

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη του κύκλου ζωής των δομικών υλικών μιας μονοκατοικίας 80 m<sup>2</sup> στη νησιωτική περιοχή της Κρήτης σε ελληνικές συνθήκες, καθώς και η αποτίμηση και σύγκριση των διαφορετικών κύκλων ζωής των υλικών μεταξύ τους. Μελετήθηκαν 8 δομικά υλικά (σκυρόδεμα, χάλυβας, τούβλο, ξύλο, πλακάκι, αλουμίνιο, μόνωση, βαφή) με τους κύκλους ζωής τους. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν λήφθηκαν υπόψη σύμφωνα με τις ελληνικές συνθήκες κτιριακών κατασκευών και παραγωγής δομικών υλικών.

Στις μέρες μας σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν διεξαχθεί μελέτες που να συγκρίνουν τους κύκλους ζωής διαφορετικών τύπων κτιρίων μεταξύ τους (π.χ. κτίριο από χάλυβα με κτίριο από αλουμίνιο ή ξύλο) ή μελέτες που να συγκρίνουν τους κύκλους ζωής 2 διαφορετικών δομικών υλικών. Εντούτοις δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής στο σύνολο των δομικών υλικών ενός κτιρίου. Η αποτίμηση των περιβαλλοντικών φορτίων ανά δομικό υλικό παρουσιάζει ως χειριστή λύση τη παραγωγή σκυροδέματος. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν ανά παραγόμενη ποσότητα, το δομικό υλικό με τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις είναι η βαφή.

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, προκύπτουν κατά κύριο λόγο στο στάδιο της παραγωγής των δομικών υλικών. Επίσης καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως με μικρής έκτασης τροποποιήσεων (χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενέργεια προερχόμενη από τη βιομάζα, χρήση ανακυκλώσιμων υλικών) οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις μπορούν να μειωθούν σε μεγάλο βαθμό.

## ABSTRACT

The aim of this paper is the study of building materials life cycle about a detached house 80 m<sup>2</sup> in the islander region of Crete in Greek conditions, as well as the assessment and comparison of different life cycles of building materials from each other. Were studied 8 building materials (concrete, steel, brick, wood, tile, aluminium, insulation, paint) with their life's cycles. The parameters that were used have been taken into account according to the Greek conditions of building manufactures and production of structural materials.

In our days, in world level either studies have been carried out that would compare the life cycle of different types of buildings from each other (e.g. building from steel vs. building from aluminium or timber) or studies that would compare the life cycle of 2 different structural materials. Nevertheless, there have not been carried out studies of life cycling analysis (LCA) in the amount of the structural materials of a building.

The assessment of environmental charges per structural material presents as optimum solution the production of concrete. Evaluating the results that export per produced quantity, the structural material with the less environmental taxes is the paint.

The results of assessment lead us to the conclusion that the total of the environmental taxes is owed in the first place in the stage of production of structural materials. Also we lead to the conclusion that with small extent of modifications (use of renewable sources of energy, energy emanating from the biomass, use recyclable material) the environmental taxes can be decreased in bigger percentage.

## Table of Contents

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ .....	11
1.1 ΤΣΙΜΕΝΤΟ .....	11
1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	13
1.2.1 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	15
1.3 ΧΑΛΥΒΑΣ.....	17
1.4 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ .....	19
1.4.1 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ (ΤΟΥΒΛΟ) .....	19
1.4.2.ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥΒΛΟΥ .....	20
1.4.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	22
1.4.4 ΠΛΑΚΙΔΙΑ (ΠΛΑΚΑΚΙΑ).....	24
1.5 ΞΥΛΟ .....	26
1.5.1 ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ.....	27
1.6 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ .....	32
1.6.1) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ .....	32
1.7 Ύαλος (Γυαλί).....	35
1.7.1 ΚΡΥΣΤΑΛΛΑ.....	37
1.8 ΧΡΩΜΑΤΑ.....	39
1.9 ΜΟΝΩΣΕΙΣ (Μονωτικά Υλικά).....	43
2.ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	45
2.1 Τι είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής.....	45
2.2 Στάδια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής .....	47
2.3 Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής .....	49
2.4 SimaPro7.....	50
2.5 Που χρησιμοποιήθηκε (SimaPro 7) .....	52

2.6 Ορισμός κύκλου ζωής .....	53
2.7 Διεθνής επιστημονική εμπειρία.....	54
3. ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SIMAPRO7 .....	58
3.1 Επιλογή λογισμικού .....	58
3.2 Μεθοδολογία .....	58
3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ .....	61
3.3.1) Τσιμέντο .....	61
3.3.2) ΑΔΡΑΝΗ (ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ) .....	65
3.3.3) ΧΑΛΥΒΑΣ.....	66
3.3.4) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	67
3.4 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥΒΛΟΥ .....	69
3.5 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ .....	71
3.6 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ-ΓΥΑΛΙΟΥ (ΚΟΥΦΩΜΑ) .....	74
3.7 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΞΥΛΟΥ .....	77
3.8 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΧΡΩΜΑΤΟΣ).....	83
3.9 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ (ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ).....	86
3.10 Εναλλακτικά σενάρια .....	88
3.10.1 Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου.....	88
3.10.2 Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου .....	89
3.10.3 Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου .....	89
3.10.4 Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος.....	89
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	91

4.1 Αποτελέσματα ανά δομικό υλικό .....	91
4.1.1 Σκυρόδεμα .....	91
4.1.1.1) Τσιμέντο .....	92
4.1.1.2) Χαλίκι.....	93
4.1.1.3) Άμμος .....	95
4.1.2 Οπλισμένο Σκυρόδεμα.....	99
4.1.2.1 Χάλυβας .....	99
4.1.3 Τούβλο.....	103
4.1.4 Πλακάκι.....	105
4.1.5 Ξύλο.....	107
4.1.5.1 Πάτωμα-Παρκέ .....	107
4.1.5.2) Πόρτα-Κούφωμα.....	109
4.1.6 Αλουμίνιο-Γυαλί (Κούφωμα) .....	111
4.1.7 Χρώματα-Βαφές.....	113
4.1.8 Μόνωση (Θερμομόνωση) .....	115
4.2 Αποτελέσματα ανά κομμάτι (part) μονοκατοικίας .....	118
4.2.1 Πλαίσιο .....	118
4.2.2 Πατώματα .....	119
4.2.3 Τοίχοι .....	120
4.2.4 Κουφώματα.....	121
4.3 Αποτελέσματα συνολικού κτιρίου .....	122
4.4 Αποτελέσματα εναλλακτικών σεναρίων.....	124
4.4.1.Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου (σενάριο 1).....	124
4.4.2 Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου (σενάριο 2).....	129
4.4.3 Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου (σενάριο 3) .....	132

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

4.4.4. Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος (σενάριο 4) .....	136
<b>5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>141</b>
5.1 Σύγκριση δομικών υλικών .....	141
5.2 Αποτελέσματα επιβαρύνσεων ανά κατηγορία ευρείας επίδρασης .....	142
5.3 Αποτελέσματα εναλλακτικών σεναρίων .....	142
5.4 Συμπεράσματα – Προτάσεις .....	143
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>147</b>

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ.Θεοχάρη Τσούτσο, για την καθοδήγησή του και την πολύτιμη συμβολή του σε κάθε φάση της δημιουργίας της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Φωτείνη Σπύρο για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθειά του για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Γλυνιαδάκη Κων/vo, κ. Κουλουμπή Βίκτωρα, κ. Κωνσταντόπουλο Παναγιώτη, κ. Λαμπάκη Νικόλαο, κ. Μπουτσαράκη Αντώνη και κ. Τσιχλάκη Ανδρέα για τις πολύτιμες συμβουλές και πληροφορίες και για την βοήθειά τους γενικότερα Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, για την αμέριστη ηθική και ψυχολογική συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια και την αδιάκοπη προσπάθεια στήριξης καθ' όλη την δειάρκεια των σπουδών μου.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τα αρχαία χρόνια, η ανάγκη των ανθρώπων για επιβίωση τους οδήγησε στο να κατασκευάσουν οικισμούς διαφόρων μορφών και χαρακτηριστικών και αυτή η ανάγκη έχει παραμείνει αναλλοίωτη ως και σήμερα. Η σημερινή αποτύπωση του όρου "οικισμοί" θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι κυρίως η αναφορά τους με τον όρο "κτίρια". Ως κτίριο θεωρείται η κατασκευή η οποία αποτελείται από τεχνικά έργα και εγκαταστάσεις με στόχο την παραμονή ανθρώπων ή ζώων, τη εκτέλεση εργασίας ή την άσκηση επαγγέλματος, την αποθήκευση ή τοποθέτηση πραγμάτων ή ακόμα και τη λειτουργία μηχανημάτων. Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε ένα κτίριο το οποίο προορίζεται για την διαβίωση των ανθρώπων(σπίτι) και συγκεκριμένα τα κυρία δομικά υλικά (με τις λειτουργίες τους) από τα οποία είναι κατασκευασμένο. Ένα τέτοιο κτίριο έκτος από την διαβίωση των ανθρώπων πρέπει να εξυπηρετεί επίσης (πέραν της λειτουργικότητας του) και τις απαιτήσεις της αισθητικής καθώς και να εντάσσεται ομαλά στο φυσικό και οικιστικό περιβάλλον, ώστε στα πλαίσια της οικιστικής ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος να εξασφαλίζονται οι καλύτεροι δυνατοί όροι διαβίωσης.

Ο έλεγχος της τήρησης των προϋποθέσεων αυτών ασκείται από την Πολεοδομική Υπηρεσία με βάση τη μελέτη της άδειας οικοδομής, που συνοδεύεται από αιτιολογημένη έκθεση του μελετητή μηχανικού στο στάδιο θεώρησης των σχεδίων του προελέγχου αν ζητηθεί ή στο στάδιο της χορήγησης της άδειας οικοδομής [minenv.gr, accessed 4/3/2009].

Κάθε κτίριο σε όλα τα στάδια της ζωής του, από την κατασκευή, τη λειτουργία, την συντήρηση μέχρι και την κατεδάφιση του, έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα ζωής και την υγεία, όχι μόνο των ανθρώπων που κατοικούν σε αυτό, αλλά και των περιοίκων. Ο σχεδιασμός κάθε κτιρίου επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο μέσω της επίδρασης του με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα δομικά υλικά, όπως και κάθε άλλο υλικό, έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζουν τη φύση τους και τις ικανότητες τους. Τα χαρακτηριστικά και οι ικανότητες αυτές καλούνται ιδιότητες και τέτοιες είναι το βάρος, το χρώμα, η αντοχή, η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Για τη επιλογή των κατάλληλων υλικών ο κατασκευαστής πρέπει, εκτός από τις

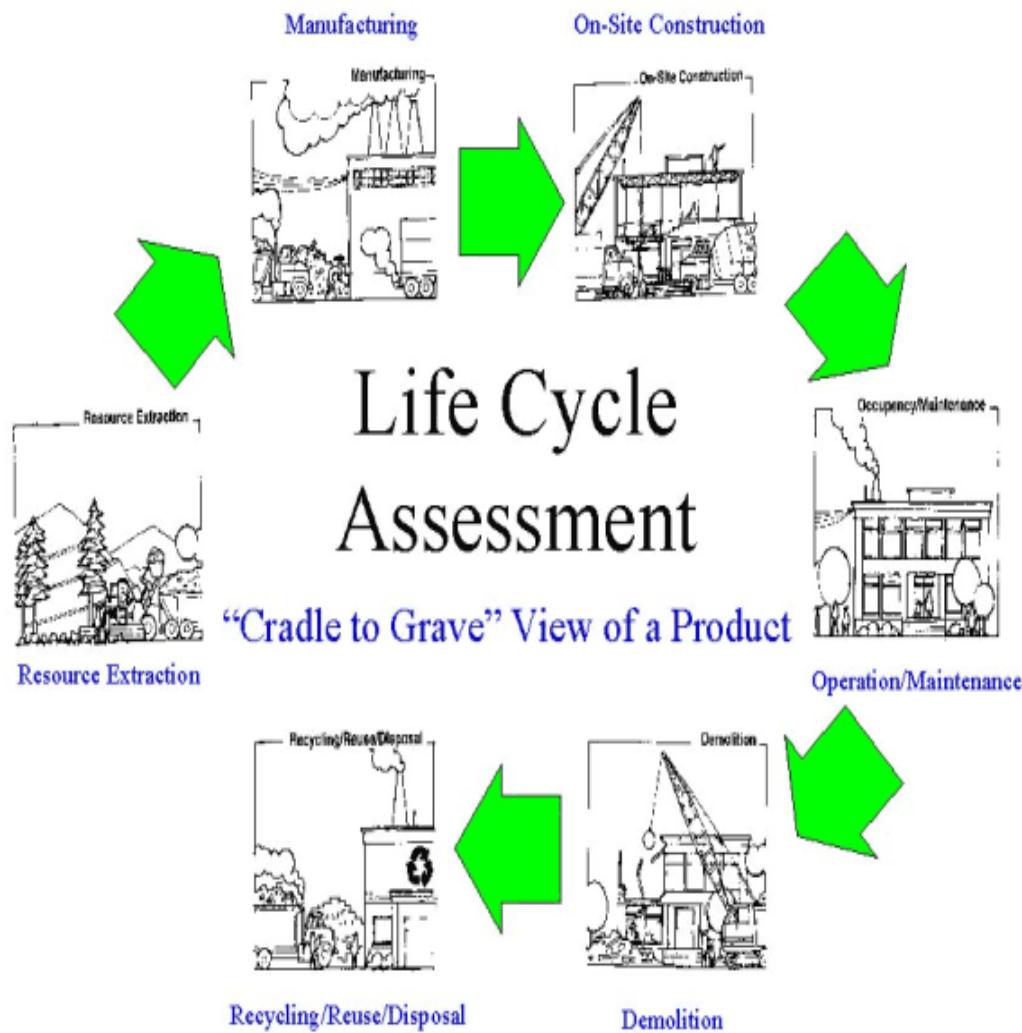
ιδιότητες των διαθέσιμων υλικών να γνωρίζει τους εξωτερικούς παράγοντες που θα επηρεάσουν το έργο καθώς και τις ιδιότητες που ΕΠΙΒΑΛΛΕΤΑΙ να έχουν τα υλικά αυτά έτσι ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις στις απαιτήσεις του έργου. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή μιας κατοικίας επηρεάζουν τη δομή, τη μορφή, την αισθητική, το κόστος, τη μέθοδο κατασκευής και το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται σήμερα για την επιλογή των δομικών υλικών, αφορούν το πόσο κατάλληλα είναι για τον σκοπό που επιλέχτηκαν, το κόστος, τη μηχανική αντοχή, τη σταθερότητα, την ασφάλεια, το αντίκτυπό τους στο περιβάλλον, τον κύκλο ζωής τους, την υγεία, αλλά και την αισθητική. Ο αντίκτυπος στο φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνει την περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω της εξαγωγής πρώτων υλών, της διαδικασίας κατασκευής, της μεταφοράς, της συντήρησης και εν τέλει της τελικής απόρριψης σαν απόβλητα και τις αντίστοιχες ενεργειακές δαπάνες.

Δυστυχώς όμως σήμερα, η κατοικία για τους ανθρώπους, εκτός από έκφραση πρωταρχικών αναγκών στέγασης, ασφάλειας, υγείας, έχει μετατραπεί σε καταναλωτικό προϊόν, διότι πολλοί ένοικοι ενδιαφέρονται πλέον αποκλειστικά και μόνο για την αισθητική των κτιρίων σε συνδυασμό με το μειωμένο κόστος. Αυτό οδηγεί στην κατασκευή κτιρίων συχνά ακατάλληλων. Επίσης υπάρχει μια σχετική αδιαφορία για το πώς εντάσσεται και εναρμονίζεται η αισθητική αυτή με τον περιβάλλοντα χώρο και κατά πόσο αυτός επηρεάζεται. Αυτή η τάση που υπάρχει οδηγεί πλέον στην μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων και της ενέργειας.

Για παράδειγμα το 40% της κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο των ανόργανων υλικών, άμμος, χαλίκι, άσβεστος και το 25% της δασικής ύλης αφορά κατασκευές κτιρίων και έργων υποδομής. Το μέγεθος της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των κτιρίων, είναι περίπου το 40% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Τα μεγέθη στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι περίπου αυτής της τάξης, δηλαδή 40% [Βάκα,2005].

Ο κλάδος των κατασκευών καταναλώνει μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων(αδρανή υλικά, ορυκτά, ξύλο και νερό) καθώς και ενέργεια. Το ξύλο, το τσιμέντο, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, τα κεραμικά, τα συνθετικά υλικά, τα χρώματα, τα βερνίκια και τα άλλα δομικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας για την παραγωγή τους, την μεταφορά τους και την ενσωμάτωση τους σε ένα κτίριο. Επίσης πολλά

από τα υλικά που χρησιμοποιούνται περιέχουν τοξικές ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και τα νερά και προκαλούν βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και στα φυσικά οικοσυστήματα.



**Εικόνα 1. ΑΚΖ – Από την «κούνια» στον «τάφο»**  
[[www.concrete.net.au/LCA/images/lca/lca.gif](http://www.concrete.net.au/LCA/images/lca/lca.gif)]

# 1. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

## 1.1 ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Είναι το συνδετικό υλικό (κονία) που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος και των τσιμεντοκονιαμάτων. Επίσης χρησιμοποιείται για την ενίσχυση άλλων ασθενέστερων κονιαμάτων, όπως είναι τα ασβεστοκονιάματα και τα γυψοκονιάματα. Είναι μια λεπτόκοκκη κονία και η πρώτη ύλη για την παρασκευή της είναι μίγμα ασβεστόλιθου και αργίλου. Ακόμη περιέχει νερό, σχιστόλιθους και μικρές ποσότητες οξειδίου του σιδήρου για να γίνει το μίγμα πιο εύτηκτο μίγμα αυτό ξηραίνεται και στη συνέχεια ψήνεται στους  $1.450^{\circ}\text{C}$ , μέχρι να σχηματιστούν μικροί σβώλοι οι οποίοι διεθνώς ονομάζονται Clinker. Το τσιμέντο όταν αναμιχτεί με νερό στερεοποιείται τόσο στον αέρα, όσο και μέσα στο νερό [Βάκα,2005]. Το τσιμέντο πρέπει να διατηρεί τον όγκο του και να μην έχει μια συγκεκριμένη αντοχή σε θλίψη 28 μέρες μετά την παρασκευή του. Η μεγάλη αντοχή σε θλίψη είναι αυτό που το ξεχωρίζει από τις άλλες κονίες.

Εκεί όμως που το τσιμέντο δημιούργησε πραγματική επανάσταση στα δομικά υλικά είναι η κατασκευή του οπλισμένου σκυροδέματος(σκυρόδεμα που διαθέτει χαλύβδινες ράβδους),γιατί προσφέρει προστασία από την οξείδωση, μεγάλη αντοχή σε θλιπτικές και εφελκύστηκες δυνάμεις του σύνθετου σώματος, χαμηλή τιμή κ.α.

Ο πολτός του τσιμέντου, χωρίς να αναμιχθεί με άμμο, χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα και κυρίως για την στεγανοποίηση ορισμένων στοιχείων. Συγκεκριμένα καλύπτονται αρμοί πλακόστρωτων δαπέδων ή ταρατσών και λιθοδομών ή άλλων επιφανειών.

Υπάρχουν πάρα πολλοί τύποι τσιμέντου ανάλογα με τις πρώτες ύλες που διαθέτει κάθε χώρα για την παρασκευή του. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές κατά DIN 1164 προβλέπονται 4 είδη [Βάκα,2005]:

- Τσιμέντο **Portland PZ**(είναι το τσιμέντο που προκύπτει από την άλεση του Clinker με θειικό ασβέστιο υπό μορφή γύψου, σε ειδικούς μύλους)
- Σιδηρικό τσιμέντο **Portland EPZ**(προκύπτει όταν στην παραπάνω άλεση προστεθεί και σκωρία υψηλαμίνων σε ποσοστό 35%)
- Τσιμέντο υψηλαμίνων **HOZ**(προκύπτει όταν κατά την άλεση του Clinker προστεθεί σκωρία υψηλαμίνων σε ποσοστό 36-85%)
- Τσιμέντο με τρασσία γη **TrZ**(προκύπτει όταν κατά την άλεση του Clinker προστεθεί τρασσία γη. Η τρασσία γη είναι φυσικό υλικό, ηφαιστειακής προέλευσης)

Σύμφωνα με τον πρόσφατο ευρωπαϊκό τύπο EN 107-1 οι βασικοί τύποι τσιμέντου είναι [Βάκα,2005]:

- CEM 1 Τσιμέντο Portland
- CEM 2 Σύνθετο τσιμέντο Portland
- CEM 3 Ποζαλινικό τσιμέντο
- CEM 4 Σύνθετο τσιμέντο



Εικόνα 1. Παραγωγή τσιμέντου [<http://www.halyps.gr/NR/rdonlyres/3F3E84F7-0A2E-46D9-BC96-AAFAE941E4AF/0/2Dadovenasceimento.jpg>]

## 1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα είναι τεχνητό οικοδομικό υλικό και παρασκευάζεται με την ανάμιξη τσιμέντου, αδρανών υλικών και νερού. Στερεοποιείται μετά την χημική ένωση του νερού με το τσιμέντο. Τα αδρανή υλικά που περιλαμβάνει είναι η άμμος και τα χαλίκια. Εκτός από τα συστατικά αυτά είναι δυνατόν να προστεθούν στο σκυρόδεμα, κατά την παρασκευή του, και ορισμένα άλλα υλικά που τροποποιούν κατά συγκεκριμένο τρόπο μερικές από τις ιδιότητες του(επιβραδυντές, πλαστικοποιητές). Τέτοια μπορεί να είναι η τρασσία γη, χρωστικές ουσίες, συνθετικές ρητίνες κ.α. Ο πολτός του τσιμέντου με το νερό όταν είναι νωπός, περιβάλλει τους κόκκους των αδρανών και με την ποσότητα του καθορίζεται η ευκαμψία του σκυροδέματος. Έχει αποδειχθεί ότι όσο περισσότερο τσιμέντο περιέχεται στο σκυρόδεμα, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει. Το βάρος του μπορεί να είναι από 800 έως 4.000 kg/m<sup>3</sup> η τελική θλιππική αντοχή του 140 MPa και η διαπερατότητα του σε αέρα μπορεί να είναι πολύ μεγάλη έως ελάχιστη [Βάκα,2005].

Για να παρασκευαστεί ένα καλό σκυρόδεμα, δεν αρκεί μόνο η καλή διαλογή και σύνθεση των συστατικών του. Εξίσου σημαντικό είναι η παρασκευή, η διάστρωση και η επεξεργασία του μετά την διάστρωση να γίνουν σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές.

Η γνώση των ιδιοτήτων των υλικών για το σκυρόδεμα είναι άκρως απαραίτητη, πολύ παραπάνω από πολλά άλλα δομικά υλικά. Το σκυρόδεμα αποτελεί το σπουδαιότερο χονδροκονίαμα και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση σε όλες γενικά τις κατασκευές. Τα χαρακτηριστικά του και οι ιδιότητες του, το καταστούν υλικό εξαιρετικής σπουδαιότητας. Μπορεί να αντικαταστήσει εντελώς τους φυσικούς λίθους και το ξύλο, εκτός από τις περιπτώσεις όπου η αισθητική ορισμένων τμημάτων ενός κτιρίου απαιτεί ειδικά υλικά, όπως μάρμαρα, ξύλινες επενδύσεις, πλακάκια κ.α.

Χαρακτηρίζεται λοιπόν από τις εξής ιδιότητες:

- ✓ Είναι εύπλαστο και μπορεί να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα με την βοήθεια ξύλινων ή μεταλλικών καλουπιών.
- ✓ "Συνεργάζεται" εύκολα με άλλα υλικά όπως χάλυβα, γυαλί κ.α.
- ✓ Το χαμηλό κόστος του επιτρέπει την κατασκευή σχετικά φθηνών έργων.



Εικόνα 2. Σκυρόδεμα [[http://3.bp.blogspot.com/s320/Concrete\\_flow\\_1\\_.jpg](http://3.bp.blogspot.com/s320/Concrete_flow_1_.jpg)]

### 1.2.1 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελείται από τα υλικά του απλού σκυροδέματος καθώς επίσης και τον οπλισμό (χαλύβδινες βέργες). Γι' αυτό το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως οπλισμένο, επειδή έτσι γίνεται συνδυασμός της αντοχής σε θλίψη(σκυρόδεμα) και εφελκυσμού(χαλύβδινος εξοπλισμός). Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο του οπλισμένου σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 240 kg/m<sup>3</sup> [Βάκα,2005].

Συγκεκριμένα ανάμεσα στο χάλυβα και το σκυρόδεμα υπάρχει στενή συνεργασία που οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- Δημιουργείται δυνατή πρόσφυση μεταξύ των 2 υλικών, τέτοια που δύσκολα μπορούν να αποκολληθούν. Μόνο έπειτα από μεγάλες δυνάμεις μπορούν να αποκολληθούν.
- Έχουν περίπου τον ίδιο συντελεστή διαστολής. Έτσι κατά την συστολή και διαστολή το ένα υλικό παρακολουθεί το άλλο χωρίς να δημιουργήσουν μεταξύ τους δυνάμεις
- Το τσιμέντο που βρίσκεται μέσα στο σκυρόδεμα προστατεύει υπό κατάλληλες συνθήκες το σίδερο από την επίδραση του νερού και έτσι αποφεύγεται το σκούριασμα
- Ο χαλύβδινος οπλισμός παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό και το σκυρόδεμα σε θλίψη

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του οπλισμένου σκυροδέματος σε σχέση με άλλα υλικά είναι:

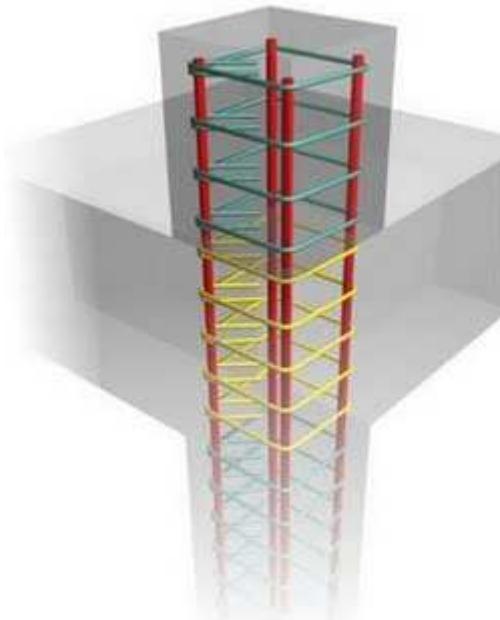
- Έχει μειωμένο κόστος σε σχέση με άλλα υλικά π.χ. χάλυβα, ξύλο, που θα παρουσιάζαν περίπου ανάλογη αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό.
- Η παρασκευή του μπορεί να γίνει στο χώρο κατασκευής του έργου και με ευκολία μπορούμε να του δώσουμε το επιθυμητό σχήμα, ανάλογα με την περίπτωση.

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

- Οι ιδιότητες του μπορούν να ελέγχονται ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης του.
- Με την προοπτική ότι ο χαλύβδινος εξοπλισμός είναι ικανοποιητικά προστατευμένος από το σκυρόδεμα, το οπλισμένο σκυρόδεμα δεν αλλοιώνεται εύκολα με το χρόνο, δεν απαιτεί συντήρηση και δεν φθείρεται εύκολα.

Οι συνηθέστεροι φέροντες οργανισμοί από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι πλάκες, δοκοί και πλακοδοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα, πέδιλα, πλαίσια και κελύφη.

Το σκυρόδεμα είναι μη εύφλεκτο δομικό υλικό και θερμοκρασίες  $250^{\circ}\text{C}$  δεν έχουν ουσιαστική επίδραση στην δομή του. Το σκυρόδεμα, όπως σχεδόν όλα τα πορώδη υλικά έχει τη δυνατότητα να απορροφά νερό και να το αποδίδει στο περιβάλλον και επηρεάζεται επίσης από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, δηλαδή συστέλλεται και διαστέλλεται, ανάλογα με τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.



**Εικόνα 2. Οπλισμένο σκυρόδεμα**  
[[http://1.bp.blogspot.com/\\_1dVoQOoxD1o/SN\\_pyI7xxQI/AAAAAAAADs/metdDVfRdok/s320/2.JPG](http://1.bp.blogspot.com/_1dVoQOoxD1o/SN_pyI7xxQI/AAAAAAAADs/metdDVfRdok/s320/2.JPG)]

## 1.3 ΧΑΛΥΒΑΣ

Χάλυβας είναι κάθε είδος σιδήρου που μπορεί να σφυρηλατηθεί χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα και έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα κάτω από 1,7% και λέγεται ατσάλι. Έχει ιδιαίτερη χρήση στις οικοδομικές κατασκευές, διότι αποτελεί τον οπλισμό του σκυροδέματος. Μπορεί με κατάλληλη επεξεργασία να γίνει πολύ σκληρός και ανθεκτικός. Η παραγωγή του από μεταλλεύματα σιδήρου δημιουργεί σημαντική ρύπανση. Σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα η ενεργειακή κατανάλωση κατά την παραγωγή του είναι σχετικά μικρή, όπως θα διαπιστώσουμε λεπτομερώς παρακάτω.

Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες [Ευθυμιόπουλος, 1981]:

- 1) Τον χάλυβα αναδεύσεως
- 2) Τον ρευστοπαγή χάλυβα

Ο πλέον χρησιμοποιούμενος τύπος είναι ο ρευστοπαγής. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός και παράγεται από ακατέργαστο σίδηρο. Εκτός από τους παραπάνω τύπους χωρίζεται και σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με:

- Τον τρόπο παρασκευής σε Martin, Thomas, ηλεκτρικό κ.α.
- Τον τρόπο σχηματοποίησης του σε χυτό, σφυρηλατημένο κ.α.
- Τον τρόπο κατασκευής του σε φεριτικό, ωστενικό κ.α.
- Με την σύσταση του συνήθης (μαλακός, ημιμαλακός, σκληρός κ.α. ανάλογα και με την περιεκτικότητα του σε άνθρακα) και ειδικός (χρωμιοχάλυβας, νικελιοχάλυβας κ.α.)
- Ανάλογα με την χρήση του (π.χ. χάλυβας μαγνήτη, κατασκευών, εργαλείων, ανοξείδωτος)

Ο χάλυβας λαμβάνεται από χυτοσίδηρο με απομάκρυνση του άνθρακα που περιέχει αυτός, του θείου, του φωσφόρου και ταυτόχρονα τροποποιείται η περιεκτικότητα του σε άλλα στοιχεία. Ο χυτοσίδηρος είναι είδος σιδήρου και είναι και αυτός κράμα σιδήρου-άνθρακα, αλλά περιέχει και άλλα στοιχεία όπως πυρίτιο, μαγγάνιο, θείο και φώσφορο. Για να παραχθεί ο χάλυβας πρώτα ακολουθεί η Παρασκευή χυτοσιδήρου και στην συνέχεια με διάφορες επεξεργασίες

απομακρύνονται οι βλαβερές προσμίξεις που περιέχει ο χυτοσίδηρος και με την προσθήκη διαφόρων συστατικών δημιουργούνται κράματα χάλυβα με βελτιωμένες ιδιότητες. Ο χάλυβας μπορεί να έχει πολλές κατεργασίες, τόσο θερμικές (π.χ. βαφή, επαναφορά), όσο και φυσικοχημικές (π.χ. ενανθράκωση). Έτσι μπορεί να αποχτήσει ένα σύνολο ιδιοτήτων όπως σκληρότητα και ελαστικότητα. Η παραγωγή του σε όλο τον κόσμο είναι πολύ μεγάλη και στην Ελλάδα καλύπτονται άνετα οι εσωτερικές ανάγκες της χώρας (πάνω από 800.000 t/έτος ).

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες χαλύβων:

- Οι μαλακοί χάλυβες έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0,26%), είναι μαλακοί και ελατοί και αποτελούν το 90% της παραγωγής του χάλυβα. Αποτελούν την μεγαλύτερη κατηγορία των χαλύβων και χρησιμοποιούνται για την Παρασκευή ράβδων του οπλισμένου σκυροδέματος, σωλήνες κ.α.
- Οι κατασκευαστικοί χάλυβες έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 0,15% και 0,25% και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή υποστυλωμάτων, δοκών κ.α.
- Οι ανοξείδωτοι χάλυβες είναι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο το οποίο όταν έρχεται σε επαφή με το οξυγόνο σχηματίζεται στην επιφάνεια του μια προστατευτική μεμβράνη, η οποία προστατεύει τον χάλυβα από την διάβρωση. Όση περισσότερη περιεκτικότητα διαθέτει ο χάλυβας σε χρώμιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία του από την διάβρωση.

Ο χάλυβας σκυροδέματος είναι ραβδόμορφος σε κυκλική διατομή και χρησιμοποιείται σαν οπλισμός του σκυροδέματος. Οι ράβδοι από χάλυβα που έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα, διακρίνονται στις κατηγορίες [Ευθυμιόπουλος, 1981]:

1. Ακατέργαστος χάλυβας φυσικής σκληρότητας
2. Χάλυβας ψυχρής κατεργασίας
3. Λείος κυκλικός χάλυβας
4. Νευροχάλυβας με εγκάρσιες νευρώσεις
5. Χάλυβας τυποποιημένης διατομής

## 1.4 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ

### 1.4.1 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ (ΤΟΥΒΛΟ)

Τα τούβλα είναι τεχνητοί λίθοι που ανήκουν στα κεραμικά προϊόντα. Την βάση των κεραμικών προϊόντων αποτελεί η οπτή γη, που παράγεται από καλής ποιότητας λεπτή άργιλο και λεπτή άμμο. Τα τούβλα ή αλλιώς οπτόπλινθοι είναι προϊόντα από άργιλο, πηλό ή πηλώδη μίγματα, που φορμάρονται και ψήνονται σε ειδικά εργοστάσια. Οι πιο γνωστές κατηγορίες τούβλων είναι [Βάκα,2005]:

- Τα πλήρη τούβλα, τα οποία κατασκευάζονται σε κανονικό και λεπτό σχήμα. Μεγαλύτερα μεγέθη δημιουργούν δυσκολίες κατά το ψήσιμο και δεν είναι εύχρηστα λόγω του μεγάλου βάρους. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατασκευή τοίχων. Οι τοίχοι που είναι κατασκευασμένοι από ψημένα πλήρη τούβλα, παρουσιάζουν αντοχή σε θλίψη, στην πυρκαγιά, καλή ηχομόνωση και μια χαρακτηριστική θερμοαπορροφητικότητα. Τα πλήρη τούβλα φουσκώνουν λίγο και η πορώδης σύστασή τους επιτρέπει την διέλευση του αέρα. Η μάζα και η θερμοαπορροφητικότητα αυτών των τοίχων εξασφαλίζει μια σταθερή θερμοκρασία και εξασφαλίζουν ένα ευχάριστο κλίμα στο εσωτερικό των κατοικιών.
- Τα διάτρητα τούβλα. Είναι ψημένα τούβλα που παρουσιάζουν κάθετες διαμπερείς τρύπες. Το στρώμα του αέρα που βρίσκεται στις τρύπες αυξάνει τις μονωτικές ιδιότητες ενός τοίχου ώστε να μπορεί να μειωθεί το πάχος του. Οι τρύπες μειώνουν το βάρος του τούβλου, δημιουργούν οικονομία σε χρόνο εργασίας και σε κονίαμα και επηρεάζουν σημαντικά το κόστος της οικοδομής. Με την διάτρηση του τούβλου γίνεται καλύτερη συμπίεση του υλικού και μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος για στέγνωμα και ψήσιμο. Το μειονέκτημα τους είναι ότι κινδυνεύουν από την υγρασία.

Η κατασκευή οικοδομικών προϊόντων από πηλό βελτιώνεται συνεχώς. Η βιομηχανία τούβλων από πηλό παρακολουθεί και ελέγχει συνεχώς την χρήση της ενέργειας που χρειάζεται, αφού αυτή αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των συνολικών δαπανών παραγωγής. Έχει γίνει ήδη πολλή εργασία για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και συνεπώς των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε ευθυγράμμιση με τις κρατικές κατευθυντήριες οδηγίες. Η όπτηση δίνει στα προϊόντα εξαιρετική

συμπεριφορά, μια μακρά ζωή και ανθεκτικότητα και είναι ένα αναπόσπαστο μέρος της διεργασίας παραγωγής. Μερικά προϊόντα είναι σχεδιασμένα να είναι αποτελεσματικά από πλευράς απαιτούμενης ενέργειας κατά την διάρκεια της χρήσης στα διάφορα έργα, και έχει επιτευχθεί μια σημαντική αύξηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών θερμικής επίδοσης των προϊόντων αυτών κατά τα τελευταία χρόνια. Ο στόχος είναι να συνεχιστεί αυτή η τάση με σκοπό να παραδίδονται αποτελεσματικά προϊόντα, τα οποία να είναι κατασκευασμένα με προσεκτική ανάλωση ενέργειας, ελεγχόμενες εκπομπές και ελάχιστα απορρίμματα.

#### **1.4.2.ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥΒΛΟΥ**

Μετά την εξαγωγή από τα λατομεία, οι πρώτες ύλες από πηλό απλώνονται με σκοπό να ληφθεί ένα ομογενές μίγμα. Για την προετοιμασία του πηλού περιλαμβάνονται διάφορα στάδια. Αυτός μαζεύεται σε σωρούς, στη συνέχεια θρυμματίζεται, ώστε να επιτευχθεί το απαιτούμενο μέγεθος κόκκου και στη συνέχεια μαζεύεται πάλι και παραμένει σε σωρούς για αρκετές ημέρες ή ακόμη και για μήνες. Πριν από τη διεργασία ελέγχεται η περιεχόμενη υγρασία και μπορεί να χρειάζεται να προστεθεί νερό ώστε να ληφθεί η σωστή συνεκτικότητα για τη μορφοποίηση. Υλικά όπως πριονίδι ή υπολείμματα της βιομηχανίας του χαρτού μπορούν να προστεθούν για την αύξηση του πορώδους του τελικού προϊόντος. Για τα τούβλα, ο πηλός υφίσταται διέλαση ή μορφοποιείται σε καλούπι για να λάβει το απαιτούμενο σχήμα και στη συνέχεια κόβεται στα κατάλληλα μεγέθη. Ο μορφοποιημένος πηλός ξεραίνεται για να μειωθεί η περιεκτικότητά του σε υγρασία και στη συνέχεια μπαίνει μέσα σε φούρνους για την όπτηση. Όταν αυτή συμπληρωθεί και τα προϊόντα κρυώσουν, αμπαλάρονται έτοιμα για αποστολή. Καθ' όλα τα στάδια παραγωγής, η διεργασία υπόκειται σε αυστηρούς ποιοτικούς ελέγχους.

Καθώς τα τούβλα κατά την παραγωγή τους υποβάλλονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, αντέχουν στην επίδραση υψηλών θερμοκρασιών καλύτερα από άλλα δομικά υλικά. Ακόμα και τα κοινά τούβλα αντέχουν σε αρκετά υψηλές

θερμοκρασίες. Η επίδραση ωστόσο του νερού κατάσβεσης όταν τα τούβλα είναι εξαιρετικά θερμά, προκαλεί την καταστροφή τους.

Το χρώμα των οπτόπλινθων (τούβλων) εξαρτάται από την χημική σύσταση της αργίλου και από την περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- 1) Συμπαγή χωρίς οπές
- 2) Διάτρητα με οριζόντιες οπές
- 3) Διάτρητα με κατακόρυφες οπές
- 4) Ειδικά



Εικόνα 3. Διαδικασία παραγωγής τούβλου [www.staywithclay.gr]

Τα τούβλα Clinker είναι αυτά που έχουν ευρεία χρήση στις κτιριακές κατασκευές, στη εξωτερική τοιχοποιία. Είναι τούβλα από κατάλληλο πηλό, στον οποίο συχνά προστίθενται ορυκτά ή μεταλλικά συλλιπάσματα. Λόγω του τρόπου κατασκευής τους είναι συμπαγή, ελάχιστα ή και καθόλου απορροφητικά, είναι βαριά, έχουν μεγάλη αντοχή σε θλίψη, είναι σκληρά και ανθεκτικά στο παγετό και στα οξέα. Επειδή η τοιχοδομή από τούβλα Clinker είναι εντελώς διαφορετική από την τοιχοδομή με κοινά τούβλα, θα πρέπει να είναι διαφορετικός και ο τρόπος δομήσεως.

### 1.4.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η βιομηχανία οικοδομικών προϊόντων από πηλό έχει κάνει θετικά βήματα για την αντιμετώπιση των στοιχείων της διεργασίας που είναι σχετικά με το περιβάλλον.

Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την κατασκευή προϊόντων από πηλό είναι κυρίως αυτή που χρησιμοποιείται κατά την σχηματουργία, την ξήρανση και την όπτηση. Αφού το κόστος της ενέργειας είναι σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους παραγωγής (μέχρι 30%) [staywithclay, accessed 4/3/2009], η βιομηχανία πηλού έχει πάντα υπό στενή παρακολούθηση την ανάλωση της ενέργειάς της. Στην καλή και σωστή όπτηση οφείλεται η εξαιρετικά μακρά ζωή των τούβλων. Εξάλλου, μερικά προϊόντα είναι σχεδιασμένα ώστε να σώζουν ενέργεια όταν ενσωματώνονται στα κτίρια και η θερμική επίδοση τέτοιων προϊόντων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.

Υπάρχουν τρεις τρόποι διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας:

1. Επιλογή μορφής ενέργειας
2. Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας
3. Χρήση ανανεώσιμης ενέργειας

Για τις περισσότερες εργασίες ξήρανσης και όπτησης των τούβλων χρησιμοποιούνται το φυσικό αέριο, το υγρό προπάνιο (LPG) και τα υγρά καύσιμα, αλλά μερικές φορές χρησιμοποιούνται επίσης τα ξηρά καύσιμα και το ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς και αέριο από την υγειονομική ταφή σκουπιδιών. Το φυσικό αέριο

χρησιμοποιείται με αυξανόμενο ρυθμό στα εργοστάσια. Αυτή η φυσική ενέργεια παράγει το λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα – CO<sub>2</sub> (57 kg CO<sub>2</sub> / GJ έναντι του υγρού καυσίμου, το οποίο παράγει 75 kg CO<sub>2</sub> / GJ) [staywithclay, accessed 4/3/2009].

Παντού στη βιομηχανία, η εκτεταμένη αλλαγή προς αέρια καύσιμα και οι βελτιώσεις στη ξήρανση, στη τεχνολογία των κλιβάνων και στον έλεγχο, έχει σαν αποτέλεσμα την προοδευτική μείωση χρήσης ενέργειας και την αξιοσημείωτη μείωση εκπομπών ρίπων. Οι κύριες βελτιώσεις της διεργασίας είναι:

- βελτιωμένος σχεδιασμός των ξηραντήρων και των κλιβάνων
- έλεγχος μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή των συστημάτων ξήρανσης και όπτησης
- ανάκτηση της περίσσειας θερμότητας από τους κλιβάνους (κυρίως καυτός αέρας από τις ψυχόμενες ζώνες των κλιβάνων που οδηγείται σε ξηραντήρες)
- τροποποιήσεις στο προϊόν

Η αντικατάσταση της μη ανανεώσιμης ενέργειας με ανανεώσιμη βρίσκεται σε σταθερή πρόοδο. Σε πολλές διεργασίες παραγωγής κεραμικών προϊόντων μπορούν να προστεθούν στον ακατέργαστο πηλό βιογενικά πρόσθετα, όπως το πριονίδι. Η χρησιμοποίηση τέτοιων προσθέτων προσφέρει δύο πλεονεκτήματα. Το πρώτο είναι μια πρόσθετη πηγή ενέργειας και το δεύτερο είναι η ελάφρυνση των προϊόντων και η αύξηση της θερμομονωτικής τους επίδοσης. Η πρόσθετη ενέργεια επιτυγχάνεται με τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών καυσίμων και συνεπώς της εκπομπής CO<sub>2</sub>.

Αυτά τα πρόσθετα επιλέγονται κυρίως πάνω σε τεχνικές, περιβαλλοντολογικές και υγειονομικές βάσεις. Αυτά πρέπει να έχουν ένα ευεργετικό αποτέλεσμα επί των τεχνικών ιδιοτήτων των προϊόντων. Δεν πρέπει να παράγουν επιβλαβείς εκπομπές ή εάν παράγουν πρέπει να μπορούν να υπόκεινται σε έλεγχο. Και δεν πρέπει να δημιουργούν κίνδυνο ως προς την υγεία στους εργάτες στο εργοστάσιο και στη κατασκευή.

#### 1.4.4 ΠΛΑΚΙΔΙΑ (ΠΛΑΚΑΚΙΑ)

Τα **κεραμικά πλακάκια** (ή πλακίδια) είναι τεχνητό υλικό , με πρώτη ύλη τον πηλό, που χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα για την επένδυση δαπέδων, τοίχων αλλά και για διακόσμηση.

Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως εξαιτίας της εύκολης τοποθέτησης τους σε σχέση με το μάρμαρο και για λόγους οικονομίας αφού η τιμή πώλησης τους είναι πολύ χαμηλή από αυτή του μαρμάρου. Κατασκευάζονται σε πολλές διαστάσεις και χρώματα. Είναι ανθεκτικά σε όλες τις καιρικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται στην πλακόστρωση δαπέδων εσωτερικών χώρων, στη πλακόστρωση πεζοδρομίων, επένδυση μπάνιων, κουζινών αλλά και τοίχων σαν διακοσμητικά.

Τα κεραμικά πλακάκια χωρίζονται σε αυτά που είναι επικαλυμμένα με πορσελάνη και είναι πιο γυαλιστερά. Σε αυτά που δεν έχουν επικάλυψη πορσελάνης, τα ματ όπως λέγονται, και σε πλακάκια εξωτερικών χώρων με ανάγλυφη όψη για να μην γλιστράει. Ανάλογα με την χρήση που προορίζονται έχουν διαφορετικό πάχος και αντοχή.

Η πρώτη ύλη σήμερα είναι ο πηλός που ψήνεται σε υψηλές θερμοκρασίες και υγρή άργιλος, ο χρωματισμός του και όλη η κατασκευή τους γίνεται με μηχανικό τρόπο.

#### **ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

- α. Δίπυρα: Στο πρώτο στάδιο ψήνεται η μάζα και στο δεύτερο στάδιο το σμάλτο (κατάλληλο μόνο για εσωτερικούς χώρους μπάνιου).
- β. Μονόπυρα: Η μάζα και το σμάλτο ψήνονται ταυτόχρονα και δίνουν καλύτερες τεχνικές ιδιότητες (κατάλληλα για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους).
- γ. Τα επισμαλτωμένα λευκής μάζας και γρανίτες παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε χάραξη και απορροφητικότητα (κατάλληλα για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους).

### **ΑΝΤΟΧΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ**

Ανάλογα με τη χρήση και το χώρο που προορίζονται, η επιλογή τους θα πρέπει να έχει γίνει με βάση την αντοχή σε χάραξη και απότριψη (κλίμακες MOHS & PET αντίστοιχα).

1. Κατηγορία ( Grouppo ) I , (πολύ ελαφριά κυκλοφορία) κατάλληλα για τοίχους εσωτερικών χώρων.
2. Κατηγορία ( Grouppo ) II , (ελαφριά κυκλοφορία) κατάλληλα για τοίχους και δάπεδα μπάνιων.
3. Κατηγορία ( Grouppo ) III , (μέτρια κυκλοφορία) κατάλληλα για γραφεία και όλους τους χώρους των κατοικιών.
4. Κατηγορία ( Grouppo ) IV , (βαριά κυκλοφορία) κατάλληλα για δάπεδα επαγγελματικών και δημόσιων χώρων.
5. Κατηγορία ( Grouppo ) V , (πολύ βαριά κυκλοφορία) κατάλληλα για δάπεδα δημόσιων χώρων, αεροδρόμια, μετρό.



