



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*« Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες
για τη μείωση του ενεργειακού
αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα»*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Τσόπελα Ιωάννη

Επιβλέπων

Χ. Δούκας, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρο-
λόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Αθήνα, Μάρτιος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*« Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες
για τη μείωση του ενεργειακού
αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα »*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Τσόπελα Ιωάννη

Επιβλέπων

Χ. Δούκας, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρο-
λόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Αθήνα, Μάρτιος 2018

.....

Τσόπελας Ιωάννης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΤΣΟΠΕΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η υψηλή αυτή κατανάλωση πέραν του σοβαρού οικονομικού κόστους συμβάλλει στην εκπομπή αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές CO₂ από τα κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εκτιμάται ότι ανέρχονται στο 36% των ολικών εκπομπών. Η ΕΕ προκειμένου να συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος θέσπισε την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των κτιρίων, η οποία έχει ενσωματωθεί και στην ελληνική νομοθεσία, και προβλέπει, μεταξύ άλλων, τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων περιλαμβανομένου αριθμητικού δείκτη χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/(m²a).

Σημειώνεται ότι η τελική κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, είναι υψηλότερη από το μέσο όρο των κτιρίων στην Ευρώπη, παρά τις ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα. Το συγκεκριμένο γεγονός βρίσκει ισχύ όχι μόνο στις κατοικίες, αλλά και σε κτίρια του τριτογενούς τομέα.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στις υφιστάμενες πολιτικές και τεχνολογίες που προωθούνται στον κτιριακό τομέα, με στόχο τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και την επίτευξη κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Διερευνάται η υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη, στους ορισμούς και τα όρια καταναλισκόμενης ενέργειας για τα εν λόγω κτίρια, και στη μελέτη του συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου και του τρόπου εφαρμογής του ανά χώρα.

Συγκεκριμένα αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιριακού αποθέματος και η κατανάλωση ενέργειας που του αποδίδεται, ενώ μελετάται η νομοθεσία για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα και η μεθοδολογία προσδιορισμού των ενεργειακών δεικτών. Εξετάζεται η δυνατότητα μετατροπής υφιστάμενων κτιρίων σε κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, μέσω επεμβάσεων σε παραμέτρους σχεδιασμού, όπως τα δομικά στοιχεία, τα κατάλληλα τεχνικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης καθώς και τα εναλλακτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται με χρήση του λογισμικού TEE KENAK στο παράδειγμα μιας μονοκατοικίας, ώστε να αναλυθούν οι προοπτικές μετατροπής υφιστάμενων κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή Αποδοτικότητα, Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων, Αριθμητικός δείκτης πρωτογενούς ενέργειας, Λογισμικό TEE KENAK, Προσδιορισμός Ενεργειακών Δεικτών, Δράσεις Ενεργειακής Βελτίωσης, Ενεργειακές Κοινότητες, Κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Abstract

The building sector is responsible for approximately 40% of total final energy consumption at national and European level. This high consumption beyond the serious economic costs conduces to the emission of gases that provoke the greenhouse effect. CO₂ emissions from buildings in the European Union (EU) are estimated at 36% of total emissions. The EU in order to contribute towards energy saving and environmental protection adopted directive 2010/31/EU promoting the reduction of the buildings' energy footprint that have been incorporated in the Greek legislation and include among others the determination of the building energy efficiency including a numerical primary energy indicator in kWh/(m²a).

Note that the final thermal energy consumption in Greek buildings is higher than the average term of buildings in Europe, despite the favorable climatic conditions that prevail in our country. This fact applies either for the residential or for the tertiary sector buildings.

This post-graduate thesis focuses on existing policies and technologies promoted in the building sector with the aim of reducing the energy footprint and achieving buildings of low energy consumption. It examines the current situation in Europe, the definitions and limits of energy consumption for these buildings, and the study of the comparative methodological framework and how it is implemented by each country.

In particular, the existing state of the building stock and the energy consumption attributed to it are analyzed, while the legislation for the improvement of the energy efficiency of the building sector and the methodology for the determination of the energy indices are studied. Consideration is being given to converting existing buildings into low energy consumption buildings through interventions in design parameters such as building components, appropriate technical systems for heating, cooling, ventilation and hot water as well as alternative high-efficiency power generation systems. This evaluation is carried out using the KENAK TEE software in an example of a detached house to analyze the prospects of converting existing buildings to low energy consumption.

Keywords: Energy Efficiency, Building Energy Classification, Primary Energy Factor, Software TEE KENAK, Energy Indicators' Calculation, Energy Improvement Actions, Energy Communities, Nearly Zero Energy Buildings.

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου του μεταπτυχιακού προγράμματος "Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας".

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επ. Καθηγητή κ. Δούκα Χάρη για την ανάθεση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας, την συμπαράσταση και τη συνολική υποστήριξη του για την επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω επίσης στην επιβλέπουσα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, κα Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, Χημικό Μηχανικό διδάκτορα ΕΜΠ που υπήρξε αρωγός στην προσπάθεια αυτή δίνοντας πολύτιμες συμβουλές και κάνοντας διορθώσεις και υποδείξεις οι οποίες συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract.....	6
Πρόλογος	7
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	11
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση	13
1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα	19
1.4 Κτιριακός τομέας στην ΕΕ.....	20
1.5 Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα	22
1.6 Αντικείμενο - Σκοπός.....	25
1.7 Φάσεις υλοποίησης.....	25
1.8 Οργάνωση τόμου	27
Κεφάλαιο 2. Νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων	29
2.1 Νομοθεσία.....	31
2.1.1 Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο	31
2.2 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης.....	40
2.2.1 Εισαγωγή στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.....	40
2.2.2 Ορισμός	41
2.2.3 Κτίρια nZEB στην ΕΕ-28	50
2.2.4 Αυξάνοντας τον αριθμό των κτιρίων nZEB.....	58
Κεφάλαιο 3. Εναλλακτικές προσεγγίσεις για τον υπολογισμό ενεργειακών δεικτών και μελέτες περίπτωσης	65
3.1 Εισαγωγή	67
3.2 EN 15603.....	68
3.3 Συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας	70
3.4 Ενεργειακοί δείκτες.....	84
3.4.1 Δείκτης ενεργειακής απόδοσης	84
3.4.2 Αριθμητικός δείκτης για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας.....	86
3.4.3 Δείκτης κάλυψης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.....	88
3.4.4 Αριθμητικά παραδείγματα.....	90
Κεφάλαιο 4: Κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	99
4.1 Παράμετροι σχεδιασμού.....	101
4.1.1 Κλίμα και μικροκλίμα	101
4.1.2 Μορφή κτιρίου	102
4.1.3 Θέση κτιρίου και προσανατολισμός ανοιγμάτων.....	103
4.1.4 Διαρρύθμιση χώρων.....	104

4.2	Δομικά στοιχεία.....	105
4.2.1	Θερμική μόνωση	105
4.2.2	Θερμογέφυρες	106
4.2.3	Θερμική μάζα	107
4.2.4	Κουφώματα	108
4.2.5	Αεροστεγανότητα.....	108
4.3	Τεχνικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης, και εναλλακτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης	109
4.3.1	Θέρμανση.....	109
4.3.2	Ψύξη	111
4.3.3	Ανεμιστήρας οροφής.....	112
4.3.4	Μηχανικός αερισμός.....	112
4.3.5	Ζεστό νερό χρήσης	113
4.3.6	Παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	114
4.3.7	Συμπαγωγή και τριπαγωγή.....	114
4.4	Φωτισμός.....	115
4.5	Μέτρα προώθησης κτιρίων nZEB.....	116
4.5.1	Υφιστάμενα μέτρα και πολιτικές	116
4.5.2	Νομοσχέδιο για τις ενεργειακές κοινότητες.....	117
4.5.3	Μέτρα πληροφόρησης και εκπαίδευσης.....	123
Κεφάλαιο 5: Αναβάθμιση υφισταμένων κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης		125
5.1	Εισαγωγή	127
5.2	Ανακαίνιση κτιρίων	127
5.3	Διερεύνηση δυνατοτήτων μετατροπής υφιστάμενου κτιρίου σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	130
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα		149
6.1	Συμπεράσματα	151
6.2	Προοπτικές εφαρμογής.....	154
Βιβλιογραφία		155

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας ευθύνονται μεταξύ άλλων για την κλιματική αλλαγή και την υπερθέρμανση του πλανήτη μέσω της εκπομπής αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, ορυκτός άνθρακας, λιγνίτης, φυσικό αέριο) παράγονται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και υποξείδιο του αζώτου (N₂O) που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 56% και 7% αντίστοιχα [1]. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα που εκδηλώνονται τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα αναστατώνουν τα πολύπλοκα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά συστήματα τα οποία δεν μπορούν να αντέξουν γρήγορες και θεμελιώδεις αλλαγές [1]. Για την ανάσχεση των επιπτώσεων κατά του πλανήτη αποτελεί αναγκαιότητα η εφαρμογή πολιτικών για την εξοικονόμηση και την ορθολογική χρήση της ενέργειας με ταυτόχρονη διατήρηση του επίπεδου διαβίωσης.

Επίκεντρο της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ είναι η υλοποίηση του στόχου του λεγόμενου «πακέτου 20-20-20» βάσει του οποίου το 2020 η ΕΕ οφείλει να εξοικονομήσει 20% ενέργεια, να μειώσει 20% τους εκλυόμενους ρύπους σε σχέση με το 1990 και να καλύπτει το 20% της καταναλισκόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Με άλλα λόγια, η ΕΕ έχει δεσμευτεί να έχει κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που δεν θα υπερβαίνει τα 1.483 Mtoe και τελική κατανάλωση ενέργειας που δεν θα υπερβαίνει τα 1.086 Mtoe το 2020 [2]. Για το 2030, επιδιώκεται μείωση κατά 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε 27% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27% ενώ ο στόχος για το 2050 είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95%.

1.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας κάθε κράτους μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 28 (ΕΕ-28) εξαρτάται, από τη δομή του ενεργειακού συστήματος, τη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων για την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, καθώς και τη δομή και την ανάπτυξη κάθε οικονομίας [3]. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τα συμβατικά καύσιμα και την πυρηνική ενέργεια, αλλά και για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο όρος "ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας" περιλαμβάνει πλην της πρωτογενούς ενέργειας και την ενέργεια που δαπανάται από την μη ενεργειακή χρήση των φορέων ενέργειας π.χ. φυσικό αέριο όχι για καύση αλλά για παραγωγή χημικών [4].

Η κατανάλωση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας στην ΕΕ-28 κατά τη χρονική περίοδο 1990-2015, συνολικά και ανά τύπο καυσίμου δίνεται στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί [5]. Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώθηκε το 2015 κατά 2,5% σε σχέση με το 1990. Το 2013 ήταν περίπου στο επίπεδο του 1990. Κορυφώθηκε το 2006 (1722,2 Mtoe) και το 2015 μειώθηκε κατά 11% σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της [6]. Επίσης μειώθηκε η κατανάλωση των στερεών ορυκτών καυσίμων (προϊόντα άνθρακα και άνθρακας) κατά 42% και του πετρελαίου (συμπεριλαμβανομένων των πετρελαϊκών προϊόντων) κατά 13%, ενώ αυξήθηκε η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 191%, αερίων καυσίμων (φυσικό αέριο και βιομηχανικά αέρια) κατά 22% και πυρηνικής ενέργειας κατά 8%. Το 2014, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από πετρέλαιο και πετρελαϊκά προϊόντα έφθασε την χαμηλότερη τιμή από το 1990. Ωστόσο, το πετρέλαιο και τα πετρελαϊκά προϊόντα

εξακολουθούν να αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με μερίδιο 31%. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατέγραψαν υψηλά επίπεδα το 2015 και το μερίδιό τους στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν 14%. Τα ορυκτά καύσιμα μαζί (στερεά, αέρια και υγρά) αντιπροσωπεύουν το 71% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας [6].

Πίνακας 1.1: Κατανάλωση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας στην ΕΕ-28

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015	2020 στόχος
Πρωτογενής ενέργεια Mtoe	1.569,5	1.567,5	1.617,9	1.713,2	1.656,7	1.508,3	1.529,6	1.483
Στερεά ορυκτά καύσιμα	453,0	363,9	320,2	316,7	281,6	267,3	261,0	
Πετρέλαιο και προϊόντα του	548,9	562,8	566,6	578,0	519,1	468,5	478,1	
Φυσικό αέριο και παράγωγα	282,6	321,4	380,7	430,5	433,7	330,1	344,7	
Πυρηνική θερμότητα	205,2	227,3	243,8	257,5	236,6	226,1	221,2	
Ανανεώσιμες πηγές	72,1	84,6	98,5	121,3	174,0	202,1	210,0	
Λοιπά	7,7	7,4	8,0	9,2	11,7	14,1	14,5	
Τελική ενέργεια Mtoe	1.082,5	1.082,8	1.132,9	1.191,5	1.162,8	1.059,6	1.082,2	1.086
Στερεά ορυκτά καύσιμα	124,3	83,0	61,9	53,2	49,3	45,2	45,3	
Πετρέλαιο και προϊόντα του	446,5	466,1	490,5	503,8	458,4	422,4	429,6	
Φυσικό αέριο και παράγωγα	230,9	247,5	267,6	282,0	272,3	229,1	236,3	
Ηλεκτρισμός	185,8	194,1	217,4	239,4	244,1	232,4	235,9	
Παράγωγή θερμότητα	55,1	46,3	45,3	52,7	54,0	45,3	45,9	
Ανανεώσιμες πηγές	38,9	44,3	49,1	58,9	82,0	82,0	85,8	
Μη ανανεώσιμα απόβλητα	0,9	1,6	1,0	1,5	2,7	3,4	3,4	

Πηγή: Eurostat [5]

Η απόσταση για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από το στόχο 20% του 2020, ύψους 1.483 Mtoe, έφθασε σε χαμηλά επίπεδα το 2014 (25,3 Mtoe ή 1,7%). Το 2015, λόγω αύξησης της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, η κατανάλωση ήταν 46,6 Mtoe ή 3,1% υψηλότερη από τον στόχο (Διάγραμμα 1.1)[7].

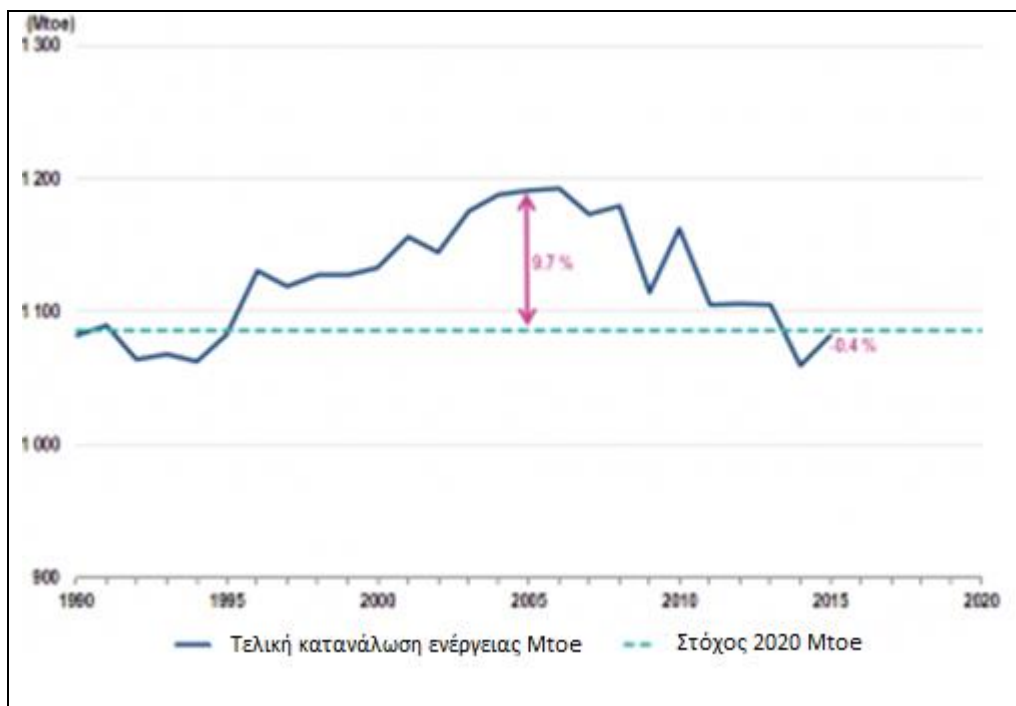


Διάγραμμα 1.1: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και απόσταση από το 2020

Πηγή: Eurostat [7]

Η τελική κατανάλωση ενέργειας το 2015 ήταν περίπου στο ίδιο επίπεδο με το 1990. Μειώθηκε η κατανάλωση στερεών ορυκτών καυσίμων (προϊόντα άνθρακα και άνθρακας) κατά 64% και παράγωγης θερμότητας (πωλούμενη θερμότητα) κατά 17% ενώ αυξήθηκε η κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κατά 120% και η τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 27%. Η τελική κατανάλωση ενέργειας κορυφώθηκε το 2006 και το 2015 μειώθηκε κατά 9,3% σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της [6]. Το 2014, η τελική κατανάλωση ενέργειας πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων έφθασε στο χαμηλότερο επίπεδο από το 1990, ωστόσο, το πετρέλαιο και τα πετρελαϊκά προϊόντα εξακολουθούν να αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή τελικής κατανάλωσης ενέργειας με ποσοστό 40%. Τα στερεά ορυκτά καύσιμα συμβάλλουν μόλις 4% στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Τα ορυκτά καύσιμα συνολικά (στερεά, αέρια και υγρά) αντιπροσωπεύουν το 66% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο έχουν ποσοστό 22% έκαστο [6].

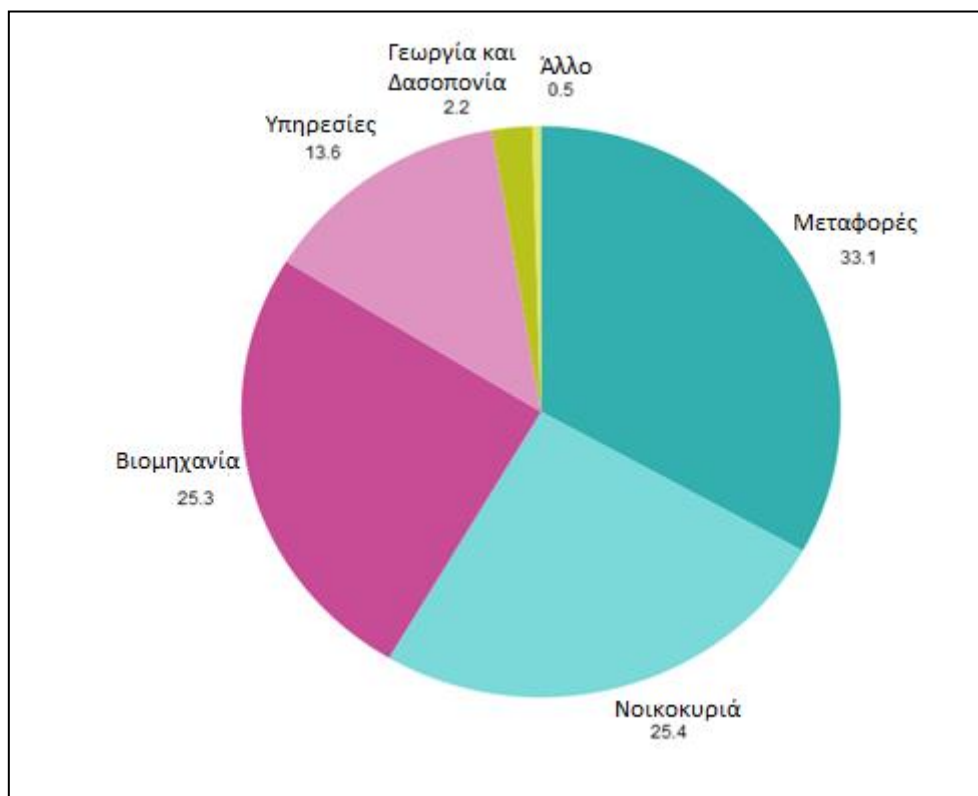
Η πραγματική τελική κατανάλωση ενέργειας κατά τα έτη 2014 και 2015 ήταν χαμηλότερη από το επιδιωκόμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης του 2020 ύψους 1.086 Mtoe. Η τελική κατανάλωση ενέργειας το 2014 ήταν 26,4 Mtoe ή 2,4% κάτω από τον αναμενόμενο στόχο για το 2020. Το 2015, ενώ η τελική κατανάλωση ενέργειας παρέμεινε κάτω από το στόχο του 2020, λόγω αύξησης σε σύγκριση με το 2014, η τελική κατανάλωση ενέργειας ήταν μόλις 3,8 Mtoe ή 0,4% κάτω από το στόχο (Διάγραμμα 1.2) [8].



Διάγραμμα 1.2: Τελική κατανάλωση ενέργειας και απόσταση από το 2020

Πηγή: Eurostat [8]

Στο Διάγραμμα 1.3 φαίνεται η κατανάλωση της τελικής ενέργειας στην ΕΕ-28 ανά τομέα [9].



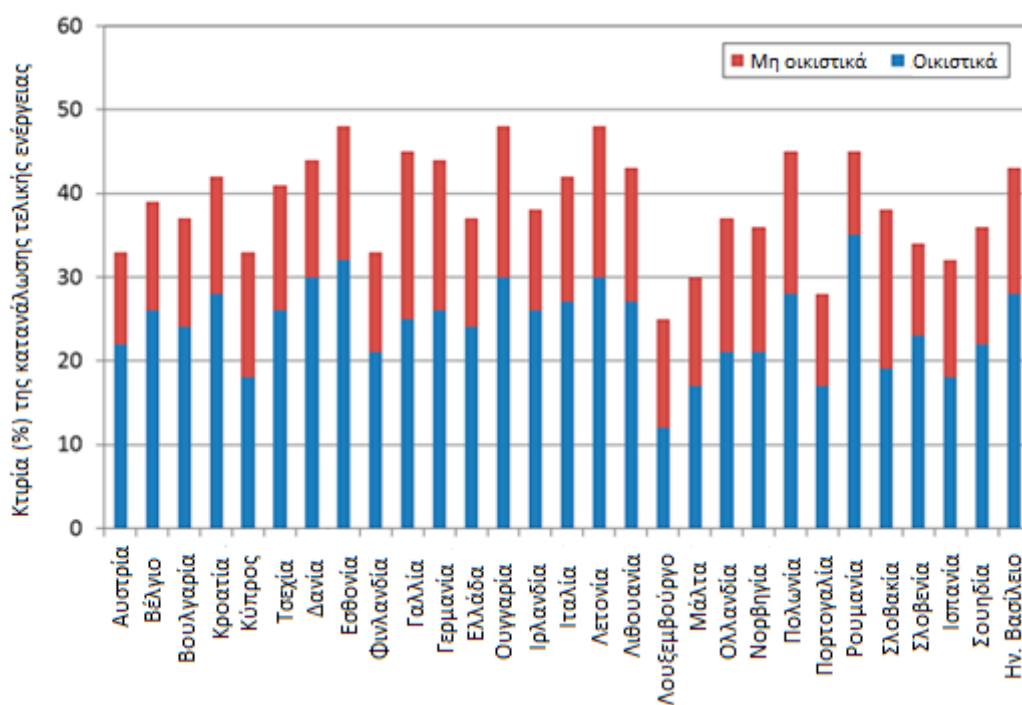
Διάγραμμα 1.3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα στην ΕΕ-28

Πηγή: Eurostat [9]

Από το Διάγραμμα 1.3 είναι εμφανές ότι οι μεταφορές καταναλώνουν περίπου το 33,1% της τελικής ενέργειας ενώ ακολουθεί η βιομηχανία με 25,3%. Ο οικιακός τομέας και οι υπηρεσίες (δηλ. τα κτίρια) ευθύνονται για το 39% της κατανάλωσης ενέργειας και ακολουθεί ο αγροτικός τομέας με κατανάλωση που κυμαίνεται κάτω από 3%. Με βάση την παραπάνω κατανάλωση οι εκπομπές CO₂ από τα κτίρια εκτιμάται ότι ανέρχονται στο 36% των ολικών εκπομπών [10].

Ενώ τα νέα κτίρια καταναλώνουν λιγότερο από 3-5 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο ανά έτος, τα παλαιότερα κτίρια καταναλώνουν περίπου 25 λίτρα κατά μέσο όρο. Επί του παρόντος, περίπου το 35% των κτιρίων της ΕΕ είναι άνω των 50 ετών. Με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, εκτιμάται ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ θα μειωθεί κατά 5% - 6% και οι εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5% [10].

Στο Διάγραμμα 1.4 φαίνεται το μερίδιο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων ως ποσοστό της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην ΕΕ-28 [11].



Διάγραμμα 1.4: Μερίδιο ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων ως ποσοστό της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην ΕΕ-28

Πηγή: *Odyssee-Mure* [11]

Όσον αφορά την επίτευξη των στόχων για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όλες οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι η ΕΕ θα υπερβεί το στόχο του 20% και πιθανότατα θα επιτύχει μείωση κατά 24%. Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η τρέχουσα εκτίμηση για το 2020 δείχνει αύξηση 21% για την ΕΕ ως σύνολο, έναντι του 15% του 2014. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των κρατών μελών. Χώρες όπως η Γαλλία, η Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο πιθανώς να μην επιτύχουν τον στόχο τους για την ανανεώσιμη ενέργεια, ενώ χώρες όπως η Σουηδία, η Δανία, η Φινλανδία και το Βέλγιο θα υπερβούν τον στόχο τους.

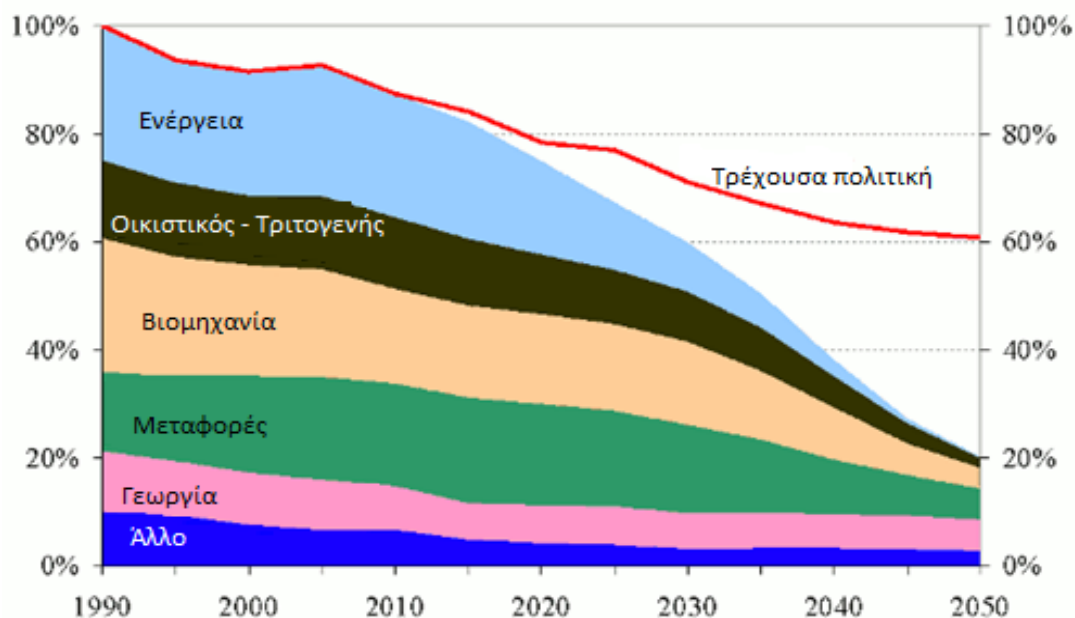
Οι επιδόσεις των κρατών-μελών σε σχέση με τους στόχους για το 2020 παρακολουθούνται στενά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και κρίνεται απαραίτητη η συνολική επίτευξη τους. Εκφράζεται αισιοδοξία επειδή οι στόχοι διατυπώθηκαν πριν από την οικονομική κρίση του 2008 και των συναφών μειωμένων οικονομικών δραστηριοτήτων που ακολούθησαν. Το αποθαρρυντικό είναι ότι ο μηχανισμός που επιδιώκει την εξασφάλιση της επίτευξης δεν είναι αποτελεσματικός [12].

Στόχοι για μετά το 2020

Στα τέλη του 2014, η ΕΕ διατύπωσε τους στόχους της για το 2030, δηλαδή μείωση κατά 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε 27% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27%. Οι εκτιμήσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου δείχνουν ότι θα είναι αδύνατο για την ΕΕ να εκπληρώσει τους στόχους του 2030 χωρίς να αλλάξει τις τρέχουσες πολιτικές [12].

Στο επίκεντρο της εξασφάλισης της επίτευξης των στόχων του 2030 είναι η καλούμενη "ενεργοποίηση της αγοράς" (re-powering market), δηλαδή η ανάπτυξη ενός πλαισίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συστήματα με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο για το 2050 τη μείωση μακροπρόθεσμα των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 από όλους τους τομείς, δηλ. τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τα κτίρια, τις κατασκευές και τη γεωργία [13]. Το σχέδιο περιλαμβάνει ένα μεγάλο επενδυτικό πρόγραμμα, κατά μέσο όρο 270 δισ. € ετησίως σε βελτιωμένες υποδομές, και θα επαναφέρει την ΕΕ στο επίπεδο των επενδύσεων πριν από την κρίση του 2008 συμβάλλοντας ουσιαστικά στην οικονομική ανάπτυξη. Στο Διάγραμμα 1.5 φαίνεται η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ως το 2050 [14].



Διάγραμμα 1.5: Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ως το 2050

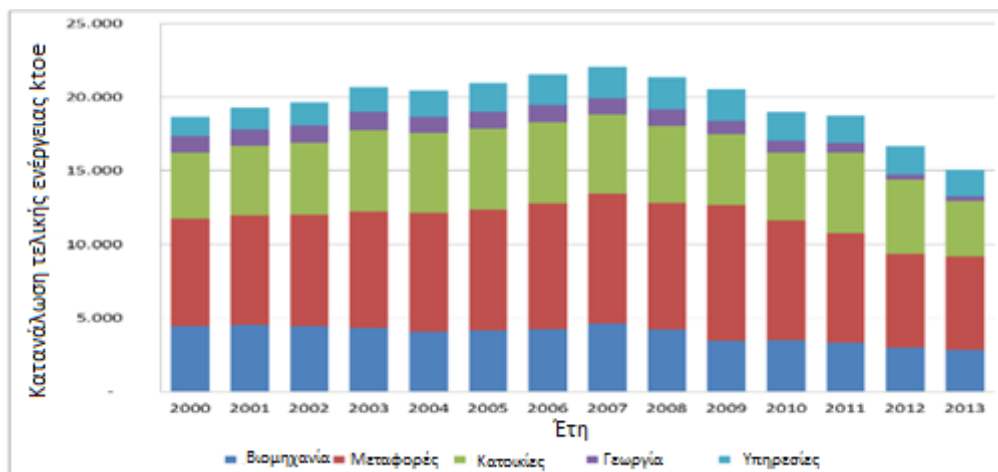
Πηγή: European Commission [14]

Παρατηρείται ότι ο τομέας της ενέργειας έχει τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης των εκπομπών και μπορεί σχεδόν εξ ολοκλήρου να εξαλείψει τις εκπομπές CO₂ μέχρι το 2050. Οι εκπομπές από τις μεταφορές μπορούν να μειωθούν σε ποσοστό άνω του 60%, οι εκπομπές από κτίρια κατά περίπου 90% και από τη βιομηχανία κατά περισσότερο από 80%. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση τροφίμων αυξάνεται, το μερίδιο της γεωργίας στις συνολικές εκπομπές της ΕΕ θα αυξηθεί κατά περίπου ένα τρίτο, αλλά μειώσεις είναι δυνατές. Μπορεί να μειωθούν οι εκπομπές από λιπάσματα, κοπριά και ζώα και να γίνει αποθήκευση CO₂ σε εδάφη και δάση. Οι αλλαγές προς μια πιο υγιεινή διατροφή με περισσότερα λαχανικά και λιγότερο κρέας συμβάλλουν επίσης στη μείωση των εκπομπών.

Από τις διάφορες εκτιμήσεις συμπεραίνεται ότι η μετάβαση σε μια κοινωνία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι εφικτή και προσιτή, αλλά απαιτεί καινοτομία και επενδύσεις. Αυτή η μετάβαση θα ενίσχυε την ευρωπαϊκή οικονομία χάρη στην ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας και χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα, θα μείωνε τη χρήση σημαντικών πόρων (γη, νερό, υπέδαφος), θα καθιστούσε την ΕΕ λιγότερο εξαρτημένη από τις δαπανηρές εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου και θα συνέβαλε στη μείωση της ρύπανσης. Για να γίνει η μετάβαση, η ΕΕ θα χρειαστεί να επενδύσει επιπλέον κατά μέσο όρο 1,5% του ΑΕΠ της σε ετήσια βάση (270 δις. €) τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες.

1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

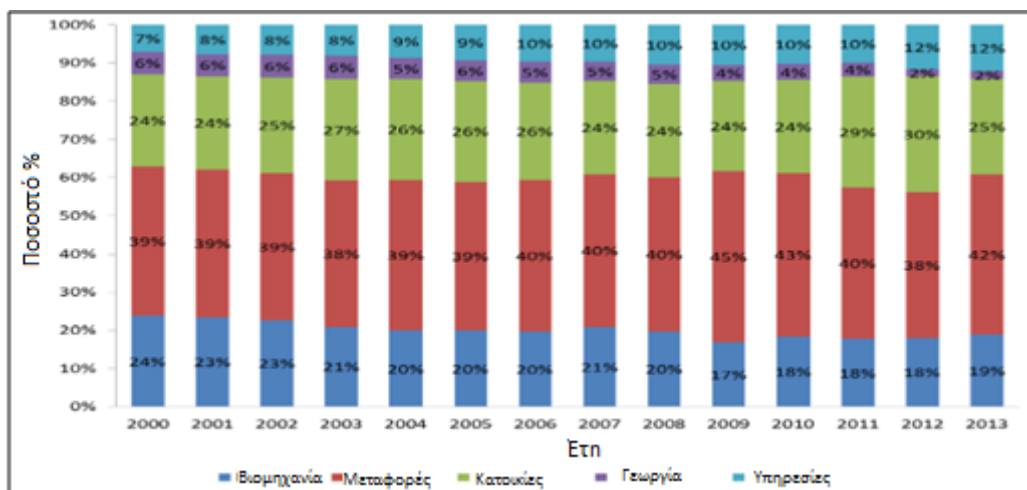
Στο Διάγραμμα 1.6 φαίνεται η κατανάλωση της τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα [15].



Διάγραμμα 1.6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα

Πηγή: *Odyssee* [15]

Ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα, 6.3 Μτοε το 2013. Από το 2008 έως το 2013, σημειώθηκε μείωση της τελικής κατανάλωσης ειδικότερα στον βιομηχανικό, οικιστικό και αγροτικό τομέα που οφείλεται ενδεχομένως στο ότι αυτοί οι τομείς ήταν οι πρώτοι που επηρεάστηκαν από την οικονομική κρίση. Το γεγονός είχε επιπτώσεις στην τελική κατανάλωση της ενέργειας οι οποίες ενισχύθηκαν περαιτέρω από την αύξηση των τιμών της ενέργειας. Στο Διάγραμμα 1.7 φαίνεται το ποσοστό κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα [15].



Διάγραμμα 1.7: Ποσοστό κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα

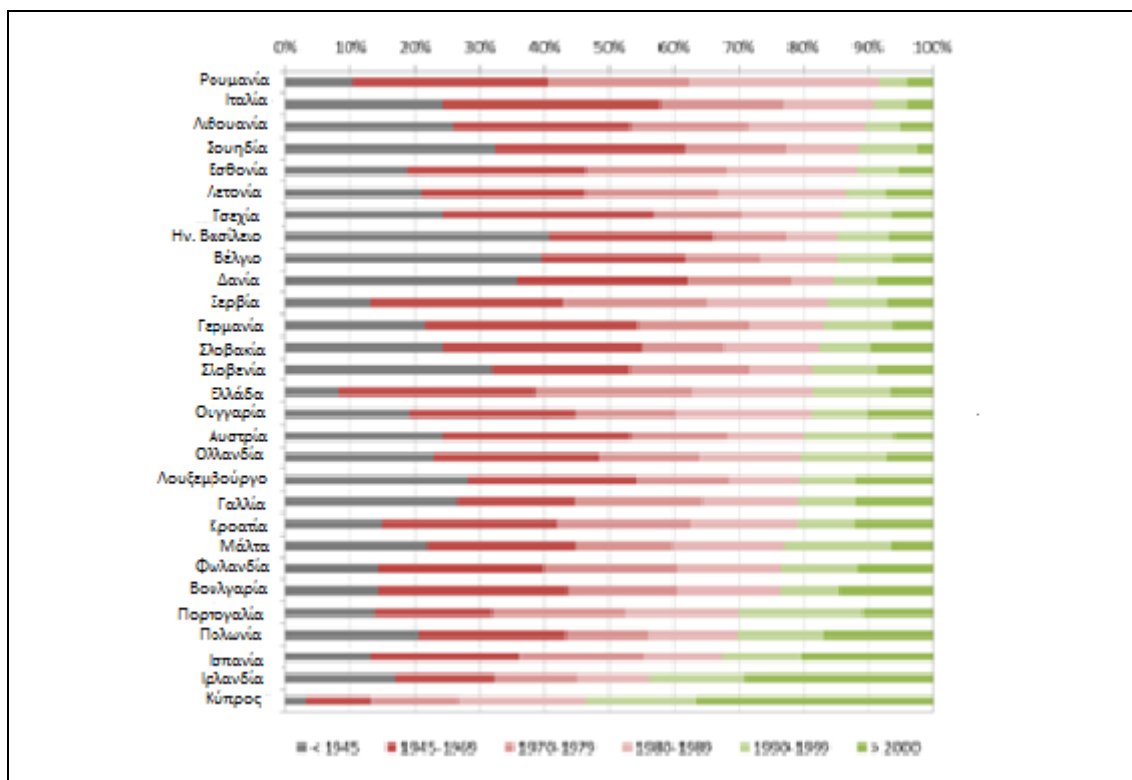
Πηγή: *Odyssee* [15]

Το ποσοστό (ενεργειακό μερίδιο) του οικιστικού τομέα και των μεταφορών αυξήθηκε κατά 1% και 3% αντίστοιχα συγκρίνοντας το 2000 με το 2013. Αντίθετα, το ενεργειακό μερίδιο του τομέα της βιομηχανίας και της γεωργίας μειώθηκε κατά 5% και 4% αντίστοιχα για τα ίδια έτη. Αυτό οφείλεται στη σημαντική αύξηση κατά 5% του ενεργειακού μεριδίου του τριτογενούς τομέα στην τελική κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας πράγμα σύμφωνο με τον προσανατολισμό της ελληνικής οικονομίας, η οποία όλο και περισσότερο εξελίσσεται σε οικονομία υπηρεσιών, όπου ο τριτογενής τομέας κερδίζει συνεχώς έδαφος [15]. Ο κτιριακός τομέας (οικιστικός και εμπορικά και δημόσια κτίρια) είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο, ποσοστό παρόμοιο με εκείνο της ΕΕ-28.

1.4 Κτιριακός τομέας στην ΕΕ

Το κτιριακό απόθεμα της ΕΕ είναι αρκετά ετερογενές. Ένα σημαντικό μέρος του αποθέματος είναι άνω των 50 ετών με πολλά κτίρια που χρησιμοποιούνται σήμερα να έχουν ηλικία εκατοντάδων ετών. Πάνω από το 40% των οικιστικών κτιρίων έχουν κατασκευαστεί πριν από τη δεκαετία του 1960, όταν οι κανονισμοί για την ενεργειακή απόδοση ήταν πολύ περιορισμένοι ή και ανύπαρκτοι. Οι χώρες με τα παλαιότερα κτίρια είναι το Ηνωμένο Βασίλειο, η Δανία, η Σουηδία, η Γαλλία, η Τσεχία και η Βουλγαρία. Οι χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό νέων κατοικιών που χτίστηκαν μετά το 2000 είναι η Κύπρος, η Ισπανία και η Ιρλανδία [16].

Στο Διάγραμμα 1.8 φαίνεται η κατανομή των κτιρίων στα κράτη-μέλη της ΕΕ σύμφωνα με το έτος κατασκευής [17].



Διάγραμμα 1.8: Κατανομή κτιρίων στα κράτη-μέλη της ΕΕ σύμφωνα με το έτος κατασκευής

Πηγή: ETRANGE [17]

Η μέση ηλικία των υφιστάμενων κτιρίων και το ποσοστό των νέων κτιρίων επί του συνολικού αριθμού αυτών, αποτελούν τους βασικούς δείκτες ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των νέων κτιρίων που κατασκευάζονται με πρότυπα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιριακού αποθέματος.

Σε όλα τα κράτη-μέλη, το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των κτιρίων καταλαμβάνεται από κτίρια κατοικιών. Το ποσοστό ποικίλλει σημαντικά, από περίπου 60% στη Σλοβακία, Ολλανδία και Αυστρία σε περισσότερο από 85% στην Κύπρο, Μάλτα και Ιταλία. Ο τύπος μιας κατοικίας έχει αντίκτυπο στις ενεργειακές επιδόσεις, καθώς διαφορετικά χαρακτηριστικά μόνωσης συνεπάγονται διαφορετική κατανάλωση για θέρμανση χώρου. Για παράδειγμα, κατοικία που συνορεύει με άλλες κατοικίες καταναλώνει θεωρητικά λιγότερο ανά m^2 από μια ανεξάρτητη κατοικία από παντού ελεύθερη.

Το κτιριακό απόθεμα ανά τύπο κατοικιών διαφέρει σημαντικά σε ολόκληρη την ΕΕ. Στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία, οι μονοκατοικίες είναι ο κυρίαρχος τύπος (άνω του 80%), ενώ στην Ισπανία και την Εσθονία, οι πολυκατοικίες αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 70% όλων των κατοικιών. Συνολικά στην ΕΕ, υπάρχει σχεδόν ίσο ποσοστό για τους δύο τύπους κατοικιών, με μέσο όρο 49% για τις πολυκατοικίες [16].

Ο βαθμός αστικοποίησης είναι μια ταξινόμηση που βασίζεται σε ένα συνδυασμό γεωγραφικής περιοχής και πληθυσμού ανά km^2 . Ο δείκτης αυτός αντικατοπτρίζει τον αριθμό κατοικιών ανά τοποθεσία. Στην ΕΕ η μέση κατανομή των κατοικιών είναι 42% σε αστικά κέντρα, 30% στις ενδιάμεσες περιοχές και 28% στις αγροτικές περιοχές. Φυσικά, αυτή η κατανομή διαφέρει μεταξύ των χωρών και έτσι ενώ στη Γερμανία, Σουηδία και

Ιταλία ο βαθμός αστικοποίησης ευθυγραμμίζεται με τη μέση κατανομή της ΕΕ, στη Μάλτα ο πληθυσμός επικεντρώνεται κυρίως στο αστικό κέντρο [16].

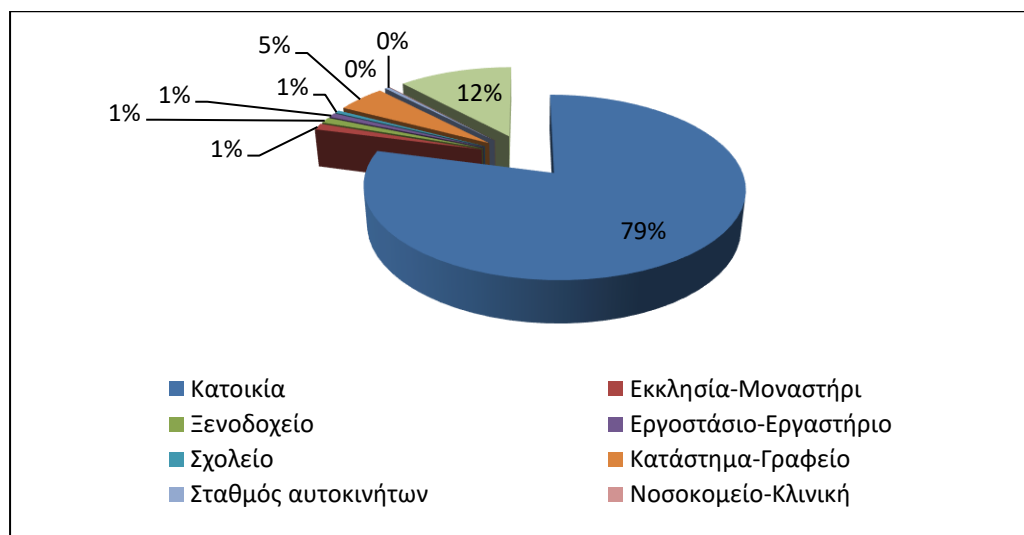
Τα μη οικιστικά κτίρια αντιστοιχούν στο 25% του κτιριακού αποθέματος. Η κατανομή των μη οικιστικών κτιρίων ανά κλάδο δεν είναι ομοιογενής και εξαρτάται από την οικονομική δομή των κρατών-μελών. Κατά μέσο όρο, τα μη οικιστικά κτίρια διακρίνονται σε εγκαταστάσεις λιανικού και χονδρικού εμπορίου 28%, γραφεία 23%, εκπαιδευτήρια 17%, ξενοδοχεία και εστιατόρια 11%, νοσοκομεία 7%, αθλητικές εγκαταστάσεις 4% και άλλα 11% [18]. Τα κτίρια γραφείων έχουν επιφάνεια που αντιστοιχεί στο ένα τέταρτο του συνολικού εμβαδού των μη οικιστικών κτιρίων.

Επαναλαμβάνεται ότι:

- Τα κτίρια ευθύνονται για το 39% της κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ,
- Με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μπορεί να μειωθεί η συνολική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ κατά 5-6% και οι εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5%.

1.5 Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα

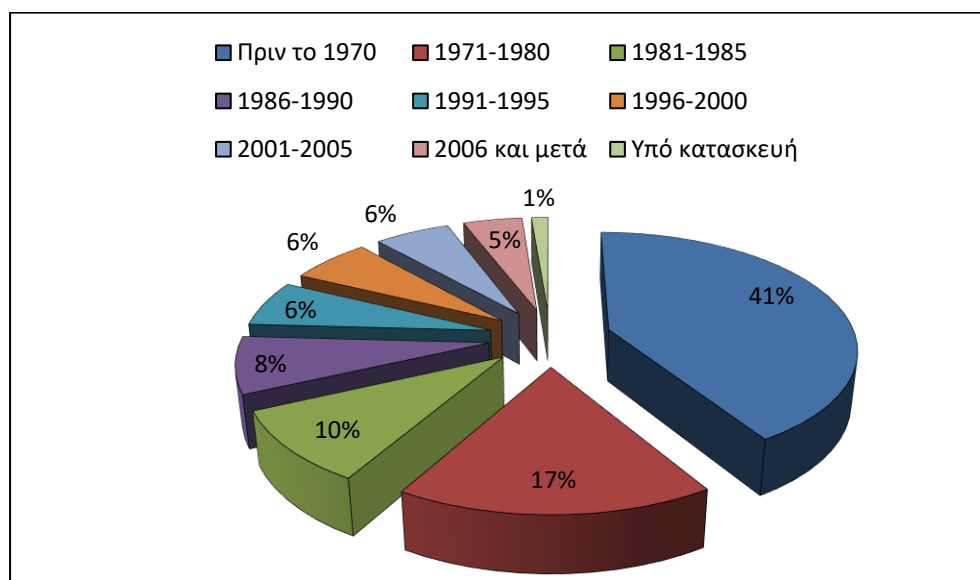
Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, το ελληνικό κτιριακό απόθεμα (4.105.637 κτίρια) αποκλειστικής χρήσης και μικτής χρήσης κατά είδος κύριας χρήσης, αποτελείται κατά 79% από κατοικίες, ενώ τα μη οικιστικά κτίρια αντιπροσωπεύουν το 21% [19]. Αυτά στεγάζουν γραφεία και εμπορικά καταστήματα (5%), σχολεία (1%), νοσοκομεία, ξενοδοχεία (1%), εκκλησίες-μοναστήρια (1%), εργοστάσια-εργαστήρια (1%) ενώ οι άλλες χρήσεις των κτιρίων (12%) περιλαμβάνουν κυρίως εγκαταστάσεις που έχουν περιοδική χρήση και περιορισμένη συμβολή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Στο Διάγραμμα 1.9 φαίνεται αναλυτικά η κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση.



Διάγραμμα 1.9: Κατανομή κτιρίων ανά χρήση

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Στο Διάγραμμα 1.10 φαίνεται η κατανομή του ελληνικού κτιριακού αποθέματος ανά χρονική περίοδο κατασκευής, σύμφωνα και πάλι με στοιχεία της απογραφής κτιρίων του 2011.



Διάγραμμα 1.10: Κατανομή κτιρίων ανά χρονική περίοδο κατασκευής

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

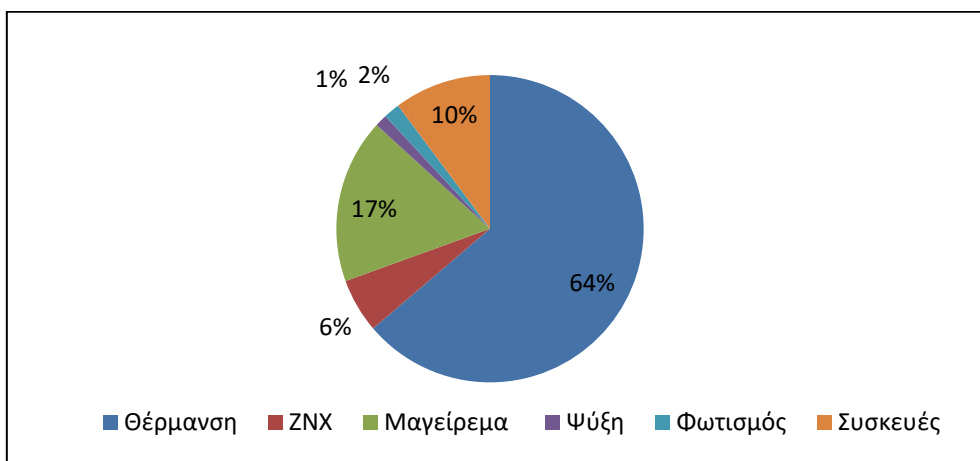
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.10 τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, δηλαδή πριν τεθεί σε ισχύ ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΚ), αντιστοιχούν περίπου στο 58% του συνολικού δυναμικού. Τα κτίρια αυτά δε διαθέτουν θερμική μόνωση (εκτός ολίγων εξαιρέσεων που φέρουν μόνωση στην οροφή) και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους, αν δεν έχουν ανακαινισθεί, είναι παλιάς τεχνολογίας με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν κακή ενεργειακή απόδοση. Τα νεότερα κτίρια παρουσιάζουν μείωση της πραγματικής τελικής ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ($\text{kWh/m}^2 \text{a}$), ενώ η ηλεκτρική αυξάνεται κυρίως λόγω της αύξησης των αναγκών κλιματισμού. Σημειώνεται ότι η πραγματική τελική ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι υψηλότερη από το μέσο όρων των κτιρίων στην Ευρώπη, παρά τις ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κακή διαχείριση ενέργειας από τους χρήστες αλλά και στην κατασκευή κτιρίων χωρίς τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές [20].

Τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 73% του συνόλου στην Ελλάδα. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας είναι σημαντικές, αν λάβει κανείς υπόψη ότι μόνο το:

- 5,1% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων (αφού μόνο το 6,7% κτίσθηκε μετά από το 1981, οπότε άρχισε να ισχύει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης),
- 2,1% έχουν διπλά τζάμια,
- 30,4% έχουν μόνωση δώματος,
- 12,7% έχουν μόνωση πυλωτής,
- 4,2% έχουν μόνωση σωληνώσεων στην εγκατάσταση θέρμανσης [21].

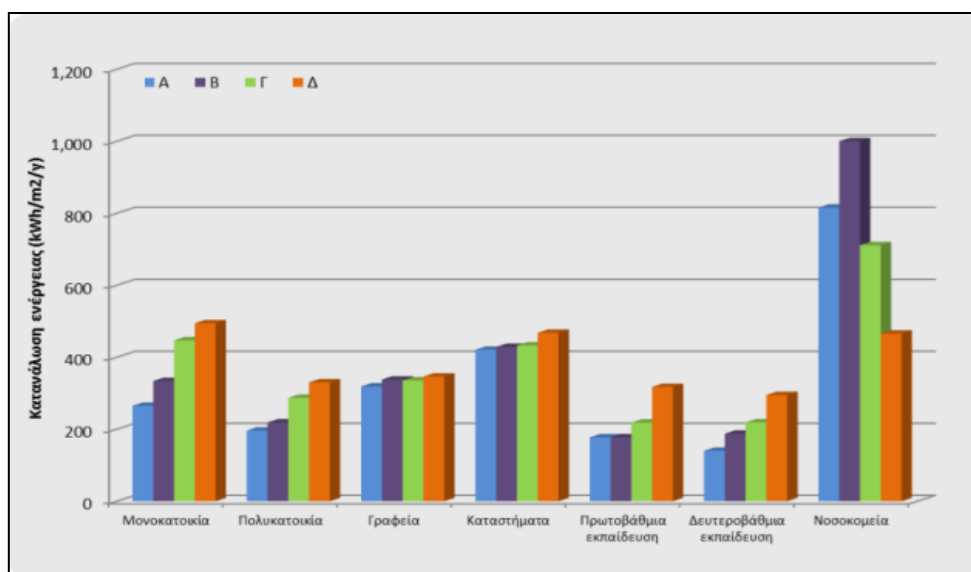
Σύμφωνα με έρευνα (2011-2012) της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των

ενεργειακών του αναγκών εκ των οποίων 10.244 kWh είναι θερμική ενέργεια και 3.750 kWh ηλεκτρική [22]. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, στο Διάγραμμα 1.11 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση και νοικοκυριό όπου οι ανάγκες για θέρμανση αποτελούν το 64% της συνολικής κατανάλωσης. Το 35,5% των κατοικιών διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης, όπου καταναλώνεται σχεδόν αποκλειστικά πετρέλαιο. Τα υπόλοιπα κτίρια θερμαίνονται από ανεξάρτητα συστήματα που καταναλώνουν πετρέλαιο, ξύλο, ηλεκτρική ενέργεια, στερεά καύσιμα ή υγραέριο. Για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) το 26% χρησιμοποιεί πετρέλαιο, το 78% ηλεκτρική ενέργεια, 3.7% ξύλο και στερεά καύσιμα, το 0.1% υγραέριο και το 15.1% ηλιακή ενέργεια. Επίσης, με βάση τα δεδομένα από την έκδοση των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) μέχρι σήμερα, στο Διάγραμμα 1.12 απεικονίζονται οι διαφορετικές μέσες καταναλώσεις ενέργειας σε kWh/(m² a) που προκύπτουν ανά χρήση κτιρίου, σε κάθε κλιματική ζώνη [23]. Παρατηρείται ότι τα πλέον ενεργοβόρα κτίρια είναι μακράν τα νοσοκομεία.



