

Ενεργειακή Αναβάθμιση Εστιών Πολυτεχνείου Κρήτης



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΣΤΙΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ  
ΚΡΗΤΗΣ**



Πτυχιακή Εργασία: Σαββόπουλος Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Ιωάννης Κατσίγιαννης, Επίκουρος Καθηγητής  
τμήματος ΗΜΜΥ, ΕΛΜΕΠΑ

Χανιά, Ιανουάριος 2021

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Ιωάννη Κατσίγιαννη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθώς και για την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ Αχιλλέως καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της Τεχνικής Υπηρεσίας του Πολυτεχνείου Κρήτης για την πρόσβαση σε δεδομένα απαραίτητα για την ολοκλήρωση της Πτυχιακής. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για όλη τη στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

1.	Κλιματική Αλλαγή .....	9
1.1.	Πρωτόκολλο του Κιότο.....	10
1.2.	Προγράμματα από Κοινού και Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών .....	18
2.	Κ.Ε.ν.Α.Κ. ....	25
2.1.	Κλιματικές ζώνες .....	27
2.2.	Κατηγορίες κτηρίων .....	28
2.3.	Ελάχιστες απαιτήσεις κτηρίου αναφοράς.....	30
2.4.	Θερμικές ζώνες κτηρίου.....	31
2.5.	Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.).....	32
2.6.	Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης και έκδοση Π.Ε.Α. ....	33
3.	Ενεργειακή επιθεώρηση φοιτητικών εστιών Πολυτεχνείου Κρήτης .....	38
3.1.	Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης .....	43
3.2.	Διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες.....	44
3.3.	Δομικά στοιχεία κελύφους .....	47
3.4.	Τεχνικά συστήματα .....	53
3.4.1.	Θέρμανση .....	53
3.4.2.	Ψύξη.....	54
3.4.3.	ZNX.....	55
3.5.	Απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια .....	57
3.6.	Αποτελέσματα-Ενεργειακή κατάταξη.....	58
4.	Ενεργειακή αναβάθμιση.....	60

## Ενεργειακή Αναβάθμιση Εστίων Πολυτεχνείου Κρήτης

4.1. Αντικατάσταση δομικών χαρακτηριστικών κελύφους – τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων .....	60
4.2. Αντικατάσταση τεχνικών συστημάτων .....	64
4.2.1. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης.....	65
4.2.2. Αντικατάσταση συστήματος παραγωγής ΖΝΧ.....	65
4.2.3. Αντικατάσταση φωτιστικών και τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου	66
4.3. Αποτελέσματα ενεργειακής αναβάθμισης – Σενάριο 1 .....	66
4.4. Παρεμβάσεις και αποτελέσματα ενεργειακής αναβάθμισης – Σενάριο 2.....	67
5. Επεμβάσεις μεσαίου κόστους για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση .....	70
5.1. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού σταθμού για ηλεκτροπαραγωγή .....	70
5.1.1. Εισαγωγή.....	70
5.1.2. Ανάλυση Νομικού πλαισίου .....	70
5.1.3. Αξιολόγηση προτεινόμενης εγκατάστασης:.....	71
6. Συμπεράσματα.....	76
Αναφορές.....	79
Πίνακας εικόνων .....	81
Πίνακας γραφημάτων.....	83
Πίνακες.....	83

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ενεργειακή αναβάθμιση των φοιτητικών εστιών του Πολυτεχνείου Κρήτης, οι οποίες βρίσκονται στα Χανιά.

Τα τελευταία χρόνια η κοινωνία, οι εθνικές κυβερνήσεις και οι μηχανικοί έχουν αυξημένη ευαισθητοποίηση σε ό,τι αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας τόσο για την επίτευξη οικονομικού οφέλους για τον τελικό χρήστη και για το εκάστοτε κράτος όσο και για την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων. Ενδεικτικά, αναφέρεται η Ευρωπαϊκή στρατηγική 20-20-20<sup>1</sup>. Ο απώτερος σκοπός των μηχανικών είναι η κατασκευή πράσινων κτηρίων και όπου καθίσταται δυνατή η κατασκευή κτηρίων μηδενικών εκπομπών ρύπων (NZB). Στην κατεύθυνση αυτή, στην Ελλάδα βρίσκεται σε εφαρμογή το πρόγραμμα Εξοικονομώ II το οποίο επιδοτεί ιδιοκτήτες ακινήτων για την αναβάθμιση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Στην αρχή της εργασίας δίνονται πληροφορίες σχετικά με το υφιστάμενο νομικό και τεχνικό πλαίσιο που διέπει την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Συγκεκριμένα, γίνεται μία εισαγωγή στον Κ.Ε.ν.Α.Κ. και παρουσιάζονται συνοπτικά έννοιες για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο εκπονείται μία ενεργειακή μελέτη και εκδίδεται το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις παρεχόμενες από το Τ.Ε.Ε. οδηγίες και συγκεκριμένα στην (ΤΟΤΕΕ) 20701-12017, η οποία περιλαμβάνει οδηγίες για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας των κτηρίων καθώς και πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες οι οποίες πρέπει να εξασφαλίζονται σε ένα κτήριο ανάλογα με τη χρήση του. Κατόπιν, εκπονείται ενεργειακή μελέτη για τις φοιτητικές εστίες.

Στα πλαίσια της μελέτης γίνεται αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης και οι φοιτητικές εστίες κατατάσσονται σε μία εκ των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης, ενώ παράλληλα προτείνονται δύο σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης με διαφορετικής έκτασης παρεμβάσεις στις διάφορες χρήσεις του κτηρίου οι οποίες αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης. Οι παρεμβάσεις αυτές, με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού, ποσοτικοποιούνται όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση και το εκτιμώμενο κόστος τους.

---

<sup>1</sup> 20% μείωση ρύπων, 20% της παραγόμενης ενέργειας από Α.Π.Ε., 20% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και όλων των οικονομικών δραστηριοτήτων

## Ενεργειακή Αναβάθμιση Εστιών Πολυτεχνείου Κρήτης

Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις, οι οποίες συμβαδίζουν με τα άρθρα του Κ.Ε.ν.Α.Κ. στοχεύουν στην επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ πέραν των παρακάτω προτεινόμενων παρεμβάσεων ο εκάστοτε μηχανικός πρέπει να είναι σε θέση να προτείνει εναλλακτικές παρεμβάσεις έτσι ώστε το Πολυτεχνείο Κρήτης να μπορεί να εξασφαλίσει τη βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το κόστος υλοποίησης των προτεινόμενων παρεμβάσεων.

**Λέξεις κλειδιά:** Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης, Π.Ε.Α., Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης, Μ.Ε.Α., Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων, Κ.Ε.ν.Α.Κ., ΤΟΤΕΕ, Ενεργειακή Αναβάθμιση

## **Abstract**

This thesis deals with the energy upgrade of the student dormitories of the Technical University of Crete (T.U.C), which are located in Chania. In recent years, society, national governments and engineers have become increasingly aware of energy savings both for the benefit of the end user and for the state as well as for achieving environmental goals. Indicatively, the European strategy 20-20-20 is mentioned. The ultimate goal of engineers is to construct green buildings and, where possible, to build zero emissions (NZB) buildings. In this direction, in Greece, the Buildings Energy Savings II program is being implemented, which subsidizes property owners to upgrade their energy efficiency.

At the beginning of the work, information is given about the existing legal and technical framework that governs the energy efficiency of buildings. Specifically, an introduction is made to Energy Performance Regulation (K.E.n.A.K.) and summarizes concepts for understanding how an energy study is prepared and the energy efficiency certificate of a building is issued. In addition, reference is made to those provided by the Technical chamber of Greece (T.E.E.) instructions and specifically to (TOTEE) 20701-1 / 2017, which includes instructions for calculating the energy consumption of buildings as well as information on the conditions that must be ensured in a building depending on its use.

An energy study for student dormitories in T.U.C is then prepared. The study captures the current situation and the student dormitories are classified in one of the categories of energy efficiency, while at the same time two energy upgrade scenarios are proposed with different interventions in the various uses of the building which aim to improve its energy efficiency. These interventions, using specialized software, are quantified in terms of energy efficiency and their estimated cost.

The proposed interventions, which are in line with the articles of K.E.n.A.K. aim to achieve energy saving, while in addition to the following proposed interventions, each engineer must be able to propose alternative interventions so that the Technical University of Crete can ensure optimal energy savings in relation to the costs of implementing the proposed ones.

**Keywords:** Energy Performance Certificate, (E.P.C.), Energy performance Study, (E.P.S)., Building Energy Performance Regulation, (K.E.N.A.K.), (TOTEE), Energy Upgrade.



## 1. Κλιματική Αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή έχει παίξει καταλυτικό ρόλο στη συνειδητοποίηση της ανάγκης λήψης μέτρων τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο για την μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, οι εκπομπές των οποίων συχνά καλούνται αέρια του θερμοκηπίου και έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή. Για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απαιτείται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας η οποία προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, όπως είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μέσω καύσης λιγνίτη, πετρελαίου ή φυσικού αερίου, η χημική ενέργεια που καταναλώνουν τα μέσα μεταφοράς και η οποία παράγεται μέσω καύσης παραγώγων του πετρελαίου και η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση, κυρίως πετρελαίου, και καταναλώνεται για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης και παραγωγής ζεστών νερών χρήσης στα κτήρια.

Οι σύγχρονες κοινωνίες βασίζονται κυρίως στην εκμετάλλευση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, τόσο γιατί οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις έχουν κατασκευαστεί ώστε να καίνε ορυκτά καύσιμα, όσο και γιατί τα καύσιμα αυτά έχουν μικρό κόστος, αν συγκρίναμε την παραγόμενη από αυτά ενέργεια με την παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε ό,τι αφορά στα κτήρια, δεδομένου ότι η εργασία πραγματεύεται την ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίου φοιτητικών εστιών, για τον περιορισμό της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να περιοριστεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, σε όποια μορφή και αν αυτή καταναλώνεται. Σε αυτή τη κατεύθυνση, αρχικά πρέπει να περιοριστούν οι εκάστοτε θερμικές απώλειες των κτηρίων, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη βελτίωση της θερμομόνωσης αυτών.

Στη συνέχεια πρέπει να εγκατασταθούν όσο το δυνατό πιο αποδοτικά τεχνικά συστήματα, όπως συστήματα θέρμανσης, παραγωγής ZNX, ψύξης κ.ο.κ. έτσι ώστε να εξασφαλίζονται μεγαλύτερες ποσότητες δευτερογενούς ενέργειας (π.χ. θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ZNX) με μικρότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η υποκατάσταση της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας με ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θεωρείται καθοριστική παρέμβαση στην κατεύθυνση βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

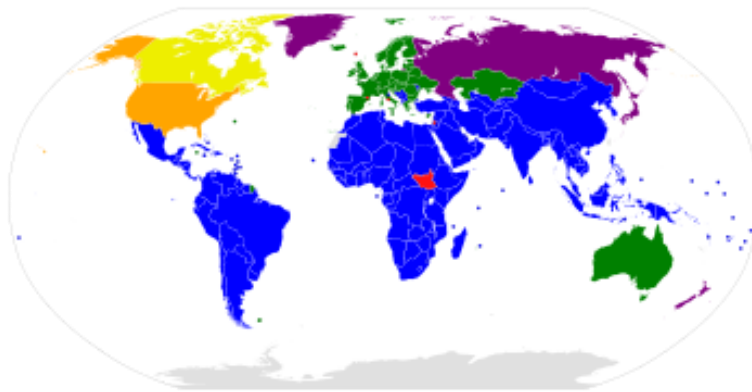
Τέλος, η εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με καύση φυσικού αερίου αποτελεί μία εξαιρετική επιλογή. Οι μονάδες αυτές είναι γνωστές ως ΣΗΘ ή ΣΗΘΥΑ (Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης). Δεν είναι ακόμη αρκετά διαδεδομένες στην Ελλάδα, αν και έχουν εγκατασταθεί σε κατά τόπους κτήρια, όπως το νοσοκομείο Παπαγεωργίου της Θεσσαλονίκης, ωστόσο το πρόσφατα αναθεωρημένο θεσμικό πλαίσιο για τον ενεργειακό συμψηφισμό ήρε κάποια σημαντικά εμπόδια για την εγκατάσταση αυτών.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτών των μονάδων είναι το γεγονός ότι μπορούν να παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια μπορεί να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης χώρων, τις ανάγκες ζεστών νερών χρήσης και κατά περίπτωση τις ανάγκες χρήσης ατμού (π.χ. σε νοσοκομεία ή βιομηχανίες). Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των μονάδων ΣΗΘ είναι η διαθεσιμότητα δικτύου φυσικού αερίου, η οποία δεν καλύπτει όλη την ελληνική επικράτεια.

Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούμε σε διεθνείς συμφωνίες και πρωτοβουλίες οι οποίες συνάφθηκαν στην κατεύθυνση της παύσης και της κατά το δυνατό αναστροφής της κλιματικής αλλαγής. Οι παρακάτω πληροφορίες δίνονται έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η ανάγκη για παύση και αναστροφή της κλιματικής αλλαγής, μέσα από την παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο η διεθνής κοινότητα αντιμετωπίζει το θέμα αυτό.

### 1.1. Πρωτόκολλο του Κιότο

Στην Ιαπωνία τον Δεκέμβριο του 1997 υπεγράφη μία διακρατική συμφωνία, στην οποία εμπλέκονται 84 χώρες, γνωστή ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Το Πρωτόκολλο του Κιότο συνάφθηκε στη βάση της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή η οποία υπεγράφη το 1992. Στην πραγματικότητα, αποτελεί αναθεώρηση της παραπάνω σύμβασης και επέκταση της χρονικής της ισχύος. Συνοπτικά, αποτελεί συμφωνία η οποία θέτει όρια και μηχανισμούς έτσι ώστε να καταπολεμηθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Στην παρακάτω εικόνα (βλ. Εικόνα 1) βλέπουμε τις χώρες που συμμετείχαν και υπό ποιες προϋποθέσεις στο Πρωτόκολλο του Κιότο.



**Εικόνα 1:Χώρες οι οποίες υπέγραψαν το πρωτόκολλο του Κιότο (Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015)**

█ Χώρες με δεσμευτικούς στόχους στη δεύτερη περίοδο του πρωτοκόλλου του Κιότο

█ Χώρες με δεσμευτικούς στόχους μόνο στην πρώτη περίοδο του πρωτοκόλλου

█ Χώρες χωρίς δεσμευτικούς στόχους

█ Χώρες με δεσμευτικούς στόχους στην πρώτη περίοδο του πρωτοκόλλου οι οποίες αποσύρθηκαν στην πορεία

█ Χώρες οι οποίες υπέγραψαν το πρωτόκολλο χωρίς να το επικυρώσουν

█ Άλλα Κράτη μέλη του Ο.Η.Ε. και παρατηρητές που δεν υπέγραψαν το πρωτόκολλο

Αν και υπεγράφη το 1997, τέθηκε σε ισχύ το 2005 και η ισχύς του έληξε το 2012. Το 2012 υπεγράφη η παράταση του Πρωτοκόλλου του Κιότο μέχρι το 2020, με την τροποποίηση γνωστή και ως τροποποίηση της Doha. Για το διάστημα 2012 – 2020 τέθηκαν δεσμευτικά όρια για 37 χώρες, συμπεριλαμβανομένων των 28 Κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της Αυστραλίας, της Νορβηγίας κ.α.. Στη δεύτερη αυτή συμφωνία δεν συμμετείχαν εξαρχής ή αποσύρθηκαν στην πορεία οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Ρωσία και η Νέα Ζηλανδία. Για να έχει νομική ισχύ η συμφωνία της Doha απαιτούνταν η σύμφωνη γνώμη 144 χωρών, ενώ από το 2016 μόνο 66 χώρες εξακολουθούσαν να είναι σύμφωνες με αυτή. Για το λόγο αυτό και καθώς το 2020 λήγει η ισχύς του Πρωτοκόλλου του Κιότο, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών προχώρησε σε νέες διαπραγματεύσεις οι οποίες οδήγησαν στη συμφωνία του Παρισιού το 2015.

Περιλαμβάνει ανώτερα όρια για την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου τα οποία δεσμεύονται, με νομική ισχύ, να τηρήσουν οι χώρες που το υπέγραψαν. Επιπλέον, περιγράφει καινοτόμες τεχνικές και μηχανισμούς για τη διαχείριση του κόστους εκ-

πομπής ρύπων σε χαμηλά επίπεδα. (Framework Convention on Climate Change [b], 2013). Η διαπραγματευτική διαδικασία για τη συμφωνία μεταξύ των χωρών σε συγκεκριμένα όρια ήταν πολύπλοκη, καθώς κάθε χώρα ήθελε να προστατεύσει τα κερημένα και την προοπτική ανάπτυξης της οικονομίας τους. Οι παρακάτω χώρες συμμετείχαν στις διαπραγματεύσεις και υπέγραψαν το Πρωτόκολλο του Κιότο:

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με τα 24 τότε κράτη μέλη της. Η Ε.Ε. δραστηριοποιήθηκε στις διαπραγματεύσεις προ της υπογραφής του πρωτοκόλλου και εξακολουθεί να δραστηριοποιείται πιο ένθερμα από τα υπόλοιπα συμβαλλόμενα μέλη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Κοινοτική Οδηγία γνωστή ως 20/20/20 με την οποία τέθηκαν τρεις νέοι στόχοι αναφορικά με το περιβάλλον το 2009. (Οδηγία 2009/29/ΕΚ, 2009)
- Ένα σύνολο ομάδων χωρών που ανήκουν στην Λέσχη του Άνθρακα<sup>2</sup>. Οι χώρες αυτές είναι:
  - Οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και η Ιαπωνία οι οποίες σχηματίζουν την ομάδα χωρών JUNSCANZ, όνομα το οποίο προκύπτει από τα αρχικά των παραπάνω χωρών
  - Οι χώρες μέλη του Ο.Π.Ε.Κ
  - Η Ρωσία και η Νορβηγία
- Μια ομάδα χωρών που συγκρότησαν τη Συμμαχία των Μικρών Νησιωτικών Κρατών<sup>3</sup>. Η ομάδα αυτή αποτελείται από 43 νησιωτικά κράτη και το κοινό τους ενδιαφέρον γύρω από την κλιματική αλλαγή έγκειται στο ό,τι καθώς είναι αποκλειστικά νησιωτικές χώρες, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Το ενδιαφέρον τους φάνηκε στις αρχές της διαπραγμάτευσης, καθώς ήταν οι πρώτες που συμφώνησαν σε ένα κείμενο στόχων και συμπερασμάτων, στο οποίο πρότειναν ως στόχο την μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 20%.
- Μια ομάδα λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών αποτελούμενη από 48 Κράτη. Η συμμετοχή τους στις διαπραγματεύσεις προήλθε από την ανάγκη να προστατεύσουν τα οικονομικά τους συμφέροντα δεδομένου ότι οι οικονομίες του ήταν πιο ασταθείς από αυτή των υπόλοιπων χωρών.
- Η ομάδα χωρών G77, η οποία αποτελείται από 77 αναπτυσσόμενες χώρες συμπεριλαμβανομένης της Κίνας και της Ινδίας. Το γεγονός ότι οι οικονομίες

---

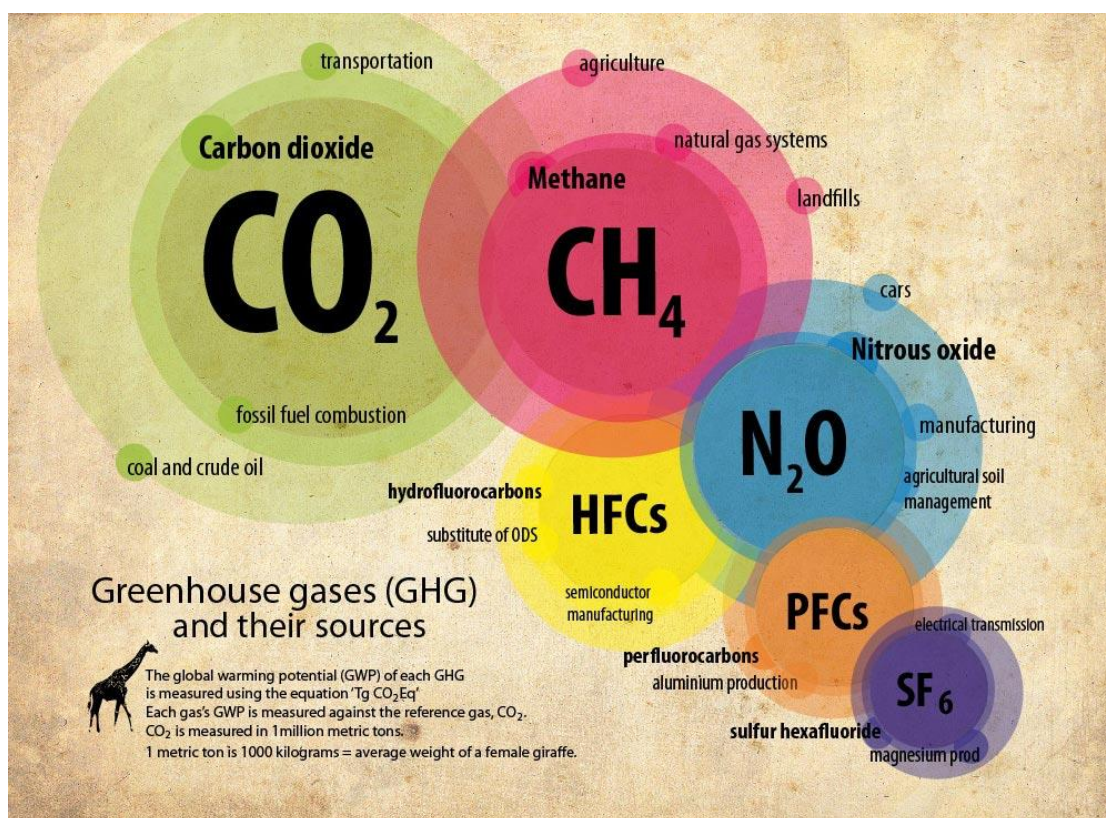
<sup>2</sup> Carbon Club

<sup>3</sup> Alliance of Small Island States

αυτών των χωρών βρίσκονται σε σημαντική άνοδο, συνέβαλε σημαντικά στις διαπραγματεύσεις έτσι ώστε να εξασφαλίσουν ότι δεν θα τεθούν εμπόδια στην ανάπτυξή τους, μέσω του περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί έναν οδικό χάρτη και ένα πλαίσιο στόχων οι οποίοι στοχεύουν στη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι στόχοι αυτοί αφορούν τις ανεπτυγμένες χώρες οι οποίες καλούνται να περιορίσουν τις εκπομπές των παραπάνω αερίων κάτω από συμφωνημένα όρια:

Συγκεκριμένα, καλούνται να μειώσουν την εκπομπή έξι αερίων (βλ. Εικόνα 2), τα οποία εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

