



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – Τηλ. 210-7723655, Fax 210-7723565

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας

ΚΑΓΙΑΚΕΪΣΙΔΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

Επιβλέπων

**Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής ΕΜΠ, Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών**

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας μου και Καθηγητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. κ. Καρέλλα Σωτήριο, για την συνεργασία και καθοδήγηση κατά τη σύνταξη αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την υπομονή και συμπαράστασή τους, καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος.

Καγιακεϊσίδου Βασιλική

Οκτώβριος 2022

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σύνοψη	9
Summary	10
Περίληψη.....	11
Abstract.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Η σημασία της Ενέργειας	13
1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	14
1.3 Το Ενεργειακό Πρόβλημα	15
1.4 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	21
1.5 Διεθνής κινητοποίηση.....	21
1.6 Εθνική πολιτική αντιμετώπισης.....	23
1.7 Κτιριακός τομέας	25
1.8 Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός.....	29
1.8.1 Συστήματα Συμπαραγωγής Ενέργειας	30
1.8.2 Συστήματα Τριπαραγωγής.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο.....	36
ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	36
2.1. Συστήματος τριπαραγωγής κυψέλης καυσίμου στερεού οξειδίου σε ξενοδοχειακή μονάδα του Χονγκ Κονγκ	36
2.2 Η περίπτωση ενός γεωθερμικού – ηλιακού συστήματος τριπαραγωγής σε ένα ξενοδοχείο στην Ischia της Ιταλίας.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	46
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	46
3.1 Εργαλεία προσομοίωσης.....	46
3.2 Κτίριο μελέτης	48
3.3 Σχεδίαση ξενοδοχείου μελέτης στο AutoCAD.....	48
2.2.1 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες	50
3.4 Προσομοίωση ξενοδοχείου μελέτης στο SketchUp	51
3.5 Προσομοίωση ξενοδοχείου μελέτης στο Open Studio	55
3.6 Βελτιστοποίηση Η/Μ Συστημάτων	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	71
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	71
4.1 Συμβατικό Σύστημα.....	71
4.2 Υπολογισμός κόστους ενέργειας συμβατικού συστήματος.....	73
4.3 1 ^ο σενάριο βελτιστοποίησης	75
4.4 Υπολογισμός κόστους 1 ^{ου} σεναρίου	77
4.5 2 ^ο σενάριο βελτιστοποίησης	78

4.6 Υπολογισμός κόστους 2 ^{ου} σεναρίου	79
4.7 Συνολικά αποτελέσματα	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.....	81
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο.....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο.....	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	86
Παράρτημα Α	86
Παράρτημα Β	89
Παράρτημα Γ	93

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Διαχρονική Μεταβολή της Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας	13
Εικόνα 1.2: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	14
Εικόνα 1.3: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά αέριο, 2020	15
Εικόνα 1.4: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κλάδο, 2020	15
Εικόνα 1.5: Παραγωγή Πρωτογενούς Ενέργειας στην ΕΕ	16
Εικόνα 1.6: Παραγωγή πρωτογενούς Ενέργειας στην ΕΕ το 2020	17
Εικόνα 1.7: Ενεργειακές εισαγωγές της ΕΕ	19
Εικόνα 1.8: Εξέλιξη τιμής φυσικού αερίου στην ΕΕ (€/MWh) – 2017-2022	20
Εικόνα 1.9: Προμηθευτές ενέργειας της ΕΕ	20
Εικόνα 1.10: Ευρωπαϊκοί στόχοι για το 2030	23
Εικόνα 1.11: Στόχοι Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα	25
Εικόνα 1.12: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Κλάδο	26
Εικόνα 1.13: Κατανομή Κατανάλωσης Ενέργειας Κτηρίων	28
Εικόνα 1.14: Τυπικό Σύστημα Συμπααραγωγής	31
Εικόνα 1.15: Τυπικό Σύστημα Τριπαραγωγής	33
Εικόνα 1.16: Ψυκτική Μηχανή Απορρόφησης	34
Εικόνα 1.17: Ηλιακός Συλλέκτης ως θερμική πηγή	35
Εικόνα 2.1: Προφίλ ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου ICON 2012	37
Εικόνα 2.2: Σύστημα τριπαραγωγής με ψύκτη απορρόφησης SOFC	38
Εικόνα 2.3: Σύστημα τριπαραγωγής ξενοδοχείου της Ischia	41
Εικόνα 2.4: Συνολικά ενεργειακά αποτελέσματα του ξενοδοχείου της Ischia	42
Εικόνα 2.5: Εβδομαδιαία ενέργεια για το ξενοδοχείο της Ischia	43
Εικόνα 2.6: Εβδομαδιαία ποσοστά ενέργειας	45
Εικόνα 3.1: Κάτοψη ισογείου ξενοδοχείου μελέτης	49
Εικόνα 3.2: Κάτοψη ισογείου δυτικού και ανατολικού κτιρίου αντίστοιχα	50
Εικόνα 3.3: Δημιουργία αρχείου Open Studio	52
Εικόνα 3.4: Εισαγωγή αρχείο AutoCAD στο Sketch Up	52
Εικόνα 3.5: Οριακές συνθήκες δομικών στοιχείων	53
Εικόνα 3.6: Θερμικές ζώνες	53
Εικόνα 3.7: Εισαγωγή κουφωμάτων	54
Εικόνα 3.8: Προσομοίωση ξενοδοχειακής μονάδας στο Sketch Up	54
Εικόνα 3.9: Εισαγωγή καιρικών δεδομένων περιοχής	55
Εικόνα 3.10: Εισαγωγή design days περιοχής	55
Εικόνα 3.11: Schedule sets για τις θερμικές ζώνες	56
Εικόνα 3.12: Schedule για τον εξοπλισμό του εστιατορίου	57
Εικόνα 3.13: Schedule για το ζεστό νερό χρήσης των δωματίων	57
Εικόνα 3.14: Schedule για την πληρότητα του χώρου της reception	57
Εικόνα 3.15: Δομικά υλικά	58
Εικόνα 3.16: Μηχανικές ιδιότητες υλικών διατομής σκυροδέματος	58
Εικόνα 3.17: Διατομές interior ceiling και interior floor, αντίστοιχα	59
Εικόνα 3.18: Construction set	59
Εικόνα 3.19: Θερμικά φορτία ανθρώπινης ακτινοβολίας	60
Εικόνα 3.20: Θερμικά φορτία φωτισμού	60
Εικόνα 3.21: Θερμικά φορτία εξοπλισμού	60
Εικόνα 3.22: Σύστημα κλιματιστικών μονάδων	61
Εικόνα 3.23: Σύστημα ζεστού νερού χρήσης	62
Εικόνα 3.24: Σύστημα τερματικών μονάδων, fan coil	64
Εικόνα 3.25: Σύστημα ψύξης	65
Εικόνα 3.26: Σύστημα θέρμανσης	66
Εικόνα 3.27: Εξαγωγή αρχείου σε idf	67

Εικόνα 3.28: Εισαγωγή ΣΗΘ.....	67
Εικόνα 3.29: Διάγραμμα Λειτουργίας Ηλιοθερμικού Συστήματος	68
Εικόνα 3.30: Προσθήκη ηλιακών συλλεκτών	69
Εικόνα 3.31: Σύστημα θέρμανσης με ηλιακούς συλλέκτες	70
Εικόνα 4.1: Χρήσεις χώρων ξενοδοχείου	71
Εικόνα 4.2: Συνολική κατανάλωση συγκροτήματος	72
Εικόνα 4.3: Μέση ενεργειακή κατανάλωση ξενοδοχείων	72
Εικόνα 4.4: Κατανομή κατανάλωσης ανά χρήση	72
Εικόνα 4.5: Κατανομή κατανάλωσης ανά μήνα	73
Εικόνα 4.6: Κόστος λειτουργίας συμβατικού συστήματος	74
Εικόνα 4.7: Πραγματικά τιμολόγια επιχείρησης	75
Εικόνα 4.8: Χαρακτηριστικά συστήματος ΣΗΘ.....	75
Εικόνα 4.9: Σύστημα ΣΗΘ	76
Εικόνα 4.10: Χαρακτηριστικά Ψύκτη Απορρόφησης	76
Εικόνα 4.11: Ψύκτης Απορρόφησης.....	76
Εικόνα 4.12: Κόστος επένδυσης 1 ^ο σεναρίου	77
Εικόνα 4.13: Χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη	78
Εικόνα 4.14: Ηλιακός Συλλέκτης	78
Εικόνα 4.15: Κόστος επένδυσης 2 ^ο σεναρίου	79
Εικόνα 4.16: Συγκεντρωτικά Οικονομικά μεγέθη	80
Εικόνα 7.1: Σύστημα τριπαραγωγής ξενοδοχείου της Ischia	86
Εικόνα 7.2: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού εστιατορίου	89
Εικόνα 7.3: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού υποδοχής	89
Εικόνα 7.4: Ημερήσια πληρότητα εστιατορίου	90
Εικόνα 7.5: Ημερήσια πληρότητα υποδοχής	90
Εικόνα 7.6: Ημερήσια πληρότητα δωματίων	91
Εικόνα 7.7: Ημερήσια χρήση ζεστού νερού	91
Εικόνα 7.8: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας φωτισμού	92
Εικόνα 7.9: Ενδεικτικό τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας	94

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

Καγιακειΐδου Βασιλική

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

**Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής ΕΜΠ, Τμήμα
Μηχανολόγων Μηχανικών**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:

2021-2022

Σύνοψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση διαδοσμένων τεχνολογιών συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και η μελέτη εφαρμογής τους σε κτίρια με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση τους και την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και κόστους. Ειδικότερα μελετάται η ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου τριτογενούς τομέα και συγκεκριμένα ξενοδοχειακού συγκροτήματος στην Χαλκιδική, με εποχική λειτουργία τους καλοκαιρινούς μήνες. Γίνεται ανάλυση των συνθηκών που οδηγούν στην ανάγκη στροφής σε νέες ενεργειακές τεχνολογίες και των δεδομένων που χρίζουν ελκυστικές τις τεχνολογίες συμπαραγωγής και τριπαραγωγής. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή του κτιρίου μελέτης και λεπτομερής καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, των στοιχείων της λειτουργίας του, των Η/Μ συστημάτων και των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης. Προσομοιώνεται αναλυτικά το ξενοδοχείο με βάση όλα τα χαρακτηριστικά του στην υφιστάμενη κατάσταση, στο λογισμικό Energy Plus. Έπειτα εφαρμόζονται δύο σενάρια προτεινόμενων παρεμβάσεων για την αναβάθμιση των συστημάτων του κτιρίου. Επιλέγεται σύστημα τριπαραγωγής για κάλυψη και των φορτίων κλιματισμού, με χρήση ορυκτών καυσίμων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έτσι ολοκληρώνεται η προσομοίωση του μοντέλου με τα προγράμματα Open Studio και EnergyPlus. Τέλος πραγματοποιείται οικονομική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και ελέγχεται η βιωσιμότητα της κάθε επένδυσης και εξάγονται σχετικά συμπεράσματα, αλλά και προτάσεις περαιτέρω έρευνας πάνω στον τομέα.

POST-GRADUATE THESIS:

**COMPARATIVE STUDY OF COGENERATION
SYSTEMS IN A HOTEL**

STUDENT:

Kagiakeisidou Vasiliki

SUPERVISOR:

**Karellas Sotirios, NTUA Professor, Department of
Mechanical Engineering**

ACADEMIC YEAR:

2021-2022

Summary

The objective of the current thesis is the presentation of widespread technologies of cogeneration of electricity and heat and their implementation in buildings in order to save energy and cost as well. In particular, the energy upgrade of a tertiary sector building and more specifically a hotel complex in Chalkidiki, with seasonal operation during summer months, is being studied. An analysis of the conditions that lead to the need to switch to new energy technologies as well as the data that make cogeneration and trigeneration technologies attractive is made. Then, a brief description of the studied building and a detailed record of the characteristics of the building shell, the elements of its operation, the E/M systems and the heating-cooling systems take place. The hotel is simulated in detail based on all its characteristics in the existing state, in the Energy Plus software. Then two scenarios of proposed interventions are implemented in order to upgrade the building's systems. The implementation of trigeneration is chosen to cover air conditioning loads both with the use of fossil fuels and renewable energy sources. The simulation of the model is finalized with the use of Open Studio and EnergyPlus programs. Finally, an economic evaluation of the results and the viability of each investment are examined and relevant conclusions are made, as well as proposals for further research in this field.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τα συστήματα τριπαραγωγής, με εφαρμογές στον κτιριακό τομέα και ειδικότερα σε ξενοδοχειακές μονάδες. Τα επιλεγμένα συστήματα τοποθετήθηκαν σε υφιστάμενο ξενοδοχείο της Βόρειας Ελλάδας, στην περιοχή της Χαλκιδικής, και προσομοιώθηκαν μέσω του ενεργειακού λογισμικού Energy Plus. Στόχος είναι η διερεύνηση της προσφοράς των συστημάτων τριπαραγωγής στην ενεργειακή εξοικονόμηση του συγκροτήματος, με προτεραιότητα στις καταναλώσεις κλιματισμού, αλλά και ο έλεγχος της βιωσιμότητας των επενδύσεων για την εγκατάστασή τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο επισημαίνονται οι συνθήκες τις σύγχρονης ζωής που καθιστούν αναγκαίες τις αλλαγές στον τομέα της ενέργειας. Περιβαλλοντικές και οικονομικές κρίσεις, αλλά και πολιτικά συμφέροντα, συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση. Σε διεθνές επίπεδο γίνονται προσπάθειες μείωσης της χρήσης ορυκτών πόρων, καθώς εξαντλούνται σταδιακά ενώ ταυτόχρονα επιβαρύνουν σημαντικά την ατμόσφαιρα. Στόχος είναι η στροφή στις ανανεώσιμες και καθαρές πηγές ενέργειας, που μπορούν να εξασφαλίσουν και την ενεργειακή, και κατ' επέκταση πολιτική, ανεξαρτησία των χωρών. Πέρα από την μορφή της απαιτούμενης ενέργειας, γίνονται προσπάθειες και για την μείωση του συνολικού ποσού που απαιτείται σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα ο κτιριακός τομέας κατέχει μεγάλο ποσοστό στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, με αποτέλεσμα να έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Γι' αυτό, άλλωστε ενδείκνυται για εφαρμογές νέας τεχνολογίας, κυρίως όσον αφορά τον Η/Μ εξοπλισμό τους, ακόμα και συστημάτων που δεν είναι πολύ ανταγωνιστικά για περιπτώσεις μικρών καταναλώσεων. Μέρος αυτών των τεχνολογιών είναι και η συμπαραγωγή ενέργειας. Τα συστήματα συμπαραγωγής και τριπαραγωγής έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό, με την πρόοδο της τεχνολογίας. Έτσι παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τους που τα καθιστούν ελκυστικές επιλογές, ενώ ταυτόχρονα ορίζουν τις προϋποθέσεις για την ορθή εφαρμογή τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται παραδείγματα εφαρμογών, στον διεθνή χώρο, που αξιοποιούνται συστήματα τριπαραγωγής. Αρχικά παρουσιάζεται σύστημα τριπαραγωγής SOFC σε ξενοδοχειακή μονάδα του Χονγκ Κονγκ. Η συγκεκριμένη μονάδα εμφανίζει μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας και αποτελεί ιδανική επιλογή για πλήρη αξιοποίηση της εν λόγω τεχνολογίας. Στη συνέχεια εξετάζεται γεωθερμικό/ηλιακό σύστημα τριπαραγωγής σε ξενοδοχείο στην Ιταλία. Η περίπτωση αυτή αφορά μικρότερες καταναλώσεις και αξιοποιεί ανανεώσιμες πηγές για την λειτουργία του συστήματος. Η επιλογή αυτή μειώνει σημαντικά το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησής τους. Για τα δύο ξενοδοχεία αναλύονται οι λόγοι και τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν τα συστήματα σε κάθε περίπτωση και παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας τους.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του ξενοδοχειακού συγκροτήματος και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Παρουσιάζονται, αναλυτικά, τα βήματα που ακολουθήθηκαν και τα δεδομένα που εισήχθησαν σε κάθε ένα λογισμικό. Αναφέρονται στοιχεία σχετικά με την γεωμετρία και τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, τις θερμικές ζώνες που θεωρήθηκαν, τα προφίλ λειτουργίας και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Συγκεκριμένα δίνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του ξενοδοχείου και περιγράφονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες που απαιτήθηκαν για την προσομοίωση της γεωμετρίας του μοντέλου. Επιπλέον, αναφέρονται οι παραδοχές και τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας και των εγκαταστάσεων του συγκροτήματος.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιέχει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις και την ερμηνεία αυτών. Συγκεκριμένα συγκρίνονται οι τιμές των καταναλώσεων σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις εξοπλισμού που εξετάστηκαν, αλλά και τα οικονομικά στοιχεία, που ορίζουν την βιωσιμότητα της κάθε επιλογής. Με βάση τα στοιχεία που προκύπτουν, εξετάζεται ο βαθμός εξοικονόμησης, ενέργειας και κόστους, κάθε σεναρίου. Πέρα από τις απόλυτες τιμές και το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει, δίνεται βάση και στο χρονικό πλαίσιο στο οποίο η κάθε επένδυση γίνεται κερδοφόρα.

Τέλος εξάγονται συμπεράσματα, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, για την αξία κάθε σεναρίου και τα ρίσκα που περιλαμβάνει. Γίνονται, επίσης, προτάσεις περαιτέρω έρευνας, στον τομέα, για μια πιο πλήρη εικόνα της σημασίας της συμπαραγωγής. Η ενίσχυση των σεναρίων με επεκτάσεις που θα κάνουν οικονομικά πιο συμφέρουσα την εγκατάσταση, αλλά και η αλλαγή παραμέτρων για πιο σφαιρική εξέταση του ζητήματος είναι κάποιες από αυτές τις εναλλακτικές ιδέες. Η μελέτη ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών και τα παραρτήματα, που περιέχουν ορισμένες επιπλέον πληροφορίες και στοιχεία.

Abstract

The current thesis examines the application of trigeneration systems, in the building sector and more specifically in hotel units. The selected systems were installed in an existing hotel in Northern Greece, in the region of Halkidiki, and simulated through the Energy Plus energy software. The aim is to investigate the contribution of trigeneration systems to the energy savings of the complex, with priority on air conditioning consumption, but also to check the sustainability of the investments for their installation.

The first chapter highlights the conditions of modern life that make changes in the energy sector necessary. Environmental and economic crises, but also political interests, contribute to this direction. In an international level, efforts are being made to reduce the use of mineral resources, as they are gradually depleted and at the same time, they increase the atmospheric pollution. The goal is the renewable and clean energy sources, which can also ensure the countries' energy, and political, independence. Despite changing the energy sources, efforts are also being made to reduce the total amount of energy required globally. In particular, the building sector holds a large percentage in the global energy balance, so there are many opportunities to improve their energy consumption. That is why the building sector is suitable for new technology applications, especially regarding the E/M equipment, even for systems that are not already competitive. Part of these technologies is cogeneration of energy. Cogeneration and trigeneration systems have started to be widely used, due to the advancement of technology. Thus, their characteristics that make them attractive options, and define the conditions for their correct application, are presented.

The second chapter gives examples of applications, in an international level, that utilize trigeneration systems. A trigeneration SOFC system is first demonstrated in a Hong Kong hotel facility. This particular unit shows large energy consumptions and that is the reason that makes it suitable for implementing this technology. A geothermal/solar trigeneration system in a hotel in Italy is then examined. This hotel shows smaller consumptions and utilizes renewable sources for the operation of the system. This option significantly reduces the operating costs of the installation, as long as there are available renewable sources. For the two hotels, the reasons and criteria by which the systems were chosen in each case are analyzed and their characteristics and mode of operation are presented in detail.

The third chapter includes the methodology used in this thesis. The characteristics of the hotel complex and the programs used for the simulation are described. In addition, the procedure followed and the data entered in each software are presented in detail. Detailed information is provided regarding the geometry and structural elements of the building, the thermal zones considered, the operating characteristics and the electromechanical equipment. Specifically, the architectural plans of the hotel are given and the construction details required to simulate the geometry of the model are described. In addition, the assumptions and characteristics of the operation and facilities of the complex are mentioned.

The fourth chapter contains the results obtained from the simulations and their interpretation. Specifically, the total consumption per equipment is examined and compared to each other, while also considering their viability based on financial data. Based on the results, the level of savings, energy and cost per scenario is examined. Except for the cost and environmental benefits, the time frame in which each investment becomes profitable, is examined.

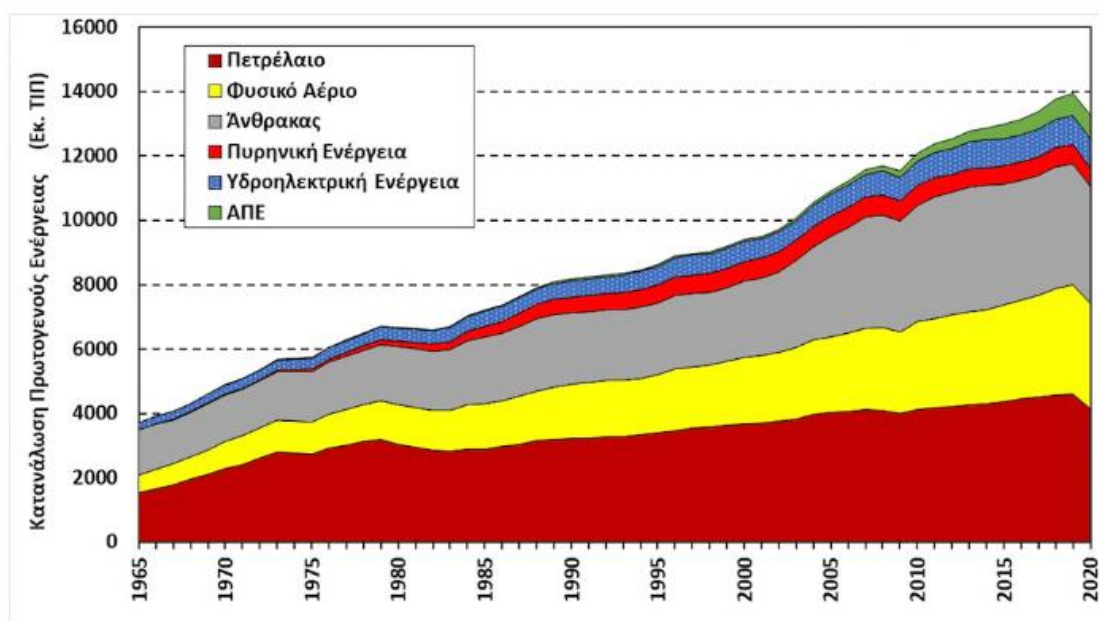
Finally, conclusions are explained, based on the above results, about the value of each scenario and the risks involved. Suggestions for further research in the field in order to get a better idea of the importance of coproduction are also made. Extensions that will make the installation more cost-effective, and changing parameters, are some alternative ideas. The study concludes with the bibliographic references and the appendices, which contain some additional information and data.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σημασία της Ενέργειας

Η έννοια της Ενέργειας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, από την αρχή του πολιτισμού. Μετά την βιομηχανική επανάσταση η ενέργεια απέκτησε πρωταγωνιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ιστορίας. Στη σύγχρονη εποχή, η κάλυψη των αναγκών, για φωτισμό, μετακίνηση, θερμική άνεση και βιομηχανική παραγωγή εξαρτάται πλήρως από την κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και του πολιτισμού ενισχύει όλο και περισσότερο τις ενεργειακές απαιτήσεις, διευρύνοντας την αγορά και αυξάνοντας την ζήτηση ενέργειας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού, δημιουργεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της εποχής, που αφορά την αλόγιστη σπατάλη ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτής της συνθήκης προκαλούν τόσο οικονομική επιβάρυνση όσο και περιβαλλοντική, μέσω ποικίλων ρύπων, αλλά και του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, με συνακόλουθες επιπτώσεις και στην υγεία των ατόμων. [1], [19]



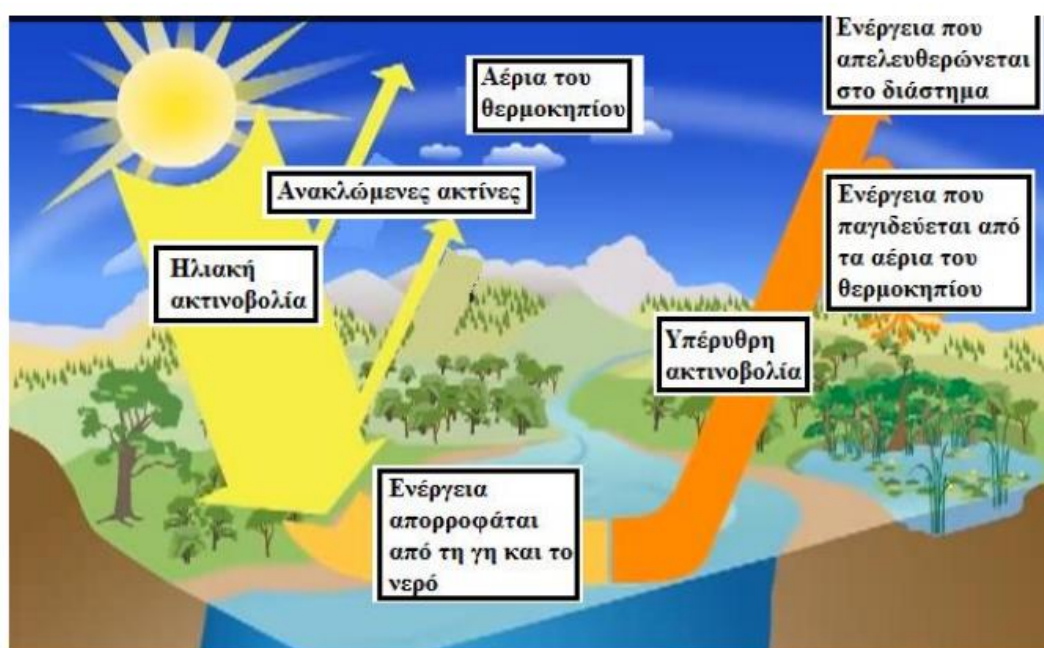
Εικόνα 1.1: Διαχρονική Μεταβολή της Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας

Πηγή: <https://dialogoi.uniwa.gr/articles/i-exelixi-tis-katanalosis-energeias-toy-planiti-mas-1965-2020-poso-makria-vriskomaste-apo-mia-kathari-prasini-energeiaki-lysi>

1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, καθώς διατηρεί σε φυσιολογικά επίπεδα τη μέση θερμοκρασία της Γη και αποτρέπει την επικράτηση συνθηκών παγετού που θα απειλούσαν την ανθρώπινη, και όχι μόνο, επιβίωση. Η όλο και εντονότερα παρεμβατική ανθρώπινη δραστηριότητα, όμως, έχει οδηγήσει στην παραγωγή ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου πολύ μεγαλύτερες από αυτές που απαιτεί το σύστημα. Το γεγονός αυτό διαταράσσει την ισορροπία και οδηγεί σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης, δημιουργώντας το εν λόγω φαινόμενο, που ενέχει εξίσου σοβαρούς κινδύνους για την επιβίωση των οργανισμών.

Ο μηχανισμός με τον οποίο λειτουργεί το φαινόμενο περιλαμβάνει την ελεύθερη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, και την ποσοστιαία διακοπή της εξόδου της. Ένα τμήμα της υπέρυθρης θερμικής ακτινοβολίας ανακλάται στο διάστημα έπειτα από την πρόσκρουσή του στην επιφάνεια της Γης. Τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν ακριβώς αυτήν την θερμική ενέργεια και την εγκλωβίζουν στην ατμόσφαιρα διατηρώντας αυξημένα επίπεδα θερμοκρασίας. Επομένως όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση αερίων στην ατμόσφαιρα τόσο μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας. [2]

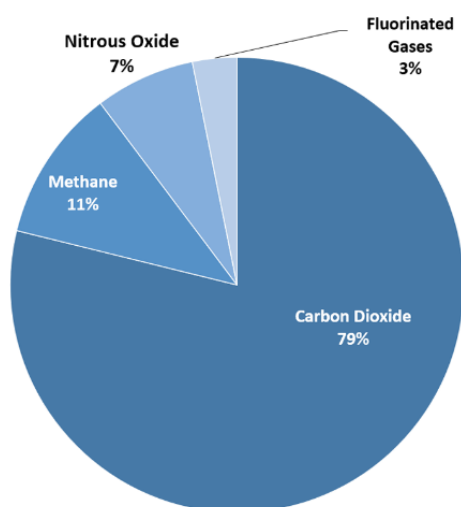


Εικόνα 1.2: Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πηγή: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1319916/theFile>

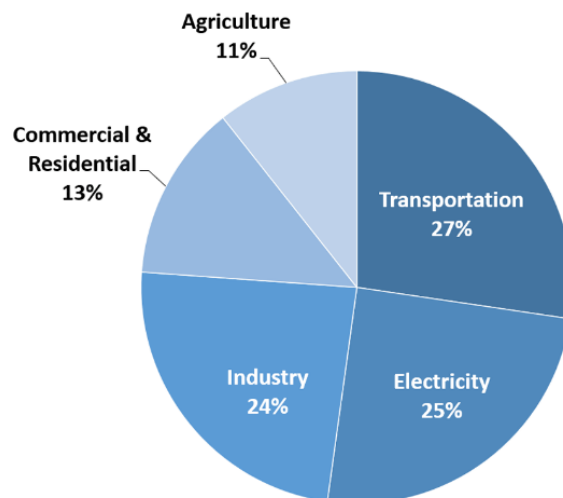
Τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου είναι το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2), το Μεθάνιο (CH_4) και το Υποξείδιο του Αζώτου (N_2O). Το διοξείδιο του άνθρακα κατέχει με διαφορά το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών, σχεδόν το 80%, και παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα να αυξάνεται ετησίως κατά 30 δισεκατομμύρια τόνους, οι οποίοι δεν καταστρέφονται καθώς είναι ένωση χημικά ανενεργή. Τα υπόλοιπα αέρια συμμετέχουν με μικρότερα ποσοστά, ωστόσο το μεθάνιο έχει 20 φορές

μεγαλύτερη ικανότητα αποθήκευσης θερμικής ακτινοβολίας από το διοξείδιο του άνθρακα. Η προέλευση των αερίων συναντάται στις καταναλώσεις ορυκτών καυσίμων προϊόντων πετρελαίου για τις μεταφορές και την παραγωγή ηλεκτρισμού, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50%. [3], [4], [5]



Εικόνα 1.3: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά αέριο, 2020

Πηγή: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>



Εικόνα 1.4: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κλάδο, 2020

Πηγή: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

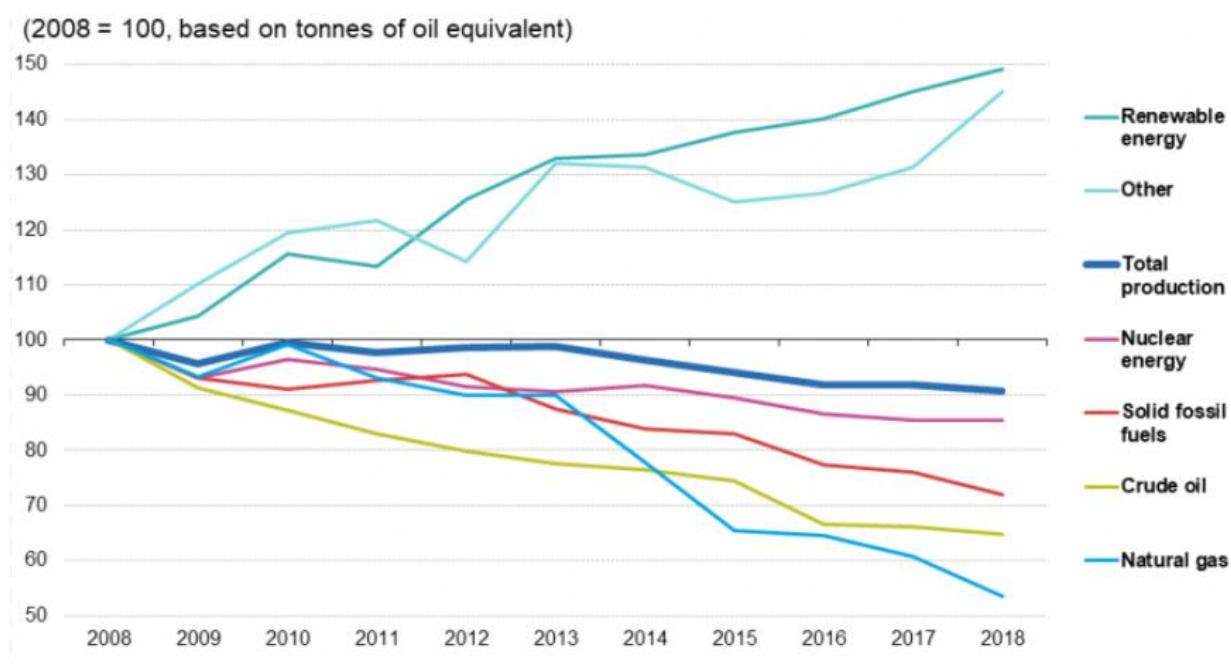
1.3 Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα ως έννοια γεννήθηκε την δεκαετία του '50, και οφείλεται στην αποκλειστική εξάρτηση του ενεργειακού συστήματος από τα ορυκτά καύσιμα. Ακόμα και σήμερα, που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη, καταλαμβάνουν μόλις το 20% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας με τους πυρηνικούς σταθμούς να ακολουθούν με 19%. Τα ορυκτά καύσιμα στο σύνολό τους παραμένουν στην κορυφή με ποσοστό που αγγίζει το 60%. [6],[7]

Το 1973 άρχισαν να γίνονται εμφανείς, στο ευρύ κοινό, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκτεταμένης χρήσης των ορυκτών καυσίμων. Η ενεργειακή κρίση, που ξέσπασε με την συνειδητοποίηση της κλιματικής αλλαγής, της μείωσης των ορυκτών πόρων αλλά και της αύξησης των τιμών του πετρελαίου και των άλλων καυσίμων επέβαλε την ανάληψη μέτρων προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της επακόλουθης περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Ενεργοποίησε, έτσι, τον συναγερμό για την εξάντληση των ενεργειακών πηγών, που κυριαρχούν μέχρι και σήμερα σε όλους τους τομείς και την εξάρτηση που υπάρχει μέσω του ενεργειακού εφοδιασμού μεταξύ των περισσότερων χωρών. Η ενέργεια κατέληξε να αποτελεί μέσο ελέγχου της οικονομικής και κατ' επέκταση της πολιτικής εξουσίας και ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά, της εποχής. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή που άρχισε να παρατηρείται, πυροδότησε την στροφή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας, καθαρές και ανεξάντλητες. Πλέον,

λαμβάνονται αποφάσεις από τις κυβερνήσεις και τους οργανισμούς που επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή αγορά. [8],[9]

Η πορεία της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ έχει σταθερά καθοδική πορεία από τότε που γεννήθηκε η ανάγκη προστασίας του πλανήτη. Εξαιρεση αποτελεί το 2010, καθώς την προηγούμενη χρονιά η παγκόσμια χρηματοπιστωτική και οικονομική κρίση, οδήγησε σε απότομη πτώση της παραγωγής, αλλά και το 2012-13, που παρατηρήθηκε μικρή αύξηση. Ως πρωτογενής πηγή ενέργειας ορίζεται αυτή που αφορά την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, όπως εξόρυξη άνθρακα και λιγνίτη, κοιτάσματα πετρελαίου, υδροηλεκτρικοί σταθμοί και πυρηνική θερμότητα. Σ' αυτήν την κατηγορία δεν περιλαμβάνεται η μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σε άλλη, όπως ο ηλεκτρισμός ή η θερμότητα.



