



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ ZEB
(ZERO ENERGY BUILDING)

Συγγραφή: Μαρίνου Παναγιώτα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κορωνάκη Ειρήνη

ΑΘΗΝΑ (Φεβρουάριος 2020)

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	6
1.1 Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας	6
1.2 Ορισμός κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας	8
1.3 Net zero site building	12
1.4 Net zero source energy building	13
1.5 Net zero energy emissions building	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	15
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Ο ορισμός της «πράσινης» οικοδόμησης	16
2.3 Πράσινη μίσθωση	17
2.4 Οργανισμοί «πράσινης» οικοδόμησης	18
2.4.1 Παγκόσμιο Συμβούλιο Πράσινων Κτηρίων (World Green Building Council - WorldGBC)	18
2.4.2 Το Αμερικανικό συμβούλιο οικολογικών κτηρίων (U.S. Green Building Council - USGBC)	18
2.4.3 Ινστιτούτο Πιστοποίησης Πράσινων Κτηρίων (Green Building Certification Institute - GBCI)	18
2.4.4 Σουηδικό συμβούλιο πράσινων κτηρίων (Swedish Green Building Council - SGBC)	18
2.5 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	19
2.5.1 Σύστημα βαθμονόμησης	22
2.6 Κατηγορίες βαθμονόμησης LEED	26
2.6.1 Location and Transportation LT	26
2.6.2 Sustainable Sites (SS)	26
2.6.3 Water Efficiency (WE)	27
2.6.4 Energy and Atmosphere (EA)	28
2.6.5 Materials and Resources (MR)	29
2.6.6 Indoor Environmental Quality (EQ)	30
2.6.7 Innovation (IN)	30
2.6.8 Regional Priority	31
2.7 Οι βασικές χώρες που χρησιμοποιούν το LEED	31
2.8 Παράδειγμα χρήσης πιστοποίησης LEED	33
2.8.1 Karela Office Park	33
2.8.2 Anangel Maritime - Agemar	34

2.8.3 Samsung GREEN TOMORROW	35
2.8.4 Kroon Hall, Yale University.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο	39
3.1 Εισαγωγή – Ορισμός LCA	39
3.2 Στάδια της LCA	39
3.3 Εφαρμογές της LCA	41
3.3.1 Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών συνεπειών & βελτίωση προϊόντων	41
3.3.2 Σύγκριση μεταξύ προϊόντων	41
3.3.3 Ανάπτυξη νέων προϊόντων.....	42
3.4 Κόστος και βιωσιμότητα κύκλου ζωής (LCC – LCSA)	42
3.5 Υπολογισμός του LCC	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	45
4.1 Εισαγωγή – Ορισμός ενσωματωμένης ενέργειας	45
4.1.1 Ποσοστά ενσωματωμένης ενέργειας.....	45
4.2 Ανάγκη μείωσης ενσωματωμένης ενέργειας.....	46
4.3 Μεθοδολογίες υπολογισμού embodied energy.....	47
4.3.1 Εκτίμηση εκπομπών άνθρακα.....	48
4.3.2 Cradle to Gate Embodied Carbon.....	49
4.3.3 Cradle to Site - Αντίκτυπο μεταφοράς	50
4.3.4 Cradle to Service - Επίδραση των εργασιών κατασκευής.....	50
4.3.5 Εκπομπές άνθρακα λόγω απόσβεσης.....	51
4.3.6. Εκπομπές άνθρακα λόγω εξοπλισμού.....	51
4.4 Στρατηγικές σχεδιασμού για τη μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας και του ενσωματωμένου άνθρακα	51
4.5 Παραδείγματα χρήσης διάφορων στρατηγικών σχεδιασμού	52
4.5.1 Επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών	52
4.5.2. Ελαφρύ δομικό σύστημα βασισμένο σε προηγμένα υλικά πυριτικού	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	55
5.1 Εισαγωγή – Περιγραφή κτηρίου	55
5.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	60
5.2.1 Λέβητας βιομάζας και air conditioner	61
5.2.2 Ηλεκτρικό chiller και λέβητας βιομάζας	64
5.2.3 Ηλεκτρικό chiller και λέβητας φυσικού αερίου	68
5.2.4 Αντλία θερμότητας πολλαπλών ταχυτήτων.....	71
5.2.5 Αντλία θερμότητας σταθερής ταχύτητας.....	74
5.2.6 Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος.....	77

5.2.7 Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) και χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος	81
5.2.8 Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, chiller με απορρόφηση και λέβητας βιομάζας	85
5.2.9 Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, chiller με απορρόφηση και λέβητας φυσικού αερίου ...	90
5.3 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	99
6.1 Συμπεράσματα.....	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	102

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ενεργειακή ανάλυση και προσομοίωση μέσω του προγράμματος Energy Plus (v 9.2) εννέα διαφορετικών περιπτώσεων του ίδιου κτηρίου άλλα κάθε φορά με διαφορετικά συστήματα που εξυπηρετούν τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του. Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται επεξήγηση της έννοιας zero energy building καθώς επίσης και όλων των όρων που την διέπουν. Ακολούθως στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανάπτυξη των λόγων για τους οποίους είναι σημαντική σήμερα η μελέτη και κατασκευή κτηρίων χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων και επίσης γίνεται εκτενής αναφορά στην μέθοδο αξιολόγησης κτηρίων LEED. Εξηγούνται όλες οι παράμετροι και τα επιμέρους στοιχεία της ανωτέρω μεθόδου. Ακολούθως στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής ή Life - cycle assessment (LCA) και αναπτύσσονται τα στάδια αλλά και οι εφαρμογές της. Στο τέταρτο κεφάλαιο ορίζεται η ενσωματωμένη ενέργεια και εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους θα πρέπει σήμερα αυτή να μειωθεί. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των προσομοιώσεων αναλυτικά για κάθε μια από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν και παράλληλα γίνεται παράθεση των πινάκων και διαγραμμάτων τα οποία δημιουργήθηκαν με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων και εξάγονται συμπεράσματα για το σύνολο των περιπτώσεων.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to analyze and simulate the energy demands of seven different cases of the same building, but each with different systems that serve its heating and cooling needs. The simulation is made via software Energy Plus (v 9.2). The first chapter of the thesis reviews the concept of zero energy building as well as all the terms that govern it. Next in the second chapter the reasons why it is important to design and build low energy buildings today is explained and also extensive references about the LEED buildings evaluation method are being made. All the parameters and components of the above method are explained. The following chapter discusses Life - Cycle Assessment (LCA) and develops its stages and applications. Chapter four defines embedded energy and explains the reasons why it should be reduced today. The fifth chapter presents the results of all the simulations in detail for each of the cases studied and lists the tables and diagrams created based on the above results. Finally, in the last chapter, the results are analyzed and conclusions are drawn for all cases.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1.1 Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας

Σε όλο τον κόσμο, μπορούν να βρεθούν πολλοί διαφορετικοί τύποι κτηρίων και κάθε μεμονωμένος τύπος έχει τις δικές του πολλαπλές και ποικίλες ανάγκες. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να παρουσιάσουμε σε γενικές γραμμές τα διάφορα είδη κτηρίων εν γένει, δεδομένου ότι η έκθεση αυτή θα επικεντρωθεί στον τομέα των κτηρίων και στις ενεργειακές τους απαιτήσεις. Παρά το γεγονός ότι στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας υπάρχει μια σημαντική ορολογία που σχετίζεται με διάφορους τύπους κτηρίων, η γενική ιδέα αυτής της κατανομής κτηρίων σε κατηγορίες είναι η ίδια. Συνήθως τα κτήρια κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη χρήση τους.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφέρουμε επιπλέον ότι πολλά από τα κτήρια στις περισσότερες χώρες χτίστηκαν πριν από την εισαγωγή των ενεργειακών κανονισμών και αυτά τα κτήρια θα υπάρχουν για τουλάχιστον τα επόμενα 40 χρόνια.

Οι τύποι κτηρίων ποικίλλουν, αλλά το πιο σημαντικό για αυτή τη μελέτη είναι το γεγονός ότι τα κτήρια είναι πολύπλοκα συστήματα. Ως εκ τούτου, μια πολυδιάστατη προσέγγιση θα απέφερε σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με τις πτυχές της ενέργειας. Αυτά τα αποτελέσματα επηρεάζουν την εξέλιξη του έργου και επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

Η κύρια λειτουργία ενός κτηρίου σε μια χρονική περίοδο είναι να προσφέρει στους ανθρώπους προστασία, ασφάλεια και άνεση. Επιπλέον, το επίπεδο άνεσης του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω της κατανάλωσης ενέργειας για διάφορες λειτουργίες, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση και η ψύξη, τα συστήματα αερισμού και άλλες λειτουργίες. Όλα αυτά σχετίζονται με το εσωτερικό περιβάλλον, αλλά το εξωτερικό περιβάλλον κτιρίου είναι επίσης σημαντικό.

Το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου αλληλοεπιδρά και επηρεάζει το εσωτερικό περιβάλλον και ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να δούμε αυτά τα δύο περιβάλλοντα ως ένα ολόκληρο σύστημα. Για παράδειγμα, τα περιβάλλοντα κτήρια και δέντρα επηρεάζουν έντονα την ενεργειακή ζήτηση ενός κτιρίου με σκίαση. αυτό είναι κάτι που θα επηρεάσει τις διαδικασίες ψύξης και θέρμανσης. Επιπλέον, οι κλιματικές και μικροκλιματικές συνθήκες επηρεάζουν επίσης τις ενεργειακές ανάγκες και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Συνοψίζοντας, όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου και την απόδοσή του. Γενικά, η εισερχόμενη ενέργεια πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία με τις εξερχόμενες απώλειες ενέργειας. οι απώλειες ενέργειας θα μπορούσαν να έχουν διαφορετικές μορφές όπως η θερμότητα. Η ισορροπία μεταξύ εξερχόμενης και εισερχόμενης ενέργειας αποτελεί ουσιαστικό κλειδί για την επίτευξη χαμηλών ενεργειακών επιδόσεων. Δυστυχώς αυτή η ισορροπία επηρεάζεται όχι μόνο από τη λειτουργία των κτιριακών συστημάτων αλλά και από την κατασκευή του κτιρίου. Είναι προφανές ότι ο υπολογισμός των αναγκών των κτηρίων

ενέργειας είναι περίπλοκος και ότι για να απλοποιηθεί η διαδικασία χρησιμοποιείται προσομοίωση κτιρίου κατά την ανάπτυξη της έρευνας.

Τα οικιστικά κτήρια μπορούν να χωριστούν σε διάφορες υποκατηγορίες. Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, οι κυριότερες κατηγορίες είναι μονοκατοικίες (ανεξάρτητες και ημιανεξάρτητες), μεζονέτες και πολυκατοικίες. [97,98] Ωστόσο, μεγάλες και μικρές διαφορές μπορούν να βρεθούν σε όλες, ανάλογα με τις κλιματολογικές παραλλαγές της κάθε χώρας.

Για παράδειγμα, σε ζεστά κλίματα, η βασική απαίτηση είναι η ψύξη και η διατήρηση της θερμοκρασίας άνετα σε όλο το σπίτι. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων ελέγχου, υψηλών μονωτικών υλικών, συστημάτων σκίασης και διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο, οι απαιτήσεις και το κόστος ενέργειας παραμένουν υπό έλεγχο. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη χρήση παθητικών ή ενεργών ηλιακών συστημάτων σε αυτές τις χώρες με θερμό κλίμα. Από την άλλη πλευρά, τα κτήρια σε ψυχρά κλίματα έχουν διαφορετικές ανάγκες για να επιτύχουν την άνεση της θερμοκρασίας. Σε αυτά τα κλίματα, η ανάγκη για θέρμανση είναι απαραίτητη, αλλά αυτό συνδέεται άμεσα με άλλες παραμέτρους, όπως παράθυρα χαμηλής εκπομπής, καλά μονωτικά υλικά και καλό σχεδιασμό. Κατά το σχεδιασμό σε αυτά τα κλίματα, είναι σημαντικό να εξεταστεί η θερμική μάζα του κτιρίου, καθώς αυτό μπορεί να συμβάλει στη θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας. [99]

Τα οικιστικά κτήρια είναι ένας απαραίτητος τύπος κτιρίου, καθώς οι άνθρωποι περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους εκεί. ως αποτέλεσμα, αυτά τα κτήρια πρέπει να παρέχουν ικανοποιητικούς βαθμούς άνεσης. Ταυτόχρονα, η λειτουργία, η ζήτηση ενέργειας και τα επίπεδα άνεσης βασίζονται στη συμπεριφορά των χρηστών. Ωστόσο, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, η μόνωση κελύφους κτηρίων, οι παράγοντες σκίασης και οι τύποι παραθύρων δεν μπορούν να αποκλειστούν ως σημαντικά στοιχεία του κτιρίου. Ως αποτέλεσμα, είναι ζωτικής σημασίας ο σχεδιασμός και η κατασκευή κτηρίων που χρειάζονται όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.

Όλα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το κτήριο πρέπει να αντιμετωπιστεί και να αναπτυχθεί ως ενεργειακό σύστημα σε πρώιμο στάδιο σχεδιασμού. Μόνο με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατή η επίτευξη ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, αλλά ταυτόχρονα υψηλής ποιότητας πρότυπα άνεσης. Επιπλέον, όταν πρόκειται για οικιστικά κτήρια, είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες ενός σπιτιού, επειδή η ζήτηση δεν είναι τόσο υψηλή. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κύρια πηγή ενέργειας, ελαχιστοποιώντας τις εκπομπές CO₂ και τις λειτουργικές δαπάνες του κτιρίου.

1.2 Ορισμός κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας

Η έννοια της κατασκευής κτηρίων μηδενικής ενέργειας (ZEBs) μπορεί να μην είναι κάτι νέο. Τα τελευταία χρόνια, διάφοροι μηχανικοί και επιστήμονες πρότειναν νέες ιδέες και τεχνολογίες στις προσπάθειές τους να υιοθετήσουν νέες προσεγγίσεις για τη κατασκευή και το σχεδιασμό των κτηρίων. Δυστυχώς, μέχρι στιγμής αυτές οι νέες έννοιες ήταν μόνο ιδέες που υποστηρίχθηκαν μόνο από λίγους.

Ωστόσο, από το τέλος της δεκαετίας του εβδομήντα, όταν εμφανίστηκαν για πρώτη φορά οι συνέπειες της πετρελαϊκής κρίσης, εμφανίστηκαν σε επιστημονικά περιοδικά άρθρα όπως «σπίτι με μηδενική ενέργεια», «αυτόνομη ανεξάρτητη ενεργειακά οικία» ή «ενεργειακά ανεξάρτητο σπίτι». Ήταν τότε το μεγάλο ζήτημα που προέκυψε σε σχέση με τις φυσικές πηγές και τα ορυκτά καύσιμα που προκάλεσαν τους ερευνητές να αναζητήσουν εναλλακτικές πηγές ενέργειας και να αρχίσουν συζητήσεις για τη χρήση ενέργειας. Παρά τη σοβαρότητα των ενεργειακών προβλημάτων, οι πρώτες προσεγγίσεις του τομέα των κτηρίων ήταν μόνο η συζήτηση για ενεργειακή απόδοση και παθητικές λύσεις. Επιπλέον, η λέξη «μηδέν» αφορά μόνο την ενέργεια για θέρμανση, ψύξη και οικιακό νερό. [100]

Με τα χρόνια, οι ορισμοί του ZEB ποικίλλαν λόγω των διαφορετικών προσεγγίσεων των μηχανικών και επιστημόνων. Πολλά άρθρα και εργασίες δημοσιεύθηκαν γύρω από το θέμα του ZEB, αλλά η έλλειψη κοινής κατανόησης και ορισμού προκάλεσε ευρεία συζήτηση. Κατά τη διάρκεια όλων αυτών των προσπαθειών να επιτευχθεί ένας κοινός ορισμός, δόθηκαν ποικίλοι διαφορετικοί ορισμοί, καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει διάφορους παράγοντες και προσεγγίσεις όπως «τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται ο μηδενικός ενεργειακός στόχος», «ποια είναι η αλληλεπίδραση του δομικού δικτύου», «το ενεργειακό ισοζύγιο», «ποια είναι τα όρια του σχεδίου για την ισορροπία;». [100]

Γενικά, όλες οι προσεγγίσεις από όλο τον κόσμο στοχεύουν στη δημιουργία κτηρίων νέας γενιάς που θα είναι ενεργειακά αποδοτικά με χαμηλό ενεργειακό προφίλ λειτουργίας και ενέργεια που πρέπει να τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές. Το ζήτημα της κατασκευής μηδενικής ενέργειας βρίσκεται ακόμη υπό έρευνα, καθώς οι επιστήμονες προσπαθούν να καθορίσουν με λέξεις ποια είναι η ενεργειακή απόδοση, η τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι χαμηλές εκπομπές CO₂ και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Όπως αναφέρεται στα «κτήρια μηδενικής ενέργειας, μια κριτική ματιά στην αναφορά ορισμών», «η καρδιά της ιδέας της ZEB είναι η ιδέα ότι τα κτήρια μπορούν να καλύψουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες τους από χαμηλού κόστους, τοπικά διαθέσιμες μη ρυπογόνες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». [100]

Ένας κοινός ορισμός του κτιρίου μηδενικής ενέργειας είναι ουσιαστικής σημασίας και πρέπει να εγκριθεί από όλες τις κυβερνήσεις, ώστε να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη κοινών στρατηγικών για τον τομέα των κτηρίων και για όλους να ακολουθήσουν τις ίδιες αρχές. Ο μετασχηματισμός του οικοδομικού τομέα, η εξοικονόμηση ενέργειας και η σταθεροποίηση του κλίματος θα είναι δυνατή μόνο όταν επιτευχθεί παγκόσμια δράση και συνεργασία.

Ο ορισμός των κτηρίων με μηδενική ενέργεια παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία μέσω των δημοσιεύσεων και των εκθέσεων που έχουν προκύψει τα τελευταία χρόνια και κάθε φορά που δίνεται διαφορετικός ορισμός σχετικά με τους στόχους και τις αξίες του έργου της ομάδας σχεδιασμού. Για παράδειγμα, οι ιδιοκτήτες ενδιαφέρονται για το ενεργειακό κόστος, οι οργανισμοί ενδιαφέρονται για την πρωτογενή ενέργεια και τις πηγές ενέργειας, οι μηχανικοί φροντίζουν για την ενεργειακή χρήση χώρων για τις απαιτήσεις του ενεργειακού κώδικα και οι περιβαλλοντολόγοι ενδιαφέρονται για τις εκπομπές CO₂ και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτηρίων.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να επικεντρωθούμε στην πραγματική λέξη «μηδέν» και στον τρόπο με τον οποίο ορίζεται στον ορισμό του ZEB. Αυτή η λέξη μπορεί να περιλαμβάνει εκπομπές CO₂, πρωτογενή ενέργεια, διαθέσιμη ενέργεια ή κόστος ενέργειας. Η έκθεση Torcellini, η οποία δημοσιεύθηκε το 2006, χρησιμοποιεί τον ορισμό του υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. (DOE).

"Το καθαρό κτήριο μηδενικής ενέργειας (ZEB) είναι ένα οικιστικό ή εμπορικό κτήριο με πολύ μειωμένες ενεργειακές ανάγκες, χάρη στην αύξηση της αποτελεσματικότητας, ώστε η ισορροπία των ενεργειακών αναγκών να μπορεί να παρέχεται με τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας». [101]

Στην ίδια αναφορά, οι συγγραφείς αναφέρονται στο "μηδέν" λέγοντας :

«Παρά τον ενθουσιασμό πάνω στη φράση "μηδενική ενέργεια ", λείπει ένας κοινός ορισμός, ή ακόμα και μια κοινή κατανόηση, για το τι σημαίνει». [101]

Επιπλέον, η έκθεση Torcellini προσπάθησε να καλύψει όλες τις διαφορετικές προσεγγίσεις δίνοντας τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους ορισμούς:

- *«Net Zero Site Energy»*: Ένας χώρος όπου το ZEB παράγει τουλάχιστον την ίδια ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει σε ένα χρόνο, όταν υπολογίζεται στο χώρο. [101]
- *«Net Zero Source Energy»*: Μια πηγή όπου το ZEB παράγει τουλάχιστον την ενέργεια που καταναλώνει σε ένα έτος, όταν υπολογίζεται στην πηγή. Η ενεργειακή πηγή αναφέρεται στην πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και την παράδοση ενέργειας στην τοποθεσία. Για τον υπολογισμό της συνολικής πηγής ενέργειας του κτιρίου, η εισαγόμενη και εξαγόμενη ενέργεια πολλαπλασιάζεται με τους κατάλληλους πολλαπλασιαστές μετατροπής. [101]
- *«Net Zero Energy Co»*: Το κόστος του ZEB είναι το χρηματικό ποσό που καταβάλλει ο φορέας στον ιδιοκτήτη του κτιρίου για την ενέργεια που το κτήριο εξάγει στο δίκτυο το οποίο είναι τουλάχιστον ίσο με το ποσό που πληρώνει ο ιδιοκτήτης για την ενέργεια τις υπηρεσίες και την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του έτους. [101]

- "*Net Zero Energy Emissions*": Το κτήριο με μηδενικές εκπομπές εκπομπών παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια χωρίς εκπομπές όση χρησιμοποιεί από τις πηγές ενέργειας που παράγουν εκπομπές. [101]

Αναμενόταν ότι η έκθεση Torcellini θα δημιουργούσε νέες συζητήσεις γύρω από το ζήτημα του ορισμού της ZEB. Το 2007 ένας άλλος συγγραφέας, ο Kilkis, αναφέρθηκε στην έκθεση Torcellini, αλλά με μια νέα προσέγγιση εκείνη τη στιγμή. Ο νέος ορισμός για το ZEB που έδωσε ο Kilkis ήταν αυτός:

«Το Net-Zero Energy Building είναι ένα κτήριο, το οποίο έχει συνολικό ετήσιο άθροισμα μηδενικής μεταφοράς ενέργειας σε ολόκληρο το συνοριακό όριο των κτηρίων σε ένα περιφερειακό ενεργειακό σύστημα, κατά τη διάρκεια όλων των ηλεκτρικών και οποιωνδήποτε άλλων μεταφορών που πραγματοποιούνται σε μια ορισμένη χρονική περίοδο». [102]

Σε άλλη έκθεση, επίσης το 2007, οι συγγραφείς στον ορισμό τους έδωσαν προσοχή στην ισορροπία της χρήσης ενέργειας και της παραγωγής ενέργειας του κτιρίου. Σύμφωνα με αυτά, η χρήση ενέργειας πρέπει να είναι ίση με την παραγωγή ενέργειας.

Παρ' όλα αυτά, μια άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση αντιμετωπίζει το πρόβλημα στην τοποθεσία των κτηρίων, η οποία είναι ζήτηση και ισορροπία ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια προέρχεται από τη θέρμανση και το ζεστό νερό. Εξαιτίας αυτού, πολλές δημοσιεύσεις προσπάθησαν να περιγράψουν τα προβλήματα γύρω από τις απαιτήσεις θέρμανσης. Ο ορισμός του Esbensen, το 1977, αποτελεί ένα παράδειγμα αυτής της προσέγγισης.

«Με τις ρυθμίσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως οι θερμομονωτικές κατασκευές, οι θερμαντικές συσκευές και το ηλιακό σύστημα θέρμανσης, το Zero Energy House έχει διαστάσεις ώστε να είναι αυτόνομο για θέρμανση χώρων και παροχή ζεστού νερού σε κανονικές κλιματολογικές συνθήκες στη Δανία. Η παροχή ενέργειας για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις του σπιτιού λαμβάνεται από τα δημοτικά δίκτυα».

Σε πολλές περιπτώσεις, ο ορισμός του ZEB επικεντρώνεται στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του κτιρίου και στη σχέση του με τη συνολική ενέργεια. Οι ορισμοί που δίνουν οι Gilijamse και Iqbal, αντίστοιχα, αντιπροσωπεύουν αυτήν την προσέγγιση και κατάσταση.

«Ένα σπίτι με μηδενική ενέργεια ορίζεται ως οικία στην οποία δεν καταναλώνονται ορυκτά καύσιμα και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ισούται με την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με την κρατούσα κατάσταση, το ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργεί ως εικονικό buffer με ετησίως ισορροπημένες αποδόσεις και επιστροφές» [106] και,

«Το σπίτι μηδενικής ενέργειας είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για ένα σπίτι που συνδυάζει άριστα την εμπορικά διαθέσιμη τεχνολογία ανανεώσιμης ενέργειας με τις τελευταίες τεχνολογικές τεχνικές κατασκευής ενεργειακής απόδοσης. Σε ένα σπίτι μηδενικής ενέργειας δεν καταναλώνονται ορυκτά καύσιμα και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ισούται

με την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα σπίτι μηδενικής ενέργειας μπορεί να συνδέεται ή να μην συνδέεται στο δίκτυο». [106]

Ένας άλλος ορισμός που δίνει ο Lausten [108] επιχειρεί να συμπεριλάβει τη συνολική ζήτηση ενέργειας, τη θέρμανση και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

«Τα κτήρια Zero Net Energy είναι κτήρια τα οποία για ένα χρόνο είναι ουδέτερα, πράγμα που σημαίνει ότι παράγουν τόση ενέργεια στα δίκτυα παροχής όση αυτή που χρησιμοποιούν από τα δίκτυα. Με αυτούς τους όρους δεν χρειάζονται ορυκτά καύσιμα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό ή άλλες ενεργειακές χρήσεις, αν και μερικές φορές αντλούν ενέργεια από το δίκτυο». [108]

Οι πιο σύγχρονοι ορισμοί λαμβάνουν υπόψη την ενσωματωμένη ενέργεια της κατασκευής και των υλικών.

Κατά τη διάρκεια εκτεταμένων συζητήσεων σχετικά με τον ορισμό της ZEB, ένα άλλο ζήτημα που τέθηκε αφορά τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το ζήτημα έχει να κάνει με το off-grid και το δίκτυο ZEB. Το κτήριο μηδενικής ενέργειας στο δίκτυο είναι αυτό που συνδέεται με το δίκτυο αλλά παράγει και τη δική του ενέργεια. Αυτά τα είδη κτηρίων μπορούν να αγοράσουν ενέργεια ή να τη βγάλουν πίσω στο δίκτυο εάν παράγουν περισσότερη ενέργεια από ό, τι απαιτούν. Από την άλλη πλευρά, το κτήριο μηδενικής ενέργειας δεν συνδέεται με το δίκτυο και παράγει τη δικό του. Αυτά τα είδη κτηρίων καλύπτουν κυρίως τις ενεργειακές τους ανάγκες από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα παράδειγμα ορισμού του off-grid ZEB είναι:

«Τα μηδενικά ενεργειακά κτήρια είναι κτήρια που δεν απαιτούν σύνδεση με το δίκτυο ή επειδή έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν ενέργεια για νυχτερινή ή χειμερινή χρήση». [109]

«Τα κτήρια Zero Net Energy είναι κτήρια τα οποία για ένα χρόνο είναι ουδέτερα, πράγμα που σημαίνει ότι παράγουν τόση ενέργεια στα δίκτυα παροχής που χρησιμοποιούν από τα δίκτυα. Με αυτούς τους όρους δεν χρειάζονται ορυκτά καύσιμα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό ή άλλες ενεργειακές χρήσεις, αν και μερικές φορές αντλούν ενέργεια από το δίκτυο». [109]

Τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό είναι το γεγονός ότι ορισμένοι ορισμοί του ZEB επικεντρώνονται στην ανανεώσιμη ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των κτηρίων. Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι η βασική ιδέα του ZEB είναι η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που περιλαμβάνουν ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, ενέργεια κυμάτων, ενέργεια από βιομάζα και γεωθερμική ενέργεια. Μέχρι τώρα, οι πιο γνωστές τεχνολογίες είναι οι ηλιακές θερμικές και οι φωτοβολταϊκές τεχνολογίες.

Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου ορισμού δίνεται από τον Charron:

«Τα σπίτια που χρησιμοποιούν ηλιακές θερμικές και ηλιακές φωτοβολταϊκές (PV) τεχνολογίες για να παράγουν όσο περισσότερη ενέργεια από το ετήσιο φορτίο τους αναφέρονται ως Net-Zero Energy Solar Homes (ZESH)». [110]

Συμπερασματικά, από τους παραπάνω ορισμούς φαίνεται ότι η μηδενική ενεργειακή δόμηση επηρεάζεται από παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Για τον λόγο αυτό είναι πολύ δύσκολο να υιοθετηθεί ένας γενικός ορισμός για την οικοδόμηση μηδενικής ενέργειας που μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις διαφορετικές πτυχές. Η καλύτερη προσέγγιση για ένα κτήριο Zero Energy είναι να εξετάσει κατά τη φάση σχεδιασμού όλες τις παραμέτρους που θα επηρεάσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

1.3 Net zero site building

Το Net Zero Building Building είναι το κτήριο που παράγει ενέργεια σε μια τοποθεσία και η παραγωγή είναι ίση με την κατανάλωση. Συνήθως, η παραγωγή ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά συστήματα (φωτοβολταϊκά συστήματα οροφής ή στάθμευσης), ηλιακοί συλλέκτες νερού, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική και γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμότητας. [109]

Ο ορισμός του χώρου του ZEB δεν λαμβάνει υπόψη τις τιμές των διαφορετικών καυσίμων στην εγκατεστημένη πηγή, και με αυτόν τον τρόπο αποτελεί περιορισμό. Επιπλέον, η σύγκριση των κτηρίων που χρησιμοποιούν φυσικά αέρια από μια πηγή ZEB θα πρέπει να παράγει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια στην τοποθεσία από ό, τι η τοποθεσία του ZEB. Για παράδειγμα, το κτήριο TTF (The Thermal Test Facility, Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Κολοράντο) που έχει θέρμανση αερίου ως το βασικό θεμέλιο, θα μπορούσε να είναι ZEB με τη χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος 45 k W, αλλά ταυτόχρονα 62 kW απαιτούνται να βρίσκονται σε μια τοποθεσία του ZEB. [109]

Στις πηγές του ZEB, είναι δύσκολο να υπολογιστεί η ενέργεια και οι εκπομπές, διότι είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι παράγοντες "site to source". Αντίθετα, σε μια τοποθεσία του ZEB είναι ευκολότερο να υπολογιστούν αυτοί οι παράγοντες μέσω μετρήσεων επί τόπου. Είναι προφανές ότι σε μια τοποθεσία του ZEB υπάρχουν λιγότερες δυσκολίες, οι οποίες καθιστούν ευκολότερη την επίτευξη των στόχων. Σύμφωνα με την έκθεση του Torcellini, ένας πολύ εύκολα μετρήσιμος ορισμός είναι ζωτικής σημασίας για τον ακριβή προσδιορισμό της βελτίωσης προς την κατεύθυνση της επίτευξης ενός στόχου της ZEB. [109]

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι οι εξωτερικές διακυμάνσεις που επηρεάζουν το στόχο της ZEB, αλλά σε μια τοποθεσία του ZEB, οι διακυμάνσεις αυτές είναι χαμηλότερες σε σύγκριση με άλλες τοποθεσίες. Λόγω αυτού του γεγονότος, ο χώρος ZEB μπορεί να ορίσει τον πιο επαναλαμβανόμενο και συνεπή ορισμό. Κατά τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου, οι διακυμάνσεις του κόστους ενέργειας και των δομών επιτοκίων επηρεάζουν την επίτευξη του στόχου του ZEB, δηλαδή το καθαρό μηδενικό κόστος ενέργειας και τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Ένα παράδειγμα σύμφωνα με την έκθεση του Torcellini είναι το κτήριο BigHorn (The BigHorn, Home Improvement Center, Silverthorne, Κολοράντο) όπου οι τιμές του φυσικού αερίου σε ποσοστό 40% σε όλη την τριετή περίοδο παρατήρησης και οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας διέφεραν εκτεταμένα, από άνθρακα σε φυσικό αέριο για την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της ζωής ενός κτιρίου οι πηγές ενεργειακού ρυθμού μπορούν να παρουσιάσουν διακυμάνσεις λόγω των τύπων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή συνδυασμών πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί η κοινότητα για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Αναμφίβολα, η επίτευξη του στόχου του ZEB επηρεάζεται έντονα από τον αντίκτυπο της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου για όλα τα ZEB. [109]

Ένα κτήριο θα μπορούσε να είναι μια τοποθεσία ZEB και παρόλα αυτά δεν θα μπορούσε να εντοπίσει τη συγκρίσιμη εξοικονόμηση κόστους ενέργειας. Εάν δεν ελέγχονται οι καταναλώσεις αιχμής και οι λογαριασμοί κοινής ωφέλειας, το κόστος ενέργειας μπορεί να μειωθεί ή όχι. Αυτό συνέβη στην Oberlin, καθώς αναγνώρισαν εξοικονόμηση ενέργειας κατά 79%, αλλά δεν μείωσαν τις χρεώσεις αιχμής. Οι ανεξέλεγκτες χρεώσεις ζήτησης οδήγησαν σε δυσανάλογη εξοικονόμηση ενέργειας μόνο 35%. [109]

1.4 Net zero source energy building

Σύμφωνα με την έκθεση του Torcellini, μια πηγή ZEB παράγει όση ενέργεια καταναλώνει όταν μετρείται στην πηγή [109]. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο υπολογισμός της συνολικής ενέργειας του κτιρίου είναι δύσκολος, αλλά όχι αδύνατος. Αυτός ο υπολογισμός απαιτεί παράγοντες ηλεκτροπαραγωγής και μετάδοσης και αυτοί οι συντελεστές πολλαπλασιάζονται με την εισαγόμενη και εξαγόμενη ενέργεια.

Η έκθεση Torcellini αναφέρει επίσης ότι αυτή η έννοια μπορεί ενδεχομένως να ενθαρρύνει τη χρήση αερίων ως πιθανές τελικές χρήσεις (λέβητες, ζεστό νερό οικιακής χρήσης, στεγνωτήρια, αποξηραντικά ξηραντικά) για να επωφεληθούν από αυτήν την ανταλλαγή καυσίμων. [109]

Μπορεί να υπάρχουν ορισμένα ζητήματα με έναν ορισμό πηγής ZEB, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στο εργοτάξιο με αέριο από ορυκτά καύσιμα. Οι ορισμοί του ZEB συμφωνούν ότι τα κτήρια πρέπει να χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την επίτευξη του στόχου της ZEB. Ως εκ τούτου, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται επί τόπου από ορυκτά καύσιμα δεν μπορεί να εξαχθεί και να μετρηθεί προς ένα στόχο ZEB. Ωστόσο, αυτό είναι απίθανο, επειδή τα κτήρια είναι απίθανο να χρειαστούν περισσότερη θερμότητα από την ηλεκτρική ενέργεια και οι ανεπάρκειες της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της εξαγωγής στο χώρο αυτό καθιστούν αυτό το οικονομικά πολύ ελκυστικό. Οι καλύτερες οδοί κόστους ή ενέργειας θα καθορίσουν τον βέλτιστο συνδυασμό ενεργειακής απόδοσης, συμπαραγωγής στο εργοτάξιο και παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το ζήτημα του μη διαχειριζόμενου κόστους ενέργειας σε μια τοποθεσία του ZEB είναι παρόμοιο με μια πηγή ZEB. Ένα κτήριο μπορεί να είναι μια πηγή ZEB και παρόλα αυτά να μην εξασφαλίζει τη συγκρίσιμη εξοικονόμηση κόστους ενέργειας. Εάν δεν αντιμετωπιστούν οι χρεώσεις αιχμής και οι λογαριασμοί κοινής ωφέλειας, το κόστος ενέργειας μπορεί ή όχι να μειωθεί ομοίως.

