

## Ευχαριστίες

*Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε και υποβάλλεται το 2020, στο πλαίσιο των υποχρεώσεων φοίτησης στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Επιστήμες του Περιβάλλοντος και Εκπαίδευση για την Αειφορία" του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών, του Τμήματος Ιατρικής και του Τμήματος Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.*

*Την επίβλεψη της εργασίας ανέλαβε η Πρόεδρος και Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών, κ. Αικατερίνη Πλακίτση. Η ουσιαστική της καθοδήγηση, η πάντα διαθέσιμη συμπαράσταση της και η υποστήριξη της επιλογής του θέματος, αποτέλεσαν χαρακτηριστικά της συνεργασίας μας, τα οποία θα εκτιμώ και θα αναπολώ για πάντα στο μέλλον και για αυτούς τους λόγους την ευχαριστώ από καρδιάς. Επίσης θέλω να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ, στον Καθηγητή και Κοσμήτορα ΠΤΔΕ, κ. Κωνσταντίνο Κώτση και στον Επίκουρο Καθηγητή ΠΤΔΕ, κ. Κωνσταντίνο Γαβριλάκη, οι οποίοι συμμετείχαν στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της εργασίας καθώς και τον κ. Καραγιώργο Χρήστο, Μηχανολόγο Μηχανικό, Προϊστάμενο Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, για την διάθεση όλων των αιτούμενων από μέρους μου στοιχείων.*

*Παράλληλα με τα παραπάνω, ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη, οφείλω στον Διδάκτορα Ε.Μ.Π. Νίκο Κατσουλάκο και στους Πολιτικούς Μηχανικούς και φίλους, Αλέξανδρο Σόντη και Σπύρο Χρύση, χωρίς την συμπαράσταση και την παροχή εμπειριών, υλικοτεχνικής υποδομής και μέσων τους, θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της εν λόγω εργασίας.*

*Τέλος, ευχαριστώ τη σύζυγο μου Μαρία και τις δύο μου κόρες, Αφροδίτη και Αλεξάνδρα, που στάθηκαν υπομονετικά και υποστηρικτικά δίπλα μου, σε αυτό το ενδιαφέρον ταξίδι στη γνώση και στις εμπειρίες του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.*

## Περίληψη

Η ανθρωπότητα, την τελευταία τριακονταετία, έχει αντιληφθεί την επιβεβλημένη ανάγκη, άμεσης λήψης πρωτοβουλιών φιλοπεριβαλλοντικής πολιτικής, δραστικών μέτρων μείωσης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, εξοικονόμησης ενέργειας και αειφορικής διαχείρισης του πλανήτη. Αυτή, η όλο και αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, είτε οφείλεται σε οικονομικούς, είτε σε οικολογικούς λόγους, έχει οδηγήσει σε σειρά μέτρων για τον μετριασμό του περιβαλλοντικού κόστους, μέσω και της εξοικονόμησης ενέργειας. Αρκετά σημαντική μερίδα στην ενεργειακή κατανάλωση, ιδιαιτέρως στις πιο ανεπτυγμένες κοινωνίες, κατέχει ο κτιριακός τομέας. Στην Ελλάδα ιδιαιτέρως, λόγω παλαιότητας του κτιριακού αποθέματος αλλά και απουσίας ουσιαστικού ενεργειακού κανονισμού για πολλά έτη, η πλειονότητα των κτιρίων έχει κατασκευαστεί είτε με μηδαμινούς είτε με τους ελάχιστους ενεργειακούς όρους. Ο νόμος ορόσημο στην ουσιαστική εφαρμογή των διεθνών και εθνικών, περιβαλλοντικών αποφάσεων και δεσμεύσεων, είναι ο νόμος 3661/2008 και ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, όπως αυτός εφαρμόζεται από το 2010.

Σημαντικό κομμάτι του κτιριακού αποθέματος στην χώρα μας, κατέχουν τα δημόσια κτήρια. Κτήρια συνήθως ιδιαίτερα μεγάλης ηλικίας, με υψηλές λειτουργικές και ενεργειακές δαπάνες. Το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, ως κομμάτι αυτού του φορέα, με πληθώρα κτιριακών εγκαταστάσεων, σε όλο το εύρος της ελληνικής επικράτειας, στο πλαίσιο των εθνικών και διεθνών του δεσμεύσεων, συμμετέχει σε δράσεις με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση των εγκαταστάσεών του. Επιπρόσθετα η ενεργειακή αναβάθμιση εκπαιδευτικών μονάδων, καθιστά αναγκαία, την ευαισθητοποίηση φοιτητών και καθηγητών στην περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται υπό οικονομικοτεχνικούς όρους, η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στο οποίο λόγω της ορεινότητας, το ενεργειακό πρόβλημα είναι εντονότερο. Μεθοδολογικά, η ταυτότητα του κτιρίου, ποσοτικοποιήθηκε και εισήχθη στο λογισμικό του TEE-KENAK/2017, από το οποίο, κατετάγη σε ενεργειακή κατηγορία, προτάθηκαν εναλλακτικά σενάρια επεμβάσεων, κοστολογήθηκαν και εν τέλει μέσα από την

υπολογιστική αυτή διαδικασία, προέκυψε η ενεργειακή και περιβαλλοντική εξοικονόμηση των εναλλακτικών επεμβάσεων.

Για την αξιολόγηση εν τέλει των επεμβάσεων, η παρούσα εργασία περιλαμβάνει χρηματοοικονομική ανάλυση κόστους-οφέλους των εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων, όπου και συμπερασματικά προκύπτει θετικό πρόσημο στην επιλογή της υλοποίησης των επεμβάσεων και υποδεικνύεται έτσι, η βέλτιστη εναλλακτική επιλογή, καθώς όπως διαφαίνεται η απόδοση της επένδυσης συνεπάγεται υψηλό οικονομικό και οικολογικό όφελος, σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα.

## **Abstract**

In the last thirty years, humanity has realized the urgent need to take immediate initiatives on environmental policy, drastic measures to reduce the environmental burden, save energy and sustainable management of the planet. This ever-increasing environmental awareness, whether due to economic or ecological reasons, has led to a series of measures to mitigate environmental costs, including energy savings. The building sector has a significant share in energy consumption, especially in the most developed societies. In Greece in particular, due to the age of the building stock but also the absence of a substantial energy regulation for many years, the majority of buildings have been constructed with either negligible or minimal energy conditions. The landmark law in the effective implementation of international and national environmental decisions and commitments is Law 3661/2008 and the Energy Efficiency of Buildings Regulation, as it has been in force since 2010.

An important part of the building stock in our country is owned by public buildings. Buildings are usually very old, with high operating and energy costs. The Ministry of Education and Religions Affairs, as part of this body, with a variety of building facilities, throughout the Greek territory, in the context of its national and international commitments, participates in actions aimed at energy upgrading of its facilities. In addition, the energy upgrade of educational units makes the awareness of students and teachers in environmental education experiential.

In the present work, the energy upgrade of the building of the Department of Early Childhood Education of the University of Ioannina is presented in economic and technical terms, where due to the mountainous nature, the energy problem is more intense. Methodologically, the identity of the building was quantified and introduced in the software of TEE-KENAK / 2017, from which, classified in energy category. Alternative scenarios of interventions, which were costly and finally through this computational process, were suggested, resulting in the energy and environmental savings of alternative interventions.

For the final evaluation of the interventions, the present work includes a financial cost-benefit analysis of the alternative investment plans, where a positive sign emerges in the selection of the

implementation of the interventions and thus indicates the optimal alternative, as it appears entails a high economic and ecological benefit in a fairly short period of time.

## Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή.....  | 8  |
| Κεφάλαιο 2. Οριοθέτηση Θέματος .....  | 11 |
| 2.1 Κατανομή της Ενεργειακής Κατανάλωσης.....   | 11 |
| 2.1.1 Ενέργεια και Κτίρια .....   | 11 |
| 2.1.2 Μείωση των Καταναλώσεων .....   | 12 |
| 2.1.3 Οι Κτιριακές Ενεργειακές Καταναλώσεις στην Ελλάδα .....                               | 13 |
| 2.2 Συνοπτική Ανάλυση της Εξέλιξης της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας.....                           | 14 |
| 2.3 Η Ελληνική Νομοθετική Πρόοδος .....   | 15 |
| 2.4 Περιβαλλοντική Πολιτική ΥΠΕΠΘ.....  | 17 |
| 2.5 Η Διεθνής Εμπειρία. Το Πρόγραμμα SOLAR SCHOOLS.....                                     | 20 |
| Κεφάλαιο 3. Αντικείμενο και Σκοπός της Μελέτης, Υφιστάμενη Κατάσταση .....                  | 23 |
| 3.1 Αντικείμενο της Μελέτης .....   | 23 |
| 3.1.1 Υφιστάμενη Κατάσταση Εκπαιδευτικών Εγκαταστάσεων-Δυνατότητες .....                    | 23 |
| 3.1.2 Περιβαλλοντική Οικονομία .....  | 24 |
| 3.1.3 Σκοπός της Μελέτης.....   | 25 |
| 3.2 Κτίριο Π.Τ.Ν.....   | 25 |
| 3.2.1 Χωροθέτηση Κτιρίου.....   | 26 |
| 3.2.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της Περιοχής, Ορεινότητα και Κλιματικές Συνθήκες Ιωαννίνων..... | 27 |
| 3.3 Υφιστάμενη Κατάσταση/Τεχνική Έκθεση .....   | 32 |
| 3.3.1 Ενεργειακές Απαιτήσεις του Κτιρίου 7 .....  | 35 |
| 3.3.2 Χρήσεις του Κτιρίου Βάσει του ΚΕΝΑΚ .....   | 37 |
| 3.3.3 Ανάγκες Χρήσης του Κτιρίου Αναφοράς, Καταναλώσεις.....                                | 38 |
| 3.3.4 Αποτύπωση της Υφιστάμενης Ενεργειακής Κατανάλωσης.....                                | 41 |
| Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία .....   | 43 |
| 4.1 Μέθοδοι Ενεργειακής Ανάλυσης Κτιρίων.....   | 43 |
| 4.1.1 Ορισμοί.....  | 44 |
| 4.1.2 Μέθοδος των Βαθμομερών.....   | 46 |
| 4.1.3 Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας.....   | 47 |
| 4.1.4 Εκτίμηση Ενεργειακής Ζήτησης-Κατανάλωσης Κτιρίου .....                                | 50 |
| 4.2 Ανάλυση Κόστους Οφέλους.....  | 51 |
| 4.2.1 Πίνακας Ταμειακών Ροών .....  | 52 |
| 4.2.2 Επιτόκιο Προεξόφληση .....  | 53 |

|   |    |
|---|----|
| 4.2.3 Η Καθαρά Παρούσα Αξία.....  | 54 |
| 4.2.4 Εσωτερική Απόδοση Επί Του Κεφαλαίου .....   | 55 |
| 4.2.5 Αξιολόγηση Σχεδίου Βάσει ΚΠΑ-ΕΑΚ.....   | 56 |
| Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενες Επεμβάσεις -Εφαρμογή - Αποτελέσματα .....   | 58 |
| 5.1 Βελτίωση Ενεργειακής Συμπεριφοράς και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια-Γενικά.....   | 58 |
| 5.2 Αναλυτική Περιγραφή Επεμβάσεων .....  | 59 |
| 5.2.1 Επεμβάσεις στο Κέλυφος, Μόνωση Εξωτερικής Τοιχοποιίας .....   | 60 |
| 5.2.2 Επεμβάσεις στο Κέλυφος, Αντικατάσταση Κουφωμάτων και Υαλοστασίων .....  | 63 |
| 5.2.3 Μόνωση της Οροφής .....   | 66 |
| 5.2.4 Επέμβαση στις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις.....   | 67 |
| 5.2.5 Αντικατάσταση Υπαρχόντων Λεβήτων με Αντλίες Θερμότητας Αέρα (Σενάρο Α).....   | 68 |
| 5.2.6 Αντικατάσταση Υπαρχόντων Λεβήτων με Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Σενάρο Β).....  | 70 |
| 5.2.7 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων στην Οροφή με Σύστημα Net Metering και Σύνδεση στο Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου ..... | 72 |
| 5.3 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου 7 (Π.Τ.Ν./Π.Ι.) .....  | 77 |
| 5.3.1 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου 7 .....  | 78 |
| 5.3.2 Υφιστάμενο Κόστος Χρήσης Κτιρίου 7 .....  | 80 |
| 5.4 Κοστολόγηση Επεμβάσεων .....  | 81 |
| 5.5 Εκτιμώμενα Οφέλη .....  | 82 |
| 5.6 Χρηματοοικονομική Αξιολόγηση Σεναρίων Επεμβάσεων.....   | 85 |
| 5.7 Συμπεράσματα .....  | 90 |
| Βιβλιογραφία .....  | 93 |

## 1. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή, η μείωση των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων, η μετεξέλιξη των σύγχρονων κοινωνιών σε υπερκαταναλωτές ενέργειας και η οικονομική αναγκαιότητα ανταγωνιστικότητας στην αγορά της ενέργειας, καθιστούν επιτακτική την άμεση λήψη μέτρων έτσι ώστε να επιτευχθεί ο περιορισμός της ζήτησης για ενέργεια και συγχρόνως η στροφή σε εναλλακτικές ή/και ήπιες μορφές ενέργειας και έτσι, η αειφορική διαχείριση των πόρων.

Αυτή η περιβαλλοντική πολιτική, έχει σαν απόλυτο εκφραστή της, το Ευρωπαϊκό οικοδόμημα, υπό το πρίσμα του σεβασμού στον άνθρωπο, στο περιβάλλον και στη δημοκρατία, αρχών θεμελιωδών από συστάσεως του Ευρωπαϊκού ολοκληρώματος. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Ένωση πολλές φορές ακόμα και σε βάρος της ίδιας της οικονομικής της ύπαρξης, σε βραχυπρόθεσμο τουλάχιστον χρονικό ορίζοντα, αντιμετωπίζει ενεργειακά ζητήματα, όπως η αυξανόμενη εξάρτηση από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων, οι υψηλές και ασταθείς τιμές της ενέργειας, η όλο και διογκούμενη παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση, καθώς και τα θέματα ασφάλειας των χώρων παραγωγής και διαμετακόμισης. Οι όλο και πιο αισθητές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και η βραδεία πρόοδος στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης, και των προκλήσεων που συνεπάγεται η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τοποθετούν στο επίκεντρο της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής ποικίλα μέτρα και μεθόδους που αποσκοπούν στην επίτευξη μιας ολοκληρωμένης αγοράς ενέργειας, στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και στη βιωσιμότητα του τομέα της ενέργειας (πηγή: [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)).

Οι δύο βασικοί άξονες στους οποίους μετουσιώνεται η παραπάνω πολιτική, είναι ο περιορισμός της σπατάλης και της υπερβολικής ζήτησης ενέργειας και η αποστρόφη των εξαιρετικά ρυπογόνων «παραδοσιακών», κλασικών μορφών ενέργειας. Ο αντίκτυπος των παραπάνω επιλογών, μέχρι στιγμής, έχει μόνο θετικό πρόσημο και σύμφωνα με τις μελέτες, σε βάθος χρόνου τα αποτελέσματα θα είναι θεαματικά, τόσο όσον αφορά στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον. Η Ελλάδα, όντας μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και με μεγάλη καθυστέρηση, έχει σημειώσει μεγάλο άλμα προόδου την τελευταία δεκαεπενταετία καταβάλλοντας αξιόπαινη προσπάθεια, να εναρμονιστεί και να συμπλεύσει με την κεντρική ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική.



Το σημαντικότερο αυτήν τη στιγμή νομικό μέσο αλλά και συγχρόνως τεχνικό εργαλείο, προκειμένου να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα των κτιριακών κατασκευών, αποτελεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων (KENAK) του 2010, που αφορά στην μείωση της ενεργειακής ζήτησης του κτιριακού τομέα. Ενός τομέα, παρεξηγημένου στην μερίδα της ενεργειακής πίτας, ο οποίος όμως αποτελεί τον πλέον σημαντικό κλάδο στις ενεργειακές καταναλώσεις και στην οικολογική επιβάρυνση, σε όλες τις προηγμένες κοινωνίες, ξεπερνώντας κατά πολύ την βιομηχανία και τις μεταφορές. Ο προσανατολισμός κεφαλαίων στην ενεργειακή οικονομία είναι αρκετά ιδιαίτερος. Χαρακτηρίζεται ως υψηλού κόστους και χαμηλού όμως ρίσκου, καθώς απαιτεί συνήθως υψηλά κεφάλαια, αλλά πέραν των περιβαλλοντικών κερδών, αποφέρει και χαμηλού ρίσκου υψηλής απόδοσης οικονομικό όφελος, με τους χρονικούς περιορισμούς όμως που αυτός συνεπάγεται. Η Ελλάδα, καθυστέρησε αρκετά και δεν κατάφερε να εκμεταλλευτεί μεγάλες ευκαιρίες στην επένδυση σε ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων. Υπό τις παρούσες οικονομικές συνθήκες η γενναία λήψη μέτρων, ήταν επώδυνη. Τα παραδείγματα όμως άλλων χωρών, έστω και κάτω από διαφορετικές οικονομικές συγκυρίες και όλος αυτός ο κλάδος που καλείται περιβαλλοντική οικονομία, αποδεικνύουν ότι τελικά αυτού του είδους οι επενδύσεις, δεν είναι και τόσο ήσσοнос σημασίας, αλλά μειώνοντας σε τέτοιο βαθμό τα λειτουργικά έξοδα καθιστούν την όποια επένδυση συμφέρουσα.

Το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, ως ζωντανός οργανισμός της ελληνικής κοινωνίας και όντας κάτοχος σε όλο το μήκος και το εύρος της Ελληνικής επικράτειας, αρκετά μεγάλου αριθμού τέτοιων κτιρίων, δεν δύναται να παραμείνει απαθής παρατηρητής των εξελίξεων. Υπό τις δεσμεύσεις μάλιστα, τόσο της Ευρωπαϊκής όσο και της Ελληνικής νομοθεσίας καθώς και πλήρως εναρμονισμένο στην κατεύθυνση των διεθνών οργανισμών που είναι μέλος, έχει ήδη κάνει αρκετά βήματα προς αυτή την κατεύθυνση, υπό το πρίσμα των τρεχουσών οικονομικών δυνατοτήτων και εκμεταλλεζόμενο τόσο τα ελληνικά όσο και κοινοτικά εργαλεία. Το προαναφερθέν διερευνά η παρούσα διπλωματική εργασία η οποία προτείνει επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, σε ένα συγκεκριμένο κτίριο του ΥΠΕΠΘ, στο κτίριο του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Το εν λόγω κτίριο επιλέχθηκε, τόσο ως επιστροφή μέρους του χρέους του γράφοντος στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων το οποίο παρείχε την

δυνατότητα ολοκλήρωσης αυτών των σπουδών, όσο γιατί είναι χωροθετημένο σε μία ορεινή περιοχή, στην Ήπειρο, όπου το ενεργειακό ζήτημα είναι ακόμα οξύτερο.

Έτσι στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση ενός κτιρίου εκπαιδευτικής χρήσης, προτείνονται επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης αυτού μέσα από διαφορετικά σενάρια, κοστολογούνται και εν τέλει, μέσα από την διαδικασία ανάλυσης κόστους και οφέλους της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, εξάγονται κοινωνικά και περιβαλλοντικά συμπεράσματα και οικονομικά δεδομένα. Από τα παραπάνω, προκρίνεται το βέλτιστο από τα σενάρια, παράλληλα με διαπιστώσεις και συμπεράσματα.

## Κεφάλαιο 2. Οριοθέτηση Θέματος

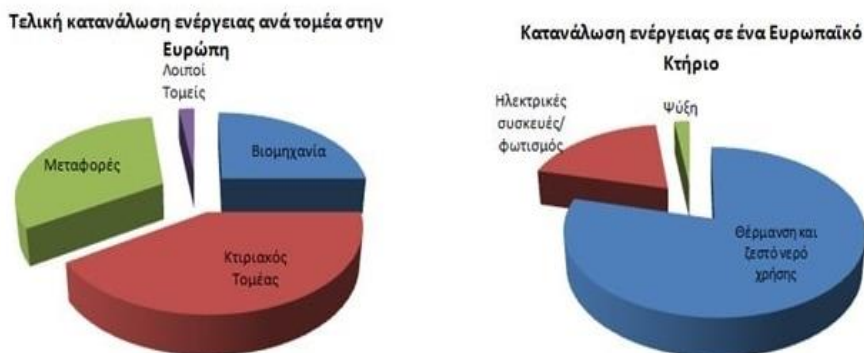
### 2.1 Κατανομή της Ενεργειακής Κατανάλωσης

Κάθε κράτος, ή οργανισμός στον πλανήτη, έχει ως απόλυτη προτεραιότητα την εξοικονόμηση ενέργειας και την διατήρηση του ισοζυγίου παραγωγής κατανάλωσης σε θετικό επίπεδο. Η ζήτηση για ενέργεια στις ανεπτυγμένες κυρίως κοινωνίες, αυξάνει με σταθερό ρυθμό. Ο τρόπος ζωής των τελευταίων 30 ετών είναι συνυφασμένος με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για τον κάθε πολίτη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, όντας πρωτοπόρος στην αποπυρηνικοποίηση στην παραγωγή ενέργειας, αλλά συγχρόνως αναζητώντας φθηνή ενέργεια, έχει στραφεί στις ανανεώσιμες πηγές και στην αειφορική διαχείριση των πόρων (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2020). Παρόλα αυτά ο πληθυσμός της Ευρώπης εξακολουθεί να καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από αυτή που η ίδια η Ένωση, μπορεί να παράγει, με αποτέλεσμα οι εισαγωγές ενέργειας να είναι επιβεβλημένες. Το παραπάνω συνεπάγεται τόσο εξάρτηση από άλλα κράτη, πράγμα που καθιστά την Ένωση ενεργειακά εκτεθειμένη και στρατηγικά ευάλωτη. Παράλληλα, η ανάπτυξη των ΑΠΕ και η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αποτελεί εκτός από πολιτική προτεραιότητα ύψιστη στρατηγική επιλογή.

#### 2.1.1 Ενέργεια και Κτίρια

Η βιομηχανία, οι μεταφορές, η οικιακή χρήση, οι υπηρεσίες, η γεωργία και άλλοι μικρότερης σημασίας αποτελούν τους τομείς που κατανέμεται η ενεργειακή πίτα. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.1, στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και σε όλες τις ανεπτυγμένες κοινωνίες, ο κτιριακός τομέας (νοικοκυριά και υπηρεσίες) είναι αυτός που δεσμεύει τα μεγαλύτερα ποσοστά ενέργειας, έχοντας σε μεγάλο βαθμό εκτοπίσει ακόμα και την βιομηχανία και τις μεταφορές. Μέχρι το 2030, εκτιμάται ότι αυτή η κατανάλωση θα εκτιναχθεί στο 75% συγκρίσει με σήμερα (Λεβέντη 2012).

Ένα επιπλέον πρόβλημα που συνεπάγεται η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση, είναι η εκπομπές CO<sub>2</sub>. Τα κτίρια, εκτός του ότι παράγονται μέσω μίας σύνθετης διαδικασίας που απαιτεί ενέργεια, η οποία συνεισφέρει δραματικά στην εκπομπή ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου, εξακολουθούν και ρυπαίνουν σε όλη την διάρκεια της ζωής τους.



**Διάγραμμα 2.1** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης στην Ε.Ε. ανά τομέα χρήσης (πηγή : Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016)

Μόνο εντός των ορίων της Ε.Ε., η επίδρασή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αγγίζει τους 6 δις τόνους ενώσεων του άνθρακα (C) που εκπέμπονται παγκόσμια. Αποτελούν δηλαδή, ένα αέριο ρυπαντή, ο οποίος παράλληλα με την χρήση του αφήνει και το βαρύ του αποτύπωμα (Καρράς, 2018).

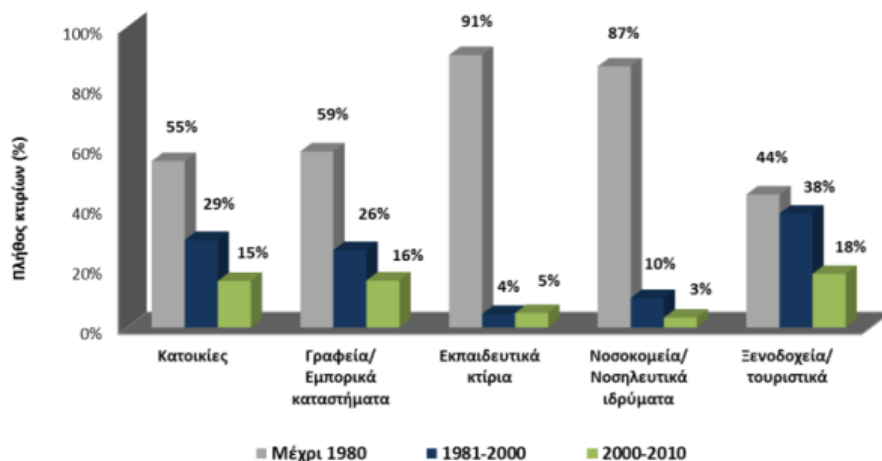
### 2.1.2 Μείωση των Καταναλώσεων

Ο κτιριακός τομέας της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεσμεύει το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, το 16% του νερού και το 70% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Εφαρμόζοντας τις κοινοτικές νομοθεσίες για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, εκτιμάται ότι οι νέες κατασκευές θα εξοικονομήσουν 9 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου πρωτογενούς ενέργειας (ο τόνος, ΤΠΠ, ισοδύναμου πετρελαίου είναι μονάδα ενέργειας, το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου, περίπου 42 GJ.). Αυτό συνεπάγεται ότι οι σύγχρονες κατοικίες θα έχουν 60% λιγότερη κατανάλωση σε σύγκριση με τις αντίστοιχες του 1970 και νωρίτερα και η ενεργειακή συμπεριφορά των νέων κτιρίων, πέρα από την κατασκευή τους τόσο και η χρήση τους θα έχει μακροπρόθεσμα εντυπωσιακά αποτελέσματα, τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά. Το μόνο που είναι σίγουρο, είναι ότι απαιτείται αρκετός χρόνος για να αποτιμηθεί συνολικά, υπό αυστηρές οικονομικές μεταβλητές, αυτή η στρατηγική και το αποτέλεσμα αυτής της επιλογής στο περιβάλλον. Το παραπάνω εγχείρημα καθίσταται, ακόμα πιο χρονοβόρο δεδομένης της ανάγκης εφαρμογής των πολιτικών αυτών, στο ήδη υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα.

### 2.1.3 Οι Κτιριακές Ενεργειακές Καταναλώσεις στην Ελλάδα

Το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων στην Ελλάδα έχει κατασκευαστεί πριν το 1979, πριν δηλαδή τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΚ) και για αυτό το λόγο οι καταναλώσεις τους είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Το παραπάνω καθιστά άμεση και επιτακτική την λήψη πρωτοβουλιών, για την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους αναβάθμιση. Η εφαρμογή απλών και οικονομικά ανεκτών επιλογών, θα έχει μακροπρόθεσμο θετικό αποτέλεσμα και λόγω του μεγάλου αριθμού των κτιρίων αυτών, το αποτέλεσμα στο περιβάλλον και στην οικονομία, σε βάθος χρόνου, θα είναι εντυπωσιακό.

Όσον αφορά το είδος της χρήσης, ο κτιριακός τομέας κατηγοριοποιείται σε κτίρια κατοικιών και κτίρια χρήσεων τριτογενούς τομέα. Σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ., στην Ελλάδα κτίρια οικιακής χρήσεως, είναι το 77% του συνόλου, ενώ το υπόλοιπο 23% αποτελείται από κτίρια τριτογενούς τομέα (γράφημα 2.1). Επίσης, αυτά του τριτογενή τομέα κατανέμονται αναλόγως την χρήση τους σε 2.7% ως γραφεία και εμπορικά, 0.46% σε εκπαιδευτικά ιδρύματα, 0.82% ως ξενοδοχεία, 0.06% τα νοσοκομεία και 19% για άλλες χρήσεις (αεροδρόμια, γυμναστήρια κ.α.).



