



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Ενεργειακή προσομοίωση κατοικίας στο Ηράκλειο Κρήτης, με τη
χρήση των λογισμικών REVIT®, GREEN BUILDING STUDIO
(GBS) και INSIGHT

Φοιτήτρια: Πιθαμίτση Μαργαρίτα, ΤΜ 20363

Επιβλέπων Καθηγητής: Κονταξάκης Κωνσταντίνος,
επικ. καθηγητής ΕΛΜΕΠΑ

Αθήνα, Ιούλιος 2025

Περίληψη

Ο κτηριακός τομέας παίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική κατανάλωση της ενέργειας. Τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο τα κράτη με τη θέσπιση συγκεκριμένου νομοθετικού πλαισίου, όσο και ο επιστημονικός κόσμος, με την ανάπτυξη κατάλληλων «εργαλείων», στοχεύουν στη μείωση αυτής της κατανάλωσης.

Στη παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένακτήριο κατοικίας, με σκοπό αφενός την ενεργειακή του μελέτη και αφετέρου την ενεργειακή του αναβάθμιση. Για το λόγο αυτό, απαιτείται η χρήση εξειδικευμένων λογισμικών. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν τα λογισμικά Revit, GreenBuildingStudio και Insight. Με τη βοήθεια αυτών έγινε η ενεργειακή προσομοίωση του κτηρίου και διερευνήθηκαν βελτιωτικά σενάρια.

Λέξεις κλειδιά: Ενεργειακή μελέτη, Εξοικονόμηση ενέργειας, Revit, GreenBuildingStudio, Insight.

Abstract

The building sector plays an important role in the total consumption of energy. Over the last decades, both the states through the establishment a specific legal context and the academia through the development of appropriate tools aim at the reduction of that consumption.

In this paper, a single family building is examined for the development of its energy study and updating its energy efficiency. For this reason, the usage of specialized software is required. Specifically, the programs of Revit, Green Building Studio and Insight were utilized. With that help, the building energy simulation and scenarios for upgrading it were explored.

Key words: Energy study, Energy savings, Revit, Green Building Studio, Insight.

Περιεχόμενα

Περίληψη	0
Abstract.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Πίνακας Εικόνων.....	5
Πίνακας περιεχομένων πινάκων	8
1. Το ενεργειακό ζήτημα	9
1.1 Το κτηριακό ζήτημα.....	12
1.1.1 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα.....	12
1.1.2 Πλήθος και χρήση κτηρίων.....	13
1.1.3 Κατηγοριοποίηση των κτηρίων με βάση την ηλικία τους	13
1.1.4 Κατηγοριοποίηση των κτηρίων και ενεργειακή κατανάλωση	15
1.1.5 Νομικό πλαίσιο.....	17
1.1.6 Ανάγκη Ενεργειακής Αναβάθμισης	17
2. Ανάπτυξη εργαλείων προσομοίωσης κτηρίων.....	19
2.1 Η μεθοδολογία B.I.M.	19
2.2 Το λογισμικό Revit	21
2.2.1 Περιβάλλον εργασίας του Revit.....	21
2.2.2 Σχεδίαση του κτηρίου	25
2.2.3. Ορισμός «περιβαλλοντικών» παραμέτρων του έργου.....	30
2.3 Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit	39
2.3.1 Παρουσίαση παραμέτρων	39
2.3.2 Ενεργειακή Προσομοίωση Κτηρίου στο Revit	43
2.4 Λογισμικό Green Building Studio (GBS)	45
2.4.1 Τρόπος λειτουργίας του Green Building Studio	45
2.5 Insight.....	50
2.5.1 Χαρακτηριστικά του Insight	51
3. Ενεργειακή μελέτη υφιστάμενου κτηρίου	53
3.1 Τοποθεσία κτηρίου.....	53
3.2 Σχέδια του κτηρίου	54
3.2.1 Κατόψεις ισογείου και πρώτου ορόφου του κτηρίου	54
3.2.2 Όψεις του κτηρίου	56
3.2.3 Τρισδιάστατες απεικονίσεις του κτηρίου	57
3.3 Χαρακτηριστικά κτηρίου	58
3.3.1 Τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.....	59

3.3.2 Φέροντας Οργανισμός	60
3.3.3 Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	61
3.3.4 Οροφή	62
3.3.4 Τύποι υπολογισμών	63
3.4 Συνθήκες Λειτουργίας του κτηρίου	63
3.5 Σύστημα HVAC.....	66
3.6 Ορισμός χώρων και θερμικών ζωνών	67
3.7 Ηλιασμός του κτηρίου.....	68
3.8 Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής	69
4. Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης και σενάρια βελτίωσης.....	73
4.1 Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης του κτηρίου	73
4.1.1. Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης στο Revit	73
4.1.2 Αποτελέσματα ανάλυσης στο Project Solon του Green Building Studio (GBS).....	83
4.1.3 Εκτίμηση κατανάλωσης ενέργειας στο GreenBuildingStudio.....	85
4.1.5 Αποτελέσματα του υπάρχοντος κτηρίου στο λογισμικό Insight.....	87
4.2 Σενάρια βελτίωσης υπάρχοντος κτηρίου με χρήση του λογισμικού Insight.....	90
4.2.1 Πρώτο βελτιωτικό σενάριο-Αλλαγή συστήματος HVAC	90
4.2.2 Δεύτερο βελτιωτικό σενάριο-Μείωση πυκνότητας ισχύς φωτισμού	91
4.2.3 Τρίτο βελτιωτικό σενάριο- Επιπλέον μόνωση οροφής.....	92
4.2.4 Τέταρτο βελτιωτικό σενάριο- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.....	93
4.2.5 Πέμπτο βελτιωτικό σενάριο-Συνδυασμός των προηγούμενων τεσσάρων σεναρίων.....	95
4.2.6 Σύγκριση σεναρίων.....	95
5. Συμπεράσματα.....	97
Βιβλιογραφία	99

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Απεικόνιση κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο σε κάθε χώρα (Ritchie, Rosado, Roser, 2020).....	10
Εικόνα 2. Συνεισφορά όλων των τρόπων παραγωγής ενέργειας στην ολική παραγωγή (EnergyInstitute, 2024).....	11
Εικόνα 3. Εξέλιξη της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από το 1800 έως το 2000 (ThePennsylvaniaStateUniversity).....	11
Εικόνα 4. Ποσοστιαία Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα Παγκοσμίως	12
Εικόνα 5. Ποσοστιαία Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα στην Ελλάδα	13
Εικόνα 6. Πλήθος κτηρίων χτισμένων προ KENAK (Energy Hub for All).....	14
Εικόνα 7. Κλίμακα ενεργειακής κατάταξης κτηρίων.....	15
Εικόνα 8. ΠΕΑ σελίδα 1 (KENAK)	15
Εικόνα 9. ΠΕΑ σελίδα 2 (KENAK)	16
Εικόνα 10. Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.....	17
Εικόνα 11. ProjectFiles	21
Εικόνα 12. Περιβάλλον σχεδίασης του Revit Architecture.....	22
Εικόνα 13. Ribbon και Architecture.....	22
Εικόνα 14. Ribbon και Structure	22
Εικόνα 15. OptionBar	23
Εικόνα 16. PropertiesPalette	23
Εικόνα 17. Project Browser	24
Εικόνα 18. Project Units-Ορισμός συστήματος μονάδων.....	25
Εικόνα 19. Σχεδιασμός επιπέδων.....	26
Εικόνα 20. Περιβάλλον σχεδίασης του Revit και σχεδίαση τοίχων, πατωμάτων, οροφής.....	27
Εικόνα 21. Περιβάλλον σχεδίασης του Revit και σχεδίαση τοίχων, πατωμάτων, οροφής.....	27
Εικόνα 22. Sun Settings.....	28
Εικόνα 23. Ορισμός Συντεταγμένων Κτηρίου	28
Εικόνα 24. Sun Settings, Single Day.....	29
Εικόνα 25. Sun Settings, Multi-Day.....	29
Εικόνα 26. Sun Path Off/ Sun Path On	29
Εικόνα 27. Type Properties.....	30
Εικόνα 28. Edit Assembly.....	30
Εικόνα 29. Material Browser	31
Εικόνα 30. Area and Volume Computations	32
Εικόνα 31. Computations.....	32
Εικόνα 32. Rotate True North	34
Εικόνα 33. Location Weather and Site.....	34
Εικόνα 34. Location Weather and Site, Location	35
Εικόνα 35. Location Weather and Site, Weather.....	35
Εικόνα 36. Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού	36
Εικόνα 37. MEPSettings	36
Εικόνα 38. MEP settings.....	37
Εικόνα 39. Building/SpaceTypeSettings.....	37
Εικόνα 40. ScheduleSettings, HomeOccupancy.....	38
Εικόνα 41. Schedule Settings, Office Lighting.....	38
Εικόνα 42. Schedule Settings, Home Occupancy- 24 Hours	39
Εικόνα 43. Tab Analyze	39
Εικόνα 44. Energy settings.....	40
Εικόνα 45. Building Data, Single Family.....	41
Εικόνα 46. Outdoor Air Information.....	42
Εικόνα 47. Advanced Energy Settings	42
Εικόνα 48. Create Energy Model	43
Εικόνα 49. Create the Energy Analytical Model	43
Εικόνα 50. Το αναλυτικό ενεργειακό μοντέλο του κτηρίου.....	44
Εικόνα 51. Generate	44
Εικόνα 52. Optimize	45

Εικόνα 53. Προσομοιώσεις στο Green Building Studio	46
Εικόνα 54. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο Green Building Studio.....	47
Εικόνα 55. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο Green Building Studio.....	48
Εικόνα 56. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο Green Building Studio.....	49
Εικόνα 57. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο Green Building Studio.....	50
Εικόνα 58. Παρουσίαση έργων στο Insight.....	51
Εικόνα 59. Περιβάλλον εργασίας του Insight.....	52
Εικόνα 60. Αεροφωτογραφία του κτηρίου από το GoogleEarth και γεωγραφικές συντεταγμένες	53
Εικόνα 61. Αεροφωτογραφία του κτηρίου από το GoogleEarth και απόσταση από την θάλασσα.....	53
Εικόνα 63. Κάτοψη Ισογείου	54
Εικόνα 64. Κάτοψη Πρώτου Ορόφου.....	55
Εικόνα 65. Αριστερή πλάγια όψη	56
Εικόνα 66. Δεξιά πλάγια όψη.....	56
Εικόνα 67. Πρόσοψη.....	56
Εικόνα 68. Πίσω όψη.....	57
Εικόνα 69. 3D αναπαράσταση κτηρίου.....	57
Εικόνα 70. 3D αναπαράσταση κτηρίου.....	58
Εικόνα 71. Εξωτερική τοιχοποιία	59
Εικόνα 72. Φέροντας οργανισμός	60
Εικόνα 73. Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος.....	61
Εικόνα 74. Οροφή.....	62
Εικόνα 75. Ορισμός επιφάνειας δαπέδου ανά άτομο	64
Εικόνα 76. Χρονοδιάγραμμα οικιακής χρήσης OccupancySchedule	64
Εικόνα 77. Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας φωτισμού LightingSchedule.....	65
Εικόνα 78. Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού PowerSchedule	65
Εικόνα 79. Παράμετροι λειτουργίας κτηρίου.....	66
Εικόνα 80. Επιλογή συστήματος HVAC.....	66
Εικόνα 81. Ορισμός χώρων ισογείου.....	67
Εικόνα 82. Ορισμός χώρων ορόφου.....	68
Εικόνα 83. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/3/2019, στις 12 το μεσημέρι (Εαρινή Ισημερία)	68
Εικόνα 84. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/6/2019, στις 12 το μεσημέρι (Θερινό Ηλιοστάσιο)	69
Εικόνα 85. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/9/2019, στις 12 το μεσημέρι (Φθινοπωρινή Ισημερία).....	69
Εικόνα 86. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/12/2019, στις 12 το μεσημέρι (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)	69
Εικόνα 87. Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού στο GBS.....	70
Εικόνα 88. Επιλογές παραμέτρων για γραφήματα	70
Εικόνα 89. Θερμοκρασιακό εύρος κάθε μήνα	70
Εικόνα 90. Ετήσιο αιολικό δυναμικό.....	71
Εικόνα 91. Κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού και αθροιστική κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού.....	71
Εικόνα 92. Κατανομή συχνότητας σημείου δρόσου και κατανομή συχνότητας σχετικής υγρασίας	72
Εικόνα 93. Ετήσιο ηλιακό δυναμικό.....	72
Εικόνα 94. Analyze, Heating and Cooling Loads	73
Εικόνα 95. Widgets, ProjectSolon	83
Εικόνα 96. Μηνιαία ψυκτικά φορτία-Monthlycoolingloads.....	84
Εικόνα 97. Μηνιαία θερμικά φορτία-Monthlyheatingloads.....	84
Εικόνα 98. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας.....	85
Εικόνα 99. Βασική παρουσίαση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης.....	85
Εικόνα 100. Λεπτομερής παρουσίαση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης.....	86
Εικόνα 101. Βασική ετήσια κατανάλωση καυσίμων	86
Εικόνα 102. Λεπτομερής ετήσια κατανάλωση καυσίμων.....	86
Εικόνα 103. Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας, όπως εμφανίζεται στο Insight.....	87
Εικόνα 104. Διαγράμματα απεικόνισης της βασικής προσομοίωσης, όπως εμφανίζονται στο Insight.....	89
Εικόνα 105. Αλλαγή συστήματος HVAC	90
Εικόνα 106. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 1	91
Εικόνα 107. Αλλαγή εγκατεστημένου ισχύος φωτισμού.....	91
Εικόνα 108. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 2	92
Εικόνα 109. Αλλαγή χαρακτηριστικών οροφής.....	92

<i>Εικόνα 110. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 3</i>	<i>93</i>
<i>Εικόνα 111. ΦΒ- Κάλυψη της στέγης κατά 75%</i>	<i>93</i>
<i>Εικόνα 112. ΦΒ-Συντελεστής αποδοτικότητας 20,4%.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 113. ΦΒ-Περίοδος αποπληρωμής 20 χρόνια.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 114. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 4</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 115. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 5</i>	<i>95</i>
<i>Εικόνα 116. Σύγκριση σεναρίων</i>	<i>96</i>

Πίνακας περιεχομένων πινάκων

Πίνακας 1. Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2017)	16
Πίνακας 2. Συντελεστές Θερμοπερατότητας.....	58
Πίνακας 3. Τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης για κάθε δομικό στοιχείο (TOTE-2, 2010)	59
Πίνακας 4. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_L) εξωτερικής τοιχοποιίας.....	59
Πίνακας 5. Φύλλον υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας.....	60
Πίνακας 6. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_L) φέροντα οργανισμού	60
Πίνακας 7. Φύλλον υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας φέροντα οργανισμού.....	61
Πίνακας 8. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_L) δαπέδου σε επαφή με το έδαφος	61
Πίνακας 9. Φύλλον υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος	61
Πίνακας 10. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_L) οροφής.....	62
Πίνακας 11. Φύλλον υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	62
Πίνακας 12. Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στους εσωτερικούς χώρους	65
Πίνακας 13. Αποτελέσματα για όλο το κτήριο	73
Πίνακας 14. Καθιστικό, Ισόγειο, Revit	74
Πίνακας 15. Καθιστικό, Ισόγειο	74
Πίνακας 16. Κουζίνα, Ισόγειο, Revit	75
Πίνακας 17. Κουζίνα, Ισόγειο	76
Πίνακας 18. Γραφείο, Ισόγειο	76
Πίνακας 19. WC, Ισόγειο.....	77
Πίνακας 20. Υπνοδωμάτιο, Ισόγειο	79
Πίνακας 21. Σκάλα και χολ, Ισόγειο και όροφος.....	79
Πίνακας 22. Υπνοδωμάτιο 2, Όροφος	80
Πίνακας 23. Υπνοδωμάτιο 3, Όροφος	81
Πίνακας 24. WC, Όροφος.....	82
Πίνακας 25. Πληροφορίες οροφής	92
Πίνακας 26. Ετήσια Ενεργειακή Κατανάλωση κάθε σεναρίου και ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας.....	95

1.Το ενεργειακό ζήτημα

Τα τελευταία χρόνια γίνεται ολοένα και περισσότερος λόγος αναφορικά με την επίτευξη της βιωσιμότητας. *«Βιωσιμότητα (ή αειφορία) είναι ένα πρότυπο παραγωγής το οποίο στοχεύει στο καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα τόσο για τον Άνθρωπο όσο και για το φυσικό περιβάλλον, τόσο στο παρόν όσο και στο αόριστο μέλλον.»*(WikiPedia, 2014)

Το γεγονός αυτό καταδεικνύει πως υπάρχει ένας σκεπτικισμός αναφορικά με την ανθρωπογενή δραστηριότητα από την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης έως σήμερα, και τις επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Η ανθρωπογενής δραστηριότητα σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση της ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ενεργειακό ζήτημα είναι ένα οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό πρόβλημα υψίστης σημασίας.

Από το 1997 μέχρι σήμερα, μέσω των «Διασκέψεων για την κλιματική αλλαγή» (COP)(United Nations,), γίνεται μια συντονισμένη προσπάθεια των κρατών για τη νομική προστασία του περιβάλλοντος, ταυτόχρονα με την επέκταση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι Διασκέψεις αυτές πραγματοποιούνται ετησίως, σε διαφορετική χώρα κάθε φορά. Σε μία από αυτές τις συναντήσεις το 2015 στο Παρίσι (COP21), εγκρίθηκε η ομόθυμη «Συμφωνία του Παρισιού» (United Nations), η οποία υπογράφηκε το αμέσως επόμενο έτος.

Στόχος της συμφωνίας είναι να ελεγχθούν οι παραγόμενοι ρύποι ώστε να διατηρηθεί «η αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας πολύ κάτω από τους 2°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα και να περιοριστεί η αύξηση της θερμοκρασίας στους 1,5°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα».(United Nations)

Είναι προφανές, πως το ενεργειακό ζήτημα είναι αρκετά σημαντικό τόσο σε πολιτικό, όσο και σε κοινωνικό επίπεδο και σχετίζεται με την πρόοδο, την ευημερία και τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων.

Για το λόγο αυτό δημιουργείται η ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές. Οι επιχειρηματικές πρακτικές που χαρακτηρίζονται ως βιώσιμες θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τόσο τις περιβαλλοντικές όσο και τις κοινωνικοοικονομικές ανησυχίες. (Kaizen Institute)

Παρόλα αυτά, ο σύγχρονος τρόπος ζωής, τουλάχιστον σε αυτόν που αποκαλείται «δυτικός κόσμος», επιτάσσει μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας. Κάθε σπίτι στον «ανεπτυγμένο κόσμο» είναι εξοπλισμένο από πληθώρα ηλεκτρικών συσκευών οδηγώντας αφενός στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών αλλά αφετέρου στη δαπάνη σημαντικών ποσών ενέργειας ετησίως.

Στον αντίποδα οδηγεί εκείνους που δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα απόκτησης τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ενεργειακή φτώχεια. (European Committion)

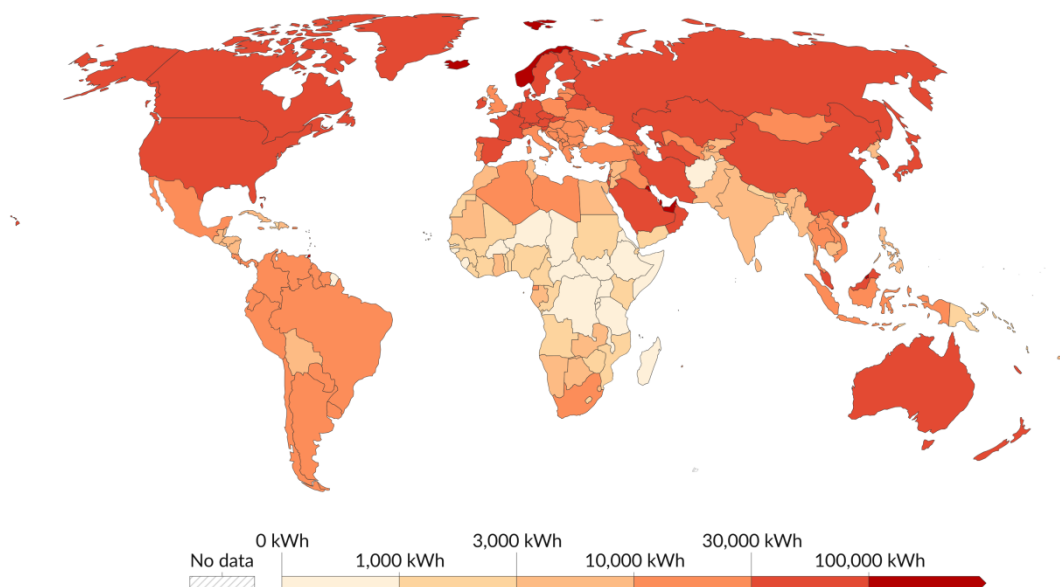
Η ενεργειακή φτώχεια οδηγεί σε αποκλεισμό από τις σύγχρονες ανάγκες, είτε αυτές είναι ζωτικής σημασίας, όπως για παράδειγμα η θέρμανση, είτε κοινωνικής σημασίας, όπως το διαδίκτυο.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται χρωματισμένες με έντονο κόκκινο, οι χώρες με τις μεγαλύτερες καταναλώσεις. Όσο πιο απαλό είναι το κόκκινο, τόσο μικρότερη η κατανάλωση ενέργειας από την εκάστοτε χώρα.

Energy use per person, 2023

Our World
in Data

Measured in kilowatt-hours¹ per person. Here, energy refers to primary energy² using the substitution method³.



Data source: U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Population based on various sources (2023)

OurWorldinData.org/energy | CC BY

1. Watt-hour A watt-hour is the energy delivered by one watt of power for one hour. Since one watt is equivalent to one joule per second, a watt-hour is equivalent to 3600 joules of energy.

Metric prefixes are used for multiples of the unit, usually:

- kilowatt-hours (kWh), or a thousand watt-hours.
- Megawatt-hours (MWh), or a million watt-hours.
- Gigawatt-hours (GWh), or a billion watt-hours.
- Terawatt-hours (TWh), or a trillion watt-hours.

2. Primary energy Primary energy is the energy available as resources – such as the fuels burnt in power plants – before it has been transformed. This relates to the coal before it has been burned, the uranium, or the barrels of oil.

Primary energy includes energy that the end user needs, in the form of electricity, transport and heating, plus inefficiencies and energy that is lost when raw resources are transformed into a usable form.

You can read more on the different ways of measuring energy [in our article](#).

3. Substitution method The "substitution method" is one method used to adjust primary energy consumption for efficiency losses experienced by fossil fuels. It tries to adjust non-fossil energy sources to the inputs that would be needed if it was generated from fossil fuels. It assumes that wind and solar electricity is as inefficient as coal or gas.

To do this, energy generation from non-fossil sources are divided by a standard 'thermal efficiency factor' – typically around 0.4

Nuclear power is also adjusted despite it also experiencing thermal losses in a power plant. Since it's reported in terms of electricity output, we need to do this adjustment to calculate its equivalent input value.

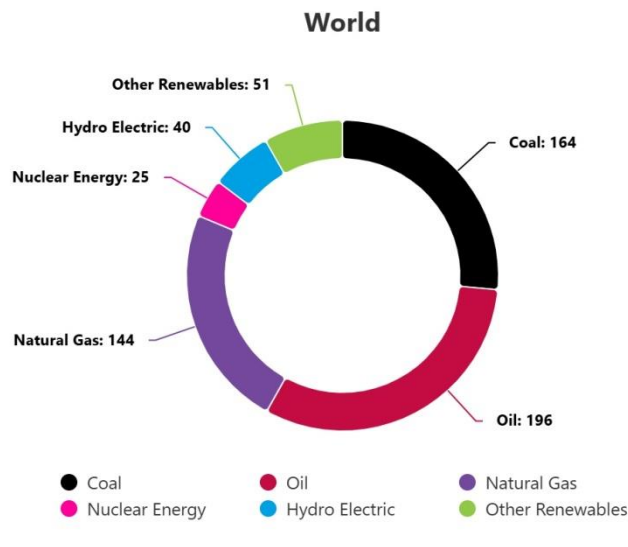
You can read more about this adjustment [in our article](#).

Εικόνα 1. Απεικόνιση κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο σε κάθε χώρα (Ritchie, Rosado, Roser, 2020)

Επιπλέον, σε περιβαλλοντικό επίπεδο, δεν μπορεί να μην γίνει αναφορά σε ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει από την «εκτεταμένη» χρήση της συμβατικής ενέργειας και δεν είναι άλλο από τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια γίνονται μεγάλες προσπάθειες, έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες, οι

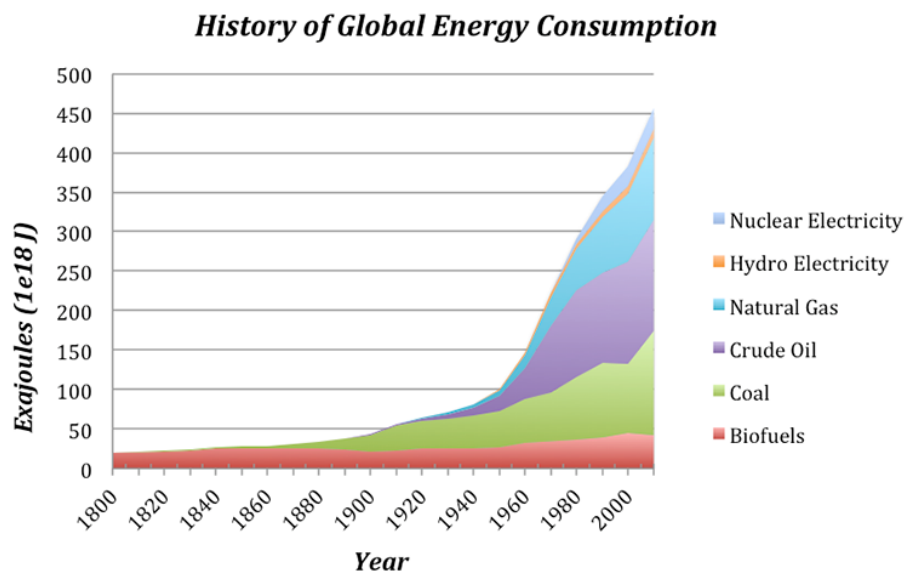
οποίες είναι συμβατές με την χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), η διείσδυσή τους στα δίκτυα κυμαίνεται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2023, το ποσοστό διείσδυσης των Α.Π.Ε. παγκοσμίως ήταν της τάξης του 8,23%.(EnergyInstitute)

Όπως φαίνεται από την εικόνα 2, τα συμβατικά καύσιμα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται κυρίως, για την παραγωγή ενέργειας. Οι τιμές της ενέργειας είναι μετρημένες σε Exajoules και ισχύει $1 \text{ EJ} = 10^{18} \text{ J}$.



Εικόνα 2. Συνεισφορά όλων των τρόπων παραγωγής ενέργειας στην ολική παραγωγή (EnergyInstitute, 2024)

Η διείσδυση των ΑΠΕ δεν είναι ικανή να επιφέρει κάποιο βιώσιμο αποτέλεσμα αν δε συνδυαστεί με ταυτόχρονη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3, η παγκόσμια κατανάλωση τα τελευταία εκατό χρόνια αυξάνεται με πάρα πολύ γρήγορους ρυθμούς.



Εικόνα 3. Εξέλιξη της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από το 1800 έως το 2000 (ThePennsylvaniaStateUniversity)

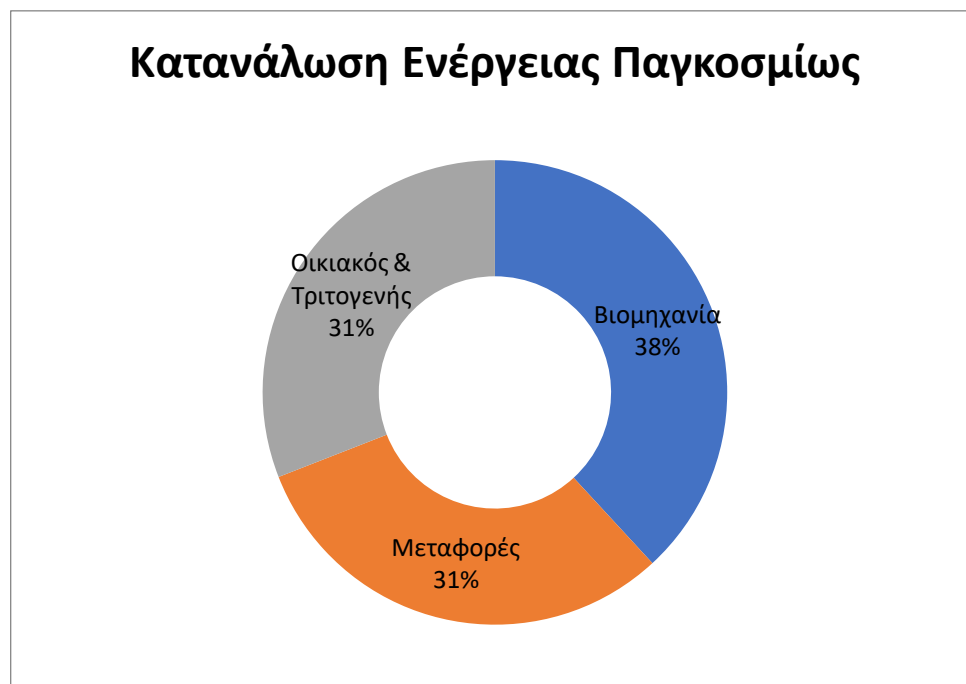
Γίνεται, λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη να σταματήσει η σπατάλη πρώτων υλών ενεργειακών πόρων και να εξοικονομηθεί ενέργεια. Μια πιο ορθολογιστική χρήση της ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει την υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής του σύγχρονου ανθρώπου, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση της υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος, συνθήκη που κρίνεται απαραίτητη για την συνέχιση της ανθρωπότητας.

1.1 Το κτηριακό ζήτημα

Το σύνολο των καθημερινών δραστηριοτήτων του σύγχρονου ανθρώπου απαιτεί την δαπάνη ενέργειας. Η παρούσα εργασία εστιάζει στις ενεργειακές απαιτήσεις των κτηρίων, αφού αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του σύγχρονου ανθρώπου. Επιχειρείται μια προσπάθεια διερεύνησης λύσεων, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, καταπιάνεται με την βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ενός ανακαινιζόμενου κτηρίου, μέσω λογισμικών προσομοίωσης.

1.1.1 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα

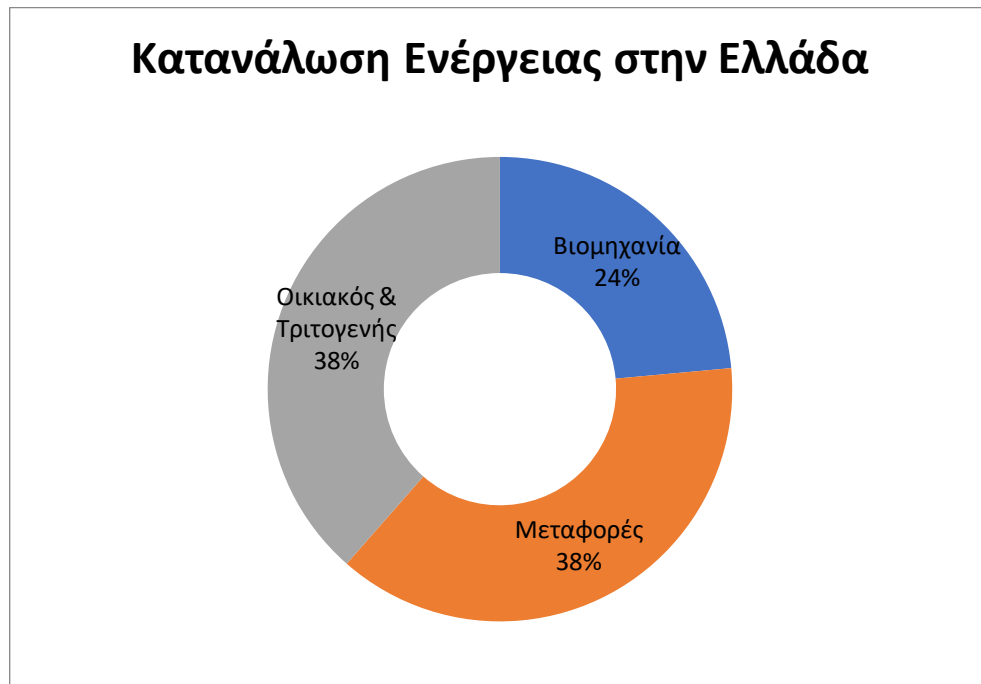
Παγκοσμίως, πολλοί τομείς συνεισφέρουν στην κατανάλωση ενέργειας. Ο σημαντικότερος από αυτούς είναι ο τομέας της βιομηχανίας με ποσοστό της τάξης του 37%(InternationalEnergyAgency), ενώ ακολουθούν ο τομέας των μεταφορών με ποσοστό περίπου 30%(StanfordUniversity) και ο κτηριακός με περίπου 30% (InternationalEnergyAgency).