1.5 Net zero energy emissions building

Το ZEB με βάση τις εκπομπές παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίς εκπομπές όσο καταναλώνει από πηγές ενέργειας που παράγουν εκπομπές. Εάν πλήρως ηλεκτρικό κτήριο συγκεντρώνει όλη την ηλεκτρική του ενέργεια από μια πηγή εκπομπής μηδενικών εκπομπών (όπως υδροηλεκτρικά, πυρηνικά ή μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα), τότε έχει ήδη μηδενικές εκπομπές και δεν χρειάζεται να παράγει επιτόπου ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την αντιστάθμιση των εκπομπών. Ωστόσο, αν το ίδιο κτήριο χρησιμοποιεί φυσικό αέριο για θέρμανση, τότε θα πρέπει να παράγει και να εξάγει αρκετή ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίς εκπομπές για να αντισταθμίσει τις εκπομπές από τη χρήση φυσικού αερίου. Η αγορά αντισταθμίσεων εκπομπών από άλλες πηγές θα θεωρηθεί τότε ως δημιουργία μηδενικών εκπομπών εκτός του χώρου. [109]

Η επιτυχία στην επίτευξη των επιδόσεων εκπομπών του ZEB εξαρτώνται από την πηγή παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται. Οι εκπομπές ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, ανάλογα με την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία κυμαίνεται από πυρηνικές, άνθρακα, υδροηλεκτρικής και άλλες πηγές ηλεκτροπαραγωγής. Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι κάθε κτήριο που κατασκευάστηκε σε περιοχή με μεγάλη υδροηλεκτρική ή πυρηνική συνεισφορά στο περιφερειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα είχε λιγότερες εκπομπές από ένα παρόμοιο κτήριο σε μια περιοχή με ένα μείγμα που βασίζεται κυρίως σε άνθρακα. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές ZEB θα χρειαστούν ένα μικρότερο φωτοβολταϊκό σύστημα σε περιοχές με μεγάλη υδροηλεκτρική ή πυρηνική συνεισφορά σε σύγκριση με ένα παρόμοιο κτήριο που παρέχεται από ένα βοηθητικό πρόγραμμα με μεγάλη συμβολή γενιάς άνθρακα. [109]

Ο ορισμός ZEB με μηδενικές εκπομπές έχει δυσκολίες υπολογισμού που είναι παρόμοιες με αυτές που συζητήθηκαν προηγουμένως στον ορισμό της πηγής ZEB. Πολλές από αυτές τις δυσκολίες σχετίζονται με την αβεβαιότητα όσον αφορά τον προσδιορισμό της πηγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως και ο ορισμός πηγής, κάποιος θα πρέπει να κατανοήσει τις στρατηγικές αποστολής χρησιμότητας και την αναλογία πηγών παραγωγής προκειμένου να καθορίσει τις εκπομπές από κάθε μία από αυτές τις πηγές. [109].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

2.1 Εισαγωγή

Τα περιβαλλοντικά ζητήματα στον τομέα των εμπορικών ακινήτων υπήρξαν και εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο συζήτησης καθώς ο κλάδος εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο μέρος των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της κατανάλωσης ενέργειας. Μόνο στη Σουηδία τα κτήρια αντιπροσώπευαν περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (Energimyndigheten, 2013).

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, ο τομέας των κτηρίων έχει πραγματοποιήσει πολλές βελτιώσεις όσον αφορά τη βιωσιμότητα. Αυτές οι βελτιώσεις οδήγησαν τόσο στην αυξημένη συνειδητοποίηση όσο και στη ζήτηση για βιώσιμα και οικολογικά πιστοποιημένα κτήρια. Έτσι, η σημασία της «πράσινης δράσης» έχει αυξηθεί για τους φορείς του κλάδου οι οποίοι μπορεί να είναι ενοικιαστές, ιδιοκτήτες ακινήτων, επενδυτές και κατασκευαστικές εταιρείες.

Τα αποτελέσματα της επένδυσης σε οικολογικά πιστοποιημένα κτήρια είναι εκτός από την αυξημένη περιβαλλοντική βιωσιμότητα και τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το βελτιωμένο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και η μείωση των λειτουργικών εξόδων (Bauer et al., 2010, Duetsche Bank Research, 2010). Έχει αποδειχθεί επίσης σε πολλές περιπτώσεις ότι το βελτιωμένο εσωτερικό περιβάλλον αυξάνει το επίπεδο άνεσης, παραγωγικότητας και υγείας των εργαζομένων (Hedge & Dorsey, 2013, Hedge, et al., 2011, Gou κ.ά., 2012).

Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις δεν επιβάλλονται και υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι στην αγορά. Οι πιο γνωστές διεθνείς περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις για εμπορικά ακίνητα είναι η BREEAM (βρετανική περιβαλλοντική πιστοποίηση) και η LEED (περιβαλλοντική πιστοποίηση των ΗΠΑ).

Η πιστοποίηση GreenBuilding της ΕΕ είναι επίσης μια πιστοποίηση που ξεκίνησε από την ΕΕ και χρησιμοποιείται ευρύτερα στην Ευρώπη. Υπάρχουν ακόμη και εθνικές πιστοποιήσεις: μια κοινή πιστοποίηση που εφαρμόζεται στη Σουηδία είναι η Miljöbyggnad. Αυτές οι πιστοποιήσεις προορίζονται να χρησιμεύσουν ως επιβεβαίωση για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα τόσο για τους ενοικιαστές όσο και για τους ιδιοκτήτες ακινήτων. Ωστόσο, παρόλο που τα ακίνητα διαθέτουν περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις, τα συστήματα και το περιεχόμενο των πιστοποιήσεων ποικίλλουν, γεγονός που καθιστά ασαφές τόσο για τους επενδυτές όσο και για τους ενοικιαστές να γνωρίζουν τι είδους περιβαλλοντικές ενέργειες έχουν πάρει ή αποκτήσει παρά την εικόνα και την επιβεβαίωση της πιστοποίησης.

Ενώ η ευαισθητοποίηση και η ζήτηση για οικολογικά πιστοποιημένα κτήρια έχει αυξηθεί (Miller & Buys, 2008), τα οφέλη των περιβαλλοντικών πιστοποιημένων ιδιοκτησιών για τους

ενοικιαστές εξακολουθούν να είναι ένας τομέας έρευνας, ο οποίος απαιτεί περαιτέρω μελέτες για την επιβεβαίωση του οφέλους προς τους μισθωτές (Miller & Buys, 2008).

2.2 Ο ορισμός της «πράσινης» οικοδόμησης

Ο ορισμός της «πράσινης» οικοδόμησης δεν είναι ούτε πολύ σαφής ούτε χρησιμοποιείται ως τυποποιημένη κατευθυντήρια γραμμή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις πολυάριθμες περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις που υπάρχουν στην αγορά και ότι κάθε ένα από αυτά έχει δικό του ορισμό (USGBC, 2014). Ωστόσο, ο κύριος σκοπός των πράσινων κτηρίων είναι να δημιουργήσουν και να παράσχουν λύσεις προκειμένου να αυξηθεί η βιωσιμότητα των πιστοποιημένων κτηρίων σε σύγκριση με τα συμβατικά κτήρια. (Governors' Green Government Council, 2013).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τη διάρκεια του 2004 ανέπτυξε μια πιστοποίηση που ονομάζεται EU Green Building για τους ιδιοκτήτες ακινήτων, τους διαχειριστές ακινήτων και τις εταιρείες (Swedish Green Building Council, 2011). Η απαίτηση επίτευξης της πιστοποίησης ήταν ότι το ακίνητο θα πρέπει να έχει κατανάλωση ενέργειας μειωμένη κατά 25% σε σύγκριση με το αρχικά χρησιμοποιούμενο κτήριο (Swedish Green Building Council, 2011). Το άρθρο 9α της οδηγίας 2010/31 / ΕΕ εξηγεί ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2020, όλα τα νέα κτήρια θα πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναπτύξει στόχους και οδηγίες στην «Ευρωπαϊκή δέσμη μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια» για το 2020, προκειμένου να επιτευχθεί μια βιώσιμη κοινωνία (Miljö- och energidepartimentet, 2008). Οι κύριοι στόχοι για το 2020 αναφέρονται παρακάτω:

- Μείωση ενεργειακής χρήσης κατά 20%
- Το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της ΕΕ πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου κατά 20%

Περίπου το 40% της κατανάλωσης ενέργειας στην Σουηδία, κυρίως της θέρμανσης και της χρήσης συσκευών, χρησιμοποιείται από τον κατασκευαστικό τομέα και τον οικοδομικό τομέα (Energimyndigheten, 2013). Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας οι ιδιοκτήτες ακινήτων να αναγνωρίσουν την έννοια των οικολογικών κτηρίων προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους και να διατηρήσουν ένα βιώσιμο περιβάλλον (Eichholtz, et al., 2010).

Επιπλέον, τα πράσινα κτήρια μπορούν να οριστούν με τη βοήθεια τριών διαφορετικών επιπέδων όπου κάθε επίπεδο εξηγεί τον κύριο σκοπό των πιστοποιήσεων (βλ. Εικόνα 2.1):

- Το επίπεδο 1 εξετάζει μόνο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου που ορίζεται στο σύστημα πιστοποίησης πράσινων κτηρίων της ΕΕ.
- Επίπεδο 2: Περιλαμβάνει το Επίπεδο 1 αλλά επικεντρώνεται στο είδος του δομικού υλικού που χρησιμοποιείται και στο εσωτερικό περιβάλλον. Αυτές οι περιβαλλοντικές πτυχές περιλαμβάνονται στο Miljöbyggnad.
- Το Επίπεδο 3: περιλαμβάνει τόσο το Επίπεδο 1 όσο και το 2, και εστιάζει, από περιβαλλοντική άποψη, στο περιβάλλον χώρο του κτιρίου. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν κοντινά μέσα μαζικής μεταφοράς στο κτήριο ή αν το κτήριο διαθέτει χώρους πρασίνου. (LEED & BREEAM)



Εικ. 2.1. Τα τρία επίπεδα που περιγράφουν το «πράσινο κτήριο» (Bonde et al., 2013)

2.3 Πράσινη μίσθωση

Όπως το πράσινο κτήριο έτσι και η πράσινη μίσθωση δεν έχει ένα κοινό ή επίσημο ορισμό που να μπορεί να τυποποιηθεί για όλες τις εταιρείες μίσθωσης ακινήτων (Bonde, 2012). Μια πράσινη μίσθωση είναι μια σύμβαση μεταξύ του ενοικιαστή και του ιδιοκτήτη της περιουσίας, όπου ο σκοπός είναι να επιτευχθεί αποτελεσματική συνεργασία όσον αφορά τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές ανησυχίες. Οι συμβάσεις αυτές μπορούν να συνίστανται σε συμφωνίες για τη διαχείριση της χρήσης ενέργειας, τη μείωση των αποβλήτων και την ανακύκλωση. Επιπλέον, η πράσινη μίσθωση μπορεί να επιτευχθεί με μια νέα μίσθωση ή μια επιπρόσθετη συμφωνία.

Η πράσινη μίσθωση μπορεί να έχει δυο εκφάνσεις με βάση τις δεσμεύσεις μεταξύ του ενοικιαστή και του ιδιοκτήτη της περιουσίας. Η πρώτη υπάρχει όταν οι στόχοι των δυο μερών αποσκοπούν στην επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων χωρίς κίνητρα για την αύξηση της απόδοσης ενώ η δεύτερη θα υπάρχει όταν συνεργάζονται και τα δυο μέρη πιο ενεργά προς ένα βιώσιμο περιβάλλον με κίνητρα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων (Hinnells, 2008).

2.4 Οργανισμοί «πράσινης» οικοδόμησης

2.4.1 Παγκόσμιο Συμβούλιο Πράσινων Κτηρίων (World Green Building Council - WorldGBC)

Ο οργανισμός World Green Building Council (WorldGBC) είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο κύριος στόχος του οποίου είναι να αυξήσει τη σημασία της βιωσιμότητας στην οικοδομική βιομηχανία (World Green Building Council, 2015). Από την ίδρυση του (το 1998) μέχρι και σήμερα στοχεύει και εργάζεται ενεργά για τη μείωση της κλιματικής αλλαγής (US Green Building Council, 2015). Επιπλέον, ο οργανισμός λειτουργεί ως πλατφόρμα γνώσης, καινοτομίας και υποστήριξης για τα κράτη μέλη του σε όλο τον κόσμο.

2.4.2 Το Αμερικανικό συμβούλιο οικολογικών κτηρίων (U.S. Green Building Council - USGBC)

Το Αμερικανικό συμβούλιο οικολογικών κτηρίων (USGBC) ιδρύθηκε το 1993 και είναι ένα από τα 26 μέλη του WorldGBC (World Green Building Council, 2015). Το USGBC ξεκίνησε και ανέπτυξε ένα πρόγραμμα το 1998 το οποίο ονομάστηκε LEED, του οποίου η βασική ιδέα ενσωματώνεται στο πώς θα πρέπει να καθοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν τα «πράσινα κτήρια» (US Green Building Council, 2009).

Η πρώτη έκδοση του προγράμματος LEED ξεκίνησε στα τέλη του 1999 και μέχρι σήμερα κατάφερε να εδραιωθεί ως μία από τις πιο γνωστές περιβαλλοντικές πιστοποιήσεις στον κόσμο. Η USGBC έχει σήμερα 12800 οργανισμούς μέλη και επιπλέον 193.000 άτομα που διαθέτουν τα προσόντα και την πιστοποίηση για την έκδοση πιστοποιητικών LEED (LEED Professional Credentials)(US Green Building Council, 2013).

2.4.3 Ινστιτούτο Πιστοποίησης Πράσινων Κτηρίων (Green Building Certification Institute - GBCI)

Το Green Building Certification Institute, GBCI, ιδρύθηκε το 2008 ως ανεξάρτητο ινστιτούτο, το οποίο διαχειρίζεται εγγραφές και πιστοποιήσεις σύμφωνα με το Σύστημα Αξιολόγησης LEED (Blackstone, 2014). Κατά την υποβολή αίτησης για εγγραφή και πιστοποίηση LEED, τα έργα πρέπει να παρέχουν τα απαιτούμενα έγγραφα στο GBCI. Το GBCI στοχεύει στη διασφάλιση της διασύνδεσης των περιβαλλοντικά βιώσιμων κτηρίων και της ανάπτυξης με τις τελευταίες ενημερώσεις του κλάδου (Green Building Certification Institute, 2011).

2.4.4 Σουηδικό συμβούλιο πράσινων κτηρίων (Swedish Green Building Council - SGBC)

Το Συμβούλιο Κατασκευών πράσινων κτηρίων της Σουηδίας (SGBC) ιδρύθηκε το 2009 από 13 σουηδικούς οργανισμούς και εταιρείες. Το SGBC έγινε ένα καθιερωμένο μέλος του GBC

στο WorldGBC στο τέλος του 2011 (Σουηδία Green Building Council, 2014). Το Σύστημα SGBC υποστηρίζει τρία άλλα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης πέρα από το σύστημα περιβαλλοντικής πιστοποίησης LEED, το οποίο είναι η βρετανική μεθοδολογία περιβαλλοντικής αξιολόγησης BREEAM, το σύστημα GreenBuilding της ΕΕ και η σουηδική Miljöbyggnad.

2.5 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Το πρόγραμμα LEED τα αρχικά του οποίου σημαίνουν «Leadership in Energy and Environmental Design», είναι μια πιστοποίηση που αφορά τα πράσινα κτήρια και βασίζεται σε ένα σύστημα κατάταξης με βαθμολογία. Σε μικρό χρονικό διάστημα μετά το σχηματισμό της USGBC, το LEED αναπτύχθηκε από τα μέλη της και ορίζεται ως "πιστοποίηση εθελοντική, βασισμένη στη συναίνεση και οδηγούμενη με γνώμονα τις ανάγκες της αγοράς (US Green Building Council, 2009). Επί του παρόντος, υπάρχουν περισσότερα από 69.000 έργα σε περισσότερες από 150 χώρες που συμμετέχουν στο LEED (U.S. Green Building Council, 2015).

Το πρώτο πειραματικό πρόγραμμα LEED (Έκδοση 1.0) εγκαινιάστηκε το 1998 (U.S. Green Building Council, 2009) και τότε το πρόγραμμα σχεδιάστηκε μόνο για τις Νέες Κατασκευές.

Ακολούθως από τότε, το σύστημα έχει βελτιωθεί και προσαρμοσθεί και βρίσκεται σήμερα στην έκδοση 4, αλλά εξακολουθεί να βασίζεται στην πρώτη έκδοση, (HPIA Green Building Council, 2015)

Το LEED αποτελείται από πέντε συστήματα διαβάθμισης (βλ. Εικ. 2.2):

- Σχεδιασμός και Κατασκευή Κτηρίων (LEED Building Design and Construction (BD+C))
- Εσωτερικός Σχεδιασμός και Κατασκευή (LEED Interior Design and Construction (ID+C))
- Οικοδομικές εργασίες και συντήρηση (LEED (Building Operations and Maintenance (O+M))
- Ανάπτυξη γειτονικών περιοχών (LEED Neighborhood Development (ND))
- Κατοικίες (LEED Homes (HOMES))



Εικ. 2.2. Τα πέντε συστήματα αξιολόγησης LEED. (U.S. Green Building Council, 2015)

Αυτά τα συστήματα διαβάθμισης μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς διαφορετικούς τύπους έργων και λόγω των κοινών αγορών και των διαφορετικών χαρακτηριστικών των έργων το LEED δημιούργησε εξειδικευμένα πρότυπα που είναι κατάλληλα για το εκάστοτε έργο. Επιπλέον, οι κοινές αγορές για κάθε σύστημα διαβάθμισης διαφέρουν και αυτό καθιστά την πιστοποίηση εφαρμόσιμη σε μεγάλο αριθμό διαφορετικών οικοδομικών έργων (US Green Building Council, 2015).

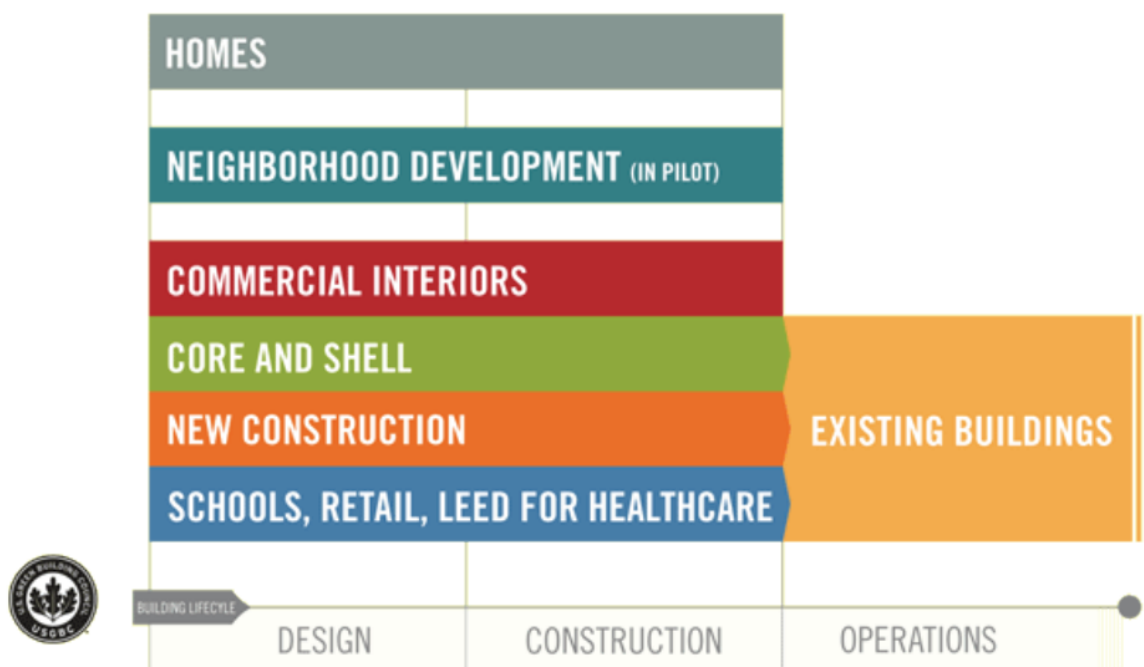
- Σύστημα αξιολόγησης LEED Building Design & Construction (BD + C): Εφαρμόζεται σε νεόδμητα ή σε κτήρια στα οποία εκτελείται ριζική ανακαίνιση. Περιλαμβάνονται κτήρια ως κάτωθι:
 - Νέες Κατασκευές
 - Σχολικά κτήρια
 - Κέντρα φιλοξενίας
 - Κέντρα αποθήκευσης δεδομένων
 - Κέντρα Αποθήκευσης & Διανομής
 - Εγκαταστάσεις Υγείας

- Σύστημα αξιολόγησης LEED Interior Design and Construction (ID+C): Εφαρμόζεται σε έργα που με βάση τις εσωτερικές βελτιώσεις, όπως:
 - Αλλαγή εσωτερικού κτηρίων με εμπορική χρήση
 - Βελτιώσεις δομών φιλοξενίας

- Σύστημα αξιολόγησης LEED Building Operations and Maintenance (O+M): ισχύει για υπάρχοντα κτήρια εντός των ακόλουθων τομέων:
 - Υφιστάμενα κτήρια
 - Σχολεία

- Λιανικό εμπόριο
 - Κέντρα φιλοξενίας
 - Κέντρα δεδομένων
 - Κέντρα αποθήκης και διανομής
- Σύστημα αξιολόγησης LEED Neighborhood Development (ND): Εφαρμόζεται σε νέα έργα ανάπτυξης ή ανασυγκρότησης οικοπέδων, συμπεριλαμβανομένης της οικιακής χρήσης, μη οικιστικής χρήσης ή μείγματος και των δύο. Το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σημείο της ανάπτυξης του έργου.
- Σύστημα αξιολόγησης LEED Homes (HOMES): Εφαρμόζεται για τους τύπους έργων που περιλαμβάνουν μονοκατοικίες αλλά και πολυκατοικίες

LEED addresses the complete lifecycle of buildings:



Εικ 2.3 . Διαφορετικοί τύποι κτηρίων και εξελίξεις έργων στο σύστημα βαθμολόγησης LEED. (Polish Green Building Council,2011)

Ο λόγος ύπαρξης διαφόρων συστημάτων διαβάθμισης οφείλεται στις διαφορές στα χαρακτηριστικά, αλλά και στην συγκρισιμότητα μεταξύ των διαφορετικών τύπων έργων.

2.5.1 Σύστημα βαθμονόμησης

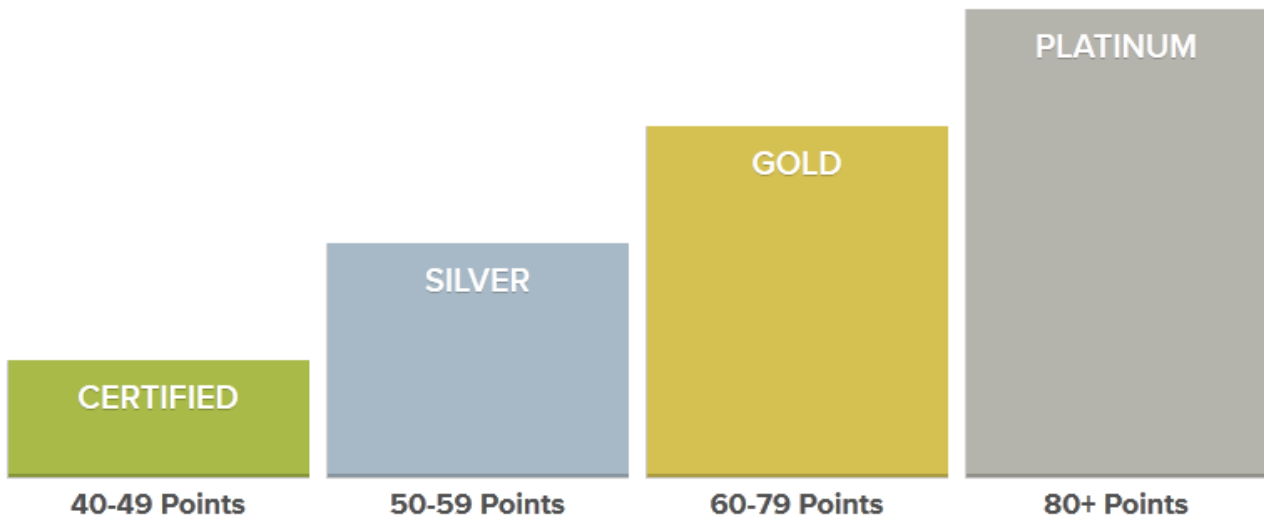
Το Σύστημα Αξιολόγησης Πράσινων Κτηρίων LEED βαθμολογεί και δίνει πιστώσεις βάσει πέντε βασικών κατηγοριών και δύο πρόσθετων κατηγοριών, ενώ μπορούν να χορηγηθούν επίσης και επιπλέον πιστώσεις (βλέπε εικόνα 2.4) (Richards, 2012 · Matisoff, et al., 2014). Η κατανομή των πιστώσεων (πόντων) εξαρτάται από την εκπλήρωση κάθε απαίτησης (US Green Building Council, 2009). Οι απαιτήσεις βασίζονται στις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα οφέλη για τον άνθρωπο και στον ορισμό των επιπτώσεων, αλλά και των αποτελεσμάτων της λειτουργίας και της συντήρησης του κτιρίου καθώς και του σχεδιασμού και της κατασκευής.



Εικ 2. 4. Κατηγορίες πιστώσεων για την πιστοποίηση LEED. (Green Wizard S The Building Product Management Solution, 2014)

Οι πόντοι κατανέμονται ανάλογα με τη σχετική σημασία του αντίκτυπου σε σχέση με το κτήριο. Έτσι, η σημαντικότερη βαρύτητα πόντων κατανέμεται στον σημαντικότερο αντίκτυπο. Όλες οι πιστώσεις αξίζουν τουλάχιστον ένα θετικό σημείο και είναι ακέραιοι αριθμοί (US Green Building Council, 2009) Το πιστωτικό σύστημα LEED έχει συνολικά 100 βασικές μονάδες αλλά επιπλέον 10 μονάδες να κερδηθούν μέσω δύο επιπλέον κατηγοριών: Καινοτομία στην λειτουργία και στον σχεδιασμό (Innovation in Operations and Design) και Περιφερειακή Προτεραιότητα (Regional Priority). Επομένως, η συνολική βαθμολογία μπορεί να φτάσει


συνολικά 110 μονάδες στην κάρτα βαθμολόγησης του συστήματος αξιολόγησης. Ωστόσο, ανάλογα με το είδος του έργου, τα σημεία για κάθε κατηγορία ποικίλλουν. Ανάλογα με την συνολική βαθμολογία που απονέμεται σε κάποιο κτήριο, επιτυγχάνεται ένα ορισμένο επίπεδο πιστοποίησης LEED (βλ. Εικ. 2.5). Τα έργα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις, αλλιώς, το ακίνητο δεν μπορεί να λάβει καμία πιστοποίηση.



Εικ. 2.5 Τα τέσσερα επίπεδα πιστοποίησης LEED. (U.S. Green Building Council, 2015)

Ο πλήρης κατάλογος ελέγχου από τον οδηγό αναφοράς LEED 2019 παρέχεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1.1 Ο πλήρης κατάλογος ελέγχου από τον οδηγό αναφοράς LEED 2019

			LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation Project Checklist		
Y	?	N			
			Credit	Integrative Process	1
0	0	0	Location and Transportation 16		
			Credit	LEED for Neighborhood Development Location	16
			Credit	Sensitive Land Protection	1
			Credit	High Priority Site	2
			Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
			Credit	Access to Quality Transit	5
			Credit	Bicycle Facilities	1
			Credit	Reduced Parking Footprint	1
			Credit	Green Vehicles	1
0	0	0	Sustainable Sites 10		
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
			Credit	Site Assessment	1
			Credit	Site Development - Protect or Restore Habitat	2
			Credit	Open Space	1
			Credit	Rainwater Management	3
			Credit	Heat Island Reduction	2
			Credit	Light Pollution Reduction	1
0	0	0	Water Efficiency 11		
Y			Prereq	Outdoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Indoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Building-Level Water Metering	Required
			Credit	Outdoor Water Use Reduction	2
			Credit	Indoor Water Use Reduction	6
			Credit	Cooling Tower Water Use	2
			Credit	Water Metering	1
0	0	0	Energy and Atmosphere 33		
Y			Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Y			Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y			Prereq	Building-Level Energy Metering	Required
Y			Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
			Credit	Enhanced Commissioning	6
			Credit	Optimize Energy Performance	18
			Credit	Advanced Energy Metering	1
			Credit	Demand Response	2
			Credit	Renewable Energy Production	3
			Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
			Credit	Green Power and Carbon Offsets	2

0	0	0	Materials and Resources	13
Y			Prereq Storage and Collection of Recyclables	Required
Y			Prereq Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
			Credit Building Life-Cycle Impact Reduction	5
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations	2
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials	2
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients	2
			Credit Construction and Demolition Waste Management	2
0	0	0	Indoor Environmental Quality	16
Y			Prereq Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y			Prereq Environmental Tobacco Smoke Control	Required
			Credit Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2
			Credit Low-Emitting Materials	3
			Credit Construction Indoor Air Quality Management Plan	1
			Credit Indoor Air Quality Assessment	2
			Credit Thermal Comfort	1
			Credit Interior Lighting	2
			Credit Daylight	3
			Credit Quality Views	1
			Credit Acoustic Performance	1
0	0	0	Innovation	6
			Credit Innovation	5
			Credit LEED Accredited Professional	1
0	0	0	Regional Priority	4
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
0	0	0	TOTALS	Possible Points: 110
Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110				

2.6 Κατηγορίες βαθμονόμησης LEED

2.6.1 Location and Transportation LT

Η κατηγορία " Location and Transportation (LT)" αφορά τις αποφάσεις σχετικά με την τοποθεσία του κτιρίου, με πιστώσεις που ενθαρρύνουν την πυκνή ανάπτυξη, την εναλλακτική μεταφορά και τη σύνδεση με ανέσεις, όπως εστιατόρια και πάρκα.

Τα κτήρια τα οποία είναι κτισμένα σε καλή τοποθεσία επωφελούνται από υπάρχουσες υποδομές - δημόσια συγκοινωνία, δίκτυα οδών, πεζόδρομους, δίκτυα ποδηλάτων, υπηρεσίες και ανέσεις, καθώς και από υφιστάμενες εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας, υδατοδότησης, φυσικού αέριου και αποχέτευσης. Αναγνωρίζοντας τα υπάρχοντα μοτίβα ανάπτυξης και πυκνότητας οικοδόμησης οι ομάδες έργων μπορούν να μειώσουν την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από το υλικό και από το οικολογικό κόστος που συνοδεύει τη δημιουργία νέων υποδομών.

Εάν ενσωματωθεί στη γύρω κοινότητα, ένα κτήριο μπορεί να προσφέρει ξεχωριστά πλεονεκτήματα στους ιδιοκτήτες και στους χρήστες των κτηρίων. Για τους ιδιοκτήτες, η εγγύτητα με τις υπάρχουσες γραμμές κοινής ωφέλειας και τα δίκτυα οδών αποφεύγει το κόστος της μεταφοράς αυτής της υποδομής στο χώρο του έργου. Για τους ενοίκους, οι πεζοδρόμοι και ποδηλατικοί χώροι μπορούν να βελτιώσουν την υγεία, ενθαρρύνοντας την καθημερινή σωματική δραστηριότητα, ενώ η εγγύτητα στις υπηρεσίες και τις ανέσεις μπορεί να αυξήσει την ευτυχία και την παραγωγικότητα. Η τοποθέτηση σε μια ζωντανή κοινότητα κάνει το κτήριο προορισμό για κατοίκους, εργαζόμενους, πελάτες και επισκέπτες και οι κάτοικοι του κτιρίου θα συμβάλλουν στην οικονομική δραστηριότητα της περιοχής, δημιουργώντας ένα καλό πρότυπο για μελλοντική ανάπτυξη.

Οι στρατηγικές σχεδιασμού που συμπληρώνουν την τοποθεσία του κτιρίου ανταμείβονται επίσης στην ενότητα LT. Για παράδειγμα, περιορίζοντας το χώρο στάθμευσης, ένα έργο μπορεί να ενθαρρύνει τους χρήστες των κτηρίων να κάνουν εναλλακτική μεταφορά. Με την παροχή χώρου αποθήκευσης ποδηλάτων, εγκαταστάσεων εναλλακτικού καυσίμου και προτιμώμενου χώρου στάθμευσης για πράσινα οχήματα, ένα έργο μπορεί να υποστηρίξει χρήστες που αναζητούν οικολογικές επιλογές μεταφοράς.

2.6.2 Sustainable Sites (SS)

Η κατηγορία Sustainable Sites (SS) επιβραβεύει τις αποφάσεις σχετικά με το περιβάλλον που περιβάλλει το κτήριο, με πιστώσεις που υπογραμμίζουν τις ζωτικές σχέσεις μεταξύ κτηρίων, οικοσυστημάτων και υπηρεσιών οικοσυστήματος. Επικεντρώνεται στην αποκατάσταση των στοιχείων της τοποθεσίας του έργου, στην ενσωμάτωση του χώρου με τοπικά και περιφερειακά οικοσυστήματα και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας που βασίζονται στα φυσικά συστήματα.

Τα συστήματα της Γης εξαρτώνται από βιολογικά διαφοροποιημένα δάση, υγρότοπους, κοραλλιογενείς υφάλους και άλλα οικοσυστήματα, τα οποία συχνά αναφέρονται ως "φυσικό κεφάλαιο" επειδή παρέχουν υπηρεσίες αναγέννησης. Μια μελέτη των Ηνωμένων Εθνών δείχνει ότι από τις υπηρεσίες οικοσυστήματος που έχουν εκτιμηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου 60% υποβαθμίζονται σήμερα ή χρησιμοποιούνται με μη βιώσιμο τρόπο. Τα αποτελέσματα είναι η αποψίλωση των δασών, η διάβρωση του εδάφους, η εξαφάνιση των ειδών κ.α. Οι πρόσφατες εξελίξεις, όπως η εξωραϊκή ανάπτυξη και η εξάπλωση, πλήττουν τα υπόλοιπα φυσικά τοπία και αγροτικές περιοχές, κατακερματίζοντας και αντικαθιστώντας τα με διασκορπισμένα οικοδομήματα. Από το 1982 έως το 2001 στις Ηνωμένες Πολιτείες, περίπου 34 εκατομμύρια στρέμματα (13.759 εκτάρια) ανοιχτού χώρου (περιοχή μεγέθους Ιλλινόις) χάθηκαν στην ανάπτυξη - περίπου 4 στρέμματα ανά λεπτό ή 6.000 στρέμματα την ημέρα.