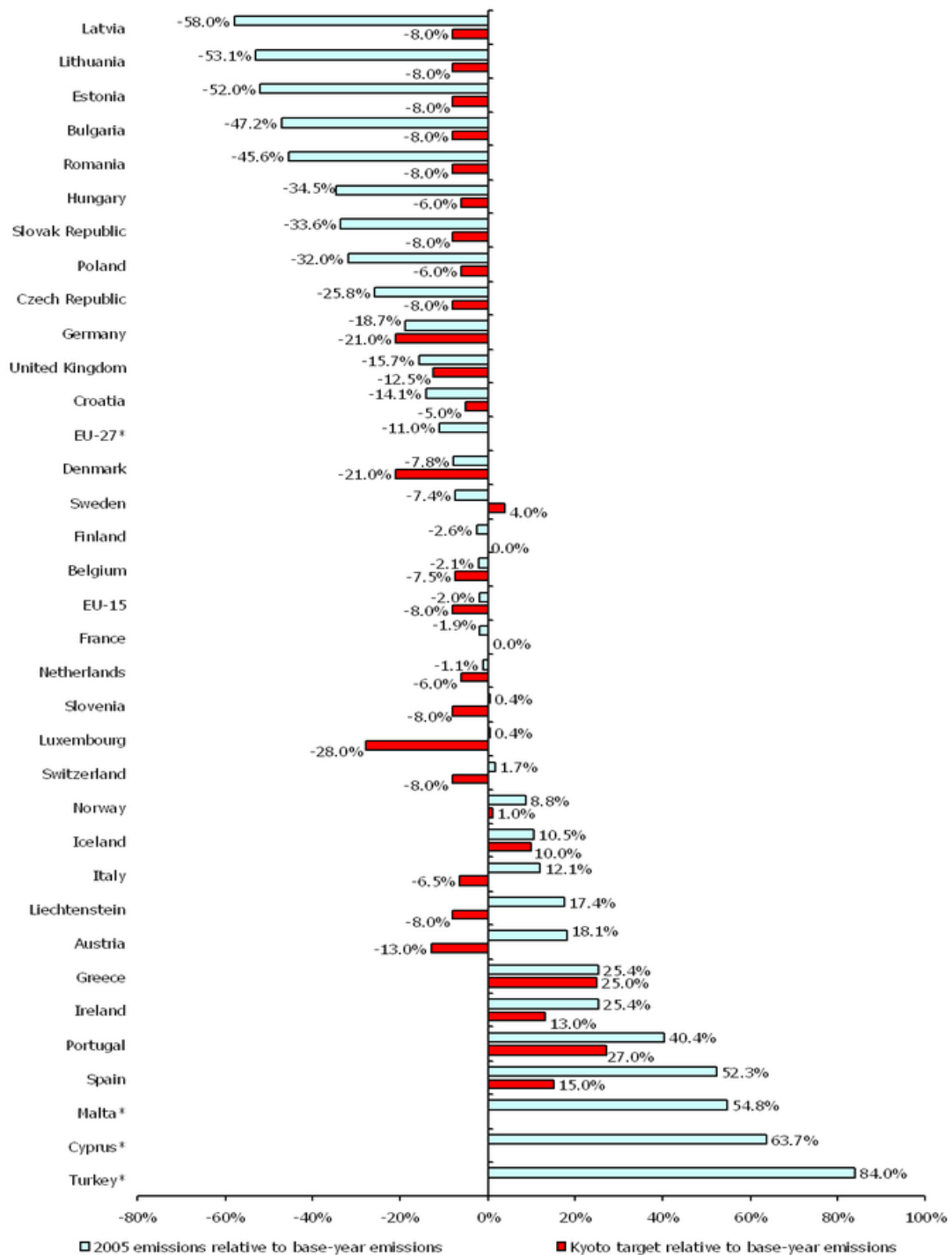


Εικόνα 2: Τα έξι αέρια του θερμοκηπίου (Pakpas Group, 2012)

Συνολικά, στο Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε ως στόχος η μείωση εκπομπής των παραπάνω αερίων κατά 5,2%, σε σχέση με την αντίστοιχη εκπομπή το 1990, μέχρι το 2012. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο απαιτείται ο περιορισμός της εκπομπής των παρακάτω έξι αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή:

- Διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>
- Μεθάνιο CH<sub>4</sub>

- Υποξείδιο του αζώτου N<sub>2</sub>O
- Υδροφθοράνθρακες HFC
- Εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub>
- Υπερφθοράνθρακες PFC



Εικόνα 3: Όρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (European Environment Agency (EEA), 2008)

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται οι στόχοι ανά χώρα ή ανά ομάδα χωρών όπως αυτοί τέθηκαν στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Οι στόχοι που αφορούσαν στα Κράτη μέλη της Ε.Ε. επεκτάθηκαν σε όλα τα νέα μέλη που προσχώρησαν στην Ε.Ε.. Ωστόσο, ο στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 8% για την Ε.Ε. κατανεμήθηκε αναλογικά στα διαφορετικά κράτη της Ε.Ε. βάσει ευρωπαϊκών συμφωνιών οι οποίες προβλέπουν την αναλογική κατανομή βαρών στα κράτη μέλη της Ε.Ε.. Η Ελλάδα, όπως και τα υπόλοιπα μέλη της Ε.Ε., υπέγραψε το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1998 λαμβάνοντας την υποχρέωση να το επικυρώσει, καθιστώντας το νόμο του Κράτους μέχρι το 2002. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα έγινε νόμος του Κράτους τον Απρίλιο του 2002. (Ν.3017, 2002).

Όπως προαναφέρεται, ο στόχος μείωσης των εκπομπών για την Ευρωπαϊκή Ένωση δεν είναι ίδιος για όλα τα Κράτη μέλη. Αυτό κατέστη αποδεκτό από τα υπόλοιπα μέρη του πρωτοκόλλου του Κιότο με το άρθρο 4, το οποίο προβλέπει ότι ο στόχος για την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι συλλογικός και ο επιμερισμός των στόχων στα διάφορα Κράτη μέλη είναι αρμοδιότητα της ίδιας της Ε.Ε.. Ο επιμερισμός αυτός περιγράφεται στην παράγραφο 2 του άρθρου 4 με τον μηχανισμό της «από κοινού ανταπόκρισης στις υποχρεώσεις» ο οποίος προβλέπει τον συλλογικό υπολογισμό των στόχων που αναλαμβάνει κάθε χώρα η οποία ανήκει στην Ε.Ε. Ταυτόχρονα, δημιουργήθηκε ο απαραίτητος μηχανισμός από τους Υπουργούς Περιβάλλοντος των Κρατών μελών της Ε.Ε. το 1998. Κάποιες χώρες αποχώρησαν από το πρωτόκολλο του Κιότο, είτε στην πρώτη είτε στη δεύτερη περίοδο ισχύος του. Η πιο κρίσιμη αποχώρηση είναι αυτή των Η.Π.Α. το 2001, η οποία αντιμετωπίστηκε με δριμυία κριτική από τα υπόλοιπα μέρη του πρωτοκόλλου και ειδικά από την Ε.Ε..

Αντίθετα, η Ε.Ε. προχώρησε σε διαπραγματεύσεις με άλλες χώρες οι οποίες υπαναχώρησαν από το πρωτόκολλο, όπως η Αυστραλία, η Ιαπωνία, ο Καναδάς και η Ρωσία, έτσι ώστε να καταλήξουν σε πιο ευέλικτους στόχους και διαδικασίες. Το 2001 στην Βόννη της Γερμανίας υπεγράφη συμφωνία μεταξύ των παραπάνω χωρών και της Ε.Ε.. Η συμφωνία προέβλεπε να μην υπάρχει κανένα δεσμευτικό όριο στις εκτάσεις οι οποίες απορροφούν αέρια του θερμοκηπίου, συγκεκριμένα διοξείδιο του άνθρακα ώστε να μπορούν να ισορροπούν τις εκπομπές από άλλες δραστηριότητες, κυρίως βιομηχανικές.

Όπως γίνεται αντιληπτό, το Πρωτοκόλλο του Κιότο συνιστά έναν «οδικό χάρτη», ο οποίος περιλαμβάνει όλα εκείνα τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη διαχείριση της κλιματικής αλλαγής καθόσον αυτή οφείλεται στην αύξηση των εκπε-

μπόμενων ρύπων – αερίων του θερμοκηπίου εξαιτίας ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Αναφέρθηκε ότι οι χώρες που έχουν υπογράψει το πρωτόκολλο του Κιότο δεσμεύθηκαν να περιορίσουν τις εκπομπές των παραπάνω αερίων μέχρι το 2012, σε σχέση με τις εκπομπές ανά χώρα με έτη αναφοράς το 1990 και το 1995.

Πέραν του στόχου του περιορισμού των εκπομπών ρύπων, πρέπει να εξευρεθεί ο βέλτιστος οικονομικά τρόπος έτσι ώστε να μην υποδαυλιστεί η παγκόσμια ανάπτυξη και εν γένει η παγκόσμια οικονομία. Για το λόγο αυτό, το Πρωτόκολλο του Κιότο, εκτός από στόχους, περιγράφει τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς, τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε χώρα για την επίτευξη των στόχων για τους οποίους δεσμεύθηκε:

- εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών
- κοινή εφαρμογή
- μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης

Ο πρώτος μηχανισμός, ο οποίος πρόκειται να αναλυθεί εκτενώς σε επόμενη παράγραφο, προβλέπει τη δημιουργία αγοράς για τη διενέργεια εμπορίας (αγοραπωλησία) δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων μεταξύ των χωρών ή μεταξύ εταιρειών, π.χ. παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικές συμμετέχουσες χώρες. Η παραπάνω αγορά βασίζεται στη θεωρία των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας, καθιστώντας την ποσότητα εκπομπής ρύπων, η οποία είναι άυλη, ιδιοκτησία της χώρας ή της εταιρείας η οποία είναι υπεύθυνη για τις προκείμενες εκπομπές.

Οι δύο επόμενοι μηχανισμοί βασίζονται στην εκτέλεση έργων στις χώρες οι οποίες συμμετέχουν για την επίτευξη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα ο δεύτερος αφορά στις χώρες του συνημμένου παραρτήματος 1 και ο τρίτος αφορά στις χώρες του συνημμένου παραρτήματος 2.

- Αγοραπωλησία εκπομπών ρύπων

Σύμφωνα με το άρθρο 17 του πρωτόκολλου του Κιότο, οι χώρες που έχουν αναλάβει δεσμεύσεις έχουν το δικαίωμα συμμετοχής σε σύστημα αγοραπωλησίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, έτσι ώστε να πετύχουν τον στόχο τους. Διευκρινίζεται ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να λειτουργήσει μόνο συμπληρωματικά άλλων εθνικών δράσεων οι οποίες συνεισφέρουν, ποσοστιαία, περισσότερο στην επίτευξη του στόχου. Σύμφωνα με αυτόν τον μηχανισμό, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στις χώρες αυτές θα λάβουν δικαιώματα εκπομπής ρύπων, τα οποία μπορούν στη συνέχεια



να μεταβιβάσουν σε άλλες ή να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα από άλλες. Ο μηχανισμός αυτός θα αναλυθεί περαιτέρω σε επόμενη παράγραφο.

- Μηχανισμός κοινής εφαρμογής

Σύμφωνα με το άρθρο 6 του πρωτοκόλλου του Κιότο, οι χώρες που έχουν αναλάβει δεσμεύσεις έχουν το δικαίωμα συμμετοχής σε κοινά προγράμματα και δραστηριότητες μεταξύ τους. Στη χώρα που χρηματοδοτεί τα παραπάνω προγράμματα καταλογίζεται τυχόν μείωση των εκπομπών που θα προκύψει από την υλοποίησή τους σε κάποια άλλη χώρα η οποία συμμετέχει στο ίδιο πρόγραμμα.

Τα προγράμματα αυτά κρίνονται υλοποιήσιμα εφόσον μπορεί να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις χώρες όπου εφαρμόζονται.

- Μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης

Σύμφωνα με το άρθρο 12 του πρωτοκόλλου του Κιότο, δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής προγραμμάτων και δραστηριοτήτων από χώρες με ανεπτυγμένη οικονομία σε άλλες συμμετέχουσες χώρες με λιγότερο ανεπτυγμένη οικονομία. Σημειώνεται, ότι το παραπάνω δεν είναι δεσμευτικό για τις χώρες με ανεπτυγμένη οικονομία αλλά αυτές μπορούν να υλοποιούν προγράμματα εθελοντικά και κατά βούληση. Τουναντίον, οι χώρες αυτές κερδίζουν από τυχόν μείωση των εκπομπών στις χώρες εφαρμογής, ποσοστιαία, ενώ οι χώρες εφαρμογής επωφελούνται τόσο οικονομικά από την εφαρμογή προγραμμάτων όσο και σε ό,τι αφορά στην απόκτηση τεχνογνωσίας.

Τα προγράμματα αυτά κρίνονται υλοποιήσιμα εφόσον μπορεί να πιστοποιηθεί η μείωση εκπομπών από την εφαρμογή τους και η ύπαρξη προστιθέμενου κέρδους για τη διαχείριση και την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στη χώρα εφαρμογής (με αναπτυσσόμενη οικονομία). Οι παραπάνω μηχανισμοί χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευελιξία καθώς βασίζονται στο γεγονός ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνιστούν ένα παγκόσμιο πρόβλημα, ενώ ο τρόπος όπου επιτυγχάνεται ο περιορισμός τους είναι ήσσονος σημασίας.

Έχοντας τα παραπάνω εργαλεία διαθέσιμα, οι χώρες διευκολύνονται ώστε να επιλέξουν τους βέλτιστους τρόπους ή το μίγμα μηχανισμών το οποίο θα εφαρμόσουν για να πετύχουν τους δεσμευτικούς τους στόχους με τον βέλτιστο οικονομικά τρόπο. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να επιτευχθούν μειώσεις όπου το κόστος των παρεμβάσεων είναι μικρότερο, τουλάχιστον για την πρώτη φάση της καταπολέμησης διαχείρισης της κλιματικής αλλαγής. Ειδικά, ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης, καθώς καλύπτει έργα σε χώρες που δεν έχουν αναλάβει δεσμευτικούς στόχους, στοχεύει στην

επιπλέον προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης σε αυτές τις αναπτυσσόμενες χώρες. Μέσα από τα προγράμματα που χρηματοδοτούνται από ανεπτυγμένες χώρες για την μείωση εκπομπών ή σε αντιμετώπιση των αλλαγών του κλίματος, οι αναπτυσσόμενες χώρες αναμένεται να αποκομίσουν τεχνογνωσία επί της βιώσιμης ανάπτυξης αλλά και οικονομικό όφελος από τα έργα για την υλοποίησή τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα έργα αυτά επιβαρύνονται με ειδικά τέλη και τα έσοδα από τα τέλη αυτά μεταφέρονται σε ένα ειδικό Ταμείο με σκοπό τη χρηματοδότηση των αναπτυσσομένων χωρών. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι δύο τελευταίοι μηχανισμοί (μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης και αγοραπωλησίας εκπομπών) πρέπει να λειτουργούν συμπληρωματικά άλλων εθνικών μηχανισμών που έχουν εφαρμοστεί στις εκάστοτε χώρες.

Συγκεκριμένα, ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης μπορεί να αξιοποιηθεί για την τμηματική απομείωση των εκπομπών ρύπων μιας χώρας. Η αρχή της συμπληρωματικότητας υιοθετήθηκε από το Πρωτόκολλο του Κιότο έτσι ώστε να αυξήσει την δεσμευση των χωρών να προβούν σε διαρθρωτικές εθνικές δράσεις και πολιτικές οι οποίες θα κινούνται στην κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης για την επίτευξη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι οι δύο τελευταίοι μηχανισμοί βασίζονται σε προγράμματα τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των εκπομπών ρύπων σε μία χώρα. Η δε μείωση μετουσιώνεται σε δικαιώματα εκπομπών τα οποία μπορούν να μεταφερθούν από μία χώρα σε μία άλλη. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση, γίνεται αντιληπτό ότι τα συνολικά δικαιώματα εκπομπής ρύπων παραμένουν αμετάβλητα καθώς αυτά συμψηφίζονται μεταξύ των χωρών.

## 1.2. Προγράμματα από Κοινού και Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών

Όπως προαναφέρεται, το Πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει τρεις μηχανισμούς τους οποίους μπορεί να αξιοποιήσει κάθε χώρα για την επίτευξη μείωσης των εκπομπών ρύπων. Η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών ή στην αγγλική Emissions Trading (E.T.), αποτελεί το κυριότερο εργαλείο για την αντιμετώπιση τις κλιματικής αλλαγής και για τον περιορισμό των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το άρθρο 17, δίνει σε χώρες οι οποίες έχουν αναλάβει δεσμεύσεις από το Πρωτόκολλο το δικαίωμα να λαμβάνουν μέρος σε σύστημα εμπορίας εκπομπών ρύπων, με τα εμπορευόμενα μέλη να αποτελούνται από τις ίδιες τις χώρες καθώς και από εταιρείες οι οποίες λειτουργούν σε αυτές (π.χ. Δ.Ε.Η.) έτσι ώστε να εκπληρώσουν το στόχο για τον οποίο έχουν δεσμευθεί. Ωστόσο, η συμμετοχή σε αυτά τα συστήματα

εμπορίας πρέπει οπωσδήποτε να είναι συμπληρωματική άλλων δράσεων στις οποίες θα προβούν με εθνική πρωτοβουλία.

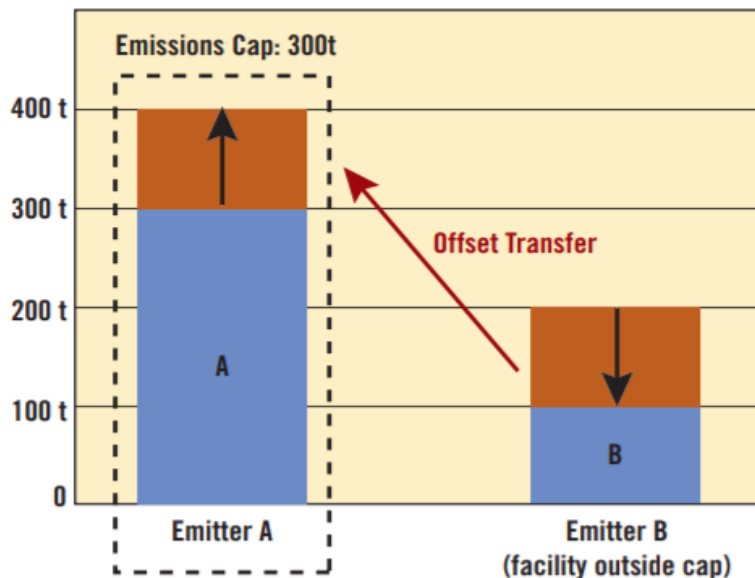
Η εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Σ.Ε.Δ.Ε. ή στην αγγλική Emissions Trading System E.T.S.) έχει ξεκινήσει σε διεθνή κλίμακα, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, από το 2008. Συγκεκριμένα, έχει τεθεί ένα όριο εκπομπών το οποίο καλείται CAP. (Pew Center on Global Climate Change, 2011). Πρόκειται για μία αγορά ρύπων, η οποία σχεδιάστηκε για να είναι αφενός αποδοτική σε ό,τι αφορά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αφετέρου για να είναι οικονομικά δελεαστική για τις χώρες ή και τις εταιρείες οι οποίες δραστηριοποιούνται σε αυτές. (Stavins, 2001)

Είναι μια προσέγγιση βασισμένη στην αγορά και χρησιμοποιείται για να ελέγξει τις εκπομπές ρύπων παρέχοντας οικονομικά κίνητρα για την επίτευξη των μειώσεων των εκπομπών των ρύπων (Stavins, 2001). Το σύστημα αυτό έγινε ευρέως αποδεκτό από τις χώρες που υπέγραψαν δεσμευτικούς στόχους του Πρωτόκολλου του Κιότο, ενώ πολλές χώρες υιοθέτησαν το σύστημα αγοραπωλησίας εκπομπών ως διεθνή στρατηγική για την κλιματική αλλαγή και την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. (Committee, 2014)

Κατόπιν, το όριο (C.A.P.) είναι διαθέσιμο προς πώληση στις παραπάνω εταιρείες με τη μορφή δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το δικαίωμα να εκπεμφθεί ή να πωληθεί και ως εκ τούτου η εκάστοτε εταιρεία να απαλλαγθεί από μια ποσότητα ενός συγκεκριμένου ρύπου.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο συνολικός αριθμός των δικαιωμάτων δεν μπορεί να υπερβεί το όριο που έχει τεθεί από την εκάστοτε εθνική κυβέρνηση· συγκεκριμένα δεν μπορεί να υπερβεί ούτε το όριο που αφορά στην εκπομπή του εκάστοτε αερίου ούτε το όριο που αφορά στις εκπομπές από συγκεκριμένη ομάδα εταιρειών.

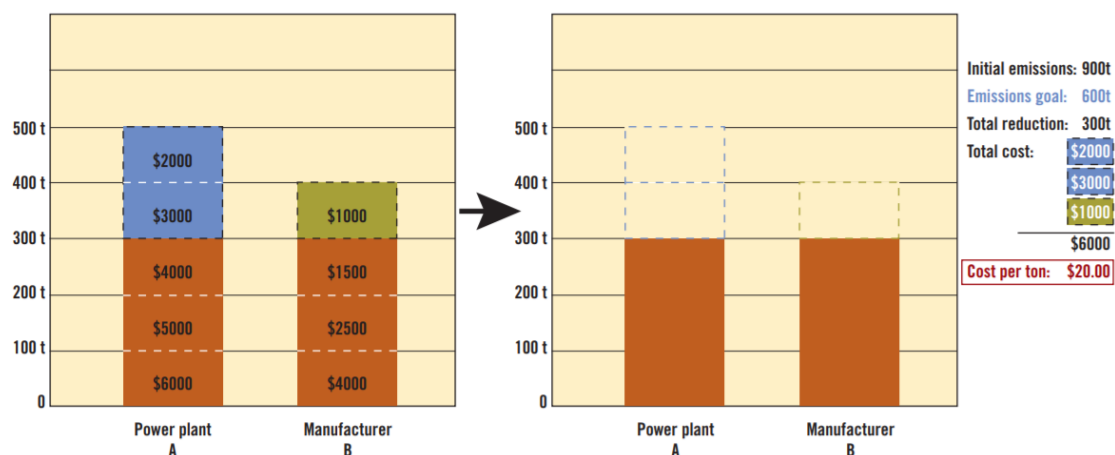
Οι εταιρείες που δεν μπορούν με άλλα μέσα, π.χ. ενεργειακή αναβάθμιση και εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, να περιορίσουν τους εκπεμπόμενους ρύπους για να εξασφαλίσουν την απρόσκοπτη λειτουργία και ανάπτυξή τους είναι αναγκασμένες να προβούν σε εκπομπή ρύπων οι οποίοι υπερβαίνουν τα σχετικά όρια, είναι υποχρεωμένες να αγοράσουν δικαιώματα εκπομπής αντίστοιχης ποσότητας ρύπων από εταιρείες οι οποίες εκπέμπουν λιγότερους ρύπους από το ανώτατο συμφωνημένο όριο, δηλαδή από άλλες εταιρείες οι οποίες κατέχουν λιγότερα δικαιώματα εκπομπής ρύπων. (Talberg, 2013). Παράδειγμα αγοραπωλησίας δίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4: Αγοραπωλησία ρύπων μεταξύ δύο μερών A και B (Pew Center on Global Climate Change, 2011)

Παρακάτω, δίνεται σχηματικά ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα προγράμματα εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων. Προτού προχωρήσουμε στις εικόνες, αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικασία εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων αποτελείται από δύο βασικά τμήματα:

- έλεγχος εκπομπής ρύπων και θέση στόχων
- θέση ορίου (C.A.P.) και διενέργεια εμπορίας

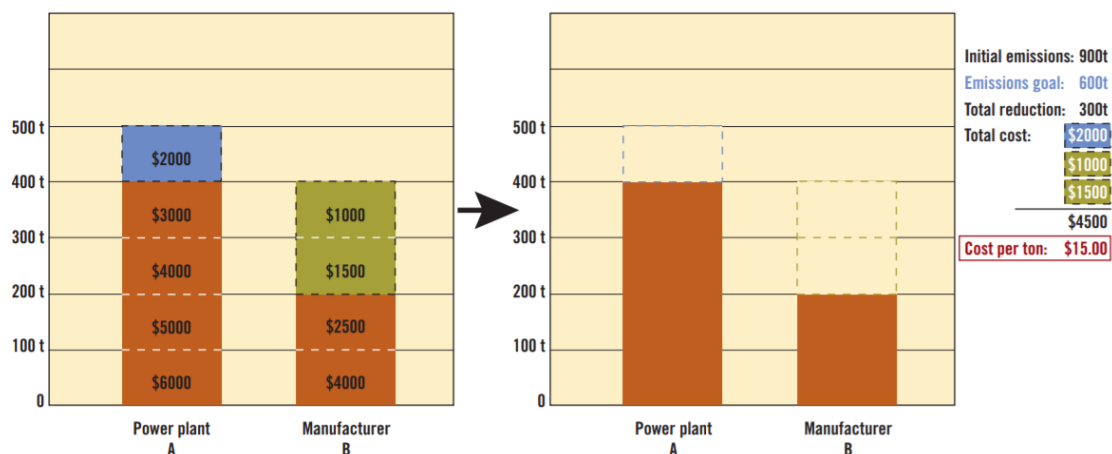


Εικόνα 5: Έλεγχος δικαιωμάτων εκπομπών αερίων ρύπων (Pew Center on Global Climate Change, 2011)

Στην Εικόνα 5 αναπαρίσταται ο τρόπος με τον οποίο δύο «παραγωγοί» ρύπων ελέγχουν τις εκπομπές αυτών. Συγκεκριμένα, γίνεται η υπόθεση ότι τίθεται και για τις εταιρείες στόχος εκπομπής ρύπων ίσος με 600tn. Έπειτα γίνεται κατάτμηση των εκ-

πομπών σε κλίμακες, δεδομένου ότι οι εκπομπές κάθε κλίμακας έχουν διαφορετικό κόστος. Έπειτα, υπολογίζεται ο βέλτιστος οικονομικά τρόπος με τον οποίο οι δύο παραπάνω εταιρείες μπορούν να προβούν σε αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών έτσι ώστε αφενός να πετύχουν τους στόχους τους, αφετέρου να έχουν το μικρότερο δυνατό κόστος για τα παραπάνω δικαιώματα.

