

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ
Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, Καθηγητής ΕΜΠ
Δρ. Σωτήριος Καρέλλας, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ – ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 157 80 ΑΘΗΝΑ



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MECHANICAL ENGINEERING SCHOOL
THERMAL ENGINEERING SECTION
LABORATORY OF STEAM BOILERS AND THERMAL PLANTS
Prof. Dr.-Ing. Emmanouil Kakaras
Assoc. Prof. Dr.-Ing. Sotirios Karellas

POLYTECHNIUPOLI - ZOGRAFOU
9 HEROON POLYTECHNIU, 157 80 ATHENS

☎ +30 210 772 2810
☎ Fax: +30 210 772 3663
✉ e-mail: sotokar@mail.ntua.gr

Μελέτη σύγκρισης τεχνο οικονομικών αποτελεσμάτων διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια του ελληνικού δυναμικού

*Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς¹, Δρ. Σωτήριος Καρέλλας¹, Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης¹,
Υπ. Διδάκτωρ Πλάτων Πάλλης¹, Νίκος Γκόνης¹, Δημήτρης Σαραφιάνης¹, Πάνος Ριγόπουλος¹,
Ευστράτιος Βαρβαγιάννης¹*

¹Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σεπτέμβριος 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
Προσδιορισμός μέτρων ή/και δεσμών μέτρων για τους υπολογισμούς σε επίπεδο κτηρίου ...	4
Γενικές πληροφορίες κτηριακού αποθέματος της Ελληνικής επικράτειας.....	13
Υπολογισμός του συνολικού κόστους των μέτρων για κάθε τυπικό κτήριο	16
Γενικά	16
Κατηγοριοποίηση κόστους.....	17
Σχέση υπολογισμού του συνολικού κόστους από χρηματοοικονομική άποψη	18
Γενικές παραδοχές και προσεγγίσεις κατά τον υπολογισμό του συνολικού κόστους.....	19
Συλλογή των δεδομένων κόστους.....	19
Προεξοφλητικό επιτόκιο	21
Έντοκος Περίοδος Αποπληρωμής.....	21
Τεχνο οικονομικά αποτελέσματα διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια μονοκατοικίας.....	22
Γενικά	22
Αποτελέσματα με βάση την έντοκο περίοδο αποπληρωμής	23
• Περίοδος κατασκευής πριν το 1980.....	23
• Περίοδος κατασκευής 1980-2000	27
Αποτελέσματα με βάση την Καθαρή Παρούσα Αξία του συνολικού κόστους.....	29
• Περίοδος κατασκευής πριν το 1980.....	29
• Περίοδος κατασκευής 1980-2000	32
Συγκεντρωτικά συμπεράσματα για την περίπτωση της μονοκατοικίας.....	36
Τεχνο οικονομικά αποτελέσματα διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια πολυκατοικίας.....	37
Γενικά	37
Αποτελέσματα με βάση την έντοκο περίοδο αποπληρωμής	37
• Περίοδος κατασκευής πριν το 1980.....	37
• Περίοδος κατασκευής 1980-2000	40
Αποτελέσματα με βάση την Καθαρή Παρούσα Αξία του συνολικού κόστους.....	43
• Περίοδος κατασκευής πριν το 1980.....	43
• Περίοδος κατασκευής 1980-2000	46
Συγκεντρωτικά συμπεράσματα για την περίπτωση της πολυκατοικίας με Μ.Θ.Χ.	50
Ανάλυση τυπικού νέφους σημείων.....	52
Ανάλυση στις τέσσερις κλιματικές ζώνες.....	54
Γενικά συμπεράσματα για τις περιπτώσεις κτηρίου μονοκατοικίας & πολυκατοικίας	56

Εισαγωγή

Το Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ πραγματοποίησε ανάλυση των τεχνο-οικονομικών αποτελεσμάτων διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια του ελληνικού δυναμικού.

Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν κατά τη διαδικασία προσδιορισμού των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για τα κτήρια με χρήση “μονοκατοικία” και “πολυκατοικία” και για τα δομικά στοιχεία του κελύφους και των συστημάτων τους. Όλοι οι υπολογισμοί και η μεθοδολογία ικανοποιούν τα οριζόμενα στην Οδηγία 2010/31/ΕΕ "περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων" όπως αυτή έχει συμπληρωθεί με τον κατ' εξουσιοδότηση Κανονισμό (ΕΕ) αρ.244/2012 της Επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2012, για "τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους, των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των δομικών στοιχείων".

Ο καθορισμός των τυπικών κτηρίων έγινε σύμφωνα και με την παρ.4 της ενότητας 1 του Παραρτήματος Ι του Κανονισμού 244/2012, όπου για κάθε κατηγορία κτηρίων, καθορίζονται τουλάχιστον ένα κτήριο αναφοράς για νέα κτήρια και τουλάχιστον δύο κτήρια αναφοράς για τα υφιστάμενα κτήρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση.

Τα τυπικά κτήρια μονοκατοικίας / πολυκατοικίας κατανεμήθηκαν σε «υποκατηγορίες κτηρίων» διαχωριζόμενες αναλυτικότερα ως προς το μέγεθος, την παλαιότητα, τα υλικά κατασκευής και την κλιματική ζώνη. Ενώ είναι και σύμφωνα με όσα καθορίζονται στο παράρτημα Ι σημείο 5 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ. Επομένως, δημιουργήθηκαν υποκατηγορίες τυπικού κτηρίου (μονοκατοικία ή πολυκατοικία) ανά κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής.

Ως περίοδοι κατασκευής ορίζονται οι εξής:

1. Προ του 1980 (πριν Γ.Ο.Κ.)
2. Μεταξύ 1980 – 2000
3. 2000-2010 (με υπολογισμό θερμογεφυρών)
4. 2011-2016 (κατά Κ.Εν.Α.Κ)

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010/ έκδοση Γ, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης.

1. Κλιματική ζώνη Α
2. Κλιματική ζώνη Β
3. Κλιματική ζώνη Γ
4. Κλιματική ζώνη Δ

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

Τα απαραίτητα κλιματικά δεδομένα για τους υπολογισμούς προέκυψαν ως βαρυκεντρικοί μέσοι των αντίστοιχων παραμέτρων για τις διαθέσιμες τιμές των πόλεων από την TOTEE 20701-3/2010 (Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών), με βάση τον αριθμό των κτηρίων κατοικιών από την ΕΛΣΤΑΤ (σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας).

Οι ενεργειακές προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση λειτουργικού προγράμματος που έχει δομηθεί σύμφωνα με τα οριζόμενα και υπολογιζόμενα μεγέθη του λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.. Όλες οι παράμετροι εισόδου για τους υπολογισμούς είναι σύμφωνα με τα οριζόμενα στην αντίστοιχη TOTEE-20701-1/2010 έκδοση Γ. Η οικονομική αξιολόγηση κάθε παρέμβασης πραγματοποιήθηκε με λειτουργικό πρόγραμμα που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου EN 15459-1 “Heating systems and water based cooling systems in buildings – Energy performance of buildings Part 1: Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.”.

Οι λεπτομέρειες σχετικά με την τυπολογία των τυπικών κτηρίων, τις παραδοχές και τους υπολογισμούς παρουσιάζονται αναλυτικά στις τελικές εκθέσεις που αποστάλθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας προς την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Υπογραμμίζεται ότι τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται σε αυτή τη μελέτη ισχύουν **μόνο για τις παραδοχές** που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Προσδιορισμός μέτρων ή/και δεσμών μέτρων για τους υπολογισμούς σε επίπεδο κτηρίου

Λαμβάνοντας υπ’ όψη όλες τις πιθανές παραλλαγές/περιπτώσεις τεχνολογιών και χαρακτηριστικών που εφαρμόζονται τόσο στο κέλυφος όσο και στα συστήματα ενός κτηρίου και οι οποίες έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοσή του, δημιουργήθηκε μία λίστα μέτρων / δεσμών μέτρων διασφαλίζοντας την τήρηση του θεμιτού ανταγωνισμού μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών.

Σε πλήρη συμφωνία με τις απαιτήσεις του Κανονισμού και των κατευθυντήριων γραμμών, στα επιλεχθέντα μέτρα έχουν συμπεριληφθεί εναλλακτικά συστήματα υψηλής απόδοσης, όπως τα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας και άλλες εναλλακτικές λύσεις. Επίσης, έχουν εξεταστεί παραλλαγές μέτρων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως και δέσμες μέτρων που οδηγούν σε κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Αναφορικά με τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης (ZNX) έχει επιλεγεί η δημιουργία δεσμών μέτρων, καθώς και παραλλαγές αυτών, με στόχο την απόρριψη

μέτρων αμοιβαίων αποκλειόμενων τεχνολογιών και διατήρηση του εγχειρήματος των υπολογισμών διαχειρίσιμο και σύμμετρο με τον επιδιωκόμενο σκοπό.

Κριτήρια αναφορικά με τη δυνατότητα εφαρμογής μέτρων για λόγους που αντίκεινται είτε στα αναγραφόμενα του Παραρτήματος Ι του κανονισμού 305/2011/EK είτε σε λόγους τοπικούς, οικονομικούς ή κλιματικούς εξεταστήκαν στην τελική φάση κατά τον προσδιορισμό των βέλτιστων επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και δομικών στοιχείων.

Στην επιλογή αυτή συνυπολογίστηκαν ωστόσο και οι περιορισμοί που τίθενται λόγω των δυνατοτήτων του επίσημου εθνικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε (ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.Α.Κ.).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κατηγορίες των μέτρων που λήφθηκαν υπ' όψη:

- Συνολική τοιχοποιία νέων κτηρίων ή πρόσθετο σύστημα μόνωσης σε υφιστάμενους τοίχους.
- Συνολική δομή της στέγης νέων κτηρίων ή πρόσθετο σύστημα μόνωσης σε υφιστάμενες στέγες.
- Μόνωση ολόκληρων των πλακών νέων κτηρίων ή πρόσθετο σύστημα μόνωσης σε υφιστάμενες πλάκες επί πυλωτής και επί εδάφους.
- Αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων για πόρτες και παράθυρα με ταυτόχρονη βελτιστοποίηση του επιπέδου αεροστεγανότητας τους.
- Τοποθέτηση σκιάστρων (κινητά συστήματα σκίασης).
- Αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης.
- Διατάξεις αυτοματισμού για την παρακολούθηση, μέτρηση και ρύθμιση της θερμοκρασίας χώρου και ζεστού νερού.
- Αντικατάσταση του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ).
- Αντικατάσταση του συστήματος ψύξης.
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (ΦΒ) συστημάτων.
- Εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων για υποβοήθηση της θέρμανσης ή/και της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.
- Εγκατάσταση συστημάτων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού-Θερμότητας (ΣΗΘ) μικρής κλίμακας.
- Αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας, συγκεκριμένα τηλεθέρμανση.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας των αποτελεσμάτων, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των δεσμών μέτρων, επιτρέπει την εξέταση όλων των δυνατών συνδυασμών των μεμονωμένων μέτρων / δεσμών μέτρων. Η κάθε δέσμη μέτρων συνοδεύεται από ένα κωδικό, ο οποίος παραπέμπει στην επεξήγηση των επιμέρους μέτρων του κάθε σεναρίου. Ακολουθώντας αυτή τη μεθοδολογία επιτυγχάνεται αφενός η διασφάλιση της εξέτασης όλων των μέτρων με πιθανές επιπτώσεις στην πρωτογενή και τελική κατανάλωση ενέργειας ενός κτηρίου και αφετέρου, διευκολύνει τη διαχείριση του μεγάλου όγκου των υπολογισμών.

Για τα υφιστάμενα κτήρια εξετάστηκαν σενάρια αντικατάστασης ή/και βελτιστοποίησης των υφιστάμενων χαρακτηριστικών τους. Για τα νέα κτήρια θεωρήθηκε ότι πληρούν τις ελάχιστες υφιστάμενες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. χωρίς ωστόσο να ληφθούν αρχικές συνθήκες μηδενικού κόστους. Ως εκ τούτου στα νέα κτήρια, για τον προσδιορισμό των βέλτιστων από πλευράς κόστους ελαχίστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, από πλευράς κελύφους έγινε διερεύνηση εκατέρωθεν των ορίων του υφιστάμενου κανονισμού (Κ.Εν.Α.Κ.) και από

πλευράς συστημάτων ελήφθησαν υπ' όψη όλα τα νομίμως, εκ των λοιπών κανονισμών, συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ΖΝΧ που διατίθενται στην αγορά.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν είτε ως μεμονωμένα μέτρα είτε ως δέσμες μέτρων, εκτελώντας όλους τους δυνατούς συνδυασμούς που προκύπτουν από την επιλογή κάθε γραμμής από κάθε στήλη του πίνακα.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ & ΛΕΒΗΤΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – Ε.Μ.Π.

Μελέτη σύγκρισης τεχνο-οικονομικών αποτελεσμάτων διαφόρων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια του ελληνικού δυναμικού

Πίνακας 1: Κωδικοποίηση των επιλεγμένων μέτρων που εξετάστηκαν για κάθε τυπικό κτήριο, ανά κλιματική ζώνη και ανά χρονική περίοδο.

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Τυπικό κτήριο	Χρ. Περίοδος	Κλ. Ζώνη	Αυτομ.	Υτοιχός	Υοροφή	Υδάπεδο	Υάνοιγμα	Σκίαση	ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ZNX-ΨΥΞΗ	Φ/Β	Ηλιακά
									πηγή-απόδοση	επιφάνεια-α	επιφάνεια - α -β
	1	1	4	U1	U1	U1	U1	0	1-0.8-3-1-3-1.5	0-0	0-0-0
	2	2	3	U2	U2	U2	U2	1	1-0.8-1-0.8-3-3.5	5-0.2	3-α-0
	3	3	2	U3	U3	U3	U3		1-0.98-1-0.98-3-1.5		20-α-β
	4	4	1	U4	U4	U4	U4		1-0.98-1-0.98-3-3.5		
	5								2-1.02-2-1.02-3-1.5		
									2-1.02-2-1.02-3-3.5		
									3-3.5-3-3.5-3-1.5		
									3-3.5-3-3.5-3-3.5		
									3-4.5-3-4.5-3-1.5		
									3-4.5-3-4.5-3-3.5		
									3-4.5-3-4.5-3-4.2		
									3-5-3-5-3-4.5		
									4-0.75-4-0.75-3-1.5		
									4-0.75-4-0.75-3-3.5		
									2-0.52-2-0.52-3-3.5		
								5-0.99-5-0.99-3-1.5			
								5-0.99-5-0.99-3-3.5			

Παρακάτω ακολουθεί η επεξήγηση της κωδικοποίησης:

Στήλη 1: Αφορά τη χρονική περίοδο του τυπικού κτηρίου

1 = 1955 – 1980

2 = 1980 – 2000

3 = 2000 – 2010

4 = 2010 – 2016 (Μέχρι την επικείμενη αναθεώρηση του κανονισμού)

5 = Νέα Κτήρια

Στήλη 2: Αφορά τη κλιματική ζώνη που βρίσκεται το τυπικό κτήριο

1 = Ζώνη Α

2 = Ζώνη Β

3 = Ζώνη Γ

4 = Ζώνη Δ

Στήλη 3: Αφορά τις κατηγορίες διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών όπως αυτές περιγράφονται στον Κ.Εν.Α.Κ.

1 = Κατηγορία Α

2 = Κατηγορία Β

3 = Κατηγορία Γ

4 = Κατηγορία Δ

Πίνακας 2: Κατηγορίες διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών

Περιγραφή	Κατηγορία
<p>Σύστημα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ολοκληρωμένη διάταξη αυτόματου ελέγχου της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά ιδιοκτησία (ανά λειτουργικό χώρο) με έλεγχο παρουσίας χρηστών (σύστημα ανίχνευσης κ.ά.). Ύπαρξη θερμοστάτη και θερμοστατικών βαλβίδων ανά αυτόνομο χώρο ιδιοκτησίας κ.τ.λ. 2. Αυτόματη υδραυλική ή θερμοστατική προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία, με εφαρμογή διατάξεων όπως: σύστημα υδραυλικής ή θερμοστατικής αντιστάθμισης ή κυκλοφορητές μεταβλητού σημείου λειτουργίας ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής θερμοκρασίας παροχή μέσου προς το δίκτυο διανομής ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο των επιμέρους χώρων. 3. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο και απόδοση). 	A
<p>Σύστημα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ανεξάρτητος αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά ιδιοκτησία (ανά λειτουργικό χώρο). Ύπαρξη θερμοστάτη και θερμοστατικών βαλβίδων ανά χώρο ιδιοκτησίας κ.τ.λ.. 2. Αυτόματη υδραυλική ή θερμοκρασιακή προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία, με εφαρμογή διατάξεων όπως: σύστημα υδραυλικής ή θερμοστατικής αντιστάθμισης ή κυκλοφορητές μεταβλητού σημείου λειτουργίας ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής θερμοκρασίας παροχή μέσου προς το δίκτυο διανομής ανάλογα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο. 3. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στα φορτία και στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό/ψυκτικό φορτίο). 	B
<p>Σύστημα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο ιδιοκτησίας/ λειτουργικής αυτονομίας. Ύπαρξη ενός θερμοστάτη χώρου και ενός αυτόματου διακόπτη (π.χ. ηλεκτροβάνα αυτονομίας) ανά ιδιοκτησία. 2. Αυτόματη υδραυλική ή θερμοκρασιακή προσαρμογή του δικτύου διανομής στα θερμικά/ψυκτικά φορτία, με εφαρμογή διατάξεων όπως: σύστημα υδραυλικής ή θερμοστατικής αντιστάθμισης ή κυκλοφορητές μεταβλητού σημείου λειτουργίας ή μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης με μεταβλητής 	Γ

Περιγραφή	Κατηγορία
3. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται μόνο στα θερμικά/ψυκτικά φορτία.	
<p>Σύστημα παραγωγής, διανομής & εκπομπής θέρμανσης / ψύξης</p> <p>1. Ο έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος χωρίς θερμοστάτες χώρου.</p> <p>2. Ο έλεγχος των κυκλοφορητών του δικτύου διανομής είναι χειροκίνητος ή χρονοπρόγραμμα, χωρίς καμία ανάδραση από τη ζήτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου.</p> <p>3. Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο διανομής.</p> <p>4. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης δεν ελέγχεται η προτεραιότητα.</p>	Δ

Στήλη 4: Αφορά τα βήματα τιμών που λαμβάνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Για τα υφιστάμενα κτήρια η αρχική τιμή κάθε κτηρίου καθορίζεται σύμφωνα με την τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας U , του εκάστοτε τυπικού κτηρίου. Για τα νέα κτήρια γίνεται διερεύνηση εκατέρωθεν του ορίου του υφιστάμενου κανονισμού ενεργειακής απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ..

Στήλη 5: Αφορά τα βήματα τιμών που λαμβάνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής. Για τα υφιστάμενα κτήρια η αρχική τιμή κάθε κτηρίου καθορίζεται σύμφωνα με την τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας U , του εκάστοτε τυπικού κτηρίου. Για τα νέα κτήρια γίνεται διερεύνηση εκατέρωθεν του ορίου του υφιστάμενου κανονισμού ενεργειακής απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ..

Στήλη 6: Αφορά τα βήματα τιμών που λαμβάνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου. Για τα υφιστάμενα κτήρια η αρχική τιμή κάθε κτηρίου καθορίζεται σύμφωνα με την τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας U , του εκάστοτε τυπικού κτηρίου. Για τα νέα κτήρια γίνεται διερεύνηση εκατέρωθεν του ορίου του υφιστάμενου κανονισμού ενεργειακής απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ..

Στήλη 7: Αφορά τα βήματα τιμών που λαμβάνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων. Για τα υφιστάμενα κτήρια η αρχική τιμή κάθε κτηρίου καθορίζεται σύμφωνα με την τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας U , του εκάστοτε τυπικού κτηρίου. Για τα νέα κτήρια γίνεται διερεύνηση εκατέρωθεν του ορίου του υφιστάμενου κανονισμού ενεργειακής απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ..

Περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με τις τιμές των στηλών 4-7 παρουσιάζονται στις τελικές εκθέσεις που αποστάλθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας προς την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στήλη 8: Αφορά την ύπαρξη χειροκίνητου συστήματος σκίασης (τύπου τέντας) στα ανοίγματα με Ανατολικό, Νότιο και Δυτικό προσανατολισμό.

0 = Χωρίς σύστημα σκίασης

1 = Ύπαρξη συστήματος σκίασης

Στήλη 9: Αφορά συγκεκριμένες δέσμες μέτρων που απαρτίζονται από διαφορετικούς συνδυασμούς συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ZNX. Κάθε κωδικός συνίσταται από 3 ζεύγη αριθμών που υποδηλώνουν αντίστοιχα το καύσιμο και τον βαθμό απόδοσης (Β.Α.) του συστήματος θέρμανσης, ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και ψύξης.

Θέρμανση και Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

1 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Β.Α. υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου, (κωδικός: 1-0,8)

Β.Α. λέβητα πετρελαίου συμπύκνωσης 0,98, (κωδικός: 1-0,98)

2 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Β.Α. λέβητα φ.α. συμπύκνωσης 1,02 (κωδικός: 2-1,02)

2 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ με φυσικό αέριο

Θερμικός Β.Α. 0,52 και ηλεκτρικός Β.Α. 0,35 (κωδικός: 2-0,52)

(Η διαστασιολόγηση του συστήματος συμπαραγωγής γίνεται μέσω της κάλυψης του φορτίου βάσης που αντιστοιχεί στο 50% του συνολικού απαιτούμενου φορτίου θέρμανσης. Το υπόλοιπο φορτίο καλύπτεται από λέβητα Φ.Α. συνδεδεμένο με το υφιστάμενο σύστημα μεταφοράς και απόδοσης θερμότητας ή και ΖΝΧ.)

3 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών ψύξης / θέρμανσης (max outlet temp. 55°C) κωδικός: 3-4,5

Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών θέρμανσης (max outlet temp. 75°C) κωδικός: 3-3,5

Α/Θ γεωθερμική με κατακόρυφο εναλλάκτη κωδικός: 3-5

Πίνακας 3: Τιμές συντελεστών συμπεριφοράς για τους τρεις τύπους αντλιών θερμότητας, ανάλογα με την κλιματική ζώνη.

	Κλ. ζώνη Α	Κλ. ζώνη Β	Κλ. ζώνη Γ	Κλ. ζώνη Δ
COP A/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (max outlet temp. 55°C)	4,3	4,0	3,6	3,2
COP A/Θ υψηλών θερμοκρασιών (max outlet temp. 75°C)	3,2	3,0	2,75	2,6
COP A/Θ γεωθερμική με κατακόρυφο εναλλάκτη	5,5	5,3	5,1	4,9

4 ΒΙΟΜΑΖΑ

Β.Α. λέβητα πελλέτας ξύλου 0,75 (κωδικός 4-0,75)

5 ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ

Θερμικός Β.Α. τηλεθέρμανσης 0,99 (κωδικός 5-0,99)

Γενικές πληροφορίες:

- Στην περίπτωση που το σύστημα θέρμανσης που εξετάζεται στο σενάριο, είναι το υφιστάμενο, τότε ο βαθμός απόδοσης μεταβάλλεται ανάλογα με την περίοδο κατασκευής του κτηρίου, μόνο ο κωδικός στη συμβολοσειρά είναι 0,8. Οι τιμές παρουσιάζονται αναλυτικά στις τελικές εκθέσεις που αποστάλθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας προς την Ευρωπαϊκή Ένωση Ι.
- Όταν το σύστημα θέρμανσης παραμένει αμετάβλητο και ίδιο με του τυπικού κτηρίου και λόγω άλλων μέτρων μειώνονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία, ο βαθμός απόδοσης του συστήματος μειώνεται και αυτός λόγω υπερδιαστασιολόγησης.

ΨΥΞΗ

3 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Αντικατάσταση τοπικών κλιματιστικών μονάδων (split units) με σύγχρονα με συντελεστή συμπεριφοράς 3,5 (κωδικός: 3-3,5).

Υφιστάμενες τοπικές κλιματιστικές μονάδες (split units) με συντελεστή συμπεριφοράς όπως αυτός ορίζεται στον πίνακα 28, (κωδικός 3-1,5) (ο βαθμός απόδοσης των υφιστάμενων τοπικών κλιματιστικών μονάδων (split units) μεταβάλλεται ανάλογα με τη χρονική περίοδο)

Ψύξη με A/Θ χαμηλών θερμοκρασιών και μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coil units), με συντελεστή συμπεριφοράς 4,2 (κωδικός: 3-4,2)

Ψύξη με γεωθερμική A/Θ και μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coil units), με συντελεστή συμπεριφοράς 4,5 (κωδικός: 3-4,5)

Αναλυτική επεξήγηση των διαφορετικών συνδυασμών μέτρων θέρμανσης, ZNX και ψύξης που ελήφθησαν κατά τους υπολογισμούς παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4: Επεξήγηση δεσμών μέτρων που ελήφθησαν κατά τους υπολογισμούς για τα συστήματα θέρμανσης, ZNX και ψύξης.

Συνδυασμός	Επεξήγηση	Παρατηρήσεις
1-0.8-3-1-3-1.5	Θέρμανση: λέβητα πετρελαίου κτηρίου αναφοράς (κωδ 0.8) ZNX: ηλεκτρισμό (κωδ/βα 1) Ψύξη: split unit (κωδ 1.5)	Το 0.8 δεν υποδηλώνει βαθμό απόδοσης, αλλά ότι το σύστημα θέρμανσης παραμένει ίδιο με του τυπικού κτηρίου. Ανά τυπικό κτήριο αυτός ο β.α. αλλάζει

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ & ΛΕΒΗΤΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – Ε.Μ.Π.

Μελέτη σύγκρισης τεχνο-οικονομικών αποτελεσμάτων διαφόρων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια του ελληνικού δυναμικού

Συνδυασμός	Επεξήγηση	Παρατηρήσεις
1-0.8-1-0.8-3-3.5	Θέρμανση: λέβητας πετρελαίου (κωδ 0.8) ZNX: λέβητας πετρελαίου (κωδ 0.8) Ψύξη: splitunit (κωδ 3.5)	Αντικατάσταση του συστήματος παραγωγής ZNX από ηλεκτρικό σε ότι έχει το σύστημα θέρμανσης (αρχικό σύστημα τυπικού κτηρίου), καθώς και αντικατάσταση split unit
1-0.98-1-0.98-3-1.5	Θέρμανση: λέβητας πετρελαίου (κωδ/βα 0,98) ZNX: λέβητας πετρελαίου (κωδ/βα 0,98) Ψύξη: split unit (κωδ 1.5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου συμπίκνωσης από τον οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0.98, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου.
1-0.98-1-0.98-3-3.5	Θέρμανση: λέβητας πετρελαίου (κωδ/βα 0,98) ZNX: λέβητας πετρελαίου (κωδ/βα 0,98) Ψύξη: splitunit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου συμπίκνωσης από το οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0.98, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη
2-1.02-2-1.02-3-1.5	Θέρμανση: λέβητας φυσικού αερίου (κωδ/βα 1,02) ZNX: λέβητας φυσικού αερίου (κωδ/βα 1,02) Ψύξη: split unit (κωδ 1.5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα αερίου συμπίκνωσης από το οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 1.02, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου
2-1.02-2-1.02-3-3.5	Θέρμανση: λέβητας φυσικού αερίου (κωδ/βα 1,02) ZNX: λέβητας φυσικού αερίου (κωδ/βα 1,02) Ψύξη: split unit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα αερίου συμπίκνωσης από τον οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 1.02, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη
3-3.5-3-3.5-3-1.5	Θέρμανση: Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών (κωδ 3,5) ZNX: Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών (κωδ 3,5) Ψύξη: split unit (κωδ 1,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας υψηλών θερμ. από την οποία παράγεται και ZNX (το 3.5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου
3-3.5-3-3.5-3-3.5	Θέρμανση: Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών (κωδ 3,5) ZNX: Α/Θ υψηλών θερμοκρασιών (κωδ 3,5) Ψύξη: split unit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας υψηλών θερμ. από την οποία παράγεται και ZNX (το 3.5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη
3-4.5-3-4.5-3-1.5	Θέρμανση: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) ZNX: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) Ψύξη: split unit (κωδ 1,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας χαμηλών θερμ. από την οποία παράγεται και ZNX (το 4.5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου
3-4.5-3-4.5-3-3.5	Θέρμανση: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) ZNX: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) Ψύξη: split unit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας χαμηλών θερμ. από την οποία παράγεται και ZNX (το 4.5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη
3-4.5-3-4.5-3-4.2	Θέρμανση: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) ZNX: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ 4,5) Ψύξη: Α/Θ χαμηλών θερμοκρασιών (κωδ/βα 4,2)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας χαμηλών θερμ. από την οποία παράγεται και ZNX (το 4.5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Επιπλέον αντικατάσταση split unit τυπικού κτηρίου με μονάδες FCU (το 4,2 είναι και συντελεστής συμπεριφοράς και κωδικός)
3-5-3-5-3-4.5	Θέρμανση: γεωθερμική αντλία (κωδ 5) ZNX: γεωθερμική αντλία (κωδ 5) Ψύξη: γεωθερμική αντλία (κωδ/βα 4.5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με γεωθερμική αντλία θερμότητας από την οποία παράγεται και ZNX (το 5 είναι απλά κωδικός και όχι COP). Επιπλέον αντικατάσταση split unit τυπικού κτηρίου με μονάδες FCU (το 4,5 είναι και συντελεστής συμπεριφοράς και κωδικός)
4-0.75-4-0.75-3-1.5	Θέρμανση: λέβητας πέλετ (βα 0,75) ZNX: λέβητας πέλετ (βα 0,75) Ψύξη: splitunit (συν/στης συμπεριφοράς 1,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα πέλετ από τον οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0,75, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου
4-0.75-4-0.75-3-3.5	Θέρμανση: λέβητας πέλετ (κωδ/βα 0,75) ZNX: λέβητας πέλετ (κωδ/βα 0,75) Ψύξη: split unit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με λέβητα πέλετ από τον οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0,75, ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Αντικατάσταση και

Συνδυασμός	Επεξήγηση	Παρατηρήσεις
		split unit για ψύξη
2-0.52-2-0.52-3-3.5	Θέρμανση: συμπαραγωγή (κωδ 0,52) ZNX: συμπαραγωγή (κωδ 0,52) Ψύξη: splitunit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με σύστημα CHP από το οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0,52/0,35 κατά 50% και 1.02 το άλλο 50%). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη
5-0.99-5-0.99-3-1.5	Θέρμανση: τηλεθέρμανση (κωδ/βα 0,99) ZNX: τηλεθέρμανση (κωδ/βα 0,99) Ψύξη: split unit (κωδ 1,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με τηλεθέρμανση από την οποία παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0,99, εδώ ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Τα split units παραμένουν ίδια με του τυπικού κτηρίου
5-0.99-5-0.99-3-3.5	Θέρμανση: τηλεθέρμανση (κωδ/βα 0,99) ZNX: τηλεθέρμανση (κωδ/βα 0,99) Ψύξη: split unit (κωδ 3,5)	Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με τηλεθέρμανση από το οποίο παράγεται και ZNX (β.α. συστήματος 0,99, εδώ ο κωδικός ταυτίζεται με τον β.α.). Αντικατάσταση και split unit για ψύξη

Στήλη 10: Αφορά την ύπαρξη φωτοβολταϊκών στο κτήριο. Λαμβάνεται σενάριο με 5m² φωτοβολταϊκών πλαισίων πολυκρυσταλλικού τύπου απόδοσης 0,2.