Διάγραμμα 1.11: Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση και νοικοκυριό

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ



Διάγραμμα 1.12: Μέση κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη

Πηγή: Κ.Α.Π.Ε.[23]

Η θερμική θωράκιση του κτιριακού κελύφους, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα υψηλής ενεργειακής απόδοσης ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, οι διατάξεις αυτομάτου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας για κτιριακές εγκαταστάσεις, καθώς και η υπάρχουσα εμπειρία, μπορεί να συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Ασφαλώς η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται όχι μόνον με τεχνολογικές επεμβάσεις που σημαίνουν συνήθως υψηλές επενδύσεις, αλλά και με περιβαλλοντική εκπαίδευση των χρηστών των κτιρίων που συμβάλλει στη δημιουργία ενεργειακής συνείδησης και κατ' επέκταση στην αλλαγή νοοτροπίας.

Τα οφέλη από την ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια είναι πολλαπλά και περιλαμβάνουν:

- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση/ψύξη χώρων, το ζεστό νερό χρήσης και τις άλλες επιμέρους τελικές χρήσεις,
- Βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών άνεσης των εσωτερικών χώρων των κτιρίων,
- Εξοικονόμηση χρημάτων,
- Εξοικονόμηση εθνικών ενεργειακών πόρων,
- Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

1.6 Αντικείμενο - Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η ανάδειξη των λόγων που καθιστούν επιτακτική όχι μόνο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα αλλά τον περιορισμό της στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο που θα καλύπτεται κυρίως με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και εξελιγμένων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Συγκεκριμένα αναλύεται σε βάθος τριακονταετίας η ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕ-28 και στην Ελλάδα, η απόσταση από το στόχο 20-20-20, η υφιστάμενη κατάσταση στον κτιριακό τομέα, καθώς και η νομοθεσία και οι κανονιστικές διατάξεις που αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και στη δημιουργία κτιρίων υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας από συμβατικά καύσιμα (nearly Zero Energy Buildings - nZEB). Διερευνώνται η κατάσταση στην Ευρώπη από το 2000 και μετά, οι ορισμοί για ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και η μελέτη του συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου και του τρόπου εφαρμογής του ανά χώρα. Καθώς αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα δεν έχουν καθοριστεί τα όρια ενεργειακής κατανάλωσης για να μπορεί ένα κτίριο να χαρακτηριστεί ως nZEB, ενώ δεν υπάρχει ένας ενιαίος ευρωπαϊκός ορισμός, είναι απαραίτητη η μελέτη παρεμφερών χωρών, ώστε να εξεταστούν κάποια σενάρια ενεργειακής κατανάλωσης. Τα σενάρια αυτά θα αξιοποιηθούν ώστε να διερευνηθεί ο απαιτούμενος συνδυασμός των μέτρων που πρέπει να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένα συμβατικά κτίρια, για να μπορέσουν να μετατραπούν σε κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

1.7 Φάσεις υλοποίησης

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε την περίοδο Σεπτέμβριος 2017 – Ιανουάριος 2018. Η υλοποίησή της περιλαμβάνει 6 φάσεις οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια και απεικονίζονται εποπτικά στο Διάγραμμα 1.13.

Φάση 1^η: Βιβλιογραφική αναζήτηση πληροφοριών για την κατανάλωση ενέργειας και υφιστάμενη κατάσταση κτιριακού τομέα. Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης γίνεται αποτύπωση της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ-28 και στην Ελλάδα και δίδονται στοιχεία για την απόσταση από τον στόχο 20-20-20 του 2020. Αναλύεται επίσης η υφιστάμενη κατάσταση του κτιριακού αποθέματος και η κατανάλωση ενέργειας που του αποδίδεται.

Φάση 2^η: Βιβλιογραφική αναζήτηση νομοθεσίας (ευρωπαϊκή και εθνική) για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα και τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος, όπως τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Αναζητήθηκαν ορισμοί και πορεία εφαρμογής του αντίστοιχου κανονιστικού πλαισίου, ενώ καταγράφηκαν υφιστάμενα nZEB στην ΕΕ-28 και στην Ελλάδα.

Φάση 3^η: Μελετήθηκε η προσέγγιση των συντελεστών πρωτογενούς ενέργειας και υπολογισμού των ενεργειακών δεικτών. Αριθμητικά παραδείγματα. Υπολογιστικά φύλλα Excel.

Φάση 4^η: Τεχνικές οδηγίες και προώθηση για κτίρια nZEB.

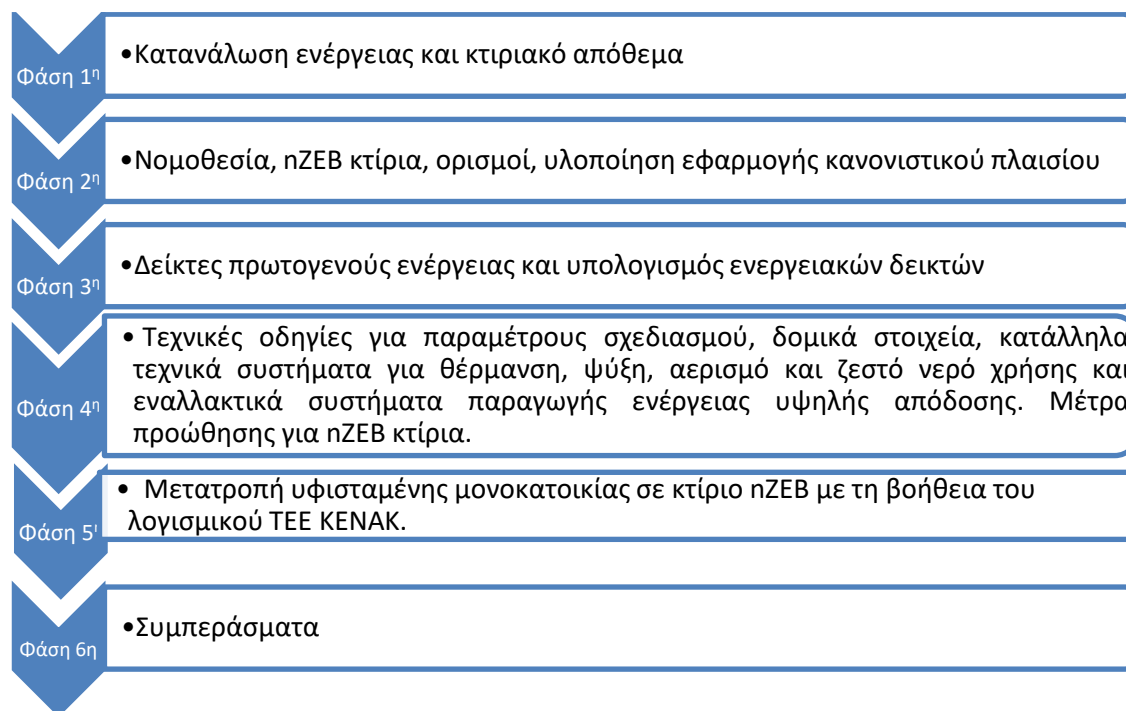
Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται οι παράμετροι σχεδιασμού, τα δομικά στοιχεία, τα κατάλληλα τεχνικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης, τα εναλλακτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης και τα μέτρα προώθησης για κτίρια nZEB σε πραγματικές συνθήκες.

Φάση 5^η: Αναβάθμιση υφισταμένων κτιρίων σε κτίρια nZEB.

Εξετάζονται ποικίλες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας μονοκατοικίας με χρήση λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ. Οι δράσεις που προτείνονται αφορούν στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού και στην εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (τοποθέτηση Φ/Β συστήματος στην οροφή για αυτοπαραγωγή και συμψηφισμό ενέργειας).

Φάση 6^η: Συμπεράσματα.

Ακολουθώς παρατίθενται σχηματικά οι φάσεις ολοκλήρωσης της εργασίας.



Διάγραμμα 1.13: Φάσεις ολοκλήρωσης Μεταπτυχιακής Εργασίας

1.8 Οργάνωση τόμου

Αρχικά, παρατίθεται η περίληψη της εργασίας στην ελληνική και αγγλική γλώσσα και ακολουθεί ο πρόλογος και ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων.

Το **Κεφάλαιο 1** αποτελεί την εισαγωγή όπου παρουσιάζονται ο σκοπός και το κυρίως αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και τέλος η δομή και η οργάνωση του τόμου.

Το **Κεφάλαιο 2** περιλαμβάνει τη νομοθεσία (ευρωπαϊκή και εθνική), τους ορισμούς για κτίριο nZEB και την εξέλιξη της εφαρμογής του κανονιστικού πλαισίου στα κράτη-μέλη.

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στις προσεγγίσεις υπολογισμού των συντελεστών πρωτογενούς ενέργειας και των ενεργειακών δεικτών του κτιρίου με αριθμητικά παραδείγματα.

Το **Κεφάλαιο 4** περιλαμβάνει τεχνικές οδηγίες για τις παραμέτρους σχεδιασμού, τα δομικά στοιχεία, τα κατάλληλα τεχνικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης, και τα εναλλακτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης για nZEB κτίρια, καθώς και τις υφιστάμενες δράσεις για την προώθηση των κτιρίων αυτών.

Το **Κεφάλαιο 5** εξετάζει τη δυνατότητα ενεργειακής αναβάθμισης υφισταμένης μονοκατοικίας, μέσω διαφορετικών συνδυαστικών σεναρίων τεχνολογικών επιλογών, σε κτίριο nZEB.

Το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που εξάγονται για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού τομέα.

Κεφάλαιο 2. Νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

2.1 Νομοθεσία

2.1.1 Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, γνωρίζοντας ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μπορεί να μειώσει την ολική κατανάλωση ενέργειας κατά 5-6% και τις εκπομπές CO₂ κατά 5% [24] έχει εφαρμόσει από το 1980 διάφορες πολιτικές προκειμένου μεταξύ άλλων να διασφαλίσει τα ενεργειακά αποθέματα και να απαγκιστρωθεί από τις εισαγωγές ενέργειας και το κόστος των 350 δισεκατομμυρίων € ετησίως.

Μεταξύ των πολιτικών αυτών περιλαμβάνονται:

- Η Οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21^{ης} Δεκεμβρίου 1988 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών,
- Το πρόγραμμα THERMIE (1989), που έθεσε την ενεργειακή αποδοτικότητα ως υψηλή προτεραιότητα,
- Η Οδηγία 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21^{ης} Μαΐου 1992 σχετικά με τις απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα,

Η Οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13^{ης} Σεπτεμβρίου 1993 για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE),

- Το Ψήφισμα του Συμβουλίου της 7^{ης} Δεκεμβρίου 1998 για την ενεργειακή απόδοση στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, όπου τίθεται ως στόχος η κατά 1% ετησίως βελτίωση της ενεργειακής έντασης της τελικής κατανάλωσης μέχρι το έτος 2010 [25],
- Η ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ (2006), COM(2006) 105 τελικό, "Ευρωπαϊκή στρατηγική για αειφόρο, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια" όπου ο στόχος αυτός έγινε 2%. Για τον τομέα των κτιρίων αυτό σημαίνει μείωση κατανάλωσης ενέργειας 55 Mtoe, και αντίστοιχη μείωση εκπομπών CO₂ κατά περίπου 100 Mt/έτος [26],
- Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων,
- Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση) [27],
- Η Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25^{ης} Οκτωβρίου 2012 για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ

Η οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και η οδηγία 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση αποτελούν την πιο πρόσφατη κύρια νομοθεσία της ΕΕ που καλύπτει τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

Σύμφωνα με την ισχύουσα Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων:

1. Όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020. Για τα δημόσια κτίρια η ημερομηνία μετατίθεται στις 31 Δεκεμβρίου 2018 (Άρθρο 9 της Οδηγίας),
2. Τα κράτη - μέλη πρέπει να:
 - Καταρτίσουν εθνικά σχέδια για την αύξηση του αριθμού κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και να αναπτύξουν πολιτικές και να λάβουν μέτρα για την τόνωση της μετατροπής κτιρίων που ανακαινίζονται σε κτίρια σχεδόν μηδενικής ενέργειας.
 - Καθορίσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια, τη σημαντική ανακαίνιση των κτιρίων και την αντικατάσταση ή την ανακαίνιση δομικών στοιχείων (συστήματα θέρμανσης και ψύξης, στέγες, τοίχοι κ.λπ.). Ωστόσο, μπορούν να αποφασίσουν να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις σε συγκεκριμένες και δικαιολογημένες περιπτώσεις όπου η ανάλυση κόστους-οφέλους για τον οικονομικό κύκλο ζωής ενός κτιρίου είναι αρνητική,
 - Θεσπίσουν συστήματα επιθεώρησης για συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού ή να εφαρμόσουν μέτρα ισοδύναμου αποτελέσματος,
 - Συντάξουν καταλόγους των εθνικών χρηματοδοτικών μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων,
3. Τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης πρέπει να περιλαμβάνονται σε όλες τις διαφημίσεις για την πώληση ή την ενοικίαση κτιρίων,
4. Δεν καθορίζεται συγκεκριμένο πρότυπο για την ενεργειακή κατανάλωση και την τιμή που μπορεί να θεωρηθεί "σχεδόν μηδενική",
5. Αναφέρεται ότι τα εθνικά σχέδια πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομερή εφαρμογή στην πράξη του ορισμού των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, αντανακλώντας τις εθνικές και τοπικές συνθήκες.

Σύμφωνα με την οδηγία για την ενεργειακή απόδοση:

- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να υλοποιήσουν ενεργειακά αποδοτικές ανακαινίσεις σε τουλάχιστον 3% των κτιρίων που ανήκουν και καταλαμβάνονται από την κεντρική κυβέρνηση,
- Οι κυβερνήσεις της ΕΕ πρέπει να αγοράζουν μόνο κτίρια τα οποία έχουν υψηλή ενεργειακή απόδοση,
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να καταρτίσουν μακροπρόθεσμες εθνικές στρατηγικές ανακαίνισης κτιρίων οι οποίες μπορούν να συμπεριληφθούν στα εθνικά σχέδια δράσης για την ενεργειακή απόδοση.

2.1.2 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

Κατά την χρονική περίοδο 1990-2009, η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 39%, από 14,7 Mtoe το 1990, σε 20,5 Mtoe το 2009. Η αύξηση αυτή αφορά κυρίως τον συγκοινωνιακό, οικιακό και τριτογενή τομέα. Συγκεκριμένα, στον οικιακό τομέα

η αύξηση είναι 65% (από 3,1 Mtoe το 1990 σε 4,8 Mtoe το 2009) ενώ ο τριτογενής τομέας (εμπορικός τομέας, υπηρεσίες) παρουσιάζει τριπλασιασμό στην τελική κατανάλωση ενέργειας από 0,6 Mtoe το 1990 σε 2,1 Mtoe το 2009, με μια μέση ετήσια αύξηση 7%. Αντίθετα, την μετά το 2009 εποχή της ύφεσης η κατανάλωση μειώθηκε το 2013 για τέταρτο συνεχόμενο έτος. Το 2014 αυξήθηκε κατά 3,4% και το 2015 κατά 5,9% σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα, περιλαμβάνει νόμους, κανονισμούς, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις, εξελίσσεται με μια χρονική υστέρηση παράλληλα με εκείνο της ΕΕ-28 και από το 1975 έως σήμερα δίδεται στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί [28].

Πίνακας 2.1: Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο

ΕΤΟΣ	ΝΟΜΟΣ	ΦΕΚ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
2015	N4342	ΦΕΚ Α΄ 143/9.11.2015	Ενεργειακή απόδοση, τροποποίηση και κατάργηση Οδηγιών
2013	N4122	ΦΕΚ Α΄ 42/19.2.2013	Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων
2008	N3661	ΦΕΚ Α΄ 89/19.5.2008	Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις
2007	B-651	ΥΑ Α 7	Συντήρηση στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις Δημοσίων κτιρίων κλπ για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας
2007	B-742	ΥΑ Δ5	Οικονομικά κίνητρα σε καταναλωτές για την μείωση της ζήτησης ισχύος τον Ιούλιο του 2007
2003	ΥΑ Δ6	B -266	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για τις οικιακές κλιματιστικές συσκευές
2003	ΥΑ Δ6	B - 267	Οικιακοί ηλεκτρικοί φούρνοι-Συμμόρφωση προς την οδηγία 2002/40/ΕΚ
2001	ΥΑ Δ6/Β/17682	B -1407	Απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα στραγγαλιστικά πηνία που προορίζονται για λαμπτήρες φθορισμού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000.
1999	ΥΑ Δ6	B-1792	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών λαμπτήρων (ΟΔΕΟΚ 98/11)
1999	ΥΑ Δ6	B-1526	Κατευθύνσεις διεξαγωγής ενεργειακών επιθεωρήσεων
1998	ΥΑ Δ6	B-591	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών πλυντηρίων πιάτων (ΟΔΕΟΚ)
1998	ΠΔ 178	A-131	Προσαρμογή στην 96/57/ΕΚ (οικιακές ηλεκτρικές συσκευές)

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

1997	N 2508	A-124	Βιώσιμη Οικιστική Ανάπτυξη πόλεων και οικισμών κ.ά.
1997	ΥΑ Δ6	B-386	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια-ΕΟΚ
1996	ΥΑ Δ6	B-234	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια ρούχων
1996	ΥΑ Δ6	B-247	Ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας οικιακών στεγνωτήριων ρούχων
1994	ΠΔ 334	A-176	Προϊόντα Δομικών Κατασκευών
1994	Π.Δ. 180	A - 114	Ένδειξη της καταναλώσεως ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών
1994	ΥΑ Δ6	B-943	Κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικά ψυγεία-οδηγία ΕΟΚ
1993	ΠΔ 92	A-38	Αρμοδιότητες που διατηρούνται από Υπ. Βιομηχανίας Ενέργειας & Τεχνολογίας
1993	ΥΑ 103	B-369	Σταθερές εστίες καύσης για θέρμανση κτιρίων-νερού
1993	ΠΔ 335	A-143	Προδιαγραφές καυστήρων - λεβήτων (ΕΟΚ)
1989	ΥΑ 304	Δ-59	Κτιριοδομικός Κανονισμός
1987	ΥΑ 8356	B-187	Μείωση εκπομπών καύσης Βαφείων - Φινιριστηρίων Υφανσίμων Αθήνας
1987	ΥΑ ΙΕ	B-269	Στοιχεία Αξιολόγησης Επενδύσεων Πρωτογενούς Τομέα Παραγωγής - Ν.1262/82
1985	N 1512	A-4	Πολεοδομικές σημαντικές ρυθμίσεις κλπ διατάξεις
1981	ΥΑ 127	B-320	Περί εφαρμογής ΠΥΣ 237/80 - Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1981	ΠΥΣ 213	A-286	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	ΠΥΣ 96	A-150	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	ΠΔ 04	Δ-362	Έγκριση κανονισμού για την θερμομόνωση κτιρίων
1975	ΠΥΣ 118	A-141	Μέτρα εξοικονομήσεως ενεργείας (1975)
1975	ΠΥΣ 166	A-220	Απαγόρευση χρήσης "μαζούτ" για κεντρική θέρμανση
1975	N N 40	A-90	Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Με το Ν.3661/2008 "Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ Α' 89) εναρμονίστηκε στην εθνική νομοθεσία η οδηγία 91/2002/ΕΚ "Για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων".

Ο νόμος προβλέπει:

- α. Τον καθορισμό της γενικής δομής του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων-Κ.Εν.Α.Κ.,
- β. Την ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση,
- γ. Την υποβολή ενεργειακής μελέτης για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια,
- δ. Την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.), για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, καθώς επίσης και κατά την μίσθωση ή πώληση υφιστάμενων κτιρίων,
- ε. Την τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης
- στ. Την τακτική επιθεώρηση εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού
- ζ. Τη δημιουργία ειδικής υπηρεσίας επιθεωρητών
- η. Την ύπαρξη επιθεωρητών.

Κατ' εξουσιοδότηση του Ν. 3661/2008 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β' 407) [29]. Για την υποστήριξη της εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ. εγκρίθηκαν με την οικ. 2618/2014 Απόφαση Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ 2945/Β/3.11.2014) οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.):

- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»,
- ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»,
- ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»,
- ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».
- ΤΟΤΕΕ 20701-5/2012 «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε κτίρια».

Στον **Κ.Εν.Α.Κ.** μεταξύ άλλων καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης αυτών (ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων).

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση και περιλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης (ενέργεια που απαιτείται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση) για να διατηρηθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας του κτιρίου και οι οικιακές ανάγκες ζεστού νερού. Εκφράζεται κατά διαφανή τρόπο και περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής απόδοσης και αριθμητικό δείκτη για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας, βάσει των παραγόντων πρωτογενούς ενέργειας ανά φορέα ενέργειας, που ενδέχεται να βασίζονται στους εθνικούς ή περιφερειακούς ετήσιους σταθμισμένους μέσους όρους ή σε ειδική τιμή

για την επιτόπια παραγωγή. Για τον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη τουλάχιστον τα ακόλουθα:

- α. Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών χωρισμάτων του),
- β. Η εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους,
- γ. Η εγκατάσταση κλιματισμού,
- δ. Ο αερισμός (φυσικός ή μηχανικός), που μπορεί να περιλαμβάνει και την αεροστεγανότητα,
- ε. Η εγκατάσταση φωτισμού, (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά την κατοικία),
- στ. Ο σχεδιασμός, η θέση και ο προσανατολισμός του κτιρίου, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών,
- ζ. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και η ηλιακή προστασία,
- η. Οι κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες συνθήκες εσωτερικού κλίματος,
- θ. Τα εσωτερικά φορτία.

Η θετική επίδραση των κατωτέρω παραγόντων λαμβάνεται υπόψη, όπου σχετίζεται με τους υπολογισμούς:

- Οι τοπικές συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, ενεργητικά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρισμού βασιζόμενα σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές,
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με συμπαραγωγή,
- Τα συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου,
- Ο φυσικός φωτισμός.

Τα κτίρια για διευκόλυνση των υπολογισμών κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Μονοκατοικίες διαφόρων τύπων,
- Συγκροτήματα διαμερισμάτων,
- Γραφεία,
- Εκπαιδευτικά κτίρια,
- Νοσοκομεία,
- Ξενοδοχεία και εστιατόρια,
- Αθλητικές εγκαταστάσεις,
- Κτίρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου,
- Άλλα είδη κτιρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 2010/31/ΕΕ (αναδιατύπωση) και η εναρμόνισή της Ελλάδας έγινε με την έκδοση του νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις». Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου 4122/2013, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού [30]. Την 12^η Ιουλίου 2017, δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 2367Β/12.07.2017 η υπ' αρ. ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581 Απόφαση των Υπουργών

Οικονομικών και Περιβάλλοντος & Ενέργειας με τίτλο "Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων" δηλ. ο αναθεωρημένος "Κ.Εν.Α.Κ. 2017", σε αντικατάσταση του Κανονισμού εκδόσεως 2010. Η αναθεώρηση αυτή, υποχρεωτική από τον νόμο 3661/2013, έγινε προς συμμόρφωση του εν λόγω Κανονισμού με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ αλλά καθυστερημένα, με αποτέλεσμα την καταδίκη της χώρα μας από το Ευρωπαϊκό δικαστήριο [31]. Σημειώνεται ότι μέχρι την δημοσίευση του αναθεωρημένου Κ.Εν.Α.Κ, τα χρηματοδοτικά προγράμματα ενέργειας του ΕΣΠΑ παρέμεναν σε καθεστώς «αιρεσιμότητας», δηλαδή σε καθεστώς στάσης χρηματοδοτήσεων από το ΕΣΠΑ για κάθε έργο εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Αν και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο εκπόνησε έγκαιρα τη μελέτη για την εύρεση των βέλτιστων απαιτήσεων ανά τεχνικό σύστημα και δομικό στοιχείο όπως απαιτείται από την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, η πολιτεία καθυστέρησε δραματικά να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της και να συνεργαστεί με τους φορείς της αγοράς για την άμεση προώθηση της μελέτης «βελτίστων επιπέδων απαιτήσεων» ώστε να καταστεί δυνατή η έκδοση του νέου ΚΕΝΑΚ, με αποτέλεσμα απόλυτη στασιμότητα στον τομέα ενεργειακής αναβάθμισης των υφισταμένων κτιρίων και τεράστιες επιπτώσεις στην αγορά υλικών και συσκευών θέρμανσης/ψύξης/κλιματισμού.

Στον Κ.Εν.Α.Κ. 2017 υπάρχουν συμπληρώσεις, βελτιώσεις και προσθήκες ως προς την παλαιά έκδοση, οι οποίες όμως δεν μεταβάλουν ουσιαστικά τις ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές υλικών και εγκαταστάσεων και δεν μειώνουν, το κόστος των τεχνικών παρεμβάσεων, τόσο σε ανακαινίσεις υφισταμένων κτιρίων όσο και στην υλοποίηση νέων κατασκευών. Τα όρια για τον μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμομόνωσης διαφόρων δομικών στοιχείων μειώνονται κατά περίπου 10% . Τα παλαιά και τα νέα όρια καθώς και το τυπικό πάχος θερμομόνωσης που αντιστοιχεί στα όρια αυτά δίδονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί [31].

Πίνακας 2.2: Παλαιά και νέα όρια συντελεστή θερμοπερατότητας και πάχους θερμομόνωσης

Δομικό στοιχείο	Κ.Εν.Α.Κ 2017				Κ.Εν.Α.Κ 2010			
	Κλιματική ζώνη				Κλιματική ζώνη			
	A	B	Γ	Δ	A	B	Γ	Δ
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας για δομικά στοιχεία [W/(m².Κ)]								
Οροφή	0,45	0,4	0,35	0,3	0,5	0,44	0,4	0,35
Εξωτερικός τοίχος	0,55	0,45	0,4	0,35	0,6	0,5	0,45	0,4
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,3	0,9	0,7	0,65	1,5	1	0,8	0,7
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,3	0,9	0,7	0,65	1,5	1	0,8	0,7
Δάπεδο επί πιλοτής	0,45	0,4	0,35	0,3	0,5	0,44	0,4	0,35
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,1	0,8	0,65	0,6	1,2	0,9	0,75	0,7
Τυπικό πάχος θερμομόνωσης (cm), αντίστοιχο στα ανωτέρω όρια θερμοπερατότητας								
Οροφή	7,4	8,5	9,9	11,8	6,5	7,6	8,5	9,9
Εξωτερικός τοίχος	5,7	7,4	8,5	9,9	5,1	6,5	7,4	8,5
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,5	2,9	4,2	4,6	1,1	2,5	3,5	4,2
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,5	2,9	4,2	4,6	1,1	2,5	3,5	4,2
Δάπεδο επί πιλοτής	7,4	8,5	9,9	11,8	6,5	7,6	8,5	9,9
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	2,1	3,5	4,6	5,1	1,8	2,9	3,8	4,2

Διαπιστώνεται ότι το απαιτούμενο ελάχιστο πάχος θερμομόνωσης αυξήθηκε κατά 1 έως 2 εκατοστά, λόγω αυστηροποίησης των ορίων θερμοπερατότητας. Επειδή το τυπικό υλικό θερμομόνωσης τιμάται εις την αγορά περί τα 100 € ανά κυβικό μέτρο, δηλαδή περί το 1 ευρώ ανά cm και τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας, η αύξηση του πάχους της θερμομόνωσης ισοδυναμεί με πρόσθετο κόστος περί τα 1 με 2 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Επίσης παρατηρείται ότι το μέγιστο πάχος θερμομόνωσης είναι γενικώς κάτω των 10 cm εκτός για τις οροφές και τα δάπεδα σε πιλοτές όπου το πάχος φθάνει έως και τα 12 cm.

Οι απαιτήσεις θερμομονωτικών ιδιοτήτων των κουφωμάτων είναι ελαφρώς αυξημένες και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3. Αποτέλεσμα της ελαττωμένης θερμοπερατότητας θα είναι μια επιβάρυνση στο τίμημα των κουφωμάτων.

Πίνακας 2.3: Παλαιές και νέες απαιτήσεις θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Κλιματική ζώνη	Κ.Εν.Α.Κ 2017				Κ.Εν.Α.Κ 2010			
	A	B	Γ	Δ	A	B	Γ	Δ
Θερμοπερατότητα (W/m ² .K)	2,8	2,6	2,4	2,2	3,2	3	2,8	2,6

Απαιτήσεις βαθμού απόδοσης λεβήτων

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για το βαθμό απόδοσης των λεβήτων θέρμανσης καθορίζονται από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου ΤΟΤΕΕ-1. Βάσει όμως της αναθεωρημένης ΤΟΤΕΕ-1, οι απαιτήσεις αυτές εκφράζονται με τον εποχιακό βαθμό απόδοσης του λέβητα έναντι του στιγμιαίου βαθμού απόδοσης υπό πλήρες φορτίο του Κ.Εν.Α.Κ 2010. Πρακτικά οι απαιτήσεις αυτές παραμένουν ίδιες π.χ. ενώ για λέβητα 100 έως 200 kW η παλαιά απαίτηση βαθμού αποδόσεως λέβητα-καυστήρα ήταν 93,4%, η νέα απαίτηση εποχιακού βαθμού αποδόσεως είναι 85%. Σημειώνεται ότι αυτές οι νέες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ 2017 είναι κατώτερες από εκείνες του Κανονισμού 813/2013 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΕ) για τον οικολογικό σχεδιασμό λεβήτων, με τις οποίες προβλέπεται ως ελάχιστος εποχιακός βαθμός απόδοσης για νέους λέβητες ισχύος > 70 kW για μεν λέβητες πετρελαίου 99,3%, για δε λέβητες αερίου 103,9%. Τέτοιου είδους αποδόσεις επιτυγχάνονται μόνο από την νέα τεχνολογία λεβήτων συμπυκνώσεως, δηλαδή λέβητες χαμηλής θερμοκρασίας καυσαερίων, είτε αερίου είτε πετρελαίου που χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό απόδοσης και επιφέρουν οικονομία στην κατανάλωση καυσίμων από 30% έως και 40% ως προς την υφιστάμενη κατάσταση.

Απαιτήσεις για τις αντλίες θερμότητας κατά την θέρμανση

Οι απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ 2017 για τον εποχιακό βαθμό απόδοσης των αντλιών θερμότητας (SCOP) κατά την θέρμανση είναι ακριβώς οι ίδιες με τις αντίστοιχες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ 2010:

- Για αερόψυκτες αντλίες θερμότητας : SCOP = 3,2
- Για υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας : SCOP = 4,3
- Για αντλίες θερμότητας υδρόψυκτες με θαλασσινό νερό ή γεωθερμικό εναλλάκτη: SCOP=3,5

Οι απαιτήσεις αυτές για το βαθμό απόδοσης (SCOP) ικανοποιούνται από τις νέες αντλίες θερμότητας με ρυθμιστή στροφών (inverter), όπου αυτός προσεγγίζει για τις αερόψυκτες μονάδες το 3,8.

Απαιτήσεις για αντλίες θερμότητας και ψύκτες κατά την ψύξη

Οι απαιτήσεις μεταξύ των δύο εκδόσεων Κ.Εν.Α.Κ 2010 και Κ.Εν.Α.Κ2017 για τον εποχιακό βαθμό απόδοσης ψυκτών SEER του κτιρίου αναφοράς είναι οι ίδιες, χωρίς ο Κανονισμός 813/2013/ΕΕ για τον οικολογικό σχεδιασμό να θέτει άλλες αυστηρότερες απαιτήσεις. Σημειώνεται ότι η νέα τεχνολογία ψυκτών και αντλιών θερμότητας εμφανίζει ιδιαιτέρως αυξημένους εποχιακούς βαθμούς αποδόσεως με αποτέλεσμα η ικανοποίηση των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ 2017 να είναι συγκριτικά πιο εύκολη.

Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ) στα κτίρια του τριτογενούς τομέα

Οι απαιτήσεις για τις ΚΚΜ του κτιρίου αναφοράς είναι ακριβώς ίδιες μεταξύ των δύο εκδόσεων Κ.Εν.Α.Κ 2010 και Κ.Εν.Α.Κ 2017. Όμως οι απαιτήσεις για τις ΚΚΜ στα νέα κτίρια αυξάνονται σημαντικά από τον Κανονισμό 1253/2014/ΕΕ και ιδίως τα Παραρτήματα II και III αυτού με τα οποία προβλέπεται:

- ΚΚΜ με μεταβλητή ταχύτητα ή πολλαπλών ταχυτήτων ανεμιστήρα,
- ΚΚΜ με σύστημα ανάκτησης θερμότητας (ΣΑΘ) με διάταξη θερμικής παράκαμψης ΣΑΘ και ελάχιστη θερμική απόδοση ΣΑΘ: 67% (ή 63% σε πτερυγιοφόρους εναλλάκτες),
- Ελάχιστη απόδοση ανεμιστήρα,
- Μέγιστη ισχύς ανεμιστήρα με φίλτρα : 250 W/(m³/s)

Οι απαιτήσεις αυτές είναι πολύ αυστηρότερες εκείνων για το κτίριο αναφοράς των Κ.Εν.Α.Κ 2010 και Κ.Εν.Α.Κ 2017.

Βάσει του άρθρου 7, παράγραφος 6 του Κ.Εν.Α.Κ 2017 στα υφιστάμενα κτίρια ή στις υφιστάμενες κτιριακές μονάδες, κάθε δομικό στοιχείο που αποτελεί τμήμα του κελύφους, όταν τοποθετείται εκ των υστέρων ή αντικαθίσταται, και κάθε τεχνικό σύστημα, όταν τοποθετείται εκ των υστέρων, αναβαθμίζεται ή αντικαθίσταται, πρέπει να ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του Κανονισμού, κατά τα οριζόμενα στα άρθρα 7 και 8 του Ν.4122/2013 στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό. Με τη διατύπωση αυτή του άρθρου του Κ.Εν.Α.Κ 2017 η οποία προέρχεται από την Οδηγία 2010/31/ΕΕ και δεν υπήρχε στον Κ.Εν.Α.Κ 2010, οι προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ ισχύουν όχι μόνο για τα «νέα κτίρια» ή τα «ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια» αλλά επεκτείνονται και για τις μεμονωμένες επεμβάσεις ανακαίνισης σε ένα δομικό στοιχείο ή ένα τεχνικό σύστημα, ή ακόμη και στην αλλαγή π.χ. ενός παραθύρου. Δηλαδή αν κάποιος ιδιοκτήτης ακινήτου αντικαταστήσει τους παλαιούς μονούς με διπλούς υαλοπίνακες, θα πρέπει να επιδιώξει η θερμοπερατότητα του ανακαινιζόμενου κουφώματος να φθάσει στα επίπεδα που ορίζει ο νέος κανονισμός για τα ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια. Αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις είναι τεχνικοοικονομικά ανέφικτο [31].

Στην Οδηγία 2010/31/ΕΕ αναφέρεται για πρώτη φορά σε νομικό κείμενο ο ορισμός "Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nearly Zero Energy Building- nZEB)" δηλαδή

κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να καλύπτεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές περιλαμβανομένης της παραγομένης επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου. Από 01.01.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια nZEB. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή ισχύει από την 01.01.2019.

2.2 Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης

2.2.1 Εισαγωγή στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Η ιδέα ενός "κτιρίου μηδενικής ενέργειας" (ZEB) με τη σύγχρονη έννοια συζητείται από τη δεκαετία του '70, λόγω των πετρελαϊκών κρίσεων εκείνης της εποχής και της επακόλουθης ανησυχίας για τις συνέπειες της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα [32]. Η ανάπτυξη σύγχρονων κτιρίων μηδενικής ενέργειας κατέστη δυνατή όχι μόνο μέσω της προόδου που σημειώθηκε στις νέες τεχνολογίες και τεχνικές στον τομέα της ενέργειας και των κατασκευών αλλά κυρίως μέσω της έρευνας η οποία συγκεντρώνει ακριβή δεδομένα ενεργειακών αποδόσεων στα παραδοσιακά και πειραματικά κτίρια και παρέχει παραμέτρους απόδοσης για προηγμένα μοντέλα υπολογιστών για την πρόβλεψη της αποτελεσματικότητας των σχεδίων των μηχανικών [33]. Μετά το 2000 η ανάπτυξη των ZEB και nZEB κτιρίων αποτέλεσε στόχο και έτσι εκπονήθηκαν πολλά εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα για τη μελέτη και την εφαρμογή τους. Στον Πίνακα 2.4 αναφέρονται **ευρωπαϊκά έργα** (Horizon, Intelligent Energy Europe, FP7 κλπ), που σχετίζονται με τα κτίρια μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης[34].

Πίνακας 2.4: Ευρωπαϊκά έργα σχετικά με κτίρια μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

AIDA	Affirmative Integrated Energy Design Action	Ολοκληρωμένο
Abracadabra	Assistant Buildings' addition to Retrofit, Adopt, Cure And Develop the Actual Buildings up to zero energy, Activating a market for deep renovation	Σε εξέλιξη
CERTuS	Cost Efficient Options and Financing Mechanisms for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock	Σε εξέλιξη
COHERENO	Collaboration for Housing nearly zero-energy renovation	Σε εξέλιξη
DIRECTION	Demonstration of very low energy new buildings	Σε εξέλιξη
DREEM	Demonstration of an integrated Renovation approach for Energy Efficiency At the Multi building scale	Σε εξέλιξη
E2VENT	Energy Efficient Ventilated Facades for Optimal Adaptability and Heat Exchange enabling novel NZEB architectural concepts for the refurbishment of existing buildings	Σε εξέλιξη
ENTRANZE	Policies to enforce the transition to nearly zero energy buildings in the EU-27	Ολοκληρωμένο
EPISCOPE	Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks	Σε εξέλιξη
MEoS	Meeting of Energy Professional Skills	Σε εξέλιξη
MOUNTEE	Energy efficient and sustainable building in municipalities in European mountain	Ολοκληρωμένο

NEZEH	Nearly Zero-Energy Hotels	Σε εξέλιξη
NeZeR	Promotion of smart and integrated NZEB renovation measures in the European renovation market	Σε εξέλιξη
NZB 2021	NZB2021 'Doors Open Days' – sharing experiences from low energy buildings to meet nearly zero building standards by 2021	Ολοκληρωμένο
PassREG	Passive House Regions with Renewable Energies	Ολοκληρωμένο
POWERHOUSE NZC	Power house Nearly Zero Challenge!	Ολοκληρωμένο
PROF-TRAC	PROFessional multi-disciplinary TRaining and Continuing development in skills for NZEB principles	Σε εξέλιξη
QualiChEck	Towards improved compliance and quality of the works for better performing buildings	Σε εξέλιξη
REFURB	REgional process innovations FOR Building renovation packages opening markets to zero energy renovations	Σε εξέλιξη
RENEW SCHOOL	Sustainable school building renovation promoting timber prefabrication, indoor environment quality and active use of renewables	Σε εξέλιξη
RENOVALUE	Drivers for change: strengthening the role of valuation professionals in market transition	Σε εξέλιξη
RepublicZEB	Refurbishment of the Public building stock towards nZEB	Σε εξέλιξη
SOUTHZEB	nZEB training in the Southern EU countries –Maintaining building traditions	Ολοκληρωμένο
STEP-2-SPORT	STEP-by-STEP renovation towards nearly zero energy SPORT buildings	Σε εξέλιξη
SUSTAINCO	Sustainable Energy for Rural Communities	Ολοκληρωμένο
TOTAL CONCEPT	The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings	Σε εξέλιξη
Train-to-NZEB	Train-to-NZEB: The Building Knowledge Hubs	Σε εξέλιξη
ZEBRA2020	Nearly Zero-Energy Building Strategy 2020	Σε εξέλιξη
ZEMEDS	Promoting renovation of schools in a mediterranean climate up to nearly Zero - Energy Buildings	Σε εξέλιξη

2.2.2 Ορισμός

Παρά τις ερευνητικές και εφαρμοσμένες δράσεις για τα nZEB κτίρια ο ορισμός τους παραμένει από την Οδηγία, γενικός και ασαφής και στην πράξη ποικίλει από εκείνους που σχετίζονται με τις καθαρές εισροές ενέργειας σε σχέση με τις εκροές, ως εκείνους που εξισορροπούν το οικονομικό κόστος της χρήσης ενέργειας με το κόστος που σχετίζεται με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στη δομή για την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά και ηλιακές κυψέλες, σε συνδυασμό με τα οφέλη που συνδέονται με την εξαγωγή ενέργειας που παράγεται από τη δομή [32].

Μια γενική αναφορά την οποία έλαβε υπόψη της η ΕΕ κατά την αναδιατύπωση της Οδηγίας και τη σύνταξη του ορισμού είναι η ακόλουθη: Ένα κτίριο μηδενικής ενέργειας, γνωστό επίσης ως κτίριο μηδενικής καθαρής ενέργειας (ZNE), ή κτίριο καθαρού μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου (NZEB) ή καθαρό μηδενικό κτίριο, είναι ένα κτίριο με μηδενική

καθαρή κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή το συνολικό ποσό ενέργειας που καταναλώνεται από αυτό σε ετήσια βάση είναι περίπου ίσο με την ποσότητα ανανεώσιμης ενέργειας που δημιουργείται επί τόπου (on-site) ή σε άλλες αναφορές από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλού (off-site) [35].

Ένας καλός ορισμός του nZEB θα πρέπει πρώτα να ενθαρρύνει την ενεργειακή αποδοτικότητα και στη συνέχεια τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που είναι διαθέσιμες επί τόπου ή πλησίον. Ένα κτίριο που αγοράζει όλη την ενέργεια που καταναλώνει από ένα αιολικό πάρκο ή άλλο κεντρικό σύστημα ΑΠΕ πλησίον έχει ελάχιστα κίνητρα να μειώσει τα φορτία του. Οι διατάξεις μετασχηματισμού ενέργειας, δεν θεωρούνται επιτόπια παραγωγή στο πλαίσιο του nZEB δηλαδή οι κυψέλες καυσίμου και οι μικροτουρμπίνες δεν παράγουν ενέργεια απλά μετασχηματίζουν τα ορυκτά καύσιμα σε θερμότητα και ηλεκτρισμό. Παθητικά ηλιακά συστήματα και φυσικός φωτισμός είναι τεχνολογίες που θεωρούνται πολύ αποτελεσματικές. Η ενεργειακή απόδοση πρέπει είναι διαθέσιμη για όλη τη ζωή του κτιρίου. Είναι σχεδόν πάντα ευκολότερο να εξοικονομείται ενέργεια παρά να παράγεται [36].

Αναγνωρίζοντας την διαφορετική κουλτούρα οικοδόμησης και την ποικιλία του κλίματος σε ολόκληρη την ΕΕ, η οδηγία 2010/31/ΕΕ δεν προβλέπει μια κοινή προσέγγιση για την υλοποίηση των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας ούτε περιγράφει μια ενιαία μεθοδολογία υπολογισμού του ενεργειακού ισοζυγίου. Για να υπάρχει ευελιξία, απαιτείται από τα κράτη μέλη να καταρτίσουν ειδικά σχεδιασμένα εθνικά σχέδια δράσης για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας που πρέπει να αντικατοπτρίζουν τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες. Τα εθνικά σχέδια θα πρέπει να μεταφράσουν την έννοια των nZEB σε πρακτικά και εφαρμόσιμα μέτρα και ορισμούς για τη σταθερή αύξηση του αριθμού των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας. Έτσι, η Βουλγαρία και το Βέλγιο έχουν καθιερώσει διαφορετικές παραμέτρους, τόσο από ποσοτική όσο και από ποιοτική άποψη, στους ορισμούς τους για τα nZEB.

Παρά τις δυσκολίες και τα ιδιαίτερα λεπτά ερωτήματα που αναφέρονται μέχρι σήμερα, υπάρχει ένας ορισμός σε 15 χώρες (συν την Περιφέρεια των Βρυξελλών και τη Φλάνδρα). Σε ακόμη 3 χώρες, οι απαιτήσεις για τα nZEB έχουν καθοριστεί και αναμένεται να ενσωματωθούν στην εθνική νομοθεσία. Στα υπόλοιπα 9 κράτη-μέλη (συν τη Νορβηγία και τη βελγική περιφέρεια της Βαλονίας), ο ορισμός βρίσκεται ακόμη υπό συζήτηση και δεν έχει οριστικοποιηθεί.

Ο Πίνακας 2.6 που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτική επισκόπηση των κύριων πτυχών που σχετίζονται με τους εθνικούς ορισμούς για τα nZEB στην ΕΕ-28 (και στη Νορβηγία) [37].

Πίνακας 2.5: Υπόμνημα Πίνακα 2.6

ν	Ορισμός που περιλαμβάνεται σε επίσημο έγγραφο	x	Δεν υπάρχει διαθέσιμος ορισμός	ND	Χωρίς δεδομένα
	Άλλοι δείκτες: CO ₂ - εκπομπές άνθρακα, EP - απόδοση κελύφους, OH - Ένδειξη υπερθέρμανσης, TS - Επίδοση των τεχνικών συστημάτων				
	(1) Για τα κτίρια κατοικιών, η Οδηγία λαμβάνει υπόψη τις ακόλουθες ενεργειακές υπηρεσίες: θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, κλιματισμό και, για μη οικιστικά κτίρια, λαμβάνεται υπόψη επιπλέον ο φωτισμός				
	(2) Εξαρτάται από το κτίριο αναφοράς				
	(3) Εξαρτάται από τη θέση				
	(4) Απαιτήση που εξαρτάται από τα μέτρα ΑΠΕ που υιοθετήθηκαν				
	(5) Μέγιστη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που ορίζεται ως ποσοστό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (PE) ενός κτιρίου αναφοράς. Στην Τσεχία, η μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια θεωρείται αντί της πρωτογενούς ενέργειας				
	(6) Δεν υπάρχει ψύξη για οικιστικά κτίρια				
	(7) Η κατανάλωση ενέργειας των συσκευών περιλαμβάνεται πρόσθετα στον ορισμό (τόσο για κατοικίες όσο και για μη οικιστικά κτίρια)				
	(8) Στο εθνικό σχέδιο για τα nZEB, τα BBC (Bâtiments Basse Consommation) (κτίρια που συμμορφώνονται με τον θερμικό κανονισμό 2012) ορίζονται ως κτίρια με κατανάλωση ενέργειας κοντά στο μηδέν, αλλά προβλέπεται ότι τα κτίρια θα είναι κτίρια θετικής ενέργειας από το 2020				
	(9) Εκτός από την Αγγλία, οι στόχοι για τις άλλες χώρες του Ηνωμένου Βασιλείου είναι διαφορετικοί και αναμένεται να αναθεωρηθούν. Η Βόρεια Ιρλανδία προσπαθεί να προωθήσει τους στόχους του Ηνωμένου Βασιλείου δηλ. όλα τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του προτύπου για μηδενικές εκπομπές άνθρακα το 2016.				

Πίνακας 2.6: Γενική επισκόπηση των κυριότερων πτυχών που σχετίζονται με τον εθνικό ορισμό για τα nZEB στην ΕΕ-28 (και τη Νορβηγία)													
Χώρα	Κατάσταση του ορισμού	Βασικές αναφορές	Έτος επιβολής		Ορισμός nZEB για νέα κτίρια						Ορισμός nZEB για υπάρχοντα κτίρια		
			Δημόσιος τομέας	Ιδιωτικός τομέας	Πεδία ορισμού nZEB	Αριθμητικοί δείκτες	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)		Μερίδιο ΑΠΕ	Άλλοι δείκτες	Κατάσταση του ορισμού	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	
							Κτίρια					Κτίρια	
							Οικιστικά	Μη οικιστικά				Οικιστικά	Μη οικιστικά
Αυστρία	✓	OIB Κατευθυντήριες γραμμές 6	1/01/2019	1/01/2021	✓(7)	✓	160	170 (από το 2021)	Το min μερίδιο γράφεται στις κατευθυντήριες γραμμές του OIB για όλα τα κτίρια	EP, CO ₂	✓	200	250 (από το 2021)
Βέλγιο-Βρυξέλλες	✓	Τροποποιημένο Διάταγμα 21/12/2007	1/01/2015	1/01/2015	✓	✓	45	~ 90 (2)	✓ Ποιοτικό	EP, OH	✓	54	~108 (2)
Βέλγιο-Φλάνδρα	✓	Κανονισμός 29/11/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	30% PE (5)	40% PE (5)	✓ Ποσοτικό (4)	EP, OH	Υπό ανάπτυξη		
Βέλγιο-Βαλονία	Υπό ανάπτυξη	Ενοποιημένη αναφορά προς EC	1/01/2019	1/01/2019	✓	Υπό ανάπτυξη			Ποσοτικό	EP	Υπό ανάπτυξη		
Βουλγαρία	Ακόμη να εγκριθεί	Εθνικό Σχέδιο για nZEB, Μελέτη BPIE	1/01/2019	1/01/2021	✓	Ακόμη να εγκριθεί	~30-50	~40-60	Ποσοτικό	EP	Όπως για τα νέα κτίρια	~30-50	~40-60
						Περίλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να είναι κλάσης A							Περίλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να είναι κλάσης A
Κροατία	✓	Κανονισμός OG 97/14, Εθνικό σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	33-41 (3)	Υπό ανάπτυξη	Min μερίδιο στις τρέχουσες απαιτήσεις για όλα τα κτίρια	EP	ND		
Κύπρος	✓	Διάταγμα 366/2014, Νόμος 210(I)/2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	100	125	✓ Ποσοτικό	EP	Όπως για τα νέα κτίρια	100	125
Τσεχία	✓	Κανονισμός 78/2013	2016-2018 ανάλογα με το μέγεθος	2018-2020 ανάλογα με το μέγεθος	✓	✓	75-80% (2, 5)	90% (5)	✓ Ποσοτικό	EP, TS	Όπως για τα νέα κτίρια	75-80% (2, 5)	90% (5)

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

Χώρα	Κατάσταση του ορισμού	Βασικές αναφορές	Έτος επιβολής		Ορισμός nZEB για νέα κτίρια						Ορισμός nZEB για υπάρχοντα κτίρια		
			Δημόσιος τομέας	Ιδιωτικός τομέας	Πεδία ορισμού nZEB	Αριθμητικοί δείκτες	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)		Μερίδιο ΑΠΕ	Άλλοι δείκτες	Κατάσταση του ορισμού	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	
							Κτίρια					Κτίρια	
							Οικιστικά	Μη οικιστικά				Οικιστικά	Μη οικιστικά
Δανία	✓	Κανονισμοί για τα κτίρια 2010	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	20	25	✓ Ποιοτικό	EP,OH, TS	Όπως για τα νέα κτίρια	20	25
Εσθονία	✓	Κανονισμός 68:2012	1/01/2019	1/01/2021	V(7)	✓	50-100 (2)	90-270 (2)	✓ Ποιοτικό		Χ		
Φινλανδία	Υπό ανάπτυξη	Ενοποιημένη αναφορά προς EC	1/01/2018	1/01/2021	V(7)	ND			ND		ND		
Γαλλία	Ορισμός των κτιρίων θετικής ενέργειας υπό ανάπτυξη [8]	Θερμικός κανονισμός 2012, Εθνικό Σχέδιο για nZEB	28/10/2011	1/01/2013	✓	✓	40-65 (2,3)	70-110 (2,3)	✓ Ποσοτικό (4)	EP,OH, TS	✓	80 [3]	60% PE [2]
Γερμανία	Υπό ανάπτυξη	KfW αποδοτικό κτίριο, Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη	40% PE (5)		Min μερίδιο στις τρέχουσες απαιτήσεις για όλα τα κτίρια	EP	Υπό ανάπτυξη	55% PE (5)	
Ελλάδα	Υπό ανάπτυξη	Νόμος 4122/2013	1/01/2019	1/01/2021	ND	ND			Min μερίδιο στις τρέχουσες απαιτήσεις για όλα τα κτίρια		Υπό ανάπτυξη		
Ουγγαρία	Υπό ανάπτυξη	Τροποποιημένο Διάταγμα 7/2006, Μελέτη Πανεπιστημίου Debrecen	1/01/2019	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη	50-72 (2)	60-115 (2)	✓ Ποσοτικό	EP	Υπό ανάπτυξη		
Ιρλανδία	✓	Προσωρινός ορισμός στο Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	45	~60% PE (5)	✓ Ποσοτικό (4)	CO ₂	Υπό ανάπτυξη	75-150	
Ιταλία	Ακόμη να εγκριθεί (υπό εκτύπωση)	Σχέδιο στο νέο διάταγμα για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων	1/01/2019	1/01/2021	✓	Ακόμη να εγκριθεί	Περιλαμβάνονται στην επόμενη ενημερωμένη έκδοση του Εθνικού Σχεδίου για τα nZEB (2,3)		✓ Ποσοτικό	EP,TS	Όπως για τα νέα κτίρια	Περιλαμβάνονται στην επόμενη ενημερωμένη έκδοση του Εθνικού Σχεδίου για τα nZEB (2,3)	

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

Χώρα	Κατάσταση του ορισμού	Βασικές αναφορές	Έτος επιβολής		Ορισμός nZEB για νέα κτίρια						Ορισμός nZEB για υπάρχοντα κτίρια			
			Δημόσιος τομέας	Ιδιωτικός τομέας	Πεδία ορισμού nZEB	Αριθμητικοί δείκτες	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)		Μερίδιο ΑΠΕ	Άλλοι δείκτες	Κατάσταση του ορισμού	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)		
							Κτίρια					Κτίρια		
			Οικιστικά	Μη οικιστικά	Οικιστικά	Μη οικιστικά								
Λετονία	✓	Κανονισμός 383/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	95	95	✓ Ποσοτικό	EP	Όπως για τα νέα κτίρια	95	95	
Λιθουανία	✓	Κανονισμός STR 2.01.09:2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να είναι κλάσης A++		✓ Ποσοτικό	EP	Όπως για τα νέα κτίρια	Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να είναι κλάσης A++		
Λουξεμβούργο	✓ Λεπτομέρειες πρέπει να καθορισθούν	Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	X (6)	✓	Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να είναι κλάσης A-A-A		✓ Ποιοτικό	EP, CO ₂	ND			
Μάλτα	Υπό ανάπτυξη	Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	Οι τρέχουσες τιμές θα αναθεωρηθούν	40	60	Ποιοτικό	EP	ND			
Ολλανδία	✓	Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να διαθέτει συντελεστή ενεργειακής απόδοσης = 0		X	EP	ND			
Νορβηγία	Υπό ανάπτυξη	Παρουσίαση από το Ερευνητικό Κέντρο για τα κτίρια μηδενικών εκπομπών	1/01/2021	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη			Min μερίδιο στις τρέχουσες απαιτήσεις για όλα τα κτίρια	CO ₂ (κύριος δείκτης) EP, TS	ND			
Πολωνία	Υπό ανάπτυξη	Ενοποιημένη αναφορά προς EC	1/01/2019	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη	60-75 (2)	45-70 (2)	X		ND			
Πορτογαλία	Υπό ανάπτυξη	Νόμος 118/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	Στις τρέχουσες απαιτήσεις για τα κτίρια			X		ND			
Ρουμανία	✓	Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	93-217 (2,3)	50-192 (2,3)	✓ Ποσοτικό	CO ₂	ND			
Σλοβακία	✓	Διάταγμα 364/2012	1/01/2019	1/01/2021	X [6]	✓	32-54 (2)	34-96 (2)	✓ Ποσοτικό	EP	ND			

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

Χώρα	Κατάσταση του ορισμού	Βασικές αναφορές	Έτος επιβολής		Ορισμός nZEB για νέα κτίρια						Ορισμός nZEB για υπάρχοντα κτίρια		
			Δημόσιος τομέας	Ιδιωτικός τομέας	Πεδία ορισμού nZEB	Αριθμητικοί δείκτες	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)		Μερίδιο ΑΠΕ	Άλλοι δείκτες	Κατάσταση του ορισμού	Μέγιστη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	
							Κτίρια					Κτίρια	
							Οικιστικά	Μη οικιστικά				Οικιστικά	Μη οικιστικά
Σλοβενία	Ακόμη να εγκριθεί	Επίσημο Ημερολόγιο 17/14, Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	Ακόμη να εγκριθεί	45-50 (2)	70	Υπό ανάπτυξη	EP	Ακόμη να εγκριθεί	70-90 (2)	100
Σουηδία	Υπό ανάπτυξη	Εθνικό Σχέδιο για nZEB	1/01/2019	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη	30-75 (2, 3)	30-105 (2, 3)	Χ		ND		
Ισπανία	Υπό ανάπτυξη	Διάταγμα 235/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	Υπό ανάπτυξη	Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, προβλέπεται το κτίριο να είναι κλάσης A		Μin μερίδιο στις τρέχουσες απαιτήσεις για όλα τα κτίρια	CO ₂ (κύριος δείκτης)	Υπό ανάπτυξη		
Ηνωμένο Βασίλειο	✓ Λεπτομέρειες πρέπει να καθορισθούν	Εθνικό Σχέδιο για nZEB, Παρουσίαση κόμβου μηδενικών εκπομπών	1/01/2018 (από το 2016 για οικιστικά κτίρια) [9]	1/01/2019 (από το 2016 για οικιστικά κτίρια) [9]	✓	✓	~44 (2)	ND	✓ Ποιοτικό	CO ₂ (κύριος δείκτης) EP, TS	ND		
							Περιλαμβάνεται στον υπολογισμό, το κτίριο πρέπει να έχει μηδενικές εκπομπές άνθρακα						

Στις περισσότερες χώρες της ΕΕ, οι ορισμοί nZEB αφορούν τη μέγιστη πρωτογενή ενέργεια ως έναν από τους κύριους δείκτες. Σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. Ολλανδία και βελγική περιφέρεια της Φλάνδρας), η χρήση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αξιολογείται μέσω ενός αδιάστατου συντελεστή, συγκρίνοντας τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας των κτιρίων με ένα κτίριο αναφοράς με παρόμοια χαρακτηριστικά (π.χ. γεωμετρία). Σε πολλές χώρες (π.χ. το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Νορβηγία και την Ισπανία), οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιούνται ως κύριος δείκτης, ενώ σε άλλες (π.χ. στην Αυστρία και τη Ρουμανία) οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικός δείκτης εκείνου της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας [37].

