

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Μεταπτυχιακή διατριβή

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ
ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Χαράλαμπος Ιωάννου

Λεμεσός 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ
ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Χαράλαμπος Ιωάννου

Επιβλέποντες

Δρ. Δέσποινα Σεργίδου, Καθηγήτρια

Δρ. Αλέξανδρος Χαραλαμπίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Λεμεσός 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Χαράλαμπος Ιωάννου, [2016]

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στο τέλος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Δέσποινα Σεργίδου για τη βοήθεια, την επιστημονική καθοδήγηση και τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε. Αισθάνομαι ευγνώμων για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου πρόσφερε απλόχερα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα επίσης να εκφράσω στην ερευνητικό συνεργάτη, Στέλλα Δημητρίου για το χρόνο που αφιέρωσε και τις πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχε στη διάρκεια του δύσκολου αυτού έργου εκπόνησης της μελέτης.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στις συμφοιτήτριες μου Φυτούλα Ανδρέου και Ανδριάνα Γεωργίου για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε.

Τέλος θεωρώ ότι οφείλω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου. Στη σύζυγο μου και τα παιδιά μου για την αγάπη και τη δύναμη που έδιναν, αλλά και τους γονείς και τα πεθερικά μου για την έμπρακτη στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος και σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η πιλοτική μελέτη ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών στην Κύπρο και συγκεκριμένα Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ). Για τον σκοπό αυτό έχουν επιλεγεί οκτώ αντιπροσωπευτικά δείγματα ΚΣΔ από το χαρτοφυλάκιο του Κυπριακού Οργανισμού Αναπτύξεως Γης. Οι τέσσερις κατοικίες ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 και οι υπόλοιπες τέσσερις στην περίοδο μετά το 2007.

Αρχικά αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση των κατοικιών. Ακολούθως εφαρμόζεται ένα Τυπικό σενάριο αναβάθμισης για τις ΚΣΔ που κτίστηκαν πριν από το 2007 όπου γίνεται εναρμόνιση των κατοικιών με τις ελάχιστες απαιτήσεις της νομοθεσίας. Στη συνέχεια εξετάζεται ένα Φιλόδοξο σενάριο που αφορά και τις οκτώ κατοικίες και έχει σκοπό τη μετατροπή των κατοικιών σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (ΚΣΜΕΚ).

Στην Υφιστάμενη κατάσταση έχει διαπιστωθεί ότι οι κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 έχουν την μισή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με αυτές που κτίστηκαν πριν το 2007. Από αυτό φαίνεται πόσο σημαντική είναι η ανάγκη για θερμομόνωση. Οι ΚΣΔ έχουν λιγότερη κατανάλωση ενέργειας κατά 5% σε σχέση με τις Μονοκατοικίες λόγω της καλύτερης μόνωσης που παρέχει το σύμπλεγμα ΚΣΔ. Όσον αφορά τη θέση στο σύμπλεγμα οι ενδιάμεσες κατοικίες έχουν ελαφρώς καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά από τις ακρινές και λιγότερη κατανάλωση ενέργειας για ψύξη. Οι ακρινές ΚΣΔ που έχουν πλαϊνή όψη Βόρεια έχουν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση από τις ενδιάμεσες σε σχέση με τις κατοικίες που έχουν Νότιο προσανατολισμό και από αυτό φαίνεται η μεγάλη σημασία του προσανατολισμού. Στη σύγκριση πραγματικής κατάστασης κατοικιών ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β βρέθηκε ότι η πραγματική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί μόνο στο 26% της κατανάλωσης που υπολογίζει το πρόγραμμα με αποτέλεσμα να παρατηρούμε ότι οι θεωρήσεις της Νομοθεσίας δεν δίνουν την πραγματική εικόνα.

Στην εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου είχαμε μεγάλη απόδοση στην εξοικονόμηση ενέργειας και στα χρόνια αποπληρωμής του κόστους επένδυσης. Παρόμοια συμπεριφορά είχαμε και στην εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου για κατοικίες που

ανήκαν στην περίοδο 1981-2006. Για κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 τα χρόνια απόσβεσης ήταν 2,5 φορές περισσότερα. Είναι ξεκάθαρο ότι τα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης έχουν μεγαλύτερο όφελος στα παλαιά κτήρια. Στη σύγκριση με τις Μονοκατοικίες είχαμε ασήμαντα καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ τα χρόνια απόσβεσης ήταν τα ίδια.

Όσον αφορά την αξιολόγηση των μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης για ΚΣΜΕΚ διαπιστώθηκε ότι η μόνωση της οροφής και της τοιχοποιίας είναι αρκετά ελκυστικά μέτρα για ιδιοκτήτες κατοικιών που δεν έχουν καθόλου θερμομόνωση ενώ είναι γενικά ασύμφορο για τις κατοικίες που πληρούσαν τις ελάχιστες απαιτήσεις της νομοθεσίας. Συμπεραίνεται έτσι ότι οι ενεργειακές αποταμιεύσεις δεν αυξάνονται αναλογικά με την αύξηση του πάχους της μόνωσης. Η τοποθέτηση σκιάστρων είναι ένα ελκυστικό μέτρο για τις κατοικίες και των 2 χρονολογικών περιόδων. Η αντικατάσταση των κλιματιστικών αν και έχει ψηλό κόστος επένδυσης παρουσιάζει υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας και είναι ένα αξιόλογο μέτρο για τις κατοικίες και των 2 χρονολογικών περιόδων. Ακολουθεί η αντικατάσταση των κουφωμάτων που είναι γενικά ασύμφορο μέτρο και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών που είναι γενικά ένα αποδοτικό μέτρο. Στη Σύγκριση με Μονοκατοικίες βλέπουμε ότι αυτές αντιδρούν θετικότερα στα σενάρια μετασκευής σε σχέση με τις ΚΣΔ με εξαίρεση την τοποθέτηση σκιάστρων.

Συνοψίζοντας συμπεραίνουμε ότι είναι επιτακτική η ανάγκη θερμομόνωσης κατοικιών που κτίστηκαν πριν το 2007 για μείωση κατανάλωσης ενέργειας καθώς και εκπομπών CO₂. Η κυβέρνηση θα πρέπει να προωθήσει και άλλα μέτρα που να δίνουν κίνητρα στους ιδιοκτήτες για ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών τους μέχρι και την μετατροπή τους σε ΚΣΜΕΚ που όπως αποδείξαμε μπορεί να γίνει.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	i
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xviii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xix
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xx
1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	i
1.1 Αναγκαιότητα της μελέτης.....	10
2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	12
2.1 Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.....	12
2.2 Εναρμόνιση Ευρωπαϊκών οδηγιών με Κυπριακή Νομοθεσία	14
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	22
3.1 Συλλογή πληροφοριών που αφορούν τα κτήρια	22
3.2 Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κατοικιών μέσω του λογισμικού iSBEMcy	23
3.2.1 Ενδεικτικός υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κατοικίας μέσω του λογισμικού iSBEMcy	28
3.3 Διαμόρφωση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης.....	37
3.4 Τεχνοοικονομική Μελέτη.....	38
4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ	40
4.1 Διερεύνηση υφιστάμενης κατάστασης.....	40
4.1.1 Αποτελέσματα ενεργειακής κατάταξης υφιστάμενης κατάστασης κατοικιών.....	56
4.2 Εφαρμογή Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	60

4.2.1 Αποτελέσματα Ενεργειακής Απόδοσης μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου αναβάθμισης	61
4.3 Εφαρμογή Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	63
4.3.1 Αποτελέσματα Ενεργειακής Απόδοσης μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου αναβάθμισης.....	66
5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	70
5.1 Σύγκριση Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης με την Υφιστάμενη κατάσταση.....	70
5.2 Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με το Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης.....	76
5.2.1 Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κατασκευάστηκαν την χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	76
5.2.2 Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κατασκευάστηκαν μετά το 2007.....	82
6 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	89
6.1 Κόστος μέτρων αναβάθμισης κατοικιών και αποσβέσεις.....	89
6.2 Σύγκριση μέτρων αναβάθμισης κατοικιών	94
6.3 Χρόνοι απόσβεσης του κόστους των μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών.....	106
7 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΕΠΙΛΟΓΟΣ	111
7.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	111
7.2 Συμπεράσματα	115
7.3 Επίλογος	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τιμές αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	25
Πίνακας 2: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για πρόβολο Fo.....	27
Πίνακας 3: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για πτερύγιο Ff.....	27
Πίνακας 4: Ελάχιστες απαιτήσεις Κ.Δ.Π 432/2013.....	37
Πίνακας 5: Ελάχιστες απαιτήσεις Κ.Δ.Π 366/2014.....	38
Πίνακας 6: Οι κατοικίες που εξετάστηκαν	40
Πίνακας 7: Τιμές θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας κατοικιών που κατασκευάστηκαν την χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	46
Πίνακας 8: Τιμές θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας κατοικιών που κατασκευάστηκαν την χρονολογική περίοδο μετά 2007.....	47
Πίνακας 9: Σύστημα κλιματισμού υφιστάμενης κατάστασης	48
Πίνακας 10: Τιμές μερικού παράγοντα διορθώσεων σκίασης.....	49
Πίνακας 11: Εμβαδά ισογείου, ορόφου και δομικών στοιχείων κατοικιών	55
Πίνακας 12: Ενεργειακή κατανάλωση για την υφιστάμενη κατάσταση	56
Πίνακας 13: Ενεργειακή κατανάλωση για την υφιστάμενη κατάσταση και εκπομπές CO ₂	57
Πίνακας 14: Περιγραφή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης Τυπικού σεναρίου	60
Πίνακας 15: Τιμές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	61
Πίνακας 16: Ενεργειακή κατανάλωση μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου ...	61
Πίνακας 17: Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO ₂ μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου	62
Πίνακας 18: Περιγραφή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης Φιλόδοξου σεναρίου	64
Πίνακας 19: Οι τιμές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	65
Πίνακας 20: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	65
Πίνακας 21: Ενεργειακή κατανάλωση μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου	66
Πίνακας 22: Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO ₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου	67

Πίνακας 23: Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη και εκπομπές CO ₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου	68
Πίνακας 24: Κόστος επιμέρους μετασκευαστικών μέτρων	89
Πίνακας 25: Οικονομικά δεδομένα.....	89
Πίνακας 26: Στοιχεία των Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης που αντικαταστάθηκαν ή προστέθηκαν	90
Πίνακας 27: Συνολικό κόστος εφαρμογής σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης και χρόνος απόσβεσης για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης.....	91
Πίνακας 28: Συνολικό κόστος εφαρμογής σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης και χρόνος απόσβεσης για Μονοκατοικίες ίδιων χρονολογικών περιόδων.....	91
Πίνακας 29: Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο.....	94
Πίνακας 30: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο.....	94
Πίνακας 31: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο.....	95
Πίνακας 32: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο.....	95
Πίνακας 33: Κόστος αλλαγής κουφωμάτων και χρόνος απόσβεσης.....	106
Πίνακας 34: Κόστος μόνωσης οροφής και χρόνος απόσβεσης	107
Πίνακας 35: Κόστος μόνωσης τοιχοποιίας και χρόνος απόσβεσης.....	108
Πίνακας 36: Κόστος μόνωσης οροφής και χρόνος απόσβεσης	108
Πίνακας 38: Κόστος τοποθέτησης φωτοβολταϊκών και χρόνος απόσβεσης.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Γωνίες α και β για πρόβολο και πτερύγιο αντίστοιχα.....	26
Εικόνα 2: Υπολογισμός γωνίας α	27
Εικόνα 3: Καταχώρηση πληροφοριών στη "Βάση δεδομένων Έργου"	28
Εικόνα 4: Καταχώρηση πληροφοριών στη "Γεωμετρία" του κτηρίου.....	29
Εικόνα 5: Καταχώρηση πληροφοριών στην υποετικέτα "Ζώνες", που βρίσκεται στην ετικέτα "Γεωμετρία" του κτηρίου.....	30
Εικόνα 6: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Γρήγορη εισαγωγή κελυφών", που βρίσκεται στην ετικέτα "Ζώνες" και "Γεωμετρία" του κτηρίου	30
Εικόνα 7: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Πόρτες", που βρίσκεται στην ετικέτα «Γεωμετρία» του κτηρίου	31
Εικόνα 8: Καταχώρηση πληροφοριών για τα συστήματα ψύξης – θέρμανσης στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου	32
Εικόνα 9: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Σύστημα ZNX" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου.....	32
Εικόνα 10: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Πηγή ηλιακής ενέργειας" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου..	33
Εικόνα 11: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Ζώνες-Φωτισμός" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου.....	34
Εικόνα 12: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Ζώνες-HVAC, Παροχή ZNX, Συστήματα Φωτισμού" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου	34
Εικόνα 13: Τελική καρτέλα κατάταξης	35
Εικόνα 14: Έντυπη μορφή Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.....	36
Εικόνα 15: Κάτοψη ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β ...	42
Εικόνα 16: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β.....	42
Εικόνα 17: Κάτοψη ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β ...	43
Εικόνα 18: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β.....	43
Εικόνα 19: Κάτοψη ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β ...	44
Εικόνα 20: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β.....	44
Εικόνα 21: Κάτοψη ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β ...	45
Εικόνα 22: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β.....	45
Εικόνα 23: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β	50

Εικόνα 24: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β.....	50
Εικόνα 25: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β	51
Εικόνα 26: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β.....	51
Εικόνα 27: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β	52
Εικόνα 28: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β.....	52
Εικόνα 29: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β	53
Εικόνα 30: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β.....	53
Εικόνα 31: Πρόσωση κατοικιών ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	70
Γράφημα 2: Εκπομπές CO ₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	72
Γράφημα 3: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης	72
Γράφημα 4: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	73
Γράφημα 5: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης	74
Γράφημα 6: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.....	75
Γράφημα 7: Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών CO ₂ μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης	75
Γράφημα 8: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	76
Γράφημα 9: Εκπομπές CO ₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	77
Γράφημα 10: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	78
Γράφημα 11: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	79
Γράφημα 12: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	80
Γράφημα 13: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	81
Γράφημα 14: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών CO ₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006.....	81

Γράφημα 15: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007	83
Γράφημα 16: Εκπομπές CO ₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007.....	84
Γράφημα 17: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007	85
Γράφημα 18: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007	86
Γράφημα 19: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007	87
Γράφημα 20: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007	88
Γράφημα 21: Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών CO ₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007.....	88
Γράφημα 22: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων.....	96
Γράφημα 23: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων.....	96
Γράφημα 24: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων	97
Γράφημα 25: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής.....	98
Γράφημα 26: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής.....	98
Γράφημα 27: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής.....	99
Γράφημα 28: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας	100
Γράφημα 29: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας	100

Γράφημα 30: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας	101
Γράφημα 31: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων	102
Γράφημα 32: Αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων	102
Γράφημα 33: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων	103
Γράφημα 34: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών	104
Γράφημα 35: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών	104
Γράφημα 36: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών	105

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΚΣΜΕΚ	Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης
ΚΟΑΓ	Κυπριακός Οργανισμός Ανάπτυξης Γης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΚΣΔ	Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης
ΖΝΧ	Ζεστό Νερό Χρήσης
ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΥΕΕΒΤ	Υπουργείο Ενέργειας Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού
ΕΡΒΔ	Energy Performance of Building Directives
ΡΗΡΡ	Passive House Planning Package
ΕΡΙΣΚΟΡΕ	Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimization of refurbishment Processes in European housing stocks
ΗΥΑΚ	Heating, Ventilation, Air Contitioning
ΣΕΕΡ	Seasonal energy efficiency ratio
ΣΟΡΡ	Seasonal coefficient of performance

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

SEER	Εποχιακή ενεργειακή απόδοση για ψύξη
SCOP	Εποχιακή ενεργειακή απόδοση για θέρμανση
EPBD	Νομοθεσία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
PHPP	Πακέτο προγραμματισμού για παθητικό σπίτι
HVAC	Συστήματα κλιματισμού και αερισμού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι ευρέως γνωστό πως το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει ο άνθρωπος είναι πρωταρχικής σημασίας για την υγεία, την ανάπτυξη και την ευημερία του. Η επιστημονική κοινότητα μέσω της έρευνας έχει καταλήξει στο ότι η διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος είναι το κλειδί για υγεία και μακροβιότητα. Παρόλα αυτά δεν έχει γίνει κατορθωτό το μήνυμα αυτό να μεταδοθεί και να γίνει αντιληπτό με αποτέλεσμα τα τελευταία χρόνια, να παρατηρείται ολοένα και εντονότερο το πρόβλημα από την αλόγιστη καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος.

Δυστυχώς, ενώ ο τεχνολογικός πολιτισμός έχει εξελιχτεί τόσο που κατά συνέπεια θα έπρεπε να καλυτερεύσει η ποιότητα ζωής του ανθρώπου, εντούτοις παρατηρούνται σοβαρότατα προβλήματα ψυχικής και σωματικής υγείας στη ζωή του ανθρώπου. Ο άνθρωπος σήμερα συμπεριφέρεται ατομικιστικά. Επιζητά εγωιστικά όσο ποτέ άλλοτε ολοένα και περισσότερους τρόπους για απόκτηση αγαθών και καλύτερων συνθηκών διαβίωσης εις βάρος του περιβάλλοντος. Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας που παρατηρείται στην εποχή μας ως επακόλουθο της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης έχει οδηγήσει στην υπεράντληση όλων των φυσικών πόρων της γης και κατά συνέπεια την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου που επιφέρει τις κλιματικές αλλαγές.

Στην προσπάθεια για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου η Ευρωπαϊκή Κοινότητα και τα 27 κράτη μέλη της υπέγραψαν στις 29 Απριλίου του 1998 το Πρωτόκολλο του Κιότο για τις κλιματικές αλλαγές. Το Πρωτόκολλο συνιστούσε ένα σημαντικό βήμα στην καταπολέμηση της θέρμανσης του πλανήτη επειδή περιλάμβανε δεσμευτικούς και ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού και μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

Επιπρόσθετα, η Ευρώπη έχει διαμορφώσει συγκεκριμένη στρατηγική για την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή που εγκρίθηκε από το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το 2008 και στηρίζεται σε πέντε βασικούς πυλώνες που αναλύονται πιο κάτω (energy 40 (2012) 19-22):

- Μέχρι το 2020 θα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 20 % και θα πρέπει να επιτευχθεί βελτίωση κατά 20 % της ενεργειακής απόδοσης της Ευρωπαϊκής ένωσης.
- Μέχρι το 2020 το 20 % της ενέργειας θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Ο τρίτος πυλώνας περιλαμβάνει αύξηση του ποσού της κατανάλωσης καθαρών υδρογονανθράκων.
- Ενίσχυση της αγοράς άνθρακα της Ευρωπαϊκής Ένωσης
- Ενίσχυση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας

Μέσα στα πλαίσια των πιο πάνω στόχων κρίνεται αναγκαία και η βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κατασκευαστικού τομέα. Τα κτήρια ευθύνονται για το 40 % της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο Τομέας αυτός αναπτύσσεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια και είναι βέβαιο ότι αυτό θα αυξήσει ακόμα περισσότερο την ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας. Ως εκ τούτου η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η περαιτέρω χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κτηριακό τομέα αποτελούν ουσιώδη μέτρα που απαιτούνται για την μείωση της εκπομπής αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την ενδυνάμωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού.

Για τις ανάγκες φωτισμού, θέρμανσης και κλιματισμού, καθώς και ζεστού νερού για οικιακή χρήση, στους χώρους εργασίας και αναψυχής καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με εκείνη στον τομέα των μεταφορών ή στη βιομηχανία. Δύο τρίτα της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα ευρωπαϊκά κτήρια αφορά τα νοικοκυριά, των οποίων η κατανάλωση αυξάνεται κάθε χρόνο καθώς η άνοδος των προτύπων διαβίωσης συνεπάγεται μεγαλύτερη χρήση συστημάτων κλιματισμού και θέρμανσης.

Ενδεικτικά όσον αφορά την Κύπρο και σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησε η Στατιστική υπηρεσία Κύπρου το 2009, το μέσο νοικοκυριό καταναλώνει για τις ετήσιες ανάγκες του συνολική ενέργεια 1.142 Kgoe με δαπάνη ύψους € 1.374. Η κατανάλωση ενέργειας κατανέμεται κυρίως κατά 44.8% για θέρμανση χώρου, 8.3% για κλιματισμό, 14 % για μαγείρεμα και 27,2 % για ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό. Τόσο η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και η χρήση θερμομονωτικών υλικών στις κατασκευές βρέθηκε ότι ήταν αρκετά περιορισμένη.

Ήδη από το 2006 η Κύπρος με την οδηγία 2002/91/EK εναρμονίστηκε με την ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης. Το 2007 κατέστη για πρώτη φορά υποχρεωτική η χρήση θερμομόνωσης στα κτήρια, ενώ από την 1^η Ιανουαρίου του 2010 μπήκε σε ισχύ και η ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων.

Ακολούθησε η οδηγία 2010/31/EE σύμφωνα με την οποία τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε:

- Έως τις 31/12/2020 όλα τα νέα κτήρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
- Μετά τις 31/12/18 τα νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Η έννοια των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας έχει κερδίσει μια ευρεία διεθνή προσοχή κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών και θεωρείται πλέον ως ο μελλοντικός στόχος για το σχεδιασμό των κτηρίων (Energy and Buildings 43 (2011) 971-979). Τα κτήρια αυτά έχουν πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται συνίσταται σε μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται επί τόπου ή πλησίον του κτηρίου.

Σκοπός και στόχος της παρούσας μελέτης είναι η πιλοτική μελέτη ενεργειακής απόδοσης και αναβάθμισης κατοικιών στην Κύπρο και συγκεκριμένα κατοικιών συνεχούς δόμησης.

Οι κατοικίες συνεχούς δόμησης σαν όρος στην Αρχιτεκτονική αναφέρεται σε ένα είδος κατοικιών που δημιουργήθηκαν στην Ευρώπη κατά τον 16^ο αιώνα, όπου μια σειρά από πανομοιότυπα σπίτια μοιράζονται τους πλαϊνούς τοίχους. Στην Κύπρο τέτοιου είδους κατοικίες συναντώνται κυρίως σε προσφυγικούς συνοικισμούς αφού η συγκεκριμένη μεθοδολογία κατασκευής κτηρίων ευνοούσε τις τότε ανάγκες, αλλά και σε οικίες του Κυπριακού Οργανισμού Αναπτύξεων γης.

Στο παρόν σύγγραμμα θα αναλυθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα αυτού του είδους κατοικιών από τον Κυπριακού Οργανισμού Αναπτύξεων γης. Θα αναλυθεί η ενεργειακή τους απόδοση μέσω του λογισμικού προγράμματος ISBEM-cy που αποτελεί το επίσημο λογισμικό της Κυπριακής Δημοκρατίας. Μέσω του λογισμικού

θα υπολογιστεί η ενεργειακή απόδοση των πιο πάνω κτηριακών μονάδων καθώς και η πραγματική τους κατανάλωση σε ενέργεια.

Θα ακολουθήσει η διαμόρφωση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης με επεμβάσεις στο κέλυφος των κτηρίων αλλά και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα σενάρια θα αναλυθεί και η προοπτική για αναβάθμιση των κτιρίων σε κτίρια με Σχεδόν Μηδενική Ενεργειακή Κατανάλωση και θα συγκριθούν τα αποτελέσματα με διατριβές που θα πραγματοποιηθούν και θα αφορούν μονοκατοικίες και πολυκατοικίες.

Τέλος τα κτήρια που θα επιλεγθούν θα βασιστούν στις τυπολογίες του οικιστικού τομέα της Κύπρου όπως αυτές προσδιορίζονται στο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα EPISCOPE στο οποίο τα Πανεπιστήμιο είναι επιστημονικός εταίρος.

1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Με τον όρο ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτιρίου, εννοούμε τις πράξεις και τις ενέργειες στις οποίες προβαίνουμε, ώστε να θωρακίσουμε ένα κτίριο έναντι των απωλειών που έχει και να το καταστήσουμε όσο το δυνατόν γίνεται λιγότερο ενεργοβόρο. Αυτό σημαίνει πως ελαχιστοποιούμε την ετήσια αναγκαία δαπάνη του κτιρίου για τη θέρμανσή του και για την ψύξη του.

Η μείωση των λειτουργικών εξόδων και η αναβάθμιση των κατοικιών σε σύγχρονες και ενεργειακά αποδοτικές κατοικίες, προϋποθέτει την επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού παρεμβάσεων είτε αυτές αφορούν το κέλυφος είτε την χρήση Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπλέον από την 01.01.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 01.01.2019.

Η έννοια που αναφέρεται στα κτήρια με μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΕΚ) έχει κερδίσει μια ευρεία διεθνή προσοχή κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιτών και θεωρείται πλέον ως ο μελλοντικός στόχος για το σχεδιασμό των κτηρίων. Ο στόχος για κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης το 2020 είναι σημαντικό ορόσημο για την εξοικονόμηση ενέργειας και θα βοηθήσει σαφέστατα στα οικονομικά του κάθε πολίτη, αλλά και του κράτους, μειώνοντας σημαντικότερα τα έξοδα για την ενέργεια που πληρώνει ο καθένας μας στο κτίριο που ζει και εργάζεται.

Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία (Energy and Buildings 2011) τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΜΕΚ) περιγράφονται ως μια έννοια με ένα ευρύ φάσμα όρων και εκφράσεων και από μια σειρά από ξεχωριστές προσεγγίσεις.

Υπάρχουν αρκετά σημαντικά ζητήματα στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στον καθορισμό της έννοιας του ΚΜΕΚ και που αναφέρονται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Τα ζητήματα αυτά αφορούν την περίοδο και τα είδη ενέργειας που περιλαμβάνονται στο ενεργειακό ισοζύγιο μαζί με τις ανανεώσιμες επιλογές ενεργειακού εφοδιασμού, τη σύνδεση με τις ενεργειακές υποδομές και την

ενεργειακή απόδοση, το εσωτερικό κλίμα και οι απαιτήσεις αλληλεπίδρασης κτηρίου-πλέγματος .

Πέραν των πιο πάνω περιορισμών που υπάρχουν στην επίτευξη του στόχου των ΚΣΜΕΚ υπάρχουν αρκετά ενδιάμεσα βήματα που μπορούν να γίνουν σε υφιστάμενες κατοικίες για την ενεργειακή τους αναβάθμιση και αρκετά σενάρια που μπορούν να εφαρμοστούν μέχρι την επίτευξη του τελικού σεναρίου.

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν παραδείγματα από επιστημονικά άρθρα και μελέτες που αναφέρονται στην ενεργειακή αναβάθμιση μονοκατοικιών και κυρίως κατοικιών Συνεχούς Δόμησης τόσο στην περιοχή της Μεσογείου και ειδικότερα στην Κύπρο όσο και στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Σε μελέτη των D.K.Serghides M.Markides & M.C.Katafygiotou (Journal of Renewable Energy and Sustainable Development (RES-D) June 2015) μελετήθηκε ένα αντιπροσωπευτικό συγκρότημα κατοικιών συνεχούς δόμησης στην Κύπρο για να αποδειχθεί η ενεργειακή απόδοση και οι δυνατότητες της εξοικονόμησης ενέργειας με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας μέσα στα πλαίσια του προγράμματος IEE EPISCOPE. Εξετάστηκαν 3 κατοικίες συνεχούς δόμησης ενός συγκροτήματος (μία μεσαία και δύο ακραίες) που κατατάσσονται στην χρονολογική περίοδο από το 1981-2006.

Το πεδίο εφαρμογής της μελέτης ήταν να συγκρίνει την ενεργειακή απόδοση των τριών αυτών κατοικιών σε σχέση με τον προσανατολισμό τους και των διαφορετικών εκτεθειμένων όψεων. Μέσα από επί τόπου επισκέψεις καταγράφηκαν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των κατοικιών και εξετάστηκαν μέσα από παραμετρικές προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας το λογισμικό iSBEMcy. Οι κατοικίες αποτελούνται από κεκλιμένη μη μονωμένη στέγη με κεραμίδια και οριζόντιο ταβάνι, τοίχους από τούβλα, την πλάκα πατώματος σε επαφή με το έδαφος και αλουμίνια κουφώματα με μονό υαλοπίνακα (τα οποία έχουν αντικατασταθεί από τους ιδιοκτήτες τους με διπλούς υαλοπίνακες). Περιλαμβάνουν επίσης λέβητα πετρελαίου, ηλιακά πλαίσια με αποθήκευση νερού και κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου.

Από την μελέτη των τριών αυτών κατοικιών διαφάνηκε ότι η μεσαία κατοικία είχε καλύτερη ενεργειακή κλάση και λιγότερη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από τις δύο ακραίες κατοικίες. Και τα τρία σπίτια έχουν τα ίδια θερμικά

χαρακτηριστικά και τα ίδια συστήματα ψύξης και θέρμανσης. Οι μόνες τους κύριες διαφοροποιήσεις είναι ο προσανατολισμός τους και οι διαφορετικές εκτεθειμένες προς το περιβάλλον επιφάνειες τους.

Ακολούθως εφαρμόστηκαν και στα τρία κτήρια σενάρια επεμβάσεων που περιορίστηκαν μόνο στο κέλυφος του κτηρίου βάση και των κανονισμών που ίσχυαν από τις αρχές του 2014. Συγκεκριμένα προστέθηκε 30 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης εξωτερικά της τοιχοποιίας, 50 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης εσωτερικά στο οριζόντιο ταβάνι και αντικαταστάθηκαν τα κουφώματα αλουμινίου με καινούργια με διπλούς υαλοπίνακες. Το αποτέλεσμα ήταν ότι και τα τρία κτήρια ανέβηκαν δύο ενεργειακές κλάσεις με αισθητές μειώσεις τόσο στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όσο και στις εκπομπές CO₂. Επιπρόσθετα η περίοδος αποπληρωμής των επεμβάσεων εκτιμάται στα 2 με 2,5 χρόνια.

Δεδομένου ότι τα σπίτια που μελετήθηκαν είχαν τα ίδια θερμικά χαρακτηριστικά, την ίδια θερμική ικανότητα του κελύφους και τα ίδια ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα συμπεραίνεται ότι ο προσανατολισμός των κτηρίων μέσα στο συγκρότημα κτηρίων συνεχούς δόμησης παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή τους κατανάλωση. Είναι επόμενος επιτακτική ανάγκη να λαμβάνονται όλες αυτές οι πτυχές υπόψη στον σχεδιασμό των κτηρίων.

Σε ένα άλλο άρθρο τους οι Despina K Serghides και Chrissa G Georgakis (Journal of Building Physics 2012) μέσα από μια σειρά μελετών βελτιστοποίησης, διερεύνησαν το περίβλημα μιας κατοικίας ώστε να επιτύχουν μια πιο ενεργειακά αποδοτική κατοικία. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για βελτίωση των χαρακτηριστικών του κελύφους. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές της μάζας και της μόνωσης σε συνδυασμό με άλλες σημαντικές μεταβλητές σχεδιασμού και η επίπτωση τους στη θερμική απόκριση του κτηρίου αξιολογήθηκαν κατά την διάρκεια λειτουργίας ψύξης και θέρμανσης.

Για τις κτηριακές προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα υπολογιστή SERIRES που δείχνει τον αντίκτυπο των διαφόρων στρατηγικών σχεδιασμού σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε για να αναλύσει διάφορες σχεδιαστικές επιλογές που αφορούν τη μόνωση και τη μάζα που σχετίζονται με άλλες πτυχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού με στόχο τη διατήρηση

και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την άνεση στους εσωτερικούς χώρους.

Η συγκεκριμένη μελέτη διεξήχθη για κτήρια κατοικιών στην περιοχή της Μεσογείου και συγκεκριμένα στην Κύπρο και ασχολείται με την μελέτη ενός ανεξάρτητου διώροφου κτηρίου και θεωρείται ως το κτήριο βάση. Το σπίτι αποτελείται από οροφή και πλάκα πατώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα, εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους από τούβλο και κουφώματα από αλουμίνιο με μονούς υαλοπίνακες.

Σε αυτή τη έρευνα η θερμική απόκριση του κτηρίου και η αποτελεσματικότητα στις διάφορες διαφοροποιήσεις στην μάζα εξετάστηκαν τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά.

Τα αποτελέσματα των παραμετρικών μελετών έδειξαν ότι η προσθήκη εξωτερικής μάζας (αντικατάσταση των τοίχων από τούβλο σε τοίχο από οπλισμένο σκυρόδεμα) οδήγησαν σε υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας σε όλα τα σχήματα κατοικιών που κυμαίνονται από 47% έως 54% για θέρμανση και από 20% έως 42% για ψύξη.

Όσον αφορά τις μελέτες για τη μόνωση, σε αυτή τη μελέτη οι μεταβλητές της μόνωσης που εξετάστηκαν για τη διώροφη κατοικία και η οποία χρησιμοποιήθηκε σαν κτήριο αναφοράς στις μελέτες βελτιστοποίησης είναι οι πιο κάτω:

- Η μόνωση και το σχήμα.
- Το πάχος της μόνωσης.
- Το στάδιο εισαγωγής της μόνωσης.
- Η θέση της μόνωσης.
- Η έκταση της μόνωσης.

Τα συμπεράσματα από τη μελέτη ήταν ότι για να έχουμε ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό, η προσεκτική και κατάλληλη τοποθέτηση της μόνωσης σε σχέση με την εσωτερική θερμική μάζα είναι πολύ σημαντική. Οι μελέτες για την μόνωση έδειξαν ότι η προσθήκη μόνωσης δρα ως ρυθμιστής της διατήρησης της ενέργειας σε γεωμετρικά πολύπλοκη μορφή του κτηρίου. Επίσης βρέθηκε ότι οι ενεργειακές αποταμιεύσεις δεν αυξάνονται αναλογικά με την αύξηση του πάχους της μόνωσης.

Σε συνέχεια των πιο πάνω βρέθηκε ότι η εξωτερική μόνωση είναι η πιο αποδοτική για το μεσογειακό κλίμα. Η στέγη είναι θερμικά το πιο ευάλωτο δομικό στοιχείο των

Κυπριακών σπιτιών και για αυτό η τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή την καθιστά το πιο οικονομικά αποδοτικό μέτρο στον ενεργειακό σχεδιασμό.

Ο συνδυασμός της εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου και της αύξησης της εσωτερικής του μάζας και ως εκ τούτου την αύξηση της θερμικής ικανότητας της κατασκευής την καθιστά την πιο αποτελεσματική λύση για την θερμική απόδοση του κτηρίου.

Σε ένα άλλο άρθρο των Hasim Altan, Nicola Gasperini , Sam Moshaver και Antonio Frattari (Sustainability 2015) μελέτησαν τον επανασχεδιασμό ευέλικτων οικιστικών μονάδων συνεχούς δόμησης στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα προσομοίωσης "DesignBuilder" για να αξιολογήσουν την θερμική και ενεργειακή τους απόδοση. Οι υφιστάμενες κατοικίες συνεχούς δόμησης στο Ηνωμένο Βασίλειο αποτελούν το 29% των κτηριακών αποθεμάτων της χώρας και για το λόγο αυτό ο ενεργειακός τους επανασχεδιασμός αποτελεί προτεραιότητα.

Κατά τον Schneider και Till στο άρθρο τους "Flexible Housing; Opportunities and Limits" (2005), περιγράφουν την ευέλικτη στέγαση ως "σπίτι που έχει σχεδιαστεί από επιλογή στο στάδιο της μελέτης σε όρους κοινωνικής χρήσης και κατασκευής ή έχει σχεδιαστεί για να αλλάζει κατά την διάρκεια της ζωής του".

Η υπόθεση που επιλέγηκε αφορούσε συγκρότημα κατοικιών συνεχούς δόμησης στην περιοχή Leeds/Bradford στα βορειανατολικά της Αγγλίας και σκοπός της μελέτης ήταν να σχεδιαστεί ένα νέο πρωτότυπο βιώσιμο κτίριο θα βρίσκεται στην ίδια περιοχή με το υπό μελέτη κτήριο. Λήφθηκαν υπόψη οι διαστάσεις του κτηρίου, ο προσανατολισμός, η τοποθέτηση του κλιμακοστασίου, της τουαλέτας και της κύριας εισόδου και έγινε επανασχεδιασμός των χώρων. Λήφθηκαν επίσης υπόψη παράμετροι για σχεδιασμό παθητικού σπιτιού και χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού PHPP (Passive House Planning Package) ως εργαλείο σχεδιασμού στην διαδικασία του επαναπροσδιορισμού.

Τα παθητικά σπίτια είναι κτίρια με πολύ καλή μόνωση με ετήσιες ανάγκες σε θέρμανση να είναι τόσο χαμηλές ώστε ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης να μπορεί να παραλειφθεί. Η ενισχυμένη μόνωση, η απομόνωση των θερμογέφυρων και η στεγανότητα σε θέμα αέρα είναι τρεις σημαντικές αρχές του προτύπου Passivhaus το

οποίο λήφθηκε υπόψη στο παρόν άρθρο και που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε στάδιο σχεδιασμού.

Από την προσομοίωση μέσα από τα προγράμματα "DesignBuilder" και "PHPP" έχει βρεθεί ότι η προσομοιωμένη (επανασχεδιασμένη) οικιστική μονάδα έχει πολύ καλύτερη απόδοση τόσο από άποψη ζήτησης ενέργειας που απαιτείται όσο και από το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται. Αυτό όμως θα πρέπει να επικυρωθεί μέσα από μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο στις επανασχεδιασμένες οικιστικές μονάδες και να ελέγχει η ορθότητα των μελετών προσομοίωσης.

Ο επανασχεδιασμός μια κατοικίας συνεχούς δόμησης αποτελεί μια αξιολογή πρόκληση όσον αφορά την υιοθέτηση της ευελιξίας στην οικοδομική μορφή και διάταξη καθώς και στην επίτευξη των καλύτερων πρακτικών στα πρότυπα της ενεργειακής απόδοσης. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται οι πλατφόρμες κτηριακής προσομοίωσης στο σχεδιασμό ή στον επανασχεδιασμό κτηρίων τόσο στα αρχικά στάδια σχεδιασμού και καθόλη τη διάρκεια της διαδικασίας του σχεδιασμού για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.

Από μια άλλη έρευνα που έγινε από τους Haniyeh Mohammadpourkarbasi και Steve Sharples (Buildings 2013) και αφορά και πάλι κατοικίες συνεχούς δόμησης στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα σε υπολογιστή για να εξεταστεί η ετήσια επιχειρησιακή ενεργειακή απόδοση, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους ενέργειας και οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες για μια κατοικία συνεχούς δόμησης του 19^{ου} αιώνα (από φέρουσα τοιχοποιία) που ανακαινίστηκε βάση του προτύπου Passivhaus (βελτίωση της μόνωσης σε τοίχους, οροφή, τζάμια και θύρες). Η κατοικία μοντελοποιήθηκε πριν και μετά τη μετασκευή χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα θερμικής προσομοίωσης "DesignBuilder" καθώς και το λογισμικό "PHPP".

Η κατοικία προσομοιώθηκε επίσης για τρεις τοποθεσίες (Εδιμβούργο, Μάντσεστερ και Λονδίνο) χρησιμοποιώντας τα τρέχουσα και μελλοντικά σενάρια για το κλίμα (σενάρια για το 2020 και 2050 με υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) και κατά την ανάλυση της χωρίστηκε σε 2 στάδια: α) προσδιορισμός της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂, β) ανάλυση κόστους του τύπου της κατασκευής που πραγματοποιήθηκε (βελτίωση του τύπου υαλοπινάκων, μόνωση τοίχων και σοφίτας).