0-0 = Χωρίς φωτοβολταϊκά

5-0.2 = Ύπαρξη 5m² φωτοβολταϊκών πλαισίων πολυκρυσταλλικού τύπου απόδοσης 0,2

Στήλη 11: Αφορά την ύπαρξη ηλιοθερμικού συστήματος είτε για την παραγωγή ZNX είτε για την υποβοήθηση του συστήματος θέρμανσης.

0-O-O = Χωρίς ηλιοθερμικό σύστημα

3-α-O = Ύπαρξη ηλιοθερμικού συστήματος για την κάλυψη του 60% των αναγκών για ZNX

20-α-β = Ύπαρξη ηλιοθερμικού συστήματος για την υποβοήθηση της θέρμανσης και για τη κάλυψη των αναγκών για ZNX

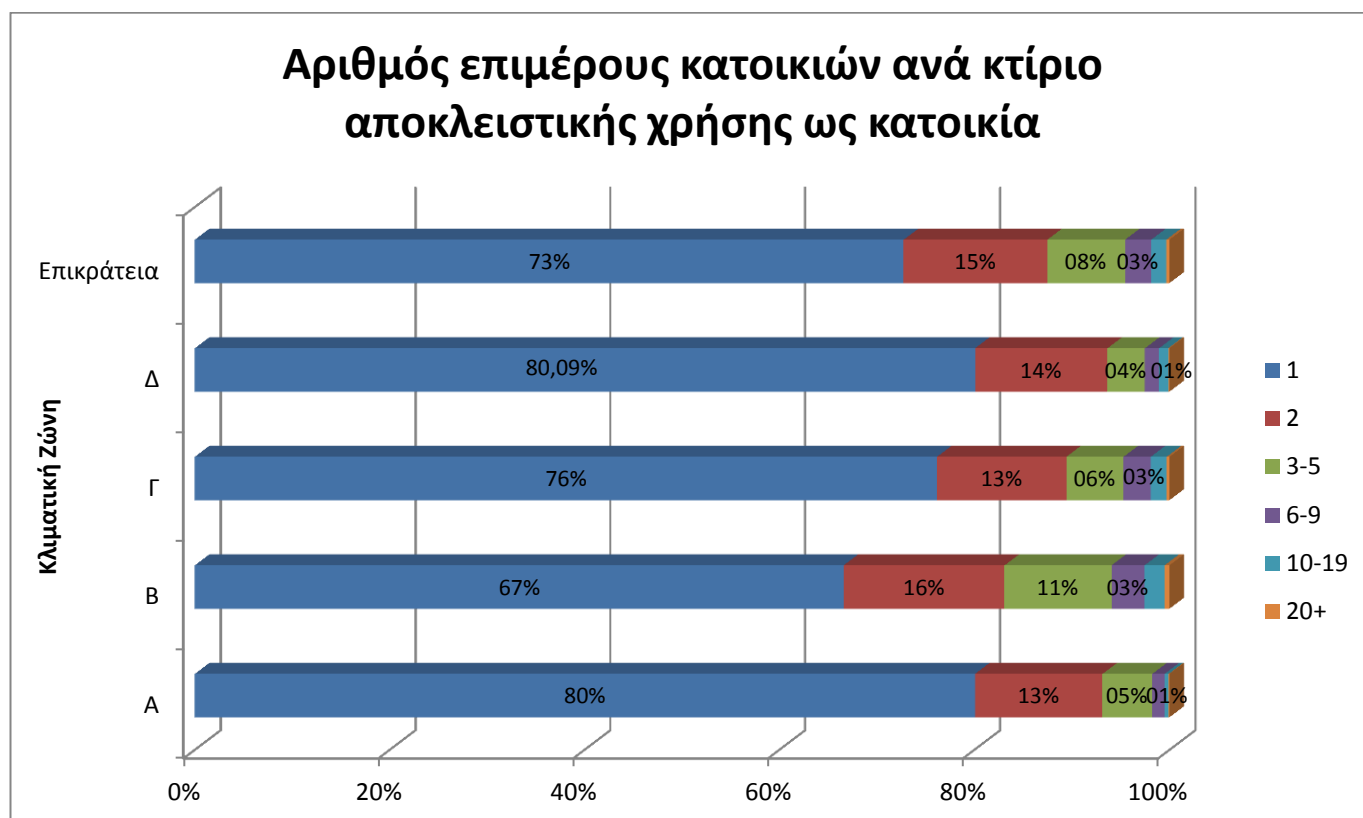
Περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με τις τιμές της στήλης 11 παρουσιάζονται στις τελικές εκθέσεις που αποστάλθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας προς την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Γενικές πληροφορίες κτηριακού αποθέματος της Ελληνικής επικράτειας

Με βάση την απογραφή κτηρίων του 2011 που πραγματοποιήθηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ, Πίνακας 4), τα κτήρια που έχουν χρήση ως κατοικία είναι συνολικά 3.309.627, εκ των οποίων τα 2.989.976 είναι αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία (~80%), ενώ τα 319.651 είναι μικτής χρήσης (~20%).

Εστιάζοντας στα κτήρια αποκλειστικής χρήσης (Γράφημα 1), αυτό που είναι άμεσα εμφανές είναι ότι οι μονοκατοικίες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος (~72,77%). Το ποσοστό αυτό είναι ελαφρώς μειωμένο στη ζώνη Β (στην οποία περιλαμβάνεται η Αθήνα – 66%), ενώ είναι αρκετά υψηλότερο στις ζώνες Α και Δ (νησιωτικά και ορεινά τμήματα αντίστοιχα, της τάξης του 80%). Φυσικά η ζώνη Β έχει ιδιαίτερη βαρύτητα καταλαμβάνοντας το 46,02% όλων των κατοικιών αποκλειστικής χρήσης (σύνολο 1.376.132 κτήρια), ενώ η ζώνη Γ (περιλαμβάνει τη Θεσσαλονίκη), έχει το 28,5% (σύνολο 1.147.655 κτήρια) (βλ. Γράφημα 2).

Αν θεωρήσουμε ως πολυκατοικία το κτήριο που στεγάζει αριθμό κατοικιών μεγαλύτερο του 2, τότε από τις πολυκατοικίες (που είναι 374.205 κτήρια, ή μόλις το 12,5% των κτηρίων αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία στην επικράτεια), το 63,5% στεγάζει 3-5 οικίες. Σε κάθε περίπτωση, τα κτήρια αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία που στεγάζουν περισσότερες των 5 κατοικιών είναι για κάθε ζώνη λιγότερα του 6%, με την τιμή αυτή να εμφανίζεται οριακά στη ζώνη Β, για την οποία το ποσοστό αυτό ισοδυναμεί με μόλις 81.689 κτήρια.



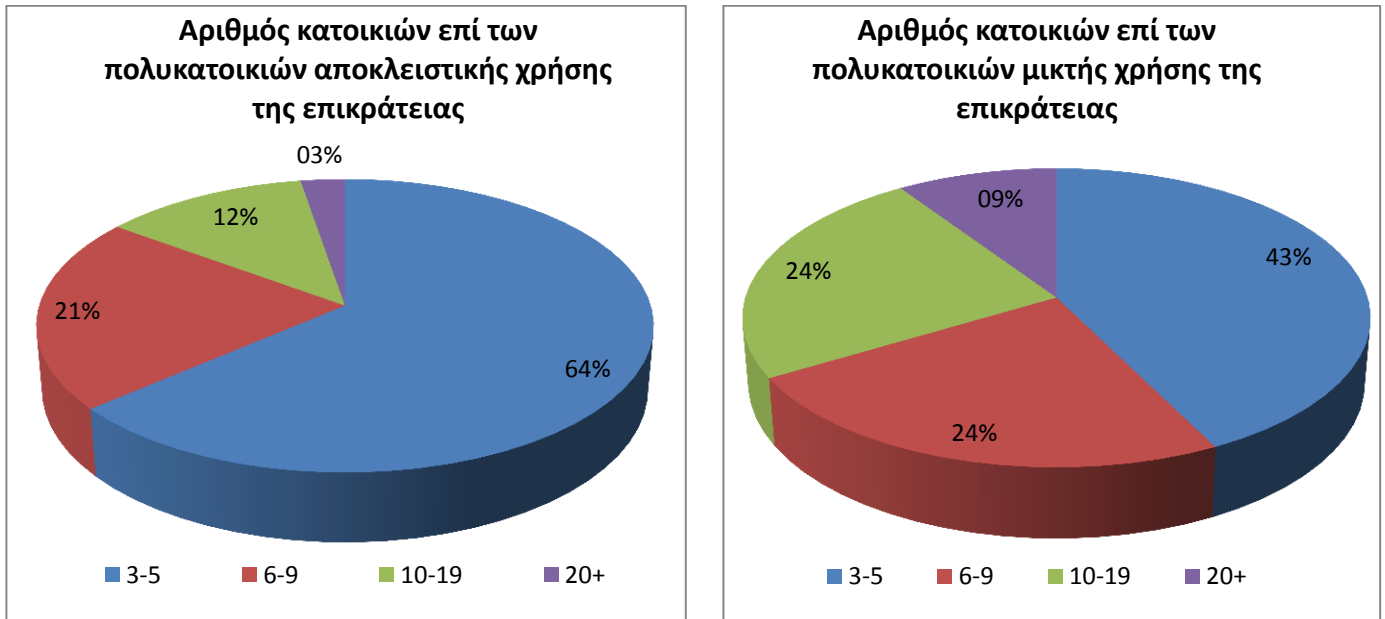
Γράφημα 1: Αριθμός κατοικιών ανά κτήριο αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία και κλιματική ζώνη



Γράφημα 2: Κατανομή κτηρίων αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία στις κλιματικές ζώνες.

Στα κτήρια μικτής χρήσης ως κατοικία, το ποσοστό των μονοκατοικιών είναι αισθητά μικρότερο (μόλις 40%). Όμοια με την περίπτωση των κτηρίων αποκλειστικής χρήσης ως κατοικία, οι ζώνες Β και Γ καταλαμβάνουν το 48,8% και 33,4% του συνόλου των κατοικιών μικτής χρήσης αντίστοιχα. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι στην περίπτωση της μικτής χρήσης, η κατηγορία των πολυκατοικιών που στεγάζουν 10-19 κατοικίες φαίνεται να αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα έναντι της κατηγορίας των 3-5 κατοικιών. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο, βάση και της παραδοχής που έγινε ανωτέρω για τον ορισμό της πολυκατοικίας, ότι οι πολυκατοικίες μικτής χρήσης αριθμούν συνολικά 102.541 κτήρια στην επικράτεια.

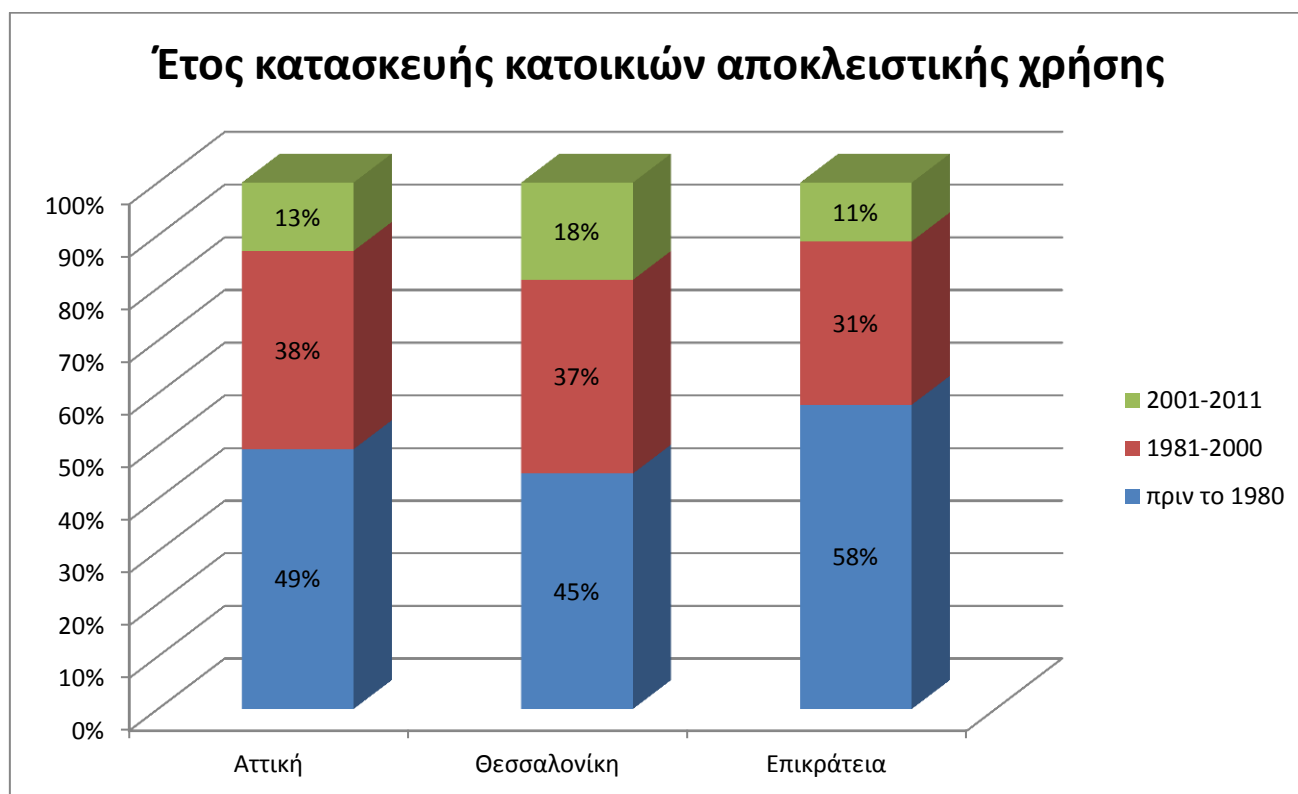
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι ζώνες Β και Γ περιλαμβάνουν την πλειονότητα των κτηρίων με χρήση ως κατοικία (ποσοστά της τάξης του 75% της επικράτειας). Επιπλέον οι μονοκατοικίες αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι του κτηριακού αποθέματος της χώρας, ενώ οι πολυκατοικίες δεν ξεπερνούν το 15% των κτηρίων που έχουν χρήση ως κατοικία στην επικράτεια. Εν γένει, το σημαντικότερο ποσοστό πολυκατοικιών περιλαμβάνει 3-5 κατοικίες, ενώ στο σύνολο των πολυκατοικιών αποκλειστικής και μικτής χρήσης το ποσοστό των κτηρίων που στεγάζουν περισσότερες από 9 κατοικίες είναι μικρότερο του 20%. Κατά συνέπεια, στην ανάλυση που θα ακολουθήσει, η μελέτη των πολυκατοικιών θα επικεντρωθεί σε μία τυπική πολυκατοικία 3 ορόφων με πυλωτή ή με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο.



Γράφημα 3: Αριθμός κατοικιών επί των πολυκατοικιών αποκλειστικής και μικτής χρήσης στην επικράτεια.

Αναφορικά με την περίοδο κατασκευής των κατοικιών και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής κτηρίων (ΕΛ.ΣΤΑΤ. – 2011, Πίνακες 2 και 7), παρατηρείται ότι περίπου το 58% των κτηρίων με αποκλειστική χρήση ως κατοικία στην επικράτεια έχουν κατασκευασθεί πριν το 1980. Το αντίστοιχο ποσοστό για τα κτήρια που κατασκευάστηκαν την δεκαετία 2001-2011 είναι της τάξης του 11%. Στα δύο μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα και Θεσσαλονίκη, τα οποία διαμορφώνουν και τις κατανομές των κλιματικών ζωνών Β και Γ αντίστοιχως), το ποσοστό αυτό πέφτει στο 49% και 45% αντίστοιχα, χωρίς όμως να παύει να αποτελεί τη σημαντικότερη ηλικιακή κλάση. Τα κτήρια αυτά αποτελούν και τα πιο ενεργοβόρα κτήρια, δεδομένης της ελλιπούς μόνωσης, της παλαιότητας των ενεργειακών συστημάτων κτλ.

Στην περίπτωση των κτηρίων μικτής χρήσης ως κατοικία, τα αντίστοιχα ποσοστά που αναφέρονται σε κατασκευή πριν το 1980 είναι ακόμα μεγαλύτερα: 74% για την Αθήνα, 69% για τη Θεσσαλονίκη και τέλος 60% για την επικράτεια.



Γράφημα 4: Έτος κατασκευής κατοικιών επί των πολυκατοικιών αποκλειστικής χρήσης στην επικράτεια.

Ολοκληρώνοντας, σύμφωνα με την Απογραφή Πληθυσμού και Κατοικιών (ΕΛ.ΣΤΑΤ. – 2011), η μέση κατοικία στην επικράτεια υπολογίζεται ως 83,6 m². Η τιμή αυτή είναι παραπλήσια για όλες τις κλιματικές ζώνες με εξαίρεση την Δ, όπου φαίνεται να είναι ελαφρώς μεγαλύτερη, ενώ όπως είναι εμφανές η μέση τιμή της επικράτειας διαμορφώνεται κυρίως από τις δύο πιο πυκνοκατοικημένες ζώνες, την Β και την Γ. Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι η Αθήνα καταλαμβάνει το 60% της ζώνης Β (με 2.002.966 κατοικίες), ενώ η Θεσσαλονίκη το 32% της ζώνης Γ με 587.927 κατοικίες συνολικά.

Πίνακας 5: Πλήθος και επιφάνεια (τ.μ) ανά τύπο κατοικίας και κλιματική ζώνη.

Κλιματική Ζώνη	Πλήθος			Επιφάνεια (τ.μ)			Μέση τιμή τ.μ.
	Σύνολο	Μονοκατοικίες	Διποκατοικίες - Πολυκατοικίες	Σύνολο	Μονοκατοικίες	Διποκατοικίες - Πολυκατοικίες	
Α	1.014.126	574.611	439.515	82.819.326	46.926.019	35.893.30	81,7
Β	3.340.251	1.046.222	2.294.029	279.566.510	87.564.867	192.001.643	83,7
Γ	1.836.521	742.696	1.093.825	154.054.024	62.300.027	91.753.997	83,9
Δ	181.003	93.908	87.095	16.412.207	8.514.983	7.897.223	90,7
Επικράτεια	6.371.901	2.457.437	3.914.464	532.852.066	205.503.881	327.348.185	83,6

Υπολογισμός του συνολικού κόστους των μέτρων για κάθε τυπικό κτήριο

Γενικά

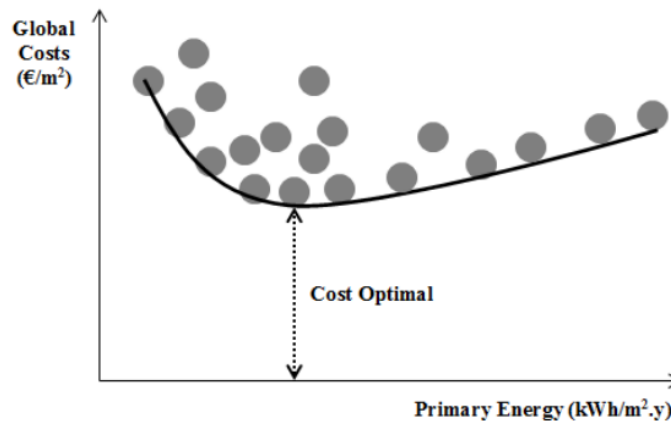
Στο πλαίσιο της συγκριτικής μεθοδολογίας επιτρέπεται ο προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και των στοιχείων του κτηρίου καθώς και των οικονομικών πτυχών των σχετικών με την ενεργειακή απόδοση μέτρων και η μεταξύ τους σύνδεση, με στόχο τον καθορισμό του βέλτιστου από πλευράς κόστους επιπέδου. Επίσης, το πλαίσιο συγκριτικής μεθοδολογίας επιτρέπει να λαμβάνονται

υπόψη οι τρόποι χρήσης, οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, το επενδυτικό κόστος, η κατηγορία κτηρίου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας (περιλαμβανομένου του ενεργειακού κόστους και της εξοικονόμησης ενέργειας), το κέρδος από την παραγόμενη ενέργεια, εφόσον υπάρχει, και το κόστος διάθεσης, εφόσον υπάρχει. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία βασίζεται στα οριζόμενα στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 244/2012 και στις κατευθυντήριες γραμμές 2012/C 115/01, που συνδέονται με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Συνεπώς καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της σχέσης κόστους-απόδοσης των διάφορων επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, με τον υπολογισμό του κόστους των μέτρων ενεργειακής απόδοσης κατά τον αναμενόμενο οικονομικό κύκλο ζωής. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό των βέλτιστων από πλευρά κόστους επιπέδων των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης.

Σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ της οδηγίας 2010/31/ΕΕ και το παράρτημα Ι του κανονισμού 244/2012, το μεθοδολογικό πλαίσιο για το βέλτιστο κόστος βασίζεται στη μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας του συνολικού κόστους.

Η ανωτέρω προσέγγιση αποτυπώνεται στο Γράφημα 5, όπου περιγράφεται η μεθοδολογία υπολογισμού των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και δομικών στοιχείων.



Γράφημα 5: Γραφική απεικόνιση του προσδιορισμού βέλτιστων επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων.

Στη παρούσα μελέτη, για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους λήφθηκε υπόψη η αρχική επένδυση, το άθροισμα των εκάστοτε ετησίων δαπανών και η τελική αξία, καθώς και το κόστος διάθεσης κατά περίπτωση, όλα με αναφορά στο έτος έναρξης 2016.

Το αποτέλεσμα του υπολογισμού του συνολικού κόστους είναι η καθαρή παρούσα αξία των δαπανών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια καθορισμένης περιόδου υπολογισμού, λαμβάνοντας υπόψη την υπολειμματική αξία του εξοπλισμού με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το πλεονέκτημα της μεθόδου του συνολικού κόστους είναι ότι καθιστά δυνατή τη χρήση ενιαίας περιόδου υπολογισμού (συνεκτιμώντας τον μακροχρόνιο εξοπλισμό μέσω της υπολειμματικής αξίας του).

Οι υπολογισμοί για το βέλτιστο κόστος, που παρουσιάζονται στη παρούσα μελέτη, εκτελέστηκαν σε χρηματοοικονομικό επίπεδο (με βάση τις τιμές που καταβάλλει ο τελικός καταναλωτής, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμοστέων φόρων και τελών και, κατά περίπτωση, των επιδοτήσεων, χωρίς όμως το επιπλέον κόστος για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου).

Κατηγοριοποίηση κόστους

Οι βασικές κατηγορίες κόστους που λήφθηκαν υπόψη, σύμφωνα και με τα οριζόμενα στο παράρτημα Ι του Κανονισμού 244/2012, είναι:

Το **αρχικό κόστος επένδυσης**, στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα κόστη μέχρι τη χρονική στιγμή όπου το κτήριο ή το στοιχείο κτηρίου παραδίδεται έτοιμο προς χρήση. Συνεπώς περιέχονται το κόστος

σχεδιασμού, το κόστος προμήθειας υλικών, το κόστος σύνδεσης με παρόχους, το κόστος εγκατάστασης και τυχόν άλλα απρόβλεπτα κόστη.

Το τρέχον ετήσιο κόστος στο οποίο περιλαμβάνονται το **ενεργειακό κόστος** (ανά φορέα ενέργειας), το **κόστος λειτουργίας** (ασφάλιστρα, υπηρεσίες, κ.α.), το **κόστος συντήρησης** (επιθεωρήσεις, καθαρισμός, επιδιορθώσεις, αναλώσιμα, κ.α.) και το **κόστος περιοδικής αντικατάστασης** στοιχείων του κτηρίου.

Το **κόστος διάθεσης**, δεν ελήφθη υπ' όψη στους υπολογισμούς καθώς δεν κατέστη δυνατή η εκτίμησή του. Ο μη συνυπολογισμός του εν λόγω κόστους βρίσκεται σε σύμπτωση με τις κατευθυντήριες γραμμές 2012/C 115/01, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 6.15 αυτών.

Σχέση υπολογισμού του συνολικού κόστους από χρηματοοικονομική άποψη

Σε κάθε περίπτωση τυπικού κτηρίου (νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου), κατά τον προσδιορισμό του συνολικού κόστους του μέτρου/δέσμη/παραλλαγής μέτρων από χρηματοοικονομική άποψη, οι τιμές που λήφθηκαν υπόψη είναι οι τιμές που πληρώνει ο τελικός χρήστης, συμπεριλαμβανομένων όλων των εφαρμοστέων φόρων, στους οποίους συγκαταλέγονται ο ΦΠΑ και τα τέλη.

Το συνολικό κόστος των κτηρίων, των δομικών στοιχείων και των επεμβάσεων με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου υπολογίστηκε ως το άθροισμα των διαφόρων κατηγοριών κόστους στα οποία εφαρμόζεται το προεξοφλητικό επιτόκιο με τη βοήθεια συντελεστή προεξόφλησης ώστε να εκφραστεί η αξία κατά το έτος έναρξης και της υπολειμματικής αξίας ανηγμένης με το προεξοφλητικό επιτόκιο. Επίσης λήφθηκε υπόψη η αύξηση της τιμής ενέργειας κάθε μορφής που καταναλώνεται. Η σχέση που περιγράφει τον **υπολογισμό του συνολικού κόστους από χρηματοοικονομική άποψη (εναλλακτικά Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) του συνολικού κόστους ή και Κ.Π.Α. Χρήσης χάριν συντομίας)** που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς, και η οποία ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις του Κανονισμού είναι:

$$CG = CO_{INIT} + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{TC} \left(CO_{a(i)}(j) * \left(1 + RAT_{XX(i)}(j) \right) \right) * D_{f(i)} + CO_{finaldisposal(TLS)}(j) - VAL_{fin(TC)}(j) \right] \quad (1)$$

όπου:

CG το συνολικό κόστος ανηγμένο στο έτος αναφοράς 2016.

CO_{INIT} το συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης ανηγμένο στο έτος αναφοράς 2016.

CO_{a(i)}(j) το ετήσιο κόστος του έτους i του μέτρου ή της δέσμης μέτρων j και το οποίο περιλαμβάνει όλες τις παραπάνω αναφερόμενες υποκατηγορίες κόστους.

RAT_{XX(i)}(j) η αύξηση της τιμής προμήθειας του μέτρου ή της δέσμης μέτρων j κατά το έτος i. (ελήφθηκε μηδενική σε κάθε περίπτωση)

D_{f(i)} ο συντελεστής προεξόφλησης του έτους i και για καθαρό προεξοφλητικό επιτόκιο p (real discount rate) και ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση $D_{f(i)} = \left(\frac{1}{1+p} \right)^i$.