Εικόνα 4. Πλακάκια [ceramica.gr]

## 1.5 ΞΥΛΟ

Το ξύλο αποτελεί οικοδομικό υλικό φυτικής προέλευσης. Είναι ένα από τα παλαιότερα υλικά και παρά την πληθώρα υλικών που κυκλοφορούν στην αγορά, έχει καταξιωθεί ως υλικό και έχει καθιερωθεί στον χώρο των κατασκευών. Είναι σπουδαίο και πολύ χρήσιμο υλικό και αυτό γιατί παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας και διάθεσης
- Καλή μονωτική ικανότητα από θερμότητα και ψύχος
- Υφίσταται κατεργασία
- Ελαφρό βάρος και υψηλή στερεότητα
- Κυκλοφορεί σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, σχεδίων και ποιοτήτων
- Φιλικότητα προς το περιβάλλον
- Μεγάλο χρόνο ζωής
- Χαμηλό κόστος

Τίποτα σχεδόν δεν μένει ανεκμετάλλευτο από ένα κομμένο δέντρο. Η κορυφή μετατρέπεται συνήθως σε καυσόξυλα, ενώ το κατώτερο από την κορυφή τμήμα του κορμού έχει πολλές διακλαδώσεις και χρησιμοποιείται για την παραγωγή κυτταρίνης και κόντρα-πλακέ. Το ακόμα πιο κάτω τμήμα έχει επίσης πολλές διακλαδώσεις, γι' αυτό και κόβεται μόνο σε απλά, ορθογωνισμένα ξύλα. Τα δε μεσαία και τα κατώτερα μέρη του κορμού, είναι αυτά που μπορούν να κοπούν σε σανίδες, κορδόνια και πήχεις [Ν.Γ.Λαμπάκης-Έμπορος Ξυλείας,2009].

Τα προϊόντα του ξύλου καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα υλικών που έχουν γίνει απολύτως απαραίτητα τόσο στη δόμηση όσο και στον εξοπλισμό των κτιρίων. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν οι καπλαμάδες, κόντρα-πλακέ, hardboard, συγκολλητή ξυλεία, ινόπλακες, μοριοσανίδες, και άλλα. Τα παράγωγα αυτά προϊόντα, ενώ είναι εξαιρετικά χρήσιμα και προσφέρουν ταυτόχρονα πλήρη αξιοποίηση του όγκου του υλοτομημένου ξύλου, έχουν ένα σοβαρό μειονέκτημα που πολλές φορές καθιστά τη χρήση τους απαγορευτική και αυτό διότι περιέχουν συγκολλητικές και συντηρητικές χημικές ουσίες εξαιρετικά επιβλαβείς (π.χ. φορμαλδεΰδη). Η παραγωγή και η χρήση τους θα ήταν ακίνδυνη μόνο με τον όρο της αντικατάστασης αυτών των ουσιών με ακίνδυνα προϊόντα (π.χ. φυσικές ρητίνες και κόλλες), πράγμα εφικτό που προϋποθέτει όμως στροφή της έρευνας και της τεχνολογίας παραγωγής τους προς αυτήν την κατεύθυνση, γεγονός πάντως που έχει αρχίσει να προωθείται βαθμιαία σε παγκόσμιο επίπεδο.

### **1.5.1 ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ**

Η ξυλεία αποτελείται από πολλά είδη, διακρίνεται όμως σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- I. Την μαλακή ξυλεία
- II. Την σκληρή ξυλεία

Η σκληρή ξυλεία στην εσωτερική της περιοχή παρουσιάζει σκούρο χρώμα ενώ η μαλακή παρουσιάζει ανοιχτό χρώμα. Η μαλακή ξυλεία αποτελείται από την ξυλεία των περισσότερων κωνοφόρων δένδρων, ενώ η σκληρή από την ξυλεία των πλατύφυλλων δένδρων. Στη μαλακή ξυλεία ανήκουν η σημύδα, το έλατο, η ερυθρελάτη, η οξιά, κ.α. Αντίθετα, στην σκληρή το πεύκο, ο δρυς, η κερασιά, τα τροπικά δένδρα όπως Teak, Irroko, Σίπτο, κ.α.

Πίνακας 1 : Τύπος ξύλου σε συνάρτηση με το είδος του έργου

ΤΥΠΟΣ ΞΥΛΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ
ΕΛΑΤΗ	ΣΤΕΓΕΣ
ΕΛΑΤΗ, ΠΕΥΚΗ, ΔΡΥΣ	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ
ΠΕΥΚΗ, ΔΡΥΣ, ΚΑΣΤΑΝΙΑ, IRROKO	ΔΑΠΕΔΑ
ΠΕΥΚΗ, ΠΙΤΣ-ΠΑΙΝ	ΣΚΑΛΕΣ
ΟΞΥΑ, ΔΡΥΣ, ΚΑΣΤΑΝΙΑ	ΠΑΣΣΑΛΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Το ξύλο που χρησιμοποιείται σήμερα στις κατασκευές είναι στη φυσική του μορφή, δηλαδή στρογγυλή ξυλεία, ελαφρώς επεξεργασμένη, δηλαδή πελεκητή ξυλεία και πριονιστή ή πριστή ξυλεία, η οποία αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος των τυποποιημένων διατομών.

Η στρογγυλή ξυλεία αποτελείται από κορμούς δένδρων που τους έχει αφαιρεθεί ο φλοιός και έχουν καθαριστεί με τσεκούρι. Χρησιμοποιείται για την υποστήριξη ξυλότυπων και σε υπόγειες δομικές κατασκευές για υποστυλώσεις αποφράξεων καθώς και εμπηγμένων δοκών.

Η πελεκητή ξυλεία αποτελείται από κορμούς δέντρων ελαφρώς ορθογωνισμένους με το τσεκούρι. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή στεγών, για την κατασκευή δοκών και στύλων, για τοίχους και κεκλιμένα επίπεδα, κ.α.

Η πριονιστή ή αλλιώς πριστή, είναι τετραγωνισμένη ξυλεία που παράγεται με σχίσιμο του κορμού. Χρησιμοποιείται για ξυλότυπους τοίχων, οροφών και σε διάφορες μορφές όπως σανίδες.

Με τον όρο υλικά με βάση το ξύλο εννοούμε τα διάφορα βιομηχανικώς κατασκευαζόμενα ημιέτοιμα προϊόντα ξύλου. Αυτά αποτελούνται από μικρά κομμάτια ξύλου τα οποία συμπλίζονται, χρησιμοποιούνται διάφορες κόλλες. Ανάλογα προς τη μέθοδο τεμαχισμού, παραγωγής και κατασκευής διακρίνουμε την παραγωγή κόντρα-πλακέ, την παραγωγή μοριοσανίδων και την παραγωγή ινοσανίδων. Με το συνδυασμό διαφόρων υλικών, προκύπτουν άλλα σύνθετα υλικά με διαφορετικές ιδιότητες. Τα υλικά που προκύπτουν με τον παραπάνω τρόπο ονομάζονται και υλικά τεχνητής ξυλείας. Τα μικρά κομμάτια από τα οποία δημιουργούνται τα υλικά τεχνητής ξυλείας είναι απορρίμματα της επεξεργασίας του ξύλου. Τα υλικά αυτά δεν διατηρούν κάποιο χαρακτηριστικό από τις αρχικές

ιδιότητες του ξύλου από το οποίο προήλθαν. Οι κυριότερες κατηγορίες τεχνητής ξυλείας είναι οι ακόλουθες:

➤ Μοριοσανίδες

Παρασκευάζονται από απορρίμματα ξύλου όπως ροκανίδια, λεπτά κλαδιά, καλάμια κ.α. και συγκολλούνται με συνθετική ή φυτική κόλλα. Με διάφορες κατεργασίες πολτοποιούνται και μετά αναμιγνύονται με ρητίνη και υπό υψηλή πίεση και θερμοκρασία αποκτούν την τελική μορφή. Οι μοριοσανίδες χρησιμοποιούνται σαν φέρουσες πλάκες σκεπής, ως πλάκες δαπέδων, τοίχων, οροφής κ.τ.λ. Επίσης χρησιμοποιούνται για ηχομόνωση και θερμομόνωση. Στην Ελλάδα κυκλοφορούν πλάκες με μέσο βάρος  $400-800 \text{ kg/m}^3$  με πάχος 10 και 20mm. Η κοινή μοριοσανίδα δεν διαθέτει καλή αντοχή και είναι πολύ επικίνδυνη στην φωτιά.

➤ Ινοσανίδες

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά πολλούς τρόπους στην οικοδομική και χαρακτηρίζονται από πλήθος χρήσιμων ιδιοτήτων. Αποτελούν βασικό πρότυπο σκληρής πλάκας για κάθε χρήση. Οι ινοσανίδες κατασκευάζονται με τρείς τρόπους. Με τον υγρό, τον ξηρό, και τον ημίξηρο τρόπο. Κατά τον υγρό τρόπο, οι πλάκες στεγνώνουν πάνω σε ένα πλέγμα κόσκινου, το οποίο και αποτυπώνεται στην κάτω πλευρά. Οι πλάκες που κατασκευάζονται με τον τρόπο αυτό είναι λείες μόνο από την μια πλευρά, σε αντίθεση με τους άλλους δύο τρόπους κατασκευής κατά τους οποίους κατασκευάζονται πλάκες λείες και από τις δύο πλευρές. Τις διακρίνουμε στα παρακάτω είδη:

- Σκληρές πλάκες από αποϊνωμένο ξύλο, όπου ανήκουν εκείνες που έχουν ξηρανθεί υπό πίεση και η επιφάνειά τους έχει σκληρυνθεί με διάφορα έλαια για να είναι ανθεκτικές και πυρασφαλείς. Χρησιμοποιούνται ως επίστρωμα δαπέδων, εξωτερική επένδυση θυρών κ.τ.λ. και έχουν φαινομενικό βάρος  $850 \text{ kg/m}^3$ .
- Εάν οι ξυλώδεις ίνες που διαθέτουν οι πλάκες ξηρανθούν χωρίς πίεση, τότε παίρνουμε μονωτικές ή υπερπορώδεις σανίδες και ινοσανίδες με μορφή μονωτικών πλακών, με φαινομενικό βάρος άνω των  $230 \text{ kg/m}^3$ . Οι πορώδεις αυτές πλάκες παρουσιάζουν εξαιρετικές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες αλλά ελάχιστη μηχανική

αντοχή και χρησιμοποιούνται κυρίως σαν υπόστρωμα , ή σαν ηχομονωτικές πλάκες σε επενδύσεις τοίχων και οροφών. Οι σκληρές πλάκες παρουσιάζουν μεγάλη μηχανική αντοχή και ελάχιστη σταθερότητα στις θερμοκρασιακές μεταβολές και την υγρασία.

➤ **Κόντρα-πλακέ (αντικολλητικά φύλλα)**

Είναι οι γνωστοί καπλαμάδες που αποτελούνται από τρία τουλάχιστον λεπτά στρώματα ακριβής ξυλείας, τα οποία έχουν κολλήσει έτσι ώστε να διασταυρώνονται οι ίνες τους σε μία γωνία 90° και συμμετρικά προς το μεσαίο στρώμα. Τα λεπτά αυτά στρώματα έχουν πάχος 1-4 mm και συγκολλούνται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Συνήθως χρησιμοποιείται κόλλα φορμαλδεΰδης. Τα κόντρα-πλακέ φύλλα που κυκλοφορούν στην αγορά έχουν πάχος 2,7-50mm ή και περισσότερο. Τα πλεονεκτήματα τους είναι ότι δεν παραμορφώνονται εύκολα και ότι επηρεάζονται πολύ λιγότερο από την υγρασία σε σχέση με τα υπόλοιπα ξύλα.

➤ **Ελαφρές δομικές πλάκες από ξυλόμαλλο**

Το ξυλόμαλλο είναι μακριές, υγιείς, και ισχυρές ίνες ξύλου που έχουν αδρανοποιηθεί με ειδική επεξεργασία. Το ξυλόμαλλο αναμειγνύεται με τσιμέντο και μορφοποιείται σε πλάκες μέσα σε καλούπια και μεγάλη πίεση.

Συγκεκριμένα οι πλάκες αυτές κατασκευάζονται από πρόσμιξη διαφόρων ορυκτών, συνήθως από μαγνήσιο, τσιμέντο, γύψο κ.α. και συμπιέζονται σε πλάκες. Παρουσιάζουν άριστες θερμομονωτικές, ηχομονωτικές ικανότητες και εμφανίζουν πυρασφάλεια και βιολογική γενικά προστασία. Από άποψη δομής ανήκουν στην κατηγορία των μοριοσανίδων αλλά δεν μπορούν να υπαχθούν στην ίδια κατηγορία γιατί δεν χρησιμοποιούνται οργανικά συνδετικά μέσα (τεχνητές ρητίνες).

Εκτός από την τεχνητή ξυλεία υπάρχει και η συγκολλητική ξυλεία, η ζήτηση της οποίας ολοένα και αυξάνεται. Αποτελείται από σανίδες κατώτερης ποιότητας που συγκολλούνται μεταξύ τους, είτε από τη φαρδιά, είτε από την στενή τους επιφάνεια. Τα πλεονεκτήματα τους είναι η δυνατότητα κατασκευής σύνθετων στοιχείων, απεριορίστου διατομής και μήκους διαστάσεις, η οικονομικότητα της κατασκευής, η βελτίωση της ποιότητας της ξυλείας και των μηχανικών της ιδιοτήτων, η αποφυγή στρεβλώσεων και σχηματισμού ρωγμών και η μεγάλη δυνατότητα δημιουργίας καμπύλων στοιχείων. Για την συγκόλληση χρησιμοποιούνται κόλλες από τεχνητές ρητίνες, αλλά κυρίως κόλλες ουρίας-φορμαλδεϋδης ή ρεζολκινόλης-φορμαλδεϋδης.



Εικόνα 5. Παρκέ

[[http://media2.feed.gr/filesystem/images/20080214/engine/assets\\_LARGE\\_t\\_1181\\_700143\\_type11401.jpg](http://media2.feed.gr/filesystem/images/20080214/engine/assets_LARGE_t_1181_700143_type11401.jpg)]

## 1.6 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αλουμίνιο δεν ανήκει στα βαρέα μέταλλα και έχει ως πρώτη ύλη τον βωξίτη. Η παραγωγή του είναι αρκετά ενεργοβόρα και ελευθερώνει μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και φθόριο υψηλής τοξικότητας. Το αλουμίνιο είναι μέταλλο αργυρόλευκο, στιλπνό και ανθεκτικό στις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών και καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Έχει πολύπλευρες δυνατότητες δομικών εφαρμογών, τόσο σαν καθαρό αλουμίνιο όσο και με την μορφή κραμάτων. Το αλουμίνιο και τα κράματα του μπορούν να υποστούν κατεργασία με αφαίρεση υλικού πολύ ευκολότερα από άλλα μέταλλα.

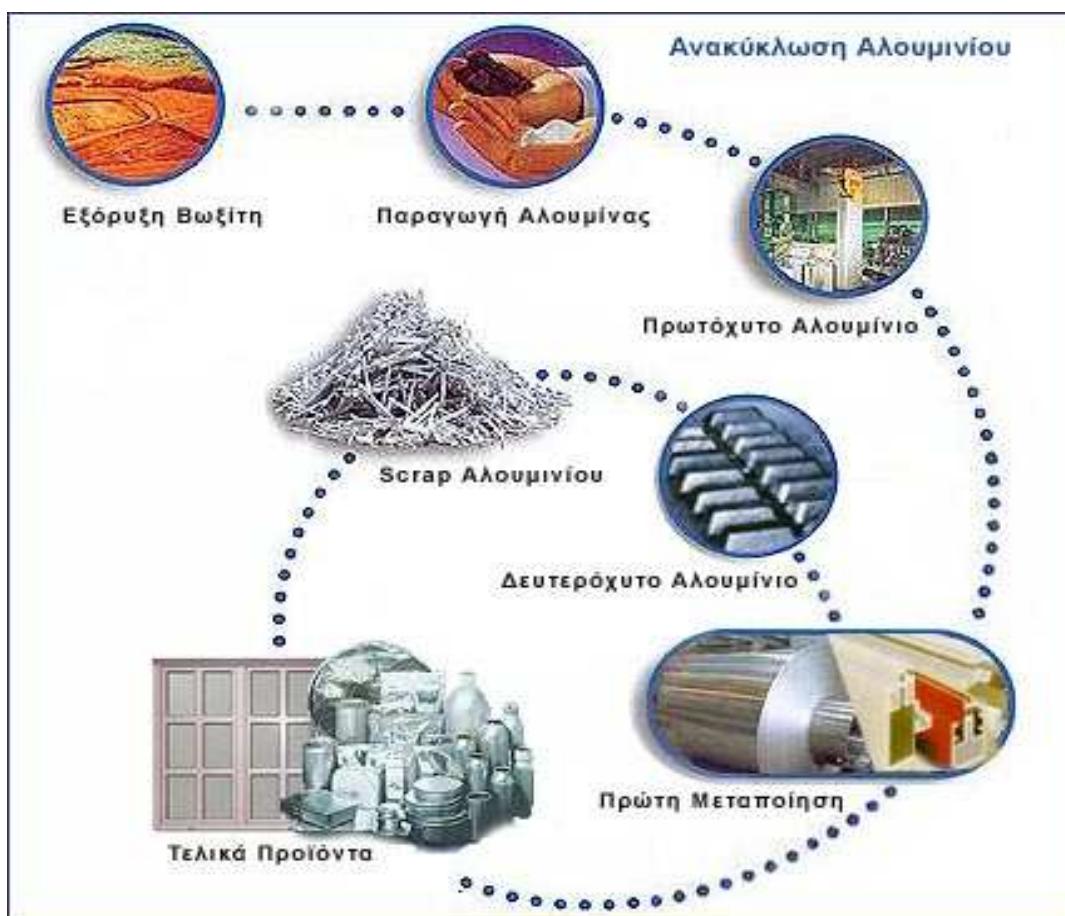
### 1.6.1) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Το αλουμίνιο παρουσιάζει πολλές ιδιότητες. Αρκετές από αυτές είναι οι εξής:

- ❖ Είναι ελαφρύ. Η πυκνότητα του είναι  $2,7 \text{ g/cm}^3$  περίπου το  $1/3$  της πυκνότητας του χάλυβα [michanikos.gr,2009]. Ένα εξάρτημα από αλουμίνιο έχει μόνο το  $1/3$  της μάζας ενός χαλύβδινου ομοίων διαστάσεων. Αυτό σημαίνει ελαφρότερος χειρισμός στην χειρονακτική κατεργασία. Οι πόρτες και τα παράθυρα είναι ελάχιστα βαρύτερα από τα ξύλινα.
- ❖ Έχει αντοχή. Η αντοχή σε εφελκυσμό του χυτού αλουμινίου είναι περίπου  $100 \text{ N/mm}^2$ , φτάνει δηλαδή την αντοχή του καθαρού χάλυβα κατασκευών [michanikos.gr, accessed 7/4/2009].
- ❖ Είναι ανθεκτικό στην διάβρωση. Σχηματίζεται στην επιφάνεια του μια λεπτή αλλά πυκνή και με ισχυρή πρόσφυση οξειδωμένη στοιβάδα. Με επιφανειακή επεξεργασία (ανοδική οξείδωση), αυτή η οξειδωμένη στοιβάδα ενισχύεται. Για αυτόν τον λόγο το αλουμίνιο είναι ανθεκτικό στις κανονικές ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Η διάρκεια ζωής αλουμινένιων τεμαχίων στις μεταλλικές κατασκευές είναι εξαιρετικά μεγάλη.

- ❖ Διαμορφώνεται εύκολα και παρουσιάζει πολύπλευρη κατεργασία. Μπορεί να υποστεί έλαση, σφυρηλασία, συμπίεση, πριόνισμα, τρύπημα κ.α. Ορισμένα χυτοκράματα, μπορούν να χυτευθούν καλά, ενώ άλλα μπορούν να συγκολληθούν.
- ❖ Είναι καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Η θερμοαγωγιμότητα του είναι τετραπλάσια από αυτή του χάλυβα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του είναι διπλάσια άλλων αγωγών του ίδιου βάρους, όπως για παράδειγμα του χαλκού. Το 95% των αγωγών υψηλών τάσεων έχουν πυρήνα από σύρματα αλουμινίου.
- ❖ Δεν είναι ανθεκτικό στην θερμότητα. Έχει σημείο τήξεως τους  $685^{\circ}\text{C}$  και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς μεγάλη απώλεια της αντοχής του έως τους  $150^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Η χαμηλή πυκνότητα του σε συσχετισμό με την μεγάλη του αντοχή και την ανθεκτικότητα του στην διάβρωση το κάνουν ένα εξαιρετικό υλικό για τις ελαφριές κατασκευές.
- ❖ Η καλή αγωγιμότητα του στο ρεύμα επιτρέπει την χρήση του ως αγωγού.
- ❖ Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής
- ❖ Είναι ακριβό σε σχέση με τον χαλκό
- ❖ Είναι ανακυκλώσιμο, αλλά η διεργασία είναι ενεργοβόρα

Η μεγάλη ποικιλία των δομικών τεμαχίων που κατασκευάζονται σήμερα από αλουμίνιο, μας περιορίζει στην παρουσίαση μόνο των σημαντικότερων. Για επικαλύψεις στεγών και επενδύσεων τοίχων χρησιμοποιείται αλουμίνιο μόνο σε ταινίες και φύλλα. Τα φύλλα χρησιμοποιούνται και για διακοσμητικούς λόγους. Το κράμα του χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή τυποποιημένων ελασμάτων. Ακόμη κυκλοφορούν φύλλα και ταινίες αλουμινίου με επικαλύψεις. Η πιο διαδεδομένη χρήση του είναι τα κουφώματα αλουμινίου και κυρίως τα εξωτερικά τα οποία έχουν μεγάλη αντοχή στις καταπονήσεις, μπορούν να καλύψουν μεγάλα ανοίγματα, μικρό βάρος και καλή λειτουργία. Γι' αυτούς τους λόγους θεωρούνται και πιο αποτελεσματικά από τα ξύλινα κουφώματα.



Εικόνα 6. Κύκλος Ζωής Αλουμινίου

[<http://www.eaa.net/upl/4/default/img/ISO%20standards%20for%20LCA%20studies.jpg>]

## 1.7 Ύαλος (Γυαλί)

Το γυαλί κατασκευάζεται από σύντηξη άμμου, σόδας, ασβεστόλιθου και περιέχει πυριτικά άλατα νατρίου, ασβεστίου κ.α., ενώ με πρόσμιξη διάφορων μεταλλικών οξειδίων χρωματίζεται. Είναι άμορφο υλικό και σχηματίζεται από πλήθος ενώσεων. Η χρήση του βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Το πυριτικό γυαλί είναι η πιο σημαντική κατηγορία. Σε συνήθεις θερμοκρασίες είναι στεγανό, διαφανές, χημικά αδρανές, συμπαγές, δεν κρυσταλλώνεται και δεν διαλύεται σε διαλύτες.

Τα διάφορα είδη γυαλιού περιέχουν διάφορες επιπρόσθετες χημικές ουσίες, ανάλογα με την ιδιότητα που θέλουν να προσδώσουν στο τελικό προϊόν (π.χ. η βιομηχανική ύαλος Jena περιέχει  $K_2O$  που προσδίδει στο μίγμα σκληρότητα και μεγαλύτερη αντοχή στα χημικά αντιδραστήρια). Περιέχει βοριοπυριτικά για να είναι περισσότερο ανθεκτικό στην θερμότητα. Οι ιδιότητες του γυαλιού που συνέτειναν στην καθιέρωση του ως δομικό υλικό είναι οι ακόλουθες:

- I. Διαφάνεια: Το γυαλί αποτελεί σχεδόν το μοναδικό δομικό υλικό με αυτή την ιδιότητα. Η ύαλος είναι διαπερατή από τις ορατές ακτίνες του ηλίου, αλλά αδιαπέρατη από τις υπεριώδης και τις υπέρυθρες.
- II. Αγωγιμότητα: Το γυαλί έχει πολύ χαμηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα.
- III. Μεγάλη αντοχή στη γήρανση και τις χημικές επιδράσεις: Διαθέτει σχεδόν μηδενικό πορώδες, η αντοχή του σε θλίψη είναι σχεδόν  $2000 \text{ kp/cm}^2$  και σε ελκυσμό  $100 \text{ kp/cm}^2$  [Βάκα, 2005].

Τα κυριότερα ελαττώματα της ύαλου είναι η μικρή αντοχή της σε κρούση και η απουσία πλαστικότητας, με συνέπεια να θραύεται.

Ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει τις ιδιότητες χαρακτηριστικών γυαλιών με άλλα.

**Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα γυαλιού ανά προϊόν**

ΠΡΟΙΟΝΤΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Κοινό γυαλί	Φθηνό προϊόν Κόβεται εύκολα Διαθέσιμο σε απόθεμα Τυποποιημένο
Οπλισμένο γυαλί	Κόβεται Διαθέσιμο σε απόθεμα
Γυαλί μετά από επεξεργασία ανόπτησης	Πολύ πιο ανθεκτικό από το κοινό γυαλί Όταν σπάσει θραύεται σε μικρά κομμάτια
Τζάμια στα οποία τοποθετούνται πολυεστερικά φιλμ	Επικόλληση σε υπάρχοντα τζάμια Συγκράτηση των σπασμένων τζαμιών Μικρότερος βαθμός επικινδυνότητας



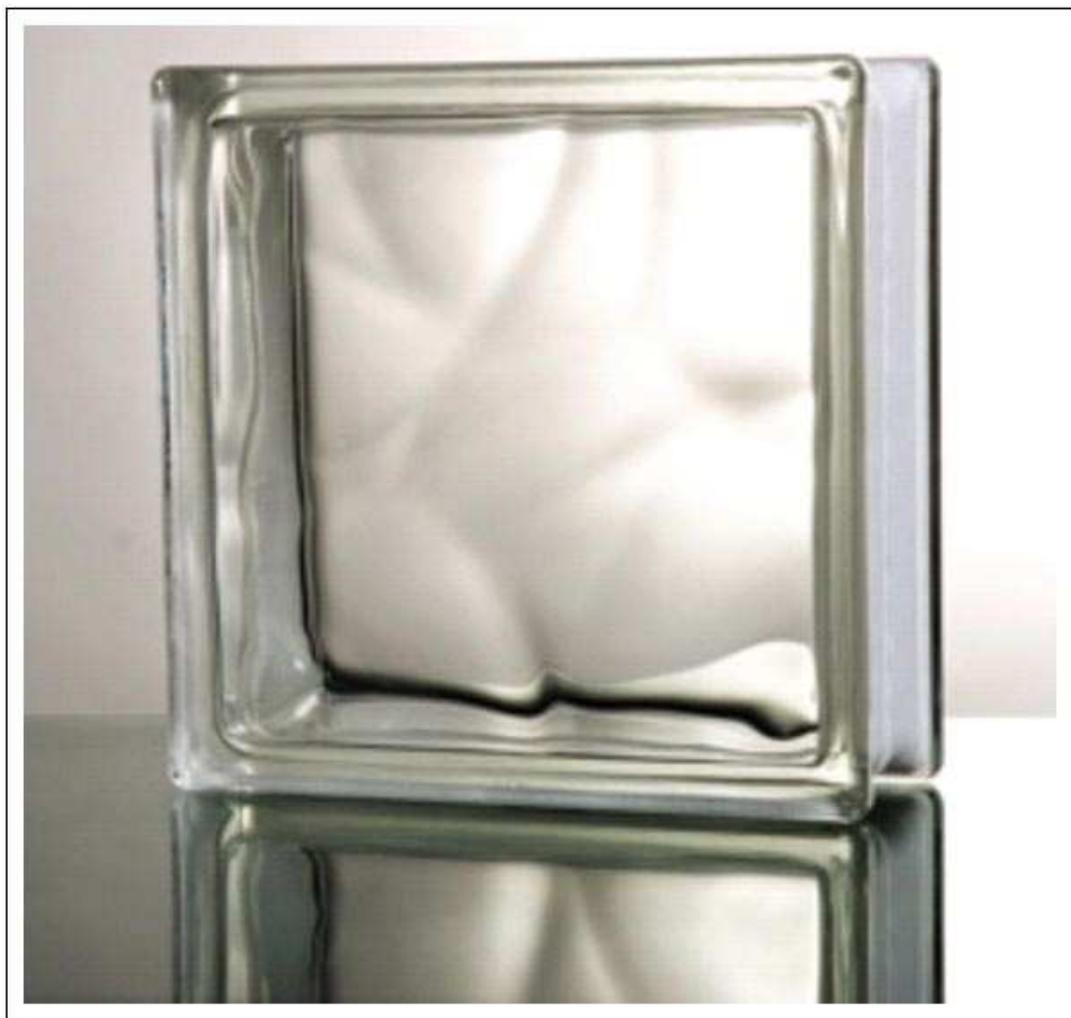
**Εικόνα 7. Κούφωμα αλουμινίου [http://alouminio.info/133528\_MIA\_E48.gif]**

### 1.7.1 ΚΡΥΣΤΑΛΛΑ

Τα κρύσταλλα υφίστανται ειδική κατεργασία λείανσης και στίλβωσης και από τις δύο πλευρές και έτσι η επιφάνεια τους είναι τελείως επίπεδη παρουσιάζοντας τέλεια διαφάνεια. Χρησιμοποιούνται για επένδυση πολυτελών κτιρίων, βιτρινών, εσωτερικών χώρων, επιπλώσεων κ.α. Τα οπλισμένα κρύσταλλα, αποτελούν μια ειδική κατηγορία κρυστάλλων. Πρόκειται για υαλοπίνακες με ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα (πυρανασταλτικό) που χρησιμοποιούνται σε τμήματα οικοδομών με απαιτήσεις πυρασφάλειας, σε φρεάτια ανελκυστήρων κ.α. Οι αντιπυρικοί υαλοπίνακες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή διάφανων αντιπυρικών θυρών και χωρισμάτων αποτελούνται είτε από κρύσταλλο, είτε από στρωματοποιημένα κρύσταλλα ασφαλείας. Τα τζάμια ασφαλείας είναι αυτά που σε περίπτωση θραύσης τους συγκρατούν τα επικίνδυνα υαλοθραύσματα. Κατασκευάζονται με την συγκόλληση δύο ή περισσοτέρων τζαμιών, με την ενδιάμεση τοποθέτηση ελαστικών τεχνικών ρητινών. Μετά την θραύση του υαλοπίνακα τα θραύσματα μένουν κολλημένα στο ενδιάμεσο στρώμα και αποφεύγεται έτσι η πρόκληση τραυματισμών. Τα κρύσταλλα διατίθενται σε διάφορα χρώματα για να ικανοποιήσουν απαιτήσεις και κυρίως επενδύσεις εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Προσφέρουν ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, τις θερμοκρασιακές μεταβολές και την γήρανση. Για την αντιμετώπιση της απώλειας θερμότητας συνίσταται η χρήση διπλών ή τριπλών τζαμιών τα οποία είναι σφραγισμένα μεταξύ τους με στρώμα αέρος, απαλλαγμένο από υγρασία για να μην θαμπώνουν. Με την χρήση διπλών τζαμιών επιτυγχάνεται μείωση της διαφυγής θερμότητας κατά 47% και μείωση θορύβου κατά 32%.

Υπάρχουν πολλά είδη τζαμιών που υφίστανται επεξεργασία για να καλύψουν διάφορες απαιτήσεις. Μια ειδική κατηγορία είναι τα οπλισμένα τζάμια. Πρόκειται για χυτά τζάμια στη μάζα των οποίων εισάγεται συρμάτινο πλέγμα και εμποδίζει έτσι την δημιουργία επικίνδυνων θραυσμάτων.

Τα θερμοπροστατευτικά και πυροπροστατευτικά τζάμια συγκρατούν επίσης τα θραύσματα, ενώ κατά την παρασκευή τους εκτίθενται σε ατμούς μετάλλων, δημιουργώντας ένα στρώμα που αντανακλά τη θερμική ακτινοβολία. Άλλα θερμοπροστατευτικά τζάμια είναι αυτά που αντανακλούν την ακτινοβολία, παρέχοντας έτσι προστασία από υψηλές θερμοκρασίες. Αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι και 300 °C και αντανακλούν το 85% με 90% της θερμότητας. Με την τοποθέτηση τους πρέπει να γίνεται χρήση ειδικού στόκου που να είναι ανθεκτικός σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ πρέπει να μονώνεται περιμετρικά, ώστε να μην μεταδίδεται στο γυαλί θερμότητα από το πλαίσιο.



Εικόνα 8. Υαλότουβλο [www.4uthesite.com/prods/large/13422.jpg]

## 1.8 ΧΡΩΜΑΤΑ

Ως χρώματα θεωρούνται οι υγρές ουσίες που στερεοποιούνται μετά την εφαρμογή τους στις επιφάνειες δομικών στοιχείων, δημιουργώντας λεπτή αναλογικά, μεμβράνη επικάλυψη. Τα χρώματα θεωρούνται η τελική εξωτερική επένδυση ορισμένων κτιρίων ή τμήματος αυτών. Κατασκευάζονται από ένα πτητικό υλικό, το διαλύτη, που διατηρεί το χρώμα στη σωστή κατάσταση για χρήση και ένα μη πτητικό υλικό, τη βάση που δημιουργεί τη στέρεη επικάλυψη και λειτουργεί ως συγκολλητική ουσία.

Τα χρώματα χρησιμοποιούνται ως μέσα επιχρίσεως για να προστατεύσουν το εκάστοτε υπόστρωμα του ξύλου και του μετάλλου. Προστατεύουν σε εξαιρετικό βαθμό τις κατασκευές από διαβρώσεις αλλά και δίνουν αισθητική και διακοσμητική εμφάνιση στη κατασκευή. Τα χρώματα και τα βερνίκια, αποτελούνται κυρίως από συνθέσεις ελαίων, φυσικών ή συνθετικών ρητινών, χρωστικών υλών και διαλυτών και από βιοηθητικές ουσίες, όπως ουσίες επιτάχυνσης γήρανσης. Αποσκοπούν τόσο στην προστασία του υποστρώματος από την πρόωρη γήρανση εξαιτίας των διαβρωτικών επιδράσεων, αλλά και στην αισθητική, καθώς το μέσο επικάλυψης είναι εκείνο το στοιχείο που τελικά φαίνεται και έρχεται σε επαφή με τον χρήστη. Το χρώμα που θα επιλεχθεί πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη αλλά και να συμφωνεί με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, σύμφωνα με την επιφάνεια την οποία θα καλύψει (π.χ. εσωτερικός ή εξωτερικός τοίχος), με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (π.χ. καυσαέρια, σκόνη κ.α.), ή με τις συνθήκες χρήσης του υποστρώματος (π.χ. συχνό πλύσιμο, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες κ.α.).

Τα βασικά συστατικά των χρωμάτων είναι οι συνδετικές ουσίες, τα πηγμένα (χρωστικές ουσίες), τα διαλυτικά μέσα και τα στεγανωτικά υλικά.

- Οι συνδετικές ουσίες, συνδέουν στερεά τα μικρά σωματίδια των χρωστικών υλών (πηγμένων) μεταξύ τους και με το υπόστρωμα. Ανάλογα με την χημική τους σύνθεση διακρίνονται σε: ανόργανα, συνδετικά μέσα (π.χ. γαλακτώματα με λινέλαιο, ξυλέλαιο, οξικό πολυβινίλιο, υδατοδιαλυτές αλκιδικές ρητίνες κ.α.), συνδετικές ουσίες από ρητίνες και συνδετικές ουσίες από έλαια.
- Τα πηγμένα είναι έγχρωμες φυσικές ή τεχνητές ανόργανες και οργανικές ουσίες, σε πολλούς χρωματισμούς, ενώ είναι προστατευτικά έναντι της διάβρωσης, ανεκτικά στο φως και στο υπόστρωμα της επίχρισης. Τα πιο διαδεδομένα είναι το διοξείδιο του τιτανίου, οξείδια του σιδήρου, οξείδια του χρωμίου, του αλουμινίου.
- Τα διαλυτικά μέσα αποσκοπούν στην παραγωγή του χρώματος για διάλυση ή αραίωση των συστατικών και στην ακόλουθη ανάμιξη τους, καθώς και στην εμπορία του χρώματος σε κατάλληλη μορφή. Η επιλογή κατάλληλου συστήματος διαλυτών, αποτελεί ένα από τους βασικότερους παράγοντες της καλής ποιότητας χρώματος. Οι διαλύτες διακρίνονται σε υδρογονάνθρακες βενζίνης, βενζολίου, υδρογονωμένους υδρογονάνθρακες και νέφτι.
- Τα στεγανωτικά υλικά, είναι συνήθως διαλύματα που χρησιμοποιούνται κυρίως για να επιταχύνουν την ξήρανση των ελαίων. Άλλες βιοηθητικές ουσίες χρησιμεύουν στη δημιουργία ματ επιφάνειας, για διογκώσεις μεμβράνης και για δημιουργία συνεχούς και εύκαμπτης μεμβράνης.

Υπάρχουν διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή χρώματα. Τα διαφανή χρώματα καλύπτουν ελάχιστα την υφή και το προϋπάρχον χρώμα της επιφάνειας του στοιχείου στο οποίο επιστρώνται. Στη κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα βερνίκια των ξύλων, των πέτρινων επιφανειών και των μωσαϊκών. Τα ημιδιαφανή χρώματα χρησιμοποιούνται για να σταθεροποιήσουν το χρώμα, όχι την υφή της

επιφάνειας όμως. Τα αδιαφανή χρώματα καλύπτουν πλήρως την υποκείμενη επιφάνεια αλλάζοντας και τη υφή της.

Τα χρώματα οφείλουν να είναι ρευστά (για ευκολία εφαρμογής), να έχουν ομοιογένεια, το πάχος της επίστρωσης έχει άμεση σχέση με την προστασία του υποστρώματος, να έχουν σταθερότητα χρώματος, να μπορούν να καθαρίζονται, με αντοχή σε γδαρσίματα και άλλες επιβαρύνσεις. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα χρώματα που έχουν μεγάλη αντοχή στα χημικά δεν έχουν καλή αντοχή στην πρόσφυση και αντίστροφα.

### **Τα χρώματα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:**

- **Ασβεστοχρώματα:** Περιέχουν ασβέστη, νερό και πηγμένα ανθεκτικά στον ασβέστη. Για την αύξηση της αντοχής τους στις καιρικές μεταβολές, προστίθεται στο μίγμα και μικρή ποσότητα βερνικιού λινελαίου ή καζεΐνη.
- **Τσιμεντοχρώματα:** Χρησιμοποιούνται συνήθως για να προσδώσουν λευκές ή παστέλ αποχρώσεις στο λευκό τσιμέντο Portland.
- **Χρώματα με υδρύαλο:** Η υδρύαλος είναι υγρό που αποτελείται από πυριτικό οξύ και σε διάφορες ουσίες, προς το σχηματισμό πυριτικών αλάτων. Οι επιχρίσεις με υδρύαλο είναι πολύ ανθεκτικές στις καιρικές μεταβολές και στις υπεριώδεις ακτινοβολίες εμποδίζοντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Σε περίπτωση πυρκαγιάς εμποδίζουν την επέκταση της, αφού δεν καίγονται και δεν δημιουργούν τοξικές ουσίες.
- **Χρώματα με κόλλες:** Αποτελούνται από πηγμένα, νερό και διάλυμα κόλλας ρητίνης και είναι περιορισμένης χρονικής διάρκειας.
- **Χρώματα διασποράς:** Πρόκειται για όλα τα χρώματα που βρίσκονται σε κατάσταση αιωρημάτων, γαλακτωμάτων και αφρωδών, με τα οποία μπορούν να βαφούν όλοι σχεδόν οι εξωτερικοί τοίχοι.

- **Ελαιοχρώματα:** Παρασκευάζονται με ανάμιξη λινελαίου και λευκών ή έγχρωμων πηγμένων σε μορφή χυλού ή πάστας. Τα μειονεκτήματα τους είναι αντοχή σε χημικούς παράγοντες και καιρικές συνθήκες.
- **Χρώματα πούδρας:** Εφαρμόζονται με ειδικά μηχανήματα και έχουν περιορισμένη εφαρμογή, σε ορισμένα βιομηχανικά προϊόντα.
- **Χρώματα πυροπροστασίας-πυράντοχα:** Είναι χρώματα που αντέχουν στην φωτιά.
- **Χρώματα φιλικά προς το περιβάλλον:** Είναι χρώματα τα οποία δεν περιέχουν οργανικούς διαλύτες.



Εικόνα 9. Βάψιμο κτιρίου [myworld.gr]

## 1.9 ΜΟΝΩΣΕΙΣ (Μονωτικά Υλικά)

Τα πιο ευρέως διαδεδομένα μονωτικά υλικά βρίσκονται υπό μορφή panel ή ψεκαζόμενων αφρών που στο παρελθόν περιείχαν χλωροφθοράνθρακες (CFC's), ενώσεις εν μέρει υπεύθυνες για την καταστροφή του μανδύα του όζοντος. Τον τελευταίο καιρό οι ενώσεις αυτές έχουν αντικατασταθεί από άλλες ενώσεις όπως τα HCFC ή HFC. Ωστόσο, το μειονέκτημα των καινούργιων αυτών ενώσεων είναι ότι ενισχύουν την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς το φαινόμενο της θερμοκηπίου εξαιτίας των απαερίων που εκπέμπουν κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Άλλες επιλογές θα μπορούσαν να είναι οι μεταλλικές ίνες όπως για παράδειγμα ο πετροβάμβακας ή το fibreglass, το cell glass ή άλλα ακόμα πιο οικολογικά όπως ο φελλός, υλικό από κάνναβη και κυτταρίνη.

Προτιμώνται πάντα τα φυσικά υλικά έναντι των συνθετικών. Μεταξύ των συνθετικών υπάρχουν τρία είδη υλικών βάσει των διαστελλόμενων συστατικών τους που επιτυγχάνουν μονωτικές ιδιότητες: α) Αυτά που προσλαμβάνουν αέρα, όπως τα διογκωμένα πολυστυρένια (EPS), β) αυτά που περιέχουν CO<sub>2</sub>, όπως για παράδειγμα μερικά εξωθούμενα πολυστυρένια ή HCFC, που είναι οι χειρότερες πιθανές επιλογές, και γ) τα περισσότερα εξωθούμενα πολυστυρένια και πολυουρεθάνια.

Η κατασκευή μίας οικοδομής απαιτεί διαφορετικού είδους μονώσεις που κατασκευάζονται σε διαφορετικές φάσεις. Για τις περισσότερο τυπικές περιπτώσεις, οι παρακάτω τρεις τρόποι περιγράφουν τις πιο συνηθισμένες μεθόδους:

- ❖ **Μονώσεις υπογείου:** γίνονται περιμετρικά στα τοιχία που θα μπαζωθούν και έχουν στόχο την στεγάνωση. Δεν είναι απαραίτητη η θερμομόνωση αυτών των τοιχίων γιατί προστατεύονται αρκετά από το χώμα που τα καλύπτει. Συνήθως τα υπόγεια είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά το χειμώνα.
- ❖ **Μονώσεις των εξωτερικών τοίχων του σπιτιού (ανοδομή):** στην περίπτωση του διπλού δρομικού τοίχου από τούβλα, η θερμομόνωση εξασφαλίζεται με πολυστερίνη (εξηλασμένη ή διογκωμένη) που τοποθετείται ανάμεσα στα δύο τοιχία. Το ίδιο υλικό χρησιμοποιείται και

στα σημεία του σκελετού που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (κολώνες και δοκάρια μόνο εξωτερικά). Η μόνωση του σκελετού τοποθετείται στη φάση κατασκευής του (δηλ. στα μπετά). Η στεγάνωση των τοίχων της ανοδομής εξασφαλίζεται από το σοβά (επιχρίσματα) και από το βάψιμό τους.

- ❖ **Μονώσεις δωμάτων:** (δώμα = ταράτσα) εδώ απαιτείται θερμομόνωση και στεγάνωση. Η θερμομόνωση μπορεί να εξασφαλιστεί με χύτευση περλομπτετόν ή αφρομπτετόν και να ενισχυθεί με πολυστερίνη (εξηλασμένη ή διογκωμένη). Η στεγάνωση επιτυγχάνεται με επικόλληση ασφαλτόπανων. Στις σκεπές η μόνωση αποτελεί μέρος της εργασίας κατασκευής της σκεπής.

**Από όλα τα παραπάνω λοιπόν, η ανάγκη για πλήρη και ουσιαστική γνώση όσον αφορά τα δομικά υλικά και την ορθή χρήση τους, κρίνεται επιτακτική. Η λύση σε αυτή τη ανάγκη μας παρέχεται από την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής των Υλικών. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε τον κύκλο ζωής των δομικών υλικών, δεδομένου ότι τα δομικά υλικά αποτελούν "ζωντανό" τμήμα της κατασκευής μιας και έχουν και αυτά διάρκεια ζωής. Γι' αυτό ο κύκλος ζωής των υλικών αποτελεί βασικό κριτήριο της επιλογής υλικών για να μην προκύπτουν άσκοπες ποσότητες κατασκευασμένων αποβλήτων.**

## 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

### 2.1 Τι είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής

"Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (AKZ, LCA-Life Cycle Assessment) είναι ένα εργαλείο 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" (Ορισμός σύμφωνα με τον οργανισμό SETAC)

Η AKZ είναι μια προσέγγιση "από την κούνια στον τάφο" (cradle-to-grave) για την αξιολόγηση βιομηχανικών συστημάτων. Η προσέγγιση αυτή αρχίζει με τη συλλογή των πρώτων υλών από τη γη που είναι απαραίτητες για να δημιουργηθεί το προϊόν και τελειώνει στο σημείο όπου όλα τα υλικά επιστρέφονται στη γη. Η AKZ αξιολογεί όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος από τη σκοπιά ότι είναι αλληλοεξαρτώμενα, κάτι που σημαίνει ότι η μια λειτουργία οδηγεί στην επόμενη. Η AKZ επιτρέπει την εκτίμηση των αθροιστικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των σταδίων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, και συμπεριλαμβάνει επιπτώσεις που δεν λαμβάνονται υπόψη στις περισσότερες παραδοσιακές αναλύσεις (π.χ., εξαγωγή πρώτων υλών, μεταφορά υλικών, τελική διάθεση προϊόντων, κλπ.). Με τη συμπερίληψη των επιπτώσεων ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων, η AKZ παρέχει περιεκτική εικόνα των περιβαλλοντικών πτυχών ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας και μια ακριβέστερη εικόνα των αληθινών περιβαλλοντικών "ανταλλαγών" στην επιλογή προϊόντων.

Η AKZ αποτελεί, εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον, και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος η μιας διεργασίας.

Συγκεκριμένα, η AKZ είναι τεχνική για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών πτυχών και πιθανών επιπτώσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια υπηρεσία, με:

- σύνταξη ενός καταλόγου απογραφής της εισροής της σχετικής ενέργειας και των υλικών και των εκπομπών στο περιβάλλον
- αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τις προσδιορισμένες εισροές και εκπομπές
- ερμηνεία αποτελεσμάτων για διευκόλυνση λήψης ενημερωμένων αποφάσεων

Η AKZ είναι μια τεχνική:

- αποτίμησης όλων των εισροών και εκροών ενός προϊόντος, μιας διεργασίας ή μιας υπηρεσίας (κατάλογος απογραφής κύκλου ζωής),
- αποτίμησης των σχετικών αποβλήτων, της ανθρώπινης υγείας και των οικολογικών επιβαρύνσεων (αποτίμηση επιπτώσεων)
- ερμηνείας, διάδοσης και επικοινωνίας των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης (ερμηνεία κύκλου ζωής) ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων ή των διεργασιών που εξετάζονται.

Ο όρος "κύκλος ζωής" αναφέρεται στις σημαντικότερες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, από την κατασκευή, τη χρήση, τη συντήρηση και την τελική διάθεσή του, συμπεριλαμβάνοντας την απόκτηση των πρώτων υλών που απαιτούνται για να κατασκευαστεί το προϊόν [Guinie, 2004].

