Τυπική Κάτοψη ορόφου με υπνοδωμάτια - Α' όροφος (Πηγή: Αρχεία Crowne Plaza).....  | 108 |
| <b>Εικόνα 6.3:</b> Πρόσοψη Ξενοδοχείου, μετά την ανακαίνιση (Πηγή: Αρχεία Crowne Plaza).....   | 109 |
| <b>Εικόνα 6.4:</b> Γραφική Απεικόνιση Ανθρακικού Αποτυπώματος Crowne Plaza.....  | 130 |
| <b>Εικόνα 6.5:</b> Γραφική Απεικόνιση Ενσωματωμένης Ενέργειας Crowne Plaza.....  | 131 |
| <b>Εικόνα 6.6:</b> Εύρεση μήκους κατακόρυφου λαμπά τιμεντοσανίδας (στοιχείο 2.10).....   | 132 |
| <b>Εικόνα 6.7:</b> Εύρεση μήκους επένδυσης επένδυση δοκού παραθύρου με κολλητή γυψοσανίδα (στοιχείο 2.12).....   | 132 |
| <b>Εικόνα 6.8:</b> Εύρεση μήκους επένδυσης δοκού κατά μήκος του δωματίου με κολλητή γυψοσανίδα (στοιχείο 2.13).....  | 133 |
| Η Εικόνα Εξωφύλλου – Λογότυπο CON.CO <sub>2</sub> .Estimator προέκυψε από επεξεργασία του εξώφυλλου του βιβλίου <i>The world without us</i> του συγγραφέα Alan Weisman |     |

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Πίνακας 2.1:</b> Τυπικές τιμές ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτηρίου (Πηγή: <i>Life-SusCon, 2006</i> ).....   | 21  |
| <b>Πίνακας 2.2:</b> Τυπικές τιμές εκπομπών CO <sub>2</sub> για την κατασκευή ανά κατηγορία κτηρίου (με βάση τα υλικά κατασκευής) (Πηγή: <i>Buchanan and Honey, 1994</i> ).....   | 21  |
| <b>Πίνακας 4.1:</b> Συνηθέστερες κατηγορίες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Πηγή: <i>Curran, 2006</i> ).....   | 48  |
| <b>Πίνακας 4.2:</b> Εισροές και Εκροές κάθε σταδίου- φάσης του Κύκλου Ζωής Κτιρίων (Πηγή: <i>Δυνατότητες αξιοποίησης της ανάλυσης κύκλου ζωής δομικών στοιχείων σκυροδέματος στον κτιριολογικό σχεδιασμό, Σ.Κ Μυλωνάς</i> )..... | 51  |
| <b>Πίνακας 5.1:</b> Οριακές Συνθήκες Βάσης Δεδομένων (Πηγή: <i>ICE v2.0 – Appendix A</i> ).....  | 81  |
| <b>Πίνακας 5.2:</b> 1η σελίδα πίνακα επεξεργασίας υλικών.....  | 90  |
| <b>Πίνακας 5.3:</b> Πίνακας Επεξεργασίας Συντελεστών Μέσων Μεταφοράς.....  | 94  |
| <b>Πίνακας 6.1:</b> Έκταση Ξενοδοχειακής Μονάδος.....  | 106 |
| <b>Πίνακας 6.2:</b> 1 <sup>η</sup> σελίδα του Πίνακα Περιγραφής Εργασιών.....  | 111 |
| <b>Πίνακας 6.3:</b> Γενικά Στοιχεία Κτηρίου.....   | 116 |
| <b>Πίνακας 6.4:</b> Φύλλο Εργασίας Θεμελίωση.....  | 121 |
| <b>Πίνακας 6.5:</b> Φύλλο Εργασίας Δοκάρια.....  | 122 |
| <b>Πίνακας 6.6:</b> Φύλλο Εργασίας Υποστυλώματα – Τοιχία.....  | 123 |
| <b>Πίνακας 6.7:</b> Φύλλο Εργασίας Εξωτερική Τοιχοποιία.....   | 124 |
| <b>Πίνακας 6.8:</b> Φύλλο Εργασίας Ανοίγματα.....  | 125 |
| <b>Πίνακας 6.9:</b> Φύλλο Εργασίας Εσωτερική Τοιχοποιία.....   | 126 |
| <b>Πίνακας 6.10:</b> Φύλλο Εργασίας Δάπεδα.....  | 127 |
| <b>Πίνακας 6.11:</b> Φύλλο Εργασίας Στέγη.....   | 128 |
| <b>Πίνακας 6.12:</b> Φύλλο Εργασίας Δώμα.....  | 129 |
| <b>Πίνακας 6.13:</b> Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων.....   | 130 |

**Πίνακας 7.1:** Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Κτηρίου στο Κάλγκαρι κατά Athena Ecocalculator..... 135

**Πίνακας 7.2:** Απαιτήσεις Οικοδομικών Υλικών για ξενοδοχειακά Κτήρια (Πηγή: Honey and Buchanan)..... 136

**Πίνακας 7.3:** Τυπικές τιμές εκπομπών CO<sub>2</sub> για την κατασκευή ανά κατηγορία κτηρίου, με βάση τα υλικά κατασκευής (Πηγή: Honey and Buchanan)..... 137

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Αν κάτι πρέπει να διδαχτούμε από την πρόσφατη κρίση χρέους που μαστίζει την χώρα μας αυτό είναι το πόσο ολέθριο είναι να αγνοούνται τα προειδοποιητικά σημάδια. Ένα παρόμοιο λάθος όσον αφορά την κλιματική αλλαγή μπορεί να κάνει την οικονομική κρίση να φαντάζει πολύ μικρή, σε σχέση με την κατάσταση που θα αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα. Για το λόγο αυτό οι προσπάθειες καθώς και οι δράσεις τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο πρέπει να προχωρήσουν στον λεγόμενο εκδημοκρατισμό της ενέργειας. Αυτό σημαίνει την εξεύρεση εφαρμόσιμων λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση της ενέργειας καθώς και την αξιοποίηση των λεγόμενων ήπιων μορφών ενέργειας.

Ο άνθρωπος, από την στιγμή που εμφανίστηκε στην γη, δημιούργησε την ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας. Οι τρεις κυρίαρχες διαχρονικές χρήσεις της ενέργειας είναι: α) θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών για την ανθρώπινη άνεση, β) θερμότητα υψηλών θερμοκρασιών για τον φωτισμό κατά τις νυχτερινές ώρες καθώς και για την επεξεργασία των υλικών και γ) δύναμη που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κίνησης. Αν αναλογιστούμε ότι από την πρώτη φωτιά των πρωτόγονων ανθρώπων έως και τα υπερσύγχρονα πυρηνικά εργοστάσια συναντάται η ενέργεια σε κάθε της μορφή καταλήγουμε εύκολα στο συμπέρασμα πως η ενέργεια καλύπτει και, επομένως, επηρεάζει κάθε πτυχή της ζωής μας.

Η συνεχώς καλπάζουσα αύξηση του πληθυσμού της γης, άρρηκτα συνδεδεμένη με την βελτίωση του επιπέδου ζωής, κυρίως στις χώρες της δύσης αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο σε μικρότερο, βεβαίως, βαθμό και η συνεχής αύξηση των καταναλωτικών αγαθών που έφερε σαν απόρροια η εγκαθίδρυση του καπιταλιστικού συστήματος οδήγησαν στην φρενήρη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που βιώνουμε εδώ και 40 περίπου χρόνια. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι η παραγωγή πετρελαίου έχει αυξηθεί κατά 600% την τελευταία δεκαετία, ενώ σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας δεκαπλασιάζεται ανά δέκα χρόνια (Χεγκάζι Κατερίνα, 2009). Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, όλα τα παραπάνω γεγονότα συνηγορούν στην αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων που με τη σειρά τους καταστρέφουν την στοιβάδα του όζοντος υποβαθμίζοντας έτσι το περιβάλλον και καταστρέφοντας τα οικοσυστήματα.

Δυστυχώς, ο άνθρωπος άργησε να κατανοήσει την σημασία και το μέγεθος της καταστροφής που συντελούσε στον πλανήτη καθώς επίσης, και το γεγονός ότι οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούσε και συνεχίζει ακόμα να εκμεταλλεύεται δεν είναι ανεξάντλητες. Έπρεπε να έρθει η πετρελαϊκή κρίση του 1973 για να συνειδητοποιήσει η αμέριμη ανθρωπότητα ότι οι πλουτοπαραγωγικοί πόροι της γης εξαντλούνται σε ανησυχητικό βαθμό καθώς και για αυτόν το λόγο η εξοικονόμηση ενέργειας είναι κάτι παραπάνω από αναγκαιότητα.



Εικόνα 1.1: Περιβαλλοντική Κρίση (Πηγή: VCE Environmental Science)

Ο κτηριακός τομέας, μόνο αμέτοχος δεν πρέπει να θεωρείται τόσο όσον αφορά την πετρελαϊκή κρίση, όσο και γενικά στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο με την τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ να ανέρχεται στα 1.168 Mtoe ή 2,4 toe/κάτοικο (Mtoe= η ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου, υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί σε περίπου 42 GJ) Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρελαίου) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αντιστοιχεί στο ένα τρίτο των συνολικά παραγόμενων εκπομπών στην Ευρώπη (European Commission Directorate –General for Energy and Transport, 2009). Ειδικότερα για την Ελλάδα, με βάση τα στοιχεία από την Εθνική Απογραφή Εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου, η οποία υποβλήθηκε στην ΕΕ από το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ (ΕΑΑ, 2007), οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου της χώρας μας, το 2006, ανήλθαν σε 133,11 Mt ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές αυτές αντιστοιχούν σε αύξηση κατά 24,6% ως προς το έτος βάσης (1990). Η κατανομή των ισοδύναμων εκπομπών CO<sub>2</sub> αντιστοιχίζεται σε ποσοστό 44% στον κτηριακό τομέα, 21% στις μεταφορές, 28% στη βιομηχανία και 7% στις λοιπές χρήσεις (ΕΑΑ, 2007).

Η κατανάλωση στον κτηριακό τομέα οφείλεται τόσο στη λειτουργία του κτηρίου (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός) όσο και στην κατασκευή του, η οποία συμπεριλαμβάνεται στον κύκλο ζωής του. Η κατασκευή των κτηρίων έχει μια σημαντική σχέση αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον, καθώς επηρεάζεται από αυτό, αλλά και το επηρεάζει με τη χρήση γης, πρώτων υλών και ενέργειας, καθώς και την παραγωγή αποβλήτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του (Miguez et.al., 2006). Συγκεκριμένα σύμφωνα με μελέτες για την κατασκευή των κτηρίων χρησιμοποιείται το 40% των παγκόσμιων αποθεμάτων πέτρας, άμμου και χαλίκιου, το 25% του ξύλου και το 16% του νερού ετησίως (Arena and Rosa, 2003). Δείκτες κατανάλωσης ενέργειας από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD-2006) αποδεικνύουν ότι στον τομέα των κατασκευών χρησιμοποιείται το 25% με 40% της συνολικής ενέργειας, ενώ σε

μερικές χώρες το ποσοστό αυτό αγγίζει και το 50% (Asif et.al., 2005). Είναι λοιπόν φανερό, ότι ο συνυπολογισμός του περιβαλλοντικού κριτηρίου στον σχεδιασμό του κτηρίου δεν αποτελεί μια σύγχρονη τάση με ουτοπιστικές ιδέες, αλλά μία αναγκαιότητα που χρειάζεται να αποτελεί και προτεραιότητα.

Για τον λόγο αυτό, λοιπόν, στον χώρο των κατασκευών, ήδη από το 1974 θεσπίζονται οι πρώτοι κανονισμοί θερμομόνωσης σε Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία) με στόχο μέσω της ορθής θερμομόνωσης να επιτευχθεί η πολυπόθητη εξοικονόμηση ενέργειας. Σταδιακά ο άνθρωπος ανακαλύπτει και ακόμα μια συνιστώσα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας γνωστή με τον όρο Βιοκλιματική Δόμηση.

Συγκεκριμένα, το 1987 στην έκθεση Bruntland (έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη του ΟΗΕ -UN Commission on Environment and Development- με επικεφαλής την Πρωθυπουργό της Νορβηγίας Γκρο Χάρλεμ Μπρούτλαντ συστάθηκε σαν σώμα το 1983 και ολοκλήρωσε την έρευνά της το 1987, οπότε και δημοσιεύθηκε στο βιβλίο *«Our Common Future»* - «Το κοινό μας μέλλον») ορίζεται για πρώτη φορά ο όρος "Βιώσιμη Ανάπτυξη" ως: *"η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσης γενεάς χωρίς να εμποδίζει τις μελλοντικές γενιές να καλύπτουν τις δικές τους ανάγκες"*. (World Commission on Environment and Development, 1987) Σύμφωνα με τον ορισμό της βιώσιμης ανάπτυξης "τη γη δεν την κληρονομούμε από τους προγόνους μας, αλλά αντίθετα την δανειζόμαστε από τα παιδιά μας". Έπειτα, ακολουθούν διάφορες πρωτοβουλίες για τον καθορισμό του τρόπου με τον οποίο ένα κτήριο θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον.

Η βιωσιμότητα στις κατασκευές κτηρίων περιέχει ορισμένες κύριες κατευθύνσεις που είναι αποδεκτές από όλους τους κλάδους που συνεργάζονται για την ολοκλήρωση μιας κατασκευής. Συγκεκριμένα, για να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των κτηρίων οι κατευθύνσεις αυτές είναι: η μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας των κτηρίων, η χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης της ενέργειας και μείωσης της χρήσης νερού, των παραγόμενων στερεών και υγρών αποβλήτων, καθώς και των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των κτηρίων. Αυτά είναι και τα πραγματικά προβλήματα που καλείται να λύσει ο σύγχρονος μηχανικός, αφού πλέον η κατασκευή έχει αυτοματοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό (στατικές μελέτες με προγράμματα υπολογιστή, προσομοιώσεις στατικού μοντέλου μέσω Η/Υ και βελτίωση τους, κλπ.).

## **1.2 Σκοπός και Δομή της Παρούσας Εργασίας**

Για τους παραπάνω, λοιπόν, λόγους, ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός λογισμικού εργαλείου για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος και της ενσωματωμένης ενέργειας των κτηρίων λόγω των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή που θα βοηθήσει τόσο στον σχεδιασμό κτηρίων φιλικών προς το περιβάλλον, με την επιλογή των δομικών υλικών με το μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα και τη μικρότερη ενσωματωμένη ενέργεια, όσο και στην αξιολόγηση των κτηρίων στον ελληνικό και γενικότερο ευρωπαϊκό χώρο. Επίσης, η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης όσον αφορά το κτήριο, η παρουσίαση και



αξιολόγηση των δομικών υλικών( που είναι στην ουσία η ραχοκοκαλιά του κτηρίου) και των διαθέσιμων περιβαλλοντικών εργαλείων.

Έτσι, η εργασία για να πραγματοποιήσει τον στόχο της διαρθρώνεται σε επτά κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή και εισάγει τον αναγνώστη στην αναγκαιότητα του περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Στο δεύτερο κεφάλαιο αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί παγκόσμια στον τομέα των κατασκευών κτηρίων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται το κτήριο και αναφέρονται τα χαρακτηριστικά τους που αφορούν το περιβάλλον, με σκοπό την επισήμανση των πιο «οικολογικών». Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται, συγκρίνονται και αξιολογούνται τα σημαντικότερα εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης, ενώ δίνεται έμφαση στη μεθοδολογία που χρησιμοποιούν τα διάφορα εργαλεία και, πιο αναλυτικά στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ), την οποία χρησιμοποιεί και το εργαλείο που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Ακολουθεί το πέμπτο κεφάλαιο, όπου περιγράφεται η ανάπτυξη του λογισμικού εργαλείου, με την αναφορά των βάσεων δεδομένων, των εκάστοτε παραδοχών, αλλά και του οδηγού χρήσης. Έπειτα στο έκτο κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή του εργαλείου για την αξιολόγηση της πρόσφατης ανακαίνισης ξενοδοχειακής μονάδας. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα σημαντικότερα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και γίνεται σύγκριση αποτελεσμάτων με παρόμοιο, υφιστάμενο εργαλείο, με σκοπό την κριτική του εργαλείου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΤΗΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα τελευταία χρόνια στην πλειοψηφία του αναπτυγμένου κόσμου έχει εδραιωθεί η άποψη ότι τα βασικά προβλήματα που θα απασχολήσουν την παγκόσμια κοινότητα είναι δύο: η παγκόσμια μόλυνση και η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση. Τα δυο αυτά προβλήματα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την ανάγκη εξέλιξης του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού. Επιπρόσθετα, η ενεργειακή κρίση που διάγουμε είναι κάτι παραπάνω από βέβαιο ότι θα είναι παρατεταμένη και με σοβαρές συνέπειες στην οικονομία και στις κοινωνίες των κρατών. Οι λόγοι αυτοί προβάλλουν την αναγκαιότητα της ενεργειακής και βιοκλιματικής συνιστώσας στον σχεδιασμό των κτηρίων.

Η εποχή που η βιομηχανία ήταν ο βασικός χρήστης ενέργειας και κύριος τομέας ενεργειακής κατανάλωσης και ως εκ τούτου κύριος υπεύθυνος για τις εκπεμπόμενες ποσότητες CO<sub>2</sub> και άλλων ρύπων στην ατμόσφαιρα, έχει περάσει ανεπιστρεπτί, κυρίως λόγω των εντατικών μέτρων που ελήφθησαν για τον περιορισμό αυτού του μολυσματικού παράγοντα, αλλά και των νέων τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν. Σήμερα, τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν περίπου το 75% της παραγόμενης ενέργειας, με κύριους τομείς τον κτηριακό και τις μεταφορές (Κ.Α.Π.Ε., 2008). Τα δεδομένα που σχετίζονται κυρίως με τα κτήρια είναι συγκλονιστικά. Σύμφωνα με τον Chrisna du Plessis (2002), η οικοδομική δραστηριότητα καταναλώνει το 16% των παγκόσμιων υδάτινων αποθεμάτων, το 30 – 40% της παγκόσμιας ενέργειας, ενώ δεσμεύει περισσότερο από το 50% των πρώτων υλών που εξάγονται. Ως αποτέλεσμα της αυξημένης κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας, ο κατασκευαστικός κλάδος παράγει το 40 – 50% των απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές, ενώ είναι υπεύθυνος για το 20 – 30% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου). Συνεπώς, όπως διαφαίνεται καθαρά, τα κτήρια και κυρίως αυτά που βρίσκονται στις πόλεις αποτελούν ήδη πηγή σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων, τη στιγμή που το επίπεδο διαβίωσης και οι απαιτήσεις άνεσης των κατοίκων συνεχώς αυξάνονται.



Εικόνα 2.1: Αναλογίες χρήσης ορυκτών καυσίμων σε ανεπτυγμένες οικονομίες  
(Πηγή: Courtesy Max Fordham)

Από τα παραπάνω φαίνεται καθαρά ότι επιτακτική είναι η ανάγκη για στροφή της κοινωνίας προς την αειφόρο ανάπτυξη. Για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης, χρειαζόμαστε αειφόρα κτήρια σε αειφόρες πόλεις. Κτήρια, δηλαδή, που θα κατασκευάζονται όχι μόνο με στόχο το οικονομικό όφελος και την ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών τους, αλλά και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με την κατασκευή και την χρήση τους. Είναι προφανές λοιπόν, ότι τα κτήρια είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη μιας πόλης, όπως επίσης σημαντικές είναι και οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, διαδραματίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στο ζήτημα της αειφορίας.

Ένας περιεκτικός ορισμός των πράσινων κτηρίων είναι ο ακόλουθος: *"πράσινο κτήριο είναι το κτήριο που πληροί τις προδιαγραφές για τη χρήση που έχει κατασκευαστεί ενώ ελαχιστοποιεί τη διατάραξη και ταυτόχρονα βελτιώνει τη λειτουργία των τοπικών, περιφερειακών και παγκόσμιων οικοσυστημάτων τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής και χρήσης του όσο και μετά τον καθορισμένο χρόνο ζωής του"*. Εναλλακτικά, πράσινο κτήριο είναι αυτό το οποίο βελτιστοποιεί τις λειτουργίες για τις οποίες σχεδιάστηκε, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τους κινδύνους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον που σχετίζονται τόσο με την κατασκευή του όσο και με τη λειτουργία και κατεδάφισή του (Burnett, 2007).

Η υιοθέτηση του πράσινου σχεδιασμού κτηρίων εξυπηρετεί τους εξής στόχους (Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010):

1. Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, άρα την εξοικονόμηση της συμβατικής ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.
2. Την εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της μη δαπανημένης ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων ή των δροσερών ανέμων για το δροσισμό τους αποτελούν οικονομική πρόκληση, καθώς η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.
3. Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού της χρήσης συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς, τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
4. Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτηρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης – θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το πράσινο κτήριο σχεδιάζεται με στόχο τη μείωση των συνολικών επιπτώσεων του τόσο στο δομημένο όσο και στο φυσικό περιβάλλον, με βάση την αποδοτική χρήση ενέργειας, ύδατος και άλλων πόρων, την προστασία της υγείας και τη μείωση των αποβλήτων, της ρύπανσης και της υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Έτσι, για παράδειγμα, ένα πράσινο κτήριο μπορεί να ενσωματώνει αειφόρα υλικά στην κατασκευή του (π.χ. υλικά επαναχρησιμοποιημένα, ανακύκλωσης ή κατασκευασμένα από ανανεώσιμους πόρους), να δημιουργεί υγιείς εσωτερικούς χώρους με ελάχιστους ρύπους (π.χ. μειωμένες εκπομπές από διάφορα προϊόντα) και να διαμορφώνει εξωτερικούς χώρους που οδηγούν σε μείωση της κατανάλωσης νερού (π.χ. με τη χρήση φυτών με μειωμένες ανάγκες για νερό).

Πέρα από το θέμα του ορισμού ενός πράσινου κτηρίου, άλλο ένα σημαντικό ζήτημα είναι το πώς ο κτηριακός τομέας θα κινηθεί προς την κατεύθυνση του οικολογικού σχεδιασμού. Με ποιο τρόπο δηλαδή θα παρακινηθούν μηχανικοί, κατασκευαστές, ιδιοκτήτες και γενικότερα η αγορά προς ένα νέο σχεδιασμό που θα λαμβάνει υπόψη και θα ολοκληρώνει την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση. Η στροφή αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

A) Με πρωτοβουλίες που εφαρμόζονται εθελοντικά στη βιομηχανία και στην κατασκευή με στόχο τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτηρίων και την προώθηση της αειφορίας. Αυτές οι πρωτοβουλίες μπορούν να αφορούν την ανάπτυξη ενός αριθμού κατευθυντήριων οδηγιών που να παρέχουν πληροφορίες και πρακτικές οδηγίες εφαρμογής για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών θεμάτων που εμφανίζονται καθ' όλη τη διαδικασία κατασκευής και χρήσης των κτηρίων.

B) Εναλλακτικά, η αγορά μπορεί να παρακινηθεί με τη χρήση σχημάτων οικολογικής σήμανσης (eco-labelling). Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να παρακινήσει την αγορά μέσω της ενημέρωσης των καταναλωτών για την περιβαλλοντική απόδοση των προϊόντων. Η ιδέα της βαθμολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός σχεδίου ή ολόκληρου κτηρίου ξεκίνησε όταν αναπτύχθηκε το πρώτο σχήμα αξιολόγησης για κτήρια γραφείων στην Αγγλία το 1992 (SETAC, 1993). Το σχήμα απόδοσης βαθμών και βαρών σε έναν αριθμό κριτηρίων αποτελεί την καρδιά όλων των σχημάτων αξιολόγησης, καθώς αυτά καθορίζουν την συνολική απόδοση του κτηρίου που αξιολογείται (Lee, 2002). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σήμανση και κατάταξη σε ενεργειακές κλάσεις των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών.

Γ) Με κατάλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις που θα επιβάλλουν τα παραπάνω σχήματα και θα υποχρεώνουν σε κάποιο βαθμό τους αντίστοιχους φορείς να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα. Τέτοιες ρυθμίσεις επιβάλλονται με τη μορφή οδηγιών από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στα Κράτη Μέλη στο πεδίο της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και της ενεργειακής πιστοποίησης των κτηρίων.

Ανεξάρτητα από το αν οι όποιες διαδικασίες για έναν οικολογικό σχεδιασμό επιβληθούν μέσω νομοθετικών ρυθμίσεων ή εφαρμοστούν εθελοντικά από την αγορά μέσω κατάλληλων σχημάτων παρακίνησής της, είναι φανερό ότι απαιτούνται κατάλληλες μέθοδοι, μεθοδολογίες και αντίστοιχα εργαλεία που θα διευκολύνουν τον εκάστοτε ενδιαφερόμενο στον συνυπολογισμό ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων και θα υποστηρίζουν τις όποιες λήψεις αποφάσεων.

Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι, μέσω των παραπάνω ρυθμίσεων και μεθοδολογιών, σε ένα κτήριο πρέπει να λαμβάνοντα υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια ζωής μιας κατασκευής. Σε μια συνήθη κατασκευή, η διάρκεια ζωής της είναι περίπου 50 χρόνια. Ωστόσο, σε κάποιες κατηγορίες κατασκευών δεν αρκεί να υπολογίσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μόνο για αυτά τα 50 χρόνια. Στα ξενοδοχεία για παράδειγμα, είναι συνήθη πρακτική η ανακαίνιση τους ανά περίπου επτά χρόνια. Κατά τη διάρκεια των εργασιών της ανακαίνισης, το ανθρακικό αποτύπωμα της κατασκευής αυξάνεται κατακόρυφα. Τα νέα χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά, η χρήση ενέργειας για την διεκπεραίωση των εργασιών ανακαίνισης καθώς και ο

γενικότερος κύκλος εργασιών που απαιτεί μια κατασκευαστική δραστηριότητα όπως η ανακαίνιση. είναι κάποιοι μόνο παράγοντες που επιβαρύνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας κατηγορίας κατασκευών όπως είναι τα ξενοδοχεία έναντι άλλων κατασκευών. Παρακάτω φαίνονται ορισμένοι συγκριτικοί πίνακες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ξενοδοχείων, καθώς και άλλων κατηγοριών κτηρίων.

| <b>Κατηγορία Κτηρίου</b> | <b>Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>-yr)</b> |
|--------------------------|---|
| Κατοικίες                | 84 - 170  |
| Ξενοδοχεία               | 160 - 273   |
| Γραφεία                  | 90 - 187  |
| Βιομηχανικά              | 90 - 187  |

Πίνακας 2.1: Τυπικές τιμές ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτηρίου (Πηγή: Life-SusCon, 2006)

| <b>Κατηγορία Κτηρίου</b> | <b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/ m<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------------|--|
| Κατοικίες                | 67   |
| Ξενοδοχεία               | 80   |
| Γραφεία                  | 125  |
| Βιομηχανικά              | 67   |

Πίνακας 2.2: Τυπικές τιμές εκπομπών CO<sub>2</sub> για την κατασκευή ανά κατηγορία κτηρίου (με βάση τα υλικά κατασκευής) (Πηγή: Buchanan and Honey, 1994)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

Οι κατασκευές κάθε είδους εξασκούν άμεση επίπτωση στα φυσικά συστήματα, διότι διασπούν την φυσική συνέχεια των οικοσυστημάτων και απειλούν την βιοποικιλότητα.

Παράλληλα, για την κατασκευή των κτηρίων χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες υλικών που αποτελούν μη-ανανεώσιμους φυσικούς πόρους. Δυστυχώς, η χρήση ανανεώσιμων ή ανακυκλώσιμων υλικών δεν είναι διαδεδομένη με μόνη εξαίρεση τη χρήση υλικών κατεδαφίσεων ως υπόστρωμα στην κατασκευή δρόμων. Σε πολλές χώρες ως και το 85% των δομικών υλικών ανακυκλώνεται με αυτό τον τρόπο. Ωστόσο, πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη να μην ανακυκλώνονται τοξικά ή επιβλαβή υλικά όπως ο αμιάντος ή τα βαριά μέταλλα.

Το είδος και οι ποσότητες των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε μια κατασκευή είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την περιβαλλοντική επίδοση αυτής. Παρακάτω, παρουσιάζονται τόσο υλικά που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην κατασκευή σήμερα, όσο και υλικά που η χρήση τους αυξάνεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια λόγω της οικολογικής τους συμπεριφοράς.

### **3.1 Υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα**

#### **3.1.1 Ξύλο**

Το ξύλο είναι ένα ινώδες υλικό, που αποτελείται από ίνες κυτταρίνης συνδεδεμένες με λιγνίνη. Είναι ανανεώσιμο υλικό, με την προϋπόθεση ότι προέρχεται από ελεγχόμενη δασική παραγωγή, το οποίο απαιτεί πολύ μικρή επεξεργασία έτσι ώστε να φτάσει στην τελική του μορφή, έτοιμη προς χρήση. Τα οικολογικά κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη χρήση του ξύλου ως δομικό υλικό, είναι η προέλευση, η διαδικασία παραγωγής, ο τύπος επεξεργασίας και η ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά του. Το γεγονός ότι το ξύλο αποτελεί ένα ζωντανό υλικό το οποίο εξακολουθεί να ζει και μετά την ενσωμάτωσή του σε μια κατασκευή, δημιουργεί ορισμένους περιορισμούς που επιβάλλονται στη χρήση του (Κορωναίος, 2005).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει κατά τη συλλογή του ξύλου είναι ότι η διαχείριση των δασών γίνεται με κριτήριο τη μεγιστοποίηση του όγκου του ξύλου που είναι δυνατόν να λαμβάνεται σε σταθερή βάση, γεγονός που έχει αλλοιώσει τα δασικά οικοσυστήματα. Ιδιαίτερα καταστροφικά είναι τα αποτελέσματα της μεγιστοποίησης της παραγωγής στα τροπικά δάση, όπου τεράστιες εκτάσεις αποψιλώνονται κάθε χρόνο για να ικανοποιηθεί η ζήτηση τροπικής ξυλείας στις βιομηχανικές χώρες. Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της πίεσης των οικολογικών οργανώσεων και του κοινού γίνεται αντιστροφή των τάσεων αυτών και εφαρμόζονται διαχειριστικές μέθοδοι συμβατές με την κοινή αποδεκτή αρχή της αειφορείας. Για το σκοπό αυτό ένα σύνολο οικολογικών οργανώσεων, δασολόγων, καταναλωτών κ.α. δημιούργησαν τον οργανισμό Forest Stewardship Council (FSC) που συνέταξε κριτήρια για την αειφόρο διαχείριση των δασών στην τροπική, την εύκρατη και τη ψυχρή ζώνη. Η πιστοποίηση με το FSC δεν

αφορά στην ποιότητα του ίδιου του ξύλου. Παρέχει όμως εγγύηση στον καταναλωτή ότι τα προϊόντα ξύλου που χρησιμοποιεί προέρχονται από δάση των οποίων η διαχείριση δεν έρχεται σε αντίθεση με τα κριτήρια για την αειφόρο διαχείριση των δασών (Κορωναίος, 2005).

Επιπρόσθετα, η τεχνολογία του ξύλου έχει κάνει πολύ μεγάλες προόδους στον τομέα αξιοποίησης υπολειμμάτων ξύλου μικρών διαστάσεων. Η πρόοδος αυτή ξεκίνησε διότι υπήρξε η ανάγκη αξιοποίησης υπολειμμάτων ξύλου κατώτερης ποιότητας, και άλλων, όσο το δυνατόν περισσότερων φυτικών ουσιών, λόγω του ότι οι πηγές του φυσικού ξύλου, δηλαδή τα δάση, μειώνονται μέρα με τη μέρα, ενώ αντίθετα οι ανάγκες για ξυλεία συνεχώς αυξάνονται. Έτσι, πλέον, υπολείμματα από υλοτομίες ή βιομηχανική κατεργασία, καυσόξυλα και ξύλα κατώτερης ποιότητας θρυμματίζονται και έπειτα συγκολλούνται, παράγοντας έτσι χρήσιμα προϊόντα όπως για παράδειγμα δομικές πλάκες (μοριοσανίδες, ινοσανίδες). Η παραγωγή τέτοιων προϊόντων είναι δυνατή με τη χρήση ειδικών συγκολλητικών ουσιών, των συνθετικών ρητινών, όπως πχ. φορμαλδεΐδη (UF) και φαινολική φορμαλδεΐδη (PF). Οι ουσίες αυτές έχουν την ιδιότητα να συγκολλούν γρήγορα με πίεση και θερμοκρασία και να δημιουργούν δεσμούς μεγάλης αντοχής σε μηχανικές φορτίσεις, οργανικές προσβολές και καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, η φορμαλδεΐδη εκλύεται στο περιβάλλον και μπορεί να είναι υπεύθυνη για μια σειρά από προβλήματα υγείας, όπως αναπνευστική δυσχέρεια, κινητική αταξία και δερματίτιδες, ενώ σημαντικό είναι να σημειώσουμε πως η φορμαλδεΐδη έχει χαρακτηριστεί ως πιθανός καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο. Τέλος, μια άλλη μέθοδος που επιτρέπει την καλύτερη εκμετάλλευση του φυσικού ξύλου είναι η μέθοδος των αντικολλητών φύλλων ή αλλιώς κόντρα-πλακέ, η οποία περιορίζει στο ελάχιστο τη σπατάλη υλικού λόγω της ανισοτροπίας των ινών (Οικονόμου, 2009).

Στα κυριότερα πλεονεκτήματα του ξύλου συμπεριλαμβάνονται:

- ✓ Η μεγάλη μηχανική αντοχή του σε σχέση με το βάρος του.
- ✓ Είναι μονωτικό υλικό στη θερμότητα και στον ηλεκτρισμό.
- ✓ Έχει μικρή θερμική συστολή και διαστολή.
- ✓ Έχει καλές ακουστικές ιδιότητες (για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται πολύ για μουσικά όργανα).
- ✓ Δεν οξειδώνεται, δηλαδή έχει σημαντική αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.
- ✓ Η σύνδεση του είτε με μεταλλικούς συνδετήρες είτε με συγκολλητικές ουσίες είναι αρκετά εύκολη.
- ✓ Βρίσκεται σε ολόκληρο τον κόσμο και είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη.
- ✓ Λόγω της ιδιότητάς του να αποσυντίθεται κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.

Αντίθετα, τα κύρια μειονεκτήματα του ξύλου είναι:

- ✓ Είναι υγροσκοπικό υλικό, δηλαδή συγκρατεί την υγρασία όταν έρχεται σε επαφή με νερό ή υδρατμούς της ατμόσφαιρας.
- ✓ Λόγω της πρόσληψης ή της απώλειας υγρασίας, μέσα σε κάποια όρια, είναι δυνατή η μεταβολή των διαστάσεων του.

- ✓ Είναι ανισότροπο υλικό. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζει διαφορετική μηχανική και παραμορφώσεις σε διαφορετικές διευθύνσεις, παράλληλα και κάθετα προς τις ίνες του.
- ✓ Καίγεται και σαπίζει.
- ✓ Παρουσιάζει διαφορετική δομή και ιδιότητες, διότι είναι βιολογικό προϊόν που παράγεται από πολλά είδη διαφορετικών δέντρων.
- ✓ Η παραγωγή του συνδέεται άμεσα και επηρεάζεται από το περιβάλλον.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του ξύλου:

- Πυκνότητα  $\approx 700 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1600 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 20 - 50$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 0,46 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $8,5 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

#### **3.1.2 Σκυρόδεμα**

Η λέξη concrete προέρχεται από τον Λατινικό όρο concretus που σημαίνει αυξανόμενο, αναπτυσσόμενο. Γνωστό και από την αρχαιότητα ως κονίαμα με ψηφίδες, το σκυρόδεμα αποτελεί ένα υλικό που πρωταγωνιστεί στον τομέα της κατασκευής παγκοσμίως και εξελίσσεται συνεχώς ενσωματώνοντας πολλά επιτεύγματα της τεχνολογίας, όπως είναι τα υψηλής ποιότητας τσιμέντα Portland, τα πρόσμικτα και οι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής και εφαρμογής. Επίσης, είναι ένα υλικό με σύνθετη δομή η οποία δεν επιτρέπει την εύκολη πρόβλεψη της συμπεριφοράς του με θεωρητικά μοντέλα. Η παρατήρηση και η εμπειρική γνώση αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του υλικού (Παπαγιάννη, 2009).

Όσον αφορά τον ορισμό του, το σκυρόδεμα αποτελεί ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από αδρανή (σκύρα και άμμο), τσιμέντο και νερό. Τα αδρανή μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, αλλά εκείνα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του συνήθους σκυροδέματος είναι φυσικής προέλευσης και είναι είτε συλλεκτά, δηλαδή συλλέγονται από ρέματα, ποτάμια και ακρογιαλιές (αν επιτρέπεται) και τα οποία λόγω της δράσης του νερού είναι στρογγυλεμένα, είτε θραυστά, δηλαδή προέρχονται από θραύση των πετρωμάτων και των φυσικών λίθων στα λατομεία. Η συλλεκτή άμμος υπερέχει της θραυστής άμμου, διότι, λόγω του στρογγυλεμένου σχήματος της, προσδίδει μεγαλύτερη εργασιμότητα στο σκυρόδεμα και αν είναι οικονομικά προσιτή, δηλαδή σε κοντινή απόσταση πρέπει να προτιμάται. Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών υλικών, δηλαδή το φάσμα μεγέθους των κόκκων τους, πρέπει να είναι τέτοια που να δίνει τη δυνατότητα στο μίγμα να συμπυκνώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο δυνατό τα κενά του, έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό και η απαιτούμενη ποσότητα τσιμεντοπολτού (Μπάκα, 2004).



Οι ποσότητες των φυσικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του τσιμέντου και των αδρανών υλικών δεν είναι ανεξάντλητες και η εξόρυξή τους επιβαρύνει το περιβάλλον, κυρίως μέσω της ενέργειας που απαιτείται για τη διεργασία αυτή. Χαρακτηριστικό είναι ότι για να παραχθεί το τσιμέντο, τα αδρανή υλικά που το αποτελούν χρειάζεται να αναμιχθούν σε κλιβάνους που θερμαίνονται μέχρι 1500°C, ενώ για την παραγωγή ενός τόνου τσιμέντου απαιτούνται 1200 με 1500 κιλά αδρανή και έξι εκατομμύρια Btu ενέργεια (5-6 MJ/Kg), ανάλογα βέβαια με τη μέθοδο και το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Επιπρόσθετα, επειδή οι εγκαταστάσεις παραγωγής είναι συνήθως μακριά από την κατασκευή, η μεταφορά σκυροδέματος απαιτεί και αυτή μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (Κορωναίος, 2005).

Οικολογικά σκεπτόμενοι, τα αδρανή είναι δυνατόν, υπό προϋποθέσεις, να αντικατασταθούν από εναλλακτικά υλικά έχοντας ως στόχο αφενός την αργή εξάντληση των φυσικών πόρων και αφετέρου την εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων ή παραπροϊόντων, τα οποία διαφορετικά θα αποτίθεντο, συνήθως ανεξέλεγκτα με γνωστές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέτοια υλικά είναι η ιπτάμενη τέφρα, η οποία προέρχεται από λιγνίτες, η σκωρία υψικαμίνου, η οποία αποτελεί παραπροϊόν κατεργασίας σιδήρου, φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων, αλλά και καθαρά φιλικά προς το περιβάλλον υλικά όπως παραδείγματος χάρη το γυαλί. Ωστόσο, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στις επιπτώσεις που είναι δυνατόν να επιφέρουν τα εναλλακτικά αυτά υλικά, προτού γίνει χρήση τους και αφού πιστοποιηθεί η καταλληλότητά τους για χρήση ως αδρανών υλικών.

Όσον αφορά στο τσιμέντο Portland, η κύρια υδραυλική κονία που χρησιμοποιείται στο σύγχρονο σκυρόδεμα είναι το προϊόν μιας βιομηχανίας που όχι μόνο είναι ενεργοβόρα (4GJ/τόνο τσιμέντου) αλλά είναι και υπεύθυνη για την έκλυση μεγάλων ποσοτήτων CO<sub>2</sub>. Η παρασκευή ενός τόνου κλίνκερ τσιμέντου Portland απελευθερώνει σχεδόν 1 τόνο CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Έτσι, σήμερα, η παγκόσμια ετήσια παραγωγή τσιμέντου 1,5 δις τόνων, ευθύνεται για το ~7% των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub>. Όσον αφορά στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του σκυροδέματος, όπως και στην περίπτωση της ενέργειας, μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση του ρυθμού κατανάλωσής του, γεγονός ανέφικτο τουλάχιστον για τα επόμενα 50 χρόνια (Corinaldesi and Moricani, 2001). Ωστόσο, για να ακολουθηθεί μια ολιστική προσέγγιση για την αειφόρο βιομηχανική ανάπτυξη πρέπει να αρχίσει να εφαρμόζεται βιομηχανική οικολογία, δηλαδή ανακύκλωση των αποβλήτων της βιομηχανίας και την επαναχρησιμοποίησή τους ως εναλλακτικών αδρανών υλικών. Σημαντικό πρόβλημα επίσης αποτελεί και το γεγονός ότι υπάρχουν τεράστιες ποσότητες σκυροδέματος που δεν ανακυκλώνονται. Έχει υπολογιστεί ότι σχεδόν 50.000.000 τόνοι από σκυρόδεμα αποβάλλονται στις χωματερές κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ ελάχιστο από το σκυρόδεμα αυτό επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται. Το κόστος αυτών των αποβλήτων είναι τεράστιο και για το λόγο αυτό υπάρχουν σε εξέλιξη έρευνες για την προσπάθεια επανάχρησης του σκυροδέματος. Μέχρι σήμερα έχει αποδειχτεί εργαστηριακά ότι είναι εφικτός ο διαχωρισμός του οπλισμού από το σκυρόδεμα, αλλά είναι μια οικονομικά ασύμφορη διαδικασία. Για το λόγο αυτό τα ανακυκλούμενα σκυροδέματα χρησιμοποιούνται κυρίως ως αδρανή για την εξυγίανση οδοστρωμάτων και εδαφών (Κορωναίος, 2005).

Τα ανάμικτα τσιμέντα Portland με υψηλή περιεκτικότητα σε ιπτάμενη τέφρα από σταθμούς παραγωγής ενέργειας που καταναλώνουν κάρβουνο και κοκκοποιημένη σκωρία από τις υψικαμίνους της χαλυβουργίας, παρέχουν εξαιρετικά παραδείγματα βιομηχανικής οικολογίας γιατί προσφέρουν μια ολιστική λύση στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αρκετών βιομηχανιών. Βραχυπρόθεσμα οι δυο καλύτερες στρατηγικές για την επίτευξη σημαντικής μείωσης στις εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την παραγωγή τσιμέντου, είναι η μείωση όσο το δυνατόν του συντελεστή κλίνκερ, δηλαδή του ποσοστού κλίνκερ ανά τόνο τσιμέντου, καθώς και η αύξηση των ανάμικτων τσιμέντων, τα οποία περιέχουν πολύ λιγότερο από 95% κλίνκερ.

Άλλο ένα πρόβλημα που αφορά το σκυρόδεμα, είναι η χρήση πρόσθετων πχ. αμιάντου (αμιαντοτσιμέντο) για το οποίο υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι είναι καρκινογόνο. Αιτία είναι οι ίνες αμιάντου οι οποίες κάθονται στους πνεύμονες και στο πεπτικό σύστημα. Αναφορικά με το οπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχει επιπρόσθετα και ο κίνδυνος από τον οπλισμό σε περίπτωση που έχει εκτεθεί σε ραδιενέργεια.

Τέλος, τα προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος θεωρούνται μάλλον τα πλέον οικολογικά διότι αξιοποιείται όλο το υλικό καθώς αυτό χυτεύεται με ακρίβεια σε καλούπια σε σχέση με τον ξυλότυπο της οικοδομής, ενώ δεν είναι απαραίτητη και η κοπή ξύλου για τον ξυλότυπο. Επίσης, είναι ευκολότερη η παραγωγή του δομικού στοιχείου και το υλικό εμπεριέχει λιγότερη ενσωματωμένη ενέργεια.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος:

- Πυκνότητα = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 80 - 130$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,130 (KgCO<sub>2</sub> eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 0,95 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.3 Αλουμίνιο**

Το αλουμίνιο ή αργίλιο είναι το τρίτο κατά σειρά στοιχείο μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο που συναντάμε στο φλοιό της γης. Πρώτος ο Βρετανός Humphry Davy το 1807, υποστήριξε την ύπαρξη ενός μετάλλου σαν βάση για το οξειδίο του αργίλου (αλουμίνια), που ονόμασε αρχικά *aluminium* και μετέπειτα *aluminum*.

Το αλουμίνιο και τα κράματά του χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε εφαρμογές όπου οι ιδιότητές του το έκαναν αναντικατάστατο όπως για παράδειγμα στην αεροναυπηγική (από τα Zeppelin μέχρι τα Concorde), όμως πολύ σύντομα η χρήση του επεκτάθηκε σε πλήθος άλλου τύπου εφαρμογών (αρχιτεκτονικές εφαρμογές, πλαίσια κουφωμάτων, στα μέσα μεταφορών, στη ναυπηγική, στην αυτοκινητοβιομηχανία κ.ο.κ.).

Το αλουμίνιο έχει ονομαστεί και "μαγικό" ή "θαυματουργό" μέταλλο, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου εύρους δυνατοτήτων, ιδιοτήτων μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών που επιδεικνύουν τα τόσα κράματα αλουμινίου. Συνοπτικά αναφέρονται κάποια από αυτά:

- Χαμηλό ειδικό βάρος (το 1/3 του ειδικού βάρους του σιδήρου).
- Η υψηλή εφελκυστική του αντοχή.
- Αποτελεί ένα ιδανικό μέταλλο κατασκευών, καθώς ελάσσεται, διαμορφώνεται, εξαλλάσσεται και συγκολλείται. Το μέτρο ελαστικότητας του (70.000 MPa) είναι τριπλάσιο από εκείνο του σιδήρου. Έτσι, σε μια δεδομένη κατάσταση φόρτισης, μια κατασκευή από αλουμίνιο εμφανίζει 3 φορές μεγαλύτερη ελαστική επιμήκυνση από μια σιδερένια.
- Το αλουμίνιο και η πλειοψηφία των κραμάτων του είναι ανθεκτικά ως πολύ ανθεκτικά σε πολλές μορφές διάβρωσης.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός κουφώματος καθορίζονται τόσο από την ικανότητα του να εμποδίζει το πέρασα ζεστού ή κρύου αέρα μέσω των αρθρώσεων του (ιδιότητα που αναφέρεται στην αεροστεγανότητα) όσο και από την ικανότητα του να εμποδίζει την διάδοση της θερμότητας μέσω των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο. Το αλουμίνιο παρουσιάζει εξαιρετική συμπεριφορά στους παραπάνω τομείς και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται κατά κόρον στα κουφώματα. Επιπρόσθετα, η ακουστική μόνωση είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που έχουν τα κουφώματα αλουμινίου, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις για την αποφυγή θορύβου που διαδίδεται μέσω του αέρα. Συνοψίζοντας, το αλουμίνιο είναι ιδανικό για χρήση στα κουφώματα καθώς αντέχει σε καιρικές συνθήκες, παρουσιάζει στατική επάρκεια, ενεργειακή απόδοση, η συντήρηση και ο καθαρισμός του είναι εύκολος, οι χρωματισμοί διαρκούν πολύ, μπορεί να τυποποιηθεί, ενώ είναι ικανό για κάθε είδους κατασκευαστική εφαρμογή, μοντέρνα ή παραδοσιακή.

Το σημαντικότερο πρόβλημα του αλουμινίου έχει σχέση με την εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (232,02 MJ/Kg) που απαιτεί η εξόρυξη και η διάρκεια μετατροπής του ακατέργαστου υλικού, του βωξίτη, σε ημικατεργασμένο προϊόν. Ωστόσο, το αλουμίνιο αποτελεί ένα υλικό το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί σε ιδιαίτερα μεγάλα ποσοστά. Η ρύπανση του δευτερογενούς αλουμινίου είναι αξιοσημείωτα μικρότερη από αυτήν του πρωταρχικού, διατηρώντας την ποσότητα του σταθερή. Επίσης, η ενέργεια που απαιτείται για την ανακύκλωσή του, είναι μόλις το 5% εκείνης που χρειάζεται για την ηλεκτρόλυσή του. Ενώ δηλαδή η μέθοδος ηλεκτρόλυσης (από αλουμίνα-βωξίτη) απαιτεί σήμερα περίπου 14 kWh για κάθε κιλό αλουμινίου, η ανακύκλωση χρειάζεται 0,7 kWh, απομυθοποιώντας έτσι την άποψη ότι το αλουμίνιο έχει μεγάλη «ενσωματωμένη ενέργεια» (Asif et al,2002).

Το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται σήμερα σε δομικές εφαρμογές στον Ευρωπαϊκό χώρο προέρχεται σε ποσοστό 85% από ανακύκλωση. Αξίζει ακόμη να τονιστεί ότι για την βασική μέθοδο παραγωγής αλουμινίου από την ηλεκτρόλυση αλουμίνας, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται σε ποσοστό σε μεγάλα ποσοστά από υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Έτσι, χρησιμοποιώντας ανακυκλωμένο αλουμίνιο περιορίζεται σημαντικά η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από την

πρωτογενή παραγωγή του αλουμινίου (έμμεση ρύπανση). Τέλος, με την ανακύκλωση, παράγεται αλουμίνιο καθαρότητας 99%-99,8%, η οποία είναι δυνατόν να αυξηθεί με επανάληψη της ηλεκτρόλυσης (Asif et al,2002).

Το 3ο σε περιεκτικότητα στοιχείο στον φλοιό της γης, το αλουμίνιο, ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις της αειφόρου δόμησης, καθώς δεν είναι τοξικό, δεν μαγνητίζεται, δεν καίγεται, είναι ελαφρό αλλά συνάμα στιβαρό, ενώ ανακυκλώνεται επ' άπειρον χωρίς να υποβαθμίζονται οι ιδιότητές του. Αντέχει υποδειγματικά στο ελεύθερο περιβάλλον (κλασικές είναι σήμερα οι εφαρμογές στην ναυπηγική και αεροναυπηγική) ελαχιστοποιώντας το κόστος συντηρήσεως.

Στις ΗΠΑ η παραγωγή ανακυκλωμένου αλουμινίου ξεπέρασε την πρωτογενή παραγωγή από ηλεκτρόλυση για πρώτη φορά το 1997, ενώ το Ευρωπαϊκό δομικό αλουμίνιο παράγεται σήμερα κατά 85% από ανακύκλωση. Τα δομικά κράματα αλουμινίου μορφοποιούνται είτε με την διέλαση σε φορείς (προφίλ) είτε με την έλαση σε ταινίες και φύλλα. Βαμμένο σήμερα σε ποικιλία οικολογικών χρωμάτων, ανοδιωμένο ή διάτρητο για λόγους σκίασης, δημιουργεί έντονες αντιθέσεις ή καλύπτει απαλά μεγάλες επιφάνειες με την λιτή μεταλλική του όψη.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του αλουμινίου:

- Πυκνότητα =  $2700 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 160,0 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 880 \text{ J/(kg}^*\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = \infty$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 8,24 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $155 \text{ MJ / Kg}$
- Μέτρο Ελαστικότητας (E) =  $68,3 \text{ GPa}$
- Μέτρο Στρέψης (G) =  $25,5 \text{ GPa}$
- Συντελεστής Poisson =  $0,34$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

#### 3.1.4 Χάλυβας

Ο χάλυβας είναι ένα από τα βασικότερα και γνωστότερα δομικά υλικά, με εξαιρετικά ευρύ πεδίο εφαρμογής. Εξαιτίας του μικρού λόγου βάρους-αντοχής, των μεγάλων αντοχών που μπορεί να αναπτύξει, της ελατότητας και της ολκιμότητάς του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε κατασκευή, εξυπηρετώντας πολλούς σκοπούς. Ωστόσο, ο χάλυβας εμφανίζει και μειονεκτήματα που περιορίζουν την περαιτέρω εξάπλωσή του καθώς υπό υψηλές θερμοκρασίες χάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των αντοχών του, ενώ υπό την επίδραση ήπιων περιβαλλοντικών συνθηκών οξειδώνεται (Μαυροειδής Π., 2002).

Από χάλυβα κατασκευάζονται αποκλειστικά κιγκλιδώματα, άλλα διακοσμητικά στοιχεία, οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά και ολόκληροι φορείς, οικοδομικοί και ειδικοί

(μεταλλικές κατασκευές). Επιπρόσθετα, ο ελαφρύς χάλυβας, ο οποίος είναι κράμα του χάλυβα, έχει εφαρμοσθεί για την αντικατάσταση του οικοδομικού ξύλου. Ο χαλύβδινος σκελετός προσφέρεται για γρήγορη κατασκευή καθώς επίσης και για λύσεις μεγάλης αντοχής. Υπάρχει πλέον ευρεία εφαρμογή στο εξωτερικό τέτοιου τύπου κατασκευαστικών λύσεων οι οποίες αντιστοιχούν μορφολογικά σε ξύλινες κατασκευές. Τα μέταλλα όμως παρουσιάζουν άλλα προβλήματα σε σχέση με το ξύλο. Ο χάλυβας έχει 400 φορές μεγαλύτερη θερμοαγωγιμότητα από το ξύλο. Για το λόγο αυτό στην κατασκευή προκαλούνται πολλές θερμικές γέφυρες. Αυτό δημιουργεί μια σειρά προβλημάτων όπως είναι η απαίτηση σημαντικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτηρίου. Πολλές φορές επιλέγεται ο χάλυβας αντί της ξύλινης κατασκευής εξαιτίας της μεγάλης ικανότητάς του να ανακυκλώνεται. Ο χάλυβας όμως περιέχει μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής και μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια ανακύκλωσης ενώ παράλληλα δημιουργεί μεγάλη μόλυνση κατά τη διάρκεια παραγωγής του. Η βιομηχανία χάλυβα στις ΗΠΑ τη δεκαετία του 1980 ήταν υπεύθυνη για το 28% του συνολικά εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα και το 95% του συνολικά εκπεμπόμενου οξειδίου του θείου, το οποίο είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή (Κορωνάιος, 2005).

Από την μυκηναϊκή ακόμα εποχή, έγινε αντιληπτό ότι ο εμπλουτισμός του σιδήρου με νικέλιο, καθιστά τον χάλυβα ανοξείδωτο. Με τον όρο ανοξείδωτος χάλυβας, εννοείται εκείνη η κατηγορία χαλύβων, οι οποίοι περιέχουν χρώμιο σε ποσοστό τουλάχιστον 12 %, νικέλιο (Ni), ενδεχομένως και μολυβδαίνιο (Mo) ή και άλλα στοιχεία, ενώ περιέχουν ελάχιστο άνθρακα (Μαυροειδής Π., 2002).

Στους ανοξείδωτους χάλυβες, σχηματίζεται στην επιφάνεια τους ένα πολύ λεπτό στρώμα οξειδίου του χρωμίου, με εξαιρετική πρόσφυση σε αυτήν, το οποίο απομονώνει πλέον το υλικό και το προστατεύει ως ασπίδα από το περιβάλλον. Με άλλα λόγια, ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι ένα οξειδωμένο υλικό με τέτοιο τρόπο, όμως, που προστατεύεται από τον κίνδυνο μιας περαιτέρω καταστροφικής οξείδωσης (παθητική προστασία). Πρόκειται για μια προστασία θερμοδυναμικού τύπου, καθώς αυτό το παθητικό στρώμα είναι σε θέση να αυτοδημιουργηθεί σε περίπτωση τοπικών αφαιρέσεων υλικού, εκδορών ή άλλων φθορών. Αυτή είναι και η μεγάλη διαφορά του από τους κοινούς ανθρακούχους χάλυβες.

Λόγω των πολύ ευνοϊκών ιδιοτήτων του, ο ανοξείδωτος χάλυβας χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Μεταξύ άλλων, μπορεί να αποτελέσει υλικό για αρχιτεκτονικές εφαρμογές και διακοσμητικά στοιχεία, οπλισμό θεμελίων στις κολόνες και τα τοιχεία σε περιοχές με υπόγεια νερά, γέφυρες και αεροδιάδρομους πεζών, αγκυρώσεις, σκελετό σκυροδέματος σε έργα ανακαίνισης και μνημεία, κυματοθραύστες και ειδικές κατασκευές όπως πισίνες, συστήματα υπονόμων και γενικά σε κατασκευές σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Από περιβαλλοντική άποψη, η εξόρυξη του κάρβουνου και του ορυκτού σιδήρου, καθώς και η παραγωγή του χάλυβα προκαλεί αξιοσημείωτη ποσότητα ρύπανσης. Ωστόσο, συγκρινόμενο με άλλα μέταλλα, η εμπιερχόμενη ενέργεια ανά κιλό υλικού είναι σχετικά χαμηλή. Ένα πλεονέκτημα του χάλυβα είναι η καταλληλότητά του για επανάχρηση, ακόμα και αν η ανακύκλωσή του είναι λιγότερο επιτυχής απ' ό,τι στο

αλουμίνιο. Η κύρια επανάχρηση του χάλυβα προτείνεται για δευτερογενή προϊόντα ενώ αυτός, σε κατάλληλη κοκκομετρική διαβάθμιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως αντικαταστατό αδρανών υλικών σε προϊόντα με βάση το τσιμέντο ή την ασφάλτο είτε ως πρόσθετο υλικό, με σκοπό την αύξηση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους. Παράλληλα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η διάβρωση του χάλυβα μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας κράμα μετάλλων από νικέλιο και χρώμιο, δημιουργώντας ανοξείδωτο ατσάλι. Ωστόσο, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εκπομπές από τα μέταλλα αυτά, τόσο κατά τη φάση παραγωγής όσο και κατά τη διάρκεια ζωής του ανοξείδωτου χάλυβα. Το νικέλιο και το χρώμιο αποτελούν βαρέα μέταλλα και η τάση που επικρατεί για περιβαλλοντική πειθαρχία ελαχιστοποιεί την εκπομπή τους όσο είναι δυνατόν.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του χάλυβα:

- Πυκνότητα =  $7800 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 50,0 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 450 \text{ J/(kg}^*\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = \infty$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 1,77 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $24,4 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.5 Γυαλί**

Το γυαλί αποτελείται από 60% κρυσταλλική άμμο, 20% ανθρακικό νάτριο και 20% θειικά άλατα (συμπεριλαμβανομένου του δολομίτη). Καμία από τις πρώτες ύλες δεν μπορεί να θεωρηθεί σπάνια ή ρυπογόνα, παρόλο που η προμήθεια άμμου θεωρείται περιορισμένη (Asif et al, 2002). Ο κύριος περιβαλλοντικός παράγοντας στο γυαλί είναι η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία των πρώτων υλών καθώς επίσης και η μεγάλη ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά του γυαλιού. Έχει υπολογιστεί ότι για ένα τόνο γυαλί παράγεται περίπου ένας τόνος  $\text{CO}_2$  ενώ παράγεται ένας τόνος επιπλέον  $\text{CO}_2$  για τη μεταφορά του λόγω του ότι ο τόπος παραγωγής του βρίσκεται συνήθως μακριά από τον τόπο χρήσης του (Κορωνάιος, 2005).

Αν και γενικά το γυαλί αποτελεί ένα ανακυκλώσιμο υλικό για διάφορους σκοπούς έπειτα από λιώσιμο ή τεμαχισμό του, ωστόσο η παραγωγή καινούργιων πινάκων γυαλιού μπορεί να ανεχτεί μικρή ανάμιξη ανακυκλωμένου γυαλιού. Στην Ολλανδία, σχεδόν όλη η παραγόμενη ποσότητα γυαλιού ανακυκλώνεται. Μπάζα γυαλιού, που προέρχονται από απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις κτηρίων μπορούν να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν είτε για παραγωγή γυαλιού χαμηλότερης ποιότητας από το αρχικό είτε ως αδρανή υλικά, σε αντικατάσταση των φυσικών αδρανών, σε μίγματα σκυροδέματος ή ασφάλτου με ικανοποιητικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά.

Το γυαλί έχει τη μοναδική διπλή ιδιότητα, εξαιρετικά χρήσιμη στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα μείωσης των απορριμμάτων: μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές για τη συσκευασία ενός προϊόντος και να ανακυκλωθεί – αν φθαρεί ή σπάσει- απεριόριστες φορές. Ουσιαστικά είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση

των απορριμμάτων συσκευασίας από γυαλί γενικεύοντας την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των γυάλινων μπουκαλιών και βάζων. Γενικότερα, το γυαλί είναι εξαιρετικά ανακυκλώσιμο υλικό, αλλά η ανακύκλωση του οδηγεί σε δεύτερης κατηγορίας υλικό.

Η ανακύκλωση γυαλιού βοήθησε στην ανάπτυξη ενός νέου οικονομικού τομέα και νέας τεχνολογίας. Η συλλογή, η μεταφορά και η επεξεργασία του γυαλιού που προορίζεται για ανακύκλωση δημιούργησαν χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας.