CO_{finaldisposal(TLS)}(j) το συνολικό κόστος διάθεσης του μέτρου ή της δέσμης μέτρων j κατά το τέλος της διάρκειας ζωής του, ανηγμένο κατάλληλα στο έτος αναφοράς. Το κόστος αυτό μπορεί να περιέχει όλα τα κόστη διάθεσης από διαδοχικές αντικαταστάσεις στη περίπτωση που η διάρκεια ζωής του μέτρου είναι ίση ή μικρότερη από την περίοδο υπολογισμού, ή το ανάλογο του συνολικού κόστους διάθεσης στην περίπτωση που η διάρκεια ζωής του μέτρου είναι μεγαλύτερη από την περίοδο υπολογισμού. Σημειώνεται ότι, από τον κανονισμό δεν απαιτείται να συμπεριλαμβάνεται το κόστος διάθεσης στον υπολογισμό του συνολικού κόστους. Τα κράτη μέλη δύνανται να περιλαμβάνουν το κόστος διάθεσης, εφόσον νομίζουν ότι είναι σημαντικό και εφόσον είναι σε θέση να κάνουν εύλογες εκτιμήσεις του ύψους του. Εν προκειμένω, το κόστος διάθεσης, δεν ελήφθη υπ' όψη στους υπολογισμούς καθώς δεν κατέστη δυνατή η εκτίμησή του.

VAL_{fin(TC)}(j) η υπολειμματική αξία του μέτρου ή της δέσμης μέτρων j κατά το τέλος της περιόδου υπολογισμού ανηγμένο κατάλληλο στο έτος αναφοράς. Η υπολειμματική αξία μπορεί να αφορά την τελευταία από διαδοχικές αντικαταστάσεις στην περίπτωση που η διάρκεια ζωής του μέτρου είναι ίση ή μικρότερη από την περίοδο υπολογισμού, ή το ανάλογο του της αρχικής επένδυσης στην περίπτωση που η διάρκεια ζωής του μέτρου είναι μεγαλύτερη από την περίοδο υπολογισμού.

Γενικές παραδοχές και προσεγγίσεις κατά τον υπολογισμό του συνολικού κόστους

Κατά τη δημιουργία του υπολογιστικού εργαλείου για τον προσδιορισμό του συνολικού κόστους από χρηματοοικονομική άποψη έπρεπε να ληφθούν υπόψη διάφορες παράμετροι, οι οποίες επηρεάζουν την ακρίβεια των υπολογισμών σε όρους Καθαρής Παρούσας Αξίας. Η σημαντικότερη εξ αυτών είναι η σχέση της διάρκειας ζωής του μέτρου ή της δέσμης μέτρων με την περίοδο υπολογισμού. Σύμφωνα με την παρ. 4.2 του Κανονισμού 244/2012, η περίοδος υπολογισμού για τα κτήρια οικιστικής χρήσης πρέπει να ληφθεί ίση με 30 έτη, ενώ στην περίπτωση των επαγγελματικών και μη οικιστικής χρήσης κτηρίων η περίοδος υπολογισμού πρέπει να ληφθεί ίση με 20 έτη. Όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των μέτρων που αξιολογήθηκαν, αυτή ορίστηκε σύμφωνα με όσα παρατίθενται στο ισχύον Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 15459:2007 (Πίνακας Α.1) καθώς και στο τελευταίο προσχέδιο του prEN 15459-1:2014 (Παράρτημα Α).

Για τον υπολογισμό του κόστους των επαναλαμβανόμενων επενδύσεων, της υπολειμματικής αξίας, του κόστους διάθεσης, του ετήσιου ενεργειακού κόστους καθώς και των άλλων επιμέρους στοιχείων του ετήσιου κόστους απαιτείται η χρήση κατάλληλων οικονομικών συντελεστών όπως ο συντελεστής προεξόφλησης, ο συντελεστής παρούσας αξίας ετήσιας σταθερής και ληξιπρόθεσμης ράντας, ο συντελεστής χρεολυσίου καθώς και ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου.

Συλλογή των δεδομένων κόστους

Για το κόστος επένδυσης, το τρέχον κόστος (εκτός του ενεργειακού κόστους) για όλα τα πιθανά στοιχεία / συστήματα / μέρη ενός κτηρίου, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και από τους αντίστοιχους συνδέσμους των επιχειρήσεων / φορέων που δραστηριοποιούνται στην Ελληνική αγορά και είναι αγορακεντρικά αλλά και συνεκτικά όσον αφορά τη θέση και το χρόνο. Επίσης εξασφαλίστηκε η ιχνηλασιμότητα των παρεχόμενων δεδομένων κόστους μέσω σύνδεσης αυτών με τον φορέα αποστολής αλλά και πιθανών αρχείων τεκμηρίωσης των δεδομένων που αποστάλθηκαν από τους συνδέσμους των επιχειρήσεων / φορέων. Όλα τα παραπάνω αναφερόμενα κόστοι έχουν εγκριθεί από την Γενική Γραμματεία Ενέργειας & Ορυκτών Πρώτων Υλών του Υπουργείου.

Για το ενεργειακό κόστος και συγκεκριμένα το κόστος ενέργειας ανά φορέα, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη Διεύθυνση Ενεργειακών Πολιτικών & Ενεργειακής Αποδοτικότητας του Υπουργείου. Οι τιμές των φορέων ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον χρηματοοικονομικό υπολογισμό παρουσιάζονται στους παρακάτω Πίνακες 6 & 7. Σημειώνεται ότι οι τιμές, όπου είναι συναφές, έχουν υπολογισθεί με βάση τη Κατωτέρα Θερμογόνο Ικανότητα του καυσίμου (Lower Heating Value). Επίσης ανάλογα με τη χρήση (οικιακό ή εμπορικό τιμολόγιο) η μέση τιμή κάποιων φορέων ενέργειας μεταβάλλεται και έχουν συμπεριληφθεί τυχόν κόστη πάγιων χρεώσεων. Σε κάθε περίπτωση, στους υπολογισμούς έχει ληφθεί υπόψη μια ετήσια αύξηση τιμών όλων των μορφών ενέργειας της τάξης του 2,8%.

Επίσης, το δεύτερο αναγκαίο δεδομένο για τον υπολογισμό του ενεργειακού κόστους είναι το αποτέλεσμα του υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης, το οποίο προέκυψε με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου του ΤΕΕ/Κ.Εν.Α.Κ..

Πίνακας 6: Τιμές φορέων ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον χρηματοοικονομικό υπολογισμό στις κατοικίες.

Φορέας Ενέργειας	Μέση Τιμή Χρέωσης	Μονάδα χρέωσης
Φυσικό Αέριο	0,07514	€/kWh _{Fuel Input L.H.V.} (01/09/2015 – 31/09/2016)
Πετρέλαιο θέρμανσης	0,09030	€/kWh _{Fuel Input L.H.V.} (04/11/2016)
Ηλεκτρισμός	0,21064	€/kWh _{el} (Οικιακό τιμολόγιο 08.02.2016)
Βιομάζα (πελλέτα ξύλου)	0,06450	€/kWh _{Fuel Input L.H.V.}
Τηλεθέρμανση (χωρίς ανταποδοτικά τέλη)	0,06932	€/kWh _{th} (ΔΕΤΗΠ Δήμου Εορδαίας 2013 http://www.tpt.gr/)

Πετρέλαιο: Για το καύσιμο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη Γενική Γραμματεία Εμπορίου (<http://oil.gge.gov.gr/?m=20161104>), τη Γενική Γραμματεία Καταναλωτή (http://www.fuelprices.gr/files/EBDOM_DELTIO_04_11_2016.pdf) και του Συνδέσμου Εταιριών Πετρελαιοειδών Ελλάδας (ΣΕΕΠΕ, www.seepe.gr). Θεωρήθηκε πετρέλαιο θέρμανσης, το οποίο, σύμφωνα με τις προαναφερθείσες πηγές, στις 04/11/2016 είχε μέση τιμή αντλίας – λιανική τιμή 0,905 €/lt, ή 0,0903 €/kWh (Κατωτέρα Θερμογόνος Ικανότητα πετρελαίου 10150 kcal/kg και πυκνότητα 0,85kg/lt). Η τιμή αυτή προκύπτει από την τιμή διυλιστηρίου που είναι 0,354 €/lt, το περιθώριο κέρδους της εταιρίας-πρατηριούχου είναι 0,089 €/lt, ενώ οι φόροι και δασμοί ανέρχονται στα 0,463 €/lt. Η ανάλυση του κόστους του πετρελαίου καθώς επίσης και των φόρων και δασμών για 1000 λίτρα πετρελαίου παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Κοστολόγηση για 1000 lt πετρέλαιο θέρμανσης με μέση τιμή αντλίας στις 04/11/2016 (Πηγή ΣΕΕΠΕ).

Ανάλυση	Τιμή
Τιμή διυλιστηρίου	€ 353,57
Ειδική εισφορά 1,2%	€ 4,24
ΡΑΕ	€ 0,20
ΔΕΤΕ 0,5%	€ 3,17
ΕΦΚ	€ 280,00
Περιθώριο Πρατηριούχου/εταιρείας	€ 88,66
Λιανική Τιμή προ ΦΠΑ	€ 729,84
Τιμή Αντλίας - Λιανική Τιμή	€ 905,00

Φυσικό Αέριο: Για την κοστολόγηση του φυσικού αερίου λήφθηκαν στοιχεία από την Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής ΑΕ (www.aerioattikis.gr).

Λήφθηκε υπόψη το οικιακό τιμολόγιο- τιμολογήσεις 2016, με μέση τιμή χρέωσης ισχύος 6,36 €/60μέρες και χρέωση ενέργειας 0,056433 €/kWh, HHV. Η χρέωση ενέργειας είναι η μέση τιμή των μηνών Σεπτέμβριος 2015 - Σεπτέμβριος 2016. Στις τιμές αυτές λαμβάνονται υπόψη οι φόροι ΦΠΑ (13%) και το ΔΕΤΕ (0,5%) για τη χρέωση ισχύος, ενώ στη χρέωση ενέργειας λαμβάνονται υπόψη οι φόροι: ΦΠΑ (13%), ΕΦΚ, ΤΑΕ και ΔΕΤΕ (0,5%).

Η ανώτερη θερμογόνος ικανότητα του φυσικού αερίου θεωρήθηκε σύμφωνα με την ΕΠΑ Αττικής ΑΕ ίση με HHV=11,45kWh/N_m³ (Μέση Τιμή Σεπτέμβριος 2015 - Σεπτέμβριος 2016).

Ηλεκτρική ενέργεια: Θεωρείται οικιακό τιμολόγιο χωρίς χρονοχρέωση (Τιμολόγιο Γ1, πηγή ΔΕΗ ΑΕ www.dei.gr, (ημερομηνία πρόσβασης 18/02/2016) τριφασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Επίσης, θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεξάρτητης κατοικίας είναι περί τις 800kWh_{el} ανά τετράμηνο. Επομένως, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών αυτής θα τιμολογείται με κόστος που αντιστοιχεί σε κλίμακα μεγαλύτερη από τις 800 kWh_{el} ανά τετράμηνο.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, οι οποίοι ελήφθησαν υπόψη κατά τους υπολογισμούς δίνονται από την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 έκδοση Γ και παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενοι ρύποι ανά καύσιμο.

Φορέας ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Προεξοφλητικό επιτόκιο

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για τους υπολογισμούς από χρηματοοικονομική άποψη εκφράζεται σε πραγματικές τιμές, χωρίς τον πληθωρισμό και καθορίστηκε όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 9.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, ως αποτέλεσμα των θεμελιωδών αρχών του υπολογισμού από χρηματοοικονομική άποψη, το ποσό του συνολικού κόστους είναι μεγαλύτερο όταν εφαρμόζονται χαμηλότερα προεξοφλητικά επιτόκια, επειδή το μελλοντικό κόστος (κυρίως το ενεργειακό κόστος) υπολογίζεται με χαμηλότερο προεξοφλητικό επιτόκιο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παρούσα αξία του συνολικού κόστους.

Πίνακας 9: Βασικό και εναλλακτικό προεξοφλητικό επιτόκιο για τις περιπτώσεις του χρηματοοικονομικού υπολογισμού.

Οικονομική προσέγγιση	Βασικό προεξοφλητικό επιτόκιο	Εναλλακτικό προεξοφλητικό επιτόκιο
Χρηματοοικονομικός υπολογισμός	7%	9%

Έντοκος Περίοδος Αποπληρωμής

Η Έντοκος Περίοδος Αποπληρωμής (Ε.Π.Α.) κάθε μέτρου ή δέσμης μέτρων υπολογίστηκε, σε κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπ' όψη την ετήσια μεταβολή των τιμών ενέργειας (δ) καθώς και τη δαπάνη κεφαλαίου (Δ). Η σχέση υπολογισμού αυτής παρουσιάζεται παρακάτω:

$$E. Π. Α. = \left(\frac{\ln[A. Π. Α. * q * (i/q - 1) + 1]}{\ln(i/q)} \right) \quad (2)$$

Όπου:

$A.Π.Α$

Η Απλή Περίοδος Αποπληρωμής ίση με τον λόγο της δαπάνης κεφαλαίου προς τα ετήσια οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή της επέμβασης (π.χ. εξοικονόμηση καυσίμου).

$$i = (1 + \delta) / 100$$

δ η ετήσια μεταβολή των τιμών ενέργειας, σε %.

$$q = 1 + p$$

p το καθαρό προεξοφλητικό επιτόκιο p (real discount rate)

Το κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας σε ένα μέτρο ενεργειακής απόδοσης θεωρείται ίσο με τα δεκαπέντε (15) έτη.

Τεχνο οικονομικά αποτελέσματα διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια μονοκατοικίας

Γενικά

Τα αποτελέσματα που θα παρουσιασθούν επικεντρώνονται στις κλιματικές ζώνες Β και Γ και στις περιόδους κατασκευής κτηρίων που αφορούν τους κωδικούς 1 και 2, δηλαδή από το 1955-1980 και από το 1980-2000 (βλ. Σελίδα 8). Η εστίαση της ανάλυσης στα κτήρια που πληρούν τις προϋποθέσεις που προαναφέρθηκαν συνάδει με τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν το κτηριακό δυναμικό της χώρας (σελ. 13).

Για κάθε κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής κτηρίου, παρουσιάζονται τα νέφη σημείων που αφορούν τα διάφορα υπό εξέταση ενεργειακά συστήματα σε γραφήματα με οριζόντιο άξονα την πρωτογενή ενέργεια κατ' έτος και ανά τ.μ. επιφάνειας της οικίας και κατακόρυφο κατά περίπτωση είτε την Καθαρή Παρούσα Αξία του συνολικού Κόστους (που ορίζεται με βάση την σχέση (1)) είτε την Έντοκο Περίοδο Αποπληρωμής (που ορίζεται με βάση τη σχέση (2)). Στα γραφήματα αυτά, καθένα από τα διαφορετικά συστήματα θέρμανσης αποδίδεται με ένα διαφορετικό χρώμα, σύμφωνα με τον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Αντιστοίχιση αρίθμησης και χρωματικού κωδικού σε κάθε εξεταζόμενο σύστημα θέρμανσης.

α/α Συστήματος	Σύστημα Θέρμανσης	Χρωματικός Κωδικός
1	Συμβατικός Λέβητας Πετρελαίου	Κόκκινο
2	Λέβητας πετρελαίου Συμπύκνωσης	Πορτοκαλί
3	Λέβητας Φυσικού Αερίου	Μπλε
4	Αντλία Θερμότητας Υψηλών/Χαμηλών Θερμοκρασιών	Μαύρο
5	Αντλία Θερμότητας με Γεωθερμία	Γκρι
6	Καυστήρας Βιομάζας	Πράσινο
7	Τηλεθέρμανση (μόνο για τη ζώνη Δ)	Ροζ

Στα γραφήματα που εικονίζονται τα νέφη των σημείων οριοθετούνται (με κόκκινες και ροζ διακεκομμένες γραμμές) επιπλέον δύο περιοχές.

Η οριζόντια ευθεία καθορίζει το όριο του οικονομικού δείκτη της επένδυσης πάνω από το οποίο αυτή παύει να θεωρείται ότι ανήκει στη βέλτιστη περιοχή και σχετίζεται με την καθαρά από επενδυτική σκοπιά ανάλυση των αποτελεσμάτων. Το όριο αυτό θεωρήθηκε ως το άθροισμα του ελάχιστου κόστους με το 10% της διαφοράς του οικονομικότερου σεναρίου από το δαπανηρότερο για κάθε κλιματική ζώνη και ηλικιακή κλάση του κτηρίου για την περίπτωση της Καθαρής Παρούσας Αξίας και ως τα 15 χρόνια για την περίπτωση της Εντόκου Περιόδου Αποπληρωμής.

Το ορθογώνιο παράθυρο οριοθετεί την περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (Nearly Zero Energy Building ή nZEB), η οποία για την περίπτωση κατοικιών θεωρείται ότι κυμαίνεται από τις 20 kWh/m²έτος έως τις 60 kWh/m²έτος πρωτογενούς ενέργειας. Το άνω όριο του κόστους σε αυτήν την περίπτωση θεωρήθηκε ως αυτό του βέλτιστου οικονομικά σεναρίου (cost optimal) προσαυξημένου κατά 350 €/ m² για την περίπτωση της Καθαρής Παρούσας Αξίας και ως τα 20 χρόνια για την περίπτωση της Εντόκου Περιόδου Αποπληρωμής.

Στα ίδια γραφήματα εικονίζονται κάποια σημεία με μεγαλύτερο μέγεθος. Τα γαλάζια σημεία αφορούν τις περιπτώσεις τροποποίησης της θεωρητικά υφιστάμενης εγκατάστασης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου με κατηγορία αυτοματισμών Δ για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζ.ν.χ. με χρήση ηλεκ. θερμοσίφωνα, και split units για ψύξη) με τις δυνατές τροποποιήσεις μόνο ως προς τη μόνωση (οδηγώντας σε $4^4 = 81$

σημεία). Τα υπόλοιπα σημεία αφορούν τα βασικά σενάρια για τα συστήματα θέρμανσης / ZNX που καθορίζονται με βάση τους χρωματικούς κωδικούς του Πίνακα 10 και με τροποποιήσεις μόνο ως προς τον αυτοματισμό (σύνολο 4 σημεία - ειδικά για την αντλία θερμότητας απεικονίζονται 8 σημεία λόγω του ότι περιλαμβάνονται οι αντλίες θερμότητας και υψηλών αλλά και χαμηλών θερμοκρασιών).

Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η άμεση σύγκριση των δυνατών επιλογών που έχει ο καταναλωτής είτε για βελτίωση της μόνωσης μίας κατοικίας, είτε για αντικατάσταση της υφιστάμενης εγκατάστασής του, χωρίς περαιτέρω τροποποιήσεις.

Μία δεύτερη κατηγορία γραφημάτων για τις ηλικιακές κλάσεις και τις κλιματικές ζώνες που εξετάστηκαν αφορά την παρουσίαση των σχετικών συχνοτήτων εμφάνισης κάθε ενεργειακού συστήματος στις περιοχές του βέλτιστου κόστους (που οριοθετείται από την οριζόντια ευθεία) καθώς και του παραθύρου που οριοθετεί το κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (nZEB). Στις ίδιες περιοχές υπολογίστηκαν και οι συχνότητες εμφάνισης διαφόρων άλλων τροποποιήσεων, όπως π.χ. η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ή η ηλιακή υποβοήθηση.

Παρακάτω παρουσιάζονται και το πλήθος εναλλακτικών σεναρίων που εξετάστηκαν ανά χρονική περίοδο κατασκευής και κλιματική ζώνη. Το μεγάλο πλήθος εναλλακτικών σεναρίων επιτρέπει την εξαγωγή χρήσιμων και ισχυρών συμπερασμάτων με βάση τις περιοχές διερεύνησης που αναφέρθηκαν και προηγουμένως.

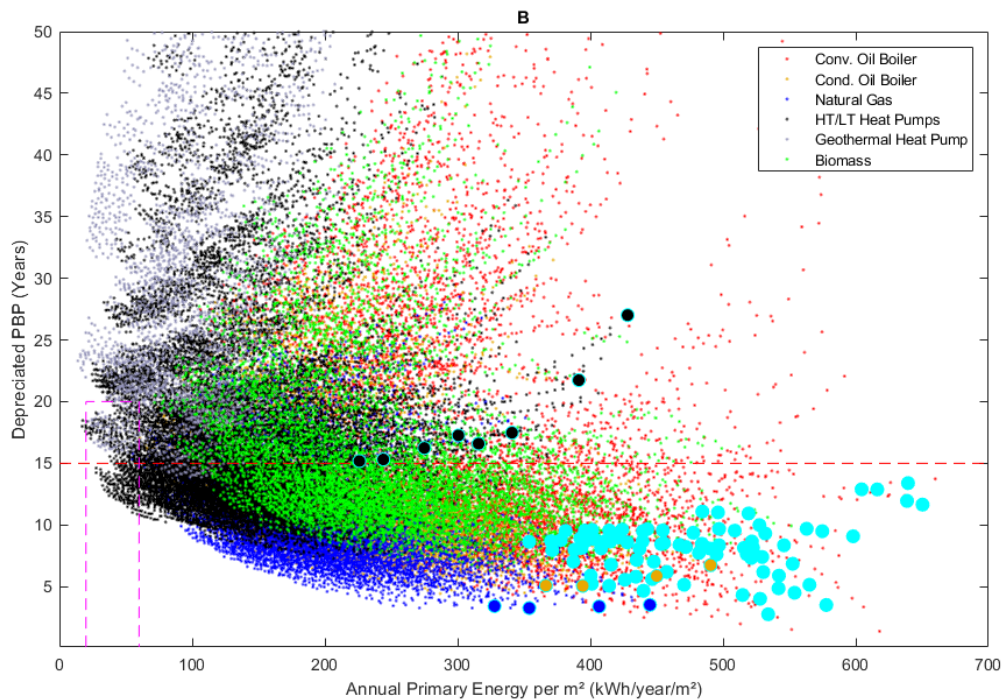
Πίνακας 11: Πλήθος εναλλακτικών σεναρίων δέσμης μέτρων που εξετάστηκαν ανά χρονική περίοδο κατασκευής και κλιματική ζώνη.

		Περίοδος κατασκευής προ του '80	Περίοδος κατασκευής 1980 -2000
Μονοκατοικία	Κλιματική Ζώνη Β	58.320	58.320
	Κλιματική Ζώνη Γ	58.230	58.320
3όροφη πολυκατοικία με Μ.Θ.Χ.	Κλιματική Ζώνη Β	36.288	36.288
	Κλιματική Ζώνη Γ	36.288	36.288
3όροφη πολυκατοικία με πιλοτή	Κλιματική Ζώνη Β	36.288	36.288
	Κλιματική Ζώνη Γ	36.288	36.288

Αποτελέσματα με βάση την έντοκο περίοδο αποπληρωμής

- **Περίοδος κατασκευής πριν το 1980**

Το παρακάτω Γράφημα 6 απεικονίζεται το νέφος σημείων των διαφόρων συστημάτων που εξετάστηκαν για μια τυπική μονοκατοικία κατασκευής πριν το 1980 στη ζώνη Β. Οι χρωματισμοί των σημείων εξαρτώνται από τον τύπο του συστήματος θέρμανσης σύμφωνα με τον Πίνακα 10. Στο ίδιο γράφημα οριοθετούνται οι περιοχές βέλτιστου κόστους (επενδύσεις με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών) και η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, όπως περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

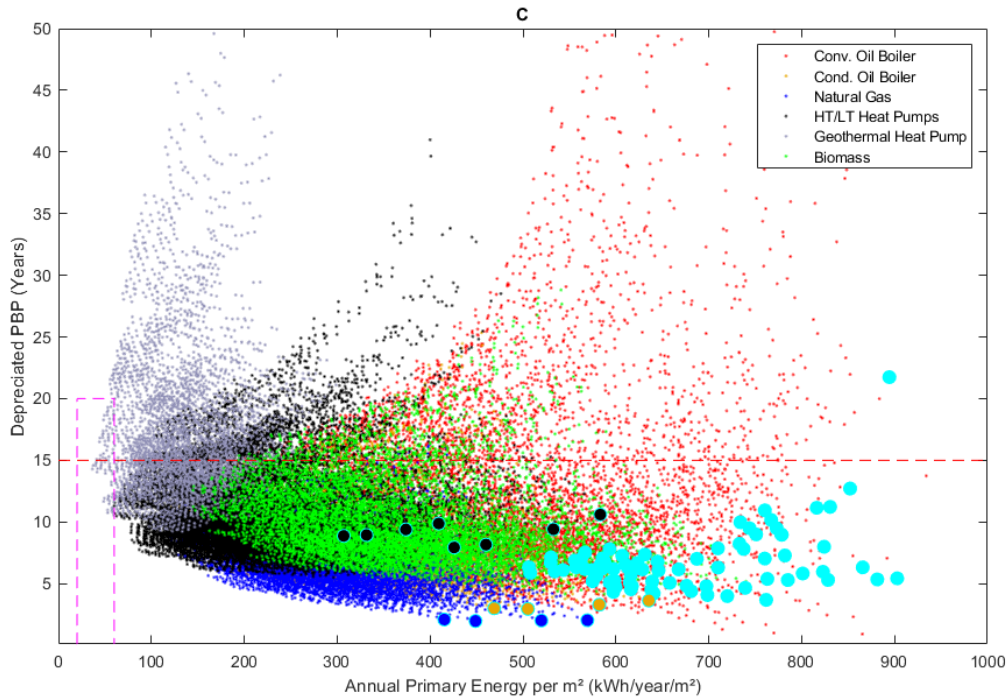


Γράφημα 6: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β / έτος κατασκευής προ του '80.

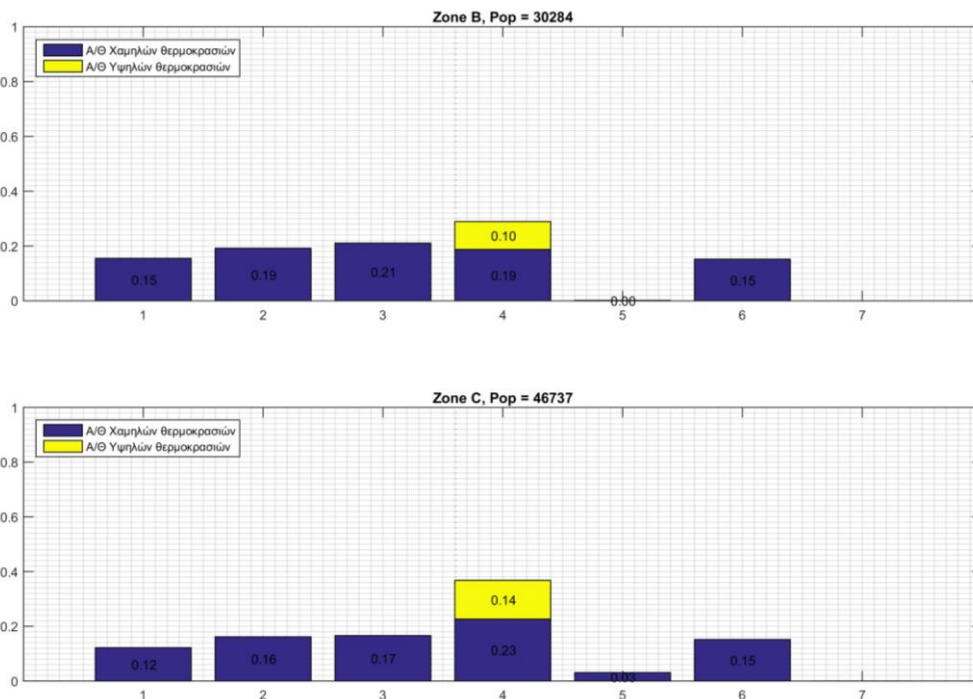
Όπως είναι εμφανές, όλα τα συστήματα θέρμανσης εμφανίζουν συνδυασμούς που αφορούν επενδύσεις που αποσβένονται πριν τα 15 έτη. Επίσης είναι εμφανές ότι τα συστήματα με φυσικό αέριο υπερισχύουν στην περιοχή μικρών περιόδων αποπληρωμής, ενώ η ελάχιστη περίοδος αποπληρωμής εμφανίζεται για συστήματα με συμβατικό λέβητα πετρελαίου και τροποποιήσεις στους αυτοματισμούς ή τη μόνωση, λύσεις που όμως δεν οδηγούν σε σημαντικά επίπεδα μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας που απαιτείται για τις ανάγκες της μονοκατοικίας. Η απλή αντικατάσταση της υφιστάμενης εγκατάστασης με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου (έντονα στρογγυλά σημεία) οδηγεί σε αποδοτικότερες επενδύσεις σε σύγκριση με την βελτίωση της μόνωσης του κτηρίου και για ίδιες τιμές της απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας. Οι επενδύσεις αυτές κυμαίνονται σε περιόδους αποπληρωμής της τάξης των 3 ετών για τον λέβητα φυσικού αερίου και των 5 ετών για τον λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου, ενώ εν γένει οδηγούν σε οικονομικά και ενεργειακά αποτελεσματικότερα σενάρια όσο βελτιώνεται το σύστημα αυτοματισμού. Από την άλλη η απλή αντικατάσταση της υφιστάμενης εγκατάστασης με αντλία θερμότητας βρίσκεται οριακά άνω του ορίου των 15 ετών για τις αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών, ενώ εμφανίζει ακόμα μεγαλύτερες τιμές για τις αντλίες υψηλών θερμοκρασιών.

Τέλος αναφέρεται ότι η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης κυριαρχείται από συστήματα αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, είτε γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

Η ζώνη Γ εμφανίζει κάποιες διαφορές (Γράφημα 7), καθώς πλέον η βασική εγκατάσταση με απλή αντικατάσταση μόνο του λέβητα πετρελαίου με αντλία θερμότητας βρίσκεται κάτω του ορίου των 15 ετών σαν επένδυση (περίπου στα 8-11 χρόνια). Το φυσικό αέριο και ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου εξακολουθούν βέβαια να αποτελούν τις αποδοτικότερες επενδύσεις που οδηγούν σε αξιόλογες τιμές εξοικονόμησης ενέργειας. Η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης περιλαμβάνει σημαντικά λιγότερους συνδυασμούς συστημάτων, τα οποία είναι κυρίως γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Όπως είναι εμφανές, οι πιθανές τροποποιήσεις που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη οδηγούν σε ελάχιστες περιπτώσεις κτηρίων εντός της περιοχής θεώρησης του κτηρίου nZEB.



