

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΗΜΟΣΙΟ  
ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΜΕ  
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΨΗΛΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ  
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΜΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ  
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ»

ΤΟΥ

ΑΓΓΕΛΕΡΟΥ ΘΕΟΧΑΡΗ-ΜΑΡΙΟΥ

2023

ΑΘΗΝΑ



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

**DIPLOMA THESIS**

*«UPGRADING THE ENERGY EFFICIENCE PERFORMANCE OF AN EXISTING BUILDING, APPLYING CERTIFIED MATERIALS FOR ACIEVING THERMAL INSULATION AND PROTECTION AGAINST HUMIDITY. BUSINESS PLAN CALCULATING THE ESTIMATED TIME NEEDED FOR ACCOMPLISHING THE PROJECT, CREATING A TIMETABLE»*

*BY*

*ANGELEROS THEOCHARIS-MARIOS*

*2023*

*ATHENS*

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αγγελέρος Θεοχάρης-Μάριος του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 46144928 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών



ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι εξεταστική επιτροπή :

<b>Α/Α</b>	<b>ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ/ΒΑΘΜΙΔΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
<b>1</b>	ΠΡΟΕΣΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	
<b>2</b>	ΚΑΝΕΤΑΚΗ ΖΩΗ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ	
<b>3</b>	ΣΑΡΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

**Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κ. Εμμανουήλ Προεστάκη και κ. Ζωή Κανετάκη, για την καθοδήγησή τους, τις πληροφορίες και την συνεχή βοήθεια τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια για να καταφέρω να φτάσω στο σημείο που είμαι σήμερα .

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

« <i>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΗΜΟΣΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΜΕ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΨΗΛΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΜΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ</i> ».....	1
Ευχαριστίες.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	6
1.ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	10
1.ABSTRACT .....	11
2.ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
2.1 Ο κτιριακός τομέας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	12
2.2 Ο Κτιριακός Τομέας στην Ελλάδα .....	15
2.3 Η έννοια των Κτιρίων Μηδενικής Κατανάλωσης .....	16
2.4 Βασικές αρχές που διέπουν τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης.....	20
2.5 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και προώθηση της ενεργειακής ανεξαρτησίας .....	22
2.6 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και απαλλαγή από εκπομπές άνθρακα .....	24
3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	27
3.1 Μελέτη Περίπτωσης .....	27
3.2 Σχέδια και Κατόψεις.....	30
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	53
4.1 Υπάρχων Κτίριο.....	54
4.2 Σενάριο 1ο .....	60
4.3 Σενάριο 2ο .....	61
4.4 Σενάριο 3ο .....	65
4.4 Οικονομική Μελέτη.....	67
4.5 Ανθρακικό Αποτύπωμα .....	71

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73
6.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	75
7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82

## Εικόνες

Εικόνα 1 Χρήση ενέργειας επί τις 100 πηγή: <a href="https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html">https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html</a> .....	13
Εικόνα 2 Κατανομή ενέργειας ανά τομέα στις χώρες της ΕΕ <a href="https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html">https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html</a> .....	14
Εικόνα 3 Καταναλώσεις ενέργειας ανά τις χώρες σε m2 στις χώρες της ΕΕ <a href="https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html">https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html</a> .....	14
Εικόνα 4 Αναπαράσταση ενός Κτιρίου Μηδενικής Κατανάλωσης (πηγή: <a href="https://www.green-panel.eu/zero-energy-and-energy-plus-buildings/?lang=el">https://www.green-panel.eu/zero-energy-and-energy-plus-buildings/?lang=el</a> ).....	20
Εικόνα 5 Πιστοποιητικό ενεργειακής κλάσης κτιρίου (πηγή: <a href="https://www.pbctoday.co.uk/news/wp-content/uploads/2022/09/dreamstime_xxl_235951648.jpg">https://www.pbctoday.co.uk/news/wp-content/uploads/2022/09/dreamstime_xxl_235951648.jpg</a> ).....	22
Εικόνα 6 Δημοτικό σχολείο Κορυδαλλού. Φωτογραφία από την αυτοψία.....	27
Εικόνα 7 Τοπογραφικό σχέδιο.....	30
Εικόνα 8 Όψη-τομή κτιρίου.....	31
Εικόνα 9 Εικόνα 8 Κάτοψη δώματος .....	32
Εικόνα 10 Κάτοψη Α' ορόφου .....	33
Εικόνα 11 Κάτοψη Ισογείου.....	34
Εικόνα 12 Κάτοψη Β' ορόφου.....	35
Εικόνα 13 Τοπογραφικό διάγραμμα λεπτομερές.....	36
Εικόνα 14 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Ισογείου ορόφου.....	37
Εικόνα 15 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Α' ορόφου .....	38
Εικόνα 16 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Β' ορόφου .....	39
Εικόνα 17 Ανάλυση κουφωμάτων μέσω απεικόνισης από το Autocad .....	40
Εικόνα 18 Κουφώματα από αυτοψία.....	41
Εικόνα 19 Λέβητας φυσικού αερίου.....	42
Εικόνα 20 Στοιχεία Λέβητα φυσικού αερίου.....	43
Εικόνα 21 Φωτίστρες στις αίθουσες του Δημοτικού.....	44

Εικόνα 22 Ανατολική όψη του κτιρίου.....	45
Εικόνα 23 Δυτική όψη κτιρίου Α' .....	46
Εικόνα 24 Δυτική όψη κτιρίου Β' .....	47
Εικόνα 25 Βόρεια όψη κτιρίου Α' .....	48
Εικόνα 26 Βόρεια όψη κτιρίου Β' .....	49
Εικόνα 27 Νότια όψη κτιρίου .....	50
Εικόνα 28 Εικόνα ταράτσας Α' .....	51
Εικόνα 29 Εικόνα ταράτσας Β' .....	52
Εικόνα 30 Καρτέλα Κτιρίου στο πρόγραμμα του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ .....	59
Εικόνα 31 Ζώνη 1 Κτιρίου στο πρόγραμμα του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ .....	59
Εικόνα 32 Καρτέλα Κέλυφος κτιρίου - αδιαφανή στοιχεία .....	61
Εικόνα 33 Αποτελέσματα του πρώτου Σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	61
Εικόνα 34 Παράδειγμα αντλίας θερμότητας αέρα - νερού <a href="https://www.hydroheat.com.au/news/432-air-to-water-electric-heat-pumps-explained">https://www.hydroheat.com.au/news/432-air-to-water-electric-heat-pumps-explained</a> .....	63
Εικόνα 35 Διαφανή στοιχεία του κτιρίου .....	64
Εικόνα 36 Αλλαγή της θερμοπερατότητας στο δεύτερο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης .....	64
Εικόνα 37 Συστήματα θέρμανσης από την αναβάθμιση σε αντλία θερμότητας .....	65
Εικόνα 38 Αποτελέσματα πρώτου και δεύτερου σεναρίου .....	65
Εικόνα 39 Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού στο ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ.....	66
Εικόνα 40 Αποτελέσματα και των τριών σεναρίων .....	66
Εικόνα 41 Διάγραμμα κόστους επένδυσης κάθε σεναρίου και χρόνος αποπληρωμής κάθε σεναρίου .....	71
Εικόνα 42 Αποτελέσματα CO2 ανάλυσης από το αρχικό σενάριο .....	72
Εικόνα 43 Αποτελέσματα CO2 ανάλυσης από το τρίτο σενάριο .....	72
Εικόνα 44 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Α .....	75
Εικόνα 45 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Β .....	75
Εικόνα 46 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Γ.....	76
Εικόνα 47 Συντελεστές θερμοπερατότητας για κατακόρυφα αδιαφανή στοιχεία βάση του ΚΕΝΑΚ 2017 Α.....	77
Εικόνα 48 Συντελεστές θερμοπερατότητας για οριζόντια αδιαφανή στοιχεία βάση του ΚΕΝΑΚ 2017 Β.....	78



Εικόνα 49 Συντελεστές διείσδυσης αέρα για κατακόρυφα δειαφανή στοιχεία βάση του KENAK 2017 A.....	79
Εικόνα 50 Συντελεστές διείσδυσης αέρα για κατακόρυφα δειαφανή στοιχεία βάση του KENAK 2017 B.....	79
Εικόνα 51 Λάμπα LED Τύπου Φθορίου 120cm για Ντουί G13 και Σχήμα T8 Φυσικό Λευκό 18W .....	79
Εικόνα 52 Λάμπα LED Τύπου Φθορίου 120cm για Ντουί G13 και Σχήμα T8 Φυσικό Λευκό 18W Ενεργειακή κατάταξη .....	80
Εικόνα 53 Luxor Eco Line Cell Μονοκρυσταλλικό Φωτοβολταϊκό Πάνελ 550W 24V .....	81

## Πίνακες

Πίνακας 1 Αδιαφανή στοιχεία κτιρίου, προσανατολισμός, διεύθυνση, επιφάνεια .....	54
Πίνακας 2 Πίνακας ανάλυσης και αποτύπωσης των χαρακτηριστικών των αδιαφανών στοιχείων του Δημοτικού.....	55
Πίνακας 3 Πίνακας επεξεργασίας των αδιαφανών στοιχείων του Δημοτικού .....	56
Πίνακας 4 Επεξεργασία των στοιχείων των αδιαφανών στοιχείων.....	57
Πίνακας 5 Επιφάνεια, θερμοπερατότητα και σκιάσεις των αδιαφανών στοιχείων .....	58
Πίνακας 6 Σενάριο 1 οικονομική μελέτη.....	67
Πίνακας 7 Σενάριο 2 οικονομική μελέτη.....	68
Πίνακας 8 Σενάριο 3 οικονομική μελέτη.....	69

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις αναπτυγμένες χώρες η χρήση συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού στα σύγχρονα κτίρια προκαλεί σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη θερμικής άνεσης. Σύμφωνα με μελέτες, αυτή η κατανάλωση μπορεί να φτάνει μέχρι και το 40% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Vorsatz). Ωστόσο, η ανάπτυξη τεχνολογιών και η εισαγωγή νέων πρακτικών έχουν οδηγήσει στην κατασκευή κτιρίων με μηδενική ή πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, με στόχο τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερες χώρες επενδύουν σε προγράμματα αναβάθμισης ή ανακαίνισης των κτιρίων τους, ώστε να επιτύχουν υψηλότερα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης και να προστατεύσουν το περιβάλλον.

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «*ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ*» έχει ως σκοπό την μελέτη υφιστάμενου δημοτικού σχολείου στην περιοχή του Κορυδαλλού, ως προς τις ενεργειακές του καταναλώσεις και την ενεργειακή του αναβάθμιση με νέα και πιο ενεργειακά αποδοτικά υλικά για την μείωση των αναγκών σε κατανάλωση ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε αυτοψία στο χώρο του σχολείου και έπειτα οι μετρήσεις καταχωρήθηκαν βάση κανονισμού του TEE-KENAK στο αντίστοιχο υπολογιστικό πρόγραμμα. Απώτερος σκοπός είναι η ενεργειακή του κατάταξη να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερη (A+) και το κτίριο να αναβαθμιστεί κατά τρεις ενεργειακές κλάσεις.

Μετά από την αναβάθμιση των κουφωμάτων, του συστήματος θέρμανσης και ψύξης, της θερμομόνωσης, του φωτισμού και τη χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ, το κτίριο έχει αναβαθμιστεί στην ενεργειακή κατάταξη A από την προηγούμενη κατάταξη Γ, δηλαδή τρεις ενεργειακές κλάσεις πιο αποδοτικό. Αυτή η αναβάθμιση συνέβαλε στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των λειτουργικών δαπανών του κτιρίου. Επιπλέον, εκπονείται μια οικονομοτεχνική μελέτη που θα περιλαμβάνει αναλυτικά αποτελέσματα για το κόστος της αναβάθμισης και της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, όπως επίσης και τα οφέλη στο μακροπρόθεσμο χρονικό διάστημα ως αποτέλεσμα των βελτιώσεων που έγιναν. Αυτή η οικονομοτεχνική μελέτη θα παρέχει στους υπευθύνους του κτιρίου στοιχεία για το κατά πόσο η αναβάθμιση αποτελεί μια αποδοτική επένδυση.

## **1.ABSTRACT**

In developed countries, the use of heating, ventilation and air conditioning systems in modern buildings causes significant electricity consumption to achieve thermal comfort. According to studies, this consumption can account for up to 40% of global electricity production (Vorsatz). However, the development of technologies and the introduction of new practices have led to the construction of buildings with zero or very low energy consumption in order to reduce carbon dioxide emissions and tackle climate change. In recent years, more and more countries have been investing in programmes to upgrade or renovate their buildings in order to achieve higher levels of energy efficiency and protect the environment.

This diploma entitled "ENERGY REFRESHOLDING OF A PUBLIC PRIMARY SCHOOL IN THE MUNICIPALITY OF KORYDALLOS" aims to study an existing public school in the area of Korydallos, in terms of its energy consumption and its energy upgrade with new and more energy efficient materials in order to reduce energy consumption needs and carbon dioxide emissions. Initially, an autopsy was carried out at the school and then the measurements were recorded in the corresponding computer program based on the regulations of the TEE-KENAK. The ultimate goal is to have the energy classification as high as possible (A+) and to upgrade the building by three energy classes.

After upgrading the windows, the heating and cooling system, the thermal insulation, the lighting and the use of photovoltaic panels, the building has been upgraded to energy classification A from the previous classification C, i.e. three energy classes more efficient. This upgrade has helped reduce the building's energy consumption and operating costs. In addition, an economic study is being prepared that will include detailed results on the cost of the upgrade and the reduction in energy consumption, as well as the benefits in the long term as a result of the improvements made. This econometric study will provide the building managers with evidence as to whether the upgrade is a cost-effective investment.

## 2.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

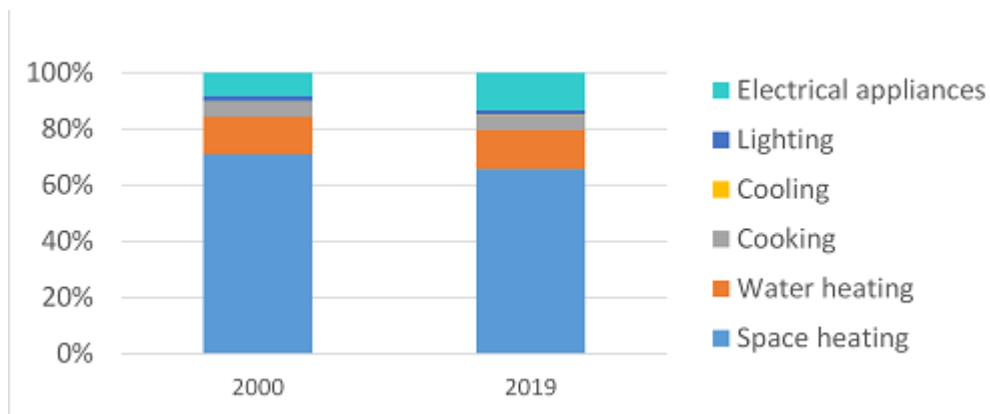
Ο κόσμος αντιμετωπίζει σήμερα μια πρωτοφανή κλιματική κρίση, η οποία χαρακτηρίζεται από την άνοδο της παγκόσμιας θερμοκρασίας, ακραία καιρικά φαινόμενα και την ταχεία εξάντληση των φυσικών πόρων. Η κρίση αυτή θέτει σημαντικές προκλήσεις και απαιτεί άμεση δράση για τον μετριασμό των επιπτώσεών της. Ένας από τους βασικούς συντελεστές αυτής της κρίσης είναι το δομημένο περιβάλλον, το οποίο αντιπροσωπεύει σημαντικό μέρος της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα παραδοσιακά κτίρια είναι πασίγνωστα για τις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις τους, την εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα και το επακόλουθο αποτύπωμα άνθρακα. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει επείγουσα ανάγκη για βιώσιμες και ενεργειακά αποδοτικές λύσεις που μπορούν να φέρουν επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζουμε και λειτουργούμε τα κτίρια. Σε αυτό το πλαίσιο, η έννοια των κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (NZEB) αναδεικνύεται ως μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση που στοχεύει στην αντιμετώπιση τόσο της ενεργειακής ζήτησης όσο και των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με το δομημένο περιβάλλον. (Απταλίδου Φ., 2018)

### **2.1 Ο κτιριακός τομέας στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

Ο κτιριακός τομέας στην Ευρωπαϊκή Ένωση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τη Eurostat, τα κτίρια ευθύνονται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ και για το 36% περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Αυτή η σημαντική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να αποδοθεί σε παράγοντες όπως το αναποτελεσματικό κέλυφος των κτιρίων, τα απαρχαιωμένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης και η ανεπαρκής μόνωση. Η ΕΕ έχει αναγνωρίσει την επείγουσα ανάγκη να αντιμετωπιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιριακού τομέα και έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την ενεργειακή απόδοση και τη μείωση των εκπομπών. Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) και η στρατηγική "Κύμα ανακαίνισης" αποτελούν βασικές πρωτοβουλίες που αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και στην επιτάχυνση του ρυθμού ανακαίνισης σε ολόκληρη την ΕΕ. (Παπανδρέου Θ, 2015)

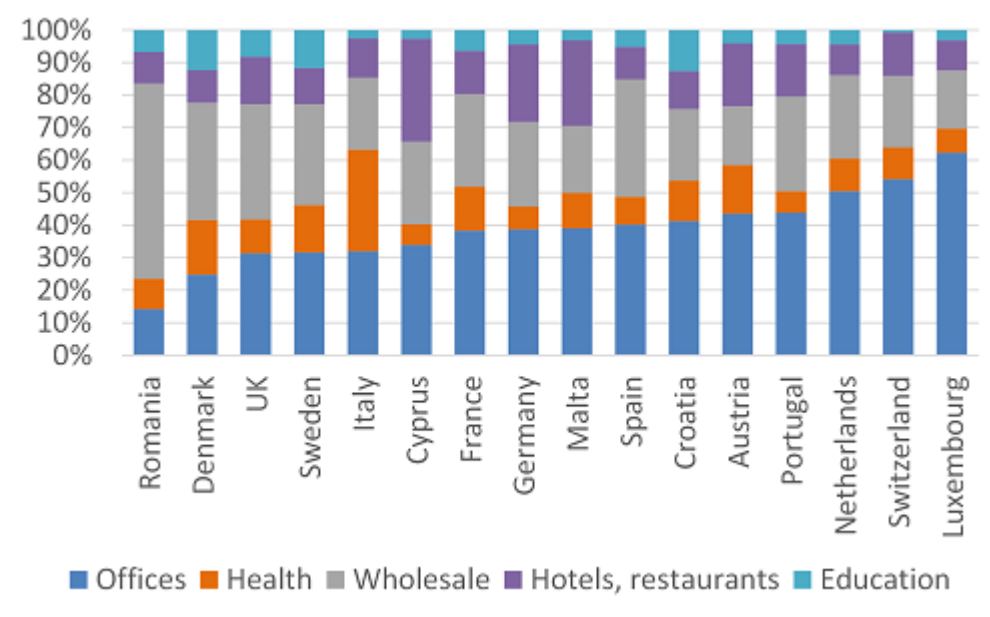
Τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση ενέργειας στα κτίρια υπογραμμίζουν περαιτέρω τη σημασία της αντιμετώπισης της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ.