Γράφημα 2.1 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα. (πηγή:ΕΛΣΤΑΤ,2020)

## 2.2 Συνοπτική Ανάλυση της Εξέλιξης της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ρηζικέλευθη σε θέματα περιβαλλοντικής ευαισθησίας και έχοντας πλήρη αντίληψη του διογκούμενου οικονομικού και περιβαλλοντικού προβλήματος, εξέδωσε το 2000 την πράσινη Βίβλο. Έτσι, η Ευρώπη, έστρεψε για πρώτη φορά το επίκεντρο των πολιτικών της, στην ενέργεια που απαιτείται από τους καταναλωτές και όχι στην οικονομικότερη προσφορά παραγωγής αυτής, όπως συνέβαινε έως τότε. Πολλά έτη πριν την επίσημη έναρξη του Διεθνούς συστήματος μείωσης των εκπομπών, η Ευρωπαϊκή Ένωση αποφάσισε εφαρμογή της εμπορίας εκπομπών και ουσιαστικά ενσωμάτωσε το πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία. Το αποτέλεσμα αυτών ήταν, μέσα από τις Οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ, να παρουσιάζει μείωση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από το 1990 έως το 2005, η οποία ήταν της τάξης του 4.3% και κυρίως οφείλεται στην εντυπωσιακή μείωση των εκπομπών των δύο μεγάλων ρυπαντών της Ευρώπης : της Γερμανίας (-21.3%) και του Ηνωμένου Βασιλείου (-7.4%). Δυστυχώς την ίδια περίοδο η εικόνα των ελληνικών εκπομπών δεν ακολουθεί της αντίστοιχης της Ε.Ε. αλλά παρουσιάζει αύξηση κατά 27.5%.

Ακολουθεί, η θέσπιση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοσή των κτιρίων, η οποία ήταν υποχρεωτικό να τεθεί σε εφαρμογή από τα κράτη-μέλη μέχρι τον Ιανουάριο του 2006. Η οδηγία αφορά κυρίως στον τομέα της κατοικίας και στον τριτογενή τομέα (γραφεία, δημόσια κτίρια κλπ.). Παρόλα αυτά υπάρχουν κτίρια που εξαιρούνται από τη διάταξη, όπως ιστορικά, ορισμένα βιομηχανικά κτίρια κ.λπ.

Παράλληλα με την έκδοση της οδηγίας 2002/91/ΕΚ και σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) ακολουθεί από μέρος της Ε.Ε. η δημιουργία 31 τεχνικών προτύπων για τις ενεργειακές επιδόσεις των κτιρίων. Εν συνεχεία το Μάρτιο του 2007, εκδίδεται η πρώτη έκθεση για την εφαρμογή της Οδηγίας στην Ευρώπη και στην οποία αναφέρεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των μελών της Ε.Ε. την εφάρμοσε επιτυχώς και μέσα στα χρονικά περιθώρια. Επίσης η ενεργειακή πιστοποίηση νέων και υφιστάμενων κτιρίων προγραμματίζεται στις περισσότερες χώρες για την περίοδο 2008-2009. Ανακόλουθα η Ελλάδα, δήλωσε αδυναμία ενσωμάτωσης της νωρίτερα από το τέλος του 2007, με ρεαλιστικό στόχο το 2009. Στις 27/7/2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στράφηκε δικαστικώς

εναντίον της Ελλάδας, της Πολωνίας και της Εσθονίας, για μη κοινοποίηση των μέτρων εφαρμογής της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων που εκδόθηκε το 2002. Έτσι, για την μη εφαρμογή της οδηγίας, η Ελλάδα, η Εσθονία και η Πολωνία έχασαν την δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας με ευνοϊκούς όρους (Καρράς, 2018).

### 2.3 Η Ελληνική Νομοθετική Πρόοδος

Ο πρώτος νόμος – πλαίσιο που περιέχει την έννοια της ενεργειακής οικονομίας στην χώρα μας, ήταν ο Ν40/75 "Περί λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας". Ακολούθησε ο πλέον ουσιαστικός, «Κανονισμός για την Θερμομόνωση των Κτιρίων» (ΚΘΚ) το 1979 και από εκεί και έπειτα, οι πλέον σημαντικοί νόμοι ήταν οι κάτωθι:

- 1985 – Άρθρο 26 του Ν.1577/85 «Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» (ΓΟΚ2000)
- 1985 – Άρθρο 6 Ν.1512/85 για «Κίνητρα Εξοικονόμησης Ενέργειας»
- Νόμος 1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος
- 1989 – Υ.Α 3046/304 «Κτιριοδομικός Κανονισμός»
- 1992 – Ν. 2052/92 περί «Μέτρων για την Καταπολέμηση του αστικού νέφους».
- 1993 – Οδηγία 93/76/ΕΟΚ (SAVE) για «Περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσω της βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης»
- 1995- Σχεδίου Δράσης "Ενέργεια 2001" του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
- 1995- Κανονισμού Κατανομής Δαπανών Θέρμανσης
- 1998 – Εναρμόνιση Κοινοτικής Οδηγίας SAVE (21475/4707 ΚΥΑ-ΦΕΚ 880B /19-8-98)για τον «Περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» - ΑΡΘΡΟ 4: Κ.ΟΧ.Ε.Ε.
- 1999 – ΥΑ 11038 «ΔΑΚ Κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων»
- 2001 – Στρατηγική Εξοικονόμησης Ενέργειας στα κτίρια: Σχέδιο Δράσης «Ενέργεια 2001»
- 2001 – Ν. 2831/00 – Τροποποίηση του Γ.Ο.Κ. (Ν.1577/85) – ΕΞΕ/ΑΠΕ

- 2002 – Οδηγία 2002/91/EK για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων»
- 2005 – 2006 Επιτροπή εμπειρογνομόνων ΥΠΙΑΝ (Απόρριψη σχεδίου Κ.Ο.Χ.Ε.Ε (Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας) και αντικατάσταση με ΚΕΝΑΚ, Σχέδιο Μητρώου Ενεργειακών Επιθεωρητών)
- Σχέδιο Δράσης "Ενέργεια 2001"
- Ν.3661 μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Η Ελλάδα έπρεπε να είχε μεταφέρει την οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην νομοθεσία της πριν της 4/1/2006. Ωστόσο, ζήτησε παράταση 36 μηνών για την εφαρμογή της, μέχρι τη 4/1/2009

Ο πλέον σημαντικός όμως νόμος-εργαλείο ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι ο Ν.3661/2008 μέσω της Τ.Ο ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ/2010, στον οποίο η απλή μελέτη θερμομόνωσης, αντικαταστάθηκε πλέον από την μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, η οποία και ενσωματώνει τον ενεργειακό σχεδιασμό του κτιριακού κελύφους και την εγκατάσταση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στις Η/Μ εγκαταστάσεις.

Το σημαντικότερο βήμα όμως που περιλαμβάνει ο ΚΕΝΑΚ, είναι η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αναγκών των κτιρίων σε θέρμανση/ψύξη, τις ενεργειακές ανάγκες τους σε ζεστό νερό χρήσης, την ενεργειακή απόδοση των εγκαταστάσεων θέρμανσης και ψύξης, το δυναμικό φυσικού φωτισμού καθώς και τη συγκέντρωση φωτιστικής ισχύος των υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Ταυτόχρονα, καθορίζονται οι ελάχιστες αποδεκτές ενεργειακές απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού (κυρίως κτιρίων τριτογενούς τομέα), ενώ δεν παραλείπονται οι προδιαγραφές για τη θερμική συμπεριφορά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους. Τέλος, χωρίζεται η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων σε κατηγορίες, καθίσταται απαραίτητη η διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης για την κατάταξη στις κατηγορίες και προδιαγράφονται η μορφή και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, το οποίο τακτικά πρέπει να επικαιροποιείται. Στην ενεργειακή επιθεώρηση επιπλέον υποδεικνύονται τεχνικές και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για το υπό μελέτη κτίριο και καθορίζονται οι βασικές αρχές και τα περιεχόμενά της (Καρράς,2018).



## 2.4 Περιβαλλοντική Πολιτική ΥΠΕΠΘ

Το σύγχρονο σχολείο «Οφείλει να καλλιεργεί την περιβαλλοντική συνείδηση στο μαθητή. Η εξοικονόμηση ενέργειας, η υγιεινή διατροφή, η φροντίδα και ο σεβασμός στο περιβάλλον και η ικανότητα αξιοποίησής του, με βιώσιμο τρόπο περνάει από τη βιωματική γνώση και το παιχνίδι του μαθητή με τη φύση που μετατρέπεται σε προστασία και αγάπη για αυτήν» (ΥΠΕΠΘ,2020).

Η περιβαλλοντική πολιτική του ΥΠΕΠΘ, αποτυπώνεται στην καλλιέργεια των μαθητών και φοιτητών σχετικά με την περιβαλλοντική γνώση αλλά και συμπεριφορά. Σκοπός είναι οι μαθητές και οι φοιτητές να είναι περιβαλλοντικά ενήμεροι και ευαισθητοποιημένοι, με ενεργό συμμετοχή τους στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Μέσω της εποικοδομητικής προσέγγισης νέων γνώσεων, της ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, της καλλιέργειας αξιών και εν τέλει της ολιστικής θεώρησης του περιβάλλοντος.

Η σημαντικότερη θεματολογία αφορά στα :

- Φυσικό περιβάλλον (Οικοσυστήματα, βιοποικιλότητα) – Διατήρηση & Υποβάθμιση
- Αειφόρο Ανάπτυξη
- Διαχείριση αποβλήτων
- Ανθρώπινη παρέμβαση – επιπτώσεις
- Φυσικούς πόρους (υδάτινοι πόροι, δάση, χρήσεις γης)
- Κλιματική αλλαγή
- Αστικό & περιαστικό πράσινο – Αξιοποίηση, διατήρηση & προστασία
- Πηγές ενέργειας
- Οικολογικό αποτύπωμα
- Ανακύκλωση
- Κομποστοποίηση
- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Εκπαίδευση για την Αειφορία (ΕΑ)
- Διεύρυνση υφιστάμενων θεματικών ενοτήτων εστιάζοντας στην κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική τους υπόστασή τους

Από τα πλέον σημαντικά προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, είναι τα Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Κ.Π.Ε.). Έχουν ως στόχο, με αρμοδιότητα σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, τη στήριξη των αντίστοιχων σχολικών προγραμμάτων, σε συνεργασία με τους Υπευθύνους των Διευθύνσεων Εκπαίδευσης :

- Την παραγωγή εκπαιδευτικού – υποστηρικτικού υλικού
- Την διοργάνωση εκδηλώσεων και δράσεων για το περιβάλλον και την αειφορία
- Την προώθηση της έρευνας στον χώρο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης
- Τη διάχυση της πορείας και των αποτελεσμάτων της δράσης των Κ.Π.Ε. (επικοινωνιακή στρατηγική)

Από τις σημαντικότερες δράσεις της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, θεωρείται η εκπαίδευση για την αειφορία, ζωντανό κομμάτι της οποίας είναι τα άτομα τα οποία ζουν και δρουν στο εκπαιδευτικό περιβάλλον. Πέρα από το θεωρητικό κομμάτι του εκπαιδευτικού έργου, μεγάλη σημασία αποδίδεται στον βιωματικό χαρακτήρα των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων ή των προγραμμάτων σπουδών τους, καθώς η ενεργειακή αναβάθμιση εκπαιδευτικών μονάδων, επικουρεί, την ευαισθητοποίηση φοιτητών και καθηγητών στην περιβαλλοντική εκπαίδευση . Η διεθνής διάσταση, η κοινωνική, κριτική και πολιτική φύση της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία, με στόχο την μεταλαμπάδευση των γνώσεων, δεξιοτήτων, ικανοτήτων και αξιών της εκπαίδευσης για την αειφορία, καταλήγουν στο αειφόρο σχολείο - πανεπιστήμιο (Πλακίτση, 2019).

Έτσι, οι εκπαιδευτικοί φορείς οφείλουν να προσπαθούν στην καθημερινότητά τους και σίγουρα κάτω από τις υφιστάμενες οικονομικές δυσκολίες και περιορισμούς, να αποδεικνύουν καθημερινά, τον αειφορικό χαρακτήρα τους. Έκφανση της αειφορικής διαχείρισης των πόρων, θεωρούνται οι σύγχρονες, ενεργειακά αυτόνομες και μη κοστοβόρες στη χρήση, εκπαιδευτικές μονάδες. Επομένως, καθίσταται πέρα από επιθυμητό και υποχρεωτικό, το παλαιό, ενεργοβόρο κτιριακό δυναμικό, να εκσυγχρονιστεί υπό τεχνοοικονομικούς όρους, να αναβαθμιστεί για να αποδειχθεί στην πράξη ο αειφορικός χαρακτήρας της εκπαίδευσης. Η παραπάνω διεργασίες και αναβαθμίσεις, θα μεταλαμπαδεύσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε εκπαιδευτικούς-ακαδημαϊκούς και μαθητές-φοιτητές, την έννοια της

περιβαλλοντικής συνείδησης και της αειφορικής διαχείρισης και εν συνεχεία, σε όλη την κοινωνία.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ενεργειακή αναβάθμιση εκπαιδευτικών μονάδων, πέρα από νομικά (κοινοτικά και εθνικά) υποχρεωτική, είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά απαιτητή και ακαδημαϊκά επιβεβλημένη. Το ΥΠΕΠΘ, συμμετέχει σε δράσεις με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση των εγκαταστάσεών του. Τον Απρίλιο του 2019, ξεκίνησε η τελευταία δράση χρηματοδότησης ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων ΑΕΙ, στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υποδομές Μεταφορών – Περιβάλλον – Αειφόρος Ανάπτυξη» του υπουργείου Οικονομίας και Ανάπτυξης. Με τίτλο, «Δράσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας και Αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, Φοιτητικές εστίες και εγκαταστάσεις Τεχνολογικών Φορέων του Υπουργείου Παιδείας» και συνολικό προϋπολογισμό 9.000.000 ευρώ, στα οποία όμως δύναται να ενταχθούν πράξεις έως 40.000.000 ευρώ, η δράση απευθύνεται σε Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, τεχνολογικούς φορείς του υπουργείου Παιδείας και στο Ίδρυμα Νεολαίας και Δια Βίου Μάθησης. Περιλαμβάνει δε, επιδοτούμενες δαπάνες, όπως δράσεις για την ηλεκτροκίνηση εντός των χώρων πανεπιστημίων και άλλων τεχνολογικών φορέων του υπουργείου Παιδείας, χρηματοδότηση για την αντικατάσταση συμβατικών οχημάτων μετακίνησης με αντίστοιχα ηλεκτρικά, καθώς και για την εγκατάσταση μικρού δικτύου ηλεκτρικών ποδηλάτων ενώ πέρα από την προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας, στις προτάσεις μπορούν, επίσης, να περιληφθούν παρεμβάσεις για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων, καθώς και την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (πηγή: [www.ymereraa.gr](http://www.ymereraa.gr))

Έτσι, στις επιλέξιμες δαπάνες περιλαμβάνεται και η ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων, όπως για παράδειγμα οι επεμβάσεις επί του κελύφους με προσθήκη μόνωσης, η αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, καθώς και η αντικατάσταση συστήματος καυστήρα, λέβητα και σωληνώσεων με σύστημα που επιτρέπει τη χρήση ΑΠΕ.

Επίσης, οι εκπαιδευτικοί φορείς μπορούν να υποβάλουν προτάσεις για αξιοποίηση ΑΠΕ, όπως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering), ή εικονικό

ενεργειακό συμψηφισμό (virtual net metering), αλλά και την κατασκευή-εγκατάσταση, ταυτόχρονης παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας υψηλής αποδοτικότητας.

Οι ενδιαφερόμενοι φορείς μπορούν να συμπεριλάβουν στις αιτήσεις τους τη χρηματοδότηση ακόμη και συμβουλευτικών υπηρεσιών, εφόσον τεκμηριώνεται ότι λόγω αντικειμένου δεν μπορούν να τις υλοποιήσουν οι ίδιοι, και με την προϋπόθεση πως αυτές δεν αφορούν τη διαχειριστική, διοικητική και επιχειρησιακή επάρκεια. (ΕΣΠΑ, 2014-2020)



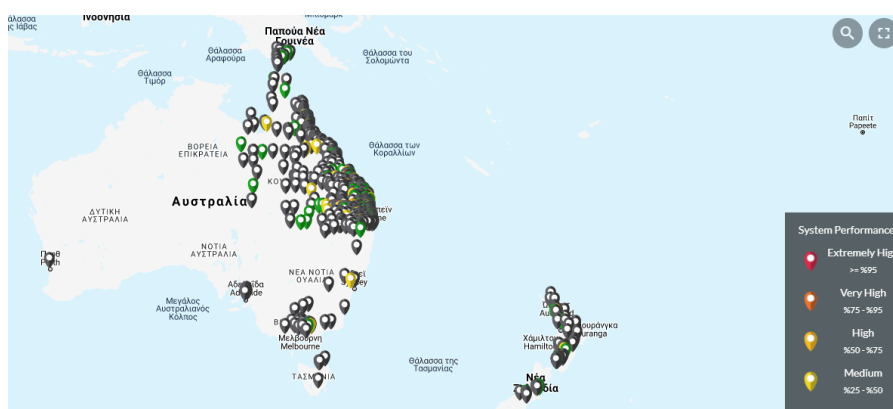
**Εικόνα 2.1** Μελέτη ανέγερσης πρότυπου ενεργειακού Δημοτικού Σχολείου στο Δήμο Μουζακίου με  $CFE \leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{έτος}$  (πηγή : <https://energypress.gr/>)

## **2.5 Η Διεθνής Εμπειρία. Το Πρόγραμμα SOLAR SCHOOLS**

Το πρόγραμμα Solar Schools ξεκίνησε το 2002, όταν οι ιδρυτές Rob Breuer και Mark Stenhouse άρχισαν να σχεδιάζουν την τεχνολογία για την καταγραφή και την ανάλυση ενεργειακών δεδομένων από ηλιακούς συλλέκτες. Τα τεχνολογικά τους επιτεύγματα αναπτύχθηκαν με τον χρόνο και μέσω συνεχών βελτιώσεων έγιναν και εμπορικά. Οι ιδρυτές όμως, Rob and Mark, όντας παθιασμένοι λάτρεις του περιβάλλοντος και υποστηρίζοντας τη αειφορία, εντόπισαν μια σημαντική ευκαιρία να συνδυάσουν την ενεργειακή τους τεχνολογία με ένα εξίσου ισχυρό εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Έτσι, το ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα Solar Schools, ξεκίνησε το 2016, διευκολύνοντας τα σχολεία της

προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, να διδάσκουν και να αναλαμβάνουν δράση για την ενεργειακή τους απόδοση, με τελικό σκοπό οι μαθητές να αναβαθμίσουν τις γνώσεις τους για το μέλλον του πλανήτη. Με τα επιστημονικά δεδομένα ως θεμέλιο λίθο του προγράμματος, ένα ολόκληρο πρόγραμμα σπουδών-δραστηριοτήτων έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει τομείς μάθησης, επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών. Σήμερα, το πρόγραμμα Solar Schools συνδυάζει δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, ως σαφή αποτελέσματα της μακροχρόνιας αυτής επένδυσης, στην έρευνα και την ανάπτυξη. Υπάρχουν εκατοντάδες σχολεία σε πολλές διαφορετικές χώρες ( Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία και Ην. Βασίλειο) που ,έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα θέτοντας διάφορους στόχους αειφορικής διαχείρισης. Οι εκπαιδευτικές μονάδες αυτές, οδηγούν στο δρόμο για τη βιωσιμότητα, έχοντας αναλάβει δράση για να βελτιώσουν σημαντικά την ενεργειακή τους απόδοση. Οι εκπαιδευτικοί των σχολείων που έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα, έχουν πρόσβαση σε ένα ολοκληρωμένο σύνολο εκπαιδευτικών πόρων, υποστηριζόμενο από μια μαθητική τράπεζα γνώσης για αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (Πρόγραμμα SOLAR SCHOOLS, 2020).

Αυτοί οι πόροι ενισχύονται από τους μετρητές ενέργειας (ψηφιακό σύστημα καταγραφής) που είναι εγκατεστημένοι στα σχολεία. Τα δεδομένα που συλλέγονται βοηθούν τους μαθητές να εφαρμόσουν τη θεωρία, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να δημιουργούν λύσεις για πραγματικές αλλαγές.



**Εικόνα 2.2** Κατανομή Σχολικών Μονάδων που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα SOLAR SCHOOLS (πηγή : [www.solarschools.net](http://www.solarschools.net))



## **Κεφάλαιο 3. Αντικείμενο και Σκοπός της Μελέτης, Υφιστάμενη Κατάσταση**

### **3.1 Αντικείμενο της Μελέτης**

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η αναβάθμιση των εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και συγκεκριμένα του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών, από ενεργειακής άποψης, προς όφελος τόσο του ίδιου του Πανεπιστημίου, όσο και του προσωπικού (φοιτητές και καθηγητές) που δρουν και ζουν εντός αυτού, καθώς και της κοινωνίας η οποία είναι και ο τελικός αποδέκτης της αειφορικής διαχείρισης των πόρων και δυνατοτήτων, με τελικό αποτέλεσμα το θετικό πρόσημο υπέρ αυτής.

#### ***3.1.1 Υφιστάμενη Κατάσταση Εκπαιδευτικών Εγκαταστάσεων-Δυνατότητες***

Η ενεργειακή κατανάλωση μιας εκπαιδευτικής μονάδας στην Ελλάδα κυμαίνεται περί τις 68 kWh/m<sup>2</sup>/έτος, εκ των οποίων οι 55 kWh/m<sup>2</sup>/έτος καταναλώνονται για θερμικούς λόγους και είναι μικρότερη από άλλες χώρες της ΕΕ. Τα προβλήματα που παρατηρούνται συνήθως στα Ελληνικά σχολεία όμως, συνοψίζονται στην έλλειψη συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης. Δηλαδή η υφιστάμενη κατανάλωση ενέργειας είναι αρκετά υψηλή, σε σχέση με την θερμική άνεση που προσφέρεται (συνθήκες άνεσης).

Τα κυριότερα προβλήματα, είναι ο ακατάλληλος προσανατολισμός κτιρίων, ο μη κατάλληλος σχεδιασμός ανοιγμάτων και συστημάτων φωτισμού με αποτέλεσμα την ανισοκατανομή του φωτισμού, ο ανεξέλεγκτος αερισμός, οι μεγάλες θερμικές απώλειες από το κέλυφος, η κακή συντήρηση και ανορθολογική λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και η ανεπάρκεια συστημάτων σκίασης ή βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Η παραπάνω κατάσταση αφορά και στο ΥΠΕΠΘ, το οποίο διαθέτει εκπαιδευτικές μονάδες σε όλο το εύρος της Ελληνικής επικράτειας, η πλειονότητα των οποίων, είναι αρκετά παλαιές, με υψηλό κόστος χρήσης και περιβαλλοντικά μη αποδεκτές. Η συμμόρφωση της χώρας στην κοινοτική και εθνική νομοθεσία, δεν αφήνει μεγάλα χρονικά περιθώρια για περαιτέρω καθυστερήσεις και καθιστά επιτακτική την κατασκευή νέων εκπαιδευτικών μονάδων, ή/και την αναβάθμιση των παλαιών, όπου αυτό είναι οικονομικά συμφέρον. Η μείωση των λειτουργικών δαπανών είναι πρώτη

προτεραιότητα σε κάθε πτυχή της δημόσιας πολιτικής. Η εξαιρετικά μεγάλη οικονομική στενότητα των προηγούμενων ετών και η δυσχέρεια στην εξασφάλιση πόρων και κονδυλίων δημιούργησε μεγάλες καθυστερήσεις, όσον αφορά στη συμμόρφωση με την κοινοτική οδηγία περί των Δημοσίων Κτιρίων. Η οικονομική κρίση όμως, σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να αποτελέσει τη δικαιολογία για στασιμότητα και έλλειψη προόδου τόσο όσον αναφερόμαστε σε πολιτικές, όσο και στον τρόπο σκέψης μας. Προκειμένου ως κοινωνία να πάμε ένα βήμα παρακάτω, θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε την κρίση περισσότερο ως πρόκληση και λιγότερο ως πρόβλημα και με τα όποια λίγα πενιχρά μέσα διαθέτουμε, να την καταστήσουμε κινητήριο μοχλό και όχι τροχοπέδη στην πρόοδο της κοινωνίας. Με σκοπό ένα καλύτερο μέλλον για τις επόμενες γενιές, δεν θα πρέπει να επιτρέψουμε στους εαυτούς μας, κανένα περιθώριο λάθους σχεδιασμού, σπατάλης, καθυστερήσεων και αδυναμίας απορρόφησης κονδυλίων.

### **3.1.2 Περιβαλλοντική Οικονομία**

Όλοι οι μεγάλοι κλασικοί οικονομολόγοι έχουν εκφράσει, άμεσα ή έμμεσα, απόψεις που διαμόρφωσαν σταδιακά την οικονομία του περιβάλλοντος ως αυτοτελή επιστημονικό κλάδο (Καλιαμπάκος, 2004). Από το 18ο αιώνα, παράλληλα με την εξέλιξη της Οικονομικής Θεωρίας αναπτύχθηκε ως κλάδος αυτής και η Οικονομία του Περιβάλλοντος. Επομένως, *«ο επιστημονικός αυτός κλάδος, ο οποίος αντικείμενο έχει την μελέτη των περιβαλλοντικών θεμάτων, υπό το γενικότερο πλαίσιο και τις τεχνικές ανάλυσης, της οικονομίας, καλείται Περιβαλλοντική Οικονομία»* (Field, 1994).

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι κατασκευές απαιτούν και δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη όμως, την υφιστάμενη αναλογία παλαιών και νέων κατασκευών, είναι επιβεβλημένο να ενσωματώσει η νέα περιβαλλοντική πολιτική, στα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας και τα ενεργοβόρα κτίρια του παρελθόντος, τα οποία αποτελούν και την συντριπτική πλειοψηφία. Η ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, η κοστολόγηση της χρήσης και της λειτουργίας και η μετατροπή των αποτελεσμάτων χρήσης σε αριθμούς, είναι το αντικείμενο της περιβαλλοντικής οικονομίας, η χρησιμότητα των εφαρμογών της οποίας θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

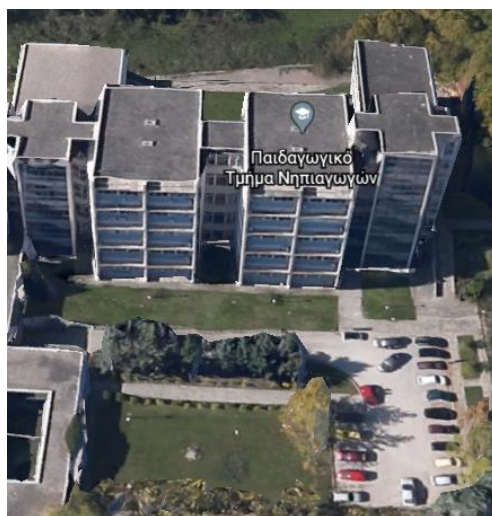


### 3.1.3 Σκοπός της Μελέτης

Σκοπός λοιπόν της υφιστάμενης οικονομοτεχνικής έκθεσης, είναι η ενεργειακή αναβάθμιση μιας εκπαιδευτικής μονάδος, τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, του Πανεπιστημιακού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και η αξιολόγηση υπό οικονομικούς όρους και με πλήρες χρονοδιάγραμμα, του όποιου, περιβαλλοντικού, οικονομικού, κοινωνικού και εκπαιδευτικού οφέλους, το οποίο μπορεί να προκύψει από αυτήν. Η δε σημασία της εν λόγω εργασίας, πολλαπλασιάζεται καθώς το επιλεγέν κτίριο, συγκεντρώνει τα μέσα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου, καθώς η πλειονότητα αυτών κατασκευάστηκε στην αυτή θέση, σε κοντινή σχετικά χρονική περίοδο και με πανομοιότυπα σχέδια.

### 3.2 Κτίριο Π.Τ.Ν.

Ανταποδοτικά προς το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμες του Περιβάλλοντος και Εκπαίδευση για την Αειφορία», επιχειρείται η μερική επιστροφή του χρέους μου, στον τόπο και στο Πανεπιστημιακό Τμήμα, το οποίο μου προσέφερε τα εφόδια και την δυνατότητα να συγγράφω την παρούσα εργασία, στον Δ. Ιωαννιτών. Για τον παραπάνω λόγο έχει επιλεγεί το κτίριο του Πανεπιστημιακού Τμήματος Νηπιαγωγών, το κτίριο υπ' αριθμόν 7, του Συγκροτήματος Φ.Π.Ψ., σύμφωνα με την αρχιτεκτονική μελέτη, της Τεχνικής Υπηρεσίας.



