



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ



Φοιτητής : Κόκκινος Χρήστος Ιάσων
Α.Μ. : 48346496

Επιβλέπων :

Μορώνης Αντώνιος
Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ – ΑΙΓΑΛΕΩ, Σεπτέμβριος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Diploma Thesis

IMPACT OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS ON THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS



Student : KOKKINOS CHRISTOS IASON
Registration Number: 48346496

Supervisor :

Moronis Antonios
Professor

ATHENS – EGALEO, September 2022

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Α. Μορώνης, Καθηγητής	Γ. Ιωαννίδης, Καθηγητής	Κ. Ψωμόπουλος, Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ΙΑΣΩΝ του ΙΩΑΝΝΗ, με αριθμό μητρώου 48346496 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Ο/Η Δηλών/ούσα
ΧΡΗΣΤΟΣ ΙΑΣΩΝΑΣ ΚΟΚΚΙΝΟΣ

(Υπογραφή φοιτητή/ήτριας)



Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μορώνη Αντώνιο για τις για τις υποδείξεις, τις συμβουλές και την προθυμία που είχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας ώστε να λυθούν όλες οι απορίες μου και να διευρυνθούν οι γνώσεις μου πάνω στον τομέα των αυτοματισμών και της εξοικονόμησης ενέργειας. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν όλο αυτό τον καιρό.

Εισαγωγικό σημείωμα

Σε μια εποχή που η ζήτηση της ενέργειας μεγαλώνει ολοένα και περισσότερο, ενώ οι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη λιγοστεύουν, ερχόμαστε αντιμέτωποι με δύο από τα πλέον σημαντικά ζητήματα που ακούν στα ονόματα «ρύπανση του περιβάλλοντος» και «ενεργειακή κρίση». Είναι γνωστό πως και τα δύο θέματα που αναφέρθηκαν, έχουν αρνητική επιρροή στον άνθρωπο, είτε οικονομικά, είτε στην υγεία του περιβάλλοντος στο οποίο ζει και κατά συνέπεια και στον ίδιο. Επομένως, είναι επιτακτική η ανάγκη να τεθεί ως βασική προτεραιότητα η εξοικονόμηση ενέργειας.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης που έχει η εφαρμογή συστημάτων κτηριακών αυτοματισμών στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Με σκοπό την εφαρμογή και την ανάλυση των παραπάνω, μελετήθηκε μια πραγματική ξενοδοχειακή μονάδα με έδρα το κέντρο της Αθήνας και συλλέχθηκαν όλα τα στοιχεία της κατόπιν επίσκεψης στο χώρο. Η μελέτη για την επίδραση των κτηριακών αυτοματισμών στην ενεργειακή απόδοση του ξενοδοχείου, διεξήχθη με βάση το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης EnergyPlus και κατόπιν της εφαρμογής των αυτοματισμών στο κτήριο, διαπιστώθηκε η προοπτική που έχουν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του.

Λέξεις κλειδιά: ενεργειακή ανάλυση, ενεργειακή επιθεώρηση, ψηφιακή σχεδίαση, μοντελοποίηση, διαχείριση ενέργειας κτηρίων, ξενοδοχείο, κόστος λειτουργίας, εξοικονόμηση ενέργειας

Abstract

At a time when energy demand is growing and the planet's energy resources are dwindling, we are faced with two of the most important issues we hear in the names of "environmental pollution" and "energy crisis". It is known that both issues mentioned have a negative impact on humans, either financially, or on the environment they live in and, consequently, on themselves. Therefore, there is an urgent need to make energy saving a top priority. The aim of this thesis is to study the effect of the implementation of building automation systems on the energy efficiency of buildings. In order to apply and analyze the above, a real hotel facility located in the center of Athens was studied and all its technical data were collected after a visit on the site. The study on the effect of building automation on the energy efficiency of the hotel was carried out using EnergyPlus energy analysis software and after the implementation of automation, the potential to improve the energy efficiency of the building was determined.

Key-words: energy analysis, building energy modeling, building digitalization, building energy management system, BEMS, building automation systems (BAS), hotel, operating cost , energy saving

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	8
Εισαγωγή	10
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	11
Σκοπός και στόχοι.....	11
Δομή.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Ενεργειακό πρόβλημα, θεωρία αυτοματισμών κτηρίου και προγράμματα ενεργειακής ανάλυσης κτηρίων	13
1.1 Ενέργεια και Περιβάλλον	13
1.1.1 Ευρώπη και Ελλάδα.....	13
1.1.2 Το οικονομικό πρόβλημα	15
1.1.3 Το περιβαλλοντικό πρόβλημα	17
1.2 Ορισμός και γενικό πλαίσιο εφαρμογής εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα	17
1.2.1 Ενεργειακή διαχείριση κτηρίων	18
1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)	18
1.4 Σύστημα Κτηριακών Αυτοματισμών	19
1.4.1 Οφέλη ενός συστήματος αυτοματισμού κτηρίου.....	20
1.4.2 Εφαρμογές κτηριακών αυτοματισμών	20
1.4.2.1 HVAC	21
1.4.2.2 Φωτισμός.....	22
1.4.2.3 Διαχείριση ενέργειας και αυτόματος έλεγχος γενικών λειτουργιών	22
1.5 Περιγραφή Λογισμικών Προσομοίωσης.....	22
1.5.1 OpenStudio	22
1.5.2 SketchUpκαιOpenStudioPlug-in.....	23
1.5.3 EnergyPlus.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Παρουσίαση και Ανάλυση Μεθοδολογίας.....	25
2.1 Παρουσίαση Μεθοδολογίας.....	25
2.2 Ανάλυση Μεθοδολογίας.....	25
2.2.1 Ψηφιακή σχεδίαση.....	25
2.2.1.1 Προσθήκη χώρων (Spaces).....	26
2.2.1.2 Προσθήκη θερμικών ζωνών (Thermal Zones).....	28
2.2.1.3 Προσθήκη ανοιγμάτων.....	29
2.2.1.4 Προσθήκη σκίασης από γειτονικά κτήρια.....	30
2.2.2 Ορισμός τοποθεσίας και κλίματος	32
2.2.3 Λειτουργικά χρονοδιαγράμματα (Schedules Tab)	33
2.2.3.1 Schedules.....	33
2.2.3.2 Schedule Sets	34
2.2.4 Καρτέλα κατασκευών (Constructions Tab)	35
2.2.4.1 Υλικά.....	35
2.2.4.2 Κατασκευές.....	35
2.2.4.3 Σετ κατασκευών (Construction Sets).....	36
2.2.5 Καρτέλα φορτίων	37
2.2.5.1 Φώτα και φωτιστικά σώματα	37
2.2.5.2 Εξοπλισμός ηλεκτρικού ρεύματος, αερίου και ατμού	38

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

2.2.5.3	Ανθρώπινο φορτίο	38
2.2.5.4	Εξοπλισμός ζεστού νερού χρήσης.....	39
2.2.6	Είδη χώρων (Space Types)	39
2.2.7	HVAC.....	40
2.2.8	Κτηριακοί αυτοματισμοί - Προτάσεις	41
2.2.8.1	Φωτισμός.....	41
2.2.8.2	Ψύξη – θέρμανση ξενοδοχείου	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Περιγραφή Κτηριακής Μονάδας.....		43
3.1	Γενικές Πληροφορίες.....	43
3.1.1	Πληρότητα ξενοδοχείου	43
3.1.2	Ψηφιακή σχεδίαση του ξενοδοχείου	44
3.2	Ενεργειακή Κατανάλωση.....	45
3.3	Περιγραφή Χώρων Ξενοδοχείου	46
3.4	Κατασκευή Ξενοδοχείου.....	48
3.4.1	Οικοδομικά υλικά.....	48
3.4.2	Δομή επιφανειών (Constructions).....	51
3.5	Θερμικές Ζώνες Ξενοδοχείου	54
3.6	Χρονοδιαγράμματα Λειτουργιών Ξενοδοχείου.....	55
3.6.1	Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης.....	55
3.6.2	Εσωτερικά κέρδη λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας.....	58
3.6.3	Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού.....	59
3.6.4	Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών	61
3.6.5	Χρονοδιαγράμματα συστημάτων ψύξης και θέρμανσης.....	61
3.7	Φορτία Ξενοδοχείου.....	61
3.7.1	Ορισμός ανθρώπων.....	62
3.7.2	Ορισμός τεχνητού φωτισμού.....	62
3.7.3	Παράμετροι ηλεκτρικού εξοπλισμού	64
3.8	HVAC.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Παρουσίαση και Ανάλυση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης		72
4.1	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων (χωρίς αυτοματισμούς).....	72
4.2	Εφαρμογή αυτοματισμών και προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.....	74
4.2.1	Τεχνητός φωτισμός	75
4.2.2	Ψύξη – θέρμανση ξενοδοχείου.....	80
4.2.3	Ολοκληρωμένη πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας για το ξενοδοχείο	88
4.3	Οικονομοτεχνική μελέτη	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.....		98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Βιβλιογραφία – Αναφορές – Διαδικτυακές Πηγές		100
Παράρτημα Α.....		105

Εισαγωγή

Ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Ταυτόχρονα, είναι υπεύθυνος και για το 36% των ρύπων της ατμόσφαιρας που πηγάζουν κυρίως από την κατασκευή, τη χρήση, την ανακαίνιση και την κατεδάφιση κτηρίων. Στην Ελλάδα, η ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση των κατοικιών ισοδυναμεί περίπου με το 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης, ενώ ο κλιματισμός και οι οικιακές συσκευές καταναλώνουν το 18% συνολικά[1]. Επιπροσθέτως, υπολογίζεται πως περίπου το 75% των κτηρίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ενεργειακά μη αποδοτικά. Για να πετύχουμε μια πιο «πράσινη» κοινωνία και μια καλύτερη οικονομία, το πρώτο που πρέπει να κάνουμε είναι **εξοικονόμηση ενέργειας**. Αρχικά, πρέπει να περιοριστούν οι αχρείαστες καταναλώσεις και ταυτόχρονα να διεξαχθούν έρευνες για νέες πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες ή βιώσιμες. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, είναι βασικός παράγοντας έτσι ώστε να έχουμε ένα πιο «πράσινο περιβάλλον».

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο εξασφαλίζεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτηρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων. Ένας ακόμη καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου, μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων και στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτήρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση. Για αυτό, η ενεργειακή διαχείριση αποτελεί ένα σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι μιας επιχείρησης και θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στο συνολικό λειτουργικό διάγραμμα της.

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης που έχει η εφαρμογή συστημάτων κτηριακών αυτοματισμών στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Με σκοπό την εφαρμογή και ανάλυση των παραπάνω, θα εξεταστεί μια ξενοδοχειακή μονάδα με έδρα το κέντρο της Αθήνας. Τα στοιχεία που χρειάστηκαν για τη συνολική μελέτη και την ψηφιακή προσομοίωση του ξενοδοχείου, συλλέχθηκαν κατόπιν επίσκεψης και μελέτης των εγκαταστάσεων του κτηρίου και των στοιχείων που το απαρτίζουν. Κατά τη διαδικασία της μελέτης του χώρου, καταγράφηκαν και τα οικοδομικά υλικά από τα οποία είναι χτισμένο το ξενοδοχείο καθώς και η μορφολογία του. Έτσι, με τα δεδομένα αυτά υλοποιήθηκε η μοντελοποίηση του κτηρίου εξειδικευμένου λογισμικού σχεδίασης και ενεργειακής ανάλυσης με στόχο την προσομοίωση της λειτουργίας του ξενοδοχείου σε πραγματικές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης και την επεξεργασία των δεδομένων που προκύπτουν, υπολογίζεται η κατανομή ενέργειας και ταξινομείται ανάλογα με το είδος χρήσης και τη μορφή της. Στη συνέχεια, γίνονται προτάσεις αντικατάστασης του ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού με νέο, πιο εξελιγμένο και επομένως πιο οικονομικό και φιλικό για το περιβάλλον. Παράλληλα, θα γίνουν διάφορες προτάσεις για μια πιο αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας του κτηρίου με την προσθήκη συστημάτων

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

αυτοματισμού. Τέλος, πραγματοποιείται δεύτερη προσομοίωση κατά την οποία θα εφαρμοστούν οι προτάσεις εξοικονόμησης και τα αποτελέσματα θα συγκριθούν με τα προηγούμενα. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δυο τελικών προσομοιώσεων(μια με αυτοματισμούς και μια χωρίς), πολύ εύκολα γίνεται αντιληπτή η σημασία που έχουν οι νέες, εξελιγμένες λύσεις σε σχέση με τις συμβατικές.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι η μελέτη μιας ξενοδοχειακής μονάδας, η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός καταναλωτή ενέργειας που υπάγεται στον κτηριακό τομέα. Τα ξενοδοχεία καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο και πρέπει να παρέχουν όλες τις απαιτούμενες ανέσεις κατά τη διαμονή του επισκέπτη.

Το συγκεκριμένο ξενοδοχείο βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας και λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Ύστερα από επίσκεψη στο κτήριο και μελέτη των λογαριασμών του ξενοδοχείου, συμπεραίνεται πως οι ενεργειακές καταναλώσεις αντιστοιχούν σε ένα από τα κύρια έξοδα της επιχείρησης. Επομένως, το να βελτιστοποιηθεί το ποσό της ενέργειας που καταναλώνει ωφελεί τον ιδιοκτήτη οικονομικά, αλλά και το περιβάλλον, εφόσον έχει προαναφερθεί πως ένα σημαντικό ποσοστό ρύπων του περιβάλλοντος προέρχεται από χρήσεις που αφορούν τα κτήρια γενικότερα.

Σκοπός και στόχοι

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση που μπορεί να έχει η χρήση αυτοματισμών στα κτήρια από ενεργειακής σκοπιάς. Για το σκοπό αυτό θα μελετηθούν και θα αναλυθούν οι τρόποι εφαρμογής αυτοματισμών σε ένα κτήριο, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής του αποδοτικότητας με αντίστοιχα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Για την πραγμάτωση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα ψηφιακού σχεδιασμού και ανάλυσης ενέργειας κτηρίου (OpenStudio και EnergyPlus).

Δομή

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο πρώτο, αναλύονται τα ζητήματα που μας προβληματίζουν σχετικά με την ενέργεια και το περιβάλλον, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας των κτηρίων που αποτελούνται από συμβατικά συστήματα. Με την παρουσίαση στατιστικών στοιχείων που αφορούν τα παραπάνω, γίνεται μια εκτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα στην Ελλάδα με τη χρήση νέων τεχνολογιών και την ενσωμάτωση τους μέσα στις εγκαταστάσεις των υπαρχόντων κτηρίων. Επιπροσθέτως, αναφέρεται η νομοθεσία που σχετίζεται με τα φιλικά προς το περιβάλλον κτήρια και η αναπροσαρμογή της ώστε να είναι πιο αντιπροσωπευτική ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν χρονολογικά. Ταυτόχρονα, αναφέρονται διάφοροι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο κομμάτι των κτηριακών αυτοματισμών και στην επίδραση που μπορούν να έχουν στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηρίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση και εκτεταμένη ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ψηφιακή σχεδίαση και απεικόνιση του ξενοδοχείου μέσα από το λογισμικό EnergyPlus που αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο σε ότι αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία του λογισμικού ενεργειακής ανάλυσης κτηρίων. Επιπλέον, αναφέρονται οι προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που θα εφαρμοστούν στο κτήριο και εξηγείται η λογική τους και ο τρόπος λειτουργίας τους σε θεωρητικό επίπεδο.

Για να εξετασθεί περαιτέρω η αποδοτικότητα των κτηριακών αυτοματισμών ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας, στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το αντικείμενο μελέτης που στην προκειμένη περίπτωση είναι μια ξενοδοχειακή μονάδα. Γίνεται περιγραφή των πάγιων, λειτουργικών και δομικών στοιχείων του κτηρίου, που καταγράφηκαν κατόπιν επίσκεψης και αυτοψίας της εγκατάστασης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάζονται διάφορα σενάρια εφαρμογής αυτοματισμών στο κτήριο και συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα του καθενός από αυτούς αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την επικράτηση ικανοποιητικών συνθηκών για τον χρήστη του ξενοδοχείου. Από τη σύγκριση και τη μελέτη και αξιολόγηση των τελευταίων σε τεχνοοικονομικό επίπεδο, προκύπτουν συμπεράσματα για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και προτείνονται οι καταλληλότερες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, έχοντας όλα τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης του λογισμικού EnergyPlus για το ξενοδοχείο πριν και μετά τη χρήση αυτοματισμών, γίνονται παρατηρήσεις σχετικά με την επίδραση τους στο κομμάτι του κτηριακού τομέα και προτάσεις για περαιτέρω μελέτη στο μέλλον.

Το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, είναι η βιβλιογραφία όπου αναφέρονται όλες οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν πληροφορίες για την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:

Η ενεργειακή μελέτη ενός κτηρίου ή οικιστικού συνόλου στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης, στην επίτευξη ενεργειακού οφέλους και την παροχή άνετης διαβίωσης ταυτόχρονα. Ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς βελτιστοποίησης της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός κτηρίου είναι αυτός των κτηριακών αυτοματισμών, όπου είναι και το κύριο αντικείμενο μελέτης της εργασίας αυτής. Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η ευρύτερη βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων, στη νομοθεσία Κ.Εν.Α.Κ. και τη μεταβολή της με την πάροδο του χρόνου καθώς και στο θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάλυση της εφαρμογής κτηριακών αυτοματισμών.

1.1 Ενέργεια και Περιβάλλον

1.1.1 Ευρώπη και Ελλάδα

Οι επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στον πλανήτη φαίνονται ολοένα και περισσότερο. Παρόλο που η ευρωπαϊκή πολιτική που ακολουθείται τις τελευταίες δεκαετίες έχει συντελέσει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, η πρόοδος δεν είναι επαρκής, καθιστώντας τις μελλοντικές προβλέψεις να μην είναι και τόσο θετικές, σύμφωνα με την έκθεση "Ευρωπαϊκό περιβάλλον — κατάσταση και προοπτικές το 2020" (SOER 2020)[2].

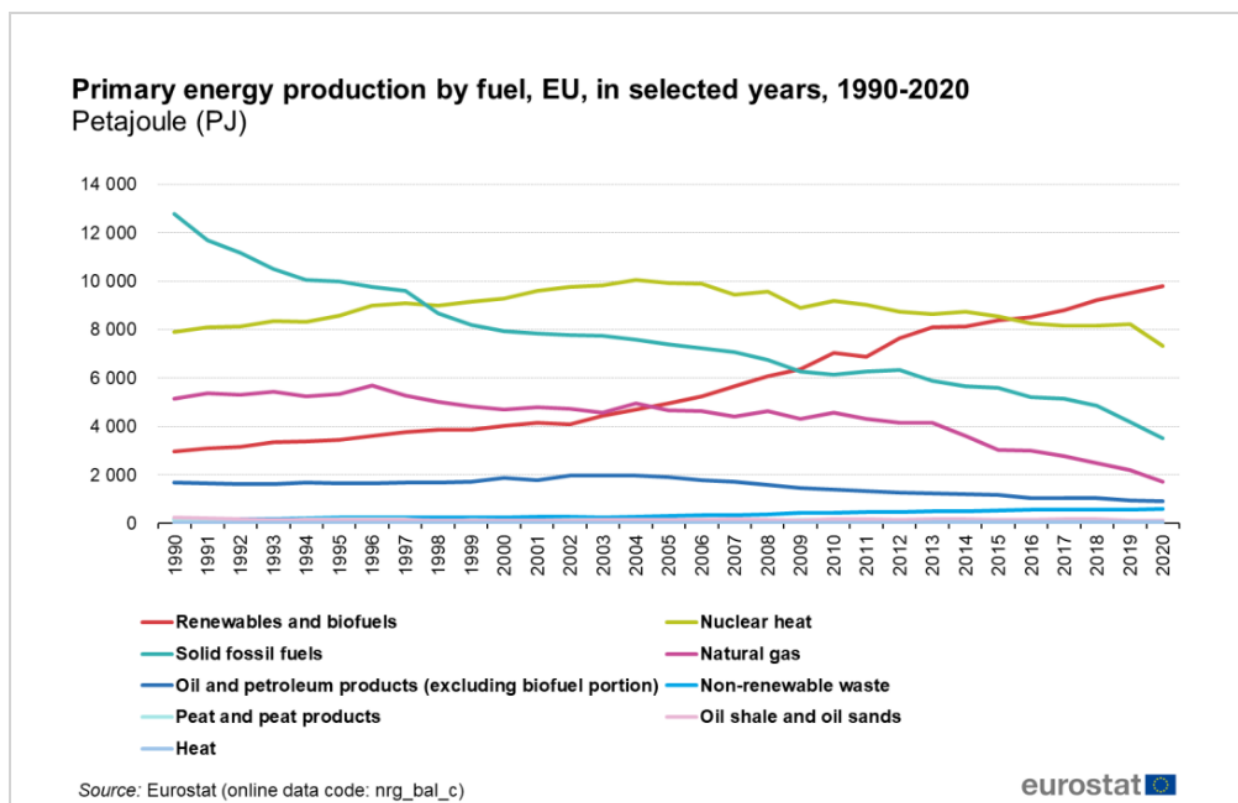
Η έκθεση SOER 2020 είναι η πληρέστερη περιβαλλοντική εκτίμηση που έχει διεξαχθεί ποτέ στην Ευρώπη. Αποτυπώνει με απόλυτη ειλικρίνεια τη θέση στην οποία βρίσκεται η Ευρώπη όσον αφορά την επίτευξη των στόχων πολιτικής για το 2020 και το 2030, καθώς και τους πιο μακροπρόθεσμους στόχους για το 2050 και τις φιλοδοξίες για μετάβαση σε ένα βιώσιμο μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Στην έκθεση επισημαίνεται ότι η Ευρώπη έχει ήδη σημειώσει σημαντική πρόοδο την τελευταία εικοσαετία σε θέματα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Παρόλα αυτά, για να επιτευχθούν οι μακροπρόθεσμοι στόχοι που έχουν τεθεί, είναι επιτακτική η ανάγκη εντατικοποίησης των προσπαθειών εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και περιορισμού της χρήσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας.

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται πως σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι ελαφρώς αυξημένες αλλά παράλληλα οι πηγές ενέργειας τις οποίες χρησιμοποιούνται έχουν διαφοροποιήσεις ποσοστιαία. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται πως η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας εντός της ΕΕ το 2020 ανήλθε σε 24027 petajoules (PJ) , που είναι 7.1% χαμηλότερη από το 2019. Τα στερεά ορυκτά καύσιμα συνέχισαν την σημαντική πτωτική τους τάση (-16.5 %), καθώς και το φυσικό αέριο (-21.2 %) , πετρέλαιο και προϊόντα πετρελαίου (-5.2 %). Από την άλλη, αύξηση σημειώθηκε για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (+3.0%) και από τα μη ανανεώσιμα απόβλητα (+1.6 %). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατείχαν το υψηλότερο μερίδιο στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ το 2020 (40.8 %), ακολουθούμενες από την πυρηνική ενέργεια (30.5 %) , τα στερεά

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ορυκτά καύσιμα (14.6%), το φυσικό αέριο (7.2%), το πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου (3.7 %) και τα μη ανανεώσιμα απόβλητα (2.4 %).

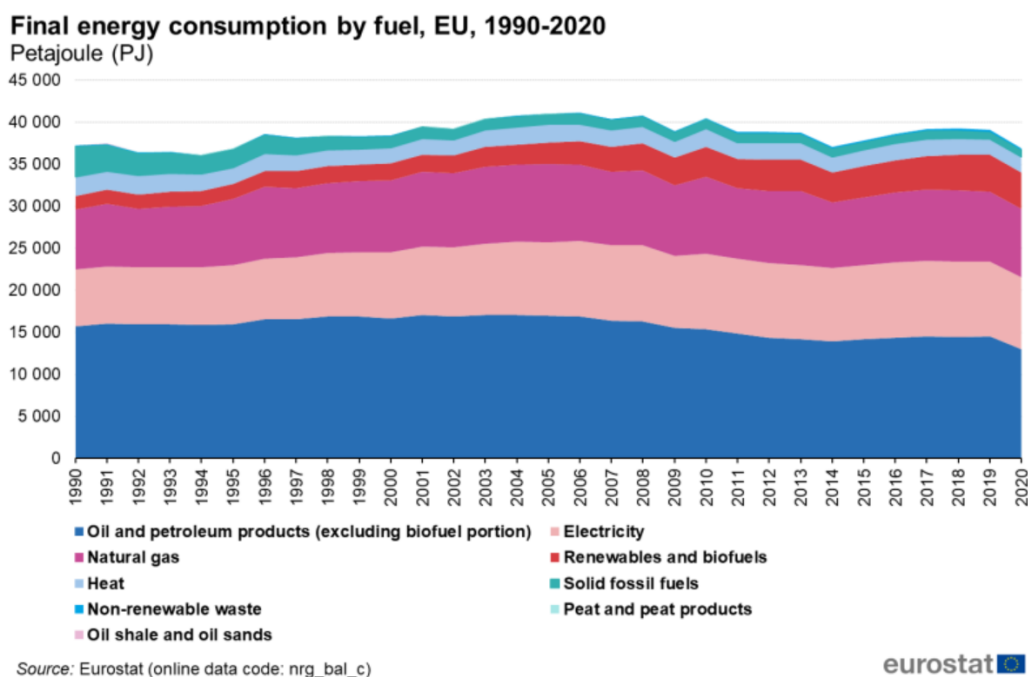
Την τελευταία δεκαετία (2010-2020), η τάση στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ήταν γενικά αρνητική για τα στερεά ορυκτά καύσιμα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια. Η παραγωγή φυσικού αερίου σημείωσε τη μεγαλύτερη πτώση (-62.4 %), ακολουθούμενη από τα στερεά ορυκτά καύσιμα και το πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου (με πτώση 43.0 % και 35.1 % αντίστοιχα). Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ακολούθησε ανοδική πορεία κατά την ίδια περίοδο (εκτός από το 2011), με αύξηση 39.2% . [3]



Εικόνα 1-1. Διάγραμμα παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας ανά καύσιμο, Ευρώπη, 1990-2020.

Πηγή: Eurostat

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



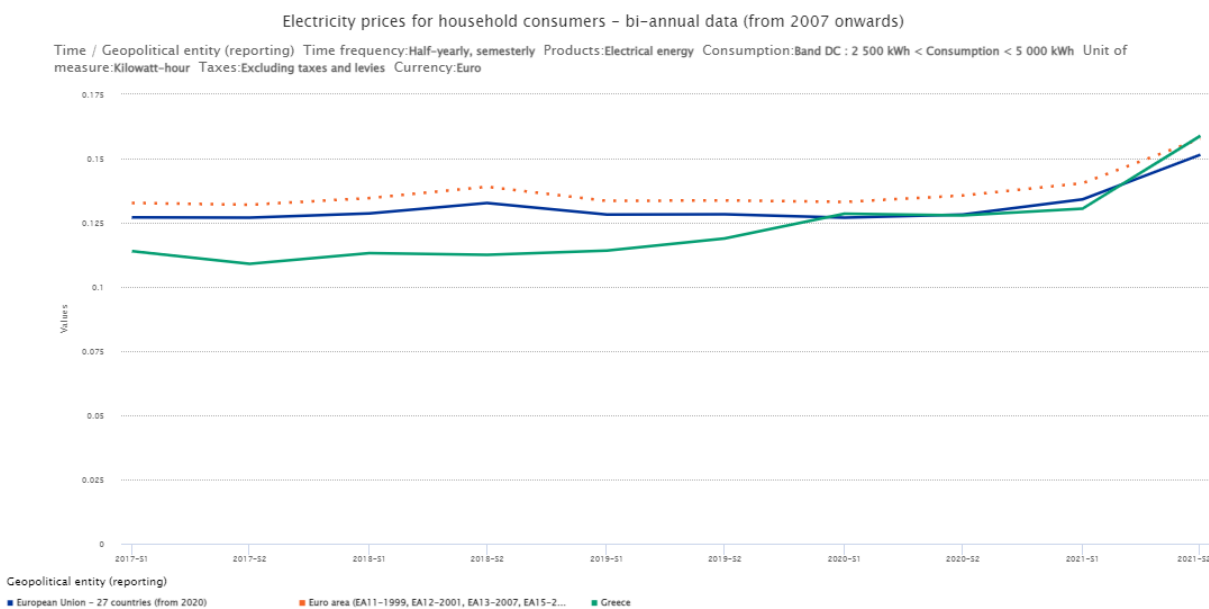
Εικόνα 1-2. Διάγραμμα τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά καύσιμο, Ευρώπη, 1990-2020
Πηγή: Eurostat

Παρόλα αυτά, ακόμα και σήμερα μεγάλο μέρος της παραγωγής ενέργειας για τους πρωταγωνιστές καταναλωτές που είναι η βιομηχανία, τα νοικοκυριά και η μετακίνηση προκύπτει από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό που καθιστά δύσκολη την επίλυση των ζητημάτων αυτών, είναι πως τα δύο αυτά προβλήματα επηρεάζουν το ένα το άλλο. Όσο καίγεται ορυκτό καύσιμο για να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας, τόσο περισσότερο μολύνεται το περιβάλλον και μειώνονται οι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη.

1.1.2 Το οικονομικό πρόβλημα

Σύμφωνα με τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης, όσο η ζήτηση της ενέργειας αυξάνεται ενώ η προσφορά μειώνεται σταδιακά λόγω χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών κατά κύριο λόγο, η αξία ενός προϊόντος αυξάνεται. Έτσι, η αξία της ενέργειας με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται ολοένα και περισσότερο προκαλώντας οικονομική δυσφορία. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, η τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται από τους οικιακούς καταναλωτές αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου τόσο στην επικράτεια της Ευρώπης όσο και στην Ελλάδα. Αυτό όμως που είναι αξιοσημείωτο βρίσκεται στην απεικόνιση του διαγράμματος των μη οικιακών καταναλωτών, μέσα στο οποίο βρίσκονται και τα ξενοδοχεία. Παρατηρείται πως από το πρώτο εξάμηνο του 2021 η τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται από μη οικιακούς καταναλωτές στην Ελλάδα, σημείωσε αύξηση πάνω από 100% σε σχέση με την τιμή της προηγούμενης χρονιάς. [27]

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 1-3. Διάγραμμα τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς καταναλωτές (2007-σήμερα), Ελλάδα & Ευρώπη
Πηγή: Eurostat



Electricity prices for non-household consumers – bi-annual data (from 2007 onwards)

Source of data: Eurostat (online data code: NRG_PC_205)
Last update 27/06/2022 12:00

eurostat

Εικόνα 1-4. Διάγραμμα τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για μη οικιακούς καταναλωτές (2007-σήμερα), Ελλάδα & Ευρώπη
Πηγή: Eurostat

1.1.3 Το περιβαλλοντικό πρόβλημα

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συγκρατεί θερμότητα και συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του. Ουσιαστικά, η Γη δέχεται ηλιακή ακτινοβολία και ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, περίπου το 30% ανακλάται ενώ η υπόλοιποι απορροφάται. Το μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από τους ωκεανούς της Γης και σχεδόν όλο το υπόλοιπο από την ατμόσφαιρα. [4]

Ταυτόχρονα, η Γη λόγω της θερμοκρασίας της εκπέμπει θερμική ακτινοβολία της οποίας το μεγαλύτερο μέρος απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Έτσι, η ατμόσφαιρα επανεκπέμπει τη θερμική ακτινοβολία που απορροφάει και την επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης η οποία θερμαίνεται ακόμα περισσότερο.. Το φαινόμενο αυτό αν «υπεραπλουστευτεί», θυμίζει την λειτουργία ενός θερμοκηπίου και πήρε το όνομα του από αυτό. Χάρης αυτού του φαινομένου η θερμοκρασία της Γης βρίσκεται στις κατάλληλες τιμές που καθιστούν τον πλανήτη κατοικήσιμο. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση στους $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ στην πράξη είναι στους $14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Επίδραση ανθρωπογενούς δραστηριότητας

Παρόλο που το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί έναν από τους λόγους ύπαρξης ζωής στον πλανήτη μας, η ακούσια ενίσχυση του από τον ανθρώπινο παράγοντα, το καθιστά επικίνδυνο. Συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) έχει αυξηθεί κατά πολύ και αυξάνεται κάθε σε ετήσια βάση. Αυτό αποτελεί πρόβλημα διότι το CO_2 ενισχύει δραστικά τα φαινόμενα του θερμοκηπίου καθώς αναμειγνύεται με τα υπόλοιπα μόρια της ατμόσφαιρας και αντανακλά μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας πίσω στην επιφάνεια της Γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, γεγονός που δε θα σταματήσει μέχρι να μειωθούν οι ανθρωπίνες δραστηριότητες από τις οποίες παράγεται CO_2 [5].

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του CO_2 οφείλεται στην καύση ορυκτών πηγών ενέργειας. Με την καύση των ορυκτών καυσίμων, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, απελευθερώνονται και άλλες επιβλαβείς ουσίες στην ατμόσφαιρα όπως νιτρικά, θειικά ή ανθρακικά οξέα τα οποία είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό όξινης βροχής.

1.2 Ορισμός και γενικό πλαίσιο εφαρμογής εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα

Εξοικονόμηση ενέργειας ονομάζεται οποιαδήποτε τεχνολογική προσπάθεια και πρωτοβουλία με την οποία επιτυγχάνεται περιορισμός της σπατάλης των ενεργειακών αποθεμάτων. Σήμερα, ειδικά στις πυκνοκατοικημένες και τις βιομηχανοποιημένες περιοχές, απαιτείται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για την κάλυψη αναγκών όπως η θέρμανση, ο φωτισμός, ο κλιματισμός κλπ, πέρα από εκείνη της τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανών των βιοτεχνιών και των βιομηχανιών. Για την απρόσκοπτη όμως εξασφάλιση αυτής της ενέργειας γίνεται εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση κυρίως σε καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, γαιάνθρακες και φυσικό αέριο. Όμως τα αποθέματα αυτών των καυσίμων είναι περιορισμένα. Έτσι, καθίσταται αναγκαία η λήψη διαφόρων μέτρων περιορισμού τουλάχιστον της

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

σπατάλης ώστε να διαρκέσουν αυτά περισσότερο ή ακόμα και να βρεθούν νέες τεχνολογίες απεξάρτησης από αυτά. Το παραπάνω μπορεί να συμβεί με επιλογή οικονομικότερων μηχανών σε καύσιμη ύλη, αποδοτικότερων οικιακών εγκαταστάσεων (μονώσεις κ.λπ) αλλά και οικονομικότερη (λιγότερη) κατανάλωση ενέργειας. Αναμφίβολα τέτοια μέτρα είναι γεγονός ότι ανεξάρτητα των οικονομικών κερδών, επιφέρουν και πολύ μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση[6].

1.2.1 Ενεργειακή Διαχείριση Κτηρίων

Η ενεργειακή διαχείριση ενός κτηρίου αποτελείται από ένα σύνολο δράσεων κατά τη διάρκεια ζωής του κτηρίου αυτού, με στόχο την εξασφάλιση των καλύτερων δυνατών συνθηκών για τον χρήστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση. Οι δράσεις αυτές ποικίλουν ανάλογα με την κατάσταση του κτηρίου και του εξοπλισμού του και έχουν ως κριτήρια:

- Την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτηρίου
- Την διασφάλιση υψηλού επιπέδου άνεσης και ασφάλειας για τους χρήστες του κτηρίου
- Τη μείωση παραγωγής ρύπων και μόλυνσης του περιβάλλοντος

Οι βασικές δράσεις των οποίων η εκτέλεση σημαίνει την εφαρμογή ενεργειακής διαχείρισης είναι η σκέψη, ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η καταμέτρηση. Η ενεργειακή διαχείριση επιτυγχάνεται μέσω της ενεργειακής επιθεώρησης και παρακολούθησης, της σωστής συντήρησης του εξοπλισμού μιας εγκατάστασης, αλλά και της πρόσληψης.

1.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων υπολογίζεται βάσει μεθοδολογίας που ορίζεται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) ο οποίος περιλαμβάνει, πλέον των θερμομονωτικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου (κέλυφος) και άλλους παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα στοιχεία παθητικής θέρμανσης και ψύξης, η σκίαση, η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων, ο επαρκής φυσικός φωτισμός και ο σχεδιασμός του κτηρίου. Η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης καλύπτει την ετήσια ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και έχει εκπονηθεί σύμφωνα με τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα.

Με τον ΚΕΝΑΚ καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και των δομικών στοιχείων. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν καθοριστεί με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη από πλευράς κόστους ισορροπία μεταξύ των συναφών επενδύσεων και των ενεργειακών δαπανών που εξοικονομούνται στη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτηρίου.