Για τα κτίρια κατοικιών, οι περισσότερες χώρες στοχεύουν σε μια χρήση πρωτογενούς ενέργειας που δεν υπερβαίνει τις 50 kWh/(m²a). Συχνά, ισχύουν διαφορετικές απαιτήσεις για μονοκατοικίες και πολυκατοικίες και υψηλότερες τιμές για περιοχές με ψυχρότερο κλίμα (π.χ. Γαλλία και Ρουμανία).

Για τα μη οικιστικά κτίρια, οι απαιτήσεις μπορούν να έχουν μεγαλύτερο εύρος στην ίδια χώρα ανάλογα με το είδος του κτιρίου. Ορισμένες χώρες θέτουν στόχους μόνο για τα γραφεία και τα σχολεία (π.χ. Βρυξέλλες), ενώ άλλες (π.χ. Ρουμανία και Εσθονία) περιλαμβάνουν επίσης απαιτήσεις για νοσοκομεία. Συνολικά, λόγω της διαφορετικής μεθοδολογίας υπολογισμού, των κλιματικών συνθηκών και της τυπολογίας των κτιρίων, το μέγιστο επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας για τα μη οικιστικά κτίρια στην Ευρώπη κυμαίνεται από 0 έως 270 kWh/(m²a).

Όσον αφορά τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η οδηγία 2010/31/ΕΕ απαριθμεί τις βασικές τελικές χρήσεις που πρέπει να συμπεριληφθούν, όπως η θέρμανση, το ζεστό νερό χρήσης, η ψύξη, ο εξαερισμός και (κυρίως σε μη οικιακό τομέα) ο φωτισμός. Στις περισσότερες χώρες, οι ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και αερισμό λαμβάνονται υπόψη για κτίρια κατοικιών, αλλά μόνο λίγες περιλαμβάνουν τις οικιακές συσκευές (π.χ. Αυστρία) ή την κατανάλωση ενέργειας των ανελκυστήρων και των κυλιόμενων κλιμάκων (π.χ. για μη οικιστικά κτίρια στην Ιταλία).

Εκτός από την απαίτηση για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, οι περισσότερες χώρες ορίζουν επίσης ξεχωριστές απαιτήσεις για την τελική ενέργεια χρήσης, όπως πρότεινε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης. Στις περισσότερες χώρες, αυτές αναφέρονται στην τελική ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση χώρων (π.χ. στην Κύπρο, τη Λετονία, τη Σλοβενία και την Περιφέρεια των Βρυξελλών) ή στον μέσο συντελεστή μετάδοσης του κτιρίου (π.χ. στην Τσεχία). Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. στη Δανία και στην Περιφέρεια των Βρυξελλών), περιλαμβάνεται επίσης η αξιολόγηση της αεροστεγανότητας του κτιρίου. Σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. στη Γαλλία, τη Δανία, την Περιφέρεια Βρυξελλών και την Φλάνδρα), θεσπίζονται πρόσθετες απαιτήσεις για την απόδοση των τεχνικών συστημάτων (π.χ. μονάδες θέρμανσης και εξαερισμού) και για την επιπλέον μείωση του κινδύνου υπερθέρμανσης του κτιρίου.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

11 κράτη μέλη, περιλαμβανομένης της Περιφέρειας Βρυξελλών και της Φλάνδρας, έθεσαν ορισμό που περιλαμβάνει έναν αριθμητικό στόχο για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας (ή τελικής ενέργειας) και λαμβάνει υπόψη το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

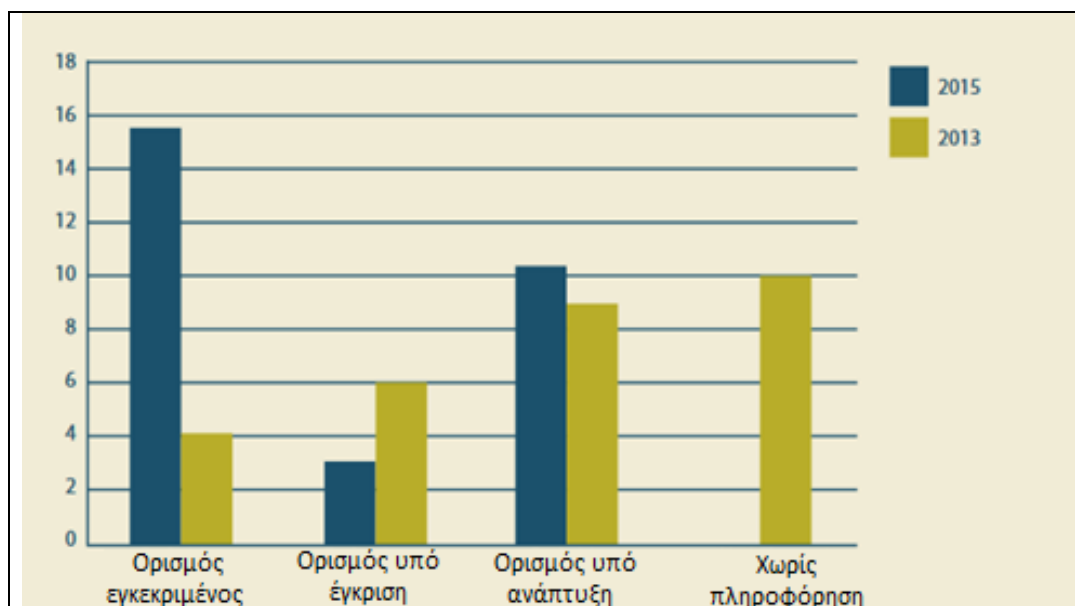
ποσοτικά ή ποιοτικά. Σε 8 από αυτές τις χώρες (Κύπρος, Λιθουανία, Λετονία, Ρουμανία, Σλοβακία, Ιρλανδία, Γαλλία, Περιφέρεια της Φλάνδρας), το μερίδιο της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που πρέπει να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δηλώνεται ρητά, ενώ σε άλλες χώρες (π.χ. Τσεχία, Δανία, Εσθονία και Περιφέρεια Βρυξελλών) οι ανανεώσιμες πηγές εκτιμώνται έμμεσα. Στη Δανία, ενώ δεν έχει καθοριστεί ελάχιστο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχει προγραμματιστεί η σταδιακή εξέλιξη των δεικτών πρωτογενούς ενέργειας και αναμένεται αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας άνω του 50% το 2020.

Ορισμοί nZEB για τα υπάρχοντα κτίρια

Σύμφωνα με την οδηγία 2010/31/ΕΕ (άρθρο 9), τα κράτη - μέλη πρέπει επίσης να αναπτύξουν πολιτικές προκειμένου να ενθαρρύνουν την ανακαίνιση των κτιρίων στα nZEB επίπεδα. Μέχρι στιγμής, οι απαιτήσεις nZEB που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή αφορούν μόνο άμεσα τα νέα κτίρια από το 2020 και μετά. Δεν έχουν θεσπιστεί υποχρεωτικές απαιτήσεις για τις nZEB ανακαινίσεις.

Τα κριτήρια για την nZEB ανακαίνιση κτιρίων έχουν ταυτοποιηθεί σε 13 χώρες, αλλά μέχρι στιγμής έχουν θεσπιστεί ορισμοί μόνο σε 8 (Αυστρία, Κύπρος, Τσεχική Δημοκρατία, Δανία, Γαλλία, Λετονία, Λιθουανία, Περιφέρεια Βρυξελλών). Από αυτά, η Αυστρία, η Γαλλία, και η Περιφέρεια των Βρυξελλών έχουν θέσει απαιτήσεις για τη χρήση πρωτογενούς χρήσης ενέργειας για ανακαίνιση σε λιγότερο αυστηρό όριο σε σύγκριση με τα νέα κτίρια. Η Γερμανία, η Ιρλανδία και η Σλοβενία προτίθενται να πράξουν το ίδιο, αν και οι ορισμοί ανακαίνισης για αυτές τις χώρες δεν έχουν ακόμη οριστεί. Η Δανία και η Λιθουανία έχουν τον ίδιο ορισμό nZEB για νέα και υπάρχοντα κτίρια όπως και η Βουλγαρία, Κύπρος, Ιταλία και Λετονία, όπου ο ορισμός nZEB για τα νέα κτίρια εφαρμόζεται επίσης για εκτεταμένες ανακαινίσεις.

Στο Διάγραμμα 2.1 φαίνεται η υφιστάμενη κατάσταση του ορισμού nZEB και η εξέλιξη του από το 2013 ως το 2015 στην ΕΕ-28 και τη Νορβηγία [37].



Διάγραμμα 2.1: Κατάσταση ορισμού nZEB στην ΕΕ και τη Νορβηγία

Πηγή: Ecofys 2013, BPIE 2015)

Στον Πίνακα 2.7 φαίνεται συνοπτικά η κατάσταση του ορισμού, του αριθμητικού δείκτη και του μεριδίου ΑΠΕ στην ΕΕ και τη Νορβηγία[37].

Πίνακας 2.7: Κατάσταση ορισμού, αριθμητικού δείκτη και μεριδίου ΑΠΕ στην ΕΕ και τη Νορβηγία

Χώρα	Πλήρης ορισμός σε εφαρμογή	Αριθμητικός δείκτης	Μερίδιο ΑΠΕ	Υπόμνημα
Αυστρία				Ναι
Βέλγιο-Βρυξέλλες				
Βέλγιο-Φλάνδρα				Ακόμη να εγκριθεί
Βέλγιο-Βαλονία				
Βουλγαρία				Υπό ανάπτυξη
Κροατία				
Κύπρος				Όχι
Τσεχία				
Δανία				Όχι
Εσθονία				
Φινλανδία				Όχι
Γαλλία				
Γερμανία				Όχι
Ελλάδα				
Ουγγαρία				Όχι
Ιρλανδία				
Ιταλία				Όχι
Λετονία				
Λιθουανία				Όχι
Λουξεμβούργο				
Μάλτα				Όχι
Ολλανδία				
Νορβηγία				Όχι
Πολωνία				
Πορτογαλία				Όχι
Ρουμανία				
Σλοβακία				Όχι
Σλοβενία				
Σουηδία				Όχι
Ισπανία				
Ηνωμένο Βασίλειο				Όχι

2.2.3 Κτίρια nZEB στην ΕΕ-28

Μέχρι τον Ιούνιο του 2014, αρκετά υποδείγματα nZEB είχαν κατασκευαστεί σε διάφορες χώρες της ΕΕ με τη φιλοδοξία να αναπαραστήσουν το κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Από αυτά δημιουργήθηκε μια συλλογή από 32 κτίρια τα οποία έχουν επίπεδο ενεργειακής απόδοσης στο φάσμα του nZEB [38]. 21 από αυτά είναι κατοικίες, 25 νέα κτίρια, ενώ 7 (22%), είναι κτίρια που έχουν ανακαινιστεί στο επίπεδο nZEB. Το μέγεθος των κτιρίων κυμαίνεται από 98 m² έως 21.000 m² και οι επιφάνειες έχουν

υπολογιστεί σύμφωνα με τις εθνικές προδιαγραφές κάθε κράτους-μέλους: καθαρή επιφάνεια δαπέδου (20 κτίρια), μικτή επιφάνεια δαπέδου (5 κτίρια), περιοχή διαβίωσης (5 κτίρια) και χρήσιμη επιφάνεια (2 κτίρια). Κάποια από τα κτίρια αυτά θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

1) Πολυκατοικία ενταγμένη σε οικιστικό συγκρότημα (Messequartier)



Μελετητής: Wolfgang Jilek, Επίτροπος για την ενέργεια της Styria (ομοσπονδιακό κρατίδιο της Αυστρίας)

Διεύθυνση: Klosterwiesgasse 101-103 και Münzgraben str. 84, 8010 Graz, Αυστρία

Είδος κτιρίου: Πολυκατοικία, νέα

Επιφάνεια: 21.000m² (καθαρή επιφάνεια δαπέδου)

Κτιριακό κέλυφος: Συμπαγής κατασκευή με τοίχους από τούβλα με μόνωση. Η οροφή και τα ταβάνια της σοφίτας αποτελούνται από ενισχυμένο σκυρόδεμα. Τα παράθυρα έχουν τριπλά τζάμια.

Τιμές συντελεστή U για κτιριακό κέλυφος: Τοίχος	0,18 W/m ² .K
Παράθυρο	0,8 W/m ² .K
Οροφή/ταβάνι στη σοφίτα	0,11 W/m ² .K
Οροφή κελαριού/πλάκα εδάφους	0,11W/m ² .K

Συστήματα κτιρίου: Το σπίτι θερμαίνεται από θερμότητα της περιοχής. Υπάρχει σύστημα μηχανικού εξαερισμού με 75% ανάκτηση θερμότητας. Η ζήτηση ζεστού νερού καλύπτεται

εν μέρει με 700 m² ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες τοποθετημένους στην οροφή.

Τεχνολογίες ΑΠΕ: 700 m² ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες τοποθετημένοι στην οροφή για τη θέρμανση του ζεστού νερού και για συμπληρωματική θέρμανση. Μια αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται ως προθερμαντήρας του εισερχόμενου αέρα του μηχανικού συστήματος αερισμού.

Χρήση τελικής ενέργειας: Υπολογισμένη σύμφωνα με τη μέθοδο OIB 2007

Θέρμανση:	14,4 kWh/(m ² a)
Ζεστό νερό:	15,7 kWh/(m ² a)
Ψύξη:	Δεν υπάρχει ψύξη
Αερισμός:	Περιλαμβάνεται στη θέρμανση
Φωτισμός:	Άγνωστο
Συσκευές:	Δεν περιλαμβάνονται
Σύνολο:	30,1 kWh/(m ² a)

Χρήση πρωτογενούς ενέργειας: 1,52*30,1=45,8 kWh/(m²a) (συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας 1,52)

Κάλυψη από ΑΠΕ: 52% της ολικής τελικής ενέργειας

Βελτίωση σε σχέση με τα εθνικά πρότυπα: Περίπου 43% σε σχέση με τις απαιτήσεις του OIB 2007

Ικανοποίηση: Η ικανοποίηση των κατοίκων είναι πολύ μεγάλη. Η υποδομή, ο εξοπλισμός και το μίγμα χρήσης είναι πλήρως αποδεκτά. Η πισίνα με χώρο ευεξίας στον τελευταίο όροφο, η χρήση της οποίας είναι ελεύθερη για όλους τους κατοίκους, αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα.

Κόστος: 57 εκατομμύρια € για όλο το συγκρότημα ή 2.714 €/m²

Πρόσθετο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια: Το στοιχείο αυτό δεν διατίθεται

Βραβεία: Award for Architecture and Sustainability

2) Κτίριο γραφείων (Υποκατάστημα Τράπεζας KBC στο Gooik)



Μελετητής: Maartende Groote, Φλαμανδικό Πρακτορείο Ενέργειας (VEA)

Εμπλεκόμενοι οργανισμοί: Ingenium, KBC

Διεύθυνση: Edingsesteenweg, 1755 Gooik, Βέλγιο

Είδος κτιρίου: Κτίριο γραφείων, νέο

Επιφάνεια: 265 m² (καθαρή επιφάνεια δαπέδου)

Κτιριακό κέλυφος: Το κτίριο έχει υψηλή μόνωση και παράθυρα με τριπλό γυαλισμένο τζάμι. Η πρόσοψη από φυσική πέτρα έχει μόνωση από εξωθημένο πολυστυρένιο (XPS) πάχους 23 cm, η πράσινη στέγη από πολυουρεθάνη (PUR) πάχους 20 cm και το πάτωμα από XPS πάχους 20 cm.

Τιμές συντελεστή U για το κτιριακό κέλυφος: Τοίχος	0,20 W/m ² .K
Παράθυρο	0,87 W/m ² .K
Οροφή	0,13 W/m ² .K
Πλάκα εδάφους	0,18 W/m ² .K

Συστήματα κτιρίου: Η ίδια φιλοσοφία αειφόρου κατασκευής έχει επεκταθεί στα τεχνικά συστήματα του κτιρίου. Το κτίριο χρησιμοποιεί τη θερμική μάζα της δομής σκυροδέματος μέσω εγκατάστασης σωλήνων που μεταφέρουν νερό για θέρμανση και ψύξη. Ο φωτισμός λειτουργεί μέσω αισθητήριου ανίχνευσης φωτός ημέρας.

Τεχνολογίες ΑΠΕ: Η απαραίτητη θερμότητα και ψύξη παράγονται ολοκληρωτικά από τη θερμική ενέργεια γεωτρήσεως αποθήκευσης (BTES) σε συνδυασμό με αντλία θερμότητας. Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στη στέγη εξασφαλίζει την παραγωγή της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας.

Χρήση τελικής ενέργειας: Μετρημένη το 2013

Θέρμανση:	14,9 kWh/(m ² a)
Ζεστό νερό:	Περιλαμβάνεται στις ηλεκτρικές συσκευές
Αερισμός:	Περιλαμβάνεται στις ηλεκτρικές συσκευές
Φωτισμός:	33,2 kWh/(m ² a)
Ηλεκτρικές συσκευές:	41,1 kWh/(m ² a)
Διανομείς μετρητών:	27,2 kWh/(m ² a)
Σύνολο:	116,4 kWh/(m ² a)
Ηλεκτρισμός από Φ/Β:	-89,7 kWh/(m ² a)

Χρήση πρωτογενούς ενέργειας: $2,5 * (116,4 - 89,7) = 66,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού 2,5)

Κάλυψη από ΑΠΕ: 77% της ολικής τελικής ενέργειας

Βελτίωση σε σχέση με τα εθνικά πρότυπα: Περίπου 99% σε σχέση με τις απαιτήσεις για μέγιστη χρήση πρωτογενούς ενέργειας (μέγιστο επίπεδο ενέργειας 100).

Ικανοποίηση: Το κτίριο θεωρείται μεγάλη επιτυχία. Η συνολική κατανάλωση καλύπτεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από φωτοβολταϊκά πάνελ και οι χρήστες είναι πολύ ευχαριστημένοι από το εσωτερικό κλίμα. Οι αρχικά τοποθετημένες σταθερές γρίλιες για ηλιοπροστασία δεν απέτρεπαν τις αντανάκλασεις στην οθόνη των υπολογιστών. Έχουν εγκατασταθεί νέες περσίδες, οι οποίες μαζί με τον καλό προσανατολισμό του κτιρίου έλυσαν το πρόβλημα.

Κόστος: 1.411.903 € για όλο το κτίριο ή 5.328 €/m² το οποίο περιλαμβάνει κατασκευή, τεχνικά συστήματα, έπιπλα, καθαρισμό, κ.ά.

Πρόσθετο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια: Το στοιχείο αυτό δεν διατίθεται

Βραβεία: 2020 Challenge 2013

3) Δημόσιο δημοτικό σχολείο



Μελετητής: Chris Hughes, Αρχή για την αειφόρο ενέργεια της Ιρλανδίας (SEAI)

Διεύθυνση: Colaiste Choilm, O'Moore Street, Tullamore, Co. Offaly, Ιρλανδία

Είδος κτιρίου: Δημόσιο δημοτικό σχολείο, νέο

Επιφάνεια: 4.681m² (χρήσιμη επιφάνεια δαπέδου)

Κτιριακό κέλυφος: Συνολικός βαθμός θερμοπερατότητας $U=0,36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, 50% καλύτερος από τους ισχύοντες στους οικοδομικούς κανονισμούς. Αεροστεγανότητα 3 m³/ h ανά m² στα 50 Pa.

Τιμές συντελεστή U για κτιριακό κέλυφος: Τοίχος	0,09 W/m ² .K
Παράθυρο	1,5W/m ² .K
Οροφή/ταβάνι στη σοφίτα	0,18 W/m ² .K
Οροφή κελαριού/πλάκα εδάφους	0,19 W/m ² .K
Πόρτα	2,19 W/m ² .K

Συστήματα κτιρίου: Λέβητας βιομάζας και συνδυασμένο σύστημα θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας με βάση το φυσικό αέριο με θερμομαντικά σώματα χαμηλής θερμοκρασίας νερού. Αυτόματα ανοίγματα εξαερισμού εξοπλισμένα με αεροστεγές αυτόματο κλείσιμο και συνδεδεμένα με αισθητήρες CO₂. Στρατηγικές ελέγχου κατασκευής σχεδιασμένες για ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας. Παρακολούθηση, καταγραφή και διαχείριση της ενέργειας. Χρήση εξωτερικών φώτων LED με βελτιωμένα χειριστήρια. Μέτρα διατήρησης του νερού.

Τεχνολογίες ΑΠΕ: Θέρμανση με βιομάζα και σύστημα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένο στο φυσικό αέριο. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Χρήση τελικής ενέργειας: Υπολογισμένη σύμφωνα με τη διαδικασία εκτίμησης της μη οικιακής ενέργειας (NEAP)

Θέρμανση:	32,89kWh/(m ² a)
Ζεστό νερό:	1,00kWh/(m ² a)
Ψύξη:	Δεν υπάρχει ψύξη
Εξαερισμός:	3,10 kWh/(m ² a)
Φωτισμός:	15,55kWh/(m ² a)
Συσκευές:	Δεν περιλαμβάνονται
Σύνολο:	52,54 kWh/(m ² a)

Χρήση πρωτογενούς ενέργειας: Φυσικό αέριο 31,36 kWh/(m²a)
Βιομάζα 33,90 kWh/(m²a)
Ηλεκτρισμός 18,65 kWh/(m²a)
Σύνολο 83,91 kWh/(m²a)

Κάλυψη από ΑΠΕ: 40% της ολικής τελικής ενέργειας

Βελτίωση σε σχέση με τα εθνικά πρότυπα: 50%. Η τιμή του U για το κτίριο είναι 0,36W/m².K και είναι 50% καλύτερη από εκείνες που αναγράφονται στους ισχύοντες οικοδομικούς κανονισμούς.

Ικανοποίηση: Το σχολείο είναι ένα έργο έρευνας και επίδειξης για τη βελτίωση της ποιότητας των χώρων διδασκαλίας και κυρίως για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα σχολεία. Πάνω από 21 σχέδια αειφόρου ενέργειας αναθεωρήθηκαν. Ο σχεδιασμός ενσωματώνει τεχνικές για παθητικά και ενεργητικά συστήματα και για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Κόστος: Συνολικό έργο 5,3 εκατομμύρια €, 255.000 € για πρόσθετα μέτρα ενεργειακής απόδοσης

Πρόσθετο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια: Το στοιχείο αυτό δεν διατίθεται

Βραβεία: Το πρόγραμμα ενέργειας του Τμήματος Εκπαίδευσης και Δεξιοτήτων ξεκίνησε το 1997 και αναγνωρίζεται σε εθνικό και διεθνές επίπεδο για αριστεία στο σχεδιασμό και τις προδιαγραφές.

Πρώτο βραβείο Green Awards του 2012.

4) Κτίριο γραφείων Miljøhuset GK



Μελετητής: Martin Strand, Νορβηγική Αρχή για τα κτίρια

Διεύθυνση: Ryenstubben 12, 0679 Oslo, Νορβηγία

Είδος κτιρίου: Κτίριο γραφείων, νέο

Επιφάνεια: 13.619m² (θερμαινόμενη καθαρή επιφάνεια δαπέδου)

Κτιριακό κέλυφος: Χρήση ξύλινων καρφιών και περβαζιών για την κατασκευή τοίχων,

μειώνοντας το πάχος από 35 cm σε 29 cm. Μόνωση EPS πάχους 35 cm για την πλάκα στο έδαφος. Ορυκτοβάμβακας πάχους 30 cm σε τοίχους και 40 cm στην οροφή. Παράθυρα με τριπλούς υαλοπίνακες. Αεροστεγανότητα 23 αλλαγές αέρα ανά ώρα στα 50 Pa.

Τιμές συντελεστή U για κτιριακό κέλυφος: Τοίχος	0,14 W/m ² .K
Παράθυρο	0,78 W/m ² .K
Οροφή/ταβάνι στη σοφίτα	0,10 W/m ² .K
Οροφή κελαριού/πλάκα εδάφους	0,07 W/m ² .K
Θερμική γέφυρα	0,03 W/m ² .K

Συστήματα κτιρίου: Αντλίες θερμότητας αέρα/νερού αναστρέψιμες με κοινό σύστημα διανομής για θέρμανση και ψύξη. Το κτίριο χρησιμοποιεί ανάκτηση θερμότητας από την ψύξη, ειδικά από τα δωμάτια όπου υπάρχει διακομιστής. Καλά μονωμένοι σωλήνες, βαλβίδες και φλάντζες. Αυτόματο σύστημα σκίασης στην ανατολική, νότια και δυτική πρόσοψη. Ενσωματωμένο ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης υπολογίζεται να είναι σε χρήση λιγότερο από 2% του έτους (όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από -15 °C).

Ανιχνευτής ελέγχου (παρουσία CO₂, και θερμοκρασία) και συστήματα εξαερισμού και φωτισμού. 88% ανάκτηση θερμότητας στο σύστημα εξαερισμού. Έξι υπερμεγέθεις γεννήτριες αερισμού εξασφαλίζουν χαμηλή πτώση πίεσης και SFP <1,2 kW / (m³ / s).

Τεχνολογίες ΑΠΕ: Αντλία θερμότητας αέρα/νερού για θέρμανση και ψύξη

Χρήση καθαρής ενέργειας: Υπολογισμένη σύμφωνα με τη μέθοδο NS 3031

Θέρμανση: 10,5kWh/(m²a)

Ζεστό νερό: 5,0 kWh/(m²a)

Ψύξη: 9,2 kWh/(m²a)

Εξαερισμός: 7,2 kWh/(m²a)

Φωτισμός: 12,5 kWh/(m²a)

Συσκευές: 19,8 kWh/(m²a)

Σύνολο: 64,2kWh/(m²a)

Χρήση τελικής ενέργειας: 49 kWh/(m²a) (υπολογισμός με βάση την απόδοση της αντλίας θερμότητας)

Χρήση πρωτογενούς ενέργειας: <125 kWh/(m²a) (συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας 2,5)

Κάλυψη από ΑΠΕ: 24% της ολικής τελικής ενέργειας

Βελτίωση σε σχέση με τα εθνικά πρότυπα: 60% σε σχέση με τις εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις για χρήση καθαρής ενέργειας που ορίζονται στο TEK10

Ικανοποίηση: Οικοδόμηση σύμφωνα με το νορβηγικό πρότυπο για το παθητικό σπίτι. Μετά από ένα χρόνο χρήσης είναι σαφές ότι η βελτιστοποίηση των αντλιών θερμότητας και ένα πιο αποτελεσματικό και καλύτερα ελεγχόμενο σύστημα φωτισμού θα βελτίωνε την μετρούμενη κατανάλωση ενέργειας, η οποία είναι λίγο μεγαλύτερη εκείνης που υπολογίστηκε. Η οροφή είναι έτοιμη για εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών και Φ/Β πλαισίων στο μέλλον. Ένας αντισυμβαλλόμενος υπεύθυνος για τη συντήρηση και τη βελτιστοποίηση των τεχνικών συστημάτων είναι χρήσιμος.

Κόστος: 225 εκατομμύρια NOK (27,5 εκατομμύρια €). Υπολογίζεται ότι είναι 8 εκατομμύρια NOK (977.000 €, 72 €/m²) πιο ακριβό από το κτίριο με ελάχιστες απαιτήσεις. Η πρόσθετη επένδυση θα αποσβεσθεί εντός 5 ετών από την έναρξη λειτουργίας.

Πρόσθετο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια: 4% ακριβότερο ή 72 €/m² ακριβότερο

Βραβεία: BREEAM-NOR "Very good"

5) Πολυτεχνείο Σόφιας, Πανεπιστημιακό Κέντρο Ερευνών



Μελετητής: Καθηγητής Nikola Kaloyanov, Πολυτεχνείο Σόφιας

Καθηγητής: Merima Zlateva, Πολυτεχνείο Σόφιας

Διεύθυνση: 8 Climent Ohridski blvd., blok 8, Sofia 1000, Βουλγαρία

Είδος κτιρίου: Μη οικιστικό, ανακαινισμένο

Επιφάνεια: 1.630m² (μικτή επιφάνεια δαπέδου)

Κτιριακό κέλυφος: Τοίχοι: Σκυρόδεμα και τούβλο με θερμομόνωση,

Οροφή: Επίπεδος μη θερμαινόμενος χώρος, θερμική μόνωση από ορυκτοβάμβακα πάχους 100mm,

Παράθυρα: Πλαίσιο από PVC με διπλό τζάμι.

Τιμές συντελεστή U για κτιριακό κέλυφος: Τοίχος 0,35 W/m².K

Παράθυρο 1,7 W/m².K

Οροφή/ταβάνι στη σοφίτα 0,26 W/m².K

Οροφή κελαριού / πλάκα εδάφους 0,56 W/m².K

Συστήματα κτιρίου:Θέρμανση: Αντλία θερμότητας με μεταβλητή ροή ψυκτικού μέσου (VRF)

Ψύξη: Σύστημα βασισμένο σε VRF

Εξαερισμός: Αντλία θερμότητας αέρα περιβάλλοντος και μονάδα ανάκτησης θερμότητας, συμπεριλαμβανομένης της θέρμανσης και ψύξης.

Ζεστό νερό χρήσης: Τοπικοί ηλεκτρικοί θερμοαντήρες

Σύστημα φωτισμού: Χαμηλής ενέργειας

Τεχνολογίες ΑΠΕ: Αντλίες θερμότητας με COP=4 και μονάδα ανάκτησης θερμότητας με

εποχικό βαθμό απόδοσης 75% (για θέρμανση).

Χρήση τελικής ενέργειας: Υπολογισμένη σύμφωνα με το εθνικό πρότυπο BDS EN ISO 1379

Θέρμανση: $5,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \{+ \text{RES } 16,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) = 21,60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})\}$

Ζεστό νερό: $1,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Ψύξη: $3,65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Εξαερισμός: $2,23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \{+ \text{RES } 11,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) = 13,43 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})\}$

Φωτισμός: $2,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Συσκευές: $10,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Σύνολο: $15,98 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) \{+ \text{RES } 27,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) + \text{ συσκευές } 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})\}$

Χρήση πρωτογενούς ενέργειας: $3 * 15,98 = 47,94 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ (συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας 3)

Κάλυψη από ΑΠΕ: 63,2% της ολικής τελικής ενέργειας (51,3% της ολικής τελικής ενέργειας αν συμπεριληφθούν οι συσκευές)

Βελτίωση σε σχέση με τα εθνικά πρότυπα: 77,6% σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις που ορίζονται από το διάταγμα για τη διατήρηση της θερμότητας και την ενεργειακή απόδοση στα κτίρια (επικαιροποιημένο το 2009)

Κόστος: 62.000 € για το κτιριακό κέλυφος +150.000 € για τα συστήματα HVAC, ζεστού νερού και φωτισμού.

2.2.4 Αυξάνοντας τον αριθμό των κτιρίων nZEB

Το άρθρο 9 παράγραφος 1 της οδηγίας 2010/31/ΕΕ ορίζει ότι "τα κράτη-μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Αυτά τα εθνικά σχέδια μπορούν να περιλαμβάνουν στόχους διαφοροποιημένους ανάλογα με την κατηγορία του κτιρίου". Εντός προθεσμίας μόνο 14 κράτη-μέλη συνέταξαν ένα εθνικό σχέδιο και μόνο 12 το υπέβαλαν στα αγγλικά. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι πολλά από τα κράτη-μέλη αντιμετωπίζουν προβλήματα ανάπτυξης και εφαρμογής κατάλληλων μέσων και μέτρων για την προώθηση των nZEB [39]. Ένας άλλος λόγος είναι και το ότι η προθεσμία για το εθνικό σχέδιο ήταν πολύ σφιχτή (μόλις δύο χρόνια μετά τη δημοσίευση της αναδιατυπωμένης οδηγίας).

Τα κράτη-μέλη που υπέβαλαν σχέδιο επέλεξαν πολύ διαφορετικές μορφές αναφοράς, με αποτέλεσμα αυτά να μην είναι συγκρίσιμα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αναπτύχθηκε με εντολή της ΕΕ ένα πρότυπο αναφοράς προκειμένου να διανεμηθεί στα κράτη-μέλη για μελλοντικές υποβολές ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση και η σύγκριση των εθνικών σχεδίων. Τα πιο συχνά αναφερόμενα και μερικώς εξηγούμενα μέτρα στα υφιστάμενα σχέδια είναι οικονομικά εργαλεία για υπάρχοντα κτίρια και πληροφορίες, κίνητρα και συμβουλές. Λεπτομερέστερη αξιολόγηση των μέτρων αυτών, ιδίως των οικονομικών εργαλείων, δεν είναι δυνατή μέσα από την ανάλυση των εθνικών σχεδίων. Δεδομένα σχετικά με την χρηματοδότηση ή τον αριθμό των κτιρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε δεν είναι διαθέσιμα. Πρόσθετα περιλαμβάνονται ρυθμιστικά μέσα που στοχεύουν κυρίως στην αυστηροποίηση των προτύπων κατασκευής νέων κτιρίων και των απαιτήσεων για την ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων. Μέτρα που στοχεύουν στην επίδειξη, στις δυνατότητες του κτιρίου, στην παροχή υποστήριξης μετά από έρευνα και ανάπτυξη, στη στήριξη της υλοποίησης πιλοτικών κτιρίων και στην τεχνική και οικονομική

σκοπιμότητα έχουν επίσης συμπεριληφθεί στα μισά από τα εθνικά σχέδια που υποβλήθηκαν.

Η δημιουργία nZEB κτιρίων αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση για όλα τα κράτη-μέλη, τα οποία οφείλουν να επιταχύνουν τη διαδικασία μαθαίνοντας το ένα από το άλλο, προκειμένου να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης και να την καταστήσουν ηγετική δύναμη στην τεχνολογία των κτιρίων αυτών. Ο χάρτης στην Εικόνα 2.2 δείχνει την παγκόσμια κατανομή των κτιρίων nZEB και EnergyPlus (κτίριο που παράγει περισσότερη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός έτους, από τις εισαγωγές από εξωτερικές πηγές, συν-ενέργεια). Αν και παραδείγματα τέτοιων κτιρίων υπάρχουν σε πολλές χώρες και σχεδόν σε οποιοδήποτε κλίμα, υπάρχει σαφής υπεροχή ευρωπαϊκών παραδειγμάτων.



Εικόνα 2.2: Κτίρια nZEB και EnergyPlus ανά τον κόσμο

Πηγή: www.enob.info/en/net-zero-energy-buildings/map/.

Η πλειονότητα των έργων nZEB και EnergyPlus που υλοποιούνται σε όλο τον κόσμο και στην Ευρώπη αποτελούνται κυρίως από μικρά σπίτια, ανεξάρτητα, ημιανεξάρτητα ή σε γραμμές και έχουν κατασκευαστεί ως ενιαία έργα. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στην θεώρηση των κτιρίων αυτών ως υψηλού κόστους, καθώς τα μικρά κτίρια παρουσιάζουν τις ακόλουθες δυσμενείς οικονομικά συνθήκες για την επίτευξη του στόχου nZEB/EnergyPlus [40].

- Έχουν μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο, που σημαίνει μεγάλη διασπορά θερμότητας μέσω του κτιριακού φακέλου και την επακόλουθη ανάγκη για εξαιρετικά υψηλά επίπεδα μόνωσης.
- Οι τεχνικές εγκαταστάσεις θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC), όπως ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας και οι αντλίες θερμότητας, κοστίζουν συνήθως πιο ακριβά σε μικρή κλίμακα.
- Οι τεχνολογίες όπως η micro-ΣΗΘ (της τάξης των λίγων kW) δεν έχουν ακόμη ωριμάσει για την αγορά αυτή, αφήνοντας τα ακριβότερα φωτοβολταϊκά ως την μοναδική επιλογή για την παραγωγή ηλεκτρισμού στο χώρο.

Αντίθετα, τα μικρά σπίτια παρουσιάζουν ένα τεχνικό πλεονέκτημα για την επίτευξη στόχων nZEB/EnergyPlus. Ο υψηλός λόγος επιφάνειας προς όγκο σημαίνει μεγαλύτερες διαθέσιμες επιφάνειες για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και των ΑΠΕ. Η στέγη, συχνά κεκλιμένη, είναι επαρκής για να φιλοξενήσει τα απαραίτητα φωτοβολταϊκά και ηλιακά

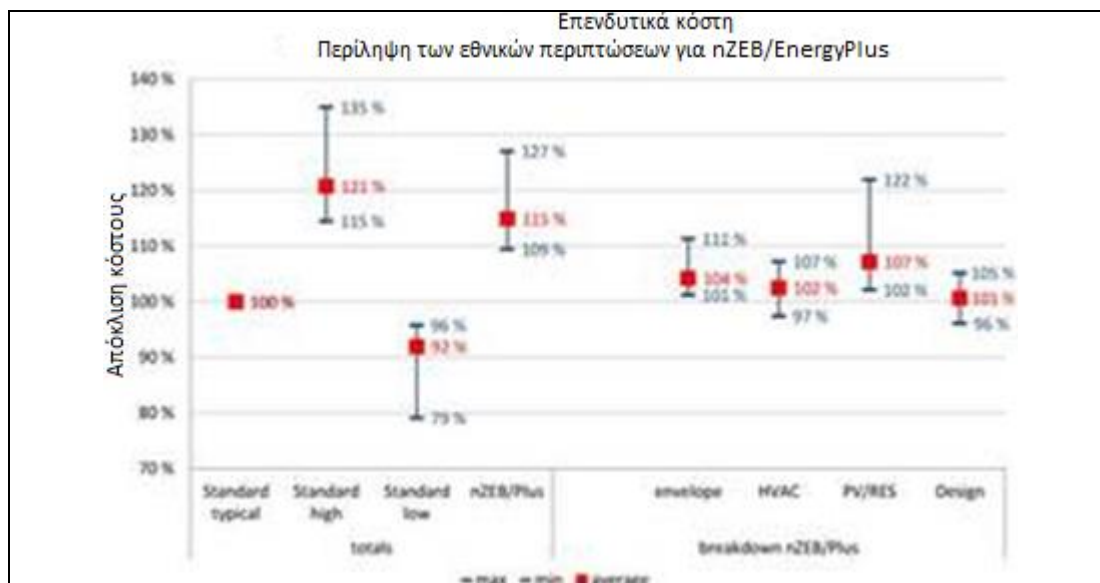
Θερμικά συστήματα. Γενικά θεωρείται ότι η επίτευξη σχεδόν μηδενικών επιπέδων ενεργειακής κατανάλωσης σε μικρά σπίτια είναι σχετικά εύκολη από τεχνική άποψη, αλλά και δαπανηρή. Αυτό ενισχύεται από τα στοιχεία για τις μικρές κατοικίες που κυριαρχούν στο τοπίο των κτιρίων nZEB που έχουν υλοποιηθεί μέχρι στιγμής και τη φήμη τους ως επενδύσεις κεφαλαίου υψηλής έντασης. Επιπλέον, σημειώνεται ότι ένα μεγάλο μέρος των κτιρίων nZEB έχει κατασκευαστεί ως υπόδειγμα σε μια χώρα ή περιοχή και μερικές φορές ως ερευνητικό αντικείμενο, αναπτύσσοντας επομένως μια πληθώρα τεχνολογιών στο ίδιο κτίριο, για έρευνα και σκοπούς επίδειξης. Τέτοιες περιπτώσεις κοστίζουν σίγουρα πιο ακριβά από ό, τι εκείνα που θα παραδοθούν στην αγορά σε μεγάλη κλίμακα.

Υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα δεδομένων κόστους για την κατασκευή κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας. Επιπλέον, δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος των υφιστάμενων nZEB έχει κατασκευαστεί όπως ήδη αναφέρθηκε, υπάρχει η πρόκληση να επιλεγούν αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις και να διαχωριστεί το κόστος που αποδίδεται στην υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτό που αποδίδεται στις εξαιρετικές αρχιτεκτονικές ιδιότητες, όπως τα χρησιμοποιούμενα υλικά ή η χρήση περιττών και/ή πειραματικών τεχνολογιών. Τέλος, υπενθυμίζεται ότι σε πολλές περιπτώσεις αυτό που τεκμηριώνεται και είναι διαθέσιμο είναι το κόστος σχεδιασμού και όχι το κόστος κατασκευής [40].

Τα δεδομένα από τα οποία προκύπτουν στοιχεία για το κόστος προέρχονται από δύο βασικές πηγές:

- Την τελική έκθεση "Towards nearly zero energy buildings. Definition of common principles under the EPBD" [41], όπου διάφορες προκαθορισμένες παθητικές και ενεργές λύσεις συνδυάστηκαν σε χιλιάδες συνδυασμούς και εφαρμόστηκαν σε κτίρια αναφοράς που βρίσκονται σε τέσσερις περιοχές της ΕΕ με διαφορετικό κλίμα και οικονομικό υπόβαθρο: τη Δύση, τη Βόρεια, τη Νότια και την Ανατολική ΕΕ. Οι ενεργειακές επιδόσεις προσομοιώθηκαν και το κόστος εκτιμήθηκε βάσει του κόστους μονάδας αναφοράς στο πλαίσιο του ίδιου έργου.
- Τις εθνικές μελέτες περιπτώσεων στη Γερμανία, την Ιταλία και τη Νορβηγία. Αυτές είναι αντιπροσωπευτικά παραδείγματα όπου οι συντάκτες είχαν άμεση πρόσβαση στα δεδομένα κόστους και την κατανομή του κόστους σε κατηγορίες (κτιριακός φάκελος, HVAC, Φ/Β και ΑΠΕ), για συνολικά 7 παραδείγματα. Όλα αφορούν σε κτίρια κατασκευασμένα με μόνη εξαίρεση το "Νορβηγικό PH + PV". Πρόκειται για κτίριο αναφοράς παθητικής κατοικίας, του οποίου το κόστος κατασκευής χρησιμοποιείται ως αναφορά από τον κατασκευαστικό κλάδο, με την προσθήκη Φ/Β και συναφούς κόστους. Η ενεργειακή απόδοση των εθνικών περιπτώσιολογικών μελετών κυμαίνεται από nZEB έως συν-ενέργεια.

Στο Διάγραμμα 2.2 φαίνεται το συνολικό επενδυτικό κόστος και η κατανομή ανά κατηγορία κόστους για το nZEB και το EnergyPlus από τις εθνικές μελέτες περιπτώσεων [40].



Διάγραμμα 2.2: Επενδυτικό κόστος και η κατανομή ανά κατηγορία κόστους για το nZEB και το EnergyPlus από τις εθνικές μελέτες περιπτώσεων

Πηγή: REHVA

Το συνολικό κόστος επένδυσης για τα "τυποποιημένα τυπικά" κτίρια συγκρίνεται πρώτα με εκείνο των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί με "υψηλά" και "χαμηλά" πρότυπα. Αυτό αναφέρεται στην υψηλότερη ή χαμηλότερη ποιότητα των κτιρίων (όπως αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, χρήση υλικών, φινιρίσματα) ενώ η ενεργειακή απόδοση είναι η ίδια με εκείνη των «τυπικών» κτιρίων. Δίνεται δηλαδή μια εκτίμηση της διακύμανσης του κόστους που παρατηρείται συνήθως στην αγορά, ανεξάρτητα από την ενεργειακή απόδοση. Διαπιστώνεται ότι τα κτίρια nZEB/EnergyPlus έχουν επιπλέον συνολικό επενδυτικό κόστος, μεταξύ 9-27%, με μέσο όρο 15% που είναι συγκρίσιμο με εκείνο για τα κτίρια υψηλών προδιαγραφών, το οποίο κυμαίνεται από 15 έως 35%.

Η ανάλυση του κόστους επένδυσης nZEB /EnergyPlus δείχνει πώς το πρόσθετο κόστος προκύπτει από τη συνεισφορά όλων των κατηγοριών κόστους: Κτιριακό κέλυφος (φάκελος), HVAC (*Heating, ventilation, and airconditioning*), Φ/Β-ΑΠΕ και σχεδιασμός. Δεν υπάρχει μία μόνο τεχνολογία ή κατηγορία τεχνολογιών που να καθορίζει το επιπλέον κόστος.

Η πιο σημαντική κατηγορία κόστους είναι η Φ/Β-ΑΠΕ και αυτό οφείλεται κυρίως στο κόστος των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, οι οποίες ήταν αρκετά ακριβές στο παρελθόν. Το κόστος Φ/Β (κανονικοποιημένο ανά m^2 επιφάνειας δαπέδου) μειώθηκε κάθετα σε μια μόνο δεκαετία από τα 5,0 €/m² το 2005 (στη Γερμανία) στο 1,9 €/m² το 2014 (στην Ιταλία). Αυτό το κόστος αναφέρεται σε ένα εγκατεστημένο και λειτουργικό σύστημα, όχι μόνο στο κόστος μονάδας. Το φωτοβολταϊκό κόστος αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω σε περίπου 1,2 €/m² (γερμανική αγορά) μέχρι το 2020 με αποτέλεσμα το συνολικό επιπλέον κόστος των nZEB να ελαττωθεί τα επόμενα χρόνια [40].

Το πρόσθετο κόστος για τη βελτίωση του φακέλου παραμένει σημαντικό, ιδίως σε θερμότερα κλίματα, όπου τα υφιστάμενα πρότυπα είναι λιγότερο αυστηρά. Ωστόσο, τουλάχιστον σε ψυχρότερα κλίματα το πρόσθετο κόστος της μόνωσης δεν είναι πλέον ο κύριος συντελεστής της οικονομικής επιβάρυνσης.

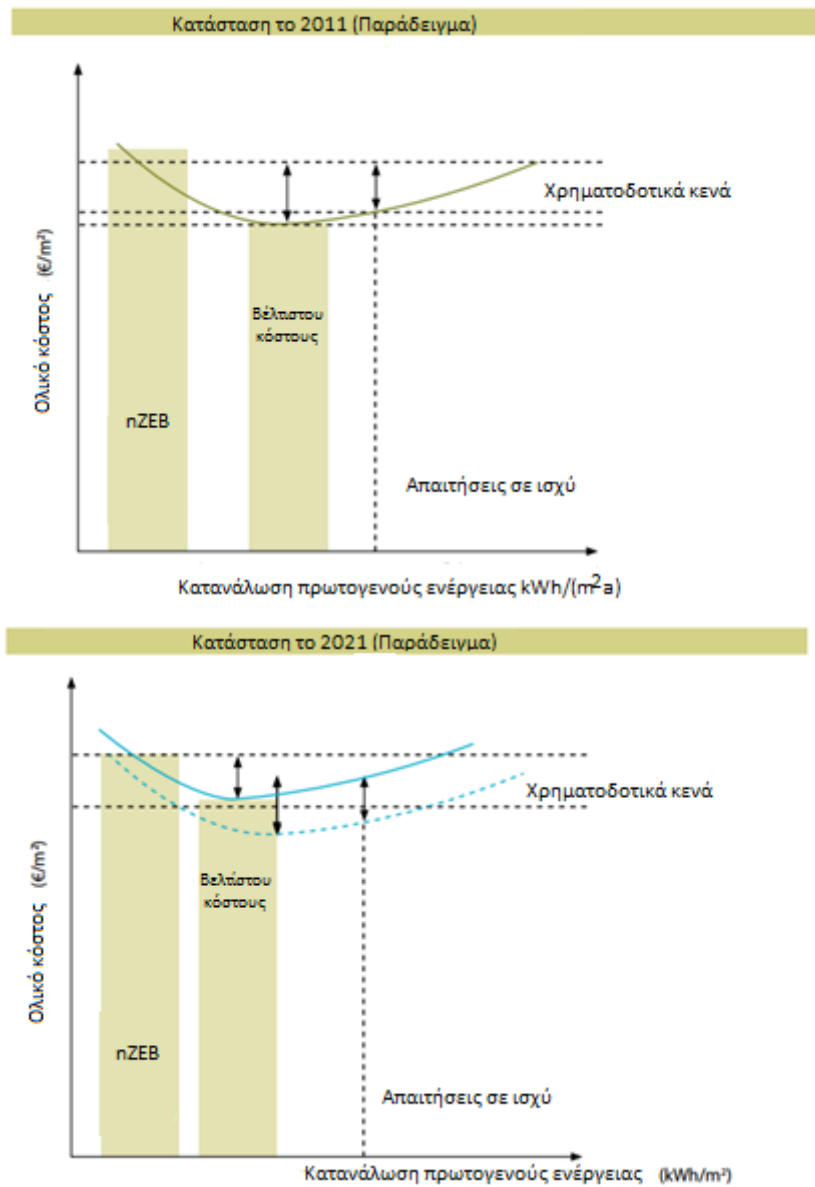
Η επίπτωση από τις τεχνολογίες HVAC είναι ηπιότερη ιδιαίτερα αν γίνεται εκμετάλλευση κάποιας τοπικής ΑΠΕ. Σε επίπεδο κτιρίων, ο αντίκτυπος του κόστους κλιματισμού είναι υψηλότερος, εν μέρει λόγω της εγκατάστασης τεχνολογιών παροχής θερμότητας, όπως αντλιών θερμότητας και ηλιακών θερμικών συλλεκτών, αλλά κυρίως λόγω του κόστους ενός μηχανικού συστήματος εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας που ανέρχεται περίπου στα 80 €/m² (γερμανική αγορά).