Εικόνα 4. Ποσοστιαία Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα Παγκοσμίως

Όπως και παγκοσμίως, οι τρεις σημαντικότεροι τομείς κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα είναι ο βιομηχανικός, ο κτηριακός και τριτογενής καθώς και ο τομέας των μεταφορών.

Σύμφωνα με στοιχεία του IOBE για το έτος 2021, η κατανομή της ενέργειας στους 3 βασικούς τομείς γίνεται ως εξής: Στον τομέα της βιομηχανίας καταναλώνεται το 22,8%, στον τομέα των μεταφορών καταναλώνεται το 36,7%, ενώ στον οικιακό και τον τριτογενή τομέα το 37,3%. (Γεωργακόπουλος, 2021)



Εικόνα 5. Ποσοστιαία Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα στην Ελλάδα

1.1.2 Πλήθος και χρήση κτηρίων

Το πλήθος των κτηρίων, κατηγοριοποιημένο ανάλογα με τη χρήση τους, απογράφεται κάθε δέκα χρόνια. Η τελευταία απογραφή κτηρίων έλαβε χώρα το 2021. Όμως, τα δημοσιευμένα στατιστικά που είναι επεξεργασμένα, προέρχονται από την απογραφή του 2011(Ελληνική Στατιστική Αρχή). Σύμφωνα με αυτά το συνολικό πλήθος των κτηρίων ανέρχεται σε 4.105.637 . Από αυτά, το 79,06% είναι κτήρια κατοικίας, ενώ όλα τα υπόλοιπα κτήρια που αποτελούν 20,94% των συνολικών, είναι νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία κ.α. (Ελληνική Στατιστική Αρχή)

1.1.3 Κατηγοριοποίηση των κτηρίων με βάση την ηλικία τους

Με βάση το νομικό πλαίσιο που ίσχυε την περίοδο κατασκευής τους, τα κτήρια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

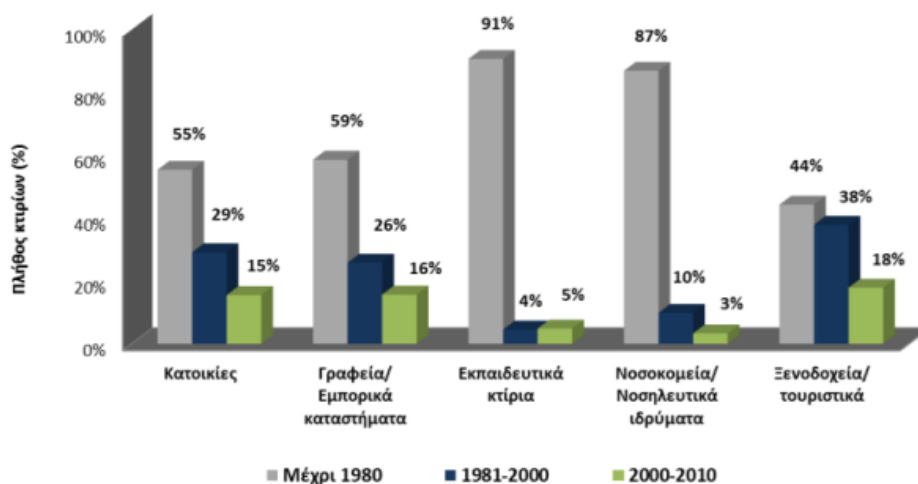
Α) Κτήρια , των οποίων η οικοδομική άδεια έχει εκδοθεί πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ) (4 Ιουλίου 1979)(ΕΛΙΝΥΑΕ). Για τα κτήρια αυτά δεν υπήρχε καμία απαίτηση θερμομονωτικής προστασίας του κελύφους.

Β) Κτήρια, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε κατά την περίοδο 1979 – 2010 και κατασκευάστηκαν με βάση τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων.

Γ) Κτήρια, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) το έτος 2010(Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 2010)και μέχρι την αναθεώρησή του, το έτος 2017(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2017).

Δ) Κτήρια, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την αναθεώρηση του Κ.ΕΝ.Α.Κ. δηλαδή μετά το 2017.

Παρουσιάζεται το πλήθος των κτηρίων στις 3 χρονικές περιόδους. Δηλαδή, 1) πριν το 1980, χωρίς θερμοπροστασία, 2) από το 1981 έως το 2000, όπου ξεκινούν να εφαρμόζονται συστήματα θερμομόνωσης, 3) από το 2001 έως το 2010 όπου ενσωματώνονται νέες τεχνολογίες και προϊόντα θερμομόνωσης. Τα κτήρια που χτίστηκαν μετά το 2010 ακολουθούν τις οδηγίες του ΚΕΝΑΚ και επομένως πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις.



Εικόνα 6. Πλήθος κτηρίων χτισμένων προ ΚΕΝΑΚ (Energy Hub for All)

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία είναι εμφανές πως η παλαιότητα χαρακτηρίζει ένα μεγάλο μέρος του κτηριακού αποθέματος της Ελλάδας. Το γεγονός αυτό γεννά την ανάγκη της ανακαίνισής τους (ενδεχομένως σε κάποιες περιπτώσεις της αντικατάστασής τους) με σκοπό αφενός τη μείωση του ενεργειακού τους αποτυπώματος και αφετέρου τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν.

1.1.4 Κατηγοριοποίηση των κτηρίων και ενεργειακή κατανάλωση

Με βάση τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, τα κτήρια κατατάσσονται σε εννέα ενεργειακές κατηγορίες, ανάλογα με την ενεργειακή τους απόδοση. Οι κατηγορίες αυτές είναι από το A+ έως το H (Energy hub for All). Για τα κτήρια που υφίστανται ήδη και ανακαινίζονται ριζικά, η ελάχιστη απαίτηση είναι η κατηγορία B.



Εικόνα 7. Κλίμακα ενεργειακής κατάταξης κτηρίων

Η κατηγορία στην οποία κατατάσσεται ένα κτήριο, ή με άλλα λόγια η ενεργειακή του απόδοση σχετίζεται με την περίοδο κατασκευής του, αφού από περίοδο σε περίοδο αλλάζει το νομοθετικό πλαίσιο. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου αναγράφεται σε ένα έγγραφο, το οποίο εκδίδεται από ενεργειακό επιθεωρητή και ονομάζεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)(KENAK).

Α.Π.:		Α.Α.:	
ΧΡΗΣΗ:			
Κτίριο ☐	Τμήμα κτιρίου ☐		
Αριθμός ιδιοκτησίας:			
Κλιματική Ζώνη:			
Διεύθυνση:			
Πόλη:		(Φωτογραφία κτιρίου)	
Έτος κατασκευής:			
Συνολική επιφάνεια [m ²]:			
Θερμανόμενη επιφάνεια [m ²]:			
Όνομα ιδιοκτήτη:			
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ			
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	
$EP \leq 0,33 \cdot R_{th}$ A+			
$0,33 \cdot R_{th} < EP \leq 0,50 \cdot R_{th}$ A			
$0,50 \cdot R_{th} < EP \leq 0,75 \cdot R_{th}$ A+			
$0,75 \cdot R_{th} < EP \leq 1,00 \cdot R_{th}$ B		B	
$1,00 \cdot R_{th} < EP \leq 1,41 \cdot R_{th}$ Γ			
$1,41 \cdot R_{th} < EP \leq 1,82 \cdot R_{th}$ Δ			
$1,82 \cdot R_{th} < EP \leq 2,27 \cdot R_{th}$ Ε			
$2,27 \cdot R_{th} < EP \leq 2,73 \cdot R_{th}$ Ζ			
$2,73 \cdot R_{th} < EP$ Η			
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ			
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:			
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:			
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]:			
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO ₂			
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m ²]:	Καύσιμο [kWh/m ²]:	Θερμική άνεση ☐	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:		Οπτική άνεση ☐	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kg/m ²]:		Ακουστική άνεση ☐	
		Ποιότητα αέρα ☐	

Εικόνα 8. ΠΕΑ σελίδα 1 (KENAK)

Α.Π.: _____ Α.Α.: _____	
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση
Ηλεκτρική	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
	Φωτισμός ☐
	Συμμενομή ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
Πετρέλαιο	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
	Φωτιστικό αέριο
Ορυκτά καύσιμα	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
	Άλλοι: _____
Ηλιακή	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
	Φωτισμός ☐
ΑΠΕ	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
	Θέρμανση ☐ Ψύξη ☐ ΖΝΧ ☐
Άλλοι: _____	Φωτισμός ☐
Σύνολο	
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m ²]	
Θέρμανση: _____ Ψύξη: _____	
Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ): _____ Φωτισμός: _____	
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) _____	
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
1. _____	
2. _____	
3. _____	
Αριθμός συστήσεως	Εκτιμώμενο αρχικό κύκλιος επένδυσης [€]
1	
2	
3	
Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας* [kWh/m ²] [%] [€/kWh]	
Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ * [kg/m ²] [t/m ²]	
Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [έτη]	
* Η εξοικονόμηση ενέργειας και η τιμή μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους συσκευή και το ποσό δεν αθροίζεται. Όμοιος για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.	
Ημερομηνία έκδοσης Π.Α.:	
Ονοματεπώνυμο Επιθεωρητή:	
Α.Μ. Επιθεωρητή:	
Σφραγίδα:	
Υπογραφή:	

Εικόνα 9. Π.Ε.Α σελίδα 2 (ΚΕΝΑΚ)

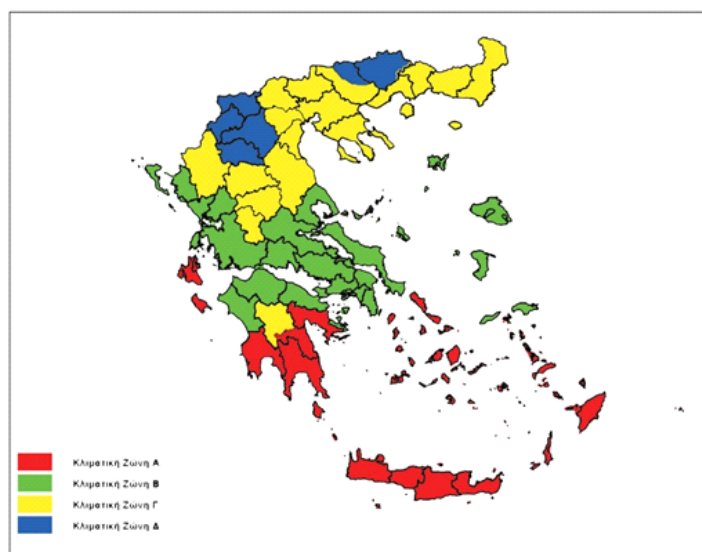
Οι νομοί της Ελλάδα κατατάσσονται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες (Α,Β,Γ,Δ), με βάση τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2017).

Η κατανομή των νομών στις ζώνες (η ζώνη Α είναι η θερμότερη ενώ η Δ η ψυχρότερη) φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς(Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2017).

Κλιματική Ζώνη	Νομοί
Ζώνη Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
Ζώνη Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
Ζώνη Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.

Ζώνη Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.
--------	--



Εικόνα 10. Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας

1.1.5 Νομικό πλαίσιο

Από το 1979 με την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ.) και μετά παρατηρείται από τη μεριά του κράτους, μια προσπάθεια δημιουργίας συγκεκριμένου νομικού πλαισίου που να αφορά τόσο την κατασκευή όσο και την ανακαίνιση των κτηρίων στην Ελλάδα. Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο περιλαμβάνει επιγραμματικά τους εξής νόμους, οδηγίες και κανονισμούς. :

- ΚΕΝΑΚ 2010 (ΚΥΑ 58/2010)
- Οδηγία 31/2010/ΕΕ (Θέσπιση 2012-Εφαρμογή 2013)
- Ν.4122/2013 (Εναρμόνιση)
- Ανάθεση σε ΤΕΕ (ΑΠ 186659/2069/21-11-2016)
- ΚΕΝΑΚ 2017 (ΚΥΑ 178581/2017)
- Έγκριση ΤΟΤΕΕ (ΚΥΑ 182365/17-11-2017 & 23-11-2017)

1.1.6 Ανάγκη Ενεργειακής Αναβάθμισης

Τα κτίρια στην Ελλάδα είναι αρκετά ενεργοβόρα λόγω: α) παλαιότητας, και β) μη ενσωμάτωσης σύγχρονης τεχνολογίας. Πολλά κτίρια αντιμετωπίζουν θέματα όπως:

- μερική ή παντελής έλλειψη θερμομόνωσης

- κουφώματα προηγούμενης τεχνολογίας ,
- ανεπαρκής ηλιοπροστασία των νότιων και δυτικών όψεων τους,
- ελλιπής αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού,
- μη επαρκής συντήρηση συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

Με τη εφαρμογή του KENAK επιχειρείται να θεσμοθετηθεί το νομικό πλαίσιο που να εξασφαλίζει την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Καθορίζοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται η αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων που ανακαινίζονται και βελτιστοποιείται ο σχεδιασμός των νεόδμητων κτιρίων.

2. Ανάπτυξη εργαλείων προσομοίωσης κτηρίων

Η αβεβαιότητα της ενεργειακής επάρκειας, λόγω των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων οδήγησε σε αναζήτηση λύσεων. Από τη δεκαετία του '80 επιχειρείται, από την διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα καθώς και από πολλές εταιρίες, η ανάπτυξη τεχνολογιών για την αντιμετώπιση του ενεργειακού ζητήματος. Ειδικότερα, για το κτηριακό ζήτημα αναπτύσσονται διάφορα λογισμικά, τα οποία με χρήση μαθηματικών μοντέλων και δεδομένων, μπορούν να προσομοιάσουν και να αναλύσουν ενεργειακά ένα κτήριο, πριν αυτό κατασκευαστεί ή ανακαινιστεί.

Μέσω αυτών των λογισμικών, μπορούν να εκτιμηθούν και να διορθωθούν διάφοροι παράγοντες που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα επιφέρει η χρήση του κτιρίου ανάλογα με τις προβλεπόμενες ενεργειακές απαιτήσεις του. Επιπλέον, μπορούν αν εκτιμηθούν τα κόστη ή τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν ανάλογα με τις επιλογές των σχεδιαστών/μηχανικών.

2.1 Η μεθοδολογία B.I.M.

Ταρχικά BIM προέρχονται από το «Building Information Modeling» (Autodesk), το οποίο στα ελληνικά αποδίδεται ως «Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών (ΜΔΠ)» (WikiPedia, 2024).

Ο ορισμός για το BIM, σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Προτύπων BIM, είναι ο ακόλουθος: «Το BIM είναι η ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου ή γενικότερα υποδομών. Ένα μοντέλο BIM αποτελεί πηγή πληροφοριών για το έργο, δημιουργώντας μια αξιόπιστη βάση για στήριξη βέλτιστων αποφάσεων διαχείρισης σε όλο τον κύκλο ζωής του, από τα πιο πρώιμα στάδια της σχεδιαστικής σύλληψης έως την κατεδάφιση» (Τσίκας).

Μέσω της μεθοδολογίας BIM εισάγονται και αναλύονται δεδομένα που αφορούν ένα κτήριο με χρήση τρισδιάστατων δυναμικών μοντέλων. Ουσιαστικά το BIM είναι η μετεξέλιξη του CAD, όπου το CAD ορίζεται ως: «Computer-Aided Design (CAD): – Τεχνολογία χρήσης υπολογιστικών συστημάτων με στόχο την υποβοήθηση στη δημιουργία, μετατροπή, ανάλυση και βελτιστοποίηση μιας κατασκευής (WikiPedia, 2025).

Το βασικό πλεονέκτημα του BIM είναι ότι δημιουργούνται τα πάντα σε ένα σχεδιαστικό περιβάλλον, στο οποίο αν τροποποιηθεί ένα στοιχείο του σχεδίου αλλάζουν αυτομάτως και τα υπόλοιπα. Ο σχεδιασμός και η μελέτη γίνονται ταχύτερα, με μικρότερο κόστος, ποιοτικότερα και με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του BIM σε σχέση με το CAD είναι:

- 3D προσομοίωση σε αντίθεση με 2D αναπαράσταση.

Μέσω του B.I.M. δίνεται η δυνατότητα προσομοίωσης ολόκληρου του κτηρίου ή μερών του. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να επιλεγούν τα βέλτιστα δομικά στοιχεία και κουφώματα, να εξεταστούν μεταβλητές που σχετίζονται με το ενεργειακό αποτύπωμα του κτηρίου, να εκτιμηθούν τα κόστη και να προβλεφθούν και διορθωθούν πιθανά λάθη.

- Ακρίβεια σε αντίθεση με εκτίμηση.

Μέσω του τρισδιάστατου μοντέλου μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια οι ποσότητες των υλικών που θα χρειαστούν για την κατασκευή.

- Αυτόματη προσαρμογή δεδομένων σε αντίθεση με σταδιακή.

Όλα τα σχεδιαστικά μέρη στο B.I.M. συνδέονται μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι μια αλλαγή σε ένα τμήμα του σχεδίου επηρεάζει όλο το σχέδιο και ουσιαστικά το «διορθώνει» αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται να σχεδιαστεί από την αρχή.

Οι επιπλέον ικανότητες των προγραμμάτων B.I.M. αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως επιπλέον διαστάσεις. Θεωρώντας ότι στα προγράμματα C.A.D. η σχεδίαση γίνεται σε 2 ή 3 διαστάσεις, στα προγράμματα B.I.M., η σχεδίαση γίνεται σε 10 διαστάσεις.

Οι διαστάσεις του BIM (Zettler, Pleyer, 2024) είναι οι εξής:

- 3D: Σχεδίαση

Τρισδιάστατη γεωμετρική πληροφορία, δηλαδή το τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου.

- 4D: Χρονικός προγραμματισμός

Η διάσταση του χρόνου που συνδέεται με το τρισδιάστατο μοντέλο, επιτρέποντας τον προγραμματισμό της κατασκευής.

- 5D: Κοστολόγηση και προϋπολογισμός

Η προσθήκη πληροφοριών κόστους στο μοντέλο, όπως προϋπολογισμοί και εκτιμήσεις.

- 6D: Βιωσιμότητα

Πληροφορίες που αφορούν τη διαχείριση του κτιρίου μετά την κατασκευή, όπως συντήρηση και επισκευές.

- 7D: Διαχείριση εγκαταστάσεων

Πληροφορίες που αφορούν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του κτιρίου.

- 8D: Υγιεινή και ασφάλεια

Πληροφορίες που αφορούν την ασφάλεια των εργαζομένων και των χρηστών του κτιρίου.

- 9D: Λιτή κατασκευή

Βελτιστοποίηση διαδικασιών με σκοπό τη μείωση της σπατάλης, αύξηση της αποδοτικότητας και μείωση της διάρκειας του έργου.

- 10D: Industry 4.0 και αυτοματισμοί

Χρήση ψηφιακών τεχνολογιών (αυτοματισμοί, ρομποτικά συστήματα) με σκοπό την πλήρη βιομηχανοποίηση της διαδικασίας.

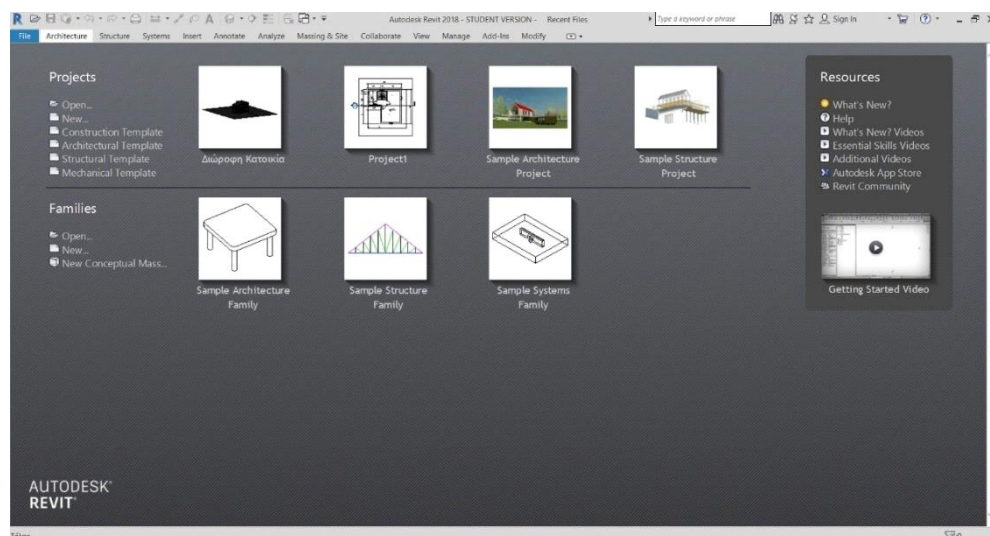
Ο σχεδιασμός και η μελέτη του κτηρίου που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, βασίζεται στην μεθοδολογία BIM, με τη χρήση του λογισμικού Revit της Autodesk και των λογισμικών GBS και Insight.

2.2 Το λογισμικό Revit

Ένα από τα πιο διαδεδομένα προγράμματα BIM είναι το Revit(Autodesk)της εταιρίας Autodesk(Autodesk), στην οποία ανήκουν πλήθος σχεδιαστικών προγραμμάτων, όπως το πασίγνωστο AutoCAD(Autodesk). Το Revit είναι ένα παραμετρικό λογισμικό. Αυτό σημαίνει ότι οι διαστάσεις που τίθενται κατά το σχεδιασμό λειτουργούν ως «παράμετροι». Επομένως, μεταβάλλοντας τις τιμές των διαστάσεων, μεταβάλλονται και τα αντικείμενα. Το λογισμικό επιτρέπει τη δημιουργία «οικογενειών»(families), στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι παραμετρικές οντότητες. Τα families είναι ομοιώματα τμημάτων του κτηρίου τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ανταλλάζοντας πληροφορίες. Στο Revit τα σχέδια αναπαριστούν ομοιώματα τμημάτων του κτηρίου, ενώ όλο το ομοίωμα υπάρχει σε ένα αρχείο, στο οποίο ενυπάρχουν τόσο αρχιτεκτονικές όσο και κατασκευαστικές πληροφορίες.

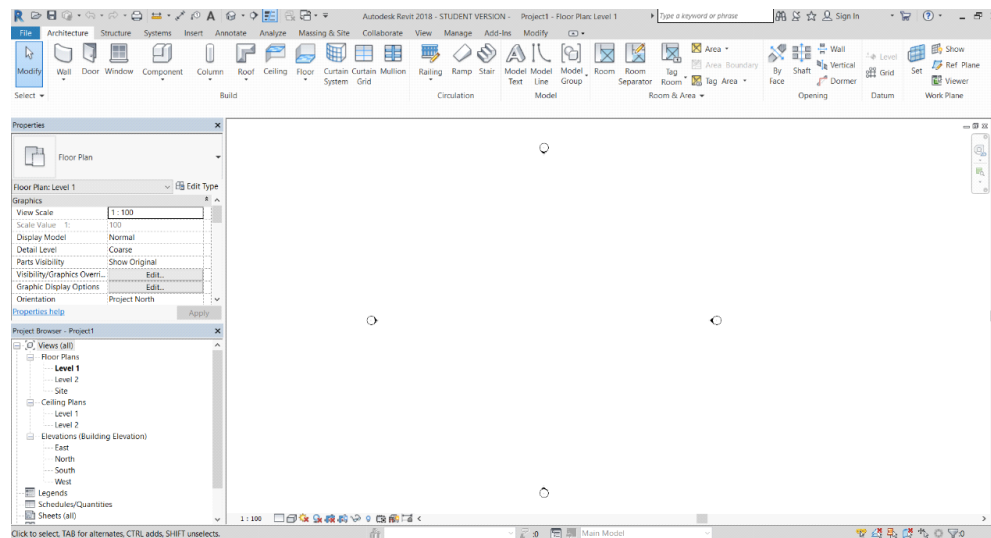
2.2.1 Περιβάλλον εργασίας του Revit

Το περιβάλλον εργασίας του AutodeskRevitArchitecture κινείται στο ίδιο «μήκος κύματος» με τις περισσότερες εφαρμογές της Autodesk. Μετά την εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζεται η αρχική οθόνη του περιβάλλοντος εργασίας του RevitArchitecture, η οποία ονομάζεται RecentFiles. Στο κεντρικό τμήμα της οθόνης εμφανίζονται τα projects (έργα) και ακριβώς από κάτω τα families που έχουν δημιουργηθεί από τον σχεδιαστή. Στο δεξί τμήμα εμφανίζονται τα Resource (Πόροι) που παρέχουν πρόσβαση σε αρχεία βοήθειας. Από το αριστερό τμήμα επιλέγεται το Project ή το Family στο οποίο επιθυμεί κανείς να δουλέψει.



Εικόνα 11. ProjectFiles

Μετά το άνοιγμα ενός νέου αρχείου σε ArchitecturalTemplate εμφανίζεται το ακόλουθο περιβάλλον σχεδίασης.

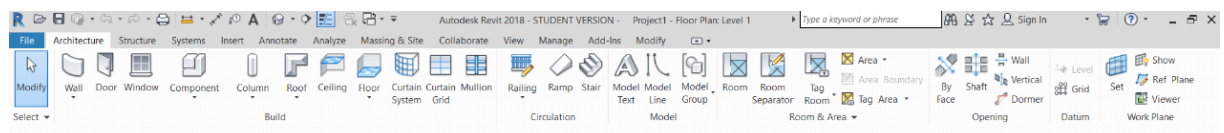


Εικόνα 12. Περιβάλλον σχεδίασης του RevitArchitecture

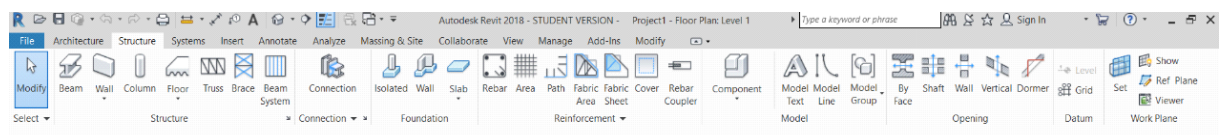
Ακολουθεί η παρουσίαση κάποιων βασικών περιοχών σχεδίασης.

2.2.1.1 Ribbon

Στην κορυφή του περιβάλλοντος σχεδίασης εμφανίζεται η κορδέλα (Ribbon). Η Ribbon περιέχει μια συλλογή Tabs (Καρτελών), όπως Architecture, Structure, Insert και λοιπά. Κάθε Tab περιέχει Panels όπου υπάρχουν πολλά εργαλεία.



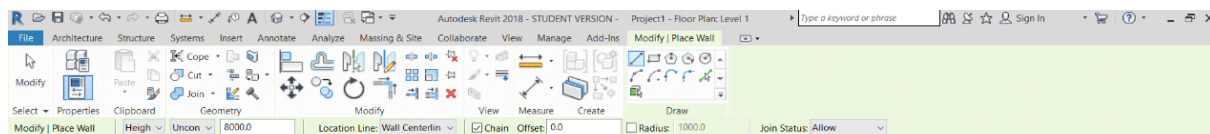
Εικόνα 13. Ribbon και Architecture



Εικόνα 14. Ribbon και Structure

2.2.1.2 OptionBar

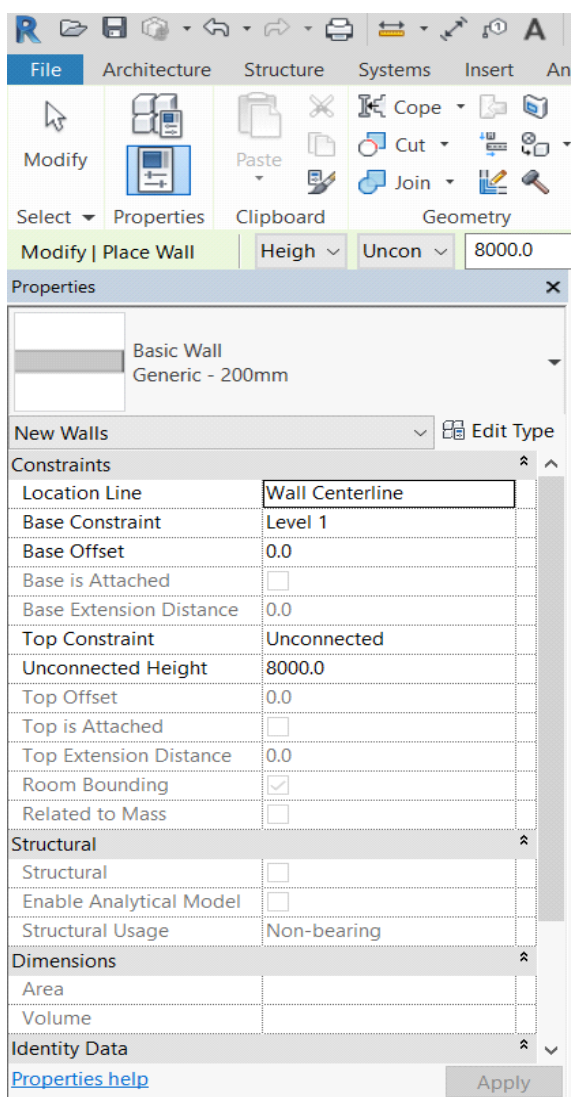
Στην OptionBar (Μπάρα Επιλογών) ορίζονται οι παράμετροι για τη δημιουργία ή την τροποποίηση ενός στοιχείου, παραδείγματος χάριν ενός τοίχου.



Εικόνα15. OptionBar

2.2.1.3 PropertiesPalette

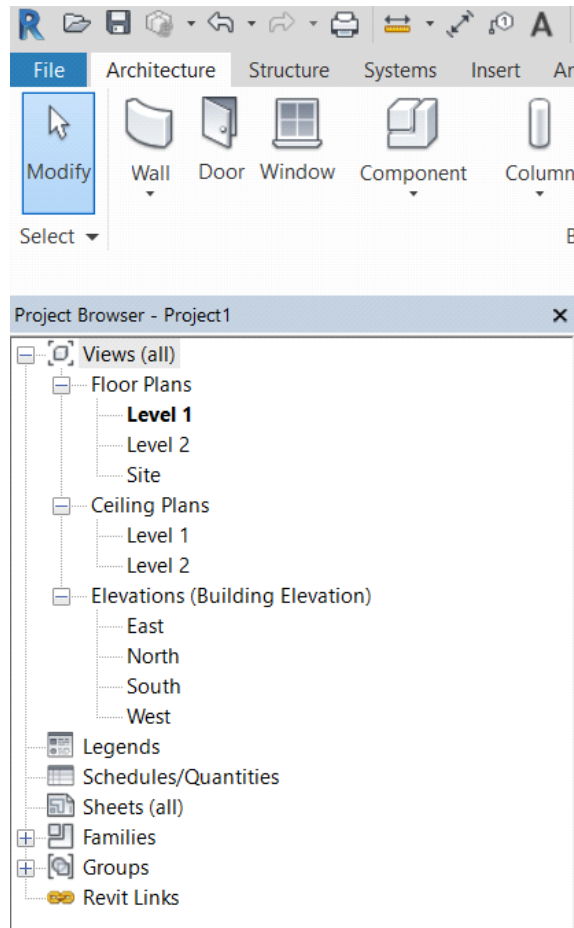
Από το PropertiesPalette δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας ενός στοιχείου που έχει επιλεγεί (π.χ. ένας τοίχος) ή της οικογένειας στην οποία ανήκει.



Εικόνα16. PropertiesPalette

2.2.1.4 ProjectBrowser

Στο Project Browser εμφανίζονται όλες οι Views (Όψεις και Τομές) του έργου, τα Sheets που συνήθως προορίζονται για εκτύπωση, τα Schedules, τα Families-Types και τα Groups/Links. Επιλέγοντας κάποιο από αυτά, αυτό εμφανίζεται στο χώρο σχεδίασης.



Εικόνα 14. Project Browser

2.2.1.5 Βασικοί χειρισμοί

Παρατίθενται στη συνέχεια κάποιες εντολές που εισάγονται στο πρόγραμμα από το πληκτρολόγιο.

- Πληκτρολόγηση της διάστασης του στοιχείου και Enter κατά τη δημιουργία του στοιχείου εισάγει τις διαστάσεις του
- Μέσω της εντολής Esc και με ένα κλικ πραγματοποιείται έξοδος από τη διαδικασία, ενώ με δύο έξοδος από την εντολή
- Με Ctrl και Z πραγματοποιείται Undo
- Με επιλογή ενός αντικειμένου και Del, το αντικείμενο διαγράφεται.

- Με Enter πραγματοποιείται επανάληψη της προηγούμενης εντολής

Επιπλέον, παρατίθενται ορισμένοι βασικοί χειρισμοί των όψεων.