**Εικόνα 3.1** Δορυφορική απεικόνιση του κτιρίου ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

### **3.2.1 Χωροθέτηση Κτιρίου**

Η ιστορική διαδρομή του ΠΤΝ ξεκινά το 1982, έτος που ιδρύονται τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) και Νηπιαγωγών (Π.Τ.Ν.) με τον υπ' αριθμ. 1268/82 Ν.. Το 1984 αρχίζει τη λειτουργία του το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και το 1984, η Φιλοσοφική Σχολή κατατέμενεται σε τρία Τμήματα, που είναι το Τμήμα Φιλολογίας, το Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας και το Τμήμα Φιλοσοφίας - Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας (Π.Δ. 445/84). Το 1987 λειτούργησε για πρώτη φορά το Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών. Τέλος, το 1996 ιδρύθηκε η Σχολή Επιστημών Αγωγής, στην οποία υπάγονται τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Νηπιαγωγών



**Εικόνα 3.2** Κτίριο 7 (πρόσοψη)

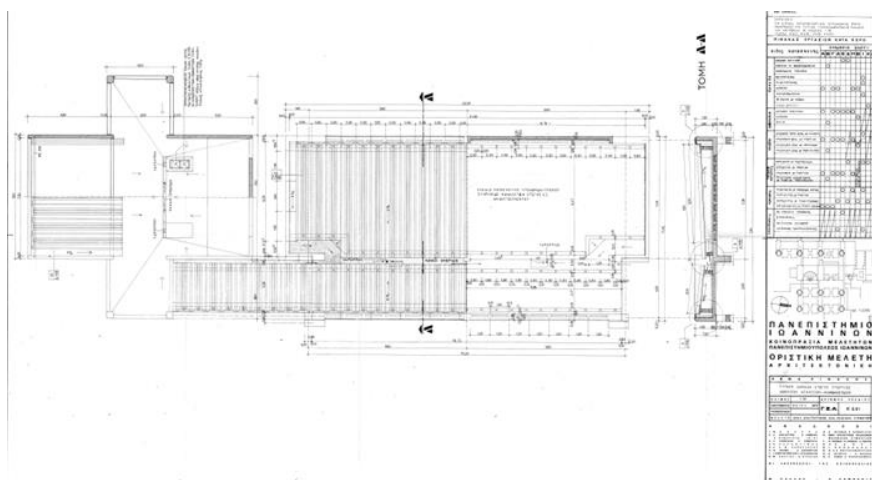
Το κτίριο 7, στο οποίο στεγάζεται το ΠΤΝ, βρίσκεται στο βόρειο άκρο του συγκροτήματος ΦΠΨ (λοιπά κτίρια 5 και 6), στην Πανεπιστημιούπολη Ιωαννίνων, σε απόσταση 4,8 χλμ νοτιοδυτικά των Ιωαννίνων, με μέσο υψόμετρο 490 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας και σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος (39ο 36'47ο N 20ο 50'18ο E). Το υψόμετρο, οι κλίσεις και το κλίμα στο Δ.Δ. Πεδινής, είναι πανομοιότυπο με αυτό του λοιπού Δήμου. Το κτήριο βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο της Πανεπιστημιούπολης.

Η έναρξη των μελετών του συγκροτήματος έγινε τον Μάιο του 1979 (σχέδιο προ το Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων), όταν συντάχθηκαν και κατατέθηκαν οι Οριστικές Μελέτες. Η σταδιακή του όμως ολοκλήρωση και η τελική του παράδοση με την εγκατάσταση όλων των συστημάτων Η/Μ εξοπλισμού, είναι το 1994. Σε αυτό το συγκρότημα, στεγάζεται η Σχολή του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών. Το κτίριο είναι εκτεθειμένο σε ανέμους λόγω του αναπεπταμένου εδάφους και ιδιαίτερα σε εκείνους με βόρεια και βορειοδυτική διεύθυνση.

### ***3.2.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της Περιοχής, Ορεινότητα και Κλιματικές Συνθήκες Ιωαννίνων***

Σύμφωνα και με την αντίστοιχη μελέτη του γράφοντος το 2018 για το Ηπειρώτικο κλίμα και ακριβώς για την ίδια περιοχή μελέτης, οι παράγοντες που καθορίζουν εάν μία περιοχή έχει ορεινό χαρακτήρα είναι κατά βάση το υψόμετρο, οι κλίσεις και υψομετρικές διαφορές και οι κλιματικές συνθήκες. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη διαμόρφωση του κλίματος είναι το ανάγλυφο, το υψόμετρο και ο προσανατολισμός, ο κύκλος του νερού, η ανθρώπινη δραστηριότητα, η θαλάσσια κυκλοφορία, η φυτοκάλυψη, η φύση της επιφάνειας και η ηλιακή ακτινοβολία. Το κλίμα αντιπροσωπεύει τη μέση κατάσταση των καιρικών συνθηκών μίας συγκεκριμένης περιοχής σε μία εκτεταμένη χρονική περίοδο (από 30 έτη και πάνω). Οι σημαντικότεροι παράγοντες διαμόρφωσης του κλίματος, είναι το γεωγραφικό πλάτος, από το οποίο εξαρτάται το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κάποιος τόπος και είναι το πλέον καθοριστικό μέγεθος και το υψόμετρο, το οποίο όσο αυξάνεται, μειώνεται η πυκνότητα της ατμόσφαιρας και έτσι μειώνεται η ατμοσφαιρική πίεση, άρα και η ικανότητα του αέρα να απορροφά και να διατηρεί θερμότητα. Συνεπώς, η θερμοκρασία μεταβάλλεται απότομα σε συνάρτηση με την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Βάσει των παραπάνω, για την εκπόνηση των μελετών ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ο ΚΕΝΑΚ διαιρεί την ελληνική επικράτεια, σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Ως βαθμοημέρα ορίζεται το μέγεθος που εκφράζει την αθροιστική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, δηλαδή το μέτρο της ποσότητας και τη διάρκεια, που η εξωτερική θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο (Matzarakis et al. 2004).



**Εικόνα 3.3** Οριστική Αρχιτεκτονική Μελέτη (πηγή: Τεχνική Υπηρεσία/Π.Ι., 2020)

Οι βαθμομέρες θέρμανσης, είναι αποτέλεσμα των απαιτήσεων σε ενέργεια για την εξασφάλιση των συνθηκών άνεσης και είναι άμεσα συνυφασμένες με τις κλιματικές συνθήκες, την ορεινότητα και το γεωγραφικό πλάτος. Στον πίνακα 3.1. προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο σχήμα 3.2. Για κάθε νομό, τα κτίρια σε περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εξετάζονται βάσει των προδιαγραφών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω (Καρράς, 2018)

**Πίνακας 3.1.** Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς (πηγή: TOTEE/KENAK, 2020).

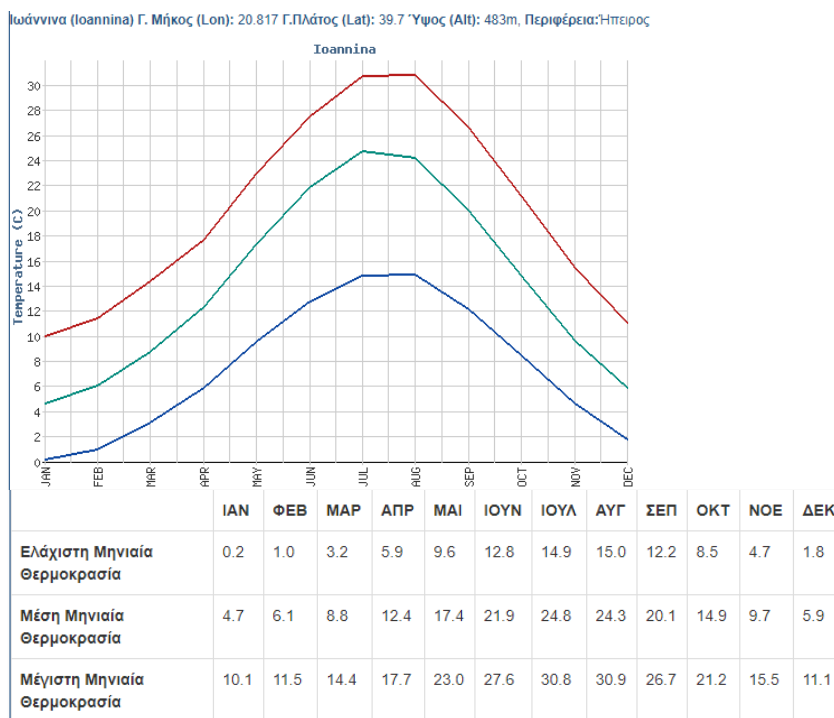
| ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ | ΝΟΜΟΙ   |
|----------------|---|
| ΖΩΝΗ Α         | Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή). |

|        |   |
|--------|---|
| ΖΩΝΗ Β | Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας. |
| ΖΩΝΗ Γ | Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, <b>Ιωαννίνων</b> , Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.  |
| ΖΩΝΗ Δ | Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.  |



**Χάρτης 3.1.** Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας (πηγή: TOTEE/KENAK, 2020).

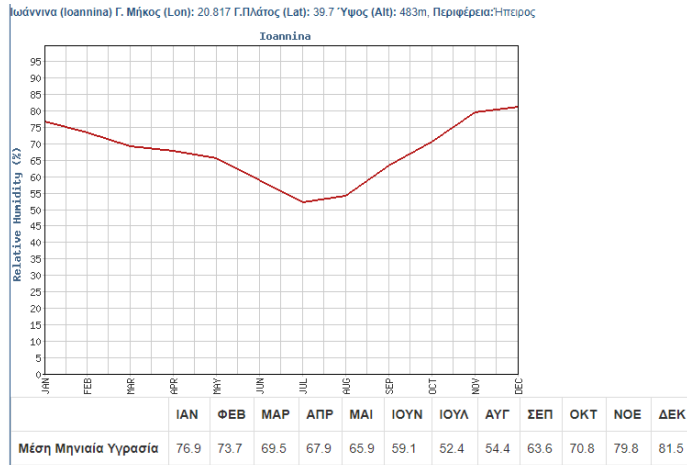
Σύμφωνα με την παραπάνω παραμετροποίηση του ΚΕΝΑΚ και αφού ο Ν. Ιωαννίνων εντάσσεται στη Κλιματική Ζώνη «Γ», το υπό μελέτη κτίριο, όντας χωροθετημένο σε υψόμετρο 498 μ. από την επιφάνεια τη θάλασσας, θα εξεταστεί βάσει των προδιαγραφών αυτής της Κλιματικής Ζώνης.



**Διάγραμμα 3.1.** Ελάχιστη, μέση και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία Ιωαννίνων (πηγή: Κλιματολογία/ΕΜΥ, 2020).

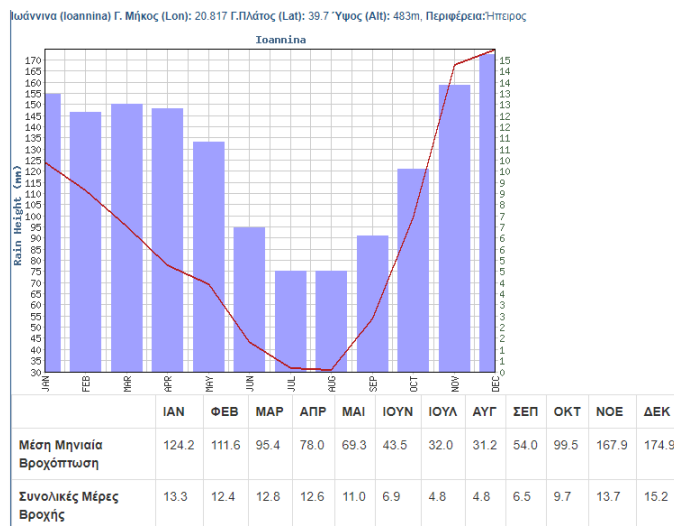
Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων είναι η κυριότερη πεδινή έκταση της Ηπείρου και διαιρεί το νομό, σε δυο ενιαία τμήματα βόρεια και νότια του αλλά και ενώνει μεσευρωπαϊκά και μεσογειακά γεωγραφικά, κλιματικά και οικολογικά στοιχεία, ανάμεσα στα οποία μεγάλη ιδιαιτερότητα παρουσιάζει το κλίμα. Αυτή η ζώνη συνδυάζει το ζεστό και ήπιο μεσογειακό με το βροχερό και δριμύ μεσευρωπαϊκό κλίμα (Σούλης, 1994).

Το κλίμα των Ιωαννίνων είναι ηπειρωτικό, υγρό και τραχύ. Όπως απεικονίζεται και στα παρακάτω διαγράμματα, οι βροχοπτώσεις (διάγραμμα 3.3), είναι ιδιαίτερα έντονες και πλούσιες με πυκνή παρουσία ακόμα και τους θερινούς μήνες (μεγάλες βροχοπτώσεις το χειμώνα και καταιγίδες το καλοκαίρι) και η υγρασία υψηλή (διάγραμμα 3.2).

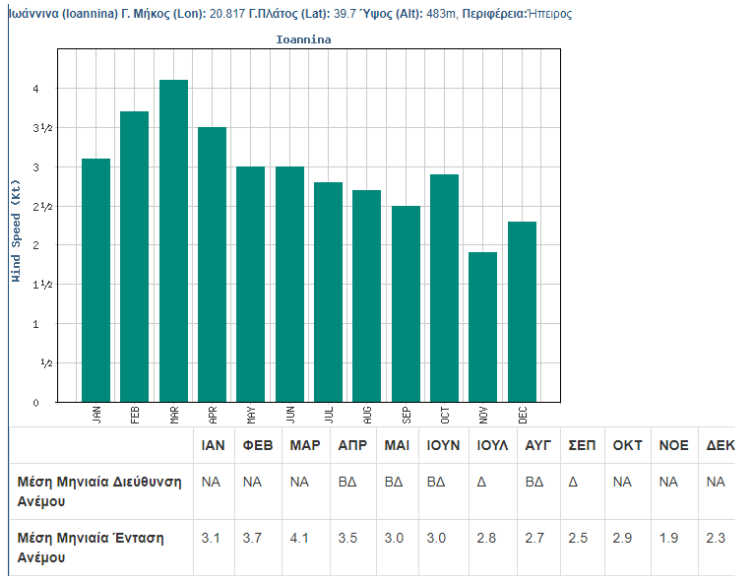


**Διάγραμμα 3.2.** Μέση μηνιαία υγρασία στα Ιωάννινα (πηγή: Κλιματολογία/EMY, 2020).

Η μέση ταχύτητα των ανέμων δεν ξεπερνά τα τέσσερα μποφόρ (διάγραμμα 3.4), λόγω του όχι ιδιαίτερα υψηλού υψομέτρου και του περικλειστού ανάγλυφου στα όρια του Δήμου.



**Διάγραμμα 3.3.** Μέση μηνιαία βροχόπτωση σε σύνολο ημερών βροχής στα Ιωάννινα (πηγή: Κλιματολογία/EMY, 2020).



**Διάγραμμα 3.4.** Μέση μηνιαία διεύθυνση και ένταση ανέμου στα Ιωάννινα (πηγή: Κλιματολογία/ΕΜΥ, 2020).

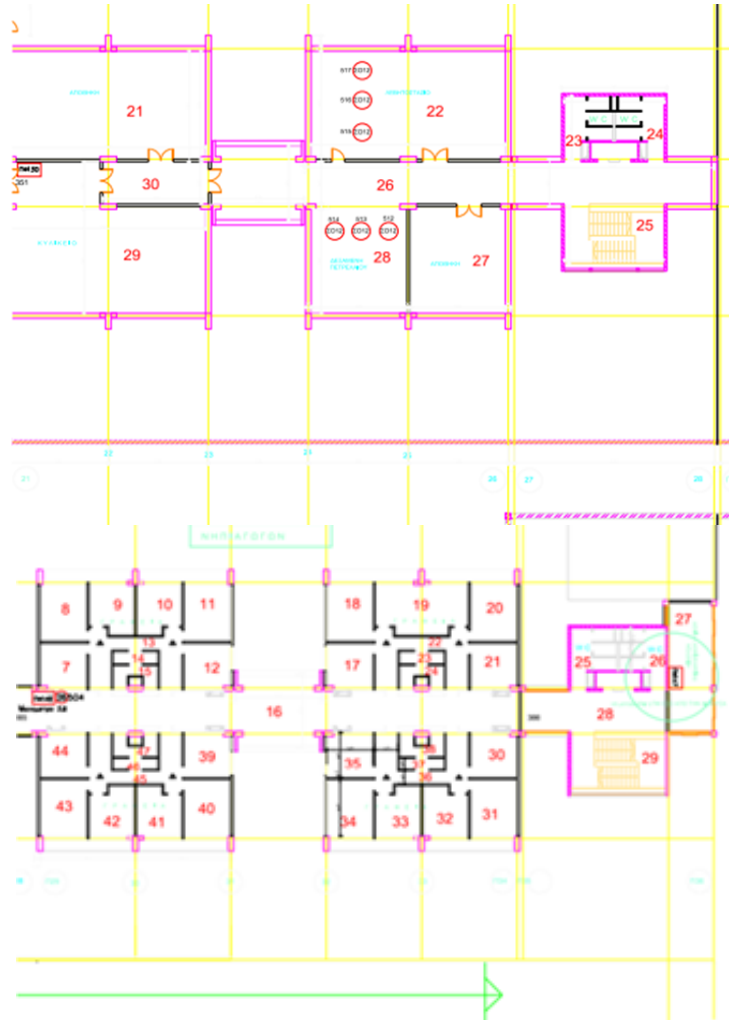
Οι χιονοπτώσεις παλαιότερα ήταν έντονες και κάλυπταν το έδαφος αρκετές μέρες (Παπάζης, 2012)., τα τελευταία χρόνια όμως έχουμε μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και αρκετά μικρότερη χιονόπτωση και χιονοκάλυψη. Σημαντική τέλος είναι η νέφωση σε όλη την έκταση του Δήμου (Καρράς, 2018).

### 3.3 Υφιστάμενη Κατάσταση/Τεχνική Έκθεση

Πριν την κατασκευή του κτιρίου στο σημείο βρισκόταν γήπεδο. Το κτίριο κατασκευάστηκε, δυτικά του ήδη υπάρχοντος τότε αμφιθεάτρου της Φιλοσοφικής Σχολής και συνδέθηκε με αυτό με σκεπαστή στοά.

Περιλαμβάνει δε, αίθουσες σεμιναρίων, αίθουσες συσκέψεων, βιβλιοθήκη, χώρους συναντήσεων κλάδου, γραφεία, βοηθητικούς χώρους, WC, κλιμακοστάσια, χώρους ανελκυστήρων, διαδρόμους και υπόγειους χώρους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (κτίρια 5,6). Ο συνολικός αριθμός χρηστών των εγκαταστάσεων του κτιρίου, κυμαίνεται από 900 έως 1.300 άτομα.



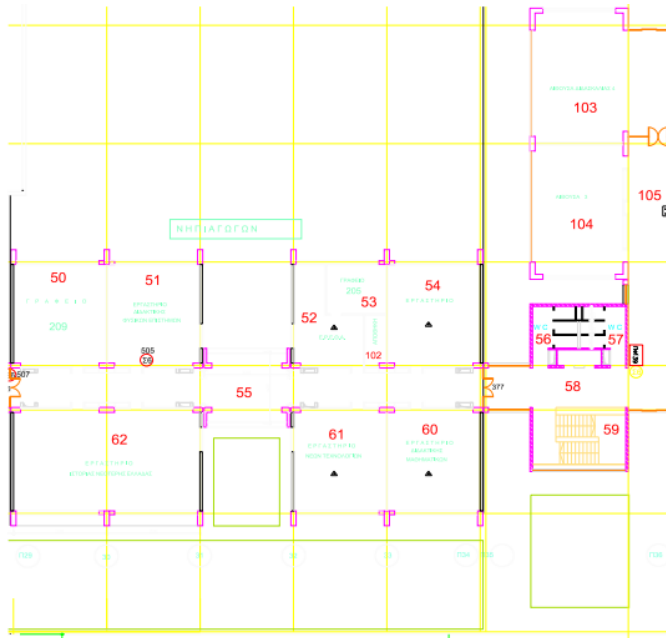


**Εικόνα 3.2** Κτίριο 7, ΠΤΝ/Κάτοψη στάθμης-ισόγειο (πάνω) και Ε΄ ορόφου (κάτω), (πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Π.Ι., 2020)

Τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου 7 είναι:

- Πατώματα:
  - Ισόγειο: 796,58τ.μ.
  - Α όροφος: 799,46τ.μ.
  - Β όροφος: 1060,02τ.μ.
  - Γ όροφος: 1060,02τ.μ.
  - Δ όροφος: 1060,02τ.μ.
  - Ε όροφος: 817,51τ.μ.
  - Σύνολο: 5593,61τ.μ.

- Πλάκα οροφής: 817,51 τ.μ.
- Εξωτερική τοιχοποιία: 2350 τ.μ.
- Επιφάνειες κουφωμάτων (πόρτες,παράθυρα): 2917 τ.μ



**Εικόνα 3.3** Κτίριο 7, ΠΤΝ/Κάτοψη Γ' ορόφου (πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Π.Ι., 2020)

Ο φέροντας οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει κατασκευαστεί με τσιμεντοσανίδες για την εξωτερική τοιχοποιία και γυψοσανίδες για την εσωτερική. Τα εσωτερικά επιχρίσματα είναι τριπτά με μαρμαροκονίαμα, ενώ τα εξωτερικά είναι από οπτοπλινθοδομή πάχους 36 έως 38 mm. Το πάτωμα είναι από μωσαϊκό, πλην των δαπέδων των WC, τα οποία καλύπτονται με κεραμικά πλακίδια, των κλιμακοστασίων στα οποία έχει τοποθετηθεί μάρμαρο Ιωαννίνων, ενώ στα γραφεία, έχει τοποθετηθεί γαρμπιλομωσαϊκό, με επικόλληση πλαστικών πλακιδίων. Στο χώρο δε των Η/Μ εγκαταστάσεων υπάρχει απλό μπετόν με μόνωση από πλάκες.

Η οροφή έχει μονωθεί είτε με ασφαλτόπανα πάνω στην πλάκα του σκυροδέματος, είτε με άσφαλτο αλουμίνιο και επιπλέον αδρανές ποτάμιο υλικό σε ορισμένα σημεία. Στην αρχική μελέτη

προβλεπόταν και η τοποθέτηση, ξύλινου σκελετού και στέγης με ρωμαϊκού τύπου κεραμίδια, η οποία όμως δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Στις οροφές εκάστου ορόφου έχει τοποθετηθεί ψευδοροφή, από ειδικής διατομής διάτρητου φύλλου αλουμινίου.

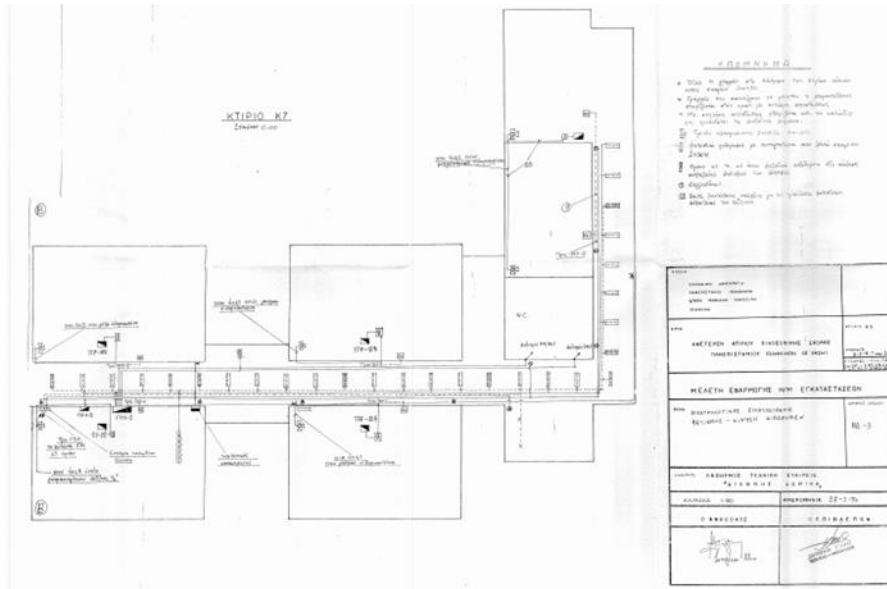
Στα εξωτερικά ανοίγματα (παράθυρα και θύρες), έχουν τοποθετηθεί αλουμίνια, διπλού υαλοστασίου 20mm, χωρίς όμως θερμοδιακοπή και μη ενεργειακά. Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες, τοποθετημένες σε σιδερένιο κασόνι από γαλβανισμένη λαμαρίνα.

### **3.3.1 Ενεργειακές Απαιτήσεις του Κτιρίου 7**

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, καταναλώνεται πετρέλαιο και ηλεκτρική ενέργεια. Ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται για φωτισμό, ψύξη, θέρμανση και τη λειτουργία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών καθώς και ανελκυστήρων, ενώ το πετρέλαιο αποκλειστικά για ανάγκες θέρμανσης. Το πετρέλαιο καταναλώνεται σε τρεις λέβητες για όλο το συγκρότημα του κτιρίου ΦΠΨ (κτίρια 5,6,7), οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στο λεβητοστάσιο ενώ ο ηλεκτρισμός προέρχεται από το δίκτυο.

Το τυπικό ωράριο λειτουργίας των καυστήρων εξαρτάται από το μήνα και από τις συνθήκες που επικρατούν την κάθε χειμερινή περίοδο. Η συνήθης διάρκεια τους ήπιους χειμερινούς μήνες, είναι έξι ώρες την κάθε ημέρα χρήσης (5 ημέρες ανα εβδομάδα), που μπορεί όμως να φτάσουν και τις έντεκα, τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο συνήθως. Δυστυχώς δεν υπάρχει σύστημα καταγραφής καταναλώσεων και διαχείρισης ενέργειας με αποτέλεσμα η διαχείριση να είναι συγκεντρωτική, για όλο το συγκρότημα κτιρίων, 5, 6 και 7, τόσο όσον αφορά το πετρέλαιο όσο και στον ηλεκτρισμό.

Το αποτέλεσμα αυτού είναι ότι υπάρχει απόλυτη έλλειψη παρακολούθησης καταναλώσεων και κατ' επέκταση και επίλυσης των προβλημάτων. Το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει παλαιωμένες σωληνώσεις με ανεπαρκή μόνωση. Στην έξοδο των τριών λεβήτων παρουσιάζονται συμπυκνώματα και υγροποιήσεις παλαιών στερεών υπολειμμάτων λόγω της καύσης του πετρελαίου.



**Εικόνα 3.4** Μελέτη εφαρμογής Η/Μ εγκαταστάσεων κτιρίου 7  
(πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Π.Ι., 2020)

Οι καμινάδες είναι επίσης παλαιές και έχουν διαρροή καυσαερίων λόγω διάβρωσης. Στο κτίριο δεν υπάρχει κεντρικό σύστημα ψύξης. Τους θερινούς μήνες αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες, καθιστώντας δύσκολη τη χρήση των χώρων του κτιρίου. Έχουν εγκατασταθεί αυτόνομες τοπικές κλιματιστικές μονάδες διαιρούμενου τύπου, με αποσπασματική χρήση και υψηλές κατ' επέκταση καταναλώσεις. Ο συνολικά θερμαινόμενος/ψυχωμένος όγκος το κτιρίου ισούται με :

- Ισόγειο: 3027κ.μ.
- Α όροφος: 3038κ.μ.
- Β όροφος: 4028κ.μ.
- Γ όροφος: 4028κ.μ.
- Δ όροφος: 4028κ.μ.
- Ε όροφος: 3106 κ.μ.
- Σύνολο: 21256κ.μ.

Όσον αφορά στον φωτισμό, το σύνολο των φωτιστικών είναι σχετικά ξεπερασμένης τεχνολογίας, γεγονός που αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση, ενώ ταυτόχρονα ο φωτισμός είναι ελλιπής. Οι περισσότεροι λαμπτήρες είναι φθορισμού, αλλά ακόμα και σήμερα συναντάμε χώρους που χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως. Επιπρόσθετα, υπάρχουν φωτιστικά που είναι κακώς

τοποθετημένα, ή έχουν σκονισμένο ή σπασμένο διαχύτη, έτσι ώστε να έχουν μειωμένη απόδοση. Κάποια άλλα φωτιστικά έχουν καμένους ή σπασμένους λαμπτήρες. Σε κάποιους χώρους όπου άλλαξε η χρήση τους, δεν άλλαξε και η θέση των φωτιστικών, με αποτέλεσμα κάποιοι χώροι να είναι είτε ιδιαίτερα φωτεινοί, είτε σκοτεινοί. Συναντούμε και ορισμένα φωτιστικά σώματα Led, αλλά μεμονωμένα και αρκετά λίγα.