Τέλος, το κόστος σχεδιασμού μπορεί επίσης να αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της ανάπτυξης λύσεων που δεν αποτελούν ακόμη τάση και συνεπώς απαιτούν πρόσθετες προσπάθειες, όπως οι θερμικές γέφυρες, η αεροστεγανότητα και η ενσωμάτωση λύσεων HVAC και ΑΠΕ υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, όταν υπάρχει ολοκληρωμένος και συστηματικός ενεργειακός σχεδιασμός που περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες από την αρχική φάση, το πρόσθετο κόστος είναι ελάχιστο ή και αρνητικό.

Η ανάλυση κόστους των κτιρίων nZEB/EnergyPlus δείχνει ότι δεν υπάρχει μία μόνο τεχνολογία ή κατηγορία τεχνολογιών ικανών να επιτύχουν μείωση του επενδυτικού κόστους κατά 15%. Ο στόχος είναι επομένως εφικτός μόνο μέσα από ένα συνδυασμό απλούστερων και φθηνότερων τεχνολογιών σε όλες τις κατηγορίες, που συνοδεύονται από ένα ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό.

Η ερώτηση που απομένει είναι αν τα βέλτιστα από άποψη κόστους κτίρια και τα nZEB θα συγκλίνουν από το 2021 και μετά. Προς απάντηση της ερώτησης αυτής αξιολογήθηκε το εκτιμώμενο κενό μεταξύ της αρχής βέλτιστου κόστους και της αρχής των σχεδόν μηδενικών ενεργειακά κτιρίων όσον αφορά στα: α) Διαθεσιμότητα και δυνατότητες των τεχνολογιών που απαιτούνται και β) Διαφορές στο κόστος στον κύκλο ζωής των κτιρίων.

Οι συντηρητικές εκτιμήσεις που εφαρμόστηκαν το έτος 2010 δεν προσδιόρισαν καθαρή πρωτογενή ενέργεια κοντά στο μηδέν για τους περισσότερους συνδυασμούς κλιμάτων και τύπων κτιρίων. Τα κτίρια τα πλησιέστερα στην μηδενική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν συνήθως πέρα από τη βέλτιστη περιοχή κόστους. Αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στον περιορισμό της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε φωτοβολταϊκά ή ηλιακά θερμικά συστήματα που τοποθετούνται στην οροφή των κτιρίων. Προφανώς υπάρχουν περισσότερες επιλογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες κατά περίπτωση μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ευνοϊκές. Ωστόσο, έγινε σαφές ότι σε πολλές περιπτώσεις οι επί τόπου ΑΠΕ δεν ήταν επαρκείς ώστε το κτίριο να φτάσει σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας κοντά στο μηδέν χωρίς περαιτέρω μέτρα ενεργειακής απόδοσης και χρήση ΑΠΕ εκτός. Οι ίδιοι υπολογισμοί επαναλήφθηκαν με πρόβλεψη τιμών για το 2020 [41]. Οι τιμές αυτές ήταν μειωμένες σε σύγκριση με εκείνες του 2010 και η αύξηση στην τιμή της ενέργειας εκτιμήθηκε ως μέτρια. Ευτυχώς, το τυπικό αποτέλεσμα αυτών των υπολογισμών ήταν η σχετική βελτίωση του κόστους των παραλλαγών χαμηλής ενέργειας σε σύγκριση με τις παραλλαγές υψηλότερης ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την ανάλυση αναμένεται ανάπτυξη των κτιρίων nZEB μέχρι το 2021 [41]. Η αλματώδης τεχνολογική ανάπτυξη δείχνει επίσης ότι η πιο ελκυστική ενεργειακή κλάση μπορεί να μετακινηθεί σε ακόμα χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που έχουν καθοριστεί μέχρι σήμερα. Στο Διάγραμμα 2.3 φαίνεται η σύγκλιση του κόστους των κτιρίων nZEB/EnergyPlus με εκείνα του βέλτιστου κόστους το 2021 [42].



Διάγραμμα 2.3: Σύγκλιση κόστους κτιρίων nZEB/EnergyPlus με εκείνα του βέλτιστου κόστους
Πηγή: BPIE

Κεφάλαιο 3. Εναλλακτικές προσεγγίσεις για τον υπολογισμό ενεργειακών δεικτών και μελέτες περίπτωσης

3.1 Εισαγωγή

Η οδηγία 2010/31/ΕΕ καθορίζει τις απαιτήσεις που αφορούν στο γενικό πλαίσιο υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Γενικά, στοχεύει σε μια κοινή προσέγγιση, ισοδύναμους ορισμούς και διαφάνεια. Ωστόσο, όσον αφορά τις διαδικασίες υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, αφήνει περιθώριο στα κράτη μέλη να διαφοροποιηθούν σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Δύο αποσπάσματα από την οδηγία σχετικά με τις επιτρεπόμενες διαφοροποιήσεις είναι:

- Από το άρθρο 3: "Συντελεστές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιούμενης πρωτογενούς ενέργειας μπορεί να βασίζονται σε εθνικές ή περιφερειακές ετήσιες μέσες τιμές και μπορεί να λαμβάνουν υπόψη τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα" [27]
- Από το Παράρτημα Ι: "Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου εκφράζεται με διαφανή τρόπο και περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής απόδοσης και αριθμητικό δείκτη της χρησιμοποιούμενης πρωτογενούς ενέργειας, με βάση τους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας ανά φορέα ενέργειας, οι οποίοι μπορεί να βασίζονται σε εθνικούς ή περιφερειακούς σταθμισμένους μέσους όρους ή μια συγκεκριμένη τιμή για την επιτόπου παραγωγή. Η μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα Ευρωπαϊκά πρότυπα και πρέπει να συνάδει με τη σχετική νομοθεσία της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένης της οδηγίας 2009/28/ΕΚ " [27].

Το σχετικό Ευρωπαϊκό πρότυπο είναι το EN 15603 "Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Συνολική χρησιμοποιούμενη ενέργεια και ορισμός των ενεργειακών χαρακτηριστικών" [43]. Περιλαμβάνει τη διαδικασία υπολογισμού για τον προσδιορισμό της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό, εξαερισμό και φωτισμό. Αυτό το πρότυπο είναι μέρος μιας σειράς προτύπων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN) για την υποστήριξη των οδηγιών για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Ένα κτίριο χρησιμοποιεί γενικά περισσότερους από έναν ενεργειακούς φορείς, όπως το φυσικό αέριο, τον άνθρακα, το πετρέλαιο, το ξύλο, τοπική τηλεθέρμανση ή τηλεψύξη, ηλεκτρισμό κ.λπ. Ως εκ τούτου, μια κοινή ορολογία όλων των ενεργειακών φορέων είναι απαραίτητη για την άθροιση των χρησιμοποιούμενων ποσών ενέργειας, τα οποία μερικές φορές εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες και οδηγούν σε ποικίλες επιπτώσεις. Το πρότυπο EN 15603 (όρος 8) προτείνει τους ακόλουθους συντελεστές για την εκτίμηση των επιπτώσεων από τη χρήση των διαφόρων ενεργειακών φορέων:

- Συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας,
- Συντελεστής εκπομπών CO₂,
- Εθνικός συντελεστής αξιολόγησης ενεργειακής πολιτικής.

Ο πρώτος είναι υποχρεωτικός για τον υπολογισμό του αριθμητικού δείκτη της χρησιμοποιούμενης πρωτογενούς ενέργειας, σύμφωνα με την οδηγία.

3.2 EN 15603

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 15603, ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζει την εξαγωγή της ενέργειας ανά φορέα, τη μεταφορά της στο χώρο αξιοποίησης, καθώς και την επεξεργασία, αποθήκευση, παραγωγή, μετάδοση, διανομή και παράδοση της. Υπάρχουν δύο ορισμοί του συντελεστή πρωτογενούς ενέργειας [43].

- Συνολικός συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας: Λαμβάνονται υπόψη όλα τα γενικά έξοδα διανομής της ενέργειας στο σημείο χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κατά συνέπεια, αυτός ο συντελεστής μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας πάντα υπερβαίνει την μονάδα [44].
- Συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές: Όπως αναφέρεται παραπάνω, εξαιρουμένης της πρωτογενούς ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Το τμήμα της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές θεωρείται ως μηδενική συνεισφορά στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας. Κατά συνέπεια, για έναν φορέα ανανεώσιμης ενέργειας, αυτό συνήθως οδηγεί σε ένα συντελεστή μικρότερο από τη μονάδα (ιδανικά μηδέν) [44].

Το πρότυπο αναφέρει επίσης τις συνιστώμενες τιμές για τους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες πηγές και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα μίγμα UCPT (Union for the Coordination of Transmission of Electricity). Ορισμένες από αυτές τις τιμές δίνονται στον Πίνακα 3.1 [44].

Πίνακας 3.1: Τιμές για τους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Είδος ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	Συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας μη ανανεώσιμης	Ολικός συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας
Πετρέλαιο	1,35	1,35
Φυσικό αέριο	1,36	1,36
Άνθρακας	1,53	1,53
Υδροηλεκτρική ενέργεια	0,5	1,5
Πυρηνική ενέργεια	2,8	2,8
Εγκατάσταση άνθρακα	4,05	4,05
Μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας UCPT	3,14	3,31

Ωστόσο, η ενέργεια δεν καταναλώνεται μόνο σε (ή κοντά σε) κτίρια, αλλά μπορεί επίσης και να παράγεται. Ενδέχεται να υπάρχει διάκριση μεταξύ των συντελεστών πρωτογενούς ενέργειας που παρέχεται από το δίκτυο και που εξάγεται. Για παράδειγμα, η εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από αιφόρα πηγή μπορεί να δράσει ανταγωνιστικά για τη δημιουργία νέων, υψηλής απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, ή/και μπορεί να θεωρηθεί ότι εξοικονομεί φορτίο αιχμής και όχι βάσης, ενώ η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια στις περισσότερες χώρες θεωρείται ως εθνικός συνδυασμός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο. Αυτό πρέπει να καθοριστεί σε εθνικό επίπεδο [44].

Το πρότυπο επίσης αναφέρει ότι ανά ενεργειακό φορέα η εξαγόμενη ενέργεια μπορεί να αφαιρεθεί από την παρεχόμενη.

$$EP_p = E_{del,i} * f_{del,i} - E_{exp,i} * f_{exp,i}$$

όπου: EP_p η απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια

$E_{del,i}$ η τελική απαιτούμενη ενέργεια ανά ενεργειακό φορέα i

$f_{del,i}$ ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας για τον παρεχόμενο φορέα i

$E_{exp,i}$ η τελική εξαγόμενη ενέργεια ανά ενεργειακό φορέα i

$f_{exp,i}$ ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας για τον εξαγόμενο φορέα i

Οι συντελεστές μπορεί να μην είναι ίδιοι. Αν είναι, τότε η παραγωγή αφαιρείται από τη ζήτηση ανά ενεργειακό φορέα. Αυτοί οι συντελεστές καθορίζονται λαμβανομένων υπόψη όλων των απωλειών ανάντη και κατόντη και ως εκ τούτου οδηγούν σε μάλλον υψηλές τιμές. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του Πίνακα 3.1 διαφέρουν από αυτές που προτείνονται σε ορισμένα άλλα επίσημα έγγραφα της ΕΕ. Για παράδειγμα, το παράρτημα της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για τις ενεργειακές υπηρεσίες συνιστά τη χρήση της τιμής 2,5 για ολόκληρη την ΕΕ.

Επιπλέον, στο πρότυπο περιλαμβάνονται και οι ακόλουθοι σχετικοί με την ενεργειακή απόδοση ορισμοί:

Πηγή ενέργειας: πηγή από την οποία είναι δυνατόν να εξαχθεί ή να ανακτηθεί ωφέλιμη ενέργεια, είτε απευθείας είτε μέσω διεργασίας μετατροπής ή μετασχηματισμού.

Φορέας ενέργειας: ουσία ή φαινόμενο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μηχανικού έργου ή θερμότητας ή για τη λειτουργία χημικών ή φυσικών διεργασιών.

Όριο συστήματος: όριο που περιβάλλει όλες τις σχετιζόμενες με το κτίριο εκτάσεις (τόσο εντός όσο και εκτός του κτιρίου) στις οποίες καταναλώνεται ή παράγεται ενέργεια.

Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση ή ψύξη: η θερμότητα που πρέπει να προστίθεται σε κλιματιζόμενο χώρο ή να αφαιρείται από αυτόν ώστε να διατηρούνται οι προβλεπόμενες συνθήκες θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια δεδομένης χρονικής περιόδου.

Ενεργειακή ζήτηση για ζεστό νερό χρήσης: η θερμότητα που πρέπει να παρέχεται ώστε η θερμοκρασία της απαιτούμενης ποσότητας ζεστού νερού χρήσης να ανέλθει από τη χαμηλή θερμοκρασία του δικτύου ύδρευσης στην προκαθορισμένη θερμοκρασία παροχής στο σημείο παροχής.

Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ή ψύξη χώρων για ζεστό νερό χρήσης: η ενέργεια στην είσοδο του συστήματος θέρμανσης, ψύξης ή ζεστού νερού χρήσης για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση, ψύξη ή ζεστό νερό χρήσης, αντίστοιχα

Ενεργειακή κατανάλωση για αερισμό: η ηλεκτρική ενέργεια στην είσοδο του συστήματος αερισμού που χρησιμεύει για τη μεταφορά του αέρα και την ανάκτηση θερμότητας (μη συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για την προθέρμανση του αέρα).

Ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό: η ηλεκτρική ενέργεια στην είσοδο του συστήματος φωτισμού.

Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές: ενέργεια από πηγές μη εξαντλούμενες λόγω της εκμετάλλευσης της ενέργειας, όπως η ηλιακή (θερμική και φωτοβολταϊκή), η αιολική, η υδροηλεκτρική, η ανανεούμενη βιομάζα.

Παρεχόμενη ενέργεια: η ενέργεια, εκφραζόμενη ανά φορέα ενέργειας, που παρέχεται στο τεχνικό σύστημα κτιρίου μέσω των ορίων του συστήματος, για την κάλυψη των χρήσεων που λαμβάνονται υπόψη (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός, συσκευές κ.λπ.).

Εξαγόμενη ενέργεια: η ενέργεια, εκφραζόμενη ανά φορέα ενέργειας, την οποία παρέχει το τεχνικό σύστημα κτιρίου μέσω των ορίων του συστήματος και η οποία χρησιμοποιείται εκτός των ορίων του συστήματος.

Πρωτογενής ενέργεια: ενέργεια που δεν έχει υποστεί διεργασία μετατροπής ή μετασχηματισμού.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το πρότυπο EN 15603 έχει συμβουλευτικό χαρακτήρα για τις εθνικές κυβερνήσεις των κρατών-μελών και δεν υπάρχει υποχρέωση αυστηρής τήρησης του. Επίσης, καταβάλλονται προσπάθειες για τυποποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε διεθνές επίπεδο (ISO).

3.3 Συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας

Οι συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας - ΣΠΕ (Primary Energy Factors - PEFs) για την παραγωγή ηλεκτρισμού όπως αναφέρονται στα εθνικά πρότυπα ορισμένων κρατών-μελών για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2 [44].

Πίνακας 3.2: Συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας ορισμένων κρατών-μελών

	Γαλλία	Γερμανία	Ολλανδία	Πολωνία	Ισπανία	Σουηδία	Ηνωμένο Βασίλειο
ΣΠΕ	2,58	2,6	2,56	3	2,6	2	2,92

Στα ίδια εθνικά πρότυπα παρέχονται ελάχιστες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο υπολογίστηκαν οι συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας. Μετά από συνεννοήσεις με τους εθνικούς φορείς τυποποίησης των ανωτέρω κρατών-μελών εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο αλγόριθμος υπολογισμού διαφέρει ανά φορέα και το μόνο κοινό σημείο είναι ότι όλοι λαμβάνουν υπόψη τις απώλειες κατάντη [44].

Αυξανόμενη χρήση ανανεώσιμων πηγών (ΑΠΕ) επηρεάζει τις εκπομπές με αποτέλεσμα την μεταβολή του ΣΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η ΕΕ αντιλαμβάνομενη τη σημασία της επιλογής ενός αντιπροσωπευτικού ΣΠΕ για τον υπολογισμό της πρωτογενούς ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανέθεσε την εκπόνηση μελέτης στην οποία παρουσιάζονται τέσσερις υπολογιστικές μέθοδοι, οι οποίες φαίνονται κατάλληλες στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2012/27/ΕΕ [45]. Οι τιμές των ΣΠΕ είναι υπολογισμένες και πρέπει να αναθεωρούνται τακτικά. Αναλυτικότερα οι μέθοδοι έχουν ως εξής:

Μέθοδος 1 – ΣΠΕ της ηλεκτρικής ενέργειας

Στη διαδικασία υπολογισμού χρησιμοποιείται η προσέγγιση της Eurostat που μεταφράζεται σε ΣΠΕ = 1 για όλα τα καύσιμα. Στον Πίνακα 3.3. δίδονται οι ΣΠΕ καυσίμου και οι συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 1.

Πίνακας 3.3: ΣΠΕ καυσίμου και συντελεστές απόδοσης σύμφωνα με τη μέθοδο 1

	ΣΠΕ καυσίμου	Συντελεστής απόδοσης	ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια
Υδροηλεκτρική	1	100%	1
Άνεμος	1	100%	1
Φ/Β	1	100%	1
Γεωθερμία	1	10%	10
Βιομάζα	1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Πυρηνική ενέργεια	1	33%	3
Ορυκτά καύσιμα	1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Συμπαράγωγή	Μέθοδος IEA		

Η βάση για τον υπολογισμό είναι ένα σενάριο για την αύξηση της ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας που υπολογίζεται αντιστοιχεί στον συντελεστή πρωτογενούς ενέργειας της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, το πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αφαιρώντας την αυτοκατανάλωση ισχύος και τις απώλειες του δικτύου. Τα δεδομένα για τις καταναλώσεις, την αυτοκατανάλωση και τις απώλειες του δικτύου λήφθηκαν από τη βάση δεδομένων PRIMES. Η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Καθαρή ζήτηση ηλ.} = \text{Ακαθάριστη παραγωγή ηλ.} * (1 - \text{Ιδιοκατανάλωση} - \text{Απώλειες δικτύου})$$

Στον Πίνακα 3.4 φαίνεται ο υπολογισμός της καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 3.4: Υπολογισμός καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Ηλεκτρισμός	Ακαθάριστη παραγωγή	3.143	3.423	3.464	3.553	3.565	3.668	3.802	TWh
	Ιδιοκατανάλωση	5,1%	5,0%	4,6%	4,4%	4,0%	3,8%	3,5%	
	Απώλειες δικτύου	7,2%	6,7%	5,9%	5,9%	5,8%	5,9%	6,1%	
	Καθαρή ζήτηση	2.756	3.025	3.100	3.187	3.215	3.311	3.439	TWh

Για το βαθμό απόδοσης και τη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας ισχύουν οι τύποι:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = \frac{\text{Ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας}}{\text{Κατανάλωση καυσίμου}}$$

$$\text{Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας} = \sum_{\text{fuel}} \frac{\text{Ακαθάριστη παραγωγή ηλ. ενέργειας} * \text{ΣΠΕ καυσίμου}}{\text{Βαθμός απόδοσης}}$$

Στον Πίνακα 3.5 φαίνεται ο υπολογισμός της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας ανά φορέα καθώς και η συνολική.

Πίνακας 3.5: Υπολογισμός ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Πυρηνική ενέργεια	Ακαθάριστη παραγωγή	945	998	917	887	749	706	799	TWh
	Βαθμός απόδοσης	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	2.864	3.023	2.778	2.689	2.271	2.139	2.422	TWh
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Ακαθάριστη παραγωγή	511	514	677	859	1139	1330	1510	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	511	514	677	859	1.139	1.330	1.510	TWh
Γεωθερμία	Ακαθάριστη παραγωγή	5	5	6	7	8	8	9	TWh
	Βαθμός απόδοσης	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	48	54	56	73	82	83	89	TWh
Ορυκτά καύσιμα	Ακαθάριστη παραγωγή	1.635	1.826	1.727	1.646	1.485	1.424	1.281	TWh
	Βαθμός απόδοσης	38,3%	39,6%	40,3%	42,8%	43,8%	44,3%	46,7%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	4.267	4.615	4.283	3.845	3.392	3.214	2.742	TWh
Βιομάζα και απόβλητα	Ακαθάριστη παραγωγή	47	80	138	152	184	199	203	TWh
	Βαθμός απόδοσης	25,5%	25%	25,6%	27,1%	28,3%	30,3%	30%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	185	320	537	562	650	658	675	TWh
Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας		7.875	8.527	8.331	8.028	7.533	7.424	7.438	TWh

Ο υπολογισμός παραγωγής θερμότητας σε συμπαραγωγή γίνεται βάσει του τύπου:

$$\text{ΣΗΘ παραγωγή θερμότητας} = \frac{\text{ΣΗΘ παραγωγή ηλεκτρισμού} * (1 - \text{Ιδιοκατανάλωση})}{\text{Σχέση ηλεκτρισμού προς θερμότητα}}$$

Στον Πίνακα 3.6 δίνεται ο υπολογισμός παραγωγής θερμότητας σε συμπαραγωγή.

Πίνακας 3.6: Υπολογισμός παραγωγής θερμότητας σε συμπαραγωγή

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	ΣΗΘηλ. παραγωγή	345	387	419	3.553	3.565	3.668	3.802	TWh
	Σχέση Ηλ./Θερμότητας	36%	38%	42%	46%	47%	51%	54%	
	1-Ιδιοκατανάλωση	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	
	ΣΗΘπαρ. θερμότητας	872	942	924	984	1.056	1.052	1.012	TWh

Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου σε συμπαραγωγή γίνεται βάσει του τύπου:

$$\text{Κατανάλωση καυσίμου ΣΗΘ} = \frac{\text{ΣΗΘ παραγωγή ηλ.} + \text{ΣΗΘ παραγωγή θερμότητας}}{\text{ΣΗΘ βαθμός απόδοσης}}$$

Στον Πίνακα 3.7 δίνεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου σε συμπαραγωγή.

Πίνακας 3.7: Υπολογισμός κατανάλωσης καυσίμου σε συμπαραγωγή

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	ΣΗΘηλ. παραγωγή	345	387	419	490	541	580	591	TWh
	ΣΗΘ παραγωγή θερμ.	872	942	924	984	1.056	1.052	1.012	TWh
	Έξοδος ΣΗΘ	1.217	1.328	1.343	1.474	1.597	1.632	1.603	TWh
	Βαθμός απόδοσης ΣΗΘ	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	
	Κατανάλωση καυσίμου ΣΗΘ	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh

Το όφελος θερμότητας στη συμπαραγωγή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Όφελος θερμότητας ΣΗΘ} = \frac{\text{ΣΗΘ παραγωγή θερμότητας} * \text{Κατανάλωση καυσίμου} * \text{ΣΠΕ ΣΗΘ καυσίμου}}{\text{Συνολικό ΣΗΘ στην έξοδο}}$$

Στον Πίνακα 3.8 δίνεται ο υπολογισμός του οφέλους θερμότητας στη συμπαραγωγή (μέθοδος ΙΕΑ).

Πίνακας 3.8: Υπολογισμός οφέλους θερμότητας σε συμπαραγωγή

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	ΣΗΘ παραγωγή θερμ.	872	942	924	984	1.056	1.052	1.012	TWh
	Ολικό ΣΗΘ εξόδου	1.217	1.328	1.343	1.474	1.597	1.632	1.603	TWh
	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	ΣΠΕΣΗΘκαυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	1.246	1.345	1.320	1.406	1.508	1.503	1.446	TWh

Ο τελικός ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Τελικός ΣΠΕηλ.} = \frac{\text{Ολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας} - \text{Όφελος θερμότητας ΣΗΘ}}{\text{Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας}}$$

Στον Πίνακα 3.9 δίνεται ο υπολογισμός του τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια.

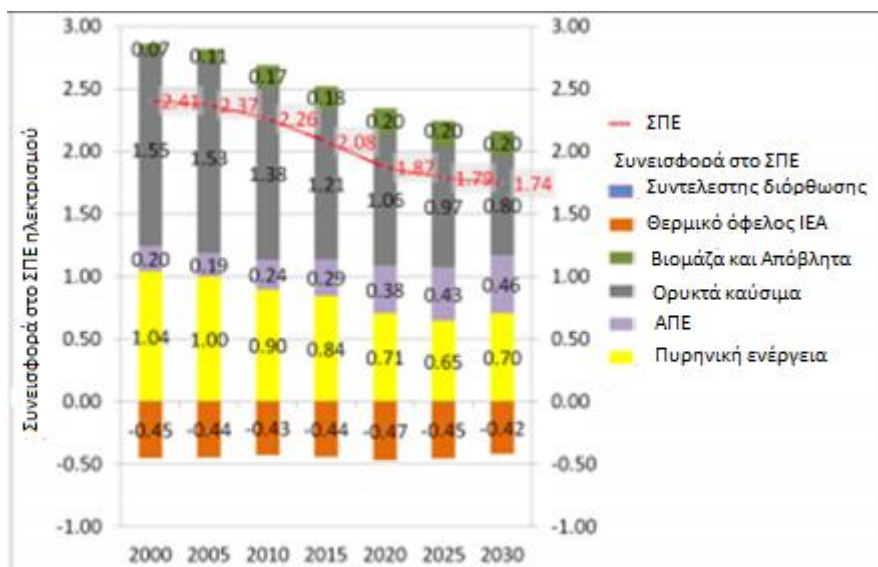
Πίνακας 3.9: Υπολογισμός τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Ηλεκτρισμός	Ολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	7.875	8.527	8.331	8.028	7.533	7.424	7.438	TWh
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	1.246	1.345	1.320	1.406	1.508	1.503	1.446	TWh
	Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	2.756	3.025	3.100	3.187	3.215	3.311	3.439	TWh
	Τελικός ΣΠΕ	2,41	2,37	2,26	2,08	1,87	1,79	1,74	

Η συνεισφορά κάθε φορέα στον τελικό ΣΠΕ δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Συνεισφορά κάθε φορέα} = \frac{\text{Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας φορέα}}{\text{Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας}}$$

Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνεται η συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ [45].



Διάγραμμα 3.1: Συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ (μέθοδος 1)

Πηγή: FhG-ISI

Μέθοδος 2 – ΣΠΕ από μη ΑΠΕ

Στη μέθοδο 2 υπολογίζεται ο ΣΠΕ που οφείλεται κυρίως στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στον Πίνακα 3.10 δίδονται οι ΣΠΕ καυσίμου και οι συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 2.

Πίνακας 3.10: ΣΠΕ καυσίμου και συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 2

	ΣΠΕ καυσίμου	Συντελεστής απόδοσης	ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια
Υδροηλεκτρική	0,06	100%	1
Άνεμος	0,03	100%	1
Ηλιακή ενέργεια	0,08	100%	1
Γεωθερμία	0,1	10%	10
Βιομάζα	0,15	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Πυρηνική ενέργεια	1	33%	3
Ορυκτά καύσιμα	1,1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Συμπαράγωγή	Μέθοδος φινλανδική		

Η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.4. Η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται στον Πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.11: Υπολογισμός ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Πυρηνική ενέργεια	Ακαθάριστη παραγωγή	945	998	917	887	749	706	799	TWh
	Βαθμός απόδοσης	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	2.864	3.023	2.778	2.689	2.271	2.139	2.422	TWh

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

Ηλιακή ενέργεια	Ακαθάριστη παραγωγή	0	1	23	96	143	177	206	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	0	0	2	8	11	14	17	TWh
Αιολική ενέργεια	Ακαθάριστη παραγωγή	0	1	23	96	143	177	206	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	1	2	5	8	15	19	23	TWh
Υδροηλεκτρική	Ακαθάριστη παραγωγή	456	440	502	496	502	511	524	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	29	26	30	30	30	31	31	TWh
Γεωθερμία	Ακαθάριστη παραγωγή	5	5	6	7	8	8	9	TWh
	Βαθμός απόδοσης	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	1	5	6	7	8	8	9	TWh
Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Ακαθάριστη παραγωγή	1	1	1	1	4	7	7	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	0	0	0	0	0	1	1	TWh
Ορυκτά καύσιμα	Ακαθάριστη παραγωγή	1.635	1.826	1.727	1.646	1.485	1.424	1.281	TWh
	Βαθμός απόδοσης	38,3%	39,6%	40,3%	42,8%	43,8%	44,3%	46,7%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	4.694	5.077	4.711	4.230	3.731	3.536	3.016	TWh
Βιομάζα και απόβλητα	Ακαθάριστη παραγωγή	47	80	138	152	184	199	203	TWh
	Βαθμός απόδοσης	25,5%	25,0%	25,6%	27,1%	28,3%	30,3%	30,0%	
	ΣΠΕ καυσίμου	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	28	48	80	84	97	99	101	TWh
Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας		7.620	8.182	7.612	7.056	6.164	5.847	5.620	TWh

Η παραγωγή θερμότητας ΣΗΘ και η κατανάλωση καυσίμου ΣΗΘ υπολογίζονται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύουν και εδώ οι Πίνακες 3.6 και 3.7

Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης για την ηλεκτρική ενέργεια και τη θερμότητα γίνεται από τους τύπους και δίνεται στον Πίνακα 3.12:

$$\text{ΣΗΘ βαθμός απόδοσης ηλ.} = \frac{\text{ΣΗΘ παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας}}{\text{ΣΗΘ κατανάλωση καυσίμου}}$$

$$\text{ΣΗΘ βαθμός απόδοσης θερμότητας} = \frac{\text{ΣΗΘ παραγωγή θερμότητας}}{\text{ΣΗΘ κατανάλωση καυσίμου}}$$

Πίνακας 3.12: Υπολογισμός θερμικού και ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης σε συμπαραγωγή

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΘΗΣ	ΣΗΘ παραγωγή ηλ.	345	387	419	490	541	580	591	TWh
	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	ΣΗΘ βαθμός απόδοσης ηλ.	19,8%	20,4%	21,8%	23,3%	23,7%	24,9%	25,8%	
	ΣΗΘ παραγωγή θερμ.	872	942	924	984	1.056	1.052	1.012	TWh
	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	ΣΗΘ βαθμός απόδοσης θερμ.	50,2%	49,6%	48,2%	46,7%	46,3%	45,1%	44,2%	

Το επόμενο βήμα για τον υπολογισμό του οφέλους θερμότητας είναι η εύρεση των σχέσεων απόδοσης της συμπαραγωγής προς ένα σύστημα αναφοράς (Σ.Α) που παράγει χωριστά ηλεκτρισμό και θερμότητα (βαθμός απόδοσης 40% για ηλεκτρισμό και 90% για θερμότητα) βάσει των τύπων:

$$\text{Σχέση ως προς σύστημα αναφοράς ηλ.} = \frac{\text{ΣΗΘ ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης}}{\text{Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης Σ.Α}}$$

$$\text{Σχέση ως προς σύστημα αναφοράς θερμ.} = \frac{\text{ΣΗΘ θερμικός βαθμός απόδοσης}}{\text{Θερμικός βαθμός απόδοσης Σ.Α}}$$

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού της σχέσης και του βαθμού απόδοσης (1-Πλεόνασμα σχέσεων) δίνονται στον Πίνακα 3.13.

Πίνακας 3.13: Υπολογισμός σχέσης συμπαραγωγής ως προς Σ.Α και βαθμού απόδοσης

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΘΗΣ	ΣΗΘ βαθμ. απόδοσης ηλ.	19,8%	20,4%	21,8%	23,3%	23,7%	24,9%	25,8%	
	Ηλεκ. βαθμ. αποδ. Σ.Α	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	
	Σχέση ηλ. ως προς Σ.Α	49,6%	51,0%	54,6%	58,1%	59,3%	62,2%	64,5%	
	ΣΗΘ βαθμ. απόδ. θερμ.	50,2%	49,6%	48,2%	46,7%	46,3%	45,1%	44,2%	
	Θερμ. βαθμ. αποδ. Σ.Α	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
	Σχέση θερμ. ως προς Σ.Α	55,7%	55,1%	53,5%	51,9%	51,4%	50,1%	49,1%	
	Άθροισμα σχέσεων	105% ή 1,05	106% ή 1,06	108% ή 1,08	110% ή 1,1	111% ή 1,11	112% ή 1,12	114% ή 1,14	
	Θεωρητικός βαθμ. αποδ.	1	1	1	1	1	1	1	
	Πλεόνασμα σχέσεων	0,05	0,06	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	
	Βαθμός απόδοσης (1-Πλεόνασμα)	95%	94%	92%	91%	90%	89%	88%	

Το όφελος θερμότητας στη συμπαραγωγή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\begin{aligned} \text{Όφελος θερμότητας ΣΗΘ} \\ = \text{Κατανάλωση Καυσίμου} * \text{Σχέση ως προς Σ.Α. για θερμ} * (1 - \text{Πλεόνασμα}) \\ * \text{ΣΠΕκαυσίμου} \end{aligned}$$

Στον Πίνακα 3.14 δίνεται ο υπολογισμός του οφέλους θερμότητας στη συμπαραγωγή (μέθοδος φινλανδική).

Πίνακας 3.14: Υπολογισμός οφέλους θερμότητας σε συμπαραγωγή

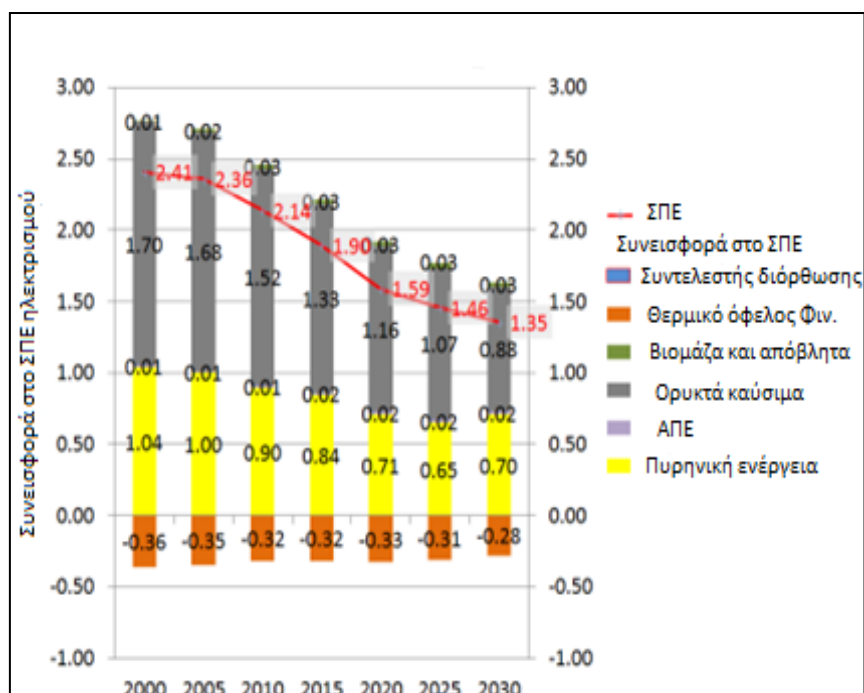
Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	Σχέση θερμ. ως προς Σ.Α	56%	55,1%	53,5%	51,9%	51,4%	50,1%	49,1%	
	1-Πλεόνασμα	95%	94%	92%	91%	90%	89%	88%	
	ΣΠΕΣΗΘκαυσίμου	1,07	1,06	1,03	1,02	1	0,98	0,97	
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	988	1045	978	1.013	1.055	1.023	961	TWh

Ο τελικός ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται από τον ίδιο τύπο με την μέθοδο 1. Στον Πίνακα 3.15 δίνεται ο υπολογισμός του τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια.

Πίνακας 3.15: Υπολογισμός τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Ηλεκτρισμός	Ολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	7.620	8.182	7.612	7.056	6.164	5.847	5.620	TWh
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	988	1.045	978	1.013	1.055	1.023	961	TWh
	Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	2.756	3.025	3.100	3.187	3.215	3.311	3.439	TWh
	Τελικός ΣΠΕ	2,41	2,36	2,14	1,90	1,59	1,46	1,35	

Η συνεισφορά κάθε φορέα στον τελικό ΣΠΕ δίνεται από τον ίδιο τύπο με την μέθοδο 1. Στο Διάγραμμα 3.2 φαίνεται η συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ [45].



Διάγραμμα 3.2: Συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ (μέθοδος 2)

Πηγή:FhG-ISI

Μέθοδος 3 – ΣΠΕ από ορυκτά καύσιμα

Στη μέθοδο 3 υπολογίζεται ο ΣΠΕ που οφείλεται κυρίως στα ορυκτά καύσιμα. Στη διαδικασία υπολογισμού χρησιμοποιείται η προσέγγιση της Eurostat που μεταφράζεται σε ΣΠΕ=1 για όλα τα καύσιμα. Στον Πίνακα 3.16 δίδονται οι ΣΠΕ καυσίμου και οι συντελεστές απόδοσης για τη μέθοδο 3.

Πίνακας 3.16: ΣΠΕ καυσίμου και συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 3

	ΣΠΕ καυσίμου	Συντελεστής απόδοσης	ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια
Υδροηλεκτρική	1	100%	1
Άνεμος	1	100%	1
Φ/Β	1	100%	1
Γεωθερμία	1	10%	10
Βιομάζα	1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Πυρηνική ενέργεια	1	33%	3
Ορυκτά καύσιμα	1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Συμπαγωγή	Φινλανδική μέθοδος		

Η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται όπως και στις μεθόδους 1 και 2 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.4. Η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.5. Ο υπολογισμός παραγωγής θερμότητας σε συμπαγωγή ενέργειας γίνεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.6. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου σε συμπαγωγή γίνεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.7. Ο υπολογισμός θερμικού και ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης σε συμπαγωγή γίνεται όπως και στη μέθοδο 2 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.12. Ο υπολογισμός της σχέσης και του βαθμού απόδοσης (1-

Πλεόνασμα) σε συμπαραγωγή γίνεται όπως και στη μέθοδο 2 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.13. Το όφελος θερμότητας στη συμπαραγωγή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\begin{aligned} \text{Όφελος θερμότητας ΣΗΘ} &= \text{Κατανάλωση καυσίμου} * \text{Σχέση ως προς Σ.Α για θερμ.} * (1 - \text{Πλεόνασμα}) \\ &* \text{ΣΠΕκαυσίμου} \end{aligned}$$

Στον Πίνακα 3.17 δίνεται ο υπολογισμός του οφέλους θερμότητας στη συμπαραγωγή (μέθοδος φινλανδική).

Πίνακας 3.17: Υπολογισμός οφέλους θερμότητας σε συμπαραγωγή

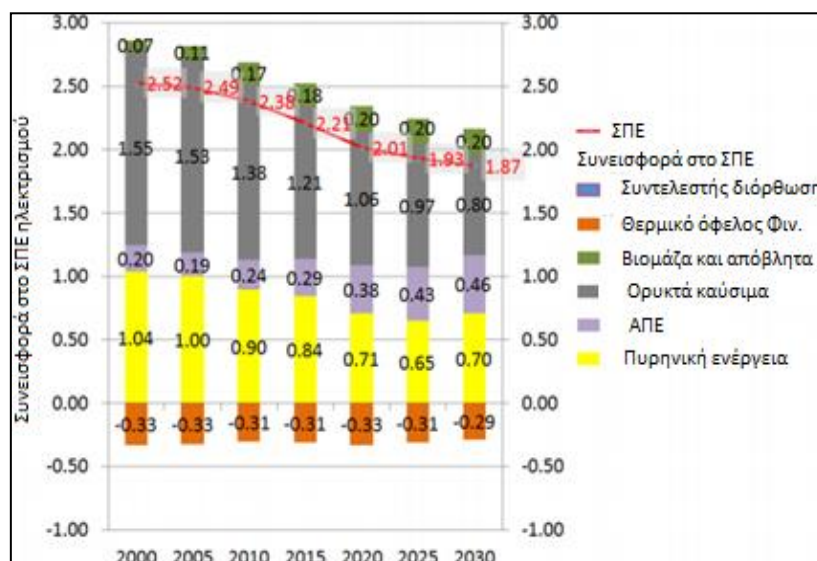
Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	Σχέση θερμ. ως προς Σ.Α	56%	55%	54%	52%	51%	50%	49%	
	1-Πλεόνασμα	95%	94%	92%	90%	89%	89%	88%	
	ΣΠΕΣΗΘκαυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	920	986	950	994	1.059	1.040	990	TWh

Ο υπολογισμός του ολικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια γίνεται με τον ίδιο τύπο με τις μεθόδους 1 και 2 και φαίνεται στον Πίνακα 3.18.

Πίνακας 3.18: Υπολογισμός τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Ηλεκτρισμός	Ολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	7.875	8.527	8.331	8.028	7.533	7.424	7.438	TWh
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	920	986	950	994	1.059	1.040	990	TWh
	Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	2.756	3.025	3.100	3.187	3.215	3.311	3.439	TWh
	Τελικός ΣΠΕ	2,52	2,49	2,38	2,21	2,01	1,93	1,87	

Η συνεισφορά κάθε φορέα στον τελικό ΣΠΕ δίνεται από τον ίδιο τύπο με τις μεθόδους 1 και 2. Στο Διάγραμμα 3.3 φαίνεται η συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ [45].



Διάγραμμα 3.3: Συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ (μέθοδος 3)

Πηγή:FhG-ISI

Μέθοδος 4 – ΣΠΕ για συνολική πρωτογενή ενέργεια

Ο ΣΠΕ που υπολογίζεται αφορά τη συνολική πρωτογενή ενέργεια. Στον Πίνακα 3.19 δίδονται οι ΣΠΕ καυσίμου και οι συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 4.

Πίνακας 3.19: ΣΠΕ καυσίμου και συντελεστές απόδοσης για την μέθοδο 4

	ΣΠΕ καυσίμου	Συντελεστής απόδοσης	ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια
Υδροηλεκτρική	1	100%	1
Άνεμος	1	100%	1
Ηλιακή ενέργεια	1	100%	1
Γεωθερμία	1	10%	10
Βιομάζα	1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Πυρηνική ενέργεια	1	33%	3
Ορυκτά καύσιμα	1,1	Από πραγματικά δεδομένα	Από πραγματικά δεδομένα
Συμπαράγωγή	Μέθοδος φινλανδική		

Η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται όπως και στις μεθόδους 1, 2 και 3 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.4. Η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται όπως και στις λουπές μεθόδους και φαίνεται στον Πίνακα 3.20.

Πίνακας 3.20: Υπολογισμός ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Πυρηνική ενέργεια	Ακαθάριστη παραγωγή	945	998	917	887	749	706	799	TWh
	Βαθμός απόδοσης	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	2.864	3.023	2.778	2.689	2.271	2.139	2.422	TWh
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Ακαθάριστη παραγωγή	511	514	677	859	1.139	1.330	1.510	TWh
	Βαθμός απόδοσης	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	511	514	677	859	1.139	1.330	1.510	TWh
Γεωθερμία	Ακαθάριστη παραγωγή	5	5	6	7	8	8	9	TWh
	Βαθμός απόδοσης	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	48	54	56	73	82	83	89	TWh
Ορυκτά καύσιμα	Ακαθάριστη παραγωγή	1.635	1.826	1.727	1.646	1.485	1.424	1.281	TWh
	Βαθμός απόδοσης	38,3%	39,6%	40,3%	42,8%	43,8%	44,3%	46,7%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	4.694	5.077	4.711	4.230	3.731	3.536	3.016	TWh

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα

Βιομάζα και απόβλητα	Ακαθάριστη παραγωγή	47	80	138	152	184	199	203	TWh
	Βαθμός απόδοσης	25,5%	25%	25,6%	27,1%	28,3%	30,3%	30%	
	ΣΠΕ καυσίμου	1	1	1	1	1	1	1	
	Ακαθάριστη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	185	320	537	562	650	658	675	TWh
Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας		8.302	8.988	8.759	8.413	7.872	7.746	7.712	TWh

Ο υπολογισμός παραγωγής θερμότητας σε συμπαραγωγή ενέργειας γίνεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.6. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου σε συμπαραγωγή γίνεται όπως και στη μέθοδο 1 και άρα ισχύει και εδώ ο Πίνακας 3.7. Ο υπολογισμός θερμικού και ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης σε συμπαραγωγή γίνεται όπως στη μέθοδο 2 και άρα ισχύει ο Πίνακας 3.12. Ο υπολογισμός της σχέσης και του βαθμού απόδοσης (1-ΡΕΕ) γίνεται όπως στη μέθοδο 2 και άρα ισχύει ο Πίνακας 3.13. Ο υπολογισμός οφέλους θερμότητας σε συμπαραγωγή γίνεται όπως στη μέθοδο 2 και φαίνεται στον Πίνακα 3.21.

Πίνακας 3.21: Υπολογισμός οφέλους θερμότητας σε συμπαραγωγή

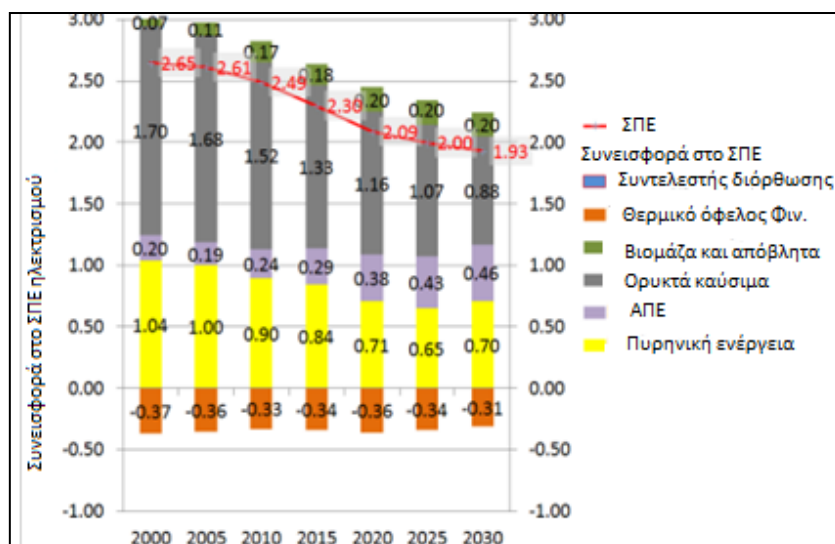
Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
ΣΗΘ	Κατανάλωση καυσίμου	1.738	1.898	1.919	2.106	2.281	2.332	2.290	TWh
	eta σχέση θερμ.	56%	55,1%	53,5%	51,9%	51,4%	50,1%	49,1%	
	1-ΡΕΕ	95%	94%	92%	90%	89%	89%	88%	
	ΣΠΕ ΣΗΘ καυσίμου	1,10	1,10	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	1.010	1.081	1.038	1.084	1.154	1.132	1.075	TWh

Ο τελικός ΣΠΕ υπολογίζεται όπως και στις άλλες μεθόδους και φαίνεται στον Πίνακα 3.22.

Πίνακας 3.22: Υπολογισμός τελικού ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια

Καύσιμο	Δείκτης	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Μονάδα
Ηλεκτρισμός	Ολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας	8.302	8.988	8.759	8.413	7.872	7.746	7.712	TWh
	Όφελος θερμότητας ΣΗΘ	1.010	1.081	1.038	1.084	1.154	1.132	1.075	TWh
	Καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας	2.756	3.025	3.100	3.187	3.215	3.311	3.439	TWh
	Τελικός ΣΠΕ	2,65	2,61	2,49	2,30	2,09	2,00	1,93	

Η συνεισφορά κάθε φορέα στον τελικό ΣΠΕ δίνεται από τον ίδιο τύπο με τις μεθόδους 1, 2 και 3. Στο Διάγραμμα 3.4 φαίνεται η συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ [45].

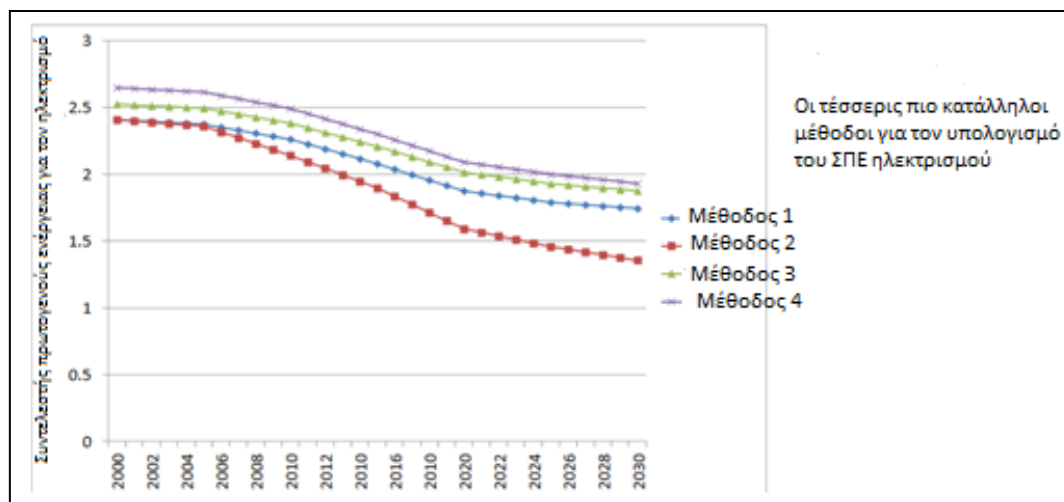


Διάγραμμα 3.4: Συνεισφορά κάθε φορέα στη διαμόρφωση του τελικού ΣΠΕ (μέθοδος 4)

Πηγή: FhG-ISI

Οι μέθοδοι υπολογισμού 1 και 3 προσανατολίζονται στην προσέγγιση της Eurostat και διαφέρουν μόνο στον τρόπο που χρησιμοποιούν για την εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για ηλεκτρισμό και θερμότητα στους σταθμούς συμπαραγωγής (ΣΗΘ). Στην μέθοδο υπολογισμού 1 χρησιμοποιείται η προσέγγιση του Διεθνούς Πρακτορείου Ενέργειας (International Energy Agency - IEA), ενώ στην μέθοδο 3 εφαρμόζεται η φινλανδική προσέγγιση. Η μέθοδος IEA αποδίδει υψηλότερο ποσοστό καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας στη θερμότητα (ανάλογα με τις παραγόμενες ποσότητες) ενώ η φινλανδική θεωρεί ότι περισσότερη πρωτογενής ενέργεια καταναλώνεται για την παραγωγή ηλεκτρισμού [45]. Αντίθετα η μέθοδος 2 δίνει έμφαση στον υγιή ανταγωνισμό ηλεκτρισμού και άλλων ενεργειακών πηγών για την παραγωγή θερμότητας. Αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας υπόψη στην συνολική αλυσίδα εφοδιασμού μόνο τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τέλος, η μέθοδος 4 έχει σχεδιαστεί για να υπολογίζει το άνω όριο των τιμών του ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια, καθώς συνδυάζει την προοπτική της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ και της αξιολόγησης του κύκλου ζωής των ορυκτών καυσίμων.

Στο Διάγραμμα 3.5 φαίνονται τα αποτελέσματα υπολογισμού του ΣΠΕ με τη χρήση των παραπάνω τεσσάρων μεθόδων [45]. Η μέθοδος υπολογισμού 4 δίνει τον υψηλότερο ΣΠΕ για την ηλεκτρική ενέργεια. Μεταξύ 2000 και 2030 μειώνεται από 2,65 σε 1,93. Οι κυριότεροι λόγοι για τον υψηλότερο ΣΠΕ σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους υπολογισμού είναι η χρήση υψηλότερων τιμών ΣΠΕ για τα καύσιμα, ιδιαίτερα δε για τα ορυκτά καύσιμα.



Διάγραμμα 3.5: Σύγκριση αποτελεσμάτων των τεσσάρων μεθόδων υπολογισμού του ΣΠΕ

Πηγή: FhG-ISI

Ο υψηλότερος ΣΠΕ των ορυκτών καυσίμων ευθύνεται επίσης για τη διαφορά των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεθόδου υπολογισμού 4 και 3. Ενώ στη μέθοδο 4 αυτός θεωρείται 1,1, στη μέθοδο 3 λαμβάνεται ίσος με 1. Η διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων μειώνεται στο τέλος της παρουσιαζόμενης χρονικής περιόδου, διότι μέχρι το 2030 τα ορυκτά καύσιμα παίζουν ολοένα και λιγότερο καθοριστικό ρόλο στο ενεργειακό σύστημα. Η μόνη διαφορά μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού 3 και 1 (πλησιέστερη στην προσέγγιση της Eurostat) είναι ο τρόπος αξιολόγησης της συμπαραγωγής. Οι υψηλότερες τιμές ΣΠΕ στη μέθοδο 3 σε σύγκριση με την 1 οφείλονται στη χρήση της φινλανδικής προσέγγισης, η οποία αποδίδει μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην ηλεκτρική ενέργεια κατά τη συμπαραγωγή σε σχέση με τη εκείνη του IEA. Η μέθοδος υπολογισμού 1 έχει ως αποτέλεσμα μείωση του ΣΠΕ για τον ηλεκτρισμό από 2,4 το 2000 σε 1,74 το 2030. Παράλληλα ο αντίστοιχος ΣΠΕ που υπολογίστηκε με τη μέθοδο 3 μειώνεται από 2,52 το 2000 σε 1,87 το 2030. Η μέθοδος υπολογισμού που παράγει τον μικρότερο ΣΠΕ για τον ηλεκτρισμό είναι η 2. Προκειμένου να δοθεί έμφαση στα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ για την προστασία και την αειφορία του πλανήτη λαμβάνονται υπόψη μόνο μη ανανεώσιμες ενέργειες και για τις ΑΠΕ εφαρμόζεται μηδενικός συντελεστής σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούν συντελεστή 1. Κατά συνέπεια η διαφορά μεταξύ της μεθόδου 2 και των υπολοίπων αυξάνεται με την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ μέχρι το τέλος της περιόδου αξιολόγησης. Το 2000 το ποσοστό των χρησιμοποιούμενων ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν μικρό με αποτέλεσμα, το ΣΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας να είναι υψηλότερο εκείνου της μεθόδου 1. Ο λόγος για αυτό είναι η διαφορά στον τρόπο αξιολόγησης της ΣΗΘ, που καθορίζει το χαμηλότερο ΣΠΕ για τα ανανεώσιμα καύσιμα. Αντιθέτως, μέχρι το 2030 η τιμή ΣΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από τη μέθοδο 2 ανέρχεται σε 1,35 και επομένως είναι κατά 0,29 μονάδες χαμηλότερη εκείνης που προκύπτει με τη μέθοδο 1 [45].