Σήμερα, υπάρχουν πάρα πολλά σημεία συλλογής γυαλιού σε δρόμους, πλατείες και άλλους δημόσιους χώρους των χωρών της Ε.Ε.. Παράλληλα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο λειτουργούν αρκετές μονάδες που σχετίζονται με την επεξεργασία του χρησιμοποιημένου γυαλιού.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του γυαλιού:

- Πυκνότητα =  $2500 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 750 \text{ J/(kg}^{\circ}\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = \infty$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 0,91 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $15,0 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

#### **3.1.6 Εξηλασμένη πολυστερίνη**

Η εξηλασμένη πολυστερίνη (ή εξηλασμένη πολυστυρόλη), έχει εισβάλει δυναμικά την τελευταία δεκαετία στην ελληνική αγορά θερμομονωτικών υλικών, σε βαθμό που να προκαλεί εντύπωση σε όσους συγκρίνουν τα στοιχεία πωλήσεων στην Ελλάδα, με τα αντίστοιχα μεγέθη στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η εξέλιξη αυτή είναι ακόμη πιο ενδιαφέρουσα αν λάβει κανείς υπόψη του το γεγονός ότι η τιμή αγοράς της είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή της διογκωμένης πολυστερίνης, αλλά και από αυτή των ινωδών παραδοσιακών υλικών, όπως ο υαλοβάμβακας και το ξυλόμαλλο. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται στα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρέχει η εξηλασμένη πολυστερίνη όταν το δομικό στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται, έρχεται σε επαφή με αυξημένη υγρασία.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται κυρίως ως θερμομονωτικό υλικό. Πρόκειται για υλικό το οποίο αποτελείται από πλήθος ινών μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται αέρας, ή από πλέγμα κλειστών ή ανοικτών κυψελίδων, εντός των οποίων περιέχεται αέρας (ή σπανιότερα κάποιο άλλο αέριο), που θεωρείται πρακτικά ακίνητος. Ο ακίνητος αέρας, παρουσιάζει πολύ μικρή αγωγιμότητα, επιτρέπει δηλαδή πολύ δύσκολα τη μετάδοση της θερμότητας μέσω αυτού.

Κατά τη διάρκεια παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης προστίθενται μέχρι και 12% κατά βάρος προωθητικά αέρια. Ωστόσο, η χρήση αυτών των προωθητικών αερίων αποτελούσε ένα από τα υπό συζήτηση σημεία του υλικού, καθώς επί δεκαετίες



χρησιμοποιούνταν χλωροφθοράνθρακες, που ευθύνονται ιδιαίτερα για τη φθορά της ατμοσφαιρικής στρώσης του όζοντος. Μετά το 1994, όμως, οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιούν εναλλακτικά προωθητικά αέρια, καταργώντας τα επικίνδυνα για τη στρώση του όζοντος αλογόνα.

Όπως ισχύει και με άλλα συνθετικά υλικά, ένα τμήμα της ρύπανσης από την πολυστερίνη είναι αποτέλεσμα της εξαγωγής του πετρελαίου και της παρασκευής ενδιάμεσων προϊόντων στην πετρελαϊκή βιομηχανία. Η παρασκευή της εξηλασμένης πολυστερίνης οδηγεί στην εκπομπή στυρενίου και βενζολίου, ενώ απαιτεί και μεγάλες ποσότητες ενέργειας.

Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (υδρογονάνθρακες). Η κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του ανέρχεται στα 87,40 MJ/Kg. Προκαλεί ρύπανση λόγω της διαφυγής τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου (καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου), διαφυγή στυρενίου στην ατμόσφαιρα (ουσία νευροτοξική, που ενοχοποιείται για καρκινογένεσεις). Σε περίπτωση φωτιάς, παράγονται τοξικά βρωμιούχα αέρια, εξ αιτίας των ουσιών που περιέχει για την καθυστέρηση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Δεν υπάρχει καμία δυνατότητα διαπνοής του κτηρίου (βασική παράμετρος για την υγιεινή των εσωτερικών χώρων και την εξισορρόπηση της υγρασίας). Ποσοτικά, η εξηλασμένη πολυστερίνη μπορεί να ανακυκλωθεί σε ποσοστό 20% της αρχικής πρώτης ύλης. Ιδιαίτερα σημαντική εναλλακτική επιλογή της αποτελεί η ενσωμάτωσή της σε προϊόντα τσιμέντου για την παραγωγή ελαφροσκυροδέματος, κατάλληλο για δάπεδα, οροφές αλλά και για την κατασκευή δεξαμενών κολύμβησης (Amianti and Botaro, 2008).



Εικόνα 3.1: Πλάκα Εξηλασμένης Πολυστερίνης (Πηγή: [www.ermis-sa.gr](http://www.ermis-sa.gr))



### Τεχνικά χαρακτηριστικά της εξηλασμένης πολυστερίνης:

- Πυκνότητα = 35 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,031 - 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1450 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 80 - 250$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 3,42 (KgCO<sub>2</sub> eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 87,4 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.7 Πετροβάμβακας**

Ο πετροβάμβακας αποτελείται από συνδεδεμένες λεπτές ίνες, διαμέτρου <5μm. Οι ίνες αυτές προέρχονται κυρίως από ηφαιστειογενή πετρώματα καθώς και από δολομίτη και βωξίτη. Το μίγμα αφού λιώσει σε κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες, ινοποιείται με περιστροφική κίνηση ενώ προσθήκη φαινολικής ρητίνης συντελεί στη συνεκτικότητα των ινών με ταυτόχρονη ενίσχυση της υδροαπωθητικότητάς του με χρήση οργανικών πυριτικών ενώσεων.

Ο πετροβάμβακας προσφέρει θερμομόνωση-ηχομόνωση και πυροπροστασία. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την θερμό-ηχομόνωση τοιχοποιίας, δαπέδων, κεραμοσκεπών και ξηράς δόμησης. Επιπλέον, η δυνατότητα παραγωγής προϊόντων με επικαλύψεις αλουμινίου συνδυάζει θερμομονωτικό υλικό και φράγμα υδρατμών. Ο πετροβάμβακας συνεργάζεται εύκολα με τα υπόλοιπα δομικά υλικά δίνοντας μια εύκολη και οικονομική λύση στην κατασκευή.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες του πετροβάμβακα, εφόσον αξιοποιηθούν στο κέλυφος των κτηρίων, μειώνουν τις λειτουργικές δαπάνες κατά 50-80%, μειώνοντας και το μέγεθος των αντίστοιχων εγκαταστάσεων, άρα και το κόστος. Επιπρόσθετα, τα προϊόντα του πετροβάμβακα είναι υψηλής ηχητικής απορροφητικότητας και συνεπώς εξαιρετικά για ακουστική χώρου, υψηλής ηχομονωτικής αξίας λόγω της χαμηλής δυναμικής ακαμψίας τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αερόφερτους αλλά και για χτυπογενείς θορύβους ενώ η χρήση τους είναι ευρεία σε οικιακές εφαρμογές καθώς και ως φραγμάτων ήχου, βιομηχανίας κα.

Ο πετροβάμβακας αποτελεί μη ανανεώσιμο υλικό (εκτός της υάλου), που προέρχεται όμως από υλικά που βρίσκονται σε αφθονία στη φύση όπως η άμμος, ο βασάλτης κλπ. Η κύρια ρύπανση που προκαλεί εμφανίζεται και περιορίζεται στις μονάδες παραγωγής (λόγω του διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>) και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του. Παράλληλα, μειονέκτημά του είναι ότι απελευθερώνει ίνες που θεωρούνται επιβλαβείς για την υγεία, γι' αυτό θέλει προσοχή κατά την τοποθέτηση και καλό εγκλωβισμό στα δομικά στοιχεία της κατασκευής. Όσον αφορά στις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το I.A.R.C. (διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου) που υπάγεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τον κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Σε αντίθεση με τις ίνες αμιάντου, οι ίνες των υλικών αυτών δεν διαχωρίζονται κατά το μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στη μάζα

τους και σύμφωνα με το I.A.R.C. η επικινδυνότητά τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5 μm και διάμετρος μικρότερη των 3 μm).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι κατά το στάδιο παραγωγής του πετροβάμβακα, η τήξη του μίγματος των πετρωμάτων σε ηλεκτρικό φούρνο με τη βοήθεια ηλεκτροδίων προσφέρει ομοιομορφία στις ίνες, μέσω της σταθερά ελεγχόμενης θερμοκρασίας του τήγματος και μηδαμινή επιβάρυνση του περιβάλλοντος έναντι της μεθόδου της υψικαμίνου.

Τέλος, ο πετροβάμβακας μπορεί να ανακυκλωθεί κατά 16-30% οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας κάνοντας χρήση ενός σπαστήρα και ενός φούρνου (χαμηλής ισχύος) για την προθέρμανση του υλικού (Αναστασέλος Δ, 2009, Rockwool, 2009a).



Εικόνα 3.2: Ρολό Πετροβάμβακα (Πηγή: [www.tsakiroglou.gr](http://www.tsakiroglou.gr))

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του πετροβάμβακα:

- Πυκνότητα = 40 - 180 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,033 - 0,041 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 840 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 1,0 - 1,50$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 1,12 (KgCO<sub>2</sub> eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 16,8 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.8 Ελαφροβαρείς Τσιμεντόλιθοι**

Οι ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι ή αλλιώς ελαφρόλιθοι από σκυρόδεμα ή συνοπτικά ελαφροτσιμεντόλιθοι, είναι τεχνητοί δομικοί λίθοι από αφρώδες σκυρόδεμα που παράγεται με υδροθερμική κατεργασία σε αυτόκλειστες κυψέλες και χρησιμοποιούνται στη δόμηση, κυρίως για την κατασκευή τοιχοποιιών. Όπως και οι απλοί τσιμεντόλιθοι, έχουν ως πρώτη ύλη το τσιμέντο πόρτλαντ. Ωστόσο, δεν αναμιγνύονται με απλά αδρανή

υλικά, αλλά βασικό υλικό αποτελεί η χαλαζιακή άμμος, η οποία πλένεται, αναμιγνύεται με νερό και αλέθεται μέχρι να αποκτήσει το επιθυμητό διαμέτρημα στους κόκκους της. Κατόπιν, αναμιγνύεται με τσιμέντο, υδράσβεστο, νερό και διογκωτικά πρόσμεικτα για να αποκτήσει ο ελαφροτσιμεντόλιθος την πορώδη υφή του. Τα υλικά αυτά μέσω μιας διαδικασίας γρήγορης όπτησης και κατόπιν απότομης ψύξης εμπλουτίζουν το μίγμα του τσιμέντου με αέρια, προσφέροντας ένα σημαντικά ελαφρύτερο προϊόν.

Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι είναι ελαφρά δομικά υλικά και η πυκνότητά τους εξαρτάται ανάλογα με τις αναλογίες των υλικών και τον τρόπο παρασκευής τους. Στην κυψελωτή πορώδη δομή τους οφείλουν επίσης το χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$ , που τους επιτρέπει την κατασκευή μονοκέλυφης τοιχοποιίας χωρίς την χρήση κάποιου θερμομονωτικού υλικού. Αντιθέτως, το μεγάλο πορώδες του υλικού λειτουργεί αρνητικά στη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Οι ελαφροτσιμεντόλιθοι δεν έχουν μεγάλη μάζα που να μπορεί να αποθηκεύσει μια ποσότητα θερμότητας που παράγεται από κάποια θερμαντική πηγή και να μπορεί αργότερα να την επαναποδώσει σταδιακά, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτό τη διατήρηση μιας ανεκτής θερμοκρασίας στο χώρο για ένα μεγάλο διάστημα από τη στιγμή που η θερμαντική πηγή θα σταματήσει την παραγωγή θερμότητας. Τέλος, παρουσιάζουν πολύ υψηλή υδρατμοδιαπερατότητα, δηλαδή πολύ χαμηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών. Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπουν την εύκολη διέλευση των διαχεόμενων υδρατμών μέσα από τη μάζα τους και αφήνουν τον τοίχο να "αναπνέει" και να αποβάλλει εύκολα τους τυχόν συμπυκνούμενους υδρατμούς (Κτίριο, 04/2009).

Τεχνικά χαρακτηριστικά των ελαφροβαρών τσιμεντόλιθων:

- Πυκνότητα = 300 - 800 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 5 - 10$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,83 (KgCO<sub>2</sub> eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 4,51 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.9 Γυψοσανίδα**

Η γυψοσανίδα είναι ένα από τα καλύτερα υλικά για τη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων σε κατοικίες ή σε επαγγελματικούς χώρους. Είναι φτιαγμένη από ειδική σύνθεση γύψου και πεπιεσμένου χαρτιού σε μορφή πλάκας με λεία επιφάνεια. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή ψευδοροφών, διαχωριστικών τοίχων, επένδυση τοίχων όπως επίσης και για την κάλυψη κατασκευαστικών ατελειών. Έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και για ειδικές κατασκευές όπως ράφια, βιβλιοθήκες, καμπύλες κατασκευές κλπ. Η σύσταση της γυψοσανίδας την κάνει ελαφριά και εύκολη στην τοποθέτηση, και επίσης έτσι αποφεύγεται το χτίσιμο και το σοβάτισμα.

Οι γυψοσανίδες είναι δομικά στοιχεία που στερεώνονται εύκολα με βίδες σε μεταλλικό σκελετό, καρφιά σε ξύλινο σκελετό ή γυψόκολλες σε υπάρχουσα τοιχοποιία,

αποτελώντας τη βάση των Συστημάτων Ξηράς Δόμησης. Στα κενά ανάμεσα στις γυψοσανίδες μπορεί να τοποθετηθεί μόνωση βελτιώνοντας την άνεση στον εσωτερικό χώρο, όπως επίσης να περάσουν σωλήνες ή καλώδια και να δημιουργηθεί ένα πιο καθαρό αποτέλεσμα.

Υπάρχουν και ειδικές γυψοσανίδες ανάλογα με τη χρήση τους στο χώρο όπως για παράδειγμα:

- Πυράντοχη γυψοσανίδα (τζάκι)
- Άνθυγη γυψοσανίδα (μπάνια, εξωτερικούς χώρους, κουζίνες)
- Ινογυψοσανίδα (σκληρή επιφάνεια, αντοχή στα χτυπήματα)
- Γυψοσανίδα επενδυμένη με ανθρακονήματα για προστασία από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
- Γυψοσανίδα με φύλλο μολύβδου σε χώρους όπου απαιτείται ακτινοπροστασία (ακτινολογικά κέντρα).

Τεχνικά χαρακτηριστικά της γυψοσανίδας:

- Πυκνότητα = 700 - 1150 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 10$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,39 (KgCO<sub>2</sub> eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 6,75 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### **3.1.10 Κεραμικά Πλακίδια**

Τα βασικά χαρακτηριστικά των κεραμικών πλακιδίων είναι η ακαμψία, η σκληρότητα, η μηχανική αντοχή, η ευπάθεια, ευθραυστότητα και η αδράνεια. Η σκληρότητα των πλακιδίων (σκληρότητα που αντιστοιχεί της εμφανίζεται σπάνια σε άλλα υλικά) οφείλεται σε αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά την διάρκεια του ψησίματος των πλακιδίων. Επίσης, όταν λέμε ότι τα κεραμικά πλακίδια έχουν ακαμψία, εννοούμε ότι ακόμα και τα πιο μεγάλα φορτία δεν μπορούν να το παραμορφώσουν, παρόλο που μπορούν ασφαλώς να το σπάσουν (εξ' ου και η ευπάθεια των κεραμικών πλακιδίων). Τέλος τα συστατικά των κεραμικών πλακιδίων αντιδρούν από καθόλου έως ελάχιστα με διάφορες άλλες ουσίες και με το περιβάλλον γενικότερα, γι' αυτό και λέμε ότι σαν υλικό παρουσιάζουν αδράνεια.

Ιδιαίτερα οικολογικά θεωρούνται τα κεραμικά πλακίδια δαπέδου τύπου Cotto. Τα γήινα χρώματα του οφείλονται στο ότι το cotto είναι καθαρός πηλός, ένα γνήσιο οικολογικό προϊόν που προσφέρεται χωρίς χρώματα και χημικά πρόσμικτα, και εναρμονίζεται τέλεια με το μεσογειακό περιβάλλον. Επίσης, οικοδομές κτισμένες με cotto δεν αφήνουν, μετά το τέλος της χρήσης τους, χημικά κατάλοιπα βλαβερά για το περιβάλλον. Λόγω της απορροφητικότητας του, έχει την ιδιότητα να ρυθμίζει την σωστή αναλογία θερμοκρασίας και υγρασίας. Ωστόσο, ως φυσικό κεραμικό προϊόν το οποίο ζει και αναπνέει, είναι αναμενόμενο να εμφανισθούν άλατα σε ορισμένα σημεία μετά την

τοποθέτησή του. Οι πλάκες cotto είναι κατάλληλες τόσο για εσωτερικούς όσο και για εξωτερικούς χώρους, ενώ λόγω του χρώματός τους περιορίζουν τις έντονες αντανακλάσεις του φωτός, πράγμα που τις κάνει ιδανικές για θερμά κλίματα. Γενικά έχουν πολύ καλές αντοχές στη φθορά και το χρόνο και εξαιρετικές αντοχές στο νερό, τη φωτιά και τις χημικές ουσίες.

Τεχνικά χαρακτηριστικά των κεραμικών πλακιδίων:

- Πυκνότητα =  $2000 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 1,84 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 840 \text{ J/(kg}^*\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 250$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 0,78 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $12 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

**3.1.11 Πορώδεις Αργιλικόι Οπτόπλινθοι (Πορώδη Τούβλα)**

Η παραγωγή κεραμικών τούβλων, από τα οποία συνήθως γίνεται η τοιχοποιία είναι μία διαδικασία που απορροφά αρκετή ενέργεια αφού χρειάζεται το υλικό να θερμανθεί στους  $1000\text{-}1500 \text{ }^\circ\text{C}$  για αρκετές ώρες. Η παραγωγή των τούβλων απαιτεί ενέργεια της τάξης των  $3 \text{ MJ/Kg}$  εκ των οποίων το κύριο μέρος καταναλώνεται στην όπτηση των υλικών. Το περιβαλλοντολογικό κόστος της κατασκευής δεν είναι ανώδυνο καθότι με την όπτηση απελευθερώνονται οργανικά υπολείμματα και θεικές ενώσεις που περιέχονται στην άργιλο, όπως το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του άνθρακα, στην ατμόσφαιρα. Η ανάμειξη της άργιλου με άσβεστο πριν την όπτηση μειώνει τις εκπομπές αυτές (Κορωνάιος, 2005).

Τεχνικά χαρακτηριστικά των πορώδων αργιλικών οπτόπλινθων:

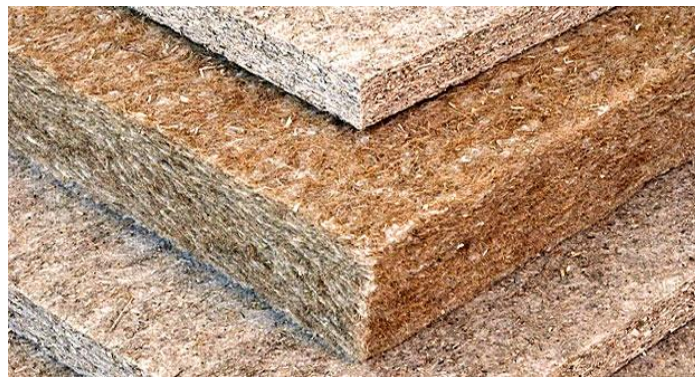
- Πυκνότητα =  $1500 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,26 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J/(kg}^*\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 10$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 0,24 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $3 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

## 3.2 Διαφορά "Οικολογικά" Υλικά

### 3.2.1 Πλάκες Πεπιεσμένου Άχυρου

Το Ekopanely είναι πέτασμα από συμπιεσμένο άχυρο επικαλυμμένο με ανακυκλωμένο χαρτί. Πρόκειται για ένα αρκετά οικολογικό δομικό υλικό, εύκολο και γρήγορο στην εγκατάστασή του με άριστες προδιαγραφές θερμομόνωσης, ηχομόνωσης, πυραντοχής και ανθεκτικότητας. Παρασκευάζεται στις επιθυμητές διαστάσεις δημιουργώντας έτσι λιγότερες απώλειες υλικού στο εργοτάξιο, ενώ οι πολύ καλές θερμομονωτικές προδιαγραφές του συμβάλλουν στη μείωση των εξόδων για τη θέρμανση του κτηρίου. Τέλος, λόγω της πυκνότητάς του έχει υψηλή πυραντίσταση ενώ θεωρείται επίσης 100% φυσικό υλικό φιλικό προς το περιβάλλον και τον χρήστη.



Εικόνα 3.3: Ekopanely (Πηγή: [www.nabidky.edb.cz](http://www.nabidky.edb.cz))

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά των πάνελ πεπιεσμένου αχύρου:

- Πυκνότητα =  $300 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,040 - 0,070 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 2$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 0,01 \text{ (KgCO}_2 \text{ eq) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $0,24 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

### 3.2.2 BIOFIBER

Το BIOFIBER είναι ένα νέο, καινοτόμο ηχοαπορροφητικό, θερμομονωτικό και απόλυτα οικολογικό υλικό αφού είναι κατασκευασμένο από ίνες προερχόμενες από κόκκους καλαμποκιού. Αποτελείται αποκλειστικά από ίνες που παράγονται με εξέλαση και διαδοχική πλέξη πολυγαλακτικού οξέος (PLA), πολυμερούς του γαλακτικού οξέος, που προέρχεται από την ελεγχόμενη ζύμωση κόκκων καλαμποκιού. Το PLA, έχει δείκτη πρόσληψης οξυγόνου (Limit Oxygen Index) LOI περίπου 26, που το καθιστά από τη φύση του δύσφλεκτο και αυτοσβεννύμενο, με περιορισμένη έκλυση καπνού κατά την καύση του. Δεν παράγονται επίσης κατά την καύση του τοξικά αέρια. Οι ίνες του έχουν

ελάχιστη διάμετρο 21  $\mu\text{m}$ , μέση διάμετρο 34  $\mu\text{m}$  και μέσο μήκος 51 mm, ενώ η θερμοκρασία λειτουργίας του είναι από -30 έως +120 °C (Iselco, Hellas).

Είναι απόλυτα φιλικό προς την ανθρώπινη υγεία σε όλη τη διάρκεια του κύκλου της ζωής του δηλαδή την προέλευση της πρώτης ύλης, την παραγωγή, τη μεταφορά και αποθήκευση καθώς και τη χρήση του. Επίσης, δεν απελευθερώνει ίνες στην ατμόσφαιρα, δεν είναι καρκινογόνο και δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, βακτηριδίων, μυκήτων και εντόμων. Είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον αφού οι ίνες από καλαμπόκι είναι 100% βιοδιασπάσιμες και όταν ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους, μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν. Θαλασσινό νερό και χρώμα με μικροοργανισμούς, μετατρέπουν τις ίνες από καλαμπόκι σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό σε μια περίοδο δύο έως τριών ετών.



Εικόνα 3.4: *Biofiber* (Πηγή: [iselco.blogspot.gr](http://iselco.blogspot.gr))

Συνοψίζοντας, το Biofiber είναι ένα πρωτότυπο και καινοτόμο προϊόν, που παρουσιάζει ένα χωρίς σύγκριση θετικό από οικολογική άποψη ισοζύγιο σε ολόκληρο τον κύκλο της ζωής του, και παράλληλα είναι χαμηλού συνολικού κόστους, κάτι που συνήθως δεν είναι δυνατό στην περίπτωση των προϊόντων από συνθετικές ίνες.

### **3.2.3 ΜΑΛΛΙ ΠΡΟΒΑΤΟΥ**

Είναι ένα ελαστικό και διαπνέον υλικό και αποτελεί άριστη κλιματιστική ίνα σε κρύο και ζέστη ενώ χαρακτηρίζεται για την αξιόλογη υγροσκοπική του ιδιότητα. Το μαλλί προβάτου είναι αδιάβροχο και παράλληλα απορροφάει την υγρασία. Αυτό σημαίνει ότι απομακρύνει το νερό στην υγρή του μορφή και παράλληλα έχει την ικανότητα να απορροφήσει τον υδρατμό έως και το 33% του βάρους του χωρίς να εμφανιστεί υγρασία. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται μια φυσική ρύθμιση της υγρασίας στο εσωτερικό των κατοικιών και μειώνετε ο κίνδυνος συμπύκνωσης που φέρνει μελλοντικές φθορές στην δομή.

Θεωρείται ανανεώσιμη και ανακυκλώσιμη πρώτη ύλη και η διαδικασία μεταποίησης της σε μονωτική πλάκα απαιτεί μια ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Το μαλλί προβάτου χρησιμοποιείται για θερμική και ηχητική μόνωση σε στέγαστρα, οροφές, εσωτερικά χωρίσματα, προσόψεις και ξύλινες κατασκευές ενώ είναι ιδανικό για καινούργιες κατασκευές και αναπαλαιώσεις. Γενικά είναι ένα ελαφρύ υλικό με αποστραγγιστικές



ιδιότητες, με άριστες τιμές απορρόφησης ήχου, υψηλή θερμική μόνωση, υψηλή ιδιότητα αναπνοής και μένει αναλλοίωτο στον χρόνο.



Εικόνα 3.5: Μαλλί Προβάτου ως μόνωση (Πηγή: [www.emseal.com](http://www.emseal.com))

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του μαλλιού προβάτου:

- Πυκνότητα = 25 - 30 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 1,96 MJ / Kg

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, SheepWool UK)

#### **3.2.4 ICYNENE**

Το ICYNENE είναι ένα μονωτικό υλικό το οποίο πλεονεκτεί σε σχέση με άλλα υλικά αυτής της κατηγορίας, καθώς με την εφαρμογή του (ψεκασμός ή έγχυση) σε νέα ή υφιστάμενα κτήρια, επιτυγχάνεται ταυτόχρονα θερμομόνωση, αεροστεγανότητα και ηχομόνωση. Συγκεκριμένα, είναι ένας μονωτικός αφρός, ο οποίος διογκώνεται με νερό, χωρίς να απαιτούνται παράγοντες που μειώνουν το όζον στην ατμόσφαιρα. Επίσης, δεν υπόκειται σε απώλεια μάζας με την πάροδο του χρόνου με αποτέλεσμα να διατηρεί τις ιδιότητες του αναλλοίωτες τόσο σαν θερμομονωτικό όσο και σαν αεροστεγανό και ηχομονωτικό υλικό.

Η άριστη αεροστεγανότητα και επομένως η δραστική μείωση της διαρροής αέρα στο κτήριο με την εφαρμογή του αφρού ICYNENE, συμβάλλει σε ένα πιο υγιεινό, πιο ήσυχο και πιο άνετο εσωτερικό περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και τις σχετιζόμενες με αυτήν εκπομπές αερίων μέχρι ποσοστού 50%. Επιπρόσθετα, αφρός αυτός μειώνει σε ένα κτήριο τη διαρροή αέρα και τη συνοδεύουσα με αυτόν υγρασία, ελαχιστοποιώντας αποτελεσματικά τη συμπύκνωση και τη δημιουργία υγρασίας



μέσα σε αυτό, αποτρέποντας τη δημιουργία μούχλας. Έτσι, λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων του, ο μονωτικός αφρός ICYNENE εφαρμόζεται εκτενώς σε νοσοκομεία και εργαστήρια, ενώ συνιστάται από μελετητές για χρήση σε μουσεία, πινακοθήκες και βιβλιοθήκες όπου ο έλεγχος της συμπύκνωσης και της υγρασίας είναι κρίσιμος για την προστασία και την ακεραιότητα των πολύτιμων συλλογών. Καταληκτικά, ο μονωτικός αφρός ICYNENE θεωρείται ένα υψηλής απόδοσης “πράσινο προϊόν” το οποίο δεν περιέχει φορμαλδεΐδη, φθοριωμένους υδρογονάνθρακες, CFC και HCFC.



Εικόνα 3.6: Μονωτικός Αφρός ICYNENE (Πηγή: [www.3rings.designerpages.com](http://www.3rings.designerpages.com))

Τεχνικά χαρακτηριστικά του μονωτικού αφρού ICYNENE:

- Πυκνότητα =  $40 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,030 \text{ W/(m}^*\text{K)}$

(Πηγή: Project 15)

### **3.2.5 OSB**

Το Oriented Strand Board (O.S.B.) είναι ένα βιομηχανικό υλικό από προσανατολισμένες φλούδες ξύλου και ρητίνη, το οποίο χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερο για την επένδυση στεγών, τοίχων και δαπέδων. Γίνεται αποδεκτό και ως στοιχείο φέροντος οργανισμού. Η μεγάλη του αντοχή σε φορτία, η ακαμψία, η αντοχή στον λυγισμό και υψηλή συνοχή του δεν επηρεάζονται από την υγρασία. Το O.S.B. αποτελείται κατά 95% από προσανατολισμένες φλούδες ξύλου σε τρεις ή πέντε στρώσεις, οι οποίες συγκολλούνται μεταξύ τους με μια ειδική κόλλα από ρητίνη και κερί σε ποσοστό 5% κάτω από συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Στις επιφανειακές στρώσεις τα ξυλοτεμαχίδια προσανατολίζονται έτσι ώστε η μεγαλύτερη διάστασή τους να είναι παράλληλη προς την μεγαλύτερη διάσταση της πλάκας. Οι εσωτερικές στρώσεις έχουν συνήθως αντίθετη ή τυχαία φορά προσανατολισμού των ξυλοτεμαχιδίων.

Γενικά, το OSB είναι οικολογικό, ανακυκλώνεται και θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον. Κατασκευάζεται από λεύκη ή άλλα είδη που καλλιεργούνται για το σκοπό αυτό. Από την πρώτη υλη, περίπου το 90% χρησιμοποιείται για την κατασκευή OSB ενώ το υπόλοιπο (φλοιός, κόνη) αξιοποιούνται για παραγωγή ενέργειας και έτσι δεν απομένει κανένα υπόλειμμα.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά του O.S.B:

- Πυκνότητα =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,13 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 300 - 400$

(Πηγή: IQia ATTE)

### **3.2.6 YTONG**

Είναι ένα εξαιρετικά πορώδες υλικό από τσιμέντο, χαλαζία, άσβεστο και νερό το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για τοιχοποιία. Αυτά τα φυσικά υλικά που το αποτελούν υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στη φύση. Οι παραπάνω πρώτες ύλες υποβάλλονται σε επεξεργασία προκειμένου να παραχθεί ένα δομικό υλικό με πολυάριθμες κυψέλες αέρα: το πορομετόν. Κατά την διάρκεια της παραγωγής δεν υπάρχει καμία εκπομπή τοξικών ρύπων ενώ χρησιμοποιείται η διαδικασία της ανακύκλωσης σε διάφορα στάδια της παραγωγής, έτσι ώστε να μειώνεται η καταστροφή πρώτων υλών. Συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία παραγωγής δεν παράγονται ρύποι ούτε επιβλαβή απόβλητα και δεν υπάρχει απώλεια πολύτιμων πρώτων υλών. Η παραγωγική μέθοδος απαιτεί μικρές ποσότητες ενέργειας, καθώς η ατμοεπεξεργασία διενεργείται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ τα υπολείμματα από την παραγωγή του μπορούν επίσης να ανακυκλωθούν.

Το τελικό προϊόν προσφέρει εξαιρετική θερμομόνωση έναντι υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών, χαμηλά βάρη στην οικοδομή, ευκολία στην χρήση και οικονομία. Επίσης συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας που απαιτείται για την θέρμανση και την ψύξη του κτηρίου και βοηθάει στην επίτευξη εσωκλιματικής άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου, αφού μειώνονται σημαντικά οι θερμικές απώλειες.

Έχει Συντελεστή Θερμοαγωγιμότητας  $\lambda=0,095 \text{ kcal/mhoC}$ , ο οποίος προσδίδει στην τοιχοποιία με YTONG BLOCKS πάχους από 15cm και πάνω Συντελεστή Θερμοπερατότητας  $K < 0,6 \text{ kcal/m}^2\text{hoC}$ , με αποτέλεσμα να μην απαιτείται χρήση επιπλέον μόνωσης (εξηλασμένη πολυστερίνη κλπ) (Πηγή: y tong.gr).

### **3.2.7 LINOLEUM**

Το linoleum είναι από τα πλέον διαδεδομένα συνθετικά οικολογικά υλικά. Χρησιμοποιείται στα δάπεδα και είναι οικολογικό γιατί αποτελείται από 100% φυσικές πρώτες ύλες. Συγκεκριμένα, αποτελείται από ξυλάλευρα και σκόνη φελλού, αναμειγμένοι με λινέλαιο (λάδι από λινάρι) και ρετσίνα, αλλά και με ορυκτά χρώματα, πάνω σε βάση από φυτικό νήμα. Τα δάπεδα αυτά, διατίθενται σε ρόλο, σε διάφορα πάχη και δυστυχώς αρκετοί τα συγχέουν με τις πλαστικές τους απομιμήσεις, που δεν είναι

τίποτα άλλο, παρά προϊόντα της εντατικής χημείας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις κόλλες που χρησιμοποιούνται κατά την τοποθέτησή του, αλλά και στο υποτιθέμενο ακρυλικό του φινίρισμα, που προτείνουν διάφοροι κατασκευαστές, για ν' αυξήσουν τη μηχανική αντοχή του. Γενικά, το linoleum είναι ένα καλό υλικό, ξεκούραστο στο περπάτημα, εξ' αιτίας του φαινομένου της επαναφοράς που οφείλεται στην παρουσία του φελλού, αλλά και αρκετά μονωτικό, όμως δεν είναι ανθεκτικό στα αλκαλικά, γι' αυτό και αντενδείκνυται σε ορισμένες χρήσεις (Τσίππρας, 2005).

Τεχνικά χαρακτηριστικά των δαπέδων linoleum:

- Πυκνότητα =  $1200 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,170 \text{ W/(m}^*\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1400 \text{ J/(kg}^*\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 1000$
- Εκπομπές  $\text{CO}_2 = 1,28 \text{ (Kg CO}_2\text{) / Kg}$
- Ενσωματωμένη Ενέργεια =  $25 \text{ MJ / Kg}$

(Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v.2.0)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

### **4.1 Ιστορική Αναδρομή**

Για να υπάρξει, λοιπόν όπως είδαμε, μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούν τόσο τα κτήρια, όσο και τα δομικά υλικά που τα αποτελούν, αλλά και ενσωμάτωση περιβαλλοντικών πολιτικών, άρχισαν να αναπτύσσονται, με πρωτοβουλία των ανεπτυγμένων χωρών, διάφορα περιβαλλοντικά εργαλεία, που καλύπτουν διαφορετικές πτυχές του περιβαλλοντικού ζητήματος.

Συγκεκριμένα, μέχρι την εμφάνιση της μεθόδου BREEAM label το 1990, είχαν συντελεστεί ελάχιστες προσπάθειες για την ανάπτυξη μιας πλήρους, αντικειμενικής και ταυτόχρονης αξιολόγησης ενός ευρέως φάσματος περιβαλλοντικών ζητημάτων που να παρέχει μια σύνοψη της συνολικής οικολογικής απόδοσης. Με την ανάπτυξη του BREEAM, το οποίο αναπτύχθηκε στην Μεγάλη Βρετανία και αποτελεί το πρώτο εμπορικό εργαλείο αξιολόγησης για κτήρια, η περιβαλλοντική αξιολόγηση αναπτύχθηκε με γοργούς ρυθμούς με αποτέλεσμα τα τελευταία 22 χρόνια να έχει αναπτυχθεί ένας σημαντικός αριθμός μεθοδολογικών εργαλείων και λογισμικών με κύριο σκοπό την ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αξιολόγηση των κτηρίων. Τα εργαλεία αυτά λειτουργούν τόσο ως μέσα υποστήριξης των σχεδιαστικών αποφάσεων για μια κατασκευή όσο και σαν κριτήρια επιλογής υλικών, φυσικών πόρων και άλλων παραμέτρων με στόχο την δημιουργία μιας υγιούς και λειτουργικής κατασκευής.

Έτσι, τόσο με την ανάπτυξη του BREEAM, όπως προαναφέρθηκε, αλλά και με την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης γύρω από τα περιβαλλοντικά ζητήματα η συζήτηση για την βιωσιμότητα του κτηριακού τομέα άρχισε να κερδίζει το ενδιαφέρον της διεθνούς «αγοράς». Για τον λόγο αυτό, ιδρύθηκαν διάφοροι οργανισμοί, όπως λόγω χάρη το iiSBE, που αποτελεί μια διεθνή μη κερδοσκοπική οργάνωση η οποία έχει σαν στόχο να διευκολύνει ενεργά και να προωθήσει την υιοθέτηση πολιτικών, μεθόδων και εργαλείων που βοηθούν στην κατεύθυνση ενός παγκόσμιου αειφόρου κτισμένου περιβάλλοντος. Το iiSBE, μέσω του προγράμματος Green building Challenge, έχει διοργανώσει διάφορα διεθνή συνέδρια με σκοπό την βελτίωση των εργαλείων αξιολόγησης της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας ενός κτηρίου (iisbe, 2009).

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα (sustainable construction) των κατασκευών εμπεριέχει την δημιουργία και διαχείριση ενός υγιούς κτισμένου περιβάλλοντος, βασισμένου στις αρχές της προστασίας και της διατήρησης, τόσο των φυσικών πόρων, όσο και της οικολογίας ως ευρύτερης έννοιας. Κάθε απόφαση σχετική με τη λειτουργία και τη συμπεριφορά ενός κτηρίου, σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής του, έχει τόσο προσωρινές όσο και μακροπρόθεσμες συνέπειες για το περιβάλλον. Συνεπώς γίνεται κατανοητό ότι οι μέθοδοι περιβαλλοντικής αξιολόγησης αποτελούν ένα αξιόπιστο μέσο προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ο σχεδιασμός καθώς και η κατασκευή κτηρίων με περιβαλλοντικά κριτήρια προϋποθέτει την διερεύνηση ενός

αρκετά μεγάλου αριθμού ποικίλων και πολύπλοκων παραμέτρων που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ζητημάτων και σχετίζονται με τις επιπτώσεις της κατασκευής όπως και της λειτουργίας της σε διάφορα επίπεδα, καθώς και με την απόδοση και την συμπεριφορά της σε όλη την διάρκεια της ζωής της (Μπίκας, 2004).

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των επιδράσεων των αποφάσεων σχεδιασμού στις επιπτώσεις που προκαλεί ένα κτήριο στο περιβάλλον, σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η χρησιμοποίηση διάφορων συμβούλων, η χρήση, διεθνών και τοπικών καταλόγων για τα οικοδομικά υλικά και προϊόντα, η εφαρμογή μέσων προσομοίωσης για την όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική πρόβλεψη της απόδοσης ενός κτηρίου με βάση διάφορα περιβαλλοντικά κριτήρια καθώς και η εφαρμογή διάφορων εργαλείων αξιολόγησης. Παρακάτω, ακολουθεί η ανάπτυξη των θεωριών και μεθοδολογιών που διέπουν τα εργαλεία, η κατηγοριοποίηση των εργαλείων και μια συνοπτική περιγραφή κάποιων επιλεγμένων από κάθε κατηγορία και μεθοδολογία.

## **4.2 Θεωρίες και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική αξιολόγηση**

Ορισμένες από τις βασικότερες θεωρίες, στις οποίες στηρίζεται η δομή των εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι οι εξής:

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής
- Ενσωματωμένη Ενέργεια
- Ανθρακικό αποτύπωμα
- Οικολογική Προτίμηση
- Πολυκριτηριακή Ανάλυση

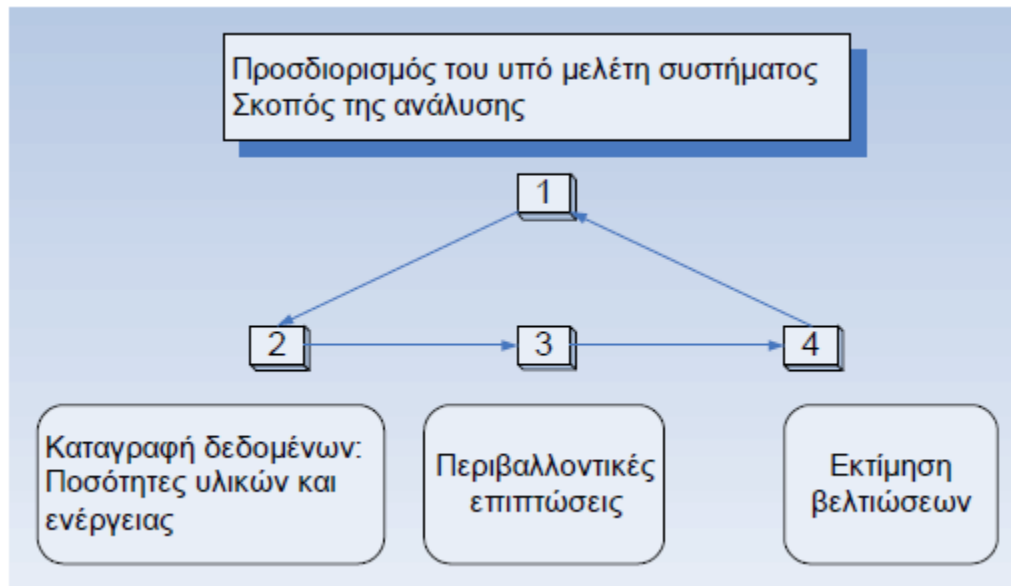
### **4.2.1 Ανάλυση Κύκλου Ζωής**

#### **4.2.1.1 Ορισμός - Περιγραφή**

Πρόκειται για μία μεθοδολογία η οποία εμφανίζεται αρχικά στα τέλη της δεκαετίας του '70, όμως η τυποποίηση της πραγματοποιήθηκε από τον Οργανισμό Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) το 1993 και, έπειτα, ακολούθησε διεθνής τυποποίηση από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO). Είναι μια μέθοδος που ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τον SETAC: «Η AKZ είναι ένας συστηματικός τρόπος αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίδρασης προϊόντων ή υπηρεσιών παρακολουθώντας τα από την κούνια μέχρι τον τάφο. Αυτή η προσέγγιση συνεπάγεται την αναγνώριση και την ποσοτικοποίηση της εκπομπής ρύπων και την κατανάλωση υλικών που επηρεάζουν το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας» (Moussiopoulos and Boura, 1998). Ενώ, ο κατά ISO ορισμός της είναι ο εξής: Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μία τεχνική για την εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών

επιδράσεων που συνδέονται με ένα προϊόν (ή υπηρεσία), μέσω της σύνταξης ενός ποσοτικού διαγράμματος (inventory) των εισροών και των εκροών, την αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων που συνδέονται με αυτά και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων του καταλόγου και του αντίκτυπου των σταδίων παραγωγής, σε σχέση με τους στόχους της μελέτης» (ISO, 1998). Στην προκειμένη περίπτωση το υπό μελέτη «προϊόν» είναι το κτήριο.



Εικόνα 4.1: Τεχνικό Πλαίσιο A.K.Z (Πηγή: Moussiopoulos and Boura, 1998)

Οι βασικές αρχές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που παρουσιάζονται στα πρότυπα ISO 14040-14043 είναι οι εξής (Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης, 2010):

1. Ο καθορισμός των στόχων και του αντικειμένου της ανάλυσης: Όρια της ανάλυσης, λειτουργική μονάδα, βαθμός λεπτομέρειας,
2. Η καταγραφική ανάλυση: Προσδιορισμός εισροών – εκροών από το εξεταζόμενο σύστημα προϊόντος,
3. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
4. Η ταξινόμηση και ο χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
5. Η ανάλυση των προοπτικών βελτίωσης, κατά την οποία απαιτείται τόσο η εξέταση των τεχνικών που συνεπάγονται βελτίωση της κατάστασης του περιβάλλοντος όσο και η συνδυαστική εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητάς τους.

Πιο αναλυτικά, η σειρά προτύπων ορίζει τα παρακάτω στάδια της Α.Κ.Ζ.:

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14040: Προσδιορισμός του στόχου και της έκτασης της μελέτης (ISO,2006)

Στο αρχικό στάδιο προσδιορίζεται η επιδίωξη της μελέτης, το αντικείμενό της, η λειτουργική μονάδα, τα υλικά, οι διαδικασίες και το υπό μελέτη σύστημα. Στο στάδιο αυτό, το σύστημα αποτυπώνεται με τη μορφή διαγραμμάτων ροής. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο διεργασιών, οι οποίες συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον με δύο τρόπους : με τις εισροές υλικών (πρώτων υλών) και ενέργειας που δέχεται από αυτό και, επίσης, μέσω των εκπομπών αέριων, στερεών και υγρών που διοχετεύει σε αυτό.

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14041: Αναλυτική απογραφή δεδομένων (ISO, 1998)

Αυτό το πρότυπο περιγράφει τον τρόπο διεξαγωγής μιας αναλυτικής απογραφής κύκλου ζωής. Στο στάδιο αυτό τα δεδομένα εισαγωγής (εισροές) είναι οι πρώτες ύλες και η ενέργεια, ενώ οι εκροές είναι οι αέριες εκπομπές, τα στερεά και τα υγρά απόβλητα. Οι εισροές και οι εκροές καταγράφονται για κάθε στάδιο του υπό μελέτη συστήματος. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «απογραφή δεδομένων» (inventory analysis). Η ενότητα αυτή καλύπτει επτά βασικές περιοχές: αντικείμενο, αναφορές, ορισμούς, αναλυτική εισαγωγή, προσδιορισμό του στόχου και της έκτασης, οδηγίες για την προετοιμασία μιας αναλυτικής απογραφής κύκλου ζωής και την τελική έκθεση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα της καταγραφής συναθροίζονται για το υπό μελέτη σύστημα.

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14042: Εκτίμηση επιπτώσεων (ISO, 2000a)

Οι αρχές και η διαδικασία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής παρουσιάζονται σ' αυτό το πρότυπο, το οποίο χωρίστηκε πρόσφατα στις ακόλουθες τέσσερις περιοχές: ταξινόμηση, χαρακτηρισμό, ανάλυση "σπουδαιότητας" και αξιολόγηση. Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εκτιμώνται από τα διάφορα περιβαλλοντικά εργαλεία:

| Κατηγορία Περιβαλλοντικής Επίπτωσης | Κλίμακα                            | Κύριες εκπομπές που σχετίζονται με την επίπτωση (κατηγοριοποίηση)          | Περιγραφή συντελεστή κατηγοριοποίησης   |
|-------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| Φαινόμενο του θερμοκηπίου           | Παγκόσμια                          | CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CFCs, HCFCs          | Ισοδύναμη ποσότητα CO <sub>2</sub> Το δυναμικό του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι για 10, 50 ή και 500 έτη  |
| Στρατοσφαιρικό όζον                 | Παγκόσμια                          | CFCs, HCFCs, Αλογονούχες ενώσεις (Halon)                                   | Ισοδύναμη ποσότητα τριχλωροφθορομεθανίου (CFC-11)   |
| Οξίνιση                             | Περιφερειακή, Τοπική               | SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , HCl, HF, NH <sub>4</sub>               | Ισοδύναμη ποσότητα ιόντων υδρογόνου H <sup>+</sup>  |
| Ευτροφισμός                         | Τοπική                             | PO <sub>4</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub>                    | Ισοδύναμη ποσότητα φωσφορικών PO <sub>4</sub>   |
| Φωτοχημικό νέφος                    | Τοπική                             | NMHC (non methane hydrocarbon)   | Ισοδύναμη ποσότητα αιθανίου C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>   |
| Τοξικότητα εδάφους                  | Τοπική                             | Χημικές τοξικές ουσίες με δημοσιευμένη θανατηφόρα επίπτωση σε τρωκτικά ζώα | Μετατροπή του LC <sub>50</sub> σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων  |
| Τοξικότητα νερού                    | Τοπική                             | Χημικές τοξικές ουσίες με δημοσιευμένη θανατηφόρα επίπτωση σε ψάρια        | Μετατροπή του LC <sub>50</sub> σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων  |
| Ανθρώπινη υγεία                     | Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική | Συνολικές εκπομπές στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος                      | Μετατροπή του LC <sub>50</sub> σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων  |
| Μείωση φυσικών πηγών                | Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική | Ποσότητες ορυκτών και φυσικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται                | Μετατροπή των εισερχόμενων δεδομένων σε λόγο των ποσοτήτων των φυσικών πηγών που χρησιμοποιούνται προς τις ποσότητες αυτών που έχουν μείνει ως απόθεμα  |
| Χρήση γης                           | Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική | Διαθεσιμότητα γης  | Μετατρέπεται η μάζα των στερεών αποβλήτων σε όγκο με χρήση της πυκνότητας   |
| Χρήση νερού                         | Περιφερειακή και Τοπική            | Έλλειμμα υδάτινου δυναμικού  | Μετατροπή των εισερχόμενων δεδομένων σε λόγο των ποσοτήτων των υδάτινων πόρων που χρησιμοποιούνται προς τις ποσότητες αυτών που έχουν μείνει ως απόθεμα |

Πίνακας 4.1: Συνηθέστερες κατηγορίες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Πηγή: Curran, 2006)

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14043: Ερμηνεία αποτελεσμάτων και Εκτίμηση βελτιώσεων (ISO, 2000b)

Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιείται ως οδηγός για την εξέταση και αποτίμηση των αποτελεσμάτων της Α.Κ.Ζ. Η εκτίμηση των βελτιώσεων μπορεί να περιέχει τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως για παράδειγμα αλλαγές στο υπό μελέτη προϊόν ή στη διεργασία, στο σχεδιασμό, στη χρήση πρώτων υλών αλλά και στη χρήση από τον καταναλωτή/χρήστη, για παράδειγμα στη διαχείριση απορριμμάτων. Γενικά, αξίζει να σημειωθεί ότι το στάδιο της εκτίμησης των βελτιώσεων δεν έχει τυποποιηθεί και πραγματοποιείται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης, ενώ μόλις πρόσφατα χωρίστηκε σε τέσσερις περιοχές: συσχέτιση της



αναλυτικής απογραφής με την εκτίμηση των επιπτώσεων, συσχέτιση του αντικειμένου της ανάλυσης με τα εργαλεία βελτίωσης που χρησιμοποιούνται, συμπεράσματα και, τέλος, συστάσεις.

Ένας βασικός κύκλος διεργασιών της μεθοδολογίας Α.Κ.Ζ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες βασικές φάσεις των προϊόντων (Moussiopoulos and Boura, 1998):

I. Φάση χρήσης των πρώτων υλών:

Στη φάση αυτή πραγματοποιείται η καταγραφή της ποσότητας των πρώτων υλών που σχετίζονται με το υπό μελέτη σύστημα, καθώς και όλες οι διεργασίες που σχετίζονται με αυτές ( διαδικασία εξόρυξης, παραγωγής, μεταφοράς, διαχείρισης, τοποθέτησης κτλ.)

II. Φάση κατασκευής:

Αφορά τις διεργασίες παραγωγής που υφίστανται οι πρώτες ύλες μέχρι να προκύψει το τελικό προϊόν. Στη φάση αυτή περιλαμβάνονται και η διεργασία συσκευασίας και αυτή της μεταφοράς- διανομής του τελικού προϊόντος.

III. Φάση χρήσης:

Εδώ, μελετάται το προϊόν κατά τη λειτουργία του. Λόγου χάρη, στην περίπτωση του κτηρίου μελετώνται οι εισροές ενέργειας κατά τη λειτουργία του και οι εκροές που αυτό δίνει, από τις οποίες προσδιορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

IV. Φάση διαχείρισης:

Κατά τη φάση αυτή, το υπό μελέτη προϊόν βρίσκεται στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του και διερευνώνται τα σενάρια διαχείρισης του, τα οποία αφορούν είτε την εναπόθεση του σε χώρους υγειονομικής ταφής, είτε την ανακύκλωση του, είτε την επαναχρησιμοποίηση του.

#### **4.2.1.2 Εφαρμογή της Α.Κ.Ζ. στον Κτηριοδομικό Σχεδιασμό**

Ο χώρος των κατασκευών απαιτεί μια προσεκτική ανάπτυξη της μεθοδολογίας της Α.Κ.Ζ. και αυτό οφείλεται σε πολλές αβεβαιότητες που υπάρχουν στον τομέα αυτό, όπως είναι καταρχήν, η μεγάλη διάρκεια ζωής των κτηρίων, η οποία αρκετά συχνά ξεπερνά τα 50 χρόνια, δυσκολεύοντας, έτσι, τις εκτιμήσεις για την χρήση, αλλά και την διαχείριση, μετά το τέλος της ζωής του κτηρίου. Άλλο ένα στοιχείο που κάνει πιο σύνθετη την Α.Κ.Ζ. στα κτήρια είναι ο μεγάλος αριθμός των υλικών που συνθέτουν το κτήριο, οι πολύπλοκες σχέσεις που δημιουργούν μεταξύ τους κατά τη σύνθεση τους σε δομικά στοιχεία, καθώς και οι επισκευές, αλλαγές και αντικαταστάσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου. Επιπλέον κάποια ακόμα εμπόδια αποτελούν η μοναδικότητα κάθε κτηρίου και έτσι η δυσκολία τυποποίησης των διαδικασιών επεξεργασίας, η ανάγκη για εισαγωγή πολλών αρχικών δεδομένων ώστε να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα και, τέλος, η εμπλοκή πολλών ατόμων στις διαδικασίες του σχεδιασμού, της κατασκευής, της λειτουργίας και της τελικής διαχείρισης ενός κτηρίου. (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2003)

Συνεπακόλουθα, για να είναι εφικτή η εφαρμογή της Α.Κ.Ζ. οι διάφοροι ερευνητές χρησιμοποιούν μια σειρά τροποποιήσεων και παραδοχών για την επίτευξη αποτελεσμάτων σε σχέση με την Α.Κ.Ζ. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τη μελέτη Μυλωνά (2002), προτείνονται οι εξής τροποποιήσεις:

Α) Η μείωση των υπό εξέταση φάσεων του κύκλου ζωής και ο προσδιορισμός των συστημικών ορίων, ο οποίος να εξυπηρετεί στον προσδιορισμό αυτών των φάσεων που σχετίζονται άμεσα με τα κτήρια. Οι φάσεις που κυρίως ενδιαφέρουν είναι:

α) η παραγωγή των δομικών υλικών

β) η μεταφορά τους στο εργοτάξιο

γ) η διαδικασία της κατασκευής των κτηρίων

δ) και τέλος η λειτουργία του κτηρίου

Β) Η μείωση των παραμέτρων της καταγραφικής διαδικασίας. Ο περιορισμός των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών εξυπηρετεί σημαντικά στην απλοποίηση της μεθοδολογίας, λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων που θα έπρεπε να συλλεχθούν σε διαφορετική περίπτωση. Επιπλέον, επιτρέπει την ουσιαστική μελέτη των περιβαλλοντικών αυτών επιπτώσεων και την εξέταση εναλλακτικών μεταβλητών.

Γ) Με τον περιορισμό των παραμέτρων της καταγραφικής διαδικασίας, η μεθοδολογία θα πρέπει να επικεντρωθεί σε εκπομπές συγκεκριμένων ρύπων και άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Προτείνεται η μελέτη των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>), που προκύπτουν από την χρήση καυσίμων για όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής που μελετώνται. Για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις προτείνεται η μελέτη των δεικτών του φαινομένου του θερμοκηπίου (τόνοι ισοδύναμου CO<sub>2</sub> ανά m<sup>2</sup> κτηρίου), και της όξινης βροχής (τόνοι ισοδύναμου SO<sub>2</sub> ανά m<sup>2</sup> κτηρίου) καθώς είναι ευκολότερα κατανοητοί και υπολογίζονται αξιόπιστα.

Δ) Η χρήση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών δεδομένων. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι η χρήση βιβλιογραφικών πηγών και άλλων βάσεων δεδομένων είναι αποδεκτή, αρκεί να ελέγχεται η αξιοπιστία τους.

Ε) Η μείωση των εξεταζόμενων υλικών και στοιχείων που συνθέτουν ένα κτήριο. Με τον τρόπο αυτό απλοποιείται η συνολική εφαρμογή της μεθοδολογίας στον κτηριοδομικό σχεδιασμό, τα αποτελέσματα όμως της ανάλυσης δεν θα αφορούν σε ολόκληρο το κτήριο αλλά σε μέρος του.

Επιπρόσθετα, βάσει της ίδιας μελέτης, οι παραδοχές, που όπως ήδη αναφέρθηκε κρίνονται σκόπιμες για την αποτελεσματικότερη μελέτη σχέσης κτηρίου και περιβάλλοντος μέσω της ΑΚΖ, είναι οι ακόλουθες (Μυλωνάς, 2002):

1. Το κτήριο για τη μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής, ορίζεται ως σύνολο προϊόντων και διεργασιών.

2. Οι φάσεις του κύκλου ζωής των κτηρίων που λαμβάνονται υπόψη από την Α.Κ.Ζ είναι διαδοχικές, δηλαδή ολοκληρώνεται η μία για να ξεκινήσει η επόμενη.
3. Ο φέροντας οργανισμός των κτηρίων είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει διάρκεια ζωής ίση με 80 χρόνια.

Ενώ, άλλοι ερευνητές, όπως οι Arena and Rosa (2003) προτείνουν την εξέταση επιπλέον κριτηρίων εκτός του φαινομένου του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή, για να αξιολογηθεί η περιβαλλοντική επίδραση διάφορων κτηρίων κατά την Α.Κ.Ζ., όπως το φωτοχημικό νέφος, η κατανάλωση πόρων, ο ευτροφισμός και η τοξικότητα.

Όλοι, πάντως οι ερευνητές συμφωνούν ότι ο Κύκλος Ζωής του κτηρίου είναι μια σειρά από αλληλοσυνδεδεμένα στάδια που ξεκινά από την εξόρυξη των πρώτων υλών για την παραγωγή των δομικών υλικών, συνεχίζει με τη μετατροπή τους, μέσω της επεξεργασίας, στο τελικό προϊόν, έπειτα, ακολουθεί η μεταφορά τους στην οικοδομή, η κατασκευή του κτηρίου, η λειτουργία του και ο κύκλος ολοκληρώνεται με την αποδόμηση – κατεδάφιση του κτηρίου. Ο κύκλος ζωής προϋποθέτει την αναγνώριση των εισροών (δομικά υλικά και ενέργεια) και των εκροών (εκπομπές στερεών, υγρών και αέριων ρύπων) για το κτήριο. Συγκεκριμένα στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται οι εισροές και οι εκροές κάθε φάσης του κύκλου ζωής των κτηρίων:

| Φάσεις κύκλου ζωής            | Εισροές  | Εκροές  |
|-------------------------------|--|---|
| Παραγωγή δομικών υλικών       | Πρώτες ύλες, ενέργεια, διεργασίες, άλλα υλικά, πρόσμεικτα, πόρους. | Αέριες εκπομπές, στερεά απορρίμματα, υγρά απόβλητα, παραπροϊόντα. |
| Μεταφορές δομικών υλικών      | Καύσιμα – ενέργεια.  | Αέριες εκπομπές.  |
| Διαδικασία κατασκευής κτιρίων | Καύσιμα – ενέργεια, υλικά, διεργασίες, πόρους.                     | Αέριες εκπομπές, στερεά απορρίμματα.                              |
| Λειτουργία κτιρίου            | Ενέργεια, υλικά, διεργασίες, πόρους.                               | Αέριες εκπομπές, υγρά απόβλητα.                                   |
| Αποδόμηση – κατεδάφιση        | Καύσιμα – ενέργεια, διεργασίες.                                    | Αέριες εκπομπές, στερεά απορρίμματα, υλικά.                       |

Πίνακας 4.2: Εισροές και Εκροές κάθε σταδίου- φάσης του Κύκλου Ζωής Κτιρίων (Πηγή: Δυνατότητες αξιοποίησης της ανάλυσης κύκλου ζωής δομικών στοιχείων σκυροδέματος στον κτιριολογικό σχεδιασμό, Σ.Κ Μυλωνάς)

#### **4.2.2 Ενσωματωμένη ενέργεια**

Η ενσωματωμένη ενέργεια αποτελεί βοηθητική έννοια, την οποία χρησιμοποιούν οι διάφορες μεθοδολογίες των εργαλείων για να επιτύχουν αποτελέσματα, με την παρούσα διπλωματική να μην αποτελεί εξαίρεση. Είναι η ενέργεια που καταναλώνεται για να δημιουργηθεί ένα προϊόν. Δηλαδή η ενέργεια που απαιτείται για την εξόρυξη των πρώτων υλών, την παραγωγή, τη δημιουργία και τη μεταφορά του προϊόντος που παρασκευάζεται στον χώρο χρήσης του. Επειδή, ακριβώς, η ενσωματωμένη ενέργεια

περιέχει την παραγωγική διαδικασία που πραγματοποιείται σε κάθε τόπο παραγωγής, είναι πιθανόν η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού από χώρα σε χώρα να διαφέρει σημαντικά. Αυτό συμβαίνει, εξαιτίας των διαφορών που υπάρχουν στις τεχνολογίες παραγωγής των υλικών και της κατασκευής του ίδιου του κτηρίου, στις μετακινήσεις από το εργοστάσιο έως και τον τόπο κατασκευής αλλά και στις διαφορές στον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, οφείλεται και στα διαφορετικά μείγματα καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε κάθε χώρα και, για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η εύρεση του συντελεστή προσαρμογής στα δεδομένα της κάθε χώρας. (Κορωναίος, 2005)

### **4.2.3 Ανθρακικό Αποτύπωμα**

Πρόκειται, και αυτό, για βοηθητική έννοια και όχι για μεθοδολογία, όμως είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις μεθοδολογίες και τα εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης, με το λογισμικό που αναπτύσσεται σε αυτήν την διπλωματική να μην αποτελεί εξαίρεση. «Μετρά το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που δημιουργούνται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός ατόμου, μίας δράσης, μίας επιχείρησης ή ενός οργανισμού ή από τη διαδικασία παραγωγής, χρήσης & ανακύκλωσης/ανάκτησης ενός προϊόντος, ή από τη διαδικασία παροχής μίας υπηρεσίας. Τα αποτελέσματα ενός τέτοιου υπολογισμού εκφράζονται σε ισοδύναμα γραμμάρια, κιλά ή τόνους διοξειδίου του άνθρακα [ $CO_2e$ ].» (Wright L., Kemp. S., Williams I., 2011). Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της κατασκευής ενός κτηρίου οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προέρχονται από την ενέργεια που έχει χρησιμοποιηθεί για να παραχθούν τα δομικά υλικά (ή ενσωματωμένη ενέργεια) και από την ενέργεια που καταναλώνεται για την τοποθέτηση των υλικών αυτών στο κτήριο.