### Cap and Trade



**Εικόνα 6: Θέση ορίου και αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Pew Center on Global Climate Change, 2011)**

Το επόμενο και τελικό στάδιο είναι η διενέργεια της αγοραπωλησίας των δικαιωμάτων, στα πλαίσια του ορίου (C.A.P.) το οποίο έχει τεθεί στην εκάστοτε χώρα. Πέραν της διαδικασίας, στα δεξιά των εικόνων 5 και 6 παρατίθεται ένα απλό αριθμητικό παράδειγμα έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολα κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του εν λόγω συστήματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν συστήματα εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων τα οποία επιτρέπουν την αγοραπωλησία δικαιωμάτων μεταξύ εταιρειών οι οποίες δραστηριοποιούνται σε διαφορετικές χώρες. Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Trading System) αποτελεί το κυριότερο σύστημα το οποίο επιτρέπει τέτοιου είδους αγοραπωλησίες. Μάλιστα σε αυτό μπορούν να συμμετέχουν και χώρες οι οποίες δεν είναι μέλη της Ε.Ε..

Οι χώρες που συμμετέχουν στο E.T.S. μπορούν να προβούν στην αγοραπωλησία διαφόρων τύπων εκπομπών, στα πλαίσια του πρωτόκολλου του Κιότο. Ωστόσο, όταν τα δικαιώματα προέρχονται από χώρες μη μέλη της Ε.Ε., επιβάλλονται ποσοτικοί και ποιοτικοί περιορισμοί, δεδομένης της διαφοράς στο ρυθμό ανάπτυξης των χωρών εντός Ε.Ε. και εκτός αυτής. (European Union: The EU Emissions Trading System, 2013).

Η μεταφορά των δικαιωμάτων λογίζεται ως εμπόριο, παρόλο που αυτά είναι άυλα. Εντούτοις, μια εταιρεία που αγοράζει δικαιώματα, πληρώνει στην ουσία για τις αυξημένες εκπομπές της, ενώ μια εταιρεία που πουλάει δικαιώματα λαμβάνει αποζημίωση για τις εκπομπές στις οποίες δεν προέβη, ενώ είχε το αντίστοιχο δικαίωμα. Ως εκ τούτου, η στροφή στην μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να αποτελέσει οικονομικά βιώσιμη λύση για εταιρείες οι οποίες πληρώνουν υπέρογκα ποσά ως απόρροια της εκπομπής μεγάλων ποσοτήτων ρύπων.

Παγκόσμια, υπάρχουν ενεργά προγράμματα αγοραπωλησίας για πλειάδα ρύπων. Για παράδειγμα, στις Η.Π.Α. υπάρχει ένα εθνικό σύστημα εμπορίας που αφορά στη μείωση της όξινης βροχής. Επιπλέον, υπάρχουν ομοσπονδιακά συστήματα εμπορίας για τη μείωση εκπομπών διοξειδίου του αζώτου. Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (E.U. E.T.S.) αποτελεί το μεγαλύτερο σύστημα εμπορίας αερίων του θερμοκηπίου, το οποίο κινείται στην κατεύθυνση αναστροφής της κλιματικής αλλαγής. Η αναστροφή δε της κλιματικής αλλαγής μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου της στροφής στην καινοτομία και τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη.

### 1.3. Πολιτική και Στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Οι μεταβολές στο κλίμα του πλανήτη είναι μείζονος σημασίας για τις μεταβολές στον κόσμο. Τα τελευταία 20 έτη κατεγράφησαν 18 από τα θερμότερα έτη από την αρχή καταγραφής τους, καθώς και τα ακραία καιρικά φαινόμενα εμφανίζονται ολοένα και με μεγαλύτερη συχνότητα. Αναφορικά, οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι δίχως άμεση αντιμετώπιση η θερμοκρασία του πλανήτη θα μπορούσε να εμφανίσει άνοδο έως και 5 βαθμών Κελσίου συγκριτικά με την προβιομηχανική εποχή έως το τέλος του αιώνα. Είναι περιττό να αναφερθεί ότι μια θερμοκρασιακή αύξηση τέτοιας κλίμακας θα έχει καταστροφικό αντίκτυπο στη φύση, προκαλώντας μη αναστρέψιμες αλλαγές σε πλήθος οικοσυστημάτων. Από τα παραπάνω γίνεται ευνόητο ότι και η οικονομία της ΕΕ θα δεχθεί τεράστιο πλήγμα, καθώς και η πλειοψηφία των χωρών θα χάσουν σε ένα βαθμό τη δυναμική τους, όσον αφορά στην παραγωγή τροφίμων.

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα το οποίο χρήζει και αντίστοιχης αντιμετώπισης. Αναγνωρίζοντάς το αυτό, η ΕΕ δίνει το παράδειγμα, όντας ένα από τα συμβαλλόμενα μέρη της Συμφωνίας των Παρισίων, κύριο μέλημα της οποίας είναι να περιοριστεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη σημαντικά κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου και να καταβληθούν προσπάθειες για τον περιορισμό της στον 1,5 C. Έτσι, οι χώρες της ΕΕ ενέκριναν το σχέδιο επίτευξης κλιματικής ου-

δευτερότητας έως το 2050, με την επίτευξη επιμέρους στόχων το 2020 καθώς και το 2030 να είναι μέρος της ομαλής διεκπεραίωσης του κύριου πλάνου.

Οι στόχοι για το 2020:

Η πρώτη δέσμη μέτρων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το κλίμα και την ενέργεια θεσπίστηκε το 2008 και έθεσε στόχους με ορίζοντα το 2020. Το κύριο τρίπτυχο ήταν η:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% (συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990)
- Αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20%
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα στο κεφάλαιο, για την επίτευξη των παραπάνω στόχων η ΕΕ διαμόρφωσε και στη συνέχεια αναμόρφωσε το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ). Αναφορικά, η ΕΕ βρίσκεται έχει επιτύχει να βρίσκεται μπροστά από αυτούς τους στόχους. Μέχρι το 2018, η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είχε φτάσει το 23%, ήταν δηλαδή 3% επιπλέον του αρχικού 20%.

Οι στόχοι για το 2030:

Έξι χρόνια έπειτα από την πρώτη δέσμη μέτρων του 2008, το 2014 καθορίστηκε το πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια με ορίζοντα το 2030, με μία πιο φιλόδοξη δέσμη στόχων για την περίοδο 2021-2030. Βάσει των στόχων αυτών, η ΕΕ έχει δεσμευτεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 40% έως το 2030, συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990. Το πλαίσιο περιλαμβάνει πολιτικές και στόχους για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας της οικονομίας και του ενεργειακού συστήματος της ΕΕ. Επίσης, μεταρρύθμισε το ΣΕΔΕ, υιοθέτησε κανόνες για την παρακολούθηση και την υποβολή στοιχείων και επισήμανε την ανάγκη εθνικών σχεδίων για το κλίμα και την ενέργεια και μακροπρόθεσμων στρατηγικών.

Στόχος για κλιματική ουδετερότητα το 2050:

Το Δεκέμβριο του 2019 οι ηγέτες της ΕΕ καθόρισαν το στόχο μιας κλιματικά ουδέτερης ΕΕ έως το 2050(βλ. Εικόνα7), όπου είναι και ο απώτερος σκοπός όλων των παραπάνω. Έτσι προχώρησαν και οι διαδικασίες για τη δημιουργία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Αναγνωρίστηκε η ανάγκη θέσπισης ενός ευνοϊκού πλαισίου έτσι ώστε να διασφαλιστεί μια αποδοτική οικονομικά καθώς και οικονομικά ισορρο-

πημένη και δίκαιη μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εθνικές συνθήκες. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κάλεσε την Επιτροπή να εκπονήσει πρόταση για τη μακροπρόθεσμη στρατηγική της ΕΕ το συντομότερο δυνατόν εντός του 2020, με σκοπό την έγκρισή της από το Συμβούλιο και την υποβολή της στην UNFCCC, όπως απαιτείται από τη Συμφωνία των Παρισίων. Οι υπουργοί περιβάλλοντος της ΕΕ ενέκριναν τη μακροπρόθεσμη στρατηγική της ΕΕ για το κλίμα τον Μάρτιο του 2020. Τον Οκτώβριο του 2020, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέτασε την ανακοίνωση της Επιτροπής με τίτλο «Ενίσχυση της κλιματικής φιλοδοξίας της Ευρώπης για το 2030», συμπεριλαμβανομένου του προτεινόμενου στόχου μείωσης των εκπομπών κατά τουλάχιστον 55 % έως το 2030, και τις δράσεις που απαιτούνται για την επίτευξη αυτής της φιλοδοξίας. Οι ηγέτες της ΕΕ θεωρούν ότι ο επικαιροποιημένος στόχος θα πρέπει να επιτευχθεί συλλογικά από την ΕΕ με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Όλα τα κράτη μέλη θα συμμετάσχουν στην προσπάθεια αυτή, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες σε κάθε χώρα και τα ζητήματα δικαιοσύνης και αλληλεγγύης. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κάλεσε το Συμβούλιο να συνεχίσει τις σχετικές εργασίες. Οι ηγέτες κάλεσαν την Επιτροπή να διεξαγάγει διεξοδικές διαβουλεύσεις με τα κράτη μέλη προκειμένου να αξιολογήσει συγκεκριμένες καταστάσεις και να παράσχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις στο επίπεδο των κρατών μελών.



Εικόνα 7: Απώτερος στόχος – ενεργειακή αυτονομία (2050)



## 2. Κ.Ε.ν.Α.Κ.

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υποχρεώθηκε να νομοθετήσει σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, υιοθετώντας την ευρωπαϊκή οδηγία 91/2002/ΕΚ. Ο ορίζοντας εφαρμογής των σχετικών κοινοτικών διατάξεων τέθηκε για το 2006. Ως απόρροια της παραπάνω υποχρέωσης, ψηφίστηκε ο νόμος 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) ο οποίος προβλέπει συγκεκριμένα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια.

Τα μέτρα αυτά συμπεριελήφθησαν στην πρώτη έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Ε.ν.Α.Κ.), ο οποίος απαρτιζόταν από τεχνικές οδηγίες για την κατάταξη των κτηρίων σε κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης, για την εκπόνηση ενεργειακών μελετών και για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα και παλαιά ανακαινιζόμενα κτήρια. Ο κανονισμός προβλέπει ότι η εκπόνηση της ενεργειακής μελέτης γίνεται, ανάλογα με την κάθε χρήση ενός κτηρίου, με βάση διάφορα πρότυπα του ΕΛΟΤ<sup>4</sup> χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος, η οποία εφαρμόζεται γύρω από νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια.

Ο νόμος 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) αντικατέστησε, με τροποποιήσεις, τον 3661/2008 και περιλαμβάνει όλα τα άρθρα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση κτηρίων, σε εναρμονισμό με την κοινοτική οδηγία 2010/31/ΕΕ. Από το Νοέμβριο του 2017 ισχύει η αναθεωρημένη έκδοση του Κ.Ε.ν.Α.Κ. με το ΦΕΚ Β' 4003/17.11.2017, με το οποίο εγκρίθηκαν οι νέες Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου (ΤΟΤΕΕ) για την εφαρμογή του Κ.Ε.ν.Α.Κ. 2017. (Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, 2017)

Ο αναθεωρημένος Κανονισμός περιλαμβάνει οδηγίες για την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης κτηρίων και θεσπίζει την υποχρεωτική χρήση του νέου πληροφοριακού συστήματος για την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης. Χωρίζεται σε επτά κεφάλαια:

- Στο κεφάλαιο Α περιγράφεται ο σκοπός και το πεδίο εφαρμογής, ενώ δίνονται και χρήσιμοι ορισμοί που χρησιμοποιούνται σε επόμενα άρθρα.
- Στο κεφάλαιο Β περιγράφεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων

---

<sup>4</sup> Πρόκειται για μεταφρασμένα και προσαρμοσμένα στα ελληνικά δεδομένα του ευρωπαϊκού προτύπου EN ISO 13790 καθώς και άλλων προτύπων ανά χρήση

- Στο κεφάλαιο Γ δίνονται οι ελάχιστες απαιτήσεις και κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.
- Στο κεφάλαιο Δ δίδεται η μεθοδολογία για την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης (Μ.Ε.Α.).
- Στο κεφάλαιο Ε περιγράφεται ο τρόπος έκδοσης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.)
- Στο κεφάλαιο ΣΤ δίδεται η μεθοδολογία για την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων και συστημάτων κλιματισμού και θέρμανσης.
- Στο κεφάλαιο Ζ περιλαμβάνονται οι τροποποιούμενες και οι καταργούμενες διατάξεις του προηγούμενου κανονισμού καθώς και τα παραρτήματα του αναθεωρημένου κανονισμού.

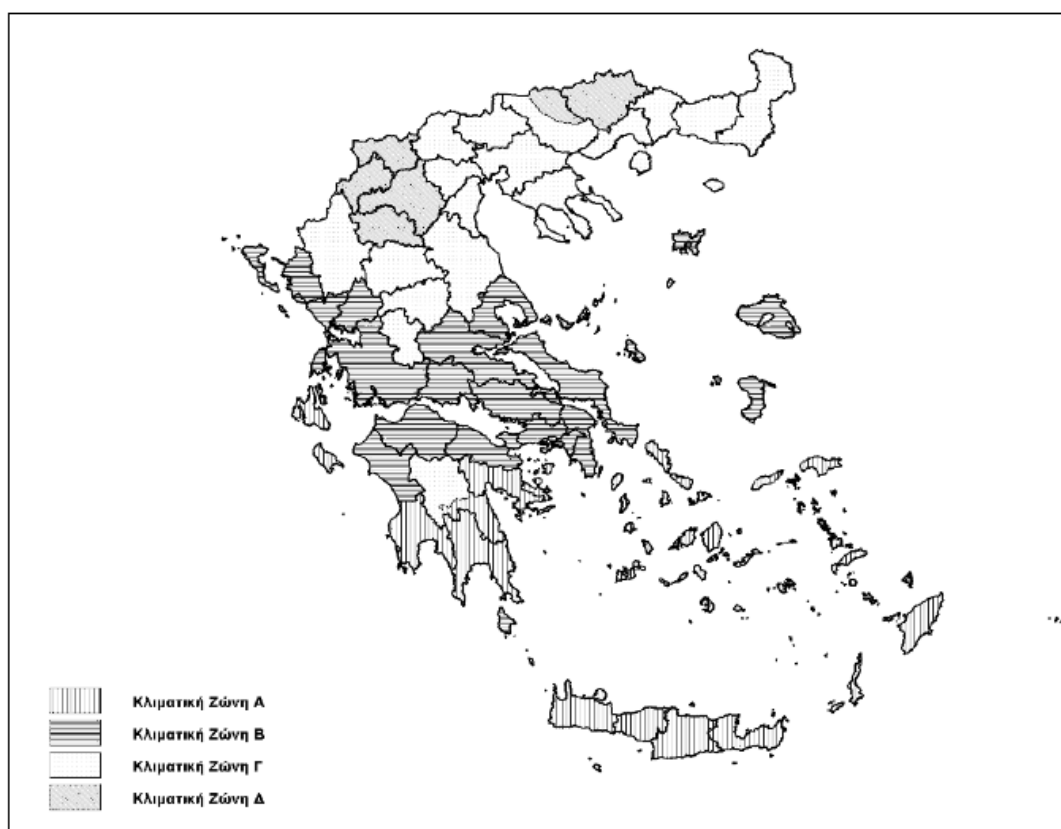
Ορισμένα σημεία κλειδιά του νέου Κ.Ε.ν.Α.Κ. είναι:

- καθορισμός ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων για νέα κτήρια και για παλαιά ανακαινιζόμενα κτήρια (με διαχωρισμό σε κατηγορίες χρήσης), οι ελάχιστες απαιτήσεις (άρθρο 7)
- καθορισμός ελάχιστων προδιαγραφών αναφορικά με τα δομικά χαρακτηριστικά και τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των κτηρίων (άρθρο 8)
- καθορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού των τεχνικών χαρακτηριστικών του κτηρίου αναφοράς και χρήση αυτών για την εκπόνηση της Μ.Ε.Α. (άρθρο 9)
- καθορισμός κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και περιγραφή του τρόπου κατάταξης των κτηρίων (συντελεστές T, PP και EP) σε αυτές (άρθρο 10)
- καθορισμός της ακολουθούμενης μεθοδολογίας για την εκπόνηση Μ.Ε.Α. (άρθρα 11 και 12)
- περιγραφή του τρόπου πιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης μέσω Π.Ε.Α., τρόπου έκδοσης του ιδίου και πρόβλεψη για υποχρεωτική χρήση του πληροφοριακού συστήματος για την έκδοσή του (άρθρο 13)
- περιγραφή της ακολουθούμενης μεθοδολογίας για τη διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης σε κτήρια καθώς και σε εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού (άρθρα 14,15,16)

Παρακάτω γίνεται αναφορά στην αναθεωρημένη έκδοση της ΤΟΤΕΕ που περιγράφει τον τρόπο εκπόνησης ενεργειακής μελέτης και τις ελάχιστες απαιτήσεις ανά χρήση και ανά κατηγορία κτηρίου.

## 2.1. Κλιματικές ζώνες

Στο άρθρο 6 του ΦΕΚ Β'4003/17.11.2017 και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 προβλέπεται ο διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Οι τέσσερις ζώνες ιεραρχούνται κατά φθίνουσα σειρά βαθμομερών θέρμανσης, δηλαδή στην ζώνη Α περιλαμβάνονται θερμότερες περιοχές από ό,τι στη ζώνη Δ.



Εικόνα 8: Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα (ΤΕΕ, 2017)

Περιοχές οι οποίες ανήκουν στις πρώτες τρεις κλιματικές ζώνες, σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα και τον παρακάτω πίνακα, αλλά βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 500m κατατάσσονται στην αμέσως επόμενη (ψυχρότερη) κλιματική ζώνη. Στη ζώνη Δ περιλαμβάνονται οι ψυχρότερες περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου και οι περιοχές της ζώνης Γ που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500m. Από τον παραπάνω χάρτη της Εικόνας 8 διακρίνεται ότι τμήματα των νομών Αρκαδίας και Σερρών ανήκουν σε δύο ζώνες (Γ και Δ). Για την κατάτμηση των δύο αυτών νομών έχει ήδη

γίνει ο έλεγχος και αναπροσαρμογή βάσει υψομέτρου. Στον Πίνακα 1 αναλύονται οι κλιματικές ζώνες καθώς και οι περιοχές που αντιστοιχούν στην εκάστοτε ζώνη.

**Πίνακας 1: Κατανομή νομών στις κλιματικές ζώνες (ΤΕΕ, 2017)**

<b>ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ</b>	<b>ΝΟΜΟΙ</b>
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλος, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

## 2.2. Κατηγορίες κτηρίων

Στον αναθεωρημένο Κ.Ε.ν.Α.Κ. ο διαχωρισμός των κτηρίων σε κατηγορίες χρήσης γίνεται σύμφωνα με την παράγραφο 6 του άρθρου 3 του νόμου 4122/2013, ενώ εφαρμόζονται οι εξαιρέσεις της παραγράφου 7 του άρθρου 4 του ίδιου νόμου.

Συγκεκριμένα, εξαιρούνται κτήρια τα οποία έχουν ιδιαίτερο χαρακτήρα ο οποίος θα υπόκειτο σε αλλοίωση εξαιτίας τυχόν παρεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης ή κτήρια τα οποία κρίνονται ήσσονος σημασίας λόγω επιφάνειας:

- μνημεία
- κτήρια προστατευόμενα ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας (π.χ. διατηρητέα ή κτήρια εντός παραδοσιακών οικισμών) καθώς η συμμόρφωση τους με τις απαιτήσεις

του Κ.Ε.ν.Α.Κ. θα επέφερε σημαντική αλλοίωση στον ιδιαίτερό τους αρχιτεκτονικό χαρακτήρα

- χώροι λατρείας
- βιομηχανικές εγκαταστάσεις, βιοτεχνίες και εργαστήρια
- κτήρια με διάρκεια χρήσης μικρότερη των δύο ετών, αποθήκες, χώροι στάθμευσης οχημάτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, κτήρια αγροτικών χρήσεων που έχουν μικρές ενεργειακές ανάγκες ή τα οποία χρησιμοποιούνται σε αγροτικό τομέα για τον οποίο υπάρχει ειδική συμφωνία για την ενεργειακή τους απόδοση (εκτός αγροτικών κατοικιών)
- μεμονωμένα κτήρια (π.χ. όχι διαμερίσματα), με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη από πενήντα τετραγωνικά μέτρα· για τα κτήρια αυτά ισχύουν μειωμένες απαιτήσεις αναφορικά μόνο με τα δομικά στοιχεία του κτηριακού κελύφους (ΤΕΕ, 2017)

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι διάφορες κατηγορίες κτηρίων βάσει χρήσης αυτών (πρωτογενής – δευτερογενής τομέας κ.ο.κ.). Τα κτήρια που ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες διαχωρίζονται σε επιπλέον κατηγορίες, όσον αφορά τους πολεοδομικούς κανονισμούς, ωστόσο η παρακάτω κατάτμηση χρησιμοποιείται μόνο για τις ανάγκες του Κ.Εν.Α.Κ.:

**Πίνακας 2: Κατηγορίες κτηρίων (ΤΕΕ, 2017)**

<b>Βασικές κατηγορίες κτηρίων</b>	<b>Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες</b>
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα)
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικοτροφείο και κοιτώνας
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.

Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη

Τέλος σημειώνεται ότι:

- σε περιπτώσεις ενιαίας χρήσης κτηρίου επιλέγεται μια από τις παραπάνω χρήσεις – κατηγορίες
- σε περίπτωση μεικτής χρήσης κτηρίου, όπου διαφορετικοί αυτοτελείς χώροι λειτουργούν με διαφορετικές χρήσεις (π.χ. πολυκατοικία με διαμερίσματα και εμπορικά καταστήματα στο ισόγειο) εκπονείται ξεχωριστή Μ.Ε.Α. και εκδίδεται ξεχωριστό Π.Ε.Α. για κάθε χρήση – αυτοτελή χώρο του κτηρίου
- αν η χρήση ενός κτηρίου δεν περιλαμβάνεται στον παραπάνω πίνακα, τότε εντάσσεται στην πλησιέστερη κατηγορία (ΤΕΕ, 2017)

### 2.3. Ελάχιστες απαιτήσεις κτηρίου αναφοράς

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ., κάθε νέο κτήριο ή κτηριακή μονάδα καθώς και κάθε υφιστάμενο κτήριο το οποίο υπόκειται σε ριζική ανακαίνιση πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις όπως αυτές περιγράφονται στα άρθρα 3,6 και 8. Ειδικά για τα υφιστάμενα κτήρια, αυτά πληρούν τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ., στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, οικονομικά και λειτουργικά εφικτό.

Κρίνεται ότι τα κτήρια πληρούν τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. όταν ισχύει μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του υπό μελέτη κτηρίου είναι μικρότερη ή ίση με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς, όπως αυτό περιγράφεται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ.
- το υπό μελέτη κτήριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτήριο αναφοράς, αναφορικά με το κτηριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις

Για οποιοδήποτε κτήριο (παλαιότητα και χρήση) πρέπει να εκπονηθεί ενεργειακή μελέτη για να υπολογιστεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και να συγκριθεί με αυτή του κτηρίου αναφοράς για την κατάταξή του σε μία εκ των προβλεπόμενων ενεργειακών κατηγοριών.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για το κτήριο αναφοράς όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 8 (κτηριακό κέλυφος και Η/Μ εγκαταστάσεις) συνοψίζονται στο:

- να είναι ίδιο με το μελετώμενο κτήριο (θέση, προσανατολισμό, χρήση, χαρακτηριστικά λειτουργίας)
- να έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με το μελετώμενο κτήριο
- να πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές σύμφωνα με τα άρθρα 3,4 και 8
- να έχει σαφώς καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά (όσον αφορά στα δομικά χαρακτηριστικά του και τις Η/Μ εγκαταστάσεις του)

#### 2.4. Θερμικές ζώνες κτηρίου

Για την κατάταξη του κτηρίου γίνεται διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες, όπου κάθε θερμική ζώνη αποτελείται από χώρους του κτηρίου με παρόμοια χρήση, παρόμοιες Η/Μ εγκαταστάσεις, πλήθος χρηστών κ.α.. Οι παρακάτω γρήγοροι κανόνες διευκολύνουν το διαχωρισμό κτηρίων σε θερμικές ζώνες:

- προσπάθεια διαχωρισμού σε όσο το δυνατό λιγότερες ζώνες έτσι ώστε να επιτυγχάνεται οικονομία χρόνου όσον αφορά στους απαιτούμενους υπολογισμούς
- ο διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες να προκύπτει από πραγματική καταγραφή της πραγματικής λειτουργίας του κτιρίου.
- μέρη του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου: τα μέρη αυτά πρέπει να εντάσσονται σε άλλες θερμικές ζώνες με παρόμοια χρήση

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης, ψύξης και ΖΝΧ το κτήριο πρέπει να μελετάται ως μία ενιαία ζώνη (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπου

αλλάζει σημαντικά το ενεργειακό προφίλ των χώρων και οι ανάγκες, μπορεί να γίνονται διαχωρισμός σε περισσότερες ζώνες).