### 3.3.2 Χρήσεις του Κτιρίου Βάσει του KENAK

Το έτος κατασκευής ενός κτιρίου είναι σημαντικό στοιχείο, καθώς σχετίζεται άμεσα με την ενεργειακή κατανάλωσή του, καθώς τα δομικά και κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά επηρεάζονται από τις τάσεις της εκάστοτε εποχής, αλλά και από το σχετικό νομοθετικό και θεσμικό πλαίσιο. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι στην Ελλάδα τα κτίρια τα οποία αδειοδοτήθηκαν, πριν το 1979 δεν διαθέτουν θερμομόνωση κελύφους, καθώς τη χρονιά αυτή άρχισε να ισχύει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης, που επέβαλε την θερμομόνωση του κελύφους των κτιρίων. Η διάκριση των κατηγοριών κτιρίων και των επιμέρους κατηγοριών (χρήσεων), σύμφωνα με τον κτιριοδομικό κανονισμό είναι βάσει του παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.2).

**Πίνακας 3.2.** Ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους (πηγή: TOTEE/KENAK, 2020).

| Βασικές κατηγορίες κτηρίων     | Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες   |
|--------------------------------|---|
| Κατοικίας                      | Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).  |
| Προσωρινής διαμονής            | Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικτροφείο και κοπάνας.  |
| Συνάθροισης κοινού             | Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό καλυμβητήριο, 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 απόμων 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, κούρειο και κομμωτήριο, ντισπούτο γυμναστικής.  |
| Γραφείων                       | Γραφείο, βιβλιοθήκη.  |

Διευκρινίζεται ότι:

- σε περίπτωση ενιαίας χρήσης κτιρίου επιλέγεται μία από τις χρήσεις κτιρίων του πίνακα

- σε περίπτωση μεικτής χρήσης κτιρίου με διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας (π.χ. κτίριο πολυκατοικίας με εμπορικά καταστήματα στο ισόγειο), οι υπολογισμοί για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, τόσο κατά την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης όσο και κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου για την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης γίνεται ξεχωριστά για κάθε χρήση των επί μέρους τμημάτων του κτιρίου

- σε περίπτωση που μια συγκεκριμένη χρήση κτιρίου δεν συμπεριλαμβάνεται στις κατηγορίες του πίνακα 1.5, τότε αναγκαστικά κατατάσσεται στην πλησιέστερη κατηγορία. (πηγή: TOTEE/KENAK, 2020)

Συνεπώς το προς μελέτη κτίριο σύμφωνα με τον KENAK χαρακτηρίζεται από τις χρήσεις όπως αυτές περιγράφονται στον πίνακα 3.3.

**Πίνακας 3.3.** Ταξινόμηση του κτιρίου σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας οικονομοτεχνικής μελέτης, σύμφωνα με τον KENAK.

| Βασικές κατηγορίες κτιρίων | Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών                          | Χρήσεις εντός κτιρίου 7 |
|----------------------------|---|-------------------------|
| Εκπαίδευσης                | Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια                          | 65%                     |
| Συνάθροισης κοινού         | Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων, Καφετέρια, Αίθουσες Συσκέψεων | 20%                     |
| Γραφείων                   | Γραφεία, Βιβλιοθήκες                                      | 15%                     |

### 3.3.3 Ανάγκες Χρήσης του Κτιρίου Αναφοράς, Καταναλώσεις

Το κτίριο 7 του ΠΤΝ, σύμφωνα με το μοντέλο του KENAK, κατηγοριοποιείται ως κτίριο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι ώρες, ημέρες και η περίοδος σε μήνες λειτουργίας του, οι επιθυμητές θερμοκρασίες, η υγρασία, το επίπεδο του φωτισμού και η δημιουργία συνθηκών άνεσης (όσον αφορά την ψύξη και τη θέρμανση που

πρέπει να έχει), φαίνονται αναλυτικά ανά χώρο χρήσης του, στον πίνακα 3.4 παρακάτω. Με βάση αυτό το κτίριο αναφοράς, στο Κεφάλαιο 5 που ακολουθεί, θα κατατάξουμε την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, θα προταθούν εναλλακτικά σενάρια επεμβάσεων, θα επιλεγεί το ένα και στη συνέχεια με την ανάλυση κόστους-οφέλους που θα ακολουθήσει, θα αποτιμηθεί το κέρδος, ή όχι και ο χρόνος που θα απαιτηθεί, έτσι ώστε η επένδυση να είναι συμφέρουσα.

**Πίνακας 3.4** Τυπικό ωράριο λειτουργίας, συνθήκες και εκτιμώμενες καταναλώσεις κτιρίου αναφοράς, ανάλογα την χρήση του κτιρίου προς μελέτη (πηγή: TOTEE/KENAK, 2020).

| Βασικές κατηγορίες κτιρίων             | Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών                          | Ώρες λειτουργίας                               | Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα            | Περίοδος λειτουργίας σε μήνες                      |
|--|---|--|--|--|
| Εκπαίδευσης                            | Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια                          | 13   | 5  | 10(Σεπτ.-Ιουν.)                                    |
| Συνάθροισης κοινού                     | Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων, Καφετέρια, Αίθουσες Συσκέψεων | 6  | 5  | 12   |
| Γραφείων                               | Γραφεία, Βιβλιοθήκες                                      | 10   | 5  | 12   |
| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών       | <b>Θερμοκρασία [οC]</b>                                   |  | <b>Σχετική υγρασία [%]</b>                 |  |
|  | Χειμερινή περίοδος  | Θερινή περίοδος                                | Χειμερινή περίοδος                         | Θερινή περίοδος                                    |
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια       | 20  | 26   | 35   | 45   |
| Αμφιθέατρο, Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων | 20  | 26   | 35   | 50   |
| Γραφείο                                | 20  | 26   | 35   | 45   |
| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών       |   | <b>Άτομα / 100 m<sup>2</sup> επιφ. δαπέδου</b> | <b>Νωπός αέρας [m<sup>3</sup>/h/άτομο]</b> | <b>Νωπός αέρας [m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>]</b> |
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια       |   | 50   | 22   | 11   |
| Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων             |   | 110  | 25   | 27,5   |
| Γραφείο                                |   | 10   | 30   | 3,00   |

| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών | Στάθμη φωτισμού [lx]                 | Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]                    | Δείκτης θάμβωσης UGR  | Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)                       |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια | 500                                  | 0,8  | 19  | 0,6   |
| Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων       | 500                                  | 0,8  | 0,9   | 0,6   |
| Γραφείο                          | 500                                  | 0,8  | 19  | 0,6   |
| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών | Ημερήσια κατανάλωση Z.N.X.           |  | Ετήσια κατανάλωση Z.N.X.  |   |
|                                  | [ℓ/άτομο/ημέρα]                      | ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα] | ανά υπνοδωμάτιο [m <sup>3</sup> /υπν./έτος]                       | ανά δομημένη επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος] |
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια | -                                    | -  | -   | -   |
| Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων       | -                                    | -  | -   | -   |
| Γραφείο                          | -                                    | -  | -   | -   |
| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών |                                      | Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]                | Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας [W/m <sup>2</sup> ] | Μέσος συντελεστής παρουσίας                                   |
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια |                                      | 80   | 40  | 0,32  |
| Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων       |                                      | 75   | 83  | 0,18  |
| Γραφείο                          |                                      | 80   | 8   | 0,3   |
| Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών | Ισχύς εξοπλισμού [W/m <sup>2</sup> ] | Μέσος συντελεστής ετερ/σμού                      | Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m <sup>2</sup> ]                       | Μέσος συντελεστής λειτουργίας                                 |
| Αίθουσες Διδασκαλίας, εργαστήρια | 5                                    | 0,15   | 0,75  | 0,32  |
| Αίθουσες Πολλαπλών Χρήσεων       | 2                                    | 0,3  | 0,6   | 0,18  |
| Γραφείο                          | 15                                   | 0,3  | 4,5   | 0,3   |



### **3.3.4 Αποτύπωση της Υφιστάμενης Ενεργειακής Κατανάλωσης**

Όπως αναφέρεται σε έρευνα του Ε.Μ.Π. σχετικά με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των Δημοσίων Κτιρίων στην Ελλάδα, «τα παλαιότερα δημόσια κτίρια παρουσιάζουν, ως προς την ενεργειακή τους απόδοση, τις ελλείψεις και τα χαρακτηριστικά, που συνοψίζονται παρακάτω:

- *Μεγάλες θερμικές απώλειες λόγω ελλιπούς σχεδιασμού και παλαιότητας της κατασκευής του κελύφους τους (μονώσεις, υαλοστάσια, επιχρίσματα κλπ).*
- *Μεγάλη κατανάλωση συμβατικών καυσίμων λόγω ανεπαρκούς σχεδιασμού και λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης.*
- *Μη ικανοποιητικά επίπεδα φυσικού και τεχνητού φωτισμού.*
- *Έλλειψη ευελιξίας στην ρύθμιση των ενεργειακών συστημάτων σύμφωνα με τις χρήσεις.*
- *Ανεπαρκή συντήρηση, ενεργειακή διαχείριση και έλεγχο της λειτουργίας των συστημάτων.*
- *Έλλειψη σχεδίων ή προγραμμάτων ενεργειακής εξοικονόμησης. »*

Υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις και τεχνικές ιδιαιτερότητες όταν εξετάζουμε το κάθε κτίριο, αναλόγως της χρήσης του. Ομοίως στις εκπαιδευτικές μονάδες και εν προκειμένω, σε αυτές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, λόγω της φύσεως των εκπαιδευτικών αναγκών, της διδασκαλίας και του ερευνητικού έργου, παρατηρείται ότι υπάρχει μία ποικιλία χρήσεων, σε κάθε κτίριο, με διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες η καθεμία (γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκες, κ.α.). Λόγω της προόδου της διδασκαλίας, της έρευνας και της επιστήμης, αρκετοί χώροι έχουν αλλάξει χρήση, χωρίς αυτό να συνεπάγεται και ταυτόχρονη αλλαγή στην ενεργειακή διαχείριση αυτών. Επιπρόσθετα, όπως και σε όλο το δημόσιο τομέα, υπάρχει παντελής έλλειψη καταγραφής καταναλώσεων, μέσω ενός ενιαίου συστήματος διαχείρισης της ενέργειας, καθώς η τιμολόγηση και η διαχείριση είναι συγκεντρωτική, για μεγάλο αριθμό κτιρίων, όσον αφορά όλες τις μορφές ενέργειας (πετρέλαιο, ηλεκτρικό, φυσικό αέριο κ.α.). Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, συνήθως είναι μεγάλη και δυσανάλογη της άνεσης που προσφέρει. Τέλος, την τελευταία κυρίως δεκαετία, παρατηρείται μειωμένη συντήρηση, αποσπασματικές και κατά προτεραιότητα μόνο επισκευές και

αναβαθμίσεις, με αποτέλεσμα τα ποσά που σπαταλούνται, να μην αποδίδουν, κατά το μέγιστο δυνατό τρόπο.

## **Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία**

Η παρούσα μελέτη, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε αντίστοιχη διπλωματική εργασία του γράφοντος, στο πλαίσιο των σπουδών στο ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» της ΣΑΤΜ του ΕΜΠ το 2018. Στην προαναφερθείσα εργασία επιχειρήθηκε η ενεργειακή αναβάθμιση ψηφιακού μοντέλου στρατοπέδου, με υποθετικά τεχνικά χαρακτηριστικά, διαφορετικές χρήσεις και όγκους και θεωρητική χωροθέτηση. Αντίθετα στην παρούσα εργασία, επιχειρείται η ενεργειακή αναβάθμιση υπαρκτού κτιρίου, με βάση τα σχέδιά του και τις μετρήσεις πεδίου για αυτό. Επιπρόσθετα στην παρούσα διπλωματική, το αντικείμενο μελέτης διαφέρει αισθητά τόσο ως προς τον όγκο του όσο και ως προς την χωροθέτησή του, τις χρήσεις του και το ωράριο/περίοδο λειτουργίας του. Μεθοδολογικά, ακολουθείται η ίδια ακριβώς διαδικασία, η οποία δεν είναι άλλη από το λογισμικό του επίσημου εργαλείου του TOTEE/KENAK και εν συνεχεία η εφαρμογή ανάλυσης κόστους-οφέλους, για να διερευνηθεί κατά πόσο η επένδυση είναι συμφέρουσα και υπό ποιους όρους. Η μεθοδολογία της συγκεκριμένης μελέτης αναλύεται παρακάτω.

### **4.1 Μέθοδοι Ενεργειακής Ανάλυσης Κτιρίων**

Για την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων, χρησιμοποιούνται διάφορα μοντέλα. Με βάση το επίπεδο προσομοίωσής τους ως προς τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των κτιρίων, διακρίνονται σε μοντέλα πλήρους προσομοίωσης, σταθερής κατάστασης και ημισταθερής κατάστασης, ενώ ανάλογα με τον τρόπο που προσεγγίζουν και προσδιορίζουν το θερμικό φορτίο των κτιρίων, διακρίνονται σε εμπρόσθια προσέγγιση και ανάστροφη προσέγγιση. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω κριτήρια, οι ευρύτερα γνωστές χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ανάλυσης είναι:

- Σταθερής κατάστασης, μέθοδος βαθμομερών
- Ημισταθερής κατάστασης, απλοποιημένη μέθοδος ισορροπίας θερμότητας μηνιαίου βήματος
- Δυναμικής κατάστασης, δυναμική μέθοδος εμπρόσθιας προσέγγισης

Η κάθε προσέγγιση, παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της και ανάλογα των ιδιαιτεροτήτων, των στόχων και των περιορισμών της κάθε μελετητικής-ερευνητικής προσπάθειας, επιλέγεται κατά περίπτωση.

#### 4.1.1 Ορισμοί

Στον ΚΕΝΑΚ, όπως επίσης και παλαιότερα στο Ν.3661 αναλύονται αρκετοί βασικοί ορισμοί, τους κυριότερους από τους οποίους θα αναφέρουμε προκειμένου να συνεχίσουμε έπειτα στην τεχνικοοικονομική αξιολόγηση.

- Ενεργειακή απόδοση κτιρίου: Η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.

**Πίνακας 4.1** Συντελεστές μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια (πηγή :TOTEE ΚΕΝΑΚ, 2020).

| Πηγή Ενέργειας      | Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια | Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (KgCO <sub>2</sub> / kWh) |
|---------------------|--|---|
| Φυσικό Αέριο        | 1.05   | 0.196   |
| Πετρέλαιο θέρμανσης | 1.1  | 0.264   |
| Ηλεκτρική ενέργεια  | 2.9  | 0.989   |
| Βιομάζα             | 1  | -----   |

- **Ενεργειακή επιθεώρηση:** Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Μπορούμε να διενεργήσουμε ενεργειακή επιθεώρηση σε κτίρια, σε λέβητες και εγκαταστάσεις θέρμανσης, σε εγκαταστάσεις κλιματισμού ( $>12$  kW) και σε συστήματα φωτισμού.

- **Ενεργειακός επιθεωρητής:** Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή λεβήτων και/ή κλιματιστικών. Διαχωρίζονται σε Α τάξης για κτίρια  $< 1000$  τ.μ. και σε Β τάξης για κτίρια  $> 1000$  τ.μ.

- **Κτίριο αναφοράς:** Κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό. Το κτίριο αναφοράς βρίσκεται στην ενεργειακή κατηγορία Β.

- **Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου:** Το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για τη ΘΨΚ, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό, εκφραζόμενο σε ενέργεια ανά μονάδα μικής επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου το έτος [kWh/m<sup>2</sup>.έτος]. Ειδικά για τα κτίρια κατοικίας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση δεν συνυπολογίζεται ο φωτισμός.

- **Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου:** Το άθροισμα των προαναφερόμενων επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων, μετά από την αναγωγή τους σε μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής (πρωτογενής προς τελική ενέργεια) του πίνακα 4.1. Ο συντελεστής μετατροπής ουσιαστικά εκφράζει την ενεργειακή αξία της κάθε πηγής ενέργειας και οι τιμές του μας παραδίδονται έτοιμες, από τον ΚΕΝΑΚ .

- **Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων:** Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) είναι το έγγραφο που απεικονίζει την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου. Σε αυτό αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι

υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

- Μελέτη ενεργειακής απόδοσης: Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

#### 4.1.2 Μέθοδος των Βαθμοημερών

Βαθμοημέρες είναι το άθροισμα διαφορών θερμοκρασίας σε μία χρονική περίοδο. Η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεταξύ μιας θερμοκρασίας αναφοράς και της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι γνωστή ως θερμοκρασία βάσης, η οποία στα κτίρια είναι μια θερμοκρασία σημείου ισορροπίας, δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία στην οποία το κτίριο δεν απαιτεί ούτε ψύξη ούτε θέρμανση προκειμένου να διατηρήσει τις συνθήκες άνεσης.

Οι μέθοδοι των βαθμοημερών είναι οι απλούστερες μεθοδολογίες για την εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων για θέρμανση και ψύξη, ιδιαίτερα εάν η χρήση των κτιρίων είναι συνεχής και ο βαθμός απόδοσης του εξοπλισμού θέρμανσης και κλιματισμού θεωρηθεί σταθερός. Η μέθοδος των βαθμοημερών δίνει απλά και γρήγορα μία εκτίμηση των μηνιαίων ή ετήσιων αναγκών σε ενέργεια για θέρμανση ή ψύξη και συνίσταται ιδιαίτερα σε κτίρια κατοικιών και μικρά εμπορικά κτίρια.

Μαθηματικά ο τύπος που περιγράφει τις βαθμοημέρες θέρμανσης σε ετήσια βάση, είναι ο παρακάτω (Gelezenis, 2009):

$$HDD = N_Y \cdot \int_{T_{\min}}^{T_b} (T_b - T) \cdot P(T) \cdot dT$$

HDD : Οι βαθμοημέρες θέρμανσης

$N_Y$  : Ο αριθμός ημερών έτους

$T_b$  : Η θερμοκρασία βάσης

$T_{\min}$  : Η ελάχιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία

$P(T)$  : Η συνάρτηση κατανομής πυκνότητας πιθανότητας για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος

Λόγω του ότι η παραπάνω σχέση είναι εξαιρετικά δύσχρηστη για τις τεχνικές εφαρμογές, καθώς προϋποθέτει ωριαίες μετρήσεις, η σχέση που δίνει τις βαθμοημέρες θέρμανσης, στην περίπτωση που έχουμε διακριτές τιμές της θερμοκρασίας είναι:

$$HDD = \frac{N_y}{N} \cdot \sum_{j=1}^N (T_b - T_j)^+$$

όπου N: ο διαθέσιμος αριθμός των θερμοκρασιακών τιμών, ο οποίος έχει ληφθεί με το ίδιο χρονικό βήμα.

Η θερμοκρασία βάσης είναι σημαντική παράμετρος για την εξαγωγή των βαθμοημερών. Εξαρτάται από τις τεχνικές προδιαγραφές του κτιρίου και δεν ταυτίζεται με την επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του (Κατσουλάκος, 2013). Όσον αφορά τη θέρμανση εκφράζεται από τη σχέση:

$$T_b = T_{in} - \frac{Q_g}{H}$$

ενώ για την ψύξη, το πηλίκο προστίθεται στην επιθυμητή θερμοκρασία. Για τις βαθμοημέρες θέρμανσης η προσφιλέστερη θερμοκρασία βάσης ισούται με 18°C, ενώ οι βαθμοημέρες ψύξης υπολογίζονται με βάση τους 22°C. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε, πως οι βαθμοημέρες υπολογίζονται με σταθερή θερμοκρασία βάσης, γι' αυτό και οι αντίστοιχες μέθοδοι υπολογισμού χαρακτηρίζονται ως προσεγγίσεις σταθερής βάσης. Αυτού του είδους οι προσεγγίσεις είναι οι συνηθέστερες και παρά το ότι θεωρητικά μειονεκτούν των άλλων, κατά περίπτωση μπορεί και να παρουσιάζουν μικρότερα σφάλματα.

#### 4.1.3 Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας

Ένα κτίριο ανταλλάσει θερμότητα με το εξωτερικό περιβάλλον λόγω της διαφοράς εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Τους χειμερινούς μήνες το κτίριο παρουσιάζει θερμικές απώλειες ενώ τους θερινούς μήνες η θερμική ενέργεια του περιβάλλοντος μεταφέρεται εντός του κτιρίου. Οι λόγοι της μεταφοράς της θερμότητας είναι η αγωγή των δομικών στοιχείων του κτιρίου και ο αερισμός (Κατσουλάκος, 2013). Η αντίσταση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας δίνεται από τον τύπο :

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \left[ \frac{m^2 \circ C}{W} \right]$$

d: το πάχος της στρώσης

λ: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, είναι χαρακτηριστική φυσική ιδιότητα του κάθε υλικού και εκφράζει την ευκολία ή δυσκολία που παρουσιάζει το κάθε υλικό στην ροή της θερμότητας διαμέσου αυτού. Σοβαρό μέτρο της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός κτιριακού κελύφους, χρησιμοποιείται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, ο οποίος ουσιαστικά είναι το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης των διαφόρων δομικών στοιχείων. Αυτός εκφράζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R} \quad \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

και η αντίστοιχη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό, στο εξωτερικό του κτιρίου και αντίστροφα ισούται με:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta\theta \quad [W]$$

Όπου A : η επιφάνεια του δομικού στοιχείου (m<sup>2</sup>)

Δθ: η διαφορά εσωτ.-εξωτ. Θερμοκρασίας (°C)

Το γινόμενο U\*A, το οποίο συμβολίζεται με H, ισοδυναμεί με τον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του εκάστοτε δομικού στοιχείου. Στις ίδιες αρχές αλλά με σχετικές διαφοροποιήσεις των μαθηματικών εκφράσεων, βασίζεται και ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών στοιχείων. Σύμφωνα με τις ΤΟΤΕΕ, για ένα απλό κούφωμα, ο μαθηματικός υπολογισμός εξάγεται από τον τύπο:

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

Στις ΤΟΤΕΕ και όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 4.2 και 4.3, εμπεριέχονται οι τιμές των μεγεθών που εμφανίζονται στις παραπάνω εξισώσεις, για ένα μεγάλο εύρος υλικών και οι οποίες κατά βάση προέρχονται από τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ, για διάφορα κατασκευαστικά υλικά (Κατσουλάκος, 2013).



**Πίνακας 4.2** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφων αδιαφανών δομικών στοιχείων (πηγή: KENAK).

| Περιγραφή στοιχείου   | Χωρίς θερμομονωτική προστασία |                                  |                         | Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ. |                                  |                         |
|---|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|
|   | Σε επαφή με αέρα              | Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο | Σε επαφή με έδαφος      | Σε επαφή με αέρα                                | Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο | Σε επαφή με έδαφος      |
|   | [W/(m <sup>2</sup> -K)]       | [W/(m <sup>2</sup> -K)]          | [W/(m <sup>2</sup> -K)] | [W/(m <sup>2</sup> -K)]                         | [W/(m <sup>2</sup> -K)]          | [W/(m <sup>2</sup> -K)] |
| <b>Στοιχεία φέροντος οργανισμού σπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b> |                               |                                  |                         |   |                                  |                         |
| Ανεπίχριστο από μία ή δύο όψεις.  | 3,65                          | 2,75                             | 4,30                    | 1,00  | 0,90                             | 1,05                    |
| Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.  | 3,40                          | 2,60                             | –                       | 1,00  | 0,90                             | –                       |
| Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.                                       | 2,45                          | 2,00                             | 2,90                    | 0,90  | 0,85                             | 0,95                    |
| Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.   | 2,90                          | 2,30                             | 3,25                    | 0,90  | 0,85                             | 0,95                    |
| Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.  | 3,50                          | 2,05                             | 4,00                    | 1,00  | 0,90                             | 1,05                    |
| Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.                    | 2,05                          | 1,75                             | 2,25                    | 0,80  | 0,75                             | 0,85                    |
| <b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>              |                               |                                  |                         |   |                                  |                         |
| <b>Μπαρκή ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>   |                               |                                  |                         |   |                                  |                         |
| Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.  | 2,30                          | 1,90                             | 2,55                    | 0,85  | 0,80                             | 0,90                    |
| Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.  | 2,20                          | 1,85                             | –                       | 0,85  | 0,80                             | –                       |
| Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.  | 1,90                          | 1,60                             | 2,05                    | 0,80  | 0,75                             | 0,85                    |
| Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.   | 2,10                          | 1,75                             | 2,25                    | 0,80  | 0,75                             | 0,85                    |
| Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.  | 2,25                          | 1,85                             | 2,45                    | 0,85  | 0,80                             | 0,85                    |
| Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.                    | 1,55                          | 1,35                             | 1,65                    | 0,70  | 0,70                             | 0,75                    |
| <b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>   |                               |                                  |                         |   |                                  |                         |
| Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.  | 3,25                          | 2,50                             | 3,75                    | 0,95  | 0,90                             | 1,00                    |
| Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.  | 3,05                          | 2,40                             | –                       | 0,95  | 0,85                             | –                       |

**Πίνακας 4.3** Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας διάφανων επιφανειών (πηγή: KENAK,2020).

| Τύπος υαλοπίνακα  | $U_g$                   |
|---|-------------------------|
|   | [W/(m <sup>2</sup> .K)] |
| Μονός υαλοπίνακας   | 5,70                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm  | 3,30                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm   | 2,80                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )  | 2,60                    |
| Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ ) | 1,80                    |
| Υαλότουβλα  | 3,50                    |

#### **4.1.4 Εκτίμηση Ενεργειακής Ζήτησης-Κατανάλωσης Κτιρίου**

Η απαίτηση για ενέργεια στον κτιριακό τομέα, καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το βιοτικό επίπεδο (επιδιωκόμενες συνθήκες άνεσης), οι χρήσεις των κτιρίων και η ενεργειακή τους κατάταξη. Η παραπάνω ενεργειακή ζήτηση, αναλύεται σε θέρμανση, ψύξη και απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Για την κάλυψη της παραπάνω ζήτησης χρησιμοποιούνται διάφορες μορφές ενέργειας και καυσίμων. Έτσι λοιπόν ορίζεται η τελική ενεργειακή κατανάλωση σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα του KENAK. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση, μπορεί εύκολα να αναχθεί σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ανάλογα με την πηγή ενέργειας από την οποία προέρχεται, σύμφωνα με το λογισμικό του KENAK και στην συνέχεια σε ποσότητα καυσίμων, ανάλογα από την πηγή που προέρχεται και τέλος σε οικονομική και περιβαλλοντικά επιβάρυνση.

Ο λόγος της αποδιδόμενης ωφέλιμης ενέργειας, προς την ενέργεια που χρησιμοποιεί και καταναλώνει το σύστημα για την λειτουργία του, ορίζεται ως ο συντελεστής απόδοσης ενεργειακού συστήματος.

## 4.2 Ανάλυση Κόστους Οφέλους

Για την οικονομική αξιολόγηση των υπό διερεύνηση επεμβάσεων στο κτίριο 7, είναι απαραίτητη η ολοκλήρωση της διαδικασίας, εφαρμόζοντας την αξιολόγηση της επένδυσης. Η οικονομική ανάλυση-σύγκριση δηλαδή, που εφαρμόζει την ποσοτικοποίηση του κόστους και την εκτίμηση του κέρδους της επένδυσης. Η ανάλυση κόστους-οφέλους είναι ένα σύνολο πρακτικών μεθόδων και διαδικασιών που κατευθύνουν τη λήψη αποφάσεων σε προγράμματα δημόσιων δαπανών, η οποία στοχεύει στον υπολογισμό των ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση του υπό διερεύνηση επενδυτικού σχεδίου. Η αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και προγραμμάτων γενικότερα απαιτεί συνήθως σύγκριση κόστους και οφελών υπό διαφορετικές χρονικές περιόδους. Οι μαθηματικοί τύποι που δίνουν την ετήσια ζήτηση θερμότητας και ψύξης είναι:

$$Q_h = H_{tot} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh]$$

Όπου  $H_{tot}$ : ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου

HDD: οι βαθμοημέρες θέρμανσης

$$Q_c = H_{tot} \cdot CDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh]$$

και αντίστοιχα CDD: οι βαθμοημέρες ψύξης

Για τον συνολικό υπολογισμό σε ψύξη και θέρμανση, λαμβάνεται υπόψη ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι το λογισμικό του KENAK, ακόμα και για κτίρια που δεν διαθέτουν μονάδες η μηχανισμούς ψύξης, δίδει συγκεκριμένες ελάχιστα παραδεκτές τιμές, καθώς ουσιαστικά αφορά στον έμμεσο αερισμό.