Η αύξηση της συγκέντρωσης  $CO_2$  στην ατμόσφαιρα, λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων και της εκτεταμένης αποψίλωσης των δασών, προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας της τροπόσφαιρας, εξαιτίας του γεγονότος ότι το  $CO_2$  έχει την ιδιότητα να παγιδεύει την υπέρυθη ακτινοβολία (ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου). Η συμμετοχή της βιομηχανικής παραγωγής των δομικών υλικών δεν είναι αμελητέα στην διαταραχή του κύκλου του άνθρακα, αφού χρησιμοποιεί κατά κόρον ορυκτά καύσιμα και την ξυλεία ως πρώτη ύλη. (Κορωναίος, 2005)



Εικόνα 4.2: Ανθρακικό Αποτύπωμα (Πηγή: [www.caglecartoons.com](http://www.caglecartoons.com))

#### **4.2.4 Οικολογική προτίμηση**

Η οικολογική προτίμηση βασίζεται σε ένα συχνά ενημερωμένο εγχειρίδιο που περιλαμβάνει συγκριτικούς πίνακες οι οποίοι επιτρέπουν την κατάταξη των δομικών υλικών. Η μέθοδος της οικολογικής προτίμησης δεν είναι τόσο αυστηρή όσο θα ήταν η υποβολή όλων των δομικών προϊόντων σε πλήρη ανάλυση του κύκλου ζωής. Είναι όμως εύκολη στη χρήση γιατί διευκολύνει τον μελετητή ή τον καταναλωτή να επιλέξει το δομικό υλικό για τη χρήση που επιθυμεί ελαχιστοποιώντας τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. (Κορωνάιος, 2005)

#### **4.2.5 Πολυκριτηριακή ανάλυση**

Η πολυκριτηριακή ανάλυση, είναι κλάδος της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας. Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι μια ποσοτικά -ποιοτική- μέθοδος αξιολόγησης πολλαπλών και κατά κανόνα, αντικρουόμενων κριτηρίων κατά τη λήψη μίας απόφασης. Τα τελευταία χρόνια, με τη θεώρηση και της περιβαλλοντολογικής-οικολογικής συνιστώσας, η ανάγκη επιλογής, όσο το δυνατόν βέλτιστης, πολιτικής απόφασης έχει καταστήσει την πολυκριτηριακή ανάλυση βασικό εργαλείο υποστήριξης της λήψης αποφάσεων. Η πολυκριτηριακή ανάλυση προϋποθέτει, αφενός, τη διατύπωση όλων των κριτηρίων που σχετίζονται με τη λήψη της απόφασης με ποσοτικούς όρους και αφετέρου, την ενσωμάτωση τους σε μια ενιαία αριθμητική έκφραση, η οποία είναι γνωστή ως συνάρτηση χρησιμότητας. Σύμφωνα, με τη μεθοδολογία αυτή η περιβαλλοντική συμπεριφορά των υλικών αναλύεται σε συνιστώσες οι οποίες έχουν διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Έτσι, υπολογίζεται τόσο η συγκεντρωμένη βαθμολογία ενός υλικού όσο και στοιχεία για τη περιβαλλοντική επίπτωση των υλικών σε επί μέρους αποδέκτες (έδαφος, ατμόσφαιρα, νερό) ή σε επιμέρους περιοχές ενδιαφέροντος (υγεία, ενεργειακή κατανάλωση κλπ.). (Μαυρίδου κ.α., 2010)

### **4.3 Κατηγορίες Εργαλείων**

#### **4.3.1 Κριτήρια κατηγοριοποίησης εργαλείων**

Ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των διάφορων εργαλείων και μεθόδων περιβαλλοντικής αξιολόγησης για να γίνει πιο εύκολη η ανάλυση κάποιων βασικών από κάθε ομάδα.

Το Annex 31 είναι ένα παράρτημα ιδρυθέν υπό την αιγίδα του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας με την Συμφωνία για Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτήρια καθώς και στα Συστήματα Μεταφορών (International Energy Agency's (IEA) Agreement on Energy Conservation in Buildings and Community Systems). Σκοπός του παραρτήματος αυτού είναι η παροχή πληροφοριών σχετικά με τα διάφορα εργαλεία και τις μεθόδους αξιολόγησης καθώς, επίσης, και το πώς μέσω αυτών θα καταστεί δυνατόν να βελτιωθεί ο αντίκτυπος των κτηρίων στο παγκόσμιο περιβάλλον. Το Annex 31 διαχωρίζει τα εργαλεία (tools) από τα μέσα (instruments) και τις μεθόδους (methods). (IEA 1997)

Μέθοδο περιβαλλοντικής αξιολόγησης αποτελεί μια, οποιαδήποτε, διαδικασία που στηρίζεται σε επιστημονικά προσανατολισμένους κανόνες (όπως λ.χ. η Ανάλυση Κύκλου

Ζωής σύμφωνα με το ISO 14040). Από την άλλη πλευρά, τα μέσα χρησιμοποιούνται στην λήψη και στήριξη των αποφάσεων σχεδιασμού (όπως λ.χ. ένας κατάλογος που περιλαμβάνει τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά διάφορων υλικών). Αντίθετα, το εργαλείο αναφέρεται σε λογισμικό που πραγματοποιεί υπολογισμούς και αξιολογήσεις με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή και παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων από τον χρήστη για κάθε συγκεκριμένο έργο, όπως επίσης και την δυνατότητα πρόσβασης σε διάφορες παγκόσμιες ή εθνικές βάσεις περιβαλλοντικών δεδομένων. Αξιοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα υλοποιεί διάφορους υπολογισμούς που καταλήγουν σε αξιολόγηση των κτηρίων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Η δημιουργία τέτοιων «εργαλείων» παρουσιάζει έντονη κινητικότητα στον διεθνή χώρο δυσχεραίνοντας έτσι την επιλογή του καταλλήλου. Επομένως η κατηγοριοποίηση των εργαλείων κρίνεται αναγκαία έτσι ώστε να καταδειχθούν τυχόν διαφορές στη δομή αλλά και το περιεχόμενο των εκάστοτε λογισμικών και να συμβάλει στην επιλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση. Η κατηγοριοποίηση γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια (Μπίκας, 2004):

1. το πεδίο εφαρμογής τους
2. το εύρος και την εμπλοκή τους στην διαδικασία λήψης αποφάσεων (τόσο σχεδιασμού όσο και αξιολόγησης)
3. τη φύση της μεθόδου
4. το εύρος των περιβαλλοντικών παραμέτρων που καλύπτονται

Το πεδίο εφαρμογής (κριτήριο 1) αφορά τα διάφορα χαρακτηριστικά που εξετάζει το κάθε εργαλείο έτσι ώστε να διαμορφώσει την τελική αξιολόγηση του προϊόντος και συγκεκριμένα αυτά είναι:

- α) τα οικοδομικά υλικά
- β) η κατασκευαστική δομή του κτηρίου στο σύνολό της
- γ) ο άμεσος αλλά και ο ευρύτερος περιβάλλον χώρος του κτηρίου (αστικό, περιαστικό κ.τ.λ.).

Το δεύτερο κριτήριο (δηλαδή το εύρος και η εμπλοκή των εργαλείων στην διαδικασία λήψης αποφάσεων) αναφέρεται στην προοπτική που έχουν τα εργαλεία να αξιοποιηθούν σε διαδικασίες είτε μεμονωμένης επιλογής, είτε γενικότερης λήψης αποφάσεων. Οι δυνατότητες αυτές των εργαλείων είτε εντάσσονται στις κύριες φάσεις μιας «τυπικής» διαδικασίας σχεδιασμού (όπως λ.χ. σύγκριση σε φάση προμελέτης ανάμεσα σε διάφορες εναλλακτικές λύσεις υλικών για τον φέροντα οργανισμό συγκεκριμένου κτηρίου από περιβαλλοντικής σκοπιάς), είτε διενεργούνται παράλληλα, ανεξάρτητα, ή συμπληρωματικά με τον κτηριοδομικό σχεδιασμό (όπως λ.χ. επιλογή της κατάλληλης μόνωσης με βάση περιβαλλοντικά κριτήρια σε φάση οριστικής μελέτης για συγκεκριμένο έργο), είτε, τέλος, μπορούν να εφαρμοσθούν σε υφιστάμενα ολοκληρωμένα κτήρια. Επομένως με βάση αυτό το κριτήριο διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- α) Προμελέτη (νέων κτηρίων)
- β) Οριστική Μελέτη (νέων κτηρίων)

- γ) Μελέτη εφαρμογής (νέων κτηρίων)
- δ) Αυτόνομες διαδικασίες επιλογής
- ε) Αξιολόγηση υφιστάμενων κτηρίων

Το κριτήριο 3 διασαφηνίζει τη φύση και τον χαρακτήρα της μεθόδου ή του εργαλείου κατατάσσοντας τα σε τρεις, κύριες κατηγορίες:

- α) Συστήματα πληροφόρησης και εργαλεία σύγκρισης
- β) Εργαλεία που δρουν υποστηρικτικά στις αποφάσεις σχεδιασμού
- γ) Συστήματα ολοκληρωμένης αξιολόγησης

Το κριτήριο 4, το εύρος των χαρακτηριστικών και παραμέτρων που καλύπτονται από τα διάφορα εργαλεία κινείται γύρω από έναν πυρήνα που περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- α) Κατανάλωση φυσικών πόρων (κατανάλωση και διαχείριση τόσο του νερού όσο και της ενέργειας, επιλογή και εφαρμογή των οικοδομικών υλικών με αξιολόγηση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών τους)
- β) Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμική, οπτική αλλά και ακουστική άνεση)
- γ) Επιβάρυνση του περιβάλλοντος με την παραγωγή βλαβερών εκπομπών (στερεά-υγρά απόβλητα, αέριες εκπομπές)
- δ) Παρακολούθηση της λειτουργίας του κτηρίου καθ' όλη την διάρκεια της χρήσης του
- ε) Υποχρεώσεις των φορέων σχεδιασμού και εκτέλεσης των έργων
- ς) Επιπτώσεις του κτηρίου στο άμεσο περιβάλλον (αισθητικές, λειτουργικές, στο έδαφος, στο μικροκλίμα κ.λπ.)

### **4.3.2 Κατάταξη και Ομαδοποίηση των Εργαλείων**

#### **4.3.2.1 Σύστημα αξιολόγησης ATHENA**

Σύμφωνα με το ινστιτούτο ATHENA Sustainable Materials Institute η ταυτόχρονη εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στον διεθνή χώρο οδηγεί στην ομαδοποίηση των εργαλείων σε 3 κύρια επίπεδα, τα οποία αποτελούν και το σύστημα αξιολόγησης που παρουσίασε το 2000 με τον όρο «Τυπική κατάταξη των εργαλείων αξιολόγησης» ή πιο απλά «ταξινόμηση ATHENA» (Athena Sustainable Materials Institute, 2000).

Στην πρώτη ομάδα εντάσσονται τα συστήματα πληροφόρησης και τα εργαλεία σύγκρισης (3α) προϊόντων (1α), τα οποία χρησιμοποιούνται είτε σε φάσεις σχεδιασμού απλών συστημάτων (όπως λ.χ. ανάλυση διάφορων κατασκευαστικών λύσεων σε κτήρια), είτε για την επιλογή των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στο εργοτάξιο με βάση διάφορα περιβαλλοντικά κριτήρια (4α) και (4γ) σε ανεξάρτητες από τον κτηριακό διαδικασίες επιλογής (2δ). Τα εργαλεία αυτά έχουν την δυνατότητα να αποτελούνται από αποκλειστικά περιβαλλοντικά, ή αποκλειστικά οικονομικά ή και άλλα χαρακτηριστικά καθώς και συνδυασμό των προαναφερθέντων, να στηρίζονται στην Ανάλυση Κύκλου

Ζωής ή να χρησιμεύουν για την σύνταξη μιας διαδικασίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα που εντάσσονται σε αυτήν την ομάδα είναι το BEES, το TEAM, το SIMAPRO καθώς και ο «οδηγός» ERG.

Στην δεύτερη ομάδα ανήκουν εργαλεία που καλύπτουν το εύρος του συνολικού κτηρίου (1β και 1γ) με σκοπό την αξιολόγηση και υποστήριξη των αποφάσεων του κτηριοδομικού σχεδιασμού (3β) σε όσο το δυνατόν πιο πρώιμο στάδιο (2α και 2β). Τα περισσότερα προγράμματα αυτής της ομάδας έχουν ως βάση για την περαιτέρω ανάλυση ενός κτηρίου είτε μια συγκεκριμένη παράμετρο θεώρησης των περιβαλλοντικών κριτηρίων (λ.χ. επιπτώσεις του κύκλου ζωής στο περιβάλλον), είτε συνδυασμό διάφορων παραμέτρων, όπως αυτές που παρουσιάζονται στο κριτήριο 4. Όλα τα προγράμματα σε αυτήν την ομάδα εξαρτώνται από εξειδικευμένα δεδομένα, επιλεγμένα από τον εκάστοτε προγραμματιστή, με σκοπό να συνδεθούν με διεθνή πρότυπα και οδηγίες (ISO, ASTM, ASHRAE κ.α.). Ορισμένα από τα προγράμματα εμπεριέχουν βαθμολογία είτε του συνολικού κτηρίου με βάση διάφορους συντελεστές βαρύτητας είτε για την κάθε παράμετρο ξεχωριστά (λ.χ. ενεργειακή συμπεριφορά). Τέλος, όλα τα προγράμματα της δεύτερης ομάδας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εισαγόμενα στοιχεία στην τρίτη ομάδα. Στην ομάδα αυτή εντάσσονται εργαλεία όπως το Athena ecocalculator, το Envest, το Ecoquantum κτλ.

Στην τρίτη ομάδα εντάσσονται εργαλεία τα οποία αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα ή πλαίσια αξιολόγησης (3γ). Τα περισσότερα αναλύουν και αξιολογούν ένα ευρύ φάσμα τόσο περιβαλλοντικών όσο και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων και χαρακτηριστικών (4α-4ε) που εμπεριέχονται στον όρο της βιωσιμότητας (sustainability). Τα λογισμικά σε αυτήν την τρίτη ομάδα επεξεργάζονται ένα σύνολο πληροφοριών που αποτελούνται τόσο από υποκειμενικά δεδομένα, με την εφαρμογή συστημάτων υποκειμενικής αξιολόγησης μέσω συντελεστών βαρύτητας και βαθμολογίας, όσο και από αντικειμενικά δεδομένα αφού έχουν την δυνατότητα να εισάγουν δεδομένα από τα εργαλεία της δεύτερης ομάδας που χαρακτηρίζονται ως αντικειμενικά αφού τα περισσότερα υπολογίζουν μια ποσότητα, όπως τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά την λειτουργία, λόγω χάρη. Σε αρκετά εργαλεία για να υλοποιηθεί η αξιολόγηση είναι απαραίτητοι οι εξωτερικοί ελεγκτές-αξιολογητές, ενώ τα περισσότερα καταλήγουν στην απονομή κάποιου πιστοποιητικού ή οικολογικού σήματος που συνοψίζει το περιβαλλοντικό προφίλ ή βεβαιώνει την απόδοση του εκάστοτε κτηρίου. Πολλά εκπληρώνουν τα κριτήρια ώστε να θεωρούνται εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ενώ όλα έχουν την δυνατότητα να εφαρμοστούν σε διάφορες φάσεις αξιολόγησης και ελέγχου των αποτελεσμάτων του σχεδιασμού, είτε νέων, είτε υφιστάμενων κτηρίων. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των προγραμμάτων είναι η απαίτηση συγκέντρωσης μεγάλου αριθμού δεδομένων, ώστε να μπορέσει να υλοποιηθεί η διαδικασία της αξιολόγησης, με σκοπό την κατά το δυνατόν πιο «αντικειμενική» προσέγγιση του εύρους και του βάθους των παραμέτρων της αξιολόγησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εργαλείων της τρίτης ομάδας αποτελούν το LEED (Η.Π.Α.), το GBTool (διεθνές), το SusCon (Ευρωπαϊκή Ένωση) και πολλά άλλα.

Τα εργαλεία της τρίτης ομάδας αναφέρονται στις περιοχές β) και γ) του κριτηρίου 1, καλύπτουν τις κατηγορίες β), γ) και ε) του κριτηρίου 2 εντάσσονται στην κατηγορία γ) του κριτηρίου 3 και αξιοποιούν δεδομένα προερχόμενα από τις κατηγορίες α) και β) του



ίδιου κτηρίου. Τέλος όσον αφορά το κριτήριο 4, τα χαρακτηριστικά και οι παράμετροι που παρουσιάζονται στις κατηγορίες του καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από τα λογισμικά της ομάδας αυτής.

Η έννοια της περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτηρίων εμπεριέχει τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του κτηρίου με βάση την λειτουργία του -υποθετική, εικονική, πραγματική- σε σύγκριση με ένα συγκεκριμένο σύνολο κτηρίων. Στα περισσότερα εργαλεία της ομάδας αυτής, η βαθμολογία του εκάστοτε κτηρίου προκύπτει από την σύγκριση της απόδοσης του αντικειμένου αξιολόγησης (κτηρίου) με την αντίστοιχη ενός αντικειμένου «αναφοράς». Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ευρέως γνωστή ως συγκριτική αξιολόγηση ή benchmarking. Το επίπεδο της απόδοσης αναφοράς, που τίθεται, δηλαδή, ο πήχης της σύγκρισης, έχει την δυνατότητα να προσδιορίζεται είτε από την κοινή πρακτική της αγοράς (σύγκριση με «συμβατικά» κτήρια της περιοχής), είτε από διάφορους κανονισμούς, είτε, τέλος, να αποτελεί μία απόδοση στόχο. Τέλος, αρκετά εργαλεία σε αυτό το επίπεδο χρησιμοποιούν συντελεστές βαρύτητας με σκοπό να προσδιορίσουν την σπουδαιότητα των διαφορετικών παραμέτρων στην τελική βαθμολογία των κτηρίων. (Μπίκας, 2004)

#### **4.3.2.2 Σύστημα αξιολόγησης IEA Annex 31**

Σύμφωνα με το πρόγραμμα IEA Annex 31, η λειτουργία του οποίου αναφέρθηκε πιο πάνω, η κατάταξη των εργαλείων πραγματοποιείται σε πέντε κατηγορίες αντί για τρεις που προτείνει το ινστιτούτο ATHENA, με τις δύο, όμως, κατηγοριοποιήσεις να έχουν την δυνατότητα να συνδυαστούν. (IEA Annex 31, 2004)

Συγκεκριμένα, στην **πρώτη κατηγορία** ανήκουν προγράμματα software που εκτελούν την μοντελοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση ενός κτηρίου με βάση διάφορες παραμέτρους όπως την ηλιοφάνεια, την θερμομόνωση κ.α. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το ECOTECH και το ENER\_RATE.

Στην **δεύτερη κατηγορία** εντάσσονται τα περιβαλλοντικά εργαλεία ανάλυσης κύκλου ζωής για τα κτήρια. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα εργαλεία που στην ταξινόμηση ATHENA κατατάσσονται στην πρώτη και δεύτερη ομάδα, όπως το BEES από την πρώτη ομάδα και το Envest 2 από την δεύτερη ομάδα.

Στην **τρίτη κατηγορία** εμπεριέχονται τα συστήματα ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής αξιολόγησης και κατάταξης, της τρίτης ομάδας σύμφωνα με την ταξινόμηση ATHENA, όπως το BREEAM και το Ekoprofile.

Στην **τέταρτη κατηγορία** ανήκουν οι διάφοροι περιβαλλοντικοί οδηγοί και κατάλογοι που βοηθάνε στον σχεδιασμό και την διαχείριση των κτηρίων, όπως ο NYC High Performance Building Guide και το Environmental Management Toolkits.

Στην **πέμπτη**, και τελευταία, **κατηγορία** περιλαμβάνονται οι περιβαλλοντικές δηλώσεις προϊόντων, οι πληροφορίες αναφορών, οι πιστοποιήσεις και τα διάφορα σήματα, όπως το Swan Ecolabel και BM Bau Building Passport.

## **4.4 Παρουσίαση Ορισμένων Βασικών Εργαλείων**

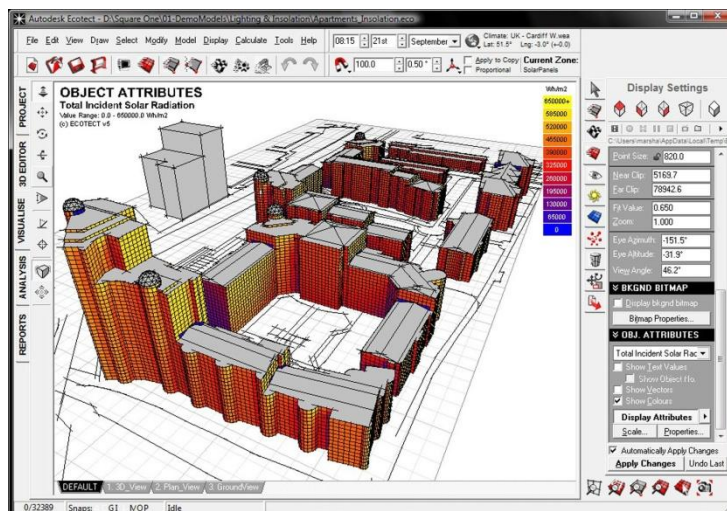
### **4.4.1 Πρόγραμμα IEA Annex - Πρώτη Κατηγορία**

#### **4.4.1.1 Ecotect**

Το πρόγραμμα αυτό, το οποίο αναπτύχθηκε από την εταιρεία Autodesk, αποτελεί ένα εργαλείο ανάλυσης κτηρίων σε τρισδιάστατο περιβάλλον. Χρησιμοποιείται στα αρχικά στάδια σχεδιασμού του κτηρίου και εστιάζει στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται, τόσο με τον σχεδιασμό και το σχήμα του κτηρίου, όσο και με τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται. Έχει σχεδιαστεί με σκοπό να ενσωματώσει τα δεδομένα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του κτηρίου και των μεμονωμένων υλικών στα εργαλεία σχεδιασμού τύπου CAD. Το Ecotect προσφέρει ένα ευρύ φάσμα προσομοίωσης και ανάλυσης της ενεργειακής κατανάλωσης κατά την λειτουργία του κτηρίου, επιτρέποντας τον σχεδιασμό κτηρίων υψηλής περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης (Department of the Environment and Heritage of Australia).

Αρχικά, εισάγεται από τον μελετητή η γεωμετρία του κτηρίου, μέσω του σχεδιασμού του ακριβώς όπως στα προγράμματα CAD, έπειτα η γεωμετρία και το πάχος των διάφορων υλικών που χρησιμοποιούνται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Στην συνέχεια, το πρόγραμμα αποφασίζει αυτόματα για διάφορα απαραίτητα στοιχεία ανάλογα με τον τρόπο που το κτήριο έχει δημιουργηθεί και διάφορα, άλλα δεδομένα που δίνει ο χρήστης, όπως η γεωγραφική περιοχή, λόγου χάρη.

Με βάση τα παραπάνω το πρόγραμμα εκτελεί, καταρχήν, ενεργειακή ανάλυση ολόκληρου του κτηρίου, υπολογίζει δηλαδή την συνολική κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά την λειτουργία του κτηρίου σε ετήσια, μηνιαία, καθημερινή αλλά και ωριαία βάση, χρησιμοποιώντας μια παγκόσμια βάση δεδομένων με πληροφορίες για τον καιρό. Υπολογίζει, επίσης, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία και αναλύει τις επιπτώσεις της χρησιμοποίησης του κτηρίου και του εξοπλισμού του καταλήγοντας έτσι σε μία θερμική ανάλυση που επιτρέπει μια πλήρη εκτίμηση της θερμικής απόκρισης (θερμότητα που παράγεται μείον θερμότητα που χάνεται από κουφώματα κλπ.) οποιοσδήποτε ζώνης του κτηρίου. Έχει, επιπλέον, την δυνατότητα να παρέχει αποτελέσματα για την χρήση νερού και το κόστος αυτής, εσωτερικά και στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου. Τέλος, σημειώνει τη θέση και την πορεία του ήλιου σχετικά με το μοντέλο σε οποιαδήποτε ημερομηνία, χρόνο ή θέση κατά τη διάρκεια του έτους. Το Ecotect παράγει αυτόματα τα διαγράμματα πορείας ήλιου, ώστε να παρουσιαστεί η σκίαση κατά χρονικές περιόδους, για ολόκληρο το έτος, σε οποιοδήποτε σημείο μέσα σε ένα μοντέλο, καθώς και η επιρροή των γύρω κτηρίων, και με τον τρόπο αυτό υπολογίζει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε όλες τις επιφάνειες καθώς και τις σκιές και αντανάκλασεις. Βοηθάει, έτσι, στον σχεδιασμό και τη μελέτη των ηλιοπροστατευτικών διατάξεων, καθώς, και τη μελέτη φωτισμού. Άλλες δυνατότητες που παρέχονται από το πρόγραμμα είναι η μελέτη εξαερισμού και ροής αέρα, η ακουστική ανάλυση και, τέλος, η ανάλυση της διαχείρισης των πόρων



Εικόνα 4.3: Autodesk Ecotect Analysis ([www.technodiastasi.eu](http://www.technodiastasi.eu))

## **4.4.2 Πρόγραμμα IEA Annex – Δεύτερη Κατηγορία**

### **4.4.2.1 Bees**

Το εργαλείο Bees αποτελεί ένα λογισμικό που έχει σαν στόχο την μέτρηση της περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης μιας κατασκευής. Αναπτύχθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (National Institute of Standards and Technology) με την υποστήριξη της EPA (Environmental Protection Agency) και σχεδιάστηκε ώστε να είναι πρακτικό και ευέλικτο για αυτόν τον λόγο λειτουργεί σε περιβάλλον Windows και, συγκεκριμένα, αποτελεί ένα διαδικτυακό εργαλείο (National Institute of Standards and Technology, 2010).

Το εργαλείο αυτό, υπολογίζει, ουσιαστικά, την περιβαλλοντική επίδοση του κτηρίου εφαρμόζοντας την ανάλυση του κύκλου ζωής, όπως αυτή ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 14040. Μέσα από την εφαρμογή του αναλύονται όλα τα στάδια του κύκλου ζωής μιας κατασκευής εφόσον όλα τα στάδια στη ζωή ενός προϊόντος έχουν ως απόρροια περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που χρήζουν περαιτέρω ανάλυσης. Εκτιμάται, επίσης, και η οικονομική λειτουργία της κατασκευής σε όλα τα στάδιά της, με βάση το διεθνές πρότυπο ASTM: αρχική επένδυση, λειτουργία, συντήρηση, επισκευή και τελική διάθεση. Οι δύο αυτές επιδόσεις, οικονομική και περιβαλλοντική, μπορούν να συνδυαστούν δίνοντας ένα αποτέλεσμα για την συνολική επίδοση της κατασκευής.

Το λογισμικό απευθύνεται σε μελετητές και κατασκευαστές κτηρίων και παραγωγούς προϊόντων και περιλαμβάνει επικαιροποιημένα δεδομένα που αναφέρονται στην περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση 230 οικοδομικών προϊόντων. Το πρότυπο UNIFORMAT II της ASTM είναι αυτό που έχει χρησιμοποιηθεί για το σύνολο της ανάλυσης των οικοδομικών προϊόντων.

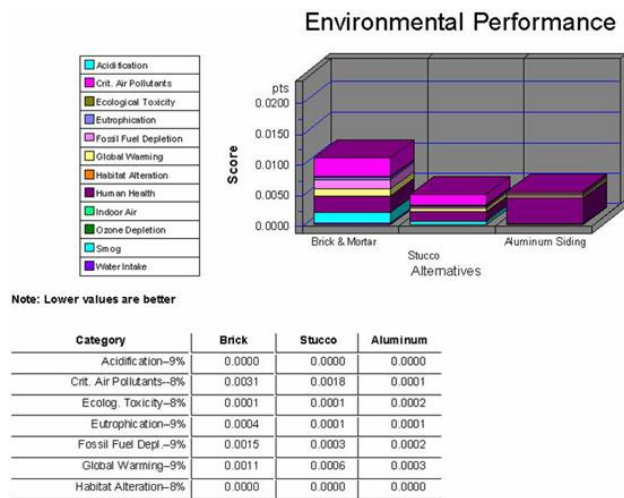
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ανάλυση αυτή καλύπτει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων δηλαδή: την εξόρυξη πρώτων υλών, την παραγωγή

προϊόντων, τις διάφορες μεταφορές, την τοποθέτηση-ενσωμάτωσή τους στο έργο, τη χρήση και, τέλος, τη διαχείριση των απορριμμάτων. Για όλα τα παραπάνω στάδια του κύκλου ζωής εκτελείται ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων δίνοντας αποτελέσματα για δέκα κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι: το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή, η εξάντληση φυσικών πόρων, η ποιότητα εσωτερικού αέρα, τα στερεά απόβλητα, ο ευτροφισμός, η οικοτοξικότητα, η ανθρωποτοξικότητα και, τέλος, η καταστροφή της στοιβάδας της λωρίδας του όζοντος και το νέφος.

Από την άλλη πλευρά, η οικονομική απόδοση προσδιορίζεται με εφαρμογή της πρότυπης μεθόδου κοστολόγησης κύκλου ζωής (E 917-99 ) της ASTM, η οποία λαμβάνει υπόψη: το κόστος της αρχικής επένδυσης, το κόστος αντικατάστασης, το κόστος λειτουργίας, το κόστος συντήρησης και επιδιορθώσεων, το κόστος απομάκρυνσης / καταστροφής. Τα στοιχεία κόστους συναθροίζονται για συγκεκριμένη σταθερή χρονική περίοδο, καθιστώντας έτσι, δυνατή τη σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών επιλογών για προϊόντα με ίδιες λειτουργίες.

Η περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση συνενώνονται σε μία συνολική τιμή, με εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων του προτύπου (E 1765-95) της ASTM. Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι αυτή που επιτρέπει στον χρήστη να προσδιορίζει συντελεστές βαρύτητας, ενώ του παρέχει την δυνατότητα να δοκιμάσει την ευαισθησία της συνολικής βαθμολογίας σχετικά με διαφορετικές ομάδες συντελεστών.

Το Bees αποτελεί ένα εργαλείο επιλογής μιας λογικής και συστηματικής τεχνικής για την επιλογή του αποδοτικότερου οικονομικά και του φιλικότερου προς το περιβάλλον προϊόντος κατασκευής. Παρέχει, επίσης, την δυνατότητα γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων της περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης της κατασκευής, όπως αυτές προκύπτουν από την ανάλυση του κύκλου ζωής των πρώτων υλών. Επιπλέον, το πρόγραμμα υποστηρίζει λεπτομερή γραφική απεικόνιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν τόσο από την κατασκευή αυτή κάθε αυτή, όσο και από τη χρήση της, συνυπολογίζοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια.



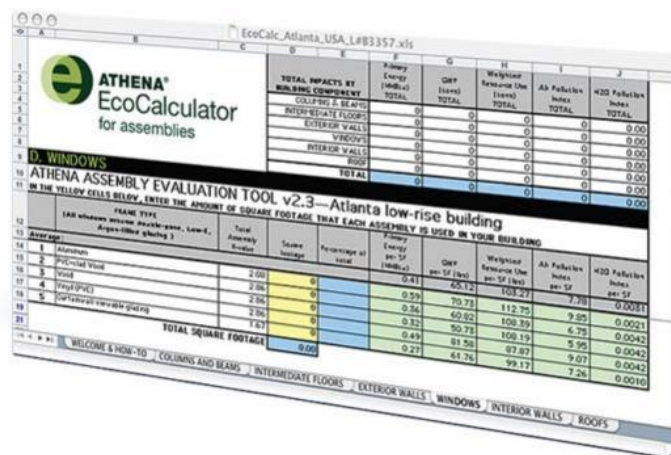
Εικόνα 4.4: Εργαλείο BEES (Πηγή: [www.toolsforsustainability.com](http://www.toolsforsustainability.com))

#### 4.4.2.2 Athena Ecocalculator

Το πρόγραμμα Athena Ecocalculator αποτελεί ένα λογισμικό που εφαρμόζεται ως εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτηρίων, επιτρέποντας την ανάλυση εναλλακτικών επιλογών στον σχεδιασμό, και συγκεκριμένα στην επιλογή υλικών με την μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Ζ.). Αναπτύχθηκε από το καναδικό ινστιτούτο ATHENA Sustainable Materials Institute και απευθύνεται γεωγραφικά και τεχνολογικά στην οικοδομική πρακτική των Η.Π.Α. και κυρίως του Καναδά. Η βάση δεδομένων του προγράμματος αποτελείται από λεπτομερή δεδομένα Α.Κ.Ζ. για διάφορους συνδυασμούς υλικών που συνθέτουν τα διάφορα δομικά στοιχεία της κατασκευής, όπως, λόγου χάρη, εξωτερικοί τοίχοι ή κολώνες-δοκάρια. Το εργαλείο λειτουργεί σε περιβάλλον Excel, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά εύχρηστο.

Το εργαλείο ATHENA παρέχει ουσιαστικά ένα λογισμικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φάση σχεδιασμού νέων κτηρίων. Τα κτήρια που το πρόγραμμά έχει την δυνατότητα να εφαρμοστεί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: κατοικίες (residential assemblies) και εμπορικά κτήρια (commercial assemblies). Το ATHENA εισάγει την περιβαλλοντική διάσταση στο σχεδιασμό κτηρίων, σε ποσοστό ίσο με αυτό που κατέχουν τα παραδοσιακά κριτήρια σχεδιασμού. Οι διαστάσεις που λαμβάνονται υπόψη από το εργαλείο είναι: (Athena Institute, 2011)

- παραγωγή υλικών, συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής των πρώτων υλών
- απαιτούμενες μεταφορές
- φάση κατασκευής
- χρήση ενέργειας κατά την κατασκευή
- είδος κτηρίου και διάρκεια ζωής
- ανάγκες συντήρησης και επισκευής
- κατεδάφιση και διάθεση των παραγόμενων αποβλήτων
- κατανάλωση ενέργειας στη φάση λειτουργίας και συνεπαγόμενες εκπομπές



The screenshot displays the Athena Ecocalculator software interface, which is a spreadsheet-based tool. The main window title is 'EcoCalc\_Atlanta\_USA\_L#B3357.xls'. The spreadsheet is divided into several sections:

- TOTAL IMPACTS BY BUILDING COMPONENT:** A summary table with columns for Energy (MMBtu), GHG (Tons), Weighted Resource Use (Tons), Air Pollution (Tons), and Global Warming Potential (Tons). Rows include COLP (W.L. BEATS), EXTERIOR WALLS, WINDOWS, INTERIOR WALLS, and ROOFS.
- D. WINDOWS:** A section titled 'ATHENA ASSEMBLY EVALUATION TOOL v2.3—Atlanta low-rise building' with instructions to enter square footage for various window types.
- Window Assembly Table:** A table with columns for Frame Type, Total Assembly Energy, Glass Surface, Percentage of Total, Energy per SF (MMBtu), GHG per SF (Tons), Weighted Resource Use per SF (Tons), Air Pollution per SF (Tons), and Global Warming Potential per SF (Tons). Rows include Monopane, Fixed Pane, Fixed Pane, Fixed Pane, and Fixed Pane with variable glazing.
- TOTAL SQUARE FOOTAGE:** A summary row showing the total square footage for each component and the overall total.

Εικόνα 4.5: Athena Ecocalculator (Πηγή: [www.eco-structure.com](http://www.eco-structure.com))

Για τις παραπάνω, λοιπόν, διαστάσεις δίνει αποτελέσματα όσον αφορά την:

1) Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων

Η εκτιμώμενη ποσότητα ορυκτού καυσίμου για την εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά στο εργοτάξιο, την τοποθέτηση και την ανακύκλωση μετά την χρήση, για κάθε υλικό. Μετριέται σε megajoules (MJ).

2) Χρήση πρώτων υλών

Η εκτιμώμενη ποσότητα πρώτων υλών που χρειάστηκαν για την εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά στο εργοτάξιο, την τοποθέτηση και την ανακύκλωση μετά την χρήση, για κάθε υλικό. Μετριέται σε μονάδες μάζας.

3) Δυνητική υπερθέρμανση του πλανήτη

Η εκτιμώμενη ποσότητα εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Μετριέται σε χιλιόγραμμα διοξειδίου του άνθρακα ανά τετραγωνικό πόδι.

4) Δυνατότητα όξινης βροχής

Η εκτιμώμενη ποσότητα χημικών που προκαλούν όξινη βροχή. Μετριέται σε γραμμομόρια υδρογόνου.

5) Δυνητική επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα ανθρώπων και ζώων

Η εκτιμώμενη ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων που μπορούν να προκαλέσουν άσθμα, βρογχίτιδες, οξύ πνευμονικό οίδημα, κ.α. Μετριέται σε μονάδες μάζας των μικροσωματιδίων 2.5.

6) Δυνητικός ευτροφισμός των υδάτων

Η εκτιμώμενη ποσότητα από ουσίες οι οποίες προκαλούν την νιτροποίηση του νερού και μπορούν να οδηγήσουν στον πολλαπλασιασμό των υδρόβιων φωτοσυνθετικών ειδών. Μετριέται σε μονάδες μάζας νιτροποιητικών ισοδύναμων

7) Δυνητική μείωση της λωρίδας του όζοντος

Η εκτιμώμενη ποσότητα ουσιών που προκαλούν μείωση της λωρίδας αυτής (CFC, HFC κτλ.)

8) Δυνατότητα χημικού νέφους

Η εκτιμώμενη ποσότητα χημικών που μπορούν να προκαλέσουν φωτοχημικό νέφος και όζον στο επίπεδο του εδάφους. Μετριέται σε μονάδες μάζας αιθυλενίου.

Το πρόγραμμα αυτό χωρίζεται και διαφέρει ανάλογα με τις γεωγραφικές ζώνες της Αμερικής και του Καναδά, αυτό συμβαίνει για να καταφέρει να προσαρμόζεται στις διαφορές που υπάρχουν στις τεχνολογίες παραγωγής των υλικών και κατασκευής του ίδιου του κτηρίου, στις μετακινήσεις από το εργοστάσιο έως και τον τόπο κατασκευής αλλά και τις διαφορές στον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αναλυτικά περιέχει τις ζώνες 6 και 3 του συστήματος ASHRAE, τις περιοχές Vancouver, Calgary, Winnipeg, Toronto, Ottawa, Montreal, Québec, Halifax του Καναδά και τέλος τις περιοχές Atlanta, Minneapolis, Orlando, Pittsburgh, New York City, Los Angeles, Seattle

των Η.Π.Α. Επίσης, στην έκδοση για εμπορικά κτήρια υπάρχει και ο διαχωρισμός σύμφωνα με το ύψος του κτηρίου χωρίζεται, δηλαδή, σε κτήρια Low-Rise, έως και 4 ορόφους και σε κτήρια High-Rise, από 5 ορόφους και πάνω.

#### **4.4.3 Πρόγραμμα IEA Annex – Τρίτη Κατηγορία**

##### **4.4.3.1 Πρόγραμμα SusCon**

Το πρόγραμμα SusCon, το οποίο υλοποιείται στα πλαίσια της ευρωπαϊκής κοινοτικής πρωτοβουλίας LIFE-Περιβάλλον, έχει σαν κύριο τεχνικό και επιστημονικό συντονιστή το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και επιδιώκει την εφαρμογή της έννοιας της αειφόρου κατασκευής από πλευράς όλων των συμμετεχόντων στον κατασκευαστικό τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από τις τεχνικές εταιρίες που κατασκευάζουν έργα ως τους προμηθευτές δομικών υλικών. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που ξεκίνησε το 2005 και έκτοτε έχει εφαρμοστεί σε πολλές κατασκευές. (Life, Suscon 2005)

Στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού αναπτύχθηκε ένα εργαλείο για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κατασκευαστικών έργων, με έμφαση στα κτήρια. Η ποικιλία των περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών αλλά και άλλων συνθηκών που επικρατούν σε κάθε περιοχή του πλανήτη επιβάλλουν την εύρεση ενός εργαλείου για την αξιολόγηση των κτηρίων αρκετά ευέλικτου ώστε να προσαρμόζεται και να μπορεί να συμπεριλάβει αυτές τις συνθήκες. Το εργαλείο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος SUSCON, το οποίο λειτουργεί σε περιβάλλον Excel, δίνει τη δυνατότητα αυτή, της εύκολης δηλαδή προσαρμογής του εργαλείου στις συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται το υπό αξιολόγηση κτήριο, στον χρήστη του.

Η αξιολόγηση ενός κτηρίου γίνεται βάσει της απόδοσης του σε δύο διαστάσεις: (α) την περιβαλλοντική, και (β) την οικονομική. Η **περιβαλλοντική διάσταση** υποδιαιρείται σε πέντε συνιστώσες (Πουλόπουλος, 2009):

- α) Χρήση γης και χωροθέτηση
- β) Ενέργεια και ατμοσφαιρική ρύπανση
- γ) Διατήρηση φυσικών πόρων (πρώτων υλών)
- δ) Διατήρηση υδατικών πόρων
- ε) Υγεία και ασφάλεια.

Με τη σειρά της, η **οικονομική διάσταση** αναλύεται και αυτή σε πέντε συνιστώσες:

- α) Συμβολή στην τοπική οικονομία
- β) Αποδοτικότητα
- γ) Προσαρμοστικότητα
- δ) Λειτουργικό κόστος
- ε) Πάγιο κόστος.

Έχοντας, λοιπόν, ως βάση τις παραπάνω συνιστώσες καθορίστηκαν τα κριτήρια και τα υποκριτήρια που χρησιμοποιούνται στο εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης SusCon. Μετά τον καθορισμό των κριτηρίων και των υποκριτηρίων, απαιτείται η απόδοση βάρους για καθένα από αυτά, καθώς ανάλογα με τη θέση του κτηρίου, τη χρήση του και τις εκάστοτε ανάγκες και απαιτήσεις (π.χ. κοινωνικές, οικονομικές, νομοθετικές)



κάποιοι παράμετροι είναι δυνατό να είναι πολύ πιο σημαντικοί από τους υπόλοιπους κατά την αξιολόγηση του. Η στάθμιση αυτή των κριτηρίων γίνεται με βάση το εύρος των επιπτώσεων στο χώρο (τοπικές, εθνικές ή περιφερειακές, παγκόσμιες), το επίπεδο επικινδυνότητας τους (χαμηλή, μεσαία, υψηλή) και τη διάρκειά τους (ως 10 χρόνια, 10-50 έτη, παραπάνω από 50 χρόνια). Με βάση μια ποιοτική κλίμακα αξιολόγησης τριών επιπέδων, κάθε παράμετρος από τις παραπάνω λαμβάνει τιμή 1, 2, ή 3. Για παράδειγμα, η παράμετρος της χωρικής έκτασης των επιπτώσεων μπορεί να λάβει την βαθμολογία 1 όταν οι επιπτώσεις εκτιμάται ότι είναι τοπικής κλίμακας (περιορίζονται δηλαδή στον χώρο κατασκευής), 2 όταν είναι σε εθνική ή περιφερειακή κλίμακα και 3 όταν οι επιπτώσεις είναι παγκόσμιες. Ένα άλλο κριτήριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η ένταση των επιπτώσεων. Η ένταση των επιπτώσεων τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία βαθμολογείται με 1 όταν θεωρούνται μικρές ή έμμεσες, με 2 όταν θεωρούνται μέτριες και με 3 όταν είναι άμεσες ή έντονες. Σχετικά με τη διάρκεια των επιπτώσεων, αν αυτή είναι από 0-10 χρόνια λαμβάνει την τιμή 1, αν είναι από 10-50 την τιμή 2 και από 50 και άνω την τιμή 3.

Αρχικά, στο πρώτο βήμα, με βάση τα κριτήρια σχεδιασμού και αξιολόγησης του κάθε έργου, προχωράμε στην απόδοση βαρών για τις ομάδες κριτηρίων που παρέχει το πρόγραμμα (π.χ. Land Use and Siting) για τα τρία κριτήρια που παρουσιάστηκαν (χωρική έκταση, ένταση των επιπτώσεων και χρονική διάρκεια). Έπειτα η βαθμολογία της κάθε ομάδας πολλαπλασιάζεται δίνοντας έναν αριθμό. Αφού ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση κάθε ομάδας τα γινόμενα αθροίζονται μεταξύ τους. Στην συνέχεια διαιρούνται τα γινόμενα κάθε ομάδας με αυτό το άθροισμα των γινομένων και προκύπτει το ποσοστό συμμετοχής ή, αλλιώς, βάρος κάθε ομάδας κριτηρίων.

Στο δεύτερο βήμα αποδίδονται τα ποσοστά συμμετοχής, βάρη, των υποομάδων κριτηρίων εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο εξαιτίας κάποιων σημαντικών διαφοροποιήσεων στην σημαντικότητα ή την συμμετοχή των υποομάδων.

Το τρίτο βήμα είναι η απόδοση βαρών στα διάφορα κριτήρια τα οποία συνθέτουν τις ομάδες και υποομάδες κριτηρίων. Με τον ίδιο τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω προκύπτει το βάρος του κάθε κριτηρίου ως ποσοστό συμμετοχής.

Έχοντας αποδώσει σε κάθε κριτήριο το βάρος που του αναλογεί, η βαθμολογία του κάθε κριτηρίου αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό σε κάθε ομάδα ή υποομάδα όπως περιγράψαμε. Τα ποσοστά αυτά ανάγονται σε αριθμό πόντων (credit), που αντιπροσωπεύουν το μέγιστο αριθμό πόντων που μπορεί να επιτύχει ένα κριτήριο (Maximum available credits). Τα κριτήρια έχουν διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε η βαθμολόγηση τους να είναι 'θετική'. Δηλαδή, βαθμολογούνται στο βαθμό πλήρωσης του κριτηρίου όπως αναγράφεται. Για παράδειγμα, το Brown field development είναι η καλύτερη δυνατή περίπτωση χρήσης γης για μια κατασκευή και βαθμολογείται με τη μέγιστη βαθμολογία. Όσο αποκλίνει το είδος της γης από αυτό, βαθμολογείται λιγότερο (αν π.χ. βρίσκεται σε αστική περιοχή -urban area- βαθμολογείται με 75% επί του μεγίστου), με χειρότερη βαθμολογία τη μηδενική για την περίπτωση που η κατασκευή υλοποιείται σε δασική γη. Λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη δυνατή βαθμολογία την οποία μπορεί να επιτύχει ένα κριτήριο, ο αξιολογητής μπορεί να αποδώσει την κατάλληλη βαθμολογία στο κάθε κριτήριο. Σε πολλές περιπτώσεις, τα κριτήρια είτε πληρούνται είτε



όχι, οπότε είτε βαθμολογούνται με τη μέγιστη βαθμολογία είτε με μηδενική. Η βαθμολογία των κριτηρίων κάθε ομάδας ή υποομάδας ανάγεται στο ποσοστό συμμετοχής της ομάδας ή υποομάδας ώστε να προκύψει μια τελική απόδοση της κάθε ομάδας συνολικά.

Τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής απόδοσης των πέντε αυτών κύριων ομάδων κριτηρίων της κατασκευής παρατίθενται σε ένα αραχνοδιάγραμμα (spider chart) σε αντιπαραβολή με την μέγιστη δυνατή απόδοση όπως αυτή έχει υπολογιστεί από την παραπάνω διαδικασία. Το γεγονός αυτό παρέχει την δυνατότητα στον εκάστοτε σχεδιαστή ή εργοδότη ή αξιολογητή του έργου να αποφασίσει αν και κατά πόσο είναι αποδεκτή η περιβαλλοντική απόδοση της κατασκευής και να προτείνει είτε διορθωτικές επεμβάσεις είτε τροποποίηση του σχεδιασμού.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εφαρμογή του προγράμματος είναι η εξής: Καταρχήν η συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου για την περιβαλλοντική αξιολόγηση κτηρίων, το οποίο αναπτύχθηκε με αφορμή τον διαγωνισμό αειφόρου κατασκευής του προγράμματος SusCon και σκοπό έχει την συγκέντρωση πληροφοριών για τα υπό μελέτη κτήρια και, στην συνέχεια, η εφαρμογή του εργαλείου με βάση τα στοιχεία που συλλέχθηκαν πρωτογενώς.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από επτά μέρη και καταλαμβάνει συνολικά έντεκα σελίδες. Στο πρώτο μέρος καταγράφονται γενικά στατιστικά στοιχεία και στοιχεία για το είδος της κατασκευής. Τα έξι επόμενα μέρη του ερωτηματολογίου περιλαμβάνουν ερωτήσεις για την περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση του έργου. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση χωρίζεται σε πέντε υποκατηγορίες ερωτήσεων που αφορούν τη Χρήση Γης και τη Χωροθέτηση, την Ενεργειακή Αποδοτικότητα, την Υγεία και Ασφάλεια, την Αποδοτική Αξιοποίηση των Πρώτων Υλών και την Προστασία των Υδάτινων πόρων. Η Οικονομική αξιολόγηση του έργου περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν την συνεισφορά στην Τοπική Οικονομία, την Αποδοτικότητα και την Προσαρμοστικότητα του κτηρίου καθώς και στοιχεία για τα Λειτουργικά και Πάγια κόστη του έργου.

| Building Design and Assessment Tool |   |   |    | Criteria Group and Sub-Group Weight  | Sub-criteria weight | Maximum available credits | Credits assumed (based on available credits) |
|-------------------------------------|---|---|----|--|---------------------|---------------------------|--|
| Energy & Atmospheric pollution      |   |   |    | 47%  |                     | 47                        | 29   |
| Site Design & Building Orientation  |   |   |    | 10%  |                     | 5                         | 2  |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Building orientation to take advantage of solar energy (south orientation)   | 43%                 | 43                        | 22   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Site design to take advantage of solar and topographic conditions (natural ventilation, deciduous trees etc)         | 43%                 | 43                        | 22   |
| 1                                   | 2 | 3 | 6  | Construction designed for use of passive solar techniques  | 14%                 | 14                        | 6  |
| Building Envelope                   |   |   |    | 10%  |                     | 5                         | 3  |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Insulated exterior windows and doors framing   | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Install double glazed windows  | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Install low-e windows  | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Insulated floor, ceiling, roof and exterior walls  | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Seal all mechanical penetrations   | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Seal all attic penetrations  | 14%                 | 14                        | 14   |
| 2                                   | 3 | 3 | 18 | Specify construction materials and details that reduce heat transfer   | 14%                 | 14                        | 6  |
| Foundation Systems                  |   |   |    | 10%  |                     | 5                         | 5  |
| 1                                   | 1 | 2 | 2  | Insulation below concrete slab   | 33%                 | 33                        | 33   |
| 1                                   | 1 | 2 | 2  | Permanent insulation to the foundation   | 33%                 | 33                        | 33   |
| 1                                   | 1 | 2 | 2  | Insulated basement walls from footer to top of wall  | 33%                 | 33                        | 33   |
| Lighting                            |   |   |    | 20%  |                     | 9                         | 7  |
| 2                                   | 2 | 2 | 8  | Installation of Energy Star Qualified fluorescent bulbs (CFLs)   | 25%                 | 25                        | 20   |
| 2                                   | 2 | 2 | 8  | Advanced Lighting and Automation Control System capable of unified automation control of lighting loads              | 25%                 | 25                        | 15   |
| 2                                   | 2 | 2 | 8  | Installation of tubular skylights in interior areas (bathrooms, hallways and kitchens) that receive limited daylight | 25%                 | 25                        | 20   |
| 2                                   | 1 | 2 | 4  | Motion detector activations or photocells/ sensors on all exterior lighting  | 13%                 | 13                        | 13   |
| 2                                   | 1 | 2 | 4  | Use of Daylighting Strategies  | 13%                 | 13                        | 5  |

Εικόνα 4.6: Εργαλείο SusCon (Πηγή: Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων, Σταύρος Γ. Πουλόπουλος)

#### **4.4.3.2 BREEAM**

Το εργαλείο BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) το οποίο είναι, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, το πρώτο εργαλείο που αναπτύχθηκε για την περιβαλλοντική αξιολόγηση και πιστοποίηση των κατασκευών προέρχεται από την Μεγάλη Βρετανία και αποτελεί ένα εργαλείο ολοκληρωμένης αξιολόγησης και πιστοποίησης των κτηρίων. Για αυτό το λόγο εξετάζει την περιβαλλοντική απόδοση νέων και υφιστάμενων κτηρίων ως προς τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη χρήση αλλά και την ικανοποίηση των προδιαγραφών που είχαν αποφασιστεί για το κτήριο. Αυτό υλοποιείται μέσω μετρήσεων και αξιολογήσεων ενός ευρέως φάσματος κατηγοριών και κριτηρίων που καλύπτουν διάφορες πτυχές, από την ενέργεια έως την οικολογία. Συγκεκριμένα, οι πτυχές αυτές είναι : η χρήση ενέργειας και νερού, το εσωτερικό περιβάλλον των κτηρίων (υγεία και ευεξία για τους χρήστες), η ρύπανση του περιβάλλοντος, οι μεταφορές, τα δομικά υλικά και, τέλος, τα απόβλητα και ο τρόπος διαχείρισής τους. (BRE, 2006)

Στόχοι των ανθρώπων της ECD (τόρα μέλος της ομάδας βιώσιμης ανάπτυξης Faber Maunsell) που ανέπτυξαν το πρόγραμμα είναι η συνειδητοποίηση του σημαντικού ρόλου που διαδραματίζουν τα κτήρια στην υπερθέρμανση του πλανήτη μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου, η μείωση του μακροπρόθεσμου αντίκτυπου των κτηρίων, τόσο στο τοπικό όσο και στο παγκόσμιο περιβάλλον, η βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού μικροπεριβάλλοντος, η αναγνώριση της βέλτιστης πρακτικής και η έμφαση στα οικονομικά και πρακτικά οφέλη που προκύπτουν από αυτή στους κατασκευαστές και στους χρήστες-πελάτες και, τέλος, ο έλεγχος όλων των εξωγενών παραγόντων, οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών. Για το λόγο αυτό θέτει στόχους και πρότυπα (standards) τα οποία αξιολογούνται από ανεξάρτητους μελετητές, έτσι ώστε να φιλτράρονται οι ισχυρισμοί για φιλικότητα προς το περιβάλλον και παρέχει με τον τρόπο αυτό ένα αξιόπιστο μέσο για την πιστοποίηση διάφορων κατηγοριών κτηρίων όπως γραφείων, κατοικιών, βιομηχανικές μονάδες, εμπορικά καταστήματα και σχολικές εγκαταστάσεις.

Οι περιβαλλοντικές πτυχές που μελετώνται και αξιολογούνται από το BREEAM είναι (Γιάμα, 2009):

- α) Η ενέργεια (εκπομπή CO<sub>2</sub>, χρήση οικολογικών συσκευών, θέματα εξωτερικού φωτισμού, αποτελεσματικότητα και αντίκτυπος σε εκπομπές CO<sub>2</sub> των διάφορων συστημάτων)
- β) Η ρύπανση (συστήματα ανίχνευσης διαρροών και επιτόπου αντιμετώπιση, τοπικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σχεδιασμός που προκαλεί ελαφριά ρύπανση, αποφυγή της χρήσης ψυκτικών ουσιών που καταστρέφουν το όζον, εκπομπές NO<sub>x</sub>)
- γ) Τα υλικά που χρησιμοποιούνται (υπολογισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υλικών, χρήση ανακυκλώσιμων υλικών και γενικά υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, χρήση πιστοποιημένης ξυλείας, μετριασμός αμιάντου, εγκαταστάσεις ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των δομών)

δ) Οι μεταφορές (εκπομπές των μέσων μεταφοράς που χρησιμοποιούν οι χρήστες, κατασκευή χώρων παρκινγκ για οχήματα και ποδήλατα, γειτνίαση με τόπους παροχών υπηρεσιών όπως π.χ. σχολείο, χώρος γραφείου κλπ.)

ε) Η χρήση του νερού (καταγραφή και μείωση της κατανάλωσης νερού εσωτερικά και εξωτερικά του κτηρίου, εντοπισμός διαρροών)

στ) Η χρήση γης (προστασία οικολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, βελτίωση του φυσικού τοπίου)

ζ) Η υγεία και η ευεξία των χρηστών (ποιότητα εσωτερικού αέρα, επαρκής εξαερισμός, ύγρανση, φωτισμός, θερμική άνεση)

η) Η διαχείριση των απορριμμάτων (η προσπάθεια ελαχιστοποίησης της ρύπανσης μέσω της ελαχιστοποίησης των υλικών και την ανακύκλωση των αποβλήτων)

θ) Η οικολογία (γη με χαμηλή οικολογική αξία ή ελάχιστη μεταβολή στην αξία, διατήρηση μεγάλων οικολογικών συστημάτων στο έδαφος, ελαχιστοποίηση επιπτώσεων στην βιοποικιλότητα)

Αφού βαθμολογηθεί η επίδοση της κατασκευής σε κάθε μία από τις παραμέτρους που ορίζονται, ακολουθεί άθροιση των επιμέρους βαθμών, βάσει συγκεκριμένων συντελεστών βαρύτητας, προκειμένου να προκύψει μία συνολική βαθμολογία που καθορίζει τελικά την περιβαλλοντική επίδοση της κατασκευής. Το κτήριο αξιολογείται τελικά σε μια κλίμακα με 4 διαβαθμίσεις (αποδεκτό, καλό, πολύ καλό και άριστο).

Η διαδικασία της αξιολόγησης πραγματοποιείται από ανεξάρτητους αξιολογητές οι οποίοι διορίζονται από την BRE (Building Research Establishment). Ο εκτιμητής παράσχει ένα ερωτηματολόγιο στην ομάδα σχεδίασης του κτηρίου και παραλαμβάνει τα σχέδια και τις προδιαγραφές για διάφορα βασικά στοιχεία του κτηρίου. Έπειτα, μια προσωρινή έκθεση απαριθμεί τις πιστώσεις που επιτυγχάνονται και διατυπώνει προτάσεις για βελτίωση. Ενώ, μετά από την περαιτέρω εξέταση των σχεδιαστών και την εκ νέου υποβολή της αίτησης, εκδίδεται η τελική βεβαίωση.

Με τον τρόπο, λοιπόν, αυτό δημιουργούνται κτήρια που παρέχουν καλύτερες συνθήκες διαβίωσης σε όσους τα χρησιμοποιούν, είναι πιο φιλικά στο περιβάλλον ενώ το πιστοποιητικό που τους παρέχεται λειτουργεί τόσο σαν θετική δημοσιότητα όσο και σαν πλεονέκτημα για υψηλότερο αντίτιμο του κτηρίου.

#### **4.4.3.3 LEED**

Το εργαλείο LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) αναπτύχθηκε από το Συμβούλιο Πράσινων Κατασκευών των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Green Building Council) με σκοπό την προώθηση του ολοκληρωμένου αιεφόρου σχεδιασμού στον κατασκευαστικό κλάδο και αποτελεί, και αυτό, ένα εργαλείο ολοκληρωμένης αξιολόγησης και πιστοποίησης των κτηρίων. Το σύστημα αξιολόγησης που χρησιμοποιείται, εξετάζει τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με το κτήριο εφαρμόζοντας την περιβαλλοντική προσέγγιση του κτηρίου σαν

σύνολο και πετυχαίνοντας την ανάλυση του κύκλου ζωής ενός οικοδομήματος. (USGBC,2006)

Στόχος του προγράμματος είναι η άμεση και αισθητή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων από περιβαλλοντικής και όχι μόνο άποψης, καθώς επίσης και η προώθηση της στροφής της σύγχρονης οικοδομικής δραστηριότητας σε περισσότερο βιώσιμες πρακτικές. Έτσι, βασισμένο σε καλά εδραιωμένες επιστημονικές προδιαγραφές, επικεντρώνεται σε καινοτόμες στρατηγικές σχετικά με την αειφόρο χωροθέτηση, την επιλογή των υλικών, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και την περιβαλλοντική ποιότητα για την περίπτωση νέας κατασκευής, υφιστάμενου κτηρίου, εμπορικού κτηρίου, του πυρήνα και του κελύφους του κτηρίου, σχολικών εγκαταστάσεων, βιομηχανικών μονάδων, εμπορικών καταστημάτων, νοσοκομείων αλλά και της ανάπτυξης ολόκληρης συνοικίας.