Σύμφωνα με το σχετ.4 (Νόμος 4122/2013), άρθρο 9, παρ. 1, από την 1.1.2021 όλα τα νέα κτήρια πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Με βάση το σχετ.3 (ΦΕΚ 5447/Β/2018) ως κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ορίζονται τα νέα κτήρια ενεργειακής κατηγορίας Α ή τα υφιστάμενα κτήρια ενεργειακής κατηγορίας Β+.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Σύμφωνα με το σχετ.2 (Νόμος 4685/2020), άρθρο 70, παρ. 1, «Για την έκδοση οικοδομικής άδειας νέου κτηρίου, καθώς και για προσθήκη νέας κτηριακής μονάδας σε κτήριο που ανεγείρεται με βάση οικοδομική άδεια, της οποίας η αίτηση υποβάλλεται μετά την 1η Ιουνίου 2021, υποβάλλεται Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) που τεκμηριώνει ότι το κτήριο πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Κατά παρέκκλιση κάθε αντίθετης διάταξης και ειδικά για τις οικοδομικές άδειες που εκδίδονται μέχρι και τις 31 Μαΐου 2021 και αφορούν νέα κτήρια κατοικιών ή προσθήκες σε υφιστάμενα κτήρια κατοικιών, υποβάλλεται ΜΕΑ που τεκμηριώνει ότι το κτήριο (ή η προσθήκη) είναι κατ' ελάχιστον ενεργειακής κατηγορίας Β+ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.»[8]

Συνεπώς, όπως παρουσιάζεται και στο σχετ.1 (εγκύκλιος με Α.Π.: ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/111748/705 – 19/11/2020), από 1/6/2021 για τα νέα κτήρια κατοικιών ή νέες κτηριακές μονάδες κατοικιών θα υποβάλλεται ΜΕΑ κατ' ελάχιστον ενεργειακής κατηγορίας Α. Σύμφωνα με τις υφιστάμενες τεχνικές οδηγίες και την αναθεώρηση του ΚΕΝΑΚ (2017) είναι εξαιρετικά δύσκολο να ενταχθεί ένα κτήριο κατοικιών στην ενεργειακή κατηγορία Α, παρόλο που έχει θωρακιστεί θερμομονωτικά το κέλυφος, μειώνοντας στο ελάχιστο τις θερμογέφυρες, έχουν εγκατασταθεί συστήματα θέρμανσης και ψύξης υψηλής απόδοσης και παράγεται το απαιτούμενο ζεστό νερό χρήσης από ηλιακούς συλλέκτες.

Για να εξασφαλίσει ο μελετητής ενεργειακή κατηγορία Α, είναι αναγκασμένος να τοποθετήσει και φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, ώστε να εξισορροπούνται οι μικρές καταναλώσεις της κατοικίας. Το υφιστάμενο πλαίσιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στηρίζεται στην αυτοπαραγωγή ενέργειας (net metering) που συμψηφίζεται με την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά μετρητή.

1.4 Σύστημα Κτηριακών Αυτοματισμών

Ένα σύστημα κτηριακού αυτοματισμού έχει τη δυνατότητα να ελέγχει τις λειτουργίες του κλιματισμού, της ψύξης και της θέρμανσης ενός κτηρίου, αλλά και άλλων τομέων όπως ο φωτισμός, η ασφάλεια και οι γενικότερες λειτουργίες. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μέσω του Συστήματος Διαχείρισης Κτηρίου (BMS-BAS) ή με τοπικούς αυτόνομους αυτοματισμούς όπως αισθητήρες παρουσίας – κίνησης, φωτοκύτταρα μέρας-νύχτας, χρονοδιακόπτες κλπ. Ο σκοπός της χρήσης τέτοιων συστημάτων, είναι η επίτευξη εξοικονόμησης της ενέργειας που χρειάζεται ένα κτήριο για να λειτουργήσει αλλά και η διασφάλιση παροχής κατάλληλων συνθηκών διαβίωσης στους χρήστες του.[9][10]

Ένα κτήριο που ελέγχεται από τα συστήματα BAS και BMS συχνά αναφέρεται ως «έξυπνο κτήριο» ή «έξυπνο σπίτι». Η βασική λειτουργικότητα των συστημάτων είναι να διατηρούν ένα επιθυμητό επίπεδο κλίματος, να παρέχουν φως στα δωμάτια σε σχέση με τη χρήση τους ή μη (να σβήνουν τα φώτα αυτόματα σε ένα δωμάτιο που δε χρησιμοποιείται), και να δίνουν πληροφορίες για τυχόν αστοχίες συσκευών στο δίκτυο, παρέχοντας ειδοποιήσεις δυσλειτουργίας στους ενοίκους ή στο προσωπικό συντήρησης. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μειώνουν το κόστος χρήσης και συντήρησης σε σχέση με τα κλασσικά μη αυτοματοποιημένα κτήρια. Τα περισσότερα εμπορικά και βιομηχανικά κτήρια που κατασκευάστηκαν μετά το 2000 περιλαμβάνουν κάποιο σύστημα BAS. [11]

Εμπορικά και βιομηχανικά κτήρια βασίζονται σε πρωτόκολλα ετερογενούς δικτύωσης πολλών συσκευών όπως το BACnet, ενώ για οικιακή χρήση υπάρχουν πρωτόκολλα ειδικών σκοπών (όπως το X-10 ή εκείνα που προέρχονται από διάφορους μεγάλους κατασκευαστές (Honeywell, Siemens κ.α.) έξυπνων θερμοστατών, κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στα σπίτια. Κοινοπραξίες όπως nVoy ή η QIVICON έχουν αποτελέσει το θεμέλιο για αυτή την ετερογενή δικτύωση πολλών συσκευών για διάφορους

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

σκοπούς. Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται ευρέως το πρότυπο KNX, καθώς είναι το μόνο σύστημα το οποίο συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EN50090) και τα Παγκόσμια Πρότυπα (ISO/IEC 14543) για τον Οικιακό Αυτοματισμό. Μάλιστα, χρησιμεύει και σαν δείγμα ποιότητας για τους κατασκευαστές κτηρίων. [12]

1.4.1 Οφέλη ενός Συστήματος Αυτοματισμού Κτηρίου

Η εφαρμογή συστημάτων αυτοματισμού στα κτήρια μπορεί να έχει τα παρακάτω οφέλη:

- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και συνεπώς της εξοικονόμησης.
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς και διασφάλιση υψηλού επιπέδου άνεσης και ασφάλειας για τους χρήστες.
- Αυτόματος και αποδοτικός έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου ανάλογα με την χρήση του ή τις ανάγκες των κατοίκων του.
- Έλεγχος στη σκίαση του κτηρίου ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εκάστοτε στιγμή
- Έλεγχος των φωτιστικών σωμάτων σε όλους τους χώρους μιας εγκατάστασης. Συγκεκριμένα μπορεί να ρυθμιστεί από το επίπεδο του φωτισμού που υπάρχει σε κάθε χώρο έως και οι ώρες λειτουργίας του φωτισμού αναλόγως των αναγκών του χρήστη
- Δυνατότητα λήψης ειδοποιήσεων στο κινητό σε περίπτωση παραβίασης κάποιου ανοίγματος στο κτήριο ή σε περίπτωση ανίχνευσης καπνού από το σύστημα πυρανίχνευσης
- Βελτιστοποίηση κτηριακής απόδοσης (Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους συντήρησης / λειτουργίας, Υψηλά επίπεδα άνεσης, Αυξημένη αξιοπιστία, Μεγιστοποίηση χρόνου ζωής μηχανημάτων και Απόσβεση επένδυσης)
- Έλεγχος λειτουργιών κτηρίου εξ αποστάσεως μέσω ηλεκτρικών συσκευών (κινητό, tabletκλπ)

1.4.2 Εφαρμογές Κτηριακών Αυτοματισμών

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 15232 «Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Επίδραση του Αυτοματισμού Κτηρίων, των Ελέγχων και της Κτηριακής Διαχείρισης» συντάχθηκε σε συνδυασμό με την Πανευρωπαϊκή εφαρμογή της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων ΟΕΕΚ 2002/91/ΕΚ. Το Πρότυπο περιγράφει μεθόδους για τον υπολογισμό της επίδρασης του αυτοματισμού και της τεχνικής διαχείρισης στην ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων. Για τον σκοπό αυτόν έχουν θεσπιστεί τέσσερις ενεργειακές κατηγορίες, από Α έως D, όσον αφορά στα συστήματα Αυτοματισμού και Ελέγχου Κτηρίων. Στις κατηγορίες αυτές κατατάσσονται αποκλειστικά τα κτήρια που είναι εφοδιασμένα με συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου. Τα ποσοστά της δυναμικής εξοικονόμησης σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια μπορούν να υπολογιστούν για κάθε κατηγορία με βάση τον τύπο και τον σκοπό κτηρίου.[13]

Οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο και πρέπει να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να επιτύχουμε το μέγιστο όφελος από τη χρήση συστημάτων αυτοματισμού, είναι ο έλεγχος του φωτισμού και του κλιματισμού. Οι δυνατότητες παρέμβασης διαφοροποιούνται κατά πολύ και μπορεί να αφορούν[14]:

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

1.4.2.1 HVAC

Η ορολογία HVAC είναι τα αρχικά των λέξεων “heating, ventilation, airconditioning” και αποτελείται ακριβώς από τρία τμήματα. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα HVAC αποτελείται από ένα σύστημα θέρμανσης, ένα σύστημα ψύξης και ένα σύστημα κλιματισμού.

Για τη θέρμανση, τα συστήματα θέρμανσης χώρων αποτελούνται συνήθως από μία κεντρική μονάδα καύσης καυσίμου, ή αντλία θερμότητας από τις οποίες περνάει και θερμαίνεται το μέσο που χρησιμοποιείται για να διανέμει τη θερμότητα στους χώρους οι οποίοι χρειάζονται θέρμανση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός κλειστού κυκλώματος το οποίο αποτελείται από σωλήνες που περνάνε από τους θερμαινόμενους χώρους και το θερμό μέσο που ρέει μέσα από τους σωλήνες μέσω απαγωγής μεταφέρει την θερμότητα του στον περιβάλλοντα χώρο.

Για τον κλιματισμό των χώρων, υπάρχουν τρία διαφορετικά συστήματα κλιματισμού:

- Συγκεντρωμένα (ή κεντρικά) συστήματα αέρα, στα οποία η ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης ή/και ψύξης παράγεται σε ένα κεντρικό χώρο της εγκατάστασης (μηχανοστάσιο) και μεταβιβάζεται στους υπόλοιπους χώρους με τη βοήθεια ενός δικτύου αγωγών διανομής.
- Μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα αέρα/νερού, στα οποία ο κεντρικά δροσιζόμενος ή ζεσταμένος αέρας δροσίζεται ή θερμαίνεται περαιτέρω τη στιγμή που εισέρχεται στα δωμάτια.
- Τοπικά συστήματα, στα οποία όλες οι διαδικασίες εκτελούνται τοπικά, στους χώρους που υπάρχει ανάγκη να κλιματιστούν.

Σε μια συμβατική εγκατάσταση αντλίες θερμότητας και εξαερισμού, ο ηλεκτροκινητήρας της αντλίας θερμότητας τροφοδοτείται απευθείας από τη γραμμή της ηλεκτρικής παροχής και λειτουργεί στις ονομαστικές στροφές του. Με έναν ρυθμιστή τοποθετημένο μεταξύ του αυτόματου διακόπτη και του κινητήρα, η εξοικονόμηση του κόστους ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να φτάσει από 15% έως 50% ανάλογα με την εγκατάσταση. Πρόκειται για ένα ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό αν σκεφτούμε ότι το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση σε κτήρια και κατοικίες αγγίζει το 64%, σύμφωνα με μελέτη της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Η απόσβεση της επένδυσης είναι συνήθως αρκετά σύντομη, μεταξύ 9 και 24 μηνών.

1.4.2.2 Φωτισμός

Εκτός από τα συστήματα θέρμανσης - ψύξης – κλιματισμού, οι κτηριακοί αυτοματισμοί επεκτείνονται σχεδόν σε όλους τους τομείς ενός κτηρίου, όπως φωτισμός, η ασφάλεια του κτηρίου από ενδεχόμενους κινδύνους (κλέφτες, φωτιά), η εξασφάλιση άνετων συνθηκών του χρήστη αλλά και η διαχείριση των λειτουργιών του ξενοδοχείου γενικότερα. Η εφαρμογή αυτοματισμών στον τομέα του φωτισμού αποφέρει εξοικονόμηση της τάξης του 20% για μεγάλα κτήρια (π.χ. ξενοδοχεία), ενώ μπορεί να ανέλθει μέχρι και στο 60% για οικίες και μικρότερα κτήρια. Η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες τεχνολογίας LED είναι ένα πρώτο βήμα. Επιπλέον, η χρήση συστημάτων αυτοματισμού που ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών ανάλογα με την ύπαρξη ανθρώπινης παρουσίας, σε

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

συνδυασμό με τα επίπεδα φωτισμού που υπάρχουν στο χώρο, είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αλλαγή των χειροκίνητων διακοπών με προγραμματιζόμενους χρονοδιακόπτες, με αισθητήρες ανίχνευσης παρουσίας, με ροοστάτες με ανίχνευση φωτεινότητας ή με ροοστάτες με ανίχνευση φωτεινότητας και ανίχνευση παρουσίας. Τέτοιες λύσεις μπορούν να εξοικονομήσουν ανάλογα με τον τύπο του αυτοματισμού, από 10 έως 43% ετησίως στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος[15].

1.4.2.3 Διαχείριση και αυτόματος έλεγχος γενικών λειτουργιών:

Παρακάτω, αναγράφονται μερικές από τις εφαρμογές που έχει η χρήση αυτοματισμών σε οικιακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις:

- Ρύθμιση των ηλεκτρικών ρολών με σκοπό την προσαρμογή των συνθηκών του κλιματισμού και του φωτισμού στους χώρους
- Δυνατότητα ρύθμισης λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών με χρήση χρονοδιαγραμμάτων για την κάθε μια ξεχωριστά
- Καθολικός, ταυτόχρονος και εξ αποστάσεως έλεγχος συσκευών που κατά την απουσία παρουσίας στον χώρο, μένουν stand-by
- Ανίχνευση ανοικτών παραθύρων και θυρών, ώστε η θέρμανση ή ο κλιματισμός να σταματούν ή να εισέρχονται σε eco mode
- Λειτουργία κλιματισμού και θέρμανσης με αυτόματη αναγνώριση των συνθηκών που επικρατούν σε ένα χώρο. Επιτυγχάνεται με τη χρήση ψηφιακών θερμοστατών ανά χώρο αντί για έναν για όλο το κτήριο
- Ρύθμιση της λειτουργία της θέρμανσης και του κλιματισμού σε κάθε χώρο ανάλογα με την ανθρώπινη παρουσία. Διακοπή της λειτουργίας τους σε περίπτωση απουσίας από το χώρο.
- Αυτόματος τρόπος επιλογής πηγών ενέργειας π.χ. για ζεστά νερά χρήσης με στόχο πάντα τον οικονομικότερο και πιο φιλικό για το περιβάλλον τρόπο.

1.5 Περιγραφή Λογισμικών Προσομοίωσης

Για την υλοποίηση της προσομοίωσης και ανάλυσης του ξενοδοχείου που μελετάται στην εργασία, χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά OpenStudio(v1.4.0)με τον υπολογιστικό πυρήνα τουEnergyPlus (v22.1.0). Τα προαναφερόμενα λογισμικά είναι ανοικτού κώδικα και διανέμονται δωρεάν ενώ παράλληλα είναι εγνωσμένης αξίας τόσο για ερευνητικούς σκοπούς όσο και στο πεδίο των εφαρμογών ενεργειακής ανάλυσης κτηρίων.

1.5.1 OpenStudio

Το OpenStudio αποτελεί μια πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής ανάλυσης ενός κτηρίου. Η λειτουργία Open Studio plug-in που προσφέρει το λογισμικό OpenStudio αποτελεί ένα μέσο γραφικής ενεργειακής μοντελοποίησης που υποστηρίζεται και "φιλοξενείται" στον

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

περιβάλλοντα χώρο του λογισμικού 3Dσχεδίασης SketchUp με τη μορφή μια επιπρόσθετης “ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης”. Αυτό δε σημαίνει πως το OpenStudio είναι ένα πρόγραμμα που έχει χρησιμότητα από μόνο του – πρέπει να συνδυαστεί με το EnergyPlus καθώς εκείνο εκτελεί όλους τους υπολογισμούς και τρέχει τους αλγορίθμους. Η εφαρμογή OpenStudio λειτουργεί στην ουσία ως γραφικό περιβάλλον του χρήστη μέσα από το οποίο του επιτρέπει να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί το μοντέλο προς ανάλυση κτηρίου μέσω ενός εύχρηστου user interface.

Η εφαρμογή του OpenStudio μπορεί να εκτελεστεί σε πλατφόρμες Microsoft Windows, Macintosh και Linux. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Απρίλιο του 2008 από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (National Renewable Energy Laboratory), που είναι τμήμα του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ. Το NREL αναφέρει περίπου 700 downloads του OpenStudio κάθε μήνα. Το OpenStudio υποστηρίζει επίσης επικουρικά την τρισδιάστατη σχεδίαση μέσω του λογισμικού SketchUp με τη χρήση του κατάλληλου plug-in, επειδή πολλοί αρχιτέκτονες χρησιμοποιούν ήδη το SketchUp για το σχεδιασμό κτηρίων. Η ενσωμάτωση επιτρέπει στους αρχιτέκτονες να αναλύσουν την ενεργειακή απόδοση ενός σχεδίου πριν ξεκινήσουν την κατασκευή.

Ο πρώτος ιδιωτικός οργανισμός που επιλέχθηκε από το NREL για τη διεξαγωγή μαθημάτων OpenStudio ήταν το Performance Systems Development, ένα εκπαιδευτικό ινστιτούτο με έδρα τη Νέα Υόρκη. Τα μαθήματα θα διεξάγονται για επαγγελματίες του κτηρίου, προγραμματιστές λογισμικού και διαχειριστές κοινής ωφέλειας. Ο Harshul Singhal και ο Chris Balbach διδάσκουν το OpenStudio στους μηχανικούς σε τακτική βάση στο πλαίσιο αυτής της σύμβασης. Από τον Μάιο του 2018, ο Harshul Singhal άρχισε να διδάσκει το OpenStudio μέσω της The Energy Simulation Academy (TESA), η οποία είναι ένας άλλος ιδιωτικός οργανισμός που επιλέχθηκε από το NREL για τη διεξαγωγή τέτοιας εκπαίδευσης. [15]

1.5.2 SketchUp και OpenStudio Plug-in

Το SketchUp είναι μια σουίτα συνδρομητικών προϊόντων που περιλαμβάνει το SketchUp Pro Desktop, ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε υπολογιστή για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σχεδίασης και σχεδιασμού - όπως αρχιτεκτονική, εσωτερική διακόσμηση, βιομηχανικός σχεδιασμός και σχεδιασμός προϊόντων, αρχιτεκτονική τοπίου, πολιτική και μηχανολογική μηχανική και ανάπτυξη βιντεοπαιχνιδιών. Το πρόγραμμα ανήκει στην Trimble Inc. και είναι σήμερα διαθέσιμο ως διαδικτυακή εφαρμογή, SketchUp Free, και τρεις συνδρομές επί πληρωμή, SketchUp Shop, SketchUp Pro και SketchUp Studio, η κάθε μία με αυξανόμενη λειτουργικότητα.

1.5.3 EnergyPlus

Το EnergyPlus™ είναι ένα λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης κτηρίων που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση και την ανάλυση τόσο των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, φωτισμού, φορτίων σύνδεσης και διεργασιών, όσο και τη χρήση νερού στα κτήρια. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του EnergyPlus περιλαμβάνουν [16]:

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- Διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες και επίλυση της απόκρισης του συστήματος HVAC που δεν προϋποθέτει ότι το σύστημα HVAC μπορεί να ανταποκριθεί στα φορτία των ζωνών και μπορεί να προσομοιώσει μη κλιματιζόμενους και υποκλιματιζόμενους χώρους.
- Λύση με βάση το ισοζύγιο θερμότητας των φαινομένων ακτινοβολίας και συναγωγής που παράγουν επιφανειακές θερμοκρασίες θερμικής άνεσης και υπολογισμούς συμπύκνωσης.
- Ωριαία, καθοριζόμενα από τον χρήστη χρονικά βήματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος- με αυτόματα μεταβαλλόμενα χρονικά βήματα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC. Αυτά επιτρέπουν στο EnergyPlus να μοντελοποιεί συστήματα με γρήγορη δυναμική, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα να ανταλλάξει την ταχύτητα της προσομοίωσης με ακρίβεια.
- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που λαμβάνει υπόψη την κίνηση του αέρα μεταξύ των ζωνών.
- Προηγμένα μοντέλα υαλοπετασμάτων, συμπεριλαμβανομένων ελεγχόμενων περσίδων παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και ισοζυγίων θερμότητας ανά στρώμα που υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τους υαλοπίνακες.
- Υπολογισμοί φωτισμού και θάμβωσης για την αναφορά της οπτικής άνεσης και τον έλεγχο του φωτισμού.
- HVAC με βάση τα στοιχεία που υποστηρίζουν τόσο τυπικές όσο και νέες διαμορφώσεις συστημάτων.
- Μεγάλος αριθμός ενσωματωμένων στρατηγικών ελέγχου HVAC και φωτισμού και ένα επεκτάσιμο σύστημα σεναρίων εκτέλεσης για έλεγχο που καθορίζεται από τον χρήστη.
- Εισαγωγή και εξαγωγή λειτουργικής διεπαφής μακέτας για συν-προσομοίωση με άλλες μηχανές.
- Τυποποιημένες συνοπτικές και λεπτομερείς αναφορές εξόδου, καθώς και αναφορές που καθορίζονται από τον χρήστη με δυνατότητα επιλογής χρονικής ανάλυσης από ετήσια έως υποωριαία, όλες με πολλαπλασιαστές πηγών ενέργειας.
- Το EnergyPlus είναι δωρεάν, ανοικτού κώδικα και τρέχει στα λειτουργικά συστήματα Windows, MacOSX και Linux. Η ανάπτυξή του χρηματοδοτείται από το Γραφείο Κτηριακών Τεχνολογιών (BTO) του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE). Μαζί με το OpenStudio, το EnergyPlus αποτελεί μέρος του χαρτοφυλακίου προγραμμάτων ενεργειακής μοντελοποίησης κτηρίων του BTO.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ2^ο: Παρουσίαση και ανάλυση μεθοδολογίας

2.1 Παρουσίαση Μεθοδολογίας

Για την μελέτη του κτηρίου, θα χρειαστεί μια σειρά από δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα για την απεικόνιση, τη σχεδίαση και την περιγραφή των χαρακτηριστικών του ξενοδοχείου. Εφόσον η ανάλυση και η προσομοίωση λειτουργίας της ξενοδοχειακής μονάδας θα γίνουν μέσω του λογισμικού EnergyPlus, χρησιμοποιήθηκαν το OpenStudio σε συνδυασμό με το SketchUp για να εισαχθούν όλες οι απαιτούμενες παράμετροι στο σύστημα. Η μεθοδολογία μπορεί να χωριστεί για χάριν ευκολίας σε βήματα, που παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Δημιουργία μοντέλου του ξενοδοχείου μέσω Floorspace.js και SketchUp (ψηφιακή μοντελοποίηση) και διαχωρισμός των ορόφων σε ονοματικά ορισμένους χώρους.
2. Ορισμός τοποθεσίας και κλίματος
3. Εισαγωγή πραγματικών στοιχείων που έχουν συλλεχθεί από την επίσκεψη της εγκατάστασης, στο πρόγραμμα.
4. Προσδιορισμός κάθε χώρου με βάση τα δομικά υλικά, τα λειτουργικά προγράμματα που τον αφορούν, τη λειτουργικότητα του, την επαφή του με το περιβάλλον, τα φορτία που βρίσκονται σε αυτόν και τον τύπο θερμικής ζώνης στην οποία υπάγεται.
5. Απεικόνιση και διαστασιολόγηση των συστημάτων HVAC που βρίσκονται στην εγκατάσταση.
6. Προσομοίωση με δεδομένα τα στοιχεία που υπάρχουν στο ξενοδοχείο στην παρούσα φάση.
7. Προτάσεις και δοκιμές βελτιστοποίησης του ενεργειακού ισοζυγίου του κτηρίου με τη βοήθεια διάφορων κτηριακών αυτοματισμών.
8. Συγκριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή των παρεμβάσεων σε σχέση με το σενάριο βάσης που αφορά το κτήριο στην αρχική του κατάσταση.

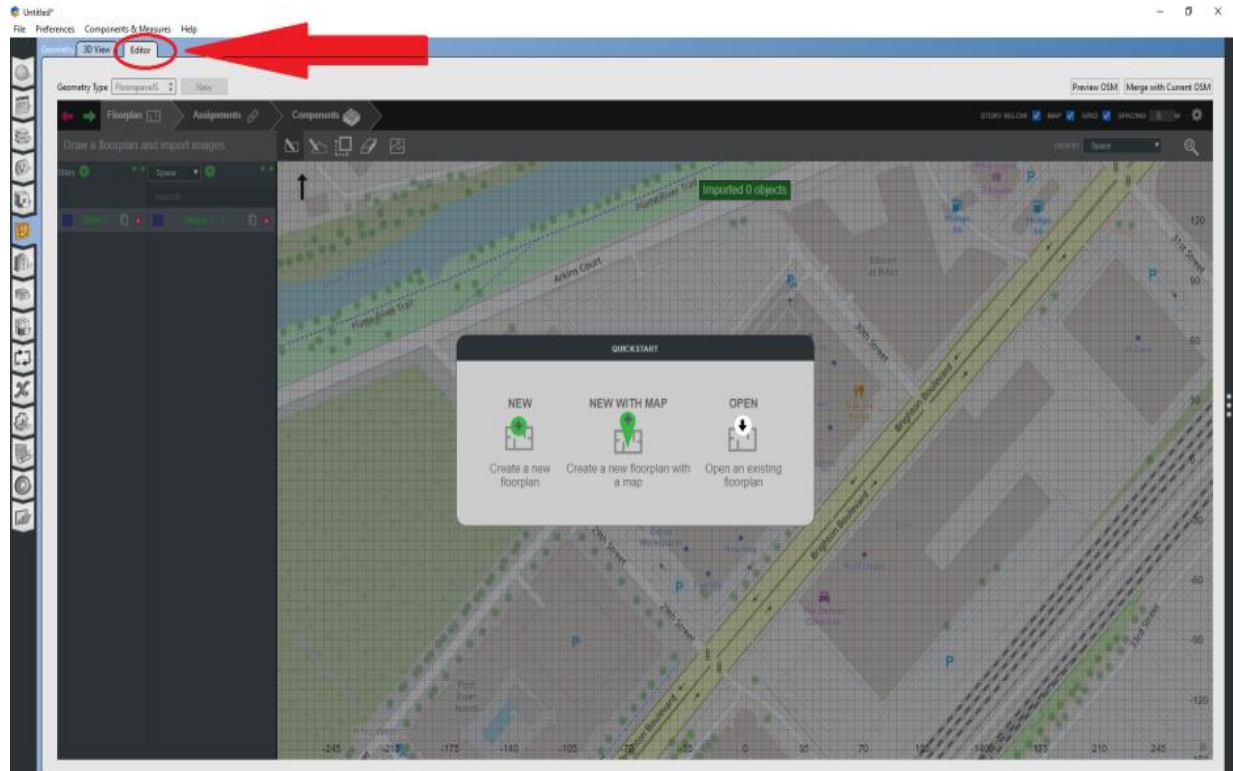
2.2 Ανάλυση Μεθοδολογίας

2.2.1 Ψηφιακή Σχεδίαση

Η ψηφιακή μοντελοποίηση του κτηρίου επιτεύχθηκε με το συνδυασμό χρήσης της καρτέλας “Geometry” του OpenStudio και του σχεδιαστικού λογισμικού SketchUp. Το Floorspace.js βρίσκεται μέσα στο “Geometry Tab” του Open Studio Application και ήταν το κύριο σχεδιαστικό εργαλείο μέσα από το οποίο καθορίστηκαν οι χώροι του ξενοδοχείου και τα γειτονικά κτήρια με τα οποία έρχεται σε επαφή και συντελούν στη σκίαση του. Το SketchUp χρησιμοποιήθηκε για πιο λεπτομερή δουλειά, κυρίως για μικροδιορθώσεις στη γεωμετρία των χώρων.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Στο “Geometry Tab” μπορεί κανείς να επιλέξει ή να δει το μοντέλο που έχει σχεδιάσει σε τρισδιάστατη μορφή μέσω του “3D View” ή να σχεδιάσει/τροποποιήσει το δυσδιάστατο μοντέλο του κτηρίου που θέλει, έχοντας μόνο την κάτοψη του μέσω του FloorSpace.js.

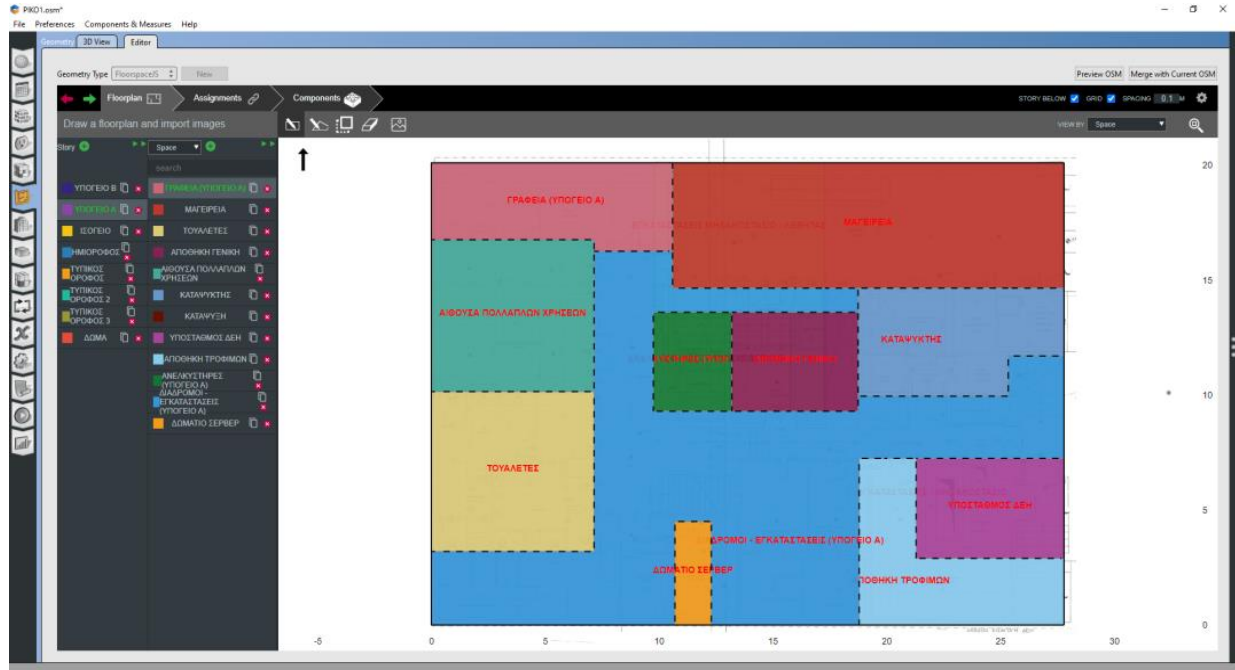


Εικόνα 2-1. Αρχική καρτέλα του FloorSpace.js

2.2.1.1 Προσθήκη χώρων (Spaces)

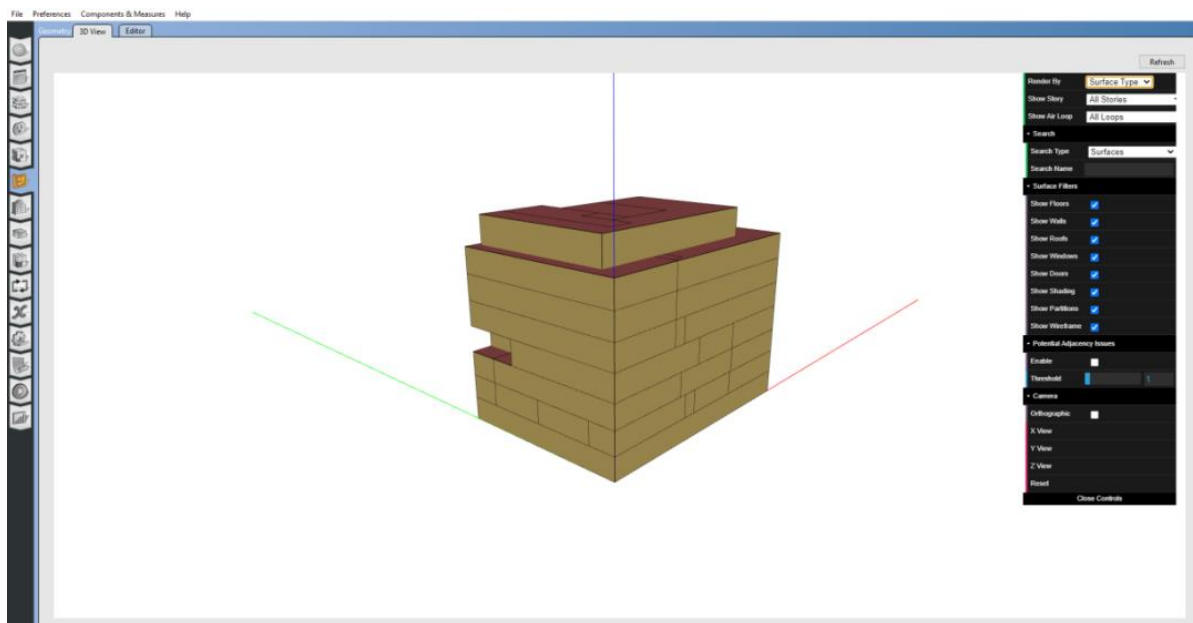
Το πρώτο βήμα ήταν ο χωρισμός, μόνο των εσωτερικών χώρων, της ξενοδοχειακής μονάδας σε θερμικές ζώνες σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζει η Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, βλ. Παράρτημα Α). Ως θερμική ζώνη ορίζεται το σύνολο των χώρων μέσα στο κτήριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Εισάγοντας την κάτοψη του εν μελέτη κτηρίου, προστέθηκαν όροφοι όπου ο καθένας χωρίστηκε σε χώρους που ονομάζονται “Spaces”. Σε αργότερα στάδια κάθε χώρος θα προσδιοριστεί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του (τρόπος χρήσης, επιθυμητή θερμοκρασία, μέγεθος, τοποθεσία, επαφή με το περιβάλλον κλπ).

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 2-2. Διαχωρισμός Ορόφων σε Spaces

Με την προσθήκη των χώρων σε κάθε όροφο, σχηματίζεται η βασική γεωμετρία του ξενοδοχείου, η οποία μπορεί να παρατηρηθεί και σε τρισδιάστατη μορφή μέσω του “3D View” όπως φαίνεται και στην εικόνα 2-3.



Εικόνα 2-3. Τρισδιάστατη απεικόνιση του ξενοδοχείου σε πρώιμη φάση

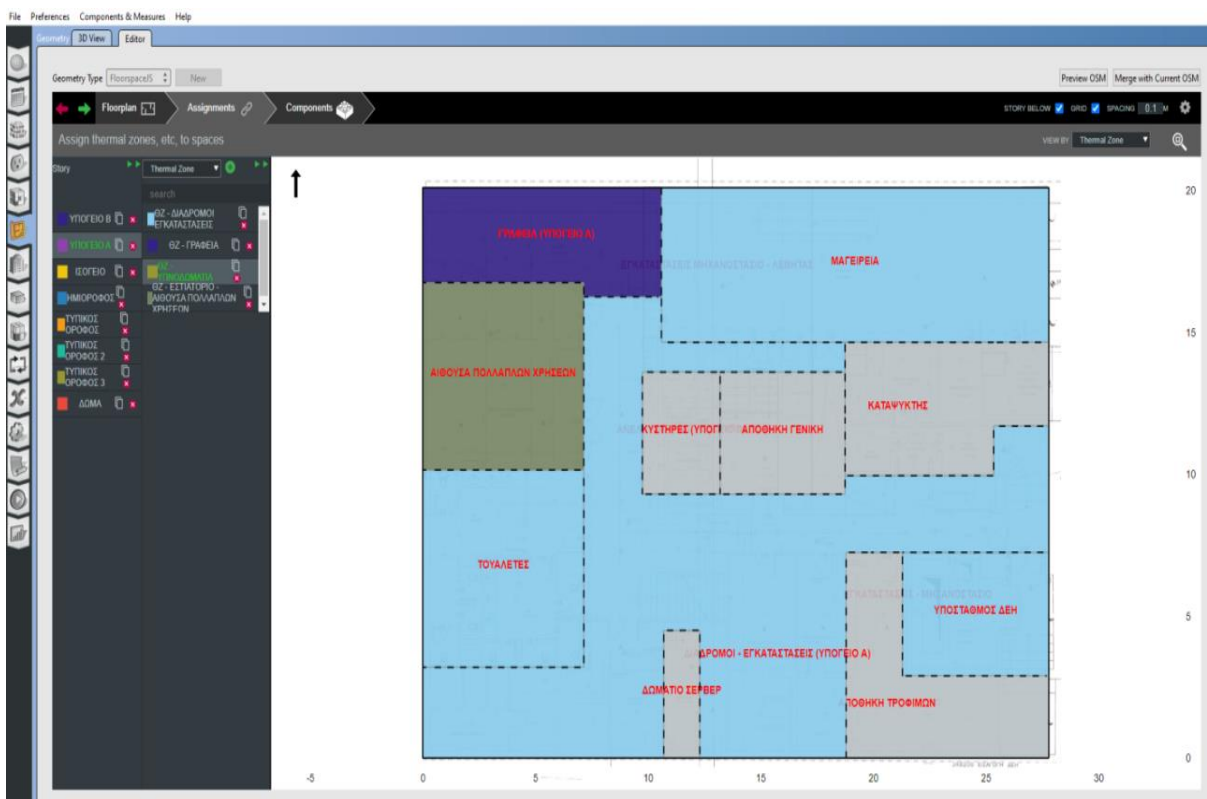
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

2.2.1.2 Προσθήκη θερμικών ζωνών (Thermal Zones)

Σύμφωνα με την TOTEE, “Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης το κτήριο χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνίσταται να ακολουθούνται οι παραπάνω κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου 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.”