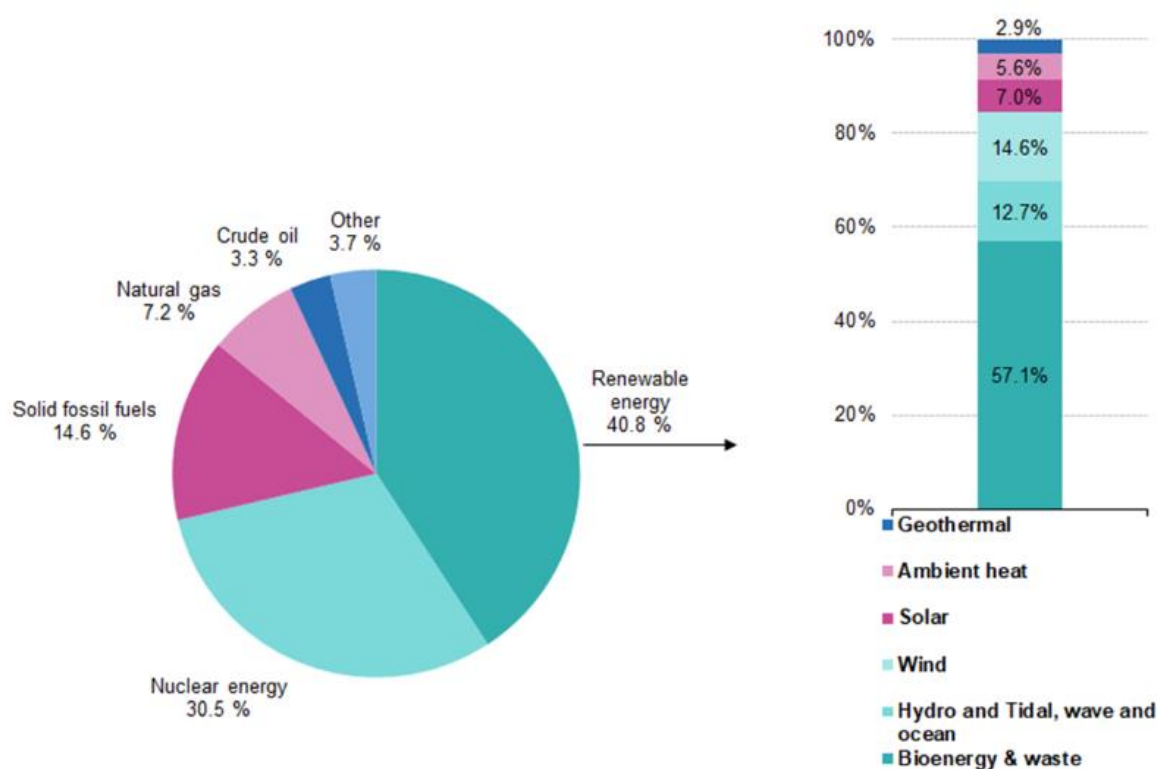
Εικόνα 1.5: Παραγωγή Πρωτογενούς Ενέργειας στην ΕΕ

Πηγή: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Production_of_primary_energy_by_fuel_type,_EU-27,_2008-2018_%282008_%3D_100,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent%29.png

Το 2020 η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας στην ΕΕ έφτασε τα 24.027 Petajoule (PJ), τιμή μειωμένη συγκριτικά με την προηγούμενη δεκαετία κατά 17,7 %. Η πανδημία του COVID-19 είχε ως αποτέλεσμα, η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές άνθρακα να έχουν σημαντική μείωση, με ρυθμούς ανάλογους της εποχής του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Βασικό ρόλο στην μείωση αυτή έχουν, μεταξύ άλλων, η εξάντληση των προμηθειών πρώτων υλών και η αντιοικονομική εκμετάλλευση των περιορισμένων πόρων αλλά και οι προσπάθειες για την απαλλαγή του ενεργειακού συστήματος από τις επιβλαβείς εκπομπές και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η πρωτόγνωρες αυτές συνθήκες ωστόσο δεν περιόρισαν την ανάπτυξη των ΑΠΕ, που σημείωσαν την μεγαλύτερη ανάπτυξη τους έως σήμερα, όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. [10], [12], [28]

Η μεγαλύτερη παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, για το 2020, συναντάται στην Γαλλία (21,4%), στη Γερμανία (17,1%), η οποία σημείωσε μείωση της παραγωγής της την τελευταία δεκαετία, και στην Πολωνία (10,1%). Συνολικά 14 από τα 27 κράτη της ΕΕ σημείωσαν αύξηση της παραγωγής τους, συγκριτικά με το 2010, με τη μεγαλύτερη αύξηση να αφορά την Ιταλία (1,8%) ενώ στην απέναντι πλευρά, τη μεγαλύτερη μείωση να εμφανίζουν οι Κάτω Χώρες (5,4%). [11]

Στόχος της ΕΕ είναι να μειώσει την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και πυρηνική θερμότητα, ενώ ταυτόχρονα να ενισχύσει την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η μεγαλύτερη ποσοστιαία πτώση, στην δεκαετία 2010-2020, αφορά την παραγωγή από φυσικό αέριο (-62,4%), στερεά ορυκτά καύσιμα (-43%), πετρέλαιο (-35,1%) και πυρηνική ενέργεια (20,2%), με παράλληλη αύξηση της τάξης του 39,2% στις ΑΠΕ, αλλά και στην ενέργεια από την καύση απορριμμάτων, που αυξήθηκε κατά 46%. Τα τελικά ποσοστά μεριδίου ανά πηγή ενέργειας για το ίδιο έτος διαμορφώθηκαν σύμφωνα με την εικόνα 1.6. [12]



Εικόνα 1.6: Παραγωγή πρωτογενούς Ενέργειας στην ΕΕ το 2020

Πηγή: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/c/cc/Production_of_primary_energy%2C_EU_2020.png

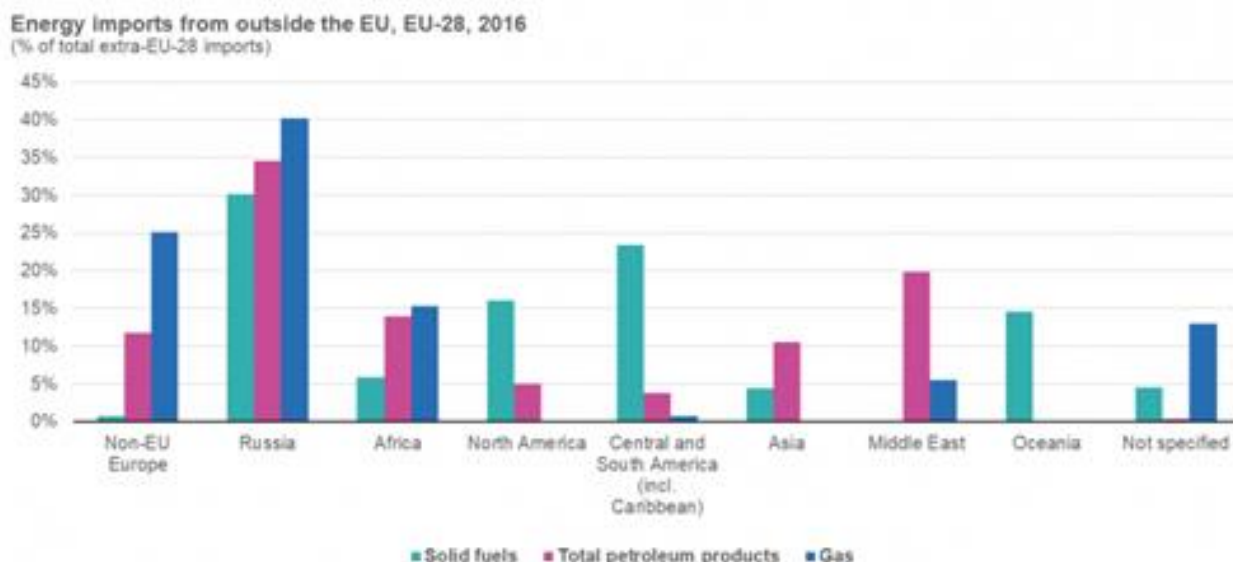
Η μείωση της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας, χωρίς παράλληλη μείωση της ζήτησης της, οδήγησε την ΕΕ να βασιστεί σε εισαγόμενες ποσότητες. Καθώς η κύρια πηγή για την παραγωγή ενέργειας εντός της Ευρώπης περιλάμβανε ορυκτά καύσιμα και πυρηνική ενέργεια, η αποφυγή χρήσης του είχε ως αποτέλεσμα την ολοένα μεγαλύτερη ενεργειακή εξάρτηση της ΕΕ από άλλες χώρες, αν και η κατάσταση αυτή σταθεροποιήθηκε στον απόηχο της χρηματοπιστωτικής και

οικονομικής κρίσης. Η ενεργειακή εξάρτηση της ΕΕ ήταν ήδη υψηλή το 2001 με ποσοστό, 47,4% και παρόλα αυτά συνέχισε να αυξάνεται. Το 2012 το 93% των αναγκών για προϊόντα πετρελαίου και το 66% για φυσικό αέριο καλύφθηκε μέσω των εισαγωγών. Ήδη μέχρι το 2004 η μοναδική χώρα που διατήρησε την θέση της ως καθαρός εξαγωγέας ενέργειας ήταν η Δανία. Η συνθήκη αυτή διήρκησε μέχρι και το 2013, οι εισαγωγές ενέργειας της Δανίας υπερέβησαν τις εξαγωγές καθιστώντας όλα τα μέλη της ΕΕ ως καθαρούς εισαγωγείς ενέργειας. Το 2020, οι διαφορές μεταξύ εισαγωγών και εξαγωγών ενέργειας έφτασε τα 31724 PJ, με τις μεγαλύτερες ποσότητες να ανήκουν στη Γερμανία, την Ιταλία, και τη Γαλλία. [11],[12], [25]

Η ενεργειακή εξάρτηση της ΕΕ υπερβαίνει σήμερα το 50% των συνολικών αναγκών της. Ανεξάρτητα, όμως, από τις προσπάθειες επέκτασης της αγοράς, οι βασικοί ενεργειακοί προμηθευτές της ΕΕ κατάφεραν να διατηρήσουν τις θέσεις τους. Κορυφαίος προμηθευτής παραμένει η Ρωσία, τόσο ως προς το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο όσο και προς τον άνθρακα, με μερίδιο που υπερβαίνει το ένα τέταρτο της συνολικής αγοράς. Συμπληρωματικά, ποσότητες καυσίμων εισάγονται από τις ΗΠΑ, την Νορβηγία, την Αλγερία, το Καζακστάν και την Αυστραλία.

Στόχος της επέκτασης αυτής είναι ο περιορισμός της εξάρτησης από συγκεκριμένες χώρες, καθώς ο μεγαλύτερος διαμοιρασμός του μεριδίου εισαγωγών, επιφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια εφοδιασμού. Ο συνδυασμός πολυάριθμων πηγών ενέργειας, προμηθευτών και μηχανισμών μεταφοράς συμβάλει σημαντικά στην κατεύθυνση αυτή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των κινδύνων που ελλοχεύουν στην ενεργειακή εξάρτηση σε συνδυασμό με την πολιτική εξουσία, αποτελούν οι πρόσφατες διαταραχές και συγκρούσεις μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας, που επέβαλαν την λήψη μέτρων και τη δημιουργία μηχανισμών για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ως προς τον εφοδιασμό.

Η ΕΕ και η Ρωσία παρουσιάζουν μία στενή σύνδεση αναφορικά με τις εισαγωγές ενέργειας, κάτι το οποίο ενισχύεται περαιτέρω από το ότι η ΕΕ λόγω της έκτασης καθώς και των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός των συνόρων της αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας παγκοσμίως. Από την άλλη πλευρά, η Ρωσία αποτελεί τη μεγαλύτερη χώρα – παραγωγό φυσικού αερίου, γεγονός το οποίο την καθιστά κομβικής σημασίας για την ΕΕ. Υπάρχει μία σχέση εξάρτησης ανάμεσα στα δύο αυτά μέρη, γεγονός το οποίο είναι εμφανές και από την Εικόνα 1.7. [34]



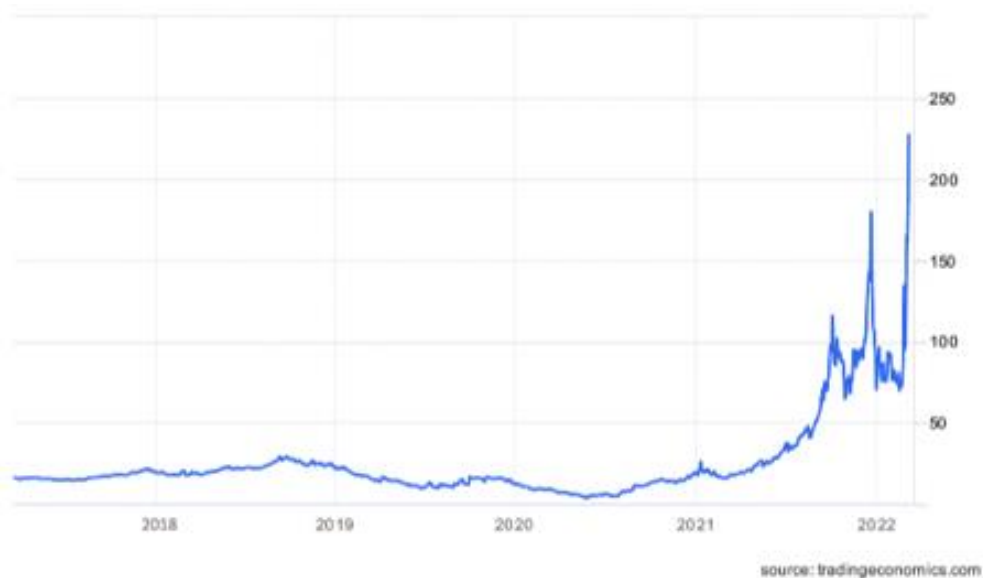
Εικόνα 1.7: Ενεργειακές εισαγωγές της ΕΕ

Πηγή: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Energy_imports_from_outside_the_EU,_EU-28,_2016_\(%25_of_total_extra-EU-28_imports\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Energy_imports_from_outside_the_EU,_EU-28,_2016_(%25_of_total_extra-EU-28_imports).png)

Στο παραπάνω γράφημα είναι εμφανές ότι οι ενεργειακές εισαγωγές από τη Ρωσία βρίσκονται στην πρώτη θέση. Η στάση της ΕΕ απέναντι στην εξάρτηση αυτή αντιμετωπίζεται καχύποπτα από τα ευρωπαϊκά κράτη, ενώ η Ρωσία καταβάλει προσπάθεια για τη διατήρηση του μονοπωλίου. Η ΕΕ αποτελεί τον βασικότερο αγοραστή της Ρωσίας, η οποία στοχεύει στη διασφάλιση της ενεργειακής παρουσίας της στην περιοχή κατά τον μέγιστο δυνατό βαθμό. Στόχος της ρωσικής πλευράς είναι η κατεύθυνση των εξελίξεων προς το συμφέρον της. Προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση, αξιοποιεί την ενεργειακή της αφθονία ως πολιτικό μέσο.

Τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να εξηγήσουν τις πιέσεις που δέχεται η ΕΕ αναφορικά με το κόστος της ενέργειας που καταναλώνει κατά το 2022. Στις 24 Φεβρουαρίου του 2022 η Ρωσία εισέβαλε στην Ουκρανία με δυνάμεις περίπου 200.000 στρατιωτικών. Μέσα στις συνθήκες που δημιουργήθηκαν η Ρωσία έσπευσε να αξιοποιήσει το πλεονέκτημα της ως μεγάλος εξαγωγέας και προμηθευτής ενέργειας. [35], [36]

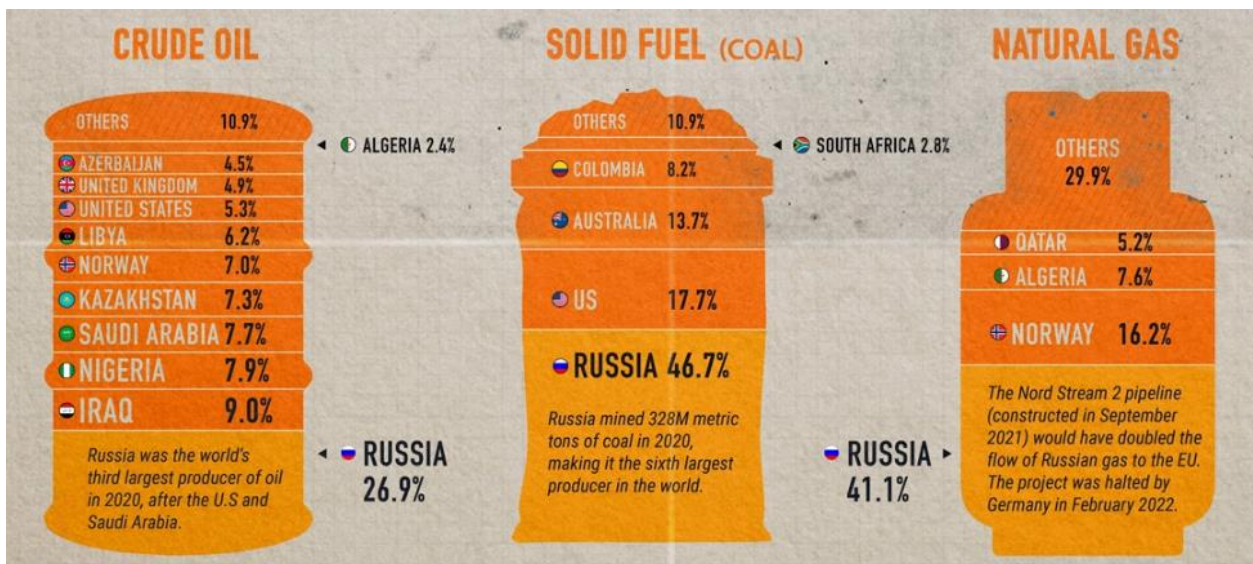
Η εξάρτηση της ΕΕ από το ρωσικό φυσικό αέριο αποτυπώνεται και στο γεγονός του ότι (μέχρι και τον Ιούνιο του 2022) η ΕΕ είχε επιβάλει εμπάργκο (ως κύρωση στη ρωσική εισβολή) μόνο στο ρωσικό πετρέλαιο και όχι στο φυσικό αέριο. Η Ρωσία ως αντίποινα στις κυρώσεις που τις επιβλήθηκαν έχει προβεί σε περιορισμό των ροών φυσικού αερίου προς την ΕΕ, γεγονός το οποίο οδήγησε σε ραγδαία αύξηση της τιμής του, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.8. [37], [38]



Εικόνα 1.8: Εξέλιξη τιμής φυσικού αερίου στην ΕΕ (€/MWh) – 2017-2022

Πηγή: <https://www.gasworld.com/europes-gas-shortage-lng-unable-to-deliver-energy-security/2022828.article>

Ορισμένες χώρες, όπως η Μάλτα και η Κύπρος, εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από τις εισαγωγές πρωτογενούς ενέργειας (>90%). Αντιθέτως, χώρες όπως η Ιρλανδία και η Πορτογαλία, έχουν ξεκινήσει ήδη τον αγώνα μείωσης της εξάρτησης τους, συνδυάζοντας λύσεις που ενισχύουν την συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα αλλά και βελτιώνουν την απόδοση των συστημάτων. [12]



Εικόνα 1.9: Προμηθευτές ενέργειας της ΕΕ

Πηγή: <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-eus-energy-dependency/>

1.4 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, τη δεκαετία του '70, δύο πετρελαϊκές κρίσεις ανέτρεψαν τα δεδομένα. Τα μέτρα που λήφθηκαν προκειμένου να αποφευχθεί μια ακόμα επανάληψη των δυσχερειών στόχευαν στη μείωση της εξάρτησης του ενεργειακού συστήματος της χώρας από το πετρέλαιο. Προϋπόθεση για την εφαρμογή των πολιτικών αυτών, ήταν η αξιοποίηση του λιγνίτη αλλά και της υδροηλεκτρικής ενέργειας, που αποτελούν εγχώριες πηγές μέσα από έργα υποδομής που θα εξασφάλιζαν την παραγωγή ηλεκτρισμού, τη διασύνδεση με άλλες χώρες και την εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. [13]

Παρά την προσπάθεια εφαρμογής των μέτρων, Ελλάδα παραμένει σήμερα ενεργειακά εξαρτημένη, καθώς η οικονομία μας συνεχίζει να στηρίζεται στα ορυκτά καύσιμα. Ο δείκτης εξάρτησης το 2020 ήταν 81,4%, ενώ στο σύνολο της ΕΕ ήταν μόλις 57,5%, και η τελική κατανάλωση το 2018, έφτασε τους 15,19 εκατομμύρια toe. Επομένως το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκών ενέργειας, καλύπτεται από εισαγωγές, κυρίως πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η εγχώρια παραγωγή αποτελείται από στερεά καύσιμα και ΑΠΕ, και την τελευταία δεκαετία εμφάνισε πτώση, λόγω της οικονομικής κρίσης. Η ζήτηση του λιγνίτη συναντάται, ως βασικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή με μερίδιο στη συνολική αγορά 8,3%, ενώ οι ΑΠΕ παρουσιάζουν ταχύτατη ανάπτυξη και έχουν κερδίσει θέση στο 22,3%. Τα προϊόντα πετρελαίου, όμως, είναι αυτά που καλύπτουν τη μισή ενεργειακή ζήτηση (50,2%, το 5ο υψηλότερο ποσοστό στην ΕΕ), σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο που διεκδικεί το 22,3%. [16], [17]

Το γεγονός αυτό οφείλεται στην κυριαρχία των πετρελαιοειδών στον τομέα των μεταφορών, που αποτελεί τον πιο ενεργοβόρο κλάδο της χώρας και αντιπροσωπεύει το 36,7%. Στις επόμενες θέσεις ακολουθεί ο οικιακός τομέας με 24,3% και η βιομηχανία με 22,8%. [14]

Η Ελλάδα, χωρίς να αποτελεί εξαίρεση από την υπόλοιπη ΕΕ, έχει ως βασικό προμηθευτή την Ρωσία. Συγκεκριμένα καλύπτει περίπου το 39% των αναγκών σε φυσικό αέριο και το 26% του πετρελαίου. Βέβαια, ο κύριος όγκος εισαγωγών συγκεκριμένα για το πετρέλαιο ετησίως προέρχεται από το Ιράκ (περίπου 40%) και το Καζακστάν, σε μικρότερο βαθμό, αλλά ακόμα και εκεί η Ρωσία συνεχίζει να καταλαμβάνει την τρίτη θέση. [15], [18]

1.5 Διεθνής κινητοποίηση

Για την αντιμετώπιση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων, που αναλύθηκαν παραπάνω, απαιτείται η κινητοποίηση της διεθνούς κοινότητας. Η ΕΕ κατέχει πρωταγωνιστική θέση στην παγκόσμια πορεία για την επίλυση τους, και αποσκοπεί στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. [6]

Ως βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη ορίζεται αυτή που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να κάνει συμβιβασμούς ως προς την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις

δικές τους. Οι βασικές διαστάσεις της είναι η περιβαλλοντική, η κοινωνική και η οικονομική. Βιώσιμη ανάπτυξη θεωρείται εκείνη που ικανοποιεί τις απαιτήσεις και των τριών συνόλων. [21],[22]

Εδώ και χρόνια έχει τεθεί στόχος μέχρι το 2050 να καταστεί η οικονομία κλιματικά ουδέτερη και να διατηρήσει σταθερή την ήδη αυξημένη μέση θερμοκρασία του πλανήτη. Το ουδέτερο ενεργειακό αποτύπωμα συνεπάγεται την εξάλειψη των αέριων ρύπων, που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή και την συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Είναι σημαντική η συνειδητοποίηση πως η επίδραση της κλιματικής αλλαγής δεν αφορά απλά το περιβάλλον αλλά και το ευρύτερο αναπτυξιακό μοντέλο κάθε περιοχής. Αυτό εξηγείται μέσα από την επιμέρους ανάλυση κάθε κλάδου και την επιρροή που δέχεται από τις αλλαγές αυτές και στις οποίες πρέπει να προσαρμοστεί προκειμένου να διατηρήσει την ισχύ του. Ο ενεργειακός τομέας συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στις εκπομπές, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η αλλαγή του μοντέλου. [20]

Ωστόσο, οι προκλήσεις που εμφανίζονται στο προσκήνιο, κάνουν το έργο ιδιαίτερα απαιτητικό. Ο συνδυασμός της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας, με την αστάθεια των τιμών και του εφοδιασμού και την αναπόδραστη ανάγκη μείωσης των επιβλαβών εκπομπών, καθιστούν την προσέγγιση, που πρέπει να εφαρμοστεί, ολιστική. Ήδη από το 1992 ξεκίνησε, με τη Σύμβαση-Πλαίσιο στο Ρίο ντε Τζανέιρο, η υπογραφή συμφωνιών μεταξύ 154 χωρών για την αντιμετώπιση των κινδύνων. Η σύμβαση αυτή αποτέλεσε την εκκίνηση για την ανάληψη της ευθύνης από τις ανεπτυγμένες χώρες, και είχε ως στόχο για αρχή την σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Επόμενο σταθμό αποτέλεσε το Πρωτόκολλο του Κιότο, που περιλάμβανε νομικά δεσμευτικούς στόχους, αυτή τη φορά, για τον περιορισμό των εκπομπών. [5],[13], [17]

Η ΕΕ ήδη ολοκλήρωσε με επιτυχία το πλάνο που είχε θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το 2020 και συνεχίζει με στρατηγικές για να καλύψει τους στόχους για το 2030 και το 2050. Συγκεκριμένα τα σημεία που καλύπτονται περιλαμβάνουν:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40%, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 37.5% για τα νέα επιβατικά, 31% για τα ημιφορτηγά και 30% για τα φορτηγά, με βάση τα επίπεδα του 2021
- Αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ τουλάχιστον στο 32% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 32.5%
- Προώθηση ηλεκτρικών διασυνδέσεων σε ποσοστό 15%

Ένα βήμα παραπέρα, βρίσκονται οι τιμές για το 2050. Αναλυτικότερα αναμένεται μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80%-95% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.



Εικόνα 1.10: Ευρωπαϊκοί στόχοι για το 2030

Πηγή: <https://www.dianeosis.org/2021/04/i-energeia-stin-ellada/>

Προκειμένου να ενισχυθούν τα οφέλη της βιώσιμης μετάβασης προς τους πολίτες η Επιτροπή δημιούργησε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Η συμφωνία συνίσταται από πολιτικές και μέτρα σχετικά με την μείωση των εκπομπών αλλά και τις επενδύσεις σε έρευνες και καινοτομίες για την προστασία του περιβάλλοντος. Μια βασική πτυχή για την αλλαγή της πορείας του πλανήτη είναι η κυκλική οικονομία. Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση των υλικών έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος δυναμικά. Σε συνδυασμό με την ενίσχυση της διεσπαρμένης παραγωγής και την στροφή προς την συμπαραγωγή, η κυκλική οικονομία θα αποτελέσει την βάση του νέου, βελτιωμένου ενεργειακού συστήματος. Μέσα στο σχεδιασμό για την τήρηση των μέτρων, η ΕΕ έχει προνοήσει για τον προγραμματισμό, την παρακολούθηση και την αναφορά της προόδου κάθε χώρας, προκειμένου να διασφαλιστεί η ομαλή και κοινή εφαρμογή όλων των παραμέτρων στο μέγιστο δυνατό βαθμό. [20],[23],[24]

1.6 Εθνική πολιτική αντιμετώπισης

Σε σχέση με τους στόχους για το 2020 η ΕΕ συνολικά τα πήγε καλά, με την χώρα μας να μην αποτελεί εξαίρεση. Μια επιπλέον δυσκολία ωστόσο που αντιμετωπίζει η Ελλάδα σε σχέση με την ενιαία Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική είναι το πλήγμα στην εγχώρια πρωτογενή παραγωγή. Η επιλογή για ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος με βάση τον λιγνίτη, βασίζεται στο γεγονός ότι μεγάλες ποσότητες είναι διαθέσιμες εντός των συνόρων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας. Στην παρούσα φάση όμως η Ελλάδα έχει υιοθετήσει την πολιτική της ΕΕ, αυξάνοντας τον βαθμό εξάρτησης της χώρας από το εμπόριο ενέργειας, με την ενίσχυση του φυσικού αερίου και την ολοένα αυξανόμενη επέκταση των ΑΠΕ. Συγκεκριμένα αναμένεται η πλήρης απολιγνιτοποίηση των ηλεκτρικών μονάδων έως το 2028.

Γενικότερα η στρατηγική που ακολουθείται σε εθνικό επίπεδο συνίσταται από:

- Ολοκληρωμένο μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης σε όλους τους οικονομικούς κλάδους

- Ανταγωνιστικότητα
- Ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα και περιβαλλοντική προστασία
- Βέλτιστη σχέση κόστους-οφέλους για την ενεργειακή μετάβαση
- Διαχείριση και αξιοποίηση απορριμμάτων
- Ανάδειξη της Ελλάδας σε ενεργειακό κόμβο
- Διαφοροποίηση των εισαγωγών ενέργειας, εκσυγχρονισμό
- Ανάπτυξη ενεργειακών υποδομών
- Άρση ενεργειακής απομόνωσης νησιών
- Ελκυστικό επενδυτικό περιβάλλον για την καινοτομία και τις νέες τεχνολογίες
- Μέγιστη αξιοποίηση κοινοτικών πόρων και μηχανισμών
- Τεχνολογική ανάπτυξη και νέες υψηλών προδιαγραφών θέσεις εργασίας
- Μονάδες φυσικού αερίου για ευελιξία στο σύστημα

Ένα ακόμα στοίχημα όμως που καλείται να κερδίσει η Ελλάδα μέχρι το 2030, αφορά την εξάλειψη της ενεργειακής φτώχειας. Το φαινόμενο αυτό αφορά μία κατάσταση όπου ένα άτομο δεν έχει την οικονομική δυνατότητα πρόσβασης σε βασικές ενεργειακές υπηρεσίες. Η ενέργεια άλλωστε χρησιμοποιείται για. θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, μετακίνηση και ηλεκτροδότηση προκειμένου να διατηρηθεί ένα άνετο περιβάλλον διαβίωσης. Τα αίτια αυτού του φαινομένου βρίσκονται πρωτίστως στο χαμηλό επίπεδο του εισοδήματος αλλά και του υψηλού επιπέδου των ενεργειακών δαπανών, αλλά και στην χαμηλή ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Επομένως τα τελευταία χρόνια, και έπειτα από την κρίση του 2008, όπου επικρατεί μια δύσκολη οικονομικά συνθήκη το ποσοστό της φτώχειας έχει ανέβει αρκετά και έχει ξεπεράσει το 20%. Ο στόχος πάνω στο συγκεκριμένο τομέα είναι η πτώση κατά 75% στα επόμενα 10 χρόνια.

Όσον αφορά την συμμόρφωση με τους Ευρωπαϊκούς στόχους για το 2030, σε εθνικό επίπεδο επιδιώκεται μείωση των εκπομπών πάνω από 40% (αναμένεται να αυξηθεί και στο 55%), σε σχέση με το 1990, χωρίς να αποτελεί, ωστόσο, αντιπροσωπευτική σύγκριση, καθώς η εκπομπές ήταν ακόμα χαμηλές, αφού η οικονομία ήταν ακόμα πρώιμη. Αναλυτικότερα, η επιθυμητή μείωση στους τομείς εκτός του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (non-ETS) ανέρχεται στο 32% και για τους τομείς εντός (ETS) στο 70%, τιμές αρκετά υψηλότερες από την αντίστοιχη ευρωπαϊκή οδηγία. Παράλληλα, το μερίδιο των ΑΠΕ πρέπει να φτάσει το 35%, για το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης και πάνω από το 60% στην ηλεκτροπαραγωγή. Τέλος η αύξηση της αποδοτικότητας απαιτείται να είναι τουλάχιστον 38%, με σκοπό να μειωθεί η συνολική κατανάλωση ενέργειας και να μην ξεπερνά τους 16.5 Mtoe.

Η εθνική στρατηγική επιβεβαιώνεται και μέσα από την επικύρωση της νομοθεσίας. Ο ν.4414/2016 περιγράφει αναλυτικά τα τις κατευθύνσεις και τα μέσα που θα αξιοποιηθούν για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Αντίστοιχα σχέδια είναι και το "ΕΣΔΕΑ" με περιεχόμενο σχετικό με την ενεργειακή απόδοση και το "ΣΔΑΜ" για τις λιγνιτικές περιοχές. Σημαντικότερο όλων μπορεί να θεωρηθεί το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), όπου εξετάζει, μεταξύ άλλων, τους ενεργειακούς στόχους για το 2030 που προαναφέρθηκαν. [17], [20]

Έτος στόχου: 2030	Τελικό ΕΣΕΚ	Αρχικό σχέδιο ΕΣΕΚ	Νέοι Στόχοι ΕΣΕΚ σε σχέση με στόχους Ευρωπαϊκής Ένωσης
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≥35%	31%	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	≈61-64%	56%	
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≈16.1-16.5Mtoe (≥38%)	18.1Mtoe	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32,5%
Μερίδιο Λιγνίτη στην Ηλεκτροπαραγωγή	0%	16.5%	
Μείωση Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ)	≥42% vs 1990, ≥55% vs 2005	32% vs 1990, 48% vs 2005	Σε ταύτιση με κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους

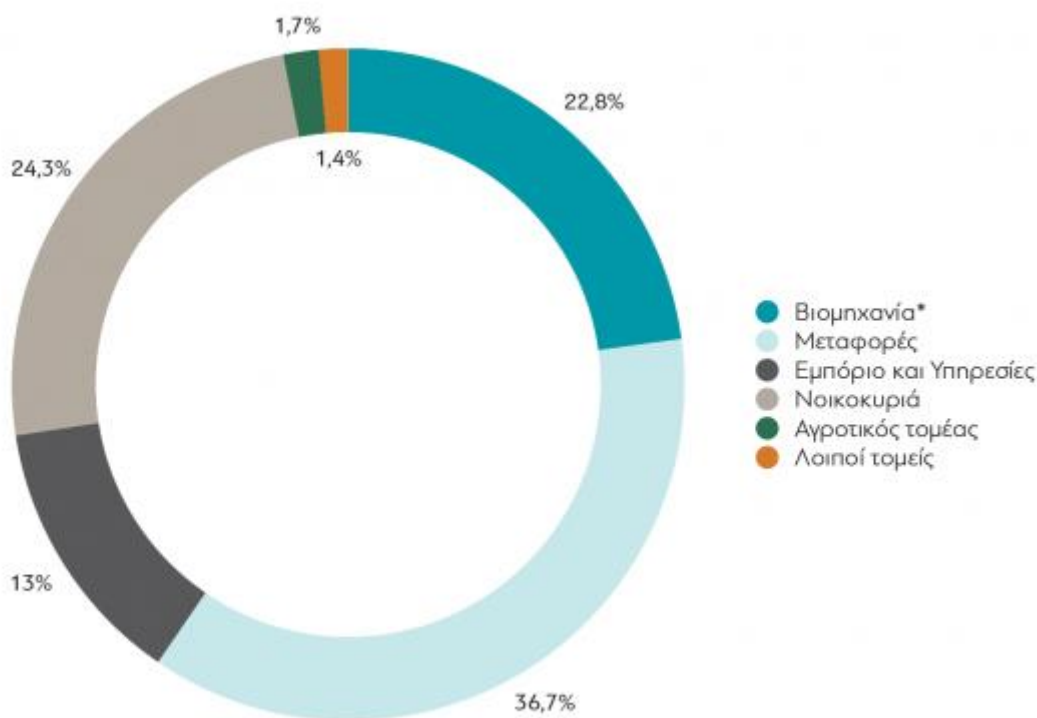
Εικόνα 1.11: Στόχοι Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα

Πηγή: <https://www.teetkm.gr/>

1.7 Κτιριακός τομέας

Κάθε τομέας προκαλεί την δική του επιβάρυνση στο συνολικό ενεργειακό σύστημα, εξαρτώμενη από τις διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις αλλά και τις πηγές ενέργειας που αξιοποιούνται κάθε φορά. Αυτή τη στιγμή οι πιο ενεργοβόροι κλάδοι, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, περιλαμβάνουν τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τον οικιακό τομέα.