Στο πρώτο βήμα εφαρμόστηκαν όλες οι στρατηγικές που μελετήθηκαν για να προσδιοριστεί η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 80% από την ανακαίνιση (στόχος της κυβέρνησης του Ηνωμένου είναι η μείωση εκπομπών CO₂ κατά 80% μέχρι το 2050 από τα επίπεδα του 1990). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενεργειακή ζήτηση και οι εκπομπές CO₂ μειώνονται κατακόρυφα από τη μετασκευή. Συγκρίνοντας το κόστος αυτό της ανακαίνισης φαίνεται ότι τα πιο αποτελεσματικά μέτρα είναι και τα πιο ακριβά. Κατά συνέπεια με βάση τις διάφορες μελλοντικές τιμές του φυσικού αερίου το κόστος ενέργειας υπολογίστηκε για το σπίτι στις τρεις διαφορετικές πόλεις.

Από τη δεύτερη φάση της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής του κτηρίου για να αξιολογηθεί το κόστος σε μια περίοδο 40 χρόνων, λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα αξία του κεφαλαίου που επενδύθηκε, το μελλοντικό λειτουργικό κόστος και την εξοικονόμηση που προκύπτει από τη μετασκευή που πραγματοποιήθηκε. Από τη μελέτη φάνηκε ότι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης (υπολογίζεται αν αφαιρέσουμε το κόστος καυσίμου που γλιτώνουμε κάθε χρόνο από το κόστος κεφαλαίου που προήλθε από τα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης) από το κέρδος σε θέρμανση βάση του προτύπου Passivhaus ήταν περίπου 30 χρόνια και για τις τρεις πόλεις με την προϋπόθεση ότι οι τιμές των καυσίμων είναι συνεχώς ανοδικές. Αποδείχθηκε έτσι ότι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης εξαρτάται από την αύξηση των τιμών της ενέργειας και συμπεραίνεται ότι οι τιμές της ενέργειας είναι απρόβλεπτες.

Σε μια άλλη έρευνα που έγινε από τους D.K. Serghides, N. Sabuhi, T. Koutra, M.C.Katafygiotou και M. Markides, καταγράφηκε το κτηριακό απόθεμα της Κύπρου και συγκεκριμένα οι μονοκατοικίες από διάφορες χρονολογικές περιόδους σε μια προσπάθεια να εξοικονομηθεί ενέργεια από παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου και στα συστήματα παροχής θέρμανσης. Οι διάφορες στρατηγικές και τεχνικές για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχουν προσομοιωθεί με τη χρήση του προγράμματος Tabula.xls το οποίο βασίζεται σε φύλλα εργασίας του Excel. Επιπλέον η συγκεκριμένη μελέτη βασίζεται σε πληροφορίες που ορίζονται από το European, IEE Episcopo Project.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης επιλέγηκαν τρία αντιπροσωπευτικά κτήρια μονοκατοικιών από το χαρτοφυλάκιο του Κυπριακού Οργανισμού Αναπτύξεως Γης

(ΚΟΑΓ). Τα τρία επιλεγμένα κτίρια διαφέρουν σε δομικά στοιχεία, τη ζήτηση ενέργειας και στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και είναι χαρακτηριστικά και αντιπροσωπευτικά δείγματα της περιόδου κατασκευής τους. Τα κτήρια αυτά ανήκουν το καθένα ξεχωριστά και σε μία χρονολογική περίοδο κατασκευής και συγκεκριμένα πριν το 1980, μεταξύ 1981-2006 και την χρονολογική περίοδο μετά το 2007.

Στα 2 πρώτα σπίτια που κατασκευάστηκαν πριν το 2007 (πριν την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής οδηγίας) εφαρμόστηκε ένα πρότυπο σενάριο μετασκευής που περιλάμβανε την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας από τα πιο ευάλωτα στοιχεία του κελύφους όπως είναι η οροφή και τα τζάμια και την αναβάθμιση του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης.

Συγκεκριμένα για το 1^ο σπίτι το σενάριο περιελάμβανε την τοποθέτηση 30 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης σε εξωτερικούς τοίχους και εσωτερικά στην οροφή, αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων με μονό γυαλί με νέα αλουμίνια κουφώματα με διπλό γυαλί, αντικατάσταση της σόμπας λαδιού με νέα ηλεκτρική και αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος ζεστού νερού με ένα πιο αποδοτικό.

Για το 2^ο σπίτι τοποθετήθηκε 50 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης στην οριζόντια πλάκα οροφής από μπετόν και 30 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης σε εξωτερικούς τοίχους. Αντικαταστάθηκαν επίσης οι μονοί υαλοπίνακες με διπλούς ενώ το σύστημα θέρμανσης παρέμεινε το ίδιο με μόνη παρέμβαση τη θερμομόνωση και συντήρηση του.

Για το 3^ο σπίτι θεωρήθηκε η τοποθέτηση 25 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης στο ήδη θερμομονωμένο ανώτατο όριο της κεραμοσκεπής, 50 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης στους εξωτερικούς τοίχους και η τοποθέτηση 75 χιλ. εξηλασμένης πολυστερίνης στην πλάκα δαπέδου. Επιπλέον θεωρήθηκε η αντικατάσταση όλων των διπλών υαλοπινάκων με νέους low-e υαλοπίνακες ενώ το σύστημα θέρμανσης θεωρήθηκε το ίδιο.

Με την εφαρμογή των πιο πάνω απλών παρεμβάσεων στο 1^ο σπίτι παρατηρήθηκε μείωση κατά 70% στην Πρωτοβάθμια ζήτηση ενέργειας, 63.1% μείωση στις εκπομπές CO₂ και γενικά παρατηρήθηκε εξοικονόμηση της τάξης του 88.6% στο κόστος λειτουργίας.

Με τις ίδιες παρεμβάσεις στη 2^η μονοκατοικία διαπιστώθηκε μείωση κατά 44.6% στην Πρωτοβάθμια ζήτηση ενέργειας, 14.6% μείωση στις εκπομπές CO₂ και γενικά παρατηρήθηκε εξοικονόμηση της τάξης του 46.5% στο κόστος λειτουργίας.

Για την 3^η μονοκατοικία διαπιστώθηκε μείωση κατά 17.7% στην Πρωτοβάθμια ζήτηση ενέργειας, 14.29% μείωση στις εκπομπές CO₂ και γενικά παρατηρήθηκε εξοικονόμηση της τάξης του 19.3% στο κόστος λειτουργίας.

Από τα πιο πάνω συμπεραίνεται ότι για τα σπίτια που κτίστηκαν πριν το 1981 και για αυτά που κτίστηκαν μεταξύ 1981-2006 το σύστημα παροχής θέρμανσης παίζει σημαντικό ρόλο στο λειτουργικό κόστος και τις εκπομπές CO₂, ενώ τα σενάρια μετασκευής έχουν μεγαλύτερο όφελος για την παλαιότερη γενιά κτηρίων που κτίστηκαν πριν το 2007.

Σε συνέχεια των πιο πάνω σε μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Γ.Κ. Σεργίδου, Μ.Α. Μαρκίδου & Μ.Καταφυγιώτου μελετήθηκε ένα φιλόδοξο σενάριο ανακαίνισης μιας υφιστάμενης τυπικής κατοικίας συνεχούς δόμησης στη Κύπρο που κτίστηκε τη χρονολογική περίοδο του 2007, όταν εφαρμόστηκε η μελέτη θερμομόνωσης και ίσχυαν οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Επιλέχτηκε μια τυπική και αντιπροσωπευτική κατοικία η οποία ανεγέρθηκε με τις προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου και Βιομηχανίας και Τουρισμού (ΥΕΕΒΤ) αλλά και της Κυπριακής Νομοθεσίας, για την υλοποίηση της οδηγίας Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Energy Performance Building Directive-EPBD). Στόχος των προσομοιώσεων είναι η αναβάθμιση της σε κατοικία σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (ΚΣΜΕΚ).

Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της υφιστάμενης κατοικίας Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ) και δύο σενάρια ενεργειακής ανακαίνισης βασισμένα στις παραμέτρους σχεδιασμού κατοικιών με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (ΚΣΜΕΚ).

Το πρώτο σενάριο είχε σκοπό την αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους προσθέτοντας θερμομόνωση εξωτερικά σε όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους. Στο δεύτερο σενάριο έγινε ανακαίνιση όπου αναβαθμίστηκε εξ ολοκλήρου το κτηριακό κέλυφος, τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα της κατοικίας και τοποθετήθηκε σύστημα φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς και τις προσομοιώσεις είναι το Tabula.xls tool, ένα προηγμένο υπολογιστικό εργαλείο που όμως δεν υπολογίζει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε ότι η αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους χρησιμοποιώντας αυστηρότερες τιμές θερμοπερατότητας δεν είναι επαρκής για μια κατοικία Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης. Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουν οι μελέτες της ενεργειακής ανακαίνισης με την προσθήκη θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος, όπου υπολογίστηκε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 24.8%, θερμικής ενέργειας κατά 36%, μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 13% και λειτουργικού κόστους κατά 26%.

Κατά το 2^ο σενάριο αναβάθμισης όπου αναβαθμίζεται το κτιριακό κέλυφος αλλά και το σύστημα θέρμανσης και τοποθετούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην κατοικία, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η κατοικία μπορεί να αναβαθμιστεί σε Κατοικία Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης. Υπολογίστηκε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 30%, θερμικής ενέργειας κατά 36% και μείωση του λειτουργικού κόστους κατά 51% με ένα πλάνο απόσβεσης τα 16 χρόνια.

Τα συμπεράσματα της πιο πάνω μελέτης αποδεικνύουν ότι είναι πιθανή η ενεργειακή αναβάθμιση μιας υφιστάμενης κατοικίας σε Κατοικία Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης και είναι πιο συμφέρουσα όταν η ενέργεια που καταναλώνεται έχει την ίδια μορφή με την ενέργεια που παράγεται, δηλαδή την ηλεκτρική. Με αυτό τον τρόπο γίνεται άμεση σύγκριση της εξοικονόμησης ενέργειας, στην κατανάλωση ορυκτού πόρου που απαιτείται για καύση και στην παραγωγή CO₂. Με την αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών η κατοικία μετατράπηκε σε σχεδόν μηδενικής τόσο ενεργειακής κατανάλωσης όσο και εκπομπών CO₂.

1.1 Αναγκαιότητα της μελέτης

Τα κτήρια ευθύνονται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον πλανήτη. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει συνεχώς στη δημιουργία αειφόρων συνθηκών διαβίωσης με βασικό στόχο τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται και τη μείωση των εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα στον κτηριακό τομέα.

Το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το νέο σχεδόν σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, με το οικιστικό απόθεμα να καταναλώνει το 66% της συνολικής ενέργειας στα κτήρια. Το νέο κτιριακό απόθεμα αποτελεί το 1% του συνολικού, ενώ το υπόλοιπο 99% παράγει περίπου το 26% του διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτει από τη χρήση ενέργειας. Ως εκ τούτου υπάρχουν μεγαλύτερες προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας από ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κατοικιών παρά στις νεόκτιστες οικιστικές μονάδες.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος της Κύπρου χαρακτηρίζεται από απουσία βασικής θερμομόνωσης η οποία θα διασφάλιζε αυξημένη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και κατ' επέκταση χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι πριν το 2007 δεν υπήρχε νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Συγκεκριμένα, περίπου το 54% των κτιρίων δεν έχει καθόλου θερμομόνωση, 43% έχει τοποθετήσει διπλά γυαλιά, 7% έχουν θερμομόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και 6% έχουν θερμομόνωση στην οροφή [Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου]. Επιπλέον μόνο ένα ποσοστό της τάξης του 4% αφορά κτήρια που κτίστηκαν από το 2008 και μετά και τα οποία εμπίπτουν στα κτίρια για τα οποία η θερμομόνωση ήταν υποχρεωτική προκειμένου να εξασφαλιστεί η άδεια οικοδομής.

Από τα πιο πάνω φαίνεται η αναγκαιότητα της υφιστάμενης μελέτης αφού η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κατοικιών που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό κατοικιών στη Κύπρο αποτελεί πλέον μονόδρομο. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην κτηριακή τυπολογία Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ), που είναι μια από τις κύριες κατηγορίες οικιστικής τυπολογίας στην Κύπρο. Μελετήθηκαν τόσο κατοικίες που κτίστηκαν πριν από το 2007 όσο και κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 σε μια προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας μέχρι και την επίτευξη του φιλόδοξου σεναρίου που είναι η δημιουργία κατοικιών με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΕΚ). Από τη μελέτη θα διαφανεί πόση μπορεί να είναι η εξοικονόμηση ενέργειας που θα μπορεί να επιτευχθεί και κατά πόσο είναι εφικτή η αναβάθμιση οικονομικά για τους ιδιοκτήτες σε σχέση με το χρόνο απόσβεσης της δαπάνης για μετασκευή.

2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η εξάλειψη της σπατάλης ενέργειας αποκτούν διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην ΕΕ. Οι ηγέτες της ΕΕ αποφάσισαν το 2007 να θέσουν ως στόχο για το 2020 τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση κατά 20%. Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέσο όχι μόνο για την επίτευξη βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές, αλλά και για την προαγωγή της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών οικονομιών. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της 20ής και 21ης Μαρτίου 2014 τόνισε την αποτελεσματικότητα της ενεργειακής απόδοσης όσον αφορά τη μείωση του κόστους ενέργειας και της ενεργειακής εξάρτησης. Η ΕΕ έχει θέσει ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης και κανόνες σχετικά με την επισήμανση και την οικολογική σχεδίαση των προϊόντων, των υπηρεσιών και των υποδομών. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στη βελτίωση της απόδοσης σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας, από τον ενεργειακό εφοδιασμό έως τη χρήση της ενέργειας από τους καταναλωτές.

Ειδικότερα για τον τομέα των κατασκευών η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θεσπίσει συγκεκριμένες οδηγίες που αποσκοπούν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τα κτίρια και τα οποία ευθύνονται για το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι οδηγίες αυτές δεν αποτελούν νομοθεσία για τα κράτη μέλη. Το κάθε κράτος μέλος θα πρέπει να συμμορφωθεί με τις πιο πάνω οδηγίες ψηφίζοντας τα κατάλληλα νομοσχέδια που σκοπό θα έχουν την ενεργειακή αναβάθμιση των υποδομών του κτηριακού τομέα.

Η πρώτη οδηγία που ψηφίστηκε από την ΕΕ προς αυτή την κατεύθυνση είναι η οδηγία 2002/91/Ε του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002. Στόχος της οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των

εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/ οφέλους. Η παρούσα οδηγία θεσπίζει απαιτήσεις που αφορούν:

1. Το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
2. Την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων.
3. Την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφισταμένων κτιρίων στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση.
4. Την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων.
5. Την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων και, επί πλέον, μια αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης των οποίων οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

Ακολούθησε η οδηγία Οδηγία 2006/32/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006 για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου.

Η πιο πάνω οδηγία θεσπίζει πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων έναν ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας που ισχύει για τα κράτη μέλη, υποχρεώσεις για τις εθνικές δημόσιες αρχές στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και των ενεργειακά αποδοτικών προμηθειών, καθώς και μέτρα προώθησης της ενεργειακής απόδοσης και των ενεργειακών υπηρεσιών.

Ακολούθησε η οδηγία Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η οδηγία προωθεί τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Ένωσης λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/ οφέλους.

Η πιο πάνω οδηγία θεσπίζει απαιτήσεις που αφορούν:

1. Το κοινό γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και κτιριακών μονάδων.

2. Την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων και νέων κτιριακών μονάδων.
3. Την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση:
 - i) υφισταμένων κτιρίων, κτιριακών μονάδων και κτιριακών στοιχείων τα οποία υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση,
 - ii) δομικών στοιχείων που αποτελούν τμήμα του κελύφους του κτιρίου και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους, όταν τοποθετούνται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται, και
 - iii) τεχνικών συστημάτων κτιρίων, σε περίπτωση εγκατάστασης νέου, αντικατάστασης ή αναβάθμισης.
4. Τα εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
5. Την ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων ή κτιριακών μονάδων.
6. Την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού κτιρίων.
7. Τα ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακών επιδόσεων και τις εκθέσεις επιθεώρησης.

Οι απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας αποτελούν ελάχιστες απαιτήσεις και δεν εμποδίζουν τα κράτη μέλη να διατηρούν ή να θεσπίζουν αυστηρότερα μέτρα. Ανάλογα μέτρα επιβάλλεται να συνάδουν προς τη συνθήκη για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.2 Εναρμόνιση Ευρωπαϊκών οδηγιών με Κυπριακή Νομοθεσία

Στα πλαίσια της εναρμόνιση της Κύπρου με τις Ευρωπαϊκή Οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ψηφίστηκαν από την βουλή οι πιο κάτω νόμοι:

1. Ο Περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων Νόμος του 2006 N.142(I)/2006.
2. Ο περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2009 N.30(I)/2009.
3. Ο περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2012 N.210(I)/2012.

4. Οι περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Ενεργειακή Πιστοποίηση των Κτιρίων) (Τροποητικοί) Κανονισμοί του 2014 Κ.Δ.Π.39/2014.
5. Οι περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Ενεργειακή Πιστοποίηση των Κτιρίων) Κανονισμοί του 2009 Κ.Δ.Π.164/2009.

Το νομοθετικό πλαίσιο ακολουθούν και 9 διατάγματα που αφορούν τις ελάχιστες απαιτήσεις και την ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίων.

Με τους περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων Νόμους του 2006 έως 2012 η Κύπρος έχει ενσωματώσει στο εθνικό της δίκαιο την Οδηγία 2010/31/ΕΕ που στοχεύει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με τη λήψη διαφόρων μέτρων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων καθώς και το βέλτιστο από πλευράς κόστους επίπεδο.

Τα μέτρα αυτά είναι:

1. Θέσπιση γενικού πλαισίου για μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
2. Καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και κτιριακές μονάδες.
3. Καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για υφιστάμενα κτίρια και κτιριακές μονάδες που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας.
4. Καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης σε στοιχεία του κελύφους του κτιρίου όταν τοποθετούνται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται.
5. Η έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και κτιριακές μονάδες και για όλα τα κτίρια και κτιριακές μονάδες που ενοικιάζονται ή πωλούνται.
6. Η καθιέρωση τακτικών επιθεωρήσεων των εγκαταστάσεων θέρμανσης με λέβητα και των συστημάτων κλιματισμού.
7. Η καθιέρωση απαιτήσεων που αφορούν την σωστή διαστασιολόγηση, εγκατάσταση, ρύθμιση και λειτουργία τεχνικών συστημάτων που εγκαθίστανται σε υφιστάμενα κτίρια ή αντικαθίστανται ή αναβαθμίζονται.

8. Η προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας με στόχο όλα τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται μετά την 31η Δεκεμβρίου 2020 να είναι κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας

Σύμφωνα με το άρθρο 15 του Νόμου ο Υπουργός Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού με διάταγμα καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Το διάταγμα τέθηκε σε εφαρμογή για πρώτη φορά την 21η Δεκεμβρίου 2007 και σύμφωνα με αυτό οι συντελεστές θερμοπερατότητας για το κέλυφος και τα κουφώματα σε όλα τα νέα κτίρια και όλα τα κτίρια άνω των 1000m² που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας δεν πρέπει υπερβαίνουν συγκεκριμένες τιμές θερμοπερατότητας, καθιστώντας ουσιαστικά υποχρεωτική τη θερμομόνωση του κτιρίου.

Με το αναθεωρημένο διάταγμα που τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2010 περιλαμβάνεται επίσης η απαίτηση για συμμόρφωση με το μέγιστο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας, η τοποθέτηση πρόνοιας για χρήση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η εγκατάσταση ηλιακού για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες και η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης με ενεργειακή κατηγορία τουλάχιστον **B**.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) δίνει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το ενεργειακό αποτύπωμα του κτηρίου και είναι μοναδικό για κάθε κτήριο αφού αποτελεί την ενεργειακή ετικέτα κάθε κτηρίου. Ειδικότερα περιλαμβάνει τα πιο κάτω:

1. Παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τη συνολική ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου.
2. Δείχνει πόσο αποδοτικό είναι ένα κτίριο από ενεργειακής άποψης, σε σύγκριση με άλλο παρόμοιο κτίριο (κτίριο αναφοράς).
3. Δείχνει την κατάταξη του κτιρίου σε μια ενεργειακή κατηγορία από Α (πολύ αποδοτικό, χαμηλή κατανάλωση) μέχρι το Η (καθόλου αποδοτικό, μεγάλη κατανάλωση), με βάση την ετήσια εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m²) για μια τυπική χρήση για κάθε είδος κτιρίου.
4. Δείχνει την ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται στο περιβάλλον λόγω της τυπικής χρήσης του κτιρίου.

5. Δείχνει το ποσό της κατανάλωσης ενέργειας που καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
6. Έχει μέγιστη διάρκεια ισχύος 10 ετών, εκτός και αν γίνει ουσιαστική αλλαγή στο κτίριο που να επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση οπότε πρέπει να εκδοθεί νέο.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης απαιτείται να υποβάλλεται με την αίτηση για έκδοση άδειας οικοδομής για νέο κτίριο και κτιριακές μονάδες και για ένα κτίριο άνω των 1000m² που υφίσταται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας. Επίσης κατά την πώληση ή την ενοικίαση κτιρίου ο ιδιοκτήτης πρέπει να παρουσιάζει στον υποψήφιο αγοραστή ή ενοικιαστή Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης και στη συνέχεια να το παραδίδει στον αγοραστή ή ενοικιαστή. Το Πιστοποιητικό πρέπει απαραίτητα να συνοδεύεται από συστάσεις για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Η κατηγορία ενεργειακής απόδοσης του Πιστοποιητικού ενός κτιρίου ή κτιριακής μονάδας που διατίθεται προς πώληση ή ενοικίαση πρέπει να δηλώνεται σε όλες τις εμπορικές διαφημίσεις.

Τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης εκδίδονται μόνο από Ειδικευμένους Εμπειρογνώμονες των οποίων τα προσόντα και οι υποχρεώσεις καθορίζονται σε σχετικούς κανονισμούς. Η "Μεθοδολογία Υπολογισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου" και ο "Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίου (2η Έκδοση)" καθορίζουν το τρόπο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης που πρέπει να ακολουθείται από όλους τους Ειδικευμένους Εμπειρογνώμονες. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης χρησιμοποιείται το λογισμικό πρόγραμμα iSBEMcy το οποίο διατίθεται δωρεάν από την Υπηρεσία Ενέργειας.

Όσον αφορά την Επιθεώρηση των συστημάτων κλιματισμού και θέρμανσης αυτά έχουν σαν στόχο την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η επιθεώρηση εφαρμόζεται για κλιματιστικά με ονομαστική ωφέλιμη ισχύ μεγαλύτερη των 12kW ή που αθροιστικά σε ένα κτίριο ξεπερνά τα 50kW και για συστήματα θέρμανσης με λέβητα ονομαστικής ισχύς εξόδου από 20kW και άνω.

Η επιθεώρηση των συστημάτων κλιματισμού διεξάγεται μόνο από επιθεωρητές των

οποίων τα προσόντα καθορίζονται σε σχετικούς κανονισμούς. Η συχνότητα των επιθεώρησεων αυτών καθορίζεται στα διατάγματα Κ.Δ.Π148/2013 και Κ.Δ.Π.149/2013. Σε όλες της περιπτώσεις, και σε εύλογο χρόνο από το πέρας της επιθεώρησης, πρέπει να παραδίδεται έκθεση στον ιδιοκτήτη με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και εισηγήσεις για βελτίωση ή αναβάθμιση του συστήματος.

Αναλυτικά, όσον αφορά τις υποχρεώσεις νέων κτηρίων για τα οποία απαιτείται έκδοση άδειας Οικοδομής ισχύουν τα πιο κάτω:

I) Για νέα κτίρια για τα οποία υποβλήθηκε αίτηση για έκδοση πολεοδομικής άδειας από 21/12/2007 μέχρι 31/12/2009, κατά την υποβολή αίτησης για έκδοση άδειας Οικοδομής απαιτούνταν:

1. Υπεύθυνη δήλωση ότι το κτίριο πληρούσε τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, όπως αυτές καθορίζονται στο Διάταγμα Κ.Δ.Π568/2007.
2. Υπολογισμοί Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου οι οποίοι περιλάμβαναν τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας για το κέλυφος του κτιρίου και διενεργούνται σύμφωνα με το Διάταγμα Κ.Δ.Π567/2007.
3. Μόνο για τα νέα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1000 τ.μ απαιτούνταν επιπλέον το αποτέλεσμα της διερεύνησης της τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής σκοπιμότητας για εγκατάσταση εναλλακτικών συστημάτων όπως: αποκεντρωμένων συστημάτων παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, αντλιών θερμότητας και άλλων.

II) Για νέα κτίρια για τα οποία υποβάλλεται αίτηση για έκδοση πολεοδομικής άδειας από την 01/01/2010 μέχρι 31/12/2013, κατά την υποβολή αίτησης για έκδοση άδειας Οικοδομής θα απαιτούνταν:

1. Υπεύθυνη δήλωση ότι το κτίριο πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, όπως αυτές καθορίζονται στο Διάταγμα του 2009.
2. Υπολογισμοί Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου οι οποίοι περιλαμβάνουν τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας καθώς και αυτούς που διερευνώνται σύμφωνα με την Μεθοδολογία και το Λογισμικό για την Πιστοποίηση της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων.

3. Για τα νέα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1000 τμ θα απαιτείται επιπλέον το αποτέλεσμα της διερεύνησης της τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής σκοπιμότητας για εγκατάσταση εναλλακτικών συστημάτων όπως: αποκεντρωμένων συστημάτων παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, αντλιών θερμότητας και άλλων.
4. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του Κτιρίου κατηγορίας Β ή καλύτερης.

III) Νέα κτίρια για τα οποία υποβάλλεται αίτηση για έκδοση πολεοδομικής άδειας από την 01/01/2014 και μετά, κατά την υποβολή αίτησης για έκδοση άδειας Οικοδομής θα απαιτούνται:

1. Υπεύθυνη δήλωση ότι το κτίριο πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, όπως αυτές καθορίζονται στο Διάταγμα του 2013.
2. Υπολογισμοί Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου οι οποίοι περιλαμβάνουν τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας καθώς και αυτούς που διερευνώνται σύμφωνα με την Μεθοδολογία και το Λογισμικό για την Πιστοποίηση της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων.
3. Τοποθέτηση πρόνοιας για χρήση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).
4. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του Κτιρίου κατηγορίας Β ή καλύτερης.

Όσον αφορά τις υποχρεώσεις νέων Κυβερνητικών κτηρίων για τα οποία δεν απαιτείται έκδοση άδειας Οικοδομής ισχύουν τα πιο κάτω:

1. Θα πρέπει από 01/01/2010 να ετοιμάζονται υπολογισμοί ενεργειακής απόδοσης και να εκδίδεται Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης, προς συμμόρφωση με τα άρθρα 5 και 6 του Νόμου.
2. Στις προκηρύξεις διαγωνισμών για ανέγερση κτιρίων ή για ριζική ανακαίνιση κτιρίων συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1000τ.μ να περιλαμβάνεται σαφής όρος στα έγγραφα του διαγωνισμού με τον οποίο να απαιτείται η τήρηση όλων των προνοιών των περί Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων Νόμων Ν142(Ι)/2006 και Ν30(Ι)/2009 και των σχετικών Κανονισμών και Διαταγμάτων.

3. Ο Υπουργός ως η Αρμόδια Αρχή για τα θέματα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, συμμετέχει σε συσκέψεις με τους εμπλεκόμενους φορείς για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κυβερνητικά κτίρια με στόχο να εισηγηθεί τα μέτρα που πρέπει εξαρχής να ληφθούν ούτως ώστε τα νέα κτίρια να εξασφαλίζουν υψηλή ενεργειακή κατηγορία (A) στο ΠΕΑ που θα εκδοθεί.

Επιπλέον των πιο πάνω, για τα Κυβερνητικά κτήρια θα πρέπει από την 01/01/10 να ισχύουν τα πιο κάτω:

1. Θα πρέπει σε όλα τα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 500 τ.μ που χρησιμοποιούνται από Δημόσιες Αρχές και από ιδρύματα που παρέχουν δημόσιες υπηρεσίες σε μεγάλο αριθμό προσώπων και δέχονται συχνά επισκέψεις των προσώπων αυτών να αναρτάται ισχύον Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης σε ευδιάκριτη για το κοινό θέση (Άρθρο 9 του Νόμου).
2. Να διασφαλίζεται ότι κατά την πώληση ή ενοικίαση κτιρίου ή ανανέωση συμβολαίου ενοικίασης σε Δημόσια Αρχή ο/η ιδιοκτήτης/τρια παρέχει στον υποψήφιο εκμισθωτή (Δημόσια Αρχή) Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου που εκδίδεται σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης να φυλάγονται από τις Δημόσιες Αρχές και να διατίθενται στην Αρμόδια Αρχή, εφόσον αυτό ζητηθεί.

Περεταίρω των πιο πάνω η οδηγία 2010/31/ΕΕ για την επίτευξη των στόχων της εξοικονόμησης και αύξησης της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας απαιτεί την αύξηση του αριθμού των κτιρίων που όχι μόνον ικανοποιούν τις υφιστάμενες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, αλλά χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ενεργειακή απόδοση κτιρίου, επιτυγχάνοντας συγχρόνως τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι έχει θεσπιστεί ο ορισμός των κτηρίων με Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΕΚ). Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται συνίσταται από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Στην Κύπρο έως την 31η Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να αποτελούν ΚΣΜΚΕ, ενώ μετά την 31^η Δεκεμβρίου 2018 όλα τα νέα κτίρια που στεγάζουν

δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησία τους, πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με μελέτες της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου αλλά από μελέτες που διεξήχθησαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος IEE EPISCOPE υπάρχουν τρεις τυπικές οικιστικές τυπολογίες στην Κύπρο. Οι τυπολογίες αποτελούνται από: τις Πολυκατοικίες, τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ) και τις Μονοκατοικίες. Αυτές χωρίζονται σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους και ταξινομούνται σύμφωνα με τη χρονολογική περίοδο κατασκευής και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των κατοικιών. Οι τρεις διαφορετικές χρονολογικές κατηγορίες αποτελούνται από την περίοδο πριν το 1980, την περίοδο μεταξύ 1981-2006 και την περίοδο μετά το 2007.

Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής επιλέγηκαν οκτώ (8) αντιπροσωπευτικά κτήρια Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ) από το χαρτοφυλάκιο του Κυπριακού Οργανισμού Αναπτύξεως Γης (ΚΟΑΓ). Οι τέσσερις (4) κατοικίες επιλέγηκαν από τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 και τα υπόλοιπα τέσσερα (4) σπίτια από τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007.

Για όλες τις κατοικίες ακολουθήθηκαν τα πιο κάτω βήματα:

- α) Συλλογή πληροφοριών που αφορούν τα κτήρια
- β) Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κατοικιών μέσω του λογισμικού iSBEMcy
- γ) Διαμόρφωση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης
- δ) Τεχνοοικονομική μελέτη

3.1 Συλλογή πληροφοριών που αφορούν τα κτήρια

Όλα τα αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά σχέδια που αφορούσαν τα υπό μελέτη κτήρια δόθηκαν από τον Κυπριακό Οργανισμό Ανάπτυξης Γης. Εντοπίστηκε ο προσανατολισμός των κτηρίων και υπολογίστηκαν βάσει των κατόψεων, όψεων και τομών όλες οι κατηγορίες δομικών υλικών καθώς και τα εμβαδά τους. Για τα σχέδια στα οποία δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία όπως για παράδειγμα οι στατικές λεπτομέρειες χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από παρόμοιες οικιστικές μονάδες.

Επιπλέον κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των ΚΣΔ έγιναν και οι πιο κάτω παραδοχές:

- Για τα κτίρια που κτίστηκαν τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 θεωρήθηκε ότι δεν είχαν οποιαδήποτε θερμομόνωση, ότι χρησιμοποιούσαν λαμπτήρες συμπαγούς φθορισμού και ότι διέθεταν κλιματιστικά στο σαλόνι και τα υπνοδωμάτια.
- Για τα κτήρια που κτίστηκαν τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007 θεωρήθηκε ότι είχαν θερμομόνωση όπως προβλέπει το περί Απαιτήσεων Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου Διάταγμα του 2007 Κ.Δ.Π 568/2007, ότι χρησιμοποιούσαν λαμπτήρες συμπαγούς φθορισμού και ότι διέθεταν κλιματιστικά στο σαλόνι και τα υπνοδωμάτια.

Για δύο (2) Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης για τις οποίες είχαμε πραγματικές μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας διενεργήθηκε και επί τόπου επίσκεψη όπου καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά τους και πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων από τους ιδιοκτήτες σχετικά με την θέρμανση και τη ψύξη των χώρων τους. Η καταγραφή των πραγματικών δεδομένων των κατοικιών αυτών θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε την απόκλιση στην κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει μέσω της προσομοίωσης του κτηρίου στο λογισμικό iSBEMcy.

3.2 Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κατοικιών μέσω του λογισμικού iSBEMcy

Το iSBEMcy είναι το επίσημο λογισμικό ενεργειακού ελέγχου της Κυπριακής Δημοκρατίας. Σκοπός του λογισμικού αυτού και της διεπαφής του iSBEMcy είναι να γίνονται ακριβείς και αξιόπιστες αξιολογήσεις της χρήσης ενέργειας για τα οικιστικά και μη οικιστικά κτήρια για σκοπούς πιστοποίησης της ενεργειακής τους απόδοσης. Παρέχει στον ειδικευμένο σε αυτό το λογισμικό εμπειρογνώμονα πληροφορίες για την κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου βάσει τυπικής χρήσης. Επίσης δίνει τη δυνατότητα σύγκριση της πιο πάνω εκτίμησης με την πρωτογενή ενέργεια του κτηρίου αναφοράς και γίνεται κατηγοριοποίηση του υπό μελέτη κτηρίου. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το iSBEMcy παράγει μία συμβουλευτική έκθεση για πιθανές λύσεις μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης.

Αρχικά συλλέχθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες οι οποίες επρόκειτο να καταχωρηθούν στο λογισμικό βάσει των οποίων το πρόγραμμα κάνει τους υπολογισμούς του. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών που αποτελούν τα στοιχεία της κατοικίας (αδιαφανείς και διαφανείς κατασκευές) όπως συντελεστές θερμοπερατότητας (U-value) και αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα (C_m) των διαφόρων στοιχείων της κατοικίας (τοίχους, δάπεδα, οροφές, πόρτες και υαλοπίνακες). Οι χαρακτηριστικές αυτές ιδιότητες υπολογίστηκαν στην προκειμένη περίπτωση με τη βοήθεια του excel.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (Οδηγός θερμομόνωσης κτηρίων 2^η έκδοση) καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίδει την ποσότητα της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου η οποία μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση, από επιφάνεια 1m² του στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με τις δυο πλευρές του στοιχείου είναι 1 βαθμός Κέλβιν. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από την επιφάνεια της κατασκευής, το πάχος και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των οικοδομικών υλικών και η μονάδα μέτρησης του είναι W/(m² K). Για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου που αποτελούνται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών και διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}}$$

Όπου:

R_{si} : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου) [m² K/W]




R_{se} : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου) [m² K/W]

d_i : πάχος υλικού [m]

λ_i : θερμική αγωγιμότητα υλικού [W / mK]

Οι τιμές της εσωτερικής και εξωτερικής επιφανειακής αντίστασης R_{si} και R_{se} επιλέγονται από τον πιο κάτω Πίνακα.

Πίνακας 1: Τιμές αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων αδιαφανών δομικών στοιχείων

R_{si} (m ² K / W)			R_{se} (m ² K / W)
Διεύθυνση ροής θερμότητας			
			
0.13	0.10	0.17	0.04
ΣΗΜ. 1	Οριζόντια επίπεδη επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια με κλίση μέχρι και ±30° από το οριζόντιο επίπεδο.		
ΣΗΜ. 2	Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για επίπεδα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου όπου δεν ορίζεται η ροή θερμότητας, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές για οριζόντια ροή θερμότητας.		
ΣΗΜ.3	Οι πιο πάνω τιμές για τις επιφανειακές αντιστάσεις υπολογίζονται με: $\epsilon=0,9$, το h_o υπολογισμένο για θερμοκρασία 10 °C, και ταχύτητα αέρα $v=4m/s$.		
ΣΗΜ. 4	Για συνθήκες που δεν ανταποκρίνονται στις πιο πάνω απαιτήσεις τότε οι συντελεστές R_{si} και R_{se} θα πρέπει να υπολογίζονται με τη μέθοδο που περιγράφεται στο Πρότυπο CYS EN ISO 6946:2007.		

Για τις αδιαφανείς κατασκευές που αφορούν τα κουφώματα των κατοικιών από διπλούς υαλοπίνακες και αλουμίνιου πλαισίου οι συντελεστές θερμοπερατότητας υπολογίστηκαν από τους πίνακες που περιλαμβάνονται στον Οδηγό Θερμομόνωσης Κτιρίων.

Κάθε υλικό έχει την ικανότητα να προσλαμβάνει και να αποθηκεύει θερμότητα. Η ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να προσλάβει ένα υλικό ονομάζεται αποτελεσματική κι οι μονάδες είναι KJ/(KgK).

Για να την υπολογίσουμε χρησιμοποιούμε την πιο κάτω σχέση:

$$C_m = \sum_j \sum_i \rho C_{ij} d_{ij} A_j$$

Όπου:

A: Επιφάνεια του στοιχείου j (m)

ρ_{ij} : Πυκνότητα του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (kg/m)

C_{ij} : Ειδική θερμότητα (J/kgK)

d_{ij} : Πάχος του υλικού της επιφάνειας i στο στοιχείο j (m)

Το άθροισμα γίνεται για όλες τις επιφάνειες του δομικού στοιχείου αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια και σταματώντας σε ένα από τα πιο κάτω, οποιοδήποτε συμβεί πρώτο:

α) Πρώτη επιφάνεια θερμομόνωσης, β) το μέσο του δομικού στοιχείου και γ) πάχος κατασκευής 10 εκ.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο παράγοντας διόρθωσης σκίασης για τα κουφώματα των κτηρίων. Η τιμή του παράγοντα διόρθωσης σκίασης δίνεται από τη πιο κάτω σχέση:

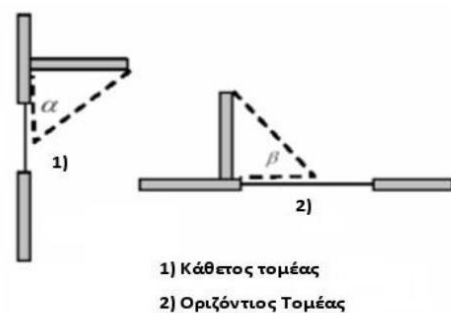
$$f_{sh;j} = F_o * F_f$$

Όπου:

F_o : είναι ο μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για πρόβολο

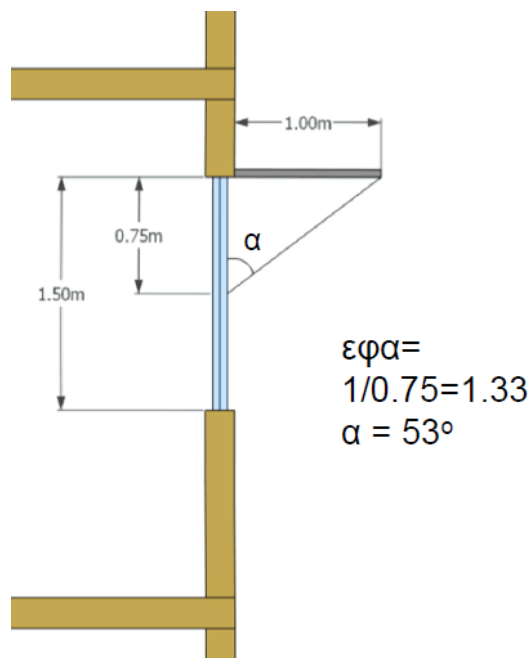
F_f : είναι ο μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για πτερύγια

Οι τιμές των F_o και F_f υπολογίζονται από τους Πίνακες 2 και 3 που ακολουθούν βάση των γωνιών α και β αντίστοιχα και του προσανατολισμού του κουφώματος.