#### 4.2.1 Πίνακας Ταμειακών Ροών

Η ταμειακή ροή ορίζεται από τη διαφορά δύο μεγεθών, της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής. Η διαφορά αυτή μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Η ταμειακή ροή αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λειτουργίας, συνήθως ετήσια. Επομένως, για ένα επενδυτικό σχέδιο καταστρώνεται ο πίνακας των ετήσιων ταμειακών ροών για την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης. Για την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών (Πίνακας 4.4), είναι απαραίτητη η γνώση των κάτωθι μεγεθών:

- του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης
- των ετήσιων δαπανών (σταθερά και αναλογικά λειτουργικά έξοδα, τόκοι, χρεολύσια, φόρος εισοδήματος, επιπρόσθετες εκταμιεύσεις κεφαλαίου)
- των ετήσιων εσόδων
- των ετήσιων αποσβέσεων

Ο πίνακας των ταμειακών ροών ενός επενδυτικού σχεδίου έχει την μορφή του Πίνακα 4.4:

#### Πίνακας 4.4 Πίνακας ταμειακών ροών επενδυτικού σχεδίου

[Πηγή: Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2004). "Χρηματοοικονομική ανάλυση επενδυτικών σχεδίων". Σημειώσεις μαθήματος "Οικονομική του Περιβάλλοντος". ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ. ]

| <b>Έτος</b> |   |   |   |   |   |   |       |   |  |
|-------------|---|---|---|---|---|---|-------|---|--|
| 0           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ..... | S | 1. Επενδύσεις                                    |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 2. Ετήσια Παραγωγή (μονάδες προϊόντος)           |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 3. Τιμή πώλησης ανά μονάδα προϊόντος             |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 4. Ετήσια έσοδα (2)x(3)                          |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 5. Κόστος ανά μονάδα προϊόντος                   |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 6. Ετήσιο λειτουργικό κόστος (2)x(5)             |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 7. Σταθερές δαπάνες                              |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 8. Ακαθάριστα κέρδη (4)-(6)-(7)                  |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 9. Αποσβέσεις                                    |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 10. Τόκοι  |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 11. Φορολογητέο εισόδημα (8)-(9)-(10)            |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 12. Φόροι (11) x συντ. φορολόγησης               |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 13. Καθαρά κέρδη (11)-(12)                       |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 14. Ταμειακή ροή (13)+(9)                        |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 15. Χρεολύσια                                    |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 16. Καθαρή ταμειακή ροή μετά φόρων (14)-(1)-(15) |
|             |   |   |   |   |   |   |       |   | 17. Καθαρή ταμειακή ροή προ φόρων (16)+(12)      |

Συνεπώς, η ταμειακή ροή του επενδυτικού σχεδίου ορίζεται ως το αλγεβρικό άθροισμα της ροής όλων των ετών της ζωής της επένδυσης. Δεδομένου όμως ότι οι χρηματικές ροές πραγματοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές είναι απαραίτητο πριν πραγματοποιηθεί το άθροισμα των ταμειακών ροών να γίνει η αναγωγή τους στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή της αξιολόγησης, ήτοι να υπολογιστεί η παρούσα αξία κάθε ταμειακής ροής.

#### **4.2.2 Επιτόκιο Προεξόφλησης**

*«Η επιλογή του επιτόκιου προεξόφλησης αποτελεί από μόνη της ένα ιδιαίτερο ζήτημα. Το επιτόκιο προεξόφλησης εξαρτάται από το κόστος κεφαλαίου, το οποίο είναι συνάρτηση του σχήματος της χρηματοδότησης και του κινδύνου που ενέχει η συγκεκριμένη επένδυση. Το επιτόκιο προεξόφλησης παίζει ρόλο κλειδί στην απόφαση για το ποιο σχέδιο θα επιλεγεί, επειδή οι ταμειακές ροές συμβαίνουν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Όσο χαμηλότερο το επιτόκιο προεξόφλησης, τόσο μεγαλύτερη η αξία ενός οπισθοβαρούς σχεδίου. Καθορίζεται δε, από τον επενδυτικό φορέα, με υποκειμενικά κατά βάση κριτήρια και εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της επιχείρησης είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο για να καλύψει τον κίνδυνο της επένδυσης έναντι μιας πιο ασφαλούς τοποθέτησης.*

*Ο IRR είναι το επιτόκιο προεξόφλησης που κάνει την παρούσα αξία του προγράμματος ίση με το μηδέν. Σε μία ιδιωτικού χαρακτήρα επένδυση, όπου το βασικό ερώτημα είναι, εάν τα σχέδια είναι αποδεκτά και εν συνεχεία, ποιο σχέδιο είναι το προτιμότερο, ο εσωτερικός λόγος απόδοσης IRR είναι αποδεκτός αν  $\rho > r$ .*

*Σε μία δημόσια όμως επένδυση, όπως είναι η παρούσα, το επιτόκιο προεξόφλησης διαφοροποιείται από τα εύρος τιμών που λαμβάνουν τα αντίστοιχα των ιδιωτικών επενδύσεων. Επίσης, σε μία κρατική επένδυση διαφοροποιούνται και τα κόστη, τα οφέλη όπως και τα προεξοφλητικά επιτόκια, απ' ότι στον ιδιωτικό τομέα.*

*Για το ποιο πρέπει να είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο για το Δημόσιο δεν υπάρχει ομοφωνία. Μια δυνατότητα μπορεί να είναι το επιτόκιο του ιδιωτικού τομέα. Αυτό υποθέτει ότι όλα τα χρηματικά ποσά που εισπράττει το κράτος και τα χρησιμοποιεί για επένδυση θα επενδύονταν στον ιδιωτικό τομέα. Στην πραγματικότητα η χρηματοδότηση των δημόσιων έργων γίνεται με χρήματα που*

*προέρχονται από διάφορες πηγές-επενδύσεις και την κατανάλωση. Τα χρήματα που προέρχονται από κατανάλωση πρέπει να προεξοφλούνται με προεξοφλητικό επιτόκιο μετά το φόρο. Στην πράξη, είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς, ποια αναλογία προέρχεται από την κατανάλωση και ποια από τις επενδύσεις. » (Ράπανος – Καπλάνογλου, 2017).*

Αυτό συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5% και 10%, με τις ανώτερες τιμές να συναντώνται στις περιπτώσεις όπου η επένδυση χρηματοδοτείται και από το κράτος, αλλά και από ιδιωτικούς πόρους. Σύμφωνα με την πηγή, μια άλλη δυνατότητα είναι το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο μετρά την αποτίμηση που κάνει η κοινωνία για την κατανάλωση που θυσιάζεται σήμερα. Διαφέρει από την απόδοση της αγοράς επειδή λαμβάνει υπόψη του το ενδιαφέρον της κοινωνίας για τις μελλοντικές γενιές και έχει στοιχεία πατερναλισμού. Μπορεί να επιλύσει κάποιες αναποτελεσματικότητες της αγοράς, όπως τις θετικές εξωτερικότητες, η επιλογή του όμως θεωρείται κάπως αυθαίρετη. Στην πραγματικότητα, ζητείται από τους δημόσιους φορείς να χρησιμοποιούν ένα πραγματικό επιτόκιο, με βάση την υπόθεση ότι αυτό μετρά την προ φόρων απόδοση του ιδιωτικού τομέα.

Για την εν λόγω μελέτη, επιλέχθηκε το επιτόκιο να είναι της τάξεως του **6%**, το οποίο είναι ένα επιτόκιο που συναντάται συνήθως, σε τέτοιας φύσεως δημόσιες επενδύσεις και από πλευράς έκτασης και συμμετοχής αλλά και από την προαναφερθείσα τάση προεξόφλησης των χρημάτων προ των φόρων.

#### **4.2.3 Η Καθαρά Παρούσα Αξία**

Ο πίνακας ταμειακών ροών αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση ενός ή περισσότερων επενδυτικών σχεδίων από την πλευρά της επιχείρησης. Τα δύο συνηθέστερα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι, το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (NetPresentValue – NPV) και το κριτήριο της Εσωτερικής Απόδοσης επί του Κεφαλαίου (InternalRateofReturn – IRR).

Χρηματικές μονάδες, που αναφέρονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες, λόγω του πληθωρισμού αλλά και των αποδόσεων στην αγορά. Η Καθαρά Παρούσα Αξία ορίζεται ως η παρούσα αξία των ετήσιων εισοδημάτων μείον τη παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων,

συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = \left[ \sum_{r=1}^v \frac{ΚΤΡ_r}{(1 + \varepsilon)^r} \right] - E_0$$

- ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου
- ΚΤΡ τ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ
- E0 = η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0
- ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου
- ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Τα ονομαστικά ποσά αποτιμούνται ανάλογα με το επίπεδο των τιμών στα έτη που έχουμε τις αποδόσεις. Τα πραγματικά ποσά αποτιμούνται με βάση το επίπεδο τιμών σε ένα συγκεκριμένο έτος. Ο πληθωρισμός, τέλος επηρεάζει τόσο τη ροή πληρωμών όσο και το συντελεστή προεξόφλησης και αυτά τα δύο αντισταθμίζουν το ένα το άλλο.

#### 4.2.4 Εσωτερική Απόδοση Επί Του Κεφαλαίου

Το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, ορίζεται ως η Εσωτερική Απόδοση Επί Του Κεφαλαίου (ΕΑΚ). Εκείνο δηλαδή το επιτόκιο, το οποίο εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από την ΕΑΚ και του επιτοκίου της προεξόφλησης, οφείλεται στο ότι το μεν πρώτο, προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών, ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται από τον επενδυτικό φορέα. Ο τύπος που δίνει την ΕΑΚ είναι ο ακόλουθος:

$$ΚΠΑ = 0 = \left[ \sum_{t=1}^v \frac{ΚΤΡ_t}{(1 + ΕΑΚ)^t} \right] - E_0$$

- ΚΤΡt = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος t
- E0 = η αρχική επένδυση το χρόνο t=0
- ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου
- ΕΑΚ = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

#### 4.2.5 Αξιολόγηση Σχεδίου Βάσει ΚΠΑ-ΕΑΚ

Οι όροι αποδοχής ή μη, ενός σχεδίου, προκειμένου αυτό να είναι αποδεκτό, ανεξάρτητα των εναλλακτικών επιλογών, σε σχέση με τα προαναφερθέντα κριτήρια διαμορφώνονται ως εξής:

##### α. Για την **Καθαρά Παρούσα Αξία**

- ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται

##### β. Για την **Εσωτερική Απόδοση επί του Κεφαλαίου**

- ΕΑΚ > από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΕΑΚ = με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
- ΕΑΚ < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

Ανεξάρτητα του χρησιμοποιημένου κριτηρίου ή του συνδυασμού αυτών, καθώς και οι δύο μέθοδοι εμφανίζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, σε οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ δύο ή περισσότερων εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων προκρίνεται το σχέδιο που εμφανίζει την καλύτερη απόδοση, δηλαδή την υψηλότερη ΚΠΑ ή την υψηλότερη ΕΑΚ.

Ένα επενδυτικό σχέδιο, αξίζει να υλοποιηθεί όταν το κόστος της επένδυσής, αποσβέσει έπειτα από ένα εύλογο χρονικό διάστημα, με χαμηλό ρίσκο για την βιωσιμότητα του. Οι δύο παραπάνω μέθοδοι, μας δίνουν την δυνατότητα να αξιολογήσουμε εάν αξίζει ή όχι να υλοποιήσουμε μία τέτοια επένδυση και υπό ποιες προϋποθέσεις. Συνυπολογίζοντας λοιπόν το επιτόκιο προεξόφλησης, το ετήσιο κόστος λειτουργίας του κάθε σεναρίου επέμβασης και το οικονομικό όφελος της επένδυσης έναντι της παρούσας κατάστασης, προκύπτει η ταμειακή ροή του επενδυτικού σχεδίου, που είναι η διαφορά της εξοικονόμησης κόστους ενέργειας με το ετήσιο κόστος συντήρησης, δηλαδή :

***Ταμειακή Ροή : Ταμειακή Εισροή - Ταμειακή Εκροή***



Πέραν της ταμειακής ροής, ιδιαίτερη σημασία έχει και η προεξοφλημένη ταμειακή ροή, η οποία υπολογίζει το σύνολο των καθαρών ταμειακών ροών καθ' όλη τη διάρκεια της επένδυσης, και τις ανάγει στην αξία του χρήματος τη χρονική στιγμή έναρξης του έργου.

$$ΠΤΡ = ΚΤΡ_t * (1 + i)^{-t}$$

- ΠΤΡ = προεξοφλημένη ταμειακή ροή
- ΚΤΡ<sub>t</sub> = καθαρή ταμειακή ροή το χρόνο t
- i = το επιτόκιο προεξόφλησης

Συνεπάγεται δηλαδή, την διαδικασία υπολογισμού της παρούσας αξίας μιας χρηματοροής, όπως όμως αυτή θα προέκυπτε στο χρόνο t με βάση το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης (Καρράς, 2018).

Για την μελέτη περίπτωσης, κτιρίου 7 (ΠΤΝ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων), επιλέγεται συνολική διάρκεια **20 ετών** και με επιτόκιο προεξόφλησης **6%**.

## **Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενες Επεμβάσεις - Εφαρμογή - Αποτελέσματα**

### **5.1 Βελτίωση Ενεργειακής Συμπεριφοράς και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια-Γενικά**

Η θερμική ενέργεια που απαιτεί ένα κτίριο, εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής του, την χρήση του και το μέγεθός του. Το σύνολο των επιφανειών που αποτελούν το εξωτερικό περίγραμμα ενός κτιρίου, διαφανών και αδιαφανών, ονομάζεται κέλφος. Η θερμική ενέργεια αυτή ρέει αενάως, ανάλογα με τις συνθήκες του εξωτερικού-εσωτερικού περιβάλλοντος, είτε με κατεύθυνση προς το κτίριο, είτε με κατεύθυνση από το κτίριο, προς το περιβάλλον. Αυτή ακριβώς η ροή ενέργειας είναι αδύνατο να διακοπεί, δύναται όμως να περιοριστεί, με την θερμομόνωση του κελύφους, τόσο ως προς την ένταση, όσο και ως προς την διάρκεια της. Η ανταλλαγή θερμότητας περιορίζεται, είτε βελτιώνοντας τις ατέλειές του περιβλήματος, είτε με μόνωση των επιφανειών (πάτωμα, στέγη, τοίχους, ανοίγματα). Στο σχεδιασμό όμως της μόνωσης του κελύφους, πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη οι ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής και ο φυσικός αερισμός του προς μελέτη κτιρίου.

Προτείνεται, τα διάφορα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Αυτή η εργασία όμως, εξαρτάται πάντα από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη φύση της χρήσης των χώρων. Η κακή ποιότητα των κατασκευών στα κτίρια, με παλαιές και χωρίς καθόλου προδιαγραφές θερμομόνωσης κατασκευές, συντελεί στο να υπάρχουν αυξημένες ανάγκες για θέρμανση. Τα πλέον ευπαθή σημεία ενός κελύφους που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις, η εξωτερική τοιχοποιία, το δάπεδο του υπογείου, η οροφή της πιλοτής και τα εξωτερικά κουφώματα.

Ένας αρκετά αξιόλογος και αποδοτικός τρόπος επίλυσης του προβλήματος κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub>, είναι η θερμομόνωση των κτιρίων. Η θερμομόνωση αυξάνει θεαματικά την ανθεκτικότητα ενός κτιρίου και μειώνει τις φθορές που αυτό υφίσταται από τη θερμότητα και την υγρασία. Επιπλέον εξασφαλίζει την συνεχή και σταθερή διατήρηση των συνθηκών άνεσης. Μία

κατασκευή πρέπει να έχει σωστή θερμομόνωση σε όλες εκείνες τις επιφάνειες από τις οποίες είναι δυνατό να διαφύγει θερμική ενέργεια. Δηλαδή τόσο περιμετρικά, όσο και από τα θεμέλια μέχρι τη στέγη.

Παρακάτω αναλύονται οι προτεινόμενοι τρόποι θερμομόνωσης του κτιρίου 7 καθώς και οι λοιπές ενεργειακές επεμβάσεις αναβάθμιση του. Η επιλογή στις μεθόδους θερμομόνωσης, έγινε μεταξύ διαφόρων μεθόδων, όπως αυτές περιγράφονται στην κείμενη νομοθεσία και στις διάφορες τεχνικές οδηγίες. Κάθε τεχνική από αυτές, έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της. Αυτό που επιδιώκεται σε κάθε περίπτωση, είναι η παροχή επαρκούς θερμικής αντίστασης, έτσι ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης. Η εξασφάλιση δηλαδή, ενός συνεχούς θερμομονωτικού στρώματος χωρίς θερμογέφυρες, το οποίο να προστατεύει από τη διείσδυση του νερού, καθώς και να συνεπάγεται και μία ελάχιστη προστασία από τον θόρυβο.

## **5.2 Αναλυτική Περιγραφή Επεμβάσεων**

Σύμφωνα με τον KENAK και όπως προκύπτει από τις σχετικές διατάξεις της νομοθεσίας, όλα τα κτίρια που αδειοδοτήθηκαν από το 2010 και έπειτα, πρέπει να κατατάσσονται ενεργειακά από την κατηγορία B και άνω, καθώς επίσης και όσα ανακαινίζονται ριζικά. Επίσης, καθίσταται υποχρεωτική, με τη δικλείδα ασφαλείας την συμμετοχή σε οποιασδήποτε εμπορική δραστηριότητα, η έκδοση σχετικού πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ), για το παραπάνω κτιριακό απόθεμα. Οι παραπάνω διατάξεις, όπως προκύπτει και από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, είναι υποχρεωτικές και για όλα τα δημόσια κτίρια, τα οποία έπρεπε από το 2020, να έχουν ανακαινιστεί και αναβαθμιστεί στην κατηγορία B και άνω. Στην παρούσα μελέτη, ένα κτίριο το οποίο ενεργειακά ανήκει στην κατηγορία E, θα επιχειρηθεί να αναβαθμιστεί στην κατηγορία B+, με δύο διαφορετικά σενάρια. Έτσι, θα έχει πολύ λιγότερες απώλειες ενέργειας και κατ' επέκταση θα απαιτεί λιγότερη ενέργεια, παρέχοντας συγχρόνως σαφώς ανώτερες συνθήκες άνεσης στο προσωπικό που ζει και εργάζεται εντός αυτού και πολύ μικρότερες εκπομπές ενώσεων του άνθρακα.

### 5.2.1 Επεμβάσεις στο Κέλυφος, Μόνωση Εξωτερικής Τοιχοποιίας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καταλήγουμε ότι η θερμομόνωση είναι το σημαντικότερο μέτρο για την εξοικονόμηση ενέργειας. Η βελτίωσή της οδηγεί σε μείωση της απώλειας και αντιστοίχως κατανάλωσης ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης και βοηθά στην ταχεία ανάκτηση της θερμοκρασίας του χώρου. Η μείωση του κόστους λειτουργίας σε συνδυασμό με τη μακροχρόνια χρήση ενός κτιρίου οδηγεί στη βέλτιστη επένδυση των χρημάτων. Ιδιαίτερα λόγω της εκρηκτικής αύξησης των τιμών του πετρελαίου και φυσικού αερίου, η θερμομόνωση είναι μεγάλης σπουδαιότητας και γίνεται ακόμη σημαντικότερη με την θέσπιση του ενεργειακού πιστοποιητικού που αφορά τα κτίρια.

**Πίνακας 5.1** Αποδεκτοί συντελεστές θερμοπερατότητας κελύφους, ανά κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

| Δομικό στοιχείο  | Σύμβολο           | Συντελεστής θερμοπερατότητας<br>[W/(m <sup>2</sup> .K)] |      |      |      |
|--|-------------------|---|------|------|------|
|  |                   | Κλιματική ζώνη  |      |      |      |
|  |                   | A   | B    | Γ    | Δ    |
| Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές). | U <sub>V,D</sub>  | 0,50  | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.                                  | U <sub>V,W</sub>  | 0,60  | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).                                    | U <sub>V,DL</sub> | 0,50  | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.              | U <sub>V,G</sub>  | 1,20  | 0,90 | 0,75 | 0,70 |
| Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.                        | U <sub>V,WE</sub> | 1,50  | 1,00 | 0,80 | 0,70 |
| Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)  | U <sub>V,F</sub>  | 3,20  | 3,00 | 2,80 | 2,60 |
| Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.                 | U <sub>V,GF</sub> | 2,20  | 2,00 | 1,80 | 1,80 |

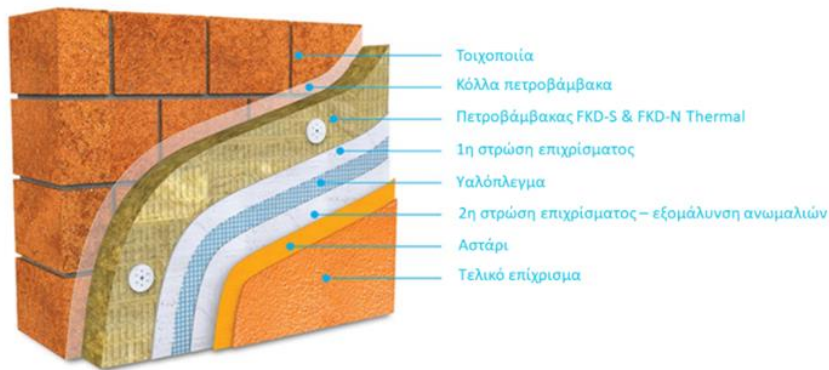
Οι επεμβάσεις στο κέλυφος που προτείνονται για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, κατά τους θερινούς μήνες, πρέπει να στοχεύουν στη μείωση των θερμικών προσόδων, την αύξηση του φυσικού αερισμού και την αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες πρέπει να στοχεύουν στη μείωση των θερμικών απωλειών και συνακόλουθα στη μείωση της συμβατικής ενεργειακής κατανάλωσης (Πίνακας 5.1). Έτσι, προτείνεται η προσθήκη στα συμπαγή στοιχεία του κελύφους, εξωτερικής θερμομόνωσης πάχους 7 εκ. με πιστοποιημένο σύστημα εξιλασμένης πολυστερίνης. Το προς τοποθέτηση σύστημα, θα αποτελείται από τσιμεντοειδές βασικό

επίχρισμα, πλέγμα ενίσχυσης ειδικών προδιαγραφών με αντιαλκαλική προστασία, έγχρωμο αστάρι με χαλαζιακή άμμο και έγχρωμο στη μάζα του ακρυλικό ή σιλικονούχο τελικό επίχρισμα. Τα προϊόντα που συνθέτουν το σύστημα (εικόνα 5.2), θα είναι τα κάτωθι :

- Υπόβαθρο
- Υλικό επικόλλησης (εικόνα 5.1)
- Μονωτικές πλάκες
- Βύσματα αγκύρωσης
- Βασικό επίχρισμα
- Πλέγμα ενίσχυσης
- Αστάρι με χαλαζιακή άμμο
- Τελικό επίχρισμα (έγχρωμο ακρυλικό)



**Εικόνα 5.1** Μονωτικό υλικό, τομή (πηγή: spapailias,2020)



**Εικόνα 5.2** Τομή υλικών που συνθέτουν το σύστημα μόνωσης εξωτερικών επιφανειών τοιχοποιίας (πηγή:knaufsimulation)

Έτσι το σύστημα αυτό δεν απαιτεί επιπλέον βάψιμο και είναι κοστολογικά ανταγωνιστικό. Η αποφυγή του επιπλέον βαψίματος το καθιστά γρήγορο στην εφαρμογή του ενώ το χαρακτηρίζουν, η ελαστικότητα και η αντοχή του τελικού επιχρίσματος σε αντίξοες καιρικές συνθήκες (πηγή: knauf).

Για την εν λόγω εργασία προτείνεται η χρήση πλακών πετροβάμβακα, οι οποίες μπορεί να συγκολληθούν σε μία οποιαδήποτε επίπεδη, σκληρή, στεγνή και καθαρή επιφάνεια. Αφού ελεγχθεί το κονίαμα, αφαιρούνται τα χαλαρά κομμάτια και πληρώνονται αυτά τα μέρη με κλασσικό σοβά πριν την εφαρμογή. Λόγω της παλαιότητας των επιφανειών μετόν θα πρέπει να γίνει καθαρισμός με εκτόξευση νερού. Στο κάτω μέρος στερεώνεται μεταλλικό προφίλ με βύσματα αγκύρωσης (μέγιστο 3 τεμ/μ). Αυτό το προφίλ παρέχει ένα εφαρμοστό τελείωμα στην πρόσοψη, προστατεύει το κάτω άκρο της πλάκας και επιτρέπει την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού σε μία οριζόντια βάση. Εν συνεχεία εφαρμόζεται η κόλλα, η οποία για τον πετροβάμβακα, εφαρμόζεται στην περίμετρο της πλάκας και σημειακά στην εσωτερική της επιφάνεια. Τουλάχιστον 40% της επιφάνειας της πλάκας πρέπει να έχει καλυφθεί με κόλλα. Η κόλλα δεν πρέπει να εισχωρεί ανάμεσα στις ενώσεις των πλακών. Ακολουθεί η επικόλληση των πλακών πετροβάμβακα στον τοίχο βάσης - Πλάκες πετροβάμβακα, τοποθετούνται κοντά η μία στην άλλη, πιέζοντας τη μία πλάκα δίπλα σε αυτή που κολλήθηκε πρώτα. Η επόμενη σειρά πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση μισής πλάκας σε σχέση με την προηγούμενη σειρά. Η ομαλότητα / επιπεδότητα των εξωτερικών

επιφανειών ελέγχεται στη συνέχεια με έναν οδηγό κατάλληλου μήκους (π.χ. με ένα κομμάτι προφίλ ή με ένα ξύλο). Στις γωνίες, στα παράθυρα και στις πόρτες, πρέπει να τοποθετούνται ολόκληρες πλάκες με σκοπό την αποφυγή ρηγματώσεων στις γωνίες του τελικού στρώματος του κονιάματος. Οι πλάκες στερεώνονται με βύσματα αγκύρωσης. Τα βύσματα αγκύρωσης που συστήνονται είναι πολυαιθυλένιου με ατσάλινες βίδες και διάμετρο κεφαλής 60 χιλ. Η κατάλληλη στερέωση της πλάκας επιτυγχάνεται με 6 βύσματα αγκύρωσης ανά τετραγ. μέτρο (3 βύσματα αγκύρωσης ανά πλάκα), σημειώνοντας ότι στις γωνίες του κτιρίου χρησιμοποιούνται 8-14 βύσματα αγκύρωσης ανά τετραγωνικό μέτρο. Τέλος, εγκαθίστανται γωνιόκρανα με υαλόπλεγμα και ενίσχυση στις γωνίες των ανοιγμάτων. Πριν την εφαρμογή του πρώτου στρώματος κόλλας στο οποίο εγκιβωτίζεται υαλόπλεγμα, όλες οι γωνίες του κτιρίου και τα ανοίγματα πάνω στην πρόσοψη πρέπει να ενισχυθούν με γωνιόκρανα με υαλόπλεγμα.

Για την αποφυγή ρηγματώσεων στην πρόσοψη, μία επιπλέον λωρίδα υαλοπλέγματος πρέπει να τοποθετείται στις γωνίες των ανοιγμάτων σε γωνία  $45^\circ$  σχετικά με το άνοιγμα, διαστάσεων 20x40εκ. Ακολουθεί η εφαρμογή της κόλλας στην οποία εγκιβωτίζεται ένα ενισχυμένο πλέγμα. Στο πρώτο στρώμα φρέσκιας και ενιαία εφαρμοσμένης κόλλας, εγκιβωτίζεται ενισχυμένο υαλόπλεγμα, ανθεκτικό στα αλκάλια. Είναι απαραίτητο να γίνεται επικάλυψη των κομματιών του υαλοπλέγματος σε διάστημα τουλάχιστον 10 cm. Μετά εφαρμόζεται ένα δεύτερο στρώμα κόλλας ώστε η θέση του υαλοπλέγματος να είναι στο εξωτερικό ένα τρίτο του πάχους της κόλλας. Η όλη διαδικασία των εργασιών εξωτερικής μόνωσης ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση ασταριού και τελικού στρώματος στην πρόσοψη. Σε συνδυασμό με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ένα κατάλληλο αστάρι για το τελικό στρώμα της πρόσοψης, όπως αυτό ορίζεται από τις προδιαγραφές, εφαρμόζεται πάνω στη στεγνή κόλλα και ακολουθεί το τελικό εξωτερικό επίχρισμα (πηγή: knauf).