Η AKZ δεν αφόρα μόνο τα προϊόντα και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, αλλά αφορά ουσιαστικά ολόκληρο το ίδιο το κτίριο αν και πρακτικά διαφέρει να επιχειρήσεις να κάνεις LCA σε ένα ολόκληρο κτίριο, από το να κάνεις ξεχωριστά για καθένα από τα δομικά υλικά του. Το LCA μελετά τις επιπτώσεις που έχει ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια υπηρεσία στο περιβάλλον, στην ανθρώπινη υγεία και στη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Πιο συγκεκριμένα το LCA έχει να κάνει με την διερεύνηση των παρακάτω:

- 1)Την φύση των δομικών υλικών
- 2)Την προέλευση και την παράγωγη των υλικών του κτιρίου
- 3)Τα προβλήματα που δημιουργούνται κατά την φάση της κατασκευής, αλλά και της λειτουργίας του κτιρίου
- 4) Την κατάληξη των αποβλήτων

## 2.2 Στάδια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

### 1. Σκοπός και Στόχος (Goal and Scope)

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης σχεδιάζεται και προσδιορίζεται ο σκοπός και ο τελικός στόχος της εργασίας σύμφωνα με την επιδιωκόμενη εφαρμογή. Το αντικείμενο της μελέτης περιγράφεται ως μια λειτουργική μονάδα. Εκτός από το προσδιορισμό και τη περιγραφή των παραπάνω γίνεται μια διευθέτηση των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για την οροθέτηση των ορίων του συστήματος μελέτης. Τέλος στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται ο προσδιορισμός των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των κατηγοριών των επιπτώσεων που περιλαμβάνονται στη μελέτη.

### 2. Απογραφή του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory – LCI)

Το στάδιο της απογραφής περιέχει τη μοντελοποίηση του συστήματος παραγωγής, της συλλογής των δεδομένων καθώς και τη περιγραφή και πιστοποίηση των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου όλων των σταδίων που δομούν το σύστημα παραγωγής, ειδικότερα στα δεδομένα εισόδου ανήκουν τα υλικά, η ενέργεια, τα χημικά κ.α. ενώ στα δεδομένα εξόδου εκπομπές και απόβλητα στον αέρα, στο νερό ή στο έδαφος καθώς και άλλες μορφές ανταλλαγής με το περιβάλλον, όπως εκπομπές ακτινοβολίας και χρήση γης. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να σχετίζονται με το αντικείμενο της μελέτης όπως αυτό περιγράφηκε στο προηγούμενο στάδιο. Η παρουσίαση των δεδομένων μπορεί να γίνει σε μορφή πινάκων ενώ τα αποτελέσματα της απογραφής του κύκλου ζωής μπορούν να παρουσιαστούν σε διαγράμματα ροής δίνοντας πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις των διαφόρων σταδίων του αντικείμενου μελέτης με το περιβάλλον.

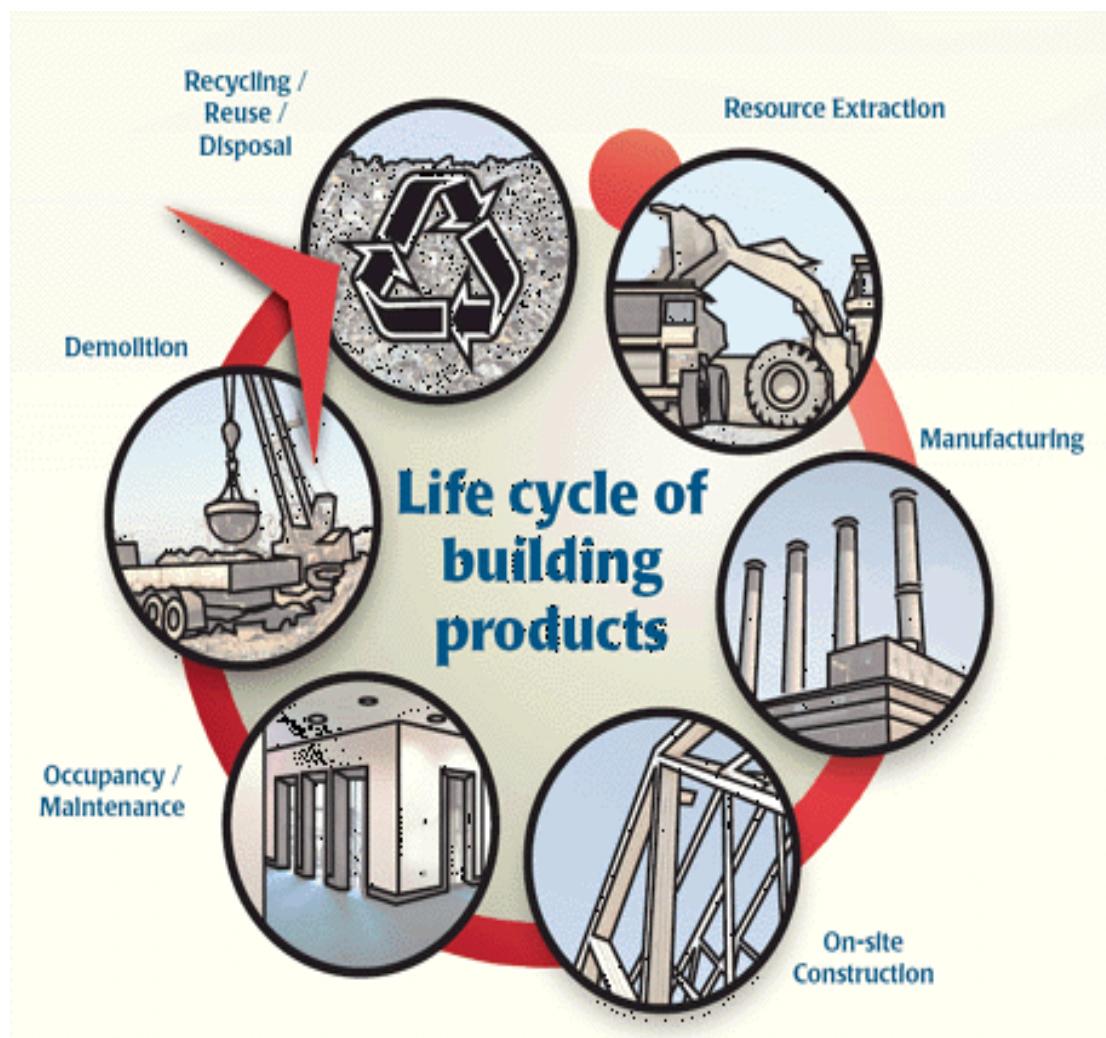
### 3. Ανάλυση Αντίκτυπου του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)

Στόχος του σταδίου αυτού είναι να προσδιοριστεί η συνεισφορά σε κατηγορίες ευρείας επίδρασης όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, της όξινης βροχής κ.α. Αρχικά γίνεται ο χαρακτηρισμός, υπολογίζοντας τις δυνατότητες επίδρασης των διαφόρων σταδίων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του κύκλου ζωής που προέκυψαν από το προηγούμενο στάδιο. Τα επόμενα

βήματα είναι ο κανονικοποίηση και προσδιορισμός σημαντικότητας, βήματα τα οποία είναι προαιρετικά και όχι υποχρεωτικά. Η κανονικοποίηση παρέχει τις βάσεις σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να γίνει η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων των περιβαλλοντικών κατηγοριών ευρείας επίδρασης. Ενώ με το προσδιορισμό σημαντικότητας υπολογίζεται ένας συντελεστής βαρύτητας σε κάθε κατηγορία ανάλογα με το σημαντικότητα της.

#### 4. Αποτίμηση – Ερμηνεία (Interpretation)

Διάφορες αναλύσεις όπως, ανάλυση συνεισφορών, ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση αβεβαιότητας οδηγούν στο συμπέρασμα κατά πόσο οι φιλοδοξίες μας σύμφωνα με το πρώτο στάδιο του προσδιορισμού του σκοπού και του στόχου έχουν καλυφθεί. Στο στάδιο αυτό όλα τα συμπεράσματα καταγράφονται [Guinie, 2004].



Εικόνα 3. ΑΚΖ δομικών υλικών [tca.gov.bc.ca]

## 2.3 Εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η αρμόδια ευρωπαϊκή επιτροπή έχει συντάξει ένα κατάλογο με όλα τα διαθέσιμα εργαλεία, υπηρεσίες και βάσεις δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεκπεραίωση μια μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής

Πίνακας 3: [The European Commission's Directory of LCA services, 2007]

<b>ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ</b>			
AirConLCA	eVerdEE v.2.0	REGIS 2.3	TEAM™ 4.5
AIST-LCA Ver.4	GaBi 4.2	Sabento 1.1	TEAM™ Web Simulator
BEES 3.0d	GaBi DfX	SALCA-biodiversity 061	TESPI
CMLCA 4.2	GaBi lite	SALCA-crop 061	The Boustead Model 5.0.12
DPL 1.0	GEMIS version 4.4	SALCA-erosion 061	trainEE
e!Sankey 1.0	Green-E, version 1.0	SALCA-farm 1.31	Umberto 5.5
Eco-Quantum	KCL-ECO 4.0	SALCA-heavy metals 061	USES-LCA
EIME V2.4	LCA - Evaluator 2.0	SALCA-nitrate 061	Verdee
Environmental Impact Estimator V3.0.2	LEGEP 1.2	SALCA-soil quality 061	WAMPS, betaversion
EPD Tools Suit 2007	Modular MSWI Model 1.0	SankeyEditor 3.0	WISARD 4.0
eVerdEE v.1.0	Prototype Demolition Waste Decision Tool 1	SimaPro7	WRATE

## 2.4 SimaPro7

Το λογισμικό SimaPro7 δημιουργήθηκε και διατίθεται από την Pre Consultants B.V. Πρόκειται για ένα λογισμικό ευρέως διαδομένο, το οποίο διαθέτει μερικές πολύ εξειδικευμένες διεργασίες παραμένοντας όμως αρκετά εύχρηστο. Παρέχει τη δυνατότητα παράλληλης μελέτης διαφορετικών μεθόδων ανάλυσης αντίκτυπου ζωής (LCIA). Επίσης διαθέτει εργαλεία τα οποία επιτρέπουν να οριστεί ο κύκλος ζωής με περισσότερη ακρίβεια προσθέτοντας τα σημαντικότερα δεδομένα, ενώ είναι αρκετά εύχρηστο στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων καθώς εμφανίζει ως αποτελέσματα σημαντικές πληροφορίες όπως τις σημαντικότερες εκπομπές ή διαδικασίες κ.α. Διαθέτει μεγάλο όγκο διαθέσιμων δεδομένων καθώς υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων βιβλιοθηκών ταυτόχρονα.

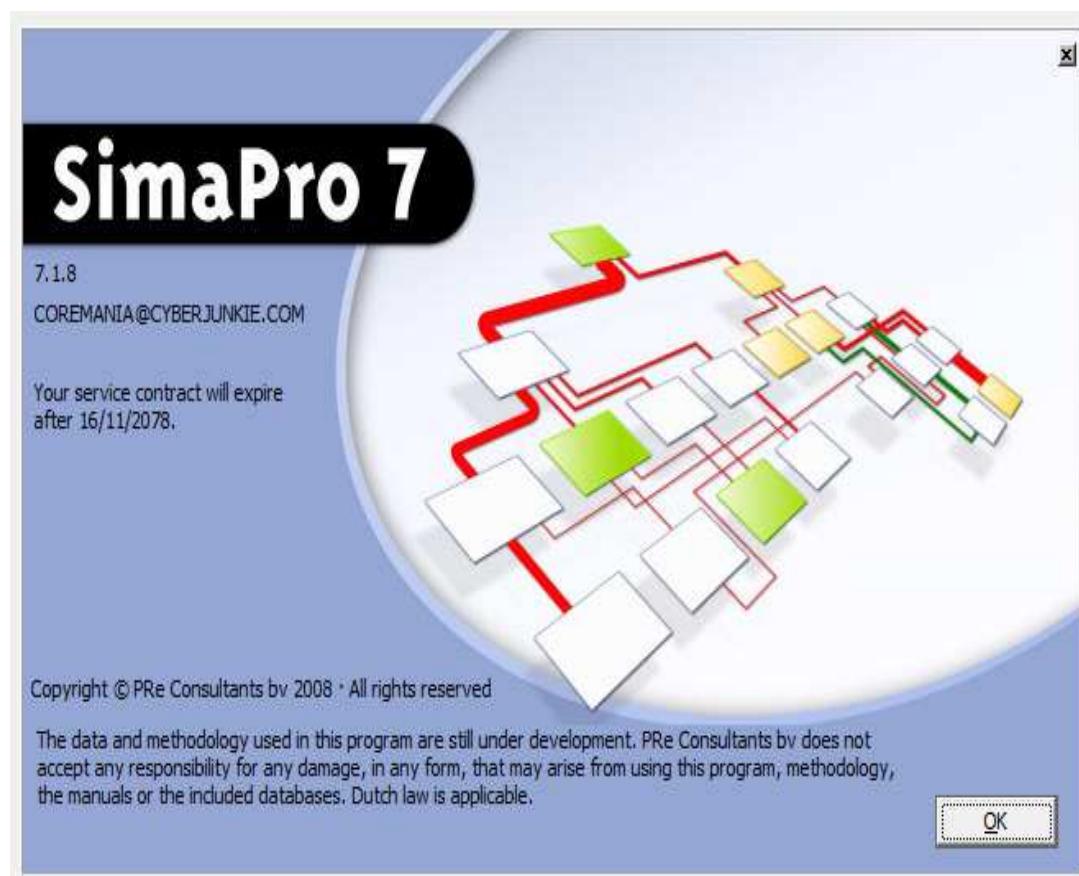
Το λογισμικό SimaPro7 παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης των δεδομένων χρησιμοποιώντας τα είτε ως σύστημα δεδομένων είτε ως ξεχωριστές μονάδες, τόσο στα δεδομένα εισόδου όσο και στα δεδομένα εξόδου. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων μπορεί να περιοριστεί αποφεύγοντας τη παρουσίαση δεδομένων εξόδου με πολύ μικρή συνεισφορά στο συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο με όρια που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης. Επίσης τα δεδομένα εξόδου κατατάσσονται ανάλογα με τον αποδέκτη των εκπομπών (εκπομπές σε υδάτινο περιβάλλον, εκπομπές στην ατμόσφαιρα και εκπομπές στο έδαφος), αλλά και ανάλογα με τον αποδέκτη των αποβλήτων με τη χρήση του εργαλείου διαχείρισης αποβλήτων. Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τις απαιτήσεις, είναι εφικτό να επιλέξουμε τη παρουσίαση μόνο των αποτελεσμάτων που συνεισφέρουν σε μία συγκεκριμένη κατηγορία ευρείας επίδρασης.

Στις εφαρμογές του λογισμικού περιέχονται περισσότερες από δέκα τυποποιημένες διεργασίες για το σχεδιασμό της ανάλυσης αντίκτυπου του κύκλου ζωής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενώ υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας νέας διεργασίας σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Μέσω του προγράμματος μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα από δύο ή περισσότερες εκδοχές του αντικειμένου μελέτης μας με διαφορετικές παραμέτρους

παραγωγής, καθώς τα γραφήματα των αποτελεσμάτων αναλύονται και παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων εκδοχών.

Τα υπάρχοντα δεδομένα των βιβλιοθηκών που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα είναι οργανωμένα σε ξεχωριστές βιβλιοθήκες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε διεργασία.

Εκτός από τη δυνατότητα ανάλυσης κύκλου ζωής ενός αντικειμένου περιέχονται και άλλα εργαλεία όπως Design for environment (DfE, DfR), Life cycle assessment (LCA), Life cycle costing (LCC), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle management (LCM), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle work environment (LCWE), Life cycle engineering (LCE), Product stewardship, supply chain management, Substance/material flow analysis (SFA/MFA) [The European Commission's Directory of LCA services, 2007].



Εικόνα 4. Simapro 7

## 2.5 Που χρησιμοποιήθηκε (SimaPro 7)

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση του κύκλου ζωής των κυριοτέρων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται ευρέως στην περιοχή της Κρήτης και ειδικότερα στα Χανιά, τα οποία προορίζονται για την κατασκευή μιας μονοκατοικίας 80 m<sup>2</sup>. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι κύκλοι ζωής του σκυροδέματος, του χάλυβα, του τούβλου, του ξύλου, του αλουμινίου, των πλακιδίων, του γυαλιού, των μονώσεων και των χρωμάτων, από τη εξόρυξη των πρώτων υλών τους μέχρι την τοποθέτηση τους εδώ για τη κατασκευή της υπό μελέτης μονοκατοικίας και την ανακύκλωση τους (ενδεχομένως).

Για τον κύκλο ζωής του κάθε υλικού από τα ανωτέρω, μελετήθηκαν πιστά τα εξής στάδια. Τα στάδια αυτά είναι:

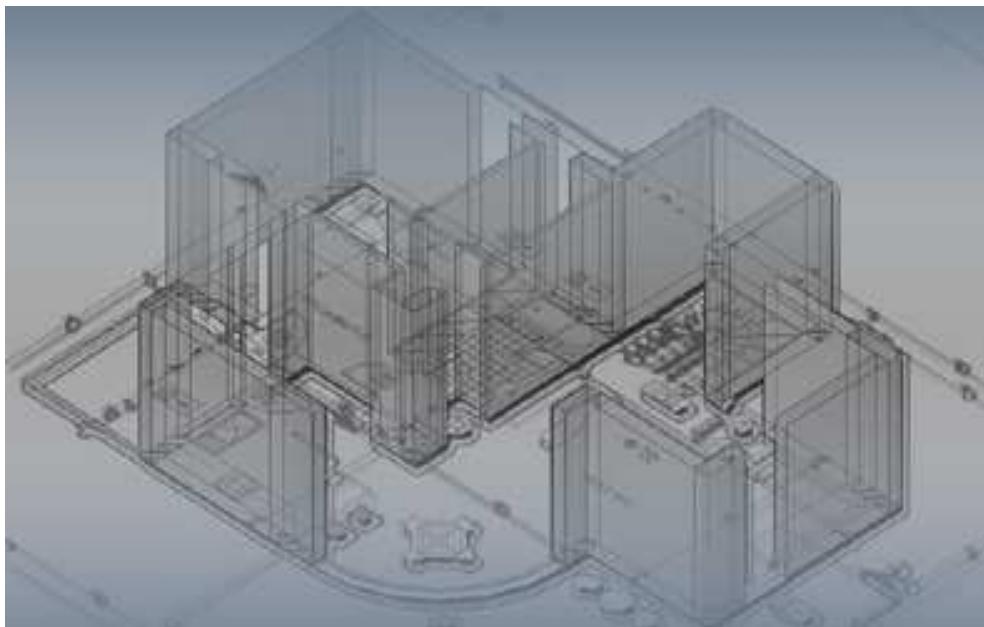
1. Εξόρυξη πρώτων υλών
2. Μεταφορά πρώτων υλών στο εργοστάσιο
3. Επεξεργασία πρώτων υλών στο εργοστάσιο
4. Μεταφορά από το εργοστάσιο στον τόπο κατασκευής
5. Κατασκευή
6. Καταστροφή
7. Ανακύκλωση

## 2.6 Ορισμός κύκλου ζωής

Ο κύκλος ζωής των δομικών υλικών της μονοκατοικίας μας ορίστηκε ως εξής.  
Αρχικά χωρίσαμε την κατασκευή σε 4 κομμάτια όπως:

- 1. Το πλαίσιο**
- 2. Τα πατώματα**
- 3. Οι τοίχοι**
- 4. Τα κουφώματα**

Κάθε κομμάτι περιλαμβάνει συγκριμένα υλικά. Ειδικότερα, στο πλαίσιο περιλαμβάνονται το οπλισμένο σκυρόδεμα (σκυρόδεμα, χάλυβας), τα τούβλα, οι μονώσεις και τα χρώματα, στα πατώματα περιλαμβάνονται το ξύλο και το πλακάκι, στους τοίχους τα πλακάκια και στα κουφώματα το ξύλο, το αλουμίνιο και το γυαλί. Στη συνέχεια εργαστήκαμε στο κάθε κομμάτι από αυτά ξεχωριστά και αναλύσαμε τον κύκλο ζωής των υλικών που περιλαμβάνονται ειδικά για την συγκεκριμένη κατασκευή και πάντοτε με γνώμονα τα δεδομένα που ισχύουν στην χώρα μας. Παρακάτω σας παρουσιάζουμε αναλυτικά το διάγραμμα ροής της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής των υλικών μας.



Εικόνα 5. 3D απεικόνιση κτιρίου [art-cad.gr]

## 2.7 Διεθνής επιστημονική εμπειρία

Η AKZ αποτελεί ένα πρόσφατο εργαλείο, ολοκληρωμένες έρευνες έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία χρόνια, οπότε η σχετική διεθνής εμπειρία που να αναφέρεται σε θέματα παρόμοια με το δικό μας είναι σχετικά περιορισμένη. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα αποτελέσματα των αναλύσεων κύκλων ζωής διαφόρων δομικών υλικών δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ τους και αυτό διότι λίγο πολύ η διαδικασία που ακολουθείται για την παραγωγή δομικών υλικών σε όλο τον κόσμο είναι περίπου η ίδια. Εντούτοις κάποιες διαφοροποιήσεις είναι λογικό να υπάρχουν σε πολλές περιπτώσεις. Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στα διαφορετικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση καθώς και σε διαφορές που υπάρχουν στα χωρικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά σε διάφορα μέρη ανά τον κόσμο.

Οι Bill Buckland και Ulrika Fernstrom έκαναν AKZ σε ένα στάδιο στην Αυστραλία. Ο στόχος ήταν να υπολογιστούν οι επιδράσεις του κτιρίου στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του με σκοπό να προσπαθήσουν να τις ελαχιστοποιήσουν. Μέσα από την AKZ καταφέρανε να μειώσουν τη συνολική ενεργειακή του κατανάλωση κατά 30% και αργότερα κάνοντας χρήση φυσικού αερίου στο το ποσοστό αυτό έφτασε στο 37%. Επίσης καταφέρανε μείωση χρήσης του νερού σε ποσοστό 13%

Οι Harrington L., Foster R., Wilkenfeld G., Treloar G.J έκαναν AKZ σε τρείς διαφορετικές περιπτώσεις κτιρίων στην Αυστραλία, σπίτια, γραφεία και ξενοδοχεία για διαφορετικούς τύπους για το καθένα (μικρά-μέτρια-μεγάλα). Στόχος ήταν να υπολογιστούν οι ενέργειες που καταναλώνει ο κάθε τύπος κτιρίου σε συνάρτηση με τα δομικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένος, έτσι ώστε να γνωρίζουμε και τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που προκαλεί ο κάθε τύπος κτιρίου αλλά και να μπορέσουμε να βγάλουμε παράλληλα χρήσιμα συμπεράσματα και για την επιλογή των υλικών.

Το έγγραφο παρουσιάζει μια αξιολόγηση των κύκλων ζωής ενός πίνακα μόνωσης kenaf-ινών μετά από τα διεθνή πρότυπα του ISO 14040 σειρές. Κάθε βήμα κύκλου της ζωής έχει ελεγχθεί, από kenaf την παραγωγή και την κατασκευή πινάκων από μια ιταλική εταιρία, για να χρησιμοποιήσει και τη διάθεση.

Οι F. Arbente και M. Beccali, χρησιμοποίησαν το εργαλείο της AKZ στην Ιταλία για ένα συγκεκριμένο τύπο πίνακα μόνωσης κτιρίων. Ο στόχος ήταν να αξιολογηθεί ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του συγκεκριμένου πίνακα μόνωσης και να συγκριθεί, βάσει μιας προσέγγισης κύκλου της ζωής, η ενέργεια και τα περιβαλλοντικά οφέλη και τα μειονεκτήματα σχετικά με τον κοινό τύπο μόνωσης σε μια χαρακτηριστική κατοικία, ενώ πραγματοποήθηκε και σύγκριση μεταξύ των διάφορων μονωτικών πρώτων υλών που χρησιμοποίηθηκαν. Η μελέτη εστίασε επίσης στις διαδικασίες που έλαβαν χώρα και επέδειξε τα υλικά εισαγωγής που έχουν τις κύριες περιβαλλοντικές επιδράσεις του προϊόντος, καθώς επίσης επισήμανε τα βήματα του κύκλου ζωής με τις υψηλότερες δυνατότητες βελτίωσης.

Στην Αυστραλία επίσης, είναι έτοιμο να ξεκινήσει πρόγραμμα αξίας 400.000\$ για να ενθαρρυνθεί το βιώσιμο σχέδιο στην αυστραλιανή κατοικία. Μια ομάδα έχει συμπληρώσει μια έκθεση κύριων σημείων σχετικά με τα εργαλεία ανάλυσης κύκλου της ζωής για το τμήμα του Hill. Ο στόχος του προγράμματος είναι να «πρασινίσει» τα κτίρια μέσα από το εργαλείο της AKZ έτσι ώστε να βελτιωθεί η περιβαλλοντική απόδοση στον τομέα του κτηρίου και της οικοδόμησης, με την προώθηση της αξιολόγησης των κύκλων ζωής (LCA) ως εργαλείο για να αξιολογήσει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις των οικοδομικών υλικών και των συστημάτων οικοδόμησης στην Αυστραλία.

Οι P. H. Scaife και R. J. Smith το 1993 εφάρμοσαν το εργαλείο της AKZ για ένα συγκεκριμένο τύπο χάλυβα (BlueScope). Η μελέτη αυτή έβγαλε χρήσιμα συμπεράσματα και για το προϊόν και για την αξιολόγηση της διαδικασίας. Εξετάστηκαν οι υλικές χρήσεις και οι εκπομπές όσον αφορά το συγκεκριμένο προϊόν, από τις πρώτες ύλες έως και το τέλος της ζωής του. Αξιολογήθηκαν το αντίκτυπο του προϊόντος και των διαδικασιών παραγωγής του στο περιβάλλον, από τη μεταλλεία του άνθρακα και του μεταλλεύματος που πηγαίνει στην παραγωγή του σιδήρου μέσω της χαλυβουργίας και των διαδικασιών παραγωγής, έως και την διάθεση με τις διαδικασίες όπως η ανακύκλωση στο τέλος της χρήσιμης ζωής ενός προϊόντος. Η μελέτη αυτή εξήγαγε χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά τους εξής τομείς:

- Απόβλητα που παράγονται κατά τη διάρκεια της παραγωγής
- Ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής και της χρήσης του προϊόντος
- Κατανάλωση γλυκού νερού κατά τη διάρκεια της παραγωγής
- Ποσοστό ανακύκλωσης προϊόντος.

Οι Su Xing, Zhang X and Gao Jun—το 2000 στην Κίνα έκαναν ΑΚΖ σε δύο διαφορετικά κτίρια κατασκευασμένα το ένα από χάλυβα και το άλλο από σκυρόδεμα, που στεγάζονται γραφεία στην πόλη της Σαγκάης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το κτίριο με το χαλύβδινο σκελετό κτήριο είναι ανώτερο από το κτίριο από σκυρόδεμα στους ακόλουθους δύο δείκτες, την κατανάλωση ενέργειας και τις περιβαλλοντικές εκπομπές αερίων και σωματιδίων. Διαπιστώνεται ότι η κατανάλωση ενέργειας στον κύκλο ζωής των οικοδομικών υλικών ανά  $m^2$  στο κτίριο με τον χαλύβδινο σκελετό είναι στο ποσοστό της τάξης του 24.9%, ίδια σχεδόν με αυτή στην περίπτωση του κτιρίου από σκυρόδεμα, ενώ στη φάση της χρήσης, η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές του κτιρίου με χαλύβδινο σκελετό είναι και οι δύο μεγαλύτερες από εκείνες του κτιρίου από σκυρόδεμα. Κατά συνέπεια, μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και λιγότερες περιβαλλοντικές εκπομπές επιτυγχάνονται από το κτίριο που είναι κατασκευασμένο από σκυρόδεμα έναντι του κτιρίου με το χαλύβδινο σκελετό σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της οικοδόμησης.

Τέλος, οι Daniel Kellenberger—και Hans-Jörg Althaus το 2008 έκαναν μια λεπτομερή ανάλυση, αξιολόγηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων των κύκλων (LCA) ζωής των διαφορετικών τμημάτων μιας οικοδομής (π.χ. ξύλινος τοίχος, στέγη από σκυρόδεμα) συμπεριλαμβανομένων όλων των υλικών και των διαδικασιών παραγωγής. Ο κύριος στόχος είναι ο προσδιορισμός της σχετικότητας των υλικών και των διαδικασιών έτσι ώστε κατά την φάση της οικοδόμησης να έχουμε το καλύτερο περιβαλλοντικό αποτέλεσμα με την λιγότερη δυνατή προσπάθεια. Η ΑΚΖ γίνεται σε συγκεκριμένες φάσεις όπως π.χ. στις μεταφορές των οικοδομικών υλικών από την πύλη εργοστασίων έως την περιοχή κτιρίου, στην παραγωγή των υλικών, στην ίδια τη διαδικασία της οικοδόμησης καθώς και στα σχετικά απόβλητα που προκύπτουν. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μεταφορές και η παραγωγή των υλικών είναι οι φάσεις με τις μεγαλύτερες

σχετικά περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, ενώ η διαδικασία οικοδόμησης και τα απόβλητα συνεισφέρουν ελάχιστα και στην μπορούν να παραμεληθούν. Όσο βαρύτερα είναι τα χρησιμοποιημένα υλικά τόσο περισσότερες μεταφορές γίνονται και τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή αυτών στα αποτελέσματα LCA. Η επιρροή της φάσης παραγωγής των υλικών είναι μεγαλύτερη από την φάση των μεταφορών.



Εικόνα 6. Διεθνής Εμπειρία [<http://amadeo.blog.com/repository/1040625/2890258.jpg>]

### 3. ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SIMAPRO7

#### 3.1 Επιλογή λογισμικού

Για την ΑΚΖ στη παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε το λογισμικό SimaPro7. Πρόκειται για εργαλείο ευρέως διαδεδομένο, από τα πλέον αξιόπιστα στη κατηγορία του καθώς προτιμάται τόσο από επαγγελματικούς αλλά και ερευνητικούς φορείς. Κυριότερα πλεονεκτήματα του είναι ο μεγάλος αριθμός βιβλιοθηκών βάσεις δεδομένων καθώς και η δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, ως προς το περιβαλλοντικό φορτίο. Τέλος αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο παρόλη τη πληθώρα επιλογών ως προς τις διεργασίες που προσφέρει.

#### 3.2 Μεθοδολογία

Το λογισμικό SimaPro7 περιέχει διάφορες μεθόδους αποτίμησης αντίκτυπου. Η βασική δομή των μεθόδων αποτίμησης αντίκτυπου είναι οι εξής :

1. Characterisation – Χαρακτηρισμός
2. Damage Assessment – Αποτίμηση βλάβης
3. Normalisation – Κανονικοποίηση
4. Weighting – Στάθμιση

Εκτός από το πρώτο βήμα τα επόμενα τρία είναι προαιρετικά σύμφωνα με τα πρότυπα ISO, επομένως δεν είναι διαθέσιμα και τα τέσσερα βήματα σε όλες τις μεθόδους που προσφέρονται για την αποτίμηση.

1. Characterisation – Χαρακτηρισμός

Οι ουσίες που συνεισφέρουν σε μια κατηγορία ευρείας επίδρασης πολλαπλασιάζονται με κάποιο αντίστοιχο συντελεστή (Characterisation Factor) ο οποίος εκφράζει το βαθμό συνεισφοράς της εκάστοτε ουσίας στην αντίστοιχη

κατηγορία επίδρασης. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε δείκτες κατηγορίας ευρείας επίδρασης (Impact Category Indicators)

## 2. Damage Assessment – Αποτίμηση Βλάβης

Σκοπός του συγκεκριμένου βήματος είναι ο συνδυασμός ενός αριθμού δεικτών κατηγορίας ευρείας επίδρασης σε μια ευρύτερη κατηγορία βλάβης (Damage Category). Συνοψίζοντας τις επιβαρύνσεις σε συγκεκριμένες ευρύτερες κατηγορίες είναι ευκολότερο να αξιολογήσουμε τη συνολική επιβάρυνση που προκαλείται από κάθε κατηγορία ευρείας επίδρασης στις κατηγορίες βλάβης.

## 3. Normalisation – Κανονικοποίηση

Στο βήμα αυτό δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης των δεικτών κατηγορίας ευρείας επίδρασης με καθορισμένο σημείο αναφοράς. Η σύγκριση αυτή επιτυγχάνεται διαιρώντας τους δείκτες με το σημείο αναφοράς, ανάγοντας έτσι όλους τους δείκτες στην ίδια μονάδα μέτρησης. Το βήμα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρώτο βήμα, όσο και από αυτά που προκύπτουν από το δεύτερο. Ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιείται ευρέως το μέσο ετήσιο περιβαλλοντικό φορτίο ανά χώρα ή ήπειρο, διαιρούμενο με τον αντίστοιχο πληθυσμό.

## 4. Weighting – Στάθμιση

Τέλος στο βήμα αυτό μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε τα δεδομένα που έχουμε, είτε τους δείκτες κατηγορίας ευρείας επίδρασης είτε τους αντίστοιχους δείκτες από τις κατηγορίες βλάβης (Damage Category Indicators) με ένα συντελεστή στάθμισης (weighting factor), προσθέτοντας τα νέα αποτελέσματα ώστε να έχουμε ένα συνολικό τελικό αποτέλεσμα. Το βήμα αυτό έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί σε κανονικοποιημένα ή μη δεδομένα.

Η μέθοδος σύγκρισης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων που επιλέχθηκε είναι η Eco – Indicator 99 v2.1. Βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης και των τεσσάρων βημάτων που αναλύθηκαν προηγουμένως, προσφέροντας περισσότερα στοιχεία αλλά και μία πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Πρέπει να αναφέρουμε πως από τις μεθόδους που προσφέρονται είναι η μοναδική που παρέχει τη δυνατότητα χρήσης και των τεσσάρων αυτών βημάτων.

Η μέθοδος Eco – Indicator 99 v2.1 συμπεριλαμβάνει επιπλέον τη δυνατότητα ανάλυσης μέσω του βήματος της αποτίμησης βλάβης. Οι κατηγορίες οι οποίες επιλέχθηκαν ως κυριότεροι αποδέκτες των περιβαλλοντικών φορτίων είναι οι εξής:

1. Damage to Human Health – Βλάβες στην Ανθρώπινη υγεία

Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως αριθμό ετών ζωής που χάθηκαν και αριθμό ετών ζωής σε αναπηρία. Από το συνδυασμό αυτών προκύπτει η αντίστοιχη μονάδα μέτρησης DALY ( Disability Adjusted Life Years)

2. Damage to Ecosystem Quality – Βλάβες στην Ποιότητα Οικοσυστήματος

Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως αριθμό ειδών που εξαφανίσθηκαν σε καθορισμένη περιοχή για καθορισμένο χρόνο.

3. Damage to Resources – Βλάβες στους Πόρους

Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως πλεόνασμα ενέργειας που απαιτείται για μελλοντική εξαγωγή ορυκτών καυσίμων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η AKZ των κυριοτέρων δομικών υλικών από ελληνικές πρώτες ύλες, σε ελληνικές συνθήκες, καθώς και η μελέτη εναλλακτικών σεναρίων για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από τους συγκεκριμένους κύκλους ζωής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της εργασίας ήταν η εξής:

- Σχεδιασμός του κύκλου ζωής του για κάθε ένα από τα δομικά υλικά μας βάση της ελληνικής πραγματικότητας και σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης.
- Συλλογή πληροφοριών από εργοστάσια παραγωγής δομικών υλικών και από τοπικούς εμπόρους και επιχειρηματίες.
- Ορισμός των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στη δομή των κύκλων ζωής σύμφωνα με τα παραπάνω
- Προσομοίωση και σύγκριση των αποτελεσμάτων με την διεθνή πραγματικότητα.
- Μελέτη εναλλακτικών σεναρίων για μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Συζήτηση των αποτελεσμάτων

### 3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που συλλέξαμε, η ορυκτολογική σύσταση του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή κτηρίων στα Χανιά είναι η εξής:

Για 1.000 kg σκυροδέματος έχουμε\*:

- 168 kg τσιμέντο κοινό τύπου Portland
- 467 kg λεπτόκοκκα αδρανή (άμμος)
- 249 kg χονδρόκοκκα αδρανή (χαλίκι)
- 91 kg νερό
- 0,6 kg επιβραδυντή
- 25 kg ρευστοποιητή

\* Γλυνιαδάκης Κωνσταντίνος-Εμπειροτέχνης Εργολάβος Μηχανικός [προσωπική συνέντευξη]

Για μία μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> θα χρειαστούμε συνολικά 100 m<sup>3</sup> σκυρόδεμα, δηλαδή 240.000 kg σκυρόδεμα\*\*.

\*\*Το βάρος του νωπού σκυροδέματος είναι 2.400 kg/m<sup>3</sup> [experts.path..er.gr, accessed 3/5/2009]

#### 3.3.1) Τσιμέντο

Η ορυκτολογική σύσταση του τσιμέντου που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του σκυροδέματος έχει ως εξής:

Για 1.000 kg τσιμέντο (σε μορφή σκόνης) τύπου Portland έχουμε: [titan.gr, accessed 3/5/2009]

- 25 kg γύψο από το έδαφος
- 975 kg Clinker

Το Clinker είναι υλικό, το οποίο δημιουργείται από το ψήσιμο διαφόρων πετρωμάτων σε υψηλόμινο και αποτελείται από γκριζοπράσινους κόκκους 5 έως 20 mm.

Αναλυτικά η διαδικασία παραγωγής είναι η ακόλουθη [titan.gr, accessed 3/5/2009]:

- 1) Οι εξορυσσόμενες πρώτες ύλες φορτώνονται με τη βοήθεια φορτωτή σε φορτηγά αυτοκίνητα και μεταφέρονται στο χώρο θραύσης τους.
- 2) Τα υλικά θραύονται σε μεγάλους θραυστήρες σε τεμάχια, συνήθως < 30 mm.
- 3) Οι θραυσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται χωριστά ανά κατηγορία με ταυτόχρονη ανάμιξη διαφορετικών πτοιοτήτων σε ειδικές αποθήκες προομοιογενοποίησης.
- 4) Μετά την προομοιογενοποίηση οι πρώτες ύλες αποθηκεύονται σε ξεχωριστά για κάθε τύπο υλικού σιλό και από εκεί τροφοδοτούνται στους μύλους άλεσης σε αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη δοσολογία.
- 5) Η ξήρανση και η άλεση γίνονται σε οριζόντιους ή κατακόρυφους μύλους. Οι οριζόντιοι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι, με ισχυρή εσωτερική μεταλλική θωράκιση και περιέχουν πολλούς τ από χαλύβδινες σφαίρες (αλεστικά σώματα). Κατά την περιστροφική κίνηση των μύλων οι σφαίρες συνθλίβουν τις πρώτες ύλες σε κόκκους κατάλληλης διαμέτρου. Οι κατακόρυφοι μύλοι κονιορτοποιούν το υλικό συμπιέζοντας το με κωνικούς ρόλους πάνω σε μία χαλύβδινη περιστρεφόμενη τράπεζα. Η ξήρανση επιτυγχάνεται αξιοποιώντας τα θερμά αέρια που εκλύονται από τους κλίβανους. Το προϊόν των μύλων ονομάζεται φαρίνα.
- 6) Η φαρίνα οδηγείται σε ειδικά σιλό όπου συντελείται η ομιογενοποίηση.
- 7) Μετά την ομιογενοποίηση η φαρίνα οδηγείται στον περιστροφικό κλίβανο όπου μετατρέπεται σε Clinker. Οι περιστροφικοί κλίβανοι είναι περιστρεφόμενοι οριζόντιοι μεταλλικοί κύλινδροι διαμέτρου 3-5 μέτρων και

μεγάλου μήκους με μία μικρή κλίση προς την έξοδο του υλικού και λόγω των υψηλών θερμοκρασιών έχουν εσωτερική επένδυση από ειδικά πυρίμαχα τούβλα. Η φαρίνα πριν την είσοδο της στον κλίβανο υφίσταται μια προοδευτική θέρμανση έως τους  $900^{\circ}\text{C}$  στον προθερμαντή καθώς έρχεται, κατ' αντίρροή, σε επαφή με τα θερμά αέρια που εξέρχονται από τον κλίβανο. Ο προθερμαντής αποτελείται από συστοιχία κυκλώνων τοποθετημένων κατακόρυφα και είναι σε σειρά με τον κλίβανο. Στον περιστροφικό κλίβανο ολοκληρώνονται οι χημικές αντιδράσεις δημιουργίας του κλίνκερ καθώς εκεί επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες έως  $2.000^{\circ}\text{C}$ .

- 8) Το τσιμέντο ως τελικό προϊόν είναι μία πολύ λεπτή σκόνη. Για την δημιουργία του απαιτείται συνάλεση κλίνκερ, γύψου και ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών σε μύλους ανάλογους με αυτούς της φαρίνας. Η δοσολογία των πρώτων υλών είναι αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη. Οι διάφοροι τύποι τσιμέντων και το επίπεδο αντοχών τους, που αποτελεί και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, διαμορφώνονται από τη χημική σύσταση του κλίνκερ, το βαθμό άλεσης του τσιμέντου και την παρουσία ή όχι διαφόρων πρόσθετων.
- 9) Το τσιμέντο διατίθεται στην κατανάλωση χύμα ή σε σακί. Οι μεγαλύτερες ποσότητες διατίθενται χύμα με ειδικά σιλοφόρα αυτοκίνητα ή πλοιά.

## Μεταφορά

Εργοστάσια παραγωγής σκόνης τσιμέντου στην περιοχή της Κρήτης δεν υπάρχουν, οπότε η έτοιμη σκόνη τσιμέντου φθάνει εδώ από την Αθήνα. Συγκεκριμένα εμείς επιλέξαμε το εργοστάσιο της TITAN A.E σαν προμηθευτή σκόνης τσιμέντου και σαν παραλήπτη αυτής την εταιρία ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ A.E, η οποία έχει έδρα στα Χανιά και δραστηριοποιείται στην ευρύτερη περιοχή της Δ. Κρήτης. Το εργοστάσιο παραγωγής σκόνης τσιμέντου της TITAN βρίσκεται στην περιοχή της Ελευσίνας. Από εκεί μεταφέρεται η σκόνη τσιμέντου σε σακιά με φορτηγά οχήματα στον Πειραιά. Στη συνέχεια καταφθάνει με πλοίο στο λιμάνι της Σούδας και από εκεί τα φορτηγά οχήματα πηγαίνουν στο εργοστάσιο της

ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ στης Μουρνιές Χανίων για να πραγματοποιηθεί η παραγωγή του σκυροδέματος. Συνεπώς, η συνολική απόσταση που διανύεται είναι 318 km. Αναλυτικά στην διαδρομή Ελευσίνα-Πειραιάς-Σούδα-Μουρνιές κατανέμονται ως εξής [googlemaps-marinetric.com, accessed 5/5/2009]:

- Ελευσίνα-Πειραιάς 30 km.
- Πειραιάς-Σούδα 277 km
- Σούδα-Μουρνιές 11 km.

### **Κατανάλωση Ενέργειας**

#### Κατά τη μεταφορά

**Πίνακας 4.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΤΣΙΜΕΝΤΟ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά τσιμέντου</b> <b>1.000 kg</b>
<b>ΠΛΟΙΟ</b>	0,21 tkm
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	2,25 tkm

#### Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 4.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΤΣΙΜΕΝΤΟ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά τσιμέντου</b> <b>1.000 kg</b>
<b>Energy oil</b>	235 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b>	34 kWh

### 3.3.2) ΑΔΡΑΝΗ (ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ)

Τα αδρανή που χρησιμοποιούμε για την δημιουργία του σκυροδέματος, η άμμος και το χαλίκι δηλαδή, υφίστανται και αυτά με την σειρά τους συγκεκριμένη επεξεργασία. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Εξόρυξη από το νταμάρι
- Μεταφορά στο εργοστάσιο
- Σπάσιμο
- Κοσκίνισμα
- Πλύσιμο

Υπολογίσαμε ότι για τη δημιουργία 1 t καθαρής άμμου και καθαρού χαλικιού αντίστοιχα, έτσι ώστε αυτά με την σειρά τους να πάρουν μέρος στην δημιουργία του σκυροδέματος, πρέπει να πλύνουμε 1.064 kg «νταμαρίσιας» άμμου και 1.064 kg «νταμαρίσιου» χαλικιού αντίστοιχα. Η ακριβής αναλογία είναι η εξής:

1.064 kg άμμου πλένονται με 2.000 kg νερό και παίρνουμε 1 t καθαρή άμμο. Ομοίως εργαζόμαστε και για το χαλίκι.

#### **Μεταφορά**

Η εξόρυξη της άμμου και του χαλικιού στην περίπτωση την δική μας έλαβε χώρα στην περιοχή «Ταυρωνίτης» του νομού Χανίων. Η απόσταση Ταυρωνίτης–Μουρνιές όπου βρίσκεται το εργοστάσιο της ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ Α.Ε είναι 20 km και η μεταφορά τους γίνεται με φορτηγά οχήματα.

#### **Κατανάλωση Ενέργειας**

##### Κατά τη μεταφορά

**Πίνακας 4.3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΧΑΛΙΚΙ]**

Ενεργειακές απαίτησεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	Κατανάλωση σε tkm ανά 1 t άμμου	Κατανάλωση σε tkm ανά 1 t χαλικιού
<b>ΑΔΡΑΝΗ</b>	AMMOΣ	ΧΑΛΙΚΙ
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	320 tkm	320 tkm

### Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 4.4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΧΑΛΙΚΙ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	Κατανάλωση σε kWh ανά 1 t άμμου	Κατανάλωση σε kWh ανά 1 t χαλικιού
<b>ΑΔΡΑΝΗ</b>	AMMOS	ΧΑΛΙΚΙ
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο Energy (Electricity MV use in GR)</b>	4,44 kWh	4,44 kWh

### **3.3.3) ΧΑΛΥΒΑΣ**

Αυτό που χαρακτηρίζει το σκυρόδεμα ως «οπλισμένο», είναι η αρμονική ένωση του με το χάλυβα, με συνέπεια το υλικό που δημιουργείται (οπλισμένο σκυρόδεμα) να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στο τομέα των κτιρίων και των κατασκευών.

Η ορυκτολογική σύσταση του χάλυβα που χρησιμοποιήσαμε είναι η ακόλουθη:

**Για 1 kg έχουμε:**

- 0,95 kg σίδερο
- 0,01 kg μαγγάνιο
- 0,006 kg σιλικόνη
- 0,006 kg χαλκό
- 0,0005 kg φώσφορο
- 0,0005 kg οξείδια του φωσφόρου
- 0,027 kg άνθρακα
- 

Η συνολική ποσότητα σε χάλυβα που θα χρειαστούμε για την μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> που μελετάμε είναι 12.000 kg.

\*Η αναλογία kg οπλισμού/ m<sup>3</sup> είναι 120 kg/m<sup>3</sup> [michanikos.gr, accessed 5/5/2009]

### **Μεταφορά**

Ο χάλυβας επεξεργάζεται στο εργοστάσιο μέχρι να πάρει την μορφή ράβδου. Από εκεί πακετάρεται σε στήλες ράβδων και η διαδρομή που ακολουθεί μέχρι να φτάσει στο εργοστάσιο της Κρέτα Μετάλ Α.Ε. είναι παρόμοια με αυτή της σκόνης τσιμέντου μιας και οι τοποθεσίες των εργοστασίων συμπίπτουν. Συνεπώς ξεκινάει από το εργοστάσιο της ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗΣ Α.Ε στην Ελευσίνα με προορισμό αρχικά τον Πειραιά. Από εκεί φορτώνεται σε πλοία και καταφθάνει στο λιμάνι της Σούδας. Τελικός προορισμός είναι το Δαράτσο Νομού Χανίων όπου εδρεύει το εργοστάσιο της Κρέτα Μετάλ Α.Ε.