Εικόνα 1: Γωνίες α και β για πρόβολο και πτερύγιο αντίστοιχα

Οι γωνίες α και β υπολογίζονται με χρήση απλής τριγωνομετρίας. Ενδεικτικά ο τρόπος υπολογισμού της γωνιάς α φαίνεται στην πιο κάτω Εικόνα:



Εικόνα 2: Υπολογισμός γωνίας α

Γωνία α	Προσανατολισμός επιφάνειας				
	N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	1	1	1	1	1
5°	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96
10°	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93
15°	0.87	0.88	0.90	0.90	0.89
20°	0.82	0.85	0.86	0.86	0.86
25°	0.78	0.80	0.83	0.83	0.82
30°	0.73	0.76	0.79	0.80	0.78
35°	0.68	0.72	0.75	0.76	0.75
40°	0.64	0.67	0.71	0.72	0.72
45°	0.59	0.63	0.66	0.68	0.68
50°	0.54	0.58	0.62	0.64	0.64
55°	0.49	0.53	0.57	0.60	0.61
60°	0.44	0.47	0.52	0.56	0.57
65°	0.39	0.42	0.46	0.51	0.53
70°	0.33	0.35	0.41	0.46	0.49
80°	0.22	0.23	0.28	0.35	0.40

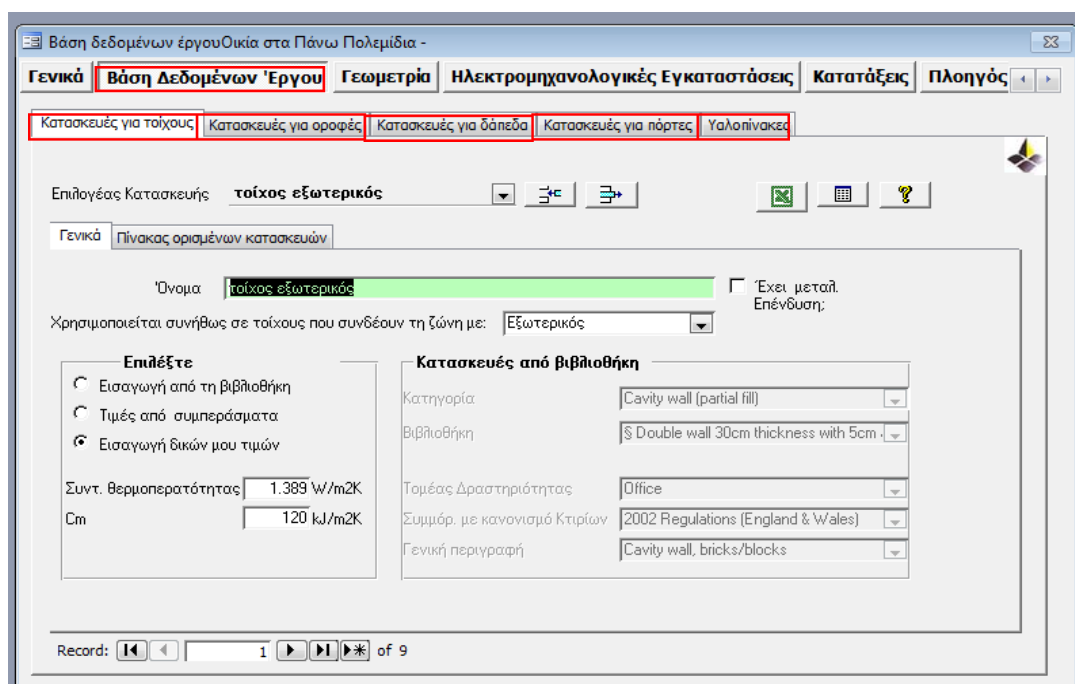
Πίνακας 2: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για πρόβολο F₀

Πίνακας 3: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για περύγιο F_f

Γωνία β	N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ
0°	1	1	1	1	1	1	1	1
10°	0.97	0.98	0.97	0.96	1	0.96	0.97	0.98
20°	0.95	0.96	0.94	0.93	1	0.93	0.94	0.96
30°	0.93	0.94	0.91	0.89	1	0.89	0.91	0.94
40°	0.90	0.92	0.88	0.85	1	0.85	0.88	0.92
50°	0.87	0.90	0.84	0.82	1	0.82	0.84	0.90
60°	0.85	0.88	0.80	0.78	1	0.78	0.8	0.88
70°	0.81	0.84	0.75	0.74	1	0.74	0.75	0.84

3.2.1 Ενδεικτικός υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κατοικίας μέσω του λογισμικού iSBEMcy

Αφού συλλεχθούν οι πιο πάνω πληροφορίες καταχωρούνται στην ετικέτα «Βάση Δεδομένων Έργου» του λογισμικού iSBEMcy ανάλογα με την κατηγορία της κάθε κατασκευής (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Καταχώρηση πληροφοριών στη "Βάση δεδομένων Έργου"

Αφού καταχωρήθηκαν οι βασικές πληροφορίες, καθορίστηκαν τα όρια του εκάστοτε κτηρίου και διαχωρίστηκαν οι χώροι της κατοικίας σε ζώνες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο διαχωρισμός των ζωνών βασίζεται σε τέσσερις βασικούς κανόνες.

Κάθε ζώνη διαχωρίζεται από μία άλλη με βάση:

- τη δραστηριότητα της,
- το σύστημα HVAC που εξυπηρετεί τους διάφορους χώρους της κατοικίας,
- τον ενσωματωμένο φωτισμό και
- την πρόσβαση στο φως της μέρας μέσω παραθύρων.

Τα όρια των ζωνών θεωρούνται η εσωτερική πλευρά των εξωτερικών τοίχων και το μέσο των εσωτερικών τοίχων. Το στοιχείο αυτό καθώς και το ύψος των ζωνών της κατοικίας καταχωρήθηκαν στην ετικέτα «Γεωμετρία» του κτηρίου προτού προχωρήσουμε στην καταχώρηση των ζωνών (Εικόνα 4).

Γεωμετρία: Οικία στα Πάνω Πολεμίδα

Γενικά | Βάση Δεδομένων Έργου | **Γεωμετρία** | Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις | Κατατάξεις | Πλοηγός

Εργο | Ζώνες | Κέλυφος | Πόρτες | Παράθυρα και Φεγγίτες

Γεωμετρικές πληροφορίες όλου του έργου

Γενικά / Γεωμετρία | Θερμογέφυρες

Διάσδυση αέρα στο κτίριο(Γενικά): Διαπερ. Αέρα στα 50ρα: 25 3/h/m2

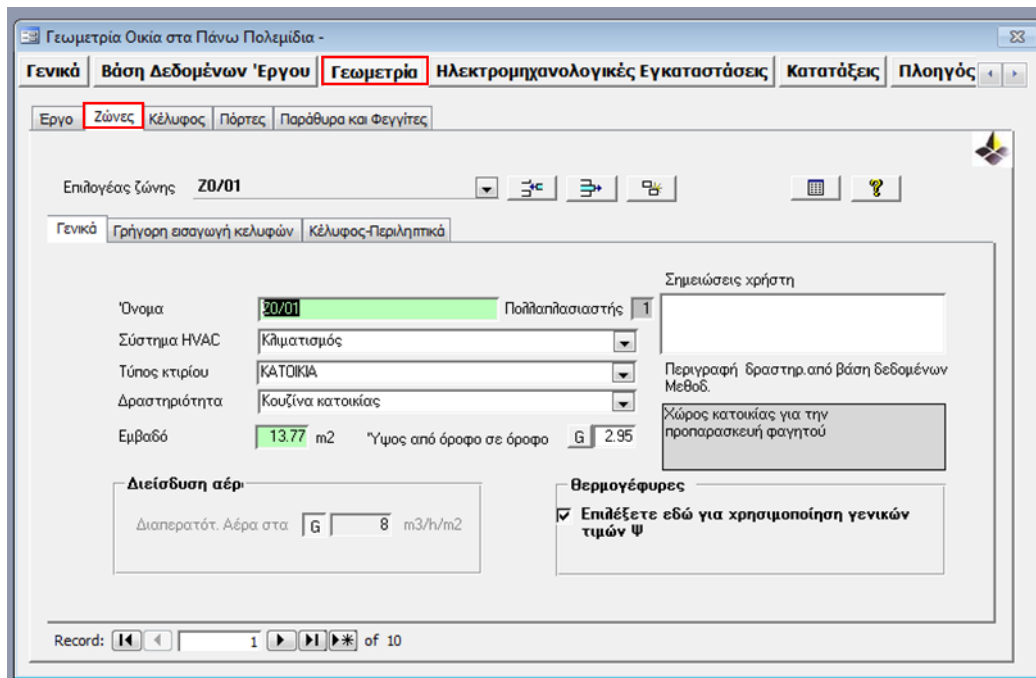
Προσανατολισμός: Δεξιόστροφη περιστροφή κτηρίου: 0

Στοιχεία κτηρίου: Ύψος ζώνης(Γενικό) m: 2.95, Εμβαδό κτηρίου: 90, Το ολικό εμβαδό ζώνης είναι 90 m2

Όγκος κτηρίου: Επιτρέψτε στο ISEEM να υπολογίσει τον όγκο, Χρησιμοποίηση δικών μου τιμών: m3

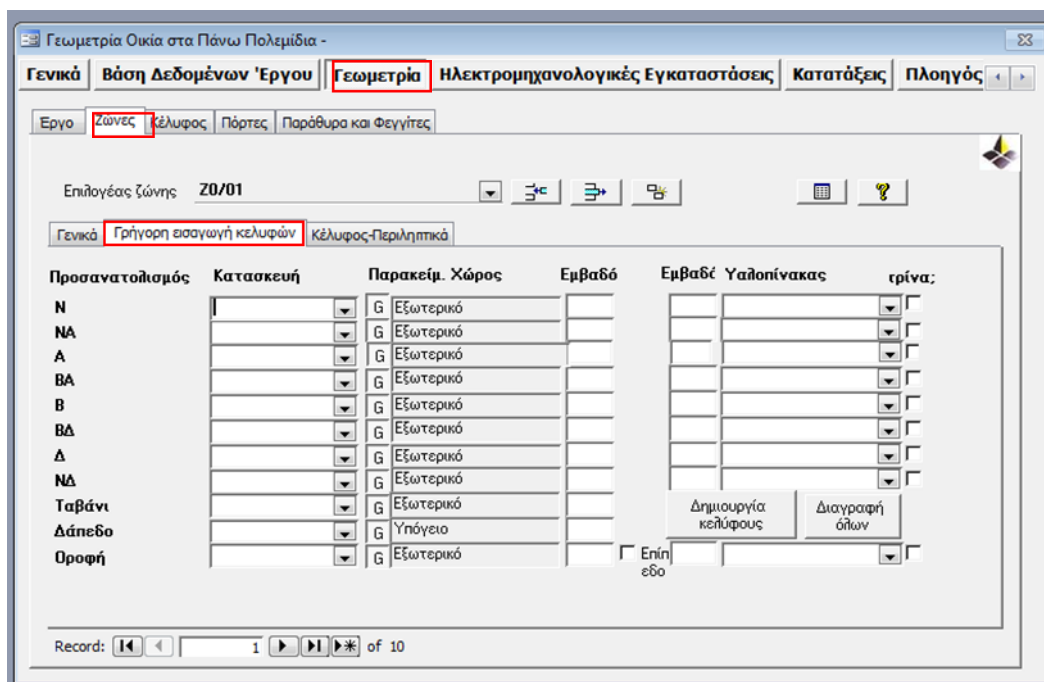
Εικόνα 4: Καταχώρηση πληροφοριών στη "Γεωμετρία" του κτηρίου

Συνεχίσαμε στη καταχώρηση των διαφόρων ζωνών της κάθε κατοικίας με βάση τα δεδομένα πινάκων που διαμορφώθηκαν (Εικόνα 5).



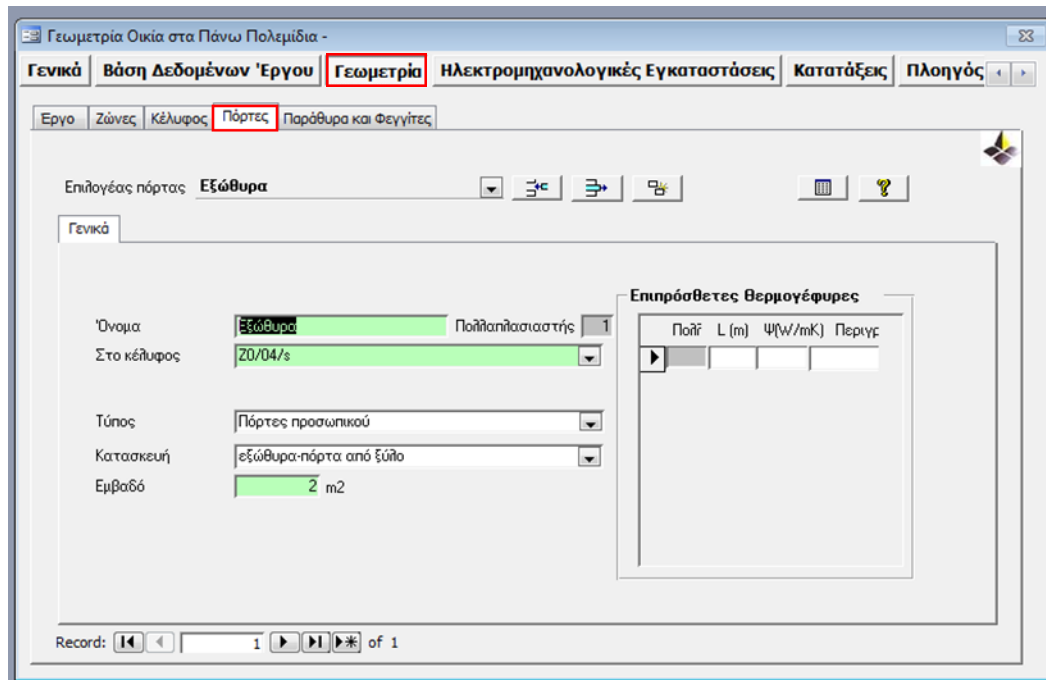
Εικόνα 5: Καταχώρηση πληροφοριών στην υποετικέτα "Ζώνες", που βρίσκεται στην ετικέτα "Γεωμετρία" του κτηρίου

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στην καταχώρηση όλων των στοιχείων του κελύφους που αποτελούν τις διάφορες ζώνες, όπως τοίχους, δάπεδα οροφές από την "Γρήγορη εισαγωγή κελυφών" (Εικόνα 6).



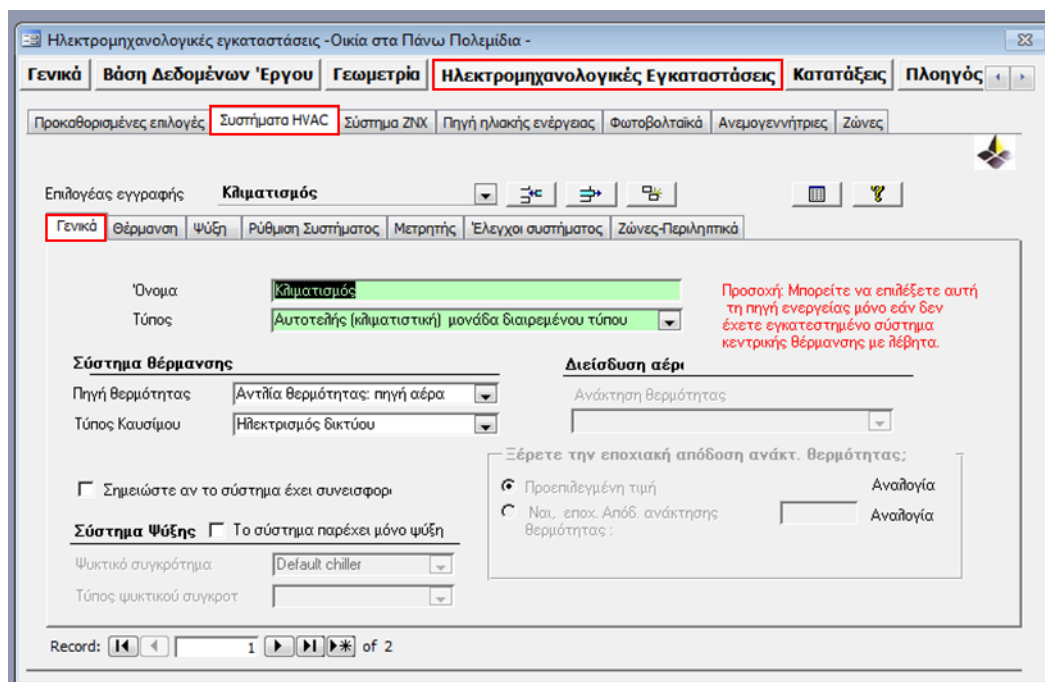
Εικόνα 6: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Γρήγορη εισαγωγή κελυφών", που βρίσκεται στην ετικέτα "Ζώνες" και "Γεωμετρία" του κτηρίου

Επιπλέον καταχωρήθηκαν στο λογισμικό, οι πόρτες και τα παράθυρα που περιλαμβάνονται στα διάφορα στοιχεία των κελυφών (Εικόνα 7). Τα "Παράθυρα και Φεγγίτες" καταχωρήθηκαν από την "Γρήγορη εισαγωγή κελυφών", ενώ οι πόρτες καταχωρήθηκαν ξεχωριστά.



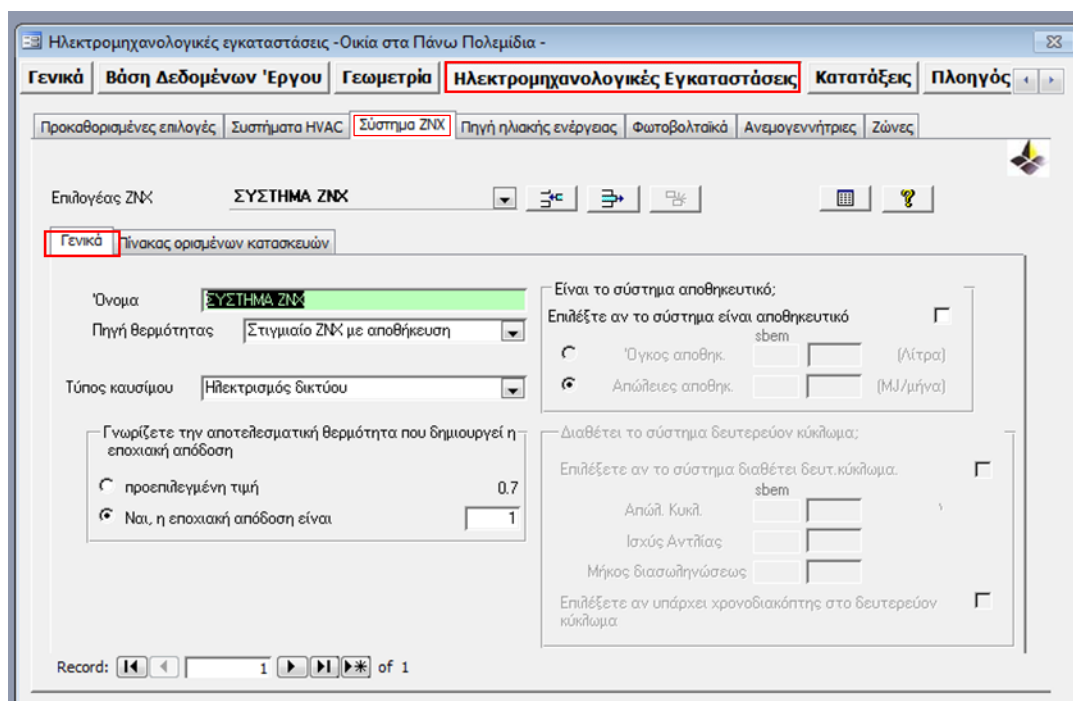
Εικόνα 7: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Πόρτες", που βρίσκεται στην ετικέτα «Γεωμετρία» του κτηρίου

Στη συνέχεια καταχωρήσαμε στην υπό-ετικέτα "Συστήματα HVAC" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις", τους διάφορους τύπους συστημάτων θέρμανσης και ψύξης που υπάρχουν στη κατοικία (Εικόνα 8).

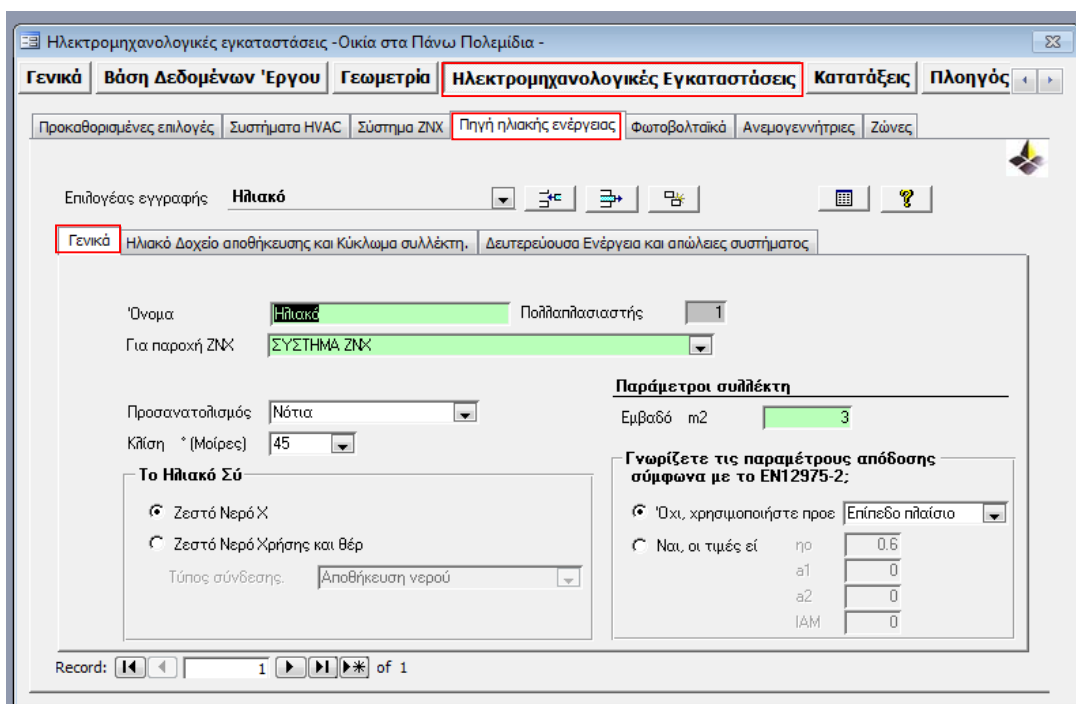


Εικόνα 8: Καταχώρηση πληροφοριών για τα συστήματα ψύξης – θέρμανσης στην ετικέτα “Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις” του κτηρίου

Έπειτα καθορίστηκε το σύστημα ζεστού νερού χρήσης (Εικόνα 9) όπως και η πηγής ηλιακής ενέργειας που επίσης βρίσκονται στην ίδια ετικέτα (Εικόνα 10).



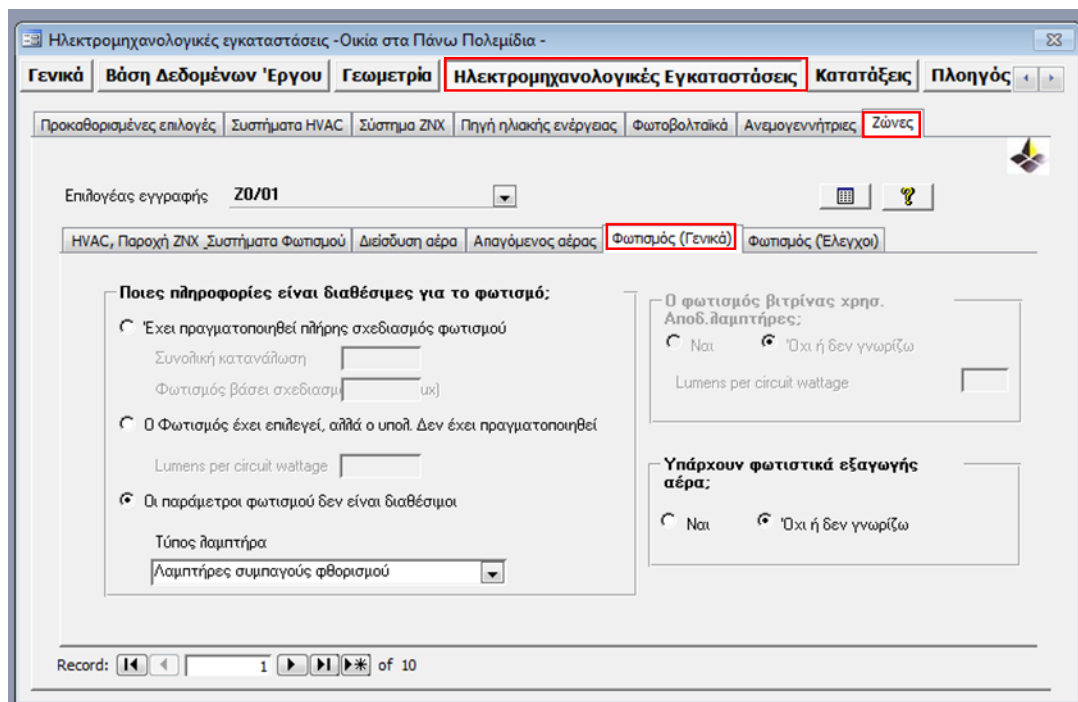
Εικόνα 9: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα “Σύστημα ΖΝΧ” που βρίσκεται στην ετικέτα “Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις” του κτηρίου



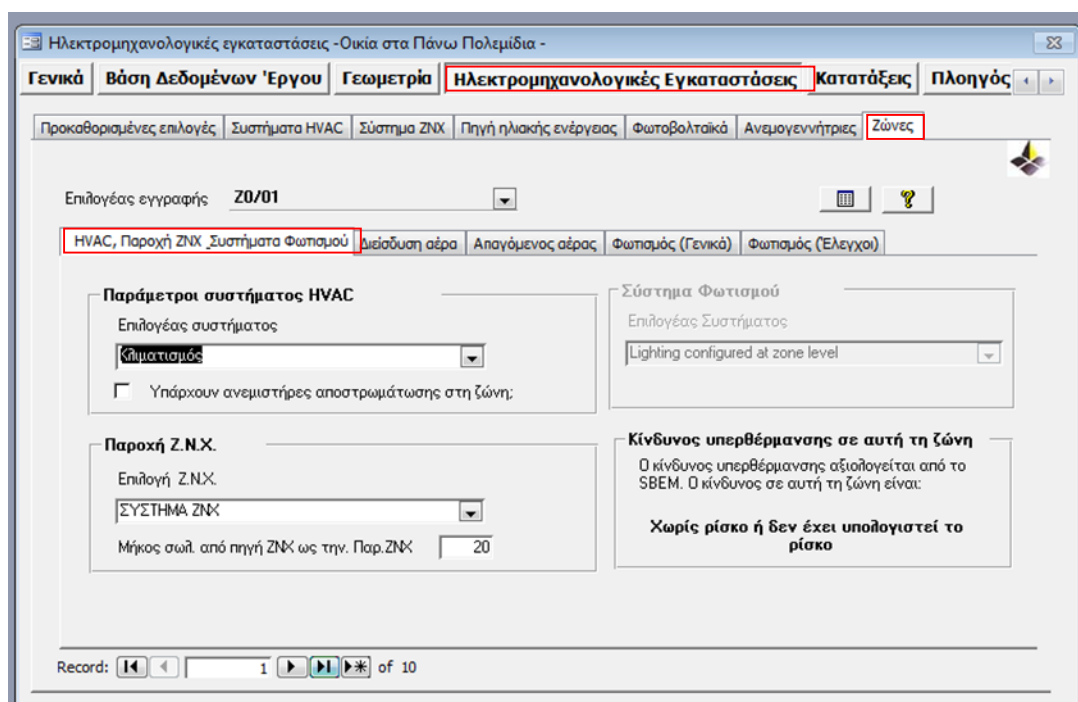
Εικόνα 10: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Πηγή ηλιακής ενέργειας" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου

Ακολούθως καθοριστήκαν στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" τα δεδομένα φωτισμού για την κάθε ζώνη ξεχωριστά (Εικόνα 11). Επειδή δεν γνωρίζαμε για κάθε ζώνη ξεχωριστά το είδος των λαμπτήρων καθορίσαμε σε όλες τις Ζώνες των κτηρίων Λαμπτήρες Συμπαγούς Φθορισμού.

Τέλος καθορίστηκαν τα δεδομένα για σύστημα ψύξης-θέρμανσης για την κάθε ζώνη ξεχωριστά (Εικόνα 12) καθώς και το μήκος σωλήνας από την πηγή ZNX ως τη παροχή ZNX.



Εικόνα 11: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Ζώνες-Φωτισμός" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου



Εικόνα 12: Καταχώρηση πληροφοριών στην υπό-ετικέτα "Ζώνες-HVAC, Παροχή ZNX, Συστήματα Φωτισμού" που βρίσκεται στην ετικέτα "Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" του κτηρίου

Αφού ολοκληρώθηκε η καταχώρηση όλων των στοιχείων της υπό μελέτη κατασκευής, εισήλθαμε στην ετικέτα "Κατατάξεις" για καθορισμό της ενεργειακής κατηγορίας που ανήκει η εν λόγω κατοικία. Όπως φαίνεται και από το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης του παραδείγματος η κατοικία εκτιμήθηκε ως κατοικίας Ε ενεργειακής κλάσης με συνολική κατανάλωση 514kWh/m²/y και συνολικές εκπομπές CO₂ στα 150.23 kg/m²/y.

The screenshot shows the 'Κατατάξεις' (Classifications) tab in a software application. The main data table is as follows:

	Θέρμανση	Ψύξη	Δευτερ. Ενι	Φωτισμός	ΖΝΣ	Οθικό	
Πραγμ.	20.32	155.8	0.66	14.36	7.76	198.9	kWh/m ² /yr
Αναφοράς	12.48	43.35	3.26	17.31	29.29	105.68	kWh/m ² /yr

	Αναφ.Β-Γ	Πραγμ.	Ετικ. ΠΕΑ
kWh/m ² /yr	218.52	513.72	E
kgCO ₂ /m ² /yr	61.86	150.23	2.351

Below the tables, there are buttons for 'Υπολογ. ΠΕΑ', 'Πιστοποιητικό Ενεργ. Απόδοσης', 'Συμβουλευτική έκθεση ΠΕΑ', and 'Βοηθητική Έκθεση'. A status message at the bottom reads: 'Πρόσδος υπολογισμού: Εκτίμηση στοιχείων ολοκληρώθηκε. Κάνετε κλικ για ορισμό αντικειμένων, δεν υπάρχουν μη κρίσιμοι ορισμοί στο έργο.'

Εικόνα 13: Τελική καρτέλα κατάταξης

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Φ.Δ.Χ.: ΤΜΗΜΑ: ΤΕΜΑΧΙΟ:

Ταχ.Κώδικας: Δεμεσός

Επαρχία: Πόντος

Δήμος/Κοινότητα: Πόντος

Κατηγορία έργου: Κατοικία

Η πιστοποίηση έγινε: Μετά την κατασκευή

Αριθμός Πιστοποιητικού: <none set>

Ημερομηνία έκδοσης: 28-12-2015

Ισχύς πιστοποιητικού μέχρι: 27-12-2025

Το παρόν πιστοποιητικό αποτελεί μια ένδειξη της Ενεργειακής Απόδοσης για το συγκεκριμένο κτίριο. Περιλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, για αερισμό, για φωτισμό του κτιρίου, υπολογισμένα βάσει της συνήθους χρήσης του κτιρίου. Η Ενεργειακή Απόδοση του κτιρίου εκφράζεται ως η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται ανα τετραγωνικό μέτρο ωφέλιμης επιφάνειας πατώματος ανά έτος (kWh/m²/yr).

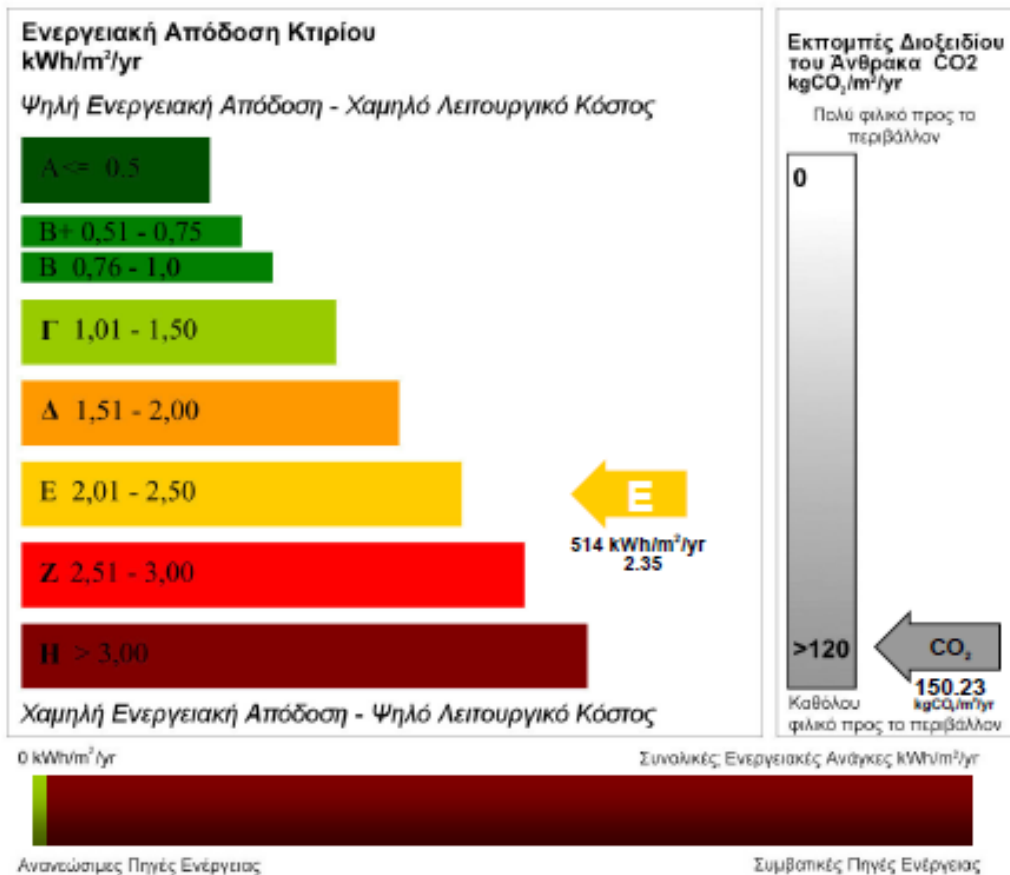


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΕΜΠΟΡΙΟΥ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
& ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ

Στοιχεία Ειδικευμένου Εμπειρογνώμονα

Όνομα: Χαράλαμπος Ξαφάνης

Αρ. Εγγραφής στο Μητρώο: ABCD123456



Εικόνα 14: Έντυπη μορφή Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης

3.3 Διαμόρφωση σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης εξετάζονται δύο (2) σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης. Το πρώτο βασικό σενάριο εφαρμόστηκε στις τέσσερις (4) Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κτίστηκαν πριν το 2007. Σκοπός του πρώτου αυτού σεναρίου είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών έτσι ώστε να συμμορφωθούν με τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις του τελευταίου Διατάγματος Κ.Δ.Π. 432_2013. Οι απαιτήσεις αυτές φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Ελάχιστες απαιτήσεις Κ.Δ.Π 432/2013

Απαιτήσεις (Κ.Δ.Π 432/2013)	
Κατηγορία ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ)	B
Συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθετα στοιχεία κελύφους κτιρίου	0.72W/m ² K
Συντελεστής θερμοπερατότητας για οριζόντια στοιχεία κτιρίου	0.63W/m ² K
Συντελεστής θερμοπερατότητας για δάπεδα υπερκείμενα κλειστού - μη θερμαινόμενου - χώρου	2W/m ² K
Συντελεστής θερμοπερατότητας για κουφώματα κτιρίου	3.23W/m ² K
Τοποθέτηση πρόνοιας για χρήση συστημάτων Α.Π.Ε	
Για κτίρια που δεν είναι κατοικίες τουλάχιστον το 35% της ενέργειας τους πρέπει να προέρχεται από Α.Π.Ε	

Συγκεκριμένα για το πρώτο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης θεωρήθηκε η θερμομόνωση του κελύφους έτσι ώστε οι Συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους να ικανοποιούν τον πιο πάνω πίνακα. Επιπρόσθετα θεωρήθηκε η αντικατάσταση των κουφωμάτων αλουμινίου με νέα καλύτερων θερμικών ιδιοτήτων. Επιπρόσθετα αντικαταστάθηκαν τα υφιστάμενα κλιματιστικά με νέα καλύτερης ενεργειακής απόδοσης.

Στο δεύτερο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης που χαρακτηρίστηκε ως Φιλόδοξο σενάριο εφαρμόστηκε και στις οκτώ (8) Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης. Σκοπός του Φιλόδοξου σεναρίου ήταν η μετατροπή των κατοικιών σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΕΚ) βάσει των απαιτήσεων του Διατάγματος Κ.Δ.Π 366/2014. Οι απαιτήσεις αυτές φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 5: Ελάχιστες απαιτήσεις Κ.Α.Π 366/2014

Απαιτήσεις (Κ.Α.Π 366/2014)	
Κατηγορία ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ)	A
Μέγιστη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (κατοικίες)	100kWh/m ² y
Μέγιστη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (μη κατοικίες)	125kWh/m ² y
Μέγιστη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση σε κατοικίες	15kWh/m ² y
Τουλάχιστον 25% της πρωτογενούς ενέργειας να προέρχεται από Α.Π.Ε	
Συντελεστής θερμοπερατότητας για κέλυφος κτιρίου	0.4W/m ² K
Συντελεστής θερμοπερατότητας για κουφώματα κτιρίου	2.25W/m ² K

Συγκεκριμένα για το Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης θεωρήθηκε η θερμομόνωση του κελύφους και η αντικατάσταση των κουφωμάτων έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πιο πάνω πίνακα. Επιπρόσθετα η προσομοιωμένη μετασκευή των κατοικιών περιλάμβανε την αντικατάσταση των κλιματιστικών μονάδων των κατοικιών με νέα βελτιωμένων ενεργειακών αποδόσεων, την τοποθέτηση κινητών σκιάστρων στα κουφώματα αλουμινίου και την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

3.4 Τεχνοοικονομική Μελέτη

Για την Τεχνοοικονομική μελέτη χρησιμοποιήθηκε το Εργαλείο Υπολογισμού της σχέσης Κόστους-Οφέλους για Ενεργειακές Αναβαθμίσεις σε Καινούρια και Υφιστάμενα Κτίρια που παρέχεται δωρεάν στην ιστοσελίδα της Υπηρεσίας Ενέργειας. Το συγκεκριμένο εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για υφιστάμενα όσο και για καινούργια κτίρια. Για τον υπολογισμό πρέπει να εισαχθεί η κατανάλωση ενέργειας πριν την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Στην περίπτωση μας που είχαμε υφιστάμενα κτίρια για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις της κατανάλωσης ενέργειας που δίνει για το εκάστοτε κτίριο το λογισμικό iSBEMcy.

