

Πολυτεχνείο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Life Cycle Analysis for buildings and environmental impact

Διπλωματική Εργασία της φοιτήτριας:

Τρούλη Κυριακής (ΑΜ:2013050055)

Εξεταστική Επιτροπή:

Αν. Καθ. Διονυσία Κολοκοτσά (Επιβλέπουσα)

Καθ. Θεοχάρης Τσούτσος

Καθ. Λαζαρίδης Μιχαήλ

Χανιά Κρήτης, Ιανουάριος 2019

Αφιέρωση

*Στους γονείς μου
και στις αδερφές μου*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:

Μέσω αυτού του βήματος που μου προσφέρεται, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Διονυσία Κολοκοτσά για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου αλλά και την ελευθερία να διαλέξω ένα θέμα που με ενδιέφερε πολύ.

Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στον Κύριο Νίκο Καμπέλη για την σημαντική βοήθεια και την καθοδήγηση του.

Και τέλος, θα επιθυμούσα να αποστείλω τις ευχαριστίες και την αγάπη μου στην οικογένεια και στους φίλους μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξή τους όλα αυτά τα πολύτιμα χρόνια σπουδών μου.

ABSTRACT:

The objective of this diploma thesis has triple importance. (a) The primary target focuses on conduction results that reflect the environmental impacts that any building can bring throughout its life. (b) The secondary objective focuses on assessing these results, and in particular identifying parts of the building which are very likely to be involved in creating these environmental impacts. (c) The ultimate aim of this document is associated with replacement of materials of the most impact-intensive parts and, more general, with the discovery of the optimum combination of construction materials, which are contributed to reduction of the environmental impact of the building. This building consists of two-storey detached house, which has been designed in the area of the Technical University of Crete in Chania, Greece. The Life Cycle Analysis tool used to conduct the results is Athena Impact Estimator for Buildings. Based on Life Cycle Analysis tool, the user has the ability to simulate a building after designing it. The actions taken by the user concern the registration of dimensions, building materials and energy consumptions. The geometry of the building was created using the SketchUp and the Autocad software. In addition, the house was modeled in OpenStudio to receive energy consumption data after the architectural design has been completed and the materials used for the construction of the building were selected. Furthermore, after the data entry and the simulation of the building in software the charge of the building against the environment was resulted. This burden arises cumulatively for all life building stages, concluding the production stage, which includes the extraction of the raw material from the environment, the transport of raw materials, the process of construction of the building, the installation process, the maintenance, repair, replacement of threadbare materials, refurbishment, functional energy use, functional use of water up to the end-of-life stage of the building including demolition restoration, transportation, waste treatment and disposal. More specifically, it contains the contribution of each department to the overall environmental impact of the building towards to environmental problems of the planet. The main environmental phenomena are global warming, fossil fuel consumption, acidification, particulate potential, ozone depletion and the Eutrophication potential. By presenting the contribution of each section separately to the overall environmental impact of the building, it is perceived which "parts" of the building were the least environmentally friendly and thus were made some changes according to the building materials. Those were found in these parts of the building in various combinations until the best possible solution was found.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει τρεις στόχους: (α) Ο αρχικός στόχος επικεντρώνεται στην διεξαγωγή αποτελεσμάτων που αντικατοπτρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει ένα κτίριο καθ' όλη την διάρκεια ζωής του. (β) Ο δευτερεύον στόχος επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών και συγκεκριμένα στον εντοπισμό τμημάτων του κτιρίου που πιθανολογείται ότι συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό στην δημιουργία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών. (γ) Ο απώτερος στόχος όμως, της διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται στην αντικατάσταση υλικών των τμημάτων που συνεισφέρουν περισσότερο στην δημιουργία επιπτώσεων, με σκοπό, την εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού υλικών της κτιριακής κατασκευής προκειμένου να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου. Ως μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιήθηκε μία δώροφη μονοκατοικία η οποία σχεδιάστηκε στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης στον νομό Χανίων της Ελλάδας. Το εργαλείο ανάλυσης κύκλου ζωής που χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων είναι το Athena Impact Estimator for Buildings. Με βάση αυτό το εργαλείο, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αναλύει τις επιπτώσεις της κατασκευής στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις προκύπτουν αθροιστικά, από όλα τα στάδια ζωής του κτιρίου, δηλαδή από το στάδιο παραγωγής που περιλαμβάνει την εξαγωγή της πρώτης ύλης από το περιβάλλον, την μεταφορά των πρώτων υλών, την διαδικασία οικοδόμησης του κτιρίου, την διαδικασία εγκατάστασης, την συντήρηση, τις επισκευές, την αντικατάσταση κάποιων υλικών, την ανακαίνιση, την λειτουργική ενεργειακή χρήση, την λειτουργική χρήση νερού έως το στάδιο λήξης ζωής του κτιρίου που περιλαμβάνει την αποκατάσταση κατεδάφισης, την μεταφορά, την επεξεργασία αποβλήτων και την απόρριψη. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζεται η συνεισφορά του κάθε τμήματος στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όσον αφορά τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα του πλανήτη. Τα κύρια περιβαλλοντικά φαινόμενα είναι το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, το δυναμικό οξίνισης, η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος και το δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού. Με την παρουσίαση της συνεισφοράς του κάθε τμήματος ξεχωριστά στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου έγινε αντιληπτό ποια επιμέρους στοιχεία του κτιρίου ήταν τα λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον και έτσι έγιναν αλλαγές των υλικών κατασκευής με διάφορους συνδυασμούς, μέχρι να βρεθεί η καλύτερη δυνατή λύση. Η μοντελοποίηση για την λήψη δεδομένων της κατανάλωσης ενέργειας μετά την ολοκλήρωση του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και την επιλογή υλικών για την κατασκευή του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό OpenStudio.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ανάλυση κύκλου ζωής, δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, δυναμικό οξίνισης, αιωρούμενα σωματίδια, δυναμικό καταστροφής του όζοντος, αιθαλομίχλη, δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού, λειτουργική ενεργειακή κατανάλωση

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ:

- AKZ: Ανάλυση κύκλου ζωής

KEYWORDS:

Life Cycle Analysis, LCA measures, Assembly groups, global warming potential, fossil fuel consumption, acidification potential, HH particulate, ozone depletion potential, smog potential, eutrophication potential, operational energy consumption

ABBREVIATIONS:

- LCA: Life Cycle Analysis
- TBL: triple bottom line (τριπλή κατεύθυνση βιωσιμότητας)
- HVAC: Heating (θέρμανση), ventilation(εξαερισμός), and air conditioning
- GWP: Global Warming Potential (Δυναμικό θέρμανσης του Πλανήτη)
- BAIA: Building Attribute to Impact Algorithm
- MCDM: Multi-criteria decision methods (Μέθοδος απόφασης πολλαπλών κριτηρίων)
- AAMs: Attribute to activity model (Χαρακτηριστικά του μοντέλου δραστηριότητας)
- PVC: Polyvinyl chloride ή Poly (Πολυβινυλοχλωρίδιο)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:	ii
Abstract:	iv
Περίληψη:	v
Λέξεις κλειδιά:	vi
Συντομεύσεις:	vi
Keywords:	vi
Abbreviations:	vi
Περιεχόμενα:	vii
Περιεχόμενα εικόνων:	ix
Περιεχόμενα πινάκων:	xi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : Εισαγωγή	1
1.1 Περιγραφή του προβλήματος:	1
1.2 Σκοπός-Στόχος:	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	3
2.1 Τι είναι το life cycle analysis:	3
2.2 Εργαλεία Ανάλυσης κύκλου ζωής για τα κτίρια	3
2.3 Μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Μελέτη κτιρίου	11
3.1.1 Περιγραφή του εργαλείου Athena Impact Estimator for Buildings	11
Πως χρησιμοποιείται:	11
3.1.2 Αρχικές παραδοχές της μελέτης	11
3.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Εργαλείου Athena	12
3.2 Ταυτότητα του κτιρίου:	13
3.3 Ενεργειακή Αξιολόγηση κτιρίου:	16
3.4 Συγκροτήματα του κτιρίου	20
3.4.1 Διαστάσεις και υλικά κατασκευής για τις δοκούς και κολώνες:	20
3.4.2 Διαστάσεις και Υλικά κατασκευής για τα πατώματα:	23
3.4.3 Διαστάσεις και Υλικά κατασκευής για την οροφή:	27
3.4.4 Διαστάσεις και Υλικά κατασκευής για τους τοίχους:	29

3.4.5 Διαστάσεις και Υλικά κατασκευής για τα θεμέλια:	35
3.5 Υλικά κατασκευής του κτιρίου	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Αποτελέσματα/Ανάλυση Αποτελεσμάτων	39
4.1 Δείκτες περιβαλλοντικού αποτυπώματος	39
4.1.1 Global Warming Potential/ Δυναμικό θέρμανσης του Πλανήτη.....	39
4.1.2 Fossil Fuel Consumption/ Κατανάλωση Ορυκτών καυσίμων.....	41
4.1.3 Acidification Potential/ Δυναμικό Οξίνισης.	42
4.1.4 Ozone depletion Potential/ Δυναμικό καταστροφής του όζοντος.....	43
4.1.5 Eutrophication Potential / δυναμικό πρόκλησης του Ευτροφισμού.....	44
4.1.6 Primary Energy/ Πρωτογενής ενέργεια	45
4.1.7 Non-Renewable Energy/Μη ανανεώσιμη ενέργεια	46
4.2 Δείκτες κοινωνικών επιπτώσεων	47
4.2.1 HH Particulate/ Αιωρούμενα σωματίδια.	47
4.2.2 Smog Potential/ Δυναμικό πρόκλησης Αιθαλομίχλης.	48
4.3 Σύγκριση πιθανών σεναρίων των διαφόρων κατασκευαστικών υλικών του κτιρίου: .	51
4.3.1 Σύγκριση Βασικού Σεναρίου με το Σενάριο1	51
4.3.2 Σύγκριση Βασικού Σεναρίου με το Σενάριο2	54
4.3.3 Σύγκριση Βασικού Σεναρίου με το Σενάριο3	58
4.4 Σύγκριση όλων μαζί των παραπάνω σεναρίων και προσδιορισμός/ επιλογή εκείνου με τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις:	62
4.5 Συζήτηση αποτελεσμάτων	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Συμπεράσματα & Μελλοντικές επεκτάσεις	71
5.1 Συμπεράσματα:	71
5.2 Μελλοντικοί ερευνητικοί τομείς και επεκτάσεις:	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Βιβλιογραφία	73
Διαδικτυακές πηγές:.....	73
Άρθρα:	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Παραρτήματα	75

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ:

<i>Εικόνα 1-Λεπτομέρειες εναλλακτικών κατασκευών.....</i>	<i>4</i>
<i>Εικόνα 2- Συστήματα υψηλού επιπέδου που απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο η BAIΑ μπορεί να διασυνδέσει και να καθοδηγήσει τη διαδικασία σχεδιασμού.....</i>	<i>7</i>
<i>Εικόνα 3-Κύρια κατασκευαστικά Δεδομένα του σπιτιού στο Morozzo</i>	<i>8</i>
<i>Εικόνα 4-Project</i>	<i>14</i>
<i>Εικόνα 5-Όψεις του κτιρίου.....</i>	<i>15</i>
<i>Εικόνα 6- Όψεις του κτιρίου.....</i>	<i>16</i>
<i>Εικόνα 7- Λειτουργική ενεργειακή κατανάλωση.....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 8-Συγκρότημα: Κολώνες και δοκοί/Ισόγειο</i>	<i>22</i>
<i>Εικόνα 9- Συγκρότημα: Κολώνες και δοκοί/Πρώτος όροφος</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 10- Συγκρότημα: Πάτωμα.....</i>	<i>24</i>
<i>Εικόνα 11- Συγκρότημα: Πάτωμα.....</i>	<i>24</i>
<i>Εικόνα 12-Κατασκευή του πατώματος του ορόφου/ ξύλινο δάπεδο</i>	<i>25</i>
<i>Εικόνα 13-Φακελωμένα υλικά κατασκευής του πατώματος.....</i>	<i>25</i>
<i>Εικόνα 14-Επιπρόσθετα υλικά κατασκευής του πατώματος.....</i>	<i>26</i>
<i>Εικόνα 15- Συγκρότημα: Οροφή.....</i>	<i>27</i>
<i>Εικόνα 16- Συγκρότημα: Οροφή.....</i>	<i>27</i>
<i>Εικόνα 17- Κατασκευή Οροφής</i>	<i>28</i>
<i>Εικόνα 18-Φακελωμένα υλικά της οροφής.....</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 19-Επιπρόσθετα υλικά οροφής.....</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 20- Συγκρότημα: Τοίχοι ισογείου.....</i>	<i>30</i>
<i>Εικόνα 21- Συγκρότημα: Τοίχοι πρώτου ορόφου.....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 22-Χαρακτηριστικά του εξωτερικού τοίχου του ισογείου.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 23- Χαρακτηριστικά του εξωτερικού τοίχου του πρώτου ορόφου.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 24- Κατασκευή του εξωτερικού τοίχου.....</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 25- Επιπρόσθετα υλικά του εξωτερικού τοίχου.....</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 26- Συγκρότημα: θεμέλια.....</i>	<i>35</i>
<i>Εικόνα 27- Συγκρότημα: θεμέλια.....</i>	<i>36</i>
<i>Εικόνα 28- Φακελωμένα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα θεμέλια</i>	<i>36</i>
<i>Εικόνα 29- Φακελωμένα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα θεμέλια</i>	<i>37</i>
<i>Εικόνα 30-Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 31-Operational vs Embodied Global Warming Potential.....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 32-Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 33-Operational vs Embodied Fossil Fuel Consumption</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 34-Δυναμικό Οξίνισης/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>43</i>
<i>Εικόνα 35-Δυναμικό καταστροφής του όζοντος / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>44</i>
<i>Εικόνα 36-Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>45</i>
<i>Εικόνα 37- Ολική πρωτογενής ενέργεια / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>46</i>

<i>Εικόνα 38- Μη ανανεώσιμη Ενέργεια/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 39-Αιωρούμενα σωματίδια / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 40-Δυναμικό πρόκλησης αιθαλομίχλης/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης</i>	<i>49</i>
<i>Εικόνα 41- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 42- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 43-Σύγκριση του δυναμικού οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής.....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 44-Σύγκριση αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής.....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 45-Σύγκριση δυναμικού εξασθένησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>53</i>
<i>Εικόνα 46-Σύγκριση δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια κύκλου ζωής...53</i>	
<i>Εικόνα 47-Σύγκριση δυναμικού πρόκλησης ευτροφισμού κατά τα στάδια κύκλου ζωής...53</i>	
<i>Εικόνα 48-Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 49-Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 50-Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 51-Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 52-Σύγκριση του δυναμικού καταστροφής του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 53-Σύγκριση της αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 54-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 55- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 56-Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 57- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής.....</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 58- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 59-Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 60-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 61-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής.....</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 62- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 63- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 64- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής.....</i>	<i>64</i>
<i>Εικόνα 65- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής.....</i>	<i>64</i>
<i>Εικόνα 66- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 67- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής</i>	<i>66</i>

Εικόνα 68- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής.....	66
Εικόνα 69- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά	67
Εικόνα 70- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά	67
Εικόνα 71- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά.....	68
Εικόνα 72-Κάτοψη ισογείου	75
Εικόνα 73-Κάτοψη πρώτου ορόφου	76

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ:

Πίνακας 1-Κατηγορίες Επιπτώσεων	4
Πίνακας 2.....	9
Πίνακας 3- Στοιχεία εισόδου του Project	13
Πίνακας 4-Ενεργειακά Φορτία	17
Πίνακας 5- Θερμικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων υλικών του κτιρίου	18
Πίνακας 6-Κύρια Χαρακτηριστικά του κτιρίου	21
Πίνακας 7-Στοιχεία εισόδου για το πάτωμα του πρώτου ορόφου	23
Πίνακας 8- Κατασκευή του πατώματος του ορόφου/ ξύλινο δάπεδο.....	25
Πίνακας 9- Στοιχεία εισόδου οροφής	27
Πίνακας 10-Κατασκευή οροφής	28
Πίνακας 11-Στοιχεία εισόδου τοίχων.....	30
Πίνακας 12- Επιπρόσθετα στοιχεία τοίχων.....	31
Πίνακας 13-Κατασκευή του εξωτερικού τοίχου	34
Πίνακας 14-Στοιχεία εισόδου θεμελίων	35
Πίνακας 15-Υλικά κατασκευής κτιρίου.....	38
Πίνακας 16-Δείκτες Ανάλυσης κύκλου ζωής (Μέτρα AKZ).....	39
Πίνακας 17- Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη/ μέτρο AKZ	40
Πίνακας 18- Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων/ μέτρο AKZ	41
Πίνακας 19- Δυναμικό οξίνισης/ μέτρο AKZ	43
Πίνακας 20- Δυναμικό καταστροφής του όζοντος/ μέτρο AKZ	44
Πίνακας 21- Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού/μέτρο AKZ	45
Πίνακας 22- Ολική πρωτογενής ενέργεια / Μέτρο AKZ.....	46
Πίνακας 23- Τιμές κατανάλωσης της μη ανανεώσιμης ενέργειας/ μέτρο AKZ	47
Πίνακας 24- Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων/ μέτρο AKZ	48
Πίνακας 25- Τιμές Αιθαλομίχλης/ μέτρα AKZ.....	49
Πίνακας 26- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη.....	63
Πίνακας 27- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων.....	63
Πίνακας 28- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης.....	64
Πίνακας 29- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων	65
Πίνακας 30- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος	65
Πίνακας 31- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης	66
Πίνακας 32- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης ευτροφισμού	67

ΚΕΦΆΛΑΙΟ 1ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ:

Ο κατασκευαστικός κλάδος θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους «εκμεταλλευτές» φυσικών πόρων. Το δομημένο περιβάλλον, καταναλώνει μεγάλες ποσότητες υλικών, ενέργειας και νερού, και ταυτόχρονα επιβαρύνει το περιβάλλον με ρύπους και απόβλητα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου της ζωής του (Crawford 2011). Επιπλέον, επηρεάζει σημαντικά τα φυσικά τοπία, λόγω της υψηλής και πυκνής δόμησης, ενώ και το ίδιο το φυσικό περιβάλλον επηρεάζεται μέσω της χρήσης ενέργειας, της παραγωγής αποβλήτων και της παραγωγής εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Jones et al., 2006, Spence et Mulligan 1995). Η ραγδαία ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος είναι πλέον δεδομένη και καθιστά το πρόβλημα της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος αρκετά ενδιαφέροντα.

Μία βασική έννοια που απασχόλησε πολλούς ερευνητές και αποτελεί μέχρι σήμερα γνώμονα στην ανάπτυξη μεγάλων έργων και στην διαχείριση φυσικών πόρων, είναι η «Αειφόρος ανάπτυξη» ή διαφορετικά «Αρχή της βιωσιμότητας». Οι όροι αυτοί αναφέρονται στην προστασία του περιβάλλοντος με την παράλληλη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Καθώς γίνεται λόγος για την οικονομία, η αειφόρος ανάπτυξη επικεντρώνεται σε τρία μέρη: α) το οικονομικό (αποδοτικότητα, κέρδος), β) το κοινωνικό (κοινωνική υπευθυνότητα) και γ) το περιβαλλοντικό (περιβαλλοντικό αποτύπωμα). Η διεξαγωγή της αειφόρου ανάπτυξης στηρίζεται και στην οικοδόμηση. Με αφορμή λοιπόν τα αποτελέσματα που προκύπτουν λόγω της εκτεταμένης οικοδομικής βιομηχανίας, δημιουργήθηκε η ιδέα, σύμφωνα με την οποία θα έπρεπε να δημιουργηθούν κτίρια που θα κατανάλωναν μικρότερη έως μηδενική ενέργεια και που θα ήταν περισσότερο «φιλικά» προς το περιβάλλον, τα λεγόμενα «Πράσινα» κτίρια. Το θέμα αυτό συνδέεται άμεσα με τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό, ο οποίος απαιτεί περισσότερο οικοδομημένο περιβάλλον για να ικανοποιήσει την κοινωνικοοικονομική ευημερία του. Η αειφόρος οικοδόμηση, αποσκοπεί στον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτιρίου και στη διασφάλιση μιας υψηλής ποιοτικά αισθητικής αειφορίας και ανθεκτικότητας. Το αειφόρο κτίριο περιλαμβάνει το συνολικό κύκλο ζωής της κατασκευής του κτιρίου, από την αρχική επιλογή των υλικών μέχρι την κατεδάφιση και την ανακύκλωση. Η οικοδομική βιομηχανία επικρίνεται συχνά για την εκμετάλλευση των πόρων, τη χρήση ενέργειας, την παραγωγή αποβλήτων, τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις της στα οικοσυστήματα. Η συνέχιση συμβατικών κατασκευαστικών πρακτικών θα διαιωνίζε όλες αυτές τις προαναφερθείσες συνέπειες. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να ενσωματωθεί η έννοια του κύκλου της ζωής στην κατασκευή κτιρίων η οποία θα συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων.

Η βιώσιμη κατασκευή αποτέλεσε ένα δυναμικά αναπτυσσόμενο θέμα στην έρευνα κατασκευών. Η βιώσιμη κατασκευή θέτει ως στόχο: α) την βελτίωση της ποιότητας ζωής και την ικανοποίηση των πελατών, β) την παροχή ευελιξίας και ικανοποίησης των μελλοντικών απαιτήσεων των χρηστών, γ) την προσφορά και την υποστήριξη του επιθυμητού οικολογικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η βιώσιμη κατασκευή στοχεύει σε μία οικονομική ανάπτυξη με έμφαση

στην κοινωνική και περιβαλλοντική ακεραιότητα, η οποία συνδέεται με ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός έργου (Kibert, 2012).

Σημαντικές εκτιμήσεις για βιώσιμες κατασκευές περιλαμβάνουν τη διαχείριση των πόρων, τον σχεδιασμό του κύκλου της ζωής, τα ανθρώπινα και φιλικά προς το περιβάλλον σχέδια, τον σχεδιασμό χωροθέτησης, την επιλογή, τον συνδυασμό και τη χρήση υλικών, την ανακύκλωση απορριμμάτων και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Η έγκαιρη εξέταση των παραμέτρων βιωσιμότητας φαίνεται να είναι καθοριστική για την υλοποίηση ενός βιώσιμου κτιρίου (Demaïd και Quintas 2006).

Εντούτοις, έχουν δημιουργηθεί αρκετά εμπόδια για την υλοποίηση της βιώσιμης κατασκευής κατά καιρούς. Η πληροφόρηση και η ενημέρωση για την αειφόρο ανάπτυξη στον κλάδο των κατασκευών είναι πολλές φορές μηδαμινή (Rezgui et al., 2010). Ορισμένα από τα βασικά ζητήματα για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης, είναι η έλλειψη διαρθρωμένων πληροφοριών και τεχνογνωσίας σχετικά με την αειφορία, η έλλειψη ενημέρωσης των ενδιαφερομένων φορέων του έργου, οι μη συντονισμένες κατασκευαστικές πρακτικές και οι διαφορές στις αρχές που αναπτύσσονται μέσω της πρακτικής σε ολόκληρο τον κλάδο (Carter and Fortune 2007, Rezgui et al., 2010 , Liu and Fellows 2008).

1.2 ΣΚΟΠΟΣ-ΣΤΟΧΟΣ:

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μίας κατοικίας στην Ελλάδα μέσω της μεθόδου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ).

Με την AKZ πραγματοποιείται η εύρεση διάφορων συνδυασμών κατασκευαστικών υλικών ενός κτιρίου και η σύγκρισή αυτών με απώτερο σκοπό να επιλεγεί ο συνδυασμός υλικών κτιρίου που θα έχει την μικρότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον.

ΚΕΦΆΛΑΙΟ 2^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ LIFE CYCLE ANALYSIS:

Η ΑΚΖ είναι ένα βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, μιας διαδικασίας ή δραστηριότητας, σε όλο τον κύκλο ζωής. Στόχος του εργαλείου αυτού, είναι η μείωση της κατανάλωσης πόρων και των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται άμεσα με τη χρήση πρώτων υλών, συσκευασιών, διαδικασιών και ενέργειας. Η ΑΚΖ χρησιμοποιείται σε δύο επίπεδα, στο επίπεδο του κτιρίου στο σύνολό του και στο επίπεδο των δομικών υλικών ή προϊόντων. ([link 2.1](#))

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) παρουσίασε τα ακόλουθα βασικά βήματα για την ΑΚΖ (ISO 2006):

1. Ορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής που περιλαμβάνει τις προκαταρκτικές παραδοχές σχετικά με το σκοπό της μελέτης, τη λειτουργική μονάδα και τα όρια του συστήματος.
2. Απογραφή κύκλου ζωής (LCI) που επικεντρώνεται στην ποσοτικοποίηση των ροών μάζας και ενέργειας.
3. Αξιολόγηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής (LCIA) όπου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της δραστηριότητας αξιολογούνται μέσω δεικτών επιπτώσεων.
4. Η ανάλυση και αξιολόγηση του κύκλου ζωής που αποσκοπεί στην εύρεση των πιθανών αλλαγών ή τροποποιήσεων του συστήματος που μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. [1]

2.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Εργαλεία Ανάλυσης κύκλου ζωής για τα κτίρια	
1.	Triple bottom line
2.	Athena Impact Estimator
3.	SimaPro 7
4.	Building attribute to impact algorithm (BAIA)
5.	Προσομοίωση Monte Carlo

2.3 ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι ανάλυσης κύκλου ζωής των κτιρίων και όχι μόνο. Αυτές αποδίδουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που δημιουργείται από την λειτουργία του κτιρίου καθ' όλη την διάρκεια ζωής του.

Μία εξ' αυτών των μεθόδων που χρησιμοποιεί ως βασικό εργαλείο την ανάλυση κύκλου ζωής των κτιρίων είναι η τριπλή κατεύθυνση βιωσιμότητας. Η **Triple-bottom-line**, όπως αναφέρεται βιβλιογραφικά, χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής.

Το υπο μελέτη κτίριο που εξετάστηκε, διαθέτει από τα πιο διαδεδομένα συστήματα τοίχου-οροφής. Τα συστήματα αυτά αφορούν εμπορικά κτίρια χαμηλής ανύψωσης στο Κάλγκαρι της Αλμπέρτα του Καναδά.

Η μέθοδος αυτή, κατ' ουσίαν αξιολογεί διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις οικοδόμησης χρησιμοποιώντας την τριπλή κατεύθυνση βιωσιμότητας. Ο όρος «εναλλακτικές» χρησιμοποιείται για τους «συνδυασμούς δομικών υλικών». Επιπλέον, προσδιορίζει δείκτες περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων, οι οποίοι συγκεντρωτικά συντελούν στην ανάπτυξη ενός δείκτη περιβαλλοντικού αποτυπώματος κύκλου ζωής. Στην έρευνα αυτή, χρησιμοποιήθηκαν υλικές ποσότητες 6 (έξι) διαφορετικών συνδυασμών υλικών τοίχου-οροφής για ένα εμπορικό κτίριο/μονοκατοικία από τους βιομηχανικούς εταίρους.

Δημιουργία εναλλακτικών λύσεων	Λεπτομέρειες συστήματος τοίχου οροφής
B1	Σύστημα χάλυβα-χάλυβα
B2	Σύστημα από σκυρόδεμα
B3	Σύστημα χάλυβα-ξύλου
B4	Σύστημα ξύλου-ξύλου
B5	Σύστημα ξύλου-χάλυβα
B6	Σύστημα από σκυρόδεμα

Εικόνα 1-Λεπτομέρειες εναλλακτικών κατασκευών

Κάθε εναλλακτική λύση περνάει από τα ίδια στάδια του κύκλου ζωής αλλά καταναλώνει διαφορετική ποσότητα ενέργειας, νερού και άλλων πόρων και προκαλεί συναφείς περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις μέσω διαφορετικών διαδικασιών. Οι δείκτες βιωσιμότητας του κύκλου ζωής έχουν καθοριστικό ρόλο για την επιλογή υλικών ενός κτιρίου. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων που προσδιορίζονται στην αναφερθείσα βιβλιογραφία για κάθε στοιχείο του TBL (triple bottom line) της αειφορίας.

Πίνακας 1-Κατηγορίες Επιπτώσεων

Διαστάσεις TBL / Κατηγορία επιπτώσεων	Δείκτες επιπτώσεων
Περιβάλλον	Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη
	Δυναμικό οξίνισης
	Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού
	Δυναμικό καταστροφής του όζοντος
	Ενσωματωμένη ενέργεια
	Υδατικό αποτύπωμα
	Εξάντληση πόρων
	Δυνατότητα ανακύκλωσης

Κοινωνικός	Επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα
	Ανθρώπινη υγεία
Οικονομικός	κόστος υλικών
	Το κόστος O & M ¹ (operation & maintenance)
	κόστος διάθεσης

Οι δείκτες ανάλυσης κύκλου ζωής χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη δεικτών βιωσιμότητας για κάθε διάσταση TBL (κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό) και χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση συστημάτων εμπορικών κτιρίων χαμηλούς ανύψωσης. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το ιεραρχικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας αυτών των εναλλακτικών λύσεων.

Η ανάλυση κύκλου ζωής πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του **λογισμικού Athena Impact Estimator**. Ακόμη, με το λογισμικό Athena υπολογίστηκαν επιπτώσεις του κτιρίου όπως η συνολική πρωτογενής ενέργεια, το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, το υδατικό αποτύπωμα, η αιθαλομίχλη και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η μείωση των ορυκτών πόρων υπολογίστηκε από το **λογισμικό SimaPro**, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για την εξάντληση των πόρων. Η εξάντληση των ορυκτών πόρων εκφράζεται ως το πρόσθετο κόστος (\$) που η κοινωνία πρέπει να πληρώσει ως αποτέλεσμα της εξόρυξης πόρων (Goedkoop et al., 2012). Ενώ, για την εύρεση της βέλτιστης βιώσιμης επιλογής κατασκευής του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η **μέθοδος πολλαπλών κριτηρίων (MCDM)** η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στην έρευνα κατασκευών για τη σύγκριση εναλλακτικών επιλογών με την επιλογή της πιο βιώσιμης επιλογής (Chen et al., 2010) (Wong and Li 2008).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, αφορούσαν σε μετρήσεις, μεταξύ άλλων, της ετήσιας λειτουργικής ενεργειακής ζήτησης και των δεικτών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αναγράφονται στον Πίνακα 1 για κάθε μία από τις 6 (έξι) εναλλακτικές λύσεις. Ακόμη, υπολόγιζαν τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, από τα λεπτά σωματίδια ΗΗ και την αιθαλομίχλη και τέλος, τις οικονομικές επιπτώσεις και πιο συγκεκριμένα το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και κατεδάφισης του κτιρίου. Με την σύγκριση όλων των παραπάνω επιπτώσεων καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής των προσομοιωμένων εναλλακτικών λύσεων κατασκευής, βρέθηκε η πλέον βιώσιμη εναλλακτική λύση. Η Β3 βρέθηκε ως βέλτιστη λύση, η οποία βασίζεται κατά κύριο λόγο στις περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις. [1]

Ακόμη μία μέθοδος που έχει αναπτυχθεί με βασικό εργαλείο την ανάλυση κύκλου ζωής είναι η **Building Attribute to Impact Algorithm (BAIA)** δηλαδή, ένας Αλγόριθμος που παρέχει το αποτύπωμα των υλικών ενός κτιρίου.