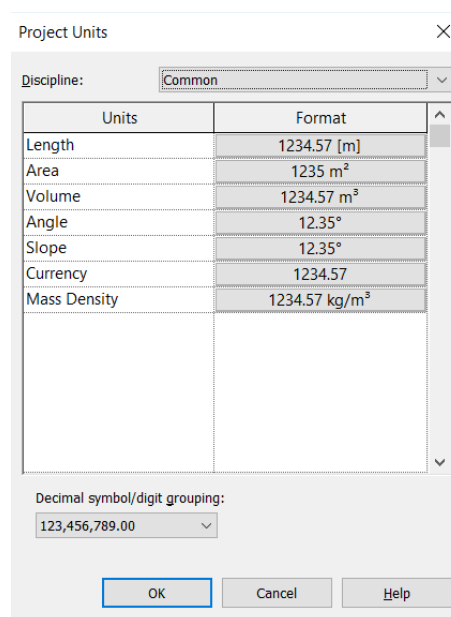
- Με την περιστροφή του μεσαίου πλήκτρου του ποντικιού (ροδέλα) πραγματοποιείται zoom in ή zoomout
- Με το πάτημα του μεσαίου πλήκτρου του ποντικιού πραγματοποιείται pan, δηλαδή μεταφέρεται ολόκληρο το σχέδιο σε οποιοδήποτε σημείου του επιπέδου επιλεγεί
- Με διπλό κλικ του μεσαίου πλήκτρου γίνεται zoom extents
- Με την εντολή Shift και το μεσαίο πλήκτρο γίνεται orbit σε 3D view
- Με την πληκτρολόγηση των Z και P πραγματοποιείται zoom previous
- Με την πληκτρολόγηση των Z και R πραγματοποιείται zoom region για επεξεργασία λεπτομερειών

2.2.2 Σχεδίαση του κτηρίου

Ακολουθεί η περιγραφή των απαραίτητων ενεργειών για τον σχεδιασμό ενός έργου.

2.2.2.1 Ορισμός Μονάδων

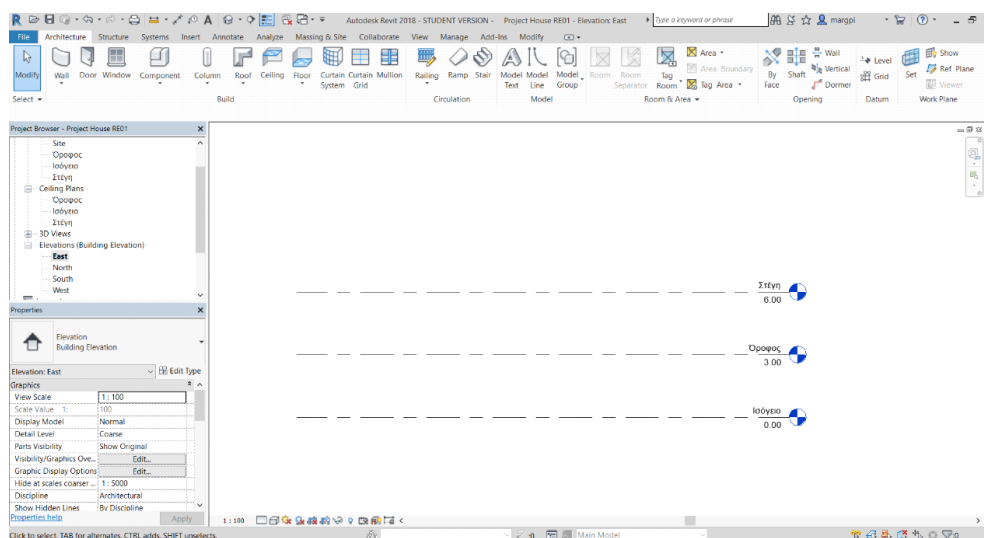
Πριν αρχίσει η σχεδίαση ενός έργου πρέπει να οριστεί το σύστημα των μονάδων. Πληκτρολογώντας U και N ανοίγει το παράθυρο Project Units, στο οποίο ορίζεται ως μονάδα μέτρησης του μήκους το μέτρο (m) και ως μονάδα μέτρησης της γωνίας οι μοίρες (°). Επιπλέον, ορίζεται κάθε τιμή να εμφανίζεται με 2 δεκαδικά ψηφία.



Εικόνα 15. Project Units-Ορισμός συστήματος μονάδων

2.2.2.2 Καθορισμός Σταθμών -Ορόφων

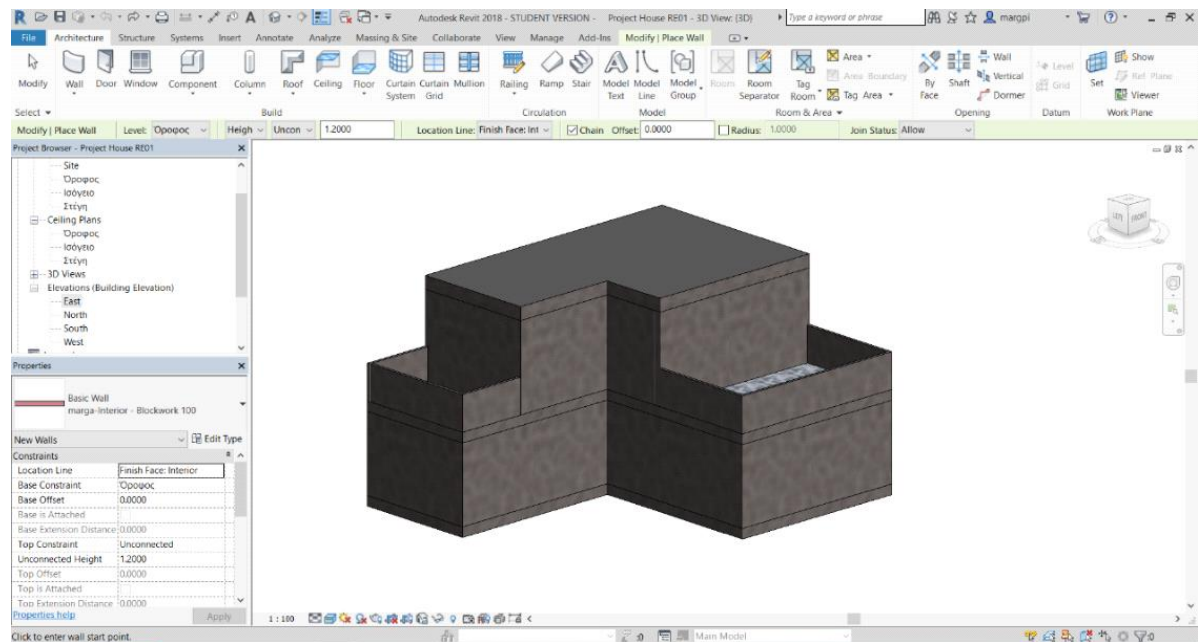
Απαραίτητος είναι τους ο ορισμός τους κάθε στάθμης πάνω στην οποία θα σχεδιαστούν τα δομικά στοιχεία. Οι στάθμες φαίνονται επιλέγοντας μια όψη, για παράδειγμα την ανατολική(East), τους φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στην όψη σχεδιάζονται οι στάθμες και ορίζονται τα υψόμετά τους.



Εικόνα 16. Σχεδιασμός επιπέδων

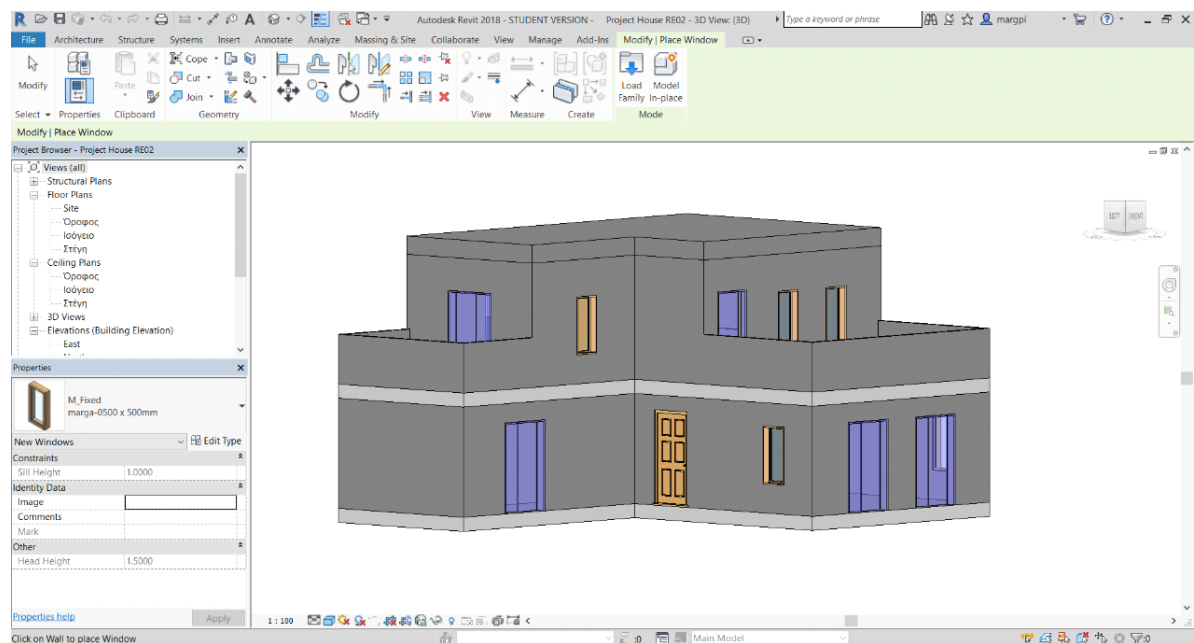
2.2.2.3 Σχεδίαση δομικών στοιχείων και ανοιγμάτων

Στην κορδέλα Architecture υπάρχουν τα δομικά στοιχεία με τα οποία θα σχεδιαστεί το κτήριο. Από εκεί επιλέγονται οι τοίχοι (wall), τα πατώματα (floor), η οροφή (roof), οι κολώνες (column), τα δοκάρια (beam), η σκάλα (stair) κλπ. Προφανώς, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας του κάθε στοιχείου, τόσο σε σχέση με τις διαστάσεις του, όσο και σε σχέση με τα υλικά που το αποτελούν. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα «κατεβάσματος» (download) επιπλέον στοιχείων από βιβλιοθήκες της Autodesk.



Εικόνα 17. Περιβάλλον σχεδίασης του Revit και σχεδίαση τοίχων, πατωμάτων, οροφής

Με τον ίδιο τρόπο, από τις επιλογές Door και Window σχεδιάζονται αντιστοίχως οι πόρτες και τα παράθυρα.

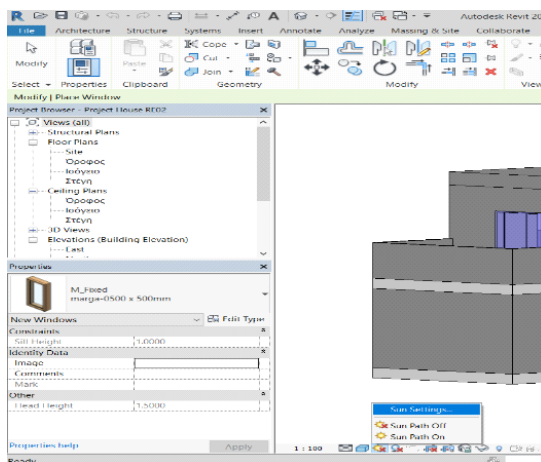


Εικόνα 18. Περιβάλλον σχεδίασης του Revit και σχεδίαση τοίχων, πατωμάτων, οροφής

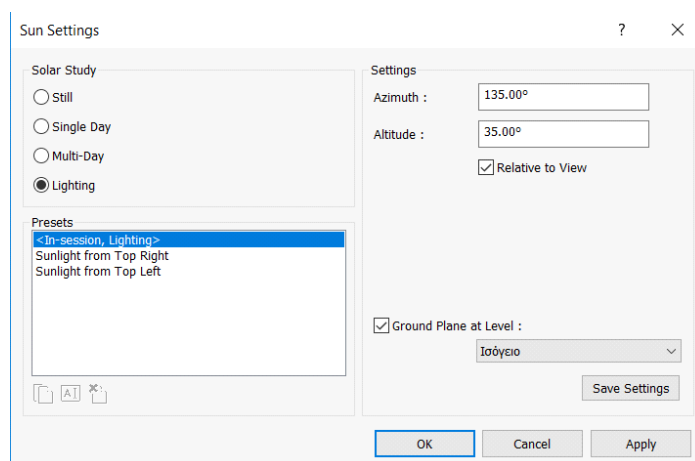
2.2.2.4 Ρυθμίσεις Ήλιου (SolarStudy)

Το SolarStudy γίνεται από το εικονίδιο με σύμβολο τον Ήλιο, που βρίσκεται στην κορδέλα κάτω από το χώρο σχεδίασης, όπως φαίνεται στο αριστερό μέρος της εικόνας.

Στην συνέχεια ανοίγει ένα πτυσσόμενο μενού και από εκεί επιλέγεται το SunSettings, με αποτέλεσμα να ανοίγει ένα νέο παράθυρο διαλόγου, όπως φαίνεται στο δεξί μέρος της εικόνας.



Εικόνα 19. Sun Settings



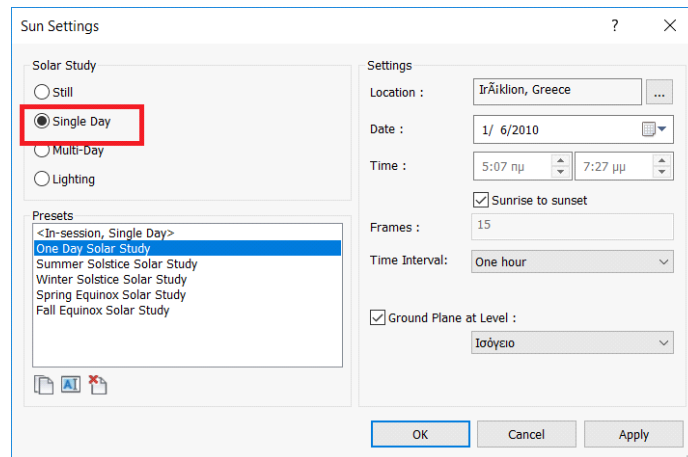
Εικόνα 20. Ορισμός Συντεταγμένων Κτηρίου

- Still (Ακίνητο)

Από τη ρύθμιση Still (Ακίνητο) επιλέγεται ημέρα και ώρα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχει οριστεί ο πραγματικός προσανατολισμός του κτηρίου (αναλυτικά ο ορισμός του προσανατολισμού στην ενότητα 2.2.2.3).

- Single Day (Μία Ημέρα)

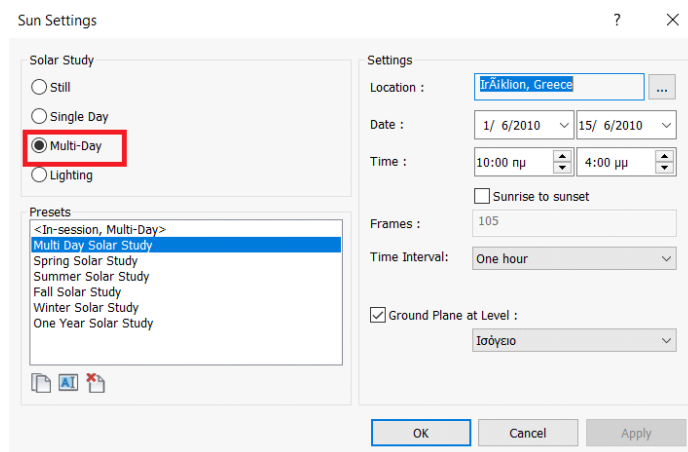
Από τη ρύθμιση SingleDay (Μία Ημέρα) επιλέγεται ημέρα και εύρος ώρας. Με τη δημιουργία βίντεο, όπου φαίνεται η κίνηση του Ήλιου την συγκεκριμένη ημέρα που ορίστηκε και σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, γίνεται η μελέτη σκιασμού.



Εικόνα21. Sun Settings, Single Day

- Multi Day (Πολλές Ημέρες)

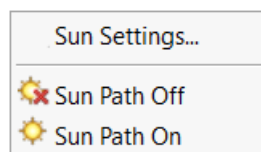
Από τη ρύθμιση MultiDay (Πολλές Ημέρες) επιλέγεται το εύρος ημερών και ώρας. Λειτουργεί παρόμοια με την παραπάνω εντολή. Δημιουργείται βίντεο με την κίνηση του Ήλιου για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα της μίας ημέρας.



Εικόνα22. Sun Settings, Multi-Day

- Διαδρομή Ήλιου (SunPath)

Τέλος, με τις εντολές SunPath On και SunPathOff, οι οποίες επιλέγονται από το πτυσσόμενο μενού (εικόνα 24), εμφανίζεται ή αποκρύπτεται η διαδρομή του Ήλιου.



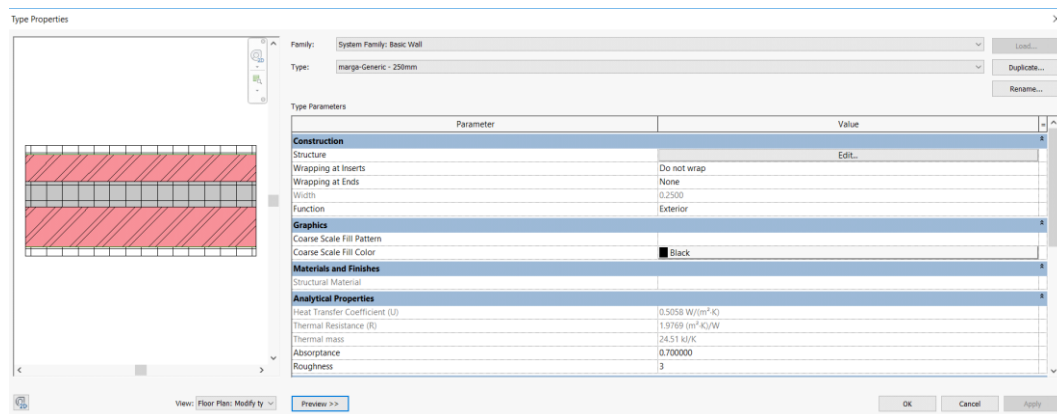
Εικόνα23. Sun Path Off/ Sun Path On

2.2.3. Ορισμός «περιβαλλοντικών» παραμέτρων του έργου

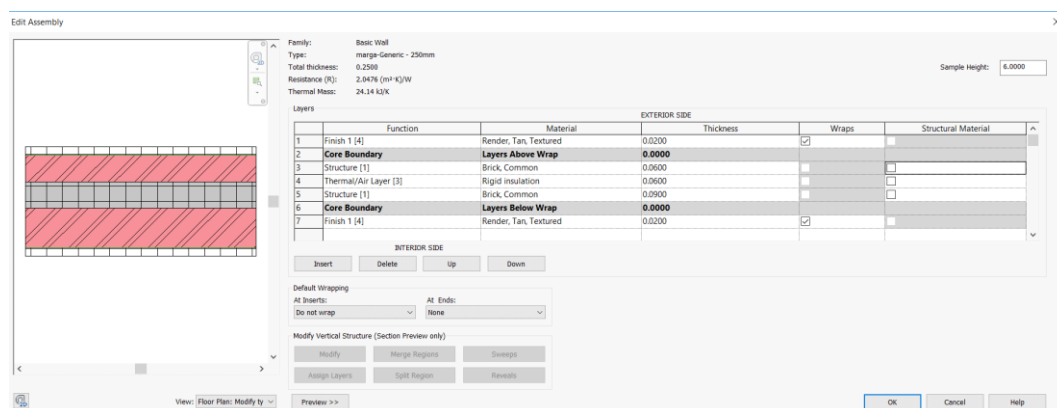
Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο ορίζονται οι περιβαλλοντικοί παράμετροι.

2.2.3.1 Ορισμός παραμέτρων του κελύφους

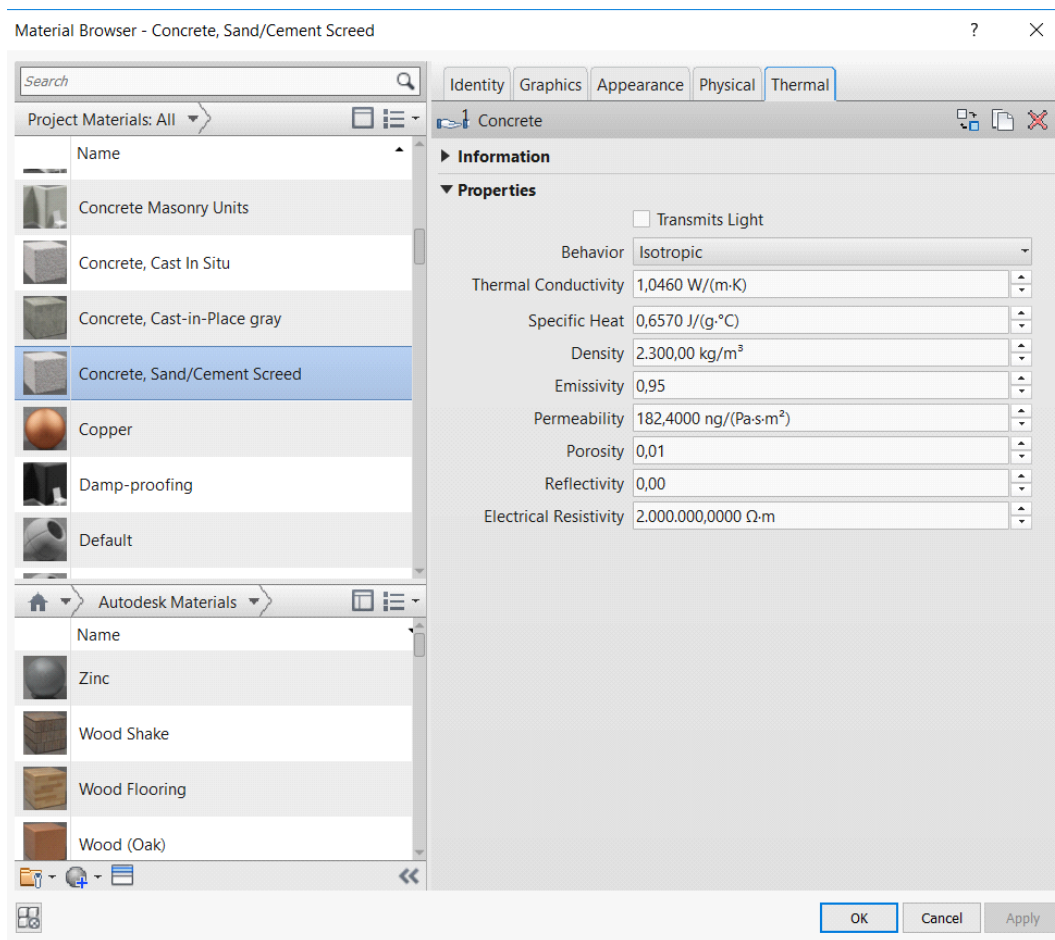
Αφού σχεδιαστούν τα στοιχεία του κελύφους ή κατά τη διάρκεια της σχεδιάσής τους ορίζεται τόσο το πάχος (thickness) τους, όσο και τα υλικά από τα οποία να κατασκευαστούν. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν στοιχεία για τη θερμική αγωγιμότητά τους (Thermal Conductivity), την ειδική θερμοχωρητικότητά τους (SpecificHeat) και την πυκνότητά τους (Density). Η επεξεργασία των στοιχείων γίνεται από το PropertiesPalette και μέσω των εντολών EditType και Edit προσδιορίζονται τα υλικά κατασκευής.



Εικόνα 24. TypeProperties



Εικόνα 25. EditAssembly

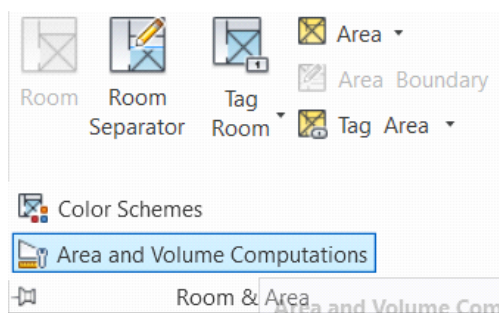


Εικόνα 26. MaterialBrowser

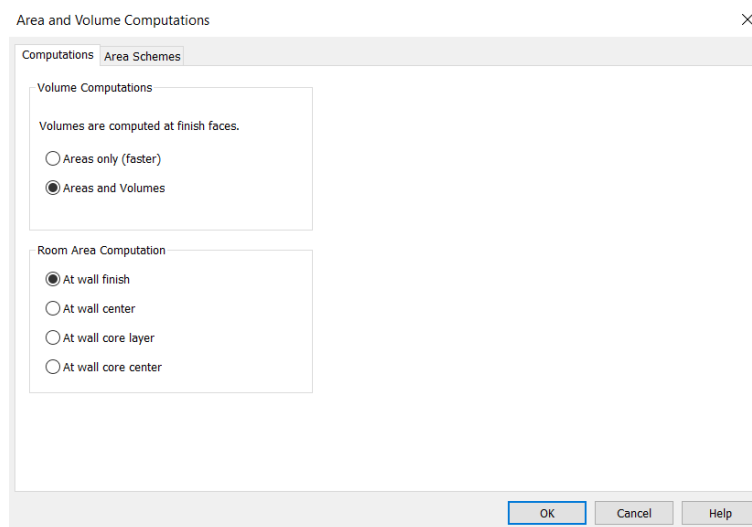
Τα στοιχεία του κελύφους του κτηρίου της εργασίας παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.

2.2.3.2 Υπολογισμός εμβαδών-όγκων και καθορισμός θερμικών ζωνών

Για τον καθορισμό των ορίων του κτηρίου ώστε να υπολογιστούν τα εμβαδά και οι όγκοι των χώρων, επιλέγεται από την καρτέλα Architecture η εντολή Room and Area. Στην συνέχεια επιλέγοντας την εντολή Area and Volume Computations ανοίγει ένα νέο παράθυρο διαλόγου. Από εκεί επιλέγεται να υπολογίζονται εμβαδά και όγκοι επιλέγοντας Areas and Volumes και ορίζεται αυτά να υπολογίζονται ως το τέλος των τοίχων, επιλέγοντας Atwallfinish.



Εικόνα27. Area and Volume Computations



Εικόνα 28. Computations

Στη συνέχεια ορίζονται οι θερμικές ζώνες του κτηρίου ανάλογα με την ανάγκη για θέρμανση, ψύξη και υγρασία του κάθε χώρου. Αυτό γίνεται από την καρτέλα Analyze.

Στην κορδέλα Analyze υπάρχουν 2 επιλογές, το Space (Χώρος) και το Zone (Ζώνη), μέσω των οποίων ορίζονται επιπλέον παράμετροι, ώστε να γίνει η ενεργειακή μελέτη.

Space: Μέσω της εντολής space επιλέγονται οι επιμέρους χώροι του κτηρίου. Τα spaces περιέχουν πληροφορίες για τον όγκο του κάθε χώρου και μέσω αυτών γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων.

Zone: Μέσω της εντολής Zone, δίνεται η δυνατότητα ομαδοποίησης των χώρων (Spaces). Για παράδειγμα, αν δύο χώροι (Spaces) έχουν τις ίδιες απαιτήσεις ως προς την θέρμανση, τον κλιματισμό και την υγρασία θα ενταχθούν στην ίδια ζώνη (Zone). Οι χώροι αυτοί μπορεί να ανήκουν στα ίδια ή σε διαφορετικά επίπεδα του κτηρίου.

Όταν δημιουργείται ένας χώρος (Space) το λογισμικό το τοποθετεί αυτόματα σε μία DefaultZone, όμως αν δημιουργηθεί νέα Zone, τότε υπάρχει δυνατότητα να τοποθετηθούν εκεί τα Spaces και να διαγραφούν αυτόματα από την DefaultZone.

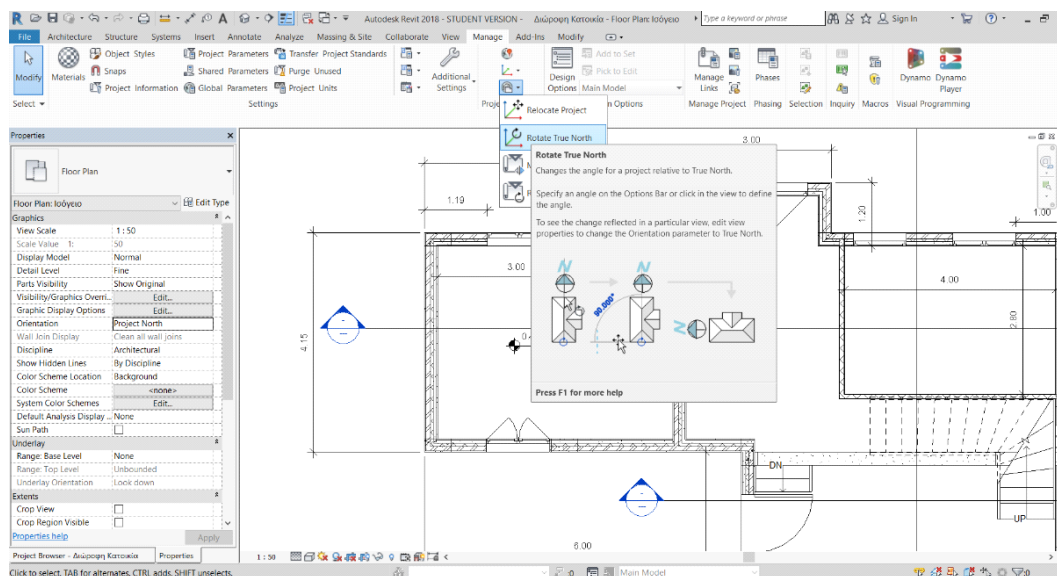
Αφού οριστεί ένας χώρος, εμφανίζονται οι παράμετροί του στο Properties. Από αυτές, κάποιες ορίζονται από το χρήστη και άλλες από το λογισμικό. Σε αυτές, συνοπτικά, περιλαμβάνονται τα εξής:

- Constrains: Αφορά επιλογές σχετικά με τα άνω και κάτω όρια των χώρων

- Electrical-Lighting: Αφορά στοιχεία για το φωτισμό
- Electrical-Load: Εμφανίζει τιμές για τα φορτία κλιματισμού, θέρμανσης και λοιπών φορτίων
- Dimensions: Εμφανίζει τις διαστάσεις του χώρου (Εμβαδόν, Περίμετρο κ.λπ.)
- Mechanical-Flow: Αφορά την παροχή αέρα που εισέρχεται ή εξέρχεται από το χώρο
- IdentityData: Δείχνει αριθμό και ονομασία χώρου, σχόλια, άτομα που χρησιμοποιούν το χώρο
- Phasing: Εμφανίζει σε ποια φάση βρίσκεται η κατασκευή του χώρου
- EnergyAnalysis: Καθορίζει τις ενεργειακές παραμέτρους. Κρίνεται χρήσιμο να γίνει εκτενής αναφορά σε αυτό. Παρακάτω παρατίθενται οι επιμέρους επιλογές.
 - Zone: Εμφανίζει τη θερμική ζώνη, στην οποία κατατάσσεται ο χώρος
 - Plenum: Αν επιλεγθεί, σημαίνει κενός χώρος, χωρίς δραστηριότητα
 - Occupiable: Αν επιλεγθεί, σημαίνει ότι υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα
 - ConditionType: Επιλέγεται το είδος των φορτίων κάθε χώρου
 - SpaceType: Επιλέγεται ο τύπος του χώρου από τη λίστα του Revit. Υπάρχει η δυνατότητα και νέου τύπου χώρου.
 - ConstructionType: Προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά κάθε δομικού στοιχείου του κτηρίου
 - Outdoor Air Method
 - CalculatedHeatingLoad: Εμφανίζεται η τιμή του συνολικού θερμικού φορτίου. Υπολογίζεται από το πρόγραμμα.
 - DesignHeatingLoad: Εμφανίζεται η τιμή του συνολικού θερμικού φορτίου. Υπάρχει δυνατότητα να οριστεί είτε από το πρόγραμμα είτε από το χρήστη.
 - CalculatedCoolingLoad: Εμφανίζεται η τιμή του συνολικού φορτίου ψύξης. Υπολογίζεται από το πρόγραμμα.
 - DesignCoolingLoad: Εμφανίζεται η τιμή του συνολικού φορτίου ψύξης. Μπορεί να οριστεί είτε από το πρόγραμμα είτε από το χρήστη.

2.2.3.3 Προσανατολισμός του κτηρίου

Ο σχεδιασμός του κτηρίου αρχικά πραγματοποιείται με τυχαίο προσανατολισμό που στο πρόγραμμα εμφανίζεται ως Project North στο Properties, στη επιλογή Orientation. Για να οριστεί ο πραγματικός βορράς, από TabManage επιλέγεται το Project Location και στη συνέχεια η εντολή Rotate True North. Εφαρμόζοντας την μπίλια, που εμφανίζεται στην οθόνη, σε ένα σημείο του σχεδίου δίνεται η δυνατότητα περιστροφής του. Έτσι ο πραγματικός προσανατολισμός του κτηρίου και πλέον εμφανίζεται στην πραγματική του κατεύθυνση όταν επιλέγεται από την παλέτα Properties και Orientation το True North.