Σε περιπτώσεις δύο (2) κτιρίων για τις οποίες είχαμε τις πραγματικές καταναλώσεις για ένα έτος πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή ανάλυση για να διαφανεί η απόκλιση που έχουμε στους υπολογισμούς μας όταν θεωρήσαμε τις τιμές του λογισμικού.

Ταυτόχρονα, το εργαλείο λαμβάνει υπόψη άλλες σημαντικές οικονομικές παραμέτρους, όπως τον κύκλο ζωής του κτιρίου και των συστημάτων, το κόστος

δανεισμού, αυξήσεις τιμών ενεργειακών συστημάτων και υπηρεσιών, άνοδο τιμών καυσίμων και προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate).

Αφού υπολογιστούν τα πιο πάνω εξάγονται και τα κατάλληλα συμπεράσματα, κατά πόσο δηλαδή συμφέρει στους ιδιοκτήτες των κτηρίων να προχωρήσουν σε μετασκευαστικά έργα ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών τους.

4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

4.1 Διερεύνηση υφιστάμενης κατάστασης

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω υπάρχουν τρεις (3) τυπικές οικιστικές τυπολογίες στην Κύπρο. Οι Πολυκατοικίες (Π), οι Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ) και οι Μονοκατοικίες (Μ). Αυτές χωρίζονται περαιτέρω σε τρεις (3) διαφορετικές χρονικές περιόδους, σύμφωνα με τη χρονολογική περίοδο κατασκευής, και τα αρχιτεκτονικά τους χαρακτηριστικά . Οι τρεις διαφορετικές χρονολογικές περίοδοι είναι οι ακόλουθες: από την περίοδο πριν το 1980, μεταξύ του 1981-2006 και μετά το 2007.

Για τους σκοπούς της μελέτης εξετάστηκαν οκτώ (8) Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης. Οι τέσσερις (4) ΚΣΔ ανήκουν στη χρονολογική περίοδο από το 1981-2006 όπου δεν ίσχυε καμιά νομοθεσία για θερμομόνωση και οι υπόλοιπες τέσσερις (4) κατοικίες ανήκουν στην χρονολογική περίοδο μετά το 2007.

Στην πρώτη κατηγορία οι δύο (2) ΚΣΔ που αναλύθηκαν βρίσκονται στην περιοχή των Πάνω Πολεμιδιών της επαρχίας Λεμεσού και οι άλλες δύο (2) στο χωριό Κίτι της επαρχίας Λάρνακας. Στην δεύτερη κατηγορία οι δύο (2) ΚΣΔ που εξετάστηκαν βρίσκονται στα χωριά Ασώματος και Πύργος της επαρχίας Λεμεσού.

Πίνακας 6: Οι κατοικίες που εξετάστηκαν

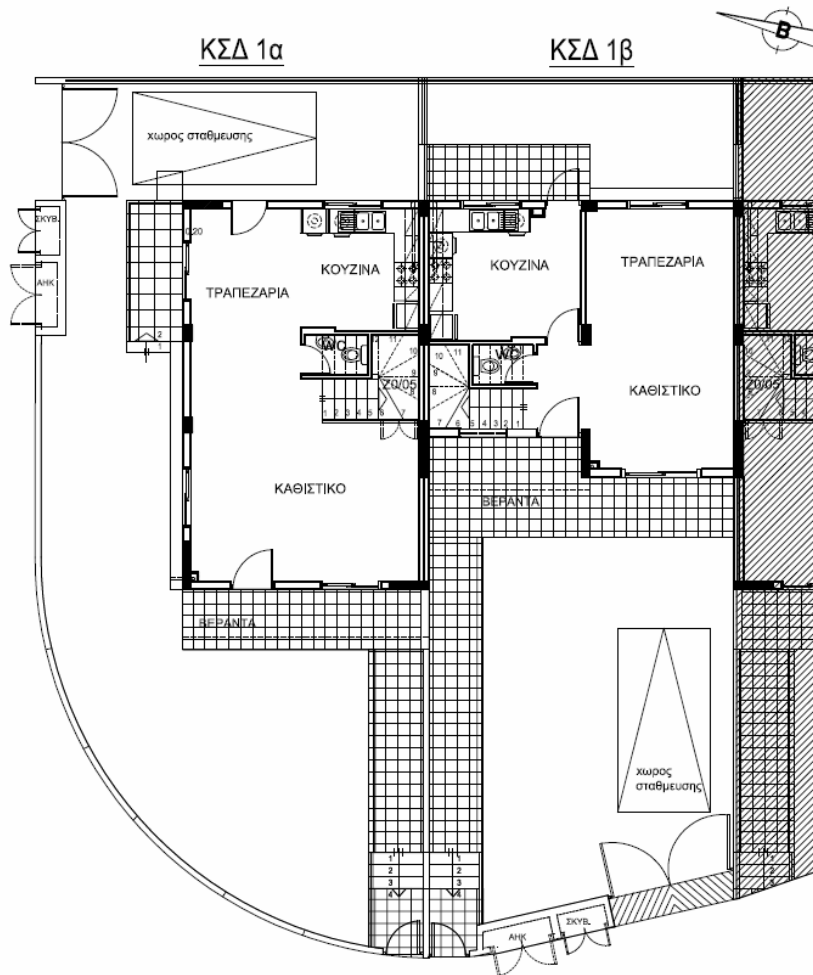
Έτος κατασκευής	Τοποθεσία κατοικίας	Κωδικός
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β

Για την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση των κατοικιών έγιναν οι πιο κάτω παραδοχές. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 θεωρήθηκε ότι δεν είχαν καθόλου θερμομόνωση, ενώ για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007 θεωρήθηκε συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας που αφορά την ενεργειακή απόδοση κτιρίων (Διάταγμα 2007 Κ.Δ.Π 568/2007). Επιπλέον καθορίστηκε ότι και οι οκτώ (8) κατοικίες είχαν εγκατεστημένες κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου στα υπνοδωμάτια και το σαλόνι και ότι όλοι οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνταν στις κατοικίες ήταν λαμπτήρες συμπαγούς φθορισμού.

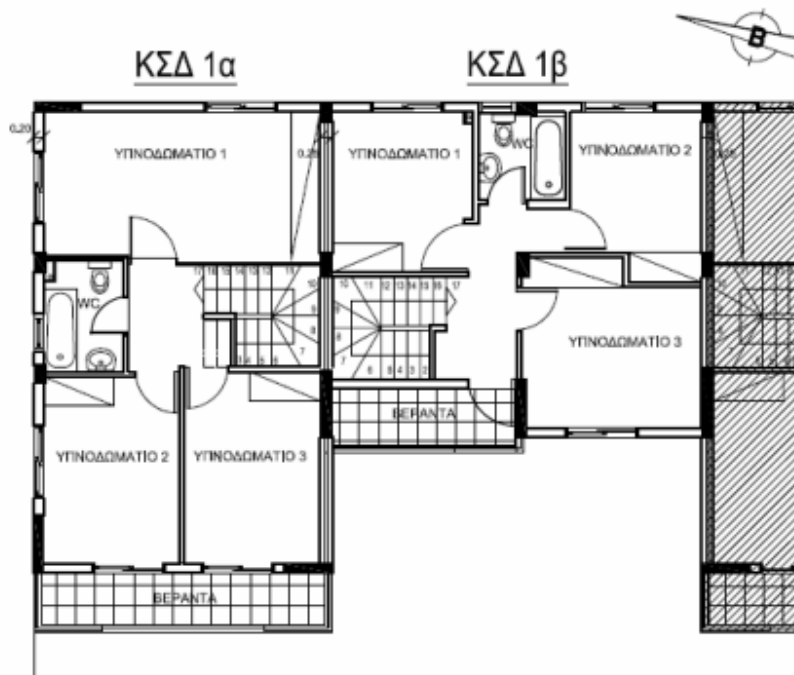
Επιπλέον για τις δύο (2) κατοικίες στον Ανώγειο διενεργήθηκε και επί τόπου επίσκεψη όπου και διαπιστώθηκε η πραγματική κατάσταση όσον αφορά τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα για την ΚΣΔ με κωδικό ΚΣΔ 3α βρέθηκε ότι υπήρχε εγκατεστημένο κλιματιστικό μόνο στο κυρίως υπνοδωμάτιο, ενώ στην ΚΣΔ με κωδικό ΚΣΔ 3β βρέθηκε ότι δεν υπήρχαν καθόλου κλιματιστικά. Για τις δύο (2) αυτές κατοικίες εξετάστηκε τόσο η ενεργειακή κατάσταση με τις θεωρούμενες παραδοχές όσο και η ενεργειακή κατάσταση με τα πραγματικά δεδομένα.

Γενικά όσο αφορά και τις οκτώ (8) κατοικίες αυτές αποτελούνται από το ισόγειο όπου βρίσκεται η κουζίνα, η τραπεζαρία, το σαλόνι, το κλιμακοστάσιο και ο χώρος υγιεινής και τον όροφο όπου αποτελείται από τρία (3) ή τέσσερα (4) υπνοδωμάτια και το μπάνιο.

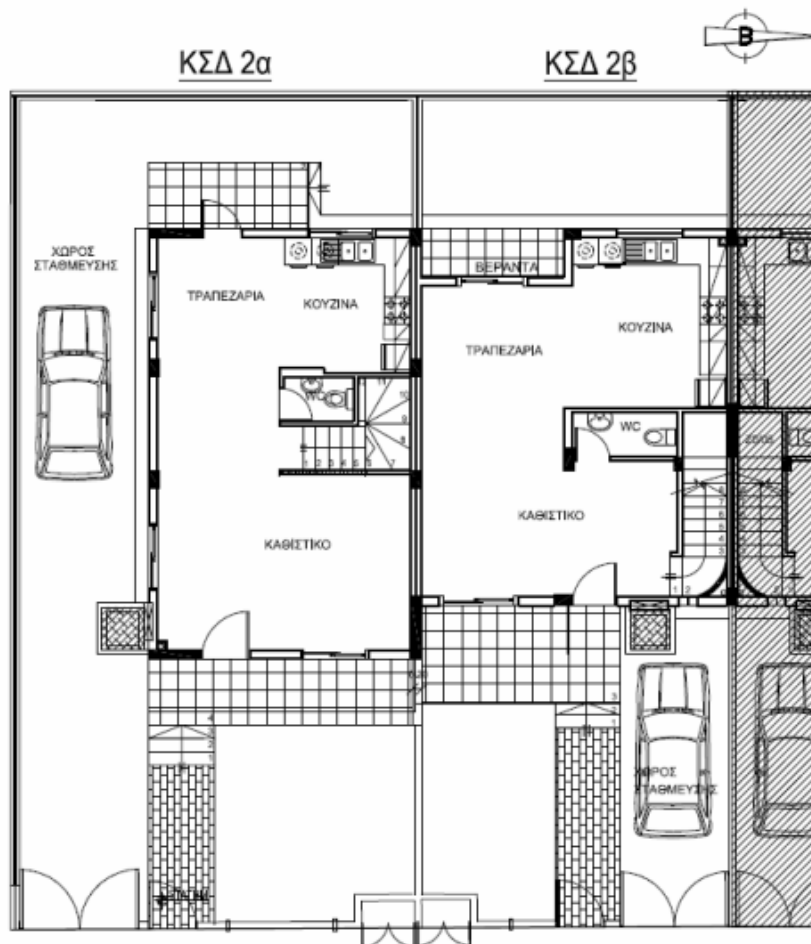
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγραμματικά οι κατόψεις ισογείου και ορόφου για τις οκτώ (8) αυτές κατοικίες:



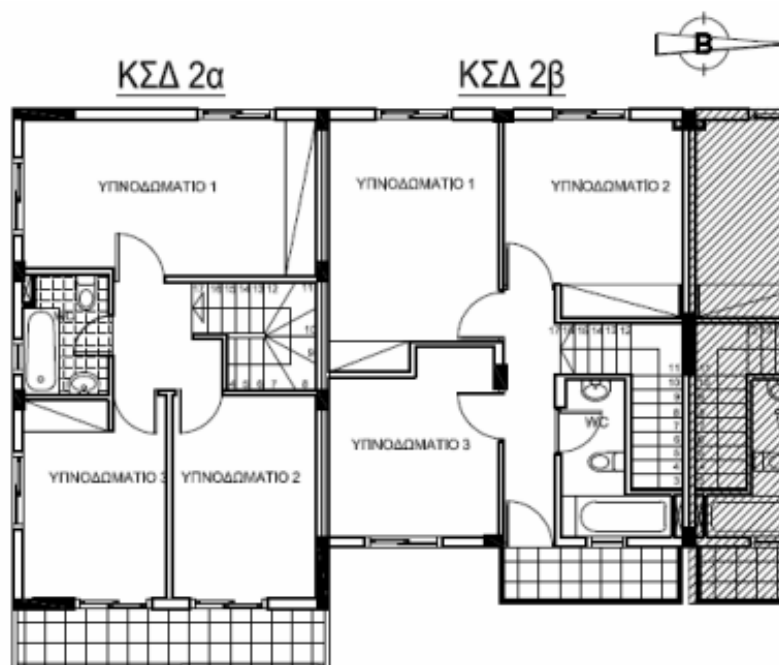
Εικόνα 15: Κάτοψη ισόγειου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β



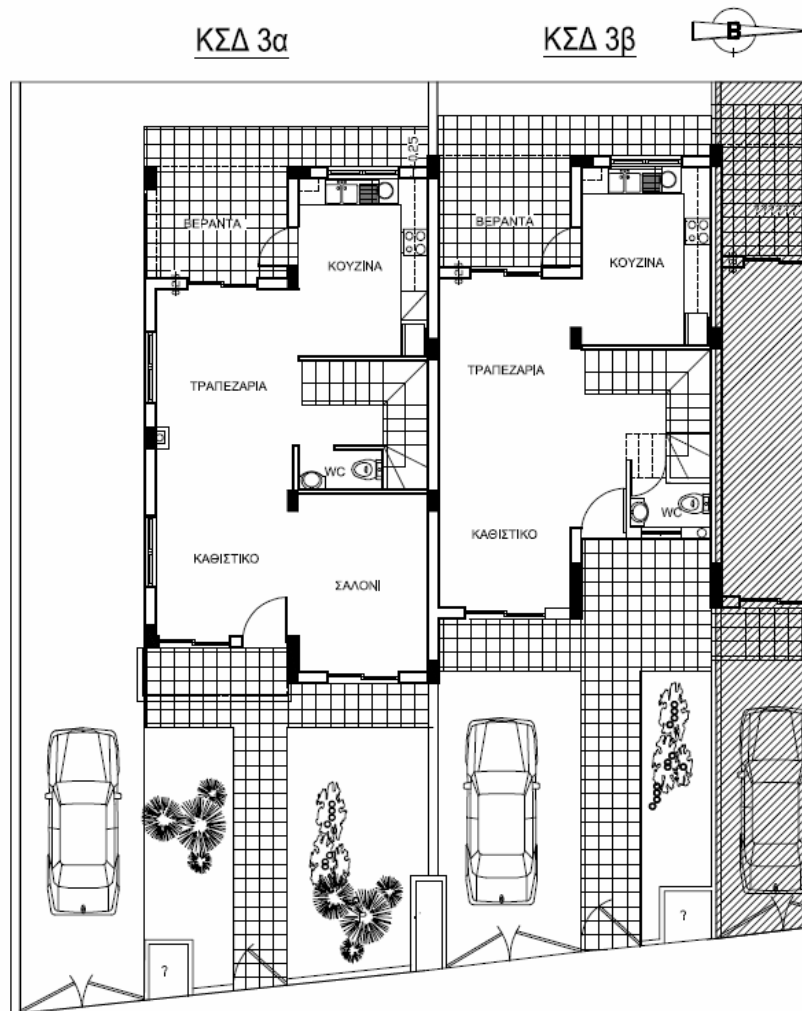
Εικόνα 16: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β



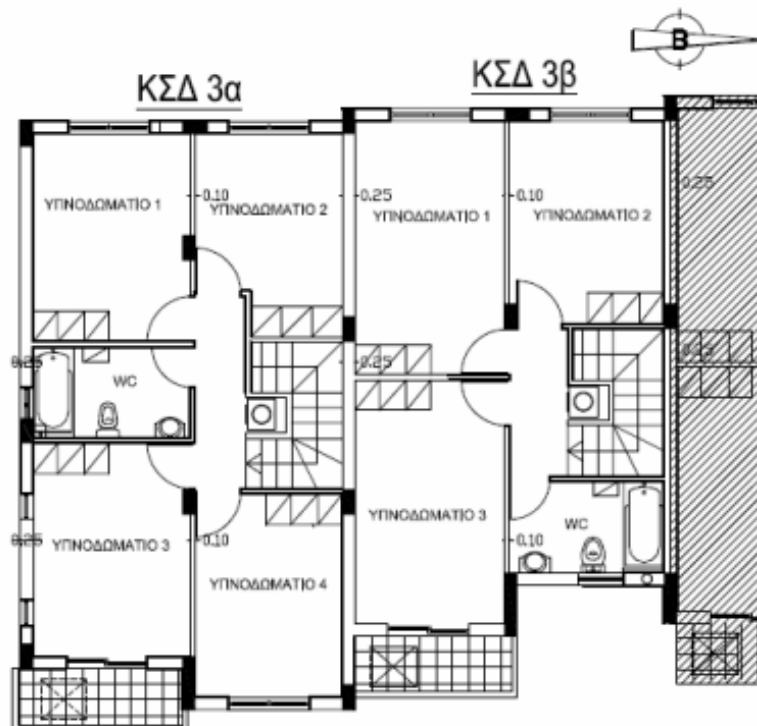
Εικόνα 17: Κάτοψη ισόγειου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β



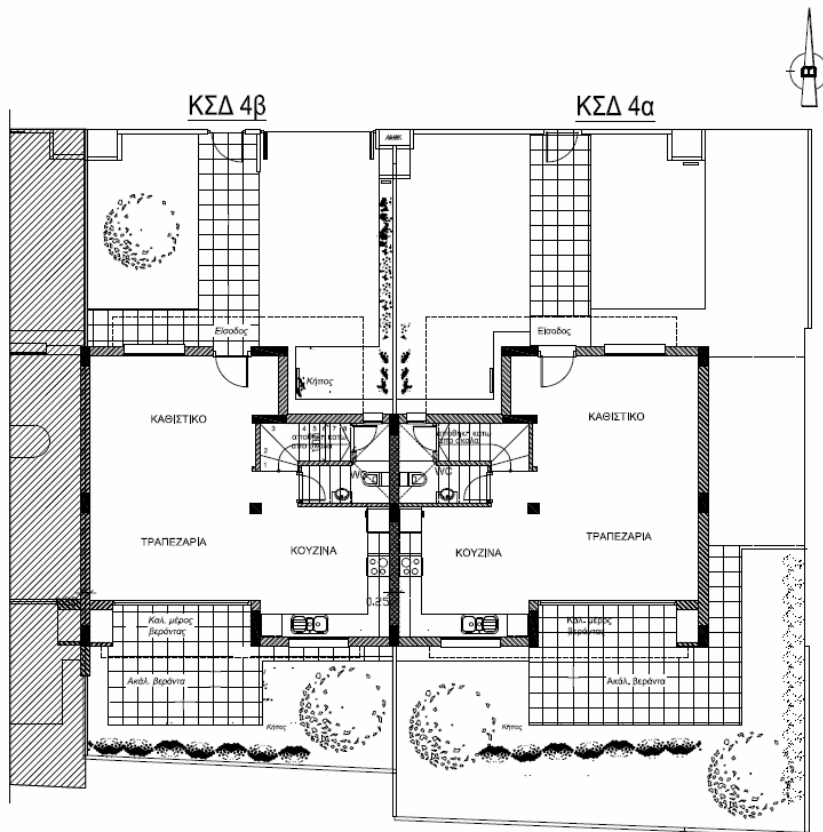
Εικόνα 18: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β



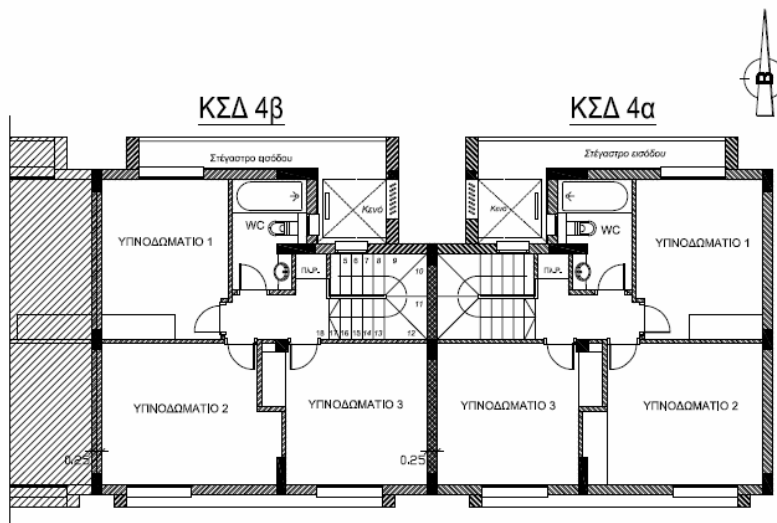
Εικόνα 19: Κάτοψη ισουγείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β



Εικόνα 20: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β



Εικόνα 21: Κάτοψη ισουγείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β



Εικόνα 22: Κάτοψη ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β

Για τις πιο πάνω κατοικίες υπολογίστηκαν/θεωρήθηκαν τα πιο κάτω:

1) Συντελεστές θερμοπερατότητας

Υπολογίστηκαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας και για τις οκτώ (8) κατοικίες ανάλογα της χρονολογικής περιόδου κατασκευής τους. Για τις κατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 2007 και δεν διέθεταν καθόλου θερμομόνωση οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας ήταν αρκετά ψηλές σε σχέση με τις κατοικίες που κατασκευάστηκαν μετά το 2007 και οι οποίες εμπίπτουν στα όρια του διατάγματος ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης (Διάταγμα Κ.Δ.Π.568_2007). Να αναφερθεί επίσης ότι για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 θεωρήθηκε ότι τοποθετήθηκε 3 εκ εξηλασμένης πολυστερίνης σε όλο το εξωτερικό κέλυφος.

Πίνακας7: Τιμές θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας κατοικιών που κατασκευάστηκαν την χρονολογική περίοδο 1981-2006

Δομικό Στοιχείο	Τιμές θερμοπερατότητας W/(m ² K)	Τιμές αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας (kJ/kgK)
Τοίχος Εξωτερικός 20cm	1.389	120
Τοίχος εσωτερικός 10 cm	1.786	95
Τοίχος εσωτερικός 20 cm	1.235	120
Τοίχος κοινός διπλός 25 cm	1.010	116
Εξωτερικό Υποστύλωμα 25cm	3.125	225
Εξωτερικό Υποστύλωμα 20cm	3.333	225
Εσωτερικό Υποστύλωμα 25cm	2.439	225
Εσωτερική Δοκός 20cm	2.564	225
Εξωτερική Δοκός 20cm	3.333	225
Δάπεδο Ισογείου	1.031	206
Οροφή Ισογείου	2.6	225
Δάπεδο ορόφου	1.9	206
Οροφή ορόφου (15 cm)	2.857	225
Εξωτερική πόρτα από ξύλο	2.668	24.08
Διπλός Υαλοπίνακας (μπαλκονόπορτα)	3.7	-
Διπλός Υαλοπίνακας 1 (παράθυρο)	3.8	-

Πίνακας 8: Τιμές θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας κατοικιών που κατασκευάστηκαν την χρονολογική περίοδο μετά 2007

Δομικό Στοιχείο	Τιμές θερμοπερατότητας W/(m ² K)	Τιμές αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας (kJ/kgK)
Εξωτερικός τοίχος 25cm	0.542	120
Εσωτερικός τοίχος 20 cm	1.235	120
Εσωτερικός τοίχος 25 cm κοινός	1.01	120
Εσωτερικός τοίχος 10 cm	1.786	95
Εξωτερικό Υποστύλωμα 25cm	0.758	225
Εσωτερικό Υποστύλωμα 25cm	2.439	225
Εσωτερική Δοκός 25cm	2.439	225
Εξωτερική Δοκός 25cm	0.758	225
Δάπεδο Ισογείου	1	206
Οροφή Ισογείου	2.521	225
Δάπεδο ορόφου	1.863	206
οροφή ορόφου	0.729	225
Εξωτερική πόρτα από ξύλο	2.668	24
Διπλός Υαλοπίνακας (μπαλκονόπορτα)	3.7	-
Διπλός Υαλοπίνακας 1 (παράθυρο)	4.1	-

2) Μηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Όλες οι κατοικίες θεωρήθηκε ότι διέθεταν για το σύστημα ψύξης και θέρμανσης τους κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου. Δια το λόγο ότι δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για τις τιμές της απόδοσης των κλιματιστικών χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές που προβλέπονται από το περί Ρύθμισης της Ενεργειακή Απόδοσης των Κτιρίων (Μεθοδολογία Υπολογισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου) διάταγμα του 2015 Κ.Δ.Π. 33/15.

Σύμφωνα με το πιο πάνω διάταγμα, όταν κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου προδιαγράφεται κλιματιστικό (σύστημα που θα προσφέρει θέρμανση και ψύξη) και έχει ως πηγή θερμότητας αντλία θερμότητας αέρος ή νερού ή εδάφους και η εποχιακή απόδοση του κλιματιστικού δεν είναι γνωστή, τότε η προεπιλεγμένη τιμή εποχιακής απόδοσης (SCOP, SEER) που θα χρησιμοποιηθεί

είναι: α) Για καινούργια κτίρια (στο στάδιο του σχεδιασμού) η εποχιακή ενεργειακή απόδοση για θέρμανση (SCOP) να είναι 2.5 και η εποχιακή ενεργειακή απόδοση για ψύξη (SEER) να είναι 3.6 β) Για υφιστάμενα κτίρια, η εποχιακή ενεργειακή απόδοση για θέρμανση (SCOP) να είναι 1.9 και η εποχιακή ενεργειακή απόδοση για ψύξη (SEER) να είναι 2.6.(οι τιμές αυτές καθορίστηκαν για τους χώρους όπου θεωρήσαμε ότι υπήρχαν κλιματιστικά για τις οικίες που κτίστηκαν μετά το 2007).

Σε ένα υφιστάμενο κτίριο, χώροι οι οποίοι εμπερικλείονται στο όριο του κτιρίου και δεν εξυπηρετούνται από κάποιο σύστημα θέρμανσης και ψύξης, τότε οι χώροι αυτοί θα θεωρούνται κλιματιζόμενοι (θέρμανση και ψύξη) και ο τύπος κλιματισμού που θα χρησιμοποιηθεί σε τέτοια περίπτωση θα είναι η μονάδα διαιρεμένου τύπου, με πηγή θερμότητας, Χαμηλής Θερμοκρασίας Ζεστού Νερού (ΧΘΖΝ) λέβητας και με εποχιακές αποδόσεις, SCOP 0.9 και SEER 3.2.

Καθορίστηκε έτσι ο πιο κάτω πίνακας:

Πίνακας 9: Σύστημα κλιματισμού υφιστάμενης κατάστασης

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Τύπος κλιματισμού για ζώνες που υπάρχει κλιματιστικό	Τύπος κλιματισμού για ζώνες που δεν υπάρχει κλιματιστικό
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=2.6, SCOP=1.9)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=2.6, SCOP=1.9)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=2.6, SCOP=1.9)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=2.6, SCOP=1.9)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.6, SCOP=2.5)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.6, SCOP=2.5)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.6, SCOP=2.5)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.6, SCOP=2.5)	Μονάδα διαιρεμένου τύπου (SEER=3.2, SCOP=0.9)

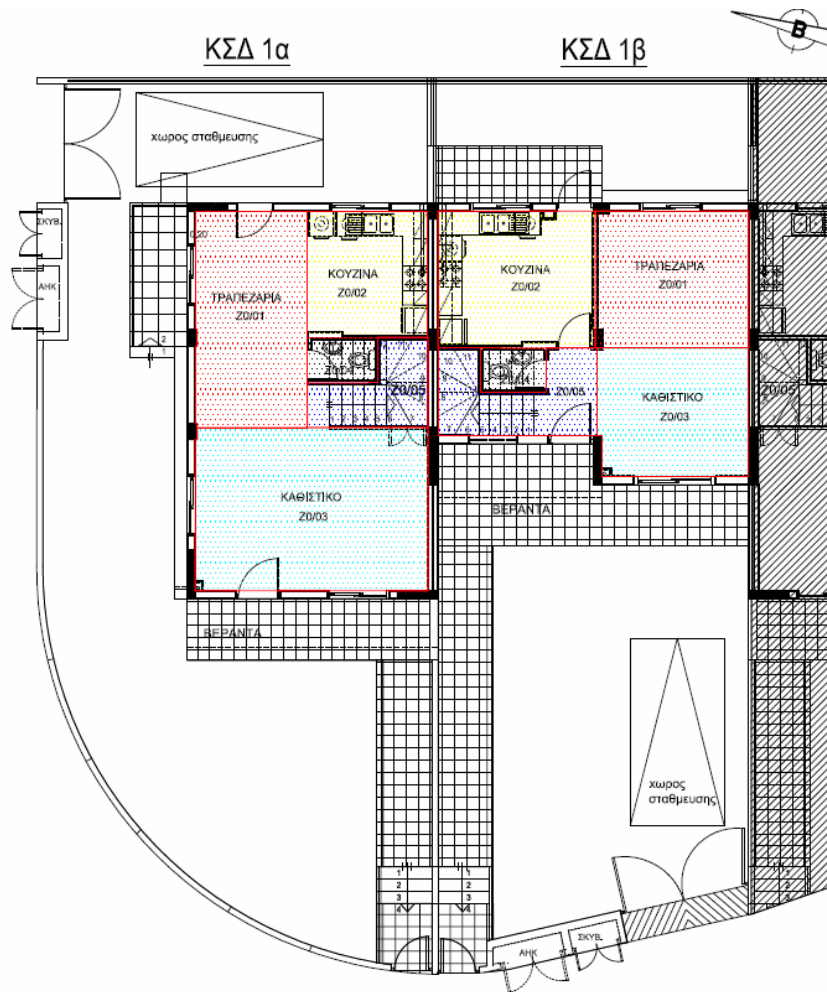
3) Τιμές μερικού παράγοντα διόρθωσης σκίασης.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές του μερικού παράγοντα διόρθωσης σκίασης για όλα τα κουφώματα που επηρεάζονταν από πρόβολο ή πτερύγια.

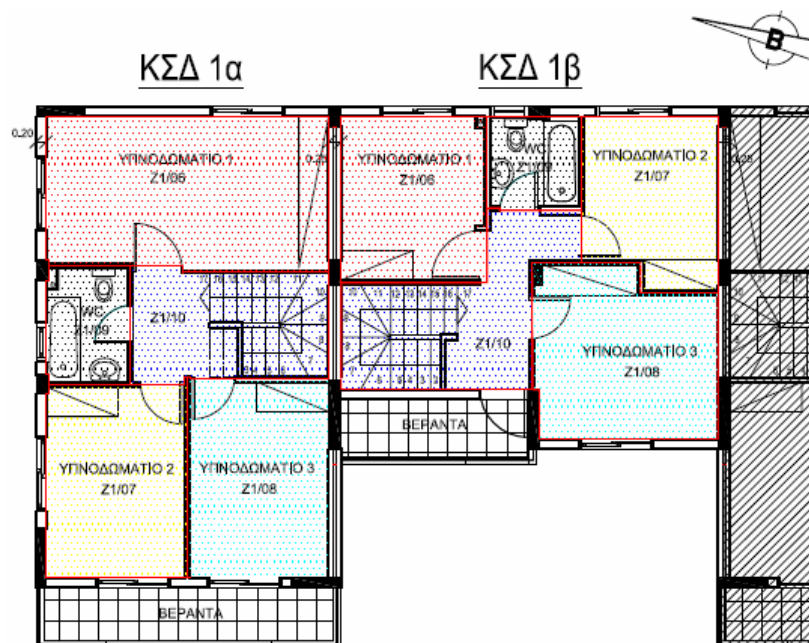
Πίνακας 10: Τιμές μερικού παράγοντα διορθώσεων σκίασης

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία κατοικίας	Κωδική ονομασία	Είδος κουφώματος	Ζώνη που αντιστοιχεί	Προσανατολισμός	Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης
1981-2006	Πάνω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	Μπαλκόνι	Z0/03	Δυτικός	0.77
		ΚΣΔ 2α	Μπαλκόνι	Z0/03	Ανατολικός	0.77
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	Μπαλκόνι	Z0/01	Δυτικός	0.77
			Μπαλκόνι	Z0/03	Ανατολικός	0.69
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	Μπαλκόνι	Z0/01	Δυτικός	0.58
			Θύρα	Z0/01	Νότιος	0.42
			Μπαλκόνι	Z0/03	Ανατολικός	0.77
		ΚΣΔ 3β	Μπαλκόνι	Z0/01	Δυτικός	0.46
			Θύρα	Z0/02	Νότιος	0.42
			Μπαλκόνι	Z0/03	Ανατολικός	0.77
			Παράθυρο	Z0/05	Ανατολικός	0.87
	Παράθυρο		Z1/09	Ανατολικός	0.91	
	Πύργος Λεμεσού	ΚΣΔ 4α	Μπαλκόνι	Z0/01	Νότιος	0.57
			Παράθυρο	Z0/02	Νότιος	0.86
			Παράθυρο	Z0/03	Βόριος	0.78
			Παράθυρο	Z1/06	Βόριος	0.78
			Παράθυρο	Z1/07	Νότιος	0.91
			Παράθυρο	Z1/08	Νότιος	0.91
		ΚΣΔ 4β	Μπαλκόνι	Z0/01	Νότιος	0.57
			Παράθυρο	Z0/02	Νότιος	0.86
			Παράθυρο	Z0/03	Βόριος	0.78
			Παράθυρο	Z1/06	Βόριος	0.78
Παράθυρο			Z1/07	Νότιος	0.91	
Παράθυρο	Z1/08	Νότιος	0.91			

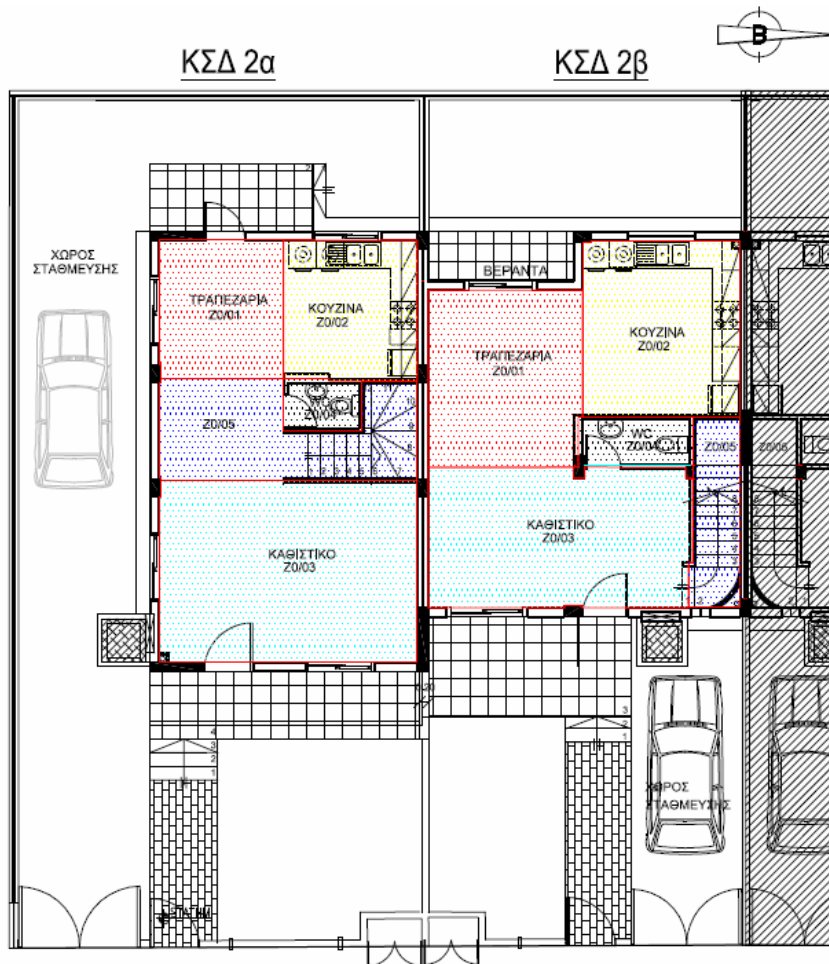
4) Καθορισμός ζωνών για όλες τις κατοικίες.