Ωστόσο, για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης, η ακρίβεια των υπολογισμών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το διαχωρισμό του κτηρίου σε περισσότερες θερμικές ζώνες από αυτές που συστήνεται να επιλέγονται βάσει των παραπάνω κανόνων.



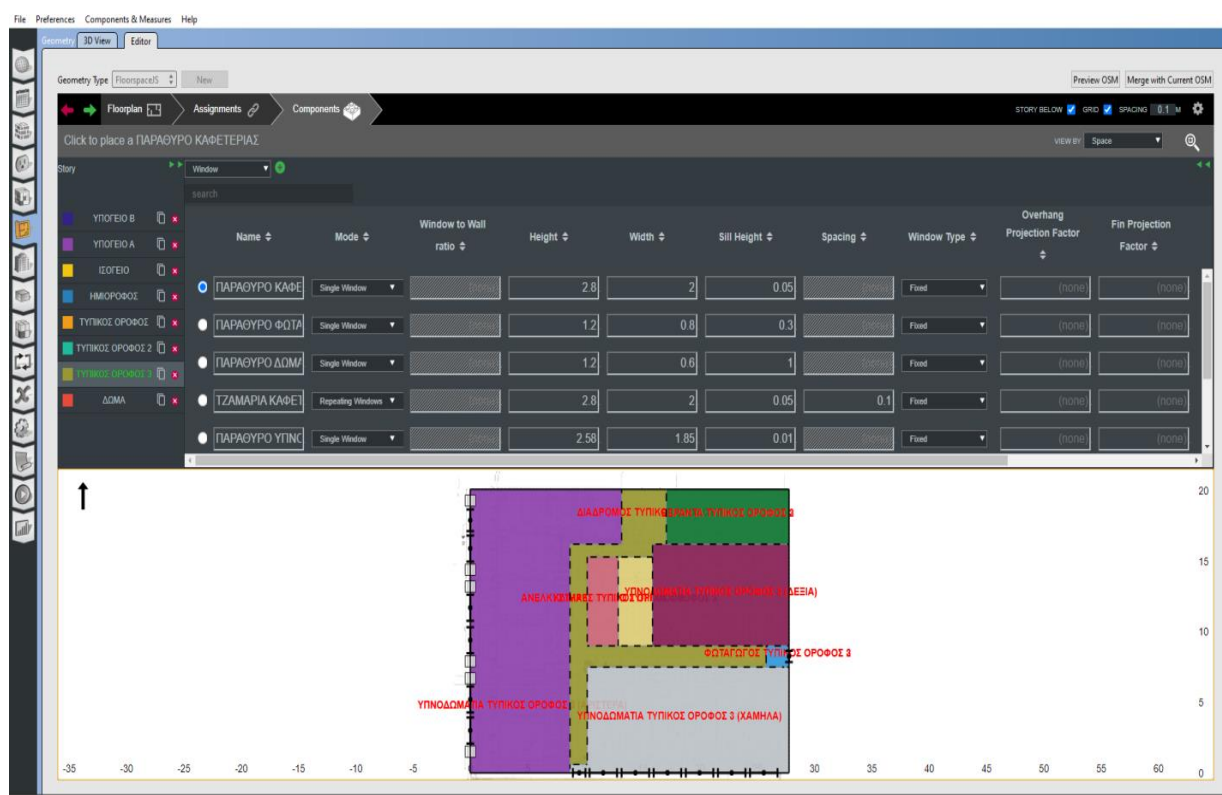
Εικόνα 2-4. Προσθήκη θερμικών ζωνών στο υπόγειο Α

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Οι χώροι που έχουν δημιουργηθεί χωρίζονται σε ομάδες θερμικών ζωνών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι, για παράδειγμα ο χώρος των τουαλετών με τον χώρο του διαδρόμου στο υπόγειο Α υπάγονται στην ίδια θερμική ζώνη, καθώς λειτουργούν και τα δυο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, η θερμοκρασιακή τους διαφορά είναι λιγότερη από 4°C και εξυπηρετούνται από κοινά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού.

2.2.1.3 Προσθήκη ανοιγμάτων

Η προσθήκη παραθύρων, εξωτερικών θυρών και τζαμαρίας σε διάφορα σημεία του ξενοδοχείου, γίνεται με τη χρήση του "FloorSpace.jseditor" όπου ορίζονται τα χαρακτηριστικά του καθενός από αυτά.

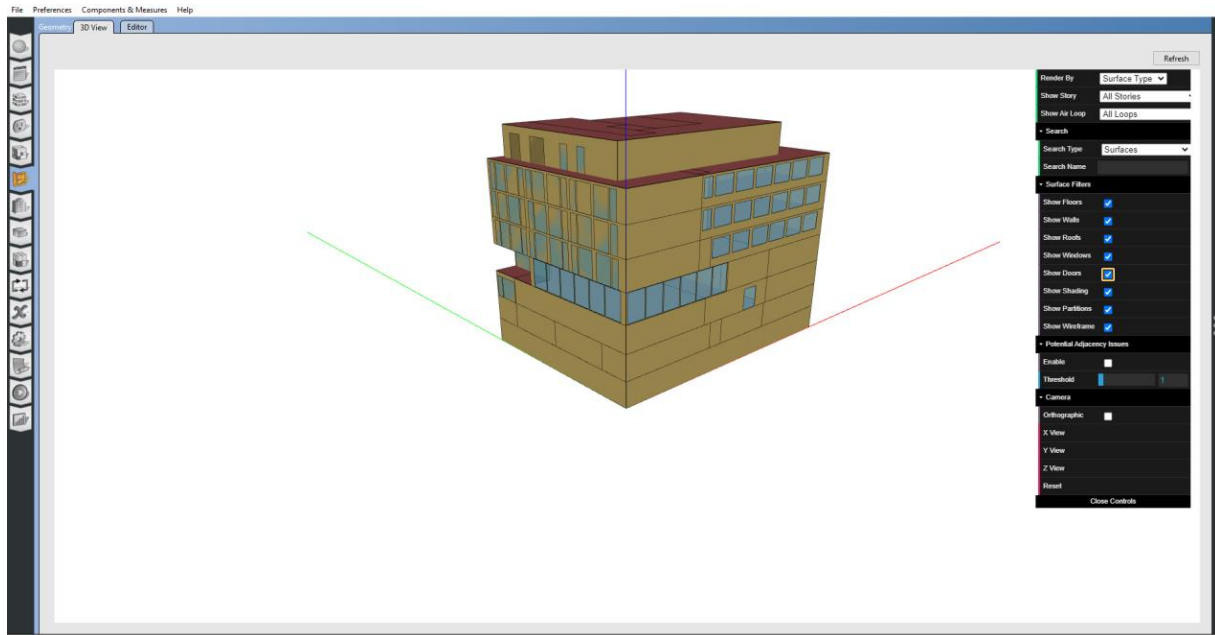


Εικόνα 2-5. Προσθήκη εξωτερικών παραθύρων και θυρών

Σημείωση:

Κατόπιν επικοινωνίας με τους ίδιους τους προγραμματιστές του λογισμικού OpenStudio μέσα από το επίσημο Forum, ξεκαθαρίστηκε πως το πρόγραμμα δεν έχει σχεδιαστεί για να συνυπολογίζει την επιρροή των εσωτερικών θυρών μεταξύ δύο χώρων στα αποτελέσματα. Έγινε επίσης ξεκάθαρο πως η αλλαγή που θα παρατηρούταν στην καρτέλα των αποτελεσμάτων θα ήταν τόσο μικρή, που είναι πρακτικά ανούσιο να αναπτυχθεί τέτοια δυνατότητα στο λογισμικό.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 2-6. Τρισδιάστατη απεικόνιση του ξενοδοχείου σε τελική φάση – χωρίς σκίαση

2.2.1.4 Προσθήκη σκίασης από γειτονικά κτήρια

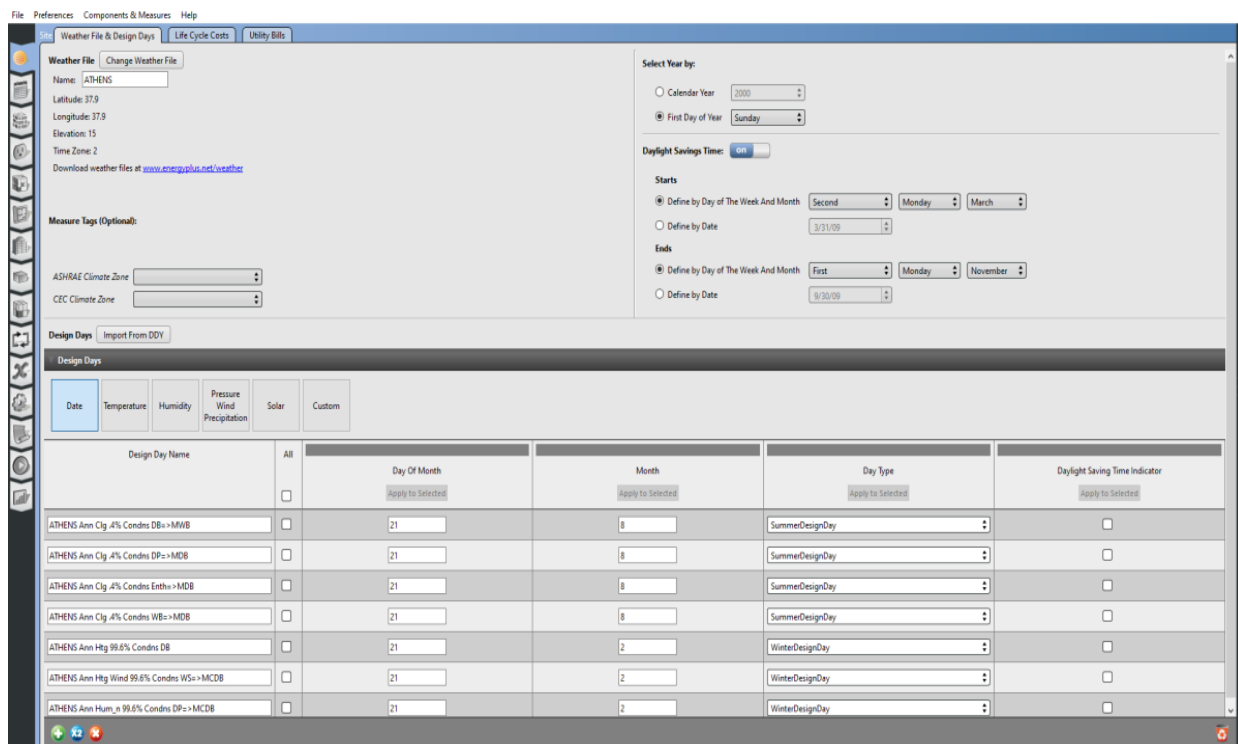
Για να ολοκληρωθεί η ψηφιακή μοντελοποίηση του ξενοδοχείου, προστίθενται τα κτήρια που βρίσκονται γύρω από αυτό. Στη δικιά μας περίπτωση, η ανατολική και η βόρεια πλευρά το ξενοδοχείου είναι εντελώς ακάλυπτες, ενώ η νότια και η δυτική πλευρά καλύπτονται σχεδόν πλήρως. Στο floorspace.js επιλέγοντας την επιλογή “shading” σχηματίστηκαν τα δύο κτήρια που συντελούν στη σκίαση του κτηρίου.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

2.2.2 Ορισμός τοποθεσίας και κλίματος

Βασική προϋπόθεση για την προσομοίωση του ξενοδοχείου είναι ο προσδιορισμός του της τοποθεσίας του κτηρίου. Αναμφίβολα, ανεξαρτήτως της τοποθεσίας ενός ξενοδοχείου, προτεραιότητα αποτελεί η παροχή άνετων συνθηκών για τη διαμονή του χρήστη καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Έτσι, αναλόγως της τοποθεσίας του ξενοδοχείου, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, αφού σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μια κτηριακή μονάδα χρησιμοποιεί πολύ μεγάλα φορτία για θέρμανση ενώ σε περιοχές με θερμό κλίμα, έχει υψηλές καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη.

Στην πρώτη καρτέλα του OpenStudioApplication ("Site Tab"), ορίζονται τα αρχεία καιρού που μπορεί κανείς να τα βρει μέσα από επίσημη ιστοσελίδα του EnergyPlus, για την Αθήνα. Ταυτόχρονα, έχουμε πρόσβαση και σε αρχεία που παρέχουν μια σειρά από πληροφορίες για την περιοχή, όπως την υγρασία, τη θερμοκρασία, την ταχύτητα και πίεση του ανέμου αλλά και την ηλιαση, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.



Design Day Name	All	Day Of Month	Month	Day Type	Daylight Saving Time Indicator
ATHENS Ann Clg 4% Condns DB=>MWB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Clg 4% Condns DP=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Clg 4% Condns Enth=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Clg 4% Condns WB=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Hg 99.6% Condns DB	<input type="checkbox"/>	21	2	WinterDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Hg Wind 99.6% Condns WS=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	2	WinterDesignDay	<input type="checkbox"/>
ATHENS Ann Hum 99.6% Condns DP=>MCDB	<input type="checkbox"/>	21	2	WinterDesignDay	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 2-9. Καρτέλα καιρού και τοποθεσίας του κτηρίου

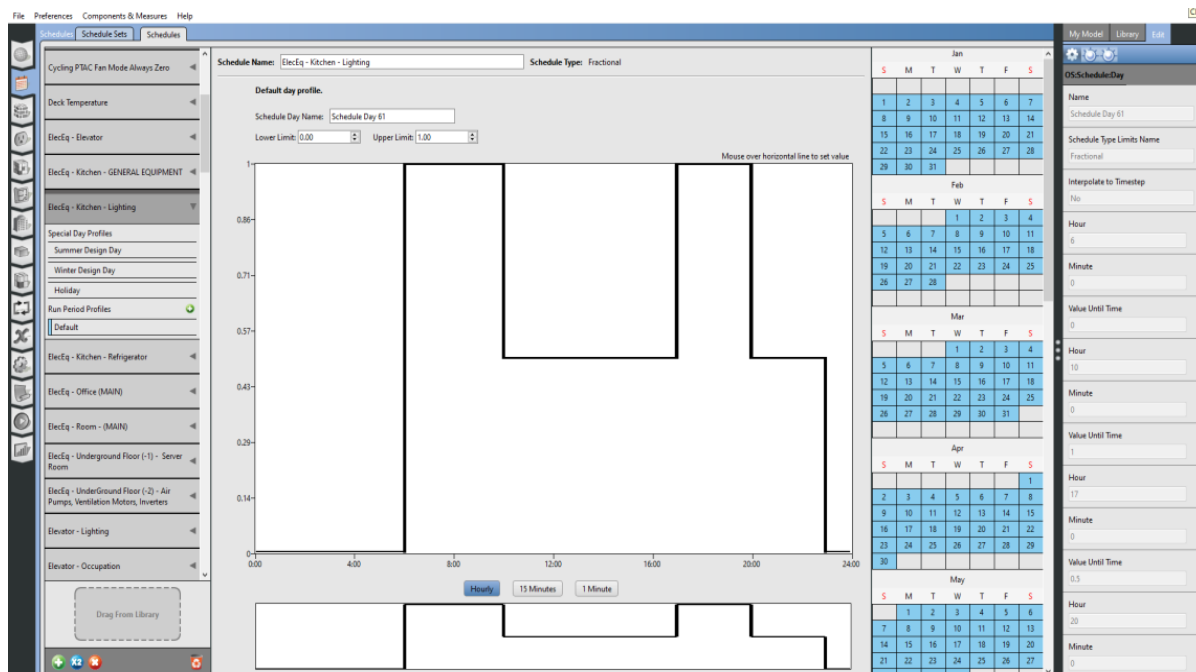
2.2.3 Λειτουργικά προγράμματα/χρονοδιαγράμματα (Schedules Tab)

2.2.3.1 Schedules

Αυτή η κατηγορία επιτρέπει στο χρήστη να ρυθμίζει τον προγραμματισμό (ο οποίος γίνεται με τη βοήθεια χρονοδιαγραμμάτων) πολλών παραμέτρων, όπως η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Συγκεκριμένα, στην υποκατηγορία «Schedules» που χρησιμοποιήθηκε, ο προγραμματισμός της εκάστοτε παραμέτρου περιγράφηκε σε χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι επειδή πρόκειται για ξενοδοχείο που λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, θα γίνει ο προγραμματισμός των ανωτέρω παραμέτρων για όλο το χρόνο. Οι τιμές που δόθηκαν στα πεδία της υποκατηγορίας, για όσο χρονικό διάστημα ορίστηκε, μπορούν να είναι συντελεστές (Fraction), θερμοκρασίες (Temperature), η οποιαδήποτε άλλη τιμή με μονάδα μέτρησης αντίστοιχης του στοιχείου στο οποίο αναφέρεται (Any Number). Παρακάτω αναλύονται τα προγράμματα/χρονοδιαγράμματα τα οποία ορίστηκαν.

- **Πυκνότητα ανθρώπινης παρουσίας.** Η τιμή αυτή του συντελεστή, υποδηλώνει αν και πότε παρατηρείται κίνηση ατόμων σε κάθε χώρο, η οποία αυξομειώνεται μέσα στο εικοσιτετράωρο αναλόγως.
- **Ανθρώπινη δραστηριότητα.** Τα διαγράμματα αυτά αντιπροσωπεύουν τη δραστηριότητα των ατόμων για όση ώρα βρίσκονται μέσα στο χώρο, σύμφωνα με τη μέση τιμή (watt/person) που προκύπτει ως μέσος των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν.
- **Λειτουργία τεχνητού φωτισμού.** Σύμφωνα με το συντελεστή φωτισμού, ανάλογα την ώρα της ημέρας και τον χώρο, η τιμή του αυξάνεται ή μειώνεται με βάση τα επίπεδα φωτισμού.
- **Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών.** Σχηματίζονται σύμφωνα με το συντελεστή λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών ο οποίος είναι ανάλογος με την ώρα και το ποσοστό λειτουργίας τους.
- **Αερισμός θερμικών ζωνών.** Αφορά μόνο τους χώρους στους οποίους υπάρχουν εξωτερικά ανοίγματα και εξαρτάται από το πόσο συχνά και για πόση ώρα μένουν ανοιχτά τα παράθυρα και τα τζάμια στους χώρους αυτούς.
- **Λειτουργία συστημάτων κλιματισμού για ψύξη και θέρμανση.** Σχετίζονται με την επιθυμητή θερμοκρασία που πρέπει να υπάρχει στο χώρο ανάλογα την εποχή του χρόνου.
- **Χρήση ζεστού νερού (Z.N.X).** Καθορίζει τη ζήτηση νερού από τους χρήστες των δωματίων ανάλογα με την εποχή, την ημέρα και την ώρα.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

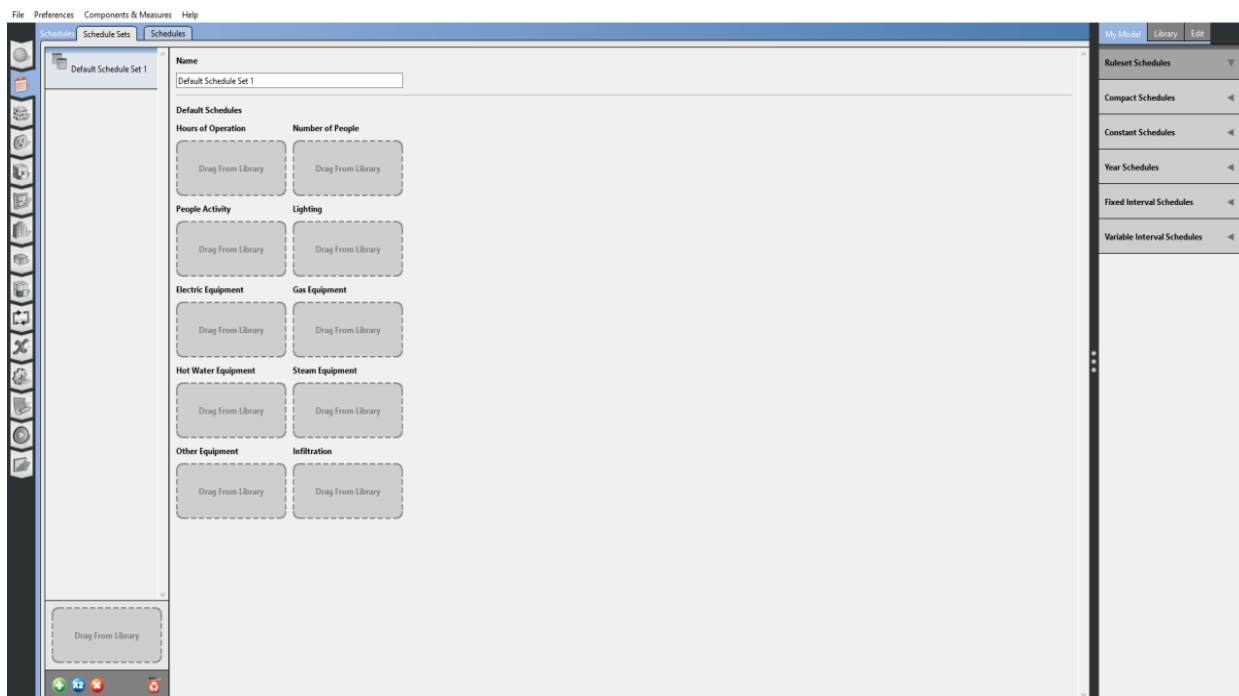


Εικόνα 2-10. Πρόγραμμα ρύθμισης φωτισμού για την κουζίνα κατά τις εργάσιμες μέρες

2.2.3.2 Schedule Sets

Τα “Schedule Sets” είναι ομάδες από Schedules στις οποίες συγκεντρώνονται όλες οι παράμετροι ενός χώρου που τον χαρακτηρίζουν και μπορούν να περιγραφούν με χρονοδιάγραμμα. Συγκεκριμένα, ένα Set από προγράμματα λειτουργίας, αποτελείται από χρονοδιαγράμματα που ορίζουν τις ώρες λειτουργίας του, τον αριθμό των ανθρώπων που βρίσκονται στον χώρο, την ανθρώπινη δραστηριότητα που υπάρχει στον χώρο, τον φωτισμό, τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών και συσκευών αερίου, του εξοπλισμού θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης, καθώς και την διείσδυση αέρα στο χώρο, στη διάρκεια ενός 24ώρου.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα2-11. Παρουσίαση ενός κενού “Schedule Set” στην καρτέλα προγραμμάτων

2.2.4 Καρτέλα Κατασκευών (Constructions Tab)

2.2.4.1 Υλικά (Materials)

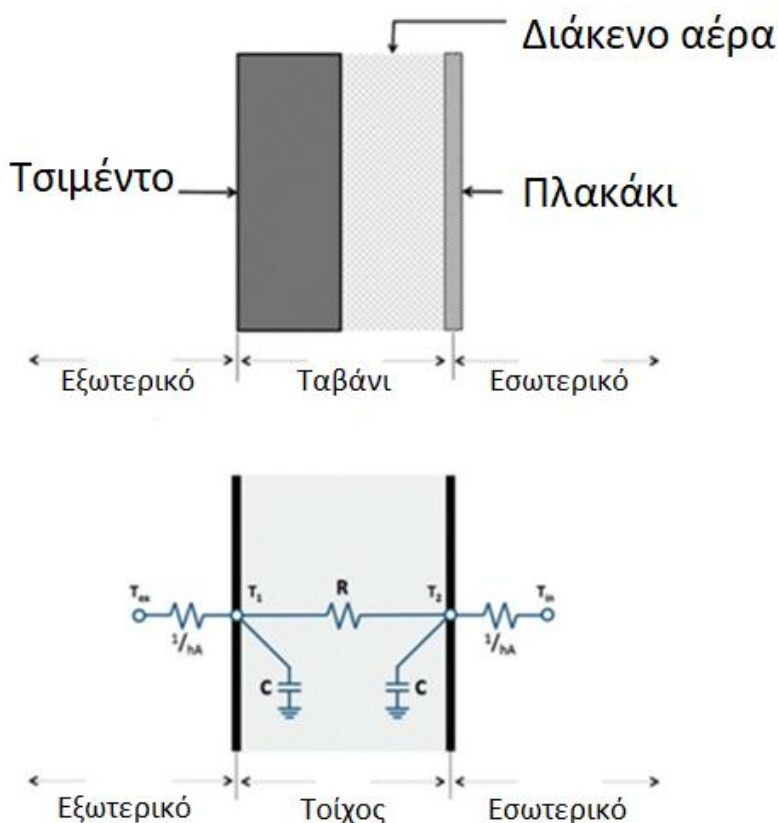
Στην υποκατηγορία αυτή προστίθενται όλα τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο το ξενοδοχείο. Κάθε υλικό έχει κάποιες ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν. Το λογισμικό μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε μια μεγάλη ποικιλία πληροφοριών για το κάθε υλικό, που στη συνέχεια κάθε μια από αυτές επηρεάζει τα τελικά αποτελέσματα της προσομοίωσης. Μετά από την επίσκεψη στο χώρο και την καταγραφή των οικοδομικών υλικών του ξενοδοχείου, έχοντας συμβουλευτεί και τους πίνακες της TOTEE, συμπληρώνονται οι πληροφορίες για το κάθε υλικό. Στον πίνακα 4-1 του φυλλαδίου 2 της TOTEE έχει τιμές για την πυκνότητα, το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, την ειδική θερμοχωρητικότητα και το συντελεστή αντίστασης σε διάχυση υδρατμών του κάθε υλικού που χρησιμοποιείται.

2.2.4.2 Κατασκευές (Constructions)

Συνδυάζοντας υλικά σχηματίζονται κατασκευές όπως πόρτες, τοίχοι, παράθυρα και ό,τι άλλο χρειάζεται ένα ξενοδοχείο για να είναι ολοκληρωμένο κατασκευαστικά. Κάθε κατασκευή αποτελείται από στρώσεις υλικών και απεικονίζονται από την εξωτερική στρώση στην εσωτερική. Κατά τη διάρκεια της

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

προσομοίωσης, υπολογίζεται η θερμοκρασία και των δύο πλευρών μιας κατασκευής και για αυτό είναι σημαντική η σειρά με την οποία θα τοποθετήσουμε κάθε στρώση υλικού όταν σχηματίζουμε μια κατασκευή. Αυτό με τη σειρά του επηρεάζει και τους υπολογισμούς της θερμοχωρητικότητας και τις επιδράσεις που έχει αυτή στη θερμική αδράνεια του κτηρίου. Παρακάτω φαίνεται η μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία λειτουργεί ο αλγόριθμος:

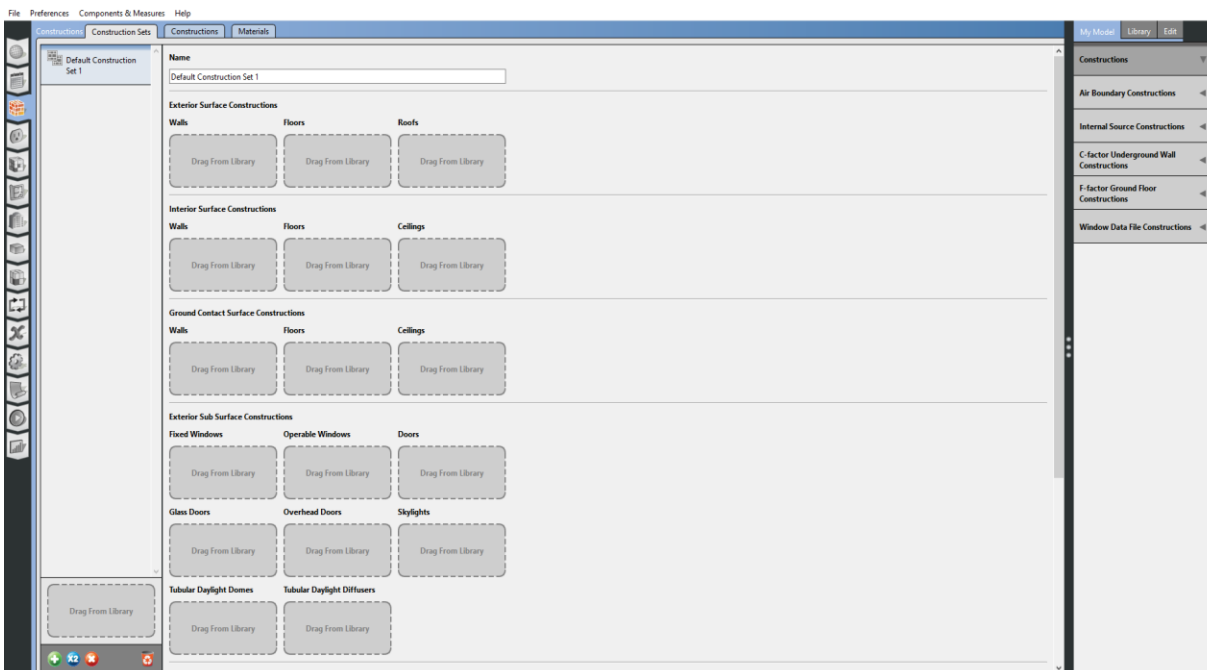


Εικόνα 2-12. Απεικόνιση μεθοδολογίας του EnergyPlusγια τον υπολογισμό των θερμικών αντιστάσεων υλικών

2.2.4.3 Σετ κατασκευών (Construction Sets)

Όπως και τα "Schedule sets" είναι ομάδες από χρονοδιαγράμματα, έτσι και τα "Construction Sets" είναι ομάδες από κατασκευές. Συνήθως, τα σύνολα κατασκευών περιέχουν ορισμούς για όλους τους τύπους επιφανειών ή υποεπιφανειών. Επιπροσθέτως, τα σύνολα κατασκευών περιλαμβάνουν ορισμούς όπως κατασκευές παραθύρων, τοίχων κλπ.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 2-13. Παρουσίαση κενού σει κατασκευής ενός χώρου

2.2.5 Καρτέλα Φορτίων (Loads Tab)

Οι ορισμοί των φορτίων χώρου εισάγονται χρησιμοποιώντας την καρτέλα Φορτία και εμπίπτουν σε διάφορες κατηγορίες, όπως φωτισμός, ηλεκτρικός εξοπλισμός, εξοπλισμός αερίου, εξοπλισμός ατμού και άλλα καύσιμα, άνθρωποι και χρήσεις ζεστού νερού. Κάθε κατηγορία έχει τις δικές της επιλογές και χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να συμπληρωθούν για τον ορθό ορισμό των φορτίων.

2.2.5.1 Φώτα και φωτιστικά σώματα

Το EnergyPlus δεν προσομοιώνει την κατανομή των ηλεκτρικών φώτων, ούτε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαληθεύσει ότι ένας συγκεκριμένος σχεδιασμός φωτισμού παρέχει επαρκή φωτισμό. Κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης EnergyPlus, λαμβάνεται υπόψη η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από τα φώτα και τα φωτιστικά σώματα, καθώς και οι θερμικές επιπτώσεις αυτής της χρήσης ενέργειας στον περιβάλλοντα χώρο. Εάν ένας λεπτομερής έλεγχος έχει καθορίσει τον ακριβή αριθμό των φωτιστικών ενός συγκεκριμένου τύπου, τότε ο φωτισμός μπορεί να καθοριστεί με βάση την ονομαστική ισχύ που καταναλώνει μια μεμονωμένη μονάδα. Σε όλες τις περιπτώσεις, ένας πολλαπλασιαστής εφαρμόζεται στην περίπτωση φορτίου χώρου για να περιγράψει τον αριθμό των μονάδων που υπάρχουν στον τύπο χώρου ή στο χώρο. Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο χαρακτηρίζεται το φορτίο, τα μεμονωμένα φορτία πολλαπλασιάζονται στη συνέχεια με ένα σχετικό κλασματικό πρόγραμμα (schedule), όπως περιγράφεται στην ενότητα 2.2.3.1. Αυτό μας επιτρέπει να

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

προσομοιώσουμε τη χρονικά μεταβαλλόμενη φύση της κατανάλωσης ενέργειας με την πρόσθετη ευελιξία του διαχωρισμού του μεγέθους των φορτίων από το πόσο συχνά χρησιμοποιούνται. Για το φωτισμό, όλη η ενέργεια που χρησιμοποιείται από το φωτιστικό θεωρείται ότι εκπέμπεται στο εσωτερικό του κτηρίου με τη μορφή θερμότητας.

2.2.5.2 Εξοπλισμός ηλεκτρικού ρεύματος, αερίου και ατμού

Παρόμοια με τον φωτισμό, το EnergyPlus δεν μοντελοποιεί ξεχωριστά μεμονωμένες ηλεκτρικές συσκευές ή άλλες συσκευές φυσικού αερίου, ατμού, κ.λπ. εντός των χώρων. Για το EnergyPlus, κάθε συσκευή απλά καταναλώνει ηλεκτρική ή άλλη ενέργεια και απορρίπτει θερμότητα στον χώρο. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο το EnergyPlus διαφοροποιεί τις διάφορες συσκευές μεταξύ τους είναι η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, το πρόγραμμα λειτουργίας και οι μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας στον χώρο. Όπως τα φώτα, ο εξοπλισμός μπορεί να ορισθεί με βάση την ισχύ ανά μονάδα, την επιφάνεια του δαπέδου ή το άτομο. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα φώτα, ο εξοπλισμός μπορεί να καταναλώνει διαφορετικούς τύπους καυσίμων (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο, ατμό ή άλλα). Κάθε τύπος καυσίμου λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά στα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

2.2.5.3 Ανθρώπινο φορτίο

Οι άνθρωποι αντιπροσωπεύουν πολύ σημαντικά θερμικά φορτία στους χώρους, αλλά αντιμετωπίζονται λίγο διαφορετικά από τα φώτα ή τον εξοπλισμό. Όπως και τα άλλα φορτία, η ανθρώπινη παρουσία μπορεί να χαρακτηριστεί από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο ή από την πυκνότητα των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας.

Οι άνθρωποι περιγράφονται επίσης από το κλάσμα της ακτινοβολούμενης ενέργειας που συνεισφέρουν σε έναν χώρο. Το υπόλοιπο της θερμότητας που απορρίπτουν, κατανέμεται σε αισθητή και λανθάνουσα προσθήκη θερμότητας. Το EnergyPlus είναι σε θέση να υπολογίζει αυτόματα το διαχωρισμό μεταξύ αισθητής και λανθάνουσας προσθήκης θερμότητας από τους ενοίκους με βάση τους τυπικούς ρυθμούς μεταβολισμού δεδομένου του επιπέδου απόρριψης θερμότητας. Οι οξυδερκείς αναγνώστες μπορεί να παρατηρήσουν ότι δεν υπάρχει πεδίο για την εισαγωγή της "ονομαστικής" ισχύος ενός ανθρώπου σε αυτό το παράθυρο. Για αυτό το λόγο, η κατανάλωση ενέργειας από τον άνθρωπο αντιπροσωπεύεται από ένα πρόσθετο πρόγραμμα δραστηριότητας για να αντικατοπτρίζει καλύτερα τη χρονικά μεταβαλλόμενη φύση της ανθρώπινης δραστηριότητας. Στην πράξη, τα Χρονοδιαγράμματα δραστηριοτήτων εισάγονται συχνά ως σταθερές τιμές, όπως φαίνεται σε αυτό το παράδειγμα, για να αντικατοπτρίζουν ότι ο τύπος της δραστηριότητας στο χώρο είναι σταθερός, ενώ ο αριθμός των απασχολούμενων ποικίλλει ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα πληρότητας. Ωστόσο, το λογισμικό επιτρέπει στον μηχανικό να καταγράψει μισή ώρα γυμναστικής ή μεσημεριανού ύπνου, ανάλογα με την συνήθεια που επικρατεί σε ένα κτήριο, ανεξάρτητα από το πρόγραμμα πληρότητας.