### **5.2.2 Επεμβάσεις στο Κέλφος, Αντικατάσταση Κουφωμάτων και Υαλοστασίων**

Οι μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας συντελούνται λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων από τους αρμούς μεταξύ του κουφώματος και του παραθύρου, όπως επίσης και μεταξύ των πλαισίων και των συμπαγών στοιχείων του κτιρίου. Είναι απαραίτητη λοιπόν η μείωση

αυτών των απωλειών. Επίσης με τα διπλά-τριπλά υαλοστάσια βελτιώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των παραθύρων. Όπως προαναφέρθηκε, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διπλών και τριπλών υαλοστασίων που επηρεάζουν τη θερμοπερατότητα των παραθύρων είναι, ο τύπος και το πάχος των υαλοστασίων και το μεταξύ τους διάκενο, το πάχος και το είδος προστατευτικής επίστρωσης στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού υαλοστασίου και στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου και τέλος η πλήρωση του διακένου με αέριο. Οι θερμικές απώλειες, λόγω μετάδοσης βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την επιφάνεια, οπότε το γυαλί, που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος ενός κουφώματος, παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των θερμικών απωλειών. Η θερμομόνωση που επιτυγχάνεται με τα τζάμια του κουφώματος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το διάκενο που υπάρχει μεταξύ τους. Όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής  $K$  τόσο καλύτερη θερμομόνωση επιτυγχάνεται. Με διάκενο 12mm, οι θερμικές απώλειες μέσω του τζαμιού μειώνονται στο μισό.

Θερμικές απώλειες έχουμε όχι μόνο μέσω του γυαλιού, αλλά επίσης και από το πλαίσιο του κουφώματος. Επομένως ένα προφίλ με μικρότερη θερμική αγωγιμότητα θα μειώσει τις απώλειες μέσα από το πλαίσιο. Η μεταφορά θερμότητας σταματά όταν εξισώνονται οι θερμοκρασίες των σωμάτων. Αυτό ονομάζεται θερμική ισορροπία. Η θερμότητα που μεταφέρεται σ' ένα σώμα εξαρτάται από τη μάζα του, το είδος του υλικού και από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του. Γενικά τα σύγχρονα κουφώματα έχουν ιδιαίτερα καλά χαρακτηριστικά αντοχής και ανθεκτικότητας στις καιρικές συνθήκες (εικόνα 5.3). Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλες διατομές των υλικών κατασκευής, αλλά και με τη χρήση ειδικών χημικών προεργασίας και επίστρωσης των τελικών υλικών.





**Εικόνα 5.3** Τριπλό ενεργειακό κούφωμα με θερμοδιακοπή, τομή.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός κουφώματος καθορίζονται τόσο από την ικανότητά του να εμποδίζει το πέρασμα ζεστού ή κρύου αέρα μέσω των αρθρώσεών του, όσο και από την ικανότητά του να εμποδίζει τη διάδοση της θερμότητας μέσω των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο. Η ικανότητα των κουφωμάτων να εμποδίζουν τη διάδοση της θερμότητας εξαρτάται κυρίως από την αεροπερατότητα της επιφάνειας του κουφώματος, που απαλείφεται, όταν τοποθετείται σωστά το κούφωμα, τον τύπο του υαλοπίνακα και τον τύπο του προφίλ αλουμινίου. Αν ένα παράθυρο επιτρέπει τη διέλευση μεγάλης ποσότητας αέρα μέσα από τις αρθρώσεις του, θα προκαλέσει την έξοδο ζεστού αέρα ή την είσοδο κρύου αέρα (ανάλογα με τις διαφορετικές πιέσεις), με αποτέλεσμα την ψύξη του χώρου και επομένως αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου. Στα θερμομονωτικά κουφώματα, το εσωτερικό μέρος χωρίζεται από το εξωτερικό με κάποιο υλικό διαφορετικής υφής χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, το οποίο εμποδίζει την άμεση μεταβίβαση της θερμότητας από μέσα προς τα έξω και αντιστρόφως. Η αεροπερατότητα επηρεάζει άμεσα τόσο τη θερμομόνωση όσο και την ηχομόνωση. Ένα ενεργειακό κούφωμα αλουμινίου οφείλει τη θερμομόνωσή του στη θερμοδιακοπή. Η θερμοδιακοπή είναι η παρεμβολή μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού προφίλ

αλουμινίου, ενός υλικού, το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και πραγματοποιείται με τη χρήση πολυαμιδίου, μονωτικό υλικό το οποίο συμβάλλει και στη στιβαρότητα των κουφωμάτων. Τοποθετείται σαν μπαρέτα στη διατομή του προφίλ και αποτελεί ουσιαστικά μια θερμοπλαστική ρητίνη. Αυτό που πρακτικά κάνει, είναι να διακόπτει τη μετάδοση της εξωτερικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κουφωμάτων, λόγω του ότι αποτελεί κακό αγωγό θερμότητας. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζονται οι ρύποι και το κόστος λειτουργίας θέρμανσης και ψύξης. Τα θερμομονωτικά συστήματα, είναι συστήματα υψηλών επιδόσεων για απαιτητικές κατασκευές με εξαιρετική ευελιξία και υψηλές επιδόσεις θερμομόνωσης. Οι απώλειες ενέργειας περιορίζονται σημαντικά και επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος. Τα ενεργειακά κουφώματα, έχουν αυξημένα τα χαρακτηριστικά της θερμομόνωσης, με συνέπεια να μειώνεται κατά πολύ η καταναλισκόμενη ενέργεια για την ψύξη ή τη θέρμανση του χώρου σας, έως και 40% (πηγή: alumil).

Όσον αφορά στα ανοίγματα, είναι αναγκαία η αντικατάσταση των πλαισίων και των κουφωμάτων των παραθύρων, ξηλώνοντας τα υπάρχοντα, επισκευάζοντας την φθορά και τοποθετώντας νέα στεγανά κουφώματα αλουμινίου θερμοδιακοπής, τα οποία πετυχαίνουν σημαντική βελτίωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των παραθύρων και μείωση της διείσδυσης, καθώς και αντικατάσταση των μονών υαλοστασίων με νέα, ενεργειακά, τριπλά.

### **5.2.3 Μόνωση της Οροφής**

Προκειμένου να εξασφαλιστεί μία ενεργειακά αποδοτική στέγη, η δόμηση της πρέπει να διαθέτει:

- Προστασία από το κρύο το χειμώνα και από τη ζέστη το καλοκαίρι
- Πυροπροστασία καθώς η δομή της στέγης αποτελείται κυρίως από ξύλο
- Προστασία από εξωτερικούς θορύβους

Στην παρούσα μελέτη, δεν θα προταθεί η επιπλέον μόνωση της οροφής καθώς σύμφωνα με την αρχιτεκτονική μελέτη, αυτή είναι ήδη μονωμένη, όπως ακριβώς περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3., η ηχομόνωση είναι υπεραρκετή και δεν υφίσταται στέγη με ξύλινο σκελετό για πυροπροστασία. Εσωτερικά δε, έχει ήδη τοποθετηθεί

ψευδοροφή και επί της οροφής θα προταθεί παρακάτω η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ενέργειας.

#### 5.2.4 Επέμβαση στις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

Οι αλλαγές στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις του κτιρίου αφορούν στην αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα LED. Όπως φαίνεται συγκριτικά και στην εικόνα 5.4, οι τελευταίες τεχνολογίας λαμπτήρες και προβολείς LED, εξοικονομούν μέχρι και 80% ενέργεια σε σχέση με τους παλαιούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορισμού. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι συνδυάζουν υψηλή φωτεινότητα με πολύ μικρή κατανάλωση και ότι διαρκούν πολλά χρόνια. Επίσης δεν περιέχουν τοξικές ουσίες (πιστοποίηση RoHS) σε αντίθεση με τους λαμπτήρες φθορισμού και τους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας. Οι λάμπες Led κυκλοφορούν σε μοντέλα που ταιριάζουν σε όλα τα είδη ντουί και μπορούν να αντικαταστήσουν τους ήδη υπάρχοντες λαμπτήρες.

| <b><u>Απόδοση λαμπτήρων σε lumen</u></b>   |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |
| Πυρακτώσεως<br><i>Incandescent</i>   | Αλογόνου<br><i>Halogen</i>   | Φθορισμού<br><i>Fluorescent</i>  | Εξοικονόμησης<br><i>CFL</i>  | LED   |
| ~12 lm/W   | ~20 lm/W   | ~50 lm/W   | ~55 lm/W   | ~80 lm/W  |
| <b><u>Διάρκεια ζωής σε ώρες</u></b>  |  |  |  |   |
| 750-1.000  | 750-1.000  | 20.000-30.000*   | 6.000-15.000   | 30.000-50.000   |

\* μειώνεται όταν αναβοσβήνει πάνω από 2 φορές ημερησίως

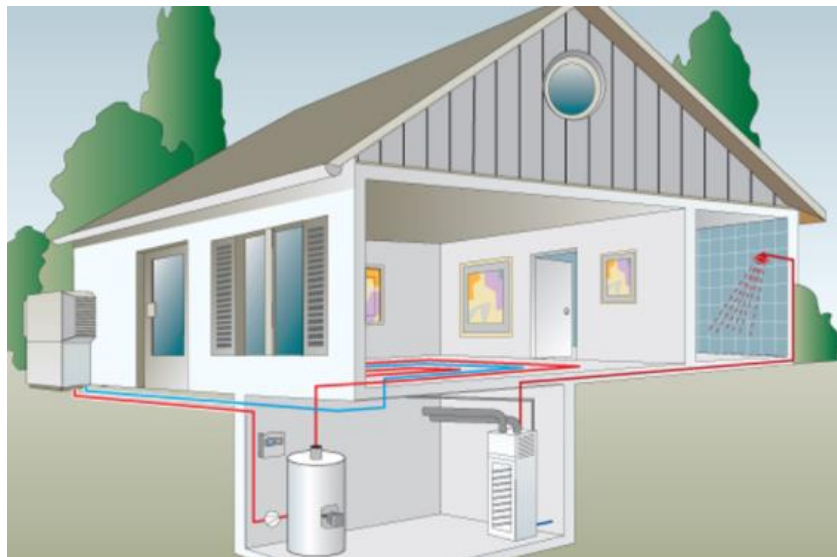
**Εικόνα 5.4** Απόδοση και διάρκεια ζωής διαφόρων ειδών λαμπτήρων (πηγή : [www.oleng.eu](http://www.oleng.eu))

Με τους λαμπτήρες LED, επιτυγχάνεται μείωση στο ρεύμα για φωτισμό από 50% έως 90%, δεδομένου ότι στο κτίριο 7 λαμβάνεται υπόψη ότι χρησιμοποιούνται λάμπες πυρακτώσεως και φθορισμού. Επιπλέον θα τοποθετηθούν χρονοδιακόπτες και συστήματα ανίχνευσης κίνησης για φωτισμό κοινόχρηστων και εξωτερικών χώρων και ανασχεδιασμός στην τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων.

### **5.2.5 Αντικατάσταση Υπαρχόντων Λεβήτων με Αντλίες Θερμότητας Αέρα (Σενάρο Α)**

Με τις σημερινές συνεχείς ανακατατάξεις στον τομέα της ενέργειας και τις ολοένα αυξανόμενες τιμές των συμβατικών καυσίμων, είναι πλέον φανερό πως το μέλλον στη θέρμανση ανήκει στις πιο εξελιγμένες, αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες. Πρώτη στον τομέα της θέρμανσης (και ψύξης), από άποψη οικονομοτεχνικών πλεονεκτημάτων, αναδεικνύεται η αντλία θερμότητας. Αν και λόγω του υψηλού κόστους αγοράς της θα ήταν δύσκολο να δοκιμαστεί, η εξοικονόμηση χρημάτων που επιτυγχάνεται είναι τέτοια που γρήγορα καθιερώθηκε ως το ιδανικότερο και πιο συμφέρον σύστημα θέρμανσης. Όσο και αν η τεχνολογία των αντλιών θερμότητας φαίνεται πρωτοποριακή, η αρχή λειτουργίας τους εφαρμόζεται ήδη στα συνήθη ψυγεία, καταψύκτες και στα κλιματιστικά.

Ενώ τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης βασίζονται ως επί το πλείστον στην καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας αέρα / νερού (τύπος που χρησιμοποιείται συνήθως) εκμεταλλεύονται την "ανεξάντλητη" θερμική ενέργεια του εξωτερικού αέρα που προέρχεται από τον ήλιο, την οποία μετατρέπουν σε θέρμανση του χώρου, με τη βοήθεια ενός μικρού ποσού ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα 5.5). Στην ουσία, η αντλία θερμότητας δεν παράγει θερμότητα αλλά τη μεταφέρει (την αντλεί) από το περιβάλλον προς το χώρο (ή το αντίστροφο κατά τη λειτουργία ψύξης), δαπανώντας και ένα ποσό ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να μεταφερθεί η θερμότητα από τη χαμηλή ενεργειακή στάθμη, δηλαδή το περιβάλλον, σε μια μεγαλύτερη, εσωτερικό κτιρίου, ενέργεια η οποία όμως είναι πολύ μικρότερη από αυτήν που θα δαπανούσαμε για να την παράγουμε και είναι της τάξης του 1/4 ή και λιγότερο σε σχέση με την ενέργεια που προσφέρει στο χώρο (πηγή: daikin).



**Εικόνα 5.5** Ολοκληρωμένο σύστημα αεροθερμικής αντλίας θερμότητας (πηγή: thermansipress).

Ο αριθμός που χαρακτηρίζει την απόδοση μιας αντλίας θερμότητας είναι βασικά ο ειδικός συντελεστής COP (Coefficient of Performance), που αποτελεί το λόγο της ισχύος που η αντλία προσδίδει στο χώρο προς την ισχύ που καταναλώνει. Οι αντλίες θερμότητας αέρα - νερού σήμερα χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό COP, που κυμαίνεται από 2,5 έως 4, που σημαίνει σε γενικές γραμμές ότι το σύστημα χρησιμοποιεί 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας για να παράγει 3 kWh θερμικής ενέργειας. Αυτός ο ειδικός βαθμός απόδοσης της αντλίας εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της συσκευής, ενώ πρακτικά μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, δηλαδή αλλάζει κατά τη διάρκεια του έτους, και με την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου. Η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμού νερού για το ενδοδαπέδιο σύστημα, τα θερμαντικά σώματα, τα fancoils ή και για ζεστό νερό χρήσης. Σε υφιστάμενα κτίρια, οι αντλίες θερμότητας μπορούν και να συνδυαστούν με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης, ενώ η ίδια αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ψύξη ή το δροσισμό μιας κατοικίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθώς ο κύκλος λειτουργίας της αντλίας μπορεί να αντιστραφεί ώστε να παρέχει ψύξη για όσο του ζητηθεί.

Τέλος παρά τα σημαντικά οικονομικά οφέλη μιας αντλίας θερμότητας υπάρχουν και άλλοι, μερικές φορές εξίσου σημαντικοί παράγοντες που την καθιστούν ελκυστική λύση, όπως η μηδαμινή ανάγκη συντήρησης, ο μικρός απαιτούμενος χώρος εγκατάστασης (χωρίς καπνοδόχο και αποθήκη καυσίμου) και φυσικά ότι πρόκειται για μια οικολογική συσκευή με ελάχιστους ρύπους. Πρόκειται λοιπόν για μια εύκολη στην εγκατάσταση, οικολογική επένδυση που αποδίδει. (Καρατζήμου,2014)

Τα χαρακτηριστικά που προτείνεται να διαθέτουν οι προς τοποθέτηση αντλίες θερμότητας, είναι τα εξής:

- Προστασία διάβρωσης.
- Δυνατότητα σύνδεσης με ηλιακά συστήματα.
- Ενισχυμένη μόνωση.
- Απουσία στάσιμου νερού.
- Κανέναν κίνδυνο για legionella.
- Μηδενικές επικαθήσεις.
- Απουσία δοχείου διαστολής.
- Μηδενική απώλεια νερού μέσω βαλβίδας ασφαλείας.
- Τέλεια διαστρωμάτωση.
- Ανοξείδωτο εναλλάκτη θερμότητας.
- Χαρακτηριστικά διαιρούμενου τύπου.
- Μικρές διαστάσεις εξωτερικής μονάδας.
- Μήκος σωλήνωσης έως 20m.
- Inverter.
- Ονομαστική ισχύς 2,5 kW.
- Ψυκτικό R410A.

Έτσι προτείνεται να αποξηλωθούν οι παλαιοί λέβητες, και οι παλαιοί καπναγωγοί. Θα παραμείνουν όμως, οι υπάρχουσες σωληνώσεις του συστήματος θέρμανσης και τα υπάρχοντα θερμαντικά σώματα, τα οποία θα συνδεθούν στο σύστημα. Προβλέπεται λοιπόν, η αντικατάσταση του παλαιού λέβητα με αντλίες θερμότητας αέρος για θέρμανση και ψύξη.

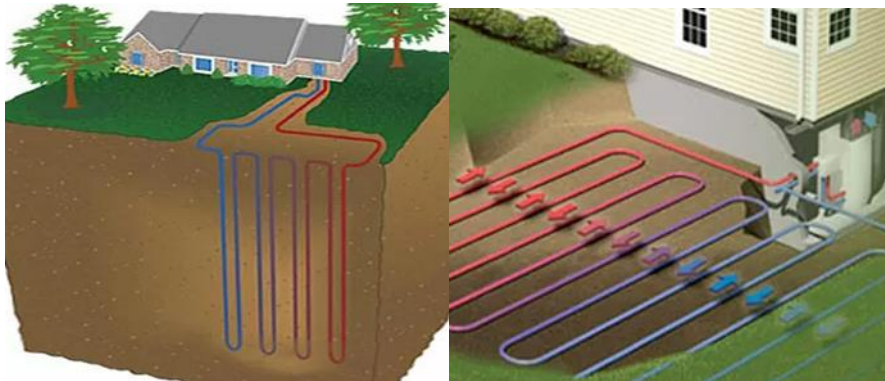
#### **5.2.6 Αντικατάσταση Υπαρχόντων Λεβήτων με Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Σενάριο Β)**

Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, ή εδαφικής πηγής αντλίες θερμότητας (ΕΠΑΘ), είναι ηλεκτροκίνητα συστήματα που απελευθερώνουν την αποθηκευμένη ενέργεια του μεγαλύτερου

ηλιακού συλλέκτη που υπάρχει, τη γη. Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (εικόνα 5.6), εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους, για να παρέχουν θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Αξιοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια, εξασφαλίζουν την μεταφορά θερμότητας από το υπέδαφος προς στο κτίριο, κατά την περίοδο της θέρμανσης και αντίστροφα από το κτίριο στο υπέδαφος, κατά την περίοδο ψύξης. Η πηγή θερμότητας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας μπορεί να είναι είτε επιφανειακά ύδατα (λίμνες, ποτάμια) είτε ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ή ρευστό το οποίο κυκλοφορεί εντός γεωεναλλακτών σε κλειστό κύκλωμα. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (Γ.Α.Θ.) χαρακτηρίζονται από υψηλότερο συντελεστή απόδοσης COP (COP=3,5 έως 7) έναντι των αντλιών θερμότητας αέρος (COP=1,5 – 3), καθώς αξιοποιούν ως πηγή θερμότητας το υπέδαφος ή το νερό του υπεδάφους, το οποίο παρουσιάζει θερμοκρασιακή σταθερότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με θερμοκρασία η οποία προσεγγίζει τη μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Ο υψηλός συντελεστής απόδοσης των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας εξασφαλίζεται, βέβαια, με το συνδυασμό των Γ.Α.Θ. με κατάλληλα συστήματα διανομής θερμότητας στο κτίριο, τα οποία πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα πλέον κατάλληλα και αποδοτικά συστήματα είναι αυτά της ενδοδαπέδιου θέρμανσης, ή των Fan Coil Unit-εναλλακτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (eneroots,2020).

Το γεγονός ότι οι Γ.Α.Θ. εμφανίζουν τον υψηλότερο COP έναντι των αντλιών θερμότητας αέρος, τις καθιστά τις πλέον αποδοτικές, οικονομικές και φιλικές προς το περιβάλλον αντλίες θερμότητας, οι οποίες μπορούν να αξιοποιούνται για τη θέρμανση, την ψύξη των κτιρίων, καθώς και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κλειστού κυκλώματος, εκμεταλλεύονται τη θερμότητα της γης. Η μεταφοράς της ενέργειας γίνεται διαμέσου ενός υδάτινου διαλύματος, το οποίο ανακυκλοφορεί μέσα σε ενταφιασμένες σωληνώσεις [γεωεναλλάκτες]. Ο γεωεναλλάκτης μπορεί να βρίσκεται σε κάθετη ή οριζόντια διάταξη. Η βασικότερη παράμετρος στα συγκεκριμένα συστήματα είναι η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας κατά την είσοδο και την έξοδο από το έδαφος όλο τον χρόνο. Αντίστοιχα, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος, εκμεταλλεύονται τον υπόγειο ή επιφανειακό υδροφόρο ορίζοντα, μέσω δύο τουλάχιστον υδρογεωτρήσεων [άντλησης και εμπλουτισμού].



**Εικόνα 5.6** Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κάθετης γεώτρησης (αρ.) και οριζόντιας γεώτρησης (δε.). (πηγή: idealklima)

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι ιδανικές για νέες κατοικίες ή ανακαινίσεις μεγάλης κλίμακας. Η εγκατάστασή τους γίνεται οριζόντια, όπου υπάρχει μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια, ή κάθετη, με γεώτρηση και κατακόρυφη τοποθέτηση των σωλήνων στο έδαφος. Είναι εξαιρετικά αξιόπιστες, ακόμη και στα πιο κρύα κλίματα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι θερμοκρασίες εδάφους παραμένουν σχετικά σταθερές όλο τον χρόνο, καθιστώντας αυτές ιδανική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Στην προκειμένη μελέτη προτείνεται η τοποθέτηση Γ.Α.Θ., με τεχνολογία Inverter, οριζόντιας γεώτρησης, λόγω ύπαρξης αρκετού χώρου και έτσι περιορισμό του κόστους (σαφώς λιγότερες χωματουργικές εργασίες) και η σύνδεση στα θερμαντικά σώματα και στο υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων. Ένας επιπλέον λόγος, είναι η μη απαίτηση σε ΖΝΧ, λόγω της χρήσης του κτιρίου ως Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

### **5.2.7 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων στην Οροφή με Σύστημα Net Metering και Σύνδεση στο Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου**

Η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μία σειρά, αποτελεί το φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Αυτό αποτελείται από τεχνητούς ημιαγωγούς (συνήθως από πυρίτιο), οι οποίοι ενώνονται, με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν ηλεκτρική τάση.



Αυτή η διαδικασία καλείται "Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο". Η παραγωγή ενέργειας από τον ήλιο ανήκει στη κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό από τη δεκαετία του '60. Τα χαρακτηριστικά του και η αφθονία του στη γη, το κατέστησαν ικανό και συμφέρον μέσο για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (wikipedia).

Η ενέργεια παράγεται όπου και όταν χρειάζεται και το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απλό σε όλα του τα στάδια - από την καλωδίωση, την αποθήκευση του έως και τα κέντρα ελέγχου του. Τα μικρά συστήματα (έως 500W) έχουν χαμηλό βάρος και είναι πολύ εύκολα στην μεταφορά και στην εγκατάστασή τους. Από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της οργανωμένης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών γεννητριών διασυνδεδεμένων σε δίκτυο, είναι οι εξαιρετικές δυνατότητες αισθητικής αφομοίωσής τους από το περιβάλλον (solar-systems).



**Εικόνα 5.7** Τοποθέτηση Φ/Β στοιχείων σε οροφή κτιρίου (πηγή: selasenergy)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρισμό. Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλό ή ανεξάρτητο φωτοβολταϊκό σύστημα
- Φωτοβολταϊκό σύστημα με αποθήκευση σε μπαταρίες
- Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στον οργανισμό κοινής ωφελείας

Σε μέρη όπου ήδη υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα είναι εφικτή η σύνδεσή του με το φωτοβολταϊκό σύστημα, συμπληρώνοντας έτσι τις ανάγκες σε ενέργεια και αντικαθιστώντας την χρήση των μπαταριών. Πολλοί ιδιοκτήτες σπιτιών χρησιμοποιούν και τις δύο πηγές ηλεκτρισμού, μειώνοντας έτσι τον λογαριασμό του ηλεκτρικού. Ικανοποιούνται επίσης από το γεγονός ότι δεν μολύνουν το περιβάλλον. Ένας χρήστης φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μπορεί επίσης να πουλήσει ρεύμα στην ΑΗΚ. Αυτό επιτυγχάνεται τοποθετώντας ένα μετρητή μεταξύ του συστήματος και του δικτύου. Το ρεύμα που του παρέχει το φωτοβολταϊκό σύστημα διοχετεύεται (ή πωλείται) στο δίκτυο. Για να γίνει αυτό εφικτό χρειάζεται ένας εγκεκριμένος μετατροπέας που

μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα στο εναλλασσόμενο του δικτύου εξισορροπώντας την τάση, την συχνότητα και την ποιότητά του με ακρίβεια. Σε περίπτωση πτώσης της τάσης του δικτύου, αυτόματοι διακόπτες ασφαλείας αποσυνδέουν το φωτοβολταϊκό σύστημα από αυτό.

- Φωτοβολταϊκό σύστημα σε επίπεδο εργοστασίου παραγωγής ενέργειας
- Μικτά / Υβριδικά συστήματα

Συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται από πετρελαιογεννήτριες, ανεμογεννήτριες, μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες και φωτοβολταϊκά συστήματα, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν, αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής. Είναι ιδανικά συστήματα για εφαρμογές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπως τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και αναμεταδότες, στρατιωτικές εγκαταστάσεις και παραμεθόρια χωριά.

Η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.7, στην οροφή (ταράτσα) απαιτεί τα παρακάτω:

- Φωτοβολταϊκά πάνελ
- Αντιστροφείς δικτύου
- Βάσεις στήριξης
- Ρυθμιστές φόρτισης

Ο συμψηφισμός παραγόμενης – καταναλισκόμενης ενέργειας (ενεργειακός συμψηφισμός), είναι γνωστός με τον όρο net metering. Το net metering επιτρέπει στον καταναλωτή, μέσω εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, να παράγει μόνος του φθηνή ηλεκτρική ενέργεια (αυτοπαραγωγή) και να καλύψει ένα σημαντικό μέρος ή το σύνολο των ηλεκτρικών καταναλώσεών του με σημαντικά οικονομικά οφέλη. Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή του είναι ότι προστατεύει τον καταναλωτή από μελλοντικές αυξήσεις στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος και τον απαλλάσσει από την χρέωση του ETMEAP για το τμήμα της ενέργειας που παράγει. Επίσης προσφέρει αύξηση της ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου, λόγω παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Ο ενεργειακός συμψηφισμός γίνεται ετησίως στο λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος (4green).