Οι ομάδες έργων που συμμορφώνονται με τις προϋποθέσεις και τις πιστώσεις της κατηγορίας SS προστατεύουν τα ευαίσθητα οικοσυστήματα, ολοκληρώνοντας την έγκαιρη αξιολόγηση της τοποθεσίας και σχεδιάζοντας τις τοποθεσίες των κτηρίων και των περιοχών ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή του οικοτόπου, του ανοικτού χώρου και των υδάτινων σωμάτων. Χρησιμοποιούν αναπτυξιακές μεθόδους χαμηλού αντίκτυπου που ελαχιστοποιούν την μόλυνση από την κατασκευή, μειώνουν τη φωτορύπανση και μιμούνται τα φυσικά πρότυπα ροής του νερού για τη διαχείριση της απορροής των όμβριων υδάτων. Αποκαθιστούν επίσης περιοχές στον τόπο του έργου που βρίσκονται ήδη σε παρακμή.

2.6.3 Water Efficiency (WE)

Η ενότητα " Water Efficiency (WE)" αφορά το νερό ολιστικά, εξετάζοντας την εσωτερική χρήση, την εξωτερική χρήση, τις εξειδικευμένες χρήσεις και τη μέτρηση. Το τμήμα βασίζεται σε μια προσέγγιση "αποτελεσματικότητας πρώτα" για τη διατήρηση των υδάτων. Ως αποτέλεσμα, κάθε προϋπόθεση εξετάζει την απόδοση του νερού και τις μειώσεις στην κατανάλωση πόσιμου νερού μόνο. Στη συνέχεια, οι πιστώσεις WE αναγνωρίζουν επιπλέον τη χρήση μη καταναμεμένων και εναλλακτικών πηγών νερού.

Η διατήρηση και η δημιουργική επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι σημαντικές ενέργειες, επειδή μόνο το 3% του νερού της Γης είναι φρέσκο νερό και από αυτό, λίγο πάνω από τα δύο τρίτα παγιδεύονται σε παγετώνες. Στις ανεπτυγμένες χώρες, το πόσιμο νερό προέρχεται συχνά από δημόσιο δίκτυο ύδρευσης μακριά από το εργοτάξιο και τα απόβλητα που εξέρχονται από το εργοτάξιο πρέπει να διοχετεύονται σε μονάδα επεξεργασίας και στη συνέχεια να απορρίπτονται σε απομακρυσμένο υδατικό σύστημα. Αυτό το σύστημα pass-through μειώνει τη ροή των ποταμών και καταστρέφει τους υδροφόρους ορίζοντες, προκαλώντας πτώση των υδάτινων αποθεμάτων. Στο 60% των ευρωπαϊκών πόλεων με περισσότερους από 100.000 κατοίκους, τα υπόγεια ύδατα χρησιμοποιούνται ταχύτερα από ό, τι μπορούν να ανανεωθούν.

Επιπλέον, η ενέργεια που απαιτείται για την επεξεργασία του νερού για πόση, τη μεταφορά του προς και από ένα κτήριο και η μεταχείρισή του για απόρριψη αντιπροσωπεύει μια σημαντική ποσότητα ενέργειας. Μια έρευνα στην Καλιφόρνια δείχνει ότι περίπου το 19% της συνολικής

ενέργειας που καταναλώνεται σε αυτή την αμερικανική πολιτεία καταναλώνεται από την επεξεργασία του νερού και την άντληση.

Στις ΗΠΑ, τα κτήρια αντιπροσωπεύουν το 13,6% της χρήσης πόσιμου νερού, η τρίτη μεγαλύτερη κατηγορία, πίσω από τη θερμοηλεκτρική ενέργεια και την άρδευση. Οι αρχιτέκτονες και οικοδόμοι μπορούν να κατασκευάσουν πράσινα κτήρια που χρησιμοποιούν σημαντικά λιγότερα ύδατα από την συμβατική κατασκευή ενσωματώνοντας γεωγραφικές τοποθεσίες που εξαλείφουν την ανάγκη άρδευσης, εγκαθιστώντας υδραυλικά εξαρτήματα και επαναχρησιμοποιώντας λύματα για μη ικανοποιητικές ανάγκες σε νερό. Η Έκθεση Επιπτώσεων της Πράσινης Αγοράς για το 2009 διαπίστωσε ότι τα έργα LEED ήταν υπεύθυνα για την εξοικονόμηση νερού συνολικού ύψους 1,2 τρισεκατομμυρίων γαλονιών (4,54 τρισεκατομμύρια λίτρων) νερού.

2.6.4 Energy and Atmosphere (EA)

Η κατηγορία " Energy and Atmosphere " (EA) προσεγγίζει την ενέργεια από μια ολιστική προοπτική, η οποία ασχολείται με τη μείωση της χρήσης ενέργειας, τις ενεργειακά αποδοτικές στρατηγικές σχεδιασμού και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ο σημερινός παγκόσμιος συνδυασμός ενεργειακών πόρων έχει μεγάλη βαρύτητα προς το πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο. Εκτός από την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου, οι πόροι αυτοί δεν είναι ανανεώσιμοι: οι ποσότητες τους είναι περιορισμένες ή δεν μπορούν να αντικατασταθούν τόσο γρήγορα όσο καταναλώνονται. Αν και οι εκτιμήσεις σχετικά με την υπόλοιπη ποσότητα αυτών των πόρων ποικίλλουν, είναι σαφές ότι η σημερινή εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι βιώσιμη και συνεπάγεται αυξανόμενα καταστροφικές διεργασίες εξαγωγής, αβέβαιες προμήθειες, κλιμάκωση των τιμών της αγοράς και ευπάθεια εθνικής ασφάλειας. Περίπου το 40% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται σήμερα οφείλεται στα κτήρια τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στα ανωτέρω προβλήματα.

Η ενεργειακή απόδοση σε ένα πράσινο κτήριο ξεκινά με έμφαση στο σχεδιασμό που μειώνει τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες, όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου και η επιλογή των υαλοπινάκων, καθώς και η επιλογή κατάλληλων για το κλίμα δομικών υλικών. Οι στρατηγικές όπως η παθητική θέρμανση και ψύξη, ο φυσικός εξαερισμός και τα συστήματα υψηλής απόδοσης HVAC που συνεργάζονται με έξυπνους ελέγχους μειώνουν περαιτέρω την κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου. Η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στον τόπο του έργου ή η αγορά πράσινης ενέργειας επιτρέπει την κάλυψη μεριδίων της υπόλοιπης κατανάλωσης ενέργειας με ενέργεια από μη ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας τη ζήτηση για παραδοσιακές πηγές.

Η διαδικασία ανάθεσης είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση κτηρίων υψηλής απόδοσης. Η έγκαιρη εμπλοκή μιας αρμόδιας αρχής συμβάλλει στην αποτροπή μακροπρόθεσμων ζητημάτων συντήρησης και στην σπατάλη ενέργειας ελέγχοντας ότι ο σχεδιασμός πληροί τις απαιτήσεις του έργου και τις λειτουργίες του ως έχει. Σε ένα λειτουργικά αποδοτικό κτήριο, το προσωπικό κατανοεί ποια συστήματα εγκαθίστανται και πώς λειτουργούν. Το προσωπικό

πρέπει να έχει κατάρτιση και να είναι δεκτικό στην εκμάθηση νέων μεθόδων για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματικός σχεδιασμός με υψηλές επιδόσεις.

2.6.5 Materials and Resources (MR)

Η κατηγορία πιστώσεων Materials and Resources (MR) επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση των ενσωματωμένων ενεργειακών και λοιπών επιπτώσεων που σχετίζονται με την αποκομιδή, επεξεργασία, μεταφορά, συντήρηση και διάθεση των οικοδομικών υλικών. Οι απαιτήσεις έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν μια προσέγγιση κύκλου ζωής που βελτιώνει τις επιδόσεις και προάγει την αποδοτικότητα των πόρων. Κάθε απαίτηση προσδιορίζει μια συγκεκριμένη δράση που εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο μιας προσέγγισης του κύκλου ζωής στην ενσωματωμένη μείωση των επιπτώσεων.

Τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων αποτελούν περίπου το 40% του συνολικού ποσού στερεών αποβλήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες και περίπου το 25% του συνολικού ποσού αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην ιεραρχία διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (EPA) κατατάσσει τη μείωση των πηγών, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την μετατροπή των αποβλήτων σε ενέργεια ως τις τέσσερις προτιμώμενες στρατηγικές για τη μείωση των αποβλήτων. Το τμήμα MR εξετάζει άμεσα κάθε μία από αυτές τις συνιστώμενες στρατηγικές.

Η μείωση των πηγών εμφανίζεται στην κορυφή της ιεραρχίας επειδή αποφεύγει τις περιβαλλοντικές βλάβες καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός υλικού, από την αλυσίδα εφοδιασμού έως τη χρήση για την ανακύκλωση και τη διάθεση των αποβλήτων. Η μείωση των πηγών ενθαρρύνει τη χρήση καινοτόμων στρατηγικών κατασκευής, όπως η προκατασκευή και ο σχεδιασμός προδιαγεγραμμένων διαστάσεων δομικών υλικών, ελαχιστοποιώντας έτσι τις αποκοπές υλικών και τις ανεπάρκειες.

Η επαναχρησιμοποίηση των κτηρίων και των υλικών είναι η επόμενη πιο αποτελεσματική στρατηγική, διότι η επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων υλικών αποφεύγει την περιβαλλοντική επιβάρυνση της παραγωγικής διαδικασίας. Η αντικατάσταση των υπαρχόντων υλικών με νέα θα συνεπαγόταν την παραγωγή και τη μεταφορά νέων υλικών και θα χρειαστούν πολλά χρόνια για να αντισταθμιστούν τα συναφή αέρια θερμοκηπίου μέσω της αυξημένης απόδοσης του κτιρίου.

Η ανακύκλωση είναι ο συνηθέστερος τρόπος για την εκτροπή των αποβλήτων από τους χώρους υγειονομικής ταφής. Στη συνήθη πρακτική, τα περισσότερα απόβλητα τοποθετούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής - μια ολοένα και πιο μη βιώσιμη λύση. Στις αστικές περιοχές, ο χώρος υγειονομικής ταφής έχει φθάσει σε χωρητικότητα, απαιτώντας τη μετατροπή περισσότερων χώρων αλλού και την αύξηση του κόστους μεταφοράς των αποβλήτων. Οι καινοτομίες στην τεχνολογία ανακύκλωσης βελτιώνουν τη διαλογή και την επεξεργασία για την προμήθεια πρώτων υλών στις δευτερογενείς αγορές, διατηρώντας αυτά τα υλικά στη ροή παραγωγής μακρύτερη.

Επειδή οι δευτερογενείς αγορές δεν υπάρχουν για κάθε υλικό, η επόμενη προτεινόμενη χρήση των αποβλήτων είναι η μετατροπή τους σε ενέργεια..

Συνολικά, τα έργα LEED είναι υπεύθυνα για την εκτροπή περισσότερων από 80 εκατομμυρίων τόνων αποβλήτων από χώρους υγειονομικής ταφής και ο όγκος αυτός αναμένεται να αυξηθεί σε 540 εκατομμύρια τόνους μέχρι το 2030.

2.6.6 Indoor Environmental Quality (EQ)

Η κατηγορία Indoor Environmental Quality (EQ) ανταμείβει τις αποφάσεις των ομάδων έργων σχετικά με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την θερμική, οπτική και ακουστική άνεση. Πράσινα κτήρια με καλή εσωτερική ποιότητα περιβάλλοντος προστατεύουν την υγεία και την άνεση των κατοίκων του κτιρίου. Τα εσωτερικά περιβάλλοντα υψηλής ποιότητας βελτιώνουν επίσης την παραγωγικότητα και βελτιώνουν την αξία του κτιρίου.

Η σχέση μεταξύ του εσωτερικού περιβάλλοντος και της υγείας και της άνεσης των κατοίκων του κτιρίου είναι πολύπλοκη και δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή. Τα τοπικά έθιμα και οι προσδοκίες, οι δραστηριότητες των κατοίκων και ο χώρος, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κτιρίου είναι μόνο μερικές από τις μεταβλητές που δυσχεραίνουν την ποσοτικοποίηση και τη μέτρηση της άμεσης επίδρασης ενός κτηρίου στους ενοίκους. Ως εκ τούτου, η ενότητα EQ εξισορροπεί την ανάγκη για κανονιστικά μέτρα με περισσότερες πιστωτικές απαιτήσεις προσανατολισμένες στις επιδόσεις.

2.6.7 Innovation (IN)

Οι βιώσιμες στρατηγικές σχεδιασμού και τα μέτρα συνεχώς εξελίσσονται και βελτιώνονται. Νέες τεχνολογίες εισάγονται συνεχώς στην αγορά και η επικαιρότητα της επιστημονικής έρευνας επηρεάζει τις στρατηγικές σχεδίασης κτηρίων. Σκοπός αυτής της κατηγορίας LEED είναι η αναγνώριση έργων για καινοτόμα χαρακτηριστικά κτηρίων και βιώσιμων οικοδομικών πρακτικών και στρατηγικών.

2.6.8

Επειδή ορισμένα περιβαλλοντικά ζητήματα είναι έχουν ιδιαίτερη γεωγραφική σημασία, οι εθελοντές από τον USGBC και η LEED έχουν εντοπίσει ξεχωριστές περιβαλλοντικές προτεραιότητες στις περιοχές τους και πιστώσεις που αντιμετωπίζουν αυτά τα θέματα. Αυτές οι πιστώσεις περιφερειακής προτεραιότητας ενθαρρύνουν τις ομάδες έργων να επικεντρωθούν στις τοπικές περιβαλλοντικές προτεραιότητες.

2.7 Οι βασικές χώρες που χρησιμοποιούν το LEED

Στις μέρες μας καταγράφονται έργα πιστοποιημένα κατά LEED σε περισσότερες από 150 χώρες και περιοχές, εκπροσωπώντας όλες τις ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική. Το LEED χρησιμοποιείται σε πολύ ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες και πρόσφατα σε αναπτυσσόμενες και με αυτόν τον τρόπο αποδεικνύεται η τεράστια δύναμη και οι προοπτικές της αναδυόμενης πράσινης οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Το USGBC ανακοίνωσε τον Ιούλιο του 2015 τις 10 κορυφαίες χώρες που χρησιμοποιούν το LEED και πιο συγκεκριμένα εντοπίστηκαν τα ακαθάριστα τετραγωνικά μέτρα πιστοποιημένου κατά LEED χώρων παγκοσμίως. Όλες αυτές οι χώρες έχουν συμβάλει αποφασιστικά στην προώθηση του LEED ανάγοντας τις βιώσιμες λύσεις σε προτεραιότητα κατά το σχεδιασμό.

Η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία, τρεις από τους αναδυόμενους οικονομικά γίγαντες του αιώνα μας, κατατάσσονται στην πρώτη πεντάδα της λίστας, και αυτό είναι σημαντικό, διότι είναι αυτές ακριβώς οι ίδιες χώρες από τις οποίες προβλέπεται να χαραχθεί μια νέα, πιο βιώσιμη πορεία προς τα εμπρός. [60] Οι χώρες που απαρτίζουν το φετινό Top 10 των χωρών που χρησιμοποιούν το LEED αντιπροσωπεύουν επτά από τις 20 μεγαλύτερες ανεξάρτητες εθνικές οικονομίες του κόσμου (Κίνα, Γερμανία, τη Βραζιλία, την Ινδία, τον Καναδά, τη Νότια Κορέα και την Τουρκία), και έξι από τις 11 κορυφαίες σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Κίνα, Ινδία, Γερμανία, Νότια Κορέα, τον Καναδά και τη Βραζιλία). Μαζί αυτά τα έθνη υπηρετούν ως ηγέτες για τη δημιουργία ενός καλύτερου, πιο βιώσιμου κόσμου αποδεικνύοντας ότι τα «πράσινα» κτήρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο σύγχρονο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. [60]

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα τετραγωνικά πιστοποιημένου χώρου κατά LEED παγκοσμίως, καθώς και οι δημοφιλέστερες 10 χώρες, εκτός Η.Π.Α. στις οποίες χρησιμοποιείται το LEED.



Εικ. 2.6 Οι 10 κορυφαίες χώρες και περιοχές χρήσης LEED για το 2015

2.8 Παράδειγμα χρήσης πιστοποίησης LEED

2.8.1 Karela Office Park



Εικ. 2.7 Νυχτερινή λήψη κτιριακού συγκροτήματος-Φωτισμός

Το Karela Office Park αποτελεί σημείο αναφοράς στην αγορά ως το πρώτο πιστοποιημένο κατά LEED κτήριο στην Ελλάδα (βαθμίδα Gold). Βρίσκεται στην περιοχή της Παιανίας στην Αθήνα και αποτελείται από έξι συνδεδεμένους τριώροφους κτιριακούς όγκους όπου φιλοξενούνται 1.350 υπάλληλοι. Περιλαμβάνει εστιατόρια, ένα καφέ, ένα γυμναστήριο και ένα σκεπαστό αίθριο, το οποίο αποτελεί την κύρια είσοδο του συγκροτήματος. Έχει τρεις υπόγειους ορόφους στάθμευσης, που παρέχουν συνολικά 1.100 θέσεις στάθμευσης και βρίσκεται δίπλα στον κεντρικό αυτοκινητόδρομο που συνδέει το αεροδρόμιο με την πόλη της Αθήνας.

Αναγνωρίζοντας ότι η πράσινη οικοδόμηση θα έκανε τις εγκαταστάσεις γραφείου πιο ελκυστικές στους πιθανούς μισθωτές, η Dimand αποφάσισε να επιδιώξει την πιστοποίηση LEED για το έργο, αντιμετωπίζοντας τη βιωσιμότητα ως έναν τρόπο για την κάλυψη των προγραμματικών στόχων, με παροχή σημαντικής εξοικονόμησης κόστους για τα λειτουργικά έξοδα και ένα πιο υγιεινό περιβάλλον εργασίας για τους ενοίκους, παράλληλα με την εκπλήρωση της αποστολής του οργανισμού. Η διαχείριση των δαπανών του έργου και η κατάρτιση χρονοδιαγράμματος κατασκευής σε μια αγορά ακινήτων κατά τη διάρκεια της χρηματοπιστωτικής κρίσης ήταν κρίσιμη για την επιτυχία αυτού του έργου.

Ο στόχος ήταν η δημιουργία μιας δομής που θα επεξεργάζεται τα λύματά της, θα χρησιμοποιεί το φυσικό φωτισμό, θα παράγει ενέργεια και θα παρέχει το περιβάλλον για ανάπτυξη της πανίδας, ενώ στο εσωτερικό θα εξασφαλίζει τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της υγείας των εργαζομένων. Ο σχεδιασμός του Karela Office Park αποσκοπεί πάνω απ' όλα στη δημιουργία ενός ήσυχου, ήρεμου και φιλικού περιβάλλοντος χώρου εργασίας.



Εικ. 2.8 Κλίμακα έργου-Απόσταση μεταξύ των κτιριολογικών όγκων

2.8.2 Anangel Maritime - Agemar



Εικ. 2.9 Νυχτερινή λήψη του κτιρίου

Το Agemar του εφοπλιστικού ομίλου Anangel Maritime είναι το κτήριο που πήρε την υψηλότερη βαθμολογία environmentally conscious building (LEED Platinum).

Το φουτουριστικό αυτό κτήριο ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2018 και βρίσκεται στην Καλλιθέα. Το κτήριο εκτείνεται σε 30.000 τ.μ. από τα οποία τα 16.000 αφορούν υπόγειους χώρους. Η χρήση διαφορετικών υλικών δημιουργεί αντίθεση μεταξύ του λευκού μαρμάρου κομμένου με CNC και ενός κατακόρυφου κήπου στο πάνω μέρος καθιστώντας το υποψήφιο για το σημαντικότερο ευρωπαϊκό βραβείο αρχιτεκτονικής (Mies Van der Rohe Prize 2019 nominee). Σε αυτό τον μοναδικό χώρο στεγάζονται γραφεία, φουαγιέ, βιβλιοθήκη, executive floor και roof-garden. Το κτήριο διαθέτει αμφιθέατρο και εστιατόριο, τέσσερα υπόγεια επίπεδα με γυμναστήριο, πισίνα και πάρκινγκ 330 αυτοκινήτων.

Το έργο έχει επιτύχει σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και νερού. Ο παθητικός σχεδιασμός, όπως οι ενεργειακά αποδοτικοί υαλοπίνακες και τα αναβαθμισμένα συστήματα οικοδόμησης HVAC, επέτρεψαν σημαντική μείωση της ζήτησης ενέργειας για φωτισμό και ψύξη. Παράλληλα, ο σχεδιασμός βελτιστοποιήθηκε για να προσφέρει βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης για τους επιβάτες και τους επισκέπτες. Τα βιοφιλικά στοιχεία βελτιώνουν περαιτέρω την ανθρώπινη εμπειρία. Το Agemar Office Building είναι ένα εξαιρετικό κτήριο ορόσημο 3A, το οποίο αποτελεί επίσης αποδεδειγμένη περίπτωση βιωσιμότητας, θέτοντας έτσι ένα νέο ορόσημο στον τοπικό τομέα των ακινήτων.

2.8.3 Samsung GREEN TOMORROW

Η Samsung GREEN TOMORROW είναι το πρώτο project στην Ανατολική Ασία που έχει επιτύχει την βαθμολογία Platinum για την ηγεσία στον τομέα της ενέργειας και του περιβάλλοντος (LEED). Βρίσκεται στο Yongin, η ανάπτυξη περιλαμβάνει μια κατοικία μηδενικής ενέργειας των 423 μ² και ένα περίπτερο δημόσιων σχέσεων ύψους 298 μ² και έχει σχεδιαστεί για να αποτελέσει ένα εκθετήριο βιωσιμότητας στην Κορέα. Ενδεικτικά, το συγκεκριμένο project ήταν το πρώτο LEED Platinum βραβευμένο στην Ανατολική Ασία και το πρώτο σπίτι μηδενικής ενέργειας στη Νότια Κορέα.



Εικ.2.10 Samsung GREEN TOMORROW

Προκειμένου να φτάσει να αξιολογηθεί ως LEED Platinum χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν τα εξής:

- Συστήματα για μείωση κατανάλωσης ενέργειας

Το οίκημα διαθέτει 68 πράσινα χαρακτηριστικά για μηδενική ενέργεια, μηδενικές εκπομπές και πράσινη τεχνολογία πληροφορικής, όπως πρόσοψη υψηλής απόδοσης, αισθητήρες ημέρας, αντλίες θερμότητας εδάφους, ακτινοβόλο σύστημα θέρμανσης δαπέδου και υψηλής απόδοσης φωτισμό που βελτιστοποιεί και εξισορροπεί την ενέργεια και το φως της ημέρας. Αυτά τα συστήματα μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας κατά 56% - το υπόλοιπο 44% της ενέργειας συλλέγεται βιολογικά από ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των 163m² φωτοβολταϊκών πλασιών στην στέγη. Η κατανάλωση νερού Για να μειωθεί η κατανάλωση νερού, τα φωτιστικά όπως ένα πλυντήριο ρούχων χωρίς νερό, το διπλό WC και μια λεκάνη χαμηλής ροής και ντους. Το 72,4% του πόσιμου νερού είναι επαναχρησιμοποιήσιμο χάρη σε έναν βιολογικό αντιδραστήρα που επεξεργάζεται το άγριο νερό και το μαύρο νερό για άρδευση, καθαρισμό δαπέδου και έκπλυση. Για να εξασφαλιστεί ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον, χρησιμοποιούνται υλικά που απελευθερώνουν λιγότερες και λιγότερο επιβλαβείς ενώσεις και οι ρυθμοί εξαερισμού του εξωτερικού χώρου αυξάνονται κατά 30% - με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός αλλαγής του αέρα στο δωμάτιο.

- Βιώσιμη κατασκευή και λειτουργία

Η βιωσιμότητα ήταν επίσης κεντρική στην κατασκευή - το 54,8% των αποβλήτων στάλθηκε για ανακύκλωση και περίπου το 22% των υλικών προέρχονταν από ανακυκλωμένες πηγές. Πάνω από το ένα τέταρτο των υλικών προέρχονται από τοπικά.

- Location and Transportation (LT)

Το GREEN TOMORROW προσφέρει επίσης εξαιρετική σύνδεση με την κοινότητα και βολική δημόσια συγκοινωνία. Παρέχονται χώροι στάθμευσης ποδηλάτων και συστήματα χρέωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων για την προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας.

2.8.4 Kroon Hall, Yale University

Το Kroon Hall, όπου στεγάζεται η Σχολή Δασολογίας και Περιβαλλοντικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Yale, σχεδιάστηκε ως μοντέλο βιωσιμότητας κερδίζοντας πιστοποίηση LEED Platinum το 2010.



Εικ.2.11 Yale School Of Forestry & Environmental Studies, New Haven, CT

Προκειμένου να φτάσει να αξιολογηθεί ως LEED Platinum χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν τα εξής:

- Παθητικά συστήματα

Η μορφή του κτιρίου σχεδιάστηκε για να εκμεταλλεύεται πλήρως τα παθητικά, χαμηλής ενέργειας συστήματα. Προσανατολισμένο ανατολικά-δυτικά κατά μήκος της διαδρομής του ήλιου, η εκτεθειμένη θερμική μάζα του Kroon Hall, τα βαθιά παράθυρα και το εξωτερικό σύστημα ελέγχου σκίασης αποφέρουν ηλιακή θερμότητα. Το σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε σε όλο το κτήριο για να παρέχει θερμική μάζα, ελαχιστοποιώντας τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι κατάλληλες για φυσικό αερισμό, οι ενδεικτικές λυχνίες ζητούν από τους επιβάτες να ανοίξουν τα παράθυρά τους. Αυτά και άλλα μέτρα έχουν ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 58% σε σύγκριση με ένα παρόμοιο κτήριο που δεν υπερβαίνει τις απαιτήσεις του κώδικα.

- Μεγάλης κλίμακας χρήση γεωθερμικής ενέργειας

Πιο συγκεκριμένα, τέσσερα γεωθερμικά πηγάδια θερμαίνουν και ψύχουν το κτήριο, με την συμβατική ισχύ ηλεκτρικού ρεύματος διαθέσιμη για έκτακτη υποστήριξη. Τέσσερα φρεάτια ορθίων ορθοστατών φτάνουν μέχρι το βράχο, όπου οι θερμοκρασίες του νερού κυμαίνονται γύρω στους 13 βαθμούς Κελσίου (55 βαθμούς Φαρενάιτ). Τα υπόγεια ύδατα αντλούνται και η θερμική τους ενέργεια εξάγεται και στη συνέχεια εντείνεται με αντλίες θερμότητας εδάφους. Αφού το νερό εκτελέσει τη λειτουργία θέρμανσης (ή ψύξης κατά τη θερινή περίοδο), επιστρέφει στα ίδια πηγάδια.

- Ενεργειακά αποδοτικός κλιματισμός

Το χειμώνα, οι αποδοτικές μονάδες αερισμού συλλέγουν θερμότητα από τον αέρα εξαγωγής και το μεταφέρουν στον εισερχόμενο αέρα. Το καλοκαίρι, ένα σύστημα ψύξης ψεκάζει νερό στον αέρα εξαγωγής για να μειώσει τη θερμοκρασία του. Ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας μεταφέρει αυτή τη δροσιά στον εισερχόμενο αέρα.

- Αειφόρος διαρθρωτικός σχεδιασμός.

Η τυπική δομή δαπέδου του κτιρίου αποτελείται από εκτεθειμένες πλάκες από σκυρόδεμα, κολώνες και τοιχώματα πυρήνων που παρέχουν το κτήριο με πλευρική σταθερότητα. Η Agur αντικατέστησε το ήμισυ της περιεκτικότητας σε τσιμέντο με GGBS, ένα υποπροϊόν από υψικαμίλους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σιδήρου, για τη μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας του κτιρίου. Οι ξύλινες δοκοί glu-lam, οι οποίες είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον από τις παραδοσιακές χαλύβδινες δοκούς, παρέχουν δομική σταθερότητα στην οροφή.

- Διατήρηση νερού

Η χρήση πόσιμου νερού της Kroon Hall είναι 81% χαμηλότερη από τη γραμμή βάσης LEED. Η αυλή του κτιρίου φιλτράρει τα νερά για να απομακρύνει το 80% των αιωρούμενων στερεών προτού εισέλθει σε υπόγεια δεξαμενές. Το νερό στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τουαλέτες και άρδευση, εξοικονομώντας περίπου 2.000 λίτρα πόσιμου νερού κάθε χρόνο. Ακόμη, οι ηλιακοί θερμικοί πίνακες στην πρόσοψη του κτιρίου θερμαίνουν το νερό του κτιρίου. Επιπλέον, η Agur συνεργάστηκε στενά με τους κατασκευαστές φωτοβολταϊκών για τη βελτιστοποίηση του ηλιακού ηλεκτρικού συστήματος οροφής που βασίζεται στις τελευταίες εξελίξεις της βιομηχανίας.

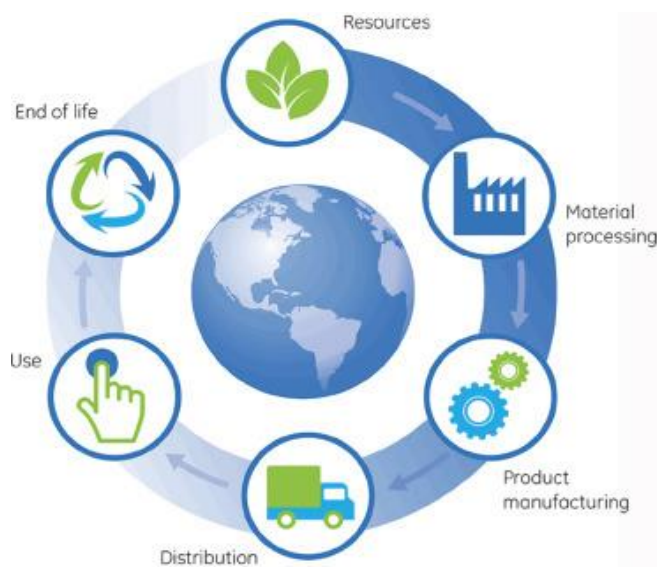
Γενικά, χαρακτηριστικά χαμηλής ροής καθορίστηκαν σε όλο το κτήριο.

Όπως αποδείχθηκε από την ανάλυση κόστους οι βιώσιμες στρατηγικές που εφαρμόστηκαν είναι ωφέλιμες. Ειδικότερα, η ομάδα σχεδιασμού υπολόγισε ότι πολλές φαινομενικά δαπανηρές πράσινες τεχνολογίες θα αποσβεσθούν γρήγορα μέσω εξοικονόμησης ενέργειας. Επιπλέον κίνητρο αποτέλεσε η ενδεχόμενη ανάγκη συμμόρφωσης με τη μελλοντική νομοθεσία για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Παρόλο που το επιλεγμένο σύστημα διαχείρισης αέρα κοστίζει δύο φορές περισσότερο από ένα συμβατικό σύστημα, επέτρεψε στους σχεδιαστές να κατασκευάσουν ένα μικρότερο υπόγειο, εξοικονομώντας περίπου 2 εκατομμύρια δολάρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.1 Εισαγωγή – Ορισμός LCA

Life-cycle assessment (LCA) ή αξιολόγηση του κύκλου ζωής είναι μια προσέγγιση περιβαλλοντικής λογιστικής και διαχείρισης που λαμβάνει υπόψη όλες τις πτυχές της χρήσης των πόρων και των περιβαλλοντικών εκλύσεων που συνδέονται με ένα βιομηχανικό σύστημα. Αποτελεί δηλαδή, μια τεχνική για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών που συνδέονται με ένα προϊόν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Ειδικότερα, είναι μια ολιστική άποψη των περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων που καλύπτει μια σειρά δραστηριοτήτων, από την εξόρυξη πρώτων υλών από τη Γη και την παραγωγή και διανομή ενέργειας, μέσω της χρήσης και επαναχρησιμοποίησης και τελικής διάθεσης ενός προϊόντος.



Εικ. 3.1 Κύκλος ζωής ενός υλικού/πόρου

Η LCA είναι μια πλήρης ανάλυση και λαμβάνει υπόψη τη χρήση πόρων και ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος επομένως, συμβάλλει στην αποφυγή της αυθαίρετης αλλαγής του περιβαλλοντικού φόρτου. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η LCA δεν παρέχει οικονομικές επιδόσεις ή προφίλ κινδύνου για το προϊόν / διαδικασία. Ως εκ τούτου, η LCA πρέπει να γίνει σε συνδυασμό με τον υπολογισμό του κύκλου ζωής, την TEA, την ανάλυση βιωσιμότητας των πόρων και την ανάλυση του περιβαλλοντικού κινδύνου, προκειμένου να αποκτηθεί ένα πλήρες προφίλ αειφορίας.

3.2 Στάδια της LCA

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) είναι ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η LCA είναι ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση των

περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων και της διαδικασίας. Η μεθοδολογία LCA όπως τυποποιείται στα πρότυπα ISO-14040 [19] και 14044-2006 [20] αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια.

Τα τέσσερα στάδια LCA είναι τα εξής:

Στάδιο 1: Ορισμός και οριοθέτηση στόχου

Στο πρώτο στάδιο καθορίζεται ο σκοπός και το εύρος της μελέτης. Το πεδίο εφαρμογής στοχεύει στο να καθορίσει πόσο μεγάλο μέρος του κύκλου ζωής του προϊόντος θα ληφθεί κατά την αξιολόγηση και σε τι επίπεδο θα μελετηθεί.

Στάδιο 2: Απογραφή κύκλου ζωής

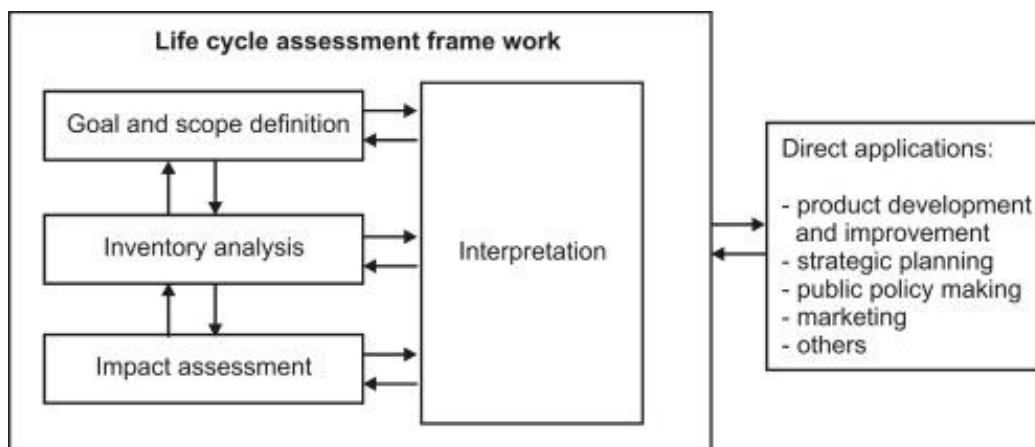
Σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιείται καταγραφή των σχετικών εισροών ενέργειας και υλικών και περιβαλλοντικών εκλύσεων. Η ανάλυση της απογραφής παρέχει μια περιγραφή των ροών υλικού και ενέργειας στο σύστημα του προϊόντος και ιδιαίτερα της αλληλεπίδρασής του με το περιβάλλον, τις πρώτες ύλες που καταναλώνονται και τις εκπομπές στο περιβάλλον. Όλες οι σημαντικές διαδικασίες και οι βοηθητικές ροές ενέργειας και υλικών περιγράφονται αργότερα.