Γράφημα 7: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

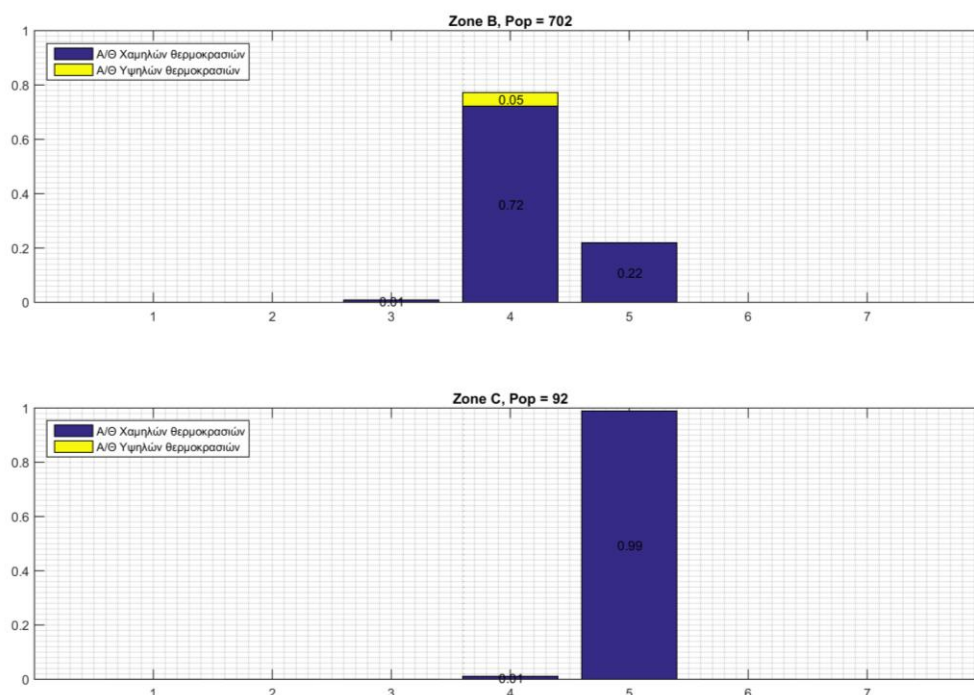


Γράφημα 8: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων διαφόρων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη B & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Στο παραπάνω Γράφημα 8 παρουσιάζεται η κατανομή των διαφόρων συστημάτων κάτω του ορίου των 15 ετών για την Έντοκο Περίοδο Αποπληρωμής. Αυτό που διαπιστώνεται είναι τα αυξημένα ποσοστά εμφάνισης των αντλιών θερμότητας κάτω από το όριο αυτό (29% και 37% για τις ζώνες B και Γ), με τις αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών ειδικά να καταλαμβάνουν ένα ποσοστό 10% και 14% αντίστοιχα στις δύο ζώνες. Γενικά τα ποσοστά των αντλιών θερμότητας είναι αυξημένα στη ζώνη Γ, ακόμα και για τις γεωθερμικές αντλίες (3% έναντι του 0,5% της ζώνης B). Τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης φαίνονται να κυμαίνονται σε ίδια ποσοστά, με το λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου να

είναι ελαφρώς ενισχυμένος και τον συμβατικό λέβητα πετρελαίου να έχει τα μικρότερα ποσοστά εμφάνισης.

Στην περιοχή αυτή επίσης παρατηρείται επικράτηση των λύσεων που προβλέπουν τροποποίηση της μόνωσης των δομικών στοιχείων (κοντά στο 99,5% και για τις δύο ζώνες), ενώ η χρήση ηλιακών συλλεκτών για ZNX και κινητής σκίασης φαίνεται να ισορροπούν σε ποσοστά εμφάνισης κοντά στο 50% και για τις δύο ζώνες. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών εμφανίζει εξίσου σημαντικά ποσοστά της τάξης του 45% ενώ κάποια μικρότερα αλλά σημαντικά ποσοστά εμφάνισης παρουσιάζουν και τα συστήματα με ηλιακή υποβοήθηση (7% για τη κλιματική ζώνη Β και 26% για τη ζώνη Γ).



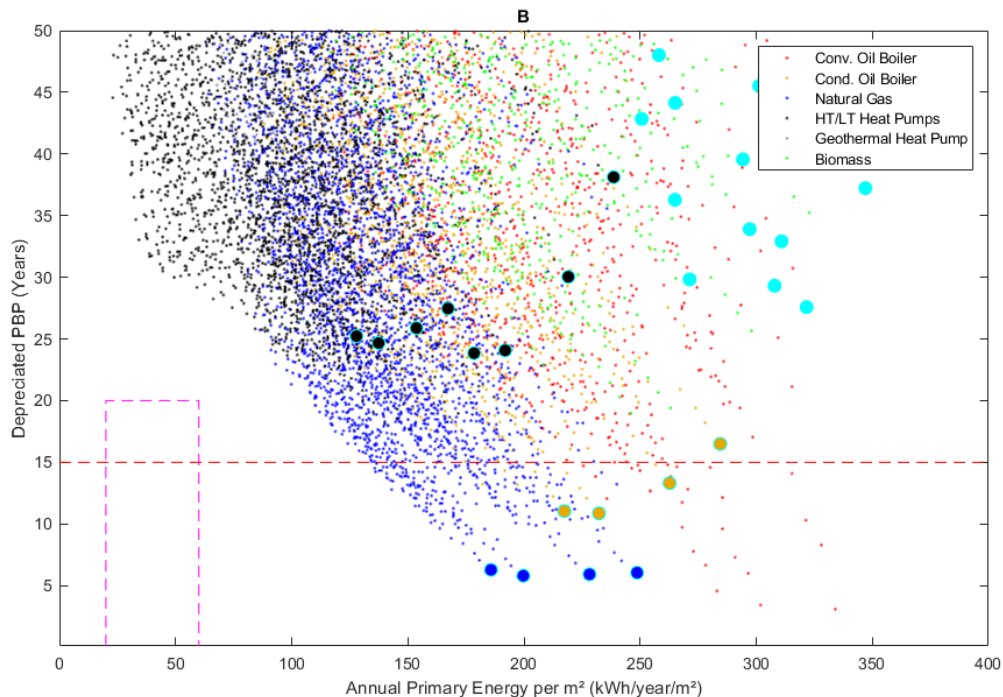
Γράφημα 9: Κατανομή των σεναρίων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη & κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²έτος) για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Εστιάζοντας στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, διαπιστώνεται αυτό που ήδη αναφέρθηκε, δηλαδή ο περιορισμένος αριθμός σεναρίων που εμπίπτουν στην ζώνη αυτή (702 για την κλιματική ζώνη Β και μόλις 92 για τη Γ). Προκύπτει επίσης το αναμενόμενο από τα νέφη σημείων συμπέρασμα επικράτησης των αντλιών θερμότητας στην περιοχή αυτή. Τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης έχουν οι αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών στη ζώνη Β (72%) και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας στη ζώνη Γ (99%). Οι αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών κατέχουν μόλις το 5% των συστημάτων της ζώνης Β ενώ δεν εμφανίζονται καθόλου στη ζώνη Γ, κάτι που οφείλεται κυρίως στον χαμηλότερο συντελεστή συμπεριφοράς (COP) τους.

Στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης παρατηρείται επίσης επικράτηση σε ποσοστά κοντά στο 100% των τροποποιήσεων στη μόνωση των δομικών στοιχείων αλλά και της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών. Επιπλέον, η ηλιακή υποβοήθηση εμφανίζεται σε ποσοστά 35% στη ζώνη Β και 74% στη Γ, ενώ τα ηλιακά για την κάλυψη των αναγκών σε ZNX έχουν ποσοστά 39% και 17%, αντίστοιχα. Τέλος συστήματα με κινητή σκίαση εμφανίζονται σε ποσοστά 54,5% και 50% στις ζώνες Β και Γ αντίστοιχα.

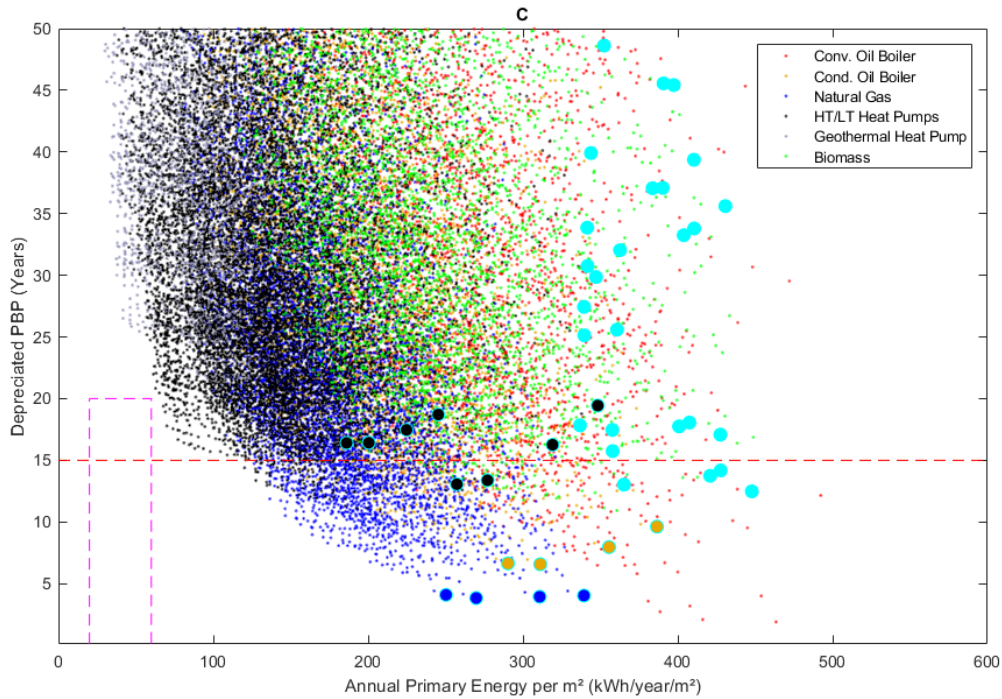
- **Περίοδος κατασκευής 1980-2000**

Οι περιπτώσεις μονοκατοικιών με περίοδο κατασκευής από το 1980-2000 (Γράφημα 10 & 11) χαρακτηρίζονται από τις σημαντικά χαμηλότερες τιμές της ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται σε ετήσια βάση. Ταυτόχρονα όμως, οι τροποποιήσεις στο ενεργειακό σύστημα της μονοκατοικίας με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών είναι κατά πολύ λιγότερες σε σχέση με αυτές των μονοκατοικιών με περίοδο κατασκευής πριν το 1980. Στην περιοχή αυτή φαίνεται να επικρατούν κυρίως τροποποιήσεις που αφορούν αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης με λέβητα φυσικού αερίου ή λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου, ενώ υπάρχουν και επενδύσεις που αφορούν τροποποιήσεις μόνο στη μόνωση ή τους αυτοματισμούς της εγκατάστασης, **οι οποίες όμως όμοια με την περίπτωση προ του '80 δεν οδηγούν σε σημαντική μείωση της ετήσιας απαιτούμενης ενέργειας και γενικά έχουν μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής σε σύγκριση με σενάρια αλλαγής του συστήματος θέρμανσης που επιτυγχάνουν ίσες τιμές εξοικονόμησης ενέργειας.**



Γράφημα 10: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β / έτος κατασκευής 1980-2000.

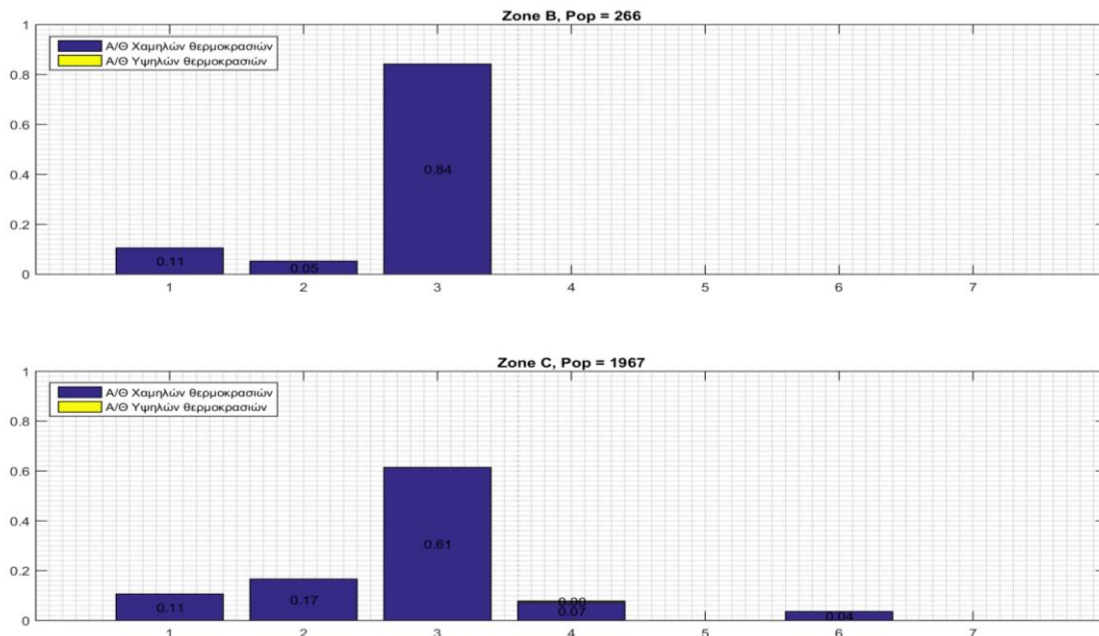
Και για τις δύο ζώνες, εντός του ορίου των 15 ετών, βρίσκονται τα σενάρια απλής αντικατάστασης του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου, ενώ οι αντλίες θερμότητας εισέρχονται οριακά στην περιοχή αυτή μόνο στη ζώνη Γ. Οι τροποποιήσεις που αφορούν το φυσικό αέριο φαίνεται να αποσβένονται πλήρως μετά την πάροδο 6 ετών για τη ζώνη Β και 4 ετών για τη ζώνη Γ. Οι αντίστοιχες τροποποιήσεις με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου παρουσιάζουν ελαφρώς μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής (10 έτη για τη ζώνη Β και 7 για τη Γ).



Γράφημα 11: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Τέλος αναφέρεται ότι και στις δύο κλιματικές ζώνες η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης δεν περικλείει κανένα από τα υπό εξέταση σενάρια, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι με βάση τα όρια που τίθενται για τον ορισμό μίας μονοκατοικίας ως nZEB, καμία από τις τροποποιήσεις που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη δεν μπορεί να αποσβεσθεί σε λιγότερο από 20 χρόνια.

Αν εστιάσουμε στην περιοχή των βέλτιστων επενδυτικά σεναρίων, δηλαδή αυτών που έχουν περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών παρατηρούμε την ακόλουθη κατανομή.



Γράφημα 12: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων διαφόρων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη B & Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Παρατηρείται αυτό που ήδη αναφέρθηκε, ότι δηλαδή σε αντίθεση με τις μονοκατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, κυρίαρχο σύστημα θέρμανσης φαίνεται να είναι αυτό του λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου. Επίσης στη ζώνη B δεν εμφανίζεται κανένα σύστημα με αντλία

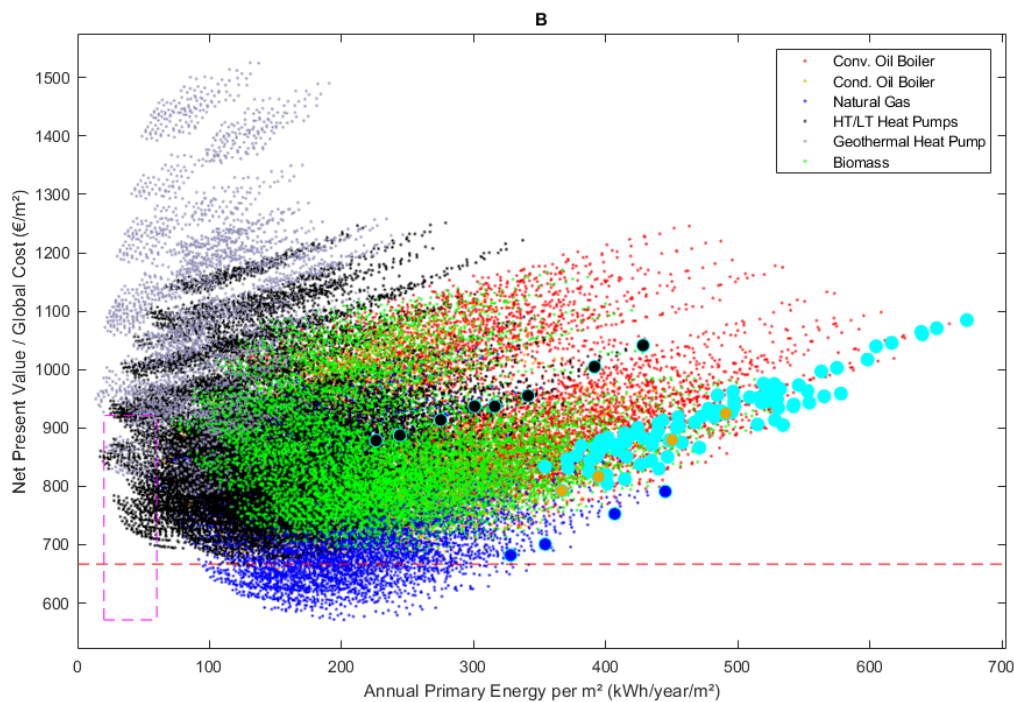
θερμότητας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στη ζώνη Γ είναι μόλις 7% και αφορά μόνο αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών. Τα συστήματα με συμβατικό λέβητα πετρελαίου κατέχουν ένα σημαντικό ποσοστό εμφάνισης της τάξης του 11% και στις δύο ζώνες, αν και όπως προαναφέρθηκε συνοδεύονται με μικρές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας.

Ολοκληρώνοντας, στη συγκεκριμένη περιοχή του γραφήματος εντόκου περιόδου αποπληρωμής-πρωτογενούς ενέργειας παρατηρούνται σημαντικά, αλλά λιγότερο υψηλά ποσοστά εμφάνισης σεναρίων με τροποποίηση στη μόνωση του κτηρίου (της τάξης του 75% για τη ζώνη Β και του 90% για τη ζώνη Γ). Πολύ χαμηλότερα είναι και τα ποσοστά εμφάνισης συστημάτων με εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (8% για τη ζώνη Β και 16,5% για τη ζώνη Γ), ενώ κανένα σενάριο με ηλιακή υποβοήθηση δεν αποσβένεται σε λιγότερο από 15 έτη. Χρήση ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ εμφανίζεται σε ποσοστά 28% και 34% για τις ζώνες Β και Γ και τέλος τα συστήματα κινητής σκίασης έχουν πάλι ποσοστά της τάξης του 50% και στις δύο ζώνες.

Αποτελέσματα με βάση την Καθαρή Παρούσα Αξία του συνολικού κόστους

• Περίοδος κατασκευής πριν το 1980

Το παρακάτω Γράφημα 13 αποτελεί το νέφος σημείων των διαφόρων τροποποιήσεων που εξετάστηκαν, με κατακόρυφο άξονα την Καθαρή Παρούσα Αξία Χρήσης, για τη κλιματική ζώνη Β. Η περιοχή του ελάχιστου κόστους καθορίζεται από την κόκκινη ευθεία σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στη σελίδα 22. Επιπλέον στο αριστερό μέρος του γραφήματος είναι φανερό το παράθυρο που ορίζει το κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης.



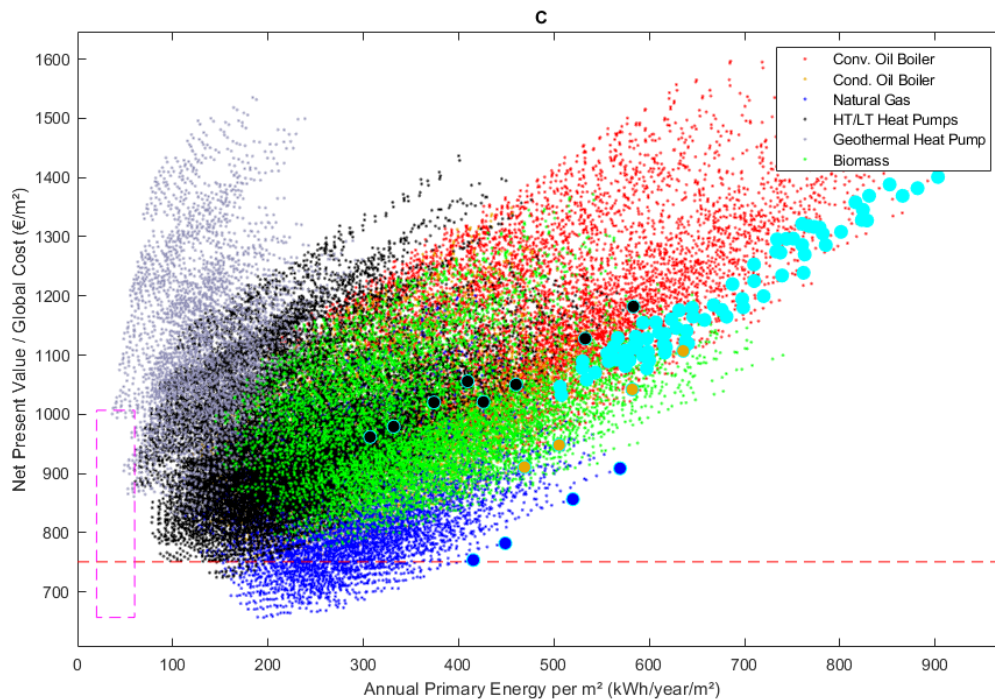
Γράφημα 13: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β / έτος κατασκευής προ του '80.

Αυτό που διαπιστώνεται εύκολα είναι η επικράτηση των σεναρίων που περιλαμβάνουν λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου για τη θέρμανση και το ΖΝΧ στην περιοχή του ελάχιστου κόστους. Από την άλλη είναι εμφανής η επικράτηση σεναρίων με αντλίες θερμότητας (υψηλών/ χαμηλών θερμοκρασιών και γεωθερμικές) στην περιοχή του nZEB.

Από τα σημεία τροποποίησης της βασικής εγκατάστασης (έντονα κυκλικά σημεία) είναι εμφανής η υπεροχή των σεναρίων που προβλέπουν αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου με λέβητα

φυσικού αερίου σε σύγκριση με τη διατήρησή του και την αναβάθμιση της μόνωσης της μονοκατοικίας. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις, οικονομικότερη φαίνεται και η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου έναντι της απλής αναβάθμισης της μόνωσης. Από την άλλη, αν και επιτρέπουν τη σημαντική μείωση της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνει η οικία, τα συστήματα με αντλία θερμότητας εμφανίζουν τιμές Καθαρής Παρούσας Αξίας μεγαλύτερες των 850 €/m², τη στιγμή που το βέλτιστο οικονομικά σενάριο αφορά εγκατάσταση φυσικού αερίου με Κ.Π.Α. ίση με 570 €/m².

Το παρακάτω Γράφημα 14 αποτελεί το νέφος σημείων των διαφόρων τροποποιήσεων που εξετάστηκαν, με κατακόρυφο άξονα την Καθαρή Παρούσα Αξία Χρήσης, για την κλιματική ζώνη Γ. Είναι φανερή η συνολική μετατόπιση του γραφήματος προς μεγαλύτερες τιμές πρωτογενούς ενέργειας (δηλαδή προς τα δεξιά) για όλα τα συστήματα, αλλά και η απότομη αύξηση του κόστους χρήσης των συστημάτων με μικρότερη σχετικά απόδοση (όπως π.χ. των συστημάτων με συμβατικό λέβητα) σε σχέση με το νέφος σημείων της ζώνης Β. Και πάλι, στην περιοχή χαμηλού κόστους επικρατούν εξ ολοκλήρου τα σενάρια με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου, ενώ για τις ίδιες τιμές πρωτογενούς ενέργειας η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα.



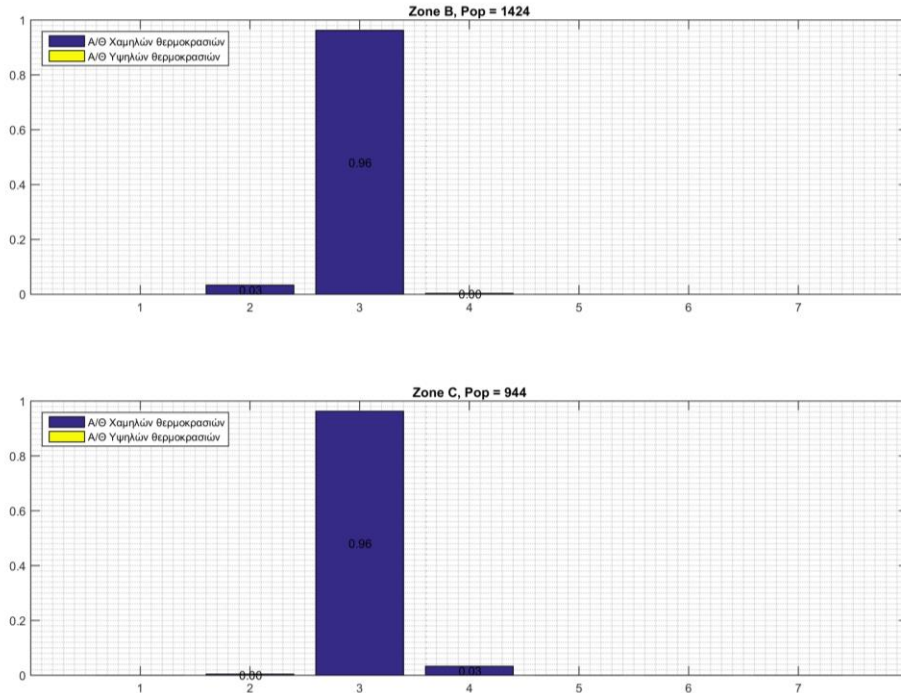
Γράφημα 14: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Ενδιαφέρον επίσης έχει και το εμμέσως υπολογιζόμενο χρηματοδοτικό κενό (financing gap), και στα δυο προηγούμενα γραφήματα, μεταξύ της περιοχής βέλτιστου κόστους και της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Ως χρηματοδοτικό κενό ορίζεται η διαφορά μεταξύ των Κ.Π.Α. χρήσης δυο ανταγωνιστικών δεσμών επεμβάσεων, με τη μια να επιτυγχάνει επίδοση σχέσης ΚΠΑ χρήσης – κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περιοχή βέλτιστου κόστους και την άλλη αντιστοίχως στην περιοχή θεώρησης του κτηρίου nZEB.

Στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Β, το χρηματοδοτικό κενό υπολογίζεται στα 120 €/m² περίπου, ενώ στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Γ, το κενό αυτό ξεπερνά το όριο των 200€/m².

Όπως και στην περίπτωση της Εντόκου Περιόδου Αποπληρωμής, έτσι και από τη σκοπιά της Καθαρής Παρούσας Αξίας χρήσης, ελάχιστα σημεία συναντώνται στην περιοχή του nZEB. Καταναλώσεις που εντοπίζονται εντός της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης

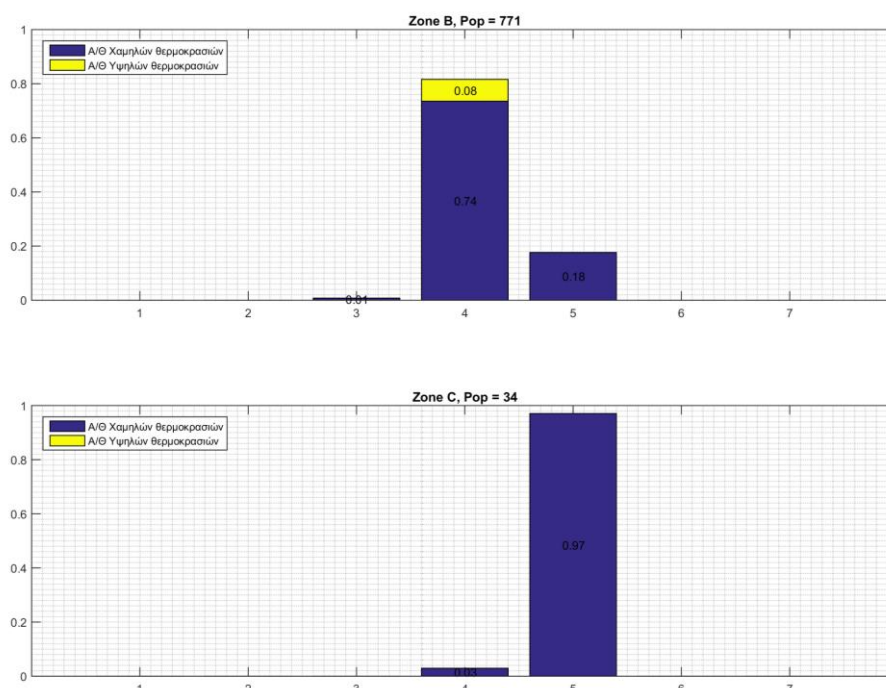
επιτυγχάνονται κυρίως με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, με τις περισσότερες από τις επενδύσεις αυτές να ξεπερνούν το όριο των 1000 €/m², τιμή που θεωρήθηκε ως το όριο ενδιαφέροντος για μια επένδυση ενεργειακής αναβάθμισης μιας μονοκατοικίας.