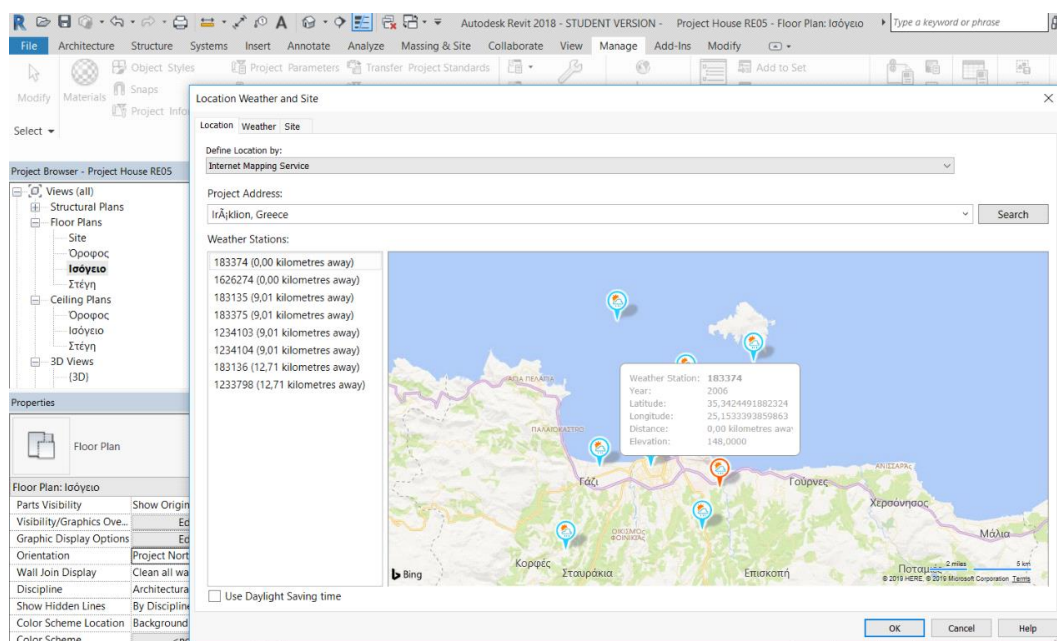


Εικόνα 29. Rotate True North

Στην εικόνα φαίνεται το υπό μελέτη κτήριο. Ο πραγματικός βοράς βρίσκεται 15 μοίρες βόρεια βορειοανατολικά σε σχέση με τον Project North.

2.2.3.4 Γεωγραφικός προσδιορισμός του κτηρίου

Ο ορισμός της γεωγραφικής θέσης του κτηρίου δηλώνεται από το TabManage και επιλέγοντας το Location. Στο LocationWeather and Site επιλέγεται, είτε η πόλη στην οποία βρίσκεται το κτήριο, είτε ορίζονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες.



Εικόνα30. Location Weather and Site

The 'Location Weather and Site' dialog box is shown with the 'Location' tab selected. It contains fields for defining the project location. The 'Define Location by:' dropdown is set to 'Default City List'. Below this, a note states: 'There is a single location for each Revit project that defines where the project is placed in the world.' The 'City' dropdown is set to 'User Defined'. The 'Latitude' field is 35.163416°, the 'Longitude' field is 25.273458°, and the 'Time Zone' dropdown is set to '(UTC+02:00) Χαρτούμ'. There is an unchecked checkbox for 'Use Daylight Saving time'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Εικόνα31. Location Weather and Site, Location

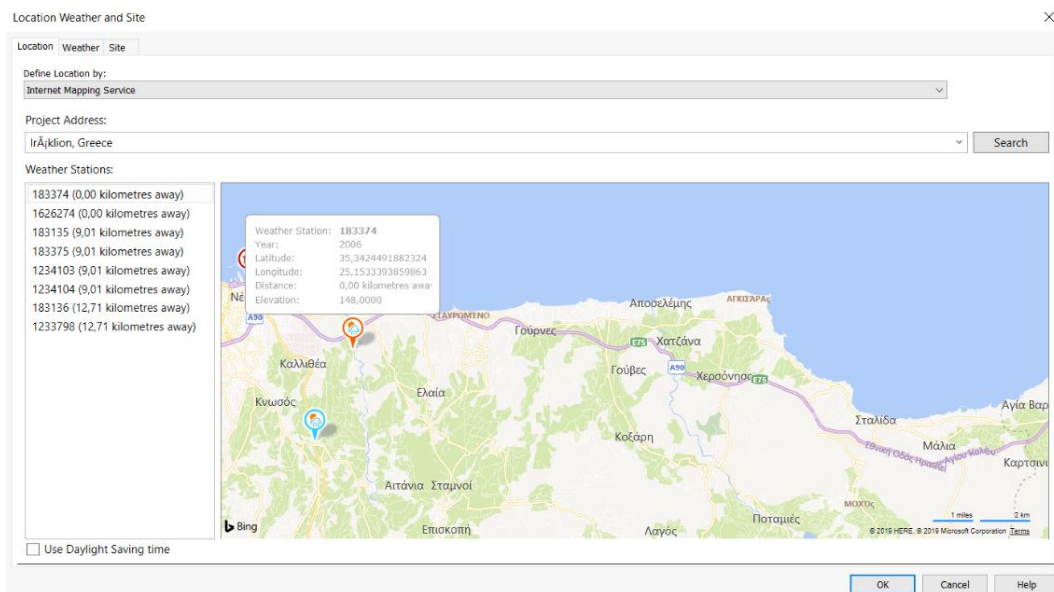
The 'Location Weather and Site' dialog box is shown with the 'Weather' tab selected. The checkbox 'Use closest weather station (IRAKLION (CIV/AFB))' is checked. Below this is a table titled 'Cooling Design Temperatures' showing monthly data for Dry Bulb, Wet Bulb, and Mean Daily Range. Below the table are fields for 'Heating Design Temperature' (6 °C) and 'Clearness Number' (1.0). At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dry Bulb	19 °C	19 °C	22 °C	28 °C	30 °C	32 °C	32 °C	31 °C	30 °C	29 °C	25 °C	21 °C
Wet Bulb	14 °C	14 °C	15 °C	17 °C	20 °C	22 °C	24 °C	24 °C	23 °C	21 °C	18 °C	15 °C
Mean Daily Range	5 °C	6 °C	7 °C	8 °C	8 °C	7 °C	6 °C	6 °C	7 °C	6 °C	6 °C	6 °C

Εικόνα32. Location Weather and Site, Weather

Οι συντεταγμένες που φαίνονται στην εικόνα 32 αφορούν την τοποθεσία του υπό μελέτη κτηρίου, ενώ τα κλιματικά δεδομένα της δεύτερης αντλήθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Ηρακλείου, μέσω του λογισμικού.

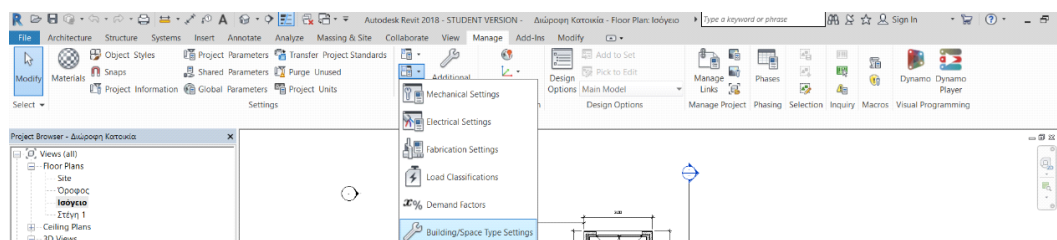
Για την μελέτη επιλέχθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός 183374, διότι είναι ο πλησιέστερος στο κτήριο που μελετάται.



Εικόνα 33. Επιλογή μετεωρολογικού σταθμού

2.2.3.5 Ορισμός τύπου του κτηρίου

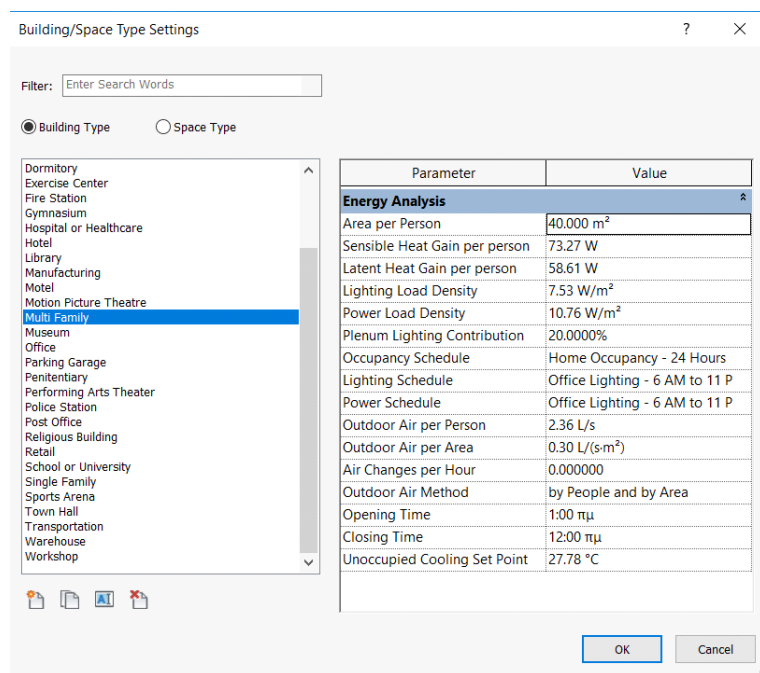
Ο καθορισμός του είδους του κτηρίου γίνεται από το TabManage. Επιλέγοντας το MEP Settings και στη συνέχεια το Building/SpaceTypeSettings ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου, από όπου επιλέγεται η χρήση του κτηρίου.



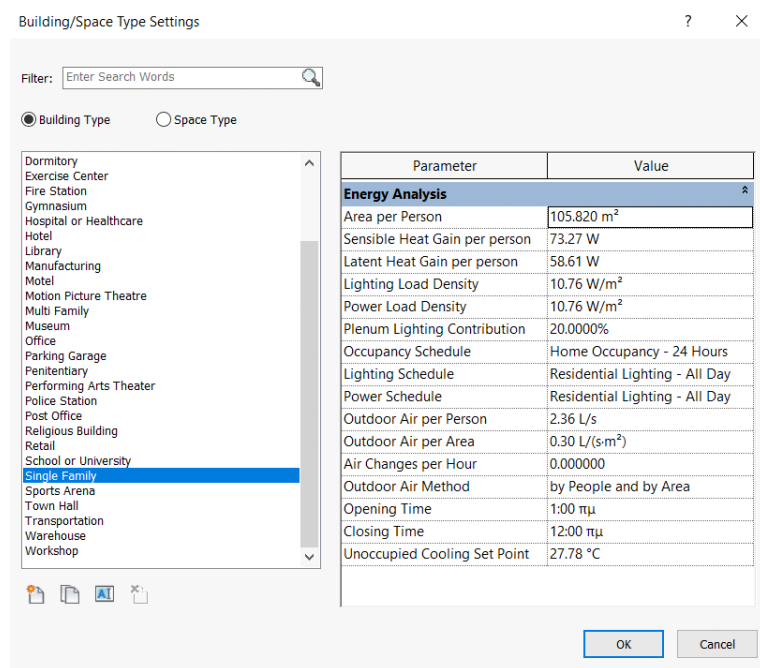
Εικόνα 34. MEPSettings

Στην αριστερά πλευρά της οθόνης εμφανίζονται διάφοροι τύποι κτηρίων, παραδείγματα τους είναι single family και multifamily (για κτήριο κατοικίας), hotel (ξενοδοχείο), school or university (σχολείο ή πανεπιστήμιο) κ.α.

Στην αριστερή πλευρά της οθόνης εμφανίζονται οι τιμές των παραμέτρων της ενεργειακής ανάλυσης που έχουν οριστεί για τους διάφορους τύπους κτηρίων. Σε αυτές περιλαμβάνονται το εμβαδόν του δαπέδου που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο (Area per Person), αισθητό φορτίο θερμότητας ανά άτομο (Sensible Heat Gain per person), λανθάνον φορτίο θερμότητας ανά άτομο (Latent Heat Gain per person) και άλλα.



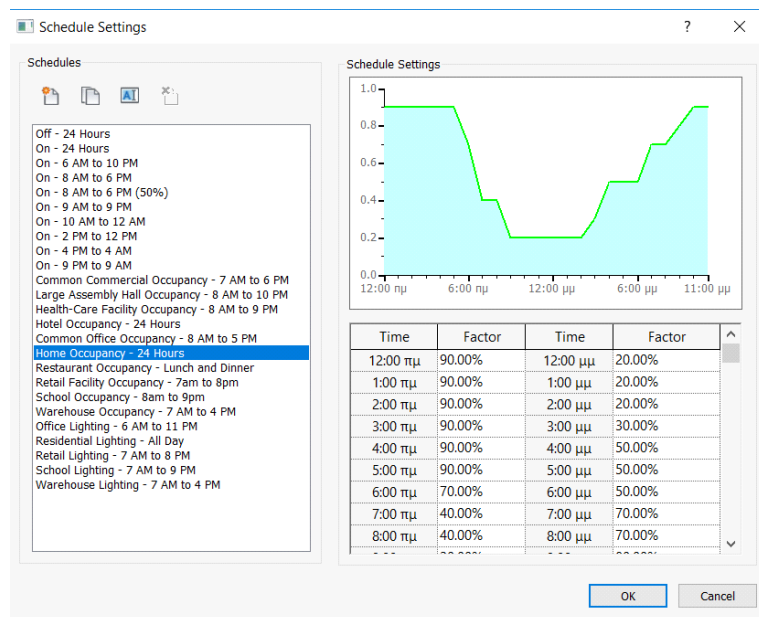
Εικόνα 35. MEP settings



Εικόνα39. Building/SpaceTypeSettings

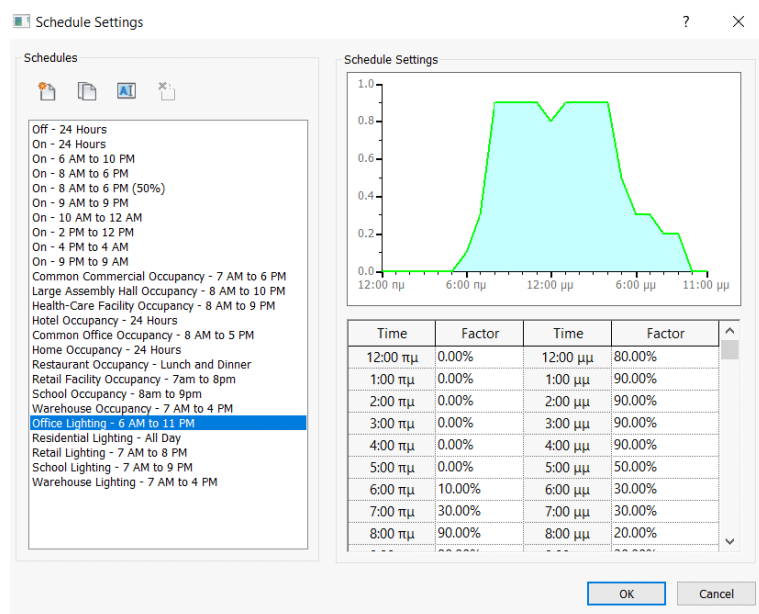
Στο υπό μελέτη κτήριο επιλέχθηκε το SingleFamily.

Επιπλέον, επιλέγοντας το Home Occupancy-24Hours εμφανίζονται ο πίνακας και το γράφημα που αφορούν το ποσοστά χρήσης (Factor) του κτηρίου ανά ώρα, για τα οποία υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης «κλικάροντας» πάνω στο ποσοστό.

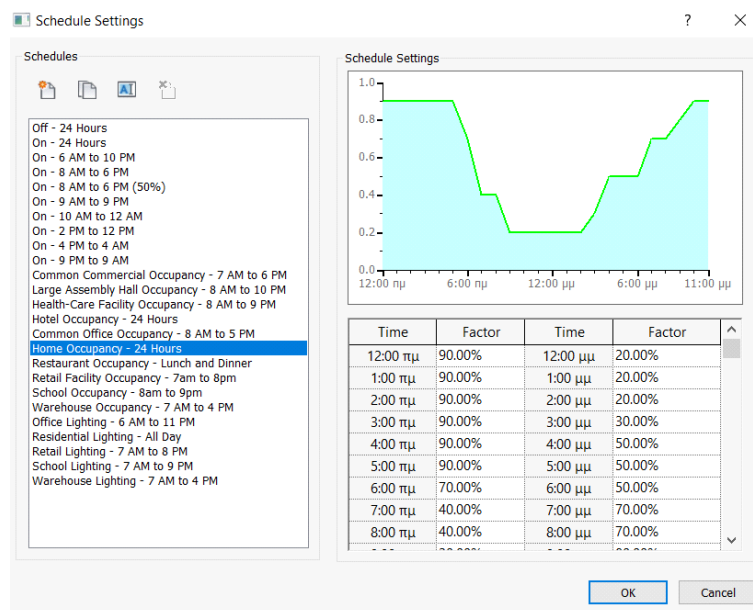


Εικόνα40. ScheduleSettings, HomeOccupancy

Ακόμη, παρέχονται πληροφορίες μέσω πίνακα και γραφήματος για λειτουργία των φωτιστικών (Lighting) στο εκάστοτε κτήριο. Προφανώς, όπως στο HomeOccupancy, έτσι και στο Lighting υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης του ποσοστού χρήσης (Factor).



Εικόνα36. Schedule Settings, Office Lighting

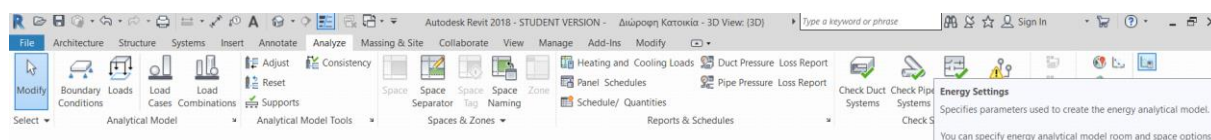


Εικόνα37. Schedule Settings, Home Occupancy- 24 Hours

Για το υπό μελέτη κτήριο επιλέχθηκαν οι παράμετροι που αφορούν κτήριο κατοικίας.

2.3 Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit

Ο καθορισμός των παραμέτρων της ενεργειακής ανάλυσης γίνεται από το tabAnalyze. Επιλέγοντας το εικονίδιο Energy Settings εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου στο οποίο εμφανίζονται οι ενεργειακές παράμετροι (Parameter) καθώς και αντίστοιχες τιμές τους (Value).



Εικόνα 38. TabAnalyze

2.3.1 Παρουσίαση παραμέτρων

Η πρώτη οικογένεια παραμέτρων αφορά το Energy AnalyticalModel. Αυτό περιλαμβάνει:

- Mode- Τρόπος Ανάλυσης

Για τον τρόπο ανάλυσης υπάρχουν τρεις επιλογές: α) Use Conceptual Masses and Building Elements, b) Use Building Elements, c) Use Conceptual Masses . Η επιλογή UseConceptualMasses χρησιμοποιείται συνήθως κατά την προμελέτη ενός κτηρίου ή για τον υπολογισμό σκίασης.

Για την προσομοίωση της ενεργειακής ανάλυσης του κτηρίου της εργασίας επιλέχθηκε το UseBuildingElements.

- Ground Plane- Επίπεδο Εδάφους

Ορίζεται το επίπεδο του κτηρίου το οποίο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Ότι βρίσκεται κάτω από αυτό το επίπεδο θεωρείται υπόγειο.

Στο υπό μελέτη κτήριο, GroundPlane θεωρείται το πάτωμα του ισογείου.

- Project Phase- Στάδιο Κατασκευής

Υπάρχουν δύο επιλογές. Η επιλογή New Construction αφορά καινούρια κατασκευή, ενώ η Existing αφορά υφιστάμενη. Τελικώς, για την εργασία επιλέχθηκε η New Construction, διότι η εκπαιδευτική έκδοση του Revit δεν υποστηρίζει την Existing, παρότι προτείνεται η ανακαίνιση υφιστάμενου κτηρίου.

- Analytical Space Resolution-Ρύθμιση απόστασης 2 στοιχείων

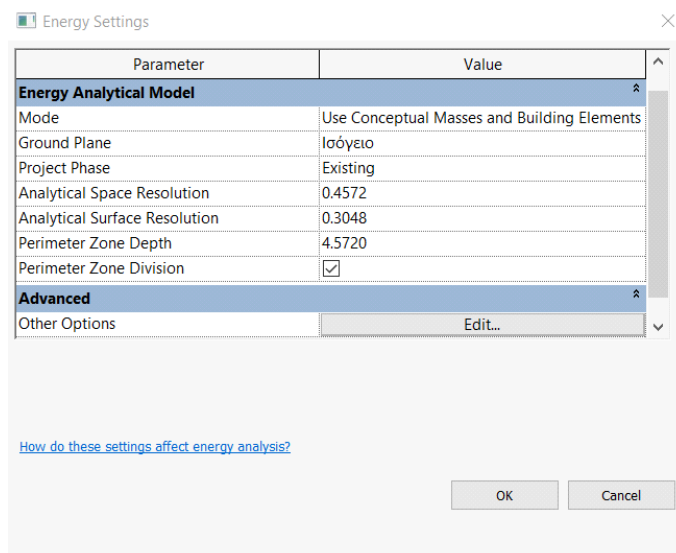
Καθορίζεται η μέγιστη απόσταση μεταξύ 2 στοιχείων του σχεδίου. Η προκαθορισμένη τιμή είναι 0,4572m, ενώ το επιτρεπτό εύρος τιμών είναι από 0,1524m έως 0,3048m.

Επιλέγεται για το κτήριο της εργασίας η τιμή 0,3048m.

- AnalyticalSurfaceResolution- Ρύθμιση απόστασης μεταξύ 2 επιφανειών

Αυτή η παράμετρος σε συνδυασμό με την παραπάνω ρυθμίζει την απόσταση μεταξύ 2 επιφανειών ώστε να εκτελεστεί σωστά η προσομοίωση. Το εύρος τιμών που μπορεί να πάρει είναι από 0,0762m έως 0,03048m.

Η τιμή που επιλέχθηκε επιλέχθηκε για το κτήριο της εργασίας είναι 0,3048m.



Εικόνα 39. Energy settings

Στη συνέχεια, επιλέγοντας edit στο OtherOptions ανοίγει δεύτερο παράθυρο διαλόγου, το Advanced Energy Settings στο οποίο εμφανίζονται επιπλέον παράμετροι με τις αντίστοιχες τιμές τους.

Στο Building Data:

Building Type-ΤύποςΚτηρίου

Στο BuildingType εμφανίζεται πολλές κατηγορίες κτηρίων. Ανάμεσα σε αυτές κτήριο κατοικιών (SingleFamily ή MultiFamily), σχολείο ή πανεπιστήμιο (School ή University), γυμναστήριο (Gymnasium), ξενοδοχείο (Hotel) και πολλά άλλα.

Για το υπό μελέτη κτήριο επιλέχθηκε SingleFamily.

Building Data	
Building Type	Single Family
Building Operating Schedule	School or University
HVAC System	Single Family
Outdoor Air Information	Sports Arena
Room/Space Data	Town Hall
	Transportation
Export Category	Warehouse

Εικόνα40. Building Data, Single Family

- Building Operating Schedule- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας κτηρίου

Υπάρχει πλήθος επιλογών που σε κάθε μία αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα χρήσης. Αφορά μέρες και ώρες λειτουργίας του κτηρίου.

Στην περίπτωση του διώροφου επιλέχθηκε το 24/7 Facility. Δηλαδή, γίνεται η παραδοχή ότι το κτήριο χρησιμοποιείται 24 ώρες ημερησίως, 7 ημέρες την εβδομάδα αλλά με μειωμένους συντελεστές χρήσης. Ο KENAK ορίζει 18 ώρες ημερησίως, 7 ημέρες την εβδομάδα αλλά το πρόγραμμα δεν δίνει αυτή την επιλογή.

- HVACSystem- Σύστημα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού

Τα αρχικά HVAC προέρχονται από τις λέξεις: Heating, Ventilating, Air Conditioning. Το λογισμικό παρέχει διάφορες επιλογές για σύστημα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού.

Για την εργασία επιλέχθηκε το σύστημα: Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/PackagedGas<5.5ton.

- OutdoorAirInformation- Πληροφορίες για τον εξωτερικό αέρα

Επιλέγοντας Edit ανοίγει ένα νέο παράθυρο διαλόγου, στο οποίο ορίζονται: α) ο εξωτερικός αέρας ανά άτομο (Outdoor Air per Person) σε L/s, β) ο εξωτερικός αέρας ανά εμβαδόν επιφανείας (Outdoor Air per Area) σε L/sm², γ) οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα (Air Changes per Hour), δηλαδή πόσες φορές την ώρα αντικαθίσταται ο εσωτερικός αέρας του κτηρίου με εξωτερικό.

Outdoor Air Information

☒ Outdoor Air per Person: 8.00 L/s

☐ Outdoor Air per Area: 0.00 L/(s·m²)

☐ Air Changes per Hour: 0.000000

OK Cancel Help

Εικόνα 41. Outdoor Air Information

Ακολουθούν τα Rooms/SpaceData και η παράμετρος:

- Export Category- Κατηγορία Εξαγωγής

Για αυτήν την παράμετρο υπάρχουν δύο επιλογές Rooms (Δωμάτια) και Spaces (Χώροι).

Για το κτήριο της εργασίας επιλέγονται τα Spaces ώστε να υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού θερμικών και ψυκτικών φορτίων.

Τέλος, υπάρχουν οι παράμετροι που αφορούν τις θερμικές ιδιοτήτων των υλικών (Material Thermal Properties). Εκεί υπάρχουν οι εξής παράμετροι:

- Conceptual Types- Κτηριακοί Τύποι
- Schematic Types- Σχηματοποιημένοι Τύποι
- Detailed Elements- Λεπτομερή Στοιχεία

Advanced Energy Settings

Parameter	Value
Detailed Model	
Target Percentage Glazing	0%
Target Sill Height	0.7500
Glazing is Shaded	☐
Shade Depth	0.4572
Target Percentage Skylights	0%
Skylight Width & Depth	0.9144
Building Data	
Building Type	Single Family
Building Operating Schedule	Default
HVAC System	Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged H
Outdoor Air Information	Edit...
Room/Space Data	
Export Category	Rooms
Material Thermal Properties	
Conceptual Types	Edit...
Schematic Types	<Building>
Detailed Elements	☐

[How do these settings affect energy analysis?](#)

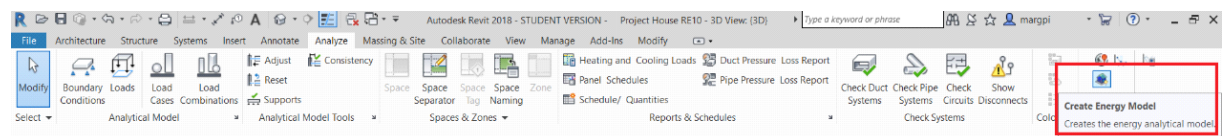
OK Cancel

Εικόνα 42. Advanced Energy Settings

2.3.2 Ενεργειακή Προσομοίωση Κτηρίου στο Revit

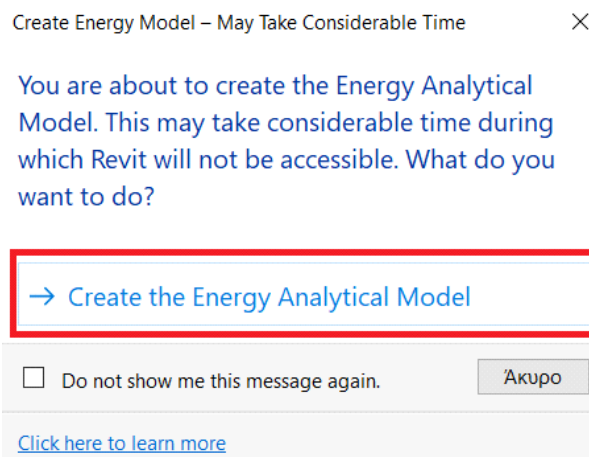
2.3.2.1 Δημιουργία Ενεργειακού Μοντέλου

Για την εκτέλεση της ενεργειακής προσομοίωσης είναι απαραίτητη η δημιουργία αναλυτικού ενεργειακού μοντέλου. Αυτό γίνεται από το tabAnalyze και το εικονίδιο Create Energy Model, όπως φαίνεται στην εικόνα 46.

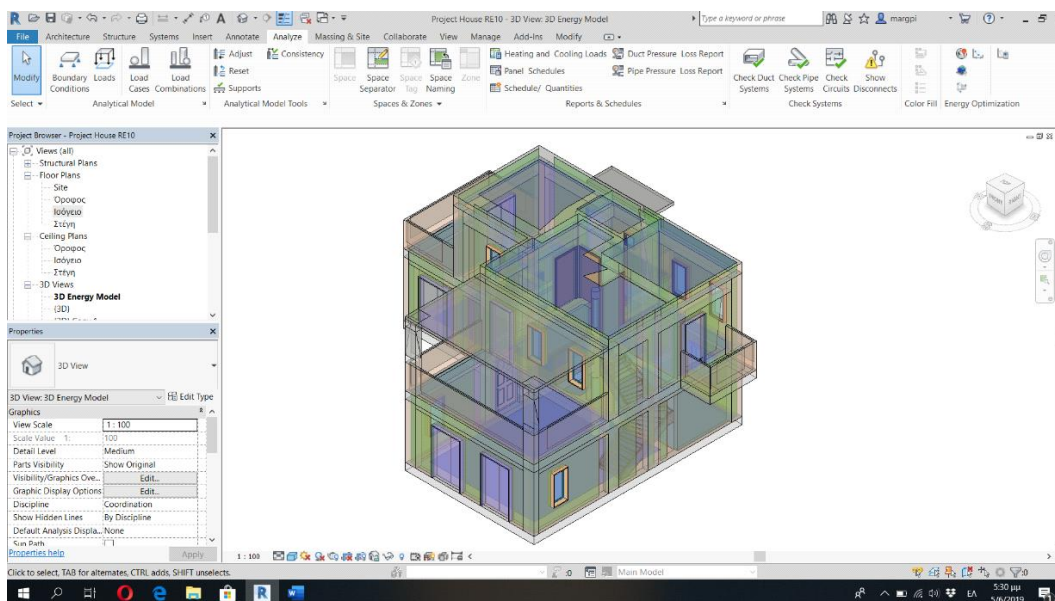


Εικόνα 43. Create Energy Model

Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου, όπου επιλέγεται το «CreatetheEnergyAnalyticalModel». Αφού εκτελεστεί η εντολή, δημιουργείται το ενεργειακό μοντέλο του κτηρίου.



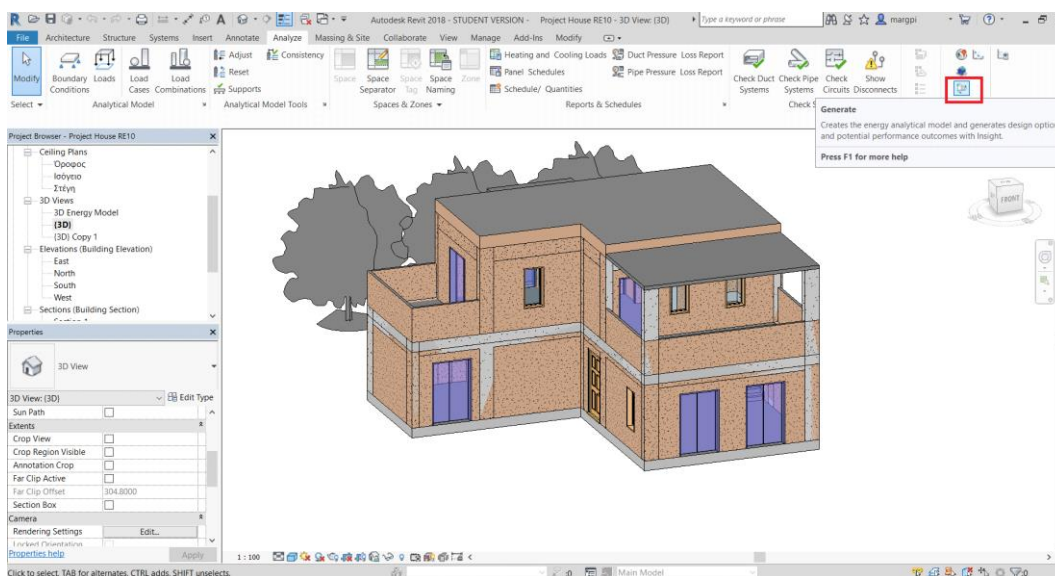
Εικόνα44. Create the Energy Analytical Model



Εικόνα 45. Το αναλυτικό ενεργειακό μοντέλο του κτηρίου

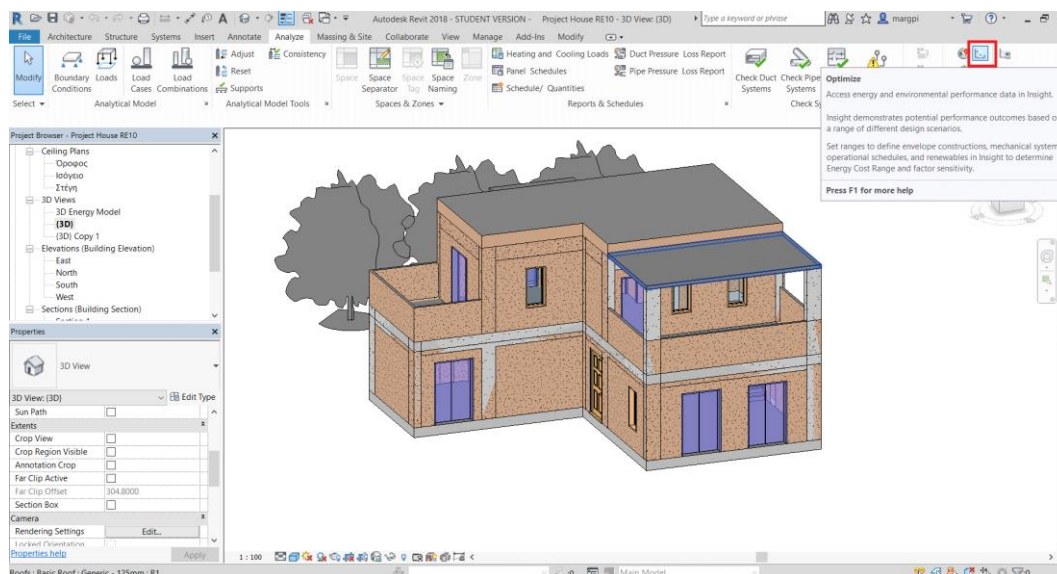
Το αναλυτικό ενεργειακό μοντέλο βασίζεται στους χώρους (και στις θερμικές ζώνες) που ορίστηκαν κατά τον σχεδιασμό, καθώς και στις παραμέτρους του Energy Settings.