Με τη μέθοδο αυτή, αναλύονται 12 (δώδεκα) παραλλαγές σχεδιασμού ενός υποθετικού οικιστικού κτιρίου στα αρχικά στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού. Το υπό μελέτη κτίριο που εξετάστηκε ήταν 223τ.μ και η θέση του βρισκόταν στην Μινεάπολη της

¹ Το O&M κόστος προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις operation & maintenance. Το κόστος αυτό συμπεριλαμβάνει όλες τις πραγματικές λειτουργίες, τις δαπάνες συντήρησης και τις διοικητικές δαπάνες που σχετίζονται με τα έργα ή οποιοδήποτε τμήμα τους ή που απαιτούνται σε σχέση με την ικανοποίηση μιας Νομικής Απαίτησης. (link 2.2)

Μινεσότα. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν οι ακριβείς προβλέψεις AKZ με τη μικρότερη δυνατή ποσότητα δεδομένων.

Η μέθοδος αυτή προέβλεπε παραλλαγές σχεδιασμού ενός κτιρίου με προβλεπόμενη διάρκεια ζωής 60 ετών. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό του κτιρίου, ομαδοποιούνται σε χαρακτηριστικά δόμησης, συναρμολόγησης και υλικών. Μόνο οι μεταβλητές θέσης, περιοχής, μόνωσης και παραθύρου καθορίστηκαν αρχικά, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ήταν ανεπαρκώς καθορισμένα, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε χαρακτηριστικό έχει δειγματοληφθεί από τη μεγαλύτερη διαθέσιμη ομάδα σχετικών επιλογών.

Το Αμερικανικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτόνων απαριθμεί τις δομικές μορφές, τις αναλογίες παραθύρων προς το συνολικό εμβαδόν του τοίχου, τους τύπους των παραθύρων, την σκίαση και τις τιμές R των αδιαφανών. Αυτή η μελέτη όμως επικεντρώνεται σε δύο από αυτά, τους τύπους παραθύρων και τα χαρακτηριστικά της μόνωσης (Ramesh et al. 2012)

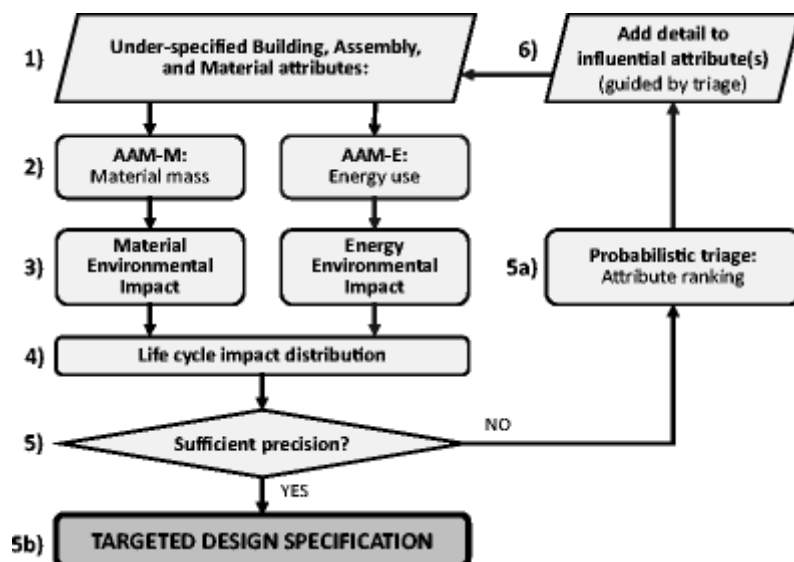
Επιλέχθηκαν τέσσερα επίπεδα μόνωσης για να καλύψουν μια σειρά R τιμών τόσο στους εξωτερικούς τοίχους όσο και στην οροφή και επιλέχθηκαν τρεις τύποι παραθύρων με U τιμές και συντελεστές ηλιακής θερμότητας (ένα μέτρο ηλιακής ακτινοβολίας που μεταδίδεται μέσω του παραθύρου). Η μόνωση τοίχων και οροφών διαφέρει παράλληλα για τους σκοπούς αυτής της αξιολόγησης.

Με αυτή την μέθοδο καταγράφεται η προκύπτουσα μεταβλητότητα των προβλεπόμενων επιπτώσεων **μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo**. Με διάφορες αναλύσεις ευαισθησίας προσδιορίζονται τα αβέβαια χαρακτηριστικά/μεταβλητές που θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν για να αυξηθεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μέσω της πιθανής ταξινόμησης. Η BAIA υλοποιείται σε ένα υπολογιστικό φύλλο **Microsoft Excel** που διαθέτει μακροεντολή με το **Oracle Crystal Ball plug-in** (Oracle 2014) για να ενεργοποιήσει τις προσομοιώσεις MC.

Στην Εικόνα 2 είναι ένας σχηματισμός υψηλού επιπέδου του εργαλείου ο οποίος περιγράφει πώς χρησιμοποιείται το εργαλείο για την καθοδήγηση της διαδικασίας σχεδιασμού. Αναλυτικότερα η περιγραφή παρουσιάζεται παρακάτω:

1. Το κτίριο περιγράφεται από ένα σύνολο μη προκαθορισμένων δομικών, συναρμολογησιακών και υλικών χαρακτηριστικών, τα οποία αποτυπώνουν την ευελιξία ή/και την αβεβαιότητα του αρχικού σχεδιασμού.
2. Αυτά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων δραστηριότητας (AAMs) εκτιμούν το πρόγραμμα των δραστηριοτήτων μέσω μη προκαθορισμένων χαρακτηριστικών.
3. Οι επιπτώσεις που σχετίζονται με τη χρήση υλικού και ενέργειας υπολογίζονται με βάση τις εξόδους AAMs (Attribute to activity model) από τον αλγόριθμο.
4. Οι προσομοιώσεις Monte Carlo καταγράφουν τη μεταβλητότητα των επιπτώσεων του κύκλου ζωής λόγω της μεταβλητότητας των χαρακτηριστικών σχεδιασμού, των δεδομένων απογραφής του κύκλου ζωής και των αβέβαιων παραμέτρων του μοντέλου.
5. Ο αναλυτής αποφασίζει αν το προβλεπόμενο περιβαλλοντικό αποτυπώμα είναι αρκετά ακριβές. Για παράδειγμα, για να διαπιστωθεί αν ένας σχεδιασμός έχει εκπληρώσει έναν συγκεκριμένο στόχο απόδοσης ή αν ο τρέχων σχεδιασμός έχει υψηλότερες ή χαμηλότερες προβλεπόμενες επιπτώσεις σε σύγκριση με έναν εναλλακτικό σχεδιασμό κατασκευής που βασίζεται σε στατιστικές μεθόδους.
 - (a) Εάν τα αποτελέσματα δεν είναι αρκετά ακριβή, χρησιμοποιείται η πιθανολογική ταξινόμηση για να κατατάξει τα χαρακτηριστικά με βάση την συνεισφορά τους στη μεταβλητότητα των προβλεπόμενων επιπτώσεων και η διαδικασία συνεχίζεται στο βήμα 6.
 - (b) Διαφορετικά, η επαναληπτική διαδικασία τελειώνει, οδηγώντας σε ένα στοχοποιημένο σχεδιασμό όπου έχουν προστεθεί νέες λεπτομέρειες στα βασικά χαρακτηριστικά.

6. Επιπρόσθετες λεπτομέρειες προστίθενται σε ένα ή και περισσότερα σημαντικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται από την πιθανολογική ταξινόμηση. Ο καθορισμός χαρακτηριστικών υψηλότερης κατάταξης θα αυξήσει την ακρίβεια της πρόβλεψης πιο αποτελεσματικά.



Εικόνα 2- Συστήματα υψηλού επιπέδου που απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο η BAIA μπορεί να διασυνδέσει και να καθοδηγήσει τη διαδικασία σχεδιασμού

Καθώς οι νέες πληροφορίες προστίθενται διαδοχικά σε κάθε παραλλαγή, η διαφορά απόδοσης μεταξύ κάθε παραλλακτικού ζεύγους υπολογίζεται για να προσδιοριστεί πότε θα έχουν προστεθεί αρκετές πληροφορίες για την επίλυση των σχεδίων (προσδιορίστε ποιο σχέδιο είναι προτιμότερο) με υψηλή εμπιστοσύνη. Στο έκτο βήμα της ανάλυσης, όλα τα ζεύγη παραλλαγών, των οποίων οι μέσες επιπτώσεις διαφέρουν κατά τουλάχιστον 4% (τέσσερα τις εκατό) μπορούν να επιλυθούν με εμπιστοσύνη 90% (ενενήντα τις εκατό), παρότι μόνο έξι χαρακτηριστικά προσδιορίζονται και δεκάδες χαρακτηριστικά παραμένουν μη προσδιορισμένα. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατό να διαφοροποιηθούν οι επιδόσεις των πολύ ανεπαρκώς καθορισμένων σχεδίων (και έτσι να ληφθούν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχεδιασμού) ακόμη και όταν τα σχέδια αυτά είναι παρόμοια και μόνο μια χούφτα εκατοντάδες χαρακτηριστικών έχουν καθοριστεί για κάθε σχέδιο.

Ο αναλυτής καθοδηγείται μέσω επαναλήψεων ανάλογα με τα αποτελέσματα που διεξάγονται από τα μοντέλα, για να δώσει προτεραιότητα στις αποφάσεις που μειώνουν περισσότερο τη μεταβλητότητα στις προβλεπόμενες επιπτώσεις. Με αυτήν την προσέγγιση, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων είναι σε θέση να οδηγήσουν στην ενημέρωση των αποφάσεων σχεδιασμού πριν τη διαδικασία σχεδιασμού, όταν είναι διαθέσιμες λιγότερες λεπτομέρειες σχεδιασμού.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την σύγκριση των επιπτώσεων του κάθε ζεύγους παραλλαγών επικυρώνονται έναντι ενός συνόλου συμβατικών αποτελεσμάτων Ανάλυσης κύκλου ζωής, που δείχνουν ότι η BAIA αναγνωρίζει το σωστό προτιμώμενο σχέδιο μεταξύ κάθε διαχωρίσιμου ζεύγους σε αυτό το στάδιο. Η ανάλυση υποθετικών παραλλαγών σχεδιασμού αποδεικνύει ότι η BAIA είναι αποδοτική (εφόσον καταλήγει σε στατιστικά αξιόπιστα συμπεράσματα από τις συγκριτικές παραλλαγές σχεδιασμού που βασίζονται σε λίγες πληροφορίες) και αποτελεσματική (εφόσον προσδιορίζει τις ίδιες προτιμώμενες

παραλλαγές σχεδιασμού όπως οι συμβατικές AKZ). Επιπλέον, σε κάθε συγκριτική παραλλαγή σε κάθε στάδιο της ανάλυσης, ακόμη και με χαμηλό επίπεδο λεπτομέρειας, το αποτέλεσμα BAIΑ αναγνώρισε την ίδια προτιμώμενη εναλλακτική λύση με τη συμβατική AKZ.[2]

Ακόμη μία μελέτη βασίστηκε στην ανάλυση κύκλου ζωής ενός κτιρίου. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει τον τρόπο λειτουργίας της ανάλυσης του κύκλου ζωής (AKZ) δίνοντας περισσότερη έμφαση στο στάδιο λήξης της ζωής του κτιρίου που συχνά αγνοείται λόγω έλλειψης δεδομένων ή απλουστευμένων πληροφοριών.

Αυτή την φορά, η έρευνα αφορά μία μεμονωμένη κατοικία τεσσάρων ατόμων που κατασκευάστηκε στα τέλη του 2007. Η κατασκευή του κτιρίου χωρίζεται σε τρία επίπεδα: δύο θερμαινόμενα πατώματα και ένα γκαράζ. Το σπίτι σχεδιάστηκε από το Studio Roatta Architetti Associati στο Mondovì (Ιταλία), σύμφωνα με τις αρχές βιώσιμης και βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πολύ χαμηλής ενέργειας κτίριο.

Το κτίριο βρίσκεται 80 χλμ Νότια από το Τορίνο στην πόλη Morozzo, στο Πεδεμόντιο της Βόρειας Ιταλίας.

Η παρούσα έρευνα, δημιούργησε μία εφαρμογή ανάλυσης κύκλου ζωής χρησιμοποιώντας το **λογισμικό SimaPro 7** (PRè Consultants 2006).

Σχεδιάστηκε με ένα συνολικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας που ξεπερνά τους πιο αυστηρούς ιταλικούς εθνικούς και τοπικούς κανονισμούς: το ένα δέκατο της μέγιστης απαίτησης χειμερινής θερμότητας που επιτρέπεται για ένα τυποποιημένο κτίριο.



Εικόνα 3-Κύρια κατασκευαστικά Δεδομένα του σπιτιού στο Morozzo

Ο γενικός στόχος της απόκτησης χειμερινής απαίτησης θερμότητας δέκα φορές χαμηλότερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη από τους ισχύοντες θερμικούς κανονισμούς επιτεύχθηκε με την εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών συνεισφορών, τη βελτίωση της θερμικής μόνωσης, τον ενισχυμένο έλεγχο των ροών αέρα και τη χρήση εξοπλισμού υψηλής απόδοσης. Το σχήμα του κτιρίου, ο προσανατολισμός των παραθύρων και η χρήση στατικών οθονών ηλίου επέτρεψαν την αύξηση του ηλιακού κέρδους του χειμώνα (συμμετοχή 59% στην απαίτηση θερμότητας) και η θερινή υπερθέρμανση διατηρήθηκε υπό έλεγχο. Το δομικό σύστημα του κτιρίου αποτελείται ένα πλαίσιο από οπλισμένο σκυρόδεμα που εν μέρει συνδυάζεται με τοιχοποιία από τούβλα.

Με αυτές τις παραμέτρους και λαμβάνοντας υπόψη ένα σημείο ρύθμισης του θερμοστάτη των 20 ° C, η απαιτούμενη ωφέλιμη θερμότητα είναι 10,38 kW h / m². Ο ηλιακός συλλέκτης παρέχει περίπου το 95% της ετήσιας ζήτησης ενέργειας για ζεστό νερό οικιακής χρήσης (DHW) και το 50% της ενεργειακής απαίτησης για πλύσιμο.

Το υπό μελέτη σύστημα χωρίστηκε στις φάσεις και τα υποσυστήματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Αν και η σχετική συνεισφορά όλων των σταδίων και υποσυστημάτων είναι ορατή, θεωρήθηκε πιο σημαντικό στην έρευνα να διαχωρίζεται σαφώς η συμβολή των υλικών από τη χρήση ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής φάσης.

Πίνακας 2

Αξιολόγηση του κύκλου ζωής	
Φάση κύκλου ζωής	Υποσύστημα
Προ-χρήση και συντήρηση	Δομή, τελειώματα και υλικά εξοπλισμού
	Μεταφορά
	Στάδιο κατασκευής
	Συντήρηση
Χρήση	Χρήση ενέργειας για θέρμανση, εξαερισμό και ζεστό νερό
	Χρήση ενέργειας για το μαγείρεμα, το πλύσιμο, το φωτισμό και τη χρήση συσκευών
Τέλος της ζωής	Αποσυναρμολόγηση, κατεδάφιση, ανακύκλωση / επαναχρησιμοποίηση / χώρος υγειονομικής ταφής

Αυτό που σαφώς προέκυψε είναι ότι, αντίθετα τόσο με το πρότυπο κτίριο όσο και με τα ευρήματα, δεν υπάρχει ούτε ένα υποσύστημα που να επισκιάζει τα υπόλοιπα, αλλά οι επιπτώσεις του κύκλου ζωής προκαλούνται από την αμοιβαία συνεισφορά αρκετών εξίσου (ή σχεδόν εξίσου) σημαντικών στοιχείων. Αξιοσημείωτο είναι ακόμη το γεγονός ότι δείκτες ενεργειακής και κλιματικής αλλαγής που επιλέχθηκαν δεν αλληλεπικαλύπτονται. Συγκεκριμένα, η συμβολή του άνθρακα που απομονώθηκε στο επαναχρησιμοποιούμενο ξύλο αυξάνει σημαντικά το δυναμικό ανακύκλωσης και μειώνει τις εκπομπές θερμοκηπίου του κύκλου ζωής. Ως εκ τούτου, μια οικολογικά αποδοτική διαχείριση EOL² μπορεί να είναι χρήσιμη για τη μείωση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής.

Επί 70 χρόνια ζωής, έχει προκύψει η δραματική συμβολή των σχετικών με το υλικό επιπτώσεων. Τα υλικά κατασκευής και αποσυναρμολόγησης έχουν τη μεγαλύτερη σχετική

² Στο μοντέλο της φάσης EOL περιλαμβάνονταν τρία βήματα: 1) Επιλεκτική αποσυναρμολόγηση των επαναχρησιμοποιούμενων / ανακυκλώσιμων υλικών και κατασκευών (παράθυρα, χάλυβας, αλουμίνιο και οροφή), 2) Ελεγχόμενη κατεδάφιση της δομής με υδραυλικά σφυριά και ψαλίδια, 3) Επεξεργασία και ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή υγειονομική ταφή.

συμβολή, αλλά και οι εργασίες συντήρησης παίζουν σημαντικό ρόλο. Ο εξοπλισμός, το στάδιο κατασκευής και οι συνεισφορές μεταφοράς είναι μικρές, αν και όχι πάντα αμελητέες. Ως σημαντικό συμπέρασμα, ο γενικός στόχος της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πίσω από την κατασκευή του σπιτιού στο Morozzo έχει αποδειχθεί συμβατός με την προσέγγιση του κύκλου ζωής, αν και εφαρμόζεται εκ των υστέρων. Τα υψηλότερα ενσωματωμένα βάρη αντισταθμίστηκαν με την αξιοσημείωτη λειτουργική εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, ενώ η απαίτηση θερμής θερμότητας μειώθηκε κατά αναλογία 10: 1, η ενέργεια κύκλου ζωής μειώθηκε μόνο κατά 2,1: 1 και το αποτύπωμα άνθρακα κατά 2,2: 1. [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS

Ο εκτιμητής επιπτώσεων των κτιρίων Athena είναι ένα πακέτο λογισμικού βασισμένο στην ανάλυση κύκλου ζωής. Στόχος του λογισμικού είναι η καθοδήγηση των σχεδιαστών προς ένα σωστό σχεδιασμό κτιρίου, ενώ ακόμη βρίσκονται στα αρχικά στάδια. Το εργαλείο αυτό στην ουσία μοντελοποιεί ολόκληρο το κτίριο για να διερευνήσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα διαφορετικών επιλογών υλικού και επιλογών συστήματος πυρήνα και κελύφους. Επιπρόσθετα, το λογισμικό Athena παρέχει ένα προφίλ απογραφής κύκλου ζωής από την θεμελίωση μέχρι και την κατεδάφιση ολόκληρου του κτιρίου. Τα αποτελέσματα απογραφής περιλαμβάνουν τις ροές από και προς τη φύση: ροές ενέργειας και πρώτων υλών, καθώς και εκπομπές στον αέρα, το νερό και τη γη.

ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ:

Οι χρήστες καταχωρούν γρήγορα τις συναρμολογήσεις των κτιρίων, τις διαστάσεις των τμημάτων των κτιρίων αυτών μέσω κουτιών διαλόγου που ζητούν απλές πληροφορίες όπως τις διαστάσεις των κολώνων, του πατώματος και του τοίχου και το λογισμικό υπολογίζει ένα λογαριασμό υλικών και τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να προσθέσουν υλικά ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.

Το λογισμικό παρέχει δεδομένα αποτυπώματος του κτιρίου για τις πιο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πλανήτη, σύμφωνα με την τελευταία μεθοδολογία των ΗΠΑ EPA TRACI: το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, το δυναμικό οξίνισης, το δυναμικό αναπνευστικών επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία, το δυναμικό καταστροφής του όζοντος, τη δημιουργία αιθαλομίχλης και το δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού. Ο Εκτιμητής Επιπτώσεων αναφέρει επιπλέον την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

Το λογισμικό στην συνέχεια, μπορεί να συγκρίνει και να αντιπαραβάλλει τη λειτουργία του κύκλου ζωής, την ενσωματωμένη ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από διάφορες επιλογές σχεδιασμού, επιτρέποντας στον χρήστη να κατανοεί καλύτερα τις εγγενείς ανταλλαγές μεταξύ παραδείγματος χάρι, προσθήκης περισσότερης μόνωσης και μείωσης της ενεργειακής χρήσης.

3.1.2 ΑΡΧΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ως παροδοχή θεωρήθηκε ότι το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας εμπίπτει με το ενεργειακό μίγμα του Δήμου Halifax. Η παραδοχή αυτή λήφθηκε διότι το λογισμικό Athena εξήγαγε αποτελέσματα που συνδέονταν μόνο με τις Ομοσπονδιακές Πρωτεύουσες των Επαρχιών του Καναδά. Επομένως, εφόσον το σχέδιο του κτιρίου που εξετάστηκε απεικονιζόταν στον νομό Χανίων, θα έπρεπε να συσχετισθεί η κατανάλωση ενεργειακών πόρων την Ελλάδα με τις Ομοσπονδιακές Πρωτεύουσες του Καναδά. Έπειτα

από σύγκρισεις, προέκυψε ότι σε σχέση με την Ελλάδα η πιο κοντινή σε κατανάλωση ενεργειακών πόρων Πολιτεία είναι το Halifax.

Επίσης, το λογισμικό Athena Impact estimator for buildings έχει προγραμματιστεί με βάση το αμερικάνικο πρότυπο κτιρίου, το οποίο θεωρείται ότι διαθέτει ορθογωνικές κατόψεις. Δεδομένου αυτού, το λογισμικό αποδίδει αντίστοιχα αποτελέσματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Επομένως λόγω αυτού, χρειάστηκε να ληφθεί η παραδοχή ότι το κτίριο μας χωρίζεται σε 4 (τέσσερα) μικρότερα τμήματα ορθογωνικών κατόψεων, δύο στον πρώτο όροφο και δύο στο ισόγειο. Αυτή η κίνηση έγινε για να μπορεί να καταχωρηθεί η εκάστοτε επιφάνεια στο λογισμικό με ορθογωνική κάτοψη. Έτσι, στο τέλος να μπορούν να συναθροιστούν οι επιμέρους επιπτώσεις του κάθε τμήματος.

3.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ATHENA

Έπειτα από εκτεταμένη χρήση του λογισμικού Athena Impact Estimator, παρατηρήθηκε ότι είναι ένα σχετικά απλό λογισμικό, εύκολο στην χρήση, όπου μπορεί να χρησιμοποιεί για όλους τους τύπους κτιρίων. Τα στοιχεία εισόδου που καταχωρεί ο χρήστης, για να προκύψουν τα αποτελέσματα περιβαλλοντικού αποτυπώματος, είναι γενικά και κοινά σε όλα τα κτίρια. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται: οι διαστάσεις των πατωμάτων, της οροφής, των τοίχων, των δοκών και των κολώνων, τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση κ.α. Γενικότερα, δεν εμβαθύνει ούτε στο εσωτερικό του κτιρίου, το οποίο θα δυσκόλευε πολύ την εισαγωγή στοιχείων, δεδομένου ότι όλα τα κτίρια θα διέφεραν ως προς τον εσωτερικό χώρο, ούτε εξειδικεύεται σε συγκεκριμένα υλικά κατασκευής. Επομένως, δεν επιβάλλεται να γνωρίζει κανείς ενδελεχώς το λογισμικό και τις απαιτήσεις του. Απευθύνεται σε όλους τους χρήστες λόγω της απλής και εύκολης λειτουργίας του. Ακόμη το εργαλείο διαθέτει το προνόμιο ότι είναι δωρεάν και μπορεί να εγκατασταθεί από οποιονδήποτε χρήστη στον υπολογιστή του.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που διαθέτει το εργαλείο Athena έναντι των υπολοίπων, είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εναλλάσσει ταχύτατα τα υλικά του κτιρίου, με την προϋπόθεση ότι η περιοχή κατασκευής και οι διαστάσεις του κτιρίου είναι δεδομένα. Με την εναλλαγή αυτή και τους διαφορετικούς συνδυασμούς των υλικών καθίσταται δυνατή η εμφάνιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κάθε περίπτωσης, πράγμα το οποίο οδηγεί στην καλύτερη εναλλακτική λύση με τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Από την άλλη, όπως σε κάθε λογισμικό, έτσι και σε αυτό υπάρχουν κάποιες δυσκολίες στην χρήση του, οι οποίες κυρίως αφορούν τον σχεδιασμό του κτιρίου που καλείται να εξετασθεί. Το Athena σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποτυπώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κτιρίων που βρίσκονται στον Καναδά. Επομένως, τα πρότυπα κτιρίου που «καταλαβαίνει» είναι μόνο αυτά με ορθογωνικές κατόψεις, που διαθέτουν δοκούς, σαν στήλες και κολώνες σε σειρές. Χρειάστηκε λοιπόν, να τροποποιηθεί το κτίριο έτσι ώστε να διαχωριστεί από μικρές ορθογωνικές κατόψεις. Έτσι, έπρεπε να χωριστεί σε 4 (τέσσερα) τμήματα, 2 (δύο) σε κάθε όροφο στο λογισμικό για να εισαχθούν δεδομένα ορθογώνιων κατόψεων και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να συμβαδίζουν με τη μορφή του κτιρίου. Ίσως αυτό να φανερώνει μία αδυναμία του λογισμικού από την άποψη ότι απαιτείται

περισσότερη επεξεργασία των πληροφοριών του κτιρίου και προσοχή στις λεπτομέρειες. Παρόμοια αδυναμία συναντάται και σε διάφορα αναδυόμενα παράθυρα, όπως αυτό των τοίχων του κτιρίου που θεωρείται σαν δεδομένο ότι οι διαστάσεις των πορτών ενός κτιρίου, είτε αυτές είναι μπαλκονόπορτες, είτε αναφέρονται στην πόρτα της κύριας εισόδου του κτιρίου ότι έχουν standard size 32’’x7’’που αυτό δεν ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, το Extruded Polystyrene που είναι υλικό μόνωσης, οριοθετεί την ποσότητα που ο χρήστης θα προσθέσει. Πέραν τούτου, υπάρχουν και διάφορα υλικά στις καρτέλες των envelopes που συχνά οι όγκοι των υλικών αυτών δεν είναι ίδιοι με τους πραγματικούς που θα κατασκευαστεί το κτίριο. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται η παρέμβαση του χρήστη, ο οποίος τροποποιώντας κάποιες διαστάσεις μπορεί να ενσωματώσει τις πραγματικές ποσότητες υλικών.

Η σημαντικότερη αδυναμία του λογισμικού, που ίσως είναι και η αιτία που το λογισμικό δεν χρησιμοποιείται σημαντικά στην Ευρώπη, είναι το γεγονός ότι οι συντεταγμένες του αφορούν μόνο τις επαρχίες του Καναδά. Αυτό είναι κάτι που συνδέεται άμεσα με τις ενεργειακές πηγές που χρησιμοποιεί η κάθε Ομοσπονδιακή Πρωτεύουσα για την παραγωγή Ηλεκτρισμού. Ωστόσο, στην Ελλάδα και κατά συνέπεια στα Χανιά, όπου έχει σχεδιαστεί το κτίριο που εξετάζεται δεν χρησιμοποιείται το ίδιο ενεργειακό μίγμα με του Καναδά, με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις να διαφέρουν αρκετά. Πιο συγκεκριμένα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων που καταχωρούνται στο λογισμικό συνδέονται με τις διαστάσεις και τα υλικά του κτιρίου σε τεράστιο βαθμό, αλλά παίζουν σημασία και οι συντεταγμένες της Χώρας που βρίσκεται το κτίριο οι οποίες συγχέονται με την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής είναι διαφορετικό από χώρα σε χώρα. Αν παραδείγματος χάρη η Αμερική, εκμεταλλευόταν κατά 90% (ενεντήντα τις εκατό) τις ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού τότε οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου θα ήταν κατά πολύ μειωμένες.

3.2 ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Τα δεδομένα εισήχθησαν για το **ισόγειο** και για τον **πρώτο όροφο** σε αναδυόμενα παράθυρα. Η πρώτη εισαγωγή δεδομένων αφορούσε την περιγραφή του κτιρίου στο σύνολο του και κάποια γενικά χαρακτηριστικά του.

Πίνακας 3- Στοιχεία εισόδου του Project

Στοιχεία εισόδου	
Όνομα Project	baseScenario
τύπος κτιρίου	διόροφη μονοκατοικία
Προσδόκιμο ζωής κτιρίου	60 έτη
Ύψος κτιρίου	6.3 μ
επιφάνεια κτιρίου	114.39 τμ
Τοποθεσία κτιρίου	Halifax

Modify Project

Athena Impact Estimator for Buildings

Project Name: baseScenario

Project Location: Halifax

Building Type: Single Family Residential

Building Life Expectancy: 60 Years

Building Height (m): 6.3

Gross Floor Area (m²): 114.39

Units: ☒ SI ☐ Imperial

☐ Synchronize Assembly Display Units

Project Number:

Project Description (CTRL + Enter for new line):

Operating Energy Consumption:

Help Duplicate Delete OK Cancel

Εικόνα 4-Project

Το ονόμα του project που καταχωρήθηκε ήταν το «**baseScenario**». Ο τύπος του κτιρίου που επιλέχθηκε ήταν το «**Single Family Residential**». Το λογισμικό περιλαμβάνει διάφορες επιλογές για τον τύπο κτιρίου όπως, το εμπορικό κτίριο, την μονοκατοικία, το βιομηχανικό κτίριο, το γραφείο κα. Το προσδόκιμο ζωής του κτιρίου που καταχωρήθηκε ήταν τα **60 έτη**. Ο αριθμός αυτός αποτελεί τυπική τιμή και εμπεριέχει συντελεστή ασφάλειας για τον χρόνο αντοχής των υλικών ενός τυπικού κτιρίου στον Καναδά. Το ύψος, μετρήθηκε από το μοντέλο του κτιρίου στο λογισμικό Sketchup 2016. Η συνολική επιφάνεια του δαπέδου μετρήθηκε από το λογισμικό Autocad, όπου είχε σχεδιαστεί το κτίριο. Ως θέση του υπο μελέτη κτιρίου επιλέχθηκε ο περιφερειακός Δήμος **Halifax**. Εφόσον, το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας εμπίπτει περισσότερο με το ενεργειακό μίγμα του Δήμου Halifax σε σχέση με τις υπολοιπες Πρωτεύουσες του Καναδά. Τέλος, ο τρόπος εύρεσης της ενεργειακής αξιολόγησης του κτιρίου θα περιγραφεί αναλυτικότερα στην σελίδα 15.