Όσον αφορά τις μεταφορές γίνονται ήδη προσπάθειες διείσδυσης εναλλακτικών καυσίμων και ηλεκτροκίνησης, προκειμένου να απομακρυνθούν από την κατανάλωση πετρελαιοειδών. Ταυτόχρονα η πρόοδος της τεχνολογίας επιτρέπει τη μείωση της μοναδιαίας κατανάλωσης ενέργειας και την επέκταση χρήσης των πλήρως εξηλεκτρισμένων γραμμών σταθερής τροχιάς, δίνοντας ακόμη περισσότερους τρόπους μείωσης της ενεργειακής τους βαρύτητας στο σύνολο της αγοράς. Αντίστοιχα στη βιομηχανία γίνονται προσπάθειες ενίσχυσης της χρήσης του φυσικού αερίου. Ως φάση μετάβασης τον φυσικό αέριο έχει σημαντικά μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αποτελεί την ιδανικότερη λύση, αλλά είναι μια επιλογή εύκολα εφαρμόσιμη στο άμεσο μέλλον. Μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης προέρχεται από τον οικιακό τομέα, με το ένα τρίτο αυτής να αφορά την ηλεκτρική ενέργεια. Ακόμη μεγαλύτερο είναι το συνολικό μερίδιο του κτιριακού τομέα, καταλαμβάνοντας το 40% της τελικής κατανάλωσης. [17], [20]



Εικόνα 1.12: Κατανάλωση Ενέργειας ανά Κλάδο

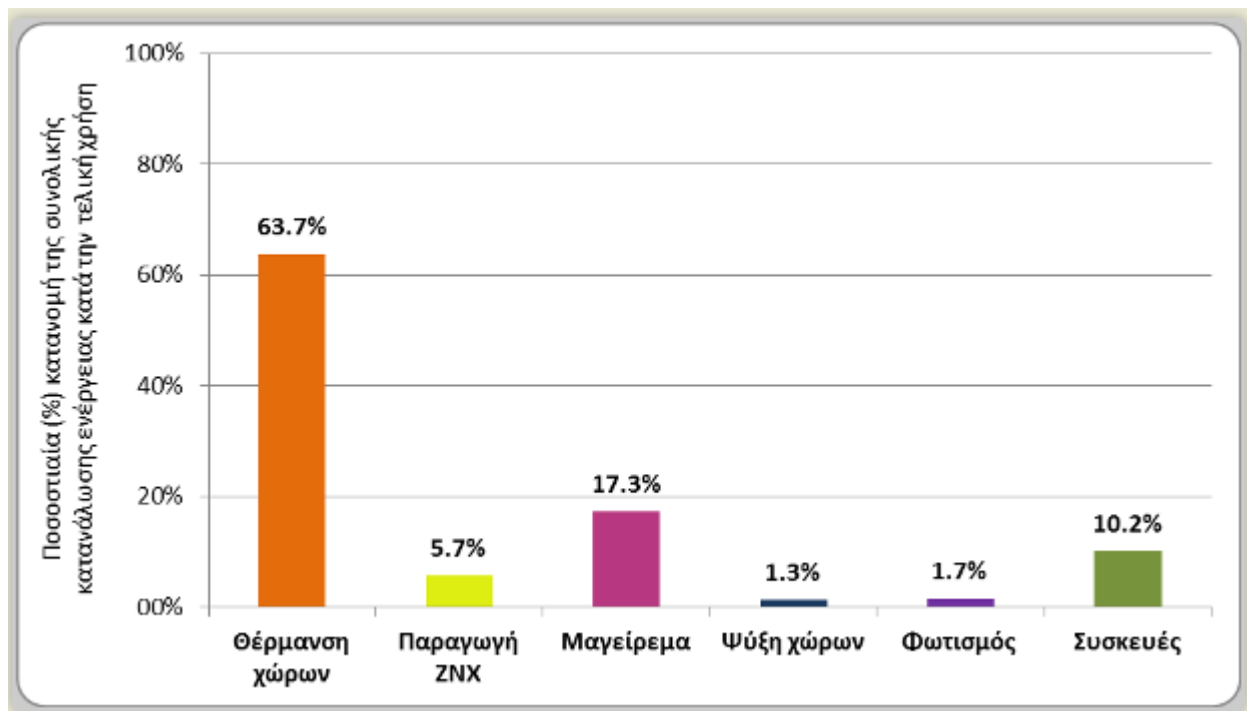
Πηγή: https://www.imerisia.gr/epiheiriseis/energeia/12782_dianeosis-aytos-einai-o-hartis-tis-energeias-stin-ellada-poy-prepei-na

Ως τώρα στην Ελλάδα οι απόπειρες εφαρμογής πολιτικών για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, ώστε να ακολουθεί τις Ευρωπαϊκές οδηγίες, δεν είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι παράγοντες που απέτρεψαν την καρποφορία των μέτρων περιλαμβάνουν την οικονομική κρίση που επικράτησε εκείνη την περίοδο, σε συνδυασμό με την γενικότερη έλλειψη χρηματοδότησης, αλλά και με την ανεπαρκή ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κόσμου. Πρέπει όμως να αναγνωριστεί η πρόοδος που έχει γίνει νομοθετικά πάνω σε αυτό το ζήτημα, προκειμένου να περιοριστεί η κατανάλωση του κτιριακού τομέα.. Μεγάλη αλλαγή επέφερε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK) καθορίζοντας αρκετά αυστηρότερες ελάχιστες απαιτήσεις τόσο για τα νεόδμητα όσο και τα ανακαινιζόμενα κτίρια. Ο κανονισμός όμως από μόνος τους αποτελεί απλά ένα “εργαλείο” για τη διασφάλιση ορισμένων απαιτήσεων και όχι μια δράση μεταβολής του τρόπου κατασκευής των κτιρίων στην Ελλάδα, και αυτό γιατί στο υφιστάμενο πλαίσιο δεν αναφέρονται απαιτήσεις για τα όρια της ενεργειακής κατανάλωσης κάθε κτιρίου .Λαμβάνοντας υπόψη και το σύστημα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων αλλά και τα προγράμματα «Εξοικονομώ» που αποτελεί κίνητρο για την ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος. Με βάσει τις εκτιμήσεις αναμένεται να αναβαθμίζονται ετησίως 60.000 κτιριακές μονάδες, αριθμός που αντιστοιχεί στο 15% του συνόλου τους στην Ελλάδα, μέσα στην επόμενη δεκαετία, οδηγώντας και στην αναζωογόνηση του κατασκευαστικού κλάδου. [8]

Στην Ελλάδα η κτιριακές υποδομές χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα από την παλαιότητα τους, με το 50% να έχει ανεγερθεί πριν το 1980, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη ανακαίνισης και

εκσυγχρονισμού τους. Καθώς μέχρι πρόσφατα υπήρχε ουσιαστική έλλειψη σχετικής νομοθεσίας οι περισσότερες κατασκευές χαρακτηρίζονται από ανεπαρκή θερμομόνωση, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό ξεπερασμένης τεχνολογίας με χαμηλές αποδόσεις, κακής ποιότητας κουφώματα, ελλιπή ηλιοπροστασία, μη αξιοποίηση ηλιακού δυναμικού και μη συντήρηση εξοπλισμού. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η αξία βελτίωσης του κτιριακού τομέα έγκειται στο γεγονός πως οι ενεργειακές ανάγκες του είναι ποικίλες και επιτρέπουν την εφαρμογή διαφόρων εναλλακτικών λύσεων, αποτελώντας την πιο οικονομικά αποδοτική επιλογή. Συγκεκριμένα υπάρχουν περιθώρια εξέλιξης των υλικών μόνωσης, των βαθμών απόδοσης και των ΑΠΕ σε επίπεδο νοικοκυριού, αλλά και μετατροπής των κτιρίων στις νέες γενιάς έξυπνες τεχνολογίες ελέγχου διαχείρισης, μειώνοντας παράλληλα τα ποσοστά ενεργειακής ένδειας. Ειδικότερα οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την αξιοποίηση μέχρι και των αποβλήτων των εκσκαφών και των κατεδαφίσεων, ενισχύοντας ταυτόχρονα την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. [20], [26]

Η κατανομή της ενέργειας στις ελληνικές κατοικίες δεν είναι ιδιαίτερα ομοιόμορφη. Το 60% των απαιτήσεων αφορούν τη θέρμανση, παρόλο που η χώρα εμφανίζει μεσογειακό κλίμα, με ήπιους χειμώνες. Η επιλογή καυσίμων θέρμανσης κυμαίνεται κατά πλειοψηφία μεταξύ πετρελαίου, καυσόξυλων και φυσικού αερίου. Φυσικά μεγάλο ποσοστό καταλαμβάνουν και οι οικιακές συσκευές, καθώς με την πρόοδο της τεχνολογίας και την μείωση του κόστους η απόκτηση τους καταλήγει βασική προτεραιότητα. Η αύξηση των συσκευών αλλά και των κλιματιστικών, για την αντιμετώπιση των θερμότερων καλοκαιριών, οδηγούν στην αυξητική τάση της κατανάλωσης ενέργειας ανά νοικοκυριό τα τελευταία χρόνια ενώ ταυτόχρονα επιδεινώνουν το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας προκαλώντας επιπλέον υπερθέρμανση των αστικών κέντρων. [1], [21]



Εικόνα 1.13: Κατανομή Κατανάλωσης Ενέργειας Κτηρίων

Πηγή: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.1.html>

Γενικότερα η χρήση της ενέργειας στα κτίρια σχετίζεται με την διατήρηση της θερμικής ή της οπτικής άνεσης. Ως θερμική άνεση μπορεί να ορίσει κανείς την κατάσταση του περιβάλλοντος χώρου κατά την οποία οι περισσότεροι χρήστες δεν αισθάνονται ούτε ενοχλητική ζέστη ούτε ενοχλητικό κρύο, ή ακόμα καλύτερα, δεν τους απασχολούν οι κλιματικές συνθήκες. Έχει εκτιμηθεί πως αν όλες οι κτιριακές υποδομές της χώρας συμμορφώνονταν με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, οι μείωση της ενεργειακής απαίτησης θα μπορούσε να φτάσει το 70%. Βασική παράμετρος για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι και η συμπεριφορά των ίδιων των ενοίκων. Η απουσία ορθολογικής χρήσης αλλά και ευαισθητοποίησης για το ενεργειακό πρόβλημα, επιφέρει κακή διαχείριση και σπατάλες. [17] , [27]

Μια ειδική κατηγορία κτιρίων αποτελούν τα ξενοδοχεία. Και αυτό γιατί ενώ αποτελούν μόλις το 0,26% του συνόλου των ελληνικών κτιρίων ευθύνονται για το 29% της κατανάλωσης ενέργειας στον ιδιωτικό τομέα. Φυσικά οι υπηρεσίες αυτού του είδους πρέπει να βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία και να ικανοποιούν κάθε στιγμή όλες ανάγκες που έχει ένας χώρος διαμονής, σε ανάλογο βαθμό με το πλήθος των πελατών που εξυπηρετεί. Συνήθως τα ξενοδοχεία επιλέγουν φυσικό αέριο, πετρέλαιο κίνησης, και κυρίως ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψουν το σύνολο της ενέργειας που απαιτούν. Επομένως θα ήταν ιδιαίτερα σημαντικό να δοθεί προσοχή στην εξοικονόμηση των υποδομών αυτής της κατηγορίας. [27]

1.8 Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το ενεργειακό πρόβλημα στον κτιριακό τομέα μπορούν να γίνουν επεμβάσεις σε κάποιες από τις παρακάτω πτυχές. Η βελτίωση του κτιριακού κελύφους ίσως είναι η πιο αποδοτική μέθοδος, καθώς έχει μηδενικό λειτουργικό κόστος, αλλά είναι αρκετά δαπανηρή σε υφιστάμενες κατασκευές. Η ανάπλαση του περιβάλλοντα χώρου σίγουρα απουσιάζει αισθητά από τις ελληνικές πόλεις και είναι σχεδόν αδύνατο να αλλάξει στο άμεσο μέλλον, χωρίς σημαντικές οικονομικές επιβαρύνσεις για το κράτος. Καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Η καθιέρωση της ορθολογικής χρήσης των κτιρίων είναι μια διαδικασία που έχει ξεκινήσει πρόσφατα, ωστόσο είναι αρκετά σταδιακή και τα αποτελέσματα της θα φανούν κυρίως μακροπρόθεσμα. Τέλος την πιο εύκολη και άμεσα εφαρμόσιμη επιλογή αποτελούν οι τεχνολογικά προηγμένες εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και ηλεκτρικών συσκευών. [1], [21]

Όπως είναι φανερό, υπάρχουν διαφορετικά ήδη ενεργειακών συστημάτων που απαιτεί ένα κτίριο. Τα συστήματα αυτά είναι βασικά για την προσαρμογή των συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό ανάλογα με τις δραστηριότητες και τις προτιμήσεις των ατόμων. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το ενεργειακό πρόβλημα στον κτιριακό τομέα μπορούν να γίνουν επεμβάσεις σε κάποιες από τις παρακάτω πτυχές. Η βελτίωση του κτιριακού κελύφους ίσως είναι η πιο αποδοτική μέθοδος, καθώς έχει μηδενικό λειτουργικό κόστος, αλλά είναι αρκετά δαπανηρή σε υφιστάμενες κατασκευές. Η ανάπλαση του περιβάλλοντα χώρου σίγουρα απουσιάζει αισθητά από τις ελληνικές πόλεις και είναι σχεδόν αδύνατο να αλλάξει στο άμεσο μέλλον, χωρίς σημαντικές οικονομικές επιβαρύνσεις για το κράτος. Καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Η καθιέρωση της ορθολογικής χρήσης των κτιρίων είναι μια διαδικασία που έχει ξεκινήσει πρόσφατα, ωστόσο είναι αρκετά σταδιακή και τα αποτελέσματα της θα φανούν κυρίως μακροπρόθεσμα. Τέλος την πιο εύκολη και άμεσα εφαρμόσιμη επιλογή αποτελούν οι τεχνολογικά προηγμένες εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και ηλεκτρικών συσκευών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας οι άνθρωποι κατάφεραν να αξιοποιήσουν αυτή την χαμένη θερμότητα σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Με βάση αυτή τη συνθήκη γεννήθηκε και η ιδέα της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, προκειμένου να καλυφτούν οι μεγαλύτερες ανάγκες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, μειώνοντας την συνολική κατανάλωση καυσίμου.

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια πηγή ενέργειας. Με τον όρο θερμική ενέργεια εννοείται τόσο η θέρμανση όσο και η ψύξη ενός χώρου, με την χρήση κατάλληλων εξαρτημάτων όπως για παράδειγμα οι μηχανές απορρόφησης. Τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν αρχίσει να διεισδύουν στους κλάδους όλων των ειδών. Ωστόσο, όπως είναι λογικό, ως νέες τεχνολογίες, κοστολογούνται ακριβότερα από τις συμβατικές επιλογές, περιορίζοντας την ανταγωνιστικότητα και την ελκυστικότητά τους. [6]

1.8.1 Συστήματα Συμπαραγωγής Ενέργειας

Η συμπαραγωγή αφορά την παραγωγή δύο διαφορετικών μορφών ενέργειας ξεκινώντας από μία ενιαία αρχική πηγή και καταλήγοντας σε πολλές τελικές χρήσεις, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Η ιδέα της συμπαραγωγής συναντάται για πρώτη φορά ήδη από το 1890, όπου ορισμένα εργοστάσια αξιοποιούσαν την θερμότητα που προερχόταν από την ηλεκτροπαραγωγή σε άλλες χρήσιμες διαδικασίες. Μάλιστα το ποσοστό της στην Αμερική είχε φτάσει κοντά στο 60% εκείνη την εποχή. Τα πράγματα άλλαξαν δραματικά με την καθιέρωση φθηνής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το εθνικό δίκτυο και την μεγάλη διαθεσιμότητα εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων. Η αναστήλωση της μεθόδου ξεκίνησε πάλι μετά την κρίση του '70, με την εκτίναξη των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

Η ωρίμανση της τεχνολογίας επέτρεψε στην συμπαραγωγή να αποτελέσει κατάλληλη και αξιόπιστη λύση και να διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της συμπεριλαμβάνοντας θερμοκήπια, οικιστικά συγκροτήματα, βιοτεχνίες, κα. Σημαντικό πλεονέκτημα της είναι πως ταυτόχρονα με την εξοικονόμηση επιτυγχάνουν και διασπορά της ηλεκτροπαραγωγής. Η διεσπαρμένη παραγωγή είναι βασικός στόχος του νέου συστήματος διανομής ενέργειας καθώς αποκλείει τις απώλειες μεταφοράς και ενισχύει την ευελιξία του ηλεκτρικού συστήματος. Συνηθέστερο καύσιμο στην συμπαραγωγή είναι το φυσικό αέριο, που έχει τις μικρότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. [29]

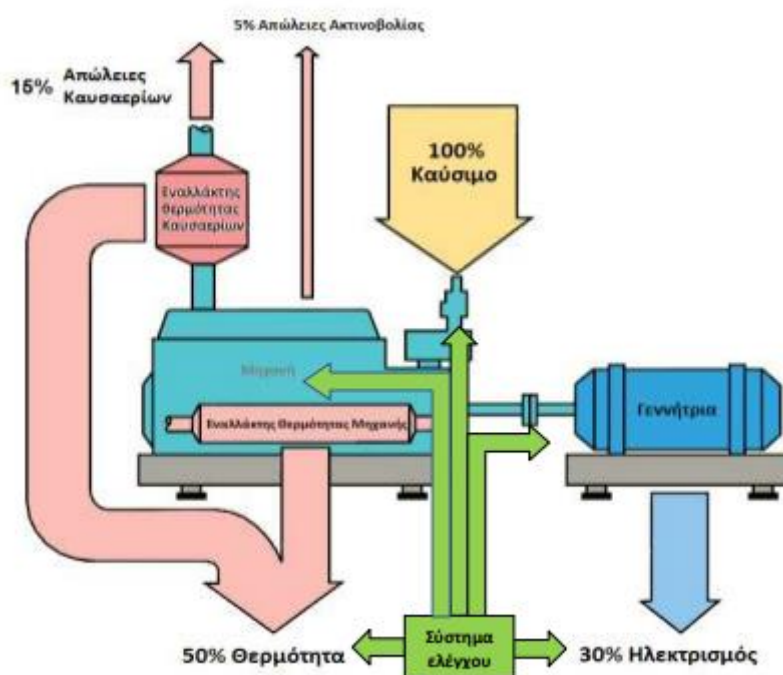
Στην Ελλάδα παρόλο που η εφαρμογή της μεθόδου ξεκίνησε κάποιες δεκαετίες νωρίτερα, τα ποσοστά της σήμερα παραμένουν χαμηλά σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της ΕΕ. Αυτό έγκειται στο γεγονός πως η νομοθεσία γύρω από τη ΣΗΘΥΑ χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα, συνεχείς τροποποιήσεις και απαιτεί πολλή γραφειοκρατία μέχρι την αδειοδότηση, αποθαρρύνοντας κάθε επενδυτική προσπάθεια. Οι σχετικές εκτιμήσεις ωστόσο, αποδεικνύουν την προοπτική της μεθόδου για εφαρμογή στη βιομηχανία αλλά και τον τριτογενή τομέα, όπου η ενεργειακές απαιτήσεις είναι μεγάλες. [20]

Ανάλογα με την λειτουργία στην οποία καλείται να δώσει προτεραιότητα η συμπαραγωγή το σύστημα ανήκει στην αντίστοιχη κατηγορία. Όταν η εστίαση βρίσκεται στην θερμική ενέργεια το σύστημα θεωρείται σύστημα βάσης και η ωφέλιμη παραγωγή θερμότητας του συστήματος συμπαραγωγής είναι ίση με το θερμικό φορτίο καθ' όλη τη διάρκεια παραγωγής, ενώ η υπολειπόμενη ενέργεια καλύπτει τα ηλεκτρικά φορτία. Στην περίπτωση που υπάρχει έλλειμμα ηλεκτρισμού, αγοράζεται ενέργεια από το δίκτυο, ενώ αντίστοιχα αν υπάρχει περίσσεια, υπάρχει η δυνατότητα διοχέτευσης της ενέργειας στο δίκτυο. Συχνότερα αυτό το είδος συναντάται σε βιομηχανικές διεργασίες, όπως υαλοουργεία, χαλυβουργεία, βιομηχανία τσιμέντου.

Αντίθετα στα συστήματα κορυφής προτεραιότητα έχει η παραγωγή ηλεκτρισμού και η θερμότητα που παράγεται στη συνέχεια μετατρέπεται σε ψύξη ή ζεστό νερό χρήσης. Σε αυτή την περίπτωση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με το ηλεκτρικό φορτίο σε κάθε χρονική στιγμή, ενώ οι ανάγκες θέρμανσης ή ψύξης καλύπτονται με βοηθητικά συστήματα ή στην

περίπτωση πλεονάσματος η θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον. Αυτή η εκδοχή βρίσκει εφαρμογή κυρίως στον κτιριακό τομέα.

Φυσικά υπάρχει και η δυνατότητα της μικτής λειτουργίας, όπου το σύστημα προσαρμόζεται είτε στην μία είτε στην άλλη κατηγορία ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περίοδο. Οφείλουν να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως το επίπεδο των φορτίων, οι τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας, κτλ. Στην περίπτωση που επιθυμείται η πλήρης αυτονομία του συστήματος, κατά το σχεδιασμό πρέπει να επιτυγχάνεται η κάλυψη των αναγκών και των δύο μορφών ενέργειας, ανά πάσα στιγμή. Σε αυτή την εκδοχή απαιτείται και η τοποθέτηση συστημάτων εφεδρείας, που θα καλύπτουν τα φορτία σε περιπτώσεις ανάγκης, πχ λόγω βλαβών. Είναι προφανές ότι η συγκεκριμένη επιλογή μετατρέπει την εγκατάσταση σε ιδιαίτερα δαπανηρή, σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές. [30]



Εικόνα 1.14: Τυπικό Σύστημα Συμπαγωγής

Πηγή: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8666/vasileiouc_chpcchp.pdf?sequence=3

Τα βασικότερα οφέλη της επέκτασης χρήσης της συμπαγωγής, όπως αναφέρθηκαν νωρίτερα, περιλαμβάνουν την αυξημένη απόδοση σε ποσοστό έως και 80%, λόγω της εκμετάλλευσης της άλλοτε χαμένης θερμότητας, σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που φτάνουν μέχρι το 40%. Συνήθως τα συστήματα που έχουν σε προτεραιότητα την κάλυψη του θερμικού φορτίου, επιτυγχάνουν υψηλότερο βαθμό αξιοποίησης καυσίμου και οικονομικότερη λειτουργία της συμπαγωγής. Επιπλέον η αξιοποίηση μίας πηγής ενέργειας για δύο διαφορετικές διεργασίες οδηγεί και στην μείωση των εκπομπών. Με την τοπική παραγωγή ενισχύεται η αποκεντροποίηση της και αποφεύγονται οι απώλειες του συστήματος μεταφοράς, ενώ διευρύνεται η λίστα των δυνητικών καυσίμων για τη λειτουργία του συστήματος.

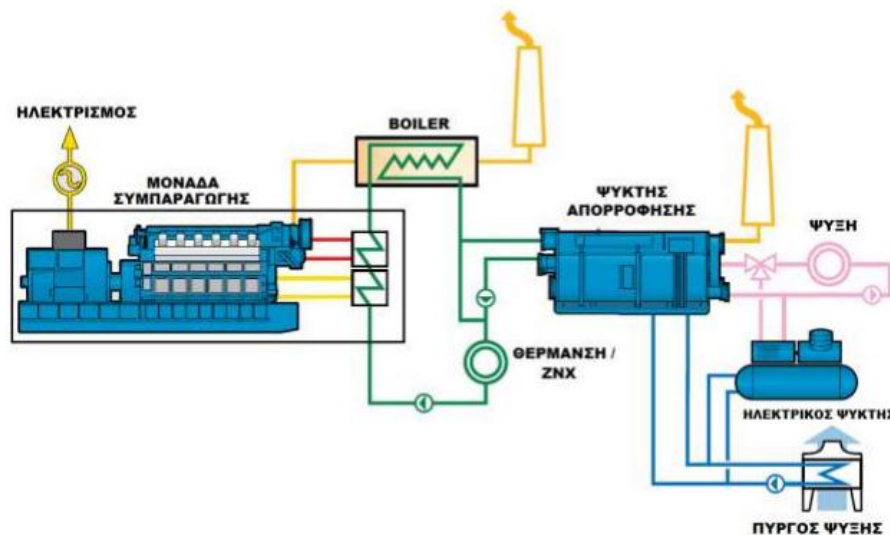
Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά καύσιμα, όπως το βιοαέριο, αλλά και να μειωθούν οι εισαγωγές μη ανανεώσιμων καυσίμων, περιορίζοντας και την ενεργειακή εξάρτηση της χώρας. Τέλος καθώς οι σταθμοί συμπαραγωγής σχεδιάζονται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, αφορούν συστήματα ιδιαίτερος ευέλικτα και μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα τηλεθέρμανσης για γειτονικές κοινότητες.

Η σχετική νομοθεσία γύρω από τις εφαρμογές ΣΗΘ συνίσταται από 14 Νόμους και Υπουργικές Αποφάσεις στη χώρα μας, οι οποίοι όμως άρχισαν να γίνονται πιο συγκεκριμένοι μετά το 2000. Ωστόσο είναι σημαντικό να υπάρξει διαρκής ανανέωση της νομοθεσίας προκειμένου να ακολουθεί τις ταχύτερες αλλαγές της τεχνολογίας αλλά και να δίνει περισσότερα κίνητρα εφαρμογής των νέων μεθόδων, καθώς τα ποσοστά τους στην ελληνική κοινωνία είναι ακόμα μικρά.[6], [29]

1.8.2 Συστήματα Τριπαραγωγής

Μια ειδική κατηγορία της τεχνολογίας συμπαραγωγής είναι η τριπαραγωγή, που συνδυάζει και την ψύξη μαζί με την θέρμανση και τον ηλεκτρισμό. Πολύ περισσότερο για τις χώρες της νότιας Ευρώπης όπου η ανάγκη θέρμανσης καταλαμβάνουν περιορισμένο χρονικό διάστημα, οι ανάγκες κλιματισμού έχουν σημαντικό ποσοστό στην κατανάλωση. Η ψύξη πραγματοποιείται με την αξιοποίηση της θερμότητας μέσα από κύκλους απορρόφησης. Κατά τη λειτουργία της τριπαραγωγής πάνω από τη μισή παραγόμενη ενέργεια από την καύση του καυσίμου χρησιμοποιείται στην ψύξη/θέρμανση και ένα μικρότερο ποσοστό, αφού αφαιρεθούν οι απώλειες, παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει πέρα από την αξιοποίηση της χαμένης θερμότητας και την λειτουργία του συστήματος όλο το χρόνο, με τη σύνδεση του με fan coil.

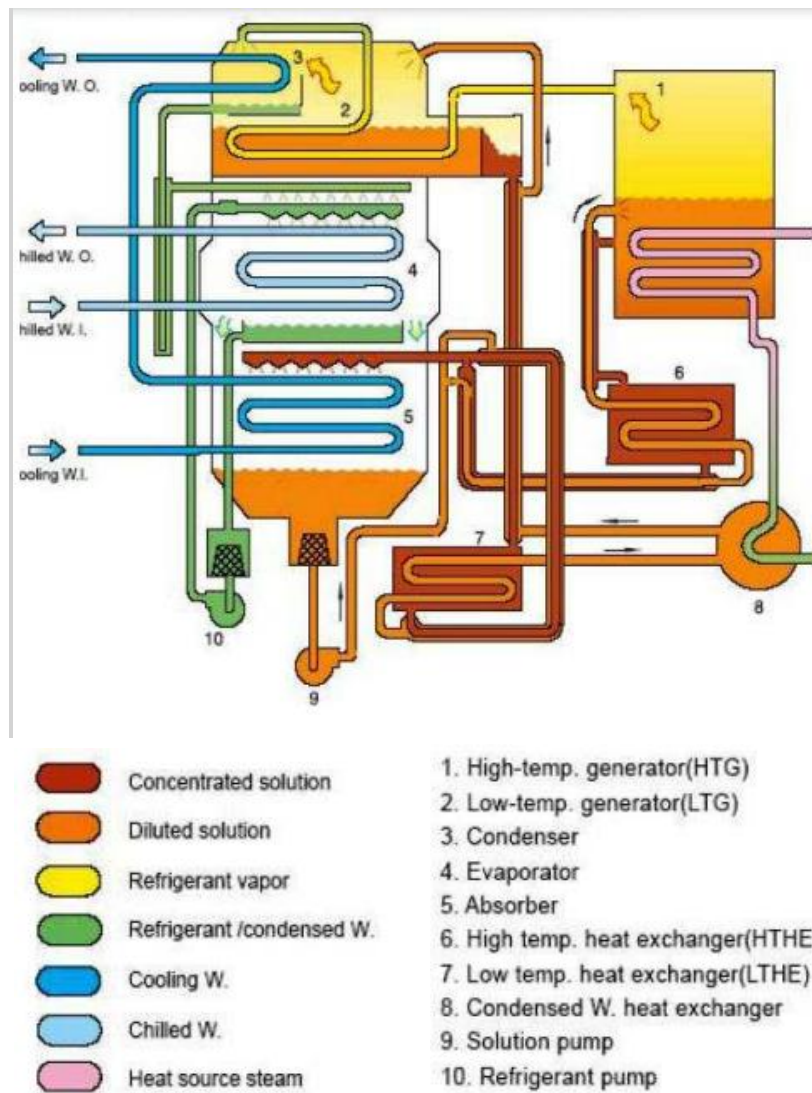
Οι ψύκτες απορρόφησης είναι η δημοφιλέστερη επιλογή τριπαραγωγής. Τα εξαρτήματα της εγκατάστασης περιλαμβάνουν τον εξαμιστή, το συμπυκνωτή, τον απορροφητή, τη γεννήτρια και την αντλία διαλύματος. Στον κλιματισμό απαιτείται ψυχρό νερό σε θερμοκρασία που να μην στερεοποιείται. Συνήθως επιλέγεται διάλυμα H₂O - LiBr ή και διάλυμα NH₃ - H₂O για τη θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου. Στην πρώτη περίπτωση ψυκτικό μέσο είναι το νερό και το μέσο απορρόφησης το βρωμιούχο λίθιο, ενώ στην δεύτερη η αμμωνία είναι το ψυκτικό μέσο.



Εικόνα 1.15: Τυπικό Σύστημα Τριπαραγωγής

Πηγή: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8666/vasileiouc_chpcchp.pdf?sequence=3

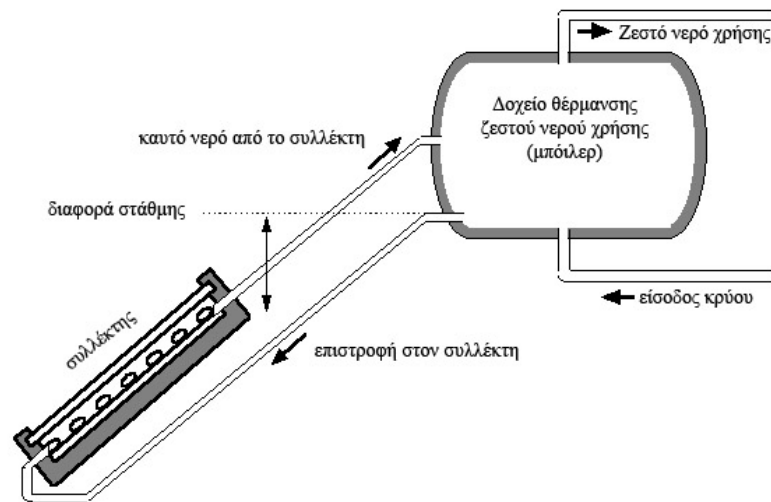
Πιο αναλυτικά η ψύξη του νερού του συστήματος κλιματισμού βασίζεται στην εξάτμιση του ψυκτικού μέσου εντός ενός εναλλάκτη, σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Στη συνέχεια το ψυκτικό μέσο οδηγείται στον απορροφητή και αναμιγνύεται με το υπόλοιπο υγρό διάλυμα του συστήματος, δημιουργώντας το λεγόμενο απορροφητικό διάλυμα, το οποίο μέσω αντλίας συγκεντρώνεται σε ένα δοχείο. Στο επόμενο στάδιο για το επαναδιαχωρισμό του διαλύματος απαιτείται θερμότητα, την οποία παράγει το σύστημα της τριπαραγωγής. Η θερμαντική πηγή μπορεί να είναι πολλών ειδών, όπως ήλιος, ηλεκτρικές αντιστάσεις, καυσαέρια. Η θερμοκρασία της πηγής πρέπει να είναι άνω των 80°C και μέσω της θέρμανσης το διάλυμα διαχωρίζεται στα δύο συστατικά στοιχεία του, με το ψυκτικό μέσο να αεριοποιείται. Ο κύκλος ολοκληρώνεται με την συμπύκνωση του αεριοποιημένου ψυκτικού μέσου, ώστε να επανέλθει στην υγρή του κατάσταση, μέσω άλλου εναλλάκτη, με ταυτόχρονη θέρμανση του νερού που περιέχει, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ζεστό νερό χρήσης. για να εκκινήσει ξανά από την αρχή η διαδικασία. [29], [31], [32]



Εικόνα 1.16: Ψυκτική Μηχανή Απορρόφησης

Πηγή: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2717/xevgenosd_cooling.pdf?sequence=3

Μεγάλο ενδιαφέρον εμφανίζει και ο ηλιακός κλιματισμός. Μέσω αυτής της τεχνολογίας συνδυάζονται τα ηλιακά οφέλη με τα ψυκτικά φορτία, που σε κάθε περίπτωση συμπίπτουν εποχικά, καθώς η ηλιακή θερμότητα είναι αυτή που γεννά εξ αρχής την ανάγκη κλιματισμού. Η θερμότητα που παραλαμβάνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες χρησιμοποιείται ως πηγή θερμότητας στον ψύκτη απορρόφησης για την ολοκλήρωση του κύκλου. [33]



Εικόνα 1.17: Ηλιακός Συλλέκτης ως θερμική πηγή

Πηγή: http://www.monachos.gr/forum/content.php/483-iliakoi-thermosifones&new_comment

Τα πλεονεκτήματα των ψυκτών απορρόφησης περιλαμβάνουν οικονομικές, περιβαλλοντικές και ενεργειακές πτυχές. Πρώτο και κύριο έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και δεν απαιτούν εγκαταστάσεις μεγάλων διαστάσεων. Η λειτουργία τους είναι και ακίνδυνη και αντικαθιστά άλλα χημικά ψυκτικά, βλαβερά προς το περιβάλλον, με νερό, ενώ η τεχνολογία αυτή επιτρέπει, επιπλέον, την χρήση καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον. Ενώ παράλληλα αποσυσφορίζουν το ηλεκτρικό δίκτυο και μειώνουν την κτιριακή κατανάλωση έως και 50%.

Μέχρι τώρα οι εφαρμογές συμπαραγωγής στην χώρα μας, όπως και παγκοσμίως αφορούν κυρίως τη βιομηχανία και περιορισμένα δίκτυα τηλεθέρμανσης/ψύξης. Το γεγονός αυτό συμβαίνει λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης που απαιτεί αυτή η τεχνολογία αλλά και τις δυσκολίες της στροφής από τα συμβατικά συστήματα σε συστήματα ΣΗΘ. Ωστόσο στο πλαίσιο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αλλά και ενίσχυσης της αποκεντρωμένης παραγωγής, η χώρα μας ενδείκνυται για εφαρμογές τριπαραγωγής λόγω του θερμού κλίματος της. Λαμβάνοντας υπόψη τους μικρούς βαθμούς απόδοσης που έχουν η ηλεκτροπαραγωγή και η τοπική θέρμανση μέσω καυστήρων ως χωριστές διεργασίες, η συμπαραγωγή, που εμφανίζει διπλάσιο βαθμό απόδοσης με πλήρη την εκμετάλλευση μίας αρχικής πηγής, φαίνεται ελκυστική επιλογή. Φυσικά οι υψηλοί βαθμοί απόδοσης που προσφέρουν οδηγούν και σε ταχεία απόσβεση της αρχικής επένδυσης. [29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

Παρακάτω εξετάζονται δύο περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων τριπαραγωγής σε ξενοδοχεία, σε διεθνές επίπεδο.

2.1. Συστήματος τριπαραγωγής κυψέλης καυσίμου στερεού οξειδίου σε ξενοδοχειακή μονάδα του Χονγκ Κονγκ

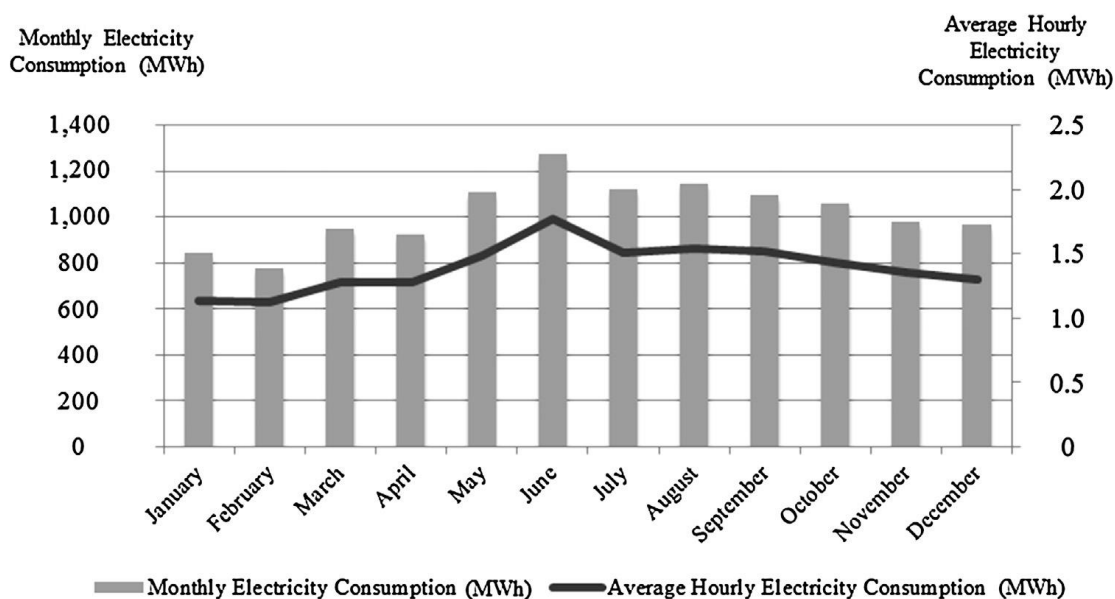
Το ξενοδοχείο ICON άνοιξε επίσημα τον Σεπτέμβριο του 2011. Υπάρχουν στις εγκαταστάσεις του τρία εστιατόρια, 262 δωμάτια διαφόρων κατηγοριών, εγκαταστάσεις σπα, πισίνα και κέντρο ευεξίας. Το ICON προωθείται ως ένα κομψό ξενοδοχείο, παρέχοντας ολοκληρωμένες υπηρεσίες και εγκαταστάσεις. Θεωρείται ευρέως ως υπόδειγμα των σύγχρονων ξενοδοχείων στο Χονγκ Κονγκ. Λαμβάνοντας υπόψη την κλίμακα και τις εξελιγμένες εγκαταστάσεις του ξενοδοχείου, ένα σύστημα τριπαραγωγής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, ψύξης χώρου και ζεστού νερού έχει υψηλότερη δυνατότητα εφαρμογής από ένα σύστημα συμπαραγωγής. [37]

Η καταλληλότητα του εξεταζόμενου συστήματος τριπαραγωγής με ψύκτες απορρόφησης αξιολογήθηκε με βάση δύο κριτήρια: 1) η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι σχετικά σταθερή σε καθημερινή βάση, καθώς ο ενεργειακός διακομιστής της κυψέλης καυσίμου στερεού οξειδίου (solid oxid fuel cell – SOFC) θα λειτουργεί αδιάκοπα προκειμένου να επιτευχθεί η μακροπρόθεσμη διάρκεια του, 2) κατά προτίμηση να υπάρχει σταθεροποιημένη ζήτηση για ψύξη χώρου και ζεστό νερό, καθώς η παραγωγή ενέργειας και η παροχή ψύξης ή/και ζεστού νερού είναι ταυτόχρονες. [37]

Λόγω του γεγονότος του ότι οι περισσότεροι άνθρωποι φεύγουν από το σπίτι για εργασία ή σπουδές κατά τη διάρκεια της ημέρας και επιστρέφουν στο σπίτι μετά τις ώρες της εργασίας τους, τα κτίρια κατοικίας, γραφείων, τα εμπορικά κέντρα και τα βιομηχανικά συγκροτήματα υποφέρουν από σημαντικές διακυμάνσεις στη ζήτηση ισχύος και ψύξης μέσα σε μία ημέρα. Αυτό περιορίζει τη δυνατότητα εφαρμογής των συστημάτων συμπαραγωγής σε αυτά τα κτίρια. Το ίδιο ισχύει και για τα κυβερνητικά κτίρια. Από την άλλη πλευρά, τα ξενοδοχεία, τα νοσοκομεία και τα κτίρια μεταφορών (για παράδειγμα, τερματικά αεροδρομίου) είναι υψηλότερης καταλληλότητας λόγω της συνεχούς λειτουργίας ρεύματος, ψύξης και/ή θέρμανσης του νερού.

Το ξενοδοχείο ICON κατανάλωσε 12,26GWh ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2012. Αυτό ισοδυναμεί με μέση ωριαία κατανάλωση περίπου 1,4MWh. Το προφίλ κατανάλωσης ενέργειας του ξενοδοχείου παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1.