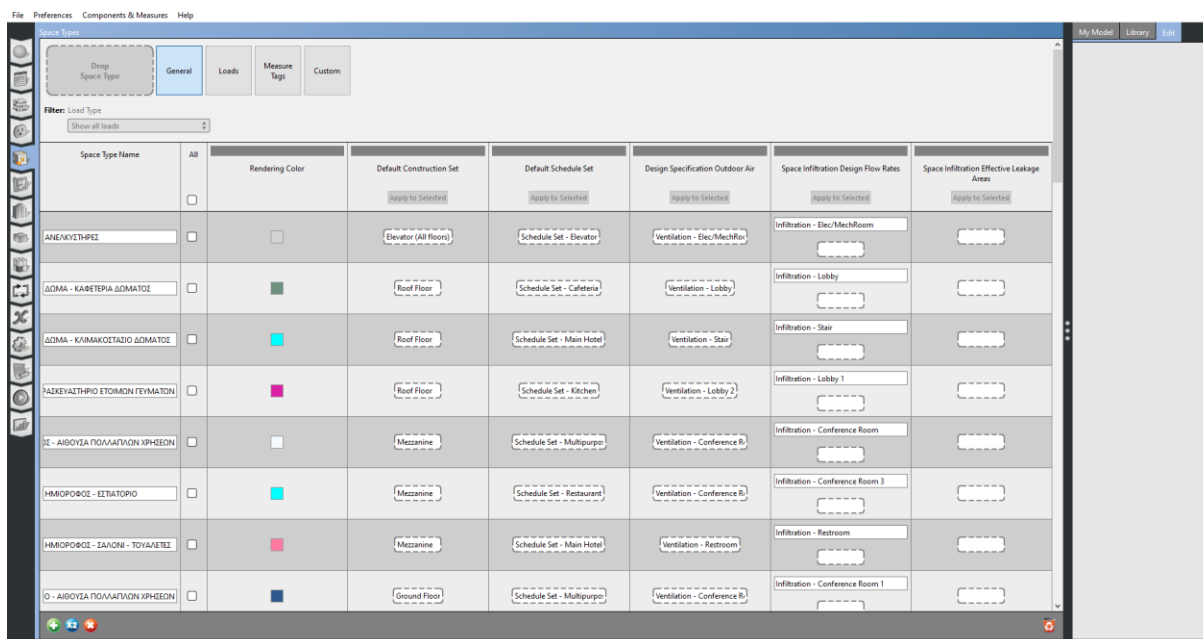
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

2.2.5.4 Εξοπλισμός ζεστού νερού χρήσης

Ο εξοπλισμός ζεστού νερού χρήσης αντιπροσωπεύει τις χρήσεις ζεστού νερού εντός ενός χώρου που χρησιμοποιούνται για ντους, μαγείρεμα, πλύσιμο κ.λπ. Ο εξοπλισμός χρήσης ζεστού νερού ορίζεται με όρους μέγιστου ρυθμού ροής, ο οποίος διαμορφώνεται από ένα κλασματικό πρόγραμμα. Ένα πρόγραμμα θερμοκρασίας υπαγορεύει τη θερμοκρασία του νερού. Η μέθοδος καταγραφής της απαιτούμενης ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού εξαρτάται από το είδος του εξοπλισμού παραγωγής του. Σε κάθε περίπτωση, η κατανάλωση νερού λαμβάνεται υπόψη στην προσομοίωση μαζί με τυχόν θερμότητα που απορρίπτεται στο χώρο.

2.2.6 Είδη χώρων (Space Types)

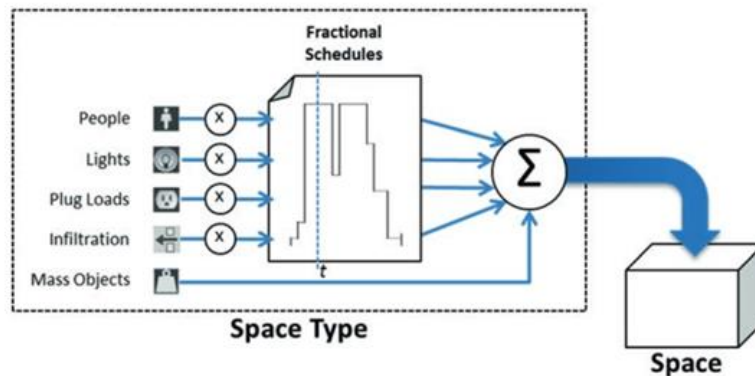
Κατά τη σχεδίαση του ξενοδοχείου, έγινε προσθήκη μιας σειράς από χώρους (Spaces) σε κάθε όροφο. Στην καρτέλα με τα είδη χώρων, έγινε διαχωρισμός τους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του καθενός. Συγκεκριμένα, η καρτέλα αυτή είναι μια λίστα με όλους τους χώρους και για κάθε έναν ορίζονται όλα του τα χαρακτηριστικά, από τα υλικά με τα οποία έχει κατασκευαστεί, τα ηλεκτρικά φορτία που βρίσκονται σε αυτόν, το πρόγραμμα με το χρονοδιάγραμμα που έχει, το πόσοι άνθρωποι βρίσκονται σε αυτόν, η διείσδυση του εξωτερικού αέρα στον χώρο, μέχρι και ο φωτισμός του. Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα να γίνουν οποιεσδήποτε μετατροπές στα χαρακτηριστικά του κάθε χώρου που παρουσιάζονται στην εικόνα 2-14, αντικαθιστώντας αυτά που ήδη έχει με άλλα από τη «βιβλιοθήκη» που περιέχει κατηγορίες που έχουμε δημιουργήσει, όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες υποενότητες.



Space Type Name	Rendering Color	Default Construction Set	Default Schedule Set	Design Specification Outdoor Air	Space Infiltration Design Flow Rates	Space Infiltration Effective Leakage Areas
ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ		Elevator (All Floors)	Schedule Set - Elevator	Ventilation - Elec/MechRo	Infiltration - Elec/MechRoom	
ΔΩΜΑ - ΚΑΦΕΤΕΡΙΑ ΔΩΜΑΤΟΣ		Roof Floor	Schedule Set - Cafeteria	Ventilation - Lobby	Infiltration - Lobby	
ΔΩΜΑ - ΚΑΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ ΔΩΜΑΤΟΣ		Roof Floor	Schedule Set - Main Hotel	Ventilation - Stair	Infiltration - Stair	
ΡΑΣΚΕΥΑΛΗΘΙΟ ΕΤΟΙΜΟΝ ΓΕΥΜΑΤΩΝ		Roof Floor	Schedule Set - Kitchen	Ventilation - Lobby 2	Infiltration - Lobby 1	
Σ - ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ		Mezzanine	Schedule Set - Multipurpose	Ventilation - Conference R.	Infiltration - Conference Room	
ΗΜΙΟΡΦΟΣ - ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΟ		Mezzanine	Schedule Set - Restaurant	Ventilation - Conference R.	Infiltration - Conference Room 2	
ΗΜΙΟΡΦΟΣ - ΣΑΛΟΝΙ - ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ		Mezzanine	Schedule Set - Main Hotel	Ventilation - Restroom	Infiltration - Restroom	
Ο - ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ		Ground Floor	Schedule Set - Multipurpose	Ventilation - Conference R.	Infiltration - Conference Room 1	

Εικόνα 2-14. Καρτέλα επεξεργασίας του κάθε τύπου χώρου

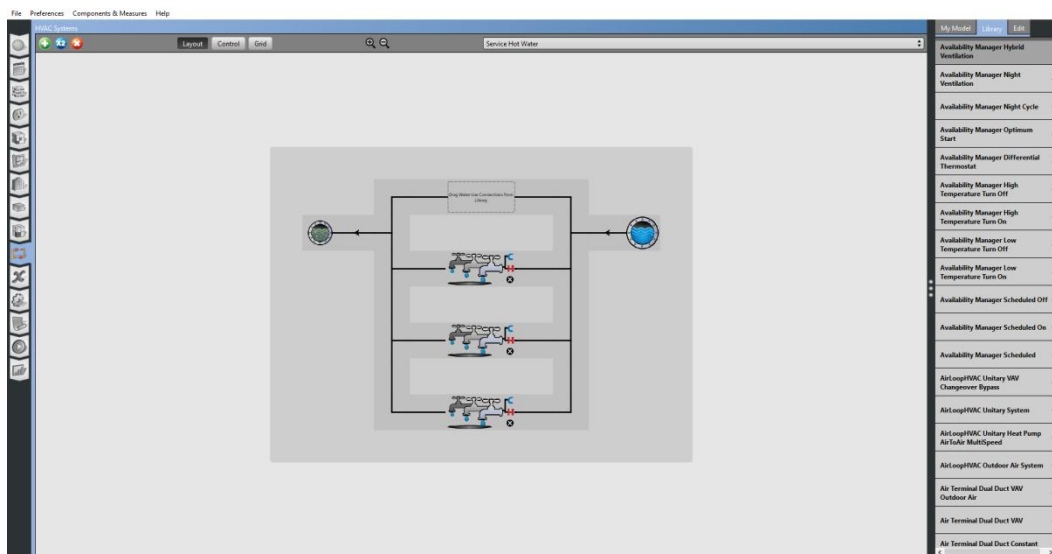
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 2-15. Πωστο “Space Type” εφαρμόζεται εννοιολογικά σε έναν χώρο[21]

2.2.7 HVAC

Η κατηγορία αυτή σχετίζεται με τη λειτουργία των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης ενός κτηρίου. Σε αυτό το σημείο γίνεται περιγραφή, απεικόνιση και διαστασιολόγηση των συστημάτων HVAC που έχει το ξενοδοχείο, καθώς και των στοιχείων από τα οποία αποτελούνται. Τα φορτία που καταναλώνει ο ψύκτης, ο καυστήρας, οι αντλίες και ό,τι άλλο συμπεριλαμβάνεται στα συστήματα HVAC υπολογίζονται αυτόματα από το σύστημα υπολογισμού κατά την προσομοίωση και επομένως δε χρειάζεται να προστεθούν σαν φορτία – καταναλωτές στην καρτέλα φορτίων (Loads Tab). Προφανώς ο αυτόματος υπολογισμός των παραμέτρων του συστήματος HVAC βασίζεται στις επιθυμητές συνθήκες στο εσωτερικό των χώρων που έχουν καθοριστεί (π.χ. ρύθμιση εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας) αλλά και στις υπάρχουσες απώλειες από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου).



Εικόνα 2-16. Καρτέλα συστημάτων HVAC, OpenStudio

2.2.8 Κτηριακοί αυτοματισμοί – Προτάσεις

Οι προτάσεις που θα γίνουν περί κτηριακών αυτοματισμών, θα καλύψουν τις τρεις βασικές κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας ενός κτηρίου. Αυτές δεν είναι άλλες από την ψύξη-θέρμανση, το φωτισμό και τις γενικές λειτουργίες του ξενοδοχείου. Επειδή κάθε πρόταση βελτιστοποίησης επηρεάζει και συγκεκριμένο κομμάτι του συνολικού ενεργειακού φορτίου της εγκατάστασης, θα πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις για κάθε πρόταση ξεχωριστά και στο τέλος θα εξεταστεί ένα σενάριο με τον συνδυασμό όλων των αυτοματισμών μαζί. Ο λόγος για τον οποίο η μελέτη γίνεται κατά αυτό τον τρόπο, είναι για να γίνεται πιο αισθητή η επιρροή του κάθε αυτοματισμού στην συνολική κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, είναι πιο εύκολο να γίνει αξιολόγηση του κόστους της εγκατάστασης του κάθε αυτοματισμού σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχει.

2.2.8.1 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

- **ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ** : Στα ξενοδοχεία, όπως και στα κτήρια γενικότερα, υπάρχουν χώροι οι οποίοι δε χρησιμοποιούνται όλο το 24ωρο. Επομένως, δεν είναι απαραίτητο να φωτίζεται ένας χώρος ο οποίος δε χρησιμεύει σε κάτι τη συγκεκριμένη στιγμή. Ανιχνεύοντας την κίνηση/παρουσία ενός ανθρώπου σε κάποιον χώρο με τη βοήθεια αισθητήρων, επιτυγχάνεται όχι μόνο εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και ένα αίσθημα άνεσης και ασφάλειας καθώς με την είσοδο κάποιου στο χώρο, αυτόματα ο χώρος φωτίζεται. Για τον φωτισμό, υπάρχουν δυο είδη αισθητήρων. Οι αισθητήρες κίνησης και οι αισθητήρες παρουσίας.

Ανιχνευτές κίνησης

Οι ανιχνευτές κίνησης είναι συσκευές που περιέχουν ένα μηχανισμό (αισθητήρα) που ανιχνεύει αν υπάρχει κίνηση στο χώρο βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικά στη διαχείριση της ενέργειας. Έτσι λοιπόν, όταν ο φυσικός φωτισμός είναι χαμηλότερα από ένα προκαθορισμένο επίπεδο και ανιχνεύεται κίνηση στο χώρο τότε ενεργοποιούνται τα φώτα. Οι ανιχνευτές κίνησης εσωτερικών χώρων, συναντώνται σε πολυσύχναστα μέρη και σε χώρους διέλευσης ανθρώπων, όπως διάδρομοι, σκάλες και διαβάσεις πεζών σε δημόσια κτήρια. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι σε σχολεία, αθλητικά κέντρα, ιατρεία, νοσοκομεία, κατοικίες και οίκους ευγηρίας. Ταυτόχρονα, αυξάνουν την ασφάλεια αλλά και το επίπεδο υγιεινής, μιας και δεν απαιτείται το πάτημα κάποιου διακόπτη, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο μετάδοσης βακτηρίων και ιών.

Αισθητήρες παρουσίας

Οι αισθητήρες παρουσίας πάνε ένα βήμα παραπέρα από τους ανιχνευτές κίνησης: όχι μόνο ανιχνεύουν γρήγορες κινήσεις, αλλά και την ίδια την παρουσία των ανθρώπων, είτε αυτοί είναι όρθιοι είτε καθιστοί. Οι αισθητήρες τους είναι πολύ πιο ευαίσθητοι και ως εκ τούτου είναι ιδανικοί για γραφεία, καφετέριες, διαδρόμους, αίθουσες εκπαίδευσης και εγκαταστάσεις υγιεινής. Προφανώς, τέτοιοι αισθητήρες δεν μπορούν να προστεθούν παντού διότι σε κάποιους χώρους το να αναβοσβήνει το φως λόγω στιγμιαίας έλλειψης κίνησης, είναι ενοχλητικό και πρακτικά μη βιώσιμο. Έτσι, τοποθετούνται αισθητήρες κίνησης και παρουσίας κυρίως σε κοινόχρηστους χώρους όπως διάδρομοι, τουαλέτες, αποθήκες και σκάλες, μέρη που έχουν στιγμιαία χρήση και παραμένουν «αδρανή» μέχρι την επόμενη χρήση.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- **ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΔΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΚΑΡΤΑ:** Αρκετά συνηθισμένη λύση πλέον, είναι το αυτόνομο σύστημα ελέγχου πρόσβασης και οικονομίας ρεύματος σε δωμάτια ξενοδοχείου τεχνολογίας RF-ID. Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification, η απόδοση του στα ελληνικά ορίζεται ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Τα συστήματα RFID απαρτίζονται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders) που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags). Οι ετικέτες RFID είναι μικρά chips που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει δεδομένα-πληροφορίες, και μία κεραία. Το μέγεθός τους μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο το μισό ενός κόκκου άμμου (1/3 του χιλιοστού), ανάλογα με το τύπο τις ετικέτας. Το δεύτερο μέρος είναι οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), οι οποίοι ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID. Οι αναγνώστες RFID έχουν ενσωματωμένα μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου. Έτσι, με την είσοδο του στο δωμάτιο, ο πελάτης τοποθετεί την ηλεκτρονική κάρτα (RFIDtag) στο σημείο ελέγχου κοντά στην πόρτα (reader) και αυτόματα ενεργοποιείται η παροχή ρεύματος. Μόλις ο επισκέπτης βγει από το δωμάτιό του, τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και φωτισμού μεταβαίνουν σε λειτουργία εξοικονόμησης. Σύμφωνα με έρευνες, οι επισκέπτες παραμένουν το ήμισυ της διαμονής τους εκτός των δωματίων τους για διάφορους λόγους. Με όλους αυτούς τους τρόπους επιτυγχάνεται σε σημαντικό βαθμό ενεργειακή απόδοση και οικονομική εξοικονόμηση.
- **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΑΖΙ:** Για τον φωτισμό, το τελικό σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας που θα εξεταστεί, είναι ο συνδυασμός όλων των παραπάνω μαζί.

2.2.8.2 ΨΥΞΗ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

Τα σενάρια που έχουν επιλεγεί για το σύστημα θέρμανσης – ψύξης σχετίζονται με την μεταβολή της θερμοκρασίας ρύθμισης προκειμένου να γίνει εξοικονόμηση:

- **ΨΥΞΗ:**

Σενάριο 1^ο : Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 25 °C → 26 °C)

Σενάριο 2^ο : Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 2 βαθμούς κελσίου (από 25 °C → 27 °C)

Σενάριο 3^ο : Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 3 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 25 °C → 28°C)

Σενάριο 4^ο : Συνδυασμός σεναρίων 1 με 3

- **ΘΕΡΜΑΝΣΗ:**

Σενάριο 1^ο : Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 20 ° C → 19 ° C)

Σενάριο 2^ο : Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 2 βαθμούς κελσίου (από 20 ° C → 18 ° C)

Σενάριο 3^ο : Μείωση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 2 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 20 ° C → 18 ° C)

Σενάριο 4^ο : Συνδυασμός σεναρίου 1 με 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Περιγραφή κτηριακής μονάδας

3.1 Γενικές πληροφορίες

Η ξενοδοχειακή μονάδα που μελετάται βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας και είναι μέλος μιας αλυσίδας ξενοδοχειακών επιχειρήσεων η οποία δρα στον χώρο του τουρισμού από τη δεκαετία του 50'. Το κτήριο κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και ανακαινίστηκε το 2007. Αποτελείται από δύο υπόγεια, ένα ισόγειο, έναν ημι-όροφο, 3 ορόφους δωματίων και έναν όροφο-δώμα που λειτουργεί ως roof garden ταυτόχρονα. Το ξενοδοχείο έχει εμβαδό 4215τ.μ. , διαθέτει 5 διαφορετικούς τύπους δωματίων, που το σύνολο τους φτάνει τα 54 δωμάτια. Έχει δωμάτια εμβαδού 17, 19 , 21 και 35 τμ με δυναμικότητα 112 κλινών. Οι τύποι των δωματίων είναι κυρίως δίκλινα και τετράκλινα. Επίσης, διαθέτει 3 αίθουσες πολλαπλών χρήσεων με εξοπλισμό κατάλληλο για συνέδρια, συναντήσεις και κοινωνικές εκδηλώσεις. Το ξενοδοχείο λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς βρίσκεται σε έναν προορισμό ετήσιου ενδιαφέροντος. Μάλιστα, ο μέσος όρος της πληρότητας του για όλη τη χρονιά του 2019 , άγγιζε το 91%.

Το ξενοδοχείο έχει 24ωρη λειτουργία, με τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού να λειτουργούν διαρκώς για να καλύπτουν τις ανάγκες του κάθε πελάτη αναλόγως. Καταναλώνει ηλεκτρική και θερμική ενέργεια και υπήρχε πρόσβαση στους λογαριασμούς καθώς και στα τιμολόγια αγοράς τους για τα έτη 2019-2020. Από άποψη φορτίων, ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνουν ο φωτισμός, η ψύξη, ο κλιματισμός, καθώς και ο υπόλοιπος εξοπλισμός του ξενοδοχείου (πλυντήρια, φούρνοι, αντλίες , ανεμιστήρες κ.α.).

Κατανάλωση θερμικής ενέργειας γίνεται από τον καυστήρα φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) , για τη θέρμανση των χώρων και ένα ελάχιστο ποσοστό από τον εσωτερικό εξοπλισμό του ξενοδοχείου. Σε όλα τα δωμάτια υπάρχουν εσωτερικές μονάδες κλιματισμού ψύξης θέρμανσης που λειτουργούν σε κύκλωμα νερού και ονομάζονται fancoils. Η Βόρεια και η Ανατολική πλευρά του ξενοδοχείου είναι ελεύθερες από σκιάσεις άλλων κτηρίων. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος της Νότιας και τουλάχιστον το μισό Δυτικής πλευράς του ξενοδοχείου, είτε εφάπτονται με άλλα κτήρια ή σκιάζονται από αυτά.

3.1.1 Πληρότητα του ξενοδοχείου

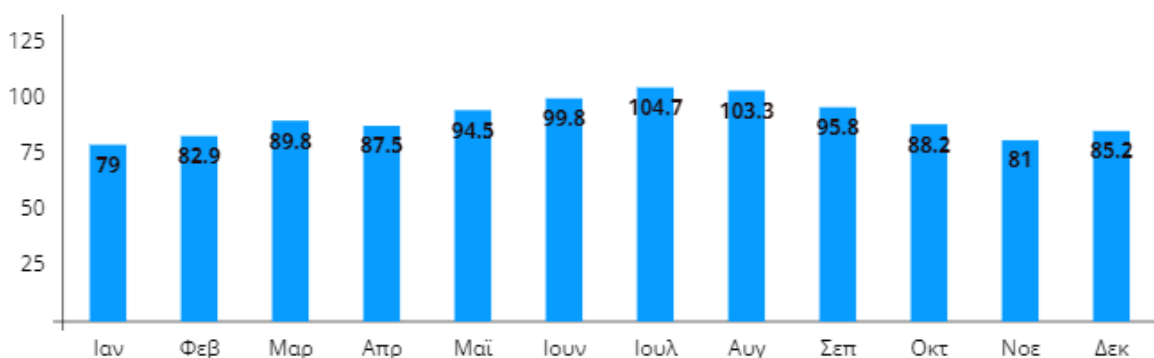
Η πληρότητα υπολογίζεται διαιρώντας τις διανυκτερεύσεις των πελατών μέσα σε ένα χρονικό διάστημα, προς το σύνολο των διαθέσιμων κλινών που υπήρχαν στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

<u>ΞΕΝ/ΧΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ</u>	<u>ΙΑΝ</u>	<u>ΦΕΒ</u>	<u>ΜΑΡ</u>	<u>ΑΠΡ</u>	<u>ΜΑΪ</u>	<u>ΙΟΥΝ</u>	<u>ΙΟΥΛ</u>	<u>ΑΥΓ</u>	<u>ΣΕΠ</u>	<u>ΟΚΤ</u>	<u>ΝΟΕ</u>	<u>ΔΕΚ</u>	<u>ΣΥΝΟΛΟ</u>
ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΚΛΙΝΕΣ (112*ΗΜ)	3472	3136	3472	3360	3472	3360	3472	3472	3360	3472	3360	3472	40880
ΔΙΑΝΥΚΤΕΡΕΥΣΕΙΣ ΠΕΛΑΤΩΝ	2743	2598	3116	2940	3282	3353	3633	3586	3220	3062	2721	2957	37217
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΚΛΙΝΩΝ (%)	79.0	82.9	89.8	87.5%	94.5	99.8	104.7	103.3	95.8	88.2	81.0	85.2	91.0%

Πίνακας 3-1. Πληρότητα του ξενοδοχείου για όλο το 2019

Πληρότητα ξενοδοχείου 2019



Εικόνα 3-1. Μηνιαίο διάγραμμα πληρότητας του ξενοδοχείου για το έτος 2019

3.1.2 Ψηφιακή σχεδίαση του ξενοδοχείου

Κατά τη σχεδίαση του, το ξενοδοχείο χωρίστηκε σε 51 χώρους, οι οποίοι ορίζονται σε 47 διαφορετικούς τύπους χώρων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι παραπάνω, υπάγονται σε 4 θερμικές ζώνες οι οποίες είναι:

1. Θερμική Ζώνη - Γραφεία
2. Θερμική Ζώνη – Διάδρομοι και Εγκαταστάσεις (Κοινόχρηστοι χώροι)
3. Θερμική Ζώνη - Εστιατόριο/Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων
4. Θερμική Ζώνη - Υπνοδωμάτια

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

3.2 Ενεργειακή Κατανάλωση

Μετά από επιθεώρηση του χώρου και από ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε από τον υπεύθυνο του λογιστηρίου του ξενοδοχείου, οι ηλεκτρικές και θερμικές καταναλώσεις για το 2019 είναι οι παρακάτω:

Κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά μήνα:

Μήνες	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)	Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	39233	50553
Φεβρουάριος	37666	49536
Μάρτιος	40444	48241
Απρίλιος	42592	28657
Μάιος	45771	22656
Ιούνιος	54534	15927
Ιούλιος	60365	17001
Αύγουστος	58995	17667
Σεπτέμβριος	45418	28509
Οκτώβριος	42567	30718
Νοέμβριος	39935	44299
Δεκέμβριος	36868	51663
Συνολικά (kWh)	544388	405427

Επομένως, η συνολική ενέργεια που καταναλώνει το ξενοδοχείο σε πραγματικό χρόνο είναι το άθροισμα της ηλεκτρικής ενέργειας και της ενέργειας του φυσικού αερίου που καίει.

Σύνολο ετησίως = 544388 kWh + 405427 kWh = 949815 kWh

3.3 Περιγραφή χώρων ξενοδοχείου

Το ξενοδοχείο αποτελείται από δύο υπόγεια, ένα ισόγειο, έναν ημιόροφο, τρεις τυπικούς ορόφους δωματίων και έναν όροφο-δώμα που λειτουργεί ως roof garden.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

➤ **ΥΠΟΓΕΙΟ Β**

Το υπόγειο Β είναι το κατώτερο μέρος του ξενοδοχείου και έχει συνολικό εμβαδόν 532.89 τετραγωνικών μέτρων. Στους χώρους του υπογείου Β, βρίσκεται ο καυστήρας φυσικού αερίου μαζί με τα συστήματα αντλιών νερού, οι μονάδες αερισμού καθώς και το μηχανοστάσιο για τους ανελκυστήρες.

Χώρος (Υπόγειο Β)	Εμβαδό (m^2)
ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	477.9
ΛΕΒΗΤΑΣ	54.99

➤ **ΥΠΟΓΕΙΟ Α**

Το υπόγειο Α έχει συνολικό εμβαδόν 536.24 m^2 και αποτελείται από τους χώρους που παρουσιάζονται στον πίνακα παρακάτω.

Χώρος (Υπόγειο Α)	Εμβαδό (m^2)
ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	47.2
ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΗ	23.9
ΑΠΟΘΗΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	37.0
ΓΡΑΦΕΙΑ	37.2
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	181.5
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	38.3
ΜΑΓΕΙΡΕΙΑ	93.7
ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ	49.7
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΔΕΗ	27.7

Κατά τον ίδιο τρόπο παρουσιάζονται οι υπόλοιποι όροφοι μαζί με τους χώρους από τους οποίους αποτελούνται, σε πίνακες παρακάτω.

➤ **ΙΣΟΓΕΙΟ**

Χώρος (Ισόγειο)	Εμβαδό (m^2)
ΑΝΕΜΟΦΡΑΧΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	14.4
ΚΑΦΕΤΕΡΙΑ - ΡΕΣΕΨΙΟΝ	358.5
ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	176.9
Συνολικό Εμβαδό (m^2)	549.8

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

➤ **ΗΜΙΟΡΟΦΟΣ**

Χώρος (Ημιόροφος)	Εμβαδό (m²)
ΣΑΛΟΝΙ - ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ	124.6
ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΟ	233.0
ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	176.9
Συνολικό Εμβαδό (m²)	534.5

➤ **ΤΥΠΙΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ**

Χώρος (Τυπικός Όροφος)	Εμβαδό (m²)
ΒΕΡΑΝΤΑ	41.7
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	68.00
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ)	192.4
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ)	85.7
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ)	132.0
Συνολικό Εμβαδό (m²)	519.8

➤ **ΤΥΠΙΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ 2**

Χώρος (Τυπικός Όροφος)	Εμβαδό (m²)
ΒΕΡΑΝΤΑ	41.7
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	68.00
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ)	192.4
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ)	85.7
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ)	132.0
Συνολικό Εμβαδό (m²)	519.8

➤ **ΤΥΠΙΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ 3**

Χώρος (Τυπικός Όροφος)	Εμβαδό (m²)
ΒΕΡΑΝΤΑ	41.7
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	68.00
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ)	192.4
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ)	85.7
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ (ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ)	132.0
Συνολικό Εμβαδό (m²)	519.8

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

➤ **ΔΩΜΑ – ROOF GARDEN**

Χώρος (Ημιόροφος)	Εμβαδό (m^2)
ΚΑΦΕΤΕΡΙΑ	185.2
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	57.0
ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΤΗΡΙΟ ΕΤΟΙΜΩΝ ΓΕΥΜΑΤΩΝ	66.2
Συνολικό Εμβαδό (m^2)	308.4

3.4 Κατασκευή ξενοδοχείου

3.4.1 Οικοδομικά Υλικά

Κάθε χώρος του ξενοδοχείου, αποτελείται από ένα σύνολο κατασκευών (τοιχοί, πάτωμα, ταβάνι κλπ) οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό υλικών τα οποία έχουν κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες. Τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένη η βασική δομή του ξενοδοχείου παρουσιάζονται παρακάτω μαζί με τις χαρακτηριστικές του ιδιότητες.

Όνομασία Υλικού	Σκληρότητα	Πάχος (m)	Θερμική Αγωγιμότητα (W/m^*K)	Πυκνότητα (kg/m^3)	Ειδική Θερμοχωρητικότητα (J/kg^*K)	Θερμική απορροφητικότητα	ηλιακή απορροφητικότητα
Τούβλο	Σκληρό	0.09	0.45	1500	1000	0.3	0.8
Τσιμεντοκονίαμα	Μέτρια	0.1	1.4	2000	1100	0.2	0.8
Σκυρόδεμα (οπλισμένο)-18cm	Σκληρό	0.18	2.5	2400	1000	0.2	0.8
Σκυρόδεμα (οπλισμένο)-25cm	Σκληρό	0.25	2.5	2400	1000	0.2	0.8
Σκυρόδεμα (οπλισμένο)-5cm	Σκληρό	0.05	2.5	2400	1000	0.2	0.8
Πλακάκιακεραμικά	Μέτρια	0.008	1.84	2000	840	0.3	0.2
Γυαλί	Μέτρια	0.03	1	2500	750	0.9	0.7
Μάρμαρο	Σκληρό	0.02	3.5	2800	1000	0.2	0.8
Ξύλο (δρύς) – 20cm	Μέτρια/μαλακό	0.25	0.17	745	1630	0.8	0.7
Σωλήνας (Χάλυβα)	Μέτρια	0.003	45.31	7833	500	0.9	0.5
Ασβεστοτσιμεντοκονίασμα	Μέτρια/Σκληρό	0.02	0.87	1800	1000	0.2	0.3
Γυψοσανίδα	Μέτρια/Μαλακή	0.02	0.25	900	1000	0.2	0.3
Μονωτικό οροφής	Μαλακό	0.15	0.049	265	836.8	0.9	0.7
Πετροβάμβακας	Μαλακό	0.05	0.37	50	840	0.6	0.5

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Πίνακας 3-2. Δομικά Υλικά ξενοδοχείου με τις ιδιότητες τους

Επιπροσθέτως, στην κατηγορία των υλικών, πρέπει να αναφερθούν τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα παράθυρα και οι τζαμαρίες του ξενοδοχείου. Τα παράθυρα είναι δίδυμοι υαλοπίνακες, πάχους 5mmτο καθένα, με διάκενο (12mm), το οποίο γεμίζεται με ξηρό αέρα. Οι ιδιότητες των υλικών καταγράφονται σύμφωνα με τους πίνακες τιμών που ορίζει η Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, βλ. Πίνακας 1, σελ. 56).

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών:

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα υαλοπινάκων που φέρει, το ποσοστό επιφανείας πλαισίου και υαλοπινάκων επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό το λόγο, συστήνεται να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους ξεχωριστά.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

- όπου: U_w [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
 U_f [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
 U_g [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
 A_f [m²] η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος,
 A_g [m²] η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος,
 I_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),
 Ψ_g [W/(m·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
 A_w [m²] το εμβαδό επιφανείας του κουφώματος ($A_w = A_f + A_g$).