Εικόνα 5-Όψεις του κτιρίου



Εικόνα 6- Όψεις του κτιρίου

3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Αρχικά, θα πρέπει να διαχωριστούν οι όροι ενεργειακή κατανάλωση (Operating Energy Consumption) και ενεργειακό φορτίο. Η ενεργειακή κατανάλωση είναι η τελική ενέργεια που θα χρειαστεί ένα κτίριο για τις ανάγκες του, η οποία μεταφράζεται και με το κόστος από την άποψη πως, ό,τι ενέργεια καταναλωθεί, θα πληρωθεί το αντίστοιχο ποσό. Σε διαφορετική περίπτωση, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως η επιπρόσθετη ενέργεια που θα χρειαστεί να δοθεί για την κάλυψη του ενεργειακού φορτίου, διότι το φορτίο περιλαμβάνει την απαιτούμενη ενέργεια που θα χρειαστεί ένα κτίριο αλλά δεν συμπληρώνει τις απώλειες που θα προκύψουν.

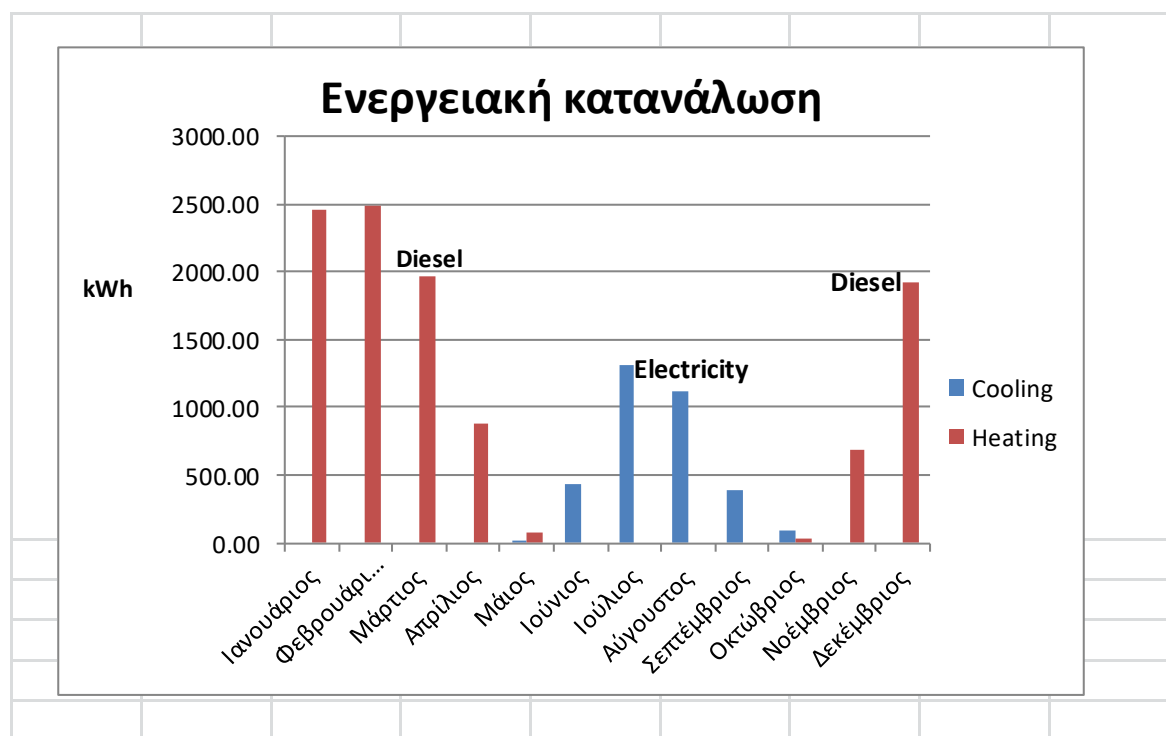
Γενικότερα, τα ενεργειακά φορτία ενός κτιρίου εξαρτώνται από τη μέση ένταση των ποσών ηλιακής ακτινοβολίας, το μέσο εσωτερικό προφίλ (κάτοικοι, φωτισμός, εξοπλισμός) και τις τιμές των θερμοκρασιακών διαφορών. Η ανάπτυξη του κάθε παράγοντα ως γραμμική συνάρτηση της εξωτερικής θερμοκρασίας, δίνει τη δυνατότητα του συνδυασμού όλων των παραγόντων και τη δημιουργία ενός συνολικού ενιαίου προφίλ φορτίων το οποίο αντιπροσωπεύει όλες τις συνθήκες του έτους (ανεξάρτητα εποχής). Στις περισσότερες περιπτώσεις η λειτουργικότητα των κτιρίων έχει τουλάχιστον δύο θερμοκρασιακά διαστήματα μεταβολής, τα οποία αντιπροσωπεύουν τις ώρες κατοίκησης, δηλαδή τις ώρες που παρευρίσκονται οι κάτοικοι στο κτίριο και παράγεται θερμότητα από διάφορα μέσα και τις ώρες που το κτίριο δεν κατοικείται.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου υπολογίστηκαν από το Open Studio και είχαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 4-Ενεργειακά Φορτία

	Kwh
Heating	10509,52
Cooling	3350
Lighting	234,55
Equipment	2197,3
Total	16291,37

Για τον υπολογισμό των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων του κτιρίου καθορίστηκαν αρχικά οι θερμοκρασίες θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης ενεργοποιεί ή αντίθετα διακόπτει τη λειτουργία στο μηχανισμό θέρμανσης ή ψύξης τον οποίο ελέγχει ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Τα σημεία ρύθμισης για την περίοδο θέρμανσης και ψύξης σε ένα τυπικό σύστημα HVAC (στην Ελλάδα) είναι 20 ° C και 26 ° C αντίστοιχα, όπως συνιστώνται από για νέα κτίρια κατοικιών. [4]



Διάγραμμα 1-Το παρόν διάγραμμα παρουσιάζει την ενεργειακή κατανάλωση του προσομοιωμένου κτιρίου για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα για έναν χρόνο. Η ανάγκη για θέρμανση όπως ήταν αναμενόμενο ήταν εντονότερη τους Χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Φεβρουάριο ενώ η ανάγκη για ψύξη ήταν εντονότερη τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

Για την εύρεση των μεταβλητών Heating και Cooling όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό OpenStudio, που χρειάστηκε να εισαχθούν δεδομένα των υλικών του κτιρίου. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5- Θερμικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων υλικών του κτιρίου

Θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών του κτιρίου						
Χαρακτηριστικά των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων [6]						
	Υλικά	Uw-factor (W/m ² K)		SHGC		
1.	Παράθυρο Fibreglass διπλού υαλοπίνακα με πλήρωση αέρα	3		0,56		Χωρίς χρωματισμό υαλοπινάκων
2.	Παράθυρο αλουμινίου διπλού υαλοπίνακα με σκληρή επίστρωση αερίου (αργό)	3,5		0,64		Πλαίσιο αλουμινίου με θερμική προστασία, Χωρίς χρωματισμό υαλοπινάκων
3.	Παράθυρο PVC ³ διπλού υαλοπίνακα με σκληρή επίστρωση αέρα	3		0,56		Χωρίς χρωματισμό υαλοπινάκων
4.	Παράθυρο αλουμινίου διπλού υαλοπίνακα με μαλακή επίστρωση αερίου (αργό)	4,5		0,61		Πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμική προστασία, Χωρίς χρωματισμό υαλοπινάκων
Χαρακτηριστικά των τούβλων που χρησιμοποιήθηκαν (link 3.1 , link 3.2)						
		Θερμική αγωγιμότητα W/m K	Πάχος (m)	τραχύτητα	Ειδική θερμοχωρητικότητα J/kg K	Πυκνότητα (kg/m ³)
5.	Brick Ontario (standard)	0,894	0,09	Medium	900	1900
6.	Brick Modular (metric)	3,34	0,09	Medium	1050	2400
Χαρακτηριστικά της πόρτας εισόδου [7],[8]						
		Uw-factor (W/m ² K)		SHGC		
7.	Εξωτερική πόρτα αλουμινίου με 80% κάλυψη από υαλοπίνακα	3,5		0,47		

³ Το Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι παραγόμενο συνθετικό πλαστικό πολυμερές. Το υλικό αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλαισίων.

8.	Εξωτερική πόρτα Fiberglass με 50% κάλυψη επιφάνειας από υαλοπίνακα	0,32	0,19	
Χαρακτηριστικά των δομικών υλικών [5]				
		πυκνότητα Kg/m ³	Θερμική αγωγιμότητα W/m K	Ειδική θερμοχωρητικότητα J/kg K
9.	Air	1,23	0,36	1008
10.	Asphalt membrane	1100	0,23	1000
11.	Cement mortar	1800	0,87	1000
12.	Extruded polystyrene (insulation XPS)	35	0,031	1450
13.	Gravel	2200	2	1000
14.	Gypsum Board	700	0,21	1000
15.	Plaster	1800	0,87	1000
16.	Polyethylene membrane	980	0,50	1800
17.	Screed concrete	1500	0,64	1000
18.	Tile adhesive	1800	0,87	1000
19.	Wood floor	700	0,21	1600

Η ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης υπολογίστηκε με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Ενεργειακή κατανάλωση} = \frac{\text{Ισχύς}}{\text{απόδοση}}$$

$$\text{Heating} = \frac{\text{Ισχύς}}{\text{απόδοση}} = \frac{10509,52}{0,85} \Rightarrow \text{Heating} = 12364,14 \text{ kWh}$$

$$\text{Cooling} = \frac{\text{Ισχύς}}{\text{απόδοση}} = \frac{3350}{3} \Rightarrow \text{Cooling} = 1116,67 \text{ kWh}$$

$$\text{Lighting} = \frac{\text{Ισχύς}}{\text{απόδοση}} = \frac{234,55}{1} \Rightarrow \text{Lighting} = 234,55 \text{ kWh}$$

$$\text{Equipment} = \frac{\text{Ισχύς}}{\text{απόδοση}} = \frac{2197,3}{1} \Rightarrow \text{Equipment} = 2197,3 \text{ kWh}$$

Για το σύστημα θέρμανσης για τις ενεργειακές απαιτήσεις σε diesel, χρειάστηκε η μετατροπή των μονάδων σε λίτρα.

Θεωρήθηκε ότι 1 litre diesel oil μετατρέπει 10 kWh σε θέρμανση. Επομένως, για 12364,14 kWh κατανάλωση που είχαμε εμείς θα χρειαζόμασταν **x=1236,414 litre diesel (link 3.3)**

Για το σύστημα ψύξης αλλά και για όλες τις υπόλοιπες χρήσεις ηλεκτρισμού, όπως ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών, για τις ενεργειακές τους απαιτήσεις, χρειάστηκε απλά να προσθέσουμε τις περαιτέρω κιλοβατώρες και να βγάλουμε το συνολικό ηλεκτρισμό, δηλ.

Cooling+ Lighting+ Equipment= **3548,52 kWh**

Value	Unit	Of	Frequency	Action
3548.5	kWh	Electricity	Per Year	
0.0	m³	Natural Gas	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	LPG	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Heavy Fuel	Per Year	Compute Fuel
1236.4	Litre	Diesel	Per Year	Compute Fuel
0.0	Litre	Gasoline	Per Year	Compute Fuel

Εικόνα 7- Λειτουργική ενεργειακή κατανάλωση

3.4 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.4.1 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΟΚΟΥΣ ΚΑΙ ΚΟΛΩΝΕΣ:

Αξίζει να αναφερθεί, ότι το κτίριο μας διαιρέθηκε σε 4 (τέσσερα) τμήματα για να καταχωρηθεί στο λογισμικό σαν να είχε ορθογωνικές κατόψεις και στο τέλος να συναθροιστούν οι επιμέρους επιπτώσεις του κάθε τμήματος. Η κίνηση αυτή έγινε για να προσαρμοστεί το υπό μελέτη κτίριο στο αμερικάνικο πρότυπο κτιρίου που αναγνωρίζει το λογισμικό ώστε να εξαχθούν τα ανάλογα αποτελέσματα.

Πιο συγκεκριμένα, (από την κάτοψη του ισογείου που επισυνάπτεται στο Παράρτημα) η επιφάνεια διαιρέθηκε σε δύο τμήματα, την ανατολική και την δυτική πλευρά του κτιρίου. Το ίδιο πραγματοποιήθηκε και στον πρώτο όροφο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία εισόδου:

Πίνακας 6-Κύρια Χαρακτηριστικά του κτιρίου

	Ground Floor		First Floor	Total
Αριθμός παραθύρων του κτιρίου	4		6	10
Αριθμός πορτών του κτιρίου	4		4	8
Ύψος κτιρίου (m)	3		3,3	6,3
Μήκος κτιρίου⁴ του εξωτερικού τοίχου	53,8m			
Μήκος κτιρίου⁵ του εξωτερικού τοίχου			49m	
Επιφάνεια του ισογείου / Gross floor Area	114,39m ²			
Αριθμός κολώνων	19		14	33
Αριθμός δοκών	10		8	18
Ύψος κολώνων (m)	2,4		2,7	
Bay Size ⁵(m)	Για το αριστερό τμήμα του κτιρίου:	3,48	3,48	
	Για το δεξί τμήμα του κτιρίου:	3,05	3,393	
Supported Span ⁶(m)	Για το αριστερό τμήμα του κτιρίου:	5,15	5,15	
	Για το δεξί τμήμα του κτιρίου:	4,852	4,852	
Υλικό κατασκευής	Σκυρόδεμα		Σκυρόδεμα	

⁴ Μήκος κτιρίου: Για την εύρεση του μήκους του κτιρίου χρειάστηκε να μετρηθεί η περίμετρος του εξωτερικού τοίχου, χωρίς να ληφθούν υπόψη ο χώρος κάτω από τα μπαλκόνια που ουσιαστικά ήταν κενός και η πόρτα εισόδου, κατ' ουσία δηλ. το μήκος μετρήθηκε «τοίχο-τοίχο». Η ίδια διαδικασία διεξήχθη και για τον πρώτο όροφο.

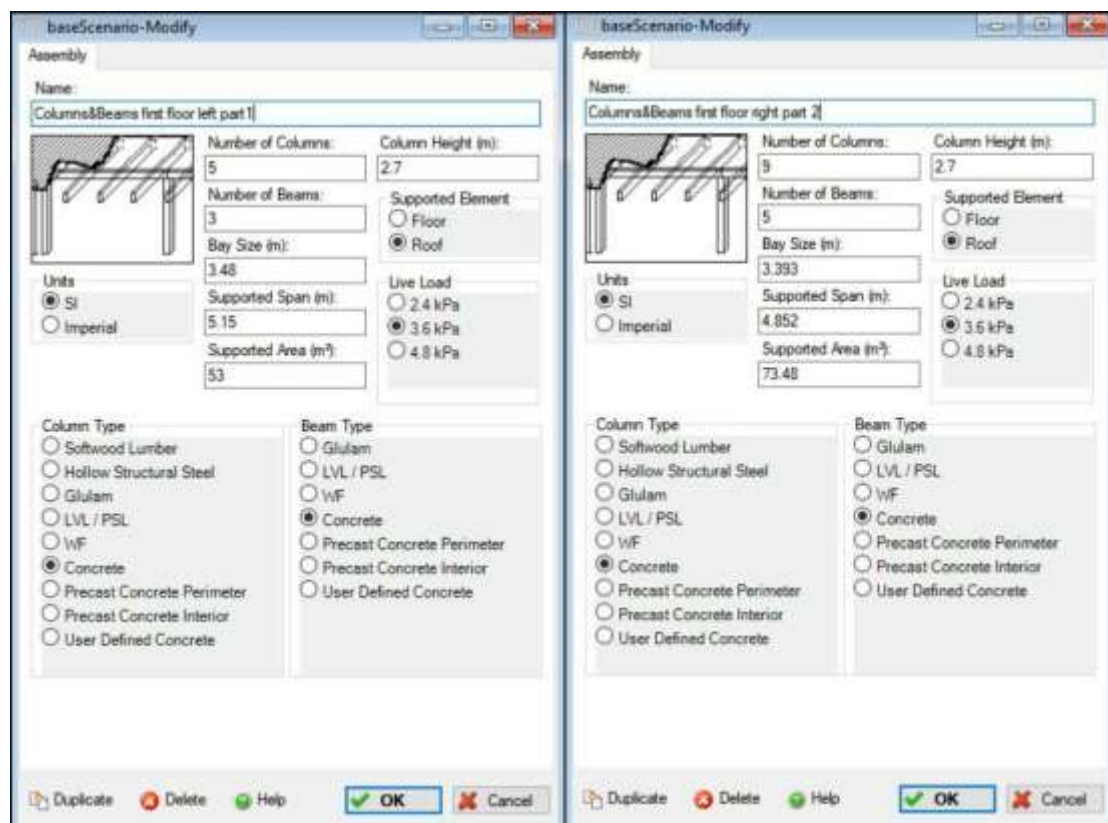
⁵ Για την εύρεση του Bay size χρειάστηκε μόνο να υπολογιστεί ο μέσος όρος όλων των δοκών του κάθε τμήματος ξεχωριστά. Γενικότερα το Bay size είναι η απόσταση μεταξύ 2 (δύο) κολώνων, από την μία άκρη της κολώνας που στηρίζεται μέχρι το μέσο της επόμενης που βρίσκονται στην ίδια κατεύθυνση κατά μήκος μίας δοκού.

⁶ Το Supported Span είναι οι μεγαλύτερες σε μήκος παράλληλες δοκοί σε σχέση με τις υπόλοιπες δοκούς της ίδιας κατεύθυνσης, αυτές σου προσδιορίζουν κατά πόσο μεγάλες πρέπει να είναι οι κολώνες και οι δοκοί ανάλογα με το σύστημα, το span καθορίζει πόσα υλικά θα περιέχει το floor, το πάχος του κ.α, Έτσι ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί/υποστηριχθεί η κατασκευή μας στο προσδόκιμο ζωής που της έχουμε ορίσει.

κολόνων			
Υλικό κατασκευής δοκών	Σκυρόδεμα	Σκυρόδεμα	

Τα δεδομένα εισήχθησαν σε δύο αναδυόμενα παράθυρα για τον κάθε όροφο, όπως φαίνεται παρακάτω:

Εικόνα 8-Συγκρότημα: Κολώνες και δοκοί/Ισόγειο



Εικόνα 9- Συγκρότημα: Κολώνες και δοκοί/Πρώτος όροφος

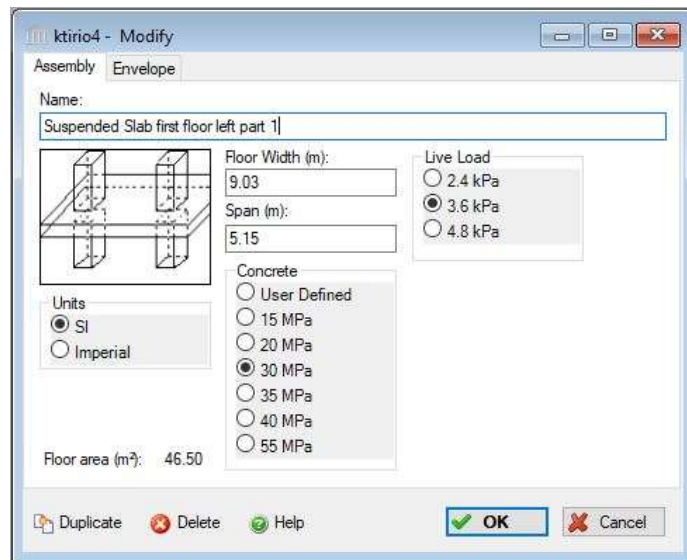
3.4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΤΩΜΑΤΑ:

Πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της επιφάνειας του πρώτου ορόφου και την χωρίσαμε σε 2 τμήματα για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

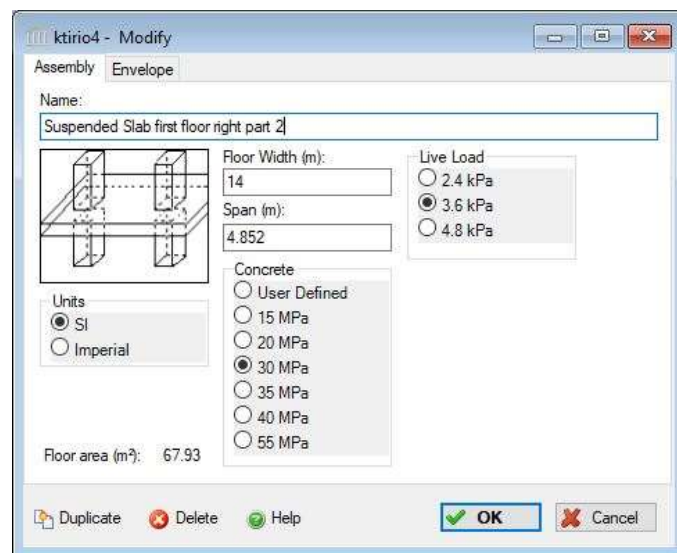
Πίνακας 7-Στοιχεία εισόδου για το πάτωμα του πρώτου ορόφου

Στοιχεία εισόδου του πατώματος πρώτου ορόφου (τμήμα 1 ^ο)	
Πλάτος πατώματος (m)	9.03
Supported pan (m)	5.15
Στοιχεία εισόδου του πατώματος πρώτου ορόφου (τμήμα 2 ^ο)	
Πλάτος πατώματος (m)	14
Supported pan (m)	4.852

Τα δεδομένα εισήχθησαν σε δύο αναδυόμενα παράθυρα.



Εικόνα 10- Συγκρότημα: Πάτωμα



Εικόνα 11- Συγκρότημα: Πάτωμα

Για την εύρεση του πλάτους του πατώματος, διαιρέθηκε η Supported Area με το Supported Span του Ground floor, όπως φαίνεται στους παρακάτω υπολογισμούς:

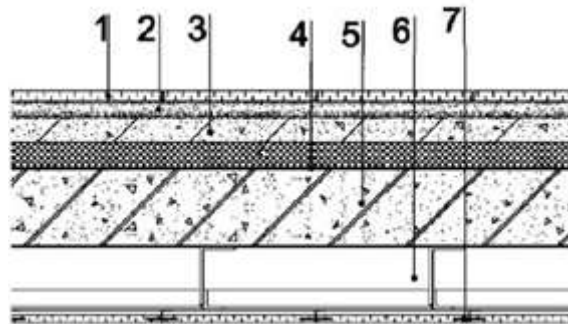
$$\text{Floor width1} = \frac{46,5}{5,15} = 9,03\text{m}$$

$$\text{Floor width2} = \frac{67,89}{4,85} = 14\text{m}$$

Τα υλικά κατασκευής του πατώματος του πρώτου ορόφου παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 8:

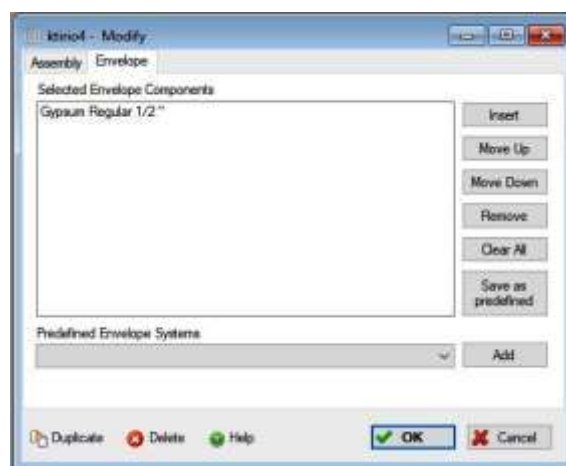
Πίνακας 8- Κατασκευή του πατώματος του ορόφου/ ξύλινο δάπεδο

Floor/Ceiling with wood		
1.	Wood floor	0,03m
2.	Tile adhesive	0,03m
3.	Screed concrete	0,05m
4.	Polyethylene membrane	
5.	Reinforced concrete	0,15m
6.	Air	0,15m
7.	Gypsum Board	0,015m
total		0.56m



Εικόνα 12-Κατασκευή του πατώματος του ορόφου/ ξύλινο δάπεδο

Από τα υλικά αυτά, το Gypsum Board εισήχθηκε στο λογισμικό σαν envelope στα 2 παραπάνω αναδυόμενα παράθυρα, σαν υλικό κατασκευής του πατώματος εφόσον υπήρχε σαν επιλογή.



Εικόνα 13-Φακελωμένα υλικά κατασκευής του πατώματος

Τα υπόλοιπα υλικά κατασκευής καταχωρήθηκαν σε ένα διαφορετικό βρόγχο τον Floor Extra Materials. Εκεί, υπήρχε η δυνατότητα να επιλέχθούν υλικά μέσα από μία τεράστια γκάμα υλικών από διαφορετικές κατηγορίες. Αυτά τα υλικά ήταν: το Wood floor, screed concrete, Polyethylene membrane και Air. Ο λόγος που τα υλικά εισήχθησαν κατά αυτόν τον τρόπο ήταν επειδή η ποσότητα αυτών καταχωρήθηκε επακριβώς, και δεν θα προέκυπταν λανθασμένες ενδείξεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Θα μπορούσε δηλαδή να ελεγχθεί από την καρτέλα των υλικών του κτιρίου (βλ. σελίδα 38 όπου παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα υλικά) ο όγκος τους, που θα έπρεπε να συμβαδίζει με το πάχος της στρώσης του υλικού στο πάτωμα και την αντίστοιχη επιφάνεια που θα καλυπτόταν που είχαμε σαν δεδομένα. Έτσι, η ποσότητα των υλικών που θα υπήρχε στο λογισμικό θα συμβαδίζει με την ποσότητα υλικών που θα κατασκευαζόταν το κτίριο.

#	ID	Name	Amount	Construction Waste Factor	Net Amount	Unit
001	048	3 mil Polyethylene	35.00	0.33	35.70	m2
002	123	Air Barrier	372.90	0.02	380.358	m2
003	072	Cedar Wood Shiplap Siding	152.20	0.10	167.42	m2
004	125	Fiber Cement	500.20	0.10	550.22	m2

Εικόνα 14-Επιπρόσθετα υλικά κατασκευής του πατώματος

Τα υλικά κατασκευής που δεν αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή το Reinforced concrete (οπλισμένο σκυρόδεμα), rebar και το tile adhesive είναι υλικά των οποίων υπολογίζει αυτόματα το λογισμικό την ποσότητα τους ανάλογα με τις διαστάσεις του πατώματος που θα του «δώσεις».

Ακόμη, υπήρχαν δύο επιπλέον υλικά, το paper tape και το nails που επίσης εμφανίστηκαν αυτόματα μετά από την εισαγωγή και των υπολοίπων υλικών. Τα υλικά αυτά καταλαμβάνουν αμελητέα ποσότητα και αναφέρονται το paper tape στο ξύλινο πάτωμα και χρησιμοποιείται σαν επικάλυψη/προστασία του ξύλου ενώ το nails στα καρφιά που χρειάζονται για την συναρμολόγηση του ξύλινου πατώματος.