Hotel ICON Electricity Consumption in 2012

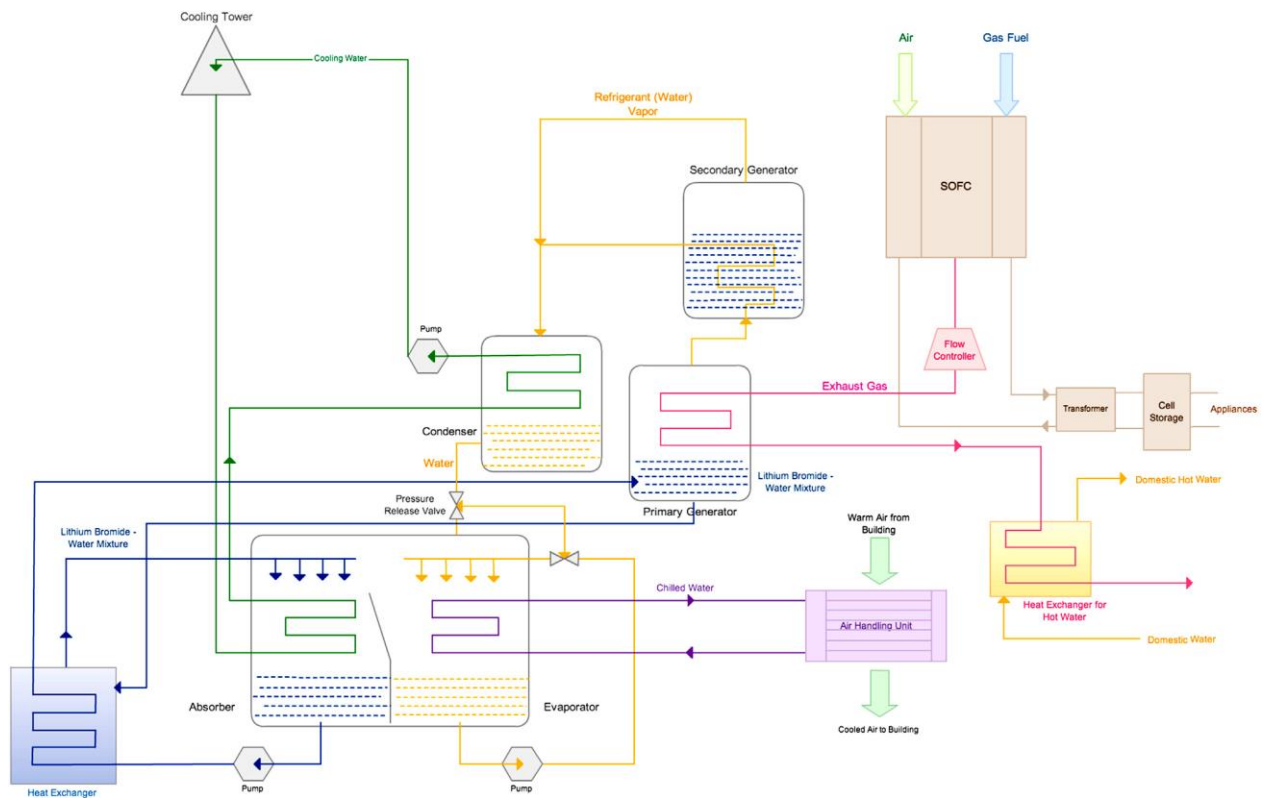


Εικόνα 2.1: Προφίλ ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου ICON 2012

Πηγή: Chen, J.M.P, Ni, M., 2014, *Economic analysis of a solid oxide fuel cell cogeneration/trigeneration system for hotels in Hong Kong*, *Energy and Buildings*, 75, pp.160–169.

Γενικά, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλλει ανάλογα με την εποχή. Η κατανάλωση παρουσίασε το χαμηλότερο της επίπεδο (ελαφρώς πάνω από 0,73GWh) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Στη συνέχεια αυξήθηκε σημαντικά και έφτασε στη μέγιστη τιμή της, άνω των 1,2GWh/μήνα, το καλοκαίρι. Ομοίως, η μέση ωριαία κατανάλωση ρεύματος παρουσίασε την ίδια διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους – έφτασε στην υψηλότερη τιμή της τον Ιούνιο, όπου υπερέβη τις 1,7MWh και στη συνέχεια μειώθηκε μέχρι το τέλος του έτους. [37]

Το βασικό στοιχείο αυτού του συστήματος τριπαραγωγής είναι ο διακομιστής SOFC για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η θερμότητα των καυσαερίων θα ανακτηθεί από ψύκτη απορρόφησης που χρησιμοποιεί βρωμιούχο λίθιο ως απορροφητικό και νερό ως ψυκτικό. Μία εννοιολογική διάταξη του συγκεκριμένου συστήματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Σύστημα τριπαραγωγής με ψύκτη απορρόφησης SOFC

Πηγή: Chen, J.M.P, Ni, M., 2014, *Economic analysis of a solid oxide fuel cell cogeneration/trigeneration system for hotels in Hong Kong*, *Energy and Buildings*, 75, pp.160–169.

Λόγω του ότι η εξεταζόμενη εφαρμογή αφορά ένα σύστημα μεγάλης κλίμακας, επιλέχθηκε μία μονάδα SOFC με υψηλή χωρητικότητα. Πρόκειται για τον μεγαλύτερο εμπορικό διακομιστή ενέργειας που διαθέτει η εταιρεία, με χωρητικότητα 200kW. Δεδομένης της εισόδου καυσίμου στις 387kW για βασική ισχύ 200kW, μπορεί να αναμένεται μία μέση ηλεκτρική απόδοση 51,7%. Λαμβάνοντας υπόψη το προφίλ ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου ICON, η ελάχιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώθηκε τον μήνα Φεβρουάριο (779 MWh), όταν απαιτήθηκε ισχύς παροχής με ρυθμό 1,12MW. Ως εκ τούτου, το προτεινόμενο σύστημα συνδυασμένης παραγωγής αποτελείται από πέντε μονάδες των 200kW. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που υπερβαίνει την ικανότητα του SOFC συμπληρώνεται μέσω τροφοδοσίας από το δίκτυο. [37]

Για την ψύξη απορρόφησης, τα ψυκτικά συγκροτήματα κατηγοριοποιούνται γενικά ως ψυκτικά συγκροτήματα single effect, double effect και triple effect. Η αποτελεσματικότητα των ψυκτικών συγκροτημάτων μετρείται με τον Συντελεστή Απόδοσης (Coefficient of Performance - COP), που ορίζεται ως ο λόγος της ψυκτικής απόδοσης προς την καθαρή είσοδο θερμικής ενέργειας. Ο COP είναι σχετικά χαμηλός για ψύκτες single effect, που λειτουργούν με τη χρήση εξάτμισης χαμηλής πίεσης (138kPa ή λιγότερο) ή ζεστό νερό μεταξύ 85°C και 90°C, και οι COP περιορίζονται σε περίπου 0,5–0,7. Από την άλλη πλευρά, ένας κύκλος double effect περιέχει ένα ζεύγος πρόσθετης γεννήτριας και συμπυκνωτή που αυξάνουν την ποσότητα ατμού του ψυκτικού μέσου. Αυτά τα ψυκτικά συγκροτήματα χρησιμοποιούν ατμό υψηλής πίεσης ως πηγή θερμότητας έτσι ώστε η ψυκτική ικανότητα του ψυκτικού συγκροτήματος και η συνολική αποδοτικότητα του συστήματος

να ενισχύονται. Ως αποτέλεσμα, ο COP των ψυκτικών συγκροτημάτων απορρόφησης double effect μπορεί να φτάσει το 1,0–1,2. Το σύστημα triple effect είναι μία περαιτέρω εξέλιξη του συστήματος ψύξης απορρόφησης. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα ψυκτικά συγκροτήματα single effect – double effect, βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της εμπορευματοποίησης σε μικρές παρτίδες. Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογική ωριμότητα και τη διαθεσιμότητα της αγοράς, υιοθετήθηκε ένας ψύκτης double effect.

Υποθέτοντας ότι το κιβώτιο του διακομιστή ενέργειας είναι θερμικά κλειστό, το υπόλοιπο ενέργειας στο μείγμα ατμού και διοξειδίου του άνθρακα κατευθύνεται σε μία επιθυμητή θερμοκρασία 500°C με έλεγχο του ρυθμού ροής. Πραγματοποιείται η υπόθεση του ότι δεν υφίσταται απώλεια ενέργειας στο περιβάλλον σε αυτή τη διαδικασία. Τα καυσαέρια στους 500°C ως είσοδο στο ψυκτικό συγκρότημα της απορρόφησης ρέουν με περίπου 4128kg/h, ρυθμός ο οποίος είναι ικανός να οδηγήσει τον ψύκτη που επιλέχθηκε για την παροχή ψύξης στα 630kW. [38]

Εκτός από τον διακομιστή ενέργειας SOFC και τον ψύκτη απορρόφησης, το εξεταζόμενο σύστημα απαιτεί επίσης μία σειρά βοηθητικών στοιχείων. Καθώς ο διακομιστής ενέργειας έχει σχεδιαστεί με έξοδο από τα 480V, 60Hz, για τους Αμερικανούς χρήστες, ένας μετασχηματιστής απαιτείται για την παροχή ρεύματος στα 220/330V, 50Hz, για το δίκτυο του Χονγκ Κονγκ. Λαμβάνοντας υπόψη την άρτια ανεπτυγμένη τεχνολογία ηλεκτρικού μετασχηματισμού, θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας σε αυτό το στάδιο. Επιπρόσθετα, η υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας των μονάδων SOFC απαιτεί σημαντική ποσότητα ενέργειας εκκίνησης. Προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος, το σύστημα τριπαραγωγής που βασίζεται σε SOFC έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί συνεχώς σε σταθερό επίπεδο ισχύος εξόδου. Εν όψει της κυμαινόμενης ζήτησης ισχύος κατά τη διάρκεια της ημέρας υπό τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, εγκαθίσταται στο σύστημα επαναφορτιζόμενη μπαταρία για την αποθήκευση της πλεονάζουσας παροχής ρεύματος όταν η ζήτηση είναι χαμηλή, η οποία συμπληρώνει την προσφορά κατά τις ώρες αιχμής. Επιπλέον, το SOFC λειτουργεί σε υψηλή θερμοκρασία (δηλαδή 900–1000°C), γεγονός που δημιουργεί τεχνική δυσκολία στην ανοχή θερμοκρασίας των εξαρτημάτων του συστήματος. Για να μειωθεί το κόστος των υλικών και να αντιστοιχηθούν τα καυσαέρια SOFC με τον ψύκτη απορρόφησης, προστέθηκε ένας ελεγκτής ροής με βαλβίδες για να εξισορροπηθεί η θερμοκρασία της εξάτμισης στους 500°C, που είναι η απαιτούμενη θερμοκρασία του ψύκτη απορρόφησης. Ο ελεγκτής ροής θεωρείται θερμικά μονωμένος.

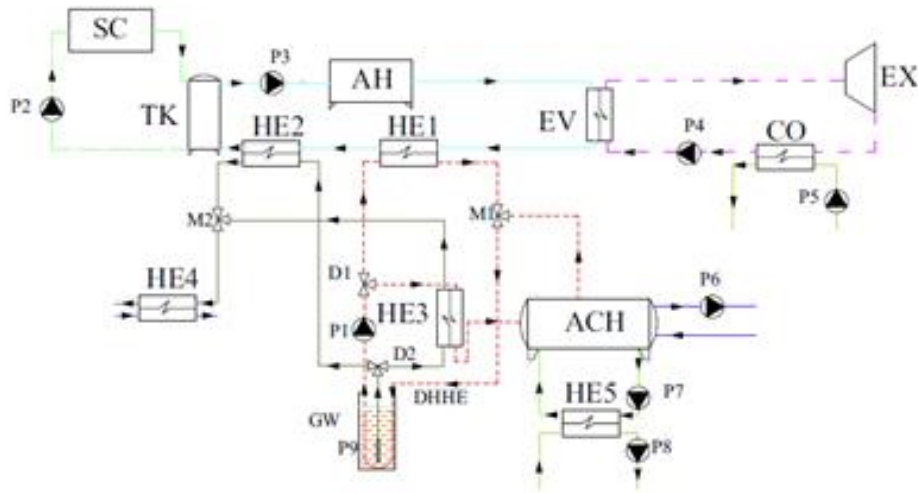
Τα παραπάνω σχηματίζουν ένα σύστημα συμπαραγωγής που βασίζεται σε SOFC, το οποίο εξωθεί το μείγμα θερμών αερίων στη θερμοκρασία των 160°C, αφήνοντας σημαντική θερμική ενέργεια αχρησιμοποίητη. Καθώς το επιλεγμένο ξενοδοχείο απαιτεί αισθητή ψύξη χώρου και ζεστό νερό κατά τη διάρκεια της ημέρας, προστίθεται ένας εναλλάκτης θερμότητας για την ανάκτηση της υπολειπόμενης θερμικής ενέργειας από τον ψύκτη απορρόφησης για την παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης για σκοπούς ενεργοποίησης. Λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους εναλλάκτες θερμότητας στην αγορά, η απώλεια ενέργειας σε αυτό το στάδιο θεωρείται ότι είναι 2%. [37]

Αναφορικά με την υλοποίηση του εξεταζόμενου συστήματος, προκύπτουν ορισμένοι περιορισμοί. Οι ανησυχίες που εγείρονται σχετίζονται με τις τεχνικές δυσκολίες του συστήματος, τους νομικούς περιορισμούς και τις πρακτικές δυσκολίες της εγκατάστασης. Συνοπτικά, η προοπτική αυτού του συστήματος συνδυασμένης τριπαραγωγής με βάση την ψύξη απορρόφησης SOFC βασίζεται: 1) στην τεχνολογική ανάπτυξη για την ενίσχυση της αξιοπιστίας και της οικονομικής προσιτότητας των μονάδων SOFC αναφορικά με εμπορικές τους χρήσεις, 2) την κυβερνητική υποστήριξη στο αρχικό στάδιο της υλοποίησης, 3) τις δράσεις επίδειξης και εκπαίδευσης για την ενίσχυση της ευαισθητοποίησης του κοινού σχετικά με τη συμπαραγωγή και την τριπαραγωγή, 4) τη σύναψη συμφωνιών με τις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και την κυβέρνηση για τον μετριασμό των νομικών περιορισμών προκειμένου να πραγματοποιηθεί η καταναεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η σύνδεση στο δίκτυο. [37]

2.2 Η περίπτωση ενός γεωθερμικού – ηλιακού συστήματος τριπαραγωγής σε ένα ξενοδοχείο στην Ischia της Ιταλίας

Το συγκεκριμένο σύστημα τριπαραγωγής είναι πολύ κερδοφόρο όταν υπάρχουν διαθέσιμες γεωθερμικές πηγές πολύ υψηλής θερμοκρασίας ($>90^{\circ}\text{C}$). Η απόδοση του συστήματος επηρεάζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του διαθέσιμου ρυθμού ροής γεωθερμίας. Αντίστροφα, η θέση του συστήματος (ή/και η χωρητικότητα του ηλιακού πεδίου) επηρεάζει οριακά τη συνολική απόδοση του συστήματος. Επομένως, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις τοποθεσίες όπου είναι διαθέσιμες γεωθερμικές πηγές με χαμηλό κόστος (δηλαδή χαμηλό βάθος) και υψηλή θερμοκρασία ($>90^{\circ}\text{C}$), ανεξάρτητα από το μέγεθος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ταυτόχρονα, οι υψηλές θερμικές απαιτήσεις και στις δύο περιόδους του καλοκαιριού και του χειμώνα είναι καθοριστικής σημασίας προκειμένου να επιτευχθεί μία καλή οικονομική απόδοση. Ο συνδυασμός αυτών των δύο περιστάσεων, όπως για παράδειγμα, η διαθεσιμότητα γεωθερμικής ενέργειας και οι μεγάλες απαιτήσεις θερμικής ενέργειας, μπορούν να επιτευχθούν από ξενοδοχεία που λειτουργούν όλο τον χρόνο και βρίσκονται σε ζώνες με κατάλληλη διαθεσιμότητα γεωθερμικής ενέργειας, όπως είναι αρκετά ηφαιστειακά νησιά της Μεσογείου. [38]

Η διάταξη της εξεταζόμενης μονάδας τριπαραγωγής η οποία τροφοδοτείται από γεωθερμική και ηλιακή ενέργεια παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.3. Πιο αναλυτικά το σύστημα παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α. [38]



Εικόνα 2.3: Σύστημα τριπαραγωγής ξενοδοχείου της Ischia

Πηγή: Buonomano, A., Calise, F., Palombo, A., Vicidomini, M., 2014, *Energy and economic analysis of geothermal–solar tri-generation systems: A case study for a hotel building in Ischia*, *Applied Energy*, 138, pp. 224-241.

Το γεωθερμικό φρέαρ GW χαμηλής θερμοκρασίας (γεωθερμική άλμη 96°C, βάθος 94 m) είναι εξοπλισμένο με έναν (κάτω) εναλλάκτη θερμότητας και μία βυθισμένη γεωθερμική αντλία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η ροή του νερού από τον κάτω εναλλάκτη και της γεωθερμικής άλμης εκτρέπεται αντίστοιχα στους HE1 και HE2 για τη θέρμανση του διαθερμικού λαδιού στην έξοδο της ORC έως περίπου και 90°C. Αυτή η θερμότητα αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας του συστήματος ORC. Στη συνέχεια, διαθερμικό λάδι ρέει στη δεξαμενή TK που συλλέγει επίσης το διαθερμικό λάδι που θερμαίνεται από το πεδίο των ηλιακών συλλεκτών. Αυτοί οι συλλέκτες ελέγχονται από έναν ελεγκτή ανάδρασης που λειτουργεί στην αντλία μεταβλητής ταχύτητας P2. Πιο συγκεκριμένα, ένας τέτοιος ελεγκτής λαμβάνει μετρήσεις θερμοκρασίας από την είσοδο και έξοδο του ηλιακού συλλέκτη και, μεταβάλλοντας τον ρυθμό ροής P2, επιτυγχάνει την επιθυμητή θερμοκρασία εξόδου (130 °C). Επιπλέον, ο ελεγκτής σταματά την αντλία P2 όταν η θερμοκρασία εξόδου SC είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του πυθμένα της δεξαμενής TK. Έτσι, το θερμό διαθερμικό λάδι (που παράγεται από τον ηλιακό βρόχο) παρέχει θερμότητα στη δεξαμενή TK.

Έπειτα, η αντλία P3 αντλεί το υγρό εξόδο από τη δεξαμενή TK προς το ORC. Αυτή η συσκευή είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί σε μεταβλητή θερμοκρασία (90–130°C) και σταθερό ρυθμό ροής. Επιπλέον, όταν η θερμοκρασία του εξερχόμενου λαδιού από το P3 είναι χαμηλότερη από το θεωρούμενο σημείο ρύθμισης, το ρευστό θερμαίνεται από θερμαντήρα με φυσικό αέριο (AH) που παρέχει την πρόσθετη θερμότητα που απαιτείται για την επίτευξη της ελάχιστης θερμοκρασίας ενεργοποίησης της μηχανής ORC (συνήθως υψηλότερη από 85°C). Η ενεργοποίηση του AH μπορεί να είναι απαραίτητη για αρκετές ώρες κατά τη θερινή περίοδο, όταν η γεωθερμική πηγή πρέπει επίσης να τροφοδοτεί τον θερμαντήρα ACH. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο εκτροπέας D1 κατευθύνει το γεωθερμικό νερό DHHE στον εναλλάκτη θερμότητας HE3 για την ενεργοποίηση του ACH. Κατά την ίδια εποχή, εάν η θερμοκρασία εξόδου του διαθερμικού λαδιού από τον εξατμιστή ORC είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της γεωθερμικής άλμης, η D2 εκτρέπει τη γεωθερμική άλμη στον εναλλάκτη θερμότητας HE2, διαφορετικά στον εναλλάκτη θερμότητας HE3. Επιπλέον, η γεωθερμική άλμη εξόδου από τους

εναλλάκτες θερμότητας HE2 και HE3 συλλέγεται από τη βαλβίδα M2 προκειμένου να τροφοδοτηθεί ο εναλλάκτης θερμότητας HE4 για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και για άλλες χρήσεις θέρμανσης (για παράδειγμα, για τη θέρμανση της πισίνας του ξενοδοχείου). [38]

Στην Εικόνα 2.4 παρουσιάζονται οι κύριες ετήσιες ροές ενέργειας για το σύστημα υπό διερεύνηση. Το μεγαλύτερο μέρος της παρεχόμενης θερμικής ενέργειας στο ORC οφείλεται στις συνεισφορές των HE1 και HE2 (γεωθερμικός) που κυριαρχεί έναντι του ηλιακού συλλέκτη.

Annual energy results.

Param.	I_{tot}	E_{SC}	E_{TK}	E_{HE1}	E_{HE2}	E_{HE4}	$E_{th,ACH}$	$E_{cool,ACH}$	$E_{th,AH}$	PE_{AH}	$E_{th,inORC}$	$E_{el,ORC}$	$E_{el,aux}$
Unit	MW h/y												
Ischia	43.3	25.6	24.9	40.1	603.2	1116.3	161.5	109.5	32.4	37.7	698.5	44.7	6.09
Pantelleria	42.9	25.3	24.6	40.0	603.5	1115.7	161.5	109.5	32.9	38.3	699.2	44.7	6.09
Aeolian Is.	46.7	28.4	27.8	39.9	601.1	1118.2	161.5	109.5	31.2	36.3	698.6	44.8	6.09

Εικόνα 2.4: Συνολικά ενεργειακά αποτελέσματα του ξενοδοχείου της Ischia

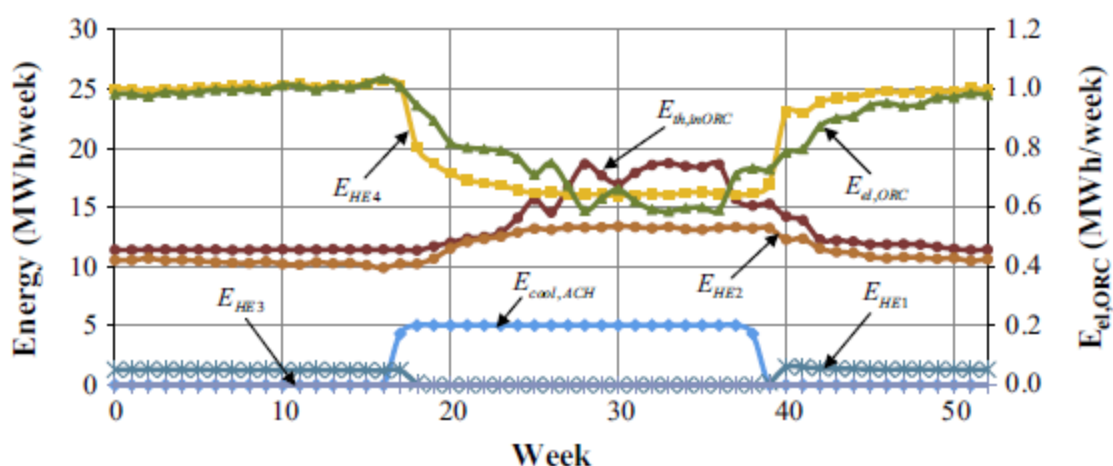
Πηγή: Buonomano, A., Calise, F., Palombo, A., Vicidomini, M., 2014, *Energy and economic analysis of geothermal-solar trigeneration systems: A case study for a hotel building in Ischia*, *Applied Energy*, 138, pp. 224-241.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμική ενέργεια που ανταλλάσσεται από τους εναλλάκτες θερμότητας HE2, E_{HE2} , είναι πολύ μεγαλύτερη (603,2MWh/y) σε σχέση με εκείνη του HE1 (40,1MWh/y). Στην πραγματικότητα, ο HE1 παρέχει θερμότητα μέσω του κάτω γεωθερμικού εναλλάκτη, ενώ ο HE2 παρέχει θερμότητα από τη γεωθερμική άλμη. Προφανώς, η θερμότητα που παρέχεται από τη γεωθερμική άλμη είναι πολύ υψηλότερη από αυτή του κάτω εναλλάκτη θερμότητας. Ο HE1 παρέχει μόνο μία ελαφρά προθέρμανση του διαθερμικού λαδιού ενώ ο HE2, που παρέχεται από τη γεωθερμική άλμη, επιτρέπει την επίτευξη της ελάχιστης θερμοκρασίας για την ενεργοποίηση της ORC (90°C). Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο HE1 δεν ενεργοποιείται το καλοκαίρι, δεδομένου ότι η θερμότητα του κάτω γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας χρησιμοποιείται για την κίνηση του ψύκτη απορρόφησης. Η συνολική θερμική ενέργεια που παράγεται από το ηλιακό πεδίο, E_{SC} , είναι 25,6MWh/y. Η E_{TK} (ίση με 24,9MWh/y) αντιπροσωπεύει την ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια που συλλέγεται στη δεξαμενή αποθήκευσης της μονάδας και παραδίδεται στον χρήστη. Η διαφορά μεταξύ των E_{SC} και E_{TK} οφείλεται στις θερμικές απώλειες της δεξαμενής και των σωληνώσεων. Η E_{HE2} είναι επίσης πολύ υψηλότερη από την E_{TK} , κάτι το οποίο υποδεικνύει ότι η συμβολή του ηλιακού πεδίου στη συνολική θερμική παραγωγή είναι οριακή σε σύγκριση με τη γεωθερμική ενέργεια. Η θερμότητα που παράγεται από τον βοηθητικό θερμαντήρα αερίου AH, $E_{th,AH}$, είναι πολύ χαμηλότερη (32,4MWh/y) από την E_{HE2} , γεγονός που υποδεικνύει ότι ο συνδυασμός των ηλιακών και γεωθερμικών πηγών θερμότητας κυριαρχεί στο σύστημα κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, ιδιαίτερα το καλοκαίρι. [38]

Περίπου το 6,4% της θερμικής ενέργειας εισόδου του ORC, $E_{th, inORC}$ μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, $E_{el,ORC}$, (44,7MWh/y), ενώ η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από τις βοηθητικές συσκευές του ξενοδοχείου, $E_{el,aux}$ (για τις αντλίες) είναι περίπου ίση με το 13,6% της ενέργειας που παράγεται από την ORC. Αυτό είναι ένα καλό αποτέλεσμα, καθώς η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία τέτοιων συσκευών, ιδιαίτερα

της γεωθερμικής αντλίας. Κατά τη θερινή λειτουργία, η τροφοδοσία της γεωθερμικής πηγής (από τον κάτω εναλλάκτη θερμότητας) τροφοδοτεί τον ψύκτη απορρόφησης ACH, που παράγει 109,5MWh/έτος ψύξης ($E_{cool,ACH}$). Πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμότητα που χρησιμοποιείται για τον ACH προκύπτει μόνο μέσω της συμβολής του κάτω γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας. Στην πραγματικότητα, η γεωθερμική άλμη από το D2, μεταφέρεται στον βρόχο της ORC κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας. Επομένως, ο HE3 παραμένει απενεργοποιημένος. [38]

Τα ετήσια αποτελέσματα που συζητήθηκαν παραπάνω δεν τονίζουν τη διακύμανση της απόδοσης του συστήματος κατά τη διάρκεια του έτους. Επομένως, για να αναλυθούν καλύτερα αυτές οι παραλλαγές, τα αποτελέσματα αναλύονται επιπρόσθετα και σε εβδομαδιαία βάση. Στην Εικόνα 2.5, παρουσιάζονται η ενέργεια ψύξης που λαμβάνεται από τον ACH, $E_{cool,ACH}$, η θερμική ενέργεια εισόδου στο ORC, $E_{th,inORC}$, η ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνεται από την ORC, $E_{el,ORC}$, και η θερμική ενέργεια που λαμβάνεται από τους εναλλάκτες θερμότητας HE1, HE2, HE3 και HE4 (E_{HE1} , E_{HE2} , E_{HE3} , E_{HE4}).



Εικόνα 2.5: Εβδομαδιαία ενέργεια για το ξενοδοχείο της Ischia

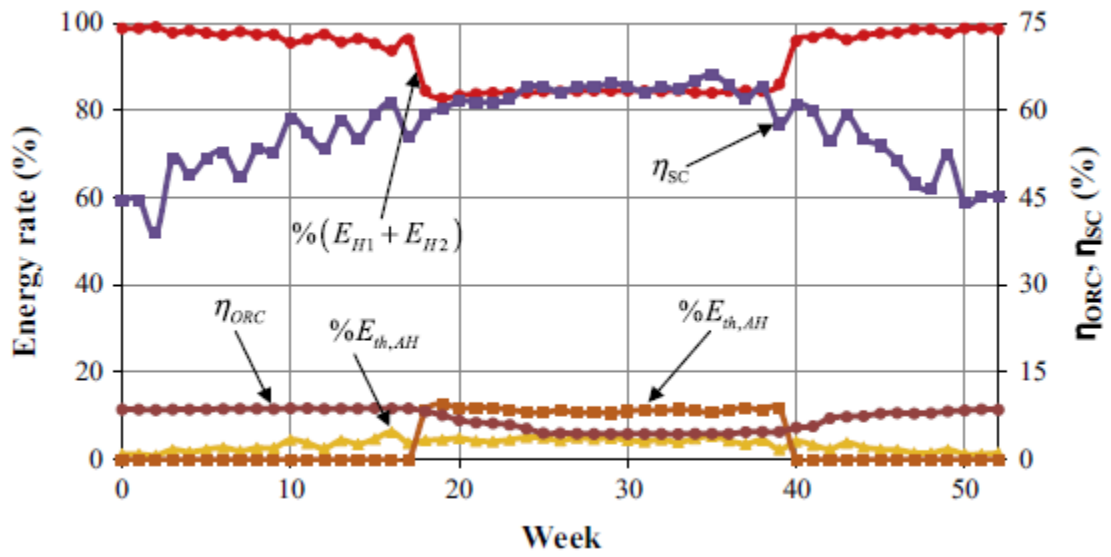
Πηγή: Buonomano, A., Calise, F., Palombo, A., Vicidomini, M., 2014, Energy and economic analysis of geothermal-solar trigeneration systems: A case study for a hotel building in Ischia, Applied Energy, 138, pp. 224-241.

Το $E_{th,inORC}$ αποτελείται από: γεωθερμική ενέργεια από τους εναλλάκτες θερμότητας HE1 και HE2, την ηλιακή ενέργεια και, τελικά, την ενέργεια που παρέχεται από την ΑΗ. Η παραγωγή θερμότητας από τον εναλλάκτη θερμότητας HE1 είναι σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια των χειμερινών εβδομάδων, καθώς αυτός ο εναλλάκτης θερμότητας απενεργοποιείται το καλοκαίρι αφού εκείνη την περίοδο η γεωθερμική θερμότητα παραδίδεται στον ψύκτη απορρόφησης. Αντίθετα, η θερμική ενέργεια HE2 κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αυξάνεται για δύο λόγους, και συγκεκριμένα: i) Ο εναλλάκτης θερμότητας HE1 είναι απενεργοποιημένος και δεν προθερμαίνει το λάδι, επομένως, η θερμοκρασία του λαδιού εισόδου στον εναλλάκτη θερμότητας HE2 είναι χαμηλότερη, ii) η θερμοκρασία λαδιού από τον εξατμιστή ORC είναι περίπου 20°C χαμηλότερη από τη μέση χειμερινή, λόγω διακύμανσης της θερμοκρασίας συμπύκνωσης. Μάλιστα, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εισόδου του ελαίου εξόδου από τον ORC, τόσο υψηλότερη γίνεται η θερμική ικανότητα του εναλλάκτη θερμότητας HE2. Ως συνέπεια των

παραπάνω, λαμβάνοντας υπόψη και τη μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια των θερινών εβδομάδων, μία συνολική αύξηση της $E_{th,inORC}$ ανιχνεύεται.

Αντίθετα, η παραγωγή της ORC, $E_{el, ORC}$ μειώνεται. Στην πραγματικότητα, αν και η θερμική είσοδος του ORC είναι υψηλότερη, η απόδοσή της μειώνεται δραματικά το καλοκαίρι λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού που εισρέει στον συμπυκνωτή. Τα δεδομένα δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι θερμοκρασίες αυτές είναι ίσες με περίπου 16–20°C και η σχετική απόδοση του ORC είναι γύρω στο 9%, ενώ το καλοκαίρι η θερμοκρασία του νερού θαλάσσης είναι 25°C, και έτσι η απόδοση της ORC μειώνεται δραματικά στο 4,5%. Τον χειμώνα, το ACH είναι απενεργοποιημένο και όλη η γεωθερμική θερμότητα παρέχεται στους εναλλάκτες θερμότητας HE1 και HE2. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ο κάτω εναλλάκτης θερμότητας παρέχει θερμότητα στο ACH το οποίο παράγει ενέργεια $E_{cool,ACH}$. Αυτή η ενέργεια είναι σταθερή για την περίοδο λειτουργίας. Ωστόσο, το καλοκαίρι ανιχνεύεται σημαντική μείωση της παραγόμενης θερμότητας από τον εναλλάκτη θερμότητας E_{HE4} , λόγω αντίστοιχης μείωσης της θερμοκρασίας του θερμού υγρού. Ωστόσο, η E_{HE4} είναι πάντα υψηλότερη από την εκτιμώμενη ζήτηση ζεστού νερού χρήσης για το ξενοδοχείο. [38]

Στην Εικόνα 2.6, παρουσιάζονται τα ποσοστά των πηγών θερμότητας σε σχέση με το σύνολο της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του ORC: η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται στη δεξαμενή TK, $\%E_{TK}$, η γεωθερμική ενέργεια, $\%(E_{HE1} + E_{HE2})$, η ενέργεια του βοηθητικού θερμαντήρα, $\%E_{th,AH}$. Το $\%E_{TK}$ ισούται μόνο με 3% κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Το ποσοστό της γεωθερμικής ενέργειας, $\%(E_{HE1} + E_{HE2})$, είναι η κύρια πηγή και, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κυριαρχεί έναντι των άλλων πηγών ενέργειας, δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι χαμηλή. Το χειμώνα, $\%E_{th,AH}$ είναι ίσο με 0, δηλαδή το AH είναι πάντα απενεργοποιημένο, καθώς η ελάχιστη τιμή ενεργοποίησης της ORC, 90°C, επιτυγχάνεται πάντα μόνο με τη χρήση της πηγής γεωθερμίας και από μία πολύ μικρή ηλιακή προσθήκη. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ένα σημαντικό ποσό της γεωθερμικής ενέργειας παρέχεται στο ACH, προκειμένου να παραχθεί ενέργεια ψύξης. Έτσι, μία μικρή ποσότητα θερμικής ενέργειας, $\%E_{th,AH}$, απαιτείται στο AH προκειμένου να επιτευχθεί η ελάχιστη θερμοκρασία εισόδου που απαιτείται από το ORC. [38]



Εικόνα 2.6: Εβδομαδιαία ποσοστά ενέργειας

Πηγή: Buonomano, A., Calise, F., Palombo, A., Vicidomini, M., 2014, Energy and economic analysis of geothermal-solar trigeneration systems: A case study for a hotel building in Ischia, Applied Energy, 138, pp. 224-241.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη μελέτη εγκατάστασης συστημάτων συμπαραγωγής σε υφιστάμενη ξενοδοχειακή μονάδα της Χαλκιδικής. Για τα επιλεγμένα συστήματα ελέγχεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνουν στην συνολική κατανάλωση ενέργειας, αλλά και η οικονομική αποδοτικότητα τους. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου το υπό μελέτη κτιριακό συγκρότημα εισήχθη σε ένα λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων, το Energy Plus αφού σχεδιάστηκε με τη χρήση του Sketch Up. Στη συνέχεια εξετάστηκαν τα διαφορετικά συστήματα συμπαραγωγής και τα αποτελέσματα συγκρίνονται παρακάτω, ώστε να διερευνηθεί η αποδοτικότερη επιλογή για τις συγκεκριμένες ανάγκες.

3.1 Εργαλεία προσομοίωσης

Για την εκπόνηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Αρχικά αποτυπώθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCAD, για να διευκολυνθεί η μετέπειτα σχεδίαση της γεωμετρίας του μοντέλου προσομοίωσης μέσω του προγράμματος Sketch Up. Έπειτα εισήχθησαν, μέσω του Open Studio, τα δεδομένα, που απαιτούνται από το EnergyPlus, ώστε να γίνει η παραμετρική μελέτη και να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν και με τη σειρά τους οδήγησαν στην εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων.

Το EnergyPlus έχει τις ρίζες του στα προγράμματα BLAST και DOE-2. Το BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και το DOE-2 αναπτύχθηκαν και κυκλοφόρησαν στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ως εργαλεία προσομοίωσης ενέργειας και φορτίων. Δεδομένου όμως ότι τα προγράμματα αυτά σχεδιάστηκαν την εποχή των υπολογιστών πρώτης γενιάς, η περαιτέρω ανάπτυξή τους έχει καταστεί ακριβή και χρονοβόρα. Παράλληλα, τα τελευταία 30 χρόνια, έχει σημειωθεί σημαντική ανάπτυξη στους τομείς της ανάλυσης και των υπολογιστικών μεθόδων, παρέχοντας έτσι στα προγράμματα αυτά τη δυνατότητα για σημαντικές βελτιώσεις. Έτσι, το 1996, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ ξεκίνησε να σχεδιάζει ένα καινούριο πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων, το Energy Plus, που βασίζεται στην εμπειρία των δύο προηγούμενων προγραμμάτων, παρουσιάζει όμως αρκετές καινοτομίες. Οι πρώτες εκδόσεις του Energy Plus κυκλοφόρησαν το 1999, ενώ σήμερα έχουμε φτάσει στην ένατη έκδοση.

Απευθύνεται κυρίως σε μηχανικούς και αρχιτέκτονες, που επιθυμούν να σχεδιάσουν έναν κατάλληλο σύστημα θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού (HVAC), να εκπονήσουν μελέτες εκσυγχρονισμού για αναλύσεις κόστους κύκλου ζωής, βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης, κλπ.