Στάδιο 3: Αξιολόγηση αντίκτυπου κύκλου ζωής

Στο τρίτο στάδιο γίνεται εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Λεπτομέρειες από την ανάλυση αποθέματος χρησιμεύουν για την εκτίμηση των επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα των δεικτών όλων των κατηγοριών επιπτώσεων παρουσιάζονται λεπτομερώς σε αυτό το βήμα. Η σημασία κάθε κατηγορίας κρούσης εκτιμάται με την κανονικοποίηση και ενδεχομένως και με τη στάθμιση.

Στάδιο 4: Ερμηνεία

Η ερμηνεία ενός κύκλου ζωής περιλαμβάνει κριτική εξέταση, προσδιορισμό της ευαισθησίας των δεδομένων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων έτσι ώστε οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων να λάβουν πιο τεκμηριωμένη απόφαση.



Εικ.3.2 Τέσσερα στάδια LCA σύμφωνα με το ISO 14040

Γενικότερα, κατά τη μελέτη αξιολόγησης κύκλου ζωής πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα θέματα:

Οι επιβαρύνσεις που επιβάλλονται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να εξακριβωθούν με την καταγραφή των πόρων και της ενέργειας (εισροών) που καταναλώνονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και των παραγόμενων ρύπων και αποβλήτων (εκροών) που εκπέμπονται. Στη συνέχεια, οι εισροές και οι εκροές αξιολογούνται για τις δυσμενείς επιπτώσεις τους στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πόρων, της ανθρώπινης υγείας και της βιοποικιλότητας, μεταξύ άλλων. Μόλις είναι γνωστά, μπορούν να ληφθούν μέτρα για τον μετριασμό των επιπτώσεων των εκροών (ή αποθεμάτων) στο περιβάλλον.

3.3 Εφαρμογές της LCA

Οι χρήσεις της LCA είναι πολλές και αφορούν πολλούς διαφορετικούς τομείς.

3.3.1 Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών συνεπειών & βελτίωση προϊόντων

Αρχικά, οι εταιρείες εκτελούν μια LCA σε υπάρχοντα προϊόντα για να εκτιμήσουν τις βασικές περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Πραγματοποιείται δηλαδή, ανάλυση της συμβολής των σταδίων του κύκλου ζωής στο συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο, συνήθως με στόχο να δοθεί προτεραιότητα στις βελτιώσεις των προϊόντων ή των διαδικασιών.

Με την LCA ποσοτικοποιούνται οι περιβαλλοντικές εκλύσεις στον αέρα, στο νερό και στη γη σε σχέση με κάθε στάδιο του κύκλου ζωής. Μπορούν επομένως, να αξιολογηθούν οι ανθρώπινες και οικολογικές επιπτώσεις της κατανάλωσης υλικών και των περιβαλλοντικών εκλύσεων στην τοπική κοινότητα, την περιοχή και τον κόσμο. Ενδεικτικά, η χρήση της μεθόδου LCA μπορεί να βοηθήσει στην αναζήτηση περισσότερων διαθέσιμων κύκλων ζωής, π.χ. εκείνους με ελάχιστες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, μια μελέτη LCA συμβάλλει στις αποφάσεις στη βιομηχανία, τους δημόσιους οργανισμούς ή τις ΜΚΟ, οι οποίες καθορίζουν την κατεύθυνση και τις προτεραιότητες στο στρατηγικό σχεδιασμό, το σχεδιασμό των προϊόντων ή την αλλαγή της διαδικασίας. Ακόμη, σε σχέση με την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος γίνεται επιλογή σημαντικών δεικτών περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός οργανισμού, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών μέτρησης και αξιολόγησης. Τέλος, η LCA συνδέεται άμεσα με τη διατύπωση της περιβαλλοντικής δήλωσης ή της οικολογικής σήμανσης. Αυτό στη συνέχεια αποτελεί τη βάση για την ιεράρχηση των επενδύσεων βελτίωσης της απόδοσης. Το προφίλ σας προϊόντων LCA θα επισημάνει τα "eco-hotspots" στον κύκλο ζωής, όπου συμβαίνει το μεγαλύτερο μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

3.3.2 Σύγκριση μεταξύ προϊόντων

Με τη μέθοδο LCA μπορεί να γίνει σύγκριση των επιπτώσεων για την υγεία και την οικολογία μεταξύ δύο ή περισσότερων ανταγωνιστικών προϊόντων. Η LCA μπορεί επίσης, να

χρησιμεύσει για τη συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης ενός προϊόντος σε σχέση με ένα ανταγωνιστικό και να λειτουργήσει ως βάση για τη διαφοροποίηση της βιωσιμότητας στη διαφήμιση προϊόντων. Σχετικά πλεονεκτήματα περιβαλλοντικής απόδοσης μπορούν να βρεθούν σε οποιοδήποτε σημείο του κύκλου ζωής και παρέχουν ευκαιρίες για να τονιστούν τα βιώσιμα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος, ειδικά σε μια περίοδο που οι καταναλωτές ζητούν συστηματικά τις πληροφορίες απόδοσης σχετικά με την αειφορία.

3.3.3 Ανάπτυξη νέων προϊόντων

Η πιο καθοριστική συμβολή της LCA είναι το κίνητρο για την καινοτομία νέων και καλύτερων προϊόντων που θα συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη. Επειδή οι LCAs μπορούν να επισημάνουν πού βρίσκονται οι μεγάλες αδυναμίες βιωσιμότητας σε ένα σύστημα προϊόντων, είναι ένα καλό εργαλείο οικολογικής καινοτομίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τις συνέπειες της βιωσιμότητας των νέων προϊόντων στον πίνακα σχεδιασμού ή, ακόμα καλύτερα, τις άμεσες ομάδες ανάπτυξης προϊόντων σε νέες βιώσιμες λύσεις που δεν υπάρχουν ακόμη στην αγορά. Όταν χρησιμοποιείται ως πρόσθετο εργαλείο ανάπτυξης προϊόντων, η LCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος μιας αλληλεπιδραστικής διαδικασίας πύλης για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των επιλογών σχεδιασμού σε κάθε βήμα της ανάπτυξης. Οι τροποποιήσεις των προϊόντων, όπως οι νέες επιλογές υλικών, μπορούν να υποβληθούν σε διαλογή όχι μόνο για άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά για περαιτέρω επιπτώσεις στον κύκλο ζωής.

3.4 Κόστος και βιωσιμότητα κύκλου ζωής (LCC – LCSA)

Οι καταστάσεις λήψης αποφάσεων που αντιμετωπίζουν οι LCAs πρέπει, όπως αναφέρθηκε, να λαμβάνουν υπόψη τις οικονομικές συνέπειες των εναλλακτικών προϊόντων ή των σχεδίων προϊόντων. Ωστόσο, ούτε οι εσωτερικές ούτε οι εξωτερικές οικονομικές πτυχές των αποφάσεων δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας LCA και δεν αντιμετωπίζονται κατάλληλα από τα υπάρχοντα εργαλεία LCA. Αυτός ο παραδοσιακός διαχωρισμός της περιβαλλοντικής εκτίμησης του κύκλου ζωής από την οικονομική ανάλυση καθιστά αναγκαίο μια LCA μελέτη να πραγματοποιείται συνδυαστικά με άλλες μελέτες οι οποίες λαμβάνουν υπόψη και το κόστος κύκλου ζωής (LCC) και τη βιωσιμότητα του κύκλου ζωής (LCSA).

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) είναι ο μόνος πυλώνας που έχει τυποποιηθεί μέχρι σήμερα. Το UNEP (2009) δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές για τις κοινωνικές LCAs και αναπτύσσει μεθοδολογικά φύλλα για υποκατηγορίες επιπτώσεων. Χρειάζεται να εξεταστεί η ιστορική εξέλιξη των μεθόδων κύκλου ζωής, να περιγραφούν οι τεχνικές απαιτήσεις και οι κατευθυντήριες γραμμές για το LCC έτσι ώστε να υπάρχουν διάφορες μεθοδολογικές επιλογές με λεπτομερή περιπτώσιολογική μελέτη. Ο στόχος είναι να εφαρμόζονται παράλληλα το LCC με την LCA για την τόνωση πρόσθετων περιπτώσιολογικών μελετών έτσι ώστε να γίνουν περαιτέρω βελτιώσεις. Ο απώτερος στόχος είναι να υπάρξει συναίνεση για ένα διεθνές πρότυπο που να συμπίπτει με το πρότυπο ISO 14040 για την LCA. Σκοπός είναι δηλαδή να λαμβάνονται

υπόψη τόσο οι οικονομικές όσο και οι περιβαλλοντικές επιδόσεις - και οι σχέσεις ανταλλαγής τους - στη λήψη αποφάσεων για το σχεδιασμό προϊόντων/διαδικασιών.

3.5 Υπολογισμός του LCC

Η Εταιρεία Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) δημοσίευσε κώδικα πρακτικής για τον υπολογισμό του κόστους κύκλου ζωής (LCC), ο οποίος παρέχει ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση των αποφάσεων με συνεπή αλλά εύκαμπτα σύνορα συστημάτων ως συστατικό των εκτιμήσεων βιωσιμότητας των προϊόντων [87]. Ο κώδικας πρακτικής βασίζεται σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του κύκλου ζωής (LCSA) προϊόντων που χρησιμοποιεί ξεχωριστές αναλύσεις για καθέναν από τους τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας, του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνικής δικαιοσύνης.

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

Το LCC προηγείται της LCA και διακριτά και διαφορετικά εννοιολογικά θεμέλια και μεθοδολογικές προσεγγίσεις μπορούν να εντοπιστούν στις αναπτυξιακές της ρίζες στη μηχανική συστημάτων. Έχει περιοριστεί η ενσωμάτωση αυτών των μεθόδων, αν και αναγνωρίστηκε η αξία των LCC για αξιολογήσεις βιωσιμότητας. Τώρα, ο κώδικας πρακτικής παρέχει καθοδήγηση που βασίζεται στην τετραφασική δομή του προτύπου ISO 14040 για να διευκολύνει τον ορισμό και την εφαρμογή συνεπών ορίων συστήματος για συμπληρωματικές μελέτες LCC και LCA ενός δεδομένου συστήματος προϊόντων. Ο ορισμός του στόχου και του πεδίου εφαρμογής είναι παρόμοιος με αυτόν ενός AKZ. Διαφορετικά τμήματα του συστήματος του προϊόντος μπορεί να πέσουν κάτω από τα σχετικά κριτήρια αποκοπής για τα ξεχωριστά εξαρτήματα LCC και LCA. Για παράδειγμα, η πρώιμη έρευνα και ανάπτυξη μπορεί να επιφέρει σημαντικές δαπάνες αλλά ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το κλειδί είναι ότι και οι δύο μελέτες αναφέρονται σε έναν συνεπή ορισμό του συστήματος προϊόντων και ότι τα κριτήρια αποκοπής δεν έρχονται σε αντίθεση με τον επιδιωκόμενο στόχο και το αντικείμενο της μελέτης. Μία πτυχή που μπορεί να είναι δύσκολη είναι ότι η LCC επιχειρεί να καλύψει όλο το κόστος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής και ορισμένες δαπάνες επιβαρύνουν διάφορους παράγοντες με πολύ διαφορετικές προοπτικές για το κόστος και δυνητικά αντικρουόμενους στόχους. Παρόλο που μια LCC διεξάγεται για να ενημερώνεται η λήψη αποφάσεων από έναν συγκεκριμένο φορέα, ιδανικά τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν με τρόπο που να ενημερώνει δίκαια όλους τους συντελεστές του συστήματος προϊόντων.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση των ίδιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων τόσο από οικονομική όσο και από υλική άποψη. Ένα κύριο κίνητρο για τις μελέτες LCC είναι να λαμβάνονται πλήρως υπόψη το οικονομικό κόστος των περιβαλλοντικών πτυχών του κύκλου ζωής και των επιπτώσεων που τελικά προκύπτουν από μια απόφαση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εσωτερικήυση του κόστους, δηλαδή με την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» ή με τη χρήση πληροφοριών που καθιστούν τις επιπτώσεις ορατές τη στιγμή της απόφασης. Γενικά, μόνο οι δαπάνες που είναι πιθανό να ενσωματωθούν στο χρονικό πλαίσιο που αφορά τη λήψη αποφάσεων θα πρέπει να αποτιμώνται με κέρδος. Το κόστος αυτό πρέπει να αντικατοπτρίζει μόνο τις πραγματικές νομισματικές ροές που καλύπτονται από έναν ή περισσότερους φορείς του συστήματος προϊόντων.

Ο απολογισμός οικονομικού κύκλου ζωής αντιμετωπίζει πολλά από τα ίδια ζητήματα πρόσβασης στα δεδομένα και ποιότητας που αντιμετωπίζει η LCA. Επειδή όλοι γνωρίζουν τις μονάδες νομισμάτων, τα δεδομένα κόστους μπορούν να δημιουργήσουν μια ψευδή αίσθηση βεβαιότητας. Στην πραγματικότητα, τα δεδομένα κόστους θα προέρχονται συνήθως από πολλές διαφορετικές πηγές και η ανάπτυξη ενός συνεκτικού συνόλου δεδομένων για μια μελέτη μπορεί να είναι δύσκολη. Επιπλέον, ορισμένα δεδομένα ενδέχεται να είναι ευαίσθητα στις επιχειρήσεις. Διάφοροι κλάδοι της βιομηχανίας έχουν αναπτύξει προσαρμοσμένα μοντέλα κόστους και ορολογία που ίσως πρέπει να συμβιβαστούν κατά την κατασκευή του αποθέματος. Ωστόσο, μια άλλη πρόκληση είναι ότι τα δεδομένα κόστους μπορεί να είναι πιο ασταθή από τις φυσικές μονάδες και ο αναλυτής πρέπει να είναι προσεκτικός όταν ενημερώνει ή εξομαλύνει δεδομένα κόστους για να εξασφαλίσει συνέπεια σε ολόκληρο το απόθεμα. Τα δεδομένα κόστους μπορούν να συγκεντρωθούν σε διαφορετικά νομίσματα και να αντικατοπτρίζουν διαφορετικές χρονικές περιόδους. Έτσι, τα δεδομένα απογραφής θα πρέπει να επαναδιατυπωθούν σε ένα κοινό νόμισμα με την παρούσα αξία χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα επιτόκια ανταλλαγής και προεξόφλησης.

Η κατανομή είναι η διαδικασία εκχώρησης κόστους σε συγκεκριμένα αντικείμενα κόστους και υπήρξε αμφισβητούμενο θέμα τόσο στη βιβλιογραφία LCC όσο και στην LCA. Το ISO 14040 συνιστά να αποφεύγεται η κατανομή είτε με την αποσύνθεση της διαδικασίας σε ισοδύναμες υπο-διαδικασίες είτε με επέκταση του συστήματος. Αυτές οι λειτουργίες δεν εκτελούνται σε LCC και μπορεί να απαιτηθεί πρόσθετη φροντίδα για να εξασφαλιστεί ο συνεπής ορισμός του συστήματος με LCA που έχει εφαρμόσει μία από αυτές τις μεθόδους. Η επιλογή ενός κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου εξαρτάται από το στόχο και το πεδίο εφαρμογής. Βασίζεται συνήθως στο κόστος ευκαιρίας του χρήματος για τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, αλλά εάν επικεντρωθεί στην ισότητα ή σε άλλους κοινωνικούς στόχους, όπως η περιβαλλοντική διατήρηση, τότε θα είναι καταλληλότερο ένα κοινωνικό προεξοφλητικό επιτόκιο. Επομένως, μια ολοκληρωμένη μελέτη LCA πρέπει να πραγματοποιείται συνδυαστικά με τον υπολογισμό του LCC.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

4.1 Εισαγωγή – Ορισμός ενσωματωμένης ενέργειας

Σε αντίθεση με την αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA), η οποία αξιολογεί όλες τις επιπτώσεις για ολόκληρη τη ζωή ενός υλικού ή στοιχείου, η ενσωματωμένη ενέργεια θεωρεί μόνο την εμπρόσθια όψη του αντίκτυπου ενός δομικού υλικού. Δεν περιλαμβάνει δηλαδή το αντίκτυπο της λειτουργίας.

Ενσωματωμένη ενέργεια (Embodied energy) είναι η συνολική ενέργεια που απαιτείται για την εξόρυξη, την επεξεργασία, την κατασκευή και την παράδοση δομικών υλικών στο εργοτάξιο. Περιλαμβάνεται δηλαδή, η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη και την επεξεργασία των πρώτων υλών, την κατασκευή δομικών υλικών, τη μεταφορά και τη διανομή και τη συναρμολόγηση και την κατασκευή. Η προσέγγιση Cradle-to-Grave στον υπολογισμό της ενσωματωμένης ενέργειας περιλαμβάνει επίσης την ενέργεια που απαιτείται για την ανακαίνιση και τη συντήρηση των υποδομών κατά τη διάρκεια της ζωής τους και για την κατεδάφιση και τη διαχείριση αποβλήτων στο τέλος της ζωής τους.

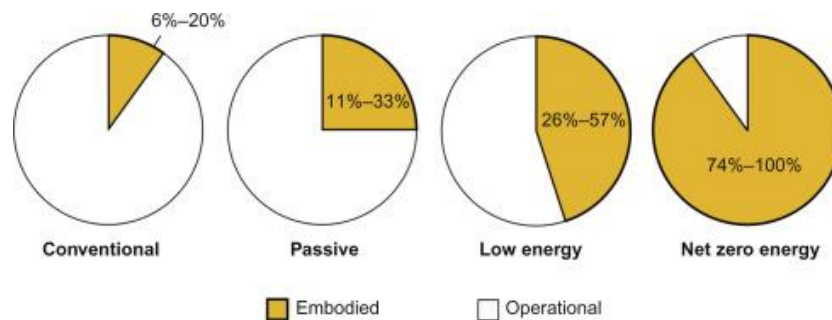
Επομένως, ένας πληρέστερος ορισμός της ενσωματωμένης ενέργειας βασίζεται στην εμβέλεια της βάσης, η οποία περιλαμβάνει όχι μόνο τα στάδια της προ-κατασκευής και της κατασκευής, αλλά και τα στάδια συντήρησης, κατεδάφισης και διάθεσης του κύκλου ζωής του κτιρίου. Αυτή η προσέγγιση της ενσωματωμένης ενέργειας καθορίζει ως συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου, εξαιρουμένης της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του κτιρίου. Με βάση αυτή την προσέγγιση, η ενσωματωμένη ενέργεια είναι η άθροιση των ενσωματωμένων ενεργειών αρχικής, επαναλαμβανόμενης και κατεδάφισης. Η αρχική ενσωματωμένη ενέργεια είναι η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για την εξαγωγή πρώτων υλών, την παραγωγή και τη μεταφορά προϊόντων και εξαρτημάτων και την κατασκευή ενός κτιρίου. Η επαναλαμβανόμενη ενσωματωμένη ενέργεια είναι η ενέργεια που απαιτείται για τη συντήρηση ενός κτιρίου και την επιδιόρθωση ή αντικατάσταση των υλικών και των εξαρτημάτων του.

4.1.1 Ποσοστά ενσωματωμένης ενέργειας

Η έρευνα και η πρακτική σχετικά με την ενσωματωμένη ενέργεια κερδίζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, ιδίως επειδή το μερίδιο της ενσωματωμένης ενέργειας στη χρήση του κύκλου ζωής αυξάνεται με την κατασκευή περισσότερων κτηρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

Ωστόσο, δεν υπάρχει συναίνεση μεταξύ της ακαδημαϊκής κοινότητας για τη σχετική σημασία της ενσωματωμένης ενέργειας στην ενεργειακή χρήση των κτηρίων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ή για τα απόλυτα ενσωματωμένα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου. Πράγματι, η σημασία της ενσωματωμένης ενέργειας μπορεί να ποικίλει ως συνάρτηση του επιπέδου της λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, όπως

απεικονίζεται στην εικόνα 14. Σε μια μελέτη, οι Sartori και Hestnes (2007) εξετάζουν τα δεδομένα σχετικά με 60 συμβατικά και χαμηλής ενέργειας κτήρια και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ενσωματωμένη ενέργεια αποτελεί το 2-38 (%) στα συμβατικά και το 9-46 (%) σε κτήρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Σε άλλη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από τον Chastas et al. (2016) για 90 περιπτώσεις οικιστικών κτηρίων αναφέρεται το μερίδιο της ενσωματωμένης ενέργειας ως 6-20 (%) σε συμβατικά κτήρια, 11-33 (%) σε παθητικά κτήρια, 26-57 (%) σε κτήρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και 74-100 (%) σε καθαρά μηδενικά κτήρια ενέργειας.



Εικ. 4.1 Ποσοστά ενσωματωμένης ενέργειας ανά κατηγορία κτηρίου (βάσει ενεργειακής κατανάλωσης)

4.2 Ανάγκη μείωσης ενσωματωμένης ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας παράγει CO₂, το οποίο συμβάλλει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, έτσι η ενσωματωμένη ενέργεια θεωρείται δείκτης των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δομικών υλικών και συστημάτων.

Τα κτήρια είναι σήμερα υπεύθυνα για το 39% των παγκόσμιων ενεργειακών εκπομπών: 28% από τις λειτουργικές εκπομπές, από την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση, την ψύξη και την τροφοδοσία τους, ενώ το υπόλοιπο 11% από τα υλικά και την κατασκευή.

Προς τα μέσα του αιώνα, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός πλησιάζει τα 10 δισεκατομμύρια, το παγκόσμιο οικοδομικό απόθεμα αναμένεται να διπλασιαστεί σε μέγεθος. Οι εκπομπές άνθρακα που απελευθερώνονται πριν από την κατασκευή του περιουσιακού στοιχείου, ο οποίος αναφέρεται ως «εκ των προτέρων άνθρακας», θα είναι υπεύθυνος για το ήμισυ του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα των νέων κατασκευών μέχρι το 2050, απειλώντας να καταναλώσει μεγάλο μέρος του υπόλοιπου προϋπολογισμού του άνθρακα.

Επομένως, υπάρχει επείγουσα ανάγκη μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των κτηρίων, γεγονός που θα επιτευχθεί βελτιστοποιώντας τόσο τις λειτουργικές όσο και τις ενσωματωμένες επιπτώσεις. Συνεπώς, χρειάζεται να βελτιωθεί η διαφάνεια και η συγκρισιμότητα των μελετών LCA.

Το World Green Building Council εξέδωσε ένα τολμηρό νέο όραμα σύμφωνα με το οποίο μέχρι το 2030, όλα τα νέα κτήρια, οι υποδομές και οι ανακαινίσεις θα έχουν τουλάχιστον 40% λιγότερες εκπομπές άνθρακα με σημαντική μείωση του ενσωματωμένου άνθρακα και όλα τα νέα κτήρια είναι καθαρό μηδενικό λειτουργικό άνθρακα. Επιπλέον, μέχρι το 2050, τα νέα κτήρια, οι υποδομές και οι ανακαινίσεις θα έχουν καθαρό μηδενικό ενσωματωμένο άνθρακα και όλα τα κτήρια, συμπεριλαμβανομένων των υφιστάμενων κτηρίων, θα πρέπει να έχουν καθαρό μηδενικό λειτουργικό άνθρακα.

Με δεδομένες τις πρόσφατες εξελίξεις στη μείωση του λειτουργικού άνθρακα των κτηρίων, είναι σαφές ότι χρειάζεται μετατόπιση της προσοχής στις στρατηγικές διερεύνησης για την ελαχιστοποίηση του ενσωματωμένου άνθρακα.

Ωστόσο, η ελαχιστοποίηση του ενσωματωμένου άνθρακα των κτηρίων είναι προκλητική και απαιτεί την αξιολόγηση των επιπτώσεων των ενσωματωμένων στρατηγικών μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στις εκπομπές που προκύπτουν σε διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωής, καθώς και στον άνθρακα λειτουργίας του κτιρίου.

4.3 Μεθοδολογίες υπολογισμού embodied energy

Τα τελευταία χρόνια, αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει την αυξανόμενη σημασία των ενσωματωμένων επιπτώσεων, τόσο σε σχέση με τη συμβολή τους στις επιδόσεις που βασίζονται στον κύκλο ζωής. Σε ορισμένες χώρες, υπάρχουν αρχικά πρότυπα που καθορίζουν σημεία αναφοράς για ενσωματωμένες και λειτουργικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, π.χ. την Ελβετική SIA. Οι μελέτες χρησιμοποιούν συχνά μόνο ένα ή λίγα κτήρια για να εξετάσουν πώς τα επιμέρους χαρακτηριστικά κτιρίου και τοποθεσίας επηρεάζουν το μέγεθος των ενσωματωμένων εκπομπών GHG ή τη συμβολή τους στις εκπομπές GHG του κύκλου ζωής.

Οι παράμετροι που αναλύονται συνήθως είναι (i) ο τύπος του κτιρίου και η χρήση του (ii) ειδικές ιδιότητες του τόπου (π.χ. χώρα, κλιματική ζώνη, σεισμική ζώνη) (iii) το πρότυπο ενεργειακής απόδοσης (iv) η μέθοδος κατασκευής δηλαδή η επιλογή των κύριων δομικών υλικών (π.χ. για δομικό σύστημα, περίβλημα, εσωτερικά τοιχώματα) και v) άλλα στοιχεία όπως η επιφάνεια δαπέδου ή το γενικό σχήμα.

Επειδή η ενσωματωμένη ενέργεια των κτηρίων ποικίλλει ανάλογα με την επιλογή καθώς και την ποσότητα των δομικών υλικών, τα χαμηλά ενσωματωμένα κτήρια ενέργειας είναι γενικά ελαφριά κτήρια κατασκευασμένα από υλικά με μικρότερη ένταση ενέργειας. Επιπλέον, η χρήση τοπικά παραγόμενων υλικών μειώνει τη μεταφορά και επομένως μειώνει την ενσωματωμένη ενέργεια μέσω της μικρότερης ποσότητας καυσίμου που απαιτείται για τη μεταφορά. Ο σχεδιασμός για ανθεκτικότητα, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση είναι επίσης καθοριστικής σημασίας για την αύξηση της αποδοτικότητας της ενσωματωμένης ενέργειας.

Η έννοια της ενσωματωμένης ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας διαφόρων δομικών υλικών, συγκρίνοντας την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια μιας δομής επηρεάζεται σημαντικά από τον τύπο των χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών, την αποδοτικότητα κατασκευής, την απόσταση μεταφοράς, την ανθεκτικότητα των υλικών και τις μεθόδους κατασκευής που εφαρμόζονται. Τα ανθεκτικά υλικά διαρκούν περισσότερο και μειώνουν τη συνολική ενσωματωμένη ενέργεια που χρησιμοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Τα ανακυκλωμένα υλικά έχουν επίσης σημαντικά χαμηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια σε σύγκριση με τα αντίστοιχα παρθένα υλικά, καθώς εξαιρείται την ενέργεια που απαιτείται για την εξαγωγή και την επεξεργασία των πρώτων υλών. Για παράδειγμα, η παραγωγή ίνας PP από παρθένα πλαστικά απαιτεί την εξόρυξη αργού πετρελαίου, άνθρακα ή φυσικού αερίου. μεταφορά και επεξεργασία στα διυλιστήρια · τον πολυμερισμό και την παραγωγή πλαστικών σφαιριδίων και κόκκων. Ωστόσο, η χρήση ανακυκλωμένων πλαστικών πρώτων υλών για την παραγωγή κόκκων PP εξαιρεί την εξόρυξη και την επεξεργασία ορυκτών καυσίμων και μειώνει αξιοσημείωτα την ενσωματωμένη ενέργεια των ανακυκλωμένων πλαστικών προϊόντων.

4.3.1 Εκτίμηση εκπομπών άνθρακα

Μια από τις σημαντικότερες δεξιότητες που απαιτούνται για την εφαρμογή βιώσιμων στρατηγικών στην πράξη είναι η ικανότητα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας τέτοιων μεθόδων στο πλαίσιο ενός έργου. Η ποσοτικοποίηση των ενσωματωμένων μειώσεων άνθρακα που μπορούν να επιτευχθούν με την υιοθέτηση διαφορετικών στρατηγικών μείωσης μπορεί να παρέχουν βασικές γνώσεις σχετικά με το σχεδιασμό κτηρίων χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η εκτιμώμενη επιτευχθείσα μείωση του ενσωματωμένου άνθρακα ενός κτιρίου μπορεί να προστεθεί στην εκτιμώμενη λειτουργία άνθρακα για τον υπολογισμό του άνθρακα κύκλου ζωής του κτιρίου. Οι εκτιμώμενες μειώσεις άνθρακα στον κύκλο ζωής μπορούν τότε να χρησιμοποιηθούν ως το κύριο κριτήριο επιλογής για τον προσδιορισμό της βέλτιστης στρατηγικής ή του καλύτερου συνδυασμού στρατηγικών εξετάζοντας τις επιπτώσεις μιας στρατηγικής μείωσης του άνθρακα σχετικά με άλλες σημαντικές οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις του κτιρίου.

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εκτίμηση του ενσωματωμένου άνθρακα διαφορετικών δομικών υλικών και κατασκευαστικών στοιχείων, καθώς και των ποσοστών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των διαφόρων μηχανημάτων για εργασίες που αφορούν την κατασκευή και τη λειτουργία του κτιρίου. Η LCA παρέχει μια ολιστική προσέγγιση για τον ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων των συναφών εκπομπών και της χρήσης ενέργειας, των κτηρίων. Η ανάλυση που βασίζεται στη διαδικασία, είναι μια κοινώς χρησιμοποιούμενη μέθοδος, η οποία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό όλων των υλικών και ενεργειακών ροών που συνδέονται με διαφορετικές δραστηριότητες που συμμετέχουν στην παραγωγή ενός υλικού ή παροχής μιας υπηρεσίας και στην ποσοτικοποίηση των αντίστοιχων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα της LCA με βάση τις διαδικασίες είναι λεπτομερή και συγκεκριμένα για τη διαδικασία και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση συγκεκριμένων

προϊόντων και διεργασιών ή για τον εντοπισμό περιοχών για τη διεργασία βελτίωση. Ωστόσο, η εκτέλεση μιας λεπτομερούς διαδικασίας LCA μπορεί να είναι χρονοβόρα και δαπανηρή. Προκειμένου να μετριάσουν οι δυσκολίες για τη συλλογή λεπτομερών δεδομένων, η βασιζόμενη σε διεργασίες AKZ εκτελείται γενικά με τον καθορισμό ορίων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς και τις ροές υλικών και ενέργειας που πρέπει να παρακολουθούνται στη μελέτη.

Η οικονομική ανάλυση εισροών-εκροών (EIO-LCA) είναι μια μέθοδος LCA από την κορυφή προς τα κάτω. Η δύναμη αυτής της μεθόδου έγκειται στην ικανότητά της να προσδιορίζει όλες τις έμμεσες επιπτώσεις της αλυσίδας εφοδιασμού ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας εκτός από τις άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για να επιτευχθεί αυτό, στη μέθοδο EIO-LCA, το άθροισμα από τα εθνικά οικονομικά δεδομένα που διατίθενται για διάφορα προϊόντα και υπηρεσίες αναλύονται για να ποσοτικοποιηθούν οι σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, η EIO-LCA έχει ορισμένα μειονεκτήματα όπως η ανάγκη να συνδεθούν οι νομισματικές αξίες με τις φυσικές μονάδες και οι δυσκολίες εφαρμογής σε μια ανοικτή με σημαντικές μη συγκρίσιμες εισαγωγές. Επιπλέον, η EIO-LCA ενδέχεται να μην λαμβάνει υπόψη τις διαφορές που σχετίζονται με το έργο, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σύγκριση των επιπτώσεων διαφορετικών κτήρια.

Για αυτόν το λόγο, αναπτύχθηκε μια υβριδική προσέγγιση συνδυάζοντας την κορυφή προς τα κάτω και προς τα κάτω οι μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες μελέτες για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής του χρησιμοποιώντας τα πλεονεκτήματα και των δύο μεθόδων. Οι μέθοδοι AKZ επανεξετάστηκαν παραπάνω έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μορφές, σε συνδυασμό με υπολογιστικές προσεγγίσεις σε ορισμένες περιπτώσεις εκτίμηση του ενσωματωμένου άνθρακα των κτηρίων.

Οι μέθοδοι LCA έχουν επικεντρωθεί στις εκπομπές άνθρακα από ορυκτές πηγές και αποκλείουν τις βιογενείς εκπομπές άνθρακα. Ο αποκλεισμός του βιογενούς άνθρακα από τα μοντέλα LCA έχει επικριθεί και έχουν προταθεί μοντέλα για τον υπολογισμό του βιογενούς άνθρακα.

4.3.2 Cradle to Gate Embodied Carbon

Η συγκεκριμένη κατηγορία ενσωματωμένου άνθρακα διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- i) εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σημειώθηκαν κατά την παραγωγή και επεξεργασία του υλικού
- ii) εκπομπές λόγω της απελευθέρωσης ενώσεων άνθρακα στην πρώτη ύλη
- iii) εκπομπές λόγω απόσβεσης της ενσωματωμένης τιμής άνθρακα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία

4.3.3 Cradle to Site - Αντίκτυπο μεταφοράς

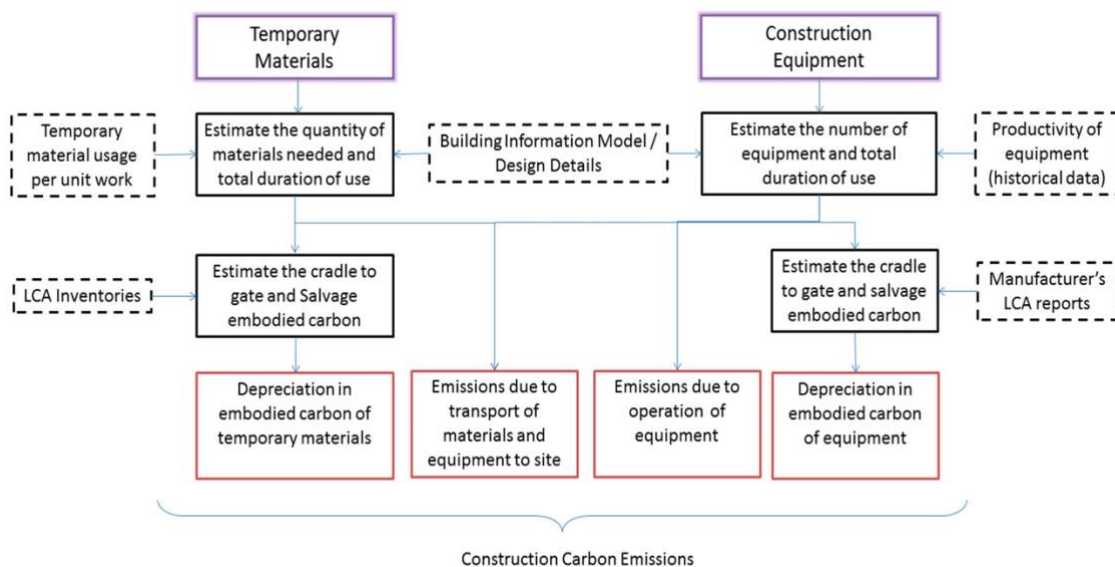
Η κατασκευή γενικά συνεπάγεται διάφορες μεταφορές οι οποίες εμπεριέχουν σημαντικά ποσοστά ενσωματωμένου άνθρακα. Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν οι εκπομπές άνθρακα από:

- (i) τη μεταφορά υλικών και εξοπλισμού από τον τόπο του προμηθευτή έως το εργοτάξιο
- (ii) τη μεταφορά υλικών, εξοπλισμού και εργαζομένων μεταξύ των διαφόρων εγκαταστάσεων της κατασκευής
- (iii) τη μεταφορά του προσωπικού του έργου προς και από το εργοτάξιο.