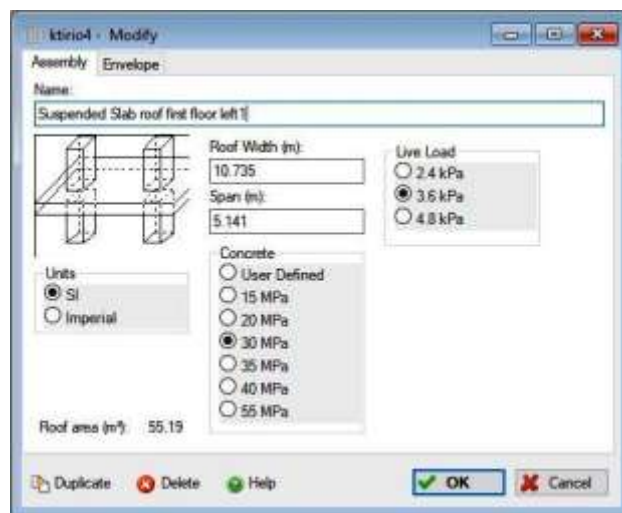
3.4.3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΡΟΦΗ:

Πιο συγκεκριμένα, αναλύσαμε την οροφή του κτιρίου και τη χωρίσαμε σε 2 τμήματα για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

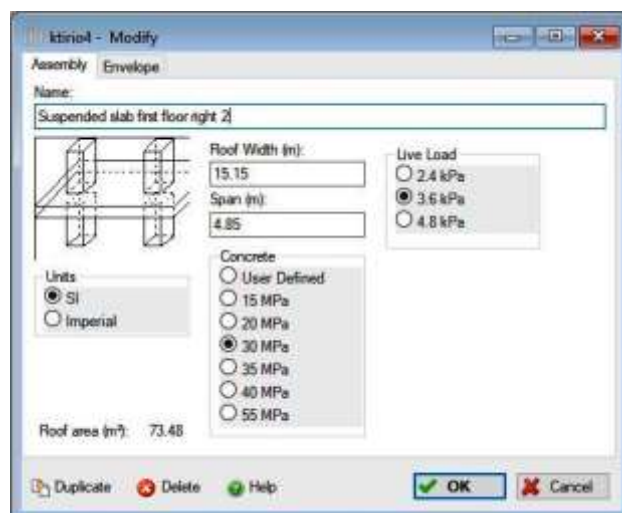
Πίνακας 9- Στοιχεία εισόδου οροφής

Στοιχεία εισόδου της επιφάνειας οροφής (τμήμα 1 ^ο)	
Πλάτος επιφάνειας (m)	10.735
Supported pan (m)	5.141
Στοιχεία εισόδου της επιφάνειας της οροφής (τμήμα 2 ^ο)	
Πλάτος επιφάνειας (m)	15.15
Supported pan (m)	4.85

Τα δεδομένα εισήχθησαν σε δύο αναδυόμενα παράθυρα, όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 15- Συγκρότημα: Οροφή



Εικόνα 16- Συγκρότημα: Οροφή

Για την εύρεση του πλάτους της επιφάνειας της οροφής, διαιρέθηκε η Supported Area με το Supported Span του Ground floor, όπως προηγουμένως σύμφωνα με τους παρακάτω υπολογισμούς:

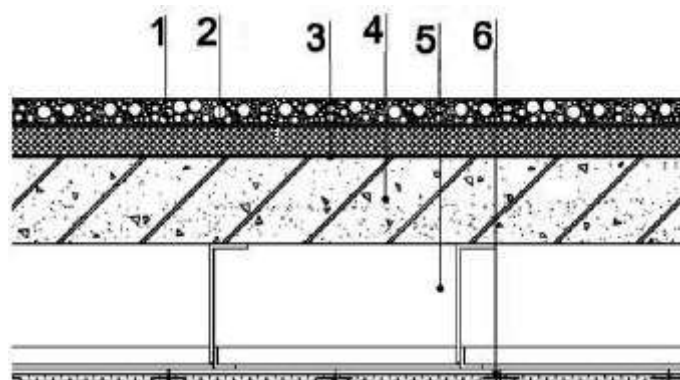
$$\text{Roof width1} = \frac{55,19}{5,141} = 10,735\text{m}$$

$$\text{Roof width2} = \frac{73,48}{4,85} = 15,15\text{m}$$

Τα υλικά κατασκευής της οροφής του κτιρίου παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 10:

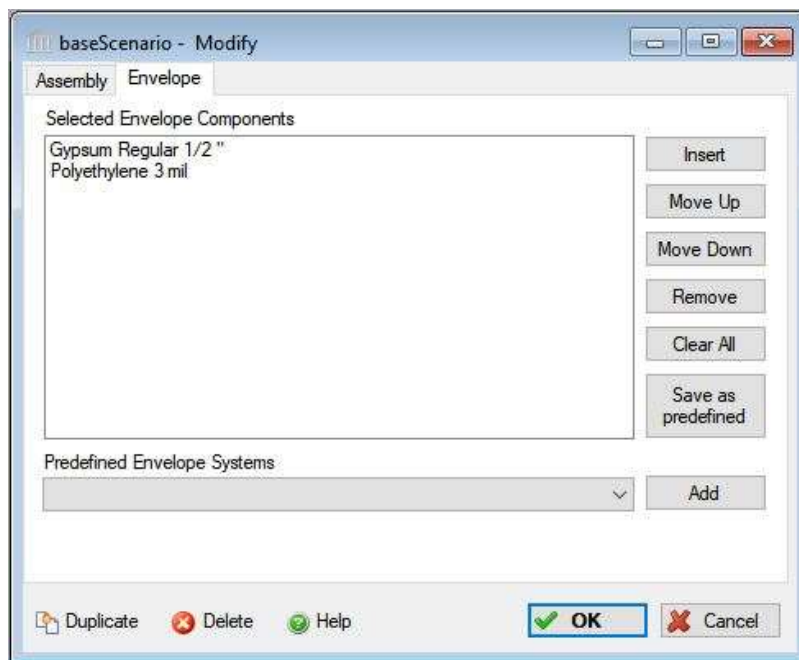
Πίνακας 10-Κατασκευή οροφής

	Roof	
1.	Gravel	0,05m
2.	Polyethylene membrane	
3.	Asphalt membrane	
4.	Reinforced concrete	0,15m
5.	Air	0,15m
6.	Gypsum Board	0,015m
	total	0.365m



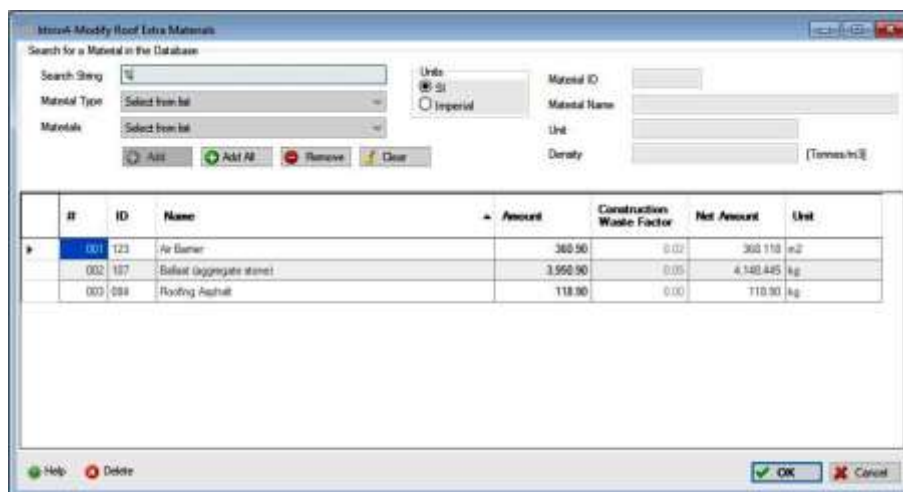
Εικόνα 17- Κατασκευή Οροφής

Από τα υλικά αυτά, το Gypsum Board και η Polyethylene membrane εισήχθησαν στο λογισμικό σαν envelopes στα 2 (δύο) παραπάνω αναδυόμενα παράθυρα, σαν προτεινόμενα υλικά κατασκευής της στέγης.



Εικόνα 18-Φακελωμένα υλικά της οροφής

Τα υλικά στα οποία χρειάστηκε να προσαρμοστεί η ποσότητα τους στο μοντέλο κτιρίου του λογισμικού σύμφωνα με το πρότυπο κτιρίου που είχε σχεδιαστεί ήταν: το AIR, gravel και η asphalt membrane.



Εικόνα 19-Επιπρόσθετα υλικά οροφής

Ενώ, τα υλικά που συμπεριλαμβάνονταν αυτόματα στον πίνακα υλικών του κτιρίου ήταν: το reinforced concrete ή concrete Benchmark 4000 psi, το rebar, paper tape, nails και το joint compound.

3.4.4 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ:

Για την εισαγωγή των δεδομένων που αφορούσαν τον τοίχο χρειάστηκε να χωριστεί το κτίριο σε δύο τμήματα, τον πρώτο και τον δεύτερο όροφο, για μεγαλύτερη ακρίβεια. Συμπληρώθηκαν οι πληροφορίες για τον κάθε όροφο ξεχωριστά. Οι πληροφορίες αυτές

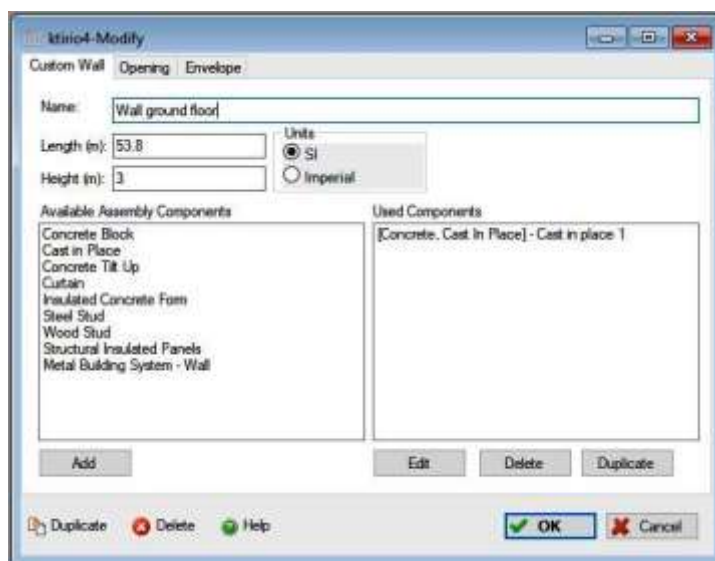
αφορούσαν τα επιλεγόμενα υλικά και την ποσότητα αυτών των υλικών που χρειάστηκε για να κατασκευαστούν οι τοίχοι. Επίσης, αφορούσαν τις μονάδες μέτρησης των ποσοτήτων των υλικών και την αντοχή των τοίχων σε βάθος χρόνου.

Πίνακας 11-Στοιχεία εισόδου τοίχων

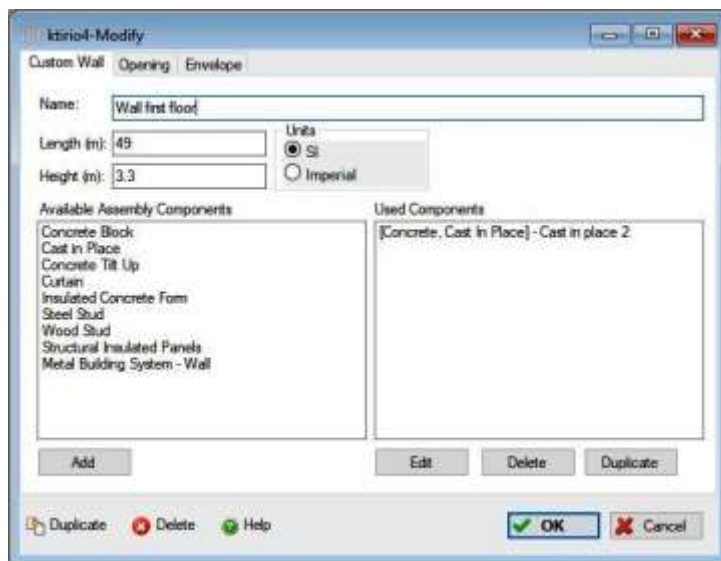
Στοιχεία εισόδου τοίχων ισογείου	
Όνομα βρόγχου	Wall ground floor
Περίμετρος τοίχου (m)	53.8
Ύψος	3
Δομικό συστατικό τοίχων	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Στοιχεία εισόδου τοίχων πρώτου ορόφου	
Όνομα βρόγχου	Wall first floor
Περίμετρος τοίχου (m)	49
Ύψος	3.3
Δομικό συστατικό τοίχων	Οπλισμένο σκυρόδεμα

Η εισαγωγή δεδομένων, πραγματοποιήθηκε μέσω ενός αναδυόμενου παραθύρου που περιείχε 3ις καρτέλες.

Στην πρώτη καρτέλα, με ονομασία Custom Wall, ζητήθηκε για κάθε όροφο το όνομα του βρόγχου, το μήκος του εξωτερικού τοίχου, το ύψος του ορόφου, τα υλικά κατασκευής του τοίχου και οι μονάδες μέτρησης όλων των παραπάνω μεγεθών, όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες. Αξίζει να αναφερθεί ότι το ύψος μετρήθηκε από το 3-D μοντέλο του κτιρίου στο λογισμικό Sketchup 2016. Ακόμη, το μήκος μετρήθηκε από την κάτοψη του κτιρίου στο λογισμικό Autocad (επισυνάπτεται στο Παράρτημα). Επιπλέον, από τα διαθέσιμα υλικά για μπετόν και για την συναρμολόγηση των τοίχων επιλέχθηκε το cast in place, το οποίο είναι οπλισμένο σκυρόδεμα δηλαδή περιέχει μπετόν και ράβδους οριζόντιους και κάθετους κατάλληλους για την αντοχή των τοίχων.



Εικόνα 20- Συγκρότημα: Τοίχοι ισογείου



Εικόνα 21- Συγκρότημα: Τοίχοι πρώτου ορόφου

Στην δεύτερη καρτέλα, με ονομασία «opening», ζητήθηκε για κάθε ορόφο ξεχωριστά, ο αριθμός των παραθύρων και των πορτών, το υλικό κατασκευής των πλαισίων αυτών, η συνολική επιφάνεια κάλυψης παραθύρων αλλά και ο τύπος του γυαλιού που διαθέτουν. Ακόμη, ζητήθηκε το αέριο που περιέχεται μέσα σε κάθε διπλό η τριπλό panel παραθύρου η μπαλκονόπορτας αντίστοιχα.

Πίνακας 12- Επιπρόσθετα στοιχεία τοίχων

Στοιχεία επιφάνειας τοίχων ισογείου	
Αριθμός παραθύρων	8
Συνολική επιφάνεια κάλυψης παραθύρων (m ²)	17.3
Αριθμός πορτών	1
Τύπος εξωτερικής πόρτας	Fiberglass με 50% κάλυψη επιφάνειας από υαλοπίνακα
Στοιχεία επιφάνειας τοίχων ορόφου	
Αριθμός παραθύρων	10
Συνολική επιφάνεια κάλυψης παραθύρων (m ²)	16.98
Αριθμός πορτών	0

Για την εισαγωγή δεδομένων θεωρήθηκε ότι ο αριθμός των παραθύρων που καλείται ο χρήστης να εισάγει για το ισόγειο είναι 8 (οκτώ), ενώ στην πραγματικότητα είναι 4 (τέσσερα). Ο αριθμός 8 προέκυψε από το άθροισμα όλων παραθύρων(4) και των μπαλκονόπορτων(4). Στην ουσία, επιλέχθηκε το υλικό των παραθύρων και των πορτών να είναι ίδιου τύπου. Άρα, θα είχαν ίδια πυκνότητα, ίδιο συντελεστή ηλιακής θερμότητας (solar

heat gain coefficient) και ίδια U_w -value. Δηλαδή, θα είχαν τα ίδια χαρακτηριστικά και ακριβώς τις ίδιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η διαδικασία εισαγωγής πληροφοριών για τις πόρτες του κτιρίου έγινε με τον εξής τρόπο:

- Στο κελί «Number of Doors» καταχωρήθηκε ο αριθμός 1 (ένα), ενώ γενικότερα, στο κελί αυτό καταχωρείται ο αριθμός των πορτών κάθε ορόφου.
- Στο κελί «Door Type» επιλέχθηκε το «Fiberglass Exterior Door, 50% Glazing», δηλαδή ο τύπος/υλικό της εξωτερικής πόρτας είναι Fiberglass με 50% κάλυψη επιφάνειας από υαλοπίνακα.

Η τιμή 1 (ένα) αντιπροσωπεύει την εξωτερική πόρτα της κύριας εισόδου του κτιρίου. Η καταχώρηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένο κελί καταχώρησης των χαρακτηριστικών της εξωτερικής πόρτας. Επιπλέον, το Door Type, το οποίο αναφέρεται σε όλες τις πόρτες του κάθε ορόφου, συμπεριλαμβανομένων και των μπαλκονόπορτων είναι συγκεκριμένο. Αυτό σημαίνει ότι το Door Type θα πρέπει να είναι ίδιο για όλες τις πόρτες, υπόθεση η οποία είναι μη ρεαλιστική. Αν πραγματοποιούνταν η καταχώρηση στο κελί αυτό με τον αριθμό των μπαλκονόπορτων συμπεριλαμβανομένης και της πόρτας εισόδου, θα θεωρούνταν ότι έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Εκτός των άλλων, το λογισμικό δεν θα «καταλάβαινε» πόση επιφάνεια καλύπτουν στην πραγματικότητα οι μπαλκονόπορτες, μιας και οι διαστάσεις του λογισμικού για την κάθε πόρτα είναι συγκεκριμένη, ενώ με τον τρόπο που επιλέχθηκε στο κελί το οποίο ζητείται η συνολική επιφάνεια που καλύπτουν τα παράθυρα αθροιστικά, προσθέτουμε την ολική επιφάνεια των παραθύρων και την ολική επιφάνεια των μπαλκονόπορτων. Με αυτόν τον τρόπο, το λογισμικό δεν περιορίζει τον σχεδιασμό των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων και πιο συγκεκριμένα, τις διαστάσεις αυτών. Κατά συνέπεια, τα τελικά αποτελέσματα που προκύπτει είναι πιο ρεαλιστικά.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων.

The screenshot shows the 'baseScenario-Modify' dialog box with the 'Envelope' tab selected. The 'Windows' section has 'Number Of Windows' set to 8 and 'Total Window Area (m²)' set to 17.3. The 'Doors - Standard Size (32" x 7)' section has 'Number of Doors' set to 1. The 'Window Materials' section has 'Use Last Configuration' selected, 'Fixed' and 'Operable' radio buttons (with 'Operable' selected), 'Frame Type' set to 'Fibreglass Window Frame Double Pane', and 'Glazing Type' set to 'Double Glazed Soft Coated Air (double or triple pane)'. The 'Door Materials' section has 'Use Last Configuration' selected and 'Door Type' set to 'Fiberglass Exterior Door, 50% glazing'. At the bottom are 'Duplicate', 'Delete', 'Help', 'OK', and 'Cancel' buttons.

Εικόνα 22-Χαρακτηριστικά του εξωτερικού τοίχου του ισόγειου

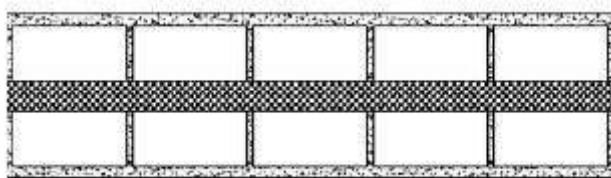
The screenshot shows the 'baseScenario-Modify' dialog box with the 'Envelope' tab selected. The 'Windows' section has 'Number Of Windows' set to 10 and 'Total Window Area (m²)' set to 16.98. The 'Doors - Standard Size (32" x 7)' section has 'Number of Doors' set to 0. The 'Window Materials' section has 'Use Last Configuration' selected, 'Fixed' and 'Operable' radio buttons (with 'Operable' selected), 'Frame Type' set to 'Fibreglass Window Frame Double Pane', and 'Glazing Type' set to 'Double Glazed Soft Coated Air (double or triple pane)'. The 'Door Materials' section has 'Use Last Configuration' selected and 'Door Type' set to 'None'. At the bottom are 'Duplicate', 'Delete', 'Help', 'OK', and 'Cancel' buttons.

Εικόνα 23- Χαρακτηριστικά του εξωτερικού τοίχου του πρώτου ορόφου

Στην τρίτη καρτέλα του αναδυόμενου παραθύρου, την «Envelope», καταχωρούνται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τους περιμετρικούς τοίχους του κτιρίου. Στα υλικά αυτά, όπου η ποσότητά τους προσδιορίζονταν αυτόματα από το λογισμικό άνηκε το Brick Ontario(standard). Σε αυτό το υλικό απλά δεν χρειάστηκε να καταγραφεί το πάχος του και η επιφάνειά που θα κάλυπτε εφόσον ο όγκος που προέκυπτε από το Bill of Materials του λογισμικού ήταν σωστός. Όλα τα υλικά που περιλαμβάνει σχεδιαστικά ο τοίχος αναγράφονται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 13-Κατασκευή του εξωτερικού τοίχου

Exterior Wall		
1.	Plaster	0,035m
2.	Brick	0,09m
3.	Brick	0,09m
4.	Plaster	0,035m
	Total	0,25 m



Εικόνα 24- Κατασκευή του εξωτερικού τοίχου

Τα υλικά στα οποία χρειάστηκε να προσαρμόσουμε την ποσότητα τους στο μοντέλο κτιρίου του λογισμικού σύμφωνα με το πρότυπο κτιρίου που είχε σχεδιαστεί ήταν: το mortar.



Εικόνα 25- Επιπρόσθετα υλικά του εξωτερικού τοίχου

Τα υλικά που συμπεριλαμβάνονταν αυτόματα στον πίνακα υλικών του κτιρίου ήταν: το reinforced concrete ή concrete Benchmark 4000 psi και 3000 psi, το rebar-Rod-Light Sections, Cold Rolled Sheet, Expanded Polystyrene, Laminated Vaneer Lumber, Small Dimension Softwood Lumber, kiln-dried και solvent Based alkyd paint.

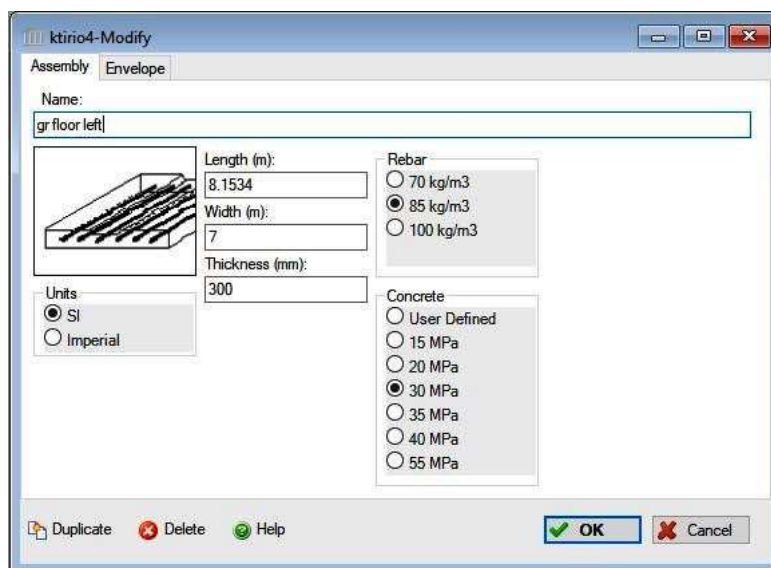
3.4.5 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΘΕΜΕΛΙΑ:

Κατά την εισαγωγή δεδομένων για τα θεμέλια, η κάτοψη του δαπέδου του κτιρίου χωρίστηκε σε δύο τμήματα, το αριστερό και το δεξί, έτσι ώστε να σχηματιστούν ορθογωνικές κατόψεις. Εμφανίστηκε και πάλι ένα αναδυόμενο παράθυρο που περιλάμβανε δύο καρτέλες.

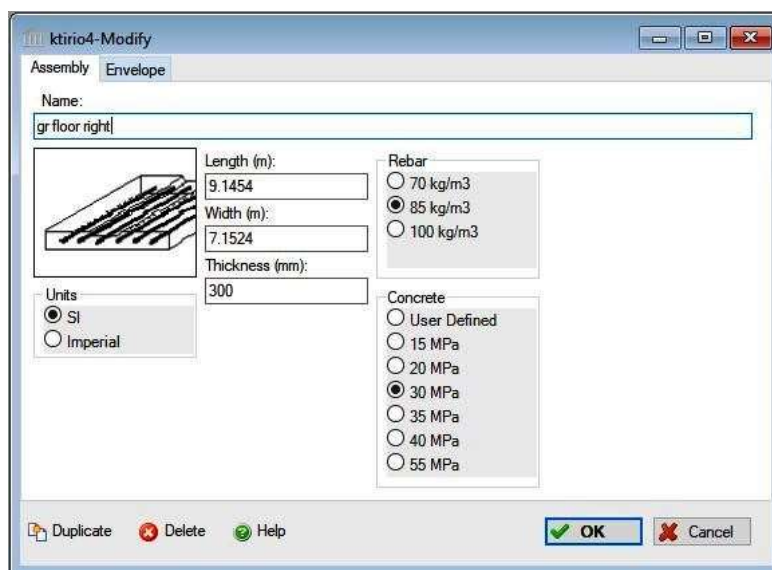
Πίνακας 14-Στοιχεία εισόδου θεμελίων

Στοιχεία εισόδου θεμελίων (αριστερό τμήμα)	
Περίμετρος (m)	8.1534
Πλάτος (m)	7
Πάχος (mm)	300
Στοιχεία εισόδου θεμελίων (δεξιό τμήμα)	
Περίμετρος (m)	9.1454
Πλάτος (m)	7.1524
Πάχος (mm)	300

Στην πρώτη καρτέλα, με ονομασία «Assembly», καταχωρούνται οι πληροφορίες του μήκους των θεμελίων, του πλάτους και του πάχους. Ενώ, εισάγονται η πυκνότητα των ράβδων σκυροδέματος, δηλαδή του οπλισμού και η αντοχή τους στις καταπονήσεις.

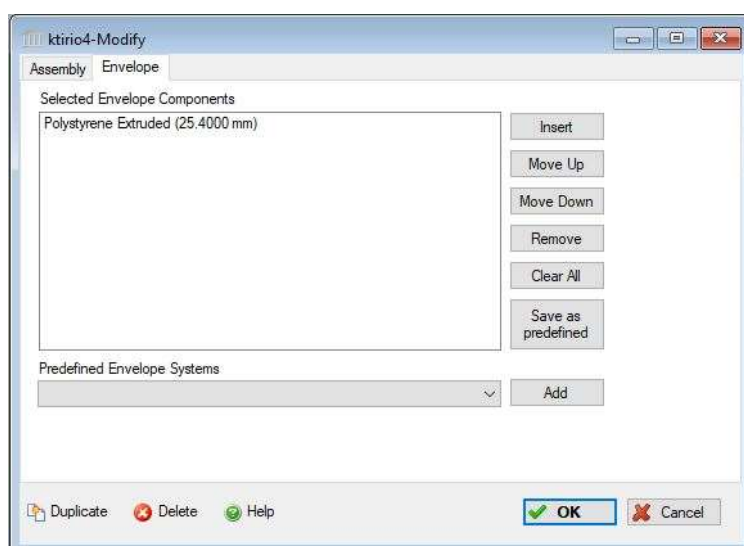


Εικόνα 26- Συγκρότημα: θεμέλια

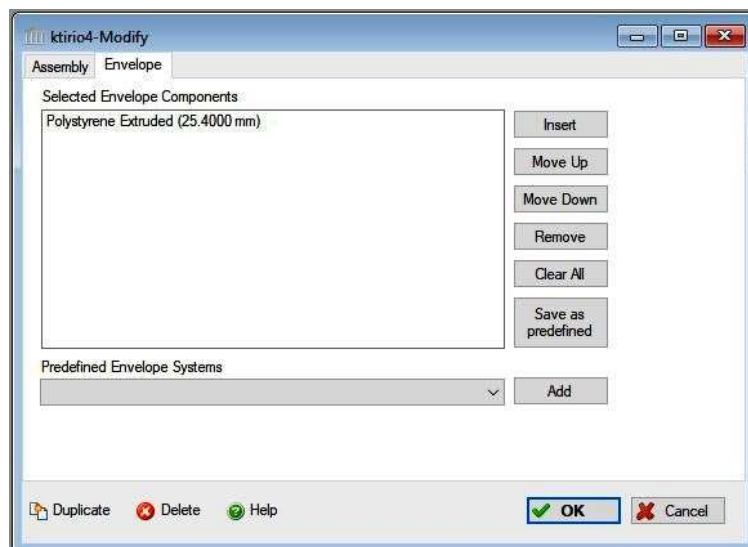


Εικόνα 27- Συγκρότημα: θεμέλια

Στην δεύτερη καρτέλα, την “Envelope” καταχωρούνται οι πληροφορίες των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θεμελίων. Δεν υπήρχε όμως υλικό, που η ποσότητα του από το λογισμικό να εφαιπτόταν με την πραγματική. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή το Reinforced concrete και το rebar-Rod-Light Sections εισήχθησαν αυτόματα στο Bill of materials του λογισμικού.



Εικόνα 28- Φακελωμένα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα θεμέλια



Εικόνα 29- Φακελωμένα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα θεμέλια

3.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε τμήμα του κτιρίου για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται όλα μαζί στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 15-Υλικά κατασκευής κτιρίου

Material	Unit	Total Quantity	Columns & Beams	Floors	Foundations	Roofs	Walls	Project Extra Materials	Mass Value	Mass Unit
1/2" Regular Gypsum Board	m2	192.6877	0.0000	51.1550	0.0000	141.5327	0.0000	0.0000	1.5531	Tonnes
1/2" Glass Mat Gypsum Panel	m2	74.7208	0.0000	74.7208	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7395	Tonnes
3 mil Polyethylene	m2	172.1890	0.0000	35.7000	0.0000	136.4890	0.0000	0.0000	0.0129	Tonnes
Air Barrier	m2	748.4760	0.0000	380.3580	0.0000	368.1180	0.0000	0.0000	0.0457	Tonnes
Ballast (aggregate stone)	kg	11,313.9409	0.0000	0.0000	0.0000	11,313.9409	0.0000	0.0000	11.3139	Tonnes
Cedar Wood Shiplap Siding	m2	401.8080	0.0000	401.8080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.6640	Tonnes
Cold Rolled Sheet	Tonnes	0.0580	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0580	0.0000	0.0580	Tonnes
Concrete Benchmark 3000 psi	m3	45.4813	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	45.4813	0.0000	104.3055	Tonnes
Concrete Benchmark 4000 psi	m3	152.1164	28.3772	19.2185	38.1652	21.6141	44.7415	0.0000	350.8446	Tonnes
Double Glazed Soft Coated Air	m2	54.6597	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	54.6597	0.0000	0.8851	Tonnes
Expanded Polystyrene	m2 (25mm)	6.2213	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.2213	0.0000	0.0045	Tonnes
Fiber Cement	m2	792.2640	0.0000	792.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11.0862	Tonnes
Fibreglass Window Frame	kg	445.3611	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	445.3611	0.0000	0.4454	Tonnes
Glass Fibre	kg	78.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	78.7500	0.0000	0.0788	Tonnes
Glazing Panel	Tonnes	0.0900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0900	0.0000	0.0900	Tonnes
Joint Compound	Tonnes	0.1923	0.0000	0.0511	0.0000	0.1413	0.0000	0.0000	0.1923	Tonnes
Laminated Veneer Lumber	m3	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0833	0.0000	0.0454	Tonnes
Mortar	m3	11.1744	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11.1744	0.0000	21.0972	Tonnes
Nails	Tonnes	0.0091	0.0000	0.0005	0.0000	0.0013	0.0073	0.0000	0.0091	Tonnes
Ontario (Standard) Brick	m2	301.4401	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	301.4401	0.0000	36.4743	Tonnes
Paper Tape	Tonnes	0.0022	0.0000	0.0006	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0022	Tonnes
Rebar, Rod, Light Sections	Tonnes	13.1531	5.9548	1.1597	3.1546	1.3040	1.5800	0.0000	13.1531	Tonnes
Roofing Asphalt	kg	339.7143	0.0000	0.0000	0.0000	339.7143	0.0000	0.0000	0.3397	Tonnes
Screws Nuts & Bolts	Tonnes	0.0007	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	Tonnes
Small Dimension Softwood Lumber, kiln-dried	m3	0.1036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1036	0.0000	0.0461	Tonnes
Solvent Based Alkyd Paint	L	0.6791	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6791	0.0000	0.0005	Tonnes

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η ανάλυση του κύκλου ζωής πραγματοποιείται με την βοήθεια του λογισμικού Athena Impact Estimator for buildings. Το project tree, παρίστανε το 100% (εκατό τις εκατό) των επιπτώσεων που θα προέκυπταν καθ' όλη την διάρκεια ζωής του κτιρίου. Ενώ, τα περαιτέρω ποσοστά που δημιουργούσαν το σύνολο αυτό, αναγράφονταν σε κάθε τμήμα του κτιρίου ξεχωριστά. Η συνεισφορά του κάθε τμήματος του κτιρίου στο αντίστοιχο περιβαλλοντικό πρόβλημα(100%) εμφανίζονταν στο project tree πάνω **σε κάθε τμήμα του κτιρίου** ξεχωριστά, η συνεισφορά αυτή εκφραζόταν με μία τιμή ή ποσοστό. Η τιμή αυτή παρίστανε την συνολική επιβάρυνση από το εκάστοτε τμήμα καθ' όλη την διάρκεια ζωής του κτιρίου, το ίδιο και το ποσοστό.