Το παραπάνω σύστημα μπορεί να συνδυαστεί εύκολα και οικονομικά με ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου. Ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας κατά ISO 50001, βοηθά στην ανάπτυξη μιας συστηματικής προσέγγισης, όσον αφορά την ενεργειακή επίδοση, την προμήθεια και τη χρήση της ενέργειας ενός κτιρίου. Μέσω αυτού μειώνεται τόσο η κατανάλωση, όσο και το κόστος, ενώ παράλληλα μειώνεται η εξάρτηση, από προμηθευτές ενέργειας, ελαχιστοποιώντας περαιτέρω τους κινδύνους. Η διαχείριση ενέργειας κατά ISO 50001 μειώνει την κατανάλωση μέσω ενός διαρθρωμένου συστήματος παρακολούθησης της χρήσης ενέργειας. Το Σ.Δ.Ε. βελτιώνει την ενεργειακή αποδοτικότητα και βοηθά κατ'έκταση στην εξοικονόμηση ενέργειας, όπως παρακάτω :

- Άμεση εξοικονόμηση ενέργειας
- Μείωση λειτουργικού κόστους και κόστους παραγωγής
- Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- Βελτίωση οικολογικού & ενεργειακού αποτυπώματος
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην τελική χρήση λόγω τεχνολογικών συμπεριφορών ή/και οικονομικών αλλαγών
- Βελτίωση της εικόνας του Πανεπιστημίου
- Συμμόρφωση με νομοθετικές απαιτήσεις
- Βελτίωση ενεργειακής & περιβαλλοντικής συνείδησης καθηγητών, εργαζομένων, φοιτητών
- Καθιέρωση ορθών πρακτικών διαχείρισης της ενέργειας
- Παροχή πλαισίου για τη θέσπιση προδιαγραφών ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλη την εκαπιδευτική αλυσίδα (prasinienergeia)

Τα συστήματα ελέγχου ενέργειας (building management system), ή αλλιώς συστήματα διαχείρισης ενέργειας κτιρίων (BMS), είναι ένα σύνολο εξαρτημάτων και καλωδιώσεων, με σκοπό την κεντρική διαχείριση και την εποπτεία των ηλεκτρικών/υδραυλικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή (εικόνα 5.8). Αποστολή τους είναι, η παρακολούθηση και κατηγοριοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, η εξοικονόμηση πόρων και χρόνου στη συντήρηση/λειτουργία, ο συνεχής έλεγχος της

σταθερότητας των συνθηκών άνεσης, η πρόγνωση των βλαβών, η έγκαιρη διάγνωση



**Εικόνα 5.8** Τρόπος λειτουργίας συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων (πηγή : *ilektroaytomatismoι*)

των προβλημάτων και η αυτοματοποίηση των λειτουργιών, με παράλληλη μείωση του χρόνου απασχόλησης και επισκευών (εργατοώρες). Αποτελούνται από ειδικό λογισμικό σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, τις εξόδους, τις εισόδους και τους ψηφιακούς ελεγκτές.


### **5.3 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου 7 (Π.Τ.Ν./Π.Ι.)**

Για τη βαθμονόμηση του κτιρίου, εισήχθησαν τα δεδομένα στο πρόγραμμα/λογισμικό του KENAK, σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, επιφάνειες κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, όπως αυτά περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2. Από τα αποτελέσματα των υπολογισμών, προέκυψαν τα δεδομένα σε αντίστοιχες αναφορές λογισμικού, με βάση τις οποίες υπολογίστηκαν οι καταναλώσεις, οι εκπομπές και ο διαχωρισμός αυτών, όπως αναλυτικά παρατίθενται

παρακάτω. Σύμφωνα με τα στοιχεία και τις μελέτες, βάσει του ΚΕΝΑΚ, η υπάρχουσα ενεργειακή απόδοση του κτιρίου 7, σε σύγκριση με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς, αντιστοιχεί στην Κατηγορία Ε και διαμορφώνεται όπως στο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης-ΠΕΑ (εικόνες 5.9 και 5.10).

### 5.3.1 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου 7

Στο ΠΕΑ του κτιρίου 7, το οποίο υπάγεται στην Κλιματική Ζώνη Γ, συνολικής επιφάνειας 5593τ.μ., διαπιστώνουμε ότι η υπολο-

| ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)  |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Αρ. Πρωτοκόλλου:  | 259032/2020                                      | Αρ. Ασφαλείας:   | D0XKH-W1YAM-YB4AD-J  |
| Ημερομηνία Έκδοσης:   | 27/07/2020                                       | Ημερομηνία Ισχύος:   | 27/09/2028   |
| <small>* Ελέγξτε την εγκυρότητα του ΠΕΑ: <a href="https://www.buildingcert.gr/checkCert.view">https://www.buildingcert.gr/checkCert.view</a></small>  |  |  |  |
| Τίτλος Κτηριακής Μονάδας:<br>"Π.Τ.Ν./Π.Ι."  |  |  |  |
| Χρήση:  | ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ                           |  |  |
| Κλιματική Ζώνη:   | Γ  |  |  |
| Συνολική Επιφάνεια:   | 5593   |  |  |
| Ωφέλιμη Επιφάνεια:  | 5593   |  |  |
| Ενεργειακή κατηγορία:   |  |  | Υφιστάμενη Διυνητική   |
| Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:  |  |  |  |
| EP ≤ 0,33 R <sub>R</sub>  | A+   |  |  |
| 0,33 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 R <sub>R</sub>  | A  |  |  |
| 0,50 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 R <sub>R</sub>  | B+   |  | B+   |
| 0,75 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 R <sub>R</sub>  | B  |  |  |
| 1,00 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 R <sub>R</sub>  | B-   |  |  |
| 1,41 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 R <sub>R</sub>  | C  |  |  |
| 1,82 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 R <sub>R</sub>  | D  |  |  |
| 2,27 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 R <sub>R</sub>  | E  |  | E  |
| 2,73 R <sub>R</sub> < EP  | F  |  |  |
| 2,73 R <sub>R</sub> < EP  | G  |  |  |
| 2,73 R <sub>R</sub> < EP  | H  |  |  |
| <small>* Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τη βέλτιστη (1η) σύσταση</small>  |  |  |  |
| <b>Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας*</b>   |  |  |  |
| Κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:   | 251,43   |  |  |
| Επιθεωρούμενου κτιρίου [kWh/m <sup>2</sup> ]:   | 349  |  |  |
| <b>Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτιρίου:</b>   |  |  |  |
| Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:   | 0.0  |  |  |
| Θερμικής ενέργειας (καύσιμα) [kWh/m <sup>2</sup> ]:   | 0.0  |  |  |
| Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:   | 0.0  |  |  |
| <b>Ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> επιθεωρούμενου κτιρίου</b>   |  |  |  |
| Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m <sup>2</sup> ]:  | 1170   |  |  |
| Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m <sup>2</sup> ]:   | 0.0  |  |  |
| Θερμική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>   | Οπτική άνεση <input checked="" type="checkbox"/> | Άκουστική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>                                | Ποιότητα εσωτερικού αέρα <input checked="" type="checkbox"/> |
| <small>* Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών που συνδέονται με τη χρήση του ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.</small> |  |  |  |

Εικόνα 5.9 ΠΕΑ κτιρίου 7/ΠΤΝ (σελίδα 1 από 2)

γιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ισοδυναμεί με 349 kWh/m<sup>2</sup> , έναντι 251,43 kWh/m<sup>2</sup> του κτιρίου αναφοράς και οι υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> ισούται με 1170 kg/m<sup>2</sup> .

| ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ) |             |                |                     |
|--|-------------|----------------|---------------------|
| Αρ. Πρωτοκόλλου:                         | 259032/2018 | Αρ. Ασφαλείας: | D0XKH-W1YAM-YB4AD-J |

| Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας<br>ανα Πηγή Ενέργειας & Τελική Χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ] |            |             |     |             |              |  |
|--|------------|-------------|-----|-------------|--------------|--|
| Πηγή ενέργειας   | Θέρμανση   | Ψύξη        | ZNX | Φωτισμός    | Συνολική     | Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου [%] |
| Ηλεκτρική  |            | 24.0        | --- | 25          | 49           | 100  |
| Πετρέλαιο  | 300        | 0.0         | 0.0 | 0.0         | 0.0          | 0  |
| Φυσικό Αέριο   | 0.0        | 0.0         | 0.0 | 0.0         | 0.0          | 0  |
| Άλλα Ορυκτά Καύσιμα  | 0.0        | 0.0         | 0.0 | 0.0         | 0.0          | 0  |
| Ηλιακή   | ---        | ---         | --- | ---         | 0.0          | 0  |
| Βιομάζα  | ---        | ---         | --- | ---         | 0.0          | 0  |
| Γεωθερμία  | ---        | ---         | --- | ---         | 0.0          | 0  |
| Άλλη ΑΠΕ   | ---        | ---         | --- | ---         | 0.0          | 0  |
| <b>Σύνολο</b>  | <b>300</b> | <b>24,0</b> |     | <b>25,0</b> | <b>349,0</b> | <b>100.0</b>                                       |

Χρησιμοποιήστε το ΠΕΑ για να:

- συγκρίνετε την ενεργειακή απόδοση κτηρίων ίδιες χρήσης βάσει της κατάταξής τους σε ενεργειακή κατηγορία,
- πληροφορηθείτε για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων μέσω παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

| ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ   |  |   |      |         |  |  |                      |
|--|--|---|------|---------|--|--|----------------------|
| 1. ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ,ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ,ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ |  |   |      |         |  |  |                      |
| 2. ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ,ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ,ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ,ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ        |  |   |      |         |  |  |                      |
| 3. -----   |  |   |      |         |  |  |                      |
| Σύσταση  | Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€] | Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας |      |         | Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής [έτη] | Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ] | Ενεργειακή κατηγορία |
|  |  | [kWh/m <sup>2</sup> ]   | [%]  | [€/kWh] |  |  |                      |
| 1.   | 1.078.607                              | 288.5   | 65.7 | 0.1     | 15.9                                       | 71.18  | B+                   |
| 2.   | 1.093.800                              | 279.8   | 68.1 | 0.1     | 15.1                                       | 73.2   | B+                   |
| 3.   | 0.0                                    | 0.0   | 0.0  | 0.0     | 0.0  | 0.0  | ??                   |

Οι συστάσεις είναι ιεραρχημένες σε σχέση με το κόστος – ενεργειακό όφελος που προκύπτει. Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και την περίοδο αποπληρωμής.

\* Η απλή περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Ονοματεπώνυμο Ενεργειακού Επιθεωρητή: | Σφραγίδα |
| A.M. Ενεργειακού Επιθεωρητή:          | Υπογραφή |

**Εικόνα 5.10** ΠΕΑ κτιρίου 7/ΠΤΝ (σελίδα 2 από 2)

Σύμφωνα με την σελίδα 2 του ΠΕΑ, η υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση,

ισούται με 49 kwh/m<sup>2</sup> για ηλεκτρική ενέργεια και 300 kwh/m<sup>2</sup> για πετρέλαιο. Η χρήση του πετρελαίου αφορά μόνο σε θέρμανση, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια κατανέμεται σε 24 kwh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 25 kwh/m<sup>2</sup> για ανάγκες φωτισμού και λειτουργίας ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Οι υφιστάμενες καταναλώσεις φαίνονται αναλυτικά και στον πίνακα 5.2.

Οι συστάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, διακρίνονται σε δύο σενάρια. Το μεν **Σενάριο Α** το οποίο από τις αναλυτικά προαναφερθείσες επεμβάσεις του Κεφαλαίου 5.2, περιλαμβάνει την τοποθέτηση εξωτερικής θερμοπρόσωψης, την αντικατάσταση κουφωμάτων, την αντικατάσταση των λαμπτήρων φωτισμού, την τοποθέτηση επί της οροφής φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ενέργειας (αυτοπαραγωγή) με σύστημα net metering και σύνδεση σε BMS και την τοποθέτηση αντλιών θερμότητας αέρα και το **Σενάριο Β** το οποίο περιλαμβάνει την τοποθέτηση εξωτερικής θερμοπρόσωψης, την αντικατάσταση κουφωμάτων, την αντικατάσταση των λαμπτήρων φωτισμού, την τοποθέτηση επί της οροφής φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ενέργειας (αυτοπαραγωγή) με σύστημα net metering και σύνδεση σε BMS και την τοποθέτηση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.

### 5.3.2 Υφιστάμενο Κόστος Χρήσης Κτιρίου 7

Η απαιτήσεις σε ενέργεια του κτιρίου, μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε οικονομικό κόστος. Για την μετατροπή αυτή, απαιτείται για την μεν χρήση πετρελαίου ο υπολογισμός αρχικά των απαιτούμενων λίτρων αναλόγως της θερμογόνου ικανότητας των καυστήρων και βάσει της μέσης τιμής του πετρελαίου θέρμανσης ανά λίτρο και για τη δε ηλεκτρική κατανάλωση η μετατροπή της συνολικά καταναλωθείσας ηλεκτρικής ενέργειας βάσει την μέση τιμή της kWh.

Στη χρήση του πετρελαίου, η αναγωγή που προαναφέρθηκε θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμογόνος ικανότητα του, ισούται με 10,06 kWh/lit. Η μέση τιμή λίτρου πετρελαίου θέρμανσης για την περίοδο 2019-2020 στο Νομό Ιωαννίνων, ισοδυναμεί με 0,61 €, ενώ η τιμή της kWh αγγίζει το 0,119 €. Οι παραπάνω τιμές είναι **προ ΦΠΑ**, ειδικών φόρων και διαφόρων ρυθμιζόμενων χρεώσεων. Για την κοστολόγηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης της χρήσης πετρελαίου σε ένα κτίριο, λαμβάνεται υπόψη ότι για την παραγωγή 1



kWh θερμικής ενέργειας, απαιτείται η καύση 0,264 kg πετρελαίου. Όλα τα παραπάνω αναλύονται στον πίνακα 5.2.

**Πίνακας 5.2** Υφιστάμενες καταναλώσεις/Κόστος χρήσης

| <b>Ενεργειακές Απαιτήσεις Πρωτογενούς Ενέργειας-Εκπομπές CO<sub>2</sub></b> |         |
|---|---------|
| Ηλεκτρική (kwh/m <sup>2</sup> )   | 49      |
| Πετρέλαιο (kwh/m <sup>2</sup> )   | 300     |
| Σύνολο (kwh/m <sup>2</sup> )  | 349     |
| Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )                               | 1170    |
| <b>Ετήσια Πραγματική Κατανάλωση Ενέργειας</b>                               |         |
| Ηλεκτρική (kwh)   | 274057  |
| Πετρέλαιο (kwh)   | 1677900 |
| Ποσότητα Πετρελαίου (lit)   | 166789  |
| Σύνολο (kwh)  | 1951957 |
| Εκπομπές CO <sub>2</sub> (tn)   | 6543    |
| <b>Ετήσιο Κόστος Χρήσης</b>   |         |
| Ηλεκτρική (€)   | 32612   |
| Πετρέλαιο (€)   | 101741  |
| Σύνολο (€)  | 134353  |

#### **5.4 Κοστολόγηση Επεμβάσεων**

Το κόστος των προτεινόμενων επεμβάσεων, προκύπτει εάν λάβουμε υπόψη τις μετρήσεις και την αναλυτική περιγραφή του προς μελέτη κτιρίου στο Κεφάλαιο 3, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς και τις κατευθύνσεις του ΠΕΑ για την κλιματική ζώνη «Γ» και τα ανώτατα όρια επιλέξιμων δαπανών ανά κατηγορία δαπάνης/ενεργειακών χαρακτηριστικών του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης της Ε.Ε. [(ΕΣΠΑ 2014-2020) Πίνακας 5.4)]. Στο παρακάτω κόστος, **δεν συμπεριλαμβάνονται** κόστη μελετών εφαρμογής, τεχνικών συμβούλων, μεταφορών, ενεργειακών

επιθεωρήσεων και γενικά και απρόβλεπτα έξοδα και οφέλη εργασιών, παρά μόνο η προμήθεια και εγκατάσταση. Τα κόστη ανά είδος εργασίας, ανά σενάριο αναβάθμισης και ανά κτίριο, φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5.3), από τον οποίο προκύπτουν τα κόστη των δύο σεναρίων προτεινόμενων επεμβάσεων. Το συνολικό κόστος, **καθαρής αξίας** αρχικής επένδυσης για το μεν σενάριο «Α», είναι 819812 €, ενώ για το σενάριο «Β», είναι 831288 €.

**Πίνακας 5.3** Πίνακας κοστολόγησης επεμβάσεων ανά σενάριο

| ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ                                    | ΣΕΝΑΡΙΟ «Α»             | ΣΕΝΑΡΙΟ «Β»             |
|---|-------------------------|-------------------------|
|   | ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩ | ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩ |
| ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ-ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ        | 40000                   | 40000                   |
| ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΟΠΟΙΙΑΣ                 | 117500                  | 117500                  |
| ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ                          | 670900                  | 670900                  |
| ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ NET METERING | 60200                   | 60200                   |
| ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ                | 190100                  |                         |
| ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ         |                         | 205200                  |
| ΣΥΝΟΛΟ  | <b>1078700</b>          | <b>1093800</b>          |
| ΦΠΑ 24%   | <b>258888</b>           | <b>262512</b>           |
| ΚΑΘΑΡΗ ΑΞΙΑ                                       | <b>819812</b>           | <b>831288</b>           |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΑΞΙΑΣ ΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ         | <b>819812</b>           | <b>831288</b>           |

## 5.5 Εκτιμώμενα Οφέλη

Σύμφωνα λοιπόν με τις απαιτήσεις/καταναλώσεις που εξήχθησαν από την εφαρμογή του λογισμικού του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ για το κτίριο 7, η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής και το εκτιμώμενο περιβαλλοντικό όφελος μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ανά σενάριο, παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.5.

**Πίνακας 5.4** Ανώτατα όρια επιλέξιμων δαπανών ανά κατηγορία/υποκατηγορία δαπάνης παρέμβασης (πηγή: Εξοικονόμηση Κατ Οίκον II/ΕΣΠΑ 2014-2020).

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ / ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ  | ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (€/m <sup>2</sup> ) |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
|---|---|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|   | I   |                     |                   |                   | II                |                    |                     |                 |
| <b>1. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ</b><br>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> · K)]   | <b>2 ≤ U &lt; 3,2</b>   |                     |                   |                   | <b>U &lt; 2,0</b> |                    |                     |                 |
| 1.A1 Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Παράθυρο  | 370   |                     |                   |                   | 440               |                    |                     |                 |
| 1.A2 Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Εξωστόθυρα  | 300   |                     |                   |                   | 350               |                    |                     |                 |
| 1.B1 Πλαίσιο ξύλου με υαλοπίνακα - Παράθυρο   | 470   |                     |                   |                   | 540               |                    |                     |                 |
| 1.B2 Πλαίσιο ξύλου με υαλοπίνακα - Εξωστόθυρα   | 390   |                     |                   |                   | 440               |                    |                     |                 |
| 1.Γ1 Πλαίσιο PVC με υαλοπίνακα - Παράθυρο   | 250   |                     |                   |                   | 270               |                    |                     |                 |
| 1.Γ2 Πλαίσιο PVC με υαλοπίνακα - Εξωστόθυρα   | 180   |                     |                   |                   | 240               |                    |                     |                 |
| 1.Δ Μόνο υαλοπίνακες (Χωρίς αντικατάσταση πλαισίου)*  | 135   |                     |                   |                   | 155               |                    |                     |                 |
| 1.E1 Εξωτερικό προστατευτικό φύλλο (σύστημα Κουτί-Ρολό, ή Εξώφυλλο)** ****  | 140   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| 1.E2 Λοιπά σταθερά ή κινητά συστήματα σκίασης*** ****   | 25  |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| <b>2. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ</b><br>Θερμική Αντίσταση R[(m <sup>2</sup> .K)/W]   | <b>0,9 &lt; R ≤ 1,8</b>   |                     |                   |                   | <b>R &gt; 1,8</b> |                    |                     |                 |
| 2.A Θερμομόνωση δώματος   | 44  |                     |                   |                   | 48                |                    |                     |                 |
| 2.B Θερμομόνωση στέγης ή οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη  | 17  |                     |                   |                   | 25                |                    |                     |                 |
| 2.Γ1 Θερμομόνωση εξωτ. τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί εδάφους επί πλάτης, ή μη θερμομονώμενου χώρου, με επικάλυψη με συνθετικό επίχρισμα   | 45  |                     |                   |                   | 55                |                    |                     |                 |
| 2.Γ2 Θερμομόνωση εξωτ. τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί πλάτης, ή μη θερμομονώμενου χώρου, με επικάλυψη με ελαφρά πετάσματα                  | 29  |                     |                   |                   | 35                |                    |                     |                 |
| ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ / ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ  | ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (€/μονάδα)          |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
|   | I   | II                  | III               | IV                | V                 | VI                 | VII                 | VIII            |
| <b>3. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ</b><br>Ισχύς P(kW)  | <b>P≤8</b>  | <b>8&lt;P≤12</b>    | <b>12&lt;P≤20</b> | <b>20&lt;P≤35</b> | <b>35&lt;P≤50</b> | <b>50&lt;P≤100</b> | <b>100&lt;P≤200</b> | <b>P&gt;200</b> |
| 3.A Σύστημα καυστήρα - λέβητα Πετρελαίου  | 4.500   |                     |                   | 6.400             | 8.300             | 11.000             | 14.500              | 21.500          |
| 3.B Σύστημα καυστήρα - λέβητα Φυσικού Αερίου / Υγραερίου  | 2.500   |                     |                   | 3.500             | 5.900             | 11.000             | 15.500              | 20.800          |
| 3.Γ Σύστημα Α/Θ (Θέρμανσης - Ψύξης / Ελάχιστη απαίτηση ενεργειακή σήμανση στους 55οC)   | 5.700   | 6.600               | 9.400             | 13.700            | 22.800            | 25.000             |                     |                 |
| 3.Δ Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας  | 4.900   | 6.100               | 9.100             | 13.300            | 23.100            | 25.000             |                     |                 |
| 3.E Σύστημα συμπαραγωγής Φ.Α. (ΣΗΘΥΑ)   | 14.000  | 21.000              | 25.000            |                   |                   |                    |                     |                 |
| 3.ΣΤ Σύστημα λέβητα βιομάζας - πελλέτας ξύλου/ Ενεργειακό τζάκι *   | 6.900   |                     |                   | 7.200             | 9.400             | 13.200             | 25.000              |                 |
| 3.Ζ Αντλίες θερμότητας αέρα - αέρα διαιρούμενου τύπου (split) για θέρμανση/ ψύξη χώρου ** (Κατηγορίες δαπάνης βάσει της ψυκτικής ισχύος split unit σε kW) | <b>P≤2.6</b>  | <b>2.6&lt;P≤3.5</b> | <b>P&gt;3.5</b>   |                   |                   |                    |                     |                 |
|   | 850   | 1.100               | 2.000             |                   |                   |                    |                     |                 |
| 3.H Διατάξεις αυτομάτου ελέγχου λειτουργίας συστήματος θέρμανσης *** *****  | 700€ ανά αίτηση με ανώτατο όριο 7.000€ για πολυκατοικία   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| <b>4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΖΝΧ</b>   |   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| 4.A Ηλιακό θερμοσφινικό σύστημα συλλέκτη - ταμιευτήρα αποθήκευσης ΖΝΧ *** **** *****  | 1.100€ ανά αίτηση   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| 4.B Ηλιοθερμικό σύστημα συλλέκτη - ταμιευτήρα αποθήκευσης ΖΝΧ βεβιασμένης κυκλοφορίας*** **** *****   | 3.000€ ανά αίτηση με ανώτατο όριο 6.000€ για πολυκατοικία   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| 4.Γ Ηλιοθερμικό σύστημα παραγωγής ΖΝΧ και υποβοήθησης θέρμανσης χώρου *** **** *****  | 10.000€ ανά αίτηση με ανώτατο όριο 25.000€ για πολυκατοικία   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |
| 4.Δ Αντλία θερμότητας*** **** *****   | 1.500€ ανά αίτηση   |                     |                   |                   |                   |                    |                     |                 |

**Πίνακας 5.5** Εκτιμήσεις ετήσιων οφελών ανά σενάριο προτεινόμενων επεμβάσεων σύμφωνα με τα ΠΕΑ.

|             | Κατηγορία Κτιρίου | Εκτιμώμενη Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh/m2) | Εκτιμώμενο Ετήσιο Όφελος Εξοικονόμησης Ενέργειας (%) | Εκτιμώμενη Απλή Περίοδος Αποπληρωμής (έτη) | Εκτιμώμενη Ετήσια Μείωση Εκπομπών CO2 (%) |
|-------------|-------------------|---|--|--|---|
| ΣΕΝΑΡΙΟ «Α» | ΣΥΝΟΛΟ            | 268,5   | 65,7   | 15,9                                       | 71,18                                     |
| ΣΕΝΑΡΙΟ «Β» | ΣΥΝΟΛΟ            | 279,8   | 68,1   | 15,1                                       | 73,2                                      |

Λαμβάνοντας υπόψη τα τετραγωνικά του κτιρίου και την μέση τιμή της kWh (0.119 €) και όπως παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.5, προκύπτει το υφιστάμενο ετήσιο κόστος χρήσης του κτιρίου, το οποίο ισούται με **134353€** και το εκτιμώμενο ετήσιο κόστος χρήσης του σεναρίου «Α» που ισοδυναμεί με **46084 €** και του «Β» που αντιστοιχεί σε **42859 €**. Αντίστοιχα παρουσιάζεται και η μειούμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση, παράμετρος που είναι σημαντική και δεν πρέπει να θεωρείται ήσσονος σημασίας. Όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 5.6, από τους **6543 tn CO2** της υφιστάμενης κατάστασης, μειώνουμε στους **1886 tn**, σύμφωνα με το σενάριο «Α» και στους **1754 tn**, σύμφωνα με το σενάριο «Β».

Εν κατακλείδι, επιτυγχάνεται ετήσιο οικονομικό όφελος 65,7 % για το σενάριο «Α» και 68,1 % για το σενάριο «Β». Ομοίως και στις μειώσεις των εκπομπών, το κέρδος στο σενάριο «Α» είναι της τάξεως του 71,18 %, ενώ για το σενάριο «Β», ισοδυναμεί με 73,2 %.

**Πίνακας 5.6** Υφιστάμενο και εκτιμώμενα κόστη χρήσεων και περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και ετήσια ποσοστά κέρδους και μείωσης εκπομπών.

|   | <b>Υφιστάμενη Κατάσταση</b> | <b>Σενάριο«Α»</b> | <b>Σενάριο«Β»</b> |
|---|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Ετήσιο Κόστος Χρήσης (€)</b>             | <b>134353</b>               | <b>46084</b>      | <b>42859</b>      |
| <b>Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (%)</b>         | -                           | <b>65,7</b>       | <b>68,1</b>       |
| <b>Ετήσιες Εκπομπές CO<sub>2</sub> (tn)</b> | 6543                        | 1886              | 1754              |
| <b>Ετήσιο Ποσοστό Μείωσης Εκπομπών (%)</b>  | -                           | 71,18             | 73,2              |

## **5.6 Χρηματοοικονομική Αξιολόγηση Σεναρίων Επεμβάσεων**

Με βάση την χρηματοοικονομική ανάλυση και των κριτηρίων της ΚΠΑ και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, η υλοποίηση ή μη του επενδυτικού σχεδίου και η πρόκριση του προτιμότερου, εκ των δύο, σεναρίου επεμβάσεων, δύναται να υπολογιστεί. Για την χρηματοοικονομική ανάλυση, όπως προαναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4, ορίστηκε η διάρκεια ζωής της επένδυσης, στα 20 έτη και το επιτόκιο προεξόφλησης στο 6%, λόγω του ότι η εν λόγω επένδυση είναι δημοσίου χαρακτήρα και η συνήθης επιλογή είναι από 5-7%. Για το χρονικό αυτό διάστημα, θεωρείται πως το πανεπιστήμιο, δεν θα απαιτηθεί να κάνει οποιαδήποτε επέμβαση, ακόμα και λόγω φθοράς, καθώς αυτές καλύπτονται από την εγγύηση καλής εκτέλεσης και λειτουργίας των κατασκευαστών. Απαιτείται μόνο το κόστος συντήρησης και οι έλεγχοι λειτουργίας, το οποίο έχει αναλυθεί προηγουμένως και καταναμημένο ανά έτος, ισοδυναμεί με 1800 €, για όλα τα Η/Μ

συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν (συντήρηση αντλιών θερμότητας, φωτιστικά σώματα, ξεθάμπωμα-αντικατάσταση panels). Η υπολειμματική δε αξία αυτής, δεν περιλαμβάνεται στην ανάλυση, καθώς η όλη μελέτη αφορά σε Δημόσια Κτίρια, τα οποία θεωρείται ότι δεν πρόκειται να πουληθούν. Τέλος στο κόστος της επένδυσης, συμπεριλήφθη το κόστος προμήθειας και τοποθέτησης των υλικών μόνο και όχι τα επιπλέον κόστη μελετών, τεχνικών συμβούλων, απρόβλεπτων δαπανών, εργολαβιών και ενεργειακών επιθεωρήσεων καθώς το Πανεπιστήμιο διαθέτει Τεχνική Υπηρεσία με καταρτισμένο τεχνικό προσωπικό, έτσι ώστε τα ανωτέρω, να τα εκτελέσει με ίδια μέσα και να συμπίεσει το κόστος επένδυσης προς τα κάτω, το οποίο εν τέλει ισοδυναμεί, για το μεν σενάριο «Α», με 819812 €, ενώ για το σενάριο «Β», με 831288 €.