Αναλυτικότερα, οι περιβαλλοντικές κατηγορίες που αξιολογούνται είναι οι εξής:

α) Χωροθέτηση κτηρίου, «αειφόρες» τοποθεσίες (επιλογή οικοπέδου, κατασκευή με βάση την πρόληψη της ρύπανσης, επιπτώσεις λόγω της τοποθεσίας, μέσα μεταφοράς, διαχείριση όμβριων, φωτορύπανση)

β) Ενέργεια και Ατμόσφαιρα (εκπομπές CO<sub>2</sub>, βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης όλου του κτηρίου και του συστήματος ψύξης-θέρμανσης, διαχείριση της χρήσης ψυκτικών αερίων, χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέτρηση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων, μόνωση, χρήση συσκευών, εκπαίδευση χρηστών)

γ) Υλικά και Φυσικοί Πόροι (χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον με ανακυκλωμένο περιεχόμενο, προτίμηση υλικών της τοπικής αγοράς και ανανεώσιμων υλικών καθώς και ελεγχόμενης ξυλείας, χρήση υλικών που δεν βλάπτουν την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου διαχείριση αποβλήτων, σημεία συλλογής της ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίηση κτηρίου)

δ) Χρήση νερού (μείωση της χρήσης νερού για εξωραϊσμό, μείωση της χρήσης νερού από τους χρήστες εσωτερικά, στρατηγικές για την διαχείριση των λυμάτων)

ε) Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (εξαερισμός, απομάκρυνση μολύβδου, έλεγχος της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, χρήση υλικών με χαμηλές εκπομπές, δυνατότητα ελέγχου των θερμικών πηγών και των λαμπτήρων)

στ) Η οικολογία (προστασία του οικολογικού χαρακτήρα της περιοχής, διαχείριση των εξωτερικών χώρων, καθαρισμός και διατήρηση των επιφανειακών υδάτων, προσπάθεια βελτίωσης του φυσικού τοπίου)

ζ) Καινοτομία και Σχεδιασμός (καινοτόμες στρατηγικές για τον αειφόρο σχεδιασμό, ειδική σχεδίαση με προτεραιότητα το περιβάλλον)

Ανεξάρτητοι αξιολογητές, οι οποίοι συνεργάζονται με το συμβούλιο USGBC θα επισκεφθούν την κατασκευή και, αφού συμπληρώσουν μια λίστα, θα υποβάλλουν την βαθμολογία του κτηρίου. Η βαθμολογία αυτή προέρχεται από τις μονάδες που λαμβάνει το κτήριο για την κάλυψη των διάφορων διαφορετικών πτυχών περιβαλλοντικού σχεδιασμού για κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες. Οι μονάδες αυτές αθροίζονται

και προκύπτει μία από τις εξής διαβαθμίσεις: Πιστοποιημένο (βαθμολογία μεταξύ 45-59 βαθμούς), Ασημένιο (βαθμολογία μεταξύ 60-74 βαθμούς), Χρυσό (βαθμολογία μεταξύ 75-89 βαθμούς) και πλατινένιο (βαθμολογία μεταξύ 90-129 βαθμούς).

**Expanded Project Checklist**  
Version 1.11

for Homes

|                                   |  |  |  |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Builder Name:                     |  |  |  |
| Responsible Party (if different): |  |  |  |
| Home Address (Street/City/State): |  |  |  |

|  |  |
|--|--|
| <b>Input Values:</b> <small>Click here if you're experiencing problems</small><br>No of Bedrooms: <input type="text" value="4"/> Floor Area (SF): <input type="text" value="2400"/>  | <b>Minimum No. of Points Required:</b><br>Certified: <input type="text" value="45"/> Silver: <input type="text" value="60"/> Gold: <input type="text" value="75"/> Platinum: <input type="text" value="90"/> |
| <b>Project Total:</b> 0 <b>Performance Tier Achieved:</b> Not Certified  |  |
| <small>Detailed information on the measures below are provided in the companion document "LEED for Homes Rating System"</small>  |  |
| <b>Innovation and Design Process (ID)</b>  | (Minimum of 0 ID Points Required)  |
| <b>Integrated Project Planning</b>   | 0 / 9  |
| 1.1 Preliminary Rating   | Y/N Prerequisite   |
| 1.2 Integrated Project Team (meet all of the following)  | 0 / 1  |
| <input type="checkbox"/> Individuals or organizations with various capabilities<br><input type="checkbox"/> All team members involved in various project phases<br><input type="checkbox"/> Monthly meetings held with project team  |  |
| 1.3 Design Charrette   | 0 / 1  |
| <b>Quality Management for Durability</b>   | 0 / 9  |
| 2.1 Pre-Construction Durability Planning (meet all of the following)   | Y/N Prerequisite   |
| <input type="checkbox"/> Durability Evaluation completed<br><input type="checkbox"/> Strategies developed to address durability issues<br><input type="checkbox"/> Durability strategies incorporated into project documentation   |  |
| 2.2 Wet Room Measures (meet all of the following)  | Y/N Prerequisite   |
| <input type="checkbox"/> Non-paper-faced backer board used<br><input type="checkbox"/> Water-resistant flooring used in appropriate areas<br><input type="checkbox"/> Drain and drain pan installed for any water heaters in or over living space<br><input type="checkbox"/> Drain and drain pan installed for any washers in or over living space  |  |
| 2.3 Quality Management   | Y/N Prerequisite   |
| 2.4 Third-Party Durability Inspection (meet all of the following)  | 0 / 3  |
| <input type="checkbox"/> Builder completed the Durability Inspection Checklist<br><input type="checkbox"/> Third-party verified and checked-off on items in Durability Inspection Checklist  |  |
| <b>Innovative / Regional Design</b>  | 0 / 4  |
| 3.1 Approved ID Request name and identification #:   | 0 / 1  |
| 3.2 Approved ID Request name and identification #:   | 0 / 1  |
| 3.3 Approved ID Request name and identification #:   | 0 / 1  |
| 3.4 Approved ID Request name and identification #:   | 0 / 1  |
| <b>Location and Linkages (LL)</b>  | 0 / 10   |
| <b>LEED-ND</b>   | 0 / 10   |
| <b>Site Selection</b>  | 0 / 2  |
| 2 Site Selection (meet all of the following)   |  |
| <input type="checkbox"/> Not built at elevation lower than 100-year flood defined by FEMA<br><input type="checkbox"/> Not built on land identified as habitat for any threatened or endangered species<br><input type="checkbox"/> Not built within 100 ft. of wetlands or areas of special local or state concern<br><input type="checkbox"/> Not built on land that was public parkland prior to acquisition<br><input type="checkbox"/> Not built on prime farmland, as defined by US Dept of Agriculture |  |
| <b>Preferred Locations</b>   | 0 / 3  |
| 3.1 Select Edge Development Site   | 0 / 1  |
| 3.2 OR Select Infill Site  | 0 / 2  |
| 3.3 Select Previously Developed Site   | 0 / 1  |
| <b>Infrastructure</b>  | 0 / 1  |
| 4 Site within 1/2 Mile of Existing Water and Sewer   | 0 / 1  |

|     | Contractor Sign-off | Green Rater Sign-off |
|-----|---------------------|----------------------|
| 1.1 |                     |                      |
| 1.2 |                     |                      |
| 1.3 |                     |                      |
| 2.1 |                     |                      |
| 2.2 |                     |                      |
| 2.3 |                     |                      |
| 2.4 |                     |                      |
| 3.1 |                     |                      |
| 3.2 |                     |                      |
| 3.3 |                     |                      |
| 3.4 |                     |                      |
| 1   |                     |                      |
| 2   |                     |                      |
| 3.1 |                     |                      |
| 3.2 |                     |                      |
| 3.3 |                     |                      |
| 4   |                     |                      |

Εικόνα 4.7: Λίστα Αξιολόγησης LEED (Πηγή: usgbc.org)

Με τον τρόπο αυτό, όπως και το BREEAM, προωθεί κτήρια φιλικά προς το περιβάλλον, παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την εκτίμηση της επίδοσης των κτηρίων αλλά και την επίτευξη των στόχων της αειφορίας ενώ το πιστοποιητικό που παρέχει στα κτήρια λειτουργεί ως θετική δημοσιότητα και ως θετικό παράδειγμα για τις νέες αλλά και τις υφιστάμενες κατασκευές.

#### 4.4.4 Πρόγραμμα IEA Annex - Τέταρτη Κατηγορία

##### 4.4.4.1 Environmental Preference Method (Περιβαλλοντική Μέθοδος Προτίμησης-EPM)

Η Περιβαλλοντική Μέθοδος Προτίμησης αναπτύχθηκε το 1991 στις Κάτω Χώρες (ή Ολλανδία) από την Woon | Energie, η οποία έχοντας πείρα ως σύμβουλος σε διάφορα προγράμματα σχετικά με την αειφόρο ανάπτυξη κατάλαβε ότι υπήρχε αυξανόμενη ζήτηση για εύκολη πρόσβαση σε ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δομικών στοιχείων και υλικών. Για να καλύψει, λοιπόν, αυτό το κενό, εξέδωσε έναν περιβαλλοντικό κατάλογο-εγχειρίδιο με την κατάταξη περιβαλλοντικής προτίμησης των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνταν στις κατοικίες των Κάτω Χωρών (Annex 31, 2004).

Η μέθοδος κατάταξης EPM μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας συνδυασμός «συνολικής ανάλυσης» και «ανάλυσης του προβλήματος». Αυτό σημαίνει ότι όλες οι πτυχές λαμβάνονται υπόψη, αλλά με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες (οι οποίες δεν εμπίπτουν αναγκαστικά σε ποσοτικά δεδομένα). Πτυχές που αναμένεται να έχουν μεγάλο αντίκτυπο ή δυνατότητες βελτίωσης ερευνούνται πιο ενδελεχώς. Με την προσέγγιση αυτή όλες οι σχετικές διαφορές αναδύονται γρήγορα και, έτσι, η κατάταξη στον κατάλογο ελέγχεται και τυχόν λάθη ή παραλείψεις διορθώνονται, βελτιώνοντας, έτσι, την ποιότητα και την αξιοπιστία του εγχειριδίου-οδηγού.

Συγκεκριμένα, η διαδικασία της Περιβαλλοντικής μεθόδου Προτίμησης περιέχει τα ίδια τέσσερα βήματα, όπως και η A.K.Z., τα οποία είναι ο καθορισμός του στόχου, η καταγραφή, η κατάταξη-ταξινόμηση και, τέλος, η αξιολόγηση. Η μέθοδος έχει ως στόχο την όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική σύγκριση των διαθέσιμων υλικών και προϊόντων και την κατάταξή τους αποκλειστικά με βάση την περιβαλλοντική προτίμηση αδιαφορώντας για άλλες πτυχές ή ιδιότητες, όπως το κόστος ή η αισθητική των διάφορων υλικών και, κατ' επέκταση, και ολόκληρων των κτηρίων. Το αποτέλεσμα δεν είναι μια απόλυτη αξιολόγηση των υλικών, αλλά μια σχετική κατάταξη με βάση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις δηλαδή μία «περιβαλλοντική προτίμηση» όπως αναφέρει και στον τίτλο της μεθόδου.

Αναλυτικότερα, η δομή της αξιολόγησης αυτής είναι η εξής:

1. Ο καθορισμός στόχου: Το πρώτο βήμα για τον καθορισμό του στόχου είναι ο καθορισμός των λειτουργικών μονάδων και η καταγραφή σε μορφή καταλόγου των διαθέσιμων υλικών που υπάρχουν ως επιλογή για τα διάφορα δομικά στοιχεία (π.χ. υλικά για επένδυση εξωτερικής τοιχοποιίας, υλικά για επένδυση των δαπέδων κλπ.) καθώς και η ποσότητα του υλικού που απαιτείται για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Για κάθε στοιχείο του κτηρίου, έχουν εντοπιστεί τα διάφορα υλικά ή προϊόντα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία κτηριακή μονάδα. Για παράδειγμα, τα κουφώματα που χρησιμοποιούνται σε ένα κτήριο μπορεί να είναι είτε από ελαφρά επεξεργασμένη μαλακή ξυλεία, είτε από ανεπεξέργαστη μαλακή ξυλεία, είτε από σκληρή ξυλεία προερχόμενη από εύκρατα κλίματα, είτε από σκληρή ξυλεία προερχόμενα από τροπικά κλίματα, είτε από αλουμίνιο είτε από PVC.

2. Καταγραφή: Το δεύτερο βήμα είναι η καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τις διάφορες διαδικασίες, όπως, για παράδειγμα, η χρήση των πόρων και της ενέργειας, οι εκπομπές αέριων ρύπων και η παραγωγή απόβλητων, κάθε εναλλακτικής λύσης με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες, ενώ τα αποτελέσματα που προκύπτουν περιγράφονται μέσα από μία ποσοτικοποίηση των ποιοτικών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά, μπορούν να προέρχονται από ήδη πραγματοποιηθείσες Αναλύσεις Κύκλου Ζωής προϊόντων που έχουν γίνει για λογαριασμό κατασκευαστών αλλά και από άλλες έρευνες. Κατά την προετοιμασία των σχεδίων και την επιλογή των υλικών, ο αρχιτέκτονας, μηχανικός ή ο εργολάβος μπορεί γρήγορα να ανατρέξει στο εγχειρίδιο για την εύρεση της προτιμότερης προτεινόμενης λύσης από περιβαλλοντικής απόψεως. Η απλή κατάταξη των διάφορων τύπων των προϊόντων επιτρέπει στην περιβαλλοντική ανάλυση να διαδραματίσει ισότιμο ρόλο με άλλους παράγοντες, όπως η τιμή και η αντοχή, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

3. Κατάταξη - Ταξινόμηση: Τα αποτελέσματα μετασχηματίζονται σε εκτιμήσεις για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με βάση μια γενική συμφωνία που υπάρχει στις Κάτω Χώρες, στις οποίες απευθύνεται και ο κατάλογος, για πέντε συγκεκριμένες πτυχές: τους πόρους, την ενέργεια, τις εκπομπές, την ζημία και τα απόβλητα. (Οι εκπομπές που οφείλονται στη χρήση της ενέργειας κατατάσσονται στην κατηγορία «ενέργεια»). Επιπρόσθετα, τρία άλλα χαρακτηριστικά λαμβάνονται υπόψη: η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, η δυνατότητα επιδιόρθωσης και η διάρκεια ζωής). Οι εναλλακτικές λύσεις για τα υλικά συγκρίνονται για κάθε πτυχή / χαρακτηριστικό σε έναν πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με την σοβαρότητα και την ένταση των επιπτώσεων στην κάθε κατηγορία σημαδεύεται με το σύμβολο + (συν) για θετικές ή όχι τόσο αρνητικές συνέπειες, με το 0 (μηδέν) αν θεωρούμε ότι δεν επηρεάζει στην συγκεκριμένη κατηγορία, με το - (μείον) για αρνητικές περιπτώσεις και με το x αν οι επιδράσεις στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι πολύ επιβλαβείς.

4. Αξιολόγηση: Βάσει του εν λόγω πίνακα η περιβαλλοντική προτίμηση για τις πιθανές επιλογές έχει καθοριστεί. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη στάθμιση βαθμών για τις διάφορες πτυχές / κατηγορίες. Η σημασία των διάφορων πτυχών δεν είναι η ίδια για κάθε εφαρμογή. Για παράδειγμα: η πτυχή της χρήσης των πόρων θα είναι πιο σημαντική κατά τη σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων για την κύρια κατασκευή, ενώ η πτυχή των εκπομπών θα είναι πιο σημαντική στην σύγκριση διάφορων εναλλακτικών λύσεων για το βάψιμο. Τα δεδομένα, λοιπόν, του πίνακα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αλλά για την τελική επιλογή πρέπει να χρησιμοποιούνται υποκειμενικά κριτήρια και κριτική σκέψη.

Το πρώτο εγχειρίδιο το 1991 αναφερόταν μόνο στην ανακαίνιση του εσωτερικού κατοικιών. Έπειτα βγήκαν και άλλα που καλύπτουν τόσο την νέα κατασκευή όσο και την ανακαίνιση. Στο εγχειρίδιο δίνεται επίσης μια σύντομη περιγραφή του περιβαλλοντικών παραμέτρων που οδήγησαν στην συγκεκριμένη κατάταξη των υλικών. Επίσης, λόγω της εύκολης προσαρμοστικότητας του καταλόγου, εφόσον δεν εμπεριέχει βαθμολογία, κάθε νέα πληροφορία που παρέχεται μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί.

Με τον τρόπο, λοιπόν, αυτό προωθείται η κατασκευή κτηρίων περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον, με το βλέμμα στην αειφόρα ανάπτυξη και στην επιλογή των πιο περιβαλλοντικών υλικών, καθώς, πάνω από το 50% των τοπικών αρχών στις Κάτω Χώρες χρησιμοποίησαν το εγχειρίδιο για να καταρτίσουν κατευθυντήριες γραμμές για την κατασκευή, μια από τις πόλεις αυτές είναι και η ιστορική πόλη του Άμστερνταμ, ενώ, και οι υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες έχουν ακολουθήσει το παράδειγμα της Ολλανδίας εκδίδοντας και αυτές διάφορους περιβαλλοντικούς καταλόγους.

#### **4.4.5 Πρόγραμμα IEA Annex - Πέμπτη Κατηγορία**

##### **4.4.5.1 Natureplus**

Η Natureplus - Σφραγίδα Ποιότητας είναι το διεθνές σήμα ποιότητας για τη βιώσιμη ανάπτυξη τα δομικά υλικά και τα προϊόντα διαμονής, τα οποία και ελέγχει ως προς τη φιλικότητα και τη λειτουργικότητα προς το περιβάλλον αλλά και την υγεία. Πρωταρχικός στόχος της ετικέτας είναι να παρέχει στους καταναλωτές καθώς και στους αρχιτέκτονες, στους εμπόρους προϊόντων, στις οικοδομικές επιχειρήσεις και σε όλους

εκείνους που εμπλέκονται στην κατασκευή, μια αξιόπιστη βοήθεια με προσανατολισμό προς τα αειφόρα προϊόντα, δηλαδή τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα που δεν παρουσιάζουν κινδύνους για την υγεία (natureplus, 2006).

Η Natureplus ενσωματώνει την ευαισθητοποίηση για την υγεία, την φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή, την προστασία των περιορισμένων πόρων, και την καταλληλότητα εφαρμογής των πόρων αυτών. Τα προϊόντα με την ετικέτα αυτήν προέρχονται, σχεδόν αποκλειστικά, από ανανεώσιμες πηγές πρώτων υλών, ενώ η ακεραιότητα των πιστοποιημένων προϊόντων εγγυάται από τις απαιτητικές διαδικασίες δοκιμής και τα αυστηρά πρότυπα σχετικά με τις διάφορες πτυχές των επιλεγμένων υλικών.

Τα κριτήρια πιστοποίησης αναπτύχθηκαν για λογαριασμό της Natureplus από ανεξάρτητους εμπειρογνώμονες μέσω δοκιμών και, επίσης, σε συνεργασία με περιβαλλοντικές οργανώσεις και οργανώσεις προστασίας των καταναλωτών αυξάνοντας, έτσι, την αντικειμενικότητα της πιστοποίησης αυτής. Συγκεκριμένα, η Natureplus έχει καθορίσει τις ακόλουθες ελάχιστες απαιτήσεις για να πετύχει κάποιο δομικό προϊόν την πιστοποίηση:

- α) Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και χρήση του υλικού καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος.
- β) Μεγιστοποίηση της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον και ανανεώσιμων πρώτων υλών και χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.
- γ) Ελαχιστοποίηση των βημάτων επεξεργασίας και των περιεχομένων διαδικασιών σε κάθε βήμα.
- δ) Ελαχιστοποίηση των εκπομπών αέριων ρύπων και ελαχιστοποίηση της χρήσης, εκπομπής επιβλαβών ουσιών.
- ε) Μέγιστη δυνατή ανοχή σφαλμάτων κατά τη χρήση και την εφαρμογή τους.
- στ) Μεγιστοποίηση των παραγόντων που προωθούν την ευεξία.
- ζ) Μεγιστοποίηση της μακροζωίας και ευκολία επισκευής.
- η) Απαίτηση τα προϊόντα να είναι είτε εκ νέου αξιοποιήσιμα, είτε ανακυκλώσιμα ή στην χειρότερη πιθανότητα να μπορούν να διατεθούν ως απόβλητα χωρίς κανένα κίνδυνο.

Εν ολίγοις, όλα τα προϊόντα που επιθυμούν να πιστοποιηθούν από τη Σφραγίδα Ποιότητας natureplus πρέπει να προσφέρουν το μέγιστο των θετικών για την υγεία παραγόντων, τη φιλικότητα ως προς το περιβάλλον και την ευκολία εφαρμογής. Εξαιτίας των αυστηρών κριτηρίων της διαδικασίας μόνο το 20% των προϊόντων από κάθε κατηγορία προϊόντων καταφέρνει να κερδίσει το σήμα ποιότητας και έτσι, δημιουργείται ένα σαφές κίνητρο για την προώθηση της κουλτούρας της αειφόρου δόμησης. Παράλληλα, παρέχονται από την Natureplus τα κριτήρια και οι απαιτήσεις για την απονομή του σήματος natureplus-σφραγίδα ποιότητας που καθορίζονται στην Έκδοση κατευθυντήριων γραμμών (Issuance Guidelines) για τα διάφορα υλικά όπως λ.χ. πλάκες οροφής, κεραμικά πλακίδια, την οποία μπορεί κανείς να κατεβάσει ελεύθερα από το site της Natureplus. Πετυχαίνοντας, με τον τρόπο αυτό, την περαιτέρω ενημέρωση του κοινού για την οικολογική δόμηση, με κριτήριο την προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορία.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ CON.CO<sub>2</sub>.Estimator

### 5.1 Περιγραφή Εργαλείου

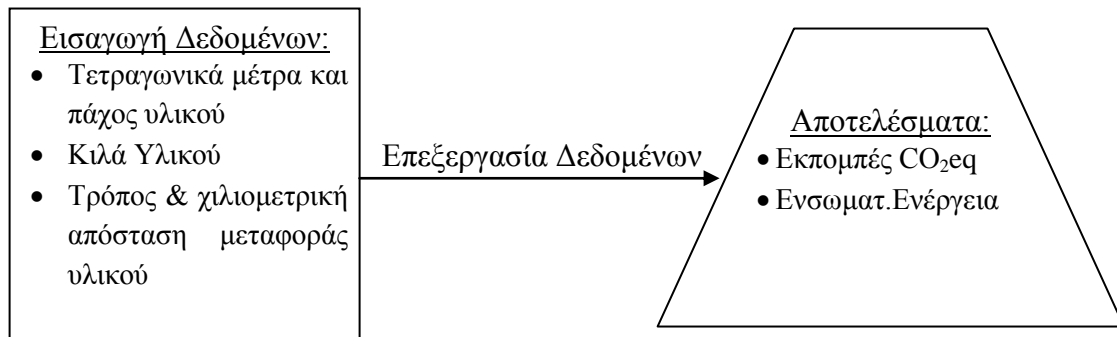
Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας αυτής, τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία τάση για την ανάπτυξη προγραμμάτων και εργαλείων που να πραγματεύονται τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των κτηρίων στο περιβάλλον και να αξιολογούν, πιστοποιούν τα κτήρια ως προς τη βιωσιμότητα τους και την «αειφορία» της κατασκευής τους. Ενώ, όμως, όπως είδαμε, υπάρχουν πολλά εργαλεία τα οποία είτε υπολογίζουν την ενέργεια που καταναλώνεται για την λειτουργία του κτηρίου, είτε κάνουν ανάλυση κύκλου ζωής των υλικών και βγάζουν αποτελέσματα για το κάθε δομικό υλικό, για δείκτες όπως τα αέρια του θερμοκηπίου ή ο ευτροφισμός που μπορεί να προκαλέσει στα ύδατα, είτε πραγματοποιούν μια γενική οικολογική αξιολόγηση της κτηριακής κατασκευής, με διάφορα καθορισμένα από τον προγραμματιστή κριτήρια, είτε αποτελούν, απλά, βοηθητικούς καταλόγους και περιβαλλοντικά σήματα, παρατηρήσαμε την απουσία ενός προγράμματος το οποίο θα συνδέει άμεσα τον σχεδιασμό του κτηρίου και την επιλογή των υλικών με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, ανταποκρινόμενοι στην ανάγκη αυτή και παρατηρώντας το πρόγραμμα Athena Ecocalculator, του καναδικού Ινστιτούτου Athena για τα βιώσιμα υλικά, αποφασίσαμε την ανάπτυξη ενός προγράμματος για τον ευρωπαϊκό χώρο, και κυρίως για την Ελλάδα, το οποίο θα έχει την δυνατότητα του προσδιορισμού της ενσωματωμένης ενέργειας και των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου με αριθμητικά δεδομένα, για όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός υλικού, μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Ο χρήστης, λοιπόν, έχει την δυνατότητα τόσο του υπολογισμού των εκπομπών και της ενσωματωμένης ενέργειας για μία υπάρχουσα κατασκευή, όσο και του σχεδιασμού μίας νέας, χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική διαδικασία στην οποία θα μπορεί από τα γραφήματα που του παρέχονται από το πρόγραμμα να επιλέγει τα πλέον οικολογικά υλικά, δηλαδή αυτά με τους μικρότερους συντελεστές ανά κυβικό μέτρο.

Στόχος μας, λοιπόν είναι με την ανάπτυξη του προγράμματος αυτού να υπάρχει ένα αξιόπιστο εργαλείο το οποίο θα βοηθάει στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με τον πλέον αντικειμενικό τρόπο, την μείωση, δηλαδή, των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου όσο το δυνατόν περισσότερο και, επίσης, θα προσφέρει στον χρήστη απεριόριστες δυνατότητες στην επιλογή και στον συνδυασμό υλικών, αφού θα μπορεί να επιλέξει από ένα μακρύ κατάλογο οποιοδήποτε υλικό θέλει να χρησιμοποιήσει σε όλες τις ποσότητες και σε όλα τα πάχη, όπως και για όλους τους συνδυασμούς που επιθυμεί, για το κάθε δομικό στοιχείο (δοκάρια, εσωτερική τοιχοποιία, κτλ.) και, τέλος, η πίεση για τον καθορισμό ανεκτών ορίων εκπομπών και ενσωματωμένης ενέργειας, είτε πανευρωπαϊκά, είτε στην Ελλάδα, με σκοπό την αξιολόγηση και κατάταξη των κτηρίων, όπως συμβαίνει, ήδη, για την καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την λειτουργία. Ο τελευταίος, αυτός, παράγοντας θα βοηθήσει τόσο στην ανάπτυξη κινήτρων για τον οικολογικό σχεδιασμό του κτηρίου, αφού μια καλή κατάταξη θα προσφέρει θετική

δημοσιότητα, όσο και στον έλεγχο από την κάθε χώρα των εκπομπών αέριων ρύπων της κάθε οικοδομής, με σκοπό την αληθινή, βιώσιμη ανάπτυξη.

Το εργαλείο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το Microsoft Excel, λόγω της ευκολίας στη χρήση και επεξεργασία, είναι εύχρηστο και μπορούν εύκολα να προστεθούν στη βάση δεδομένων νέα υλικά, καθιστώντας το έτσι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να ανανεωθεί εύκολα και να παραμένει σύγχρονο και επίκαιρο, προσφέροντας και επιλογές που δεν έχουν συμπεριληφθεί σε αυτό το στάδιο της εργασίας. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος:



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα Ακολουθίας Διεργασιών του Εργαλείου Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα για να λειτουργήσει χρειάζεται μια σειρά από πληροφορίες που συμπληρώνονται από το χρήστη. Συνοπτικά, σε κάθε δομικό στοιχείο της κατασκευής (θεμελίωση, εξωτερική τοιχοποιία, δάπεδα, κλπ) ο χρήστης επιλέγει τα δομικά υλικά που το αποτελούν και συμπληρώνει για κάθε ένα από αυτά είτε τα τετραγωνικά μέτρα εφαρμογής και το πάχος του, είτε, αν τα γνωρίζει, τα συνολικά κυβικά μέτρα, είτε τα κιλά που έχουν χρησιμοποιηθεί από το κάθε υλικό. Όπως θα δούμε και παρακάτω, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε υλικού έχουν υπολογιστεί με τη μέθοδο «Cradle-to-Gate», η οποία περιλαμβάνει όλη την παραγόμενη ενέργεια (στην πρωτογενή της μορφή) μέχρι το προϊόν να εξέλθει από την πύλη του εργοστασίου. Έτσι, για να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων, είναι δυνατόν, εφόσον είναι διαθέσιμα τα στοιχεία, να συμπληρωθούν επίσης από το χρήστη ο τρόπος και η χιλιομετρική απόσταση μεταφοράς του υλικού από το εργοστάσιο μέχρι τον τόπο κατασκευής. Με τα στοιχεία αυτά, υπολογίζονται οι εκπομπές των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου λόγω μεταφοράς και προστίθενται στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε υλικού και άρα της κατασκευής.

Συνοπτικά, το εργαλείο περιλαμβάνει:

- Εξώφυλλο
- Φύλλο γενικών πληροφοριών κτηρίου, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να συμπληρώσει στοιχεία για την κατασκευή του, διευκολύνοντας έτσι την αρχειοθέτηση της κάθε μελέτης.
- Συνοπτικές οδηγίες χρήσεως, ώστε ο χρήστης να ανατρέχει άμεσα σε περίπτωση αποριών. Για περαιτέρω διευκρινίσεις ο χρήστης μπορεί να συμβουλευθεί τον πλήρες οδηγό χρήσεως που περιλαμβάνεται στο κεφάλαιο αυτό.
- Βάση Δεδομένων που περιέχει μια μεγάλη ποικιλία υλικών που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των κατασκευών. Για κάθε υλικό παρέχονται στοιχεία των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων καθώς και οι συντελεστές προσαρμογής των επιπτώσεων αυτών στα ελληνικά δεδομένα.
- Βάση Δεδομένων που περιέχει τους συνήθεις τρόπους που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μεταφορά των υλικών (και των προϊόντων γενικότερα) και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε τρόπου μεταφοράς.
- Υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για κάθε δομικό στοιχείο μιας κατασκευής.
- Συνοπτικό πίνακα που περιέχει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε δομικού στοιχείου της κατασκευής, καθώς και του συνόλου της κατασκευής.
- Γραφική απεικόνιση σε διαγράμματα – πίτες των αποτελεσμάτων που προσφέρει το εργαλείο, ξεχωρίζοντας έτσι με ευκρίνεια τα δομικά στοιχεία της κατασκευής τα οποία επιβαρύνουν περισσότερο το περιβάλλον.
- Γραφική απεικόνιση της βάσης δεδομένων υλικών χωρισμένων σε κατηγορίες, παρουσιάζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε υλικού ανά μονάδα κυβικού μέτρου ( $/m^3$ ). Με τον τρόπο αυτό μπορεί εύκολα ο κάθε χρήστης να συγκρίνει τα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιήσει σε κάθε κατηγορία ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να αξιολογήσει όλες τις εναλλακτικές επιλογές που έχει.
- Δυνατότητα επεξεργασίας της βάσης δεδομένων με σκοπό την προσθήκη νέων υλικών ή την αλλαγή των στοιχείων των ήδη υπάρχοντων υλικών για λόγους επικαιροποίησης του εργαλείου.

Το εργαλείο μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε υφιστάμενα κτήρια, για τον έλεγχο και την αξιολόγηση των δομικών υλικών και της κατασκευής, όσο και σε νέα κτήρια με σκοπό το συνυπολογισμό του περιβαλλοντικού κριτηρίου στην επιλογή των δομικών υλικών σε μια κατασκευή και, συγκεκριμένα, την σύγκριση των διαφορετικών συνδυασμών δομικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Τέλος, το εργαλείο είναι κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να υπάρχει σύγκριση μεταξύ μιας κατασκευής και μιας μετέπειτα ανακαίνιση αυτής.

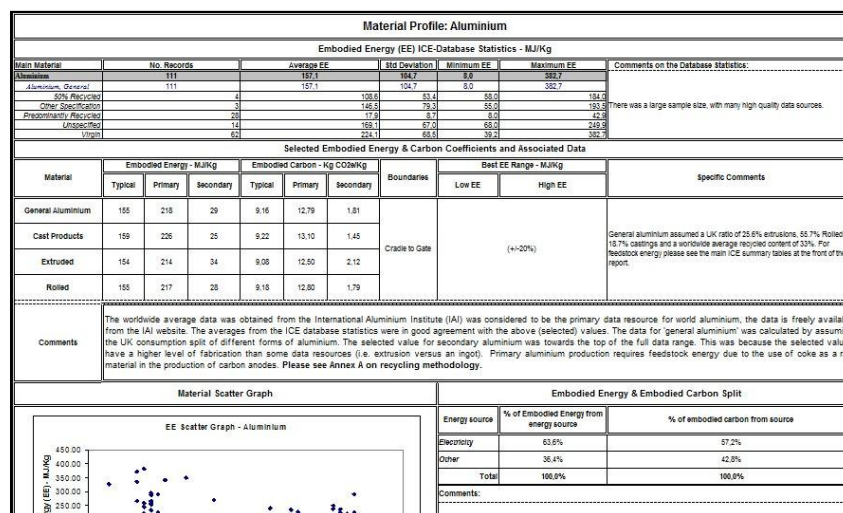
## 5.2 Βάσεις Δεδομένων και Παραδοχές

Στα πλαίσια της ανάπτυξης του λογισμικού εργαλείου, κρίθηκε αναγκαία η άντληση δεδομένων, σχετικά με τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των υλικών από 3 βάσεις δεδομένων. Συγκεκριμένα, οι συντελεστές που αντλήθηκαν αφορούσαν την ενσωματωμένη ενέργεια ανά χιλιόγραμμο δομικού υλικού και το ανθρακικό του αποτύπωμα (εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου) ανά χιλιόγραμμο υλικού και προέκυψαν από τα δεδομένα της ICE βάσης δεδομένων, τον δείκτη εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου για τη μεταφορά των δομικών υλικών από το εργοστάσιο στην οικοδομή και προέκυψε από τον οδηγό της DEFRA για το 2012 και, τέλος την πυκνότητα των δομικών υλικών ή ειδικό βάρος οπού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τόσο από την ICE βάση δεδομένων, όσο και από την Τεχνική Οδηγία του T.E.E. 20701-2/2010. Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση του τρόπου παρουσίασης των βάσεων δεδομένων και των παραδοχών που έχουν χρησιμοποιήσει.

### 5.2.1 Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 2.0

#### 5.2.1.1 Γενικά Στοιχεία

Τα απαραίτητα δεδομένα για την ενσωματωμένη ενέργεια ανά χιλιόγραμμο δομικού υλικού και του ανθρακικού αποτυπώματος ανά χιλιόγραμμο που περιέχονται στο πρόγραμμα, προέκυψαν από μελέτη του Πανεπιστημίου του Bath στο Ηνωμένο Βασίλειο και συγκεκριμένα από την Ερευνητική Ομάδα Βιώσιμης Ενέργειας (Sustainable Energy Research Team-SERT) του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Την έρευνα αυτή συγχρηματοδότησαν στο πλαίσιο του προγράμματος Carbon Vision Buildings οι οργανώσεις Carbon Trust και EPSRC. Το αποτέλεσμα της έρευνας αυτής, ήταν η έκδοση μίας βάσης δεδομένων των οικοδομικών υλικών, η οποία περιέχει την ενσωματωμένη ενέργεια που εμπεριέχεται στα υλικά, αλλά, και των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, με κύριο το διοξείδιο του άνθρακα, ή αλλιώς, απλουστευτικά, «ενσωματωμένου άνθρακα» (embodied carbon), για την παραγωγή της ενέργειας αυτής.



Εικόνα 5.2: Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 2.0

Η ενσωματωμένη ενέργεια (ανθρακικό αποτύπωμα), ενός οικοδομικού υλικού μπορεί να θεωρηθεί ως η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (ο άνθρακας που απελευθερώνεται) στη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Αυτό περιλαμβάνει (τουλάχιστον) την εξόρυξη, την κατασκευή και τη μεταφορά. Στην ιδανική περίπτωση, η μέτρηση της ενσωματωμένης ενέργειας ξεκινάει από την εξόρυξη των πρώτων υλών (καύσιμα) και ολοκληρώνεται με το τέλος της διάρκειας ζωής των προϊόντων (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για την μεταποίηση των πρώτων υλών σε προϊόντα, των μεταφορών, της ενέργειας που χρειάζεται για την κατασκευή του κύριου εξοπλισμού, την ενέργεια για την θέρμανση και τον φωτισμό του εργοστασίου, τη συντήρηση, τη διάθεση στην αγορά κλπ.), γνωστή ως «Cradle-to-grave» (δημιουργία έως τέλος ζωής). Έχει, όμως γίνει κοινή πρακτική ο καθορισμός της ενσωματωμένης ενέργειας και των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου με την μέθοδο «Cradle-to-Gate», η οποία περιλαμβάνει όλη την παραγόμενη ενέργεια (στην πρωτογενή της μορφή) μέχρι το προϊόν να εξέλθει από την πύλη του εργοστασίου. Μία άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η «Cradle-to-Site», η οποία περιλαμβάνει όλη την ενέργεια που καταναλώνεται μέχρι το προϊόν να φτάσει στο σημείο χρήσης του (δηλαδή, στο εκάστοτε εργοτάξιο-οικοδομή) (Sustainable Energy Research Team – University of Bath, 2011).

Τα δεδομένα για τη δημιουργία αυτού του καταλόγου που περιέχει συντελεστές για την ενσωματωμένη ενέργεια και τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου (οικολογικό-ανθρακικό αποτύπωμα) για τα διάφορα δομικά υλικά, έχουν συλλεχθεί από δευτερογενείς πηγές του δημόσιου τομέα της Μεγάλης Βρετανίας. Στις πηγές αυτές συμπεριλαμβάνονται άρθρα επιστημονικών περιοδικών, Αναλύσεις Κύκλου Ζωής (A.K.Z.), βιβλία, πρακτικά συνεδρίων και οτιδήποτε ακόμα αποτελούσε αξιόπιστο υλικό, αφού ακόμα ο τομέας αυτός δεν περιέχει τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα, με την μέθοδο της A.K.Z., για όλα τα υλικά. Έτσι, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων, η ICE-Database v2.0 όπως ονομάζεται, η οποία εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 2011 και περιέχει, εκτός από τους συντελεστές που αναφέρθηκαν παραπάνω, διάφορες άλλες σχετικές πληροφορίες για τα δεδομένα που παρουσιάζει (π.χ. την χώρα των δεδομένων, το έτος, τα όρια, τις ιδιαιτερότητες κάθε υλικού κτλ.). Η βάση δεδομένων ICE χωρίζει τα υλικά σε 34 κύριες ομάδες υλικών (όπως λ.χ. αδρανή, ξυλεία κλπ.) και εντός της κάθε ομάδας υπάρχουν οι συντελεστές για τα συγκεκριμένα υλικά που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική δραστηριότητα όπως π.χ. στην ξυλεία υπάρχουν οι μοριοσανίδες (νοβοπάν), οι ινοσανίδες (MDF) κτλ.

Δυστυχώς, η έρευνα απέδειξε ότι δεν υπάρχουν δεδομένα για τους συντελεστές για όλα τα υλικά και για όλες τις οριακές συνθήκες (όπως π.χ. η ενέργεια που δεν επιστρέφει στη γη, η ηλεκτρική ενέργεια που δεν ανιχνεύεται κλπ) και έτσι, εξαιτίας του γεγονότος ότι η μέθοδος «Cradle-to-Gate» (Εξόρυξη πρώτων υλών έως Πύλη) ήταν η πιο συχνά καθορισμένη οριακή συνθήκη επιλέχθηκε ως το ιδανικό πεδίο εφαρμογής της βάσης δεδομένων του Bath. Στα περισσότερα, λοιπόν, υλικά οι συντελεστές μετράνε ακριβώς εντός αυτής της οριακής συνθήκης, όμως, λόγω των περίπλοκων και ασυνεπών δεδομένων για το κάθε υλικό σε κάποια προφίλ υλικών δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή, αλλά η «Cradle-to-Grave» αφού μόνο για αυτήν υπάρχουν δεδομένα και αυτό προσδιορίζεται κάθε φορά από τον κατάλογο, αφού αναφέρεται ρητά δίπλα από κάθε υλικό η μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί.

Στην εισαγωγή του καταλόγου ICE προσδιορίζεται ότι οι συντελεστές που αναφέρονται στην ενσωματωμένη ενέργεια φέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι η πλειοψηφία των δεδομένων που χρησιμοποιεί, αναφέρονταν αποκλειστικά στην ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών και, επομένως, σε πολλές περιπτώσεις ήταν αναγκαία η εκτίμηση των συντελεστών εκπομπής αέριων ρύπων θερμοκηπίου ή, αλλιώς εκπομπών CO<sub>2e</sub>, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ιδανικά, οι εκπομπές CO<sub>2e</sub> προκύπτουν από Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ωστόσο λόγω έλλειψης δεδομένων, πολλοί από τους συντελεστές αυτούς εκτιμήθηκαν από τους συντάκτες της βάσης δεδομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι εκπομπές CO<sub>2e</sub> εκτιμήθηκαν από το τυπικό μείγμα καυσίμων που χρησιμοποιείται στις σχετικές βιομηχανίες του Ηνωμένου Βασιλείου. Αυτή η μέθοδος δεν είναι και η καλύτερη δυνατή, αλλά ούτε και τα αποτελέσματα της A.K.Z. (η προτιμώμενη πηγή) είναι αντικειμενικά αφού περιέχουν και αυτά αρκετές παραδοχές.

Συγκεκριμένα, από την ανάλυση της ICE-βάσης δεδομένων προκύπτει ότι ένα ποσοστό της τάξης του 40% των στοιχείων που συλλέχθηκαν παρείχαν πληροφορίες για τον «ενσωματωμένο άνθρακα», την δυναμική υπερθέρμανση του πλανήτη (ή αλλιώς την μέτρηση των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου) ή το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε (από το οποίο οι εκπομπές άνθρακα θα μπορούσαν εύκολα να εκτιμηθούν). Ενώ από αυτό το ποσοστό, μονό το 20% αποδείχθηκε χρήσιμο και αξιοποιήσιμο αφού ακόμα ένας ανασταλτικός παράγοντας για τον προσδιορισμό των συντελεστών είναι τα διαφορετικά μείγματα καυσίμων και οι διαφορετικές τεχνολογίες αξιοποίησης αυτών, στις διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Για παράδειγμα, δύο εργοστάσια μπορεί να παράγουν το ίδιο προϊόν, να έχουν τον ίδιο συντελεστή ενσωματωμένης ενέργειας ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος, αλλά παρόλα αυτά το σύνολο των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό εξαιτίας του διαφορετικού μείγματος καυσίμων που χρησιμοποιούν.

Ακόμη ένα στοιχείο αβεβαιότητας προστέθηκε στην βάση δεδομένων με την ανάλυση υλικών που έχουν ως πρώτη ύλη κάποιο καύσιμο όπως π.χ. το πετρέλαιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή προϊόντων όπως το πλαστικό και το καουτσούκ. Σε αυτή την περίπτωση δεν ήταν πάντα ξεκάθαρο από τις πηγές που χρησιμοποιεί η βάση δεδομένων αν αυτή η ενέργεια που είναι στην ουσία και πρώτη ύλη εμπεριέχονταν στα δεδομένα. Παρόλα αυτά, αυτό ξεκαθαρίστηκε με εργαστηριακούς ελέγχους και η ενέργεια αυτή έχει προστεθεί στον συνολικό συντελεστή.

### **5.2.1.2 Κριτήρια επιλογής συντελεστών**

Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των συντελεστών ενσωματωμένης ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2e</sub> παρουσιάζονται παρακάτω. Εξαιτίας, βέβαια και των δυσκολιών που αναφέρθηκαν παραπάνω (διαφορετικές και ελλείψεις οριακές συνθήκες, όχι αρκετές πληροφορίες για το πεδίο της μελέτης κλπ.), η επιλογή των κριτηρίων είναι ευέλικτη, παραμένοντας όμως προσηλωμένη σε ένα ιδεατό σύνολο προϋποθέσεων.

Τα πέντε λοιπόν κριτήρια που εφαρμόστηκαν για την επιλογή των συντελεστών και την διατήρηση της συνοχής των δεδομένων στην βάση αυτή είναι τα εξής (ICE v 1.6a, 2008):

1) **Η συμμόρφωση με αναγνωρισμένες μεθοδολογίες / Πρότυπα.** Η προτίμηση, δηλαδή, δόθηκε σε πηγές δεδομένων που σχετίζονται με ευρέως αποδεκτές μεθόδους. Έτσι, ως ιδανική μελέτη είναι όποια συμμορφώνεται με το πρότυπο ISO 14040/44 (το διεθνές πρότυπο για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής). Ωστόσο, από την άλλη πλευρά, ακόμη και μελέτες που συμμορφώνονται με τα πρότυπα ISO μπορούν να έχουν μεγάλες και σημαντικές διαφορές στη μεθοδολογία, ως εκ τούτου, περαιτέρω κριτήρια επιλογής ήταν απαραίτητο να καθορισθούν για να εξασφαλίσουν έτσι, την συνοχή των δεδομένων.

2) **Τα όρια του συστήματος.** Τα όρια του συστήματος που εγκρίθηκαν ως κατάλληλα για την δημιουργία της βάσης δεδομένων είναι το «Cradle-to-Gate» (εξόρυξη πρώτων υλών έως πύλη) όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Η ενέργεια σαν πρώτη ύλη λαμβάνεται υπόψη μόνο εφόσον αντιπροσωπεύει μια μόνιμη απώλεια πολύτιμων πόρων, όπως η χρήση ορυκτών καυσίμων. Για παράδειγμα, τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες, όπως οι πετρο-χημικές ουσίες για την παραγωγή πλαστικών, συμπεριλαμβάνονται (αναφέρονται και ξεχωριστά), ενώ, αντίθετα, η θερμογόνο δύναμη του ξύλου έχει αποκλειστεί. Αυτή η προσέγγιση είναι συνεπής με μια σειρά από δημοσιευμένες μελέτες και μεθοδολογίες. Οι συνέπειες της απομόνωσης του άνθρακα (για παράδειγμα του άνθρακα που απορροφάται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας οργανικών υλικών, δηλαδή της ξυλείας) εξετάστηκαν αλλά δεν ενσωματώθηκαν στα δεδομένα. Ενώ ταυτόχρονα οι μη σχετικές με καύσιμα εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζονται.

3) **Προέλευση (χώρα) των δεδομένων.** Τα δεδομένα που ενσωματώνονται στον κατάλογο ICE προέρχονται κυρίως από την Μεγάλη Βρετανία. Όμως, σε πολλά υλικά έχουν υιοθετηθεί διαθέσιμα στοιχεία ενσωματωμένης ενέργειας από ξένες πηγές (χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, τον ευρωπαϊκό και τον παγκόσμιο μέσο όρο). Μια ισχυρότερη προτίμηση δόθηκε στα δεδομένα εκπομπών άνθρακα που προέρχονται από το Ηνωμένο Βασίλειο, λόγω των εθνικών διαφορών στα μείγματα καυσίμων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που αναφέρθηκαν και προηγουμένως.

4) **Χρονολογία των πηγών των δεδομένων.** Προτεραιότητα έχει δοθεί στις σύγχρονες πηγές των δεδομένων, αυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικό για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, καθώς, οι ιστορικές αλλαγές στο μείγμα καυσίμων και οι συντελεστές του άνθρακα που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκαλούν μεγαλύτερη αβεβαιότητα στις τιμές του άνθρακα που ενσωματώνονται στην βάση δεδομένων.

5) **Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αέριων ρύπων του θερμοκηπίου.** Έχει γίνει προσπάθεια ώστε τα δεδομένα να προέρχονται κατά βάση από μελέτες που εξετάζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στον κύκλο ζωής του προϊόντος, μέσω μιας λεπτομερούς AKZ για παράδειγμα, αλλά, συχνά, υπάρχει η απουσία τέτοιων στοιχείων. Σε πολλές περιπτώσεις, λοιπόν, οι συντελεστές εκτιμήθηκαν με βάση τον

τυπικό διαχωρισμό των καυσίμων του Ηνωμένου Βασιλείου, για τον συγκεκριμένο βιομηχανικό τομέα και, έτσι, προέκυψαν οι συντελεστές εκπομπών CO<sub>2</sub>e. Πρόσθετες εκπομπές CO<sub>2</sub>e (μη συνδεδεμένες με την ενέργεια) έχουν συμπεριληφθεί στον κατάλογο.

Τέλος, γενικά όσον αφορά την βάση ICE και τα κριτήρια που την διακατέχουν, τα στοιχεία επικεντρώνονται κυρίως στα δομικά υλικά, ενώ οι συντελεστές ενσωματωμένης ενέργειας και «ενσωματωμένου άνθρακα» που επιλέχθηκαν είναι αντιπροσωπευτικοί των τυπικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην βρετανική αγορά. Στην περίπτωση των μετάλλων, οι τιμές για τα παρθένα και τα ανακυκλωμένα υλικά εκτιμήθηκαν αρχικά και στη συνέχεια, συμπεριλήφθη ένα ποσοστό ανακύκλωσης (είτε ο μέσος όρος ανακύκλωσης μετάλλων της Ε.Ε., είτε ο παγκόσμιος μέσος όρος) για τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται συνήθως στην αγορά. Αυτό επέτρεψε τον καθορισμό μιας προσεγγιστικής τιμής για την ενσωματωμένη ενέργεια των διάφορων βιομηχανικών εξαρτημάτων. Επίσης, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα είναι αντιπροσωπευτικά των τυπικών προϊόντων (λαμβάνοντας την ξυλεία ως παράδειγμα), η προτίμηση κατανάλωσης των διαφορετικών ειδών ξυλείας στο Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζεται για την εκτίμηση μιας ενιαίας «αντιπροσωπευτικής» τιμής, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση απουσίας της πιο λεπτομερούς γνώσης του συγκεκριμένου είδους ξύλου που χρησιμοποιήθηκε ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί (π.χ. κόντρα πλακέ, μαλακό ξύλο, κλπ.). Ενώ, προτιμάται η παρουσίαση δεδομένων τα οποία αποτελούν άμεσα αξιοποιήσιμα προϊόντα δομικών κατασκευών, δηλαδή η παρουσίαση ημι-συνθετικών στοιχείων (όπως π.χ. τμήματα, φύλλα, ράβδοι, κλπ.) τα οποία έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν χωρίς περαιτέρω μεταποίηση, με σκοπό η βάση δεδομένων να είναι περισσότερο πρακτική για τον αναγνώστη.

### **5.2.1.3 Οριακές συνθήκες**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα όρια εντός των οποίων μετράται η ενσωματωμένη ενέργεια και οι εκπομπές CO<sub>2</sub>e είναι, οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα από την εξόρυξη των πρώτων υλών του προϊόντος έως και την έξοδο του προϊόντος από την εργοστασιακή μονάδα. Παρόλα αυτά, ακόμα και για αυτήν την πιο περιορισμένη οριακή συνθήκη υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες αφού οι διαφορετικές πηγές δεδομένων που πρέπει να συνδεθούν για να δώσουν τους τελικούς συντελεστές μπορεί να μην αναφέρονται στην ίδια οριακή συνθήκη. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη μια πιο ξεκάθαρη παρουσίαση των οριακών συνθηκών και, συγκεκριμένα, ποια μορφή ενέργειας ή διαδικασίας εμπεριέχεται στην βάση δεδομένων και με ποιά επιμέρους κριτήρια. Συγκεκριμένα, παρατίθεται από την ICE βάση δεδομένων η παρακάτω λίστα (ICE v 2.0, 2011):



| ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ   | ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ  |
|---|--|
| Παρεχόμενη Ενέργεια   | Όλη η παρεχόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε ισοδύναμα πρωτογενούς ενέργειας  |
| Πρωτογενής (πρωτοβάθμια) Ενέργεια   | Προκαθορισμένη μέθοδος( ανάγεται στην αρχική διαδικασία παραγωγής του υλικού)  |
| Πρωτοβάθμια Ηλεκτρική Ενέργεια  | Συμπεριλαμβάνεται, υπολογίζεται ως το ενεργειακό περιεχόμενο του ηλεκτρισμού   |
| Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (συμπεριλαμβάνεται και η ηλεκτρική)                     | Συμπεριλαμβάνονται   |
| Θερμογόνος δύναμη / Θερμαντική αξία της ενέργειας που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα | Προκαθορισμένες μονάδες είναι είτε οι υψηλότερες τιμές θέρμανσης (HHV) είτε η μεικτή θερμογόνος δύναμη (GCV) ,με τις δύο μετρήσεις να είναι ισοδύναμες   |
| Θερμογόνος δύναμη των βιολογικών καυσίμων   | Συμπεριλαμβάνεται όταν χρησιμοποιείται σαν ενέργεια, δεν συμπεριλαμβάνεται όταν χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη (π.χ. σε υπολείμματα ξυλείας που καίγονται για να χρησιμοποιηθούν σαν ενέργεια, η θερμογόνος δύναμη προστίθεται στον συντελεστή, ενώ, αντίθετα το ξύλο που χρησιμοποιείται ως έπιπλο δεν εμπεριέχει την θερμογόνο του δύναμη στον συντελεστή του) |
| Καύσιμα ως Πρώτη Ύλη  | Πρώτες ύλες που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα συμπεριλαμβάνονται στην αξιολόγηση αλλά προσδιορίζονται και χωριστά. (π.χ. τα πετροχημικά που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πλαστικών συμπεριλαμβάνονται)  |
| Παγίδευση του άνθρακα και βιογενής αποθήκευση του άνθρακα                           | Δεν συμπεριλαμβάνεται  |
| Εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου σχετικές με τα καύσιμα                        | Όλες οι σχετικές με τα καύσιμα εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται   |
| Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά τις διάφορες διαδικασίες                       | Περιλαμβάνονται στην βάση δεδομένων (για παράδειγμα συμπεριλαμβάνονται στους συντελεστές του σκυροδέματος οι εκπομπές CO <sub>2e</sub> από την πύρωση του ασβεστόλιθου για την παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου)   |
| Αέριοι Ρύποι Θερμοκηπίου  | Η ανανεωμένη έκδοση v2.0 υπολογίζει εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου, σύμφωνα και με την απόφαση της συνόδου: International Panel on Climate change  |
| Μεταφορές   | Συμπεριλαμβάνονται όλες οι μεταφορές εντός των οριακών συνθηκών, δηλαδή κυρίως (εξόρυξη πρώτων υλών έως έξοδο από το εργοστάσιο)   |

Πίνακας 5.1: Οριακές Συνθήκες Βάσης Δεδομένων (Πηγή: ICE v2.0 – Appendix A)

#### **5.2.1.4 Χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία για την ανακύκλωση**

Σύμφωνα με το παράρτημα Β της βάσης δεδομένων ICE (Prof. Hammond and Jones, 2011) υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό της συνεισφοράς που έχει η δυνατότητα ανακύκλωσης ενός υλικού στην εκτίμηση της ενσωματωμένης ενέργειας και στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει μια, μοναδική, παγκόσμια αποδεκτή μεθοδολογία γιατί ακόμα δεν έχει επέλθει συμφωνία πάνω σε αυτό αντικείμενο. Για να γίνει περισσότερο κατανοητός ο τρόπος που η ανακύκλωση επηρεάζει τον δείκτη της ενσωματωμένης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2e</sub> θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα. Έστω πως η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού κατά την πρώτη παραγωγή του είναι 20 MJ αλλά στο τέλος της ζωής του(για τα κτήρια υπολογίζεται 50 περίπου χρόνια) θα μπορεί με την ανακύκλωση να αντικαταστήσει, αφού θα χρησιμοποιηθεί αυτό και όχι νέο υλικό, ένα πόσο της τάξης των 8 MJ. Άρα, πρέπει με κάποιον τρόπο να υπολογιστεί εντός του συντελεστή και το μελλοντικό όφελος του ποσοστού της ανακύκλωσης και, εδώ, είναι που ξεκινάνε οι διαφωνίες αφού χρειάζεται το μέλλον να προβληθεί στο παρόν.

Για να συμπεριλάβει λοιπόν την ευεργετική μελλοντική ιδιότητα της ανακύκλωσης στο παρόν, η συγκεκριμένη βάση δεδομένων χρησιμοποιεί την μέθοδο της προσέγγισης του ανακυκλωμένου περιεχόμενου (Recycled content approach - 100:0 method). Αυτή η μέθοδος τοποθετεί όλα τα οφέλη της ανακύκλωσης των υλικών στην πλευρά της εισόδου (input) ενός συστήματος προϊόντος. Δηλαδή, υποθέτει ότι το υλικό κατασκευάζεται με πρώτη ύλη κάποιο ποσοστό ανακυκλωμένου προϊόντος και με τον τρόπο αυτό δεν υπολογίζει καθόλου το όφελος στο τέλος της ζωής του προϊόντος. Γεγονός που καθιστά τη μέθοδο αυτή, την μοναδική ικανή να χρησιμοποιηθεί από την βάση αυτή, αφού στην βάση υπολογίζονται οι συντελεστές μέχρι και την έξοδο από το εργοστάσιο.

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, το χαμηλότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο της παραγωγής ανακυκλωμένου υλικού μπορεί να θεωρηθεί ως ένα φυσικό περιβαλλοντικό όφελος, δηλαδή, πιο απλά, η χρήση ανακυκλωμένων υλικών σε ένα προϊόν μειώνει με φυσικό τρόπο την περιβαλλοντική επιβάρυνση από την παραγωγή του υλικού, εξαιτίας ακριβώς της περιεκτικότητας σε ανακυκλωμένο υλικό (recycled content). Ενώ, όπως γίνεται κατανοητό, η μέθοδος αυτή προϋποθέτει την γνώση της περιεκτικότητας σε πρωτογενή και, αντίστοιχα, σε ανακυκλωμένα υλικά του τελικού προϊόντος.

Η μέθοδος της προσέγγισης της περιεκτικότητας σε ανακυκλωμένο υλικό μπορεί να αναπαρασταθεί με την παρακάτω ισότητα, σύμφωνα και με τη μεθοδολογία επισήμανσης του άνθρακα της οργάνωσης Carbon Trust, που περιέχεται στον οδηγό PAS 2050 : 2011 (Προδιαγραφές για την εκτίμηση των εκπομπών αέριων ρύπων θερμοκηπίου αγαθών και προϊόντων σε όλο τον κύκλο ζωής τους):

$$E = (1 - R)EV + (R * ER) + (1 - r)Ed$$

**Όπου:**

R = Ποσοστό ανακυκλωμένου υλικού στο προϊόν

r = Ανακυκλωσιμότητα (συνδυασμός του ποσοστού ανάκτησης και ανακύκλωσης και της απόδοσης της ανακύκλωσης του υλικού στην εκτίμηση του άνθρακα)

E = Ενσωματωμένες επιπτώσεις, ανά μονάδα υλικού

ER = Ενσωματωμένες επιπτώσεις που προκύπτουν από την εισαγωγή ανακυκλωμένου υλικού, ανά μονάδα υλικού

EV = Ενσωματωμένες επιπτώσεις που προκύπτουν από την εισαγωγή παρθένου (νέου) υλικού, ανά μονάδα υλικού

Ed = Ενσωματωμένες επιπτώσεις που προκύπτουν από την διάθεση των αποβλήτων, ανά μονάδα υλικού

Για να αποφύγει διάφορες στρεβλώσεις της αγοράς (μεγαλύτερα από τα πραγματικά τα ποσοστά ανακυκλωσιμότητας κάποιου υλικού κλπ.), η βάση δεδομένων χρησιμοποιεί την μέθοδο των μέσων όρων της γεωγραφικά καθορισμένης αγοράς σαν την επιλεγμένη μέθοδο για να συμπεριλάβει την ανακύκλωση στους συντελεστές και, έτσι, και το τέλος της ζωής του δομικού υλικού. Έτσι, λόγω χάρη, κάθε προϊόν χάλυβα ενός συγκεκριμένου τύπου (π.χ. ράβδος, φύλλο, κτλ.) μοντελοποιείται με το ίδιο ανακυκλωμένο περιεχόμενο. Αυτό σημαίνει, ότι τα οφέλη της ανακύκλωσης μοιράζονται εξίσου σε όλο τον τομέα του εκάστοτε υλικού. Με την μέθοδο αυτή αντανακλάται το όφελος της χρήσης ανακυκλωμένων υλικών σε παγκόσμιο πλαίσιο, μακριά από τις σκόπιμες στρεβλώσεις της αγοράς. Πιο συγκεκριμένα, η ICE v2.0 περιέχει δεδομένα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ανακυκλωμένα υλικά, τόσο, για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 27, η οποία και θεωρείται σαν μια κλειστή αγορά αφού είναι αυτάρκης, προμηθεύεται δηλαδή τα μέταλλα (που είναι και τα κύρια υλικά που ενδιαφέρουν στην ανακύκλωση) από τις χώρες που την απαρτίζουν, με μια μικρή άλλα αποδεκτή εξαίρεση το σίδηρο, όσο και για τον παγκόσμιο μέσο όρο περιεκτικότητας σε ανακυκλώσιμο υλικό.

## **5.2.2 2012 Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors for Company Reporting**

### **5.2.2.1 Γενικά Στοιχεία**

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, οι συντελεστές ενσωματωμένης ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub>e της βάσης δεδομένων ICE v2.0 καλύπτουν το υλικό μέχρι και την έξοδο του από το εργοστάσιο με μία προβολή στο παρόν του μελλοντικού πιθανού οφέλους από την ανακύκλωση στο τέλος της ζωής του υλικού, συμπεριλαμβάνοντας, με τον τρόπο αυτό και το τέλος της ζωής του υλικού. Άρα, στην προσπάθεια για ανάπτυξη ενός προγράμματος που θα περιλαμβάνει την ανάλυση ολόκληρου του κύκλου ζωής του υλικού κρίθηκε απαραίτητη η εύρεση μιας δεύτερης βάσης δεδομένων, η οποία θα περιείχε συντελεστές για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αέριων ρύπων

του θερμοκηπίου που προκαλούνται από την απαραίτητη μεταφορά των προϊόντων από το εργοστάσιο που παράγονται στο εργοτάξιο.