Οι δείκτες επιπτώσεων κύκλου ζωής των περιβαλλοντικών και κοινωνικών διαστάσεων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 16-Δείκτες Ανάλυσης κύκλου ζωής (Μέτρα ΑΚΖ)

1.	Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη
2.	Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων
3.	Δυναμικό οξίνισης
4.	Αιωρούμενα σωματίδια
5.	Δυναμικό καταστροφής του όζοντος
6.	Δυναμικό πρόκλησης της Αιθαλομίχλης
7.	Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού
8.	Συνολική πρωτογενής ενέργεια
9.	Μη ανανεώσιμη ενέργεια

4.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

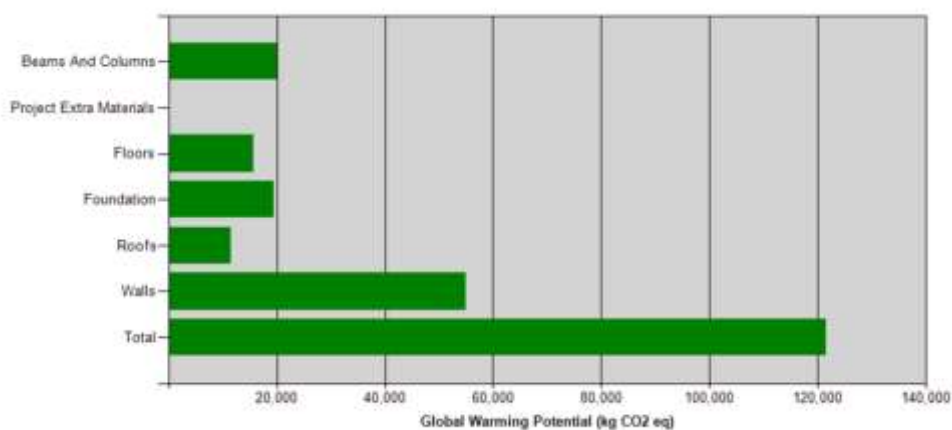
4.1.1 GLOBAL WARMING POTENTIAL/ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ.

Ένας τυπικός ορισμός του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη είναι η αύξηση των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών στη διεπαφή μεταξύ του γειτονικού αέρα της Γης και του νερού. Γενικότερα, οφείλεται είτε στην απορρόφηση υπέρυθρης (ή θερμικής) ακτινοβολίας από τα αέρια θερμοκηπίου και από άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά είτε από την υψηλή διείσδυση βραχέων κυμάτων, π.χ. υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) λόγω της εξάντλησης της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος που προκαλείται από ουσίες που καταστρέφουν το όζον. [9]

Για το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, τα ποσοστά συνεισφοράς αναγράφονται παρακάτω:

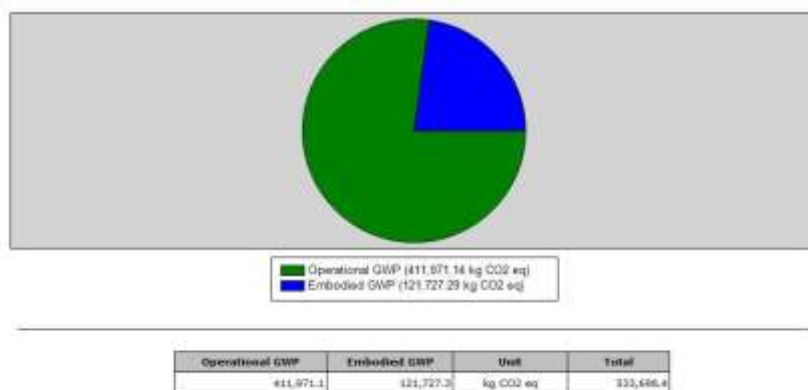
Πίνακας 17- Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη/ μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg CO2 eq	2.01E+04
Floors	kg CO2 eq	1.57E+04
Foundation	kg CO2 eq	1.95E+04
Project Extra Materials	kg CO2 eq	0.00E+00
Roofs	kg CO2 eq	1.15E+04
Walls	kg CO2 eq	5.50E+04
Total	kg CO2 eq	1.22E+05



Εικόνα 30-Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

Κατόπιν, παρατηρείται η σύγκριση μεταξύ της συνεισφοράς που προέρχεται από την **λειτουργία (operational)** κτιρίου και της συνεισφοράς που προέρχεται από **τα υλικά (embodied)** που είναι κατασκευασμένο το κτίριο. Οι συνεισφορές αυτές αφορούν το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη. Η operational GWP αποτελεί μία ποσότητα του συνολικού δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται στη λειτουργία ενέργειας σε ολόκληρη την οικοδομική ζωή. Ενώ η Embodied GWP αποτελεί μία ποσότητα του συνολικού δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται στα πέντε στάδια του κύκλου ζωής του κτιρίου: το στάδιο δηλαδή της κατασκευής, την οικοδόμηση, την λειτουργία, την συντήρηση και το τέλος ζωής, εξαιρουμένων των λειτουργικών ενεργειακών επιπτώσεων.



Εικόνα 31-Operational vs Embodied Global Warming Potential

Στην *Εικόνα 31* που προηγήθηκε παρουσιάζεται η συμμετοχή της λειτουργικής GWP η οποία φαίνεται να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την ενσωματωμένη GWP του κτιρίου ως προς το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη.

4.1.2 FOSSIL FUEL CONSUMPTION/ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.

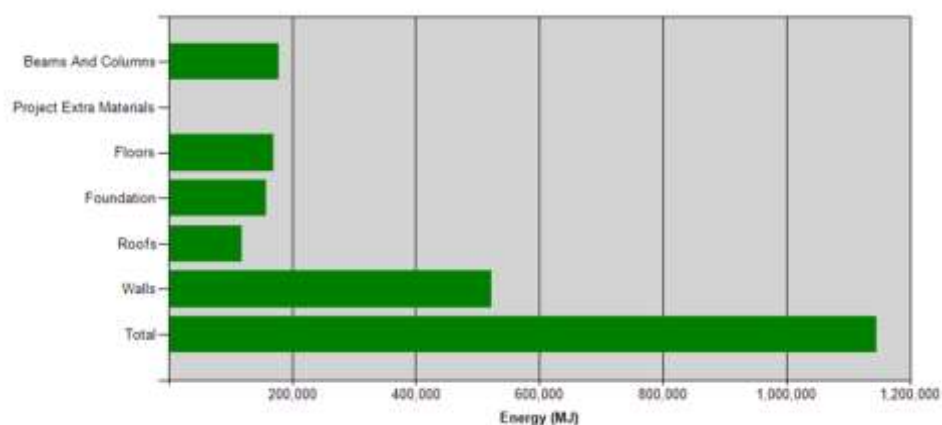
Το περιβαλλοντικό πρόβλημα αυτό αναφέρεται στην χρήση πολλών πηγών ορυκτών καυσίμων όπως το diesel oil/ πετρέλαιο τα οποία εξακολουθούν να είναι απαραίτητα για να βοηθήσουν στην ικανοποίηση των ενεργειακών και ηλεκτρικών απαιτήσεων πολλών χώρων, αλλά η υπερκατανάλωση ορυκτών καυσίμων πέρα από τον κίνδυνο εξαφάνισής τους μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση. ([link 4.1](#))

Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων είναι ένα υποσύνολο της ολικής πρωτογενούς ενέργειας, ανά τύπο ενέργειας, που περιλαμβάνει όλες τις μορφές ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Τα οποία είναι: άνθρακας, πετρέλαιο, πρώτες ύλες (feedstock), βενζίνη, μαζούτ υγραέριο (προπάνιο) και φυσικό αέριο.

Για την καύση ορυκτών καυσίμων, τα ποσοστά συνεισφοράς αναγράφονται παρακάτω:

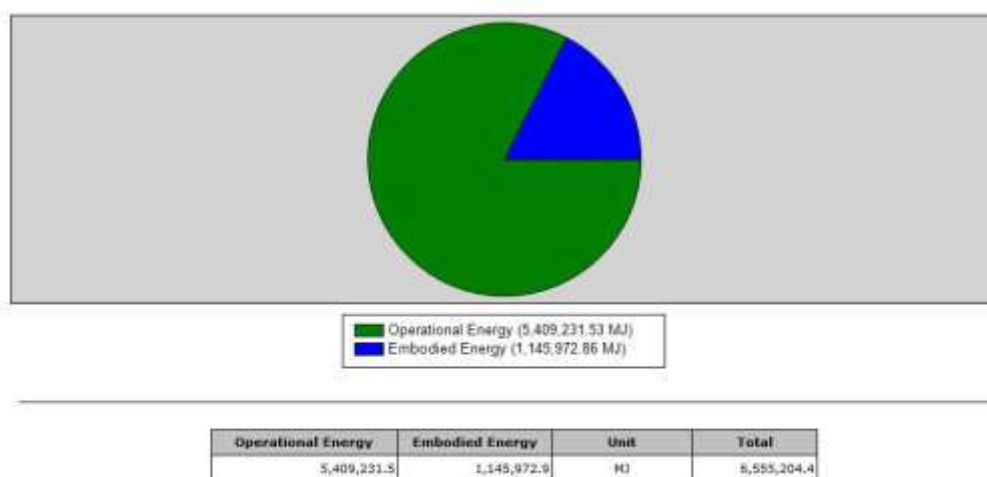
Πίνακας 18- Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων/ μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	1.78E+05
Floors	MJ	1.69E+05
Foundation	MJ	1.58E+05
Project Extra Materials	MJ	0.00E+00
Roofs	MJ	1.19E+05
Walls	MJ	5.22E+05
Total	MJ	1.15E+06



Εικόνα 32-Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

Στην Εικόνα που ακολουθείται παρουσιάζεται η συμμετοχή της λειτουργικής σε σχέση με την ενσωματωμένη επιβάρυνση του κτιρίου ως προς την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων:



Εικόνα 33-Operational vs Embodied Fossil Fuel Consumption

Στην Εικόνα 33 που προηγήθηκε παρουσιάζεται η συμμετοχή της λειτουργικής GWP η οποία φαίνεται να είναι περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την ενσωματωμένη GWP του κτιρίου ως προς το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη.

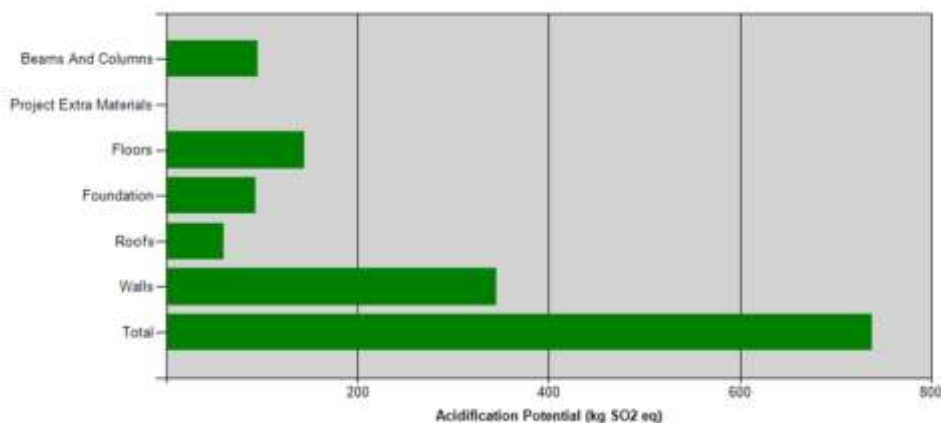
4.1.3 ACIDIFICATION POTENTIAL/ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΟΞΙΝΙΣΗΣ.

Πιο συγκεκριμένα, το δυναμικό οξίνισης αναφέρεται στην Οξείδωση αερίων εκπομπών και κατά συνέπεια στην οξίνιση της γης και του νερού, η οξίνιση προκαλείται από απελευθερώσεις ιόντων υδρογόνου (H⁺) στο περιβάλλον στα χερσαία ή υδάτινα οικοσυστήματα. Θεωρείται ακόμη, τοπική επίδραση. Προκειμένου να περιγραφεί η δράση οξίνισης των ουσιών, το δυναμικό του σχηματισμού οξέος εκφράζεται ισοδύναμα με μία ουσία αναφοράς, την SO₂ (sulfur dioxide) [kg]. [10]

Για το δυναμικό οξίνισης και τη συνεισφορά του κάθε τμήματος του κτιρίου σε αυτό ως προς το συνολικό κτίριο, τα αποτελέσματα αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 19- Δυναμικό οξίνισης/ μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg SO ₂ eq	9.61E+01
Floors	kg SO ₂ eq	1.44E+02
Foundation	kg SO ₂ eq	9.28E+01
Project Extra Materials	kg SO ₂ eq	0.00E+00
Roofs	kg SO ₂ eq	6.03E+01
Walls	kg SO ₂ eq	3.45E+02
Total	kg SO₂ eq	7.38E+02



Εικόνα 34-Δυναμικό Οξίνισης/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

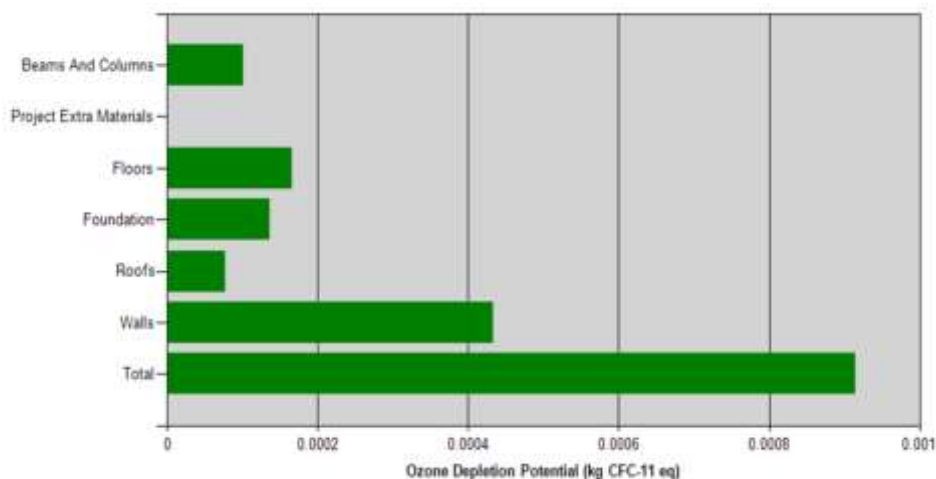
4.1.4 OZONE DEPLETION POTENTIAL/ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.

Το δυναμικό εξάντλησης του όζοντος (ODP) μιας χημικής ένωσης είναι η σχετική ποσότητα αποικοδόμησης στη στιβάδα του όζοντος που μπορεί να προκαλέσει. Η καταστροφή του όζοντος προκαλείται από χημικές ουσίες που περιέχουν τα στοιχεία χλωρίου και βρωμίου, τα οποία είναι αλογόνα. Είναι συστατικά μιας κατηγορίας ψυκτικών μέσων που ονομάζονται χλωροφθοράνθρακες (CFC) που χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό στα μέσα του 20ου αιώνα. Οι CFC είναι αδρανείς και μπορούν να μεταναστεύσουν στην ανώτερη ατμόσφαιρα σε ρεύματα αιολικής ενέργειας, όπου η υπερϊώδης ενέργεια του ήλιου τα διαχωρίζει. Η εξασθένηση του όζοντος επιφέρει επιπτώσεις που σχετίζονται με τη μείωση του προστατευτικού στρώματος όζοντος εντός της στρατόσφαιρας που προκαλείται από εκπομπές CFC, HFC και halons. Οι ουσίες που συνεισφέρουν στο δυναμικό καταστροφής του όζοντος ουσίες χαρακτηρίζονται σε σχέση με το CFC-11, με τον τελικό δείκτη κρούσης να δείχνει μάζα (π.χ. kg) ισοδύναμου CFC-11. ([link 4.3](#))

Για το δυναμικό καταστροφής του όζοντος, τα ποσοστά συνεισφοράς αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 20- Δυναμικό καταστροφής του όζοντος/ μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg CFC-11 eq	1.01E-04
Floors	kg CFC-11 eq	1.66E-04
Foundation	kg CFC-11 eq	1.36E-04
Project Extra Materials	kg CFC-11 eq	0.00E+00
Roofs	kg CFC-11 eq	7.78E-05
Walls	kg CFC-11 eq	4.33E-04
Total	kg CFC-11 eq	9.14E-04



Εικόνα 35-Δυναμικό καταστροφής του όζοντος / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

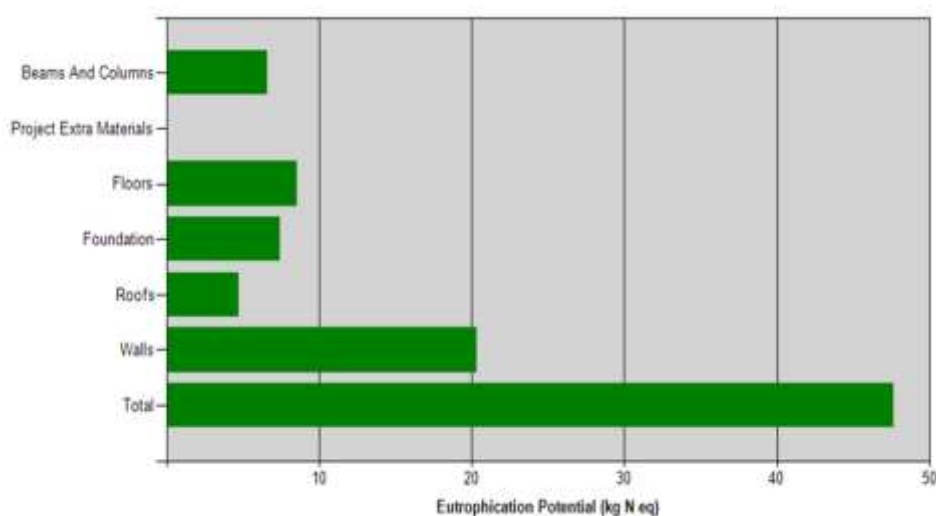
4.1.5 EUTROPHICATION POTENTIAL / ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ.

Τα νιτρικά άλατα είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φίκων και του φυτοπλαγκτόν. Η απόρριψη νιτρικών αλάτων στα επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα επιταχύνει τη φυσική διαδικασία του ευτροφισμού, προκαλώντας ανθοφορία των φίκων, η οποία τελικά οδηγεί σε μειωμένα επίπεδα οξυγόνου και γενικά χαμηλή ποιότητα νερού. Ο ευτροφισμός συμβάλλει στην εξόντωση των ψαριών, στην απώλεια παρακτίων οικοτόπων, στον θάνατο ωφέλιμων υδρόβιων εντόμων και σε προβλήματα γεύσης και οσμής. Ο ευτροφισμός αυξάνει επίσης το κόστος επεξεργασίας των επιφανειακών υδάτων για κατανάλωση από τον δήμο (Pimental, 1997). Στην Ευρώπη, όπου τα νιτρικά άλατα υπήρξαν ιστορικά σημαντικό πρόβλημα, η υπερφόρτωση με νιτρικά άλατα οδήγησε σε μειωμένη ποικιλία χλωρίδας και πανίδας (Schrama, 1998). ([link 4.5](#))

Για τη συμμετοχή του κτιρίου, μέσω των αρνητικών επιπτώσεων του σε βάθος χρόνου, στο φαινόμενο του Ευτροφισμού, τα ποσοστά συνεισφοράς του κάθε τμήματος του κτιρίου στο συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 21- Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού/μέτρο AKZ

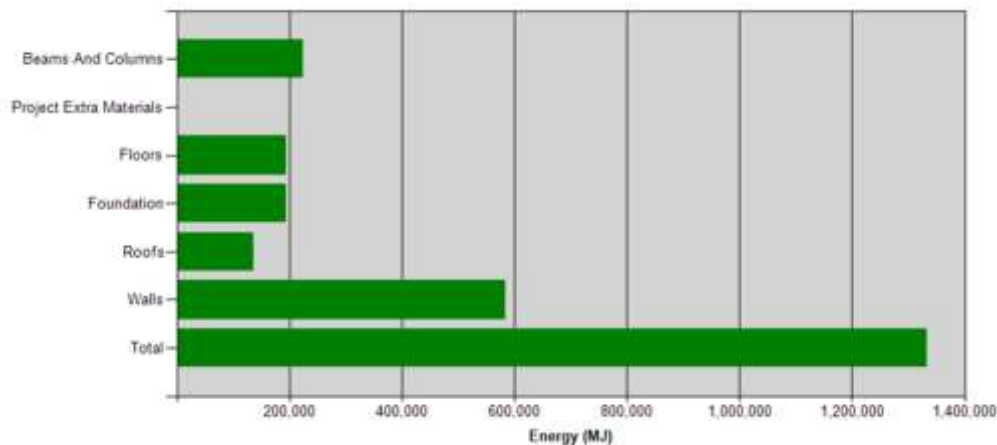
Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg N eq	6.62E+00
Floors	kg N eq	8.53E+00
Foundation	kg N eq	7.42E+00
Project Extra Materials	kg N eq	0.00E+00
Roofs	kg N eq	4.70E+00
Walls	kg N eq	2.04E+01
Total	kg N eq	4.76E+01



Εικόνα 36-Δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

4.1.6 PRIMARY ENERGY/ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η πρωτογενής ενέργεια περιλαμβάνει όλη την άμεση και έμμεση ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή ή τη μεταφορά ακατέργαστων πρώτων υλών σε προϊόντα, συμπεριλαμβανομένης της εγγενούς ενέργειας που περιέχεται στις πρώτες ύλες ή στα ανακυκλωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται επίσης ως κοινές πηγές ενέργειας. (Για παράδειγμα, το φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων ρητινών από πλαστικό (πολυμερές). Επιπλέον, η πρωτογενής περιλαμβάνει και την έμμεση χρήση της ενέργειας που συνδέεται με την επεξεργασία, τη μεταφορά, τη μετατροπή και την παροχή καυσίμων και ενέργειας καθώς και την λειτουργική ενέργεια. Σε ότι αφορά τα αποτελέσματα της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας που χρειάστηκε για την κατασκευή, την επεξεργασία, την συντήρηση και την ανακύκλωση των υλικών των τμημάτων του κτιρίου, παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα για το καθένα ξεχωριστά:



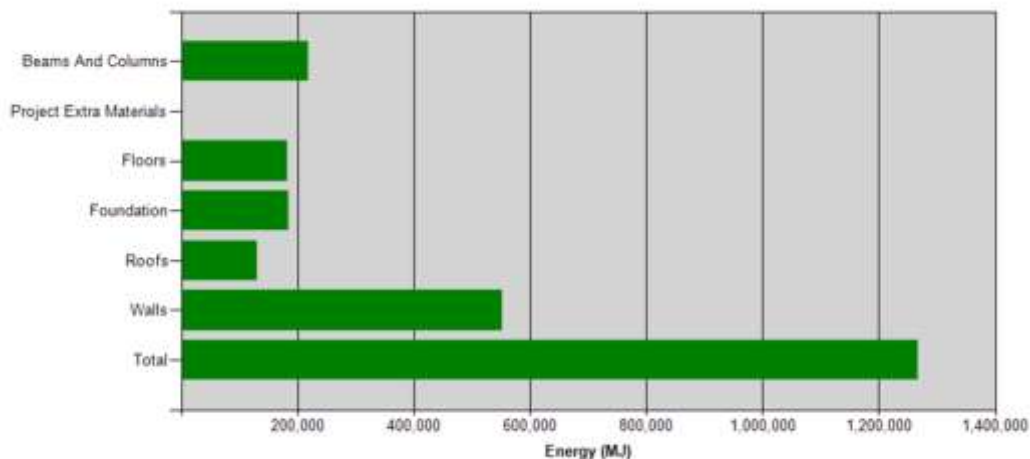
Εικόνα 37- Ολική πρωτογενής ενέργεια / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

Πίνακας 22- Ολική πρωτογενής ενέργεια / Μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	2.25E+05
Floors	MJ	1.94E+05
Foundation	MJ	1.94E+05
Project Extra Materials	MJ	0.00E+00
Roofs	MJ	1.36E+05
Walls	MJ	5.83E+05
Total	MJ	1.33E+06

4.1.7 NON-RENEWABLE ENERGY/ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Μη Ανανεώσιμη Ενέργεια είναι ένα υποσύνολο της Ολικής Πρωτογενούς Ενέργειας, ανά τύπο ενέργειας, που περιλαμβάνει όλες τις ενεργειακές πηγές των ορυκτών καυσίμων και την πυρηνική ενέργεια. Τα αποτελέσματα της μη ανανεώσιμης πρωτογενούς ενέργειας σχετίζονται είτε με την μεταφορά, είτε με την επεξεργασία των υλικών, είτε με την συντήρηση του κτιρίου, αλλά και με την κατεδάφιση του μετά το πέρας του κύκλου ζωής. Παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 38- Μη ανανεώσιμη Ενέργεια/ Μέτρο ΑΚΖ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

Στην μη ανανεώσιμη ενέργεια εμπίπτει οποιαδήποτε μορφή δυναμικής ενέργειας που δεν είναι ανανεώσιμη, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Στην δική μας περίπτωση πραγματοποιήθηκε κατανάλωση diesel-oil, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια.

Πίνακας 23- Τιμές κατανάλωσης της μη ανανεώσιμης ενέργειας/ μέτρο ΑΚΖ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	MJ	2.17E+05
Floors	MJ	1.83E+05
Foundation	MJ	1.84E+05
Project Extra Materials	MJ	0.00E+00
Roofs	MJ	1.30E+05
Walls	MJ	5.52E+05
Total	MJ	1.27E+06

4.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

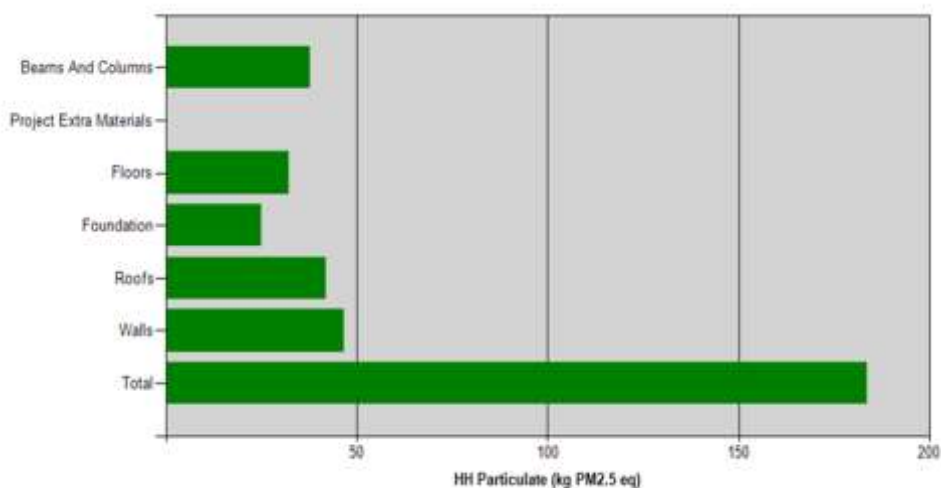
4.2.1 ΗΗ PARTICULATE/ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ.

Το PM (Particulate Matter) σημαίνει σωματιδιακή ύλη (ή αιωρούμενα σωματίδια): ο όρος αναφέρεται σε ένα μείγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Μερικά σωματίδια, όπως σκόνη, αιθάλη ή καπνός, είναι αρκετά μεγάλα ή σκοτεινά για να τα βλέπεις με γυμνό μάτι. Άλλα σωματίδια είναι τόσο μικρά που μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Σωματίδια διαφόρων μεγεθών (PM₁₀ και PM_{2.5}) έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η ΕΡΑ έχει εντοπίσει "σωματίδια" (από καύση ντίζελ) ως την πρώτη αιτία της επιδείνωσης της ανθρώπινης υγείας λόγω της επίπτωσής τους στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Το Istitute Athena χρησιμοποίησε τα "κριτήρια ΗΗ του TRACI" ως παράγοντα χαρακτηρισμού, σε ισοδύναμη βάση PM₁₀, σαν σύνολο δεικτών των επιπτώσεων. ([link 4.2](#))

Για την σωματιδιακή ρύπανση ή αλλιώς τα αιωρούμενα σωματίδια, τα ποσοστά συνεισφοράς αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 24- Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων/ μέτρο AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg PM2.5 eq	3.77E+01
Floors	kg PM2.5 eq	3.22E+01
Foundation	kg PM2.5 eq	2.50E+01
Project Extra Materials	kg PM2.5 eq	0.00E+00
Roofs	kg PM2.5 eq	4.20E+01
Walls	kg PM2.5 eq	4.68E+01
Total	kg PM2.5 eq	1.84E+02



Εικόνα 39-Αιωρούμενα σωματίδια / Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

4.2.2 SMOG POTENTIAL/ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗΣ.

Η Αιθαλομίχλη είναι μία μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης η οποία είναι αποτέλεσμα παρουσίας υψηλής συγκέντρωσης ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων (κυρίως αιθάλης), διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα και άλλων στοιχείων σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία. Οι εκπεμπόμενοι αυτοί ρύποι προκύπτουν λόγω της καύσης στερεών καυσίμων. Στην αγγλική γλώσσα ο όρος είναι **SMOG** (σύνθετη λέξη που προέρχεται από SMOke και fog).). Ο δείκτης "smog" εκφράζεται σε μάζα ισοδύναμου όζοντος (O₃). [11]

Όταν σε μια περιοχή υπάρχουν αυξημένες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων σε συνδυασμό με μετεωρολογικές και τοπογραφικές συνθήκες που εμποδίζουν τη φυσική διάχυση της ρύπανσης, τότε οι ρύποι εγκλωβίζονται στην περιοχή με αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων ρύπων και τη δημιουργία αιθαλομίχλης.