Για έναν υαλοπίνακα τζαμαρίας μαζί με το κούφωμα:

Εμβαδό πλαισίου του κουφώματος:

$$A_f = (2 * 0.03 + 2.8 * 0.1 + 2.8 * 0.1 + 2 * 0.05)m^2 = 0.72 m^2$$

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Εμβαδό υαλοπίνακα:

$$A_g = (2 * 2.8)m^2 = 5.6 m^2$$

Εμβαδό κουφώματος:

$$A_w = A_f + A_g = 6.32 m^2$$

Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm:

$$U_g = 2.8 [W/(m^2 * K)] \quad (\text{T.O.T.E.E. 20701-1/2017, βλ. Πίνακας 3.8}).$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταλλικού πλαισίου με θερμοδιακοπή, εφόσον διαπιστωθεί η ύπαρξή της, μπορεί να ληφθεί ίσος με:

$$U_f = 3.50 [W/(m^2 * K)] \text{ για θερμοδιακοπή μήκους 12 mm}$$

Το μήκος της γραμμικής θερμογέφυρας υαλοπίνακα πλαισίου υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$I_g = (2 + 2 + 2.8 + 2.8)m = 9.6 m$$

Η γραμμική θερμοπερατότητα για μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή είναι ίση με:

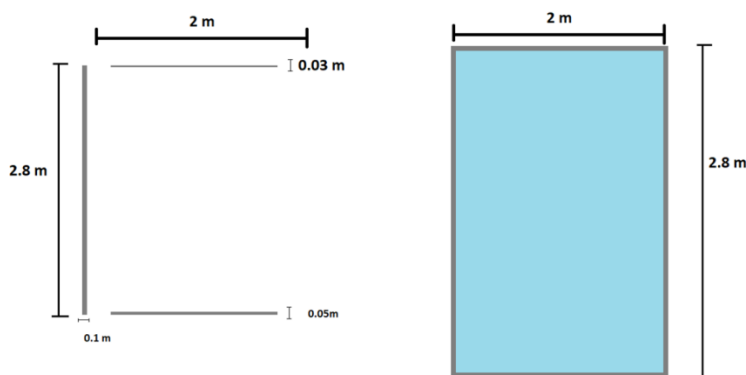
$$\Psi_g = 0.08 [W/(m * K)] \quad (\text{T.O.T.E.E. 20701-1/2017, βλ. Πίνακας 3.10}).$$

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος είναι:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_w} = \frac{0.72 * 3.5 + 5.6 * 2.8 + 9.6 * 0.08}{6.32} \left[\frac{W}{m^2 * K} \right] = 3.0013 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

$$\text{Άρα } U_w \approx 3 [W/(m^2 * K)]$$

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 3-2. Διαστάσεις υαλοπίνακα τζαμαρίας και πλαισίου του κουφώματος

Για τον υαλοπίνακα του φεγγίτη στους διαδρόμους των τυπικών ορόφων μαζί με το κούφωμα:

Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία με προηγουμένως υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος είναι:

$$U_w = \frac{0.2 * 3.5 + 0.96 * 2.8 + 0.08 * 4}{1.16} = 3.197 \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

3.4.2 Δομή επιφανειών (Constructions)

Για όλες τις επιφάνειες που συνιστούν το ξενοδοχείο δηλαδή, τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές, τα παράθυρα και τις πόρτες, εισήχθησαν τα υλικά που τις αποτελούν, με σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό. Τα υλικά αυτά αντλήθηκαν από την υποκατηγορία «Materials» και παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι επιφάνειες με τα υλικά τους, σε σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό:

1. Εξωτερικό ταβάνι (Exterior Ceiling)

- Πλακάκια κεραμικά
- Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2 cm

2. Εσωτερικό ταβάνι (Interior Ceiling)

- Πλακάκια κεραμικά
- Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

3. Δάπεδο/οροφή Ανελκυστήρα (ElevatorFloor/Roof)

- Οπλισμένο σκυρόδεμα- 23cm

4. ΤοίχοςΑνελκυστήρα (Elevator Wall)

- Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

5. Εξωτερικό Δάπεδο- σε επαφή με το έδαφος (ExteriorFloor - Ground)

- Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm

6. Εξωτερική γυάλινη πόρτα (ExteriorGlassDoor)

- Γυαλί
- Αέρας
- Γυαλί

7. Εξωτερική οροφή (Exterior Roof)

- Πλακάκια κεραμικά
- Σιμεντοκονίαμα-10cm
- Μόνωτικό οροφής

8. Εξωτερικόςτοίχος- ισόγειο (ExteriorWall)

- Μάρμαρο-2cm
- Γυψοσανίδα-2cm
- Πετροβάμβακας
- Τούβλο-9cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

9. Εξωτερικός τοίχος – δωμάτια (ExteriorWall–Rooms)

- Μάρμαρο-2cm
- Πετροβάμβακας
- Γυψοσανίδα-2cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

10. Πάτωμα (Floor)

- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm
- Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- Πλακάκια κεραμικά

11. Τοίχος – σε επαφή με το έδαφος (GroundContactWall)

- Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm

12. Εσωτερικό ταβάνι (Interior Ceiling)

- Πλακάκια κεραμικά
- Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

13. Εσωτερική πόρτα (Interior Door)

- Ξύλο (δρύς) – 20cm

14. Εσωτερικός τοίχος – δωμάτια (Interior Walls - Rooms)

- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm
- Τούβλο-9cm
- Ασβεστοσιμεντοκονίαμα-2cm

15. Τοίχος – σε επαφή με το έδαφος (GroundContactWall)

- Τζάμι – 5mm
- Αέρας-12mm
- Τζάμι – 5mm

16. Τζαμαρία (Wall Glazing)

- Τζάμι – 5mm
- Αέρας-12mm
- Τζάμι – 5mm

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

<p>1. Εξωτερικό ταβάνι (Exterior Ceiling)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πλακάκια κεραμικά • Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2 cm 	<p>6. Εξωτερική γυάλινη πόρτα (Exterior Glass Door)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Γυαλί • Αέρας • Γυαλί 	<p>11. Τοίχος – σε επαφή με το έδαφος (Ground Contact Wall)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm
<p>2. Εσωτερικό ταβάνι (Interior Ceiling)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πλακάκια κεραμικά • Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm 	<p>7. Εξωτερική οροφή (Exterior Roof)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πλακάκια κεραμικά • Τιμεντοκονίαμα-10cm • Μόνωτικό οροφής 	<p>12. Εσωτερικό ταβάνι (Interior Ceiling)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πλακάκια κεραμικά • Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm
<p>3. Δάπεδο/οροφή Ανεγκυστήρα (Elevator Floor/Roof)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Οπλισμένο σκυρόδεμα- 23cm 	<p>8. Εξωτερικός τοίχος - ισόγειο (Exterior Wall)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μάρμαρο-2cm • Γυψοσανίδα-2cm • Πετροβάμβακας • Τούβλο-9cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm 	<p>13. Εσωτερική πόρτα (Interior Door)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ξύλο (δρύς) – 20cm
<p>4. Τοίχος Ανεγκυστήρα (Elevator Wall)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm 	<p>9. Εξωτερικός τοίχος – δωμάτια (Exterior Wall – Rooms)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μάρμαρο-2cm • Πετροβάμβακας • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm 	<p>14. Εσωτερικός τοίχος – δωμάτια (Interior Walls - Rooms)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm • Τούβλο-9cm • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm
<p>5. Εξωτερικό Δάπεδο - σε επαφή με το έδαφος (Exterior Floor - Ground)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Οπλισμένο σκυρόδεμα-25cm 	<p>10. Πάτωμα (Floor)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα-2cm • Οπλισμένο σκυρόδεμα-18cm • Πλακάκια κεραμικά 	<p>15. Τοίχος – σε επαφή με το έδαφος (Ground Contact Wall)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τζάμι – 5mm • Αέρας-12mm • Τζάμι – 5mm
		<p>16. Τζαμαρία (Wall Glazing)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τζάμι – 5mm • Αέρας-12mm • Τζάμι – 5mm

Εικόνα 3-3. Δομή κατασκευής επιφανειών ξενοδοχείου

3.5 Θερμικές Ζώνες Ξενοδοχείου

Επόμενο κομμάτι της μεθοδολογίας, είναι η κατάταξη των χώρων του ξενοδοχείου σε θερμικές ζώνες και η σκίαση του από εξωτερικούς παράγοντες που βρίσκονται στο περιβάλλον του. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, οι θερμικές ζώνες στις οποίες χωρίστηκε το κτήριο είναι οι εξής:

1. Θερμική Ζώνη - Γραφεία
2. Θερμική Ζώνη - Διάδρομοι Εγκαταστάσεις
3. Θερμική Ζώνη - Εστιατόριο/Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων
4. Θερμική Ζώνη - Υπνοδωμάτια

Για την εξυπηρέτησή τους, σε κάθε μια από αυτές καταλήγει ένα σύστημα αεραγωγών από όπου περνάει θερμός ή κρύος αέρας αναμειγμένος, έτσι ώστε να επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες για κάθε χώρο, αναλόγως την εποχή. Στη θερμική ζώνη των δωματίων υπάρχουν Fan Coils τα οποία ευθύνονται για την ψύξη και τη θέρμανση των δωματίων. Οι μονάδες FanCoil είναι εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες θέρμανσης και ψύξης με σκοπό να διατηρούν τη βέλτιστη θερμοκρασία στο χώρο. Η λειτουργία τους βασίζεται στην εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα που δημιουργείται από τον ανεμιστήρα που διαθέτουν και το μέσο της θέρμανσης και ψύξης είναι το νερό που κυκλοφορεί μέσα σε κλειστό κύκλωμα.[21]

3.6 Χρονοδιαγράμματα Λειτουργιών Ξενοδοχείου

Παρακάτω αναλύονται τα χρονοδιαγράμματα τα οποία ορίστηκαν για τον καθορισμό της εκάστοτε λειτουργίας του ξενοδοχείου:

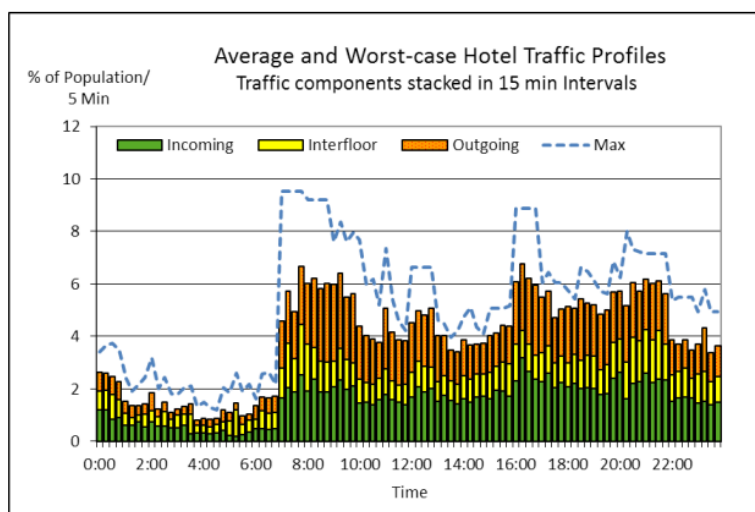
3.6.1 Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης.

Αξιοποιώντας τις πληροφορίες που δόθηκαν από την διεύθυνση του ξενοδοχείου αλλά και από την επιθεώρηση των χώρων, για τους κοινόχρηστους χώρους τέθηκε τιμή του συντελεστή διάφορη του μηδενός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η τιμή αυτή υποδηλώνει ότι στους χώρους αυτούς παρατηρείται συνεχής κίνηση ανθρώπων, η οποία όμως αυξομειώνεται μέσα στο εικοσιτετράωρο.

Ξεκινώντας, είναι καλό να ξεκαθαριστεί πως η χρήση ενός χώρου, συνδέεται άρρηκτα με την ανθρώπινη παρουσία μέσα στο χώρο αυτό. Επομένως, έχοντας ορίσει κατά μέσο όρο την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης σε κάθε χώρο, μιλώντας για τα επίπεδα χρήσης του, εννοείται πως αναφερόμαστε έμμεσα και στην ανθρώπινη παρουσία μέσα στο χώρο αυτό.

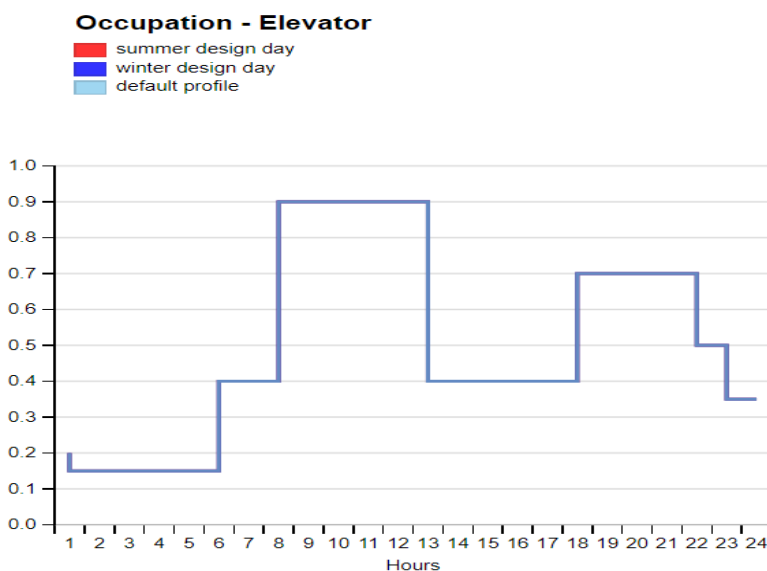
Ανελκυστήρας (Occupation – Elevator)

Για τον ανελκυστήρα, σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, τα επίπεδα χρήσης του είναι ανάλογα με τα επίπεδα κυκλοφορίας των πελατών στους κοινόχρηστους χώρους του ξενοδοχείου. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται πως ο ανελκυστήρας χρησιμοποιείται λιγότερο κατά τις νυχτερινές ώρες όπου η πλειοψηφία των πελατών κοιμάται. Αντίστοιχα, κατά τις ώρες αιχμής η χρήση του ανελκυστήρα είναι πολύ πιο συχνή. Οι ώρες αιχμής χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Η μία είναι το πρωί, όταν οι άνθρωποι παίρνουν πρωινό και κάνουν check-out, και η άλλη είναι το βράδυ όταν οι πελάτες κάνουν check-in και τρώνε βραδινό. Το παρακάτω σχεδιάγραμμα απεικονίζει τον μέσο όρο κυκλοφορίας των ανθρώπων στο ξενοδοχείο, κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 3-4. Μέση ημερήσια κυκλοφορία διαιρεμένη σε συνιστώσες και το προφίλ της χειρότερης περίπτωσης (διακεκομμένη γραμμή) των ξενοδοχείων[22].

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 3-5. Χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης ύπαρξης στο χώρο του ανελκυστήρα[22]

Στη δική μας περίπτωση, το εν μελέτη ξενοδοχείο δεν παρέχει βραδινό, επομένως η χρήση του ανελκυστήρα δεν είναι τόσο έντονη καθώς δεν υπάρχει αυτή η αύξηση κινητικότητας στο μέσα στο ξενοδοχείο που εμφανίζεται κατά τις ώρες του βραδινού. Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω και με βάση των δεδομένων της ξενοδοχειακής μονάδας που μελετάται, προκύπτει ένα σχετικά ακριβές χρονοδιάγραμμα των επιπέδων χρήσης του ανελκυστήρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τα χρονοδιαγράμματα χρήσης των διαφόρων χώρων αναλύονται παρακάτω και δίνονται συνοπτικά στην εικόνα 3-6.

- **Κουζίνα (Occupation – Kitchen)**

Η κουζίνα ξεκινάει να λειτουργεί στις 6 το πρωί όπου γίνονται ετοιμασίες για τον πρωινό, το οποίο σερβίρεται από τις 7:30 μέχρι τις 12 το μεσημέρι. Από εκεί και πέρα, ένα μέρος του προσωπικού παραμένει για να καλύψει την δυνατότητα που παρέχεται από το ξενοδοχείο, του να παραγγείλει κανείς να φάει κάτι γρήγορο στο λόμπυ του ξενοδοχείου ή στο δωμάτιο του. Από τις 18:00 και έπειτα, ο χώρος της κουζίνας αδειάζει.

- **Κοινόχρηστοι χώροι (Occupation – MainHotel)**

Για τους κοινόχρηστους χώρους ισογείου, στους οποίους περιλαμβάνονται οι χώροι υποδοχής του ξενοδοχείου, οι διάδρομοι και τα κλιμακοστάσια, τέθηκε τιμή του συντελεστή ύπαρξης παρουσίας διάφορη του μηδενός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η τιμή αυτή υποδηλώνει ότι στους χώρους αυτούς παρατηρείται συνεχής κίνηση ατόμων (Occupation – Main Hotel), η οποία όμως αυξομειώνεται μέσα στο εικοσιτετράωρο.

- **Εστιατόριο & αίθουσα πολλαπλών χρήσεων (Occupation – Restaurant) & (Occupation – Multipurpose hall)**

Το εστιατόριο με τις αίθουσες πολλαπλών χρήσεων έχουν το κοινό ότι χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες ώρες την ημέρα κατά τις οποίες γεμίζουν, ενώ τις υπόλοιπες ώρες είναι άδεια.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το πρόγραμμα του ξενοδοχείου, το εστιατόριο λειτουργεί μόνο τα πρωινά ενώ οι αίθουσες πολλαπλών λειτουργούν περίπου 2 ώρες το πρωί και 3 ώρες το απόγευμα, καθώς χρησιμοποιούνται κυρίως για εκδηλώσεις και διάφορα events.

- **Γραφείο (Occupation – Office)**

Τα γραφεία του ξενοδοχείου λειτουργούν με βάση το κλασικό εργασιακό πρόγραμμα 9-5 με μιας ώρας διάλειμμα, εκτός του διευθυντή ο οποίος βρίσκεται εκεί από τις 8 και φεύγει στις 4. Τις υπόλοιπες ώρες ο χώρος είναι κενός.

- **Δωμάτια (Occupation – Rooms)**

Στα δωμάτια των ενοίκων, ο συντελεστής έχει μη μηδενική τιμή σε όλα τα χρονικά διαστήματα του εικοσιτετραώρου. Οι τιμές του συντελεστή προέκυψαν από την εκτίμηση του προγράμματος μιας συνηθισμένης ημέρας των ενοίκων, κατά τη διάρκεια των διακοπών τους.

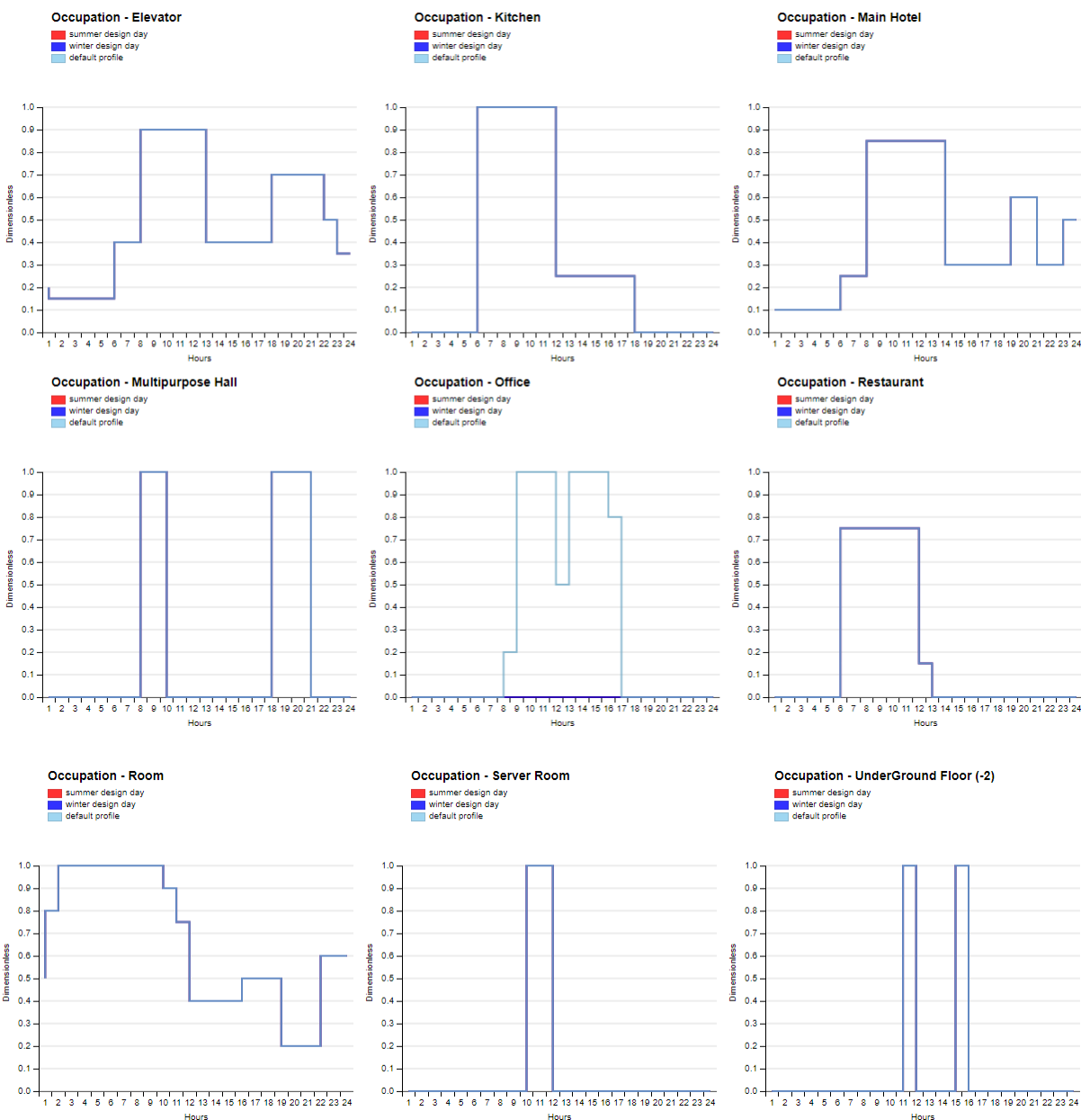
- **Υπόγειο Β – (Occupation – Underground B)**

Στο υπόγειο Β, βρίσκονται όλες οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του ξενοδοχείου και η αποχέτευση. Επομένως, τον χώρο αυτό τον επισκέπτονται μόνο αρμόδιοι για την επίβλεψη και τη συντήρηση των μηχανημάτων. Για αυτό το λόγο, η τιμή του συντελεστή ανθρώπινης παρουσίας στο χώρο είναι μηδενική το μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας, πλην συγκεκριμένων ωρών που παρευρίσκεται κάποιος στο χώρο. Για την δημιουργία του χρονοδιαγράμματος, ρωτήθηκε ο υπάλληλος ο οποίος συντηρεί τον εξοπλισμό για τη συχνότητα και τη διάρκεια παρεύσεως του στον χώρο και ο συντελεστής προσαρμόστηκε με βάση τις πληροφορίες αυτές.

- **Δωμάτιο Διακομιστή (Occupation – Server Room)**

Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για το serverroom, τον χώρο μέσα στον οποίο καταλήγουν όλα τα δίκτυα του ξενοδοχείου και βρίσκονται οι κεντρικοί διακομιστές του. Επομένως, πάλι κάποιος αρμόδιος για συγκεκριμένη διάστημα της ημέρας παρευρίσκεται στο χώρο και εκτελεί τυχόν αλλαγές ή συντηρήσεις των μηχανημάτων.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 3-6. Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης για τους χώρους του ξενοδοχείου

3.6.2 Εσωτερικά κέρδη λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας

Για τον υπολογισμό των θερμικών κερδών ανθρώπινης δραστηριότητας, τέθηκαν οι τιμές (μονάδα μέτρησης Watt/person) που αντιστοιχούν στο επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας (σύμφωνα με τον πίνακα 2.7 του φυλλαδίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017). Συγκεκριμένα, στο χρονοδιάγραμμα των γενικών χώρων του ξενοδοχείου (καφετέρια, εστιατόριο, ασανσέρ, μηχανοστάσιο, κουζίνα, server room, αποθήκη) η τιμή της εκλυόμενης θερμικής ισχύος που σχετίζεται με την δραστηριότητα των ατόμων για όση ώρα βρίσκονται μέσα στους χώρους αυτούς είναι ίση με 75 W/άτομο για κάθε χώρο ξεχωριστά. Για τους χώρους το γραφείου, τους κοινόχρηστους χώρους του ξενοδοχείου, της αίθουσας πολλαπλών

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

χρήσεων, προέκυψε η τιμή 80 Watt/άτομο ως μέσος όρος των συνήθων δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτά. Τέλος στο χρονοδιάγραμμα “PeopleActivity–SleepingRooms”, που αναφέρεται στην δραστηριότητα που παρατηρείται στα δωμάτια διαμονής του ξενοδοχείου, η τιμή που προέκυψε ως μέσος όρος των τυπικών δραστηριοτήτων που παρατηρούνται στους χώρους αυτούς είναι ίση με 60 W/person.

3.6.3 Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

Λόγω της μορφολογίας και της γεωγραφικής θέσης του ξενοδοχείου, κάποιοι χώροι του φωτίζονται επαρκώς φυσικά, ενώ κάποιοι άλλοι δε φωτίζονται καθόλου. Επομένως, ανάλογα με το πρόγραμμα λειτουργίας ενός χώρου, τη χρήση του και τα επίπεδα φυσικού φωτισμού που βρίσκονται σε αυτόν, διαμορφώνονται και τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του φωτισμού από τους λαμπτήρες του ξενοδοχείου. Οι διάδρομοι των τυπικών ορόφων στους οποίους βρίσκονται τα δωμάτια, πάσχουν από σχεδόν παντελή έλλειψη φυσικού φωτισμού, τα φώτα παραμένουν ανοιχτά σχεδόν καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αντίστοιχα, στον ανελκυστήρα αλλά και στο λόμπυ τα φώτα είναι πάντα ανοιχτά, καθώς δεν υπάρχει διακόπτης ρύθμισης έντασης φωτισμού, με αποτέλεσμα σε κάποιες περιπτώσεις όλα τα φώτα να παραμένουν ανοιχτά ακόμα κι αν χρειάζεται μόνο ένα μικρό ποσοστό πρόσθετου φωτισμού πέρα από τον φυσικό.

Τα φώτα στις αίθουσες πολλαπλών χρήσεων, στο εστιατόριο, στο γραφείο και στην κουζίνα λειτουργούν μόνο στις ώρες λειτουργίας των χώρων αυτών και στη συνέχεια κλείνουν καθώς οι χώροι αυτοί την υπόλοιπη μέρα παραμένουν κενοί. Στις τουαλέτες και στην αποθήκη του ξενοδοχείου, τα φώτα ανοίγουν χειροκίνητα και παραμένουν ανοιχτά όλο το 24ωρο. Τέλος, λόγω του επαρκή φωτισμού στους χώρους των δωματίων, τα φώτα παραμένουν κλειστά τις ώρες που υπάρχει φυσικό φως και λειτουργούν κατά μέσο όρο από τις 5 μ.μ. μέχρι τις 12 π.μ. [23].

Στην εικόνα 3-7 φαίνονται τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού, μέσω του συντελεστή φωτισμού. Συγκεκριμένα, όταν ο συντελεστής παίρνει τιμή ίση του μηδενός, τα φώτα είναι κλειστά. Για όση ώρα ο συντελεστής έχει τιμή διάφορη του μηδενός, τα φώτα είναι ανοιχτά.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 3-7. Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού στους χώρους του ξενοδοχείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

3.6.4 Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

Για τη δημιουργία του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών στο χώρο των κουζινών εκτιμήθηκε η συνεχής λειτουργία τους καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του πρωινού μπουφέ. Για το λόγο αυτό ο συντελεστής πήρε τιμή 1 στο διάστημα 6:00πμ με 12:00μμ διότι βρισκόταν σε λειτουργία όλος ο ηλεκτρικός εξοπλισμός, ενώ στη συνέχεια της λειτουργίας της ο συντελεστής παίρνει μικρότερη τιμή αλλά όχι μηδενική, αφού λειτουργούν το βασικό μέρος του εξοπλισμού για τις υπόλοιπες ώρες που προσφέρονται γεύματα από το ξενοδοχείο. Ο κύριος εξοπλισμός των δωματίων που είναι τα ψυγεία, είναι σε πλήρη λειτουργία όλο το 24ωρο, όπως και ο καταψύκτης της κουζίνας. Αντίστοιχα, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του serverroom στο υπόγειο Α λειτουργεί συνεχώς, καθώς ο υπολογιστής – διακομιστής του ξενοδοχείου είναι συνέχεια αναμμένος. Επομένως, ο συντελεστής λειτουργίας των ψυγείων, του καταψύκτη και του serverroom είναι σταθερός και ίσος με 1. Επιπρόσθετα, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του γραφείου, ακολουθεί τις ώρες λειτουργίας του. Τέλος, η καφετέρια στην υποδοχή του ξενοδοχείου ανοίγει στις 7:00 πμ και λειτουργεί μέχρι τις 6:00 μμ. πλήρως, επομένως η τιμή του συντελεστή λειτουργίας του ηλεκτρικού εξοπλισμού παραμένει 1 για αυτές τις ώρες και τις υπόλοιπες πέφτει στο μηδέν.

3.6.5 Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας συστημάτων ψύξης και θέρμανσης

Τα χρονοδιαγράμματα των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης αναλύονται παρακάτω:

- **Χρονοδιάγραμμα Ψύξης – CLGSchedule**

Το σύστημα του κλιματισμού εκτιμήθηκε ότι τίθεται σε λειτουργία όλο το 24ωρο, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, με στόχο η θερμοκρασία του ξενοδοχείου να μην ξεπερνάει τους 26°C. Επομένως, ο κλιματισμός θα ενεργοποιείται σε ένα χώρο όταν η θερμοκρασία σε αυτόν έχει ξεπεράσει τους 26°C (στους οποίους έχει ρυθμιστεί ο θερμοστάτης) και θα απενεργοποιείται όταν επιτευχθεί θερμοκρασιακή ισορροπία σε αυτό το όριο.

- **Χρονοδιάγραμμα Θέρμανσης – HTGSchedule**

Το σύστημα θέρμανσης εκτιμήθηκε ότι τίθεται σε λειτουργία όλες τις ώρες της ημέρας με στόχο η θερμοκρασία του ξενοδοχείου να μην πέφτει ποτέ κάτω από τους 20 °C. Επομένως, το σύστημα θέρμανσης θα ενεργοποιείται για κάθε χώρο, θα ενεργοποιείται σε ένα χώρο όταν η θερμοκρασία σε αυτόν έχει πέσει κάτω από τους 20 °C και θα απενεργοποιείται όταν επιτευχθεί θερμοκρασιακή ισορροπία σε αυτό το όριο.

3.7 ΦΟΡΤΙΑ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα οριστούν όλες οι κατηγορίες «φορτίων» του ξενοδοχείου. Ουσιαστικά, προσδιορίζεται ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται κατά μέσο όρο σε κάθε χώρο, οι ηλεκτρικές συσκευές και το σύνολο της ενεργειακής τους κατανάλωσης, τα φωτιστικά σώματα που χρειάζονται για τον επαρκή φωτισμό του κάθε χώρου καθώς και η ενεργειακή κατανάλωση τους. Ακόμα, ορίζεται η

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ζήτηση ζεστού νερού χρήσης από τους καταναλωτές και όλες συσκευές του ξενοδοχείου που καταναλώνουν φυσικό αέριο.

3.7.1 Ορισμός ανθρώπων

Με τη χρήση των στοιχείων που δόθηκαν από τη διεύθυνση καθώς και τη συμβουλή του πίνακα 2.3 του φυλλαδίου ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 προσδιορίζεται ο αριθμός των ατόμων σε κάθε χώρο με σκοπό τον υπολογισμό των εσωτερικών θερμικών κερδών κάθε θερμικής ζώνης του ξενοδοχείου, τα οποία προκύπτουν ως συνάρτηση της πυκνότητας ανθρώπινης δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, για κάθε επιφάνεια χώρου εισήχθησαν ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται ανά τετραγωνικό μέτρο αυτής, ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και η εκτιμώμενη τιμή της ανθρώπινης ακτινοβολούμενης θερμότητας. Η τιμή της ανθρώπινης ακτινοβολίας είναι ένας δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει το είδος της θερμότητας που εκπέμπεται από τους ανθρώπους σε μια ζώνη. Σύμφωνα με τον πίνακα της IESVE για εσωτερικά κέρδη από την ανθρώπινη ακτινοβολία των κατοίκων ενός ξενοδοχείου, ο συντελεστής παίρνει την τιμή 0,2[24]. Ο αριθμός που καθορίζεται σε αυτό το πεδίο θα πολλαπλασιαστεί με τη συνολική αισθητή θερμότητα που εκπέμπεται από τους ανθρώπους για να δώσει το ποσό της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος σε μια ζώνη λόγω της παρουσίας ανθρώπων. Το υπόλοιπο του αισθητού φορτίου θεωρείται ότι είναι κέρδος θερμότητας με συναγωγή. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα λανθάνοντα κέρδη από τους ανθρώπους δεν περιλαμβάνονται ούτε στα κέρδη θερμότητας ακτινοβολίας ούτε στα κέρδη θερμότητας λόγω συναγωγής.

3.7.2 Ορισμός τεχνητού φωτισμού

Ύστερα από καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων κάθε χώρου του ξενοδοχείου, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3-3 μετρήθηκαν 274 λάμπες αλογόνου τύπου GU10 (εικόνα 3-8) , 216 λάμπες αλογόνου E14 (εικόνα 3-9) και 161 γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 (εικόνα 3-10). Στους περισσότερους κοινόχρηστους χώρους έχουν εγκατασταθεί χωνευτά φωτιστικά σώματα αλογόνου τύπου GU10, σε συνδυασμό με γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 (120 cm) περιφερειακά των χώρων οι οποίοι λειτουργούν σαν κρυφός φωτισμός. Τέλος, σε όλα τα δωμάτια, χρησιμοποιούνται λάμπες αλογόνου τύπου E14.

Τύπος	Ποσότητα	Κατανάλωση (W/ανά τεμάχιο)
Λάμπες αλογόνου E14	216	42
Λάμπες αλογόνου GU10	274	50
Λάμπες φθορισμού T8	161	36

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Πίνακας 3-3. Ανάλυση φωτιστικών σωμάτων



Εικόνα 4-8 . Λαμπτήρας αλογόνου τύπου GU10 (50 Watt Watt)



Εικόνα 3-9. Λάμπα αλογόνου τύπου E14 (42 Watt)



Εικόνα 3-10. Λάμπα φθορισμού T8 (36 Watt)

Χώρος ξενοδοχείου	Ηλεκτρική κατανάλωση τεχνητού φωτισμού (W)
Γραφείο	576
Καφετέρια	1720
Διάδρομοι	4160
Διάδρομος Υπογείου A	360
Ανελκυστήρας	200
Καταψύκτης	50
Κουζίνα	720
Λόμπυ (Βοηθητικός φωτισμός)	1360
Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων	4080
Εστιατόριο	5000
Δωμάτια	960
Κλιμακοστάσιο	250
Αποθήκη	144
Τουαλέτες	500
Υπόγειο B	860
Συνολική Ηλεκτρική Κατανάλωση Φωτισμού (W)	20940

Πίνακας 3-4 . Πραγματική ηλεκτρική ισχύς φωτισμού για κάθε χώρο, όπως καταγράφηκε κατά την επίσκεψη

Στις κατηγορίες Fraction Radiant, Fraction Visible, Return Air Fraction εισήχθησαν οι τυπικές τιμές 0.04, 0.1, 0.86 αντίστοιχα, που καθορίζονται σύμφωνα με τον τύπο των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται[25].

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

The screenshot shows the 'Loads' software interface. On the left, there is a sidebar with a tree view under 'Loads' containing 'People Definitions', 'Lights Definitions', and three light fixtures: 'Lights - Office', 'Lights - Cafeteria', and 'Lights - Corridor'. The 'Lights - Office' fixture is selected. The main panel displays the configuration for this fixture:

- Name:** Lights - Office
- Lighting Power:** 576.000000 W
- Watts Per Space Floor Area:** [Empty] W/m²
- Watts Per Person:** [Empty] W/person
- Fraction Radiant:** 0.040000
- Fraction Visible:** 0.100000
- Return Air Fraction:** 0.860000

Εικόνα 3-11. Ορισμός τεχνητού φωτισμού στην καρτέλα φορτίων

3.7.3 Παράμετροι ηλεκτρικού εξοπλισμού

Για το αντικείμενο Electric Equipment, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε προσθήκες θερμότητας στη ζώνη ως εξής[25]:

$$F_{convective} = 1 - (F_{radiant} + F_{latent} + F_{lost})$$

Εάν διατηρήσουμε το κλάσμα που χάνεται το ίδιο και αυξήσουμε το λανθάνον και το ακτινοβολούμενο κλάσμα, το κλάσμα συναγωγής θα μειωθεί σύμφωνα με αυτή την εξίσωση.

Στην κατηγορία αυτή εξετάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών, παραγόμενα από τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα σώματα κλιματισμού μέσα σε αυτές. Τα θερμικά κέρδη συναγωγής ($F_{convective}$) αποτελούν άμεσες προσθήκες θερμότητας στον αέρα της ζώνης. Τα κέρδη ακτινοβολίας ($F_{radiant}$) κατανέμονται στις επιφάνειες της ζώνης, όπου πρώτα απορροφώνται και στη συνέχεια απελευθερώνονται πίσω στο χώρο (με κάποιο κλάσμα να διοχετεύεται μέσω της επιφάνειας) σύμφωνα με τα επιφανειακά ισοζύγια θερμότητας. Τα λανθάνοντα κέρδη (F_{latent}) πρέπει να αντιμετωπίζονται από τον εξαερισμό ή τον εξοπλισμό κλιματισμού. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση από το λογισμικό EnergyPlus για τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν.

- **Fraction Latent**

Αυτό το πεδίο είναι ένας δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ποσότητα λανθάνουσας θερμότητας που εκλύεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό σε μια ζώνη. Ο αριθμός που καθορίζεται σε αυτό το πεδίο πολλαπλασιάζεται με τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό για να προκύψει η ποσότητα λανθάνουσας θερμότητας που παράγεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Η ενέργεια αυτή επηρεάζει το ισοζύγιο υγρασίας εντός της ζώνης. Για τις ηλεκτρικές συσκευές του ξενοδοχείου θεωρείται ίσος με μηδέν.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- **Fraction radiant**

Το πεδίο αυτό είναι ένας δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας μεγάλου μήκους κύματος που εκπέμπεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό σε μια ζώνη. Ο αριθμός που καθορίζεται σε αυτό το πεδίο θα πολλαπλασιαστεί με τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό για να προκύψει το ποσό του κέρδους θερμικής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που προκύπτει από τη λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού σε μια ζώνη. Το κλάσμα κέρδους ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον εξοπλισμό, θεωρείται μεταξύ 20-30%. [21]

- **Fraction Lost**

Αυτό το πεδίο είναι ένας δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ποσότητα χαμένης θερμότητας που προκύπτει από τη λειτουργία του εξοπλισμού σε μια ζώνη. Ο αριθμός που καθορίζεται σε αυτό το πεδίο πολλαπλασιάζεται με τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό για να προκύψει το ποσό της θερμότητας που δεν επηρεάζει τα ενεργειακά ισοζύγια της ζώνης. Αυτό μπορεί να αντιστοιχεί σε ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε μηχανικό έργο ή σε θερμότητα που εκλύεται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Οι ηλεκτρικές συσκευές είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε η ποσότητα χαμένης θερμότητας να είναι πρακτικά αμελητέα, επομένως ο συντελεστής αυτός μπορεί να θεωρηθεί ίσος με το μηδέν. Παρακάτω στον πίνακα 3-5 συνοψίζονται οι τιμές των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν για όλους τους χώρους σε συνάρτηση και με την εγκατεστημένη ισχύ των ηλεκτρικών συσκευών που προέκυψε από επιτόπου καταγραφή.

Ηλεκτρικός εξοπλισμός	Εγκατεστημένη ισχύς (W)	Fraction Latent	Fraction Radiant	Fraction Lost
Δωμάτιο Κατάψυξης	500	0	0.25	0
Καφετιέρες	3000	0	0.25	0
Ηλεκτρικός Φούρνος	6000	0	0.25	0
Ηλεκτρικές Τοστιέρες	3000	0	0.25	0
Καταψύκτες	16000	0	0.25	0
Θερμοθάλαμος	4400	0	0.25	0
Παγομηχανή	300	0	0.25	0
Ψυγείο	950	0	0.25	0
Καφετιέρα - Λόμπυ	2500	0	0.25	0
Πλυντήριο πιάτων	1500	0	0.25	0

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Ψύκτης	350	0	0.25	0
Θερμοθάλαμος – Λόμπυ	1200	0	0.25	0
Ψυγείακι – Λόμπυ	350	0	0.25	0
Υπολογιστές	2000	0	0.25	0
Εκτυπωτές	200	0	0.25	0
Server Room	4000	0	0.25	0
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)	46250	-	-	-

Πίνακας 3-5 . Ανάλυση της κατανάλωσης και των χαρακτηριστικών του ηλεκτρικού εξοπλισμού του ξενοδοχείου

3.8 HVAC

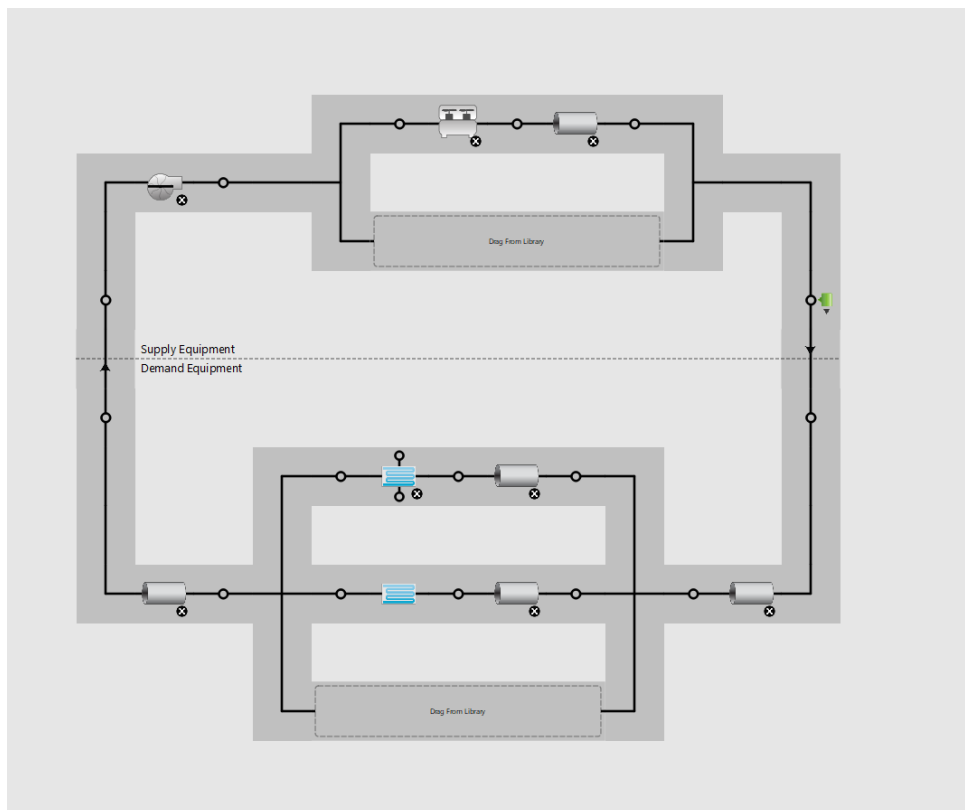
Ψύξη - Γενικά

Στην ξενοδοχειακή μονάδα, υπάρχει ξεχωριστό σύστημα ψύξης και θέρμανσης τα οποία συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δημιουργούνται οι κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες σε κάθε χώρο αναλόγως την εποχή. Συγκεκριμένα, στην οροφή του κτηρίου βρίσκεται μια μονάδα ψύξης τύπου Chiller. Η λειτουργία της μονάδας ψύξης είναι να μεταφέρει θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους στο εξωτερικό περιβάλλον. Συνήθως στο κύκλωμα ψύξης χρησιμοποιείται νερό ή διάλυμα νερού/γλυκόλης για τη μεταφορά της θερμότητας, γεγονός που απαιτεί ο ψύκτης να διαθέτει δεξαμενή και σύστημα άντλησης. Ανεξάρτητα από τον κλάδο και τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, η εξασφάλιση επαρκούς ψύξης είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγικότητα και την εξοικονόμηση κόστους.