Στη συνέχεια, επιλέγοντας το εικονίδιο Regenerate, δημιουργείται το αναλυτικό ενεργειακό μοντέλο και εξάγονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το Insight.



Εικόνα 46. Generate

Επιπλέον μέσω του Optimize (Βελτιστοποίηση) παρέχεται πρόσβαση στα δεδομένα ενέργειας και περιβαλλοντικής απόδοσης στο Insight. Το Insight υποδεικνύει αποτελέσματα απόδοσης με βάση μια σειρά από διαφορετικά σενάρια σχεδίασης.



Εικόνα 47. Optimize

Τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για διάφορα ενεργειακά σενάρια παρουσιάζονται στην διαδικτυακή υπηρεσία GreenBuildingStudio της Autodesk.

2.4 Λογισμικό Green Building Studio (GBS)

Το λογισμικό GreenBuildingStudio (GBS) είναι ο πυρήνας της προσομοίωσης ενέργειας ενός έργου. Επιτρέπει την υλοποίηση της ενεργειακής ανάλυσης στα λογισμικά AutodeskInsight 360, AutodeskRevit και AutodeskFormIt 360.(BESTDirectory, 2018)

Το GreenBuildingStudio είναι μια ευέλικτη υπηρεσία νέφους, μέσω της οποίας πραγματοποιούνται προσομοιώσεις για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ενός κτηρίου.

2.4.1 Τρόπος λειτουργίας του GreenBuildingStudio

Ο χρήστης αφού εισέρχεται στον ιστότοπο του GreenBuildingStudio δημιουργεί ένα λογαριασμό με τα στοιχεία του. Από το GBS γίνεται σύνδεση στο Autodesk 360 και δίνεται η δυνατότητα να εκτελεστούν οι προσομοιώσεις των έργων που έχουν σχεδιαστεί στο Revit, καθώς επίσης και πλήθος εναλλακτικών σεναρίων και να γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Η υπηρεσία GreenBuildingStudio ελέγχει πρώτα το μοντέλο του Revit για ελλιπή δεδομένα ή σφάλματα και εάν υπάρχουν, εμφανίζει ένα μήνυμα σφάλματος.

Εφόσον δεν υπάρχουν σφάλματα, ανοίγει το παράθυρο του προγράμματος περιήγησης παρουσιάζοντάς την ενεργειακή κατάσταση ολόκληρου του κτηρίου. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την εκτέλεση των προσομοιώσεων ποικίλλει από λιγότερο από ένα λεπτό έως 5 ή 10 λεπτά. Ο χρόνος εκτέλεσης εξαρτάται από την επισκεψιμότητα του διακομιστή, την πολυπλοκότητα του μοντέλου και τον αριθμό των επιφανειών, των Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο – Πολυτεχνική Σχολή – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

παραθύρων, των δωματίων, των χώρων και των ζωνών. Οι περισσότερες προσομοιώσεις ολοκληρώνονται μέσα σε λίγα λεπτά.

Autodesk®

GREEN BUILDING STUDIO®

How to Use | Help | Sign Out

Insight | Project Solon

Details | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Margari...

My Projects > Project House RE09

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Actions

Display Options

							Total Annual Cost ¹				Total Annual Energy ¹					
☐	Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) ¹	Electric Cost (\$/kWh)	Fuel Cost (\$/MJ)	Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Emissions (kg)	Carbon	Compare	Potential Energy Savings
Project Default Utility Rates																
	Project Default Utility Rates	--	--	--	--	\$0.15	\$0.02	--	--	--	--	--	--	--		
	Base Run															
☐	Project House RE09	5/30/2019 5:50 PM	margpi	90	717.5	\$0.15	\$0.02	\$1,940	\$641	\$2,261	10,805	25,766	--			
	Alternate Run(s) of Project House RE09															
☐	Project House RE09_ASHRAE 90.1-2010	5/30/2019 5:56 PM	margpi	90	525.8	\$0.15	\$0.02	\$1,262	\$434	\$1,896	8,313	17,460	--			
☐	WWR - Northern Walls, 95% - Window Shades - North, No change - Window Glass Types - North, No change	5/30/2019 5:56 PM	margpi	90	1,018.5	\$0.15	\$0.02	\$2,063	\$1,067	\$3,130	13,590	42,871	--			
☐	WWR - Northern Walls, 95% - Window Shades - North, No change - Window Glass Types - North, Sgl Clr	5/30/2019 5:56 PM	margpi	90	1,196.7	\$0.15	\$0.02	\$2,216	\$1,354	\$3,570	14,587	54,403	--			
☐	WWR - Northern Walls, 95% - Window Shades - North, No change - Window Glass Types - North, Dbl Clr	5/30/2019 5:56 PM	margpi	90	997.3	\$0.15	\$0.02	\$2,069	\$1,015	\$3,085	13,632	40,804	--			
☐	WWR - Northern Walls, 95% - Window Shades - North, No change - Window Glass Types - North, Dbl LoE	5/30/2019 5:56 PM	margpi	90	956.0	\$0.15	\$0.02	\$2,114	\$899	\$3,010	13,925	36,028	--			

Weather Data

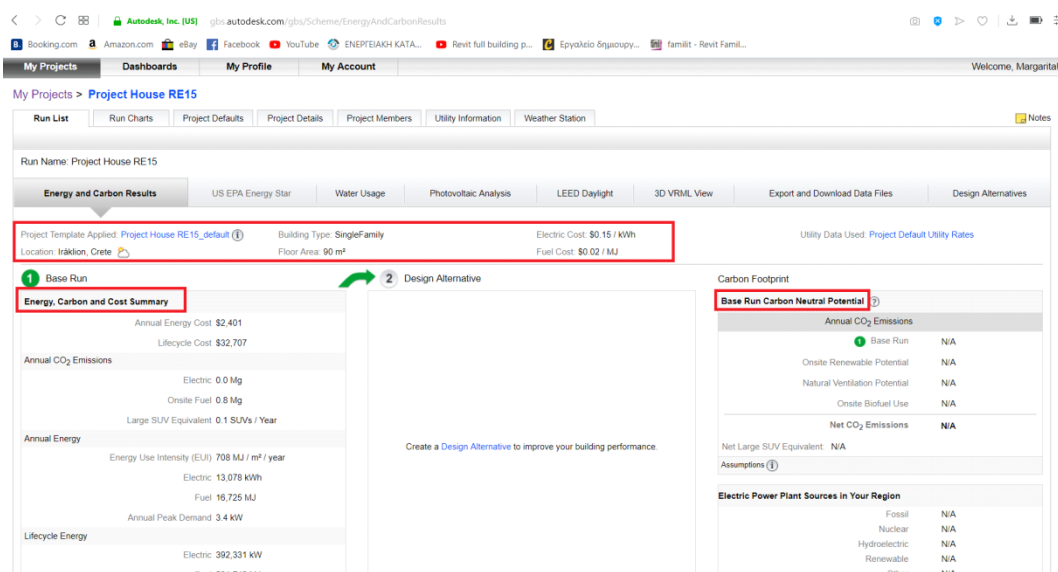
GBS_06M12_02_299012

Εικόνα 48. Προσομοιώσεις στο GreenBuildingStudio

Οι σελίδες των αποτελεσμάτων παρέχουν ακριβείς και εύκολες στην κατανόηση πληροφορίες, σχετικά με την ενεργειακή μελέτη, την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, τις ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, τις υποθέσεις, τα φορτία θέρμανσης και ψύξης, την δυνατότητα παραγωγής ενέργειας μέσω ΑΠΕ και το κόστος. (Βαρδάκη, 2018) Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση του κόστους ενέργειας πολλών σεναρίων σχεδιασμού του κτιρίου.

2.4.1.1 Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης και ανάλυσης άνθρακα

Επιλέγοντας ένα αρχείο, από την αρχική σελίδα, ανοίγει ένα νέο παράθυρο, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 49. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο GreenBuildingStudio

Στις γενικές πληροφορίες στην κορυφή της σελίδας περιγράφεται το σενάριο του έργου, ο τύπος του κτηρίου, η γεωγραφική θέση και η επιφάνεια δαπέδου.

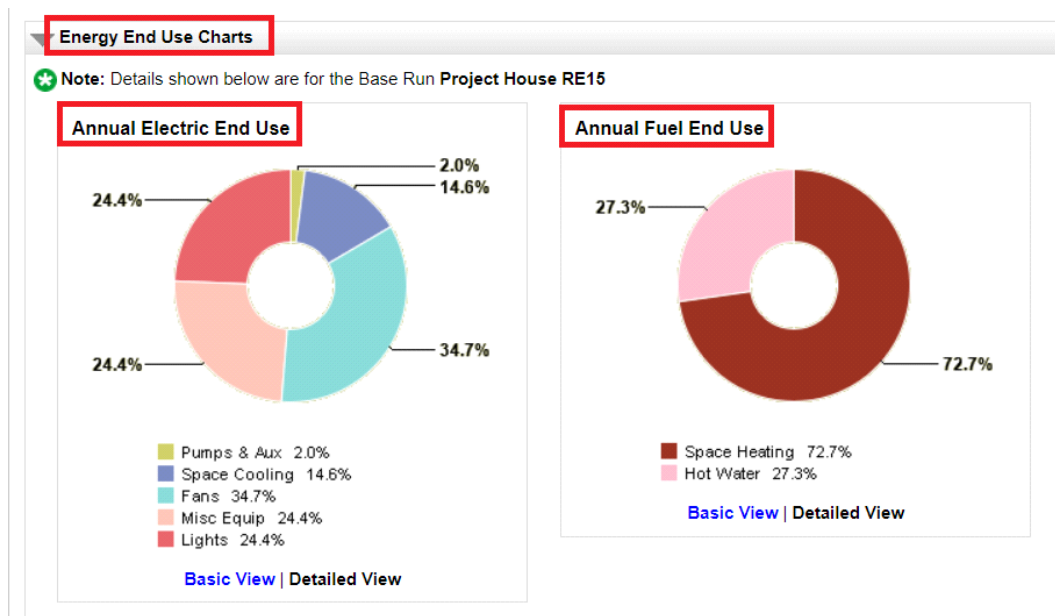
2.4.1.2 Εκτιμώμενη συνολική ενέργειας και κόστος-Energy, Carbon and CostSummary

Οι περισσότερες συγκρίσεις ενεργειακής κατανάλωσης και μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας ετήσια δεδομένα. Τα έξοδα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας είτε τις προκαθορισμένες τιμές του λογισμικού είτε καθορίζονται προσαρμοσμένες τιμές από το χρήστη. Το λογισμικό παρέχει εκτιμήσεις για τα παρακάτω μεγέθη:

- Ετήσιο ενέργεια κόστος.
- Κόστος ενέργειας ανά κύκλο ζωής (30 έτη).
- Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρική και αέριο).
- Μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση (kW).
- Κατανάλωση ενέργειας ανά κύκλο ζωής (ηλεκτρική και αέριο).
- Οι εκπομπές CO₂ βασίζονται στη χρήση καυσίμων στο εν λόγω κτήριο και στις πηγές καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή.

2.4.1.3 Γραφήματα τελικής ενεργειακής χρήσης-Energy EndUseCharts

Επιπλέον πληροφορίες της εκτιμώμενης κατανάλωσης ενέργειας για κύριες χρήσεις, όπως π.χ. φωτισμός, συστήματα HVAC και θέρμανσης χώρων παρέχονται σε γραφήματα.



Εικόνα 50. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο GreenBuildingStudio

2.4.1.4 Αποτύπωμα του διοξειδίου του άνθρακα-CarbonFootprint

Εκτός από τη κατανάλωση ενέργειας και το κόστος, η υπηρεσία web παρέχει τις πρόσθετες πληροφορίες που απαιτούνται για να βοηθήσουν στο σχεδιασμό ενός κτηρίου μηδενικής παραγωγής άνθρακα.

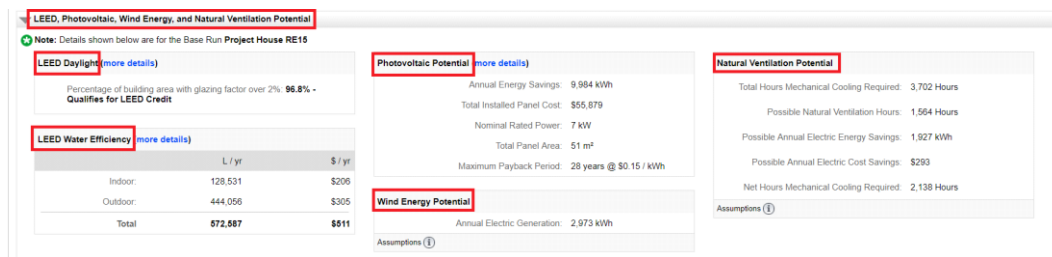
2.4.1.5 Χρήση και Κόστος Νερού WaterUsage and Cost

Παρουσιάζεται μια σύνοψη της εκτιμώμενης χρήσης του νερού στο κτήριο, βάσει του αριθμού των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν καθώς και τον τύπο του κτηρίου.

2.4.1.6 Φωτοβολταϊκό δυναμικό-PhotovoltaicPotential

Το λογισμικό αναλύει αυτόματα κάθε εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένων των οροφών, των τοίχων και των παραθύρων, για την εκτιμώμενη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά. Κατά την

ανάλυση γίνεται η υπόθεση ότι τα φωτοβολταϊκά μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθετες και οριζόντιες επιφάνειες, στις οποίες προσπίπτουν σημαντικά ποσά ηλιακής ενέργειας.



Εικόνα 51. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο GreenBuildingStudio

2.4.1.7 Αιολικό δυναμικό-Wind Energy Potential

Παρέχει πληροφορίες για την εκτιμώμενη ετήσια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μία ανεμογεννήτρια, διαμέτρου 4,572 μέτρων (15 foot-diameter).

2.4.1.8 Φυσικόδυναμικόεξαερισμού-Natural Ventilation Potential

Το εργαλείο αυτό προσεγγίζει τις ετήσιες ώρες λειτουργίας και την ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη και τον αερισμό του κτηρίου. Εκτιμά επίσης, τον ετήσιο αριθμό ωρών, κατά τις οποίες ο εξωτερικός αέρας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον φυσικό αερισμό του κτηρίου.

2.4.1.9 Βαθμολογία υαλοπινάκων-LEED GlazingScore

Η βαθμολογία υαλοπινάκων LEED είναι το ποσοστό της επιφάνειας δαπέδου που έχει παράγοντα υαλοπίνακα μεγαλύτερο από 0,02. Η βαθμολογία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 75 τοις εκατό για να βαθμολογήσει τα σημεία LEED και να επωφεληθεί πλήρως από τους ελέγχους της ημέρας σε όλη την έκταση του κτηρίου.

2.4.1.10 Σύνοψη του κτιρίου-BuildingSummary

Παρέχονται επίσης λεπτομερή στατιστικά στοιχεία, παραδοχές και πληροφορίες για την κατασκευή του κτιρίου. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν τον σχεδιαστή να επιλέξει τον

Πιθαμίτση Μαργαρίτα, Διπλωματική εργασία: «Ενεργειακή προσομοίωση κατοικίας στο Ηράκλειο Κρήτης, με τη χρήση των λογισμικών REVIT®, GREEN BUILDING STUDIO (GBS) και INSIGHT».

κατάλληλο εξοπλισμό για θέρμανση, ψύξη και θέρμανση νερού, καθώς και τα κατάλληλα υλικά για παράθυρα, τοίχους και δάπεδα.

Note: Details shown below are for the Base Run Project House RE10

Updating your building assumptions

Building Summary - Quick Stats	
Number of People:	1 people
Average Lighting Power Density:	10.76 W / m ²
Average Equipment Power Density:	10.76 W / m ²
Specific Fan Flow:	4.2 LPerSec / m ²
Specific Fan Power:	-2,104,266.140 W / LPerSec
Specific Cooling:	0 m ² / kW
Specific Heating:	0 m ² / kW
Total Fan Flow:	380 LPerSec
Total Cooling Capacity:	-234,448 kW
Total Heating Capacity:	234,467 kW
Higher than typical value Lower than typical value	

Base Run Construction	
Roofs	R20 over Roof Deck - Cool Roof U-Value: 0.25 (1)
Exterior Walls	R13 Wood Frame Wall, Wood Shingle U-Value: 0.46 (1)
	R15 Wood Frame Wall U-Value: 0.31 (1)
Interior Walls	Uninsulated Interior Wall U-Value: 2.35 (1)
Interior Floors	R0 Wood Frame Carpeted Floor U-Value: 1.16 (1)
Slabs On Grade	Uninsulated concrete slab U-Value: 0.16 (1)
Nonsliding Doors	R2 Default Door (15 doors) U-Value: 2.39 (1)
Operable Windows	North Facing Windows: Double Clear U-SI 3.16, U-IP 0.56, SHGC 0.69, VLT 0.78 (7 windows) U-Value: 3.16 W / (m ² -K), SHGC: 0.69, VLT: 0.78
	Non-North Facing Windows: Double Clear U-SI 3.16, U-IP 0.56, SHGC 0.69, VLT 0.78 (5 windows) U-Value: 3.16 W / (m ² -K), SHGC: 0.69, VLT: 0.78
> 3D VRML View	

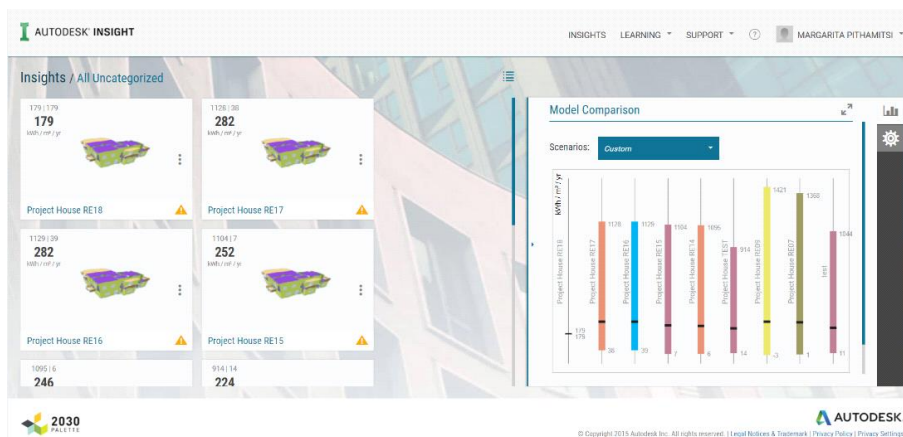
Base Run Hydronic Equipment	
Note: this information should not be used for sizing purposes.	
Domestic Hot Water	Average Demand
	454

Base Run Air Equipment	
Note: this information should not be used for sizing purposes.	
Packaged Single Zone	Supply Fan Flow
	40 LPerSec
	Annual Supply Fan Run Time
	8,760 Hours
	Cooling Capacity
	-29,306
	Heating Capacity
	29,308
Packaged Single Zone	Supply Fan Flow
	60 LPerSec
	Annual Supply Fan Run Time
	8,760 Hours
	Cooling Capacity
	-58,613

Εικόνα 52. Αποτελέσματα προσομοίωσης στο GreenBuildingStudio

2.5 Insight

Η Autodesk κυκλοφόρησε πρόσφατα ένα νέο εργαλείο το οποίο υποστηρίζεται από την έκδοση του Revit 2016 και ύστερα. Μέσω αυτού δίνεται η δυνατότητα σε αρχιτέκτονες και μηχανικούς να σχεδιάζουν ενεργειακώς πιο αποδοτικά κτήρια με προηγμένες μηχανές προσομοίωσης και δεδομένα κτηρίων που είναι ενσωματωμένα στο Revit. Αυτό συμβαίνει γιατί μέσα από το Insight ο χρήστης έχει πρόσβαση σε διαγράμματα στα οποία οι προσομοιώσεις είναι πλήρως οπτικοποιημένες και με πολύ εύκολους και γρήγορους χειρισμούς μπορεί να δημιουργήσει εναλλακτικά σενάρια.



Εικόνα 53. Παρουσίαση έργων στο Insight

2.5.1 Χαρακτηριστικά του Insight

Καλύτερη απόδοση κτηρίου: Το Insight προσφέρει άμεση, εξελικτική γνώση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής βελτιστοποίησης, από το σχεδιασμό έως τη λειτουργία.

Feedback σε πραγματικό χρόνο: Μέσω του Insight οπτικοποιούνται βασικοί δείκτες απόδοσης, σημεία αναφοράς, παράγοντες και προδιαγραφές, όπου μπορούν εύκολα να μεταβληθούν, ώστε ο χρήστης να λαμβάνει καλύτερες αποφάσεις σχεδίασης.

Ανάλυση ημέρας: Δίνεται η δυνατότητα προσομοίωσης, υπολογισμού και οπτικοποίησης των βασικών μετρήσεων φωτισμού ημέρας, όπως η ετήσια έκθεση στο ηλιακό φως.

Συνολική ενέργεια του κτηρίου: Γίνεται καταγραφή ολόκληρου του κτηρίου και των αλληλεπιδράσεων του συστήματος με πλήρη δυναμική προσομοίωση της θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιώντας το DOE 2.2 και το EnergyPlus. (Autodesk, 2019)

Ηλιακή ακτινοβολία και σκίαση: Υπολογίζεται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά επιφάνεια κτηρίου, το ηλιακό δυναμικό και την περίοδο απόσβεσης χρημάτων.

Θέρμανση και ψύξη: Υπολογίζονται τα μέγιστα φορτία θέρμανσης και ψύξης τόσο ανά χώρο όσο και συνολικά, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του ισοζυγίου θερμότητας EnergyPlus.



Εικόνα 54. Περιβάλλον εργασίας του Insight

3. Ενεργειακή μελέτη υφιστάμενου κτηρίου

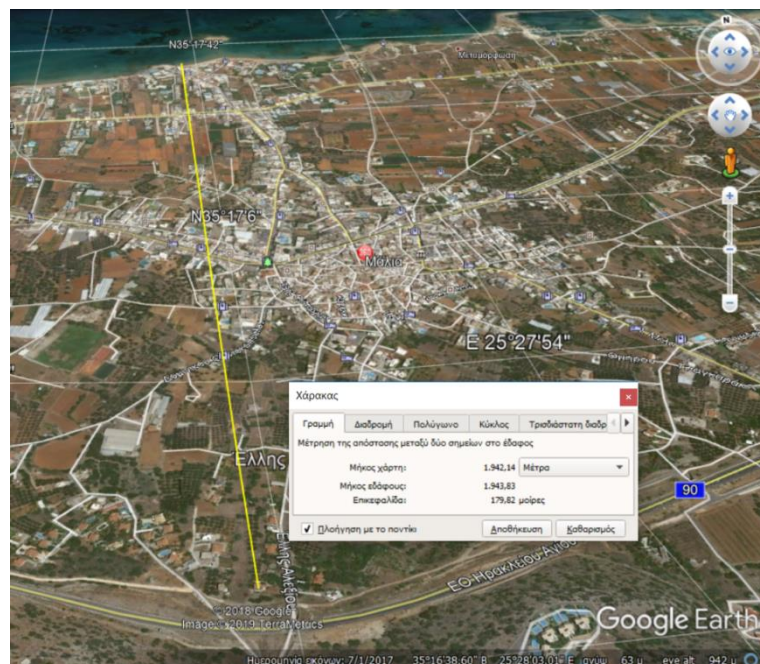
Το κτήριο που μελετάται σε αυτή την εργασία είναι μια διώροφη μονοκατοικία, η οποία βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή των Μαλίων, στον νομό Ηρακλείου.

3.1 Τοποθεσία κτηρίου

Το κτήριο βρίσκεται στην οδό Έλλης Αλεξίου 62, με γεωγραφικές συντεταγμένες $35^{\circ}16'34.16\text{B}$, $25^{\circ}27'34.58\text{E}$ και υψόμετρο 81 μέτρα. Η απόστασή του από τη θάλασσα είναι περίπου 2 χιλιόμετρα, ενώ ο προσανατολισμός του είναι 15 μοίρες βόρεια βορειοανατολικά.



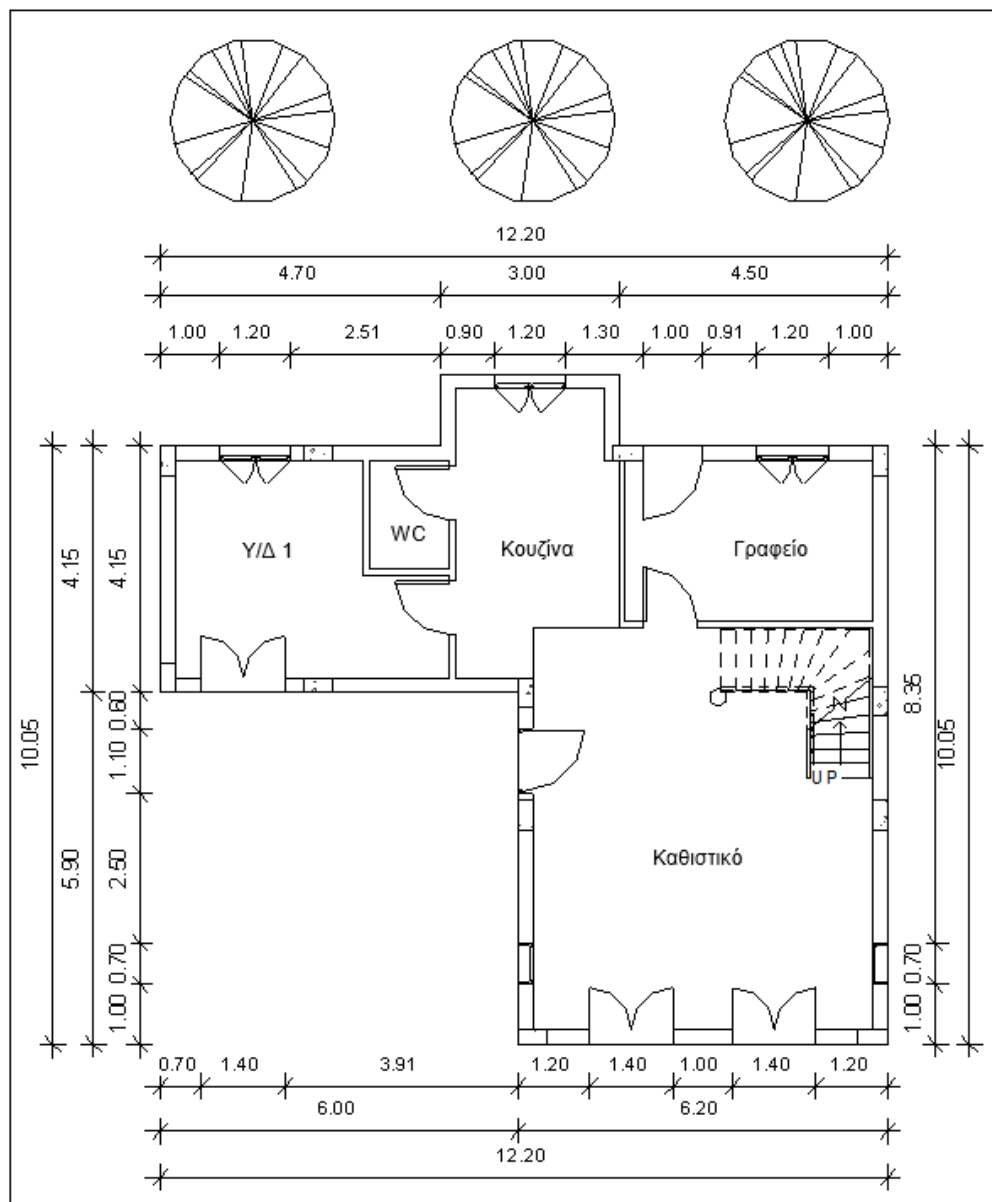
Εικόνα 55. Αεροφωτογραφία του κτηρίου από το GoogleEarth και γεωγραφικές συντεταγμένες



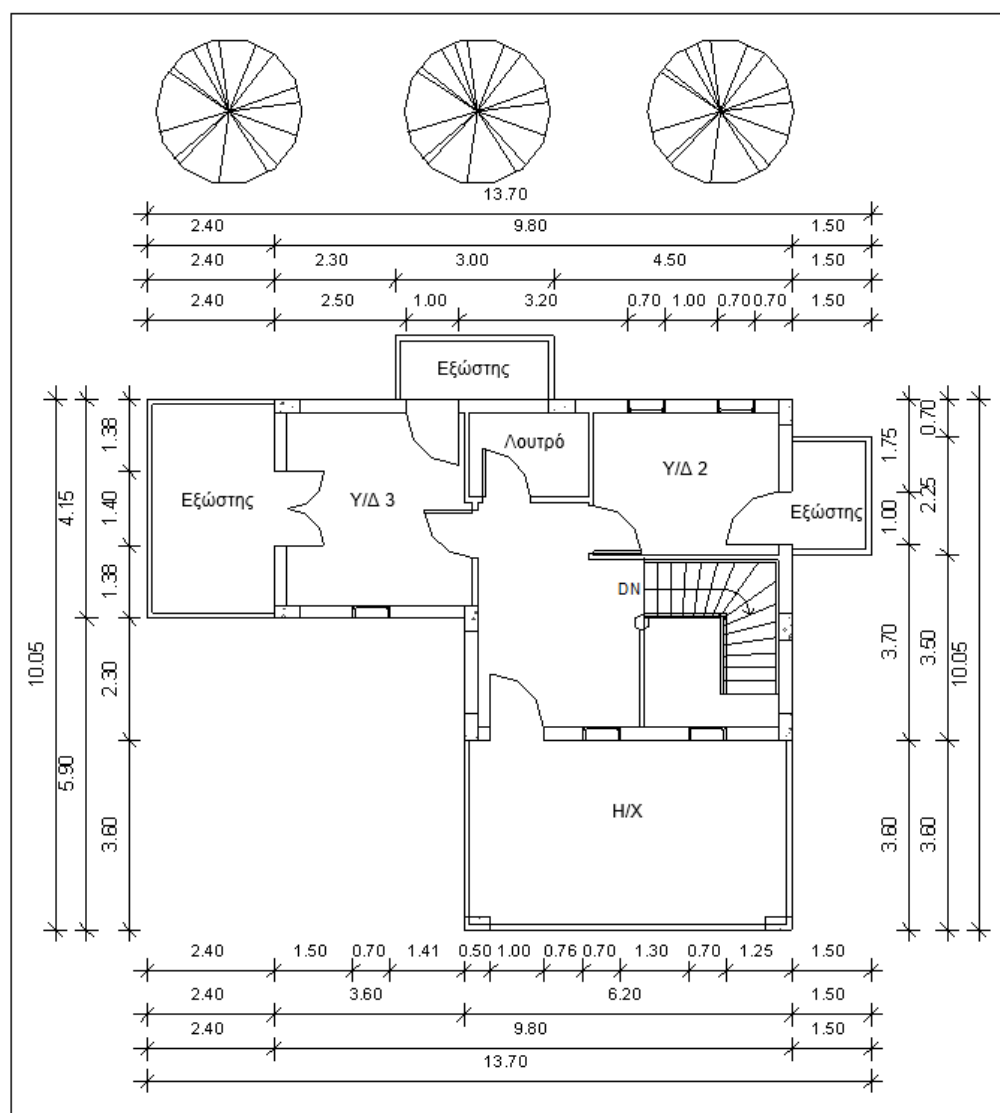
Εικόνα 56. Αεροφωτογραφία του κτηρίου από το GoogleEarth και απόσταση από την θάλασσα

3.2 Σχέδια του κτηρίου

3.2.1 Κατόψεις ισογείου και πρώτου ορόφου του κτηρίου

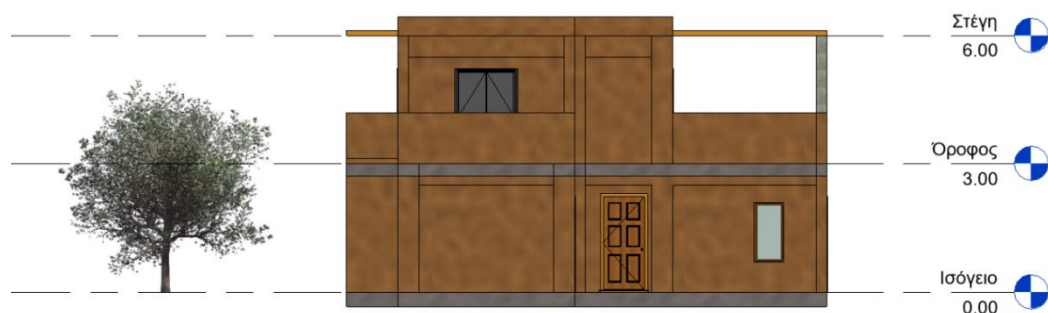


Εικόνα 57.Κάτοψη Ισογείου

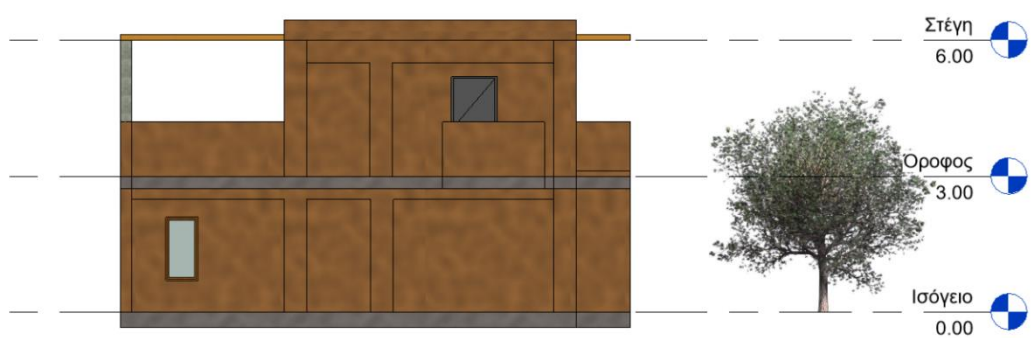


Εικόνα 58. Κάτοψη Πρώτου Ορόφου

3.2.2 Όψεις του κτηρίου



Εικόνα 59. Αριστερή πλάγια όψη



Εικόνα 60. Δεξιά πλάγια όψη



Εικόνα 61. Πρόσοψη



Εικόνα 62. Πίσω όψη

3.2.3 Τρισδιάστατες απεικονίσεις του κτηρίου



Εικόνα 63. 3D αναπαράσταση κτηρίου



Εικόνα 64. 3D αναπαράσταση κτηρίου

3.3 Χαρακτηριστικά κτηρίου

Η κατασκευή του κτηρίου ολοκληρώθηκε το έτος 1994 και έχει εμβαδό 137,5 m².