4.3.4 Cradle to Service - Επίδραση των εργασιών κατασκευής

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την αξιολόγηση και τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων σεναρίων κατασκευής οδήγησαν σε αρκετές μελέτες που αποσκοπούν στην ανάπτυξη μεθόδων ποσοτικής εκτίμησης της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στη φάση κατασκευής.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στη φάση της κατασκευής χρειάζονται πληροφορίες σχετικά με τον τύπο και την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού, την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Επομένως, πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο κύριες πηγές εκπομπών οι έμμεσες εκπομπές λόγω της υποτίμησης της ενσωματωμένης τιμής άνθρακα του κατασκευαστικού εξοπλισμού και των προσωρινών υλικών και οι άμεσες εκπομπές λόγω της λειτουργίας του κατασκευαστικού εξοπλισμού.



Εικ.4.2 Πλαίσιο για την εκτίμηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά τη φάση κατασκευής

4.3.5 Εκπομπές άνθρακα λόγω απόσβεσης

Εκτός από τα μόνιμα δομικά υλικά, ο κατασκευαστικός κλάδος καταναλώνει επίσης ένα σημαντικό ποσό προσωρινών υλικών που υποστηρίζουν και διευκολύνουν διάφορες κατασκευαστικές δραστηριότητες.

Για παράδειγμα, στην κατασκευή μιας τυπικής δομής σκυροδέματος, εκτός από τις ράβδους οπλισμού και το σκυρόδεμα, οι οποίες σχηματίζουν το μόνιμα υλικά των δομικών στοιχείων, απαιτείται και μια σειρά προσωρινών υλικών, συμπεριλαμβανομένων των ξυλοτύπων και άλλων υποστηρικτικών στοιχείων.

Τα προσωρινά υλικά είναι συνήθως επαναχρησιμοποιήσιμα, αρκετές φορές πριν μετατραπούν σε απόβλητα και χρειάζονται αντικατάσταση. Επομένως, ο ενσωματωμένος άνθρακας που περιέχεται στα προσωρινά υλικά αποσβένεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου καθώς χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων.

4.3.6. Εκπομπές άνθρακα λόγω εξοπλισμού

Η ίδια έννοια ισχύει για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κατά την κατασκευή, όπου ο αρχικός ενσωματωμένος άνθρακας του μειώνεται σταδιακά καθώς πλησιάζει το τέλος της διάρκειας ζωής του. Ωστόσο, ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια της κατασκευής είναι η λειτουργία εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα για την εκτέλεση ή την υποστήριξη διάφορων κατασκευαστικών δραστηριοτήτων.

4.4 Στρατηγικές σχεδιασμού για τη μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας και του ενσωματωμένου άνθρακα

Ορισμένες από τις στρατηγικές για τη μείωση του ενσωματωμένου άνθρακα των κτηρίων είναι οι εξής :

1. Αντισταθμίσεις παραδοσιακών υλικών για εναλλακτικές με χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
2. Αντίσταση του αντίκτυπου της κατασκευής
3. Μείωση της ποσότητας των απαραίτητων υλικών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Η στρατηγική της μείωσης της ποσότητας των απαραίτητων υλικών χωρίζεται περαιτέρω στις πέντε υπο-στρατηγικές:
 - Χρησιμοποίηση του σχεδίου διάταξης
 - Βελτιστοποίηση του δομικού συστήματος
 - Σχεδιασμός χαμηλής συντήρησης

- Ευπροσάρμοστος σχεδιασμός με δυνατότητα επέκτασης
- Βελτιστοποίηση ζωής υπηρεσίας
- Υλικά

Η στρατηγική υποκατάστασης των παραδοσιακών υλικών με εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνουν τις έξι υπο-στρατηγικές:

- Επαναχρησιμοποίηση δομικών στοιχείων και στοιχείων
- Χρησιμοποίηση ανακυκλωμένων υλικών
- Αποκατάσταση βιολογικών και πρώτων υλών
- Χρήση καινοτόμων υλικών με μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Ο σχεδιασμός για αποδόμηση
- Χρήση ανακύκλωσης μέσω συστημάτων που φέρουν φορτίο

4.5 Παραδείγματα χρήσης διάφορων στρατηγικών σχεδιασμού

Τα παρουσιαζόμενα παραδείγματα σκοπεύουν να παρουσιάσουν παραδείγματα εφαρμογής των προαναφερθεισών στρατηγικών σε πραγματικούς σχεδιασμούς που κλιμακώνονται από τα δομικά στοιχεία μέσω συστημάτων φέροντας φορτίο κτηρίων. Για να επιτευχθούν τα μέγιστα περιβαλλοντικά οφέλη, στα περισσότερα παραδείγματα συνδυάζονται διάφορες υπο-στρατηγικές σχεδίασης.

4.5.1 Επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών

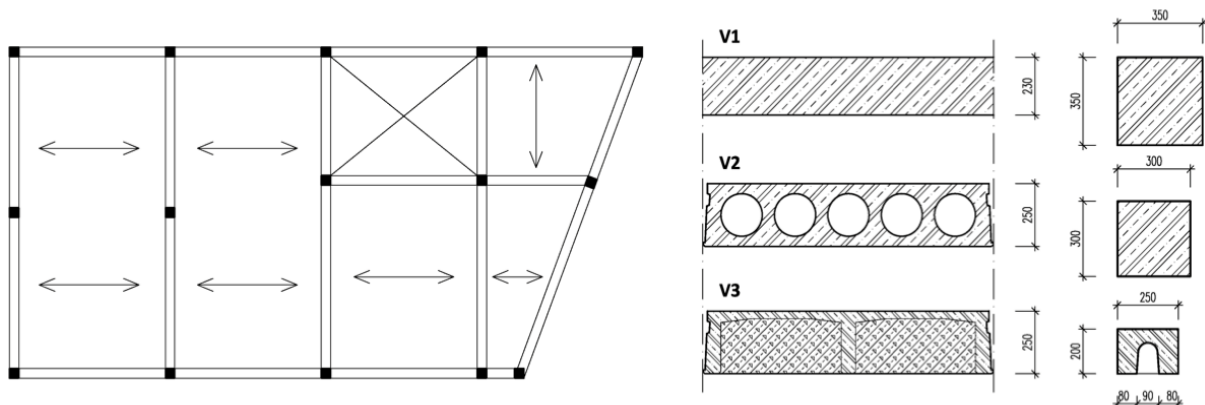
Το πρώτο παράδειγμα αφορά την επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών κατά την ανακατασκευή οικογενειακού σπιτιού. Το έργο περίπλοκης ανακατασκευής οικογενειακής κατοικίας στο Plzeň της Τσεχικής Δημοκρατίας αντιπροσωπεύει στην αρχή ένα τυπικό παράδειγμα στρατηγικής επαναχρησιμοποίησης τμημάτων κτιρίου ανακαίνιση και επέκταση και συνεπώς παράταση της διάρκειας ζωής του κτιρίου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποδόμησης των παρωχημένων τμημάτων του κτιρίου βρέθηκε, ολόκληρο το σπίτι πάσχει από διαρθρωτικά προβλήματα και το υπερκείμενο τμήμα του πρέπει να απομακρυνθεί πλήρως. Παρά τις δυσκολίες, ο επενδυτής τάσσεται υπέρ της επαναχρησιμοποίησης όσο το δυνατόν περισσότερων υλικών και το έργο μετατράπηκε σε στρατηγική χρήσης ανακυκλωμένων στοιχείων. Τα αρχικά θεμέλια διατηρήθηκαν και διατηρήθηκε η κατοικημένη περιοχή. Το αρχικό σπίτι αποδόθηκε, τα τούβλα καθαρίστηκαν με το χέρι και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή νέων τειχών. Για την εξασφάλιση της δομικής σταθερότητας, ενσωματώθηκαν ενισχυτικές στήλες από τσιμεντόλιθους γεμισμένες με οπλισμό και φρέσκο σκυρόδεμα στους εξωτερικούς τοίχους όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3.



Εικ. 4.3 Αριστερά: Αρχικό κτήριο. Κέντρο: Λεπτομέρεια της δομής του εξωτερικού τοίχου - νέα στοιχεία σκυροδέματος με επαναχρησιμοποιούμενα τούβλα. Δεξιά: Τελικό κτήριο.

4.5.2. Ελαφρύ δομικό σύστημα βασισμένο σε προηγμένα υλικά πυριτικού

Το παράδειγμα αυτό αντιπροσωπεύει μια συνδυασμένη στρατηγική βελτιστοποίησης του δομικού συστήματος και χρήση καινοτόμων υλικών με χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στο βελτιστοποιημένο λεπτό πλαίσιο για ενεργειακά αποδοτικά κτήρια έχει αναπτυχθεί ένα λεπτό δομικό σύστημα από σκυρόδεμα υψηλής απόδοσης, του οποίου οι περιμετρικές στήλες μπορούν να ενσωματωθούν στο κέλυφος του κτιρίου. Μπορεί να μειώσει σημαντικά το πάχος της δομής του φακέλου και να αποφύγει τον κίνδυνο συστηματικών θερμικών γεφυρών. Σημαντικά πλεονεκτήματα των λεπτών στοιχείων είναι η εξοικονόμηση υλικών και ενέργειας κατά την παραγωγή, μεταφορά, χειραγώγηση και κατασκευή στο εργοτάξιο. Μια λεπτομερής μελέτη περιπτώσεων LCA για την ανάλυση των πραγματικών περιβαλλοντικών οφελών του βελτιστοποιημένου σχεδιασμού έχει πραγματοποιηθεί. Το θέμα της LCA ήταν ένα απλό έξι ορόφων κτήριο με ένα σχέδιο περίπου 10 x 20 m. Το κτήριο έχει σχεδιαστεί με μια πολύ καθολική διάταξη που επιτρέπει τον σχεδιασμό πολλών εφικτών δομικών και υλικών εναλλακτικών λύσεων. Το ίδιο σχέδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για κατοικίες όσο και για κτήρια γραφείων. Η διάταξη δεν είναι σκόπιμα ορθογώνια, επειδή το σύστημα κατασκευής πρέπει να επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ στήλης και δοκού όχι μόνο κάτω από 90 °.



Εικ. 4.4 Εξαώροφο κτήριο κατοικιών ή γραφείων. Αριστερά: Οικόπεδο 10 x 20 m. Δεξιά: Τρεις παραλλαγές δομών δαπέδου.

Για τους σκοπούς της μελέτης σχεδιάστηκαν οι τρεις παραλλαγές των κατασκευών πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος:

V1 - δομή πλαισίου μονολιθικού RC αναφοράς από σκυρόδεμα με κύριο οπλισμό προς μία κατεύθυνση

V2 - προκατασκευασμένη κατασκευή πλαισίου RC από σκυρόδεμα

V3 - Λεπτή δομή σκυροδέματος υψηλής απόδοσης (HPC).

Τα πάνελ δαπέδου φωτίζονται με στοιχεία φωτισμού από σκυρόδεμα ξυρίσματος ξύλου, τα τμήματα HPC ενισχύονται από μικροϊνες διασκορπισμένης χάλυβας.

Η περιβαλλοντική ανάλυση επικεντρώθηκε κυρίως στις φέρουσες δομές. Περιλάμβανε τη μεταφορά της πρώτης ύλης στο εργοστάσιο σκυροδέματος, την παραγωγή σκυροδέματος, τη μεταφορά στο εργοτάξιο, την άντληση νωπού σκυροδέματος, το ξυλοτύπημα, την κατεδάφιση και την εναπόθεση του σκυροδέματος στο τέλος της διάρκειας ζωής των κατασκευών. Τα κτήρια, τα χωρίσματα και τα επιφανειακά τελειώματα αποκλείστηκαν από τη μελέτη. Από τη μελέτη προέκυψε ότι το επίπεδο αναφοράς (100%) δίνεται από το V1 (μονολιθική δομή πλαισίου RC από σκυρόδεμα C30 / 37). Η εναλλακτική λύση V1 έχει τις υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλα τα αξιολογημένα κριτήρια. Περισσότερο από το 30% της κατανάλωσης πρώτων υλών μπορεί να εξοικονομηθεί χρησιμοποιώντας εναλλακτική λύση V2 (προκατασκευασμένο πλαίσιο RC με κοίλες προκατασκευασμένες πλάκες) και περαιτέρω 24% σχεδιάζοντας τη δομή ως λεπτό πλαίσιο HPC του V3. Η τρίτη εναλλακτική λύση αντιπροσωπεύει την υψηλότερη περιβαλλοντική εξοικονόμηση σε όλα τα αξιολογημένα κριτήρια εκτός από την κατανάλωση νερού (λόγω της μεγάλης απορρόφησης νερού των στοιχείων φωτισμού από σκυρόδεμα ξυρίσματος ξύλου). Οι εξοικονομήσεις του V3 κυμαίνονται από 10 έως 54% σε σύγκριση με το V1 και από 2 έως 24% σε σύγκριση με το V2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

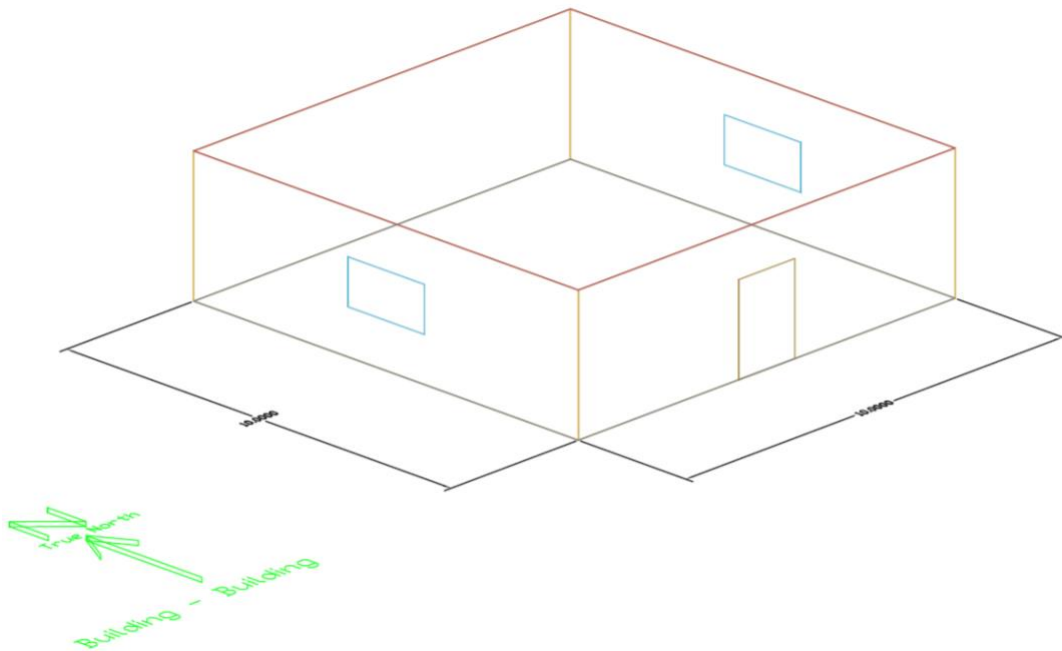
5.1 Εισαγωγή – Περιγραφή κτηρίου

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου στο οποίο έγιναν προσομοιώσεις μέσω του προγράμματος Energy Plus 9.2. Αρχικά φαίνονται τα σχέδια του κτηρίου το οποίο μελετήθηκε και στην συνέχεια αναλύονται έξι διαφορετικές περιπτώσεις οι οποίες περιλαμβάνουν την μελέτη του ίδιου κτηρίου αλλά έχουν διαφορετικά συστήματα ψύξης και θέρμανσης η κάθε μια.

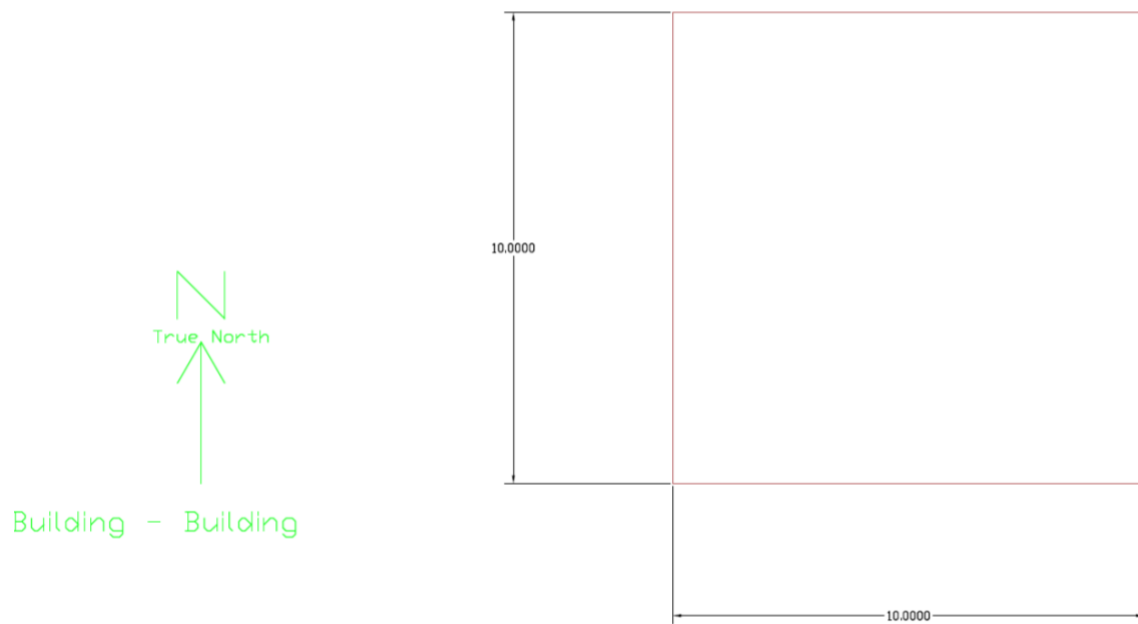
Το κτήριο το οποίο μελετήθηκε ορίστηκε ότι βρίσκεται σε τοποθεσία με γεωγραφικό μήκος 23.707° και πλάτος 38.001° και το υψόμετρο στην συγκεκριμένη τοποθεσία θεωρήθηκε 15 m

Στις κάτωθι εικόνες φαίνονται τα σχέδια και οι διαστάσεις του κτηρίου το οποίο μελετήθηκε.

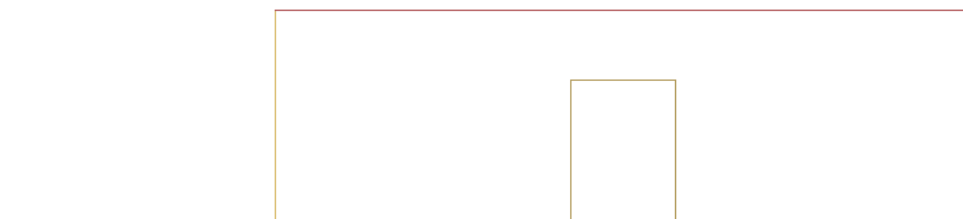
Οι διαστάσεις του κτηρίου ήταν 10m x 10m και σε αυτό υπήρχαν δυο παράθυρα (μήκους 2m και πλάτους 1m) με προσανατολισμό Ανατολικό και Δυτικό αντίστοιχα. Επίσης η πόρτα του κτηρίου θεωρήθηκε ότι έχει 1,5 m πλάτος και 2 m ύψος, με προσανατολισμό Νότιο.



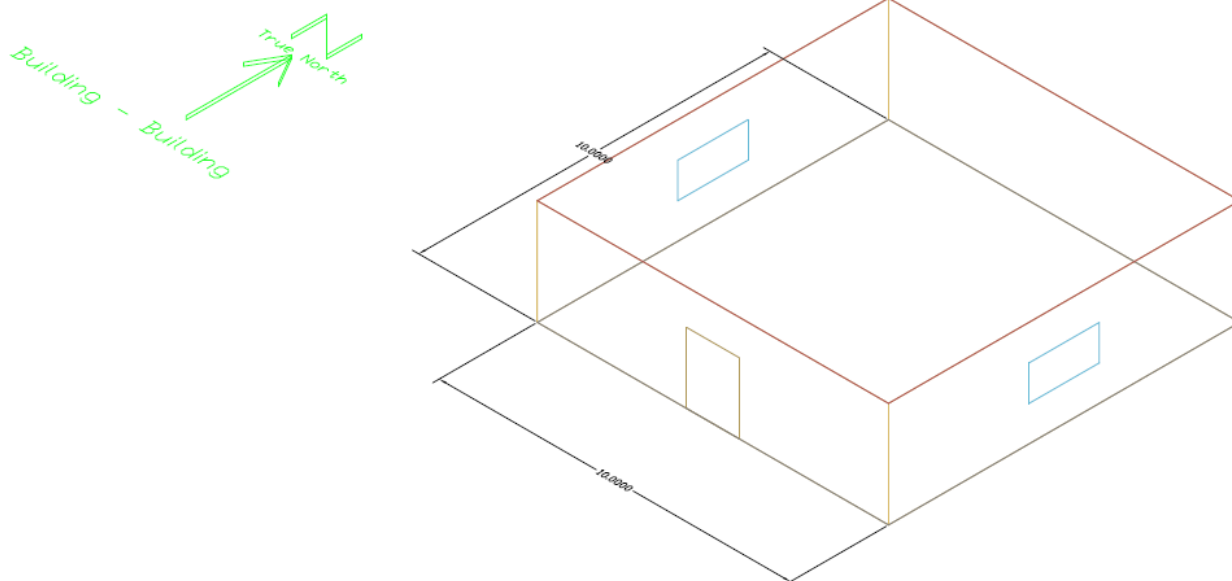
Εικ. 5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου που μελετήθηκε



Εικ. 5.2 Κάτοψη κτηρίου



Εικ. 5.3 Πλαϊνή όψη κτηρίου



Εικ. 5.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου

Στην συνέχεια στους κάτωθι πίνακες παρουσιάζονται τα κατασκευάστια στοιχεία και οι ιδιότητες των δομικών υλικών τα οποία εισήχθησαν σαν δεδομένα στο Energy Plus

Πίνακας 5.1 Δομικά υλικά κτηρίου

Όνομα	Τραχύτητα	Πάχος (m)	Αγωγιμότητα (W/mK)	πυκνότητα (Kg/m ³)	Ειδική θερμότητα J/KgK
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	Medium - Smooth	0.1	0.03	30	1450
Πλαίσιο πόρτας	Medium -Rough	0.015	1.4	2800	880
Ασφαλτόπανο	Very Rough	0.003	0.23	1100	1000
Ασβεστο-τσιμεντο-κονίαμα	Medium Rough	0.02	0.87	1800	1000
Διογκωμένη πολυστερίνη	Medium -Smooth	0.05	0.033	25	1450
Γαρμπιλόδεμα	Medium -Rough	0.08	0.64	1500	1000
Γεούφασμα	Rough	0.002	0.04	140	1030
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Medium -Rough	0.15	2.5	2400	1000

Εξωτερική δρομική οπτοπλινθοδομή	Medium -Smooth	0.09	0.45	1200	1000
Πλακίδια κεραμικά	Medium -Rough	0.02	1.84	2000	840
Τσιμεντόπλακες Ινο-οπλισμένες	Medium - Rough	0.012	0.48	2000	1100
Εσωτερική δρομική οπτοπλινθοδομή	Medium -Smooth	0.12	0.45	1200	1000

Πίνακας 5.1 Δομικά υλικά υαλοπινάκων

Ονομασία	Υαλοπίνακες		Ενδιάμεσο αέριο
	LoE CLEAR 6MM,	CLEAR 6MM	Αέρας
Optical data type	Spectral Average,,	Spectral Average	
Πάχος (m)	0.006	0.006	0,013
Ηλιακή διαπερατότητα σε κανονική πρόσπτωση	0.6	0.775	-
Εμπρόσθια πλευρική ηλιακή ανάκλαση σε κανονική πρόσπτωση	0.17	0.071	-
Πλευρική ηλιακή ανάκλαση πίσω όψης σε κανονική πρόσπτωση	0.22	0.071	-
Ορατή διαπερατότητα σε κανονική πρόσπτωση	0.84	0.881	-
Εμπρόσθια πλευρική ορατή ανάκλαση σε κανονική πρόσπτωση	0.055	0.08	-
Οπίσθια όψη ανάκλασης σε κανονική πρόσπτωση	0.078	0.08	-
Μπροστινή πλευρά υπέρυθρης ημισφαιρικής εκπομπής	0.84	0.84	-
Πίσω πλευρά υπέρυθρης ημισφαιρικής εκπομπής	0.1	0.84	-
Αγωγιμότητα (W/mK)	0.9	0.9	-

Για κάθε δομικό στοιχείο του κτηρίου έχω την ακολουθία δομικών υλικών (από έξω προς τα μέσα) ως φαίνεται κάτωθι:

Πόρτα:

- Πλαίσιο πόρτας
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Πλαίσιο πόρτας

Πάτωμα:

- Οπλισμένο σκυρόδεμα
- Γεούφασμα
- Γαρμπιλόδεμα
- Ασβεστο-τσιμεντο-κονίαμα
- Πλακίδια κεραμικά

Οροφή

- Τσιμεντόπλακες Ινο-οπλισμένες
- Ασβεστο-τσιμεντο-κονίαμα
- Ασφαλτόπανο
- Γαρμπιλόδεμα
- Γεούφασμα
- Οπλισμένο σκυρόδεμα

Τοίχοι

- Ασβεστο-τσιμεντο-κονίαμα
- Εσωτερική δρομική οπτοπλινθοδομή
- Αφρώδης εξιλασμένη πολυστερίνη
- Εσωτερική δρομική οπτοπλινθοδομή
- Ασβεστο-τσιμεντο-κονίαμα

Παράθυρο 1

- LoE CLEAR 6MM
- Argo 13mm
- LoE CLEAR 6MM

Παράθυρο 2

- CLEAR 6MM
- Argo 13mm
- CLEAR 6MM

5.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Αρχικά πριν γίνει ανάπτυξη των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης θα πρέπει πρώτα να ορίσουμε τους ακόλουθους δυο όρους:

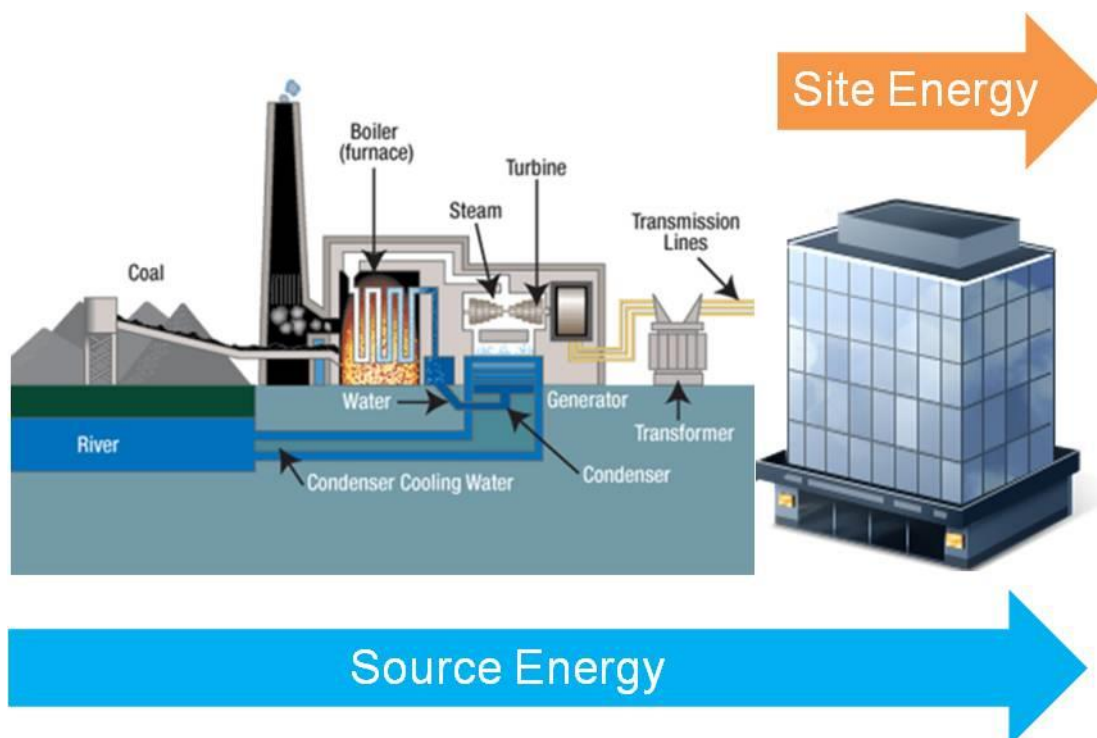
- Site energy
- Net Site Energy
- Source energy
- Net Source energy

Με τον όρο Site energy ορίζουμε την ποσότητα θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από ένα κτήριο.

Ο όρος Net Site Energy είναι η καθαρή ενέργεια απαίτηση του κτηρίου η οποία προκύπτει με από την αφαίρεση της τιμής της Site energy με την παραγόμενη ενέργεια από το κτήριο (φωτοβολταϊκό σύστημα κ)

Ο όρος Source energy, αντιπροσωπεύει τη συνολική ποσότητα ακατέργαστου καυσίμου που απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου. Περιλαμβάνει όλες τις απώλειες μετάδοσης, παράδοσης και παραγωγής.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ακριβώς το πως προκύπτει ο ορισμός των δυο παραπάνω όρων



Εικ. 5.5 Διαφορά όρων Site energy και Source energy για κτηριακές εγκαταστάσεις

5.2.1 Λέβητας βιομάζας και air conditioner

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με χρήση λέβητα βιομάζας και air conditioner. Κάτωθι παρουσιάζονται σε πίνακες και διαγράμματα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με χρήση του λογισμικού Energy Plus.

Πίνακας 5.1 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	8689.18	86.89
Net Site Energy	8689.18	86.89
Total Source Energy	16564.87	165.65
Net Source Energy	16564.87	165.65

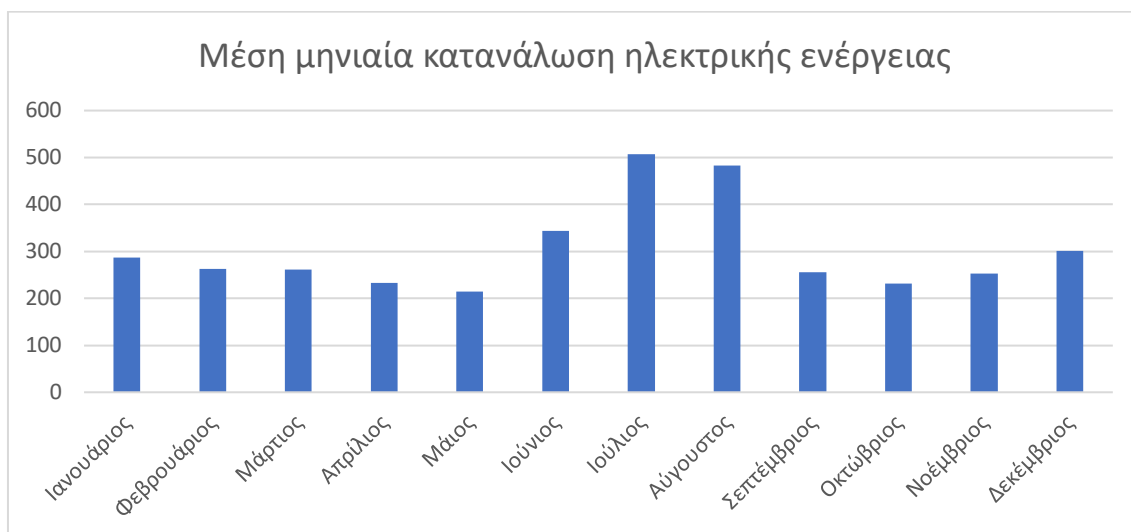
Πίνακας 5.2 Τελικές χρήσεις

Περιγραφή	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Άλλο καύσιμο (Βιομάζα) [kWh]
Θέρμανση	0	5054.81
Ψύξη	712.5	0
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94	0
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8	0
Ανεμιστήρες	317.14	0
Συνολικά	3634.37	5054.81

Πίνακας 5.3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

Περιγραφή	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	287.37	809.97	02-JAN-17:45
Φεβρουάριος	262.38	851.87	16-FEB-17:00
Μάρτιος	261.21	795.1	12-MAR-17:00
Απρίλιος	233.53	726.22	01-APR-22:00
Μάιος	214.24	976.61	31-MAY-16:00
Ιούνιος	343.68	1661.11	29-JUN-16:00
Ιούλιος	507.67	1770.58	17-JUL-16:45
Αύγουστος	482.9	1786.08	05-AUG-16:00
Σεπτέμβριος	255.54	1360.95	17-SEP-16:45

Οκτώβριος	231.56	712	01-OCT-16:15
Νοέμβριος	252.79	811.55	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	301.49	857.76	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	3634.37	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	214.24	712	-
Μέγιστη τιμή μηνών	507.67	1786.08	-

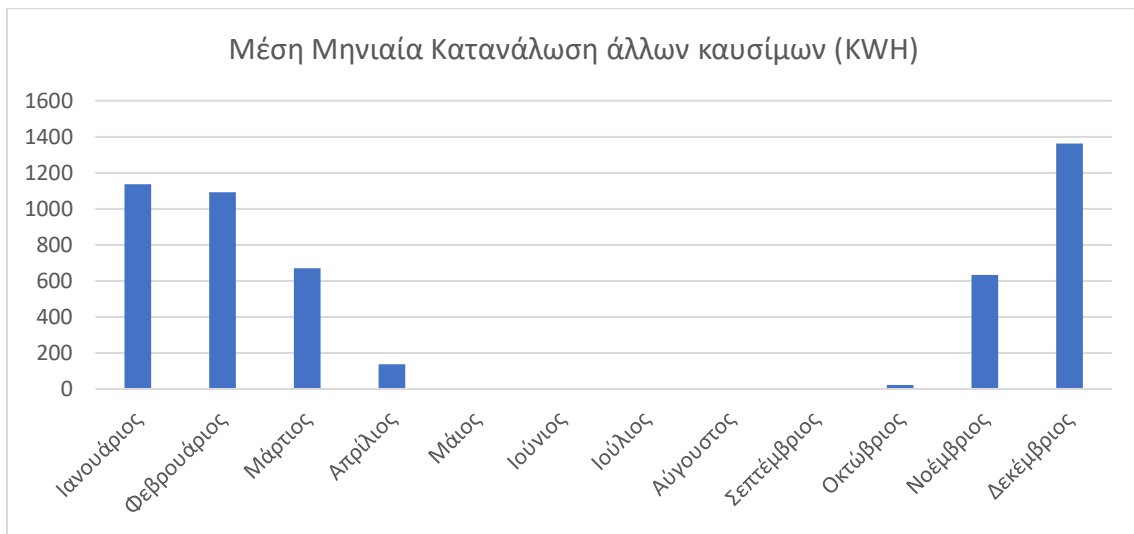


Διάγραμμα 5.1

Πίνακας 5.4 Κατανάλωση ενέργειας (Άλλα καύσιμα - Μηνιαία)

Περιγραφή	Άλλα καύσιμα (Βιομάζα) [kWh]	Άλλα καύσιμα (Βιομάζα): {Maximum}[W]	Άλλα καύσιμα (Βιομάζα) {Χρονική στιγμή μεγίστου}
Ιανουάριος	1137.49	3013.54	02-JAN-07:00
Φεβρουάριος	1091.22	3597.76	16-FEB-08:00
Μάρτιος	670.69	2575.3	12-MAR-06:00
Απρίλιος	136.28	1516.96	02-APR-05:00
Μάιος	0	0	01-MAY-00:15
Ιούνιος	0	0	01-JUN-00:15
Ιούλιος	0	0	01-JUL-00:15
Αύγουστος	0	0	01-AUG-00:15
Σεπτέμβριος	0	0	01-SEP-00:15
Οκτώβριος	21.04	794.72	31-OCT-06:00

Νοέμβριος	634.52	2858.81	17-NOV-06:00
Δεκέμβριος	1363.57	3844.25	26-DEC-06:00
Ετήσιο άθροισμα	5054.81	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	0	0	-
Μέγιστη τιμή μηνών	1363.57	3844.25	-



Διάγραμμα 5.2

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

Για τα πηνία ψύξης:

	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]
COOLING COIL	5529.91	4138.03	1391.88	0.75	3.5

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
HEATING COIL	Coil: Heating: Fuel	10000	0.93

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
AC FAN	Fan: On Off	0.7	500	0.17	124.43	714.29	1
FURNACE FAN	Fan: On Off	0.7	750	0.5	539.21	1071.43	1

5.2.2 Ηλεκτρικό chiller και λέβητας βιομάζας

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με χρήση ηλεκτρικού chiller και λέβητα βιομάζας.