Για την επίτευξη καλύτερης ακρίβειας στους υπολογισμούς πρέπει να γίνονται οι υπολογισμοί σε κάθε ζώνη και να μην ενώνονται διαφορετικές ζώνες μεταξύ τους. Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Κ.Ε.ν.Α.Κ., ο καθορισμός θερμικών ζωνών γίνεται με τα παρακάτω κριτήρια:

- η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων που εντάσσονται σε μία ζώνη διαφέρει περισσότερο από 4°C σε σχέση με άλλους χώρους του κτηρίου που εντάσσονται σε άλλη θερμική ζώνη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (χειμώνας – καλοκαίρι)
- ύπαρξη χώρων με διαφορετικές χρήσεις – λειτουργίες
- ύπαρξη χώρων οι οποίοι εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης για επίτευξη διαφορετικών επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών
- ύπαρξη χώρων που έχουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών κερδών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών
- ύπαρξη χώρων όπου το σύστημα μηχανικού αερισμού καλύπτει μικρότερη επιφάνεια από το 80% του ίδιου χώρου

Ο σωστός διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες είναι κρίσιμος για τον υπολογισμό σωστών θερμικών απωλειών στο σύνολο του κτηρίου (μέσω υπολογισμού των επιμέρους για κάθε ζώνη συντελεστών θερμοπερατότητας).

## 2.5. Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.)

Η πιστοποίηση κτηρίων γίνεται κατόπιν ενεργειακής επιθεώρησης η οποία αποσκοπεί στη συλλογή και αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του εκάστοτε κτηρίου. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης και για των έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου (Π.Ε.Α.).

Υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας  $E_P$  και η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το κτήριο αναφοράς  $RR$ . Για την κατάταξη του κτηρίου χρησιμοποιείται ο λόγος  $T$ , όπου  $T = \frac{E_P}{RR}$ . Παρακάτω στον Πίνακα 3 αναλύονται περιληπτικά οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης:



Πίνακας 3: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης (Ανο., χ.χ.)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ		
Κατηγορία	Όριο κατηγορίας	Όριο κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33 R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75 R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00 R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41 R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82 R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27 R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73 R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

## 2.6. Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης και έκδοση Π.Ε.Α.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Ε.ν.Α.Κ., για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και για την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης για ένα κτήριο, ακολουθείται η παρακάτω μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε ευρωπαϊκά πρότυπα (βλ. Πίνακα 4), υιοθετημένα από τον Ε.Λ.Ο.Τ.. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος για όλα τα πρότυπα. Στους παρακάτω πίνακες, οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται στο παράρτημα του Κ.Ε.ν.Α.Κ. δίδεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης ανά χρήση καθώς και το αντίστοιχο πρότυπο στο οποίο βασίζεται ο εκάστοτε υπολογισμός:

Πίνακας 4: Πρότυπα για τον υπολογισμό Ενεργειακής απόδοσης (ανά χρήση.)

Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτιρίου για θέρμανση & ψύξη (μηνιαία μέθοδος)		
2.ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 13790 E2(2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων- Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων	Υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους με τη μέθοδο ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος

Πίνακας 4: (Συνέχεια)

ΕΛΟΤ EN ISO 13789 E2 (2009)	Θερμική απόδοση κτηρίων-Συντελεστές μεταφοράς θερμότητας σχετικά με μετάδοση και αερισμό- Μέθοδος υπολογισμού	Υπολογισμός των απωλειών θερμότητας κτηρίου προς το περιβάλλον μέσω των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, καθώς και μέσω του αερισμού του κτηρίου (διείσδυσης αέρα, φυσικού ή μηχανικού αερισμού.)
ΕΛΟΤ EN ISO 6946 E2(2009)	Κτηριακά μέρη και στοιχεία-Θερμική αντίσταση και θερμοπερατότητα- Μέθοδος υπολογισμού	
ΕΛΟΤ EN ISO 13370 E2(2009)	Θερμικές επιδόσεις κτηρίων- Μετάδοση θερμότητας μέσω του εδάφους- Μέθοδοι υπολογισμού	
ΕΛΟΤ EN ISO 14683 (2009)	Θερμογέφυρες σε κτηριακές κατασκευές- Γραμμική θερμική απόδοση-Απλοποιημένες μέθοδοι και τιμές προεπιλογής	
ΕΛΟΤ EN ISO 10211 (2009)	Θερμογέφυρες στις κτηριακές κατασκευές - Ροές θερμότητας και επιφανειακές θερμοκρασίες – Λεπτομερείς υπολογισμοί	
EN ISO 10077 - 1 (2006)	Θερμική απόδοση παραθύρων, θυρών και εξωφύλλων – Υπολογισμός θερμικής μετάδοσης – Μέρος 1 : Απλοποιημένη μέθοδος	
ΕΛΟΤ EN ISO 12631	Θερμική απόδοση τοιχοπετασμάτων – Υπολογισμός της θερμικής μετάδοσης (2014)	
ΕΛΟΤ EN 15241 (2008)	Αερισμός κτηρίων – Μέθοδοι υπολογισμού ενεργειακών απωλειών σε εμπορικής χρήσης κτήρια λόγω αερισμού και διήθησης	Παραδοχές και υπολογισμοί για κλιματικά δεδομένα
ΕΛΟΤ EN ISO 15927 .01 (2004)	Υγροθερμικές επιδόσεις κτηρίων – Υπολογισμός και παρουσίαση κλιματικών δεδομένων – Μέρος 1: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων	
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό	Υπολογισμός εσωτερικών κερδών από φωτισμό
ΕΛΟΤ EN E-ΛΟΤ EN ISO 13790 E2 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βάσει της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους και των αποδόσεων των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης

## Πίνακας 4: (Συνέχεια)

ΕΛΟΤ EN 15316.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 1: Γενικά.	Υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης
ΕΛΟΤ EN 15316.02.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων -Μέρος 2-1: Συστήματα εκπομπών θέρμανσης χώρων	
ΕΛΟΤ EN 15316.02.03	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 2-3:Συστήματα διανομής για τη θέρμανση χώρων	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια- Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 4-1 :Συστήματα καύσης(λέβητες)	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων – Μέρος 4-2:συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων , συστήματα αντλιών θερμότητας	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων – Μέρος 4-3: Συστήματα παραγωγής θερμότητας, θερμικά ηλιακά	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.04 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 4-4: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα συμπαραγωγής, ενσωματωμένα στο κτήριο.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.05 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 4-5 :Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Απόδοση και ποιότητα συστημάτων τηλεθέρμανσης και συστημάτων μεγάλου όγκου	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.06 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια- Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 4-6:Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Φωτοβολταϊκά συστήματα.	

## Πίνακας 4: (Συνέχεια)

ΕΛΟΤ EN 15316.04.07 (2010)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων – Μέρος 4-7: Συστήματα παραγωγής θερμότητας χώρων, συστήματα καύσης βιομάζας	
ΕΛΟΤ EN 15243 (2008)	Αερισμός κτηρίων- Υπολογισμός θερμοκρασίας χώρου και του φορτίου και της ενέργειας κτηρίων εξοπλισμένων με σύστημα κλιματισμού	Υπολογισμός απόδοσης συστήματος ψύξης
ΕΛΟΤ EN 15232 (2007)	Ενεργειακή λειτουργία των κτηρίων – Επίδραση του αυτοματισμού κτηρίων, των συσκευών ελέγχου και της διαχείρισης κτηρίων	Υπολογισμός εξοικονομούμενης ενέργειας από διατάξεις αυτομάτου ελέγχου
ΕΛΟΤ EN 15378:2007	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια- Επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της θέρμανσης
ΕΛΟΤ EN 15239 2007	Αερισμός σε κτήρια – Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων αερισμού.	Εκτίμηση απόδοσης της ψύξης των συστημάτων αερισμού
ΕΛΟΤ EN 15240 2007	Αερισμός σε κτήρια – ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων κλιματισμού	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της ψύξης
Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης(Z.N.X) και φωτισμό		
ΕΛΟΤ EN 15316.03.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 3-1:Συστήματα ζεστού νερού χρήσης. Χαρακτηρισμός αναγκών(απαιτήσεις άντλησης)	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης(Z.N.X)
ΕΛΟΤ EN 15316.03.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 3-2:Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, διανομή.	
ΕΛΟΤ EN 15316.03.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων – Μέρος 3-3:Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή.	

## Πίνακας 4: (Συνέχεια)

ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για τεχνητό φωτισμό κτηρίων
ΕΛΟΤ EN 12464-1 (2011)	Φως και φωτισμός – Φωτισμός χώρων εργασίας – Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας.	Καθορισμός των απαραίτητων επιπέδων τεχνητού φωτισμού
ΕΛΟΤ EN 12193 E2 (2009)	Φως και φωτισμός – Φωτισμός χώρων αθλοπαιδιών.	

Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με πιστοποιημένο λογισμικό από την υπηρεσία Επιθεώρησης Ενέργειας (Ε.Υ.Επ.Εν.), η οποία υπάγεται στα υπουργείο Περιβάλλοντος και εφαρμόζονται πρακτικές οι οποίες συνάδουν σε εκτενής οδηγίες που βρίσκονται στις ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010.

### 3. Ενεργειακή επιθεώρηση φοιτητικών εστιών Πολυτεχνείου Κρήτης

Οι μελετώμενες φοιτητικές εστίες βρίσκονται στο Ακρωτήρι Χανίων της Κρήτης και αποτελούνται από τρία διαφορετικά κτήρια. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, εκπονήθηκε μελέτη ενεργειακής απόδοσης για τα κτήρια 1, 2 και 3 μη λαμβάνοντας υπόψη τμήμα των εστιών στο οποίο στεγάζονται κατάστημα, ιατρείο και πλυτήρια. Ο λόγος για τον οποίο αγνοούνται τα παραπάνω τμήματα των εστιών είναι η έλλειψη στοιχείων αναφορικά τόσο με το αν αυτά θερμαίνονται ή όχι, αλλά και αναφορικά με τον εγκατεστημένο εξοπλισμό και ως εκ τούτου, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Αξίζει δε να σημειωθεί ότι στην εργασία έχει ληφθεί ως δεδομένο ο όγκος και το εμβαδόν του κτηρίου, αλλά και το πλήθος των δωματίων. Λοιπά στοιχεία, τα οποία αφορούν στα εγκατεστημένα τεχνικά συστήματα και πιο συγκεκριμένα στα συστήματα παραγωγής θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων και παραγωγή ZNX, στα συστήματα ψύξης, αερισμού κ.ο.κ., δεν ήταν διαθέσιμα και θεωρήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού ενεργειακής επιθεώρησης.

Η εκπόνηση της ενεργειακής μελέτης έγινε με χρήση του λογισμικού easykenak, το οποίο είναι ένα διαδικτυακό λογισμικό που προσφέρει τη δυνατότητα αποτύπωσης της υφιστάμενης ενεργειακής απόδοσης, την εκτέλεση υπολογισμών και την εξαγωγή ενεργειακής μελέτης για την έκδοση του σχετικού Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.

Πιο συγκεκριμένα, για την έκδοση ενός πιστοποιητικού λαμβάνουν χώρα έξι διαδοχικά βήματα, ξεκινώντας με τη δημιουργία της ταυτότητας του κτηρίου εισάγοντας το διαθέσιμο αρχείο .xml (αν αυτό είναι διαθέσιμο) από το buildingcert, διαφορετικά απλώς με την καταχώρηση ενός ονόματος. Έπειτα ακολουθεί η διαδικασία της αρχικοποίησης, στην οποία δηλώνεται η κλιματική ζώνη του κτιρίου, το είδος θερμομόνωσης των δομικών του στοιχείων καθώς και ο επικρατέστερος τύπος κουφωμάτων. Στο τρίτο βήμα γίνεται η σχεδίαση του περιγράμματος του προς επιθεώρηση κτιρίου, όπου ακολουθείται από τους πρώτους αυτόματους υπολογισμούς αναφορικά με το κέλυφος. Στο βήμα αυτό υπάρχει και η δυνατότητα να γίνουν τυχόν τροποποιήσεις. Στο πέμπτο και τελευταίο βήμα πριν από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων καταχωρούνται όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες των συστημάτων (π.χ. θέρμανση-ψύξη, ZNX κλπ.). Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, το easykenak παράγει

το απαραίτητο αρχείο .xml το οποίο μπορεί να εισαχθεί στο tee-kenak και το buildingcert έτσι ώστε ο επιθεωρητής να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα της επιθεώρησης αλλά και να καταχωρήσει το εκάστοτε ενεργειακό πιστοποιητικό.

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι παρόλο που το λογισμικό του easykenak μοιράζεται τον ίδιο πυρήνα για του υπολογισμούς του με το tee-kenak και ένας ενεργειακός επιθεωρητής μπορεί να καταχωρήσει τα δεδομένα μιας ενεργειακής επιθεώρησης, να εκτελέσει τη μηχανή επίλυσης και να υπολογίσει μία ενεργειακή κατάταξη και στα δύο παραπάνω, του δίνεται η δυνατότητα να το κάνει πιο γρήγορα και απλά. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι το easykenak:

- είναι ένα διαδικτυακό πρόγραμμα, και το μόνο που χρειάζεται είναι πρόσβαση στο ίντερνετ για τη χρήση του,
- προσφέρει ένα απλό σχεδιαστικό εργαλείο
- είναι γρήγορο και προσφέρει χρήσιμα εργαλεία υπολογισμών σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες
- έχει αναπτυχθεί και εξακολουθεί να αναβαθμίζεται συνεχώς μέσα από την κοινότητα των ενεργειακών επιθεωρητών

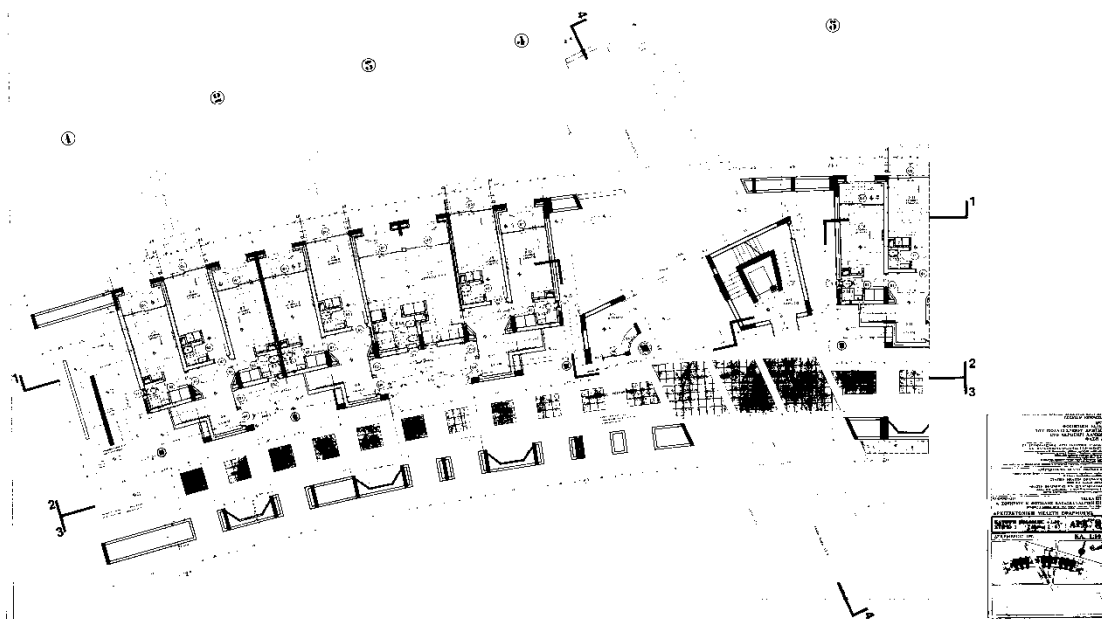
Παρακάτω δίνεται φωτογραφία των φοιτητικών Εστιών(βλ. Εικόνα 9), δορυφορική λήψη τους(βλ. Εικόνα 10) καθώς και οι αντιπροσωπευτικές όψεις και τομές του μελετώμενου κτηρίου(βλ. Εικόνες 11-16)



**Εικόνα 9:Οι φοιτητικές εστίες του Πολυτεχνείου**

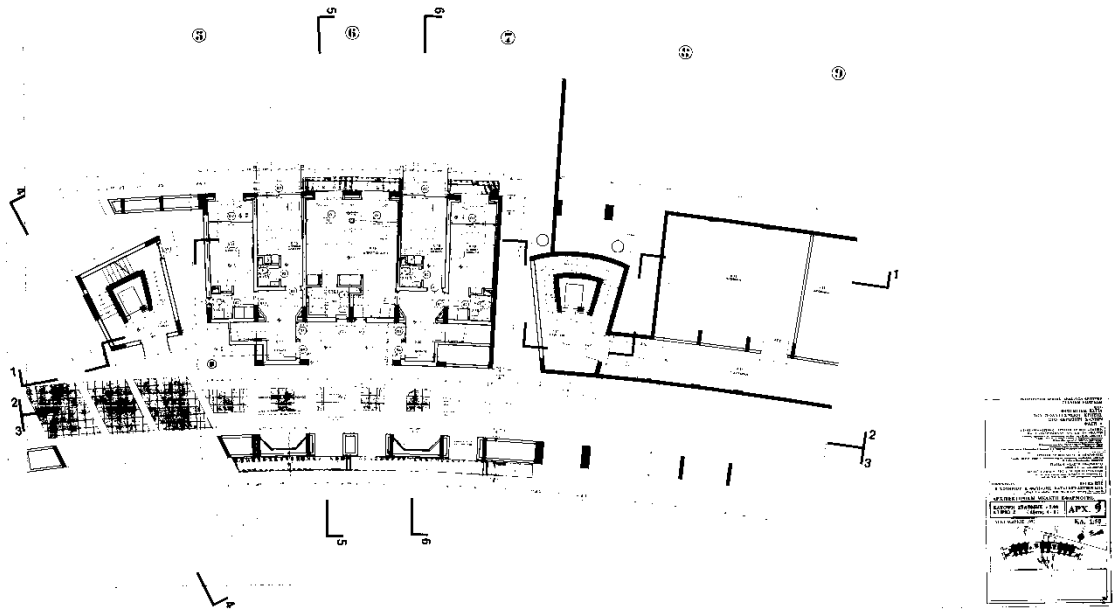


Εικόνα 10: Τα τρία κτήρια των φοιτητικών Εστιών μέσω δορυφορικής λήψης

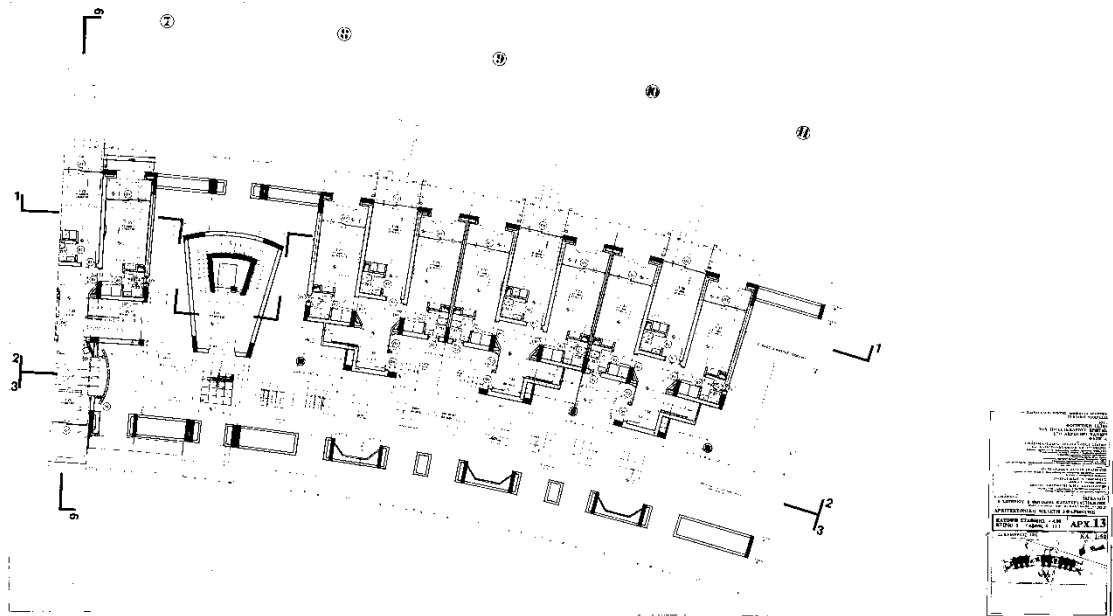


Εικόνα 11: Κάτοψη στάθμης 1 κτηρίου 1





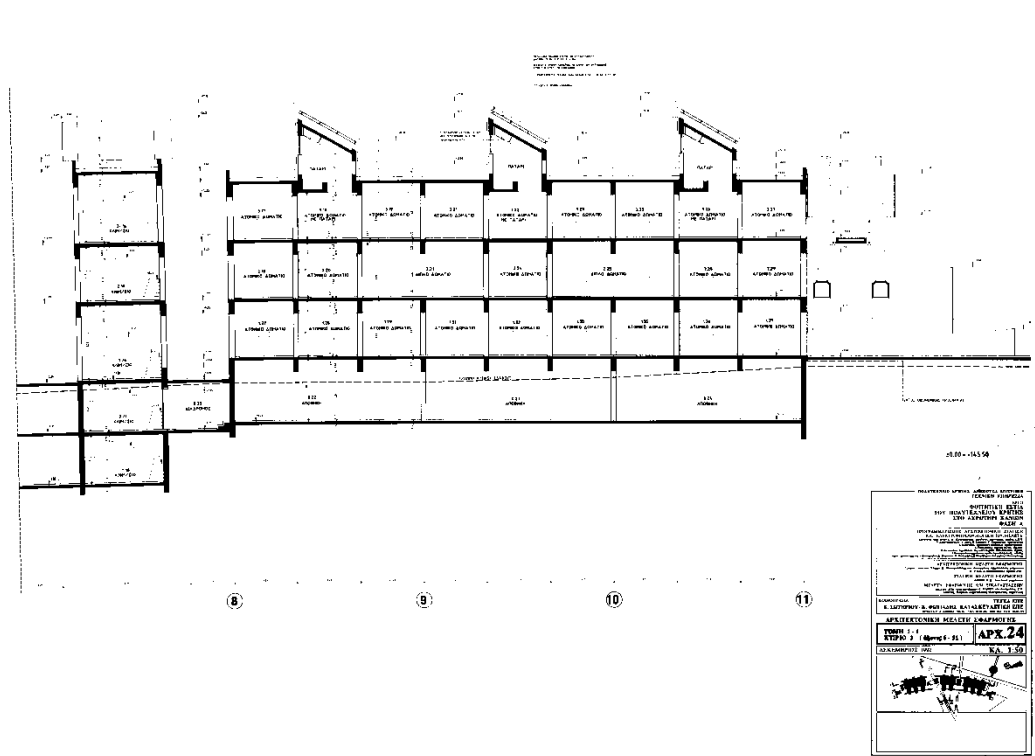
**Εικόνα 12: Κάτοψη στάθμης 1 κτηρίου 2**



**Εικόνα 13: Κάτοψη στάθμης 2 κτηρίου 3**

Δίδεται η κάτοψη της στάθμης 2, καθώς η στάθμη 1 του κτηρίου 3 διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες στάθμες καθώς φιλοξενεί μόνον ένα δωμάτιο και αποθηκευτικούς χώρους.