Στην περίπτωση μας, το ψυκτικό μέσο είναι το νερό που παρέχεται από το δίκτυο ύδρευσης. Αφού το νερό ψυχτεί, ρέει μέσα από τα σπειρώματα των fan coils που είναι εγκατεστημένα στους εσωτερικούς χώρους, απάγει τη θερμότητα που βρίσκεται σε αυτούς και επιστρέφει πίσω στο Chiller της οροφής.

Στην εικόνα 3-12 δίνεται μια σχηματική απεικόνιση του κυκλώματος ψύξης που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση. Το κύκλωμα αυτό περιλαμβάνει το Chiller, το δίκτυο διανομής καθώς και τα Fan coils που εξυπηρετούν την ψύξη των χώρων.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

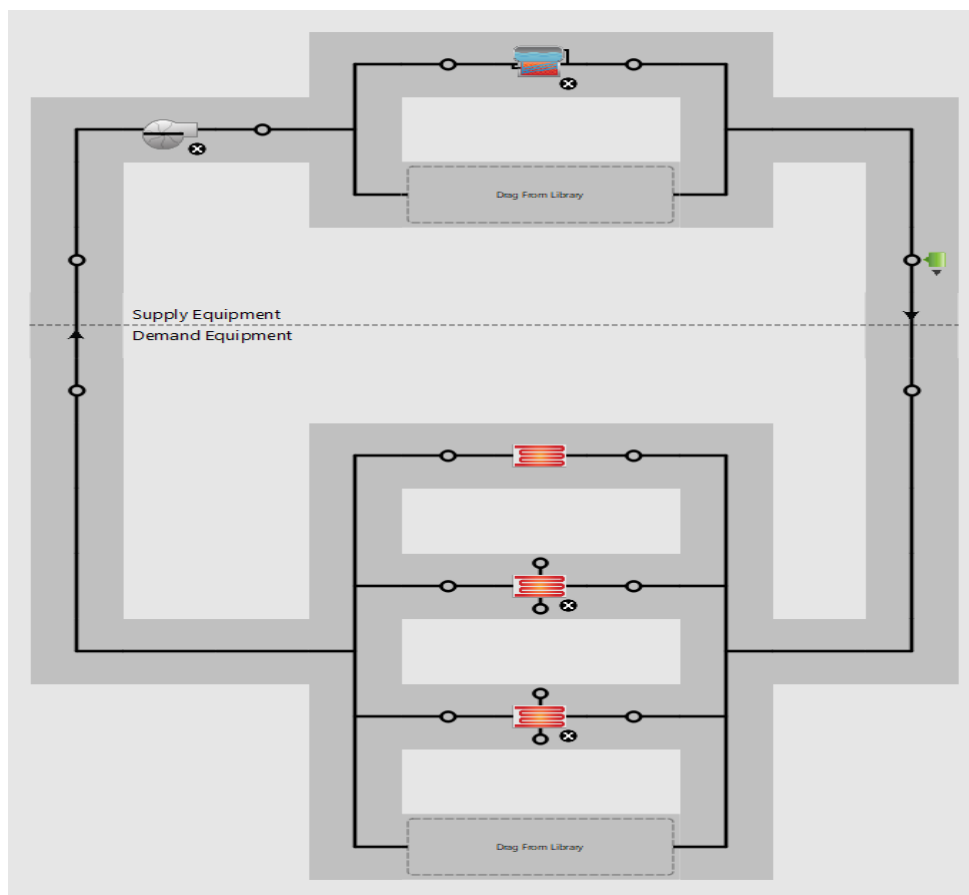


Εικόνα 3-12. Σχηματική απεικόνιση του κλειστού κυκλώματος ψύξης όπως έχει αποτυπωθεί στο λογισμικό OpenStudio. Διακρίνονται ο ψύκτης (πάνω), το δίκτυο κυκλοφορίας του ψυκτικού υγρού με τον κυκλοφορητή καθώς και οι μονάδες Fan Coils των χώρων (κάτω)

Θέρμανση - Γενικά

Για τη θέρμανση του κτηρίου, υπάρχει πάλι ένα κλειστό κύκλωμα με νερό το οποίο εισέρχεται σε ένα λέβητα αερίου ο οποίος το θερμαίνει και μέσω αντλιών τροφοδοτεί κάποια fan coils τα οποία θερμαίνουν τον αέρα που βρίσκεται γύρω τους, καθώς γίνεται αγωγή της θερμότητας από ένα ζεστό σώμα σε ένα πιο κρύο. Στην εικόνα 3-14 δίνεται μια σχηματική απεικόνιση του κυκλώματος θέρμανσης που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση. Το κύκλωμα αυτό περιλαμβάνει τον λέβητα, το δίκτυο διανομής καθώς και τα Fan coils που εξυπηρετούν τη θέρμανση των χώρων.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

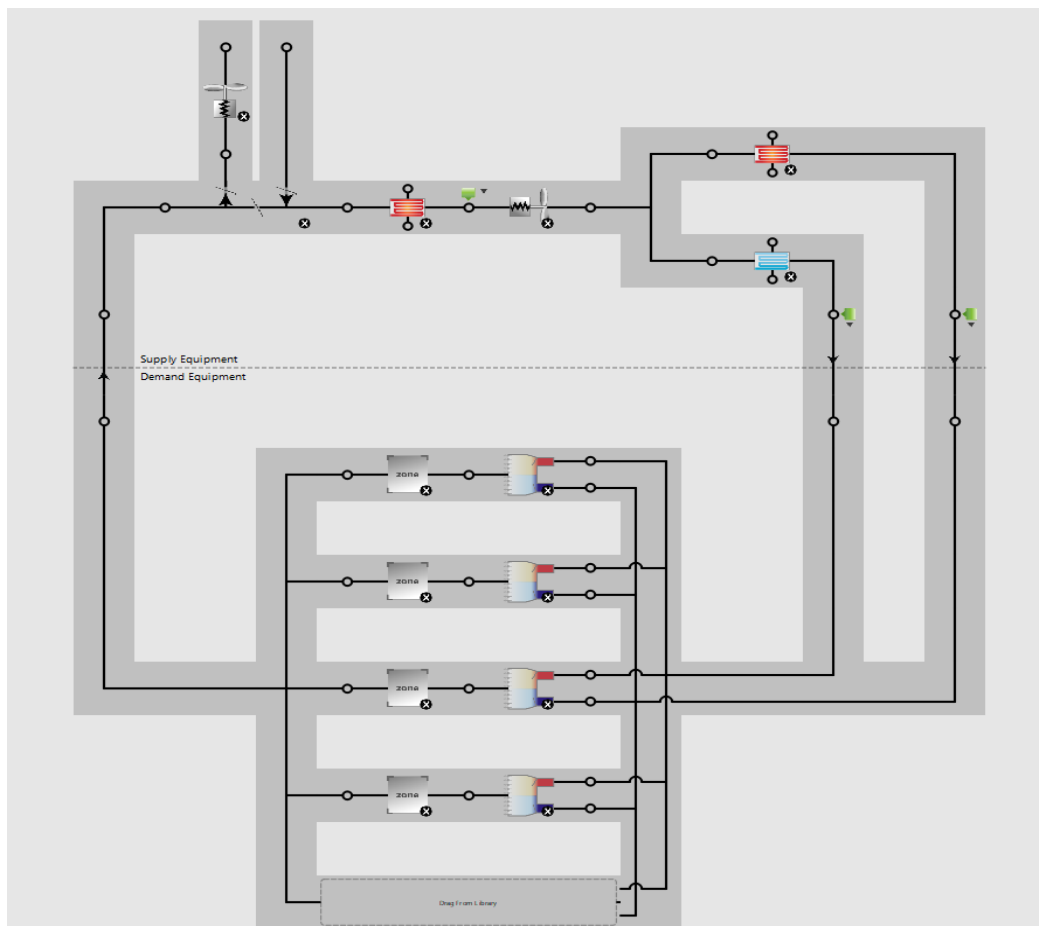


Εικόνα 3-13. Σχηματική απεικόνιση του κλειστού κυκλώματος θέρμανσης όπως έχει αποτυπωθεί στο λογισμικό OpenStudio. Διακρίνονται ο λέβητας (πάνω), το δίκτυο διανομής ζεστού νερού με τον κυκλοφορητή καθώς και οι μονάδες FanCoilτων χώρων (κάτω)

Σύστημα αερισμού – ψύξης – θέρμανσης των θερμικών ζωνών.

Οι χώροι του ξενοδοχείου έχουν χωριστεί σε 4 θερμικές ζώνες και για την εξυπηρέτησή τους υπάρχουν 4 μονάδες με fancoils οι οποίες τροφοδοτούν κάθε χώρο, μέσω ενός συστήματος αεραγωγών, με κρύο και θερμό αέρα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Επιπρόσθετα σημειώνεται ότι, σε κάθε μονάδα υπάρχει σύστημα ανάκτησης θερμότητας από τον απορριπτόμενο από το σύστημα αερισμού αέρα, το οποίο προθερμαίνει τον αέρα που εισέρχεται στο σύστημα από το περιβάλλον για εξοικονόμηση ενέργειας. Στη συνέχεια, ανάλογα με τη θερμοκρασία που διαβάζει ο θερμοστάτης της κάθε θερμικής ζώνης, ο προθερμασμένος αέρας διέρχεται από τα fancoils ή θέρμανσης για να τροφοδοτήσει τις θερμικές ζώνες ώστε να διατηρείται η θερμοκρασιακή ισορροπία που έχει οριστεί σε κάθε ζώνη. Επομένως, εκτός από το σύστημα ψύξης και θέρμανσης, λειτουργεί και πλήρες σύστημα αερισμού για όλους τους χώρους όπου προβλέπεται υποχρεωτικός αερισμός.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

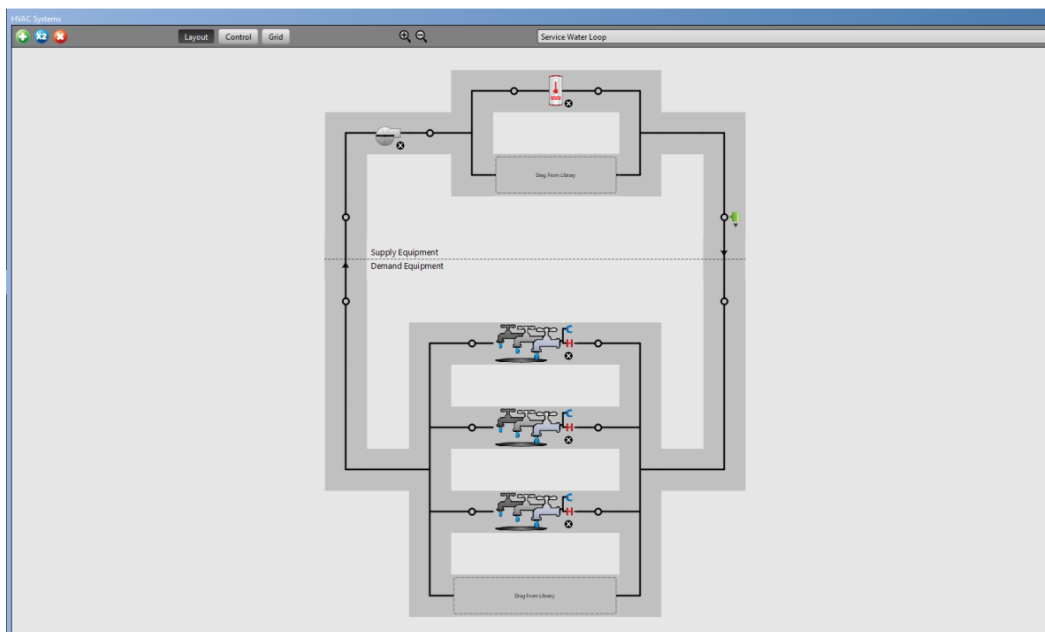


Εικόνα 3-14. Προσομοίωση μονάδων ρύθμισης θερμοκρασίας των θερμικών ζωνών του ξενοδοχείου

Ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ).

Για την κάλυψη ζήτησης ζεστού νερού χρήσης όλο το 24ωρο, χρησιμοποιείται boiler όγκου $3m^3$, που με φυσικό αέριο ζεσταίνει το νερό το οποίο μέσω κυκλοφορητών, μεταφέρεται μέσω του δικτύου διανομής για να χρησιμοποιηθεί από τους ενοίκους των δωματίων. Εφόσον η ανάγκη για ζεστό νερό υπάρχει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, το boiler ενεργοποιείται με τη βοήθεια του θερμοστάτη που έχει, κάθε φορά που το νερό στο δοχείο δεν βρίσκεται στην επιθυμητή θερμοκρασία στην οποία έχει ρυθμιστεί. Στην προκειμένη περίπτωση η επιθυμητή θερμοκρασία είναι $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Είναι σημαντικό η θερμοκρασία του νερού μέσα στο δοχείο να μην είναι μικρότερη από το παραπάνω όριο διότι δημιουργείται κίνδυνος ανάπτυξης βακτηρίων στο εσωτερικό του boiler από το αποθηκευμένο νερό, όπως η λεγεωνέλλα που προκαλεί τη νόσο των λεγεωναρίων. Στην εικόνα 3-15 απεικονίζεται το σύστημα ζεστού νερού χρήσης όπως έχει μελοποιηθεί μέσω του λογισμικού OpenStudio.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



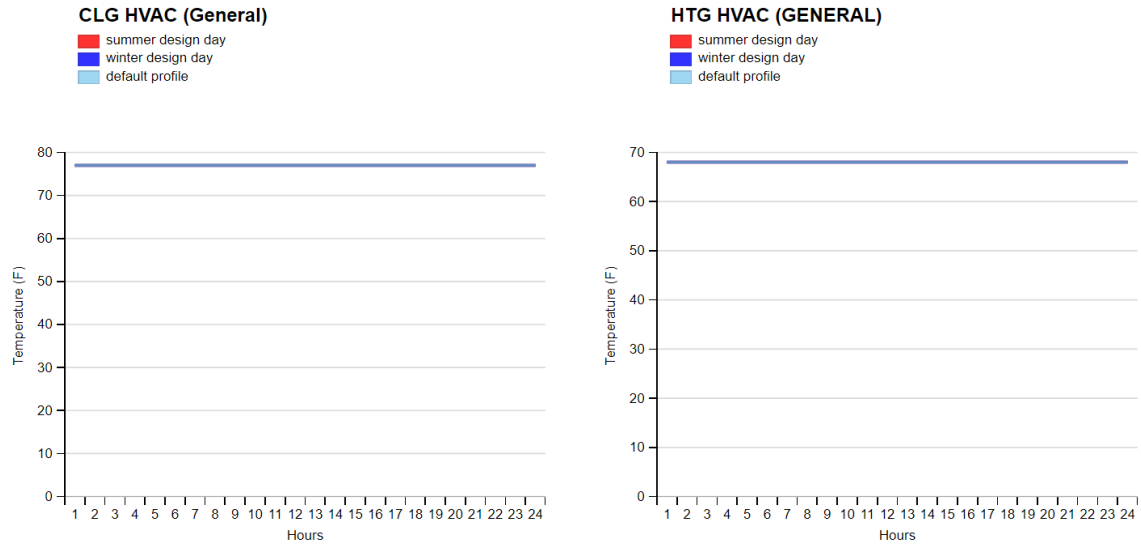
Εικόνα 3-15. Κύκλωμα ζεστού νερού χρήσης του ξενοδοχείου που περιλαμβάνει το boiler (πάνω), το δίκτυο διανομής με τον αντίστοιχο κυκλοφορητή καθώς και τα σημεία κατανάλωσης (κάτω)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά των βασικών στοιχείων που αποτελούν τα συστήματα HVAC:

	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ ΝΕΡΟΥ (m^3/s)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΕΞΟΔΟΥ (°C)
ΛΕΒΗΤΑΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	620	0.9	0.01385	85
BOILER	50	0.9	0.000675	65
Chiller (Ψύκτης)	460	5.5 (W/W)	0.00995	6.7

Πίνακας 3-6 . Βασικά χαρακτηριστικά των βασικών στοιχείων που αποτελούν τα συστήματα HVAC του ξενοδοχείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 3-16. Ρύθμιση θερμοστάτη για την ενεργοποίηση των συστημάτων ψύξης ή θέρμανσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης

4.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων (χωρίς αυτοματισμούς)

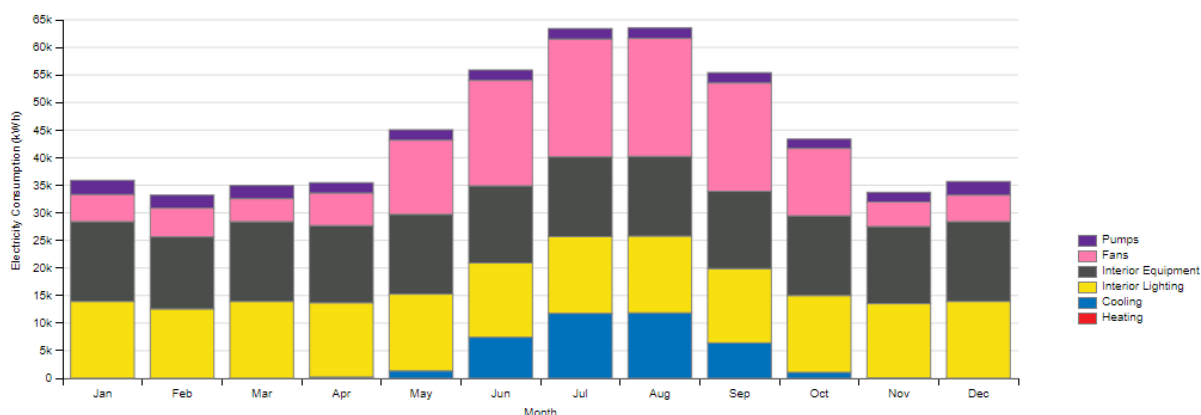
Σύμφωνα με την προσομοίωση, η ετήσια κατανάλωση του ξενοδοχείου είναι 3143758kBtu, ή αλλιώς 921345kWh. Το σύνολο της πραγματικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής) του ξενοδοχείου σε kWh είναι 921345kWh (ηλεκτρική ενέργεια ίση με 535719kWh , φυσικό αέριο ίσομε 385626kWh). Η διαφορά της θεωρητικής ετήσιας κατανάλωσης με την πραγματική είναι 28470kWh, δηλαδή το σφάλμα που προκύπτει είναι περίπου 3.1%. Επομένως, η ακρίβεια της προσομοίωσης θεωρείται αρκετά ικανοποιητική.

Και στον πίνακα της ηλεκτρικής κατανάλωσης αλλά και στο διάγραμμα που παρουσιάζονται στις στον πίνακα 4-1 και εικόνα 4-1 παρατηρείται πως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση είναι μηδενική και είναι λογικό, αφού για τη θέρμανση χρησιμοποιείται καυστήρας αερίου. Ακόμα, παρατηρείται πως ψύξη υπάρχει μόνο στους πιο ζεστούς μήνες το χρόνο για αυτό η κατανάλωση τους κρύους μήνες είναι μηδενική. Οι ηλεκτρικές αντλίες και οι ανεμιστήρες λειτουργούν όλο το χρόνο. Οι ανεμιστήρες καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εφόσον σχετίζονται άμεσα με τον κλιματισμό, ενώ οι ηλεκτρικές αντλίες χρησιμοποιούνται πιο έντονα κατά τους χειμερινούς μήνες, για την μεταφορά του ζεστού νερού χρήσης και της θέρμανσης του ξενοδοχείου.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling	15.95	9.13	13.43	224.79	1342.43	7435.92	11770.47	11874.5	6427.69	1086.81	61.81	17.37	40280.3
Interior Lighting	13915.42	12568.75	13915.42	13466.53	13915.42	13466.53	13915.42	13915.42	13466.53	13915.42	13466.53	13915.42	163842.78
Exterior Lighting													
Interior Equipment	14470.42	13070.06	14470.42	14003.61	14470.42	14003.61	14470.42	14470.42	14003.61	14470.42	14003.61	14470.42	170377.42
Exterior Equipment													
Fans	4925.33	5205.22	4170.61	5903.0	13457.86	19114.67	21355.25	21358.53	19666.39	12202.61	4431.72	4809.5	136600.69
Pumps	2577.08	2359.22	2382.28	1884.22	1876.93	1881.26	1916.87	1916.87	1865.76	1709.13	1764.41	2484.07	24618.11
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	35904.2	33212.38	34952.16	35482.15	45063.05	55901.98	63428.43	63535.73	55429.99	43384.39	33728.08	35696.77	535719.3

Πίνακας 4-1.Ετήσια Ηλεκτρική κατανάλωση ξενοδοχείου (ανά μήνα)

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



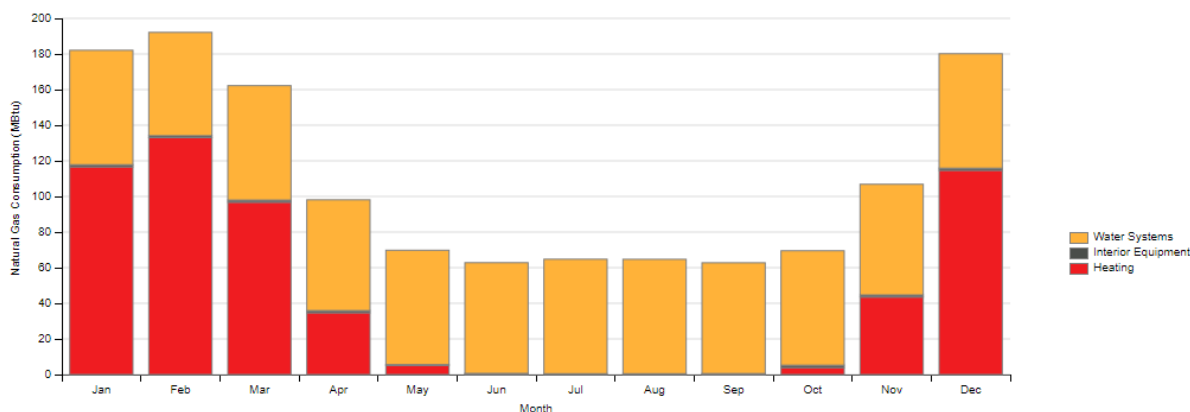
Εικόνα 4-1. Διάγραμμα ηλεκτρικής κατανάλωσης ξενοδοχείου

Στον πίνακα 4-2 και στην εικόνα 4-2 παρουσιάζεται η ετήσια θερμική κατανάλωση του ξενοδοχείου ανά μήνα. Με απλή παρατήρηση γίνεται αντιληπτό πως το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των επισκεπτών σε ζεστό νερό χρήσης και ύστερα για την θέρμανση του ξενοδοχείου. Η κατανάλωση φυσικού αερίου για θέρμανση είναι σχεδόν μηδενική τους θερμούς μήνες του έτους. Αντίθετα, είναι αρκετά ενδιαφέρον να παρατηρηθεί πως η κατανάλωση για την διατήρηση του νερού χρήσης σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, καθώς πρέπει να υπάρχει ζεστό νερό για την κάλυψη της ανάγκης κάθε πελάτη ανεξαρτήτως καιρού. Τέλος, ένα ελάχιστο ποσοστό της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης αποτελεί η κατηγορία του εσωτερικού εξοπλισμού του ξενοδοχείου, καθώς στην κουζίνα υπάρχει φούρνος φυσικού αερίου.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	116.64	133.01	96.77	34.69	5.07	0.18			0.09	3.91	43.51	114.68	548.55
Cooling													
Interior Lighting													
Exterior Lighting													
Interior Equipment	1.2	1.08	1.2	1.23	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	1.32	1.16	1.2	10.73
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems	64.24	58.04	64.26	62.18	64.25	62.16	64.28	64.23	62.2	64.26	62.16	64.27	756.52
Refrigeration													
Generators													
Total	182.08	192.13	162.22	98.1	69.8	62.8	64.75	64.7	62.75	69.5	106.83	180.15	1315.81

Πίνακας 4-2. Ετήσια θερμική κατανάλωση ξενοδοχείου (ανά μήνα)

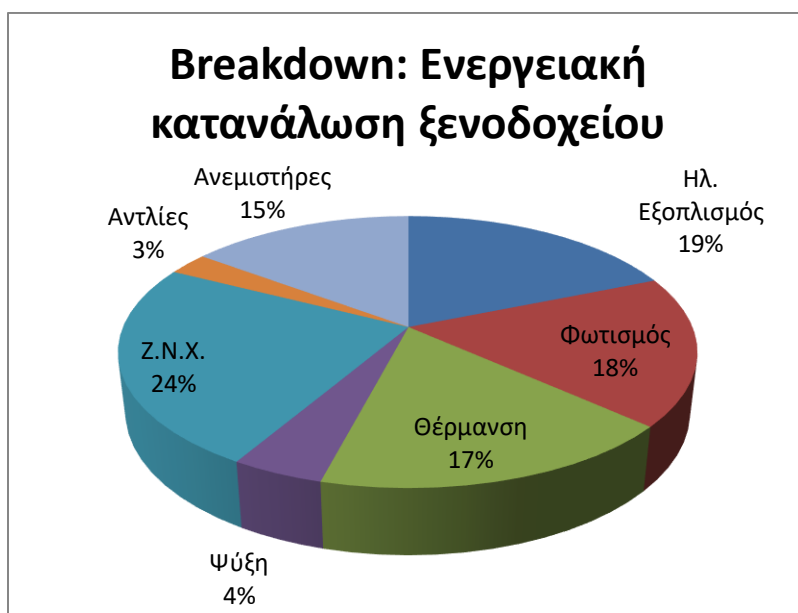
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 4-2. Διάγραμμα κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ξενοδοχείου

Breakdown ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου

Στην εικόνα 4-3 απεικονίζεται το ποσοστό της συνολικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνει κάθε τομέας ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου με τη βοήθεια διαγράμματος πίτας.



Εικόνα 4-3. Ποσοστιαία αναπαράσταση ενεργειακής κατανάλωσης των φορτίων του ξενοδοχείου στην αρχική του κατάσταση

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στις προηγούμενες παραγράφους, παρουσιάζονται τα δεδομένα που περιγράφουν το ξενοδοχείο στην τωρινή του κατάσταση και τα ενεργειακά δεδομένα που προκύπτουν ύστερα από την ψηφιακή προσομοίωση. Στην ενότητα αυτή, αναλύονται οι προτάσεις των αυτοματισμών που έχουμε

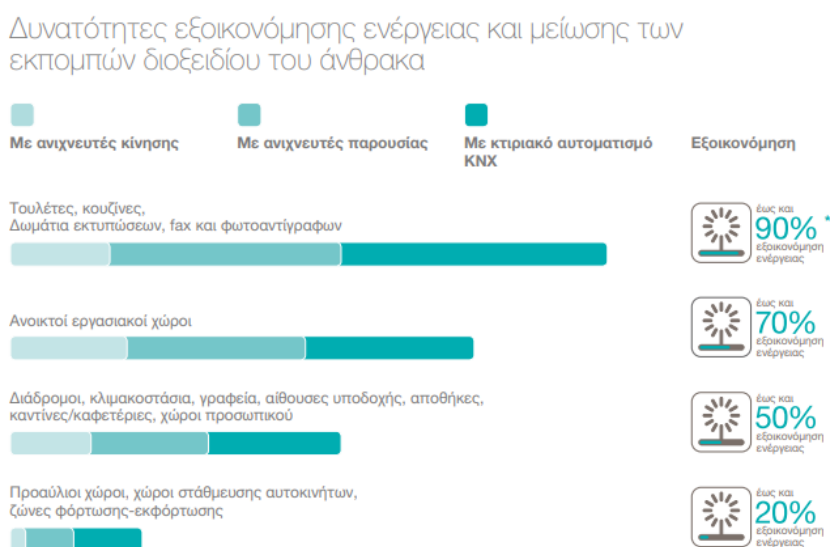
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

προαναφέρει και παρουσιάζονται τα δεδομένα που προκύπτουν ύστερα από την ψηφιακή προσομοίωση για κάθε σενάριο ξεχωριστά.

4.2.1 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ 1^ο - ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ για τους αισθητήρες κίνησης και παρουσίας φαίνεται πως με προσθήκη αισθητήρων παρουσίας σε χώρους όπως τουαλέτες και κουζίνες επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας έως και 20% (Πίνακας 5.4 σελ 159 ΤΟΤΕΕ_20701-1/2017). Στην εικόνα 4-4 δίνεται ένα διάγραμμα όπου απεικονίζονται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας (κατά μέγιστο) για αισθητήρες κίνησης και παρουσίας σύμφωνα με γνωστό κατασκευαστή.



Εικόνα 4-4. Σύγκριση δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας ανάμεσα σε αισθητήρες κίνησης και παρουσίας[18]

Πραγματοποιώντας τις παραπάνω αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φωτισμού των χώρων οι οποίοι επηρεάζονται από την εγκατάσταση των αισθητήρων κίνησης, προκύπτουν νέα αποτελέσματα για την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του ξενοδοχείου που φαίνονται παρακάτω:

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

	ΧΩΡΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	Εξοικονόμηση (%)	Κατανάλωση (kWh)	ΧΩΡΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση				Θέρμανση	160764.13	163489.69	-1.69
Ψύξη	40280.3	39850.0	1.07	Ψύξη			
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	125587.11	23.35	Εσωτ. Φωτισμός			
Εξωτ. Φωτισμός				Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42		Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	--
Εξωτ. Εξοπλισμός				Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες	136600.69	136362.33	0.17	Ανεμιστήρες			
Αντλίες	24618.11	24969.91	-1.43	Αντλίες			
Απόρριψη Θερμότητας				Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία				Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας				Ανάκτηση Θερμότητας			
Ζ.Ν.Χ				Ζ.Ν.Χ	221714.13	221717.06	--
Κατάψυξη				Κατάψυξη			
Γεννήτριες				Γεννήτριες			
Συνολικά	535719.3	497146.78	7.2	Συνολικά	385625.84	388351.40	-0.71

(α)

(β)

Πίνακας 4-3. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων ξενοδοχείου πριν και μετά την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας. (α) Ηλεκτρικές καταναλώσεις (kWh), (β) Θερμικές καταναλώσεις (kWh)

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Ξενοδοχείο με προσθήκη αισθητήρων παρουσίας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	497147	38572	7.2
Θερμική	385626	388531	-2905	-0.71
Τελικό αποτέλεσμα	921345	885678	35667	3.87

Πίνακας 4-4. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας ύστερα από προσθήκη αισθητήρων παρουσίας

Σύμφωνα με τον πίνακα 4-4 με την τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας στους κοινόχρηστους χώρους και στην κουζίνα, εξοικονομούνται 38572kWhκάθε χρόνο. Όμως, εφόσον τα φωτιστικά σώματα θα λειτουργούν λιγότερο, θα εκλύεται και λιγότερη θερμότητα από αυτά. Έτσι, για να καλυφθεί η μείωση των θερμικών εκλύσεων των λαμπτήρων φθορισμού, το σύστημα θέρμανσης του ξενοδοχείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

καταναλώνει 2905kWh θερμικής ενέργειας επιπλέον. Συνεπώς, η τελική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι ίση με 35667 kWh.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2^ο - ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΔΩΜΑΤΙΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΚΑΡΤΑ

Σύμφωνα με έρευνες, οι επισκέπτες παραμένουν το ήμισυ της διαμονής τους εκτός των δωματίων τους για διάφορους λόγους. Με την τοποθέτηση συστημάτων RFID σε κάθε δωμάτιο ξεχωριστά, τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και φωτισμού του δωματίου μεταβαίνουν σε λειτουργία εξοικονόμησης. Επομένως, από εκεί που το σύστημα θέρμανσης και ψύξης λειτουργεί κανονικά όλο το 24ωρο, στο σενάριο αυτό, μειώνεται η λειτουργία του κατά το ήμισυ καθώς η παρουσία του πελάτη στο δωμάτιο αποτελεί προϋπόθεση για να λειτουργήσει. Για να απεικονιστεί σωστά αυτό στην προσομοίωση, δημιουργήθηκαν ξεχωριστά schedules για τη θέρμανση και την ψύξη των δωματίων τα οποία συμβαδίζουν με την παρουσία του πελάτη στο δωμάτιο. Συγκεκριμένα, όσο το δωμάτιο δεν είναι κατειλημμένο, το θερμοκρασιακό όριο λειτουργίας της θέρμανσης πέφτει από τους 20 °C στους 17 °C και το θερμοκρασιακό όριο λειτουργίας της ψύξης ανεβαίνει από τους 25 °C στους 28 °C. Επίσης, μειώνεται και ο χρόνος λειτουργίας του φωτισμού των δωματίων καθώς τις ώρες που οι επισκέπτες απουσιάζουν, εκείνα παραμένουν κλειστά ακόμα και αν δεν έχουν κλείσει χειροκίνητα από τους ίδιους.