Γράφημα 15: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) διαφόρων συστημάτων θέρμανσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Εστιάζοντας τώρα στην περιοχή του βέλτιστου κόστους, παρατηρείται ότι όπως προαναφέρθηκε η συγκεκριμένη περιοχή του γραφήματος κατακλύζεται από σενάρια που έχουν ως σύστημα θέρμανσης τον λέβητα συμπίκνωσης φυσικού αερίου, με τα ποσοστά εμφάνισης αυτής της τεχνολογίας να φτάνουν το 96% και στις δύο ζώνες. Το υπόλοιπο 3-4% στη ζώνη Β καταλαμβάνεται κυρίως από εγκαταστάσεις με λέβητα συμπίκνωσης πετρελαίου, ενώ στη ζώνη Γ από αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών.

Σχεδόν όλα τα συστήματα που συναντώνται στην παραπάνω περιοχή κόστους περιλαμβάνουν αναβάθμιση της θερμομόνωσης τουλάχιστον ενός από τα δομικά στοιχεία της μονοκατοικίας, ενώ από την άλλη δεν συναντάται σχεδόν κανένα (εξαιρουμένων ελαχίστων περιπτώσεων) σύστημα με ηλιακή υποβοήθηση. Τα συστήματα με κινητή σκίαση εμφανίζονται σε ποσοστά της τάξης του 50% και στις δύο ζώνες, ενώ συστήματα με φωτοβολταϊκά έχουν ποσοστά εμφάνισης 18% και 12% αντίστοιχα στις ζώνες Β και Γ. Τέλος, συστήματα με ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή ΖΝΧ έχουν ποσοστά εμφάνισης 38% στη ζώνη Β και 32,5% στη ζώνη Γ.



Γράφημα 16: Κατανομή των σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης με κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²έτος) για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη B & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

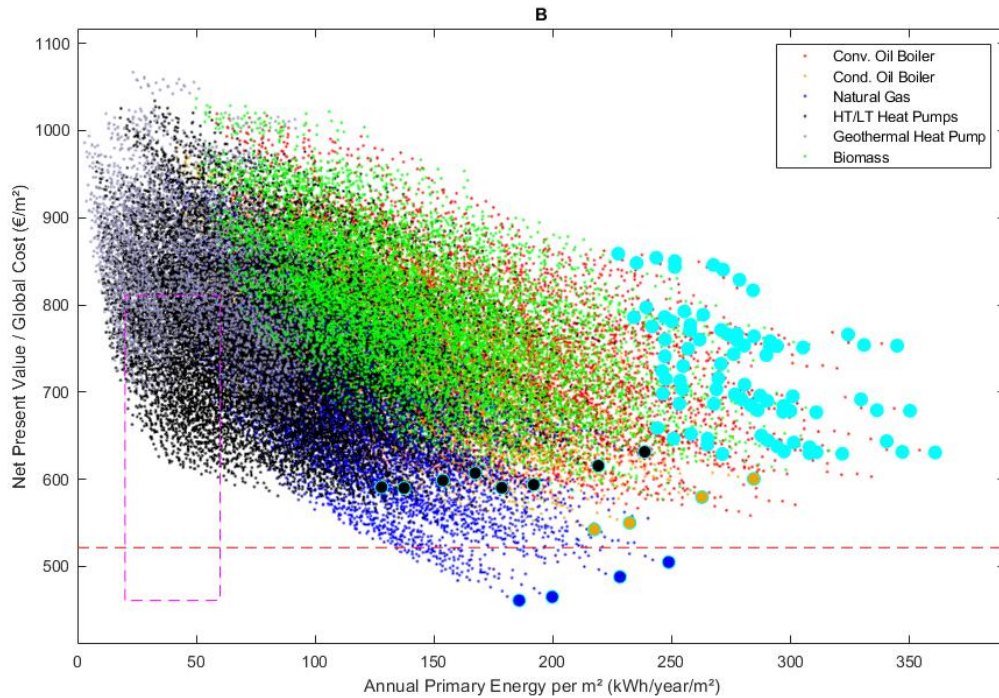
Όπως ήταν αναμενόμενο η κατάσταση είναι εντελώς ανεστραμμένη στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, με την πλειονότητα των συστημάτων που εντοπίζονται στην περιοχή αυτή των νεφών των δύο κλιματικών ζωνών να κυριαρχείται από αντλίες θερμότητας. Στη ζώνη B, μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης έχουν οι αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών (74%), με τις γεωθερμικές να ακολουθούν (18%) και τις αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών να έχουν ένα ποσοστό της τάξης του 8%. Από την άλλη, στη ζώνη Γ τα σενάρια που εμπεριέχονται στην περιοχή του nZEB είναι ελάχιστα (μόλις 34 στο πλήθος), με την συντριπτική πλειοψηφία (97%) να αποτελούν σενάρια με γεωθερμική αντλία θερμότητας. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αδυναμία επίτευξης των ιδιαίτερα απαιτητικών χαμηλών καταναλώσεων με τους εξεταζόμενους πιθανούς συνδυασμούς τεχνολογικών επεμβάσεων.

Στη ίδια περιοχή σχεδόν όλα τα συστήματα περιλαμβάνουν τροποποιήσεις στη μόνωση των δομικών στοιχείων τους και συνδυάζουν εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την μερική κάλυψη των αναγκών της μονοκατοικίας σε ηλεκτρισμό. Επιπλέον, τα συστήματα κινητής σκίασης έχουν και πάλι ποσοστά εμφάνισης κοντά στο 50% και στις δύο ζώνες, τα συστήματα με ηλιακή υποβοήθηση έχουν αυξημένη βαρύτητα συγκριτικά με τη περιοχή ελάχιστου κόστους (38% για τη ζώνη B και 29% για τη ζώνη Γ), ενώ συστήματα με ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ZNX έχουν ποσοστά εμφάνισης 35% και 47% αντίστοιχα για τις κλιματικές ζώνες B και Γ.

• Περίοδος κατασκευής 1980-2000

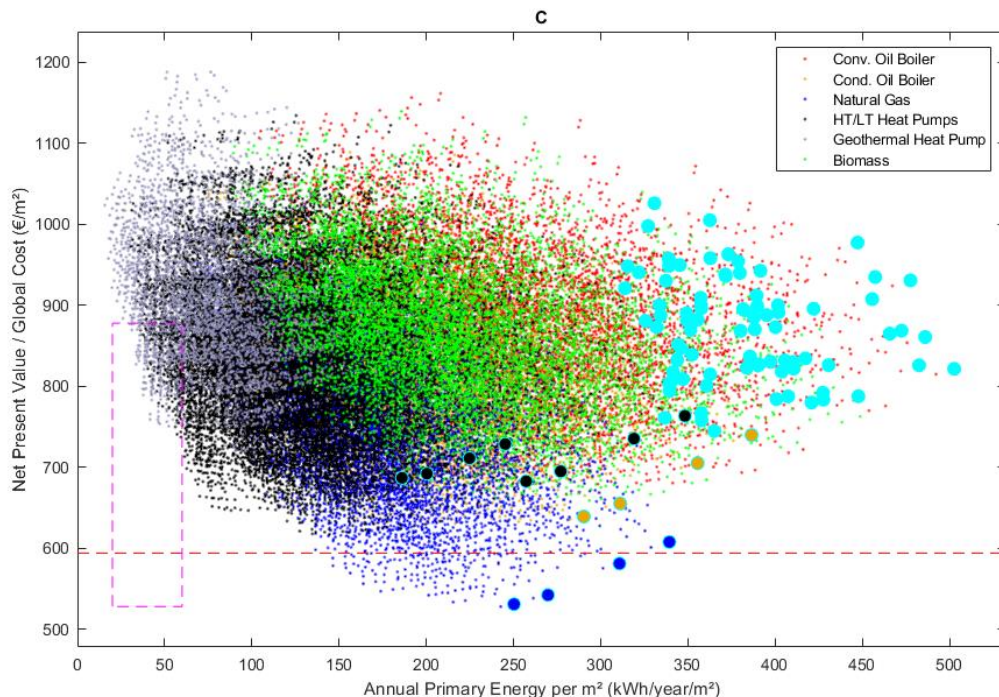
Το παρακάτω Γράφημα 17 απεικονίζει το νέφος σημείων των διαφόρων συστημάτων που εξετάστηκαν στο γράφημα Κ.Π.Α χρηματοοικονομικού κόστους - πρωτογενούς ετήσιας ενέργειας για μια μονοκατοικία κατασκευής από το 1980-2000 στη κλιματική ζώνη B. Άμεσα εμφανής είναι η έκταση του συγκεκριμένου γραφήματος σε τιμές πρωτογενούς ενέργειας αλλά και χρηματοοικονομικού κόστους σημαντικά μικρότερες από αυτές του αντίστοιχου γραφήματος για μονοκατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 1980. Επιπλέον, σημαντικά λιγότερα είναι τα σημεία που εμπεριέχονται στην περιοχή του ελάχιστου κόστους, ενώ περισσότερα αυτά που εμπεριέχονται στην περιοχή του nZEB. Σημαντικό επίσης είναι πως τα σενάρια που προβλέπουν αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου της

υφιστάμενης εγκατάστασης με αντλίες θερμότητας, λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου ή λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου είναι σαφώς καλύτερα τόσο από επενδυτικής όσο και από ενεργειακής άποψης από τα σενάρια που προβλέπουν απλά τροποποίηση της θερμομόνωσης της μονοκατοικίας, με τα τελευταία μάλιστα να βρίσκονται στην περιοχή ελάχιστου κόστους.



Γράφημα 17: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β / έτος κατασκευής 1980-2000.

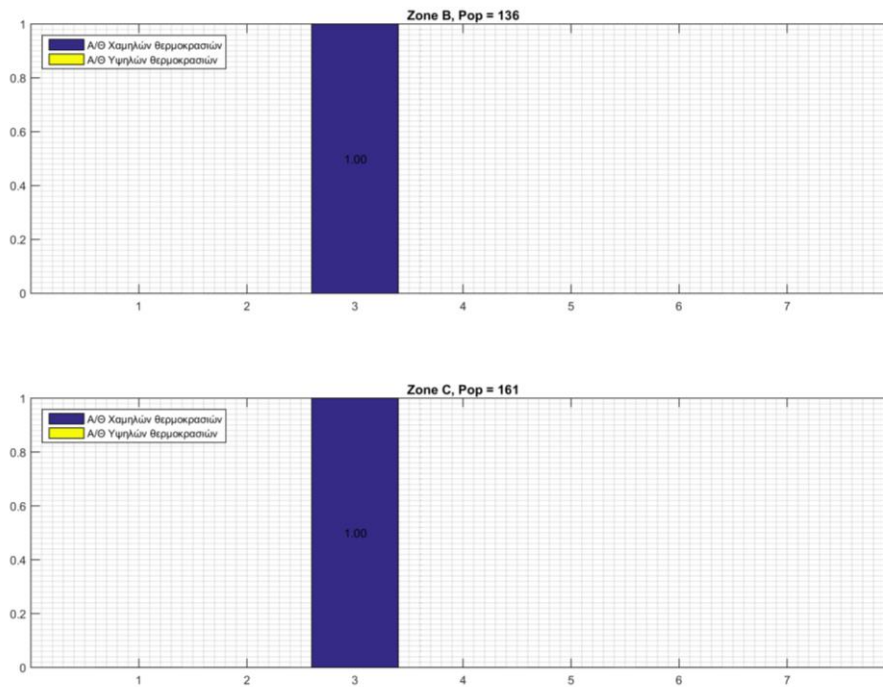
Το επόμενο Γράφημα 18 αποτελεί το αντίστοιχο για τη ζώνη Γ. Οι κύριες παρατηρήσεις που έγιναν για τη ζώνη Β επεκτείνονται και εδώ, μόνο που όπως έχει γενικά επισημανθεί, τα σενάρια που εμπεριέχονται στην περιοχή του nZEB είναι αρκετά περιορισμένα.



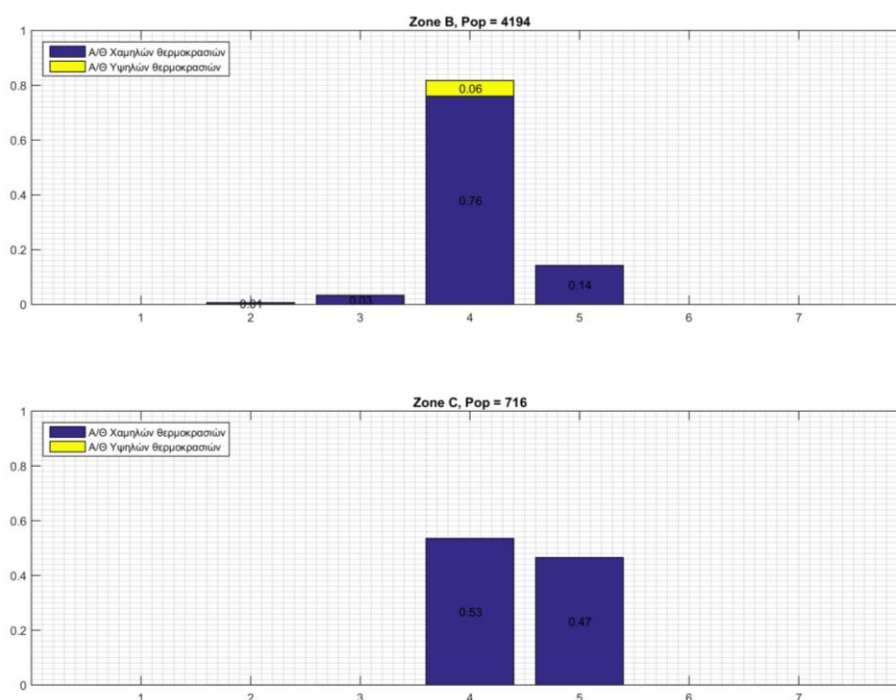
Γράφημα 18: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Ενδιαφέρον και σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει το εμμέσως υπολογιζόμενο χρηματοδοτικό κενό (financing gap), και στα δυο προηγούμενα γραφήματα, μεταξύ της περιοχής βέλτιστου κόστους και της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Ως χρηματοδοτικό κενό ορίζεται η διαφορά μεταξύ των Κ.Π.Α. χρήσης δυο ανταγωνιστικών δεσμών επεμβάσεων, με τη μια να επιτυγχάνει επίδοση σχέσης ΚΠΑ χρήσης – κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περιοχή βέλτιστου κόστους και την άλλη αντιστοίχως στην περιοχή θεώρησης του κτηρίου nZEB.

Στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Β, το χρηματοδοτικό κενό υπολογίζεται στα 150 -180 €/m² περίπου, ενώ στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Γ, το κενό αυτό ξεπερνά το όριο των 250€/m². Σε σχέση επομένως με την περίπτωση της μονοκατοικίας προ του '80, παρατηρείται αύξηση της τάξης άνω του 25% στο μέγεθος του χρηματοδοτικού κενού που πρέπει να καλυφθεί ώστε επεμβάσεις της κλάσης nZEB να καταστούν χρηματοοικονομικά ανταγωνιστικές των αντίστοιχων τεχνολογικών συνδυασμών βέλτιστου κόστους.



Γράφημα 19: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) διαφόρων συστημάτων θέρμανσης για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.



Γράφημα 20: Κατανομή των σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης με κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²/έτος) για την περίπτωση της μονοκατοικίας / ζώνη B & Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Από τα σχετικά λίγα σενάρια που συναντώνται και για τις δύο ζώνες στην περιοχή του ελάχιστου κόστους επένδυσης, όλα αφορούν εγκαταστάσεις θέρμανσης με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου. Από την άλλη, στη συγκεκριμένη ηλικιακή κατηγορία υπάρχουν σημαντικά ποσοστά εμφάνισης σεναρίων που δεν παρουσιάζουν καμία τροποποίηση στη θερμομόνωση της μονοκατοικίας (24% για τη ζώνη B και 12% για τη ζώνη Γ). Επιπλέον, μικρά είναι τα ποσοστά εμφάνισης εγκαταστάσεων με φωτοβολταϊκά στη συγκεκριμένη περιοχή (9% για τη ζώνη B και 2% για τη ζώνη Γ), ενώ κανένα σενάριο με ηλιακή υποβοήθηση δεν συναντάται. Τα συστήματα κινητής σκίασης εμφανίζονται σε σχεδόν ισάριθμα σενάρια και στις δύο ζώνες, ενώ τα ηλιακά συστήματα για την παραγωγή ZNX έχουν ποσοστά εμφάνισης 24% για τη ζώνη B και 29% για τη ζώνη Γ.

Από την άλλη, στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, τα περισσότερα σενάρια που συναντώνται και σε αυτήν την ηλικιακή κλάση αφορούν αντλίες θερμότητας, με τις αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών να επικρατούν και στη ζώνη B και στη ζώνη Γ, με ποσοστά εμφάνισης 76% και 53%, ενώ οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ακολουθούν με ποσοστά 14% στη ζώνη B και 47% στη ζώνη Γ. Η κατανομή στη ζώνη B, όπου τα σενάρια που εμπεριέχονται στην περιοχή του nZEB είναι σημαντικά περισσότερα σε σχέση με τη ζώνη Γ, υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία συστημάτων, όπως η αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών (6%), ο λέβητας συμπύκνωσης φυσικού αερίου (3%) και ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου (~1%).

Σχεδόν όλα τα σενάρια στην περιοχή αυτή περιλαμβάνουν επίσης τροποποίηση στη θερμομόνωση της μονοκατοικίας και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Από την άλλη, σενάρια με ηλιακή υποβοήθηση εμφανίζονται σε ποσοστά 26% και 35% για τις ζώνες B και Γ και σενάρια με χρήση ηλιακών για παραγωγή ZNX σε ποσοστά της τάξης του 35% και για τις δύο ζώνες. Και σε αυτήν την περιοχή του νέφους σημείων, τα σενάρια με κινητή σκίαση είναι ισομοιρασμένα.

Συγκεντρωτικά συμπεράσματα για την περίπτωση της μονοκατοικίας

Με βάση τα όσα αναλύθηκαν στις παραπάνω ενότητες, το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου έχει σημαντικά οφέλη από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία με τη σειρά τους επιφέρουν και σημαντικά οικονομικά οφέλη.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε μονοκατοικίες με κατασκευή πριν το 1980, εγκαταστάσεις με φυσικό αέριο για θέρμανση και ZNX και χωρίς καμία άλλη τροποποίηση στη μονοκατοικία μπορούν να επιφέρουν μείωση της καταναλισκόμενης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 35% και να αποσβεστούν σε 3-4 χρόνια ανεξάρτητα κλιματικής ζώνης. Αντίστοιχα αποτελέσματα, με ελαφρώς αυξημένες περιόδους αποπληρωμής εμφανίζουν και οι λέβητες συμπύκνωσης πετρελαίου. Οι αντλίες θερμότητας δύσκολα γίνονται ανταγωνιστικές από επενδυτική άποψη, κυριαρχούν όμως στην περιοχή θεώρησης του nZEB, με τις αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών και τις γεωθερμικές να έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης για τα κτήρια αυτά. Οι τελευταίες ειδικά, αν και συνοδεύονται με σχετικά υψηλές τιμές της Καθαρής Παρούσας Αξίας του ολικού κόστους (χρήσης και επένδυσης), είναι η κυρίαρχη λύση στην κλιματική ζώνη Γ, όπου εν γένει επενδύσεις μεγαλύτερου αρχικού κόστους φαίνεται να είναι πιο αποδοτικές σε σύγκριση με τη ζώνη Β, πιθανώς εξαιτίας της αυξημένης εξοικονόμησης ενέργειας που οφείλεται στις δυσμενέστερες κλιματολογικές συνθήκες. Σημαντικό να αναφερθεί ότι ειδικά στην περίπτωση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ρόλο παίζει και η σημαντικά μικρότερη μείωση του συντελεστή θερμικής συμπεριφοράς (COP) εξαιτίας της λειτουργίας σε δυσχερέστερες κλιματικές συνθήκες.

Για την περίπτωση των μονοκατοικιών που έχουν κατασκευασθεί την περίοδο 1980-2000, οι ενέργειες αναβάθμισης του ενεργειακού συστήματος είναι σαφώς πιο περιορισμένες, καθώς τα κτήρια αυτά παρουσιάζουν μια εν γένει καλύτερη συμπεριφορά λόγω καλύτερων υλικών μόνωσης κτλ. Και πάλι όμως, τα βασικά συστήματα φυσικού αερίου μπορούν να επιφέρουν εξοικονομήσεις σε πρωτογενή ενέργεια της τάξης του 27%, ενώ επιτυγχάνουν απόσβεση κοντά στα 5 έτη.

Εν γένει, τροποποιήσεις που στοχεύουν στην κατηγορία του ελάχιστου κόστους, απαιτούν πρωτίστως την αλλαγή του συστήματος θέρμανσης/ZNX, με τα συστήματα λεβήτων συμπύκνωσης φυσικού αερίου και πετρελαίου να κυριαρχούν ως βέλτιστες λύσεις. Από την ανάλυση των ποσοστών εμφάνισης και των υπολοίπων δυνατών τροποποιήσεων διαπιστώθηκε ότι στην ίδια περιοχή μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας, κυρίως με βελτίωση της θερμομόνωσης του κτηρίου, ενώ ακολουθούν συστήματα με φωτοβολταϊκά και ηλιακούς συλλέκτες για την κάλυψη των αναγκών της κατοικίας σε ZNX. Πολύ λιγότερα, έως και κανένα, είναι τα σενάρια με ηλιακή υποβοήθηση στην περιοχή αυτή.

Από την άλλη, προκειμένου το κτήριο να προσεγγίσει την περιοχή του nZEB διαπιστώθηκε απαραίτητη πέραν από την αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης και η αναβάθμιση της θερμομόνωσης αλλά και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής της μονοκατοικίας. Εγκατάσταση συστημάτων ηλιακής υποβοήθησης ή ηλιοθερμικών για ZNX έχουν επίσης σημαντικά ποσοστά εμφάνισης.

Σημαντικό ρόλο όμως στην προσέγγιση της περιοχής του κτηρίου nZEB θα διαδραματίσουν τα κίνητρα που πρέπει να δοθούν για την κάλυψη (πλήρη ή μερική) του χρηματοδοτικού κενού που εντοπίζεται και κυμαίνεται μεταξύ 120 και 250 €/m² κατά περίπτωση.

Συνολικά, σημαντική εξοικονόμηση τόσο πρωτογενούς ενέργειας όσο και χρημάτων μπορεί να επιτευχθεί με την υλοποίηση σύγχρονων συστημάτων αυτοματισμού (κλάσης Α κατά ΚΕΝΑΚ – βλ. σελίδα 8), όπως είναι εμφανές άλλωστε και από τα έντονα σημεία σύγκρισης των βασικών σεναρίων απλής αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί με αφορμή τα περίπου ίσα ποσοστά εμφάνισης των συστημάτων με κινητή σκίαση στις δύο περιοχές όλων των γραφημάτων που εξετάστηκαν, διαπιστώθηκε ότι αυτά έχουν θετική,

αλλά πολύ μικρή επίδραση τόσο από οικονομικής όσο και από ενεργειακής πλευράς για μία μονοκατοικία.

Τεχνο οικονομικά αποτελέσματα διάφορων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτήρια πολυκατοικίας

Γενικά

Η ανάλυση που ολοκληρώθηκε και παρουσιάζεται για τις πολυκατοικίες, κινείται στα ίδια πλαίσια με αυτή των μονοκατοικιών. Τα γραφήματα που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια έχουν την ίδια δομή και τους ίδιους χρωματικούς κωδικούς με αυτούς που περιγράφηκαν στη σελ. 23.

Για την περίπτωση των κτηρίων πολυκατοικίας αρχικά εξετάστηκαν δύο διαφορετικά σενάρια:

1. Πολυκατοικία με πιλοτή
2. Πολυκατοικία με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο (Μ.Θ.Χ.)

Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι τα δύο σενάρια παρουσιάζουν όμοια συμπεριφορά ως προς τα νέφη των σημείων των συστημάτων που εξετάστηκαν στο γράφημα ανηγμένης πρωτογενούς ενέργειας, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί επιτρεπτό να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που αφορούν μόνο την περίπτωση πολυκατοικίας με μη θερμαινόμενο χώρο (περίπτωση 2), χάριν συντομίας.

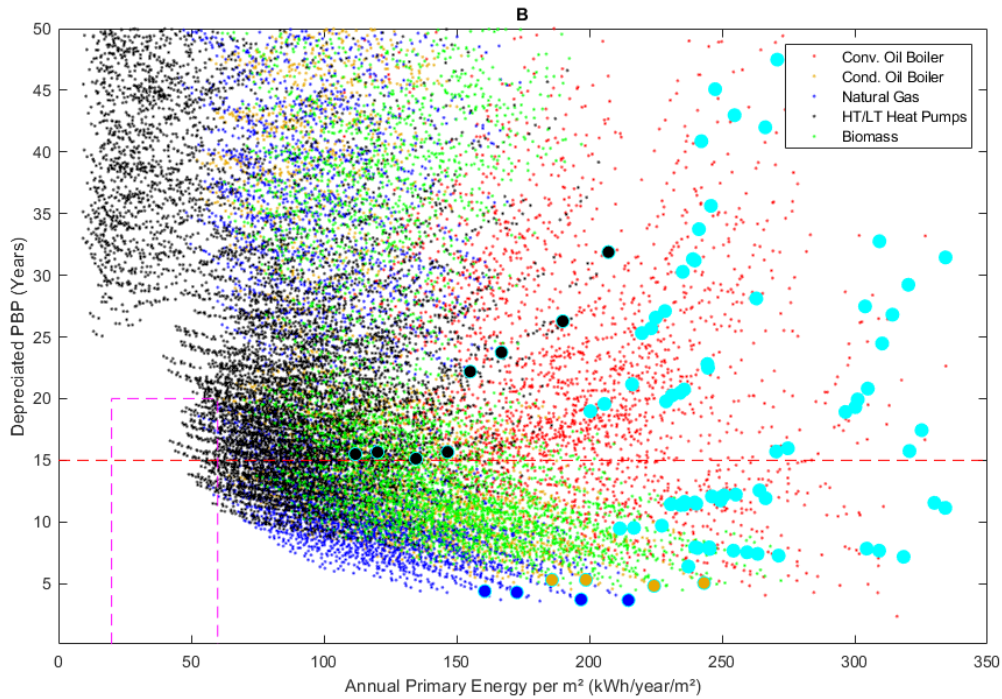
Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι για τις πολυκατοικίες δεν εξετάστηκαν καθόλου σενάρια που βασίζονται στη γεωθερμία. Επίσης, στις περιόδους κατασκευής που ενδιαφέρουν στην παρούσα μελέτη (1955-1980 και 1980-2000) δεν εξετάστηκαν σενάρια με ηλιακή υποβοήθηση για θέρμανση του κτηρίου.

Αποτελέσματα με βάση την έντοκο περίοδο αποπληρωμής

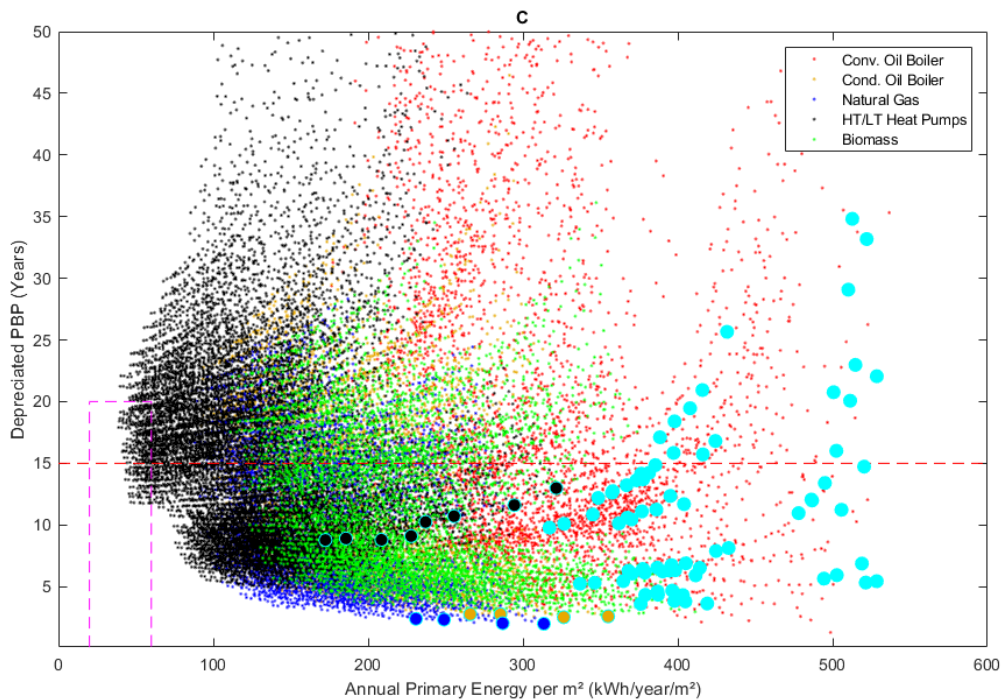
- *Περίοδος κατασκευής πριν το 1980*

Το Γράφημα 21 αποτελεί το νέφος των σημείων που αφορούν μία πολυκατοικία με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο, στη ζώνη Β. Με βάση τα όσα αναφέρονται στη σελ. 22, στο ίδιο γράφημα οριοθετούνται οι ζώνες του βέλτιστου κόστους και του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Επιπλέον, είναι εμφανή τα σημεία σύγκρισης της τροποποίησης του βασικού σεναρίου είτε με μόνωση είτε με αντικατάσταση του βασικού συστήματος ψύξης-θέρμανσης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου και split units) με διαφορετικό σύστημα.