Με δεδομένο το επιτόκιο προεξόφλησης 6%, το οικονομικό όφελος επεμβάσεων συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση, είναι 88269 € για το σενάριο «Α» και 91494 € για το σενάριο «Β», ενώ το ετήσιο κόστος συντήρησης και στα δύο σενάρια υπολογίζεται περί τα 1800€. Έτσι, προκύπτουν οι δύο ταμειακές ροές των επενδυτικών σεναρίων, όπως αναλύονται ανά πρώτη και δεύτερη δεκαετίες στους πίνακες 5.7 και 5.8 αντίστοιχα, που είναι η διαφορά της εξοικονόμησης ενέργειας με το κόστος συντήρησης, δηλαδή :

### **Ταμειακή ροή : ταμειακή εισροή - ταμειακή εκροή**

Για το **σενάριο «Α»**,  $88269 \text{ €} - 1800 \text{ €} = 86469 \text{ €}$  για κάθε χρόνο, για 20 χρόνια.

Για το **σενάριο «Β»**,  $91494 \text{ €} - 1800 \text{ €} = 89694 \text{ €}$  για κάθε χρόνο, για 20 χρόνια.

**Πίνακας 5.7 Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης πρώτης δεκαετίας**

| ΣΕΝΑΡΙΟ Α                      |            |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
|--------------------------------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Έτη                            |            | 0       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5         | 6       | 7         | 8        | 9         | 10        |
| Απαιτούμενο Κεφάλαιο           |            | 819812  |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Εξοικονόμηση Κόστους Ενέργειας |            |         | 86469    | 86469    | 86469    | 86469    | 86469     | 86469   | 86469     | 86469    | 86469     | 86469     |
| Ετήσιο Κόστος Συντήρησης       |            |         | 1800     | 1800     | 1800     | 1800     | 1800      | 1800    | 1800      | 1800     | 1800      | 1800      |
| Ετήσιο Οικονομικό Όφελος       |            | -819812 | 84669    | 84669    | 84669    | 84669    | 84669     | 84669   | 84669     | 84669    | 84669     | 84669     |
| Προεξοφλημένη Ταμειακή Ροή     |            |         | 79876,42 | 75355,11 | 71089,73 | 67065,78 | 63269,602 | 59688,3 | 56309,721 | 53122,38 | 50115,45  | 47278,73  |
| "Ισοζύγιο"                     |            |         | -739936  | -664580  | -593491  | -526425  | -463155,4 | -403467 | -347157,3 | -294035  | -243919,5 | -196640,8 |
| Επιτόκιο Προεξόφλησης          | 6%         |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Καθαρή Παρούσα Αξία            | 142768,641 |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης     | 8%         |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| ΣΕΝΑΡΙΟ Β                      |            |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Έτη                            |            | 0       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5         | 6       | 7         | 8        | 9         | 10        |
| Απαιτούμενο Κεφάλαιο           |            | 831288  |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Εξοικονόμηση Κόστους Ενέργειας |            |         | 89694    | 89694    | 89694    | 89694    | 89694     | 89694   | 89694     | 89694    | 89694     | 89694     |
| Ετήσιο Κόστος Συντήρησης       |            |         | 1800     | 1800     | 1800     | 1800     | 1800      | 1800    | 1800      | 1800     | 1800      | 1800      |
| Ετήσιο Οικονομικό Όφελος       |            | -831288 | 87894    | 87894    | 87894    | 87894    | 87894     | 87894   | 87894     | 87894    | 87894     | 87894     |
| Προεξοφλημένη Ταμειακή Ροή     |            |         | 82918,87 | 78225,35 | 73797,5  | 69620,28 | 65679,51  | 61961,8 | 58454,53  | 55145,78 | 52024,32  | 49079,55  |
| "Ισοζύγιο"                     |            |         | -748369  | -670144  | -596346  | -526726  | -461046,5 | -399085 | -340630,2 | -285484  | -233460,1 | -184380,5 |
| Επιτόκιο Προεξόφλησης          | 6%         |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Καθαρή Παρούσα Αξία            | 166838,92  |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |
| Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης     | 9%         |         |          |          |          |          |           |         |           |          |           |           |

**Πίνακας 5.8** Πίνακας χρηματοοικονομικής ανάλυσης **δεύτερης** δεκαετίας

| ΣΕΝΑΡΙΟ Α                      |            |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
|--------------------------------|------------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| Έτη                            |            | 0       | 11       | 12       | 13       | 14        | 15        | 16       | 17        | 18       | 19       | 20       |
| Απαιτούμενο Κεφάλαιο           |            | 819812  |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Εξοικονόμηση Κόστους Ενέργειας |            |         | 86469    | 86469    | 86469    | 86469     | 86469     | 86469    | 86469     | 86469    | 86469    | 86469    |
| Ετήσιο Κόστος Συντήρησης       |            |         | 1800     | 1800     | 1800     | 1800      | 1800      | 1800     | 1800      | 1800     | 1800     | 1800     |
| Ετήσιο Οικονομικό Όφελος       |            | -819812 | 84669    | 84669    | 84669    | 84669     | 84669     | 84669    | 84669     | 84669    | 84669    | 84669    |
| Προεξοφλημένη Ταμειακή Ροή     |            |         | 44602,57 | 42077,9  | 39696,13 | 37449,18  | 35329,415 | 33329,64 | 31443,054 | 29663,26 | 27984,21 | 26400,19 |
| "Ισοζύγιο"                     |            |         | -152038  | -109960  | -70264,2 | -32815,01 | 2514,4095 | 35844,05 | 67287,101 | 96950,36 | 124934,6 | 151334,8 |
| Επιτόκιο Προεξόφλησης          | 6%         |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Καθαρή Παρούσα Αξία            | 142768,641 |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης     | 8%         |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| ΣΕΝΑΡΙΟ Β                      |            |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Έτη                            |            | 0       | 11       | 12       | 13       | 14        | 15        | 16       | 17        | 18       | 19       | 20       |
| Απαιτούμενο Κεφάλαιο           |            | 831288  |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Εξοικονόμηση Κόστους Ενέργειας |            |         | 89694    | 89694    | 89694    | 89694     | 89694     | 89694    | 89694     | 89694    | 89694    | 89694    |
| Ετήσιο Κόστος Συντήρησης       |            |         | 1800     | 1800     | 1800     | 1800      | 1800      | 1800     | 1800      | 1800     | 1800     | 1800     |
| Ετήσιο Οικονομικό Όφελος       |            | -831288 | 87894    | 87894    | 87894    | 87894     | 87894     | 87894    | 87894     | 87894    | 87894    | 87894    |
| Προεξοφλημένη Ταμειακή Ροή     |            |         | 46301,46 | 43680,63 | 41208,14 | 38875,6   | 36675,095 | 34599,15 | 32640,704 | 30793,12 | 29050,11 | 27405,76 |
| "Ισοζύγιο"                     |            |         | -138079  | -94398,4 | -53190,3 | -14314,68 | 22360,413 | 56959,56 | 89600,263 | 120393,4 | 149443,5 | 176849,3 |
| Επιτόκιο Προεξόφλησης          | 6%         |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Καθαρή Παρούσα Αξία            | 166838,92  |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |
| Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης     | 9%         |         |          |          |          |           |           |          |           |          |          |          |



Άμεση σχέση με την ταμειακή ροή έχει και η προεξοφλημένη ταμειακή ροή, η οποία υπολογίζει το σύνολο των καθαρών ταμειακών ροών καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, στην περίπτωση μας τα 20 έτη, και τις ανάγει στην αξία του χρήματος τη χρονική στιγμή έναρξης του έργου ή διαφορετικά είναι η διαδικασία υπολογισμού της παρούσας αξίας μιας χρηματοροής που θα προκύψει στο χρόνο  $t$ , με βάση ένα επιτόκιο προεξόφλησης. Η **καθαρή παρούσα αξία** για το μεν σενάριο «Α», είναι 142768,64 € και για το «Β», είναι 166838,92 € και οι αντίστοιχοι **εσωτερικοί βαθμοί απόδοσης**, είναι 8 % και 9 % αντίστοιχα. Σους πίνακες τέλος, παρατηρούμε πως το αρχικό κόστος επένδυσης θα **αποσβέσει** για το σενάριο «Α» στα τέλη του δεκάτου πέμπτου έτους (15,9), και για το «Β» στις αρχές του δεκάτου πέμπτου έτους (15,1).

Με βάση τα παραπάνω **προκρίνεται ως βέλτιστη λύση, η επιλογή του σεναρίου «Β»**, καθώς παρουσιάζει καλύτερο **βαθμό εσωτερικής απόδοσης** (9% αντί 8%), αποσβένει το αρχικό ποσό επένδυσης νωρίτερα κατά 10 περίπου μήνες, απαιτεί μεν ελαφρώς μεγαλύτερο ποσό αρχικής επένδυσης κατά 11476 € και στο τέλος της εικοσαετίας, παρουσιάζει αυξημένο **ισοζύγιο** κατά 25514,5 € (174849,26 έναντι 151334,56 του «Α») και ανώτερη **ταμειακή ροή** κατά 1005,57 € (27405,76 έναντι 26400,19 του «Α»). Επίσης μειώνει αισθητά την περιβαλλοντική επιβάρυνση, κατά 2,02% λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από το σενάριο «Α» και αναβαθμίζει το υπό μελέτη κτίριο στην ενεργειακή κατηγορία B+, επιτυγχάνοντας και ξεπερνώντας τον στόχο και τις δεσμεύσεις του ΚΕΝΑΚ.

## 5.7 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, μετά την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, τα οικονομοτεχνικά στοιχεία του λογισμικού του KENAK και την οικονομική προσέγγιση καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Το ΥΠΕΠΘ, με την συνέχιση της υιοθέτησης τέτοιων μέτρων και δράσεων καθίσταται πρωτοπόρος του Δημοσίου Τομέα στην συμμόρφωση και προσαρμογή στη νέα πραγματικότητα, επιδεικνύοντας συνέπεια στις διεθνείς δεσμεύσεις.

- Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία E, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι επεμβάσεις είναι επιβεβλημένες. Η επιθυμητή τελική κατάσταση είναι η B αλλά μέσω και των δυο προτεινόμενων επεμβάσεων το αποτέλεσμα θα είναι B +.

- Η περιβαλλοντική επιβάρυνση η εξάρτηση της χώρας από ορυκτά καύσιμα και η αειφορική διαχείριση των πόρων που επιτυγχάνονται μέσω αυτής της αναβάθμισης, είναι απόλυτα συνυφασμένες με τις προσταγές της Ευρωπαϊκής και παγκόσμιας κοινότητας, αλλά πρωτίστως των εξωτερικών δανειστών.

- Η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης για χρονικό ορίζοντα 20 ετών ισοδυναμεί με 142768,64 € και 166838,92 €, για τα σενάρια «Α» και «Β» αντίστοιχα και οι αντίστοιχοι εσωτερικοί βαθμοί απόδοσης είναι 8 % και 9 % αντίστοιχα.

- Το εκτιμώμενο κόστος των προτεινόμενων επεμβάσεων ανέρχεται στα 819812 € για το σενάριο «Α», ενώ για το σενάριο «Β» στα 831288 €, ήτοι 146,58 και 148,63 €/m<sup>2</sup> αντίστοιχα, όταν το κόστος κατασκευής νεόδμητων όμοιας χρήσης κτιρίων, ανέρχεται στα 1400 €/m<sup>2</sup>.

- Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων/ΠΤΝ, αποδεσμεύεται τελείως από την χρήση πετρελαίου, ορυκτό καύσιμο με αρκετά υψηλό ενεργειακό αποτύπωμα, το οποίο παρουσιάζει σταθερή αύξηση τιμής την τελευταία δεκαπενταετία.

- Το κέρδος από την αξιοποίηση των παλιών υλικών και η υπολειμματική αξία της επένδυσης, δεν έχουν ληφθεί υπόψη στην εν λόγω εργασία, καθώς η όλη μελέτη αφορά σε Δημόσιο Κτήριο, το οποίο θεωρείται ότι δεν πρόκειται να πουληθεί.

### ○ Υφιστάμενη Κατάσταση

- 6453 tn, εκπομπές CO<sub>2</sub>
- 1971.1 kWh/m<sup>2</sup>, ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας
- 134353 €, ετήσιο κόστος λειτουργίας
- «E», ενεργειακή κατηγορία κτηρίων
- Υψηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Μη εξασφάλιση των συνθηκών άνεσης σε διδάσκοντες, φοιτητές και λοιπό προσωπικό
- Υψηλές λειτουργικές δαπάνες
- Μη συμμόρφωση με εθνικές και διεθνείς δεσμεύσεις
- Ασυνέπεια με τους κοινωνικούς στόχους και μη εφαρμογή καθημερινής αειφορικής συμπεριφοράς
- Καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης μόνο θεωρητικά



### ○ Νέα Διαμορφωθείσα Κατάσταση

- 1754 tn, εκπομπές CO<sub>2</sub>
- 69,2 kWh/m<sup>2</sup>, ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας
- 42859 €, ετήσιο κόστος λειτουργίας
- «B+», ενεργειακή κατηγορία κτηρίων
- Χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας ,
- Ταύτιση έργων με θεωρητικό υπόβαθρο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και αειφορίας, κοινωνική συνέπεια
- Εξασφάλιση συνθηκών άνεσης
- Απόλυτη συμμόρφωση με εθνικές και διεθνείς δεσμεύσεις-εθνική συνέπεια και κύρος
- Μετριασμένες λειτουργικές δαπάνες

- Το ετήσιο κόστος χρήσης είναι μειωμένο κατά 65,7 % και 68,1 % αντίστοιχα για τα δύο σενάρια.
- Στη διαμόρφωση του κόστους δεν έχουν υπολογιστεί τυχόν επιβολές προστίμων μη συμμόρφωσης, λόγω περιβαλλοντικής επιβάρυνσης (ο ρυπαίνων πληρώνει), που επίκειται να θεσμοθετηθούν μετά το 2030, λόγω στις καθυστερήσεις συμμόρφωσης των Κρατών –Μελών.
- Η μείωση της ετήσιας εκπομπής CO<sub>2</sub> θα ανέλθει στα 71,18 % και 73,2 % για το σενάριο «Α» και «Β» αντίστοιχα.

Σκεπτόμενοι με στοιχεία πατερναλισμού, ανεξαρτήτως οικονομικού αντίκτυπου, η εν λόγω επένδυση εξασφαλίζει, εκπαιδευτικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό όφελος, καθώς έχει θετική επιρροή στο περιβάλλον, στον άνθρωπο ως πνευματικό ον και στην κοινωνία.

Βάσει της όλης εργασίας, συμπεραίνουμε ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα είτε στο «Α» είτε στο «Β» σενάριο. Το αρχικό κόστος της επένδυσης αποσβένει σε μικρό χρονικό διάστημα (15 έτη) και βελτιώνει αισθητά την ποιότητα ζωής τόσο των άμεσα εμπλεκόμενων ατόμων, όσο και των έμμεσα εμπλεκόμενων μέσω της μείωσης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας. **Ως προτιμότερη λύση, προκρίνεται το σενάριο «Β»**, το οποίο, εμφανίζει καλύτερο βαθμό εσωτερικής απόδοσης, αποσβένει το αρχικό ποσό επένδυσης νωρίτερα κατά δέκα μήνες, απαιτεί μεν μεγαλύτερο ποσό αρχικής επένδυσης κατά 11476 € εν τέλει όμως, παρουσιάζει βελτιωμένο ισοζύγιο και καλύτερη ταμειακή ροή από το σενάριο «Α» και επιτυγχάνει εξίσου την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου σε κατηγορία B+, με πολύ ικανοποιητικό περιβαλλοντικό όφελος. Κατόπιν των παραπάνω η επένδυση εκτός από συμφέρουσα είναι και επιβεβλημένη.

## Βιβλιογραφία

Ανδρουτσόπουλος Α., Κορωνάκη Ε., Πολυμενόπουλος Γ., «Παράμετροι επίδρασης της ενεργειακής απόδοσης δομικών προϊόντων στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια», Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (ΠΣΔΜΗ), Αθήνα, 16-18 Μαΐου 2007.

Αραβαντινός Δ. (2009) . "Οικοδομικές επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος νέων και υφιστάμενων κτιρίων για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς". Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με γενικό τίτλο "Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων". ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας.

Αραβαντινός Δ., Τσακίρης Ν., Γιάρμα Χρ., «Μετρικοί έλεγχοι της θερμικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων σε θέσεις θερμογεφυρών και προτάσεις βελτιωτικών επεμβάσεων», 1ο πανελλήνιο συνέδριο «δομικών υλικών και στοιχείων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 2008, πρακτικά συνεδρίου, τόμος Β'.

Αραβαντινός Δ. «Η θερμομόνωση των κτιρίων και τα θερμομονωτικά υλικά», διδακτικό εγχειρίδιο για τις απαιτήσεις του μαθήματος «Οικοδομική ΙΙ», Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2015.

Αραβαντινός Δ. «Το φράγμα υδρατμών στην εξωτερική τοιχοποιία», «Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονική Έκδοση Τ.Ε.Ε.», περιοχή Ι, ISSN 1106-4935, τόμος 15, τεύχος 1-3, σελ. 45-58, Ιανουάριος - Δεκέμβριος 1995.

Αραβαντινός Δ., «Το φράγμα υδρατμών στην εξωτερική τοιχοποιία», «Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονική Έκδοση Τ.Ε.Ε.», περιοχή Ι, ISSN 1106-4935, τόμος 15, τεύχος 1-3, σελ. 45-58, Ιανουάριος-Δεκέμβριος 1995.

Αραβαντινός Δ., «Η θερμομόνωση των κτιρίων και τα θερμομονωτικά υλικά», διδακτικό εγχειρίδιο για τις απαιτήσεις του μαθήματος «Οικοδομική ΙΙ», Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2009.

Αραβαντινός Δ., «Υγροπροστασία κτιρίων», διδακτικό εγχειρίδιο για τις απαιτήσεις του μαθήματος «Οικοδομική ΙΙ», Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2007.

A.EALUMINCO, [Ηλεκτρονικό] Availableat:  
<https://www.aluminco.com/el/> [Πρόσβαση Μάιος 2020].

A.EALUMILS.A., [Ηλεκτρονικό] Availableat:  
<https://www.alumil.com/>[Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2018]. Βαζαίος, Ε.  
 «Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας – Υπολογισμός και Σχεδίαση  
 Συστημάτων». Γ' έκδοση, Αθήνα, 1987.

Βασιλείου Ε., Μπόρα Σ. “Εγκατάσταση κλιματισμού με δυνατότητα  
 ανάκτησης θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης”,  
 Πτυχιακή Εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών  
 Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, 2005.

“Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και  
 κατευθύνσεις εφαρμογής ΚΑΠΕ και Ευρωπαϊκή Επιτροπή”, Γενική  
 Διεύθυνση για την Ενέργεια και τις Μεταφορές, 2002.

ΒΙΚΙΠΑΙΔΙΑ, [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://el.wikipedia.org/>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

DAIKIN, [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://www.daikin.gr/>[Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

“Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων”, ΕΛΟΤ 2002/91/ΕΚ του  
 Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, 16 Δεκεμβρίου 2002. Εγχειρίδιο EPA-  
 Nr (<http://www.epa-nr.org/>).

E.A. IDEALKLIMA, [Ηλεκτρονικό] Availableat:  
[https://www.idealklima.gr/daikin-antlia-thermotitas-zestou-nerou-  
 xrisis/](https://www.idealklima.gr/daikin-antlia-thermotitas-zestou-nerou-xraxis/)[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

EMY, Κλιματικά Δεδομένα Ιωαννίνων από Επιλεγμένους  
 Μετεωρολογικούς Σταθμούς, [Ηλεκτρονικό] Availableat:  
[http://www.hnms.gr/emy/el/climatology  
 /climatology\\_city?perifereia=Epirus&poli=Ioannina](http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/climatology_city?perifereia=Epirus&poli=Ioannina)  
 [Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

ENERROOTS, [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://www.eneroots.gr/>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

ENERGYPRESS, [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://energypress.gr/>[Πρόσβαση Ιούνιος 2020].

ENERGYCERT, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://energycert.gr/>  
 [Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

Ερωπαικό Κοινοβούλιο [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://www.europarl.europa.eu/> [Πρόσβαση Ιούλιος 2020].

“Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της  
 θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων”, Τεχνική οδηγία Τεχνικού  
 Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010), Α' Έκδοση, Αθήνα,  
 Ιούνιος 2010.

INEDIVIM, [Ηλεκτρονικό] Available at:  
<https://www.inedivim.gr/>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

ΗΛΕΚΤΡΟΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ, [Ηλεκτρονικό] Available:  
<https://ilektroytomatismoi.blogspot.com> [Πρόσβαση Ιούνιος 2020].  
Ιωάννινα, Γεωγραφική θέση-Κλίμα, ioannina.uoi.gr, [Ηλεκτρονικό]  
Availableat:

<http://ioannina.uoi.gr/town/index.html> [Πρόσβαση Αύγουστος  
2020].

Κακάτσιος Ι. Ξενοφών, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.,  
«Μεταφορά Θερμότητας», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Επανεκδοση  
2004

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2004). "Χρηματοοικονομική ανάλυση  
επενδυτικών σχεδίων". Σημειώσεις μαθήματος "Οικονομική του  
Περιβάλλοντος". ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ.

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2004). "Χρηματοοικονομική ανάλυση  
επενδυτικών σχεδίων". Σημειώσεις μαθήματος "Οικονομική του  
Περιβάλλοντος". ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ.

Καλιαμπάκος Δ., Γιαννακοπούλου Στ., Κατσουλάκος Ν. (2011).  
"Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών  
Περιοχών". Σημειώσεις μαθήματος "Εισαγωγή στο Περιβάλλον και  
την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών". ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και  
Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών". ΕΜΠ.

Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.),  
Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής,  
2010.

“Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων”, Φ.Ε.Κ. 362 τεύχος Δ', 4  
Ιουλίου 1979.

Καρατζήμου Π. «Ενεργειακή Αναβάθμιση Ορεινών Ξενώνων,  
Μελέτη Περίπτωσης στο Δ.Κ. Διλόφου, Δ.Ε. Ζαγορίου »  
Διπλωματική Εργασία ΔΠΜΣ ΕΜΠ, Μέτσοβο 2014.

Καρράς Σ. (2018), "Οικονομοτεχνική Μελέτη Μέτρων Ενεργειακής  
Αναβάθμισης Στρατοπέδων στην Ήπειρο", Διπλωματική Εργασία  
ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ.

Κατσουλάκος Ν. (2013), "Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών  
ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου".  
Διδακτορική διατριβή. ΕΜΠ - Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων -  
Μεταλλουργών. Αθήνα

Κοντορούπης Γ., "Ενεργειακός-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων  
και οικισμών", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2005. Κουτσούμπα Χ.,  
«Εξοικονόμηση ενέργειας σε κατοικίες» DT2010-0129 Διπλωματική  
Εργασία, ΕΜΠ, 2010.

Κώτσης Κ., Σημειώσεις Μαθήματος «Εννοιες Φυσικής και  
Περιβάλλον», ΠΤΝ/Π.Ι., Ιωάννινα 2019.

Λεβέντη Α. «Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια-Ανάπτυξη μοντέλου τεχνοοικονομικής αξιολόγησης-Εφαρμογή στο Κτίριο Λαμπαδάρου του ΕΜΠ.» Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Μάρτιος 2012.

Μαυρίδης Γ., Μιχαηλίδης Χ., «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Α.Π.Θ., 2008.

“Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις”, Νόμος 3661/19-05-2008.

Μουστάκα Αν., «Η επιρροή του κελύφους των κτιρίων στην ενεργειακή τους κατανάλωση: Μελέτη του κτιρίου εδρών της πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 2007.

Μπαλαράς Κ.Α., Γάγλια Α.Γ., «Εξοικονόμηση Ενέργειας-Ενεργειακή Αποδοτικότητα Κτιρίων, Εφαρμογή Ευρωπαϊκών Μεθοδολογιών και Λογισμικών Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων», ΤΕΕ, Αθήνα 2009.

Μπούρκας Π.Δ., «Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1998.

MINEDU, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.minedu.gov.gr/> [Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

Νόμος 4122/2013 «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 42)

Ντοκόπουλος Π., «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Εκδόσεις Ζήτη, 1η έκδοση, Ιανουάριος 2005.

Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση), L 153/13

Οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1988 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά στα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών, ΕΕΕΚ L 40, 11.2.1989, 1989.

Οδηγός Εφαρμογής Προγράμματος Εξοικονόμηση Κατ Οίκον/ Π (ΕΣΠΑ 2014-2020), Αθήνα 1<sup>η</sup> Τροποποίηση, Μάρτιος 2020

Όμιλος KNAUF, [Ηλεκτρονικό] Available at: [www.knauf.gr/](http://www.knauf.gr/) [Πρόσβαση Αύγουστος 2018].

Όμιλος DAIKIN HELLAS, [Ηλεκτρονικό] Available at: [https://www.daikin.gr/el\\_gr/products.html](https://www.daikin.gr/el_gr/products.html) [Πρόσβαση Αύγουστος 2020].



Παναγιωτακόπουλος Χ. Δημήτριος, «Συστημική μεθοδολογία και τεχνική οικονομική», Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη 2005.

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://eclass.uoa.gr>, [Πρόσβαση Ιούλιος 2020].

Πλακίτση Αικ., Σημειώσεις Μαθήματος «Μεθοδολογία Έρευνας Ι και ΙΙ», ΠΤΝ/Π.Ι., Ιωάννινα 2020.

Πλακίτση Αικ.- Κούτρας Β., Σημειώσεις Μαθήματος «Αειφορία και Εκπαίδευση», ΠΤΝ/Π.Ι., Ιωάννινα 2020.

PRASINIENERGEIA, [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://prasinienergeia.com/> [Πρόσβαση Ιούνιος 2020].

Σαγιά Α., Καθηγήτρια Σχολής Μηχανολόγων μηχανικών ΕΜΠ, «Διαχείριση Ενέργειας», Αθήνα 2010.

Σαγιά Α., Καθηγήτρια Σχολής Μηχανολόγων μηχανικών ΕΜΠ, «Συσκευές και Εγκαταστάσεις Θερμικών Διεργασιών», Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2010.

Σαγιά Α., Καθηγήτρια Σχολής Μηχανολόγων μηχανικών ΕΜΠ, Μάθημα : «Εισαγωγή στις Τεχνολογίες Προστασίας του Περιβάλλοντος», Σημειώσεις Μαθήματος Ακ. Έτους 2016-2017.

Σούλης Ν.Β. (1994), «Το κλίμα της Ηπείρου», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

SPAPAILIAS, [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://spapailias.gr/>[Πρόσβαση Ιούνιος 2020].

SOLARSYSTEMS, [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://www.solar-systems.gr/>[Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

SELASENERGY, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://selasenergy.gr/>[Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

Το Γεωπονικό, Το κλίμα του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων σε μία σελίδα, Παπάζης Γεώργιος, [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://www.papazis.gr/khresima/to-klima-se-mia-selida/lekanopediou-ioanninon/> [Πρόσβαση Μάιος, 2020].

ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ “Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης” Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010 Α’ Έκδοση.

THERMANSIPRESS, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://thermansipress.gr/>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας, [Ηλεκτρονικό] Available at: [http://www.fuelprices.gr/deltia\\_d.view](http://www.fuelprices.gr/deltia_d.view) [Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

ΥΠΕΚΑ (2012). "Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός : οδικός χάρτης για το 2050". Συνοπτική παρουσίαση. Αθήνα.

ΥΠΕΠΘ (2020). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση[Ηλεκτρονικό] Availableat: <https://www.minedu.gov/> [Πρόσβαση Ιούλιος 2020].

Φορέας Επιθεώρησης, Πιστοποίησης και Εκπαίδευσης TÜVHELLAS (TÜVNORD), [Ηλεκτρονικό] Availableat: <https://www.tuvaustriahellas.gr/>[Πρόσβαση Ιούλιος 2020].

Πρόγραμμα Ενεργειακής Αναβάθμισης ΑΕΙ, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://ecopress.gr>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

Ενεργειακής Αναβάθμισης Δημοσίων Κτιρίων, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://ecopress.gr>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

Πρόγραμμα Ενεργειακής Αναβάθμισης ΑΕΙ, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.ymereraa.gr>[Πρόσβαση Αύγουστος 2020].

Πρόγραμμα SOLAR SCHOOLS [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.solarschools.net>[Πρόσβαση Απρίλιος 2020].

4GREEN, [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://4green.gr/>[Πρόσβαση Ιούνιος 2020].