Ως αιωρούμενα σωματίδια χαρακτηρίζονται τα σωματίδια που βρίσκονται σε στερεή ή υγρή φάση, και που η διάμετρός τους είναι μικρότερη από 500 μm και μεγαλύτερη από 0,0002μm. Είναι τα σώματα που μπορούν να αιωρούνται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα

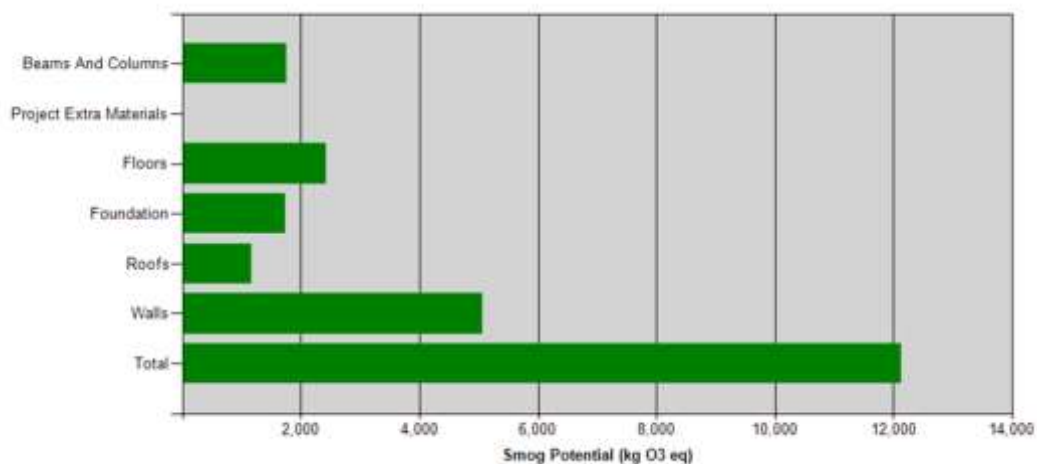
για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η σκόνη, η αιθάλη (καπνός), διάφορα μέταλλα κλπ. Σαν **αιθάλη** (καπνός) αναφέρονται τα μικρά σωματίδια τα οποία προέρχονται από ατελείς καύσεις, είναι μαύρου χρώματος και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα.

(link 4.4)

Για το περιβαλλοντικό πρόβλημα της αιθαλομίχλης, τα ποσοστά αναγράφονται παρακάτω:

Πίνακας 25- Τιμές Αιθαλομίχλης/ μέτρα AKZ

Assembly Group	Unit	Total
Beams And Columns	kg O3 eq	1.75E+03
Floors	kg O3 eq	2.42E+03
Foundation	kg O3 eq	1.73E+03
Project Extra Materials	kg O3 eq	0.00E+00
Roofs	kg O3 eq	1.16E+03
Walls	kg O3 eq	5.07E+03
Total	kg O3 eq	1.21E+04



Εικόνα 40- Δυναμικό πρόκλησης αιθαλομίχλης/ Μέτρο AKZ/ Διάγραμμα επιπτώσεων τμημάτων συναρμολόγησης

Αξίζει να σημειωθεί ότι την **μεγαλύτερη συμμετοχή** έχει το τμήμα των τοίχων στην δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι εξωτερικοί τοίχοι του ισόγειου και του πρώτου ορόφου και τα υλικά τα οποία έχουν κατασκευαστεί έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στα περιβαλλοντικά προβλήματα. Έχουν σχεδόν την διπλάσια συνεισφορά από το δεύτερο μεγαλύτερο σε επιβάρυνση τμήμα του κτιρίου. Ενώ, την μικρότερη συνεισφορά έχει η οροφή/στέγη, που σε κάθε περίπτωση είχε το μικρότερο ποσοστό. λόγω των υλικών που είναι κατασκευασμένη αλλά και του τσιαιριού που τοποθετήθηκε στην ταράτσα που λειτουργεί σαν μονωτικό υλικό.

Η μοναδική περίπτωση που η στέγη δεν είχε την μικρότερη συνεισφορά ήταν στα αιωρούμενα σωματίδια, όπου τα Foundations είχαν τη μικρότερη συμμετοχή στη δημιουργία του φαινομένου αυτού. Μέσα από όλα, αυτά προκύπτει **η ανάγκη**

εστίασης περισσότερο στο τμήμα των τοίχων, προκειμένου να γίνουν κάποιες αλλαγές και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. συμπερασμα

Θα χρειαστεί να αντικατασταθούν υλικά, που πιθανόν να ήταν λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον. Ακόμη, θα χρειαστεί να προστεθεί μεγαλύτερο ή μικρότερο πάχος μόνωσης για να ελαχιστοποιηθούν οι ενεργειακές απώλειες και να εξετασθεί πως η αυξομείωση αυτή θα επηρεάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει το κτίριο. Τέλος, άλλη μία εναλλακτική θα ήταν, η αντικατάσταση των πορτών και των παραθύρων και των υλικών που είναι κατασκευασμένα.

4.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Ένα σύνολο τεσσάρων υποθετικών παραλλαγών σχεδιασμού κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν για μία κατοικία στον Νομό Χανίων. Στόχος, των εναλλακτικών τρόπων σχεδιασμού, είναι η επιλογή της πιο βιώσιμης κατασκευής. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στην εναλλαγή δύο βασικών υλικών. Στον τύπο των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων αλλά και στο μονωτικό υλικό. Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων του κύκλου ζωής χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμώμενες ποσότητες υλικών και οι ετήσιες τιμές ενέργειας για τη λειτουργία του κτιρίου με βάση την προσομοίωση για κάθε εναλλακτική κατασκευή. Με το παρόν έγγραφο εξετάζεται η επίδραση των εναλλακτικών υλικών στις ενεργειακές απώλειες του κτιρίου και στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

4.3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ1

Σενάριο 1:

Η πρώτη παραδοχή που πάρθηκε εστίασε περισσότερο στο κομμάτι των τοίχων, διότι το τμήμα αυτό όπως αποδείχτηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτέλεσε την μεγαλύτερη πηγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

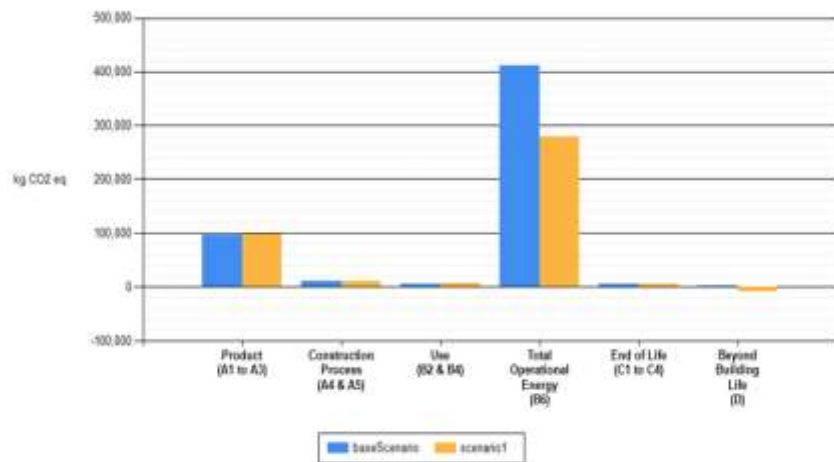
Μετά από διάφορες δοκιμές αντικαταστήθηκαν τα υλικά των:

- brick Ontario (standard) με το Brick Modular (Metric)
- Προστέθηκε ένα επιπλέον υλικό στα τμήματα των τοίχων, της οροφής, των πατωμάτων και των θεμελίων, το Extruded Polystyrene (μόνωση XPS) το οποίο είχε πάχος 100mm. Η εισαγωγή του υλικού αυτού προέβλεπε ότι με την εισαγωγή μεγάλου πάχους μόνωσης θα ελαχιστοποιηθούν οι κυρίως οι ενεργειακές απώλειες του κτιρίου και θα μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

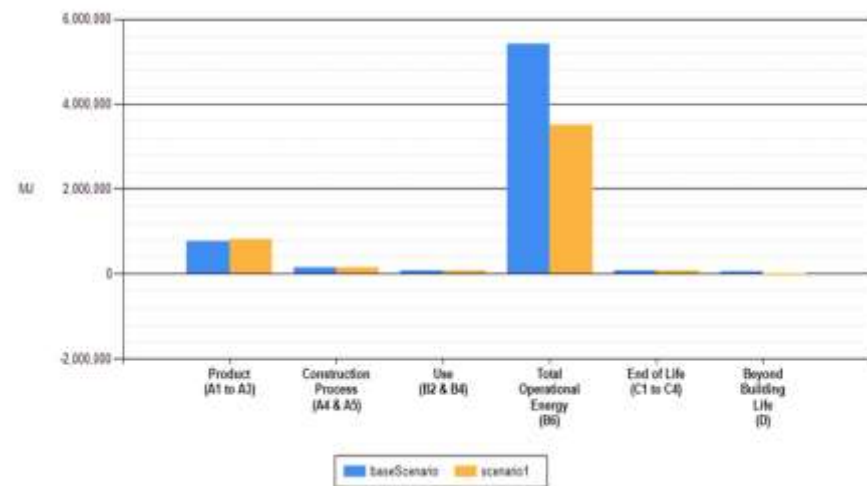
Αντικαταστάθηκε το υλικό των παράθυρων και των μπαλκονόπορτων και το σύστημα των υαλοπινάκων τους αλλά και το υλικό της πόρτας εισόδου του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα,

- Το αλουμίνιο διπλού υαλοπίνακα αντικατέστησε το Fibreglass διπλού υαλοπίνακα, που αφορά τον τύπο πλαισίου των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων.
- Αντικαταστάθηκε η πλήρωση του διάκενου των διπλών υαλοπινάκων, δηλαδή, η μαλακή επίστρωση αέρα αντικαταστάθηκε από σκληρή επίστρωση με αργό.
- Αντικαταστάθηκε το concrete Beam και Column Type με το Precast Concrete Perimeter, το οποίο αναφέρεται σε προκατασκευασμένο σκυρόδεμα οπλισμένο ή μη και αποτελεί το σκελετό του κτιρίου συνδυασμένο με το suspended slab του πρώτου ορόφου και της οροφής.
- Η πόρτα της κύριας εισόδου του κτιρίου με Fibreglass και 50% κάλυψη υαλοπίνακα αντικαταστάθηκε από πόρτα αλουμινίου με 80% κάλυψη υαλοπίνακα.

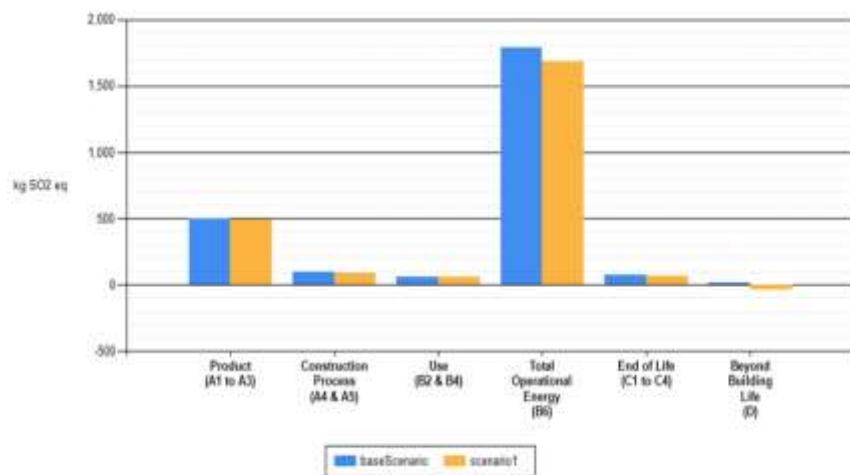
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αναμένονται του βασικού σχεδιασμού του κτιρίου, όπως δηλαδή έχει σχεδιαστεί, με το σενάριο1 που παριστάνει τον αρχικό σχεδιασμό (base scenario) με κάποιες αλλαγές.



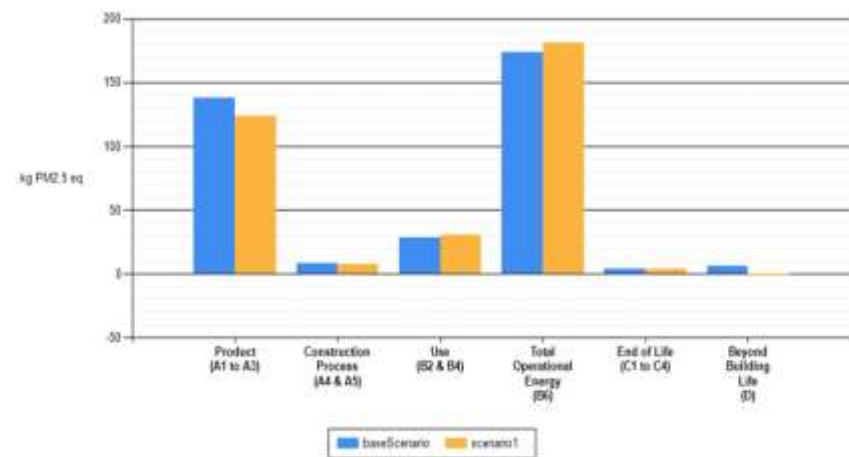
Εικόνα 41- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής



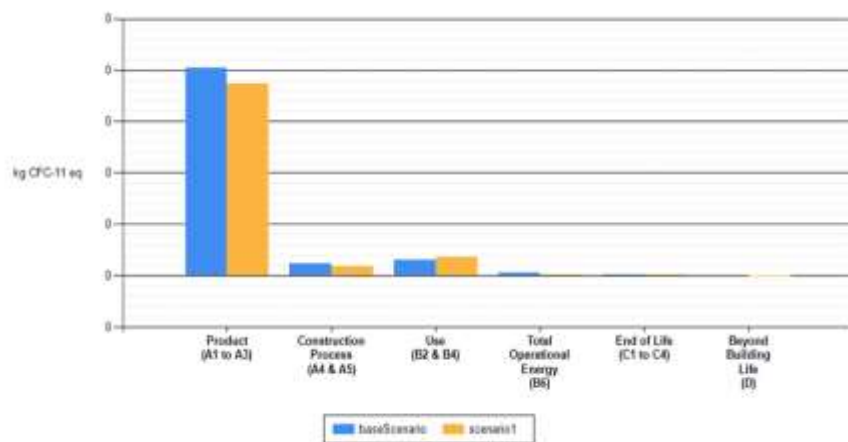
Εικόνα 42- Σύγκριση υψς κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής



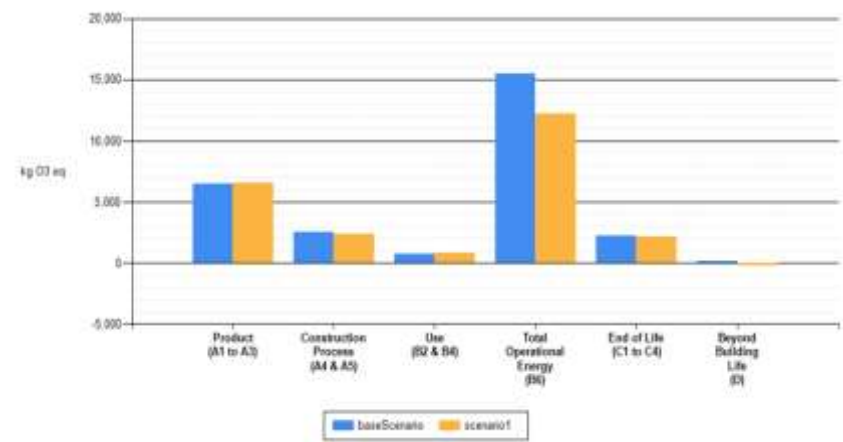
Εικόνα 43-Σύγκριση του δυναμικού οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής



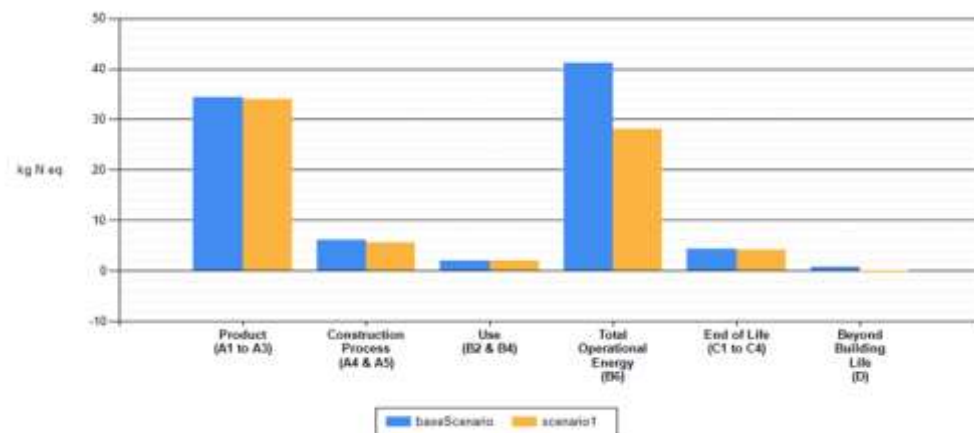
Εικόνα 44-Σύγκριση αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 45-Σύγκριση δυναμικού εξασθένησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής



Εικόνα 46-Σύγκριση δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 47-Σύγκριση δυναμικού πρόκλησης ευτροφισμού κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Από τα παραπάνω γραφήματα διακρίνεται ότι η παραγωγή των διαφόρων ρύπων (CFC-11, PM_{2.5}, N, CO₂ κτλ) πραγματοποιείται κυρίως στα στάδια παραγωγής (Product A1 to A3) του κτιρίου και καθ' όλη την διάρκεια ζωής του κτιρίου από την κατανάλωση ηλεκτρισμού και diesel oil. Ωστόσο, συγκρίνοντας τα δύο πιθανά σενάρια θα μπορούσαμε να πούμε ότι στο σενάριο1 το operational energy consumption συντελεί πολύ λιγότερο στην δημιουργία των ρύπων αυτών που είναι καταστροφικοί για το περιβάλλον σε σχέση με το baseScenario άρα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μικρότερες. Ενώ στο παραγωγικό στάδιο (stage A1 to A3) που αναφέρεται A1) στην εξαγωγή της πρώτης ύλης από το περιβάλλον, A2) Στην περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της μεταφοράς των πρώτων υλών και A3) Στην διαδικασία της κατασκευής του κτιρίου, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν μεταξύ των δύο σεναρίων είναι σχεδόν ίδιες. Εξάιρεση αποτελούν στο Product stage η παραγωγή PM_{2.5} και CFC-11 όπου στο base scenario έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή σωματιδιακής ρύπανσης και CFC απ' ότι στο σενάριο1.

4.3.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ2

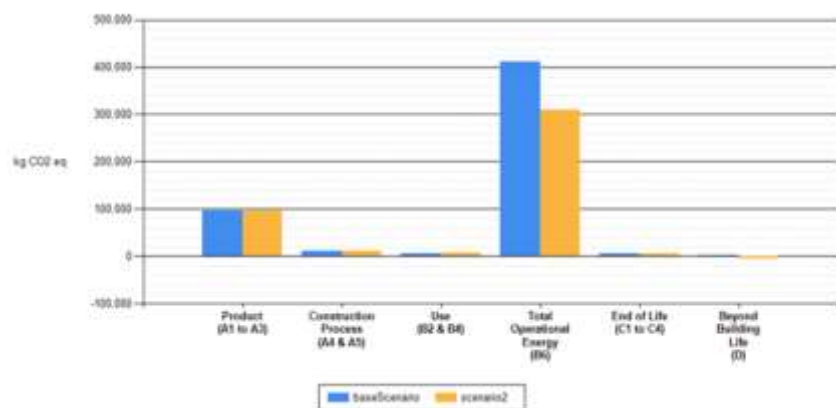
Σενάριο 2°:

Κατά το 2° σενάριο αντικαταστήθηκαν:

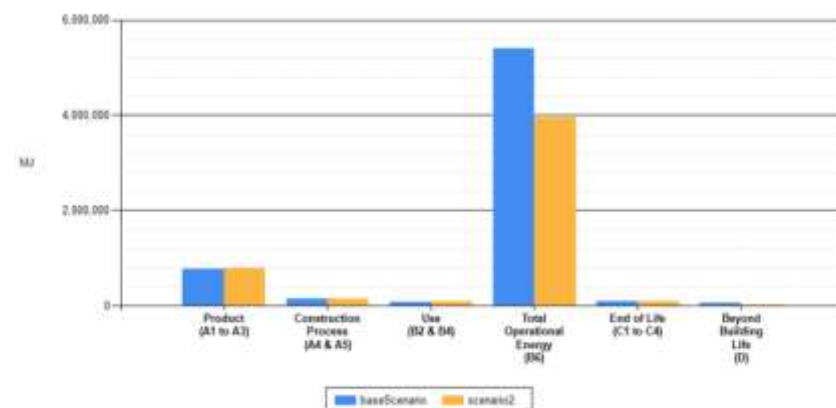
Το πλαίσιο των μπαλκονόπορτων, των παραθύρων και πιο συγκεκριμένα, το σύστημα των υαλοπινάκων. Πιο αναλυτικά,

- το πλαίσιο Fibreglass διπλού υαλοπίνακα, που είναι υλικό των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων, αντικαταστάθηκε με πλαίσιο αλουμινίου διπλού υαλοπίνακα.
- αντικαταστάθηκε η πλήρωση του διάκενου των διπλών υαλοπινάκων. Η μαλακή επίστρωση αέρα αντικαταστάθηκε από μαλακή επίστρωση με αργό.
- Η πόρτα της κύριας εισόδου του κτιρίου από Fibreglass με 50% κάλυψη υαλοπίνακα αντικαταστάθηκε από πόρτα αλουμινίου με 80% κάλυψη υαλοπίνακα.
- Ακόμη, αντικαταστήθηκε το Brick Ontario με το Brick-Modular (metric) στο τμήμα των τοίχων.
- Τέλος, προστέθηκε το μονωτικό υλικό extruded polystyrene (XPS) με πάχος 50mm στα τμήματα των τοίχων με διπλή στρώση, στο τμήμα των πατωμάτων, των θεμελίων και της οροφής.

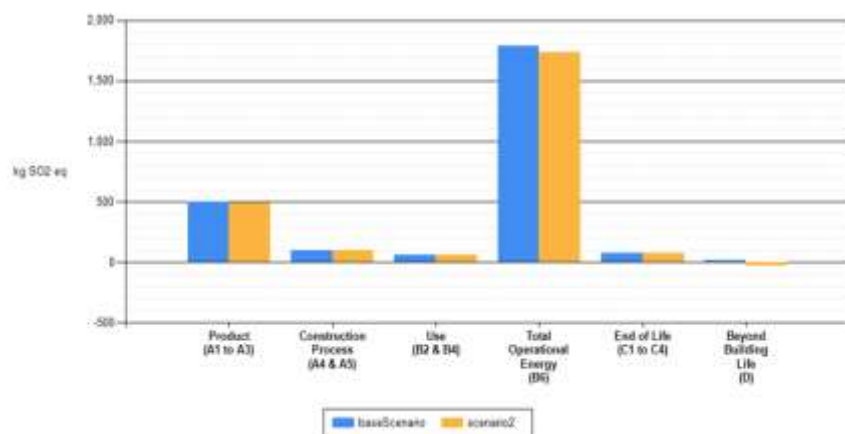
Η σύγκριση του βασικού σεναρίου δηλ. του κτιρίου όπως είχε πρωταρχικά σχεδιαστεί, με το σενάριο2 (δηλ. του τροποποιημένου βασικού σεναρίου) είχε τα παρακάτω αποτελέσματα:



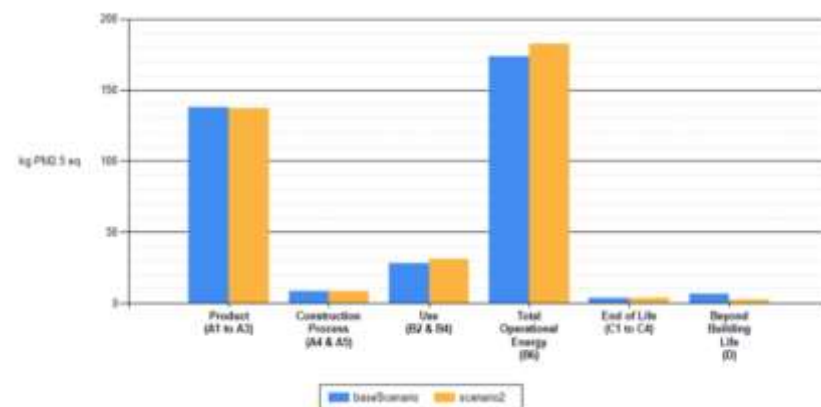
Εικόνα 48-Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 49-Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 50-Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής

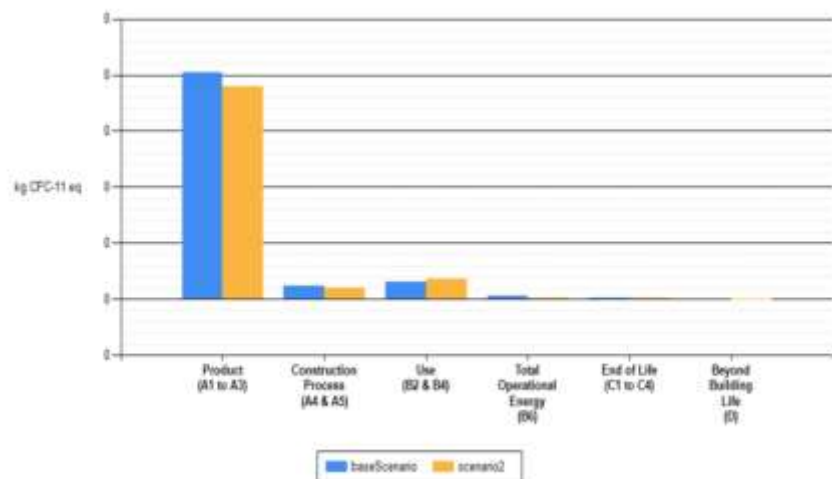


Εικόνα 51-Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής

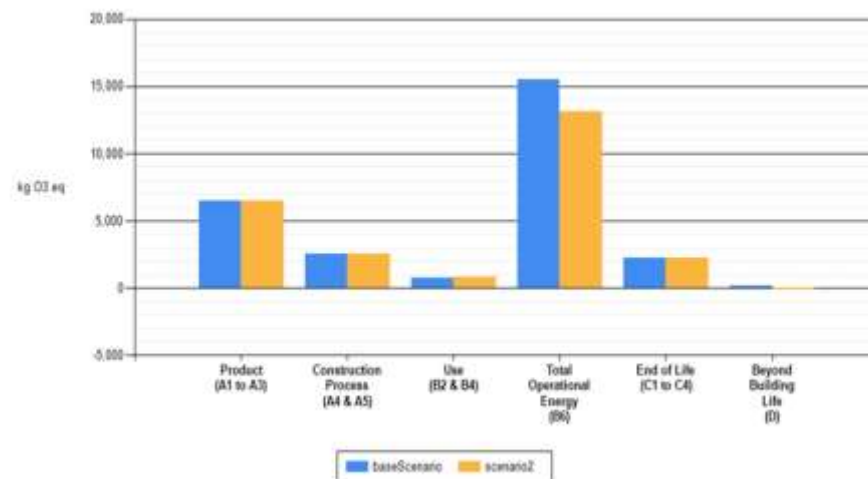
Κατά την σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι στις επιπτώσεις των κτιρίων στην ενίσχυση της θέρμανσης του πλανήτη και την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, η λειτουργική ενεργειακή κατανάλωση διαφέρει σημαντικά. Το βασικό σενάριο φαίνεται να έχει μεγαλύτερη επιβάρυνση/συνεισφορά στις επιπτώσεις αυτές απ' ότι το σενάριο2. Κατά τον ίδιο τρόπο κινούνται τα δύο σενάρια και στην περίπτωση του δυναμικού οξίνισης, όπου το βασικό σενάριο φαίνεται να έχει μεγαλύτερη επιβάρυνση από το σενάριο2 αλλά με ελάχιστη διαφορά. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην μόνωση που προστέθηκε στο σενάριο2, η οποία ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές απώλειες και στο αέριο που χρησιμοποιήθηκε μεταξύ των υαλοπινάκων, το αργό, το οποίο έχει καλύτερη θερμομόνωση απ' ότι ο αέρας.

Επίσης παρατηρείται σχεδόν ίδια επιβάρυνση των δύο αυτών σεναρίων ως προς το στάδιο της παραγωγής. Επομένως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δημιουργούνται κυρίως από την Ενεργειακή κατανάλωση και έπειτα από το στάδιο της παραγωγής. Το product stage (A1 to A3), είναι το αρχικό στάδιο του κύκλου ζωής ενός κτιρίου και αναφέρεται A1) στην εξαγωγή της πρώτης ύλης από το περιβάλλον, A2) Στην περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της μεταφοράς των πρώτων υλών και A3) στην διαδικασία της κατασκευής του κτιρίου. [12]

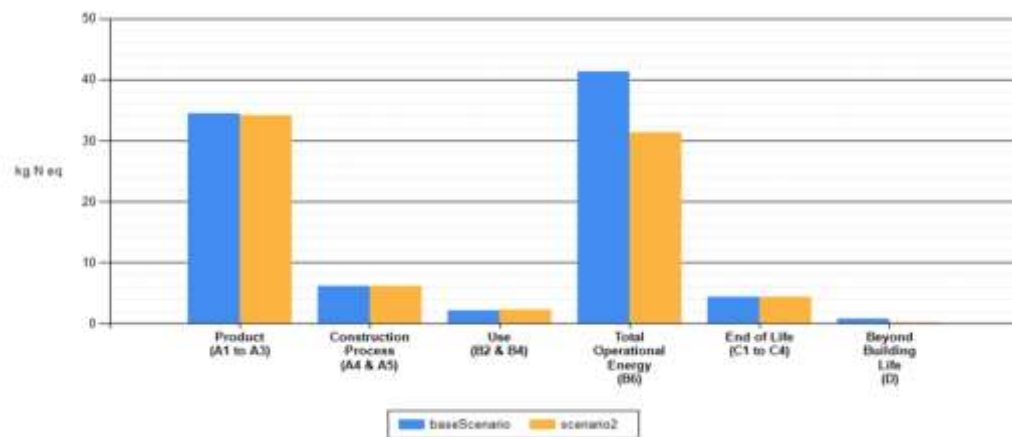
Κατά την σύγκριση των δύο σεναρίων στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων παρατηρείται ότι το σενάριο2 επιβαρύνει περισσότερο το περιβάλλον απ' ότι το βασικό σενάριο, εξαιτίας της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, ενώ απελευθερώνονται μεγάλα ποσά λεπτών σωματιδίων στο στάδιο της παραγωγής και από τα δύο σενάρια. Τα ποσά αυτά δεν διαφέρουν μεταξύ τους, ενώ η δημιουργία των αιωρούμενων σωματιδίων οφείλεται κυρίως στις χημειουργικές διεργασίες, όπου διαχέονται τα σωματίδια, λόγω της μεταφοράς των υλικών για την διαδικασία οικοδόμησης των κτιρίων και της αφαίρεσης των υλικών από τη φύση.