Μελέτες έχουν δείξει ότι μόνο η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων αντιπροσωπεύουν περίπου το 75% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και περίπου το 50% στον εμπορικό τομέα. Επιπλέον, σημαντικός αριθμός κτιρίων στην ΕΕ αντιμετωπίζει προκλήσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή φτώχεια, όπου τα νοικοκυριά δυσκολεύονται να αντέξουν οικονομικά επαρκή θέρμανση και ψύξη. Το Παρατηρητήριο Ενεργειακής Φτώχειας της ΕΕ εκτιμά ότι περίπου 34 εκατομμύρια Ευρωπαίοι βιώνουν ενεργειακή φτώχεια, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για ενεργειακά αποδοτικές και οικονομικά προσιτές λύσεις στέγασης. Ως απάντηση, η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο την αύξηση του ποσοστού ανακαίνισης των κτιρίων σε τουλάχιστον 3% ετησίως, γεγονός που θα συμβάλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και στην προώθηση ενός βιώσιμου δομημένου περιβάλλοντος σε όλα τα κράτη μέλη. (Odyssee, 2016)

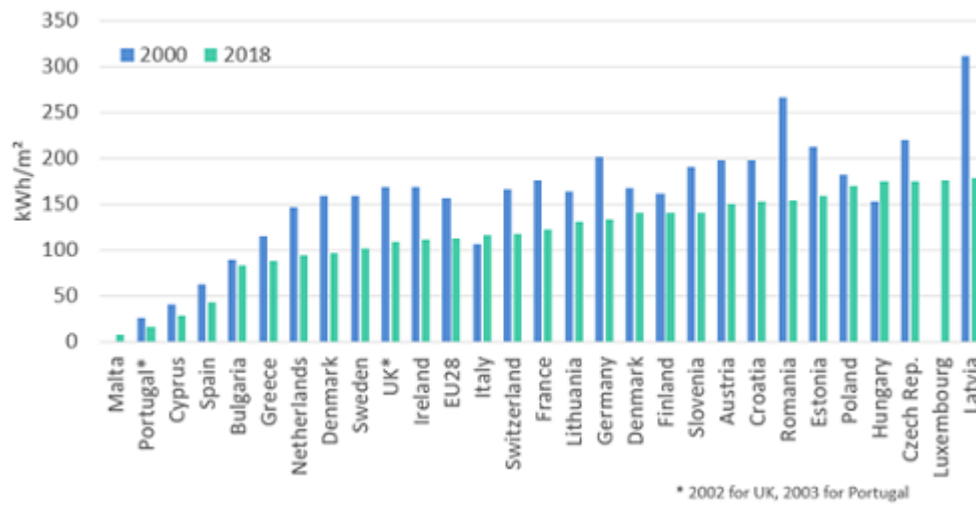


Εικόνα 1 Χρήση ενέργειας επί τις 100 πηγή: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html>

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



Εικόνα 2 Κατανομή ενέργειας ανά τομέα στις χώρες της ΕΕ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html>



Εικόνα 3 Καταναλώσεις ενέργειας ανά τις χώρες σε m<sup>2</sup> στις χώρες της ΕΕ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html>

## **2.2 Ο Κτιριακός Τομέας στην Ελλάδα**

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα έχει σημαντική σημασία όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με στοιχεία της Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος (ΥΠΕΝ), τα κτίρια ευθύνονται για το 43% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας. Αυτή η υψηλή κατανάλωση ενέργειας μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ανεπαρκούς μόνωσης, των απαρχαιωμένων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και της χαμηλής υιοθέτησης ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών. Επιπλέον, τα κτίρια στην Ελλάδα συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς ο τομέας είναι υπεύθυνος για το 25% περίπου των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> της χώρας. Αναγνωρίζοντας την ανάγκη για βιώσιμες λύσεις, η Ελλάδα έχει εφαρμόσει διάφορες πολιτικές και πρωτοβουλίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την προώθηση της υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση και το Πρόγραμμα Πράσινων Κτιρίων. (Βουτσά Α., 2021)

Τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα υπογραμμίζουν τη σημασία της αντιμετώπισης της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα αυτό. Τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 70% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα κτίρια. Όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, η θέρμανση χώρων αποτελεί τη σημαντικότερη ενεργειακή ζήτηση, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 60% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα. Παρά τη σημαντική κατανάλωση ενέργειας, η Ελλάδα καταβάλλει προσπάθειες για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Για παράδειγμα, έχει συσταθεί το Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (TMEDE) για τη στήριξη αναβαθμίσεων και ανακαινίσεων ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, η ανάπτυξη κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEBs) κερδίζει έδαφος στην Ελλάδα, με στόχο την επίτευξη υψηλότερων ενεργειακών επιδόσεων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι πρωτοβουλίες αυτές αντικατοπτρίζουν τη δέσμευση της Ελλάδας να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα του κτιριακού της τομέα σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΕ και τους εθνικούς στόχους. (ΥΠΕΝ,2023)

### **2.3 Η έννοια των Κτιρίων Μηδενικής Κατανάλωσης**

Τα κτίρια μηδενικής ενέργειας, γνωστά και ως κτίρια καθαρής μηδενικής ενέργειας, σχεδιάζονται έτσι ώστε να καλύπτουν τις ενεργειακές τους απαιτήσεις μέσω της επιτόπιας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, μειώνοντας αποτελεσματικά την εξάρτησή τους από συμβατικές πηγές ενέργειας. Τα κτίρια αυτά κατασκευάζονται με μεγάλη έμφαση στην ενεργειακή απόδοση, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες αιχμής, υλικά και στρατηγικές σχεδιασμού για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Με την ενσωμάτωση αρχών παθητικού σχεδιασμού, προηγμένης μόνωσης, ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και συστημάτων όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και η γεωθερμική θέρμανση, τα NZEBs προσπαθούν να επιτύχουν ισορροπία μεταξύ της κατανάλωσης και της παραγωγής ενέργειας. Ο απώτερος στόχος είναι τα κτίρια αυτά να παράγουν τόση ενέργεια όση καταναλώνουν κατά τη διάρκεια ενός έτους, με αποτέλεσμα να έχουν μηδενικό ενεργειακό αποτύπωμα. Τα NZEB δεν συμβάλλουν μόνο στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά προσφέρουν επίσης πολλά οφέλη, όπως εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους, βελτιωμένη άνεση στους εσωτερικούς χώρους και αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια.

Τα κτίρια μηδενικής ενέργειας, γνωστά και ως κτίρια μηδενικής ενέργειας ή σπίτια μηδενικής κατανάλωσης, είναι κατασκευές που έχουν σχεδιαστεί για να παράγουν τόση ενέργεια όση καταναλώνουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου, συνήθως ενός έτους. Τα κτίρια αυτά στοχεύουν στην επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της χρήσης και της παραγωγής ενέργειας, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προηγμένων τεχνολογιών. (Απταλίδου Φ., 2018)

Η πρώτη αναφορά σε κτίρια μηδενικής κατανάλωσης πραγματοποιήθηκε το 1977 από τους Esbensen και Korsgaard, οι οποίοι διαστασιολόγησαν ένα σπίτι μηδενικής κατανάλωσης στη Δανία και το περιέγραψαν ως ένα κτίριο που επιτυγχάνει αυτοδιάθεση όσον αφορά τη θέρμανση του χώρου και την παροχή ζεστού νερού χρήσης σε φυσιολογικές κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ως τη βασική πηγή ενέργειας. (Esbensen, T., Korsgaard, V., 1977).

Πολλά χρόνια αργότερα, εν έτη 2006, η ομάδα των Torcellini και συνεργατών προχώρησε στην ανάπτυξη τεσσάρων διαφορετικών ορισμών που προσεγγίζουν το



θέμα της μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους και τις ανάγκες σε κάθε περίπτωση. Αυτοί οι ορισμοί είναι οι εξής:

Ο πρώτος ορισμός αφορά τη Μηδενική Κατανάλωση Ενέργειας στο χώρο του κτιρίου (Net Zero Site Energy). Σε αυτήν την περίπτωση, ένα κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας παράγει μόνο τόση ενέργεια όση καταναλώνει κατά τη διάρκεια ενός χρόνου, και αυτή η παραγωγή ενέργειας λαμβάνει χώρα στον ίδιο τον χώρο του κτιρίου.

Ο δεύτερος ορισμός, Μηδενική Κατανάλωση Πρωτογενούς ενέργειας (Net Zero Source Energy), συνδέεται με τον όρο της πρωτογενούς ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση, το κτίριο παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους όση απαιτείται για τις δικές του ανάγκες. Αυτή η ενέργεια υπολογίζεται μετατρέποντας την εισερχόμενη και εξερχόμενη ενέργεια σε πρωτογενή ενέργεια, που αφορά την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή, επεξεργασία και διανομή των φυσικών πόρων, καθώς και την παραγωγή και διανομή ενέργειας μέχρι την άφιξη της στο κτίριο.

Ο τρίτος ορισμός, Μηδενικό Ενεργειακό Κόστος (Net Zero Energy Costs), εστιάζει στην οικονομική πτυχή. Σε αυτήν την περίπτωση, η παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές είναι τουλάχιστον ίσης αξίας με την ενέργεια που αγοράζει ο ιδιοκτήτης από το δίκτυο κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Τέλος, ο τέταρτος ορισμός, Μηδενικές Ενεργειακές Εκπομπές (Net Zero Energy Emissions), αναφέρεται στην περίπτωση όπου τα κτίρια παράγουν αρκετή "καθαρή" ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, ώστε να εξαλείφονται οι εκπομπές ρύπων που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας από συμβατικές ορυκτές πηγές, όπως θα απαιτούνταν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός έτους. Με βάση τους παραπάνω ορισμούς και για την επίτευξη μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες βασικές τεχνολογίες και στρατηγικές κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός βιώσιμου σπιτιού. Ορισμένες από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως σε κατοικίες μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης είναι οι εξής:

- **Ενεργειακά αποδοτική μόνωση:** Χρησιμοποιούνται μονωτικά υλικά υψηλής απόδοσης, όπως μόνωση με αφρό ψεκασμού, μόνωση κυτταρίνης ή μόνωση από άκαμπτο αφρό, για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου. Αυτό συμβάλλει στη

διατήρηση μιας άνετης εσωτερικής θερμοκρασίας και μειώνει την ανάγκη για θέρμανση ή ψύξη.

- **Ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα και πόρτες:** Είναι ζωτικής σημασίας για την ελαχιστοποίηση της διαρροής αέρα και τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας. Τα διπλά ή τριπλά τζάμια, οι επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής (low-E) και τα μονωμένα πλαίσια χρησιμοποιούνται συνήθως για την ενίσχυση της θερμικής απόδοσης.
- **Προηγμένα συστήματα θέρμανσης αερισμού και κλιματισμού:** Χρησιμοποιούνται συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) υψηλής απόδοσης, όπως συστήματα μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου (VRF), γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ή αντλίες θερμότητας με πηγή αέρα, για να παρέχουν αποτελεσματικό και άνετο έλεγχο του εσωτερικού κλίματος. Τα συστήματα εξαερισμού με ανάκτηση ενέργειας (ERV) ή εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας (HRV) συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των απωλειών ενέργειας κατά τον εξαερισμό.
- **Παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές:** Φωτοβολταϊκά πάνελ, ανεμογεννήτριες ή άλλα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εγκαθίστανται για την παραγωγή καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο. Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν την ηλιακή ή αιολική ενέργεια για να τροφοδοτήσουν το σπίτι και να αντισταθμίσουν την κατανάλωση ενέργειας, οδηγώντας σε μείωση της συνολικής ζήτησης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
- **Παρακολούθηση και διαχείριση ενέργειας:** Τα έξυπνα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης ενέργειας επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες σπιτιού να παρακολουθούν και να βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της παραγωγής ηλιακής ενέργειας και των επιπέδων αποθήκευσης ενέργειας επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.
- **Ενεργειακά αποδοτικές συσκευές και φωτισμός:** Χρησιμοποιούνται ενεργειακά αποδοτικές συσκευές, όπως ψυγεία, πλυντήρια πιάτων,

πλυντήρια ρούχων και φωτιστικά LED, για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αποδοτικός σχεδιασμός του φωτισμού, η αξιοποίηση του φυσικού φωτός μέσω φεγγιτών ή μεγάλων παραθύρων και η εφαρμογή αυτοματοποιημένων ελέγχων φωτισμού ενισχύουν περαιτέρω την ενεργειακή απόδοση.

- **Στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού:** Ενσωματώνονται στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού, όπως ο στρατηγικός προσανατολισμός του κτιρίου, ο φυσικός αερισμός και ο φωτισμός της ημέρας, για να μειωθεί η ανάγκη για μηχανική θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Η μεγιστοποίηση του ηλιακού κέρδους το χειμώνα και η ελαχιστοποίηση του κέρδους ηλιακής θερμότητας το καλοκαίρι μέσω συσκευών σκίασης ή προεξοχών συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών και στρατηγικών συμβάλλει στην επίτευξη μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης στα σπίτια, στη μείωση της εξάρτησης από πηγές ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα και στη σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με παράγοντες όπως η τοποθεσία, το κλίμα, ο προϋπολογισμός και οι διαθέσιμοι πόροι. (Wei Feng,2019)



Εικόνα 4 Αναπαράσταση ενός Κτιρίου Μηδενικής Κατανάλωσης (πηγή: <https://www.green-panel.eu/zero-energy-and-energy-plus-buildings/?lang=el>)

## 2.4 Βασικές αρχές που διέπουν τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης

Οι βασικές αρχές που διέπουν τα κτίρια μηδενικής ενέργειας περιλαμβάνουν:

**Ενεργειακή απόδοση:** Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί το θεμέλιο των κτιρίων μηδενικής ενέργειας. Οι κατασκευές αυτές σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν τη ζήτηση ενέργειας βελτιστοποιώντας τη μόνωση, μειώνοντας τη διαρροή αέρα, χρησιμοποιώντας παράθυρα υψηλής απόδοσης και χρησιμοποιώντας ενεργειακά αποδοτικές συσκευές και συστήματα φωτισμού. Ενεργειακά αποδοτικές αρχές σχεδιασμού, όπως ο παθητικός ηλιακός σχεδιασμός, ο φωτισμός ημέρας και ο φυσικός αερισμός, ενσωματώνονται επίσης για τη μείωση της ανάγκης για τεχνητή θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. (Energy.gov,2022)

**Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δίνουν έμφαση στην ενσωμάτωση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των υπόλοιπων ενεργειακών αναγκών μετά την εφαρμογή των μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Αυτό συχνά περιλαμβάνει την εγκατάσταση

ηλιακών φωτοβολταϊκών (PV) πάνελ, ανεμογεννητριών, γεωθερμικών συστημάτων ή άλλων τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας επί τόπου. Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και, σε ορισμένες περιπτώσεις, θερμότητας για το κτίριο.

**Παρακολούθηση και διαχείριση της ενέργειας:** Για να επιτευχθεί και να διατηρηθεί η κατάσταση μηδενικής ενέργειας, τα κτίρια μηδενικής ενέργειας χρησιμοποιούν προηγμένα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης της ενέργειας. Τα συστήματα αυτά παρακολουθούν και αναλύουν τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας, επιτρέποντας στους ενοίκους και τους διαχειριστές του κτιρίου να εντοπίζουν ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας και να βελτιστοποιούν τη χρήση ενέργειας. Η παρακολούθηση της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο συμβάλει στη διασφάλιση ότι η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αντιστοιχεί ή υπερβαίνει την ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου.

**Αποθήκευση ενέργειας και αλληλεπίδραση με το δίκτυο:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας συχνά ενσωματώνουν λύσεις αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες ή συστήματα θερμικής αποθήκευσης, για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται σε περιόδους υψηλής παραγωγής για μεταγενέστερη χρήση όταν η ζήτηση υπερβαίνει την παραγωγή. Επιπλέον, τα κτίρια αυτά μπορούν να συνδεθούν με το ηλεκτρικό δίκτυο, επιτρέποντάς τους να εξάγουν πλεονάζουσα ενέργεια όταν παράγουν περισσότερη από όση καταναλώνουν και να εισάγουν ενέργεια σε περιόδους χαμηλής παραγωγής ή υψηλής ζήτησης.

**Ολιστική προσέγγιση σχεδιασμού:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας υιοθετούν μια ολιστική προσέγγιση σχεδιασμού που εξετάζει την αλληλεπίδραση διαφόρων στοιχείων, όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου, ο σχεδιασμός του κελύφους, τα συστήματα HVAC (θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού), ο φωτισμός και η συμπεριφορά των χρηστών. Με την απρόσκοπτη ενσωμάτωση αυτών των στοιχείων και τη βελτιστοποίηση της απόδοσής τους, τα κτίρια μηδενικής ενέργειας μεγιστοποιούν την ενεργειακή απόδοση και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι βασικές αρχές των κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας αντικατοπτρίζουν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του βιώσιμου σχεδιασμού και της ενεργειακής διαχείρισης. Τα κτίρια αυτά προσπαθούν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του

θερμοκηπίου, να ελαχιστοποιήσουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και να συμβάλλουν σε ένα πιο βιώσιμο και ανθεκτικό δομημένο περιβάλλον ενόψει της κλιματικής κρίσης.(A.J Marszal,2011)



Εικόνα 5 Πιστοποιητικό ενεργειακής κλάσης κτιρίου (πηγή: [https://www.pbctoday.co.uk/news/wp-content/uploads/2022/09/dreamstime\\_xxl\\_235951648.jpg](https://www.pbctoday.co.uk/news/wp-content/uploads/2022/09/dreamstime_xxl_235951648.jpg))

## **2.5 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και προώθηση της ενεργειακής ανεξαρτησίας**

Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, προσφέροντας τα ακόλουθα βασικά οφέλη στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην προώθηση της ενεργειακής ανεξαρτησίας.

**Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα:** Η λειτουργία των κτιρίων αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως μέσω της κατανάλωσης ενέργειας. Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας μειώνουν σημαντικά ή εξαλείφουν την εξάρτηση από πηγές ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, ελαχιστοποιώντας έτσι τις σχετικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Με την ενσωμάτωση ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συστημάτων διαχείρισης ενέργειας, τα κτίρια μηδενικής

κατανάλωσης ενέργειας μπορούν να επιτύχουν ουδετερότητα ως προς τον άνθρακα ή ακόμη και να γίνουν καθαροί συνεισφέροντες καθαρής ενέργειας στο δίκτυο, συμβάλλοντας στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

**Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας χρησιμεύουν ως βιτρίνες για την αποτελεσματική ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ, ανεμογεννήτριες ή γεωθερμικά συστήματα. Αξιοποιώντας αυτές τις καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας μειώνουν την εξάρτηση από τα παραδοσιακά ενεργειακά δίκτυα που τροφοδοτούνται από ορυκτά καύσιμα. Αυτό προωθεί τη μετάβαση προς ένα βιώσιμο ενεργειακό μείγμα και επιταχύνει την ανάπτυξη υποδομών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδηγώντας σε μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

**Ενεργειακή ανεξαρτησία και ανθεκτικότητα:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας επιδιώκουν να παράγουν τόση ενέργεια όση καταναλώνουν, επιτρέποντας στους ενοίκους να επιτύχουν υψηλό βαθμό ενεργειακής αυτάρκειας. Παράγοντας τη δική τους ενέργεια επιτόπου, τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας είναι λιγότερο ευάλωτα στις διακυμάνσεις των τιμών της ενέργειας και στις διαταραχές του εφοδιασμού. Αυτό ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ανθεκτικότητα, ιδίως σε περίπτωση φυσικών καταστροφών ή βλαβών του δικτύου, εξασφαλίζοντας συνεχή πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια και μειώνοντας τις επιπτώσεις των διαταραχών που σχετίζονται με την ενέργεια στα άτομα και τις κοινότητες.

**Ενεργειακή αποδοτικότητα και εξοικονόμηση ενέργειας:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δίνουν προτεραιότητα στην ενεργειακή αποδοτικότητα ως θεμελιώδη αρχή. Μέσω του προηγμένου σχεδιασμού του κελύφους του κτιρίου, των αποδοτικών συσκευών και συστημάτων φωτισμού και των έξυπνων στρατηγικών διαχείρισης της ενέργειας, τα κτίρια αυτά ελαχιστοποιούν την ενεργειακή σπατάλη και βελτιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η εστίαση στην ενεργειακή απόδοση όχι μόνο μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά μειώνει και τους λογαριασμούς ενέργειας για τους ενοίκους, καθιστώντας τη βιώσιμη διαβίωση πιο προσιτή.

**Επίδειξη και μετασχηματισμός της αγοράς:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας χρησιμεύουν ως ισχυρά έργα επίδειξης, παρουσιάζοντας τη σκοπιμότητα και τα οφέλη του βιώσιμου και ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού. Καθώς αυτά τα κτίρια γίνονται πιο διαδεδομένα και προσιτά, εμπνέουν και εκπαιδεύουν την ευρύτερη κοινότητα, συμπεριλαμβανομένων των αρχιτεκτόνων, των κατασκευαστών, των φορέων χάραξης πολιτικής και των ιδιοκτητών σπιτιού, σχετικά με τις δυνατότητες των βιώσιμων κτιριακών πρακτικών. Προωθώντας τον μετασχηματισμό της αγοράς, τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών και λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ολόκληρο τον κτιριακό τομέα, οδηγώντας σε σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ευρύτερη κλίμακα. (Lorenzo Belussi,2019)

## **2.6 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και απαλλαγή από εκπομπές άνθρακα**

Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έχουν σημαντικές δυνατότητες να συμβάλλουν στην απαλλαγή του δομημένου περιβάλλοντος από τις ανθρακούχες εκπομπές. Ακολουθούν ορισμένοι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη αυτού του στόχου:

**Μείωση της ενεργειακής ζήτησης:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δίνουν προτεραιότητα στην ενεργειακή απόδοση μέσω προηγμένων τεχνικών και τεχνολογιών σχεδιασμού. Με τη βελτιστοποίηση της μόνωσης, την ελαχιστοποίηση των διαρροών αέρα και τη χρήση αποδοτικών συσκευών και συστημάτων φωτισμού, τα κτίρια αυτά μειώνουν σημαντικά τη ζήτηση ενέργειας. Αυτή η μείωση της ενεργειακής ζήτησης μεταφράζεται άμεσα σε χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, συμβάλλοντας έτσι στην απαλλαγή του δομημένου περιβάλλοντος από τις ανθρακούχες εκπομπές. (European Commission,2019)

**Μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ενσωματώνουν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ ή ανεμογεννήτριες, για την παραγωγή καθαρής ενέργειας επί τόπου. Με την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο, τα κτίρια αυτά μειώνουν την εξάρτηση από την ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο που βασίζεται σε



ορυκτά καύσιμα. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επιτρέπει την απαλλαγή από τον άνθρακα του ενεργειακού εφοδιασμού του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς η καθαρή ενέργεια αντικαθιστά τις συμβατικές πηγές ενέργειας με υψηλό αποτύπωμα άνθρακα.(European Commision,2019)

**Αλληλεπίδραση δικτύου και κοινή χρήση ενέργειας:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας μπορούν να συνδεθούν με το ηλεκτρικό δίκτυο, επιτρέποντας την αμφίδρομη ροή ενέργειας. Σε περιόδους πλεονάζουσας παραγωγής ενέργειας, τα κτίρια αυτά μπορούν να παρέχουν πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο, μειώνοντας την ανάγκη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές. Αυτή η δυνατότητα διαμοιρασμού ενέργειας υποστηρίζει την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο και προωθεί την απαλλαγή του συνολικού ενεργειακού συστήματος από τις ανθρακούχες εκπομπές.(European Commision,2019)

**Ενθάρρυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Η ευρεία υιοθέτηση κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δημιουργεί αυξανόμενη ζήτηση για τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτή η αυξημένη ζήτηση μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη υποδομών ανανεώσιμης ενέργειας, όπως ηλιακά και αιολικά πάρκα, σε μεγαλύτερη κλίμακα. Καθώς κατασκευάζονται περισσότερα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, προωθείται μια υποστηρικτική αγορά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, επιταχύνοντας την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές του δομημένου περιβάλλοντος και του ευρύτερου ενεργειακού τομέα. (European Commision,2019)

**Επηρεάζει τους κώδικες και τα πρότυπα δόμησης:** Τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας χρησιμεύουν ως παραδείγματα ενεργειακά αποδοτικού και βιώσιμου σχεδιασμού. Η επιτυχία και οι επιδόσεις τους μπορούν να επηρεάσουν τους οικοδομικούς κώδικες και τα πρότυπα, οδηγώντας στην υιοθέτηση αυστηρότερων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης στις κατασκευαστικές πρακτικές. Με την προώθηση αυστηρότερων κανονισμών και προτύπων, τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας συμβάλλουν στην απαλλαγή του δομημένου περιβάλλοντος από τις ανθρακούχες εκπομπές, διασφαλίζοντας ότι όλα τα νέα κτίρια πληρούν υψηλότερους στόχους ενεργειακής απόδοσης όπως και έγινε με το άρθρο 9 ν.4122/2013 ότι από 1.1.2021 πρέπει τα νέα κτίρια να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης βάση του ΥΠΕΝ με ΦΕΚ του 2018. (ΥΠΕΝ,2018)

**Απόδειξη της οικονομικής βιωσιμότητας:** Καθώς το κόστος των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεχίζει να μειώνεται, τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας αναδεικνύουν την οικονομική βιωσιμότητα του βιώσιμου σχεδιασμού και της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα κτίρια αυτά αποδεικνύουν ότι τα ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά και τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να προσφέρουν μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη, όπως μειωμένους λογαριασμούς ενέργειας και αυξημένη αξία ακινήτων. Η οικονομική σκοπιμότητα των κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ενθαρρύνει την ευρύτερη υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών, διευκολύνοντας την απαλλαγή του δομημένου περιβάλλοντος από τις ανθρακούχες εκπομπές. (Construction21,2023)

### 3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Μελέτη Περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά το 16<sup>ο</sup> δημόσιο δημοτικό σχολείο στον Δήμο Κορυδαλλού, επί της οδού Αγίου Γεωργίου 62.



*Εικόνα 6 Δημοτικό σχολείο Κορυδαλλού. Φωτογραφία από την αυτοψία.*

Το δημοτικό σχολείο που βρίσκεται στην περιοχή του Κορυδαλλού είναι ένας δώροφος χώρος με ισόγειο και υπόγειο. Ο υπόγειος χώρος θεωρείται μη θερμενός και φιλοξενεί τον λέβητα φυσικού αερίου. Το κτίριο αποτελείται από πολλά παράθυρα, αν και ορισμένα από αυτά είναι μη ανοιγόμενα.

Η ενεργειακή μελέτη του κτιρίου πραγματοποιήθηκε μέσω αυτοψίας, με σκοπό την καταγραφή των στοιχείων του. Αυτό σημαίνει ότι πραγματοποιήθηκε επιθεώρηση της κατάστασης του κτιρίου και καταγραφή πληροφοριών σχετικά με την ενεργειακή του απόδοση. Με βάση τη καταγραφή αυτή, μπορούν να γίνουν αναλύσεις και προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου μέσω του προγράμματος του ΥΠΕΝ και του ΤΕΕ, το ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ..

Η ύπαρξη πολλών παραθύρων στο κτίριο, αν και μερικά μη ανοιγόμενα, προσφέρει φυσικό φωτισμό και εξαερισμό στους εσωτερικούς χώρους του σχολείου αλλά λόγω

της παλαιότητας του κτιρίου παρατηρήθηκε εισροή αέρα που υποδηλώνει απώλειες ενέργειας είτε σε θέρμανση είτε σε ψύξη.

Για την ανάλυση του κτιρίου και την υποβολή σε ένα κατάλληλο πρόγραμμα αναβάθμισης, όπως το KENAK (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων), απαιτείται η καταγραφή πολλών πτυχών του κτιρίου. Οι κύριες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν:

1. Θερμοπρόσοψη και μόνωση: Πρέπει να καταγραφεί η κατάσταση των εξωτερικών τοίχων, η ύπαρξη θερμοπροσώψεων και η ποιότητα της μόνωσης. Αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, τη μέτρηση των θερμικών γεφυρών και την ανίχνευση πιθανών σημείων απώλειας θερμότητας.
2. Σύστημα θέρμανσης και ψύξης: Πρέπει να αξιολογηθεί το υπάρχον σύστημα θέρμανσης και ψύξης, συμπεριλαμβανομένου του λέβητα φυσικού αερίου που αναφέρεται στην περίπτωση του υπόγειου χώρου. Αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση της κατάστασης και της απόδοσης του συστήματος, καθώς και τη μέτρηση της ενεργειακής του κατανάλωσης.
3. Φωτισμός και εξαερισμός: Πρέπει να αξιολογηθεί η διαρρύθμιση των παραθύρων και η δυνατότητα εισόδου φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους. Αυτό επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση και την ανάγκη για τη χρήση της τεχνητής φωτιστικής. Επιπλέον, πρέπει να αξιολογηθεί ο εξαερισμός του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένου του αερισμού σε κλειστούς χώρους, των εξαεριστήρων και των εξαεριστικών αγωγών.
4. Κουφώματα: Η κατάσταση των κουφωμάτων είναι σημαντική για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Πρέπει να καταγραφεί η κατάσταση των παραθύρων και των πορτών, η ποιότητα της μόνωσης και η αεροστεγάνεια τους. Οι ανεπαρκείς μόνωση και η διαρροή αέρα μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια θερμότητας και αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης, αξίζει να εξεταστεί η δυνατότητα αναβάθμισης των κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικότερα υλικά ή τοποθέτηση θερμοπαραθύρων.
5. Μη θερμαινόμενοι χώροι: Οι μη θερμαινόμενοι χώροι, όπως το υπόγειο που αναφέρεται στην περίπτωση μας, πρέπει να αξιολογηθούν ξεχωριστά. Η καταγραφή τους περιλαμβάνει τον έλεγχο της μόνωσης των τοιχών και του δαπέδου, την επαρκή αεροστεγάνεια, καθώς και την ανίχνευση πιθανών

προβλημάτων υγρασίας και σκόνης. Η αναβάθμιση αυτών των χώρων μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη μόνωσης και την απομόνωσή τους από τον υπόλοιπο θερμαινόμενο χώρο, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας.

6. Εξωτερικές σκιάσεις: Οι εξωτερικές σκιάσεις είναι σημαντικές για τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας του κτιρίου. Αυτές μπορούν να περιλαμβάνουν προστατευτικά στην είσοδο του ήλιου, όπως προσανατολισμένες συστάδες, περσίδες, τέντες ή ηλεκτρονικά συστήματα σκίασης. Η αξιολόγηση των εξωτερικών σκιάσεων πρέπει να περιλαμβάνει την ανάλυση της απόδοσής τους σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία του κτιρίου.

Στο πρώτο σενάριο, θα γίνει αναβάθμιση στη μόνωση και στον φωτισμό. Αυτό θα περιλαμβάνει τη βελτίωση της θερμομονωτικής ικανότητας των εξωτερικών τοίχων και των οροφών και την αναβάθμιση του φωτισμού σε ενεργειακά αποδοτικά συστήματα LED.

Στο δεύτερο σενάριο, πέραν της αναβάθμισης της μόνωσης και του φωτισμού, θα πραγματοποιηθεί επίσης αναβάθμιση στα κουφώματα και το σύστημα θέρμανσης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα, την εγκατάσταση ελεγχόμενων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, και την χρήση ενεργειακά αποδοτικών λύσεων, όπως αντλίες θερμότητας ή συστήματα γεωθερμίας.

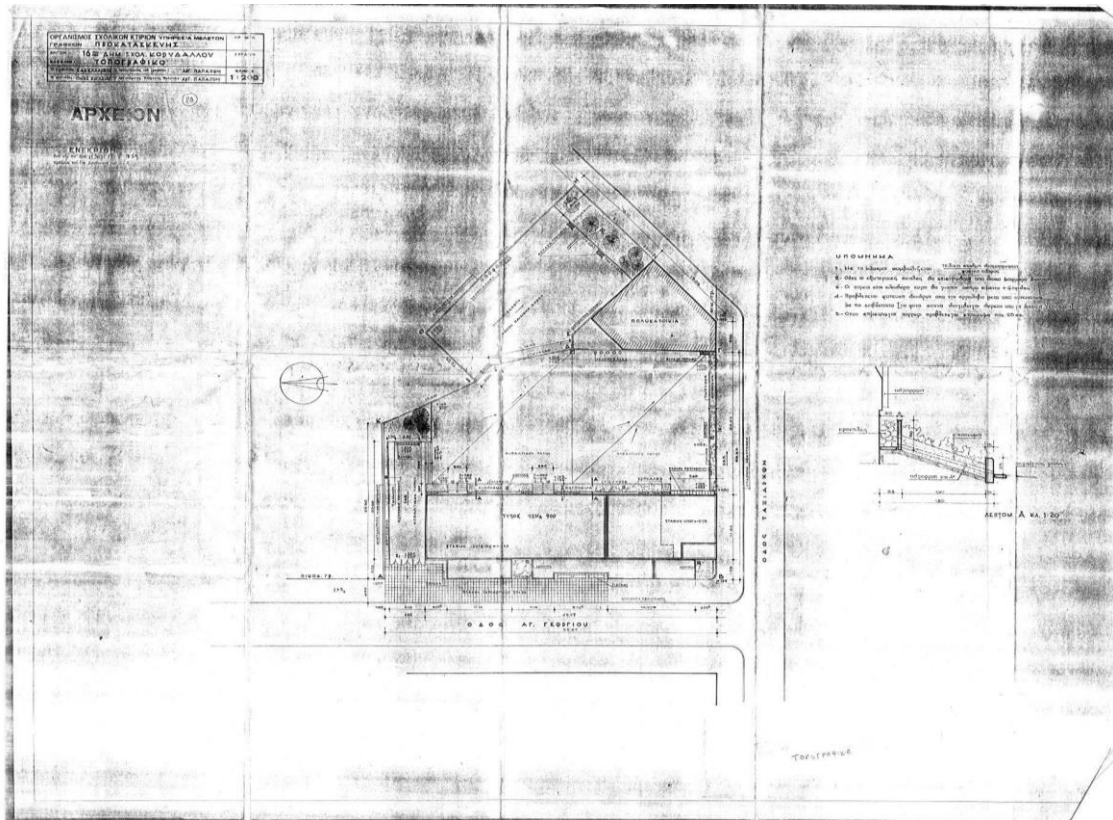
Στο τρίτο σενάριο, θα υλοποιηθούν όλες οι αναβαθμίσεις του δεύτερου σεναρίου, αλλά θα προστεθούν επίσης φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτό σημαίνει ότι θα εγκατασταθούν ηλιακοί συλλέκτες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και στη μείωση της εξάρτησης από τον παραδοσιακό προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την ανάλυση και τη δημιουργία αυτών των τριών σεναρίων, μπορεί να γίνει σύγκριση των ενεργειακών αποδόσεων και των αναμενόμενων οικονομικών οφελών της αναβάθμισης του κτιρίου. Με βάση αυτή την ανάλυση, θα μπορεί να ληφθεί απόφαση για το πιο βέλτιστο σενάριο αναβάθμισης, λαμβάνοντας υπόψη τις

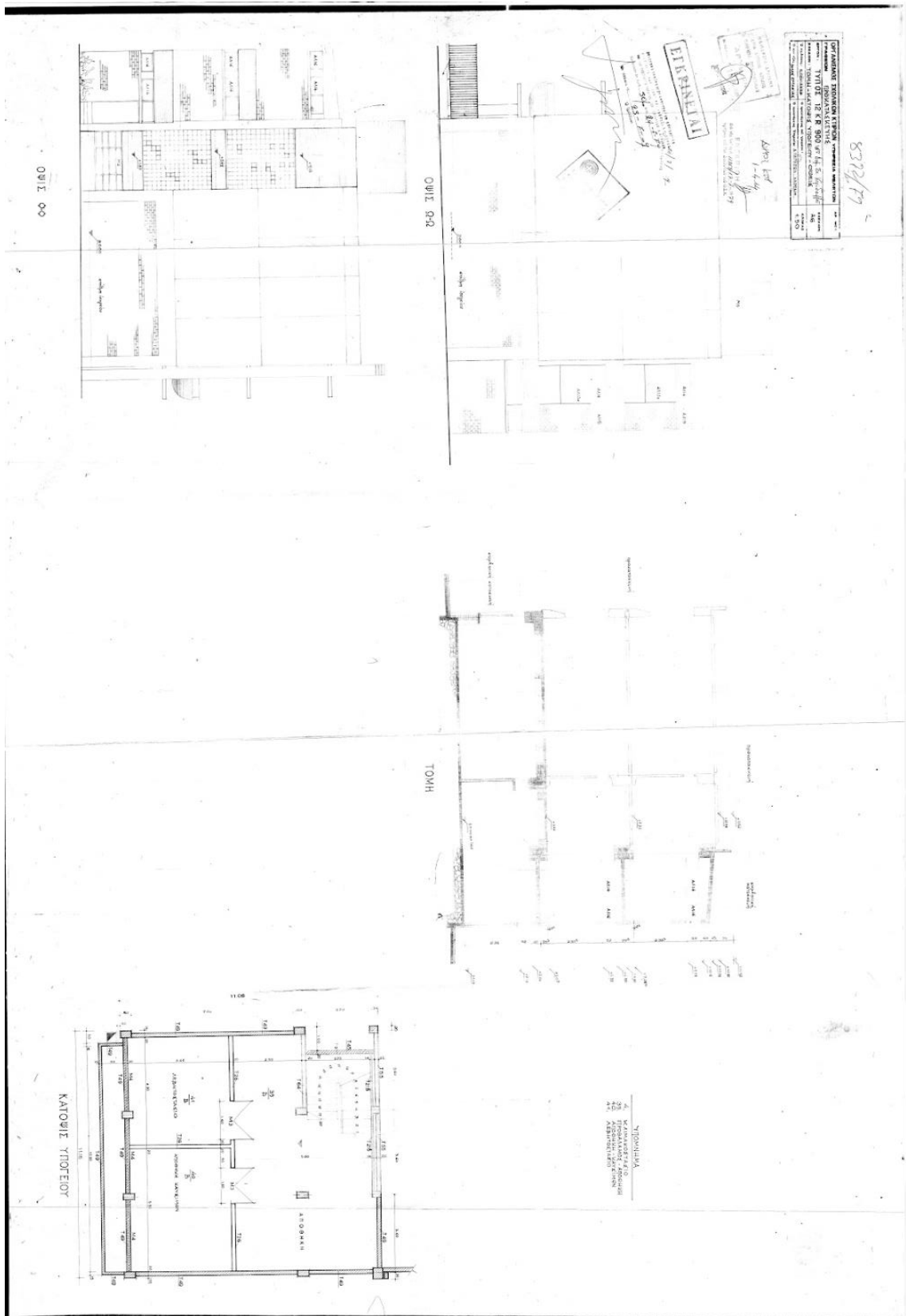
συγκεκριμένες ανάγκες και περιορισμούς του δημοτικού σχολείου στην περιοχή του Κορυδαλλού.

### 3.2 Σχέδια και Κατόψεις

Τα σχέδια του κτιρίου δόθηκαν από τους αρμόδιους του σχολείου και είναι τα εξής:

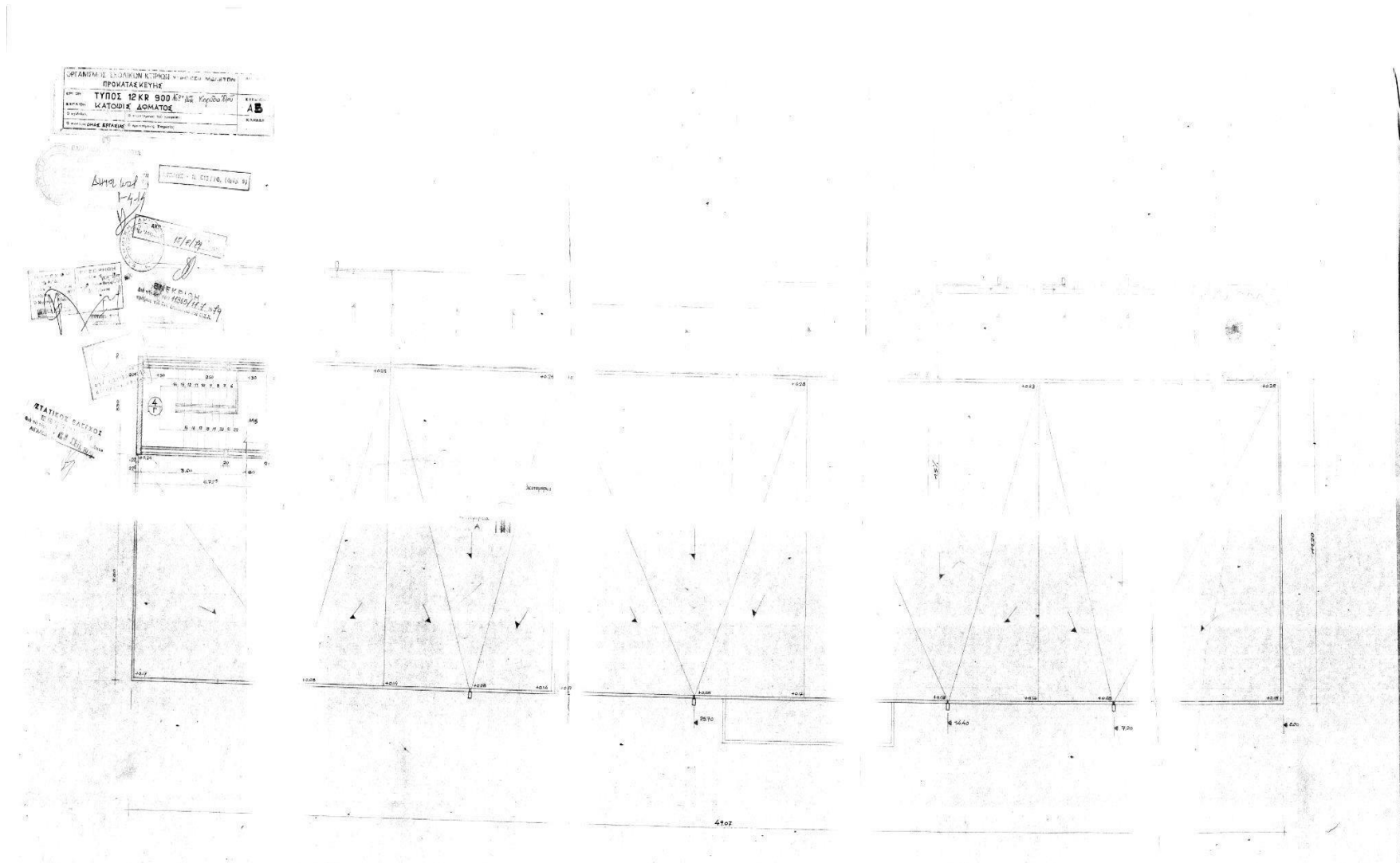


Εικόνα 7 Τοπογραφικό σχέδιο



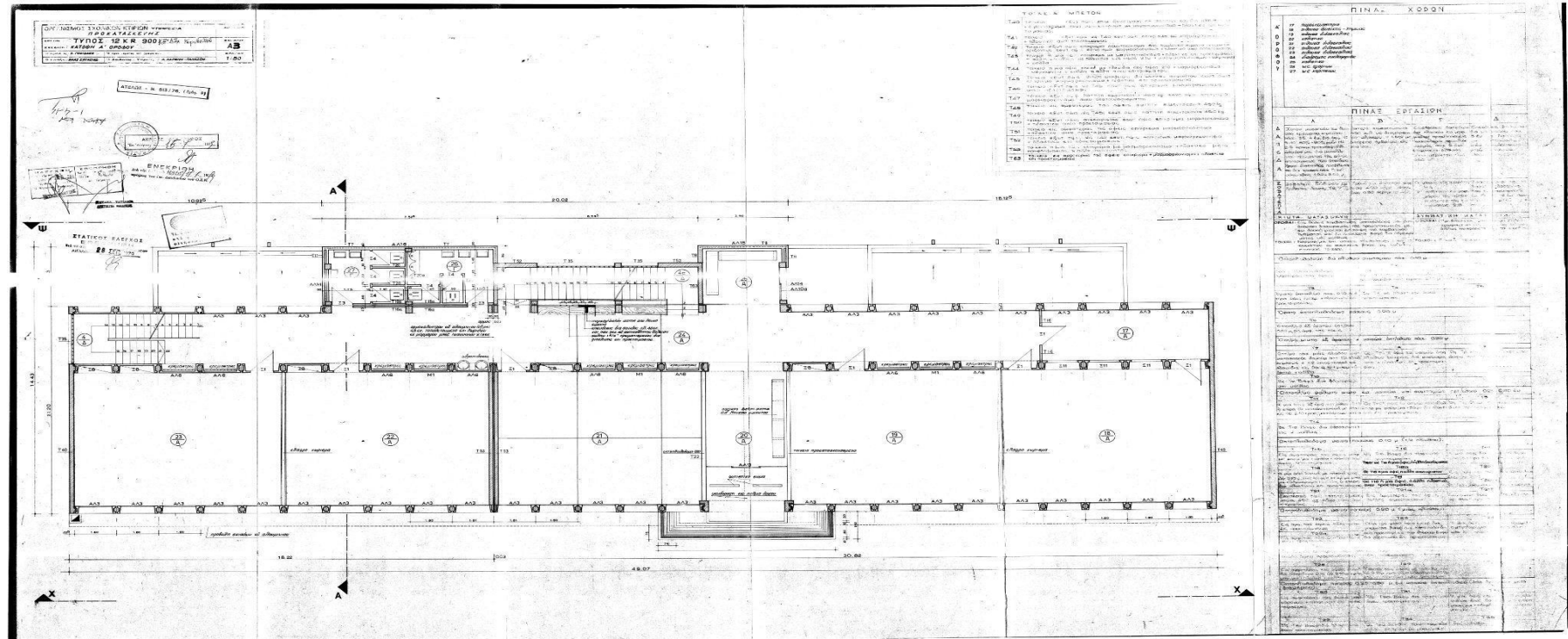
Εικόνα 8 Οψη-τομή κτιρίου



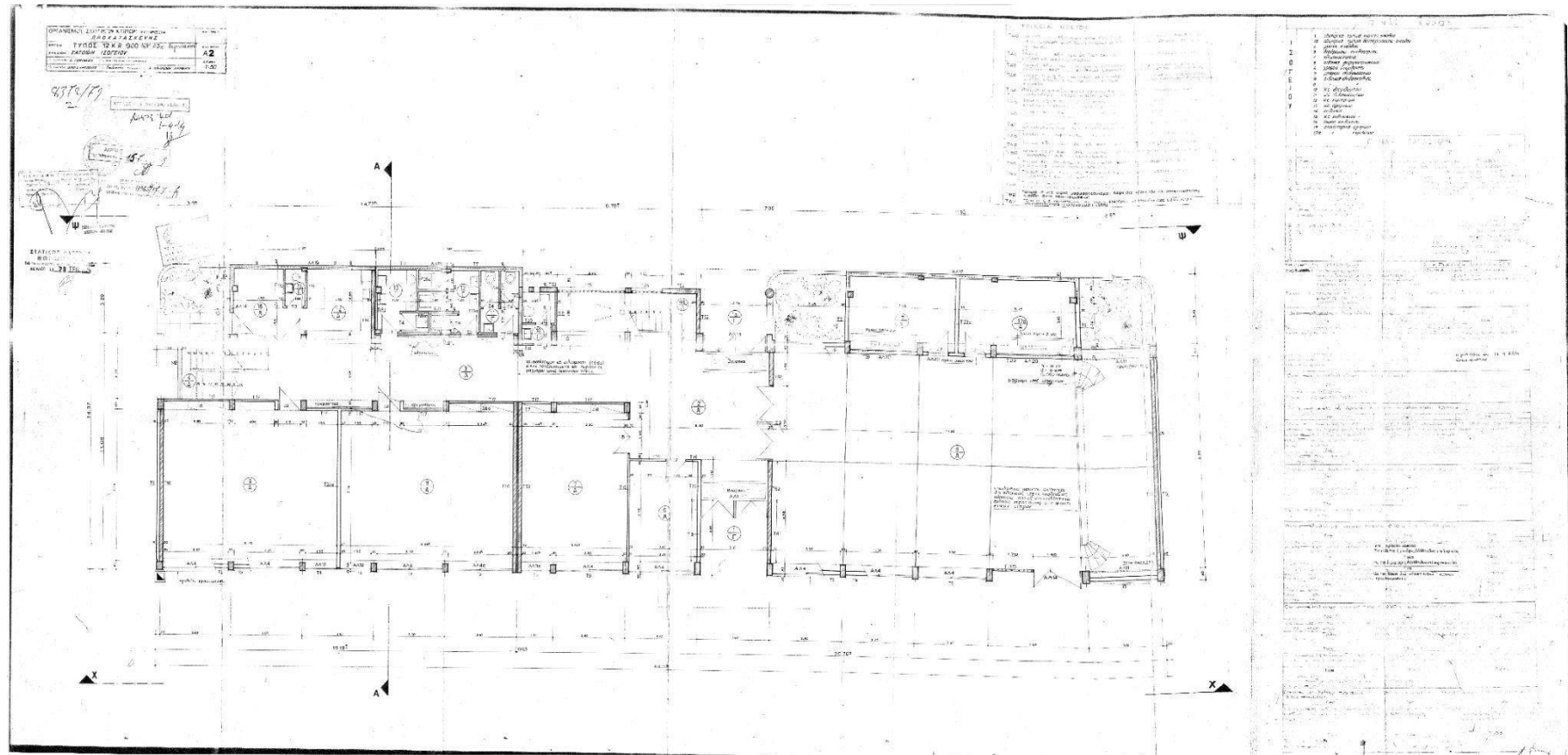


Εικόνα 9 Εικόνα 8 Κάτοψη δώματος

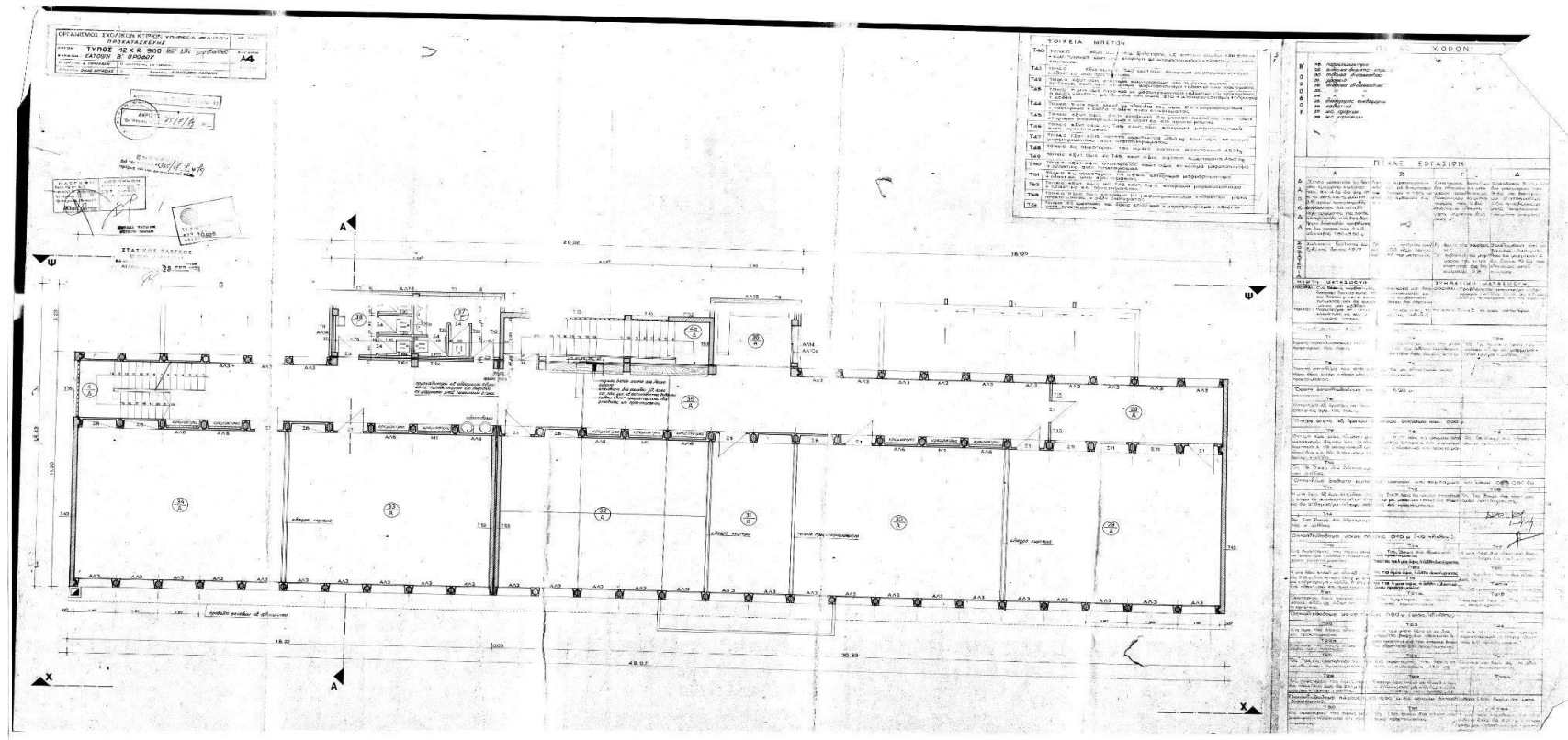




Εικόνα 10 Κάτοψη Α' ορόφου



Εικόνα 11 Κάτοψη Ισογείου

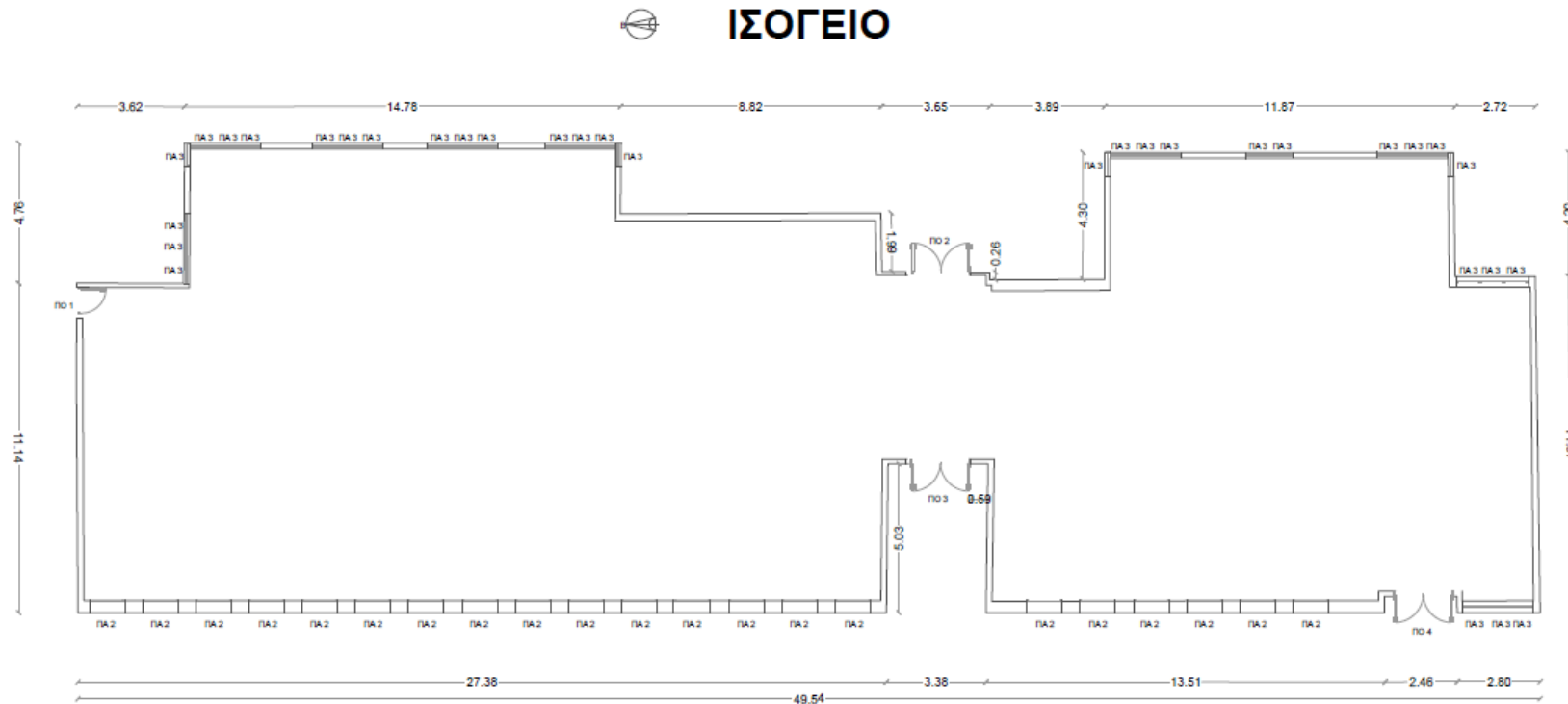


Εικόνα 12 Κάτοψη Β' ορόφου

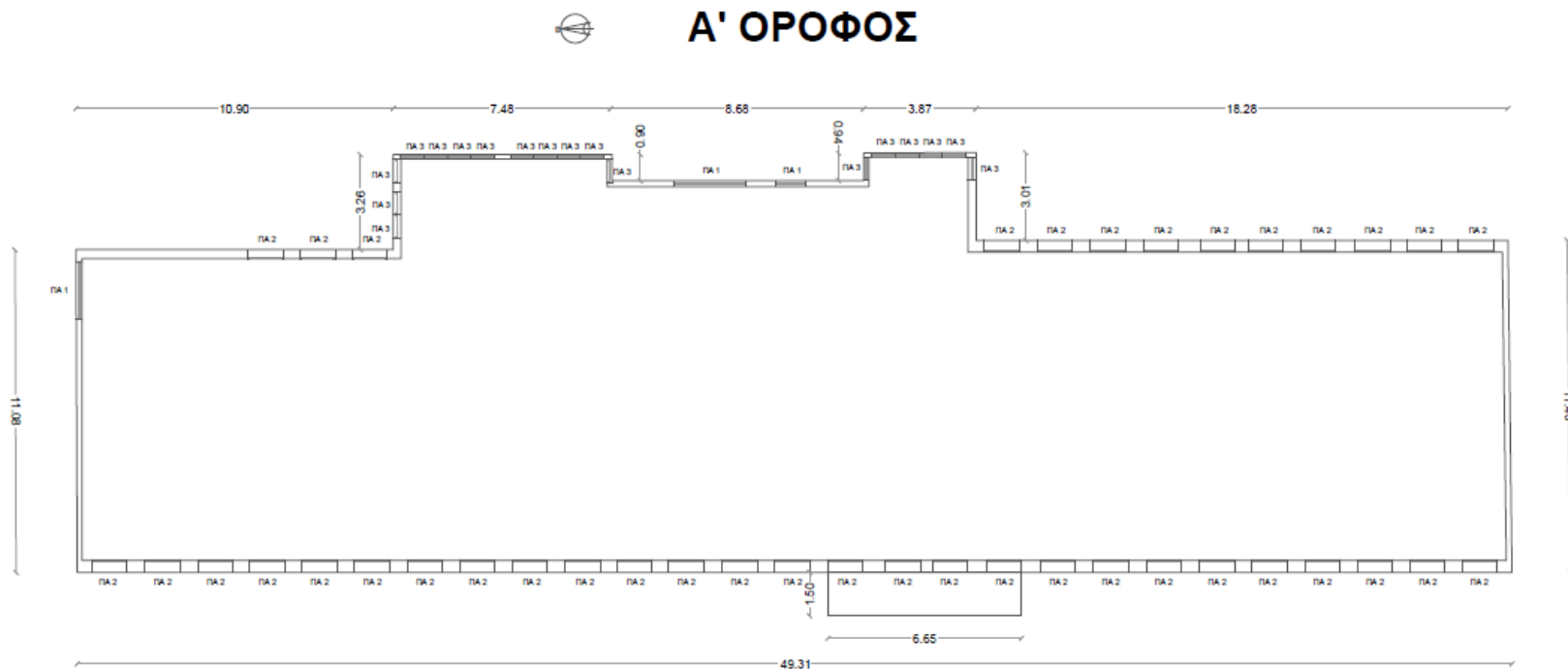




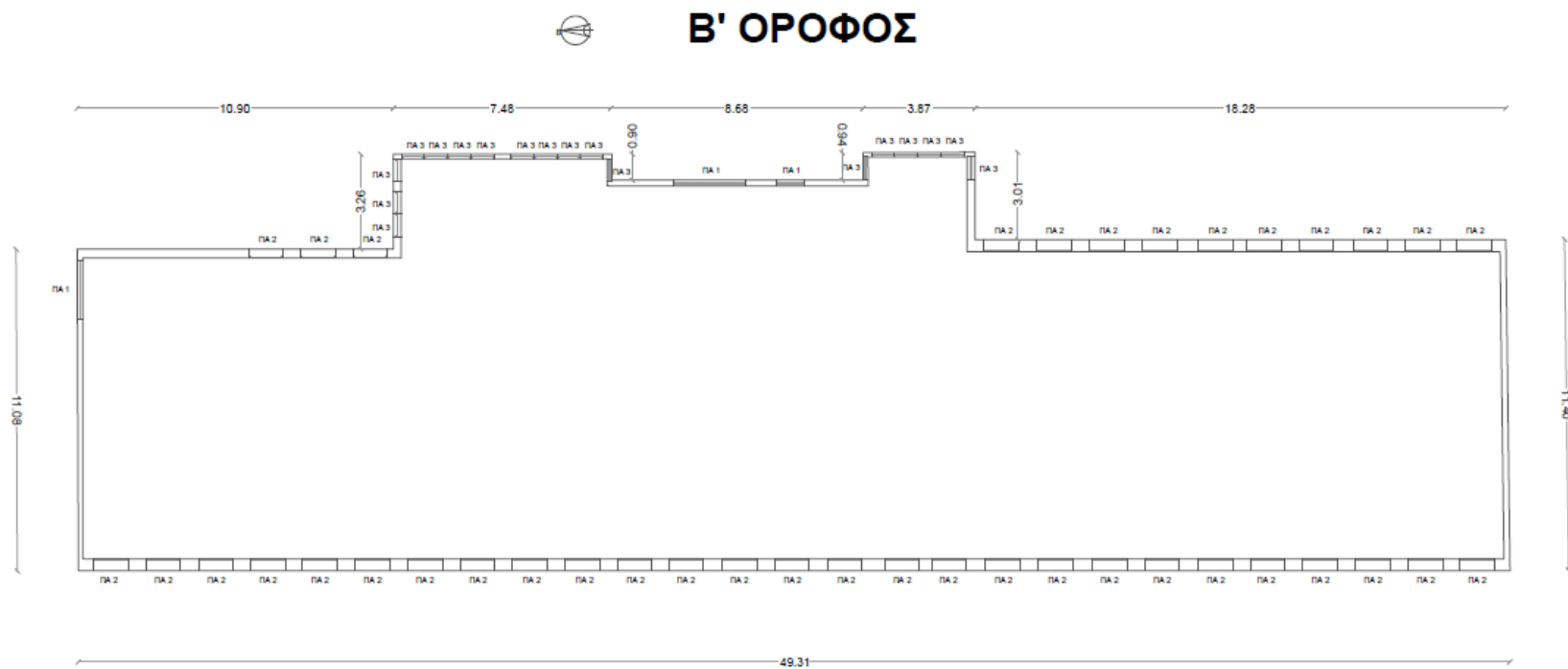
Λόγω όμως ότι ήταν παλιές οι κατόψεις, χρειάστηκε να γίνει απεικόνιση εκ νέου για την καλύτερη κατανόηση τους και ανάλυση τους μέσω του προγράμματος AutoCAD:



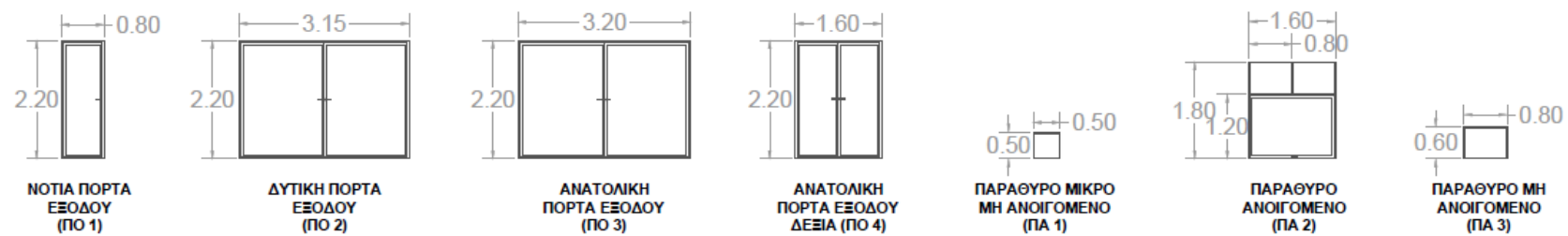
Εικόνα 14 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Ισογείν ορόφου



Εικόνα 15 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Α' ορόφου



Εικόνα 16 Απεικόνιση μέσω του Autocad του Β' ορόφου



Εικόνα 17 Ανάλυση κουφωμάτων μέσω απεικόνισης από το Autocad



Κατά την διάρκεια της αυτοψίας στο κτίριο φωτογραφήθηκε ο χώρος και των στοιχείων που θα επεξεργαστούν στο σύστημα του ΚΕΝΑΚ:



*Εικόνα 18 Κοιφώματα από αυτοψία*





*Εικόνα 19 Λέβητας φυσικού αερίου*





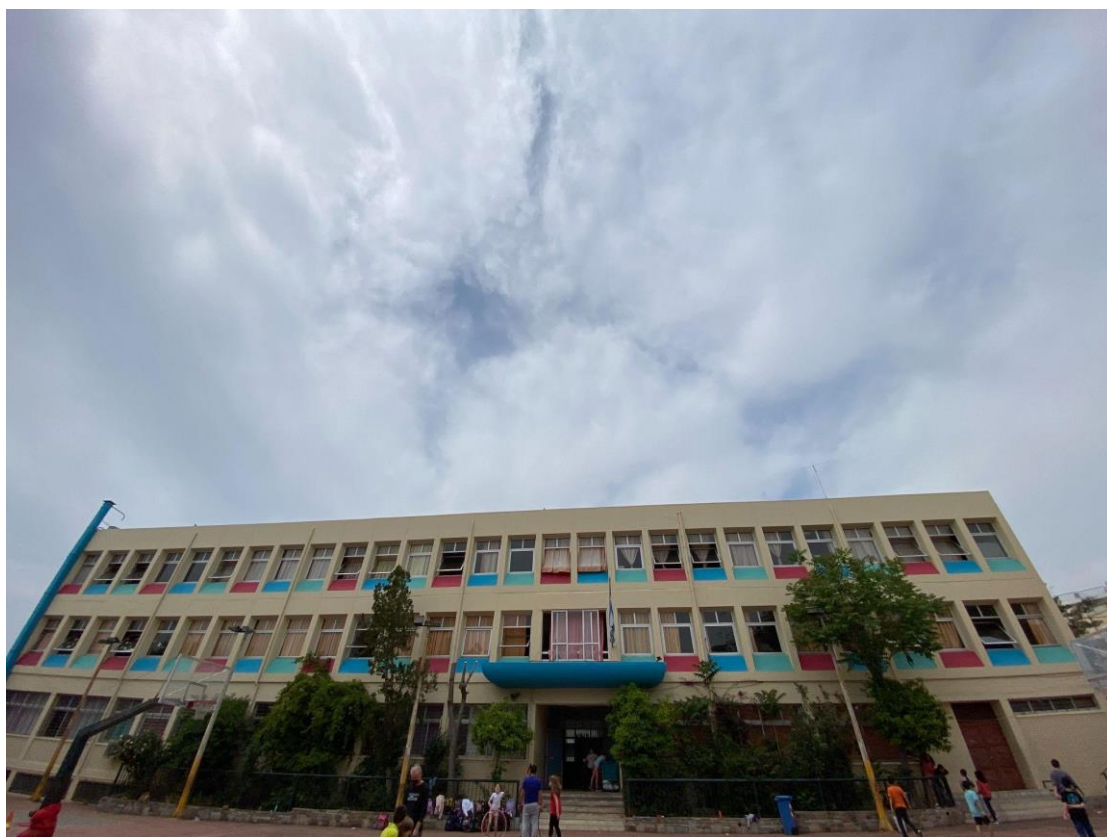
Εικόνα 20 Στοιχεία λέβητα φυσικού αερίου





*Εικόνα 21 Φωτιστικά στις αίθουσες του Δημοτικού*

Οι παρακάτω φωτογραφία αφορούν την **Ανατολική** όψη του δημοτικού σχολείου:



*Εικόνα 22 Ανατολική όψη του κτιρίου*

Οι παρακάτω φωτογραφίες αφορούν την **Δυτική** όψη του δημοτικού σχολείου:



*Εικόνα 23 Δυτική όψη κτιρίου Α'*





*Εικόνα 24 Δυτική όψη κτιρίου Β'*



Οι παρακάτω φωτογραφίες αφορούν την **Βόρεια** όψη του δημοτικού σχολείου:



Εικόνα 25 Βόρεια όψη κτιρίου Α'





*Εικόνα 26 Βόρεια όψη κτιρίου Β'*

Οι παρακάτω φωτογραφία αφορά την **Νότια** όψη του δημοτικού σχολείου:



*Εικόνα 27 Νότια όψη κτιρίου*



Και τέλος η ταράτσα:



*Εικόνα 28 Εικόνα ταράτσας Α'*



*Εικόνα 29 Εικόνα ταράτσας Β'*

Το κτίριο δεν περιβάλλεται από άλλα κτίρια, έτσι έχει εκτεθειμένους όλους τους τοίχους του από όλους τους προσανατολισμούς.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την μελέτη του Δημοτικού Σχολείου, πραγματοποιήθηκαν τρία σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης, τα οποία συμπληρώνουν το ένα το προηγούμενο ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους και να επιλεγθεί το ιδανικότερο σενάριο, με σκοπό την αναβάθμιση του κτιρίου στην κατηγορία A ή A+ και την τελική επιμέτρηση των αλλαγών και των νέων τεχνολογιών που εφαρμόστηκαν, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της αναβάθμισης.

Στο πρώτο σενάριο, πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση στη μόνωση και στον φωτισμό του κτιρίου. Αυτό περιελάμβανε τη βελτίωση της θερμομονωτικής ικανότητας των εξωτερικών τοίχων και των οροφών, καθώς και την αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά συστήματα LED. Μέσω αυτής της αναβάθμισης, επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της απώλειας θερμότητας και της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

Στο δεύτερο σενάριο, πραγματοποιήθηκε επιπλέον αναβάθμιση στα κουφώματα και στο σύστημα θέρμανσης. Αυτό περιλαμβάνει την αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα, την εγκατάσταση ελεγχόμενων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, όπως αντλίες θερμότητας ή συστήματα γεωθερμίας. Με αυτές τις αλλαγές, επιτεύχθηκε ακόμη μεγαλύτερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της απώλειας θερμότητας, βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

Στο τρίτο σενάριο, προστέθηκαν και φωτοβολταϊκά συστήματα στην αναβάθμιση. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Με την προσθήκη των φωτοβολταϊκών συστημάτων, το κτίριο μπορεί να γίνει αυτόνομο από ενεργειακή άποψη, με τη δυνατότητα παραγωγής της δικής του ηλεκτρικής ενέργειας.

Μετά την υλοποίηση των αναβαθμίσεων σε κάθε σενάριο, πραγματοποιήθηκε η τελική επιμέτρηση των αλλαγών και των νέων τεχνολογιών που τοποθετήθηκαν. Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης, της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθώς και την εκτίμηση του αναμενόμενου κόστους και της αποτίμησης των επενδύσεων. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, μπορεί να γίνει η τελική απόφαση για το ποιο σενάριο αναβάθμισης είναι το πλέον οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικό για το Δημοτικό Σχολείο.

#### **4.1 Υπάρχων Κτίριο**

Το κτίριο αποτελείται από συνολική επιφάνεια 1937.13 m<sup>2</sup> με εκτεθειμένες πλευρές σε όλους τους προσανατολισμούς του κτιρίου.

Ο προσανατολισμός των τοίχων είναι:

- 0 για τον Βόρειο τοίχο ,
- 90 Ανατολικός τοίχος ,
- 180 Νότιος Τοίχος
- και 270 Δυτικός τοίχος.

Τα γενικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τις τιμές θερμοπερατότητας είναι βάση του ΚΕΝΑΚ 2010 - ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 (παράρτημα-εικόνα 47) .

Λόγω του ότι το υπολογιστικό πρόγραμμα του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ δεν μπορεί να δεχθεί όλο των αριθμών των παραθύρων, έτσι σε κάθε προσανατολισμό των τοίχων και οροφών αθροίζεται η συνολική επιφάνεια των παραθύρων.

*Πίνακας 1 Αδιαφανή στοιχεία κτιρίου, προσανατολισμός, διεύθυνση, επιφάνεια*

A/A	Περιγραφή	γ	β	E
1	Ανατολική Όψη Ισόγειο	90	90	40,32
2	Ανατολική Όψη Ισόγειο	90	90	22,08
3	Ανατολική Όψη Πρωτος	90	90	51,84
4	Ανατολική Όψη Πρωτος	90	90	24,00
5	Ανατολική Όψη Δεύτερος	90	90	51,84
6	Ανατολική Όψη Δεύτερος	90	90	25,92
7	Δυτική Όψη Ισόγειο	270	90	10,08
9	Δυτική Όψη Πρωτος	270	90	24,96
10	Δυτική Όψη Πρωτος	270	90	16,32

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

11	Δυτική Όψη Δεύτερος	270	90	24,96
12	Δυτική Όψη Δεύτερος	270	90	15,84

Αναλύοντας και την τοιχοποιία του κτιρίου έχουμε τις εξής αναλύσεις όπου μετρήθηκε το συνολικό εμβαδόν των τοίχων και αφαιρώντας τα κουφώματα και με τον συντελεστή σκυροδέματος 20% βάση του ΚΕΝΑΚ υπολογίζεται το τελικό U των τοίχων.

Πίνακας 2 Πίνακας ανάλυσης και αποτίμησης των χαρακτηριστικών των αδιαφανών στοιχείων του Δημοτικού

<b>Τοιχοποιία</b>									
		Πλάτος	Ύψος	A	Συντ. σκ.	A σκ.	A τοιχ.	A Κουφ.	A καθ.*
1	Τοίχος Ανατολικός Πρώτος	49,02	3,66	179,41	20%	20,71	82,86	75,84	103,57
2	Τοίχος Ανατολικός Δεύτερος	49,02	3,66	179,41	20%	20,33	81,32	77,76	101,65
3	Τοίχος Ανατολικός Ισόγειο	49,02	3,66	179,41	20%	21,99	87,98	69,44	109,97
4	Τοίχος Δυτικός Πρώτος	49,07	3,66	179,60	20%	27,66	110,6 5	41,28	138,32
5	Τοίχος Δυτικός Δεύτερος	49,07	3,66	179,60	20%	27,76	111,0 4	40,80	138,80
6	Τοίχος Δυτικός Ισόγειο	45,71	3,66	167,30	20%	30,96	123,8 5	12,48	154,82
7	Τοίχος Βόρειος 1	9,88	9,71	95,93	20%	19,19	76,75	0,00	95,93
8	Τοίχος Βόρειος 2	3,29	9,71	31,95	20%	6,39	25,56	0,00	31,95
9	Τοίχος Βόρειος 3	3,23	7,24	23,39	20%	4,39	17,56	1,44	21,95
10	Τοίχος Βόρειος 4	1,00	7,24	7,24	20%	1,26	5,02	0,96	6,28
11	Τοίχος Νότιος 1	11,08	9,71	107,59	20%	18,47	73,87	15,25	92,34
12	Τοίχος Νότιος 2	3,23	7,24	23,39	20%	4,39	17,56	1,44	21,95
13	Τοίχος Νότιος 3	3,23	3,66	11,82	20%	1,92	7,70	2,20	9,62
14	Τοίχος Νότιος 4	1,00	7,24	7,24	20%	1,26	5,02	0,96	6,28
15	Κλιμακοστάσιο εισόδου	14,15	9,71	105,55	20%	17,86	71,44	16,25	89,30
16	Κλιμακοστάσιο	8,40	9,71	81,56	20%	15,12	60,48	5,97	75,59
17	Δυτική Πόρτα εξόδου	3,15	2,20	6,93	100%	6,93	0,00	0,00	6,93
18	Ανατολική Πόρτα εξόδου δεξιά	1,60	2,20	3,52	100%	3,52	0,00	0,00	3,52
19	Ανατολική Πόρτα εξόδου	3,20	2,20	7,04	100%	7,04	0,00	0,00	7,04
20	Νότια Πόρτα εξόδου	0,80	2,20	1,76	100%	1,76	0,00	0,00	1,76
21	Οροφή	600,64	1,00	600,64	100%	600,6 4	0,00	0,00	600,64
22	Δάπεδο πάνω από ΜΘΧ	165,30	1,80	297,54	100%	297,5 4	0,00	0,00	297,54
23	Υπόγειο εδαφος+εδαφος	661,83	1,00	661,83	100%	661,8	0,00	0,00	661,83

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

	ισογειου					3			
24	ΜΘΧ τοιχος αριστερά	5,40	9,71	52,43	20%	10,49	41,95	0,00	52,43
25	ΜΘΧ τοιχος κεντρικο	12,59	6,72	84,60	20%	16,92	67,68	0,00	84,60
26	ΜΘΧ τοιχος κεντρικο ισογειου	10,59	3,66	38,76	20%	7,75	31,01	0,00	38,76

Πίνακας 3 Πίνακας επεξεργασίας των αδιαφανών στοιχείων του Δημοτικού

	Α σκ.	Υ σκ	Ατοιχ	Υτοιχ	Ασυν	Υ
1	20,71	3,4	82,86	2,2	103,57	2,44
2	20,33	3,4	81,32	2,2	101,65	2,44
3	21,99	3,4	87,98	2,2	109,97	2,44
4	27,66	3,4	110,65	2,2	138,32	2,44
5	27,76	3,4	111,04	2,2	138,80	2,44
6	30,96	3,4	123,85	2,2	154,82	2,44
7	19,19	3,4	76,75	2,2	95,93	2,44
8	6,39	3,4	25,56	2,2	31,95	2,44
9	4,39	3,4	17,56	2,2	21,95	2,44
10	1,26	3,4	5,02	2,2	6,28	2,44
11	18,47	3,4	73,87	2,2	92,34	2,44
12	4,39	3,4	17,56	2,2	21,95	2,44
13	1,92	3,4	7,70	2,2	9,62	2,44
14	1,26	3,4	5,02	2,2	6,28	2,44
15	17,86	3,4	71,44	2,2	89,30	2,44
16	15,12	3,4	60,48	2,2	75,59	2,44
17	6,93	2,7	0,00	2,2	6,93	2,7
18	3,52	2,7	0,00	2,2	3,52	2,7
19	7,04	2,7	0,00	2,2	7,04	2,7
20	1,76	2,7	0,00	2,2	1,76	2,7
21	600,64	3,07	0,00	2,2	600,64	3,07
22	297,54	2	0,00	2,2	297,54	2
23	661,83	3,1	0,00	2,2	661,83	3,1
24	10,49	2,7	41,95	2,2	52,43	2,3
25	16,92	2,7	67,68	2,2	84,60	2,3
26	7,75	2,7	31,01	2,2	38,76	2,3

Έπειτα υπολογίστηκαν οι συντελεστές σκίασης για τους τοίχους βάση των παραπάνω στοιχείων αλλά και με τις αποστάσεις ορίζοντα , τα ύψη ορίζοντα αλλά και τις αποστάσεις των πλευρικών αποστάσεων και πλατών των σκιάστρων που μπορεί να υπάρξουν.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Πίνακας 4 Επεξεργασία των στοιχείων των αδιαφανών στοιχείων

Αδιαφανή										
A/A	Περιγραφή	γ	β	Πλάτος	Υψος	ΥΟ	ΑΟ	Πρόβολος	ΠΠΑ	ΠΠΔ
1	Τοίχος Ανατολικός Πρώτος	90,00	90,00	49,02	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Τοίχος Ανατολικός Δεύτερος	90,00	90,00	49,02	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Τοίχος Ανατολικός Ισόγειο	90,00	90,00	49,02	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Τοίχος Δυτικός Πρώτος	270,00	90,00	49,07	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Τοίχος Δυτικός Δεύτερος	270,00	90,00	49,07	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Τοίχος Δυτικός Ισόγειο	270,00	90,00	45,71	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Τοίχος Βόρειος 1	0,00	90,00	9,88	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Τοίχος Βόρειος 2	0,00	90,00	3,29	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Τοίχος Βόρειος 3	0,00	90,00	3,23	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Τοίχος Βόρειος 4	0,00	90,00	1,00	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Τοίχος Νότιος 1	180,00	90,00	11,08	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Τοίχος Νότιος 2	180,00	90,00	3,23	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Τοίχος Νότιος 3	180,00	90,00	3,23	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Τοίχος Νότιος 4	180,00	90,00	1,00	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	Κλιμακοστασιο εισόδου	180,00	90,00	14,15	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Κλιμακοστασιο	270,00	90,00	8,40	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	Δυτική Πόρτα εξόδου	270,00	90,00	3,15	2,20	0,00	0,00	3,29	3,29	3,29
18	Ανατολική Πόρτα εξόδου δεξιά	90,00	90,00	1,60	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	Ανατολική Πόρτα εξόδου	90,00	90,00	3,20	2,20	0,00	0,00	3,50	3,50	3,50
20	Νότια Πόρτα εξόδου	180,00	90,00	0,80	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Οροφή	0,00	0,00	724,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

22	Δάπεδο πανω από ΜΘΧ	0,00	0,00	165,30	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	Υπόγειο εδαφος+εδαφος ισογείου	0,00	0,00	661,83	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	ΜΘΧ τοιχος αριστερά	0,00	0,00	5,40	9,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	ΜΘΧ τοιχος κεντρικο	0,00	0,00	12,59	6,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	ΜΘΧ τοιχος κεντρικο ισογείου	0,00	0,00	10,59	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 5 Επιφάνεια, θερμοπερατότητα και σκιάσεις των αδιαφανών στοιχείων

A	U	Fhor h	Fhor c	Fov h	Fov c	Ffin h	Ffin c
103,57	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
101,65	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
109,97	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
138,32	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
138,80	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
154,82	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
95,93	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
31,95	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
21,95	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
6,28	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
92,34	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
21,95	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
9,62	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
6,28	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
89,30	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
75,59	2,44	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
6,93	2,70	1,00	1,00	0,42	0,37	0,67	0,855
3,52	2,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
7,04	2,70	1,00	1,00	0,40	0,36	0,64	0,855
1,76	2,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
600,64	3,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
297,54	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
661,83	3,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
52,43	2,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
84,60	2,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
38,76	2,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1

Έπειτα, περνώντας τα στοιχεία μας στο σύστημα του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ ορίσαμε το αρχικό κτίριο όπου θα βασιστούν και τα επόμενα σενάρια.

Επιλέξτε τα συστήματα του κτιρίου:  ΣΗΘ  Φωτοβολταϊκά  Ανεμογεννήτριες αστικού περιβάλλοντος

Γενικά | Υδρευση, αποχέτευση, άρδευση | Ανεκυστήρες

Περιγραφή: Υπάρχον κτίριο

Χρήση κτιρίου: ΔΗΜΟΤΙΚΟ

Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 2124.24      Συνολικός όγκος (m<sup>3</sup>): 7774.71

Ωφέλιμη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 1937.13      Ωφέλιμος όγκος (m<sup>3</sup>): 7089.90

Ψυχόμενη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 1937.13      Ψυχόμενος όγκος (m<sup>3</sup>): 7089.90

Αριθμός ορόφων: 3      Ύψος τυπικού ορόφου (m): 3.66      Ύψος ισογείου (m): 3.66

Έκθεση κτιρίου: Εκτεθειμένο

Αριθμός θερμικών ζωνών: 1

Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 2      Αριθμός ηλιακών χώρων: 0

Εικόνα 30 Καρτέλα Κτιρίου στο πρόγραμμα του TEE KENAK

Χρήση: Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 1937.13      Μέση κατανάλωση ΖΝΧ (m<sup>3</sup>/έτος):   Διατάξεις αυτόματου ελέγχου ΖΝΧ

Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m<sup>2</sup>): 280

Κατηγορία διατάξεων ελέγχου - αυτοματισμών: Θέρμανση      Τύπος Δ      Ψύξη      Τύπος Δ

Διείσδυση αέρα

Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m<sup>3</sup>/h): 2680.99

Αρ. καμινάδων: 0      Αρ. θυρίδων εξαερισμού: 1      Αρ. εξώθυρων: 2

Υβριδικό σύστημα θρασισμού

Αριθμός ανεμιστήρων οροφής: 0

Εικόνα 31 Ζώνη 1 Κτιρίου στο πρόγραμμα του TEE KENAK

Για τον υπολογισμό της διείσδυσης αέρα στο κτίριο χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας από KENAK 2010 - TOTEE 20701-1/2017 (). Αναλυτικότερα, πολλαπλασιάζουμε την επιφάνεια των κουφωμάτων επί τον συντελεστή των χαρακτηριστικών των κουφωμάτων:

Επιφάνεια κουφωμάτων: 308,16 m<sup>2</sup>

Ο συντελεστής κουφωμάτων μεταλλικό ή συνθετικό, μονός υαλοπίνακας

για διείσδυση αέρα είναι: 8.7

Διείσδυση αέρα = 308,16 m<sup>2</sup> \* 8.7 m<sup>3</sup>/(h\*m<sup>2</sup>) = **2680,99 m<sup>3</sup>/h**

Στην κατηγορία κέλυφος ορίζουμε τις τρεις κατηγορίες του κτιρίου:

- 1) Αδιαφανείς επιφάνειες
- 2) Σε επαφή με το έδαφος
- 3) Διαφανείς επιφάνειες

Αδιαφανείς επιφάνειες ορίζονται οι Τοίχοι, Οροφές, Πυλωτές, Πόρτες και Μεσοτοιχίες με τις Πόρτες να ορίζονται αυτές που έχουν επαφή με αέρα ή μη θερμαινόμενο χώρο.

## **4.2 Σενάριο 1ο**

Στο πλαίσιο του πρώτου σεναρίου αναβάθμισης, η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης και η αλλαγή των λαμπών φθορίου σε LED λειτουργούν ως κρίσιμα βήματα προς τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η θερμοπρόσοψη, όπως η εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών, συμβάλλει στη μείωση των απωλειών θερμότητας από το κτίριο, δημιουργώντας ένα πιο αποτελεσματικό θερμικό περίβλημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικά σε σταθερά επίπεδα, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη.

Παράλληλα, η αντικατάσταση των λαμπών φθορίου με LED αντικατοπτρίζει την προσπάθεια για τη βελτίωση του φωτισμού και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι λάμπες LED είναι γνωστές για την υψηλή απόδοση και τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις συμβατικές λάμπες φθορίου. Αυτό μεταφράζεται σε μείωση του κόστους συντήρησης και αντικατάστασης, ενώ η μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση έχει άμεσο αντίκτυπο στη μείωση των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου. Επιπλέον, οι LED λάμπες προσφέρουν ευέλικτη ρύθμιση του φωτισμού, δημιουργώντας πιο αποτελεσματικές συνθήκες εργασίας και χρήσης του χώρου, ενισχύοντας την άνεση των χρηστών και την αισθητική του περιβάλλοντος.. Βάση του επίσημου οδηγού του Εξοικονομώ 2021 το άρθρο που επιλέχθηκε για τις συγκεκριμένες αλλαγές είναι το εξής:

**2.Γ1.Π:** Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί εδάφους επί πιλοτής ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη με συνθετικό επίχρισμα με τιμή 63 €/m<sup>2</sup>

Ενώ για τον φωτισμό χρησιμοποιήθηκαν λάμπες led για αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων, για την καλύτερη απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας. Οι λάμπες υπολογίστηκαν στις 500 και οι αρχικές ήταν μοντέλα τύπου T8 120CM 36W η

κάθε μία και η αντικατάσταση θα γίνει Λάμπα LED Τύπου Φθορίου 120cm για Ντουί G13 και Σχήμα T8 Φυσικό Λευκό 18W. (Παράρτημα εικόνα 51-52)

Ως προς την θερμοπρόσοψη, επιλέχθηκε το καλύτερο δυνατό ενδεχόμενο θερμοπερατότητας με Uvalue = 0.5 (W/m<sup>2</sup>K).

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U* (W/m <sup>2</sup> K)	a* (°)	ε* (°)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
1	Τοίχος	Τοίχος Ανατολικός Πρώτος	90	90	103.57	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
2	Τοίχος	Τοίχος Ανατολικός	90	90	101.65	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
3	Τοίχος	Τοίχος Ανατολικός Ισόγειο	90	90	109.97	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
4	Τοίχος	Τοίχος Δυτικός Πρώτος	270	90	138.32	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
5	Τοίχος	Τοίχος Δυτικός Δεύτερος	270	90	138.80	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
6	Τοίχος	Τοίχος Δυτικός Ισόγειο	270	90	154.82	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
7	Τοίχος	Τοίχος Βόρειος 1	0	90	95.93	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
8	Τοίχος	Τοίχος Βόρειος 2	0	90	31.95	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
9	Τοίχος	Τοίχος Βόρειος 3	0	90	21.95	0.5	0.60	0.8	1	1	1	1	1	1
10	Τοίχος	Τοίχος Βόρειος 4	0	90	6.28	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
11	Τοίχος	Τοίχος Νότιος 1	180	90	92.34	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
12	Τοίχος	Τοίχος Νότιος 2	180	90	21.95	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
13	Τοίχος	Τοίχος Νότιος 3	180	90	9.62	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1
14	Τοίχος	Τοίχος Νότιος 4	180	90	6.28	0.5	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1

Εικόνα 32 Καρτέλα Κέλφος κτιρίου - αδιαφανή στοιχεία

Εκτελώντας το Σενάριο 1 παρατηρείτε δύο ενεργειακές μονάδες αναβάθμιση, δηλαδή από την κατηγορία Δ στην κατηγορία Β.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	15,5	41,9	29,2
	Ψύξη	11,5	17,9	14,6
	ZNX	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	43,4	42,0	23,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	70,4	101,9	67,8
	Κατάταξη	-	Δ	Β

Εικόνα 33 Αποτελέσματα του πρώτου Σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

### 4.3 Σενάριο 2ο

Ως προς το 2ο Σενάριο, οι αναβαθμίσεις του Σεναρίου 1 ισχύουν ακόμα, δηλαδή η θερμοπρόσοψη και η αλλαγές στον φωτισμό και θα προστεθούν οι παρακάτω αλλαγές:

- 1) Αλλαγή στο σύστημα θέρμανσης
- 2) Αλλαγή κουφωμάτων

Η αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης από λέβητα φυσικού αερίου σε αντλία θερμότητας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προς τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η αντλία θερμότητας εκμεταλλεύεται τη θερμότητα από το περιβάλλον για να θερμάνει το κτίριο, αντί να εξαρτάται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό οδηγεί σε μείωση του λειτουργικού κόστους και της ενεργειακής εξάρτησης. Επιπλέον, η χρήση αντλίας θερμότητας συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς μειώνει την εκπομπή αερίων CO<sub>2</sub> και μειώνει την περιβαλλοντική επίπτωση του κτιρίου. Η εφαρμογή της αντλίας θερμότητας στο σύστημα θέρμανσης και ψύξης αποτελεί σημαντικό βήμα προς την ενεργειακά αποδοτική και περιβαλλοντικά βιώσιμη λειτουργία του κτιρίου.

Η αντικατάσταση των μεταλλικών κουφωμάτων με μονό τζάμι με αλουμινένια κουφώματα με διπλό τζάμι αντιπροσωπεύει μια αποφασιστική ενέργεια για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της άνεσης ενός κτιρίου. Τα κουφώματα με διπλό τζάμι προσφέρουν αποτελεσματική μόνωση, μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας και τις θερμικές γέφυρες, και συμβάλλουν στη διατήρηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου σε σταθερά επίπεδα. Επιπλέον, τα αλουμινένια κουφώματα παρέχουν ανθεκτικότητα στον χρόνο και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

Οι διπλές γυάλινες επιφάνειες δημιουργούν ένα θερμικό διάκενο μεταξύ τους, λειτουργώντας ως εμπόδιο για τη μετάδοση θερμότητας και του ακουστικού επιπέδου. Αυτό επιτρέπει σημαντική μείωση της ανάγκης για ψύξη ή θέρμανση, με αντίκτυπο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επιπρόσθετα, η αλουμινένια κατασκευή των κουφωμάτων προσφέρει εξαιρετική αντοχή και ανθεκτικότητα στις κλιματικές συνθήκες, ενώ η διαθέσιμη τεχνολογία επιτρέπει την ενσωμάτωση προηγμένων μηχανισμών αεραγωγών και αερισμού για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Τα άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν για τις νέες αλλαγές είναι:

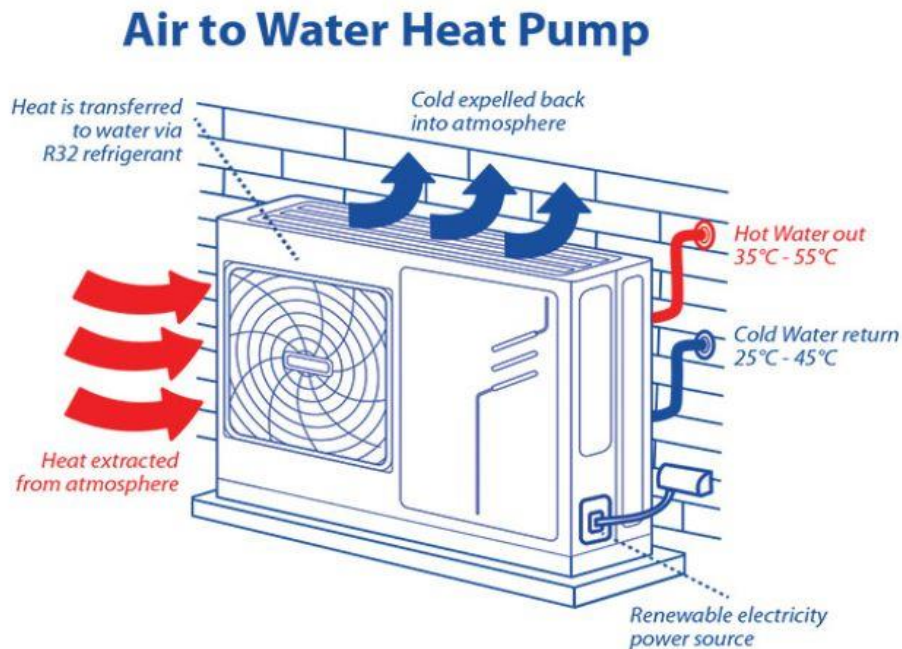
- 1) **1.A1-II:** Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Παράθυρο ( $2 \leq U \leq 3,2$ )
- 2) **3.Γ-VI:** Σύστημα A/Θ ( $50 < P \leq 100$ ) x 2

Το σύστημα αντλίας θερμότητας αποτελεί μια καινοτόμα εναλλακτική λύση για τη θέρμανση των κατοικιών, που έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει το υπάρχον σύστημα θέρμανσης με λέβητα φυσικού αερίου. Η μετάβαση σε αυτήν την τεχνολογία

αποτελεί μια σημαντική επιλογή για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Η αντλία θερμότητας λειτουργεί με βάση τη θερμοδυναμική αρχή και αξιοποιεί τη θερμότητα που παράγεται από το περιβάλλον, όπως η ενέργεια του εδάφους ή του αέρα, για να θερμάνει τον χώρο. Αυτό συνεπάγεται μείωση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται, εξοικονομώντας χρήματα στον καταναλωτή και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Επιπλέον, η αντλία θερμότητας είναι συνήθως πολύ πιο αποδοτική στη χρήση ενέργειας σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λέβητες φυσικού αερίου, καθιστώντας την μια βιώσιμη και οικονομικά επωφελή επιλογή για τη θέρμανση κατοικιών. Οι οφέλη της μετάβασης σε αυτήν την τεχνολογία περιλαμβάνουν μείωση των ενεργειακών δαπανών, αυξημένη άνεση για τους κατοίκους και συμβολή στην ελάφρυνση του φορτίου στο περιβάλλον. Συνεπώς, η εν λόγω μετάβαση αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ενέργειας και της προστασίας του περιβάλλοντος.



Εικόνα 34 Παράδειγμα αντλίας θερμότητας αέρα - νερού <https://www.hydroheat.com.au/news/432-air-to-water-electric-heat-pumps-explained>

Στο πρόγραμμα του TEE KENAK γίνεται αλλαγή στις τιμές θερμοπερατότητας για τους υαλοπίνακες σε 2.5 W/m<sup>2</sup>K μέσω της καρτέλας Κέλυφος -> Διαφανείς επιφάνειες

και στην καρτέλα Συστήματα -> Θέρμανση και Ψύξη γίνεται αντικατάσταση των λέβητα φυσικού αερίου με δύο αντλίες θερμότητας των 100 kW αέρα-νερού ώστε να μην γίνει αντικατάσταση των υπαρχόντων σωμάτων και το κόστος εγκατάστασης αυξηθεί χωρίς μεγάλη διαφορά συγκριτικά με αντλία θερμότητας αέρα-αέρα όπου θα χρειαζόντουσαν άλλες μονάδες.

Ως προς την διείσδυση αέρα, χρησιμοποιώντας κουφώματα με κλάση αεροπερατότητας 4, ο συντελεστής διείσδυσης γίνεται  $0.5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  άρα

$$\text{Διείσδυση αέρα} = 308,16 \text{ m}^2 * 0.5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2) = 154,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες		
Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα						
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος*
▶ 1	Ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Ισοόγειο	90	90	40.32	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
2	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Ισοόγειο	90	90	22.08	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Πρώτος	90	90	51.84	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
4	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Πρώτος	90	90	24	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
5	Ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Δεύτερο	90	90	51.84	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
6	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Ανατολική Όψη Δεύτερος	90	90	25.92	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
7	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Δυτική Όψη Ισοόγειο	270	90	10.08	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
8	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δυτική Όψη Πρώτος	270	90	24.96	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
9	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Δυτική Όψη Πρώτος	270	90	16.32	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
10	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δυτική Όψη Δεύτερος	270	90	24.96	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
11	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Δυτική Όψη Δεύτερος	270	90	15.84	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός
* 12						

Εικόνα 35 Διαφανή στοιχεία του κτιρίου

U (W/m <sup>2</sup> K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.93	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.63	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.63	1	1
2.5	0.54	1	1	0.70	0.63	1	1
2.5	0.54	1	1	0.7	0.63	1	1

Εικόνα 36 Αλλαγή της θερμοπερατότητας στο δεύτερο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης



	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Απ.* (-)	COP (-)
▶ 1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	100	1.0	4
2	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	100	1.0	4
* 3				1	1

Εικόνα 37 Συστήματα θέρμανσης από την αναβάθμιση σε αντλία θερμότητας

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	15,5	41,9	29,2	14,1
	Ψύξη	11,5	17,9	14,6	14,9
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	43,4	42,0	23,9	23,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	70,4	101,9	67,8	53,0
	Κατάταξη	-	Δ	Β	Β

Εικόνα 38 Αποτελέσματα πρώτου και δεύτερου σεναρίου

#### 4.4 Σενάριο 3ο

Στο τελικό σενάριο, το τρίτο σενάριο, προστίθενται φωτοβολταϊκά συστήματα με σκοπό να ενισχυθεί η ενεργειακή ανεξαρτησία του κτιρίου και να προωθηθεί η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν με τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοηλεκτρικών κυψελών, προσφέροντας αξιόπιστη πηγή ενέργειας με ελάχιστη συντήρηση και μηδενικές εκπομπές αερίων.

Η προσθήκη φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κτίριο συνδυάζει την τεχνολογική πρόοδο με την περιβαλλοντική αειφορία. Αυτή η ενέργεια παράγεται από τον φυσικό ήλιο, μια ανανεώσιμη πηγή, και μειώνει την εξάρτηση από τους παραδοσιακούς πηγές ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό δεν μειώνει μόνο το κόστος λειτουργίας του κτιρίου στο μακροπρόθεσμο, αλλά συμβάλλει επίσης στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, συμβάλλοντας θετικά στον περιβαλλοντικό στόχο της αειφορίας.

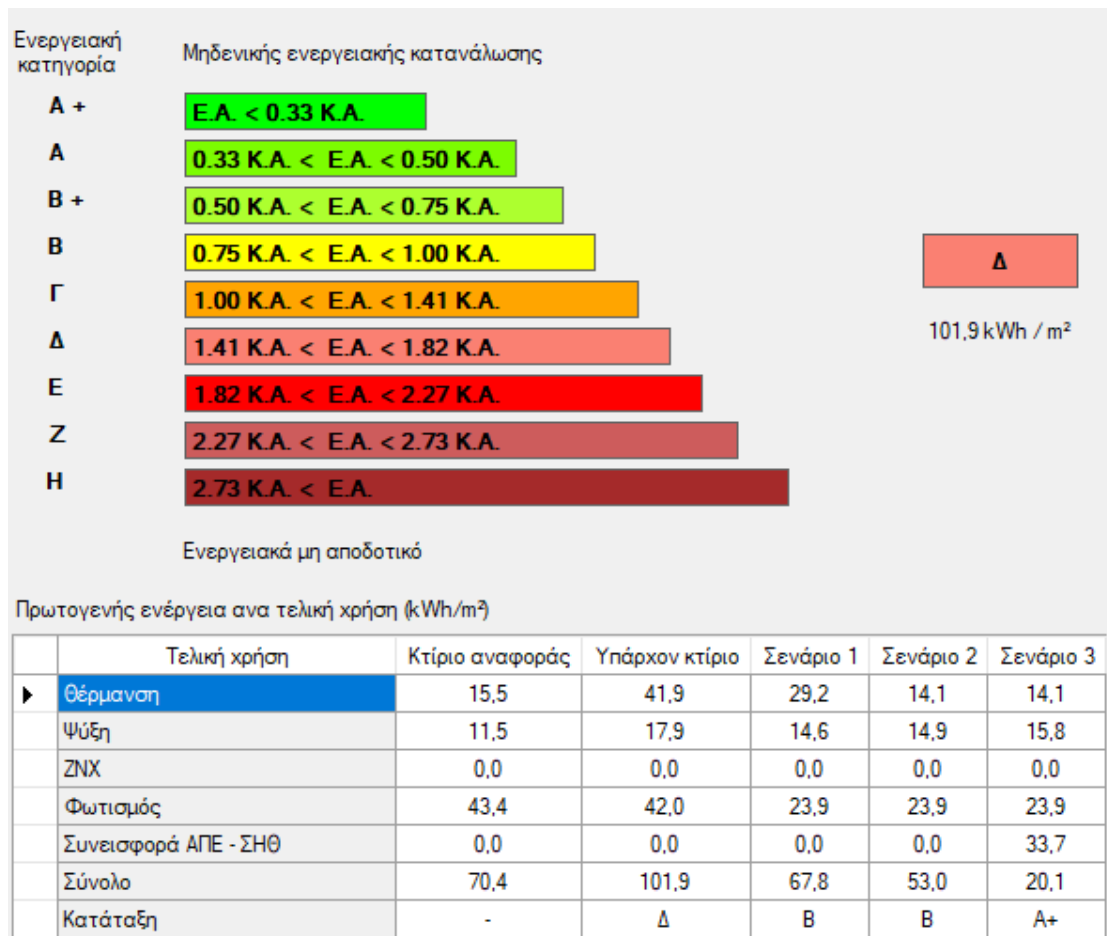
Τα φωτοβολταϊκά που επιλέχθηκαν είναι μονοκρυσταλλικά των 550Wp της εταιρείας Luxor Eco Line Cell Μονοκρυσταλλικό Φωτοβολταϊκό Πάνελ 550W 24V.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

	Τύπος	Συν. Α. (-)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ισχύς (kW)	γ (deg)	β (deg)	F <sub>s</sub> (-)	Σύνδεση
▶	Μονοκρυσταλλικό	0.14	150	32	180	30	1.0	Χωρίς συμψηφισμό
*							1	

Εικόνα 39 Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού στο TEE KENAK

Συμπληρώνοντας τα στοιχεία του φωτοβολταϊκού στην καρτέλα Φωτοβολταϊκά στο TEE KENAK προκύπτει η τελική καταμέτρηση του τρίτου σεναρίου με την αναβάθμιση του κτιρίου να είναι στην κατηγορία A+, την καλύτερη κατηγορία, επιτυγχάνοντας διαφορά πρωτογενούς ενέργειας 81,8kWh/m<sup>2</sup> από το υπάρχον κτίριο.



Εικόνα 40 Αποτελέσματα και των τριών σεναρίων

#### 4.4 Οικονομική Μελέτη

Η οικονομική ανάλυση του προτεινόμενου έργου αποτελεί κρίσιμη διαδικασία προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των προτεινόμενων βελτιώσεων στο κτίριο. Οι παρεμβάσεις περιλαμβάνουν την αντικατάσταση των παραθύρων, τη θερμομόνωση της οροφής, τη θερμομόνωση των εξωτερικών τοιχοποιιών και δαπέδου, την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα, την αντικατάσταση των φωτιστικών με LED, και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το πρώτο σενάριο έχει συνολικό κόστος 112.657,74 € και αναβαθμίζει το κτίριο στην κατηγορία Β από Δ. Είναι υψηλό κόστος για την υλοποίηση του έργου αυτού αλλά είναι και λογικό διότι είναι πολλά τα τετραγωνικά για την κάλυψη του κτιρίου με εξωτερική θερμοπρόσοψη.

Πίνακας 6 Σενάριο 1 οικονομική μελέτη

A/A	Παρεμβάσεις	Άρθρο	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή μον.	Σύνολο	
3	Θερμομόνωση στέγης ή οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη	2.Β-II	600,64	m <sup>2</sup>	<b>29,00€</b>	17.418,56€	U=0,45
4	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί εδάφους επί πιλοτής ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη με συνθετικό επίχρισμα	2.Γ1-II	1.495,86	m <sup>2</sup>	<b>63,00€</b>	94.239,18€	U=0,50
6	Φωτιστικά τύπου LED	-	500	τεμάχια	<b>2,00€</b>	1.000,00€	18 W

Ενώ το σενάριο 1 αναβαθμίζει από την κατηγορία Δ στην Β, το σενάριο 2 αναβαθμίζει το κτίριο από την Δ στην Β+ δηλαδή τρεις ενεργειακές κλάσεις. Το κόστος για την αλλαγή των κουφωμάτων και την αντικατάσταση του λέβητα Φ/Α σε αντλία θερμότητας ανέρχεται σε 195.504,8 €. Τα κουφώματα παράλο που η επιφάνεια τους είναι μικρότερη συγκριτικά με τους τοίχους, το κόστος τους ανά m<sup>2</sup> είναι πολύ υψηλότερο. Αθροίζοντας το κόστος των παρεμβάσεων του πρώτου και του δεύτερου σεναρίου καταλήγει το συνολικό κόστος να ανέρχεται στα 308.162,54€ ανεβαίνοντας 3 ενεργειακές κλάσεις από το υπάρχον κτίριο αλλά μόνο μία από το πρώτο σενάριο.

Πίνακας 7 Σενάριο 2 οικονομική μελέτη

A/A	Παρεμβάσεις	Άρθρο	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή μον.	Σύνολο	
1	Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Παράθυρο	1.A1-II	308,16	m <sup>2</sup>	<b>430,00€</b>	132.508,80€	U=2,5
2	Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Εξωστόθυρα	1.A2-II	17,49	m <sup>2</sup>	<b>400,00 €</b>	6.996,00€	U<2
5	Σύστημα Α/Θ	3.Γ-VI	2	τεμάχια	<b>28.000,00€</b>	56.000,00€	200 kW

Τέλος, με την προσθήκη φωτοβολταϊκών και με κόστος 17.690,00 € το κτίριο ανεβαίνει δύο ακόμα ενεργειακές κλάσεις από το σενάριο 2 καθιστώντας το Α+. Το συνολικό κόστος του τρίτου σεναρίου ανέρχεται στα 325.852,54 € όπου το καθιστά το πιο ακριβό σενάριο αλλά το πιο ενεργειακά αποδοτικό και το καλύτερο βάση περιβαλλοντικών παραγόντων καθώς παράγει ενέργεια από ΑΠΕ και δεν εκπέμπει καυσαέρια στην ατμόσφαιρα γύρω του σχολείου (όπως στο υπάρχον κτίριο και το σενάριο 1 καθώς έχουν λέβητα φυσικού αερίου).

Από οικονομικής άποψης, το πρώτο σενάριο είναι το πιο οικονομικό, καθώς έχει το χαμηλότερο κόστος. Ωστόσο, το καλύτερο σενάριο είναι το τρίτο, καθώς προσφέρει την υψηλότερη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης (Α+), προσθέτοντας φωτοβολταϊκά συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και με την προσθήκη νέων κουφωμάτων και θερμοπρόσοψης οι απώλειες περιορίζονται. Αυτό θα οδηγήσει σε μείωση των ενεργειακών δαπανών στο μέλλον και σε περιβαλλοντικά οφέλη. Συνεπώς, επιλέγεται το τρίτο σενάριο, καθώς συνδυάζει την οικονομία με την υψηλή ενεργειακή απόδοση και την προοπτική μακροπρόθεσμων οφελών.

Το συνολικό κόστος των παρεμβάσεων ανέρχεται σε **325.852,54€ €**.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Πίνακας 8 Σενάριο 3 οικονομική μελέτη

A/A	Παρεμβάσεις	Άρθρο	Ποσότητα	Μονάδα	Τιμή μον.	Σύνολο	
1	Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Παράθυρο	1.A1-II	308,16	m <sup>2</sup>	<b>430,00€</b>	132.508,80€	U=2,5
2	Πλαίσιο αλουμινίου με υαλοπίνακα - Εξωστόθυρα	1.A2-II	17,49	m <sup>2</sup>	<b>400,00 €</b>	6.996,00€	U<2
3	Θερμομόνωση στέγης ή οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη	2.B-II	600,64	m <sup>2</sup>	<b>29,00€</b>	17.418,56€	U=0,45
4	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί εδάφους επί πιλοτής ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη με συνθετικό επίχρισμα	2.Γ1-II	1.495,86	m <sup>2</sup>	<b>63,00€</b>	94.239,18€	U=0,50
5	Σύστημα Α/Θ	3.Γ-VI	2	τεμάχια	<b>28.000,00 €</b>	56.000,00€	200 kW
6	Φωτιστικά τύπου LED	-	500	τεμάχια	<b>2,00€</b>	1.000,00€	18 W
7	Φωτοβολταϊκά	-	58	τεμάχια	<b>305,00€</b>	17.690,00€	
	<b>Σύνολο</b>					<b>325.852,54 €</b>	

Η εξοικονόμηση ενέργειας μετά την αναβάθμιση του κτιρίου είναι εντυπωσιακή βάση του σενάριου 3. Ειδικότερα, η ετήσια κατανάλωση ρεύματος μειώθηκε από

197.393,55kWh σε 38.936,31 kWh. Αυτό σημαίνει ότι εξοικονομήθηκαν συνολικά 158.457,23 kWh ενέργειας ετησίως.

Βάσει της τρέχουσας τιμής του ρεύματος στα 0,1 ευρώ ανά kWh, η εξοικονόμηση αυτή μεταφράζεται σε μια εξοικονόμηση χρημάτων ύψους 15.845,72 ευρώ ετησίως για το κτίριο. Αυτό είναι ένα σημαντικό οικονομικό όφελος που προκύπτει από τις ενεργειακές βελτιώσεις και αναδεικνύει τη βιωσιμότητα των επενδύσεων σε αυτές τις παρεμβάσεις.

Για να υπολογίσουμε πότε θα είναι η αποπληρωμή της επένδυσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον όρο "επιστροφή της επένδυσης" ή "Return on Investment (ROI)" που υπολογίζεται ως: (Birken,2022)

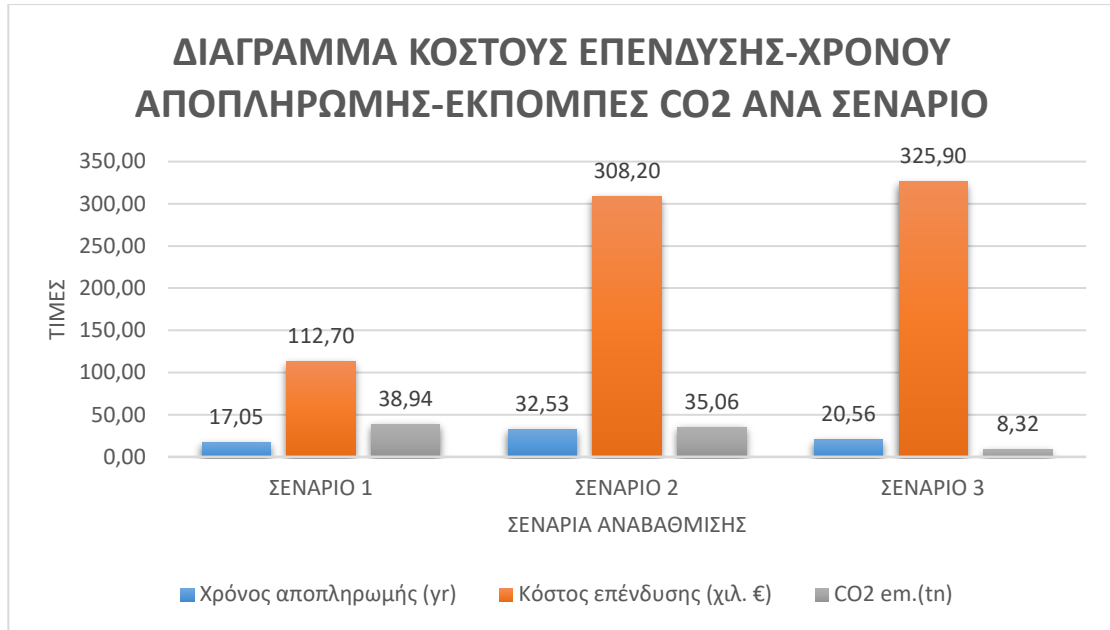
ROI = Κόστος Επένδυσης / Ετήσια Εξοικονόμηση

Σε αυτήν την περίπτωση, το κόστος της επένδυσης είναι 325.852,54€ ευρώ και η ετήσια εξοικονόμηση είναι 15.845,72 ευρώ.

ROI = 325.852,54€ € / 15.845,72 € = **20,56 χρόνια**

Άρα, αν το κόστος της επένδυσης είναι 325.852,54€ ευρώ και η ετήσια εξοικονόμηση είναι 15.845,72 ευρώ, η αποπληρωμή της επένδυσης θα χρειαστεί περίπου 20,56 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση θα αποπληρωθεί με την εξοικονόμηση των χρημάτων σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Στην εικόνα 41 όπως φαίνεται από το διάγραμμα επιλέγουμε το Σενάριο 3 για την αναβάθμιση του δημοτικού σχολείου, καθώς παρέχει μια ισορροπία μεταξύ χρόνου αποπληρωμής, κόστους επένδυσης και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αν και ο χρόνος αποπληρωμής είναι σχετικά μεσαίος, και το κόστος επένδυσης είναι υψηλότερο από το Σενάριο 1, αυτό το σενάριο ξεχωρίζει για την σημαντικά μειωμένη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα στους 8,32 τόνους ανά έτος αλλά και ότι είναι ολοκληρωμένη η αναβάθμιση με μειωμένη την διείσδυση αέρα συγκριτικά με το Σενάριο 1. Οι αντλίες θερμότητας και τα φωτοβολταϊκά ενισχύουν τη βιωσιμότητα και την προστασία του περιβάλλοντος, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών CO2 στην ατμόσφαιρα και κυρίως γύρω από την γειτονιά του σχολείου. Έτσι, το Σενάριο 3 αντιπροσωπεύει μια βιώσιμη και οικολογικά υπεύθυνη επιλογή που ευνοεί το μακροπρόθεσμο κοινό καλό.



Εικόνα 41 Διάγραμμα κόστους επένδυσης κάθε σεναρίου και χρόνος αποπληρωμης κάθε σεναρίου

#### **4.5 Ανθρακικό Αποτύπωμα**

Η σημαντική μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό όφελος από τις ενεργειακές αναβαθμίσεις του κτιρίου. Αφού η αρχική εκπομπή CO<sub>2</sub> ανερχόταν σε 29,8 kg/m<sup>2</sup> στο αρχικό σενάριο, η μείωσή της σε 4.3 kg/m<sup>2</sup> στο τρίτο σενάριο αντιστοιχεί σε μια αξιοσημείωτη μείωση κατά 25,5 kg/m<sup>2</sup>.

Με βάση τον υπολογισμό της επιφάνειας του κτιρίου που είναι 1.937,13 m<sup>2</sup>, η συνολική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> ανέρχεται σε 49.396,82 kg (ή 49,39 τόνοι) ετησίως όπου με την υπόθεση ότι κάθε δέντρο απορροφά 22 kg CO<sub>2</sub>/yr θα χρειαζόντουσαν 2.245 δέντρα για αυτό τον σκοπό (U.S. Department of Agriculture,2015). Αυτό είναι αξιοσημείωτο, καθώς συνεισφέρει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος και στη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος του κτιρίου.