Η μελέτη έδειξε ότι υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι καθορισμού και υπολογισμού του ΣΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας που κανένας δεν είναι τέλειος. Συνεπώς, η μέθοδος υπολογισμού του ΣΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά και ανάλογα με τους στόχους της εφαρμογής που προορίζεται. Καλό είναι η χρήση μιας ενιαίας τιμής ΣΠΕ για ολόκληρη την ΕΕ.

3.4 Ενεργειακοί δείκτες

Η κλιματική αλλαγή και η υπερθέρμανση του πλανήτη, η υλοποίηση του στόχου του λεγόμενου «πακέτου 20-20-20» και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας του κτιριακού τομέα επέβαλαν την ανάγκη για δημιουργία κτιρίων με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα και κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κυρίως από ΑΠΕ. Ο όρος του κτιρίου μηδενικής ενέργειας ή μηδενικών εκπομπών δεν είναι καινούριος και έχει εμφανιστεί στη βιβλιογραφία από τη δεκαετία του 1970. Μετά το 2000 το παγκόσμιο ενδιαφέρον στράφηκε στα ZEB και στα nZEB και υλοποιήθηκαν πολλά προγράμματα για τη μελέτη και την εφαρμογή τους [46]. Βασικό στοιχείο της αναδιατύπωσης της Οδηγίας 2010/31 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, και ειδικότερα για την επίτευξη των πιο μακροπρόθεσμων στόχων, αποτελούν τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB). Η Οδηγία συμπληρώθηκε με τον Κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 244/2012 [47] και εναρμονίστηκε στην εθνική νομοθεσία με τον Ν. 4122/2013. Σκοπός είναι η μείωση 20% της κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020, και 27% έως το 2030. Σύμφωνα με το Άρθρο 9 της Οδηγίας και του Ν. 4122/13 από την 01.01.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 01.01.2019. Σύμφωνα με το Παράρτημα Ι της ίδιας Οδηγίας η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου:

- Προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση και περιλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης για να διατηρηθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας του κτιρίου και οι οικιακές ανάγκες ζεστού νερού,
- Περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής απόδοσης και αριθμητικό δείκτη για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας, βάσει των παραγόντων πρωτογενούς ενέργειας ανά φορέα ενέργειας, που ενδέχεται να βασίζονται στους εθνικούς ή περιφερειακούς ετήσιους σταθμισμένους μέσους όρους ή σε ειδική τιμή για την επιτόπια παραγωγή.

3.4.1 Δείκτης ενεργειακής απόδοσης

Η κοινοτική οδηγία 91/2002/ΕΚ “Για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων” εναρμονίστηκε στην εθνική νομοθεσία με το Ν.3661/2008 “Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’ 89). Κατ’ εξουσιοδότηση του Ν. 3661/2008 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β’ 407) [48]. Στον Κ.Εν.Α.Κ. μεταξύ άλλων καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης αυτών. Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ (Ν. 4122/2013) αλλά ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του. Την 12^η Ιουλίου 2017, δημοσιεύτηκε ο αναθεωρημένος “Κ.Εν.Α.Κ. 2017” σε αντικατάσταση του Κανονισμού εκδόσεως 2010. Η

αναθεώρηση αυτή, υποχρεωτική από τον νόμο 3661/2013, έγινε προς συμμόρφωση του εν λόγω Κανονισμού με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ.

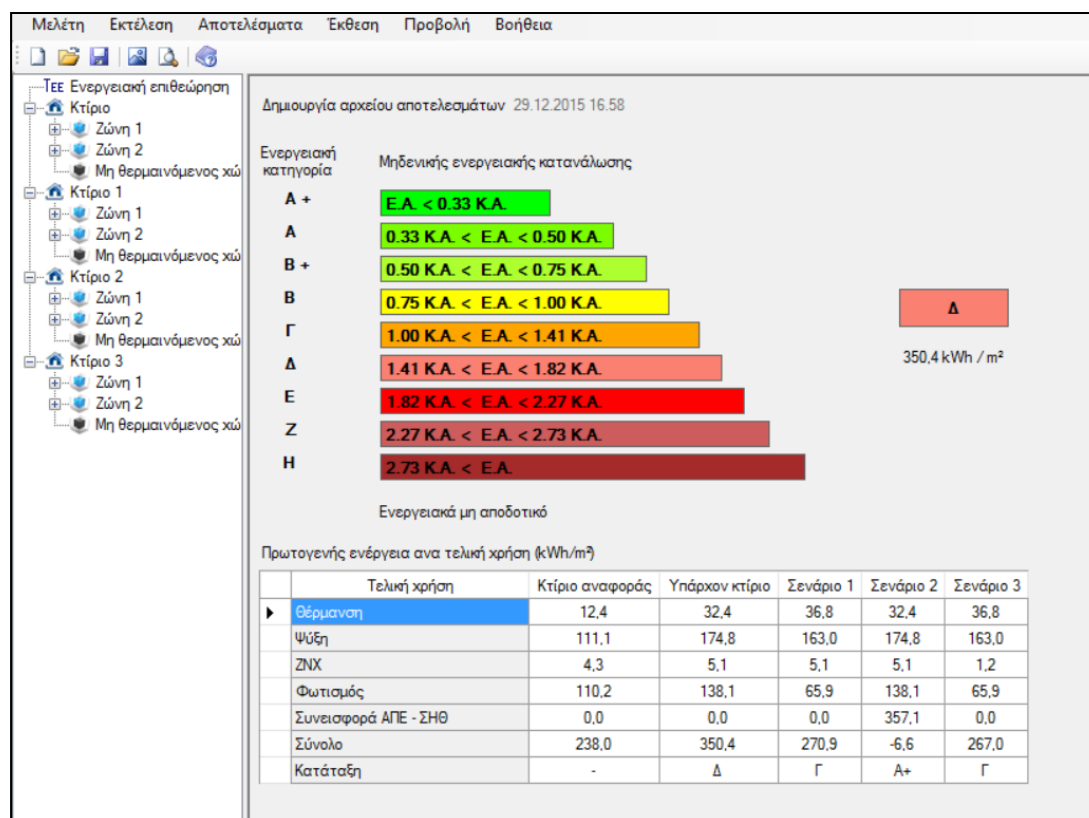
Ο καθορισμός της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης δηλαδή η ενεργειακή κατάταξη φαίνεται στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) του κτιρίου και πραγματοποιείται βάσει της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς (R_R) με τα ίδια γεωμετρικά στοιχεία, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο, το οποίο όμως έχει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν το σχεδιασμό του κτιρίου, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Για τους υπολογισμούς εφαρμόζεται μεθοδολογία σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα με τη μέθοδο ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος ενώ λαμβάνονται υπόψη τα κλιματικά δεδομένα των τεσσάρων κλιματικών ζωνών, στις οποίες διαιρείται πλέον η ελληνική επικράτεια [48].

Στον Πίνακα 3.23 που ακολουθεί δίδονται οι διάφορες κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης σε συνάρτηση με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (R_R) και τον λόγο T που είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Σημειώνεται ότι το κτίριο αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτίρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη ενεργειακή απόδοση κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία. Εννοείται ότι ένα nZEB κτίριο είναι ενεργειακής απόδοσης A και πάνω.

Πίνακας 3.23: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A +	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,5R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,5R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,0R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,0R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου με χρήση του λογισμικού TEE KENAK καθώς και η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση σε kWh/(m²a).



Εικόνα 3.1: Απόσπασμα οθόνης λογισμικού TEE KENAK για την ενεργειακή απόδοση κτιρίου

3.4.2 Αριθμητικός δείκτης για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας

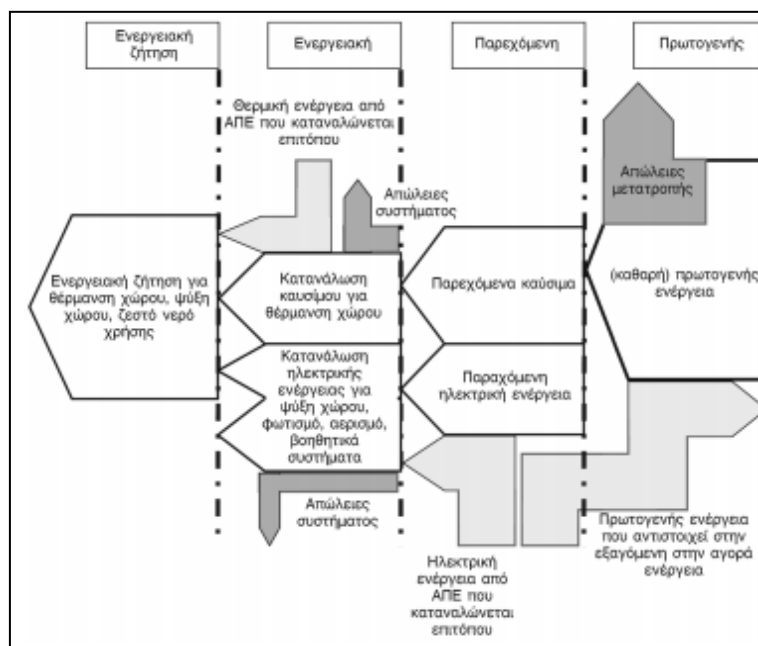
Ο στόχος της διαδικασίας υπολογισμού είναι να καθορίζεται η ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας με βάση την πρωτογενή ενέργεια, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό. Το βασικό κείμενο αναφοράς εν προκειμένω είναι το παράρτημα Ι της οδηγίας 2010/31/ΕΕ, το οποίο ισχύει πλήρως και για το μεθοδολογικό πλαίσιο βέλτιστου κόστους. Σύμφωνα με τους ορισμούς της οδηγίας 2010/31/ΕΕ, επιτρέπεται να συμπεριλαμβάνεται — χωρίς όμως να είναι υποχρεωτικό — η ηλεκτρική ενέργεια για τις οικιακές συσκευές και τα λοιπά τροφοδοτούμενα από το δίκτυο προϊόντα [27].

Σύμφωνα με το παράρτημα Ι τμήμα 3 του κανονισμού 244/2012, για τον υπολογισμό των ενεργειακών επιδόσεων υπολογίζεται πρώτα η τελική ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση και ψύξη, ακολούθως η τελική ενέργεια που απαιτείται για όλες τις άλλες χρήσεις ενέργειας και, τρίτον, η χρήση πρωτογενούς ενέργειας [17]. Από τον ίδιο κανονισμό συνιστάται κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης από την καθαρή απαιτούμενη ενέργεια έως τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας να ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογισμός της **καθαρής θερμικής ενέργειας που απαιτείται** για την κάλυψη των αναγκών του χρήστη του κτιρίου. Η απαιτούμενη ενέργεια το χειμώνα υπολογίζεται ως το άθροισμα των απωλειών ενέργειας μέσω του κελύφους και του αερισμού μείον τα εσωτερικά κέρδη (από συσκευές, συστήματα φωτισμού και χρήστες) και τα «φυσικά» κέρδη ενέργειας (από παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, παθητική ψύξη, φυσικό αερισμό, κλπ.).

2. Αφαίρεση από το βήμα (1) της **θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ** που παράγεται και χρησιμοποιείται επιτόπου (π.χ. από ηλιακούς συλλέκτες).
3. Υπολογισμός της **ενεργειακής κατανάλωσης** για κάθε τελική χρήση (θέρμανση και ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό, αερισμό) και ανά φορέα ενέργειας (ηλεκτρισμός, καύσιμα), λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά (εποχιακή απόδοση) της παραγωγής, της διανομής, των εκπομπών και των συστημάτων ελέγχου.
4. Αφαίρεση από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της **ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ** που παράγεται και χρησιμοποιείται επιτόπου (π.χ. από φωτοβολταϊκά πλαίσια).
5. Υπολογισμός της **παρεχόμενης ενέργειας** ανά φορέα ενέργειας ως το άθροισμα των ενεργειακών καταναλώσεων.
6. Υπολογισμός της **πρωτογενούς ενέργειας** που αντιστοιχεί στην παρεχόμενη ενέργεια, με την εφαρμογή των εθνικών συντελεστών μετατροπής.
7. Υπολογισμός της **πρωτογενούς ενέργειας** που αντιστοιχεί στην **ενέργεια που εξάγεται στην αγορά** (π.χ. παράγεται από ΑΠΕ ή συμπαραγωγή επιτόπου).
8. Υπολογισμός της **πρωτογενούς ενέργειας** ως η διαφορά μεταξύ των δύο ποσοτήτων που υπολογίστηκαν από τα δύο προηγούμενα βήματα: (6) - (7).

Στην Εικόνα 3.2 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση του συστήματος υπολογισμού.



Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση συστήματος υπολογισμού

Πηγή: Κανονισμός 244/2012

Για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, συνιστάται:

- Σαφής καθορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού, πάντα σε σχέση με τις εθνικές νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις,
- Σαφής καθορισμός των ορίων του συστήματος που τέθηκαν για την αξιολόγηση των ενεργειακών επιδόσεων,

- Διενέργεια των υπολογισμών για το έτος με υποδιαίρεση του σε χρονικά βήματα (π.χ. μήνας, ώρα κ.λπ.). Κατά τον υπολογισμό για κάθε χρονικό βήμα να χρησιμοποιούνται οι τιμές που εξαρτώνται από αυτό και να αθροίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις όλων των βημάτων κατά τη διάρκεια του έτους,
- Εκτίμηση κατά προσέγγιση της ενεργειακής κατανάλωσης για ζεστό νερό χρήσης σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15316-3-1:2007
- Εκτίμηση κατά προσέγγιση της ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό με τη γρήγορη μέθοδο που προτείνεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15193:2007 ή με αναλυτικότερες μεθόδους υπολογισμού,
- Υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης για αερισμό σύμφωνα με το πρότυπο EN 15241:2007,
- Υπολογισμός των αναγκών θέρμανσης και ψύξης σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 13790.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης καθώς και της παραγωγής ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής) από ΑΠΕ, είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται η εποχική απόδοση των συστημάτων.

3.4.3 Δείκτης κάλυψης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία ενώσεων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations - REHVA) για υπηρεσίες του κτιριακού τομέα εκπροσωπεί ένα δίκτυο περισσότερων από 100.000 μηχανικών από 27 χώρες. Η REHVA εκτόνησε και αναθεώρησε σε συνεργασία με τον οργανισμό ευρωπαϊκής τυποποίησης CEN, τη μόνη μέχρι σήμερα διαθέσιμη μεθοδολογία για τον υπολογισμό του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας και του δείκτη κάλυψης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Για την παρεχόμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια ισχύουν αντίστοιχα οι τύποι:

$$E_{us,el} = (E_{del,el} - E_{exp,el}) + E_{ren,el}$$

$$E_{us,T} = (E_{del,T} - E_{exp,T}) + E_{ren,T}$$

όπου: E_{us} είναι η συνολική χρησιμοποιούμενη ενέργεια kWh/a,

E_{del} είναι η παρεχόμενη στο κτίριο ενέργεια kWh/a,

E_{exp} είναι η εξαγόμενη από το κτίριο ενέργεια kWh/a,

E_{ren} είναι η παραγόμενη στο κτίριο ανανεώσιμη ενέργεια kWh/a.

Ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας συγκεντρώνει όλη την παρεχόμενη και εξαγόμενη ενέργεια (ηλεκτρική, τηλεθέρμανση / ψύξη, καύσιμα) σε μία μόνο τιμή. Πρωτογενής ενέργεια και δείκτης πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζονται από την παρεχόμενη και την εξαγόμενη ενέργεια με τους τύπους:

$$E_{P,nren} = \sum_i (E_{del,i} * f_{del,nren,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,nren,i})$$
$$EP_p = \frac{E_{P,nren}}{A_{net}}$$

όπου: EP_p είναι ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας kWh/(m² a),

$E_{P,nren}$ είναι η μη ανανεώσιμη πρωτογενής ενέργεια kWh/a,

$E_{del,i}$ είναι η παρεχόμενη στο κτίριο ή πλησίον αυτού ενέργεια kWh/a για τον ενεργειακό φορέα i ,

$f_{del,nren,i}$ είναι ο συντελεστής μη ανανεώσιμης ενέργειας για την παρεχόμενη ενέργεια του φορέα i ,

$f_{exp,nren,i}$ είναι ο συντελεστής μη ανανεώσιμης ενέργειας για την εξαγόμενη ενέργεια του φορέα i ,

A_{net} είναι η ωφέλιμη επιφάνεια δαπέδου m².

Προκειμένου να υπολογιστεί το ποσοστό των ΑΠΕ στη συνολική πρωτογενή ενέργεια, δηλαδή ο δείκτης RER_p (Renewable Energy Ratio), λαμβάνονται υπόψη όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτές ενδεχόμενα περιλαμβάνουν ηλιακή θερμική, ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια, αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που συλλέγονται από πηγές θερμότητας περιβάλλοντος με αντλίες θερμότητας και δωρεάν ψύξη, ανανεώσιμα καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτός του κτιρίου [49]. Ο δείκτης δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} * f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,tot,i})}$$

όπου: RER_p είναι η αναλογία της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας,

$E_{ren,i}$ είναι η ανανεώσιμη ενέργεια kWh/a που παράγεται στο κτίριο ή κοντά σε αυτό για τον ενεργειακό φορέα i ,

$f_{del,tot,i}$ είναι ο συντελεστής συνολικής πρωτογενούς ενέργειας για την παρεχόμενη ενέργεια του φορέα i ,

$f_{del,nren,i}$ είναι ο συντελεστής μη ανανεώσιμης ενέργειας για την παρεχόμενη ενέργεια του φορέα i ,

$f_{exp,tot,i}$ είναι ο συντελεστής συνολικής πρωτογενούς ενέργειας για την παρεχόμενη ενέργεια του φορέα i , μειωμένη κατά την εξαγόμενη ενέργεια του ίδιου φορέα,

$E_{del,i}$ είναι η παρεχόμενη στο κτίριο ή πλησίον αυτού ενέργεια kWh/a για τον ενεργειακό φορέα i ,

E_{exp} είναι η εξαγόμενη από το κτίριο ή κοντά ενέργεια kWh/a για τον ενεργειακό φορέα i .

Στη συνέχεια δίνονται αριθμητικά παραδείγματα υπολογισμού των δεικτών πρωτογενούς ενέργειας και RER_p αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας.

3.4.4. Αριθμητικά παραδείγματα

1) **Κτίριο γραφείων** που βρίσκεται στις Βρυξέλλες, με τις ακόλουθες ετήσιες ενεργειακές ανάγκες:

- 20 kWh/(m² a) για θέρμανση χώρου,
- 5 kWh/(m² a) για ζεστό νερό χρήσης,
- 35 kWh/(m² a) για ψύξη χώρου,

και τις ακόλουθες ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας:

- 7 kWh/(m² a) ηλεκτρική ενέργεια για αερισμό,
- 10 kWh/(m² a) ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό.

Συστήματα κτιρίου. Το κτίριο διαθέτει:

- Λέβητα με καυστήρα φυσικού αερίου για θέρμανση (χώρων και ζεστού νερό χρήσης), με συνολική εποχική απόδοση 80 %,
- Μηχανικό σύστημα ψύξης κατά το καλοκαίρι, με εποχική απόδοση ολόκληρου του συστήματος (παραγωγή, διανομή, εκπομπή, έλεγχος) 175 %,
- Ηλιακούς συλλέκτες που παρέχουν θερμική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης 3 kWh/(m² a),
- Φωτοβολταϊκό σύστημα που παρέχει 15 kWh/(m² a), εκ των οποίων 6 kWh/(m² a) χρησιμοποιούνται στο κτίριο και 9 kWh/(m² a) εξάγονται στο δίκτυο.

Για την παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια έστω συντελεστής μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας 0,4 (πρωτογενής ενέργεια/ παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια = 2,5).

Υπολογισμός δείκτη πρωτογενούς ενέργειας EP_p :

- Κατανάλωση καυσίμου για θέρμανση χώρου: 25 kWh/(m² a): 20/0,80
- Κατανάλωση καυσίμου για ζεστό νερό χρήσης: 2,5 kWh/(m² a): (5 - 3)/0,80
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη χώρου: 20 kWh/(m² a): 35/1,75
- Παρεχόμενα καύσιμα: 27,5 kWh/(m² a): 25 + 2,5
- Παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια: 31 kWh/(m² a): 7 + 10 + 20 - 6
- Πρωτογενής ενέργεια: 105 kWh/(m² a): 27,5 + (31/0,4) ή 27,5 + 31*2,5
- Πρωτογενής ενέργεια που εξάγεται στην αγορά: 22,5 kWh/(m² a): 9/0,4 ή 9*2,5
- Καθαρή πρωτογενής ενέργεια: 82,5 kWh/(m² a): 105 - 22,5=82,5
- $EP_p = 82,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$.

Ο παραπάνω υπολογισμός του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας έγινε σύμφωνα με τα βήματα που συνιστώνται από τον κανονισμό 244/2012. Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA [49].

Για τους παραπάνω υπολογισμούς έχει δημιουργηθεί φύλλο Excel απόσπασμα του οποίου δίνεται στην Εικόνα 3.3 που ακολουθεί.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες	Ενέργεια παραγόμενη επί τόπου	Ενέργεια εξαγόμενη στο δίκτυο	Βαθμός απόδοσης	Χρησιμοποιούμενη ενέργεια	Τύπος ενεργειακού φορέα	Παρεχόμενη ενέργεια	Συντελεστής μετατροπής	Χρησιμοποιούμενη πρωτογενής ενέργεια	Εξαγόμενη στην αγορά πρωτογενής ενέργεια	Καθαρή πρωτογενής ενέργεια
3	Θέρμανση χώρου	20	0	0	80%	25	Φυσικό αέριο	Καύσιμο				
4	Ζεστό νερό χρήσης	5	3	0	80%	2,5	Φυσικό αέριο	27,5	1	27,5		
5	Ψύξη χώρου	35			175%	20	Ηλεκτρισμός					
6	Αερισμός	7	15,00	9,00	100%	7	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός				
7	Φωτισμός	10			100%	10	Ηλεκτρισμός	31,00	0,4	77,5	22,5	
8										105		82,5

Εικόνα 3.3: Φύλλο Excel για τον υπολογισμό του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας

Υπολογισμός δείκτη RE_{Rp} δηλ. αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

$$RE_{Rp} = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} * f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,tot,i})}$$

$$= \frac{15}{15 + 27,5 * 1 + 31 * 2,5 - 9 * 2,5} = 0,154 \text{ ή } 15,4\%$$

2) Μονοκατοικία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, με τις ακόλουθες ετήσιες ενεργειακές ανάγκες:

- 48 kWh/(m² a) για θέρμανση χώρου και ZNX
- 10,7 kWh/(m² a) για ψύξη χώρου
- 7 kWh/(m² a) ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό
- 16 kWh/(m² a) ηλεκτρική ενέργεια για συσκευές

και τις ακόλουθες ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας:

- 5 kWh/(m² a) ηλεκτρική ενέργεια για ανεμιστήρες

Συστήματα κτιρίου. Το κτίριο διαθέτει:

- Σύστημα θέρμανσης (χώρων και ζεστού νερό χρήσης) μέσω αντλίας θερμότητας, με συνολική εποχική απόδοση 320 %.
- Σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται το καλοκαίρι, με εποχική απόδοση ολόκληρου του συστήματος (παραγωγή, διανομή, εκπομπή, έλεγχος) 600 %.
- Ηλιακούς συλλέκτες που παρέχουν θερμική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης 14 kWh/(m² a) που χρησιμοποιείται στο κτίριο.

Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών οι απώλειες εκπομπής και διανομής θεωρούνται αμελητέες στο παράδειγμα.

Για την παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια έστω συντελεστής μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας 0,4 (πρωτογενής ενέργεια/παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια = 2,5).

Υπολογισμός δείκτη πρωτογενούς ενέργειας EP_p:

- Κατανάλωση ηλεκτρισμού για θέρμανση χώρου και ΖΝΧ: $(48-14)/3,2 = 34/3,2 = 10,6$ kWh/(m² a),
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη χώρου: $10,7/6=1,78$ kWh/(m² a)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό χώρου: $7/1=7$ kWh/(m² a)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για συσκευές: 16 kWh/(m² a)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ανεμιστήρες: 5 kWh/(m² a)
- Συνολικά παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια: $10,6+1,78+7+16+5=40,4$ kWh/(m² a)
- Καθαρή πρωτογενής ενέργεια: $40,4/0,4=101$ kWh/(m²a) ή $40,4*2,5=101$ kWh/(m² a)
- EP_p=101 kWh/(m² a)

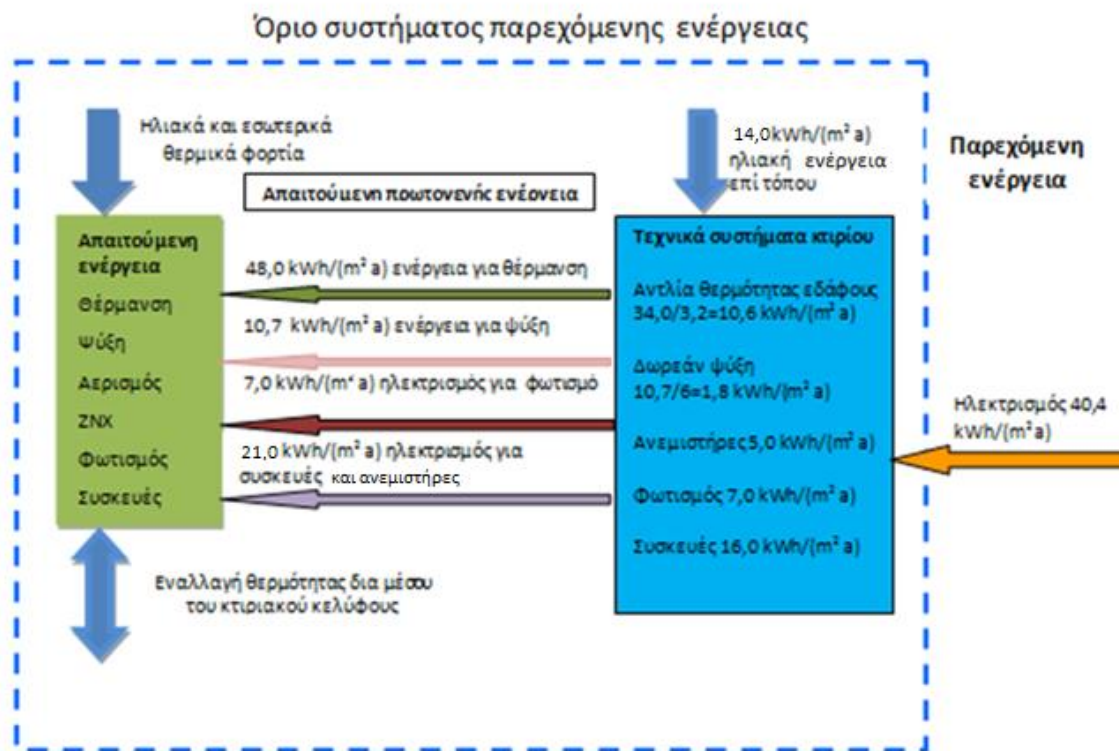
Ο παραπάνω υπολογισμός του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας έγινε σύμφωνα με τα βήματα που συνιστώνται από τον κανονισμό 244/2012. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

Για τους παραπάνω υπολογισμούς έχει δημιουργηθεί φύλλο Excel, απόσπασμα του οποίου δίνεται στην Εικόνα 3.4 που ακολουθεί.

Το όριο του συστήματος παρεχομένης ενέργειας δίνεται στην Εικόνα 3.5.

40	Μονοκατοικία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες kWh/(m ² a)	Ενέργεια παραγόμενη επί τόπου kWh/(m ² a)	Ενέργεια εξαγόμενη στο δίκτυο kWh/(m ² a)	Βαθμός απόδοσης	Χρησιμοποιούμενη ενέργεια kWh/(m ² a)	Τύπος ενεργειακού φορέα	Παρεχόμενη ενέργεια kWh/(m ² a)	Συντελεστής μετατροπής	Χρησιμοποιούμενη πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	Εξαγόμενη στην αγορά πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	Καθαρή πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)
41	Θέρμανση χώρου και ΖΝΧ	48	14	0	320%	10,6	Ηλεκτρισμός					
42	Ψύξη χώρου	10,7			600%	1,8	Ηλεκτρισμός					
43	Άερισμός		0,00	0,00	100%	0,0	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός				
44	Φωτισμός	7			100%	7,0	Ηλεκτρισμός	40,41	0,4	101,0	0	
45	Ανεμιστήρες					5,0						
46	Συσκευές	16				16						
47						40,41				101,0		101,0

Εικόνα 3.4: Φύλλο Excel για τον υπολογισμό του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας



Εικόνα 3.5: Όριο συστήματος παρεχόμενης ενέργειας

Υπολογισμός δείκτη RER_p δηλ. αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} * f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,tot,i})} = \frac{0}{0 + 40,41 * 2,5 - 0} = 0$$

3) Κτίριο γραφείων που βρίσκεται στο Παρίσι έχει τις παρακάτω ενεργειακές ανάγκες (απώλειες αμελητέες):

- 3,8 kWh/(m² a) για θέρμανση χώρου και ZNX,
- 11,9 kWh/(m² a) για ψύξη,
- 21,5 kWh/(m² a) ηλεκτρισμός για συσκευές,
- 10,0 kWh/(m² a) ηλεκτρισμός για φωτισμό.

Συστήματα κτιρίου. Το κτίριο διαθέτει:

- Λέβητα αερίου με εποχιακή απόδοση 90%,
- Σύστημα μηχανικής ψύξης που καλύπτει τα 2/3 της ανάγκης με απόδοση 3.5,
- Σύστημα ψύξης free cooling από γεωθερμική πηγή (το 1/3 της ανάγκης) με δείκτη εποχικής απόδοσης 10,
- Σύστημα εξαερισμού που έχει ισχύ 1,2 kW/(m³/s),

- Κυκλοφορητή στο σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί 5,6 kWh/(m²a) ηλεκτρισμό.
- Σύστημα φωτοβολταϊκών που παράγει 15,0 kWh/(m² a), από τα οποία τα 6,0 χρησιμοποιούνται επιτόπου στο κτίριο και τα 9,0 εξάγονται στο δίκτυο.

Υπολογισμός δείκτη πρωτογενούς ενέργειας EP_p:

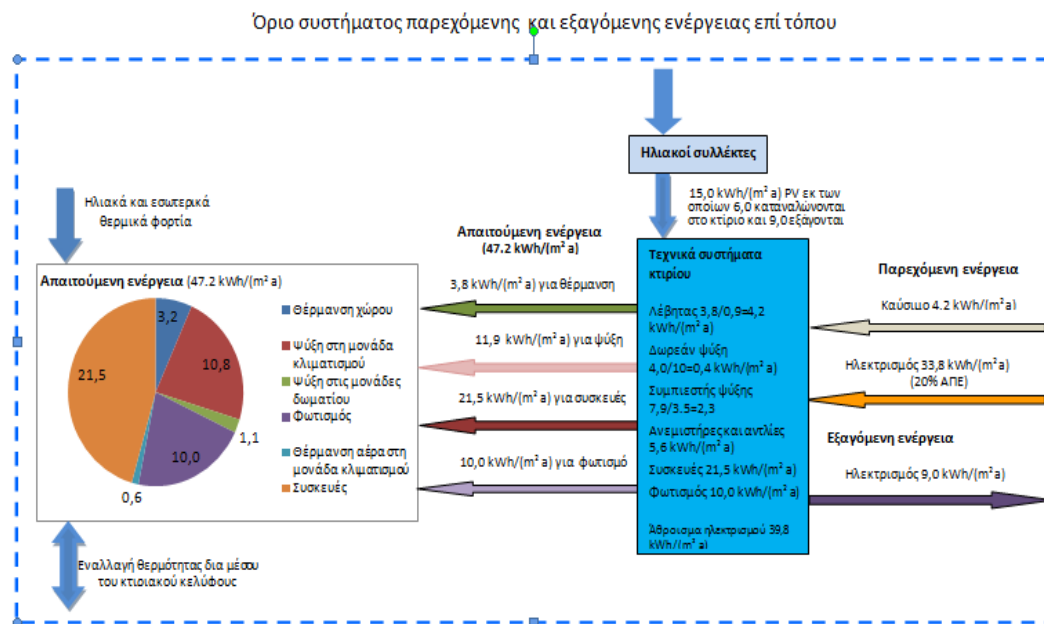
- Κατανάλωση καυσίμου για θέρμανση χώρου: $3,8/0,90 = 4,2$ kWh/(m² a)
- Κατανάλωση καυσίμου για δωρεάν ψύξη: $4/10 = 0,4$ kWh/(m² a)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη χώρου: $7,9/3,5 = 2,3$ kWh/(m² a)
- Ανεμιστήρες και αντλίες : 5,6 kWh/(m² a)
- Συσκευές : 21,5 kWh/(m² a)
- Φωτισμός: 10 kWh/(m² a)
- Κατανάλωση καυσίμου - Παρεχόμενα καύσιμα : 4,2 kWh/(m² a)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $0,4 + 2,3 + 5,6 + 21,5 + 10 = 39,8$ kWh/(m² a)
- Παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια: $39,8 - 6 = 33,8$ kWh/(m² a)
- Πρωτογενής ενέργεια: $(39,8 - 15) * 2,5 + 4,2 * 1 = 66,1$ kWh/(m² a)
- EP_p = 66,1 kWh/(m² a)

Ο παραπάνω υπολογισμός του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας έγινε σύμφωνα με τα βήματα που συνιστώνται από τον κανονισμό 244/2012. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

Για τους παραπάνω υπολογισμούς έχει δημιουργηθεί φύλλο Excel, απόσπασμα του οποίου δίνεται στην Εικόνα 3.6 που ακολουθεί. Το όριο του συστήματος παρεχομένης ενέργειας δίνεται στην Εικόνα 3.7.

Κτίριο γραφείων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας	Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες kWh/(m ² a)	Ενέργεια παραγόμενη επί τόπου kWh/(m ² a)	Ενέργεια εξαγόμενη στο δίκτυο kWh/(m ² a)	Βαθμός απόδοσης	Χρησιμοποιούμενη ενέργεια kWh/(m ² a)	Τύπος ενεργειακού φορέα	Σύνολο ενέργειας ανά ενεργειακό φορέα	Παρεχόμενη ενέργεια kWh/(m ² a)	Εξαγόμενη στην αγορά πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	Συντελεστής μετατροπής	Καθαρή πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)
55 Θέρμανση χώρου και ΖΝΧ	3.8	0	0	90%	4.2	Καύσιμο	Καύσιμο				
57 Ψύξη χώρου	11.9						4.22				1
58 Αερισμός	5.6	15.00	9.00	100%	5.6	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός			4.2
59 Φωτισμός	10			100%	10.0	Ηλεκτρισμός		33.8	22.50	2.5	61.9
60 Συμπεστές ψύξης	7.9			350%	2.26	Ηλεκτρισμός					
61 Δωρεάν ψύξη	4			1000%	0.4	Ηλεκτρισμός					
62 Συσκευές	21.5				21.5	Ηλεκτρισμός	39.76				
63											66.1

Εικόνα 3.6: Φύλλο Excel για τον υπολογισμό του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας



Εικόνα 3.7: Όριο συστήματος παρεχόμενης και εξαγόμενης ενέργειας επί τόπου

Υπολογισμός δείκτη RER_p δηλ. αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} * f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,tot,i})}$$

$$= \frac{15}{15 + 33,8 * 2,5 + 4,2 * 1 - 9 * 2,5} = \frac{15}{81,2} = 0,185 \text{ ή } 18,5\%$$

4) Επανάληψη του τρίτου παραδείγματος θεωρώντας ότι το 20% της παρεχόμενης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας για τον ηλεκτρισμό:

Για τις ανανεώσιμες πηγές ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας είναι 0 για τις μη ανανεώσιμες, 1 για τις ανανεώσιμες και ο ολικός συντελεστής 1. Άρα ο συντελεστής για την μη ανανεώσιμη πρωτογενή ενέργεια είναι $0,2 * 0 + 0,8 * 2,5 = 2$ [49] και ο ολικός συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας είναι $1 * 0,2 + 0,8 * 2,5 = 2,2$ [49]. Στην Εικόνα 3.8 που ακολουθεί φαίνονται οι συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας για ανανεώσιμες και μη πηγές καθώς και οι ολικοί συντελεστές.

Ο δείκτης πρωτογενούς ενέργειας EP_p είναι ίσος με :

$$EP_p = \frac{E_{p,nren}}{A} = \sum_i (E_{del,i} * f_{del,nren,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,nren,i})$$

$$= \sum_{el} (0,4 + 2,3 + 5,6 + 10 + 21,5) * 2,0 + \sum_T 1 * 4,2$$

$$- \sum_{elexp} 9 * 2,0 = 53,8 \text{ kWh/(m}^2 \text{ a)}$$

Υπολογισμός δείκτη RER_p δηλ. αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA.

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i ((f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i})}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} * f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} * f_{exp,tot,i})}$$

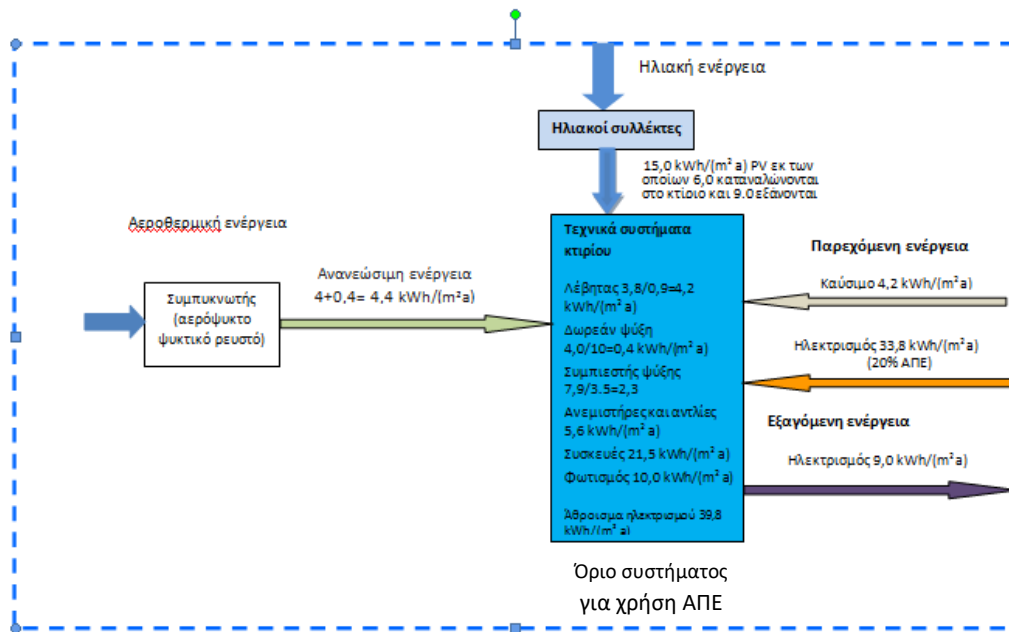
$$= \frac{15 + 4,4 + (2,2 - 2,0) * 33,8}{15 + 4,4 + 33,8 * 2,2 + 4,2 * 1 - 9 * 2,2} = \frac{26,2}{78,2} = 0,3345 \text{ ή } 33,45\%$$

Για τους παραπάνω υπολογισμούς έχει δημιουργηθεί φύλλο Excel απόσπασμα του οποίου δίνεται στον Πίνακα 3.24 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.24: Υπολογισμός των δεικτών πρωτογενούς ενέργειας και αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας

Παρεχόμενη και εξαγόμενη ενέργεια	Ποσότητα kWh/(m ² a)	Συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας ΣΠΕ			EPP	RER _p =A/B	
		nren	ren	tot		A,ren	B,tot
Ηλεκτρική ενέργεια PV, επί τόπου	15	0	1	1	0.0	15.0	15.0
Ενέργεια για θέρμανση αέρα, ψύξη	4.4	0	1	1	0.0	4.4	4.4
Παρεχόμενο καύσιμο επί τόπου	4.2	1	0	1	4.2	0.0	4.2
Παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο επί τόπου	33.8	2	0.2	2.2	67.5	6.8	74.3
Εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια επί τόπου	-9	2	0.2	2.2	-	-	-
						26.1	78.1
					53.7	33.45%	RER _p

Στην Εικόνα 3.8 φαίνεται ο συμπυκνωτής του συστήματος που παρέχει ανανεώσιμη ενέργεια 4,4 kWh/(m² a).



Εικόνα 3.8: Συμπυκνωτής συστήματος

Κεφάλαιο 4: Κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

4.1 Παράμετροι σχεδιασμού

Η χωροθέτηση, η μορφολογία, το μέγεθος, ο προσανατολισμός, η αναλογία συμπαγών στοιχείων και ανοιγμάτων, η διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων, η προστασία του κελύφους, η εγκατάσταση συστημάτων για αποτελεσματική χρήση-διαχείριση ενέργειας και ο τρόπος χρήσης ενός κτιρίου επηρεάζουν τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση και έτσι η προσπάθεια για δημιουργία nZEB κτιρίων πρέπει να ξεκινά από την φάση σχεδιασμού. Οι διάφορες παράμετροι πρέπει να ορίζονται με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης πράγμα που είναι εφικτό κυρίως στα νέα κτίρια. Επισημαίνεται ότι η κατασκευή νέων κτιρίων με μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας δεν θα λύσει το πρόβλημα στον κτιριακό τομέα, καθώς τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται είναι πολύ λίγα και ο ρυθμός απόσυρσης των παλαιών αρκετά μικρός. Με αυτά τα δεδομένα θα χρειαζόνταν πολλά χρόνια για την ανανέωση του υπάρχοντος κτιριακού δυναμικού. Τα βάρος λοιπόν μετατοπίζεται στα υφιστάμενα κτίρια που ανακαινίζονται εκεί όμως οι δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας μέσω σχεδιασμού είναι συνήθως περιορισμένες.

4.1.1 Κλίμα και μικροκλίμα

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που θα κατασκευαστεί. Πρέπει αυτές να χρησιμοποιούνται κατά τρόπο ώστε να ευνοείται ο δροσισμός το καλοκαίρι, η ζεστασιά το χειμώνα και ο φυσικός φωτισμός. Οι κυριότεροι παράγοντες του κλίματος είναι:

- Η ηλιακή ακτινοβολία, με παραμέτρους την ηλιοφάνεια και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας,
- Η θερμοκρασία του αέρα,
- Η θερμοκρασία εδάφους (επιφανειακή και βάθους),
- Η θερμοκρασία των υδάτων,
- Ο αέρας, με παραμέτρους την ένταση και τη διεύθυνση,
- Η ατμοσφαιρική πίεση,
- Η υγρασία, με παραμέτρους τη σχετική υγρασία του αέρα και τη βροχόπτωση,
- Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα: βροχή, χιόνι, χαλάζι.

Η μορφολογία του εδάφους και το ανάγλυφο μιας περιοχής έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν, εξασθενούν ή επιτείνουν τη διακύμανση των πολυάριθμων κλιματικών παραγόντων. Ειδικότερα:

- Όσο αυξάνεται το υψόμετρο, τα φαινόμενα γίνονται εντονότερα και οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας συχνά είναι πιο απότομες.
- Εάν το ανάγλυφο της περιοχής είναι επίπεδο, παρόμοιες συνθήκες θα επικρατήσουν σε όλη την υπό εξέταση περιοχή.
- Όταν μια επικλινή επιφάνεια αντικρίζει τον νότο ευνοείται ο ηλιασμός της, ενώ όταν αντικρίζει τον βορρά ευνοείται η σκίαση
- Οι επικλινείς επιφάνειες και οι υφέσεις στο ανάγλυφο οδηγούν σε διαφορετικά επίπεδα της θερμοκρασίας του αέρα με αποτέλεσμα την κίνηση του αέρα σε διάφορα σημεία της περιοχής.

- Ο ψυχρός αέρας τείνει να συγκεντρώνεται στις υφέσεις του ανάγλυφου, συνεπώς η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη σε τέτοιες περιοχές.
- Η ταχύτητα του αέρα αυξάνει στην προσηνεμη πλαγιά του επικλινούς ανάγλυφου και είναι μέγιστη στη στέψη και ελάχιστη στην υπήνεμη πλευρά αυτού.
- Η συγκέντρωση νερού σε μια ύφεση του ανάγλυφου ενδεχομένως να οδηγήσει στη δημιουργία μιας υδάτινης μάζας, η οποία μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα υγρασίας ή/και να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα [50].

Το κλίμα αποτελεί καθοριστική παράμετρο της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου αλλά οι κλιματικές συνθήκες χαρακτηρίζουν μια ευρύτερη περιοχή μεγάλης έκτασης (π.χ. πόλη, νομό κ.τ.λ.) και συχνά διαφοροποιούνται σημαντικά από τις κλιματικές συνθήκες που αντιμετωπίζει ένα συγκεκριμένο κτίριο. Με τον όρο μικρόκλιμα, χαρακτηρίζονται οι ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που εμφανίζονται στη θέση του κτιρίου μελέτης. Σε επίπεδο μικροκλίματος μια σειρά παραμέτρων μεταβάλλουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Η πυκνότητα και το ύψος της δόμησης, τα οποία επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία (κατά κανόνα μείωση της άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας και συχνά αύξηση της ανακλώμενης), όσο και τη ροή του ανέμου (ελάττωση ή τοπική ενίσχυση).
- Τα επιφανειακά υλικά (δάπεδα, όψεις κ.τ.λ.), τα οποία δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία και ανάλογα με τη σύστασή τους την αποθηκεύουν ως θερμότητα ή την ανακλούν. Οι φυσικές επιφάνειες και ιδιαίτερα οι επιφάνειες βλάστησης στην περιοχή, έχουν την ιδιότητα να δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία χωρίς αξιόλογη αύξηση της θερμοκρασίας τους λόγω μιας σειράς βιολογικών διεργασιών, με κυριότερη την εξατμισοδιαπνοή. Η βλάστηση και οι φυσικές επιφάνειες (χώμα, νερό) αποτελούν ρυθμιστές των κλιματικών συνθηκών.
- Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως, κυρίως, η κυκλοφορία οχημάτων και η λειτουργία πλήθους κλιματιστικών συσκευών.

4.1.2 Μορφή κτιρίου

Κατά το σχεδιασμό ενός nZEB είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η γεωμετρία του κτιρίου. Οι σχεδιαστές πρέπει να γνωρίζουν το γεγονός ότι τυχόν ακανόνιστα σχήματα μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες αυξήσεις της ενεργειακής ζήτησης. Φεγγίτες, παράθυρα οροφής, υδατοφράκτες, μεγάλες στενές επεκτάσεις στο κύριο σώμα, χωριστά επίπεδα, είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης. Το σχήμα και το μέγεθος του κτιρίου μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στις ενεργειακές του ανάγκες. Όσο πιο συμπαγές είναι ένα κτίριο τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες θερμότητας του κτιριακού φακέλου και άρα οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ανεξάρτητα του συντελεστή θερμοπερατότηταςU. Το πόσο συμπαγές είναι ένα κτίριο μετριέται με τους λόγους:

- $\frac{SA}{V}$ όπου SA η επιφάνεια και Vo όγκος του κτιρίου και
- $\frac{SA}{TFA}$ όπου SA η επιφάνεια και TFA η επεξεργασμένη επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου

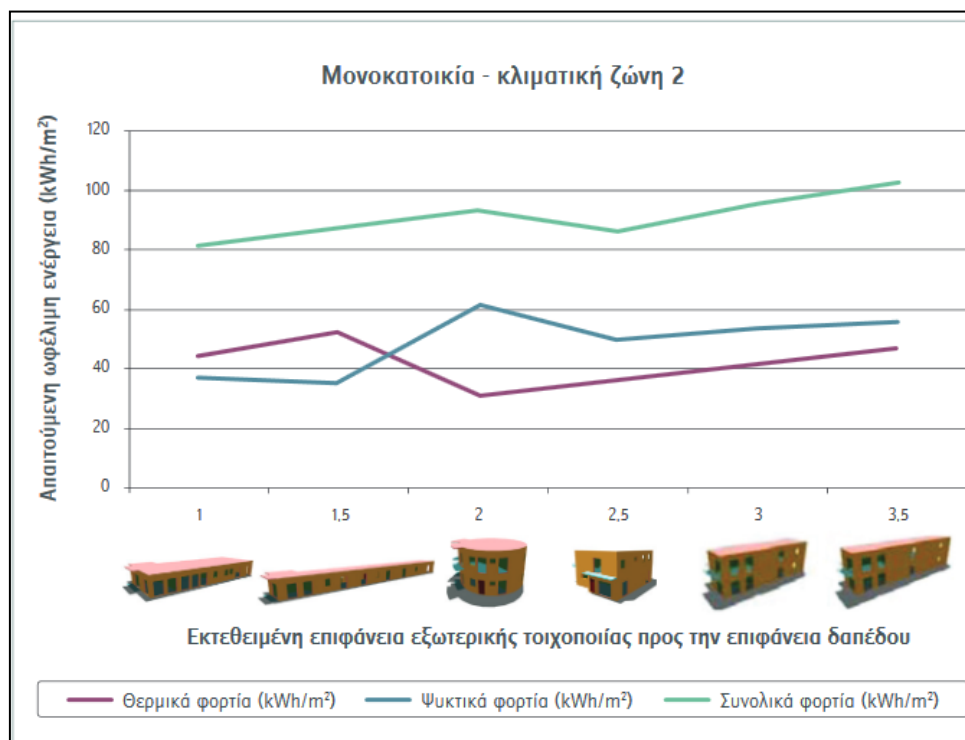
Αναλογία $SA/V=0,7 \text{ m}^{-1}$ ή αναλογία $SA/TFA=3$ θεωρείται ότι είναι το ανώτατο όριο πέρα από το οποίο οι μικρές κατοικίες μπορεί να γίνουν αντικοινωνικές στην Κεντρική Ευρώπη

[51]. Κατά γενικό κανόνα, η ζήτηση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m^2), μειώνεται όταν αυξάνεται ο όγκος σε σχέση με την επιφάνεια.

Στην Κύπρο χρησιμοποιείται ο βαθμός έκθεσης του κελύφους, που είναι ο λόγος του εμβαδού της συνολικής εκτεθειμένης επιφάνειας προς το εμβαδόν του δαπέδου. Όταν ο βαθμός έκθεσης του κελύφους διατηρείται χαμηλός υπάρχει μείωση των θερμικών απωλειών και των θερμικών κερδών [50]. Όντας ωφέλιμη η κατασκευή κτιρίων με μειωμένη έκθεση του κελύφους, συνιστάται:

- Σε διώροφες μονοκατοικίες η εκτεθειμένη επιφάνεια τοίχων προς την επιφάνεια δαπέδου να κυμαίνεται από 2,5 έως 3.
- Σε ισόγειες μονοκατοικίες η εκτεθειμένη επιφάνεια τοίχων προς την επιφάνεια δαπέδου να μην υπερβαίνει το 1.

Στο Διάγραμμα 4.1 που ακολουθεί φαίνεται ο βαθμός έκθεσης του κελύφους σε σχέση με τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για διώροφη μονοκατοικία στην κλιματική ζώνη 2 της Κύπρου [50].



Διάγραμμα 4.1: Βαθμός έκθεσης του κελύφους σε σχέση με τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για διώροφη μονοκατοικία στην κλιματική ζώνη 2 της Κύπρου.

Πηγή: Τεχνικός Οδηγός για nZEB κτίρια

4.1.3 Θέση κτιρίου και προσανατολισμός ανοιγμάτων

Η τελική κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου επηρεάζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό του. Όταν είναι δυνατόν, ένα κτίριο κατοικιών αναγείρεται σε μια νότια πλαγιά πράγμα που επιτρέπει την ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών κερδών και συστημάτων ηλιακής ενέργειας. Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό οι

αποστάσεις από τα άλλα κτίρια ώστε να μην σκιάζει το ένα το άλλο. Το ίδιο ισχύει και για το έδαφος, τα δέντρα και άλλα αντικείμενα.

Προσανατολισμός ανοιγμάτων από ΝΑ ως ΝΔ επιτρέπει αποτελεσματικό ηλιασμό τον χειμώνα. Συνιστάται συνολική επιφάνεια υαλοπινάκων 5-12% της συνολικής επιφάνειας των όψεων του κτιρίου [51]. Σε κάθε περίπτωση το μέγεθος των ανοιγμάτων πρέπει να αποφασίζεται με τρόπο ώστε αθροιστικά τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης να έχουν τη μικρότερη δυνατή τιμή [50].

Μια πιο πρακτική προσέγγιση είναι το μέγεθος ανοιγμάτων να καθορίζεται ανάλογα με τον προσανατολισμό [50]. Για κατοικίες συνιστάται:

- Στον νότο τοποθετούνται μεγάλα μεγέθους ανοίγματα για τον ηλιασμό των εσωτερικών χώρων το χειμώνα, τα οποία όμως πρέπει να διαθέτουν κατάλληλη σκίαση (εξώστες, βελτιστοποιημένες προεξοχές της στέγης και εξωτερική ηλιακή σκίαση) για να εμποδίζεται το καλοκαίρι η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία στους χώρους,
- Στην ανατολή και δύση τοποθετούνται μέτριου μεγέθους ανοίγματα γιατί ο ηλιασμός των εσωτερικών χώρων σε αυτές τις διευθύνσεις είναι ολιγόωρος. Επειδή συνδράμουν σημαντικά στα φορτία ψύξης, τα ανοίγματα στα ανατολικά και κυρίως αυτά στη δύση πρέπει να σκιάζονται κατάλληλα,
- Στον βορρά τοποθετούνται σχετικά μικρά ανοίγματα αφού, παρόλο που η ένταση του φωτός είναι σταθερή, δεν υπάρχουν ηλιακά κέρδη για τους εσωτερικούς χώρους και τα βορινά ανοίγματα ευθύνονται επί το πλείστον για τις απώλειες θερμότητας,
- Νοτιοανατολικά και νοτιοδυτικά, τα ανοίγματα μπορούν να είναι μέτριου έως μεγάλου μεγέθους ανάλογα με τις ώρες χρήσης του εσωτερικού χώρου.