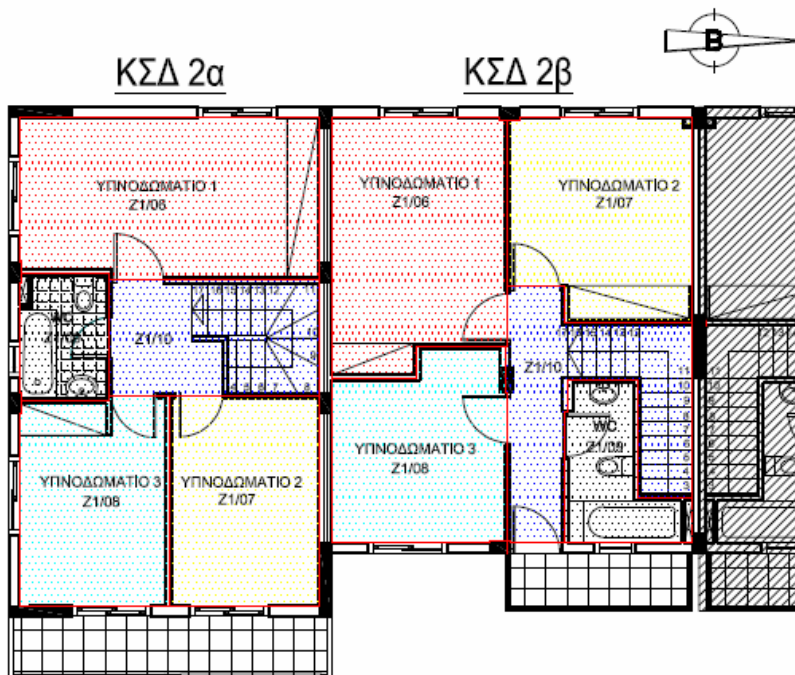
Εικόνα 23: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β



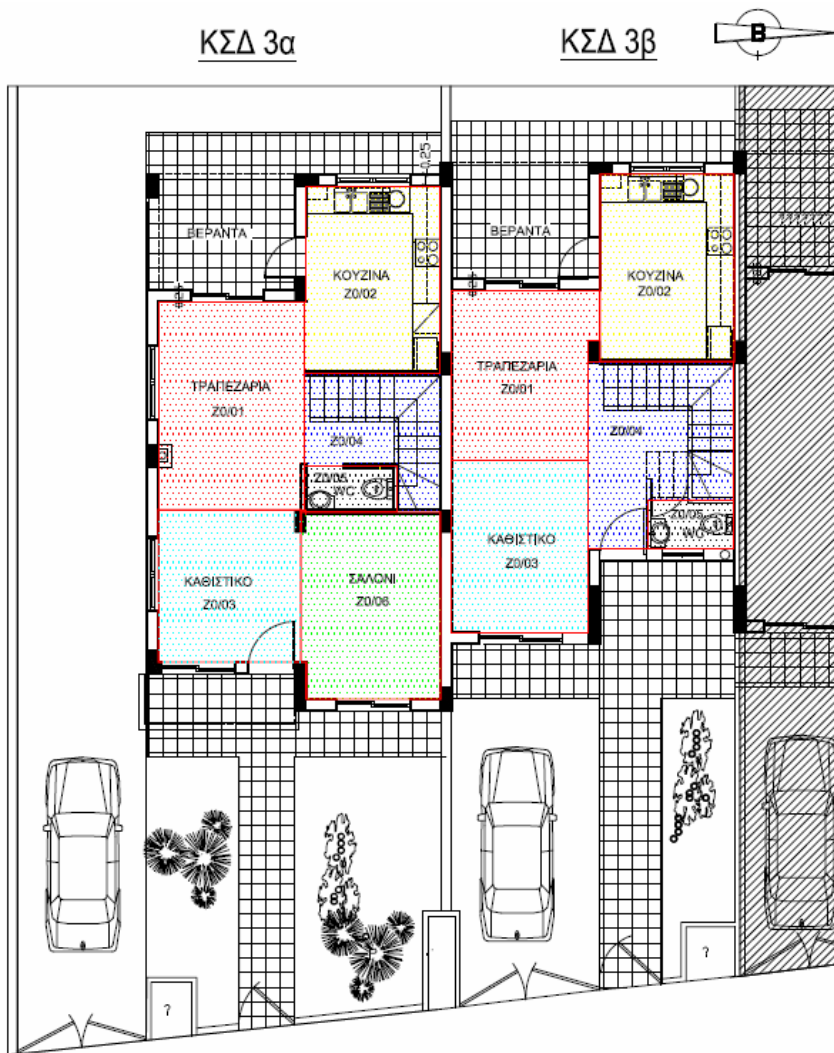
Εικόνα 24: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β



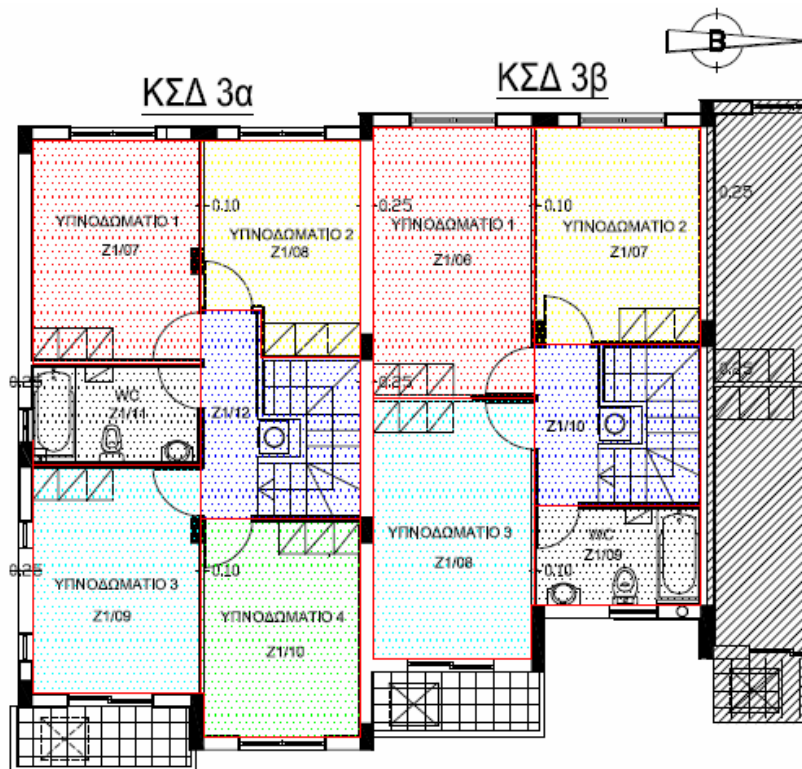
Εικόνα 25: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β



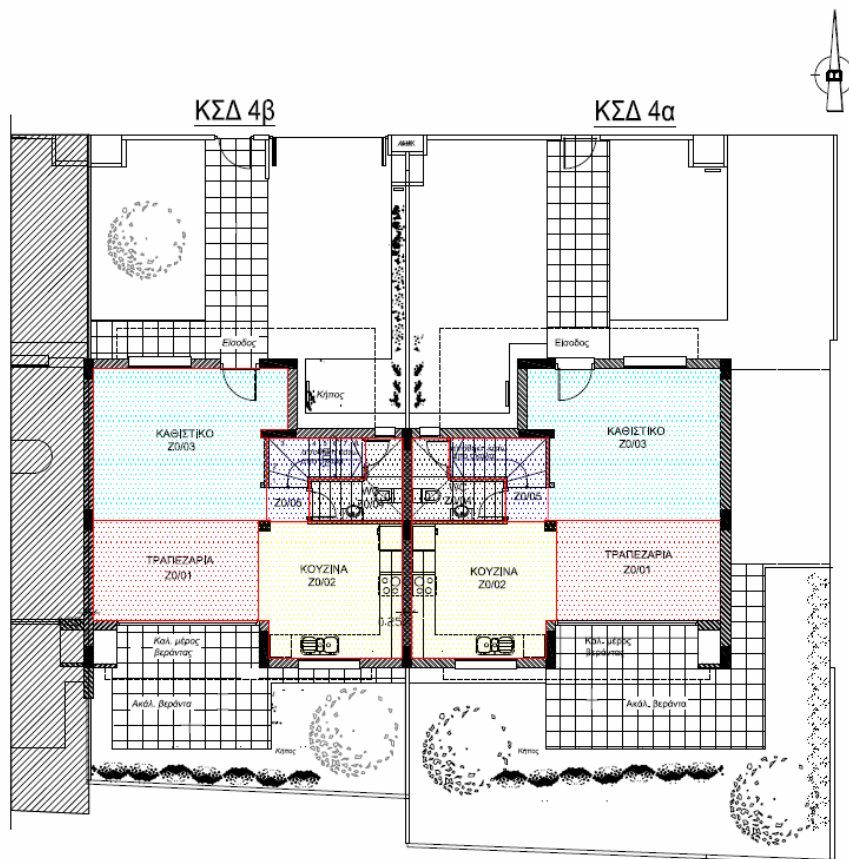
Εικόνα 26: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β



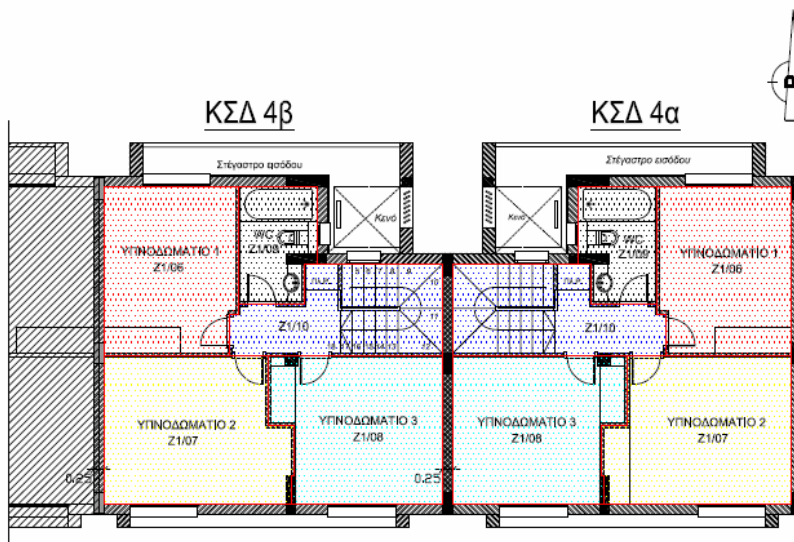
Εικόνα 27: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β



Εικόνα 28: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β



Εικόνα 29: Ζώνες ισογείου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β



Εικόνα 30: Ζώνες ορόφου Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 4α και ΚΣΔ 4β

5) Επί τόπου διερεύνηση υφιστάμενης κατάστασης κατοικιών ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β.

Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β και για τις οποίες είχαμε πραγματικές ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας διενεργήθηκε επί τόπου επίσκεψη όπου και καταγράφηκε η υφιστάμενη κατάσταση.

Όσον αφορά το κέλυφος και την αρχιτεκτονική δομή των δύο (2) κατοικιών δεν βρέθηκαν διαφορές σε σχέση με τα αρχιτεκτονικά σχέδια που μελετήσαμε. Για το σύστημα κλιματισμού των δύο (2) κατοικιών βρέθηκε ότι χρησιμοποιείται μία (1) κλιματιστική μονάδα διαιρεμένου τύπου μόνο στο κυρίως υπνοδωμάτιο της κατοικίας ΚΣΔ 3α.



Εικόνα 31: Πρόσωση κατοικιών ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β

6) Υπολογισμός εμβαδών δομικών στοιχείων κατοικιών.

Πίνακας 11: Εμβαδά ισόγειου, ορόφου και δομικών στοιχείων κατοικιών

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Εμβαδά (μ2)				
			Ισόγειο	Όροφος	Τοιχοποιία (εξωτερική)	Οροφές	Κουφώματα
1981-2006	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	58.39	58.45	145	58.45	18.5
	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	50.23	50.25	89.66	50.25	15.34
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	58.47	58.44	129.76	58.44	24.85
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	56.83	60.45	74.68	60.45	17.77
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	64.55	72.55	135.16	72.55	28.92
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	53.67	63.32	65.07	63.32	20.15
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	57.86	61.98	137.1	61.98	27.24
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	57.86	61.98	88.55	61.98	27.24

4.1.1 Αποτελέσματα ενεργειακής κατάταξης υφιστάμενης κατάστασης κατοικιών

Μετά τον υπολογισμό των πιο πάνω παραμέτρων πραγματοποιήθηκε προσομοίωση των οκτώ (8) κατοικιών στο λογισμικό iSBEMcy και προέκυψαν τα πιο κάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 12: Ενεργειακή κατανάλωση για την υφιστάμενη κατάσταση

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ² /yr)	Κατηγορία
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	531	Ε
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	488	Ε
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	450	Ε
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	449	Ε
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	276	Γ
	Ασώματος Λεμεσός (Πραγματική κατάσταση)	ΚΣΔ 3α*	287	Γ
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	236	Γ
	Ασώματος Λεμεσός (Πραγματική κατάσταση)	ΚΣΔ 3β*	248	Γ
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	224	Γ
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	200	Γ

Πίνακας 13: Ενεργειακή κατανάλωση για την υφιστάμενη κατάσταση και εκπομπές CO₂

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας (kWh/m ² /yr)	Κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ (kWh/m ² /yr)	Εκπομπές CO ₂ (KgCO ₂ /m ² /yr)
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	523	8	153.07
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	480	8	140.78
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	442	8	129.45
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	442	7	128.73
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	269	7	78.43
	Ασώματος Λεμεσός (Πραγματική κατάσταση)	ΚΣΔ 3α*	280	7	81.38
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	229	7	66.37
	Ασώματος Λεμεσός (Πραγματική κατάσταση)	ΚΣΔ 3β*	241	7	69.64
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	216	8	62.65
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	192	8	55.46

Από τους πιο πάνω πίνακες μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

α) Οι κατοικίες που κατασκευάστηκαν τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 έχουν χαμηλότερη ενεργειακή κατάταξη και ως εκ τούτου υψηλή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και αυξημένες εκπομπές CO₂. Και οι τέσσερις (4) κατοικίες είναι ενεργειακής κατανάλωσης Ε και οι εκπομπές CO₂ κυμαίνονται από 128.73-153.07 KgCO₂/m²/yr

Για τις κατοικίες που κατασκευάστηκαν την περίοδο 2007-2013 όπως ήταν αναμενόμενο έχουν ψηλότερη ενεργειακή κατάταξη και λιγότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ενώ οι εκπομπές τους σε CO₂ είναι αισθητά πιο χαμηλές σε σχέση με τις κατοικίες της προηγούμενης περιόδου. Και οι (4) κατοικίες είναι ενεργειακής κατανάλωσης Γ, με εκπομπές CO₂ να κυμαίνονται από 55.46-78.43 KgCO₂/m²/yr. Είναι δηλαδή περίπου κατά 50 % χαμηλότερες από τις εκπομπές στις κατοικίες που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006.

β) Όσον αφορά τις κατοικίες που ανήκουν στο ίδιο σύμπλεγμα κατοικιών, έχει διαπιστωθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι ακραίες κατοικίες έχουν σε μικρά ποσοστά ψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με τις ενδιάμεσες κατοικίες. Ο λόγος είναι η καλύτερη μόνωση που παρέχεται στις ενδιάμεσες κατοικίες, αφού στις δύο (2) πλαϊνές τους όψεις παρεμβάλλεται η κοινή τοιχοποιία σε αντίθεση με τις ακραίες κατοικίες όπου η κοινός τοίχος είναι ένας (1).

Εξαιρέση αποτελούν οι κατοικίες ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β όπου οι καταναλώσεις τους είναι σχεδόν οι ίδιες. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον Νότιο προσανατολισμό που έχει η ακραία κατοικία στην πλαϊνή της όψη και την ηλιακή ενέργεια που δέχεται από τα κουφώματα της όψης αυτής. Αυτό φαίνεται και από τις ανάγκες σε ενέργεια για θέρμανση της μεσαίας κατοικίας που είναι διπλάσιες από τις ανάγκες της ακραίας κατοικίας. Επιπλέον μπορεί ενδεχομένως το λογισμικό να χρησιμοποιεί παραμέτρους και να κάνει θεωρήσεις που να μην αποτυπώνουν την πραγματική κατάσταση στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Επιπλέον όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση παρατηρούμε ότι στο σύμπλεγμα κατοικιών ΚΣΔ 1α-ΚΣΔ 1β η ακραία κατοικία ΚΣΔ 1α έχει υψηλότερη κατανάλωση από την μεσαία κατοικία ΚΣΔ 1β καθότι η ακραία κατοικία έχει την πλαϊνή της όψη Βόρεια ενώ το αντίθετο συμβαίνει στο σύμπλεγμα κατοικιών ΚΣΔ 2α-

ΚΣΔ 2β και ΚΣΔ 3α-ΚΣΔ 3β όπου οι πλαϊνές όψεις των ακραίων κατοικιών έχουν Νότιο προσανατολισμό.

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη οι ενδιάμεσες κατοικίες φαίνεται να έχουν καλύτερη ενεργειακή κατανάλωση.

γ) Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β όπου πραγματοποιήθηκε ανάλυση και με τις πραγματικές παραμέτρους που καταγράφηκαν επί τόπου είναι εμφανής μια μικρή αύξηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ενώ και για τις δύο (2) κατοικίες θεωρήθηκε ότι είχαν από τέσσερα (4) κλιματιστικά βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης όταν πραγματοποιήθηκε η ανάλυση για τις πραγματικές συνθήκες η ΚΣΔ 3 α είχε μόνο ένα (1) κλιματιστικό ενώ η ΚΣΔ 3 β δεν είχε κανένα. Έτσι και στις δύο (2) αυτές περιπτώσεις θεωρήθηκαν κλιματιστικές μονάδες με χειρότερους συντελεστές ενεργειακής απόδοσης (όπως προνοεί η νομοθεσία για τις ζώνες όπου δεν υπάρχει κάποιο σύστημα θέρμανσης ή ψύξης) σε όλες σχεδόν τις ζώνες με αποτέλεσμα να έχουμε χειρότερη ενεργειακή κατηγοριοποίηση.

Από τα πιο πάνω φαίνεται επίσης ότι υπάρχει μικρή διαφορά στα αποτελέσματα του λογισμικού όταν χρησιμοποιούνται οι παραδοχές που προνοεί η νομοθεσία σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν πολλές φορές στα κτήρια που μελετούμε.

δ) Σε συνέχεια των πιο πάνω για τις κατοικίες ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β συλλέξαμε στοιχεία που αφορούσαν τις πραγματικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας των κατοικιών. Βρέθηκε έτσι ότι η ΚΣΔ 3α είχε ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 15 kWh/m²/yr και η ΚΣΔ 3β 37 kWh/m²/yr. Οι αντίστοιχες καταναλώσεις βάσει του σεναρίου που θεωρήσαμε είναι 107 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3α και 94 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3β. Τέλος τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν αν η ανάλυση γινόταν βάσει των πραγματικών συνθηκών χωρίς τις παραδοχές της νομοθεσίας (χωρίς δηλαδή κλιματιστικά στις ζώνες που δεν είχαν) ήταν 37 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3α και 25 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3β.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι τα ενεργειακά σενάρια πάνω στα οποία εργαζόμαστε και όπως ορίζονται από την νομοθεσία ξεπερνούν κατά πολύ σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας την πραγματική κατάσταση των κατοικιών.

4.2 Εφαρμογή Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω εφαρμόστηκε ένα Τυπικό σενάριο αναβάθμισης που αφορούσε τις τέσσερις (4) κατοικίες (ΚΣΔ 1 α, ΚΣΔ 1 β, ΚΣΔ 2 α, ΚΣΔ 2 β) που ανήκαν στην χρονολογική περίοδο 1981-2007. Στόχος του ήταν η αναβάθμιση των κατοικιών αυτών ώστε να συνάδουν με τα πρότυπα του περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης) Διάταγμα Κ.Δ.Π 432 του 2013.

Να σημειωθεί ότι η αντικατάσταση των κλιματιστικών μονάδων με νέα κατηγορίας A+ εφαρμόστηκε μόνο στις ζώνες που θεωρήσαμε ότι υπήρχαν κλιματιστικά δηλαδή στο σαλόνι και στα υπνοδωμάτια.

Στους πιο κάτω πίνακες περιγράφονται τα μέτρα αναβάθμισης που λήφθηκαν υπόψη:

Πίνακας 14: Περιγραφή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης Τυπικού σεναρίου

Μέτρα αναβάθμισης Τυπικού σεναρίου	Ανάλυση επεμβάσεων
Τοποθέτηση μόνωσης σε κέλυφος	Εξηλασμένη πολυστερίνη 4 εκ.
Αντικατάσταση κουφωμάτων	Τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων (U-value=3,23 W/m ² K, T ηλιακό=0.76 L ηλιακό = 0.8)
Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού	Τοποθέτηση λαμπτήρων φθορισμού τύπου T8 ή T5
Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού	Κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου, κατηγορίας A+ (SEER=5.8, SCOP=4)

Πίνακας 15: Τιμές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Δομικό Στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας W/(m ² K)
Εξωτερικός τοίχος 20cm	0.487
Εξωτερικό Υποστύλωμα 25cm	0.605
Εξωτερικό Υποστύλωμα 20cm	0.612
Εξωτερική Δοκός 25cm	0.605
Οροφή ορόφου	0.594
Διπλός Υαλοπίνακας	3.23

4.2.1 Αποτελέσματα Ενεργειακής Απόδοσης μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου αναβάθμισης

Με την εφαρμογή του τυπικού σεναρίου αναβάθμισης προέκυψαν οι πιο κάτω ενεργειακές καταναλώσεις για τις τέσσερις (4) κατοικίες που εφαρμόστηκε:

Πίνακας 16: Ενεργειακή κατανάλωση μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ² /yr)	Κατηγορία
1981-2006	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	217	B
	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	259	Γ
	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός (επιπλέον μέτρα*)	ΚΣΔ 1β	226	B
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	175	B
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	180	B

* τοποθέτηση 7 εκ εξηλασμένης πολυστερίνης στο κέλυφος, τοποθέτηση πέντε (5) κλιματιστικών κατηγορίας A+++ σε σαλόνι, κουζίνα και υπνοδωμάτια

Πίνακας 17: Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO₂ μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας (kWh/m ² /yr)	Κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ (kWh/m ² /yr)	Εκπομπές CO ₂ (KgCO ₂ /m ² /yr)
1981-2006	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	209	8	61.09
	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	251	8	73.46
	Κάτω Πολεμίδα Λεμεσός (επιπλέον μέτρα)	ΚΣΔ 1β	218	8	63.85
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	167	8	48.54
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	173	7	49.96

Παρατηρούμε ότι μετά την εφαρμογή του τυπικού σεναρίου αναβάθμισης οι τρεις (3) κατοικίες ΚΣΔ 1α, ΚΣΔ 2α και ΚΣΔ 2β μεταπήδησαν στην κατηγορία Β ενώ η κατοικία ΚΣΔ 1β στην κατηγορία Γ.

Για την τελευταία για να μπορεί να εναρμονιστεί με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Δ.Π 432/2013 εφαρμόστηκαν επιπρόσθετα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης. Τα μέτρα αυτά περιλάμβαναν την τοποθέτηση 7 εκ εξηλασμένης πολυστερίνης στο κέλυφος και την αντικατάσταση των κλιματιστικών στις ζώνες όπου θεωρήσαμε ότι υπήρχαν με κλιματιστικά κατηγορίας A+++ . Επιπρόσθετα τοποθετήθηκε ακόμα ένα (1) κλιματιστικό κατηγορίας A+++ στην κουζίνα της συγκεκριμένης κατοικίας. Μετά

τις επιπρόσθετες αυτές προσθήκες η κατοικία ΚΣΔ 1β ανέβηκε και αυτή στην κατηγορία Β.

Οι καταναλώσεις σε πρωτογενή ενέργεια και για τις τέσσερις κατοικίες κυμαίνονται από 175-226 kWh/m²/yr ενώ οι εκπομπές CO₂ από 48.54-63.85 KgCO₂/m²/yr. Παρατηρείται δηλαδή μια σημαντική μείωση των τιμών σε σχέση με την αρχική τους κατάσταση.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου η ενεργειακή κατανάλωση των μεσαίων κατοικιών ΚΣΔ 1β και ΚΣΔ 2β δείχνει να είναι υψηλότερη από την κατανάλωση σε ενέργεια των ακραίων κατοικιών ενώ λογικά αναμενόταν το αντίθετο. Μια εξήγηση για αυτό είναι το γεγονός ότι οι μεσαίες κατοικίες έχουν δύο (2) όψεις με κοινή τοιχοποιία (σε αντίθεση με τις ακραίες που έχουν μία) και η οποία έχει ψηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας από τις εξωτερικές όψεις οι οποίες πλέον έχουν θερμομονωθεί. Φυσικά η κοινή τοιχοποιία θεωρήθηκε στο λογισμικό ότι συνδέεται με μη κλιματιζόμενο παρακείμενο χώρο, που θεωρητικά είναι καλύτερη κατάσταση από το αν συνόρευε με εξωτερικό χώρο, αλλά οι θεωρήσεις και οι υπολογισμοί που κάνει το πρόγραμμα δείχνουν το αντίθετο.

Επίσης σύμφωνα και με στοιχεία που συλλέξαμε από λειτουργό της Υπηρεσίας Ενέργειας η μη κλιματιζόμενη παρακείμενη ζώνη θεωρείται από το πρόγραμμα σαν ένας χώρος που για μεγάλο χρονικό διάστημα (μήνες) έχει παραμείνει χωρίς χρήση κάτι που στην πραγματικότητα δεν ισχύει αφού όλες οι κατοικίες κατοικούνται.

4.3 Εφαρμογή Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Το Φιλόδοξο σενάριο αναβάθμισης εφαρμόστηκε τόσο στις κατοικίες που ανήκαν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 τόσο και στις κατοικίες που ανήκαν στην χρονολογική περίοδο μετά το 2007. Στόχος του Φιλόδοξου σεναρίου ήταν η μετατροπή και των οκτώ (8) κατοικιών σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης. Ένα κτίριο στην Κύπρο θεωρείται ΚΣΜΕΚ αν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Διατάγματος Κ.Δ.Π 366_2014 (Πίνακας 5).

Στους πιο κάτω πίνακες περιγράφονται τα μέτρα αναβάθμισης που λήφθηκαν υπόψη:

Πίνακας 18: Περιγραφή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης Φιλόδοξου σεναρίου

Μέτρα Αναβάθμισης Φιλόδοξου σεναρίου	Περιγραφή
Τοποθέτηση μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου	Εξηλασμένη πολυστερίνη 4cm στις μονοκατοικίες που ανήκαν στη χρονολογική περίοδο μετά το 2007 και 7 cm στις μονοκατοικίες που ανήκαν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006
Αντικατάσταση κουφωμάτων	Τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων (U-value=2.2 W/m ² K, T ηλιακό=0.76 L ηλιακό = 0.8)
Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού	Τοποθέτηση λαμπτήρων φθορισμού τύπου T8 ή T5
Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού	Κλιματιστικές μονάδες διαιρεμένου τύπου, κατηγορίας A+++ σε όλους του χώρους της κατοικίας (SEER=8.5, SCOP=4.7)
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος	Τοποθέτηση τριών φωτοβολταϊκών πλαισίων από Πολυκρυσταλικό πυρίτιο συνολικού εμβαδού 4.8 m ²
Τοποθέτηση σκίαστρων στα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες των κατοικιών	Μετακινούμενα σκίαστρα κατασκευασμένα από πλαίσιο αλουμινίου και πανί μήκους 1 m σε όλα τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες που βρίσκονται στην Νότια όψη της κατοικίας και 1.3 m στις μπαλκονόπορτες που βρίσκονται στην Ανατολική και Δυτική όψη της κατοικίας.

Πίνακας 19: Οι τιμές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Δομικό Στοιχείο	Τιμές θερμοπερατότητας W/(m ² K)
Εξωτερικός τοίχος 25cm	0.315
Εξωτερικός τοίχος 20cm	0.328
Εξωτερικό Υποστύλωμα 25cm	0.377
Εξωτερικό Υποστύλωμα 20cm	0.380
Εξωτερική Δοκός 25cm	0.377
Εξωτερική Δοκός 20cm	0.380
Οροφή ορόφου	0.370
Διπλός Υαλοπίνακας	2.2

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 18 όλες οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας για το κέλυφος κτιρίου είναι κάτω από 0.4 W/(m² K) όπως προνοεί και η σχετική νομοθεσία. Το ίδιο ισχύει και για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα κουφώματα του κτιρίου που είναι κάτω από 2.25 W/(m² K).

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι νέες τιμές του μερικού παράγοντα διόρθωσης σκίασης μετά την τοποθέτηση των κινητών στεγάστρων. Και σε αυτή την περίπτωση οι τιμές είναι κάτω από 0.63 όπως προνοεί και η σχετική νομοθεσία.

Πίνακας 20: Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Προσανατολισμός	Είδος κουφώματος	Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης
Νότιος	Παράθυρο	0.45
	Μπαλκονόπορτα	0.62
Δυτικός & Ανατολικός	Παράθυρο	0.53
	Μπαλκονόπορτα	0.62

4.3.1 Αποτελέσματα Ενεργειακής Απόδοσης μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου αναβάθμισης

Πίνακας 21: Ενεργειακή κατανάλωση μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ² /yr)	Κατηγορία
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	100	A
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	97	A
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	86	A
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	89	A
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	95	A
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	88	A
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	97	A
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	91	A

Πίνακας 22: Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας (kWh/m²/yr)	Κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ (kWh/m²/yr)	Ποσοστό συνεισφοράς ΑΠΕ
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	68	32	32%
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	60	37	38.1 %
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	54	32	37.2%
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	59	30	33.3%
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	67	28	29.5%
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	56	32	36.4%
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	65	32	33%
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	59	32	35.2%

Πίνακας 23: Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη και εκπομπές CO₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου

Έτος κατασκευής	Τοποθεσία	Κωδικός	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση (kWh/m ² /yr)	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη (kWh/m ² /yr)	Εκπομπές CO ₂ (KgCO ₂ /m ² /yr)
1981-2006	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1α	3.19	11.68	20.03
	Κάτω Πολεμίδια Λεμεσός	ΚΣΔ 1β	3.62	6.96	17.58
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2α	4.34	5.02	15.84
	Κίτι Λάρνακα	ΚΣΔ 2β	4.88	4.73	17.29
2007-2013	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3α	4.28	8.03	19.72
	Ασώματος Λεμεσός	ΚΣΔ 3β	4.66	4.71	16.41
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4α	3.27	8.75	19.15
	Πύργος Λεμεσός	ΚΣΔ 4β	4.06	5.52	17.22

Μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου προκύπτουν τα πιο κάτω συμπεράσματα:

α) Από τον Πίνακα 20 φαίνεται ότι μετά την εφαρμογή των μέτρων που προνοούσε το Φιλόδοξο σενάριο όλες κατοικίες ανέβηκαν στην ενεργειακή κατηγορία Α ενώ η κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια κυμαίνεται από 86-100 kWh/m²/yr που είναι μέσα στα όρια που προνοεί η νομοθεσία για ΚΣΜΚΕ.

β) Από τον Πίνακα 21 η κατανάλωση ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας παρουσιάζει διακύμανση μεταξύ των τιμών 54-68 kWh/m²/yr και η κατανάλωση

ενέργειας από ΑΠΕ από 28-37 kWh/m²/yr που αντιστοιχεί σε ποσοστό 29.2-37.4 % αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι και πάλι πληρούνται τα όρια της νομοθεσίας για ΚΣΜΚΕ αφού όλες οι τιμές υπερβαίνουν το 25 %.

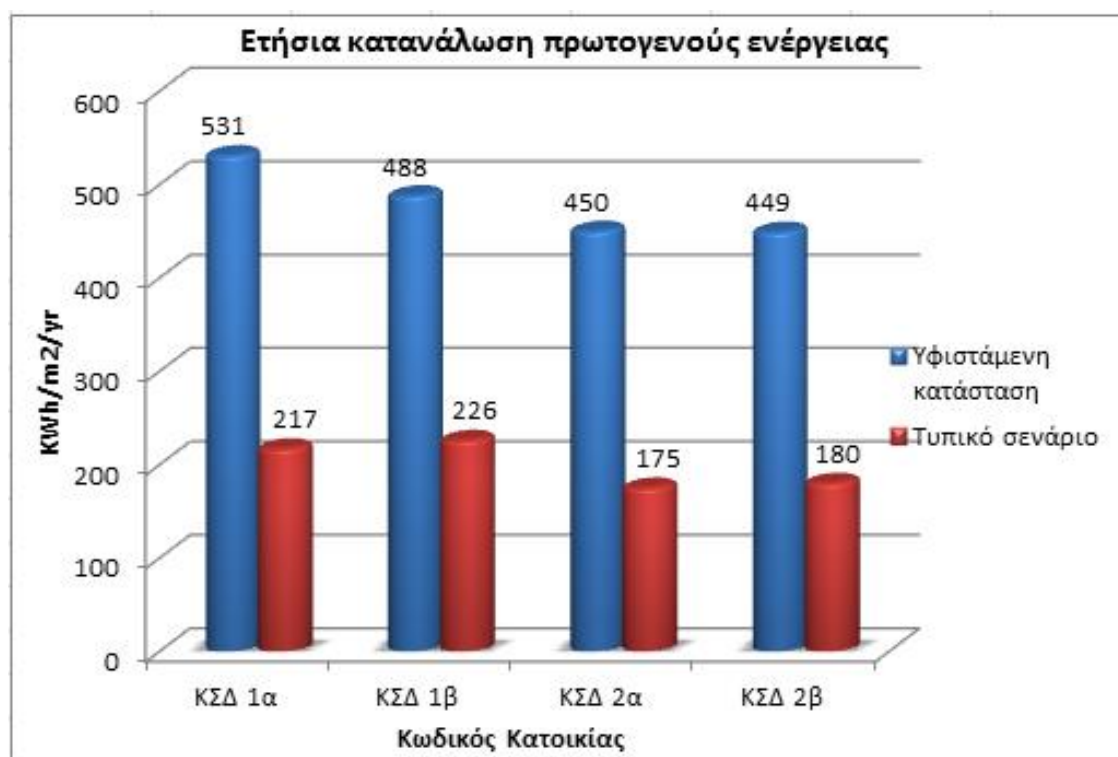
γ) Επιπλέον στον Πίνακα 23 παρατηρούμε ότι οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη είναι στην πλειοψηφία των τιμών μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για θέρμανση και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι αισθητά μειωμένες. Επιπλέον και σε αυτό τον πίνακα πληρούνται τα όρια της νομοθεσίας για ΚΣΜΚΕ αφού όλες οι τιμές που αφορούν κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση είναι μικρότερες από 15 kWh/m²/yr για όλες τις κατοικίες.

δ) Τέλος παρατηρούμε ότι μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου Σεναρίου η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση είναι μεγαλύτερη στις ενδιάμεσες κατοικίες σε σχέση με τις ακραίες (για παράδειγμα οι κατοικίες ΚΣΔ 1α και ΚΣΔ 1β) ενώ το αντίθετο ισχύει για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη.

5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

5.1 Σύγκριση Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης με την Υφιστάμενη κατάσταση

Στο Γράφημα 1 συγκρίνουμε την Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν από το 2007 σε σχέση με το Τυπικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Παρατηρούμε ότι ενώ η αρχική συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 449 μέχρι 531 KWh/m²/yr μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου η κατανάλωση μειώθηκε αισθητά με τις τιμές να διακυμαίνονται από 180 μέχρι 226 KWh/m²/yr. Παρατηρούμε δηλαδή ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 262 μέχρι 314 kWh/m²/yr με την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 1 α η οποία βρίσκεται στα Πάνω Πολεμίδια και η λιγότερη στην ΚΣΔ 1 β.



Γράφημα 1: Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Επιπρόσθετα παρατηρούμε ότι ενώ στην Υφιστάμενη κατάσταση οι ενδιάμεσες κατοικίες ΚΣΔ 1β και ΚΣΔ 2β είχαν ελαφρώς καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά από τις ακραίες κατοικίες ΚΣΔ 1 α και ΚΣΔ 2 α μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου η κατάσταση αντιστράφηκε.

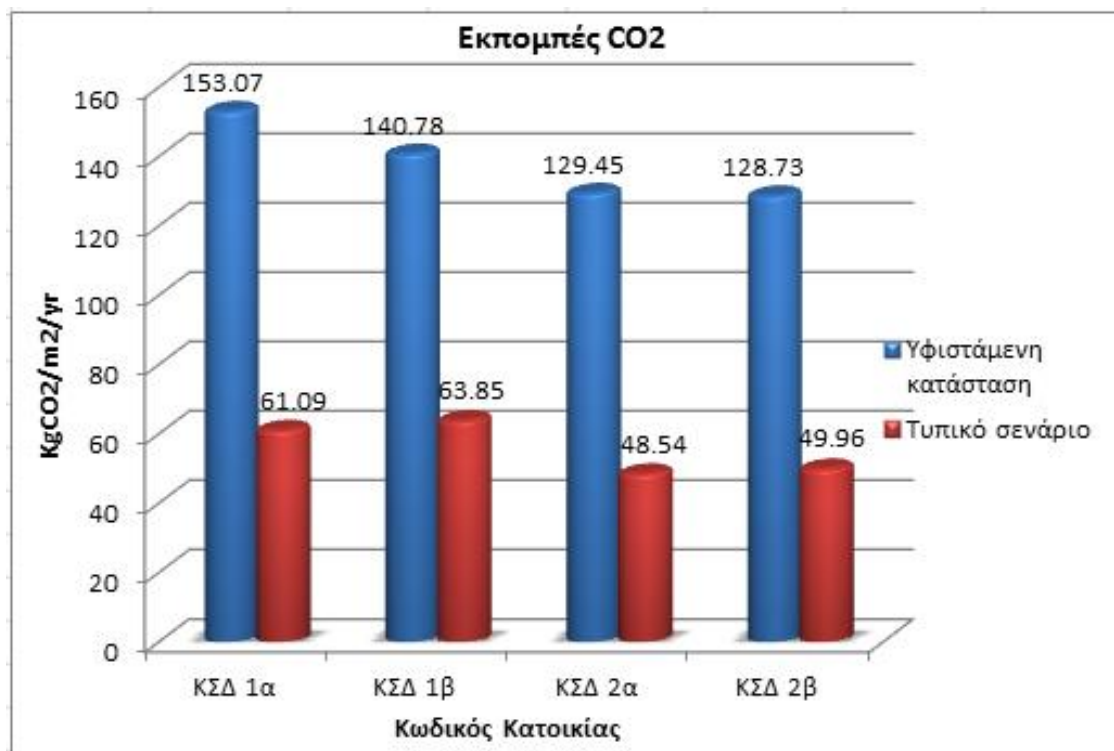
Στη συνέχεια συγκρίναμε τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης με αντίστοιχες Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου που εξετάστηκαν σε άλλη μεταπτυχιακή διατριβή (Πιλοτική μελέτη ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής αναβάθμισης Μονοκατοικιών στην Κύπρο-Λεμεσός 2015). Η Μεταπτυχιακή διατριβή που ασχολήθηκε με τις Μονοκατοικίες εξέτασε τρεις (3) Μονοκατοικίες από την χρονολογική περίοδο 1981-2006 και τρεις (3) κατοικίες από την περίοδο 2007-2013 και ακολούθησε το ίδιο μοτίβο ανάλυσης με την παρούσα διατριβή.

Έτσι οι αρχικές τιμές για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνονταν από 452 μέχρι 545 kWh/m²/yr ενώ μετά την εφαρμογή των μέτρων του Τυπικού σεναρίου οι μειωμένες τιμές διαμορφώθηκαν από 183 σε 216 kWh/m²/yr. Η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 269 μέχρι 344 kWh/m²/yr

Βλέπουμε έτσι μια ελαφρώς καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά στις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης σε σχέση με τις Μονοκατοικίες στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Υφιστάμενη κατάσταση, ενώ μετά την εφαρμογή του Τυπικού Σεναρίου οι Μονοκατοικίες φαίνεται να είναι λίγο καλύτερες.

Στο Γράφημα 2 παρατηρούμε τις εκπομπές CO₂ κατά την Υφιστάμενη κατάσταση και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου. Είναι φανερό η αισθητή μείωση στις εκπομπές CO₂ οι οποίες διακυμαίνονται από 76.93 μέχρι 91.98 KgCO₂/m²/yr.

Και πάλι συγκρίνοντας τις τιμές με Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου οι μειώσεις που καταγράφηκαν στις εκπομπές CO₂ κυμαίνονται από 78.62 μέχρι 100.75 KgCO₂/m²/yr. Παρατηρούμε και πάλι μια αυξημένη αποδοτικότητα στις Μονοκατοικίες κατά την ενεργειακή αναβάθμιση.



Γράφημα 2: Εκπομπές CO₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Στο Γράφημα 3 όπου βλέπουμε την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση.