Όπως τα γονικά του προγράμματα, το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της ανάλυσης ενέργειας και του θερμικού φορτίου. Συνεπώς, απαιτείται από το χρήστη η εισαγωγή

διαφόρων παραμέτρων, όπως τα υλικά και η διάσθρωση των δομικών στοιχείων, ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, το προφίλ λειτουργίας, κτλ. Το EnergyPlus υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, καθώς και τα φορτία που απαιτούνται για να καλυφθούν οι θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις αυτού, εισάγοντας μάλιστα παραμέτρους που αντικατοπτρίζουν τη συμπεριφορά του κτιρίου σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Πολλά από τα χαρακτηριστικά προσομοίωσης έχουν κληρονομηθεί από τα παλαιότερα προγράμματα BLAST και DOE-2. Παρακάτω, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες από τις σημαντικότερες δυνατότητες του προγράμματος:

- Ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη επίλυση της συμπεριφοράς του κτιρίου και των πρωτευόντων και δευτερευόντων συστημάτων, όταν αυτά είναι άμεσα συνδεδεμένα μεταξύ τους.
- Χρονικά βήματα μικρότερα της μίας ώρας για την αλληλεπίδραση μεταξύ θερμικών ζωνών και περιβάλλοντος, καθώς και μεταβλητά χρονικά βήματα για την αλληλεπίδραση των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού (HVAC systems).
- ASCII αρχεία κειμένου για τα κλιματολογικά και τα δεδομένα εισόδου που περιλαμβάνουν ωριαίες, ή και συντομότερες, καταγραφές, καθώς και εξαγόμενα αποτελέσματα τα οποία μπορούν να καθοριστούν από τον χρήστη.
- Τεχνική επίλυση βασισμένη στη θερμική ισορροπία των φορτίων του κτιρίου, που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό των επιδράσεων της ακτινοβολίας και της συναγωγής, τόσο για την εσωτερική όσο και για την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου.
- Συναρτήσεις θερμικής αγωγιμότητας για τον υπολογισμό αυτής στα διάφορα μέρη του κτιρίου, όπως τοίχοι, οροφές, δάπεδα, κλπ.
- Βελτιωμένη προσομοίωση της μεταφοράς θερμότητας μέσω εδάφους, βασισμένη σε τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους και απλοποιημένες μεθόδους ανάλυσης.
- Συνδυασμένο μοντέλο διάδοσης θερμότητας και μάζας για τον υπολογισμό της απορρόφησης και της αποβολής υγρασίας από κάθε στρώμα των επιφανειών του κτιρίου. Ο υπολογισμός γίνεται μέσω συναρτήσεων θερμικής αγωγιμότητας ή με το μοντέλο EMPD (Effective Moisture Penetration Depth Model).
- Μοντέλα θερμικής άνεσης που λαμβάνουν υπόψη τους τη δραστηριότητα των ενοίκων, την υγρασία, κλπ.
- Ανισοτροπικό μοντέλο ουρανού για τον καλύτερο υπολογισμό της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει σε κεκλιμένες επιφάνειες.
- Σύνθετοι υπολογισμοί κουφωμάτων που αφορούν στο μέγεθος του ανοίγματος, στον τύπο του υαλοπίνακα, ακόμη και τις τυχόν περιστρεφόμενες περσίδες. Για την εξυπηρέτηση των υπολογισμών, το πρόγραμμα περιλαμβάνει βιβλιοθήκη με τα χαρακτηριστικά αρκετών διαθέσιμων στο εμπόριο κουφωμάτων.
- Έλεγχοι της ημερήσιας ηλιακής φωτεινότητας, συμπεριλαμβανομένων και των υπολογισμών του εσωτερικού φωτισμού, της προσομοίωσης και του ελέγχου της θάμβωσης, καθώς και της επίδρασης της μείωσης του τεχνητού φωτισμού στα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου.
- Υπολογισμοί της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που υπολογίζουν δηλαδή τα επίπεδα των CO₂, SO_x, NO_x, CO και των μικροσωματιδίων της ατμόσφαιρας.

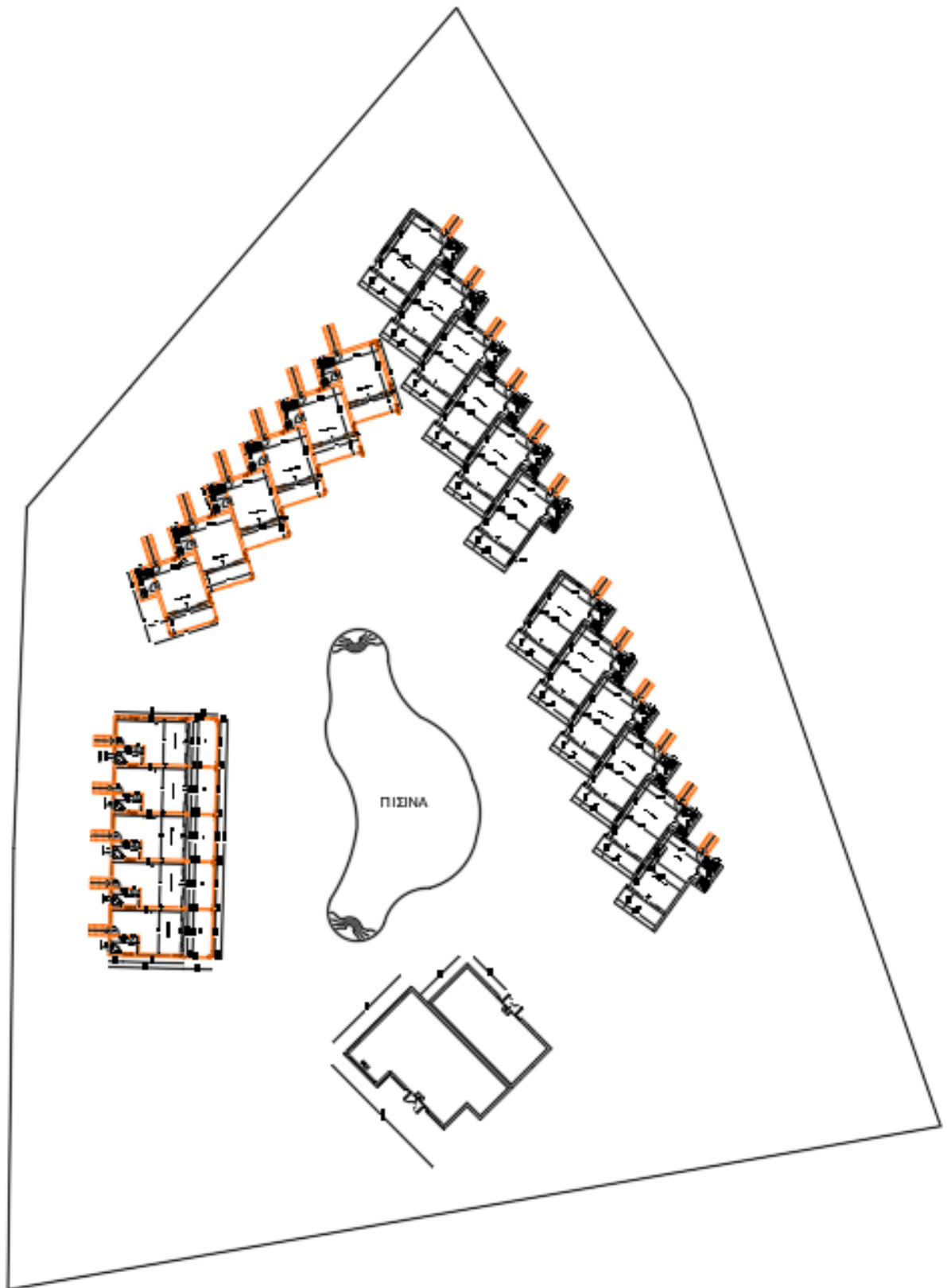
3.2 Κτίριο μελέτης

Για την εκπόνηση της εργασίας, εκκίνηση αποτέλεσε η επιλογή της ξενοδοχειακής μονάδας, στην οποία έγινε η εν λόγω μελέτη. Επιλέχθηκε μια μικρή ξενοδοχειακή μονάδα, με τέσσερα κτηριακά συγκροτήματα δωματίων, στην περιοχή της Χαλκιδικής, που κατασκευάστηκε το 2014. Τα χαρακτηριστικά που κατέστησαν το συγκεκριμένο ξενοδοχείο κατάλληλο αφορούν τόσο την ενεργειακή του κατανάλωση αλλά και την μεγάλη έκταση του οικοπέδου, που επιτρέπει την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, χωρίς περιορισμούς χώρου. Το ξενοδοχείο αποτελείται από 4 διάφορες οικοδομές που αποτελούν τα διαθέσιμα δωμάτια και μία ισόγεια οικοδομή που περιλαμβάνει τη υποδοχή και το εστιατόριο του ξενοδοχείου, με ύψος ορόφων 3 m. Το συνολικό εμβαδόν του κάθε κτιρίου δωματίων αντιστοιχεί περίπου σε 230m² ανά όροφο, που περιλαμβάνει 6 δωμάτια, με εξαίρεση το δυτικό κτίριο που έχει 5 δωμάτια στα ίδια τετραγωνικά. Στην περίπτωση του κεντρικού κτιρίου το εμβαδόν ισούται με 165 m² συνολικά για τις δύο χρήσεις του. Ο φέρων οργανισμός κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα και η τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή. Όλα τα κτίρια είναι πλήρως θερμομονωμένα εξωτερικά, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, με χρήση αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης περίπου 7cm. Τα κουφώματα είναι νέας τεχνολογίας, συνθετικά με θερμοδιακοπή και διπλό υαλοπίνακα, λόγω της σχετικά νεόδμητης κατασκευής, με εξαίρεση τις πόρτες εισόδου των δωματίων που είναι ξύλινες. Η επιστέγασή των κτιρίων αποτελεί βατό δώμα, με κατάλληλη στεγανοποιητική στρώση και πλάκες πεζοδρομίου. Το συγκεκριμένο οικόπεδο δεν γειτνιάζει με άλλα, σε κοντινή απόσταση, οπότε οποιαδήποτε σκίαση προέρχεται αποκλειστικά από τα δομικά στοιχεία του ίδιου του συγκροτήματος.

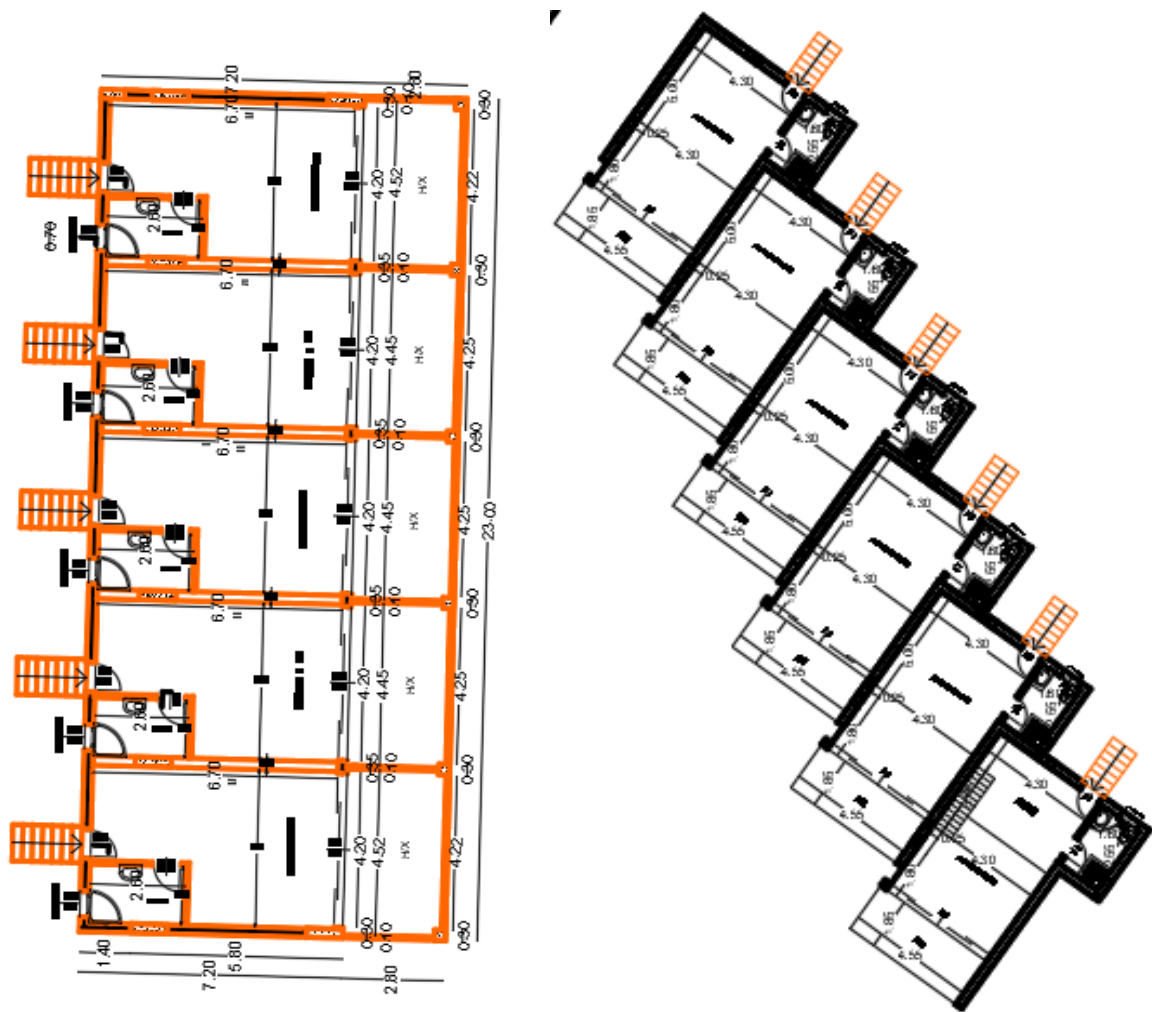
3.3 Σχεδίαση ξενοδοχείου μελέτης στο AutoCAD

Αρχικά έγινε ο σχεδιασμός ολόκληρου του συγκροτήματος στο AutoCAD, σε επίπεδο κατόψεων. Η προσομοίωση του μοντέλου αφορά κυρίως το εξωτερικό κέλυφος κάθε κτιρίου οπότε δεν δόθηκε έμφαση στα εσωτερικά χαρακτηριστικά και την επίπλωση κάθε χώρου, αλλά στις εξωτερικές διαστάσεις της κατασκευής. Καθαρά για λόγους αισθητικής πληρότητας σχεδιάστηκαν ενδεικτικά η πισίνα στο κέντρο του ξενοδοχείου και τα όρια του οικοπέδου. Τα τέσσερα κτίρια στην βόρεια πλευρά του οικοπέδου αποτελούνται εξολοκλήρου από δωμάτια διανυκτέρευσης και μόνο το νότιο οικοδόμημα παρουσιάζει διαφορετική χρήση, αφού περιλαμβάνει την υποδοχή στο ανατολικό του τμήμα και το εστιατόριο στο δυτικό.

Παρακάτω δίνεται η κάτοψη του ισόγειου, για το σύνολο του οικοπέδου, καθώς ο 1ος όροφος αποτελεί επανάληψη αυτού, αλλά και οι κατόψεις του δυτικού και του ανατολικού κτιρίου, ενδεικτικά.



Εικόνα 3.1: Κάτοψη ισογείου ξενοδοχείου μελέτης



Εικόνα 3.2: Κάτοψη ισογείου δυτικού και ανατολικού κτιρίου αντίστοιχα

2.2.1 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες

Για τη μελέτη του συγκροτήματος απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για ευκολία των υπολογισμών, συνίσταται ο διαχωρισμός κάθε κτιρίου σε όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό ζωνών. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009, ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 °C σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία, οι οποίοι έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα, κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού, λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.

- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες). Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτίριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.

- Υπάρχουν χώροι στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νεπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

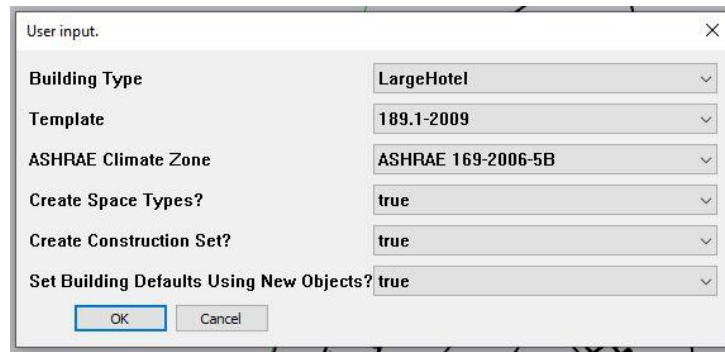
Επιπλέον σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου πρέπει να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Βάσει των παραπάνω και καθώς το κάθε δωμάτιο έχει ξεχωριστό θερμοστάτη, προκειμένου να ικανοποιεί τις ανάγκες θερμικής άνεσης των ενοίκων, κάθε δωμάτιο έπρεπε να αποτελέσει χωριστή θερμική ζώνη και επιπλέον δημιουργήθηκε μία θερμική ζώνη για το χώρο υποδοχής και μία για το εστιατόριο, ως διαφορετικές χρήσεις. Συμπληρωματικοί χώροι, όπως μπάνια και αποθήκες, δεν θεωρούνται χωριστές θερμικές ζώνες καθώς δεν περιλαμβάνουν θερμικά φορτία.

3.4 Προσομοίωση ξενοδοχείου μελέτης στο SketchUp

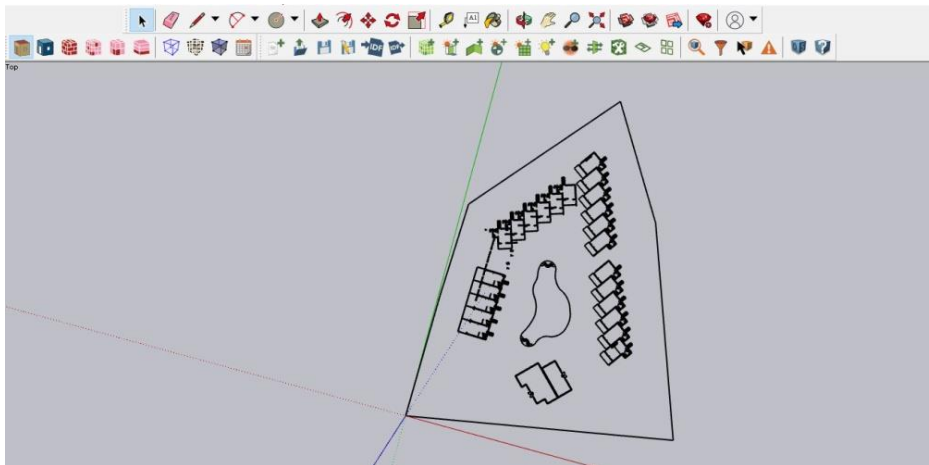
Το Energy Plus είναι ένα εργαλείο που καθιστά εύκολη την επεξεργασία των χαρακτηριστικών των υλικών, των δομικών στοιχείων και των διαφόρων συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, αερισμού κλπ, ωστόσο είναι αρκετά δύσκολο στην περιγραφή των γεωμετρικών στοιχείων του κτιρίου. Κρίθηκε, έτσι, αναγκαία η συνεργασία και η διαλειτουργικότητα του Energy Plus με κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα. Καταλληλότερο για αυτήν τη δουλειά ήταν το Sketch Up, λόγω της ευκολίας που παρουσιάζει στο σχεδιασμό τρισδιάστατων μορφών, ακόμη και από χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με προγράμματα CAD. Για το λόγο αυτό, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, σχεδίασε το Open Studio plug-in με το οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία του Energy Plus για να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί ενεργειακές ζώνες και επιφάνειες.

Ακολουθώντας τα βασικά βήματα σχεδιασμού του λογισμικού Sketch Up, το υπό μελέτη ξενοδοχείο μοντελοποιήθηκε εισάγοντας τις θερμικές ζώνες, στις οποίες διαχωρίστηκε σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την δημιουργία του νέου αρχείου μέσω του Open Studio, επιλέγεται ως Building Type η επιλογή Large Hotel.



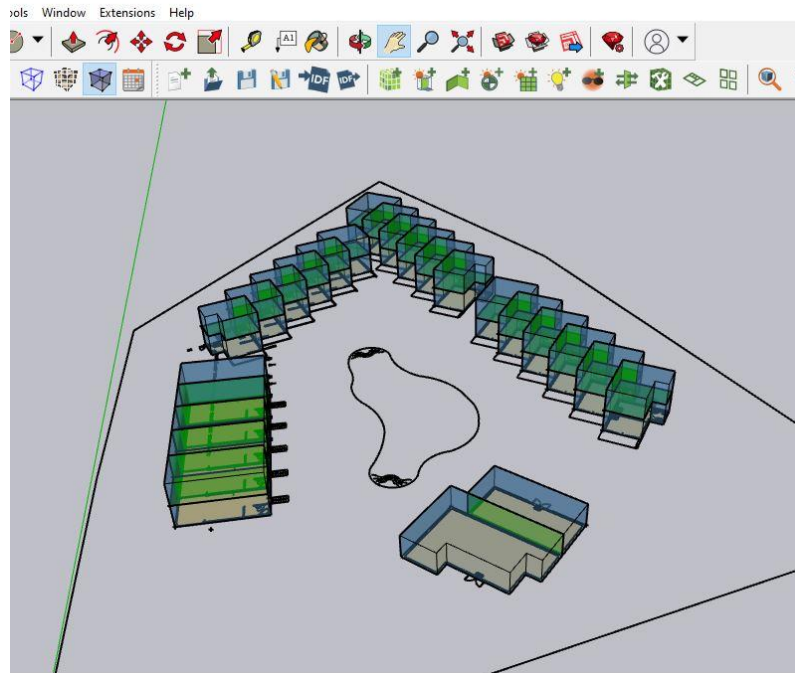
Εικόνα 3.3: Δημιουργία αρχείου Open Studio

Τα σχέδια που ολοκληρώθηκαν μέσω του AutoCAD βοήθησαν στη μοντελοποίηση με την εισαγωγή των κατόψεων στο Sketch Up. Οι διαστάσεις του αρχείου απαιτούν προσαρμογή προκειμένου να ταυτιστούν οι κλίμακες ανάμεσα στα δύο προγράμματα. Πάνω στην προβολή του αρχείου του AutoCAD σχεδιάστηκαν εκ νέου τα όρια των κατασκευών, χωριστά για κάθε χώρο που θα αποτελέσει ανεξάρτητη θερμική ζώνη, και ολοκληρώθηκε η μεταφορά των κατόψεων στο νέο λογισμικό. Για την μετάβαση σε 3D αποτύπωση δημιουργείται για όλη την κάτοψη ο πρώτος όροφος και για τα κτίρια των δωματίων ένας ακόμα πανομοιότυπος δεύτερος όροφος. Σε όλες τις περιπτώσεις το ύψος ορόφου είναι 3 μέτρα.



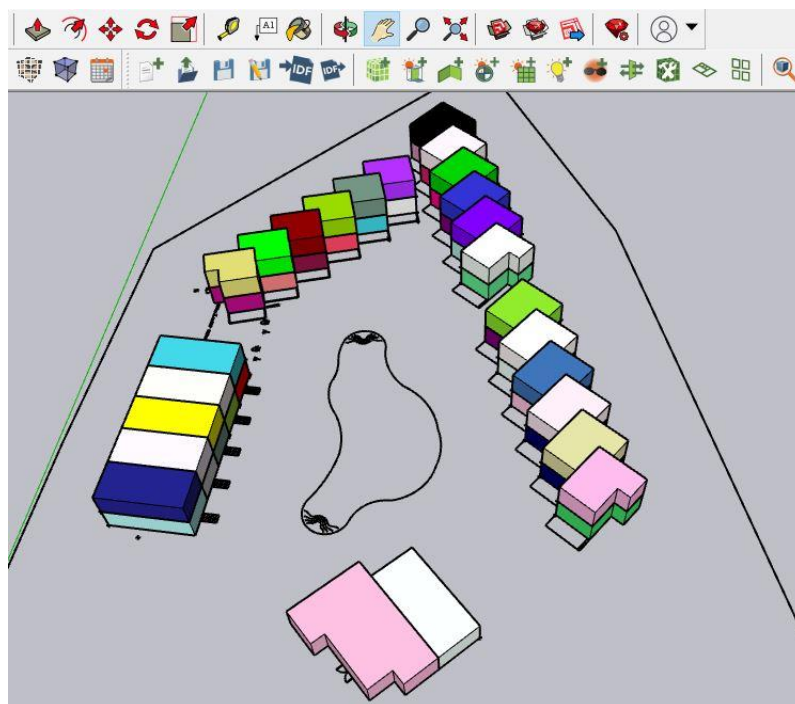
Εικόνα 3.4: Εισαγωγή αρχείο AutoCAD στο Sketch Up

Σημαντικό σημείο για την προσομοίωση είναι να έχουν οριστεί σωστά οι συνοριακές συνθήκες κάθε επιφάνειας. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα να ελεγχθεί εύκολα αυτή η συνθήκη με τα διαφορετικά χρώματα που υποδηλώνουν την κατάσταση των δομικών στοιχείων. Το μπλε χρώμα αντιστοιχεί σε επιφάνειες εκτεθειμένες στον εξωτερικό αέρα, το πράσινο σε επιφάνειες εσωτερικές που έρχονται σε επαφή με αντίστοιχο δομικό στοιχείο άλλης θερμικής ζώνης και το μπεζ αφορά επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος. Αφού διορθώθηκαν όσες επιφάνειες δεν είχε ορίσει καλά το πρόγραμμα εξαρχής η τελική εικόνα του έργου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



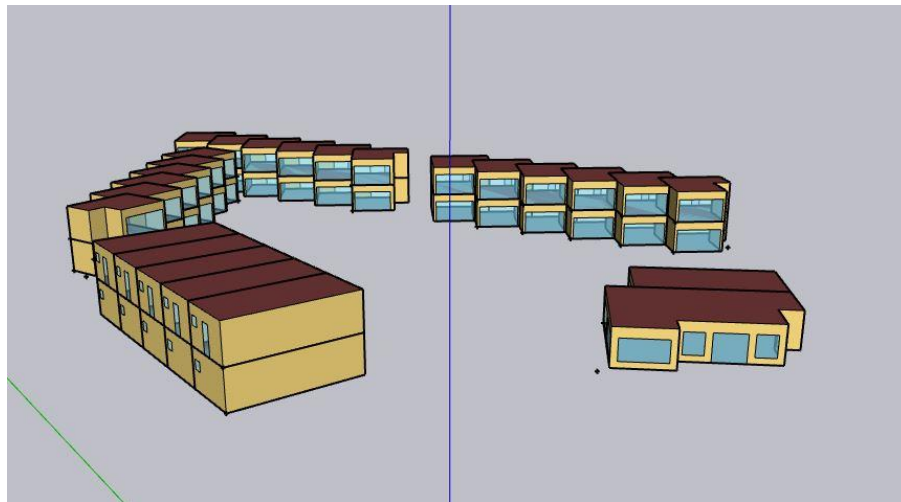
Εικόνα 3.5: Οριακές συνθήκες δομικών στοιχείων

Σε αυτό το σημείο ορίζονται οι διαφορετικές θερμικές ζώνες. Για κάθε ανεξάρτητο χώρο ορίζεται η χρήση του και τοποθετείται σε νέα θερμική ζώνη. Και σε αυτή την περίπτωση το λογισμικό για τον διαχωρισμό των ζωνών επιλέγει την χρωματική διαφοροποίηση. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται όλες οι θερμικές ζώνες που αφορούν την ξενοδοχειακή μονάδα.



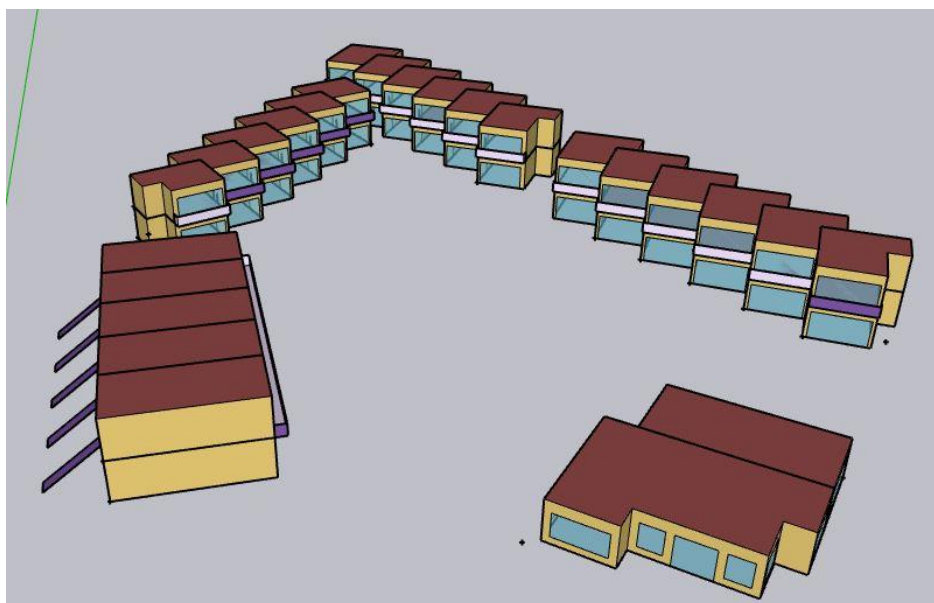
Εικόνα 3.6: Θερμικές ζώνες

Σε αυτό το στάδιο γίνεται ο σχεδιασμός όλων των κουφωμάτων για κάθε θερμική ζώνη. Σε κάθε δωμάτιο υπάρχει από μία μπαλκονόπορτα, ένα παράθυρο στο μπάνιο και η είσοδος του, ενώ οι κοινόχρηστοι χώροι έχουν περισσότερα ανοίγματα. Η λειτουργία κάθε κουφώματος ορίζεται διαδοχικά (ανοιγόμενο, σταθερό, με τζάμι κτλ).



Εικόνα 3.7: Εισαγωγή κουφωμάτων

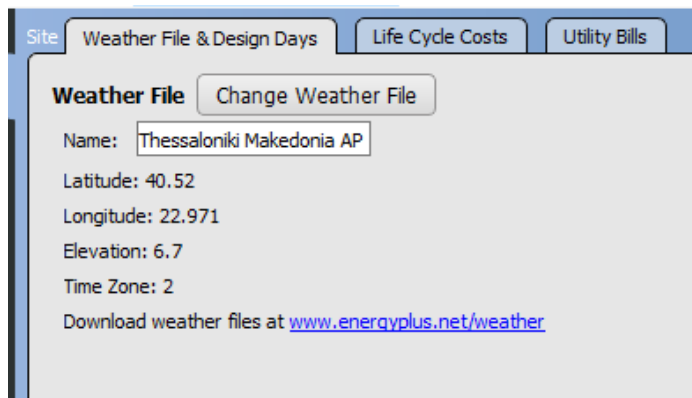
Τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση του κελύφους αποτελούν τα σκίαστρα. Καθώς το συγκρότημα όπως αναφέρθηκε δεν έχει γειτονικά κτίρια σε κοντινή απόσταση, τα μόνα σκίαστρα που υπάρχουν είναι τμήματα της ίδιας της κατασκευής. Οι πρόβολοι αλλά και οι κλίμακες κάθε δωματίου σχεδιάστηκαν ως σκίαστρα, καθώς δεν επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά του ξενοδοχείου. Η τελική μορφή του συγκροτήματος όπως διαμορφώθηκε στο SketchUp παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3.8: Προσομοίωση ξενοδοχειακής μονάδας στο Sketch Up

3.5 Προσομοίωση ξενοδοχείου μελέτης στο Open Studio

Περνώντας στο Open studio το πρώτο δεδομένο που απαιτείται είναι τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Με βάση τη γεωγραφική θέση του συγκροτήματος βρίσκονται μέσω του διαδικτύου διαθέσιμα αρχεία καιρικών συνθηκών. Τα καταγεγραμμένα στοιχεία στην πλησιέστερη θέση είναι για την περιοχή της Θεσσαλονίκης και αυτά επιλέγονται για την προσομοίωση.



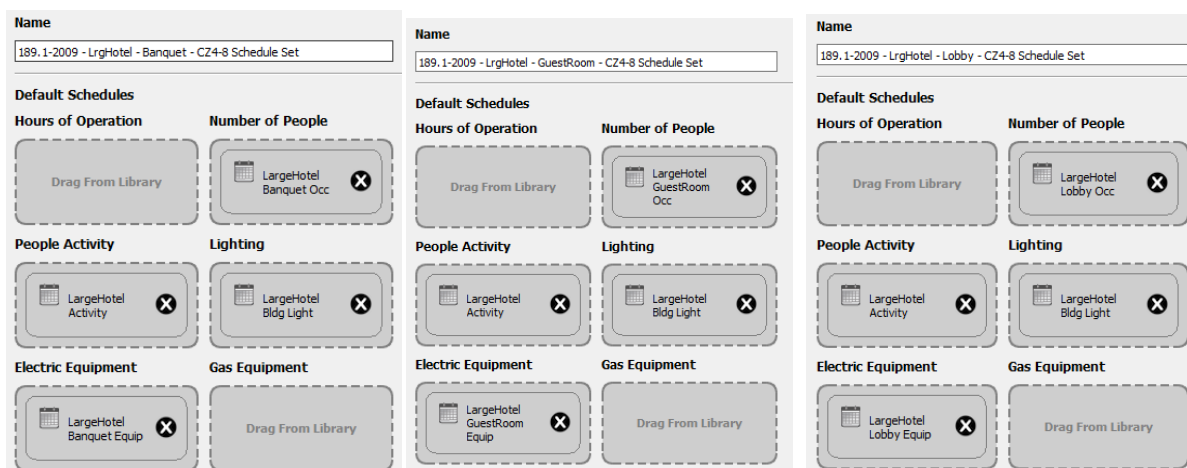
Εικόνα 3.9: Εισαγωγή καιρικών δεδομένων περιοχής

Μαζί με τα δεδομένα αυτά εισάγονται και τα design days μέσω του αντίστοιχου αρχείου για τη Θεσσαλονίκη, που αφορούν τις ημέρες, για τις οποίες θα γίνει η μελέτη. Πιο συγκεκριμένα οι ημέρες αυτές περιλαμβάνουν την 21^η ημέρα κάθε μήνα του έτους.

Design Day Name	All	Day Of Month	Month	Day Type
Thessaloniki AP Ann Clg .4% Condns DB=>MCWB	<input type="checkbox"/>	21	7	SummerDesignDay
Thessaloniki AP Ann Clg .4% Condns DP=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	7	SummerDesignDay
Thessaloniki AP Ann Hum_n 99% Condns DP=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	1	WinterDesignDay
Thessaloniki AP Ann Hum_n 99.6% Condns DP=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	1	WinterDesignDay
Thessaloniki AP April .4% Condns DB=>MCWB	<input type="checkbox"/>	21	4	SummerDesignDay
Thessaloniki AP April .4% Condns WB=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	4	SummerDesignDay
Thessaloniki AP August 2% Condns WB=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay
Thessaloniki AP August 5% Condns DB=>MCWB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay
Thessaloniki AP December .4% Condns DB=>MCWB	<input type="checkbox"/>	21	12	SummerDesignDay
Thessaloniki AP December .4% Condns WB=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	12	SummerDesignDay

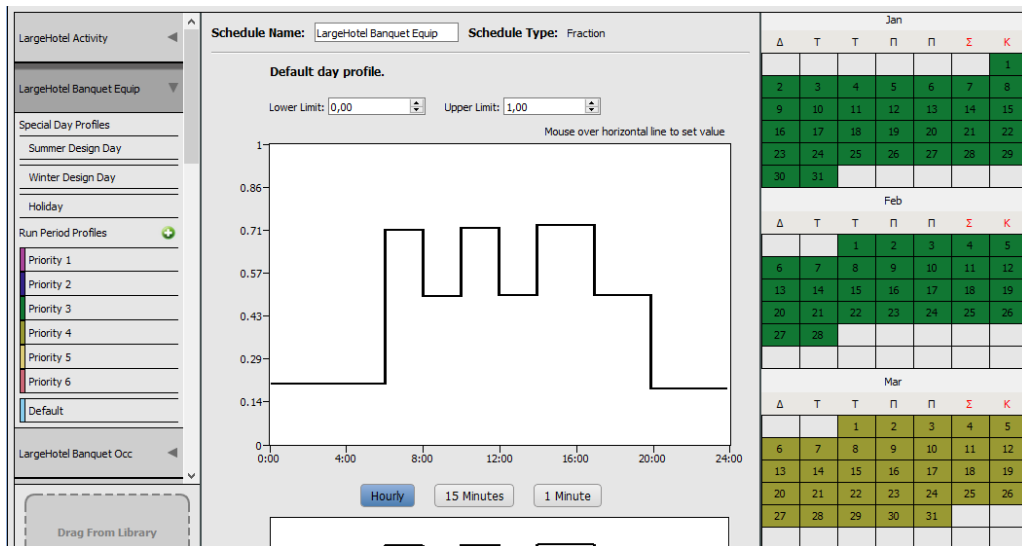
Εικόνα 3.10: Εισαγωγή design days περιοχής

Έπειτα έπρεπε να οριστούν τα διάφορα προγράμματα λειτουργίας που ισχύουν στο ξενοδοχείο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτά αφορούν κατά κύριο λόγο την καλοκαιρινή σεζόν, και συγκεκριμένα από Απρίλιο μέχρι Οκτώβριο, που υπάρχει διαθεσιμότητα για κρατήσεις από πελάτες, φτιάχτηκαν εξατομικευμένα προγράμματα για τον κάθε χώρο. Βασικές παράμετροι αποτελούν η πληρότητα, για τα θερμικά φορτία των ατόμων, η χρήση του εξοπλισμού, του φωτισμού και του ζεστού νερού χρήσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι καθώς το ξενοδοχείο λειτουργεί θερινούς μήνες κατά κύριο λόγο υπάρχουν απαιτήσεις ψύξης. Ωστόσο για λόγους συντήρησης και οργάνωσης υπάρχουν περιορισμένες απαιτήσεις κατανάλωσης το χειμώνα, μεταξύ άλλων, και για θέρμανση, για τους μόνιμους υπαλλήλους.