Επιπλέον, ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων σε σχέση με το προφίλ του ανέμου, μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει τον φυσικό αερισμό. Μια στρατηγική χωροθέτηση των ανοιγμάτων μπορεί να κατευθύνει τον αέρα εκεί που χρειάζεται. Εάν το άνοιγμα βρίσκεται εντός 45 μοιρών από την κάθετο προς την κατεύθυνση της ροής του αέρα, και η είσοδος με την έξοδο δεν βρίσκονται στην ίδια ευθεία γραμμή, τότε η ροή του αέρα μεγιστοποιείται.

4.1.4 Διαρρύθμιση χώρων

Η ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται όταν η άνεση των χρηστών του χώρου διατηρείται με την ελάχιστη δυνατή εξάρτηση από τεχνικά συστήματα και οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα είτε να προσαρμοστούν ή να ρυθμίσουν οι ίδιοι τις συνθήκες του εσωτερικού χώρου.

Η νότια πλευρά του κτιρίου καθώς απολαμβάνει τα θερμικά κέρδη από τον ήλιο, το χειμώνα είναι πιο ευχάριστη και φωτεινή, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα ένταξης παθητικών ηλιακών συστημάτων. Στην πλευρά αυτή συνιστάται η τοποθέτηση χώρων κύριας και πολύωρης χρήσης, με την προϋπόθεση ότι θα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ηλιακής προστασίας για αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. Οι χώροι αυτοί σε μια κατοικία είναι κατά κανόνα το σαλόνι, ενώ σε ένα ξενοδοχείο ο χώρος υποδοχής των επισκεπτών του.

Επειδή η βορινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα δέχεται πολύ λίγο ήλιο είναι η πιο ψυχρή και λιγότερο φωτεινή, και εκεί συνιστάται η τοποθέτηση χώρων ολιγόωρης χρήσης ή χώρων που δεν κλιματίζονται και δεν θερμαίνονται, όπως κλιμακοστάσια, αποθηκευτικοί χώροι και χώροι στάθμευσης. Η τοποθέτηση τέτοιων χώρων στην βορινή πλευρά του κτιρίου δημιουργεί μια ζώνη ανάσχεσης των θερμικών απωλειών από τους κύριους χώρους διαβίωσης και τους χώρους εντατικής χρήσης, ενώ ταυτόχρονα τους προστατεύει από τους ψυχρούς ανέμους του χειμώνα [50].

4.2 Δομικά στοιχεία

Η επιλογή των κατάλληλων δομικών στοιχείων που αποτελούν μέρος του κελύφους του κτιρίου αποτελούν κρίσιμο παράγοντα σε ένα nZEB. Οι μέγιστοι μέσοι συντελεστές θερμοπερατότητας για τα nZEB πρέπει να καθορισθούν στα κράτη-μέλη αλλά η απόφαση κατά πόσο η θερμομόνωση θα είναι στα ελάχιστα αποδεκτά όρια ή σε πολύ καλύτερα από αυτά θα πρέπει να βασίζεται στη βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους-οφέλους [50]. Επίσης στην ενεργειακή απόδοση ενός nZEB επιδρούν και άλλοι παράγοντες όπως οι θερμογέφυρες, η θερμοχωρητικότητα και η αεροστεγανότητα.

4.2.1 Θερμική μόνωση

Η μόνωση στα κτίρια nZEB είναι ζωτικής σημασίας διότι επηρεάζει τις θερμικές απώλειες. Οι συνολικές θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται κυρίως από τον συντελεστή θερμοπερατότητας. Η θερμοπερατότητα αποτελεί συνάρτηση της θερμικής αγωγιμότητας και του πάχους των υλικών που συνθέτουν ένα δομικό στοιχείο. Μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας σημαίνει αύξηση του πάχους της χρησιμοποιούμενης μόνωσης. Ο Κ.Εν.Α.Κ έκδοση 2017 έχει μέγιστο πάχος θερμομόνωσης γενικώς κάτω των 10 cm εκτός για τις οροφές και τα δάπεδα σε πιλοτές όπου το πάχος φθάνει έως και τα 12 cm. Οι τιμές αυτές αφορούν τυπικές κατασκευές και είναι ευνόητο ότι για τα nZEB το πάχος της μόνωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο. Η μέση τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας όπως προκύπτει από συγκριτική μελέτη της ΕΕ σε κτίρια nZEB στις χώρες Αυστρία, Κροατία, Ισπανία, Δανία, Φινλανδία και Γερμανία προκύπτει [52]:

- Εξωτερικός τοίχος 0,20 W/m².K,
- Οροφή 0,12 W/m².K ,
- Οροφή κελαριού/Πλάκες εδάφους 0,33 W/m².K,
- Παράθυρα συνήθως με τριπλούς υαλοπίνακες 1,0 W/m².K.

Στην Κύπρο η μέση τιμή του U τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής που συνιστούν μέρος του κελύφους ενός nZEB έχει οριστεί σε 0,4 W/m².K [53]. Οι υψηλότερες τιμές U είναι εν μέρει αποδεκτές στις θερμότερες κλιματολογικές συνθήκες, αλλά δείχνουν επίσης ότι ορισμένες από τις τεχνικές εξελίξεις για ενεργειακά αποδοτικά κτίρια δεν είναι ακόμη διαθέσιμες ή δεν χρησιμοποιούνται σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ [52].

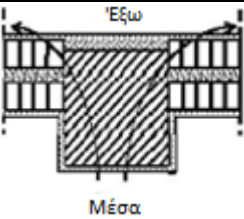
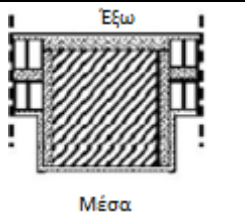

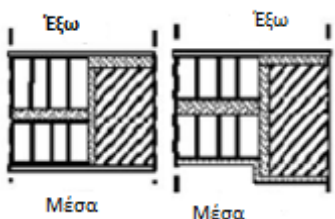
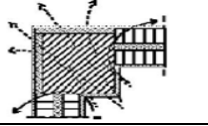
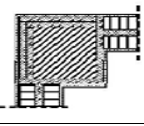


Όσον αφορά τα υλικά μόνωσης, τα πιο συνηθισμένα περιλαμβάνουν ορυκτοβάμβακα, πετροβάμβακα, υαλοβάμβακα και σελολύζη. Πολυστυρένιο και πολυουρεθάνη χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά σε κτίρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως ως μόνωση εδάφους και περιστασιακά ως μόνωση στέγης. Πάνελ μόνωσης κενού αποτελούν επίσης μια πιθανή λύση. Αυτά τα πάνελ έχουν ένα πολύ μικρό U επιτρέποντας έτσι το

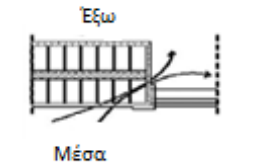
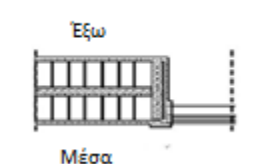
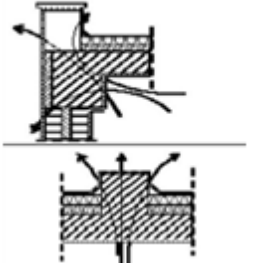
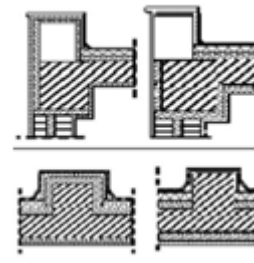
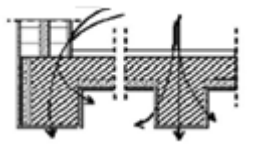
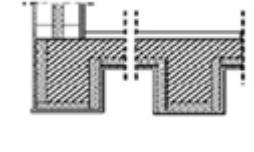
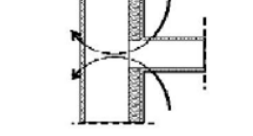
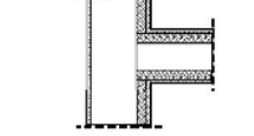
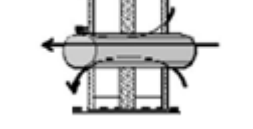
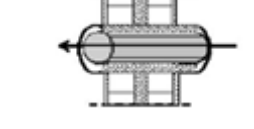
σχεδιασμό λεπτότερων τοίχων. Ένα πάνελ μόνωσης κενού πάχους 2-3 cm είναι ισοδύναμο με 10-15 cm από ορυκτοβάμβακα. Ένα άλλο υλικό με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα και υψηλό κόστος είναι η ρολίγ-socyanurate που είναι μόνωση κλειστού κυττάρου, άκαμπτου αφρού και χρησιμοποιείται σε συγκροτήματα οροφών και τοίχων σε εμπορικά και οικιστικά κτίρια όλων των τύπων.

4.2.2 Θερμογέφυρες

Η αποφυγή δημιουργίας θερμογεφυρών είναι βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της θερμομόνωσης του κελύφους ενός nZEB καθώς, με την απαίτηση να έχουν χαμηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας, περιορίζονται σημαντικά οι απώλειες θερμότητας διαμέσου των επιφανειών του κελύφους και αυξάνονται σε σημεία που υπάρχει ασυνέχεια ως προς το επίπεδο θερμομόνωσης. Διακρίνονται σε γραμμικές και σημειακές. Δεδομένου ότι οι θερμικές γέφυρες έχουν σημαντική επίδραση στις συνολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου, σε κτίρια υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας είναι απαραίτητη η ελαχιστοποίησή τους με λύσεις ανάλογα με τον τύπο τους, την μορφή και το είδος του υλικού και φυσικά το κόστος της επέμβασης. Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί δίνονται επιγραμματικά οι βασικότερες κατηγορίες θερμογεφυρών, η σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές [54].

Πίνακας 4.1: Θερμογέφυρες και τεχνικές επεμβάσεων

Περιγραφή της θερμογέφυρας	Προσδιορισμός της θέσης	Προτάσεις αντιμετώπισης
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης στο σημείο σύνδεσης στοιχείου του φέροντα οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης		
Η απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού		
Αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων		
Οι περιόδους ενίσχυσης σε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα		

<p>Διακοπή της θερμομόνωσης στις παραστάδες στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων και στις ποδιές των παραθύρων</p>		
<p>Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων (στηθαία στα δώματα, αντεστραμμένα δοκάρια και διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής)</p>		
<p>Τα ενδιάμεσα και περιμετρικά δοκάρια στις θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πυλωτής</p>		
<p>Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση εγκάρσιας συναρμογής εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο</p>		
<p>Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου</p>		
<p>Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κυρίου όγκου του κτιρίου (πρόβολοι)</p>		
<p>Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, κεντρικής θέρμανσης, αερίου, καμινάδων, αεραγωγών, κ.λ.π.</p>		

4.2.3 Θερμική μάζα

Για την κατασκευή ενός nZEB πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με υψηλή θερμική μάζα, όπως τούβλο, πέτρα, κεραμικά πλακίδια και σκυρόδεμα. Αυτά τα υλικά επιλέγονται λόγω των ιδιοτήτων θερμικής διάχυσης που διαθέτουν. Η θερμική διάχυση αναφέρεται στην ικανότητα ενός υλικού να άγει και να αποθηκεύει θερμική ενέργεια. Υλικά με υψηλή θερμική αποθήκευση και χαμηλή αγωγιμότητα παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά θερμικής διάχυσης. Επισημαίνεται ότι η θερμική μάζα είναι ιδιαίτερα σημαντική για θερμά και εύκρατα κλίματα όπου το εύρος των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια μιας ημέρας είναι μεγάλο. Σε κρύα ηπειρωτικά κλίματα, κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, τα κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης κάνουν μεγάλη αξιοποίηση των ηλιακών και εσωτερικών κερδών και συνεπώς περαιτέρω βελτίωση μέσω της θερμικής μάζας είναι περιθωριακή. Σε περιπτώσεις όπου η ηλιακή πρόσβαση είναι δύσκολη και χρησιμοποιούνται διακοπτόμενα συστήματα θέρμανσης, η θερμική μάζα μπορεί ακόμη και να αυξήσει τις απαιτήσεις για θέρμανση λόγω της απελευθέρωσης της απορροφημένης υγρασίας [51].

Κατά κανόνα, σε ένα nZEB τα στοιχεία του κελύφους πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και υψηλή θερμοχωρητικότητα. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η θερμομόνωση τοποθετείται στην εξωτερική παρειά των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους και ταυτόχρονα τοποθετούνται υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα στην εσωτερική πλευρά των στοιχείων.

4.2.4 Κουφώματα

Τα κουφώματα είναι ένας παράγοντας που απαιτεί μεγάλη προσοχή για την ανάπτυξη κτιρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Υπάρχουν πολλές παράμετροι και διαφορετικές επιλογές κριτηρίων που λαμβάνονται υπόψη όπως ο συντελεστής θερμοπερατότητας U και οι συντελεστές g για την ηλιακή διαπερατότητα και τ για το ορατό φως (ιδιότητες του υαλοπίνακα). Ενώ τα παράθυρα είναι ένα αδύνατο σημείο από άποψη απωλειών θερμότητας, κατά την τελευταία δεκαετία έχουν αρχίσει να θεωρούνται ως "θερμαντικά σώματα" πράγμα που οφείλεται στην ανάπτυξη ειδικών υαλοπινάκων και παραθύρων πολλαπλών στρώσεων.

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας δεν αντιπροσωπεύει μόνο απώλειες θερμότητας διά μέσου του υαλοπίνακα αλλά και του πλαισίου, με αποτέλεσμα όλα τα στοιχεία του παραθύρου να πρέπει να διαθέτουν συγκεκριμένη ποιότητα. Στην Κύπρο η μέση τιμή του U των κουφωμάτων ενός nZEB δεν ξεπερνά τα $2,25\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ [53]. Σημειώνεται ότι ακόμη και τα πιο αποδοτικά παράθυρα ($U_w=0,6\text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$) έχουν πολύ λιγότερη θερμική αντίσταση σε σύγκριση με τους τοίχους ενός nZEB, άρα η θέση τους και ο αριθμός τους πρέπει να επιλέγονται με προσοχή ειδικότερα στα ψυχρά κλίματα.

Ο συντελεστής ηλιακής διαπερατότητας g , ή συντελεστής συνολικής μετάδοσης ηλιακής ενέργειας ή συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους εκφράζει το ποσόν από την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει επί των υαλοπινάκων και εισέρχεται στο δωμάτιο, κατευθείαν ή με απορρόφηση. Ο συντελεστής αυτός κατά κανόνα μειώνεται με τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας. Η μείωση του συντελεστή μειώνει τα ψυκτικά φορτία αλλά αυξάνει τα θερμικά. Για τον λόγο αυτό, χαμηλός συντελεστής ηλιακής ακτινοβολίας συνιστάται σε κτίρια, όπου λόγω προσανατολισμού και χρήσης, η υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελεί πρόβλημα [50].

Η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας συνήθως συνοδεύεται και από μείωση της μετάδοσης του φυσικού φωτός. Ως εκ τούτου, η επιλογή κουφωμάτων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας ενώ μειώνει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία, μπορεί να αυξήσει τις ενεργειακές ανάγκες για φωτισμό. Σε κτίρια όπως οι κατοικίες όπου το ποσοστό κουφωμάτων είναι μικρό και οι ανάγκες σε φωτισμό λίγες, αυτό δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά σε κτίρια του τριτογενούς τομέα όπου οι ανάγκες φωτισμού είναι μεγάλες θα πρέπει να εξευρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ των δύο συντελεστών [50].

4.2.5 Αεροστεγανότητα

Για να είναι ένα κτίριο πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης, το κέλυφός του πρέπει να είναι αεροστεγές. Μειωμένη αεροστεγανότητα έχει ως αποτέλεσμα διαρροές αέρα που συνεπάγονται αυξημένες ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, υγρασία και άλλα ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Οι διαρροές αέρα οφείλονται σε ρωγμές στο κέλυφος του κτιρίου και μη

στεγανοποιημένα παράθυρα και πόρτες. Όπως και για τις άλλες κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, η κατηγορία nZEB πρέπει να έχει μία ελάχιστη τιμή για την αεροστεγανότητα. Εκφράζεται ως, ο αριθμός των αλλαγών του αέρα στην κατασκευή, ανά ώρα σε μια ορισμένη διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$n_{50} = \frac{v_{50}}{V}$$

όπου: n_{50} ο αριθμός των αλλαγών αέρα ανά ώρα σε διαφορά πίεσης 50 Pa (h^{-1}),
 v_{50} η μέση ογκομετρική παροχή αέρα σε διαφορά πίεσης 50 Pa (m^3/h),
 V ο καθαρός όγκος αέρα μέσα στο κτίριο (m^3).

Καθώς δεν υπάρχουν ακόμα τέτοιες τιμές, στις βόρειες χώρες της ΕΕ λαμβάνονται υπόψη η τιμή της αεροστεγανότητας αναφοράς του προτύπου για το παθητικό σπίτι ή ενός πολύ χαμηλής ενέργειας καθώς είναι και οι δύο εξαιρετικά αποδοτικές κατηγορίες κτιρίων. Σύμφωνα και με στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να γίνει τελική δοκιμή πίεσης αέρα κατά την ολοκλήρωση του κτιρίου και να μετρηθούν τιμές $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$ σε 50 kPa. Για να επιτευχθεί η προαναφερόμενη αεροστεγανότητα, πρέπει η εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του κελύφους να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία με ειδικά υλικά και τεχνικές. Ανεξάρτητα από το ποια τεχνική ή υλικά χρησιμοποιούνται, είναι απαραίτητο το "αεροστεγές φράγμα" να διατηρήσει τις ιδιότητες κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Πρέπει εξασφαλιστεί επίσης ότι δεν υπάρχει διαρροή μέσω υδραυλικών εγκαταστάσεων ή διεϊσδυσης καλωδίων, αρμών και θέσεων όπου παράθυρα και πόρτες συναντούν τον τοίχο.

4.3 Τεχνικά συστήματα για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης, και εναλλακτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης

Η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών συστημάτων σε ένα nZEB αποτελεί μεγαλύτερη πρόκληση από ότι σε ένα συμβατικό κτίριο, καθώς οι ανάγκες που πρέπει να ικανοποιηθούν είναι σχετικά μικρές, ενώ αυτό πρέπει να γίνει με τον πιο αποδοτικό τρόπο, χωρίς να υποβαθμίζονται οι συνθήκες άνεσης. Επίσης απαιτείται από τον ορισμό, η εγκατάσταση συστημάτων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για την κάλυψη μέρους της ενέργειας που καταναλίσκεται με στόχο τη μείωση της παρεχόμενης στο κτίριο ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο ή/και από άλλους διανομείς.

4.3.1 Θέρμανση

Σε ένα nZEB επειδή υπάρχει ισχυρή θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, η απαίτηση ενέργειας για θέρμανση εμφανίζεται μειωμένη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις κατοικίες στην Κύπρο έχει οριστεί στις $15 \text{ kWh}/\text{m}^2$ ετησίως. Το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί πρέπει να ανταποκρίνεται σε μέγεθος σε αυτές τις απαιτήσεις, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι βέλτιστες τεχνολογίες και πρακτικές στην παραγωγή, διανομή και παροχή θερμότητας στον χώρο που θα επιφέρουν το επιθυμητό επίπεδο άνεσης με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιοι από τους πιο σημαντικούς τρόπους παραγωγής θέρμανσης σε ένα nZEB [50]:

- Λέβητας συμπυκνώσεως υγρού ή αερίου καύσιμου όπου η απόδοση μπορεί να είναι πέραν από 100%. Ο καυστήρας του λέβητα μπορεί να είναι δύο σταδίων, και σε μεγάλα κτίρια πολλαπλών σταδίων, και να έχει τη δυνατότητα προσαρμογής της θερμότητας που παράγει στις μεταβαλλόμενες ανάγκες του κτιρίου.
- Αντλίες θερμότητας υψηλής απόδοσης, κατά προτίμηση με απόδοση μεγαλύτερη από 3,5. Οι αντλίες θερμότητας μπορεί να είναι αερόψυκτες ή υδρόψυκτες, ενώ μπορεί να συνδυαστούν και με την ανταλλαγή θερμοκρασίας με το έδαφος, όπου οι θερμοκρασίες είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορεί η ίδια μονάδα να χρησιμοποιηθεί και για ψύξη, ενώ δεν απαιτούν ειδικό χώρο για την εγκατάστασή τους, π.χ. λεβητοστάσιο. Στην περίπτωση που η ανταλλαγή θερμότητας θα γίνει με το έδαφος, πρέπει να εξεταστούν διάφοροι τεχνικοί παράγοντες, όπως το βάθος που θα τοποθετηθεί ο γεωεναλλάκτης, κατά πόσο η σκληρότητα και η αγωγιμότητα του εδάφους το επιτρέπει, και εάν υπάρχει αρκετός χώρος στο οικόπεδο.
- Λέβητες βιομάζας, ειδικότερα όταν υπάρχει αυτοματισμός για ελεγχόμενη τροφοδοσία καύσιμου και ρύθμιση της καύσης. Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και συμβάλει στην επίτευξη του ελάχιστου ποσοστού ΑΠΕ που απαιτείται σε ένα nZEB. Πριν την εγκατάστασή του θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο χώρος που απαιτείται για την αποθήκευση της βιομάζας.
- Ηλιακή θέρμανση συνδυασμένη με ένα άλλο σύστημα παραγωγής θέρμανσης, όπως λέβητας ή αντλία θερμότητας. Τα ηλιακά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να καλύψουν και τις ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης, έτσι μπορεί να είναι πιο ελκυστική λύση σε κτίρια που έχουν ταυτόχρονα υψηλές ανάγκες σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης. Η βέλτιστη τοποθέτησή τους και σχεδιασμός τους μπορούν να επιφέρουν 50% εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων στη θέρμανση και 80% στο ζεστό νερό χρήσης [50]. Η εφαρμογή ηλιακών συστημάτων μπορεί να περιορίζεται σε περιπτώσεις κτιρίων που δεν υπάρχει επαρκής χώρος για τοποθέτησή τους ή τοποθέτησή τους στον σωστό προσανατολισμό. Κτίρια με μεγάλες οροφές που δεν σκιάζονται από άλλα κτίρια είναι τα πιο κατάλληλα.
- Ηλεκτρική αντίσταση σε περιπτώσεις nZEB που τα επίπεδα θερμομόνωσης είναι ιδιαίτερα υψηλά και το κτίριο μικρό, καθώς η ζήτηση σε μια τέτοια περίπτωση για θέρμανση είναι τόσο λίγη που τεχνικά και οικονομικά δεν επιτρέπει την εγκατάσταση λέβητα ή αντλίας θερμότητας. Η χρήση ηλεκτρικής αντίστασης αυξάνει την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνει το κτίριο και για αυτό ίσως να απαιτείται η λήψη άλλων αντισταθμιστικών μέτρων, πέραν των ελάχιστων υποχρεωτικών, όπως για παράδειγμα ο ηλεκτρισμός να προέρχεται από φωτοβολταϊκό σύστημα αντί από το δίκτυο.
- Τηλεθέρμανση σε επίπεδο περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου. Η παραγωγή θέρμανσης σε ένα κεντρικό σημείο με συμβατικά καύσιμα, που στη συνέχεια διανομεύεται σε πολλά κτίρια επιτυγχάνει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με την παραγωγή θερμότητας με συμβατικά καύσιμα σε κάθε κτίριο ξεχωριστά. Επιπλέον, η τηλεθέρμανση μπορεί να συνδυαστεί με μονάδα συμπαραγωγής, με

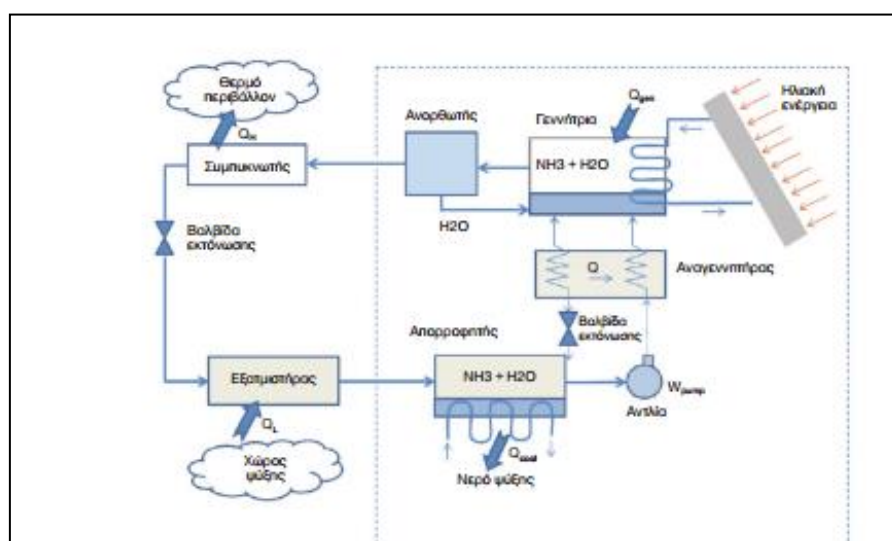
συστήματα ΑΠΕ, όπως τα ηλιακά θερμικά, με την εκμετάλλευση απορριπτόμενης ενέργειας όπως η θερμότητα από ηλεκτροπαραγωγή και η επεξεργασία απορριμμάτων ή συνδυασμός τους. Η τηλεθέρμανση μπορεί να είναι κατάλληλη στις περιπτώσεις που υπάρχει μια ενιαία ανάπτυξη πολλών nZEB.

Σημαντικές απώλειες ενέργειας στη θέρμανση παρουσιάζονται πολλές φορές στη διανομή της μέσα στους χώρους του κτιρίου. Ειδικότερα, όταν το μέσο θέρμανσης είναι ζεστό νερό ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην επάρκεια της θερμομόνωσης των σωληνώσεων και των δοχείων αποθήκευσης. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται και στους κυκλοφορητές νερού. Η σωστή διαστασιολόγησή τους και η επιλογή αντλιών υψηλής απόδοσης μειώνει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας.

4.3.2 Ψύξη

Σε ένα nZEB, λόγω της ισχυρής θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους, η απαίτηση ενέργειας για θέρμανση εμφανίζεται μειωμένη έναντι εκείνης για ψύξη. Αν η σκίαση είναι περιορισμένη, η ανάγκη για ψύξη αυξάνεται περισσότερο οπότε είναι επιτακτική η επιλογή συστημάτων κλιματισμού με υψηλές εποχιακές αποδόσεις. Η εποχιακή ενεργειακή απόδοση των μεμονωμένων κλιματιστικών με ισχύ εξόδου ως 12 kW, καθορίζεται από την ενεργειακή τους σήμανση. Στα μεγάλα συστήματα αυτή πρέπει να υπολογιστεί, ενώ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί από βέλτιστη διάταξη των αεραγωγών και κατάλληλη μόνωσή τους.

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού των οποίων η διαδικασία ψύξης τροφοδοτείται από την ηλιακή ακτινοβολία αποτελούν μια εναλλακτική λύση για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται σε συνεχείς κύκλους απορρόφησης με τη βοήθεια ηλιακών συλλεκτών. Διακρίνονται σε υγρού και στερεού τύπου. Ο συντελεστής απόδοσης του ψυκτικού κύκλου για χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας των συλλεκτών επιτυγχάνεται με τη χρήση του συνδυασμού νερού (ψυκτικό μέσο) και βρωμιούχου λιθίου (απορροφητής) και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0,65 και 1,1 [50]. Στην Εικόνα 4.1 φαίνεται ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού με χρήση ψύκτη απορρόφησης.



Εικόνα 4.1: Σύστημα ηλιακού κλιματισμού με χρήση ψύκτη απορρόφησης.

4.3.3 Ανεμιστήρας οροφής

Η χρήση ανεμιστήρα οροφής σε διάφορους χώρους ενός nZEB βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό, διότι αυξάνει την κίνηση του αέρα μέσα στον εν λόγω χώρο. Εκτιμάται ότι οι κοινοί ανεμιστήρες οροφής για ύψος εγκατάστασης 2,5 m πάνω από το δάπεδο είναι αποτελεσματικοί σε μια ακτίνα 1,8 m γύρω από το σημείο που τοποθετούνται. Η αύξηση της κίνησης του αέρα επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού σε πιο υψηλές θερμοκρασίες. Εκτιμάται ότι όταν ο ανεμιστήρας καλύπτει το 80% του χώρου η θερμοκρασία του κλιματιστικού μπορεί να αυξηθεί κατά 2°C και να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο θερμικής άνεσης [50]. Επιπλέον, η χρήση ανεμιστήρα οροφής επιτρέπει την αποφυγή λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού κατά τις μεταβατικές περιόδους του έτους ή ακόμα και κάποια καλοκαιρινά βράδια που οι θερμοκρασίες μπορεί να είναι πολύ χαμηλές σε σχέση με την ημέρα. Ο συνδυασμός του ανεμιστήρα οροφής με κατάλληλα προσανατολισμένα και διαστασιοποιημένα ανοίγματα, και συστήματα σκίασης μπορεί να είναι ακόμα πιο αποτελεσματικός. Η τοποθέτησή τους γίνεται κυρίως σε κατοικίες αλλά μπορούν φανούν χρήσιμοι και σε πολλούς άλλους τύπους κτιρίων, όπως γραφεία, και χώροι εκδηλώσεων. Στον Πίνακα 4.2 που ακολουθεί φαίνεται η εκτιμώμενη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου που θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα στις συνθήκες θερμικής άνεσης τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με το ποσοστό του χώρου που καλύπτει ο ανεμιστήρας οροφής.

Πίνακας 4.2: Εκτιμώμενη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου σε σχέση με το ποσοστό του χώρου που καλύπτει ο ανεμιστήρας οροφής

Ποσοστό χώρου %	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Προσαύξηση θερμοκρασίας °C	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

4.3.4 Μηχανικός αερισμός

Όταν ο φυσικός αερισμός ενός κτιρίου δεν είναι εφικτός, τότε συστήματα μηχανικού αερισμού εφαρμόζονται τοπικά ή κεντρικά για να εισάγουν νωπό αέρα στο κτίριο ή/και να εξάγουν αέρα από αυτό. Η εγκατάσταση μηχανικού αερισμού σε κάποιους τύπους κτιρίων είναι απαραίτητη για διατήρηση της ποιότητας του αέρα σε υψηλά επίπεδα. Σε ένα nZEB η πολύ υψηλή αεροστεγανότητα του κτιρίου εμποδίζει τη διείσδυση του αέρα, κάνοντας πιο πιθανή την ανάγκη εγκατάστασης συστήματος μηχανικού αερισμού που αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας.

Ο μηχανικός αερισμός επιδρά θετικά στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου όταν διαθέτει σύστημα ανάκτησης θερμότητας δηλαδή όταν μέρος του ήδη θερμαινόμενου ή ψυχόμενου αέρα που εξάγεται χρησιμοποιείται για τη θέρμανση ή ψύξη του αέρα που εισάγεται. Ειδικά τη χειμερινή περίοδο αυτός μπορεί να είναι και ο κυρίως τρόπος θέρμανσης, καθώς τα θερμικά φορτία σε ένα nZEB είναι πολύ περιορισμένα.

Επιπλέον, ο μηχανικός αερισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί τους καλοκαιρινούς μήνες για νυκτερινό δροσισμό καθώς το βράδυ εισάγεται με μηχανικό τρόπο εξωτερικός αέρας ο οποίος έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον αέρα που βρίσκεται στο κτίριο. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να γίνει σε κτίρια που ενώ χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας το βράδυ μένουν κλειστά. Η αντικατάσταση όλου του εσωτερικού αέρα με αέρα χαμηλότερης

θερμοκρασίας, επιτρέπει την καθυστέρηση στον χρόνο έναρξης λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού ή/και τη λειτουργία του σε υψηλότερη θερμοκρασία. Ο νυχτερινός αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός όταν το κτίριο έχει υψηλή θερμοχωρητικότητα, καθώς έχει μεγαλύτερη ικανότητα να αποθηκεύει στις εσωτερικές του επιφάνειες την ενέργεια από τον δροσερό αέρα και να την αποδίδει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ελεγχόμενη εισαγωγή αέρα μπορεί να βοηθήσει και στην αποφυγή χρήσης κλιματισμού σε περιόδους όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές.

4.3.5 Ζεστό νερό χρήσης

Η ζήτηση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης σε μια τυπική κατοικία είναι περίπου 15 kWh/m² ετησίως. Σε μια κατοικία ενεργειακής κατηγορίας B αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 10% της συνολικής ζήτησης ενέργειας (μη συμπεριλαμβανομένης της ζήτησης ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές και εξωτερικό φωτισμό). Σε ένα nZEB, όπου η ζήτηση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη έχει περιοριστεί, η ζήτηση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης μπορεί να αντιπροσωπεύει το 20% και να είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση χώρου [50]. Υψηλή ζήτηση για ζεστό νερό χρήσης υπάρχει και σε άλλους τύπους κτιρίων όπως ξενοδοχεία, γυμναστήρια και χώρους εστίασης. Αλλά και σε κτίρια, όπως γραφεία, όπου η ζήτηση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης ανά τετραγωνικό μέτρο είναι μικρή, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης είναι μεγάλη, εάν τα γραφεία είναι μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα. Για τους πιο πάνω λόγους η παραγωγή και διανομή ζεστού νερού χρήσης πρέπει να σχεδιαστεί με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Συνιστάται όπως:

- Μειώνονται στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό οι απώλειες στην αποθήκευση και την διανομή. Το μέγεθος των απωλειών είναι συνάρτηση του μεγέθους των δοχείων αποθήκευσης, του μήκους των σωληνώσεων διανομής ζεστού νερού και του επιπέδου θερμομόνωσής τους. Η βέλτιστη θερμομόνωση των δοχείων και των σωληνώσεων και η τοποθέτηση του συστήματος κοντά στο σημείο παροχής ζεστού νερού μειώνουν τη ζήτηση ενέργειας σε ένα nZEB. Σε κτίριο όπου οι χώροι μαγειρέματος και υγιεινής είναι ομαδοποιημένοι, η μείωση του μήκους των σωληνώσεων είναι πιο εφικτή.
- Γίνεται χρήση ηλιακών για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στον βαθμό που είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό. Σε κατοικίες τα ηλιακά μπορούν να καλύψουν από το 50% έως το 80% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Για καλύτερη απόδοση απαιτείται σωστή διαστασιολόγηση και τοποθέτηση.
- Χρησιμοποιείται η απορριπτόμενη ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η ενέργεια που απορρίπτεται το καλοκαίρι από το σύστημα κλιματισμού μπορεί να διοχετεύεται για την παραγωγή ζεστού νερού με έναν εναλλάκτη θερμότητας. Ο ίδιος εναλλάκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τους χειμερινούς μήνες ή να εγκατασταθεί σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ωστόσο, θα πρέπει να εξεταστεί η μείωση που θα επιφέρει στην απόδοση του συστήματος θέρμανσης, καθώς ένα τέτοιο μέτρο εάν δεν σχεδιαστεί σωστά μπορεί να επιφέρει αύξηση αντί μείωση στην συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο.
- Εξετάζεται η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας υψηλής απόδοσης αποκλειστικά για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και είναι η πλέον κατάλληλη λύση στην περίπτωση που

δεν υπάρχει χώρος για εγκατάσταση λέβητα ή/και ηλιακών. Εάν η ζήτηση είναι μικρή το μέτρο αυτό πιθανόν να μην είναι το οικονομικά βέλτιστο.

4.3.6 Παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρισμού σε ένα nZEB απαιτείται από τον ορισμό και αποτελεί λύση για περαιτέρω μείωση της πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου και κάλυψης της εναπομείνουσας ενέργειας μετά από την εφαρμογή όλων των παθητικών μέτρων. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι και η μόνη λύση για επίτευξη του ελάχιστου ποσοστού ανανεώσιμης ενέργειας που απαιτείται σε ένα nZEB, καθώς η εφαρμογή συστημάτων ΑΠΕ στη θέρμανση και την ψύξη μπορεί να μην επιτυγχάνουν τον στόχο ή να μην αποτελούν τις οικονομικά βέλτιστες εφαρμογές. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ περιβάλλεται από ένα πλαίσιο ρυθμίσεων, και σε μερικές περιπτώσεις κινήτρων, το οποίο πρέπει να μελετηθεί σοβαρά πριν την λήψη οποιασδήποτε απόφασης.

Για την εγκατάσταση συστήματος ΑΠΕ πρέπει να εκτιμηθούν τα ηλεκτρικά φορτία που θα έχει το κτίριο μετά την κατασκευή ή μετά την ανακαίνιση συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών συσκευών, εξωτερικού φωτισμού και κολυμβητικών δεξαμενών. Από την εκτίμηση αυτή εξαρτάται και το μέγεθος του συστήματος που θα επιλεγεί.

Το πιο κοινό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμη ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η βελτιστοποίηση της απόδοσής του καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο, την κλίση, τον προσανατολισμό, και τη δυναμικότητα των πλαισίων του. Υπόκειται σε περιορισμούς παρόμοιους με αυτούς των ηλιακών θερμικών, όπως η ύπαρξη διαθέσιμου και κατάλληλου χώρου και η μη σκίαση.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι ακόμα μια λύση για την παραγωγή ηλεκτρισμού που μπορεί να εφαρμοσθεί κυρίως σε nZEB που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Η απόδοσή τους καθορίζεται από το ύψος του κόμβου της έλικας από το έδαφος, τη διάμετρό της και κατά πόσο ο περιβάλλον χώρος ευνοεί την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Η αδειοδότησή τους διέπεται από περιβαλλοντικούς περιορισμούς οι οποίοι σχετίζονται με την οπτική και ηχητική ρύπανση [50].

4.3.7 Συμπαράγωγή και τριπαράγωγή

Τα συστήματα Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική και θερμική ενέργεια από την ίδια πηγή ενέργειας. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται από τη μονάδα συμπαράγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες θέρμανσης χώρου και ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου. Όταν από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας τροφοδοτείται και ένας ψύκτης απορρόφησης για κάλυψη των αναγκών ψύξης του κτιρίου τότε το σύστημα ονομάζεται σύστημα τριπαράγωγής [50]. Η συνολική απόδοση του συστήματος είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων επειδή ουσιαστικά γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας που στην περίπτωση του συμβατικού τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα χανόταν. Η χρήση βιομάζας ή ηλιακής ενέργειας αντί συμβατικού καυσίμου σε ένα σύστημα συμπαράγωγής μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο την πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου. Η συμπαράγωγή και η τριπαράγωγή μπορεί να είναι πιο κατάλληλη εφαρμογή στους τύπους κτιρίων που λόγω

μεγέθους και χρήσης υπάρχει ταυτόχρονη μεγάλη ανάγκη σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

4.4 Φωτισμός

Η επίτευξη της κατασκευής ενός nZEB ή της ανακαίνισης κτιρίου σε nZEB απαιτεί μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό. Αυτό είναι σημαντικό σε κτίρια του τριτογενούς τομέα όπου ο φωτισμός εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 50% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να ξεπερνά το 75%. Η ενέργεια για φωτισμό είναι αποτέλεσμα της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού και της διάρκειας χρήσης του, του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού και των πιθανών αυτοματισμών που υπάρχουν. Η εγκατάσταση της μικρότερης δυνατής ισχύος φωτισμού, χωρίς να υποβαθμίζονται οι ανάγκες των χρηστών, αποτελεί το πρώτο μέτρο. Για ένα nZEB που χρησιμοποιείται ως γραφεία, υπάρχει επί μέρους υποχρέωση η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού να μην ξεπερνά τα 10 W/m²[50].

Συνιστάται η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Η διάρθρωση των χώρων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πορεία του ήλιου ώστε να παρέχεται επαρκής φυσικός φωτισμός από τα παράθυρα που πρέπει να τοποθετούνται σε πολλαπλές κατευθύνσεις για να επιτευχθεί εξισορρόπηση των επιπέδων φωτισμού των εσωτερικών χώρων. Σε χώρους όπου λόγω περιορισμών δεν υπάρχουν ανοίγματα ή είναι πολύ μικρά, όπως υπόγεια και αποθήκες, αλλά και υφιστάμενα κτίρια όπου η δημιουργία νέων ανοιγμάτων δεν είναι δυνατή, γίνεται χρήση τεχνητού φωτισμού με φωτοσωλήνες. Οι φωτοσωλήνες παγιδεύουν το φως του ήλιου με έναν θόλο που τοποθετείται στην οροφή του κτιρίου και στην συνέχεια μεταφέρεται στον επιθυμητό χώρο μέσω αντανakλαστικού σωλήνα.

Επιπλέον μια επιπρόσθετη τεχνική που μπορεί να συνεισφέρει στον φυσικό φωτισμό είναι η αύξηση του έμμεσου φωτισμού ενός χώρου. Αυτό μπορεί να γίνει με επιλογή ανοιχτών χρωμάτων και στιλπνής υφής για την επίστρωση ή επικάλυψη στις παρακείμενες του κτιρίου επιφάνειες ώστε να διοχετεύεται μέσω ανάκλασης η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο κτίριο. Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και οι στιλπνές υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας. Το αντίθετο συμβαίνει με τις σκουρόχρωμες και τραχιές επιφάνειες [50].

Η επιλογή λαμπτήρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης είναι αναγκαία. Σε λαμπτήρες που περιλαμβάνουν μετασχηματιστές τάσης (ballasts) ενδείκνυται η χρήση ηλεκτρονικών ballast έναντι των ηλεκτρομαγνητικών, αφού προσφέρουν καλύτερη απόδοση, χαμηλότερη κατανάλωση φωτιστικού σώματος και μικρότερες απώλειες στραγγαλιστικού πηνίου.

Η χρήση ενέργειας για φωτισμό μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με την εγκατάσταση τοπικών ή κεντρικών συστημάτων ελέγχου, για μείωση του χρόνου χρήσης των συστημάτων φωτισμού ώστε αυτός να παρέχεται μόνο όταν απαιτείται. Αυτό μπορεί να γίνει με:

- Ρυθμιστές έντασης της ηλεκτρικής τάσης ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών,
- Ανιχνευτές παρουσίας,
- Αυτόματα συστήματα μείωσης με χρήση αισθητήρων φυσικού φωτός.

Σε κάθε περίπτωση, οι αυτοματισμοί πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη διαθεσιμότητα σε φυσικό φωτισμό που μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή και τις καιρικές συνθήκες.

4.5 Μέτρα προώθησης κτιρίων nZEB

Δεδομένου ότι τα κτίρια nZEB πρέπει να είναι πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης και η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, να καλύπτεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαιτείται για τη δημιουργία τους, πλην της θέσπισης ισχυρών κινήτρων, τεχνικές προδιαγραφές, ικανή εμπειρία, εκπαίδευση, ενημέρωση, συνεργασία και ευαισθητοποίηση. Στο δημόσιο και στους Δήμους, η γνώση και πρακτική αυτή είναι ακόμα ελάχιστα διαδεδομένη και δεν υπάρχουν, ιδιαίτερα για τις ανακαινίσεις, ξεκάθαρες πολιτικές και τεχνικές προδιαγραφές. Ο τεχνικός κόσμος, αν και επί της αρχής έχει προετοιμασθεί, διαθέτει περιορισμένη πρακτική εμπειρία σε κατασκευές nZEB. Αν το κράτος και οι Δήμοι δώσουν το παράδειγμα, ίσως οι πολίτες, αφού ενημερωθούν και ευαισθητοποιηθούν περισσότερο, να ακολουθήσουν.

Τα κτίρια nZEB μπορούν να γίνουν η κοινή πρακτική, όταν όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς, ο στενός και ευρύτερος δημόσιος τομέας, αλλά και το πλατύ κοινό ενημερωθούν και ενσωματώσουν τις αρχές του βιώσιμου ενεργειακού σχεδιασμού στην καθημερινή τους πρακτική. Ευρεία διάδοση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση μπορεί να επιτευχθεί μέσω τοπικών πρότυπων δράσεων που θα καλλιεργήσουν αποδοτικές πρακτικές και θα διαδώσουν τις βέλτιστες τεχνολογίες σε όλη την ΕΕ. Μεταξύ των δράσεων αυτών περιλαμβάνεται και το έργο AIDA (Affirmative Integrated Energy Design Action) που στοχεύει στην προώθηση του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων nZEB και στην ευρεία διάδοση και υιοθέτηση της κατασκευής τέτοιων κτιρίων, που θα οδηγήσει σε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκλυόμενων αέριων ρύπων του θερμοκηπίου.

4.5.1 Υφιστάμενα μέτρα και πολιτικές

Σήμερα ισχύει ο Ν. 4067/2012(ΦΕΚ Α' 79/9.4.2012), ο οποίος στο άρθρο 25 περιλαμβάνει κίνητρα για τη δημιουργία κτιρίων nZEB δηλαδή αναφέρεται σε νέα κτίρια και όχι σε ανακαινίσεις. Συγκεκριμένα προβλέπονται τα ακόλουθα:

1. Κτίρια κατηγορίας A+ ελάχιστης δυνατής κατανάλωσης ενέργειας μέσω συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, μονάδων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχουν κίνητρο αύξησης του συντελεστή δόμησης κατά 5 %.
2. Ειδική αύξηση του συντελεστή δόμησης κατά 10 % προσφέρεται σε κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζουν παράλληλα εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση. Τα κτίρια αυτά θα πρέπει να παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης κάτω των 10 kWh/(m² a).

Στη συνέχεια παρατίθεται ο Πίνακας 4.3 που αφορά γενικότερα στο σύνολο των έργων πολιτικής που εφαρμόζονται για την ενεργειακή αναβάθμιση του οικιακού και του τριτογενούς τομέα [55].

Πίνακας 4.3: Μέτρα πολιτικής για την ενεργειακή αναβάθμιση του οικιακού και του τριτογενούς τομέα

Μέτρο πολιτικής για εξοικονόμηση ενέργειας	Αριθμός παρεμβάσεων	Διάρκεια υλοποίησης μέτρου	Διάρκεια Ζωής μέτρου	Υπολογιζόμενη εξοικονόμηση τελικής ενέργειας ktoe
Πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον"	70.000 κατοικίες	2011-2015	2014-2024+	82,4
Πρόγραμμα "Εξοικονομώ" στους Ο.Τ.Α.	104 Δήμοι	2011-2015	2014-2024+	3,7
Πρόγραμμα "Εξοικονομώ II" στους Ο.Τ.Α.	139 Δήμοι	2011-2015	2014-2024+	8,3
Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών	150.000 κατοικίες	2014-2020	2014-2024+	176,5
Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτιρίων	280 δημόσια κτίρια	2014-2020	2014-2024+	12,8
Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης	4.000 κτίρια	2014-2020	2014-2024+	33,9
Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του Δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα	600 κτίρια	2014-2020	2014-2024+	25,2
Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης μέσω Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών	1.500 κτίρια	2014-2020	2014-2024+	50,8
Δράσεις εκπαίδευσης και επιμόρφωσης σε στελέχη του τριτογενούς τομέα	40.000 άτομα	2014-2020	2014-2024+	64,0
Δράσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης σε χρήστες κατοικιών	75.000 νοικοκυριά	2014-2015	2014-2024+	19,6

4.5.2 Νομοσχέδιο για τις ενεργειακές κοινότητες

Στη Βουλή των Ελλήνων κατατέθηκε στις 11 Νοεμβρίου 2017 το νομοσχέδιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για τις Ενεργειακές Κοινότητες (Ε.Κοιν.) που αναμένεται να ευνοήσει διείσδυση των ΑΠΕ και εμμέσως τη δημιουργία nZEB κτιρίων. Πρόκειται για μία νομοθετική πρωτοβουλία τομή, καθώς η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη, που θεσμοθετεί ένα διαφανές πλαίσιο λειτουργίας των Ενεργειακών Κοινοτήτων. Ο νέος αυτός θεσμός δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) από καταναλωτές, επιχειρήσεις, συνεταιρισμούς και φορείς της

τοπικής αυτοδιοίκησης. Πρακτικά δίνονται κίνητρα συνεργασίας ώστε οι ΑΠΕ να μην είναι υπόθεση μόνον των μεγάλων επιχειρηματικών ομίλων, αλλά αντίθετα να μπορούν οι διάφορες κατηγορίες καταναλωτών να γίνουν και παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία είτε θα πωλούν στο δίκτυο είτε θα συμψηφίζουν με την ενέργεια που καταναλώνουν.

Κεντρικοί στόχοι του νομοσχεδίου είναι:

- Η προώθηση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας και της καινοτομίας στον ενεργειακό τομέα,
- Η αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας,
- Η προαγωγή της ενεργειακής αειφορίας,
- Η παραγωγή, αποθήκευση, ιδιοκατανάλωση, διανομή και προμήθεια ενέργειας,
- Η ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και ασφάλειας σε νησιωτικούς δήμους,
- Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας,
- Η ενίσχυση της διείδυσης των ΑΠΕ και της αυτοπαραγωγής,
- Η αύξηση της τοπικής αποδοχής των έργων ΑΠΕ και
- Η μείωση του ενεργειακού κόστους για νοικοκυριά και μικρομεσαίες επιχειρήσεις [56].

Οι στόχοι αυτοί γίνονται εφικτοί χάρη στη δυνατότητα για αποκεντρωμένη παραγωγή ρεύματος που δίνουν οι ΑΠΕ, αλλά και «εργαλεία» όπως ο ενεργειακός συμψηφισμός (net metering) και ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός (virtual net metering). Μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις θα μπορούν να μειώσουν το ενεργειακό τους κόστος, ενώ ακόμη και απλοί ιδιώτες θα έχουν την ευκαιρία να περιορίσουν δραστικά τους λογαριασμούς ρεύματος. Παράλληλα, οι Δήμοι και οι Περιφέρειες θα μπορούν να χαράξουν μία τοπική ενεργειακή πολιτική, ώστε για παράδειγμα να αντιμετωπίσουν την ενεργειακή φτώχεια ή να ενισχύσουν την ηλεκτροκίνηση.

Οι Ενεργειακές Κοινότητες δραστηριοποιούνται στους τομείς των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.), της ορθολογικής χρήσης ενέργειας, της ενεργειακής αποδοτικότητας, των βιώσιμων χερσαίων μεταφορών, της διαχείρισης της ζήτησης και της παραγωγής, διανομής και προμήθειας ενέργειας σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Ειδικότερα, ασκούν υποχρεωτικά τουλάχιστον μία από τις κάτωθι δραστηριότητες:

- Παραγωγή, αποθήκευση, ιδιοκατανάλωση ή πώληση ηλεκτρικής ή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από σταθμούς ΑΠΕ και Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή υβριδικούς σταθμούς, εγκαταστημένους εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν. ή και εντός όμορης Περιφέρειας για Ε.Κοιν. με έδρα εντός της Περιφέρειας Αττικής,
- Προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας ή φυσικού αερίου προς τελικούς πελάτες σύμφωνα με το άρθρο 2 του Ν.4001/2011 εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της,
- Διαχείριση όπως συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία, αποθήκευση ή διάθεση πρώτης ύλης για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από βιομάζα ή βιορευστά ή βιοαέριο ή μέσω ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων,

- Προμήθεια για τα μέλη της ενεργειακών προϊόντων, συσκευών, εγκαταστάσεων, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της χρήσης συμβατικών καυσίμων, καθώς και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας,
- Προμήθεια για τα μέλη της ηλεκτροκίνητων οχημάτων (υβριδικών ή μη) και εν γένει οχημάτων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα,.
- Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της ,
- Παραγωγή, διανομή και προμήθεια θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της,
- Διαχείριση της ζήτησης για τη μείωση της τελικής χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας και εκπροσώπηση παραγωγών και καταναλωτών στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας,
- Ανάπτυξη δικτύου, διαχείριση και εκμετάλλευση υποδομών εναλλακτικών καυσίμων σύμφωνα με το Ν.4439/2016 ή διαχείριση μέσω βιώσιμων μεταφορών εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.,
- Εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης νερού με χρήση ΑΠΕ εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Παροχή ενεργειακών υπηρεσιών σύμφωνα με το άρθρο 10 της Δ6/13280/7.6.2011 απόφασης Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Ακόμη δυνητικά μπορούν να ασκούν:

- Προσέλκυση κεφαλαίων για την πραγματοποίηση επενδύσεων αξιοποίησης των ΑΠΕ ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Σύνταξη μελετών αξιοποίησης των ΑΠΕ ή της Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή υλοποίησης παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ή παροχή στα μέλη της τεχνικής υποστήριξης στους ανωτέρω τομείς,
- Διαχείριση ή συμμετοχή σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τους σκοπούς της,
- Παροχή συμβουλών για τη διαχείριση ή συμμετοχή των μελών της σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τους σκοπούς της,
- Παροχή ενεργειακών υπηρεσιών,
- Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο για θέματα ενεργειακής αειφορίας,
- Δράσεις για την υποστήριξη ευάλωτων καταναλωτών και την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας πολιτών που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας, εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν., ανεξάρτητα αν είναι μέλη της, όπως παροχή ή συμψηφισμός ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών ή άλλες δράσεις που μειώνουν την κατανάλωση της ενέργειας στις κατοικίες των πολιτών αυτών.

Δικαίωμα συμμετοχής σε ένα τέτοιο σχήμα έχουν:

- α. Φυσικά πρόσωπα με πλήρη δικαιοπρακτική ικανότητα,
- β. Νομικά πρόσωπα δημοσίου και ιδιωτικού δικαίου, εκτός των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α) α' και β' βαθμού,

- γ. Ο.Τ.Α.α΄ βαθμού της ίδιας περιφερειακής ενότητας εντός της οποίας βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν. ή επιχειρήσεις αυτών, κατ' εξαίρεση των διατάξεων του άρθρου 107 του ν. 3852/2010,
- δ. Ο.Τ.Α. β΄ βαθμού εντός των διοικητικών ορίων των οποίων βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν., κατ' εξαίρεση των διατάξεων του άρθρου 107 του ν. 3852/2010.