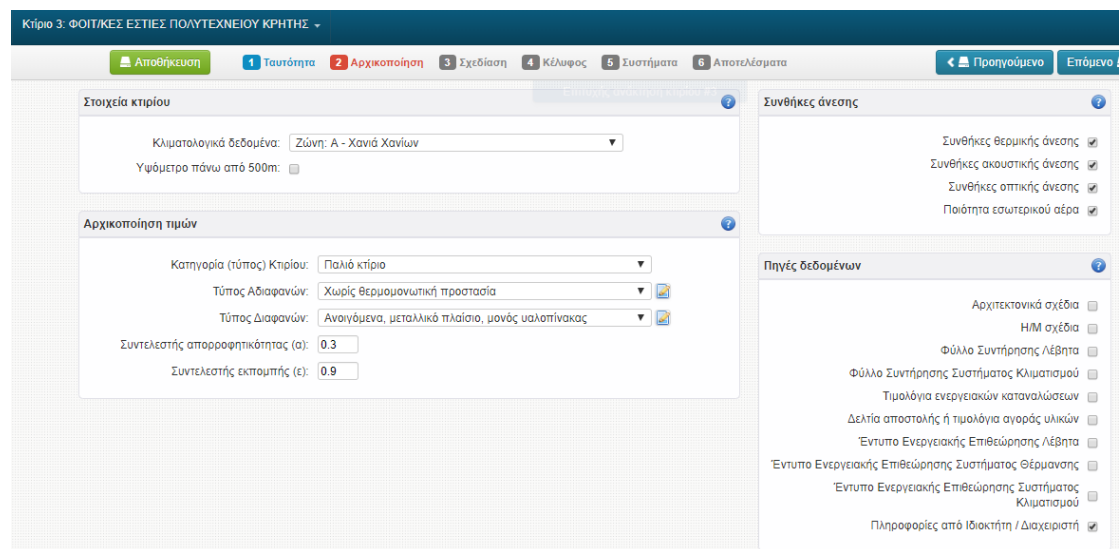




Εικόνα 16: Τομή κτηρίου 3

### 3.1. Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης

Για την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου, η οποία παρουσιάστηκε παραπάνω, δημιουργήθηκε ένα νέο έργο στο λογισμικό easykenak, στο οποίο εισήχθησαν οι πληροφορίες των φοιτητικών εστιών(βλ. Εικόνα 17):



Εικόνα 17: Αρχικοποίηση έργου – εισαγωγή βασικών πληροφοριών για την υφιστάμενη κατάσταση και επιλογή συνθηκών που θα υπολογιστούν

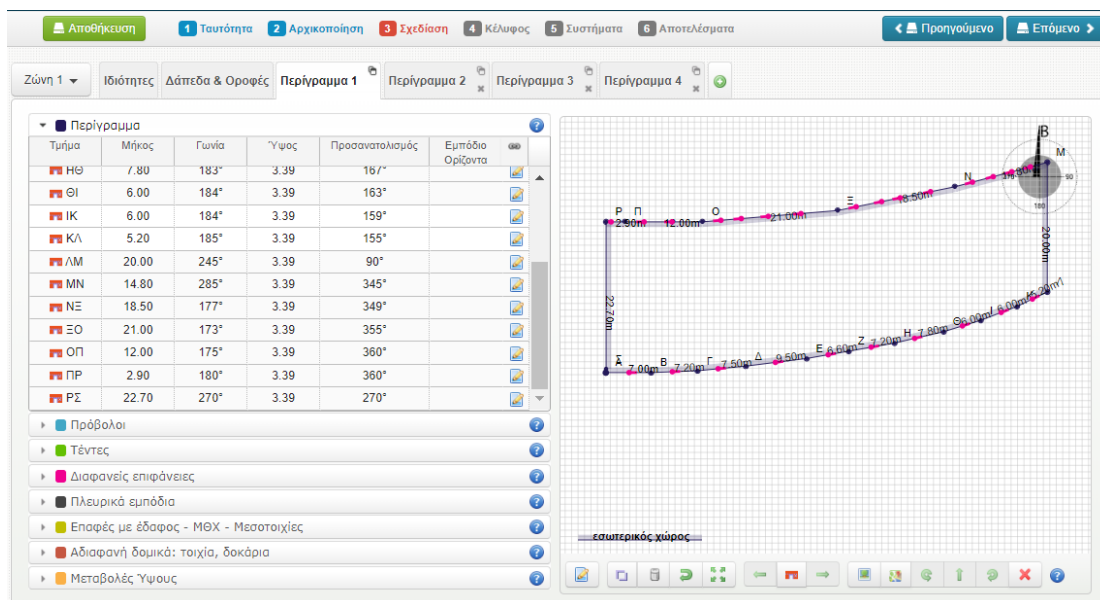
Πιο συγκεκριμένα, αρχικά ορίστηκαν τα κλιματολογικά δεδομένα, δηλαδή η ζώνη Α όπως αυτή ορίζεται για την ευρύτερη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης και υψόμετρο κάτω των 500m. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, οι εστίες δηλώθηκαν ως παλιό κτίσμα(κατασκευή προ 2010), χωρίς κάποια θερμομονωτική προστασία(π.χ. πλάκες και δάπεδα εξηλασμένης ή διογκωμένης πολυστερίνης) καθώς και με ανοιγόμενα διαφανή αποτελούμενα από μεταλλικό πλαίσιο και μονό υαλοπίνακα(χωρίς θερμοδιακοπή και αεροστεγανότητα).

Όσον αφορά το συντελεστή απορροφητικότητας, όντας κτήριο με συνδυασμό λευκού καθώς και σχετικά ανοιχτών επιχρισμάτων, και λόγω της λείας επιφάνειας, επιλέχθηκε χαμηλός στα 0,3. Ο συντελεστής εκπομπής ορίστηκε 0,9.(χαμηλές τιμές του συντελεστή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους συναντώνται σε στιλπνές επιφάνειες από μέταλλο).

Εκτός από την εισαγωγή πληροφοριών για τις φοιτητικές εστίες, έγινε επιλογή των συνθηκών άνεσης (θερμική άνεση, ποιότητα εσωτερικού αέρα κ.α.) οι οποίες χρειάζεται να υπολογιστούν στα πλαίσια της παρούσας ενεργειακής μελέτης. Στο επόμενο στάδιο εισήχθη η κάτοψη των σταθμών των φοιτητικών εστιών έτσι ώστε να είναι εφικτοί οι απαραίτητοι υπολογισμοί.

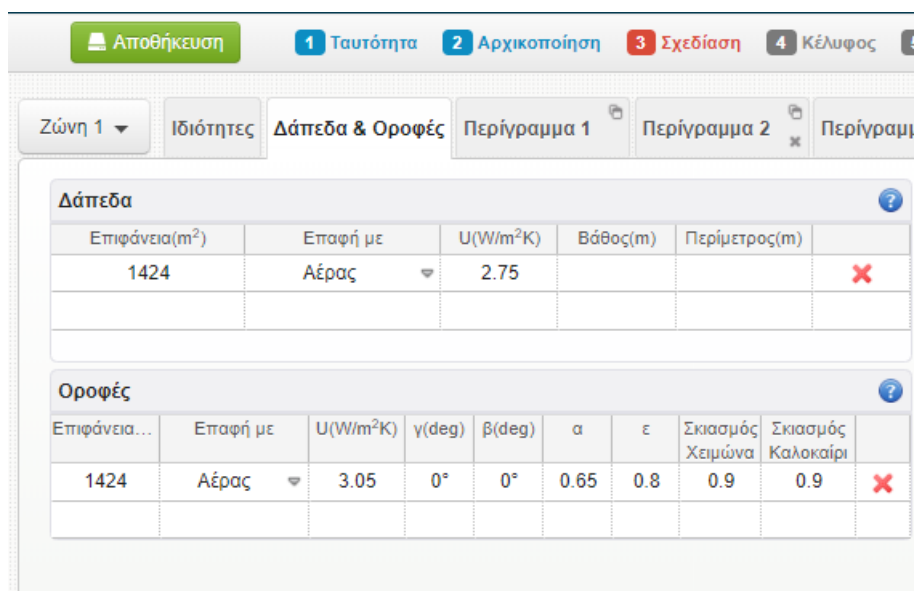
### 3.2. Διαχωρισμός σε θερμικές ζώνες

Όπως προαναφέρθηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, τα κτήρια διαχωρίζονται σε θερμικές ζώνες, όπου η χρήση και το ενεργειακό προφίλ των χώρων που εντάσσονται σε μία ζώνη είναι ίδιο ή όμοιο. Στις μελετώμενες φοιτητικές εστίες ορίστηκε μία μόνο θερμική ζώνη, καθώς η χρήση σε όλους τους χώρους είναι ίδια, ενώ υποθέσαμε ότι και τα εγκατεστημένα τεχνικά συστήματα καθώς και οι χρήστες είναι κοινοί. Αξίζει να επαναληφθεί πως εξαιρέθηκε της μελέτης τμήμα της στάθμης 1 το οποίο φιλοξενεί κατάσταση, ιατρείο και πλυντήριο, ελλείπει δεδομένων. Στις παρακάτω Εικόνες(18-20) παρουσιάζονται τα βήματα της Σχεδίασης στο λογισμικό easy-kenak:



**Εικόνα 18: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης – τοιχοποιία (περίγραμμα)**

Στο πρώτο βήμα σχεδιάστηκε η τοιχοποιία επί της κατόψεως, έτσι ώστε κάθε διακριτός τοίχος να αποτελεί ένα ξεχωριστό τμήμα για το λογισμικό. Κάθε τμήμα έχει προκαθορισμένο μήκος και προσανατολισμό, ενώ το ύψος είναι κοινό για όλους τους τοίχους. Οι αδιαφανείς επιφάνειες (τοίχοι) και οι διαφανείς επιφάνειες (ανοίγματα) ξεχωρίζουν μεταξύ τους χρωματικά στο παραπάνω σχέδιο. Στο επόμενο στάδιο εισήχθησαν οι επιφάνειες δαπέδων και οροφής. Οι επιμέρους επιφάνειες υπολογίζονται βάσει του περιγράμματος, όπως αυτό προκύπτει από το προηγούμενο βήμα.



**Εικόνα 19: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης - δάπεδα και οροφές**

Στο επόμενο βήμα εισήχθησαν οι πληροφορίες για τη χρήση της θερμικής ζώνης, η θερμαινόμενη επιφάνεια για τη ζήτηση σε ZNX (ζεστά νερά χρήσης) και η θερμοχωρητικότητα του κτηρίου. Επιπλέον, δόθηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του.

Κτήριο 3: ΦΟΙΤΗΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Αποθήκευση | 1 Ταυτότητα | 2 Αρχικοποίηση | 3 Σχεδίαση | 4 Κλίμα | 5 Συστήματα | 6 Αποτελέσματα

Προηγούμενο | Επόμενο

Ζώνη 1 | Ιδιότητες | Δάπεδα & Οροφές | Περίγραμμα 1 | Περίγραμμα 2 | Περίγραμμα 3 | Περίγραμμα 4

**Ιδιότητες Θερμικής Ζώνης**

Χρήση: Κατοικίας | Μονοκατοικία, πολυκ

Αριθμός Υ/Δ: 71

Επιφάνεια Θ.Ζ.: 2045 m<sup>2</sup>

Μέση κατανάλωση ZNX: 1943.98 m<sup>3</sup>/Έτος

Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα: 280

Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας λόγω θερμογεφυρών (W/K): 0

Διατάξεις αυτ. ελέγχου ZNX:

Κατηγορία Διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών Θέρμανση Ψύξη

Αρ. καμινάδων: 0 | Αρ. θυρίδων εξαερισμού: 0

Αρ. ανεμιστήρων οροφής: 0 | Αρ. εξώθυρων: 12

**Γεωμετρικά στοιχεία Θερμικής Ζώνης**

Μικτό ύψος ορόφου (m): 3.39 | Καθαρό ύψος (m): 3.19

Άνω στάθμη διαφανών (m): 2.18 | Εσοχή διαφανών (m): 0.05

Ποσοστό φέροντος ορόφου κτηρίου (%): 23 | Ύψος κτηρίου πάνω από την οροφή (m): 1.85

\* = συμπληρώστε για να συνεχίσετε

**Εικόνα 20: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης – ιδιότητες θερμικής ζώνης και γεωμετρικά χαρακτηριστικά**

Ειδικότερα, ορίστηκε αρχικά η χρήση κατοικίας ως “μονοκατοικία πολυκατοικία”. Συμπληρώνοντας τη χρήση της εξεταζόμενης θερμικής ζώνης, αρχικοποιούνται οι συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου αναφοράς, δηλαδή ο απαιτούμενος νωπός αέρας, η στάθμη γενικού φωτισμού, η κατανάλωση ZNX κλπ. Έπειτα προστέθηκε ο αριθμός των υπνοδωματίων (χρησιμοποιείται μόνο για χρήση κατοικίας, για τον υπολογισμό της μέσης κατανάλωσης ZNX/Έτος). Όσον αφορά την επιφάνεια θερμικής ζώνης, εφόσον στην περίπτωση μας έχουμε μόλις μία, υπολογίστηκε η συνολική έκταση των εστιών, η οποία ισούται με 2045 m<sup>2</sup>. Η μέση κατανάλωση, η οποία προέκυψε από τον αριθμό δωματίων όπως προαναφέρθηκε είναι ίση με 1943,98 m<sup>3</sup>/Έτος.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.14 της TOTEE 2070 1-1, η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα είναι 280. (Διαφορετικά υπολογίζεται αναλυτικά με τη σχέση 3.7 στην 4.2.4 της οδηγίας). Για το κτήριο αναφοράς, η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα κάθε θερμικής ζώνης λαμβάνεται ίση με 250 [KJ/ (m<sup>2</sup> · K)]. Σύμφωνα με το αντίστοιχο παράρτημα (πίνακας 5.5 της TOTEE 2070 1-1), η θέρμανση και η ψύξη ανήκουν στην κατηγορία Δ, Δηλαδή:

- Ο έλεγχος των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος χωρίς θερμοστάτες χώρου
- Ο έλεγχος των κυκλοφορητών μονάδων του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος ή χωρίς χρονοπρόγραμμα, χωρίς καμία ανάδραση από τη ζήτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου

- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο φορτίου
- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης δεν ελέγχεται η προτεραιότητα

Αναφορικά, η επιφάνεια των κοινόχρηστων βοηθητικών χώρων, π.χ. διάδρομοι, κλιμακοστάσια, δε συνυπολογίζεται για τον καθορισμό των απαιτήσεων ZNX. Έτσι, στην περίπτωση όπου οι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι ενσωματώνονται σε μία μεγαλύτερη θερμική ζώνη, το εμβαδόν τους δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ZNX.

Σχετικά με τη συμπλήρωση των Γεωμετρικών στοιχείων θερμικής ζώνης έχουμε τα παρακάτω:

- Μεικτό ύψος ορόφου=3,39m.(Το ύψος από το πάνω μέρος της κάτω πλάκας μέχρι το πάνω μέρος της άνω πλάκας του προς επιθεώρηση κτηρίου)
- Καθαρό ύψος=3,19m.(Υπολογίζεται αυτόματα, είναι το ύψος από το πάνω μέρος της κάτω πλάκας μέχρι το κάτω μέρος της άνω πλάκας). Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό γωνίας σκίασης από προβόλους.
- Άνω στάθμη διαφανών(πρέκι)=2,18(Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό γωνίας σκίασης διαφανούς από προβόλους)
- Εσοχή διαφανών=0,05m(πρόκειται για τη εσοχή των διαφανών από την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους). Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό γωνίας σκίασης διαφανούς από προβόλους και πλευρικές προεξοχές
- Ποσοστό φέροντος οργανισμού=23%(Υπαρξη 2 έως 5 ορόφων και έτος κατασκευής από 1980 έως 1999).
- Ύψος κτηρίου πάνω από την οροφή=1,85m(Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της γωνίας σκίασης από εμπόδια ορίζοντα και πλευρικές προεξοχές).

### 3.3. Δομικά στοιχεία κελύφους

Αφού εισήχθησαν όλα τα παραπάνω στοιχεία, το λογισμικό easykenak παρήγαγε τους απαραίτητους υπολογισμούς για να βρεθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου καθώς και οι θερμικές απώλειές του.

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο ‘συντελεστής θερμοπερατότητας’ ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό μέτρο ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους  $d$  σε ορισμένο χρονικό διάστημα μίας ώρας, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν. Μετρά δη-

λαδή στην ουσία, με πόση ευκολία διαπερνά η θερμότητα ένα υλικό ή σύστημα μέσα στα πλαίσια που αναφέρθηκαν.

Ο συντελεστής U-value μετριέται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ( $W/m^2K$ ) και μαθηματικά εκφράζεται με τον τύπο  $U=1/R$  όπου R είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης που θα δούμε παρακάτω. Με πιο απλά λόγια, οι U-value αξίες μετρούν πόσο αποτελεσματικό είναι ένα υλικό ως μονωτής, καθώς αφορούν το θερμικό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο χαμηλότερη είναι η U-Value, τόσο μικρότερη είναι η απώλεια θερμότητας και τόσο περισσότερη η μόνωση που παρέχει το υλικό. Για τις ανάγκες των υπολογισμών, το λογισμικό αντλεί πληροφορίες τόσο από το στάδιο διαχωρισμού σε θερμικές ζώνες όσο και από το στάδιο της αρχικοποίησης, όπου για παράδειγμα δόθηκαν πληροφορίες για τη θερμική συμπεριφορά των κουφωμάτων, τον προσανατολισμό του κτηρίου, το ηλιακό θερμικό κέρδος και η απορροφητικότητα ( $\alpha$ ) των επιφανειών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους παρακάτω πίνακες γίνεται υπολογισμός για κάθε τμήμα τους κελύφους (δάπεδο, οροφή, τοιχοποιία, άνοιγμα) βάσει της θερμικής ζώνης στην οποία αυτό ανήκει. Αρχικά, έγιναν οι αντίστοιχοι υπολογισμοί για την τοιχοποιία των φοιτητικών εστιών. Για όλους τους υπολογισμούς αντλούνται στοιχεία από το προηγούμενο στάδιο του σχεδιασμού της θερμικής ζώνης. Συνολικά υπολογίζονται εβδομήντα (70) αδιαφανείς επιφάνειες(βλ. Εικόνα 21):





## Ενεργειακή Αναβάθμιση Εστίων Πολυτεχνείου Κρήτης

Ακολούθως, έγιναν οι αντίστοιχοι υπολογισμοί για τις διαφανείς επιφάνειες στο περίγραμμα του κτηρίου(βλ. Εικόνα 22). Για τον υπολογισμό ελήφθησαν υπόψη οι συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών ( $u_w$ ), αδιαφανών επιφανειών ( $u$ ) και ηλιακού θερμικού κέρδους διαφανών επιφανειών  $g$ , όπως αυτοί δόθηκαν στο πρώτο στάδιο της μελέτης (αρχικοποίηση).

Διαφανή																
#	ΕΖ	Περ.	Τύπος	Περιγραφή	Προσαν. γ	Κλίση β	Μήκος	Ύψος	Εμβαδό	$U_w$	$g_w$	V	Ε.Οριζ.	Πρόβολοι	Τέντες	Πλ.Εμπ.
1	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		180	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
2	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		178	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
3	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		175	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
4	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		173	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
5	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
6	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
7	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		167	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
8	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		163	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
9	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		159	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
10	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		155	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
11	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
12	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
13	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
14	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
15	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
16	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
17	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
18	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
19	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
20	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
21	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
22	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
23	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
24	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
25	1	1	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	0.78	2.18	1.71	6.01	0.62	12.66		3*		
26	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		180	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
27	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		178	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
28	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		175	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
29	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		173	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
30	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
31	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
32	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		167	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
33	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		163	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
34	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		159	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
35	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		155	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
36	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
37	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
38	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
39	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
40	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
41	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
42	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
43	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
44	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
45	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
46	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
47	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
48	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
49	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
50	1	2	Ανοιγόμενο κούφωμα		360	90	0.78	2.18	1.71	6.01	0.62	12.66		3*		
51	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		180	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
52	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		178	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
53	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		175	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
54	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		173	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
55	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
56	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
57	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		167	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
58	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		163	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
59	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		159	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
60	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		155	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
61	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
62	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
63	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
64	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		
65	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα		349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*		

## Ενεργειακή Αναβάθμιση Εστιών Πολυτεχνείου Κρήτης

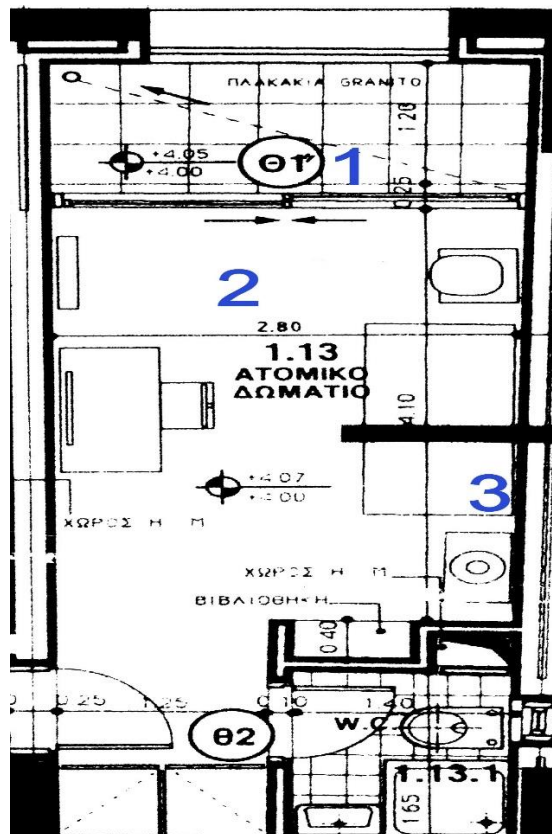
65	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
66	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
67	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
68	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
69	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
70	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
71	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
72	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
73	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
74	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
75	1	3	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	0.78	2.18	1.71	6.01	0.62	12.66		3*	
76	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	180	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
77	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	178	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
78	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	175	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
79	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	173	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
80	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
81	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	170	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
82	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	167	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
83	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	163	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
84	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	159	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
85	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	155	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
86	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
87	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
88	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
89	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	345	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
90	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
91	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
92	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
93	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	349	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
94	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
95	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
96	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
97	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	355	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
98	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
99	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	1.2	2.18	2.62	5.94	0.65	19.36		3*	
100	1	4	Ανοιγόμενο κούφωμα	360	90	0.78	2.18	1.71	6.01	0.62	12.66		3*	

**Εικόνα 22: Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας – διαφανείς επιφάνειες**

Κατόπιν, από το συνδυασμό όλων των αποτελεσμάτων υπολογίστηκε η συνολική επιφάνεια, ο συνολικός όγκος του κτηρίου και οι αντίστοιχες επιφάνειες και όγκοι που θερμαίνονται ή/και ψύχονται(βλ. Εικόνα 23).

<b>Επιφάνειες και Όγκοι</b>			
	Σύνολο	Θέρμανση	Ψύξη
Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	2045.00	2045.00	1022.50
Όγκος (m <sup>3</sup> )	6932.55	6932.55	3466.28

**Εικόνα 23: Υπολογισμοί θερμαινόμενων και ψυχόμενων επιφανειών και όγκων**



**Εικόνα 24: Παράδειγμα μονόκλινου δωματίου- Συνοπτική περιγραφή επιφανειών**

Τέλος, πραγματοποιείται μία συνοπτική περιγραφή της δομής και των επιφανειών ενός μονόκλινου δωματίου των εστιών(βλ. Εικόνα 24), έτσι ώστε να υπάρχει μία πιο ολοκληρωμένη αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, απεικονίζονται αντίστοιχα:

- 1) Η διαφανής επιφάνεια της εστίας, δηλαδή μία διπλή ανοιγόμενη μπαλκονόπορτα, αποτελούμενη από μεταλλικό πλαίσιο και μονό υαλοπίνακα, χωρίς θερμοδιακοπή η κάποια αεροστεγανότητα.
- 2) Το προ υπάρχον υλικό δαπέδου(κεραμικά πλακάκια), μικρότερης σημασίας όσον αφορά τις θερμικές απώλειες καθώς αντίθετα με τις διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες στους τοίχους, δε βρίσκεται σε άμεση επαφή με τον αέρα.
- 3) Αδιαφανής επιφάνεια σε επαφή με τον αέρα χωρίς κάποιο μέσο θερμομόωσης εγκατεστημένο.

Στην παραπάνω εικόνα επίσης παρατηρείται ότι το μάνιο καθώς και το μπαλκόνι αποτελούνται από πλακάκια γρανίτη, η θέση των υπόλοιπων ανοιγμάτων(πόρτα μάνιου και εισόδου), καθώς και η γενική διάταξη του δωματίου.