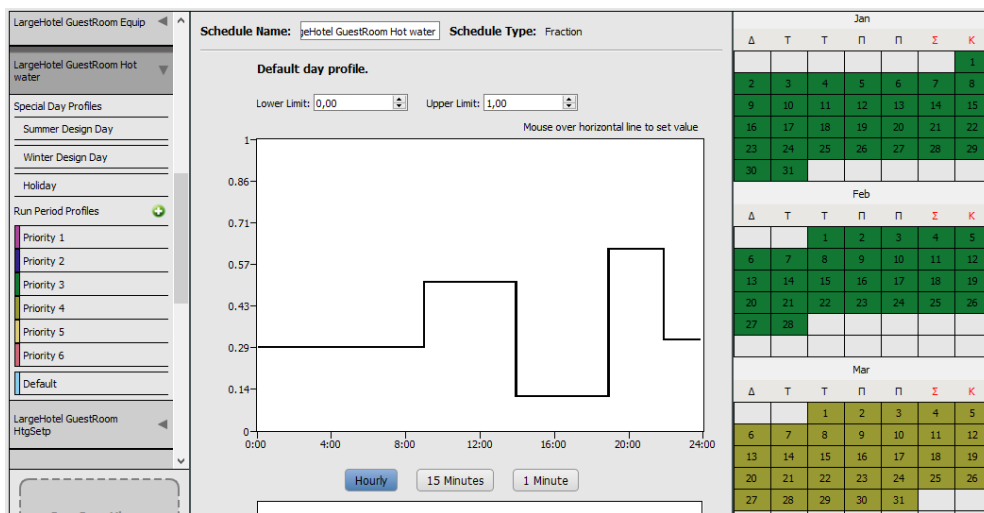


Εικόνα 3.11: Schedule sets για τις θερμικές ζώνες

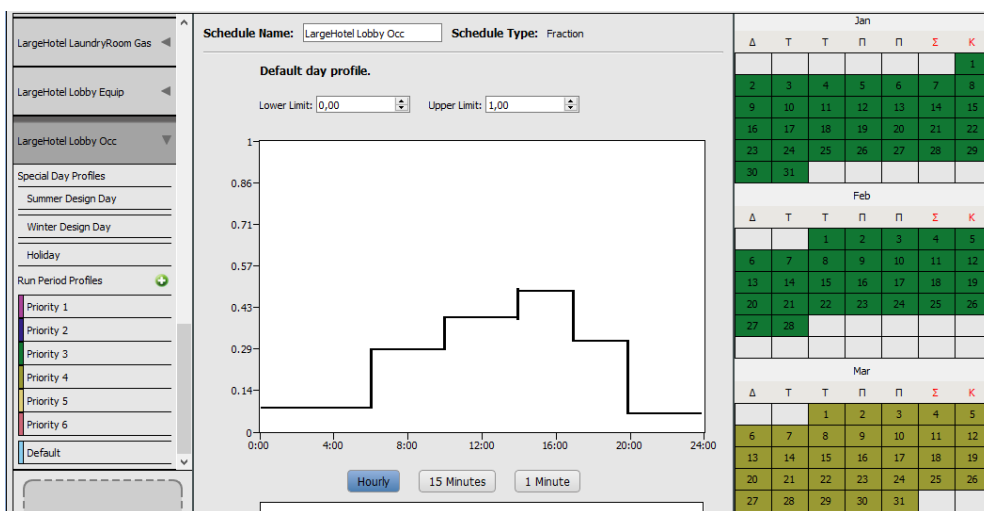
Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικές ώρες λειτουργίας για το κάθε είδος θερμικής ζώνης. Το εστιατόριο θεωρείται ότι λειτουργεί για το κοινό τρεις φορές τη μέρα για κάποιες ώρες, ενώ στο ενδιάμεσο περιλαμβάνονται οι ετοιμασίες του χώρου και του φαγητού, ενώ το βράδυ είναι σε λειτουργία μόνο οι συσκευές συντήρησης, όπως ψυγεία κα. Τα δωμάτια είναι κατειλημμένα κυρίως τις βραδινές ώρες, όπου αξιοποιείται ο κλιματισμός αλλά και το ζεστό νερό, με μέγιστη τιμή ροής 1,89m³/h, αφού ξυπνήσουν ή πριν κοιμηθούν οι πελάτες. Το μεσημέρι και το απόγευμα θεωρείται ότι μεγάλο ποσοστό του κόσμου κυκλοφορεί στο υπόλοιπο ξενοδοχείο ή και έξω από αυτό, με αποτέλεσμα οι καταναλώσεις να είναι ελαφρώς μειωμένες. Τέλος για την υποδοχή, υπάρχει μια συνεχή ροή ατόμων, με μέγιστη τιμή προς το απόγευμα, δηλαδή τις ώρες των check in και μετά, ενώ το βράδυ λειτουργεί με μικρά φορτία, καθώς οι απαιτήσεις είναι περιορισμένες.



Εικόνα 3.12: Schedule για τον εξοπλισμό του εστιατορίου



Εικόνα 3.13: Schedule για το ζεστό νερό χρήσης των δωματίων



Εικόνα 3.14: Schedule για την πληρότητα του χώρου της reception

Επόμενο ζητούμενο αποτελούν τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις διατομές της κατασκευής, αλλά και οι ίδιες οι διατομές κάθε δομικού στοιχείου. Για κάθε δομικό υλικό που υπάρχει στην κατασκευή ορίστηκαν οι μηχανικές του ιδιότητες και το πάχος της στρώσης του. Τα βασικά υλικά που συναντώνται στην κατασκευή είναι το σκυρόδεμα για το φέροντα οργανισμό, οπτόπλινθοι ως στοιχεία πλήρωσης, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη για την θερμομονωτική προστασία του κτιριακού κελύφους και κεραμικά πλακίδια και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα για τις τελικές επικαλύψεις.

1/2IN Gypsum	MAT-CC05 4 HW CONCRETE
1IN Stucco	Roof Insulation [8]
200mm brick	Roof Membrane
F16 Acoustic tile	Wall Insulation [6]
G05 10mm wood	

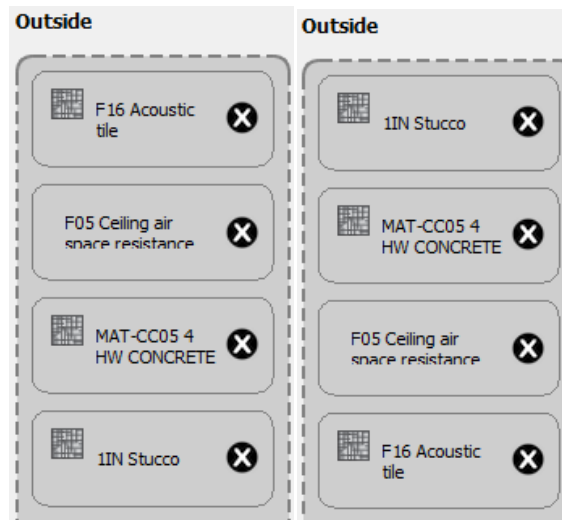
Εικόνα 3.15: Δομικά υλικά

Για τον σχηματισμό των διατομών χρειάστηκε να δημιουργηθούν τα constructions με τις διαδοχικές στρώσεις υλικών. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται χαρακτηριστικές τιμές ορισμένων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση των διατομών.

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητ	Πάχος στρ.	συντ. θερμ.	θερμ.	U _{max} 0,5	1/U _{max} 2
		α ρ kg/m ³	d m	αγωγιμ. λ W/(m·K)	αντιστ. d/λ (m ² ·K)/W		
1	συνθετικό κονίαμα	1800	0,007	0,870	0,008	R _i	RA
2	οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,250	2,500	0,100	R _δ	Ra
3	αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη(XPS)	35	0,060	0,033	1,818	0	0,04
4	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,020	0,870	0,023	1/U	U
ΣΥΝΟΛΟ:		Σd=	0,337	RA=	1,949	2,119	0,47

Εικόνα 3.16: Μηχανικές ιδιότητες υλικών διατομής σκυροδέματος

Μεγάλη προσοχή απαιτεί το γεγονός ότι τα υλικά πρέπει να τοποθετούνται πάντα ξεκινώντας από την εξωτερική στρώση, δηλαδή από την πλευρά που δεν βρίσκεται σε επαφή με την ίδια τη θερμική ζώνη. Για διατομές μη συμμετρικές που συναντώνται μεταξύ δύο ζωνών απαιτούνται δύο αντίστροφες διατομές για την εφαρμογή σε κάθε ζώνη. Όσον αφορά το ξενοδοχείο, αυτό το ζήτημα συναντάται μόνο στην περίπτωση των interior ceiling και interior floor για τις ζώνες των δύο διαφορετικών ορόφων.



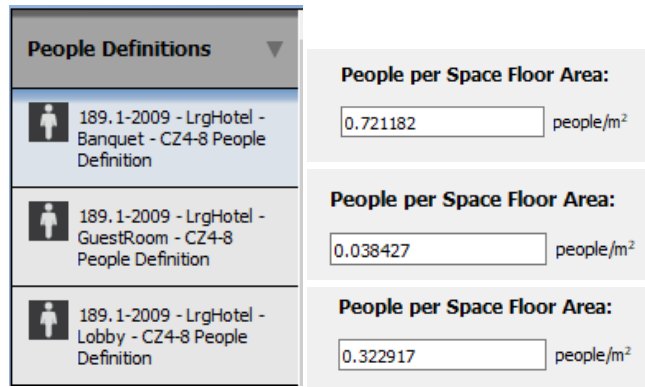
Εικόνα 3.17: Διατομές interior ceiling και interior floor, αντίστοιχα

Με τον ίδιο τρόπο δημιουργήθηκαν τα construction για τοίχους, οροφές, δάπεδα και κουφώματα, διαφανή και μη. Στην εικόνα φαίνεται το construction set του ξενοδοχείου, με τις προεπιλεγμένες διατομές ανάλογα με το είδος της κάθε επιφάνειας, όπως τις αναγνωρίζει το λογισμικό, με βάση τις οριακές συνθήκες που έχουν οριστεί για την κάθε μία. Τα πλαίσια που είναι κενά αφορούν περιπτώσεις που δεν συναντώνται στην συγκεκριμένη κατασκευή, όπως υπόγειοι χώροι.

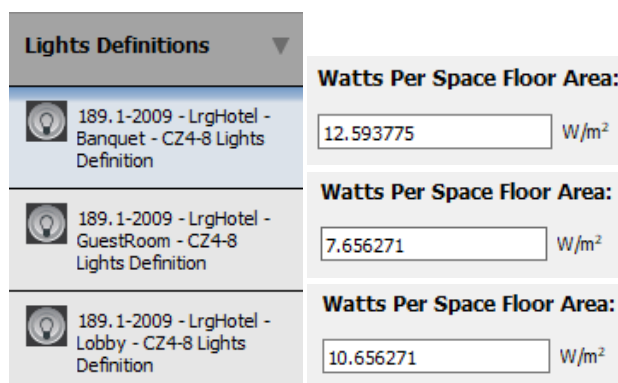


Εικόνα 3.18: Construction set

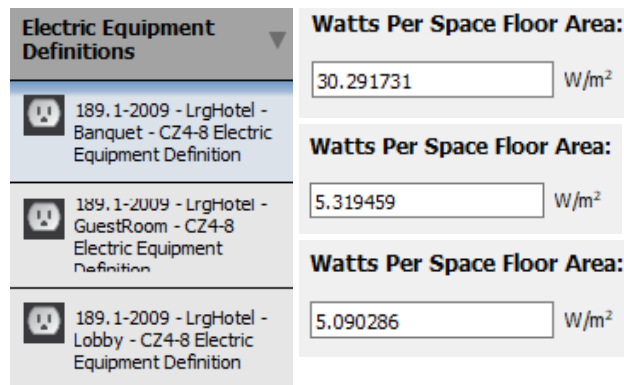
Το λογισμικό, με βάση τους κανονισμούς, εισάγει τιμές που αφορούν τα θερμικά φορτία που υφίστανται στο σύνολο της κατασκευής από τον φωτισμό, τον εξοπλισμό και την ανθρώπινη παρουσία.



Εικόνα 3.19: Θερμικά φορτία ανθρώπινης ακτινοβολίας



Εικόνα 3.20: Θερμικά φορτία φωτισμού

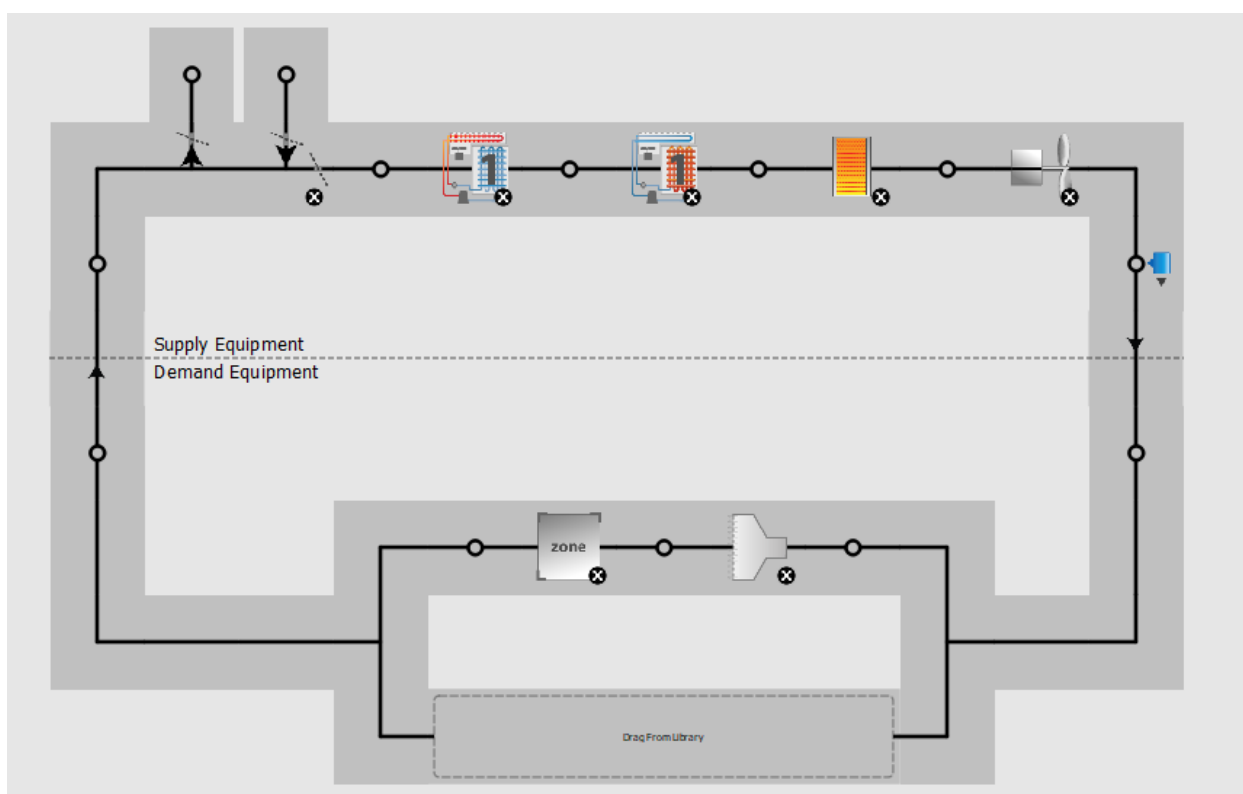


Εικόνα 3.21: Θερμικά φορτία εξοπλισμού

Τέλος, έπρεπε να οριστούν τα μηχανολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για ψύξη, θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης. Όπως προαναφέρθηκε κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης τους θερινούς μήνες, η ενεργειακή απαίτηση αφορά κυρίως την ψύξη του χώρου. Ωστόσο, για την ικανοποίηση των θερμικών συνθηκών για τους υπαλλήλους ετήσιας απασχόλησης, υπάρχουν και κάποιες καταναλώσεις που αφορούν τη θέρμανση, κατά τη χειμερινή περίοδο. Για όλο το ξενοδοχείο πηγή ενέργειας αποτελεί ο ηλεκτρισμός, αφού σε κάθε χώρο χρησιμοποιούνται

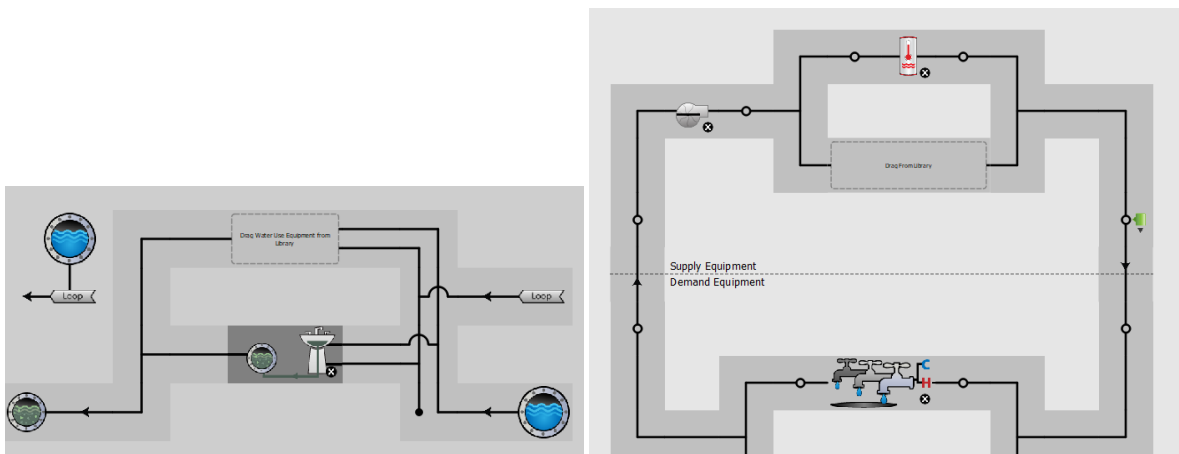
κλιματιστικές μονάδες για την επίτευξη της θερμικής άνεσης, ενώ για το ζεστό νερό χρήσης χρησιμοποιείται ηλεκτρικός θερμοσίφωνας.

Για την εισαγωγή των συστημάτων στο λογισμικό, απαιτείται η δημιουργία ενός βρόγχου για κάθε θερμική ζώνη. Επομένως εισάγεται σε όλες τις θερμικές ζώνες η αντίστοιχη κλιματιστική μονάδα, που εξυπηρετεί για να ικανοποιεί τις συνθήκες θερμικής άνεσης, για ψύξη και θέρμανση. Εισάγονται δύο αντλίες θερμότητας, μία για την περίπτωση θέρμανσης και μία για τις απαιτήσεις ψύξης. Επιπλέον το σύστημα απαιτεί την τερματική μονάδα που θα αντιστοιχεί στην εκάστοτε θερμική ζώνη. Η προσομοίωση του συστήματος για μία θερμική ζώνη φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3.22: Σύστημα κλιματιστικών μονάδων

Για το ζεστό νερό χρήσης υπάρχει ηλεκτρικό boiler, που εξυπηρετεί το σύνολο του ξενοδοχείου, με βαθμό απόδοσης 0,85. Ο κύκλος του νερού περιλαμβάνει και αντλία αλλά και την έξοδο της παροχής νερού. Οι βρόγχοι που δημιουργήθηκαν για την παραπάνω χρήση φαίνονται στην εικόνα.



Εικόνα 3.23: Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των Η/Μ στοιχείων του συγκροτήματος στο Open Studio το μοντέλο είναι πλέον έτοιμο για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη τις απώλειες του κελύφους από θερμογέφυρες, ακτινοβολία και συναγωγή αλλά και τις απώλειες των Η/Μ συστημάτων.

Με τον όρο θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα τμήματα του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου που εμφανίζουν μειωμένη θερμική αντίσταση, σε σχέση με τα γειτονικά τους στοιχεία του κελύφους. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) σε αυτά τα σημεία εμφανίζει διαφορετικές τιμές και δημιουργεί αυξημένη θερμική ροή. Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε κατασκευαστικές, και γεωμετρικές ανάλογα με τη φύση τις κατασκευαστικής ασυνέχειας. Κατασκευαστικές ονομάζονται αυτές που οφείλονται σε διακοπή της στρώσης θερμομόνωσης, ενώ γεωμετρικές αυτές που δημιουργούνται από την διαφοροποίηση του δομικού στοιχείου. Γενικά συναντώνται στη συναρμογή κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες θερμογέφυρες), στη συναρμογή μεταξύ οριζόντιων και κατακόρυφων δομικών στοιχείων (οριζόντιες θερμογέφυρες) ή στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (θερμογέφυρες κουφωμάτων). Στο υπό μελέτη κτίριο παρατηρούνται μόνο γεωμετρικές θερμογέφυρες καθώς η θερμομόνωση έχει τοποθετηθεί εξωτερικά.

Μέσα από το λογισμικό εξήχθησαν τα ενεργειακά μεγέθη της επιχείρησης, τα οποία θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα πραγματικά δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του ξενοδοχείου, προκειμένου να διαπιστωθούν πιθανές αποκλίσεις της προσομοίωσης, λόγω των παραδοχών που γίνονται κατά την κατασκευή του μοντέλου. Αναλυτικότερα τα δεδομένα παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

3.6 Βελτιστοποίηση Η/Μ Συστημάτων

Εφόσον ολοκληρώθηκε η δημιουργία του μοντέλου της υφιστάμενης κατάστασης, επόμενο βήμα στην πορεία της μελέτης αποτελεί η επιλογή του συστήματος συμπαραγωγής που θα εξεταστεί για την περίπτωση της συγκεκριμένης επιχείρησης. Τα Η/Μ συστήματα που θα

εξεταστούν περιλαμβάνουν συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας με καύσιμο φυσικό αέριο και σύνδεση με μονοβάθμιο ψύκτη απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου προκειμένου να καλύπτονται τα φορτία ψύξης. Σε κάθε θερμική ζώνη τοποθετήθηκαν ως τερματικές μονάδες, fan coil.

Ο τύπος ΣΗΘ που θα χρησιμοποιηθεί θα λειτουργεί με μηχανή εσωτερικής καύσης. Η επιλογή του συστήματος έγινε με βάση την υψηλή απόδοση που παρουσιάζει αυτή η τεχνολογία, σε συνδυασμό με την ευελιξία και το προσιτό κόστος εγκατάστασης. Το σύστημα επιλέχθηκε μέσα από τυποποιημένα μοντέλα, προκειμένου να είναι γνωστά τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Το βασικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι ΜΕΚ είναι η μεγάλη ποικιλία μεγεθών που υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά, που κάνουν πολύ εύκολη την επίτευξη της επιθυμητής ισχύος. Παρόλο που απαιτούν μεγάλο χώρο για την εγκατάστασή τους και είναι αρκετά θορυβώδεις, είναι μια παράμετρος που δεν αποτελεί πρόβλημα στην συγκεκριμένη περίπτωση καθώς το οικόπεδο έχει πολλούς ανεκμετάλλετους χώρους για την τοποθέτηση του συστήματος μακριά από τα δωμάτια των πελατών.

Η χρήση του φυσικού αερίου στην συγκεκριμένη εφαρμογή δεν αποτελεί απλώς το καθαρότερο ορυκτό καύσιμο, που είναι διαθέσιμο αλλά ταυτόχρονα βελτιώνει και την απόδοση του συστήματος συνολικά. Συγκριτικά με το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο έχει παρουσιάσει καλύτερη συμπεριφορά κατά τη χρήση του στις παλινδρομικές μηχανές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πιο αξιόπιστη αλλά και μακροβιότερη λειτουργία της μονάδας, με ταυτόχρονη μειωμένη απαίτηση συντήρησης της.

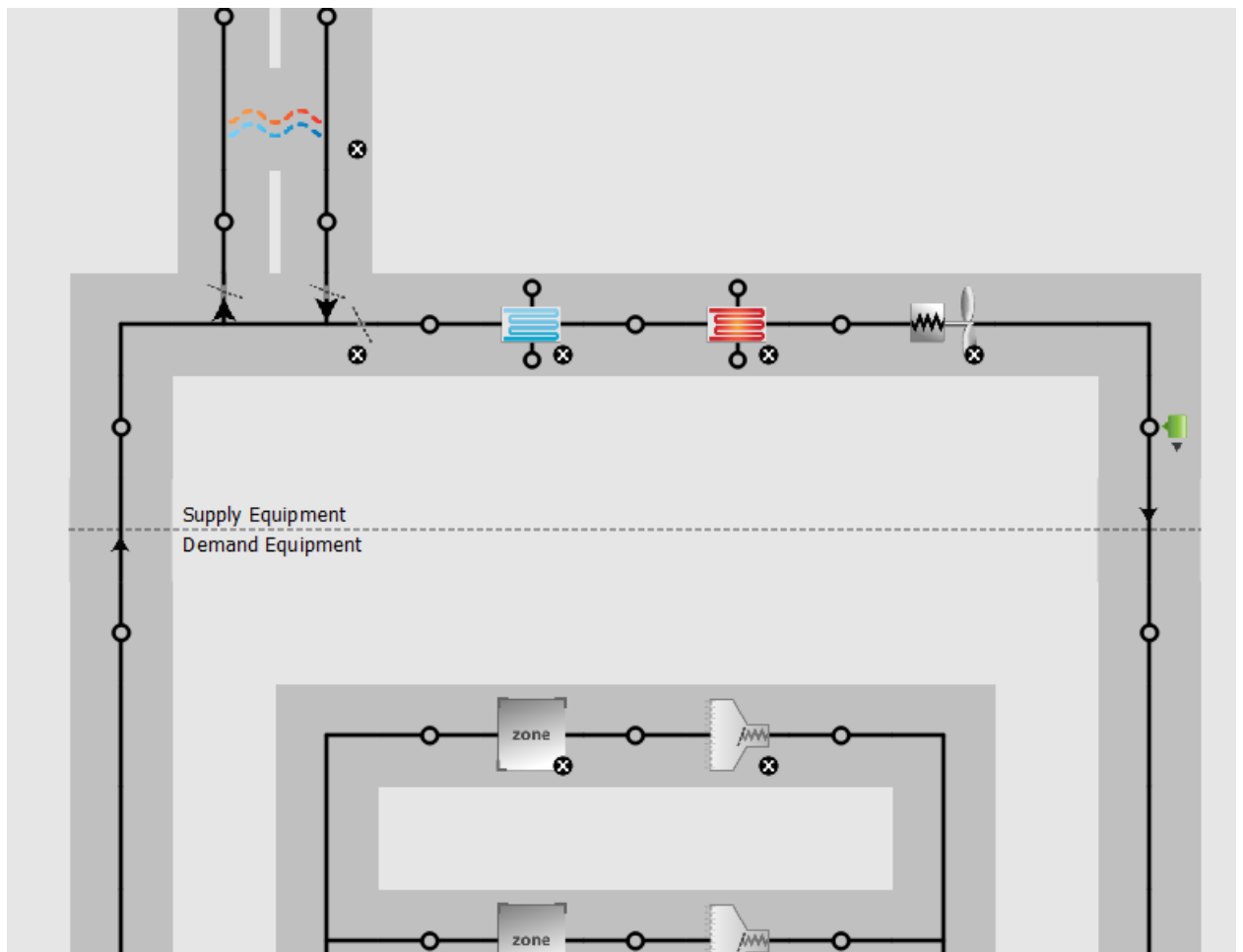
Οι ψύκτες απορρόφησης επιλέγονται με βάση τη διαθέσιμη θερμική ενέργεια του συστήματος συμπαραγωγής ή των άλλων πηγών θερμότητας στην περίπτωση που υφίστανται. Καθώς οι ψύκτες παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό απόδοσης προτιμάται να μην αξιοποιείται πρωτογενής ενέργεια για τη λειτουργία τους. Επιπλέον εφόσον οι ανάγκες θέρμανσης το χειμώνα είναι πολύ χαμηλότερες από τις ανάγκες ψύξης το καλοκαίρι, θα ήταν χρήσιμο να συνδεθεί το σύστημα με δίκτυο τηλεθέρμανσης για τη γειτονική περιοχή.

Η απαιτούμενη θερμοκρασία στην οποία πρέπει να φθάνει το νερό είναι $70^{\circ}\text{C} - 95^{\circ}\text{C}$ για έναν κύκλο απορρόφησης LiBr. Το ελάχιστο θερμοκρασιακό όριο διασφαλίζει την εξάτμιση του νερού από το ασθενές διάλυμα ενώ το μέγιστο αποτρέπει την κρυσταλλοποίηση του LiBr. Σε έναν ψυκτικό κύκλο με απορρόφηση η θερμότητα αποβάλλεται από τον απορροφητή και από τον συμπυκνωτή είναι απαραίτητη η χρήση ενός πύργου ψύξης που θα τα τροφοδοτεί το σύστημα με νερό περίπου στους 29°C . Στον απορροφητή απαιτείται μικρότερη θερμοκρασία και για το λόγο αυτό η σύνδεση γίνεται πρώτα σ' αυτόν και έπειτα στον συμπυκνωτή.

Το σύστημα θα λειτουργεί με πλήρη κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων κλιματισμού, μέσω του ψύκτη απορρόφησης και του ΖΝΧ, με προτεραιότητα στα θερμικά φορτία αφού αυτά κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών. Τα υπόλοιπα φορτία θερμικά και ηλεκτρικά που δεν καλύπτονται επαρκώς θα χρησιμοποιούν τα υφιστάμενα συστήματα, με βάση τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο, ως συστήματα εφεδρείας, για περιπτώσεις βλάβης ή και υψηλών αιχμών φορτίου.

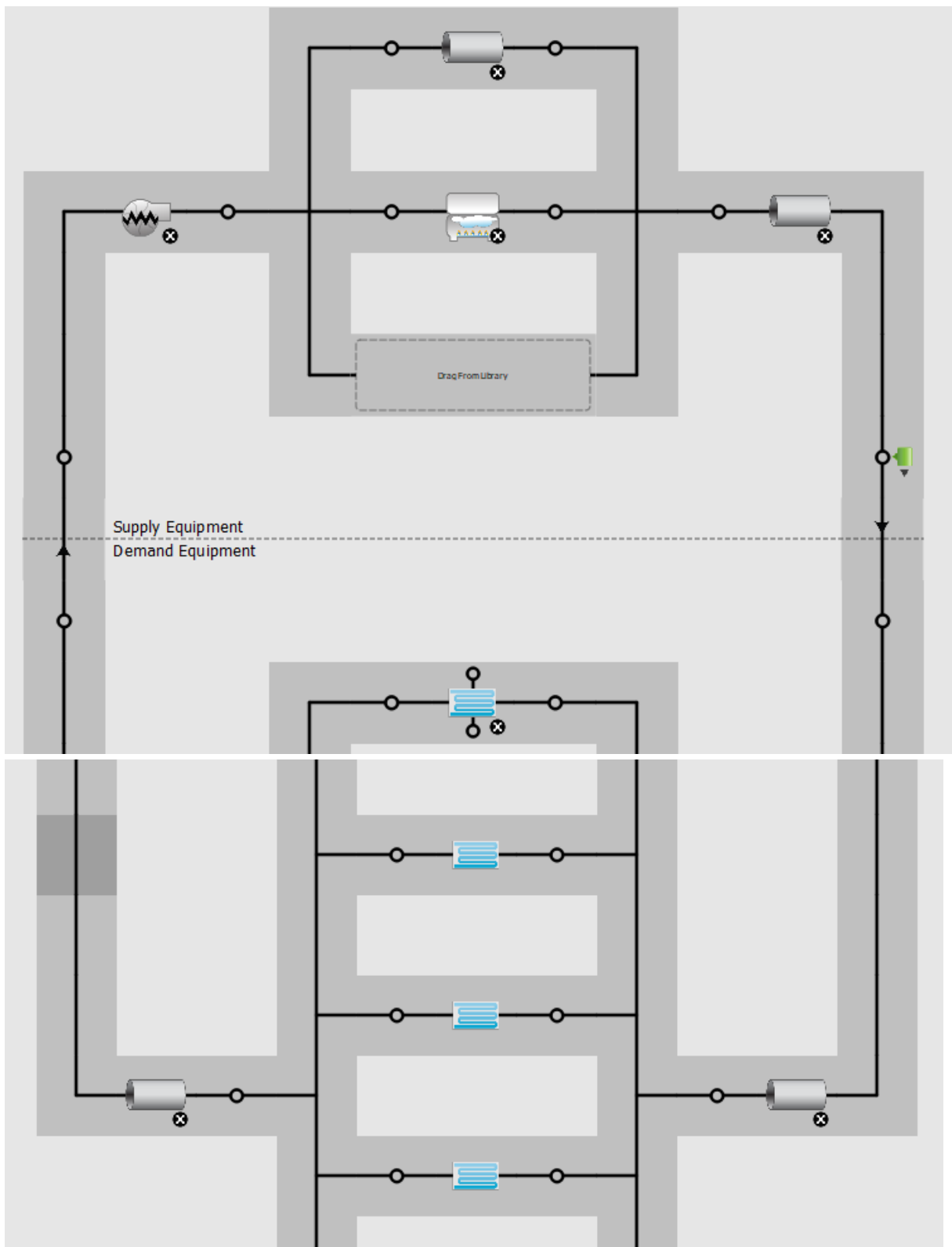
Η ιδιαιτερότητα της εισαγωγής του συστήματος συμπαραγωγής έγκειται στο γεγονός πως δεν υποστηρίζεται από το Open Studio και απαιτείται η εισαγωγή του κατευθείαν από το αρχικό περιβάλλον του Energy Plus. Αντίθετα η εισαγωγή του ψύκτη απορρόφησης και των μονάδων fan coil γίνονται και πάλι μέσα από το Open Studio.

Πρώτο βήμα για την εισαγωγή των νέων συστημάτων αποτελούν οι τερματικές μονάδες του κάθε χώρου. Για κάθε θερμική ζώνη τοποθετούνται εναλλάκτες για θέρμανση και ψύξη, μαζί με τις τερματικές μονάδες. Το σύστημα αποτυπώνεται στην επόμενη εικόνα.

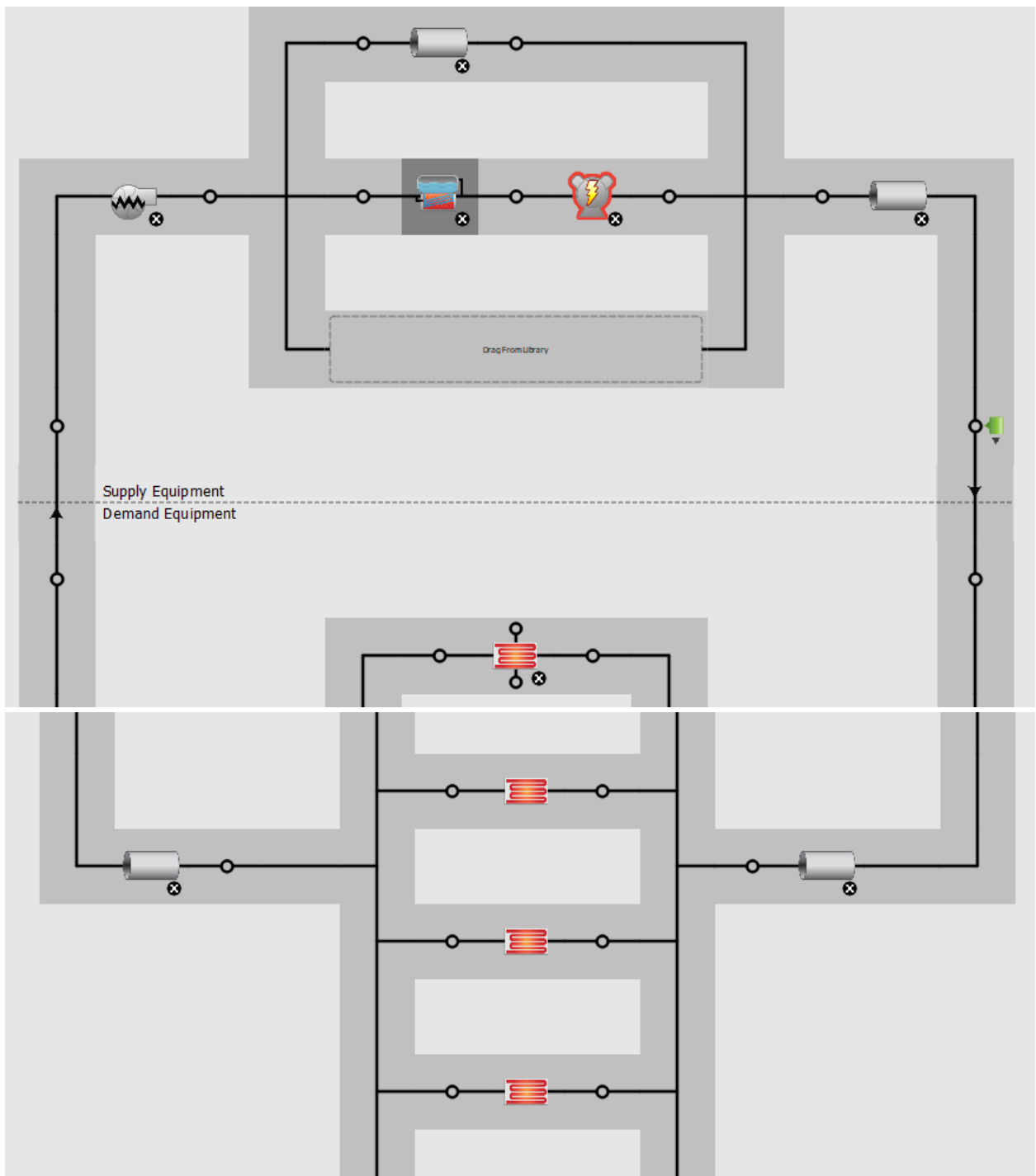


Εικόνα 3.24: Σύστημα τερματικών μονάδων, fan coil

Το σύστημα που θα τροφοδοτεί τις τερματικές μονάδες ορίζεται με δύο διαφορετικούς βρόγχους, για όλο το συγκρότημα. Ο ένας περιλαμβάνει τον ψύκτη απορρόφησης και καλύπτει τις ανάγκες κλιματισμού και ο δεύτερος θα καλύπτει την θέρμανση. Πέρα από τον ψύκτη απορρόφησης, ο βρόγχος περιλαμβάνει αντλία και αδιαβατικές σωληνώσεις. Αντίστοιχα για τη θέρμανση, υπάρχει ανάκτηση θερμότητας, από την καύση του φυσικού αερίου. Τα συστήματα αντίστοιχα εμφανίζονται στις επόμενες εικόνες.

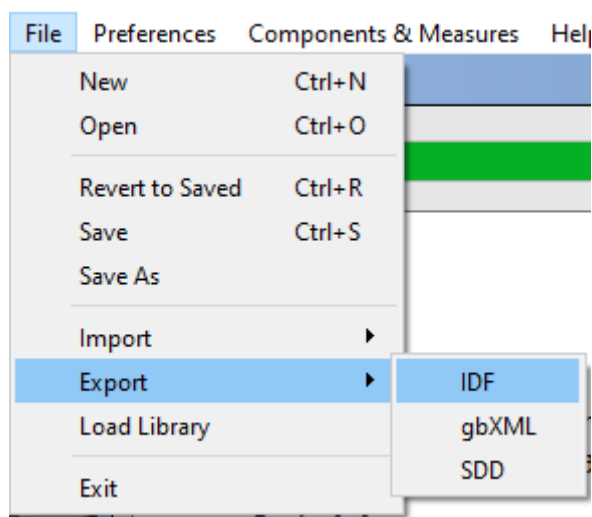


Εικόνα 3.25: Σύστημα ψύξης

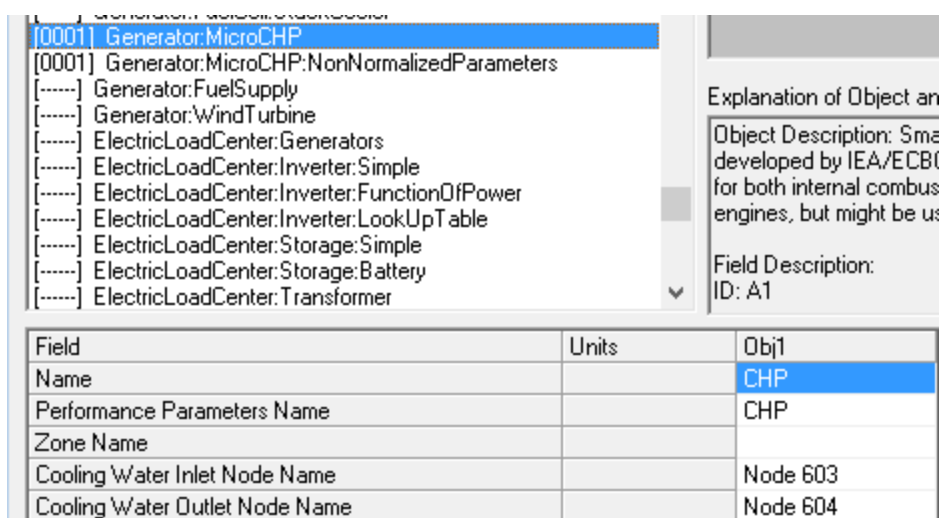


Εικόνα 3.26: Σύστημα θέρμανσης

Στη συνέχεια το αρχείο εξάγεται σε μορφή idf προκειμένου να μεταβεί στο γραφικό περιβάλλον του Energy Plus. Μέσα από το Energy Plus ορίζονται τα χαρακτηριστικά του συστήματος συμπαγωγής, προκειμένου να γίνει η προσομοίωση.