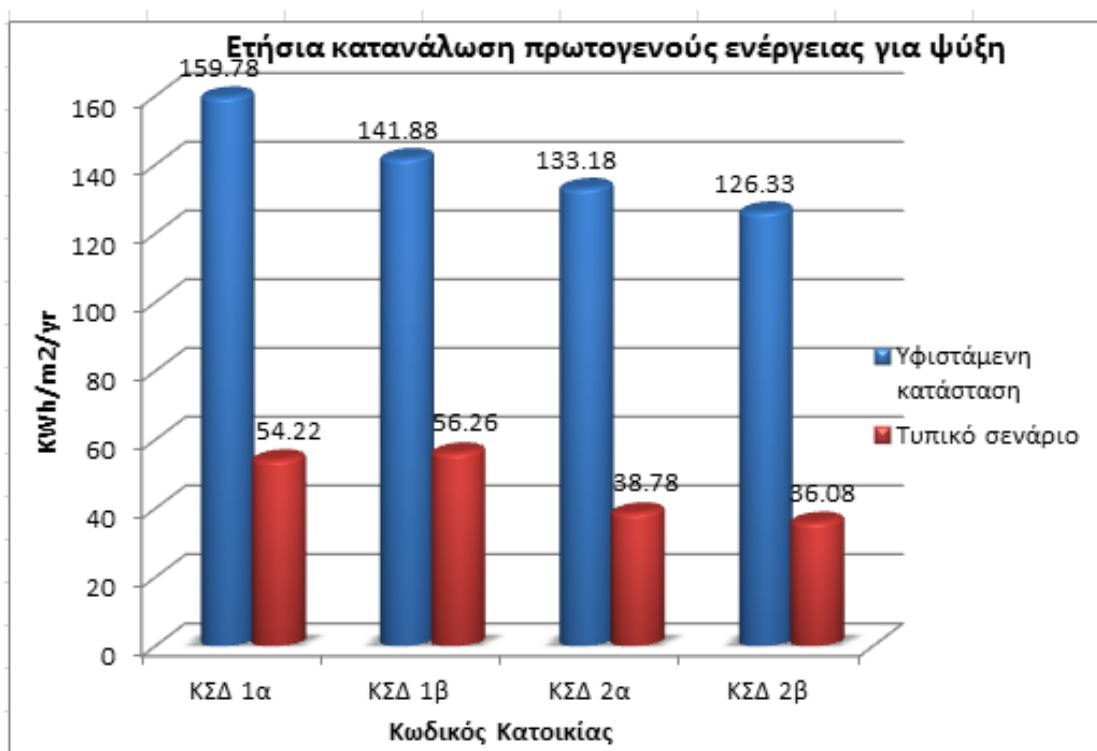
Γράφημα 3: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Παρατηρούμε ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 5.49 μέχρι 10.2 kWh/m²/yr με την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 1 α και την λιγότερη στη ΚΣΔ 2 α.

Η αντίστοιχη μείωση για τις Μονοκατοικίες κυμαίνεται από 9.51 μέχρι 18.73 kWh/m²/yr.

Στο Γράφημα 4 φαίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη. Οι μειώσεις κυμαίνονται από 85.62 μέχρι 105.14 kWh/m²/yr με τη μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 1 α και την λιγότερη στη ΚΣΔ 1 β.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη ανέρχεται στις 115.24 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 82.63 kWh/m²/yr.

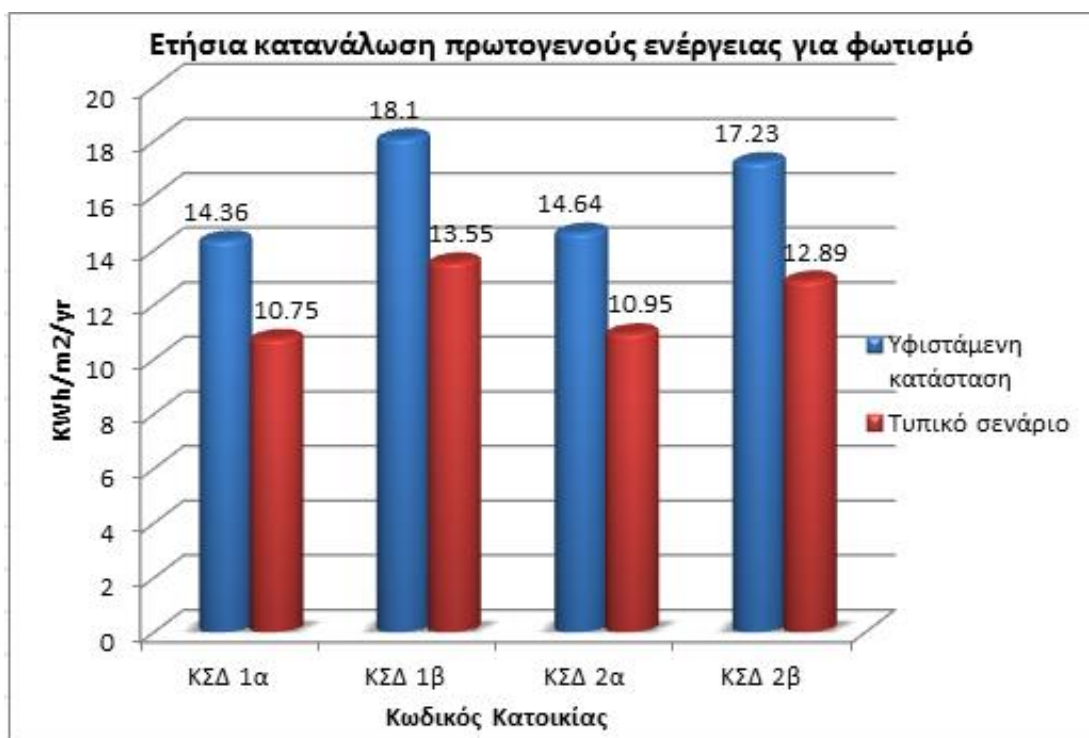


Γράφημα 4: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Ακολουθεί το Γράφημα 5 με τις ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό. Η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.55 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 1 β ενώ η μικρότερη στις 3.61 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 1 α.

Παρατηρούμε μια μικρή σχετικά μείωση των τιμών λόγω του ότι οι λαμπτήρες που θεωρήθηκαν στην Υφιστάμενη κατάσταση είναι Συμπαγούς Φθορισμού που είναι αρκετά οικονομικοί.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.78 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 3.62 kWh/m²/yr.



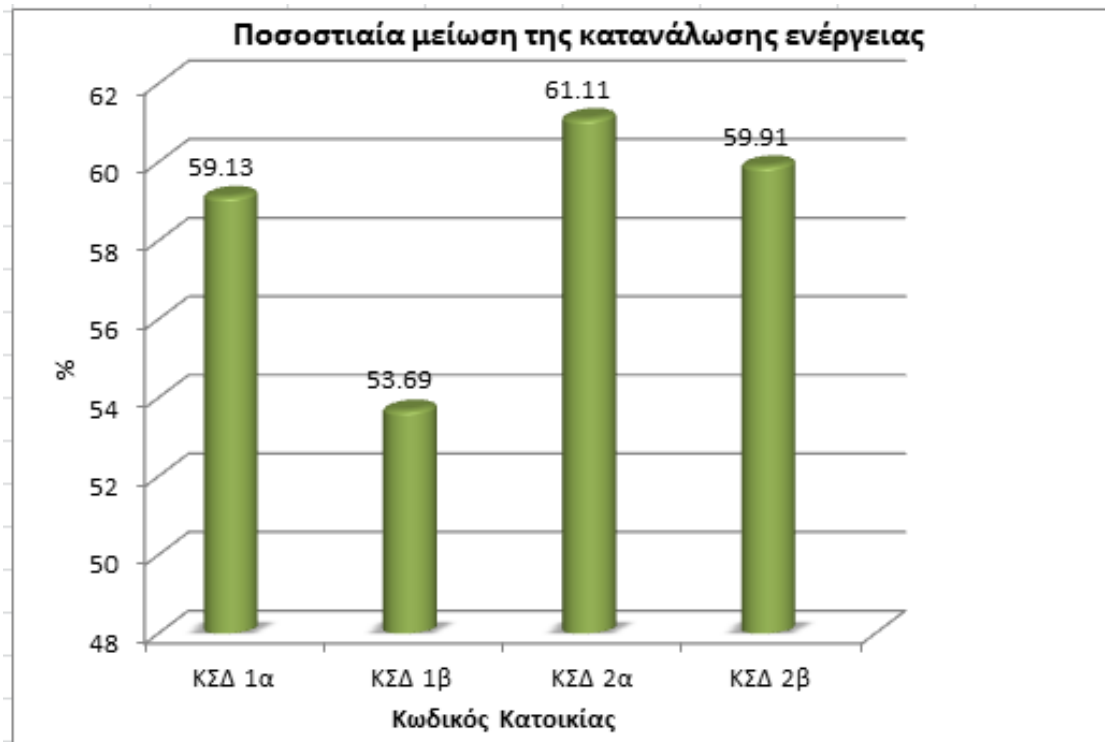
Γράφημα 5: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

Στο Γράφημα 6 που ακολουθεί φαίνεται το ποσοστό μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται στο 58.46%.

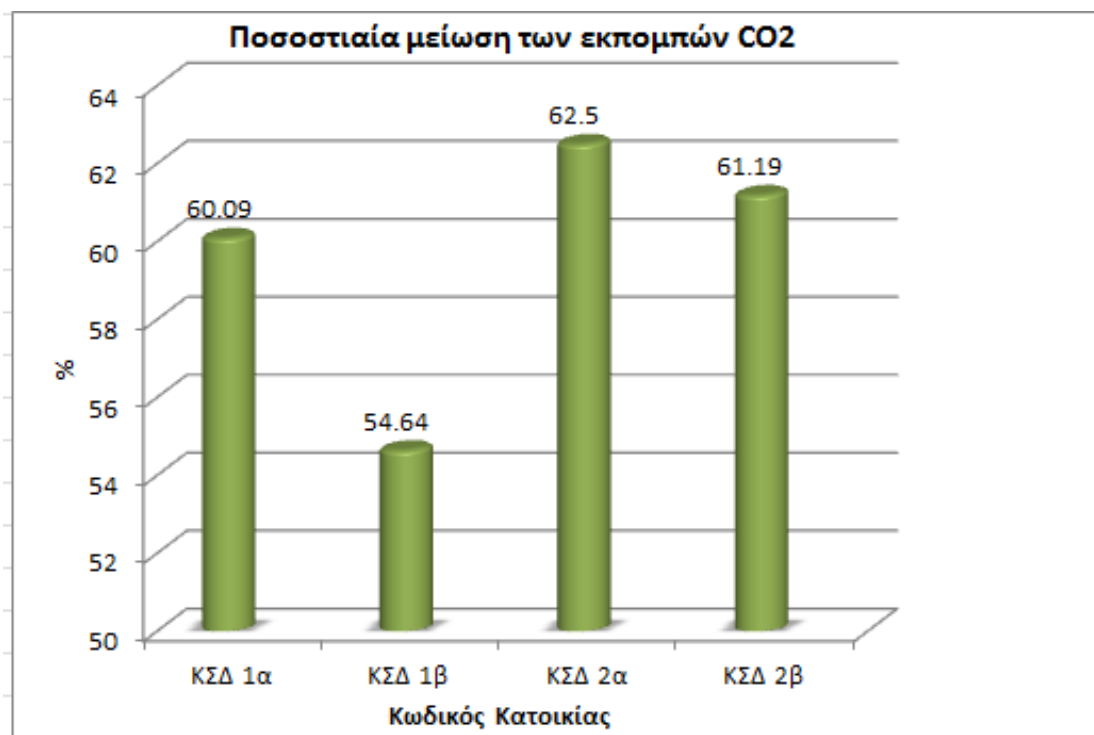
Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 60.95 %.

Τέλος στο Γράφημα 7 παρατηρούμε το ποσοστό μείωσης των ετήσιων εκπομπών CO₂ για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης των εκπομπών ανέρχεται στο 59.60% .

Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 61.92 %.



Γράφημα 6: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης



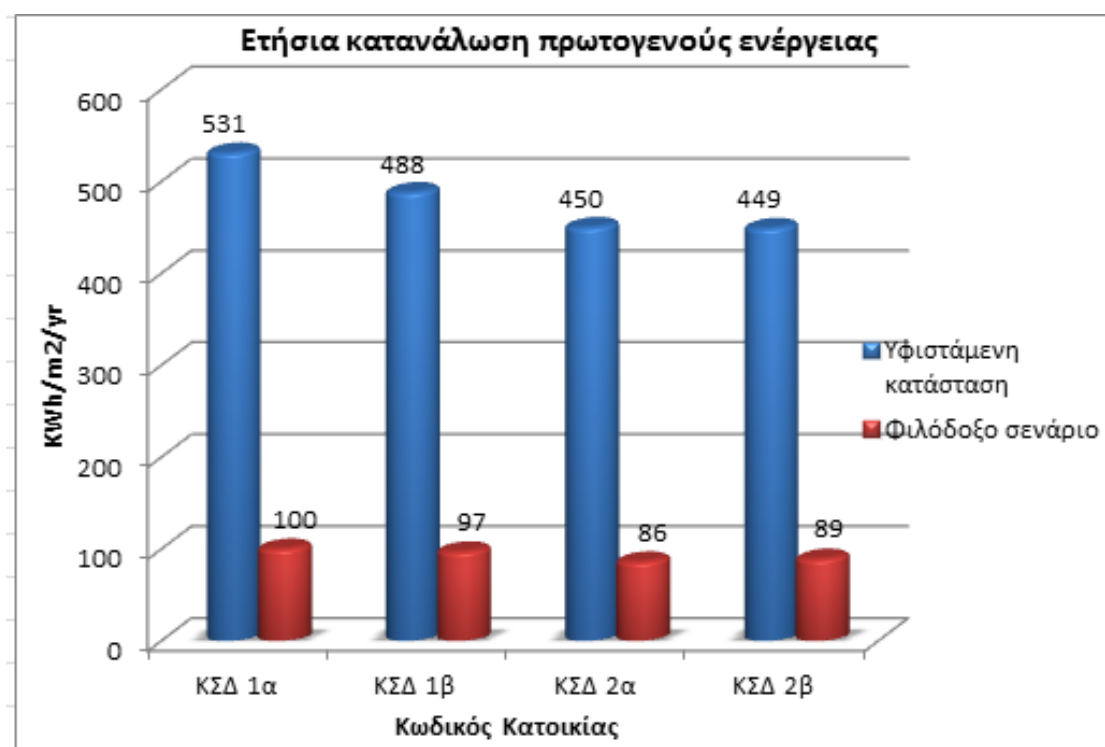
Γράφημα 7: Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών CO₂ μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης

5.2 Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με το Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης

5.2.1 Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κατασκευάστηκαν τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Στο Γράφημα 8 παρατηρούμε την Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν από το 2007 σε σχέση με το Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Η αρχική συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 449 μέχρι 531 KWh/m²/yr και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου η κατανάλωση μειώθηκε αισθητά με τις τιμές να διακυμαίνονται από 86 μέχρι 100 KWh/m²/yr.

Παρατηρούμε έτσι ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 360 μέχρι 431 kWh/m²/yr με τη μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 1 α η οποία βρίσκεται στα Πάνω Πολεμίδια και η λιγότερη στην ΚΣΔ 2 β που βρίσκεται στο Κίτι.

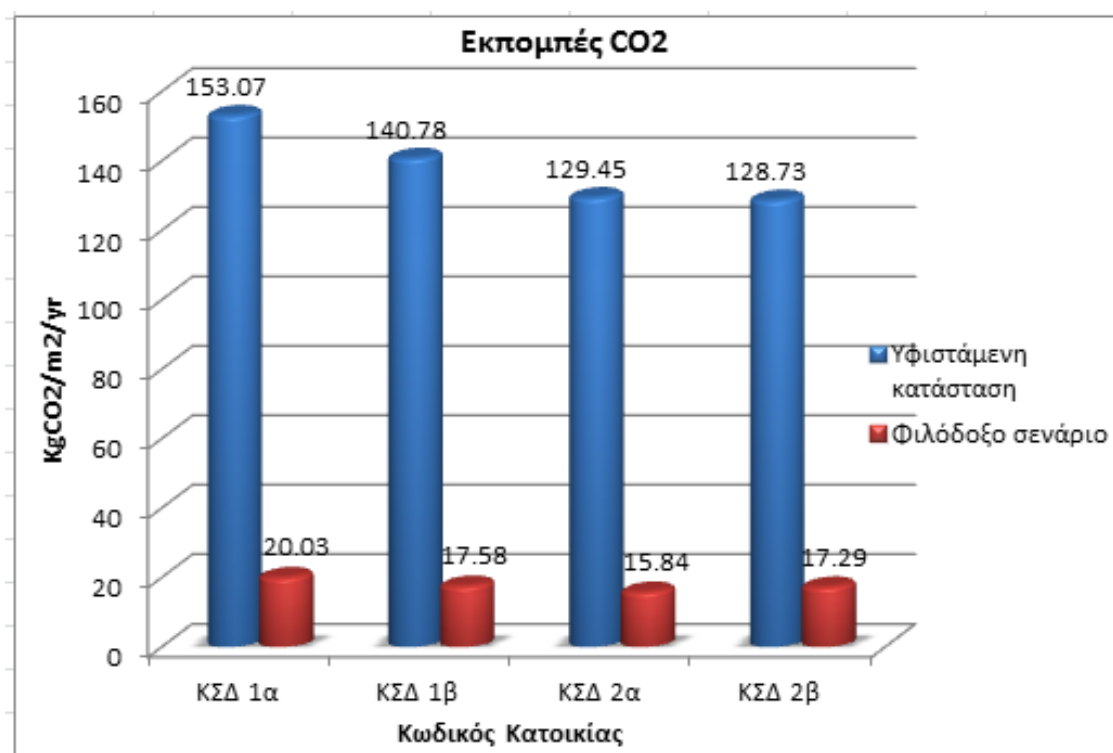


Γράφημα 8: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Συγκρίνοντας τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης με αντίστοιχες Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου παρατηρούμε ότι οι αρχικές τιμές για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνονταν από 452 μέχρι 545 KWh/m²/yr ενώ μετά την εφαρμογή των μέτρων του Φιλόδοξου σεναρίου οι μειωμένες τιμές διαμορφώθηκαν από 94 σε 98 kWh/m²/yr.

Έχουμε δηλαδή για τις Μονοκατοικίες μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που κυμαίνεται από 354 μέχρι 451 kWh/m²/yr.

Συνεχίζουμε με το Γράφημα 9 και τις εκπομπές CO₂ κατά την Υφιστάμενη κατάσταση και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου. Είναι φανερή η πολύ μεγάλη μείωση στις εκπομπές CO₂ η οποία διακυμαίνεται από 111.44 μέχρι 133.04 KgCO₂/m²/yr.

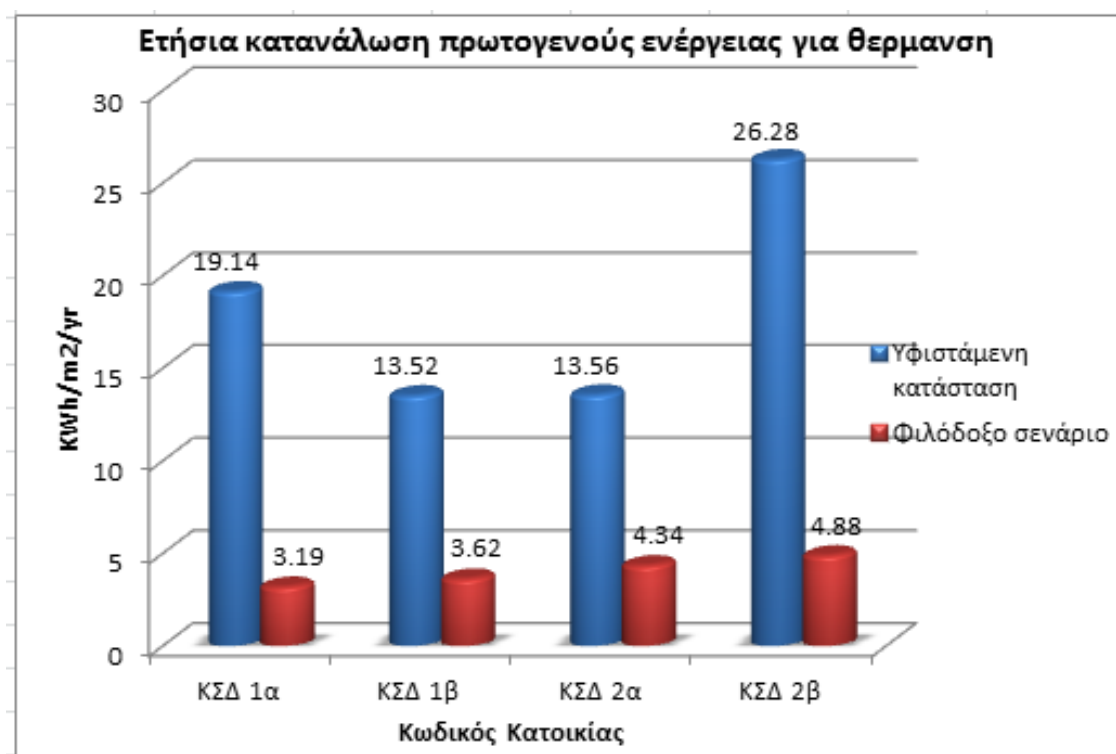


Γράφημα 9: Εκπομπές CO₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Συγκρίνοντας τις τιμές με Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου οι μειώσεις που καταγράφηκαν στις εκπομπές CO₂ κυμαίνονται από 109.84 μέχρι 139.07 KgCO₂/m²/yr.

Ακολουθεί το Γράφημα 10 όπου βλέπουμε την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης. Παρατηρούμε ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 9.22 μέχρι 21.4 kWh/m²/yr με την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 2 β και την λιγότερη στη ΚΣΔ 2 α.

Η αντίστοιχη μείωση για τις Μονοκατοικίες κυμαίνεται από 9.9 μέχρι 21.24 kWh/m²/yr.

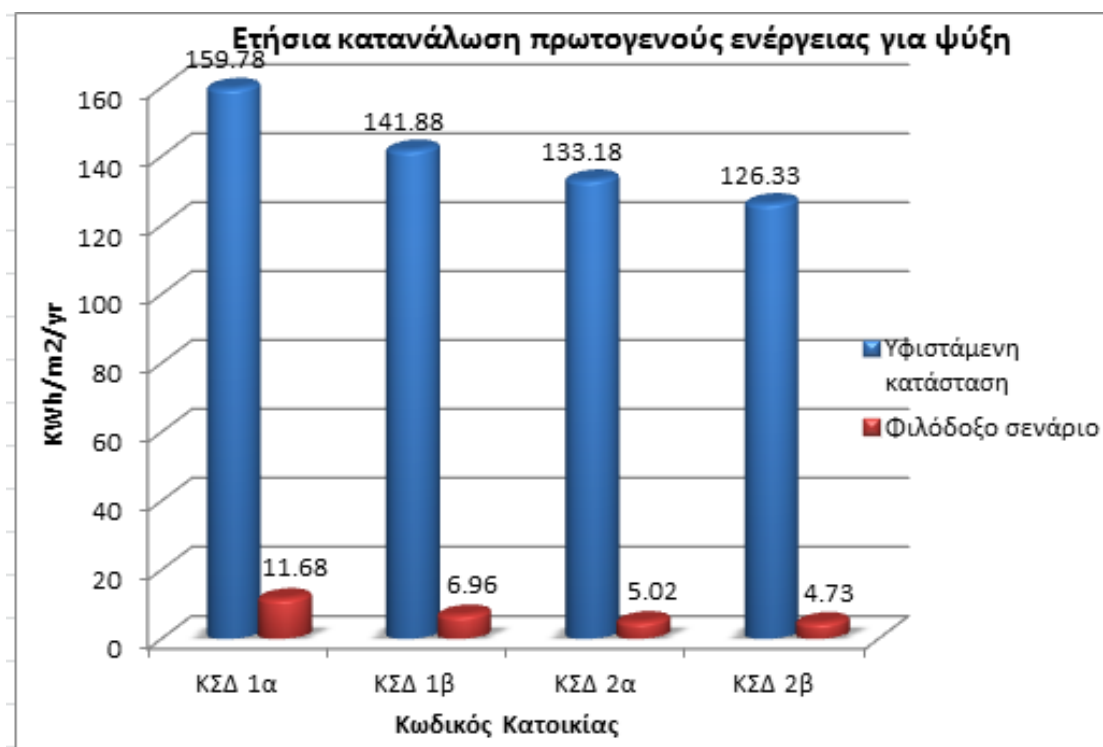


Γράφημα 10: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Στη συνέχεια, στο Γράφημα 11 φαίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη. Οι μειώσεις κυμαίνονται από 121.6 μέχρι 148.1 kWh/m²/yr με

την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 1 α και την λιγότερη στη ΚΣΔ 2 β.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη ανέρχεται στις 155.44 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 113.94 kWh/m²/yr

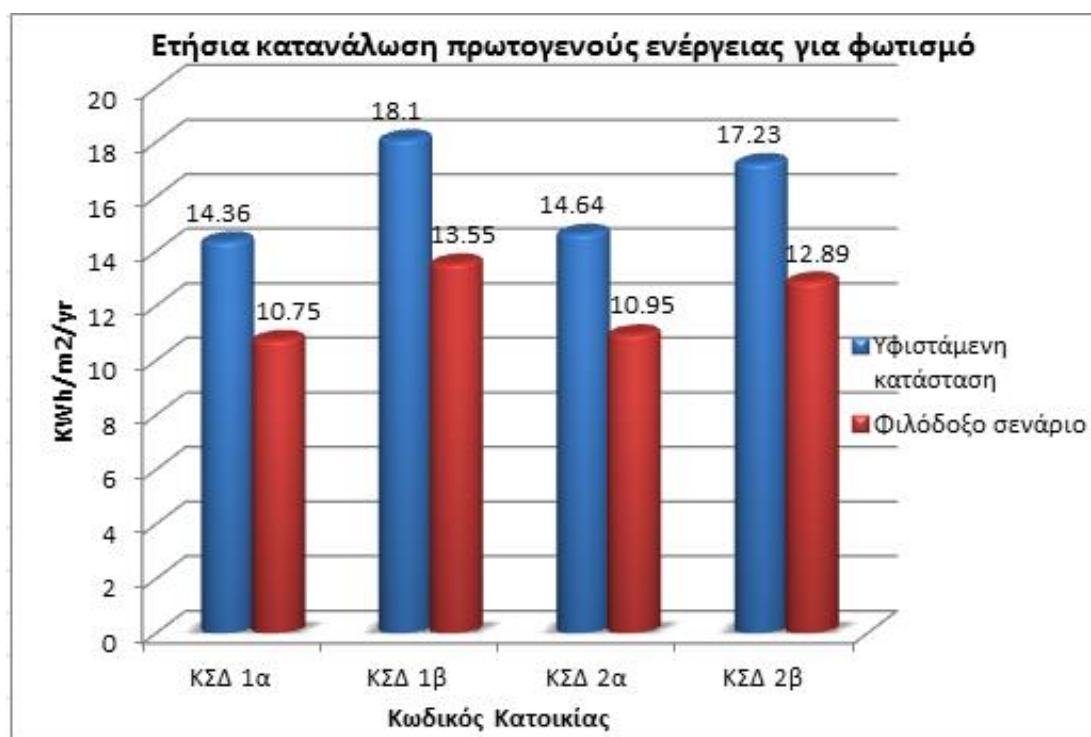


Γράφημα 11: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Τέλος στο Γράφημα 12 καταγράφονται οι ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό. Η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.55 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 1 β ενώ η μικρότερη στις 3.61 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 1 α.

Παρατηρούμε ότι οι μειώσεις είναι οι ίδιες με την περίπτωση του Τυπικού Σεναρίου αφού χρησιμοποιήθηκαν και στα δύο (2) σενάρια λαμπτήρες τύπου T8.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.91 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 4.41 kWh/m²/yr.



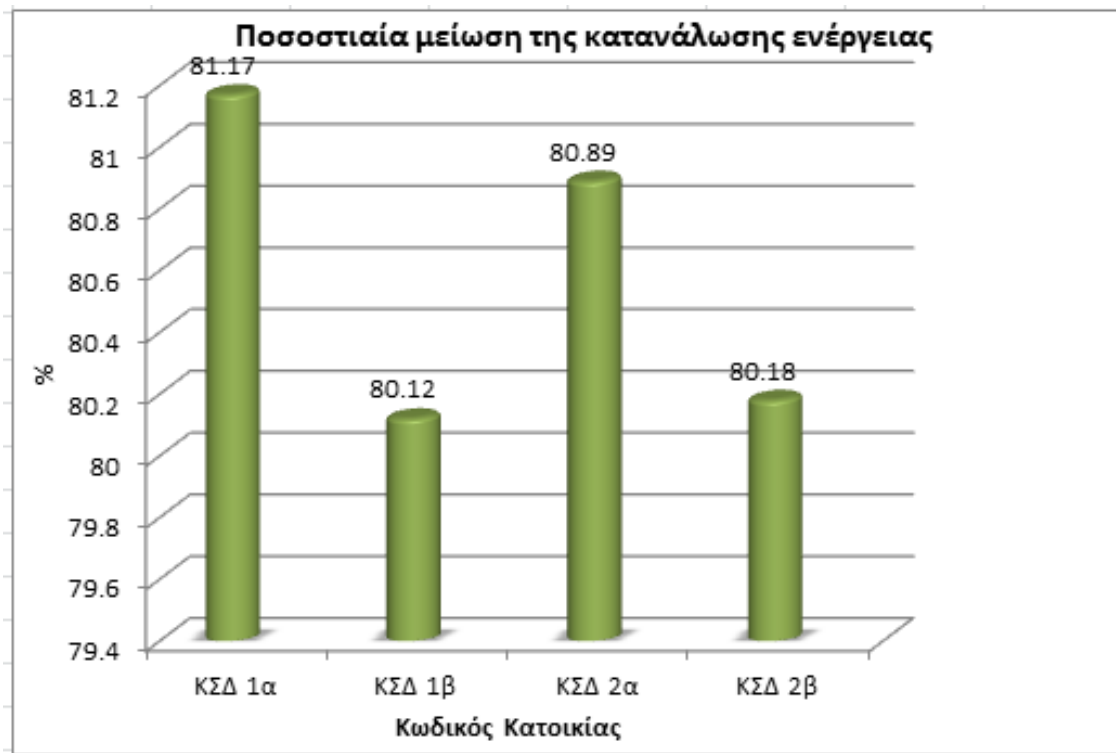
Γράφημα 12: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

Στη συνέχεια προχωρήσαμε σε καταγραφή του ποσοστού μείωσης πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπών CO₂ στις τέσσερις (4) κατοικίες. Στο Γράφημα 13 που ακολουθεί φαίνεται το ποσοστό μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται στο 80.59 % .

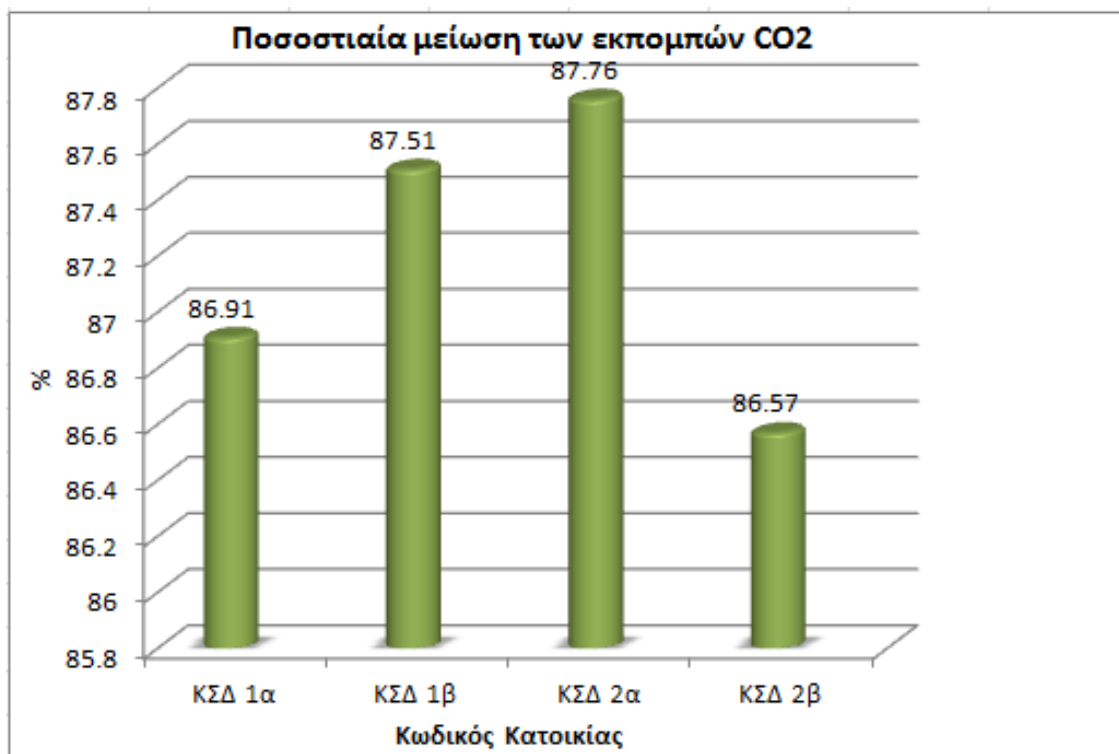
Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 81.13 %.

Τέλος στο Γράφημα 14 παρατηρούμε το ποσοστό μείωσης των ετήσιων εκπομπών CO₂ για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης των εκπομπών ανέρχεται στο 87.19% .

Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 87.12 %.



Γράφημα 13: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006



Γράφημα 14: Ποσοστιαία μείωση εκπομπών CO₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο 1981-2006

5.2.2 Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κατασκευάστηκαν μετά το 2007

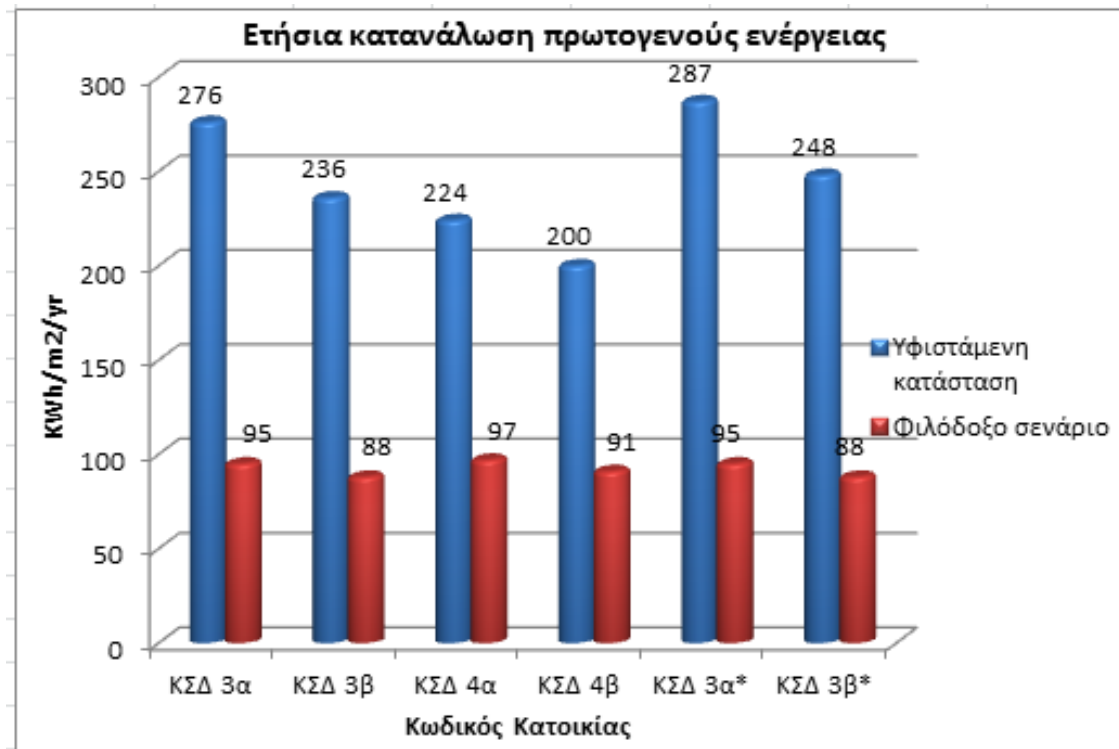
Στο Γράφημα 15 παρατηρούμε την Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 σε σχέση με το Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Η αρχική συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 200 μέχρι 276 KWh/m²/yr και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου η κατανάλωση μειώθηκε αισθητά με τις τιμές να διακυμαίνονται από 88 μέχρι 97 KWh/m²/yr.

Παρατηρούμε επομένως ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 109 μέχρι 181 kWh/m²/yr με τη μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στην ΚΣΔ 3 α η οποία βρίσκεται στον Ασώματο και η λιγότερη στην ΚΣΔ 4β που βρίσκεται στο Πύργο.

Οι κατοικίες ΚΣΔ 3 α* και ΚΣΔ 3 β* είναι οι δύο (2) κατοικίες στον Ασώματο τις οποίες επισκεφθήκαμε επί τόπου και καταγράψαμε την πραγματική τους κατάσταση. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενες παραγράφους η πραγματική από τη θεωρούμενη κατάσταση διαφέρουν μόνο ως προς τη χρήση των κλιματιστικών μονάδων με μικρές διαφορές στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στις δύο (2) κατοικίες είναι 11 kWh/m²/yr για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 α* και 12 kWh/m²/yr στις κατοικίες ΚΣΔ 3 β και ΚΣΔ 3 β*.

Συγκρίνοντας τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης με αντίστοιχες Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου που εξετάστηκαν σε άλλη Μεταπτυχιακή διατριβή που αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα παρατηρούμε ότι οι αρχικές τιμές για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνονταν από 237 μέχρι 242 KWh/m²/yr ενώ μετά την εφαρμογή των μέτρων του Φιλόδοξου σεναρίου οι μειωμένες τιμές διαμορφώθηκαν από 89 σε 94 kWh/m²/yr.

Έχουμε δηλαδή μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που κυμαίνεται από 143 μέχρι 152 kWh/m²/yr.

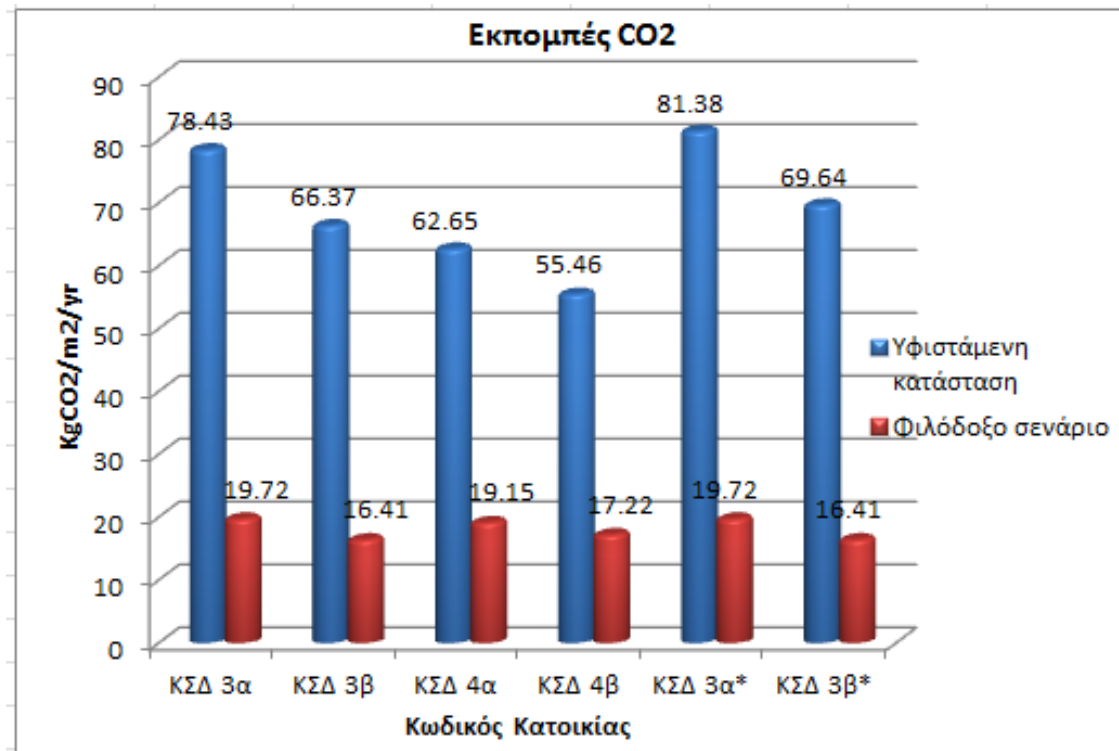


Γράφημα 15: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

Ακολουθεί το Γράφημα 16 με τις εκπομπές CO₂ κατά την Υφιστάμενη κατάσταση και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου. Είναι φανερή η πολύ μεγάλη μείωση στις εκπομπές CO₂ οι οποίες διακυμαίνονται από 38.24 μέχρι 58.71 KgCO₂/m²/yr.