Πραγματοποιώντας τις παραπάνω αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φωτισμού και της θέρμανσης – ψύξης των υπνοδωματίων, προκύπτουν νέα αποτελέσματα για την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του ξενοδοχείου που φαίνονται παρακάτω:

Κατανάλωση (kWh)	ΧΩΡΙΣ RFID	ΜΕ RFID	Εξοικονόμηση (%)	Κατανάλωση (kWh)	ΧΩΡΙΣ RFID	ΜΕ RFID	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση				Θέρμανση	160764.13	160078.35	0.043
Ψύξη	40280.3	39419.43	2.18	Ψύξη			
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	151228.36	8.34	Εσωτ. Φωτισμός			
Εξωτ. Φωτισμός				Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	--	Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	--
Εξωτ. Εξοπλισμός				Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες	136600.69	129298.75	5.64	Ανεμιστήρες			
Αντλίες	24618.11	23573.23	4.43	Αντλίες			
Απόρριψη Θερμότητας				Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία				Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας				Ανάκτηση Θερμότητας			
Z.N.X				Z.N.X	221714.13	221714.13	--
Κατάψυξη				Κατάψυξη			
Γεννήτριες				Γεννήτριες			
Συνολικά	535719.3	513897.18	4.25	Συνολικά	385625.84	384940.06	0.018

(α)

(β)

Πίνακας 4-5. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων ξενοδοχείου πριν και μετά την εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού RFID στα δωμάτια . (α) Ηλεκτρικές καταναλώσεις , (β) Θερμικές καταναλώσεις

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Ξενοδοχείο με προσθήκη αυτοματισμού RFID (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	513897	21822	4.25
Θερμική	385626	384940	686	0.18
Τελικό αποτέλεσμα	921345	898837	22508	2.44

Πίνακας 4-6. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας κατόπιν προσθήκης RFID στα δωμάτια

Σύμφωνα με τον πίνακα 4-6 με την τοποθέτηση χειριστών RFID στα υπνοδωμάτια, επηρεάζονται τα ωράρια λειτουργίας του φωτισμού, της ψύξης και της θέρμανσης. Με την μείωση των ωρών λειτουργίας του κλιματισμού και του φωτισμού, εξοικονομούνται 21822 kWh ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο. Ταυτόχρονα, με τις αλλαγές των ωραρίων λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης των δωματίων, εξοικονομούνται και 686 kWh θερμικής ενέργειας. Παρατηρείται πως η εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας είναι πολύ μικρή και αυτό οφείλεται σε δύο λόγους. Κατά την απουσία των πελατών από τα δωμάτια, ο θερμοστάτης τους ρυθμίζεται στους 18°C από τους 20 °C στους οποίους είναι ρυθμισμένο κανονικά. Παρόλα αυτά, επειδή οι τοίχοι των δωματίων έχουν χαμηλή θερμοπερατότητα, η θερμοκρασία του χώρου έχει μονάχα μικρές μεταβολές. Έτσι, η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την παύση θέρμανσης των δωματίων είναι μικρή. Ταυτόχρονα, εφόσον με την απουσία του πελάτη, παύει η λειτουργία του φωτισμού και των λοιπών ηλεκτρικών συσκευών του δωματίου, παύει να υπάρχει και η θερμότητα που εκλύεται από αυτά. Επομένως, με την είσοδο του πελάτη στο δωμάτιο και την επαναφορά του θερμοστάτη στο θερμοκρασιακό όριο των 20 °C, το σύστημα θέρμανσης καλείται να καλύψει τις όποιες απώλειες θερμότητας υπήρξαν κατά την απουσία του πελάτη. Συνεπώς, για τους παραπάνω λόγους η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την προσθήκη αυτοματισμών RFID στα δωμάτια, συναντάται κυρίως σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ισούται με 22508 kWh.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3^ο - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ 1 και 2 ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ

Εφαρμόζοντας και τις δυο παραπάνω προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος του τεχνητού φωτισμού και των δωματίων του ξενοδοχείου αλλά και των κοινοχρήστων χώρων. Τα ενεργειακά αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση παραθέτονται παρακάτω:

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Κατανάλωση (kWh)	Χωρίς αυτοματισμούς	Με αυτοματισμούς	Εξοικονόμηση (%)	Κατανάλωση (kWh)	Χωρίς αυτοματισμούς	Με αυτοματισμούς	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση				Θέρμανση	160764.13	161596.45	- 0.52
Ψύξη	40280.3	38645.96	4.23	Ψύξη			
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	103827.19	57.8	Εσωτ. Φωτισμός			
Εξωτ. Φωτισμός				Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	--	Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	--
Εξωτ. Εξοπλισμός				Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες	136600.69	128913.61	5.96	Ανεμιστήρες			
Αντλίες	24618.11	24054.87	2.34	Αντλίες			
Απόρριψη Θερμότητας				Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία				Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας				Ανάκτηση Θερμότητας			
Ζ.Ν.Χ				Ζ.Ν.Χ	221717.05	221717.05	--
Κατάψυξη				Κατάψυξη			
Γεννήτριες				Γεννήτριες			
Συνολικά	535719.3	465819.05	13.05	Συνολικά	385625.24	386458.16	- 0.22

(α)

(β)

Πίνακας 4-7. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων ξενοδοχείου πριν και μετά την εφαρμογή όλων των αυτοματισμών στον τομέα του φωτισμού. **(α) Ηλεκτρικές καταναλώσεις, (β) Θερμικές καταναλώσεις**

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Ολοκληρωμένη εφαρμογή αυτοματισμών στο φωτισμό (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	465819	69900	13.05
Θερμική	385626	386458	-832	-0.22
Τελικό αποτέλεσμα	921345	852277	69068	8.1

Πίνακας 4-8. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας ύστερα από την ολοκληρωμένη εφαρμογή αυτοματισμών στον τομέα του φωτισμού του ξενοδοχείου

Σύμφωνα με τον πίνακα 4-8, εξοικονομούνται συνολικά 69900 kWh ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο. Όπως προαναφέρθηκε, για να καλυφθεί η μείωση των θερμικών εκλύσεων που προκύπτει από τη μείωση του συνολικού φορτίου φωτισμού, το σύστημα θέρμανσης του ξενοδοχείου καταναλώνει 832 kWh θερμικής ενέργειας επιπλέον. Συνεπώς, η τελική **ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας** του ξενοδοχείου ισούται με 69068 kWh.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Εφαρμόζοντας όλες τις παραπάνω προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κομμάτι του φωτισμού, πετυχαίνεται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας του ξενοδοχείου κατά 8.1% (από 921345kWh σε 852277kWh).

4.2.2 ΨΥΞΗ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

Στο υποκεφάλαιο 4.1 που έγινε η παρουσίαση των ενεργειακών δεδομένων του ξενοδοχείου, έγινε αντιληπτό πως μεγάλο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από τα συστήματα ψύξης – θέρμανσης του ξενοδοχείου και από την θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Έτσι, σε αυτή την ενότητα θα εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο κάνοντας κάποιες ρυθμίσεις στα συστήματα αυτά μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας.

ΨΥΞΗ:

Σενάριο 1^ο: Αύξησης θερμοκρασίας ψύξης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 25 °C → 26 °C)

Σενάριο 2^ο : Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 2 βαθμούς κελσίου (από 25 °C → 27 °C)

Σενάριο 3^ο : Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 3 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 25 °C → 28°C)

Σενάριο 4^ο : Συνδυασμός σεναρίων 1 και 3

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	1	2	3	4	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση						
Ψύξη	40280.3	40262.87	36092.57	40382.68	40384.37	-0.26
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	163842.78	163842.78	163842.78	163842.78	--
Εξωτ. Φωτισμός						
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	170377.42	170377.42	170377.42	--
Εξωτ. Εξοπλισμός						
Ανεμιστήρες	136600.69	125619.75	115119.53	127370.69	119109.75	12.8
Αντλίες	24618.11	23387.19	22024.05	23598.13	22767.33	7.52
Απόρριψη Θερμότητας						
Υγρασία						
Ανάκτηση Θερμότητας						
Z.N.X						
Κατάψυξη						
Γεννήτριες						
Συνολικά	535719.3	523490.0	507456.34	525571.7	516481.64	3.59

Πίνακας 4-9. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) αναλόγως του σεναρίου που εφαρμόστηκε.

Το σενάριο το οποίο είναι το πιο συμφέρον από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας είναι το σενάριο όπου γίνεται αύξηση του θερμοκρασιακού ορίου του θερμοστάτη του ξενοδοχείου κατά 2 °C καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Παρόλα αυτά, παίρνοντας υπόψη και τον παράγοντα προσφοράς άνεσης στους πελάτες του ξενοδοχείου, κρίνεται ως πιο βιώσιμη επιλογή το σενάριο 4 (μεικτό) κατά το οποίο έχουμε γενική αύξηση της θερμοκρασίας του ξενοδοχείου κατά 1 °C (από 25 °C → 26 °C) και επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας από 26 °C στους 28°C μόνο κατά τις νυκτερινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (11 μμ – 6 πμ). Η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας που φαίνεται στον πίνακα 4-9 προκύπτει συγκρίνοντας την ενέργεια που καταναλώνεται στο αρχικό σενάριο σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται στο σενάριο 4, το οποίο θα εφαρμοστεί.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	1	2	3	4	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση	160764.13	157455.36	156825.26	160904.81	157411.40	2.09
Ψύξη						
Εσωτ. Φωτισμός						
Εξωτ. Φωτισμός						
Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	3144.65	3144.65	3144.65	---
Εξωτ. Εξοπλισμός						
Ανεμιστήρες						
Αντλίες						
Απόρριψη Θερμότητας						
Υγρασία						
Ανάκτηση Θερμότητας						
Ζ.Ν.Χ	221717.05	221711.19	220508.83	221711.19	221717.05	---
Κατάψυξη						
Γεννήτριες						
Συνολικά	385625.24	382314.14	380478.74	385760.66	382273.11	0.87

Πίνακας 4-10. Σύγκριση ετήσιων καταναλώσεων θερμικής ενέργειας (kWh) αναλόγως του σεναρίου που εφαρμόστηκε

Σημειώνεται πως οι θερμικές καταναλώσεις μένουν σχεδόν αμετάβλητες κατά την εφαρμογή των παραπάνω σεναρίων καθώς το σύστημα θέρμανσης δεν επηρεάζεται από το σύστημα ψύξης, εφόσον τα θερμοκρασιακά όρια των θερμοστατών τους δεν συναντιούνται ποτέ. Έτσι, ενώ με την εφαρμογή του σεναρίου 4 παρατηρείται μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 3.59% , υπάρχει μόνο 0.87% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας.

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Ψύξη –εφαρμογή σεναρίου 4 (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	516482	19237	3.59
Θερμική	385625	382273	3352	0.87
Τελικό αποτέλεσμα	921344	898755	22589	2.45

Πίνακας 4-11. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας ύστερα από την εφαρμογή αυτοματισμών στον τομέα της ψύξης του ξενοδοχείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Με την εφαρμογή του σεναρίου 4 στο σύστημα ψύξης του ξενοδοχείου, επιτυγχάνεται συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας **22589kWh ή 2.45%**.

ΘΕΡΜΑΝΣΗ:

Σενάριο 1^ο :Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 20 ° C → 19 ° C)

Σενάριο 2^ο:Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 2 βαθμούς κελσίου (από 20 ° C → 18 ° C)

Σενάριο3^ο: Μείωση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 2 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 20 ° C → 18 ° C)

Σενάριο 4^ο (μεικτό):Συνδυασμός σεναρίου 1 με 3

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	1	2	3	4	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση						
Ψύξη	40280.3	40243.92	36092.57	40382.68	40141.14	0.35
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	163842.78	163842.78	163842.78	163842.78	
Εξωτ. Φωτισμός						
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	170377.42	170377.42	170377.42	--
Εξωτ. Εξοπλισμός						
Ανεμιστήρες	136600.69	131147.36	115119.53	127370.69	129193.97	5.42
Αντλίες	24618.11	24013.62	22024.05	23598.13	22454.53	8.79
Απόρριψη Θερμότητας						
Υγρασία						
Ανάκτηση Θερμότητας						
Z.N.X						
Κατάψυξη						
Γεννήτριες						
Συνολικά	535719.3	529625.1	507456.34	525571.7	516481.64	3.59

Πίνακας 4-12. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας αναλόγως του σεναρίου που εφαρμόστηκε για το σύστημα θέρμανσης

Με βάση τους πίνακες 4-12 και 4-13, το σενάριο το οποίο είναι το πιο συμφέρον από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας είναι το σενάριο 2, που γίνεται μείωση του θερμοκρασιακού ορίου του θερμοστάτη του ξενοδοχείου κατά 2 °C καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Παρόλα αυτά, έχοντας υπόψη και την άνεση που πρέπει να παρέχεται στους πελάτες του ξενοδοχείου, κρίνεται ως πιο βιώσιμη επιλογή το σενάριο 4 (μεικτό), κατά το οποίο έχουμε γενική μείωση της θερμοκρασίας του ξενοδοχείου κατά 1 °C (από 20 °C → 19 °C) και επιπλέον μείωση της θερμοκρασίας από 19 °C στους 18°C μόνο κατά

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

τις νυκτερινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (12 μμ – 6 πμ). Η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας που φαίνεται στον πίνακα 4-14 προκύπτει συγκρίνοντας την ενέργεια που καταναλώνεται στο αρχικό σενάριο σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται στο σενάριο 4, το οποίο θα εφαρμοστεί.

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	1	2	3	4	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση	160764.13	124147.84	91871.92	127430.23	107697.76	33.01
Ψύξη						
Εσωτ. Φωτισμός						
Εξωτ. Φωτισμός						
Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	3144.65	3144.65	3144.65	---
Εξωτ. Εξοπλισμός						
Ανεμιστήρες						
Αντλίες						
Απόρριψη Θερμότητας						
Υγρασία						
Ανάκτηση Θερμότητας						
Ζ.Ν.Χ	221717.05	221714.13	221717.06	221714.13	221714.13	---
Κατάψυξη						
Γεννήτριες						
Συνολικά	385625.24	349006.61	316733.63	352289	332556.53	13.76

Πίνακας 4-13. Σύγκριση ετησίων καταναλώσεων θερμικής ενέργειας αναλόγως του σεναρίου που εφαρμόστηκε για το σύστημα θέρμανσης

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Θέρμανση - σενάριο 4 (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	516482	19237	3.59
Θερμική	385625	332557	53068	13.76
Τελικό αποτέλεσμα	921344	849039	72305	7.85

Πίνακας 4-14. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας ύστερα από την εφαρμογή αυτοματισμών στον τομέα της θέρμανσης του ξενοδοχείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Με την εφαρμογή του σεναρίου 4 στο σύστημα θέρμανσης του ξενοδοχείου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση **19237kWh** ηλεκτρικής ενέργειας και **53068kWh** θερμικής ενέργειας που αναλογούν σε συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας κατά **7.85%**.

Συνδυασμός των βέλτιστων σεναρίων αυτοματισμού ψύξης και θέρμανσης:

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	Τελικό	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση			
Ψύξη	40280.3	40204.8	0.18
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	163842.78	--
Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	--
Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες	136600.69	113220.31	17.12
Αντλίες	24618.11	20769.33	15.64
Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας			
Z.N.X			
Κατάψυξη			
Γεννήτριες			
Συνολικά	535719.3	508414.64	5.09

Πίνακας 4-15 . Ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις και ποσοστό εξοικονόμησης ύστερα από την εφαρμογή των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	Μεικτό (θέρμανση - ψύξη)	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση	160764.13	105148.04	34.59
Ψύξη			
Εσωτ. Φωτισμός			
Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	---
Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες			
Αντλίες			
Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας			
Ζ.Ν.Χ	221717.05	221714.13	---
Κατάψυξη			
Γεννήτριες			
Συνολικά	385625.24	330006.82	14.42

Πίνακας 4-16 . Ετήσιες θερμικές καταναλώσεις και ποσοστό εξοικονόμησης ύστερα από την εφαρμογή των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Μεικτό Θέρμανση – ψύξη (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	508414	27305	5.09
Θερμική	385625	330007	55618	14.42
Τελικό αποτέλεσμα	921344	838421	82923	9

Πίνακας 4-17. Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας ύστερα από την ταυτόχρονη εφαρμογή αυτοματισμών στον τομέα της ψύξης και θέρμανσης του ξενοδοχείου

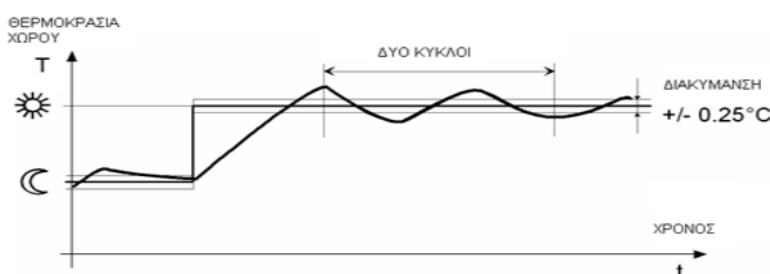
Με την εφαρμογή και των δύο προτάσεων για τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης του ξενοδοχείου, επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά **27305kWh** και της θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται, κατά **55618kWh** ετησίως. Για να εφαρμοστούν οι παραπάνω προτάσεις

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

για τη θέρμανση και την ψύξη, θα πρέπει να αντικατασταθούν οι αναλογικοί θερμοστάτες με ψηφιακούς, οι οποίοι έχουν ημερήσιο χρονοπρόγραμμα με 2 περιόδους θέρμανσης. Ταυτόχρονα λειτουργούν με βάση αλγόριθμο αυτοπροσαρμογής Self Learning (PIDέλεγχος δύο θέσεων on-off) που επιτυγχάνει ακρίβεια ± 0.25 βαθμούς κελσίου[26].

Λειτουργία Χρονοθερμοστάτη

Αλγόριθμος Αυτόπροσαρμογής (Self Learning)

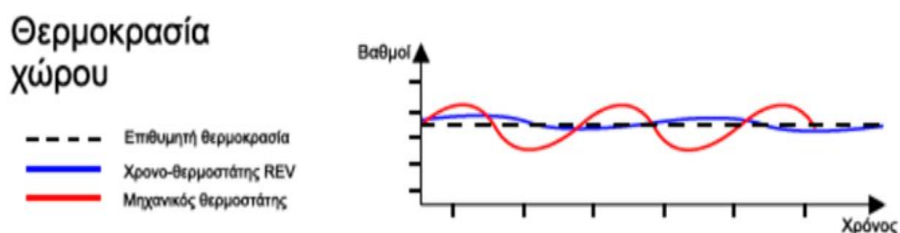


Εικόνα 4-5. Λειτουργία ψηφιακού θερμοστάτη με αλγόριθμο αναπροσαρμογής

- **Φάση εκμάθησης** - μετά από εκκίνηση ή επαναρύθμιση, ο ελεγκτής λειτουργεί κατά τη διάρκεια δύο κύκλων σαν ένας θερμοστάτης on-off με διακύμανση. Η διακύμανση είναι ± 0.25 °C. Ο ελεγκτής μετρά την θερμοκρασιακή διακύμανση προς τα άνω και κάτω κατά την διάρκεια αυτών των 2 κύκλων. Οι παράμετροι ελέγχου ρυθμίζονται τότε σαν αποτέλεσμα αυτών των μετρήσεων κατά την διάρκεια αυτών των 2 διακοπτικών κύκλων.
- Η χρονική διάρκεια της φάσης εκμάθησης εξαρτάται από τον τύπο ελέγχου (μέγεθος δωματίου, θερμαντική ισχύς, διαστάσεις θερμαντικών σωμάτων κλπ). Μετά την φάση εκμάθησης ο θερμοστάτης επανέρχεται στον κανονικό τρόπο λειτουργίας.
- Στον κανονικό τρόπο λειτουργίας, ο θερμοστάτης θα στέλνει on και off παλμούς ακόμα και όταν η θερμοκρασία χώρου είναι μέσα στα όρια διακύμανσης της θερμοκρασίας. Το αποτέλεσμα είναι πιο σύντομοι διακοπτικοί κύκλοι (άνοιγμα-κλείσιμο) και αυξημένη ευστάθεια θερμοκρασίας.
- Ο θερμοστάτης παραμένει μόνιμα ανοιχτός (και αντίστοιχα κλειστός) όταν η θερμοκρασία χώρου είναι πιο χαμηλά από $0,25$ °C (και αντίστοιχα πιο πάνω) από την επιθυμητή θερμοκρασία.
- Η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της εντολής εμποδίζεται για 3' μετά την τελευταία on/off αλλαγή κατάσταση. Αυτό αποτρέπει γρήγορους ρυθμούς λειτουργίας των καυστήρων και αποτρέπει την φθορά.

Υπεροχή χρονοθερμοστάτη σε σχέση με τον μηχανικό θερμοστάτη

Ο χρονοθερμοστάτης (ψηφιακός θερμοστάτης), σε αντίθεση με το μηχανικό θερμοστάτη, ανταποκρίνεται με ακρίβεια στις μεταβολές της θερμοκρασίας του χώρου εξοικονομώντας καύσιμο και εξασφαλίζοντας παράλληλα την επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο. Ο ψηφιακός θερμοστάτης διαθέτει ηλεκτρονικό επεξεργαστή, ο οποίος καταγράφει συνεχώς όχι μόνο τη θερμοκρασία που επικρατεί στο χώρο, αλλά και το ρυθμό μεταβολής της, είτε είναι αναμμένη η θέρμανση είτε όχι και προσαρμόζει τη λειτουργία του ανάλογα. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε καθημερινά τις ώρες που θέλουμε να έχει ο χώρος μας μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, αποφεύγοντας τη σπατάλη καυσίμου.



Εικόνα 4-6. Σύγκριση ακρίβειας χρονο-θερμοστάτη σε σχέση με τον μηχανικό θερμοστάτη

4.2.3 Ολοκληρωμένη πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας για το ξενοδοχείο

Ύστερα από ανάλυση όλων των παραπάνω προτάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν και να συντελέσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, συλλέγονται οι πιο συμφέρουσες προτάσεις και συνδυάζονται όλες μαζί έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα θα εφαρμοστούν:

Τομέας φωτισμού:

- Προσθήκη αισθητήρων παρουσίας σε χώρους στους οποίους είναι εφικτό
- Προσθήκη καρτοδιακόπτη για την διακοπή της παροχής ρεύματος στα δωμάτια, όταν αυτά δε χρησιμοποιούνται

Τομέας θέρμανσης:

- Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 20 ° C → 19 ° C)

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- Μείωση της θερμοκρασίας θέρμανσης κατά 2 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 19 ° C → 18 ° C)

Τομέας ψύξης:

- Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 1 βαθμό κελσίου (από 25 °C → 26 °C)
- Αύξηση της θερμοκρασίας ψύξης κατά 2 βαθμούς κελσίου κατά τις βραδινές ώρες μέχρι τις πρώτες πρωινές (από 26°C → 28°C)

Σύμφωνα με τον πίνακα 4-18 φαίνεται πως με την εφαρμογή των αυτοματισμών στο ξενοδοχείο φαίνεται πως εξοικονομείται ενέργεια σε όλους τους παράγοντες που χρειάζονται ηλεκτρικό ρεύμα για να λειτουργήσουν. Επιπροσθέτως, στον πίνακα 4-19 παρατηρείται πως η κατανάλωση του εσωτερικού εξοπλισμού και του ΖΝΧ παραμένει αμετάβλητη. Ως εσωτερικός εξοπλισμός που λειτουργεί με φυσικό αέριο θεωρείται ένας φούρνος που υπάρχει στην κουζίνα του ξενοδοχείου. Εφόσον οι αυτοματισμοί που εφαρμόστηκαν δεν επηρεάζουν με κάποιο τρόπο κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, είναι λογικό η ενεργειακή του κατανάλωση να παραμένει ίδια.

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	Τελικό	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση			
Ψύξη	40280.3	38287.65	4.95
Εσωτ. Φωτισμός	163842.78	125587.11	23.35
Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	170377.42	170377.42	--
Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες	136600.69	107797.44	21.09
Αντλίες	24618.11	20488.57	16.77
Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας			
Ζ.Ν.Χ			
Κατάψυξη			
Γεννήτριες			
Συνολικά	535719.3	462538.18	13.66

Πίνακας 4-18 . Ετήσια κατανάλωση και εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει με την εφαρμογή ολοκληρωμένης πρότασης εξοικονόμησης ενέργειας

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

ΣΕΝΑΡΙΟ	Αρχικό	Μεικτό (θέρμανση - ψύξη)	Εξοικονόμηση (%)
Θέρμανση	160764.13	104128.15	35.23
Ψύξη			
Εσωτ. Φωτισμός			
Εξωτ. Φωτισμός			
Εσωτ. Εξοπλισμός	3144.65	3144.65	---
Εξωτ. Εξοπλισμός			
Ανεμιστήρες			
Αντλίες			
Απόρριψη Θερμότητας			
Υγρασία			
Ανάκτηση Θερμότητας			
Z.N.X	221717.05	221714.13	---
Κατάψυξη			
Γεννήτριες			
Συνολικά	385625.24	328986.93	14.69

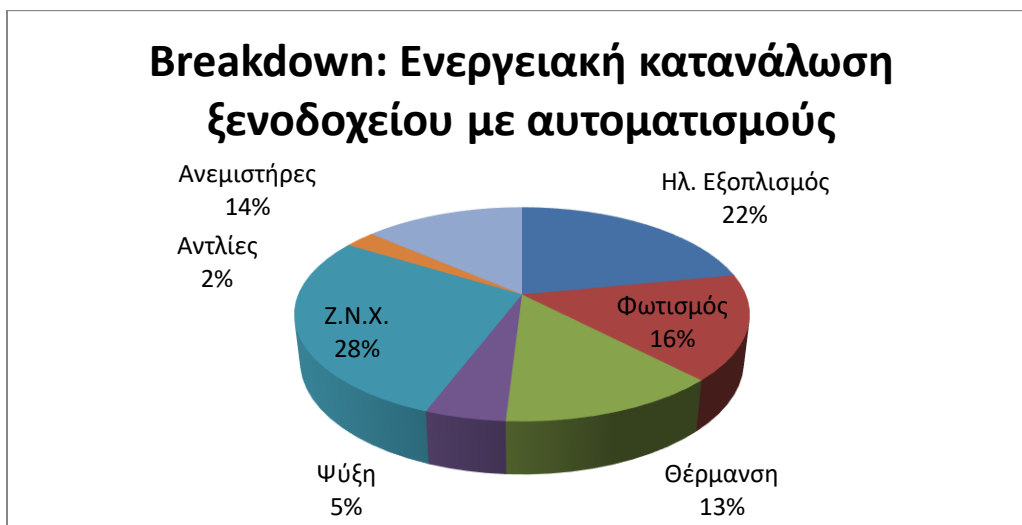
Πίνακας 4-19. Ετήσια κατανάλωση και εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας με την ολοκληρωμένη πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας

Μορφή ενέργειας	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές (kWh)	Ξενοδοχείο με προσθήκη κτηριακών αυτοματισμών (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Ηλεκτρική	535719	462538	73181	13.66
Θερμική	385625	328987	56638	14.69
Τελικό αποτέλεσμα	921344	791525	129819	14.09

Πίνακας 4-20. Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως έπειτα από την εφαρμογή κτηριακών αυτοματισμών

Το ξενοδοχείο στην αρχική του κατάσταση έχει μια συνολική ετήσια κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 921344 kWh. Μέσω της ολοκληρωμένης πρότασης εξοικονόμησης ενέργειας και την εφαρμογή των κτηριακών αυτοματισμών στο ξενοδοχείο, επιτυγχάνεται συνολική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου κατά 14.09 % με τη νέα συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του ξενοδοχείου να είναι ίση με 791525 kWh.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 4-7. Ποσοστιαία αναπαράσταση ενεργειακής κατανάλωσης των φορτίων του ξενοδοχείου ύστερα από την ολοκληρωμένη πρόταση αυτοματισμών

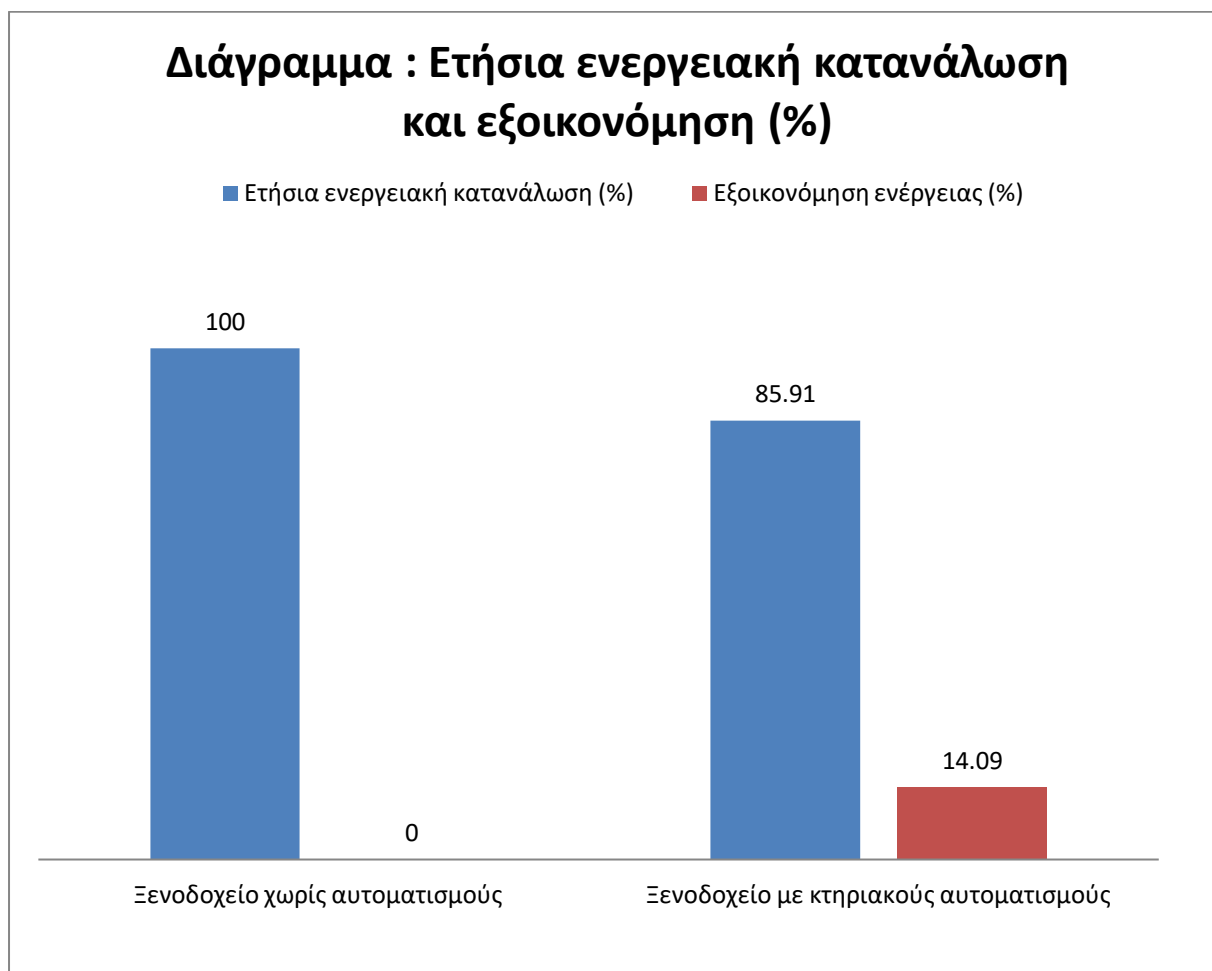
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Ηλ. Εξοπλισμός	173522
Φωτισμός	125587
Θέρμανση	104128
Ψύξη	38288
Ζ.Ν.Χ.	221714
Αντλίες	20489
Ανεμιστήρες	107797
Σύνολο ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας	791525

Πίνακας 4-21. Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας με βάση το είδος των φορτίων

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Ενέργεια	Ξενοδοχείο χωρίς μετατροπές	Κτηριακοί αυτοματισμοί	Ενέργεια (kWh)	Ξενοδοχείο με αυτοματισμούς
Ηλεκτρική (kWh)	535719	→	Ηλεκτρική (kWh)	462538
Θερμική (kWh)	385625		Θερμική (kWh)	328987
Σύνολο (kWh)	921344		Σύνολο (kWh)	791525

Εικόνα 4-8. Η δραματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του ξενοδοχείου μέσω των κτηριακών αυτοματισμών



Εικόνα 4-9. Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης του ξενοδοχείου πριν και μετά τις προτάσεις εξοικονόμησης

4.3 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΤΙΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ανά MWh):

Τα συμβάντα που έχουν λάβει χώρα παγκοσμίως την τελευταία διετία έχουν επηρεάσει την γενική παγκόσμια αγορά και αν μη τι άλλο και την αγορά ενέργειας. Έτσι, επειδή η τιμή της kWhέχει τεράστιες διακυμάνσεις και αλλάζει σχεδόν κάθε μήνα αν γινόταν η οικονομική ανάλυση με την παρούσα τιμή κιλοβατώρας, τα αποτελέσματα δε θα ήταν εντελώς αντιπροσωπευτικά. Επομένως, θα γίνει υπολογισμός της μεσοσταθμικής τιμής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για μια χρονική περίοδο διετίας. Τα δεδομένα για την μέση τιμή μεγαβατώρας πάρθηκαν από τα επίσημα στοιχεία του ΑΔΜΗΕ [28].

ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ (€/MWh)
ΕΤΟΣ 2020	58.1
ΕΤΟΣ 2021	132.12
ΕΤΟΣ 2022	299.76

Πίνακας 4-22 . Μεσοσταθμική τιμή ρεύματος ανά MWh για τα έτη 2020-2022.

Ο μέσος όρος τιμής της μεγαβατώρας για τα έτη 2020-2021 είναι 58.1 €/MWh και 132.12€/MWh αντίστοιχα. Επειδή για το 2022 έχουμε δεδομένα μέχρι τον 8^ο μήνα, ο συνολικός μέσος όρος της τιμής του ρεύματος θα προκύψει με χρονική βάση τον μήνα και όχι το έτος.

$$\begin{aligned} \text{Αξία Ηλεκτρικής Ενέργειας} &= \frac{58.1\text{€}}{\text{MWh}} * 12\text{μήνες} + \frac{132.12\text{€}}{\text{MWh}} * 12\text{ μήνες} + \frac{299.76\text{€}}{\text{MWh}} * 8\text{μήνες} \\ &= 146.27\text{€/MWh} \end{aligned}$$

Άρα θεωρείται μοναδιαία χρέωση ενέργειας 0.14627 €/kWh. Προσθέτοντας τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις του αντίστοιχου παρόχου, το συνολικό κόστος είναι **0.16714 €/kWh**. [29][30]

ΤΙΜΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ανά MWh):

Σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) η μεσοσταθμική τιμή φυσικού αερίου για το διάστημα 1/9/2020 με 1/5/2022 ισούται με 32.67 €/MWh[31][32][33].

$$\text{Αξία Φυσικού Αερίου} = 0.03267\text{€/kWh}$$

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Η καθαρή αξία του φυσικού αερίου ανά κιλοβατώρα είναι 0.03267€. Προσθέτοντας τις χρεώσεις για το δίκτυο μεταφοράς και διανομής, η τιμή του φυσικού αερίου ανέρχεται σε **0.05075€/kWh**.

Έχοντας ορίσει τις χρεώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος και του φυσικού αερίου πάνω στις οποίες θα βασιστεί η οικονομοτεχνική μελέτη, εξετάζεται η συνολική απόδοση της εφαρμογής της ολοκληρωμένης πρότασης εξοικονόμησης ενέργειας και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης αυτής.

Ολοκληρωμένη πρόταση

Η ολοκληρωμένη πρόταση περιλαμβάνει παρεμβάσεις στον τομέα του φωτισμού, της ψύξης και της θέρμανσης του κτηρίου.

• ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Αισθητήρες παρουσίας: Για τους κοινόχρηστους χώρους όπως οι διάδρομοι, οι σκάλες και ο κεντρικός χώρος των τουαλετών, το μοντέλο αισθητήρα που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο αισθητήρας παρουσίας ημιχωνευτής τοποθέτησης EE811, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με 2 αισθητήρες 360° καλύπτουν ένα εξαιρετικά μεγάλο εύρος ανίχνευσης έως 13 x 7 μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι μεγάλοι χώροι μπορούν να επιβλέπονται από έναν μόνο αισθητήρα παρουσίας. Για μεμονωμένους χώρους όπως οι ατομικές τουαλέτες και η αποθήκη θα τοποθετηθούν αισθητήρες παρουσίας EE815 οι οποίοι έχουν εμβέλεια 6 μέτρα και είναι ιδανικοί για αυτή τη χρήση[29]. Το ενδεικτικό κόστος για την τοποθέτηση των αισθητήρων παρουσίας είναι σύμφωνα με τις τιμές του φυλλαδίου της HAGER.

Λόγω της μορφολογίας των διαδρόμων των δωματίων, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4-13 θα χρειαστούν 4 αισθητήρες EE811 και 1 αισθητήρας EE815 για την κάλυψη των διαδρόμων του κάθε ορόφου. Για τον διάδρομο του υπογείου Α, θα χρειαστεί μονάχα ένας αισθητήρας καθώς είναι αρκετός για να τον καλύψει ολόκληρο. Τέλος θα τοποθετηθεί ένας ακόμα αισθητήρας του τύπου EE811 στον κεντρικό χώρο των τουαλετών.