Εικόνα 3.27: Εξαγωγή αρχείου σε idf



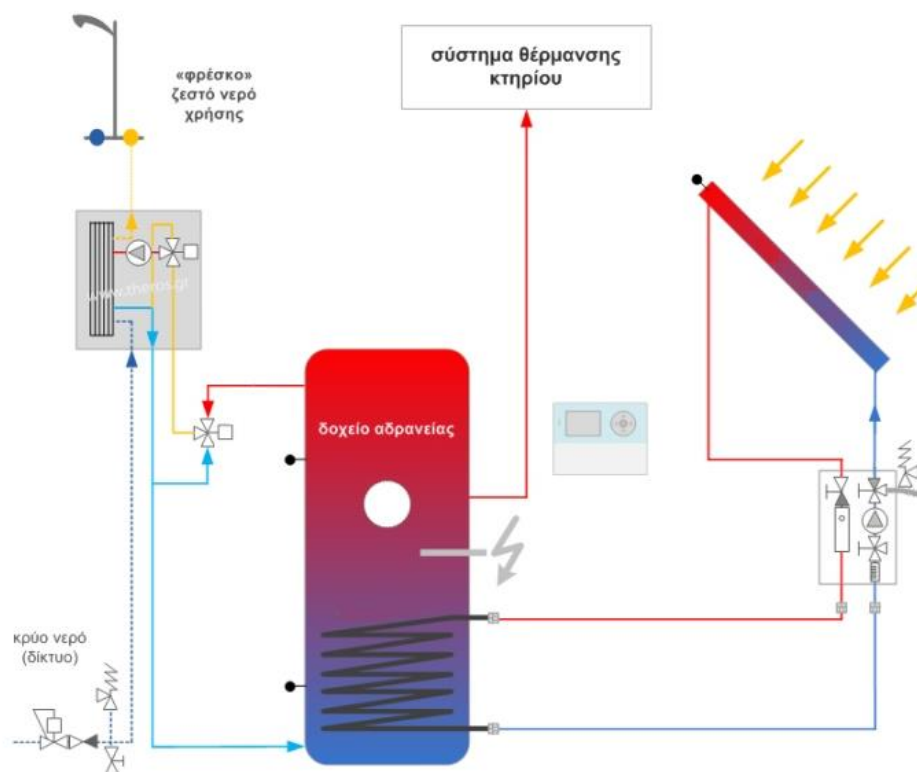
Εικόνα 3.28: Εισαγωγή ΣΗΘ

Με την ολοκλήρωση της αλλαγής των συστημάτων, εξάγονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα του μοντέλου, μέσα από το Energy Plus.

Το δεύτερο σενάριο βελτιστοποίησης θα περιλαμβάνει ως πηγή θερμικής ενέργειας, ηλιακούς συλλέκτες κενού, που θα τοποθετηθούν σε τμήματα του δώματος. Οι ηλιακοί συλλέκτες με σωλήνες κενού πετυχαίνουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τους επίπεδους και λειτουργούν καλύτερα σε περιπτώσεις θέρμανσης και ψύξης χώρων, Με την επιλογή αυτή αναμένεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση από την αξιοποίηση του ηλιακού φορτίου της περιοχής, το οποίο είναι αρκετά υψηλό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Το ηλιακό σύστημα παρέχει θερμότητα σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού (boiler), και παρέχει θέρμανση, ή κλιματισμό μέσω του ψύκτη απορρόφησης, στους χώρους. Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών στο δώμα του ξενοδοχείου, οδηγεί στη θέρμανση του νερού της δεξαμενής, μέσα από την απορρόφηση θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θερμότητα αυτή

βοηθάει στην ικανοποίηση των θερμικών αναγκών του χώρου, συνδυαστικά με το υπάρχον σύστημα του κτιρίου, αλλά και για τις άμεσες ανάγκες ΖΝΧ.



Εικόνα 3.29: Διάγραμμα Λειτουργίας Ηλιοθερμικού Συστήματος

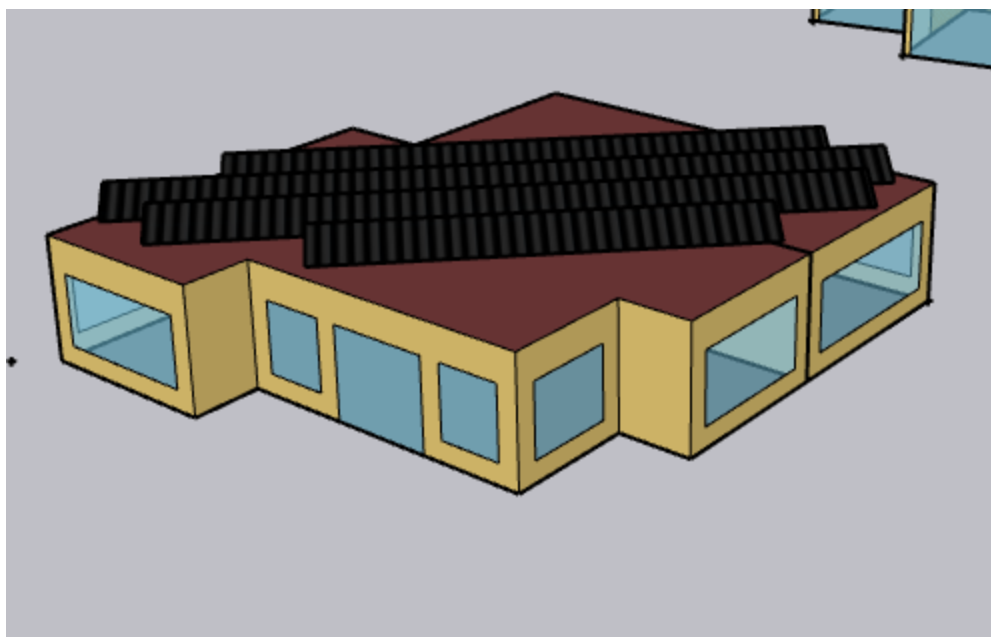
Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών συλλεκτών κενού, ανάλογα με το υλικό των σωλήνων εντός του οποίου ρέει το ρευστό. Το ρευστό μπορεί να διέρχεται είτε απευθείας μέσω γυαλιού (fluid-in-glass) και διακινείται απευθείας νερό είτε μέσα από μέταλλο (fluid-in-metal) με ρευστό το freon. Χαμηλότερο κόστος παρουσιάζουν οι σωλήνες γυαλιού, γεγονός που τους καθιστά και περισσότερο διαδεδομένους. Ένας συλλέκτης με σωλήνες γυαλιού όπου το νερό έρχεται σε απευθείας επαφή αποτελείται τυπικά από 15 – 40 σωλήνες με μονή απόληξη σε άμεση σύνδεση με οριζόντια δεξαμενή. Οι σωλήνες αποτελούνται από δύο ομόκεντρους γυάλινους σωλήνες σφραγισμένους στο ένα άκρο και περιέχουν ένα κενό αέρα εντός του δακτυλιοειδούς χώρου μεταξύ των σωλήνων και μιας επιλεκτικής επικαλυμμένης επιφάνειας πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού σωλήνα. Η μεταφορά θερμότητας σε αυτόν το συλλέκτη οδηγείται καθαρά με τη φυσική κυκλοφορία του νερού, λόγω συναγωγής, μέσω ενός ανοίγματος στο άκρο της δεξαμενής. Το νερό στους σωλήνες θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία το οποίο ανεβαίνει στη κορυφή του σωλήνα και φθάνει στη δεξαμενή και αντικαθίσταται από το κρύο νερό στον πυθμένα του ανοίγματος του σωλήνα.

Καθώς η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από την ηλιοφάνεια της περιοχής, η λειτουργία του στην Ελλάδα είναι σημαντική σχεδόν όλο το χρόνο. Ιδιαίτερα το φθινόπωρο αλλά και την άνοιξη, που συνυπάρχουν απαιτήσεις θέρμανσης και ΖΝΧ, με μικρά όμως φορτία, το σύστημα

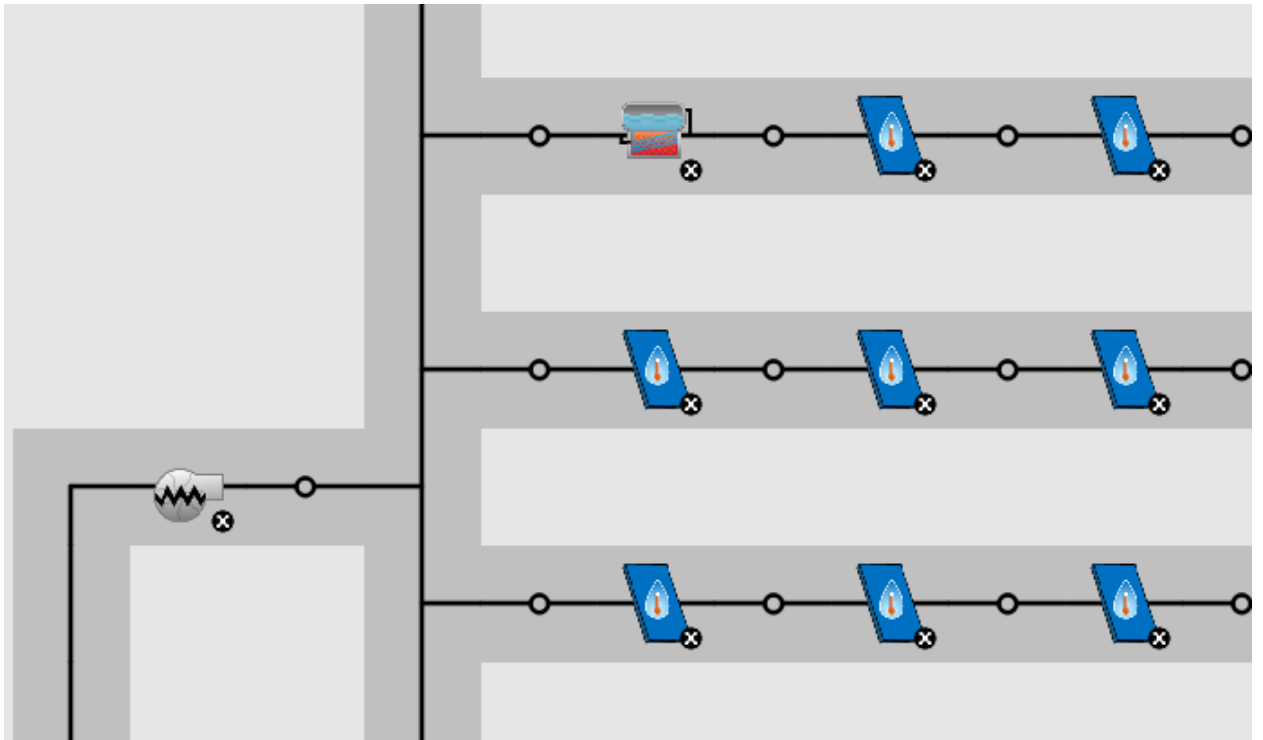
μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος των αναγκών. Έτσι περιορίζεται η λειτουργία του κεντρικού συστήματος και αποφεύγονται οι απώλειες, επιτυγχάνοντας περαιτέρω εξοικονόμηση.

Για την καλύτερη λειτουργία των συλλεκτών πρέπει να επιτυγχάνεται νότιος προσανατολισμός. Για ετήσια λειτουργία του συστήματος σε περιοχές κοντά στη Θεσσαλονίκη επιλέγεται μια κλίση 40° σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017.

Αρχικά οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να σχεδιαστούν μέσω του Sketch Up, με τη μορφή σκιάστρων στην οροφή, μέσα από την επιλογή NewShadingSurfaceGroup. Έπειτα ο ορισμός των πλαισίων που σχεδιάστηκαν ως ηλιακούς συλλέκτες πραγματοποιείται μέσα από το OpenStudio. Συγκεκριμένα η τροποποίηση που απαιτεί το σύστημα, στην προκειμένη περίπτωση, είναι η προσθήκη του συλλέκτη (SolarCollectorFlatPlateWater) στη θέση της ανάκτησης θερμότητας. Εισάγουμε τόσους ηλιακούς συλλέκτες (SolarCollectorFlatPlateWater) όσα και τα πλαίσια που σχεδιάστηκαν στο μοντέλο. Ορίζοντας το πλαίσιο στο οποίο αντιστοιχεί ο συλλέκτης (ShadingSurfaceName) τα πλαίσια πλέον να φαίνονται ως ηλιακοί συλλέκτες. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι έτοιμο και το δεύτερο εναλλακτικό σενάριο βελτίωσης.



Εικόνα 3.30: Προσθήκη ηλιακών συλλεκτών



Εικόνα 3.31: Σύστημα θέρμανσης με ηλιακούς συλλέκτες

Για κάθε σύστημα εξάγονται τα αντίστοιχα ενεργειακά μεγέθη, προκειμένου να επιτευχθεί η σύγκριση μεταξύ τους, αλλά και με την υφιστάμενη κατάσταση. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποδοτικότητα αλλά και με τη βιωσιμότητα των συστημάτων, καθώς τα συστήματα αυτά εμφανίζουν ένα σχετικά υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

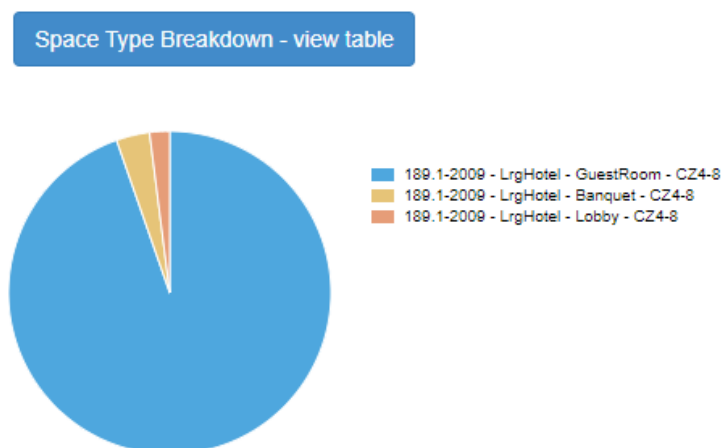
Το παρόν κεφάλαιο περιέχει την ανάλυση των αποτελεσμάτων που λήφθηκαν μετά το πέρας των προσομοιώσεων από το πρόγραμμα Energy Plus. Οι προσομοιώσεις, οι οποίες έγιναν, αφορούν την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς και τα εναλλακτικά σενάρια, τα οποία αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η υφιστάμενη κατάσταση αποτελεί το βασικό σενάριο προσομοίωσης το οποίο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς και σύγκρισης με τα επακόλουθα σενάρια.

Μετά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των ενεργειακών μεγεθών, αυτά συγκρίθηκαν με τις καταναλώσεις του βασικού σεναρίου. Επιπλέον έγινε ο υπολογισμός και η σύγκριση του κόστους κάθε προσομοίωσης προκειμένου να ελεγχθεί και η βιωσιμότητα των προτάσεων. Με την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ όλων των σεναρίων, ώστε να προκύψει το βέλτιστο, με βάση την μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση και το κόστος.

Βασική παράμετρος που εξετάζεται στην ανάλυση είναι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας, προκειμένου να γίνει ευκολότερη η σύγκριση των διαφορετικών συστημάτων. Τέλος σημασία δίνεται και στο συνολικό κόστος αλλά και τον χρόνο απόσβεσης κάθε επένδυσης, για να ληφθούν υπόψη και τα ευρύτερα οφέλη κάθε λύσης, με αντικειμενικό τρόπο.

4.1 Συμβατικό Σύστημα

Στην υφιστάμενη κατάσταση του ξενοδοχείου τα συστήματα που λειτουργούν είναι ηλεκτρικές κλιματιστικές μονάδες για θέρμανση και κλιματισμό και ηλεκτρικό boiler για το ZNX. Από το λογισμικό Open Studio εξήχθησαν τα αποτελέσματα των καταναλώσεων και τις κατανομής αυτών στο σύνολο του συγκροτήματος. Η διαρρύθμιση του ξενοδοχείου είναι τέτοια όπου το 90% αντιστοιχεί στα δωμάτια και το υπόλοιπο ποσοστό αφορά το εστιατόριο και την υποδοχή.



Εικόνα 4.1: Χρήσεις χώρων ξενοδοχείου

Συνολικά το κτίριο απαιτεί 185MW ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών σε ετήσια βάση. Ωστόσο αν ληφθούν υπόψη και οι απώλειες και οι βαθμοί απόδοσης των συστημάτων, από το δίκτυο καταναλώνονται 560MWh. Για την συνολική έκταση των 1700m², που καταλαμβάνει το ξενοδοχειακό συγκρότημα το επίπεδο της κατανάλωσης ενέργειας φτάνει 108kWh/m² και αντιστοιχεί σε αρκετά καλή κατάταξη, αφού μια μέση ξενοδοχειακή κατανάλωση θεωρείται περίπου 200kWh/m² (=63kBtu/ft²).

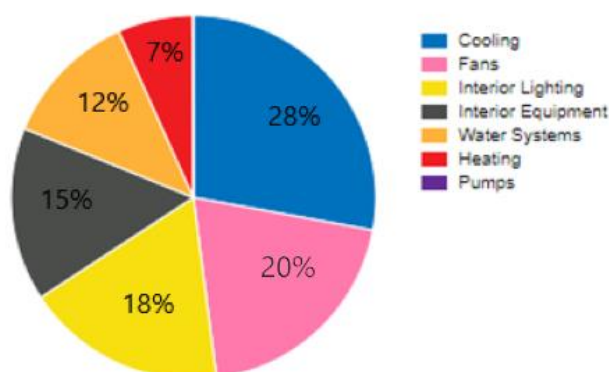
Building Summary	
Data	Value
Building Name	Building 1
Total Site Energy	185,136 kWh
Total Building Area	1,722 m ²
Total Site EUI	107.50 kWh/m ²

Εικόνα 4.2: Συνολική κατανάλωση συγκροτήματος

Market Sector	Property type	Source EUI (kBtu/ft ²)	Site EUI (kBtu/ft ²)
Healthcare	Outpatient Rehabilitation/Physical Therapy	138.3	62.0
Lodging/Residential	Hotel	146.7	63.0
Public Services	Fire/Police Station	124.9	63.5

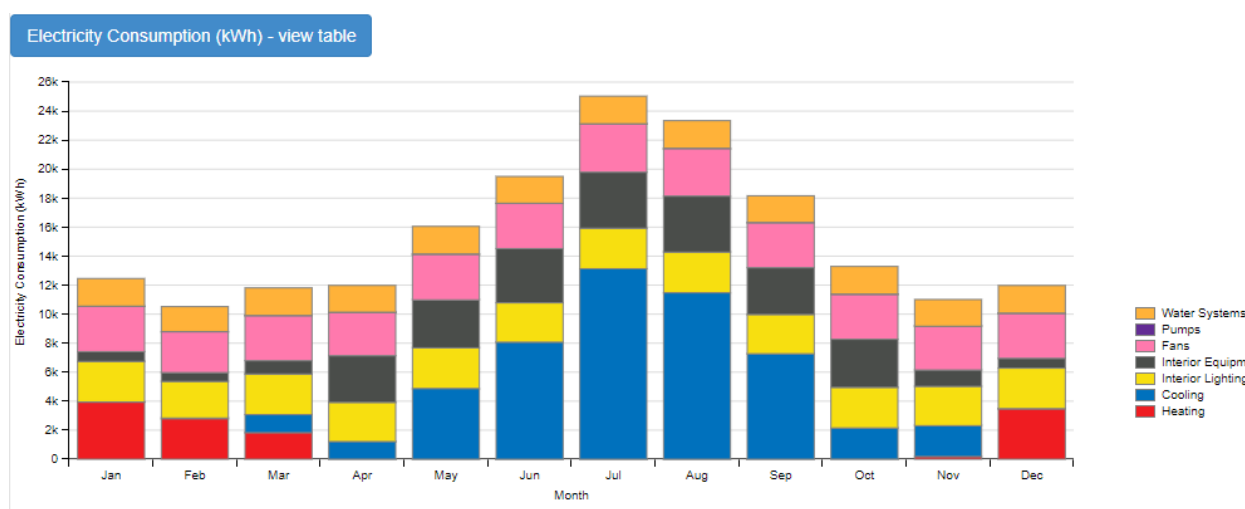
Εικόνα 4.3: Μέση ενεργειακή κατανάλωση ξενοδοχείων

Απ' τις υποκατηγορίες που συμμετέχουν στις ενεργειακές απαιτήσεις μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει η ψύξη, σε ποσοστό 28%, αφού οι θερμοκρασίες το καλοκαίρι στην περιοχή είναι αρκετά υψηλές. Οι υπόλοιπες χρήσεις (ZNX, φωτισμός κτλ) έχουν μικρότερες αποκλίσεις μεταξύ τους, ισοκατανέμοντας σχετικά τις καταναλώσεις. Εξάιρεση αποτελεί η θέρμανση, η οποία καταλαμβάνει μικρό ποσοστό, αφού η λειτουργία του ξενοδοχείου περιορίζεται στην θερινή περίοδο.



Εικόνα 4.4: Κατανομή κατανάλωσης ανά χρήση

Σε επίπεδο μηνιαίας κατανομής ο Ιούλιος είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη κατανάλωση (25MWh), καθώς είναι ο μήνας με τις υψηλότερες θερμοκρασίες και την μεγαλύτερη πληρότητα. Οι μικρότερες τιμές εμφανίζονται τον Φεβρουάριο (10MWh), όπου το ξενοδοχείο βρίσκεται σε φάση συντήρησης. Οι θερμικές ανάγκες και ο εξοπλισμός είναι οι έντονα μεταβαλλόμενες καταναλώσεις. Η λειτουργία των υπόλοιπων συστημάτων είναι σχεδόν σταθερή σε όλο το έτος. Συγκεκριμένα τόσο η μεγαλύτερη όσο και η μικρότερη απαίτηση σε θερμικά φορτία αφορά τον κλιματισμό, τους μήνες Ιούλιο και Απρίλιο αντίστοιχα. Ο Μάρτιος παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα ότι στο σύνολο των καταναλώσεων του, συνυπάρχουν η θέρμανση και ο κλιματισμός, καθώς παρουσιάζει γενικά ασταθές κλίμα. Η θέση που κατέχουν τα ψυκτικά φορτία είναι υψηλή μεταξύ των υπόλοιπων καταναλώσεων, γεγονός που οφείλεται πρωτίστως στην θερινή λειτουργία του συγκροτήματος, αλλά και στο ευρύτερο κλίμα της Ελλάδας που παρουσιάζει ήπιους χειμώνες και πολύ θερμά καλοκαίρια.



Εικόνα 4.5: Κατανομή κατανάλωσης ανά μήνα

4.2 Υπολογισμός κόστους ενέργειας συμβατικού συστήματος

Το συμβατικό σύστημα του ξενοδοχείου καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια από την ΔΕΗ για φωτισμό, ψύξη, θέρμανση χώρων και ζεστό νερό χρήσης. Αφού οι καταναλώσεις είναι γνωστές, μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος με βάση τα τιμολόγια της ΔΕΗ. Το κόστος χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει την χρέωση ημερήσιας ενέργειας με τιμή 0,06758€/kWh με επιπλέον χρέωση αναπροσαρμογής. Η χρέωση αναπροσαρμογής υπολογίζεται με τον τύπο:

$$\text{Κόστος Προμήθειας (€/kWh)} = 1,18 * (\text{MCP} + \text{Αποκλίσεις}) + 0,011\text{€/kWh},$$

όπου «MCP» είναι η τιμή που έλαβε η Αγορά Επόμενης Ημέρας και η Ενδοημερήσια Αγορά και «Αποκλίσεις» η τιμή που έλαβαν οι Αποκλίσεις στην Αγορά Εξισορρόπησης Ενέργειας.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους αναπροσαρμογής επιλέχθηκε μια ενδεικτική τιμή για όλους τους μήνες ίση με 0,047€/kWh.

Στις ρυθμιζόμενες χρεώσεις συμμετέχουν:

- το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε με κόστος (250kVa x 0,52000€/kVa) + (Κατανάλωση x 0,00488€/kWh)
- το Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε με κόστος (250kVa x 3,98000€/kVa) + (Κατανάλωση x 0,01730€/kWh)
- η Υπηρεσία Κοινής Ωφέλειας (Κατανάλωση x 0,01824€/kWh)
- Λοιπές χρεώσεις (Κατανάλωση x 0,00007€/kWh)

Στις λοιπές επιβαρύνσεις λαμβάνονται υπόψη:

- Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων (Κατανάλωση x 0,01700€/kWh)
- ΕΦΚ (Κατανάλωση x 0,00500€/kWh)

Στον συνολικό λογαριασμό ωστόσο υπάρχουν και οι χρεώσεις για:

- ΦΠΑ 6%
- Ειδικό Τέλος (ΔΕΤΕ) 5%
- Τέλος υπέρ της ΕΡΤ
- Δημοτικά Τέλη

Με γνώμονα όλα τα παραπάνω ο υπολογισμός του κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το σύνολο του ξενοδοχείου εκτιμάται με βάση την ηλεκτρική ενέργεια που δεσμεύεται ετησίως από το εθνικό δίκτυο.

	Ετήσια Τιμή
Κατανάλωση (kWh)	560000
Χρέωση Ενέργειας (€)	37845
Αναπροσαρμογής (€)	26320
Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς (€)	2863
Εθνικό Δίκτυο Διανομής (€)	10683
Υπηρεσία Κοινής Ωφέλειας (€)	10214
Λοιπές χρεώσεις (€)	39
Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων (€)	9520
ΕΦΚ (€)	2800
ΦΠΑ 6% (€)	6017
Ειδικό Τέλος (ΔΕΤΕ) 5% (€)	5014
Τέλος υπέρ της ΕΡΤ (€)	36
Δημοτικά Τέλη (€)	1620
Σύνολο (€)	112971

Εικόνα 4.6: Κόστος λειτουργίας συμβατικού συστήματος

Το κόστος συντήρησης ολόκληρου του υφιστάμενου συστήματος ανέρχεται στα 1000€ ετησίως και απαιτείται αντικατάσταση του εντός 15ετίας. Ενδεικτικό τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας της επιχείρησης παρατίθεται στο Παράρτημα Β, ενώ στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μηνιαίες χρεώσεις της πραγματικής επιχείρησης, προκειμένου να συγκριθούν με τις τιμές με βάση την προσομοίωση και να εντοπιστούν πιθανές σημαντικές αποκλίσεις.

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσια Τιμή
Κατανάλωση (kWh)	24380	18460	20270	40570	58340	60010	76050	73630	68160	62890	21470	23950	548180
Χρέωση Ενέργειας (€)	1648	1248	1370	2742	3943	4055	5139	4976	4606	4250	1451	1619	
Αναπροσαρμογής (€)	1219	923	1014	2029	3500	4201	6084	6627	5650	5031	1074	1198	
Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς (€)	130	101	110	209	295	304	382	370	343	318	115	128	
Εθνικό Δίκτυο Διανομής (€)	504	401	432	784	1091	1120	1397	1356	1376	1170	453	496	
Υπηρεσία Κοινής Ωφέλειας (€)	445	337	370	740	1064	1095	1387	1343	1243	1147	392	437	
Λοιπές χρεώσεις (€)	2	1	1	3	4	4	5	5	5	4	2	2	
Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων (€)	414	314	345	690	992	1020	1293	1252	1159	1069	365	407	
ΕΦΚ (€)	122	92	101	203	292	300	380	368	341	314	107	120	
ΦΠΑ 6% (€)	269	205	225	444	671	726	964	978	883	798	238	264	
Ειδικό Τέλος (ΔΕΤΕ) 5% (€)	22	17	19	37	49	53	80	81	67	59	20	22	
Τέλος υπέρ της ΕΡΤ (€)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Δημοτικά Τέλη (€)	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	
Σύνολο (€)	4912	3777	4124	8017	12039	13016	17251	17493	15812	14299	4354	4829	119922

Εικόνα 4.7: Πραγματικά τιμολόγια επιχείρησης

4.3 1^ο σενάριο βελτιστοποίησης

Στο πρώτο σενάριο βελτιστοποίησης η αντικατάσταση των υφιστάμενων συστημάτων γίνεται από το σύστημα ΣΗΘ και το ψύκτη απορρόφησης. Συγκεκριμένα το σύστημα ΣΗΘ που επιλέχθηκε παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά που φαίνονται παρακάτω. Η δυναμικότητα του συστήματος είναι τέτοια που να καλύπτει το σύνολο των απαιτήσεων του ξενοδοχείου, με βάση την αιχμή της καλοκαιρινής σεζόν. Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του Ιουλίου που είναι και οι υψηλότερες, το παρόν σύστημα καλύπτει τόσο τις απαιτήσεις φωτισμού και εξοπλισμού, μέσω της ηλεκτροπαραγωγής όσο και τα θερμικά φορτία, συνδυαστικά με τον ψύκτη απορρόφησης.

ΣΗΘ	
Fuel	Natural gas
Frequency	50 Hz
Output	21 kW
Energy input	60 kW
Electrical efficiency	35%
Total efficiency	75.0%
Power-to-heat ratio	0.85%

Εικόνα 4.8: Χαρακτηριστικά συστήματος ΣΗΘ



Εικόνα 4.9: Σύστημα ΣΗΘ

Ο ψύκτης απορρόφησης λειτουργεί με την περίσσεια θερμότητας του συστήματος ΣΗΘ. Το παραγόμενο θερμικό φορτίο αξιοποιείται με προτεραιότητα στον ψύκτη απορρόφησης και στη συνέχεια για την παραγωγή ΖΝΧ, που οι απαιτήσεις είναι μικρότερες. Το ψυκτικό μέσο είναι διάλυμα βρωμιούχο λιθίου, που συμπεριλαμβάνεται σε οικονομικότερα συστήματα, αποκλειστικά για χρήσεις κλιματισμού και είναι μονής βαθμίδας. Ο συντελεστής απόδοσης COP του ψύκτη θεωρήθηκε 0,74 και η ισχύς του ισούται με 6 RT.

Ψύκτης	
Cooling Capacity	20 kW
Heat Source	Hot water
COP	0,74
Heating Water Temp	90 °C
Chilled Water Temp	17 °C
Electrical Consumption	0,3 kW
Flowrate	2 m ³ /h

Εικόνα 4.10: Χαρακτηριστικά Ψύκτη Απορρόφησης



Εικόνα 4.11: Ψύκτης Απορρόφησης

Η αλλαγή αυτή οδηγεί στην ουσία από την κατανάλωση αποκλειστικά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, στην κατανάλωση φυσικού αερίου για όλες τις χρήσεις. Θεωρώντας ότι ανάγκες του ξενοδοχείου παραμένουν ίδιες, η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι πλέον 500MWh. Η κατανάλωση δηλαδή του νέου συστήματος έχει μειώσει την απαιτούμενη ενέργεια κατά 11% , η οποία αντιστοιχεί σε 47 τόνους φυσικού αερίου.

4.4 Υπολογισμός κόστους 1^{ου} σεναρίου

Βασικότερο έξοδο στην λειτουργία του συστήματος είναι σε κάθε περίπτωση το κόστος καυσίμου. Για χρήση μηχανής με φυσικό αέριο η εκτίμηση γίνεται χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή αγοράς, για την Ευρώπη. Η τιμή αυτή, λόγω της έντονης διακύμανσης που παρουσιάζει, θεωρείται 185€/MWh, επομένως για το σύνολο των 500MWh το έτος απαιτείται κόστος περίπου 92500€ σε έξοδα καυσίμου. Με αυτό το ποσό επιτυγχάνεται μεγάλο όφελος σε ετήσια βάση, από πλευράς κατανάλωσης. Ωστόσο για την αξιολόγηση του σεναρίου πρέπει να ληφθεί υπόψη και το κόστος της επένδυσης για την αντικατάσταση του εξοπλισμού και το χρόνο απόσβεσης αυτής.

Το κόστος μια μονάδας συμπαραγωγής εξαρτάται από την ονομαστική ηλεκτρική ισχύ αλλά και το είδος του καυσίμου της. Το κόστος αυτό αφορά τον εξοπλισμό λειτουργίας και ελέγχου. Τα βασικότερα εξαρτήματα είναι ο κινητήρας και η γεννήτρια, αλλά το σύστημα απαιτεί επιπλέον εναλλάκτη θερμότητα και αντλία ψύξης. Στη συνολική τιμή εγκατάστασης συμπεριλαμβάνονται όμως και τα έξοδα εργασιών όπως η μεταφορά και η συναρμολόγηση.

Για την περίπτωση των MEK το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης κυμαίνεται περίπου στα 1700€/kW. Ενώ το κόστος συντήρησης της μηχανής εξαρτάται από τις ώρες λειτουργίας και φτάνει τα 0,0177€/kWh, επομένως 8850€ ετησίως για τη λειτουργία του ξενοδοχείου. Το κόστος για την εγκατάσταση του ψύκτη απορρόφησης εξαρτάται επίσης από τα χαρακτηριστικά του. Για ψύκτη απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου μονής βαθμίδας το κόστος εγκατάστασης είναι 1000€/kW και το αντίστοιχο ετήσιο κόστος συντήρησης 2000€. Για την εγκατάσταση των fan coil το κόστος ανά μονάδα είναι περίπου 300€.

Για την περίπτωση του υπό μελέτη ξενοδοχείου, που οι απαιτήσεις ισχύος είναι περίπου 60kW, το κόστος εγκατάστασης θα είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω.

	Τιμή
Ισχύς (kW)	60
Κόστος εγκατάστασης ΣΗΘ (€)	102000
Κόστος εγκατάστασης Ψύκτη Απορρόφησης (€)	27000
Κόστος εγκατάστασης Fan Coil (€)	13500
Σύνολο (€)	142560

Εικόνα 4.12: Κόστος επένδυσης 1^{ου} σεναρίου

Συνδυάζοντας και τα κόστη συντήρησης, που είναι αρκετά υψηλά για το νέο σύστημα, τα ετήσια έξοδα φτάνουν 103350€. Επομένως το καθαρό όφελος της αναβάθμισης, σε ετήσια βάση, φτάνει τις 9621€. Με την εξοικονόμηση που επιτυγχάνει το σύστημα και λαμβάνοντας υπόψη το κόστος επένδυσης που απαιτείται η περίοδος αποπληρωμής της αναβάθμισης θα είναι περίπου 14,8 έτη.

4.5 2^ο σενάριο βελτιστοποίησης

Στο δεύτερο σενάριο βελτιστοποίησης ως βασική πηγή θερμότητας επιλέγονται ηλιακοί συλλέκτες κενού. Τα χαρακτηριστικά των συλλεκτών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα . Η νέα προσθήκη μειώνει περαιτέρω τις απαιτήσεις κατανάλωσης φυσικού αερίου, αφού θα εξυπηρετεί κυρίως τις απαιτήσεις ηλεκτρισμού, ενώ οι απαιτήσεις κλιματισμού θα καλύπτονται μέσω της θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Προκειμένου να καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες του ξενοδοχείου τοποθετούνται 50m² ηλιακών συλλεκτών συνολικά.

Ηλιακός συλλέκτης	
Τύπος	Σωλήνων Κενού
Διαστάσεις	(2370x1990x2)mm
Απορροφητική Επιφάνεια	3,93m ²
Αριθμός σωλήνων	30
Διάμετρος σωλήνων	Φ58 mm
Συντελεστής απορρόφησης	93%
Υλικό	Αλουμίνιο + Γυαλί
Μόνωση	Πετροβάμβακας

Εικόνα 4.13: Χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη



Εικόνα 4.14: Ηλιακός Συλλέκτης

Για το ξενοδοχείο μελέτης η τροποποίηση με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών οδηγεί σε επιπλέον μείωση της απαιτούμενης ενέργειας του συστήματος. Καθώς ανάγκες του συγκροτήματος δεν θεωρείται ότι μεταβάλλονται ούτε σε αυτή την πρόταση, η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι πλέον 470MWh και παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερη μείωση, της τάξης του 16%. Η κατανάλωση αυτή αντιστοιχεί πλέον σε 43 τόνους φυσικού αερίου.

4.6 Υπολογισμός κόστους 2^{ου} σεναρίου

Το κόστος λειτουργίας αυτού του σεναρίου είναι πλέον 86950€. Το κόστος εγκατάστασης θεωρείται ίδιο με το προηγούμενο, καθώς τα συστήματα που επιλέχθηκαν αρχικά παραμένουν ίδια. Η διαφοροποίηση συμβαίνει με την προσθήκη των ηλιακών συλλεκτών που προσθέτουν επιπλέον κόστος. Το κόστος εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών ανέρχεται περί τα 400€/m², οπότε ανέρχεται σε 20.000€.

	Τιμή
Ισχύς (kW)	60
Κόστος εγκατάστασης ΣΗΘ (€)	102000
Κόστος εγκατάστασης Ψύκτη Απορρόφησης (€)	27000
Κόστος εγκατάστασης Fan Coil (€)	13500
Κόστος εγκατάστασης Ηλιακών Συλλεκτών (€)	20000
Σύνολο (€)	162560

Εικόνα 4.15: Κόστος επένδυσης 2^{ου} σεναρίου

Καθώς οι συλλέκτες δεν παρουσιάζουν απαιτήσεις συντήρησης, τα ετήσια έξοδα φτάνουν 97800€. Επομένως το καθαρό όφελος της αναβάθμισης, σε ετήσια βάση, φτάνει τις 15171€. Με την εξοικονόμηση που επιτυγχάνει το σύστημα και λαμβάνοντας υπόψη το κόστος επένδυσης που απαιτείται η περίοδος αποπληρωμής της αναβάθμισης θα είναι περίπου 10,71 έτη.