Πίνακας 5.5 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

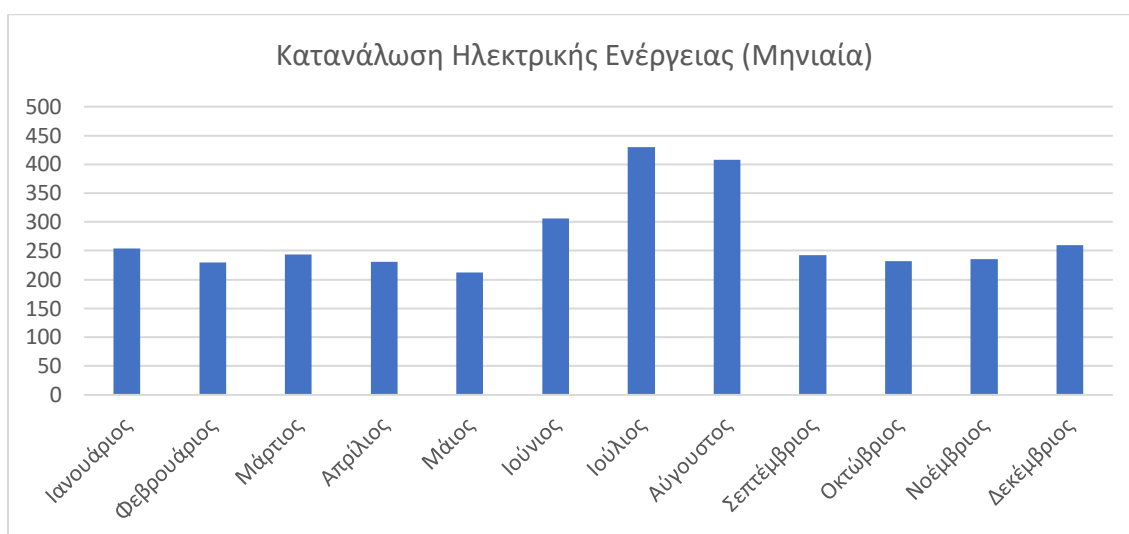
	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	8827.33	88.27
Net Site Energy	8827.33	88.27
Total Source Energy	15947.31	159.47
Net Source Energy	15947.31	159.47

Πίνακας 5.6 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Άλλο καύσιμο (Βιομάζα) [kWh]
Θέρμανση	0	5541.69
Ψύξη	525.29	0
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94	0
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8	0
Ανεμιστήρες	54.27	0
Συνολικά	3285.64	5541.69

Πίνακας 5.7 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum} [W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	254.51	750.11	01-JAN-17:00
Φεβρουάριος	229.96	759.39	16-FEB-17:00
Μάρτιος	243.49	746.57	12-MAR-17:00
Απρίλιος	230.99	724.77	01-APR-22:00
Μάιος	212.81	865.98	21-MAY-16:00
Ιούνιος	305.7	1414.34	29-JUN-17:15
Ιούλιος	429.87	1454.95	24-JUL-17:45
Αύγουστος	407.93	1480.93	05-AUG-18:15
Σεπτέμβριος	242.79	1223.16	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	231.46	712	01-OCT-16:15
Νοέμβριος	236.03	750.65	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	260.1	760.68	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	3285.64		
Ελάχιστη τιμή μηνών	212.81	712	
Μέγιστη τιμή μηνών	429.87	1480.93	



Διάγραμμα 5.3

Πίνακας 5.8 Κατανάλωση ενέργειας (άλλα καύσιμα) (Μηνιαία)

	Άλλα καύσιμα [kWh]	Άλλα καύσιμα: {Maximum}[W]	Άλλα καύσιμα: {Χρονική στιγμή μεγίστου}
Ιανουάριος	1247.33	3325.38	02-JAN-07:00
Φεβρουάριος	1201.31	4010.78	16-FEB-08:00
Μάρτιος	736.44	2858.46	12-MAR-06:00
Απρίλιος	149.14	1690.44	02-APR-05:00
Μάιος	0	0	01-MAY-00:15
Ιούνιος	0	0	01-JUN-00:15
Ιούλιος	0	0	01-JUL-00:15
Αύγουστος	0	0	01-AUG-00:15
Σεπτέμβριος	0	0	01-SEP-00:15
Οκτώβριος	22.46	862.14	31-OCT-06:00
Νοέμβριος	690.11	3146.89	17-NOV-06:00
Δεκέμβριος	1494.91	4304.34	26-DEC-06:00
Ετήσιο άθροισμα	5541.69	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	0	0	-
Μέγιστη τιμή μηνών	1494.91	4304.34	-



Διάγραμμα 5.4

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
CHILLER	Chiller:Electric	3236.59	4
BOILER	Boiler:HotWater	6034.73	0.9

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
COOLING COIL	Coil: Cooling:Water	2697.21	3217.56	2572.7	644.86	0.8	267.44	2.71

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil: Heating:Water	6034.73	6324.88

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan:OnOff	0.7	75	0.46	49.72	107.14	1

Για της αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
CW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000116	29.54	255487.2	0.9	General
HW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000133	34.06	255487.2	0.9	General

5.2.3 Ηλεκτρικό chiller και λέβητας φυσικού αερίου

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με ηλεκτρικό chiller και λέβητα φυσικού αερίου.

Πίνακας 5.9 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m ²]
Total Site Energy	8273.16	82.73
Net Site Energy	8273.16	82.73
Total Source Energy	15812.09	158.12
Net Source Energy	15812.09	158.12

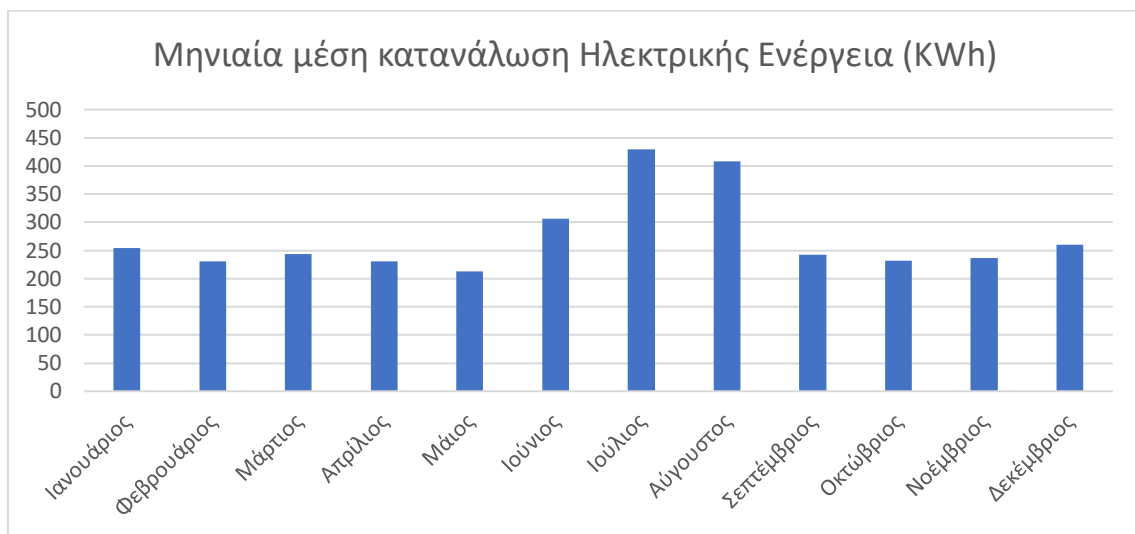
Πίνακας 5.10 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Φυσικό αέριο [kWh]
Θέρμανση	0	4987.52
Ψύξη	525.29	0
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94	0
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8	0
Ανεμιστήρες	54.27	0
Αντλίες	101.35	0
Συνολικά	3285.64	4987.52

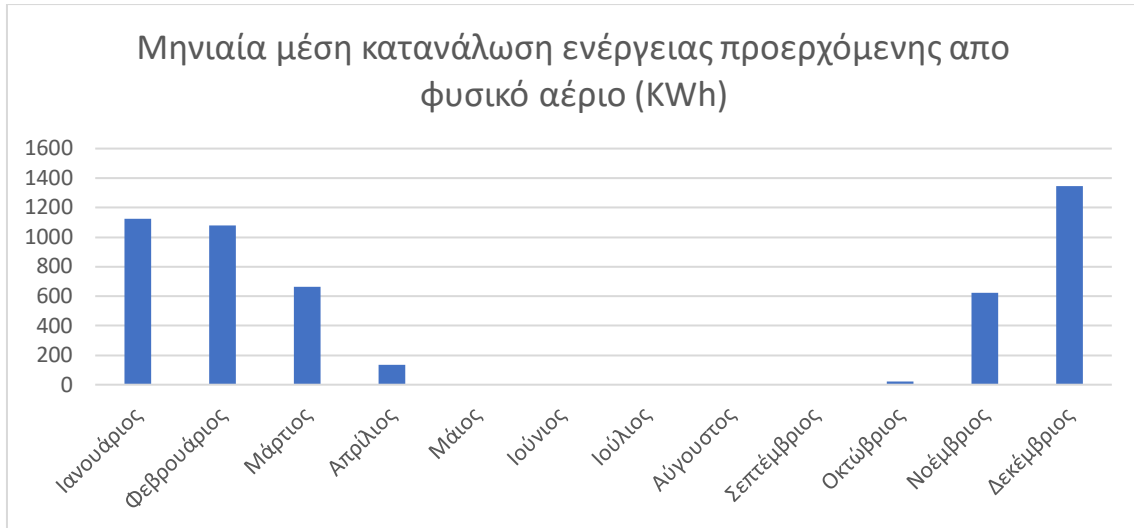
Πίνακας 5.11 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας και ενέργειας από φυσικό αέριο (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}	Φυσικό αέριο [kWh]	Φυσικό αέριο {Maximum}[W]	Φυσικό αέριο {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	254.51	750.11	01-JAN-17:00	1122.59	2992.84	02-JAN-07:00
Φεβρουάριος	229.96	759.39	16-FEB-17:00	1081.18	3609.7	16-FEB-08:00
Μάρτιος	243.49	746.57	12-MAR-17:00	662.8	2572.61	12-MAR-06:00
Απρίλιος	230.99	724.77	01-APR-22:00	134.23	1521.39	02-APR-05:00

Μάιος	212.81	865.98	21-MAY-16:00	0	0	01-MAY-00:15
Ιούνιος	305.7	1414.34	29-JUN-17:15	0	0	01-JUN-00:15
Ιούλιος	429.87	1454.95	24-JUL-17:45	0	0	01-JUL-00:15
Αύγουστος	407.93	1480.93	05-AUG-18:15	0	0	01-AUG-00:15
Σεπτέμβριος	242.79	1223.16	17-SEP-16:45	0	0	01-SEP-00:15
Οκτώβριος	231.46	712	01-OCT-16:15	20.21	775.93	31-OCT-06:00
Νοέμβριος	236.03	750.65	13-NOV-23:00	621.1	2832.2	17-NOV-06:00
Δεκέμβριος	260.1	760.68	26-DEC-23:00	1345.42	3873.91	26-DEC-06:00
Ετήσιο άθροισμα	3285.64	-	-	4987.52	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	212.81	712	-	0	0	-
Μέγιστη τιμή μηνών	429.87	1480.93	-	1345.42	3873.91	-



Διάγραμμα 5.5



Διάγραμμα 5.6

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

	Type	Nominal Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
CHILLER	Chiller: Electric	3236.59	4
BOILER	Boiler :Hot Water	6034.73	1

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m ²]
COOLING COIL	Coil: Cooling: Water	2697.21	3217.56	2572.7	644.86	0.8	267.44	2.71

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil: Heating Water	6034.73	6324.88

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan:OnOff	0.7	75	0.46	49.72	107.14	1

Για τις αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
CW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000116	29.54	255487.2	0.9	General
HW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000133	34.06	255487.2	0.9	General

5.2.4 Αντλία θερμότητας πολλαπλών ταχυτήτων

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με αντλία θερμότητας πολλαπλών ταχυτήτων.

Πίνακας 5.12 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	4915.28	49.15
Net Site Energy	4915.28	49.15
Total Source Energy	15566.7	155.67
Net Source Energy	15566.7	155.67

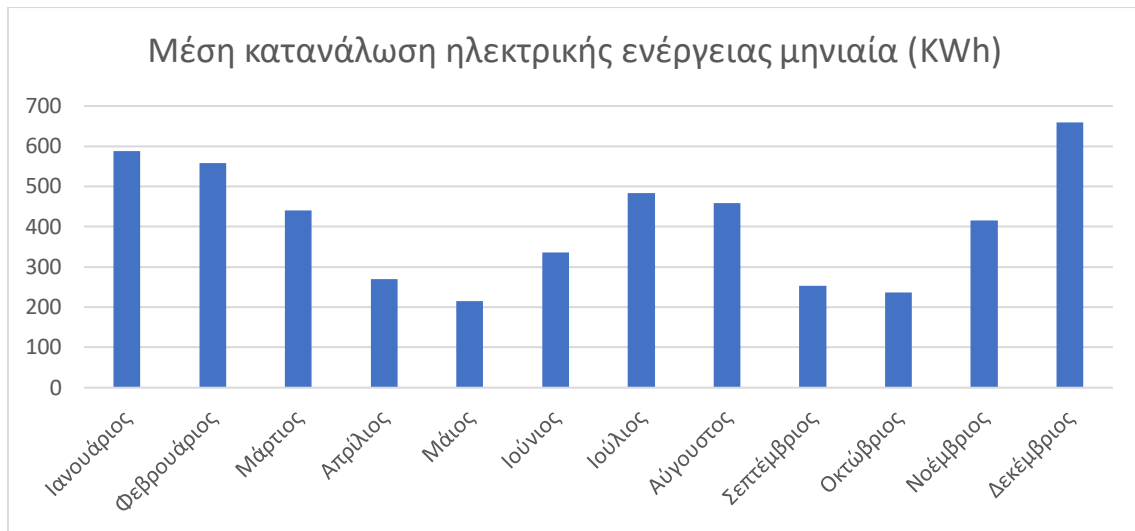
Πίνακας 5.13 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]
Θέρμανση	1374.38
Ψύξη	613.84

Εσωτερικός φωτισμός	1687.94
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8
Ανεμιστήρες	322.32
Συνολικά	4915.28

Πίνακας 5.14 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	588.06	1322.34	01-JAN-17:00
Φεβρουάριος	558.45	1619.85	16-FEB-17:00
Μάρτιος	440.62	1245.57	12-MAR-23:00
Απρίλιος	270.22	813.89	01-APR-22:00
Μάιος	214.93	960.93	21-MAY-16:00
Ιούνιος	335.84	1559.66	29-JUN-16:00
Ιούλιος	483.76	1627.17	17-JUL-16:45
Αύγουστος	459.45	1672.21	05-AUG-16:00
Σεπτέμβριος	252.79	1269.45	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	236.97	712	01-OCT-16:15
Νοέμβριος	414.92	1351.8	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	659.25	1757.25	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	4915.28		
Ελάχιστη τιμή μηνών	214.93	712	
Μέγιστη τιμή μηνών	659.25	1757.25	



Διάγραμμα 5.7

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]
COOLING COIL	Coil: Cooling: DX: Multi Speed	7681.04	6134.5	1546.54	0.8	3.5

Για τα πηνία DX Cooling Coils:

	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	SEER [Btu/W-h]
COOLING COIL	7221	11.18

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
HEATING COIL	Coil: Heating: DX: Multi Speed	7681.04	3.5
SUPP HEATING COIL	Coil: Heating :Fuel	945.74	0.9

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan: On Off	0.7	500	0.46	331.44	714.29	1

5.2.5 Αντλία θερμότητας σταθερής ταχύτητας

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με

Πίνακας 5.15 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

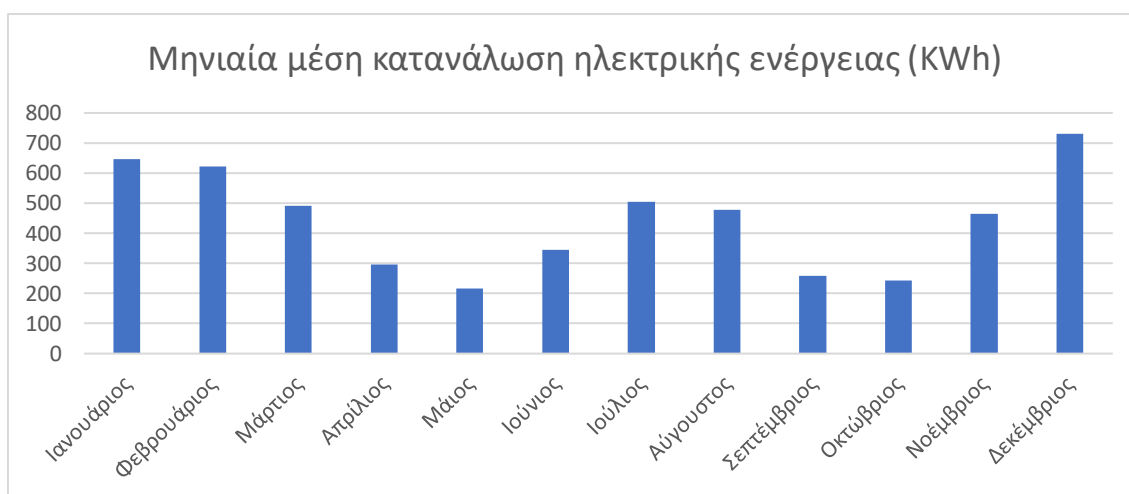
	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	5292.68	52.93
Net Site Energy	5292.68	52.93
Total Source Energy	16761.93	167.62
Net Source Energy	16761.93	167.62

Πίνακας 5.16 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]
Θέρμανση	1671.7
Ψύξη	662.36
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8
Ανεμιστήρες	353.88
Συνολικά	5292.68

Πίνακας 5.17 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	647.43	2068.29	11-JAN-20:00
Φεβρουάριος	621.19	2035.34	09-FEB-18:00
Μάρτιος	492.33	1950.97	03-MAR-23:45
Απρίλιος	295.5	1655.88	16-APR-14:45
Μάιος	215.45	988.42	21-MAY-16:00
Ιούνιος	345.05	1570.04	29-JUN-17:15
Ιούλιος	503.95	1674.95	17-JUL-16:45
Αύγουστος	477.35	1688.77	05-AUG-16:00
Σεπτέμβριος	257.41	1319.57	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	243.39	1525.03	31-OCT-00:45
Νοέμβριος	463.63	2059.42	01-NOV-23:15
Δεκέμβριος	730.01	2876.2	27-DEC-07:15
Ετήσιο άθροισμα	5292.68	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	215.45	988.42	-
Μέγιστη τιμή μηνών	730.01	2876.2	-



Διάγραμμα 5.8

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Efficiency [W/W]
COOLING COIL	Coil: Cooling:DX : Single Speed	7681.04	6149.86	1531.17	0.8	3.5

Για τα πηνία DX Cooling Coils:

	Standard Rated Net Cooling Capacity [W]	Standard Rated Net COP [W/W]	EER [Btu/W-h]	SEER [Btu/W-h]	IEER [Btu/W-h]
COOLING COIL	7317.4	2.86	9.78	10.24	9.73

Για τα πηνία DX Heating Coils:

	DX Heating Coil Type	High Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	Low Temperature Heating (net) Rating Capacity [W]	HSPF [Btu/W-h]	Region Number
HEATING COIL	Coil: Heating: DX: Single Speed	8049.2	4482.9	7.37	4

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Efficiency [W/W]
HEATING COIL	Coil:Heating: DX:Single Speed	7681.04	3.5
SUP HEATING COIL	Coil: Heating: Fuel	945.74	0.9

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan:OnOff	0.7	500	0.46	331.44	714.29	1

5.2.6 Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος.

Πίνακας 5.18 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	5028.79	50.29
Net Site Energy	413.31	4.13
Total Source Energy	15926.17	159.26
Net Source Energy	1308.96	13.09

Πίνακας 5.19 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]
Θέρμανση	1495.65
Ψύξη	512.84
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.80
Ανεμιστήρες	60.49
Αντλίες	355.07
Συνολικά	5028.79

Πίνακας 5.20 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	616.48	1333.45	01-JAN-17:00
Φεβρουάριος	578.88	1588.09	16-FEB-17:00
Μάρτιος	480.52	1266.48	12-MAR-17:00
Απρίλιος	293.58	918.99	01-APR-22:00
Μάιος	213.69	925.09	21-MAY-16:00
Ιούνιος	327.30	1348.97	30-JUN-16:00
Ιούλιος	460.85	1413.51	17-JUL-17:00
Αύγουστος	435.21	1440.88	05-AUG-16:00
Σεπτέμβριος	247.52	1133.30	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	246.43	799.65	31-OCT-23:00
Νοέμβριος	450.43	1354.11	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	677.89	1621.82	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	5028.79	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	213.69	799.65	-
Μέγιστη τιμή μηνών	677.89	1621.82	-



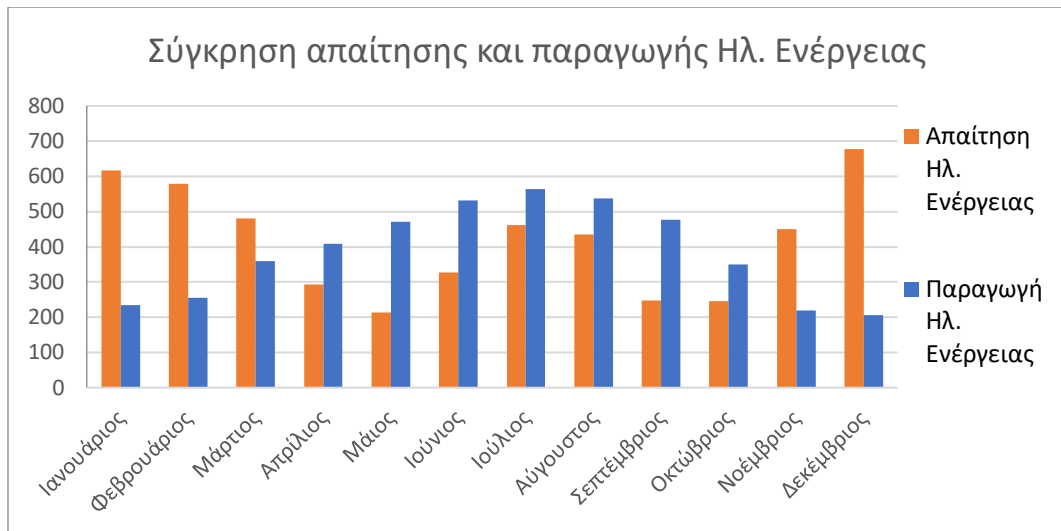
Διάγραμμα 5.9

Πίνακας 5.21 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε [kWh]	Μέγιστη τιμή ηλεκτρικής ενέργεια που παράχθηκε {Maximum}[W]	Χρονική στιγμή μέγιστης τιμής {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	235.17	2224.97	24-JAN-12:30
Φεβρουάριος	254.88	2409.65	18-FEB-12:30
Μάρτιος	360.26	2627.48	30-MAR-12:30
Απρίλιος	408.14	2612.73	05-APR-12:30
Μάιος	471.36	2612.68	02-MAY-12:30
Ιούνιος	531.92	2515.63	30-JUN-12:30
Ιούλιος	564.49	2531.02	23-JUL-12:30
Αύγουστος	538.07	2532.73	03-AUG-12:30
Σεπτέμβριος	476.76	2510.81	09-SEP-12:30
Οκτώβριος	349.17	2386.81	01-OCT-12:30
Νοέμβριος	218.70	2170.71	11-NOV-12:15
Δεκέμβριος	206.55	2077.51	27-DEC-12:30
Ετήσιο άθροισμα	4615.48	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	206.55	2077.51	-
Μέγιστη τιμή μηνών	564.49	2627.48	-



Διάγραμμα 5.10



Διάγραμμα 5.11

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio
COOLING COIL	Coil: Cooling:Water To Air Heat Pump : EquationFit	5420.34	3876.19	1544.15	0.72

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil: Heating : Water To Air Heat Pump: Equation Fit	5420.34
SUP HEATING COIL	Coil: Heating: Electric	5448.82

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan:OnOff	0.7	75	0.41	44.2	107.14	1

Για τις αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
GROUND LOOP SUPPLY PUMP	Pump: Constant Speed	Intermittent	179352	0.000233	59.5	255487.2	0.9	General

5.2.7 Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) και χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) και χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος.

Πίνακας 4.22 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

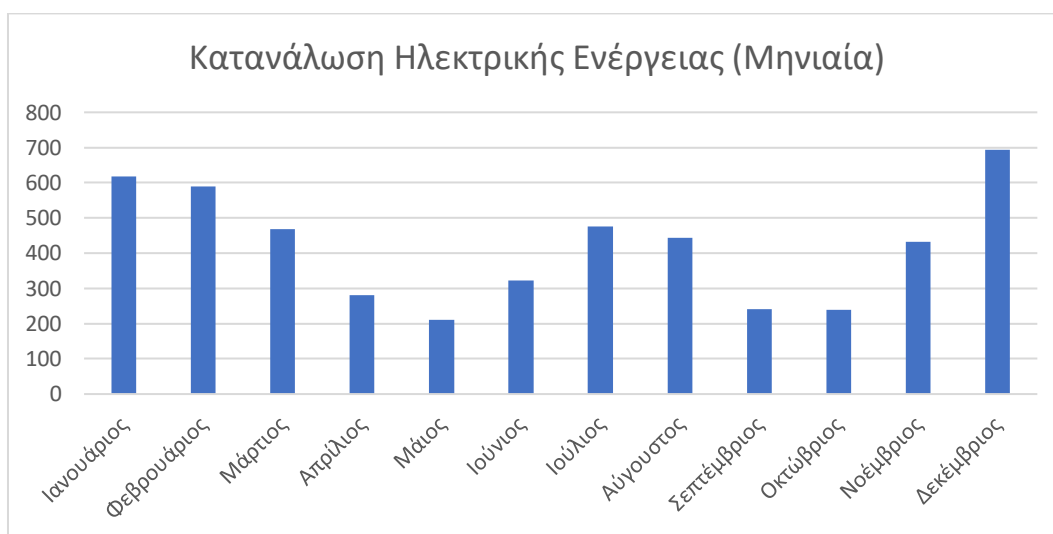
	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	5015.94	50.16
Net Site Energy	400.46	4.00
Total Source Energy	15885.48	158.85
Net Source Energy	1268.26	12.68

Πίνακας 5.23 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]
Θέρμανση	1624.19
Ψύξη	626.44
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.80
Ανεμιστήρες	68.37
Αντλίες	92.21
Συνολικά	5015.94

Πίνακας 5.24 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

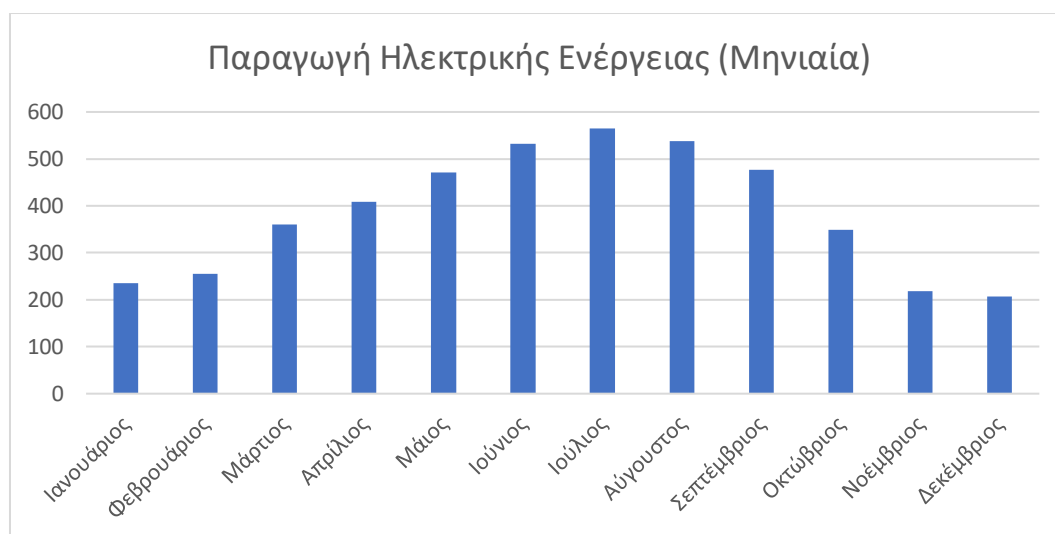
	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum}[W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	617.24	1357.16	01-JAN-17:00
Φεβρουάριος	589.34	1689.91	16-FEB-17:00
Μάρτιος	467.78	1274.83	12-MAR-17:00
Απρίλιος	280.04	867.41	01-APR-22:00
Μάιος	211.45	894.13	21-MAY-16:00
Ιούνιος	322.98	1573.77	30-JUN-17:30
Ιούλιος	475.51	1679.69	16-JUL-18:00
Αύγουστος	444.52	1698.92	06-AUG-17:45
Σεπτέμβριος	240.26	1186.83	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	240.09	740.78	31-OCT-23:00
Νοέμβριος	432.78	1359.83	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	693.95	1740.88	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	5015.94		
Ελάχιστη τιμή μηνών	211.45	740.78	
Μέγιστη τιμή μηνών	693.95	1740.88	



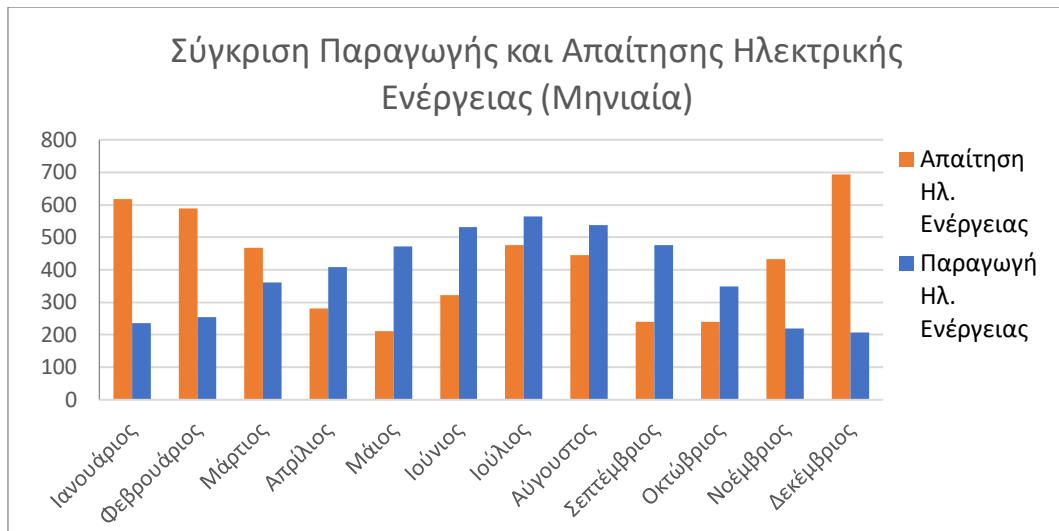
Διάγραμμα 5.12

Πίνακας 5.25 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε [kWh]	Μέγιστη τιμή ηλεκτρικής ενέργεια που παράχθηκε {Maximum}[W]	Χρονική στιγμή μέγιστης τιμής {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	235.17	2224.97	24-JAN-12:30
Φεβρουάριος	254.88	2409.65	18-FEB-12:30
Μάρτιος	360.26	2627.48	30-MAR-12:30
Απρίλιος	408.14	2612.73	05-APR-12:30
Μάιος	471.36	2612.68	02-MAY-12:30
Ιούνιος	531.92	2515.63	30-JUN-12:30
Ιούλιος	564.49	2531.02	23-JUL-12:30
Αύγουστος	538.07	2532.73	03-AUG-12:30
Σεπτέμβριος	476.76	2510.81	09-SEP-12:30
Οκτώβριος	349.17	2386.81	01-OCT-12:30
Νοέμβριος	218.70	2170.71	11-NOV-12:15
Δεκέμβριος	206.55	2077.51	27-DEC-12:30
Ετήσιο άθροισμα	4615.48		
Ελάχιστη τιμή μηνών	206.55	2077.51	
Μέγιστη τιμή μηνών	564.49	2627.48	



Διάγραμμα 5.13



Διάγραμμα 5.14

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio
COOLING COIL	Coil: Cooling: Water To Air Heat Pump : Equation Fit	5420.34	3876.19	1544.15	0.72

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil: Heating : Water To Air Heat Pump : Equation Fit	5420.34
SUP HEATING COIL	Coil: Heating: Electric	5448.82

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan: OnOff	0.7	75	0.41	44.2	107.14	1

Για τις αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
GROUND LOOP SUPPLY PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000233	59.5	255487.2	0.9	General