Το δάπεδο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους στοιχείων του κτηρίου, όπως αυτοί έχουν καταγραφεί στη μελέτη θερμομόνωσης δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2. Συντελεστές Θερμοπερατότητας

Στοιχείο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Φέροντας Οργανισμός	2,9515
Τοιχοποιία	0,5056
Πάτωμα	0,6142
Οροφή	0,4587
Παράθυρα/ Μπαλκονόπορτες	5,2300
Πόρτα εισόδου	3,7021

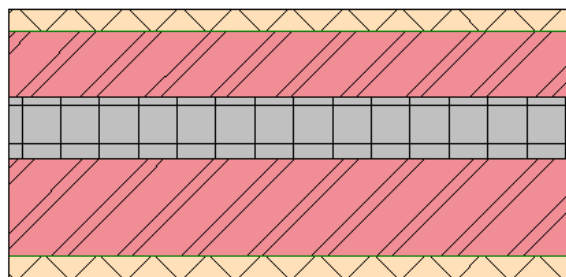
Στην συνέχεια παρατίθενται 4 πίνακες, οι οποίοι περιλαμβάνουν όλες τις πληροφορίες για τα δομικά στοιχεία του κελύφους. Οι πληροφορίες για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για το κάθε δομικό στοιχείο πάρθηκαν από την μελέτη θερμομόνωσης. Συγκεκριμένα, για

το κάθε ένα υλικό αναφέρεται το πάχος του, η πυκνότητά του καθώς και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ . Επιπλέον, οι τιμές για τις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης R_i και R_a αντλήθηκαν από τον πίνακα 3β της TOTEE-20701-2/2010, σελίδα 54.(TOTEE-2, 2010)

Πίνακας 3. Τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης για κάθε δομικό στοιχείο (TOTEE-2, 2010)

	ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ	R_i (εσωτερ.)	R_a (εξωτερ.)
ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,130	0,040
	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,130	0,130
	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0,130	0,000
	Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,100	0,040
	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,100	0,100
	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)	0,170	0,040
	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)	0,170	0,170
	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,170	0,000

3.3.1 Τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα



Εικόνα 65. Εξωτερική τοιχοποιία

Πίνακας 4. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_a) εξωτερικής τοιχοποιίας

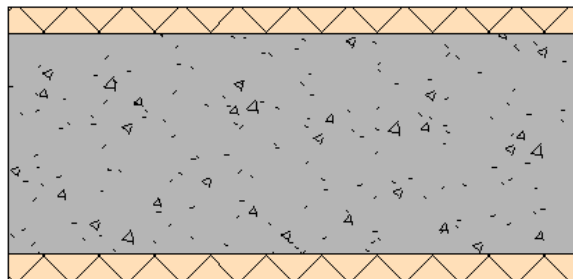
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θέρμ. αγ. λ	Θερμ. αντίστ. d/ λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα (Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα)	1900	0,02	0,872	0,023
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα (πλάκα)	2400	0,18	2,034	0,089

3	Θερμομονωτικό υλικό		0,06	0,041	1,475
4	Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων	800	0,10	0,349	0,287
5	Στεγάνωση	1050	0,01	0,174	0,057
6	Γαρμπιλομωσαϊκό	1500	0,07	0,639	0,1095
Σd=			0,44	R _Λ =	2,040

Πίνακας 5. Φύλλο υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0,100
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	2,040
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0,040
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	2,180
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0,4587

3.3.2 Φέροντας Οργανισμός



Εικόνα 66. Φέροντας οργανισμός

Πίνακας 6. Φύλλου Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_Λ) φέροντα οργανισμού

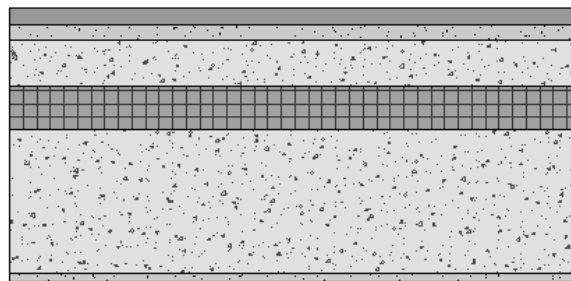
a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα P	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα (Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα)	1900	0,025	0,872	0,029
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,200	2,034	0,098
3	Επίχρισμα (Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα)	1900	0,025	0,872	0,029
Σd=			0,25	R _Λ =	0,156

Πίνακας 7

Πίνακας 7. Φύλλο υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας φέροντα οργανισμού

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_1	(m ² K)/W	0,130
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	0,156
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m ² K)/W	0,040
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	(m ² K)/W	0,326
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	3,0704

3.3.3 Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος



Εικόνα 67. Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος

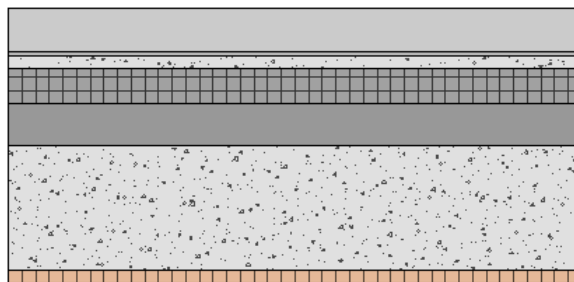
Πίνακας 8. Φύλλο υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_L) δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Ποκνότητα P kg/m ³	Πάχος στρ. d m	Συντ.θερμ.Αγ. λ W/(mK)	Θερμ. αντ. d/λ (m ² K)/W
1	Μάρμαρο		0,020	3,487	0,006
2	Ασβεστοκονίαμα		0,020	0,872	0,023
3	Ελαφροσκυρόδεμα		0,060	1,104	0,054
4	Θερμομονωτικό υλικό		0,050	0,041	1,229
5	Στεγάνωση	1050	0,010	0,174	0,057
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα (πλάκα)	2400	0,18	2,034	0,089
		$\Sigma d =$	0,34	$R_{\Lambda} =$	1,458

Πίνακας 9. Φύλλο υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με το έδαφος

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_1	(m ² K)/W	0,170
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	1,458
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m ² K)/W	0,000
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	(m ² K)/W	1,628
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0,6142

3.3.4 Οροφή



Εικόνα 68. Οροφή

Πίνακας 10. Φύλλον Υπολογισμού Αντίστασης Θερμοδιαφυγής (R_{Λ}) οροφής

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα a P	Πάχος στρ. d	Συντ. θέρμ. αγ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/ W
1	Επίχρισμα (Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα)	1900	0,02	0,872	0,023
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα (πλάκα)	2400	0,18	2,034	0,089
3	Θερμομονωτικό υλικό		0,06	0,041	1,475
4	Ελαφροσκυρόδεμα κλίσεων	800	0,10	0,349	0,287
5	Στεγάνωση	1050	0,01	0,174	0,057
6	Γαρμπιλομωσαϊκό	1500	0,07	0,639	0,1095
Σd=			0,44	$R_{\Lambda}=$	2,040

Πίνακας 11. Φύλλο υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_1	(m ² K)/W	0,100
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	2,040
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m ² K)/W	0,040
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	(m ² K)/W	2,180
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0,6142

3.3.4 Τύποι υπολογισμών

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας είναι οι εξής:

- Αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας:

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2K/W]$$

Όπου: $d [m]$ πάχος στρώσης

$\lambda [W/(mK)]$ συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

- Αντίσταση θερμοδιαφυγής

$$R_A = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j [m^2K/W]$$

- Συνολική θερμική αντίσταση πολυστρωματικού δομικού στοιχείου

$$R_{o\lambda} = R_i + R_A + R_a [m^2K/W]$$

Όπου: $R_i [m^2K/W]$ αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

$R_a [m^2K/W]$ αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

- Συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου:

$$U = \frac{1}{R_{o\lambda}} [W/(m^2K)] \text{ (TOTEE-2, 2010)}$$

3.4 Συνθήκες Λειτουργίας του κτηρίου

Οι συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα άτομα τα οποία διαμένουν σε αυτό. Ο μελετητής/μηχανικός είναι δύσκολο να έχει λεπτομερή γνώση αυτών των συνθηκών (εκτός αν χρησιμοποιεί εργαλεία παρακολούθησης της κατανάλωσης της ενέργειας, που προφανώς δεν συνηθίζεται). Για αυτό το λόγο έχουν καθοριστεί πρότυπες συνθήκες λειτουργίας, σε εθνικό επίπεδο από τον KENAK, ανάλογα με το είδος του κτηρίου και την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Όμως το Revit χρησιμοποιεί άλλα πρότυπα (πρότυπα ASHRAE), ορίζοντας κάποιες συνθήκες, οι οποίες δεν είναι πάντα εφικτό να αλλαχθούν.

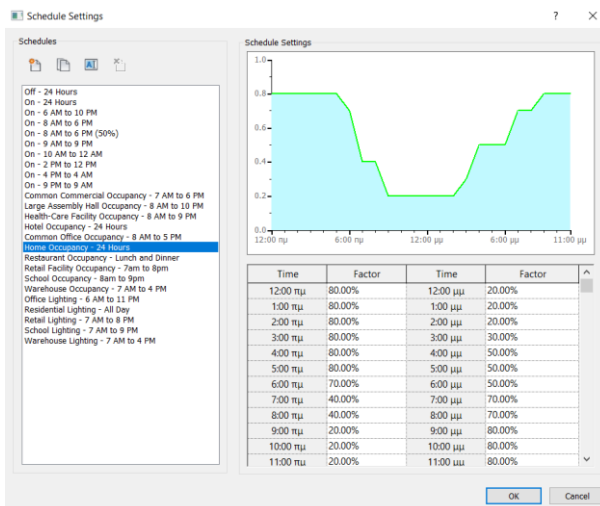
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ορίστηκαν οι συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου. Κάποιες τιμές επιλέχθηκαν με βάση τον KENAK και άλλες κατά εκτίμηση.

Υπενθυμίζεται ότι στο λογισμικό, ο τύπος του κτηρίου είναι δηλωμένος ως singlefamily.

- i. Επιφάνεια δαπέδου ανά άτομο: $20 m^2$ (σύμφωνα με τον KENAK).

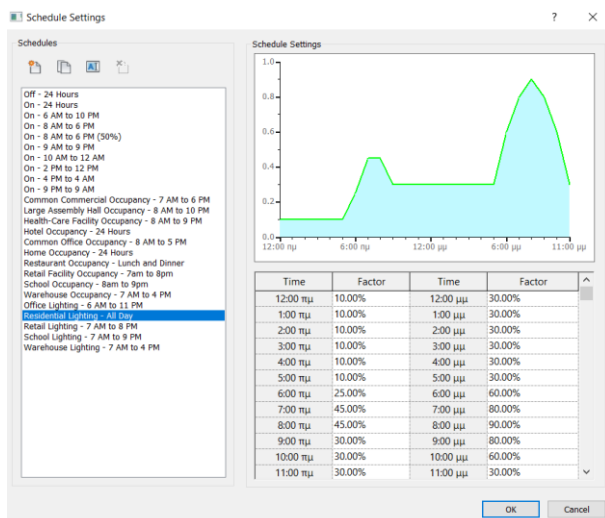
Εικόνα 69. Ορισμός επιφάνειας δαπέδου ανά άτομο

- ii. Ωράριο χρήσης και λειτουργίας: 24 ώρες ημερησίως, 7 ημέρες εβδομαδιαίως. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ το ωράριο χρήσης και λειτουργίας ορίζεται ως 18/7, όμως το λογισμικό δεν προσφέρει τέτοια επιλογή. Έτσι επιλέχθηκε το 24/7 μεελάττωση κάποιων ποσοστών χρήσης στο ScheduleSettings.

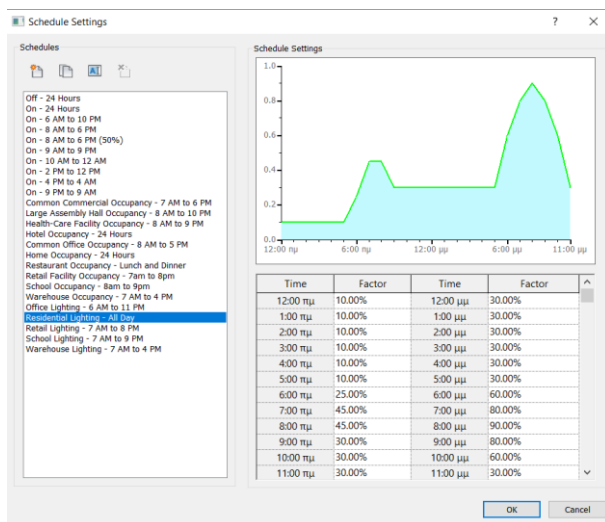


Εικόνα 70. Χρονοδιάγραμμα οικιακής χρήσης OccupancySchedule

Πιθαμίτση Μαργαρίτα, Διπλωματική εργασία: «Ενεργειακή προσομοίωση κατοικίας στο Ηράκλειο Κρήτης, με τη χρήση των λογισμικών REVIT®, GREEN BUILDING STUDIO (GBS) και INSIGHT».



Εικόνα 71. Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας φωτισμού LightingSchedule



Εικόνα 72. Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού PowerSchedule

iii. Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων (σύμφωνα με KENAK)

Πίνακας 12. Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στους εσωτερικούς χώρους

Θερμοκρασία (°C)		Σχετική Υγρασία(%)	
Χειμερινή Περίοδος	Θερινή Περίοδος	Χειμερινή Περίοδος	Θερινή Περίοδος
20	26	40	45

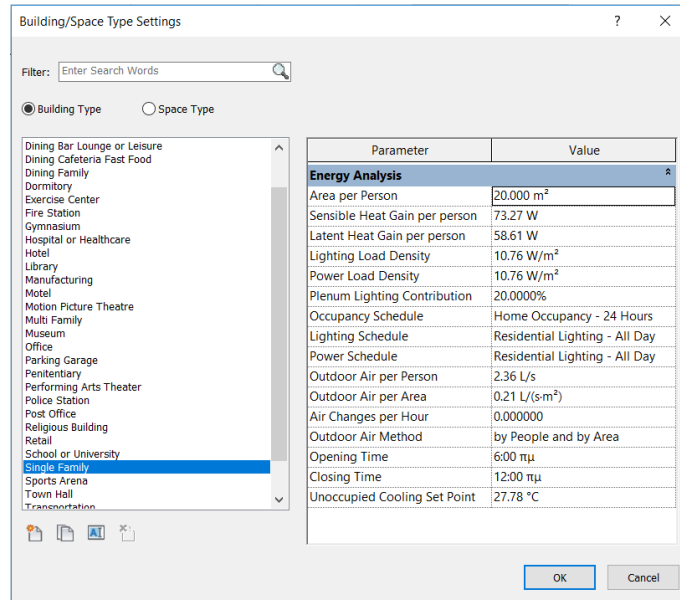
iv. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού: 10,76 W/m² (χρησιμοποιήθηκε η προεπιλεγμένη τιμή του λογισμικού)

v. Ισχύς εξοπλισμού: (χρησιμοποιήθηκε η προεπιλεγμένη τιμή του λογισμικού)

Αισθητό κέρδος θερμότητας: $73,27 \text{ W/m}^2$

Λανθάνον κέρδος θερμότητας: $58,61 \text{ W/m}^2$

- vi. Πυκνότητα ισχύος από εξοπλισμό: $10,76 \text{ W/m}^2$ (χρησιμοποιήθηκε η προεπιλεγμένη τιμή του λογισμικού)

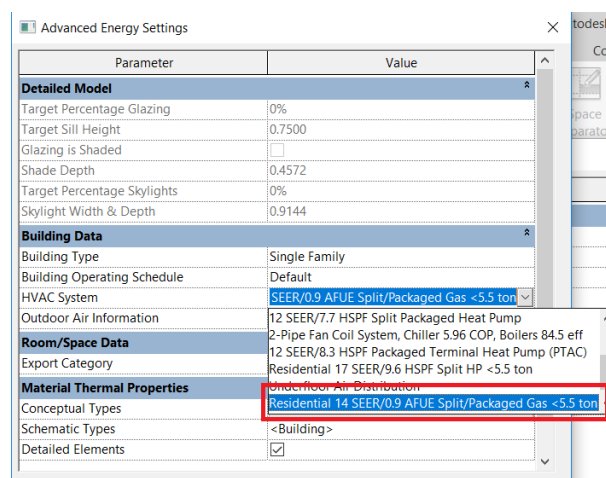


Εικόνα 73. Παράμετροι λειτουργίας κτηρίου

3.5 Σύστημα HVAC

Το σύστημα θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης που επιλέχθηκε από το λογισμικό είναι το εξής:

Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas <5.5 ton



Εικόνα 74. Επιλογή συστήματος HVAC

Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως παρουσιάζονται στη σελίδα της Autodesk.(Autodesk, 2012)

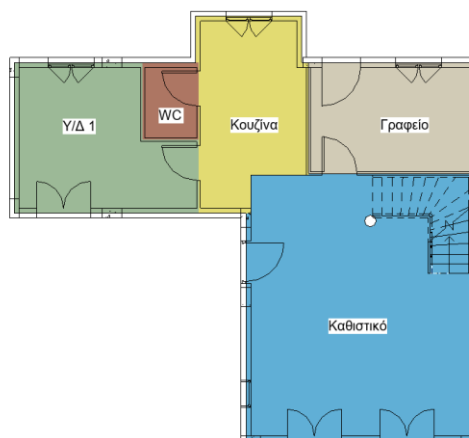
- Efficient 14 SEER/90% AFUE furnace <5.5-ton split/package system with gas heat
- Residential constant volume cycling fan
- 2.0 inch of water gauge (498 pascals) static pressure Constant Volume duct system
- Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί αερολέβητα με βαθμό απόδοσης 90%. Όσο αφορά την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), ο EnergyFactor που αναφέρεται είναι ένας παλιός δείκτης αποδοτικότητας των συσκευών θέρμανσης, που χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α. και ο οποίος πλέον έχει αντικατασταθεί από τον UniformEF (UEF).(Βαρδάκη, 2018)

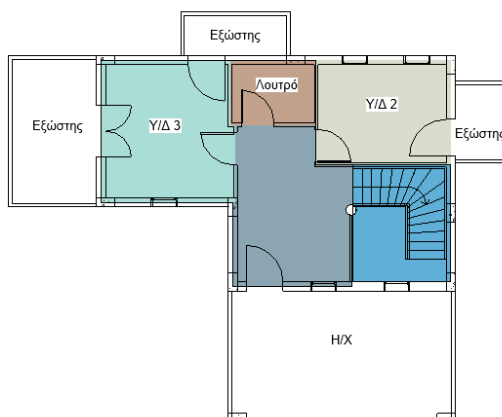
Στις επιλογές που αφορούν τα συστήματα HVAC στο Revit, εμφανίζονται συστήματα που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις Η.Π.Α. Δεν υπάρχουν επιλογές που να αφορούν λέβητα πετρελαίου, ηλιακό θερμοσίφωνα ή κλιματιστικό, που είναι πολύ διαδεδομένα στην Ελλάδα. Επομένως, η επιλογή του συγκεκριμένου συστήματος HVAC έγινε σχετικά αυθαίρετα, προσπαθώντας να βρεθεί ένα σύστημα που να μοιάζει με σύστημα λέβητα.

3.6 Ορισμός χώρων και θερμικών ζωνών

Κάθε δωμάτιο στο Revit ορίζεται ως ξεχωριστός χώρος (Space), στον οποίο ορίζονται εκ νέου οι συνθήκες λειτουργίας. Οι συνθήκες λειτουργίας που ορίστηκαν για τον κάθε χώρο είναι αυτές της ενότητας 3.4. Κάθε χώρος εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα.



Εικόνα 75. Ορισμός χώρων ισογείου



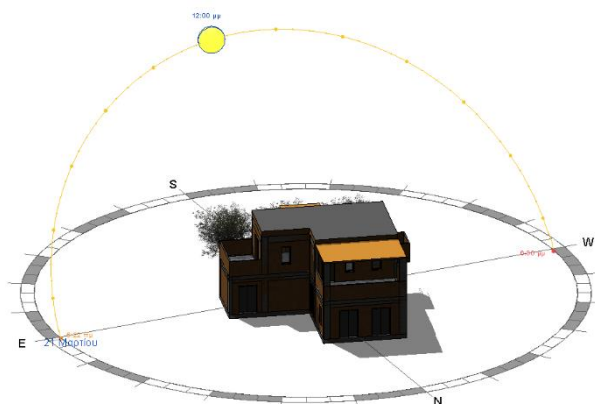
Εικόνα 76. Ορισμός χώρων ορόφου

Επίσης, επιλέγοντας ομάδες χώρων φτιάχνονται οι ζώνες (Zones). Στο κτήριο της εργασίας εντάχθηκαν στην ίδια ζώνη, με τις συνθήκες λειτουργίας που αναφέρονται στην ενότητα 3.4.

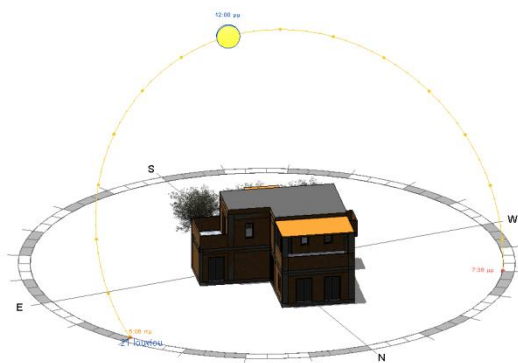
3.7 Ηλιασμός του κτηρίου

Το λογισμικό Revit δίνει τη δυνατότητα οπτικής αναπαράστασης της τροχιάς του Ήλιου (σε χρονικά διαστήματα που ορίζει ο χρήστης) πάνω από το κτήριο. Έτσι ο σχεδιαστής έχει πλήρη εικόνα του σχεδιασμού κτηρίου σε κάθε εποχή και μπορεί να προβεί στις κατάλληλες επεμβάσεις ώστε να πετύχει τις βέλτιστες συνθήκες σκίασης.

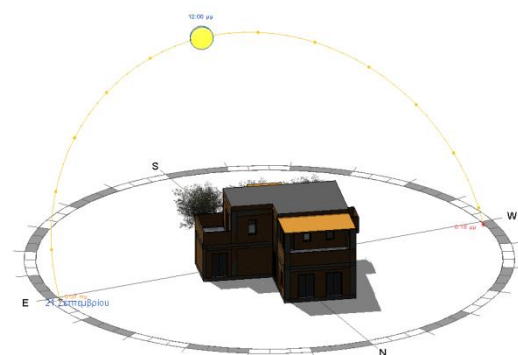
Ακολουθούν απεικονίσεις του κτηρίου στις τέσσερις διαφορετικές εποχές. Επιλέχθηκε να παρουσιαστεί ο ηλιασμός κατά τις ισημερίες και τα ηλιοστάσια και ώρα 12.00 το μεσημέρι.



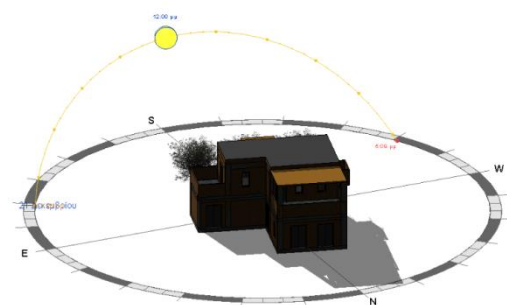
Εικόνα 77. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/3/2019, στις 12 το μεσημέρι (Εαρινή Ισημερία)



Εικόνα 78. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/6/2019, στις 12 το μεσημέρι (Θερινό Ηλιοστάσιο)



Εικόνα 79. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/9/2019, στις 12 το μεσημέρι (Φθινοπωρινή Ισημερία)



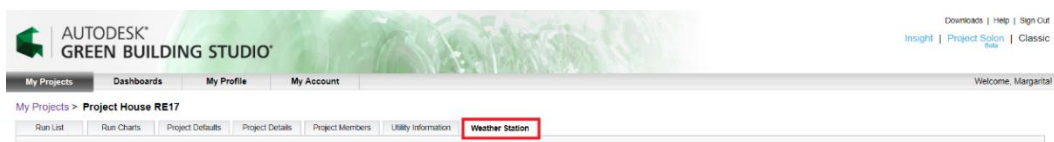
Εικόνα 80. Απεικόνιση σκιάσεων στις 21/12/2019, στις 12 το μεσημέρι (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)

3.8 Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής

Για την υλοποίηση της ενεργειακής μελέτης η υπηρεσία GreenBuildingStudio αντλεί πληροφορίες από έναν μετεωρολογικό σταθμό, ο οποίος ορίζεται από τον χρήστη και

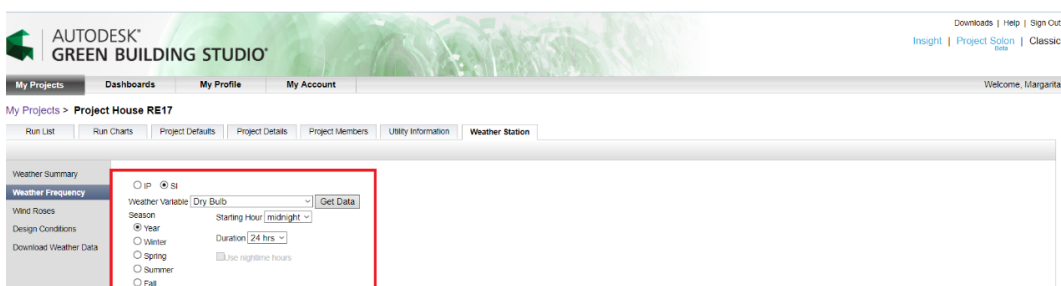
συνήθως είναι ο πλησιέστερος στο κτήριο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει επιλεγεί ο σταθμός 183374, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω.

Τα μετεωρολογικά αυτά δεδομένα παρουσιάζονται αναλυτικά στο GreenBuildingStudio, κάνοντας κλικ στην επιλογή WeatherStation.



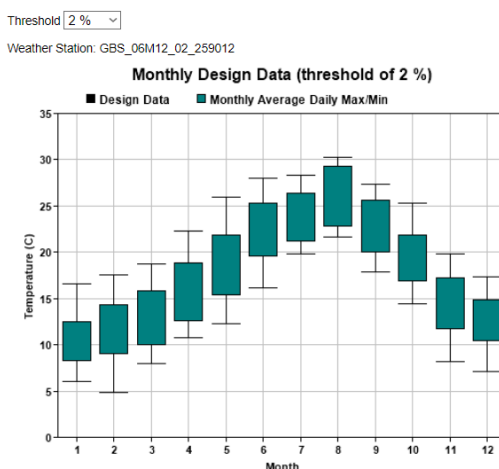
Εικόνα 81. Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού στο GBS

Στο GBS υπάρχουν μετεωρολογικά δεδομένα που αφορούν τη θερμοκρασία της περιοχής, την υγρασία, το αιολικό δυναμικό, το ηλιακό δυναμικό και άλλα. Αυτά παρουσιάζονται σε γραφήματα τα οποία μπορεί να αναφέρονται είτε σε ένα έτος είτε σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή. Οι τιμές βάσει των οποίων δημιουργούνται τα διαγράμματα μπορεί να είναι είτε ανά 24ωρο είτε ανά μικρότερα ωριαία διαστήματα.

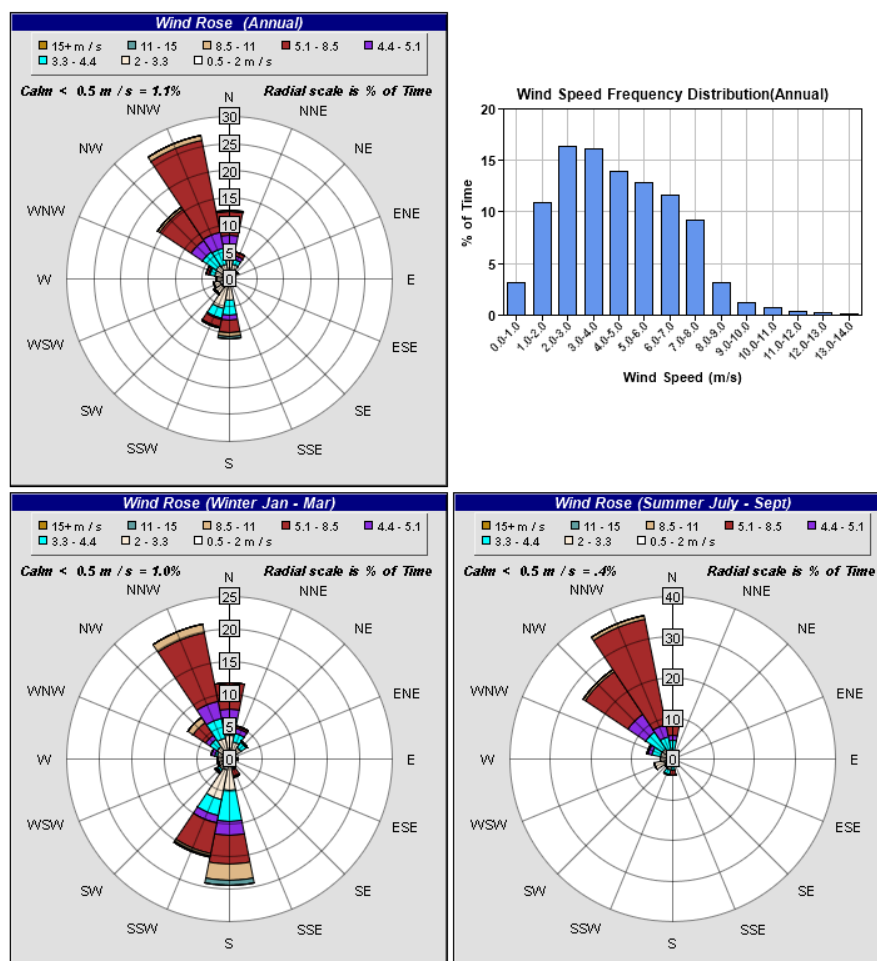


Εικόνα 82. Επιλογές παραμέτρων για γραφήματα

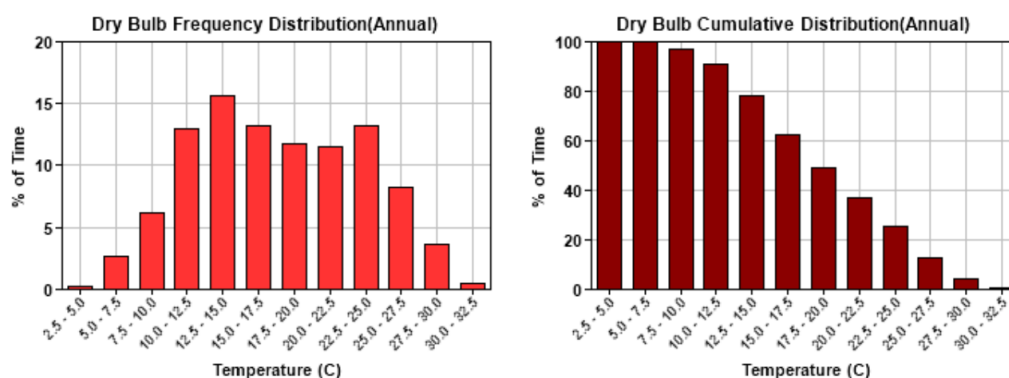
Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά γραφήματα σε σχέση με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Το κάθε γράφημα αναφέρεται σε περίοδο ενός έτους, με τιμές που λαμβάνονται σε ημερήσια βάση.