Εικόνα 52-Σύγκριση του δυναμικού καταστροφής του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής



Εικόνα 53-Σύγκριση της αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής



Εικόνα 54-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής

Οι διαφορές μεταξύ των δύο σεναρίων, στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζονται είναι εμφανείς κυρίως στο Operational Energy Consumption. Το σενάριο2 έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με το base Scenario και αυτό οφείλεται στην ενεργειακή κατανάλωση αφού εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες ρύπων. Αυτό οφείλεται, σε κάποιο βαθμό, στην μόνωση που προστέθηκε, η οποία ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές απώλειες και στο αργό, που προστέθηκε μεταξύ των υαλοπινάκων, το οποίο έχει καλύτερη θερμομόνωση απ' τον αέρα. Εξαίρεση αποτελεί το δυναμικό καταστροφής του όζοντος επειδή δεν εκπέμπονται καθόλου ποσότητες CFC-11 λόγω της λειτουργικής ενεργειακής κατανάλωσης. Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι εκπομπές λόγω τους σταδίου της παραγωγής είναι σχεδόν ίδιες και στα δύο σενάρια, ωστόσο φαίνεται το σενάριο2 να εμφανίζει απειροελάχιστα λιγότερες εκπομπές, ενώ παρουσιάστηκε μεγάλη παραγωγή N και CFC-11 (freon-11) στο στάδιο της παραγωγής.

4.3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ3

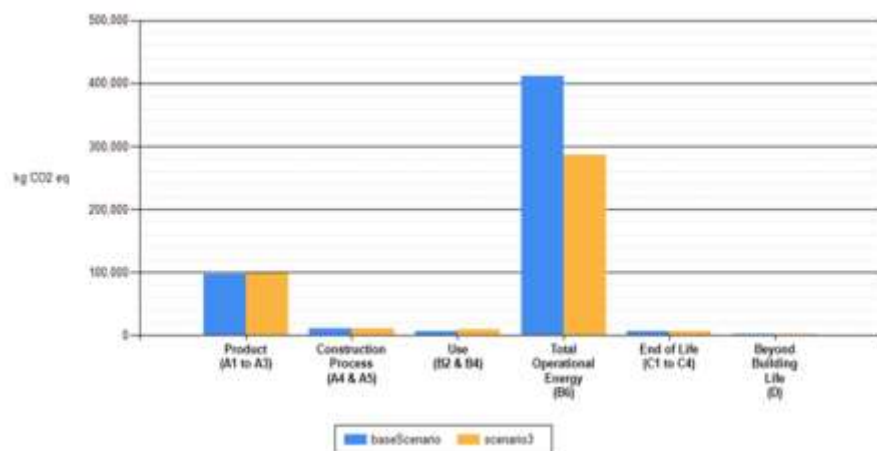
Σενάριο 3^ο:

Κατά το 3^ο σενάριο αντικαταστήθηκαν:

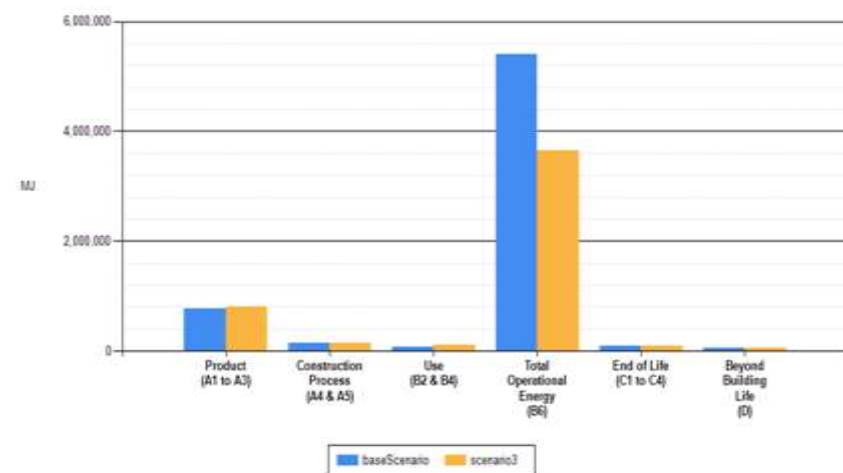
Το πλαίσιο των μπαλκονόπορτων, των παραθύρων και το σύστημα των υαλοπινάκων αυτών και πιο συγκεκριμένα αντικαταστήθηκε:

- Το πλαίσιο Fibreglass διπλού υαλοπίνακα που είναι υλικό των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων με το πλαίσιο PVC διπλού υαλοπίνακα.
- Αντικαταστάθηκε η πλήρωση του διάκενου των διπλών υαλοπινάκων, δηλαδή, η μαλακή επίστρωση αέρα αντικαταστάθηκε από σκληρή επίστρωση αέρα.
- Και επιπλέον, προστέθηκε το μονωτικό υλικό extruded polystyrene (XPS) με πάχος 50mm στα τμήματα των τοίχων με διπλή στρώση, στο τμήμα των πατωμάτων, των θεμελίων και της οροφής.

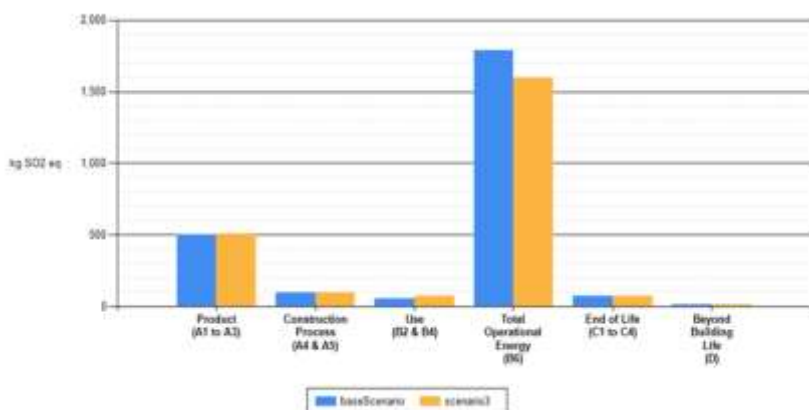
Η σύγκριση του βασικού σεναρίου δηλ. του κτιρίου όπως είχε πρωταρχικά σχεδιαστεί, με το σενάριο3 (δηλ. του τροποποιημένου βασικού σεναρίου) είχε τα παρακάτω αποτελέσματα.



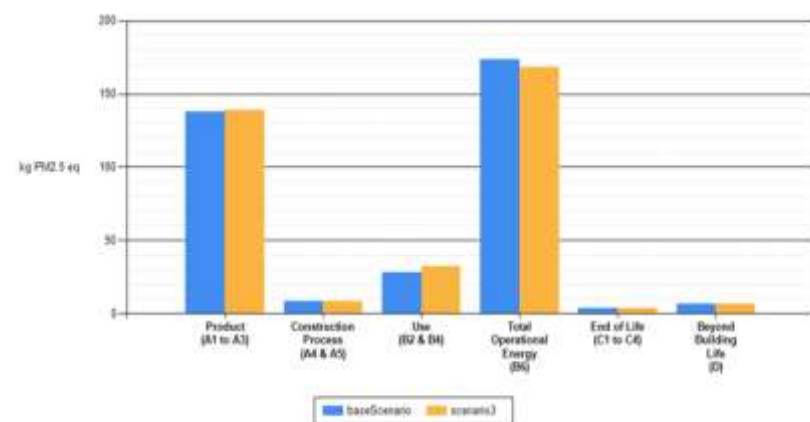
Εικόνα 55- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 56-Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής



Εικόνα 57- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής



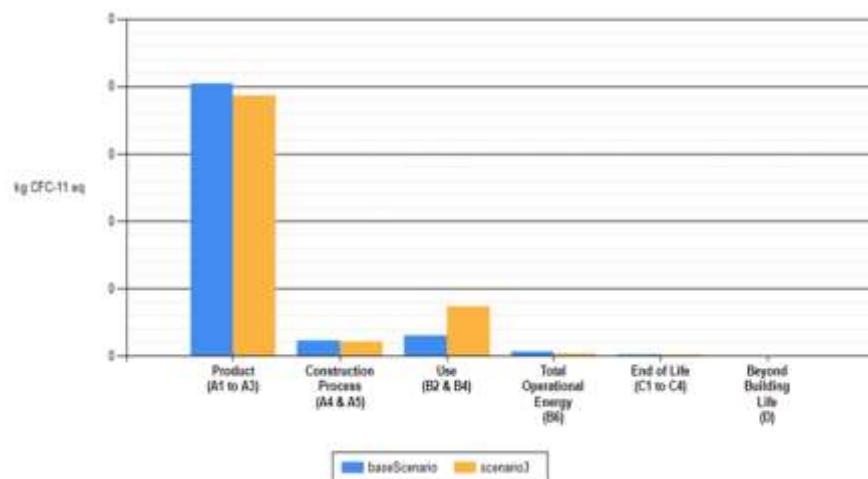
Εικόνα 58- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Στο γράφημα που παρουσιάζεται η συνεισφορά στην πλανητική αύξηση της θερμοκρασίας δύο διαφορετικών νοητών κτιρίων, γίνεται αντιληπτό ότι έχουν περίπου τις ίδιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εκτός στην περίπτωση της λειτουργικής κατανάλωσης ενέργειας όπου το σενάριο3 επιβαρύνει λιγότερο το περιβάλλον, κάτι που σημαίνει ότι απελευθερώνει μικρότερες ποσότητες CO₂. Γενικότερα όμως, εκτός από το στάδιο B6 η παραγωγή CO₂ είναι αρκετά χαμηλή και στις 2 περιπτώσεις.

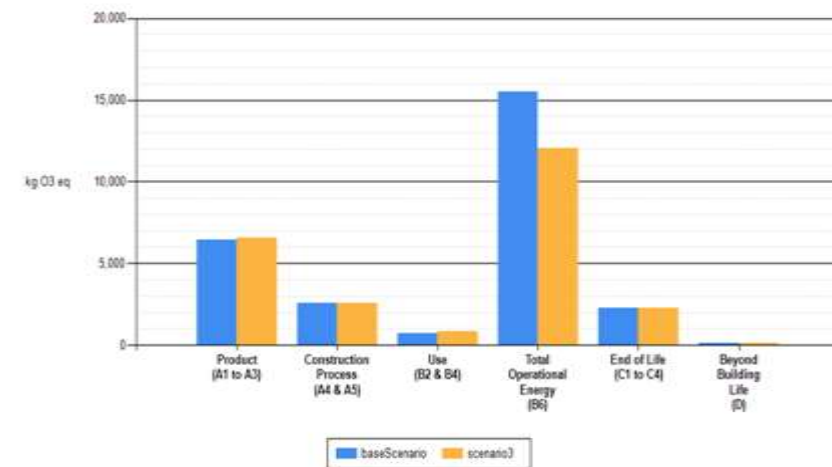
Στο διάγραμμα κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων συγκρίνοντας τα δύο νοητά κτίρια, γίνεται αντιληπτό ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά των κτιρίων στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις γίνεται στο B6 στάδιο, όπου το σενάριο3 εμφανίζει μικρότερη συνεισφορά λόγω της χαμηλής λειτουργικής κατανάλωσής του.

Για την περίπτωση της όξινης βροχής, τα 2 κτίρια έχουν τις ίδιες συνεισφορές περίπου. Γενικότερα, οι επιβαρύνσεις τους είναι ελάχιστες και ακόμα και στην περίπτωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, συγκριτικά με τις υπόλοιπες επιπτώσεις που προκαλούν τα δύο νοητά κτίρια μπορεί να θεωρηθεί μικρή.

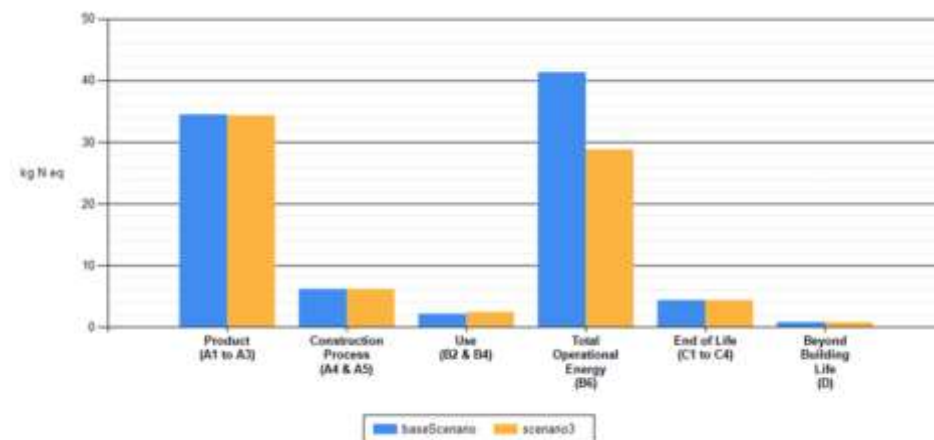
Για την σωματιδιακή μόλυνση, υπάρχει μικρή διαφορά στις επιπτώσεις που επιφέρουν τα 2 σενάρια. Η διαφορά αυτή γίνεται εμφανής στο κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης που σχετίζεται άμεσα με το ποσό της παροχής ηλεκτρισμού και του diesel oil που χρησιμοποιείται σε κάθε σενάριο και στην προγραμματισμένη συντήρηση του κτιρίου και στην αντικατάσταση διάφορων υλικών του κτιρίου. Οι επιπτώσεις από το B4 κομμάτι εξαρτώνται από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των αντίστοιχων κατασκευαστικών στοιχείων και εάν είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Περιλαμβάνει επίσης τη μεταφορά του νέου στοιχείου, τις ενδεχόμενες απώλειες υλικών και τη διαχείριση των αποβλήτων του αφαιρεθέντος στοιχείου, αν και οι περισσότεροι από αυτούς περιλαμβάνουν μόνο την παραγωγή των αντικατασταθέντων στοιχείων. [13]



Εικόνα 59-Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής



Εικόνα 60-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής



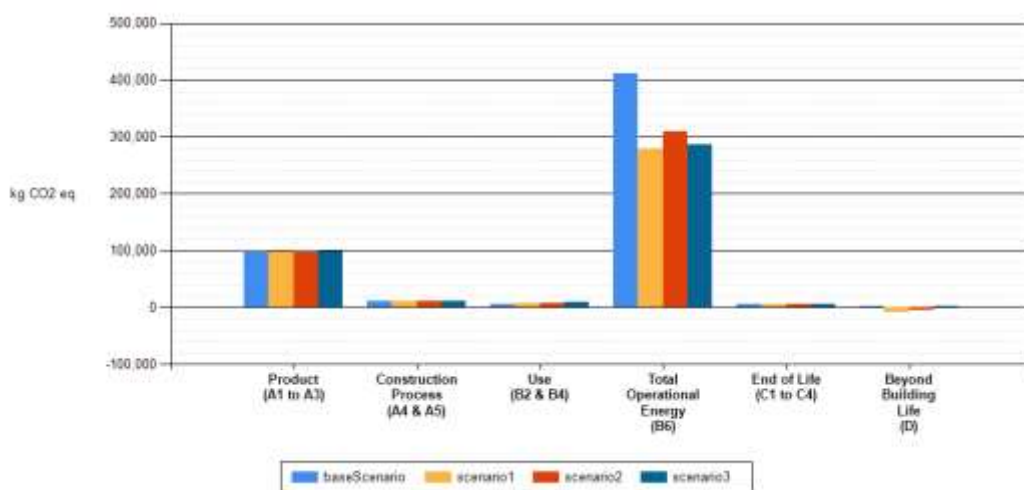
Εικόνα 61-Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής

Για την περίπτωση του δυναμικού εξασθένησης της στοιβάδας όζοντος, παρατηρείται ότι στο στάδιο B2&B4 που αφορά την παραγωγή αντικατάστασης. Περιλαμβάνει την παραγωγή υλικών αντικατάστασης και την ενέργεια κατασκευής επί τόπου και αφορά ακόμη τις μεταφορές, οι οποίες περιλαμβάνουν την κατασκευή μεταφορών, την κατασκευή μεταφορών υλικών αντικατάστασης και την απόρριψη μεταφοράς αντικατασταθέντων υλικών, ή γενικότερα τη συντήρηση των κτιρίων και την αντικατάσταση διάφορων στοιχείων σε αυτά. Στο στάδιο αυτό το σενάριο3 συνεισφέρει πολύ περισσότερο στην παραγωγή CFC-11 καθ όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου από το baseScenario. Η επιβάρυνση όμως σχεδόν ολοκληρωτικά προέρχεται από την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων του περιβάλλοντος για την παραγωγή υλικών, και το baseScenario έχει ελάχιστα μεγαλύτερη συμβολή στην περιβαλλοντική αυτή επίπτωση.

Για την αιθαλομίχλη υπάρχουν διαφορές στα δύο σενάρια ως προς την συνεισφορά τους στο φαινόμενο αυτό, κυρίως στο κομμάτι της λειτουργικής ενεργειακής κατανάλωσης, στην συντήρηση των κτιρίων και στην αντικατάσταση διάφορων στοιχείων του κτιρίου, και στο κομμάτι της παραγωγής. Το σενάριο 3 έχει εμφανές μικρότερη επιβάρυνση.

Για το δυναμικό πρόκλησης του ευτροφισμού υπάρχει αισθητή διαφορά στις επιπτώσεις των δύο σεναρίων, ως προς το κομμάτι της λειτουργικής ενεργειακής κατανάλωσης, όπου το σενάριο 3 έχει εμφανές μικρότερη επιβάρυνση. Επιπλέον, το κομμάτι παραγωγής των υλικών (A1 to A3) συνεισφέρει πολύ στην περιβαλλοντική επίπτωση και από τα δύο σενάρια.

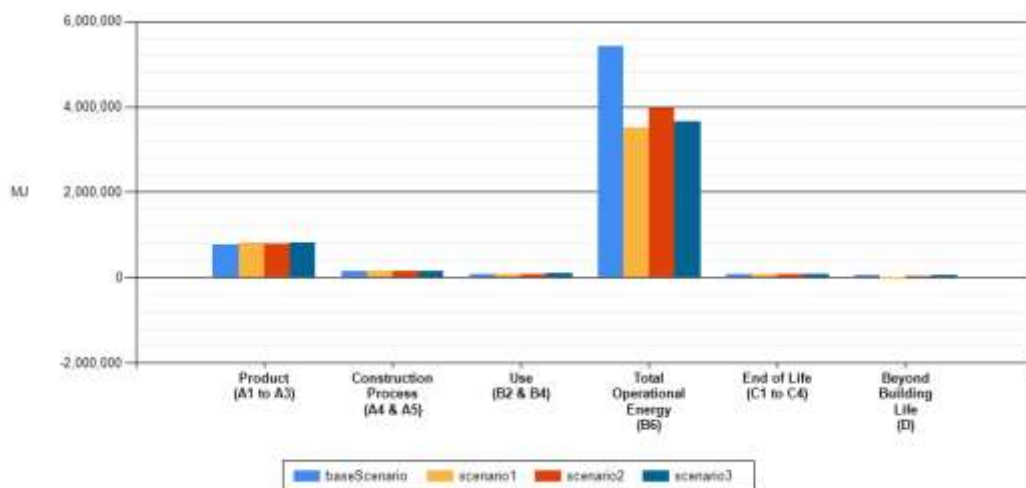
4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΜΑΖΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ/ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΚΕΙΝΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΛΙΓΟΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ:



Εικόνα 62- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Πίνακας 26- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη

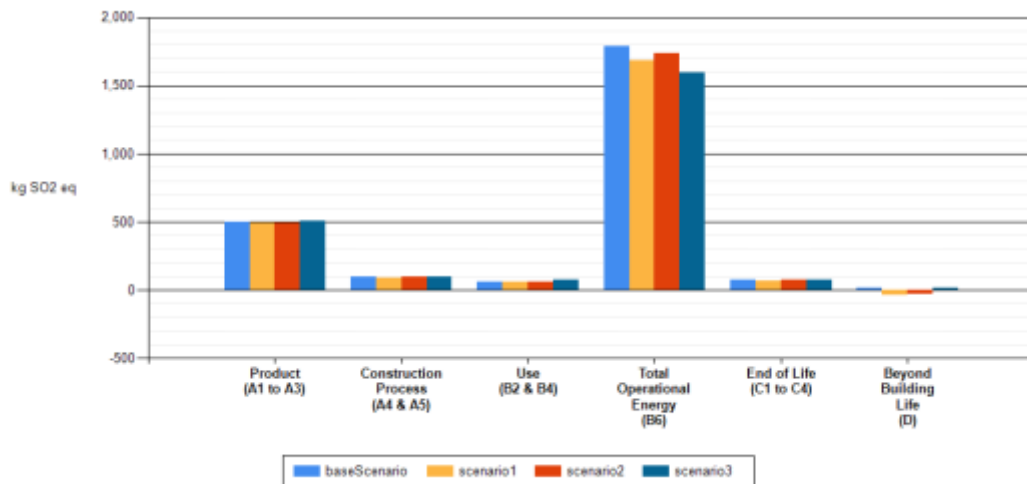
Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg CO2 eq	9.74E+04	1.11E+04	6.43E+03	4.12E+05	5.86E+03	9.96E+02	5.34E+05
scenario1	kg CO2 eq	9.79E+04	1.03E+04	7.14E+03	2.79E+05	5.76E+03	-8.77E+03	3.91E+05
scenario2	kg CO2 eq	9.76E+04	1.10E+04	7.17E+03	3.10E+05	5.99E+03	-5.07E+03	4.27E+05
scenario3	kg CO2 eq	9.93E+04	1.12E+04	9.03E+03	2.86E+05	5.86E+03	1.01E+03	4.12E+05
Total	kg CO2 eq	3.92E+05	4.37E+04	2.98E+04	1.29E+06	2.35E+04	-1.18E+04	1.76E+06



Εικόνα 63- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Πίνακας 27- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων

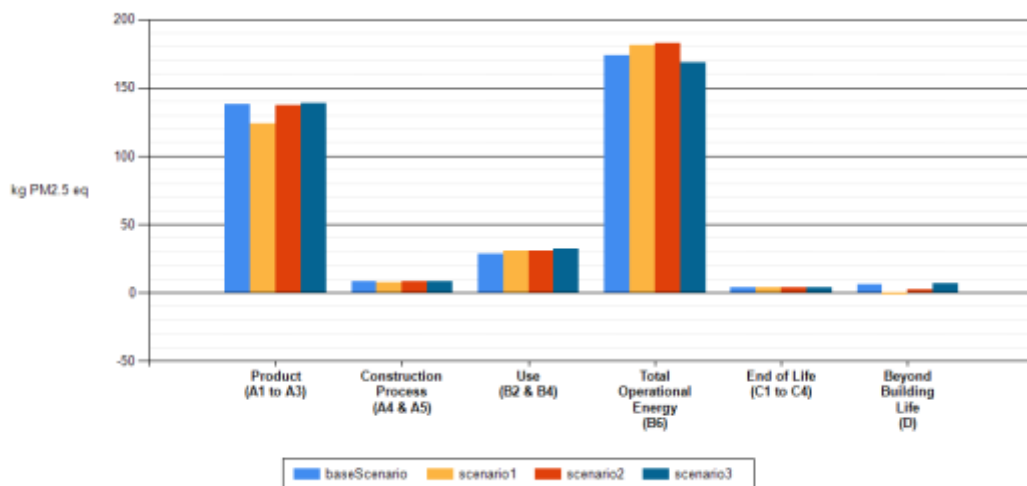
Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	MJ	7.73E+05	1.48E+05	8.19E+04	5.41E+06	8.55E+04	5.81E+04	6.56E+06
scenario1	MJ	8.15E+05	1.42E+05	8.49E+04	3.52E+06	8.36E+04	-3.23E+04	4.61E+06
scenario2	MJ	7.89E+05	1.49E+05	8.49E+04	3.96E+06	8.70E+04	1.73E+03	5.07E+06
scenario3	MJ	8.09E+05	1.51E+05	1.04E+05	3.65E+06	8.55E+04	5.82E+04	4.85E+06
Total	MJ	3.19E+06	5.89E+05	3.56E+05	1.65E+07	3.42E+05	8.57E+04	2.11E+07



Εικόνα 64- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Πίνακας 28- Σύγκριση του δυναμικού Οξίνισης

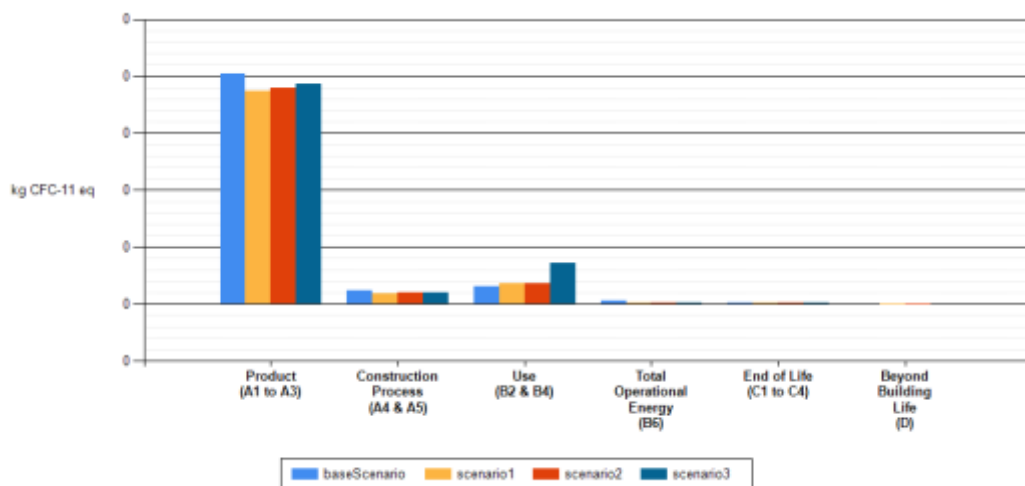
Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg SO2 eq	5.02E+02	9.47E+01	5.63E+01	1.79E+03	7.10E+01	1.45E+01	2.53E+03
scenario1	kg SO2 eq	4.92E+02	8.87E+01	5.67E+01	1.68E+03	6.87E+01	-3.47E+01	2.36E+03
scenario2	kg SO2 eq	4.93E+02	9.42E+01	5.69E+01	1.73E+03	7.14E+01	-2.62E+01	2.42E+03
scenario3	kg SO2 eq	5.08E+02	9.58E+01	7.43E+01	1.60E+03	7.10E+01	1.45E+01	2.36E+03
Total	kg SO2 eq	1.99E+03	3.73E+02	2.44E+02	6.81E+03	2.82E+02	-3.20E+01	9.67E+03



Εικόνα 65- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τα στάδια κύκλου ζωής

Πίνακας 29- Σύγκριση των αιωρούμενων σωματιδίων

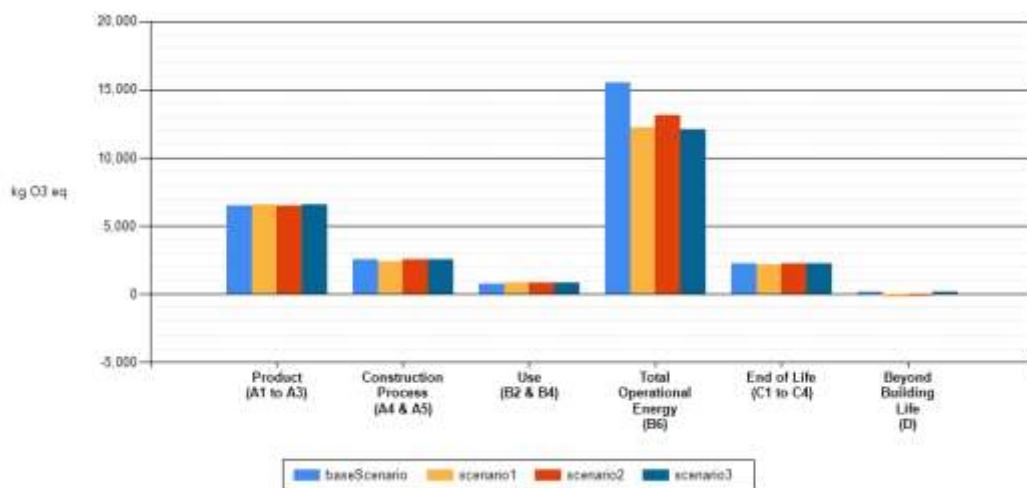
Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg PM2.5 eq	1.38E+02	8.21E+00	2.81E+01	1.73E+02	3.53E+00	6.34E+00	3.57E+02
scenario1	kg PM2.5 eq	1.24E+02	7.64E+00	3.09E+01	1.81E+02	3.40E+00	-1.23E+00	3.46E+02
scenario2	kg PM2.5 eq	1.37E+02	8.16E+00	3.09E+01	1.83E+02	3.58E+00	2.49E+00	3.65E+02
scenario3	kg PM2.5 eq	1.39E+02	8.26E+00	3.20E+01	1.68E+02	3.53E+00	6.36E+00	3.57E+02
Total	kg PM2.5 eq	5.37E+02	3.23E+01	1.22E+02	7.06E+02	1.40E+01	1.40E+01	1.43E+03



Εικόνα 66- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος κατά τα στάδια του κύκλου ζωής

Πίνακας 30- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος

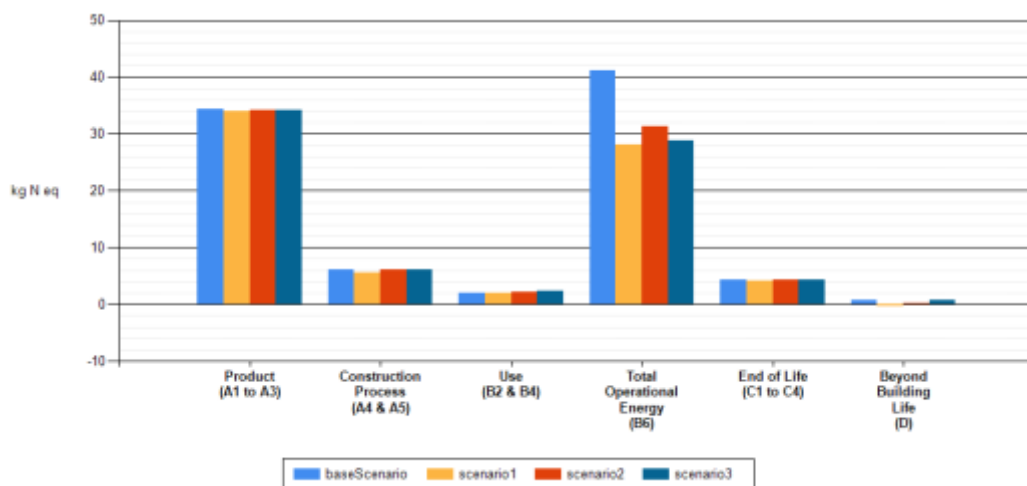
Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg CFC-11 eq	8.08E-04	4.58E-05	5.99E-05	1.09E-05	2.27E-07	0.00E+00	9.25E-04
scenario1	kg CFC-11 eq	7.47E-04	3.64E-05	7.12E-05	4.17E-06	2.32E-07	-2.74E-07	8.59E-04
scenario2	kg CFC-11 eq	7.60E-04	4.13E-05	7.40E-05	5.59E-06	2.41E-07	-2.74E-07	8.81E-04
scenario3	kg CFC-11 eq	7.73E-04	4.15E-05	1.45E-04	5.16E-06	2.27E-07	0.00E+00	9.65E-04
Total	kg CFC-11 eq	3.09E-03	1.65E-04	3.50E-04	2.58E-05	9.27E-07	-5.48E-07	3.63E-03