Αναλυτικά σε km [googlemaps-marinetransport.com, accessed 9/5/2009] :

- Ελευσίνα-Πειραιάς 30 km
- Πειραιάς-Σούδα 277 km
- Σούδα-Δαράτσο 4 km

### **3.3.4) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

Η σύσταση που προκύπτει ύστερα από τις επεξεργασίες όλων των παραπάνω υλικών για το οπλισμένο σκυρόδεμα που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή της μονοκατοικίας είναι η εξής:

Για 1.000 kg οπλισμένου σκυροδέματος έχουμε:

- 950 kg σκυρόδεμα (η ορυκτολογική σύσταση του οποίου αναφέρεται λεπτομερώς στην αρχή του κεφαλαίου)
- 50 kg χάλυβας

### **Μεταφορά**

Η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με ειδικά φορτηγά οχήματα τα οποία φέρουν επάνω τους περιστρεφόμενο αναδευτήρα στον οποίο μέσα βρίσκεται το μίγμα του σκυροδέματος σε υγρή μορφή. Η διαδρομή είναι Μουρνιές-Χανιά και η απόσταση είναι 4 km. Οι ράβδοι του χάλυβα μεταφέρονται στο σημείο κατασκευής με φορτηγά οχήματα. Η διαδρομή είναι Δαράτσο-Χανιά και η απόσταση είναι 4 km επίσης.

## Κατανάλωση Ενέργειας

### Κατά την μεταφορά

Πίνακας 5.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ]

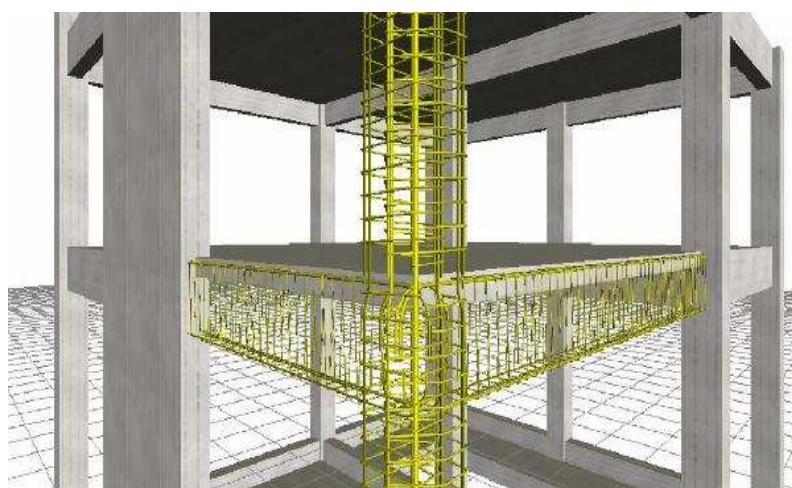
Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg οπλισμένου συροδέματος</b>	<b>Κατανάλωση σε L ανά 1.000 kg οπλισμένου σκυροδέματος</b>
<b>Diesel</b>		4 l
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	320 tkm	

\*Η περιστροφή του αναδευτήρα του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με κατανάλωση καυσίμου και όχι με ηλεκτρικό ρεύμα.

### Στο εργοστάσιο

Πίνακας 5.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ]

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1.000 kg οπλισμένου σκυροδέματος</b>
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο Energy (Electricity MV use in GR)</b>	1,07kWh



Εικόνα 7. Οπλισμένο σκυρόδεμα [[www.e-meleti.com/sitebuilder/images/2-600x324.jpg](http://www.e-meleti.com/sitebuilder/images/2-600x324.jpg)]

### 3.4 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥΒΛΟΥ

Ο πιο κοινός τύπος τούβλου που χρησιμοποιείται σήμερα στις κατασκευές είναι τα 12οπα τούβλα. Τον συγκεκριμένο τύπο τούβλου επιλέξαμε κι εμείς για να μελετήσουμε την ανάλυση του κύκλου ζωής του.

Αναλυτικά οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενός τέτοιου τύπου τούβλου είναι οι εξής (για 1 kg):

- 0,0239 kg ασβεστόλιθος
- 0,0272 kg νερό
- 1,35 kg πυλός
- 0,0147 kg άμμος

Για την κατασκευή τους ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: Η πρώτη ύλη καθαρίζεται, ζυμώνεται με το νερό από ειδικούς κυλίνδρους, μπαίνει σε καλούπια ή πρέσες και παίρνει διάφορα σχήματα, ψήνεται στον ήλιο ή σε καμίνια ή σε θαλάμους ηλεκτρικούς. Στη συνέχεια πακετάρονται σε παλέτες των τετρακοσίων σαράντα (440) τεμαχίων συνήθως και μεταφέρονται στον τόπο κατασκευής. Όσον αφορά συγκεκριμένα την μονοκατοικία μας, ο αριθμός των τούβλων που θα χρειαστούμε συνολικά είναι 12 παλέτες, δηλαδή  $12 * 440 = 5.280$  τούβλα.

#### Μεταφορά

Οι πρώτες μεταφορές που λαμβάνουν χώρα στο κύκλο ζωής του τούβλου είναι αυτές που πραγματοποιούνται από και προς το εργοστάσιο με φορτηγά οχήματα για την μεταφορά των πρώτων υλών.

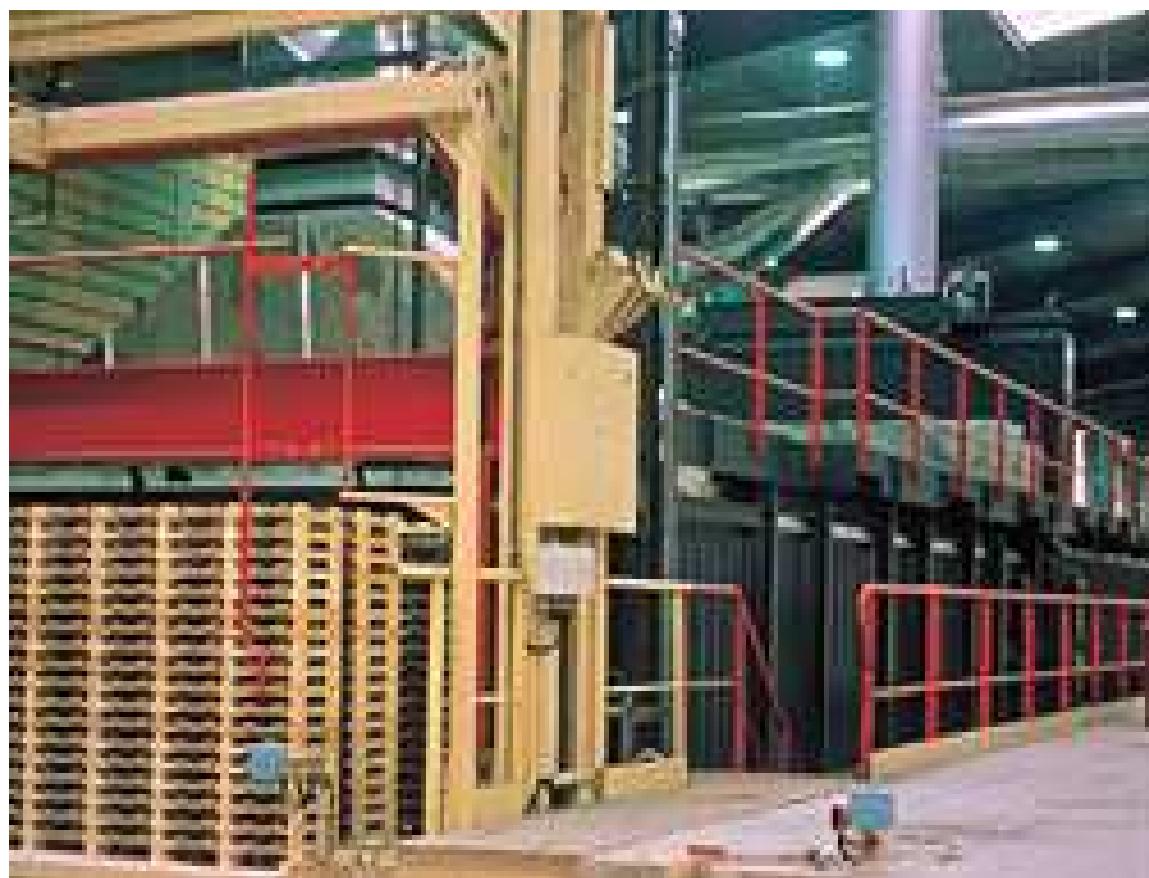
Εργοστάσια παραγωγής τούβλου στην περιοχή της Κρήτης υπάρχουν μόνο στις πόλεις του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου, συνεπώς για το χτίσιμο της μονοκατοικίας μας στα Χανιά, θα χρειαστεί να μεταφερθούν από εκεί. Εμείς επιλέξαμε την περίπτωση όπου οι τεχνητοί μας λίθοι (τούβλα) θα καταφθάσουν εδώ (Χανιά) από το Ηράκλειο. Η απόσταση Ηράκλειο – Χανιά είναι 138 km.

 **Κατανάλωση ενέργειας**

Κατά τη μεταφορά και την επεξεργασία στο εργοστάσιο

**Πίνακας 6: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά και κατά την επεξεργασία στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	Κατανάλωση σε tkm ανά 1 kg τούβλου	Κατανάλωση σε kWh ανά 1 kg τούβλου
<b>Diesel, burned in building machine</b>		0,00825 kWh
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	0,01877 tkm	
<b>Natural gas, high pressure, at consumer</b>		0,344 kWh
<b>Pulverised lignite</b>		0,0068 kWh



**Εικόνα 8. Εργοστάσιο επεξεργασίας τούβλου [staywithclay.gr]**

### 3.5 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ

Οι τύποι πλακιδίων που κυκλοφορούν στην αγορά τόσοι πολλοί που μπορούν να ικανοποιήσουν όλα τα γούστα και τις απαιτήσεις των αγοραστών. Εμείς προσπαθήσαμε να αναλύσουμε τον κύκλο ζωής του πιο κοινού τύπου πλακιδίου έτσι ώστε να έχουμε μια αρκετά αντιπροσωπευτική εικόνα για τις ενέργειες που καταναλώνονται.

Ο τύπος πλακιδίου που μελετήσαμε αποτελείται από τα εξής:

Για 1 kg πλακάκι έχουμε:

- 0,000389 kg οξείδιο του αργιλίου
- 0,000556 kg βαρίτης
- 0,489 kg πυλός
- 0,386 kg άστριος
- 0,00665 kg μόλυβδος
- 0,0773 kg ασβεστόλιθος
- 0,17 kg άμμος σιλικόνης
- 0,00611 kg νάτριο
- 0,0623 kg γυψομάρμαρο (στόκος)
- 0,000049 kg κασσίτερος
- 0,0184 kg οξείδιο του τιτανίου
- 0,00339 kg ψευδάργυρος
- 0,667 kg νερό

Η κατασκευή τους σήμερα γίνεται με τον εξής τρόπο: αρχικά χύνονται τα υλικά σε υγρή μορφή σε καλούπια και αποξηραίνονται, μετά γίνεται η επικάλυψη τους και μπαίνουν σε κλιβάνους όπου ψήνονται σε θερμοκρασίες >2.000 °C.

Για τη μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> που εξετάζουμε έχουμε προβλέψει να τοποθετήσουμε πλακίδια σε όλο τον χώρο του μπάνιου (τοίχοι - πάτωμα), σε όλα τα πατώματα πλην των υπνοδωματίων, καθώς και στους τοίχους και το πάτωμα της κουζίνας. Για το πάτωμα του μπάνιου επιλέξαμε πλακίδια διαστάσεων 30 cm x 30 cm, ενώ

για τους τοίχους του ιδίου χώρου επιλέξαμε πλακίδια διαστάσεων 20 cm x30 cm. Το πάτωμα του μπάνιου είναι 6 m<sup>2</sup> και ο κάθε τοίχος 3 m<sup>2</sup> Συνεπώς, υπολογίσαμε ότι χρειαζόμαστε 66 τεμάχια πλακιδίου 30 cm x 30 cm για τοποθέτηση στο πάτωμα του μπάνιου και 165 τεμάχια πλακιδίου 20 cm x30 cm για τοποθέτηση στους τοίχους. Όσον αφορά την κουζίνα, ο τοίχος που θέλουμε να «ντύσουμε» είναι 4 m<sup>2</sup> και επιλέξαμε πλακίδια διαστάσεων 10cm x10 cm. Οπότε για την κουζίνα χρειαστήκαμε 400 τεμάχια πλακιδίων διαστάσεων 10 cm x10 cm. Το πάτωμα της κουζίνας είναι μας είναι 15 m<sup>2</sup> και επιλέξαμε πλακίδιο διαστάσεων 30 cm x40 cm, πράγμα που σημαίνει ότι χρειαζόμαστε περίπου 105 τεμάχια. Το υπόλοιπο πάτωμα που απομένει (σαλόνι), είναι 35 m<sup>2</sup> και επιλέξαμε ομοίως πλακίδιο διαστάσεων 30 cm x40 cm, με αποτέλεσμα να χρειαστούμε περίπου 245 τεμάχια.

Αν λάβουμε υπ' όψιν μας ότι ένα πλακίδιο διαστάσεων 50\*50 cm ζυγίζει 0,75 kg [xfloor.gr, accessed 8/7/2009], τότε μπορούμε να υπολογίσουμε ότι συνολικά για την μονοκατοικία μας χρειαζόμαστε **372 kg** πλακιδίου και συγκεκριμένα:

- ✓ 33 kg πλακίδιο διαστάσεων 30\*30 cm
- ✓ 66 kg πλακίδιο διαστάσεων 20\*30 cm
- ✓ 245 kg πλακίδιο διαστάσεων 30\*40 cm
- ✓ 28 kg πλακίδιο διαστάσεων 10\*10 cm

### Μεταφορά

Ο τύπος πλακιδίου που επιλέξαμε να μελετήσουμε παράγεται και κατασκευάζεται στη περιοχή του Μπάρι (Bari) της Ιταλίας. Συνεπώς, το σύνολο των μεταφορών που λαμβάνουν χώρα γίνονται από οχήματα φορτωτές που μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο, από φορτηγά οχήματα που μεταφέρουν τα έτοιμα τεμάχια των πλακιδίων και από φορτηγά πλοία που μεταφέρουν τα έτοιμα πλακίδια από την Ιταλία (Μπάρι) στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Κρήτη (Χανιά). Η απόσταση Μπάρι (Bari) – Χανιά με το πλοίο είναι περίπου 1.000 km [[googlemaps-marinetrack.com](http://googlemaps-marinetrack.com), accessed 8/7/2009].

 **Κατανάλωση Ενέργειας**

Κατά τη μεταφορά

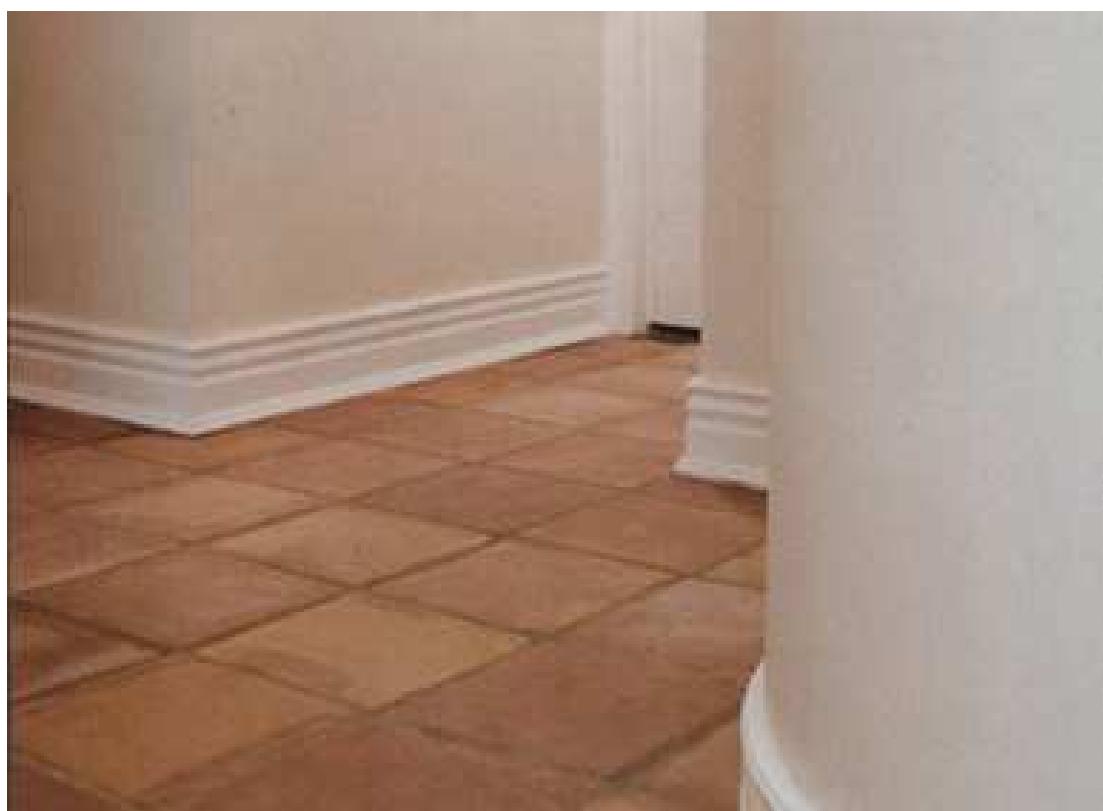
**Πίνακας 7.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΠΛΑΚΑΚΙ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 kg πλακιδίου</b>
<b>ΠΛΟΙΟ</b>	1 tkm
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	0,661 tkm

Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 7.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΠΛΑΚΑΚΙ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 kg πλακιδίου</b>
<b>Natural gas</b>	1,63 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b>	0,314 kWh
<b>Energy (Electricity MV use in IT)</b>	



**Εικόνα 9. Δάπεδο στρωμένο με πλακάκι [myworld.gr]**

### 3.6 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ-ΓΥΑΛΙΟΥ (ΚΟΥΦΩΜΑ)

Τα κουφώματα αλουμινίου κυκλοφορούν στην αγορά με διάφορες εμπορικές ονομασίες και ο καταναλωτής έχει να επιλέξει μέσα από μια μεγάλη ποικιλία σχεδίων και χρωμάτων. Η επιλογή του συστήματος πρέπει να γίνει αφού εξετασθούν από το χρήστη η το κατασκευαστεί παράγοντες όπως:

- Ιδιαιτερότητα της κατασκευής
- Διαστάσεις ανοίγματος
- Τύπος ανοίγματος (συρόμενο, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο, σταθερό κλπ)
- Λειτουργικότητα, ασφάλεια, αντοχή κλπ.

Εμείς επιλέξαμε έναν σχετικά κοινό τύπο κουφώματος αλουμινίου για την μονοκατοικία έτσι ώστε να έχουμε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα όσον αφορά τον κύκλο ζωής του αλουμινίου που προορίζεται για αυτό τον σκοπό.

Συγκεκριμένα το κούφωμα αλουμινίου που επιλέξαμε έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Για **1m<sup>2</sup>** κουφώματος έχουμε:

- Συνθετικό καουτσούκ 4,87 kg
- Ενισχυμένο χάλυβα 0,973 kg
- Φύλλο αλουμινίου 9,8 m<sup>2</sup>
- Μπάρα αλουμινίου 38 kg
- Μπάρα σιδήρου 0,975 kg
- Πλαστικό κάλυμμα 0,246 kg
- Πολυαιθυλένιο 0,2668 kg
- Ενισχυμένο φύλλο γυαλιού 5,27 kg
- Νάιλον 0,0146 kg
- Αλουμίνιο 39,7 kg
- Συγκολλητής μετάλλου 0,29 kg

Τα κουφώματα αλουμινίου που θα τοποθετηθούν στην μονοκατοικία μας είναι ένα (1) παράθυρο κουζίνας, ένα (1) παράθυρο μπάνιου, δύο (2) μπαλκονόπορτες για τα δύο υπνοδωμάτια (1+1) και μία (1) μπαλκονόπορτα στο σαλόνι. Υπολογίσαμε ότι το σύνολο των κουφωμάτων αλουμινίου της μονοκατοικίας μας σε  $m^2$  είναι 12,1 ( $m^2$ ). Συγκεκριμένα:

- 1,7  $m^2$  παράθυρο κουζίνας
- 0,8  $m^2$  παράθυρο μπάνιου
- 3,1  $m^2$  μπαλκονόπορτα υπνοδωματίου 1
- 3,1  $m^2$  μπαλκονόπορτα υπνοδωματίου 2
- 3,4  $m^2$  μπαλκονόπορτα σαλονιού

\*Πληροφορίες σχετικά με τις ακριβείς διαστάσεις των κουφωμάτων αλουμινίου:

<http://el.wikipedia.org/wiki/Κουφώματα> [Αξιόπιστη πηγή]

## Μεταφορά

Επιλέξαμε ως προμηθευτή κουφωμάτων αλουμινίου την εταιρία EURONORM, η οποία διαθέτει εργοστάσιο παραγωγής κουφωμάτων αλουμινίου στην Κρήτη και συγκεκριμένα στην περιοχή της Ιεράπετρας και προμηθεύει ολόκληρη την Κρήτη. Συνεπώς το σύνολο των μεταφορών που λαμβάνουν χώρα, γίνονται αποκλειστικά από φορτηγά οχήματα τα οποία μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο για τη κατασκευή των κουφωμάτων και στη συνέχεια μεταφέρουν τα έτοιμα κουφώματα από την Ιεράπετρα στα Χανιά. Η απόσταση Ιεράπετρα-Χανιά είναι 234km [[googlemaps-marinetrack.com](http://googlemaps-marinetrack.com), accessed 2/6/2009].

 **Κατανάλωση Ενέργειας**

Κατά την μεταφορά

**Πίνακας 8.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 m<sup>2</sup> κουφώματος αλουμινίου</b>
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	4,57 tkm

Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 8.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 m<sup>2</sup> κουφώματος αλουμινίου</b>
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b> <b>Energy (Electricity MV use in GR)</b>	1,27 kWh



**Εικόνα 10. Κούφωμα αλουμινίου [aluminium-katsoulakis.gr]**

### 3.7 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΞΥΛΟΥ

Τα προϊόντα του ξύλου χωρίζονται σε 2 κατηγορίες, την πριστή ξυλεία (πρωτογενή και δευτερογενή) και την βιομηχανική ξυλεία (κόντρα - πλακέ, νοβοπάν, MDF κλπ). Η παραγωγή ποιοτικών ξύλων, ξεκινάει στο δάσος. Εκεί τα κομμένα καθαρίζονται, συγκεντρώνονται και προωθούνται στα πριστήρια, δηλ. στα εργοστάσια κοπής. (Αξίζει να σημειωθεί ότι στη θέση των κομμένων δέντρων φυτεύονται σε όλες τις προηγμένες χώρες καινούργια, ώστε να αναπαραχθεί το δάσος και να αποκατασταθεί η φυσική ισορροπία, αλλά και να υπάρχει μετά από χρόνια νέο δάσος για υλοτόμηση.) Τα κομμένα, λοιπόν δέντρα, κόβονται είτε σαν αξεφάρδιστα (δηλ. με φλοιό στα χοντρητά τους), είτε σαν ξεφαδισμένα (με περισσότερα δηλαδή κοφίματα, γίνονται καθαρές τάβλες σε όλες τους τις πλευρές). Ακολουθεί ο αερισμός και η ξήρανση, η οποία μπορεί να γίνει είτε με φυσικό - τρόπο (που διαρκεί μέχρι και 4 χρόνια), είτε τεχνητά (σε ξηραντήρια), με χρόνο ξήρανσης 7 έως 10 ημέρες. Τίποτα σχεδόν δεν μένει ανεκμετάλλευτο από ένα κομμένο δέντρο. Η κορυφή μετατρέπεται συνήθως σε καυσόξυλα, ενώ το πιο κάτω από την κορυφή τμήμα του κορμού έχει πολλές διακλαδώσεις και χρησιμοποιείται για την παραγωγή κυτταρίνης και κόντρα - πλακέ. Το ακόμα πιο κάτω τμήμα έχει επίσης πολλές διακλαδώσεις, γι' αυτό και κόβεται μόνο σε απλά, ορθογωνισμένα ξύλα. Τα δε μεσαία και τα κατώτερα μέρη του κορμού, είναι αυτά που δίνουν τα υλικά στους ξυλουργούς, επαγγελματίες και ερασιτέχνες. Ανάλογα με το είδος του δέντρου, το τμήμα του κορμού και το σκοπό για τον οποίον προορίζεται το υλικό, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι κοπής, Παρατηρώντας την κυκλική, εγκάρσια τομή ενός κορμού, βλέπουμε εξωτερικά το φλοιό, στο κέντρο την λεγόμενη καρδιά ή ψίχα και ενδιάμεσα τους δακτυλίους που φανερώνουν την ηλικία του δέντρου. Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους κόβεται ένας κορμός είναι ή "κατά την ακτίνα" ή "κατά τη χορδή" του κύκλου. Τα σύγχρονα πριονιστήρια, λειτουργούν με απόλυτη ακρίβεια κοπής και προσφέρουν πλήρη αξιοποίηση του υλικού.

Τα είδη ξυλείας που μπορεί να επιλέξει ο καθένας σήμερα για το σπίτι του είναι πάρα πολλά, χαρίζοντας έτσι την πολυτέλεια της επιλογής και της ικανοποίησης του οποιουδήποτε γούστου. Ακολουθεί πίνακας που εμπεριέχει όλα τα είδη με βάση τον τύπο και την προέλευση.

**Πίνακας 9: Είδη ξυλείας ανά περιοχή προέλευσης [spitia.gr, accessed 15/6/2009]**

<b>Ελληνικά ξύλα :</b>	Πεύκο	Οξιά	Καρυδιά	Καστανιά	Ελιά
<b>Ευρωπαϊκά ξύλα:</b>	Οξιά	Δρυς	Καρυδιά	Σουηδικό Πεύκο	Έλατο
<b>Αμερικάνικα ξύλα :</b>	Pitotpaïn - Pitch Pine	Ορεγγκον Πάιν - Douglas Fir	Iρόκο	Nιαγκόν - Niangon	

Ένα από τα δημοφιλέστερα είδη ξύλου που χρησιμοποιείται στα Χανιά είναι το Σουηδικό πεύκο τόσο για πάτωμα (παρκέ), όσο και για πόρτες-κουφώματα. Συνεπώς και εμείς επιλέξαμε το συγκεκριμένο είδος για την μονοκατοικία μας και μελετήσαμε τα στάδια του κύκλου ζωής του. Οι χώροι που θα αποτελούνται από ξύλο θα είναι τα πατώματα των 2 υπνοδωματίων, καθώς και η κεντρική πόρτα της εισόδου μαζί με το κούφωμα.



**Εικόνα 11. Κορμός ξύλου [kormos.com.gr]**

## ➤ 1. Πάτωμα-Παρκέ

Σε 1m<sup>2</sup> παρκέ από σουηδικό έλατο, εμπεριέχονται τα εξής:

- 0,3 m<sup>3</sup> σκυρόδεμα ως βάση
- 0,161 m<sup>3</sup> ξύλινες τάβλες (μαδέρια)
- 0,03 m<sup>3</sup> ξύλινες σανίδες
- 5,4 kg πολυυστερίνη
- 13,2 kg ενισχυμένος χάλυβας
- 13,2 kg ξύλο (σουήδ. πεύκο)
- 13,2 kg σίδερο
- 5,97 m<sup>2</sup> τσίγκο
- 3 kg αλουμίνιο

## ➤ 2. Πόρτα-Κούφωμα

Σε 1m<sup>2</sup> πόρτας και κουφώματος από σουηδικό πεύκο, εμπεριέχονται τα εξής:

- 0,0000367 kg διχλωριούχο αιθυλένιο
- 0,00359 kg οργανικά χημικά
- 0,156 kg συνθετικό λάστιχο (καουτσούκ)
- 0,187 kg ακρυλικό σπρέι
- 0,187 kg ακρυλικό βερνίκι
- 0,844 kg μπογιά
- 0,75 kg ενισχυμένος χάλυβας
- 0,000375 kg κόλλα
- 0,0395 kg ξύλινες τάβλες (μαδέρια)
- 0,0137 m<sup>2</sup> φύλλα αλουμινίου
- 0,00687 m<sup>3</sup> ινοσανίδα
- 0,000287 kg γυαλί ματ
- 0,0181 m<sup>3</sup> ξύλινη σανίδα
- 0,0544 kg σίδερο
- 0,0399 m<sup>3</sup> ξύλο (σουηδ. Πεύκο)
- 0,06 m<sup>2</sup> τσίγκο

- 0,00754 kg αμμωνία
- 0,0163 kg υδροχλωρικό οξύ
- 0,169 kg χαρτόνι
- 0,625 kg πολυαιθυλένιο
- 0,212 kg ακετόνη
- 0,0125 kg πληρωτικό υλικό
- 0,343 kg φορμαλδεΰδη
- 0,0195 kg λάδι γυαλίσματος
- 0,00328 kg ξύλινα καλούπια πακεταρίσματος
- 0,027 kg νάιλον (πακετάρισμα)
- 0,15 kg αλουμίνιο

Οι συνολικές ποσότητες σουηδικού πεύκου που χρειαζόμαστε είναι  $24 \text{ m}^2$  ( $12 \text{ m}^2 + 12 \text{ m}^2$ ) για πάτωμα (παρκέ) και για τα 2 υπνοδωμάτια της μονοκατοικίας μας, ενώ για τις ξύλινες πόρτες της κεντρικής εισόδου, του μπάνιου και των 2 υπνοδωματίων μαζί με το κουφώματα θα χρειαστούμε συνολικά  $10 \text{ m}^2$  σουηδικού πεύκου.

### ■ **Μεταφορά**

Το σουηδικό πεύκο, έρχεται κατευθείαν επεξεργασμένο είτε για πάτωμα, είτε κούφωμα, από την Σουηδία στην Ελλάδα με τρένο. Συγκεκριμένα φτάνει με τρένο έως την Θεσσαλονίκη και μετά συνεχίζει με φορτηγά οχήματα με προορισμό τον Πειραιά. Από εκεί, συνεχίζει με πλοίο μέχρι την άφιξή του στο λιμάνι της Σούδας στα Χανιά και από εκεί πάλι με φορτηγά οχήματα μεταφέρεται μέχρι την Πόλη των Χανίων. Αναλυτικά [[googlemaps-marinetrack.com](http://googlemaps-marinetrack.com), accessed 16/7/2009]:

Στοκχόλμη-Θεσσαλονίκη 2.965 km

Θεσσαλονίκη-Πειραιάς 512 km

Πειραιάς-Σούδα 277 km

Σούδα-Χανιά 7 km

**Σύνολο: 3.761 km**

 **Κατανάλωση Ενέργειας**

➤ Πάτωμα-Παρκέ

Κατά τη μεταφορά

**Πίνακας 10.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΞΥΛΟ-ΠΑΡΚΕ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 m<sup>2</sup> πατώματος-παρκέ</b>
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	1,95 tkm
<b>ΤΡΕΝΟ</b>	16,68 tkm
<b>ΠΛΟΙΟ</b>	1,52 tkm

Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 10.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΞΥΛΟ-ΠΑΡΚΕ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 m<sup>2</sup> πατώματος-παρκέ</b>
<b>Diesel</b>	66 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b> <b>Energy (Electricity MV use in SWE)</b>	10,5 kWh

➤ **Κούφωμα**

**Κατά τη μεταφορά**

**Πίνακας 11.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΞΥΛΟ-ΚΟΥΦΩΜΑ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 m<sup>2</sup> πατώματος-παρκέ</b>
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	1,95 tkm
<b>ΤΡΕΝΟ</b>	16,68 tkm
<b>ΠΛΟΙΟ</b>	1,52 tkm

**Στο εργοστάσιο**

**Πίνακας 11.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΞΥΛΟ-ΚΟΥΦΩΜΑ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 m<sup>2</sup> πατώματος-παρκέ</b>
<b>Diesel</b>	0,714 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b>	15,3 kWh
<b>Energy (Electricity MV use in SWE)</b>	
<b>Φυσικό Αέριο</b>	0,014 kWh
<b>Κάψιμο Ξύλων</b>	35 kWh

### 3.8 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΑΦΗΣ (ΧΡΩΜΑΤΟΣ)

Με τον όρο βαφή εννοούμε ένα σύνολο εργασιών που εκτελούνται με συγκεκριμένη σειρά, με τα κατάλληλα υλικά και εργαλεία. Η βαφή των επιφανειών και γενικότερα η εφαρμογή των χρωμάτων έχουν σαν στόχο την προστασία και διακόσμηση των δομικών στοιχείων. Από καθαρά τεχνική άποψη η βαφή προστατεύει και μονώνει από τις καιρικές συνθήκες, τις εναλλαγές θερμότητας, το όξινο περιβάλλον, τις μηχανικές και χημικές καταπονήσεις, τα καυσαέρια και γενικότερα αιτίες που μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς και να μειώσουν τον χρόνο ζωής των επιφανειών που εφαρμόζεται.

Παράλληλα έχει την ικανότητα να μεταμορφώνει τον χώρο, να διακοσμεί και να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την διάθεση και την ψυχολογία των ανθρώπων.

Μία ολοκληρωμένη βαφή συνοψίζεται σε τρία στάδια:

1. προετοιμασία της επιφάνειας εφαρμογής
2. εφαρμογή του ασταριού ή υποστρώματος
3. εφαρμογή της τελικής στρώσης

για να αξιολογηθεί σωστά ένα υλικό βαφής θα πρέπει να συνεκτιμάται εκτός από την τελική του τιμή και παράγοντες όπως:

- καλυπτικότητα ( $m^2/L$ ) ή ( $m^2/kg$ )
- ευκολία και κόστος εφαρμογής
- ανταπόκριση στις επιθυμητές ιδιότητες
- αντοχή στο χρόνο και στις καιρικές συνθήκες
- τοξικότητα και μόλυνση του περιβάλλοντος

Η βαφή (χρώμα) που επιλέξαμε εμείς για την μονοκατοικία την οποία μελετάμε, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Για 1 kg χρώμα έχουμε:

- 0,0202 kg οργανικά χημικά (ρητίνες)
- 0,0835 kg πεντα-ερυθρόλη
- 0,0795 kg φθαλικός ανυδρίτης
- 0,137 kg λάδι σόγιας
- 0,303 kg διοξείδιο του τιτανίου
- 0,377 kg νερό
- 0,0262 kg

Δεδομένου ότι θα χρησιμοποιήσουμε και λευκό υπόστρωμα και μπογιά και γνωρίζοντας επίσης ότι το υπόστρωμα αποδίδει 10 - 12 m<sup>2</sup>. ανά L<sup>2</sup> για κάθε επίστρωση, ενώ η μπογιά 15 - 18 m<sup>2</sup>. ανά L [vitex.gr,accessed 17/7/2009] για κάθε επίστρωση, μπορούμε να υπολογίσουμε ότι συνολικά για την μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> που μελετάμε, θα χρειαστούμε συνολικά περίπου 162 L, δηλαδή 135 kg. Συγκεκριμένα χρειαζόμαστε 30 kg μπογιά και 15 kg λευκό υπόστρωμα εξωτερικά και περίπου 60 kg μπογιά και 30 kg λευκό υπόστρωμα εσωτερικά, για 2 επιστρώσεις [Τομαδάκης Γιώργος-Ελαιοχρωματιστής].

### **Μεταφορά**

Εργοστάσια παραγωγής χρωμάτων δεν υπάρχουν στην περιοχή της Κρήτης, οπότε η πιο εφικτή διαδικασία είναι η μεταφορά τους από την Αθήνα έως εδώ (Χανιά). Συνεπώς, το σύνολο των μεταφορών γίνεται από φορτηγά οχήματα τα οποία μεταφέρουν τις πρώτες ύλες στο εργοστάσιο και εν συνεχεία τις έτοιμες συσκευασίες χρωμάτων από το εργοστάσιο στο πλοίο και αυτό με την σειρά του τις μεταφέρει στο λιμάνι της Σούδας και από εκεί με φορτηγά οχήματα ξανά στην περιοχή του κτιρίου. Συγκεκριμένα εμείς επιλέξαμε προϊόντα της VITEX (όμιλος Γιαννίδη), το εργοστάσιο της οποίας βρίσκεται στην περιοχή του Ασπρόπυργου, 20 km από την Αθήνα. Οπότε, η συνολική απόσταση σε km που θα καλυφθεί είναι η εξής [\[googlemaps-marinetraffic.com, accessed 19/7/2009\]](http://googlemaps-marinetraffic.com):

- Ασπρόπυργος – Πειραιάς 28 km
- Πειραιάς-Σούδα 277 km
- Σούδα – Χανιά 7 km

**Σύνολο: 312 km**

 **Κατανάλωση Ενέργειας**

Κατά τη μεταφορά

**Πίνακας 12.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΒΑΦΗ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 kg χρώματος</b>
<b>ΠΛΟΙΟ</b>	0,0037 tkm
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	0,455 tkm

Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 12.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΒΑΦΗ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 kg χρώματος</b>
<b>Θέρμανση</b>	1,23 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b> <b>Energy (Electricity MV use in GR)</b>	0,0643 kWh



Εικόνα 12. Ελαιοχρώματα [[www.argohellas.net/images/paint.jpg](http://www.argohellas.net/images/paint.jpg)]

### 3.9 ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ (ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ)

Υπάρχει τεράστια ποικιλία από τρόπους και υλικά μονώσεων. Η σημασία της ορθής μόνωσης μίας κατασκευής είναι τόση που θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν είναι δυνατό να ξοδέψει κανείς πολλά για μόνωση. Η ορθή επιλογή εξαρτάται από τις ανάγκες του συγκεκριμένου τμήματος της οικοδομής που πρόκειται να προστατευθεί. Η κατασκευή μίας οικοδομής απαιτεί διαφορετικού είδους μονώσεις που κατασκευάζονται σε διαφορετικές φάσεις.

Εμείς επιλέξαμε να μελετήσουμε τα στάδια του κύκλου ζωής ενός τυπικού τύπου θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται για κατασκευές στην Κρήτη. Συγκεκριμένα η μόνωση που επιλέξαμε για την μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> όπου εξετάζουμε αποτελείται από τα εξής υλικά:

Για 1 kg μόνωσης έχουμε [alpha6.gr, accessed 19/7/2009]:

1 kg αφρό

1,04 kg εξυλασμένη πολυυστερίνη

Οι διαστάσεις των «φύλλων» μονώσεως εξυλασμένης πολυυστερίνης που χρησιμοποιήσαμε είναι 2,5m\*0,6m\*0,06m και η κάθε συσκευασία εμπεριέχει επτά (7) [oikiam.gr, accessed 21/8/2009]. Μια ικανοποιητική αναλογία κιλών μόνωσης ανά κυβικό μέτρο (kg/m<sup>3</sup>) είναι 15 kg/m<sup>3</sup> [oikiam.gr, accessed 21/8/2009]. Αποδεχόμενοι λοιπόν αυτή την αναλογία, υπολογίζουμε ότι για την μονοκατοικία 80 m<sup>2</sup> όπου χρησιμοποιήσαμε 100 m<sup>3</sup> σκυρόδεμα, θα χρειαστούμε 1.500 kg μόνωσης συνολικά.

#### **Μεταφορά**

Ο τύπος θερμομόνωσης που επιλέξαμε κατασκευάζεται στην Ιταλία. Συνεπώς οι μεταφορές που λαμβάνουν χώρα στα στάδια του κύκλου ζωής του γίνονται αρχικά από φορτηγά οχήματα, για μεταφορές υλικών στο χώρο του εργοστασίου, στη συνέχεια μεταφέρεται με πλοίο από το Μπάρι της Ιταλίας στην Πάτρα και από εκεί πάλι με φορτηγά οχήματα μεταφέρεται στον Ασπρόπυργο όπου εδρεύει η εταιρεία όπου τον εμπορεύεται. Από εκεί θα πάει στον Πειραιά και θα φτάσει στην

Σούδα με πλοίο. Τέλος, από την Σούδα θα μεταφερθεί πάλι με φορτηγά οχήματα μέχρι τα Χανιά.

**Αποστάσεις σε km [googlemaps-marinetraffic.com, accessed 31/8/2009]:**

- Μπάρι-Πάτρα 687 km
- Πάτρα-Ασπρόπυργος 197 km
- Ασπρόπυργος – Πειραιάς 28 km
- Πειραιάς-Σούδα 277 km
- Σούδα – Χανιά 7 km

**Σύνολο : 1.196 km**

 **Κατανάλωση Ενέργειας**

Κατά τη μεταφορά

**Πίνακας 13.1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ [ΜΟΝΩΣΗ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις κατά την μεταφορά μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1 kg μονώσεως</b>
<b>ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ</b>	1,95 tkm

Στο εργοστάσιο

**Πίνακας 13.2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ [ΜΟΝΩΣΗ]**

Ενεργειακές απαιτήσεις στο εργοστάσιο μέσα από το SimaPro7	<b>Κατανάλωση σε kWh ανά 1 kg μονώσεως</b>
<b>Θέρμανση</b>	1,27 kWh
<b>Ενέργεια από τοπικό δίκτυο</b> <b>Energy (Electricity MV use in IT)</b>	1,43 kWh

## 3.10 Εναλλακτικά σενάρια

Στη συνέχεια αλλάξαμε κάποιες παραμέτρους με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που προκαλούνται. Ανά μία μετατροπή στο αρχικό υπάρχων σενάριο δημιουργήθηκε ένα νέο εναλλακτικό σενάριο, με σκοπό να διακρίνουμε τα οφέλη ή τις επιβαρύνσεις που προκύπτουν από τη κάθε διαφοροποίηση ξεχωριστά. Στο σύνολο τους τα εναλλακτικά σενάρια αφορούν διαφοροποιήσεις στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος διότι όπως θα δούμε και στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων (Κεφάλαιο 4), είναι το δομικό υλικό που επιβαρύνει πολύ περισσότερο το περιβάλλον, υπερέχοντας συντριπτικά σε σχέση με τα υπόλοιπα που χρησιμοποιήσαμε. Τα σενάρια μας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια:

1. Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου.
2. Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου.
3. Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου.
4. Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος.

### 3.10.1 Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου

Στη πρώτη κατηγορία εναλλακτικών σεναρίων εξετάσαμε τις διαφοροποιήσεις που προέκυψαν με την αλλαγή των δεδομένων στο στάδιο των μεταφορών. Το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου που μας προμηθεύει εδώ στα Χανιά με το συγκεκριμένο υλικό, το οποίο αποτελεί βασικό υλικό του σκυροδέματος, βρίσκεται στην Αθήνα με αποτέλεσμα η σκόνη τσιμέντου που θα προμηθευτούμε εμείς εδώ στα Χανιά να είναι αναγκαίο να μεταφερθεί με πλοίο. Αυτό που εξετάζουμε στο συγκεκριμένο σενάριο είναι η εγκατάσταση εργοστασίου παραγωγής σκόνης τσιμέντου στην Κρήτη, αρχικά στην πόλη του Ηρακλείου και μετέπειτα στην πόλη των Χανίων, έτσι ώστε να μπορέσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα για το κατά πόσο επιβαρύνουν οι μεταφορές στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος.

### **3.10.2 Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου**

Στο πρότυπο σενάριο η ενέργεια που καταναλώνεται από το δίκτυο προέρχεται κατά κύριο λόγο από χρήση ορυκτών πόρων. Τα στοιχεία προέρχονται σύμφωνα με τους μέσους όρους χρήσης ορυκτών πόρων στην Ελλάδα τα τελευταία έτη όπως δίνονται στις βιβλιοθήκες δεδομένων του λογισμικού. Στα εναλλακτικά σενάρια αυτού του βήματος υποθέσαμε πως η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (στη συνολική παραγωγή του δικτύου) αυξήθηκε κατά 20%. Η μορφή της ανανεώσιμής πηγής ενέργειας που χρησιμοποιήσαμε ήταν η αιολική ενέργεια.

### **3.10.3 Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου**

Στη τρίτη κατηγορία εναλλακτικών σεναρίων πραγματοποιήθηκε μία σύνθεση των 2 προηγουμένων σεναρίων . Εξετάζουμε κατά πόσο μπορούν να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που προκαλεί η παραγωγή σκυροδέματος μειώνοντας παράλληλα τις αποστάσεις των μεταφορών που λαμβάνουν χώρα στον κύκλο ζωής του και τη παραγώμενη ενέργεια του τοπικού δικτύου με την χρήση αιολικής ενέργειας. Θεωρήσαμε δηλαδή δύο σενάρια στα οποία έχουμε εργοστάσιο παραγωγής σκόνης τσιμέντου στο Ηράκλειο αρχικά και μετά στα Χανιά ενώ και στις δύο αυτές περιπτώσεις πραγματοποιούμε (στο σύνολο της παραγωγής) χρήση αιολικής ενέργειας.

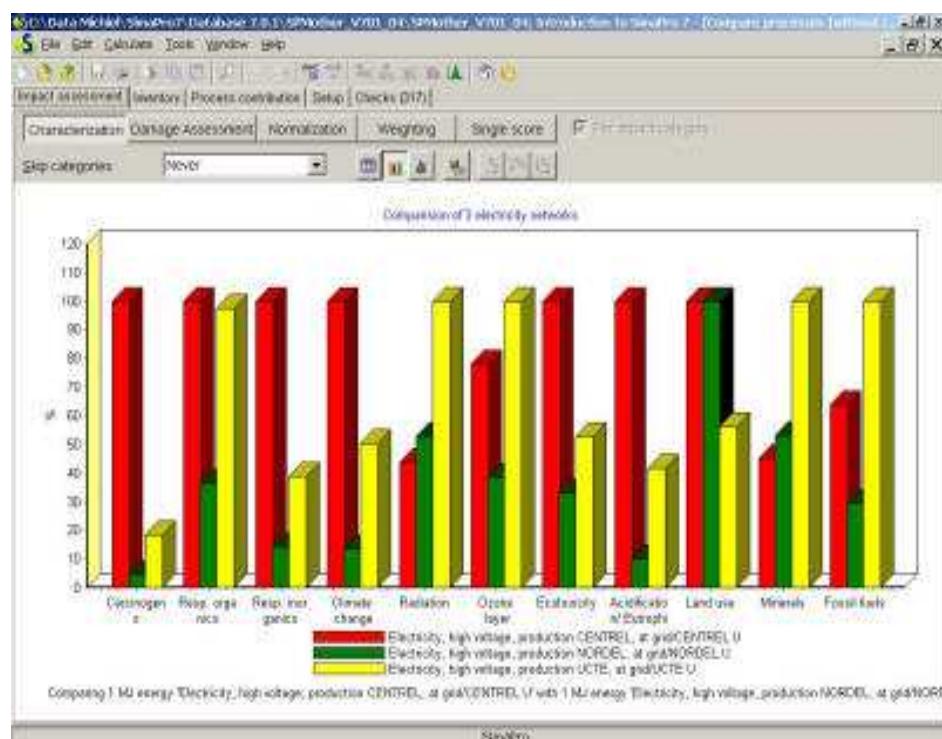
### **3.10.4 Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος.**

Το συγκεκριμένο σενάριο αποτελεί έναν εμπλουτισμό του δεύτερου σεναρίου. Πραγματοποιήσαμε διαφοροποιήσεις στο σύνολο της παραγωγής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή σκυροδέματος. Το νέο στοιχείο που εμφανίζουμε εδώ είναι η χρήση ενέργειας που προέρχεται από τη βιομάζα σε ποσοστό 30% με την ταυτόχρονη χρήση και της αιολικής ενέργειας σε ποσοστό που έχουμε ήδη αναφέρει (σενάριο 2). Στο σενάριο αυτό εξετάζουμε κατά πόσο μπορεί να μειωθεί η τελική περιβαλλοντική επιβάρυνση διαφοροποιώντας και τις ενεργειακές απαιτήσεις μας σε θερμότητα.