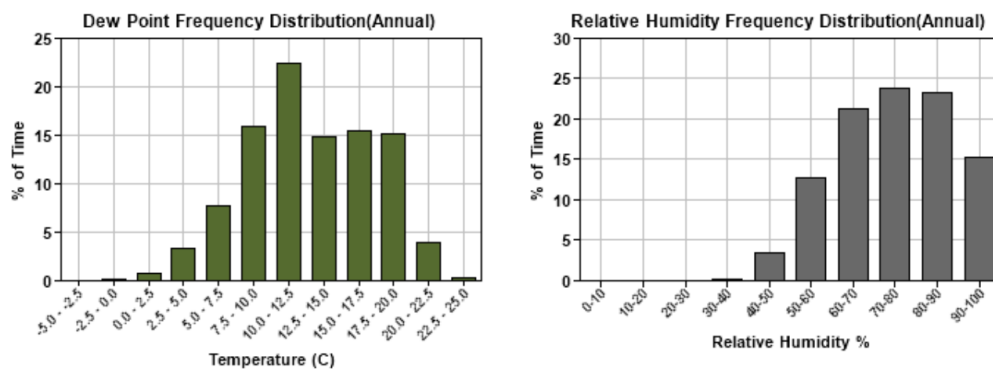
Εικόνα 83. Θερμοκρασιακό εύρος κάθε μήνα



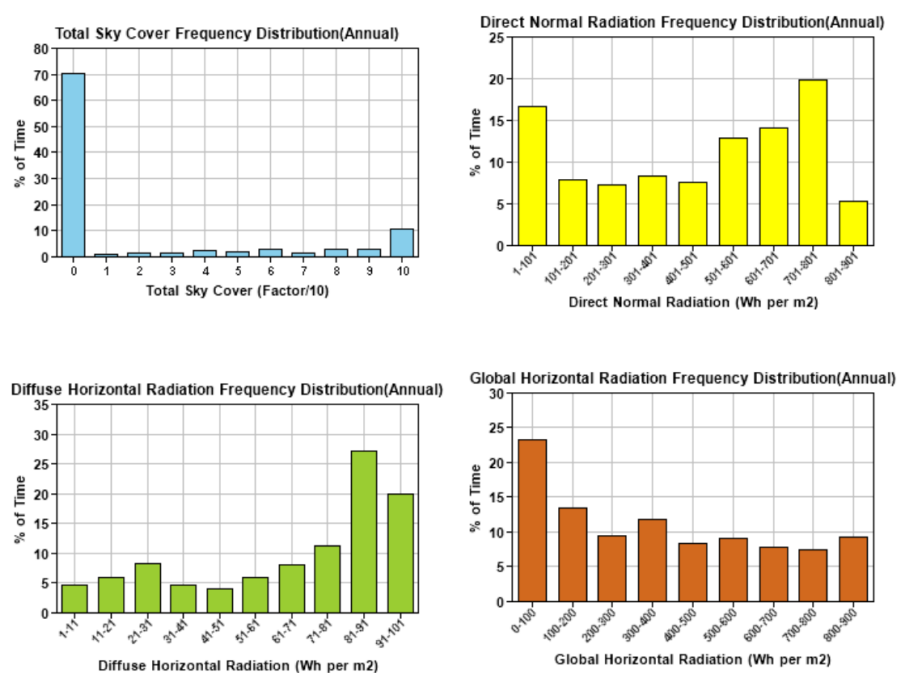
Εικόνα 84. Ετήσιο αιολικό δυναμικό



Εικόνα 85. Κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού και αθροιστική κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού



Εικόνα 86. Κατανομή συχνότητας σημείου δρόσου και κατανομή συχνότητας σχετικής υγρασίας



Εικόνα 87. Ετήσιο ηλιακό δυναμικό

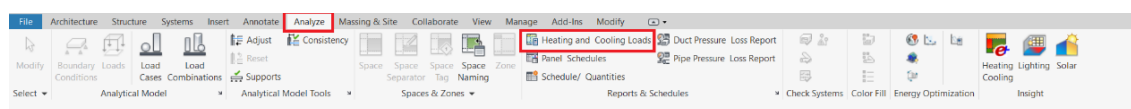
4. Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης και σενάρια βελτίωσης

4.1 Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης του κτηρίου

Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του κτηρίου και καθοριστούν οι τιμές στις ενεργειακές παραμέτρους εκτελείται η προσομοίωση και τα αποτελέσματα αυτής παρουσιάζονται στα λογισμικά Revit, GreenBuildingStudio και Insight.

4.1.1. Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης στο Revit

Από το tab Analyze και μέσω της εντολής Heating and Cooling Loads δίνεται η δυνατότητα να παρουσιαστούν τα φορτία του κτηρίου, τόσο συνολικά όσο και ξεχωριστά για τον κάθε χώρο.



Εικόνα 88. Analyze, Heating and Cooling Loads

Παρατίθεται πίνακας που αφορά το σύνολο του κτηρίου.

Πίνακας 13. Αποτελέσματα για όλο το κτήριο

Δεδομένα	
Τύπος κτηρίου	Μονοκατοικία
Τοποθεσία	Μάλια, Ηράκλειο
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (θερινή περίοδος)	31°C
Θερμοκρασία υγρού βολβού (θερινή περίοδος)	24°C
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (χειμερινή περίοδος)	6°C
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	8°C
Εμβαδόν (m ²)	137,5
Όγκος (m ³)	416
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	7563
Μήνας και ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Αύγουστος 3:00 μμ
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	6508
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	441
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	5336
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	65,58
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	46,20

Παρατηρείται πως το φορτίο αιχμής της ψύξης είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της θέρμανσης κατά 29,4% και σημειώνεται το μήνα Αύγουστο. Στη συνέχεια παρατίθενται οι πίνακες που αφορούν τους επιμέρους χώρους. Παρουσιάζονται ενδεικτικά δύο πίνακες με τη μορφή που εμφανίζονται στο Revit .

Πίνακας 14.Καθιστικό, Ισόγειο, Revit

Inputs	
Area (m ²)	38
Volume (m ³)	130.61
Wall Area (m ²)	66
Roof Area (m ²)	0
Door Area (m ²)	11
Partition Area (m ²)	21
Window Area (m ²)	2
Skylight Area (m ²)	0
Lighting Load (W)	413
Power Load (W)	413
Number of People	2
Sensible Heat Gain / Person (W)	73
Latent Heat Gain / Person (W)	59
Infiltration Airflow (L/s)	12.8
Space Type	Single Family (inherited from building type)
Calculated Results	
Peak Cooling Load (W)	1,789
Peak Cooling Month and Hour	August 4:00 μμ
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,577
Peak Cooling Latent Load (W)	211
Peak Cooling Airflow (L/s)	94.9
Peak Heating Load (W)	1,279
Peak Heating Airflow (L/s)	120.2

Components	Cooling		Heating	
	Loads (W)	Percentage of Total	Loads (W)	Percentage of Total
Wall	266	14.87%	427	33.35%
Window	618	34.54%	86	6.71%
Door	337	18.87%	577	45.13%
Roof	9	0.51%	4	0.32%
Skylight	0	0.00%	0	0.00%
Partition	0	0.00%	0	0.00%
Infiltration	191	10.70%	185	14.49%
Lighting	123	6.86%		
Power	121	6.79%		
People	0	0.00%		
Plenum				
Total	1,789	100%	1,279	100%

Πίνακας 15, Καθιστικό, Ισόγειο

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	38
Όγκος (m ³)	130,61
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	66
Επιφάνεια οροφής (m ²)	0
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	11
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	21
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	2
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0
Φορτίου φωτισμού (W)	413
Φορτίο ισχύος(W)	413
Αριθμός ατόμων	2
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59
Διείσδυση αέρα (L/s)	12,8
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία
Αποτελέσματα Υπολογισμών	
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	1789
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Αύγουστος 4:00μμ
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	1577
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	211
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	94,9
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	1279
Μέγιστη διείσδυση αέρα για	120,2

Θέρμανση(L/s)				
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	266	14,87	427	33,35
Παράθυρα	618	34,54	86	6,71
Πόρτα	337	18,87	577	45,13
Οροφή	9	0,51	4	0,32
Φίλτρανση αέρα	191	10,70	185	14,49
Φωτισμός	123	6,86		
Ισχύς εξοπλισμού	123	6,86		
Πλήθος ατόμων	121	6,79		
Σύνολο	1789	100	1279	100

Πίνακας 16.Κουζίνα, Ισόγειο, Revit

Inputs	
Area (m ²)	12
Volume (m ³)	32.11
Wall Area (m ²)	20
Roof Area (m ²)	3
Door Area (m ²)	4
Partition Area (m ²)	9
Window Area (m ²)	1
Skylight Area (m ²)	0
Lighting Load (W)	127
Power Load (W)	127
Number of People	1
Sensible Heat Gain / Person (W)	73
Latent Heat Gain / Person (W)	59
Infiltration Airflow (L/s)	3.8
Space Type	Single Family (inherited from building type)
Calculated Results	
Peak Cooling Load (W)	1,059
Peak Cooling Month and Hour	October 1:00 μμ
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,042
Peak Cooling Latent Load (W)	17
Peak Cooling Airflow (L/s)	46.5
Peak Heating Load (W)	283
Peak Heating Airflow (L/s)	25.6

Components	Cooling		Heating	
	Loads (W)	Percentage of Total	Loads (W)	Percentage of Total
Wall	34	3.16%	126	44.59%
Window	861	81.31%	60	21.25%
Door	0	0.00%	0	0.00%
Roof	68	6.41%	39	13.74%
Skylight	0	0.00%	0	0.00%
Partition	0	0.00%	0	0.00%
Infiltration	2	0.16%	55	19.42%
Lighting	39	3.68%		
Power	39	3.68%		
People	17	1.60%		
Plenum	0	0.00%		
Total	1,059	100%	283	100%

Πίνακας 17, Κουζίνα, Ισόγειο

Δεδομένα				
Εμβαδό (m ²)	12			
Όγκος (m ³)	32,11			
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	20			
Επιφάνεια οροφής (m ²)	3			
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	4			
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	9			
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	1			
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0			
Φορτίου φωτισμού (W)	127			
Φορτίο ισχύος(W)	127			
Αριθμός ατόμων	1			
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73			
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	3,8			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	1059			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 1:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	1042			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	17			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	46,5			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	283			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	26,6			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	34	3,16	126	44,59
Παράθυρα	861	81,31	63	22,25
Πόρτα	0	0	0	0
Οροφή	68	6,41	39	13,74
Φίλτρανση αέρα	2	0,16	55	19,42
Φωτισμός	39	3,68		
Ισχύς εξοπλισμού	39	3,68		
Πλήθος ατόμων	17	1,60		
Σύνολο	1059	100	283	100

Πίνακας 18, Γραφείο, Ισόγειο

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	11
Όγκος (m ³)	30,48
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	22
Επιφάνεια οροφής (m ²)	0

Επιφάνεια πόρτας (m ²)	4			
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	13			
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	1			
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0			
Φορτίου φωτισμού (W)	121			
Φορτίο ισχύος(W)	121			
Αριθμός ατόμων	1			
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73			
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	4,2			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	1107			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 2:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	1090			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	17			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	68,2			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	604			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	64,3			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό%
Τοίχοι	45	4,11	135	22,31
Παράθυρα	825	74,49	68	11,29
Πόρτα	146	13,19	173	28,69
Οροφή	0	0	0	0
Χωρίσματα	0	0	162	26,88
Φίλτραση αέρα	2	0,17	65	10,83
Φωτισμός	37	3,30		
Ισχύς εξοπλισμού	37	3,30		
Πλήθος ατόμων	16	1,44		
Σύνολο	1107	100	604	100

Πίνακας 19.WC,Ισόγειο

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	2
Όγκος (m ³)	6,70
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	4
Επιφάνεια οροφής (m ²)	0
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	2
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	0
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	0
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0
Φορτίου φωτισμού (W)	27
Φορτίο ισχύος(W)	27
Αριθμός ατόμων	1
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73

Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	0,8			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	187			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 2:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	184			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	3			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	7,8			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	51			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	4,8			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	24	13,09	27	52,63
Παράθυρα	143	76,26	13	24,76
Πόρτα	0	0	0	0
Οροφή	0	0	0	0
Χωρίσματα	0	0	0	0
Φίλτραυση αέρα	0	0,19	12	22,61
Φωτισμός	8	4,29		
Ισχύς εξοπλισμού	8	4,29		
Πλήθος ατόμων	4	1,88		
Σύνολο	187	100	51	100

Πίνακας 20. Υποδομάτιο, Ισόγειο

Δεδομένα				
Εμβαδό (m ²)	14			
Όγκος (m ³)	38,08			
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	36			
Επιφάνεια οροφής (m ²)	0			
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	5			
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	0			
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	1			
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0			
Φορτίου φωτισμού (W)	90			
Φορτίο ισχύος(W)	151			
Αριθμός ατόμων	1			
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73			
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	6,9			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	978			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 2:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	952			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	26			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	53,2			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	609			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	57,2			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	113	11,51	219	35,88
Παράθυρα	825	84,30	63	10,36
Πόρτα	-58	-5,98	224	36,85
Οροφή	4	0,36	2	0,36
Χωρίσματα	0	0	0	0
Φύλτραυση αέρα	3	0,32	101	16,56
Φωτισμός	27	2,78		
Ισχύς εξοπλισμού	46	4,67		
Πλήθος ατόμων	20	2,04		
Σύνολο	978	100	609	100

Πίνακας 21. Σκάλα και χολ, Ισόγειο και όροφος

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	12
Όγκος (m ³)	36,12
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	21
Επιφάνεια οροφής (m ²)	13
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	8

Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	8			
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	1			
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0			
Φορτίου φωτισμού (W)	130			
Φορτίο ισχύος(W)	130			
Αριθμός ατόμων	1			
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73			
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	4			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	477			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Αύγουστος 4:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	410			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	67			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	26,8			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	475			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	44,6			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	95	20,02	131	27,58
Παράθυρα	79	16,51	43	9,04
Πόρτα	63	13,13	160	33,77
Οροφή	59	12,45	82	17,27
Χωρίσματα	0	0	0	0
Φίλτρανση αέρα	60	12,69	59	12,34
Φωτισμός	40	8,49		
Ισχύς εξοπλισμού	40	8,49		
Πλήθος ατόμων	39	8,22		
Σύνολο	477	100	475	100

Πίνακας 22. Υποδομάτιο 2, Όροφος

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	9
Όγκος (m ³)	28,35
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	23
Επιφάνεια οροφής (m ²)	11
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	4
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	21
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	2
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0
Φορτίου φωτισμού (W)	102
Φορτίο ισχύος(W)	102
Αριθμός ατόμων	1
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59

Διείσδυση αέρα (L/s)	4,3			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	1213			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 2:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	1196			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	17			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	74,8			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	685			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	72,8			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	55	4,57	138	20,14
Παράθυρα	1122	92,52	93	13,55
Πόρτα	-36	-2,98	173	25,31
Οροφή	-9	0,75	71	10,42
Χωρίσματα	0	0	141	20,62
Φίλτρανση αέρα	2	0,16	68	9,96
Φωτισμός	32	2,61		
Ισχύς εξοπλισμού	32	2,61		
Πλήθος ατόμων	15	1,25		
Σύνολο	1213	100	685	100

Πίνακας 23.Υπνοδομάτιο 3, Όροφος

Δεδομένα	
Εμβαδό (m ²)	13
Όγκος (m ³)	37,58
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	38
Επιφάνεια οροφής (m ²)	14
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	7
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	0
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	1
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0
Φορτίου φωτισμού (W)	135
Φορτίο ισχύος(W)	135
Αριθμός ατόμων	1
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59
Διείσδυση αέρα (L/s)	7,3
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία
Αποτελέσματα Υπολογισμών	
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	1036
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Αύγουστος 5:00μμ
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	929
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	106
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	57,9
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	839

Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	78,9			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	204	19,69	218	25,98
Παράθυρα	58	5,63	43	5,12
Πόρτα	464	44,81	385	45,86
Οροφή	76	7,32	88	10,47
Χωρίσματα	0	0	0	0
Φίλτραυση αέρα	109	10,52	105	12,57
Φωτισμός	42	4,04		
Ισχύς εξοπλισμού	42	4,04		
Πλήθος ατόμων	41	3,96		
Σύνολο	1036	100	839	100

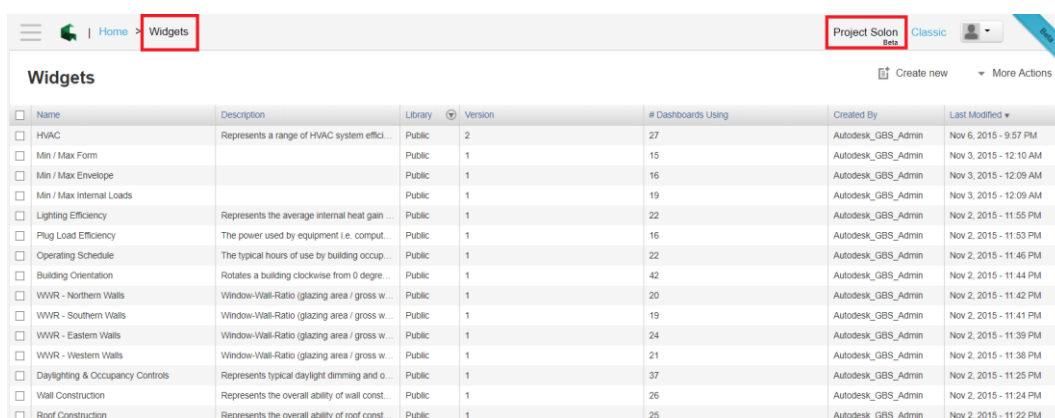
Πίνακας 24. WC, Όροφος

Δεδομένα				
Εμβαδό (m ²)	4			
Όγκος (m ³)	10,80			
Επιφάνεια τοίχων (m ²)	8			
Επιφάνεια οροφής (m ²)	4			
Επιφάνεια πόρτας (m ²)	2			
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	7			
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	0			
Επιφάνεια φεγγίτη (m ²)	0			
Φορτίου φωτισμού (W)	39			
Φορτίο ισχύος(W)	39			
Αριθμός ατόμων	1			
Αισθητό κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	73			
Λανθάνον κέρδος θερμότητας/άτομο(W)	59			
Διείσδυση αέρα (L/s)	1,6			
Τύπος χώρου	Μονοκατοικία			
Αποτελέσματα Υπολογισμών				
Μέγιστο φορτίο ψύξης(W)	222			
Μήνας και ώρα μέγιστου φορτίου ψύξης	Οκτώβριος 3:00μμ			
Μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης(W)	215			
Μέγιστο λανθάνον φορτίο ψύξης (W)	7			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για ψύξη (L/s)	11,1			
Μέγιστο φορτίο θέρμανσης(W)	116			
Μέγιστη διείσδυση αέρα για θέρμανση (L/s)	10,9			
Στοιχεία	Ψύξη		Θέρμανση	
	Φορτίο (W)	Ποσοστό %	Φορτίο (W)	Ποσοστό %
Τοίχοι	69	31,15	54	46,99
Παράθυρα	122	54,67	13	10,93
Πόρτα	0	0	0	0

Οροφή	-1	-0,50	26	22,51
Χωρίσματα	0	0	0	0
Φίλτρανση αέρα	1	0,32	23	19,57
Φωτισμός	12	5,45		
Ισχύς εξοπλισμού	12	5,45		
Πλήθος ατόμων	8	3,47		
Σύνολο	222	100	116	100

4.1.2 Αποτελέσματα ανάλυσης στο ProjectSolon του GreenBuildingStudio (GBS)

Στο ProjectSolon της cloud υπηρεσίας GBS και επιλέγοντας από το Menu τα Widgets, μπορεί κανείς να βρει πλήθος διαγραμμάτων αναφορικά με όλες τις παραμέτρους του κτηρίου που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας. Επιλέγεται εδώ να γίνει εκτενής αναφορά στα μηνιαία ψυκτικά και θερμικά φορτία.

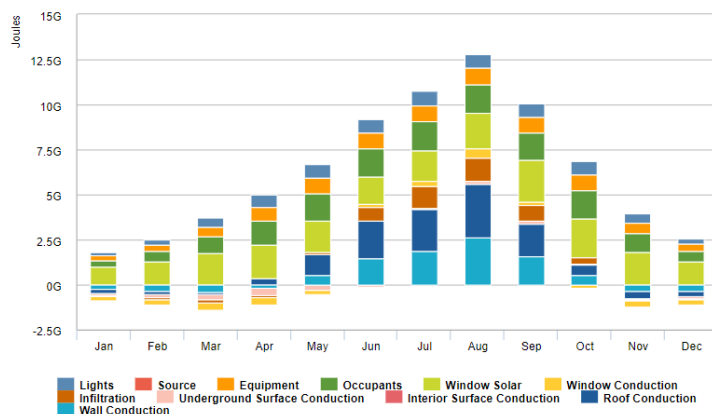


Name	Description	Library	Version	# Dashboards Using	Created By	Last Modified
☐ HVAC	Represents a range of HVAC system effici...	Public	2	27	Autodesk_GBS_Admin	Nov 6, 2015 - 9:57 PM
☐ Min / Max Form		Public	1	15	Autodesk_GBS_Admin	Nov 3, 2015 - 12:10 AM
☐ Min / Max Envelope		Public	1	16	Autodesk_GBS_Admin	Nov 3, 2015 - 12:09 AM
☐ Min / Max Internal Loads		Public	1	19	Autodesk_GBS_Admin	Nov 3, 2015 - 12:09 AM
☐ Lighting Efficiency	Represents the average internal heat gain ...	Public	1	22	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:55 PM
☐ Plug Load Efficiency	The power used by equipment i.e. comput...	Public	1	16	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:53 PM
☐ Operating Schedule	The typical hours of use by building occup...	Public	1	22	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:46 PM
☐ Building Orientation	Rotates a building clockwise from 0 degree...	Public	1	42	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:44 PM
☐ WWR - Northern Walls	Window-Wall-Ratio (glazing area / gross w...	Public	1	20	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:42 PM
☐ WWR - Southern Walls	Window-Wall-Ratio (glazing area / gross w...	Public	1	19	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:41 PM
☐ WWR - Eastern Walls	Window-Wall-Ratio (glazing area / gross w...	Public	1	24	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:39 PM
☐ WWR - Western Walls	Window-Wall-Ratio (glazing area / gross w...	Public	1	21	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:38 PM
☐ Daylighting & Occupancy Controls	Represents typical daylight dimming and o...	Public	1	37	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:25 PM
☐ Wall Construction	Represents the overall ability of wall const...	Public	1	26	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:24 PM
☐ Roof Construction	Represents the overall ability of roof const...	Public	1	25	Autodesk_GBS_Admin	Nov 2, 2015 - 11:22 PM

Εικόνα 89. Widgets, ProjectSolon

4.1.2.1 Μηνιαία ψυκτικά φορτία

Στο παρακάτω διάγραμμα, παρουσιάζονται τα μηνιαία ψυκτικά φορτία. Σε αυτό φαίνεται ότι οι περισσότεροι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται, δυσκολεύουν τη διατήρηση των συνθηκών λειτουργίας του κτηρίου όπως έχουν οριστεί και για αυτό παρουσιάζονται με θετικές τιμές στο διάγραμμα. Ενώ υπάρχουν κάποιοι, οι οποίοι σε κάποιες χρονικές περιόδους βοηθούν στην ψύξη του κτηρίου και για αυτό εμφανίζονται με αρνητικές τιμές στο γράφημα.

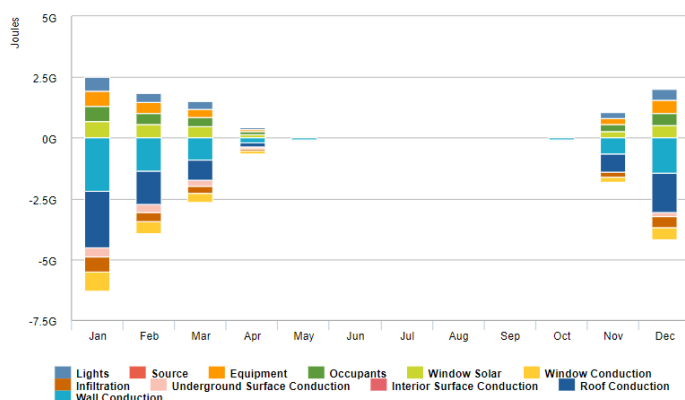


Εικόνα 90.Μηνιαία ψυκτικά φορτία-Monthlycoolingloads

Παρατηρείται ότι ο συγκεκριμένος τύπος τοιχοποιίας και οροφής καθώς και ο αθέλητος αερισμός παίζουν σημαντικό ρόλο κατά τους θερινούς μήνες, αυξάνοντας αρκετά τα ψυκτικά φορτία.

4.1.2.2 Μηνιαία θερμικά φορτία

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα μηνιαίων θερμικών φορτίων. Σε αυτό οι τιμές που εμφανίζονται με θετικό πρόσημο προσφέρουν ενέργεια ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου, όπως αυτές έχουν οριστεί, ενώ οι τιμές με το αρνητικό πρόσημο «δυσκολεύουν» τη θέρμανση του χώρου.



Εικόνα 91. Μηνιαία θερμικά φορτία-Monthlyheatingloads

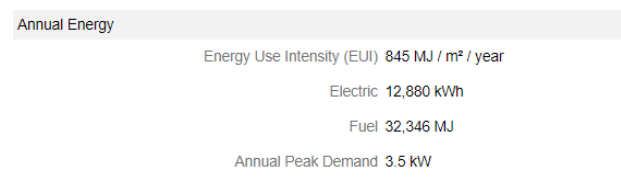
Παρατηρείται ότι η συγκεκριμένη τοιχοποιία και οροφή προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες κατά τους θερινούς μήνες.

4.1.3 Εκτίμηση κατανάλωσης ενέργειας στο GreenBuildingStudio

Στην cloud υπηρεσία GreenBuildingStudio παρουσιάζεται η εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια του κτηρίου και οι συνιστώσες της.

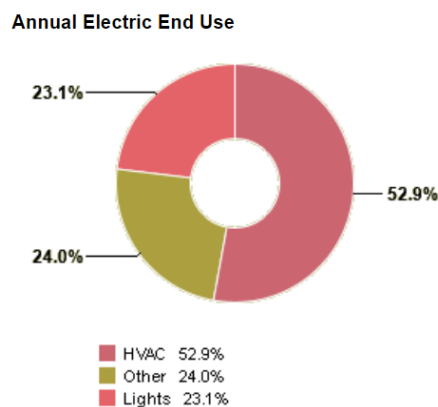
Εκτιμάται λοιπόν πως η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο ανέρχεται σε 845 MJ/m²/year (235 kWh/m²/year).

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ετησίως εκτιμάται στις 12880kWh (46368 MJ), ενώ η ενέργεια από τη χρήση καυσίμων στα 32346MJ (8985kWh). Σημειώνεται επίσης ότι η μέγιστη ετήσια απαίτηση ανέρχεται στα 3,5 kW.

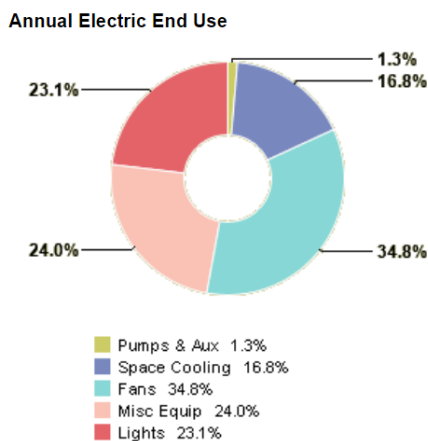


Εικόνα 92. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας

4.1.3.1 Παρουσίαση γραφημάτων ενεργειακής κατανάλωσης

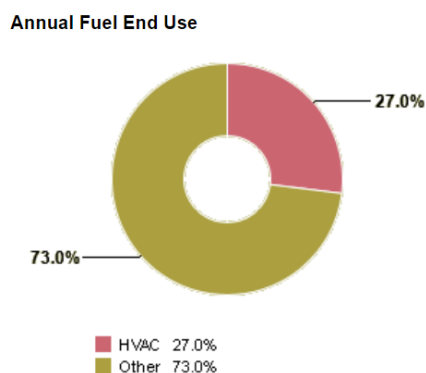


Εικόνα 93. Βασική παρουσίαση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

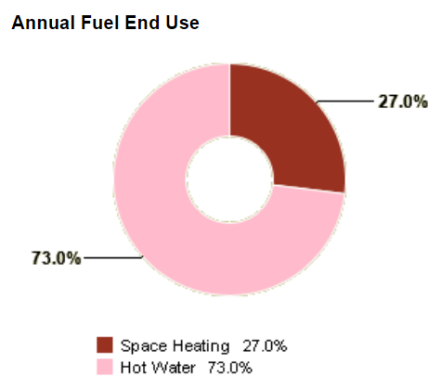


Εικόνα 94. Λεπτομερής παρουσίαση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

Παρατηρείται ότι το σύστημα HVAC παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού εξαιτίας αυτού καταναλώνεται το 52,9% αυτής. Επιπλέον, και ο φωτισμός επηρεάζει αρκετά την ηλεκτρική κατανάλωση με ποσοστό 23,1%.



Εικόνα 95. Βασική ετήσια κατανάλωση καυσίμων



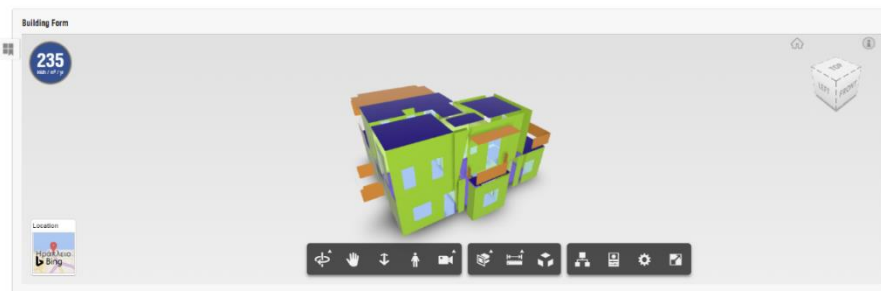
Εικόνα 96. Λεπτομερής ετήσια κατανάλωση καυσίμων

Από τα δύο προηγούμενα διαγράμματα γίνεται αντιληπτό ότι η ετήσια κατανάλωση καυσίμου οφείλεται κατά 73% στην παραγωγή ζεστού νερού και κατά 27% στο σύστημα HVAC για την θέρμανση των χώρων.