Για τη σύσταση μιας Ε.ΚΟΙΝ. απαιτούνται κατ' ελάχιστον:

- 5 μέλη στην περίπτωση που τα αυτά είναι νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου εκτός των Ο.Τ.Α ή νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου ή φυσικά πρόσωπα,
- 3 μέλη αν τα δύο (2) τουλάχιστον είναι Ο.Τ.Α. και ένα ακόμη φυσικό ή νομικό πρόσωπο δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου,
- 2 μέλη αν αυτά είναι μόνον Ο.Τ.Α. α΄ βαθμού νησιωτικών περιοχών, με πληθυσμό κάτω από τρεις χιλιάδες εκατό (3.100) κατοίκους σύμφωνα με την τελευταία απογραφή.

Το σημαντικότερο στοιχείο για τη σύσταση της Ε.Κοιν. αποτελεί η εντοπιότητα της πλειοψηφίας των μελών της, καθώς τουλάχιστον το 51% των μελών πρέπει να σχετίζονται με τον τόπο στον οποίο βρίσκεται η έδρα της, και συγκεκριμένα τα φυσικά πρόσωπα-μέλη να έχουν πλήρη ή ψιλή κυριότητα ή επικαρπία σε ακίνητο το οποίο βρίσκεται εντός της περιφερειακής ενότητας της έδρας της Ε.Κοιν. ή να είναι δημότες δήμου της περιφερειακής ενότητας αυτής και τα νομικά πρόσωπα-μέλη να έχουν την έδρα τους εντός της περιφερειακής ενότητας της έδρας της Ε.Κοιν., ώστε οι τοπικές κοινωνίες να είναι αυτές που θα απολαμβάνουν τα οφέλη. Νομικά πρόσωπα δημοσίου δικαίου και Ο.Τ.Α. α΄ και β΄ βαθμού μπορούν να συμμετέχουν σε περισσότερες από μία Ε.Κοιν. ως μέλη κατά παρέκκλιση της παρ. 3 του άρθρου 2 του Ν. 1667/1986.

Όσον αφορά τη διάθεση των κερδών, αυτά δεν διανέμονται στα μέλη, αλλά παραμένουν στην Ε.Κοιν. υπό τη μορφή αποθεματικών και διατίθενται για τους σκοπούς της με απόφαση της γενικής συνέλευσης.

Οι Ε.Κοιν. δύναται να έχουν κερδοσκοπικό χαρακτήρα κατ' εξαίρεση και μόνο σε περίπτωση που συντρέχουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Τα μέλη της Ε.Κοιν. να είναι τουλάχιστον δεκαπέντε (15),
- Δέκα (10) προκειμένου για Ε.Κοιν. με έδρα σε νησιωτικό δήμο,
- Καθώς και εάν το 50% συν ένα εξ αυτών είναι φυσικά πρόσωπα.

Σε αυτή την περίπτωση το υπόλοιπο των καθαρών κερδών μετά την αφαίρεση του τακτικού αποθεματικού διανέμεται στα μέλη.

Για όλες τις Ε.Κοιν. ισχύει ότι πέραν της υποχρεωτικής συνεταιριστικής μερίδας, κάθε μέλος μπορεί να κατέχει και μία ή περισσότερες προαιρετικές συνεταιριστικές μερίδες, με ανώτατο όριο συμμετοχής του στο συνεταιριστικό κεφάλαιο το 20%. Μόνη εξαίρεση αποτελούν οι Ο.Τ.Α. που μπορούν να συμμετέχουν στο συνεταιριστικό κεφάλαιο με ανώτατο όριο το 40%, καθώς και με ανώτατο όριο συμμετοχής το 50% για τους Ο.Τ.Α. α΄ βαθμού νησιωτικών περιοχών με πληθυσμό κάτω από τρεις χιλιάδες εκατό (3.100) κατοίκους, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή. Όσον αφορά τη μεταβίβαση συνεταιριστικής μερίδας σε μέλος ή σε τρίτο πρόσωπο γίνεται μόνο ύστερα από συναίνεση του διοικητικού συμβουλίου. Σε κάθε μέλος αντιστοιχεί μία ψήφος, ανεξάρτητα από τον

αριθμό των μερίδων που κατέχει δηλαδή το ποσοστό στο συνεταιριστικό κεφάλαιο δεν θα αυξάνει το ειδικό βάρος οποιουδήποτε μέλους στη λήψη αποφάσεων.

Τουλάχιστον πέντε Ε.Κοιν. με έδρα στην ίδια Περιφέρεια, μπορούν να συστήσουν ένωση ενεργειακών συνεταιρισμών, με σκοπό το συντονισμό και την προώθηση των δραστηριοτήτων τους. Η Γενική Συνέλευση της ένωσης των ενεργειακών συνεταιρισμών απαρτίζεται από τους αντιπροσώπους των Ε.Κοιν. που συμμετέχουν στην ένωση. Οι ενώσεις ενεργειακών συνεταιρισμών όλης της χώρας, δύνανται επιπλέον, να συστήσουν Ομοσπονδία Ενεργειακών Συνεταιρισμών της Ελλάδας, με σκοπό τον συντονισμό και την καλύτερη εκπροσώπηση του ενεργειακού συνεταιριστικού κινήματος της χώρας. Στη γενική συνέλευση της Ομοσπονδίας των Ενεργειακών Συνεταιρισμών της Ελλάδας, προβλέπεται η συμμετοχή όλων των ενώσεων ενεργειακών συνεταιρισμών, με δύο αντιπροσώπους η καθεμία.

Οικονομικά κίνητρα και μέτρα στήριξης

- Δυνατότητα συμμετοχής στο Ν.4399/2016 καθώς και σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της ΕΕ.

Κίνητρα για σταθμούς ΑΠΕ και Σ.Η.Θ.Υ.Α.

- Ειδικές προϋποθέσεις και όροι προνομιακής συμμετοχής ή εξαίρεσης από τις ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών (άρθρο 7 του Ν.4414/2016) για σταθμούς ΑΠΕ και Σ.Η.Θ.Υ.Α.
- Ειδικοί όροι όπως προνομιακές χρεώσεις κ.ά. για σταθμούς ΑΠΕ που συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας,
- Απαλλαγή από την υποχρέωση καταβολής του ετήσιου τέλους διατήρησης δικαιώματος κατοχής άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- Μειωμένο ύψος εγγυητικών επιστολών που απαιτούνται κατά την αδειοδότηση,
- Προτεραιότητα κατά την αδειοδότηση,
- Απαλλαγή από το ειδικό τέλος του 1,7%, όταν συμμετέχει Ο.Τ.Α. στην Ε.Κοιν.

Κίνητρα για συμμετοχή στην αγορά – προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας

- Ελάχιστο κεφάλαιο για χορήγηση άδειας προμήθειας: 60.000€,
- Μειωμένα ποσά εγγυητικών επιστολών για εγγραφή στο μητρώο συμμετεχόντων,
- Επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών και σταθμών μικρών ανεμογεννητριών από Ε.Κοιν. για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών των μελών τους με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual Net Metering με μέλη της Ε.Κοιν.), κάτι που προς το παρόν επιτρέπεται μόνο στους κατ' επάγγελμα αγρότες και στα νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς [57],
- Ειδικοί όροι για τις Ε.Κοιν. που λειτουργούν ως Φορείς Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Η/Ο.
- Ειδικές προβλέψεις για Ε.Κοιν. που θα αδειοδοτούν σταθμούς θερμικής ενέργειας για τηλεθέρμανση.

Παραδείγματα σε αστικές περιοχές

Ιδιώτες

Φ/Β NET METERING

Τουλάχιστον 5 ιδιοκτήτες διαμερισμάτων μιας πολυκατοικίας δημιουργούν μία Ε.Κοιν. προκειμένου να εγκαταστήσουν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ή και μία ανεμογεννήτρια σε ένα ακίνητο που μπορεί να βρίσκεται ακόμη και σε κάποια άλλη περιοχή και εφαρμόζουν εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα ή την ανεμογεννήτρια με τις καταναλώσεις των διαμερισμάτων της πολυκατοικίας. Με αυτόν τον τρόπο οι ιδιοκτήτες ή χρήστες των διαμερισμάτων/μέλη της Ε.Κοιν. θα λαμβάνουν μειωμένο λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Τουλάχιστον 5 ιδιοκτήτες διαμερισμάτων μιας πολυκατοικίας δημιουργούν μία Ε.Κοιν. προκειμένου να συμμετάσχουν σε πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης της πολυκατοικίας.

Δήμοι – Περιφέρειες

ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΥΑΛΩΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ

Για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, τρεις ή και περισσότεροι Ο.Τ.Α., εντός μίας Περιφέρειας, δημιουργούν μία Ε.Κοιν., προκειμένου να εγκαταστήσουν ένα Φ/Β σύστημα ή και μία Α/Γ και να εφαρμόσουν εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το Φ/Β σύστημα ή την Α/Γ με τις καταναλώσεις τους και καταναλώσεις ευάλωτων καταναλωτών ή πολιτών που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας. Εναλλακτικά, από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας, μπορούν να επιδοτούν αναβαθμίσεις κατοικιών πολιτών με πολύ χαμηλά εισοδήματα.

Επαγγελματίες και Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις

1. Πέντε ή και περισσότερες μικρομεσαίες επιχειρήσεις (π.χ. ξενοδοχεία) συστήνουν μία Ε.Κοιν. και εγκαθιστούν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο σε κάποια έκταση εντός της Περιφέρειάς τους. Μέσω του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (virtual net metering) η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια εγχέεται στο δίκτυο και συμψηφίζεται με εκείνη που καταναλώνουν τα μέλη της Κοινότητας, μειώνοντας επομένως το ενεργειακό τους κόστος.
2. Αγρότες και αγροτικές επιχειρήσεις (τουλάχιστον πέντε) δημιουργούν μία Ε.Κοιν. για την εγκατάσταση μιας μονάδας βιομάζας, την οποία τροφοδοτούν με τοπικά γεωργικά απόβλητα. Η μονάδα παράγει θερμική ενέργεια, που αξιοποιούν π.χ. για τη θέρμανση θερμοκηπίων ή ακόμη και κατοικιών, αλλά και ηλεκτρική ενέργεια που είτε πωλούν στο δίκτυο είτε συμψηφίζουν με τις καταναλώσεις τους.
3. Τουλάχιστον πέντε κτηνοτρόφοι και κτηνοτροφικές μονάδες (βουστάσια, χοιροστάσια, πτηνοτροφία) εγκαθιστούν μία μονάδα βιοαερίου που με πρώτη ύλη τα κτηνοτροφικά

τους απόβλητα (π.χ. ζωικά υποπροϊόντα σφαγείων, κοπριά) παράγουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

Τοπικές συμπράξεις

1. Δύο Ο.Τ.Α., σε συνεργασία με ένα νομικό πρόσωπο δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου ή φυσικό πρόσωπο, εγκαθιστά μία μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας με σύστημα τηλεθέρμανσης.
2. Δύο Ο.Τ.Α., μαζί με τοπικές επιχειρήσεις ή και κατοίκους, εγκαθιστά ένα φωτοβολταϊκό-αιολικό πάρκο ή μία μικρή υδροηλεκτρική μονάδα. Στην περίπτωση που πρόκειται για νησιωτική περιοχή, με προβλήματα λειψυδρίας, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα μπορεί να τροφοδοτεί μία μονάδα αφαλάτωσης.
3. Με μέλη τοπικές επιχειρήσεις και δύο Ο.Τ.Α., μια Ε.Κοιν. σε ένα τουριστικό νησί εγκαθιστά σταθμούς φόρτισης και προμηθεύεται ηλεκτρικά οχήματα, για την ενοικίασή τους σε τουρίστες.

Αναμένεται η ψήφιση του νομοσχεδίου και η τελική διαμόρφωσή του.

4.5.3 Μέτρα πληροφόρησης και εκπαίδευσης

Η πληροφόρηση που έχουν οι χρήστες των κτιρίων και οι επαγγελματίες στον τομέα των κτιρίων σε θέματα ενεργειακής απόδοσης έχει βελτιωθεί σημαντικά λόγω των μέτρων που έχουν ληφθεί τα τελευταία χρόνια, όπως είναι οι απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης και τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, τα κτίρια nZEB αποτελούν ένα καινούργιο θέμα για την οικοδομική βιομηχανία και ακόμα περισσότερο για το ευρύ κοινό.

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.), αναγνωρίζοντας ότι οι μηχανικοί αποτελούν τους φορείς υλοποίησης των nZEB, προχώρησε στη σύνταξη τεχνικού εγχειριδίου για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας [58] με στόχο τη διευκόλυνση της ομάδας σχεδιασμού του έργου στη διερεύνηση των κρισιμότερων παραμέτρων για την δημιουργία ενός nZEB.

Όσον αφορά το ευρύ κοινό, έχουν δημοσιευτεί κάποια εκλαϊκευμένα άρθρα σε περιοδικά. Στο πλαίσιο της γενικότερης προσπάθειας που καταβάλλει το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος για πιο αποτελεσματική επικοινωνία με το κοινό έχει προχωρήσει σε χρήση των μέσων μαζικής δικτύωσης, όπου, μεταξύ άλλων, προωθείται και το θέμα των nZEB, ενώ υπάρχουν αναφορές στην ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(εποπτευόμενος φορέας). Ταυτόχρονα, πολιτεία, φορείς του ιδιωτικού τομέα, Πολυτεχνεία και Τ.Ε.Ε. διοργανώνουν ή συμμετέχουν σε ενημερωτικές ημερίδες για τα nZEB που απευθύνονται σε συγκεκριμένες ομάδες ενδιαφέροντος όπως οι σύνδεσμοι καταναλωτών, κ.ά.

Η εκπαίδευση σε θέματα nZEB όλων των επαγγελματικών ομάδων που εμπλέκονται στην οικοδομική βιομηχανία και στην αγορά ακινήτων αποτελεί θεμελιώδες μέτρο για την προώθηση τους σε νέα και υφιστάμενα κτίρια. Το γνωστικό επίπεδο των μηχανικών σε θέματα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων έχει βελτιωθεί σημαντικά με την εκπαίδευση και εξέταση ειδικευμένων εμπειρογνομώνων, επιθεωρητών συστημάτων θέρμανσης,

επιθεωρητών συστημάτων κλιματισμού και ενεργειακών επιθεωρητών. Στην προσπάθεια για ένταξη των nZEB στο πεδίο γνώσης των υπό αναφορά ανεξαρτήτων εμπειρογνομόνων, η εξεταστέα ύλη όλων πρέπει να περιλαμβάνει θέματα που αφορούν και στα nZEB. Επίσης, σε εκπαιδεύσεις και εξετάσεις ενεργειακών εμπειρογνομόνων και επιθεωρητών πάσης φύσης συστημάτων πρέπει να γίνεται αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά στα nZEB.

Κεφάλαιο 5: Αναβάθμιση υφισταμένων κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

5.1 Εισαγωγή

Επισημαίνεται και πάλι ότι η κατασκευή νέων κτιρίων με μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας δεν θα λύσει το πρόβλημα στον κτιριακό τομέα, καθώς τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται είναι πολύ λίγα και ο ρυθμός απόσυρσης των παλαιών αρκετά μικρός. Με αυτά τα δεδομένα θα χρειάζονταν πολλά χρόνια για την ανανέωση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος. Για το λόγο αυτό πρέπει να ενισχυθούν οι πολιτικές για τη συστηματική ανακαίνιση των υφισταμένων κτιρίων προκειμένου να επιτευχθούν οι Ευρωπαϊκοί κλιματικοί και ενεργειακοί στόχοι.

5.2 Ανακαίνιση κτιρίων

Ο όρος "ανακαίνιση" χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια μεγάλη ποικιλία από βελτιώσεις σε υπάρχον κτίριο ή ομάδα κτιρίων. Ποιοτικά, φαίνεται ότι η ανακαίνιση της πρόσοψης ενός κτιρίου παρέχει διαφορετικό επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας από εκείνη που αφορά στο σύνολο του κελύφους και των ενεργειακών του συστημάτων (HVAC, φωτισμός κ.λπ.) καθώς και την εγκατάσταση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επομένως, υπάρχει ανάγκη κατηγοριοποίησης των διαφορετικών επιπέδων ανακαίνισης.

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν κυρίως την ανακαίνιση κτιρίων είναι:

- Το ποσοστό ανακαίνισης, εκφρασμένο ως % του κτιριακού αποθέματος σε ένα συγκεκριμένο έτος,
- Η έκταση της ανακαίνισης, σύμφωνα με τα τέσσερα επίπεδα που περιγράφονται στη συνέχεια,
- Το κόστος της ανακαίνισης, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με την έκταση.

Ο Πίνακας 5.1 που ακολουθεί συνοψίζει τις 4 κατηγορίες ανακαίνισης σε σχέση με το μέσο συνολικό κόστος (υλικά, εργατικά και επαγγελματικά τέλη, χωρίς δαπάνες που δεν σχετίζονται άμεσα με τη βελτίωση) των μέτρων για την αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, εκφρασμένο σε €/m² [59].

Πίνακας 5.1: Κατηγορίες ανακαίνισης σε σχέση με την εξοικονόμηση τελικής ενέργειας και το μέσο συνολικό κόστος

Περιγραφή ανακαίνισης	Εξοικονόμηση τελικής ενέργειας %	Μέσο συνολικό κόστος €/m ²
Ελαφριά (1-3 χαμηλού κόστους μέτρα)	0-30	60
Μέτρια (3-5 μέτρα)	30-60	140
Ριζική (πάνω από 5 μέτρα)	60-90	330
nZEB (απαιτήσεις ενέργειας για nZEB)	90+	580

Σύμφωνα με το Υ.ΠΕ.Κ.Α. στην Ελλάδα ο Πίνακας 5.1 διαμορφώνεται ως εξής [60]:

Πίνακας 5.2: Κατηγορίες ανακαίνισης και εξοικονόμηση τελικής ενέργειας για την Ελλάδα

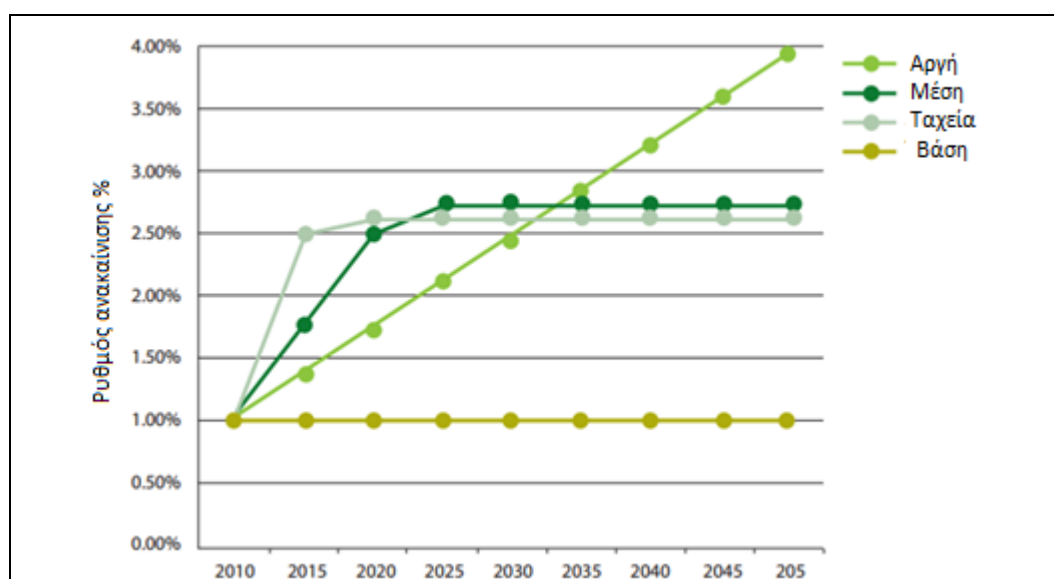
Τύπος ανακαίνισης	Ποσοστό εξοικονόμησης
Ελαφριά	20 %
Μέτρια	40 %
Ριζική	60 %
Σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	80 %

Αναλύοντας διάφορα σενάρια ανακαίνισης για τυπικά κτίρια προκύπτει ότι η υλοποίηση μεμονωμένων δράσεων χαμηλού κόστους (π.χ. η εγκατάσταση μόνο ηλιακού θερμοσίφωνα) εξοικονομούν αντίστοιχα μικρό ποσοστό ενεργειακών αναγκών. Είναι επομένως επιθυμητό οι ανακαινίσεις να είναι μεγαλύτερης έκτασης, συνδυάζοντας μέτρα εξοικονόμησης που βελτιώνουν συνολικά το κτίριο, τόσο το κέλυφος όσο και τα λειτουργικά του συστήματα (θέρμανση, κλιματισμός, φωτισμός).

Ήδη από το πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον» του ΥΠΕΚΑ το ποσοστό εξοικονόμησης που προκύπτει κατά μέσο όρο είναι της τάξης του 40% με μέσο κόστος ανακαινίσεων περίπου 10.000 €. Ωστόσο, αν η ανακαίνιση περιορισθεί σε μέτρα που εξοικονομούν το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης, τότε η λειτουργία του κτιρίου παγιδεύεται (lock-in) σε σχετικά σημαντική κατανάλωση και μάλιστα αρκετά μακριά από το στόχο των κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης που επιδιώκει η Ευρώπη να είναι 40-50 kWh/m² ετησίως. Μόνο τα σενάρια που χαρακτηρίζονται ως ριζική ανακαίνιση είναι δυνατό να επιτύχουν τους στόχους της εξοικονόμησης ενέργειας όπως ορίζεται από την ΕΕ [60].

Τα ποσοστά ανακαίνισης (εκτός εκείνων που σχετίζονται με μέτρα για απλή εξοικονόμηση ενέργειας) κυμαίνονται μεταξύ περίπου 0,5% και 2,5% του κτιριακού αποθέματος ετησίως. Αυτές οι τιμές αντικατοπτρίζουν τη δραστηριότητα των τελευταίων ετών, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις συνδέεται με ειδικά μέτρα (π.χ. την ύπαρξη προγράμματος ανακαίνισης) και συνεπώς μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικές. Εξ αιτίας αυτών των περιπτώσεων, υποτίθεται ότι το τρέχον ποσοστό ανακαίνισης σε ολόκληρη την Ευρώπη είναι 1% [59].

Αποτελεί ευρωπαϊκή φιλοδοξία η ανακαίνιση όλων των κτιρίων της ΕΕ μέχρι το 2050. Προκειμένου να επιτευχθεί ανακαίνιση 100% εντός 40 ετών (ως βάση θεωρείται το έτος 2010), πρέπει να επιτευχθεί μέσος ρυθμός ανακαίνισης 2,5% ετησίως. Με το τρέχον ποσοστό 1%, πρέπει να υπερδιπλασιαστούν τα επίπεδα δραστηριότητας προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος. Στο Διάγραμμα 5.1 απεικονίζεται ο ρυθμός ανακαίνισης για τρεις ακολουθούμενες εντάσεις [59].



Διάγραμμα 5.1: Ρυθμός ανακαίνισης για διάφορες εντάσεις

Πηγή: BPIE

Φαίνεται ότι μια επιθετική τακτική (με την ένδειξη "FAST" στο γράφημα) θα απαιτούσε μια ταχεία αύξηση του ρυθμού των ανακαινίσεων έως το 2016, ακολουθούμενη από ένα σταθερό ποσοστό ανανέωσης μόλις κάτω από 2,6% ετησίως για το υπόλοιπο της περιόδου έως το 2050 (συνολικά 34 έτη). Ο ισχυρής έντασης ρυθμός ανακαίνισης, σύμφωνα με σχετική έρευνα απαιτεί σημαντικές επενδύσεις και καθιστά απαγορευτική την υιοθέτησή του στη χώρα μας τη δεδομένη χρονική στιγμή [60]. Αντίθετα, με το βραδύτερο ρυθμό έντασης (με την ένδειξη "SLOW"), η δραστηριότητα ανακαίνισης αυξάνεται σιγά αλλά σταθερά σε ετήσια βάση από το 2011, επιτυγχάνοντας μόλις κάτω από 4% το έτος 2050. Η μέση τακτική αναπτύσσεται σταθερά την τρέχουσα δεκαετία για να φθάσει σε ρυθμό γύρω στο 2,7% ετησίως το 2022, ο οποίος διατηρείται για 28 χρόνια, μέχρι το 2050. Κάθε μία από τις τακτικές αυτές, εκτός από τη γραμμή βάσης, οδηγεί στο ίδιο συνολικό αποτέλεσμα το 2050 όσον αφορά στην επιφάνεια δαπέδου των ανακαινισμένων κτιρίων - η μόνη διαφορά είναι η χρονική στιγμή. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται άμεση ετοιμότητα της αλυσίδας ανακαίνισης των κτιρίων για την εξυπηρέτηση της επικείμενης ζήτησης για ανακαίνιση. Για να διατηρηθούν αυτά τα ποσοστά ανακαίνισης απαιτούνται αντίστοιχα ρυθμιστικά μέτρα και κίνητρα.

Με βάση τον τύπο και το ρυθμό ανακαίνισης συντίθενται τελικά 5 σενάρια για τα κτίρια κατοικιών ως ακολούθως:

Σενάριο 1 (Σ1)

Το Βασικό Σενάριο (Σ1) περιλαμβάνει μία σταθερή κατανομή του ρυθμού ανακαίνισης, δηλαδή 25.000 κτίρια/έτος θα αναβαθμίζονται κυρίως σε ποσοστό 20% και λιγότερο σε ποσοστό 40% και 60%. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σενάριο που περιγράφει την κατάσταση που θα ίσχυε χωρίς τη λήψη κάποιων επιπρόσθετων ευνοϊκών μέτρων. Είναι η σημερινή πρακτική της ελληνικής αγοράς όπως εκτιμάται από τις πρόσφατες άδειες ανακαινίσεων (ΕΛΣΤΑΤ) και από την ίδια την αγορά, καθώς και την τρέχουσα πρακτική που διαμόρφωσαν τα προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια.

Σενάριο 2(Σ2)

Στο Μέτριο Σενάριο (Σ2) μεταβάλλεται αργά αυξανόμενα ο ρυθμός ανακαίνισης, συνδυάζοντας διάφορους τύπους ανακαίνισης. Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση αφού σημαντικό μέρος του αποθέματος φθάνει το 60%. Παρ' όλα αυτά στο τέλος της περιόδου (2050) αρκετά σημαντικό μέρος του κτιριακού αποθέματος παραμένει να λειτουργεί ενεργειακά αποδοτικότερα, αλλά μακριά από το στόχο των 40-50 kWh/m² ετησίως.

Σενάριο 3 (Σ3)

Το Ισχυρό Σενάριο (Σ3) στηρίζεται σε ρυθμό ανακαίνισης μέσης έντασης και περιλαμβάνει ανακαινίσεις ακόμα μεγαλύτερης έκτασης. Με το σενάριο αυτό επιτυγχάνεται σχετικά γρήγορα (έτη 2018-2020) να δημιουργηθεί κτιριακό απόθεμα με καλή ενεργειακή συμπεριφορά, ενώ στο τέλος της περιόδου (έτος 2050) επιτυγχάνεται ριζική ανακαίνιση σε επίπεδο 60% σε μεγάλο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος έχοντας ξεκινήσει από το 2025.

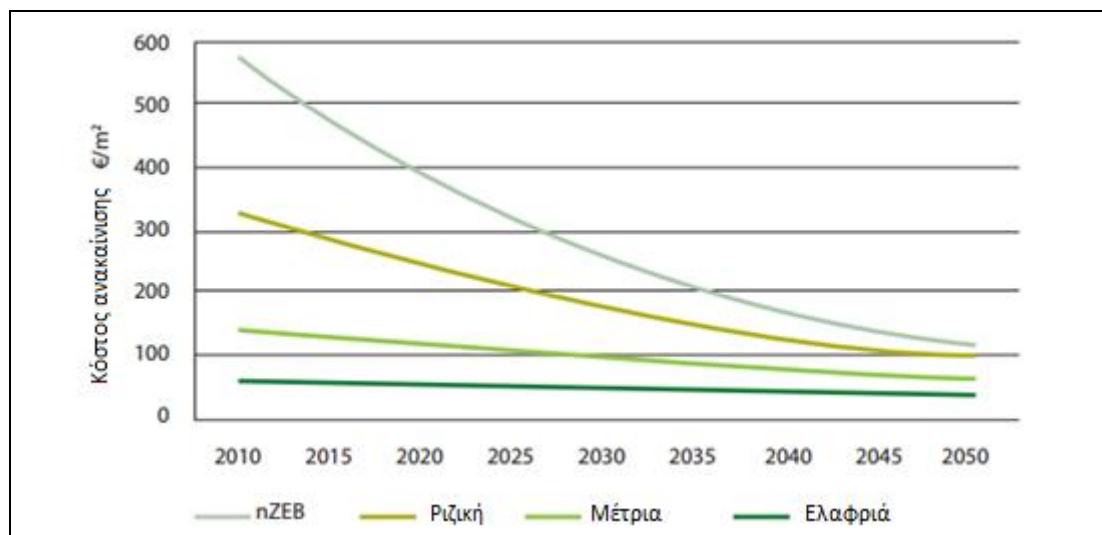
Σενάριο 4(Σ4)

Το Φιλόδοξο Σενάριο (Σ4) περιγράφει επίσης ένα ρυθμό μέσης έντασης, με διαφορετικού τύπου ανακαινίσεις, οι οποίες στα τελευταία έτη περιλαμβάνουν και nZEB. Είναι το σενάριο που επιτυγχάνει τα μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης για ένα πολύ μεγάλο μέρος του κτιριακού αποθέματος, ενώ μέρος του αποθέματος λειτουργεί σε συνθήκες σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Σενάριο 5 (Σ5)

Το Σενάριο Στόχων (Σ5) περιγράφει επίσης ένα ρυθμό μέσης έντασης, με διαφορετικού τύπου ανακαινίσεις, που επιτυγχάνει μεγάλα ποσοστά εξοικονόμησης για ένα πολύ μεγάλο μέρος του κτιριακού αποθέματος. Ειδικά με το συγκεκριμένο σενάριο εξετάζεται η περίπτωση επίτευξης των στόχων που έχουν τεθεί για ανακαίνιση κτιρίων μέσω του Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης.

Στο Διάγραμμα 5.2 απεικονίζεται η μείωση του κόστους για ανακαινίσεις διαφορετικής έκτασης ως το 2050 [59].



Διάγραμμα 5.2: Μείωση του κόστους για ανακαινίσεις διαφορετικής έκτασης ως το 2050

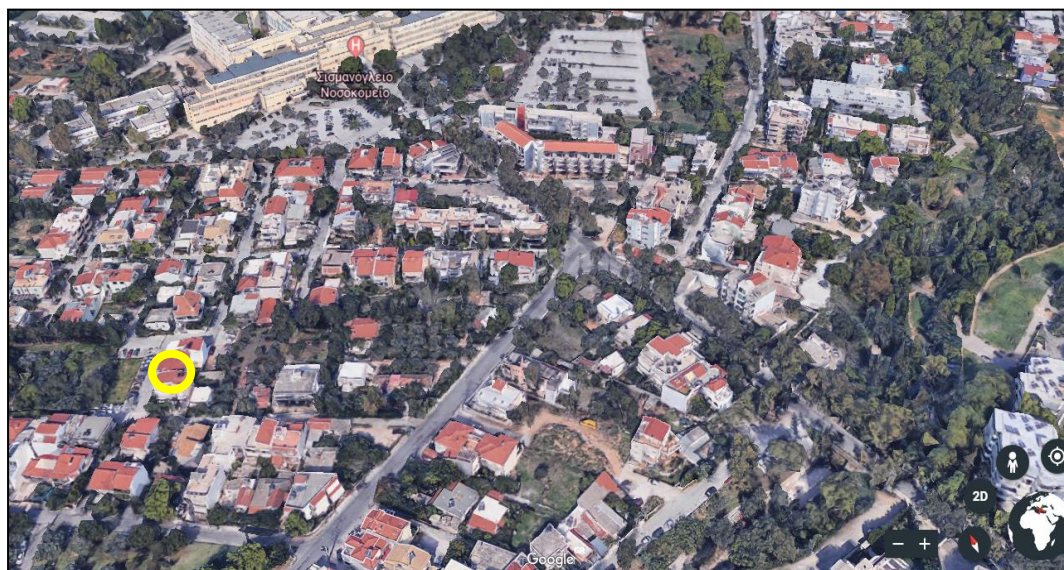
Πηγή: BPIE

Χρησιμοποιούνται συντελεστές μείωσης κόστους, που αντανakλούν την επίδραση της αύξησης της δραστηριότητας ανακαίνισης την περίοδο έως το 2050, δεδομένου ότι καθώς αυξάνεται ο όγκος μιας δραστηριότητας ελαττώνεται το κόστος αυτής. Φαίνεται επίσης ότι οι συντελεστές που εφαρμόζονται στις ανακαινίσεις είναι ανάλογοι με την έκτασή τους και έτσι παρατηρούνται μειώσεις κόστους που κυμαίνονται από 1% ετησίως για μικρές ανακαινίσεις έως 4% για nZEB ανακαινίσεις.

5.3 Διερεύνηση δυνατοτήτων μετατροπής υφιστάμενου κτιρίου σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Επειδή σε κάθε περίπτωση το βάρος θα πέσει στις ανακαινίσεις, αποφασίστηκε να διερευνηθεί η δυνατότητα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μονοκατοικίας η οποία βρίσκεται επί των οδών Μπασδέκη 3 (πρώην 25^{ης} Μαρτίου) και Νισύρου (πεζόδρομος) στην περιοχή "Σωρότζικο" στο Αμαρούσιο Αττικής. Το οικόπεδο έχει επιφάνεια περίπου 170m²

(πρόσοψη στην Μπασδέκη μήκους 15,54 m, πρόσοψη στη Νισύρου μήκους 10,90 m). Το κτίριο, κείμενο εντός περιοχής σχετικά πυκνοκατοικημένης, έχει συντεταγμένες γεωγραφικό πλάτος $38^{\circ} 2', 36'' N$ και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 49', 35'' A$ (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Μονοκατοικία Μπασδέκη 3 και Νισύρου, Αμαρούσιο Αττικής

Το κτίριο κατασκευάστηκε το 2005, ευρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β και συνορεύει με γειτονικά κτίρια σε δύο όψεις. Περιλαμβάνει υπόγειο, ισόγειο, 1^ο όροφο και σοφίτα και επειδή εντάσσεται σε αστικό ιστό, πολλές παράμετροι, όπως π.χ. ο φωτισμός και ο αερισμός του επηρεάζονται από τα γειτονικά κτίρια που είναι διώροφα ή τριώροφα.

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητους οπτοπλίνθους. Η συνολική μικτή επιφάνεια υπολογίστηκε σε $327,978 \approx 328 m^2$ και η ωφέλιμη σε $276,57 m^2$. Ο συνολικός όγκος είναι $991,11 m^3$ και ο ωφέλιμος $729,11 m^3$. Κάθε υπέρβαση του συντελεστή δόμησης ή άλλου είδους παράβαση τακτοποιήθηκε με τον Ν. 4178/13 "Αντιμετώπιση της Αυθαίρετης Δόμησης - Περιβαλλοντικό Ισοζύγιο και άλλες διατάξεις". Η επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων είναι $228,4 m^2$ ενώ των ψυχόμενων $138,29 m^2$. Κάθε όροφος έχει επιφάνεια $\approx 82 m^2$. Το καθαρό ύψος των ορόφων είναι 2,64 m και η σοφίτα έχει μέγιστο ύψος χώρου 2,50 m.

Εσωτερική διαρρύθμιση: Σε όλους τους ορόφους υπάρχουν βοηθητικοί χώροι όπως κλιμακοστάσιο και φρεάτιο ανελκυστήρα. Στο υπόγειο υπάρχει ξενώνας επιφάνειας $33 m^2$, 2 αποθήκες και κλειστός χώρος στάθμευσης επιφάνειας $17,6 m^2$. Στο ισόγειο βρίσκονται το σαλόνι, η τραπεζαρία, η κουζίνα και ένα WC. Στον 1^ο όροφο βρίσκονται δύο κοιτώνες, η ιματιοθήκη, και δύο μπάνια (ένα κοινόχρηστο και ένα σε κοιτώνα). Στη σοφίτα βρίσκεται το γραφείο και το γυμναστήριο.

Το κτίριο φέρει θερμική μόνωση πάχους 50 mm τυπική των κατασκευών του 2005. Οι εξωτερικοί τοίχοι αποτελούνται από επίχρισμα, σοβά, τούβλο, μονωτικό υλικό, τούβλο, σοβά, επίχρισμα και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U υπολογίστηκε ίσος με $0,7 W/m^2.K$ συμπεριλαμβανομένων των θερμογεφυρών εκτός των ορίων Κ.Εν.Α.Κ 2017 ($0,4 W/m^2.K$). Ο συντελεστής για το δάπεδο και για την οροφή υπολογίστηκε ίσος με 1,9 και $0,5 W/m^2.K$ αντίστοιχα, εκτός των ορίων Κ.Εν.Α.Κ 2017 ($0,4$ και $1,3 W/m^2.K$).

Όσον αφορά στα εξωτερικά ανοίγματα (παράθυρα), αυτά αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των τοίχων. Τα κουφώματα είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο με πλαίσιο μεταλλικό με θερμοδιακοπή 24 mm και υαλοπίνακες διπλούς με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας $\leq 0,1$, με διάκενο αέρα 12 mm. Η συνολική θερμοπερατότητα ενός κουφώματος εξαρτάται από την θερμοπερατότητα του πλαισίου, από την θερμοπερατότητα του υαλοπίνακα καθώς και από το ποσοστό της συνολικής επιφάνειας που καταλαμβάνει το καθένα από αυτά. Όσο μεγαλώνει η συνολική επιφάνεια ενός κουφώματος τόσο η θερμοπερατότητά του μειώνεται γιατί ο υαλοπίνακας έχει κατά βάση μικρότερο συντελεστή από αυτό του πλαισίου. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίστηκε για κάθε κούφωμα χωριστά και οι τιμές κυμαίνονταν από 1,975 ως 2,63 W/m².K (ένα κούφωμα) γενικά εντός των ορίων Κ.Εν.Α.Κ 2017 (2,4 W/m².K).

Το κτίριο διαθέτει συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.

Το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει λέβητα πετρελαίου ισχύος 69 kW (το 2005 δεν υπήρχε δίκτυο φυσικού αερίου στην περιοχή), βαθμού απόδοσης 83%, μονοσωλήνιο δίκτυο διανομής θερμού μέσου και τερματικές μονάδες τύπου καλοριφέρ. Για τις απώλειες θερμότητας ανά ώρα υπάρχει μελέτη μηχανικού, αν και δεν απαιτείτο το 2005, και αυτές ανέρχονται σε 47.500 kcal/h (με το boiler).

Το σύστημα ψύξης περιλαμβάνει τρεις αερόψυκτους ψύκτες ισχύος 7,03 kW, 2,6 kW, 2,9 kW, EER 2, έναν υδρόψυκτο ψύκτη ισχύος 2,6 kW, EER 2 και τερματικές μονάδες A/C.

Το σύστημα ζεστού νερού χρήσης (ZNX) υποστηρίζεται από το λέβητα του συστήματος θέρμανσης και περιλαμβάνει boiler 120l και ηλιακούς συλλέκτες επιφάνειας 3 m² τοποθετημένους στη στέγη της σοφίτας υπό γωνία 45°.

Στη συνέχεια, παρατίθενται φωτογραφίες του κτιρίου (Εικόνες 5.2, 5.3 και 5.4) και οι κατόψεις των ορόφων όπως έχουν αποτυπωθεί για την υπαγωγή του στον Ν. 4178/13.



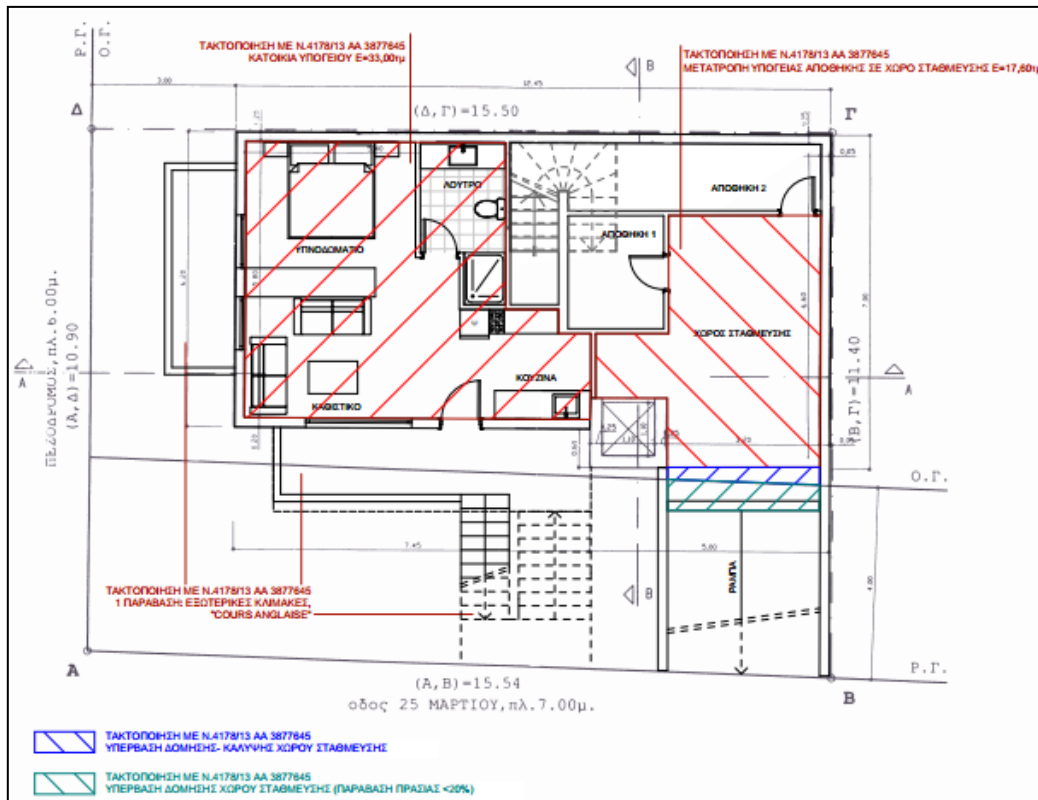
Εικόνα 5.2: Γενική άποψη του κτιρίου



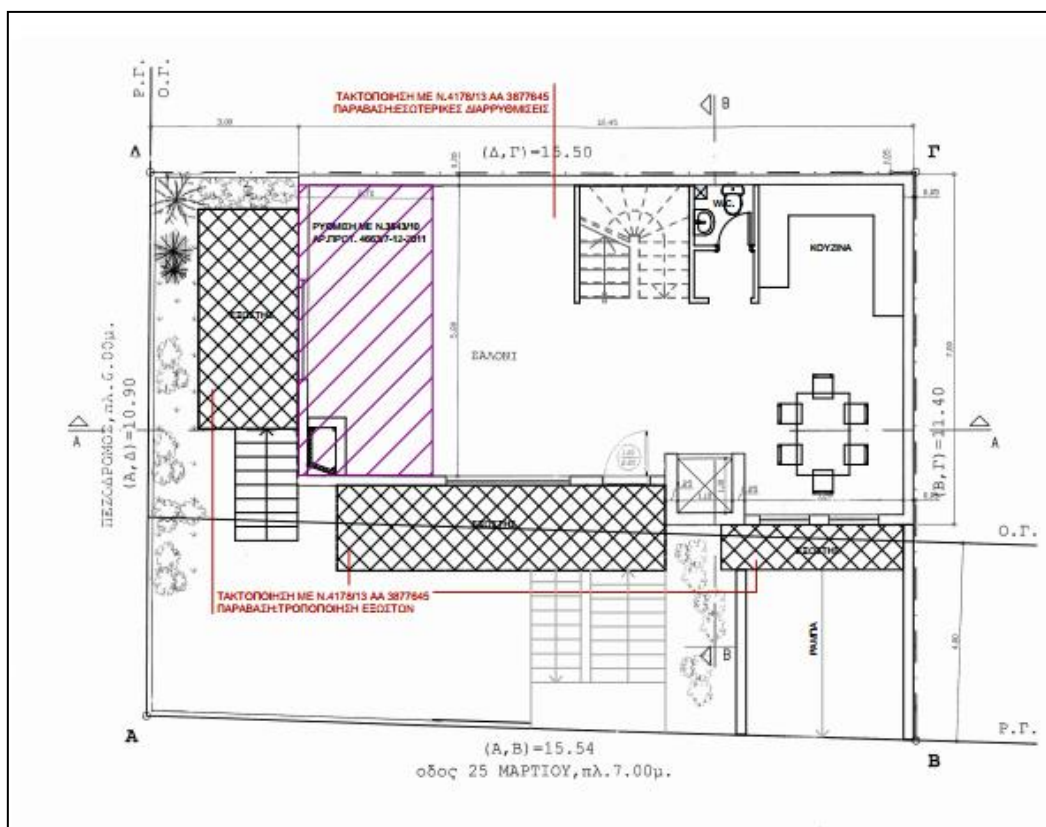
Εικόνα 5.3: Πρόσοψη κτιρίου στην οδό Μπασδέκη



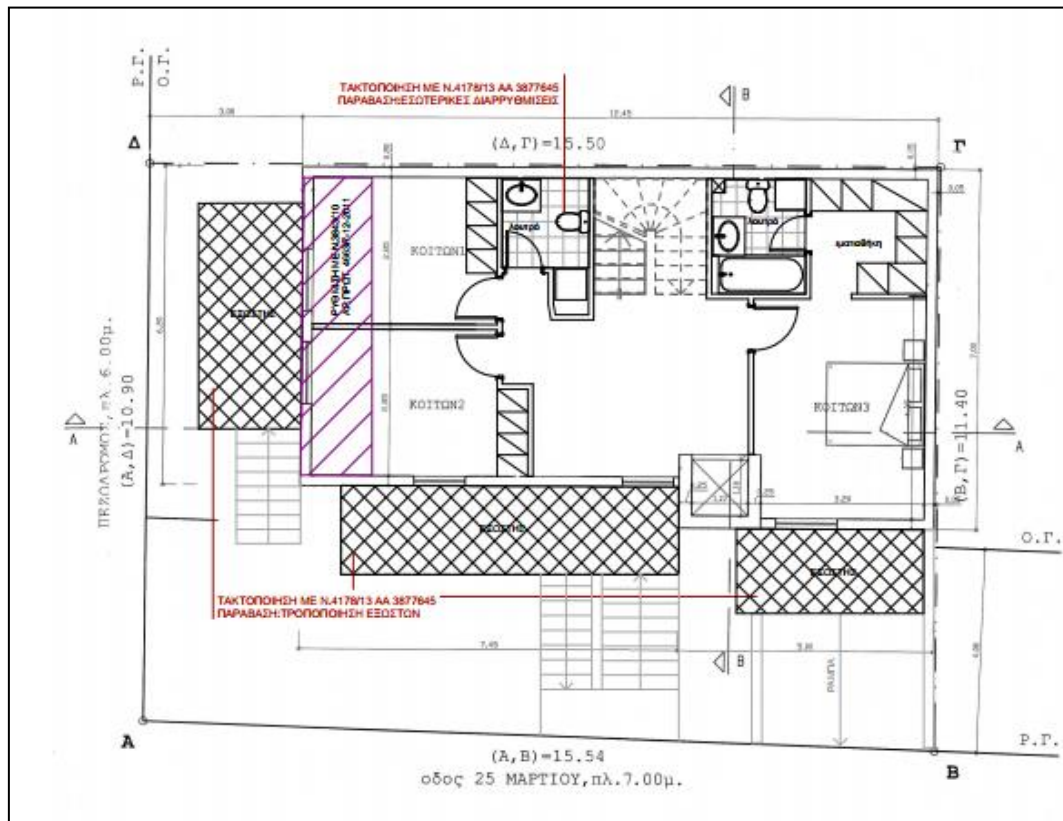
Εικόνα 5.4: Πρόσοψη κτιρίου στην οδό Νισύρου



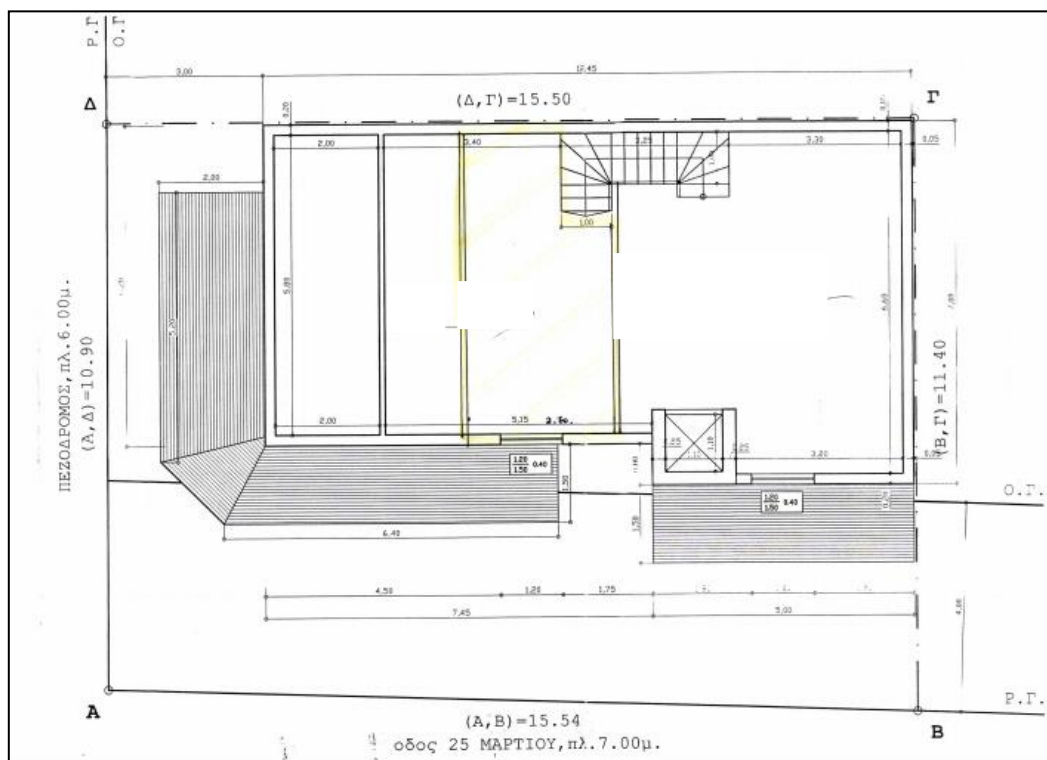
Κάτοψη 5.1: Υπόγειο



Κάτοψη 5.2: Ισόγειο

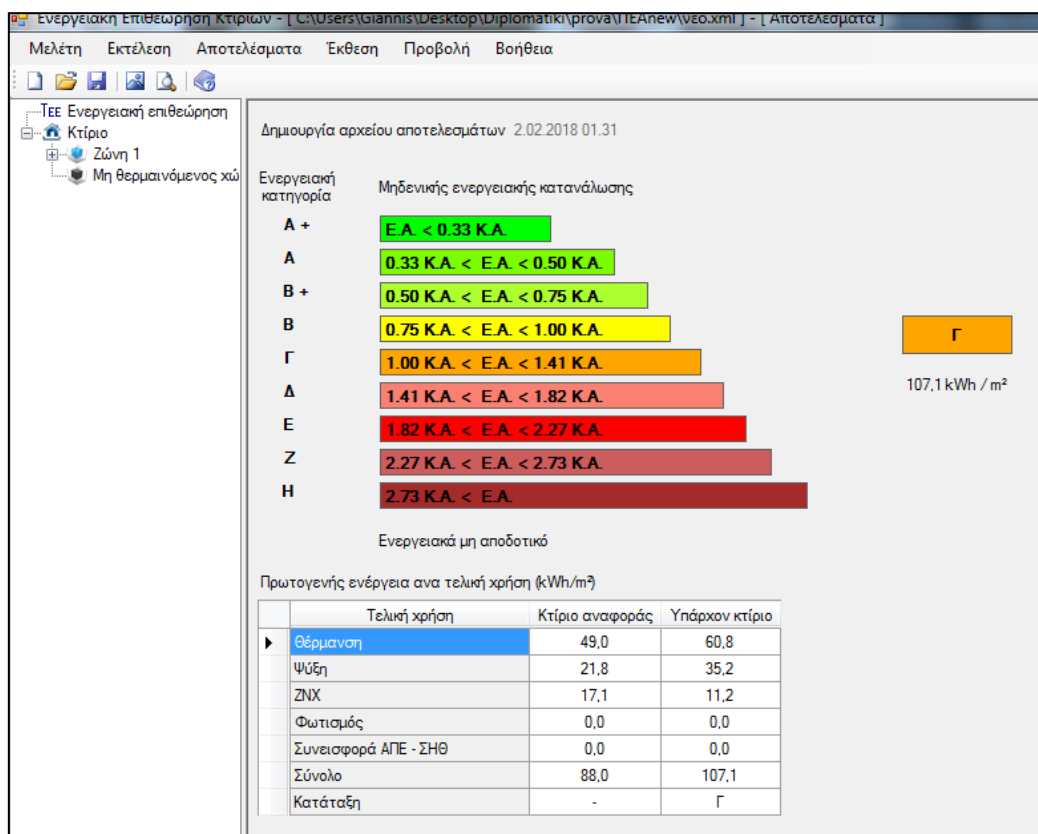


Κάτοψη 5.3: 1^{ος} όροφος

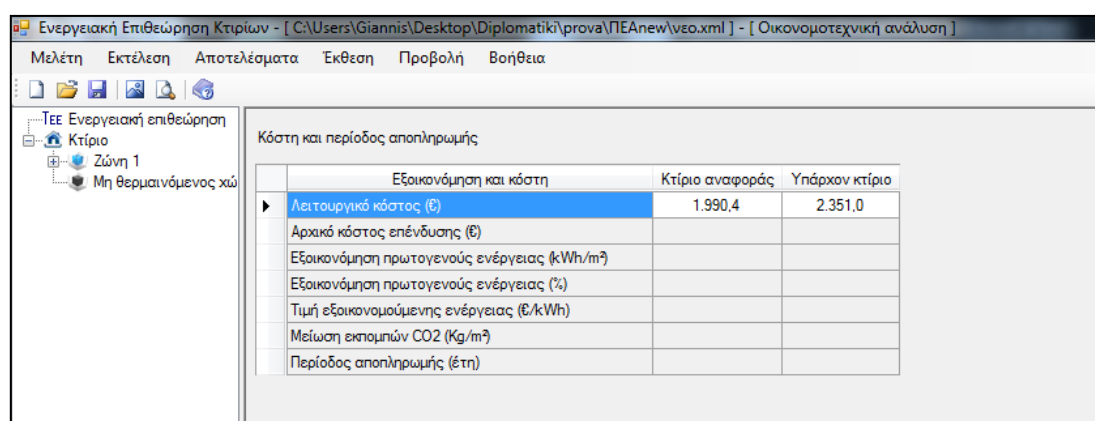


Κάτοψη 5.4: Σοφίτα

Για το εν λόγω κτίριο έχει διενεργηθεί ενεργειακή επιθεώρηση [61] και έχει εκδοθεί Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) από εγγεγραμμένο στα μητρώα ενεργειακό επιθεωρητή με χρήση του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ [61], έκδοση 1.29 και έχει καταταχθεί στην κατηγορία Γ. Ακολουθούν οι Εικόνες 5.5 και 5.6 με αποσπάσματα από τις οθόνες του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ όπου φαίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου καθώς και τα διάφορα οικονομοτεχνικά στοιχεία.