**Πίνακας 14: ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ**

Όνομα σεναρίου	Διαφοροποιήσεις
Σενάριο 1	Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου
Σενάριο 2	Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου
Σενάριο 3	Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου
Σενάριο 4	Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εικόνα 13. SimaPro [[http://www.environmental-expert.com/files/6203/images/CompareInventory\\_small1.jpg](http://www.environmental-expert.com/files/6203/images/CompareInventory_small1.jpg)]

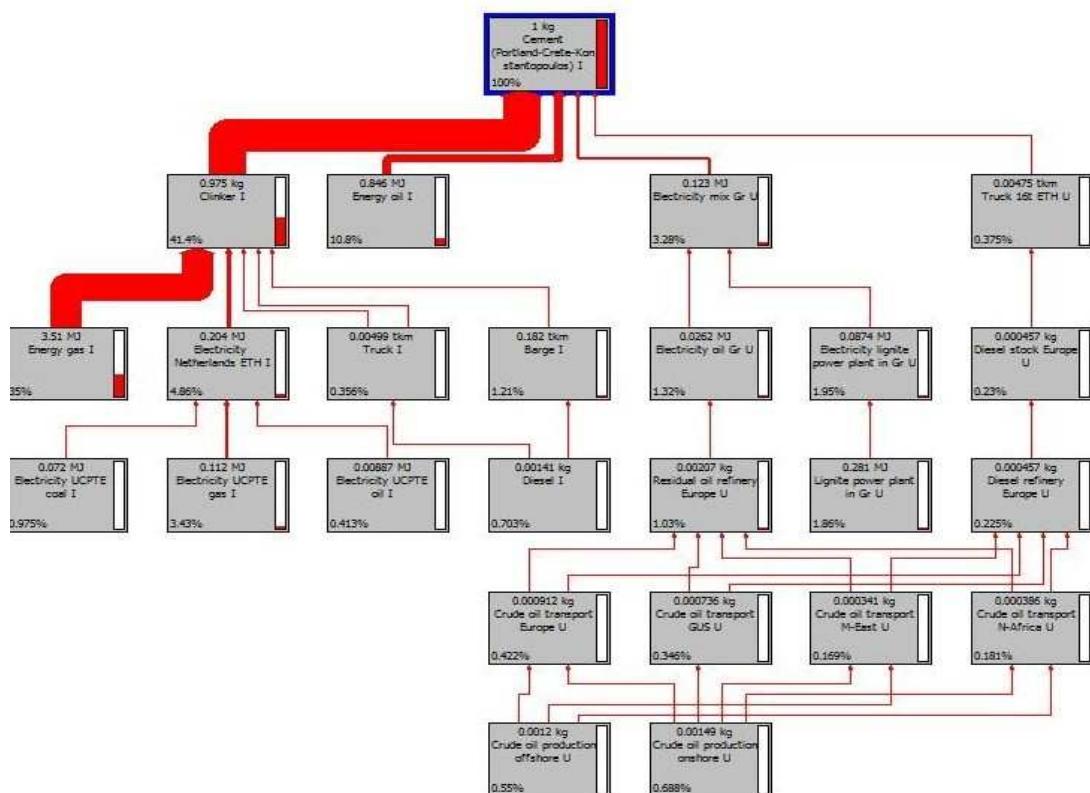
### 4.1 Αποτελέσματα ανά δομικό υλικό

#### 4.1.1 Σκυρόδεμα

Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής του σκυροδέματος, έπρεπε πρώτα να κατασκευάσουμε τα διαγράμματα των κύκλων ζωής για το τσιμέντο, την άμμο και το χαλίκι αντίστοιχα, εφόσον αυτά αποτελούν και τα βασικά συστατικά του.

#### 4.1.1.1) Τσιμέντο

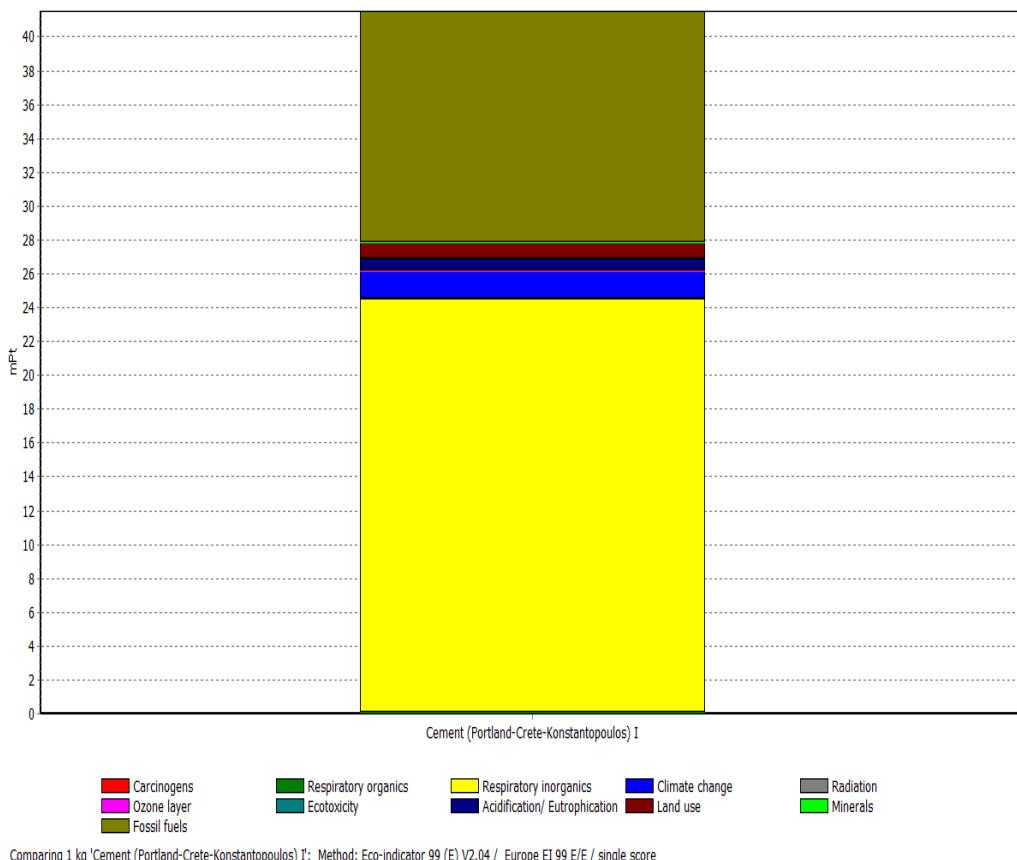
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του τσιμέντου ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη παραγωγή του κλίνκερ (μίγμα ασβεστολιθικών πετρωμάτων) με ποσοστό επιβάρυνσης 41,4% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από τη παραγωγή του κλίνκερ μαζί με την κατανάλωση ενέργειας είτε με τη μορφή υγρών καυσίμων είτε με τη μορφή ενέργειας προερχόμενη από το τοπικό δίκτυο στο εργοστάσιο ξεπερνά το 50% (55,18%).



**Διάγραμμα 1.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ]**

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως τις κατηγορίες των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την

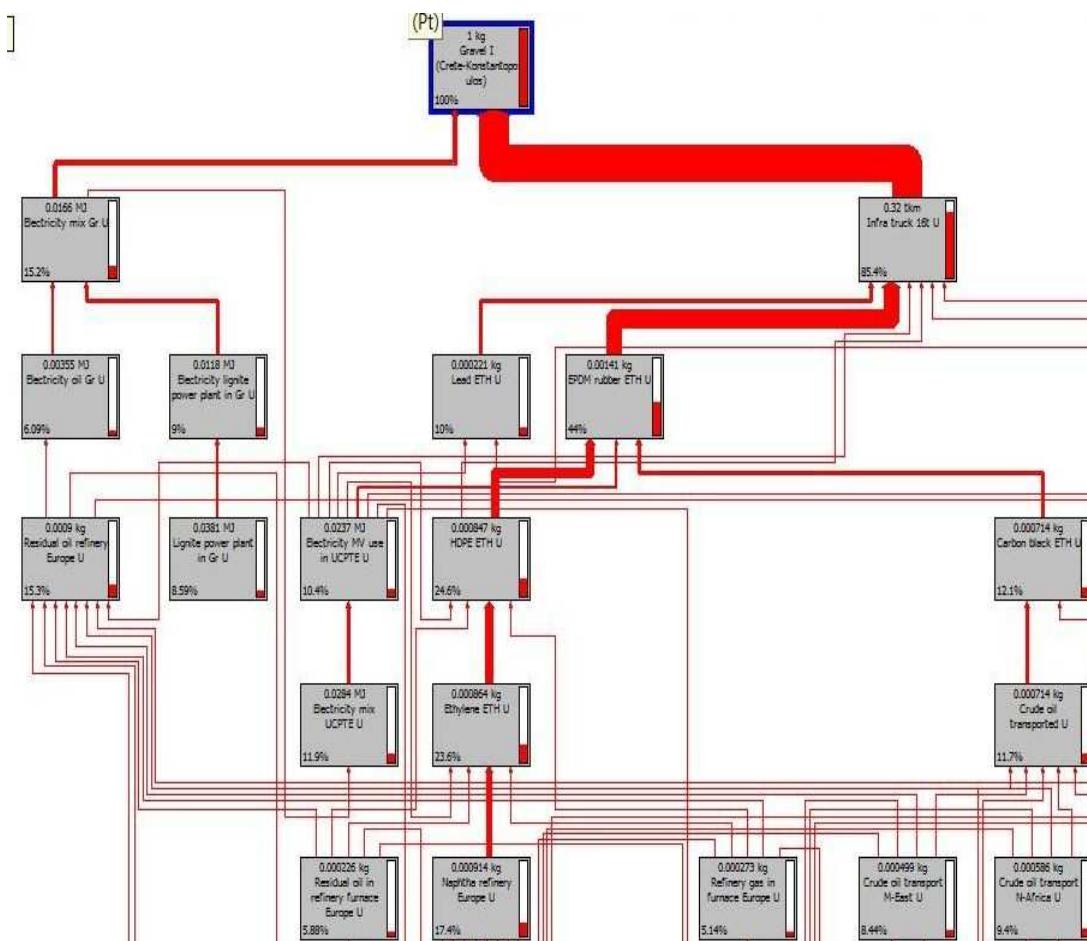
παραγωγή ενέργειας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων.



Διάγραμμα 1.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ]

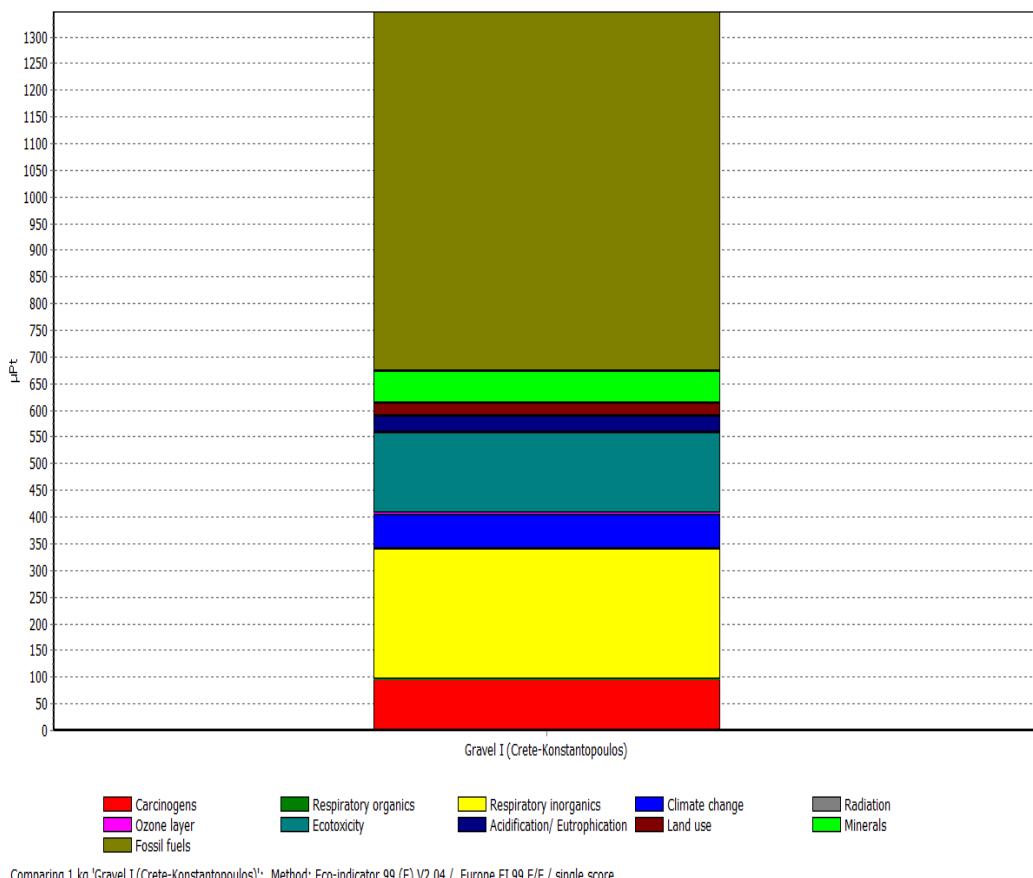
#### 4.1.1.2) Χαλίκι

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του χαλικιού ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη μεταφορά του κυρίως με φορτηγά οχήματα από τον τόπο εξόρυξης μέχρι το εργοστάσιο με ποσοστό επιβάρυνσης 85,4% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από τη μεταφορά καθώς και από την ενέργεια που καταναλώνεται στο εργοστάσιο από το τοπικό δίκτυο καλύπτει ολοκληρωτικά το 100%.



**Διάγραμμα 2.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΧΑΛΙΚΙΟΥ]**

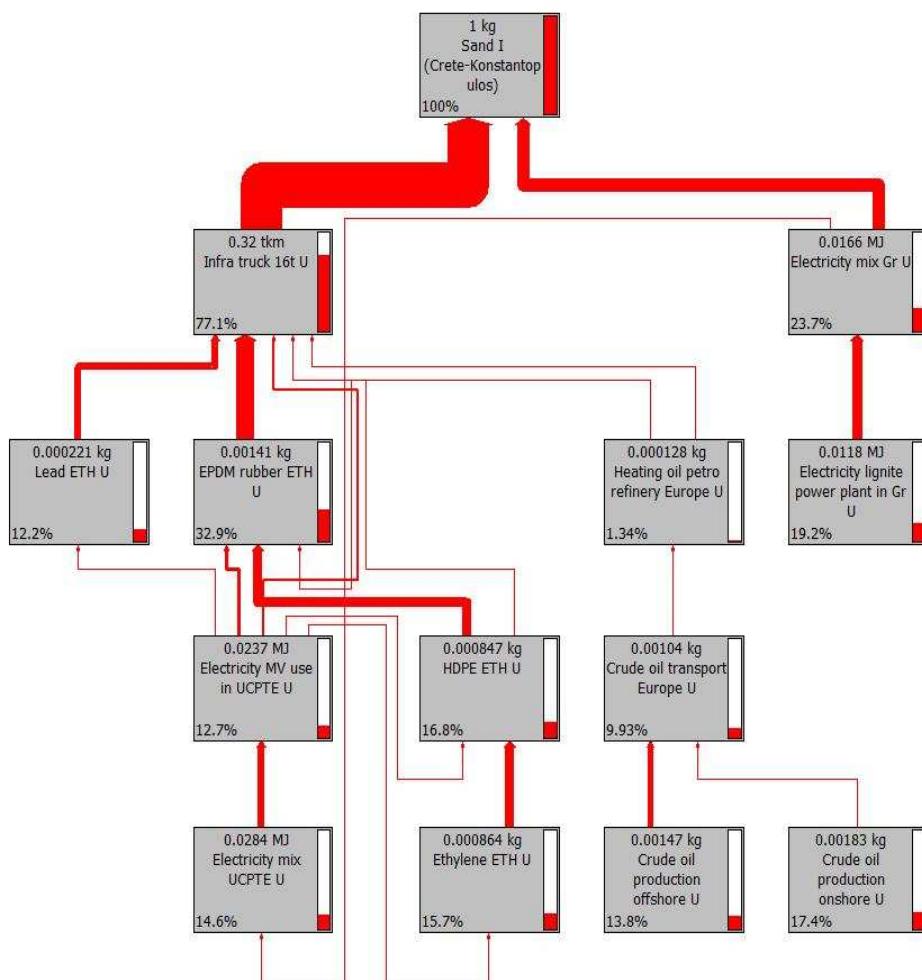
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και σε μικρότερη κλίμακα αυτές των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics), των καρκινογόνων ουσιών (carcinogens) και της τοξικότητας του περιβάλλοντος (ecotoxicity). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων και στα καυσαέρια των φορτηγών οχημάτων.



**Διάγραμμα 2.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΛΙΚΙ]**

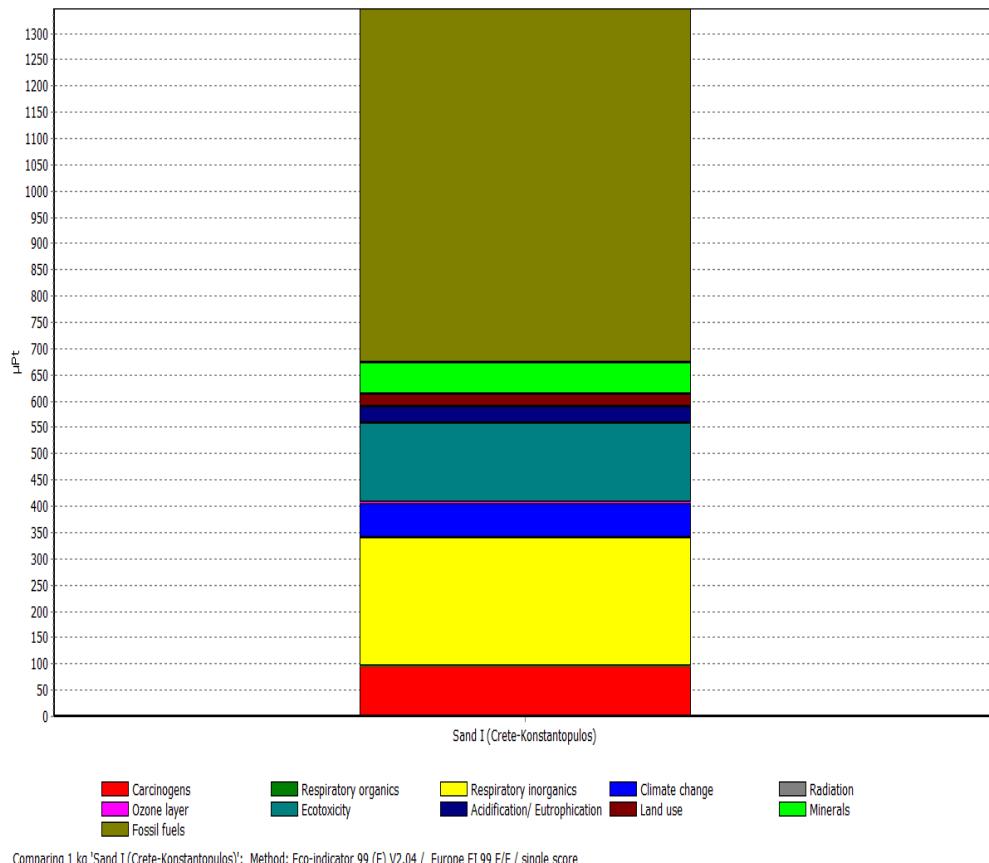
### 4.1.1.3) Άμμος

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής της άμμου ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε επίσης (όπως και στο χαλίκι) πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη μεταφορά του κυρίως με φορτηγά οχήματα από τον τόπο εξόρυξης μέχρι το εργοστάσιο με ποσοστό επιβάρυνσης 77,1% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από τη μεταφορά καθώς και από την ενέργεια που καταναλώνεται στο εργοστάσιο από το τοπικό δίκτυο καλύπτει ολοκληρωτικά το 100%.



**Διάγραμμα 3.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΜΜΟΥ]**

Αντίστοιχα και στη περίπτωση της άμμου έχουμε τους ίδιους βασικούς αποδέκτες των επιβαρύνσεων που παρατηρήθηκαν και στο χαλίκι.

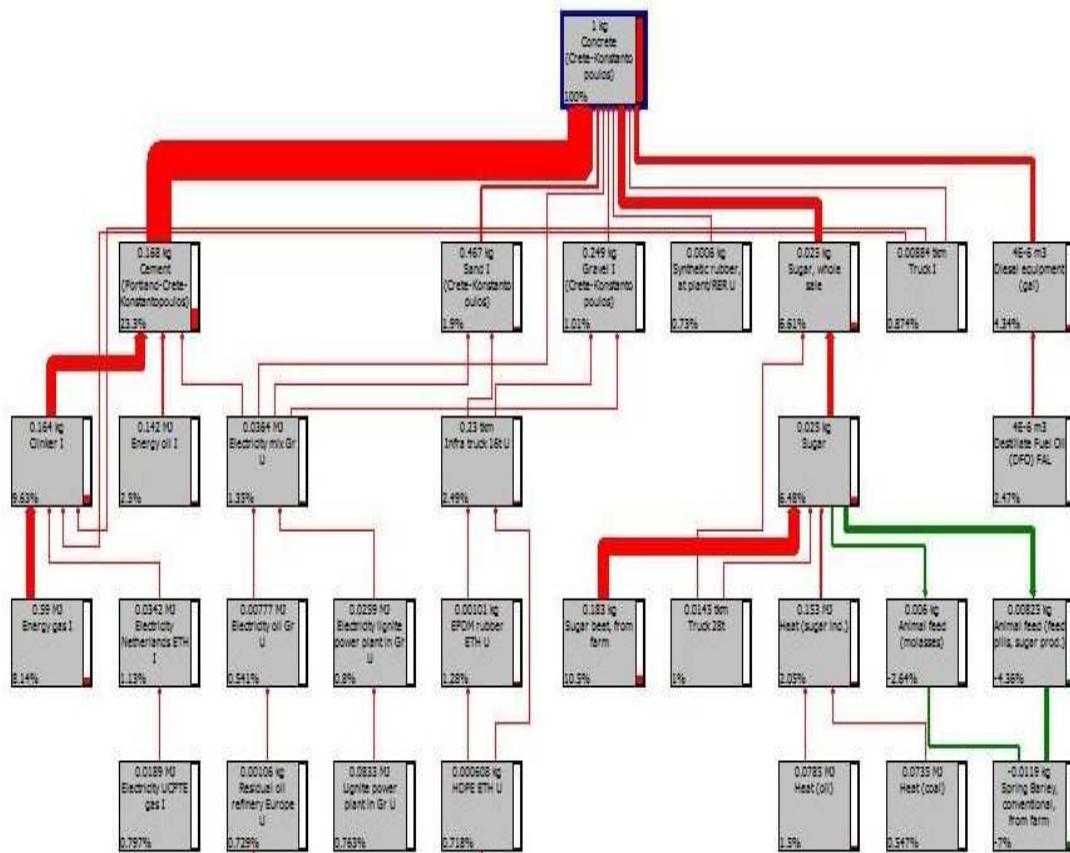


**Διάγραμμα 3.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΜΜΟ]**

Έχοντας πλέον κατασκευάσει τα διαγράμματα ροής των κύκλων ζωής των συστατικών του σκυροδέματος (τσιμέντο-άμμος-χαλίκι), είμαστε σε θέση να κατασκευάσουμε και το διάγραμμα ροής που αντιστοιχεί σε αυτό.

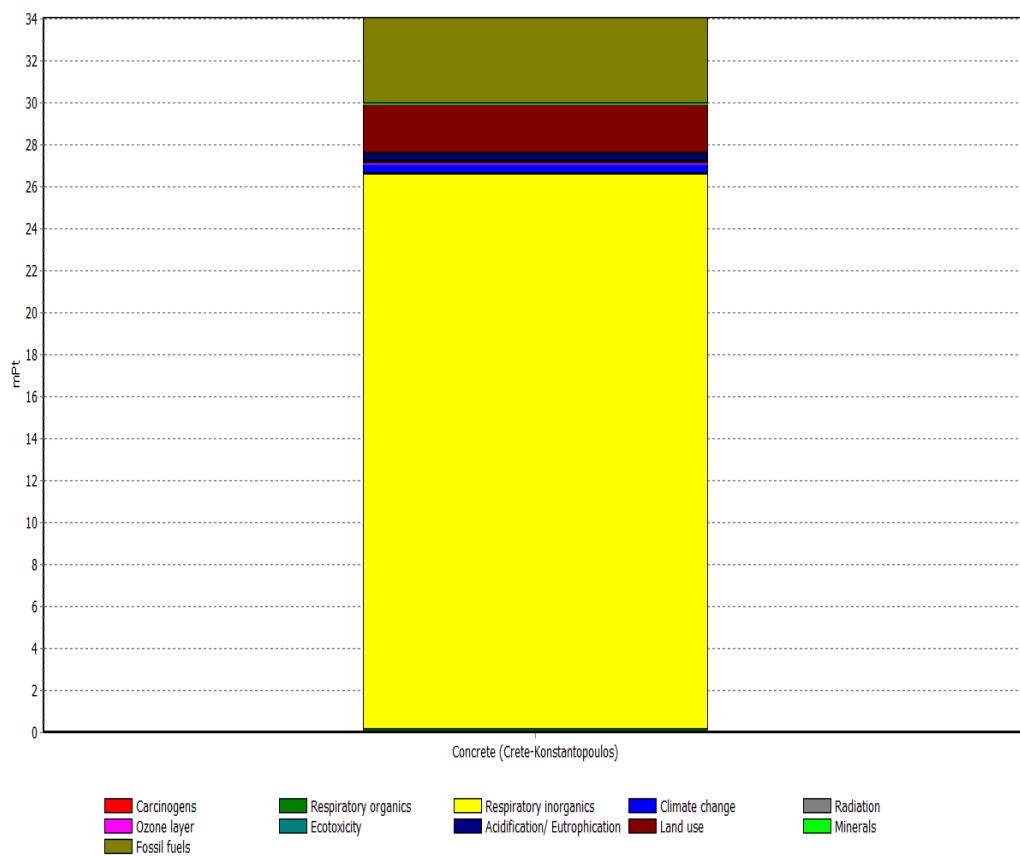
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του σκυροδέματος ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από την παραγωγή της σκόνης τσιμέντου με ποσοστό επιβάρυνσης 23,3% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από την παραγωγή του τσιμέντου μαζί με την προσθήκη ρευστοποιητή-επιβραδυντή και την κατανάλωση υγρού καυσίμου στο εργοστάσιο αγγίζει το 35% (34,3%). Αξίζει να παρατηρηθεί ότι από τον συγκεκριμένο διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής του σκυροδέματος εξάγονται κάποια θετικά αποτελέσματα. Τι σημαίνει αυτό; Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι

κάποιες από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του μπορούν να χρησιμέψουν είτε ως τροφή για ζώα είτε ως υλικό για καλλιέργεια κριθαριού, ζαχαρότευτλου κ.α.



**Διάγραμμα 4.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ]**

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κατά συντριπτική πλειοψηφία την κατηγορία των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση αυτή οφείλεται περίπτωση στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων κατά την συνολική διαδικασία της παραγωγής σκυροδέματος.

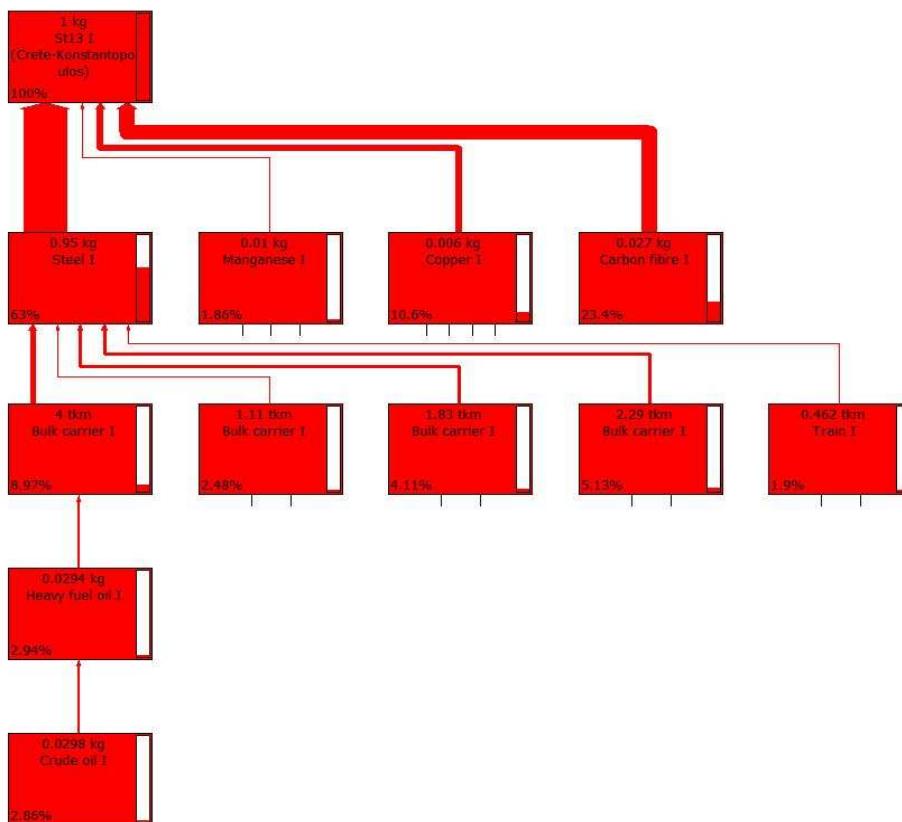


**Διάγραμμα 4.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ]**

## 4.1.2 Οπλισμένο Σκυρόδεμα

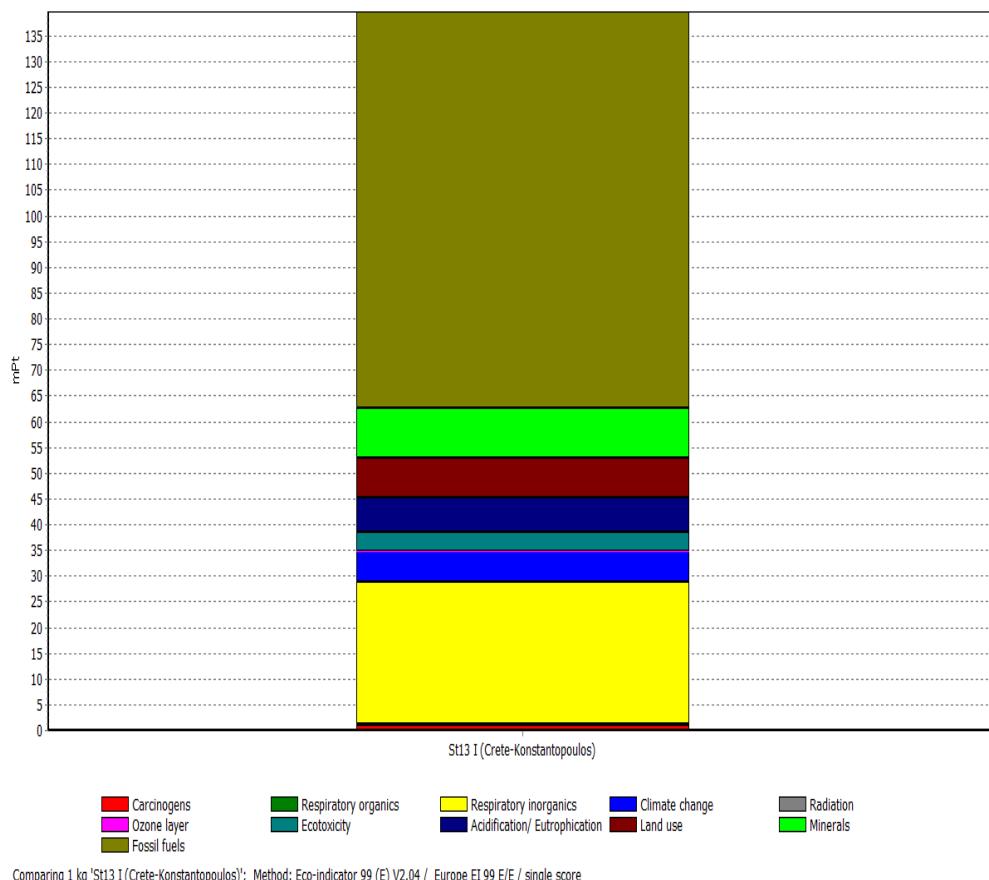
### 4.1.2.1 Χάλυβας

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του χάλυβα ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση του σιδήρου με ποσοστό επιβάρυνσης 63%, αποτέλεσμα λογικό αν αναλογιστεί κανείς ότι στο 1 kg χάλυβα αντιστοιχούν 0,95 kg σιδήρου.



**Διάγραμμα 5.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΧΑΛΥΒΑ]**

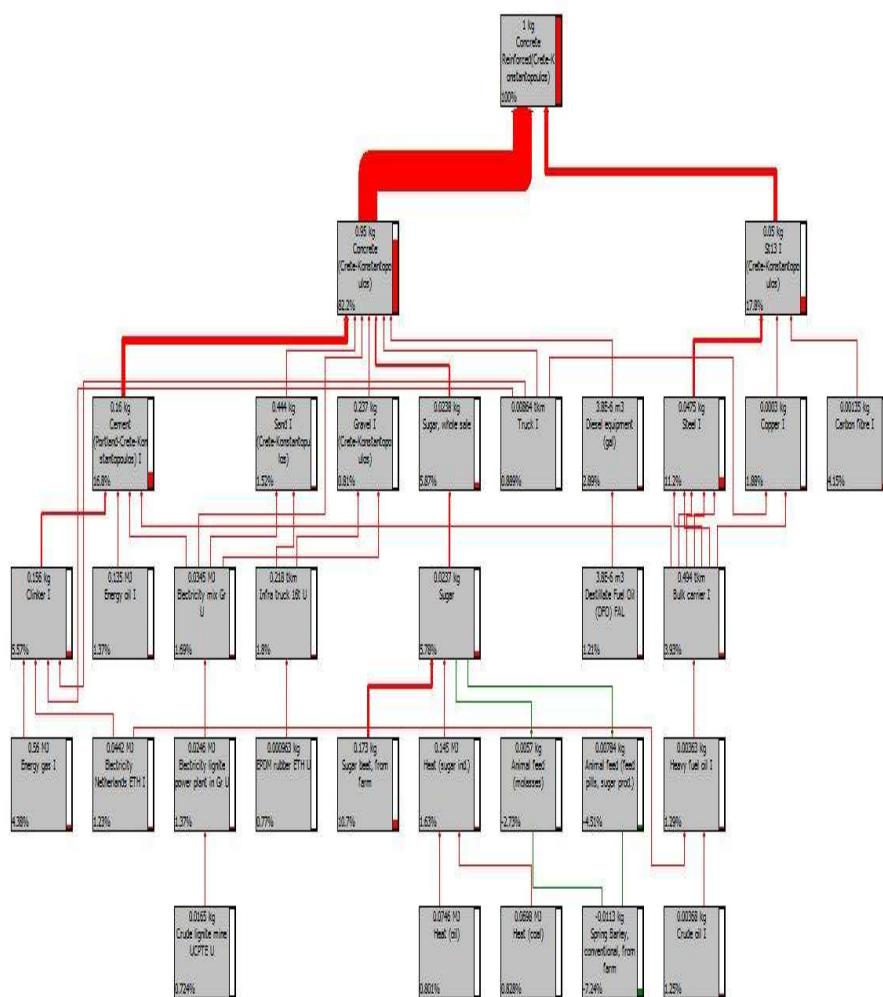
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως τις κατηγορίες των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων.



**Διάγραμμα 5.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ]**

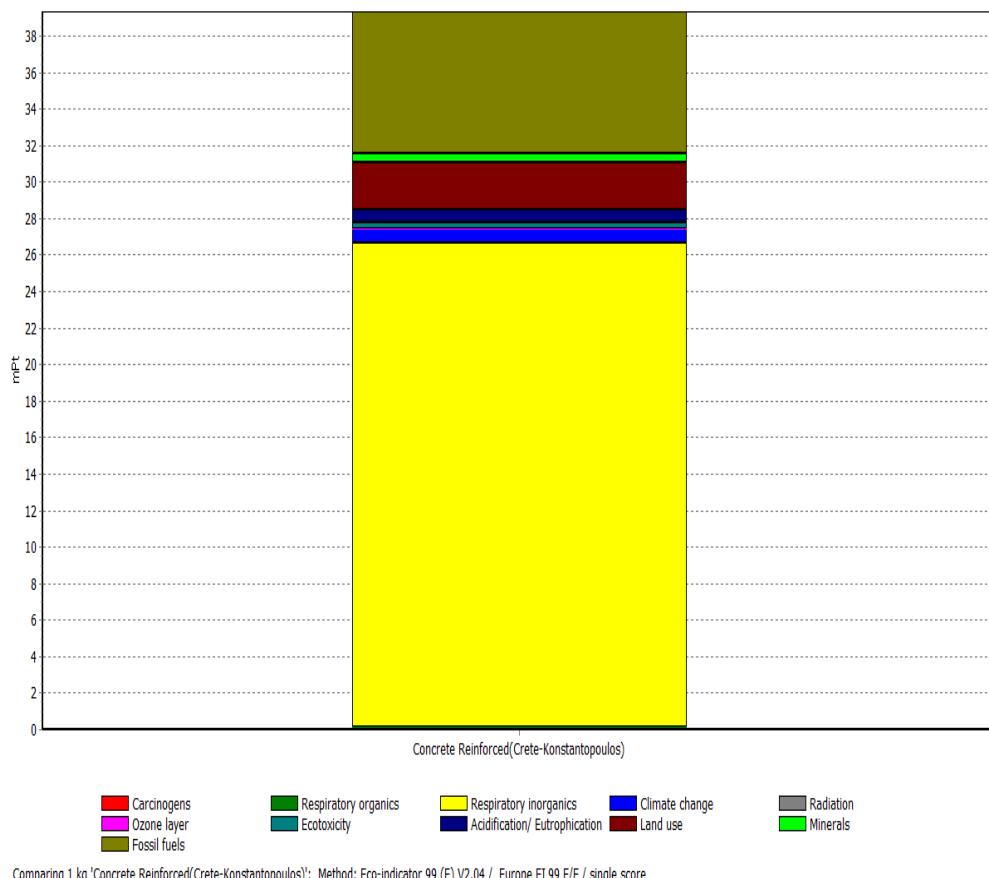
Γνωρίζοντας λοιπόν τα διαγράμματα ροής των κύκλων ζωής του χάλυβα και του σκυροδέματος (κεφάλαιο 4.2.1), μπορούμε πλέον να κατασκευάσουμε και να μελετήσουμε το διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής του οπλισμένου σκυροδέματος.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του οπλισμένου σκυροδέματος ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση του σκυροδέματος με ποσοστό επιβάρυνσης 82,2% ενώ η επιβάρυνση που προκαλείται από το υλικό του χάλυβα είναι μόλις 17,8%.



**Διάγραμμα 6.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ]**

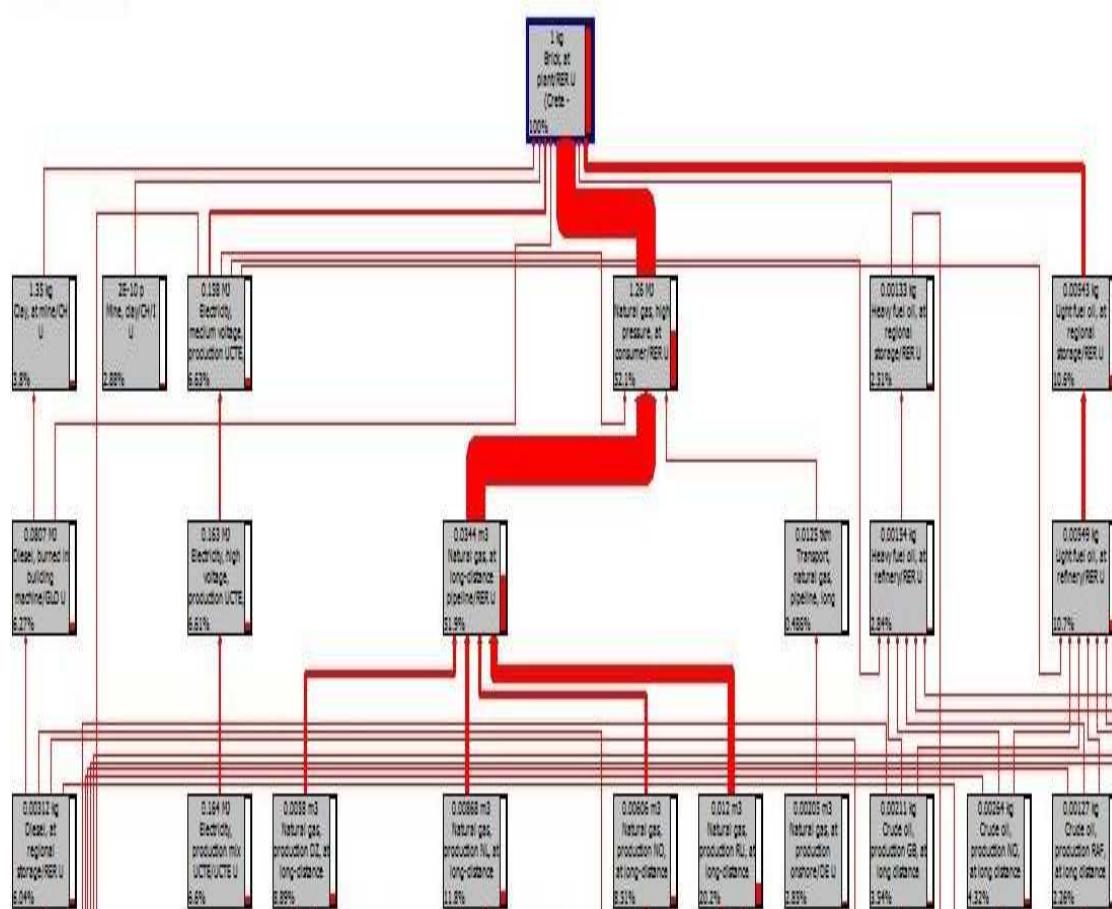
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων και στην περίπτωση του οπλισμένου σκυροδέματος επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το ανατνευστικό σύστημα (respiratory inorganics) και σε μικρότερη κλίμακα αυτή των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels), γεγονός που αναμενόταν εξάλλου παρατηρώντας τα διαγράμματα του σκυροδέματος και του χάλυβα . Οι επιδράσεις αυτές οφείλονται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας και στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων που προκύπτουν από το σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας.



**Διάγραμμα 6.2[ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ]**

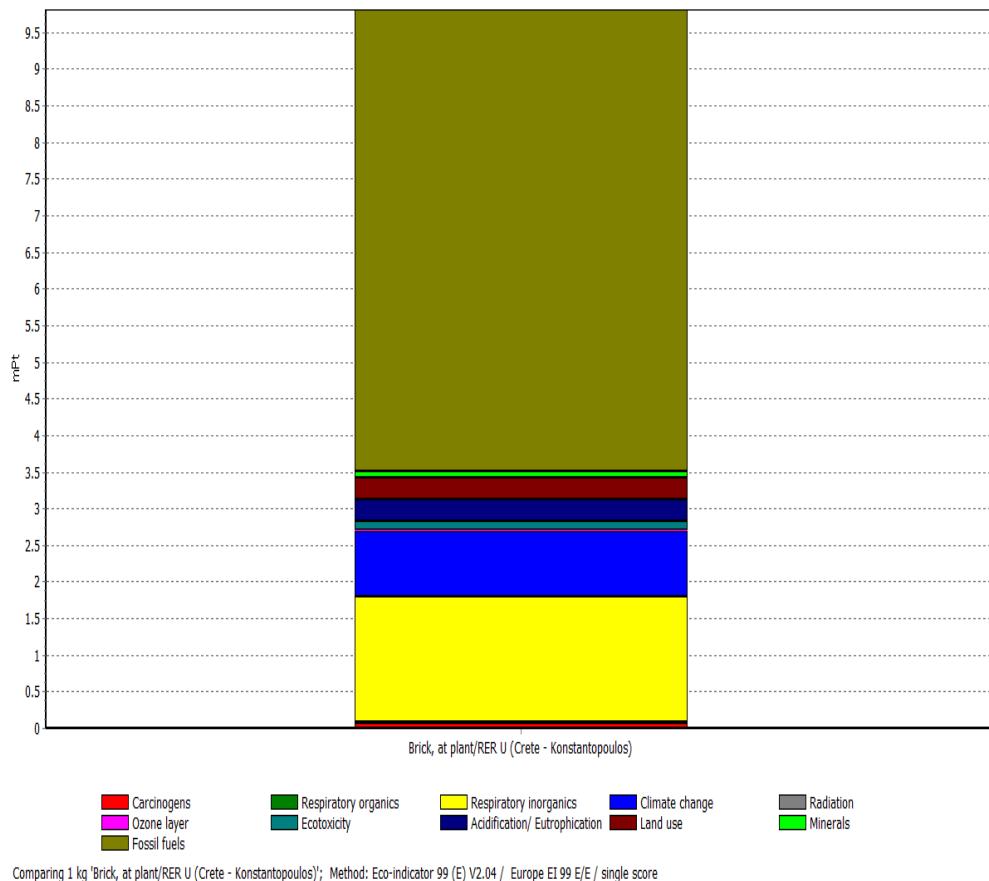
#### 4.1.3 Τούβλο

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του τούβλου ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως σχεδόν η συνολική επιβάρυνση προκαλείται από την κατανάλωση ενέργειας στο εργοστάσιο, είτε αυτή προέρχεται από υγρά καύσιμα, είτε από το τοπικό δίκτυο με ποσοστό επιβάρυνσης που αγγίζει το 70% (69,33%). Όσον αφορά τις πρώτες ύλες του όπως ο πυλός και ο άργιλος, βλέπουμε ότι η συνεισφορά τους στην επιβάρυνση είναι σχεδόν αμελητέα αφού κινείται στις τάξεις του 7% (6,6%).



**Διάγραμμα 7.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΟΥΒΛΟΥ]**

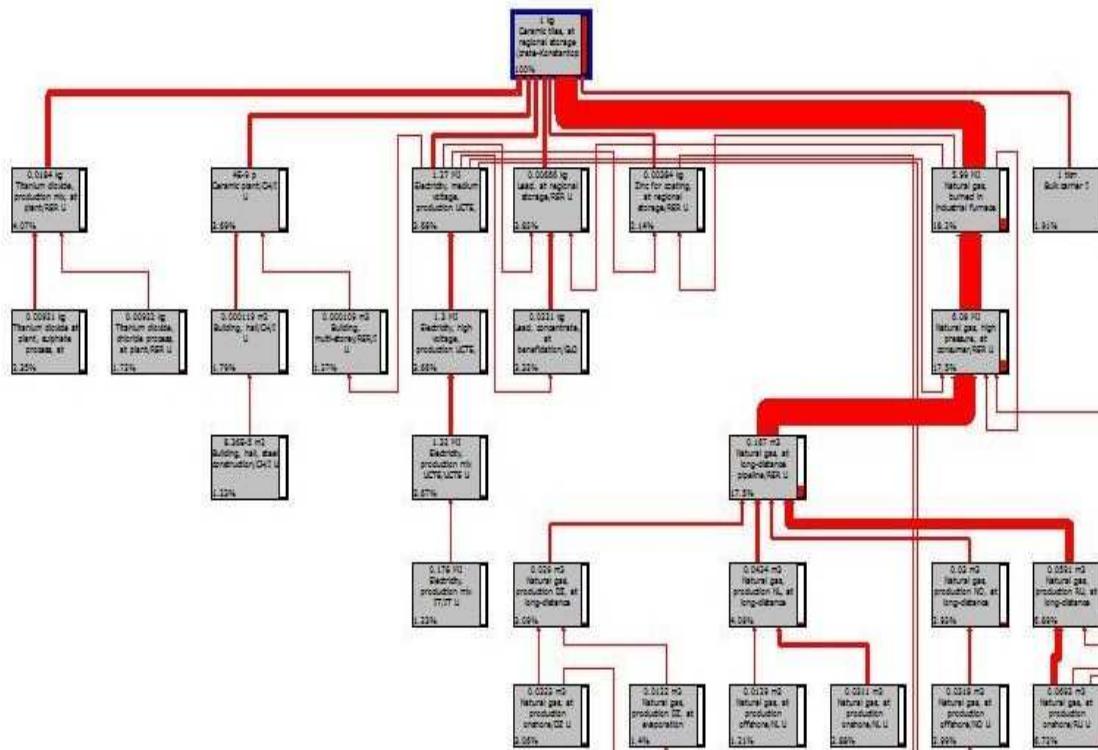
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels). Η επίδραση αυτή οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας. Παρατηρούμε επίσης, ότι επηρεάζονται σε κάποιο σημαντικό βαθμό και άλλες κατηγορίες όπως αυτή των ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics) και η κατηγορία που έχει να κάνει με την κλιματική αλλαγή (climate change).