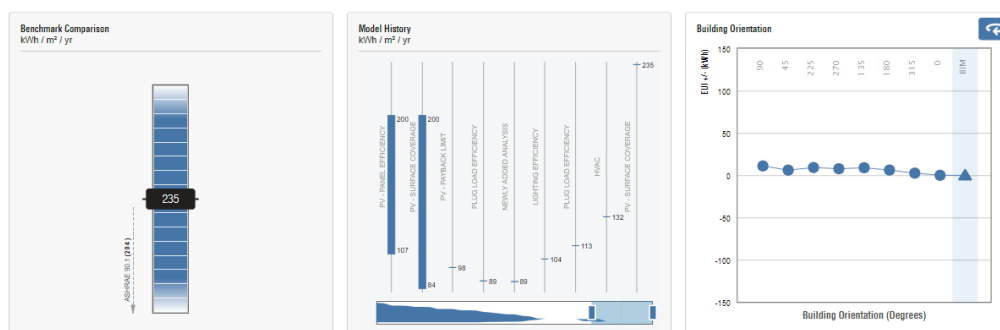
4.1.5 Αποτελέσματα του υπάρχοντος κτηρίου στο λογισμικόInsight

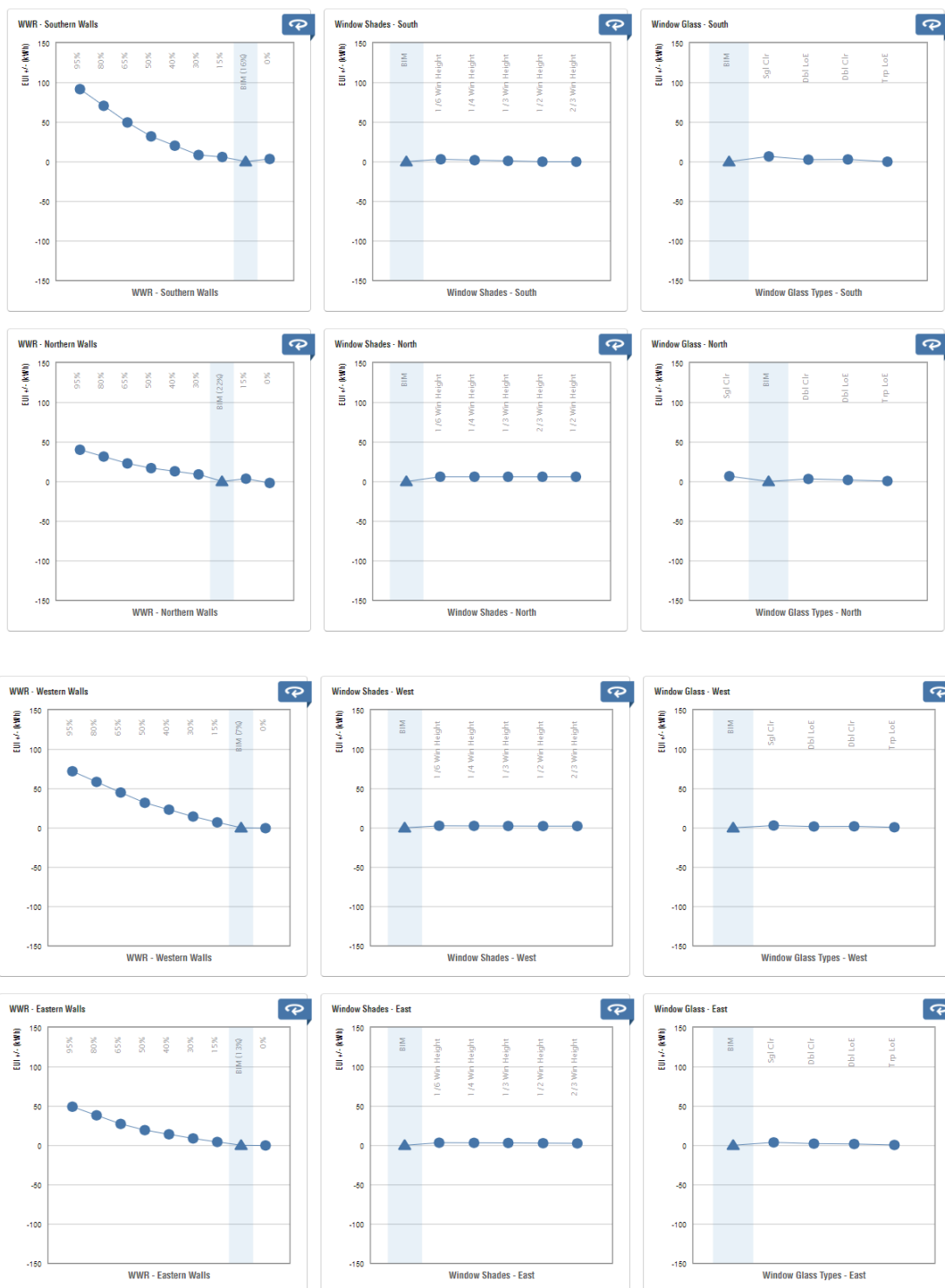
Η υπηρεσία νέφους Insight είναι ένα πολύτιμο εργαλείο, όπου αφ' ενός φαίνονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης και αφ' ετέρου προτείνονται βελτιωτικά σενάρια με τη βοήθεια διαδραστικών διαγραμμάτων. Ρυθμίζοντας όλα τα διαγράμματα στην επιλογή «τρίγωνο», εμφανίζεται στην οθόνη, πάνω και αριστερά του κτηρίου, η εκτιμώμενη συνολική ετήσια κατανάλωση του κτηρίου.

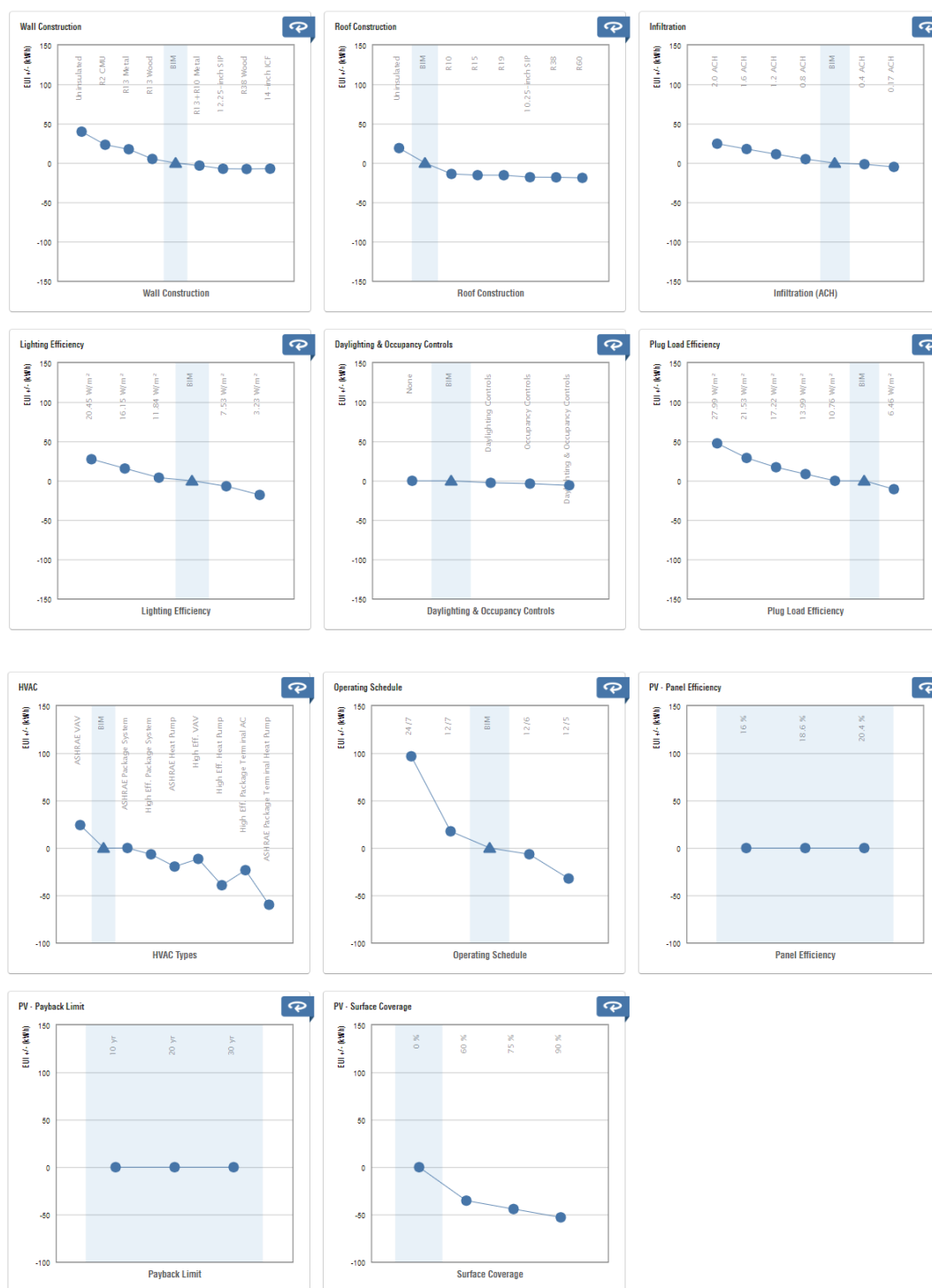
Παρατίθενται τα διαγράμματα που αφορούν το κτήριο, χωρίς βελτιώσεις. Έχει ήδη αναφερθεί πως η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση είναι 235kWh/m²/year. Η τιμή αυτή εμφανίζεται και στο Insight.



Εικόνα 97. Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας, όπως εμφανίζεται στο Insight







Εικόνα 98. Διαγράμματα απεικόνισης της βασικής προσομοίωσης, όπως εμφανίζονται στο Insight

Σημειώνεται πως επειδή το κτήριο δεν διαθέτει φωτοβολταϊκά (ΦΒ) για την παραγωγή ενέργειας, το ποσοστό στο διάγραμμα επιφάνειας κάλυψης (PV-SurfaceCoverage) επιλέγεται 0%. Για τον ίδιο λόγο δεν επιλέγεται συγκεκριμένη τιμή στα διαγράμματα που αφορούν την αποδοτικότητα των ΦΒ(PV-PanelEfficiency) και την περίοδο απόσβεσης της επένδυσης (PV-PaybackLimit).

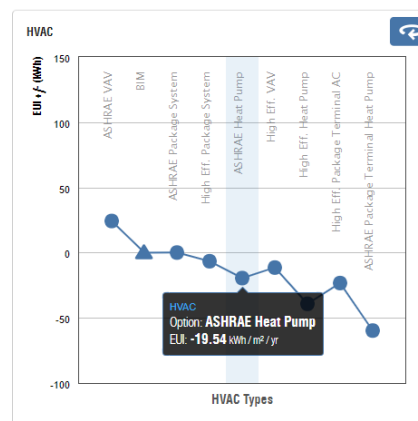
4.2 Σενάρια βελτίωσης υπάρχοντος κτηρίου με χρήση του λογισμικού Insight

Μεταβάλλοντας οποιαδήποτε τιμή επιθυμεί ο χρήστης για κάθε παράμετρο, από τα διαδραστικά διαγράμματα, εμφανίζεται η νέα εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τα εναλλακτικά σενάρια.

4.2.1 Πρώτο βελτιωτικό σενάριο-Αλλαγή συστήματος HVAC

Στο πρώτο σενάριο βελτίωσης επιλέγεται να αντισταθεί το υπάρχον σύστημα HVAC (το οποίο υπενθυμίζεται πως είναι το Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas <5.5 ton) από ένα σύστημα που περιλαμβάνει αντλία θερμότητας. Στο Insight το σύστημα αυτό ονομάζεται ASHRAE Heat Pump και τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- ASHRAE 90.1-2010
- minimum efficiency Heat Pump, 9.5 EER
- COP 3.2 Electric Heat
- 70F economizer (Autodesk, Insight, 2018)



Εικόνα 99. Αλλαγή συστήματος HVAC

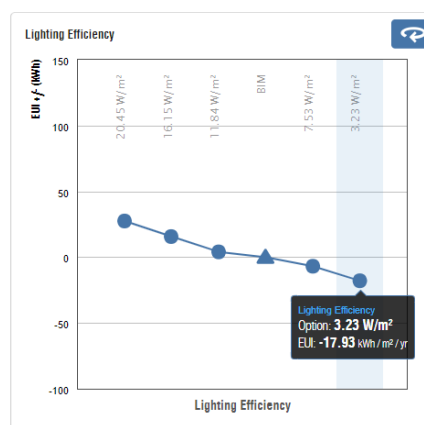
Παρατηρείται ότι αυτή η παρέμβαση ελαττώνει την ετήσια κατανάλωση κατά περίπου 20kWh/m²/year.



Εικόνα 100. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 1

4.2.2 Δεύτερο βελτιωτικό σενάριο-Μείωση πυκνότητας ισχύς φωτισμού

Κατά το δεύτερο βελτιωτικό σενάριο επιλέγεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων με αποτέλεσμα τη μείωση της εγκατεστημένης ισχύς φωτισμού από $10,76 \text{ W/m}^2$ σε $3,23 \text{ W/m}^2$.



Εικόνα 101. Αλλαγή εγκατεστημένης ισχύς φωτισμού

Επίσης, παρατηρείται ότι αυτή η παρέμβαση ελαττώνει την ετήσια κατανάλωση κατά περίπου $20 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$, όπως και στο σενάριο 1.



Εικόνα 102. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 2

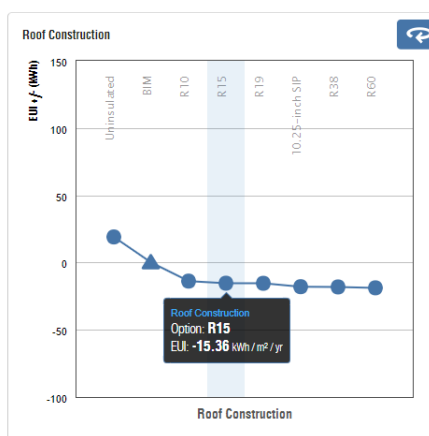
4.2.3 Τρίτο βελτιωτικό σενάριο- Επιπλέον μόνωση οροφής

Στο τρίτο σενάριο επιλέγεται να ενισχυθεί η μόνωση της οροφής. Η προτεινόμενη από το Insight στέγη R15 έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Autodesk, Insight, 2018):

Πίνακας 25. Πληροφορίες οροφής

Roof Construction Name	Roof Construction	R-Value (hft ² °F/BTU)	Heat Capacity (BTU/ft ² °F)
R15	R15 Wood Frame Roof	15.61	2.03

Ο συντελεστής R-Value=15,61 hft²°F/BTU αντιστοιχεί σε U=0,3638 W/m²K. Υπενθυμίζεται πως ο υπάρχον συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής είναι U=0,4587 W/m²K.



Εικόνα 103. Αλλαγή χαρακτηριστικών οροφής

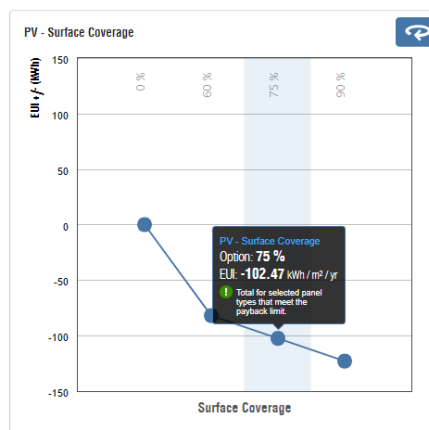
Με αυτή την παρέμβαση η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση μειώνεται κατά περίπου 20kWh/m²/year.



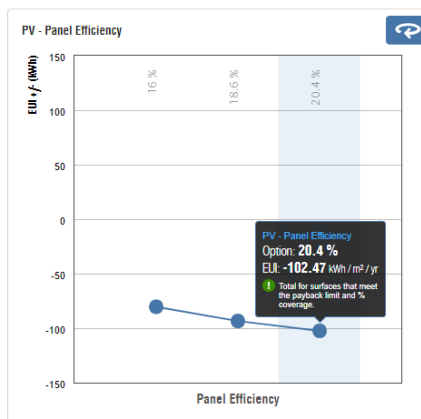
Εικόνα 104. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 3

4.2.4 Τέταρτο βελτιωτικό σενάριο- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

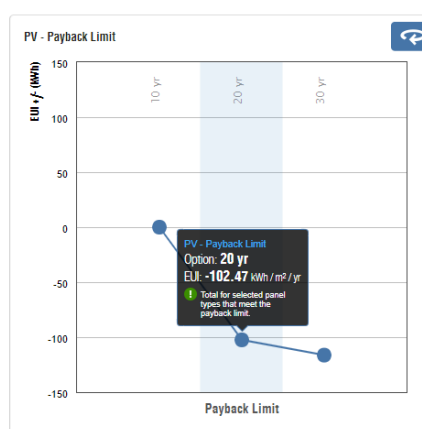
Σε αυτό το σενάριο επιλέγεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Προτείνεται 75% κάλυψη της στέγης με ΦΒ, με συντελεστή αποδοτικότητας 20,4%. Το λογισμικό υπολογίζει την περίοδο αποπληρωμής λαμβάνοντας υπόψη ότι το κόστος ανά εγκατεστημένη μονάδα ισχύος είναι \$3,47/W. Επιλέγεται ως περίοδος αποπληρωμής τα 20 χρόνια.



Εικόνα 105. ΦΒ- Κάλυψη της στέγης κατά 75%



Εικόνα 106. ΦΒ-Συντελεστής αποδοτικότητας 20,4%



Εικόνα 107. ΦΒ-Περίοδος αποπληρωμής 20 χρόνια

Το σενάριο αυτό είναι το αποδοτικότερο σε σχέση με τα προηγούμενα, αφού μειώνει την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας κατά περίπου 102 kWh/m²/year.



Εικόνα 108. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 4

4.2.5 Πέμπτο βελτιωτικό σενάριο-Συνδυασμός των προηγούμενων τεσσάρων σεναρίων

Στο πέμπτο και τελευταίο σενάριο γίνεται συνδυασμός όλων των παραπάνω παρεμβάσεων. Δηλαδή, χρησιμοποιείται το σύστημαASHRAEHeatPump, η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού μειώνεται σε $3,23\text{W/m}^2$, βελτιώνεται η μόνωση της οροφής σύμφωνα με τις προδιαγραφές του R15 και εγκαθίστανται φωτοβολταϊκά με χαρακτηριστικά που έχουν περιγραφεί στην ενότητα 4.2.4(75%,20,4%,20years).



Εικόνα 109. Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας-Σενάριο 5

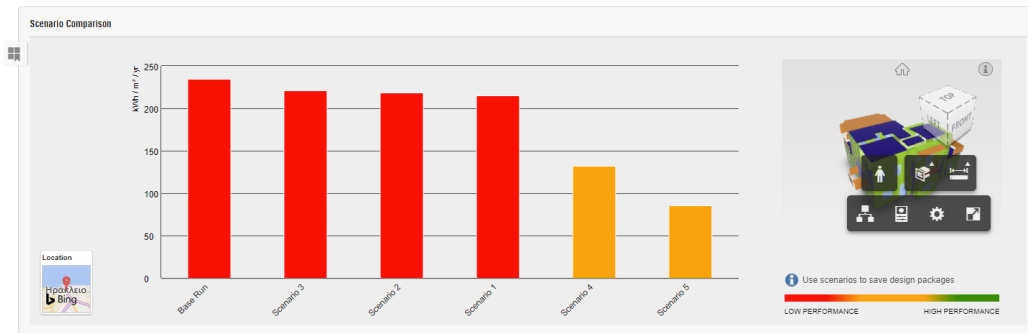
Προφανώς, αυτό το σενάριο είναι ενεργειακά το αποδοτικότερο.Η ελάττωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας είναι αρκετά μεγάλη, της τάξης των $150\text{kWh/m}^2/\text{year}$.

4.2.6 Σύγκριση σεναρίων

Από την βασική προσομοίωση προέκυψε ότι η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ετησίως ανέρχεται στις $234,7\text{kWh/m}^2/\text{year}$. Στον συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις στο κάθε σενάριο καθώς και το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από αυτό.

Πίνακας 26.Ετήσια Ενεργειακή Κατανάλωση κάθε σεναρίου και ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας

Σενάρια	Σύντομη Περιγραφή	Ετησ. Ενεργ. Καταν. ($\text{kWh/m}^2/\text{year}$)	Ποσοστό Εξοικονόμησης (%)
1	HVAC	215,16	8,44
2	Φωτισμός	218,30	7,11
3	Οροφή	221,28	5,84
4	ΦΒ	132,23	43,73
5	Συνδυασμός	85,36	63,68



Εικόνα 110. Σύγκριση σεναρίων

Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, με πολύ μεγάλο ποσοστό (43,73%). Ακολουθούν η αντικατάσταση συστήματος HVAC, αλλαγή συστημάτων φωτισμού και η μόνωση οροφής με πολύ συγκρίσιμα ποσοστά, της τάξης των 5-10%. Προφανώς ο συνδυασμός όλων των παρεμβάσεων επιφέρει τη μεγαλύτερη ενεργειακή εξοικονόμηση (63,68%).

5. Συμπεράσματα

Η εξοικείωση με τη χρήση του λογισμικού AutodeskRevit απαιτεί χρόνο και κόπο, ιδίως στην αρχή και για κάποιο άτομο που δεν είναι εξοικειωμένο με λογισμικά BIM. Επιπλέον, προϋποθέτει γνώσεις αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, γεγονός που δυσκολεύει τη χρήση του από μηχανολόγους μηχανικούς.

Το AutodeskRevit είναι ένα λογισμικό BIM, το οποίο σε συνδυασμό με τα λογισμικά νέφους GreenBuildingStudio και Insight παρέχουν πλήθος αξιόπιστων αποτελεσμάτων αναφορικά με την ενεργειακή μελέτη ενός έργου. Ειδικά μέσω του λογισμικού Insight είναι πολύ εύκολο να εντοπιστούν ποιοι παράμετροι επιδέχονται βελτίωσης και να διερευνηθούν εναλλακτικά σενάρια. Η εκτιμώμενη ετήσια παραγόμενη ενέργεια, αν και παρουσιάζει αποκλίσεις συγκριτικά με τις πραγματικές τιμές, είναι πολύ σημαντική συγκρινόμενη με εναλλακτικά σενάρια.

Τα λογισμικά AutodeskRevit, GreenBuildingStudio και Insight δύσκολα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν ενεργειακά εργαλεία διότι οι επιλογές που διαθέτουν σε διάφορα συστήματα είναι προσαρμοσμένες στα αμερικανικά πρότυπα. Κατά τη χρήση τους στην Ελλάδα, προκύπτουν σημαντικές προκλήσεις και περιορισμοί, κυρίως λόγω των διαφορών σε κανονισμούς, κλιματικά δεδομένα και μονάδες. Επίσης, από την πρώτη Ιουλίου του 2025 τα λογισμικά GBS και Insight αντικαθίστανται από ένα νέο λογισμικό, που ονομάζεται AutodeskInsightCarbonAnalysis.

Το AutodeskRevit δεν ενσωματώνει εγγενώς τους ελληνικούς κανονισμούς (KENAK). Μπορεί όμως να συνδυαστεί με plug-ins ή να εξαχθούν δεδομένα σε άλλα λογισμικά (π.χ. SCADA Pro, Fespa, κ.ά.) που ακολουθούν τους ελληνικούς ή ευρωπαϊκούς κανονισμούς.

Επιπλέον, ένα μειονέκτημα του Revit, που εντοπίστηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας είναι πως σε περίπτωση παρουσίας κάποιου σφάλματος στη φάση της ενεργειακής προσομοίωσης, το λογισμικό δεν εμφανίζει λεπτομέρειες για αυτό, παρά μόνο ενημερώνει γενικώς για την ύπαρξή του.

Στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκαν κάποιες από τις διαστάσεις του BIM, αλλά όχι όλες. Παραδείγματος χάριν δεν έγινε ανάλυση κόστους. Η αναλυτική μελέτη των υπολοίπων διαστάσεων θα μπορούμε να αποτελέσει συνέχειά της. Βέβαια, η χρήση των διαστάσεων 8,9 και 10 αφορά συνήθως σε έργα μεγάλης κλίμακας. Η μελέτη τους στα πλαίσια μιας εργασίας που αφορά την ενεργειακή αναβάθμιση μιας σχετικά μικρής κατοικίας θα μπορούσε να εξυπηρετήσει κυρίως για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτέλεσε μια πολύτιμη ευκαιρία για την εμβάθυνση σε ένα αντικείμενο που συνδυάζει τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό με την ενεργειακή αποδοτικότητα και την τεχνολογία BIM. Μέσω της χρήσης του λογισμικού AutodeskRevit για τον σχεδιασμό κατοικίας και των εργαλείων GreenBuildingStudio και Insight για την ενεργειακή της ανάλυση, αποκτήθηκε ουσιαστική γνώση και πρακτική εμπειρία σε σύγχρονες μεθόδους βιώσιμου σχεδιασμού και προσομοίωσης.

Η εργασία συνέβαλε στην κατανόηση και αξιολόγηση παραμέτρων που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτηρίου, όπως ο προσανατολισμός, ο σχεδιασμός κελύφους, τα μηχανολογικά συστήματα (θέρμανσης, ψύξης, αερισμού) και ο φωτισμός. Επιπλέον, μέσω των εργαλείων προσομοίωσης, έγινε δυνατή η εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας, των εκπομπών CO₂ και η σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού.

Η εξοικείωση με το περιβάλλον BIM ενισχύει τη διεπιστημονική προσέγγιση στον σχεδιασμό, προωθώντας τη γνώση και τη βαθύτερη κατανόηση εννοιών από πεδία διαφορετικών ειδικοτήτων, κάτι που αντικατοπτρίζει τις σύγχρονες ανάγκες της βιομηχανίας κατασκευών. Η δυνατότητα απεικόνισης και διαχείρισης των δομικών και μηχανολογικών στοιχείων σε ενιαίο ψηφιακό μοντέλο, όπως προσφέρεται από το Revit, είναι καθοριστική για τον συντονισμό και τη βελτιστοποίηση της μελέτης.

Μέσω της εργασίας αυτής ενισχύονται ουσιαστικά οι δεξιότητες σε λογισμικά αιχμής, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στην αγορά εργασίας. Παράλληλα, προσφέρεται πολύτιμη εμπειρία σε τομείς όπως η ενεργειακή απόδοση κτηρίων, οι πράσινες κατασκευές και η τεχνολογία BIM, που βρίσκονται στο επίκεντρο των σύγχρονων προκλήσεων για το περιβάλλον και την αειφορία.

Η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας δεν αποτέλεσε μόνο μια ακαδημαϊκή εμπειρία, αλλά και ένα σημαντικό βήμα ενίσχυσης του ρόλου μου ως εκπαιδευτικού. Η ενασχόληση με σύγχρονες τεχνολογίες σχεδιασμού και ενεργειακής ανάλυσης βοήθησε στη διεύρυνση του γνωστικού μου πεδίου και στη εμβάθυνση σε αντικείμενα που σχετίζονται με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και της καινοτομίας στον κατασκευαστικό τομέα. Αυτή η εμπειρία μεταφράζεται άμεσα σε διδακτική αξία, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα εμπλουτισμού της διδακτικής πρακτικής, μεταφέροντας στους μαθητές μου, γνώσεις, μεθόδους και εργαλεία που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις της τεχνικής εκπαίδευσης και της αγοράς εργασίας. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία αυτή συμβάλλει όχι μόνο στην προσωπική και επιστημονική μου εξέλιξη, αλλά και στην ποιοτική αναβάθμιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Βιβλιογραφία

Autodesk. (n.d.). *AutoCAD*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Autodesk: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>

AutodeskAutodesk

Autodesk. (n.d.). *Autodesk*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Autodesk: <https://www.autodesk.com>

Autodesk2012<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/vhelp/help-dev-autodesk-com/v/Revit/enu/2012/Help/Revit-User-s-Guide/3156-Referenc3156/3225-Referenc3225/3229-HVAC-Sys3229.html>

Autodesk2019<https://www.autodesk.com/products/insight/overview>

Autodesk. (n.d.). *Revit*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Autodesk: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

Autodesk. (n.d.). *What is BIM*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Autodesk: [https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim#:~:text=Building%20information%20modeling%20\(BIM\)%20is%20the%20holistic%20process%20of%20creating,design%20to%20construction%20and%20operations](https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim#:~:text=Building%20information%20modeling%20(BIM)%20is%20the%20holistic%20process%20of%20creating,design%20to%20construction%20and%20operations)

Autodesk,

Insight2018<https://forums.autodesk.com/autodesk/attachments/autodesk/2022/1890/1/Insight360-widget-settings.pdf>

BESTDirectory2018<https://www.buildingenergysoftwaretools.com/software/autodesk-green-building-studio>

BIMPANZEE.COM

Building Information Modeling(B.I.M.): Περιγραφή, Δυνατότητες και Προοπτικές στην Κατασκευαστική Βιομηχανία, MSc2016ΘεσσαλονίκηΑριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Eddy Krygiel, B. N. (2008). *Green BIM-Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Wiley Publishing, Inc.

Energy hub for All . (n.d.). *Τι είναι το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από <http://www.cres.gr/energyhubforall/PEA.html>

Energy Hub for All. (n.d.). *Κτιριακό Απόθεμα*. Ανάκτηση 07 22, 2025, από Energy Hub for All: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.1.html>

Energy Institute. (2024). *2024 Regional Overview-access to enrgy and sustainability*. Ανάκτηση 07 22, 2025, από Energy Institute: <https://www.energyinst.org/statistical-review>

Energy Istitute. (n.d.). *Statistical Review of World Energy*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Energy Istitute : <https://www.energyinst.org/statistical-review>

EUR-LexEUR-Lex

European Committion. (n.d.). *Energy Poverty*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από European Committion: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers/energy-poverty_en#:~:text=Energy%20poverty%20occurs%20when%20a,the%20inhabitants'%20health%20and%20wellbeing.

Intelligent Deep Analysis

Intelligent Deep Analysis

International Energy Agency 2019

International Energy Agency . (n.d.). *Buildings* . Ανάκτηση 07 21, 2025, από IEA: <https://www.iea.org/energy-system/buildings>

International Energy Agency. (n.d.). *Industry*. Ανάκτηση 07 21, 2025, απόIEA: <https://www.iea.org/energy-system/industry>

Kaizen Institute. (n.d.). *The importance of a Corporate Sustainability Strategy for Profit and the Enviroment*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από KAIZEN INSTITUTE: <https://kaizen.com/insights/importance-corporate-sustainability-strategy/>

National BIM Standards Committee-NBIMSNational Institute of BUILDING SCIENCE

Ritchie, Rosado, Roser. (2020, 07). *Energy production and Consupntion*. Ανάκτηση 07 22, 2025, από Our world in data: <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

Stanford University. (n.d.). *Energy for Transportation*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Stanford University: https://understand-energy.stanford.edu/energy-services/energy-transportation#:~:text=Total%20Energy%20Consumption*,GHG%20emissions%20come%20from%20transportation

The Pennsylvania State University. (n.d.). *Global Energy Consumption*. Ανάκτηση 07 22, 2025, από The Pennsylvania State University: <https://www.e-education.psu.edu/earth104/node/1347>

United Nations. (n.d.). *The Paris Agreement*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από United Nations, Climate Change: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

United Nations,. (n.d.). *Conference of the Parties (COP)*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από United Nations, Climate Change: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

Wikipedia2014

WikiPedia. (2025, 07 17). *Computer-Aided Desing*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από WikiPedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design

WikiPedia. (2014, Ιούνιος 11). *Βιωσιμότητα*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από WikiPedia: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CF%89%CF%83%CE%B9%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1>

Wikipedia. (2024, 05 25). *Μοντέλο Δομικών Πληροφοριών*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Wikipedia:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF_%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD#:~:text=%CE%A4%CE%BF%20%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF%20%CE%

ΥΠΕΚΑ2010 *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*

Zettler, Pleyer. (2024, 07 17). *BIM dimensions in practice: 3D to 10D*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από 3Dfindit: <https://www.3dfindit.com/en/corporate/engiclopedia/bim-dimensions#9d-bim>

Βενέρης, Ι. (2011). *ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ: Έννοιες και Τεχνολογίες*. ΤΖΙΟΛΑ.

Γεωργακόπουλος, Θ. (2021, 04). *Ο Τομέας της Ενέργειας στην Ελλάδα*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Διανέοσις: <https://www.dianeosis.org/2021/04/i-energeia-stin-ellada/>

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. (2017). Ανάκτηση από <https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwixz4moulbhAhWryqYKHb-ICRAQFJAaegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fclass.duth.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FTMC231%2F2017%2FCourse%25201%25202017.pptx&usg=AOvVaw3-koFmr>

ΕΛΙΝΥΑΕ. (n.d.). *Κανονισμός Θερμομόνωσης*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από ΕΛΙΝΥΑΕ: <https://www.elinyae.gr/lexeis-kleidia/kanonismos-thermomonosis>

Ελληνική Στατιστική Αρχή. (n.d.). *Χαρακτηριστικά κατοικιών - νοικοκυριών / 2011*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Ελληνική Στατιστική Αρχή: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM05/2011>

ΕΛΣΤΑΤ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ REVIT ΚΑΙ GBS2018 Ηράκλειο ΤΕΙ Κρήτης

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. (2017, 09). *Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Εφημερίδα της Κυβερνήσεως: https://www.kenak.gr/files/TOTEE_20701-1_2017.pdf

Εφημερίς της Κυβερνήσεως. (2010, 04 09). *Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από Εφημερίς της Κυβερνήσεως: <https://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/FEK%20407-B-2010%20-%20KENAK.pdf>

ΚΑΠΕ2012 cres.gr

ΚΑΠΕ. (2013). *cres.gr*. Ανάκτηση από <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>

KENAK. (n.d.). *Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από KENAK: <https://www.kenak.gr/pea.htm>

Παντελίδης, Γ. (2017). *ASHRAE Hellenic Chapter*. Ανάκτηση από http://www.ashrae.gr/EstaK2018/EinB-NH2018_Presentation_Pantelidis.pdf

Πέππα, Ε. (2014). Ανάκτηση από http://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/6089_/08b_revit_interface.pdf

Σαραφιανός Δημήτρης. (2018). Ανάκτηση από http://library.tee.gr/digital/m2641/m2641_sarafianos.pdf

T.E.E.2018 http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak

T.O.T.E.E. (2017). Ανάκτηση από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf

TOTEE-22010

Τσίκας, Π. (n.d.). *Building Information Modelling (BIM)*. Ανάκτηση 07 21, 2025, από [eclass.upatras:](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF%20%CE%92%CE%99%CE%9C/Building%20Information%20Modeling.pdf)

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF%20%CE%92%CE%99%CE%9C/Building%20Information%20Modeling.pdf>

Υ.Π.Ε.Κ.Α.2018

ΦΕΚ2010

ΦΕΚ. (2017). Ανάκτηση από <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/antiseismikos-kanonismos/koine-upourgike-apophase-depea-oik-178581-2017.html>

ΦΕΚ. (2017). Ανάκτηση από <https://app.box.com/s/c10qw2a9rmhmw31s0d06pe33pvk9fa8l>

ΦΕΚ. (2013). *buildingcert*. Ανάκτηση από https://www.buildingcert.gr/N4122_2013.pdf