Εικόνα 67- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης κατά τα στάδια του κύκλου ζωής

Πίνακας 31- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης αιθαλομίχλης

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg O3 eq	6.45E+03	2.54E+03	7.44E+02	1.55E+04	2.26E+03	1.46E+02	2.76E+04
scenario1	kg O3 eq	6.55E+03	2.39E+03	7.85E+02	1.23E+04	2.17E+03	-2.56E+02	2.39E+04
scenario2	kg O3 eq	6.52E+03	2.54E+03	7.88E+02	1.31E+04	2.25E+03	-1.70E+02	2.50E+04
scenario3	kg O3 eq	6.59E+03	2.57E+03	8.49E+02	1.21E+04	2.26E+03	1.47E+02	2.45E+04
Total	kg O3 eq	2.61E+04	1.00E+04	3.17E+03	5.29E+04	8.93E+03	-1.34E+02	1.01E+05

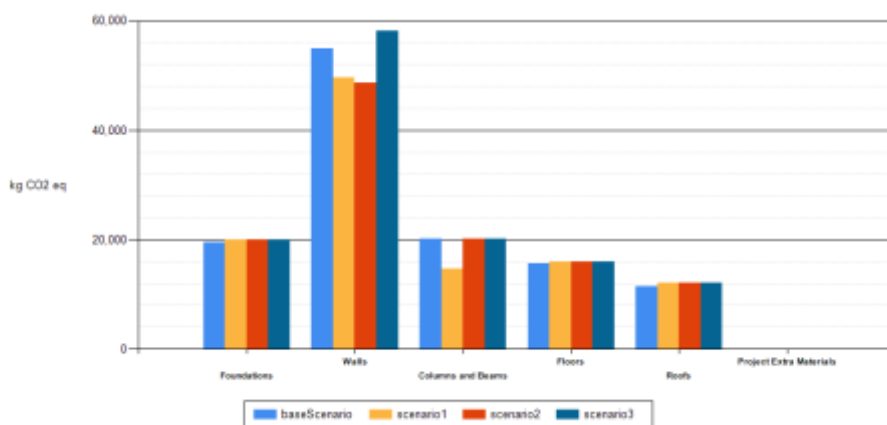


Εικόνα 68- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης του ευτροφισμού κατά τα στάδια του κύκλου ζωής

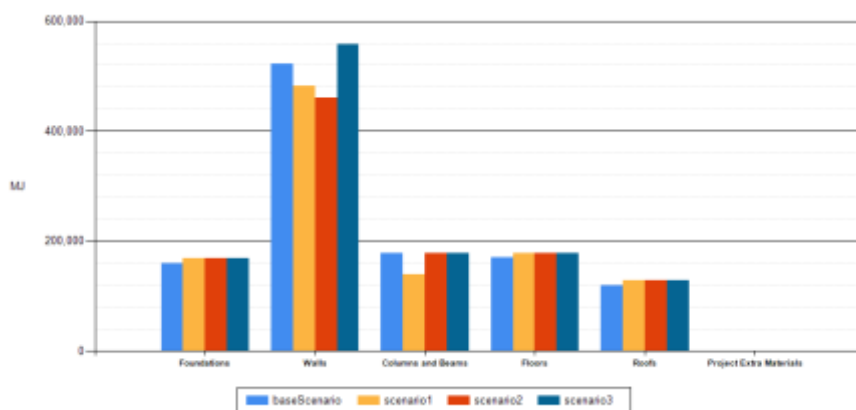
Πίνακας 32- Σύγκριση του δυναμικού πρόκλησης ευτροφισμού

Project Name	Unit	Product (A1 to A3)	Construction Process (A4 & A5)	Use (B2 & B4)	Total Operational Energy (B6)	End of Life (C1 to C4)	Beyond Building Life (D)	Total
baseScenario	kg N eq	3.44E+01	6.14E+00	2.05E+00	4.12E+01	4.30E+00	7.43E-01	8.89E+01
scenario1	kg N eq	3.40E+01	5.66E+00	2.05E+00	2.82E+01	4.14E+00	-3.63E-01	7.37E+01
scenario2	kg N eq	3.41E+01	6.08E+00	2.18E+00	3.13E+01	4.30E+00	7.26E-02	7.81E+01
scenario3	kg N eq	3.43E+01	6.16E+00	2.36E+00	2.88E+01	4.30E+00	7.45E-01	7.67E+01
Total	kg N eq	1.37E+02	2.40E+01	8.64E+00	1.30E+02	1.70E+01	1.20E+00	3.17E+02

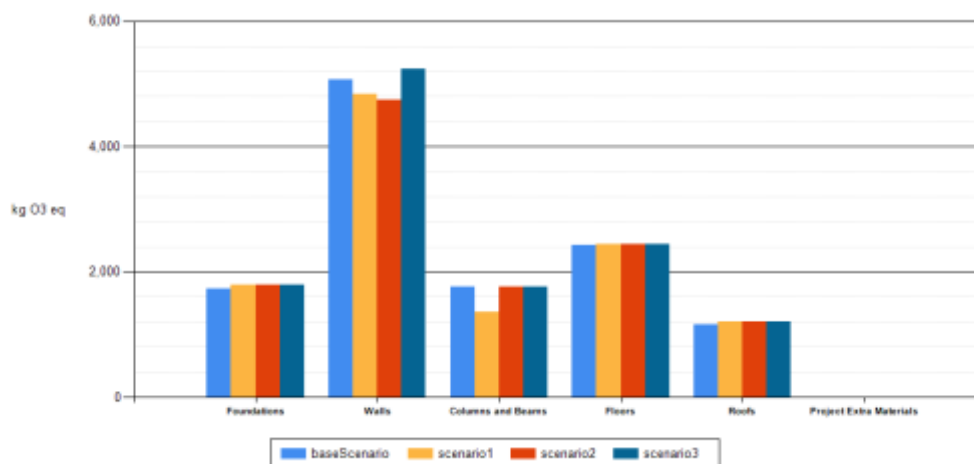
Τέλος, επιλέχθηκαν κάποιες τυπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από τα assembly groups για τον έλεγχο μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κυρίως των τοίχων που είναι και το πιο επιβλαβές τμήμα του κτιρίου. Επιλέχθηκαν οι Global Warming, Smog potential και Fossil Fuel Consumption εφόσον, σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, το κτίριο μας σε σχέση με τους υπόλοιπους ρύπους απελευθερώνει μεγαλύτερα ποσά CO₂, O₃ και καταναλώνει σημαντικά ποσά ορυκτού καυσίμου.



Εικόνα 69- Σύγκριση του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά



Εικόνα 70- Σύγκριση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά



Εικόνα 71- Σύγκριση του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος για το κάθε συγκρότημα ξεχωριστά

Απ' τους επιλεγέντες δείκτες αναφοράς, παρατηρείται λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων και πιο συγκεκριμένα, στην δική μας περίπτωση, του diesel oil/πετρελαίου, μεγάλη κατανάλωση Mega Joule. Ακόμη, παρατηρείται μεγάλη ανάγκη για κάλυψη ενεργειακών και ηλεκτρικών απαιτήσεων. Ενώ, εξίσου σημαντικό, είναι και το γεγονός ότι απελευθερώνονται μεγάλα ποσά CO₂, περίπου δύο με τρεις τάξεις περισσότερο από τις υπόλοιπες επιβλαβείς ουσίες που εκπέμπονται, κυρίως κατά το στάδιο της παραγωγής του κτιρίου και της λειτουργικής ενέργειας τα οποία συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. ([link 4.0](#))

4.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για την μελέτη αυτή, χρησιμοποιήθηκαν 4 (τέσσερις) υποθετικές παραλλαγές σχεδιασμού μίας μονοκατοικίας, που βρισκόταν στον Νομό Χανίων. Σκοπός των συγκρίσεων των παραλλαγών σχεδιασμού είναι να προσδιοριστούν οι προτιμότερες περιβαλλοντικά εναλλακτικές λύσεις στα αρχικά στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού, με απώτερο σκοπό την εύρεση της βέλτιστης βιώσιμης κατασκευής. Η αξιολόγηση των 4 (τεσσάρων) αυτών σεναρίων πραγματοποιήθηκε με βάση κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς δείκτες, οι οποίοι συμβάλλουν στον σχεδιασμό μίας αειφόρου κατασκευής και συγκρίνουν τις επιπτώσεις των διάφορων υλικών και διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την οικοδόμηση ενός κτιρίου, καθ' όλη την διάρκεια ζωής του.

Ο εκτιμητής επιπτώσεων λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από: το υλικό κατασκευής, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης πόρων και ανακυκλωμένου περιεχομένου, την διαδικασία οικοδόμησης, τις μεταφορές, τις περιφερειακές διαφορές στη χρήση ενέργειας, τη μεταφορά και άλλους παράγοντες, τον τύπο κτιρίου και αναμενόμενη διάρκεια ζωής, την πιθανή συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση, την καταστροφή και διάθεση στο τέλος του κύκλου ζωής και τις εκπομπές ενέργειας και προ-καύσης.

Έπειτα, από την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων, παρατηρήθηκε ότι **το τμήμα των τοίχων είχε την μεγαλύτερη συμμετοχή στην δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων**, ενώ, την μικρότερη συμμετοχή είχε η οροφή/στέγη. Επομένως, χρειάστηκε να εστιάσουμε περισσότερο στην αντικατάσταση υλικών ή/και στον καλύτερο συνδυασμό υλικών του τμήματος των τοίχων.

Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στην εναλλαγή δύο βασικών υλικών, στον τύπο των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων αλλά και στο μονωτικό υλικό. Μετά από διάφορους συνδυασμούς υλικών, προέκυψε ότι το σενάριο 1 είχε τον βέλτιστο συνδυασμό (δηλ. τον προτιμότερο συνδυασμό συστημάτων πλαισίου και μόνωσης). **Επομένως, το σενάριο1 αποτελεί την πλέον βιώσιμη επιλογή κατασκευής και την καλύτερη εκδοχή νοητού κτιρίου**, διότι, εκπέμπει τους λιγότερους ρύπους συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια.

Κύριος ρόλος για την επικράτηση αυτού του σεναρίου είναι η χαμηλή του ενεργειακή κατανάλωση. Η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να οφείλεται, αφενός στην μόνωση extruded Polystyrene, αφετέρου στον χαμηλό δείκτη U_w -value⁷ και Solar Heat Gain Coefficient⁸ των παραθύρων και των μπαλκονόπορτων, τα οποία συντελούν στην καλύτερη θερμομόνωση του κτιρίου. Η μόνωση βρίσκεται στα τμήματα του πατώματος, της οροφής και των θεμελίων, ενώ βρίσκεται ακόμη σε διπλή στρώση στο τμήμα των εξωτερικών τοίχων.

Το προτιμότερο σύστημα του κτιρίου διαθέτει: πάχος 100mm της μόνωσης extruded polystyrene (XPS), σύστημα πλαισίου-υαλοπινάκων είναι τύπου αλουμινίου με διπλό τζάμι (παράθυρο αλουμινίου διπλού υαλοπινάκα), το αέριο μεταξύ των υαλοπινάκων ήταν το αργό (σκληρής επίστρωσης) και ο τύπος της εξώπορτας του κτιρίου ήταν από αλουμίνιο κατά 20% (είκοσι τις εκατό) ενώ κατά 80% (ογδόντα τις εκατό) αποτελούνταν από τζάμι. Με βάση αυτές τις προδιαγραφές, το σενάριο1 έχει το ελάχιστο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, οξίνισης, ευτροφισμού, πρωτογενής ενέργειας και ελάχιστες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Γίνεται αντιληπτό ότι η μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση από το κτίριο πραγματοποιείται κατά τη **διάρκεια διαδικασιών του πρώιμου σταδίου** της κατασκευής δηλ. στο στάδιο A1 to A3. Τα στάδια από το A1 έως το A3 είναι τα αρχικά στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου και αναφέρονται A1) στην εξαγωγή της πρώτης ύλης από το περιβάλλον, A2) στην περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της μεταφοράς των πρώτων υλών και στα καυσαέρια που εκπέμπονται A3) στην διαδικασία της κατασκευής του κτιρίου. Επιπλέον, περιβαλλοντική επιβάρυνση προέρχεται από την λειτουργική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου λόγω της καύσης του diesel oil και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

⁷ Ο ρυθμός απώλειας θερμότητας υποδεικνύεται με βάση τον συντελεστή U (τιμή U) ενός συγκροτήματος παραθύρου. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής U, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του παραθύρου στη ροή θερμότητας και τόσο καλύτερες είναι οι μονωτικές του ιδιότητες. ([link 5.1](#))

⁸ Ο SHGC είναι ένα μικρό ποσό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που εισάγεται μέσω ενός παραθύρου, και η ηλιακή ακτινοβολία μεταδίδεται άμεσα, απορροφάται εν μέρη και στη συνέχεια απελευθερώνεται εντός του κτιρίου. Ο συντελεστής ηλιακής ακτινοβολίας εκφράζεται ως αριθμός μεταξύ 0 και 1. Όσο χαμηλότερος είναι ένας συντελεστής, τόσο λιγότερη ηλιακή θερμότητα μεταδίδει. ([link 5.2](#))

Ενώ η μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του τελευταίου σταδίου του κύκλου ζωής του κτιρίου, δηλ. στο στάδιο C1 to C4. Πιο συγκεκριμένα, το στάδιο αναφέρεται στην C1) Αποδόμηση / Κατεδάφιση, C2) Μεταφορά ανόργανων υλικών, C3) Επεξεργασία αποβλήτων και C4) Απόρριψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Η έρευνα αυτή προώθησε τον δείκτη περιβαλλοντικού αποτυπώματος κύκλου ζωής για την σύγκριση εναλλακτικών επιλογών κατασκευής ενός κτιρίου. Από τα τέσσερα υποθετικά κτίρια που εξετάστηκαν, το προτιμότερο σύστημα κτιρίου διαθέτει πάχος 100mm μόνωσης extruded polystyrene και σύστημα πλαισίου-υαλοπινάκων τύπου αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες που περιείχαν αργό (σενάριο1).

Επιτεύχθηκε σε όλες τις παραλλαγές του βασικού σεναρίου, η απότομη μείωση της λειτουργικής ενεργειακής κατανάλωσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εισαγωγή του υλικού της μόνωσης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φανερώνουν, ότι η μόνωση από την μία πλευρά λειτουργεί σαν μονωτικό υλικό στο κτίριο και ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές απώλειες και την ενεργειακή κατανάλωση του, ενώ επιβαρύνει σε μικρό βαθμό το περιβάλλον, από την άποψη της αφαίρεσης του υλικού από την φύση κατά το στάδιο της παραγωγής.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων καταγράφει τις υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου. Ως εκ τούτου, η μείωση της ζήτησης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας. Είναι σημαντικό να γίνουν προσθήκες στον κτηριακό κώδικα για τη βελτίωση της απόδοσης του κτιρίου. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα σύγχρονα συστήματα κατασκευής κατοικιών όπως τα κτίρια μηδενικών ενεργειακών εκπομπών.

Επιπρόσθετα, επιτεύχθηκε η μείωση των ενσωματωμένων επιπτώσεων και ρύπων με την αλλαγή των υλικών, σχεδόν σε όλα τα συγκροτήματα του κτιρίου. Ειδικότερα, επιτεύχθηκε η μείωση επιπτώσεων λόγω των τοίχων των δοκών και των κολώνων. Παρατηρήθηκε ότι μόνο στα τμήματα στα οποία αντικαταστήθηκαν κάποια υλικά υπήρξε μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ στα υπόλοιπα όπως τα πατώματα που δεν αντικαταστήθηκε κανένα υλικό, οι επιπτώσεις λόγω αυτών έμειναν σταθερές. Αξίζει λοιπόν, να υπογραμμιστεί, ότι τα υλικά δρουν από μόνα τους, μεμονωμένα και ξεχωριστά αλλά θα πρέπει να εξετάζονται στο σύνολο τους, λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο οποίο και συμμετέχουν.

Αξίζει να ειπωθεί καταληκτικά, ότι θα μπορούσε να μετατραπεί το προσομοιωμένο κτίριο που εξετάστηκε σε κτίριο «μηδενικών» εκπομπών δηλαδή σε κτίριο με αμελητέες εκπομπές ρύπων. Σε αυτήν την περίπτωση, θα ήταν εφικτό να αυξηθεί περισσότερο το πάχος, για παράδειγμα της μόνωσης προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες. Η κίνηση αυτή όμως, θα επέφερε ελάχιστη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτιρίου σε βάθος χρόνου σε σχέση με την αύξηση των οικονομικών δαπανών.

5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΤΟΜΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ:

Η ύπαρξη του εργαλείου Athena Impact estimator for buildings χρονολογείται από το 2002 και έκτοτε έχει υποβληθεί σε πολλές ενημερώσεις. Παρ' όλα αυτά, η εφαρμογή του είναι περιορισμένη. Η εφαρμογή του εργαλείου λαμβάνει χώρα κυρίως στις τοποθεσίες του Καναδά και πρόσφατα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Αυτό συμβαίνει, λόγω του ότι η βάση δεδομένων των υλικών και του τρόπου συναρμολόγησης που είναι διαθέσιμη στο λογισμικό της Athena έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη Βόρεια Αμερική.

Για την βελτίωση του εργαλείου και την μελλοντική επέκτασή του προτείνονται:

- Η διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών για την βελτίωση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών. Οι δείκτες σχετίζονται με τις συνθήκες που επικρατούν σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία, όπως το πρότυπο του κτιρίου, η γεωγραφική θέση και τα δεδομένα για το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής.
- Υπάρχει σημαντικό επίπεδο αβεβαιότητας που σχετίζεται με τους δείκτες επιπτώσεων κύκλου ζωής στα αποτελέσματα που διεξάγει το Athena. Προτείνεται λοιπόν, το εργαλείο BAIA. Το εργαλείο αυτό θα μπορούσε να λειτουργήσει συμπληρωματικά με το λογισμικό Athena. Ο αλγόριθμος αυτός, μετά από πολυάριθμες επαναλήψεις μειώνει σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο αβεβαιότητας των μεταβλητών ενός κτιρίου που παραμένουν άγνωστες, άρα και το επίπεδο αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων. Ακόμη, θα μπορούσε να προταθεί η ενσωμάτωση ενός αλγορίθμου, αντίστοιχου με το BAIA στο εργαλείο Athena.
- Προτείνεται περαιτέρω, η ενσωμάτωση δεικτών στο εργαλείο Athena, οι οποίοι θα λαμβάνονταν υπόψη κατά την ανάλυση αποτελεσμάτων. Υπάρχουν δείκτες που σου παρέχουν πληροφορίες για την τοπική διαθεσιμότητα του υλικού και τα καινοτόμα χαρακτηριστικά του υλικού (Windapo και Ogunsanmi 2014). Επιπλέον, ο τρόπος κατασκευής του κτιρίου, η διάρκεια ζωής, η επίδραση στο οικολογικό σύστημα κατασκευής, η συντήρηση, η δυνατότητα συντήρησης και διάφορες τεχνικές που σχετίζονται με τις αβεβαιότητες θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση, και να βελτιώσουν την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων.
- Το λογισμικό, τέλος, θα μπορούσε να επεκτείνει τις δυνατότητές του υπολογίζοντας το κόστος του κύκλου ζωής. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει: το κόστος κατασκευής, το λειτουργικό κόστος και το κόστος διάθεσης, χωρίς να απαιτείται η χρήση επιπρόσθετων λογισμικών (όπως το RSMeans για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής) για την διαδικασία αυτή ή η προσφυγή σε έγκυρες ιστοσελίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ:

link 2.1 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-8697-3_2

link 2.2 <https://definedterm.com/a/definition/45974>

link 2.3 <https://constructionwaste.wordpress.com/materials/>

link 2.4 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-016-1168-1>

link 2.5 <https://havelockwool.com/batt-insulation/>

link 3.1

https://www.simetric.co.uk/si_materials.htm?fbclid=IwAR2LBuW3R4nmCrEgt5qK6Pt9hWWVsPCYiJM50pVqaAavrE77BCVNu_SkT5Y

link 3.2 https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-solids-d_154.html?fbclid=IwAR09Zt9QV6LN_j9wR8xpQzMqdDaHPucGli9ukqFoI_uJr8lp0MtONPI2IM

link 3.3 <https://deepresource.wordpress.com/2012/04/23/energy-related-conversion-factors/>

link 4.0 https://calculatelca.com/static-content/software/impact-estimator/help-files/reports/comparisonGraph_absoluteValue_lifeCycleStage_AllMeasures.html

link 4.1 <https://www.statista.com/study/11626/fossil-fuel-consumption-in-the-united-states-statista-dossier/>

link 4.2 <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

link 4.3 <https://sciencing.com/what-ozone-layer-depletion-4601116.html>

link 4.4 <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=894&language=el-GR>

link 4.5 <http://wingolog.org/projects/water/html/node27.html>

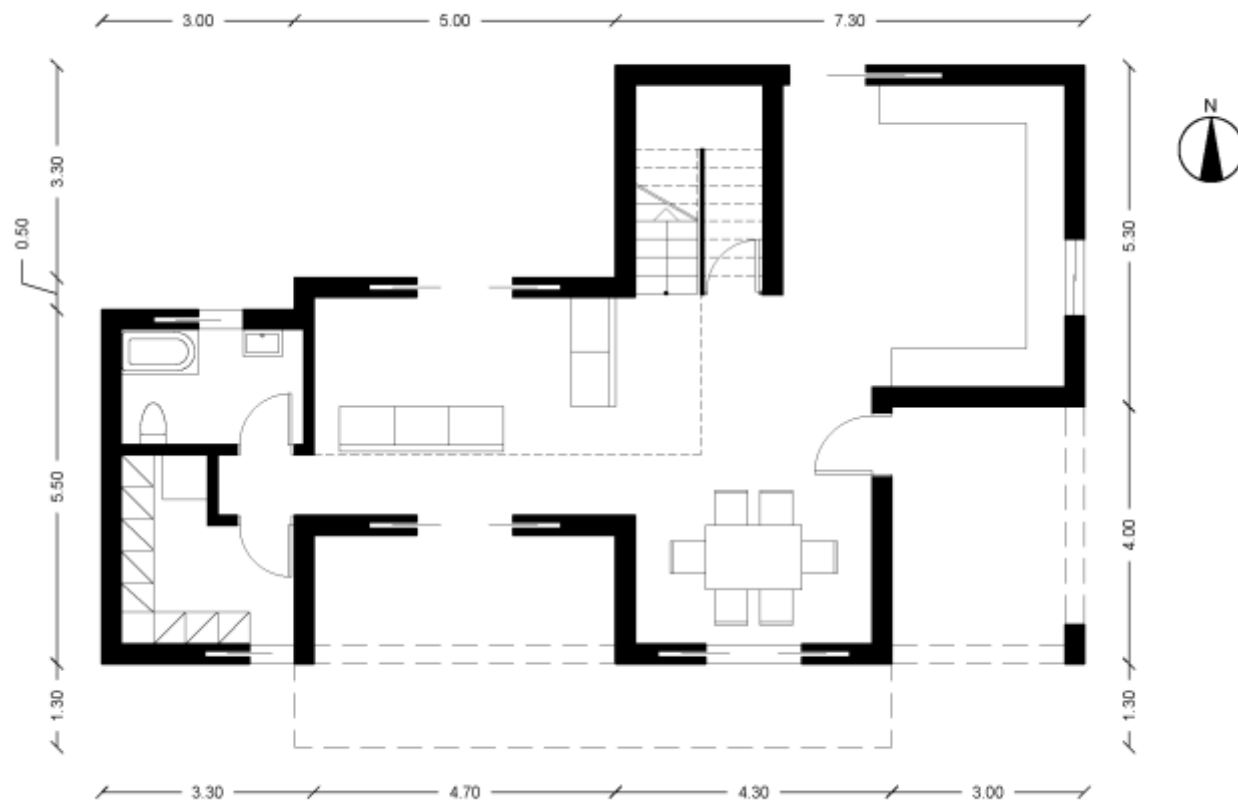
link 5.1 <https://www.efficientwindows.org/ufactor.php>

link 5.2 <https://www.efficientwindows.org/shgc.php>

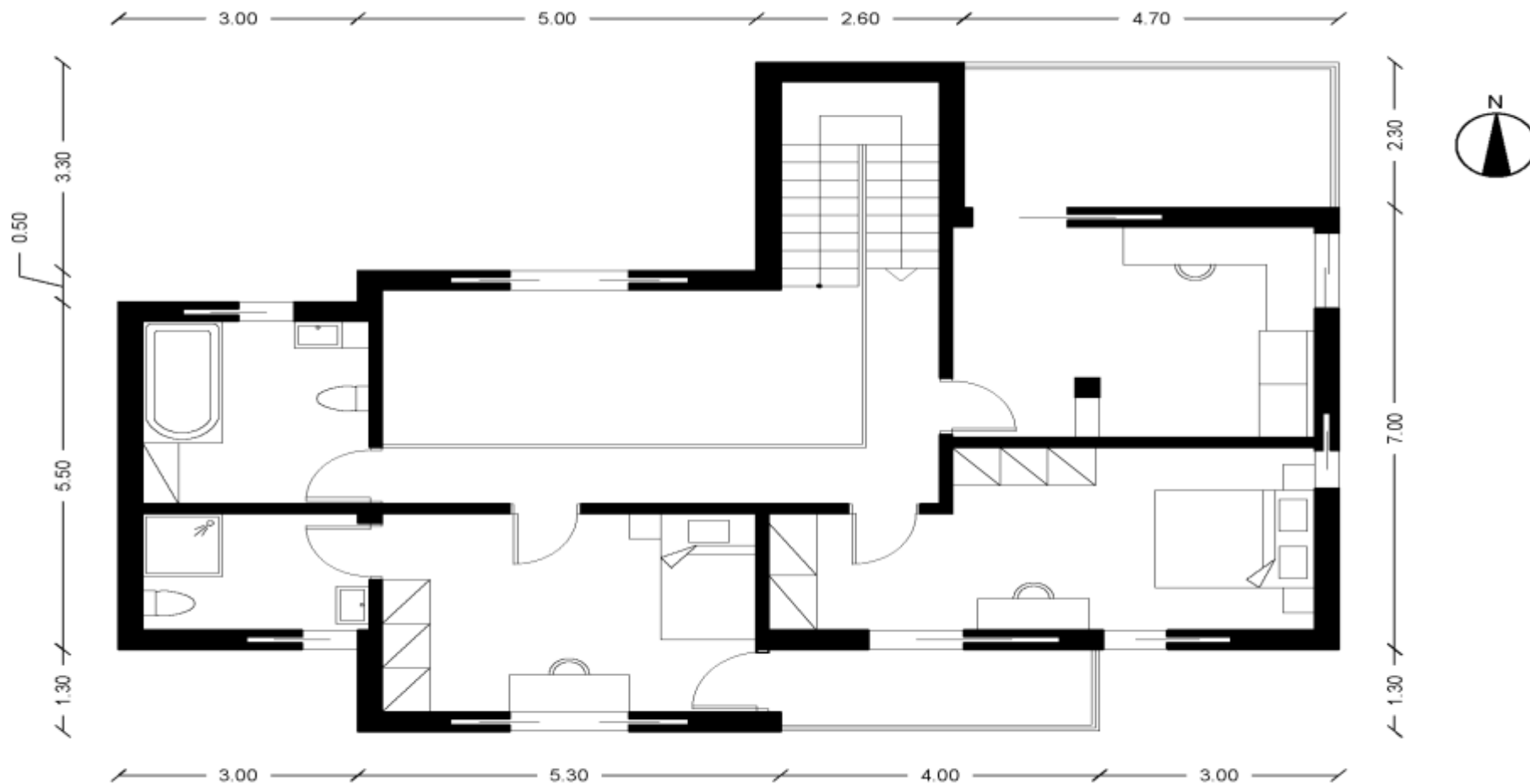
ΑΡΘΡΑ:

- [1] F. AL-Nassar, R. Ruparathna, G. Chhipi-Shrestha, H. Haider, K. Hewage, and R. Sadiq, “Sustainability assessment framework for low rise commercial buildings: life cycle impact index-based approach,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 18, no. 8, pp. 2579–2590, 2016.
- [2] J. Hester, T. R. Miller, J. Gregory, and R. Kirchain, “Actionable insights with less data: guiding early building design decisions with streamlined probabilistic life cycle assessment,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, 2018.
- [3] G. A. Blengini, T. Di Carlo, and T. Di Carlo, “Energy-saving policies and low-energy residential buildings : an LCA case study to support decision makers in Piedmont (Italy),” pp. 652–665, 2010.
- [4] T. C. C. 156 “Ventilation for Buildings”, “Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics,” no. August. 2007.
- [5] “Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701_2 1η έκδοση [Technical Guidelines of Technical Chamber of Greece 20701_2 1st edition],” 2010.
- [6] W. Performance, “NatHERS Windows Fact Sheet,” no. U values, p. 45, 2017.
- [7] “Architectural Fiberglass Door NFRC Thermal Ratings,” p. 29.
- [8] A. F. Doors et al., “Aurora Fiberglass Door NFRC Thermal Ratings.”
- [9] E. Science, *Environmental Science and Engineering Environmental Science*.
- [10] Bio Intelligence Service, “Annex 5 Environmental Impacts Characterisation Factors Analysed,” A Study to Examine Benefits End Life Veh. Dir. Costs Benefits a Revis. 2015 Targets Recycl. , Re-Use Recover. Under ELV Dir. - Final Rep. to DG Environ., p. 6, 2006.
- [11] “Athena EcoCalculator for Commercial and Residential Assemblies : Inner Workings Synopsis,” 2012.
- [12] T. Guide, A. I. Estimator, G. Globes, and G. P. Compliance, “Athena Guide to Whole-Building LCA in Green Building Programs,” vol. 2010, no. March, pp. 1–41, 2014.
- [13] C. De Wolf, F. Pomponi, and A. Moncaster, “Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice,” *Energy Build.*, vol. 140, pp. 68–80, 2017.

ΚΕΦΆΛΑΙΟ 7^ο : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



Εικόνα 72-Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 73-Κάτοψη πρώτου ορόφου