	Ποσότητα	Τιμή (€)	Κόστος (€)
Αισθητήρας EE811	14	124.44	1742.16
Αισθητήρας EE815	8	74.97	599.76
Κόστος εργασίας (€)	2200 + 528 (ΦΠΑ)		2728
Συνολικό κόστος (€)	5069.92		

Πίνακας 4-23. Κοστολόγηση υλικών και εργασίας για την προσθήκη αισθητήρων παρουσίας

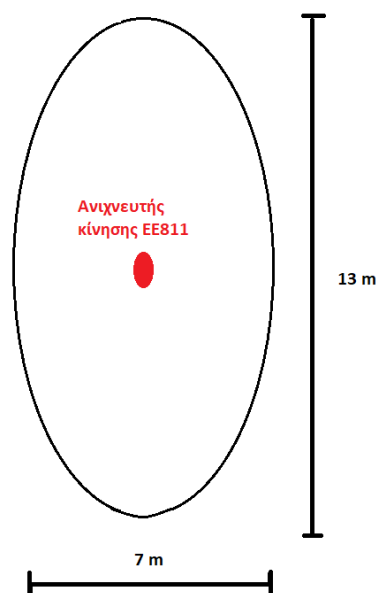
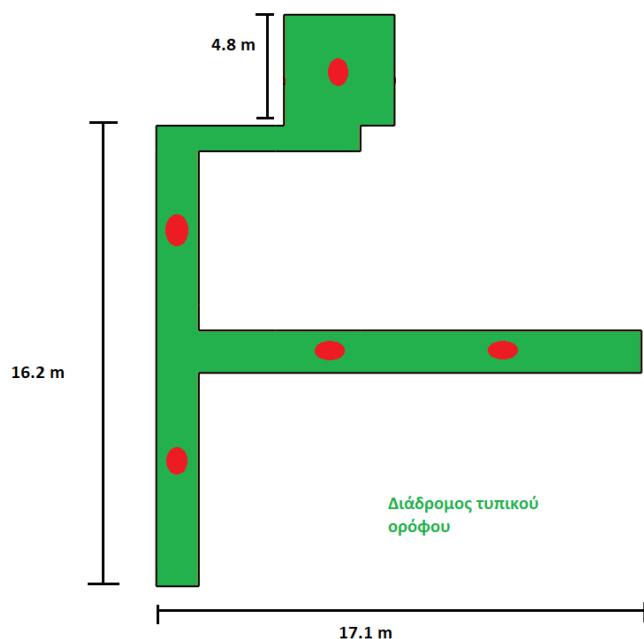
Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Εικόνα 4-11. Αισθητήρας παρουσίας EE815 (χωνευτός)



Εικόνα 4-12. Αισθητήρας παρουσίας EE811(ημιχωνευτός)



Εικόνα 4-13. Ενδεικτική τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης για την κάλυψη των διαδρόμων

Ηλεκτρονική κάρτα RFID:

Κάθε δωμάτιο, στην είσοδο του διαθέτει έναν πίνακα ο οποίος αποτελείται από ένα γενικό διακόπτη, ένα ρελέ διαρροής και ασφάλειες για τα φορτία του δωματίου. Για την εφαρμογή του αυτοματισμού RFID, σε κάθε δωμάτιο χρειάζεται να τοποθετηθεί ένας μαγνητικός καρτοδιακόπτης που θα συνδέεται με ένα ρελέ ισχύος 2x 25 A (τύπου NO) το οποίο βρίσκεται μέσα στον πίνακα, για να διακόπτει τη φάση και τον ουδέτερο της γραμμής που τροφοδοτεί τα φορτία του δωματίου. Το ξενοδοχείο διαθέτει συνολικά 54 δωμάτια, επομένως θα χρειαστούν 54 μαγνητικοί καρτοαναγνώστες και 54 ρελέ ισχύος. Τα κόστη εξοπλισμού υπολογίζονται παρακάτω, βασισμένα σε τιμές του καταλόγου της ABB και της OlympiaElectronics. (συμπεριλαμβάνεται ΦΠΑ)

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

	Ποσότητα	Τιμή (€)	Κόστος (€)
Καρτοδιακόπτης ξενοδοχείου GR-50	54	19.19	1036.26
Ρελέ ισχύος ράγας 20 A 230VAC/DC 2NO	54	26.41	1426.14
Κόστος εργασίας (€)	5400 + 1296 (ΦΠΑ)		6696
Συνολικό κόστος (€)	9158.4		

Πίνακας 4-24. Κοστολόγηση υλικών και εργασίας για την προσθήκη καρτοδιακοπών RFID

- ΨΥΞΗ-ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Για την κάλυψη των χώρων του ξενοδοχείου (πλην των δωματίων) θα χρειαστεί να τοποθετηθούν συνολικά 9 ψηφιακοί θερμοστάτες. Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν θερμοστάτες χώρου ημερήσιοι τύπου REV13 της SIEMENS. Η τιμή του κομματιού είναι στα 71.99 € συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ.

	Ποσότητα	Τιμή (€)	Κόστος (€)
Θερμοστάτης REV13 (SIEMENS)	9	71.99	647.91
Κόστος εργασίας (€)	600 + 144 (ΦΠΑ)		744
Συνολικό κόστος	1391.91		

Πίνακας 4-25. Κοστολόγηση υλικών και εργασίας για την προσθήκη ψηφιακών θερμοστατών

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

Κοστολόγηση δαπάνης:

Το συνολικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνει το κόστος της εργασίας και των υλικών που αναφέρθηκαν αναλυτικά στα προηγούμενα σενάρια:

$$\text{Κόστος} = 5069.92 \text{ €} + 9158.4 \text{ €} + 1391.91 = 15621.23 \text{ €}$$

Το ξενοδοχείο στην αρχική του κατάσταση έχει μια συνολική ετήσια κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 921344 kWh. Μέσω της ολοκληρωμένης πρότασης εξοικονόμησης ενέργειας και την εφαρμογή των κτηριακών αυτοματισμών στο ξενοδοχείο, επιτυγχάνεται συνολική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου κατά 16.4 % με τη νέα συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του ξενοδοχείου να είναι ίση με 791525 kWh. Δηλαδή εξοικονομήθηκαν 129819kWh από τις οποίες οι 73181 kWh χρησιμοποιούνταν ως ηλεκτρική ενέργεια και οι άλλες 56638 ως θερμική. Πολλαπλασιάζοντας τη θερμική και την ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομήθηκαν με τους αντίστοιχους συντελεστές κόστους τους ανά κιλοβατώρα, προκύπτει συνολικό **ετήσιο κέρδος** με **15105.85€** ($0.16714\text{€/kWh} \cdot 73181\text{kWh} + 0.05075\text{€/kWh} \cdot 56638\text{kWh}$). Το συνολικό κόστος ισούται με **15621.23€**, επομένως ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης με υπολογισμό απλής αποπληρωμής είναι γύρω στους 12 μήνες:

Χρόνος απόσβεσης:

$$n = \frac{\text{Κόστος (€)}}{\text{Κέρδος (€)/έτος}} = \frac{15621.23}{15105.85} = 1.03 \text{ έτη } (\approx 12 \text{ μήνες})$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να αναδειχθεί ο τομέας των αυτοματισμών ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας που καταναλώνεται από εμπορικά και οικιστικά κτήρια. Η ξενοδοχειακή μονάδα που αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης της εργασίας, όντας χτισμένη το 1960, παρουσίαζε προβλήματα και δυσλειτουργίες σε διάφορους τομείς, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να υπάρχουν ενεργειακές απώλειες που σε άλλη περίπτωση δε θα υπήρχαν. Ύστερα από επίσκεψη στο κτήριο και κατόπιν ενημέρωσης από το αρμόδιο προσωπικό, συγκεντρώθηκαν οι αδυναμίες του, κάποιες από τις οποίες διορθώθηκαν. Εκ παραλλήλου, έγιναν προτάσεις αυτοματισμών σε διάφορους τομείς του κτηρίου, οι οποίες λειτουργούν και ως τρόπος εκσυγχρονισμού του.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του προγράμματος, γίνεται εμφανές πως η εφαρμογή αυτοματισμών και γενικότερα των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που έγιναν για το εξεταζόμενο κτήριο, βελτίωσαν την ενεργειακή του απόδοση αισθητά. Συγκεκριμένα, με την εφαρμογή όλων των αυτοματισμών που προτάθηκαν, επιτεύχθηκε μια συνολική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, της τάξης του 14.09% , αποφέροντας ένα ετήσιο οικονομικό κέρδος που υψώνεται στα 14368.23 €. Με τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτηρίου, παράλληλα με τον οικονομικό τομέα, επωφελείται και ο περιβαλλοντικός. Με βάση τον πίνακα 1.2 (TOTEE 20701-1/2017), αυτό σημαίνει πως εκλύονται $(72376 + 11101) \text{ kg} = 83477 \text{ kg}$ διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) λιγότερα κάθε χρόνο.

Ως προτάσεις για περαιτέρω μελέτη προκειμένου να αποτιμηθεί η δυνατότητα επιπλέον εξοικονόμησης ενέργειας, θα μπορούσαν να είναι η χρήση ενός συστήματος αυτοματισμού κτηρίου (BuildingAutomationSystem–BAS) και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).

Ένα σύστημα αυτοματισμού κτηρίου (BAS) είναι ένα δίκτυο που έχει σχεδιαστεί για να συνδέει και να αυτοματοποιεί ορισμένες λειτουργίες μέσα σε ένα κτήριο. Όλα τα συστήματα ελέγχου του κτηρίου, από το φωτισμό και το HVAC (Θέρμανση, Αερισμός και Κλιματισμός) έως τα συστήματα πυρασφάλειας και ασφάλειας μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα συστήματα αυτοματισμού κτηρίων (BAS) αποτελούν συχνά μέρος και των πράσινων κτηρίων. Στο παρελθόν, τα συστήματα αυτοματισμών κτηρίων (BAS) χρησιμοποιούνταν κυρίως για την αυτοματοποίηση των λειτουργιών HVAC. Ωστόσο, ένα έξυπνο κτήριο είναι κάτι περισσότερο από τις αυτοματοποιημένες λειτουργίες HVAC και στην πραγματικότητα περιλαμβάνει τον έλεγχο πρόσβασης, τον φωτισμό, τη διαχείριση ενέργειας, τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και ένα ευρύ φάσμα άλλων λειτουργιών. Ουσιαστικά, το σύστημα αυτοματισμού κτηρίων δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη του να επικοινωνεί με το κτήριο και να ελέγχει όλες τις λειτουργίες του μέσω ενός πίνακα – οθόνης ελέγχου. Όμως, καθώς η τεχνολογία του κτηριακού αυτοματισμού κτηρίων έχει πολλά προτερήματα, έχει και δύο βασικά μειονεκτήματα:

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- Ένα σύστημα BAS για να τοποθετηθεί σε ένα προϋπάρχων κτήριο, σημαίνει προσθήκη πρόσθετης καλωδίωσης σε όλο το κτήριο, πράγμα που καθιστά τη διαδικασία δαπανηρή και χρονοβόρα.
- Μέχρι τώρα, τα συστήματα BAS είχαν τα δικά τους πρωτόκολλα ή πλατφόρμες επικοινωνίας τα οποία διέφεραν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Αυτό λειτουργούσε ως εμπόδιο για κάποιον ιδιοκτήτη ακινήτου με BAS, ο οποίος ήθελε να επωφεληθεί από την ανταγωνιστική αγορά και δεσμευόταν σε έναν κατασκευαστή.

Η εισαγωγή ανοικτών πλατφορμών BAS οδηγεί σε βελτιωμένη ευελιξία μέσω ανοικτών διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (API) και ανοικτών πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ του εξοπλισμού για τη μεταφορά δεδομένων για παρακολούθηση και ανάλυση. Αυτό μεταφράζεται σε αυξημένη επεκτασιμότητα και ανταγωνιστικές τιμές. Το πιο διαδεδομένο σύστημα BAS σε Ευρωπαϊκό αλλά και παγκόσμιο επίπεδο, είναι το σύστημα KNX αφού πάνω από 340 KNX εταιρίες-μέλη προσφέρουν παγκοσμίως σχεδόν 7000 πιστοποιημένες ομάδες προϊόντων KNX στους καταλόγους τους, από διαφορετικά πεδία εφαρμογών.[34]

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) περιγράφει το δίκτυο φυσικών αντικειμένων - "πραγμάτων" - που είναι ενσωματωμένα με αισθητήρες, λογισμικό και άλλες τεχνολογίες με σκοπό τη σύνδεση και την ανταλλαγή δεδομένων με άλλες συσκευές και συστήματα μέσω του Διαδικτύου. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι από απλές οικιακές συσκευές έως εξελιγμένα βιομηχανικά εργαλεία. Με περισσότερες από 10 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές IoT σήμερα, οι ειδικοί αναμένουν ότι ο αριθμός αυτός θα αυξηθεί σε 22 δισεκατομμύρια έως το 2025. Τα τελευταία χρόνια, το IoT έχει γίνει μια από τις σημαντικότερες τεχνολογίες του 21ου αιώνα. Τώρα που μπορούμε να συνδέσουμε καθημερινά αντικείμενα – ηλεκτρικές συσκευές, αυτοκίνητα, θερμοστάτες, μόνιτορ για μωρά- με το διαδίκτυο, είναι δυνατή η απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων, διαδικασιών και αντικειμένων. Με τη βοήθεια του υπολογιστικού συστήματος χαμηλού κόστους, του νέφους (cloud), των μεγάλων δεδομένων (bigdata), της ανάλυσης και των κινητών τεχνολογιών, τα φυσικά αντικείμενα μπορούν να μοιράζονται και να συλλέγουν δεδομένα με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Σε αυτόν τον υπερσυνδεδεμένο κόσμο, τα ψηφιακά συστήματα μπορούν να καταγράφουν, να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ των συνδεδεμένων πραγμάτων[35]. Επιπλέον, τεχνολογίες όπως το IoT, η μηχανική μάθηση και οι νέες δυνατότητες συνδεσιμότητας έχουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος των συστημάτων αυτοματισμού κτηρίων [36]. Με τους ιδιοκτήτες κτηρίων και τους διαχειριστές εγκαταστάσεων να εστιάζουν σε μεγάλο βαθμό στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στην εξοικονόμηση κόστους, η προηγμένη ανίχνευση και διάγνωση βλαβών, η ενεργειακή ανάλυση και η ενσωμάτωση στο δίκτυο γίνονται κρίσιμα χαρακτηριστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Βιβλιογραφία

- [1] ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, «In focus: Energy Efficiency in buildings»
https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_en
- [2] «Η κατάσταση του περιβάλλοντος στην Ευρώπη το 2020»
<https://www.eea.europa.eu/el/highlights/i-katastasi-toy-periballontos-stin>
- [3] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_21_3544
- [4] ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ
Ayres, R.U., Walter, J. The greenhouse effect: Damages, costs and abatement. Environmental and Resource Economics 1, 237–270 (1991).
<https://doi.org/10.1007/BF00367920>
- [5] ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, «ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ», ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020
<https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>
- [6] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ»
<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
- [7] ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/energeiaki_diaxeirisi.htm
- [8] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ»
<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
- [9] ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΣΥΜΦΩΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΙΜΑ: «ΠΡΑΣΙΝΑ ΚΤΗΡΙΑ»
https://europa.eu/climate-pact/about/priority-topics/green-buildings_el

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- [10] Zito, Phil. *Building Automation Systems A to Z: How to Survive in a World Full of BAS*, North Charleston, South Carolina: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
- <https://guides.smartbuildingsacademy.com/building-automation-system>
- [11] SUSTAINABLE BUILDINGS INDUSTRY COUNCIL, US Dept. of Energy, 4th edition(2007)
- [12] R.J. Howlett, J. R. Littlewood, L. C. Jain, «*Emerging Research in Sustainable Energy and Buildings for a Low-Carbon Future*», Springer, 2021
- [13] Doukas, Haris, Konstantinos D. Patlitzianas, Konstantinos Iatropoulos, and John Psarras. "Intelligent Building Energy Management System Using Rule Sets." *Building and Environment* 42, no. 10 (October 2007): 3562–69. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.024>.
- [14] Κτηριακοί αυτοματισμοί: Συστήματα και Οφέλη
<http://indelex-smarthomexpo.eu/en/indelex-blog/>
- [15] <https://openstudio.net/>
- [16] <https://energyplus.net/>
- [17] Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), δεδομένα
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
- [18] LightandEnergyManagement, HAGER
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewj8wLvk5cj6AhVFPOwKHcaLC5AQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hagerelectro.com.au%2Ffiles%2Fdownload%2F0%2F6443_1%2F0%2F06_Light_and_Energy_Management.pdf
- [19] Merz, Hermann, Thomas Hansemann, and Christof Hübner. *Building Automation: Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet*. 2nd ed. 2018. Signals and Communication Technology. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73223-7>.

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- [20] Larry Brackney, Andrew Parker, Daniel Macumber, Kyle Benne, «*Building Energy Modeling with OpenStudio: A Practical Guide for Students and Professionals*», Springer, 1st edition, 2018
- [21] <https://liftscalatorlibrary.org/>
- [22] «ΑΝΑΤΟΛΗ, ΔΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΗΜΕΡΑΣ»
<https://www.stigmap.gr/anatoli-dysh-iliou-2022.php>
- [23] https://help.iesve.com/ve2019/internal_gains_1.htm
- [24] Energy EnergyPlus™ Version 9.6.0 Documentation, Input Output Reference, U.S. Department of Energy, 2021
https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.6.0/InputOutputReference.pdf
- [25] Datasheet αισθητήρων EE811 ΚΑΙ EE815, Hager
<https://www.hager.gr/e-catalogue/e/ee815/59392.htm>
- [26] Datasheet room temperature controller REV24, Siemens
- [27] Μεσοσταθμική τιμή ενέργειας, ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΔΜΗΕ)

<https://www.admie.gr/agora/enimerotika-deltia/mesostathmiki-timi-agogoras?since=30.09.2020&until=30.09.2022&op=%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AE>
- [28] ΠΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ
<https://intercom.help/watt-volt/el/articles>

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

- [29] https://www.elpedison.gr/files/1/%CE%9C%CE%95%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%97/Regulated%20Tables%20MV_GR1.pdf
- [30] ΠΡΑΤΗΡΙΟ ΤΙΜΩΝ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ – ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
fuelprices.gr/deltia.view
- [31] ΡΑΕ – ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
<https://www.rae.gr/anakoineseis/43697/>
- [32] Zurawski, Richard, ed. *Industrial Communication Technology Handbook*. Second edition. Industrial Information Technology Series. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015.
- [33] K. Shafique, B. A. Khawaja, F. Sabir, S. Qazi and M. Mustaqim, "Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 23022-23040, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970118.
- [34] B.S. Brad and M.M. Murar, "Smart Buildings using IoT Technologies", *Construction of Unique Buildings and Structures*, 5(20), p. 15-27, (2014)
<https://www.buildingsiot.com/blog/preparing-for-the-future-of-building-automation-systems-bd>
- [35] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) - «ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ»
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf
- [36] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017) - «ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ»

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

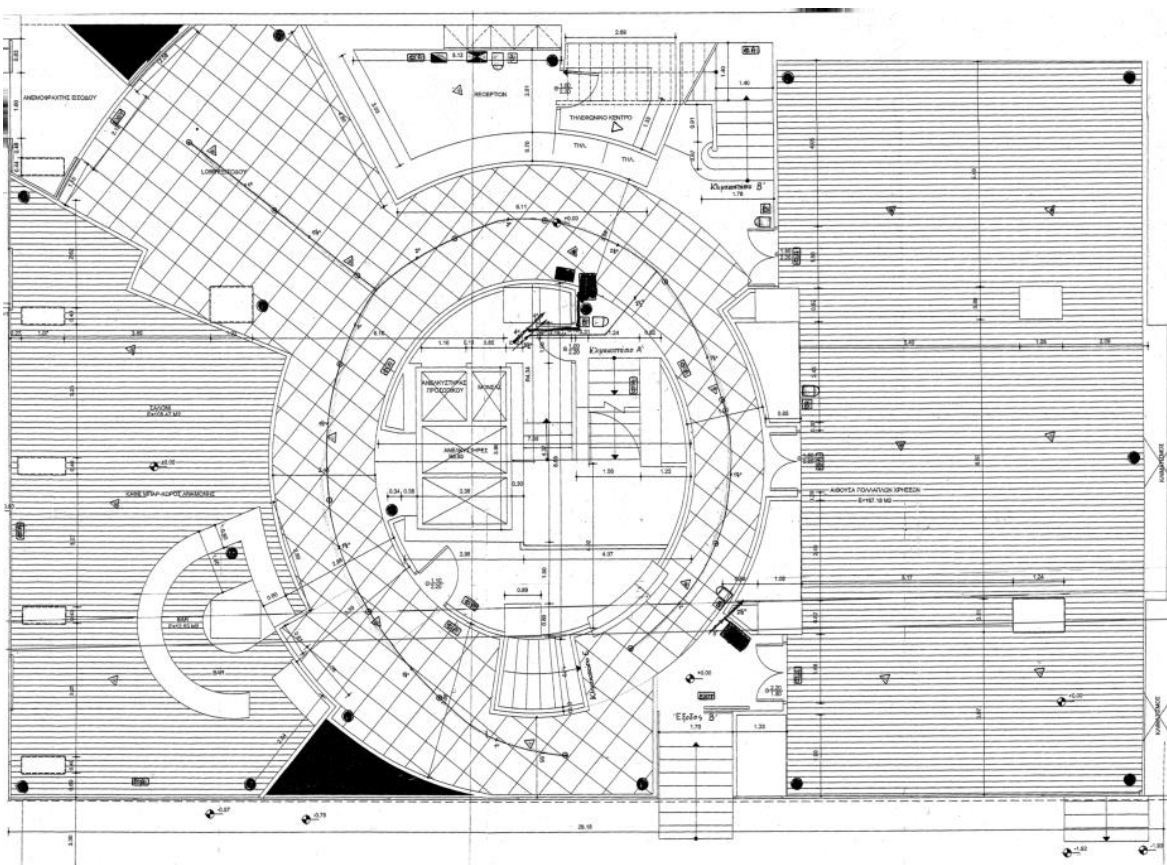
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_207_01-2_2017_TEE_1st_Edition.pdf

- [37] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2017) - «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_207_01-3_2010_TEE_3rd_Edition.pdf

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

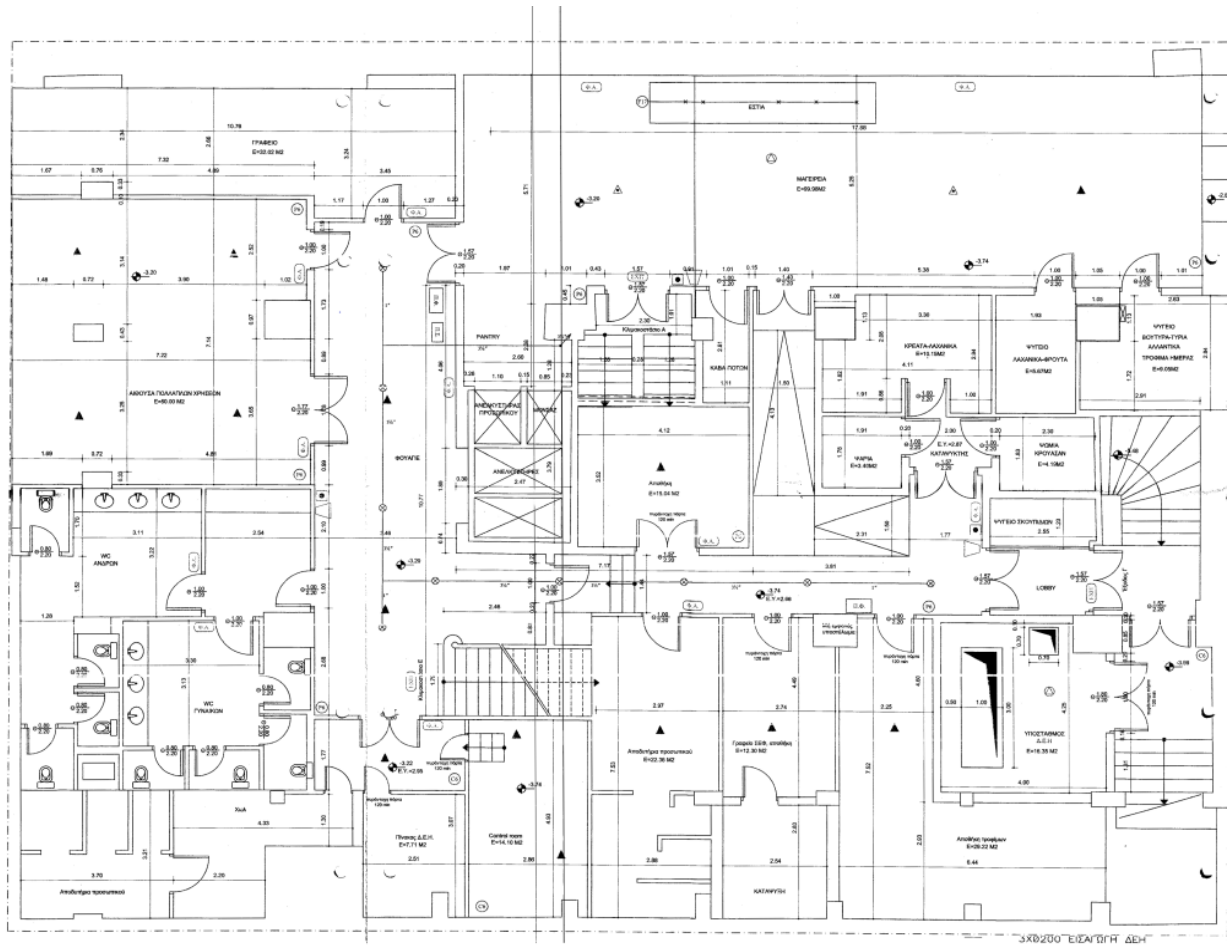
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι κατόψεις του ξενοδοχείου:



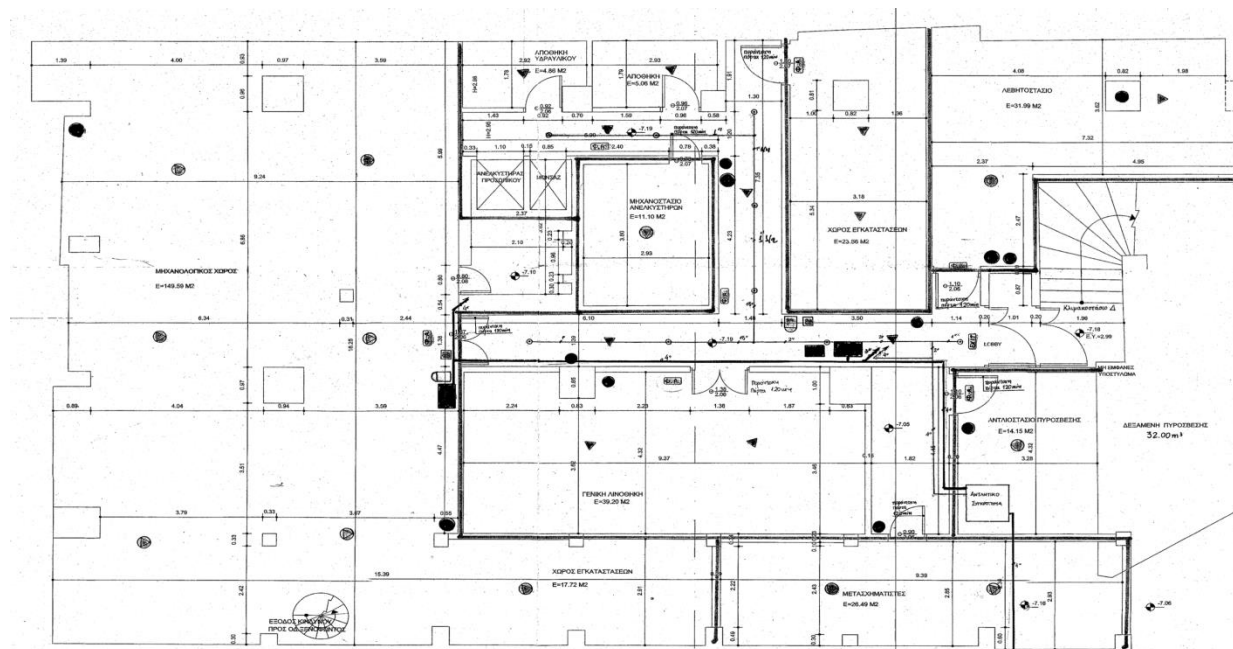
Κάτοψη ισογείου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

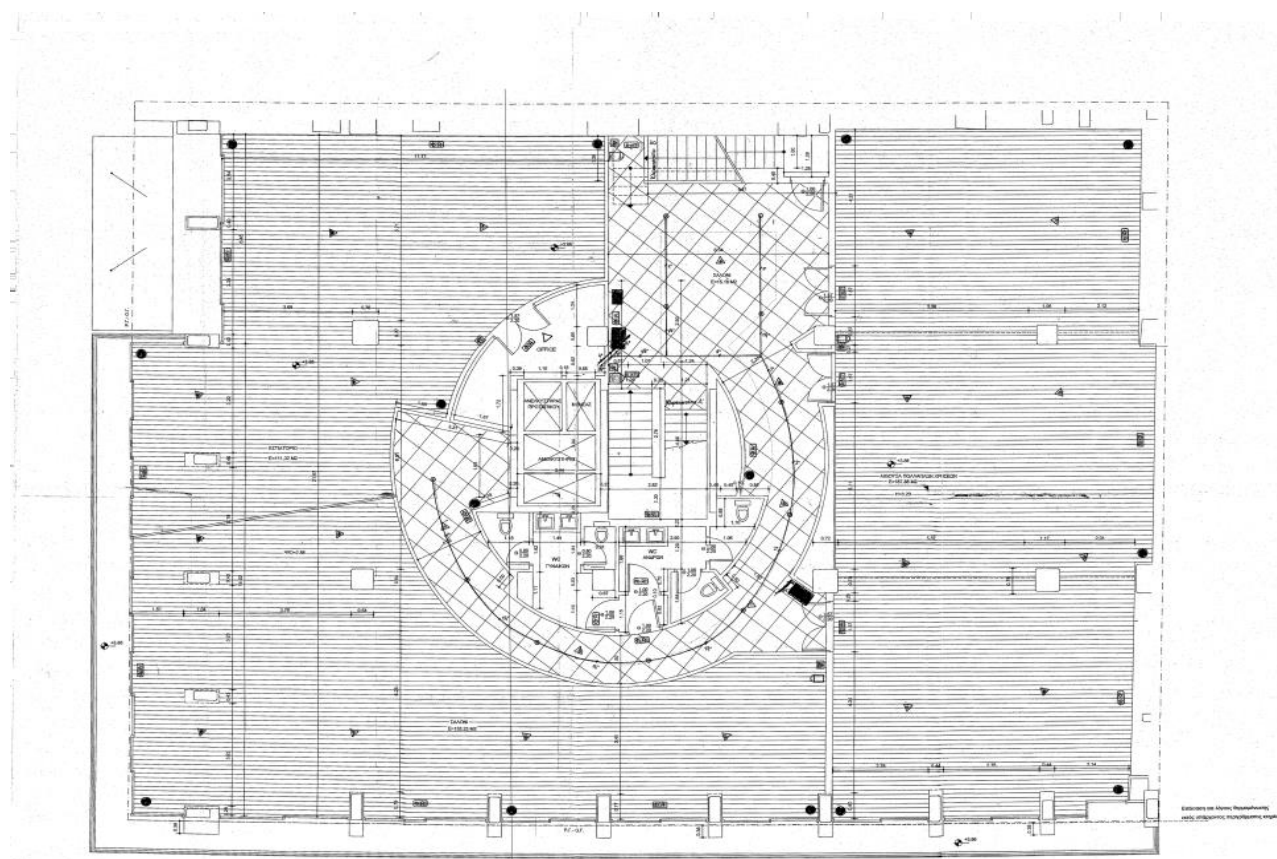


Κατοψη Υπογείου Α

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων

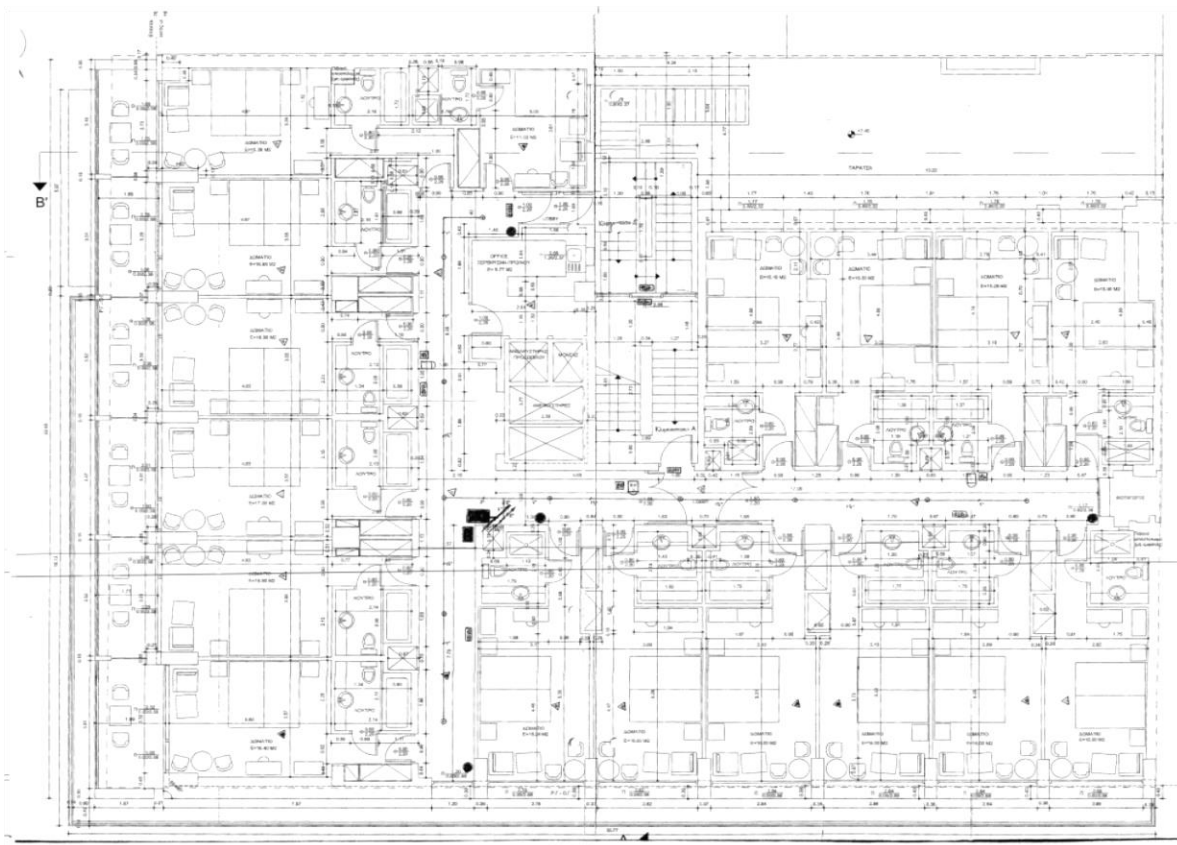


Κάτοψη Υπογείου Β



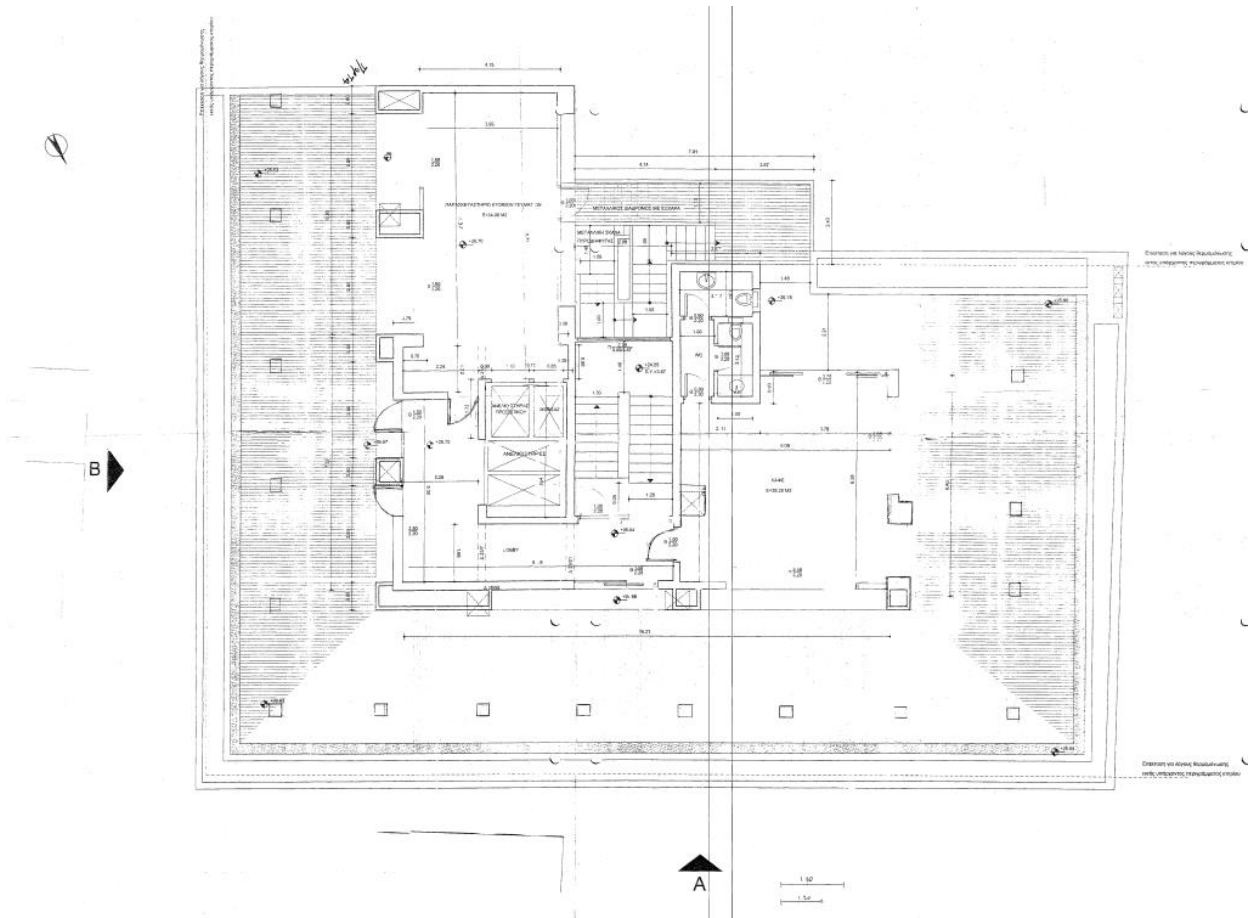
Κάτοψη Ημιόροφου

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Κάτοψη Τυπικού Ορόφου Δωματίων

Επίδραση της εφαρμογής κτηριακών διατάξεων αυτοματισμού στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων



Κάτοψη Ταράτσας - Roofgarden