4.7 Συνολικά αποτελέσματα

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, γίνεται η αξιολόγηση κάθε περίπτωσης. Με βάση τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα, γίνεται εμφανές ότι τα δύο σεναρία βελτίωσης επιφέρουν σημαντική μείωση στις απαιτήσεις ενέργειας η οποία οδηγεί σε επαρκές οικονομικό όφελος για την επιχείρηση. Συγκρίνοντας το ύψος της απαιτούμενης επένδυσης αλλά και την περίοδο αποπληρωμής της, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι δύο εναλλακτικές δεν είναι εξίσου συμφέρουσες. Συγκεκριμένα το δεύτερο σεναριο, με την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυξάνει την απόδοση της επένδυσης, αφού με μικρό επιπλέον κόστος οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση μειώνοντας ταυτόχρονα και την περίοδο απόσβεσης και αποτελεί την πιο συμφέρουσα επιλογή. Ενώ στην περίπτωση του απλού συστήματος τριπαραγωγής, η περίοδος αποπληρωμής, βρίσκεται πολύ κοντά στη διάρκεια ζωής του συστήματος, που θεωρείται στα 15 έτη. Επομένως τα περιθώρια καθαρού κέρδους εμφανίζουν αρκετό ρίσκο, από την ανάγκη αντικατάστασης του εξοπλισμού.

Περίπτωση	Επένδυση (€)	Λειτουργία & Συντήρηση (€/έτος)	Όφελος (€/έτος)	Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)
Υφιστάμενη Κατάσταση	-	112971	-	-
1ο Σενάριο	142560	103350	9621	14,8
2ο Σενάριο	162560	97800	15171	10,7

Εικόνα 4.16: Συγκεντρωτικά Οικονομικά μεγέθη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την ολοκλήρωση της εργασίας προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα αναφορικά με τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν.

Ως προς τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν η διαδικασία ξεκίνησε με την σχεδίαση στο SketchUp το οποίο έχει γενικά ένα απλό και ευχάριστο γραφικό περιβάλλον. Ωστόσο θέλει προσοχή ως προς τη χρήση του και συχνή αποθήκευση των αρχείων καθώς είναι πιθανό να χαθούν πληροφορίες. Το πρόγραμμα Open Studio διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη προσομοίωση του μοντέλου με αυτοματοποιημένα στοιχεία και ενσωματωμένους κανονισμούς και πρότυπα. Επιπλέον έχει ένα αρκετά εύχρηστο και περιεκτικό περιβάλλον, που συγκεντρώνει εύρος πληροφοριών σε κατάλληλες ομαδοποιήσεις. Η βιβλιοθήκη του όμως παρουσιάζει ορισμένες ελλείψεις, όπως για τα συστήματα συμπαραγωγής, με αποτέλεσμα να μην είναι ακόμα έτοιμο να αντικαταστήσει ολοκληρωτικά το πρόγραμμα EnergyPlus. Το τελευταίο, είναι εμφανώς πιο αξιόπιστο αλλά χωρίς σύγχρονο γραφικό περιβάλλον. Κύριο μειονέκτημα τού προγράμματος αποτελούν οι πολλοί περιορισμοί και παραδοχές που πρέπει να ισχύουν για να είναι δυνατή η χρήση του. Σε κάθε περίπτωση το λογισμικό δίνει ευελιξία και δυνατότητα για μελέτες με ακρίβεια και εμφανίζει μεγάλο εύρος εφαρμογών, με τι κατάλληλες τροποποιήσεις.

Όσον αφορά το αντικείμενο της εργασίας τα αποτελέσματα που προέκυψαν μπορούν να χαρακτηριστούν ικανοποιητικά, καθώς με τις βελτιστοποιήσεις που εφαρμόστηκαν, επέφεραν τα επιθυμητά αποτελέσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην εργασία διερευνήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης συστημάτων τριπαραγωγής στον ξενοδοχειακό τομέα, καθώς παρουσιάζει σημαντικές καταναλώσεις και κατέχει υψηλό ποσοστό στο ενεργειακό ισοζύγιο. Η περίπτωση που μελετήθηκε αφορά εποχικό ξενοδοχείο στην Χαλκιδική, με πλήρη κάλυψη των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων του.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η βιωσιμότητα της εφαρμογής τέτοιων συστημάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι τεχνολογίες αυτές δεν είναι ακόμα οικονομικά ανταγωνιστικές σε όλες τους τις μορφές. Επομένως, τα περιβαλλοντικά οφέλη που επιφέρουν αλλά και οι εξοικονόμηση ενέργειας, δεν καλύπτει πάντα σε ικανοποιητικό βαθμό τα κόστη επένδυσης. Όσο μεγαλύτερες οι καταναλώσεις για τις οποίες εφαρμόζεται το σύστημα, τόσο πιο οικονομικά συμφέρουσα η στροφή στην συμπαραγωγή. Σημασία έχει και η επιλογή της κατάλληλης λειτουργίας και του συνδυασμού συστημάτων, εξατομικευμένα για κάθε περίπτωση. Φυσικά μεταβαλλόμενες παράμετροι όπως οι τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η εξέλιξη των τιμών των καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο στην προκειμένη περίπτωση, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ελκυστικότητα και την ταχύτερη διείδυση των τεχνολογιών αυτών, σε μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή, όπου το ξενοδοχείο θεωρείται μικρό υπάρχει ένα όφελος της τάξης των 10000€ ετησίως με την εφαρμογή του απλού συστήματος τριπαραγωγής. Συγκριτικά με τα έξοδα εγκατάστασης που απαιτούνται που φτάνουν τα 140000€, η επένδυση παρουσιάζει

περίοδο αποπληρωμής εντός 15ετίας. Με βάση αυτά τα στοιχεία η αναβάθμιση δεν θεωρείται απολύτως συμφέρουσα, αφού η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης είναι συγκρίσιμη με τη διάρκεια ζωής και την απαίτηση απόσυρσης του εξοπλισμού. Με την προσθήκη των ηλιακών συλλεκτών, ωστόσο, για την αξιοποίηση της ανανεώσιμης ηλιακής ενέργειας, το ετήσιο όφελος αυξάνεται περαιτέρω. Η εξοικονόμηση καυσίμου που επιτυγχάνεται οδηγεί σε κέρδος 15000€, μέσω της μείωσης των ετήσιων δαπανών. Μάλιστα η θετική επίδραση που έχει η προσθήκη στη λειτουργία του συστήματος είναι σημαντική συγκριτικά με την οικονομική επιβάρυνση των 20000€ που επιφέρει η τοποθέτησή τους. Έτσι μειώνεται πλέον ο χρόνος απόσβεσης στα όρια της 10ετίας, κάνοντας την επένδυση βιώσιμη. Αυτό συμβαίνει καθώς οι τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γενικότερα έχουν ελάχιστο λειτουργικό κόστος. Σε κάποιες περιπτώσεις το κόστος εγκατάστασης τους είναι λίγο αυξημένο, όμως στην περίπτωση των συλλεκτών η τεχνολογία αξιοποιείται αρκετά χρόνια, κάνοντας τις τιμές τους να μειώνονται συνεχώς και να παραμένουν πολύ ανταγωνιστικές.

Όσον αφορά την συγκεκριμένη μελέτη αλλά και γενικότερα τις εφαρμογές ΣΗΘ, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η σύνδεση του συστήματος με τον γειτονικό οικισμό σε εφαρμογές τηλεθέρμανσης, αλλά και η πώληση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στο εθνικό δίκτυο. Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να βελτιωθούν αισθητά, καθώς η εκδοχή αυτή θα έφερνε άμεσο κέρδος από την πώληση της πλεονάζουσας ενέργειας αλλά και εντονότερα περιβαλλοντικά οφέλη, με την πλήρη εκμετάλλευση της παραγωγής. Φυσικά εναλλακτικά του φυσικού αερίου μπορούν να εξεταστούν ως καύσιμα πιο οικολογικές επιλογές, όπως αυτή του βιοαερίου. Έτσι μαζί με την συμπαραγωγή θα εφαρμοζόταν και αντίστοιχη λύση για την επεξεργασία των λυμάτων της περιοχής. Τέλος, θα ήταν σκόπιμο να ελεγχθούν περιπτώσεις που να καλύπτουν τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, προσαρμόζοντας κάθε φορά το σύστημα στις αντίστοιχες ανάγκες και χαρακτηριστικά της κάθε μιας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Εξοικονόμηση Ενέργειας στον κτιριακό τομέα,
Ανάκτηση από: http://www.cres.gr/energy_saving/Κτιρια/ktiria_intro.htm (2022, Ιούνιος)
- [2] The Greenhouse Effect, Center For Science Education,
Ανάκτηση από: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/greenhouse-effect> (2022, Ιούνιος)
- [3] Glossary: Greenhouse gas (GHG), Eurostat Statistics Explained,
Ανάκτηση από: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Greenhouse_gas_\(GHG\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Greenhouse_gas_(GHG)) (2022, Ιούνιος)
- [4] Sources of Greenhouse Gas Emissions, EPA,
Ανάκτηση από: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> (2022, Ιούνιος)
- [5] Βερναρδάκης, Ι. « Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τρόποι μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ηλεκτροπαραγωγή-Εφαρμογές στη ΔΕΗ», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης., Χανιά, (2005)
- [6] Παπαδοπούλου Χρυσούλα. «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας και Εφαρμογή της στα Συστήματα Τηλεθέρμανσης της Δυτικής Μακεδονίας», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Χανιά (2017)
- [7] What is U.S. electricity generation by energy source, EIA,
Ανάκτηση από: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3> (2022, Ιούνιος)
- [8] Θεόδωρος Θεοδοσίου, Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων, Σημειώσεις Μαθήματος
- [9] Εύα Λουκογεωργάκη, Υπεράκτιες Ανεμογεννήτριες (Part 1), Σημειώσεις Μαθήματος
Θαλάσσιες Κατασκευές
- [10] Statistical Review of World Energy 2021,
Ανάκτηση από: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (2022, Ιούνιος)
- [11] Energy, transport and environment indicators, European Commission
Ανάκτηση από: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf> (2022, Ιούνιος)
- [12] Production of primary energy decreased between 2010 and 2020, European Commission
Ανάκτηση από: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports#Production_of_primary_energy_decreased_between_2010_and_2020 (2022, Ιούνιος)
- [13] Γιαννοπούλου Σ., «Ανασκόπηση Μεθόδων Τηλεθέρμανσης σε Ελλάδα και Ευρώπη», Μεταπτυχιακή Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα ΜΗ.ΠΕΡ., Χανιά, (2008)
- [14] Νίκος Βέττας, Svetoslav Danchev, Γιώργος Μανιάτης, Νίκος Παρατσιώκας, Κώστας Βαλάσκας, «Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις»,
Ανάκτηση από: http://iobe.gr/docs/research/RES_05_25042021_REP_GR.pdf
- [15] Ελευθερία Κούρταλη, «Υψηλή η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας από τη Ρωσία», Η Καθημερινή, 17.02.2022

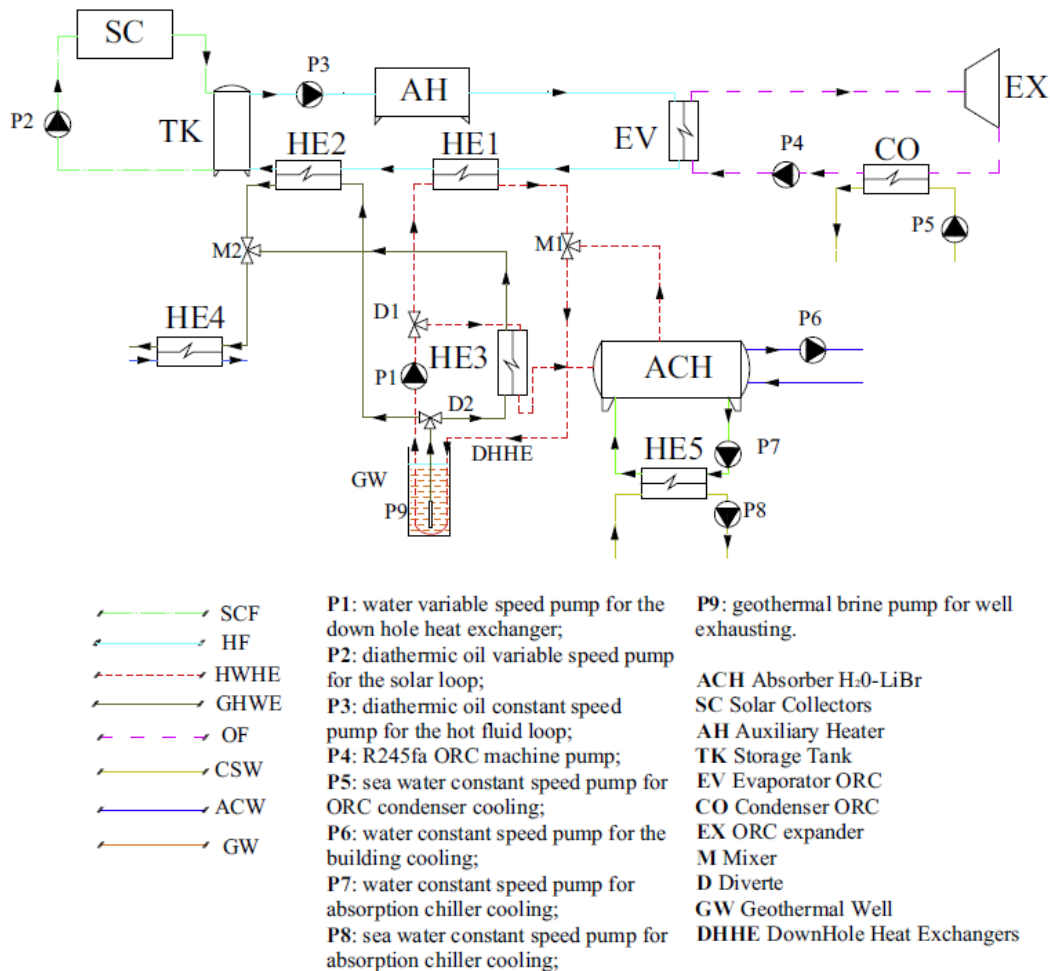
- Ανάκτηση από: <https://www.kathimerini.gr/economy/561723103/ypsili-i-energeiaki-exartisi-tis-elladas-aro-ti-rosia/> (2022, Ιούνιος)
- [16] «Eurostat :Το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας και η εξάρτηση από τη Ρωσία», Ημερήσια, 29.03.22
- Ανάκτηση από: https://www.imerisia.gr/oikonomia/39197_eurostat-energeiako-meigma-tis-elladas-kai-i-exartisi-aro-ti-rosia (2022, Ιούνιος)
- [17] Θεωδωρής Γεωργακόπουλος, «Ο Τομέας Της Ενέργειας Στην Ελλάδα», Οργανισμός Έρευνας Και Ανάλυσης
- Ανάκτηση από: <https://www.dianeosis.org/2021/04/i-energeia-stin-ellada/> (2022, Ιούνιος)
- [18] Brief, «Ελλάδα Κυρίαρχες οι Εισαγωγές στον Ενεργειακό Τομέα», 09.03.202
- Ανάκτηση από: <https://www.brief.com.cy/energeia/ellada-kyriarhes-oi-eisagoges-ston-energeiako-tomea> (2022, Ιούνιος)
- [19] Η Εξέλιξη της Κατανάλωσης Ενέργειας του Πλανήτη μας (1965-2020). Πόσο μακριά βρισκόμαστε από μια καθαρή-πράσινη ενεργειακή λύση, 06/11/2021
- Ανάκτηση από: <https://dialogoi.uniwa.gr/articles/i-exelixa-tis-katanolosis-energeias-toy-planiti-mas-1965-2020-poso-makria-vriskomaste-aro-mia-kathari-prasini-energeiaki-lysi/>
- [20] Δημήτρης Μεζαρτάσογλου, Κωστής Σταμπολής, Αλέξανδρος Κουτρομπούσης, Αλέξανδρος Περέλλης, «Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας», Ινστιτούτο Ενέργειας ΝΑ Ευρώπης
- Ανάκτηση από: https://www.iene.gr/articlefiles/iene_meleti_2020_final1.pdf (2022, Ιούνιος)
- [21] Καγιακεισίδου Βασιλική, Πολυξένη Πάντου, , «Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων, Μελέτη Συστημάτων Ανοιγμάτων, Τοίχου Μάζας Και Θερμοκηπίου Σε Κτίριο Κατοικίας», Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, Τμήμα Πολιτικών μηχανικών, Θεσσαλονίκη, 2019
- [22] Χριστίνα Γιαρμά, Περιβαλλοντικός Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός, Σημειώσεις Μαθήματος Μέρος 1
- [23] Energy statistics - an overview, Eurostat Statistics Explained
- Ανάκτηση από: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Primary_energy_production
- [24] 2030 climate & energy framework, European Commission (2022, Ιούνιος)
- Ανάκτηση από: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en (2022, Ιούνιος)
- [25] Ενέργεια, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 15/03/2021
- Ανάκτηση από: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/energy/intro>
- [26] Δελτίο Τύπου Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας Στα Νοικοκυριά, Ελληνική Στατιστική Αρχή, Ανάκτηση από: https://www.statistics.gr/el/statistics?p_p_id=documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE
- [27] Πόπη Κονιδάρη, «Ενεργειακή Κατανάλωση στα Ελληνικά Κτίρια», Νοέμβριος 2017
- Ανάκτηση από: <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanolwsh-sta-ellhnika-kthiria> (2022, Ιούνιος)
- [28] Statistical Review of World Energy 2021
- Ανάκτηση από <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

- [29] Αργυρόπουλος Ιωάννης, «Τεχνοοικονομική σύγκριση συστημάτων συμπαραγωγής με κινητήρα ΜΕΚ και μηχανή Stirling», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ-Πα.Πει., ΔΠΜΣ Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2012
- [30] Κοκκινάκος Παναγιώτης «Τεχνοοικονομική ανάλυση εγκατάστασης μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας σε ξενοδοχειακό συγκρότημα», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα, 2011
- [31] Καρύδη Άννα, «Μελέτη και οικονομική αξιολόγηση μονάδων συμπαραγωγής», Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής Και Διοίκησης, Χανιά, 2013
- [32] Ηλιακός Κλιματισμός Με Ψυχόμενα Δομικά Στοιχεία, Αθήνα, 2018
Ανάκτηση από: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2717/xevgenosd_cooling.pdf?sequence=3 (2022, Ιούνιος)
- [33] Θεοχάρης Τσούτσος, «Η ανάγκη για αξιοποίηση των ηλιακών τεχνολογιών για ψύξη», Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, 2005
Ανάκτηση από: <http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/climasol/TSOOUTSOS.pdf> (2022, Ιούνιος)
- [34] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, RE Power EU: κοινή ευρωπαϊκή δράση για πιο οικονομικά προσιτή, εξασφαλισμένη και βιώσιμη ενέργεια.
Ανάκτηση από: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/ip_22_1511 (2022, Αύγουστος).
- [35] Nelson, D., What is the military power of the Russian army and how strong is the Ukrainian army?
Ανάκτηση από: https://en.as.com/en/2022/02/26/latest_news/1645907062_698195.html (2022, Αύγουστος).
- [36] Johannesson, J., Clowes, D., 2022, Energy Resources and Markets – Perspectives on the Russia–Ukraine War, *European Review*, 30(1), pp. 4–23.
- [37] Chen, J.M.P, Ni, M., 2014, Economic analysis of a solid oxide fuel cell cogeneration/trigeneration system for hotels in Hong Kong, *Energy and Buildings*, 75, pp.160–169.
- [38] Buonomano, A., Calise, F., Palombo, A., Vicidomini, M., 2014, Energy and economic analysis of geothermal–solar trigeneration systems: A case study for a hotel building in Ischia, *Applied Energy*, 138, pp. 224-241.
- [39] Energy Solution Center, Understanding CHP and the Cost of Installation
Ανάκτηση από: <https://understandingchp.com/blog/understanding-chp-and-the-cost-of-installation/>
- [40] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017
- [41] Energy star, What is Energy Use Intensity (EUI),
Ανάκτηση από: https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand_metrics/what_eui

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α

A. Buonomano et al. / Applied Energy 138 (2015) 224–241



Εικόνα 7.1: Σύστημα τριπαραγωγής ξενοδοχείου της Ischia

Το υπόμνημα του συστήματος περιλαμβάνει τα παρακάτω:

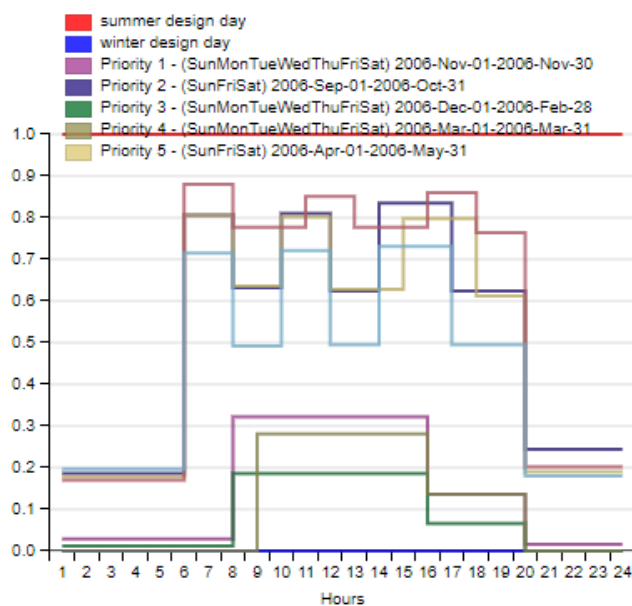
- SCF (Solar Collector Fluid–Υγρό Ηλιακού Συλλέκτη): διαθερμικό λάδι που ρέει μεταξύ του ηλιακού πεδίου και της δεξαμενής αποθήκευσης.
- HF (Hot Fluid–Θερό Υγρό): διαθερμικό λάδι το οποίο ρέει μεταξύ της δεξαμενής αποθήκευσης και του εξατμιστή της μηχανής ORC (Organic Rankine Cycle – Οργανικού Κύκλου Ράνκιν).
- HWHE (Hot Water Heat Exchanger): θερό νερό που ρέει στον κάτω εναλλάκτη θερμότητας και τροφοδοτεί τους εναλλάκτες θερμότητας HE1 τον χειμώνα και HE3 το καλοκαίρι.

- GHWE (Geothermal Hot Water Exhausting): αναφέρεται στο Γεωθερμικό Φρέαρ Εξώθησης Θερμού Νερού (γεωθερμική άλμη). Ένα τέτοιο κύκλωμα είναι απαραίτητο για να επιτρέψει μία επαρκώς συνεχή υψηλή θερμοκρασία της άλμης του γεωθερμικού φρέατος, αφού λόγω της αξιοποίησης της θερμότητας, η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά. Η γεωθερμική άλμη χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των εναλλακτών θερμότητας HE2 το χειμώνα και HE3 το καλοκαίρι.
- OF (Organic Fluid–Οργανικό Ρευστό): αποτελείται από R245fa που ρέει στη μηχανή ORC.
- CSW (Cooling Sea Water–Ψυκτικό Θαλασσινό Νερό): αποτελείται από θαλασσινό νερό για την ψύξη του απορροφητή (από το HE5) και του συμπυκνωτή.
- ACW (Absorption Chilled Water–Ψυχρό Νερό Απορρόφησης): νερό που ψύχεται μέσω του μηχανήματος απορρόφησης.
- GW (Grid Water–Νερό Δικτύου): αποτελείται από νερό δικτύου που θερμαίνεται από 15 έως 45 °C μέσω της εξόδου GHWE στον εναλλάκτη θερμότητας HE4.
- ORC (Organic Rankine Cycle Machine – Μηχανή Οργανικού Κύκλου Rankine): αποτελείται από ένα σύστημα 6 kW_e το οποίο χρησιμοποιεί το R245fa ως υγρό εργασίας.
- ACH: 30 kW_f H₂O/LiBr ψύκτης απορρόφησης ενός επιπέδου.
- SC (Solar Collectors – Ηλιακοί συλλέκτες): αποτελούνται από ένα πεδίο ηλιακών συλλεκτών εκκενωμένης επίπεδης πλάκας.
- AH: Βοηθητικός θερμαντήρας αερίου
- TK: διαθερμική στρωματοποιημένη κάθετη δεξαμενή αποθήκευσης λαδιού
- M: (Mixer- αναμείκτες)
- D: (Diverter- εκτροπείς)
- GW (Geothermal Well –Γεωθερμικό φρέαρ)
- DHHE: Κάτω Εναλλάκτης θερμότητας
- P1: αντλία μεταβλητής ταχύτητας νερού για τον κάτω εναλλάκτη θερμότητας.
- P2: αντλία μεταβλητής ταχύτητας διαθερμικού λαδιού για τον ηλιακό βρόχο.
- P3: αντλία σταθερής ταχύτητας διαθερμικού λαδιού για τον βρόχο ζεστού υγρού.
- P4: αντλία μηχανής R245fa ORC.
- P5: αντλία σταθερής ταχύτητας θαλασσινού νερού για την ψύξη του συμπυκνωτή ORC.
- P6: αντλία σταθερής ταχύτητας νερού για την ψύξη του κτιρίου.
- P7: αντλία σταθερής ταχύτητας νερού για την ψύξη του ψύκτη απορρόφησης.
- P8: Αντλία σταθερής ταχύτητας θαλασσινού νερού για την ψύξη του ψύκτη απορρόφησης (από τον εναλλάκτη θερμότητας HE5).
- P9: αντλία γεωθερμικής άλμης για εξάτμιση.
- HE1: Εναλλάκτης θερμότητας διασταυρούμενης ροής για τη θέρμανση του διαθερμικού λαδιού που προέρχεται από το νερό του κάτω εναλλάκτη θερμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο (δεν είναι ενεργός το καλοκαίρι).

- HE2: Εναλλάκτης θερμότητας εγκάρσιας ροής για τη θέρμανση του διαθερμικού λαδιού που προέρχεται από τη γεωθερμική άλμη.
- HE3: Εναλλάκτης θερμότητας εγκάρσιας ροής για τη θέρμανση του νερού στον κάτω εναλλάκτη θερμότητας από τη γεωθερμική άλμη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (μη ενεργός τον χειμώνα).
- HE4: Εναλλάκτης θερμότητας εγκάρσιας ροής για τη θέρμανση του νερού δικτύου από το νερό του κάτω εναλλάκτη θερμότητας.
- HE5: Εναλλάκτης θερμότητας διασταυρούμενης ροής για την ψύξη της μηχανής απορρόφησης από το θαλασσινό νερό.

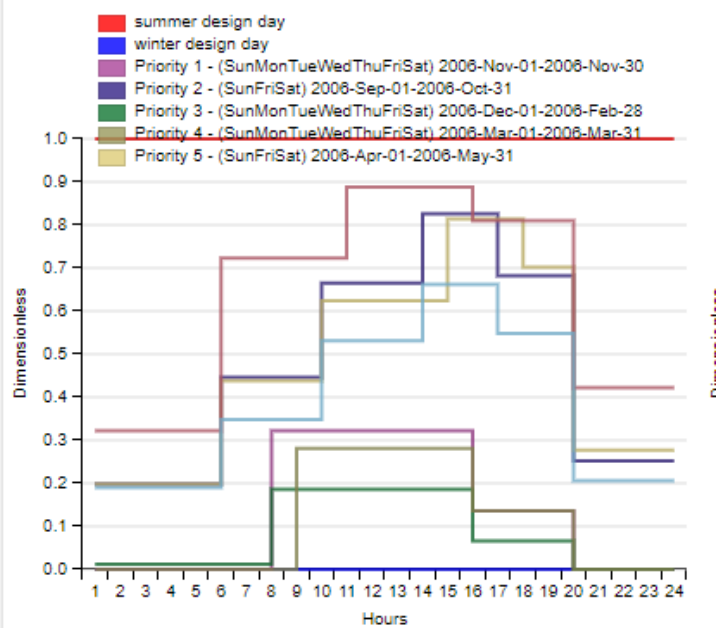
Παράρτημα Β

LargeHotel Banquet Equip



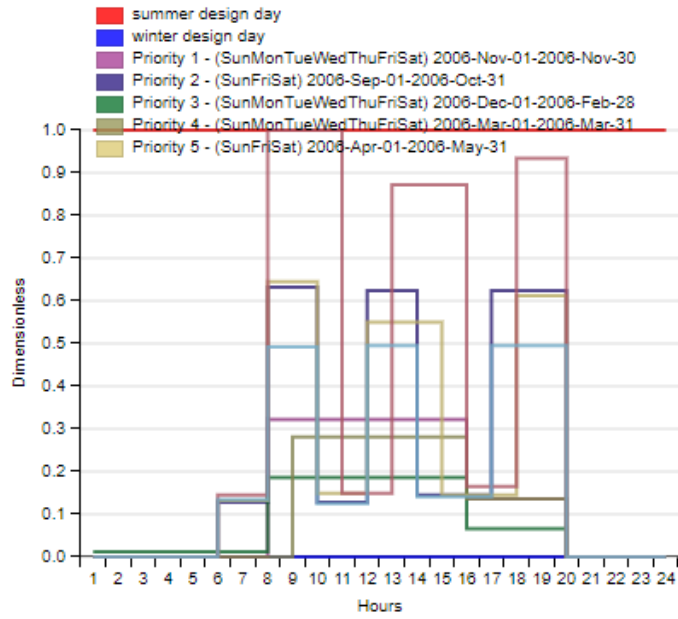
Εικόνα 7.2: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού εστιατορίου

LargeHotel Lobby Equip



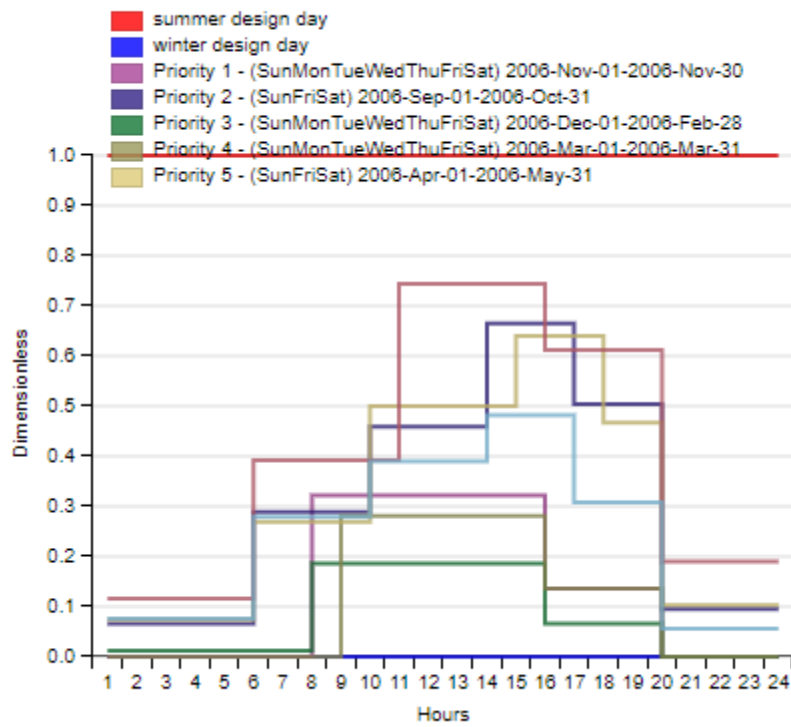
Εικόνα 7.3: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας εξοπλισμού υποδοχής

LargeHotel Banquet Occ



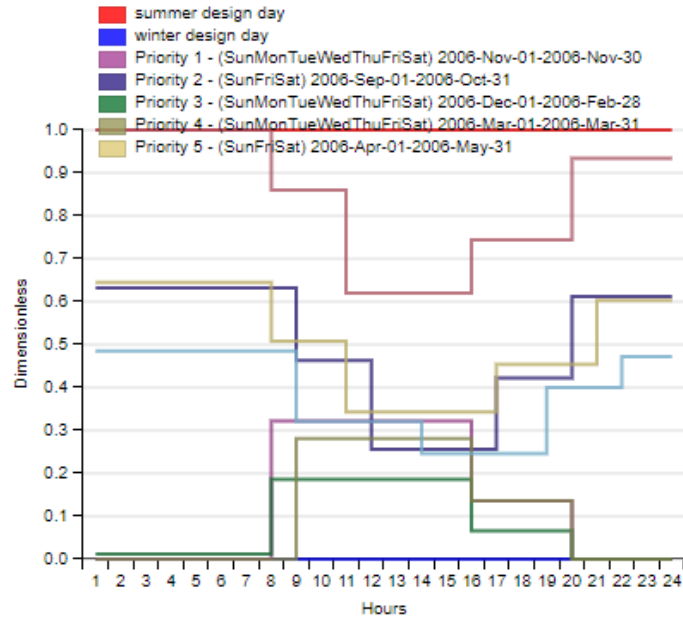
Εικόνα 7.4: Ημερήσια πληρότητα εστιατορίου

LargeHotel Lobby Occ



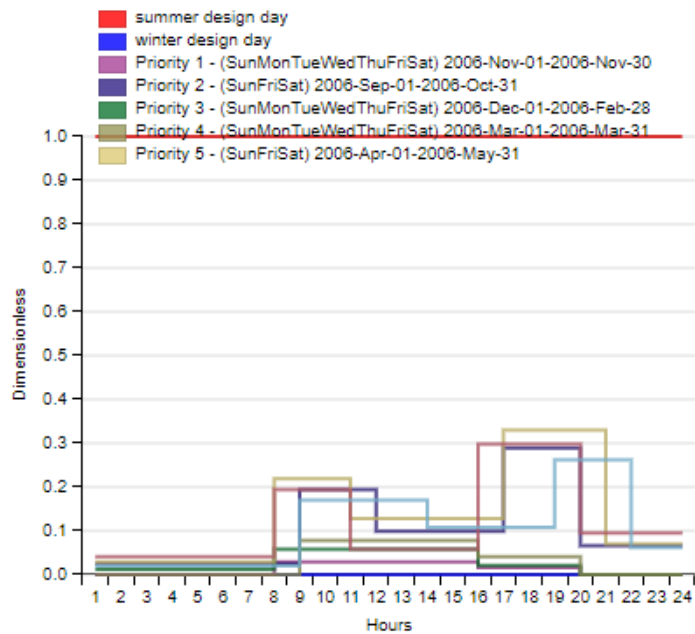
Εικόνα 7.5: Ημερήσια πληρότητα υποδοχής

LargeHotel GuestRoom Occ



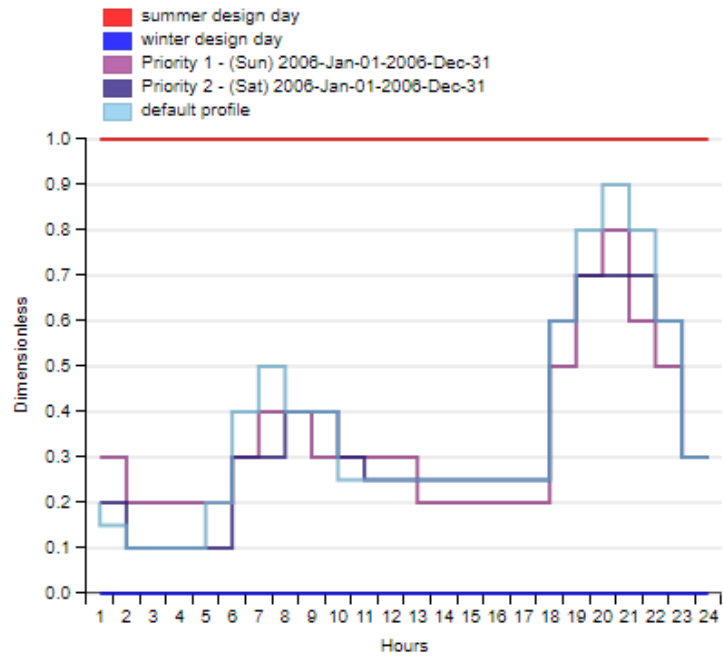
Εικόνα 7.6: Ημερήσια πληρότητα δωματίων

LargeHotel GuestRoom Hot water



Εικόνα 7.7: Ημερήσια χρήση ζεστού νερού

LargeHotel Bldg Light



Εικόνα 7.8: Ημερήσιο πρόγραμμα λειτουργίας φωτισμού

Παράρτημα Γ

A. Χρέωση Ηλεκτρικού Ρεύματος

Χρέωση Ημερήσιας Ενέργειας: $68160\text{kWh} \times 0,06758\text{€/kWh}$	4.605,91€
Χρέωση Αναπροσαρμογής	5.650,38€

Συνολική αξία ηλεκτρικού ρεύματος προ ΦΠΑ: 10.256,29€

B. Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις

Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε: ($250\text{kVa} \times 0,52000\text{€/kVa} \times 31/365$) + ($68.160,00\text{kWh} \times 0,00488\text{€/kWh}$)	343,66€
Εθνικό Δίκτυο Διανομής Η/Ε: ($250\text{kVa} \times 3,98000\text{€/kVa} \times 31/365$) + ($68.160,00\text{kWh} \times 0,01730\text{€/kWh} \times 0,913$)	1.375,64€
Υπηρεσίες Κοινής Ωφελείας: ($68.160,00\text{kWh} \times 0,01824\text{€/kWh}$)	1.243,24€
Λοιπές Χρεώσεις: ($68.160,00\text{kWh} \times 0,00007\text{€/kWh}$)	4,77€

Συνολική αξία ρυθμιζόμενων χρεώσεων προ ΦΠΑ: 2.967,31€

Γ. Λοιπές Επιβαρύνσεις	
Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων: 68160kWhx0,01700€/kWh	1.158,72€
ΕΦΚ 68160kWhx0,00500€/kWh	340,80€
Συνολική αξία λοιπών επιβαρύνσεων προ ΦΠΑ: 1.499,52€	
Συνοπτικός Λογαριασμός	
Αξία Ρεύματος προ ΦΠΑ:	14.723,12€
ΦΠΑ (6%):	883,39€
Ειδικό Τέλος 5‰ (ΔΕΤΕ):	67,82€
Τέλος υπέρ ΕΡΤ:	3,06€
Δημοτικά Τέλη:	133,32€

Εικόνα 7.9: Ενδεικτικό τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας