



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
**ΤΜΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

« Μελέτη ενεργειακής απόδοσης σπιτιού και ανάπτυξη τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας για τη βελτίωση της ενεργειακής κλάσης με χρήση δεδομένων από έξυπνους μετρητές »

**« Home energy efficiency study and development of energy saving techniques to improve energy class using data from smart meters »**

**ΚΟΥΚΟΥΣΕΛΗΣ ΡΑΦΑΗΛ**

**Πτυχιακή Εργασία**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του Πτυχίου του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας

Λάρισα, 2025

**Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

- Πρώτος Εξεταστής Δρ. Λεκίδης Αλέξιος  
(Επιβλέπων) Επίκουρος Καθηγητής επί Θητεία, Τμήμα Συστημάτων  
Ενέργειας, Σχολή Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Παπαγεωργίου Ελπινίκη  
Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας
- Τρίτος Εξεταστής Δρ. Θεοδοσίου Θεοδόσιος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Συστημάτων  
Ενέργειας

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Με το παρόν κείμενο βεβαιώνω ότι ο κάτωθι υπογράφων είμαι συγγραφέας της παρούσης πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και η οποία παραδόθηκε, μετά από έγκριση του επιβλέποντας καθηγητή μου, σε έντυπη και ψηφιακή μορφή στη Γραμματεία του Τμήματος. Επίσης δηλώνω πως κάθε πηγή που χρησιμοποίησα (βιβλιογραφία, αρθρογραφία, δικτυογραφία), για την υποστήριξη των υποθέσεων της μελέτης και της ερευνάς μου, είναι πλήρως συμβατή με τα ακολουθούμενα επιστημονικά πρότυπα και, επιπλέον, αναφέρεται ρητά, υπό μορφή αναφοράς-παραπομπής, σε όλο το φάσμα κειμένων της παρούσης εργασίας. Το αυτό ισχύει για τη χρήση δευτερογενών δεδομένων (πινάκων, διαγραμμάτων και εικόνων), ιδεών και λέξεων, τα οποία και αναφέρονται είτε ακριβώς όπως υπάρχουν στις πηγές είτε μεθερμηνεύονται από εμένα.

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>ΕΠΩΝΥΜΟ</b>         | ΚΟΥΚΟΥΣΕΛΗΣ |
| <b>ΟΝΟΜΑ</b>           | ΡΑΦΑΗΛ      |
| <b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ</b> | 2919059     |
| <b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>      | 9/7/2025    |
| <b>ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>        |             |

© 2025. ΚΟΥΚΟΥΣΕΛΗΣ ΡΑΦΑΗΛ

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας της Σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία εξετάζει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μιας κατοικίας μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης που περιλαμβάνει ανάλυση, αναβάθμιση και βελτιστοποίηση. Αρχικά, πραγματοποιείται μια λεπτομερής αξιολόγηση της αρχικής ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου, με βάση το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Η ανάλυση εστιάζει στις κύριες πηγές ενεργειακών απωλειών, όπως η ανεπαρκής θερμομόνωση, τα παλαιά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, καθώς και η υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση από φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές. Στο επόμενο στάδιο, προτείνονται και υλοποιούνται συγκεκριμένες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, περιλαμβάνοντας βελτιώσεις στη θερμομόνωση, την εγκατάσταση παραθύρων και θυρών υψηλής απόδοσης, την ανανέωση του συστήματος HVAC, τη μετατροπή του φωτισμού σε LED και έξυπνα συστήματα, καθώς και την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μετά την ολοκλήρωση των αναβαθμίσεων, εκδίδεται νέο ΠΕΑ, το οποίο καταγράφει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Ένα σημαντικό μέρος της έρευνας αφορά την εγκατάσταση και τη χρήση έξυπνων μετρητών για τη συνεχή παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους έξυπνους μετρητές επιτρέπουν την ταυτοποίηση πρόσθετων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας και την εφαρμογή στρατηγικών για ακόμα καλύτερη διαχείριση. Η μελέτη πραγματοποιεί μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ της αρχικής, της αναβαθμισμένης και της βελτιστοποιημένης με έξυπνους μετρητές κατάστασης του κτιρίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του λειτουργικού κόστους, γεγονός που επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων. Τέλος, η εργασία συνοψίζει τα κύρια ευρήματα, προτείνει μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις και αναφέρεται στους περιορισμούς της μεθόδου. Οι στρατηγικές που παρουσιάζονται μπορούν να εφαρμοστούν σε ευρύτερη κλίμακα, συμβάλλοντας στη βιώσιμη ανάπτυξη και στη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των κτιρίων.

Λέξεις-κλειδιά: Ενεργειακή απόδοση, ΠΕΑ, αναβάθμιση κτιρίων, έξυπνοι μετρητές, ενεργειακή βελτιστοποίηση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη                                                                                           | 2  |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή                                                                               | 5  |
| 1.1 Ιστορικό και σημασία της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων                                      | 5  |
| 1.2 Στόχοι της μελέτης                                                                             | 6  |
| 1.3 Μεθοδολογία και πεδίο εφαρμογής                                                                | 7  |
| 1.4 Δομή                                                                                           | 8  |
| Κεφάλαιο 2: Αξιολόγηση της αρχικής ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας                              | 10 |
| 2.1 Περιγραφή της κατοικίας και των χαρακτηριστικών της                                            | 10 |
| 2.2 Πιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) - Διαδικασία και σημασία                                | 12 |
| 2.3 Ανάλυση της αρχικής ενεργειακής κατανάλωσης                                                    | 14 |
| 2.3.1 Χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη                                                        | 14 |
| 2.3.2 Ηλεκτρική κατανάλωση (φωτισμός, συσκευές κ.λπ.)                                              | 14 |
| 2.3.3 Εντοπισμός ενεργειακών ανεπαρειών                                                            | 15 |
| Κεφάλαιο 3: Αναβάθμιση και επαναξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης                                 | 21 |
| 3.1 Επιλογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας                                                         | 21 |
| 3.1.1 Βελτιώσεις στη θερμομόνωση                                                                   | 21 |
| 3.1.2 Παράθυρα και πόρτες υψηλής απόδοσης                                                          | 22 |
| 3.1.3 Φωτισμός LED και έξυπνοι έλεγχοι φωτισμού                                                    | 23 |
| 3.1.4 Εκσυγχρονισμός του συστήματος HVAC                                                           | 23 |
| 3.1.5 Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας                                                       | 24 |
| 3.2 Εφαρμογή αναβαθμίσεων ενεργειακής απόδοσης και έκδοση νέου πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης | 24 |
| Κεφάλαιο 4: Εγκατάσταση και βελτιστοποίηση έξυπνων μετρητών                                        | 29 |
| 4.1 Τελικές αναβαθμίσεις                                                                           | 29 |
| 4.2 Ρόλος και οφέλη των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας                              | 29 |
| 4.3 Διαδικασία εγκατάστασης έξυπνων μετρητών                                                       | 30 |
| 4.4 Αξιοποίηση των δεδομένων των έξυπνων μετρητών                                                  | 31 |
| 4.5 Τελικό ενεργειακό πιστοποιητικό και ενεργειακές απαιτήσεις                                     | 32 |
| Κεφάλαιο 5: Συγκριτική ανάλυση                                                                     | 35 |
| 5.1 Αρχική κατάσταση - Ενεργειακή κατανάλωση                                                       | 35 |
| 5.2 Κατάσταση μετά την αναβάθμιση - Κέρδη ενεργειακής απόδοσης                                     | 36 |
| 5.3 Βελτιστοποιημένη κατάσταση με έξυπνους μετρητές - Τελική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης     | 37 |
| Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και μελλοντικές εργασίες                                                  | 39 |
| 6.1 Σύνοψη των βασικών ευρημάτων                                                                   | 39 |
| 6.2 Τελική αξιολόγηση των στρατηγικών ενεργειακής απόδοσης                                         | 39 |
| 6.3 Συστάσεις για μελλοντικές προσεγγίσεις εξοικονόμησης ενέργειας                                 | 40 |
| 6.4 Δυνατότητες ενσωμάτωσης των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα    | 40 |
| 6.5 Περιορισμοί της μελέτης και περαιτέρω έρευνα                                                   | 41 |



# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Ιστορικό και σημασία της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Η ανάγκη ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η μείωση των δαπανών και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έχουν καταστήσει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κρίσιμο στοιχείο της βιώσιμης ανάπτυξης, με τα κτίρια να χρησιμοποιούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας παγκοσμίως, κυρίως για τον φωτισμό, τη θέρμανση, την ψύξη και τη λειτουργία των συσκευών. Εκτός από την αύξηση του κόστους των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας των ιδιοκτητών κατοικιών, η αναποτελεσματική κατανάλωση ενέργειας αυξάνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που επιδεινώνει την κλιματική αλλαγή, με τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις και τους ιδιώτες έχουν καταστήσει την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των οικιστικών και εμπορικών κτιρίων κορυφαίο μέλημα, καθώς η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται συνεχώς [1].

Πολλοί νόμοι και κανόνες έχουν θεσπιστεί για την ενθάρρυνση της ενεργειακά αποδοτικής δόμησης και μετασκευής ως απάντηση σε αυτά τα ζητήματα, με το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), να προσφέρει μια τυποποιημένη προσέγγιση για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και τον εντοπισμό περιοχών προς βελτίωση [2]. Τα κτίρια μπορούν να μειώσουν δραστικά την ενεργειακή τους χρήση με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, όπως ο φωτισμός LED, τα παράθυρα υψηλής απόδοσης, τα επικαιροποιημένα συστήματα HVAC και η καλύτερη μόνωση, με την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα να μπορεί να μειωθεί και η ενεργειακή βιωσιμότητα να βελτιωθεί περαιτέρω με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες [3].

Εκτός από την εξοικονόμηση κόστους, τα ενεργειακά αποδοτικά κτίρια παρέχουν διάφορα πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη άνεση στους εσωτερικούς χώρους, αυξημένη αξία ακινήτων και λιγότερη πίεση στην ενεργειακή υποδομή, με την εφαρμογή ευφυούς τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων μετρητών, να διευκολύνει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες και τους ενοικιαστές ακινήτων να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων που βελτιώνουν την αποδοτικότητα και ελαχιστοποιούν τη σπατάλη [4].

Η παρούσα μελέτη υιοθετεί μια συστηματική μέθοδο για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου κατοικιών, λαμβάνοντας υπόψη τα εν λόγω κριτήρια, επιδιώκοντας να υπογραμμίσει τα πρακτικά και οικονομικά οφέλη των ενεργειακά αποδοτικών βελτιώσεων, εξετάζοντας την αρχική κατανάλωση ενέργειας, εκτελώντας αναβαθμίσεις της απόδοσης και

ενσωματώνοντας τεχνολογίες έξυπνων μετρητών. Τα ευρήματα θα βοηθήσουν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μέθοδοι ενεργειακής απόδοσης μπορούν να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα και να προσφέρουν οικονομικά πλεονεκτήματα στα σπίτια και στους φορείς χάραξης πολιτικής [5].

## 1.2 Στόχοι της μελέτης

Ο κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι να αξιολογηθεί και να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου κατοικιών με τη χρήση μιας μεθοδικής διαδικασίας που περιλαμβάνει βελτιώσεις, εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών και αξιολόγηση, σκοπεύοντας να προτείνει και να εκτελέσει εστιασμένες βελτιώσεις που θα οδηγήσουν σε μετρήσιμες μειώσεις στη χρήση ενέργειας και στις δαπάνες, εξετάζοντας την αρχική ενεργειακή απόδοση και εντοπίζοντας τις αναποτελεσματικότητες. Η ενεργειακή κλάση και η συνολική απόδοση του κτιρίου βελτιώνονται με αυτές τις αναβαθμίσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν επίσης σύγχρονες εγκαταστάσεις HVAC, παράθυρα και πόρτες υψηλής απόδοσης, φωτισμό LED και θερμομόνωση [6].

Για την περαιτέρω βελτιστοποίηση της ενεργειακής διαχείρισης, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας έξυπνων μετρητών είναι ένας άλλος σημαντικός στόχος, με την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο που καθίσταται δυνατή με τους έξυπνους μετρητές να βοηθάει στον εντοπισμό μη αποδοτικών συσκευών, την αυτοματοποίηση τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας και τον καλύτερο εντοπισμό των περιόδων αιχμής [7]. Η μελέτη στοχεύει να δείξει πώς η έξυπνη τεχνολογία μπορεί να είναι απαραίτητη για τη μακροπρόθεσμη ενεργειακή βιωσιμότητα και να ποσοτικοποιήσει την πρόσθετη εξοικονόμηση που καθίσταται δυνατή από αυτές τις αποδοτικότητες.

Τέλος, η μελέτη σκοπεύει να πραγματοποιήσει οικονομική αξιολόγηση και συγκριτική ανάλυση των βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης, προσφέροντας μια σαφή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών των μέτρων με την αντιπαράβολή τριών διαφορετικών καταστάσεων: της αρχικής ενεργειακής απόδοσης, της κατάστασης μετά την αναβάθμιση και της βελτιστοποιημένης κατάστασης με έξυπνους μετρητές [8]. Η μελέτη θα δείξει εφαρμόσιμους, οικονομικά προσιτούς τρόπους για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των νοικοκυριών, ενώ παράλληλα προωθεί τη βιωσιμότητα και μειώνει τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

### 1.3 Μεθοδολογία και πεδίο εφαρμογής

Η μελέτη αυτή αξιολογεί, βελτιώνει και μεγιστοποιεί την ενεργειακή απόδοση ενός οικιστικού κτιρίου χρησιμοποιώντας μια συστηματική διαδικασία, ξεκινώντας με μια αρχική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) για την ανάλυση της τρέχουσας ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, συνεπάγοντας την αξιολόγηση του φωτισμού, της θέρμανσης, της ψύξης και της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για να δημιουργηθεί μια βασική γραμμή. Οι καλύτερες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας καθορίζονται με τον εντοπισμό τυχόν ανεπαρειών στη θερμική απόδοση του κτιρίου και στα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας.

Η βελτιωμένη θερμομόνωση, τα παράθυρα και οι πόρτες υψηλής απόδοσης, ο φωτισμός LED και η ενημέρωση του συστήματος θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) είναι μερικά παραδείγματα βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης που θα εφαρμοστούν στην επόμενη φάση, με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες, να λαμβάνονται επίσης υπόψη, εφόσον είναι εφικτό. Μετά την εφαρμογή αυτών των βελτιώσεων εκδίδεται νέο ΠΕΑ και η ενεργειακή απόδοση επανεκτιμάται για να μετρηθεί η εξοικονόμηση στις ενεργειακές δαπάνες και την κατανάλωση.

Στο ανακαινισμένο κτίριο έχουν τοποθετηθεί έξυπνοι μετρητές για να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η αποδοτικότητα, με σκοπό την αναγνώριση των αναποτελεσματικών συσκευών, αυτοματοποιώντας τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και εντοπίζοντας τις περιόδους αιχμής της κατανάλωσης, επιτρέποντας την αποτελεσματικότερη διαχείριση της ενέργειας μέσω της παρακολούθησης της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Για να διαπιστωθεί περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της αποδοτικότητας που καθίσταται δυνατή από την έξυπνη τεχνολογία, εξετάζονται τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί.

Η μελέτη ολοκληρώνεται με τη σύγκριση των τριών ενεργειακών καταστάσεων: της βέλτιστης κατάστασης με την ενσωμάτωση έξυπνων μετρητών, της απόδοσης μετά την αναβάθμιση και της αρχικής κατάστασης πριν από οποιεσδήποτε βελτιώσεις. Εκτός από μια οικονομική ανάλυση που περιλαμβάνει υπολογισμούς της περιόδου αποπληρωμής και της απόδοσης της επένδυσης (ROI), τα αποτελέσματα εμφανίζονται γραφικά ως εξοικονόμηση ενέργειας, αναδεικνύοντας τα μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων των κτιρίων, ενώ παράλληλα αξιολογεί την οικονομική βιωσιμότητα των μέτρων.

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας μελέτης περιορίζεται σε μία μόνο οικιστική δομή, προσφέροντας μια ενδελεχή μελέτη περίπτωσης των εφαρμογών έξυπνων μετρητών και των

βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης. Αν και τα αποτελέσματα είναι μοναδικά για την επιλεγμένη κατοικία, η προσέγγιση και τα διδάγματα που αντλήθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες ιδιοκτησίες παρόμοιας φύσης, προσθέτοντας στις ευρύτερες συζητήσεις σχετικά με τη διαχείριση της ενέργειας και τη βιώσιμη κατοικία, με την μελέτη επικεντρώνεται σε χρήσιμες εφαρμογές για ιδιώτες ιδιοκτήτες κατοικιών που επιθυμούν να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση και να μειώσουν τα έξοδα, εξαιρώντας τα εμπορικά κτίρια μεγάλης κλίμακας και τις τεχνικές βιομηχανικής ενεργειακής απόδοσης.

## 1.4 Δομή

Η παρούσα διατριβή χωρίζεται σε έξι κεφάλαια, καθένα από τα οποία επικεντρώνεται σε μια ξεχωριστή πτυχή της έρευνας για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μέσω στοχευμένων ανακαινίσεων και της ενσωμάτωσης έξυπνων μετρητών, με το πρώτο κεφάλαιο να περιγράφει το ερευνητικό πρόβλημα, υπογραμμίζεται η σημασία της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και παρουσιάζονται οι στόχοι, οι μέθοδοι και το γενικό πεδίο εφαρμογής της μελέτης.

Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην αρχική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του σπιτιού, παρέχοντας λεπτομερή ανάλυση της αρχικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, περιγράφοντας τα βήματα και τη σημασία της απόκτησης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) και τέλος παρέχοντας μια ολοκληρωμένη δομική περιγραφή. Αφορά δηλαδή την μέτρηση της ποσότητας ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και ενέργεια, προκειμένου να καθοριστεί μια βασική γραμμή και να εντοπιστούν οι ανεπάρκειες.

Στο τρίτο κεφάλαιο καλύπτονται οι βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης που πραγματοποιούνται για τη βελτίωση της απόδοσης του κτιρίου. Συζητείται ο τρόπος επιλογής και εφαρμογής σημαντικών στρατηγικών, όπως η καλύτερη θερμομόνωση, τα ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα και πόρτες, ο φωτισμός LED, η ενημέρωση των συστημάτων HVAC με την ενεργειακή χρήση του σπιτιού να επαναξιολογείται για να προσδιοριστεί η αύξηση της απόδοσης και εκδίδεται νέο ΠΕΑ.

Η εγκατάσταση και τα πλεονεκτήματα των έξυπνων μετρητών στο ανακαινισμένο σπίτι εξετάζονται στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφοντας την διαδικασία εγκατάστασης, την λειτουργία των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας και τον τρόπο με τον οποίο η παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο βοηθά στον εντοπισμό μη αποδοτικού εξοπλισμού, στην αυτοματοποίηση τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας και στον εντοπισμό περιόδων αιχμής της χρήσης. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται επίσης οι πρόσθετες εξοικονομήσεις ενέργειας που καθίστανται δυνατές χάρη στην έξυπνη τεχνολογία.

Οι τρεις ενεργειακές καταστάσεις, η αρχική κατάσταση, η κατάσταση μετά την αναβάθμιση και η βέλτιστη κατάσταση με έξυπνους μετρητές, συγκρίνονται στο πέμπτο κεφάλαιο, και για την οπτικοποίηση αυτής της σύγκρισης χρησιμοποιούνται γραφήματα που δείχνουν την πραγματοποιηθείσα εξοικονόμηση ενέργειας. Πραγματοποιείται επίσης οικονομική ανάλυση, προσδιορίζοντας την περίοδο αποπληρωμής και την απόδοση της επένδυσης (ROI), παρουσιάζοντας τα οικονομικά πλεονεκτήματα των ενεργειακά αποδοτικών αναβαθμίσεων και της έξυπνης διαχείρισης της ενέργειας.

Στο έκτο κεφάλαιο, το οποίο ολοκληρώνει τη μελέτη, συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα, αξιολογείται η συνολική αποτελεσματικότητα των μέτρων ενεργειακής απόδοσης που τέθηκαν σε εφαρμογή και γίνεται λόγος για πιθανές μελλοντικές εξελίξεις, ενώ παράλληλα με την επισήμανση των πιθανών χρήσεων της τεχνολογίας των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα, επισημαίνοντας επίσης τυχόν όρια της μελέτης και διατυπώνει προτάσεις για πρόσθετη έρευνα στον τομέα των βιώσιμων ενεργειακών λύσεων για τα κτίρια.

## Κεφάλαιο 2: Αξιολόγηση της αρχικής ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας

Ένα ουσιαστικό πρώτο βήμα για τον προσδιορισμό της συνολικής απόδοσης ενός κτιρίου και τον εντοπισμό των περιοχών που χρήζουν βελτίωσης είναι η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, με τον καθορισμό μιας βασικής γραμμής που λαμβάνει υπόψη την τρέχουσα ενεργειακή χρήση του σπιτιού, την κατηγορία απόδοσης και τις πιθανές ανεπάρκειες να είναι σημαντική πριν από την εφαρμογή οποιωνδήποτε μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Το κεφάλαιο προσφέρει μια αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης της επιλεγμένης κατοικίας, λαμβάνοντας υπόψη τα δομικά χαρακτηριστικά της, τις τάσεις της ενεργειακής κατανάλωσης και τη διαδικασία πιστοποίησης [9].

Στην αρχή του κεφαλαίου δίνεται μια διεξοδική περιγραφή της κατοικίας, συμπεριλαμβανομένων των διαστάσεων της, των δομικών υλικών, των ιδιοτήτων μόνωσης, των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και της τρέχουσας τεχνολογίας που σχετίζεται με την ενέργεια, βοηθώντας στην αξιολόγηση των μεταβλητών που επηρεάζουν τη χρήση ενέργειας και την αξιολόγηση της απόδοσης του κτιρίου [10]. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βήματα που απαιτούνται για την απόκτηση ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), καθώς και η σημασία του ΠΕΑ για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και την καθοδήγηση μελλοντικών βελτιώσεων.

Πραγματοποιείται ενδελεχής εξέταση της αρχικής ενεργειακής χρήσης του σπιτιού, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σαφές προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης, με την χρήση της ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, την ηλεκτρική κατανάλωση από συσκευές και φωτισμό και την ανίχνευση ενεργειακών ανεπαρειών είναι οι κύριες κατηγορίες στις οποίες διαχωρίζεται η ανάλυση αυτή. Καθορίζεται μια βασική ενεργειακή κλάση και μια βαθμολογία απόδοσης εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο η ενέργεια κατανέμεται σε όλο το σπίτι και εντοπίζοντας περιοχές με υψηλή κατανάλωση ή χαμηλή απόδοση, που θα χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση των μελλοντικών εξελίξεων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα επόμενα κεφάλαια.

### 2.1 Περιγραφή της κατοικίας και των χαρακτηριστικών της

Η επιλογή του συγκεκριμένου οροφωδιαμερίσματος για μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης βασίστηκε σε συνδυασμό τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραγόντων, και πρόκειται για μία κατοικία παλαιάς κατασκευής, χτισμένη το έτος 1957, η οποία στερείται βασικών

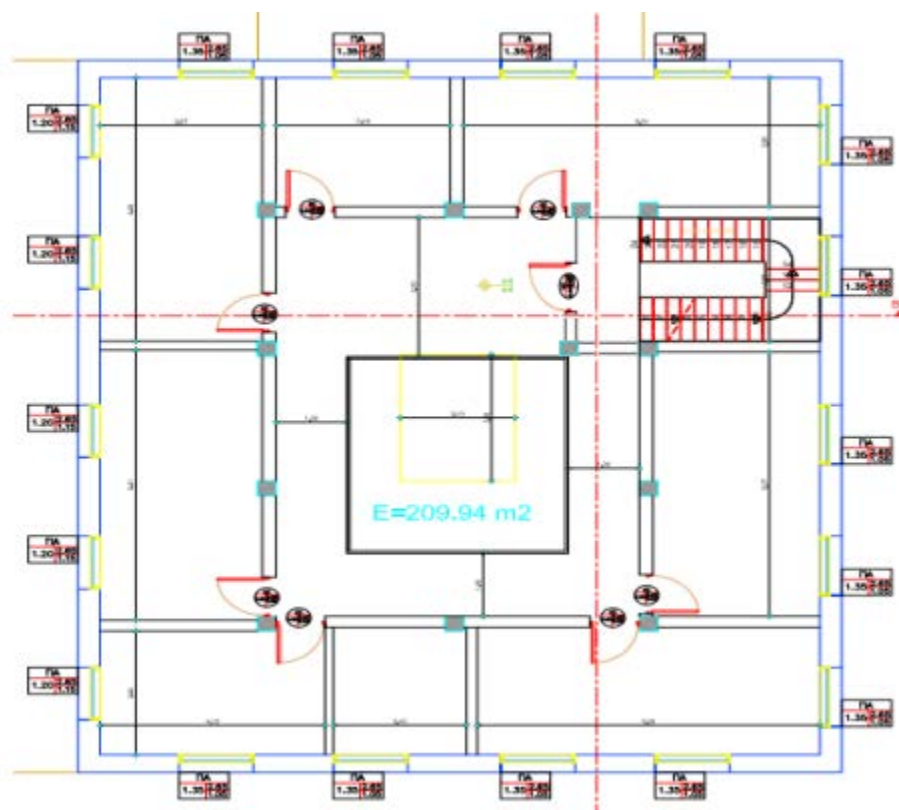
συστημάτων θερμομόνωσης και δεν ενσωματώνει κανένα είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Τα χαρακτηριστικά αυτά την καθιστούν αντιπροσωπευτικό δείγμα του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος στην Ελλάδα, ιδίως των κτιρίων που ανεγέρθηκαν πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979, και ως εκ τούτου, παρουσιάζει υψηλό δυναμικό για ενεργειακή βελτίωση μέσω επεμβάσεων στο κέλυφος και στα συστήματα θέρμανσης/ψύξης.

Η κατοικία βρίσκεται στον Βόλο, μία πόλη της Κεντρικής Ελλάδας με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μικροκλίματος, με την γεωγραφική της θέση να υπάγεται στην Κλιματική Ζώνη Γ, σύμφωνα με την ταξινόμηση του ΚΕΝΑΚ. Η συγκεκριμένη ζώνη χαρακτηρίζεται από σχετικά ήπιους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια, γεγονός που επιβάλλει μέτριες απαιτήσεις τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη των εσωτερικών χώρων, με τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, όπως η μέση ετήσια θερμοκρασία των 17,4°C και η μέση σχετική υγρασία της τάξης του 67,2%, να επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η χωροθέτηση της κατοικίας σε αστικό περιβάλλον και η σύνδεσή της με το ευρύτερο πολεοδομικό σύνολο προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης των επιπτώσεων τόσο σε επίπεδο μικροκλίματος όσο και σε επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας, ειδικά ως προς τη θερμική αλληλεπίδραση με γειτονικά κτίρια και την επίδραση των αστικών νησίδων θερμότητας, με την επιλογή της κατοικίας να επιτρέπει επομένως την εκπόνηση μιας μελέτης που συνδυάζει την ενεργειακή τεκμηρίωση με την κοινωνική αναγκαιότητα της αναβάθμισης παλαιών κατοικιών, οι οποίες αποτελούν σημαντικό ποσοστό του υφιστάμενου οικιστικού ιστού.

Πριν την έναρξη οποιασδήποτε φάσης σχεδιασμού, πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου, όπου συγκεκριμένα, έγινε αποτύπωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (διαστάσεις, όγκοι, προσανατολισμός, θέση ανοιγμάτων), των κατασκευαστικών υλικών του κελύφους, καθώς και των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης. Το διαμέρισμα δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό, ενώ η θέρμανση και ψύξη εξασφαλίζονται αποκλειστικά από ηλεκτρικές μονάδες split τύπου. Επιπλέον, δεν υπάρχει θερμομόνωση στα δομικά στοιχεία, οδηγώντας σε σημαντικές θερμικές απώλειες.

Η ενεργειακή αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης κατατάσσει την κατοικία στην ενεργειακή κατηγορία Η, σύμφωνα με τα πρότυπα του ΚΕΝΑΚ, καταδεικνύοντας την ανάγκη για ουσιαστικές επεμβάσεις με σκοπό τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων και την αναβάθμιση της ποιότητας διαβίωσης. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση αυτών των επεμβάσεων, με στόχο την επίτευξη της κατηγορίας B+, σύμφωνα με το νέο ενεργειακό πλαίσιο.



Το κτίριο αρχικά χαρακτηρίζεται από παλιές κατασκευαστικές προδιαγραφές, με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία, με τους εξωτερικούς τοίχους και το δώμα να παρουσιάζουν υψηλές θερμικές απώλειες, καθώς δεν υπήρχε σύγχρονη μόνωση. Τα παράθυρα, αν και σχετικά πρόσφατα ανανεωμένα, ήταν συρόμενα με μεταλλικό πλαίσιο και διπλό υαλοπίνακα πάχους 12 mm, το οποίο δεν επαρκούσε για τη μείωση των απωλειών θερμότητας και της ηλιακής ακτινοβολίας.

## 2.2 Πιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) - Διαδικασία και σημασία

Ένα τυποποιημένο έγγραφο που αξιολογεί και κατηγοριοποιεί την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου ονομάζεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή χρήση και τη συνολική απόδοση του κτιρίου προκειμένου να βοηθήσει τους ιδιοκτήτες κατοικιών, τους αγοραστές και τους νομοθέτες να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης. Η αξιολόγηση των δομικών χαρακτηριστικών ενός κτιρίου, της ποιότητας της μόνωσης, των συστημάτων

θέρμανσης και ψύξης, της αποδοτικότητας του φωτισμού και της συνολικής χρήσης ενέργειας αποτελεί τη βάση για την έκδοση ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), ενώ για την παροχή μιας ενεργειακής αξιολόγησης, η οποία συνήθως κυμαίνεται από Α (υψηλή απόδοση) έως G (χαμηλή απόδοση), η διαδικασία πιστοποίησης χρησιμοποιεί μια τυποποιημένη μεθοδολογία που λαμβάνει υπόψη μια σειρά χαρακτηριστικών απόδοσης [11].

Ένας ειδικευμένος ενεργειακός ελεγκτής διενεργεί επιτόπια ενεργειακή αξιολόγηση ως πρώτο βήμα για την απόκτηση ενός ΠΕΑ, με την μελέτη αυτή να συγκεντρώνει στοιχεία σχετικά με τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, τα επίπεδα μόνωσης, τον εξαερισμό, τα συστήματα HVAC, την απόδοση του φωτισμού και τυχόν εγκατεστημένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες. Προκειμένου να εντοπιστούν οι πραγματικές τάσεις χρήσης ενέργειας, ο ελεγκτής εξετάζει επίσης ιστορικά δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου να προσδιορίζεται με τη χρήση ειδικού λογισμικού αφού συλλεχθούν όλα τα σχετικά δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη μεταβλητές όπως οι θερμικές απώλειες, η απόδοση του συστήματος και η συμπεριφορά των ενοίκων, και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ενεργειακής κλάσης του κτιρίου, η οποία στη συνέχεια καταγράφεται στην επίσημη έκθεση EPC [12].

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους το EPC είναι σημαντικό, καταρχάς, λειτουργεί ως πρότυπο για την ενεργειακή απόδοση, δίνοντας στους ιδιοκτήτες κτιρίων εικόνα για το πώς συγκρίνεται η δομή τους με άλλες, ενώ δεύτερον, προσφέρει προτάσεις για βελτιώσεις, επισημαίνοντας ορισμένα ελαττώματα και προτείνοντας εστιασμένες βελτιώσεις για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης [13]. Τρίτον, οι ρυθμιστικοί φορείς χρειάζονται συχνά EPC για κρατικά προγράμματα κινήτρων, ανακαινίσεις κτιρίων και συναλλαγές ακινήτων, με τα ακίνητα με υψηλότερες βαθμολογίες ενεργειακής απόδοσης να είναι συχνά πιο ελκυστικά για τους ενοικιαστές και τους αγοραστές λόγω των μειωμένων λειτουργικών εξόδων. Επιπλέον, προωθώντας τη λήψη αποφάσεων με ενεργειακή συνείδηση και βοηθώντας τις εθνικές και διεθνείς πρωτοβουλίες για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την προώθηση οικολογικότερων κτιριακών πρακτικών, με τα EPC να συμβάλλουν σε ευρύτερους στόχους βιωσιμότητας.

Το EPC λειτουργεί ως θεμέλιο για έργα εξοικονόμησης ενέργειας, καθορίζοντας τη βασική ενεργειακή απόδοση μιας κατοικίας. Ο αντίκτυπος των διαφόρων τροποποιήσεων αποδοτικότητας θα εξεταστεί στα επόμενα κεφάλαια για να δείξει πώς η έξυπνη διαχείριση ενέργειας, η μόνωση, ο φωτισμός και οι βελτιώσεις θέρμανσης μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή κλάση ενός κτιρίου και να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση [14].

## 2.3 Ανάλυση της αρχικής ενεργειακής κατανάλωσης

Λόγω των σοβαρών ανεπαρκειών στο κέλυφος και στα συστήματά του, το κτίριο που αξιολογείται κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση H, την χαμηλότερη κατηγορία στην εθνική κλίμακα ενεργειακής απόδοσης. Το σπίτι παρουσιάζει εμφανή σημάδια παρωχημένων τεχνικών κατασκευής πριν από την πραγματοποίηση οποιωνδήποτε βελτιώσεων, με πιο αξιοσημείωτο την έλλειψη επαρκούς θερμομόνωσης. Σύμφωνα με τις εθνικές τεχνικές προδιαγραφές (ΧΟΧΕΕ 20701-1:2017), οι εξωτερικοί τοίχοι και οι επιφάνειες της στέγης είναι κατασκευασμένοι από τυποποιημένα δομικά υλικά με συντελεστή θερμικής εκπομπής  $\varepsilon = 0,8$  και συντελεστή ηλιακής απορρόφησης  $\alpha = 0,4$ , ο οποίος είναι σύμφωνος με μια ανοιχτόχρωμη επιχρισμένη πρόσοψη.

### 2.3.1 Χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Η ποιότητα και ο τύπος των κουφωμάτων των παραθύρων είναι ιδιαίτερα επιζήμια για τη θερμομόνωση του κτιρίου. Τα παράθυρα του διαμερίσματος έχουν διπλά τζάμια με διάκενο 12 mm και μεταλλικά κουφώματα που δεν έχουν υποστεί θερμική φθορά. Ωστόσο, δεν υπάρχουν εξωτερικά συστήματα σκίασης, όπως περσίδες ή παραθυρόφυλλα. Λόγω των σημαντικών ηλιακών κερδών, αυτά τα ανοίγματα, τα οποία είναι διασκορπισμένα σε νοτιοανατολική και νοτιοδυτική κατεύθυνση, αυξάνουν τα θερμικά φορτία κατά τους ζεστούς μήνες, με σημαντικές απώλειες θέρμανσης και ψύξης να προκύπτουν από τον υψηλό θερμικό γέφυρα και την ανεπαρκή αεροστεγανότητα αυτού του τύπου παραθύρων [15].

Αν και έχει επαρκή χωρητικότητα για το σπίτι, ο λέβητας πετρελαίου 60 kW που παρέχει τη θέρμανση δεν είναι τόσο αποδοτικός όσο τα πιο πρόσφατα μοντέλα. Για την ψύξη χρησιμοποιούνται δύο κλιματιστικά split 5,2 kW. Δεν υπάρχει ηλιακή θερμική ενσωμάτωση στο σύστημα ζεστού νερού χρήσης (DHW), αλλά αντίθετα χρησιμοποιείται τοπικός ηλεκτρικός θερμοσίφωνας. Εξαιτίας αυτού, καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα το χειμώνα.

### 2.3.2 Ηλεκτρική κατανάλωση (φωτισμός, συσκευές κ.λπ.)

Με μέση φωτεινή απόδοση περίπου 200 lumens ανά λαμπτήρα και συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1,5 kW, ο φωτισμός του διαμερίσματος βασίζεται σε συμβατικά συστήματα. Ακόμη και αν χρησιμοποιείται το 60,72% του φυσικού φωτός της ημέρας, η έλλειψη αισθητήρων παρουσίας ή αυτοματισμού φωτισμού μειώνει περαιτέρω τη συνολική απόδοση του φωτισμού, καθώς ο χειροκίνητος έλεγχος παραμένει η μόνη διαθέσιμη επιλογή.

Επιπλέον, το κτίριο στερείται οποιωνδήποτε λύσεων ανανεώσιμης ενέργειας που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αντιστάθμιση της υψηλής ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά πάνελ, ηλιακοί συλλέκτες, μηχανικός αερισμός ή μονάδες συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP), με την ανεπαρκή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου να ενισχύεται περαιτέρω από την απουσία σύγχρονων επιλογών επεξεργασίας αέρα ή υγρασίας [16]. Τέλος το αρχικό προφίλ κατανάλωσης ενέργειας του σπιτιού χαρακτηρίζεται από συστηματικές ανεπάρκειες σε όλους τους τομείς, φωτισμό, συστήματα και κέλυφος, υποστηρίζοντας την κατάταξή του στην ενεργειακή κλάση H και υπογραμμίζει την ανάγκη για εκτεταμένες ενεργειακές ανακαινίσεις [17].

### 2.3.3 Εντοπισμός ενεργειακών ανεπαρειών

Τόσο το θερμικό περίβλημα του κτιρίου όσο και τα ηλεκτρομηχανικά του συστήματα παρουσιάζουν διάφορες ενεργειακές ανεπάρκειες, οδηγώντας σε μειωμένη άνεση των ενοίκων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, υψηλότερα λειτουργικά έξοδα και υπερβολική κατανάλωση ενέργειας.

#### 1. Ελλείψεις στο θερμικό περίβλημα

Το περίβλημα του κτιρίου, το οποίο έχει ανεπαρκή θερμομόνωση στους τοίχους και την οροφή, είναι το σημείο όπου αρχίζουν οι κύριες ανεπάρκειες, προκαλώντας υπερθέρμανση το καλοκαίρι και σημαντικές απώλειες θερμότητας και υψηλή θερμική διαπερατότητα (τιμές U) το χειμώνα. Η έλλειψη μόνωσης αυξάνει την καταπόνηση των μηχανικών συστημάτων και προσθέτει στην ταλαιπωρία, επηρεάζοντας άμεσα τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη.

#### 2. Παράθυρα με χαμηλή απόδοση

Μια σημαντική αιτία απώλειας ενέργειας είναι τα παράθυρα. Υπάρχει σημαντική θερμική γέφυρα επειδή τα τρέχοντα κουφώματα είναι μεταλλικά και δεν είναι θερμικά διαχωρισμένα. Επιπλέον, υπάρχει μικρή θερμική και ακουστική μόνωση λόγω των παρωχημένων διπλών υαλοπινάκων με διάκενο 12 mm. Η ηλιοφάνεια είναι ανεξέλεγκτη επειδή δεν υπάρχουν εξωτερικοί μηχανισμοί σκίασης (όπως παραθυρόφυλλα, κουρτίνες ή προεξοχές), ειδικά στις νοτιοανατολικές και νοτιοδυτικές προσόψεις, αυξάνοντας την ανάγκη για ψύξη το καλοκαίρι και επιτρέπει την ανεξέλεγκτη απώλεια θερμότητας το χειμώνα.

#### 3. Αποτελεσματικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης

Ένας λέβητας πετρελαίου με ονομαστική ισχύ 60 kW αποτελεί τη βάση του τρέχοντος συστήματος θέρμανσης. Παρά την καλή θερμική τους ικανότητα, αυτά τα συστήματα έχουν

συνήθως χαμηλή απόδοση, ιδιαίτερα αν είναι παλαιότερα ή δεν διαθέτουν σύγχρονο αυτοματισμό (όπως διόρθωση καιρού ή ρυθμιζόμενους καυστήρες), οδηγώντας στην υψηλή κατανάλωση καυσίμων και τις αυξημένες εκπομπές. Δύο ανεξάρτητα συστήματα κλιματισμού split-unit, το καθένα με εκτιμώμενη ισχύ 5,2 kW, παρέχουν ψύξη, που είναι άνετα σε τοπικό επίπεδο, αλλά δεν διαθέτουν ζωνοποίηση, κεντρικό συντονισμό και υψηλούς βαθμούς απόδοσης (π.χ. τεχνολογία inverter, υψηλές τιμές SEER).

#### 4. Η έλλειψη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Στο κτίριο δεν χρησιμοποιούνται συστήματα παραγωγής ή υποστήριξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Δεν υπάρχουν φωτοβολταϊκά συστήματα για τη μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, δεν υπάρχουν ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης (DHW) και δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας για τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και της ποιότητας του αέρα. Το δυναμικό του κτιρίου για ενεργειακή αυτονομία ή μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας περιορίζεται σοβαρά από την έλλειψη ενσωμάτωσης βιώσιμων τεχνολογιών.

#### 5. Ξεπερασμένα συστήματα φωτισμού

Το εγκατεστημένο φορτίο είναι 1,5 kW και ο φωτισμός παρέχεται από παραδοσιακά φωτιστικά με μάλλον χαμηλή φωτεινή απόδοση. Για να εξοικονομηθεί η άσκοπη χρήση, το σύστημα λειτουργεί χειροκίνητα και δεν διαθέτει αισθητήρες παρουσίας ή φωτός ημέρας. Αν και το διαμέρισμα δέχεται σημαντική ποσότητα φυσικού φωτός (περίπου 60,72%), η απουσία έξυπνων συστημάτων ελέγχου φωτισμού εμποδίζει την πλήρη αξιοποίηση αυτού του δυναμικού.

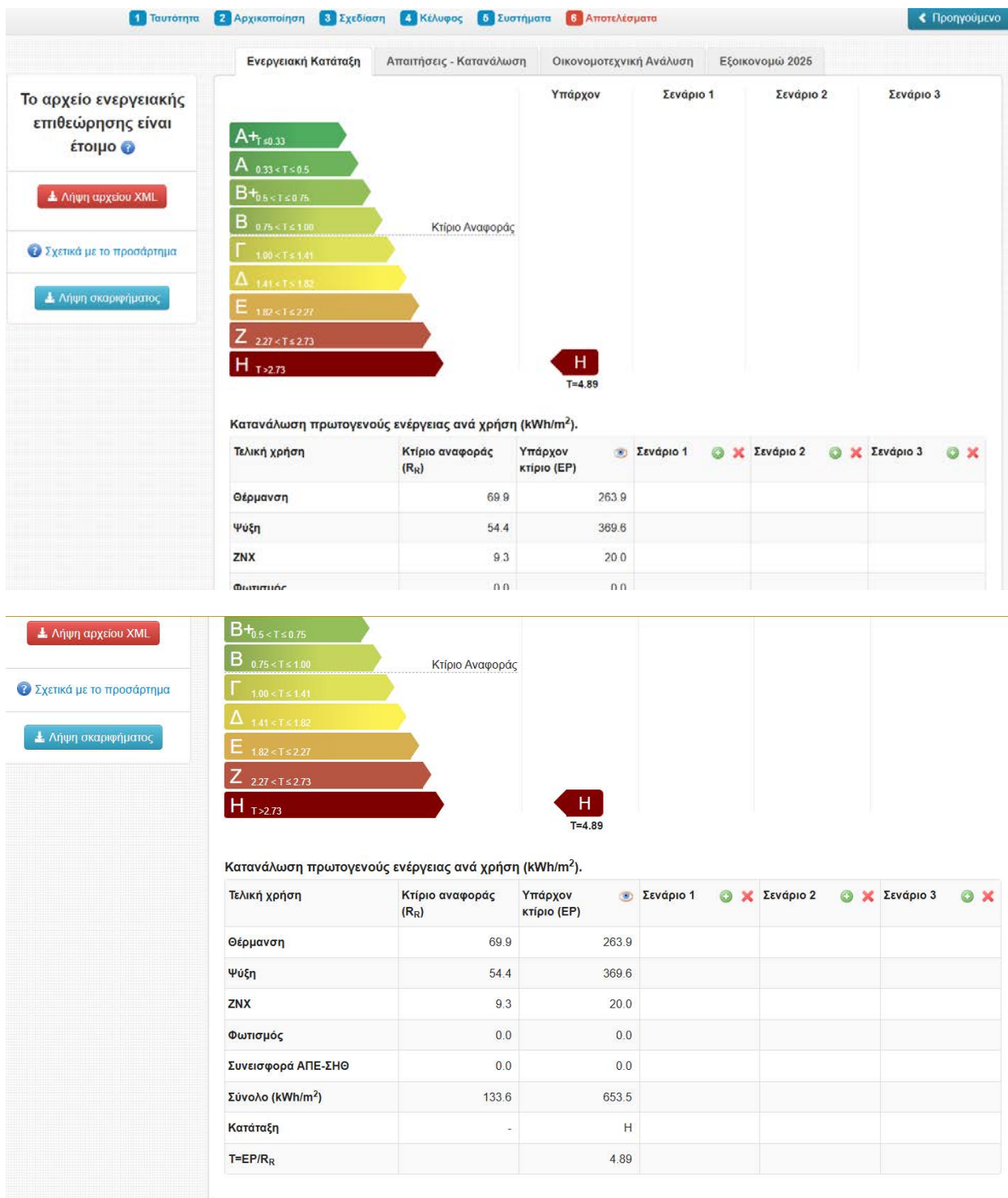
#### 6. Αποτελεσματική παραγωγή ζεστού νερού στο σπίτι

Οι βασικοί ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες είναι ένας από τους λιγότερο αποδοτικούς τρόπους παραγωγής ζεστού νερού για το σπίτι όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ιδίως όταν δεν υπάρχουν χρονοδιακόπτες, θερμοστατικός έλεγχος και ενσωμάτωση με άλλα συστήματα (όπως ηλιακή θερμική ενέργεια), οδηγώντας σε σημαντικά λειτουργικά κόστη και συνεχή κατανάλωση ενέργειας ακόμη και όταν η ζήτηση είναι ελάχιστη.

#### 7. Ανεπαρκή συστήματα άνεσης και εξαερισμού

Τέλος, δεν υπάρχουν συστήματα φιλτραρίσματος αέρα, υγρασίας ή μηχανικού εξαερισμού στο κτίριο. Η μόνη εναλλακτική λύση είναι ο φυσικός εξαερισμός, ο οποίος είναι ανεξέλεγκτος και χωρίς φίλτρα και μπορεί να οδηγήσει σε κακή ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές ή κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών, με την έλλειψη τέτοιων

συστημάτων να οδηγεί επίσης σε απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια του εξαερισμού το καλοκαίρι ή το χειμώνα, γεγονός που αυξάνει την αναποτελεσματικότητα.



1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κέλυφος

5 Συστήματα

6 Αποτελέσματα

← Προηγούμενο

Ενεργειακή Κατάταξη

Απαιτήσεις - Κατανάλωση

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονομώ 2025

Κτίριο αναφοράς

Υπάρχον κτίριο

Σενάριο 1

Σενάριο 2

Σενάριο 3

| Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ  | Μαρ  | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ  | Σεπ | Οκτ | Νοε  | Δεκ  | Ετήσιο |
|----------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|
| Θέρμανση                                     | 46.5 | 36.9 | 28.1 | 5.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 40.1 | 177.1  |
| Ψύξη                                         | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 1.1 | 10.8 | 23.1 | 20.1 | 2.2 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 57.3   |
| Υγρανση                                      | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| ZNX                                          | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.6 | 0.5 | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4 | 0.5 | 0.6  | 0.7  | 6.8    |

| Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ  | Μαρ  | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ  | Σεπ | Οκτ | Νοε  | Δεκ  | Ετήσιο |
|---------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|
| Θέρμανση                                    | 53.3 | 42.5 | 33.2 | 8.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 2.6 | 24.3 | 46.3 | 210.8  |
| Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση                | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ψύξη                                        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 4.8 | 24.2 | 48.8 | 42.8 | 6.8 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 127.5  |
| ZNX                                         | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.6 | 0.6 | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.4 | 0.5 | 0.6  | 0.7  | 6.9    |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX                     | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Φωτισμός                                    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ενέργεια από Φ/B - ΣΗΘ                      | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Σύνολο                                      | 54.1 | 43.2 | 33.9 | 9.1 | 5.4 | 24.6 | 49.2 | 43.3 | 7.3 | 3.1 | 25.0 | 47.0 | 345.2  |

| Πηγή ενέργειας      | Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> ) | Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ηλεκτρισμός         | 152.1                                     | 150.4                                         |
| Πετρέλαιο           | 193.1                                     | 51.0                                          |
| Φυσικό αέριο        | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Άλλα ορυκτά καύσιμα | 0.0                                       | 0.0                                           |

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

|         |     |     |     |     |     |      |      |      |     |     |     |     |      |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Ψύξη    | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 10.8 | 23.1 | 20.1 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 57.3 |
| Υγρανση | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  |
| ZNX     | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 6.8  |

| Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ  | Μαρ  | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ  | Σεπ | Οκτ | Νοε  | Δεκ  | Ετήσιο |
|---------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|
| Θέρμανση                                    | 53.3 | 42.5 | 33.2 | 8.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 2.6 | 24.3 | 46.3 | 210.8  |
| Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση                | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ψύξη                                        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 4.8 | 24.2 | 48.8 | 42.8 | 6.8 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 127.5  |
| ZNX                                         | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.6 | 0.6 | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.4 | 0.5 | 0.6  | 0.7  | 6.9    |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX                     | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Φωτισμός                                    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ενέργεια από Φ/B - ΣΗΘ                      | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Σύνολο                                      | 54.1 | 43.2 | 33.9 | 9.1 | 5.4 | 24.6 | 49.2 | 43.3 | 7.3 | 3.1 | 25.0 | 47.0 | 345.2  |

| Πηγή ενέργειας      | Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> ) | Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ηλεκτρισμός         | 152.1                                     | 150.4                                         |
| Πετρέλαιο           | 193.1                                     | 51.0                                          |
| 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                                           |
| Άλλη ΑΠΕ            | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Σύνολο              | 345.2                                     | 201.4                                         |

1 Ταυτότητα2 Αρχικοποίηση3 Σχεδίαση4 Κέλυφος5 Συστήματα6 Αποτελέσματα< Προηγούμενο

Ενεργειακή ΚατάταξηΑπαιτήσεις - ΚατανάλωσηΟικονομοτεχνική ΑνάλυσηΕξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο?

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

| Εξοικονόμηση και κόστη                                   | Κτίριο αναφοράς | Υπάρχον Κτίριο | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Λειτουργικό κόστος (€)                                   | 1313.3          | 5769.1         |           |           |           |
| Αρχικό κόστος επένδυσης (€)                              |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> ) |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)                   |                 |                |           |           |           |
| Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)                  |                 |                |           |           |           |
| Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )     |                 |                |           |           |           |
| Περίοδος αποπληρωμής (έτη)                               |                 |                |           |           |           |

1 Ταυτότητα2 Αρχικοποίηση3 Σχεδίαση4 Κέλυφος5 Συστήματα6 Αποτελέσματα< Προηγούμενο

Ενεργειακή ΚατάταξηΑπαιτήσεις - ΚατανάλωσηΟικονομοτεχνική ΑνάλυσηΕξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο?

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Κριτήρια ενεργειακών στόχων

| Σενάριο 1                                                                | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Α - Το Α' ΠΕΑ πρέπει να έχει ενεργειακή κλάση Γ ή χαμηλότερη             |           |           |
| Β - Η πρόταση επιτυγχάνει ελάχιστη αναβάθμιση κατά 3 ενεργειακές κλάσεις |           |           |
| Γ - Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας > 30%                             |           |           |

Κριτήρια κόστους

| Σενάριο 1                                                           | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Α - κόστος παρεμβάσεων ≤ 1.20€/KWh * εξοικ/ση πρωτ. ενέργειας (KWh) |           |           |
| Β - κόστος παρεμβάσεων ≤ 35000€                                     |           |           |

Κριτήριο βαθμολόγησης

| Βαθμομέρες                  | Βαθμολογία Κτιρίου |
|-----------------------------|--------------------|
| Κ <sub>1</sub> - Βαθμομέρες | 29.84%             |

Υπόμνημα: 

Επιλέξιμο

Μή Επιλέξιμο

Συχνές Ερωτήσεις

## Κεφάλαιο 3: Αναβάθμιση και επαναξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης

### 3.1 Επιλογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας

Επιλέχθηκε και εφαρμόστηκε ένα ολοκληρωμένο σύνολο μέτρων ενεργειακής απόδοσης με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και την αναβάθμισή του από την κατηγορία Η (Eta) στην κατηγορία Γ (Gamma). Οι ενέργειες αυτές αφορούσαν διάφορες πτυχές της λειτουργίας και του σχεδιασμού του κτιρίου, με έμφαση στην ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν σύμφωνη με τις αρχές του πλαισίου KENAK 2017, σύμφωνα με τις οποίες το κτίριο πληροί τις προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί «ριζικά ανακαινισμένο» λόγω της έκτασης και της πολυπλοκότητας των τροποποιήσεων.

Το θερμικό περίβλημα, τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα (θέρμανση, ψύξη και φωτισμός) και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν οι τρεις βασικοί πυλώνες του σχεδίου αναβάθμισης. Νέα, υψηλής απόδοσης παράθυρα και πόρτες που αντιμετώπιζαν τα μακροχρόνια προβλήματα της διείσδυσης αέρα και των θερμικών απωλειών ήταν μέρος των τροποποιήσεων του περιβλήματος. Ταυτόχρονα, σύγχρονες μονάδες που λειτουργούν με βιομάζα και τεχνολογία CHP με κυψέλες καυσίμου αντικατέστησαν τα απαρχαιωμένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, μειώνοντας σημαντικά τη χρήση ορυκτών καυσίμων και αυξάνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος.

Επιπλέον, η μείωση της καθαρής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ενώ ένας ηλιακός θερμικός συλλέκτης κάλυπτε τις ανάγκες θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων επέτρεψε τη μερική ενεργειακή αυτάρκεια μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επί τόπου. Ορισμένες ενέργειες, όπως η αντικατάσταση παραθύρων, μπορεί να είχαν μικρή, μεμονωμένη επίδραση στην ταξινόμηση που δημιουργήθηκε από το λογισμικό, αλλά ήταν απαραίτητες για την ενεργοποίηση και τη βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας άλλων συστημάτων.

#### 3.1.1 Βελτιώσεις στη θερμομόνωση

Η κατηγοριοποίηση του κτιρίου ως «ριζικά ανακαινισμένου» σύμφωνα με το πλαίσιο KENAK 2017 σημαίνει ότι έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές βελτιώσεις στο θερμικό περίβλημα του, παρόλο που οι λεπτομέρειες των αλλαγών στη μόνωση δεν έχουν ακόμη καταγραφεί πλήρως. Το

κτίριο πρέπει να πληροί ή να υπερβαίνει τα σύγχρονα πρότυπα απόδοσης για τα δομικά και ενεργειακά του στοιχεία προκειμένου να καταταχθεί. Σε αυτή την περίπτωση, η θερμομόνωση μετατρέπεται σε βασικό στοιχείο του σχεδίου ενεργειακής απόδοσης, με την μείωση των απωλειών θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου, που περιλαμβάνει τους εξωτερικούς τοίχους, την οροφή και το δάπεδο, να είναι ο κύριος στόχος των αναβαθμίσεων της θερμομόνωσης. Με την αύξηση της θερμικής διαπερατότητας, γνωστής και ως τιμή  $U$ , ή της αντίστασης στη μετάδοση θερμότητας, το κτίριο μπορεί να χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ενέργεια για να διατηρεί πιο σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες, όπου εκτός από την αύξηση της άνεσης, μειώνει και την ανάγκη για ενεργά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα οποία με τη σειρά τους καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια.

Η εγκατάσταση εξωτερικών μονωτικών υλικών στην οροφή και την πρόσοψη του κτιρίου είναι μία από τις αναβαθμίσεις, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ορυκτό μαλλί, διογκωμένο πολυστυρένιο (EPS) ή εξωθημένο πολυστυρένιο (XPS), που επιλέχθηκαν για την αντοχή τους και τη θερμική τους αντίσταση. Επιπλέον, σύμφωνα με τα βέλτιστα πρότυπα, τυχόν θερμικές γέφυρες, δομικά στοιχεία που συνήθως επιτρέπουν υψηλότερους ρυθμούς ροής θερμότητας, θα πρέπει να μειωθούν ή να διακοπούν θερμικά. Ως αποτέλεσμα το κέλυφος του κτιρίου συμμορφώνεται με τις αυστηρότερες οδηγίες του KENAK 2017 για τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές  $U$ . Η βασική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου βελτιώνεται έτσι σημαντικά, καθιστώντας δυνατή την πιο επιτυχημένη και αποδοτική λειτουργία των άλλων συσκευών εξοικονόμησης ενέργειας, όπως οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες ή οι τροποποιήσεις του συστήματος HVAC.

### 3.1.2 Παράθυρα και πόρτες υψηλής απόδοσης

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης βελτίωσης, όλα τα υπάρχοντα ανοίγματα παραθύρων και πορτών ανακαινίστηκαν με συστήματα τελευταίας τεχνολογίας που περιλάμβαναν διπλά τζάμια με συνθετικά κουφώματα και κενό αέρα 12 mm μεταξύ των υαλοπινάκων. Σε σύγκριση με τα αρχικά μεταλλικά κουφώματα χωρίς θερμοδιακοπή, τα συνθετικά κουφώματα προσφέρουν βελτιωμένη αντοχή και χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, ενώ η διάταξη των υαλοπινάκων βελτιώνει τη θερμομόνωση μειώνοντας τη μεταφορά θερμότητας.

Η πιστοποιημένη βαθμολογία διαπερατότητας αέρα κλάσης 4 των νέων παραθύρων και πορτών, η οποία υποδηλώνει υψηλό βαθμό αεροστεγανότητας, είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, μειώνοντας σημαντικά την ανεξέλεγκτη διείσδυση αέρα, η οποία στο αρχικό σχέδιο της κατασκευής αποτελούσε σημαντική πηγή απώλειας ενέργειας. Με τη μείωση των ρευμάτων αέρα και των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, η αυξημένη αεροστεγανότητα βελτιώνει

την άνεση των κατοίκων, εκτός από τη βελτίωση της θερμικής σταθερότητας στο εσωτερικό των χώρων, ενώ παράλληλα οι μονάδες περιλαμβάνουν ενσωματωμένα ρολά από συνθετικές περσίδες. Μειώνοντας την ηλιακή θερμότητα κατά τους ζεστούς μήνες και προσθέτοντας ένα επιπλέον στρώμα προστασίας από την απώλεια θερμότητας κατά τους ψυχρότερους μήνες, αυτά τα ρολά βοηθούν στον έλεγχο της σκίασης, με τον σχεδιασμό των ρολών να εγγυάται ότι συνδυάζονται αρμονικά με τα παράθυρα χωρίς να θυσιάζουν την αεροστεγανότητα.

Αν και αυτές οι αναβαθμίσεις είναι σημαντικές για τη βελτίωση της θερμικής απόδοσης του κτιρίου και της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό του, είχαν αμελητέα άμεση επίδραση στη συνολική ενεργειακή κατηγοριοποίηση του κτιρίου, όπως προσδιορίστηκε από το περιβάλλον προσομοίωσης, το οποίο οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι, αν και είναι απαραίτητες, οι τροποποιήσεις στην απόδοση των παραθύρων και των πορτών αντιμετωπίζουν μόνο μία πτυχή του περίπλοκου ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Ωστόσο, αυτές οι αλλαγές είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της βιωσιμότητας και της λειτουργικής αποδοτικότητας του κτιρίου, καθώς και για την πλήρη αξιοποίηση άλλων πρωτοβουλιών εξοικονόμησης ενέργειας.

### 3.1.3 Φωτισμός LED και έξυπνοι έλεγχοι φωτισμού

Με την αντικατάσταση των παρωχημένων φωτιστικών με συστήματα φωτισμού LED, η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό μειώθηκε σημαντικά, όπου αν και τα αυτόματα συστήματα ανίχνευσης φωτός ημέρας και παρουσίας δεν έχουν ακόμη ενσωματωθεί, το νέο σύστημα είναι συμβατό με έξυπνους ελέγχους φωτισμού. Παρ' όλα αυτά, η μετάβαση στα LED από μόνη της αυξάνει την ηλεκτρική απόδοση και βελτιώνει τη συνολική απόδοση.

### 3.1.4 Εκσυγχρονισμός του συστήματος HVAC

Ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) του κτιρίου ήταν ένα κρίσιμο μέρος της ενεργειακής βελτίωσης, η οποία αποσκοπούσε στην αύξηση της αποδοτικότητας και στη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου. Μια τοπική μονάδα υγρασίας που λειτουργεί με βιομάζα, με ονομαστική ισχύ 20 kW, αντικατέστησε τον πρώτο συμβατικό λέβητα πετρελαίου, ο οποίος είχε ονομαστική ισχύ 60 kW. Με αυτή την αλλαγή, ο έλεγχος του εσωτερικού κλίματος απομακρύνεται σημαντικά από την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και στρέφεται προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εκτός από την παροχή της απαιτούμενης θερμαντικής ισχύος, ο υγραντήρας που λειτουργεί με βιομάζα βελτιώνει την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου διατηρώντας τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας, γεγονός που παρατείνει τη διάρκεια ζωής των δομικών στοιχείων του κτιρίου και αυξάνει την

άνεση των ενοίκων. Σε σύγκριση με το αρχικό σύστημα λέβητα πετρελαίου, η εισαγωγή της βιομάζας, ενός βιώσιμου καυσίμου με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα, μειώνει άμεσα τις εκπομπ

Ένα πρωτοποριακό σύστημα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) με βάση κυψέλες καυσίμου κατασκευάστηκε για να βελτιώσει περαιτέρω το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου. Με τη βιομάζα ως κύρια πηγή ενέργειας, το σύστημα αυτό επιτρέπει την ταυτόχρονη παραγωγή χρήσιμης θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας μέσω μιας ενιαίας, εξαιρετικά αποτελεσματικής διαδικασίας. Οι κυψέλες καυσίμου στο σύστημα CHP συλλέγουν και χρησιμοποιούν τη θερμότητα που παράγεται για τη θέρμανση των χώρων και την παροχή ζεστού νερού, ενώ μετατρέπουν το καύσιμο που προέρχεται από βιομάζα σε ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλές απώλειες. Το κτίριο επωφελείται από τη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και την αύξηση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης ως αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης αυτού του συστήματος CHP, ώντας σύμφωνη με τους τρέχοντες περιβαλλοντικούς στόχους και τα νομικά πλαίσια, καθώς μειώνει τα λειτουργικά έξοδα και μειώνει σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

### 3.1.5 Ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

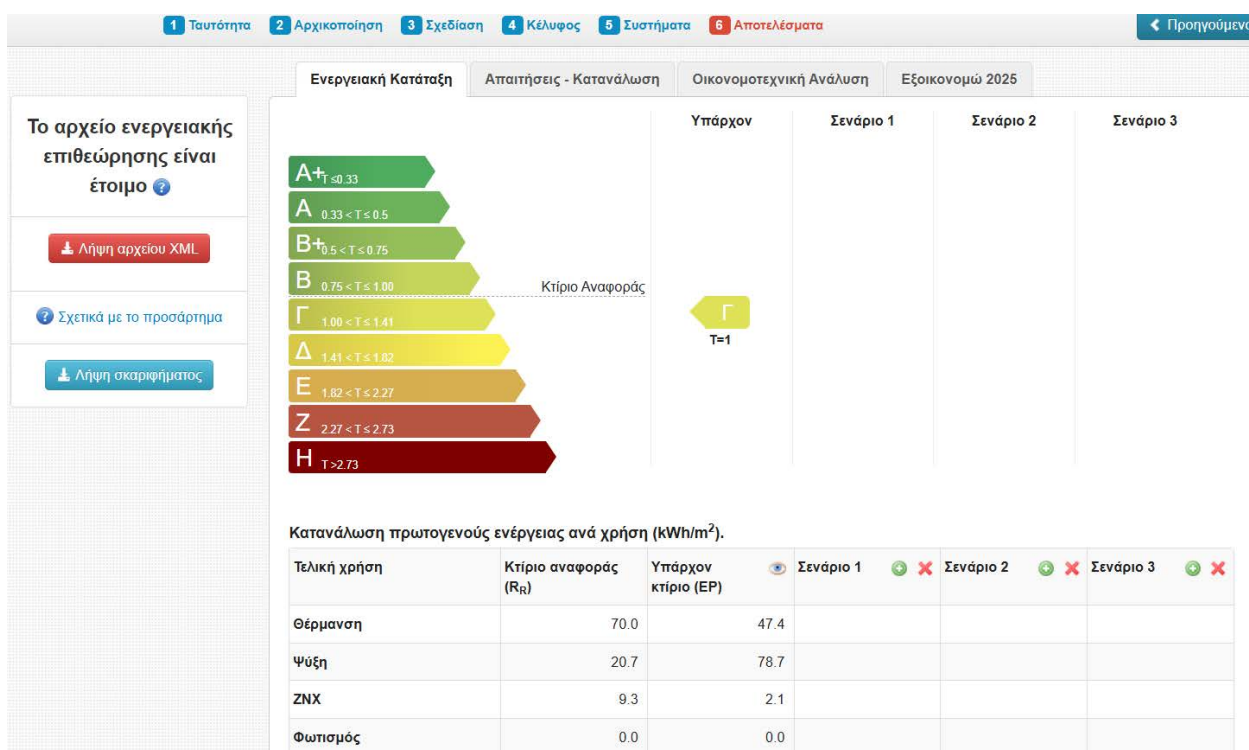
Η εγκατάσταση δύο μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών πάνελ, το καθένα με επιφάνεια 2 m<sup>2</sup>, απόδοση 32,5% και ονομαστική ισχύ 0,45 kW, ήταν ένα κρίσιμο μέρος της ενεργειακής αναβάθμισης. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία έχουν γωνία 45 μοιρών και είναι στραμμένα προς τον νότο, συμβάλλουν στην καθαρή μέτρηση και στην επιτόπια παραγωγή ενέργειας, γεγονός που μειώνει την ανάγκη του κτιρίου για ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο. Επίσης, κατασκευάστηκε ένας επιλεκτικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και την παροχή ζεστού νερού για το σπίτι. Ιδιαίτερα όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ισχυρή, αυτό το ηλιακό θερμικό σύστημα είναι απαραίτητο για τη μείωση της εξάρτησης από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

## 3.2 Εφαρμογή αναβαθμίσεων ενεργειακής απόδοσης και έκδοση νέου πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης

Οι επιλεγμένες παρεμβάσεις υλοποιήθηκαν σύμφωνα με τη μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης και περιλάμβαναν: αντικατάσταση κουφωμάτων με συστήματα υψηλής απόδοσης, τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη, εγκατάσταση μονάδας ύγρανσης με βιομάζα, καθώς και σύστημα Σ.Η.Θ. με κυψέλες καυσίμου, με την διαδικασία εκτέλεσης να προσομοιώνεται στο λογισμικό TEE-KENAK, με κάθε βήμα να ενσωματώνεται σταδιακά στη συνολική ενεργειακή εικόνα του κτιρίου.

Μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και τη συνολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, πραγματοποιήθηκε νέα ενεργειακή αξιολόγηση μέσω του λογισμικού TEE-KENAK. Το νέο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) κατατάσσει πλέον το κτίριο στην Ενεργειακή Κλάση Γ, αντανakλώντας τη βελτιωμένη ενεργειακή συμπεριφορά και τη σημαντική μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η αναβάθμιση αυτή επιτεύχθηκε μέσω της συνδυασμένης δράσης θερμομονωτικών βελτιώσεων, προηγμένων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώθηκε αισθητά μετά τις παρεμβάσεις, με τις βασικές συνεισφορές να προέρχονται από τη χρήση βιομάζας για τη θέρμανση και ZNX, τη συμπαραγωγή με κυψέλες καυσίμου και τα φωτοβολταϊκά που συμψηφίζουν μέρος της κατανάλωσης. Τα διαγράμματα ενεργειακών ροών και οι πίνακες από το λογισμικό τεκμηριώνουν τη μεταβολή.





| Ενεργειακή Κατάταξη    Απαιτήσεις - Κατανάλωση    Οικονομοτεχνική Ανάλυση    Εξοικονομώ 2025 |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|------|--------|
| Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο ?                                             |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
| Λήψη αρχείου XML                                                                             |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
| Σχετικά με το προσάρτημα                                                                     |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
| Λήψη σκαριφήματος                                                                            |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
| Κτίριο αναφοράς    Υπάρχον κτίριο    Σενάριο 1    Σενάριο 2    Σενάριο 3                     |                                           |     |     |     |     |      |      |                                               |     |     |     |      |        |
| Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )                                                 | Ιαν                                       | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ                                           | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ  | Ετήσιο |
| Θέρμανση                                                                                     | 11.0                                      | 8.2 | 5.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0                                           | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 9.3  | 37.3   |
| Ψύξη                                                                                         | 0.0                                       | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 13.1 | 17.7 | 16.7                                          | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 54.3   |
| Υγρανση                                                                                      | 0.0                                       | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0                                           | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0    |
| ZNX                                                                                          | 0.7                                       | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4  | 0.4  | 0.4                                           | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7  | 6.8    |
| Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )                                                  | Ιαν                                       | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ                                           | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ  | Ετήσιο |
| Θέρμανση                                                                                     | 13.0                                      | 9.6 | 5.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0                                           | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 10.9 | 43.1   |
| Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση                                                                 | 0.5                                       | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9  | 0.9  | 0.9                                           | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5  | 8.6    |
| Ψύξη                                                                                         | 0.0                                       | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 6.5  | 8.9  | 8.3                                           | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 27.2   |
| ZNX                                                                                          | 0.2                                       | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0                                           | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2  | 0.7    |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX                                                                      | 0.5                                       | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9  | 0.9  | 0.9                                           | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5  | 8.6    |
| Φωτισμός                                                                                     | 0.0                                       | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0                                           | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0    |
| Ενέργεια από Φ/Β - ΣΗΘ                                                                       | 1.1                                       | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.8  | 1.9  | 1.9                                           | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 0.9  | 17.1   |
| Σύνολο                                                                                       | 13.2                                      | 9.7 | 5.7 | 0.3 | 1.3 | 6.5  | 8.9  | 8.3                                           | 2.1 | 0.0 | 3.7 | 11.2 | 71.0   |
| Πηγή ενέργειας                                                                               | Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> ) |     |     |     |     |      |      | Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) |     |     |     |      |        |
| Ηλεκτρισμός                                                                                  | 18.6                                      |     |     |     |     |      |      | 18.4                                          |     |     |     |      |        |
| Πετρέλαιο                                                                                    | 43.1                                      |     |     |     |     |      |      | 11.4                                          |     |     |     |      |        |
| Φυσικό αέριο                                                                                 | 0.0                                       |     |     |     |     |      |      | 0.0                                           |     |     |     |      |        |
| Άλλα ορυκτά καύσιμα                                                                          | 0.0                                       |     |     |     |     |      |      | 0.0                                           |     |     |     |      |        |
| Ηλιακή                                                                                       | 8.6                                       |     |     |     |     |      |      | 0.0                                           |     |     |     |      |        |
| Βιομάζα                                                                                      | 0.0                                       |     |     |     |     |      |      | 0.0                                           |     |     |     |      |        |
| Γεωθερμία                                                                                    | 0.0                                       |     |     |     |     |      |      | 0.0                                           |     |     |     |      |        |

|                                             |      |     |     |     |     |      |      |      |     |     |     |     |        |
|---------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| Ενεργειακές απαιτήσεις (kW/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μαί | Ιουν | Ιουλ | Αυγ  | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ | Ετήσιο |
| Θέρμανση                                    | 11.0 | 8.2 | 5.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 9.3 | 37.3   |
| Ψύξη                                        | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 13.1 | 17.7 | 16.7 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 54.3   |
| Υγρανση                                     | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0    |
| ZNX                                         | 0.7  | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 6.8    |

|                                             |      |     |     |     |     |      |      |     |     |     |     |      |        |
|---------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μαί | Ιουν | Ιουλ | Αυγ | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ  | Ετήσιο |
| Θέρμανση                                    | 13.0 | 9.6 | 5.7 | 0.3 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 10.9 | 43.1   |
| Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση                | 0.5  | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9  | 0.9  | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5  | 8.6    |
| Ψύξη                                        | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 6.5  | 8.9  | 8.3 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 27.2   |
| ZNX                                         | 0.2  | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2  | 0.7    |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX                     | 0.5  | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9  | 0.9  | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5  | 8.6    |
| Φωτισμός                                    | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0    |
| Ενέργεια από Φ/B - ΣΗΘ                      | 1.1  | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.8  | 1.9  | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 0.9  | 17.1   |
| Σύνολο                                      | 13.2 | 9.7 | 5.7 | 0.3 | 1.3 | 6.5  | 8.9  | 8.3 | 2.1 | 0.0 | 3.7 | 11.2 | 71.0   |

|                     |                                           |                                               |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Πηγή ενέργειας      | Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> ) | Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) |
| Ηλεκτρισμός         | 18.6                                      | 18.4                                          |
| Πετρέλαιο           | 43.1                                      | 11.4                                          |
| Φυσικό αέριο        | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Άλλα ορυκτά καύσιμα | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Ηλιακή              | 8.6                                       | 0.0                                           |
| Βιομάζα             | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Γεωθερμία           | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Άλλη ΑΠΕ            | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Σύνολο              | 71.0                                      | 29.8                                          |

1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κέλυφος

5 Συστήματα

6 Αποτελέσματα

◀ Προηγούμενο

Ενεργειακή Κατάταξη

Απαιτήσεις - Κατανάλωση

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

| Εξοικονόμηση και κόστη                                   | Κτίριο αναφοράς | Υπάρχον Κτίριο | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Λειτουργικό κόστος (€)                                   | 1070.3          | 952.8          |           |           |           |
| Αρχικό κόστος επένδυσης (€)                              |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> ) |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)                   |                 |                |           |           |           |
| Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)                  |                 |                |           |           |           |
| Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )     |                 |                |           |           |           |
| Περίοδος αποπληρωμής (έτη)                               |                 |                |           |           |           |

1 Ταυτότητα2 Αρχικοποίηση3 Σχεδίαση4 Κέλυφος5 Συστήματα6 Αποτελέσματα< Προηγούμενο

Ενεργειακή ΚατάταξηΑπαιτήσεις - ΚατανάλωσηΟικονομοτεχνική ΑνάλυσηΕξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο?

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Κριτήρια ενεργειακών στόχων

Σενάριο 1Σενάριο 2Σενάριο 3

A - Το Α' ΠΕΑ πρέπει να έχει ενεργειακή κλάση Γ ή χαμηλότερη

B - Η πρόταση επιτυγχάνει ελάχιστη αναβάθμιση κατά 3 ενεργειακές κλάσεις

C - Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας > 30%

Κριτήρια κόστους

Σενάριο 1Σενάριο 2Σενάριο 3

A - κόστος παρεμβάσεων ≤ 1.20€/KWh \* εξοικ/ση πρωτ. ενέργειας (KWh)

B - κόστος παρεμβάσεων ≤ 35000€

Κριτήριο βαθμολόγησης

Βαθμομημέρες

Βαθμολογία Κτιρίου

K<sub>1</sub> - Βαθμομημέρες

0.565151944 (ΔΗΜΟΣ ΒΟΛΟΥ - Βόλος ο - ΤΚ38003 (0.565))

29.84%

Υπόμνημα:ΕπιλέξιμοΜή Επιλέξιμο

Συχνές Ερωτήσεις

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly  
04/09/2026 04:34:38 EEST - 216.73.216.250

## Κεφάλαιο 4: Εγκατάσταση και βελτιστοποίηση έξυπνων μετρητών

### 4.1 Τελικές αναβαθμίσεις

Στο πλαίσιο της τελικής φάσης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, πραγματοποιήθηκε πλήρης αναδιάρθρωση των βασικών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, με στόχο την περαιτέρω μείωση της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης και την επίτευξη κατάταξης στην Ενεργειακή Κλάση B+, με τις παρεμβάσεις να επικεντρώθηκαν στην αντικατάσταση των βασικών μονάδων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, δίνοντας έμφαση στην αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.).

Τα προηγούμενα συστήματα αντικαταστάθηκαν από μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (Σ.Η.Θ.), με βασική πηγή ενέργειας και για τις δύο χρήσεις την τεχνολογία Σ.Η.Θ. Συγκεκριμένα, εγκαταστάθηκε μονάδα ισχύος 45 kW για τη θέρμανση και μονάδα 4 kW για το ζεστό νερό χρήσης, επιτρέποντας την ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση του συστήματος.

Το σύστημα ψύξης αντικαταστάθηκε από μονάδα ψύξης που λειτουργεί με πηγή ενέργειας τη βιομάζα και διαθέτει θερμική ισχύ 45 kW. Η ενσωμάτωση της βιομάζας ως κύρια πηγή ενέργειας μειώνει σημαντικά την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, προσφέροντας παράλληλα σημαντική ενεργειακή απόδοση κατά τη θερινή περίοδο, ενώ παράλληλα τοποθετήθηκε ολοκληρωμένο σύστημα μηχανικού αερισμού με ενεργά στοιχεία για θέρμανση, ψύξη και έλεγχο υγρασίας, περιλαμβάνοντας φίλτρα υψηλής απόδοσης, εξασφαλίζοντας βελτιωμένη ποιότητα εσωτερικού αέρα και συμβάλλουν στη θερμική άνεση του χώρου.

Γενικά, η τελική φάση επιβεβαιώνει πως για να επιτευχθεί ουσιαστική ενεργειακή αναβάθμιση, ειδικά σε πολυκατοικιακές ή αστικές κατοικίες, είναι αναγκαία η συστηματική ενσωμάτωση Α.Π.Ε. στη λειτουργία των εγκαταστάσεων, με την συνδυαστική αξιοποίηση Σ.Η.Θ., βιομάζας και ενεργών αερισμών δημιουργεί ένα λειτουργικό και αποδοτικό ενεργειακό προφίλ, ικανό να ανταποκριθεί στις αυστηρές απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών.

### 4.2 Ρόλος και οφέλη των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας

Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών (smart meters) αποτελεί σημαντικό βήμα για την αποτελεσματική ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, επιτρέποντας την ακριβή και σε πραγματικό

χρόνο παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας, τόσο σε συνολικό επίπεδο όσο και ανά επιμέρους ζώνη ή σύστημα (θέρμανση, ψύξη, Ζ.Ν.Χ., φωτισμός κ.λπ.). Με τους έξυπνους μετρητές, ο διαχειριστής του κτιρίου έχει τη δυνατότητα να αναλύει τις διακυμάνσεις στην κατανάλωση, να εντοπίζει περιόδους αιχμής και να αναγνωρίζει πιθανά σφάλματα ή σπατάλες, επιτρέποντας την άμεση παρέμβαση σε περίπτωση ασυμβατότητας μεταξύ κατανάλωσης και λειτουργίας των συστημάτων.

Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση του προγράμματος λειτουργίας των συστημάτων, π.χ. προσαρμογή της θέρμανσης σε πραγματικές ανάγκες ανάλογα με την ώρα και τις εξωτερικές συνθήκες, παράλληλα, ενισχύοντας τη δυνατότητα προληπτικής συντήρησης, καθώς εντοπίζονται εγκαίρως ανωμαλίες που ενδέχεται να οδηγήσουν σε απώλεια απόδοσης. Η στοχευμένη ενεργειακή διαχείριση οδηγεί σε μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και, κατ' επέκταση, των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα, μειώνεται το ανθρακικό αποτύπωμα, ενισχύοντας την περιβαλλοντική απόδοση του έργου και ευθυγραμμίζεται με τις εθνικές και ευρωπαϊκές πολιτικές βιωσιμότητας. Οι έξυπνοι μετρητές είναι πλήρως διαλειτουργικοί με τις εγκατεστημένες μονάδες Α.Π.Ε. και Συμπαραγωγής (Σ.Η.Θ.), επιτρέποντας τη λεπτομερή αποτύπωση του ποσοστού ενέργειας που καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές και την ακριβή εκτίμηση του ενεργειακού ισοζυγίου σε κάθε χρονική στιγμή.

#### 4.3 Διαδικασία εγκατάστασης έξυπνων μετρητών

Στο πλαίσιο της τελικής φάσης ενεργειακής αναβάθμισης, εγκαταστάθηκαν έξυπνοι μετρητές ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με στόχο τη συνεχή και αναλυτική παρακολούθηση της κατανάλωσης. Η διαδικασία υλοποιήθηκε με τρόπο που διασφαλίζει την ακρίβεια, την αξιοπιστία και την πλήρη διαλειτουργικότητα των μετρητών με τα υφιστάμενα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα.

Οι μετρητές τοποθετήθηκαν στρατηγικά, ώστε να καταγράφονται οι πιο κρίσιμες και ενεργοβόρες καταναλώσεις του κτιρίου, και συγκεκριμένα, παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο τα παρακάτω:

- Η κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης (Σ.Η.Θ.),
- Η κατανάλωση του συστήματος ψύξης,
- Η κατανάλωση για Ζεστό Νερό Χρήσης (Ζ.Ν.Χ.),
- Η ηλεκτρική κατανάλωση του μηχανικού αερισμού,

- Η βασική ηλεκτρική κατανάλωση χώρων (φωτισμός/λειτουργία).

Η επιλογή αυτών των σημείων μέτρησης έγινε βάσει ανάλυσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, με σκοπό τη συλλογή ουσιαστικών δεδομένων που θα επιτρέψουν την περαιτέρω ενεργειακή βελτιστοποίηση, με την εγκατάσταση να πραγματοποιήθηκε χωρίς σημαντικές επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό ή στα τελικά δίκτυα διανομής, διατηρώντας τη λειτουργικότητα του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών.

Η καταγραφή και αποθήκευση των δεδομένων γίνεται σε χρονική ανάλυση που επιτρέπει τη σύγκριση ημερήσιων, εβδομαδιαίων και μηνιαίων προφίλ κατανάλωσης, και τροφοδοτούνται σε ένα βασικό σύστημα εποπτείας (dashboard), προσφέροντας στον χρήστη ή διαχειριστή του κτιρίου τη δυνατότητα να αναλάβει διορθωτικές ή προληπτικές ενέργειες με βάση πραγματικά στοιχεία κατανάλωσης.

#### 4.4 Αξιοποίηση των δεδομένων των έξυπνων μετρητών

Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών προσφέρει πολύτιμα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, επιτρέποντας την εφαρμογή στοχευμένων στρατηγικών βελτιστοποίησης, προσφέροντας ουσιαστικά εργαλεία για τη μείωση της ενεργειακής σπατάλης και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των συστημάτων. Μέσω της συνεχούς καταγραφής της κατανάλωσης σε επιλεγμένα σημεία, καθίσταται δυνατός ο ακριβής εντοπισμός των περιόδων αιχμής, δηλαδή των χρονικών διαστημάτων κατά τα οποία η κατανάλωση ενέργειας κορυφώνεται, επιτρέποντας την εφαρμογή στρατηγικών διαχείρισης φορτίου (load shifting), όπως η μετατόπιση μη κρίσιμων καταναλώσεων σε ώρες εκτός αιχμής ή η σταδιακή εκκίνηση ενεργοβόρων συστημάτων, ώστε να μειωθεί το ταυτόχρονο φορτίο.

Τα δεδομένα των μετρητών μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ευρύτερο σύστημα αυτοματισμού (BEMS – Building Energy Management System), το οποίο επιτρέπει την προσαρμογή της λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού βάσει πραγματικών συνθηκών κατανάλωσης και περιβαλλοντικών παραμέτρων, επιτυγχάνοντας δυναμική προσαρμογή των ρυθμίσεων λειτουργίας, μειώνοντας τις άσκοπες καταναλώσεις και βελτιώνοντας τη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

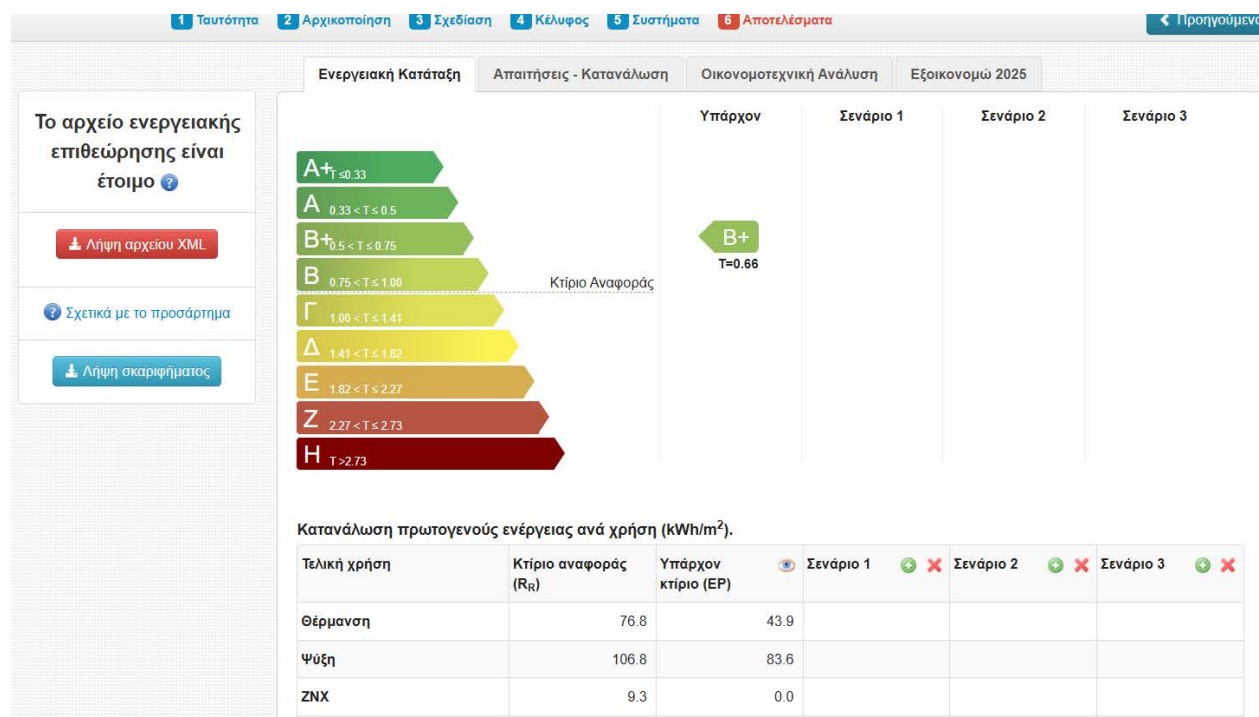
Η αναλυτική παρακολούθηση επιμέρους καταναλώσεων επιτρέπει τον εντοπισμό συσκευών ή συστημάτων που παρουσιάζουν ασυνήθιστα υψηλή ή συνεχόμενη κατανάλωση, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει βλάβη, εσφαλμένη λειτουργία ή απλώς χαμηλή ενεργειακή απόδοση, διευκολύνοντας τη λήψη διορθωτικών μέτρων, όπως η αντικατάσταση παλαιού εξοπλισμού, η

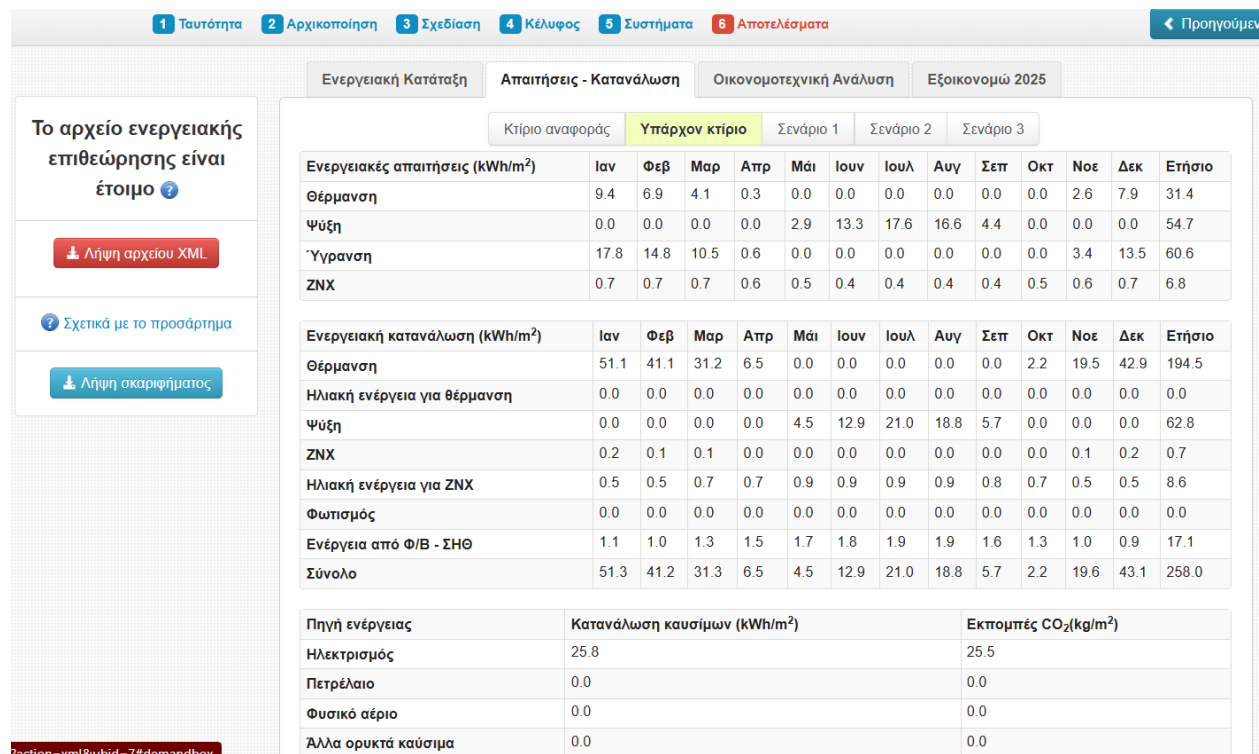
συντήρηση μονάδων ή η αναβάθμιση επιμέρους στοιχείων με πιο αποδοτικά. Η έγκαιρη αναγνώριση τέτοιων φαινομένων συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση της ενεργειακής σπατάλης και στην παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

## 4.5 Τελικό ενεργειακό πιστοποιητικό και ενεργειακές απαιτήσεις

Μετά την ολοκλήρωση της δεύτερης φάσης αναβάθμισης, η οποία περιλάμβανε την εφαρμογή συστήματος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (Σ.Η.Θ.) υψηλής ισχύος, την εγκατάσταση εξελιγμένου μηχανικού αερισμού, και την αξιοποίηση δεδομένων από έξυπνους μετρητές, εκδόθηκε νέο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) μέσω του λογισμικού TEE-KENAK.

Το κτίριο πλέον κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κλάση B+, επιτυγχάνοντας σημαντική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub>, σε σύγκριση με την αρχική του κατάσταση, με την τελική ενεργειακή κατάταξη να αποδεικνύει πως οι στοχευμένες παρεμβάσεις, σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έξυπνων τεχνολογιών διαχείρισης, μπορούν να οδηγήσουν ακόμη και παλιά κτίρια σε υψηλά επίπεδα ενεργειακής απόδοσης. Παρακάτω ακολουθούν τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάταξης και οι σχετικοί πίνακες και διαγράμματα, όπως παράγονται από το επίσημο λογισμικό ενεργειακής αξιολόγησης.





|                          |  |
|--------------------------|--|
| Λήψη αρχείου XML         |  |
| Σχετικά με το προσάρτημα |  |
| Λήψη σκαριφήματος        |  |

| Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) | Ιαν  | Φεβ  | Μαρ  | Απρ | Μάι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ  | Σεπ | Οκτ | Νοε  | Δεκ  | Ετήσιο |
|---------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|--------|
| Θέρμανση                                    | 51.1 | 41.1 | 31.2 | 6.5 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 2.2 | 19.5 | 42.9 | 194.5  |
| Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση                | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ψύξη                                        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 4.5 | 12.9 | 21.0 | 18.8 | 5.7 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 62.8   |
| ZNX                                         | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.1  | 0.2  | 0.7    |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX                     | 0.5  | 0.5  | 0.7  | 0.7 | 0.9 | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 0.8 | 0.7 | 0.5  | 0.5  | 8.6    |
| Φωτισμός                                    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0    |
| Ενέργεια από Φ/Β - ΣΗΘ                      | 1.1  | 1.0  | 1.3  | 1.5 | 1.7 | 1.8  | 1.9  | 1.9  | 1.6 | 1.3 | 1.0  | 0.9  | 17.1   |
| Σύνολο                                      | 51.3 | 41.2 | 31.3 | 6.5 | 4.5 | 12.9 | 21.0 | 18.8 | 5.7 | 2.2 | 19.6 | 43.1 | 258.0  |

| Πηγή ενέργειας      | Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> ) | Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ηλεκτρισμός         | 25.8                                      | 25.5                                          |
| Πετρέλαιο           | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Φυσικό αέριο        | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Άλλα ορυκτά καύσιμα | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Ηλιακή              | 8.6                                       | 0.0                                           |
| Βιομάζα             | 150.0                                     | 0.0                                           |
| Γεωθερμία           | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Άλλη ΑΠΕ            | 0.0                                       | 0.0                                           |
| Σύνολο              | 258.0                                     | 25.5                                          |

1Ταυτότητα

2Αρχικοποίηση

3Σχεδίαση

4Κέλυφος

5Συστήματα

6Αποτελέσματα

Προηγούμενο

Ενεργειακή Κατάταξη

Απαιτήσεις - Κατανάλωση

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

| Εξοικονόμηση και κόστη                                   | Κτίριο αναφοράς | Υπάρχον Κτίριο | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Λειτουργικό κόστος (€)                                   | 1772.6          | 1186.3         |           |           |           |
| Αρχικό κόστος επένδυσης (€)                              |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> ) |                 |                |           |           |           |
| Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)                   |                 |                |           |           |           |
| Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)                  |                 |                |           |           |           |
| Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )     |                 |                |           |           |           |
| Περίοδος αποπληρωμής (έτη)                               |                 |                |           |           |           |

1 Ταυτότητα

2 Αρχικοποίηση

3 Σχεδίαση

4 Κέλυφος

5 Συστήματα

6 Αποτελέσματα

Προηγούμενο

Ενεργειακή Κατάταξη

Απαιτήσεις - Κατανάλωση

Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Εξοικονομώ 2025

Το αρχείο ενεργειακής επιθεώρησης είναι έτοιμο

Λήψη αρχείου XML

Σχετικά με το προσάρτημα

Λήψη σκαριφήματος

Κριτήρια ενεργειακών στόχων

Σενάριο 1

Σενάριο 2

Σενάριο 3

A - Το Α' ΠΕΑ πρέπει να έχει ενεργειακή κλάση Γ ή χαμηλότερη

B - Η πρόταση επιτυγχάνει ελάχιστη αναβάθμιση κατά 3 ενεργειακής κλάσεις

Γ - Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας > 30%

Κριτήρια κόστους

Σενάριο 1

Σενάριο 2

Σενάριο 3

A - κόστος παρεμβάσεων ≤ 1.20€/KWh \* εξοικ/ση πρωτ. ενέργειας (KWh)

B - κόστος παρεμβάσεων ≤ 35000€

Κριτήριο βαθμολόγησης

Βαθμομέρες

Βαθμολογία Κτιρίου

K<sub>1</sub> - Βαθμομέρες

0.565151944 (ΔΗΜΟΣ ΒΟΛΟΥ - Βάθος ο - ΤΚ30003 (0.566))

29.84%

Υπόμνημα:

Επιλέξιμο

Μή Επιλέξιμο

Συνχές Ερωτήσεις

## Κεφάλαιο 5: Συγκριτική ανάλυση

Η συνολική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αξιολογείται όχι μόνο με βάση την τεχνική βελτίωση των ενεργειακών χαρακτηριστικών, αλλά και με κριτήρια απόδοσης, εξοικονόμησης και οικονομικής βιωσιμότητας, με το παρόν κεφάλαιο να παρουσιάζει μια συγκριτική ανάλυση των τριών βασικών φάσεων του έργου: την αρχική ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, την κατάσταση μετά την εφαρμογή των πρώτων μέτρων αναβάθμισης, και τη βελτιστοποιημένη κατάσταση μετά την ενσωμάτωση των έξυπνων μετρητών και των τελικών συστημάτων υψηλής απόδοσης.

Η σύγκριση περιλαμβάνει ποσοτικά δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών CO<sub>2</sub>, αλλά και εκτιμώμενο κόστος λειτουργίας και εξοικονόμησης. Παράλληλα, εξετάζεται η οικονομική αποδοτικότητα των επενδύσεων που υλοποιήθηκαν, με στόχο την εκτίμηση της απόδοσης της επένδυσης (ROI), της περιόδου αποπληρωμής και των μακροπρόθεσμων οικονομικών ωφελειών. Η ανάλυση βασίζεται σε δεδομένα που προέκυψαν από το επίσημο λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης (TEE-KENAK), σε πραγματικές καταγραφές κατανάλωσης μέσω έξυπνων μετρητών και σε τεκμηριωμένες τιμές ενεργειακού κόστους για οικιακά ακίνητα.

### 5.1 Αρχική κατάσταση - Ενεργειακή κατανάλωση

Στην αρχική κατάσταση του κτιρίου, παρατηρούνται τα εξής σημαντικά στοιχεία:

#### Ενεργειακή κατανάλωση

Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου ανέρχεται σε 345,2 kWh/m<sup>2</sup>. Από αυτήν:

- Θέρμανση: 210,8 kWh/m<sup>2</sup> Αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή κατανάλωσης, περίπου 61% της συνολικής. Παρατηρείται αυξημένη ζήτηση τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριος, Δεκέμβριος).
- Ψύξη: 127,5 kWh/m<sup>2</sup> Η δεύτερη σημαντικότερη κατανάλωση, με αιχμή τους θερινούς μήνες (Ιούνιος–Αύγουστος), όπου φτάνει σχεδόν τα 48,8 kWh/m<sup>2</sup> τον Ιούλιο.
- Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX): 6,9 kWh/m<sup>2</sup> Σταθερή κατανάλωση όλο τον χρόνο, με μικρές διακυμάνσεις.
- Φωτισμός και ενέργεια από φωτοβολταϊκά/ΣΗΘ: 0,0 Δεν υπάρχουν ενεργές ΑΠΕ στην αρχική κατάσταση, ούτε κάλυψη μέσω ΣΗΘ.

Κατανάλωση ανά πηγή ενέργειας

- Ηλεκτρισμός: 152,1 kWh/m<sup>2</sup>

- Πετρέλαιο: 193,1 kWh/m<sup>2</sup> Συνδυαστικά, δείχνουν μεγάλη εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα.

### **Εκπομπές CO<sub>2</sub>**

Οι ετήσιες εκπομπές ανέρχονται σε:

- Σύνολο: 201,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - Από ηλεκτρισμό: 150,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - Από πετρέλαιο: 51,0 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

Τα παραπάνω υποδηλώνουν σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, κυρίως λόγω της χρήσης πετρελαίου και ηλεκτρισμού από μη ανανεώσιμες πηγές.

## **5.2 Κατάσταση μετά την αναβάθμιση - Κέρδη ενεργειακής απόδοσης**

### **Ενεργειακή κατανάλωση**

Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται δραστικά από 345,2 kWh/m<sup>2</sup> στην αρχική κατάσταση σε 71,0 kWh/m<sup>2</sup> μετά την αναβάθμιση, μείωση της τάξης του 79,4%.

- Θέρμανση: Από 210,8 σε 43,1 kWh/m<sup>2</sup> Μείωση περίπου 80%. Αυτό οφείλεται πιθανόν σε βελτίωση μόνωσης, αντικατάσταση λεβήτων ή χρήση ηλιακής ενέργειας (0,5–0,9 kWh/m<sup>2</sup>/μήνα).
- Ψύξη: Από 127,5 σε 27,2 kWh/m<sup>2</sup> Σημαντική εξοικονόμηση (~79%), κυρίως το καλοκαίρι, δείγμα βελτιωμένης σκίασης, κουφωμάτων ή ενεργειακών συστημάτων ψύξης.
- ZNX (Ζεστό Νερό Χρήσης): Από 6,9 σε 0,7 kWh/m<sup>2</sup> Σχεδόν 90% μείωση, ενδεχομένως λόγω χρήσης ηλιακών θερμοσιφώνων (βλ. και ηλιακή ενέργεια για ZNX).
- Φωτισμός: Παρουσιάζεται πλέον κατανάλωση 0,6 kWh/m<sup>2</sup> (πιθανή προσθήκη LED ή καταγραφή της χρήσης).
- Ενέργεια από Φ/Β – ΣΗΘ: 17,1 kWh/m<sup>2</sup> Καταγράφεται ενεργός συμμετοχή φωτοβολταϊκών, συμβάλλοντας σε ενεργειακή αυτονομία.

### **Κατανάλωση ανά πηγή ενέργειας**

- Ηλεκτρισμός: 152,1 σε 18,6 kWh/m<sup>2</sup> Τεράστια μείωση λόγω εφαρμογής φωτοβολταϊκών και εξοικονόμησης στη θέρμανση/ψύξη.

- Πετρέλαιο: 193,1 σε 43,1 kWh/m<sup>2</sup> Δείχνει μείωση >75% και πιθανή αντικατάσταση με άλλες πηγές (όπως ήλιος).
- Ηλιακή ενέργεια: Προστίθεται με 8,6 kWh/m<sup>2</sup>, παίζοντας ενισχυτικό ρόλο στην κάλυψη ζήτησης ZNX και θέρμανσης.

### **Εκπομπές CO<sub>2</sub>**

- Από 201,4 σε 29,8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - Η μείωση είναι περίπου 85%, γεγονός που αντανακλά την εντυπωσιακή αποανθρακοποίηση της κατανάλωσης.
  - Οι εκπομπές από πετρέλαιο περιορίζονται στα 11,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> και από ηλεκτρισμό στα 18,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

### **Συμπεράσματα**

Η 1η φάση ενεργειακής αναβάθμισης έχει εξαιρετικά θετικά αποτελέσματα:

- Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης κατά ~80%
- Σημαντική εξοικονόμηση κόστους λειτουργίας
- Δραστική μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> (περίπου 6 φορές λιγότερες)
- Εισαγωγή ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, ηλιακά) και βελτίωση ενεργειακής αυτονομίας

## **5.3 Βελτιστοποιημένη κατάσταση με έξυπνους μετρητές - Τελική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης**

### **Συνολική ενεργειακή κατανάλωση**

Η συνολική κατανάλωση φτάνει τα 258,0 kWh/m<sup>2</sup>, σημαντικά χαμηλότερη από την αρχική (345,2), αλλά υψηλότερη από την 1η αναβάθμιση (71,0), επειδή εισέρχονται ανανεώσιμες πηγές με πολύ χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα, άρα το βάρος μεταφέρεται από ορυκτά καύσιμα σε βιομάζα και ΑΠΕ, χωρίς να αυξάνονται αντίστοιχα οι εκπομπές CO<sub>2</sub>.

### **Εκπομπές CO<sub>2</sub>**

- Από 201,4 (αρχική) σε 29,8 (1η αναβάθμιση) σε 25,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> (τελική)
- Συνολική μείωση > 87%
- Είναι η χαμηλότερη επίδοση σε CO<sub>2</sub> από όλες τις φάσεις.

### Κατανάλωση ανά χρήση

- Θέρμανση: 194,5 kWh/m<sup>2</sup> Αυξήθηκε σε σχέση με την 1η αναβάθμιση, αλλά τώρα καλύπτεται κυρίως από βιομάζα (150,0 kWh/m<sup>2</sup>) και ηλιακή ενέργεια.
- Ψύξη: 62,8 kWh/m<sup>2</sup> Υψηλότερη από την προηγούμενη φάση (27,2), όμως καλύπτεται από καθαρότερες πηγές.
- ΖΝΧ: 8,6 kWh/m<sup>2</sup> Παραμένει χαμηλό και συνεχίζει να υποστηρίζεται από ηλιακή ενέργεια.
- Συμμετοχή Φ/Β - ΣΗΘ: 17,1 kWh/m<sup>2</sup> Παραμένει σταθερή, δείγμα μόνιμης συμμετοχής στην αυτοπαραγωγή.

### Συμπεράσματα τελικής κατάστασης

- Εξαιρετική μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>: Από 201,4 σε 25,5 kg/m<sup>2</sup>
- Ολική απεξάρτηση από πετρέλαιο και ορυκτά καύσιμα
- Ανάδειξη βιομάζας ως κύριας ενεργειακής πηγής
- Πλήρης αξιοποίηση ΑΠΕ (ηλιακή + Φ/Β)
- Ρεαλιστική μέτρηση μέσω έξυπνων μετρητών, βελτιώνοντας τον ενεργειακό έλεγχο
- Ολική ενεργειακή αναδιάρθρωση με γνώμονα τη βιωσιμότητα

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και μελλοντικές εργασίες

### 6.1 Σύνοψη των βασικών ευρημάτων

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε τη δυνατότητα ουσιαστικής ενεργειακής αναβάθμισης ενός υφιστάμενου κτιρίου μέσω συνδυασμένων τεχνικών παρεμβάσεων και στρατηγικών διαχείρισης ενέργειας. Το αρχικό διαμέρισμα, με σημαντικές απώλειες ενέργειας και εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, μετατράπηκε σταδιακά σε ένα κτίριο Ενεργειακής Κλάσης Γ, με σημαντικά μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Η εφαρμογή θερμομονωτικών παρεμβάσεων, η αντικατάσταση κουφωμάτων και η εγκατάσταση συστημάτων υψηλής απόδοσης όπως μονάδες ΣΗΘ με βιομάζα, συνέβαλαν ουσιαστικά στην ενεργειακή αναβάθμιση, ενώ παράλληλα η ενσωμάτωση έξυπνων μετρητών παρείχε τη δυνατότητα για συνεχή παρακολούθηση, αποδοτικότερο έλεγχο και στοχευμένες παρεμβάσεις στην κατανάλωση.

Συνολικά, η υλοποίηση των προτεινόμενων μέτρων οδήγησε σε:

- Σημαντική μείωση της τελικής και πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης.
- Βελτίωση της εσωτερικής άνεσης και ποιότητας διαβίωσης.
- Περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα.
- Οικονομικά οφέλη, μέσω της μείωσης των λογαριασμών ενέργειας.

### 6.2 Τελική αξιολόγηση των στρατηγικών ενεργειακής απόδοσης

Η τελική αξιολόγηση των στρατηγικών που εφαρμόστηκαν καταδεικνύει ότι η ολιστική προσέγγιση, η οποία συνδυάζει παθητικά μέτρα βελτίωσης του κελύφους, εγκατάσταση αποδοτικών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, και αποτελεί τον πιο αποδοτικό και βιώσιμο τρόπο αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος. Ιδιαίτερη αξία απέκτησε η χρήση συστημάτων ΣΗΘ και βιομάζας, καθώς ενισχύθηκε η αυτάρκεια και μειώθηκαν οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, με την εφαρμογή έξυπνης παρακολούθησης κατανάλωσης μέσω μετρητών να δίνει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης στρατηγικών εξοικονόμησης, με άμεση απόδοση στην κατανάλωση.

Η απόδοση των επενδύσεων ήταν θετική, με εμφανή τάση απόσβεσης σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Επομένως, η μελέτη επιβεβαιώνει την αναγκαιότητα αλλά και την οικονομική

σκοπιμότητα των ενεργειακών παρεμβάσεων, ιδίως όταν συνδυάζονται με τεχνολογίες παρακολούθησης και ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο.

### 6.3 Συστάσεις για μελλοντικές προσεγγίσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Για τη συνέχιση της ενεργειακής βελτίωσης των κτιρίων, συνιστάται η υιοθέτηση ολοκληρωμένων παρεμβάσεων που συνδυάζουν τεχνολογικές λύσεις με προληπτική στρατηγική συντήρησης και διαχείρισης, με την εμπειρία της παρούσας μελέτης να δείχνει ότι τα μέτρα παθητικής προστασίας του κελύφους πρέπει να ενισχύονται από δυναμικά συστήματα παραγωγής και ελέγχου ενέργειας, όπως ΣΗΘ, ΑΠΕ και έξυπνες μονάδες αερισμού.

Σημαντική είναι επίσης η ενίσχυση της εκπαίδευσης των χρηστών, ώστε να γνωρίζουν τις σωστές πρακτικές χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας, με τα συστήματα πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο που να ενισχύει τη διαφάνεια και την προσβασιμότητα των ενεργειακών δεδομένων προς τους τελικούς χρήστες. Επίσης, θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα ενσωμάτωσης συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (AI) για την πρόβλεψη αναγκών και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας με βάση τα μοτίβα χρήσης.

### 6.4 Δυνατότητες ενσωμάτωσης των έξυπνων μετρητών στη διαχείριση της ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα

Οι έξυπνοι μετρητές αποτελούν πλέον βασικό εργαλείο στη μετάβαση προς ένα πιο αποδοτικό, διαφανές και βιώσιμο ενεργειακό σύστημα, ενώ σε επίπεδο μεμονωμένων κατοικιών, προσφέρουν άμεση πληροφόρηση, επιτρέπουν τη στόχευση σπατάλης και υποστηρίζουν στρατηγικές ενεργειακής απόκρισης. Ωστόσο, οι δυνατότητές τους ενισχύονται δραστικά όταν ενσωματώνονται σε ευρύτερες δομές όπως πολυκατοικίες, γειτονιές, ή ακόμη και ολόκληρα αστικά δίκτυα.

Η κεντρική διαχείριση των δεδομένων κατανάλωσης μέσω cloud πλατφορμών επιτρέπει τη δυναμική τιμολόγηση, την αυτόματη εξισορρόπηση φορτίου και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Σε επίπεδο πολιτείας ή δήμου, η μαζική υιοθέτηση έξυπνων μετρητών μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη, όπως η καλύτερη κατανομή ενέργειας, η μείωση φορτίου αιχμής και η πιο στοχευμένη πολιτική ενεργειακών επιδοτήσεων.

Επομένως, συνιστάται η δημιουργία εθνικών ή τοπικών πλαισίων ενθάρρυνσης για την ευρεία διάδοση τέτοιων τεχνολογιών, η υποστήριξη υποδομών αποθήκευσης και η ενοποίηση των

έξυπνων μετρητών με άλλες ενεργειακές λύσεις, όπως φωτοβολταϊκά, αντλίες θερμότητας και μικροδίκτυα.

## 6.5 Περιορισμοί της μελέτης και περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα μελέτη, παρά τα θετικά της αποτελέσματα, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη σωστή αξιολόγηση των συμπερασμάτων της και για την καθοδήγηση μελλοντικών ερευνών.

1. Πρώτον, η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης βασίστηκε κυρίως σε προσομοιώσεις μέσω του λογισμικού TEE-KENAK, οι οποίες, παρόλο που είναι αποδεκτές και χρήσιμες για σύγκριση σεναρίων, δεν αντικατοπτρίζουν πάντα με ακρίβεια τη συμπεριφορά ενός κτιρίου σε πραγματικές συνθήκες, με παράγοντες όπως η ανθρώπινη συμπεριφορά, οι τοπικές καιρικές διακυμάνσεις ή η απρόβλεπτη χρήση εξοπλισμού να μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την πραγματική κατανάλωση ενέργειας.
2. Δεύτερον, η εγκατάσταση και χρήση έξυπνων μετρητών περιορίστηκε στην παρακολούθηση συγκεκριμένων κρίσιμων φορτίων. Μια πλήρης εικόνα θα απαιτούσε την κάλυψη ολόκληρου του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου, κάτι που ξεπερνούσε τον χρόνο της παρούσας φάσης.
3. Επιπλέον, δεν συμπεριλήφθηκαν παράγοντες κόστους συντήρησης και κύκλου ζωής για τα νέα συστήματα (π.χ. ΣΗΘ, συστήματα ψύξης/θέρμανσης, μονάδες αερισμού), τα οποία μπορεί να επηρεάσουν το τελικό οικονομικό όφελος μακροπρόθεσμα.

Για περαιτέρω έρευνα, προτείνεται κατευθύνσεις που θα ενισχύσουν τη βάση γνώσης και θα επιτρέψουν την ανάπτυξη πιο στοχευμένων, αποδοτικών και οικονομικά βιώσιμων στρατηγικών ενεργειακής αναβάθμισης.

- Η μακροχρόνια παρακολούθηση της πραγματικής κατανάλωσης με πλήρες σύστημα έξυπνων μετρητών.
- Η ενσωμάτωση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας και η αξιολόγηση της συμβολής τους σε συνθήκες δικτύου.
- Η εφαρμογή παρόμοιων παρεμβάσεων σε διαφορετικού τύπου κτίρια (π.χ. γραφεία, σχολεία, πολυκατοικίες) ώστε να επιβεβαιωθεί η γενικευσιμότητα των ευρημάτων.
- Η μελέτη του ρόλου των συμπεριφορικών παρεμβάσεων (user engagement) στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης.

## Αναφορές

- [1] Arowoiya, V.A.; Onososen, A.O.; Moehler, R.C.; Fang, Y. Influence of Thermal Comfort on Energy Consumption for Building Occupants: The Current State of the Art. *Buildings* 2024, 14, 1310. <https://doi.org/10.3390/buildings14051310>
- [2] Hlina, J.; Makýš, P.; Šťastný, P.; Paulovičová, L. Consequences of Non-Compliance with Technological Procedures in the Realisation of Construction Objects from the Point of View of Heat Consumption for Heating—A Case Study on Selected Construction Sites in the Slovak Republic. *Energies* 2024, 17, 5843. <https://doi.org/10.3390/en17235843>
- [3] Papadakis, N.; Katsaprakakis, D.A. A Review of Energy Efficiency Interventions in Public Buildings. *Energies* 2023, 16, 6329. <https://doi.org/10.3390/en16176329>
- [4] Rojek, I.; Mikołajewski, D.; Mroziński, A.; Macko, M.; Bednarek, T.; Tyburek, K. Internet of Things Applications for Energy Management in Buildings Using Artificial Intelligence—A Case Study. *Energies* 2025, 18, 1706. <https://doi.org/10.3390/en18071706>
- [5] Sievers, J.; Blank, T. A Systematic Literature Review on Data-Driven Residential and Industrial Energy Management Systems. *Energies* 2023, 16, 1688. <https://doi.org/10.3390/en16041688>
- [6] Sharma, S.K.; Mohapatra, S.; Sharma, R.C.; Alturjman, S.; Altrjman, C.; Mostarda, L.; Stephan, T. Retrofitting Existing Buildings to Improve Energy Performance. *Sustainability* 2022, 14, 666. <https://doi.org/10.3390/su14020666>
- [7] Qayyum, F.; Jamil, H.; Ali, F. A Review of Smart Energy Management in Residential Buildings for Smart Cities. *Energies* 2024, 17, 83. <https://doi.org/10.3390/en17010083>
- [8] Madushika, U.G.D.; Ramachandra, T.; Karunasena, G.; Udakara, P.A.D.S. Energy Retrofitting Technologies of Buildings: A Review-Based Assessment. *Energies* 2023, 16, 4924. <https://doi.org/10.3390/en16134924>
- [9] Castrillón-Mendoza, R.; Rey-Hernández, J.M.; Castrillón-Mendoza, L.; Rey-Martínez, F.J. Sustainable Building Tool by Energy Baseline: Case Study. *Appl. Sci.* 2024, 14, 9403. <https://doi.org/10.3390/app14209403>
- [10] Azhar, N.; Arif, F.; Khan, A.B. Framework for Energy Performance Measurement of Residential Buildings Considering Occupants' Energy Use Behavior. *Eng. Proc.* 2023, 44, 15. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044015>

- [11] Anđelković, A.S.; Kljajić, M.; Macura, D.; Munćan, V.; Mujan, I.; Tomić, M.; Vlaović, Ž.; Stepanov, B. Building Energy Performance Certificate—A Relevant Indicator of Actual Energy Consumption and Savings? *Energies* 2021, 14, 3455. <https://doi.org/10.3390/en14123455>
- [12] Ferrantelli, A.; Kurnitski, J. Energy Performance Certificate Classes Rating Methods Tested with Data: How Does the Application of Minimum Energy Performance Standards to Worst-Performing Buildings Affect Renovation Rates, Costs, Emissions, Energy Consumption? *Energies* 2022, 15, 7552. <https://doi.org/10.3390/en15207552>
- [13] Falzon, J.; Gonzi, R.D.; Grima, S.; Vella, E. Energy Performance of Buildings for Incentivisation in Energy-Efficient Structures: An Analysis of Secondary Data in Malta. *Processes* 2024, 12, 874. <https://doi.org/10.3390/pr12050874>
- [14] Jenkins, D.P.; Sayfikar, M.; Gomez, A.; Fueyo, N. A Comparative Study of Energy Performance Certificates across Europe. *Buildings* 2024, 14, 2906. <https://doi.org/10.3390/buildings14092906>
- [15] Moghaddam, S.A.; Serra, C.; Gameiro da Silva, M.; Simões, N. Comprehensive Review and Analysis of Glazing Systems towards Nearly Zero-Energy Buildings: Energy Performance, Thermal Comfort, Cost-Effectiveness, and Environmental Impact Perspectives. *Energies* 2023, 16, 6283. <https://doi.org/10.3390/en16176283>
- [16] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, 2008, doi: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.
- [17] Soheilian, M.; Fischl, G.; Aries, M. Smart Lighting Application for Energy Saving and User Well-Being in the Residential Environment. *Sustainability* 2021, 13, 6198. <https://doi.org/10.3390/su13116198>