### 3.4. Τεχνικά συστήματα

Στο στάδιο αυτό εισήχθησαν τα δεδομένα που αφορούν στα εγκατεστημένα στις φοιτητικές εστίες τεχνικά συστήματα. Σύμφωνα με το άρθρο 8, παράγραφος 3 του Κ.Ε.ν.Α.Κ. ως τεχνικά συστήματα λογίζονται τα συστήματα ΘΨΚ (θέρμανσης – ψύξης – κλιματισμού), ΖΝΧ (ζεστών νερών χρήσης), φωτισμού και άλλα τα οποία δεν άπτονται της παρούσας ενεργειακής μελέτης.

#### 3.4.1. Θέρμανση

Θεωρήθηκε ότι οι φοιτητικές εστίες θερμαίνονται με χρήση τριών λεβήτων πετρελαίου, ισχύος 220kW έκαστος, και βαθμού απόδοσης 65% ο οποίοι καλύπτουν τις ανάγκες όλου του κτηρίου. Το δίκτυο διανομής του συστήματος θέρμανσης οδεύει εντός εσωτερικών χώρων ή έως και 20% σε εξωτερικούς χώρους, δε φέρει θερμομόνωση και ως βαθμός απόδοσης λαμβάνεται η μονάδα.

Αναφορικά, οι λέβητες είναι μηχανολογικός εξοπλισμός-μεταλλικά δοχεία τα οποία θερμαίνονται από την καύσιμη ύλη(στην περίπτωση μας πετρέλαιο), για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ή ατμού. Πιο συγκεκριμένα, είναι δοχεία κατασκευασμένα από ειδικά μέταλλα στα οποία θερμαίνεται το νερό. Τα συστήματα διανέμουν το ζεστό νερό, στην προκειμένη περίπτωση στα θερμαντικά σώματα, με το κρύο νερό να επιστρέφει στο λέβητα για να θερμανθεί. Η κυκλοφορία του ζεστού νερού πραγματοποιείται μέσω σωλήνων με τη χρήση μίας αντλίας. Ο έλεγχός τους γίνεται με τη βοήθεια συστημάτων ασφαλείας που περιλαμβάνουν θερμοστάτες, υδροστάτες και βαλβίδες που ρυθμίζουν την κυκλοφορία και τη θερμοκρασία του νερού.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τις ανάγκες της θέρμανσης, εισάγεται στο λογισμικό περίοδος διάρκειας ενός έτους κατά την οποία χρησιμοποιείται ο λέβητας πετρελαίου θέρμανσης(βλ. Εικόνα 25). Συγκεκριμένα λειτουργεί όλους τους μήνες πλην της περιόδου Μαΐου – Σεπτεμβρίου.

Αποθήκευση		1	2	3	4	5	6	Προηγούμενο		Επόμενο											
Θέρμανση Ψύξη ZNX Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός Μηχανικός Αερισμός Υγραση Σ.Η.Θ. Φωτοβολταϊκά Ζώνη 1																					
Καθαρισμός Θεωρητικό Σύστημα																					
<b>Παραγωγή</b>																					
A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SCOP	% κάλυψης			Jan	Φεβ	Mar	Apr	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	
1	Λέβητας	Πετρέλαιο θέρμανσης	220.00	0.650	1.00	0.33			0.33	0.33	0.33	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.33
2	Λέβητας	Πετρέλαιο θέρμανσης	220.00	0.650	1.00	0.33			0.33	0.33	0.33	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.33
3	Λέβητας	Πετρέλαιο θέρμανσης	220.00	0.650	1.00	0.33			0.33	0.33	0.33	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.33
<b>Δίκτυο Διανομής</b>																					
A/A	Τύπος	Ισχύς (KW)	Χώρος διέλευσης		B.Απ.	Μόνωση															
1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	0.00	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε εξωτερικούς		1.000	-															
2	Αεραγωγοί	0.00	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε εξωτερικούς		0.000	-															
<b>Τερματικές Μονάδες</b>																					
A/A	Τύπος	B.Απ.																			
1	Άμεσης απόδοσης (καλοριφέρ) σε εσωτερικό τοίχο	0.890																			
<b>Βοηθητικές Μονάδες</b>																					
A/A	Τύπος	Αριθμός	Ισχύς (KW)																		
1		1	0.000																		

### Εικόνα 25: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα θέρμανσης

Οι δε τερματικές μονάδες του συστήματος θέρμανσης θεωρήθηκαν ότι είναι τύπου καλοριφέρ σε εσωτερικούς τοίχους (θερμαντικά σώματα) και έχουν βαθμό απόδοσης 89%.

#### 3.4.2. Ψύξη

Ως σύστημα ψύξης χώρου νοείται κάθε σύστημα που παράγει και διανέμει ψυκτική ενέργεια στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Ένα σύστημα ψύξης χωρίζεται σε τρεις τομείς, οι οποίοι αναλύονται παρακάτω:

- Μονάδες παραγωγής ψύξης: κεντρικά συστήματα παραγωγής ψύξης, όπως ψύκτες ή αντλίες θερμότητας, τοπικές μονάδες παραγωγής ψύξης.
- Δίκτυο διανομής ψύξης: οι σωληνώσεις μεταφοράς ψυχρού μέσου(νερό κ.ά.), αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα κ.τ.λ.
- Μονάδες εκπομπής ψύξης: στοιχείο μονάδας ανεμιστήρα, ενδοδαπέδιο σύστημα, επιτοίχιο σύστημα κ.α.

Οι φοιτητικές εστίες εμφανίζουν ανάγκες ψύξης κατά τους μήνες Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο, ωστόσο δεν είναι εγκατεστημένο κάποιο σύστημα ψύξης επί του παρόντος (βλ. Εικόνα 26).

**Παραγωγή**

A/A	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	SEER	% κάλυψης	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	0.00	1.000	1.70	0.50	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0

**Δίκτυο Διανομής**

A/A	Τύπος	Ισχύς (KW)	Χώρος διέλευσης	B.Απ.	Μόνωση
1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	0.00	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε εξωτερικούς	1.000	-
2	Αεραγωγοί	0.00	Επιλογή	0.000	-

**Τερματικές Μονάδες**

A/A	Τύπος	B.Απ.
1		0.930

**Βοηθητικές Μονάδες**

A/A	Τύπος	Αριθμός	Ισχύς (KW)
1		1	0.000

Εικόνα 26: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα ψύξης

### 3.4.3. ZNX

Γενικά, ένα σύστημα ZNX ενός κτιρίου χωρίζεται σε τρεις τομείς, οι οποίοι αναλύονται στη συνέχεια μαζί με ορισμένες παραμέτρους:

- Μονάδα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: κεντρικά συστήματα παραγωγής ZNX όπως λέβητες ή αντλίες θερμότητας, τοπικές μονάδες παραγωγής ZNX όπως μονάδες αερίου, ηλεκτρικοί θερμαντήρες, ταχυθερμαντήρες κ.α.
- Δίκτυο διανομής θερμότητας: οι σωληνώσεις μεταφοράς θερμού μέσου (νερό κ.α.)
- Τερματική μονάδα απόδοσης θερμότητας για ZNX: θερμαντήρες με εναλλάκτη, με ηλεκτρική αντίσταση ή με άλλο σύστημα αποθήκευσης.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, από το σύστημα παραγωγής ZNX χρησιμοποιούνται τα δεδομένα για το συντελεστή θερμικής απόδοσης της μονάδας παραγωγής ZNX, το είδος καυσίμου (ηλεκτρικό, πετρέλαιο, κ.ά.), το ποσοστό του θερμικού φορτίου για ZNX που καλύπτει το σύστημα, η θερμική απόδοση του δικτύου διανομής ZNX, η θερμική απόδοση των τερματικών μονάδων απόδοσης θερμότητας (αποθήκευσης) για ZNX.

Οι ανάγκες σε ζεστά νερά χρήσης των χρηστών των φοιτητικών εστιών θεωρήθηκε ότι καλύπτονται από έναν λέβητα πετρελαίου, ο οποίος έχει εισαχθεί στο λογισμικό, με βαθμό απόδοσης 0,8. Ο λέβητας θεωρήθηκε ότι καλύπτει όλες τις ανάγκες των χρηστών σε ZNX καθ' όλο το έτος. Στην Εικόνα 27 απεικονίζεται η εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα ZNX:

Α/Α	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (KW)	B.Απ.	% κάλυψης	Jan	Φεβ	Mar	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
1	Λέβητας	Πετρέλαιο θέρμανσης	200.00	0.800	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Α/Α	Τύπος	Ανακυκλοφορία	Χώρος διέλευσης	B.Απ.
1		<input type="checkbox"/>	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε εξωτερικούς	0.882

Α/Α	Τύπος	B.Απ.
1		0.930

Α/Α	Τύπος	Αριθμός	Ισχύς (KW)
1		1	0.000

Εικόνα 27: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα ZNX

Το δίκτυο διανομής ZNX έχει βαθμό απόδοσης 88,2%(βλ. Εικόνα 28), ενώ το σύστημα αποθήκευσης ZNX αποτελείται από θερμαντήρες με ηλεκτρική αντίσταση και εναλλάκτη θερμότητας (σερπαντίνα), και έχει βαθμό απόδοσης 93%(βλ. Εικόνα 29).

**Βαθμός Απόδοσης δικτύου διανομής ZNX**

Ημερήσια ζήτηση ZNX

Ζήτηση ZNX: 325.97 l/ημέρα

**Ανακυκλοφορία**

- Χωρίς ανακυκλοφορία
- Με ανακυκλοφορία

**Χώρος διέλευσης**

- Εσωτερικοί ή έως και 20% σε εξωτερικούς
- Πάνω από 20% σε εξωτερικούς

**Μόνωση δικτύου**

- Μόνωση κτιρίου αναφοράς
- Ανεπαρκής μόνωση
- Χωρίς μόνωση

**Βαθμός απόδοσης δικτύου: 0.882**

Ok Άκυρο

Εικόνα 28: Υπολογισμός δικτύου διανομής ZNX



**Βαθμός Απόδοσης συστήματος αποθήκευσης ZNX** ✕

Τύπος θερμαντήρα

Θερμαντήρας με ηλεκτρική αντίσταση  
 Θερμαντήρας με ηλεκτρική αντίσταση και εναλλάκτη θερμότητας (σερπαντίνα)

Χώρος διέλευσης

Θερμαντήρας τοποθετημένος σε εσωτερικό χώρο  
 Θερμαντήρας τοποθετημένος σε εξωτερικό χώρο

**Βαθμός απόδοσης συστήματος αποθήκευσης:**  
**0.930**

Εικόνα 29: Υπολογισμός συστήματος αποθήκευσης ZNX

### 3.5. Απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια

Στον παρακάτω πίνακα(βλ. Εικόνα 30) παρατίθεται η απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια για όλες τις χρήσεις του κτηρίου των φοιτητικών εστιών. Οι ενεργειακές απαιτήσεις δίνονται σε kWh/m<sup>2</sup>, χωρίς να γίνεται διαχωρισμός σε ηλεκτρικές ή θερμικές kWh.

Παρακάτω, γίνεται αναγωγή των ενεργειακών απαιτήσεων σε απαιτούμενη κατανάλωση καυσίμου και υπολογίζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από την κατανάλωση των σχετικών ποσοτήτων καυσίμου:

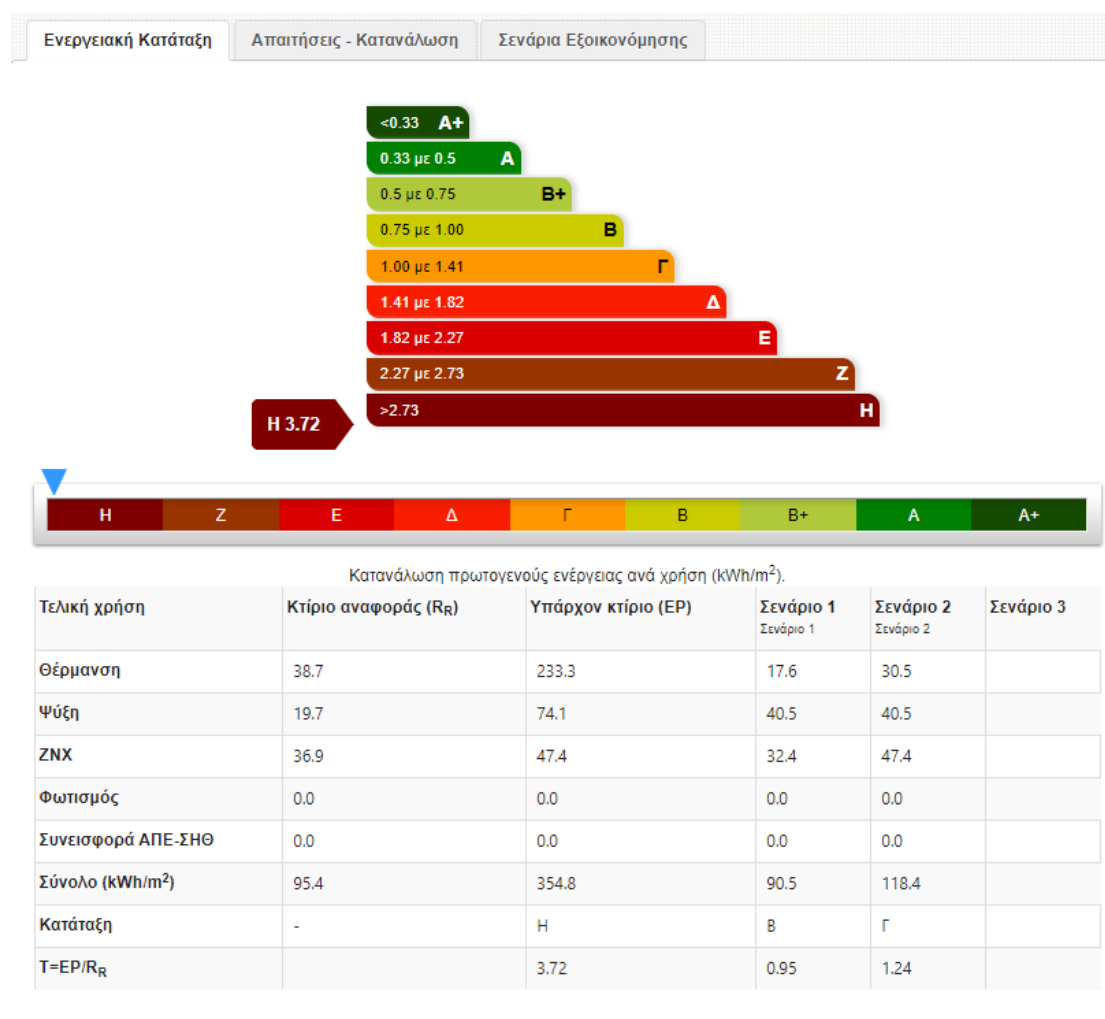
Ενεργειακή Κατάταξη		Απαιτήσεις - Κατανάλωση		Σενάρια Εξοικονόμησης										
		Κτίριο αναφοράς					Υπάρχον κτίριο							
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
Θέρμανση		31.1	25.5	20.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	23.9	113.7
Ψύξη		0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	16.1	27.3	23.5	4.2	0.0	0.0	0.0	74.2
Ύγρανση		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ZNX</b>		<b>3.0</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>	<b>28.3</b>
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ετήσιο
Θέρμανση		58.0	47.5	37.8	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	44.6	212.1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη		0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.5	9.4	8.1	1.5	0.0	0.0	0.0	25.6
<b>ZNX</b>		<b>4.6</b>	<b>4.2</b>	<b>4.5</b>	<b>4.0</b>	<b>3.6</b>	<b>2.9</b>	<b>2.7</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.3</b>	<b>3.7</b>	<b>4.3</b>	<b>43.1</b>
Ηλιακή ενέργεια για ZNX		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ενέργεια από Φ/Β - ΣΗΘ		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Σύνολο</b>		<b>62.6</b>	<b>51.6</b>	<b>42.2</b>	<b>10.1</b>	<b>4.6</b>	<b>8.5</b>	<b>12.1</b>	<b>10.7</b>	<b>4.2</b>	<b>3.3</b>	<b>21.8</b>	<b>48.9</b>	<b>280.8</b>
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )												
Ηλεκτρισμός	25.6	25.3												
Πετρέλαιο	255.2	67.4												
Φυσικό αέριο	0.0	0.0												
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0												
Ηλιακή	0.0	0.0												
Βιομάζα	0.0	0.0												
Γεωθερμία	0.0	0.0												
Άλλη ΑΠΕ	0.0	0.0												
<b>Σύνολο</b>	<b>280.8</b>	<b>92.7</b>												

Εικόνα 30: Απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας

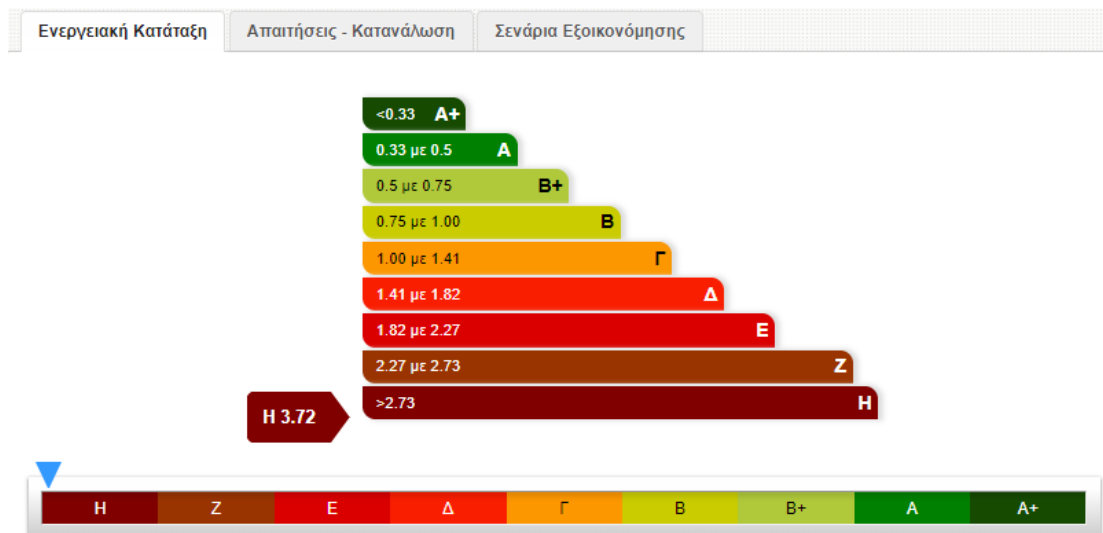
### 3.6. Αποτελέσματα-Ενεργειακή κατάταξη

Κατόπιν εισαγωγής όλων των παραπάνω στοιχείων, το λογισμικό υπολογίζει την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση, τόσο για το κτήριο αναφοράς όσο και για υφιστάμενο κτήριο. Έπειτα, υπολογίζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατόπιν υλοποίησης των προτεινόμενων παρεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση των φοιτητικών εστιών και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στη λίστα «Σενάριο 1». Επιπλέον, το λογισμικό easykenak δίνει τη δυνατότητα στο μηχανικό να καταρτίσει δύο επιπλέον σενάρια έτσι ώστε να βρίσκεται σε θέση να επιλέξει το βέλτιστο όσον αφορά τη σχέση κόστους παρεμβάσεων και υπολογιζόμενης ενεργειακής αναβάθμισης.

Στην Εικόνα 31 συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα:



Εικόνα 31: Αποτελέσματα ενεργειακής επιθεώρησης φοιτητικών εστιών



Εικόνα 32: Ενεργειακή κατάταξη

Από την επεξεργασία των υπολογιζόμενων μεγεθών προκύπτει ο λόγος  $T$  για όλες τις χρήσεις, ο οποίος υπολογίζεται σε  $T=3,72^5$ . Σύμφωνα με τον αντίστοιχο πίνακα του Κ.Ε.ν.Α.Κ., το λογισμικό κατατάσσει τις φοιτητικές εστίες στην ενεργειακή κατηγορία Η (βλ. Εικόνα 32). Στην Εικόνα 33 αναλύεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση:

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 Σενάριο 1	Σενάριο 2 Σενάριο 2	Σενάριο 3
Θέρμανση	38.7	233.3	17.6	30.5	
Ψύξη	19.7	74.1	40.5	40.5	
ZNX	36.9	47.4	32.4	47.4	
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	95.4	354.8	90.5	118.4	
Κατάταξη	-	H	B	Γ	
$T=EP/R_R$		3.72	0.95	1.24	

Εικόνα 33: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Από τις παραπάνω πληροφορίες υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όπως αυτή παρουσιάστηκε νωρίτερα, στην παράγραφο 3.1, και γίνεται η κατάταξη των φοιτητικών εστίων στην ενεργειακή κατηγορία Η.

<sup>5</sup> όπως προαναφέρεται, η κατάταξη κτηρίων σε ενεργειακές κατηγορίες γίνεται με χρήση του λόγου  $T$ , όπου  $T=EP/RR$  (κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς)

## 4. Ενεργειακή αναβάθμιση

Κατόπιν υπολογισμού της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου, δημιουργήθηκε ένα κύριο σενάριο επεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου. Οι επεμβάσεις αυτές αφορούν στα τεχνικά συστήματα τα οποία θεωρήθηκαν πως λειτουργούν στο κτήριο, απουσία πραγματικών στοιχείων. Κατόπιν, δημιουργήθηκε ένα δεύτερο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης, το οποίο περιλάμβανε λιγότερες επεμβάσεις με αποτέλεσμα να θεωρείται πιο εύκολα υλοποιήσιμο, καθώς συνεπάγεται και μικρότερο κόστος για τις επεμβάσεις.

Αρχικά, αναφέρεται το πρώτο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης το οποίο αναλύεται διεξοδικά, ενώ ακολούθως πραγματοποιείται μία συνοπτικότερη στο δεύτερο εναλλακτικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Κάθε παρέμβαση κοστολογείται αυτόματα από το λογισμικό, στο οποίο έχουν ενσωματωθεί τυπικά κοστολόγια. Πιο συγκεκριμένα, προτείνονται παρεμβάσεις στη θερμομόνωση του κτηρίου, τόσο στην τοιχοποιία, όσο και στα ανοίγματα. Επιπλέον, προτείνεται η αντικατάσταση των λεβήτων πετρελαίου με αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες θα εξυπηρετούν τόσο τις ανάγκες θέρμανσης χώρων όσο και τις ανάγκες σε ζεστά νερά χρήσης.

Τέλος, όσον αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, προτείνεται η αντικατάσταση του φωτισμού με νέο, πιο αποδοτικό ενεργειακά. Δεδομένου ότι δεν έχουν δηλωθεί σημαντικά ηλεκτρικά φορτία, το λογισμικό δεν προτείνει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με καθεστώς ενεργειακού συμψηφισμού. Εντούτοις, θα μελετηθεί η εγκατάσταση ενός τέτοιου φωτοβολταϊκού συστήματος σε επόμενο κεφάλαιο, επιχειρώντας να επιτευχθεί κάλυψη της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας όπως αυτή προκύπτει από τις καταναλώσεις των χρηστών του κτηρίου, μέσα από ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα το οποίο θα λειτουργεί υπό καθεστώς ενεργειακού συμψηφισμού.