5.2.8 Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, chiller με απορρόφηση και λέβητας βιομάζας

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με chiller απορρόφησης με λέβητα βιομάζας και φωτοβολταϊκό σύστημα

Πίνακας 5.26 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

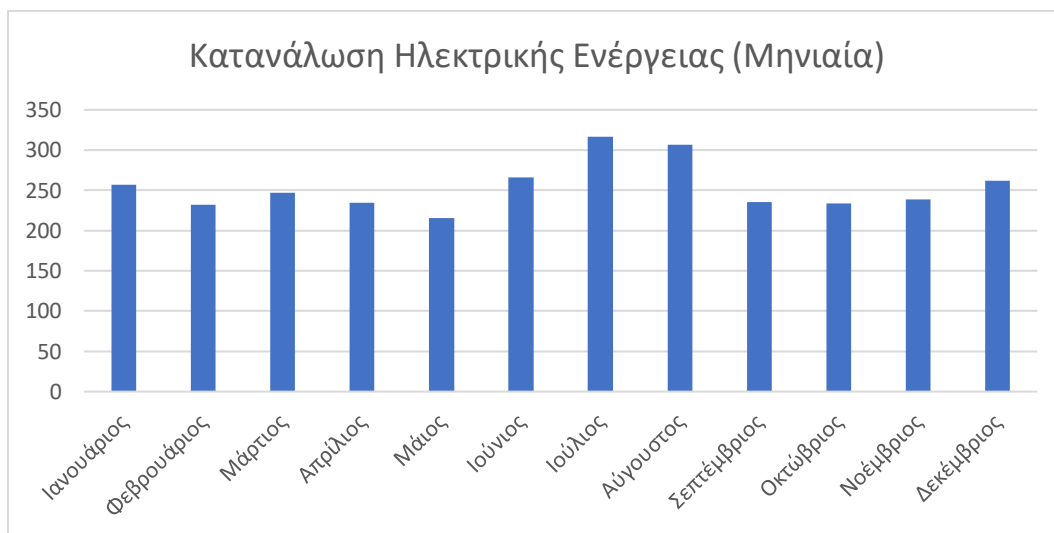
	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτηρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	10532.59	105.33
Net Site Energy	6564.15	65.64
Total Source Energy	15896.17	158.96
Net Source Energy	3328.10	33.28

Πίνακας 5.27 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Άλλο καύσιμο [kWh]	Τηλεθέρμανση [kWh]	Νερό [m3]
Θέρμανση	0	5719.67	0	0
Ψύξη	24.7	0	1767.01	0
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94	0	0	0
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8	0	0	0
Ανεμιστήρες	52.77	0	0	0
Αντλίες	249.11	0	0	0
Απόρριψη θερμότητας	114.6	0	0	11.51
Συνολικά	3045.91	5719.67	1767.01	11.51

Πίνακας 5.28 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

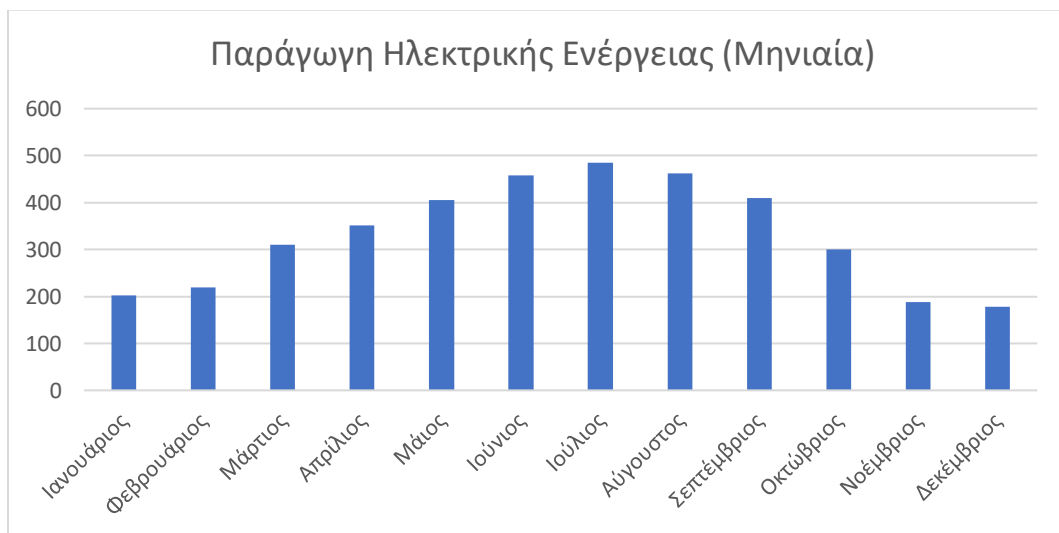
	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum} [W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	256.83	752.26	21-JAN-17:15
Φεβρουάριος	232.45	766.19	16-FEB-17:45
Μάρτιος	246.76	753.68	12-MAR-17:00
Απρίλιος	234.24	731.21	01-APR-16:45
Μάιος	215.6	791.65	23-MAY-16:00
Ιούνιος	266.23	820.65	29-JUN-17:30
Ιούλιος	316.98	818.65	17-JUL-16:45
Αύγουστος	306.96	836.02	04-AUG-16:00
Σεπτέμβριος	235.19	804.73	17-SEP-16:45
Οκτώβριος	234.08	719.1	01-OCT-16:15
Νοέμβριος	238.41	750.47	13-NOV-23:00
Δεκέμβριος	262.17	760.56	26-DEC-23:00
Ετήσιο άθροισμα	3045.91	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	215.6	719.1	-
Μέγιστη τιμή μηνών	316.98	836.02	-



Διάγραμμα 5.15

Πίνακας 5.29 Παράγωγη Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

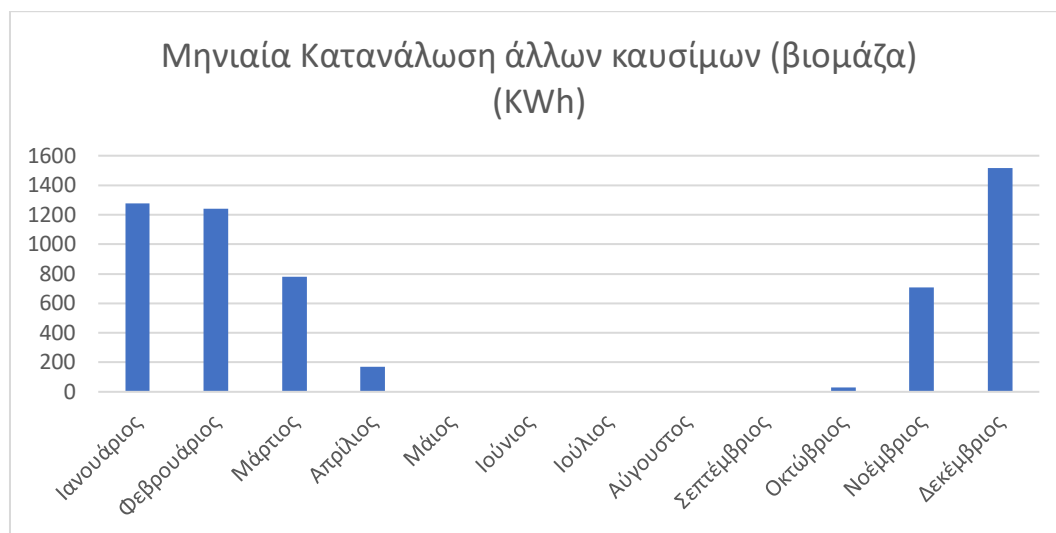
	Ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε [kWh]	Μέγιστη τιμή ηλεκτρικής ενέργεια που παράχθηκε {Maximum}[W]	Χρονική στιγμή μέγιστης τιμής {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	202.2	1913.05	24-JAN-12:30
Φεβρουάριος	219.15	2071.85	18-FEB-12:30
Μάρτιος	309.76	2259.14	30-MAR-12:30
Απρίλιος	350.93	2246.46	05-APR-12:30
Μάιος	405.28	2246.41	02-MAY-12:30
Ιούνιος	457.35	2162.97	30-JUN-12:30
Ιούλιος	485.36	2176.2	23-JUL-12:30
Αύγουστος	462.64	2177.67	03-AUG-12:30
Σεπτέμβριος	409.93	2158.83	09-SEP-12:30
Οκτώβριος	300.22	2052.21	01-OCT-12:30
Νοέμβριος	188.04	1866.4	11-NOV-12:15
Δεκέμβριος	177.59	1786.27	27-DEC-12:30
Ετήσιο άθροισμα	3968.45	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	177.59	1786.27	-
Μέγιστη τιμή μηνών	485.36	2259.14	-



Διάγραμμα 5.16

Πίνακας 5.30 Μηνιαία Κατανάλωση άλλων καυσίμων (βιομάζα) (KWh)

	Άλλα καύσιμα	Άλλα καύσιμα: {Maximum}	Άλλα καύσιμα: {Χρονική στιγμή μεγίστου}
	[kWh]	[W]	
Ιανουάριος	1277.12	3277.07	02-JAN-07:00
Φεβρουάριος	1240.8	4010.93	16-FEB-08:00
Μάρτιος	781.46	2885.78	13-MAR-03:00
Απρίλιος	170.33	1820.11	02-APR-05:00
Μάιος	0	0	01-MAY-00:15
Ιούνιος	0	0	01-JUN-00:15
Ιούλιος	0	0	01-JUL-00:15
Αύγουστος	0	0	01-AUG-00:15
Σεπτέμβριος	0	0	01-SEP-00:15
Οκτώβριος	27.9	914.28	31-OCT-06:00
Νοέμβριος	707.45	3102.3	17-NOV-06:00
Δεκέμβριος	1514.61	4321.51	26-DEC-06:00
Ετήσιο άθροισμα	5719.67	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	0	0	-
Μέγιστη τιμή μηνών	1514.61	4321.51	-



Διάγραμμα 5.17

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

	Type	Nominal Capacity [W]
CHILLER	Chiller: Absorption	2528.02
BOILER	Boiler: HotWater	5901
COOLING TOWER	Cooling Tower: Single Speed	4020.92

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
COOLING COIL	Coil :Cooling: Water	2528.06	3007.64	2401.5	606.14	0.8	250.12	2.54

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil:Heating:Water	5901	6183.07

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan:OnOff	0.7	75	0.45	48.54	107.14	1

Για τις αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
CW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.00009	23.07	255487.2	0.9	General
HW PUMP	Pump :Variable Speed	Intermittent	179352	0.00013	33.31	255487.2	0.9	General
COLLECTOR PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000028	7.1	255487.2	0.9	General

CONDENSER PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000215	54.83	255487.2	0.9	General
----------------	----------------------	--------------	--------	----------	-------	----------	-----	---------

Για το σύστημα θέρμανσης του νερού χρήσης:

	Type	Storage Volume [m3]	Thermal Efficiency [W/W]
STORAGE TANK	Water Heater: Mixed	0.18	0.65

5.2.9 Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, chiller με απορρόφηση και λέβητας φυσικού αερίου

Στην περίπτωση αυτή μελετάται και προσομοιάζεται η περίπτωση όπου το κτήριο που μελετούμε καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης και ψύξης και με

Πίνακας 5.31 Συνολικές ενεργειακές ανάγκες κτηρίου

	Συνολική ενέργεια [kWh]	Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m2]
Total Site Energy	9960.63	99.61
Net Site Energy	5992.18	59.92
Total Source Energy	15756.61	157.57
Net Source Energy	3188.54	31.89

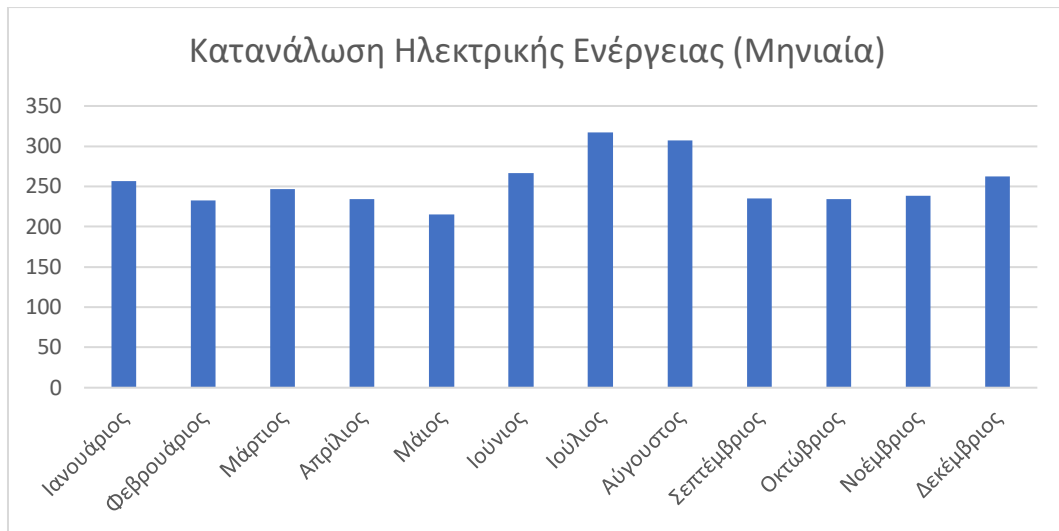
Πίνακας 5.32 Τελικές χρήσεις

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Φυσικό αέριο [kWh]	Τηλεθέρμανση [kWh]	Νερό [m3]
Θέρμανση	0	5147.7	0	0
Ψύξη	24.7	0	1767.01	0
Εσωτερικός φωτισμός	1687.94	0	0	0
Εσωτερικός εξοπλισμός	916.8	0	0	0
Ανεμιστήρες	52.77	0	0	0
Αντλίες	249.11	0	0	0
Απόρριψη θερμότητας	114.6	0	0	11.51

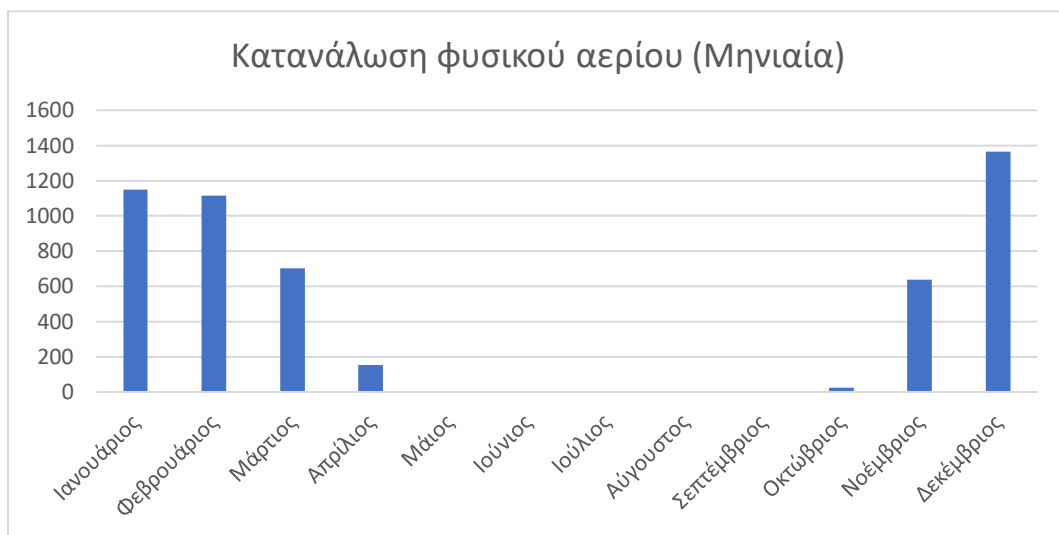
Συνολικά	3045.91	5147.7	1767.01	11.51
----------	---------	--------	---------	-------

Πίνακας 5.33 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας και φυσικού αερίου (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum} [W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}	Ενέργεια από φυσικό αέριο [kWh]	Ενέργεια από φυσικό αέριο {Maximum} [W]	Ενέργεια από φυσικό αέριο {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	256.83	752.26	21-JAN-17:15	1149.41	2949.36	02-JAN-07:00
Φεβρουάριος	232.45	766.19	16-FEB-17:45	1116.72	3609.84	16-FEB-08:00
Μάρτιος	246.76	753.68	12-MAR-17:00	703.31	2597.21	13-MAR-03:00
Απρίλιος	234.24	731.21	01-APR-16:45	153.3	1638.1	02-APR-05:00
Μάιος	215.6	791.65	23-MAY-16:00	0	0	01-MAY-00:15
Ιούνιος	266.23	820.65	29-JUN-17:30	0	0	01-JUN-00:15
Ιούλιος	316.98	818.65	17-JUL-16:45	0	0	01-JUL-00:15
Αύγουστος	306.96	836.02	04-AUG-16:00	0	0	01-AUG-00:15
Σεπτέμβριος	235.19	804.73	17-SEP-16:45	0	0	01-SEP-00:15
Οκτώβριος	234.08	719.1	01-OCT-16:15	25.11	822.85	31-OCT-06:00
Νοέμβριος	238.41	750.47	13-NOV-23:00	636.7	2792.07	17-NOV-06:00
Δεκέμβριος	262.17	760.56	26-DEC-23:00	1363.15	3889.36	26-DEC-06:00
Ετήσιο άθροισμα	3045.91	-	-	5147.7	-	-
Ελάχιστη τιμή μηνών	215.6	719.1	-	0	0	-
Μέγιστη τιμή μηνών	316.98	836.02	-	1363.15	3889.36	-



Διάγραμμα 5.18

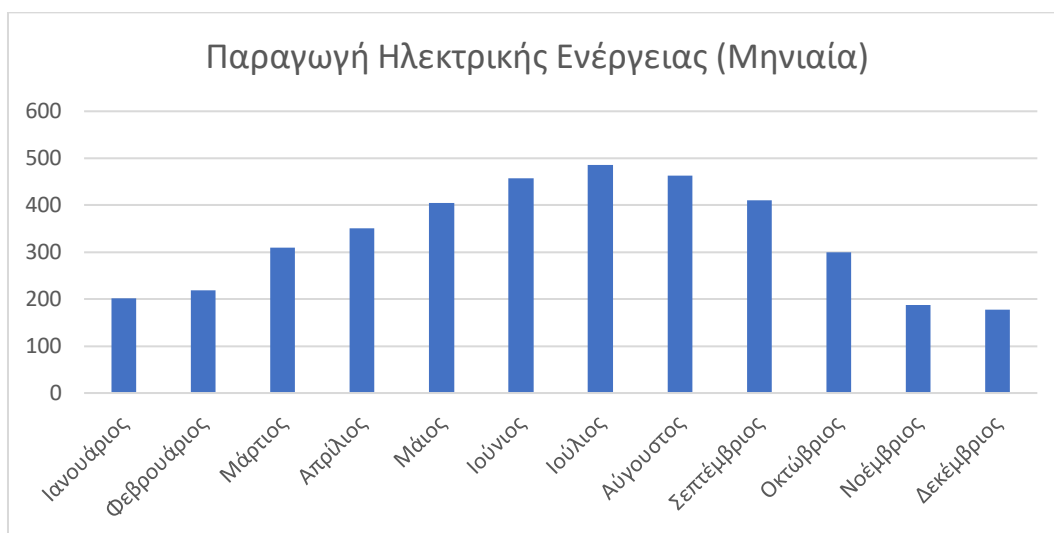


Διάγραμμα 5.19

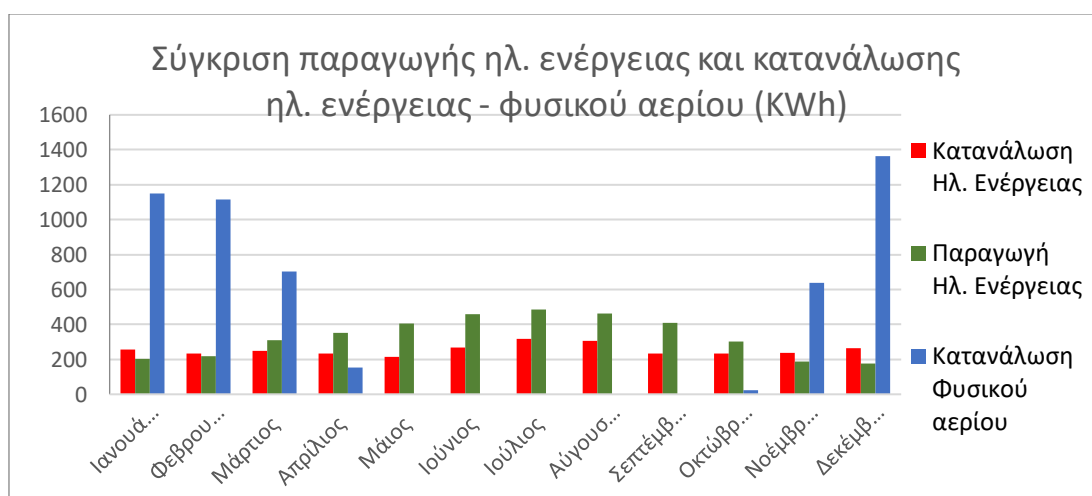
Πίνακας 5.34 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Μηνιαία)

	Ηλεκτρική ενέργεια [kWh]	Ηλεκτρική ενέργεια {Maximum} [W]	Ηλεκτρική ενέργεια {TIMESTAMP}
Ιανουάριος	202.2	1913.05	24-JAN-12:30
Φεβρουάριος	219.15	2071.85	18-FEB-12:30
Μάρτιος	309.76	2259.14	30-MAR-12:30
Απρίλιος	350.93	2246.46	05-APR-12:30

Μάιος	405.28	2246.41	02-MAY-12:30
Ιούνιος	457.35	2162.97	30-JUN-12:30
Ιούλιος	485.36	2176.2	23-JUL-12:30
Αύγουστος	462.64	2177.67	03-AUG-12:30
Σεπτέμβριος	409.93	2158.83	09-SEP-12:30
Οκτώβριος	300.22	2052.21	01-OCT-12:30
Νοέμβριος	188.04	1866.4	11-NOV-12:15
Δεκέμβριος	177.59	1786.27	27-DEC-12:30
Ετήσιο άθροισμα	3968.45		
Ελάχιστη τιμή μηνών	177.59	1786.27	
Μέγιστη τιμή μηνών	485.36	2259.14	



Διάγραμμα 5.20



Διάγραμμα 5.21

Για τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από την προσομοίωση ότι:

	Type	Nominal Capacity [W]
CHILLER	Chiller :Absorption	2528.02
BOILER	Boiler:HotWater	5901
COOLING TOWER	Cooling Tower: SingleSpeed	4020.92

Για τα πηνία ψύξης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]	Nominal Sensible Capacity [W]	Nominal Latent Capacity [W]	Nominal Sensible Heat Ratio	Nominal Coil UA Value [W/C]	Nominal Coil Surface Area [m2]
COOLING COIL	Coil: Cooling: Water	2528.06	3007.64	2401.5	606.14	0.8	250.12	2.54

Για τα πηνία θέρμανσης:

	Type	Design Coil Load [W]	Nominal Total Capacity [W]
HEATING COIL	Coil: Heating: Water	5901	6183.07

Για τους ανεμιστήρες:

	Type	Total Efficiency [W/W]	Delta Pressure [pa]	Max Air Flow Rate [m3/s]	Rated Electric Power [W]	Rated Power Per Max Air Flow Rate [W-s/m3]	Motor Heat In Air Fraction
FAN	Fan: On Off	0.7	75	0.45	48.54	107.14	1

Για τις αντλίες:

	Type	Control	Head [pa]	Water Flow [m3/s]	Electric Power [W]	Power Per Water Flow Rate [W-s/m3]	Motor Efficiency [W/W]	End Use Subcategory
CW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.00009	23.07	255487.2	0.9	General

HW PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.00013	33.31	255487.2	0.9	General
COLLECTOR PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000028	7.1	255487.2	0.9	General
CONDENSER PUMP	Pump: Variable Speed	Intermittent	179352	0.000215	54.83	255487.2	0.9	General

Για την θέρμανση του νερού χρήσης:

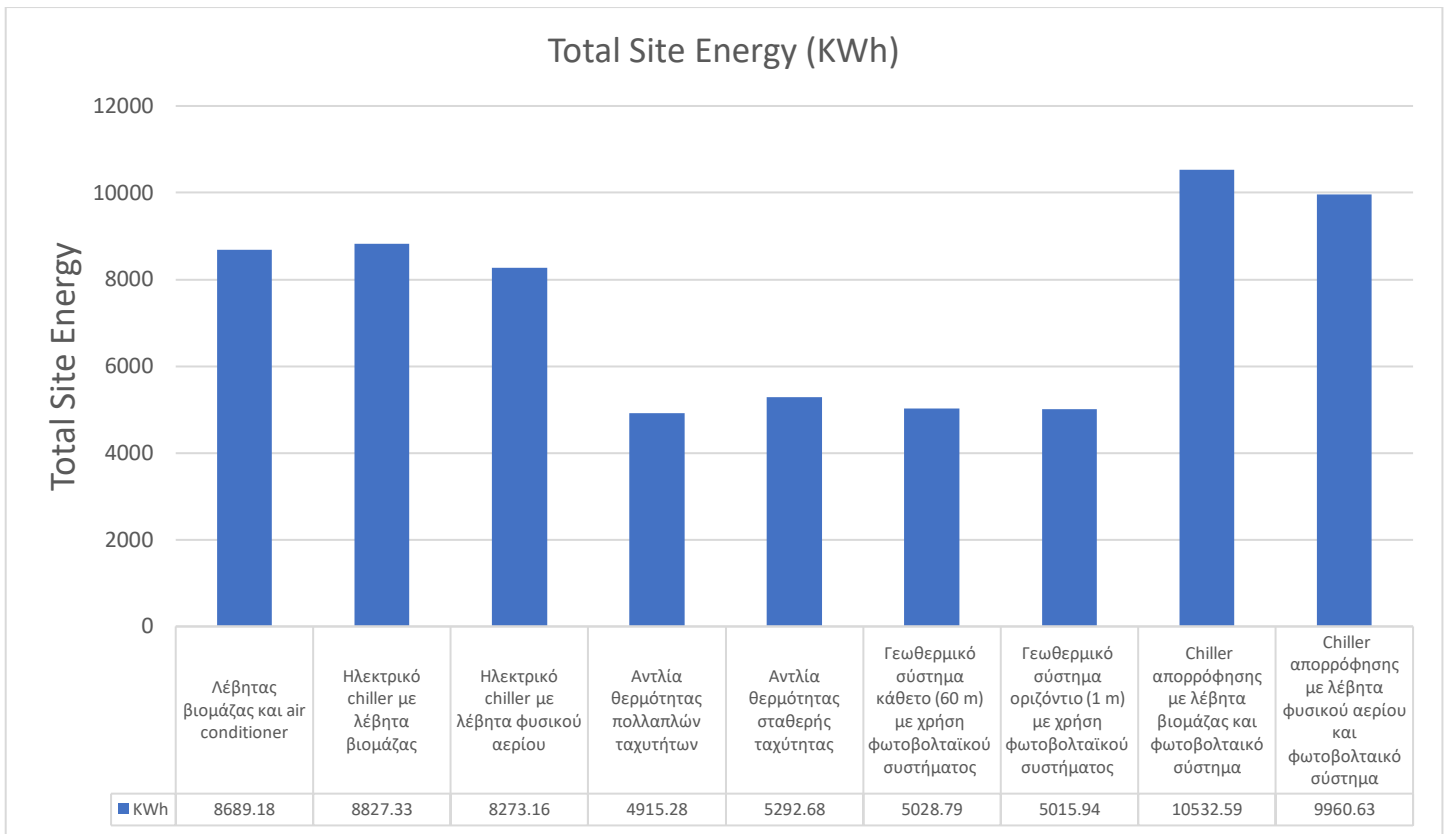
STORAGE TANK	Type	Storage Volume [m3]	Thermal Efficiency [W/W]
	Water Heater: Mixed	0.18	0.65

5.3 Συγκριτικά αποτελέσματα

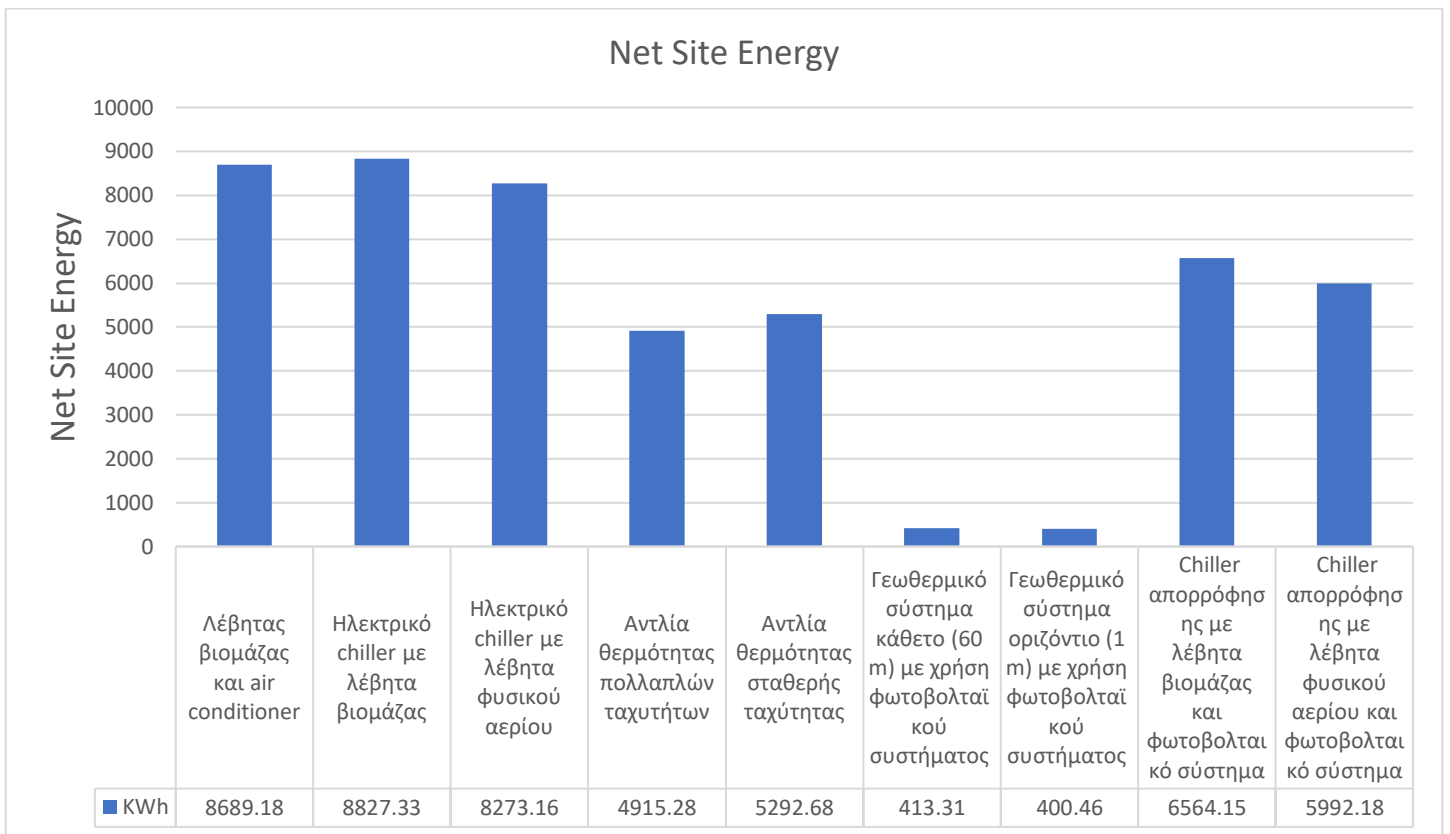
Στην παρούσα ενότητα γίνεται παράθεση των διαγραμμάτων που προέκυψαν από την σύγκριση του συνόλου των περιπτώσεων.