Για τον λόγο αυτό στραφήκαμε στην προτεινόμενη από την ICE βάση δεδομένων πηγή, δηλαδή το υπουργείο Περιβάλλοντος, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων (DEFRA) του Ηνωμένου Βασιλείου, που θα μας εξασφάλιζε σίγουρα συμβατά και αντικειμενικά δεδομένα, αφού αυτά προέρχονται από την ίδια χώρα και μάλιστα από το υπουργείο περιβάλλοντος. Η DEFRA αναπτύσσει κάθε χρόνο έναν οδηγό για τον υπολογισμό των συντελεστών των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου για διάφορες διαδικασίες, όπως λόγω χάρη τις εκπομπές λόγω μεταφορών ή τους δείκτες των εκπομπών εξαιτίας της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, για να συμπεριλάβουμε και τη μεταφορά των δομικών υλικών από το εργοστάσιο στην οικοδομή, στραφήκαμε στον τελευταίο οδηγό που εξέδωσε για το 2012, ο οποίος ανακοινώθηκε μόλις στο τέλος Μαΐου.

| Diesel HGV Road Freight Conversion Factors: Vehicle km Basis |                               |                |                            | Scope 1 OR Scope 3 |                                   |                                     |                                     | Total Direct GHG                    | Scope 3 Total Indirect GHG          | All Scopes Grand Total GHG |
|--|-------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|  |                               |                |                            | CO <sub>2</sub>    | CH <sub>4</sub>                   | N <sub>2</sub> O                    | GHG                                 |                                     |                                     |                            |
|  | Gross Vehicle Weight (tonnes) | % weight laden | Total vehicle km travelled | x                  | kg CO <sub>2</sub> per vehicle km | kg CO <sub>2</sub> e per vehicle km | kg CO <sub>2</sub> e per vehicle km | kg CO <sub>2</sub> e per vehicle km | kg CO <sub>2</sub> e per vehicle km |                            |
| Rigid  | >3.5-7.5t                     | 0%             |                            | x                  | 0.54291                           | 0.00022                             | 0.00006                             | 0.54919                             | 0.11666                             | 0.66585                    |
|  |                               | 50%            |                            | x                  | 0.59012                           | 0.00022                             | 0.00006                             | 0.59640                             | 0.12669                             | 0.72309                    |
|  |                               | 100%           |                            | x                  | 0.63733                           | 0.00022                             | 0.00006                             | 0.64361                             | 0.13672                             | 0.78033                    |
|  |                               | 46%            | (UK average load)          | x                  | 0.58635                           | 0.00022                             | 0.00006                             | 0.59263                             | 0.12589                             | 0.71852                    |
| Rigid  | >7.5-17t                      | 0%             |                            | x                  | 0.64930                           | 0.00027                             | 0.00746                             | 0.65703                             | 0.13957                             | 0.79660                    |
|  |                               | 50%            |                            | x                  | 0.74206                           | 0.00027                             | 0.00746                             | 0.74979                             | 0.15928                             | 0.90907                    |
|  |                               | 100%           |                            | x                  | 0.83482                           | 0.00027                             | 0.00746                             | 0.84255                             | 0.17899                             | 1.02153                    |
|  |                               | 39%            | (UK average load)          | x                  | 0.72166                           | 0.00027                             | 0.00746                             | 0.72939                             | 0.15494                             | 0.88433                    |
| Rigid  | >17t                          | 0%             |                            | x                  | 0.78075                           | 0.00036                             | 0.00998                             | 0.79109                             | 0.16805                             | 0.95914                    |
|  |                               | 50%            |                            | x                  | 0.95214                           | 0.00036                             | 0.00998                             | 0.96248                             | 0.20440                             | 1.16694                    |
|  |                               | 100%           |                            | x                  | 1.12353                           | 0.00036                             | 0.00998                             | 1.13387                             | 0.24087                             | 1.37474                    |
|  |                               | 54%            | (UK average load)          | x                  | 0.96632                           | 0.00036                             | 0.00998                             | 0.97666                             | 0.20747                             | 1.18413                    |
| All rigid  | UK average                    | 53%            |                            | x                  | 0.82475                           | 0.00031                             | 0.00852                             | 0.83358                             | 0.17708                             | 1.01066                    |
| Articulated  | >3.5-33t                      | 0%             |                            | x                  | 0.72374                           | 0.00049                             | 0.00912                             | 0.73335                             | 0.15578                             | 0.88913                    |
|  |                               | 50%            |                            | x                  | 0.80498                           | 0.00049                             | 0.00912                             | 0.81429                             | 0.16422                             | 1.00851                    |
|  |                               | 100%           |                            | x                  | 1.08562                           | 0.00049                             | 0.00912                             | 1.09553                             | 0.23286                             | 1.32789                    |
|  |                               | 44%            | (UK average load)          | x                  | 0.88297                           | 0.00049                             | 0.00912                             | 0.89258                             | 0.18361                             | 1.08219                    |
| Articulated  | >33t                          | 0%             |                            | x                  | 0.86872                           | 0.00055                             | 0.01020                             | 0.70947                             | 0.15071                             | 0.86018                    |
|  |                               | 50%            |                            | x                  | 0.93163                           | 0.00055                             | 0.01020                             | 0.94238                             | 0.20019                             | 1.14257                    |
|  |                               | 100%           |                            | x                  | 1.16454                           | 0.00055                             | 0.01020                             | 1.17529                             | 0.24987                             | 1.42496                    |
|  |                               | 62%            | (UK average load)          | x                  | 0.98753                           | 0.00055                             | 0.01020                             | 0.99928                             | 0.21206                             | 1.21034                    |
| All artic  | UK average                    | 61%            |                            | x                  | 0.88753                           | 0.00055                             | 0.01020                             | 0.89828                             | 0.21206                             | 1.21034                    |
| ALL HGVs   | UK average                    | 57%            |                            | x                  | 0.90015                           | 0.00043                             | 0.00920                             | 0.90988                             | 0.19328                             | 1.10316                    |
| Total  |                               |                |                            |                    |                                   |                                     |                                     |                                     |                                     |                            |

Εικόνα 5.3: Βάση Δεδομένων DEFRA 2012 Guidelines

Όπως και η προηγούμενη βάση δεδομένων, έτσι και αυτός ο οδηγός παρουσιάζει τα αποτελέσματα του σε χιλιόγραμμα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>e). Αυτή η μονάδα χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την μέτρηση των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και, έτσι, και την δυνητική υπερθέρμανση του πλανήτη, η οποία προκαλείται από αυτά ακριβώς τα αέρια. Περιέχει πέρα του διοξειδίου του άνθρακα και άλλα αέρια του θερμοκηπίου όπως π.χ. το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το νιτρικό οξύ (N<sub>2</sub>O) και είναι η διεθνής μονάδα όπως αυτή αποφασίστηκε τόσο βάση του πρωτόκολλου του Κιότο, όσο και με την έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, 2001).

Ο οδηγός αυτός, περιέχει δεδομένα εκτός από τις άμεσες εκπομπές και για τις έμμεσες εκπομπές CO<sub>2</sub>e, όπως αυτές ορίζονται από την κυβερνητική πράξη για τον υπολογισμό του CO<sub>2</sub>e. Δηλαδή, με τον όρο άμεσες εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου (ή GHG) ορίζονται οι εκπομπές οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο σημείο της καύσης των καυσίμων, ώστε να κινηθεί το μεταφορικό μέσο. Ενώ, αντίθετα, οι έμμεσες εκπομπές είναι οι εκπομπές που απελευθερώνονται πριν την χρήση του οχήματος (καύση

καυσίμου), δηλαδή είναι αποτέλεσμα της εξόρυξης και της μετατροπής της πρωτογενούς ενέργειας (π.χ. αργό πετρέλαιο) σε αξιοποιήσιμη ενέργεια (π.χ. πετρέλαιο κίνησης). Εκπομπές οι οποίες προέρχονται από την παραγωγή των οχημάτων ή την κατασκευή των υποδομών δεν συμπεριλαμβάνονται.

Πιο συγκεκριμένα, στο παράρτημα 7 του συγκεκριμένου οδηγού, το οποίο αναφέρεται στους πίνακες μετατροπής των εμπορευματικών μεταφορών, αναφέρεται ότι η μονάδα στην οποία δίδει τους δείκτες είναι τα  $\text{kg CO}_2\text{e} / (\text{tn} \cdot \text{km})$  που αντιπροσωπεύει τη μετακίνηση ενός τόνου εμπορευμάτων για ένα χιλιόμετρο και είναι κατάλληλη για την σύγκριση μεταξύ δύο διαφορετικών μέσων μεταφοράς για ένα δεδομένο βάρος εμπορευμάτων σε μία δεδομένη απόσταση. Για τον λόγο αυτό και επιλέχθηκε για την ανάπτυξη του προγράμματος Con.CO<sub>2</sub>Estimator για να είναι, δηλαδή, και περισσότερο ακριβής αλλά και να επιτρέπει την σύγκριση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταφορικών μέσων αφού έτσι βοηθάει στον σχεδιασμό της κατασκευής (επιλογή μέσων μεταφοράς με λιγότερες εκπομπές, αν είναι εφικτό).

### **5.2.2.2 Παραδοχές οδηγού μετατροπής για κάθε μεταφορικό μέσο**

#### **5.2.2.2.1 Φορτηγό**

Τα δεδομένα έχουν αποφασιστεί μαζί με το Υπουργείο Μεταφορών του Ηνωμένου Βασιλείου και ισχύουν για το έτος 2012. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα για 3 διαφορετικά εύρη μεικτών βαρών για τα άκαμπτα με άξονα βαρέα φορτηγά οχήματα και 2 διαφορετικά εύρη μεικτών βαρών για τα αρθρωτά βαρέα φορτηγά οχήματα, οι μέσες τιμές για τις δύο κατηγορίες καθώς και η μέση τιμή για το σύνολο των βαρέων φορτηγών οχημάτων. Παράλληλα, στον ίδιο πίνακα ο δείκτης «φορτωμένο βάρος %» αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο είναι το όχημα φορτωμένο με την μέγιστη μεταφορική του ικανότητα (ωφέλιμο φορτίο). Βάρος 0% σημαίνει ότι το όχημα δεν μεταφέρει κανένα φορτίο, ενώ βάρος 100% σημαίνει ότι το όχημα κινείται με το μέγιστο δυνατό φορτίο. Ενώ, αναφέρεται πως οι συντελεστές έχουν υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη ότι το φορτηγό για ένα μέρος της διαδρομής της συνολικής μεταφοράς των εμπορευμάτων δεν θα έχει φορτίο εντός του, οπότε ο χρήστης θα πρέπει απλά να συμπληρώνει στην συνολική απόσταση που διακινούνται τα εμπορεύματα, χωρίς τυχόν διπλασιασμούς. Επιπλέον, οι συντελεστές εκπομπών CH<sub>4</sub> και το NO<sub>2</sub> υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων UK Greenhouse Gas Inventory values for 2010.

#### **5.2.2.2.3 Τρένο**

Οι συντελεστές CO<sub>2</sub>e για την μεταφορά εμπορευμάτων μέσω του τρένου αναπτύχθηκαν σε συνδυασμό με το υπουργείο Μεταφορών και το γραφείο Σιδηροδρομικών Ρυθμίσεων και βασίζονται στα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν για τις εκπομπές τόσο των πετρελαιοκίνητων τρένων (diesel), όσο και των ηλεκτρικών τρένων, οι οποίες δημοσιεύθηκαν στην Μεγάλη Βρετανία το 2009-2010. Επίσης, οι δείκτες εκπομπών CH<sub>4</sub> και το NO<sub>2</sub> υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων UK Greenhouse Gas Inventory values for 2010.

### **5.2.2.2.3 Αεροπλάνο (αερομεταφορές)**

Οι συντελεστές προκύπτουν από τον κατάλογο-οδηγό πάνω στους ατμοσφαιρικούς ρύπους που εκδόθηκε από την ΕΕΑ, το 2009 και από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας της Μεγάλης Βρετανίας σε συνδυασμό, πάντα, με το υπουργείο Μεταφορών. Έτσι, σύμφωνα με τις παραπάνω πηγές τα εμπορεύματα μεταφέρονται με δύο τύπους αεροσκαφών: ειδικά φορτηγά αεροσκάφη, δηλαδή, αυτά που μεταφέρουν αποκλειστικά και μόνο εμπορεύματα και από τα κανονικά, επιβατηγά αεροπλάνα που μεταφέρουν τόσο επιβάτες με τις αποσκευές τους όσο και εμπορεύματα. Στατιστικά στοιχεία της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας του Ηνωμένου Βασιλείου ή CAA (Civil Aviation Authority) για το έτος 2010 μαρτυρούν ότι ένα μεγάλο ποσοστό της αεροπορικής διακίνησης εμπορευμάτων μεγάλων αποστάσεων, μεταφέρεται με την επιβατική αεροπλοΐα, δυσκολεύοντας, με τον τρόπο αυτό, τον υπολογισμό των εκπομπών για τα εμπορεύματα χωρίς την, λανθασμένη, διπλή μέτρηση. Η κατανομή, λοιπόν, σε αυτού του είδους αεροσκαφών είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και έτσι, για τον σκοπό αυτής της μέτρησης χρησιμοποιείται ως υπόθεση ότι τα εμπορεύματα που μεταφέρονται με τα εμπορικά αεροπλάνα και τα εμπορεύματα που μεταφέρονται με τα επιβατικά αεροπλάνα είναι ισοδύναμα. Αυτό γίνεται εφικτό κάνοντας την παραδοχή ότι η ενσωμάτωση της χαμένης χωρητικότητας εμπορευματικού φορτίου στα επιβατηγά αεροπλάνα σε σχέση με το φορτίο, ισοδυναμεί, μόνο, με το φορτίο λόγω βάρους των επιβατών. Γίνεται η υπόθεση ότι αυτή η διαφορά στην ικανότητα μεταφοράς φορτίου οφείλεται στον ειδικό εξοπλισμό για τους επιβάτες (όπως π.χ. καθίσματα, τουαλέτες, τρόφιμα) και στις τροποποιήσεις του αεροσκάφους. Το αεροπλάνο αναφοράς που χρησιμοποιείται στις μετρήσεις, είναι το Boeing 747, αφού η εμπορευματική σύνθεση ισοδυναμίας, που αναφέρθηκε μόλις, χρησιμοποιείται για πάνω από το 90% των μακρινών εμπορευματικών πτήσεων από την Μεγάλη Βρετανία. Η προσαύξηση 9% στα χιλιόμετρα που έχουν μετρηθεί, προέρχεται από την IPCC Aviation and the global Atmosphere 8.2.2.3, η οποία υποστηρίζει ότι ένα ποσοστό της τάξης του 9 - 10% πρέπει να προστεθεί στους δείκτες για να λάβουμε υπόψη της μη-απευθείας διαδρομές (δηλαδή αυτές που τα αεροπλάνα δεν ακολουθούν ευθεία πορεία αλλά κυκλικές διαδρομές μεγάλων αποστάσεων μεταξύ δύο προορισμών) και τις διάφορες καθυστερήσεις στον αέρα. Εκπρόσωποι της αεροπορικής βιομηχανίας έχουν υποδείξει ότι η προσαύξηση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη για πτήσεις μικρών αποστάσεων, ενώ για τις πτήσεις μεγάλων αποστάσεων, μικρότερη. Ωστόσο, δεν είναι διαθέσιμα πιο συγκεκριμένα στοιχεία αφού πρέπει να αποδειχθούν οι ισχυρισμοί τους, έτσι οι δείκτες παραμένουν προς το παρόν ίδιοι. Ο πίνακας 7f, λοιπόν, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, χωρίζει τους συντελεστές για πτήσεις εσωτερικού, μικρών αποστάσεων εξωτερικού και μακρινών αποστάσεων εξωτερικού. Τέλος, όπως και για όλα τα μέσα μεταφοράς, οι δείκτες εκπομπών CH<sub>4</sub> και το NO<sub>2</sub> υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων UK Greenhouse Gas Inventory values for 2010.

### **5.2.2.2.4 Πλοίο**

Τα δεδομένα διαμορφώθηκαν από τη μελέτη της IMO του 2009: «Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία» («PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS»), σε συνδυασμό με το υπουργείο Μεταφορών του Ηνωμένου Βασιλείου και αποτελούν διεθνείς μέσους συντελεστές εκπομπών και φορτώσεων εμπορικών

πλοίων. Συγκεκριμένα, το φορτίο των πλοίων που δέχονται τόσο φορτηγά με εμπορεύματα, αλλά και επιβάτες οι οποίοι είτε έχουν, είτε δεν έχουν αυτοκίνητα (δηλαδή RoPax Ferries, όπως ονομάζονται) προέκυψε από δεδομένα που προσκόμισε η Best Foot Forward για λογαριασμό της Passenger Shipping Association σε έρευνα του 2007-08. Ο δείκτης που υπολογίστηκε, θεωρεί ένα μέσο φορτίο από βαρέα φορτηγά οχήματα της τάξης των 13,6 τόνων, βασισμένος σε πληροφορίες του πίνακα 2.6 της στατιστικής μελέτης για τις οδικές μεταφορές, που έγινε για λογαριασμό του υπουργείου μεταφορών της Μ. Βρετανίας το 2005. Για τα υπόλοιπα πλοία που αναλύονται, οι συντελεστές προέκυψαν από τον πίνακα 9.1 της έρευνας πάνω στις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, που έγινε για λογαριασμό του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) το 2009. Στους υπολογισμούς, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο το φορτίο του εμπορεύματος και τίποτε άλλο. Τέλος, όπως και παραπάνω, οι δείκτες εκπομπών CH<sub>4</sub> και το NO<sub>2</sub> υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων UK Greenhouse Gas Inventory values for 2010.

### **5.2.3 Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-2/2010**

#### **5.2.3.1 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων**

Για τον εναρμονισμό των στοιχείων στην ελληνική πραγματικότητα, και αφού η ειδικότητα μας δε μας επέτρεπε, την εύρεση του συντελεστή λ ή κ, για την προσαρμογή των συντελεστών ενσωματωμένης ενέργειας, εκπομπών αέριων ρύπων ανά χιλιόγραμμο υλικού στα ελληνικά δεδομένα (δηλαδή στην χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, στο χρησιμοποιούμενο μείγμα καυσίμου στην Ελλάδα κλπ.), στραφήκαμε στην τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, ενός οργανισμού που εγγράφεται το σύνολο των ειδικοτήτων των μηχανικών που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, με σκοπό να ελέγξουμε, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις όπου αυτή παραλείπονταν από την βάση ICE, να εκτιμήσουμε την πυκνότητα των υλικών, ή αλλιώς το ειδικό τους βάρος.

Έτσι λοιπόν, αν και η οδηγία πραγματεύεται κυρίως τις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών, αξιοποιεί την ελληνική, κυρίως, αλλά σε περίπτωση απουσίας ελληνικής, και την ξένη βιβλιογραφία, καθώς και τους διάφορους επιστημονικούς συνεργάτες από τα 106.000 μέλη της για να περιλάβει στον πίνακα τιμών της συγκεκριμένης οδηγίας και την πυκνότητα των δομικών υλικών που συναντάμε στην ελληνική αγορά, ανάλογα με τις διάφορες μορφές στις οποίες βρίσκονται τα υλικά (π.χ. σε υγρή ή ξηρή μορφή, σε μορφή παπλώματος ή σε πλάκες, κλπ.).

### **5.3 Μεθοδολογία - Παραδοχές**

#### **5.3.1 Περιγραφή μεθοδολογίας**

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω βάσεις δεδομένων και τις παραδοχές τους και έχοντας σαν οδηγό, το πρόγραμμα Athena Ecocalculator του καναδικού ινστιτούτου για τα αειφόρα υλικά, το οποίο είναι και το μοναδικό ανάλογο πρόγραμμα στην αγορά, ξεκίνησε η ανάπτυξη του προγράμματος. Έτσι, αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για τον

υπολογισμό της ενσωματωμένης ενέργειας και του ανθρακικού αποτυπώματος του κτηρίου.

Η επιλογή των κατηγοριών υλικών που θα απαρτίζουν το κάθε δομικό στοιχείο, αλλά και των υλικών που θα απαρτίζουν την κάθε κατηγορία υλικών, έγινε χρησιμοποιώντας την γνώση που υπάρχει για τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στον ελληνικό χώρο για όλες τις κατηγορίες κτηρίων (τόσο των εμπορικών, με έμφαση στα ξενοδοχεία, όσο και της κατοικίας), μέσω και ενός παλαιότερου καταλόγου που είχε εκδοθεί από τον τομέα της δομοστατικής των Πολιτικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, που είχε σκοπό την καταγραφή στατιστικών στοιχείων για την προέλευση των δομικών υλικών των δομικών στοιχείων (Πιερή, 2010). Έτσι, κάθε δομικό στοιχείο αποτελείται από το δομικό του υλικό, την τυχόν θερμομόνωση, ηχομόνωση, την εξωτερική επένδυση και το επίχρισμα του.

Έπειτα, κρίθηκε αναγκαία η μετατροπή των συντελεστών της βάσης δεδομένων ICE του σε μία μορφή περισσότερο φιλική στον χρήστη. Αναλυτικά, οι συντελεστές τόσο για την ενσωματωμένη ενέργεια, όσο και για το ανθρακικό αποτύπωμα των υλικών είχαν ως μονάδες το χιλιόγραμμο CO<sub>2</sub>e ανά χιλιόγραμμο υλικού (kg CO<sub>2</sub>e/kg). Στον σχεδιασμό και στην κατασκευή του κτηρίου όμως, γενικά, οι μονάδες που χρησιμοποιούνται από όλους τους εμπλεκόμενους είναι τα κυβικά μέτρα, τα τετραγωνικά και η μονάδα μέτρησης του μήκους, με εξαίρεση τις μεταλλικές κατασκευές, που τα υλικά επιμετρούνται σε χιλιόγραμμο. Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, την πυκνότητα ή ειδικό βάρος (χιλιόγραμμο ανά κυβικό μέτρο, kg/m<sup>3</sup>) του κάθε υλικού, έγινε εφικτή η μετατροπή του συντελεστή και με τον τρόπο αυτό έγινε πλέον εφικτό για το λογισμικό εργαλείο να ζητάει σαν δεδομένα (input), είτε τα τετραγωνικά μέτρα του κάθε υλικού και το πάχος του, είτε αν είναι γνωστά, κατευθείαν τα κυβικά μέτρα του υλικού και να υπολογίζει αυτόματα την ενσωματωμένη ενέργεια αλλά και το ανθρακικό αποτύπωμα τόσο του κάθε υλικού, όσο και ολόκληρου του κτηρίου.

Το τέταρτο βήμα που περιέχει τον υπολογισμό των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και κατά τη μεταφορά, για να ολοκληρωθεί, με τον τρόπο αυτό, ολόκληρος ο κύκλος ζωής του δομικού υλικού, αφού η ανακύκλωση και, έτσι και το τέλος της ζωής του έχει ήδη υπολογιστεί, όπως αναφέραμε και παραπάνω. Έτσι, δημιουργήθηκε ο πίνακας όπου ανάλογα με το μεταφορικό μέσο, με το οποίο μεταφέρθηκαν τα αγαθά από το εργοστάσιο στην οικοδομή, προστίθενται κάποιοι επιπλέον ρύποι στους συνολικούς. Από τον υπολογισμό των συνολικών ρύπων εξαιρέθηκαν οι οικοδομικές εργασίες, αφού περιέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας (πόσο διήρκεσαν, τι πηγή ενέργειας χρησιμοποιήθηκε, κλπ.), ενώ ταυτόχρονα έχουν μικρή συμβολή στους συνολικούς ρύπους, σε σχέση με την παραγωγή των δομικών υλικών.

Τέλος, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι βάσεις δεδομένων προέρχονταν από το Ηνωμένο Βασίλειο και επίσης στην ρητή αναφορά ότι η αλλαγή μείγματος καυσίμων από χώρα σε χώρα, ο τρόπος παραγωγής της ενέργειας, κλπ. φέρνει διαφορετικά αποτελέσματα, κυρίως, όσον αφορά το ανθρακικό αποτύπωμα αναζητήσαμε ένα συντελεστή προσαρμογής λ για το ανθρακικό αποτύπωμα κάθε υλικού και ένα συντελεστή κ για την ενσωματωμένη ενέργεια κάθε υλικού, που όμως δεν έχουν υπολογιστεί ακόμα και η ιδιότητα μας δεν μας επιτρέπει την περαιτέρω διερεύνηση τους



(αρμοδιότητα Χημικού Μηχανικού). Έτσι, υποθέσαμε ότι και οι δύο συντελεστές για όλα τα υλικά ισούνται με τη μονάδα.

### **5.3.2 Παραδοχές**

Μετά από σχετική έρευνα καταλήξαμε σε μία λίστα δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται ανά την ελληνική επικράτεια, συγκεκριμένα σε εξήντα επτά (67) συνολικά υλικά, για δεκαέξι (16) κατηγορίες. Παρακάτω παρουσιάζονται τόσο οι διαφορετικές κατηγορίες, όσο και τα υλικά με τις διάφορες παραδοχές που έγιναν και την αντιστοιχία τους στην βάση δεδομένων του πανεπιστημίου του BATH.

Οι κατηγορίες των υλικών που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα είναι οι εξής: Υλικό επικάλυψης, Φέρουσα κατασκευή, Δομικό υλικό, Στεγάνωση, Ηχομόνωση, Επένδυση, Θερμομόνωση, Μονωτικό υλικό, Εσωτερικά Χωρίσματα, Τελειώματα Εσωτερικών Τοίχων, Κουφώματα, Θύρες, Υποστρώματα Δαπέδων και Επιστρωση.

Κάποιες γενικές παρατηρήσεις, προσεγγίσεις και υποθέσεις σχετικά με την επιλογή των υλικών που απαρτίζουν τις παραπάνω κατηγορίες είναι οι εξής (ICE v 2.0, 2011): καταρχήν, όσον αφορά το σκυρόδεμα για να συμπεριληφθεί ο οπλισμός ακολουθείται η μέθοδος που προτείνεται από τη βάση δεδομένων δηλαδή, προστίθεται για κάθε 100 χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο οπλισμού μια ποσότητα στον συντελεστή της ενσωματωμένης ενέργειας και μια ποσότητα στον συντελεστή του ανθρακικού αποτυπώματος (βλέπε και στην ICE Database- Concrete, Reinforced concrete). Δεύτερον, επειδή δεν υπάρχουν για όλα τα υλικά, δεδομένα για την εκπομπή των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, αλλά κάποιοι συντελεστές αναφέρονται μόνο στο διοξείδιο του άνθρακα, προτείνεται από την βάση και ακολουθήθηκε στην ανάπτυξη του λογισμικού η προσαύξηση της τάξης του 6% σε περίπτωση που υπάρχουν δεδομένα μόνο για το διοξείδιο του άνθρακα. Συγκεκριμένα τα υλικά που υπολογίστηκαν κατά αυτό τον τρόπο είναι: ο φελλός, το δάπεδο από linoleum, η εποξειδική ρητίνη, το επίχρισμα, η ταπετσαρία, το βιομηχανικό δάπεδο και η μοκέτα. Τρίτον, για τα υλικά που ανήκουν στην γενική κατηγορία του ξύλου υποτέθηκε ότι το ανθρακικό αποτύπωμα προκύπτει τόσο από τα ορυκτά καύσιμα, όσο και από τα καύσιμα που προέρχονται από την βιομάζα, δηλαδή η καύση της βιομάζας για την παραγωγή καυσίμου θεωρήθηκε ότι απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον, γενικά σε όλα τα υλικά έχουν προτιμηθεί οι δείκτες που αναφέρονται στις τυπικές τιμές της Μεγάλης Βρετανίας, χάριν ευκολίας που θα έχει η μετέπειτα προσαρμογή στα ελληνικά δεδομένα (σύγκριση με Αγγλία και προσαρμογή) και, όσον αφορά, την ανακύκλωση έχει χρησιμοποιηθεί η ευρωπαϊκή περιεκτικότητα σε ανακυκλωμένο περιεχόμενο. Τέλος, υπήρξε η περίπτωση κάποιων υλικών που οι συντελεστές τους από τη βάση δεδομένων αναφέρονται σε όλο τον κύκλο ζωής τους και, έτσι, δεν χρειάζεται η προσθήκη της μεταφοράς τους. Αναλυτικά, τα υλικά αυτά είναι: η μοκέτα, ο πετροβάμβακας, ο υαλοβάμβακας (έως το εργοτάξιο), το δάπεδο από linoleum, το φυτεμένο χώμα και τέλος, οι πλάκες μαρμάρου.

Επιπλέον, στο παράρτημα Α επισυνάπτεται πίνακας που περιέχει όλα τα υλικά που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα CON.CO<sub>2</sub>.Estimator, το ειδικό βάρος, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και η ενσωματωμένη ενέργεια ανά χιλιόγραμμο του κάθε υλικού,

η βάση δεδομένων από την οποία προέκυψαν και η ακριβής τους ονομασία σε αυτή. Παρακάτω ακολουθεί, ενδεικτικά η πρώτη σελίδα του πίνακα:

| ΥΛΙΚΑ                       | ΕΚΠΟΜΠΕΣ<br>kg CO <sub>2</sub> / kg | ΕΙΔΙΚΟ<br>ΒΑΡΟΣ<br>kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ.<br>ΕΝΕΡΓΕΙΑ<br>MJ/KG | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ  |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα         | 0,107                               | 2500                                 | 0,74                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Concrete C20/25<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, compacted                                 |
| Προκατασκευασμένο Σκυρόδεμα | 0,136                               | 2400                                 | 1,19                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Precast (prefabricated) Concrete<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, compacted                |
| Ασφαλτική Μεμβράνη          | 0,066                               | 1700                                 | 2,86                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt, 4% (Bitumen)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt A                           |
| Πολυουρεθάνη                | 4,26                                | 30                                   | 101,5                         | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-Polyurethane Rigid Foam<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, polyurethane             |
| Διογκωμένη Πολυστερίνη      | 3,29                                | 23,5                                 | 88,6                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-Expanded Polystyrene<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. .<br>Μέση τιμή : $(12 + 35)/2=23,5$  |
| Φελλός                      | 0,201                               | 160                                  | 4                             | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Insulation-Cork<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cork board                                |
| Οπτοπλινθοδομή              | 0,24                                | 1920                                 | 3                             | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Clays & Bricks-General simple baked clay products<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Brick A |

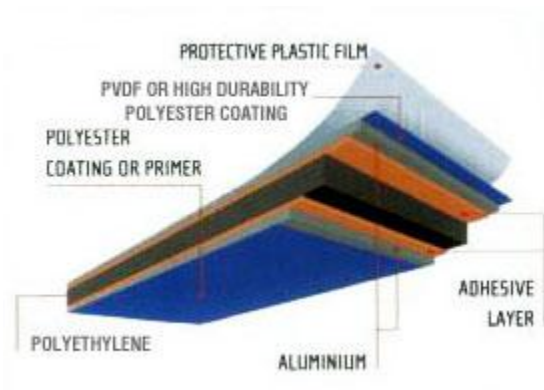
Πίνακας 5.2: 1<sup>η</sup> σελίδα πίνακα επεξεργασίας υλικών

### 5.3.3 Προσεγγιστικοί Υπολογισμοί Υλικών

Υπήρξαν οι περιπτώσεις κάποιων υλικών που δεν βρέθηκαν στη βάση δεδομένων, είτε επειδή αποτελούν καινοτόμα υλικά που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται πρόσφατα, είτε εξαιτίας του γεγονότος ότι αποτελούν συνδυασμό δύο ή περισσότερων υλικών. Για τα υλικά αυτά, αποφασίστηκε να εκτελεσθεί μία προσέγγιση των συντελεστών τους, λαμβάνοντας υπόψη τα υλικά που τα απαρτίζουν. Τα υλικά και οι υποθέσεις που έγιναν παρουσιάζονται παρακάτω.

#### 5.3.3.1 Etalbond

Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση του περιοδικού «Aluminium Magazine» το etalbond είναι ένα σύνθετο πέτασμα αλουμινίου λεπτού πάχους σε μορφή σάντουιτς που αποτελείται από δυο φύλλα αλουμινίου πάχους 0,5mm και ενδιάμεσα έχει πολυαιθυλαινικό πυρήνα πάχους 3mm (επιλέγεται συνολικό πάχος etalbond 4mm).



Εικόνα 5.4: *Etalbond* (Πηγή: Τεχνική έκθεση «Aluminium Magazine»)

Επομένως:

Ενσωματωμένη Ενέργεια:

Αλουμίνιο: 155 MJ / kg (ICE Database)

Πολυαιθυλένιο: 83,1 MJ / kg (ICE Database)

Άρα, Etalbond :  $155 \cdot (1/4) + 83,1 \cdot (3/4) = 101,1$  MJ / kg

Ανθρακικό Αποτύπωμα:

Αλουμίνιο: 9,16 kg CO<sub>2</sub>e / kg (ICE Database)

Πολυαιθυλένιο: 2,54 kg CO<sub>2</sub>e / kg (ICE Database)

Άρα, Etalbond :  $9,16 \cdot (1/4) + 2,54 \cdot (3/4) = 4,195$  kg CO<sub>2</sub>e / kg

Ειδικό Βάρος:

Βάρος : 5,5 kg / m<sup>2</sup> (τεχνική έκθεση του περιοδικού «Aluminium Magazine»)

Πάχος : 4 mm

Πυκνότητα (ειδικό βάρος) :  $5,5 / 0,004 = 1375 \text{ kg} / \text{m}^3$

### **5.3.3.2 Καθρέπτης**

Σύμφωνα με την διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια Βικιπαιδεία το κάτοπτρο (καθρέπτης) είναι ένα σύνθετο υλικό λεπτού πάχους που αποτελείται από μία λεπτή στρώση αλουμινίου πάχους 0,5mm και στην πίσω πλευρά έχει τεμάχιο υαλοπίνακα πάχους 3,5mm (επιλέγεται συνολικό πάχος 4mm-προσέγγιση). Επομένως :

#### Ενσωματωμένη Ενέργεια:

Αλουμίνιο: 155 MJ / kg (ICE Database)

Υαλοπίνακας : 15 MJ / kg (ICE Database)

Άρα, καθρέπτης :  $155*(0,5/4) + 15*(3,5/4) = 32,5 \text{ MJ} / \text{kg}$

#### Ανθρακικό Αποτύπωμα:

Αλουμίνιο: 9,16 kg CO<sub>2</sub>e / kg (ICE Database)

Υαλοπίνακας : 0,91 kg CO<sub>2</sub>e / kg (ICE Database)

Άρα, καθρέπτης :  $9,16*(0,5/4) + 0,91*(3,5/4) = 1,78 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{kg}$

#### Ειδικό Βάρος:

Αλουμίνιο: 2700 kg / m<sup>3</sup> (ICE Database)

Υαλοπίνακας: 2500 kg / m<sup>3</sup> (ICE Database)

Άρα, καθρέπτης :  $2700*(0,5/4) + 2500*(3,5/4) = 2525 \text{ kg} / \text{m}^3$

### **5.3.3.3 Corian**

Σύμφωνα με την διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια wikipedia το corian είναι ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται 75% υδρίτη του αλουμινίου (ορυκτό προερχόμενο από το βοξίτη) και 25% ακρυλικές ρυτίνες (επιλέγεται συνολικό πάχος 4mm-προσέγγιση).



Εικόνα 5.5: Πάγκος από corian (Πηγή: winsted.com)

Επομένως :

Ενσωματωμένη Ενέργεια:

Αλουμίνιο: 155 MJ / kg (ICE Database)

Ακρυλική ρητίνη : 90,7 MJ / kg (ICE Database)

Άρα, corian :  $155*0,75 + 90,7*0,25 = 138,9$  MJ / kg

Ανθρακικό Αποτύπωμα:

Αλουμίνιο: 9,16 kgCO<sub>2e</sub> / kg (ICE Database)

Ακρυλική ρητίνη : Δεν υπάρχει τιμή στην ICE Database

Άρα, corian :  $9,16 * (138,9 / 155) = 8,21$  kgCO<sub>2e</sub> / kg (πολλαπλασιάζω με τον συντελεστή απομείωσης της ενσωματωμένης ενέργειας λόγω της ύπαρξης της ακρυλικής ρητίνης)

Ειδικό Βάρος:

Αλουμίνιο: 2700 kg / m<sup>3</sup> (ICE Database)

Ακρυλική ρητίνη : Δεν υπάρχει τιμή στην ICE Database

Άρα, corian :  $2700 * (138,9 / 155) = 2420$  kg / m<sup>3</sup> (ομοίως, με πριν)

**5.3.4 Καθορισμός Συντελεστών των Μέσων Μεταφοράς**

Αφού, λοιπόν επιλέχθηκαν οι συντελεστές των υλικών, σειρά είχε ο καθορισμός των συντελεστών των μέσων μεταφοράς των υλικών από το εργοστάσιο στο χώρο της οικοδομής. Στο πρόγραμμα συμπεριλαμβάνονται τα εξής μεταφορικά μέσα: τα βαρέα φορτηγά οχήματα, το τρένο, το αεροπλάνο και το πλοίο. Για την περίπτωση των φορτηγών οχημάτων, επιλέχθηκε ο δείκτης που εμπεριέχει και την κατηγορία των αρθρωτών οχημάτων και αυτή των άκαμπτων, για το τρένο ο συντελεστής αναφέρεται τόσο στα πετρελαιοκίνητα τρένα, όσο και στα ηλεκτροκίνητα. Όσον αφορά το αεροπλάνο, επιλέχθηκαν 3 δείκτες, ο ένας για πτήσεις εσωτερικού, ο άλλος για πτήσεις μικρών αποστάσεων και ο τρίτος για πτήσεις μεγάλων αποστάσεων. Τέλος για την θαλάσσια μεταφορά επιλέχθηκαν συντελεστές για τις εξής κατηγορίες: πρώτον, πλοίο που δέχεται φορτηγά με εμπορεύματα και επιβάτες (Ro Pax ferries), δεύτερον, δεξαμενόπλοιο (products tanker), τρίτον, πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container) και τέλος, πλοίο που μεταφέρει φορτίο χύδην όπως τσιμέντο ή μεταλλεύματα (bulk carrier).

Οι συντελεστές προέκυψαν από τον οδηγό της DEFRA για το 2012, με ονομασία 2012 Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors for Company Reporting και γενικά επιλέχθηκαν για όλα τα μεταφορικά μέσα οι συντελεστές που αφορούσαν την μέση τιμή είτε της Αγγλίας, όπου υπήρχε, είτε την γενική μέση τιμή και δεν αναζητήθηκαν τιμές που περιείχαν περαιτέρω λεπτομέρειες όπως το φορτωμένο βάρος ή το μήκος του μέσου, οι οποίες θα έβλαπταν την γενικότητα των επιλεγμένων συντελεστών. Επίσης οι συντελεστές εμπεριέχουν τόσο τις άμεσες, όσο και τις έμμεσες εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, όπως αυτές ορίστηκαν στο υποκεφάλαιο των παραδοχών των βάσεων δεδομένων. Αναλυτικά, οι παραδοχές για κάθε μέσο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

| Μέσο Μεταφοράς                                 | Kg CO <sub>2</sub> / (tn Km) | Παρατηρήσεις   |
|--|------------------------------|--|
| Αερομεταφορά (Μεγάλων αποστάσεων)              | 0,77                         | DEFRA : Air (Longhaul) ,<br>9% προσαύξηση των χιλιομέτρων,<br>Table 7f, Grand total GHG, all scopes,   |
| Αερομεταφορά (Μικρών αποστάσεων)               | 1,5                          | DEFRA : Air (Shorthaul)<br>9% προσαύξηση των χιλιομέτρων,<br>Table 7f, Grand total GHG, all scopes   |
| Αερομεταφορά (Πτήσεις Εσωτερικού)              | 2,49                         | DEFRA : Air (Domestic)<br>9% προσαύξηση των χιλιομέτρων,<br>Table 7f, Grand total GHG, all scopes  |
| Φορτηγό  | 0,14993                      | DEFRA : Diesel HGV Road Freight<br>Conversion Factors (UK Average<br>Vehicle Loads): Tonne.km Basis ,Table<br>7e,<br>All HGV's,<br>Gross vehicle weight (tonnes) : UK<br>average,<br>% weight laden : 57%,<br>UK av. payload (tonnes goods carried<br>per vehicle) : 7,40 ,<br>Grand total GHG, all scopes |
| Τρένο  | 0,03634                      | DEFRA : Rail<br>Table 7f ,<br>Diesel / Electric ,<br>Grand total GHG, all scopes   |
| Θαλάσσια Μεταφορά (Φορτηγό σε επιβατικό πλοίο) | 0,46016                      | DEFRA : Large RoPax ferry<br>Table 7g ,<br>Grand total GHG, all scopes   |
| Θαλάσσια Μεταφορά (Δεξαμενόπλοιο)              | 0,01067                      | DEFRA : Products Tanker ,<br>Size : Average,<br>Average loading : 54%,<br>Table 7g,<br>Grand total GHG, all scopes   |
| Θαλάσσια Μεταφορά (Εμπορευματοκιβώτια)         | 0,019                        | DEFRA : Container ,<br>Size : Average,<br>Average loading : 70%,<br>Table 7g,<br>Grand total GHG, all scopes   |
| Θαλάσσια Μεταφορά (Φορτίο χύδην)               | 0,00418                      | DEFRA : Bulk carrier ,<br>Size : Average,<br>Average loading : 51%,<br>Table 7g,<br>Grand total GHG, all scopes  |

Πίνακας 5.3: Πίνακας Επεξεργασίας Συντελεστών Μέσων Μεταφοράς

### 5.3.5 Επεξήγηση Μονάδων Μέτρησης

**Ενσωματωμένη ενέργεια:** Η ενσωματωμένη ενέργεια μετριέται σε Mega-Joules (MJ) και περιλαμβάνει όλες τις πηγές κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, για την παραγωγή ενέργειας, άμεσες αλλά και έμμεσες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή και τη μεταφορά των πρώτων υλών σε δομικά υλικά και μετέπειτα με τον συνδυασμό τους σε κτήρια. Στην ενσωματωμένη ενέργεια, συμπεριλαμβάνεται και όλη η ενέργεια που περιέχεται στις πρώτες ύλες (εγγενής ενέργεια) και πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται,

επίσης, ως πηγές ενέργειας. Επιπλέον, στη μέτρηση περιλαμβάνεται και την προ-καύσης χρήση ενέργειας (έμμεση ενέργεια) που σχετίζεται με την επεξεργασία, τη μεταφορά, την μετατροπή και τον τρόπο παροχής των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας (Athena Institute, 2011; Prof. Hammond and Jones, 2011).

**Ανθρακικό αποτύπωμα:** Το ανθρακικό αποτύπωμα είναι μια ιδιότητα του υλικού που μετράει την δυνητική υπερθέρμανση του πλανήτη με την μέτρηση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, που προκύπτουν από την ενσωματωμένη ενέργεια που περιέχει το υλικό και προκαλούν την υπερθέρμανση αυτή. Τα αέρια του θερμοκηπίου, που αναφέρονται ως ισοδύναμες επιπτώσεις διοξειδίου του άνθρακα, σχετίζονται με την θερμική ικανότητα παγίδευσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Γεγονός που έχει χρονικό ορίζοντα, εξαιτίας της διαφοράς της ατμοσφαιρικής σταθερότητας ή αντιδραστικότητας των διάφορων συμβαλλόμενων αερίων με την πάροδο του χρόνου. Η διεθνής επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (2001) χρησιμοποίησε έναν ορίζοντα 100 χρόνων για να υπολογίσει την μονάδα μέτρησης του ανθρακικού αποτυπώματος που αναφέρεται ως CO<sub>2</sub> ισοδύναμα και αναλύεται ως εξής (Athena Institute, 2011; Prof. Hammond and Jones, 2011):

$$\text{kg CO}_2\text{e} = \text{kgCO}_2 + (\text{kgCH}_4 \times 23) + (\text{kgN}_2\text{O} \times 300)$$


## **5.4 Οδηγός Χρήσης Λογισμικού Προγράμματος**

### **5.4.1 Γενικός Οδηγός Χρήσης**

Το εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης αποτελείται από δεκαπέντε (15) φύλλα εργασίας στο Microsoft Excel. Ο διαχωρισμός του κτηρίου σε επιμέρους τμήματα έγινε για την διευκόλυνση του συνολικού όγκου υπολογισμού των υλικών. Συγκεκριμένα το εργαλείο αποτελείται από τα εξής φύλλα εργασίας:

- 1) Εξώφυλλο
- 2) Γενικά Στοιχεία Κτηρίου
- 3) Εισαγωγή
- 4) Θεμελίωση
- 5) Δοκάρια
- 6) Υποστυλώματα
- 7) Εξωτερική Τοιχοποιία
- 8) Ανοίγματα
- 9) Εσωτερική Τοιχοποιία
- 10) Δάπεδα
- 11) Στέγη
- 12) Δώμα
- 13) Σύνοψη
- 14) Γραφήματα
- 15) Πίνακας Υλικών

Στο φύλλο εργασίας «Γενικά Στοιχεία Κτηρίου», ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει ορισμένα στοιχεία της κατασκευής για την οποία επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα. Συγκεκριμένα καλείται να συμπληρώσει το είδος κατασκευής (ιδιωτική ή δημόσια χρήση, ξενοδοχειακή ή οικιακή μονάδα, κλπ), το έτος κατασκευής και το έτος λειτουργίας, εμβαδό οικοπέδου και κτηρίου και αν πρόκειται για ανακαίνιση, το έτος ανακαίνισης και τον αριθμό ανακαινίσεων που έχουν γίνει στο κτήριο κατά τη διάρκεια ζωής του.



**ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Είδος Κατασκευής         |  |
| Έτος Κατασκευής          |  |
| Έτος Λειτουργίας         |  |
| Εμβαδόν Οικοπέδου        |  |
| Πραγματοποιούμενη κάλυψη |  |
| Συνολικό Εμβαδό Κτηρίου  |  |
| Ανακαινίσεις             |  |
| Αριθμός Ανακαινίσεων     |  |
| Έτος Ανακαινίσεων        |  |

Εικόνα 5.6: Γενικά Στοιχεία Κτηρίου

Στη συνέχεια, υπάρχει η καρτέλα «Εισαγωγή». Σε αυτό το φύλλο εργασίας παρουσιάζεται περιληπτικά ο τρόπος σκέψης και χρήσης του εργαλείου αναφέροντας ορισμένες πληροφορίες για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής καθώς και για τα αποτελέσματα που υπολογίζει το εργαλείο. Τέλος, παρουσιάζονται οχτώ βασικά βήματα και γενικότερες συνοπτικές οδηγίες χρήσης, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του εργαλείου από τον οποιονδήποτε χωρίς να είναι απαραίτητη η παραπομπή του στο παρόν εγχειρίδιο.



Το κάθε κτήριο αποτελείται από διάφορα βασικά δομικά στοιχεία. Στο συγκεκριμένο εργαλείο το κτήριο έχει χωριστεί σε εννιά (9) διαφορετικά δομικά στοιχεία, τα οποία φαίνονται και στην παραπάνω λίστα ( 4) – (12) ). Για την επιλογή του κάθε δομικού στοιχείου αρκεί ο χρήστης να επιλέξει από το κάτω μέρος του βιβλίου εργασίας εκείνο το οποίο τον ενδιαφέρει. Στην παρακάτω εικόνα για παράδειγμα είναι επιλεγμένη η καρτέλα «Δοκάρια».

| ΔΟΚΑΡΙΑ | ΚΙΛΑ kg           | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|---------|-------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1       | Φέρουσα Κατασκευή | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 2       | Θερμομόνωση       | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 3       | Επιχρίσματα       | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 4       | Επιχρίσματα       | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 5       | Επιχρίσματα       | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 6       | Επένδυση          | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 7       | Επίχρισμα         | 0,0                              | 0,000            | 0,0                         |                         | 0,92                                | / m2                           | 21                      | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| ΣΥΝΟΛΟ  | -                 | -                                | -                | 0,0                         | 0,0%                    | -                                   | -                              | -                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |

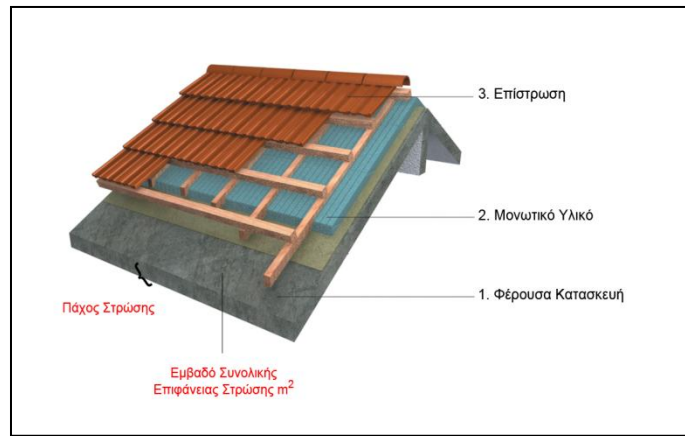
Εικόνα 5.7: Καρτέλα «Δοκάρια»

Σε κάθε καρτέλα των δομικών στοιχείων το εργαλείο είναι χωρισμένο σε δύο μέρη. Στο πάνω δεξιά μέρος της καρτέλας υπάρχει ένας πίνακας δυο γραμμών όπου παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του συγκεκριμένου δομικού στοιχείου που είναι επιλεγμένο καθώς και οι συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτηρίου. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται το ανθρακικό αποτύπωμα και η ενσωματωμένη ενέργεια με βάση τους δείκτες του BATH, το ανθρακικό αποτύπωμα και η ενσωματωμένη ενέργεια προσαρμοσμένη στα ελληνικά δεδομένα, το ανθρακικό αποτύπωμα λόγω μεταφοράς των υλικών από το εργοστάσιο στο εργοτάξιο και τέλος, το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα που αποτελείται από το προσαρμοσμένο ανθρακικό αποτύπωμα και το αποτύπωμα λόγω μεταφοράς.

Το κύριο μέρος της καρτέλας αποτελείται από δύο μεγάλους, κεντρικούς πίνακες (ο ένας για την πρώτη κατασκευή και ο άλλος για την ανακαίνιση) που περιλαμβάνουν κάθε επιμέρους κατηγορία υλικών του κάθε δομικού στοιχείου. Στο παράδειγμα βρισκόμαστε στην πρώτη κατασκευή της καρτέλας «Δοκάρια» και το δομικό στοιχείο αποτελείται από τη φέρουσα κατασκευή, τη θερμομόνωση, την επένδυση και το επίχρισμα. Ανάλογα με την περίπτωση του κτηρίου μας επιλέγουμε για κάθε κατηγορία τα υλικά που αντιστοιχούν στο κτήριο μας. Κλικάροντας πάνω στην κατηγορία που θέλουμε, εμφανίζεται ένα βελάκι το οποίο όταν το πατήσουμε εμφανίζεται μια αναπτυσσόμενη λίστα με υλικά ώστε να επιλέξουμε αυτό που αντιστοιχεί στην περίπτωση μας. Στη συνέχεια ο χρήστης θα πρέπει να εισάγει το εμβαδόν (τετραγωνικά μέτρα) και το

πάχος/μήκος του υλικού ή τα κυβικά μέτρα αν τα γνωρίζει από την αρχή, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα ο μεταλλικός σκελετός, τα κιλά του χρησιμοποιούμενου υλικού. Εν συνεχεία, οι υπολογισμοί εκτελούνται από το εργαλείο.

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι σε περίπτωση που ο χρήστης χρειάζεται περαιτέρω διευκρινίσεις σχετικά με τον τρόπο υπολογισμού των ζητούμενων επιφανειών και του πάχους – ύψους κάθε στοιχείου, μπορεί να ανατρέξει στα αναδυόμενα βοηθητικά σκαριφήματα, τοποθετώντας τον κέρσορα πάνω σε οποιοδήποτε κελί με κόκκινο τρίγωνο στην πάνω δεξιά γωνία. Με τον τρόπο αυτό αναδύεται ένα βοηθητικό διάγραμμα παρουσιάζοντας πληροφορίες για τον τρόπο υποβολής των ζητούμενων δεδομένων. Ενδεικτικό παράδειγμα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.8: Βοηθητικό Σκαρίφημα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε περίπτωση που ο χρήστης κατέχει στοιχεία για τον τρόπο μεταφοράς των υλικών από το εργοστάσιο παρασκευής τους στο σημείο κατασκευής, μπορεί να συμπληρώσει τον πίνακα που σχετίζεται με τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος λόγω της μεταφοράς των υλικών, ο οποίος βρίσκεται στο κάτω μέρος του πίνακα με τις κατηγορίες υλικών, τόσο στη νέα κατασκευή, όσο και στην ανακαίνιση. Συγκεκριμένα ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει την χώρα προέλευσης των υλικών, τη χιλιομετρική απόσταση μεταφοράς των καθώς και το μέσο μεταφοράς. Στη συνέχεια το εργαλείο υπολογίζει το ανθρακικό αποτύπωμα των υλικών λόγω μεταφοράς.

| ΥΛΙΚΑ | ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ   | ΧΛΜ. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΛΙΚΟΥ | ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ                           | Kg CO <sub>2</sub> eq / (tnKm) | Kg CO <sub>2</sub> eq |
|-------|-------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|
| 1     | Φέρουσα Κατασκευή |                                | Μέσο Μεταφοράς                           | 0                              | 0,00                  |
| 2     | Θερμομόνωση       |                                | Μέσο Μεταφοράς                           | 0                              | 0,00                  |
| 3     | Επένδυση          |                                | Μέσο Μεταφοράς                           | 0                              | 0,00                  |
| 4     | Επένδυση          |                                | Αερομεταφορά (Longhaul)                  | 0                              | 0,00                  |
| 5     | Επένδυση          |                                | Αερομεταφορά (Shorthead)                 | 0                              | 0,00                  |
| 6     | Επένδυση          |                                | Αερομεταφορά (Domestic)                  | 0                              | 0,00                  |
| 7     | Επίχρισμα         |                                | Φορτηγό                                  | 0                              | 0,00                  |
|       |                   |                                | Τρένο                                    | 0                              | 0,00                  |
|       |                   |                                | Θαλάσσια Μεταφορά (Φορτηγό σε επιβατικό) | 0                              | 0,00                  |
|       |                   |                                | Θαλάσσια Μεταφορά (Δεξαμενόπλοιο)        | 0                              | 0,00                  |

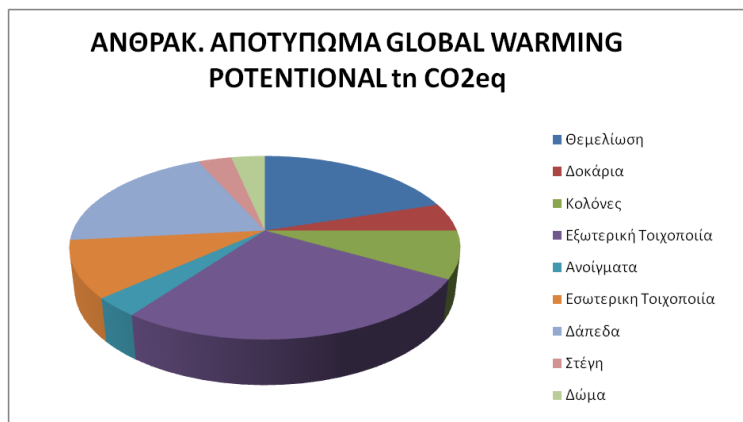
Εικόνα 5.9: Πίνακας Μεταφοράς Υλικών

Αφού ο χρήστης συμπληρώσει τις καρτέλες με τα δομικά στοιχεία που αποτελούν το κτήριο του, μπορεί να μεταβεί στην καρτέλα «Σύννοψη», στην οποία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των επιμέρους δομικών στοιχείων που αποτελούν το κτήριο και επιπρόσθετα τα συνολικά αποτελέσματα για ολόκληρο το κτήριο. Στην καρτέλα αυτή, τα παραπάνω αποτελέσματα απεικονίζονται διαγραμματικά έτσι ώστε ο χρήστης να έχει καλύτερη εποπτεία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κάθε δομικού στοιχείου.

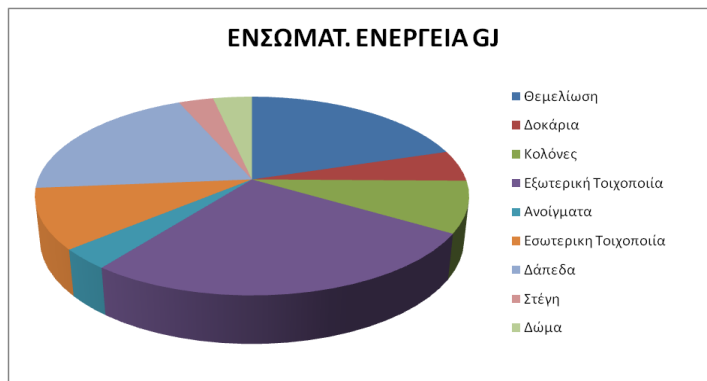
| I. ΣΥΝΟΨΗ             |  |                      |  |                               |  |  |
|-----------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ       | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
| Θεμελίωση             | 12,00  | 172,00               | 14,40  | 206,40                        | 0,60   | 15,00  |
| Δοκάρια               | 3,00   | 43,00                | 3,60   | 51,60                         | 0,15   | 3,75   |
| Κολόνες               | 5,00   | 71,50                | 6,00   | 85,80                         | 0,25   | 6,25   |
| Εξωτερική Τοιχοποιία  | 16,00  | 229,00               | 19,20  | 274,80                        | 0,80   | 20,00  |
| Ανοίγματα             | 2,00   | 28,60                | 2,40   | 34,30                         | 0,10   | 2,50   |
| Εσωτερική Τοιχοποιία  | 6,00   | 84,00                | 7,20   | 100,00                        | 0,30   | 7,50   |
| Δάπεδα                | 12,00  | 170,00               | 14,40  | 204,00                        | 0,60   | 15,00  |
| Στέγη                 | 2,00   | 26,00                | 2,40   | 31,20                         | 0,10   | 2,50   |
| Δώμα                  | 2,00   | 29,00                | 2,40   | 34,80                         | 0,10   | 2,50   |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> | <b>60,00</b>   | <b>853,10</b>        | <b>72,00</b>                                       | <b>1022,90</b>                | <b>3,00</b>  | <b>75,00</b>                                       |

Εικόνα 5.10: Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων  
(Τυχαίο Παράδειγμα: Υπόθεση Εργασίας: Συντελεστές Προσαρμογής  $\kappa$ ,  $\lambda = 1,20$  και Ανθρακικό Αποτύπωμα λόγω μεταφοράς = 5% του Ανθρακικού Αποτυπώματος Cradle-to-Site)

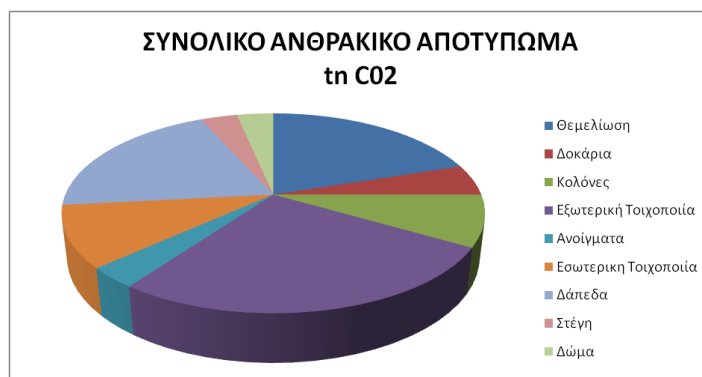
Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του προγράμματος:



Εικόνα 5.11: Διαγράμματα Απεικόνισης Αποτελεσμάτων



Εικόνα 5.11: Διαγράμματα Απεικόνισης Αποτελεσμάτων (Συνέχεια)



Εικόνα 5.11: Διαγράμματα Απεικόνισης Αποτελεσμάτων (Συνέχεια)

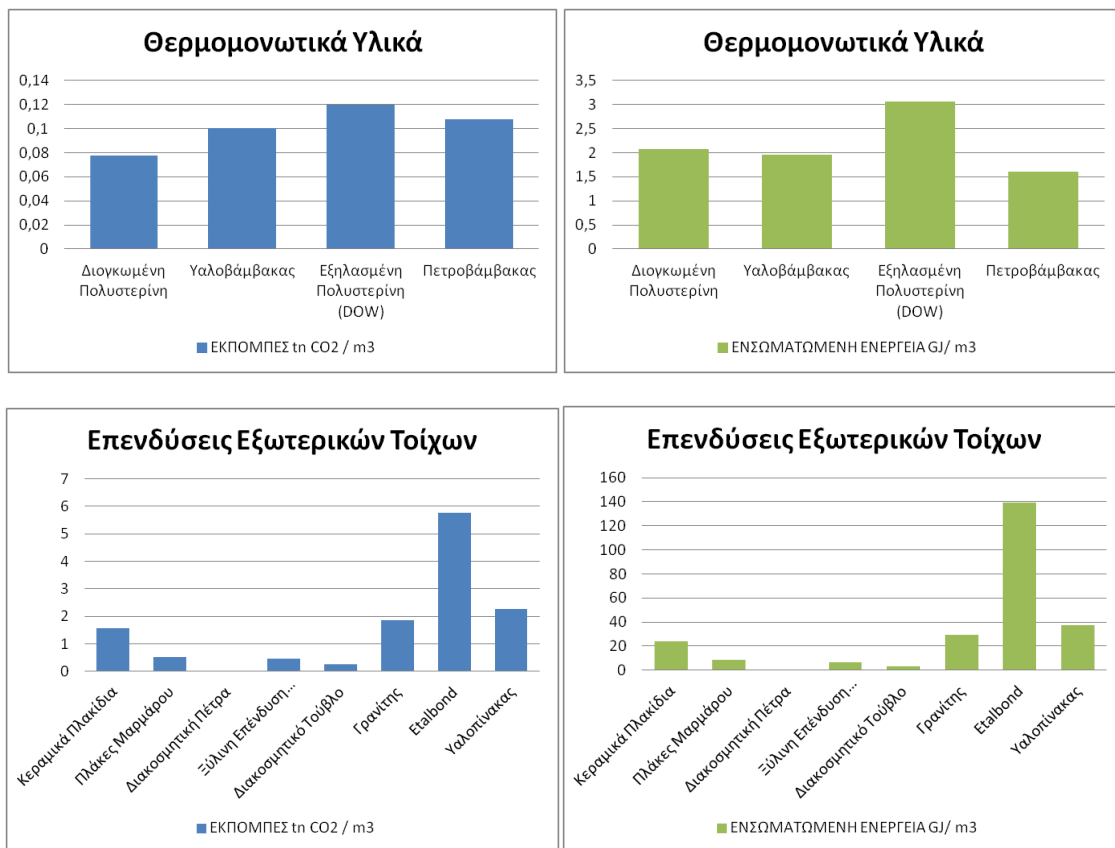
#### 5.4.2 Χρωματική Επεξήγηση Κελιών

- Τα κίτρινα κελιά υποδηλώνουν συμπλήρωση από το χρήστη. Είναι τα μόνο κελιά στα οποία είναι απαραίτητη η συμμετοχή του χρήστη, συμπληρώνοντας τα στοιχεία που αντιστοιχούν στην κατασκευή του.
- Στα σιέλ κελιά υπάρχουν βοηθητικές παράμετροι για τις οποίες ο χρήστης δεν χρειάζεται να κάνει κάποια ενέργεια.
- Στα μπλε κελιά εμφανίζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών του εργαλείου.
- Στα ροζ κελιά εμφανίζονται τα συγκεντρωτικά αποτελεσμάτων των υπολογισμών.
- Τα λευκά κελιά χρησιμοποιούνται σε δύο περιπτώσεις. Στους κεντρικούς πίνακες για την επιλογή των υλικών, και στον πίνακα των αποτελεσμάτων που βρίσκεται στο πάνω δεξί μέρος της κάθε καρτέλας.