**Διάγραμμα 7.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΤΟΥΒΛΟ]**

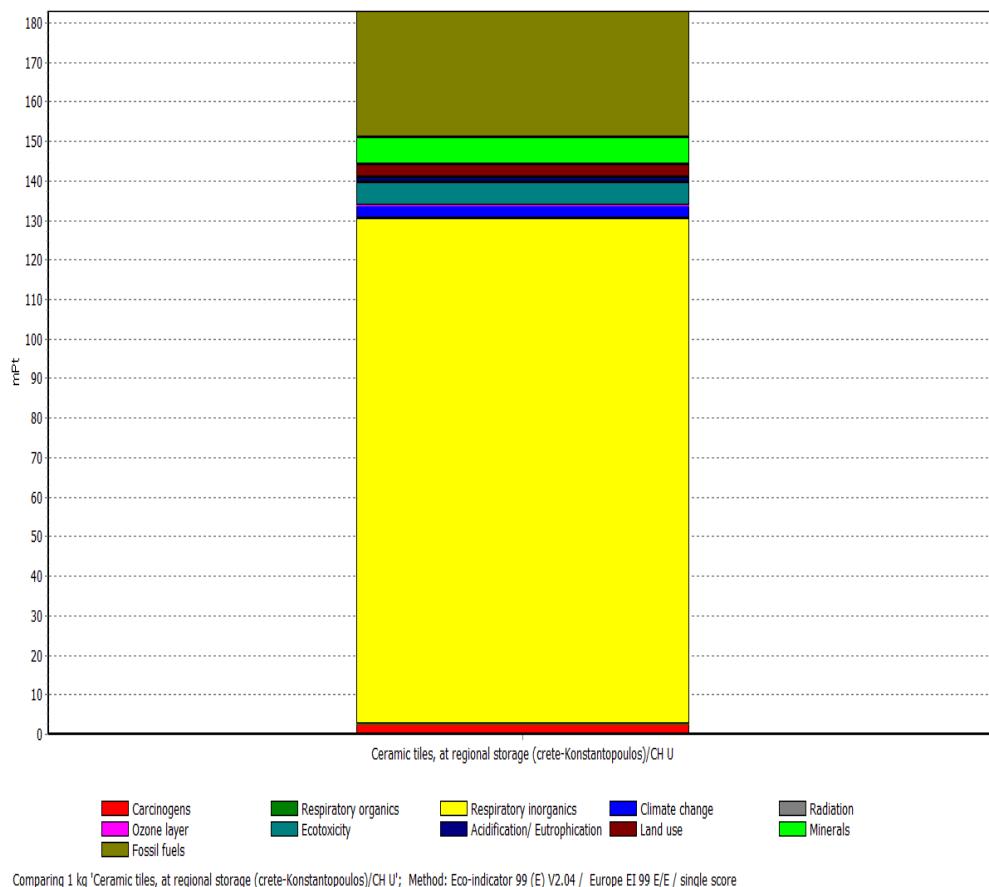
#### 4.1.4 Πλακάκι

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του πλακιδίου ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από την ενέργεια που καταναλώνεται στο εργοστάσιο είτε από το τοπικό δίκτυο, είτε μέσω υγρών καυσίμων με ποσοστό επιβάρυνσης 18,8%. Διαπιστώνουμε ότι πρώτες ύλες όπως το διοξείδιο του τιτανίου ή τα κεραμικά συνεισφέρουν στην επιβάρυνση μόνο σε ένα ποσοστό της τάξης του 6,77%, ενώ επίσης και σε επίπεδο μεταφορών διαπιστώνουμε ότι η συνεισφορά είναι ελάχιστη, συγκεκριμένα της τάξης του 1,91%.



**Διάγραμμα 8.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ]**

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics) και σε ένα αρκετά μικρότερο αλλά άξιο παρατήρησης ποσοστό την κατηγορία των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων, ενώ στη δεύτερη στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας.

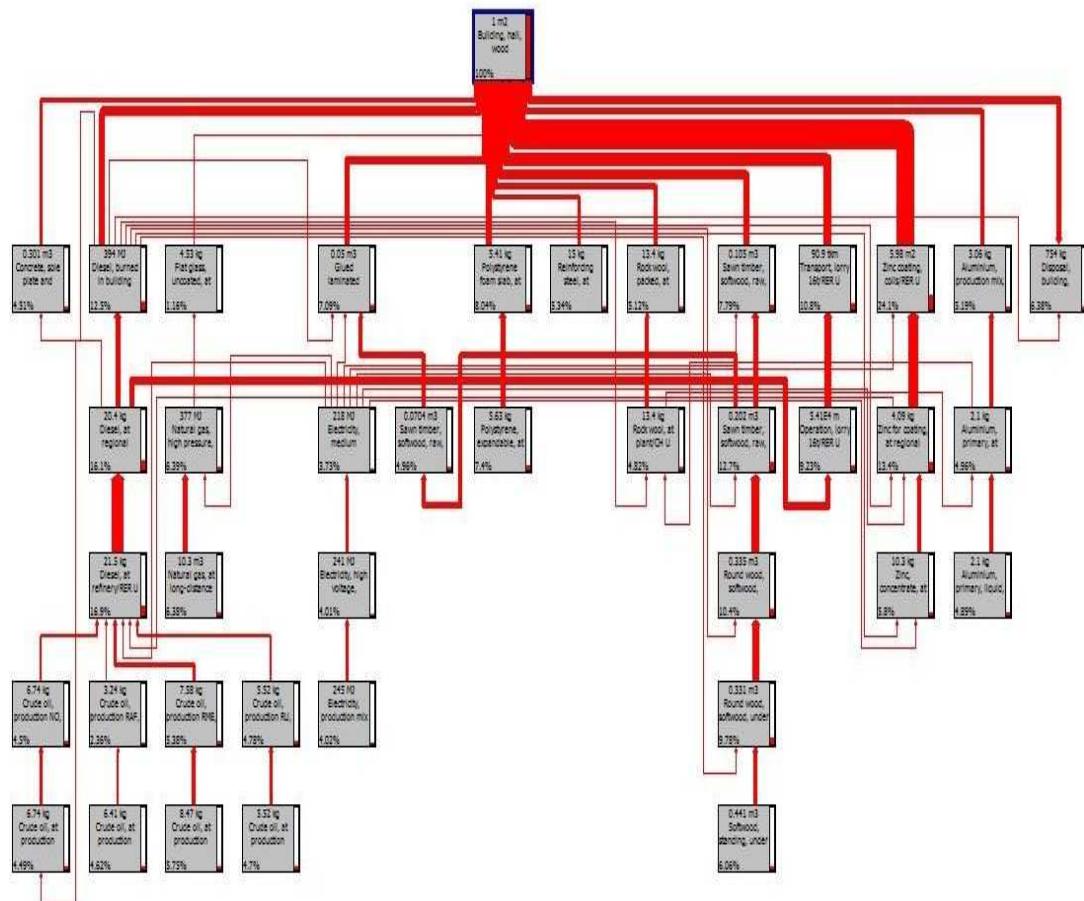


**Διάγραμμα 8.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΑΚΙΔΙΟ]**

#### 4.1.5 Ξύλο

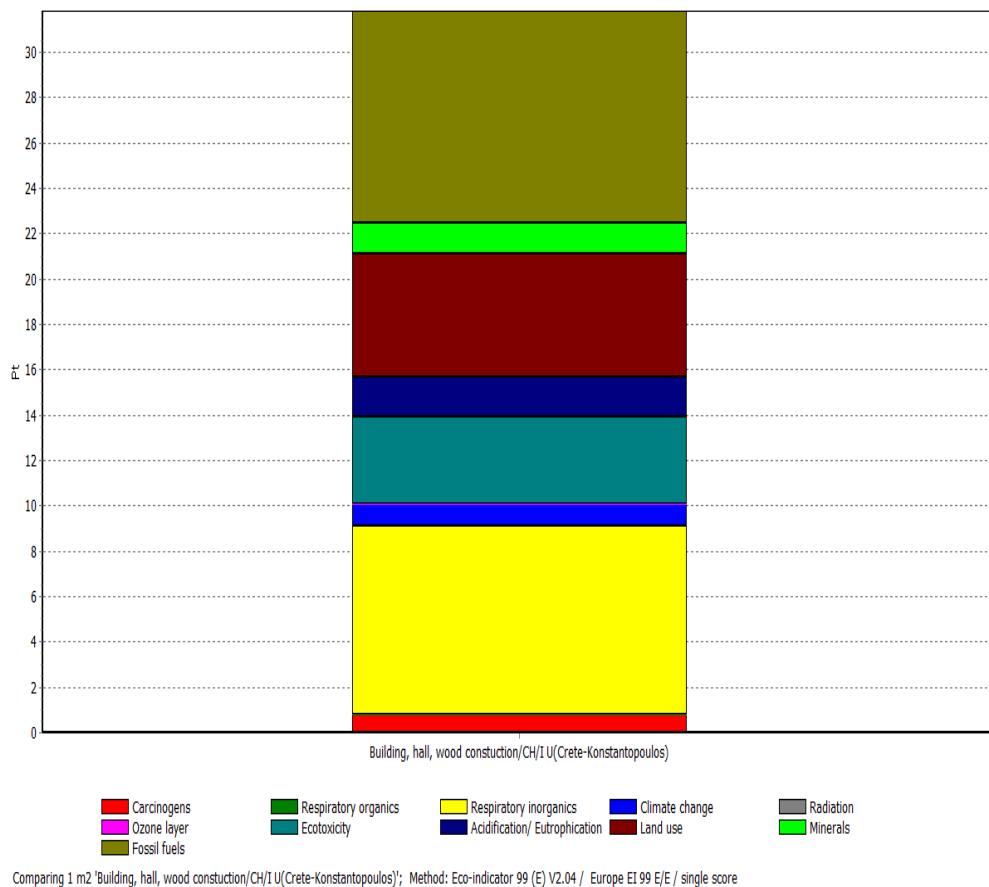
##### 4.1.5.1 Πάτωμα-Παρκέ

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του ξύλου όπου προορίζεται για πάτωμα-παρκέ ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από την ενίσχυση του από τσίγκο με ποσοστό επιβάρυνσης 24,1% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από την ενέργεια που καταναλώνεται στο εργοστάσιο μέσω υγρών καυσίμων καθώς και από την ενέργεια που καταναλώνεται κατά την μεταφορά ξεπερνά το 20% (23,1%). Σημαντικά περιβαλλοντικά φορτία προστίθενται επίσης λόγω της χρήσης πολυστερίνης για μόνωση, με ποσοστό συνεισφοράς 8,04%, καθώς επίσης και από το λουστράρισμα σε ποσοστό 7,09%.



**Διάγραμμα 9.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΞΥΛΟΥ-ΠΑΡΚΕ]**

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως 3 κατηγορίες, αυτή της χρήσης γης (land use), αυτή των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και αυτή των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Αμέσως μετά και σε ένα αρκέτα σημαντικό ποσοστό, παρατηρούμε ότι επηρεάζεται και η κατηγορία της τοξικότητας του περιβάλλοντος (ecotoxicity). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στο κόψιμο των δένδρων και στην εκμετάλλευση γενικά τεραστίων εκτάσεων των δασών, στη δεύτερη στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας και στην τρίτη στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων.

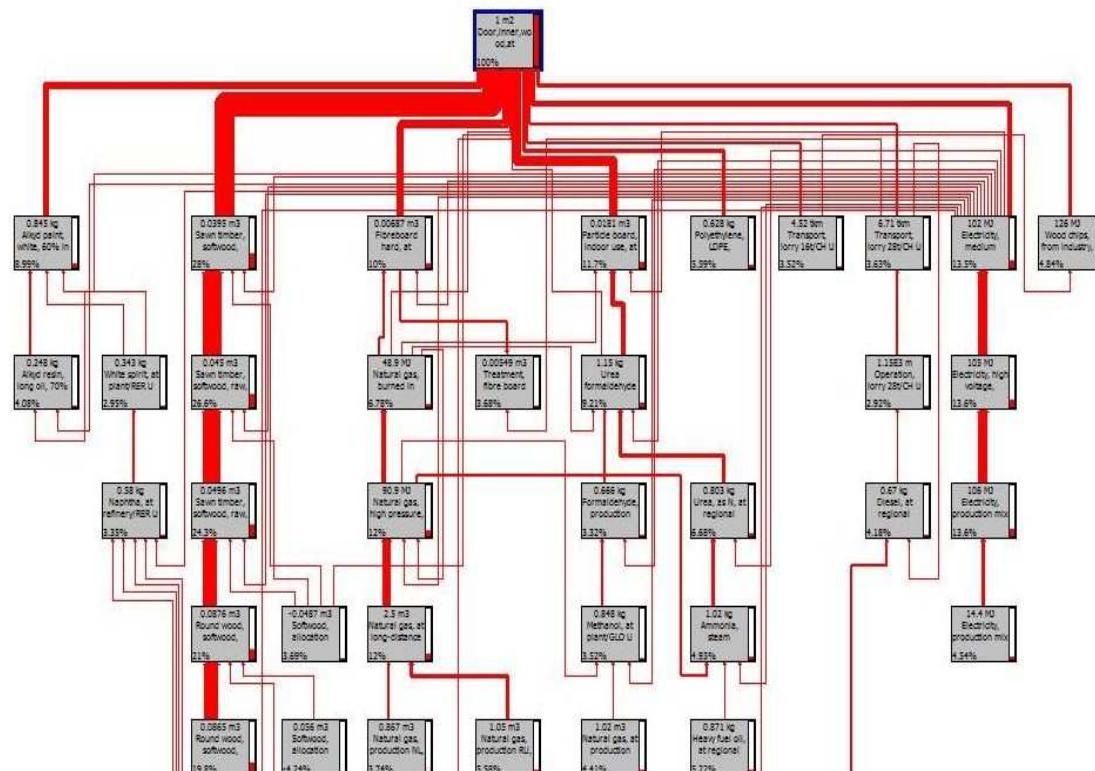


**Διάγραμμα 9.2. [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΞΥΛΟ-ΠΑΡΚΕ]**

#### 4.1.5.2) Πόρτα-Κούφωμα

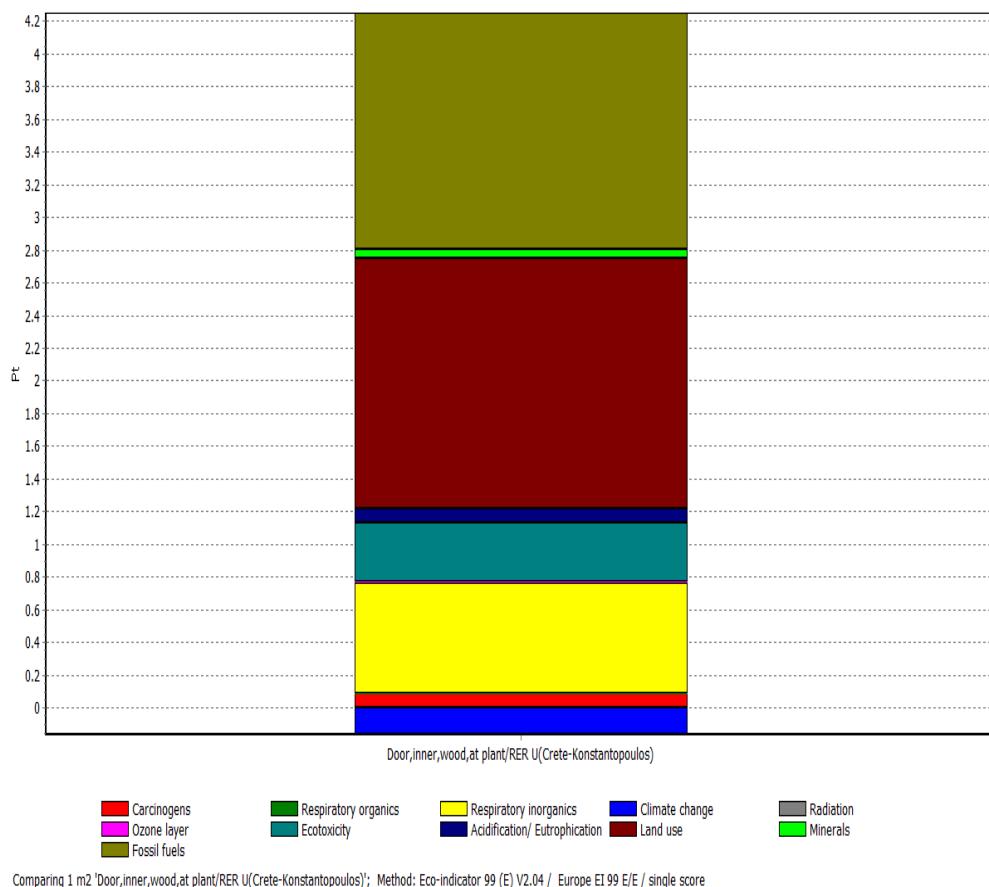
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του ξύλου που προορίζεται για εσωτερική πόρτα μαζί με το κούφωμα, ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση της πριονισμένης ξυλείας με ποσοστό επιβάρυνσης 28% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από τη χρήση του ξύλου είτε ως πριονισμένη ξυλεία, είτε ως ινοσανίδες, είτε ως τάβλες ξεπερνά το 50% (54,54%). Σημαντικά περιβαλλοντικά φορτία προστίθενται λόγω της κατανάλωσης ενέργειας στο εργοστάσιο αλλά και κατά την διάρκεια των μεταφορών με ποσοστό συνεισφοράς 20,5%. Τέλος, είναι σημαντικό να πούμε ότι

η χρήση βερνικιού και χρωμάτων συνεισφέρουν στην επιβάρυνση από μόνα τους σε ένα ποσοστό της τάξης του 9%, ενώ και η χρήση του πολυαιθυλενίου συνεισφέρει με την σειρά της σε ποσοστό 5,99%.



**Διάγραμμα 10.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΞΥΛΟΥ-ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ]**

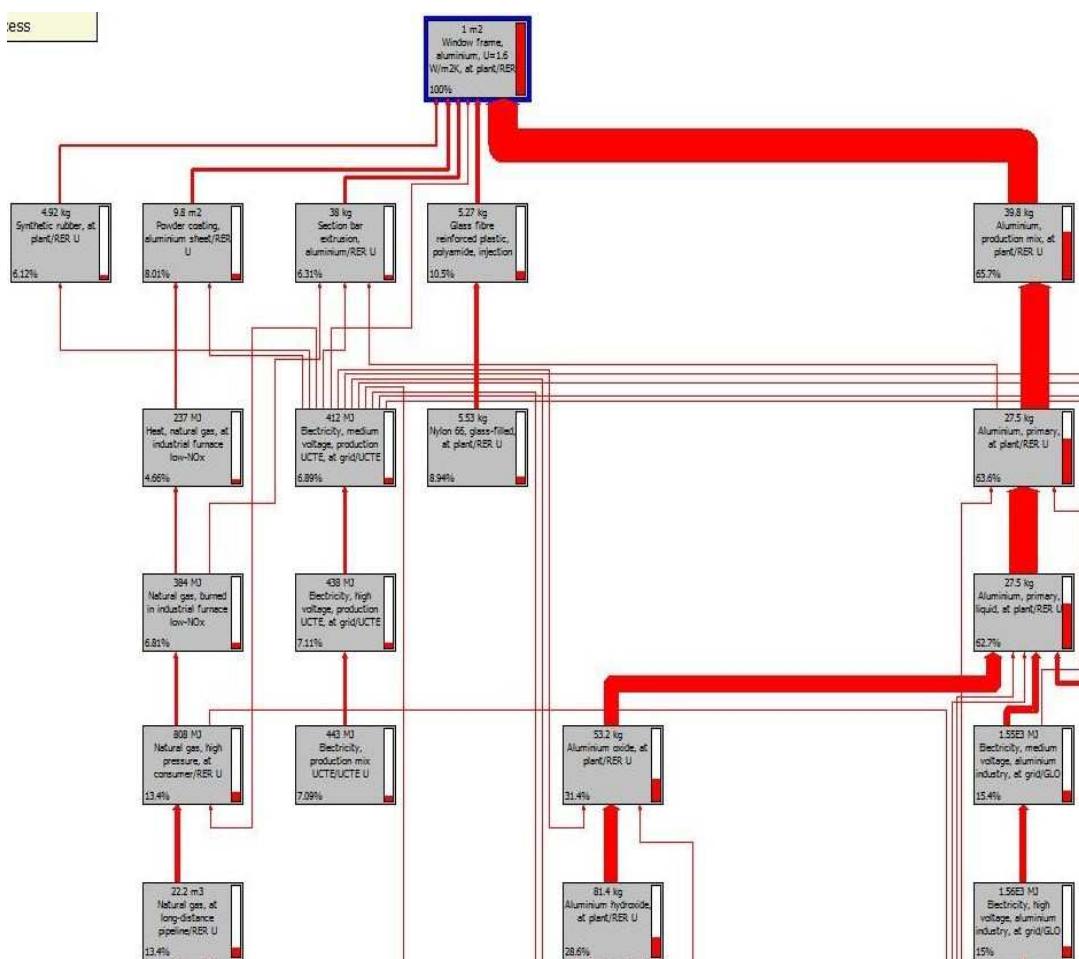
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως τις κατηγορίες της χρήσης γης (land use) και των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και μετέπειτα σε μικρότερη κλίμακα αλλά αν μη τι άλλο σημαντική, αυτές και τις τοξικότητας του περιβάλλοντος (ecotoxicity) και των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στο κόψιμο των δένδρων και στην εκμετάλλευση γενικά τεραστίων εκτάσεων των δασών, ενώ στη δεύτερη στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας.



**Διάγραμμα 10.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΞΥΛΟ-ΚΟΥΦΩΜΑ]**

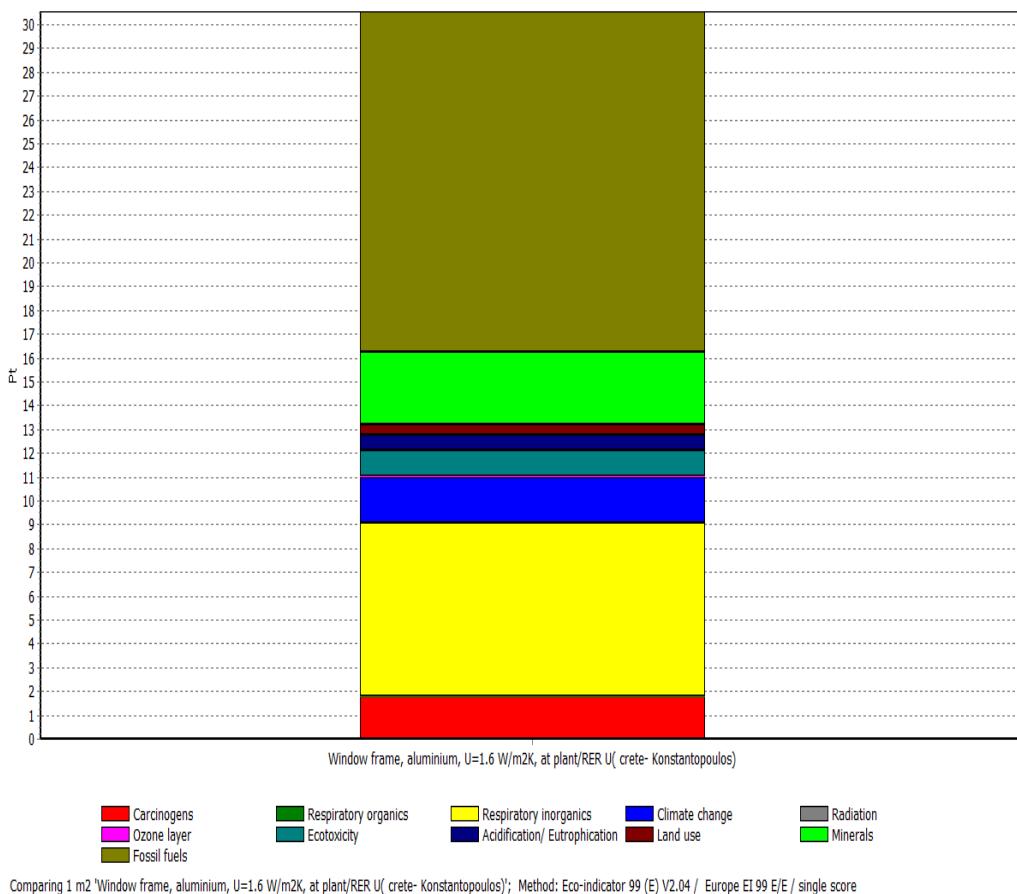
#### 4.1.6 Αλουμίνιο-Γυαλί (Κούφωμα)

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του κουφώματος αλουμινίου ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη παραγωγή αλουμινίου με ποσοστό επιβάρυνσης 65,7% ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από το αλουμίνιο και το γυαλί ξεπερνά το 80% (84,32%).



**Διάγραμμα 11.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ]**

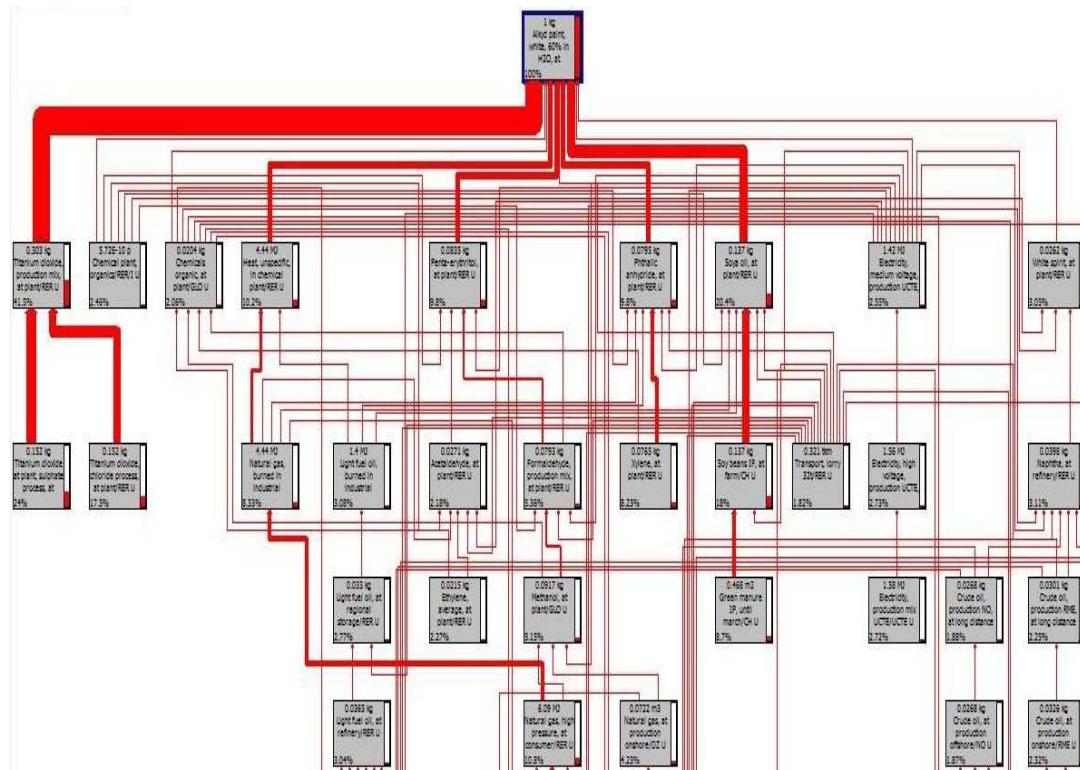
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και μετέπειτα αυτές των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, ενώ στη δεύτερη στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων.



**Διάγραμμα 11.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΥΦΩΜΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ]**

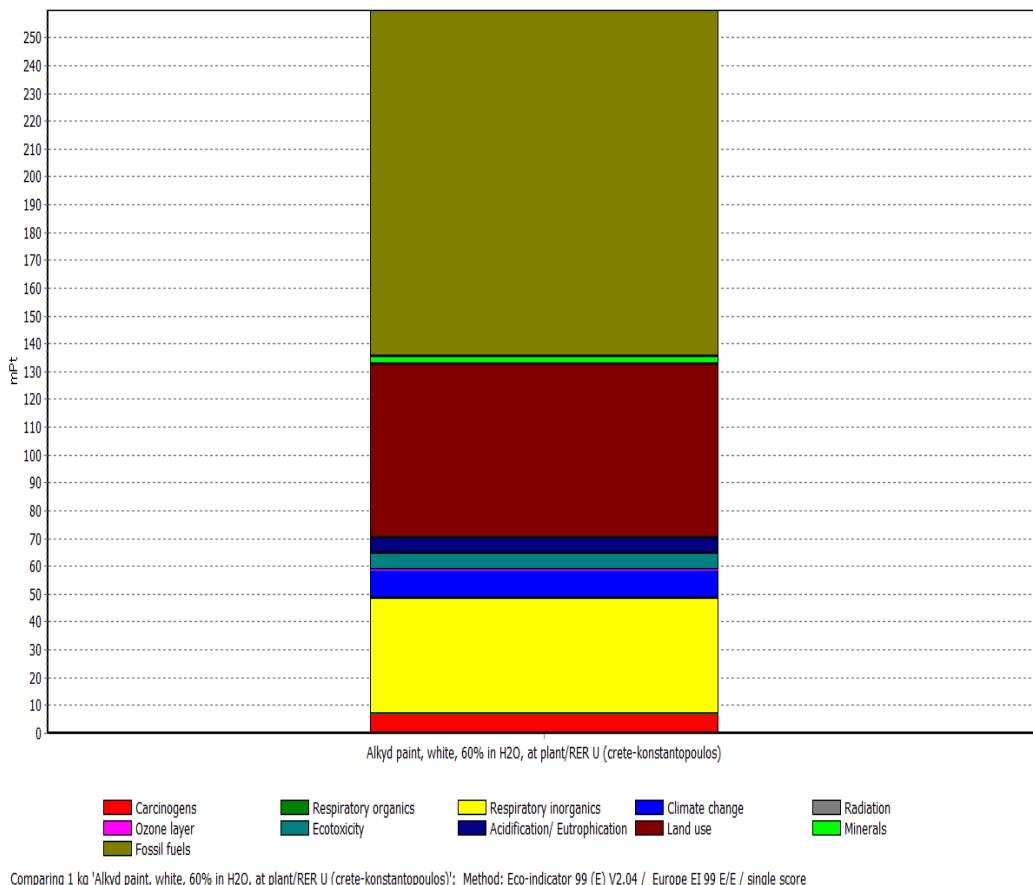
#### 4.1.7 Χρώματα-Βαφές

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής της βαφής ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση διοξειδίου του τιτανίου με ποσοστό επιβάρυνσης 41,5% και από την χρήση σογιέλαιου σε ποσοστό 20,4%, συνολικά δηλαδή αυτά τα δύο υλικά καλύπτουν το 62% της συνολικής επιβάρυνσης. Σημαντικό περιβαλλοντικό φορτίο επίσης προστίθενται λόγω της κατανάλωσης ενέργειας στο εργοστάσιο που συνεισφέρει περίπου ένα 10% της συνολικής συνεισφοράς.



Διάγραμμα 12.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ  
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΑΦΗΣ]

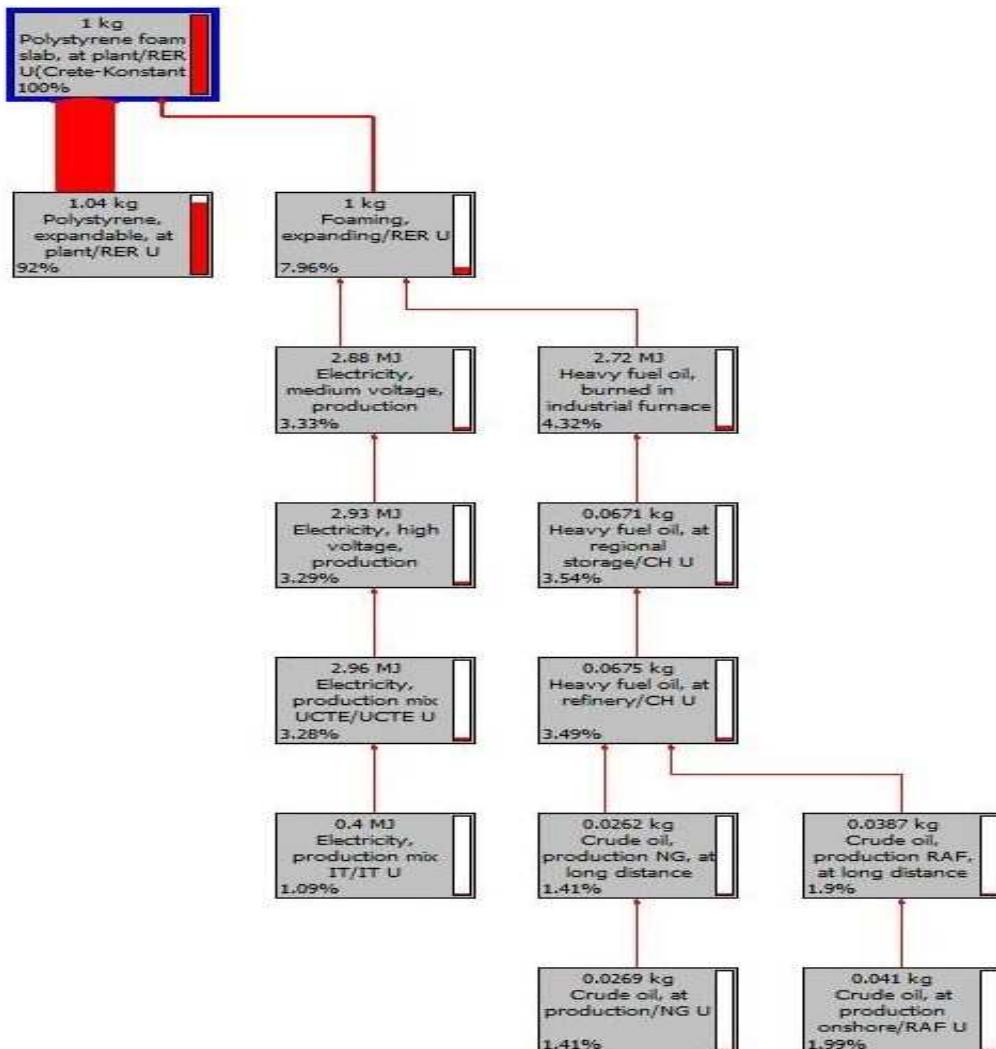
Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως 3 κατηγορίες. Αυτή των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels), αυτή των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics) και αυτή της χρήσης γης (land use). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων, στην δεύτερη στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας και στην τρίτη στην καλλιέργεια σογιέλαιου το οποίο είναι βασικό συστατικό των βαφών και των χρωμάτων.



**Διάγραμμα 12.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΗ ΒΑΦΗ]**

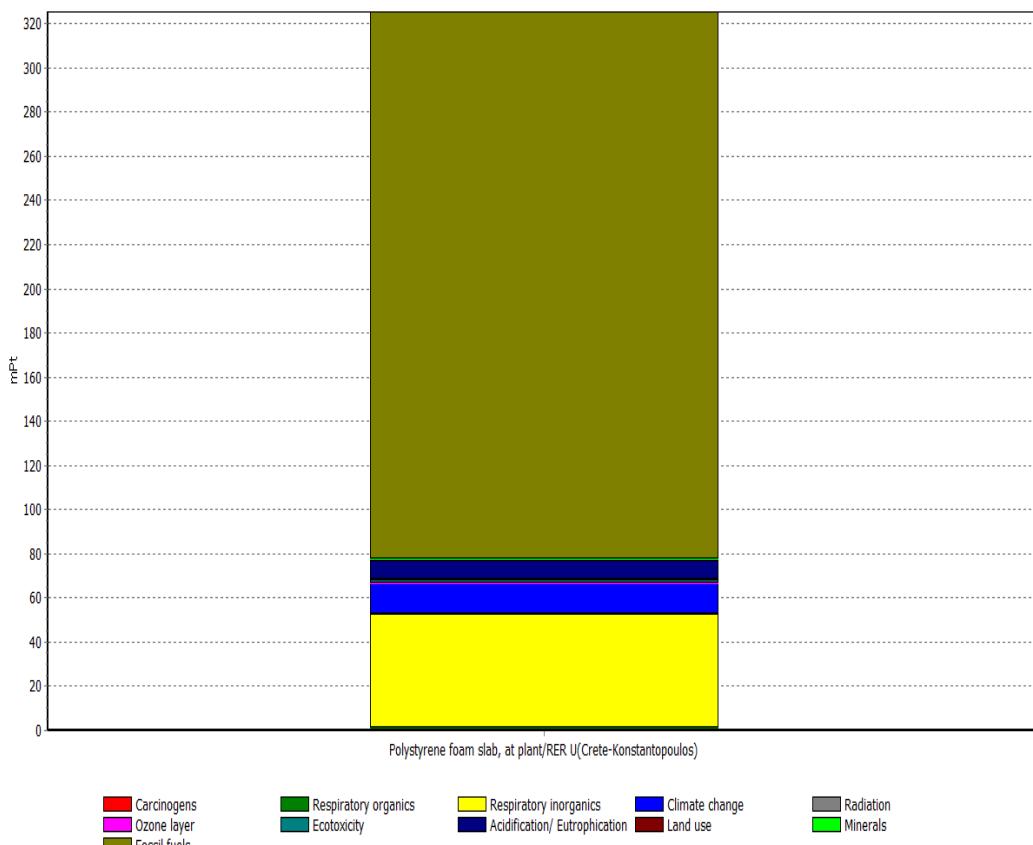
#### 4.1.8 Μόνωση (Θερμομόνωση)

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής της μόνωσης (θερμομόνωσης) ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως σχεδόν η συνολική μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση της εξυλασμένης πολυστερίνης με ποσοστό επιβάρυνσης 92%. Για να καλυφθεί εξ ολοκλήρου το 100% της επιβάρυνσης λαμβάνει χώρα και η συνεισφορά ενός τύπου αφρού σε ποσοστό σχεδόν 8% (7,96%).



**Διάγραμμα 13.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΜΟΝΩΣΗΣ]**

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels) και μετέπειτα σε μικρότερο βαθμό αυτή των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται στην κατανάλωση υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, ενώ στη δεύτερη κατά κύριο λόγο στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων.

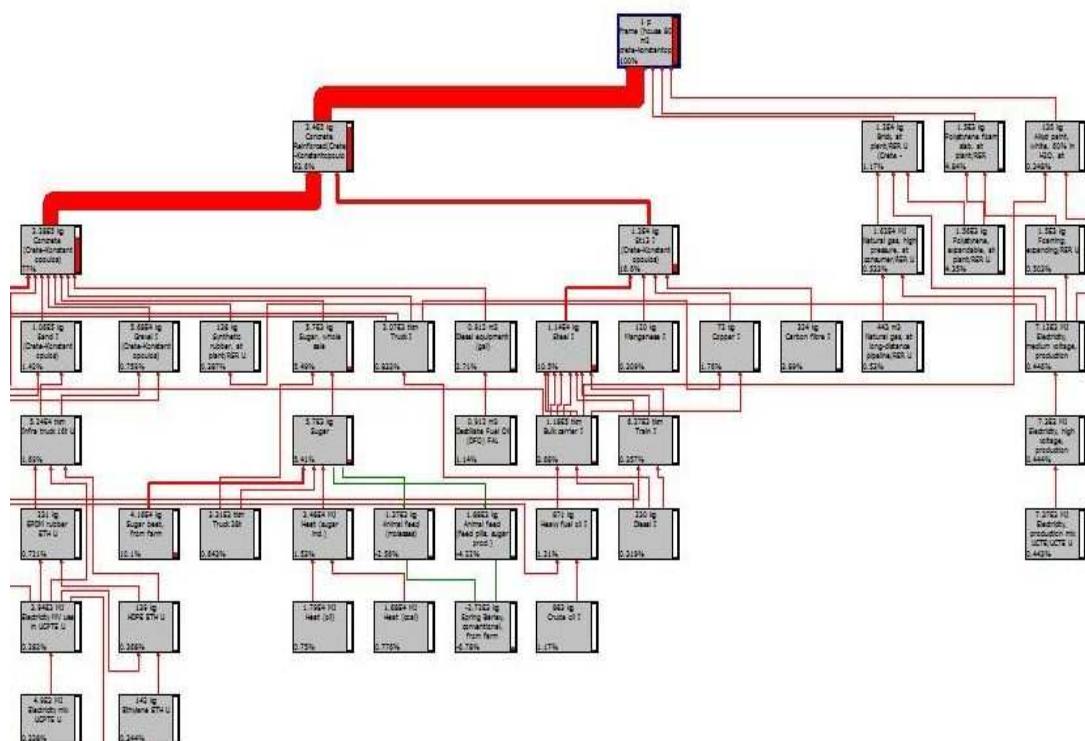


**Διάγραμμα 13.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΗ ΒΑΦΗ]**

## 4.2 Αποτελέσματα ανά κομμάτι (part) μονοκατοικίας

#### **4.2.1 Πλαίσιο**

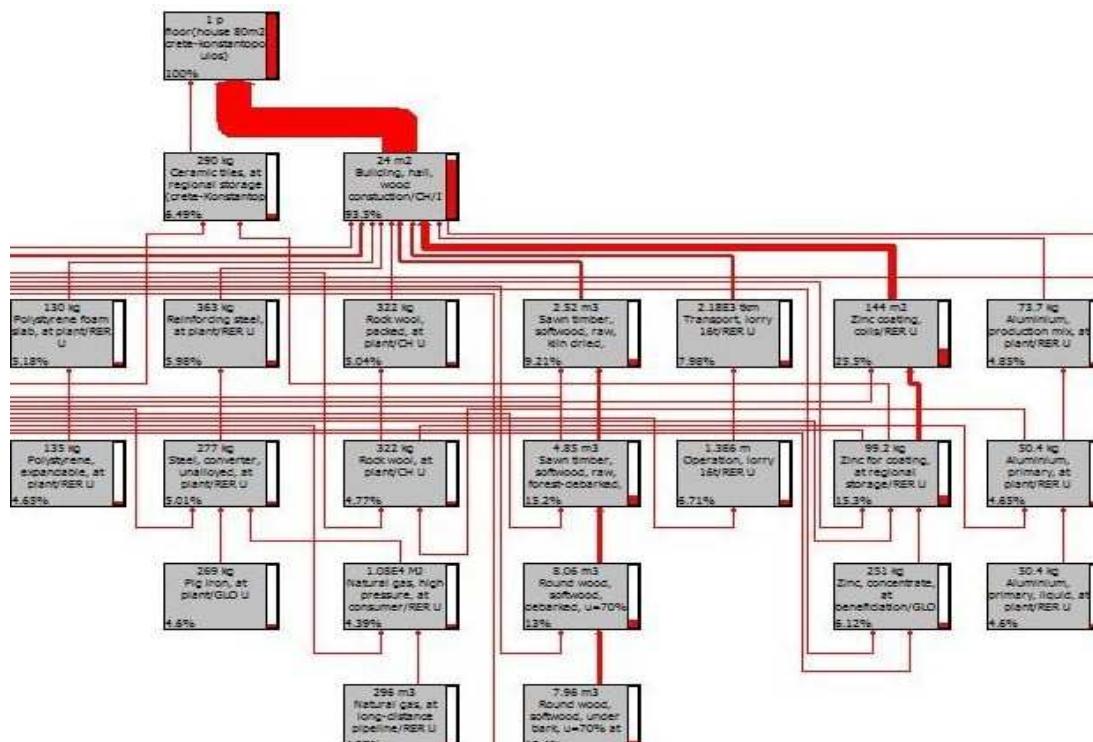
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής του πλαισίου της μονοκατοικίας μας, το οποίο αποτελείται από τα **οπλισμένο σκυρόδεμα, τούβλο, μόνωση και βαφή**, όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από τη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος με ποσοστό επιβάρυνσης που αγγίζει το 93% (92,6%) ενώ συνολικά η επιβάρυνση που προκαλείται από όλα τα άλλα υλικά (τούβλα, μονώσεις, βαφές), δεν ξεπερνούν το 7% (6,26%). Συνεπώς γίνεται ξεκάθαρα αντιληπτό ήδη από την μελέτη του κύκλου ζωής του τμήματος του πλαισίου, ποιο είναι το υλικό που προκαλεί την μεγαλύτερη επιβάρυνση στο περιβάλλον με διαφορά από τα υπόλοιπα και αυτό δεν είναι άλλο από το σκυρόδεμα.



**Διάγραμμα 14. [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ]**

## 4.2.2 Πατώματα

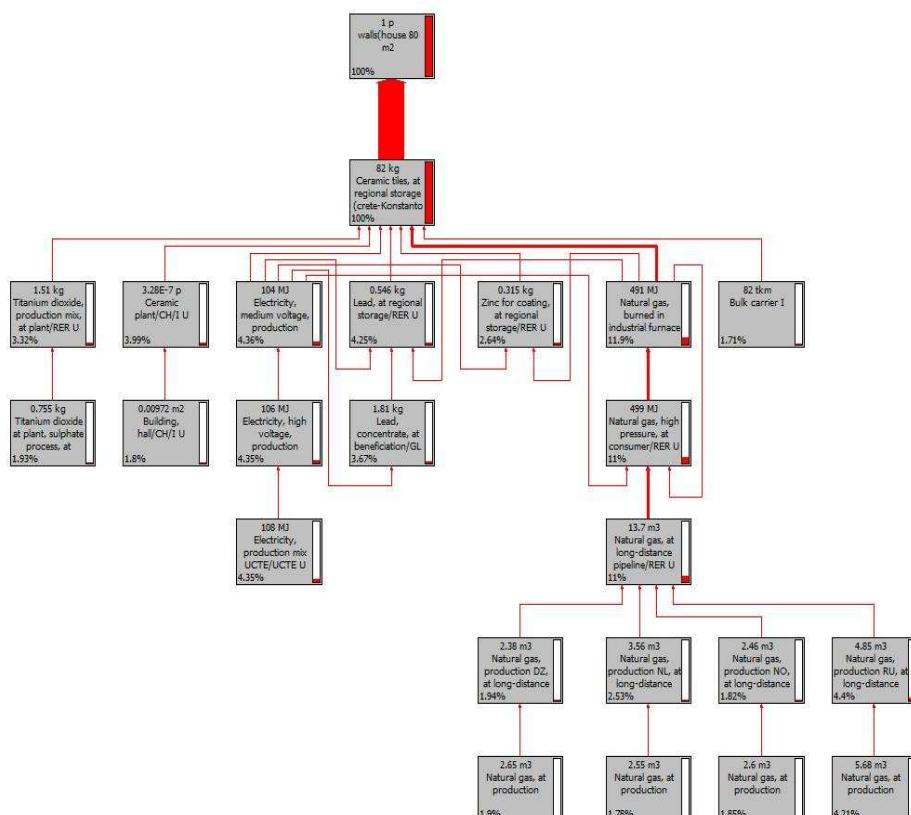
Για τα πατώματα της μονοκατοικίας μας χρησιμοποιήθηκαν δύο υλικά, το πλακάκι και το ξύλο. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου των πατωμάτων της μονοκατοικίας μας ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση του ξύλου που επιλέξαμε με ποσοστό επιβάρυνσης 93,5%, ποσοστό που μας επιτρέπει να μιλάμε σχεδόν για ολική επιβάρυνση μιας και το ποσοστό 6,49% επιβάρυνσης του πλακιδίου θεωρείται αμελητέο μπροστά του. Μάλιστα, η εικόνα που προκύπτει κρίνεται κάπως αντιφατική, μιας και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο με βάση τα τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ) ήταν το πλακάκι. Όπως θα διαπιστώσουμε και παρακάτω το συγκεκριμένο διάγραμμα ροής δεν μας λέει πολλά όσον αφορά την επιβάρυνση για το σύνολο της μονοκατοικίας, αλλά μας προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα για το ποιο υλικό θα είναι καλύτερα να χρησιμοποιήσουμε για τα πατώματα του σπιτιού μας ανάμεσα σε αυτά τα δύο (ξύλο-πλακάκι).