Όπως προκύπτει, πλήθος σεναρίων όλων των διαφορετικών συστημάτων που εξετάστηκαν βρίσκεται κάτω του ορίου των 15 ετών που τέθηκε για την έντοκο περίοδο αποπληρωμής. Τα σενάρια λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου φαίνεται να δίνουν τις αποδοτικότερες επενδύσεις με περιόδους αποπληρωμής της τάξης των 4-6 ετών, ενώ παραπλήσιες τιμές δίνουν και σενάρια με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου. Τα σενάρια αυτά αφορούν απλή αντικατάσταση του συστήματος ψύξης θέρμανσης αλλά κατά περίπτωση και τροποποιήσεις στη μόνωση ή τους αυτοματισμούς. Από την άλλη, τα βασικά σενάρια με αντλία θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών οριακά βρίσκονται στο όριο των 15 ετών, ενώ σενάρια με αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών ξεπερνούν ακόμα και το όριο των 20 ετών για απόσβεση της επένδυσης. Σενάρια με τροποποιήσεις στη μόνωση αλλά και σε άλλα στοιχεία του κτηρίου (π.χ. ηλιοθερμικά) σε συνδυασμό με αντλία θερμότητας συναντώνται στην περιοχή σημείων με περίοδο αποπληρωμής κάτω των 15 ετών και σε χαμηλές τιμές πρωτογενούς ενέργειας. Μεταξύ των 7-10 ετών συναντώνται αρκετά σενάρια με συμβατικό λέβητα πετρελαίου και τροποποιήσεις στο κέλυφος του κτηρίου, τα οποία όμως παρουσιάζουν σημαντικά υψηλές τιμές πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των κτηρίων.



Γράφημα 21: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β / έτος κατασκευής προ του '80.

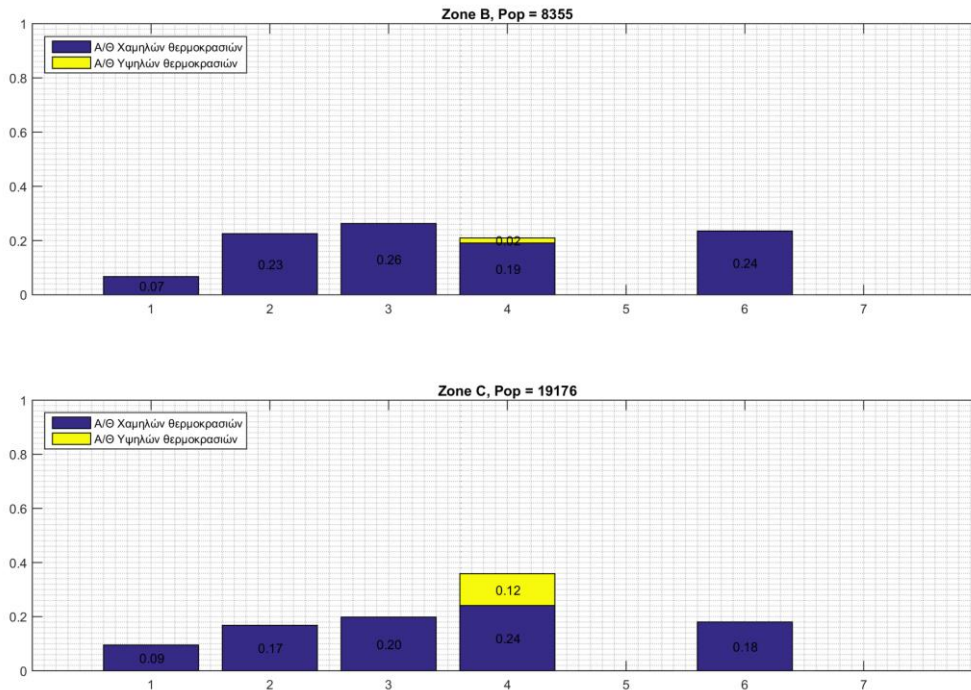


Γράφημα 22: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Στη ζώνη Γ παρατηρήθηκαν αρκετές ομοιότητες αλλά και κάποιες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τη ζώνη Β. Όμοια με πριν, οι λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου και πετρελαίου φαίνεται να αποτελούν και πάλι τις αποδοτικότερες επενδύσεις με περιόδους αποπληρωμής στα 2-4 έτη, με σενάρια που περιλαμβάνουν απλή αντικατάσταση του συστήματος ή και τροποποιήσεις στη μόνωση και τους αυτοματισμούς. Όμως σε αυτή τη περίπτωση, στην περιοχή των 8-10 ετών, εμφανίζονται και συστήματα με αντλία θερμότητας χαμηλών αλλά και υψηλών θερμοκρασιών (σενάρια απλής αντικατάστασης του συστήματος). Επίσης, στην περιοχή των 6-7 ετών παρουσιάζονται συνδυασμοί επεμβάσεων τους με περαιτέρω τροποποιήσεις στο κέλυφος της πολυκατοικίας ή την τοποθέτηση ηλιακών για την κάλυψη

των αναγκών σε ZNX. Οι τελευταίες περιπτώσεις παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθότι παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερες τιμές πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα.

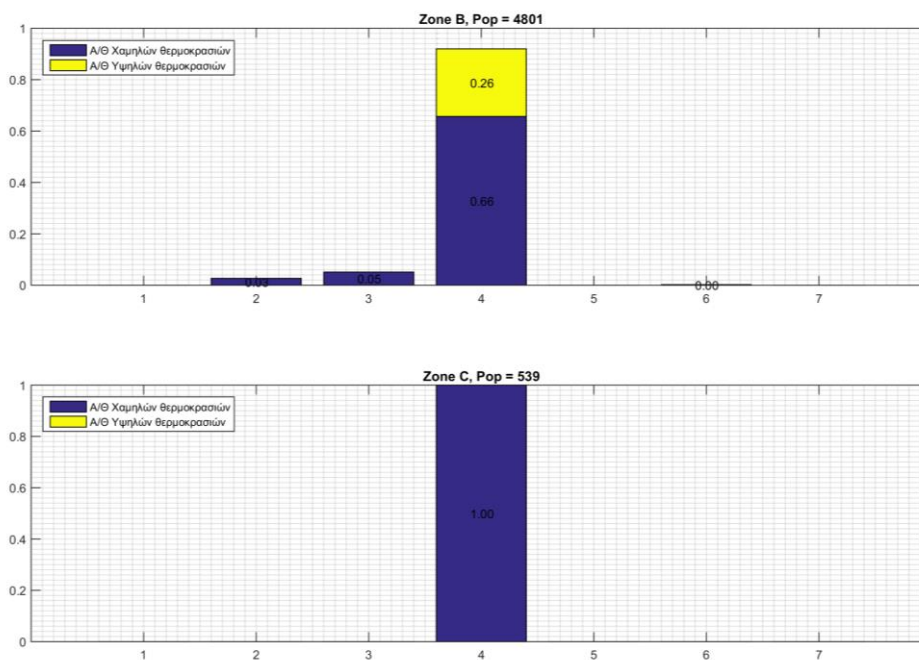
Τέλος, αναφέρεται ότι ελάχιστα σενάρια φαίνεται να εμφανίζονται μεταξύ των τιμών πρωτογενούς ενέργειας που οριοθετούν το κτήριο ZEB και με έντοκο περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 20 ετών και για τις δύο ζώνες.



Γράφημα 23: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων διαφόρων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Τα παραπάνω γραφήματα παρουσιάζουν τις συχνότητες εμφάνισης των διαφόρων συστημάτων θέρμανσης στην περιοχή του βέλτιστου κόστους, η οποία υπενθυμίζεται ότι ορίζεται από τις επενδύσεις που έχουν περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών. Από τα γραφήματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα συστήματα με λέβητα συμπίκνωσης φυσικού αερίου έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης στη ζώνη Β (28%), ενώ αντίθετα για τη ζώνη Γ τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης καταλαμβάνουν οι αντλίες θερμότητας με ποσοστό 36% αθροιστικά (χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών). Σημαντικά μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό των αντλιών υψηλών θερμοκρασιών στη ζώνη Γ (12%) έναντι της ζώνης Β (2%). Εν γένει πάντως όλα τα συστήματα κυμαίνονται σε παραπλήσιες συχνότητες εμφάνισης, με εξαίρεση τον συμβατικό λέβητα πετρελαίου που κυμαίνεται σε ποσοστά 7% και 9% για τις δύο ζώνες αντίστοιχα.

Αν και γενικά όπως παρατηρήθηκε και από το νέφος των σημείων, αρκετές εγκαταστάσεις χωρίς τροποποιήσεις στη μόνωση του κτηρίου περιλαμβάνονται στη ζώνη με περίοδο αποπληρωμής κάτω των 15 ετών, σε επίπεδο ποσοστών εμφάνισης το 98,5% των περιπτώσεων περιλαμβάνει τροποποίηση της μόνωσης τουλάχιστον ενός από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο και κουφώματα). Επίσης το 41% των περιπτώσεων με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών της ζώνης Β και το 45% της ζώνης Γ έχει ηλιακούς συλλέκτες για την κάλυψη των αναγκών σε ZNX. Τα αντίστοιχα ποσοστά για την περίπτωση της κινητής σκίασης στις δύο κλιματικές ζώνες είναι 47% και 49%. Τέλος, κτήρια με φωτοβολταϊκά και περίοδο αποπληρωμής κάτω των 15 ετών εμφανίζονται μόνο στη ζώνη Γ, σε ποσοστό 18%.



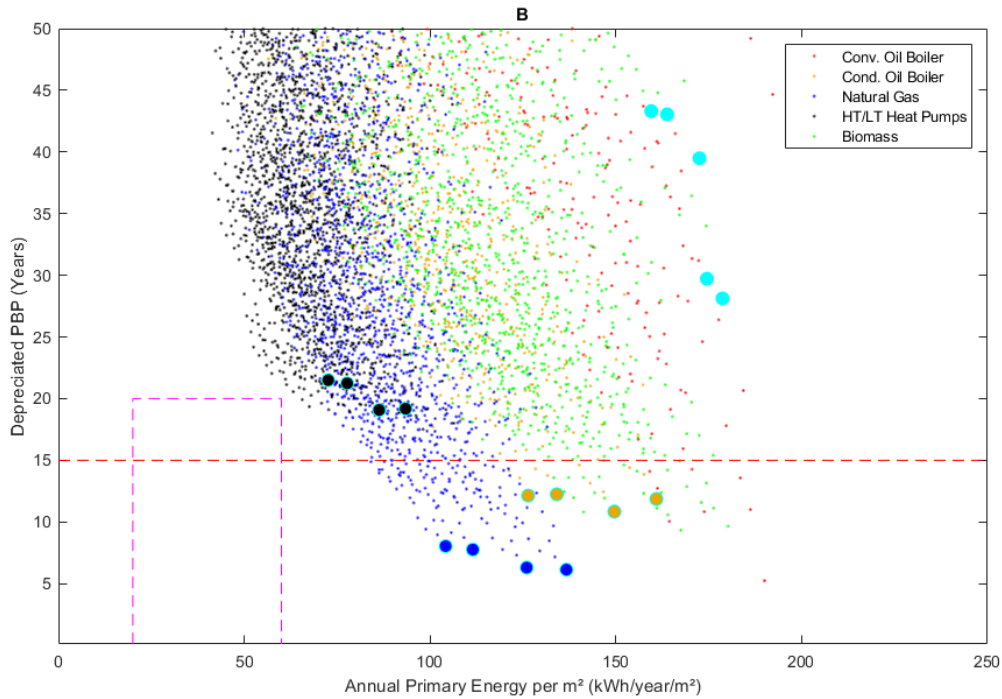
Γράφημα 24: Κατανομή των σεναρίων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη & κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²έτος) για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (όπως αυτή ορίζεται στη σελίδα 22) τα σεναρία είναι κατά πλήθος πολύ λιγότερα (4801 στη ζώνη Β και μόλις 539 στη ζώνη Γ). Εξ αυτών το 66% αποτελούν αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών και το 26% υψηλών θερμοκρασιών για τη ζώνη Β, ενώ το 100% των σεναρίων της ζώνης Γ είναι αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών. Στη ζώνη Β, σε πολύ μικρότερα ποσοστά εμφανίζονται και το φυσικό αέριο (5%) και ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου (2%).

Επιπλέον, στην περιοχή αυτή, το 100% των κτηρίων προβλέπουν τροποποιήσεις στη μόνωση των δομικών στοιχείων και για τις δύο ζώνες. Το 72% των περιπτώσεων της ζώνης Β και το 45% της ζώνης Γ περιλαμβάνουν την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ, ενώ το 57% της ζώνης Β και το 46% της ζώνης Γ περιλαμβάνουν συστήματα κινητής σκίασης. Τέλος, στη ζώνη Β κανένα σεναριο δεν προβλέπει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, εν αντίθεση με την ζώνη Γ, η εικόνα είναι εντελώς αντίστροφη, με το 100% των σεναρίων να έχουν εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

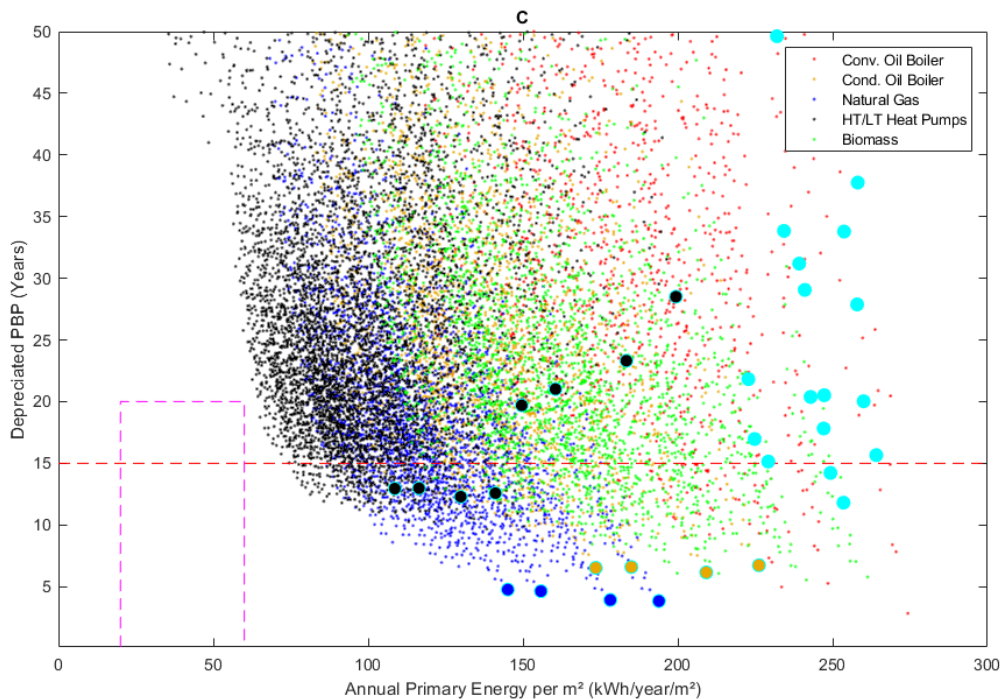
- **Περίοδος κατασκευής 1980-2000**

Στο παρακάτω Γράφημα 25 απεικονίζεται το νέφος των σημείων μία τυπικής τριώροφης πολυκατοικίας με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο και περίοδο κατασκευής από το 1980 έως το 2000 στη ζώνη Β. Συγκρινόμενο με το αντίστοιχο του για πολυκατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, το παραπάνω γράφημα παρουσιάζει σημαντικά λιγότερα σεναρία με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη του ορίου των 15 ετών. Τα σημεία αυτά αφορούν κυρίως συστήματα με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου καθώς και βιομάζας. Επίσης, η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης είναι κενή, καθώς φαίνεται να μην υπάρχουν συστήματα που να εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία και ταυτόχρονα να μπορούν να αποσβεστούν σε ένα χρονικό ορίζοντα το πολύ 20 ετών. Αναφέρεται επίσης ότι τα σεναρία που προβλέπουν απλή αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος με σύστημα φυσικού αερίου ή με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου βρίσκονται κάτω του ορίου των 15 ετών, ενώ η καλύτερη από επενδυτικής πλευράς τροποποίηση του συστήματος αφορά λέβητα φυσικού αερίου χωρίς καμία άλλη τροποποίηση και έχει περίοδο αποπληρωμής περί τα 6 έτη περίπου.



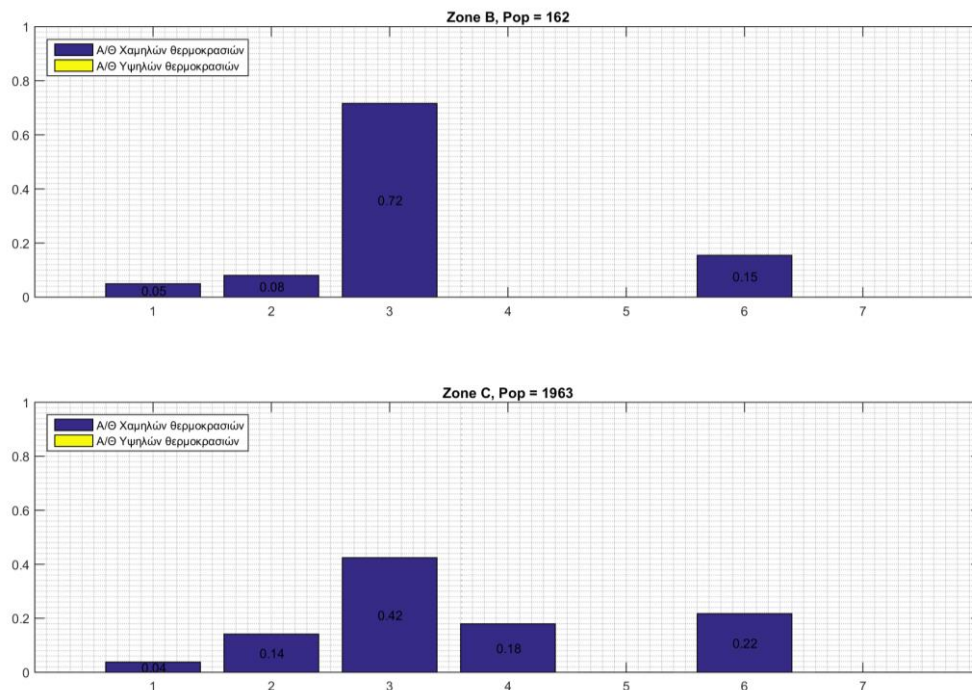
Γράφημα 25: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β / έτος κατασκευής 1980-2000.

Αντίστοιχη είναι η εικόνα και για τη ζώνη Γ, αφού όσα παρατηρήθηκαν παραπάνω επεκτείνονται και στο γράφημα που ακολουθεί. Η διαφορά είναι ότι όπως και στην προηγούμενη ηλικιακή κλάση, τα σενάρια που συμφέρουν από επενδυτικής άποψης, είναι πολύ περισσότερα σε σχέση με τα αντίστοιχα της κλιματικής ζώνης Β, κυρίως λόγω του μεγαλύτερου ετήσιου οφέλους εξοικονόμησης που αποδίδεται στις δυσμενέστερες κλιματολογικές συνθήκες τη ζώνης αυτής. Επίσης, κάτω των 15 ετών περίοδο αποπληρωμής φαίνεται να υπάρχουν συστήματα με αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά και τροποποιήσεις της υφιστάμενης εγκατάστασης ως προς τη μόνωση. Και πάλι το σενάριο με την μικρότερη περίοδο αποπληρωμής είναι αυτό της απλής αντικατάστασης του υφιστάμενου λέβητα με λέβητα συμπίκνωσης φυσικού αερίου (σχεδόν 4 έτη), ενώ η περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης παραμένει κενή.



Γράφημα 26: Γραφική απεικόνιση της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Το παρακάτω γράφημα 27 αποδεικνύει τα όσα αναφέρθηκαν ήδη, δηλαδή αφενός τον μικρό αριθμό σεναρίων της ζώνης Β που οδηγούν σε επένδυση με απόσβεση το πολύ σε 15 χρόνια και αφετέρου την έλλειψη συστημάτων με αντλία θερμότητας σε αυτήν την περίπτωση. Από την άλλη, τα σενάρια που έχουν περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 χρόνων στη ζώνη Γ είναι κατά πολύ περισσότερα (1963 στο πλήθος), εντός των οποίων συναντώνται όλα τα συστήματα που εξετάστηκαν θέρμανσης. Και στις δύο ζώνες στην περιοχή αυτή μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης έχει το φυσικό αέριο (72% για τη ζώνη Β και 42% για τη ζώνη Γ). Η βιομάζα βρίσκεται σε ποσοστά της τάξης του 15-20% ενώ στη ζώνη Γ σημαντικό μερίδιο κατέχει και η εναλλακτική των αντλιών θερμότητας με ποσοστό εμφάνισης της τάξης του 18%. Επεμβάσεις με ταυτόχρονη διατήρηση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου και στις δύο ζώνες δεν υπερβαίνει το 5% των σεναρίων που έχουν αποδεκτή τιμή (<15 χρόνων) για την περίοδο αποπληρωμής.

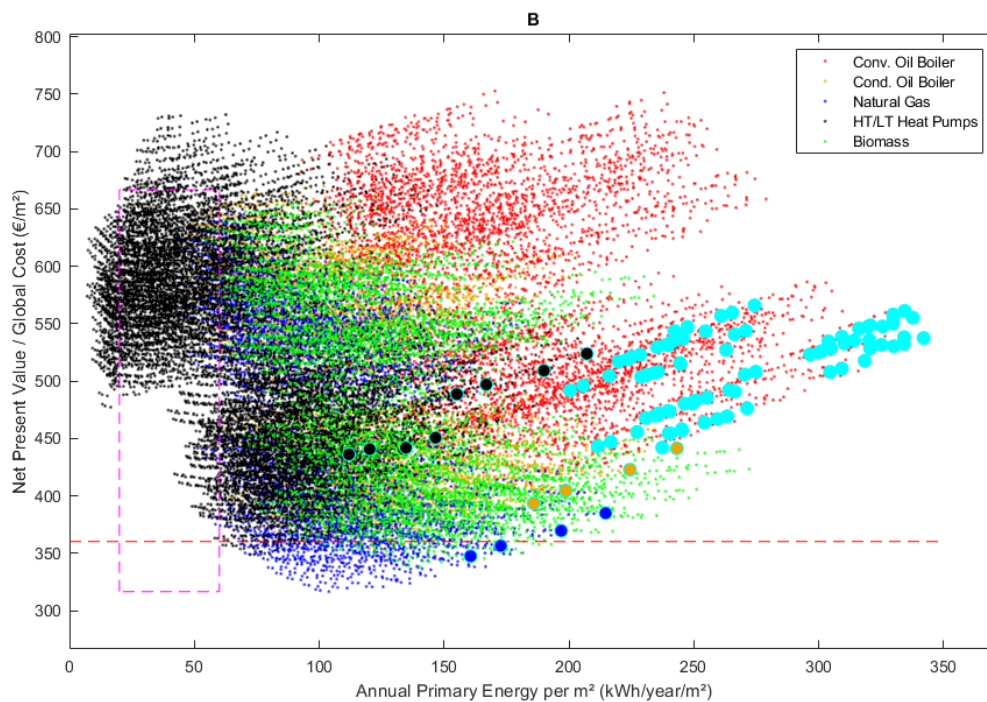
**Γράφημα 27:** Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων διαφόρων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Μεταξύ των σεναρίων που έχουν περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών, ένα σημαντικό ποσοστό (25%) δεν παρουσιάζει αλλαγές σε κανένα δομικό στοιχείο της πολυκατοικίας για τη ζώνη Β. Στη ζώνη Γ, όπου όπως αποδείχθηκε υπάρχουν αρκετά περισσότερα σενάρια με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 15 ετών, το αντίστοιχο ποσοστό πέφτει στο 5,5%. Επίσης καμία επένδυση με εγκατάσταση φωτοβολταϊκών δεν βρίσκεται κάτω του ορίου των 15 ετών. Μικρά είναι και τα ποσοστά των ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ (5% για τη ζώνη Β και 24% για τη ζώνη Γ), ενώ τα συστήματα με κινητή σκίαση εμφανίζονται σε ποσοστά της τάξης του 40% και στις δύο ζώνες.

Δεδομένου ότι όπως προαναφέρθηκε, τόσο στη ζώνη Β όσο και στη ζώνη Γ δεν βρέθηκε επένδυση με περίοδο αποπληρωμής μικρότερη των 20 ετών και η οποία να βρίσκεται εντός της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (20 – 60 kWh/m²έτος). Συνεπώς, δεν κατέστη δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων από την ανάλυση της εν λόγω περιοχής.

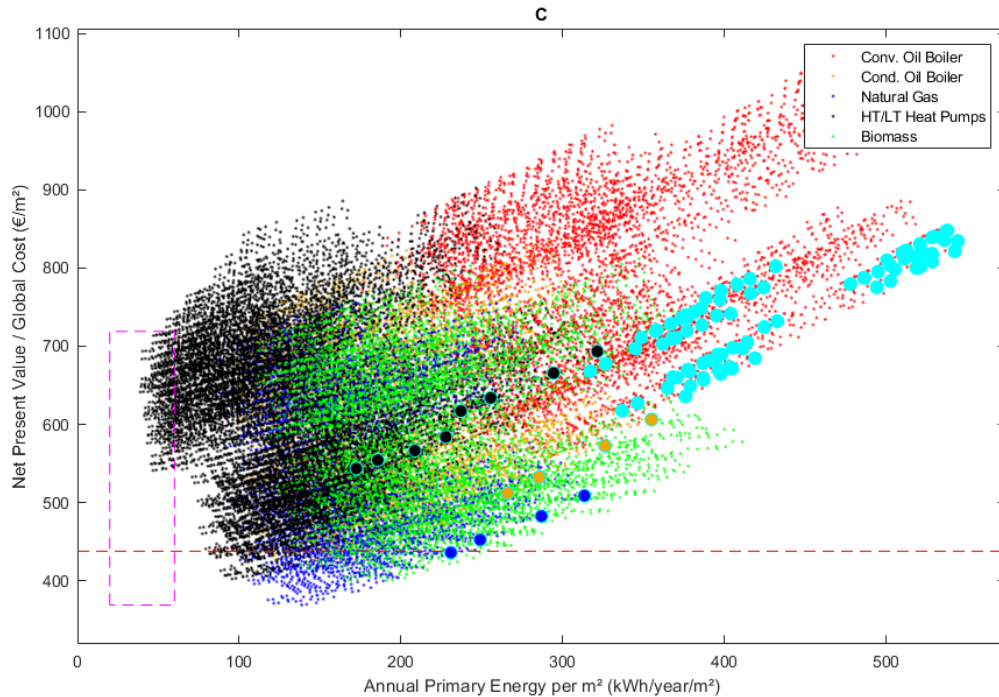
Αποτελέσματα με βάση την Καθαρή Παρούσα Αξία του συνολικού κόστους• *Περίοδος κατασκευής πριν το 1980*

Το παρακάτω Γράφημα 28 αποτελεί το νέφος των σημείων που αφορούν μία πολυκατοικία με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο στη ζώνη Β. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο ίδιο γράφημα οριοθετούνται οι ζώνες του βέλτιστου κόστους και του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Επιπλέον είναι εμφανή τα σημεία σύγκρισης της τροποποίησης του βασικού σεναρίου με μόνωση ή με αντικατάσταση του ενεργειακού συστήματος. Όπως είναι άμεσα εμφανές, στην συγκεκριμένη περίπτωση ο λέβητας φυσικού αερίου αποτελεί την οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικότερη τροποποίηση ενώ ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου αποτελεί την δεύτερη καλύτερη επιλογή. Από την άλλη, οι αντλίες θερμότητας αν και οδηγούν σε μικρότερες τιμές της πρωτογενούς ενέργειας αποτελούν ταυτόχρονα και επενδύσεις με μεγαλύτερο συνολικό κόστος χρήσης (κυρίως λόγω του μεγαλύτερου κόστους κύκλου ζωής της επένδυσης). Όπως είναι προφανές οι αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών αποτελούν την ομάδα σημείων που βρίσκεται χαμηλότερα και πιο αριστερά στο παρακάτω γράφημα λόγω του εν γένει αυξημένου COP τους. Σε όλες τις περιπτώσεις, η αναβάθμιση του συστήματος αυτοματισμού οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές της καθαρής παρούσας αξίας χρήσης αλλά και της ανηγμένης ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας.



Γράφημα 28: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β / έτος κατασκευής του '80.