#### 5.4.3 Πρόσθετες Επισημάνσεις

- 1) Στην κατηγορία «**Φέρουσα Κατασκευή**» όταν επιλεγεί το «**Οπλισμένο Σκυρόδεμα**» θα αναδυθεί ένα κελί που γράφει «**Χάλυβας**» και θα πρέπει να συμπληρωθεί το αντίστοιχο κίτρινο κελί στη στήλη «**Κιλά**».
- 2) Στην κατηγορία «**Φέρουσα Κατασκευή**» όταν επιλεγεί ο «**Μεταλλικός Σκελετός**» θα πρέπει επίσης να συμπληρωθεί το αντίστοιχο κίτρινο κελί στη στήλη «**Κιλά**» ή, αν δεν είναι γνωστά, τα κυβικά μέτρα και το «**Ειδικό Βάρος**» της μεταλλικής διατομής στο αντίστοιχο κελί.
- 3) Σε κάποια υλικά οι συντελεστές τους από τη βάση δεδομένων αναφέρονται σε όλο τον κύκλο ζωής τους και, έτσι, **δεν** χρειάζεται η προσθήκη της μεταφοράς τους. Αναλυτικά, τα υλικά αυτά είναι: **η μοκέτα, ο πετροβάμβακας, ο υαλοβάμβακας** (έως το εργοτάξιο), **το δάπεδο από linoleum, το φυτεμένο χόμα** και τέλος, **οι πλάκες μαρμάρου**.
- 4) Γενικότερα, οποιοδήποτε δεδομένο είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί από το χρήστη, επισημαίνεται με το κίτρινο χρώμα στο αντίστοιχο κελί.

- 5) Σε περίπτωση **ανακαίνισης** το εργαλείο προσφέρει νέους πίνακες υπολογισμού. Έτσι, σε ειδικές κατηγορίες κτηρίων όπου πραγματοποιούνται ανακαινίσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όπως για παράδειγμα ξενοδοχειακές μονάδες, το εργαλείο προσφέρει άμεση σύγκριση μεταξύ των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αρχικής κατασκευής και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατασκευής μετά την ανακαίνιση.
- 6) Το λογισμικό προσφέρει στο τέλος του βιβλίου εργασίας **συγκριτικά διαγράμματα** των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων υλικών χωρισμένα ανά κατηγορία. Έτσι, σε περίπτωση σχεδιασμού νέων κατασκευών ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στα συγκεκριμένα διαγράμματα χρησιμοποιώντας τα ως συμβουλευτικό οδηγό για την ορθότερη επιλογή των υλικών της κατασκευής του. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά, κάποια από τα συγκριτικά αυτά διαγράμματα.

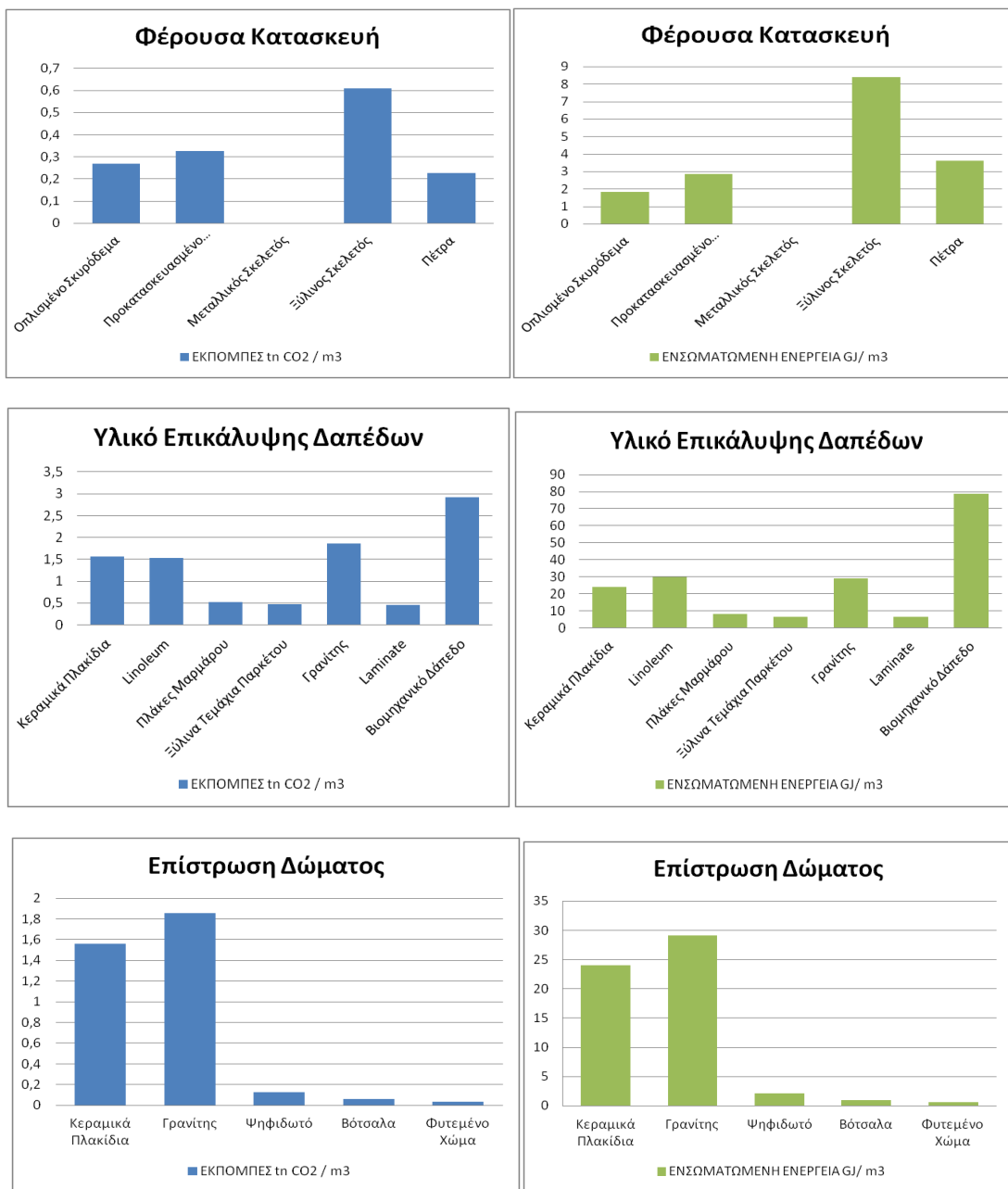


Εικόνα 5.12: Συγκριτικά Διαγράμματα Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Υλικών



Εικόνα 5.12: Συγκριτικά Διαγράμματα Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Υλικών (Συνέχεια)





Εικόνα 5.12: Συγκριτικά Διαγράμματα Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Υλικών (Συνέχεια)

- 7) Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να εμπλουτίσει το εργαλείο με υλικά τα οποία δεν συμπεριλαμβάνονται αυτή τη στιγμή στο λογισμικό, αυτό είναι εφικτό. Στην σειρά εναλλαγής καρτελών πατώντας δεξί-κλικ εμφανίζεται η επιλογή "Επανεμφάνιση". Κλικάροντας την επιλογή αυτή εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε να επανεμφανίσουμε την καρτέλα "Πίνακας Υλικών". Στη συνέχεια μεταβαίνουμε στον πίνακα υλικών "MATERIALS" και προσθέτουμε το υλικό που θέλουμε με τις αντίστοιχες τιμές των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του. Στη συνέχεια μεταβαίνουμε στην καρτέλα και την κατηγορία που μας ενδιαφέρει και προσθέτουμε το υλικό στην αναπτυσσόμενη λίστα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό το εργαλείο που αναπτύχθηκε, εφαρμόζεται σε υφιστάμενη ξενοδοχειακή μονάδα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν, για την περαιτέρω διερεύνηση τους.

### 6.1 Περιγραφή της ξενοδοχειακής μονάδας

Η ξενοδοχειακή μονάδα, με την εμπορική ονομασία Crowne Plaza, ήταν αυτή που επιλέχθηκε από το γενικό σύνολο για να μελετηθεί με σκοπό την περιβαλλοντική της αξιολόγηση. Ένας από τους λόγους ήταν, καταρχήν, η πρόσφατη ανακαίνιση που έλαβε χώρα τον Μάρτιο του 2007, ενώ ένα ακόμα στοιχείο που έπαιξε ρόλο στην επιλογή ήταν τα διεθνή βραβεία που έχει κερδίσει στο μόλις ένα χρόνο λειτουργίας της για τις υπηρεσίες που παρέχει στους επισκέπτες. Καλύτερο, λοιπόν, πρότυπο για να ερευνηθεί η φιλικότητα προς το περιβάλλον της κατασκευής ξενοδοχείων στον ελληνικό χώρο, δεν θα μπορούσε να βρεθεί.

Το ξενοδοχείο βρίσκεται στην Αθήνα και συγκεκριμένα στην περιοχή των Ιλισίων επί της οδού Μιχαλακοπούλου, στον αριθμό 50, καταλαμβάνει ολόκληρο το οικοδομικό τετράγωνο 61.031 σύμφωνα και με το ρυμοτομικό σχέδιο. Το οικόπεδο είναι 1.637 τετραγωνικά μέτρα, πανταχόθεν ελεύθερο και όλες οι πλευρές συνορεύουν με δρόμους και συγκεκριμένα η βορειοδυτική πλευρά με την οδό Μιχαλακοπούλου (πρόσοψη), η βορειοανατολική με την οδό Αντιμάχου, η νοτιοδυτική με την οδό Αλκμάνος και η νοτιοανατολική με την οδό Ηλία Ποταμιανού.



Εικόνα 6.1: Πρόσοψη Ξενοδοχειακής μονάδας Crowne Plaza (Πηγή: Crowne Plaza)

Η πρώτη ανέγερση του κτηρίου πραγματοποιήθηκε το 1977. Το κτήριο αποτελείται από 5 υπόγειο, ισόγειο, ημιώροφο, μηχανολογικό όροφο, 6 ορόφους δωματίων και δώμα με πισίνα. Στο δώμα, εκτός από πισίνα περιλαμβάνεται εστιατόριο (open, roof garden restaurant) και bar. Επίσης, στους ορόφους 1 έως 6 στεγάζονται τα δωμάτια των πελατών και, συγκεκριμένα, υπάρχουν μονόκλινα και δίκλινα απλά δωμάτια, καθώς και σουίτες δίκλινες ή τρίκλινες. Συνολικά το ξενοδοχείο διαθέτει 152 δίκλινα δωμάτια, 37 μονόκλινα δωμάτια, 3 δίκλινες σουίτες και μια (1) τρίκλινη, δηλαδή 193 δωμάτια και 344 κλίνες. Στον ημιώροφο, στο ισόγειο, στο πρώτο και δεύτερο υπόγειο στεγάζονται αίθουσες συνεδρίων, γραφεία προσωπικού, εστιατόριο, γυμναστήριο-σάουνα, κουζίνα και φουαγιέ-καφετέρια. Στο τρίτο υπόγειο στεγάζονται το μηχανοστάσιο, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, οι αποθήκες, το εστιατόριο και τα αποδυτήρια του προσωπικού. Το τέταρτο και πέμπτο υπόγειο έχουν χρήση χώρου στάθμευσης αυτοκινήτων.

Τα τετραγωνικά μέτρα κάθε ορόφου, άλλα και ολόκληρου του ξενοδοχείου παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

| ΟΡΟΦΟΣ            | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ      |
|-------------------|------------------------|
| Ε' υπόγειο        | 1637 m <sup>2</sup>    |
| Δ' υπόγειο        | 1637 m <sup>2</sup>    |
| Γ' υπόγειο        | 1284,40 m <sup>2</sup> |
| Β' υπόγειο        | 1284,40 m <sup>2</sup> |
| Α' υπόγειο        | 1284,40 m <sup>2</sup> |
| Ισόγειο           | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Ημιώροφος         | 1040,54 m <sup>2</sup> |
| Α' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Β' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Γ' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Δ' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Ε' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| Ζ' όροφος         | 1224,05 m <sup>2</sup> |
| ΣΤ' όροφος (δώμα) | 845,60 m <sup>2</sup>  |
| ΣΥΝΟΛΟ :          | 17581,2 m <sup>2</sup> |

Πίνακας 6.1: Έκταση Ξενοδοχειακής Μονάδος

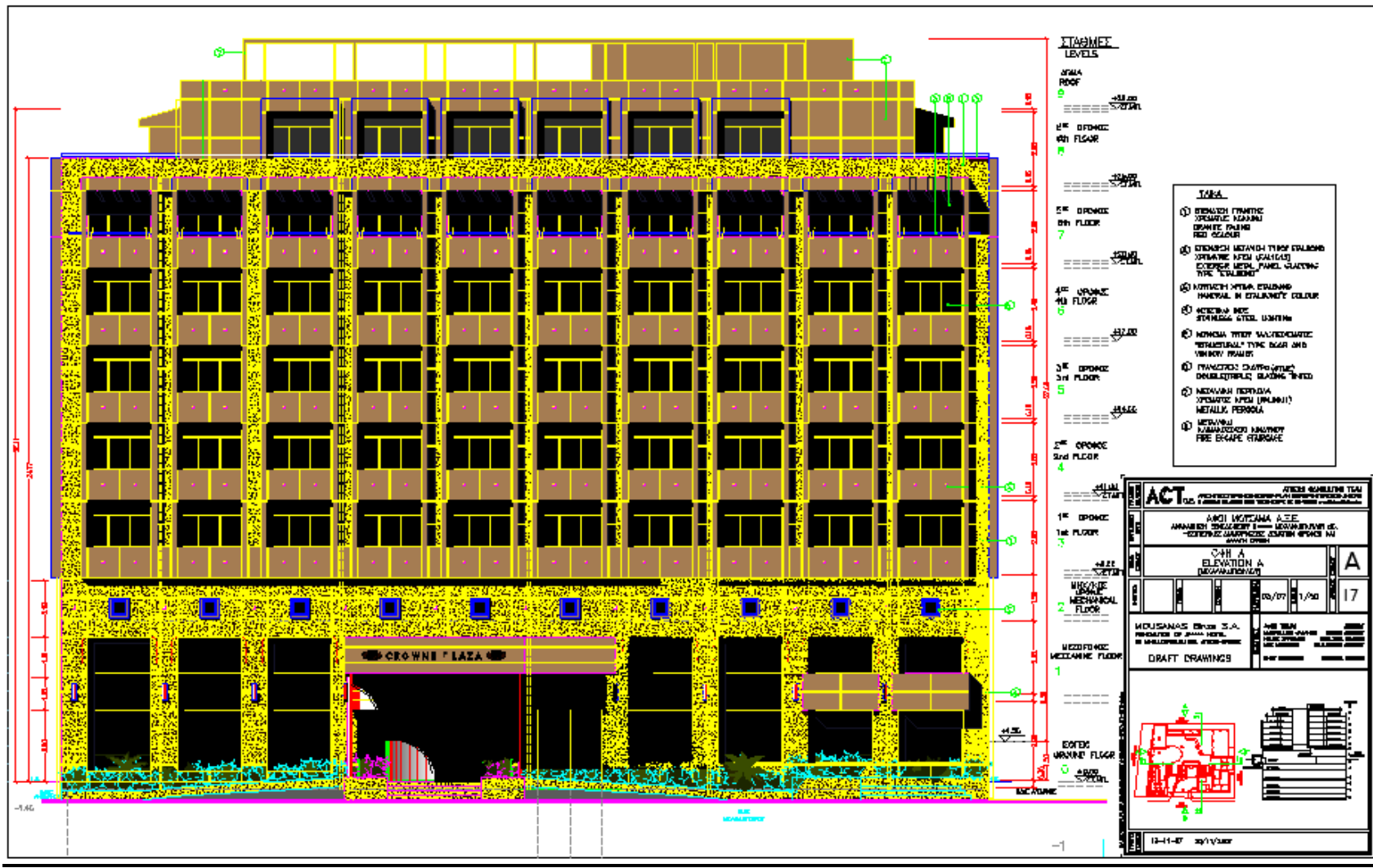
## **6.2 Περιγραφή Ανακαίνισης**

Σύμφωνα και με την τεχνική έκθεση των εργασιών που κατατέθηκε στην πολεοδομία η ανακαίνιση περιλαμβάνει:

- 1) Νέα διαμόρφωση του δώματος-κήπου (roof garden) με αλλαγή της θέσης της πισίνας, την δημιουργία πέργκολας για ανοικτό μπαρ και εστιατόριο και αλλαγή χρήσης του υφιστάμενου κτίσματος δώματος από γυμναστήριο σε office.
- 2) Αναδιάταξη των δωματίων του 6ου ορόφου (κυρίως λόγω αλλαγής θέσης της πισίνας) και δημιουργία εστιατορίου πρωινού διακεκριμένων (V.I.P. lounge).
- 3) Αναδιάταξη των λουτρών όλων των δωματίων του 5ου ορόφου και διαμόρφωση της σουίτας 529 σε δύο δίκλινα δωμάτια (γωνία Μιχαλακοπούλου και Αλκμάνος).
- 4) Στον 4ο, 3ο, 2ο και 1ο όροφο αναδιάταξη των λουτρών όλων των δωματίων. Γκρεμίζονται όλες οι εσωτερικές τοιχοποιίες και ανακατασκευάζονται με ξηρά δόμηση (γυψοσανίδες) για την επίτευξη καλύτερης ηχομόνωσης και λιγότερου πάχους του τοίχου. Τα δωμάτια προεκτείνονται όσο γίνεται προς τα έξω, ώστε να εκμεταλλευθεί στο μέγιστο το πάχος του εξωτερικού τοίχου (ανακαίνιση όψεων και προσθήκη εξωτερικής μόνωσης).
- 5) Στον ημιώροφο αλλάζει η διακόσμηση, με επεμβάσεις στην τοιχοποιία (επενδύσεις, επιχρίσματα κλπ.)
- 6) Στο ισόγειο αλλάζει όλη η διακόσμηση, ο πάγκος υποδοχής και ο πάγκος του μπαρ αλλάζουν μορφή, δημιουργείται ένα κατάστημα τουριστικών ειδών και εφημερίδων και μεγαλώνει ο χώρος του καθιστικού. Το εστιατόριο παραμένει στην θέση του και δέχεται κάποιες ελαφριές επεμβάσεις στην διακόσμηση.
- 7) Στο 1ο υπόγειο, η πρώην αίθουσα «Ποσειδών» διαμορφώνεται σε σύγχρονο γυμναστήριο με σάουνα και αποδυτήρια. Προστίθενται επίσης δύο αποχωρητήρια για Α.Μ.Κ.
- 8) Τα υπόλοιπα υπόγεια δεν μετατρέπονται κατά την ανακαίνιση, με εξαίρεση κάποιες επεμβάσεις, κυρίως χρωματισμοί και αλλαγή επενδύσεων, στο 3ο υπόγειο στους χώρους του προσωπικού.
- 9) Οι όψεις εξωτερικά ανακαινίζονται, αλλάζουν τα υλικά των επενδύσεων τους και προστίθεται εξωτερική μόνωση.
- 10) Προστίθενται δύο εξωτερικά κλιμακοστάσια κινδύνου (μεταλλικής κατασκευής) στην πίσω πλευρά του κτηρίου, επί της οδού Ποταμιανού.

Γενικά, σε όλους τους ορόφους, πέραν του Ε' και Ζ' υπογείου, οι τοίχοι είτε χρωματίζονται, είτε τοποθετείται ταπετσαρία είτε αλλάζει η επένδυση τους, στις οροφές είτε προστίθενται ψευδοροφές και αλλάζουν οι υφιστάμενες, είτε βάφονται, είτε επενδύονται και στα δάπεδα είτε τοποθετούνται νέα κεραμικά πλακίδια, είτε μοκέτες αλλάζει δηλαδή η επίστρωση τους. Ακολουθούν, ενδεικτικά, μία κάτοψη ορόφου και η πρόσοψη, έπειτα από τις εργασίες της ανακαίνισης.





Εικόνα 6.3: Πρόσοψη Ξενοδοχείου, μετά την ανακαίνιση (Πηγή: Αρχαία Crowne Plaza)

### 6.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Αφού, λοιπόν, ολοκληρώθηκε η συλλογή πληροφοριών με τη βοήθεια και των ιθυνόντων του ξενοδοχείου, η οποία περιείχε τον πίνακα με την ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανακαίνιση (πίνακας επιμετρήσεων - ο οποίος επισυνάπτεται στα παραρτήματα) καθώς, επίσης, και τα αρχιτεκτονικά, στατικά σχέδια της ανακαίνισης, σειρά είχε η επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό την εισαγωγή τους στο λογισμικό για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος (δηλαδή του συνόλου των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου) που προκάλεσε η ανακαίνιση, καθώς και της συνολικής ενσωματωμένης ενέργειας του κτηρίου, εξαιτίας της ενσωματωμένης ενέργειας που περιέχουν τα υλικά από ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους.

Στο παράρτημα Β παρουσιάζεται ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων και ο υπολογισμός των ποσοτήτων που ζητάει σαν δεδομένα το λογισμικό. Όπως αναφέρθηκε, αναλυτικά, στο προηγούμενο κεφάλαιο, το πρόγραμμα ζητάει κάθε φορά το εμβαδόν της επιφάνειας του υλικού και το πάχος ή το ύψος του, αναλόγως του εμβαδού που δίνεται από τον χρήστη, ή, αν αυτά είναι γνωστά, κατευθείαν τα κυβικά μέτρα του εκάστοτε υλικού. Έτσι, στο παράρτημα Β παρουσιάζεται αναλυτικά η επεξεργασία και μετατροπή των δεδομένων στην κατάλληλη μορφή για την εισαγωγή τους. Παρακάτω ακολουθεί ενδεικτικά η 1<sup>η</sup> σελίδα από τον πίνακα του παραρτήματος Β.

| Α.Τ.     | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ  | ΜΟΝ. ΜΕΤΡ.     | ΠΟΣΟΤΗΤΑ | ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  |
|----------|---|----------------|----------|--|
| <b>2</b> | <b>ΞΗΡΑ ΔΟΜΗΣΗ</b>  |                |          |  |
| 2.1      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδας + γυψοσανίδα / σκελετός 50mm/ 2 γυψοσανίδες (2+2) χωρίς μόνωση              | m <sup>2</sup> | 839,00   | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> (2x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> (2x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17 m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 839 x 0,05=132,98 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.2      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδα + γυψοσανίδα /σκελετός 75mm/ 1τσιμεντοσανίδα + γυψοσανίδα (2+2) χωρίς μόνωση | m <sup>2</sup> | 578,00   | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> (2x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> (2x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 578 x 0,075=137,42 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.3      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδας/σκελετός 50mm / γυψοσανίδα πυράντοχη (1+1) χωρίς μόνωση                     | m <sup>2</sup> | 620,00   | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 620 x 0,05=98,27 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)             |

|       |  |                |          |  |
|-------|--|----------------|----------|--|
| 2.4.  | Πέτασμα<br>2 γυψοσανίδες/50mm<br>σκελετός/1 γυψοσανίδα/50mm<br>σκελετός/ 2 γυψοσανίδες<br>χωρίς μόνωση | m <sup>2</sup> | 2.525,00 | <b>Γυψοσανίδα (5x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα<br>χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές<br>προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 839 x 0,1=800,43 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με<br>βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 2.4.1 | Πέτασμα 2<br>γυψοσανίδες/50mm<br>σκελετός/ 2 γυψοσανίδες<br>χωρίς μόνωση                               | m <sup>2</sup> | 175,00   | <b>Γυψοσανίδα (4x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα<br>χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές<br>προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 175 x 0,1=27,74 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με<br>βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 2.5   | Πέτασμα<br>τσιμεντοσανίδας/σκελετός<br>50mm / γυψοσανίδα (1+1)<br>χωρίς μόνωση                         | m <sup>2</sup> | 2.355,00 | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα<br>χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης<br>στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές<br>προδιαγραφές),<br>3,17 x 2355 x 0,05=373,27 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση<br>με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |

Πίνακας 6.2: 1<sup>η</sup> σελίδα του Πίνακα Περιγραφής Εργασιών

Για να είναι σαφής ο τρόπος εισαγωγής των παραπάνω δεδομένων στο πρόγραμμα, παρουσιάζονται παρακάτω συγκεντρωτικά τα δεδομένα που εισάγονται, ανάλογα με το δομικό στοιχείο που ανήκει το κάθε δεδομένο. Για την κατάταξη τους στα δομικά στοιχεία που ανήκουν, χρησιμοποιείται η περιγραφή των εργασιών που εμφανίζεται στην αριστερή στήλη του πίνακα που παρατίθεται στο παράρτημα Β αλλά και ο εντοπισμός των αλλαγών από τα αρχιτεκτονικά και στατικά σχέδια.

### **6.3.1 Θεμελίωση**

Δεν εκτελέστηκαν εργασίες κατά την ανακαίνιση.

### **6.3.2 Δοκάρια**

- 1) Γυψοσανίδα : 895,75 m<sup>2</sup>, h = 0,012 m
- 2) MDF : 100,5 m<sup>2</sup>, h= 0,015 m
- 3) Σκυρόδεμα : 350 m<sup>2</sup>, h =0,075 m , Χάλυβας (εντός) : 3285 kg
- 4) Ψηφιδωτό : 53,5 m<sup>2</sup>, h = 0,0065 m
- 5) Επίχρισμα : 176,3 m<sup>2</sup>, h = 0,001 m

### **6.3.3 Υποστρώματα**

- 1) Corian : 0,128 m<sup>2</sup>, h = 6,10 m
- 2) Corian : 0,200 m<sup>2</sup>, h = 2,80 m
- 3) Πλάκες Μαρμάρου : 78 m<sup>2</sup>, h = 0,01 m
- 4) Οπλισμένο Σκυρόδεμα : 140 m<sup>2</sup>, h = 0,075 m , Χάλυβας (εντός) : 1654 kg
- 5) Ψηφιδωτό : 62,35 m<sup>2</sup>, h = 0,004 m

- 6) Επίχρισμα :  $193,5 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$
- 7) Ταπετσαρία :  $112,65 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,0015 \text{ m}$

#### **6.3.4 Εξωτερική Τοιχοποιία**

- 1) Etalbond :  $3665 + 945 + 27 = 4637 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,004 \text{ m}$
- 2) Μεταλλικός Σκελετός :  $730,69 + 4,28 = 734,97 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,003 \text{ m}$
- 3) Γρανίτης :  $710 + 640 + 61 = 1411 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,03 \text{ m}$
- 4) Πετροβάμβακας :  $5665 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,05 \text{ m}$
- 5) Επίχρισμα :  $750 + 620 + 1370 + 258 + 401,27 = 2029,27 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$
- 6) Τσιμεντόλιθοι :  $350 + 18 = 368 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,15 \text{ m}$
- 7) Μεταλλική Κατασκευή :  $4016,34 \text{ kg}$
- 8) Εξηλασμένη Πολυστερίνη :  $1136,95 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,03 \text{ m}$

#### **6.3.5 Ανοίγματα**

- 1) Αλουμίνιο :  $156 + 270 + 2 \times 25 = 236 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 2) Αλουμίνιο :  $16,9 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,003 \text{ m}$
- 3) Υαλοπίνακες :  $410 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,014 \text{ m}$
- 4) Υαλοπίνακες :  $600 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,011 \text{ m}$
- 5) Ξύλινη θύρα :  $382,14 + 357,3 + 1,98 + 1,98 = 743,4 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,075 \text{ m}$
- 6) Ξύλινη θύρα :  $35,64 + 37,62 + 7,92 + 2,31 = 83,49 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,06 \text{ m}$
- 7) Μεταλλική θύρα :  $21,93 + 10,98 = 32,91 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,08 \text{ m}$
- 8) Γυάλινη θύρα :  $3,45 + 3,01 = 6,46 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,015 \text{ m}$
- 9) Υαλοπίνακες :  $9,50 + 208,1 = 217,6 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$

#### **6.3.6 Εσωτερική τοιχοποιία**

- 1) Τσιμεντοσανίδα :  $839 + 2 \times 578 + 620 + 2355 + 596 + 695 + 649,35 + 136 = 7046,35 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,0012 \text{ m}$
- 2) Γυψοσανίδα :  $3 \times 839 + 2 \times 578 + 620 + 5 \times 2525 + 4 \times 175 + 2355 + 2 \times 1510 + 3 \times 596 + 1841 + 96,25 + 26,4 + 32,94 + 607,13 = 28280,47 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,0012 \text{ m}$
- 3) Μεταλλικός σκελετός :  $132,98 + 137,42 + 98,27 + 27,74 + 239,34 + 94,47 + 110,16 + 800,43 + 373,27 + 291,80 + 303,1 + 5,22 = 2614,2 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$
- 4) Πετροβάμβακας :  $10569 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,05 \text{ m}$
- 5) MDF :  $70,20 + 38,3 = 108,5 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,015 \text{ m}$
- 6) Πλάκες μαρμάρου :  $1246 + 367,8 + 43,4 = 1657,2 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,01 \text{ m}$
- 7) Ψηφιδωτό :  $1539,15 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,004 \text{ m}$
- 8) Ψηφιδωτό :  $25 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,004 \text{ m}$
- 9) Καθρέπτης :  $336,7 + 13,7 + 8,7 = 359,1 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$



- 10) Ταπετσαρία :  $9980 + 2565 + 511,50 + 414,95 = 13471,45 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,0015 \text{ m}$
- 11) Ασβεστοκονίαμα :  $13700 + 434,22 = 14134,22 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,007 \text{ m}$
- 12) Επίχρισμα :  $39 + 51 + 18,75 + 800 + 67,9 + 71,1 + 274,93 + 5,90 + 20 + 46,7 + 3,75 = 1398,28 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$
- 13) Ξύλινη επένδυση εσωτερικού τοίχου :  $8,7 + 3 + 13,6 + 38,3 + 2 \times 17 + 40 + 71,92 + 21 + 2,28 = 232,8 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 14) Corian :  $15,90 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,012 \text{ m}$
- 15) Γυαλί επισκλυρημένο :  $2 \times 1,94 + 5,81 + 10,6 = 20,29 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,01 \text{ m}$
- 16) Κεραμικά πλακίδια :  $37,8 + 43,5 + 9,35 + 47 = 137,65 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,012 \text{ m}$
- 17) Μεταλλική Κατασκευή :  $288 \text{ kg}$

### **6.3.7 Λάπεδα**

- 1) Γυψοσανίδα :  $4502,4 + 455 + 445 = 5402,4 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,012 \text{ m}$
- 2) Άνθυγη Γυψοσανίδα :  $1002 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,012 \text{ m}$
- 3) Μεταλλικός σκελετός :  $601,07 + 133,77 + 97,65 = 832,49 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$
- 4) Μαρμαροπλακίδιο :  $858 + 14,61 = 872,61 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,01 \text{ m}$
- 5) Ελαφρομπετόν :  $8 \text{ m}^3$
- 6) Οπλισμένο Σκυρόδεμα :  $22 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$ , Χάλυβας (εντός) :  $0 \text{ kg}$
- 7) Τσιμεντοκονία :  $563 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 8) Μοκέτα :  $4035 + 1050 + 92,8 + 250 + 5427,8 + 104,99 + 1087,74 + 46,6 = 6667,13 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,008 \text{ m}$
- 9) PVC :  $53 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,002 \text{ m}$
- 10) Laminate :  $130 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,04 \text{ m}$
- 11) Κεραμικά πλακίδια :  $183 + 11,25 + 20 + 12,58 + 226,83 + 122 + 240 = 588,83 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,012 \text{ m}$
- 12) Κεραμικά πλακίδια :  $86 + 124,7 + 264,16 + 28,86 = 503,72 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,0105 \text{ m}$
- 13) Ξύλινα τεμάχια παρκέτου :  $90 + 3,42 = 93,42 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 14) Επίχρισμα :  $3513 + 1290 + 1005 + 453 + 71 + 33,7 + 70,16 = 6435,86 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$
- 15) Μεταλλική Κατασκευή :  $38473,30 \text{ kg}$
- 16) MDF :  $11,88 + 12,6 = 24,28 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,01 \text{ m}$
- 17) Αλουμίνιο :  $63 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,001 \text{ m}$
- 18) Τσιμεντοειδή :  $858 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,01 \text{ m}$

### **6.3.8 Στέγη**

- 1) Λαμαρίνα :  $268,75 + 37 = 305,75 \text{ kg}$
- 2) Μεταλλική Κατασκευή :  $254,19 \text{ kg}$

### **6.3.9 Δώμα**

- 1) Εξηλασμένη πολυστερίνη (DOW) :  $1115 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,05 \text{ m}$
- 2) Ασφαλτική Μεμβράνη :  $120 + 2 \times 1115 = 2350 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,004 \text{ m}$
- 3) Οπλισμένο σκυρόδεμα :  $118 \text{ m}^3$ , Χάλυβας (εντός) :  $11050 \text{ kg}$
- 4) Οπλισμένο σκυρόδεμα :  $470 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$ , Χάλυβας (εντός) :  $3661 \text{ kg}$
- 5) Μεταλλική Κατασκευή :  $930 + 5829,92 + 1060,38 = 7820,3 \text{ kg}$
- 6) Γεωύφασμα :  $120 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,005 \text{ m}$
- 7) Πάνελ Πολυουρεθάνης :  $47 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,04 \text{ m}$
- 8) Αλουμίνιο :  $30 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,04 \text{ m}$
- 9) Γρανίτης :  $47 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 10) Κεραμικά πλακίδια :  $61,04 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,021 \text{ m}$
- 11) Τσιμεντοειδή :  $63,62 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,02 \text{ m}$
- 12) Ψηφιδωτό :  $53,63 \text{ m}^2$ ,  $h = 0,004 \text{ m}$

### **6.4 Εισαγωγή Δεδομένων στο Εργαλείο CON.CO<sub>2</sub>.ESTIMATOR**

Ακολουθεί η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό εργαλείο, με τη μέθοδο που παρουσιάζεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο με τίτλο Οδηγός χρήσης, δηλαδή, ουσιαστικά, περιηγηθήκαμε σε όλα τα φύλλα του Microsoft Excel και επιλέγοντας το υλικό ανάλογα με την κατηγορία του (π.χ. δομικό υλικό, επένδυση) συμπληρώσαμε τα στοιχεία που είχαμε στην διάθεση μας (εμβαδόν-πάχος, όγκο ή μάζα). Έτσι παρουσιάζεται στις επόμενες σελίδες ολόκληρο το βιβλίο εργασίας που προκύπτει από το λογισμικό, το οποίο εμπεριέχει τόσο τους υπολογισμούς όσο και τα αποτελέσματα, ανά δομικό στοιχείο αλλά και γενικά του συνολικού κτηρίου, ως προς την ποσότητα της ενσωματωμένης ενέργειας και του ανθρακικού αποτυπώματος της ξενοδοχειακής μονάδας εξαιτίας των δομικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανακαίνιση.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ  
ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:** Εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος (CO<sub>2</sub>) κτηρίου με βάση τα δομικά υλικά του - Construction CO<sub>2</sub> Estimator v. 1.0

**ΣΥΝΤΑΚΤΕΣ**

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ**

ΣΤΕΛΛΑ Π. ΠΕΡΗ - *ΥΠ. ΔΙΔΑΚΤΩΡ ΕΜΠ*

ΑΘΗΝΑ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2012



### ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| Είδος Κατασκευής         | Ξενοδοχειακή Μονάδα    |
| Έτος Κατασκευής          | 1977                   |
| Έτος Λειτουργίας         | 1978                   |
| Εμβαδόν Οικοπέδου        | 1637 m <sup>2</sup>    |
| Πραγματοποιούμενη Κάλυψη | 1224,60 m <sup>2</sup> |
| Συνολικό Εμβαδό Κτιρίου  | 17581,2 m <sup>2</sup> |
| Ανακαινίσεις             | ΝΑΙ                    |
| Αριθμός Ανακαινίσεων     |                        |
| Έτος Ανακαινίσεων        | Μάρτιος 2007           |

Πίνακας 6.3: Γενικά Στοιχεία Κτηρίου



### **ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ :**

Το πρόγραμμα λειτουργεί χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Ζ.) των Δομικών Υλικών. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα, προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από τη χρήση ενέργειας και υλικών, καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας, από την εξαγωγή και επεξεργασία των πρώτων υλών, την κατασκευή, τη μεταφορά και διανομή, τη χρήση, την επαναχρησιμοποίηση, τη συντήρηση, την ανακύκλωση και την τελική απόρριψη (SETAC 1991).

Το πρόγραμμα δίνει αποτελέσματα για τις περιβαλλοντικές συνέπειες που προκύπτουν από τα δομικά υλικά και τις συναφείς με αυτά διαδικασίες. Σκοπός του είναι η ποσοτική σύγκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων δομικών υλικών καθώς και του συνδυασμού τους για την εύρεση της πλέον οικολογικής λύσης.

Οι δυο κατηγορίες περιβαλλοντικών συνεπειών των υλικών που ελέγχει είναι η ενσωματωμένη ενέργεια και οι εκπομπές CO<sub>2</sub>. Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός δομικού υλικού μπορεί να θεωρηθεί ως το σύνολο της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται στον κύκλο ζωής του. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι το αποτέλεσμα αυτής της χρήσης της ενέργειας, αφού είναι στην ουσία τα αέρια που προκύπτουν από την καύση που λαμβάνει χώρα κατά την παραγωγή ενέργειας.

## ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ:

Το πρόγραμμα αποτελείται από έντεκα (11) φύλλα εργασίας.

- 1) Πατήστε πάνω (click) σε οποιοδήποτε δομικό στοιχείο επιθυμείτε (πχ. Εξωτερική Τοιχοποιία, Δοκάρια, κλπ.) που βρίσκεται στο κάτω μέρος του βιβλίου εργασίας.
- 2) Επιλέξτε από την πρώτη στήλη τα διαφορετικά δομικά υλικά από τα οποία αποτελείται το δομικό στοιχείο της η κατασκευής σας. Πατώντας πάνω σε κάθε κατηγορία υλικού, αναπτύσσεται μια λίστα υλικών από την οποία επιλέγετε αυτά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σας.
- 3) Στα κίτρινα κελιά του πρώτου πίνακα συμπληρώστε τα στοιχεία που σας ζητούνται. Συγκεκριμένα, ζητούνται τα τετραγωνικά μέτρα του υλικού που χρησιμοποιήσατε ή που πρόκειται να χρησιμοποιήσετε και το πάχος ή το ύψος του υλικού. Επίσης σε ορισμένα υλικά απαραίτητη είναι και η συμπλήρωση του βάρους σε κιλά των υλικών. Όπου χρειάζεται αυτή η παράμετρος κτρινίζει το αντίστοιχο κελί του υλικού στη στήλη 'Κιλά'.
- 4) Για περαιτέρω διευκρινίσεις σχετικά με τον τρόπο υπολογισμού των ζητούμενων επιφανειών και του πάχους – ύψους κάθε στοιχείου ανατρέξτε στα αναδυόμενα διαγράμματα τοποθετώντας τον κέρσορα πάνω σε οποιοδήποτε κελί με κόκκινο τρίγωνο στην πάνω δεξιά γωνία.
- 5) Στο σημείο αυτό, μπορείτε να ανατρέξετε στην καρτέλα 'Γραφήματα' και να δείτε μια σχηματική σύγκριση των διάφορων υλικών σε ότι αφορά την ενσωματωμένη ενέργεια τους και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Με τον τρόπο αυτό μπορείτε να κρίνετε την επιλογή σας ή σε περίπτωση υπό κατασκευής κτιρίου να συμβουλευτείτε τα διαγράμματα για την καταλληλότερη επιλογή των υλικών της κατασκευής.
- 6) Εφόσον διαθέτετε στοιχεία, συμπληρώστε στα κίτρινα κελιά στον δεύτερο πίνακα την χώρα προέλευσης των υλικών με κεφαλαίους ελληνικούς χαρακτήρες, τη χιλιομετρική απόσταση μεταφοράς των υλικών από το εργοστάσιο στο εργοτάξιο, καθώς και επιλέξτε ένα μέσο μεταφοράς από αυτά που αναφέρονται στην αναπτυσσόμενη λίστα στο αντίστοιχο κελί (πχ. τρένο, φορτηγό κλπ.).
- 7) Στην καρτέλα 'Σύνοψη', μπορείτε να δείτε πως οι επιμέρους δομές συμβάλλουν στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατασκευής.
- 8) Σε περίπτωση ανακαίνισης, μετακινηθείτε στην κάθε καρτέλα προς τα κάτω και συμπληρώστε τους αντίστοιχους πίνακες όπως και παραπάνω.





## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Σε κάθε φύλλο εργασίας, υπάρχει στο πάνω μέρος ένας συγκεντρωτικός πίνακας που δείχνει τα αποτελέσματα για τις περιβαλλοντικές συνέπειες του αντίστοιχου δομικού στοιχείου, καθώς και τα αποτελέσματα των περιβαλλοντικών συνεπειών του συνολικού κτιρίου. Επιπρόσθετα, στην καρτέλα 'Σύνοψη' υπάρχει συγκεντρωτικός πίνακας των περιβαλλοντικών συνεπειών όλων των δομικών στοιχείων και η γραφική απεικόνιση αυτών.

## ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

1. Στην κατηγορία «**Φέρουσα Κατασκευή**» όταν επιλεγεί το «**Οπλισμένο Σκυρόδεμα**» θα αναδυθεί ένα κελί που γράφει «**Χάλυβας**» και θα πρέπει να συμπληρωθεί το αντίστοιχο κίτρινο κελί στη στήλη «**Κιλά**».
2. Στην κατηγορία «**Φέρουσα Κατασκευή**» όταν επιλεγεί ο «**Μεταλλικός Σκελετός**» θα πρέπει επίσης να συμπληρωθεί το αντίστοιχο κίτρινο κελί στη στήλη «**Κιλά**» ή ,αν δεν είναι γνωστά, τα κυβικά μέτρα και το «**Ειδικό Βάρος**» της μεταλλικής διατομής στο αντίστοιχο
3. Στην περίπτωση κάποιων υλικών, οι συντελεστές τους από τη βάση δεδομένων αναφέρονται σε όλο τον κύκλο ζωής τους και, έτσι, δεν χρειάζεται η προσθήκη της μεταφοράς τους. Αναλυτικά, τα υλικά αυτά είναι: η **μοκέτα**, ο **πετροβάμβακας**, ο **υαλοβάμβακας** (έως το εργοτάξιο), το δάπεδο από **linoleum**, το **φυτεμένο χώμα** και τέλος, οι **πλάκες μαρμάρου**.
4. Γενικότερα, οποιοδήποτε δεδομένο είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί από το χρήστη, επισημαίνεται με το κίτρινο χρώμα στο αντίστοιχο κελί.
5. Σε περίπτωση ανακαίνισης το εργαλείο προσφέρει νέους πίνακες υπολογισμού. Έτσι, σε ειδικές κατηγορίες κτιρίων όπου πραγματοποιούνται ανακαινίσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όπως για παράδειγμα ξενοδοχειακές μονάδες, το εργαλείο προσφέρει άμεση σύγκριση μεταξύ των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αρχικής κατασκευής και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατασκευής μετά την ανακαίνιση.
6. Το λογισμικό προσφέρει στο τέλος του βιβλίου εργασίας συγκριτικά διαγράμματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων υλικών χωρισμένα ανά κατηγορία. Έτσι, σε περίπτωση σχεδιασμού νέων κατασκευών ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στα συγκεκριμένα διαγράμματα χρησιμοποιώντας τα ως συμβουλευτικό οδηγό για την ορθότερη επιλογή των υλικών της κατασκευής του.

### ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ

|   |                            |
|---|----------------------------|
|  | Συμπλήρωση από χρήστη      |
|  | Βοηθητικές Παράμετροι      |
|  | Αποτελέσματα               |
|  | Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα |

### ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <u>Συντ. Εκπομπών CO<sub>2</sub></u> | ICE v2.0                             |
| <u>Συντ. Ενσωματ. Ενέργειας</u>      | ICE v2.0                             |
| <u>Ειδικό Βάρος Υλικών</u>           | { ICE v2.0<br>T.O.T.E.E 20701-2/2010 |
| <u>Συντ. Μέσων Μεταφοράς</u>         | DEFRA                                |





| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ     | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-----------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ             | 0,00   | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          | 0,00   | 0,00   |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

## Α.ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ                | ΚΙΛΑ kg | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΥΨΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|--------------------------|---------|----------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1 Φέρουσα Κατασκευή      |         | 0,0                              | 0,0           | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
|                          |         |                                  |               |                             |                         |                                     | 15                             |                         |   |                      |  |                               |
| 2 Σκυρόδεμα Καθαριότητας |         | 0,0                              | 0,0           | 0,0                         |                         | 0,061                               | 1650                           | 0,68                    | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 3 Στεγάνωση              |         | 0,0                              | 0,0           | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>            |         | -                                | -             | 0,0                         | 0,0%                    | -                                   | -                              | -                       | 0,00                                    | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |

| ΥΛΙΚΑ                    | ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ | ΧΛΜ. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΛΙΚΟΥ | ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | Kg CO <sub>2</sub> eq / (tnKm) | Kg CO <sub>2</sub> eq |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1 Φέρουσα Κατασκευή      |                 |                                | Μέσο Μεταφοράς | 0                              | 0                     |
| 3 Σκυρόδεμα Καθαριότητας |                 |                                | Μέσο Μεταφοράς | 0                              | 0                     |
| 4 Στεγάνωση              |                 |                                | Μέσο Μεταφοράς | 0                              | 0                     |

Πίνακας 6.4: Φύλλο Εργασίας Θεμελίωση



| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΔΟΚΑΡΙΑ           | 18,14  | 216,34               | 18,14  | 216,34                        | 0,00   | 18,14  |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ    | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

## Β.ΔΟΚΑΡΙΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΔΟΚΑΡΙΑ | ΚΙΛΑ kg             | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΑΡΙΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|---------|---------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1       | Οπλισμένο Σκυρόδεμα | 350,0                            | 0,075            | 26,3                        | 67,5%                   | 0,20                                | 2500                           | 2,04                    | 13345,50                                  | 133972,50            | 13345,50   | 133972,50                     |
|         | Χάλυβας             | 3285,0                           |                  |                             |                         |                                     | 0                              |                         |   |                      |  |                               |
| 2       | Γυψοσανίδα          | 895,8                            | 0,012            | 10,7                        | 27,6%                   | 0,39                                | 950                            | 6,75                    | 3982,50                                   | 68927,96             | 3982,50  | 68927,96                      |
| 3       | MDF                 | 100,5                            | 0,015            | 1,5                         | 3,9%                    | 0,74                                | 560                            | 11                      | 624,71                                    | 9286,20              | 624,71   | 9286,20                       |
| 4       | Ψηφιδωτό            | 53,5                             | 0,004            | 0,2                         | 0,6%                    | 0,91                                | 140                            | 15                      | 27,26                                     | 449,40               | 27,26  | 449,40                        |
| 5       | Επίχρισμα           | 176,3                            | 0,001            | 0,2                         | 0,5%                    | 0,92                                | / m2                           | 21                      | 162,20                                    | 3702,30              | 162,20   | 3702,30                       |
| ΣΥΝΟΛΟ  |                     | -                                | -                | 38,9                        | 100,0%                  | -                                   | -                              | -                       | 18142,17                                  | 216338,36            | 18142,17   | 216338,36                     |

Πίνακας 6.5: Φύλλο Εργασίας Δοκάρια

| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ      | 33,42  | 527,16               | 33,42  | 527,16                        | 0,00   | 33,42  |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ    | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

### Γ.ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ - ΤΟΙΧΙΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΚΟΛΟΝΕΣ       | ΚΙΛΑ kg             | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΜΗΚΟΣ ΥΠΟΣΤ. m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|---------------|---------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1             | Οπλισμένο Σκυρόδεμα | 140,0                            | 0,075          | 10,5                        | 79,3%                   | 0,23                                | 2500                           | 2,38                    | 5992,70                                   | 62429,00             | 5992,70  | 62429,00                      |
|               | Χάλυβας             | 1654,0                           |                |                             |                         |                                     | 0                              |                         |   |                      |  |                               |
| 3             | Corian              | 0,1                              | 6,100          | 0,8                         | 5,9%                    | 8,21                                | 2420                           | 138,9                   | 15513,09                                  | 262456,55            | 15513,09   | 262456,55                     |
| 4             | Corian              | 0,2                              | 2,800          | 0,6                         | 4,2%                    | 8,21                                | 2420                           | 138,9                   | 11126,19                                  | 188237,28            | 11126,19   | 188237,28                     |
| 5             | Πλάκες Μαρμάρου     | 78,0                             | 0,010          | 0,8                         | 5,9%                    | 0,21                                | 2500                           | 3,33                    | 409,50                                    | 6493,50              | 409,50   | 6493,50                       |
| 6             | Ψηφιδωτό            | 62,4                             | 0,004          | 0,2                         | 1,9%                    | 0,91                                | 140                            | 15                      | 31,77                                     | 523,74               | 31,77  | 523,74                        |
| 7             | Ταπετσαρία          | 112,7                            | 0,002          | 0,2                         | 1,3%                    | 2,046                               | 480                            | 36,4                    | 165,95                                    | 2952,33              | 165,95   | 2952,33                       |
| 8             | Επίχρισμα           | 193,5                            | 0,001          | 0,2                         | 1,5%                    | 0,92                                | / m2                           | 21                      | 178,02                                    | 4063,50              | 178,02   | 4063,50                       |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> |                     | -                                | -              | 13,2                        | 100,0%                  | -                                   | -                              | -                       | 33417,22                                  | 527155,90            | 33417,22   | 527155,90                     |

Πίνακας 6.6: Φύλλο Εργασίας Υποστυλώματα - Τοιχία



| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ    | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|----------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ | 286,83   | 5060,12              | 286,83   | 5060,12                       | 0,00   | 286,83   |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ       | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

#### Δ.ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ | ΚΙΛΑ Kg                           | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1                 | Ελαφροβαρείς Τσιμεντόλιθοι        | 368,0                            | 0,150          | 55,2                        | 12,6%                   | 0,83                                | 520                            | 4,51                    | 23824,32                                  | 129455,04            | 23824,32   | 129455,04                     |
| 2                 | Μεταλλικός Σκελετός (Γυψοσανίδας) | 735,0                            | 0,003          | 2,2                         | 0,5%                    | 2,03                                | 7870                           | 25                      | 35227,30                                  | 433833,75            | 35227,30   | 433833,75                     |
| 3                 | Πετροβάμβακας                     | 5665,0                           | 0,050          | 283,3                       | 64,6%                   | 1,12                                | 96                             | 16,8                    | 30455,04                                  | 456825,60            | 30455,04   | 456825,60                     |
| 4                 | Εξηλασμένη Πολυστερίνη (DOW)      | 1137,0                           | 0,030          | 34,1                        | 7,8%                    | 3,42                                | 35                             | 87,4                    | 4082,79                                   | 104337,90            | 4082,79  | 104337,90                     |
| 5                 | Etalbond                          | 4637,0                           | 0,004          | 18,5                        | 4,2%                    | 4,195                               | 1375                           | 101,1                   | 106987,18                                 | 2578403,85           | 106987,18  | 2578403,85                    |
| 6                 | Γρανίτης                          | 1411,0                           | 0,030          | 42,3                        | 9,7%                    | 0,7                                 | 2650                           | 11                      | 78522,15                                  | 1233919,50           | 78522,15   | 1233919,50                    |
| 7                 | Επίχρισμα                         | 2029,3                           | 0,001          | 2,0                         | 0,5%                    | 0,92                                | / m2                           | 21                      | 1866,93                                   | 42614,67             | 1866,93  | 42614,67                      |
| 8                 | Μεταλλική Κατασκευή               | 4016,3                           |                | 0,5                         | 0,1%                    | 1,46                                | 0                              | 20,1                    | 5863,86                                   | 80728,43             | 5863,86  | 80728,43                      |
| ΣΥΝΟΛΟ            |                                   | -                                | -              | 438,2                       | 100,0%                  | -                                   | -                              | -                       | 286829,57                                 | 5060118,75           | 286829,57  | 5060118,75                    |

Πίνακας 6.7: Φύλλο Εργασίας Εξωτερική Τοιχοποιία



| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ         | 208,93   | 3364,86              | 208,93   | 3364,86                       | 0,00   | 208,93   |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ    | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

### Ε.ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MJ) |            |
|-----------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|---------------------------------|------------|
| 1         | Αλουμίνιο                        | 236,0          | 0,020                       | 4,7                     | 5,8%                                | 9,16                           | 2700                    | 155                                       | 116735,04            | 1975320,00                                       | 116735,04                       | 1975320,00 |
| 2         | Αλουμίνιο                        | 16,9           | 0,003                       | 0,1                     | 0,1%                                | 9,16                           | 2700                    | 155                                       | 1253,91              | 21217,95   | 1253,91                         | 21217,95   |
| 3         | Υαλοπίνακας                      | 410,0          | 0,014                       | 5,7                     | 7,0%                                | 0,91                           | 2500                    | 15  | 13058,50             | 215250,00  | 13058,50                        | 215250,00  |
| 4         | Υαλοπίνακας                      | 600,0          | 0,011                       | 6,6                     | 8,1%                                | 0,91                           | 2500                    | 15  | 15015,00             | 247500,00  | 15015,00                        | 247500,00  |
| 5         | Υαλοπίνακας                      | 217,6          | 0,005                       | 1,1                     | 1,3%                                | 0,91                           | 2500                    | 15  | 2475,20              | 40800,00   | 2475,20                         | 40800,00   |
| 6         | Ξύλινη Θύρα                      | 743,4          | 0,075                       | 55,8                    | 68,2%                               | 0,72                           | 650                     | 10  | 26093,34             | 362407,50  | 26093,34                        | 362407,50  |
| 7         | Ξύλινη Θύρα                      | 83,5           | 0,060                       | 5,0                     | 6,1%                                | 0,72                           | 650                     | 10  | 2344,40              | 32561,10   | 2344,40                         | 32561,10   |
| 8         | Γυάλινη Θύρα                     | 6,5            | 0,015                       | 0,1                     | 0,1%                                | 1,35                           | 2500                    | 23,5                                      | 327,04               | 5692,88  | 327,04                          | 5692,88    |
| 9         | Μεταλλική Θύρα                   | 32,9           | 0,080                       | 2,6                     | 3,2%                                | 1,54                           | 7800                    | 22,6                                      | 31625,19             | 464109,98  | 31625,19                        | 464109,98  |
| ΣΥΝΟΛΟ    | -                                | -              | 81,7                        | 100,0%                  | -                                   | -                              | -                       | -   | 208927,62            | 3364859,41                                       | 208927,62                       | 3364859,41 |

Πίνακας 6.8: Φύλλο Εργασίας Ανοίγματα



| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ     | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-----------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ  | 613,84   | 7686,76              | 613,84   | 7686,76                       | 0,00   | 613,84   |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> | <b>1542,41</b>   | <b>22461,32</b>      | <b>1542,41</b>                                     | <b>22461,32</b>               | <b>0,00</b>  | <b>1542,41</b>                                     |

### ΣΤ.ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ | Κιλά Kg                           | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |                   |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|-------------------|
| 1                 | Ταμμεντοσανίδα                    | 7046,4                           | 0,012          | 84,6                        | 7,6%                    | 1,155                               | 350                            | 10,4                    | 34181,84                                  | 307784,57            | 34181,84   | 307784,57                     |                   |
| 2                 | Γυψοσανίδα                        | 28280,5                          | 0,012          | 339,4                       | 30,3%                   | 0,39                                | 950                            | 6,75                    | 125734,97                                 | 2176182,17           | 125734,97  | 2176182,17                    |                   |
| 3                 | Μεταλλικός Σκελετός (Γυψοσανίδας) | 2614,2                           | 0,005          | 13,1                        | 1,2%                    | 2,03                                | 7870                           | 25                      | 208823,60                                 | 2571719,25           | 208823,60  | 2571719,25                    |                   |
| 4                 | MDF                               | 108,5                            | 0,015          | 1,6                         | 0,1%                    | 0,74                                | 560                            | 11                      | 674,44                                    | 10025,40             | 674,44   | 10025,40                      |                   |
| 5                 | Δομικό Υλικό                      | 0,0                              | 0,000          | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                      | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |                   |
| 6                 | Πετροβάμβακας                     | 10569,0                          | 0,050          | 528,5                       | 47,2%                   | 1,12                                | 96                             | 16,8                    | 56818,94                                  | 852284,16            | 56818,94   | 852284,16                     |                   |
| 7                 | Πλάκες Μαρμάρου                   | 1657,2                           | 0,010          | 16,6                        | 1,5%                    | 0,21                                | 2500                           | 3,33                    | 8700,30                                   | 137961,90            | 8700,30  | 137961,90                     |                   |
| 8                 | Ψηφιδωτό                          | 1539,2                           | 0,004          | 6,2                         | 0,6%                    | 0,91                                | 140                            | 15                      | 784,35                                    | 12928,86             | 784,35   | 12928,86                      |                   |
| 9                 | Ψηφιδωτό                          | 25,0                             | 0,007          | 0,2                         | 0,0%                    | 0,91                                | 140                            | 15                      | 20,70                                     | 341,25               | 20,70  | 341,25                        |                   |
| 10                | Καθρέπτης                         | 359,1                            | 0,005          | 1,8                         | 0,2%                    | 1,941                               | 2525                           | 32,5                    | 8799,79                                   | 147343,22            | 8799,79  | 147343,22                     |                   |
| 11                | Ταπετσαρία                        | 13471,5                          | 0,002          | 20,2                        | 1,8%                    | 2,046                               | 480                            | 36,4                    | 19845,06                                  | 353059,76            | 19845,06   | 353059,76                     |                   |
| 12                | Ασβεστοκονίαμα                    | 14134,2                          | 0,007          | 98,9                        | 8,8%                    | 0,78                                | 1800                           | 5,3                     | 138911,11                                 | 943883,21            | 138911,11  | 943883,21                     |                   |
| 13                | Επίχρισμα                         | 1398,3                           | 0,001          | 1,4                         | 0,1%                    | 0,92                                | / m2                           | 21                      | 1286,42                                   | 29363,88             | 1286,42  | 29363,88                      |                   |
| 14                | Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου  | 232,8                            | 0,020          | 4,7                         | 0,4%                    | 0,59                                | 650                            | 7,4                     | 1785,58                                   | 22395,36             | 1785,58  | 22395,36                      |                   |
| 15                | Corian                            | 15,9                             | 0,012          | 0,2                         | 0,0%                    | 8,21                                | 2420                           | 138,9                   | 3790,85                                   | 64135,13             | 3790,85  | 64135,13                      |                   |
| 16                | Κεραμικά Πλακίδια                 | 137,7                            | 0,012          | 1,7                         | 0,1%                    | 0,78                                | 2000                           | 12                      | 2576,81                                   | 39643,20             | 2576,81  | 39643,20                      |                   |
| 17                | Γυαλί Επισκληρυμένο               | 20,3                             | 0,010          | 0,2                         | 0,0%                    | 1,35                                | 2500                           | 23,5                    | 684,79                                    | 11920,38             | 684,79   | 11920,38                      |                   |
| 18                | Μεταλλική Κατασκευή               | 288                              |                | 0,0                         | 0,0%                    | 1,46                                | 0                              | 20,1                    | 420,48                                    | 5788,80              | 420,48   | 5788,80                       |                   |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>     |                                   | <b>-</b>                         | <b>-</b>       | <b>-</b>                    | <b>1119,0</b>           | <b>100,0%</b>                       | <b>-</b>                       | <b>-</b>                | <b>-</b>                                  | <b>613840,04</b>     | <b>7686760,49</b>                                | <b>613840,04</b>              | <b>7686760,49</b> |

Πίνακας 6.9: Φύλλο Εργασίας Εσωτερική Τοιχοποιία




| ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΔΑΠΕΔΑ            | 259,63   | 3964,92              | 259,63   | 3964,92                       | 0,00   | 259,63   |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ    | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