### 4.1. Αντικατάσταση δομικών χαρακτηριστικών κελύφους – τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων

Κρίσιμος παράγοντας για την ενεργειακή αναβάθμιση των φοιτητικών εστιών είναι η μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω μείωσης των θερμικών απωλειών (για το λόγο αυτό πρέπει να επιτευχθεί χαμηλότερος συντελεστής θερμοπερατότητας) και μέσω εγκατάστασης τεχνικών συστημάτων με υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Προτείνεται η τοποθέτηση θερμομόνωσης στους τοίχους, στα ανοίγματα και την οροφή των φοιτητικών εστιών, καθώς βρίσκονται σε

άμεση επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Επιπλέον, προτείνεται η αντικατάσταση των κουφωμάτων σε όλα τα ανοίγματα των φοιτητικών εστιών (ανοιγόμενα και μη). Τόσο τα δομικά στοιχεία του κτηρίου (πλευρές) όσο και τα ανοίγματα έχουν εισαχθεί στο λογισμικό στο στάδιο της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι θεωρήθηκε πως οι υφιστάμενες αδιαφανείς επιφάνειες δεν φέρουν θερμομόνωση, ενώ τα υφιστάμενα κουφώματα επί των ανοιγμάτων έχουν μεταλλικό πλαίσιο και αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Ε.ν.Α.Κ., οι μέγιστοι αποδεκτοί συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων (βλ. Πίνακα 5) για υφιστάμενα κτήρια και ανά κλιματική ζώνη και συγκεκριμένα για τη ζώνη Α (Χανιά) όπου βρίσκονται οι μελετώμενες φοιτητικές εστίες είναι:

**Πίνακας 5: Μέγιστοι αποδεκτοί συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε υφιστάμενα κτήρια (Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, 2017)**

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [ W/(m <sup>2</sup> · K)]			
	Ζώνη Α΄	Ζώνη Β΄	Ζώνη Γ΄	Ζώνη Δ΄
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα(πilotή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60

Πίνακας 5: (Συνέχεια)

Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

Στις Εικόνες 34 και 35 παρουσιάζονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις στα δομικά χαρακτηριστικά:

Σενάριο 1
Σενάριο 2
Σενάριο 3

Περιγραφή σεναρίου: Σενάριο 1

**Τοίχοι - Θερμομόνωση κατακόρυφων δομικών σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα**

Κατά Κ.Θ.Κ. U: 0.7 Κόστος: 50 €/m<sup>2</sup>

Κατά KENAK U: 0.55 Κόστος: 50 €/m<sup>2</sup>

**Οροφές - Θερμομόνωση οροφών σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα**

Κατά Κ.Θ.Κ. U: 0.5 Κόστος: 40 €/m<sup>2</sup>

Κατά KENAK U: 0.45 Κόστος: 40 €/m<sup>2</sup>

**Δάπεδα - Θερμομόνωση δαπέδων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτές)**

Κατά Κ.Θ.Κ. U: 0.5 Κόστος: 40 €/m<sup>2</sup>

Κατά KENAK U: 0.45 Κόστος: 40 €/m<sup>2</sup>

**Διαφανείς επιφάνειες - Α**

**Αντικατάσταση ανοιγόμενων κουφωμάτων**

Τύπος πλαισίου: Συνθετικό πλαίσιο U: 3 W/m<sup>2</sup>\*K g: 0.55 V: 1550 m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>

Τύπος υαλοπίνακα: Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ Κόστος: 300 €/m<sup>2</sup>

Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1

**Διαφανείς επιφάνειες - Β**

**Αντικατάσταση μη ανοιγόμενων κουφωμάτων**

Τύπος πλαισίου: Συνθετικό πλαίσιο U: 3 W/m<sup>2</sup>\*K g: 0.55 V: 0 m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>

Τύπος υαλοπίνακα: Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ Κόστος: 300 €/m<sup>2</sup>

Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1

**Διαφανείς επιφάνειες - Γ**

**Αντικατάσταση ανοιγόμενων προσόψεων**

Τύπος πλαισίου: Συνθετικό πλαίσιο U: 3 W/m<sup>2</sup>\*K g: 0.55 V: 0 m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>

Τύπος υαλοπίνακα: Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ Κόστος: 300 €/m<sup>2</sup>

Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1

**Εικόνα 34: Προτεινόμενες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση 1/2**

**Διαφανείς επιφάνειες - Δ**

**Αντικατάσταση μη ανοιγόμενων προσόψεων**

Τύπος πλαισίου: Συνθετικό πλαίσιο U: 3 W/m<sup>2</sup>\*K g: 0.55 V: 0 m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>

Τύπος υαλοπίνακα: Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ Κόστος: 300 €/m<sup>2</sup>

Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1

**Εικόνα 35: Προτεινόμενες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση 2/2**

Πιο συγκεκριμένα, έχοντας ως κύριο γνώμονα τον Πίνακα 5 για τους μέγιστους αποδεκτούς συντελεστές θερμοπερατότητας καθώς και τα υφιστάμενα δομικά στοιχεία από την καρτέλα των αποτελεσμάτων και ειδικότερα της ενεργειακής κατάταξης στο πρόγραμμα easykenak, ξεκίνησε η προσθήκη του πρώτου σεναρίου. Αρχικά προστέθηκαν οι κατάλληλοι συντελεστές για τα αδιαφανή στοιχεία των κτηρίων, δηλαδή για τους τοίχους, τις οροφές και τα δάπεδα. Όλα τα παραπάνω βρίσκονταν σε επαφή με τον αέρα και οι επεμβάσεις έγιναν σύμφωνα με τον Κ.Ε.ν.Α.Κ 2017. Τα κόστη ανά τετραγωνικό μέτρο προέκυψαν αυτόματα από το λογισμικό. Έπειτα, όσον αφορά

το κέλυφος των κτηρίων σειρά πήραν τα ανοιγόμενα κουφώματα και οι προσόψεις. Ειδικότερα, επιλέχθηκε συνθετικό πλαίσιο καθώς και δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 33, οι προτεινόμενες στο Σενάριο 1 παρεμβάσεις σε συνδυασμό με αυτές στα τεχνικά συστήματα θα βελτιώσουν την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου από την κατηγορία Η στην κατηγορία Β.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των προτεινόμενων δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου επιλέγεται χαμηλότερος των μέγιστων αποδεκτών σύμφωνα με τον πίνακα Γ2 του άρθρου 8 του Κ.Ε.ν.Α.Κ. και συγκεκριμένα επιλέγεται σε 0,45 και 0,55 W/m<sup>2</sup>K για τους τοίχους, την οροφή και το δάπεδο και σε 0,55 W/m<sup>2</sup>K για τα κουφώματα.

#### 4.2. Αντικατάσταση τεχνικών συστημάτων

Σύμφωνα με το άρθρο 7.3 της ΤΟΤΕΕ 20701/1-2017 τα τεχνικά συστήματα σε ριζικά ανακαινισμένα κτήρια θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης και ζεστών νερών χρήσης πρέπει να είναι σύμφωνη με τον Κανονισμό οικολογικού σχεδιασμού θερμαντήρων χώρου και θερμαντήρων συνδυασμένης λειτουργίας (813/2013).
- Η μονάδα παραγωγής ψύξης πρέπει να είναι σύμφωνη με τον Κανονισμό οικολογικού σχεδιασμού ψυκτικών προϊόντων (2281/2016). Αν πρόκειται για μονάδες ψυκτικής ισχύος μικρότερης ή ίσης των 12kW, πρέπει να είναι σύμφωνη με τον Κανονισμό οικολογικού σχεδιασμού κλιματιστικών και ανεμιστήρων δροσισμού (206/2012).
- Τα δίκτυα διανομής (νερού ή άλλου μέσου) θέρμανσης, ψύξης ή ΖΝΧ πρέπει να διαθέτουν θερμομόνωση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,040$  W/(m·K) και πάχος όπως αυτό προκύπτει από τον Πίνακα 4.7. (ΤΕΕ, 2017)
- Οι ζήτηση σε ΖΝΧ θα καλύπτεται από ηλιοθερμικά συστήματα κατά 60% τουλάχιστον επί της συνολικής ετήσιας ζήτησης ή από άλλα συστήματα παραγωγής ΖΝΧ τα οποία βασίζονται σε Α.Π.Ε., Σ.Η.Θ. (συμπαγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας), σε συστήματα τηλεθέρμανσης είτε ανά οικοδομικά τετράγωνα είτε σε ευρύτερες περιοχές, ή σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης (E.E.R.) μεγαλύτερο ή ίσο από 3.3. Η απαίτηση αυτή του Κ.Ε.ν.Α.Κ. δεν ισχύει για κτήρια με χαμηλές καταναλώσεις ΖΝΧ, ήτοι σε κτήρια με καταναλώσεις ΖΝΧ το μέγιστο 10 l/άτομο/ημέρα.
- Ανεξαρτήτως χρήσης κτηρίου απαιτείται ανεξάρτητος και αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντικών σωμάτων) σε κά-



θε αυτόνομο λειτουργικό χώρο χρησιμοποιώντας τουλάχιστον έναν θερμοστάτη και θερμοστατικές βαλβίδες. Με τον τρόπο αυτό γίνεται καλύτερη διαχείριση της ενέργειας και μειώνονται τυχόν σπατάλες.

- Απαιτείται να κατανέμεται ο τεχνητός φωτισμός σε άνω του ενός κυκλώματα και να εγκαθίστανται χωριστοί διακόπτες ανά κύκλωμα φωτισμού για κάθε χώρο επιφάνειας μεγαλύτερης από 15m<sup>2</sup>.
- Απαιτείται η δυνατότητα θέσης σε λειτουργία ή/και εκτός λειτουργίας τουλάχιστον των μισών λαμπτήρων σε χώρους με φυσικό φωτισμό.

#### 4.2.1. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης

Προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων λεβήτων πετρελαίου(βλ. Εικόνα 36), οι οποίοι είναι παλαιοί και έχουν βαθμό απόδοσης μόνο 65%, με τρεις καινούριες αερόψυκτες αντλίες, ίδιας ισχύος 55kW και με βαθμό απόδοσης 93,5%, οι οποίες πληρούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού οικολογικού σχεδιασμού θερμαντήρων χώρου και θερμαντήρων συνδυασμένης λειτουργίας (813/2013)

**Συστήματα - Θέρμανση**

Αντικατάσταση συστήματος παραγωγής θέρμανσης με νέο λέβητα ή αντλία θερμότητας

Τύπος: Κεντρική Αερόψυκτη αντλία    Ισχύς: 40 kW    SCOP: 3  
 Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1    Κόστος: 9000 €

**Εικόνα 36: Πρόταση αντικατάστασης λεβήτων πετρελαίου**

#### 4.2.2. Αντικατάσταση συστήματος παραγωγής ΖΝΧ

Προτείνονται δύο παρεμβάσεις αναφορικά με το σύστημα παραγωγής ΖΝΧ(βλ. Εικόνα 37). Καθώς θα αντικατασταθεί ο παλιός λέβητας πετρελαίου θέρμανσης, η παραγωγή ΖΝΧ του θα γίνεται από μία αντλία θερμότητας. Επιπρόσθετα, θα παράγονται ΖΝΧ από ηλιοθερμικό συλλέκτη κενού.

**Συστήματα - Ζ.Ν.Χ.**

Αντικατάσταση συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης με νέο λέβητα ή αντλία θερμότητας

Τύπος: Αντλία θερμότητας    Ισχύς: 40 kW    SCOP: 3  
 Θερμική Ζώνη: Όλες    Κόστος: 9000 €

**Συστήματα - Ηλιακός**

Εγκατάσταση ηλιακού για παραγωγή ΖΝΧ

Τύπος ηλιακού: Επιλεκτικός επίπεδος    Επιφάνεια: 3.00 m<sup>2</sup>    Προσιλισμός: 180 °  
 Γωνία κλίσης: 45°    Συντ. σκίασης F<sub>s</sub>: 1.00    Κόστος: 300 €/m<sup>2</sup>  
 Γεωγραφικό πλάτος: Μέσος όρος Ελλάδας    Συντ. αξιοπ. ηλ. ακτιν.: 0.358  
 Θερμική Ζώνη: Ζώνη 1

**Εικόνα 37: Πρόταση παρεμβάσεων συστήματος παραγωγής ΖΝΧ**

#### 4.2.3. Αντικατάσταση φωτιστικών και τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου

Προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα, εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία θα ελέγχονται από χειροκίνητους διακόπτες, χωρισμένα σε κυκλώματα ανά 15τ.μ. τα οποία θα διαθέτουν ξεχωριστούς διακόπτες για τη θέση τους σε λειτουργία και εκτός λειτουργίας (Βλ. Εικόνα 38).

**Εικόνα 38: Προτεινόμενη αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων και τοποθέτηση ξεχωριστών διακοπών**

#### 4.3. Αποτελέσματα ενεργειακής αναβάθμισης – Σενάριο 1

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του λογισμικού easykenak, οι φοιτητικές εστίες κατόπιν εφαρμογής του προτεινόμενου σεναρίου παρεμβάσεων αναμένεται να αναβαθμιστούν και συγκεκριμένα θα καταταγούν στην ενεργειακή κατηγορία Β, ενώ προ των παρεμβάσεων κατατάσσονται στην ενεργειακή κατηγορία Η.

Συγκεκριμένα ο λόγος  $T$ , όπου  $T$  είναι η αναλογία κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς, μειώνεται από 3,72 σε 0,95(βλ. Εικόνα 39).

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση (kWh/m<sup>2</sup>).

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (R <sub>R</sub> )	Υπάρχον κτίριο (EP)	Σενάριο 1 Σενάριο 1	Σενάριο 2 Σενάριο 2	Σενάριο 3
Θέρμανση	38.7	233.3	17.6	30.5	
Ψύξη	19.7	74.1	40.5	40.5	
ZNX	36.9	47.4	32.4	47.4	
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	
Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> )	95.4	354.8	90.5	118.4	
Κατάταξη	-	Η	Β	Γ	
$T=EP/R_R$		3.72	0.95	1.24	

**Εικόνα 39: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση**

Για τον υπολογισμό αθροίστηκαν οι επιμέρους καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, οι επιμέρους καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση διαφέρουν από αυτές του κτηρίου αναφοράς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παρούσα ενεργειακή μελέτη

βασίζεται σε παραδοχές και υποθέσεις, καθώς πολλά από τα απαραίτητα στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμα.

#### 4.4. Παρεμβάσεις και αποτελέσματα ενεργειακής αναβάθμισης – Σενάριο 2

Το εναλλακτικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης περιλαμβάνει επεμβάσεις στην θερμομόνωση του κτηρίου, στα ανοίγματα και στο φωτισμό, ενώ για να συμπιεστεί το κόστος, δεν εκτιμήθηκε η αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και ΖΝΧ. Παρακάτω παρατίθενται οι επεμβάσεις που εκτιμήθηκαν στο εναλλακτικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Αρχικά, σε ό,τι αφορά στην αντικατάσταση των δομικών χαρακτηριστικών του κελύφους του κτηρίου, στην τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης και στην αντικατάσταση κουφωμάτων(βλ. Εικόνα 40), υπολογίσαμε τις παρακάτω παρεμβάσεις:

<b>Τοίχοι - Θερμομόνωση κατακόρυφων δομικών σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα</b>	
<input type="checkbox"/> Κατά Κ.Θ.Κ.	U: 0.7 Κόστος: 50 €/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Κατά ΚΕΝΑΚ	U: 0.55 Κόστος: 50 €/m <sup>2</sup>
<b>Οροφές - Θερμομόνωση οροφών σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα</b>	
<input type="checkbox"/> Κατά Κ.Θ.Κ.	U: 0.5 Κόστος: 40 €/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Κατά ΚΕΝΑΚ	U: 0.45 Κόστος: 40 €/m <sup>2</sup>
<b>Δάπεδα - Θερμομόνωση δαπέδων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλωτές)</b>	
<input type="checkbox"/> Κατά Κ.Θ.Κ.	U: 0.5 Κόστος: 40 €/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Κατά ΚΕΝΑΚ	U: 0.45 Κόστος: 40 €/m <sup>2</sup>
<b>Διαφανείς επιφάνειες - Α</b>	
<b>Αντικατάσταση ανοιγόμενων κουφωμάτων</b>	
Τύπος πλαισίου:	Συνθετικό πλαίσιο
<input checked="" type="checkbox"/> Τύπος υαλοπίνακα:	Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ
Θερμική Ζώνη:	Ζώνη 1
U: 3 W/m <sup>2</sup> *K g: 0.55 V: 1550. m <sup>3</sup> /hr/m <sup>2</sup>	Κόστος: 300 €/m <sup>2</sup>
<b>Διαφανείς επιφάνειες - Β</b>	
<b>Αντικατάσταση μη ανοιγόμενων κουφωμάτων</b>	
Τύπος πλαισίου:	Συνθετικό πλαίσιο
<input checked="" type="checkbox"/> Τύπος υαλοπίνακα:	Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ
Θερμική Ζώνη:	Ζώνη 1
U: 3 W/m <sup>2</sup> *K g: 0.55 V: 0 m <sup>3</sup> /hr/m <sup>2</sup>	Κόστος: 300 €/m <sup>2</sup>
<b>Διαφανείς επιφάνειες - Γ</b>	
<b>Αντικατάσταση ανοιγόμενων προσόψεων</b>	
Τύπος πλαισίου:	Συνθετικό πλαίσιο
<input checked="" type="checkbox"/> Τύπος υαλοπίνακα:	Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ
Θερμική Ζώνη:	Ζώνη 1
U: 3 W/m <sup>2</sup> *K g: 0.55 V: 0 m <sup>3</sup> /hr/m <sup>2</sup>	Κόστος: 300 €/m <sup>2</sup>
<b>Διαφανείς επιφάνειες - Δ</b>	
<b>Αντικατάσταση μη ανοιγόμενων προσόψεων</b>	
Τύπος πλαισίου:	Συνθετικό πλαίσιο
<input checked="" type="checkbox"/> Τύπος υαλοπίνακα:	Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκ
Θερμική Ζώνη:	Ζώνη 1
U: 3 W/m <sup>2</sup> *K g: 0.55 V: 0 m <sup>3</sup> /hr/m <sup>2</sup>	Κόστος: 300 €/m <sup>2</sup>

**Εικόνα 40: Αντικατάσταση δομικών στοιχείων κελύφους (θερμομόνωση) και ανοιγμάτων κτηρίου**

Έπειτα, σε ό,τι αφορά στον φωτισμό(βλ. Εικόνα 41) υπολογίσαμε τις παρακάτω παρεμβάσεις:

**Εικόνα 41: Αντικατάσταση φωτισμού με νέας τεχνολογίας**

Όπως φαίνεται παραπάνω, στην Εικόνα 33, υπολογίζεται ότι αν πραγματοποιηθούν οι επεμβάσεις που περιλαμβάνονται στο Σενάριο 2, μπορούν να οδηγήσουν αναβάθμιση της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου των εστιών από την κατηγορία Η στην κατηγορία Γ. Συγκεκριμένα ο λόγος T, όπου T είναι η αναλογία κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του υφιστάμενου κτηρίου προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, μειώνεται από 3,72 σε 1,24.

Παρακάτω απεικονίζονται και τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής ανάλυσης, όπως αυτά προέκυψαν από το λογισμικό του προγράμματος:

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Λειτουργικό κόστος (€)	16250.7	60379.6	10843.8	19145.3	
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			320738.0	301838.0	
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			264.3	236.4	
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			74.5	66.6	
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.6	
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			61.8	60.1	
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6.5	7.3	

**Εικόνα 42: Οικονομοτεχνική ανάλυση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης**

Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα(βλ. Εικόνα 42), γίνεται κατανοητό ότι και στα δύο σενάρια η άνοδος της ενεργειακής κατηγορίας είναι σημαντική, δημιουργώντας έτσι πληθώρα θετικών μεταβολών. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόζοντας το πρώτο και κύριο σενάριο αναβάθμισης το οποίο αναλύθηκε διεξοδικότερα, παρατηρείται μείωση του λειτουργικού κόστους των εστιών μόλις στο 1/6 της αρχικής, καθώς και εξοικονόμηση της πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 75 τοις εκατό. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα είναι η αισθητά μεγάλη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα η οποία προκύπτει(61.8 kg/m<sup>2</sup>). Για την επίτευξη των παραπάνω, θα χρειαστεί μία επένδυση η οποία κοστολογείται χοντρικά στις 321.000 χιλιάδες ευρώ, με την περίοδο αποπληρωμής στα 6,5 έτη.

Γίνεται ξεκάθαρο ότι οι εστίες, όντας μία μεγάλη υποδομή στην οποία δεν εφαρμόστηκαν έργα αναβάθμισης για αρκετά χρόνια χρήζει πολλών αλλαγών, οι οποίες αντανακλώνται και στο μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης. Σε καμία περίπτωση όμως δε μπορεί το κόστος αυτό να συγκριθεί με το θετικό αντίκτυπο που θα προκύψει τόσο στο οικονομικό σκέλος, όσο και σε αυτό το περιβάλλοντος.

Παρακάτω, προτείνεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, η οποία σαν πρόταση μπορεί σαφώς να συνδυαστεί με το Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης 2, ωστόσο, λόγω του κόστους των παρεμβάσεων αυτών σε σχέση με τη διαφορά κόστους μεταξύ των δύο βασικών σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης, κρίνεται ορθότερη η υλοποίηση του Σεναρίου 1 και κατόπιν η εξέταση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

## 5. Επεμβάσεις μεσαίου κόστους για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση

### 5.1. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού σταθμού για ηλεκτροπαραγωγή

#### 5.1.1. Εισαγωγή

Στις προηγούμενες παραγράφους έγινε ανάλυση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοσθούν ώστε να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας. Εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας και αφού επιτευχθεί αυτή σε έναν ικανοποιητικό βαθμό υπάρχει από την ελληνική νομοθεσία η δυνατότητα για υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας που προμηθεύονται οι καταναλωτές με ηλεκτροπαραγωγές μονάδες ΑΠΕ.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, αξιολογήθηκε η δυνατότητα εγκατάστασης σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκά πλαίσια προς ιδιοκατανάλωση (Net-Metering). Η αξιολόγηση βασίζεται παρατηρώντας ότι υπάρχει επαρκής διαθέσιμος χώρος στα γήπεδα που είναι όμορα με το κτήριο των φοιτητικών εστιών. Στα πλαίσια αυτά, αρχικά ακολουθεί ανάλυση της πρόβλεψης της νομοθεσίας σχετικά με το καθεστώς Net-Metering, γίνεται ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού και τρόπου λειτουργίας της εγκατάστασης και εν συνεχεία γίνεται ένας γενικός υπολογισμός με σκοπό την εξαγωγή αξιόπιστων δεδομένων για την οικονομική σκοπιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης.

#### 5.1.2. Ανάλυση Νομικού πλαισίου

Με το Ν.4203/2013 (ΦΕΚ 235Α/1-11-2013) και τις τροποποιήσεις αυτού όπως δίνονται στο Ν.4254/2014 (ΦΕΚ 85Α/7-4-2014) δίνεται η δυνατότητα σε καταναλωτές του ηλεκτρικού δικτύου που συνδέονται είτε στη Μέση, είτε στη Χαμηλή Τάση να εγκαταστήσουν ΦΒ σταθμούς για αποκλειστική χρήση την ιδιοκατανάλωση της παραγόμενης ενέργειας. Οι ΦΒ σταθμοί μπορούν να εγκατασταθούν σε σταθερές βάσεις, είτε στη στέγη των καταναλωτών, είτε στο έδαφος (στο αγροτεμάχιο της μονάδας ή σε όμορο αυτού) και θα πρέπει να διαστασιολογούνται με στόχο η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να συμψηφίζεται με την αντίστοιχη καταναλισκόμενη.

Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού. Πρακτικά, η ενέργεια που παράγεται από το ΦΒ σταθμό

αφαιρείται από την ενέργεια που καταναλώθηκε και επί της διαφοράς των δύο ενεργειών εφαρμόζεται η χρέωση από τη ΔΕΗ. Βάσει της μεθοδολογίας χρέωσης, καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας ιδιοκαταναλώνεται εσωτερικά στην εγκατάσταση, χωρίς να διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να συμψηφισθεί σε μελλοντική κατανάλωση. Σε όλες τις περιπτώσεις ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε ετήσια βάση.

Αυτό το καθεστώς συμψηφισμού της παραγόμενης από τα ΦΒ και καταναλισκόμενης ενέργειας έχει επικρατήσει να ονομάζεται Net-Metering. Με τις προβλέψεις της νομοθεσίας δίνεται η δυνατότητα στους καταναλωτές να μειώσουν σημαντικά τα έξοδα προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συμψηφισμός παραγόμενης / καταναλισκόμενης ενέργειας αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο, που ορίζεται ως ο κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτή η περίοδος είναι ένας μήνας για το σύνολο των καταναλωτών Χαμηλής και Μέσης Τάσης με συμπεφωνημένη ισχύ άνω των 25kVA.

Ακόμη και στην περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια από το ΦΒ είναι περισσότερη της καταναλισκόμενης για μία περίοδο μέτρησης, η περίσσεια δε χάνεται αλλά πιστώνεται στην επόμενη περίοδο μέτρησης. Το ισοζύγιο των δύο ενεργειών είναι καλό να κλείνει σε ετήσια βάση. Πιθανή περίσσεια παραγόμενης μετά τη διενέργεια του ετήσιου συμψηφισμού χάνεται ως έσοδο από τον καταναλωτή εφόσον αυτή διατηρηθεί άνω των 3 ετών.