Οι παραπάνω γενικές παρατηρήσεις επεκτείνονται και στη ζώνη Γ (βλ. επόμενο Γράφημα 29). Σημαντική διαφορά είναι η αναμενόμενη συνολική αύξηση τόσο των ετήσιων αναγκών του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια όσο και της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης, καθώς και η έντονη διαφοροποίηση των λιγότερο αποδοτικών συστημάτων από τα υπόλοιπα προς την άνω και δεξιά περιοχή του γραφήματος.



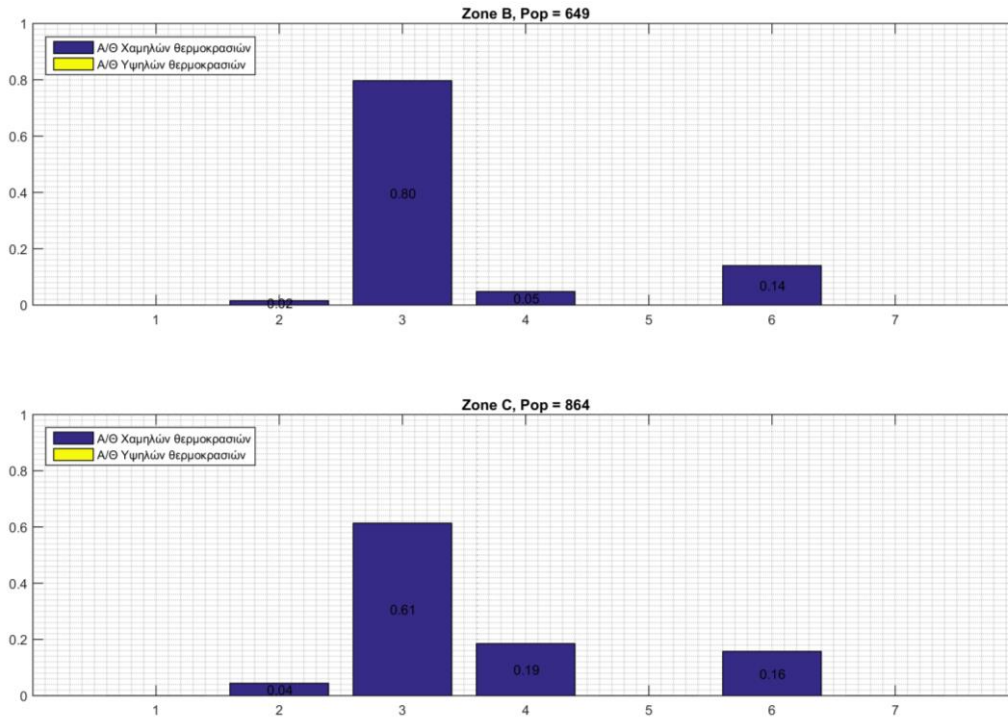
Γράφημα 29: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Ενδιαφέρον και σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει το εμμέσως υπολογιζόμενο χρηματοδοτικό κενό (financing gap), και στα δυο προηγούμενα γραφήματα, μεταξύ της περιοχής βέλτιστου κόστους και της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Ως χρηματοδοτικό κενό ορίζεται η διαφορά μεταξύ των Κ.Π.Α. χρήσης δυο ανταγωνιστικών δεσμών επεμβάσεων, με τη μια να επιτυγχάνει επίδοση σχέσης ΚΠΑ χρήσης – κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περιοχή βέλτιστου κόστους και την άλλη αντιστοίχως στην περιοχή θεώρησης του κτηρίου nZEB.

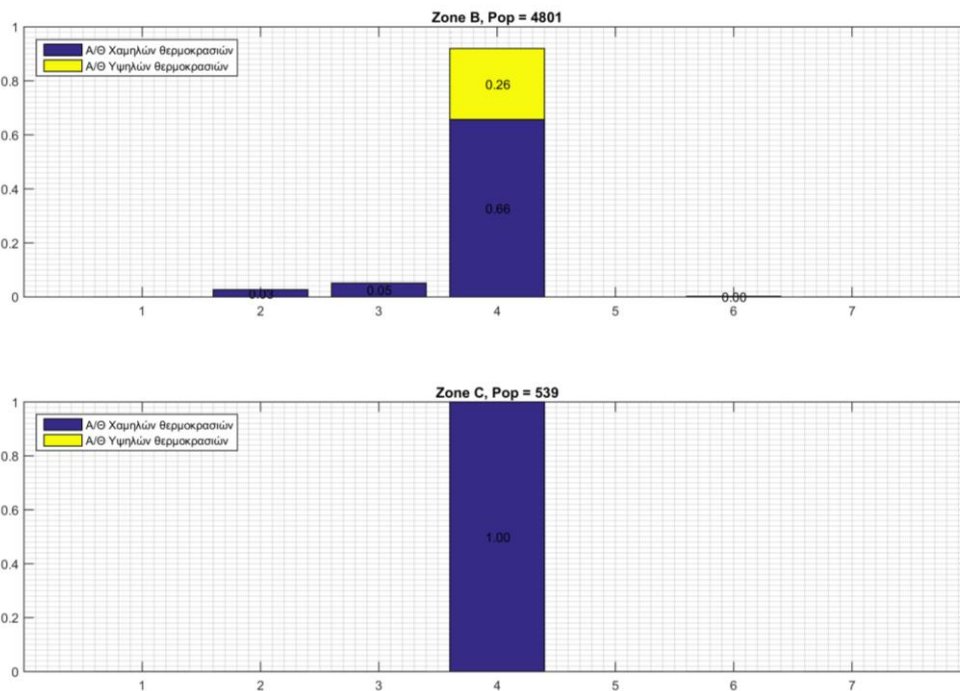
Στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Β, το χρηματοδοτικό κενό υπολογίζεται στα 140 €/m² περίπου, ενώ στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Γ, το κενό αυτό ξεπερνά το όριο των 180€/m².

Το επόμενο Γράφημα 30 απεικονίζει τις συχνότητες εμφάνισης κάθε ενεργειακού συστήματος (βάση του α\α που δίνεται στον Πίνακα 10) στην περιοχή του βέλτιστου κόστους. Η πρώτη παρατήρηση σχετίζεται με την υπεροχή του φυσικού αερίου στην περιοχή αυτή και για τις δύο ζώνες (80% για τη ζώνη Β και 61% για τη ζώνη Γ). Από την άλλη, στη ζώνη Γ οι αντλίες θερμότητας φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης σε σύγκριση με τη ζώνη Β, εις βάρος των συστημάτων με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου. Η βιομάζα εμφανίζεται σε ένα ποσοστό της τάξης του 15% και ο λέβητας πετρελαίου συμπύκνωσης σε ένα ποσοστό της τάξης του 2-4% και στις δύο ζώνες, ενώ κανένα σενάριο δεν υπάρχει στην περιοχή του βέλτιστου κόστους που να περιλαμβάνει σύστημα με συμβατικό λέβητα πετρελαίου ή αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών.

Επιπλέον, στην περιοχή του ελάχιστου κόστους το 98,5% των υπο εξέταση σεναρίων στη ζώνη Β και το 100% στη ζώνη Γ εμφανίζουν τροποποίηση στη μόνωση σε τουλάχιστον μία από τις κατηγορίες των δομικών στοιχείων του κτηρίου (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο και κουφώματα). Επίσης στην ίδια περιοχή κανένα σενάριο δεν περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά (κάτι που θα εξηγηθεί σε επόμενη ενότητα), ενώ σχετικά μικρό είναι και το ποσοστό εμφάνισης ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη των αναγκών σε Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX), της τάξης του 15% για τη ζώνη Β και του 27% για τη ζώνη Γ. Το αυξημένο ποσοστό της ζώνης Γ στην τελευταία περίπτωση δικαιολογείται από τις δυσμενέστερες κλιματολογικές συνθήκες. Τέλος αναφέρεται ότι συστήματα με κινητή σκίαση εμφανίζονται σε ποσοστά της τάξης του 40% και στις δύο ζώνες.



Γράφημα 30: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / προ του '80.



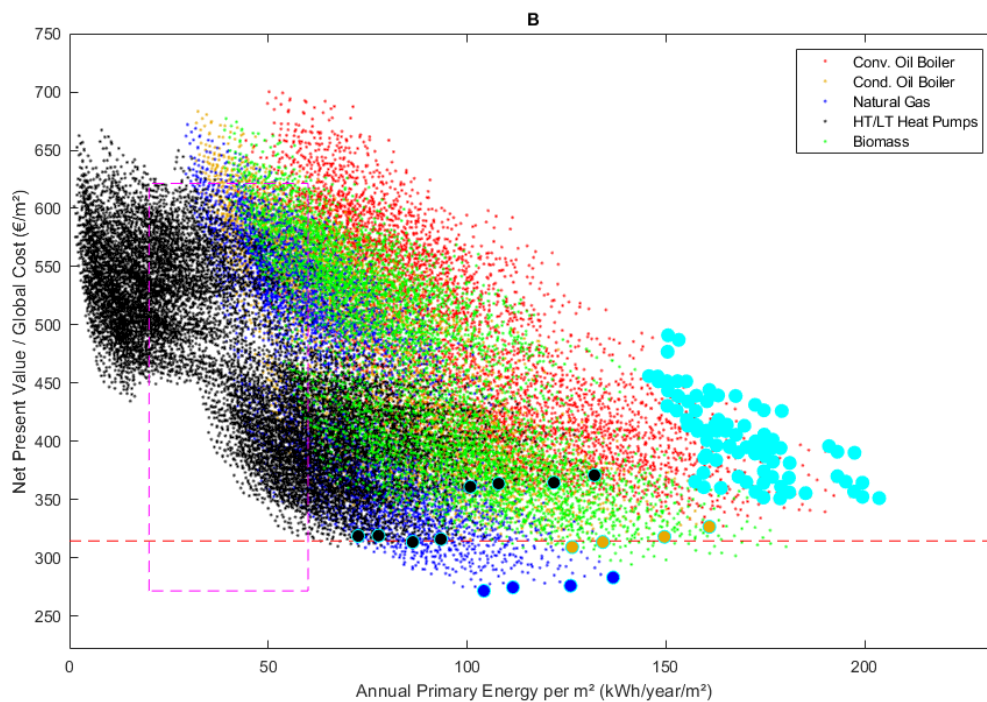
Γράφημα 31: Κατανομή των σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης με κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²έτος) για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής προ του '80.

Το παραπάνω Γράφημα 31 αφορά τις συχνότερες εμφανίσεις των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό η υπεροχή της αντλίας θερμότητας στην περιοχή αυτή είναι πρόδηλη. Στη ζώνη Β το 92% των συστημάτων που εμπεριέχονται στην περιοχή του nZEB είναι με αντλία θερμότητας, εκ των οποίων το 28% είναι αντλίες υψηλών θερμοκρασιών. Στη ζώνη Γ από την άλλη, όλα τα σεναρία που εμπεριέχονται στο παράθυρο του nZEB περιλαμβάνουν αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι τα σεναρία που μπορούν να θεωρηθούν ως nZEB στη ζώνη Γ είναι μόλις 539 σε αντίθεση με

τη ζώνη Β που είναι 4801. Αυτό συνεπάγεται ότι ελάχιστες από τις τροποποιήσεις που εξετάστηκαν συμμορφώνονται με τη θεώρηση του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, τουλάχιστον για ζώνες με δυσχερείς κλιματολογικές συνθήκες το χειμώνα (όπως η Γ και η Δ).

Στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης η κατάσταση αντιστρέφεται σε σχέση με την περιοχή βέλτιστου κόστους με μόλις το 8% των σεναρίων να μην διαθέτει φωτοβολταϊκά στη ζώνη Β, ενώ δεν υπάρχει κανένα τέτοιο σενάριο χωρίς φωτοβολταϊκά στη ζώνη Γ. Το 100% των σημείων και των δύο ζωνών περιλαμβάνει τροποποίηση στη μόνωση έστω ενός από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου, ενώ το 54% και για τις δύο ζώνες προβλέπει χρήση ηλιακής ενέργειας για το ΖΝΧ. Τα ποσοστά εμφάνισης συστημάτων με κινητή σκίαση είναι ισομοιρασμένα κοντά στο 50% και για τις δύο ζώνες.

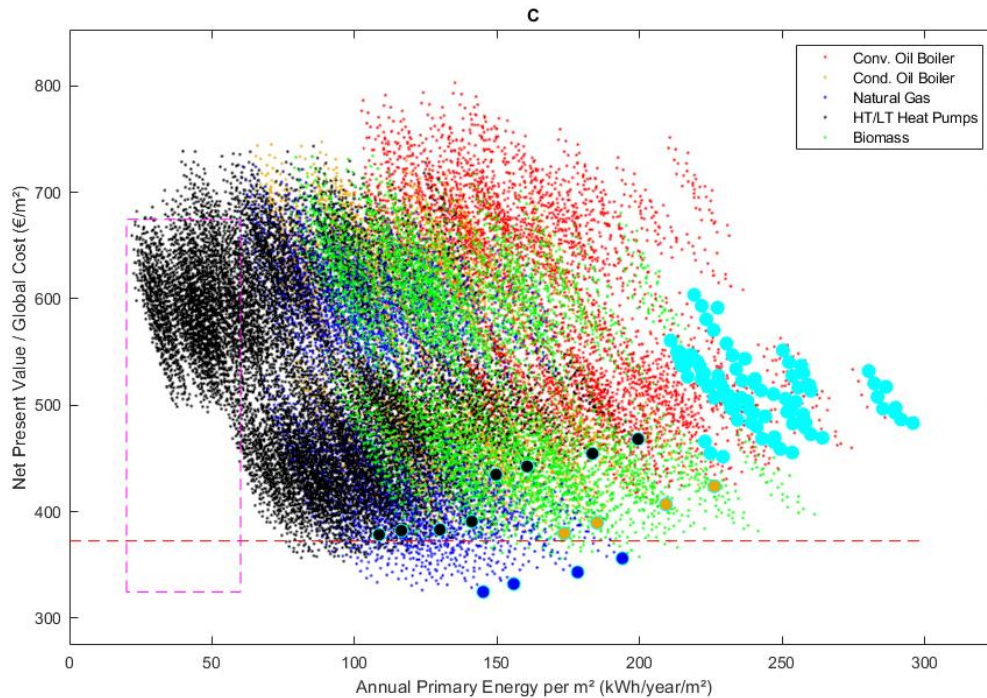
- **Περίοδος κατασκευής 1980-2000**



Γράφημα 32: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β / έτος κατασκευής 1980-2000.

Το παραπάνω Γράφημα 32 αποτελεί το νέφος των σημείων των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων για κτήρια της ζώνης Β με περίοδο κατασκευής από το 1980-2000. Αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σύγκριση με το αντίστοιχο γράφημα της περιόδου κατασκευής πριν το 1980 είναι η σημαντική απόκλιση των βασικών σεναρίων που αφορούν πιο σύγχρονα συστήματα θέρμανσης (λέβητας συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου και αντλία θερμότητας) από αυτά που αφορούν την τροποποίηση της υφιστάμενης εγκατάστασης μόνο από πλευράς μόνωσης, τόσο από την προοπτική του κόστους όσο και από την προοπτική της πρωτογενούς ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών της πολυκατοικίας. Μάλιστα ορισμένα εξ αυτών των σεναρίων (π.χ. όλα του φυσικού αερίου) βρίσκονται κάτω από το όριο του οικονομικά βέλτιστου συστήματος. Εμφανής είναι επίσης και η συνολική τάση του γραφήματος προς τιμές πρωτογενούς ενέργειας μικρότερες σε σχέση με την προηγούμενη ηλικιακή κατηγορία κτηρίων. Σημαντικό ρόλο σε αυτές τις παρατηρήσεις παίζει η ύπαρξη εν γένει «καλύτερων» υφιστάμενων μονώσεων των δομικών στοιχείων στα κτήρια με κατασκευή μετά το 1980. Και πάλι πάντως από οικονομικής πλευράς τα συστήματα με φυσικό αέριο φαίνεται να υπερτερούν με το λέβητα συμπύκνωσης και τις αντλίες θερμότητας να ακολουθούν. Τέλος, επισημαίνεται ότι στην

συγκεκριμένη κατηγορία κτηρίων ακόμα και τα σενάρια με αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών είναι πιο συμφέρον οικονομικά από τα περισσότερα με τροποποίηση μόνο της μόνωσης.

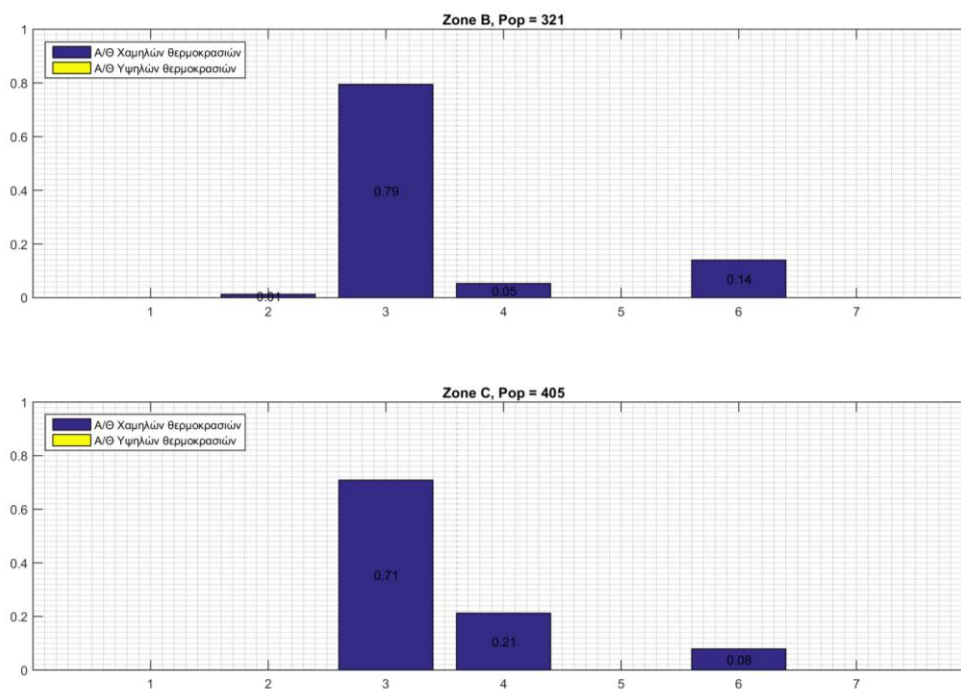


Γράφημα 33: Γραφική απεικόνιση της Κ.Π.Α. χρήσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β / έτος κατασκευής 1980-2000.

Όμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα κτήρια της ζώνης Γ που έχουν κατασκευασθεί την περίοδο 1980-2000, με τα σενάρια που περιλαμβάνουν συμβατικό λέβητα πετρελαίου και τροποποίηση της μόνωσης να βρίσκονται σε περιοχές υψηλής πρωτογενούς ενέργειας και υψηλού κόστους στο γράφημα, σε σύγκριση με τα σημεία που αφορούν τροποποίηση του συστήματος θέρμανσης. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι, όπως και στην περίπτωση των πολυκατοικιών που έχουν κατασκευασθεί πριν το 1980, η περιοχή του κτηρίου nZEB φαίνεται να περικλείει ένα μικρότερο πλήθος σημείων και μάλιστα κυρίως συστημάτων αντλίας θερμότητας σε σχέση με τη ζώνη Β.

Ενδιαφέρον και σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει το εμμέσως υπολογιζόμενο χρηματοδοτικό κενό (financing gap), και στα δυο προηγούμενα γραφήματα, μεταξύ της περιοχής βέλτιστου κόστους και της περιοχής θεώρησης του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Ως χρηματοδοτικό κενό ορίζεται η διαφορά μεταξύ των Κ.Π.Α. χρήσης δυο ανταγωνιστικών δεσμών επεμβάσεων, με τη μια να επιτυγχάνει επίδοση σχέσης ΚΠΑ χρήσης – κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην περιοχή βέλτιστου κόστους και την άλλη αντιστοίχως στην περιοχή θεώρησης του κτηρίου nZEB.

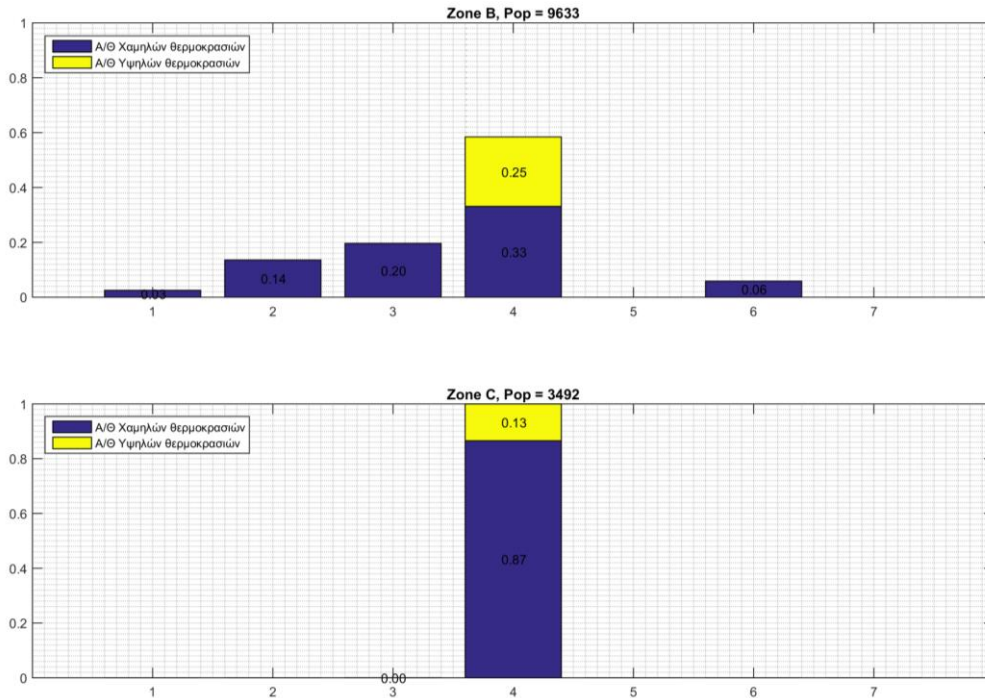
Στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Β, το χρηματοδοτικό κενό υπολογίζεται στα 180 €/m² περίπου, ενώ στην περίπτωση της κλιματικής ζώνης Γ, το κενό αυτό ξεπερνά το όριο των 220€/m². Σε σχέση επομένως με την περίπτωση της πολυκατοικίας προ του '80, παρατηρείται αύξηση της τάξης άνω του 20% στο μέγεθος του χρηματοδοτικού κενού που πρέπει να καλυφθεί ώστε επεμβάσεις της κλάσης nZEB να καταστούν χρηματοοικονομικά ανταγωνιστικές των αντίστοιχων τεχνολογικών συνδυασμών βέλτιστου κόστους.



Γράφημα 34: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / 1980-2000.

Εξετάζοντας την περιοχή των βέλτιστων οικονομικά σεναρίων, παρατηρείται ότι τα συστήματα με φυσικό αέριο έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης (79% για τη ζώνη Β και 71% για τη ζώνη Γ). Μικρότερα ποσοστά εμφανίζουν τα συστήματα με βιομάζα και οι αντλίες θερμότητας, με τις τελευταίες να είναι μόνο χαμηλών θερμοκρασιών. Τέλος, και στην περίπτωση των πολυκατοικιών που έχουν κατασκευασθεί πριν το 1980, παρατηρείται αύξηση του πλήθους των σεναρίων με αντλία θερμότητας στην περιοχή του ελάχιστου κόστους για τη ζώνη Γ σε σύγκριση με τη ζώνη Β, σε βάρος των συστημάτων με φυσικό αέριο.

Επιπλέον, στην ίδια περιοχή σημειώνονται σεναρία με τροποποίηση της μόνωσης των δομικών στοιχείων σε ποσοστό 87% για τη ζώνη Β και 93% για τη ζώνη Γ, ενώ ένα ποσοστό της τάξης του 13% και για τις δύο ζώνες προβλέπει την ύπαρξη ηλιακών συλλεκτών για της ανάγκες σε ΖΝΧ. Τέλος κανένα σενάριο κάτω του ορίου του ελάχιστου κόστους δεν περιλαμβάνει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις υπό εξέταση ζώνες. Συστήματα με κινητή σκίαση, όπως και στην περίπτωση πολυκατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, έχουν ποσοστά εμφάνισης της τάξης του 40%.



Γράφημα 35: Κατανομή των σεναρίων (με βάση την Κ.Π.Α. χρήσης) συστημάτων θέρμανσης με κατανάλωση πρωτογενούς κατανάλωσης (20-60 kWh/m²έτος) για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Β & Γ / έτος κατασκευής 1980-2000.

Στην περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης παρατηρείται επικράτηση των συστημάτων με αντλία θερμότητας (υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών). Πράγματι το ποσοστό αυτό είναι 58% για τη ζώνη Β και σχεδόν 100% για τη ζώνη Γ. Οι αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών εμφανίζονται σε αυτήν την περιοχή σε ποσοστά 25% και 13% αντίστοιχα για τις δύο ζώνες. Ειδικά στη ζώνη Β εμφανίζονται επίσης όλα τα διαφορετικά συστήματα, τα οποία κατά σειρά σημαντικότητας είναι ο λέβητας συμπύκνωσης φυσικού αερίου (20%), ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου (14%), ο λέβητας βιομάζας (6%) και ο συμβατικός λέβητας πετρελαίου (3%), σε αντίθεση με τη ζώνη Γ, όπου όπως προαναφέρθηκε, τα όρια της περιοχής για την οποία ορίζεται το κτήριο nZEB οδηγούν σε ένα πολύ μικρότερο αποδεκτό πλήθος σεναρίων (3492 στο σύνολο τους), το οποίο απαρτίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από συστήματα με αντλία θερμότητας.

Στην περιοχή αυτή επίσης παρατηρούνται υψηλά ποσοστά εμφάνισης επενδύσεων που προβλέπουν τροποποίηση στη μόνωση των δομικών στοιχείων του κτηρίου (98,5% για τη ζώνη Β και σχεδόν 100% για τη ζώνη Γ), αλλά και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (66% στη ζώνη Β και 98% στη ζώνη Γ). Επίσης σε ποσοστά της τάξης του 55% εμφανίζονται και ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ και στις δύο ζώνες, ενώ τα συστήματα κινητής σκίασης έχουν ισορροπημένη συμπεριφορά, με ποσοστά εμφάνισης κοντά στο 50% και στις δύο ζώνες.

Συγκεντρωτικά συμπεράσματα για την περίπτωση της πολυκατοικίας με Μ.Θ.Χ.

Με βάση τα όσα αναλύθηκαν ανωτέρω, ένα γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση τόσο βάση της Εντόκου Περιόδου Αποπληρωμής όσο και βάση της Καθαρής Παρούσας Αξίας του κόστους Χρήσης, είναι ότι από την πλευρά της αποδοτικότητας της επένδυσης και της ελαχιστοποίησης του κόστους, τα συστήματα με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου εμφανίζουν τη βέλτιστη συμπεριφορά, με τα συστήματα με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου να ακολουθούν με μικρές διαφορές είτε όταν αφορούν μεμονωμένες επεμβάσεις ή όταν είναι μέρος δεσμίδας επεμβάσεων. Από την άλλη, αν ο στόχος στραφεί προς την μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου πλησιάζοντας τις καταναλώσεις ενός κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, τότε ως βέλτιστες λύσεις εμφανίζονται κυρίως συστήματα με αντλίες θερμότητας, οι οποίες κατά κύριο λόγο είναι χαμηλών θερμοκρασιών.

Επίσης, στα συστήματα που προσεγγίζουν την περιοχή του κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, εμφανίζονται σε μεγάλα ποσοστά και εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών, κάτι που δεν συναντάται καθόλου στις περιοχές βέλτιστου κόστους. Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, όταν θα παρουσιασθούν τα νέφη κάθε ενεργειακού συστήματος χωριστά, αυτό το φαινόμενο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην επικράτηση των αντλιών θερμότητας σε αυτές τις περιοχές του γραφήματος κόστους χρήσης – κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, οι οποίες εν γένει επιτρέπουν τμήμα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά να αξιοποιηθεί για ψύξη-θέρμανση, οδηγώντας σε μικρές μειώσεις της ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνει το κτήριο. Από την άλλη, σε συστήματα που έχουν ως ενεργειακή πηγή κάποια άλλης μορφής ενέργειας (καύσιμο), η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο για την κάλυψη των λοιπών ηλεκτρικών καταναλώσεων των κτηρίων (π.χ. βοηθητικές καταναλώσεις), αφού σύμφωνα με το νέο πρόγραμμα ενεργειακού συμψηφισμού της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά (net metering), ο παραγωγός δεν έχει δικαίωμα πώλησης της τυχόν επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρει ετησίως στο δίκτυο πέραν αυτής που καταναλώνει. Κατά συνέπεια, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε συστήματα που δεν περιλαμβάνουν αντλίες θερμότητας οδηγεί σε επενδύσεις υψηλού κόστους και μικρής απόδοσης λόγω της σχετικά μειωμένης εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας.