## Ζ.ΔΑΠΕΔΑ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΔΑΠΕΔΑ | ΚΙΛΑ Kg                           | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|--------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1      | Οπλισμένο Σκυρόδεμα               | 22,0                             | 0,100          | 2,2                         | 1,1%                    | 0,107                               | 2500                           | 0,74                    | 588,50                                    | 4070,00              | 588,50   | 4070,00                       |
|        | Χάλυβας                           |                                  |                |                             |                         |                                     |                                |                         |   |                      |  |                               |
| 3      | Τσιμεντοκονία                     | 563,0                            | 0,020          | 11,3                        | 5,5%                    | 0,221                               | 2100                           | 1,33                    | 5225,77                                   | 31449,18             | 5225,77  | 31449,18                      |
| 4      | Ελαφρομπετόν (Betocel)            | 400,0                            | 0,020          | 8,0                         | 3,9%                    | 0,076                               | 620                            | 0,55                    | 376,96                                    | 2728,00              | 376,96   | 2728,00                       |
| 5      | Τσιμεντοειδή                      | 858,0                            | 0,010          | 8,6                         | 4,2%                    | 0,155                               | 1900                           | 1,03                    | 2526,81                                   | 16791,06             | 2526,81  | 16791,06                      |
| 6      | Πλάκες Μαρμάρου                   | 872,6                            | 0,010          | 8,7                         | 4,3%                    | 0,21                                | 2500                           | 3,33                    | 4581,20                                   | 72644,78             | 4581,20  | 72644,78                      |
| 7      | Μοκέτα                            | 6667,1                           | 0,008          | 53,3                        | 26,1%                   | 9,8                                 | / m <sup>2</sup>               | 187                     | 65337,87                                  | 1246753,31           | 65337,87   | 1246753,31                    |
| 8      | PVC                               | 53,0                             | 0,002          | 0,1                         | 0,1%                    | 3,1                                 | 1380                           | 77,2                    | 453,47                                    | 11292,82             | 453,47   | 11292,82                      |
| 9      | Laminate                          | 130,0                            | 0,040          | 5,2                         | 2,5%                    | 0,65                                | 700                            | 9,5                     | 2366,00                                   | 34580,00             | 2366,00  | 34580,00                      |
| 10     | Κεραμικά Πλακίδια                 | 588,8                            | 0,012          | 7,1                         | 3,5%                    | 0,78                                | 2000                           | 12                      | 11022,90                                  | 169583,04            | 11022,90   | 169583,04                     |
| 11     | Κεραμικά Πλακίδια                 | 503,7                            | 0,011          | 5,3                         | 2,6%                    | 0,78                                | 2000                           | 12                      | 8250,93                                   | 126937,44            | 8250,93  | 126937,44                     |
| 12     | Ξύλινα Τεμάχια Παρκέτου           | 93,4                             | 0,020          | 1,9                         | 0,9%                    | 0,72                                | 650                            | 10                      | 874,41                                    | 12144,60             | 874,41   | 12144,60                      |
| 13     | Επίχρισμα                         | 6435,9                           | 0,001          | 6,4                         | 3,2%                    | 0,92                                | / m <sup>2</sup>               | 21                      | 5920,99                                   | 135153,06            | 5920,99  | 135153,06                     |
| 14     | MDF                               | 24,5                             | 0,010          | 0,2                         | 0,1%                    | 0,74                                | 560                            | 11                      | 101,45                                    | 1507,97              | 101,45   | 1507,97                       |
| 15     | Αλουμίνιο                         | 63,0                             | 0,001          | 0,1                         | 0,0%                    | 9,16                                | 2700                           | 155                     | 1558,12                                   | 26365,50             | 1558,12  | 26365,50                      |
| 16     | Γυψοσανίδα                        | 5402,4                           | 0,012          | 64,8                        | 31,7%                   | 0,39                                | 950                            | 6,75                    | 24019,07                                  | 415714,68            | 24019,07   | 415714,68                     |
| 17     | Ανθυγη Γυψοσανίδα                 | 1002,0                           | 0,012          | 12,0                        | 5,9%                    | 0,39                                | 800                            | 6,75                    | 3751,49                                   | 64929,60             | 3751,49  | 64929,60                      |
| 18     | Μεταλλικός Σκελετός (Γυψοσανίδας) | 832,5                            | 0,005          | 4,2                         | 2,0%                    | 2,03                                | 7870                           | 25                      | 66499,72                                  | 818962,04            | 66499,72   | 818962,04                     |
| 19     | Μεταλλική Κατασκευή               | 38473                            |                | 4,9                         | 2,4%                    | 1,46                                | 0                              | 20,1                    | 56171,02                                  | 773313,33            | 56171,02   | 773313,33                     |
|        | ΣΥΝΟΛΟ                            | -                                | -              | 204,3                       | 100,0%                  | -                                   | -                              | -                       | 259626,67                                 | 3964920,40           | 259626,67  | 3964920,40                    |

Πίνακας 6.10: Φύλλο Εργασίας Δάπεδα

|  |  | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|---|--|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΣΤΕΓΗ   |  |                   | 0,79   | 10,86                | 0,79   | 10,86                         | 0,00   | 0,79   |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ  |  |                   | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |


## Η.ΣΤΕΓΗ

Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΣΤΕΓΗ                 | ΚΙΛΑ kg | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |
|-----------------------|---------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|
| 1 Φέρουσα Κατασκευή   |         | 0                                | 0,000          | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                      | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 2 Μονωτικό Υλικό      |         | 0,0                              | 0,000          | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                      | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 3 Μονωτικό Υλικό      |         | 0,0                              | 0,000          | 0,0                         |                         | 0                                   | 0                              | 0                       | 0,00                                      | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          |
| 4 Λαμαρίνα            | 305,75  | 0,0                              | 0,000          | 0,0                         |                         | 1,38                                | 0                              | 18,8                    | 421,94                                    | 5748,10              | 421,94   | 5748,10                       |
| 5 Μεταλλική Κατασκευή | 254,19  | 0,0                              | 0,000          | 0,0                         |                         | 1,46                                | 0                              | 20,1                    | 371,12                                    | 5109,22              | 371,12   | 5109,22                       |
| ΣΥΝΟΛΟ                | -       | -                                | -              | 0,0                         | 0,0%                    | -                                   | -                              | -                       | 793,05                                    | 10857,32             | 793,05   | 10857,32                      |

Πίνακας 6.11: Φύλλο Εργασίας Στέγη



|  |  | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
|---|--|-------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΔΩΜΑ  |  |                   | 120,83   | 1630,31              | 120,83   | 1630,31                       | 0,00   | 120,83   |
| ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ  |  |                   | 1542,41  | 22461,32             | 1542,41  | 22461,32                      | 0,00   | 1542,41  |

### Θ.ΔΩΜΑ

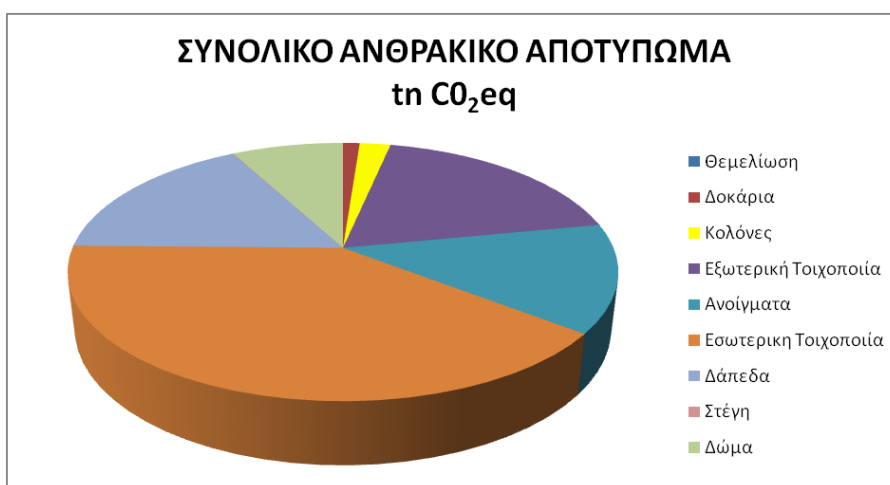
Συμπληρώστε τα κίτρινα κελιά με τα στοιχεία που σας ζητούνται.

| ΔΩΜΑ   | ΚΙΛΑ kg                      | ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>2</sup> | ΠΑΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ m | ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ m <sup>3</sup> | ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ | ΕΚΠΟΜΠΕΣ kg CO <sub>2</sub> eq / kg | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ/KG | ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ kg CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ MJ |             |
|--------|------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|-------------------------------|-------------|
| 1      | Οπλισμένο Σκυρόδεμα          | 621,1                            | 0,190          | 118,0                       | 55,0%                   | 0,18                                | 2500                           | 1,71                    | 52836,12                                  | 505599,08            | 52836,12   | 505599,08                     |             |
|        | Χάλυβας                      | 11050,0                          |                |                             |                         |                                     | 0                              |                         |   |                      |  |                               |             |
| 2      | Οπλισμένο Σκυρόδεμα          | 470,0                            | 0,050          | 23,5                        | 11,0%                   | 0,23                                | 2500                           | 2,36                    | 13333,68                                  | 138661,00            | 13333,68   | 138661,00                     |             |
|        | Χάλυβας                      | 3661,0                           |                |                             |                         |                                     |                                |                         |   |                      |  |                               |             |
| 3      | Εξηλασμένη Πολυστερίνη (DOW) | 1115,0                           | 0,050          | 55,8                        | 26,0%                   | 3,42                                | 35                             | 87,4                    | 6673,28                                   | 170539,25            | 6673,28  | 170539,25                     |             |
| 4      | Ασφαλτική Μεμβράνη           | 2350,0                           | 0,004          | 9,4                         | 4,4%                    | 0,066                               | 1700                           | 2,86                    | 1054,68                                   | 45702,80             | 1054,68  | 45702,80                      |             |
| 5      | Γεωφάσμα (Πολυπροπυλαινικό)  | 120,0                            | 0,005          | 0,6                         | 0,3%                    | 3,43                                | 910                            | 99,2                    | 1872,78                                   | 54163,20             | 1872,78  | 54163,20                      |             |
| 6      | Τσιμεντοειδή                 | 63,6                             | 0,020          | 1,3                         | 0,6%                    | 0,155                               | 1900                           | 1,03                    | 374,72                                    | 2490,09              | 374,72   | 2490,09                       |             |
| 7      | Τσιμεντοκονία                | 115,0                            | 0,005          | 0,6                         | 0,3%                    | 0,221                               | 2100                           | 1,33                    | 266,86                                    | 1605,98              | 266,86   | 1605,98                       |             |
| 8      | Τσιμεντοκονία                | 120,0                            | 0,003          | 0,4                         | 0,2%                    | 0,221                               | 2100                           | 1,33                    | 167,08                                    | 1005,48              | 167,08   | 1005,48                       |             |
| 9      | Πάνελ Πολυουρεθάνης          | 47,0                             | 0,040          | 1,9                         | 0,9%                    | 4,26                                | 30                             | 101,5                   | 240,26                                    | 5724,60              | 240,26   | 5724,60                       |             |
| 10     | Αλουμίνιο                    | 30,0                             | 0,040          | 1,2                         | 0,6%                    | 9,16                                | 2700                           | 155                     | 29678,40                                  | 502200,00            | 29678,40   | 502200,00                     |             |
| 11     | Γρανίτης                     | 47,0                             | 0,020          | 0,9                         | 0,4%                    | 0,7                                 | 2650                           | 11                      | 1743,70                                   | 27401,00             | 1743,70  | 27401,00                      |             |
| 12     | Κεραμικά Πλακίδια            | 61,0                             | 0,012          | 0,7                         | 0,3%                    | 0,78                                | 2000                           | 12                      | 1142,67                                   | 17579,52             | 1142,67  | 17579,52                      |             |
| 13     | Ψηφιδωτό                     | 53,6                             | 0,004          | 0,2                         | 0,1%                    | 0,91                                | 140                            | 15                      | 27,33                                     | 450,49               | 27,33  | 450,49                        |             |
| 14     | Μεταλλική Κατασκευή          | 7820,3                           |                | 0,0                         |                         | 1,46                                |                                | 20,1                    | 11417,64                                  | 157188,03            | 11417,64   | 157188,03                     |             |
| ΣΥΝΟΛΟ |                              | -                                | -              | -                           | 214,4                   | 100,0%                              | -                              | -                       | -   | 120829,1822          | 1630310,51                                       | 120829,1822                   | 1630310,509 |

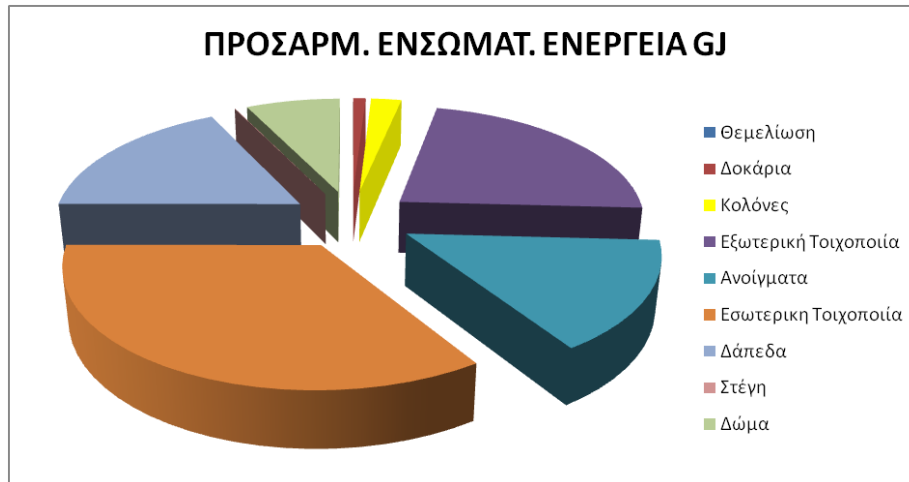
Πίνακας 6.12: Φύλλο Εργασίας Δώμα

| I. ΣΥΝΟΨΗ             |  |                      |  |                               |  |  |
|-----------------------|--|----------------------|--|-------------------------------|--|--|
| ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ       | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ GLOBAL WARMING POTENTIAL tn CO <sub>2</sub> eq | ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq | ΠΡΟΣΑΡΜ. ΕΝΣΩΜΑΤ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ GJ | ΑΝΘΡΑΚ. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ tn CO <sub>2</sub> eq | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ tn CO <sub>2</sub> eq |
| Θεμελίωση             | 0,00   | 0,00                 | 0,00   | 0,00                          | 0,00   | 0,00   |
| Δοκάρια               | 18,14  | 216,34               | 18,14  | 216,34                        | 0,00   | 18,14  |
| Κολόνες               | 33,42  | 527,16               | 33,42  | 527,16                        | 0,00   | 33,42  |
| Εξωτερική Τοιχοποιία  | 286,83   | 5060,12              | 286,83   | 5060,12                       | 0,00   | 286,83   |
| Ανοίγματα             | 208,93   | 3364,86              | 208,93   | 3364,86                       | 0,00   | 208,93   |
| Εσωτερική Τοιχοποιία  | 613,84   | 7686,76              | 613,84   | 7686,76                       | 0,00   | 613,84   |
| Δάπεδα                | 259,63   | 3964,92              | 259,63   | 3964,92                       | 0,00   | 259,63   |
| Στέγη                 | 0,79   | 10,86                | 0,79   | 10,86                         | 0,00   | 0,79   |
| Δώμα                  | 120,83   | 1630,31              | 120,83   | 1630,31                       | 0,00   | 120,83   |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> | <b>1542,41</b>   | <b>22461,32</b>      | <b>1542,41</b>                                     | <b>22461,32</b>               | <b>0,00</b>  | <b>1542,41</b>                                     |

Πίνακας 6.13: Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων



Εικόνα 6.4: Γραφική Απεικόνιση Ανθρακικού Αποτυπώματος Crowne Plaza



Εικόνα 6.5: Γραφική Απεικόνιση Ενσωματωμένης Ενέργειας Crowne Plaza

### **6.5 Παρατηρήσεις – Επεξηγήσεις**

Ακολουθούν κάποιες γενικές παρατηρήσεις και επεξηγήσεις πάνω στην επεξεργασία των δεδομένων:

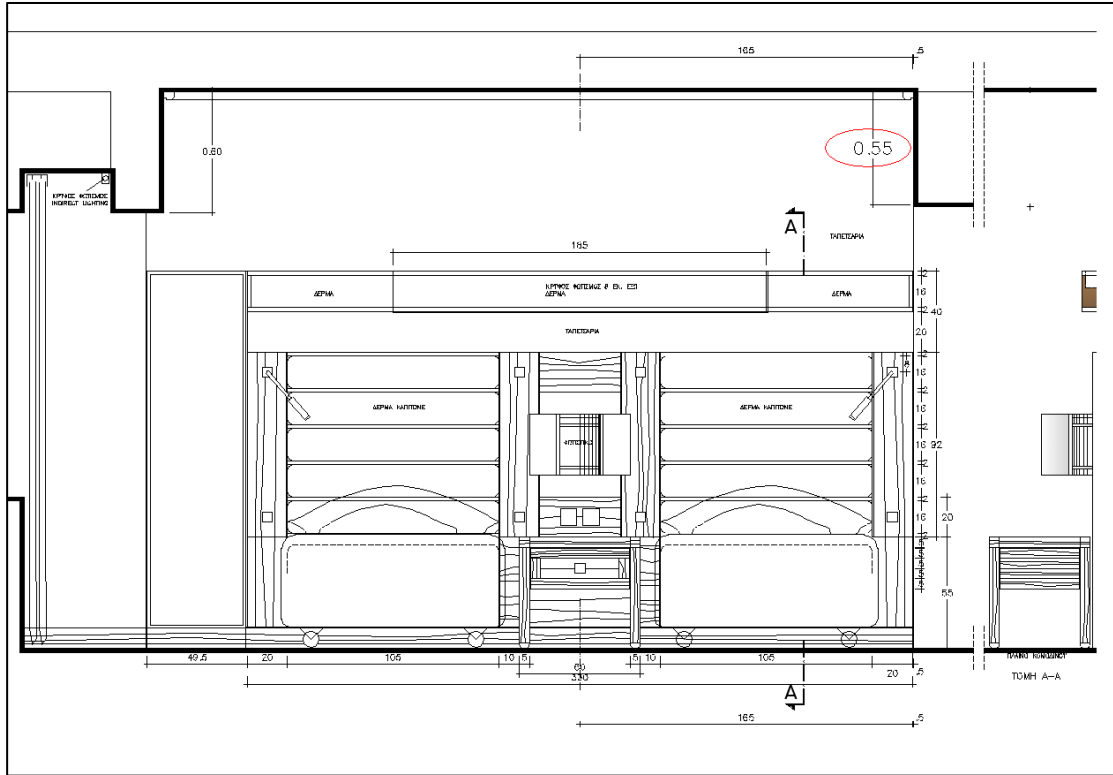
α) Ο μεταλλικός σκελετός της γυψοσανίδας, της τσιμεντοσανίδας, του etalbond αλλά και οι ορθοστάτες θεωρήθηκε ότι έχουν σχήμα Π, με το οριζόντιο μέλος τους να είναι 50mm, τα δύο κατακόρυφα 40 mm και το πάχος του μετάλλου σε όλα τα σκέλη 2mm. Επομένως όσον αφορά το γενικό πάχος τους, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$2\text{mm} \times (1 + 2 \times (38/50)) = 5,04 \text{ mm} .$$

β) Όσον αφορά το αλουμίνιο και συγκεκριμένα στην εργασία με αριθμό 3.1 (Παράρτημα Β) επειδή στα τετραγωνικά μέτρα που δίνονται συμπεριλαμβάνονται και οι υαλοπίνακες έγινε η παραδοχή ότι στα παράθυρα το αλουμίνιο αποτελεί το 20% του εμβαδού και οι υαλοπίνακες το υπόλοιπο, δηλαδή  $756 \times 0,20 = 156 \text{ m}^2$ . Με τον ίδιο τρόπο στην εργασία 3.4, έχω  $35 \times 0,20 = 7 \text{ m}^2$ . Ενώ στην εργασία με κωδικό 3.2 που αφορά της μπαλκονόθυρες το αλουμίνιο θεωρήθηκε ότι αποτελεί μικρότερο ποσοστό, λόγω του μεγαλύτερο μεγέθους του υαλοπίνακα, και συγκεκριμένα το 9%, δηλαδή  $270 \times 0,09 = 25 \text{ m}^2$ .

γ) Παρακάτω, ακολουθούν κάποια σχέδια που φανερώνουν τον τρόπο που βρέθηκαν τα μήκη για κάποιες εργασίες που δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία στον δοθέντα πίνακα με την περιγραφή των εργασιών.





Εικόνα 6.8: Εύρεση μήκους επένδυσης δοκού κατά μήκος του δωματίου με κολλητή γυψοσανίδα (στοιχείο 2.13)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η είσοδος του περιβαλλοντικού κριτηρίου στον κτηριακό τομέα και συγκεκριμένα ο συνυπολογισμός του στην λήψη αποφάσεων αποτελεί πλέον αναγκαιότητα. Στη λογική αυτή οργανώθηκε και εκπονήθηκε η διπλωματική αυτή έργο, ώστε αρχικά, να αποτυπώσει με σαφήνεια το περιβαλλοντικό ζήτημα που σχετίζεται με τα αστικά κτήρια στην Ελλάδα, έπειτα να παρουσιάσει τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα κτήρια και προκαλούν περιβαλλοντικό αντίκτυπο, καθώς και τα διάφορα εργαλεία που υπάρχουν για την περιβαλλοντική αξιολόγηση και τέλος, να διατυπώσει συγκεκριμένη μεθοδολογία και να αναπτύξει μέσω αυτής λογισμικό εργαλείο για τη μέτρηση του ανθρακικού αποτυπώματος των διάφορων τύπων κτηρίων και της ενσωματωμένης ενέργειας λόγω των υλικών τους. Η βιβλιογραφική έρευνα εστιάστηκε στον εντοπισμό των κατάλληλων βάσεων δεδομένων και ανάλογων εργαλείων για την επίλυση επιμέρους προβλημάτων.

### **7.1 Κριτική λογισμικού εργαλείου CON.CO<sub>2</sub>.Estimator.**

Στόχος της διπλωματικής ήταν η ανάπτυξη ενός εργαλείου, το οποίο θα εστιάζει στο ανθρακικό αποτύπωμα και την ενσωματωμένη ενέργεια των κτηρίων, τα οποία αποτελούν μετρήσιμες ποσότητες και έτσι, περισσότερο αντικειμενικά κριτήρια. Κυκλοφορούν πολλά εργαλεία που λόγω της πολυπλοκότητας του ζητήματος της οικολογικότητας είναι πολύ γενικά και δίνουν αποτελέσματα βάση διάφορων κριτηρίων και απόδοσης βαρών στα κριτήρια αυτά, γεγονός που τα καθιστά περισσότερο υποκειμενικά. Για τον λόγο αυτό, αποφασίσαμε την ανάπτυξη ενός πλήρως αντικειμενικού εργαλείου, φιλικού προς τον χρήστη που να δίνει μοναδικά αποτελέσματα για την κάθε αλληλουχία υλικών.

Το εργαλείο χαρακτηρίζεται ως φιλικό προς τον χρήστη καθώς έχει αναπτυχθεί σε ένα περιβάλλον αρκετά γνώριμο, σε όσους έχουν τις στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή και έχουν ασχοληθεί έστω και ελάχιστα με το περιβάλλον εργασίας των Windows και συγκεκριμένα με το Excel της Microsoft. Επίσης το λογισμικό προσαρμόζεται εύκολα σε κάθε είδος κτηρίου, ενώ ο όγκος των δεδομένων που χρειάζεται να εισαχθούν, εξαρτάται από το μέγεθος της κατασκευής, τα χρησιμοποιούμενα υλικά και την ακρίβεια του υπολογισμού, που επιθυμεί ο χρήστης. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται με τρόπο σαφή και κατανοητό, ενώ το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τον σχεδιασμό και την σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών σχεδίων και υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός κτηρίου, όσο και για την αξιολόγηση ενός υφιστάμενου κτηρίου ως προς το μέγεθος του ανθρακικού του αποτυπώματος.

Ένα επιπλέον στοιχείο που καθιστά το εργαλείο εύκολο στην χρήση είναι ότι τα δεδομένα που ο χρήστης καλείται να δώσει είναι είτε ο όγκος του κάθε υλικού που χρησιμοποιήθηκε ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, είτε το εμβαδόν και το πάχος του, τα οποία προκύπτουν εύκολα, από τον πίνακα επιμετρήσεων, τις παραγγελίες των υλικών και τα αρχιτεκτονικά και στατικά σχέδια, τα οποία σίγουρα διαθέτουν όλοι οι χρήστες. Ενώ για να βοηθηθεί περαιτέρω ο χρήστης, υπάρχουν εικόνες (σχεδιαγράμματα) σε κάθε διαφορετικό φύλλο του Excel που επεξηγούν το μέγεθος που πρέπει να προστεθεί κάθε φορά.

## **7.2 Κριτική των αποτελεσμάτων για το ξενοδοχείο**

Όπως είδαμε και στο φύλλο εργασίας της σύνοψης του ξενοδοχείου, τα αποτελέσματα που προκάλεσε η ανακαίνιση ήταν τα εξής: η ενσωματωμένη ενέργεια, δηλαδή η ολική ενέργεια που καταναλώθηκε στο σύνολο της ζωής των υλικών που απαρτίζουν το ξενοδοχείο, ανέρχεται στα 22.461,32 GJ, ενώ οι συνολικοί ρύποι αερίων του θερμοκηπίου που εκτέμφθηκαν (ανθρακικό αποτύπωμα) ανέρχονται σε 1.542,41 tn CO<sub>2</sub>.

Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα που προέκυψαν με κάποια περιπτώσιολογική μελέτη (case study) του ινστιτούτου της Athena για την αντικατάσταση ιστορικών κτηρίων, αλλά και με μια επιστημονική δημοσίευση με τίτλο «Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο» που εξέδωσε το πρόγραμμα Life- Περιβάλλον, «Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων» τον Μάρτιο του 2006 μπορούν να διατυπωθούν κάποιες παρατηρήσεις.

Καταρχήν, όσον αφορά την περιπτώσιολογική μελέτη της Athena πρόκειται για ένα κτήριο που βρίσκεται στο Κάλγκαρι του Καναδά (Athena Sustainable Materials, 2009) και στεγάζει ένα εστιατόριο-καφέ, την είσοδο ενός θεάτρου καθώς και καταστήματα λιανικής πώλησης στο ισόγειο, γραφεία από τον 2ο έως και τον 6ο όροφο και, τέλος, περιλαμβάνει ένα πλήρες υπόγειο. Το κτήριο θεωρείται ότι προτίθεται να αντικατασταθεί από ένα καινούργιο εξαώροφο κτήριο με τις ίδιες χρήσεις, όπου κάθε όροφος θα έχει έκταση 1555 m<sup>2</sup>, ύψος 3m και αναλογία 40% παραθύρων και 60% εξωτερική τοιχοποιία. Το σύνολο των τετραγωνικών μέτρων που θα καλύπτει το νέο κτήριο είναι 9.330m<sup>2</sup> και η κατασκευή του περιλαμβάνει τα εξής υλικά: οπλισμένο σκυρόδεμα, δομικά στοιχεία από χάλυβα, εξωτερική τοιχοποιία από τζαμαρία, εσωτερική τοιχοποιία από μεταλλικό σκελετό και επιχρισμένη γυψοσανίδα και, τέλος, στην οροφή μόνωση, επιπλέον της πλάκας από σκυρόδεμα.

Το νέο κτήριο αναμένεται να προκαλέσει τις παρακάτω επιπτώσεις:

### **Athena EcoCalculator Results Lougheed Building**

| <b>Building Component</b> | <b>Assembly</b>  | <b>Primary Energy per m<sup>2</sup> (MJ)</b> | <b>GWP per m<sup>2</sup> (kg)</b> | <b>Total Primary Energy</b> | <b>Total GWP (tonnes)</b> |
|---------------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Columns & Beams           | Concrete – 1,555 m <sup>2</sup> x 6 floors   | 1460.97                                      | 83.14                             | 13630810                    | 776                       |
| Intermediate Floors       | Concrete flat plate and slab column system, 25% flyash – 1,555 x 6 floors  | 1653.58                                      | 116.73                            | 15427864                    | 1089                      |
| Exterior Walls            | Curtainwall: Spandrel Panel (with insulated backpan) – 2200 m <sup>2</sup>   | 1161.65                                      | 46.44                             | 2555633                     | 102                       |
| Windows                   | Curtainwall viewable glazing – 880m <sup>2</sup>   | 3051.74                                      | 324.68                            | 2685530                     | 286                       |
| Interior Walls            | Steel stud (16" oc), gypsum board + latex paint each side – 2,800 m <sup>2</sup>   | 1176.94                                      | 71.94                             | 3295437                     | 201                       |
| Roofs                     | Concrete flat plate slab and column, Modified Bitumen membrane, vapour barrier, rigid insulation, latex paint – 1,550 m <sup>2</sup> | 2707.33                                      | 162.21                            | 4196354                     | 251                       |
|                           |  |  | <b>Whole Building</b>             | <b>41791629</b>             | <b>2706</b>               |

Πίνακας 7.1: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Κτηρίου στο Κάλγκαρι κατά Athena Ecocalculator

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα, γίνεται κατανοητό ότι το αποτέλεσμα που έδωσε η ανακαίνιση του ξενοδοχείου κρίνεται ικανοποιητικό, εφόσον η ξενοδοχειακή μονάδα, όπως υπολογίστηκε καταλαμβάνει έκταση 17.581,2 m<sup>2</sup>. Ακόμα, και αν αφαιρέσουμε το δεύτερο, το τέταρτο και πέμπτο υπόγειο όπου δεν έγιναν εργασίες ή αυτές ήταν ελάχιστες η νέα έκταση του κτηρίου υπολογίζεται 13.022,8 m<sup>2</sup>. Το ξενοδοχείο είναι και πάλι κατά 40% μεγαλύτερο και οι ρύποι που εξέπεμψε είναι 1.163,6 τόνοι λιγότεροι, δηλαδή, κατά 57% μειωμένοι σε σχέση με τους ρύπους για την κατασκευή του εξώροφου κτηρίου που υπολογίστηκε με το λογισμικό Athena Ecocalculator, ενώ ταυτόχρονα η ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών είναι κατά 46% μικρότερη. Αν συνυπολογίσουμε και το γεγονός ότι το λογισμικό CON.CO<sub>2</sub>.Estimstor παρέχει πιο λεπτομερή αποτελέσματα, αφού περιέχει επιπλέον κατηγορίες υλικών (όπως π.χ. τις θύρες, εντός και εκτός του κτηρίου, το δώμα κλπ.) και, επίσης, επιπλέον υλικά από το Athena Ecocalculator, ενώ τα δεδομένα του ξενοδοχείου έχουν τοποθετηθεί με ακρίβεια και λαμβάνοντας υπόψη και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και δεν αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα του Ecocalculator χάριν απλουστεύσεως (όπως π.χ. ο ακριβής οπλισμός, τα χαλιά εντός του ξενοδοχείου, κλπ.), καταλαβαίνουμε ότι το ξενοδοχείο πέτυχε ένα αρκετά ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Από την άλλη πλευρά, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι πρόκειται για ανακαίνιση, ακόμη και αν αυτή είναι μεγάλου βαθμού, και όχι πλήρη ανέγερση νέου κτηρίου. Έτσι, για να υπάρξει καλύτερη σύγκριση πρέπει τουλάχιστον να αφαιρέσουμε από το κτήριο του Athena Ecocalculator τα δοκάρια και τις κολώνες καθώς και ένα ποσοστό των ενδιάμεσων πατωμάτων. Έστω ότι επιλέγεται το ποσοστό του 70%, άρα :  $2706 - 776 - 0.7 \times 1089 = 1167,7$  tn CO<sub>2</sub>. Τώρα τα αποτελέσματα είναι περισσότερο συγκρίσιμα αφού για την ξενοδοχειακή μονάδα που είναι 40% μεγαλύτερη σε έκταση από το κτήριο της περιπτώσιολογικής μελέτης οι ρύποι είναι κατά 32% περισσότεροι, το οποίο αποτελεί για ακόμα μια φορά ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, αν λάβει κανείς υπόψη του ότι η ενσωματωμένη ενέργεια και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα δεν λήφθηκαν υπόψη κατά τον σχεδιασμό της ανακαίνισης.

Συγκρίνοντας, τώρα, τα αποτελέσματα με την δημοσίευση του προγράμματος Life – Περιβάλλον, όπου αναφέρεται ότι τα υλικά που καταναλώνονται για την οικοδόμηση ξενοδοχειακών κτηρίων, σύμφωνα με στοιχεία από τη Νέα Ζηλανδία είναι τα εξής (Honey and Buchanan, 1992):

| <b>Υλικό</b> | <b>Τύπος από σκυρόδεμα (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Τύπος με δοκάρια (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
|--------------|---|--|
| Ξύλο         | 39  | 80   |
| Χάλυβας      | 22  | 9  |
| Σκυρόδεμα    | 760   | 311  |

Πίνακας 7.2: Απαιτήσεις Οικοδομικών Υλικών για ξενοδοχειακά Κτήρια (Πηγή: Honey and Buchanan)

Υποστηρίζεται στη δημοσίευση, ότι ο τύπος από σκυρόδεμα αντιπροσωπεύει καλύτερα την οικοδομική δραστηριότητα στην Ελλάδα και παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας (Buchanan and Honey, 1994) για τις μέσες τιμές εκπομπής CO<sub>2</sub> για την κατασκευή ανά κατηγορία κτηρίου με βάση τα υλικά:



| <b>Κατηγορία κτηρίου</b> | <b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg/ m<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------------|--|
| Κατοικίες                | 67   |
| Ξενοδοχεία               | 80   |
| Γραφεία                  | 125  |
| Βιομηχανικά              | 67   |

Πίνακας 7.3: Τυπικές τιμές εκπομπών CO<sub>2</sub> για την κατασκευή ανά κατηγορία κτηρίου, με βάση τα υλικά κατασκευής (Πηγή: Honey and Buchanan)

Επομένως, αφού όπως είδαμε παραπάνω το ξενοδοχείο είναι 17.581,2 m<sup>2</sup> οι αντίστοιχοι μέσοι ρύποι για την κατασκευή του είναι :  $17.581,2 \times 0,08 = 1406,5$  tn CO<sub>2</sub>, που είναι αρκετά κοντά στη πραγματική τιμή που προέκυψε, δηλαδή 1542,41 tn CO<sub>2</sub>. Βέβαια και εδώ η μέση τιμή του πίνακα αναφέρεται σε πλήρη ανέγερση και όχι σε ανακαίνιση, και επίσης, ακόμα πιο έντονη είναι η διαφορά στα υλικά αφού θεωρείται ότι το ξενοδοχείο αποτελείται μόνο από σκυρόδεμα, χάλυβα και ξύλο, ενώ στην πραγματικότητα στον υπολογισμό με το CON.CO<sub>2</sub>.E έχουν συνυπολογιστεί πολύ περισσότερα υλικά. Αυτό αν και προκαλεί δυσκολία στην εξαγωγή λεπτομερών και ακριβών συμπερασμάτων αποδεικνύει, για ακόμη μια φορά, ότι σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα για την ξενοδοχειακή μονάδα κρίνονται ικανοποιητικά, αφού ακολουθούν τις γενικές οικοδομικές πρακτικές και βρίσκονται εντός ορίων.

### **7.3 Εναλλακτικές προτάσεις για επίτευξη λιγότερων ρύπων κατά την ανακαίνιση**

Από την άλλη πλευρά, τα παραπάνω στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την σύγκριση δεν αναφέρονται σε κτήρια όπου έχει ληφθεί υπόψη η προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου μέσω της επιλογής κατάλληλων δομικών υλικών, γεγονός που δεν συνέβη ούτε στην περίπτωση του ξενοδοχείου. Συγκεκριμένα, πέρα από ότι προβλέπεται στους συμβατικούς κανονισμούς (π.χ. κτηριοδομικός κανονισμός, κανονισμός θερμομόνωσης) δεν εφαρμόστηκαν κάποια κριτήρια με στόχο τη δημιουργία κτηρίων πιο φιλικών προς το περιβάλλον και εδώ είναι που καινοτομεί το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε αφού μέσω των γραφημάτων στο τελευταίο φύλλο του Excel μπορεί ο καθένας να έχει μια εποπτική μάτια ποιο είναι το πλέον οικολογικό υλικό σε κάθε κατηγορία (όπως λ.χ. θερμομόνωση ή επενδύσεις εξωτερικών τοίχων), δηλαδή ποίο είναι το υλικό που θα αποδώσει τους λιγότερους ρύπους.

Έτσι, λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη τα γραφήματα θα κάνουμε κάποιες γενικές επισημάνσεις για τη μείωση των εκπομπών που θα επέφερε μία διαφορετική επιλογή υλικών. Καταρχήν, αν χρησιμοποιούνταν ως θερμομονωτικό υλικό η διογκωμένη πολυστερίνη αντί του πετροβάμβακα και της εξηλασμένης πολυστερίνης που χρησιμοποιήθηκαν θα είχαμε καλύτερα αποτελέσματα. Επίσης, αν στις επενδύσεις εξωτερικών τοίχων δεν είχε χρησιμοποιηθεί καθόλου το υλικό Etalbond το οποίο εκπέμπει σχεδόν 6 τόνους ρύπων του θερμοκηπίου ανά κυβικό μέτρο (εξαιτίας της ενσωματωμένης του ενέργειας) και αντί αυτού είχε χρησιμοποιηθεί η διακοσμητική πέτρα η οποία παράγει ρύπους της τάξης του 0,0054 tnCO<sub>2</sub> eq / m<sup>3</sup>, τα αποτελέσματα θα ήταν πολύ ευμενέστερα. Ακόμα, αν και η γυψοσανίδα και η τσιμεντοσανίδα που χρησιμοποιήθηκαν σε τεράστιες ποσότητες στην ανακαίνιση φαντάζουν η ιδανική επιλογή για τα εσωτερικά χωρίσματα, ο μεταλλικός σκελετός για την στήριξη τους έχει μεγάλο

ανθρακικό αποτύπωμα ανά κυβικό μέτρο ( $16 \text{ tCO}_2 \text{ eq} / \text{m}^3$ ), οπότε δεν αποτελούν την πλέον οικολογική επιλογή. Ένα ακόμα στοιχείο είναι τα κουφώματα, όπου η επιλογή του ξύλου σχεδόν θα εκμηδένιζε το ανθρακικό αποτύπωμα. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε και πολλά ακόμα παραδείγματα για τη μείωση των ρύπων... Το συμπέρασμα, λοιπόν, είναι ότι ο χρήστης χρησιμοποιώντας το λογισμικό και αναγνωρίζοντας τις αισθητικές ανάγκες του κτηρίου που σχεδιάζει θα μπορούσε να μειώσει το ανθρακικό αποτύπωμα του κτηρίου με βάση τα υλικά ακόμα και κατά 50% ή και παραπάνω (με εντελώς εναλλακτική προσέγγιση - π.χ. διαφορετική φέρουσα κατασκευή).

#### **7.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και αξιοποίηση του λογισμικού**

Οι δυνατότητες για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά το λογισμικό μπορούν να εστιαστούν στα σημεία που ακολουθούν: καταρχήν στην εύρεση των συντελεστών προσαρμογής των δεικτών της ICE Database στον ελληνικό χώρο, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να έχουν τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια, σε δεύτερο επίπεδο προτείνεται ο εμπλουτισμός της βάσης δεδομένων των συντελεστών των υλικών με περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, καθώς και η επέκταση του σε διαφορετικούς τύπους κατασκευών, όπως π.χ. γέφυρες, λιμάνια κλπ. Επίσης, προτείνεται να γίνει έρευνα ώστε να συμπεριληφθούν οι εκπομπές και η αύξηση της ενσωματωμένης ενέργειας των δομικών υλικών λόγω των εργασιών τοποθέτησης των υλικών στην οικοδομή (οι εργασίες συντήρησης ή αντικατάστασης των υλικών εντός του κύκλου ζωής των κτηρίων συμπεριλαμβάνονται με τον πίνακα της ανακαίνισης που περιέχει το πρόγραμμα) και, επίσης, η εύρεση της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την κατεδάφιση και την τελική απόθεση των δομικών υλικών (επιπλέον ενσωματωμένη ενέργεια και εκπομπές). Ακόμα ένα στοιχείο που προτείνεται, είναι η σύνδεση του εργαλείου περιβαλλοντικής αξιολόγησης με άλλα προσομοιωτικά εργαλεία ενεργειακής διαχείρισης και γενικότερης περιβαλλοντικής αξιολόγησης για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση των κτηρίων με έμφαση στην ενέργεια. Τέλος, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί έρευνα ώστε να βρεθούν ανεκτά όρια για τις εκπομπές κατά την κατασκευή.

Όσον αφορά την αξιοποίηση του προγράμματος CON.CO<sub>2</sub>.E. προτείνεται η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για το ανθρακικό αποτύπωμα και την ενσωματωμένη ενέργεια των κτηρίων στην Ελλάδα, με σκοπό την έναρξη αξιολόγησης των κτηρίων και την κατάταξή τους ανάλογα, κυρίως, με το ανθρακικό αποτύπωμα, αλλά και με την ενσωματωμένη ενέργεια, σε ενεργειακές κλάσεις όπως συμβαίνει τώρα με την ενέργεια που καταναλώνεται για τη λειτουργία των κτηρίων. Αυτό θα γίνει ανάλογα και με τα όρια που θα έχουν προκύψει από τις έρευνες που προτείνονται παραπάνω και μπορεί να οδηγήσει σε μία πιστοποίηση των κτηρίων, πιο αντικειμενική από τις υπάρχουσες, ίσως με βάση και τη νομοθεσία, ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα έχουν επιτευχθεί.

Με τον τρόπο λοιπόν αυτό, θα μπορούσε η χώρα μας να πρωτοστατήσει σε ευρωπαϊκό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο τόσο στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό όσο και στην περιβαλλοντική αξιολόγηση των κτηρίων. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να προωθηθεί με εθελοντική εφαρμογή ενός εργαλείου όπως το CON.CO<sub>2</sub>.E., με την προϋπόθεση ότι σε περίπτωση εφαρμογής η νομοθεσία θα προβλέπει σχετικά οφέλη - κίνητρα. Έτσι, η αγορά θα μπορούσε να παρακινηθεί σε κατασκευές πιο φιλικές προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα, θα συσσωρευόταν η κατάλληλη γνώση και εμπειρία πριν την υποχρεωτική, ίσως, εφαρμογή του λογισμικού για όλα τα νέα κτήρια.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Γιαννακοπούλου Τ. (Αν. Καθηγήτρια ΔΠΘ). (2007). *Εισαγωγή στις βιώσιμες κατασκευές*. Πειραιάς, Ελλάδα: 3ο Εθνικό Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρίας του Συστημικών Σπουδών
2. Χεγκάζι Κατερίνα. (2009). *Βιοκλιματική Δόμηση και Βιώσιμη Ανάπτυξη*. Αθήνα: Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
3. CIB, (1999). *Agenda '21 on Sustainable Construction*, CIB Report Publication 237.
4. World Commission on Environment and Development. (1987) *Our Common Future*. Oxford: New York : Oxford University Press
5. Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010. (Ιανουάριος 2011). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων*. Α΄ Έκδοση, Αθήνα
6. Burnett J., (2007). *City buildings – Eco-labels and shades of green*, Landscape and Urban Planning, vol.83, 29-38.
7. Lee W.L., Yik F.W.H., (2002). *Regulatory and voluntary approaches for enhancing energy efficiencies of buildings in Hong Kong*, Applied Energy, vol. 71, 251-274.
8. Lee W.L., Chau C.K., Yik F.W.H., Burnett J. and Tse M.S. (2002). *On the study of the credit-weighting scale in a building environmental assessment scheme*, Building and Environment, vol. 37, 1385-1396.
9. European Commission Directorate - General for Energy and Transport, EU Energy in Figures. (2009). *Greenhouse Gas Emissions by Sector*. European Communities.
10. Miguez J.L., Porteiro J., Lopez-Gonzalez L.M., Vicuna J.E., Murillo S., Moran J.C., Granada E., (2006) *Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 10: 24-45
11. Arena A.P., Rosa C. (2003). *Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza – Argentina*. Building and Environment 38: 359–368.
12. Asif M., Muneer T., Kelley R. (2005) *Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland*. Building and Environment 11-23.
13. Τζανακάκη Εύη. (2008). *Μεθοδολογία Ενεργειακής Αναβάθμισης της Κοινωνικής Κατοικίας*. Αθήνα: ΚΑΠΕ CRES
14. Πρόγραμμα LIFE – Περιβάλλον SUSCON. (2006) «*Αειφόρος κατασκευή στον Δημόσιο και Ιδιωτικό τομέα μέσω της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων*». Αθήνα, Κύπρος.
15. Πρόγραμμα LIFE – Περιβάλλον SUSCON. (2006). *Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο*. Αθήνα, Κύπρος.
16. Gielen D.J. (1997). *Building materials and CO<sub>2</sub>, Western European emission reduction strategies*. Netherlands: MATTER project (MATerials Technologies for CO<sub>2</sub> Emission Reduction), Netherlands Energy Research Foundation.
17. Honey B., Buchanan A. (June 1992). *Environmental impacts of the New Zealand building industry*, New Zealand: Department of Civil Engineering, University of Christchurch.
18. Chrisna du Plessis. (2002). *The environmental impact of buildings*. Programme for Sustainable Human Settlements.

19. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ), ΥΠΕΧΩΔΕ. (Ιούνιος 2000). *Οικολογική Δόμηση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
20. Τσίππρας Κώστας και Θέμης, (Ιανουάριος 2005). *Οικολογική Αρχιτεκτονική*. Αθήνα: Εκδόσεις Κέδρος.
21. Οικονόμου Ν. (2009). *Σημειώσεις Τεχνολογίας Ειδικών Δομικών Υλικών*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Εκδόσεων.
22. Παπαγιάννη Ι. (2009). *Σκυρόδεμα μικροδομή ιδιότητες και υλικά*, Μετάφραση της Τρίτης Έκδοσης του πρωτοτύπου Concrete: Structure, Properties and Materials, των P. Kumar Mehta and Paulo J. M. Monteiro, σελ.19-709.
23. Corinaldesi V., και Moricani G., ACI SP-199. (2001). American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, p. 869-884
24. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2071-2/2010, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. (2010). *Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτηρίων*, Α' Έκδοση.
25. Δημούδη Αργυρώ. (2006). *Οικολογικά Δομικά Υλικά*. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
26. Μπάκα Α. (2004). *Σχεδιασμός, Αστοχίες, Τεχνολογία Σκυροδέματος*. Αθήνα: Έκδοση Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου
27. Αλουμίνιο: <http://www.alumil.com>
28. Μαυροειδής Π. (2002). *Διάβρωση σιδήρου οπλισμού και ανοξειδωτος χάλυβας*, Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 112, σελ.44-56.
29. Amianti M., Botaro V. (2008). *Recycling of EPS: Anew methodology for production of concrete impregated with polystyrene (CIP)*, Cement & Concrete Composites, 30, p.23-28.
30. Αναστασέλος Δ. (2009). Σύστημα αξιολόγησης θερμομονωτικών λύσεων με έμφαση στις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσής τους, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
31. Αραβαντινός Δημήτρης. (2009). Τεχνικές Σελίδες: *Ελαφροσιμεντόλιθοι: Παραγωγή, Ιδιότητες, Χρήση και Εφαρμογές*. Περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ, Τεύχος 4/2009.
32. Κάραλη Γ. Ιωάννα. (2010). *Η Οικολογική Αποτύπωση των Δομικών Υλικών σε Συνδυασμό με την Περιβαλλοντική – Οικολογική Μηχανική και την Πράσινη Χημεία*. Διεπιστημονικό Τριήμερο 05/2010.
33. Μαυρίδου Σοφία. (Οκτώβριος 2010). *Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Συμβατικών Δομικών Υλικών με Συνδυασμό των Μεθόδων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης*. Θεσσαλονίκη: Διπλωματική Εργασία Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΑΠΘ.
34. Ytong-πληροφορίες:  
[http://www.ytong.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=2&lang=el](http://www.ytong.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=2&lang=el)

35. Biofiber-πληροφορίες:  
<http://www.iselco.gr/details1.php?lang=1&wh=1&the1id=1&the2id=15&theid=15&open1=1&open2=15&theid=67&page=1>
36. IQia ΑΤΤΕ, Τεχνικός Οδηγός: Μέθοδος Κατασκευής Κτιρίων από Λεπτότοιχες Διατομές Χάλυβα Ψυχρής Έλασης:  
<http://www.iqia.gr/pdf/IQia%20texnikos%20odigos.pdf>
37. Ξενάκης Μενέλαος. (2009). Παρουσίαση: *Οικολογικά Υλικά και Οικολογική Δόμηση*.
38. Icynene-general information: <http://www.icynene.com/about-us>
39. Technical Data Sheet, *ICYNENE MD-R-250™*. (Φεβρουάριος 2010).
40. Project 15, Icynene Brochure:  
[http://www.econ3.gr/readmore.php?article\\_id=13791302469661](http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=13791302469661)
41. Κεραμίδια Οικολογικά Δάπεδα:  
[http://www.oikorama.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=342:2011-03-03-07-58-49&catid=66:allforhome&Itemid=60](http://www.oikorama.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=342:2011-03-03-07-58-49&catid=66:allforhome&Itemid=60)
42. Μαλλί προβάτου (ενσωματωμένη ενέργεια):  
<http://uk.sheepwoolinsulation.com/support/faq.asp>
43. Το αέριο διοξείδιο του άνθρακα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Πατρών:  
[http://www.chemistry.upatras.gr/~klouras/edu/chem\\_gen\\_files/Chemotherapy\\_files/Greenhouse\\_Effect.pdf](http://www.chemistry.upatras.gr/~klouras/edu/chem_gen_files/Chemotherapy_files/Greenhouse_Effect.pdf)
44. ISO 14041: *Environmental management - Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis*, International Organisation for Standardisation, Geneva 1998.
45. ISO 14042: *Environnemental management - Life cycle assessment – Life cycle impact assessment*, International Organisation for Standardisation. Geneva 2000a.
46. ISO 14043: *Environnemental management - Life cycle assessment – Life cycle interpretation*, International Organisation for Standardisation. Geneva 2000b.
47. ISO 14001: *Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use*, International Organisation for Standardisation. Geneva, 2004.
48. ISO 14040: *Environmental management - Life Cycle assessment - Principles and framework*, International Organisation for Standardisation. Geneva 2006.
49. Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης, *Ανάλυση Κύκλου Ζωής Πετροβάμβακα*, Β' φάση του έργου “Σχεδιασμός & Ανάπτυξη Καινοτόμων Προϊόντων Πετροβάμβακα για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Υφισταμένων & Νεοδμητων Κτιρίων, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα (ΕΠΙΑΝ) του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης. διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο:  
[www.fibran.gr/sappek/docs/deliverables/deliverable\\_2.pdf](http://www.fibran.gr/sappek/docs/deliverables/deliverable_2.pdf)
50. Μυλωνάς Σ.Κ. (2002) *Δυνατότητες αξιοποίησης της ανάλυσης κύκλου ζωής δομικών στοιχείων σκυροδέματος στον κτιριοδομικό σχεδιασμό*. Πάτρα: 7ο Συνέδριο του ΙΗΤ ΤΕΙ Θεσσαλονίκης 6-8 Νοεμβρίου 2002.

51. Jonsson A. (2000). *Tools and methods for environmental assessment of building productsmethodological analysis of six selected approaches*.
52. Κορωναίος Γ. Αιμίλιος, Σαργέντης Γ. Φοίβος. (2005) *Δομικά Υλικά και Οικολογία*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
53. The Edinburgh Centre for Carbon Management. (Φεβρουάριος 2008). *Report: What is Carbon Footprint?* - Reference: ECCM-EM-483-2007.
54. Wright, L.; Kemp, S., Williams, I. (2011). "'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition". *Carbon Management* 2 (1): 61–72. DOI:10.4155/CMT.10.39.
55. Μαυρίδου Σ., Οικονόμου Ν., Κατσιφαράκης Κ.Λ., Μπίκας. (2010) *Οικολογική Αξιολόγηση Βασικών Θερμομονωτικών Υλικών με Συνδυασμό Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και Ανάλυσης Κύκλου Ζωής*, Θεσσαλονίκη: Δημοσίευση Αριστοτελείου Πανεπιστημίου.
56. Μπίκας Δ. (Μάρτιος - Απρίλιος 2004). *Τεχνικά Χρονικά, Εργαλεία Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Κτιριακών Κατασκευών: Στόχοι - Δυνατότητες – Προοπτικές*. Θεσσαλονίκη
57. Αυγερινόπουλος Σταύρος. (2008). *Ανάλυση Κύκλου Ζωής και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις στις Κτιριακές Κατασκευές*. Θεσσαλονίκη: Διπλωματική Εργασία προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΑΠΘ.
58. Moussioroulos N. and Boura A. (1998). *Life Cycle Analysis, Proceedings of the HELCANET. Seminar, Ziti, Thessaloniki, Greece*.
59. Καρβούνης Σ. & Γεωργακέλλος. (2003). *Διαχείριση του περιβάλλοντος - Επιχειρήσεις και Βιώσιμη ανάπτυξη*, Β' Έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
60. Αβραμίδης Μ., Κυθραίου Ν., Φάττα Δ. (2005). *Ανάλυση κύκλου ζωής ως υποστηρικτικό εργαλείο λήψης αποφάσεων για την οικολογική παραγωγή ελαιόλαδου*. Κύπρος, Λευκωσία: Εργαστήριο Μηχανικής Περιβάλλοντος ΓΑΙΑ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου.
61. About ANNEX 31 :  
<http://www.iisbe.org/annex31/Main/aboutus.htm>
62. Cole RJ. (1999). *Building environmental assessment methods: clarifying intensions*. Build Res Inf 1999, 27:230-46.
63. Green building Challenge: <http://iisbe.org/about>
64. Athena Institute International: <http://www.athensmi.org>
65. IEA Annex 31. (2004). *DIRECTORY OF TOOLS: A Survey of LCA Tools, Assessment Frameworks, Rating Systems, Technical Guidelines, Catalogues, Checklists and Certificates*.
66. Department of the Environment and Heritage of Australia, *LIFE CYCLE ASSESSMENT TOOLS IN BUILDING AND CONSTRUCTION - Building LCA Tools description*. Australia: Environment Australia
67. About Ecotect : <http://www.usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>
68. Καστρινάκης Ηρακλής. (2008). *Εφαρμογή προσομοιωτικού εργαλείου για τη διερεύνηση και αναβάθμιση της ενεργειακής κατάστασης υφιστάμενων κτιρίων. Η περίπτωση των πετρώγων της πολυτεχνικής σχολής του Α.Π.Θ.* Θεσσαλονίκη: Διπλωματική Εργασία προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Α.Π.Θ.