Τα μεγέθη που συγκρίνονται είναι:

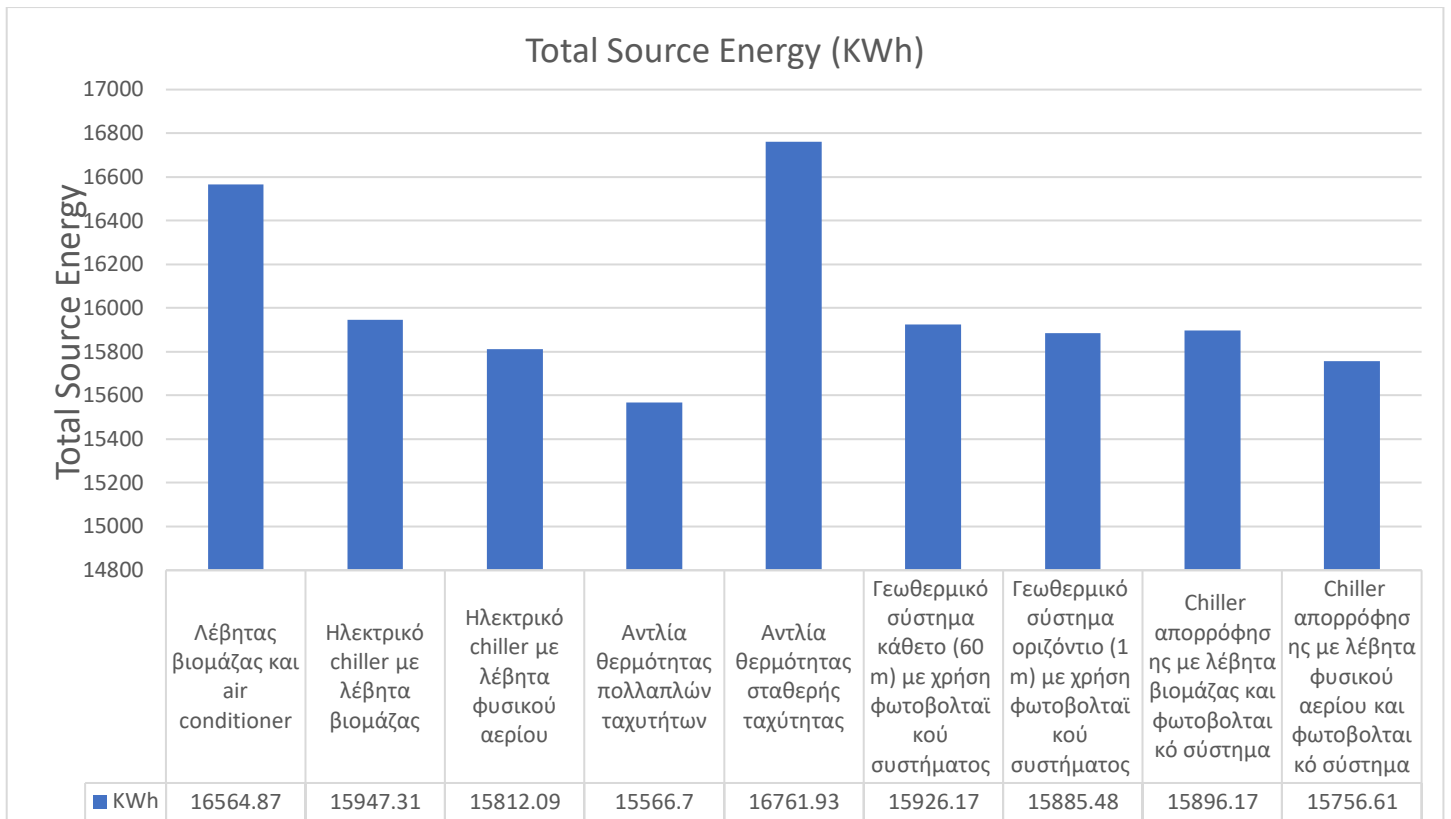
- Total Site Energy
- Net Site Energy
- Total Source Energy
- Net Source Energy



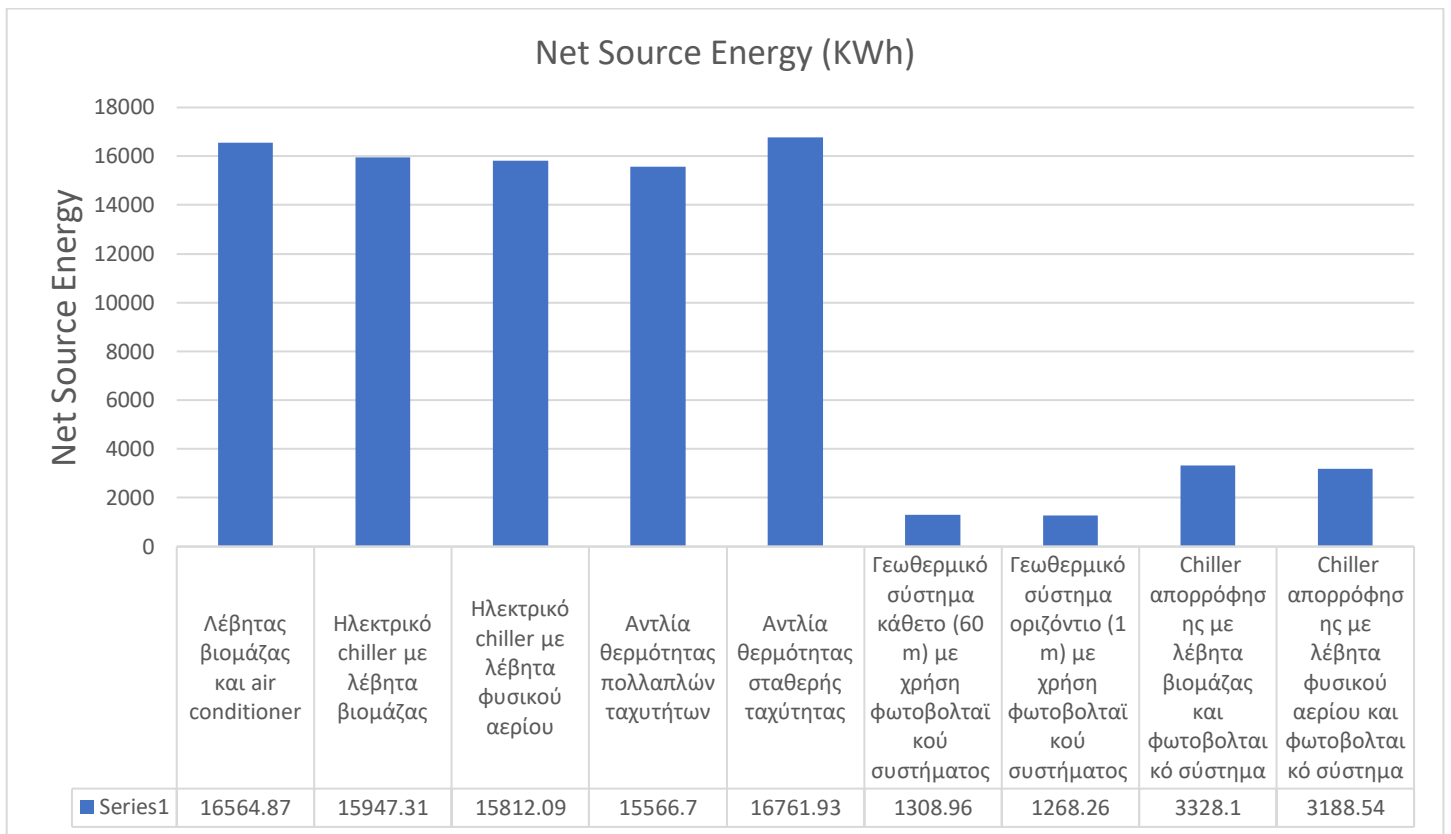
Διάγραμμα 5.22



Διάγραμμα 5.23

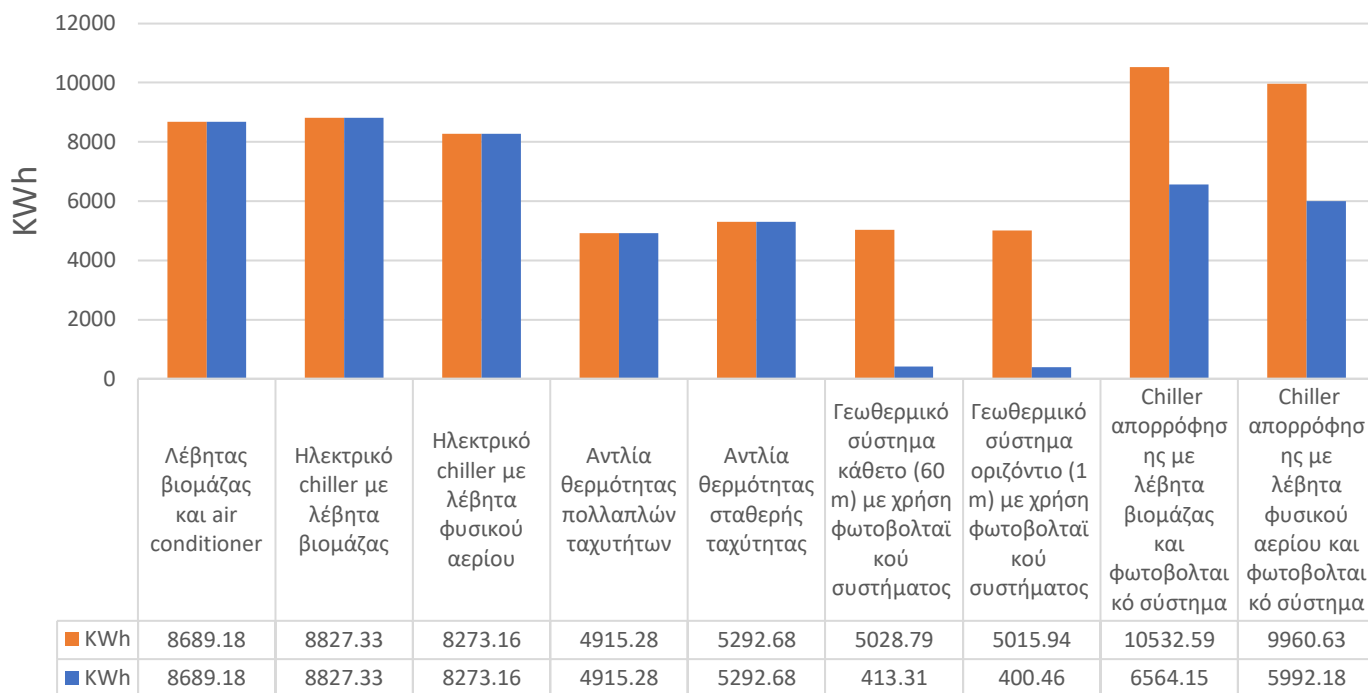


Διάγραμμα 5.24



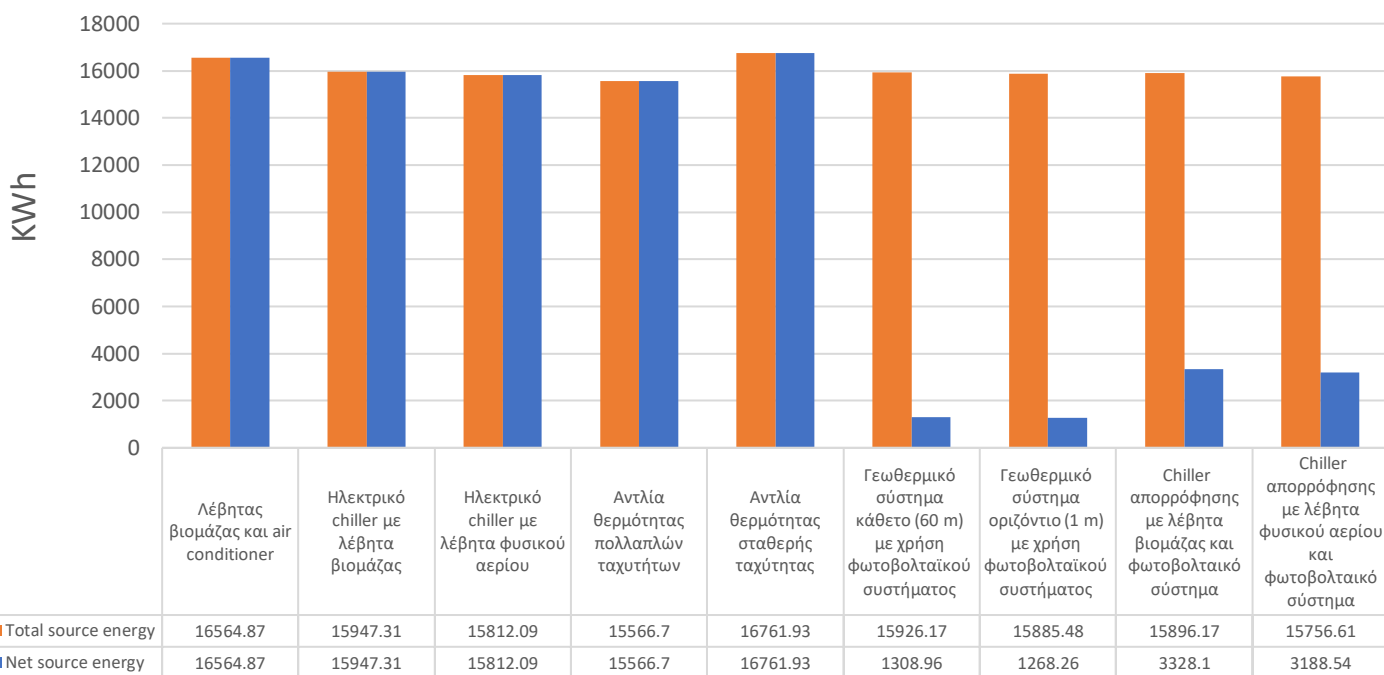
Διάγραμμα 5.25

Σύγκριση Total Site Energy και Net Site Energy για περιπτώσεις προσομοίωσης



Διάγραμμα 5.26

Σύγκριση Total Source Energy και Net Source Energy για περιπτώσεις προσομοίωσης



Διάγραμμα 5.27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

6.1 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παράθεση των συμπερασμάτων τα οποία προκύπτουν από τα αποτελέσματα του συνόλου των προσομοιώσεων.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, προκειμένου να μετατραπεί σε κτήριο μηδενικής ενέργειας ένα υπάρχον κτήριο θα πρέπει να ακολουθηθούν οι ακόλουθες τεχνολογίες και πρακτικές οι οποίες μπορούν να επιτρέψουν στην ομάδα σχεδιασμού και κατασκευής να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή απόδοση στο πλαίσιο μιας περιοδικής αναβάθμισης ή στρατηγικού μετασχηματισμού του κτιρίου:

➤ Η εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – φωτοβολταϊκά - γεωθερμία:

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 6.1 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και συστημάτων γεωθερμίας ρίχνει κατακόρυφα τα επίπεδα της καθαρής ενεργειακής απαίτησης του κτηρίου που μελετήθηκε.

Συγκεκριμένα το ποσοστό μείωση της καθαρής ενέργειας για τις περιπτώσεις όπου είχα κάποια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας φαίνεται κάτωθι:

Για την τιμή **Net site energy**:

- I. Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος : Μείωση 99,941% σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου.
- II. Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος : Μείωση 99,939%
- III. Chiller απορρόφησης με λέβητα βιομάζας και φωτοβολταϊκό σύστημα: Μείωση 99,026 %
- IV. Chiller απορρόφησης με λέβητα φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκό σύστημα: Μείωση 99,111%

Για την τιμή **Net Source Energy**:

- I. Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος : Μείωση 99,921% σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου.
- II. Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος : Μείωση 99,919%
- III. Chiller απορρόφησης με λέβητα βιομάζας και φωτοβολταϊκό σύστημα: Μείωση 99,794 %
- IV. Chiller απορρόφησης με λέβητα φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκό σύστημα: Μείωση 99,802%

➤ Εγκατάσταση ή βελτίωση της μόνωσης του κελύφους:

Με την ανακαίνιση του κελύφους του κτιρίου εγκαθιστώντας εξωτερική και εσωτερική μόνωση, θα επηρεάσει σημαντικά τις ενεργειακές επιδόσεις του κτιρίου και θα μειώσει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Όπως φαίνεται η εξωτερική μόνωση προστατεύει αποτελεσματικά από τις εξωτερικές συνθήκες και η εσωτερική μόνωση διατηρεί τις συνθήκες του εσωτερικού χώρου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

➤ Βελτίωση συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού:

Όταν η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου μειωθεί με τη μόνωση, η βελτίωση ή η εγκατάσταση νέων συστημάτων HVAC είναι απαραίτητη για την επίτευξη μεγαλύτερων ενεργειακών μειώσεων.

➤ Η εγκατάσταση παραθύρων υψηλής απόδοσης:

Τα παράθυρα αποτελούν σημαντικό στοιχείο του κελύφους του κτιρίου. Η αλλαγή των παραθύρων προσφέρει δύο πλεονεκτήματα: πρώτον τη βελτίωση του φωτισμού του κτιρίου και τη μείωση του τεχνητού φωτός, και δεύτερον τη βελτίωση της τιμής του παραθύρου για την επίτευξη καλύτερης απόδοσης και τη μείωση των απωλειών. Και οι δύο βελτιώσεις οδηγούν σε χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Στον κάτωθι πίνακα φαίνεται η συνολική ενέργεια και η καθαρή ενέργεια κτηρίου, αλλά επίσης και η συνολική ενέργεια πηγών και η καθαρή ενέργεια πηγών του κτηρίου. Όπως βλέπουμε και παρακάτω η περίπτωση με την χαμηλότερη καθαρή ενεργειακή απαίτηση (κτηρίου) είναι η περίπτωση στην οποία είχα γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος.

Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για σύνολο κτηρίου

<i>Συνολική ενέργεια [kWh]</i>	Total Site Energy [kWh]	Net Site Energy [kWh]	Total Source Energy [kWh]	Net Source Energy [kWh]
Λέβητας βιομάζας και air conditioner	8689.18	8689.18	16564.9	16564.9
Ηλεκτρικό chiller με λέβητα βιομάζας	8827.33	8827.33	15947.3	15947.3
Ηλεκτρικό chiller με λέβητα φυσικού αερίου	8273.16	8273.16	15812.1	15812.1
Αντλία θερμότητας πολλαπλών ταχυτήτων	4915.28	4915.28	15566.7	15566.7
Αντλία θερμότητας σταθερής ταχύτητας	5292.68	5292.68	16761.9	16761.9
Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος	5028.79	413.31	15926.2	1308.96

Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος	5015.94	400.46	15885.5	1268.26
Chiller απορρόφησης με λέβητα βιομάζας και φωτοβολταϊκό σύστημα	10532.59	6564.15	15896.2	3328.1
Chiller απορρόφησης με λέβητα φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκό σύστημα	9960.63	5992.18	15756.6	3188.54

Πίνακας 6.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου

<i>Ενέργεια ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m²]</i>	<i>Total Site Energy ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m²]</i>	<i>Net Site Energy ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m²]</i>	<i>Total Source Energy ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m²]</i>	<i>Net Source Energy ανά συνολική έκταση κτιρίου [kWh/m²]</i>
Λέβητας βιομάζας και air conditioner	88.27	88.27	159.47	159.47
Ηλεκτρικό chiller με λέβητα βιομάζας	82.73	82.73	158.12	158.12
Ηλεκτρικό chiller με λέβητα φυσικού αερίου	49.15	49.15	155.67	155.67
Αντλία θερμότητας πολλαπλών ταχυτήτων	52.93	52.93	167.62	167.62
Αντλία θερμότητας σταθερής ταχύτητας	50.29	4.13	159.26	13.09
Γεωθερμικό σύστημα κάθετο (60 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος	50.16	4	158.85	12.68
Γεωθερμικό σύστημα οριζόντιο (1 m) με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος	50.16	4	158.85	12.68
Chiller απορρόφησης με λέβητα βιομάζας και φωτοβολταϊκό σύστημα	105.33	65.64	158.96	33.28
Chiller απορρόφησης με λέβητα φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκό σύστημα	99.61	59.92	157.57	31.89

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Gossett, S. & Martin, A., 2013. *Breaking Down Financial Barriers Towards a More Sustainable Commercial Real Estate Market. Strategic Planning for Energy and the Environment.*
- [2]. Altomonte, S. & Schiavon, S., 2013. *Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings. Elsevier, pp. 66-76.*
- [3]. Anttonen, M., Minna, H., Eeva, H. & Nurkka, J., 2010. *The other side of sustainable innovation: is there a demand for innovative services?. Journal of Cleaner Production, September .pp. 89-90.*
- [4]. Ashley Katz, 2010. *Facilitiesnet USGBC Launches LEED Volume. [Online] <http://www.facilitiesnet.com/green/article/USGBC-Launches-LEED-Volume-Facilities-Management-Green-Feature--12169> [Använd 1 March 2015].*
- [5]. Association Francaise de Normalisation (AFNOR), F. I., 2000. *European Standard NF EN 12973.*
- [6]. *Saint-Denis La Plaine Cedex: Association Francaise de Normalisation (AFNOR) French Institute.*
- [7]. Backman, Y., Gardelli, T., Gardelli, V. & Persson, A., 2012. *Vetenskapliga tankeverktyg - till grund för akademiska studier. 1 red. Lund: Studentlitteratur.*
- [8]. Backman, Y., Gardelli, T., Gardelli, V. & Persson, A., 2012. *Vetenskapliga tankeverktyg - till grund för akademiska studier. 1 red. Lund: Studentlitteratur.*
- [9]. Bauer, M., Möhle, P. & Schwarz, M., 2010. *Green Building - Guidebook for Sustainable Architecture. Stuttgart: Springer-Verlag.*
- [10]. Bhattacharjee, A., 2012. *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices. 3 red. South Florida: Scholar Commons, USF Tampa Library Open Access Collections.*
- [11]. Blackstone, 2014. *Blackstone Press Release: Don Anderson to Join Board of Green Building*
- [12]. Certification Institute. [Online] at: <http://www.blackstone.com/news-views/press-releases/details/don-anderson-to-join-board-of-green-building-certification-institute> [Använd 15 Februari 2015].
- [13]. Bonde, M., Gustafsson, C., Lind, H. & Song, H.-S., 2013. *Gröna Kommersiella Byggnader: Marknad och värderingsmetoder, Stockholm : Kungliga Tekniska Högskolan .*
- [14]. Bonde, M., 2012. *Difficulties in changing existing leases - one explanation of the "energy paradox"?. Corporate Real Estate, pp. 63-75.*
- [15]. Boundless, 2015. *Boundless. [Online] : <https://www.boundless.com/economics/textbooks/boundless-economicstextbook/economic-surplus-4/consumer-surplus-50/willingness-to-pay-and-the-demand-curve-191-12289/> [Använd 12 May 2015].*
- [16]. Burton, W. N. o.a., 2001. *The impact of allergies and allergy treatment on worker productivity.*
- [17]. *Journal of Occupational & Environmental Medicine, 43(1), pp. 64-71. CSRHUB, 2014. CSRHUB. [Online] : http://www.csrhub.com/CSR_and_sustainability_information/Vasakronan-AB/ [Använd 11 Februari 2015].*
- [18]. Dixon, T., Ennis-Reynolds, G., Roberts, C. & Sims, S., 2009. *Is there a demand for sustainable offices? An analysis of UK business occupier moves (2006-2008). Journal of Property Research, 64- 65 October.*
- [19]. Dixon, T., Ennis-Reynolds, G., Roberts, C. & Sims, S., 2009. *Is there a demand for sustainable offices? An analysis of UK business occupier moves (2006-2008). Journal of Property Research, 26(1), pp. 61-68.*
- [20]. *Duetsche Bank Research, 2010. Green Buildings – A niche becomes mainstream, Frankfurt am Main, Germany: HST Offsetdruck Schadt & Tetzlaff GbR, Dieburg.*
- [21]. Eichholtz, P., Kok, N. & John, Q. M., 2010. *Doing Well by Doing Good? Green office Buildings. American economic review 100, December .p. 2492 . Eichholtz, P., Kok, N. & Quigley, J. M., 2010 . Sustainability and the Dynamics of Green Building , California : RICS .*

- [22]. Energimyndigheten , 2013. Kortsiktsprognos- Över energianvändning och energitillförsel 2013-2015
- [23]. Hösten 2013, Eskilstuna : Energimyndigheten .
- [24]. Fuerst, F. & McAllister, P., 2009. An Investigation of the Effect of Eco-Labeling on Office Occupancy Rates. MPRA Munish Personal RePEe Archive , 10 May.
- [25]. Fuerst, F. & McAllister, P., 2011. Green Noise or Green Value? Measuring the Effects of Environmental Certification on Office Values. REAL ESTATE ECONOMICS, 39(1), pp. 45-69.
- [26]. Geiger, P., Cajilas , M. & Bienert, S., 2013. The asset allocation of sustainable real estate: a chance for
- [27]. a green contribution?. Journal of Corporate Real Estate, pp. 72-91.
- [28]. Gou, Z., Lau , S. S.-Y. & Shen, J., 2012. Indoor Environmental Satisfaction in Two LEED Offices and its implications in Green Interior Design. Indoor and Built Environment , pp. 503-514.
- [29]. Governors' Green Government Council, 2013. A GREEN BUILDING? Fundamental Principles of Green Building and Sustainable Site Design, u.o.: United States Environmental Protection Agency.
- [30]. Green Building Certification Institute , 2011. GBCI. [Online] : <http://www.gbci.org/home.aspx> [Använd 15 Februari 2015].
- [31]. Green Wizard - The Building Product Management Solution, 2014. LEED – Credentialed Professionals in Demand. [Online] : <https://www.greenwizard.com/2014/10/leed-credentialed-professionals-in-demand/> [Använd 16 Februari 2015].
- [32]. Hedge, A. & Dorsey, J. A., 2013. Green buildings need good ergonomics. Ergonomics, pp. 492-506.
- [33]. Hedge, A., Puleio, J. & Wang, V., 2011. Evaluating the impact of an office ergonomics program. In: Proceedings of the human. Human Factors and Ergonomics Society, pp. 594-598.
- [34]. Hendrikse, G., 2003. Economics and Management of Organisations - Co-ordination, Motivation and Strategy. 1 red. u.o.: McGraw-Hill Higher Education.
- [35]. Hinnells, M., 2008. The greening of commercial leases. Property Investment & Finance, pp. 541-551. JLL, 2015. Nordic City Report, Stockholm : John Lang Lasalle .
- [36]. Karhu, J., 2012. The Green Preferences of commercial tenants in Helsinki. Journal of Corporate Real
- [37]. estate, pp. 50-62.
- [38]. Karhu, J., Laitala, A., Falkenbach, H. & Anna-Liisa, S., 2012. The Green Preferences of commercial
- [39]. tenants in Helsinki. Journal of Corporate Real estate, pp. 50-62.
- [40]. Kok, N., Quigley , J. M. & Eichholtz, P., 2009. Why Companies Rent Green: CSR and the Role of Real Estate, California: Institute of Business and Economic Research.
- [41]. Lindstedt, P. & Burenus, J., 2006. The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value. 2 red. Sweden: Nimba AB.
- [42]. Matisoff, D. C., Noonan , D. S. & Mazzolini , A. M., 2014. Performance Or Marketing Benefits? The
- [43]. Case of LEED Certifications. Environmental Science & Technology , pp. 2001-2007.
- [44]. Matisoff, D. C., Noonan, D. S. & Mazzolini, A. M., 2014. Performance or Marketing Benefits? The
- [45]. case of LEED Certification. Environmental Science & Technology, 48(3), pp. 2001-2007.
- [46]. Miljö-och energi department et, 2008. Regeringskansliet [Online]: <http://www.government.se/sb/d/8857>
- [47]. Miller, E. & Buys , L., 2008. Retrofitting Commercial Office Buildings for Sustainability: Tenant's Perspective. Journal of Property Investment & Finance , pp. 1-4.
- [48]. Newsec , 2015. Property outlook , Stockholm : Newsec .
- [49]. Polish Green Building Council, 2011. POLISH GREEN BUILDING COUNCIL. [Online] : <http://www.plgbc.org.pl/eng/rating-systems/leed.htm> [Använd 16 Februari 2015].
- [50]. Porter, M. & Sundqvist, P., 2010. LEED i Sverige och byggprojektet Borgarfjord 3, Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH).

- [51]. Richards, J., 2012. *GREEN BUILDING: A Retrospective on the History of LEED Certification*, Berkeley: Institute for Environmental Entrepreneurship.
- [52]. Singh, A., Syal, M., Grady, S. C. & Korkmaz, S., 2010. *Effects of Green Buildings*. *American Journal of Public Health*, 100(9), p. 1665–1668.
- [53]. Svensson, L. & Wellius, K., 2013. *Environmentally certified buildings - The value for the investor*, Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH).
- [54]. Sweden Green Building Council, 2014. Sweden Green Building Council. [Online] : <https://www.sqbc.se/var-verksamhet/leed> [Använd 3 Februari 2015]. Sweden Green Building Council, 2014.
- [55]. Sweden Green Building Council Om Oss. [Online] : <https://www.sqbc.se/om-oss> [Använd 3 Februari 2015].
- [56]. Sweden Green Building Council, 2015. Sweden Green Building Council. [Online] : <https://www.sqbc.se/var-verksamhet/leed> [Använd 3 Februari 2015].
- [57]. Swedish Green Building Council, 2011. *GreenBuilding - Swedish Green Building Council*. [Online] : <http://www.sqbc.se/var-verksamhet/greenbuilding> [Använd 12 April 2015].
- [58]. Swedish Green Building Council, 2013. *Swedish Green Building Council Regional Priority Credits for LEES v4*. [Online] : <http://www.sqbc.se/nyheter/543-regional-priority-credits-for-leed-v4> [Använd 1 March 2015].
- [59]. *The Value Model*, 2015. *The Value Model*. [Online] : <http://valuemodel.com/the-value-model/> [Använd 29 April 2015].
- [60]. U.S Green Building Council Board, 2009. USGBC, u.o.: U.S Green Building Council. U.S Green Building Council, 2015. *U.S. Green Building Council Innovation in Operations*. [Online] : <http://www.usgbc.org/credits/existing-buildings/v2009/ioc1> [Använd 1 March 2015].
- [61]. U.S. Green Building Council, 2009. *Green Reference Guide for Building Design and Construction*, Washington:
- [62]. U.S. Green Building Council. U.S. Green Building Council, 2015. *U.S Green Building Council LEED Rating*. [Online] : <http://www.usgbc.org/leed#rating> [Använd 27 February 2015].
- [63]. U.S. Green Building Council, 2015. *U.S. Green Building Council - Green Building Facts*. [Online]
- [64]. : <http://www.usgbc.org/articles/green-building-facts> [Använd 27 February 2015].
- [65]. U.S. Green Building Council, 2015. *U.S. Green Building Council History*. [Online] : <http://www.usgbc.org/about/history> [Använd 4 Februari 2015].
- [66]. U.S. Green Building Council, 2015. *U.S. Green Building Council Leed Levels of Certification*. [Online] : <http://www.usgbc.org/leed> [Använd 20 February 2015].
- [67]. United States Environmental Protection Agency, 2014. *United States Environmental Protection Agency - Risk Management Sustainable Technology*. [Online] : <http://www.epa.gov/nrmrl/std/traci/traci.html> [Använd 19 Februari 2015].
- [68]. Washington: U.S. Green Building Council. *US Green Building Council, 2013. USGBC Annual Report 2013*. [Online] : <http://www.usgbc.org/annual-report/2013/> [Använd 15 Februari 2015].
- [69]. US Green Building Council, 2015. *Advocacy World Green Building Council*. [Online] : <http://www.usgbc.org/advocacy/coalitions/world-green-building-council> [Använd 15 Februari 2015].
- [70]. US Green Building Council, 2015. *USGBC LEED v4*. [Online] : <http://www.usgbc.org/about/leed/current-version> [Använd 19 Februari 2015].

- [71]. USGBC & GBCI, 2012. *LEED VOLUME PROGRAM: OVERVIEW AND PROCESS*, u.o.: U.S. Green Building Council & Green Building Certification Institute.
- [72]. USGBC , 2014. *U.S Green Building Concuil*. [Online] : <http://www.usgbc.org/articles/what-green-building> USGBC, 2015. *USGBC*. [Online] : <http://www.usgbc.org/about/history> [Använd 4 Februari 2015].
- [73]. Vasakronan, 2009. *Det Gröna Kontoret*. [Online] : <http://vasakronan.se/inspiration/det-grona-kontoret/gron-service> [Använd 2015].
- [74]. Vasakronan, 2015. *Vasakronan*. [Online] : <http://vasakronan.se/> [Använd 11 Februari 2015].
- [75]. Vasakronan, 2015. *Vasakronan Finansiell Översikt*. [Online] : <http://vasakronan.se/om-vasakronan/finansiell-information/finansiell-oversikt> [Använd 11 Februari 2015].
- [76]. Vasakronan, 2015. *Vasakronan Historik*. [Online] : <http://vasakronan.se/om-vasakronan/foretagsfakta/historik> [Använd 11 Februari 2015].
- [77]. Wooldridge , J. M., 2012. *Introductory Econometrics- A modern approach*. 5th red. Michigan : Cengage Learning .
- [78]. World Green Building Council, 2013. *World Green Building Council Annual Report 2012/2013 – See more at:* <http://www.worldgbc.org/infohub/annual-report-2013/#sthash.Ey9x56IF.dpuf>. [Online] : <http://www.worldgbc.org/infohub/annual-report-2013/> [Använd 15 Februari 2015].
- [79]. World Green Building Council, 2015. *About WorldGBC*. [Online] : <http://www.worldgbc.org/worldgbc/about/> [Använd 15 Februari 2015].
- [80]. World Green Building Council, 2015. *World Green Building Council - Member List*. [Online] : <http://www.worldgbc.org/worldgbc/members/> [Använd 23 February 2015]. Zalejska-Jonsson, A., 2014.
- [81]. <https://www.arup.com/projects/yale-university-school-of-forestry-and-environmental-studies>
- [82]. *Systems Analysis Frameworks for Biorefineries* Ganti S. Murthy, in *Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels (Second Edition)*, 2019
- [83]. *Sustainable Development and Other Solutions to Pollution and Global Change* M.L. Brusseau, in *Environmental and Pollution Science (Third Edition)*, 2019
- [84]. *Life-Cycle Assessment* M.A. Curran, in *Encyclopedia of Ecology*, 2008
- [85]. *Life Cycle Assessment* Iyyanki V. Muralikrishna, Valli Manickam, in *Environmental Management*, 2017
- [86]. *Integrating life cycle cost analysis and LCA* Gregory A. Norris *The International Journal of Life Cycle Assessment* volume 6, pages118–120 (2001)
- [87]. *Environmental life-cycle costing: a code of practice* Thomas E. Swarr, David Hunkeler, Walter Klöpffer, Hanna-Leena Pesonen, Andreas Ciroth, Alan C. Brent & Robert Pagan *The International Journal of Life Cycle Assessment*
- [88]. *Life Cycle Energy Consumption of Buildings; Embodied + Operational* Rahman Azari, in *Sustainable Construction Technologies*, 2019
- [89]. *Sustainability of using recycled plastic fiber in concrete* Rabin Tuladhar, Shi Yin, in *Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete*, 2019
- [90]. *Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation*
- [91]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919317945>
- [92]. *Whole life carbon assessment for the built environment* <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/whole-life-carbon-assessment-for-the--built-environment-november-2017.pdf>

- [93]. *Design Strategies for Low Embodied Carbon and Low Embodied Energy Buildings: Principles and Examples* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215028702>
- [94]. *Net Zero Carbon Buildings* <https://www.ukgbc.org/wp-content/uploads/2019/04/Net-Zero-Carbon-Buildings-A-framework-definition.pdf>
- [95]. *Estimation and Minimization of Embodied Carbon of Buildings: A Review* <https://www.mdpi.com/2075-5309/7/1/5/pdf>
- [96]. *Embodied Carbon in Buildings: Measurement, Management, and Mitigation* Francesco Pomponi, Catherine De Wolf, Alice Moncaster
- [97]. IEA (International Energy Agency) (2017a), *Electricity Information 2017*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/.
- [98]. IEA (2017b), *World Energy Balances 2017*, OECD/IEA, Paris, www.iea.org/statistics/.
- [99]. Commission of the European Communities, (2008), *Proposal for a recast of the Energy Performance of Buildings Directive (2002/91/EC)*, Brussels, 13-XI-2008
- [100]. Esbensen, T.V, Korsgaard, V. (1977). *Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark*. *Solar Energy* Vol. 19, Issue 2, 1977, p. 195-199
- [101]. Michaelides .S , Pashiardis S. , Alpert P., Price C., *Long term changes in diurnal temperature range in Cyprus , Department of Geophysics and Planetary Sciences, Israel, Received 5 November 1998; accepted 10 March 1999.*
- [102]. Petrakis, M., Kambezidis, H. D., Lykoudis, S., Adamopoulos, Anastasios D., Michaelides, Ioannis, Kalogirou, Soteris A., Roditis, G., 1998, *Generation of a “typical meteorological year” for Nicosia, Cyprus*, Elsevier B. V *Renewable Energy*, Vol. 13, no. 3, 1998, pp. 381-388, ISSN:0960-1481.
- [103]. Price a, Silas Michaelides , Stylianos Pashiardis , Pinhas Alpert, 1998, *Long term changes in diurnal temperature range in Cyprus ,Department of Geophysics and Planetary Sciences, Meteorological Service, Nicosia, Cyprus,5 November 1998; accepted 10 March 1999.*
- [104]. NCDC. 1981. *Typical Meteorological Year User’s Manual, TD-9734, Hourly Solar Radiation—Surface Meteorological Observations, May 1981*. Asheville, North Carolina: National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce.
- [105]. *Meteorological Service of Cyprus; Moa.gov.cy, (2002). Department of Meteorology - Climate of Cyprus.*
- [106]. U.S Department of Energy, Building Technologies Office, *EnergyPlus Energy Simulation Software, Weather Data Sources; Apps1.eere.energy.gov, (2002). EnergyPlus Energy Simulation Software: Weather Data Sources*
- [107]. *Climate Consultant Program; Energy-design-tools.aud.ucla.edu, (2006). Energy Design Tools.*
- [108]. University of Southampton, Serg.soton.ac.uk, (2009). *Sustainable Energy Research Group Climate Change World Weather File Generator for World-Wide Weather Data – CCWorldWeatherGen | Sustainable Energy Research Group.*
- [109]. Price, C., Michaelides, S., Pashiardis, S. and Alpert, P. (1999). *Long term changes in diurnal temperature range in Cyprus*. *Atmospheric Research*, 51(2), pp.85-98.
- [110]. Meteonorm.com, (2011). *Meteonorm: Documents/Handbook part 1: Theory.*