Επιπλέον, η μείωση αυτή συμβάλλει στη συμμόρφωση με περιβαλλοντικές προδιαγραφές και κανονισμούς, καθώς και στην εκπλήρωση των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης. Επομένως, εκτός από την οικονομική απόδοση, οι αναβαθμίσεις αυτές συμβάλλουν σημαντικά και στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη του κτιρίου.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
▶	Ηλεκτρισμός	24,0	23,7
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	30,7	6,0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	0,0	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	54,7	29,8

Εικόνα 42 Αποτελέσματα CO<sub>2</sub> ανάλυσης από το αρχικό σενάριο

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
▶	Ηλεκτρισμός	4,3	4,3
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	0,0	0,0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	0,0	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	18,6	4,3

Εικόνα 43 Αποτελέσματα CO<sub>2</sub> ανάλυσης από το τρίτο σενάριο

## 5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από κλιμακούμενες περιβαλλοντικές ανησυχίες και αυξανόμενη ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές, η ενεργειακή απόδοση των δημόσιων κτιρίων έχει τεθεί υπό έντονο έλεγχο. Τα δημόσια κτίρια, όπως τα σχολεία, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επίδειξη της δέσμευσης της κυβέρνησης για βιωσιμότητα και περιβαλλοντική ευθύνη. Η μελέτη περίπτωσης του σχολείου του Δήμου Κορυδαλλού στην Αθήνα παρέχει μια πειστική απεικόνιση του αντίκτυπου των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων σε ένα δημόσιο κτίριο.

Η ενεργειακή ανάλυση του σχολείου του Δήμου Κορυδαλλού αποκάλυψε σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή ενεργειακών αναβαθμίσεων. Πριν από τις αναβαθμίσεις, το σχολείο κατανάλωνε 197.393,55kWh ενέργειας ετησίως. Ωστόσο, μετά τις ανακαινίσεις και τις αναβαθμίσεις του σεναρίου 3 όπου επιλέχθηκε, ο αριθμός αυτός μειώθηκε κατακόρυφα σε μόλις 38.936,31 kWh. Αυτή η δραματική μείωση υπογραμμίζει την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι αναβαθμίσεις περιελάμβαναν μια συνολική αναμόρφωση των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Αυτό περιελάμβανε την αντικατάσταση των απαρχαιωμένων παραθύρων με ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα με διπλά τζάμια, τη μόνωση της οροφής και των εξωτερικών τοίχων και την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας αέρος-αέρος για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης. Επιπλέον, φωτοβολταϊκά πάνελ τοποθετήθηκαν στην οροφή, αξιοποιώντας την ανανεώσιμη ηλιακή ενέργεια. Ο σωρευτικός αντίκτυπος αυτών των αναβαθμίσεων ήταν μια σημαντική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Αναπόσπαστο στοιχείο της ανάλυσης είναι η οικονομική βιωσιμότητα του έργου. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανήλθε σε 15.845,72 ευρώ, παρέχοντας ένα επιτακτικό οικονομικό κίνητρο για την επένδυση στην ενεργειακή αναβάθμιση. Το συνολικό κόστος των αναβαθμίσεων ήταν 325.852,54€ ευρώ. Με βάση την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, η περίοδος απόσβεσης για την επένδυση αυτή εκτιμάται σε περίπου 20,56 έτη. Αυτό αποδεικνύει ότι, ενώ το αρχικό κόστος των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων μπορεί να είναι σημαντικό, τα μακροπρόθεσμα οφέλη, τόσο από την άποψη των μειωμένων λειτουργικών δαπανών όσο και από την άποψη της ενισχυμένης βιωσιμότητας, καθιστούν την επένδυση αξία λόγου.

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα αποτελέσματα αυτού του έργου ήταν ο περιβαλλοντικός του αντίκτυπος. Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από 29,8 kg/m<sup>2</sup> σε 4,3 kg/m<sup>2</sup>, στο σύνολο του κτιρίου των 1.937,13 m<sup>2</sup>, αποτελεί απόδειξη του σημαντικού ρόλου που μπορεί να διαδραματίσει η ενεργειακή αναβάθμιση των δημόσιων κτιρίων στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Το σχολείο του Δήμου Κορυδαλλού χρησιμεύει ως πρότυπο για το πώς οι δημόσιοι φορείς μπορούν να μειώσουν προληπτικά το αποτύπωμα άνθρακα τους.

Πέρα από τα απτά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, αυτή η μελέτη περίπτωσης αναδεικνύει την κοινωνική σημασία των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων στα δημόσια κτίρια. Το σχολείο του Δήμου Κορυδαλλού μπορεί να γίνει σύμβολο της βιώσιμης ανάπτυξης, εμπνέοντας την τοπική κοινότητα να υιοθετήσει πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας. Δημιουργεί ένα προηγούμενο για άλλους δημόσιους φορείς, τονίζοντας τον ρόλο τους ως καινοτόμοι στη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

Εν κατακλείδι, η ενεργειακή ανάλυση και οι αναβαθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο σχολείο του Δήμου Κορυδαλλού στην Αθήνα παρέχουν μια πειστική υπόθεση για τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης στα δημόσια κτίρια. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν όχι μόνο σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, αλλά και σημαντικά οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Αυτή η μελέτη περίπτωσης χρησιμεύει ως πρότυπο για άλλους δημόσιους φορείς, αναδεικνύοντας τον καθοριστικό ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν στην προώθηση της αειφορίας και εμπνέοντας τις κοινότητές τους να ακολουθήσουν το παράδειγμά τους. Σε μια εποχή όπου η βιωσιμότητα είναι υψίστης σημασίας, έργα όπως αυτά αναδεικνύουν τη μετασχηματιστική δύναμη των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων στη διαμόρφωση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος.

## 6.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Πίνακας 4.1.1 Ανώτατα όρια δαπανών των επιλέξιμων παρεμβάσεων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ / ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (€/m <sup>2</sup> ή ανά μονάδα)		
	I	II	III
<b>1. ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ/ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ/ΑΕΡΙΣΜΟΣ</b>			
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 ενεργειακό υαλοπίνακα- Παράθυρο	430	500	
1.A2 Πλαίσιο αλουμινίου με ενεργειακό υαλοπίνακα – Εξωστόθυρα	350	400	
1.B1 Πλαίσιο ξύλου με ενεργειακό υαλοπίνακα – Παράθυρο	550	620	
1.B2 Πλαίσιο ξύλου με ενεργειακό υαλοπίνακα – Εξωστόθυρα	450	500	
1.Γ1 Πλαίσιο PVC με ενεργειακό υαλοπίνακα – Παράθυρο	290	310	
1.Γ2 Πλαίσιο PVC με ενεργειακό υαλοπίνακα – Εξωστόθυρα	210	280	
1.Δ Μόνο ενεργειακοί υαλοπίνακες (Χωρίς αντικατάσταση πλαίσιου) <sup>(1) (2)</sup>		120	
1.E1 Εξωτερικό προστατευτικό φύλλο (σύστημα Κουτί-Ρολό, ή Εξώφυλλο) <sup>(3) (4)</sup>		160	
1.E2 Λοιπά σταθερά ή κινητά συστήματα σκίασης <sup>(2) (4)</sup>		40	
1.Ζ Συστήματα Μηχανικού Αερισμού με ανάκτηση θερμότητας <sup>(4)</sup> (€/μονάδα)	I	II	III
	Μη κεντρικά	Κεντρικά < 600m <sup>2</sup> /h	Κεντρικά > 600m <sup>2</sup> /h
	850	4.600	6.900

**Περιορισμοί:**

- |     |   |
|-----|---|
| (1) | Αφορά επιλέξιμες κατοικίες/διαμερίσματα προστατευόμενα ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας, όπως διατηρητέα και εντός παραδοσιακών οικισμών κτήρια, στο βαθμό που η συμμόρφωση προς ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης θα αλλοίονε κατά τρόπο μη αποδεκτό το χαρακτήρα ή την εμφάνισή τους. Στην περίπτωση αυτή ο Ενεργειακός Επιθεωρητής θα πρέπει στο Έντυπο Καταγραφής παρεμβάσεων (Παρ. VI) να δηλώνει το συνολικό U του κουφώματος που επιτεύχθηκε με το υλικό που τοποθετήθηκε. |
| (2) | Ανώτατο όριο δαπάνης ανεξαρτήτως συντελεστή Θερμοπερατότητας U. Για την καταχώρηση στον πίνακα παρεμβάσεων επιλέγεται κατηγορία U I.  |
| (3) | Συμπληρωματικές παρεμβάσεις (επιλογή υποχρεωτικά σε συνδυασμό με αντικατάσταση κουφωμάτων).   |
| (4) | Παρέμβαση μη επιλέξιμη ως κοινόχρηστη (για αίτηση πολυκατοικίας).   |

Εικόνα 44 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Α

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ / ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (€/m <sup>2</sup> )	
	I	II
<b>2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ</b>		
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 εξωτερικά	50	55
2.B Θερμομόνωση στέγης ή οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη	20	29
2.Γ1 Θερμομόνωση εξωτ. τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί εδάφους επί πηλοτόχης, ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη με συνθετικό επίχρισμα	52	63
2.Γ2 Θερμομόνωση εξωτ. τοιχοποιίας, φέροντος οργανισμού, δαπέδου επί πηλοτόχης, ή μη θερμαινόμενου χώρου, με επικάλυψη με ελαφρά πετάσματα	33	40

Εικόνα 45 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Β

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ / ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (C/μονάδα)							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ</b> <i>Θερμική Ισχύς P (kW)</i>	<b>P ≤ 8</b>	<b>8 &lt; P ≤ 14</b>	<b>14 &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 Διατάξεις αυτομάτου ελέγχου λειτουργίας συστήματος θέρμανσης <sup>(5) (6)</sup>	690€ ανά αίτηση με ανώτατο όριο 6.900€ για πολυκατοικία							
3.B Σύστημα καυστήρα - λέβητα Φυσικού Αερίου / Υγραερίου <sup>(7)</sup>	2.900			4.000	6.800	12.650	17.800	23.900
3.Γ Σύστημα Α/Θ (Θέρμανσης - Ψύξης / Ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής σήμανσης στους 55°C) <sup>(7)</sup>	6.550	8.150	10.800	15.750	26.200	28.000		
3.Δ Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας <sup>(7)</sup>	5.650	7.350	10.450	15.300	26.550	28.000		
3.Ε Σύστημα συμπαραγωγής Φ.Α. (ΣΗΘΥΑ) <sup>(7)</sup>	16.100	24.150	28.000					
3.ΣΤ Σύστημα λέβητα βιομάζας-πελλέτας ξύλου) <sup>(7)</sup>	7.950			8.650	9.800	15.300	28.000	
	<b>I</b>	<b>II</b>						
<i>Ψυκτική Ισχύς μονάδος P(kW)</i>	<b>P ≤ 3,8</b>	<b>P &gt; 3,8</b>						
3.Ζ Αντλίες θερμότητας αέρα - αέρα διαιρούμενου τύπου (splitunit) για θέρμανση/ψύξη χώρου <sup>(4) (8)</sup>	1.000	1.700						
	<b>ΑΝΩΤΑΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΛΕΞΙΜΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (C/m<sup>2</sup> της επιφάνειας που θερμαίνει)</b>							
3.Η Σύστημα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης <sup>(4) (13)</sup>	40							

**Περιορισμοί:**

(4)	Παρέμβαση μη επιλέξιμη ως κοινόχρηστη (για αίτηση πολυκατοικίας).
(5)	Ανώτατο όριο δαπάνης ανεξαρτήτως ισχύος. Για την καταχώρηση στον πίνακα παρεμβάσεων επιλέγεται κατηγορία ισχύος I.
(6)	Στην περίπτωση αίτησης πολυκατοικίας, δεν επιτρέπεται οι δαπάνες να αφορούν ταυτόχρονα κοινόχρηστες και μη κοινόχρηστες παρεμβάσεις.
(7)	Η επιλέξιμη δαπάνη αφορά μόνο ένα σύστημα θέρμανσης (ατομικό / κοινόχρηστο) και όχι περισσότερα των υποκατηγοριών 3.Β έως 3.ΣΤ.
(8)	Με μέγιστο την τοποθέτηση 3 εξωτερικών μονάδων.
(13)	Επιλέξιμη παρέμβαση μόνον όταν περιλαμβάνονται στην πρόταση αναβάθμισης η παρέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας της κατηγορίας 3Γ ή 3Δ.

44



Με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης  
NextGenerationEU

Εικόνα 46 Εξοικονομώ 2021 ανώτατο όριο παρεμβάσεων Γ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**Πίνακας 3.5α.** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

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>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου 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>Μπατική 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	–

Εικόνα 47 Συντελεστές θερμοπερατότητας για κατακόρυφα αδιαφανή στοιχεία βάσει του ΚΕΝΑΚ 2017 Α



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανετήχρηστη από μία ή δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

**Πίνακας 3.5β.** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

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 θερμαιν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
Οριζόντια δομικά στοιχεία	[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>Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)</b>						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο	–	2,90	–	–	0,90	–

Εικόνα 48 Συντελεστές θερμοπερατότητας για οριζόντια αδιαφανή στοιχεία βάση του ΚΕΝΑΚ 2017 Β

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
<b>Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο.	11,8	15,1
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.		
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με φίλτρες, χωνευτό.	9,8	12,5

Εικόνα 49 Συντελεστές διείσδυσης αέρα για κατακόρυφα δειαφανή στοιχεία βάση του KENAK 2017 A

Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση.		
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.		
<b>Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο.	7,4	8,7
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.		
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με φίλτρες, χωνευτό.		
Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση.	5,3	6,8
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.		

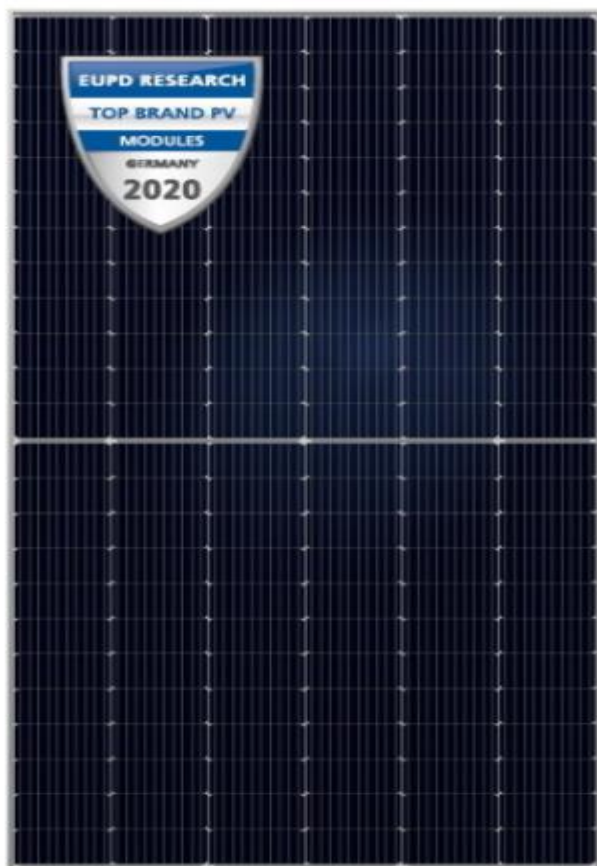
Εικόνα 50 Συντελεστές διείσδυσης αέρα για κατακόρυφα δειαφανή στοιχεία βάση του KENAK 2017 B



Εικόνα 51 Λάμπα LED Τύπου Φθορίου 120cm για Ντοτί G13 και Σχήμα T8 Φυσικό Λευκό 18W



Εικόνα 52 Λάμπα LED Τύπου Φθορίου 120cm για Ντουί G13 και Σχήμα T8 Φυσικό Λευκό 18W Ενεργειακή κατάταξη



*Εικόνα 53 Luxor Eco Line Cell Μονοκρυσταλλικό Φωτοβολταϊκό Πάνελ 550W 24V*

## 7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Απταλίδου Φ., 2018 Η νέα πρόκληση: «Κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας», Διπλωματική Εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Δίκαιο και Μηχανική της Ενέργειας» Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
2. A.J. , Marszal, et al. “Zero Energy Building – a Review of Definitions and Calculation Methodologies.” *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 4, 2011, pp. 971–979, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810004639](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810004639), <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022>. Accessed 17 Dec. 2019.
3. Βουτσά Α., 2021 «Χαρακτηριστικά και προδιαγραφές κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB). Διερεύνηση των δυνατοτήτων ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου κατοικιών στη Θεσσαλονίκη σε nZEB», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
4. Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Fanciulli, C., Ghellere, M., Guazzi, G., Meroni, I., Salamone, F., Scamoni, F. and Scrosati, C. (2019). A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. *Journal of Building Engineering*, 25, p.100772. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100772>.
5. Birken, E.G. (2022). *Understanding Return On Investment (ROI)*. [online] Forbes Advisor. Available at: <https://www.forbes.com/advisor/investing/roi-return-on-investment/>.
6. construction21.org. (n.d.). *Net-zero energy buildings: the future of sustainable commercial construction*. [online] Available at: <https://www.construction21.org/articles/h/net-zero-energy-buildings-the-future-of-sustainable-commercial-construction.html> [Accessed 11 Sep. 2023].
7. Energy.gov. (2022). *About Zero Energy Buildings*. [online] Available at: <https://www.energy.gov/eere/buildings/about-zero-energy-buildings>.
8. Feng, W., Zhang, Q., Ji, H., Wang, R., Zhou, N., Ye, Q., Hao, B., Li, Y., Luo, D. and Lau, S.S.Y. (2019). A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. *Renewable*

- and Sustainable Energy Reviews*, [online] 114, p.109303. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109303>.
9. Griffith, B., Long, N., Torcellini, P., Judkoff, R., Crawley, D. and Ryan, J. (2007). *Assessment of the Technical Potential for Achieving Net Zero-Energy Buildings in the Commercial Sector*.
  10. KENAK, T. (2017). *ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.* [https://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIA\\_S/kenak/files/TOTEE\\_20701-1\\_2017\\_TEE\\_1st\\_Edition.pdf](https://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIA_S/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf): ΟΔΗΓΙΑ.
  11. Stancil, J. (2019). *The Power of One Tree - The Very Air We Breathe*. [online] Usda.gov. Available at: <https://www.usda.gov/media/blog/2015/03/17/power-one-tree-very-air-we-breathe>.
  12. Team, E. (n.d.). *OVERVIEW | Zero-Energy Buildings: does the definition influence their design and implementation? | BUILD UP*. [online] build-up.ec.europa.eu. Available at: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/overview-zero-energy-buildings-does-definition-influence-their-design> [Accessed 11 Sep. 2023].
  13. ΥΠΕΝ (2021). *ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ 2021*. <https://exoikonomo2021.gov.gr/documents/10182/6238451/%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%82+%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%AC%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82+2021+final.pdf/89732907-81a5-4b86-a3db-6f30e6e2d44d>: ΥΠΕΝ.
  14. ΥΠΕΝ. (2018). *Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας -*. [online] Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/ktiria-smke/>.
  15. Zhang, S.-C., Yang, X.-Y., Xu, W. and Fu, Y.-J. (2021). Contribution of nearly-zero energy buildings standards enforcement to achieve carbon neutral in urban area by 2060. *Advances in Climate Change Research*, [online] 12(5), pp.734–743. doi:<https://doi.org/10.1016/j.accre.2021.07.004>.
  16. Παπανδρέου Θ. Δ., 2015, Κτίρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εξοικονόμηση Ενέργειας με Ηλιοθερμικά Συστήματα, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.



17. Odyssee-mure.eu. (2016). *Energy Efficiency Trends in Buildings in Europe / Policy brief | ODYSSEE-MURE*. [online] Available at: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html>.