69. Πρόγραμμα LIFE – Περιβάλλον SUSCON. (Δεκέμβριος 2007). «Αειφόρος κατασκευή στον Δημόσιο και Ιδιωτικό τομέα μέσω της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων», Βέλτιστες Πρακτικές Οικολογικού Σχεδιασμού στον Κατασκευαστικό Κλάδο.
70. NIST (National Institute of Standards and Technology) Building and Fire Research Laboratory with support from the U.S. EPA Environmentally Preferable Purchasing. (2010) *Program, Building for Environmental and Economic Sustainability–BEES4.0*: <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>
71. Barbara C. Lippiatt. (Μάιος 2007). *Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide – BEES 4.0*. Gaithersburg: NIST
72. Πουλόπουλος Γ. Σταύρος. (Φεβρουάριος 2009). *Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων*. Αθήνα: Διπλωματική Εργασία προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΕΜΠ.
73. Πρόγραμμα LIFE – Περιβάλλον SUSCON. (29 Μαρτίου 2007). «Αειφόρος κατασκευή στον Δημόσιο και Ιδιωτικό τομέα μέσω της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων». Ecodesign Criteria Study, LIFE05 ENV/GR/000235.
74. Περιγραφή προγράμματος SUSCON: [http://www.uest.gr/suscon/Perigrafi\\_Programmatos.html](http://www.uest.gr/suscon/Perigrafi_Programmatos.html)
75. Building Research Establishment (BRE) Limited, *BRE's Environmental Assessment Method – BREEAM*: <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>
76. K. M. Fowler, E. M. Rauch (Ιούλιος 2006) *Sustainable Building Rating Systems Summary*, Richland: Pacific Northwest National Laboratory operated for the U.S. Department of Energy by Battelle.
77. Γιαμά Αθ. Ευφροσύνη. (2009) *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων στην Ελλάδα*. Θεσσαλονίκη: Διδακτορική Διατριβή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
78. U.S. Green Building Council. (Ιανουάριος 2007). *LEED for Homes Program Pilot Rating System – Overview*.
79. US Green Building Council – LEED: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=220&>
80. Boonstra, C. (14 - 15 Sept. 1993). *Selection of environmentally friendly materials for ecologia*. Sophia- Antipolis: Journées Techniques Evaluation de l'impact environnemental des bâtiments.
81. Natureplus Seal of quality: <http://www.natureplus.org/en/natureplus/>
82. IEA Annex 31. (2004). *COMPARATIVE APPLICATIONS: A Comparison of Different Tool Results on Similar Residential and Commercial Buildings*.
83. Anna Karin Jönbrink, IVF Camilla Wolf-Wats, IVL Maria Erixon, CPM Pär Olsson, SIK Erik Wallén. SIK. (Σεπτέμβριος 2000). *LCA Software Survey- IVL report No B 1390*.
84. Αξαρχλή Κ. , Μπάμπουρης Β. (2009) *Μέθοδοι Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης και Πιστοποίησης Κτιρίων ( L.E.E.D. , B.R.E.E.A.M. , C.A.S.B.E.E.)* – Θεσσαλονίκη: Δημοσίευση Α.Π.Θ

85. Ζαρκάδης Νίκος. (2007) *Προς μία Μεθοδολογία Ολοκληρωμένης Αξιολόγησης και Πιστοποίησης Κτιριακών Υποδομών στην Ε.Ε. στα Πλαίσια της Αειφόρου Ανάπτυξης*. Θεσσαλονίκη: Μεταπτυχιακή Διατριβή Α.Π.Θ
86. Prof. Geoff Hammond & Craig Jones. (2008) *Inventory of Carbon & Energy (ICE) version 1.6a* – UK: Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
87. Prof. Geoff Hammond & Craig Jones. (2011). *Inventory of Carbon & Energy (ICE) version 2.0* – UK: Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
88. Carbon Trust : <http://www.carbontrust.com/home>
89. Intergovernmental Panel on Climate Change : <http://www.ipcc.ch/>
90. Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs), DECC (Department of Energy and Climate Change), BIS (Department for Business, Innovation and Skills). (2011). *The Guide to PAS 2050:2011: How to Carbon Footprint your Products, Identify Hotspots and Reduce Emissions in your Supply Chain*.
91. Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs), DECC (Department of Energy and Climate Change), BIS (Department for Business, Innovation and Skills). (2011). *The Guide to PAS 2050:2011: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*.
92. Prof. Geoff Hammond & Craig Jones. (2011) *Inventory of Carbon & Energy (ICE) version 2.0: Annex A: Boundaries*. UK: Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
93. Prof. Geoff Hammond & Craig Jones. (2011) *Inventory of Carbon & Energy (ICE) version 2.0: Annex B: Methodologies for Recycling* UK: Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
94. Defra. (Μάιος 2012). *2012 Guidelines To Defra's Greenhouse Gas (GHG) Conversion Factors For Company Reporting*.
95. Transport Statistics Bulletin: Road Freight Statistics 2010, DfT. (2011): <http://www.dft.gov.uk/statistics/series/road-freight/>
96. Office of Rail Regulation (ORR), 2011: <http://www.rail-reg.gov.uk/server/show/nav.2026>
97. IMO. (2009). *Prevention of air pollution from ships*. Second IMO GHG Study 2009. Update of the 2000 IMO GHG Study. Final report covering Phase 1. This report is available at: [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=27795&filename=GHGStudyFINA\\_L.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=27795&filename=GHGStudyFINA_L.pdf)
98. Λεονταρά Πηνελόπη. (Απρίλιος 2005). *Etalbond - Σειρά Τεχνικών Εκδόσεων του Περιοδικού «Aluminium Magazine»* Αθήνα: Εκδόσεις Τεχνική Βιβλιοθήκη – Ροδίτης Μιχάλης



99. Βικιπαίδεια:  
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%80%CF%84%CF%81%CE%BF>
100. Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Corian>
101. Leading products Ltd., Ελληνικός Διανομέας : [http://www.corian.gr/page\\_gr.htm](http://www.corian.gr/page_gr.htm)
102. Athena Ecocalculator Definitions and Assumptions:  
<http://calculatelca.com/software/ecocalculator/definitions-and-assumptions/>
103. Crowne Plaza Hotel: <http://www.cpathens.com/greek>
104. Athena Sustainable Materials Institute. (Ιανουάριος 2011). *Athena EcoCalculator for Assemblies: Inner Workings Synopsis*. Canada
105. Athena Sustainable Materials Institute in association with Morrison Hershfield Limited. (Ιούλιος 2009). *A life cycle assessment study of embodied effects for existing historic buildings*. Canada.
106. Athena Sustainable Materials Institute. (Δεκέμβριος 2010). *Athena Impact Estimator for Buildings V4.1 Software and Database Overview*. Canada.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### Α1: Πίνακας Επεξεργασίας Υλικών

| ΥΛΙΚΑ                       | ΕΚΠΟΜΠΕΣ<br>kg CO <sub>2</sub> / kg | ΕΙΔΙΚΟ<br>ΒΑΡΟΣ<br>kg/m <sup>3</sup> | ΕΝΣΩΜΑΤ.<br>ΕΝΕΡΓΕΙΑ<br>MJ/KG | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ  |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα         | 0,107                               | 2500                                 | 0,74                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Concrete C20/25<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, compacted                                 |
| Προκατασκευασμένο Σκυρόδεμα | 0,136                               | 2400                                 | 1,19                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Precast (prefabricated) Concrete<br><b>Ειδικό βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, compacted                |
| Ασφαλτική Μεμβράνη          | 0,066                               | 1700                                 | 2,86                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt, 4% (Bitumen)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt A                           |
| Πολυουρεθάνη                | 4,26                                | 30                                   | 101,5                         | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-Polyurethane Rigid Foam<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, polyurethane             |
| Διογκωμένη Πολυστερίνη      | 3,29                                | 23,5                                 | 88,6                          | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-Expanded Polystyrene<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. ,<br>Μέση τιμή : (12 + 35)/2=23,5    |
| Φελλός                      | 0,201                               | 160                                  | 4                             | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Insulation-Cork<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cork board                                |
| Οπτοπλινθοδομή              | 0,24                                | 1920                                 | 3                             | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Clays & Bricks-General simple baked clay products<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Brick A |

|                                |       |      |      |   |
|--------------------------------|-------|------|------|---|
| <b>Υαλοβάμβακας</b>            | 1,431 | 70   | 28   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Insulation-Fibreglass(glasswool)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, T.O.T.E.E. , υαλοβάμβακας σε μορφή παπλώματος<br>Μέση τιμή : $(100 + 40)/2=70$ |
| <b>Πισσόχαρτο</b>              | 0,78  | 1000 | 51   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Bitumen,<br>Μέση τιμή : $(0.43 + 0.55)/2=0.49$<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Bitumen, insulation, all types                                   |
| <b>Ασβεστοκονίαμα</b>          | 0,78  | 1800 | 5,3  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Lime<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. , Ασβεστοκονίαμα  |
| <b>Κεραμικά Πλακίδια</b>       | 0,78  | 2000 | 12   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Ceramics- Tiles and cladding panels<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Ceramic tiles, Dry  |
| <b>Linoleum</b>                | 1,28  | 1200 | 25   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Linoleum –General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Linoleum  |
| <b>Πλάκες Μαρμάρου</b>         | 0,21  | 2500 | 3,33 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Stone-Marble tile<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Marble white,<br>Στην βάση δεδομένων από δημιουργία έως τέλος ζωής.                           |
| <b>Ξύλινα Τεμάχια Παρκέτου</b> | 0,72  | 650  | 10   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Timber-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Timber flooring  |
| <b>Εποξειδική Ρητίνη</b>       | 6,04  | 1200 | 137  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Sealants & Adhesives –Epoxyde Resin  |

|                                     |       |                  |      |  |
|-------------------------------------|-------|------------------|------|--|
|                                     |       |                  |      | <b>Ειδικό Βάρος</b><br>T.O.T.E.E. , εποξεική ρητίνη  |
| <b>Σοβάς</b>                        | 0,13  | 1680             | 1,8  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plaster-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Gypsum plaster sand aggregate                              |
| <b>Επίχρισμα</b>                    | 0,92  | / m <sup>2</sup> | 21   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Paint-Double Coat<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>Δεν είναι απαραίτητο   |
| <b>Τσιμεντοειδή</b>                 | 0,155 | 1900             | 1,03 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cement- Mortar (1:2:9 Cement :Lime: Sand mix)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Mortar cement                |
| <b>Αυγουλέρα (HDPE)</b>             | 1,93  | 980              | 76,7 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics- High Density Polyethylene (HDPE)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. , Φύλλο πολυαιθυλενικό υψηλής πυκνότητας |
| <b>Γεωύφασμα (Πολυπροπυλαινικό)</b> | 3,43  | 910              | 99,2 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-Polypropylene, oriented film<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. , Πολυπροπυλένιο                              |
| <b>Σκυρόδεμα Καθαριότητας</b>       | 0,061 | 1650             | 0,68 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cement- Cement stabilised soil at 5%<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cement mortar                         |
| <b>Μεταλλικός Σκελετός</b>          | 1,46  |                  | 20,1 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Steel-General steel, UK typical EU 59% Recycle content<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>Δεν είναι απαραίτητο                    |
| <b>Ξύλινος Σκελετός</b>             | 0,87  | 700              | 12   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Timber-Glue Laminated timber<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Hardwood, Dry                                 |

|                                  |       |      |      |  |
|----------------------------------|-------|------|------|--|
| Ξύλινη Κατασκευή                 | 0,87  | 700  | 12   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber-Glue Laminated timber<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Hardwood, Dry   |
| Πέτρα                            | 0,079 | 2880 | 1,26 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Stone-General stone<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Hardstone, unspecified   |
| Εξηλασμένη Πολυστερίνη (DOW)     | 3,42  | 35   | 87,4 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Plastics-High impact polystyrene<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>T.O.T.E.E. , Αφρώδης<br>εξηλασμένη πολυστερίνη<br>Μέση τιμή : $(30 + 40)/2=35$                                     |
| Πετροβάμβακας                    | 1,12  | 96   | 16,8 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Insulation-Rockwool<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Rockwool<br>Μέση τιμή: $(23+ 60+ 100+ 200)/4=96$ ,<br>Στην βάση δεδομένων από δημιουργία έως τέλος ζωής. |
| Διακοσμητική Πέτρα               | 0,002 | 2700 | 0,03 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Stone-Shale<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Slate shale  |
| Ξύλινη Επένδυση Εξωτερικού Χώρου | 0,65  | 720  | 9,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber-Laminated Veneer Lumber<br><b>Ειδικό Βάρος</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Maple, oak and similar<br>hardwood   |
| Διακοσμητικό Τούβλο              | 0,24  | 1120 | 3    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Clay and Bricks-General clay bricks<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Clay tile, hollow, 32.5mm, 3 cells   |

|  |       |      |       |   |
|--|-------|------|-------|---|
| <b>Γρανίτης</b>                              | 0,7   | 2650 | 11    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Stone-Granite<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Granite, red  |
| <b>Etalbond</b>                              | 4,195 | 1375 | 101,1 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις         |
| <b>Καθρέπτης</b>                             | 1,941 | 2525 | 32,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις         |
| <b>Υαλοπίνακας</b>                           | 0,91  | 2500 | 15    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Glass-Primary<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Solid, soda-lime                                    |
| <b>Γυψοσανίδα</b>                            | 0,39  | 950  | 6,75  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plaster- Plasterboard<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plasterboard                                |
| <b>Τσιμεντοσανίδα</b>                        | 1,155 | 350  | 10,4  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cement-Fibre cement panels- Uncoated<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cement panels, wood fibres A |
| <b>Κρυστάλλινο Χώρισμα</b>                   | 1,35  | 2500 | 23,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Glass-Toughened glass<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Solid, soda-lime                            |
| <b>Ξύλινο Διαχωριστικό Εσωτερικού Τοίχου</b> | 1,09  | 700  | 16    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Timber-Hardboard<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Oak, radial                                      |
| <b>Κινητό Χώρισμα Μοριοσανίδας</b>           | 0,86  | 430  | 14,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Timber-Particleboard<br><b>Ειδικό Βάρος:</b>   |

|   |       |                  |       |   |
|---|-------|------------------|-------|---|
|   |       |                  |       | ICE βάση δεδομένων,<br>Chipboard  |
| <b>MDF</b>                                  | 0,74  | 560              | 11    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber- Medium Density<br>Fibreboard (MDF)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Softwood,<br>Μέση τιμή: (510+ 630+<br>550)/3=560 |
| <b>Ταπετσαρία</b>                           | 2,046 | 480              | 36,4  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Paper-Wallpaper<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Laminated paper   |
| <b>Τσιμεντοκονία</b>                        | 0,221 | 2100             | 1,33  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Cement- Mortar (1:3 cement:<br>sand mix)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Cement screed                                      |
| <b>Ξύλινη Επένδυση<br/>Εσωτερικού Χώρου</b> | 0,59  | 650              | 7,4   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber- Sawn softwood<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Oak,beech,ash, walnut   |
| <b>Laminate</b>                             | 0,65  | 700              | 9,5   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber- Laminated Veneer<br>Lumber<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Hardwood, unspecified, dry                               |
| <b>Βιομηχανικό Δάπεδο</b>                   | 2,427 | 1200             | 65,64 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Vinyl-General vinyl flooring<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Vinyl flooring covering  |
| <b>Μοκέτα</b>                               | 9,8   | / m <sup>2</sup> | 187   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Carpet-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Synthetic  |
| <b>Ξύλινο Κούφωμα</b>                       | 0,72  | 650              | 10    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,   |

|                           |       |      |      |   |
|---------------------------|-------|------|------|---|
|                           |       |      |      | Pine, pitch pine, Dry   |
| <b>Αλουμίνιο</b>          | 9,16  | 2700 | 155  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Aluminium-General (UK Typical)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Aluminium                  |
| <b>PVC</b>                | 3,1   | 1380 | 77,2 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Plastics-General PVC<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, PVC                                  |
| <b>Ασφαλτική Μεμβράνη</b> | 0,066 | 1700 | 2,86 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt, 4% (Bitumen)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Asphalt A                           |
| <b>Κεραμίδια</b>          | 0,7   | 2000 | 10   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Ceramics-General ceramics<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Clay tiles, burnt ceramic tiles |
| <b>Φύλλα Χαλκού</b>       | 2,71  | 8600 | 42   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Copper- Tube and sheet, UK Typical<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Copper                 |
| <b>Ψηφιδωτό</b>           | 0,91  | 140  | 15   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Glass-Primary<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Cellular sheet                              |
| <b>Βότσαλα</b>            | 0,035 | 1800 | 0,55 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Stone-Slate<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Stone chippings for roofs                     |
| <b>Φυτεμένο Χώμα</b>      | 0,024 | 1460 | 0,45 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Soil-General (rammed) soil<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων, Earth, common                  |
| <b>Ανθυγρη Γυψοσανίδα</b> | 0,39  | 800  | 6,75 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,  |



|  |       |      |       |  |
|--|-------|------|-------|--|
|  |       |      |       | Plaster-Plasterboard<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Plaster   |
| <b>Ελαφροπετόν (Betocel)</b>             | 0,076 | 620  | 0,55  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Concrete- GEN 0 (6/8 MPa)<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Cast, lightweight, dry                           |
| <b>Γύψος</b>                             | 0,13  | 1200 | 1,8   | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Plaster-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Gypsum   |
| <b>Ελαφροβαρείς Τσιμεντόλιθοι</b>        | 0,83  | 520  | 4,51  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Cement-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Cement blocks, cellular                                     |
| <b>Corian</b>                            | 11,46 | 2420 | 138,9 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Βλέπε παρακάτω, προσεγγίσεις                  |
| <b>Μεταλλικός Σκελετός (Γυψοσανίδας)</b> | 2,03  | 7870 | 25    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Iron- (Virgin) Iron - Statistical Average<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Iron                             |
| <b>Ξύλινη Θύρα</b>                       | 0,72  | 650  | 10    | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Timber-General<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Pine, pitch pine, Dry                                       |
| <b>Μεταλλική Θύρα</b>                    | 1,54  | 7800 | 22,6  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Steel-Coil (sheet), galvanized,<br>UK typical EU 59% Recycle content<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Steel |
| <b>Γυάλινη Θύρα</b>                      | 1,35  | 2500 | 23,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Glass-Toughened glass<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,   |

|                            |      |      |       |   |
|----------------------------|------|------|-------|---|
|                            |      |      |       | Solid, soda-lime  |
| <b>Γυαλί Επισκληρωμένο</b> | 1,35 | 2500 | 23,5  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Glass-Toughened glass<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Solid, soda-lime                  |
| <b>Λαμαρίνα</b>            | 1,38 |      | 18,8  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Steel-Coil (sheet), UK typical<br>EU 59% Recycle content<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>Δεν είναι απαραίτητο  |
| <b>Πάνελ Πολυουρεθάνης</b> | 4,26 | 30   | 101,5 | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Plastics-Polyurethane Rigid Foam<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>polyurethane           |
| <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> | 1,46 |      | 20,1  | <b>Εκπομπές, Ενσωματωμένη Ενέργεια:</b><br>ICE βάση δεδομένων,<br>Steel-General steel, UK typical<br>EU 59% Recycle content<br><b>Ειδικό Βάρος:</b><br>Δεν είναι απαραίτητο |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### Β1: Πίνακας Περιγραφής Εργασιών

| Α.Τ.     | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ   | ΜΟΝ. ΜΕΤΡ.     | ΠΟΣΟΤ ΗΤΑ | ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  |
|----------|--|----------------|-----------|--|
| <b>2</b> | <b>ΞΗΡΑ ΔΟΜΗΣΗ</b>   |                |           |  |
| 2.1      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδας + γυψοσανίδα / σκελετός 50mm/ 2 γυψοσανίδες (2+2) χωρίς μόνωση               | m <sup>2</sup> | 839,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17 m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 839 x 0,05=132,98 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.2      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδα + γυψοσανίδα /σκελετός 75mm/ 1 τσιμεντοσανίδα + γυψοσανίδα (2+2) χωρίς μόνωση | m <sup>2</sup> | 578,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 578 x 0,075=137,42 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.3      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδας/σκελετός 50mm / γυψοσανίδα πυράντοχη (1+1) χωρίς μόνωση                      | m <sup>2</sup> | 620,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 620 x 0,05=98,27 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)            |
| 2.4.     | Πέτασμα 2 γυψοσανίδες/50mm σκελετός/1 γυψοσανίδα/50mm σκελετός/ 2 γυψοσανίδες χωρίς μόνωση           | m <sup>2</sup> | 2.525,00  | <b>Γυψοσανίδα (5x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 839 x 0,1=800,43 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 2.4.1    | Πέτασμα 2 γυψοσανίδες/50mm σκελετός/ 2 γυψοσανίδες χωρίς μόνωση                                      | m <sup>2</sup> | 175,00    | <b>Γυψοσανίδα (4x)</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 175 x 0,1=27,74 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 2.5      | Πέτασμα τσιμεντοσανίδας/σκελετός 50mm / γυψοσανίδα (1+1) χωρίς μόνωση                                | m <sup>2</sup> | 2.355,00  | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 2355 x 0,05=373,27 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)           |
| 2.6      | Πέτασμα γυψοσανίδα /σκελετός 50mm /γυψοσανίδα (1+1) χωρίς μόνωση                                     | m <sup>2</sup> | 1.510,00  | <b>Γυψοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 1510 x 0,1= 239,34 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |

|        |  |                |           |   |
|--------|--|----------------|-----------|---|
| 2.7    | Πέτασμα τσιμεντοσανίδα + γυψοσανίδα / 50mm σκελετός/ 2 γυψοσανίδες (2+2) χωρίς μόνωση , με σφράγιση betocoat | m <sup>2</sup> | 596,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Γυψοσανίδα</b> (3x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 596 x 0,05= 94,47 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.8    | Επένδυση με τσιμεντοσανίδα (1+0) και σκελετό 50mm ,χωρίς μόνωση  | m <sup>2</sup> | 695,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> (2x) : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 695 x 0,05= 110,16 m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 2.9    | Επένδυση με γυψοσανίδα (1+0) και σκελετό 50mm, χωρίς μόνωση  | m <sup>2</sup> | 1.841,00  | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 1841 x 0,05 = 291,80m <sup>2</sup> , h=0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 2.10   | Κατακόρυφος λαμπάς τσιμεντοσανίδας   | m              | 1.755,00  | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από σχέδιο A08 : 0,37 x 1755 = 649,35 m <sup>2</sup>   |
| 2.11   | Κλείσιμο παραθύρων με κούτελο Γ τσιμεντοσανίδας με σκελετό 50mm  | m              | 680,00    | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από σχέδιο L2B-3B : 0,20 x 680 = 136,00 m <sup>2</sup>   |
| 2.12   | Επένδυση δοκού παραθύρου με κολλητή γυψοσανίδα   | m              | 560,00    | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από σχέδιο L2B-3B : 0,60 x 560 = 336 m <sup>2</sup>  |
| 2.13   | Επένδυση δοκού κατά μήκος του δωματίου με κολλητή γυψοσανίδα   | m              | 835,00    | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από σχέδιο L2B-3B : 0,55 x 835 = 459,25 m <sup>2</sup>   |
| 2.14   | Διαμόρφωση κουρτινιέρας μέχρι την εσωτερική δοκό με γυψοσανίδα και MDF για τη στήριξη του οδηγού             | m              | 335,00    | <b>MDF</b> : h= 1,5cm (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br><b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από δεδομένα : 0,30 x 335 =100,50 m <sup>2</sup>  |
| 2.15   | Προμήθεια και τοποθέτηση ενισχυμένων ορθοστατών UA 50mm  | m              | 6.062,00  | <b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 0,05 x 6062 =303,1 m <sup>2</sup><br>h= 0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 2.16   | Προμήθεια και τοποθέτηση πετροβάμβακα 50mm των 50Kgr/m <sup>3</sup>  | m <sup>2</sup> | 10.569,00 | <b>Πετροβάμβακας</b> : h = 0,05m (δεδομένα)   |
| 2.17   | Ενίσχυση σκελετού γυψοσανίδων με MDF 30*60cm για στήριξη διαφόρων στοιχείων εξοπλισμού                       | τεμ.           | 390,00    | <b>MDF</b> : h= 1,5cm (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>390 x 0,30 x 0,60 =70,20 m <sup>2</sup>  |
| 2.18.1 | Ψευδοροφή δωματίου . Από κοινή γυψοσανίδα  | m <sup>2</sup> | 4.502,40  | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 2,67 m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>2,67 x 4502,4 x 0,05 = 601,07 m <sup>2</sup> , h=0,005 (βλ. παρατηρήσεις)   |

|          |  |                |          |   |
|----------|--|----------------|----------|---|
| 2.18.2   | Ψευδοροφή W.C. Από άθυρη γυψοσανίδα  | m <sup>2</sup> | 1.002,00 | <b>Άθυρη Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 2,67m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>2,67 x 1002 x 0,05 = 133,77 m <sup>2</sup> , h=0,005<br>(προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 2.19     | Κατασκευή κούτελου κλιματισμού δωματίου από κοινή γυψοσανίδα   | m              | 385,00   | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από σχέδιο : 0,25 x 385 = 96,25 m <sup>2</sup>  |
| 2.21     | Κατασκευή ψευδοροφής διαδρόμου με φατνώματα από κοινή γυψοσανίδα, συμπεριλαμβανομένης της κορνίζας   | m <sup>2</sup> | 455,00   | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)  |
| 2.22     | Κατασκευή ψευδοροφής διαδρόμου με κρυφό φωτισμό από κοινή γυψοσανίδα   | m <sup>2</sup> | 445,00   | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2 cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)  |
| 2.29     | Φάσα από γυψοσανίδα κάτω από το στηθαίο του ημιορόφου καμπύλη  | m              | 33,00    | <b>Γυψοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br>Από δεδομένα : 33 x 0,80 = 26,4 m <sup>2</sup>   |
| <b>3</b> | <b>ΑΛΟΥΜΙΝΙΑ - ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΟΨΕΩΝ</b>  |                |          |   |
| 3.1      | Εξωτερικά κουφώματα αλουμινίου ETEM Θ2004 (θερμοδιακοπτόμενα) χρώματος RAL 8014, συμπεριλαμβανομένης της ψευτόκασσας και του παραθύρου με ανοιγοανακλινόμενο σύστημα     | m <sup>2</sup> | 756,00   | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>756 - 600 = 156 m <sup>2</sup> (βλ. παρατηρήσεις)   |
| 3.2      | Εξωτερικά κουφώματα αλουμινίου ETEM Θ2004 (θερμοδιακοπτόμενα) χρώματος RAL 8014, συμπεριλαμβανομένης της ψευτόκασσας και της μπαλκονόθυρας με ανοιγοανακλινόμενο σύστημα | m <sup>2</sup> | 270,00   | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>270 - 247 = 23 m <sup>2</sup> (βλ. παρατηρήσεις)  |
| 3.3      | Εξωτερική πόρτα διαφυγής διαδρόμων από αλουμίνιο ETEM E-2300, χρώματος RAL 8014 συμπεριλαμβανομένης της μπάρας πανικού   | m <sup>2</sup> | 25,00    | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,04 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 3.4      | Επάλληλα συρόμενα παράθυρα διαδρόμων ETEM E-2200, χρώματος RAL 8014 σε πλήρη λειτουργία  | m <sup>2</sup> | 35,00    | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>35 - 28 = 7 m <sup>2</sup> (βλ. παρατηρήσεις)   |
| 3.5      | Υαλοστάσια Ισογείου ETEM E-85 (διατομή υαλοπετάσματος με καπάκι)   | m <sup>2</sup> | 225,00   | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,003 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>225 x 0,08 = 16,9 m <sup>2</sup> (θεωρώ ότι το αλουμίνιο που στηρίζει τους υαλοπίνακες αποτελεί το 8%)   |
| 3.6      | Εξωτερική επένδυση όψεων με διαμορφωμένα φύλλα ETALBOND 4mm πάχους, χρώματος RAL 9001, συμπεριλαμβανομένου του μεταλλικού γαλβανιζέ σκελετού 40*20                       | m <sup>2</sup> | 3.665,00 | <b>Etalbond</b> : h= 0.004m (δεδομένα)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 3665 x 0,05=580,90 m <sup>2</sup> , h=0,003 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |

|          |  |                |          |  |
|----------|--|----------------|----------|--|
| 3.6.1    | Πρόσθετες εξωτερικές επενδύσεις όψεων με ETALBOND ως Α.Τ. 3.6 λόγω τροποποίησης σχεδίων όψεων , επενδύσεων δώματος, συμπληρωματικών επενδύσεων στηθαίων και διαχωριστικών βεραντών .   | m <sup>2</sup> | 945,00   | <b>Etalbond</b> : h= 0.004m (δεδομένα)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 945 x 0,05=149,79 m <sup>2</sup> , h=0,003 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 3.7      | Επένδυση όψεων με κόκκινο γρανίτη Red Africa, πάχους 3cm, σε διάφορες διαστάσεις για την επένδυση του ισογείου, συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης και των υλικών στήριξης από ανοξείδωτο χάλυβα  | m <sup>2</sup> | 710,00   | <b>Γρανίτης</b> : h=0,03 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 3.8      | Επένδυση όψεων με κόκκινο γρανίτη Red Africa, πάχους 3cm, σε διάφορες διαστάσεις για την επένδυση των "υποστηλωμάτων και δοκών" στους ορόφους και των εσοχών των παραθύρων του ισογείου, συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης και των υλικών στήριξης από ανοξείδωτο χάλυβα | m              | 1.280,00 | <b>Γρανίτης</b> : h=0,03 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 1280 x 0,50 =640 m <sup>2</sup>   |
| 3.10     | Μόνωση εξωτερικών όψεων με πετροβάμβακα 50mm των 50Kg/m <sup>3</sup>   | m <sup>2</sup> | 5.655,00 | <b>Πετροβάμβακας</b> : h = 0,05 m (δεδομένα)   |
| 3.12     | Υαλοπίνακες 6mm λευκός / 12mm διάκενο / (4+4)mm Stadip Silence 38dB Saint Gobain   | m <sup>2</sup> | 410,00   | <b>Υαλοπίνακες</b> : h=0,014m (δεδομένα)   |
| 3.13     | Υαλοπίνακες 5mm λευκός / 12mm διάκενο / (3+3)mm Laminated λευκός 33dB Saint Gobain   | m <sup>2</sup> | 600,00   | <b>Υαλοπίνακες</b> : h=0,011m (δεδομένα)   |
| <b>4</b> | <b>ΧΩΡΟΙ W.C.</b>  |                |          |  |
| 4.1      | Προμήθεια και τοποθέτηση μαρμαροπλακιδίου Θάσου Α2 (30,5*30,5*1) μπιζουταρισμένο σε δάπεδο   | m <sup>2</sup> | 858,00   | <b>Πλάκες Μαρμάρου</b> : h= 0,01m (δεδομένα)   |
| 4.2      | Προμήθεια και τοποθέτηση μαρμαροπλακιδίου Θάσου Α2 (30,5*30,5*1) μπιζουταρισμένο σε τοίχο  | m <sup>2</sup> | 1.324,00 | <b>Πλάκες Μαρμάρου</b> : h= 0,01m (δεδομένα)   |
| 4.3.1    | Προμήθεια και τοποθέτηση ψηφιδωτό υάλου επένδυσης τοιχών τύπου VIDREPUR χρώματος 780   | m <sup>2</sup> | 1.550,00 | <b>Ψηφιδωτό</b> : h= 0,004 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 4.3.2    | Προμήθεια και τοποθέτηση ψηφιδωτό υάλου επένδυσης τοιχών τύπου VIDREPUR χρώματος 95 (κόκκινο)  | m <sup>2</sup> | 205,00   | <b>Ψηφιδωτό</b> : h= 0,004 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 4.5      | Προμήθεια και τοποθέτηση φάσας Θάσου Α1, πάχους 2cm και πλάτους 20cm, γυαλισμένης  | m              | 1.839,00 | <b>Πλάκες Μαρμάρου</b> : h= 0,02 m (δεδομένα)<br>Από δεδομένα : 1839 x 0,2 = 367,8 m <sup>2</sup>  |
| 4.6      | Προμήθεια και τοποθέτηση φάσας Θάσου Α1, πάχους 2cm και πλάτους 10cm, γυαλισμένης  | m              | 434,00   | <b>Πλάκες Μαρμάρου</b> : h= 0,02 m (δεδομένα)<br>Από δεδομένα : 1839 x 0,1 = 43,40 m <sup>2</sup>  |

|          |   |                |          |  |
|----------|---|----------------|----------|--|
| 4.9      | Καθρέπτης πάχους 5mm διαστάσεων 1,40*1,10 για το W.C.   | m <sup>2</sup> | 336,70   | <b>Καθρέπτης</b> : h = 0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 4.13     | Γέμισμα διαπέδων με ελαφομπετόν   | m <sup>3</sup> | 8,00     | <b>Ελαφομπετόν</b> : έστω h= 0,02 , Εμβαδόν 400 m <sup>2</sup>   |
| 4.14     | Πλάκα σκυροδέματος πάχους 10cm για τα W.C.  | m <sup>2</sup> | 22,00    | <b>Σκυρόδεμα</b> : h= 0,1 m (δεδομένα)   |
| 4.15     | Τσιμεντοκονία πάχους 2cm για τα W.C.  | m <sup>2</sup> | 563,00   | <b>Τσιμεντοκονία</b> : h=0,02 (δεδομένα)   |
| <b>5</b> | <b>ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ</b>   |                |          |  |
| 5.1      | Επένδυση τοίχων δωματίων με ταπετσαρία με σχέδιο ως δείγμα (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού και της κόλλας)  | m <sup>2</sup> | 9.980,00 | <b>Ταπετσαρία</b> : h= 0,0015 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 5.2      | Επένδυση τοίχων διαδρόμων με ταπετσαρία χωρίς σχέδιο ως δείγμα (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού και της κόλλας)  | m <sup>2</sup> | 2.565,00 | <b>Ταπετσαρία</b> : h= 0,0015 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 5.3      | Τοποθέτηση μοκέτας δωματίου ως δείγμα (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού και της κόλλας)   | m <sup>2</sup> | 4.035,00 | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 5.4      | Τοποθέτηση μοκέτας διαδρόμων ως δείγμα (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού και της κόλλας)  | m <sup>2</sup> | 1.050,00 | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 5.5      | Τοποθέτηση σοβατεπί από ρελασμένη μοκέτα διαδρόμου ως δείγμα (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού, της κόλλας και του ρελιού εάν απαιτηθεί)  | m              | 1.160,00 | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 1160 x 0,08 = 92,8 m <sup>2</sup> |
| 5.6      | Τοποθέτηση μοκέτας ισογείου με σχέδιο (δεν συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια του υλικού και της κόλλας)   | m <sup>2</sup> | 250,00   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 5.7      | Προμήθεια και τοποθέτηση PVC υψηλής πυκνότητας, απομίμησης ξύλου, του εργοστασίου POLYFLOR και ποιότητας KUDOS PU, σε πλακίδια 45*45 ή λωρίδες 10*90cm, πάχους 2,0mm  | m <sup>2</sup> | 53,00    | <b>PVC</b> : h= 0,002 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 5.8      | Υπερυψωμένα δάπεδα γραφείων του οίκου C.B.I. Ιταλίας με κάτω επένδυση alufoil και άνω επένδυση laminate, συνολικού πάχους 38,5mm, με στηρίγματα τελικού ύψους 63-78cm και διαδοκίδες, συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης με πολυουρεθανική κόλλα | m <sup>2</sup> | 130,00   | <b>Laminate</b> : h= 0,004 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |

|          |   |                |           |   |
|----------|---|----------------|-----------|---|
| 5.9      | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων mirage συλλογής workshop, διαστάσεων 60*120*1,2cm, χρώματος copper WSO2  | m <sup>2</sup> | 174,00    | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)  |
| 5.10     | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων mirage συλλογής workshop, διαστάσεων 60*120*1,2cm, χρώματος almond WSO4  | m <sup>2</sup> | 9,00      | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)  |
| 5.11     | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων mirage συλλογής workshop, διαστάσεων 60*60*1,05cm, χρώματος copper squared insert LL22                                   | m <sup>2</sup> | 43,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,011 m (δεδομένα)  |
| 5.12     | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων mirage συλλογής workshop, διαστάσεων 60*60*1,05cm, χρώματος almond squared insert LL22                                   | m <sup>2</sup> | 43,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,011 m (δεδομένα)  |
| 5.13     | Προμήθεια και τοποθέτηση γυάλινων ψηφιδών Opus Romano, διαστάσεων φύλλου 32,2*32,2*0,65cm χρώματος fuoco  | m <sup>2</sup> | 16,00     | <b>Ψηφιδωτό</b> : h= 0,007 m (δεδομένα)   |
| 5.14     | Προμήθεια και τοποθέτηση γυάλινων ψηφιδών Opus Romano, διαστάσεων φύλλου 32,2*32,2*0,65cm χρώματος terra  | m <sup>2</sup> | 9,00      | <b>Ψηφιδωτό</b> : h= 0,007 m (δεδομένα)   |
| 5.15     | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων mirage συλλογής workshop, διαστάσεων 60*120*1,2cm, χρώματος copper WSO2 για σοβατεπί ύψους 15cm                          | m              | 75,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από δεδομένα : 75 x 0,15 = 11,25 m <sup>2</sup> |
| 5.16     | Προμήθεια και τοποθέτηση ξύλου 1-σάνιδου του εργοστασίου Irowood τύπου Oak nature, πάχους 14,80mm και πλάτους 15cm, με τοποθέτηση ethafoam στην κάτω πλευρά | m <sup>2</sup> | 90,00     | <b>Ξύλινα τεμάχια παρκέτου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)              |
| 5.17     | Προμήθεια και τοποθέτηση πλακιδίων τύπου ξύλου Jatoba 15*90cm   | m <sup>2</sup> | 20,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                   |
| <b>6</b> | <b>ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ</b>  |                |           |   |
| 6.1      | Προεργασία γυψοσανίδων για ταπετσαρία. Η εργασία περιλαμβάνει τρίψιμο των αρμών, ψιλοστοκάρισμα και ένα χέρι αστάρι βαφής                                   | m <sup>2</sup> | 13.700,00 | <b>Ασβεστοκονίαμα</b> : h=0,007 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                       |
| 6.2      | Χρωματισμός οροφής δωματίου με πλαστικό σπατουλαριστό   | m <sup>2</sup> | 3.513,00  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                           |
| 6.3      | Χρωματισμός οροφής διαδρόμου με πλαστικό σπατουλαριστό  | m <sup>2</sup> | 1.290,00  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                           |
| 6.4      | Χρωματισμός οροφής W.C. Με λαδομπογιά (σπατουλαριστό)   | m <sup>2</sup> | 1.005,00  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                           |
| 6.5      | Βαφή σκοτιών με πλαστικό σπατουλαριστό  | m              | 1.300,00  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)                           |



|          |   |                |          |  |
|----------|---|----------------|----------|--|
|          |   |                |          | Από σχέδια : $1300 \times 0,03 = 39 \text{ m}^2$   |
| 6.6      | Βαφή κορνίζας με πλαστικό σπατουλαριστό   | m              | 5.100,00 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : $5100 \times 0,01 = 51 \text{ m}^2$  |
| 6.7      | Βαφή κορνίζας με λαδομπογιά σπατουλαριστή   | m              | 1.875,00 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : $1875 \times 0,01 = 18,75 \text{ m}^2$   |
| 6.8      | Εσωτερικοί χρωματισμοί με πλαστικό ασπατουλάριστο   | m <sup>2</sup> | 800,00   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 6.9      | Χρωματισμοί εξωτερικών στηθαίων βεραντών 5ου και 6ου ορόφου επιχρισμένων με ακρυλικό ασπατουλάριστο   | m <sup>2</sup> | 750,00   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 6.10     | Χρωματισμό ψευδοροφής Lobby με τεχνοτροπία ασημί  | m <sup>2</sup> | 453,00   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| <b>7</b> | <b>ΘΥΡΕΣ</b>  |                |          |  |
| 7.1      | Πόρτα εισόδου δωματίου με καπλαμά δρυς βέγγε, με πατούρα, συνολικού πάχους 47mm, κουμπωτά αρμοκάλυπτρα, ηχομονωτική 40dB και πυράντοχη 30', εσωτερικά με διάτρητη μοριοσανίδα, κάσσα 7,5cm κουμπωτή, με 4 μεντεσέδες, χωρίς χερούλια και κλειδαριές, όπως σχέδιο, με προσθήκη τεχνοδέρματος του οίκου Aritex ποιότητας sterling και ματάκι, με ανεμοφράκτη και αντιπυρικό φυτίλι περιμετρικά, με τον φωτιζόμενο αριθμό δωματίου | τεμ.           | 193,00   | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,075 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : $2,2 \times 0,9 = 1,98 \text{ m}^2 \times 193 \text{ τεμ.} = 382,14 \text{ m}^2$                                  |
| 7.2      | Πόρτα W.C. Δωματίου εξωτερικά δρυς τεχνητό βαμμένο βέγγε, εσωτερικά λάκα με κ/π αρμοκάλυπτρα, χαρτοκουπέλη, τετράγωνη κουμπωτή κάσσα 90mm και φινιστρίνι, με τζάμι "βιτρό" πάχους 2εκ διαστάσεων 20x20εκ απο ψημένο γυαλί ανάγλυφο, με 3 μεντεσέδες ορυχάλκινους απλούς, με πόμολο ορυχάλκινο σε χρυσό FRASCIO 703/45, ένδειξη W.C. 896/45 χρυσή FRASCIO, κλειδαριά W.C. χρυσή οβάλ πρόσωπο WILKA 1729/45                       | τεμ.           | 203,00   | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,075 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : $2,2 \times 0,8 = 1,76 \text{ m}^2 \times 203 \text{ τεμ.} = 357,30 \text{ m}^2$ |

|          |   |                |          |   |
|----------|---|----------------|----------|---|
| 7.3      | Πόρτα connecting με μία κάσσα δρυς τεχνητό βαμμένο βέγγε πάχους 10cm και 10cm αρμοκάλυπτρα από το ίδιο υλικό, με δύο θυρόφυλλα ηχομονωτικά καρρέ χωρίς πατούρα, με καθρέπτη στις πλευρές των δωματίων, σύμφωνα με το σχέδιο, με 3 διπλούς κρυφούς μεντεσέδες, με χερούλια ορυχάλκινα σε χρυσό FRASCIO 703/45 από την πλευρά του δωματίου, κλειδαριά χρυσή FRASCIO και πεταλούδα εσωτερικά | τεμ.           | 18,00    | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,06 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 2,2 x 0,9 = 1,98 m <sup>2</sup> x 18 τεμ. = 35,64 m <sup>2</sup>   |
| 7.5      | Θύρες μεταλλικές REI60 διαστάσεων 1.40X2.15 εναλλακτικά των θυρών καπνού ,με μπάρα πανικού στο ανοιγόμενο και σταθερό φύλλο   | τεμ.           | 6,00     | <b>Μεταλλική θύρα</b> : h= 0,08 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 1,40 = 3,01 m <sup>2</sup> x 6 τεμ. = 18,06 m <sup>2</sup>   |
| 7.6      | Θύρες μεταλλικές REI60 διαστάσεων 1.80X2.15 με μπάρα πανικού στο ανοιγόμενο και σταθερό φύλλο   | τεμ.           | 1,00     | <b>Μεταλλική θύρα</b> : h= 0,08 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 1,80 = 3,87 m <sup>2</sup>   |
| 7.9      | Θύρες απλές ξύλινες με σώμα χαρτοκυψέλης και απλή βαφή με ριπολίνη νερού για τις εισόδους των γραφείων  | τεμ.           | 19,00    | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,06 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 2,2 x 0,9 = 1,98 m <sup>2</sup> x 19 τεμ. = 37,62 m <sup>2</sup>   |
| 7.10     | Θύρες W.C. Και γραφείων ισογείου από μελαμίνη, τυφλή χωρίς σχέδια με μεντεσέδες, πόμολο και ένδειξη W.C.  | τεμ.           | 4,00     | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,06 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 2,2 x 0,9 = 1,98 m <sup>2</sup> x 4 τεμ. = 7,92 m <sup>2</sup>   |
| 7.11     | Θύρα γραφείου Προέδρου, ηχομονωτική, με καπλαμά και σχέδιο, με μεντεσέδες, πόμολο και κλειδαριά   | τεμ.           | 1,00     | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,075 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 2,2 x 0,9 = 1,98 m <sup>2</sup>   |
| 7.12     | Μονόφυλλη θύρα πυράντοχη 0,85x 2,15 εξόδου ασανσέρ προσωπικού .   | τεμ.           | 6,00     | <b>Μεταλλική θύρα</b> : h= 0,08 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x ,85 = 1,83 m <sup>2</sup> x 6 τεμ. = 10,98 m <sup>2</sup>  |
| <b>8</b> | <b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>  |                |          |   |
| 8.1      | Μόνωση δώματος η οποία περιλαμβάνει θερμομόνωση τύπου dow πάχους 5cm, betocel κλίσεων σε δύο στρώσεις με τη δεύτερη στρώση ενισχυμένη, ασφαυτόπανο διπλό το δεύτερο με ψηφίδα καιτσιμεντοκονία για την τοποθέτηση πλακιδίων ,συνολικού πάχους 30εκ.   | m <sup>2</sup> | 1.115,00 | <b>Εξηλασμένη Πολυστερίνη (DOW)</b> : h= 0,05m (δεδομένα)<br><b>Ασφαλτική Μεμβράνη</b> : h= 0,004m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br><b>Τσιμεντοκονία</b> : h= 0,005 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 8.6      | Οπλισμός μανδύα   | Kgr            | 8.600,00 | <b>Χάλυβας</b> (εντός οπλισμένου σκυροδέματος) : σε χιλιόγραμμα   |

|          |   |                |           |  |
|----------|---|----------------|-----------|--|
| 8.7      | Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite), με πάχος στρώσεως 7,5cm σε τοιχεία και υποστηλώματα  | m <sup>2</sup> | 140,00    | <b>Οπλισμένο σκυρόδεμα</b> : h= 0,075 m (δεδομένα)   |
| 8.8      | Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite), με πάχος στρώσεως 7,5cm σε δοκούς  | m <sup>2</sup> | 350,00    | <b>Οπλισμένο σκυρόδεμα</b> : h= 0,075 m (δεδομένα)   |
| 8.9      | Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite), με πάχος στρώσεως 5cm σε πλάκες  | m <sup>2</sup> | 470,00    | <b>Οπλισμένο σκυρόδεμα</b> : h= 0,05 m (δεδομένα)  |
| 8.12     | Οπλισμός νέων σκυροδεμάτων  | Kgr            | 11.050,00 | <b>Χάλυβας</b> (εντός οπλισμένου σκυροδέματος): σε χιλιόγραμμα   |
| 8.13     | Νέα σκυροδέματα C20/25 (περιλαμβάνεται ξυλότυπος, προμήθεια και διάστρωση)  | m <sup>3</sup> | 118,00    | <b>Οπλισμένο σκυρόδεμα</b> : σε κυβικά μέτρα   |
| 8.14     | Μεταλλική κατασκευή επέκτασης φωταγωγού με μορφοσίδηρο, αμμοβολισμένη και με primer δύο συστατικών  | Kgr            | 930,00    | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |
| 8.18     | Μόνωση ζαρντινιερών με τσιμεντοκονία κλίσεων, μεμβράνη antiroot, γεωϋφασμα και αποστραγγιστικό τύπου Doerken  | m <sup>2</sup> | 120,00    | <b>Τσιμεντοκονία</b> : h= 0,03 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br><b>Γεωϋφασμα</b> : h= 0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br><b>Ασφαλτική μεμβράνη</b> : h=0,004 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |
| 8.21     | Αποκατάσταση τοιχοποιιών και χτίσιμο νέων στις περιοχές των ενισχύσεων, με τσιμεντόλιθους   | m <sup>2</sup> | 350,00    | <b>Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι</b> : h= 0,15 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 8.22     | Κατασκευή σενάζ στις νέες τοιχοποιίες από τσιμεντόλιθο διαστάσεων 20*15   | m              | 120,00    | <b>Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι</b> : h= 0,15 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 120 x 0,15 = 18 m <sup>2</sup>   |
| 8.23     | Επιχρίσματα στις νέες εξωτερικές τοιχοποιίες  | m <sup>2</sup> | 620,00    | <b>Επιχρίσμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| <b>9</b> | <b>ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ LOBBY &amp; ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟΥ</b>  |                |           |  |
| 9.1      | Οκταγωνική επένδυση στρογγυλών υποστηλωμάτων με Corian "Auroga C" πάχους 12mm και ύψους 6,10m με 4 σκοτίες στις 4 μεγάλες πλευρές και οδοντωτή κορνίζα στο πάνω μέρος | τεμ            | 1,00      | <b>Corian</b> : h= 6,10 m (δεδομένα)<br>Από σχέδιο L11 : A = 0,072 m <sup>2</sup>  |
| 9.2      | Οκταγωνική επένδυση στρογγυλών υποστηλωμάτων με Corian "Auroga C" πάχους 12mm και ύψους 2,8m με 4 σκοτίες στις 4 μεγάλες πλευρές και οδοντωτή κορνίζα στο πάνω μέρος  | τεμ            | 2,00      | <b>Corian</b> : h=2,80 m (δεδομένα)<br>Από σχέδιο L11 : A = 0,072 m <sup>2</sup>   |
| 9.3      | Στρογγυλή επένδυση υποστηλωμάτων με Corian "Auroga C" πάχους 12mm και ύψους 6,10m, χωρίς σκοτίες και χωρίς οδοντωτή κορνίζα στο πάνω μέρος                            | τεμ            | 1,00      | <b>Corian</b> : h=6,10 m (δεδομένα)<br>Από σχέδιο L11 : A = 0,056 m <sup>2</sup>   |
| 9.4      | Στρογγυλή επένδυση υποστηλωμάτων με Corian "Auroga C" πάχους 12mm και ύψους 2,8m, χωρίς σκοτίες και χωρίς οδοντωτή κορνίζα στο πάνω μέρος                             | τεμ            | 1,00      | <b>Corian</b> : h=6,10 m (δεδομένα)<br>Από σχέδιο L11 : A = 0,056 m <sup>2</sup>   |

|      |   |                |       |   |
|------|---|----------------|-------|---|
| 9.9  | Κασόπορτα στο χώρο της reception από δρυς βαμμένο wenge, συμπεριλαμβανομένων των ανοξείδωτων διακοσμητικών λαμών  | τεμ            | 1,00  | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,075 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 2,2 x 0,9 = 1,98 m <sup>2</sup>  |
| 9.10 | Επένδυση τοίχου πάνω από reception, από καπλαμά δρυός βαμμένο wenge, αποτελούμενη από κάσωμα στήριξης καθρέπτη και υπόβαση για την τοποθέτηση κρυστάλλων συμπεριλαμβανομένων των ανοξείδωτων λαμών, αλλά μη συμπεριλαμβανομένων των γυαλιών - φυσαλίδα και των τζαμιών - καθρέπτη | m <sup>2</sup> | 8,70  | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 9.12 | Επένδυση τοίχου πίσω από γκισέ reception, και στους τηλεφωνικούς θαλάμους με Corian "Aurora C"  | m <sup>2</sup> | 15,90 | <b>Corian</b> : h= 0,012 m (από σχέδια)<br><b>Καθρέπτης</b> : h =0,005 (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 9.13 | Επένδυση τοίχου στην υπηρεσιακή είσοδο, με καπλαμά δρυς βαμμένο wenge με οριζόντιες και κατακόρυφες σκοτίες και ξύλινο σκελετό  | m <sup>2</sup> | 3,00  | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 9.14 | Συρόμενη κασόπορτα, δίφυλλη, διαστάσεων 106cm * 218cm, δρυς βαμμένο wenge, στην υπηρεσιακή είσοδο συμπεριλαμβανομένου του μηχανισμού αυτόματου ανοίγματος   | τεμ            | 1,00  | <b>Ξύλινη θύρα</b> : h= 0,06 m (δεδομένα)<br>Από δεδομένα: 2,18 x 1,06 = 2,31 m <sup>2</sup>  |
| 9.15 | Επένδυση εσοχών τηλεφωνικών θαλάμων, διαστάσεων 185cm * 123cm * 35cm, με δρυ βαμμένο βέγγε, χωρίς την προμήθεια του βιτρώ   | τεμ            | 1,00  | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 1,85 x 1,23 = 2,28 m <sup>2</sup>                   |
| 9.24 | Ξυλεπένδυση δεξιά από bar, αποτελούμενη από ξύλινο σκελετό και επένδυση από δρυς βαμμένο wenge, συμπεριλαμβανομένης κάσας για τα H/M  | m <sup>2</sup> | 13,60 | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 9.25 | Επένδυση τοίχου αποτελούμενη από κατακόρυφες λωρίδες πλάτους 20cm από καπλαμά δρυς βαμμένο wenge, λωρίδες MDF βαμμένο λάκα και λωρίδες κ/π ως υπόβαση για την τοποθέτηση γυαλιού - φυσαλίδα, χωρίς την προμήθεια και τοποθέτηση αυτού   | m <sup>2</sup> | 38,30 | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br><b>MDF</b> : h= 1,5 cm (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς) |

|            |  |                |           |  |
|------------|--|----------------|-----------|--|
| 9.26       | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση διαχωριστικού gift-shop από γυαλί securite, συμπεριλαμβανομένης της υποκατασκευής στήριξης των υάλων, της μονόφυλλης θύρας διαστάσεων 0,90*2,15m και των σταθερών υαλοπινάκων  | τεμ            | 1,00      | <b>Γυαλί Επισκληρωμένο</b> : h=0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 0,90 = 1,94 m <sup>2</sup>              |
| 9.27       | Κατασκευή βιτρίνας με τέσσερα (4) ανοιγόμενα φύλλα αποτελούμενη από κάσσο και περιμετρικό πλαίσιο δρυς βαμμένο wenge, χωρίς την προμήθεια και τοποθέτηση της οπαλίνας  | m <sup>2</sup> | 17,00     | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου (2x)</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| 9.30       | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση διαχωριστικού arolon και εισόδου internet από γυαλί securite, συμπεριλαμβανομένης της υποκατασκευής στήριξης των υάλων, της δίφυλλης θύρας διαστάσεων 1,80*2,15m και της μονόφυλλης θύρας διαστάσεων 0,90*2,15m και των σταθερών υαλοπινάκων | τεμ            | 1,00      | <b>Γυαλί Επισκληρωμένο</b> : h=0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 0,90 + 2,15 x 1,8 = 5,81 m <sup>2</sup> |
| 9.31       | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση εισόδου λογιστηρίου από γυαλί securite, συμπεριλαμβανομένης της υποκατασκευής στήριξης των υάλων, της μονόφυλλης θύρας διαστάσεων 0,90*2,15m και των σταθερών υαλοπινάκων  | τεμ            | 1,00      | <b>Γυαλί Επισκληρωμένο</b> : h=0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 0,90 = 1,94 m <sup>2</sup>              |
| 9.34       | Επενδύσεις ταμπλάδων σε υπάρχουσα κατασκευή, κολλητές, αποτελούμενες από κ/π 4mm, επένδυση καπλαμά δρυς βαμμένο wenge  | m <sup>2</sup> | 21,00     | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 9.35       | Θύρα πυρασφαλείας 60' μονόφυλλη, διαστάσεων 1,50*2,30m γυάλινη της MCM   | τεμ            | 1,00      | <b>Γυάλινη θύρα</b> : h= 0,015 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,30 x 1,50 = 3,45 m <sup>2</sup>                   |
| 9.37       | Προμήθεια και τοποθέτηση δίφυλλης θύρας εισόδου γυμναστηρίου από γυαλί securite διαστάσεων 1,40*2,15m, μετά του μηχανισμού δαπέδου   | τεμ            | 1,00      | <b>Γυαλί Επισκληρωμένο</b> : h=0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 2,15 x 1,40 = 3,01 m <sup>2</sup>              |
| 9.38       | Βαφή τεχνοτροπίας στον τοίχο του εστιατορίου απόχρωσης corian, η επιμέτρηση γίνεται σε τόνι 7,00*6,10m   | m <sup>2</sup> | 67,90     | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| 9.40       | Υαλοπίνακας διαφανής πάχους 5mm  | m <sup>2</sup> | 9,50      | <b>Υαλοπίνακας</b> : h=0,005m (δεδομένα)   |
| <b>Γ.</b>  | <b>ΕΡΓΑΣΙΕΣ<br/>ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΥ<br/>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ<br/>200.000,00€</b>   |                |           |  |
| <b>Γ.3</b> | Εξωτερικά κλιμακοστάσια διαφυγής   | Kgr            | 38.473,30 | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |

|               |  |                |          |   |
|---------------|--|----------------|----------|---|
| <b>Γ.3α</b>   | Κιγκλίδωμα εξωτερικών κλιμακοστασίων διαφυγής  | Kgr            | 4.016,34 | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα   |
| <b>N.T</b>    | <b>ΝΕΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ</b>  |                |          |   |
| <b>NT.11</b>  | Κατασκευή οροφής ισογείου από MDF  | τεμ.           | 66,00    | <b>MDF</b> : h= 1,0cm (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 0,30 x0,60 = 0,18 x 66τεμ. =11,88 m <sup>2</sup>  |
| <b>NT.30</b>  | Ψευδοροφή διαδρόμου ορόφων από MDF   | τεμ.           | 70,00    | <b>MDF</b> : h= 1,0cm (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από δεδομένα : 0,30 x0,60 = 0,18 x 70 τεμ. =12,60 m <sup>2</sup>   |
| <b>NT.33</b>  | Επενδύσεις ταμπλάδων αίθουσας PLAZA  | m <sup>2</sup> | 40,00    | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| <b>NT.41</b>  | Επένδυση βοηθητικού δωματίου στο Α υπόγειο με τσιμεντοσανίδα (1+0) και 3άρι σκελετό χωρίς μόνωση | m <sup>2</sup> | 32,94    | <b>Τσιμεντοσανίδα</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές) ,<br>3,17 x 32,94 x 0,05= 5,22 m <sup>2</sup> , h=0,005 (βλ. παρατηρήσεις) |
| <b>NT.63</b>  | Ξυλεπενδύσεις Lobby ανελκυστήρων πελατών ισογείου  | απκ.           | 1,00     | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A= 10,70 m <sup>2</sup>   |
|               | Ξυλεπενδύσεις Lobby ανελκυστήρων πελατών ημιόροφου   | απκ.           | 1,00     | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A= 7,76 m <sup>2</sup>  |
|               | Ξυλεπενδύσεις Lobby ανελκυστήρων πελατών 1ου έως 5ου ορόφου                                      | απκ.           | 5,00     | <b>Ξύλινη Επένδυση Εσωτερικού Χώρου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A= 8,91 m <sup>2</sup> x 6 όροφοι = 53,46   |
| <b>NT.64</b>  | Αντικατάσταση τοίχου γυψοσανίδας εισόδου των δωματίων από 1+1 γυψοσανίδα σε 2+2 γυψοσανίδες      | m <sup>2</sup> | 751,44   | <b>Γυψοσανίδα (2x)</b> : h= 1,2cm (από τυπική μονάδα χρήσης στην οικοδομή)  |
| <b>NT.71</b>  | Βαφή τεχνοτροπίας στο ισόγειο, ημιόροφο και εστιατόριο Plaza                                     | m <sup>2</sup> | 142,10   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| <b>NT.96</b>  | Επικάλυψη κουζίνας δόματος με πάνελ πάχους 40mm  | απκ.           | 1,00     | <b>Πάνελ πολυουρεθάνης</b> : h= 0,004 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A = 47 m <sup>2</sup>   |
| <b>NT.123</b> | Ξύλινες επενδύσεις στο W.C. του βου ορόφου   | απκ.           | 1,00     | <b>Ξύλινα Τεμάχια Παρκέτου</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A = 3,42 m <sup>2</sup>  |
| <b>NT.158</b> | Χρωματισμοί στο Α υπόγειο  | m <sup>2</sup> | 274,93   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| <b>NT.163</b> | Περσίδες αλουμινίου μεταλλικού πλαισίου στήριξης.  | m <sup>2</sup> | 30,00    | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,04 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| <b>NT.166</b> | Χρωματισμοί σκοπιών κλιμακοστασίου πελατών.  | m              | 196,37   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 0,03 x 196,37 = 5,90 m <sup>2</sup>   |
| <b>NT.199</b> | Τοποθέτηση πλακιδίων στο δάπεδο office και προϊσταμένης.   | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 124,7 m <sup>2</sup>   |
| <b>NT.202</b> | Τοποθέτηση πλακιδίων στο κουζίνακι του club lounge.  | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 3,02 m <sup>2</sup>  |

|        |  |                |          |   |
|--------|--|----------------|----------|---|
| NT.203 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο μηχανοστάσιο πισίνας 6ου ορόφου.                                  | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 9,56 m <sup>2</sup>  |
| NT.205 | Τοποθέτηση πλακιδίων στις βεράντες 5ου & 6ου ορόφου.                                       | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 6ος όροφος : 206,24 m <sup>2</sup> , 5ος όροφος: 57,92 m <sup>2</sup>  |
| NT.220 | Τοποθέτηση ταπετσαρίας στις αίθουσες Ημιορόφου.  | m <sup>2</sup> | 511,50   | <b>Ταπετσαρία</b> : h= 0,0015 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.222 | Τοποθέτηση μοκέτας στην αίθουσα-αποθήκη APOLLON.   | m <sup>2</sup> | 104,99   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.226 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση κατακλιού από γρανίτη MADERA Ισπανίας.                 | m <sup>2</sup> | 47,00    | <b>Γρανίτης</b> : h=0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.243 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση etalbond πέραν της συμβατικής ποσότητας.               | m <sup>2</sup> | 27,00    | <b>Etalbond</b> : h= 0.004m (δεδομένα)<br><b>Μεταλλικός Σκελετός</b> : 3,17m/m <sup>2</sup> , (από τεχνικές προδιαγραφές),<br>3,17 x 27 x 0,05=4,28 m <sup>2</sup> , h=0,003 (βλ. παρατηρήσεις) |
| NT.249 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο δάπεδο PLAZA.   | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 9,56 m <sup>2</sup>  |
| NT.250 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο WC προϊσταμένης στο 2ο & 4ο όροφο.                                | m <sup>2</sup> | 28,86    | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,0105 m (δεδομένα)   |
| NT.251 | Τοποθέτηση πλακιδίων στα αποδυτήρια Γ' Υπογείου.   | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 37,8 m <sup>2</sup>  |
| NT.278 | Επιχρίσματα στον εξωτερικό τοίχο του ανελκυστήρα δώματος επί Μιχαλακοπούλου και Αντιμάχου. | m <sup>2</sup> | 20,00    | <b>Επιχρίσμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.282 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο WC δώματος.   | m <sup>2</sup> | 61,04    | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)  |
| NT.283 | Διάστρωση τσιμεντοειδές επισκευαστικού υλικού πισίνας δώματος.                             | m <sup>2</sup> | 63,62    | <b>Τσιμεντοειδή</b> : h= 0,02 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.284 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο δάπεδο κουζίνας & δωματίου 1ου Υπογείου.                          | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : 240 m <sup>2</sup>   |
| NT.285 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο τοίχο εστιατορίου 3ου Υπογείου.                                   | m <sup>2</sup> | 9,35     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)  |
| NT.286 | Μεταλλική κατασκευή επέκτασης πλάκας για τα WC κεντρικού κλιμακοστασίου δώματος.           | kg.            | 151,52   | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα   |
| NT.287 | Τοποθέτηση πλακιδίων στο δάπεδο-τοίχο κουζίνας δώματος.                                    | απκ.           | 1,00     | <b>Κεραμικά πλακίδια</b> : h= 0,012 m (δεδομένα)  |
| NT.297 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση μεταλλικής ζαρτινιέρας στο επίπεδο του δώματος.        | kg.            | 5.678,40 | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα   |
| NT.301 | Τοποθέτηση μοκέτας στην αίθουσα ZEYΣ.  | m <sup>2</sup> | 264,31   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.302 | Τοποθέτηση μοκέτας στην αίθουσα ΕΡΜΗΣ και στο lobby ανελκυστήρων πελατών Ημιορόφου.        | m <sup>2</sup> | 108,19   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.303 | Τοποθέτηση μοκέτας στην αίθουσα COSMOS και ΑΘΗΝΑ.  | m <sup>2</sup> | 562,77   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |

|        |   |                |         |  |
|--------|---|----------------|---------|--|
| NT.304 | Τοποθέτηση μοκέτας στο φουαγιέ έξω από τις αίθουσες COSMOS στον Ημιόροφο.   | m <sup>2</sup> | 152,47  | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.305 | Μεταλλικό στηθαίο δώματος για την διέλευση αεραγωγών  | kg.            | 830,38  | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |
| NT.306 | Προμήθεια και τοποθέτηση ειδικών τεμαχίων στην ένωση μεταξύ οροφής κουζίνας δώματος και οροφής πέργκολας.                                 | kg.            | 230,00  | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |
| NT.312 | Τοποθέτηση μοκέτας στην αίθουσα CRONOS.   | m <sup>2</sup> | 46,60   | <b>Μοκέτα</b> : h= 0,008 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.327 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση λαμαρίνας στην οροφή κουζίνας δώματος.  | kg.            | 268,75  | <b>Λαμαρίνα</b> : σε χιλιόγραμμα   |
| NT.331 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση στεγάστρου για τη προστασία κομπρεσέρ ψυγείων κουζίνας.   | kg.            | 37,00   | <b>Λαμαρίνα</b> : σε χιλιόγραμμα   |
| NT.334 | Προμήθεια και τοποθέτηση γρανίτη RED AFRICA για την επένδυση όψεων πέραν της συμβατικής ποσότητας.  | m <sup>2</sup> | 61,00   | <b>Γρανίτης</b> : h=0,03 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.335 | Προεργασία τοιχοποιίας με ολικό στοκάρισμα στα δωμάτια του ορόφου.  | m <sup>2</sup> | 434,22  | <b>Ασβεστοκονίαμα</b> : h=0,007 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.346 | Χρωματισμοί ράμπας parking 1ου Υπογείου με ακρυλικό ασπατουλάριστο.   | m <sup>2</sup> | 210,00  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.357 | Προμήθεια και τοποθέτηση ψηφίδας υάλου στους τοίχους και στο δάπεδο της πισίνας στο επίπεδο του δώματος.                                  | m <sup>2</sup> | 53,63   | <b>Ψηφιδωτό</b> : h= 0,007 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.368 | Χρωματισμός σκωτιών με πλαστικό σπατουλαριστό (lobby ανελκυστήρα του ορόφου).   | m              | 58,61   | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 0,03 x 58,61 = 1,76 m <sup>2</sup> |
| NT.370 | Προμήθεια και κατασκευή οροφής από μεταλλικές πλάκες 60X60εκ. Στα αποδυτήρια 3ου Υπογείου.  | απκ.           | 1,00    | <b>Αλουμίνιο</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : A = 63 m <sup>2</sup>              |
| NT.372 | Κατασκευή και τοποθέτηση μεταλλικού κυκλώματος στο parking αυτοκινήτων στο 4ο Υπόγειο, για την προστασία του πυροσβεστικού συγκροτήματος. | kg.            | 288,00  | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |
| NT.382 | Επένδυση δαπέδων ανελκυστήρων πελατών με μάρμαρο Χίου και κόκκινη ψηφίδα.   | απκ.           | 1,00    | <b>Πλάκες Μαρμάρου</b> : h= 0,01 m (δεδομένα)<br>Από σχέδια : A = 14,61 m <sup>2</sup>                                       |
| NT.383 | Υγρομόνωση wc δωματίων.   | m <sup>2</sup> | 858,00  | <b>Τσιμεντοειδή</b> : h= 0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.387 | Προμήθεια και τοποθέτηση υαλοπίνακα διαμαντέ μάτ στην αίθουσα APOLLON.  | m <sup>2</sup> | 10,60   | <b>Γυαλί Επισκληρυνμένο</b> : h=0,01 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)   |
| NT.405 | Πρόσθετη τιμμή για εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 3εκ.   | m <sup>2</sup> | 1136,95 | <b>Εξηλασμένη πολυστερίνη</b> : h= 0,03 m (δεδομένα)   |
| NT.409 | Τοποθέτηση ταπετσαρίας στην αίθουσα cosmos  | m <sup>2</sup> | 486,71  | <b>Ταπετσαρία</b> : h= 0,0015 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.414 | Τοποθέτηση ταπετσαρίας  | m <sup>2</sup> | 40,89   | <b>Ταπετσαρία</b> : h= 0,0015 m (προσέγγιση με βάση τα   |



|        | στην αίθουσα ΑΘΗΝΑ   |                |        | δεδομένα της αγοράς)   |
|--------|--|----------------|--------|--|
| NT.417 | Χρωματισμός εστιατορίου προσωπικού   | m <sup>2</sup> | 228,20 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.420 | Χρωματισμοί κορνίζας με σπατουλαριστό στην αίθουσα Δίας  | m              | 399,93 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 0,03 x 399,93 = 12,00 m <sup>2</sup> |
| NT.421 | Χρωματισμοί εξωτερικών τοίχων όψεων επί της οδού Ποταμιάνου (περιοχή μεταλλικού κλιμακοστασίου)  | m <sup>2</sup> | 258,00 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.422 | Προμήθεια, κατασκευή και τοποθέτηση μεταλλικής βάσης κλιματιστικής μονάδας στο επίπεδο άνω του δώματος και εξωτερικά του μηχανοστασίου του ανελκυστήρα πελατών | kg.            | 254,19 | <b>Μεταλλική Κατασκευή</b> : σε χιλιόγραμμα  |
| NT.424 | Χρωματισμοί κορνίζας αίθουσας Απόλλων  | m              | 124,88 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)<br>Από σχέδια : 0,03 x 124,88 = 3,75 m <sup>2</sup>  |
| NT.427 | Χρωματισμοί τοίχων αιθρίου με πλαστικό ακρυλικό σπατουλαριστό  | m <sup>2</sup> | 401,27 | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |
| NT.428 | Χρωματισμοί διαδρόμου κουζίνας Α' υπογείου (όροφή)   | m <sup>2</sup> | 70,16  | <b>Επίχρισμα</b> : h= 0,001 m (προσέγγιση με βάση τα δεδομένα της αγοράς)  |