**Διάγραμμα 15. [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΤΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ]**

### 4.2.3 Τοίχοι

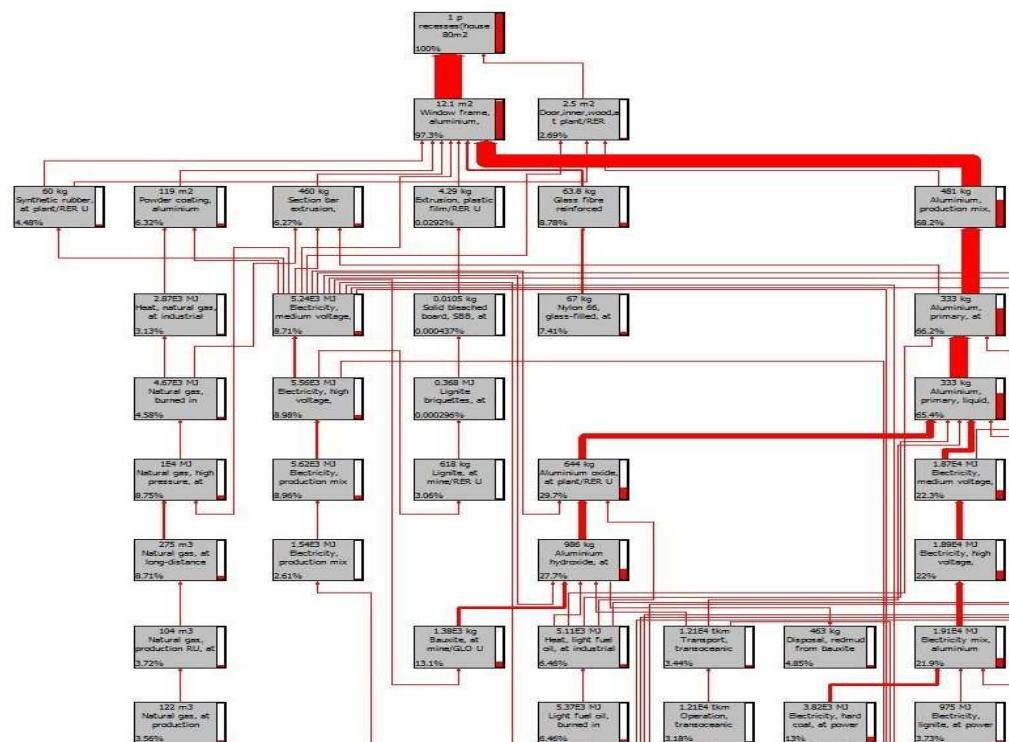
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής για τους τοίχους της μονοκατοικίας μας ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη ολική επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση του πλακιδίου με ποσοστό επιβάρυνσης 100%, κάτι που είναι απολύτως λογικό μιας και το πλακάκι είναι το μοναδικό υλικό με το οποίο επιλέξαμε να καλύψουμε μέρη των τοίχων μας. Από το συγκεκριμένο διάγραμμα στην ουσία δεν προκύπτει κάποιο σημαντικό συμπέρασμα μιας και το αποτέλεσμα είναι λίγο πολύ αυτονόητα, το εμφανίζουμε όμως γιατί θα μας βοηθήσει να βγάλουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα μετέπειτα, όταν και θα αναλύσουμε και θα σχολιάσουμε το συνολικό διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής της μονοκατοικίας μας.



**Διάγραμμα 16. [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΤΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ]**

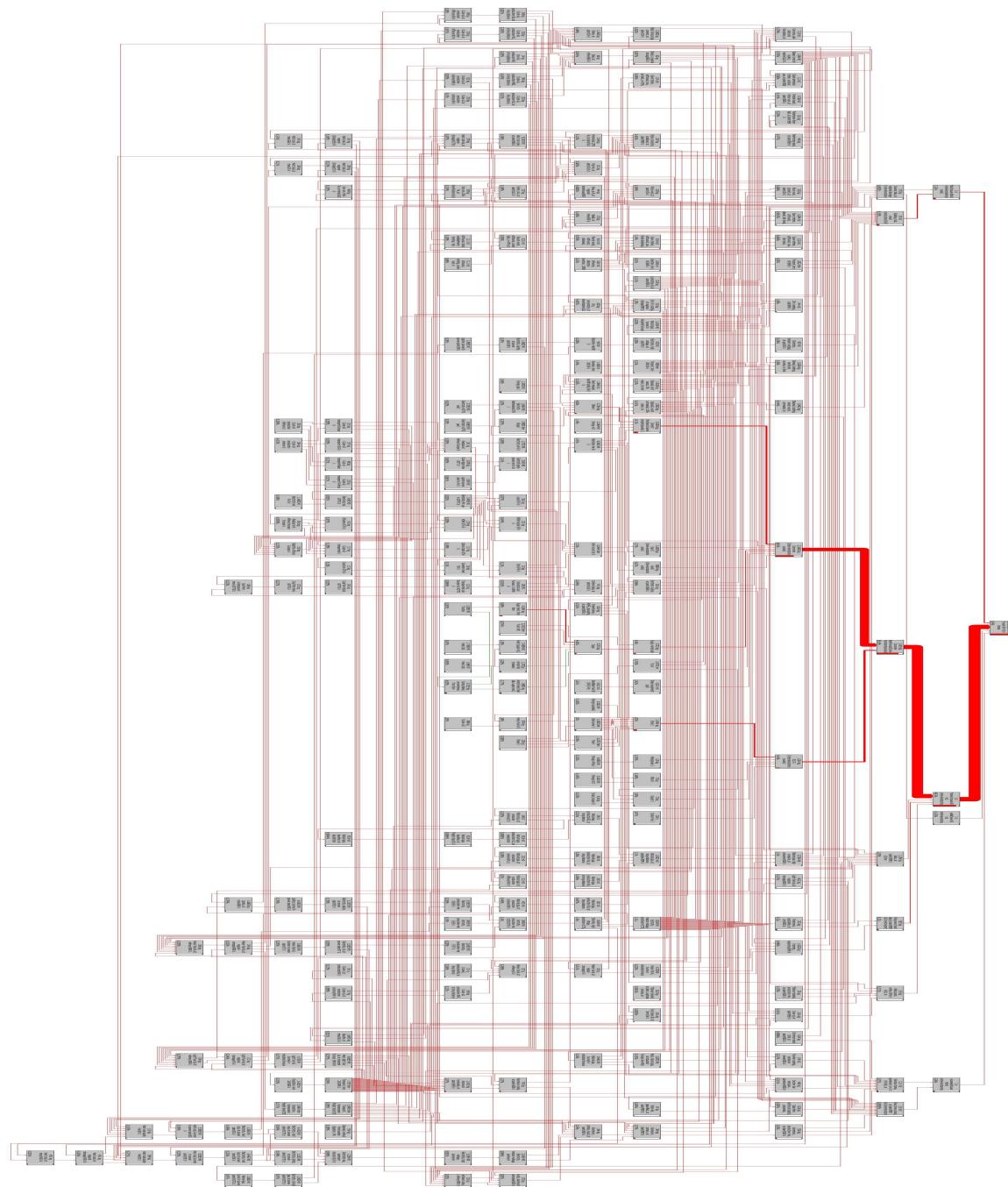
#### 4.2.4 Κουφώματα

Για τα κουφώματα της μονοκατοικίας μας χρησιμοποιήθηκαν 3 υλικά (αλουμίνιο, γυαλί, ξύλο.) Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του κύκλου ζωής των κουφωμάτων της μονοκατοικίας μας ως προς το τελικό αποτέλεσμα (single score) όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο Eco – Indicator 99 v2.1, βλέπουμε πως η μέγιστη επιβάρυνση προκαλείται από τη χρήση κουφωμάτων αλουμινίου(μαζί με το γυαλί) με ποσοστό επιβάρυνσης 91%, ενώ η επιβάρυνση που προκαλείται από τη χρήση κουφωμάτων ξύλου είναι 9%. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά την επιλογή των κουφωμάτων που θα πρέπει να επιλέξουμε έτσι ώστε να πετύχουμε την λιγότερη δυνατή επιβάρυνση. Διαπιστώνουμε πως ο κύκλος ζωής των ξύλινων κουφωμάτων επιβαρύνει κατά πολύ λιγότερο το περιβάλλον σε σύγκριση με αυτόν του αλουμινίου. Τέλος, άλλο ένα χρήσιμο συμπέρασμα που προκύπτει σε σχέση με ένα προηγούμενο διάγραμμα ροής και συγκεκριμένα αυτό των πατωμάτων, είναι πως θα πρέπει να προτιμάμε το ξύλο ως δομικό υλικό στην περίπτωση των κουφωμάτων, ενώ αντιθέτως να το αποφεύγουμε στην περίπτωση των πατωμάτων.



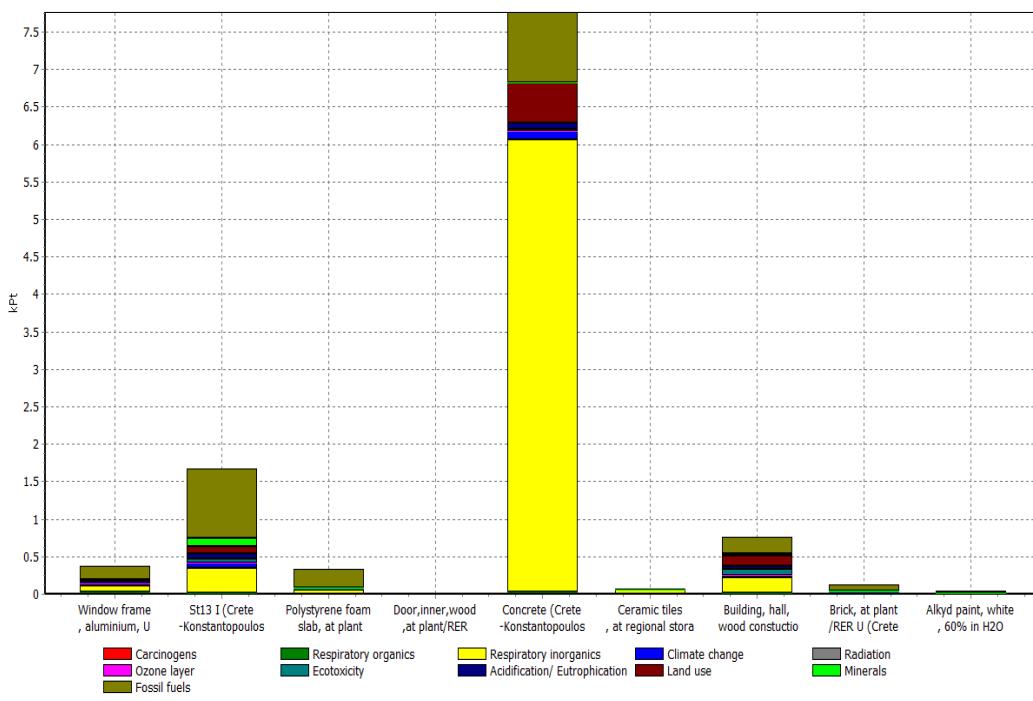
**Διάγραμμα 17. [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ]**

## 4.3 Αποτελέσματα συνολικού κτιρίου



Διάγραμμα 18.1 [ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ]

Η κατανομή των παραπάνω επιβαρύνσεων συνολικά για την μονοκατοικία μας, βλέπουμε ότι επηρεάζει κυρίως την κατηγορία των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics) και μετέπειτα των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels). Από τις υπόλοιπες κατηγορίες, οι οποίες όπως έχουμε παρατηρήσει μέχρι τώρα επηρεάζονται σχεδόν σε αμελητέο ποσοστό, ένα αξίζει να προσέξουμε κάποια, τότε αυτή θα είναι η κατηγορία της χρήσης γης (land use). Η επίδραση στην πρώτη περίπτωση οφείλεται κατά κύριο λόγο στις εκπεμπόμενες ποσότητες ανόργανων ουσιών και σωματιδίων οι οποίες προκύπτουν μέσω του σκυροδέματος κυρίως, στη δεύτερη οφείλεται στην κατανάλωση καυσίμων που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, γεγονός λογικό αν αναλογιστούμε το σύνολο των δομικών υλικών από τα οποία αποτελείται η μονοκατοικία μας ενώ και η επίδραση στην τρίτη περίπτωση είναι απολύτως εύλογη εάν σκεφτεί κάνεις τη χρήση γης που γίνεται έτσι ώστε να αποκτηθούν οι πρώτες ύλες όλων αυτών των υλικών που απαρτίζουν το κτίριο (μονοκατοικία) μας.



**Διάγραμμα 18.2 [ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (IMPACT CATEGORY) ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ]**

## 4.4 Αποτελέσματα εναλλακτικών σεναρίων

Οι υπολογισμοί και σύγκριση των αποτελεσμάτων έγινε σύμφωνα με τη παραγόμενη ποσότητα σκυροδέματος σε κάθε περίπτωση. Εντούτοις οι μετατροπές στα αρχικά σενάρια για κάθε περίπτωση έγιναν και παρουσιάζονται ανά 1.000 kg παραγόμενης ποσότητας σκυροδέματος. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα εναλλακτικά σενάρια αυτά καθώς και η διαφοροποίηση τους από το αρχικό.

### 4.4.1. Διαφοροποιήσεις στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου (σενάριο 1)

Στο αρχικό σενάριο τα στοιχεία που επιλέχθηκαν για την παραγωγή σκυροδέματος αφορούσαν τη παραγωγή της σκόνης τσιμέντου σε εργοστάσιο στην Αθήνα και μεταφορά της με πλοίο στην περιοχή της Σούδας του νομού Χανίων. Στα σενάρια που ακολουθούν επιλέξαμε να ορίσουμε εγκατάσταση εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου στην περιοχή της Κρήτης, αρχικά στο Ηράκλειο και μετά στα Χανιά. Σε όλα τα σενάρια υλικά επιλέχθηκαν από την ίδια βιβλιοθήκη δεδομένων για να μην έχουμε διαφοροποιήσεις που θα οφείλονται σε αλλαγές στα στάδια παραγωγής. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα εναλλακτικά σενάρια καθώς και η διαφοροποίηση τους από το αρχικό.

**Πίνακας 15.1: Διαφοροποιήσεις αποστάσεων σε km**

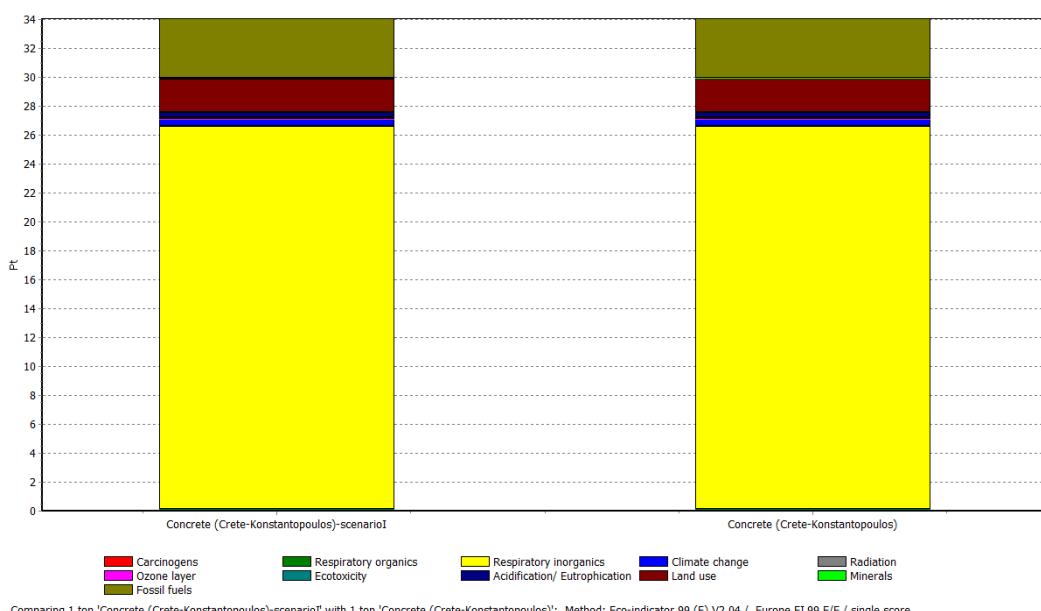
ΑΘΗΝΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΧΑΝΙΑ
<b>Αποστάσεις που διανύουν τα μέσα μεταφοράς σε Km</b>	<b>Αποστάσεις που διανύουν τα μέσα μεταφοράς σε Km</b>	<b>Αποστάσεις που διανύουν τα μέσα μεταφοράς σε Km</b>
Πλοίο: <b>304</b> (Πειραιάς-Σούδα)	Πλοίο: <b>0</b>	Πλοίο: <b>0</b>
Φ. Οχήματα: <b>35</b> (Ελευσίνα-Πειραιάς, Σούδα-Μουρνιές)	Φ. Οχήματα: <b>137</b> (Ηράκλειο-Μουρνιές)	Φ. Οχήματα: <b>11</b> (Μαλάξα-Μουρνιές)

**Πίνακας 14.2: Διαφοροποιήσεις αποστάσεων σε tkm**

ΑΘΗΝΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΧΑΝΙΑ
<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>
Πλοίο: <b>0,21</b>	Πλοίο: <b>0</b>	Πλοίο: <b>0</b>
Φ. Οχήματα: <b>2,25</b>	Φ. Οχήματα: <b>8,62</b>	Φ. Οχήματα: <b>0,68</b>

Οι διαφοροποιήσεις των αποστάσεων του κύκλου ζωής του σκυροδέματος όπως προκύπτουν από τα σενάριά μας, φαίνονται αναλυτικά στους παραπάνω πίνακες. Τα αποτελέσματα του τελικού αποτελέσματος παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν:

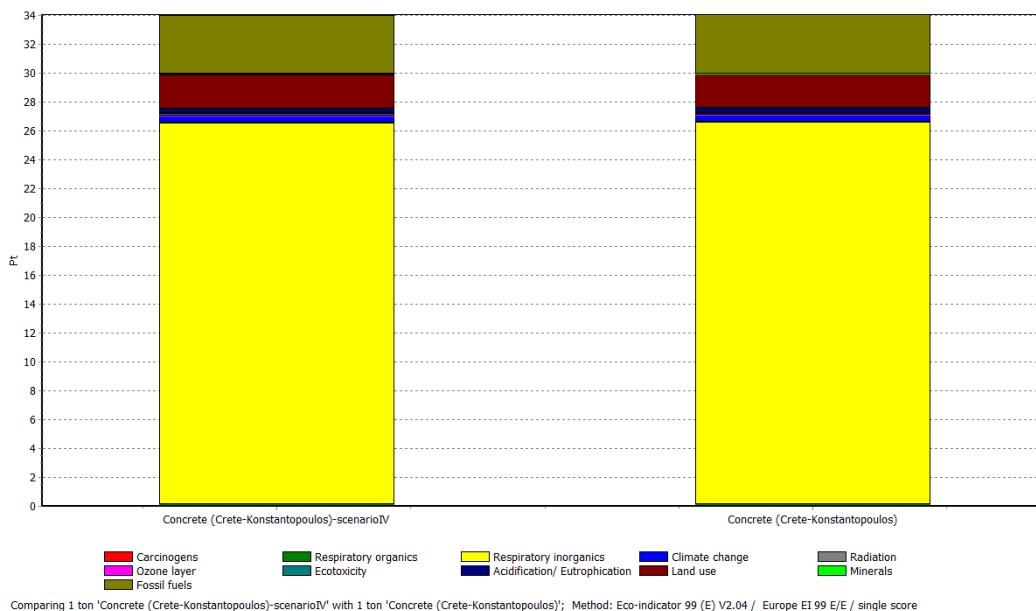
- **Αριστερά:** Σενάριο Ηράκλειο
- **Δεξιά:** Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 19.1-[ΣΕΝΑΡΙΟ 1.1- ΗΡΑΚΛΕΙΟ]**

Ⓐ Αριστερά: Σενάριο Χανιά

Ⓑ Δεξιά: Τυπικό σενάριο

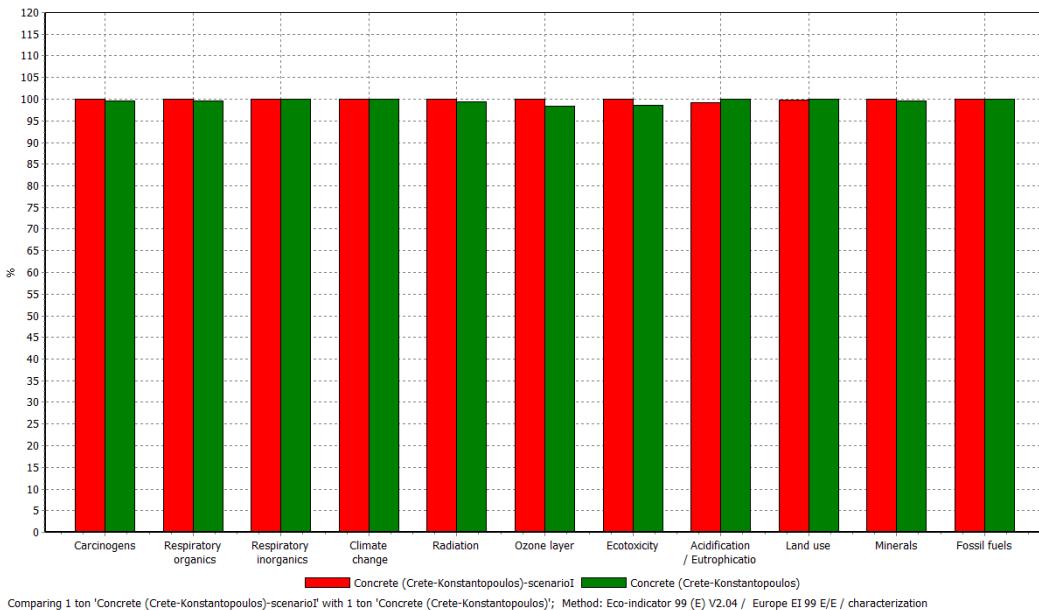


### Διάγραμμα 20.1- [ΣΕΝΑΡΙΟ 1.2-ΧΑΝΙΑ]

Όπως παρατηρούμε, οι διαφορά που προκύπτει στο τελικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα ανά κατηγορία επίδρασης είναι μηδαμινή. Για να εξετάσουμε όμως και να συγκρίνουμε καλύτερα τα δύο αυτά σενάρια, θα πρέπει να παρατηρήσουμε και τα παρακάτω διαγράμματα στα οποία γίνεται πιο λεπτομερής ανάλυση.

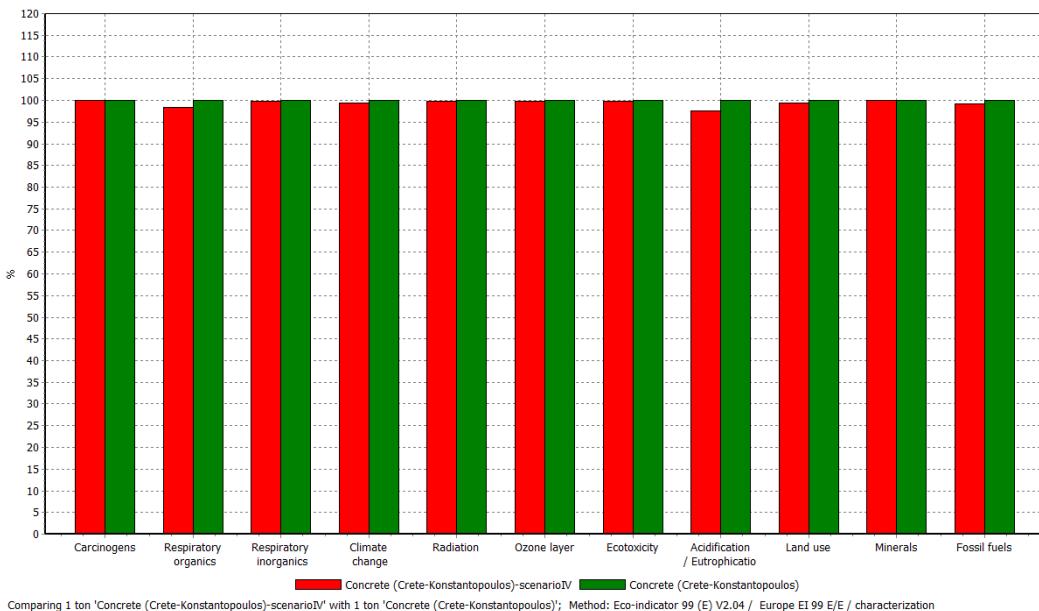
## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

- ❖ Κόκκινη ράβδος: Σενάριο Ηράκλειο
- ❖ Πράσινη ράβδος: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 19.2- [ΣΕΝΑΡΙΟ 1.3-ΗΡΑΚΛΕΙΟ]**

- ❖ Κόκκινη ράβδος: Σενάριο Χανιά
- ❖ Πράσινη ράβδος: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 20.2- [ΣΕΝΑΡΙΟ 1.4-ΧΑΝΙΑ]**

Παρατηρώντας τα συγκεκριμένα διαγράμματα, μπορούμε πλέον να διακρίνουμε κάποιες μικρές διαφορές που προκύπτουν μέσα από το συγκεκριμένο σενάριο. Αυτό που μας κάνει εντύπωση, είναι πως στην περίπτωση του Ηρακλείου, όχι μόνο δεν μειώνεται η συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση, αλλά θα λέγαμε αντιθέτως ότι ενισχύεται κιόλας. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι είναι προτιμότερο περιβαλλοντικά στην παραγωγή του σκυροδέματος να φέρουμε την σκόνη τσιμέντου με πλοίο κι ας είναι μεγάλη η απόσταση, παρά να τη μεταφέρουμε με φορτηγό όχημα από μικρότερη απόσταση. Συγκεκριμένα, είναι προτιμότερο για το σκυρόδεμα που παράγουμε στα Χανιά να μεταφέρουμε τη σκόνη τσιμέντου από την Αθήνα με χρήση πλοίου, παρά να είχαμε εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου στο Ηράκλειο και να την μεταφέραμε στα Χανιά με φορτηγά οχήματα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως η επιβάρυνση που προκαλούν τα φορτηγά οχήματα συναρτήσει του βάρους που μπορούν να μεταφέρουν και της ενέργειας που καταναλώνουν, είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που προκαλεί το πλοίο.

Στη περίπτωση των Χανίων, παρατηρούμε ότι μειώνεται η περιβαλλοντική μας επιβάρυνση, σε βαθμό ανεπαίσθητο όμως, μιας και βλέπουμε ότι οι δείκτες του εν λόγω σεναρίου είναι ελάχιστα χαμηλότεροι στις περισσότερες κατηγορίες ευρείας επίδρασης. Το αποτέλεσμα αυτό σε σχέση με την περίπτωση του Ηρακλείου είναι λογικό από την άποψη ότι εκτός από την μεταφορά με το πλοίο, στην συγκεκριμένη περίπτωση μηδενίσαμε σχεδόν και τις μεταφορές των φορτηγών οχημάτων. Παρόλ' αυτά πάντως είδαμε ότι το τελικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα παραμένει και πάλι αμετάβλητο σε σχέση με το τυπικό μας σενάριο.

Συνεπώς, το συνολικό συμπέρασμα που μπορεί να προκύψει μετά την ολοκλήρωση αυτού του σεναρίου είναι ότι σπαταλάμε τόση μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή σκυροδέματος που οι μεταφορές παίζουν αμελητέο ρόλο στο κύκλο ζωής του.

#### **4.4.2 Διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου (σενάριο 2)**

Στο πρότυπο σενάριο η ενέργεια που καταναλώνεται από το υπάρχον ενεργειακό δίκτυο προέρχεται κατά κόρον από χρήση ορυκτών πόρων. Στα εναλλακτικά σενάρια αυτού του βήματος υποθέσαμε πως η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική παραγωγή του δικτύου αυξήθηκε κατά 20%. Για κάθε σενάριο θεωρήσαμε πως συνεισφέρει ένα είδος ανανεώσιμης ενέργειας και συγκεκριμένα η αιολική.

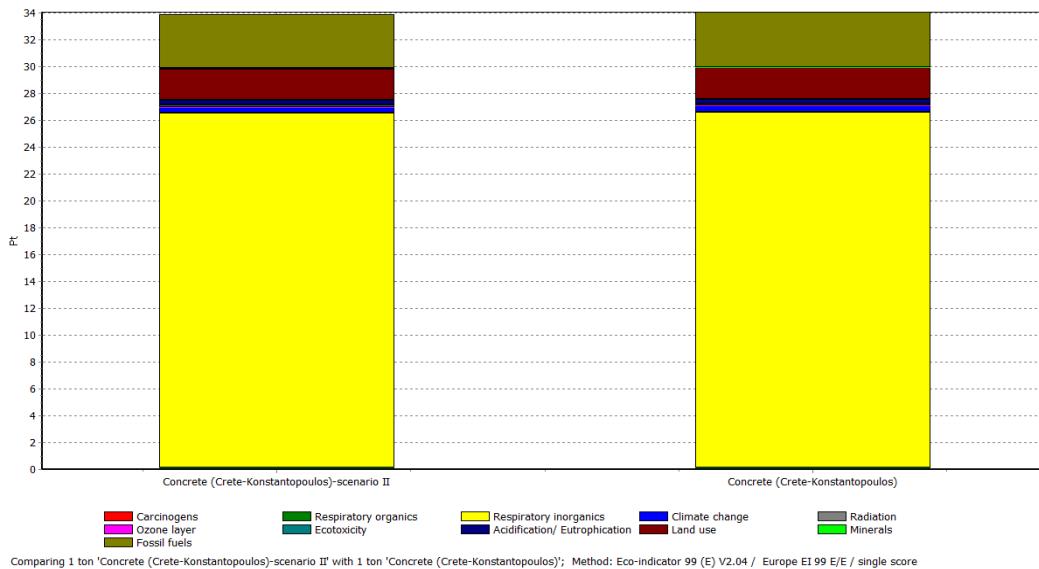
Τα στάδια ζωής στα οποία έχουμε κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από το δίκτυο είναι τα στάδια επεξεργασίας των αδρανών μας (άμμος, χαλίκι), της παραγωγής του Clinker, της παραγωγής τσιμέντου και της παραγωγής σκυροδέματος. Σύμφωνα με τις υποθέσεις που κάναμε προκύπτει ο παρακάτω πίνακας στον οποίο αναγράφονται οι μετατροπές στις ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται.

**Πίνακας 16: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ**

Σενάριο	Είδος Ενέργειας (MJ)	Άμμος	Χαλίκι	Clinker	Τσιμέντο	Σκυρόδεμα
<b>Τυπικό</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	16	16	208,8	122,4	3,88
<b>Σενάριο 2</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	12,8	12,8	167,04	97,92	3,104
	Αιολική ενέργεια	3,2	3,2	41,76	24,48	0,776

Οι διαφοροποιήσεις στο δίκτυο ενέργειας του κύκλου ζωής του σκυροδέματος όπως προκύπτουν από τα σενάρια μας, φαίνονται αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα. Τα αποτελέσματα του τελικού αποτελέσματος παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν:

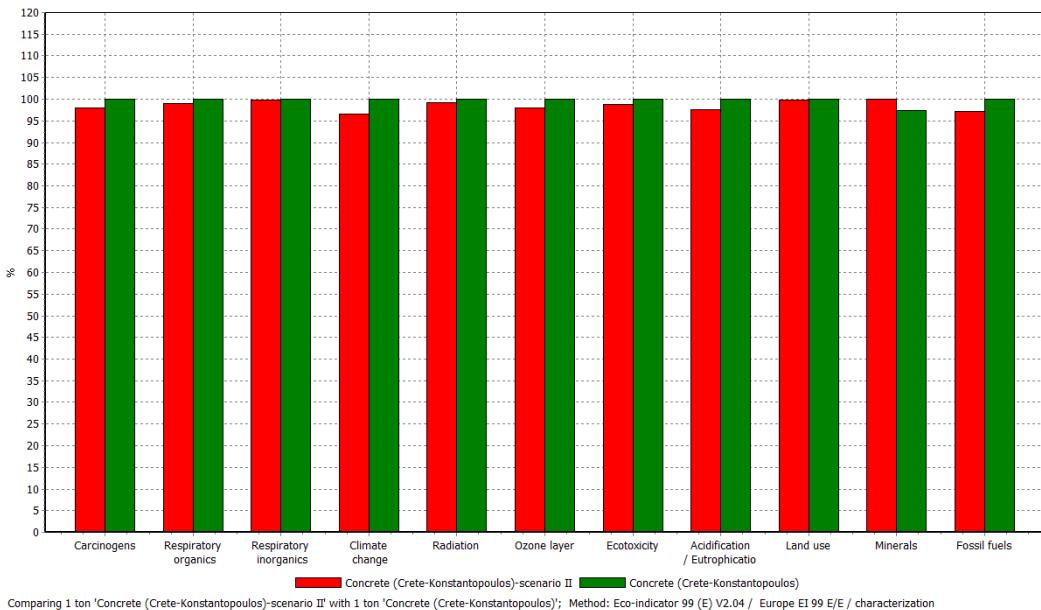
- + Αριστερά: Σενάριο διαφοροποίησης ενέργειας δίκτυου
- + Δεξιά: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 21.1-[ΣΕΝΑΡΙΟ 2.1- ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ]**

Παρατηρούμε ότι και σε αυτή την περίπτωση, η διαφορά ανάμεσα στο τυπικό μας σενάριο και στο συγκεκριμένο με την διαφοροποίηση στο δίκτυο της ενέργειας είναι μηδαμινή. Εάν είχαμε την δυνατότητα να μεγεθύνουμε το διάγραμμα, θα βλέπαμε ότι υπάρχει μικρη διαφορά ανάμεσα στις ράβδους μας, ενώ στο προηγούμενο σενάριο δεν υπήρχε καθόλου. Οι διαφορές των δύο αυτών σεναρίων (τυπικό-σενάριο 2) φαίνονται πιο ευδιάκριτα στο παρακάτω διάγραμμα:

- ❖ Κόκκινη ράβδος: Σενάριο διαφοροποίησης ενέργειας δικτύου
- ❖ Πράσινη ράβδος: Τυπικό σενάριο



#### Διάγραμμα 21.2--[ΣΕΝΑΡΙΟ 2.2- ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ]

Βλέπουμε λοιπόν ότι στο συγκεκριμένο διάγραμμα γίνεται πιο αισθητή η διαφορά των δύο αυτών σεναρίων, διότι μας παρουσιάζει την επίδρασή τους ανά κατηγορία επιβάρυνσης ξεχωριστά. Διαπιστώνουμε πως το συγκεκριμένο σενάριο καταφέρνει και μειώνει τους δείκτες περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων σε σχέση με το τυπικό μας σενάριο αλλά και με το σενάριο 1, παρόλα' αυτά θα λέγαμε ότι η διαφορά δεν κρίνεται σημαντική αλλά μάλλον αμελητέα. Συνεπώς, συμπεραίνουμε πως η συμμετοχή ενός τύπου ανανεώσιμης ενέργειας σε ποσοστό 20% στο δίκτυο μας δεν επαρκεί έτσι ώστε να έχουμε μία σημαντική διαφορά όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Αυτό θα μπορούσαμε να πούμε ότι συμβαίνει διότι η συμμετοχή της ενέργειας που προέρχεται από το δίκτυο είναι μικρότερη σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας που λαμβάνουν χώρα στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος.

#### **4.4.3 Διαφοροποιήσεις και στον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου και στην παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται μέσω δικτύου (σενάριο 3)**

Το σενάριο αυτό αποτελεί μία σύνθεση των δύο προηγούμενων σεναρίων. Εξετάσαμε κατά πόσο μπορεί να μειωθεί το τελικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα μειώνοντας παράλληλα τις αποστάσεις και διαφοροποιώντας με το ίδιο τρόπο όπως πριν και το δίκτυο της ενέργειας. Οι συνολικές αλλαγές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 17.1: ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΟ 3**

ΑΘΗΝΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΧΑΝΙΑ
<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>	<b>Κατανάλωση σε tkm ανά 1.000 kg τσιμέντου</b>
<b>Πλοίο: 0,21</b>	<b>Πλοίο: 0</b>	<b>Πλοίο: 0</b>
<b>Φ. Οχήματα: 2,25</b>	<b>Φ. Οχήματα: 8,62</b>	<b>Φ. Οχήματα: 0,68</b>

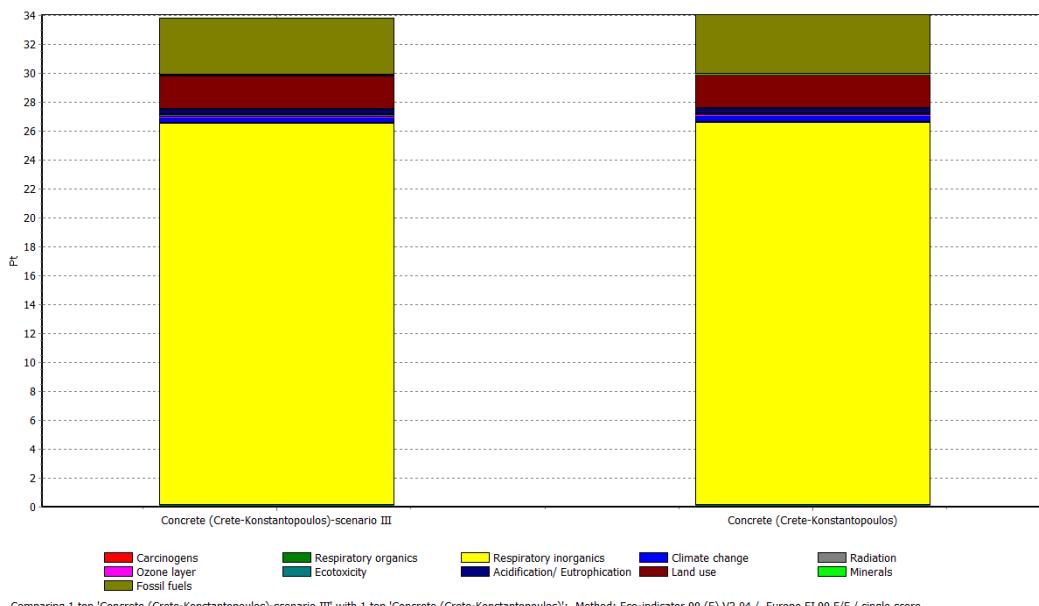
**Πίνακας 16.2: ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΟ 3**

Σενάριο	Είδος Ενέργειας (MJ)	Άμρος	Χαλίκι	Klinker	Τσιμέντο	Σκυρόδεμα
<b>Τυπικό</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	16	16	208,8	122,4	3,88
<b>Σενάριο 3</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	12,8	12,8	167,04	97,92	3,104
	Αιολική ενέργεια	3,2	3,2	41,76	24,48	0,776

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

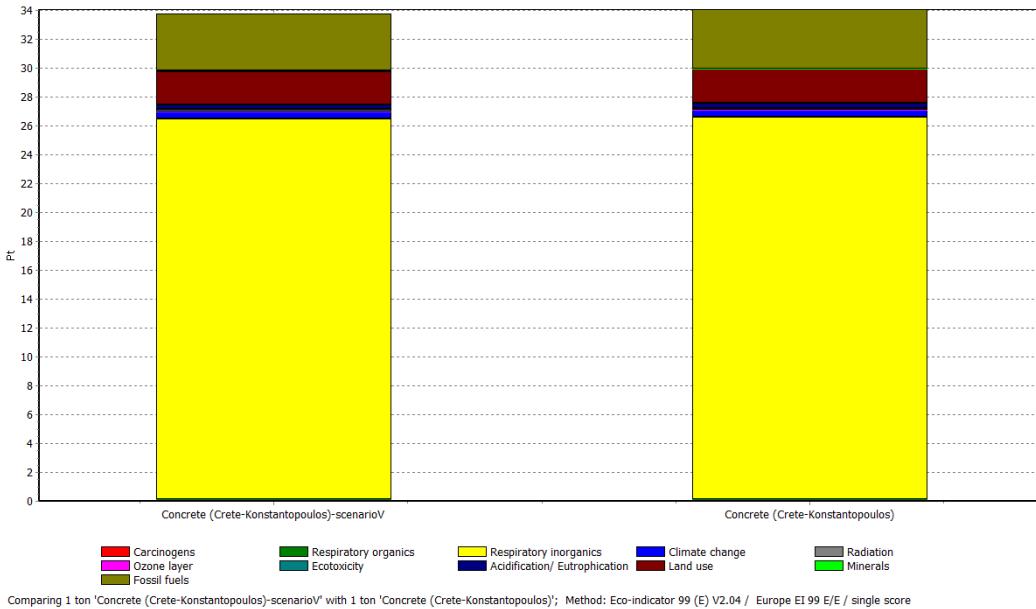
Οι διαφοροποιήσεις στο κύκλο ζωής του σκυροδέματος όπως προκύπτουν από τα σενάρια μας, φαίνονται αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα. Τα αποτελέσματα του τελικού αποτελέσματος παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν:

- Αριστερά: Σενάριο διαφοροποίησης ενέργειας δικτύου-Ηράκλειο
- Δεξιά: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 22.1- [ΣΕΝΑΡΙΟ 3.1-ΗΡΑΚΛΕΙΟ]**

- Αριστερά: Σενάριο διαφοροποίησης ενέργειας δικτύου-Χανιά
- Δεξιά: Τυπικό σενάριο



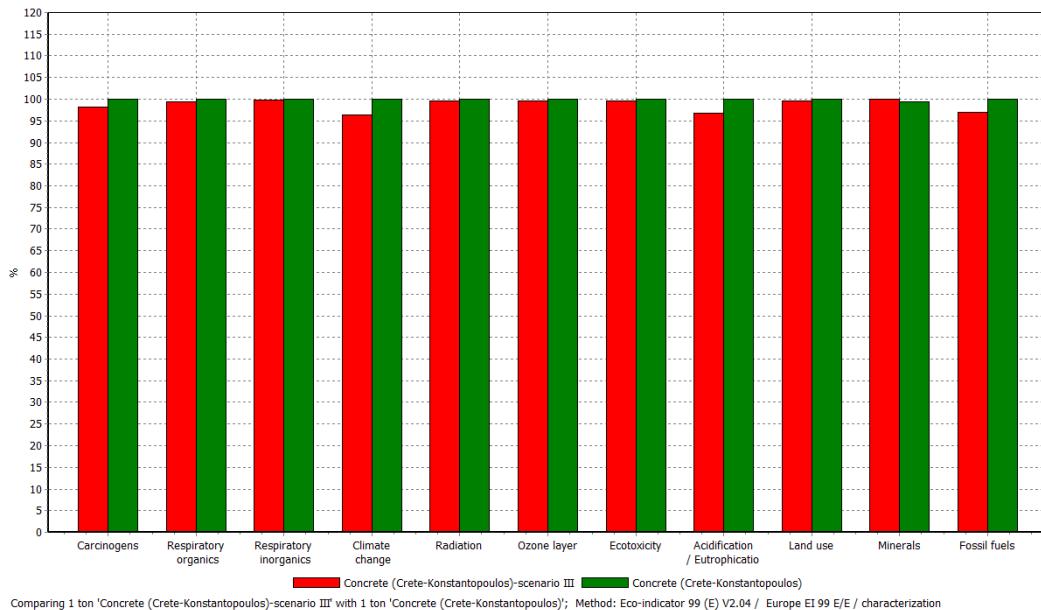
**Διάγραμμα 23.1-[ΣΕΝΑΡΙΟ 3.2- ΧΑΝΙΑ]**

Παρατηρώντας τα δύο αυτά διαγράμματα του σεναρίου μας για Ηράκλειο και Χανιά, διαπιστώνουμε ότι είναι σχεδόν ολόιδια. Το συμπέρασμα που προκύπτει ξανά είναι ο αμελητέος ρόλος που παίζουν οι μεταφορές στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος. Βλέπουμε ότι ενώ στην περίπτωση των Χανίων γλιτώνουμε έναν σημαντικό αριθμό km (η ενέργεια του δικτύου είναι ίδια και για τις δύο περιοχές), αυτό δεν επηρεάζει καθόλου το τελικό μας αποτέλεσμα εφόσον τα δύο διαγράμματα είναι πανομοιότυπα. Οι διαφορές που διακρίνονται σε σχέση με το σενάριο 1 οφείλονται καθαρά στις τροποποιήσεις που κάναμε στο δίκτυο ενέργειας. Συγκριτικά και με το σενάριο 1 και με το σενάριο 2 οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις έχουν μειωθεί, αλλά σε ασήμαντο βαθμό, οπότε και πάλι θα λέγαμε ότι οι διαφορές θεωρούνται αμελητέες.

Το γεγονός ότι σε αυτό το σενάριο επιτυγχάνουμε μία καλύτερη εικόνα σε σχέση με τα προηγούμενα δύο φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα:

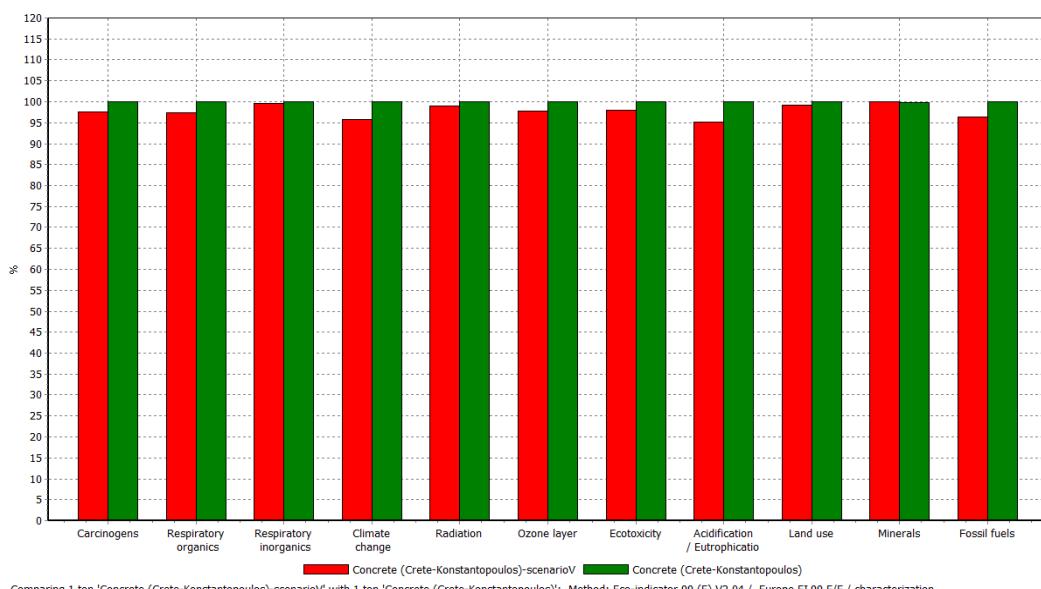
## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

- ❖ Κόκκινη ράβδος: Σενάριο Ηράκλειο
- ❖ Πράσινη ράβδος: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 22.2-[ΣΕΝΑΡΙΟ 3.3- ΗΡΑΚΛΕΙΟ]**

- ❖ Κόκκινη ράβδος: Σενάριο Χανιά
- ❖ Πράσινη ράβδος: Τυπικό σενάριο



**Διάγραμμα 23.2- [ΣΕΝΑΡΙΟ 3.4-XANIA]**

Εξετάζοντας επίσης τα δύο αυτά διαγράμματα, μπορούμε να εξάγουμε μερικά συμπεράσματα. Καταρχήν, διαπιστώνουμε πως ενώ η περίπτωση του Ηρακλείου στο σενάριο 1, όχι μόνο δεν ωφελούσε το τελικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα αλλά αντιθέτως το επιβάρυνε, στην συγκεκριμένη περίπτωση και σε συνδυασμό με την τροποποίηση του δικτύου ενέργειας βλέπουμε ότι παρουσιάζει χαμηλότερους δείκτες από το τυπικό μας σενάριο. Αυτό σημαίνει ότι η τροποποίηση που κάναμε στο δίκτυο της ενέργειας επηρέασε πολύ περισσότερο το τελικό περιβαλλοντικό μας αποτέλεσμα σε σχέση με την τροποποίηση που έγινε όσον αφορά τον τόπο εγκατάστασης του εργοστασίου, με αποτέλεσμα να καταφέρει να υπερκαλύψει στην ουσία τη ζημία που είχε προκληθεί από την τελευταία στο σενάριο 1. Ακόμη, όσον αφορά τα Χανιά, βλέπουμε ότι σε σύγκριση με το σενάριο 1 καταφέρνουμε να μειώσουμε ακόμα λίγο τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις και αυτό λόγω των διαφοροποιήσεων που έχουμε στο δίκτυο ενέργειας. Τέλος, διαπιστώνουμε ότι η ενέργεια που καταναλώνεται για την επεξεργασία και γενικά για την παραγωγική διαδικασία του σκυροδέματος στον κύκλο ζωής του, παίζει σημαντικότερο ρόλο από την ενέργεια που καταναλώνεται στις μεταφορές.