#### 5.1.3. Αξιολόγηση προτεινόμενης εγκατάστασης:

Η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης στην υπό εξέταση εγκατάσταση έγινε με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Εκτιμώμενο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης
- Ετήσια παραγωγή σύμφωνα με την εκτίμηση του εξειδικευμένου λογισμικού (PVSystem)
- Μέσο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας καταναλωτή (χωρίς ΦΠΑ 13%) €/MWh καταναλωτών Μέσης Τάσης
- Κόστος Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (Υ.Κ.Ω.) –Τιμολόγιο Μέσης Τάσης: 0,00691 €/kWh

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, το ειδικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίσο με 0,107 €/ kWh. Η χρέωση για τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφελείας (Υ.Κ.Ω.) για το Βιομη-

χανικό Τιμολόγιο Μέσης Τάσης είναι 0,00691€/kWh, η οποία χρεώνεται σε κάθε περίπτωση. Ως εκ τούτου, θεωρήθηκε τιμή οφέλους ταυτοχρονισμένης παραγωγής / κατανάλωσης 100,0 €/MWh και ετεροχρονισμένης παραγωγής / κατανάλωσης 61 €/MWh.

Υπολογίζουμε ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 1472,09 MWh κατά έτος σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες(βλ. Πίνακες 6-9):

**Πίνακας 6: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων μονόκλινου δωματίου**

Εγκατεστημένη ισχύς μονόκλινου δωματίου		
Φορτίο	Ισχύς (W)	Ετήσια κατανάλωση [kWh]
Τηλεόραση	150	438
Υπολογιστής	750	2190
Ανεμιστήρας	120	350,4
Θερμαντικό σώμα	1000	2920
Μικροσυσκευές	2000	5840
Φωτισμός	200	584
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4220</b>	<b>12322,40</b>

**Πίνακας 7: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων δίκλινου δωματίου**

Εγκατεστημένη ισχύς δίκλινου δωματίου		
Φορτίο	Ισχύς (W)	Ετήσια κατανάλωση [kWh]
Τηλεόραση	300	876
Υπολογιστής	1500	4380
Ανεμιστήρας	240	700,8
Θερμαντικό σώμα	2000	5840
Μικροσυσκευές	4000	11680
Φωτισμός	400	1168
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8440</b>	<b>24644,80</b>



Πίνακας 8: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων κοινόχρηστων χώρων

Εγκατεστημένη ισχύς κοινόχρηστων χώρων		
Φορτίο	Ισχύς	Ετήσια κατανάλωση [kWh]
Τηλεόραση	200	1168
Υπολογιστής	1100	6424
Ανεμιστήρας	250	1460
Θερμαντικό σώμα	2000	11680
Μικροσυσκευές	4000	23360
Φωτισμός	800	4672
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8350</b>	<b>48764,00</b>

Πίνακας 9: Συνολική ετήσια κατανάλωση

Ετήσια κατανάλωση		
Μονόκλινα	72	887212,8 kWh
Δίκλινα	2	49289,6 kWh
Κοινόχρηστοι χώροι	11	536404, kWh
<b>Σύνολο</b>		<b>1472,9 MWh</b>

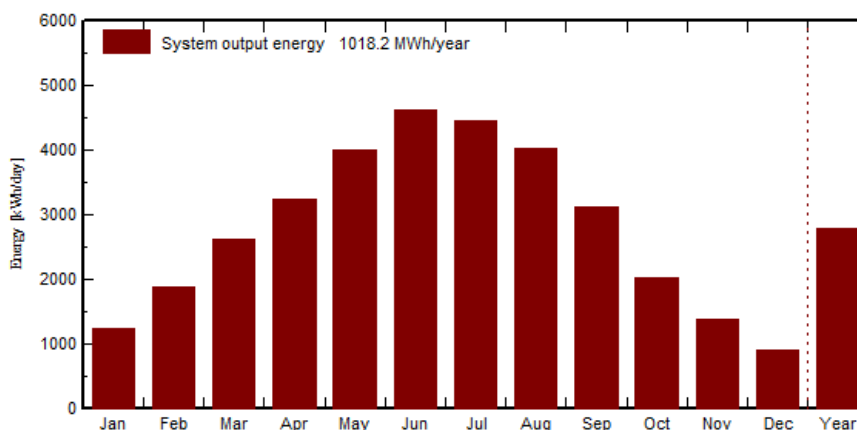
Είναι σαφές ότι με το μέγεθος της καταναλισκόμενης ενέργειας και τη διαθέσιμη επιφάνεια στον όμορο χώρο του κτηρίου των φοιτητικών εστιών, υπάρχει δυνατότητα για ΦΒ σταθμό μέγιστης ισχύος, όπως αυτή προκύπτει από τη νομοθεσία (1 MWp). Σημειώνεται ότι θεωρήσαμε συμπεφωνημένη ισχύ της παροχής ίση με 750 kVA, η οποία περιορίζει τη μέγιστη επιτρεπτή εγκατεστημένη ισχύ του ΦΒ σταθμού (επιτρέπεται εγκατάσταση στο 100% της Συμπεφωνημένης Ισχύος. Ως εκ τούτου, υπολογίζονται τα οικονομικά δεδομένα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού στα 750 kWp. Γίνεται λοιπόν η σχετική οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης, σε επίπεδο προμελέτης, καθώς η παρούσα βασίζεται ως επί το πλείστο σε παραδοχές και υποθέσεις.

Στο σημείο αυτό να προστεθεί ότι παρόλο που το σύστημα της Κρήτης είναι αυτόνομο και το ανώτατο επιτρεπτό όριο μίας εγκατάστασης είναι στα 500kW, σύμφωνα με τις νέες διατάξεις θα υπάρξει στο άμεσο μέλλον αύξηση για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, οπότε και για την περιοχή ενδιαφέροντος μας.

Η εκτίμηση της παραγωγής έγινε με εισαγωγή των σχετικών δεδομένων στο εξειδικευμένο λογισμικό PVsyst, στην οποία γίνεται η υπόθεση ότι το απαιτούμενο φωτοβολταϊκό σύστημα θα εγκατασταθεί μερικώς επί γης και μερικώς επί στεγών.

- Κόστος συντήρησης (συνολικά ετησίως 3.500€):
- Ετήσιο κόστος συντήρησης: 1.700 €
- Ετήσια Ασφάλιστρα Εξοπλισμού: 300 €
- Επεκτάσεις Εγγύησης κάθε 5 έτη για Inverters: 7.500 € (1.500 € / έτος)

Υπολογιζόμενη καμπύλη ισχύος του φωτοβολταϊκού συστήματος:



Γράφημα 1: Καμπύλη ισχύος φωτοβολταϊκού συστήματος

Πίνακας 10: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα

Μήνας	Παραγωγή ενέργειας [kWh]
Ιανουάριος	37.968
Φεβρουάριος	52.566
Μάρτιος	80.787
Απρίλιος	97.358
Μάιος	123.640
Ιούνιος	138.616
Ιούλιος	137.808
Αύγουστος	124.696

Σεπτέμβριος	93.426
Οκτώβριος	62.364
Νοέμβριος	41.288
Δεκέμβριος	27.713
<b>Σύνολο</b>	<b>1.018.230</b>

Η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε 1018 MWh(βλ. Πίνακα 10). Δεδομένου ότι έχει ήδη απομειωθεί η ενέργεια που ζητείται να καλυφθεί από την παραγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος εκτιμάται ότι το 80% της παραγόμενη ενέργειας θα χρησιμοποιείται ταυτόχρονα όπως φαίνεται και στις παρακάτω καμπύλες. Το υπόλοιπο 20% εκτιμάται ότι θα καταναλώνεται ετερόχρονα, καθώς οι εστίες έχουν μικρότερες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τα Σαββατοκύριακα, αλλά και καταναλώσεις οι οποίες γίνονται κατά τη διάρκεια ωρών όπου δεν σημειώνεται ηλιοφάνεια.

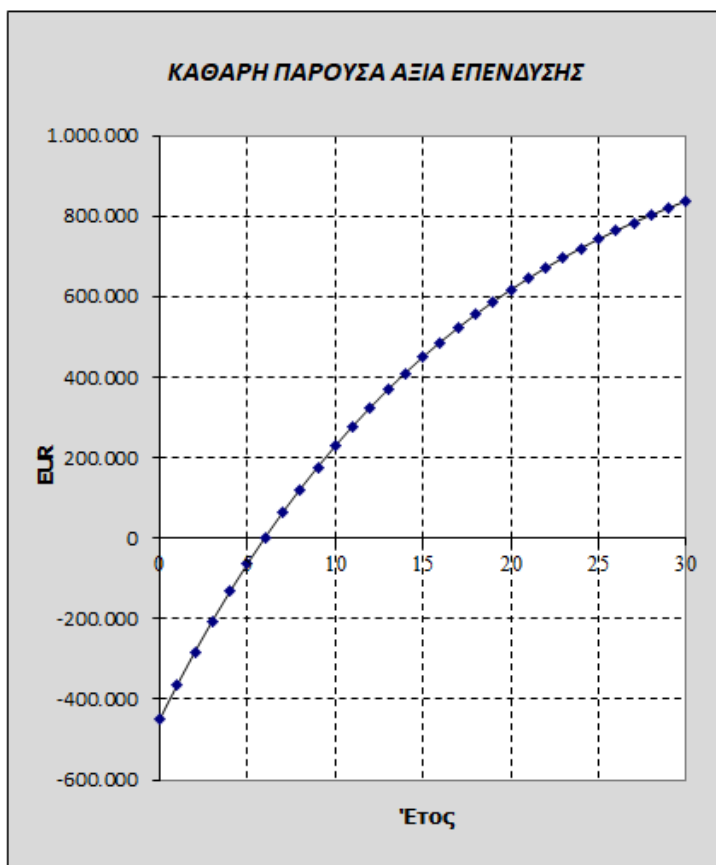
Ως εκ τούτου υπολογίζεται στον παρακάτω πίνακα(βλ. Πίνακα 11) η οικονομική ανάλυση της προτεινόμενης επέμβασης, η οποία απεικονίζεται και διαγραμματικά στην Εικόνα 43:

**Πίνακας 11: Οικονομική Αξιολόγηση Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού σταθμού**

Ισχύς φωτοβολταϊκού	750 kWp
Κόστος επένδυσης	450.000 €
Παραγωγή ενέργειας ταυτόχρονα με κατανάλωση	814 MWh
Οικονομικό όφελος ανά MWh ταυτοχρονισμένης παραγωγής	100,00 €
Όφελος από την ταυτόχρονη υποκατάσταση ενέργειας	81.400 €
Παραγωγή ενέργειας ετεροχρονισμένα με κατανάλωση	204 MWh
Οικονομικό όφελος ανά MWh ετεροχρονισμένης παραγωγής	61,00 €
Όφελος από την ετεροχρονισμένη υποκατάσταση ενέργειας	12.444 €
Συνολικό ετήσιο όφελος	93.844 €
Ετήσια λειτουργικά έξοδα φωτοβολταϊκού	3.500 €
Καθαρό ετήσιο όφελος	90.344 €
Απλός χρόνος αποπληρωμής (προ φόρων και αποσβέσεων)	4,98 έτη
Έντοκος χρόνος αποπληρωμής (προ φόρων και αποσβέσεων, Θεωρώντας ετήσια μείωση παραγωγής 0,67 %)	6,00 έτη

Καθαρή παρούσα αξία με 5% επιτόκιο προεξόφλησης και 25 έτη	742.100 €
IRR επένδυσης	19.99 %

<b>Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης - ΦΒ σταθμός 750 kWp</b>		
<b>Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης</b>		
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, <b>d</b>		<b>5,0%</b>
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή, <b>φ</b>		<b>0%</b>
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου, <b>v</b>		<b>25</b>
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης, <b>ε</b>		<b>0%</b>
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, <b>C</b> , EUR	<b>450.000</b>	<b>450.000</b>
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, EUR	<b>90.344</b>	<b>Ετος</b>
Ετήσιο καθαρό όφελος κατά το έτος $t$ , $F_t = f_t - \phi * (f_t - C/v)$ , EUR	86.042	1
	81.396	2
	76.997	3
	72.832	4
	68.890	5
	65.158	6
	61.625	7
	58.281	8
	55.115	9
	52.119	10
	49.283	11
	46.599	12
	44.059	13
	41.655	14
	39.381	15
	37.228	16
	35.191	17
	33.264	18
	31.440	19
	29.715	20
	28.083	21
	26.539	22
	25.078	23
	23.696	24
	22.389	25
	21.153	26
	19.983	27
	18.877	28
	17.831	29
	16.842	30
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, <b>DPB</b>		<b>6,0 έτη</b>
Καθαρή παρούσα αξία, <b>NPV</b>		<b>742.100</b>
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, <b>IRR</b>		<b>19,99%</b>



Εικόνα 43: Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης

## 6. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε μία συνοπτική παρουσίαση του νομοθετικού πλαισίου το οποίο διέπει την ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων (πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα). Συγκεκριμένα, έγινε ανάλυση του αναθεωρημένου 2017 Κ.Ε.ν.Α.Κ. και παρουσιάστηκε η μεθοδολογία που προβλέπεται για την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, για την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης

καθώς και οι απαιτήσεις του κανονισμού που διέπουν την κατασκευή και τη ριζική ανακαίνιση κτηρίων. Σε συνδυασμό με την TOTEE 20701 του 2017, οι μηχανικοί ακολουθούν αυστηρά καθορισμένη μεθοδολογία, πλούσια σε εργαλεία, με προδιαγεγραμμένες προδιαγραφές έτσι ώστε να επιθεωρήσουν την ενεργειακή κατάσταση ενός κτηρίου.

Κατόπιν, έγινε εφαρμογή του κανονισμού και της σχετικής TOTEE για τις φοιτητικές εστίες του Πολυτεχνείου Κρήτης, στο Ακρωτήρι Χανίων με τη βοήθεια του διαδικτυακού λογισμικού – πλατφόρμας easykenak. Αρχικά εισήχθησαν τα στοιχεία των φοιτητικών εστιών, τοποθεσία, χρήση, παλαιότητα, η κάτοψη αυτών και ορίστηκαν τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών του. Έπειτα εισήχθησαν δεδομένα τα οποία αφορούν στα εγκατεστημένα στις φοιτητικές εστίες τεχνικά συστήματα, όπως θέρμανση, ZNX, φωτισμός κ.α..

Για την ενεργειακή κατάταξη των φοιτητικών εστιών, το λογισμικό ορίζει ένα κτήριο αναφοράς, το οποίο έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το μελετώμενο κτήριο και αθροίζει τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση. Κατόπιν, γίνεται σύγκριση των υφιστάμενων καταναλώσεων με αυτές του κτηρίου αναφοράς.

Προτάθηκαν δύο σενάρια παρεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου των εστιών, με το πρώτο να αφορά τόσο στα δομικά στοιχεία του κελύφους (θερμομόνωση και κουφώματα) όσο και στα εγκατεστημένα τεχνικά συστήματα, τηρώντας πιστά τις απαιτήσεις του νέου Κ.Ε.ν.Α.Κ., και το δεύτερο να αφορά αποκλειστικά στα δομικά στοιχεία του κελύφους και στα ανοίγματα του κτηρίου. Το λογισμικό αθροίζει τις αναμενόμενες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας έτσι ώστε να κατατάξει την κατοικία σε νέα βελτιωμένη ενεργειακή κατηγορία.

Συγκεκριμένα, κατόπιν εφαρμογής των προτεινόμενων παρεμβάσεων, οι φοιτητικές εστίες αναμένεται να αναβαθμιστούν ενεργειακά από την κατηγορία Η στην κατηγορία Β, εφαρμόζοντας το Σενάριο 1 ή στην κατηγορία Γ εφαρμόζοντας το Σενάριο 2. Γίνεται αντιληπτό το μέγεθος των θερμικών απωλειών του υφιστάμενου κτηρίου, καθώς χωρίς να επέμβουμε στα υφιστάμενα συστήματα θέρμανσης και παραγωγής ZNX, επιτυγχάνεται βελτίωση της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου κατά 3 βαθμίδες, ενώ η αντικατάσταση επιπλέον των παραπάνω αυτών τεχνικών συστημάτων θα οδηγούσε σε περαιτέρω αναβάθμιση της ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου κατά μία βαθμίδα. Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτό το μέγεθος του προβλήματος των κτηρίων τα οποία είναι εκ φύσεως ενεργοβόρα καθώς έχουν σημαντικές θερμικές απώλειες. Τέλος, προτάθηκε η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος για τον

συμψηφισμό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από αυτό,

Κλείνοντας, αξίζει να αναφέρουμε ότι η παρούσα εργασία βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό σε παραδοχές ελλείπει πραγματικών στοιχείων, ωστόσο η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η ενδεικνυόμενη από τη νομοθεσία και τα αποτελέσματά της μπορούν εύκολα να αναπροσαρμοστούν αν γίνουν διαθέσιμα περισσότερα πραγματικά στοιχεία.

## Αναφορές

### 1)Βιβλία-Άρθρα-Οδηγοί

- Σωτηροπούλου, Μαρία(2007) Ενέργεια και Αειφορία: Το Πρωτόκολλο του Κιότο στα αναπτυσσόμενα κράτη
- Παντέμης, Ευστράτιος (2006) *Η παγκόσμια προστασία του περιβάλλοντος και το διεθνές εμπόριο δικαιωμάτων ρύπανσης*. BSc thesis, TEI Δυτικής Μακεδονίας.1
- Pakras Group, 2012
- European Environmental Agency (EEA)-Air and Climate change program (PowerPoint, 2008)
- Climate change 101: Understanding and responding to Global Climate Change (Pew Center on Global Climate Change, 2011)
- Μπαράτσας Αλέξανδρος (2020)Οικονομοτεχνική Μελέτη Εφαρμογής Ενεργειακού Συμψηφισμού στο Γ.Ν Ιωαννίνων “Χατζηκώστα”
- Έρσι Μερκάι (2019) Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος για σύνδεση μέσω Net-Metering στο κτήριο Ζ στη Βιβλιοθήκη της Πανεπιστημιούπολης 2 του ΠΑΔΑ
- Κουκουβαγά, Ιωάννα (2006).Συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, BSc thesis, TEI Δυτικής Μακεδονίας.
- [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/oxe\\_thermikes\\_zones.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermikes_zones.htm)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/United\\_Nations\\_Framework\\_Convention\\_on\\_Climate\\_Change](https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change)
- [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)
- <https://www.hellenicparliament.gr/Nomothetiko-Ergo/Psifisthenta-Nomoschedia>
- <https://www.rodosenergy.gr/ypiresies/energeiakes-epitheoriseis/item/19-pistopoiitika-energeiakis-apodosis>
- <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/>
- <https://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/48688/14735.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- <https://www.depa.gr/fysiko-aerio/sythia/>
- <https://www.district-energy.gr/energy/energy-building-efficiency/climate-zones-greece/>
- [http://www.kenak.gr/stoixeia\\_pea.htm](http://www.kenak.gr/stoixeia_pea.htm)

## 2) Ιστοσελίδες

- <http://greenagenda.gr/>
- <https://ec.europa.eu/>
- <https://www.consilium.europa.eu>
- <https://hellapco.gr>
- <https://www.mp-energy.gr/>
- <http://www.2en.gr/index.php>
- <http://www.greenproject.gr/>
- <https://www.pvsyst.com/>
- <https://www.easykenak.gr/>
- <https://photovoltaic-software.com/pv-softwares-calculators/pro-photovoltaic-softwares-download/pvsyst>
- <https://www.4green.gr/index.asp>
- <http://www.cres.gr/cres/index.html>
- <https://www.hellenicparliament.gr>
- <https://www.rodosenergy.gr>
- <https://www.depa.gr>
- <http://www.kenak.gr/>
- <https://el.wikipedia.org>
- <https://web.tee.gr/>
- <https://www.anakainisihome.gr/>
- <http://www.thermograph.gr/>
- <http://www.dei.gr/el>



## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Χώρες οι οποίες υπέγραψαν το πρωτόκολλο του Κιότο (Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015) .....	11
Εικόνα 2: Τα έξι αέρια του θερμοκηπίου (Pakras Group, 2012) .....	13
Εικόνα 3: Όρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (European Environment .....	14
Εικόνα 4: Αγοραπωλησία ρύπων μεταξύ δύο μερών Α και Β (Pew Center on Global Climate Change, 2011) .....	20
Εικόνα 5: Έλεγχος δικαιωμάτων εκπομπών αερίων ρύπων (Pew Center on Global Climate Change, 2011) .....	20
Εικόνα 6: Θέση ορίου και αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Pew Center on Global Climate Change, 2011) .....	21
Εικόνα 7: Απώτερος στόχος – ενεργειακή αυτονομία (2050) .....	24
Εικόνα 8: Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα (TEE, 2017) .....	27
Εικόνα 9: Οι φοιτητικές εστίες του Πολυτεχνείου .....	39
Εικόνα 10: Τα τρία κτήρια των φοιτητικών Εστιών μέσω δορυφορικής λήψης .....	40
Εικόνα 11: Κάτοψη στάθμης 1 κτηρίου 1 .....	40
Εικόνα 12: Κάτοψη στάθμης 1 κτηρίου 2 .....	41
Εικόνα 13: Κάτοψη στάθμης 2 κτηρίου 3 .....	41
Εικόνα 14: Τομή κτηρίου 1 .....	42
Εικόνα 15: Τομή κτηρίου 2 .....	42
Εικόνα 16: Τομή κτηρίου 3 .....	43
Εικόνα 17: Αρχικοποίηση έργου – εισαγωγή βασικών πληροφοριών για την υφιστάμενη κατάσταση και επιλογή συνθηκών που θα υπολογιστούν .....	43
Εικόνα 18: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης – τοιχοποιία (περίγραμμα) .....	45
Εικόνα 19: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης - δάπεδα και οροφές .....	45

Εικόνα 20: Σχεδιασμός θερμικής ζώνης – ιδιότητες θερμικής ζώνης και γεωμετρικά χαρακτηριστικά.....	46
Εικόνα 21: Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας – αδιαφανείς επιφάνειες (τοιχοποιία, αδιαφανής πόρτα και οροφή).....	49
Εικόνα 22: Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας – διαφανείς επιφάνειες ...	51
Εικόνα 23: Υπολογισμοί θερμαινόμενων και ψυχόμενων επιφανειών και όγκων ....	51
Εικόνα 24: Παράδειγμα μονόκλινου δωματίου- Συνοπτική περιγραφή επιφανειών	52
Εικόνα 25: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα θέρμανσης.....	54
Εικόνα 26: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα ψύξης.....	55
Εικόνα 27: Εισαγωγή δεδομένων για το σύστημα ZNX.....	56
Εικόνα 28: Υπολογισμός δικτύου διανομής ZNX.....	56
Εικόνα 29: Υπολογισμός συστήματος αποθήκευσης ZNX.....	57
Εικόνα 30: Απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας .....	57
Εικόνα 31: Αποτελέσματα ενεργειακής επιθεώρησης φοιτητικών εστιών .....	58
Εικόνα 32: Ενεργειακή κατάταξη.....	59
Εικόνα 33: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας .....	59
Εικόνα 34: Προτεινόμενες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση 1/2 .....	63
Εικόνα 35: Προτεινόμενες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση 2/2 .....	63
Εικόνα 36: Πρόταση αντικατάστασης λεβήτων πετρελαίου.....	65
Εικόνα 37: Πρόταση παρεμβάσεων συστήματος παραγωγής ZNX .....	65
Εικόνα 38: Προτεινόμενη αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων και τοποθέτηση ξεχωριστών διακοπών.....	66
Εικόνα 39: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση .....	66
Εικόνα 40: Αντικατάσταση δομικών στοιχείων κελύφους (θερμομόνωση) και ανοιγμάτων κτηρίου .....	67

Εικόνα 41: Αντικατάσταση φωτισμού με νέας τεχνολογίας .....	68
Εικόνα 42: Οικονομοτεχνική ανάλυση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης.....	68
Εικόνα 43: Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης.....	76

## Πίνακας γραφημάτων

Γράφημα 1: Καμπύλη ισχύος φωτοβολταϊκού συστήματος.....	74
---	----

## Πίνακες

Πίνακας 1: Κατανομή νομών στις κλιματικές ζώνες (ΤΕΕ, 2017) .....	28
Πίνακας 2: Κατηγορίες κτηρίων (ΤΕΕ, 2017) .....	29
Πίνακας 3: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης (Αποη., χ.χ.).....	33
Πίνακας 4:Πρότυπα για τον υπολογισμό Ενεργειακής απόδοσης (ανά χρήση.).....	33
Πίνακας 5: Μέγιστοι αποδεκτοί συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε υφιστάμενα κτήρια (Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, 2017)	61
Πίνακας 6: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων μονόκλινου δωματίου.....	72
Πίνακας 7: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων δίκλινου δωματίου.....	72
Πίνακας 8: Επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις φορτίων κοινόχρηστων χώρων.....	73
Πίνακας 9: Συνολική ετήσια κατανάλωση.....	73
Πίνακας 10: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα .....	74
Πίνακας 11: Οικονομική Αξιολόγηση Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού σταθμού .....	75