Επίσης η διαφορά στις εκπομπές CO₂ στις δύο (2) κατοικίες που επισκεφθήκαμε επί τόπου είναι 2.95 kgCO₂/m²/yr για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 α* και 3.27 kgCO₂/m²/yr στις κατοικίες ΚΣΔ 3 β και ΚΣΔ 3 β*.

Συγκρίνοντας τις τιμές με Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου οι μειώσεις που καταγράφηκαν στις εκπομπές CO₂ κυμαίνονται από 48.70 μέχρι 50.96 KgCO₂/m²/yr.

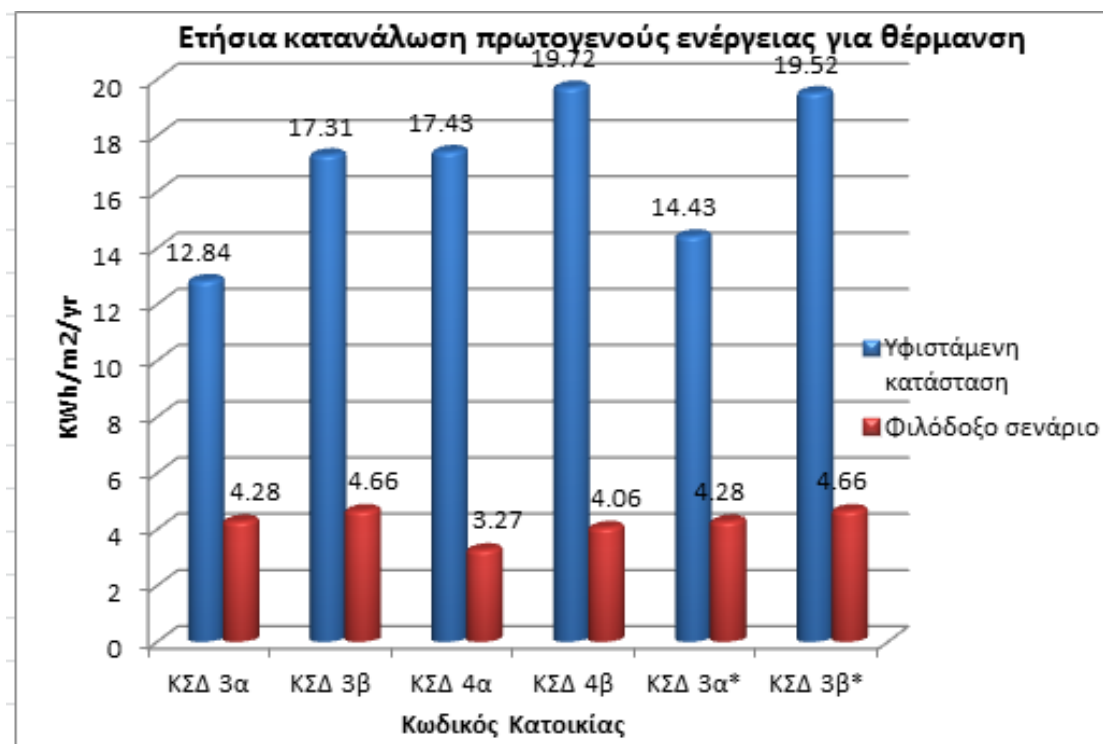


Γράφημα 16: Εκπομπές CO₂ πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

Συνεχίζουμε με το Γράφημα 17 όπου βλέπουμε την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης. Παρατηρούμε ότι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 8.56 μέχρι 15.66 kWh/m²/yr με την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στην ΚΣΔ 4 β και την λιγότερη στην ΚΣΔ 3 α.

Η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στις δύο (2) κατοικίες που επισκεφθήκαμε επί τόπου είναι 1.59 kWh/m²/yr για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 α* και 2.21 kWh/m²/yr στις κατοικίες ΚΣΔ 3 β και ΚΣΔ 3 β*.

Η αντίστοιχη μείωση για τις Μονοκατοικίες κυμαίνεται από 3.79 μέχρι 6.11 kWh/m²/yr.

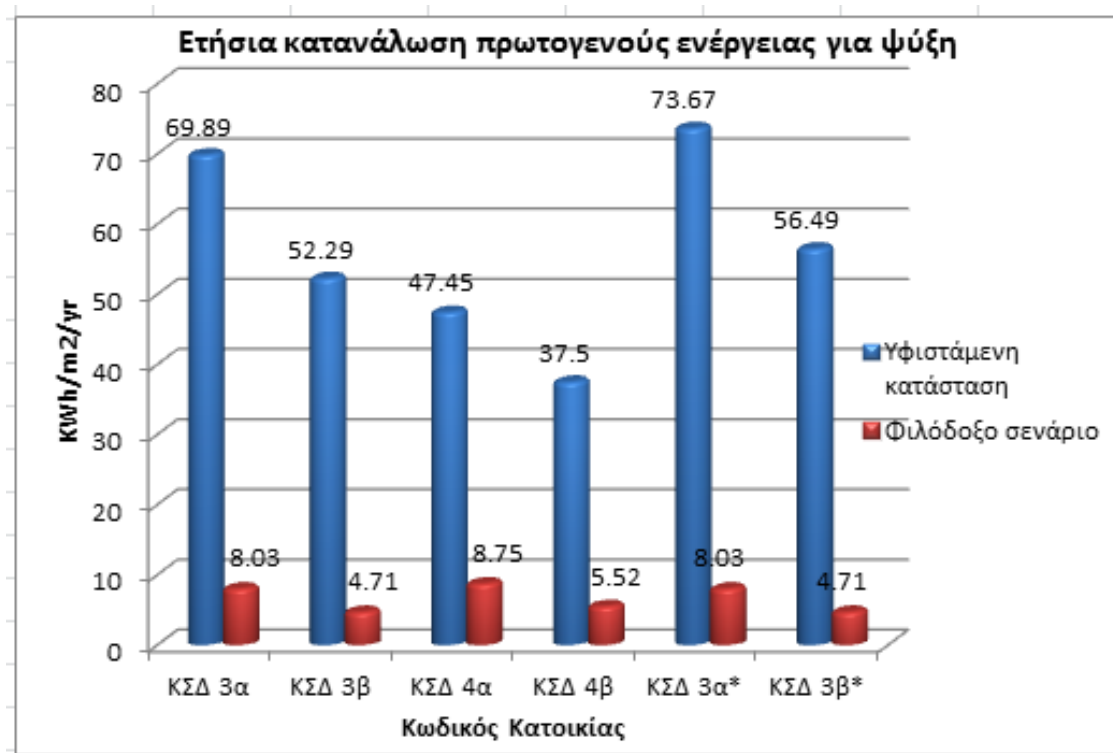


Γράφημα 17: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

Στη συνέχεια στο Γράφημα 18 φαίνονται οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη. Οι μειώσεις κυμαίνονται από 31.98 μέχρι 61.86 kWh/m²/yr με την μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στη μονοκατοικία ΚΣΔ 3 α και την λιγότερη στη ΚΣΔ 4 β.

Η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση στις δύο (2) κατοικίες που επισκεφθήκαμε επί τόπου είναι 3.78 kWh/m²/yr για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 α* και 4.20 kWh/m²/yr στις κατοικίες ΚΣΔ 3 β και ΚΣΔ 3 β*.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη ανέρχεται στις 50.23 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 46.44 kWh/m²/yr.

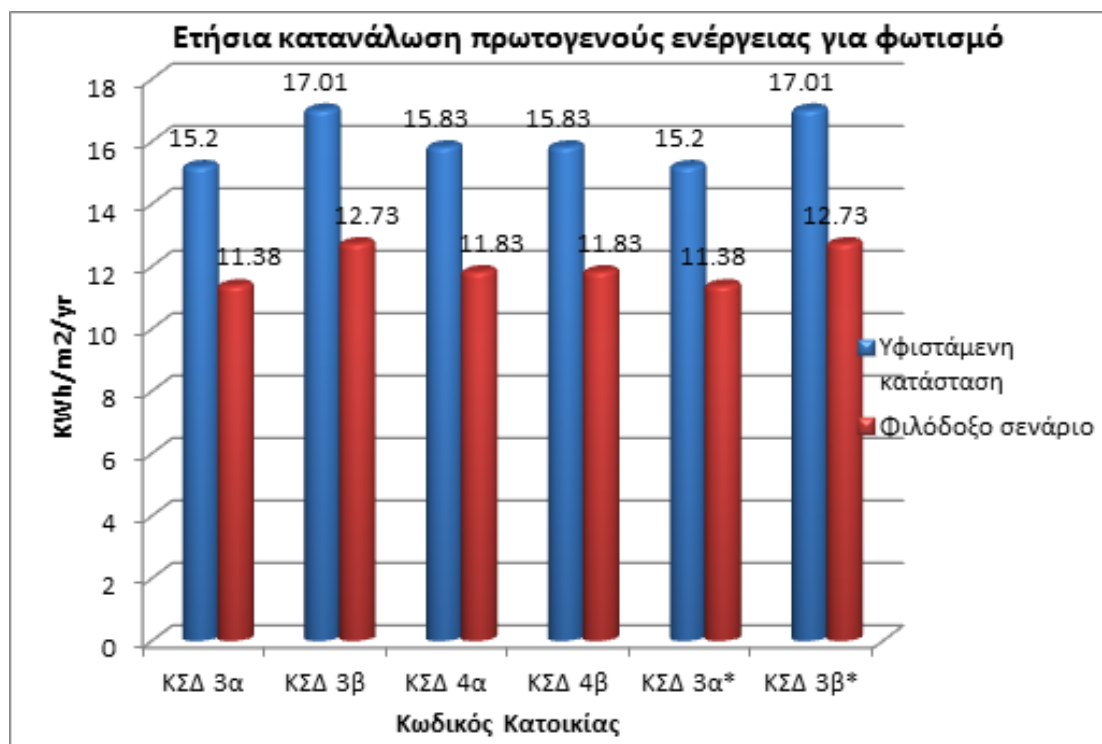


Γράφημα 18: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

Τέλος στο Γράφημα 19 καταγράφονται οι ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό. Η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.28 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3 β ενώ η μικρότερη στις 4.00 kWh/m²/yr για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 β.

Η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό στις δύο (2) κατοικίες που επισκεφθήκαμε επί τόπου (ΚΣΔ 3α* και ΚΣΔ 3β*) είναι οι ίδιες.

Για τις Μονοκατοικίες η μεγαλύτερη τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στις 4.17 kWh/m²/yr ενώ η μικρότερη στις 3.90 kWh/m²/yr.



Γράφημα 19: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό πριν και μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

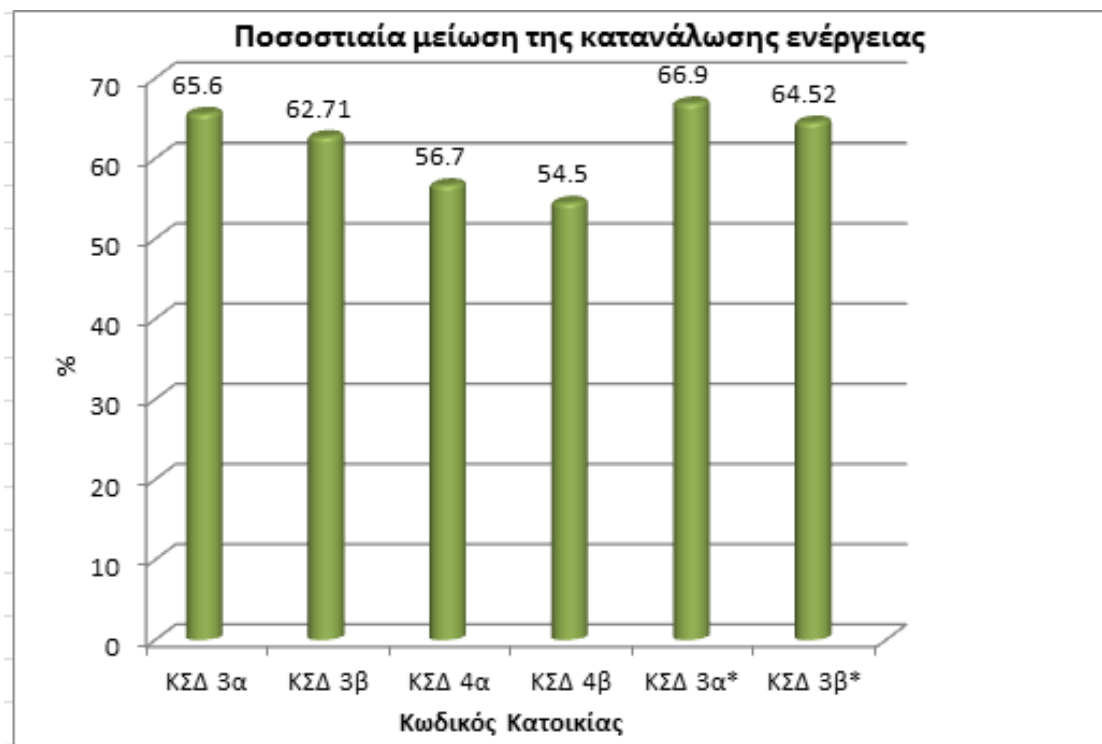
Στη συνέχεια προχωρήσαμε σε καταγραφή του ποσοστού μείωσης πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπών CO₂ στις τέσσερις (4) κατοικίες. Στο Γράφημα 20 που ακολουθεί φαίνεται το ποσοστό μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται στο 59.88 % .

Η διαφορά στο ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στις δύο (2) κατοικίες που επισκεφθήκαμε επί τόπου είναι 1.30 % για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 α* και 1.81 % στις κατοικίες ΚΣΔ 3 β και ΚΣΔ 3 β*.

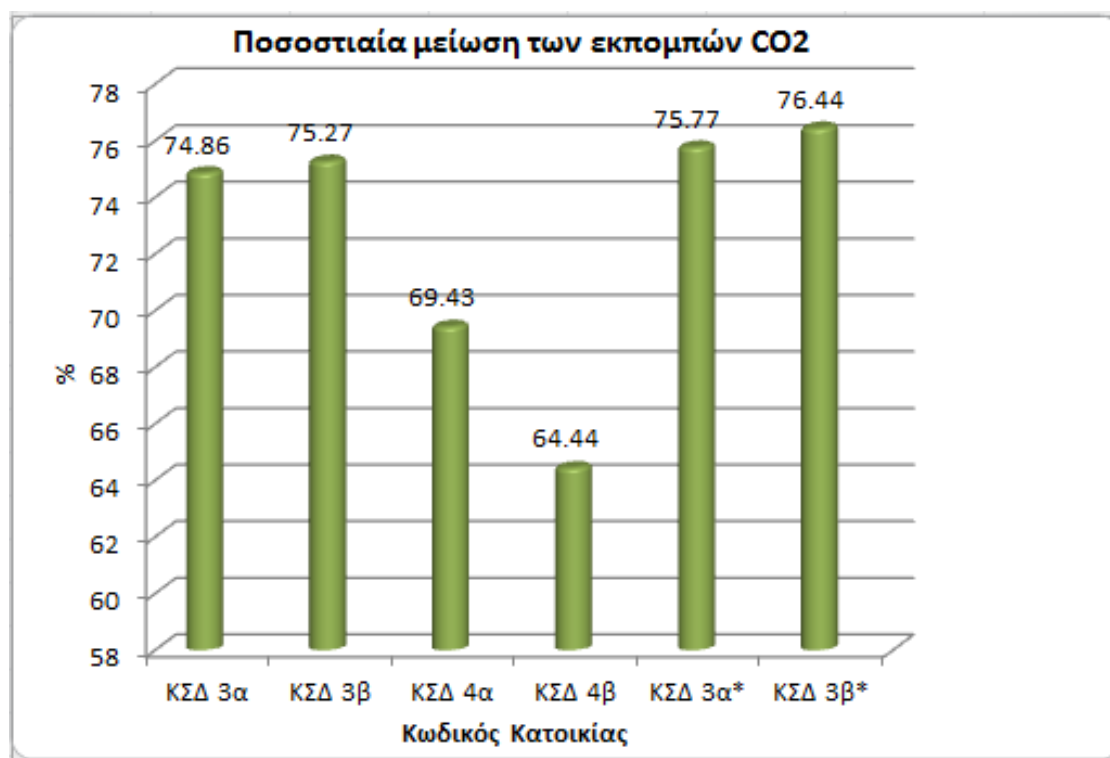
Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 61.66 %.

Τέλος στο Γράφημα 21 παρατηρούμε το ποσοστό μείωσης των ετήσιων εκπομπών CO₂ για κάθε κατοικία. Η μέση τιμή της μείωσης των εκπομπών ανέρχεται στο 71 %.

Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 73.15 %.



Γράφημα 20: Ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007



Γράφημα 21: Ποσοστιαία μείωση των εκπομπών CO₂ μετά την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης στις κατοικίες που κατασκευάστηκαν κατά τη χρονολογική περίοδο μετά το 2007

6.ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

6.1 Κόστος μέτρων αναβάθμισης κατοικιών και αποσβέσεις

Στην παρούσα ενότητα υπολογίστηκε το κόστος που επέφεραν τα επιμέρους κατασκευαστικά μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης σε κάθε κτήριο καθώς και το συνολικό κόστος όλων των επεμβάσεων μαζί. Μετά από έρευνα στην αγορά εκτιμήθηκε το κόστος για κάθε ένα μετασκευαστικό μέτρο που λήφθηκε υπόψη. Επιπλέον καταγράφηκε το τρέχον κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, η μέση ετήσια αύξηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και ο πληθωρισμός.

Τα πιο πάνω καταγράφονται αναλυτικά στους Πίνακες 24 και 25 που ακολουθούν:

Πίνακας 24: Κόστος επιμέρους μετασκευαστικών μέτρων

Μετασκευαστικά μέτρα	Κόστος (€)
Τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή του κτιρίου	15 €/m ²
Τοποθέτηση μόνωσης στην τοιχοποιία	30 €/m ²
Αντικατάσταση κουφωμάτων	250 €/m ²
Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού	A +++, 1000 €/κλιματιστικό A+, 600 €/κλιματιστικό
Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος	500 €/ πλαίσιο 250 € net metering
Τοποθέτηση σκιάστρων στα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες των κατοικιών	120 €/m ²

Πίνακας 25: Οικονομικά δεδομένα

Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας	0.20 ευρώ/kWh
Μέση ετήσια αύξηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας	3%
Πληθωρισμός	2.74%

Ακολουθως υπολογίστηκε το εμβαδό των δομικών στοιχείων των Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης στα οποία τοποθετήθηκε θερμομόνωση, το εμβαδό των σκιάστρων που τοποθετήθηκαν, το εμβαδό των κουφωμάτων που αντικαταστάθηκαν, ο αριθμός των πλαισίων φωτοβολταϊκών που τοποθετήθηκαν καθώς και ο αριθμός των κλιματιστικών που αντικαταστάθηκαν/τοποθετήθηκαν.

Τα πιο πάνω καταγράφηκαν στον Πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 26: Στοιχεία των Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης που αντικαταστάθηκαν ή προστέθηκαν

Σενάριο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Εμβαδά δομικών στοιχείων και σκιάστρων (m ²)				Αριθμός κλιματιστικών	Αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων
		Τοιχοποιία	Οροφές	Κουφώματα	Σκιάστρα		
Τυπικό							
	ΚΣΔ 1α	145	58.45	18.5	-	4	-
	ΚΣΔ1β	89.66	50.25	15.34	-	5	-
	ΚΣΔ 2α	129.76	58.44	24.85	-	4	-
	ΚΣΔ 2β	74.68	60.45	17.77	-	4	-
Φιλόδοξο	ΚΣΔ 1α	145	58.45	18.5	10.19	10	3
	ΚΣΔ 1β	89.66	50.25	15.34	15.08	10	3
	ΚΣΔ 2α	129.76	58.44	24.85	15.78	10	3
	ΚΣΔ 2β	74.68	60.45	17.77	11.83	10	3
	ΚΣΔ 3α	135.16	72.55	28.92	21.56	12	3
	ΚΣΔ 3β	65.07	63.32	20.15	15.03	10	3
	ΚΣΔ 4α	137.1	61.98	27.24	8.45	10	3
	ΚΣΔ 4β	88.55	61.98	27.24	8.45	10	3

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το συνολικό κόστος εφαρμογής των πιο πάνω μέτρων για κάθε Κατοικία Συνεχούς Δόμησης καθώς και τα χρόνια απόσβεσης του κόστους της επένδυσης. Παρουσιάζονται επίσης και τα αντίστοιχα αποτελέσματα για Μονοκατοικίες ίδιων χρονολογικών περιόδων που υπολογίστηκαν σε άλλη Διπλωματική διατριβή.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 27 και 28:

Πίνακας 27: Συνολικό κόστος εφαρμογής σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης και χρόνος απόσβεσης για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης

Σενάριο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Τυπικό	ΚΣΔ 1α	12252	4.4
	ΚΣΔ 1β	12278	6.1
	ΚΣΔ 2α	13382	5.5
	ΚΣΔ 2β	9990	4.1
Φιλόδοξο	ΚΣΔ 1α	22824	5.8
	ΚΣΔ 1β	20838	7
	ΚΣΔ 2α	24625	7.5
	ΚΣΔ 2β	20759	6
	ΚΣΔ 3α	28710	14.1
	ΚΣΔ 3β	21493	14.2
	ΚΣΔ 4α	24617	18
	ΚΣΔ 4β	23160	18.7
	ΚΣΔ 3α*	28710	13.2
ΚΣΔ 3β*	21493	13	

Πίνακας 28: Συνολικό κόστος εφαρμογής σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης και χρόνος απόσβεσης για Μονοκατοικίες ίδιων χρονολογικών περιόδων

Σενάριο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Τυπικό	M4	15639	6.1
	M5	13783	4.1
	M6	13050	5
Φιλόδοξο	M1	27523	16.3
	M2	26306	16.1
	M3	25976	17.2
	M4	27494	7.7
	M5	25276	5.5
	M6	23490	6.2

Από τους πιο πάνω μπορούν τα εξαχθούν τα πιο κάτω συμπεράσματα:

- 1) Για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1 α – ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν από το 2007 και για τις οποίες εφαρμόστηκε το Τυπικό Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης το κόστος μετασκευής τους κυμαίνεται από €9900 μέχρι €13382 και τα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης από 4.1 με 6.1. Ο μέσος όρος δηλαδή του κόστους είναι €11975 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 5 χρόνια.

Το αντίστοιχο κόστος μετασκευής για Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου κυμαίνεται από €13050 με €15639 και τα χρόνια αποπληρωμής από 4.1 με 6.1. Ο μέσος όρος του κόστους είναι €14157 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 5.1 χρόνια.

- 2) Για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1 α – ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν από το 2007 και για τις οποίες εφαρμόστηκε το Φιλόδοξο Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης το κόστος μετασκευής τους κυμαίνεται από €20759 μέχρι €24625 και τα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης από 5.8 με 7.5. Ο μέσος όρος δηλαδή του κόστους είναι €22261 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 6.6 χρόνια.

Το αντίστοιχο κόστος μετασκευής για Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου κυμαίνεται από €23490 με €27494 και τα χρόνια αποπληρωμής από 5.5 με 7.7. Ο μέσος όρος του κόστους είναι €25420 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 6.5 χρόνια.

- 3) Για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3 α – ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά από το 2007 και για τις οποίες εφαρμόστηκε το Φιλόδοξο Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης το κόστος μετασκευής τους κυμαίνεται από €21493 μέχρι €28710 και τα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης από 14.1 με 18.7. Ο μέσος όρος δηλαδή του κόστους είναι €24495 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 16.2 χρόνια.

Το αντίστοιχο κόστος μετασκευής για Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου κυμαίνεται από €25976 με €27523 και τα χρόνια αποπληρωμής από 16.1 με 17.2. Ο μέσος όρος του κόστους είναι €26601 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 16.5 χρόνια.

- 4) Για τις Κατοικίες ΚΣΔ 3 α* και ΚΣΔ 3 β* για τις οποίες εξετάστηκε η πραγματική κατάσταση το κόστος μετασκευής παραμένει το ίδιο.

Διαφοροποιούνται μόνο τα χρόνια αποπληρωμής της επένδυσης από 14.1 και 14.2 χρόνια σε 13.2 και 13.

6.2 Σύγκριση μέτρων αναβάθμισης κατοικιών

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται σύγκριση του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης που αφορά το Φιλόδοξο Σενάριο έτσι ώστε να διαφανεί ποια μέτρα οδηγούν στην περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας. Στον Πίνακα 29 καταγράφεται η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για όλες τις κατοικίες τόσο στην υφιστάμενη κατάσταση όσο και στην ενεργειακή κατάσταση μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου. Στον Πίνακα 30 γίνεται ανάλυση της μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και στους Πίνακες 31 και 32 περιγράφονται οι μειώσεις της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.

Πίνακας 29: Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m ² /yr)									
	ΚΣΔ 1α	ΚΣΔ 1β	ΚΣΔ 2α	ΚΣΔ 2β	ΚΣΔ 3α	ΚΣΔ 3β	ΚΣΔ 4α	ΚΣΔ 4β	ΚΣΔ 3α*	ΚΣΔ 3β*
Υφιστάμενη κατάσταση	531	488	450	449	276	236	224	200	287	248
Αλλαγή κουφωμάτων	505	466	434	429	261	221	216	191	271	232
Μόνωση οροφής	441	412	356	358	267	227	214	190	277	237
Μόνωση τοιχοποιίας	433	369	335	359	262	223	214	192	272	234
Τοποθέτηση σκίαστρων	393	345	336	320	180	158	182	175	185	163
Αλλαγή κλιματιστικών	223	235	196	201	156	141	137	127	156	141

Πίνακας 30: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m ² /yr)									
	ΚΣΔ 1α	ΚΣΔ 1β	ΚΣΔ 2α	ΚΣΔ 2β	ΚΣΔ 3α	ΚΣΔ 3β	ΚΣΔ 4α	ΚΣΔ 4β	ΚΣΔ 3α*	ΚΣΔ 3β*
Αλλαγή κουφωμάτων	26	22	16	20	15	15	8	9	16	16
Μόνωση οροφής	90	76	94	91	9	9	10	10	10	11
Μόνωση τοιχοποιίας	98	119	115	90	14	13	10	8	15	14
Τοποθέτηση σκίαστρων	138	143	114	129	96	78	42	25	102	85
Αλλαγή κλιματιστικών	308	253	254	248	120	95	87	73	131	107

Πίνακας 31: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο

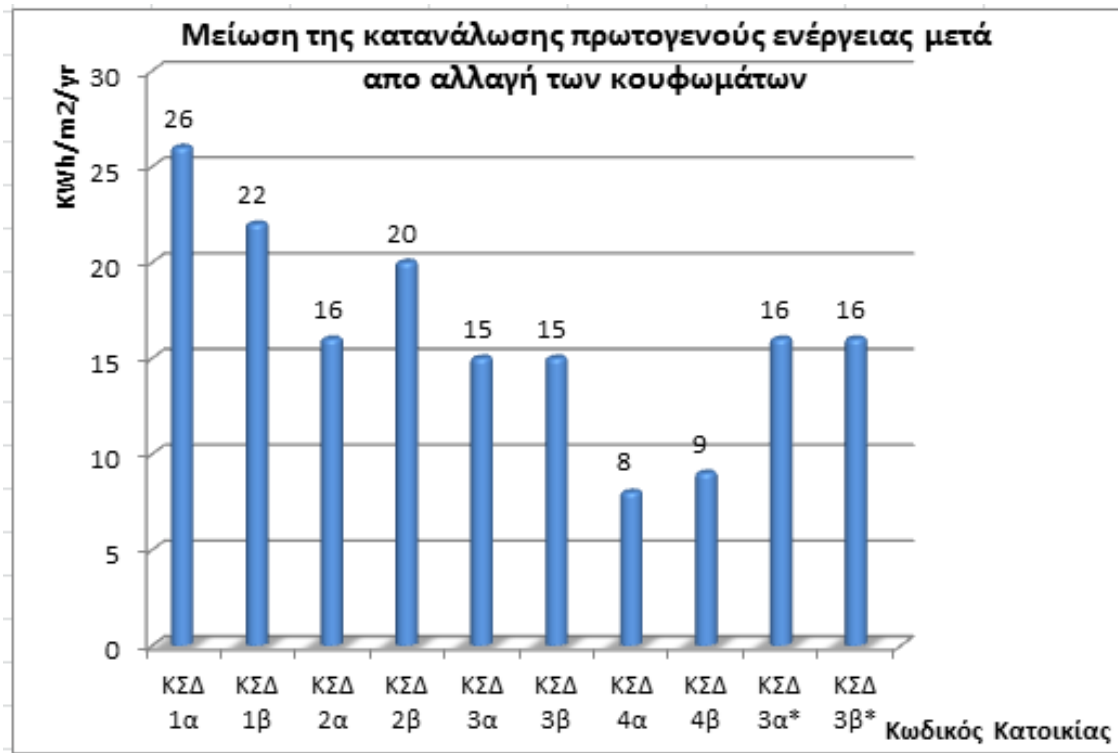
Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m ² /yr)									
	ΚΣΔ 1α	ΚΣΔ 1β	ΚΣΔ 2α	ΚΣΔ 2β	ΚΣΔ 3α	ΚΣΔ 3β	ΚΣΔ 4α	ΚΣΔ 4β	ΚΣΔ 3α*	ΚΣΔ 3β*
Αλλαγή κουφωμάτων	1.9	1.7	2.2	2.2	2.1	2.2	2.5	2.6	2.6	2.7
Μόνωση οροφής	1.6	1.5	2.1	2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
Μόνωση τοιχοποιίας	7	5.1	1.8	5.7	0.6	1.1	1.8	0.9	0.9	1.3
Τοποθέτηση σκίαστρων	-5.8	-8.1	-11.5	-5.4	-10.4	-6.4	-2.1	-1.8	-12.7	-9.1
Αλλαγή κλιματιστικών	14.3	9.6	10.2	20.7	10.1	13.6	13.7	15.5	11.6	15.8

Πίνακας 32: Μείωση της ετήσιας κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μετά την εφαρμογή του κάθε μέτρου ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά στο Φιλόδοξο σενάριο

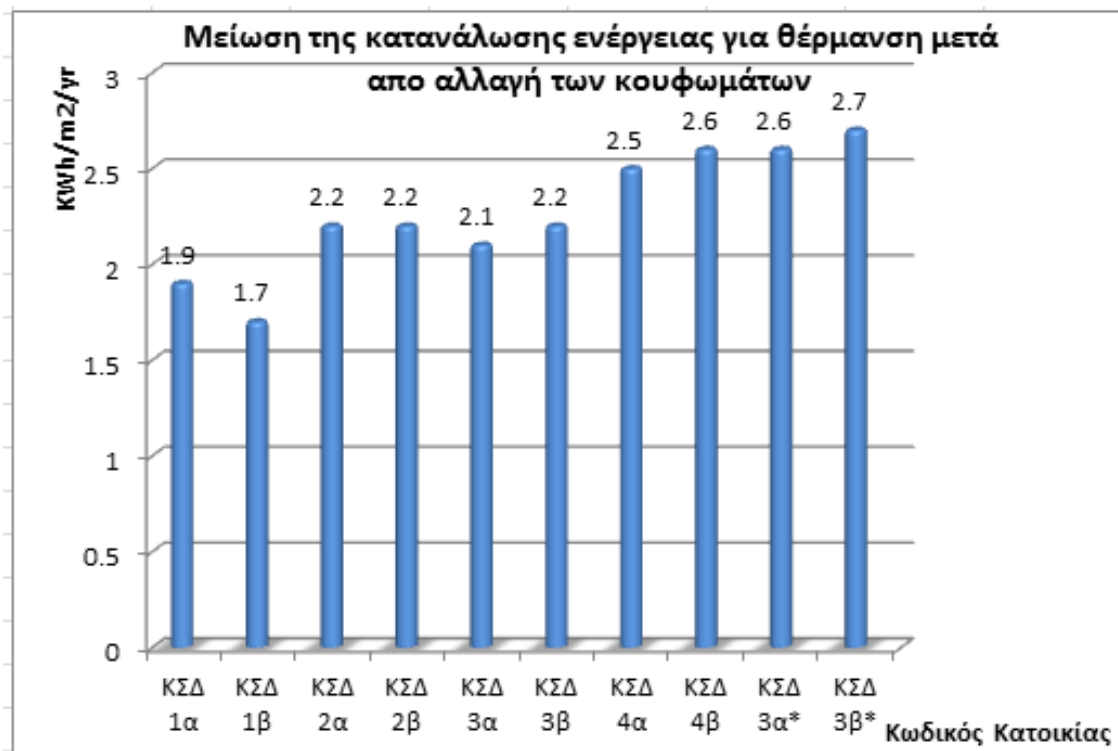
Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m ² /yr)									
	ΚΣΔ 1α	ΚΣΔ 1β	ΚΣΔ 2α	ΚΣΔ 2β	ΚΣΔ 3α	ΚΣΔ 3β	ΚΣΔ 4α	ΚΣΔ 4β	ΚΣΔ 3α*	ΚΣΔ 3β*
Αλλαγή κουφωμάτων	8.6	7.3	5.1	6.6	4.6	4.6	2	2.4	4.8	5
Μόνωση οροφής	32.3	27.1	33.2	32.6	3.3	3.3	3.6	3.5	3.5	3.6
Μόνωση τοιχοποιίας	31.7	40.6	41.2	30.9	4.7	4.1	3.1	2.7	5	4.4
Τοποθέτηση σκίαστρων	54.6	57.4	48.1	50.9	40.8	32.2	17.4	10.6	43	34.9
Αλλαγή κλιματιστικών	108	88.5	89.8	85.4	41.5	31	28.3	22.4	45.3	35.2

Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση της συμπεριφοράς κάθε κατοικίας σε κάθε μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης ξεχωριστά τόσο στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όσο και σε κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη.

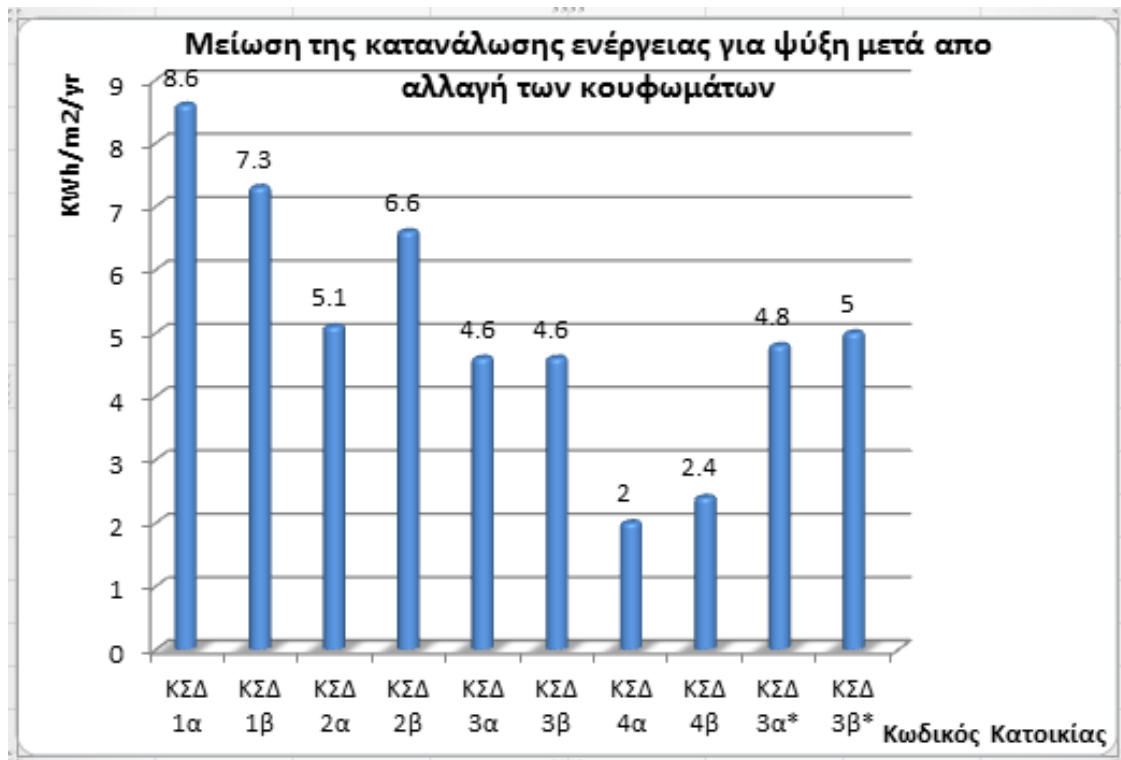
Στο Γράφημα 22 φαίνεται ότι η μεγαλύτερη μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας εντοπίζεται στην ΚΣΔ 1 α όπου είχε και τη μεγαλύτερη αρχική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α* και ΚΣΔ 3 β* παρατηρούμε ότι η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας διαφέρει ως προς την θεωρούμενη περίπτωση (ΚΣΔ 3α και ΚΣΔ 3β) κατά μόνο 1 kWh/m².



Γράφημα 22: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων



Γράφημα 23: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων



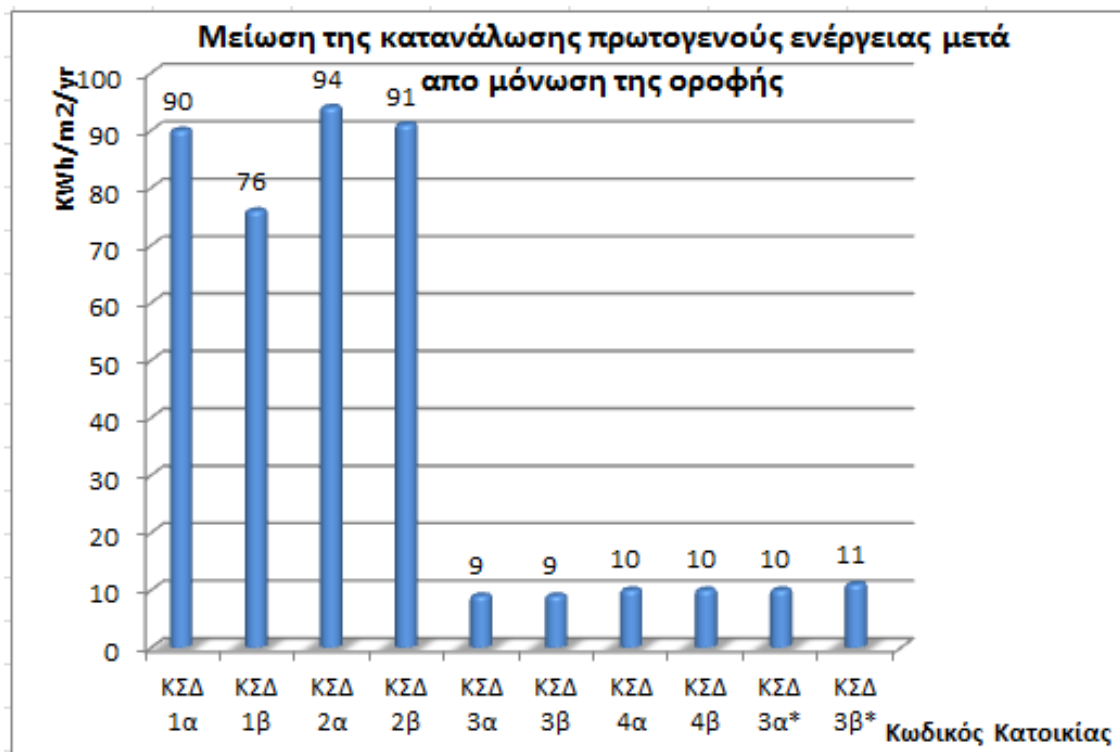
Γράφημα 24: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά την αλλαγή των κουφωμάτων

Στο Γράφημα 23 φαίνεται ότι η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι περίπου η ίδια για όλες τις κατοικίες με την μικρότερη μείωση να παρατηρείται στις κατοικίες ΚΣΔ 1 α και ΚΣΔ 1 β ενώ η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στις ΚΣΔ 4 α και ΚΣΔ 4 β όπου έχουν και τη μεγαλύτερη επιφάνεια κουφωμάτων.