Σε όλες τις περιπτώσεις **πολυκατοικιών κατασκευής πριν το 1980**, η αποδοτικότερη από επενδυτικής πλευράς αναβάθμιση του ενεργειακού συστήματος ενός κτηρίου είναι η απλή αντικατάσταση της υφιστάμενης εγκατάστασης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου και ηλεκτρικός θερμοσίφωνας για το ZNX) με λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε επενδύσεις που θα αποσβεσθούν πλήρως σε περίπου 6 έτη για τη κλιματική ζώνη Β και σε λιγότερα από 4 έτη για τη ζώνη Γ, ενώ μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονομήσεις πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 25%-30% για κτήρια της ζώνης Β και μεγαλύτερες (~40%) για κτήρια της ζώνης Γ. Παραπλήσιες τιμές με ελαφρά μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής εμφανίζουν τα σενάρια με λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου. Η αντικατάσταση του ενεργειακού συστήματος με ένα σύστημα υψηλότερης απόδοσης και με σύγχρονους αυτοματισμούς υπερτερεί σε όλες τις περιπτώσεις έναντι της διατήρησης του υπάρχοντος συστήματος και της βελτίωσης της θερμικής μόνωσης του κτηρίου. Παρόλα αυτά, η περαιτέρω μείωση των ενεργειακών αναγκών της πολυκατοικίας και με στόχο προς ένα κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης προϋποθέτει τη βελτίωση της θερμομόνωσης σε συνδυασμό με οποιαδήποτε αλλαγή στο σύστημα παραγωγής θέρμανσης/ ZNX.

Στις **πολυκατοικίες που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1980-2000**, τα υλοποιήσιμα σενάρια τροποποίησης της υφιστάμενης εγκατάστασης ψύξης-θέρμανσης-ZNX που βρίσκονται εντός των ορίων του βέλτιστου κόστους είναι σαφώς λιγότερα σε σχέση με την προηγούμενη ηλικιακή κλάση, αν και τα βασικά σενάρια αντικατάστασης του υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου με λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου τις περισσότερες φορές βρίσκονται στην περιοχή των βέλτιστων επενδύσεων. Τα σενάρια με τροποποίηση της μόνωσης πλειοψηφούν και στις δύο κλιματικές ζώνες που εξετάστηκαν, αν και είναι ελαφρώς λιγότερα σε σχέση με την κατηγορία των πολυκατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν το 1980. Επίσης, σημαντική είναι η έλλειψη συστημάτων που να αποσβένονται σε λιγότερο από 15 έτη στην περιοχή του nZEB για τη συγκεκριμένη ηλικιακή κατηγορία.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεγαλύτερη διείσδυση σεναρίων με αντλία θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών στην περιοχή του ελάχιστου κόστους για τη ζώνη Γ σε σύγκριση με τη ζώνη Β. Τα μεγαλύτερα επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας που οφείλονται στις δυσμενέστερες κλιματολογικές συνθήκες της ζώνης Γ κάνουν αποδοτικότερη την επένδυση για μία λύση με υψηλό αρχικό κόστος, παρά τη σχετική αύξηση της εγκαταστημένης ισχύος που απαιτείται σε μία τέτοια πολυκατοικία σε σύγκριση με μία αντίστοιχη στη ζώνη Β. Το ίδιο συμπέρασμα επεκτείνεται σε οποιαδήποτε τροποποίηση απαιτεί υψηλό κόστος επένδυσης, όπως π.χ. το κέλυφος ή η κινητή σκίαση.

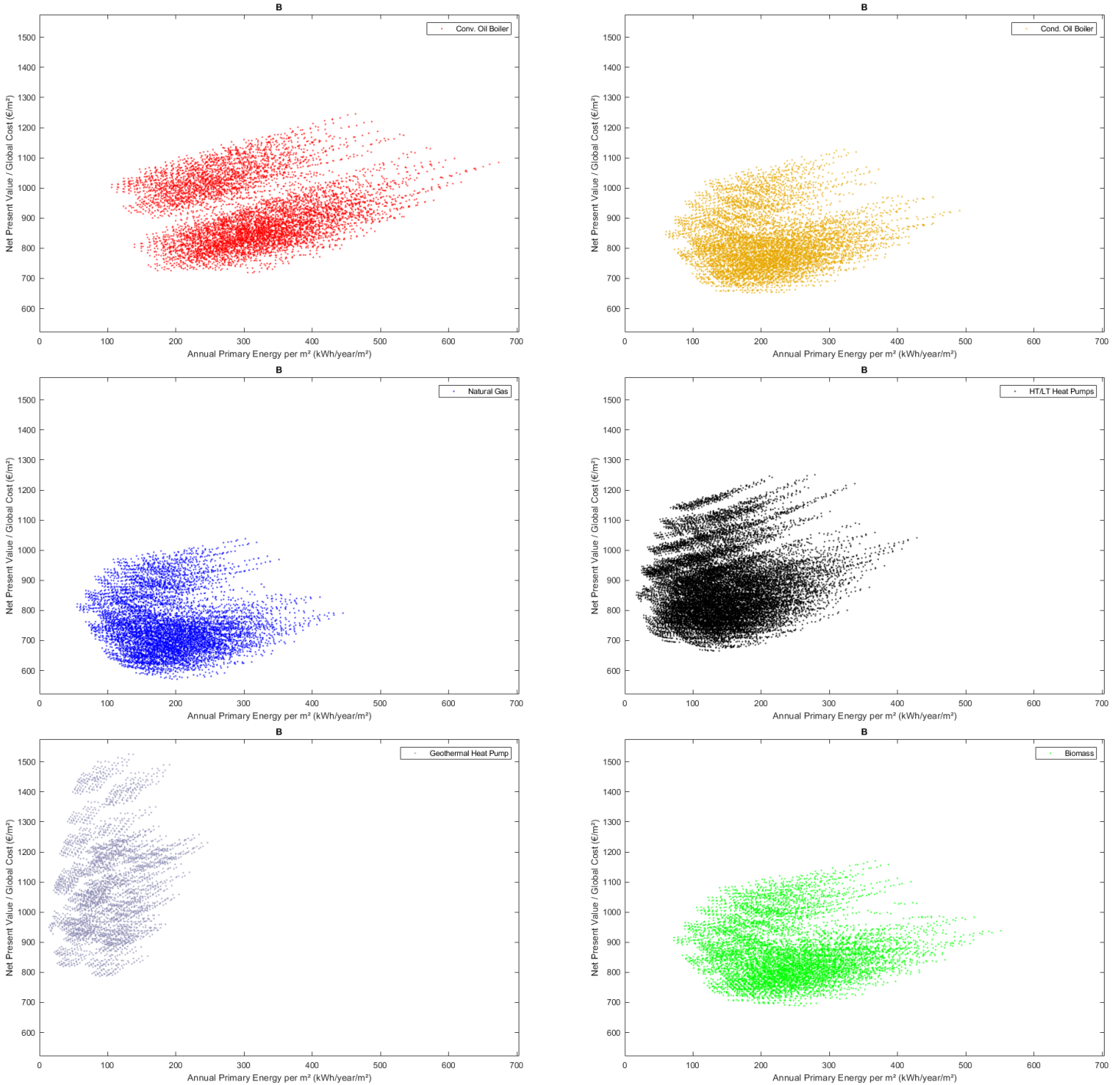
Και στην περίπτωση της πολυκατοικίας, σημαντικό ρόλο στην προσέγγιση της περιοχής του κτηρίου nZEB θα διαδραματίσουν τα κίνητρα που πρέπει να δοθούν για την κάλυψη (πλήρη ή μερική) του χρηματοδοτικού κενού που εντοπίζεται και κυμαίνεται μεταξύ 140 και 220 €/m² κατά περίπτωση.

Όσον αφορά την τελευταία τροποποίηση (κινητή σκίαση), ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι σε όλες τις ζώνες και ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής της πολυκατοικίας έχει περίπου ίσα ποσοστά εμφάνισης, κάτι που όπως και στην περίπτωση των μονοκατοικιών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κινητή σκίαση έχει πολύ μικρή επίδραση τόσο σε επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας όσο και σε οικονομικό επίπεδο.

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η αναβάθμιση του συστήματος αυτοματισμού δίνει πάντα λύσεις μικρότερης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σε συνδυασμό με μικρότερο συνολικό κόστος για την διάρκεια επένδυσης ή αντίστοιχα μικρότερη έντοκο περίοδο αποπληρωμής. Η παρατήρηση αυτή είναι εμφανής στα διαγράμματα που παρατίθενται στην παρούσα μελέτη από τα έντονα σημεία που αποτυπώνουν τα σενάρια απλής αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης με σύστημα άλλης τεχνολογίας, τα οποία όπως ήδη αναφέρθηκε εμφανίζουν μία τάση προς την κάτω και δεξιά πλευρά του νέφους σημείων (περιοχή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και βέλτιστου κόστους), όσο κινούμαστε από την κατηγορία αυτοματισμών Δ προς την κατηγορία Α (βλ. και σελ. 8 για τον ορισμό των κατηγοριών αυτοματισμού κατά KENAK).

Ανάλυση τυπικού νέφους σημείων

Στο παρακάτω Γράφημα 36 απεικονίζεται η κατά σύστημα θέρμανσης ανάλυση του νέφους σημείων για το ολικό χρηματοοικονομικό κόστος των δυνατών τροποποιήσεων για μία μονοκατοικία στην κλιματική ζώνη Β και με έτος κατασκευής πριν το 1980. Η σύνθεση των γραφημάτων αυτών δίνει το συνολικό γράφημα 13 που παρουσιάζεται στη σελίδα 31. Οι χρωματικοί κωδικοί συνάδουν με τον Πίνακα 10.



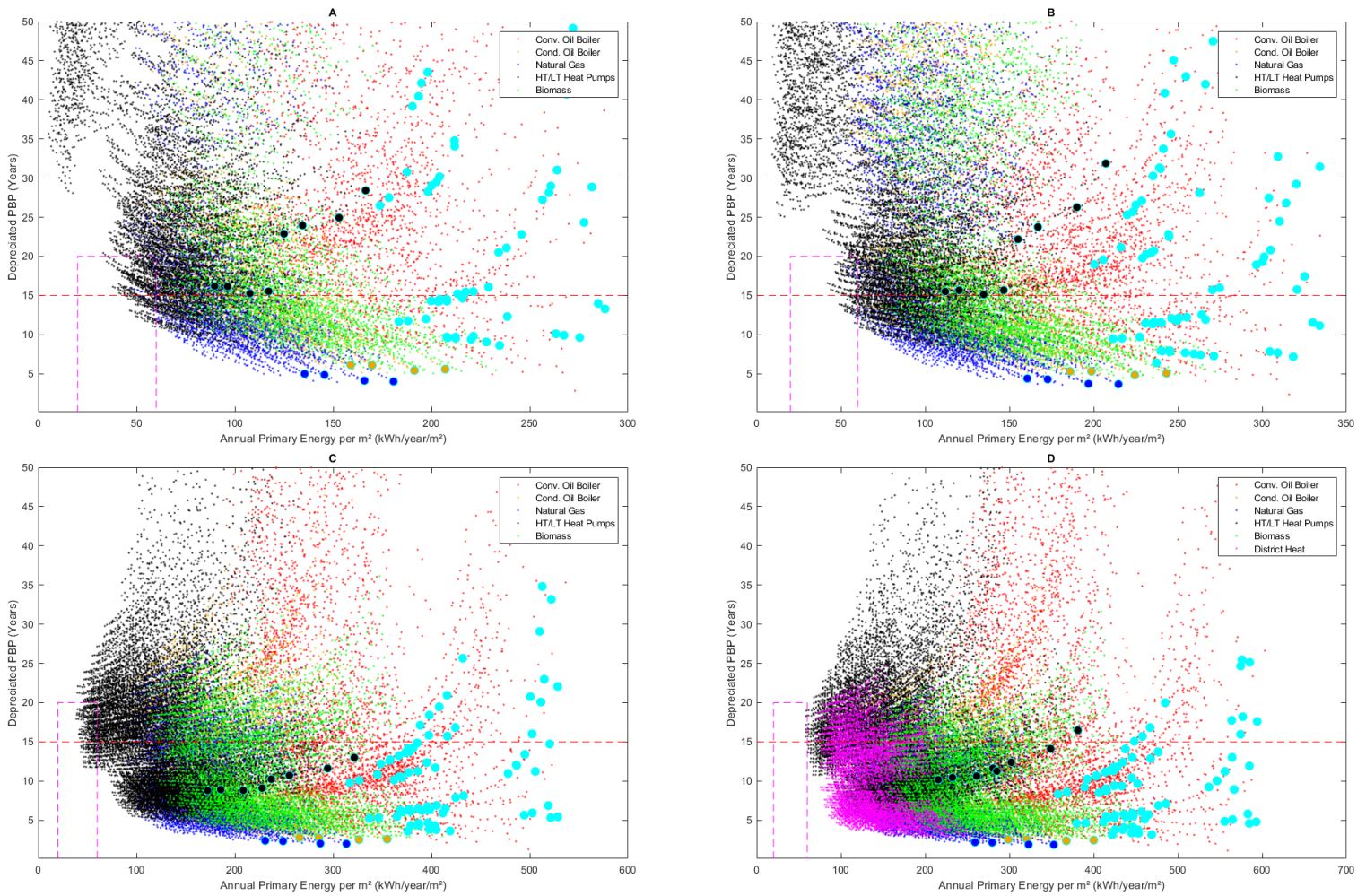
Γράφημα 36: Παράδειγμα ανάλυσης του νέφους σημείων ανά σύστημα θέρμανσης για την περίπτωση του χρηματοοικονομικού υπολογισμού σε μονοκατοικία / ζώνη Β / έτος κατασκευής προ του '80.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει, όπως προαναφέρθηκε, ότι εξαιρουμένων των νεφών που αφορούν τις αντλίες θερμότητας (μαύρα για τις αντλίες χαμηλών/υψηλών θερμοκρασιών και γκρι για τις γεωθερμικές), τα

υπόλοιπα νέφη παρουσιάζουν μία μορφή «πετάλου», οριοθετώντας δύο περιοχές σημείων, τη μία ελαφρώς αριστερότερα και αρκετά ψηλότερα της άλλης. Όπως διαπιστώθηκε, οι δύο περιοχές αυτές διαχωρίζουν τα συστήματα που έχουν ή δεν έχουν εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Τα συστήματα με φωτοβολταϊκά έχουν αρκετά αυξημένο συνολικό κόστος επένδυσης (ανηγμένο παρόν) σε σχέση με τα αντίστοιχα τους χωρίς, για όλα τα συστήματα θέρμανσης, χωρίς από την άλλη να οδηγούν σε σημαντικές μειώσεις της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο νέο πρόγραμμα ενεργειακού συμψηφισμού (net metering), σύμφωνα με το οποίο κάθε παραγωγός μπορεί να πουλήσει στον πάροχο ηλεκτρικού ρεύματος ενέργεια το πολύ ίση με αυτή που καταναλώνει ετησίως, καλύπτοντας ουσιαστικά τις ίδιες τις ενεργειακές του ανάγκες σε ηλεκτρισμό. Αυτό οδηγεί στην εμφανή διάκριση των εγκαταστάσεων με φωτοβολταϊκά προς τις περιοχές υψηλότερου χρηματοοικονομικού κόστους για τα συστήματα που δεν εκμεταλλεύονται ηλεκτρισμό για θέρμανση. Αντίθετα, τα συστήματα με αντλίες θερμότητας μπορούν να εκμεταλλευτούν την συνολική ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, συνεισφέροντας στην κάλυψη των αναγκών του κτηρίου για ψύξη-θέρμανση.

Τέλος, από τα γραφήματα αυτά είναι εμφανές ότι πολλές περιοχές μεταξύ διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης αλληλοεπικαλύπτονται. Αυτός είναι ο λόγος που επιλέχθηκε να συμπεριληφθεί μία τυπική ανάλυση του νέφους σημείων ανά σύστημα θέρμανσης, καθώς στα συγκεντρωτικά γραφήματα, πολλές περιοχές δεν είναι ευδιάκριτες λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης σημείων διαφορετικών συστημάτων (άρα και χρωμάτων).

Ανάλυση στις τέσσερις κλιματικές ζώνες



Γράφημα 37: Γραφικές απεικονίσεις της εντόκου περιόδου αποπληρωμής για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Α-Β-Γ-Δ / έτος κατασκευής προ του '80.

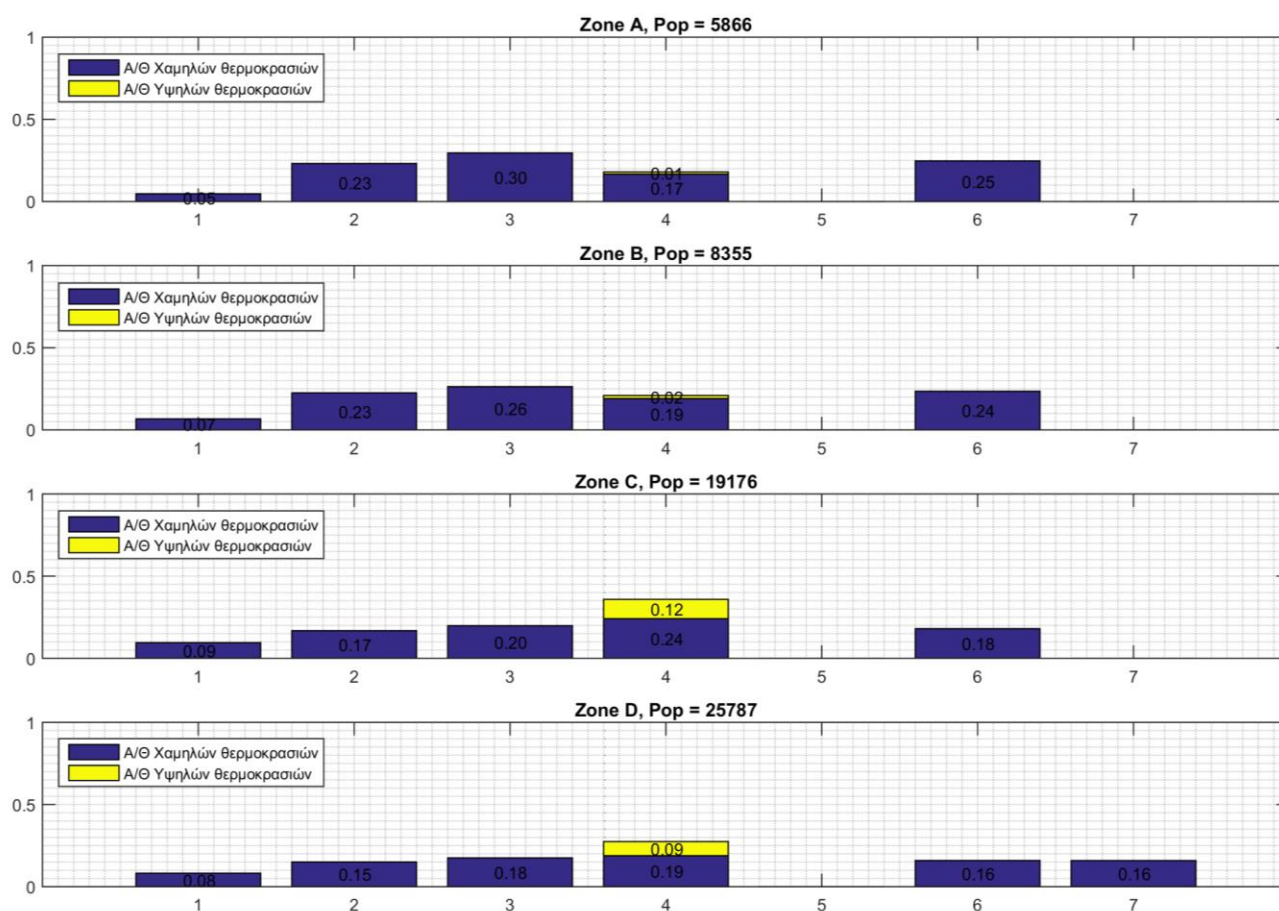
Τα παραπάνω γραφήματα δείχνουν τα νέφη των σημείων των διαφόρων τροποποιήσεων στο ενεργειακό σύστημα μιας πολυκατοικίας με μη θερμαινόμενο χώρο στο ισόγειο και έτος κατασκευής πριν το 1980 για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες (Α, Β, Γ και Δ).

Και στα τέσσερα γραφήματα είναι εμφανείς οι παρατηρήσεις που έχουν ήδη διατυπωθεί στις προηγούμενες ενότητες και αφορούσαν αποκλειστικά τις κλιματικές ζώνες Β και Γ.

Συγκεκριμένα, τα συστήματα με τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής είναι συστήματα με λέβητα συμπίκνωσης φυσικού αερίου, ενώ ο λέβητας συμπίκνωσης πετρελαίου βρίσκεται σε ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές. Σε κάθε περίπτωση, επενδύσεις αντικατάστασης του υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου με λέβητα μίας από τις προαναφερθείσες κατηγορίες είναι αποδοτικότερες από την απλή αναβάθμιση της θερμομόνωσης, ενώ ταυτόχρονα οδηγούν και σε σημαντικά μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις της πολυκατοικίας. Οι αντλίες θερμότητας βρίσκονται κάτω από το όριο των 15 ετών που τέθηκε για την περίοδο αποπληρωμής μόνο για τις ζώνες Γ και Δ, αποτελώντας εν γένει μία πιο ακριβή λύση η οποία όμως κυριαρχεί στην περιοχή μικρών καταναλώσεων (στα όρια του nZEB). Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίπτωση της τηλεθέρμανσης (ροζ σημεία), η οποία για τη ζώνη Δ φαίνεται να καταλαμβάνει την περιοχή μικρών περιόδων αποπληρωμής αλλά και μικρών καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας.

Σημαντικό, επίσης, να αναφερθεί ότι στην περιοχή των βέλτιστων οικονομικά σεναρίων (απόσβεση σε λιγότερα από 15 έτη), το πλήθος των σεναρίων αυξάνει καθώς μεταβαίνουμε σε ζώνες δυσμενέστερων καιρικών συνθηκών, κάτι που οφείλεται κατά κύριο λόγο στα μεγαλύτερα αναμενόμενα επίπεδα κέρδους λόγω των σημαντικών δυνητικών ενεργειακών εξοικονομήσεων των κτηρίων στις ζώνες αυτές. Ταυτόχρονα όμως, παρατηρείται και η μείωση των σεναρίων στην περιοχή του nZEB, με τη ζώνη Δ

ειδικά να μην εμφανίζει καμία τροποποίηση που να βρίσκεται εντός των ορίων που έχουν τεθεί κατά τη θεώρησή του (20-60 kWh/m²έτος).



Γράφημα 38: Κατανομή των βέλτιστων σεναρίων διαφόρων συστημάτων θέρμανσης με έντοκο περίοδο αποπληρωμής <15 έτη για την περίπτωση της πολυκατοικίας (Μ.Θ.Χ.) / ζώνη Α-Β-Γ-Δ / έτος κατασκευής προ του '80.

Το προηγούμενο γράφημα περιλαμβάνει την κατανομή των ενεργειακών συστημάτων στην περιοχή των βέλτιστων επενδύσεων (PBP) για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες και καταδεικνύει τα όσα ήδη αναφέρθηκαν. Καθώς μεταβαίνουμε από τη ζώνη Α προς τη ζώνη Δ παρατηρείται μείωση της βαρύτητας της λύσης του φυσικού αερίου και ταυτόχρονη αύξηση των ποσοστών εμφάνισης αντλιών θερμότητας (υψηλών αλλά και χαμηλών θερμοκρασιών), κάνοντας τις τελευταίες κυρίαρχες λύσεις. Μείωση παρατηρείται και στα ποσοστά εμφάνισης της βιομάζας και του λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου, ενώ σενάρια με διατήρηση του υφιστάμενου λέβητα και τροποποίηση της εγκατάστασης με διαφορετικούς τρόπους (π.χ. θερμομόνωση) αυξάνονται, αν και πάντα αποτελούν τη λύση με τα μικρότερα ποσοστά εμφάνισης. Τα παραπάνω συνάδουν με την παρατήρηση ότι το αυξημένο δυναμικό που έχει η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στις ζώνες αυτές (Γ&Δ) μπορεί να μεταβάλλει την κατανομή των δυνατών αναβαθμίσεων που επικρατεί στην περιοχή των βέλτιστων οικονομικά επενδύσεων, επιτρέποντας σε λύσεις υψηλότερου αρχικού κόστους να πλειοψηφούν στην περιοχή των βέλτιστων οικονομικά σεναρίων.

Γενικά συμπεράσματα για τις περιπτώσεις κτηρίου μονοκατοικίας & πολυκατοικίας

Σε γενικές γραμμές, η συγκεκριμένη μελέτη οδηγεί στο γενικό συμπέρασμα ότι η οποιαδήποτε ενεργειακή αναβάθμιση (μικρής ή μεγάλης κλίμακας) ενός τυπικού κτηρίου στην Ελλάδα πρέπει να συνδυασθεί με την αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος ψύξης-θέρμανσης από συστήματα υψηλότερων βαθμών απόδοσης σε συνδυασμό με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων αυτοματισμού.

Επίσης, η βελτίωση της θερμομόνωσης ενός κτηρίου είναι ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας, ο οποίος όμως από μόνος του δεν επαρκεί για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων σε επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και απόδοσης της επένδυσης.

Όπως παρουσιάστηκε, η αντικατάσταση μίας τυπικής υφιστάμενης εγκατάστασης με συμβατικό λέβητα πετρελαίου από λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου μπορεί να αποσβεσθεί σε μικρό χρονικό διάστημα, ακόμα και < 4έτη, λόγω της σημαντικής μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου. Συνδυασμοί με ηλιακά για την παραγωγή ZNX ή η εγκατάσταση κινητής σκίασης μπορούν να οδηγήσουν σε ακόμα πιο αποδοτικά συστήματα, χωρίς όμως να αποτελούν αναγκαία προϋπόθεση.

Τα συστήματα που βασίζονται σε αντλία θερμότητας από την άλλη, έχουν σημαντικά αυξημένο κόστος, οδηγούν όμως σε πολύ σημαντικές μειώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου, ενώ φαίνεται να αποτελούν την μοναδική λύση για επίτευξη επιπέδων κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στη περιοχή θεώρησης του κτηρίου ως nZEB.

Αν και η ορθή πρακτική θα ήταν η εκτεταμένη αναβάθμιση του κτηρίου (ριζική ανακαίνιση), πιθανώς περιορισμένοι οικονομικοί πόροι, ρευστό επενδυτικό περιβάλλον ή επέκταση του σχεδίου δράσης της συνολικής αναβάθμισης σε βάθος χρόνου, ίσως επιβάλουν χρονικό προγραμματισμό των δράσεων. Η πρώτη χρονικά αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης με σύγχρονα συστήματα μεταβαλλόμενου φορτίου δεν ακυρώνει οποιαδήποτε μελλοντικά σχέδια αναβάθμισης ενώ μεγιστοποιεί τα οικονομικά οφέλη για τον χρήστη σε κάθε περίπτωση.

Τέλος, η κάλυψη των προαπαιτούμενων συνθηκών για να μπορέσει ένα κτήριο να χαρακτηριστεί ως κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, θα πρέπει όπως καταδείχθηκε να υπάρξουν επιπρόσθετες τροποποιήσεις, όπως λ.χ. βελτίωση της θερμομόνωσης (κέλυφος, κουφώματα κτλ), ή η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Η τελευταία περίπτωση (φωτοβολταϊκά), αν και φαίνεται να αυξάνει σημαντικά την Καθαρή Παρούσα Αξία του ολικού κόστους επένδυσης, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την επίτευξη του στόχου του nZEB, καθώς συνδυαζόμενη με τη λύση της αντλίας θερμότητας μπορεί να συνεισφέρει στην μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης ενός κτηρίου που απαιτείται για την ψύξη ή την θέρμανση του.

Σημαντικό ρόλο όμως στην προσέγγιση της περιοχής του κτηρίου nZEB θα διαδραματίσουν τα κίνητρα που πρέπει να δοθούν για την κάλυψη (πλήρη ή μερική) του χρηματοδοτικού κενού που εντοπίζεται σε κάθε περίπτωση και κυμαίνεται μεταξύ 120 και 250 €/m² κατά περίπτωση.

Ολοκληρώνοντας θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί ότι τα οικονομικά όρια που τέθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη για τις περιοχές βέλτιστων οικονομικά σεναρίων (Cost Optimal) και nZEB εκλέχθηκαν με απώτερο σκοπό την διερεύνηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου εύρους περιπτώσεων, προκειμένου να συμπεριληφθούν ο μέγιστος δυνατός αριθμός διαφορετικών μέτρων αναβάθμισης στις περιοχές αυτές. Διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως αυτές που αναφέρονται στην έκθεση “Towards nearly Zero Energy Buildings” της Ε.Ε. προβλέπουν την ανάλυση σε πιο στενές περιοχές ενέργειας και κόστους, οδηγώντας σε πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα (όπως π.χ. κατά κύριο λόγο συστήματα με αντλίες θερμότητας και φωτοβολταϊκά).

Επιπλέον, ειδικά για την ενεργειακή οριοθέτηση της περιοχής του nZEB, αυτό που αποδεικνύεται από την παρούσα μελέτη είναι ότι είναι απαραίτητος ο ορισμός των ορίων με δυναμικό τρόπο ανάλογα με την κλιματική ζώνη, όπως άλλωστε γίνεται και στην κατηγοριοποίηση των κτηρίων σε ενεργειακές κλάσεις κατά Κ.Εν.Α.Κ. Κατ’ αυτόν τον τρόπο, πιο ελαστικά όρια θα μπορούσαν να έχουν τεθεί για τη ζώνη Γ, επιτρέποντας την ένταξη περισσότερων σεναρίων στην περιοχή του nZEB.