Εικόνα 5.5: Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου



Εικόνα 5.6: Οικονομοτεχνική ανάλυση

Στην Εικόνα 5.5 φαίνεται η καταναλισκόμενη συνολική πρωτογενής ενέργεια η οποία ανέρχεται σε 107,1 kWh/(m² a), τιμή, η οποία αν συγκριθεί με τις μέγιστες επιτρεπόμενες που σχετίζονται με τον εθνικό ορισμό για τα nZEB στην ΕΕ-28 και αναγράφονται στον Πίνακα 2.6, είναι κατά πολύ μικρότερη εκείνης της Ρουμανίας για τα νέα κτίρια κατοικιών 93-217 kWh/(m² a) και λίγο μεγαλύτερη από τις 100 kWh/(m² a) που θεωρούνται το μέγιστο

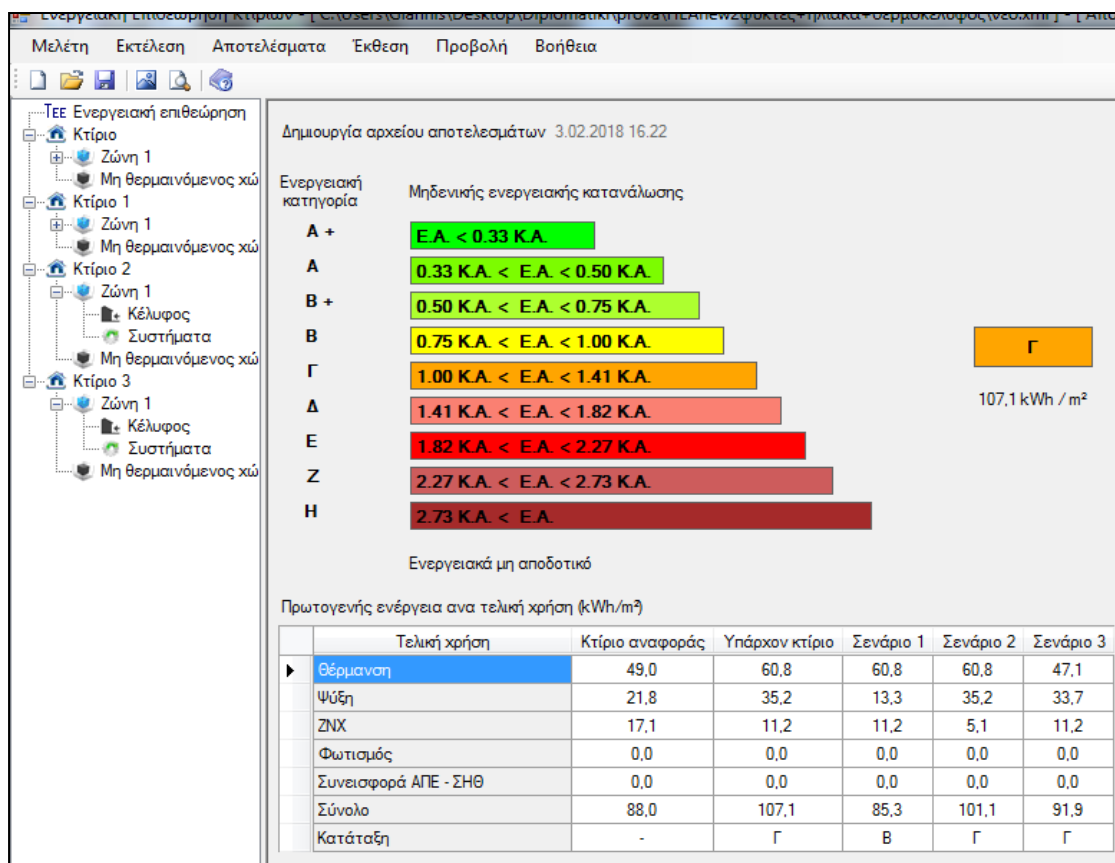
όριο για κτίρια μη οικιστικά. Επίσης φαίνεται ότι ο φωτισμός δεν λαμβάνεται υπόψη από το λογισμικό στον υπολογισμό της καταναλισκόμενης συνολικής πρωτογενούς ενέργειας για κτίρια κατοικιών.

Στη συνέχεια ακολουθεί η διερεύνηση των δυνατοτήτων για τη μείωση της τιμής των 107,1 kWh/(m² a) και την μετατροπή του κτιρίου σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης με τη χρήση του ίδιου λογισμικού, έκδοση 1.31 (λόγω αλλαγών του ΚΕΝΑΚ) [62]. Κατά πρώτο εξετάζεται η δυνατότητα μείωσης της ανωτέρω τιμής κάτω από τις 100 kWh/(m² a) με επεμβάσεις εμπορικές και όχι ερευνητικές ή επιδεικτικές. Προς τούτο επιλέχτηκαν τα ακόλουθα τρία σενάρια:

- Σενάριο 1: Αντικατάσταση τριών εκ των υπαρχόντων ψυκτών με νέους ενεργειακής κατάταξης A++, EER 6,1 (δύο ισχύος 2,6 kW έκαστος) και A+, EER 5,9 (ένας ισχύος 7,03 kW),
- Σενάριο 2: Διπλασιασμός της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών (6 m²),
- Σενάριο 3: Δημιουργία εξωτερικού θερμοκελύφους με μονωτικό υλικό πάχους 50mm προς ενίσχυση της ήδη υπάρχουσας μόνωσης. Σημειώνεται ότι με την κατασκευή εξωτερικού κελύφους με μονωτικό υλικό πάχους 50 mm ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων υπολογίστηκε σε $U=0,35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

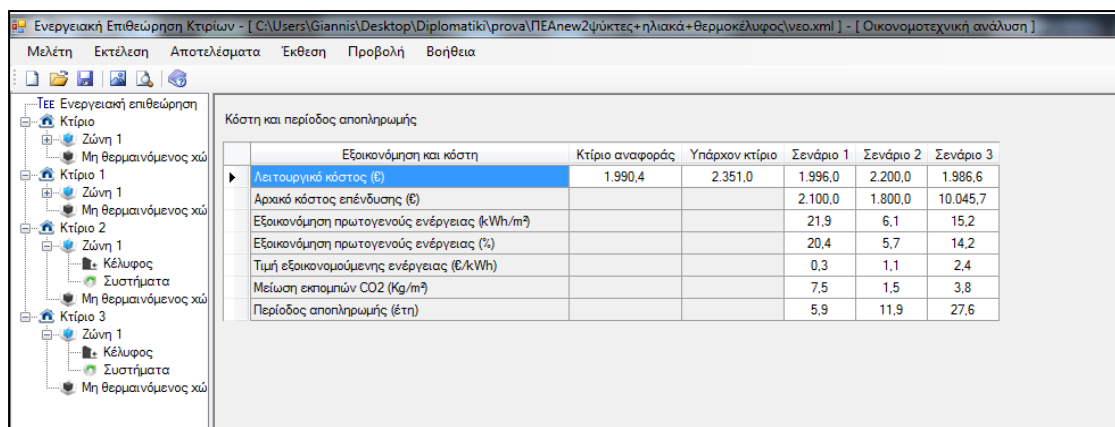
Στην Εικόνα 5.7 φαίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των τριών ανωτέρω σεναρίων καθώς και η καταναλισκόμενη συνολική πρωτογενής ενέργεια η οποία ανέρχεται τώρα σε 85,3 kWh/(m² a) (σενάριο 1), 101,1 kWh/(m² a) (σενάριο 2) και 91,9 kWh/(m² a) (σενάριο 3). Το κτίριο για το σενάριο 1 άλλαξε ενεργειακή κατηγορία κατατασσόμενο τώρα στη Β.

Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτιριακό τομέα



Εικόνα 5.7: Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των τριών σεναρίων

Στην Εικόνα 5.8, φαίνεται η τεχνοοικονομική ανάλυση των συγκεκριμένων σεναρίων.



Εικόνα 5.8: Οικονομοτεχνική ανάλυση σεναρίων

Από τις παραπάνω Εικόνες 5.7 και 5.8 εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Το σενάριο 1 αποτελεί την πλέον συμφέρουσα χαμηλού κόστους επένδυση η οποία συνδυαστικά και με άλλες δίνει τη δυνατότητα για περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης από το κτίριο πρωτογενούς ενέργειας,
- Το σενάριο 3 απορρίπτεται ως υψηλού κόστους ασύμφορη επένδυση με εξαιρετικά πτωχό αποτέλεσμα,

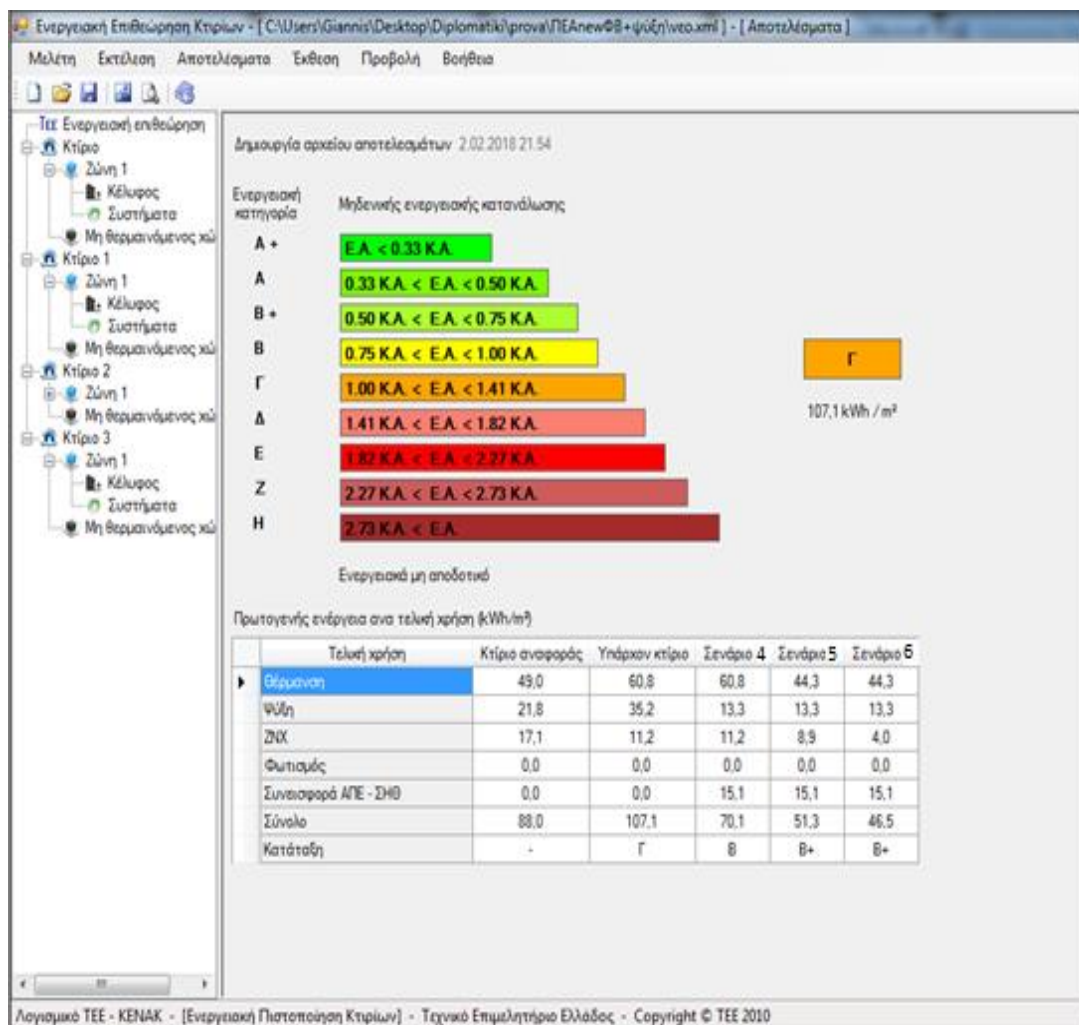
- Το σενάριο 2 ενδέχεται συνδυαστικά να εφαρμοστεί προκειμένου για μικρές μειώσεις στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Ο δείκτης RER_p , δηλ. η αναλογία της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τη μεθοδολογία της REHVA στα προαναφερόμενα τρία σενάρια είναι προφανώς μηδέν γιατί δεν χρησιμοποιήθηκαν ΑΠΕ παρά μόνο για θερμική ενέργεια.

Στη συνέχεια εξετάζεται η δυνατότητα περαιτέρω μείωσης της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας με στόχο μια τιμή κάτω από τις 50 kWh/(m² a). Επιλέχτηκαν τα παρακάτω σενάρια:

- Σενάριο 4: Τοποθέτηση συστοιχίας φωτοβολταϊκών στοιχείων στη στέγη, 5 kWp, επιφάνειας 37,5 m² υπό γωνία 45° προκειμένου να υπάρξει εισαγωγή ΑΠΕ όπως απαιτείται και από τον ορισμό για τα nZEB κτίρια, συνδυαστικά με την αντικατάσταση των τριών ψυκτών,
- Σενάριο 5: Αντικατάσταση του υπάρχοντος λέβητα πετρελαίου ισχύος 69 kW του συστήματος θέρμανσης και ΖΝΧ με ισοδύναμο φυσικού αερίου συμπύκνωσης καυσαερίων με βαθμό απόδοσης μονάδα συνδυαστικά με την αντικατάσταση των τριών ψυκτών και την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β, προκειμένου να γίνει εκμετάλλευση της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης κατά τη συμπύκνωση του παραγόμενου υδρατμού στο καυσαέριο, ο οποίος προέρχεται από το υδρογόνο του καυσίμου, την υγρασία του καυσίμου και την υγρασία του αέρα καύσης.
- Σενάριο 6: Αντικατάσταση του λέβητα με ισοδύναμο φυσικού αερίου συμπύκνωσης καυσαερίων συνδυαστικά με αντικατάσταση των τριών ψυκτών, τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β και αύξηση της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών σε 6 m².

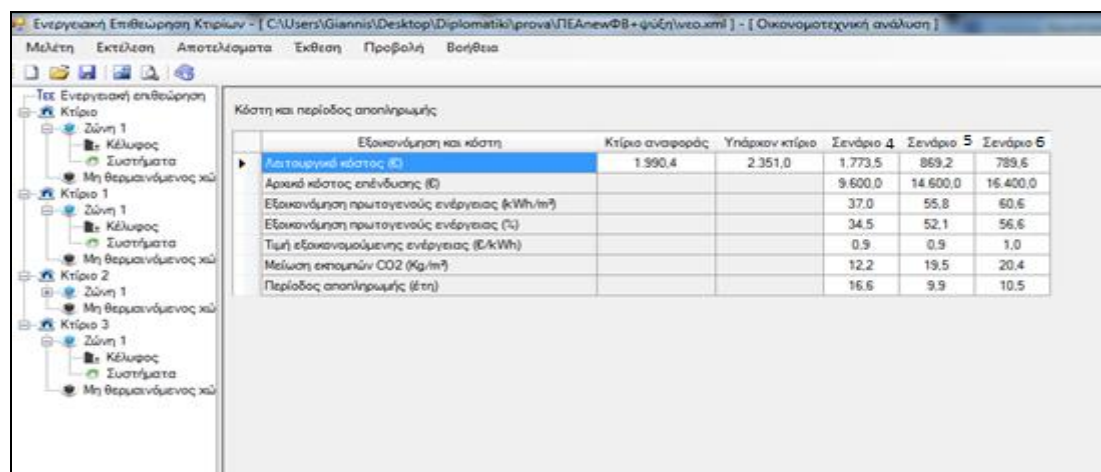
Στην Εικόνα 5.9 φαίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των σεναρίων 4, 5 και 6 καθώς η καταναλισκόμενη συνολική πρωτογενής ενέργεια η οποία ανέρχεται τώρα σε 70,1 kWh/(m² a) (σενάριο 4), 51,3 kWh/(m² a) (σενάριο 5) και 46,5 kWh/(m² a) (σενάριο 6). Το κτίριο άλλαξε ενεργειακή κατηγορία κατατασσόμενο στην κατηγορία B (σενάριο 4) και B+ (σενάρια 5 και 6). Στον Πίνακα 5.3 υπολογίζεται η τιμή του δείκτη RER_p και στην Εικόνα 5.10, φαίνεται η τεχνοοικονομική ανάλυση για τα συγκεκριμένα σενάρια.



Εικόνα 5.9: Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των σεναρίων 4, 5 και 6

Πίνακας 5.3: Υπολογισμός δείκτη RER_p σεναρίων 4, 5 και 6

Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 4	Σενάριο 5	Σενάριο 6
0	0	0,15 ή 15%	0,185 ή 18,5%	0,197 ή 19,7%



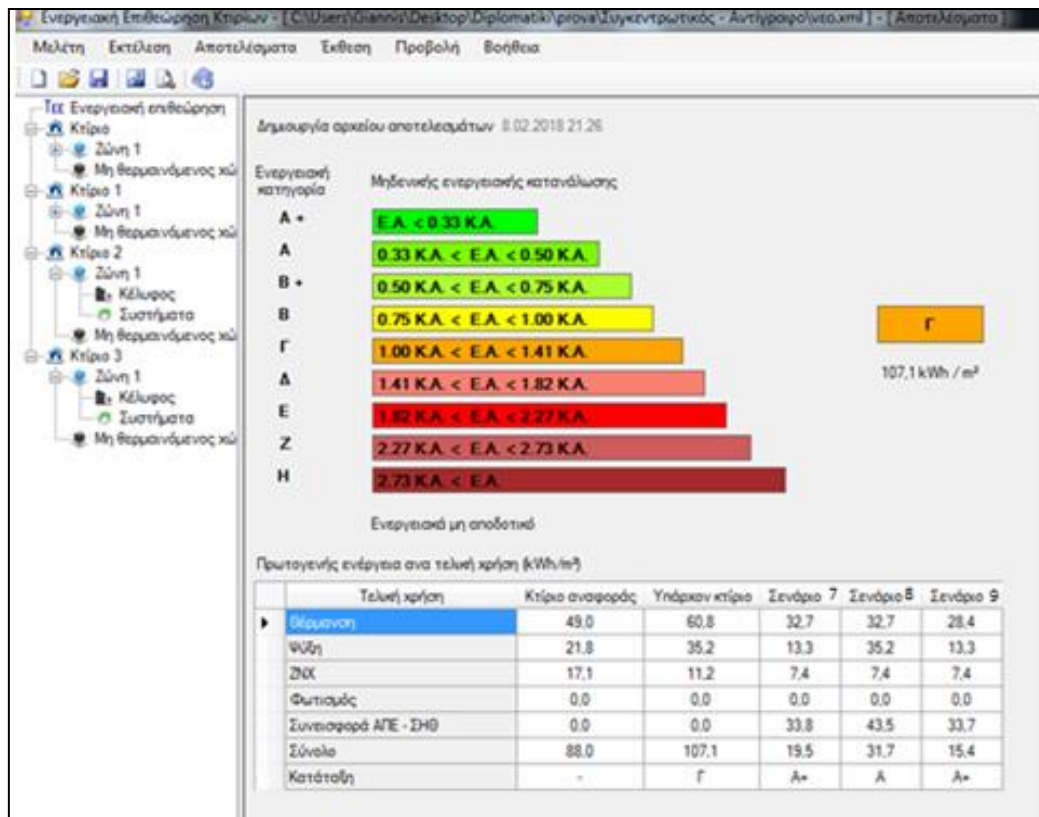
Εικόνα 5.10: Οικονομοτεχνική ανάλυση σεναρίων 4, 5 και 6

Από τις Εικόνες 5.9 και 5.10 φαίνεται ότι το σενάριο 6 ικανοποιεί το στόχο για μείωση της καταναλισκόμενης από το κτίριο πρωτογενούς ενέργειας κάτω από τις 50 kWh/(m²a) και αποτελεί μια βιώσιμη επένδυση μέσου κόστους.

Για περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας απαιτείται μια πιο δυναμική λύση όπως η αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου του συστήματος θέρμανσης ισχύος 69 kW και ZNX με αντλία θερμότητας αέρα-νερού 15 kW υψηλών θερμοκρασιών, με COP 3,3 ή υψηλότερο σε συνδυασμό με την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β. Η αντλία θερμότητας σε συνδυασμό με Φ/Β θεωρείται ΑΠΕ και επομένως στα επόμενα σενάρια αναμένεται αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Για λόγους κόστους δεν θα αλλάξουν τα θερμαντικά σώματα, τύπου καλοριφέρ, οπότε η αντλία θα χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση. Επιλέχτηκαν τα ακόλουθα σενάρια:

- Σενάριο 7: Αντικατάσταση του υπάρχοντος λέβητα πετρελαίου ισχύος 69 kW του συστήματος θέρμανσης και ZNX με κεντρική αντλία θερμότητας 15 kW, συνδυαστικά με την αντικατάσταση των τριών ψυκτών και την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β ,
- Σενάριο 8: Αντικατάσταση του λέβητα με κεντρική αντλία θερμότητας 15 kW, συνδυαστικά με την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β ,
- Σενάριο 9: Αντικατάσταση του λέβητα με κεντρική αντλία θερμότητας 15 kW με γεωεναλλάκτη οριζόντιο ή κατακόρυφο (COP 3,8), συνδυαστικά με την αντικατάσταση των τριών ψυκτών και με την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β.

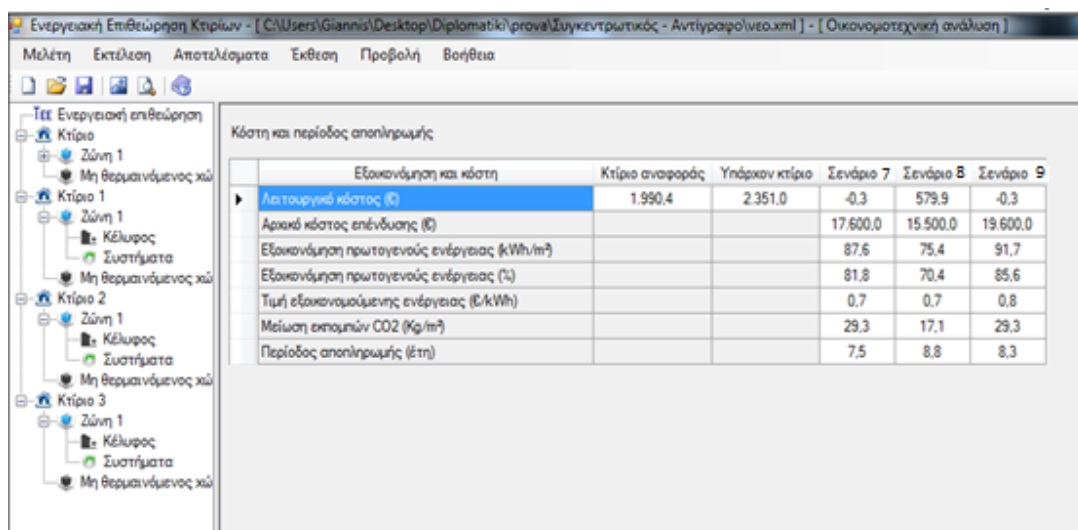
Στην Εικόνα 5.11 φαίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των ανωτέρω σεναρίων καθώς και η καταναλισκόμενη συνολική πρωτογενής ενέργεια η οποία ανέρχεται τώρα σε 19,5 kWh/(m² a)(σενάριο 7), 31,7 kWh/(m² a)(σενάριο 8) και 15,4kWh/(m² a) (σενάριο 9). Το κτίριο άλλαξε ενεργειακή κατηγορία κατατασσόμενο τώρα στην κατηγορία A (σενάριο 8) και A+ (σενάρια 7 και 9). Στον Πίνακα 5.4 υπολογίζεται η τιμή του δείκτη RER_p και στην Εικόνα 5.12 φαίνεται η τεχνοοικονομική ανάλυση των συγκεκριμένων σεναρίων.



Εικόνα 5.11: Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου μετά την εφαρμογή των σεναρίων 7, 8 και 9

Πίνακας 5.4: Υπολογισμός δείκτη RER σεναρίων 7, 8 και 9

Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 7	Σενάριο 8	Σενάριο 9
0	0	0,388 ή 38,8%	0,366 ή 36,6%	0,407 ή 40,7%



Εικόνα 5.12: Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα σεναρία 7, 8 και 9

Από την Εικόνα 5.11 φαίνεται ότι η αντικατάσταση του υπάρχοντος λέβητα πετρελαίου με κεντρική αντλία θερμότητας αέρα-νερού υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με την τοποθέτηση συστοιχίας Φ/Β και την αντικατάσταση των τριών ψυκτών είναι η λύση που αναβαθμίζει ριζικά την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και υπερτερεί τεχνικά έναντι όλων των σεναρίων. Η τοποθέτηση γεωεναλλάκτη με κλειστό κύκλωμα απαιτεί ειδικό χώρο ο οποίος στη συγκεκριμένη μονοκατοικία δεν υπάρχει. Επομένως προκρίνεται το σενάριο 7 για εφαρμογή σε κτίρια κατοικιών προκειμένου να αναβαθμιστούν σε nZEB. Σημειώνεται ότι σε νέα κτίρια η θέρμανση και η ψύξη θα γίνονταν με την ίδια αντλία θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών (ενδοδαπέδια θέρμανση και δροσισμός).

Ο Πίνακας 5.5 που ακολουθεί περιλαμβάνει τις ενεργειακές καταναλώσεις ανά καύσιμο από το λογισμικό για τα σενάρια 7, 8 και 9.

Πίνακας 5.5: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά καύσιμο για τα σενάρια 7, 8 και 9

Σενάριο 7			
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	0,0	0,0
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	0,0	0,0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	6,3	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	18,4	0,0

Σενάριο 8			
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	12,3	12,2
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	0,0	0,0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	6,3	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	25,9	12,2

Σενάριο 9			
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	0,0	0,0
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	0,0	0,0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	6,3	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	16,9	0,0

Από τον Πίνακα 5.5 φαίνεται ότι το σενάριο 7 που προτείνεται δεν παρουσιάζει ενεργειακή κατανάλωση για ηλεκτρισμό. Αυτό σημαίνει ότι η Φ/Β συστοιχία καλύπτει όλη την κατανάλωση ηλεκτρισμού της αντλίας θερμότητας και προς τούτο χρησιμοποιεί επιφάνεια 12,6 m². Αναλογικά με την ολική επιφάνεια της συστοιχίας η ετήσια προς τούτο ενέργεια ανέρχεται σε 5,1 kWh/(m²a) έναντι των ολικά παρεχομένων 15,1kWh/(m²a) (Εικόνα 5.9). Οι υπόλοιπες 10 kWh/(m²a) δύναται να εξαχθούν στο δίκτυο βελτιώνοντας την κατανάλωση

πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σε 9,5 kWh/(m² a). Ο δείκτης RER_p υπολογίζεται σε 50%. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου παραμένει αμετάβλητη. Αν ο ιδιοκτήτης επιλέξει να μην εξάγει ενέργεια στο δίκτυο δύναται να αγοράσει μικρότερη συστοιχία και τα τεχνοοικονομικά στοιχεία της επιλογής αυτής φαίνονται στην Εικόνα 5.13

Κόστος και περίοδος αποπληρωμής		Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 7
Εξοικονόμηση και κόστος				
► Λειτουργικό κόστος (€)		1.990,4	2.351,0	-0,3
Αρσικό κόστος επένδυσης (€)				13.100,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)				87,6
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)				81,8
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)				0,5
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)				29,3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)				5,6

Εικόνα 5.13: Οικονομοτεχνική ανάλυση για το σενάριο 7 με Φ/Β συστοιχία επιφάνειας 12,6 m²

Όσον αφορά στην καταναλισκόμενη πρωτογενή ενέργεια για φωτισμό, εφαρμογή που δεν καλύπτεται από το λογισμικό TEE KENAK για κτίρια κατοικιών, αυτή δύναται να εκτιμηθεί από την εγκατεστημένη ισχύ. Στον Πίνακα 5.6 που ακολουθεί φαίνεται η ετήσια καταναλισκόμενη τελική ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό.

Πίνακας 5.6: Εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Είδος λαμπτήρων φωτιστικών σωμάτων	Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα	Ημέρες λειτουργίας ανά έτος	Ισχύς W	Τεμάχια	Συνολική ισχύς W	Ηλεκτρική ενέργεια kWh/έτος
Λαμπτήρας LEDMR11 G4	1	360	3	100	300	108
Λαμπτήρας LEDMR11 G4	1	360	5	50	250	90
Λαμπτήρας LED	2	360	7	20	140	101
Προβολείς LED	2	360	7	30	90	114
Σύνολο				200	780	413

Η πρωτογενής ενέργεια εκτιμάται σε: 413 kWh/έτος*2,9/276,57 m²(καθαρή επιφάνεια κτιρίου) =4,33 kWh/(m² a)

Ο ΣΠΕ επιλέχθηκε ίσος με 2,9 όπως αναγράφεται στον KENAK.

Αν συμπεριληφθούν και οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές η καταναλισκόμενη πρωτογενής ενέργεια για τη λειτουργία τους δύναται να εκτιμηθεί επίσης από την εγκατεστημένη ισχύ τους. Στον Πίνακα 5.7 που ακολουθεί φαίνεται η ετήσια καταναλισκόμενη τελική ηλεκτρική ενέργεια για οικιακές ηλεκτρικές συσκευές.

Πίνακας 5.7: Εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για συσκευές

Είδος συσκευής	Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα	Ημέρες λειτουργίας ανά έτος	Ισχύς W	Τεμάχια	Συνολική ισχύς W	Ηλεκτρική ενέργεια kWh/έτος
Ψυγείο	24	360	90	1	90	777,6
Πλυντήριο ρούχων	1,5	100	2.500	1	2.500	375,0
Πλυντήριο πιάτων	1	320	3.200	1	3.200	576,0
Φούρνος μικροκυμάτων	0,06	180	800	1	800	8,64
Φριτέζα	0,5	20	1.600	1	1.600	16,00
Ηλεκτρική κουζίνα:						
Φούρνος	1,5	15	2.700	1	2.700	60,75
Μεγάλη εστία	1	200	1.600	1	1.600	320
Μεσαία εστία	0,09	120	1.200	1	1.200	12,96
Μικρή εστία	0,1	50	800	2	800	4
Καφετιέρα	0,09	240	800	1	800	17,28
Μίξερ	0,09	25	800	1	800	1,80
Βραστήρας	0,05	120	1.000	1	1.000	6,00
Τοστιέρα	0,09	120	750	1	750	8,10
Στεγνωτήρας μαλλιών	0,05	90	600	1	600	2,70
Πρέσα ρούχων	0,5	20	2.000	1	2.000	20,00
Σίδερο	0,5	20	1.000	1	1.000	10,00
Ηλεκτρική σκούπα	0,2	100	1.800	1	1.800	36,00
Ασύρματο τηλέφωνο	0,5	360	10	1	10	1,80
Router	0,3	280	15	1	15	1,26
Τηλεόραση	4	320	100	2	200	256,00
Βίντεο	2	40	50	1	50	4,00
Laptop	1	200	80	1	80	16,00
Η/Υ	2,5	100	200	1	200	50,00
Εκτυπωτής	0,05	20	70	1	70	0,07
Ηχοσύστημα	1	100	30	1	30	3,00
Fax	0,05	20	50	1	50	0,05
Λοιπά	0,05	50	500	1	500	1,25
Σύνολο					9.955	2.586,26

Η πρωτογενής ενέργεια εκτιμάται σε: $2.586,26 \text{ kWh/έτος} \cdot 2,9/276,57 \text{ m}^2 = 27,12 \text{ kWh/ (m}^2 \text{ a)}$.

Αν θεωρηθεί ότι οι τιμές πρωτογενούς ενέργειας για το φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές προστίθενται και στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς τότε το κτίριο κατατάσσεται στις ίδιες ενεργειακές κατηγορίες.

Μετά τα παραπάνω οι τιμές καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση που υπολογίστηκαν μέσω του λογισμικού TEE KENAK διαμορφώνονται ως στον Πίνακα 5.8 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.8: Τιμές καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση συμπεριλαμβανομένων συσκευών και φωτισμού

Τελική χρήση	Πρωτογενής ενέργεια kWh/(m ² a)	Δείκτης RER _p
Κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση		
Θέρμανση	60,8	0
Ψύξη	35,2	
ZNX	11,2	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	0	
Σύνολο	138,6	
Σενάριο 1 (Αντικατάσταση τριών ψυκτών)		
Θέρμανση	60,8	0
Ψύξη	13,3	
ZNX	11,2	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	0	
Σύνολο	116,7	
Σενάριο 2 (Διπλασιασμός της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών)		
Θέρμανση	60,8	0
Ψύξη	35,2	
ZNX	5,1	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	0	
Σύνολο	132,5	
Σενάριο 3 (Εξωτερικό θερμοκέλυφος)		
Θέρμανση	47,1	0
Ψύξη	33,7	
ZNX	11,2	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	0	
Σύνολο	123,4	
Σενάριο 4 (Φ/Β + Αντικατάσταση ψυκτών)		
Θέρμανση	60,8	0,15
Ψύξη	13,3	
ZNX	11,2	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	15,1	
Σύνολο	101,7	
Σενάριο 5 (Λέβητας Φ.Α.+Φ/Β + Αντικατάσταση ψυκτών)		
Θέρμανση	44,3	0,185
Ψύξη	13,3	
ZNX	8,9	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	15,1	
Σύνολο	82,8	

Σενάριο 6 (Λέβητας Φ.Α.+Φ/B + Αντικατάσταση ψυκτών+ Διπλασιασμός της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών)		
Θέρμανση	44,3	0,197
Ψύξη	13,3	
ZNX	4	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	15,1	
Σύνολο	77,9	
Σενάριο 7 (Α.Θ.+Φ/B + Αντικατάσταση ψυκτών)		
Θέρμανση	32,7	0,29
Ψύξη	13,3	
ZNX	7,4	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	33,8	
Σύνολο	50,8	
Σενάριο 8 (Α.Θ.+Φ/B)		
Θέρμανση	32,7	0,29
Ψύξη	35,2	
ZNX	7,4	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	43,5	
Σύνολο	63,2	
Σενάριο 9 (Α.Θ+ γεωεναλλάκτης)+Φ/B + Αντικατάσταση ψυκτών)		
Θέρμανση	28,4	0,30
Ψύξη	13,3	
ZNX	7,4	
Φωτισμός	4,3	
Συσκευές	27,1	
Συνεισφορά ΑΠΕ ΣΗΘ	33,7	
Σύνολο	46,8	

Προτείνεται κατά τον καθορισμό των ορίων για τον χαρακτηρισμό ενός κτιρίου ως nZEB να μην λαμβάνονται υπόψη τουλάχιστον οι συσκευές γιατί η χρήση τους αντιπροσωπεύει σημαντική ποσότητα πρωτογενούς ενέργειας.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα

Αρχικά, παρουσιάζονται ακολούθως οι κυριότερες διαπιστώσεις και τα κυριότερα σημεία αναφοράς στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής αναζήτησης της παρούσας εργασίας.

- Ο οικιακός τομέας και οι υπηρεσίες (δηλ. τα κτίρια) ευθύνονται για το 39% της κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των ολικών εκπομπών CO₂ σε επίπεδο ΕΕ,
- Το κτιριακό απόθεμα της ΕΕ είναι αρκετά ετερογενές και ένα σημαντικό μέρος του έχει ηλικία άνω των 50 ετών,
- Η μέση ηλικία των υφιστάμενων κτιρίων και το ποσοστό των νέων κτιρίων επί του συνολικού αριθμού αυτών, αποτελούν τους βασικούς δείκτες ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος,
- Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των νέων κτιρίων που κατασκευάζονται με πρότυπα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιριακού αποθέματος,
- Σε όλα τα κράτη-μέλη, το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των κτιρίων καταλαμβάνεται από κτίρια κατοικιών σε ποσοστό από 60 ως 85%,
- Με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων μπορεί να μειωθεί η συνολική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ κατά 5-6% και οι εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5%.
- Σύμφωνα με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ και το Ν. 4122/13 από την 01.01.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB),
- Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 01.01.2019,
- Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση και περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής κατάταξης και αριθμητικό δείκτη για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας (ΣΠΕ),
- Σε μελέτη που εκπονήθηκε από την ΕΕ παρουσιάζονται τέσσερις υπολογιστικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ΣΠΕ, οι οποίες φαίνονται κατάλληλες στο πλαίσιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ,
- Οι τιμές για τους ΣΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες πηγές πρέπει να είναι ενιαίες σε όλη την ΕΕ,
- Προκειμένου για τη χρήση ΑΠΕ προτείνεται ο υπολογισμός του δείκτη RER_p δηλ. της αναλογίας της ανανεώσιμης ενέργειας επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας,
- Ο υπολογισμός των ενεργειακών αποδόσεων από την καθαρή απαιτούμενη ενέργεια έως τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας γίνεται σύμφωνα με το παράρτημα Ι τμήμα 3 του κανονισμού 244/2012,
- Ο ορισμός των nZEB κτιρίων παραμένει από την Οδηγία, γενικός και ασαφής με αποτέλεσμα σήμερα σε 15 κράτη-μέλη να υπάρχει ένας ορισμός ενώ στα υπόλοιπα να μην έχει ακόμη εγκριθεί ή να βρίσκεται υπό συζήτηση,
- Στις περισσότερες χώρες της ΕΕ, οι ορισμοί nZEB αφορούν τη μέγιστη πρωτογενή ενέργεια ως έναν από τους κύριους δείκτες,
- Για τα κτίρια κατοικιών, οι περισσότερες χώρες στοχεύουν σε μια χρήση πρωτογενούς ενέργειας που δεν υπερβαίνει τα 50 kWh/(m² a),

- Οι βασικές τελικές χρήσεις που συμπεριλαμβάνονται, είναι η θέρμανση, το ζεστό νερό χρήσης, η ψύξη, ο εξαερισμός και (κυρίως σε μη οικιακό τομέα) ο φωτισμός.
- 11 κράτη μέλη, έθεσαν ορισμό που περιλαμβάνει έναν αριθμητικό στόχο για τη χρήση πρωτογενούς ή τελικής ενέργειας και λαμβάνει υπόψη το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ποσοτικά ή ποιοτικά,
- Μέχρι στιγμής, οι απαιτήσεις nZEB που καθορίζονται από την ΕΕ αφορούν μόνο στα νέα κτίρια από το 2020 και μετά και δεν έχουν θεσπιστεί υποχρεωτικές απαιτήσεις για τις nZEB ανακαινίσεις,
- Τα κριτήρια για την nZEB ανακαίνιση κτιρίων έχουν ταυτοποιηθεί σε 13 χώρες, αλλά μέχρι στιγμής έχουν θεσπιστεί ορισμοί μόνο σε 8,
- Υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα δεδομένων κόστους για την κατασκευή κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενέργειας,
- Η ανάλυση του κόστους επένδυσης nZEB δείχνει πως το πρόσθετο κόστος προκύπτει από τη συνεισφορά όλων των κατηγοριών κόστους: Κτιριακό κέλυφος (φάκελος), HVAC (*Heating, ventilation, and airconditioning*), Φ/Β-ΑΠΕ και σχεδιασμός.
- Η ανάλυση κόστους των κτιρίων nZEB δείχνει ότι δεν υπάρχει μία μόνο τεχνολογία ή κατηγορία τεχνολογιών ικανών να επιτύχουν μείωση του επενδυτικού κόστους κατά 15%. Ο στόχος είναι επομένως εφικτός μόνο μέσα από ένα συνδυασμό απλούστερων και φθηνότερων τεχνολογιών σε όλες τις κατηγορίες, που συνοδεύονται από ένα ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό.
- Τα κτίρια τα πλησιέστερα στην μηδενική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν παλαιότερα συνήθως πέρα από τη βέλτιστη περιοχή κόστους.
- Σχετική ανάλυση για το 2020 προβλέπει βελτίωση του κόστους των παραλλαγών χαμηλής ενέργειας σε σύγκριση με τις παραλλαγές υψηλότερης ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την ανάλυση αναμένεται ανάπτυξη των κτιρίων nZEB μέχρι το 2021,
- Οι κυριότερες παράμετροι σχεδιασμού ενός nZEB κτιρίου είναι το κλίμα και μικροκλίμα, η μορφή και η θέση του κτιρίου, ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων και η διαρρύθμιση των χώρων,
- Τα δομικά στοιχεία ενός nZEB κτιρίου πρέπει να χαρακτηρίζονται από καλή θερμική μόνωση, ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών, υψηλή θερμική μάζα, κατάλληλα κουφώματα και ικανοποιητική αεροστεγανότητα,
- Η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών συστημάτων για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης, και των εναλλακτικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας υψηλής απόδοσης σε ένα nZEB κτίριο αποτελεί μεγάλη πρόκληση καθώς οι ανάγκες που πρέπει να ικανοποιηθούν είναι σχετικά μικρές και απαιτείται υψηλή απόδοση,
- Η κατασκευή νέων κτιρίων με μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας δεν θα λύσει το πρόβλημα στον κτιριακό τομέα, καθώς τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται είναι πολύ λίγα και ο ρυθμός απόσυρσης των παλαιών αρκετά μικρός,
- Προκειμένου να επιτευχθούν οι ευρωπαϊκοί κλιματικοί και ενεργειακοί στόχοι πρέπει να ενισχυθούν οι πολιτικές για τη συστηματική ανακαίνιση των υφισταμένων κτιρίων,

Όσον αφορά τα κυριότερα συμπεράσματα από την παρούσα εργασία, αυτά συνοψίζονται ως ακολούθως.

- Αναλύοντας διάφορα σενάρια ανακαίνισης για τυπικά κτίρια προκύπτει ότι η **υλοποίηση μεμονωμένων δράσεων χαμηλού κόστους εξοικονομά αντίστοιχα μικρό ποσοστό ενεργειακών αναγκών**. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στο σενάριο διπλασιασμού της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών (σενάριο 2) όπου η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 5,6% (ελαφριά ανακαίνιση) και το κτίριο δεν αλλάζει καν κατηγορία.
- **Οι ανακαινίσεις πρέπει να είναι μεγαλύτερης έκτασης, συνδυάζοντας μέτρα εξοικονόμησης που βελτιώνουν συνολικά το κτίριο**, τόσο το κέλυφος όσο και τα λειτουργικά του συστήματα,
- **Στην Ελλάδα η μετατροπή σε nZEB υφισταμένων κτιρίων που κατασκευάστηκαν από το 2005 και μετά και κατατάσσονται ενεργειακά στις κατηγορίες Γ και πάνω φαίνεται είναι δυνατή με κόστος που μπορεί να αποσβεστεί εντός επταετίας**. Αυτό φαίνεται στο σενάριο 7, όπου η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 81% (ριζική ανακαίνιση) και η περίοδος αποπληρωμής 7,5 έτη. **Για τα παλαιότερα κτίρια η μετατροπή απαιτεί υψηλότερο κόστος** διότι συμπεριλαμβάνονται και δράσεις κατασκευής εξωτερικού θερμοκελύφους οι οποίες όπως φαίνεται στο σενάριο 3 αποτελούν επενδύσεις υψηλού κόστους με μακρά περίοδο αποπληρωμής .
- **Η εφαρμογή ΑΠΕ και αντλιών θερμότητας αποτελεί τη λύση για την ριζική ενεργειακή αναβάθμιση υφισταμένων κτιρίων** και αυτό γιατί, όταν η αντλία θερμότητας συνδυάζεται με ΑΠΕ που μπορεί να καλύψει την κατανάλωση της σε ηλεκτρισμό, θεωρείται κατά το ποσοστό της θερμικής ενέργειας και αυτή ΑΠΕ. Αυτό φαίνεται ιδιαίτερα στα σενάρια 7 και 9 όπου η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 81% και 85,6% αντίστοιχα (ριζική ανακαίνιση),
- **Η εφαρμογή διαφόρων εξελιγμένων τεχνικών συστημάτων είναι ευκολότερη σε νέα κτίρια παρά σε υφιστάμενα** γιατί με το σωστό σχεδιασμό επιτυγχάνεται η βέλτιστη ενδεδειγμένη τεχνική λύση. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στην αναβάθμιση της μονοκατοικίας όπου προκειμένου να μη αλλαχθούν τα θερμαντικά σώματα τύπου καλοριφέρ επιλέχτηκε αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών μόνο για θέρμανση και διατηρήθηκε μερική ψύξη μέσω των ψυκτών. Σε νέο κτίριο θα επιλεγόταν η ίδια αντλία θερμότητας για θέρμανση και ψύξη (ενδοδαπέδια θέρμανση και δροσισμός),
- **Οι λαμπτήρες φωτισμού και οι ηλεκτρικές συσκευές των κατοικιών πρέπει να είναι ενεργειακής κατάταξης A++ προκειμένου να ελαχιστοποιείται η καταναλισκόμενη ενέργεια**. Η καταναλισκόμενη για φωτισμό ενέργεια, μολονότι μικρή για κτίρια κατοικιών, δύναται να περιοριστεί σημαντικά μέσω λαμπτήρων LED υψηλής ενεργειακής κατάταξης. Οι ηλεκτρικές συσκευές επειδή παρουσιάζουν σημαντική ενεργειακή κατανάλωση πρέπει να είναι ενεργειακής κατάταξης A++,
- **Το πρόγραμμα ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ δεν επαρκεί για την αξιολόγηση κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης** σύμφωνα με τη μεθοδολογία προσδιορισμού του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας που έχει υιοθετηθεί στην Ευρώπη.
- **Οι ενεργειακές κοινότητες θα διευκολύνουν γενικά τις ανακαινίσεις υφισταμένων κτιρίων και την διεύθυνση των ΑΠΕ** εφόσον επιτρέπεται συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας. Ο εικονικός συμψηφισμός θα μπορέσει σε συνδυασμό με τις αντλίες θερμότητας να αναβαθμίσει σε nZEB κτίρια που βρίσκονται στον αστικό ιστό και δεν διαθέτουν χώρο για την τοποθέτηση Φ/Β ή άλλης ΑΠΕ.

6.2 Προοπτικές εφαρμογής

Στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία μελετήθηκαν εννέα σενάρια για την ενεργειακή αναβάθμιση της συγκεκριμένης μονοκατοικίας σε κτίριο nZEB. Θα μπορούσε να μελετηθούν περισσότεροι συνδυασμοί τεχνολογικών επιλογών όπως π.χ. χρήση ανεμογεννητριών και άλλα κτίρια ίδιας κατηγορίας χρήσης που ανήκουν στις κλιματικές ζώνες Α,Γ, και Δ. Αυτό θα επιβεβαίωνε τα αποτελέσματα των σεναρίων μας καθώς το δείγμα θα ήταν σαφώς μεγαλύτερο.

Η μελέτη επίσης θα μπορούσε να επεκταθεί σε διαφορετικού τύπου κτίρια και να εξετασθούν αναλυτικότερα κτίρια τους τριτογενούς τομέα καθώς αυτά αποτελούν το 25% του κτιριακού αποθέματος της Ευρώπης και της Ελλάδας.

Κατά την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν:

- Έλλειψη εθνικού ορισμού και ενεργειακού ορίου για νέα και υφιστάμενα κτίρια nZEB.
- Το λογισμικό TEE KENAK πραγματοποιεί ενεργειακή κατάταξη και δεν ασχολείται με τη διάθεση της εξαγόμενης ενέργειας (αν υπάρχει) στο δίκτυο οπότε αυτή υπολογίζεται από το μηδενισμό των ενεργειακών καταναλώσεων,
- Το λογισμικό δεν περιλαμβάνει, για τα κτίρια κατοικιών, το φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές, η κατανάλωση ενέργειας των οποίων υπολογίστηκε κατ' εκτίμηση από την εγκατεστημένη ισχύ,

Βιβλιογραφία

1. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE1-Eisagogi%20stin%20energeia-final.pdf>
2. Οδηγία 2012/27/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Οκτωβρίου 2012 για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ
3. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
4. http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_33&lang=en
5. <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:EU28-Energy-Consumption-1990-2015-table.png>
6. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_saving_statistics
7. <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:EU28-Primary-energy-progress-towards-target-1990-2015-chart.png>
8. <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:EU28-Final-energy-progress-towards-target-1990-2015-chart.png>
9. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Final_energy_consumption,_EU-28,_2015
10. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
11. www.mdpi.com/1996-1073/10/1/117/xml
12. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/eu_energy_and_climate_policy_overview.pdf
13. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2050-energy-strategy>
14. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en
15. <http://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf>
16. <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-factsheets>
17. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC97408/reqno_jrc97408_online%20nzeb%20report%281%29.pdf
18. http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
19. Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), 2015, "Απογραφή κτιρίων 2011"
20. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών-Εκπαιδευτικό Υλικό- Α. Επιθεώρηση Κτιρίων-Θεματική Ενότητα: ΔΕ1-Εισαγωγή στον Τομέα της Ενέργειας, Α΄ έκδοση, Αθήνα
21. <https://ocw.aoc.ntua.gr/.../Building%20materials%20and%20energy%20efficiency%20...>
22. http://www.statistics.gr/el/statistics?p_p_id=documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode
23. <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>
24. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

25. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31998Y1217\(01\)&from=EL](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31998Y1217(01)&from=EL)
26. Ιερωνυμάκης Α., 2013, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, διπλωματική εργασία «Σχεδιασμός & μελέτη μετατροπής υφιστάμενων κατοικιών σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης»
27. Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση)
28. http://www.cres.gr/kape/datainfo/plaisio/national_ee.htm
29. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=338>
30. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak
31. <https://www.e-forologia.gr/cms/viewContents.aspx?id=205151>
32. <https://www.britannica.com/topic/zero-energy-building>
33. https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building
34. <http://www.cres.gr/energyhubforall/3.4.html>
35. https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building
36. P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, 2006 "Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition" . <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>
37. http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf
38. https://www.epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2011/05/CT5_Report_Selected_examples_of_NZEBs-final.pdf
39. http://www.entranze.eu/files/downloads/D5_1_3/ENTRANZE_Integration_of_report_D5.1_D5.2_D5.3_final.pdf
40. <http://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2015/032015/cost-analysis-of-nzebplus-energy-buildings.html>
41. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf
42. BPIE, 2011, "Principles for nearly Zero-energy Buildings - Paving the way for effective implementation of policy requirements" (LR_nZEB study.pdf)
43. CEN, 2008, EN 15603 "Energy performance of buildings. Overall energy use and definition of energy ratings"
44. E. Molenbroek, E. Stricker, T. Boermans, 2011, "Primary energy factors for electricity in buildings- Toward a flexible electricity supply", ECOFYS
45. Anke Esser , Frank Sensfuss, 21016, "Final report -Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity". https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final_report_pef_eed.pdf
46. Αυγέρης Λ., 2016, Πανεπιστήμιο Πατρών, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με τίτλο "Κατανομημένη πράσινη ηλεκτρική ενέργεια και οι προηγμένες δικτυακές υποδομές για τη διαχείριση και την οικονομία της"
47. ΚΑΤ' ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 244/2012 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 16ης Ιανουαρίου 2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των δομικών στοιχείων

48. <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>
49. <http://www.rehva.eu>, "Technical definition for nearly zero energy buildings", 2013
50. www.cea.org.cy/TOPICS/Buildings/2016/Τεχνικός_Οδηγός_ΚΣΜΚΕ_FINAL.pdf
51. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131411/Bachelor%20thesis_Kasparas%20Pajarskas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
52. Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig, 2015, Fraunhofer Institute for Building Physics, "nZEBOverview and outcomes" <https://www.epbd-ca.eu/outcomes/2011-2015/CA3-CT-2015-5-Towards-2020-NZEB-web.pdf>
53. <http://www.cea.org.cy/nomothesia-energiaki-apodosi-ktirion/>
54. Αραβαντινός Δ., Τσακίρης Ν., Γιαρμά Χ., 2010, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, "Μετρητικοί Έλεγχοι της Θερμικής Συμπεριφοράς Δομικών Στοιχείων σε Θέσεις Θερμογεφυρών και Προτάσεις Βελτιωτικών Επεμβάσεων", 21-23 Μαΐου, Αθήνα
55. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/article7_el_greece.pdf
56. <http://news247.gr/eidiseis/oikonomia/energy/oi-katanalwtes-mporoun-pleon-na-paragoyn-to-diko-toys-reuma.4958839.html>
57. <http://voria.gr/article/sti-vouli-to-nomoschedio-gia-tis-energiakes-kinotites>
58. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/Topikh_ekthesh_prasinwn_texnologiwn_ylikwn/Tab/grammati_kopoulos.pdf
59. http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
60. <https://mbaenergy.gr/ekthesi-makroprothesmis-stratigikis-gia-tin-kinitopiisependiseon/>
61. Περγίδος Σ., 2011, "Οδηγός εκπόνησης ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου", ISBN 9789608257696, ΣΕΛΚΑ-4M Τεκδοτική, Αθήνα
62. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/te_e_kenak