#### **4.4.4. Διαφοροποιήσεις στην συνολική παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος (σενάριο 4)**

Στο πρότυπο σενάριο η ενέργεια που καταναλώνεται από το υπάρχον ενεργειακό δίκτυο προέρχεται κατά κόρον από χρήση ορυκτών πόρων. Στο συγκεκριμένο σενάριο αυτού του βήματος υποθέσαμε πως η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική παραγωγή του δικτύου αυξήθηκε κατά 20% και παράλληλα, όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις μας σε θερμότητα, γίνεται χρήση ενέργειας προερχόμενης από την βιομάζα σε ποσοστό 30%.

Τα στάδια ζωής στα οποία έχουμε κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από το δίκτυο είναι τα στάδια επεξεργασίας των αδρανών μας (άμμος, χαλίκι), της παραγωγής του Clinker, της παραγωγής τσιμέντου και της παραγωγής σκυροδέματος, ενώ τα στάδια όπου έχουμε κατανάλωση ενέργειας για θερμότητα είναι αυτά της παραγωγής του Clinker και της παραγωγής σκόνης τσιμέντου. Σύμφωνα με τις υποθέσεις που κάναμε προκύπτει ο παρακάτω πίνακας στον οποίο αναγράφονται οι μετατροπές στις ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται.

**Πίνακας 18.1: ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ**

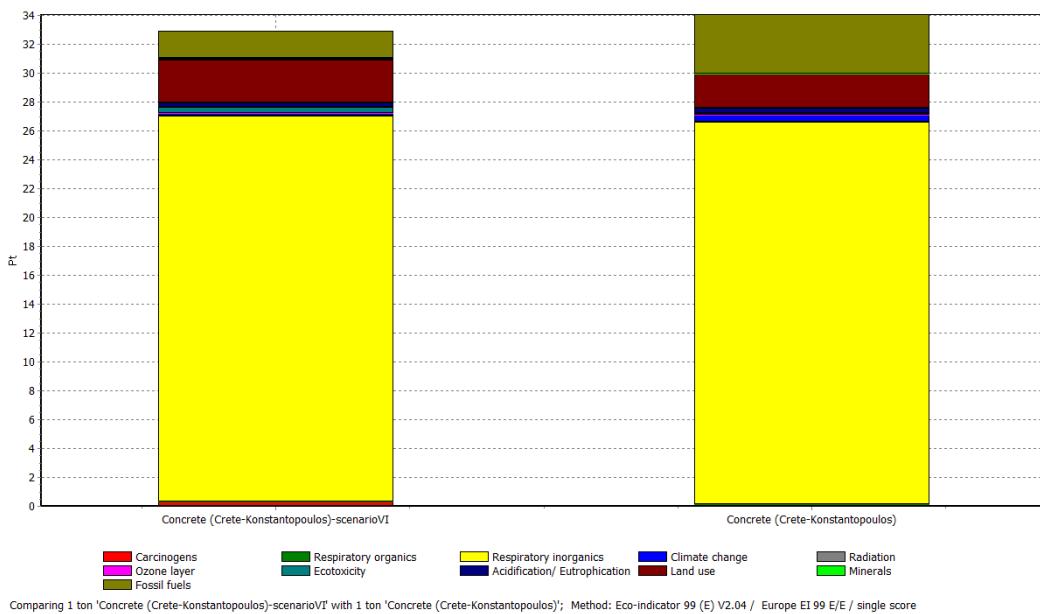
**ΣΕΝΑΡΙΟ 4**

Σενάριο	Είδος Ενέργειας (MJ)	Άμμος	Χαλίκι	Clinker	Τσιμέντο	Σκυρόδεμα
<b>Τυπικό</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	16	16	208,8	122,4	3,88
<b>Σενάριο 4</b>	Ενέργεια από ορυκτούς πόρους	12,8	12,8	167,04	97,92	3,104
	Αιολική ενέργεια	3,2	3,2	41,76	24,48	0,776

<b>Τυπικό</b>	Ενεργειακές απαιτήσεις σε θερμότητα	-	-	3600	846	-
<b>Σενάριο 4</b>	Ενεργειακές απαιτήσεις σε θερμότητα	-	-	2520	592,2	-
	Ενέργεια από βιομάζα	-	-	1080	253,8	-

Οι διαφοροποιήσεις στο κύκλο ζωής του σκυροδέματος όπως προκύπτουν από το συγκεκριμένο σενάριο, φαίνονται αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα. Τα αποτελέσματα του τελικού αποτελέσματος παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί:

- Αριστερά: Σενάριο συνολικής διαφοροποίησης ενέργειας
- Δεξιά: Τυπικό σενάριο

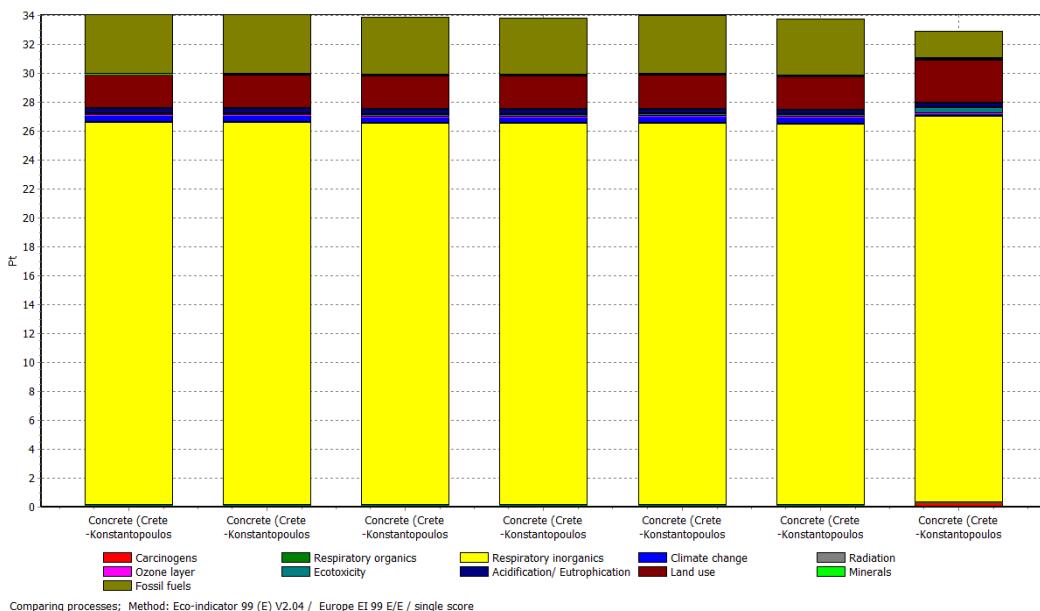


**Διάγραμμα 24. [ΣΕΝΑΡΙΟ 4- ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ]**

Παρατηρώντας το συγκεκριμένο διάγραμμα, διαπιστώνουμε πώς είναι η πρώτη φορά (όσον αφορά τα σενάρια μας) όπου έχουμε μία ξεκάθαρη μείωση στο συνολικό τελικό περιβαλλοντικό μας αποτέλεσμα. Φαίνεται λοιπόν, πως στο συγκεκριμένο σενάριο καταφέρνουμε σε ένα σημαντικότερο ποσοστό σε σχέση με τα προηγούμενα, να μειώσουμε τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, γεγονός που το καθιστά την επικρατέστερη λύση ανάμεσα σε αυτές που προτάθηκαν. Είναι πλέον φανερό πως οι τροποποιήσεις στις διάφορες μορφές ενέργειας που λαμβάνουν χώρα στον κύκλο ζωής του σκυροδέματος, είναι αυτές που μας επιτρέπουν να μειώσουμε τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που προκαλούνται.

Παρακάτω ακολουθεί διάγραμμα που συγκρίνει τα εναλλακτικά μας σενάρια μεταξύ τους και μας βοηθάει να ξεχωρίσουμε αυτό που μας προσφέρει το καλύτερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα:

➤ Από αριστερά προς δεξιά (σενάρια): [Τυπικό], [1.1], [1.2], [2], [3.1], [3.2], [4]



**Διάγραμμα 25. [ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ]**

Παρατηρώντας συνολικά τα αποτελέσματα των εναλλακτικών μας σεναρίων, διαπιστώνουμε ότι ενώ με τις διάφορες τροποποιήσεις καταφέρνουμε και μειώνουμε εν τέλει τις συνολικές περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, εντούτοις οι μεταβολές αυτές δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές καθώς ποσοστιαία θα λέγαμε ότι κινούνται από 0 έως 5%. Είναι φανερό, πως για να προκύψει κάποια σημαντική μείωση στο τελικό περιβαλλοντικό μας αποτέλεσμα θα πρέπει να μειωθούν οι επιβαρύνσεις που οφείλονται στην κατηγορία των ανόργανων ουσιών που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα (respiratory inorganics-κίτρινο χρώμα). Εμείς, με τις τροποποιήσεις που κάναμε μέσω των εναλλακτικών μας σεναρίων, καταφέραμε να πετύχουμε μειώσεις μόνο στην κατηγορία ουσιαστικά των ορυκτών καυσίμων (fossil fuels-πράσινο χρώμα). Συνεπώς, καλές οι τροποποιήσεις στους τομείς της ενέργειας, αλλά ουσιαστική μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων θα προκύψει εάν παράλληλα καταφέρουμε να τροποποιήσουμε παραμέτρους που σχετίζονται με τις ανόργανες ουσίες που βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα, ουσίες που το σύνολο τους προκύπτει μέσα από τις διάφορες εξορύξεις των υλικών που αποτελούν τις πρώτες ύλες για την παραγωγή του σκυροδέματος και από τις εκπομπές που προέρχονται μέσω των

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

ορυκτών καυσίμων. Μία λύση λοιπόν ως προς αυτή την κατεύθυνση θα ήταν η δημιουργία και παραγωγή σκυροδέματος μέσα από ανακυκλώσιμα υλικά, μέσα από ανακυκλώσιμες πρώτες ύλες, λύση η οποία περιγράφεται λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων-προτάσεων (Κεφάλαιο 5.4)



Εικόνα 14. Ανακύκλωση [http://ekpizo.gr/blog/wp-content/uploads/2008/12/recycle\_logo.bmp]

## 5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 5.1 Σύγκριση δομικών υλικών

Το λογισμικό SimaPro7 ακολουθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού τελικών αποτελεσμάτων, η οποία περιγράφηκε αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 4 (4.1). Έρευνες ανάλυσης κύκλου ζωής συνολικού κτιρίου με χρήση λογισμικού SimaPro7 δεν έχουν δημοσιευτεί. Ποσοτική σύγκριση με αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών, οι οποίες όμως χρησιμοποιούν διαφορετική μεθοδολογία, δεν είναι ενδεικτική. Εντούτοις τα συμπεράσματα που προκύπτουν από παρόμοιες έρευνες ([Jeannette Sjunnesson,2005],[Jennifer G. Prokopy,2009]) συμπίπτουν με τα δικά μας ευρήματα.

Όπως προκύπτει από το σύνολο των διαγραμμάτων μας και κυρίως από το Διάγραμμα 18.2 που εμφανίζει τις επιβαρύνσεις ανά κατηγορία επίδρασης για το κάθε υλικό, η χείριστη λύση, καθώς είναι αυτή με το μεγαλύτερο τελικό αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση, είναι η χρήση σκυροδέματος, αποτέλεσμα αναμενόμενο καθώς συγκριτικά με άλλα δομικά υλικά έχει το μειονέκτημα της αυξημένης εκπομπής βλαβερών αερίων κυρίως, αλλά και της αυξημένης κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας.

Μπορεί η χρήση του σκυροδέματος στην κατασκευή κτιρίων στην εποχή μας να παρουσιάζει πλεονεκτήματα λόγω του χαμηλού του κόστους, της ευκολίας της παρασκευής του και της μεγάλης αντοχής του στο χρόνο, εντούτοις αποτελεί την πλέον ασύμφορη και προβληματική για το περιβάλλον λύση. Η διαφορά του (περιβαλλοντικά) συγκριτικά με άλλους τύπους κατασκευών (π.χ. χάλυβας, αλουμίνιο, ξύλο) οφείλεται κυρίως στην αυξημένη ποσότητα εκπομπής βλαβερών αερίων που διοχετεύει στην ατμόσφαιρα και στον μεγάλο όγκο ορυκτών καυσίμων που καταναλώνει κατά την διαδικασία παραγωγής του.

## 5.2 Αποτελέσματα επιβαρύνσεων ανά κατηγορία ευρείας επίδρασης

Οι επιβαρύνσεις στο σύνολο των δομικών υλικών μας, αφορούν κατά κύριο λόγο τους τομείς των ορυκτών πρώτων υλών, που οφείλεται στις απαιτήσεις ενέργειας στο σύνολο της διαδικασίας και των εκπομπών σωματιδίων και ουσιών βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία. Οι επιβαρύνσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν λογικές αν αναλογιστούμε την διαδικασία παραγωγής και το πώς αυτή γίνεται, καθενός από τα δομικά υλικά μας. Τέλος, εκτός από τους τομείς των ορυκτών πρώτων υλών και των εκπομπών σωματιδίων βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία, είναι άξιες παρατήρησης και κάποιες επιβαρύνσεις που έχουμε ως προς τον τομέα της χρήσης γης.

## 5.3 Αποτελέσματα εναλλακτικών σεναρίων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων με το πρότυπο, συμπεραίνουμε πως μπορούμε να μειώσουμε σε ανεπαίσθητο αλλά όχι σημαντικό βαθμό τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις προχωρώντας σε κάποιες αλλαγές. Μετά τις αλλαγές αυτές καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο και σημαντικότερο ποσοστό των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που προκαλεί το σκυρόδεμα, οφείλονται κατά κόρον στο στάδιο της παραγωγής του.

Στη χώρα μας το δίκτυο παροχής ενέργειας στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε ορυκτά καύσιμα. Σε περίπτωση που αυξηθεί η συνεισφορά ανανεώσιμων πηγών σε ποσοστό 20% στο σύνολο της ενέργειας που προσφέρεται από το δίκτυο, συμπεράναμε ότι δεν μπορούμε να καταφέρουμε σημαντική μείωση των επιπτώσεων που προκαλούνται. Για να συμβεί αυτό θα λέγαμε ότι ίσως το ποσοστό αυτό θα έπρεπε να ανέλθει στα επίπεδα του 50% και άνω, γεγονός που κρίνεται τη δεδομένη στιγμή και για το άμεσο μέλλον ακατόρθωτο. Επίσης, είναι χρήσιμο να αντικαταστήσουμε ποσοστό των ενεργειακών απαιτήσεων που χρειαζόμαστε για θερμότητα, με ενέργεια η οποία προέρχεται από την βιομάζα. Ο συνδυασμός αυτών των διαφοροποιήσεων, σε όσο μεγαλύτερο ποσοστό γίνεται, είναι αυτός που μπορεί να μας προσφέρει κάποια σημαντική μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων.

## 5.4 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Το σκυρόδεμα είναι το 2<sup>ο</sup> πιο διαδεδομένο δομικό υλικό παγκοσμίως, με παραγωγή πάνω από 6.5 δις t3 ετησίως σε όλο τον κόσμο. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί περίπου σε 2.5 τόνους σκυρόδεμα ανά άτομο ανά έτος, με μόνο το νερό να χρησιμοποιείται περισσότερο. Ενώ όμως είναι το σπουδαιότερο δομικό υλικό, δεν μπορεί να χαρακτηριστεί σαν φιλικό προς το περιβάλλον, αφού για την παρασκευή του καταναλώνονται μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι. Το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης σε ανόργανα υλικά (άμμος, χαλίκια, ασβέστης) διατίθενται στην κατασκευή κτιρίων. Επειδή δε τα αδρανή καταλαμβάνουν το 60 με 80% του όγκου του σκυροδέματος, υπολογίζεται ότι μετά το 2010, η βιομηχανία σκυροδέματος, διεθνώς, θα αναλώνει 8-12 δις τόνους φυσικών αδρανών ετησίως. Αυτή η μεγάλη κατανάλωση θα προκαλέσει μεγάλες καταστροφές στο περιβάλλον. Επιπλέον, τα περισσότερα αδρανή λαμβάνονται με εξορύξεις, οι οποίες δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς και αλλοιώνουν το φυσικό περιβάλλον και δημιουργούν σκόνη και θόρυβο. Επομένως η εξεύρεση κατάλληλων υλικών προς αντικατάσταση των φυσικών αδρανών είναι επείγουσα. Από την άλλη μεριά, οι κατασκευές δεν είναι αιώνιες αλλά αργά ή γρήγορα καταστρέφονται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο. Επίσης και από τις φυσικές καταστροφές παράγονται εκατομμύρια τόνοι κατεδαφισμένου υλικού. Καθώς λοιπόν το σκυρόδεμα αποτελεί σχεδόν το 75% του βάρους όλων των δομικών υλικών είναι το σημαντικότερο ποσοστό των κατεδαφισμένων αποβλήτων. Στις ΗΠΑ, η ετήσια ποσότητα μπαζών που προκύπτουν από κατεδάφιση κτιρίων είναι ίση με αυτή των αστικών απορριμμάτων, ενώ στην Ευρώπη, η ετήσια αντιστοιχία οικοδομικών ορυκτών μπαζών είναι 500 kg ανά κάτοικο, από τα οποία το σημαντικότερο τμήμα ανήκει στα μπάζα σκυροδέματος. Ταυτόχρονα, η ικανότητα των χώρων απορριμμάτων έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια, ενώ ή ζήτηση τους έχει αυξηθεί, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους εναπόθεσης των μπαζών. Τα υλικά κατεδάφισης όμως μπορούν να ανακυκλωθούν και μια τέτοια ανακύκλωση έχει το πλεονέκτημα και να μειώνει τις εναποθέσεις των υλικών κατεδάφισης και να διασώζει τις φυσικές πηγές και το περιβάλλον. Σε πολλές χώρες λοιπόν αντιμετωπίζονται με εντελώς διαφορετική φιλοσοφία από ότι τα υπόλοιπα απορρίμματα, προσφέροντας φοροαπαλλαγές στις κατασκευαστικές εταιρίες που χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα υλικά και έχοντας εκπαιδευτικά

προγράμματα για ανακύκλωση των υλικών κατεδαφίσεων. Στη Βρετανία, τα πρωτογενή οικοδομικά υλικά κοστίζουν ακριβότερα από τα δευτερογενή - αυτά που προέρχονται από ανακύκλωση - με στόχο την προώθηση των δευτέρωνπηγής. Στην Ολλανδία οι εργολάβοι που χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα υλικά έχουν σημαντικές φοροαπαλλαγές, με στόχο το 90% των οικοδομικών υλικών να επαναχρησιμοποιούνται (αδρανή, μπάζα, μέταλλα κλπ), έχουν δε την υποχρέωση να κάνουν τον διαχωρισμό των υλικών στους χώρους κατεδάφισης, όπου και διαχωρίζονται τα ρυπογόνα μπάζα. Στη Σουηδία, όπου παράγονται ετησίως 1.5 εκ τόνοι υλικά κατεδαφίσεων, κυρίως σκυρόδεμα και τούβλα, το Συμβούλιο Περιβάλλοντος έχει δώσει οδηγία για τη μείωση στο 50% των ποσοτήτων που σήμερα οδηγούνται για διάθεση (XYTA), ενώ υπάρχει ειδικό τέλος για τη χρήση φυσικών πόρων (π.χ. χαλίκι λατομείων). Λειτουργούν κινητές σταθερές μονάδες ανακύκλωσης και πολλές μονάδες διαλογής, ενώ έμφαση δίνεται στην ανάπτυξη νέων προτύπων για χρήση ανακυκλωμένου σκυροδέματος, σε νέες κατασκευές. Στην Ιρλανδία η διάθεση των οικοδομικών υλικών γίνεται μόνο σε χώρους που έχουν πάρει τη σχετική άδεια και στόχος του Δουβλίνου είναι να ανακυκλώνεται το 82% των υλικών εκσκαφών και κατεδαφίσεων. Στη Δανία, από το 1996, υπάρχει εθελοντική συμφωνία μεταξύ του υπουργείου Περιβάλλοντος και της Ένωσης Εταιρειών Κατεδαφίσεων για ανακύκλωση οικοδομικών υλικών. Λειτουργούν ειδικά πανεπιστημιακά τμήματα που παρέχουν θεωρητική και πρακτική εκπαίδευση σχετικά με τη διαχείριση αυτών των υλικών και ειδικά προγράμματα κατάρτισης εργαζομένων. Την ίδια στιγμή, στην Ελλάδα τα υλικά που προέρχονται από τις εκσκαφές οικοδομών και κατεδαφίσεις κτιρίων και που υπολογίζονται πάνω από 2 εκ τόνοι τον χρόνο, για λόγους ευκολίας και με την ανοχή όλων καταλήγουν σε παράνομες χωματερές, σε διάφορες βουνοπλαγίες, ακόμα και στην παραλία και στην καλύτερη των περιπτώσεων στα σκουπίδια γεμίζοντας πιο γρήγορα τους χώρους υγειονομικής ταφής. Λίγα υλικά ανακυκλώνονται και οι περιορισμένες προσπάθειες είναι αποσπασματικές και οφείλονται στην θέληση κάποιων κατασκευαστών.

Η χρήση του ανακυκλωμένου σκυροδέματος θα βελτιώσει το περιβάλλον και θα βρει λύση για τα 200 εκ. τόνους το χρόνο των κατασκευαστικών μπαζών της Ευρώπης. Όμως αν και η χρήση ανακυκλωμένων αδρανών γίνεται στις αναπτυγμένες χώρες εδώ και αρκετά χρόνια, η προώθηση αυτού του ανακυκλωμένου υλικού σαν εναλλακτικό αδρανές δεν είναι εύκολη. Έχει ήδη

χρησιμοποιηθεί, λόγω της υψηλής απορροφητικότητας και του γωνιώδους σχήματός του, σε οδοστρώματα και υποστρώματα, σε υπόγειες κατασκευές και σκυροδέματα μάζας, αλλά η εφαρμογή σε σκυροδέματα υψηλότερης αντοχής δεν είναι συνηθισμένη καθώς υπάρχουν ακόμα πολλά άλιτα προβλήματα. Τα ανακυκλωμένα αδρανή παρουσιάζουν χαμηλή αντοχή, υψηλότερο πορώδες, μεγάλη διακύμανση ποιότητας, υψηλή συστολή ξήρανσης, μεγάλο ερπυσμό και χαμηλό μέτρο ελαστικότητας, που κάνουν δύσκολη την εφαρμογή τους.

Έχει γίνει πολύ έρευνα, διεθνώς, πάνω στα σκυροδέματα με ανακυκλωμένα αδρανή, που αφορά όμως τις μηχανικές τους ιδιότητες - κυρίως την αντοχή τους- και λιγότερο την ανθεκτικότητά τους - κυρίως την υδατοπερατότητά / υδατοαπορροφητικότητα, την ενανθράκωση, τη συστολή ξήρανσης καθώς και την αντοχή σε ψύξη απόψυξη. Υπάρχουν πολύ λίγες εργασίες πάνω στην διείσδυση των χλωριόντων και τη διάβρωση του σιδηρού οπλισμού. Στα ανακυκλωμένα υπάρχουν διεπιφάνειες αδρανών -τσιμέντου διαφορετικές από εκείνες των συμβατικών σκυροδεμάτων. Διεπιφάνεια υπάρχει τόσο μεταξύ των ανακυκλωμένων αδρανών και της προσκολλημένης παλιάς τσιμεντοκονίας όσο και μεταξύ της προσκολλημένης και της νέας τσιμεντοκονίας. Η τσιμεντόπαστα που παραμένει στην διεπιφάνεια των ανακυκλωμένων αδρανών δίνει αδύνατα σημεία στα ανακυκλωμένα σκυροδέματα, αφού αποτελείται από πολύ μικρούς πόρους και ρωγμές και επηρεάζει την αντοχή. Αυτοί οι πόροι και οι ρωγμές απορροφούν νερό και οδηγούν σε λιγότερο νερό για ενυδάτωση στην διεπιφάνεια των ανακυκλωμένων σκυροδεμάτων. Η τσιμεντόπαστα αυτή επιπλέον έχει υποστεί και ενανθράκωση, η οποία αυξάνει το πορώδες της. Επομένως η αντοχή αλλά και η είσοδος των χλωριόντων πρέπει να εξαρτάται από το είδος του αρχικού σκυροδέματος.

Συμπερασματικά καταλήγουμε πως σε κάθε περίπτωση η χρήση σκυροδέματος στις κατασκευές αποτελεί την χείριστη περιβαλλοντικά λύση. Οι συνολικές επιβαρύνσεις μπορούν να μειωθούν με την αντικατάσταση του συμβατικού σκυροδέματος, με σκυρόδεμα κατασκευασμένο από ανακυκλώσιμα αδρανή υλικά. Μείωση των επιβαρύνσεων μπορούμε να επιτύχουμε και αν παράλληλα με την χρήση των ανακυκλώσιμων αδρανών υλικών για την κατασκευή σκυροδέματος, αυξήσουμε και την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μεγάλο ποσοστό καθώς στα στάδια παραγωγής σκυροδέματος η κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα.

Επίσης, μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων μπορούμε να επιτύχουμε εάν αντικαταστήσουμε ποσοστό των ενεργειακών απαιτήσεων που χρειαζόμαστε για θερμότητα, με ενέργεια η οποία προέρχεται από την βιομάζα.

Εκτός από το πεδίο μελέτης της εργασίας αυτής υπάρχουν και παράμετροι με τους οποίους δεν ασχοληθήκαμε, αφού ο τομέας της ΑΚΖ είναι θα λέγαμε χαοτικός. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα με σκοπό την βελτίωση των ευρημάτων της εργασίας αυτής μπορούν να γίνουν σε θέματα που σχετίζονται με τα δομικά υλικά και τον ρόλο τους στις κατασκευές. Επειδή αυτή η εργασία αυτή αφορά την ΑΚΖ δομικών υλικών που προορίζονται για την κατασκευή μονοκατοικίας 80 m<sup>2</sup> στην νησιωτική περιοχή της Κρήτης, μελλοντικά θα μπορούσαμε να μελετήσουμε και νέες κατασκευές με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά σε εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα. Επίσης θα μπορούσαν να μελετηθούν οι κύκλοι ζωής μεμονωμένων δομικών υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί στο ίδιο κομμάτι δύο διαφορετικών κτιρίων (π.χ. κτίριο από χαλύβδινο πλαίσιο σε σύγκριση με πλαίσιο από σκυρόδεμα ή ξύλο ή αλουμίνιο). Ακόμη, θα μπορούσαν να συγκριθούν μέσα από το εργαλείο της ΑΚΖ διάφορα τμήματα κτιρίων κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά (π.χ. στέγες, πατώματα, περιβάλλοντες χώροι κ.α.). Τέλος, θεωρώ ότι θα ήταν χρήσιμο να κάνουμε χρήση του εργαλείου της ΑΚΖ και σε άλλες μορφές οικοδομημάτων πέραν των σπιτιών, όπως στάδια, ξενοδοχεία, γραφεία, εμπορικά κέντρα κ.α., δραστηριότητες οι οποίες θα μας βοηθήσουν να στραφούμε προς την κατασκευή «πράσινων» κτιρίων μελλοντικά και στη δημιουργία ενός πιο φιλικού ως προς το περιβάλλον κατασκευαστικού τομέα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.minenv.gr/1/13/131/13108/g13108327.html>
2. Βάκα Θεοδώρα, Υλικά ,Κατοικία και Περιβάλλον, Αθήνα, 2005
3. Wendenhost, Μεταφραστής Η. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ, ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, ΕΚΔΟΤΗΣ Μ.ΓΚΙΟΡΔΑΣ ΑΘΗΝΑ 1981 ΣΕΛ:347
4. <http://www.staywithclay.com>, <gr-StayWithClay-Part2 ProductionProcess.pdf>, [accessed 28/3/2009]
5. <http://www.michanikos.gr/forum> -Κουφώματα
6. [http://alpha6.gr/wp/?page\\_id=319](http://alpha6.gr/wp/?page_id=319)
7. SETAC-Society for Environmental Toxicology and Chemistry,1991
8. J. B. Guinie, 2004 “*Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards*”, Kluwer Academic Publishers
9. The European Commission's Directory of LCA services, 2007, “*Tools and Databases – List of Tools*”, <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm>
10. [http://experts.pathfinder.gr/index.php?view=12&question\\_id=60089](http://experts.pathfinder.gr/index.php?view=12&question_id=60089)
11. <http://www.titan.gr/el/news-media/how-we-make-cement/>
12. <http://maps.google.com/>
13. <http://www.marinetraffic.com/ais/>
14. Βάση δεδομένων λογισμικού Simapro – Simapro Database
15. <http://www.xfloor.gr/>
16. <http://www.spitia.gr/wood>
17. <http://www.vitex.gr/products/product.asp?product=83>
18. <http://www.oikiam.gr/node/37>
19. <http://www.skyrodemanet.gr/IssueTopic.aspx?TopicCode=142>
20. Η. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ, ΨΩΜΑΣ Σ., *ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΠΟΛΕΙΣ: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΙΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*, GREENPEACE, ΑΘΗΝΑ 1997
21. ΑΝΤΩΝΙΟΣ Α. ΛΕΓΑΚΗΣ, ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, ΤΟΜΟΣ Α, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954, ΑΘΗΝΑ 1978
22. Ν. ΚΑΛΟΓΕΡΑΣ, Χ. ΚΙΡΠΟΤΙΝ, Γ. ΜΑΚΡΗΣ, Ι. ΠΑΠΑΪΩΑΝΟΥ, Ε. ΡΑΦΤΟΠΟΥΛΟΣ, Μ. ΤΖΙΤΖΑΣ, Π. ΤΟΥΛΙΑΤΟΣ, *ΘΕΜΑΤΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗΣ*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, ΑΘΗΝΑ 1986

23. ΟΔΗΓΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ 2001, ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΔΟΣΗ
  24. ΟΔΗΓΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ 728, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, Ο ΝΕΟΣ ΓΟΚ, ΑΘΗΝΑ 1990
  25. Jeannette Sjunnesson 2005, “*Life Cycle Assessment of Concrete*”, <[http://www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer\\_internt/pdf-filer/LCA%20of%20Concrete.pdf](http://www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/LCA%20of%20Concrete.pdf)>
  26. Jennifer G. Prokopy 2009, “*Sustainable design, Life Cycle Assessment of Concrete*”<www.sciencedirect.com>
-

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## Κατάλογος Υλικών και Εταιρειών Φιλικών προς το Περιβάλλον ανά Κατηγορία Οικολογικού Προϊόντος

### **ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ - ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ - ΔΑΠΕΔΑ - ΟΡΟΦΕΣ**

- Δομικό υλικό σε μορφή Panel από Ζακρίδια ξύλου (Λεύκης και Σημύδας) για σκεπές, πατώματα και χωρίσματα (πρώτη ύλη από οικολογικά δάση. Δεν περιέχει φρομαλδεϋδη. 90% Softwood, 2% Hardwood, 8% Solid resin + Hardener) - Εταιρεία: **ΑΡΧΟΝΤΗΣ Α.Ε. ΞΥΛΟΥ**
- Δάπεδο (δεν περιέχει PVC, HCFC, Φορμαλδεϋδη, Ασβέστη) - Εταιρεία: **I.K. ΚΑΛΤΣΙΔΗΣ**
- Δάπεδα, λωρίδες από φελλό και ξύλο (Θερμομόνωση, ηχομόνωση. Οι κόλλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του υλικού είναι υδατοδιαλυτές) - Εταιρεία: **EXPO Ε.Π.Ε.**
- Ξύλινα κουφώματα (ξυλεία από οικολογικά δάση. Χρήση υδατοδιαλυτών βερνικιών. Χαμηλή θερμοαγωγιμότητα, υψηλή ηχομόνωση - κατά δήλωση τους) - Εταιρεία: **ΣΥΛΩΡ Α.Β.Ε.Ε.**
- Δάπεδο προλουστραρισμένο, παρκέτο αντοχής (πρώτη ύλη από οικολογικά δάση με προδιαγραφές για ενδοδαπέδια θέρμανση) - Εταιρεία: **TOP MATERIAL A.E.**

### **ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

- Πράσινες Στέγες (Υλικό για μόνωση του κτηρίου μέχρι 20% και περίπου 8 βαθμών. Οι πράσινες στέγες προσφέρουν εξαιρετική θέρμο - ύγρο - ήχο - μόνωση. Σε ένα καλά μονωμένο κτίριο η χρήση του air-condition και του καλοριφέρ μειώνεται. Μια Πράσινη Στέγη επίσης προστατεύει τη μεμβράνη της ταράτσας από εξωτερικούς παράγοντες και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής της). Εταιρείες: **ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΔΡΥΑΣ - ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ - ΕΔΡΑ: Ριζαρείου 8, Χαλάνδρι Τ.Κ. 152 33 ΤΗλ. 210 - 6859972 FAX. 210 - 6859973, e-mail: [info@dryasgroup.gr](mailto:info@dryasgroup.gr), website: [www.dryasgroup.gr](http://www.dryasgroup.gr)**
- Αυτοκόλλητη μεμβράνη Ceresit BT-21, για φραγή ακτινοβολίας ραδονίου από το υπέδαφος, κολλά χωρίς φλόγιστρο ή κόλλα, απαιτεί μόνον το 1/2 των εργασιών του ασφαλτόπανου ή της μεμβράνης PVC, δεν απαιτεί επεξεργασία στις ραφές, αλλά απλή αλληλεπικάλυψη, δεν έχει τάση επαναφοράς που αποκολλά τα παρόμοια υλικά, κόβεται με απλό ξυράφι χαρτιού, αυτοεπουλώνεται, εφαρμόζεται 365 μέρες το χρόνο. Εταιρείες: Renovat - Καποδιστρίου 28 Τ.Κ. 15123 - Κάθετος Κηφισίας τηλ. 210 68 27 105 - 210 68 40 682, Κέντρο Διανομής Ελλάδος: 120 Χλμ. Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας, URL: [www.renovat.gr](http://www.renovat.gr)
- Μοριοσανίδα με κυλινδρικές τρύπες και ηχομονωτικό (πρώτη ύλη από οικολογικά δάση, συντελεστής ηχομόνωσης 30dB, 90% SOFTWOOD, 2% HARDWOOD, 8% SOLID RESIN. Πυροπροστασία) - Εταιρεία: **ΑΡΧΟΝΤΗΣ Α.Ε. ΞΥΛΟΥ**
- Σιλικόνη, φυσική μονωτική μάζα αρμοκάλυψης (από φυσικό latex και ρητίνες χωρίς εκπομπές τοξικών αερίων και χλωριομένων υδρογονανθράκων HCFC,s ) - Εταιρεία: **ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**
- Φελός αρμοκάλυψης (από ίνες λινού με θερμοηχομονωτικές ιδιότητες, δεν περιέχει τοξικές ουσίες) - Εταιρεία: **ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**
- Μονωτικό φράγμα υδρατμών (από 80% ανακυκλωμένο χαρτί και 20% βαμβάκι) - Εταιρεία: **ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**
- Αφρώδες γυαλί κλειστής κυψελοειδούς δομής (απολύτως αδιαπέρατο από νερό και υδρατμούς, άκαυστο DIN 4102 A1 - σταθερό λ=0,036 W/m<sup>3</sup>K, χωρίς CFC,s HCFC,s) Εταιρεία: **Θ. ΧΡΙΣΤΑΚΟΣ - Μ.Ε. ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΟΥ**

- 
- **Θερμοηχομονωτικές πλάκες ξυλόμαλλου, από κορμούς λεύκης με συνδετική ύλη τσιμέντο (θερμομόνωση, ηχομόνωση, πυροπροστασία, άριστη πρόσφυση σε μπετόν και επιχρίσματα  $\lambda=0,06W/m K^0 = 0,052kcal/mh C^0$ ) - Εταιρεία: ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΜΕΤΑΞΙΩΤΗΣ Α.Ε.**
  - **Επιχρισμα ελαφρομονωτικός σοβάς (θερμομονωτικός σοβάς με βάση γύψο και διογκωμένο περλίτη) - Εταιρεία: ΠΕΛΕΤΙΚΟ ΛΤΔ**
  - **Μεταλλοποιημένο φιλμ αλουμινίου προϊόν NASA (δεν απορροφά καθόλου θερμική ενέργεια, ανακλαστικότητα 95%) - Εταιρεία: ARGOS ENERGY SYSTEMS**
  - **Υαλώδης επικάλυψη (ενεργητικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης, θερμοδιαπερατότητα ανάλογα με τη διεύθυνση εφαρμογής των PANEL South 120 KWH/m<sup>2</sup> /ANNUAL - West east 70 - 80 KWH/m<sup>2</sup>/A - North 30 - 40 KWH/m<sup>2</sup>/A) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Πετροβάμβακας & τσιμεντοειδής σοβάς (μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση των κτιρίων) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Πλέγμα ενίσχυσης από υαλοίνες (δεν περιέχει PVC ή πλαστικοποιητές) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Ηχομονωτικό (ηχοαπορροφητική σανίδα από ανακυκλωμένο γυαλί) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Γυψοσανίδα (συντελεστής ηχομόνωσης 45dB,  $\lambda=0,66 W/m K^0$ ) - Εταιρεία: KNAUF ΓΥΨΟΠΟΙΙΑ Α.Β.Ε.Ε.**
  - **Προκαλλιεργημένος χλοοστάπητας σαν μονωτικό σύστημα εφαρμογής σε οροφές (θερμομόνωση, ηχομόνωση, υγρομόνωση, πυροπροστασία, προσαρμοσμένο στις κλιματολογικές συνθήκες της Μεσογείου με φυσικό αυτόματο σύστημα ποτίσματος) - Εταιρεία: XEROFLOR ΕΛΛΑΣ - ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ**

## ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

- **Κεραμικά πλακίδια δαπέδου και τοίχου (θερμοηχομονωτικό υλικό, πυροπροστασία, συντελεστής θερμικής αγωγημότητας  $\lambda=0,95W/m K^0 = 0,82kcal/mh C^0$ ) - Εταιρεία: ΑΚΕΚ Α.Ε.**
- **Τούβλα επιχρισμένης τοιχοποιίας (θερμοηχομονωτικό υλικό πυροπροστασία, συντελεστής θερμικής αγωγημότητας  $\lambda=0,46W/m^0 K=0,4kcal/mh C^0$ ) - Εταιρεία: ΑΚΕΚ Α.Ε.**
- **Σιλικόνη (ιδιαίτερα κατάλληλη για εσωτερικούς και εξωτερικούς αρμούς, σε αρμούς διαστολής και στεγανοποίησης, ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές κατά DIN 18545, αβλαβής για την υγεία, γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πισίνες και επιχειρήσεις τροφίμων) - Εταιρεία: BYPT ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε.**
- **Διαλυτικό σκουριάς (διαλυτικό σκουριάς με πολλαπλή δράση, άριστη ικανότητα εκτόπισης του νερού, αποτελεσματική διάλυση της σκουριάς, μεγάλη διάρκεια) - Εταιρεία: BYPT ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε.**
- **Αντιδιαβρωτικό (αντιδιαβρωτική προστασία, χωρίς προωθητικά αέρια και FCKW. Δεν καταστρέφει το χρώμα, τα λάστιχα και τα πλαστικά, προστατεύει τα μέταλλα από διάβρωση) - Εταιρεία: BYPT ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε.**
- **Αφρός πολυουρεθάνης (για τοποθετήσεις πορτών, αρμούς ένωσης παραθύρων, ρολλών κλπ. Χωρίς προωθητικά αέρια και FCKW, ο αφρός μετά την πήξη του δεν είναι επιβλαβής για την υγεία) - Εταιρεία: BYPT ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε.**
- **Κόλλα (από φυσικό LATEX και ρητίνες, χωρίς εκπομπές τοξικών αερίων και χλωριωμένων υδρογονανθράκων) - Εταιρεία: ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**
- **Στόκος (από φυσικό γύψο και κυτταρίνη, χωρίς τοξικές ουσίες) - Εταιρεία: ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**
- **Κυβόλιθος (τούβλο από ελαφρόπετρα με θερμοηχομονωτικές ιδιότητες, σύσταση: τσιμέντο, άμμος, ελαφρόπετρα, γαρμπίλι) - Εταιρεία: ΕΞΑΚΟΥΣΤΙΔΗΣ Α.Μ.Ε.Τ.Β.Ε.**

- 
- **Ψηφίφες, επιχρίσματα (δεν πραγματοποιείται καμιά χημική επεξεργασία από την παραγωγή έως τη διάθεσή τους, δομικά υλικά από φυσικά πετρώματα) - Εταιρεία: ERMΗΣ Α.Ε.**
  - **Τσιμέντο ταχείας πήξεως (περιέχει 4% τέφρα, ανακυκλώσιμα υλικά, ανακλαστικότητα: 87%) - Εταιρεία: KΑΡΑΜΕΡΟΣ Σ.Κ.**
  - **Τούβλα (τούβλα με θερμομονωτικές ιδιότητες  $\lambda=0,60W/m K^0$ ) - Εταιρεία: KΕΡΑΜΟΠΟΙΕΙΑ ΜΑΤΖΙΑΡΗΣ Α.Ε.**
  - **Ελαφρόπτετρα (χωρίς καμιά χημική επεξεργασία  $\lambda=0,22 - 0,33W/m K^0$ ) - Εταιρεία: ΛΑΒΑ Α.Ε.**
  - **Συγκολλητικό υλικό (μαλακή ασημοκόλληση σε σύρμα για συγκόλληση δικτύων χαλκοσωλήνων και ανοξείδωτου χάλυβα, δεν περιέχει μόλυβδο) - Εταιρεία: N. ΧΑΒΙΑΡΑΣ Ε.Π.Ε.**
  - **Ασφαλτικά κεραμίδια (κεραμίδια από ασφαλτικά και ανακυκλωμένα προϊόντα, ίνες ξύλου, ανακυκλωμένο χαρτί και κόκκους κέραμου με χαλκό, εμποτισμένο με οργανική άσφαλτο) - Εταιρεία: CANADIAN ROOF**
  - **Χαλαζιακή άμμος (ορυκτή πρώτη ύλη) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Σοβάς (ενισχυτικός τσιμεντοειδής σοβάς σε μορφή σκόνης) - Εταιρεία: DRAPA CHEMIE - STO ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.**
  - **Ξυλόκολλα (στερεά 50% κ.β.) - Εταιρεία: DUROSTICK - ΧΟΥΛΗΣ Ν. ΑΒΕ**
  - **Γύψος (συντελεστής ατμοδιαπερατότητας  $\mu=5$ , θερμική αγωγημότητα  $\lambda=0,25W/m K^0$ ) - Εταιρεία: KNAUF ΓΥΨΟΠΟΙΕΙΑ A.B.E.E.**
  - **Τσιμεντοσανίδα (με θερμική αγωγημότητα  $\lambda=0,30W/m K^0$ ) - Εταιρεία: KNAUF ΓΥΨΟΠΟΙΕΙΑ A.B.E.E.**
  - **Τσιμεντόλιθος (με θερμική αγωγημότητα  $\lambda=0,16W/m K^0$ ) - Εταιρεία: KNAUF ΓΥΨΟΠΟΙΕΙΑ A.B.E.E.**
  - **Οπλισμένη τσιμεντοκονία με ίνες υάλου (περιέχει ίνες υάλου, υδατοστεγανό) - Εταιρεία: THERMOFLOAT HELLAS A.Ε.**
  - **Υαλοπίνακες (ηχομόνωση 43 dB, διαπερατότητα (Light transmission factor) = 2 - 68%, U-VALUE  $2,4W/m^2 K^0$ ) - Εταιρεία: THERMOFLOAT HELLAS A.Ε.**
  - **Τσιμέντο (με συντελεστή θερμικής αγωγημότητας στους  $10^0C \lambda=0,11W/m^2 K^0 = 0,095kcal/mhC^0$  και με ηχοαπορροφητική ικανότητα 2dB) - Εταιρεία: YTONG HELLAS**

#### ΧΡΩΜΑΤΑ ΒΑΦΕΣ:

- **Φυσικά Χρώματα Οικολογικά (Γερμανικά Βερνίκια & Χρώματα, από Φυσικές Πρώτες Ύλες, φιλικά προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον). Εταιρεία: biopin - / Φυσικά Χρώματα από τη φύση! - Τομπάζη 7 - Αθήνα 14342 - τηλ. - φαξ: 210 2317877 - mail: [info@biopin.gr](mailto:info@biopin.gr)**

# ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

## ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Impact category	/	Unit	Concrete (Crete-Konstantopoulos)	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario I	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario IV
Total	Pt	34	34	34	34
Carcinogens	Pt	0.107	0.107	0.107	0.107
Respiratory organics	Pt	0.00342	0.00344	0.00337	
Respiratory inorganics	Pt	26.5	26.5	26.4	
Climate change	Pt	0.47	0.47	0.467	
Radiation	Pt	0.00284	0.00285	0.00283	
Ozone layer	Pt	0.000712	0.000724	0.00071	
Ecotoxicity	Pt	0.167	0.169	0.167	
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.343	0.34	0.334	
Land use	Pt	2.33	2.32	2.32	
Minerals	Pt	0.0498	0.05	0.0497	
Fossil fuels	Pt	4.09	4.09	4.06	

## ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Impact category	/	Unit	Concrete (Crete-Konstantopoulos)	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario II
Total	Pt	34	33.9	
Carcinogens	Pt	0.107	0.159	
Respiratory organics	Pt	0.00342	0.00357	
Respiratory inorganics	Pt	26.5	26.6	
Climate change	Pt	0.47	0.41	
Radiation	Pt	0.00284	0.00308	
Ozone layer	Pt	0.000712	0.0007	
Ecotoxicity	Pt	0.167	0.244	
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.343	0.337	
Land use	Pt	2.33	2.52	
Minerals	Pt	0.0498	0.0565	
Fossil fuels	Pt	4.09	3.57	

### ΣΕΝΑΡΙΟ 3

Impact category	/	Unit	Concrete (Crete-Konstantopoulos)	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario III	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario V
Total	Pt	34	33.8	33.7	
Carcinogens	Pt	0.107	0.105	0.104	
Respiratory organics	Pt	0.00342	0.0034	0.00333	
Respiratory inorganics	Pt	26.5	26.4	26.4	
Climate change	Pt	0.47	0.454	0.45	
Radiation	Pt	0.00284	0.00283	0.00281	
Ozone layer	Pt	0.000712	0.000709	0.000696	
Ecotoxicity	Pt	0.167	0.166	0.164	
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.343	0.332	0.326	
Land use	Pt	2.33	2.32	2.31	
Minerals	Pt	0.0498	0.0501	0.0499	
Fossil fuels	Pt	4.09	3.97	3.94	

### ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Impact category	/	Unit	Concrete (Crete-Konstantopoulos)	Concrete (Crete-Konstantopoulos)-scenario III
Total	Pt	34	32.9	
Carcinogens	Pt	0.107	0.279	
Respiratory organics	Pt	0.00342	0.00385	
Respiratory inorganics	Pt	26.5	26.7	
Climate change	Pt	0.47	0.214	
Radiation	Pt	0.00284	0.00365	
Ozone layer	Pt	0.000712	0.000666	
Ecotoxicity	Pt	0.167	0.421	
Acidification/ Eutrophication	Pt	0.343	0.303	
Land use	Pt	2.33	2.97	
Minerals	Pt	0.0498	0.0675	
Fossil fuels	Pt	4.09	1.9	