Στο Γράφημα 24 όπου αναλύεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη παρατηρούμε το ακριβώς αντίθετο. Ότι δηλαδή τη μεγαλύτερη μείωση έχουν οι ΚΣΔ 1 α και ΚΣΔ 1 β και την μικρότερη οι κατοικίες ΚΣΔ 4 α και ΚΣΔ 4 β.

Δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις όσον αφορά την χρονολογική περίοδο των κατοικιών αφού σε όλες τις κατοικίες (ανεξάρτητα χρονολογικής περιόδου κατασκευής) θεωρήθηκαν αρχικά τα ίδια κουφώματα αλουμινίου.

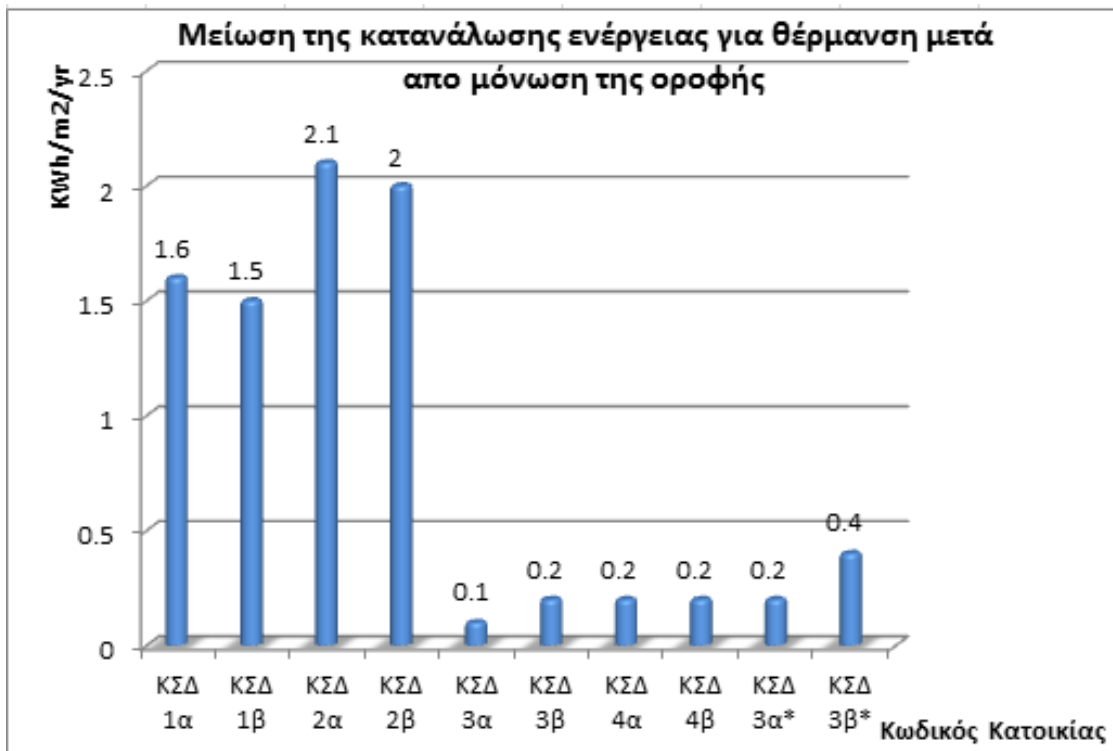
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες από την άλλη Μεταπτυχιακή διατριβή η μείωση/αύξηση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από -3 με 17 kWh/m²/yr.



Γράφημα 25: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής



Γράφημα 26: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής



Γράφημα 27: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της οροφής

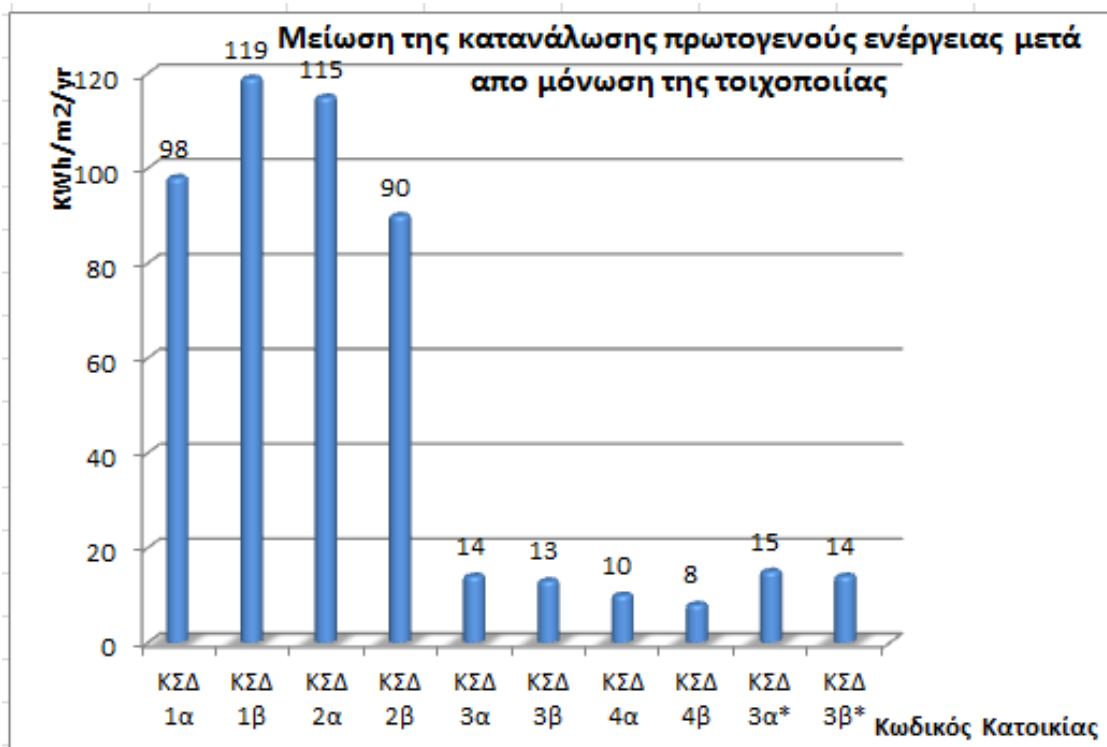
Συνεχίζοντας με το Γράφημα 25 καταγράφεται η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας μετά από τη μόνωση της οροφής. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση πρωτογενούς ενέργειας παρατηρείται στις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κατασκευάστηκαν πριν το 2007 (Χωρίς θερμομόνωση). Οι κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 3 β που διέθεταν ήδη 3 εκ θερμομόνωσης δεν παρουσίασαν μεγάλη μείωση σε ενέργεια.

Το ίδιο παρατηρείται και στα Γραφήματα 26 και 37 όπου περιγράφεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη.

Παρατηρούμε επίσης ότι οι μειώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη είναι ελαφρώς μεγαλύτερες στις ακραίες κατοικίες σε σχέση με τις ενδιάμεσες κατοικίες για αυτές που κτίστηκαν πριν το 2007 και οι ίδιες για ακραίες/ενδιάμεσες κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες από άλλη διατριβή η μείωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 12 με 13 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 και 83 με 103 kWh/m²/yr που κτίστηκαν πριν το 2007.

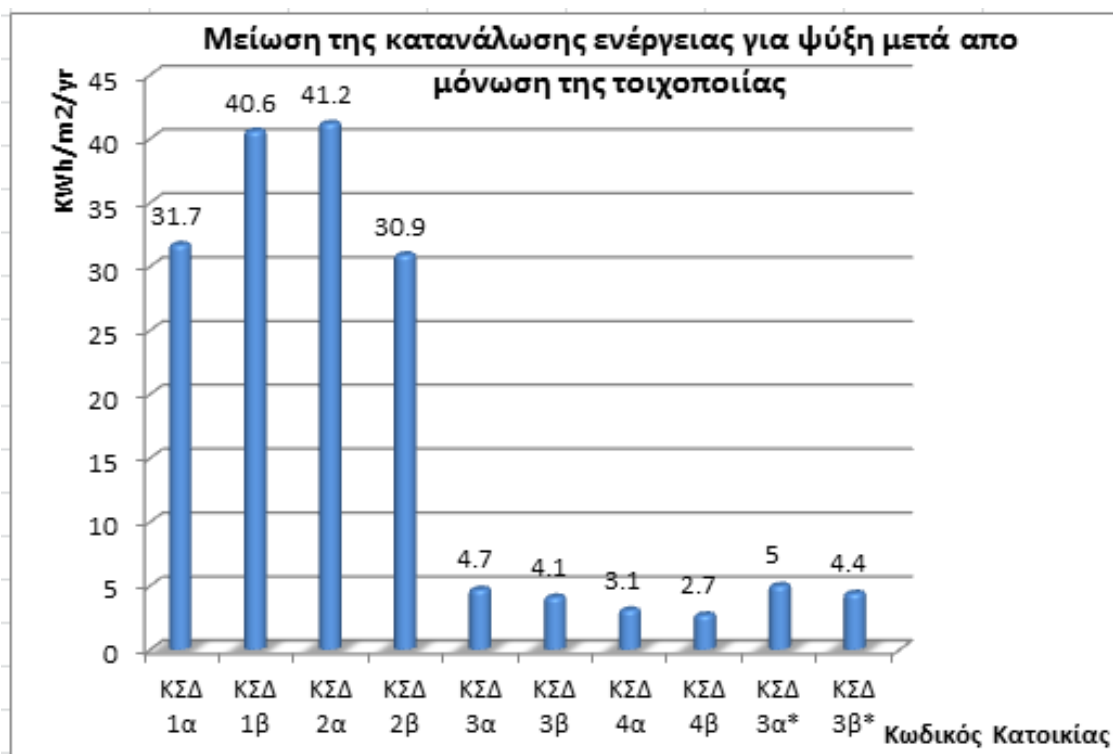
Συμπεραίνεται έτσι ότι οι ενεργειακές αποταμιεύσεις δεν αυξάνονται αναλογικά με την αύξηση του πάχους της μόνωσης.



Γράφημα 28: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας



Γράφημα 29: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας



Γράφημα 30: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από θερμομόνωση της τοιχοποιίας

Στη συνέχεια αναλύονται οι ενεργειακές συμπεριφορές των κατοικιών μετά από την θερμομόνωση της τοιχοποιίας. Παρατηρούμε ίδια συμπεριφορά με την περίπτωση θερμομόνωσης της οροφής.

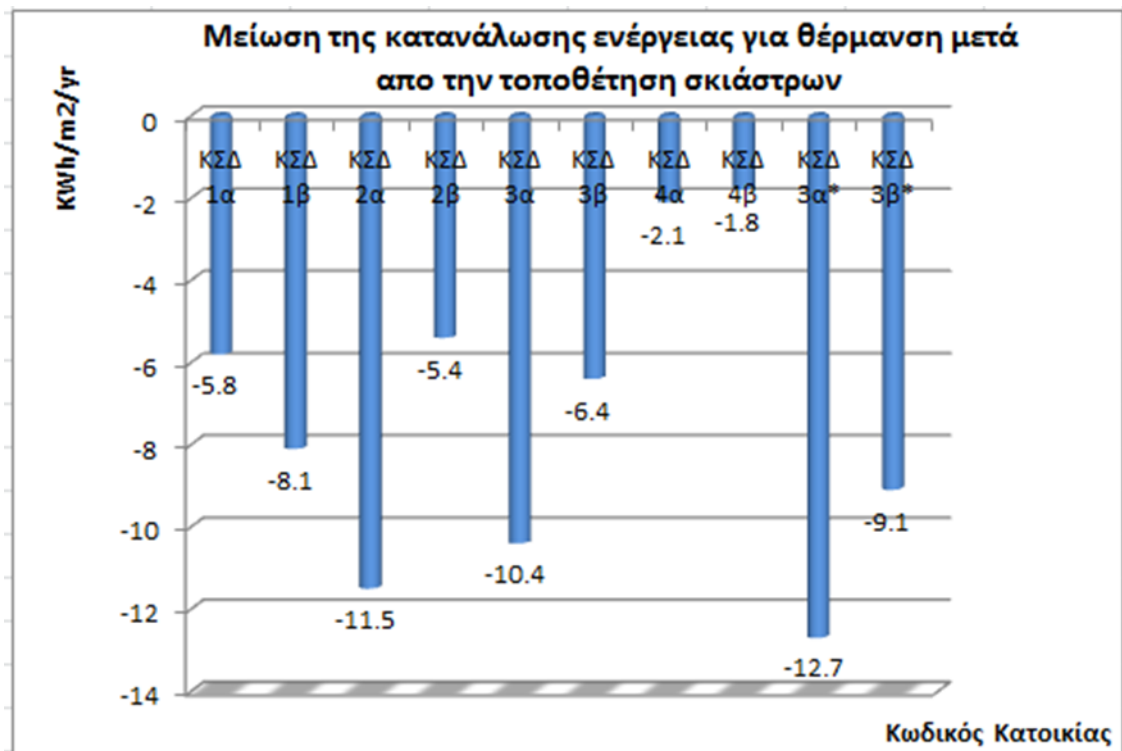
Στο Γράφημα 28 καταγράφεται η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας μετά από τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση πρωτογενούς ενέργειας παρατηρείται στις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κατασκευάστηκαν πριν το 2007. Οι κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 3 β που διέθεταν ήδη 3εκ θερμομόνωσης δεν παρουσίασαν μεγάλη μείωση σε ενέργεια.

Το ίδιο παρατηρείται και στα Γραφήματα 26 και 37 όπου περιγράφεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη.

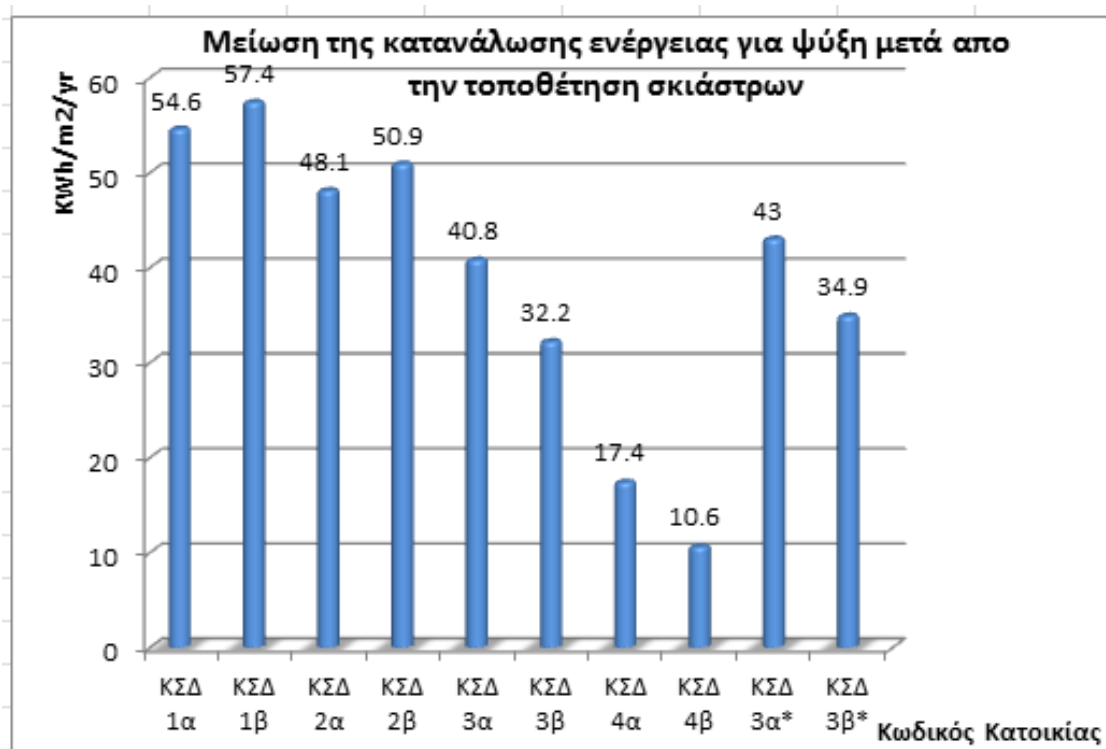
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες η μείωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 14 με 24 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 και 138 με 152 kWh/m²/yr για αυτές που κτίστηκαν πριν το 2007.



Γράφημα 31: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων



Γράφημα 32: Αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων



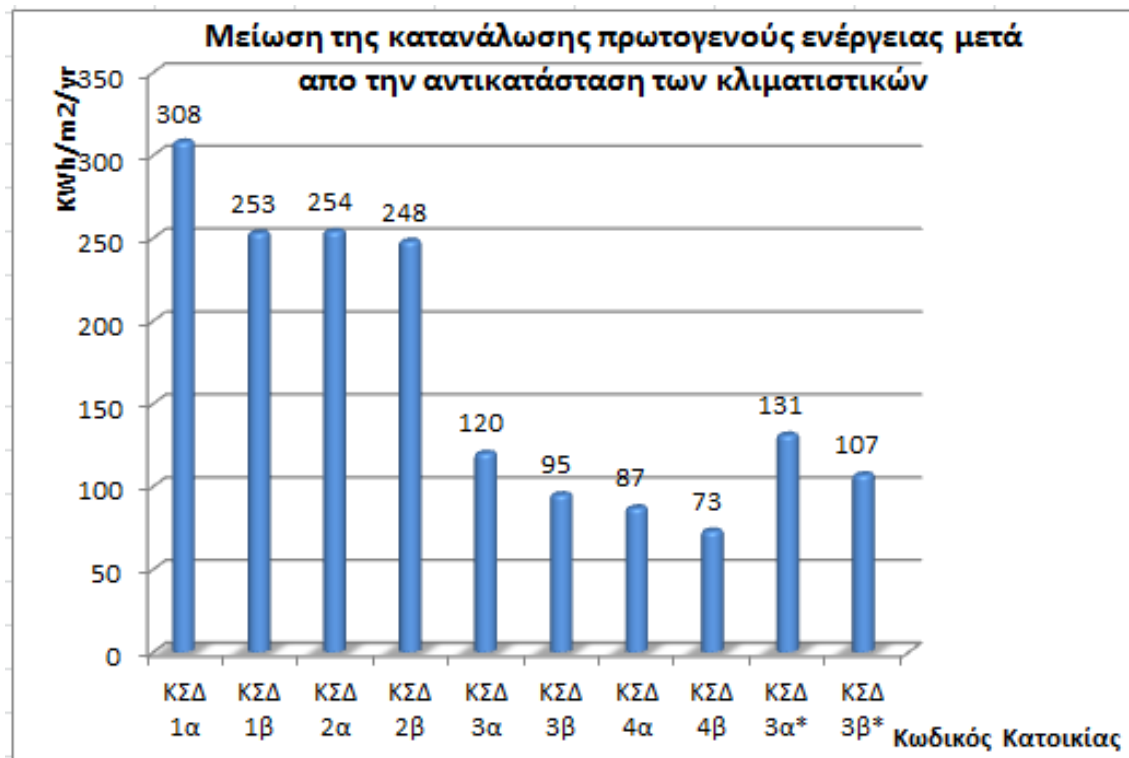
Γράφημα 33: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από την τοποθέτηση σκιάστρων

Από το Γράφημα 31 γίνεται εμφανές ότι η μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας είναι αισθητά μεγαλύτερη για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν από το 2007.

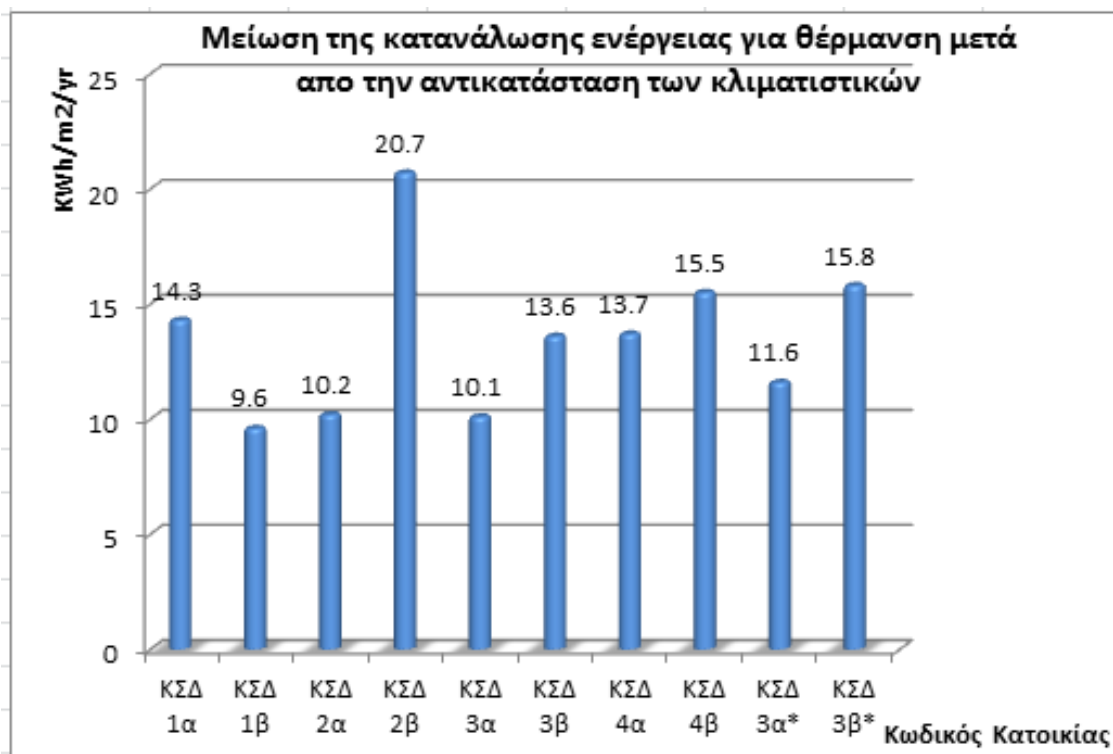
Στην περίπτωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση η τοποθέτηση σκιάστρων είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση σε όλες τις κατοικίες όπως φαίνεται από το Γράφημα 32.

Τέλος στο Γράφημα 33 παρουσιάζεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε ψύξη που είναι σαφώς μεγαλύτερη στις κατοικίες που κτίστηκαν πριν από το 2007.

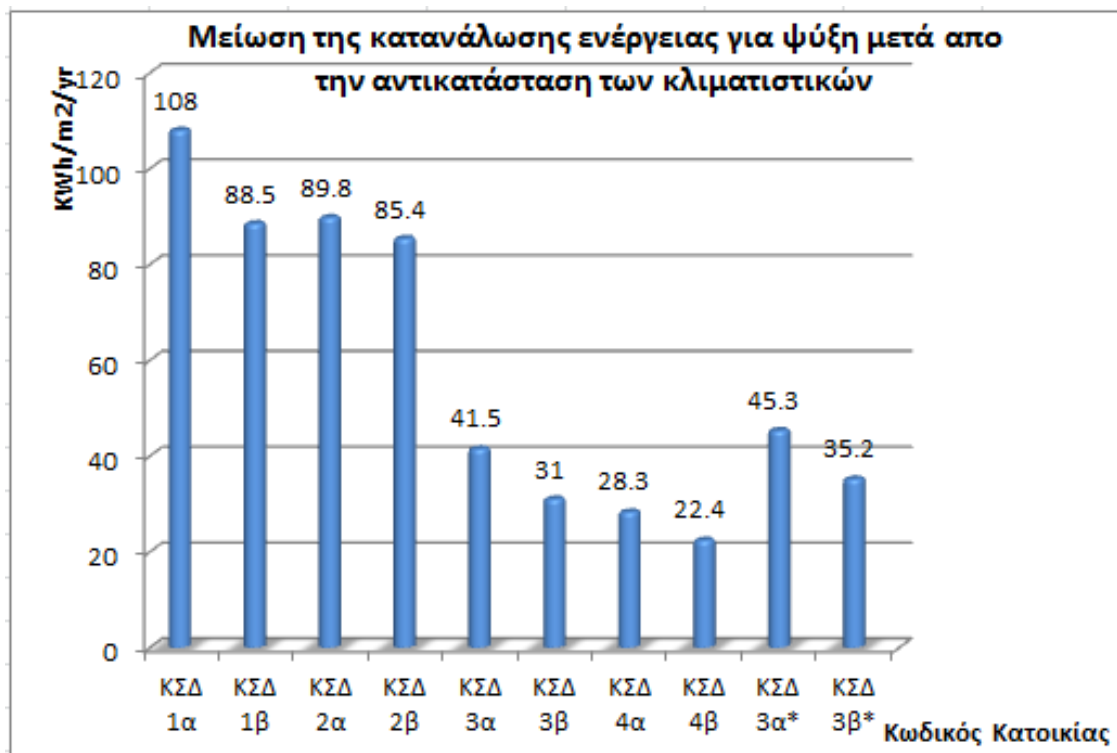
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες η μείωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 48 με 120 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 και 42 με 52 kWh/m²/yr για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007.



Γράφημα 34: Μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών



Γράφημα 35: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών



Γράφημα 36: Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη που προκύπτει μετά από την αντικατάσταση των κλιματιστικών

Στα πιο πάνω Γραφήματα αναφέρονται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας και ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την αντικατάσταση των κλιματιστικών όπου παρατηρούμε και τις μεγαλύτερες μειώσεις από όλα τα υπόλοιπα μέτρα.

Και πάλι εδώ οι μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση των κατοικιών που κτίστηκαν πριν το 2007 και μικρότερες για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες η μείωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 248 με 318 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 και 102 με 106 kWh/m²/yr για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007.

6.3 Χρόνοι απόσβεσης του κόστους των μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών

Στους πίνακες που ακολουθούν πραγματοποιήθηκε οικονομική ανάλυση του κάθε μέτρου που εφαρμόστηκε ξεχωριστά έτσι ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση των διαφόρων μέτρων ως προς τους χρόνους απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου.

Στον Πίνακα 33 καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για αντικατάσταση των κουφωμάτων. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €4778 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 25 χρόνια. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €6472 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 49 χρόνια.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι το συγκεκριμένο μέτρο από μόνο του δεν έχει πολύ καλή απόδοση αφού τα χρόνια απόσβεσης του κόστους επένδυσης είναι πολλά.

Πίνακας 33: Κόστος αλλαγής κουφωμάτων και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Αλλαγή κουφωμάτων	ΚΣΔ 1α	4625	19.1
	ΚΣΔ 1β	3835	21.9
	ΚΣΔ 2α	6212	37.2
	ΚΣΔ 2β	4442	22.15
	ΚΣΔ 3α	7230	40.3
	ΚΣΔ 3β	5037	32.7
	ΚΣΔ 4α	6810	65.08
	ΚΣΔ 4β	6810	58.4

Ακολουθεί ο Πίνακας 34 όπου καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €854 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 1.1 χρόνια. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που

κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €974 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 11 χρόνια.

Συμπεραίνουμε έτσι το συγκεκριμένο μέτρο έχει πάρα πολύ απόδοση για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 ενώ η απόδοση μειώνεται έντονα για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 που είχαν ήδη θερμομόνωση στην οροφή.

Πίνακας 34: Κόστος μόνωσης οροφής και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Μόνωση οροφής	ΚΣΔ 1α	877	1.1
	ΚΣΔ 1β	754	1.1
	ΚΣΔ 2α	877	1.1
	ΚΣΔ 2β	907	1.1
	ΚΣΔ 3α	1088	11.7
	ΚΣΔ 3β	950	11.6
	ΚΣΔ 4α	930	10.3
	ΚΣΔ 4β	930	10.6

Στην συνέχεια έχουμε τον Πίνακα 35 καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για τοποθέτηση μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία των κατοικιών. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €3293 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 3.5 χρόνια. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €3194 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 27 χρόνια.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση το συγκεκριμένο μέτρο έχει πάρα πολύ καλή απόδοση για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 ενώ η απόδοση μειώνεται έντονα για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 που είχαν ήδη θερμομόνωση στις τοιχοποιίες.

Πίνακας 35: Κόστος μόνωσης τοιχοποιίας και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Μόνωση τοιχοποιίας	ΚΣΔ 1α	4350	4.8
	ΚΣΔ 1β	2690	2.9
	ΚΣΔ 2α	3893	3.9
	ΚΣΔ 2β	2240	2.6
	ΚΣΔ 3α	4055	27.6
	ΚΣΔ 3β	1952	15.9
	ΚΣΔ 4α	4113	34.9
	ΚΣΔ 4β	2656	30.6

Στον Πίνακα 36 που ακολουθεί καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για τοποθέτηση σκιάστρων στα παράθυρα. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €1587 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 1.6 χρόνια. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €1605 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 3.4 χρόνια.

Το συγκεκριμένο μέτρο λόγω του χαμηλού κόστους επένδυσης και κατ' επέκταση των λίγων χρόνων αποπληρωμής του αρχικού κόστους φαίνεται να είναι από τα καλύτερα μέτρα με εμφανή υψηλή απόδοση για τις κατοικίες και των δύο χρονολογικών περιόδων.

Πίνακας 36: Κόστος τοποθέτησης σκιάστρων και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Τοποθέτηση σκιάστρων	ΚΣΔ 1α	1223	1.1
	ΚΣΔ 1β	1810	1.8
	ΚΣΔ 2α	1894	2.2
	ΚΣΔ 2β	1420	1.3
	ΚΣΔ 3α	2587	3.1
	ΚΣΔ 3β	1804	3
	ΚΣΔ 4α	1014	2.7
	ΚΣΔ 4β	1014	4.8

Ακολούθως στον Πίνακα 37 καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για την αντικατάσταση των κλιματιστικών. Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €10000 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 4.2 χρόνια. Για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €10500 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 9.8 χρόνια.

Παρατηρούμε ότι η αντικατάσταση των κλιματιστικών είναι ένα αρκετά αποδοτικό μέτρο που αν και έχει ένα αρχικό κόστος μεγάλο εντούτοις λόγω της υψηλής απόδοσης του μέτρου η αποπληρωμή γίνεται σχετικά γρήγορα.

Πίνακας 37: Κόστος αλλαγής κλιματιστικών και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Αλλαγή κλιματιστικών	ΚΣΔ 1α	10000	3.5
	ΚΣΔ 1β	10000	5.1
	ΚΣΔ 2α	10000	4.3
	ΚΣΔ 2β	10000	4
	ΚΣΔ 3α	12000	8.5
	ΚΣΔ 3β	10000	9.6
	ΚΣΔ 4α	10000	9.9
	ΚΣΔ 4β	10000	11

Τέλος ακολουθεί ο Πίνακας 38 όπου καταγράφεται το κόστος και ο χρόνος απόσβεσης για τοποθέτηση φωτοβολταϊκών . Το κόστος για όλες τις κατοικίες ανέρχεται στα €1750. Ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης για τις κατοικίες ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι 8.4 χρόνια και για τις κατοικίες ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 8.2 χρόνια.

Πίνακας 38: Κόστος τοποθέτησης φωτοβολταϊκών και χρόνος απόσβεσης

Μέτρο Ενεργειακής αναβάθμισης	Κωδική ονομασία	Συνολικό κόστος (€)	Χρόνος απόσβεσης (χρόνια)
Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών	ΚΣΔ 1α	1750	8.4
	ΚΣΔ 1β	1750	8.1
	ΚΣΔ 2α	1750	8.4
	ΚΣΔ 2β	1750	8.8
	ΚΣΔ 3α	1750	8.2
	ΚΣΔ 3β	1750	8.1
	ΚΣΔ 4α	1750	8.2
	ΚΣΔ 4β	1750	8.2

7 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ / ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν ο ενεργειακός έλεγχος και η αναβάθμιση οκτώ Κατοικιών Συνεχούς Δόμησης (ΚΣΔ) που ανήκαν σε δύο διαφορετικές χρονολογικές περιόδους. Οι τέσσερις κατοικίες επιλέγηκαν από την χρονολογική περίοδο 1981-2006 και τα υπόλοιπα τέσσερα σπίτια από την χρονολογική περίοδο μετά το 2007.

Από τον ενεργειακό έλεγχο αλλά και από την αξιολόγηση της τεχνοοικονομικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε στα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών έχουν εξαχθεί αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά τα διάφορα μέτρα που εφαρμόστηκαν. Επιπρόσθετα όλα τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής έχουν συγκριθεί με αποτελέσματα άλλης Μεταπτυχιακής διατριβής που αφορούσε την μελέτη Μονοκατοικιών που ανήκαν στις ίδιες χρονολογικές περιόδους. Η συγκεκριμένη διατριβή για Μονοκατοικίες διεκπεραιώθηκε σε παράλληλο χρόνο με την παρούσα διατριβή, ακολουθώντας τα ίδια δεδομένα, κάτω από την επίβλεψη της κ. Δέσποινας Σεργίδου.

7.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Συνοπτικά τα αποτελέσματα που είχαμε από την ενεργειακή ανάλυση των κατοικιών είναι τα πιο κάτω:

1) Αρχικά πραγματοποιήθηκε ενεργειακή ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης των ΚΣΔ. Για τις ΚΣΔ που κτίστηκαν τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνονται από 449 μέχρι 531 kWh/m²/yr και για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007 οι καταναλώσεις κυμαίνονται από 200 μέχρι 276 kWh/m²/yr.

Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ήταν υψηλότερες στις ακρινές ΚΣΔ σε σχέση με τις ενδιάμεσες κατά 1 με 43 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που ανήκουν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 και 24 με 40 kWh/m²/yr για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007. Παρατηρούμε δηλαδή ότι για τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 οι ακρινές κατοικίες παρουσίασαν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας κατά 4.5% σε σχέση με τις ενδιάμεσες κατοικίες ενώ για την περίοδο μετά το 2007 η διαφορά αυξήθηκε στο 13%.

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για Μονοκατοικίες ίδιων χρονολογικών περιόδων είναι 452 με 545 kWh/m²/yr για τις κατοικίες που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 και 237 με 242 kWh/m²/yr για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007.

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση παρατηρούμε ότι στο σύμπλεγμα κατοικιών ΚΣΔ 1 α-ΚΣΔ 1 β η ακραία κατοικία ΚΣΔ 1α έχει υψηλότερη κατανάλωση από την μεσαία κατοικία ΚΣΔ 1 β καθότι η ακραία κατοικία έχει την πλαϊνή της όψη Βόρεια ενώ το αντίθετο συμβαίνει στο σύμπλεγμα κατοικιών ΚΣΔ 2 α -ΚΣΔ 2 β και ΚΣΔ 3 α-ΚΣΔ 3 β όπου οι πλαϊνές όψεις των ακραίων κατοικιών έχουν Νότιο προσανατολισμό.

Για τις δύο κατοικίες ΚΣΔ 3 α* και ΚΣΔ 3 β* τις οποίες επισκεφθήκαμε επί τόπου και πραγματοποιήθηκε ανάλυση με τις πραγματικές συνθήκες, βρέθηκαν να έχουν περισσότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 11 και 12 kWh/m²/yr σε σχέση με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε βάσει του σεναρίου που ίσχυσε για όλες τις ΚΣΔ βάσει της νομοθεσίας. Επιπλέον βρέθηκε ότι αν για τις δύο αυτές κατοικίες η ανάλυση βασιζόταν στις πραγματικές συνθήκες χωρίς τις θεωρήσεις που πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό για τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ήταν κατά 179 και 174 kWh/m²/yr λιγότερες από το σενάριο ενεργειακής ανάλυσης που έπρεπε να ακολουθηθεί βάσει νομοθεσίας για τις ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 3 β αντίστοιχα.

Επιπλέον βάσει στοιχείων που είχαμε για τις δύο κατοικίες από καταγραφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους μετρητές των δύο κατοικιών βρέθηκε ότι η ΚΣΔ 3 α είχε ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 15 kWh/m²/yr και η ΚΣΔ 3 β 37 kWh/m²/yr. Οι αντίστοιχες καταναλώσεις βάσει του σεναρίου που θεωρήσαμε είναι 107 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3 α και 94 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3β. Τέλος τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν αν η ανάλυση γινόταν βάσει των πραγματικών συνθηκών χωρίς τις παραδοχές της νομοθεσίας ήταν 37 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3α και 25 kWh/m²/yr για την ΚΣΔ 3β.

Π) Στη συνέχεια στις τέσσερις κατοικίες που ανήκαν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 εφαρμόστηκε ένα Τυπικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης που σκοπό είχε τη συμμόρφωση των κατοικιών με το Διάταγμα Κ.Δ.Π 432 του 2013. Τα μέτρα που εφαρμόστηκαν είχαν σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς

ενέργειας σε ποσοστό 58.46%. Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 60.95 %.

Ο μέσος όρος κόστους για τις ΚΣΔ είναι €11975 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 5 χρόνια. Αντίστοιχα μέσος όρος του κόστους μετασκευής για Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου είναι €14157 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 5.1 χρόνια.

Επιπλέον έχει επισημανθεί το γεγονός ότι μετά την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών η μείωση σε ενέργεια παρατηρήθηκε να είναι μεγαλύτερη στις ακραίες κατοικίες σε σχέση με τις ενδιάμεσες.

III) Ακολούθως εφαρμόστηκε ένα Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης σε όλες τις κατοικίες. Για τις κατοικίες που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 η μέση μείωση σε πρωτογενή ενέργεια ανέρχεται στο 80.6 % και για τις κατοικίες που ανήκουν στη χρονολογική περίοδο μετά το 2007 η μέση ποσοστιαία μείωση φτάνει το 59.9 %.

Η αντίστοιχη μέση τιμή της μείωσης για τις Μονοκατοικίες είναι 81.1 % για τις κατοικίες που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 και 61.7 % για αυτές που ανήκουν μετά το 2007.

Όσον αφορά τις ακρινές και ενδιάμεσες κατοικίες της χρονολογική περίοδο 1981-2006 η ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι οριακά μικρότερη στις ακραίες κατοικίες ενώ παρόμοιο σκηνικό έχουμε και στην περίπτωση των κατοικιών που ανήκουν στην περίοδο μετά το 2007.

Για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 1 α και ΚΣΔ 2 β που κτίστηκαν πριν από το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €22261 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 6.6 χρόνια. Ο αντίστοιχος μέσος όρος του κόστους για Μονοκατοικίες της ίδιας χρονολογικής περιόδου είναι €25420 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 6.5 χρόνια.

Για τις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης ΚΣΔ 3 α και ΚΣΔ 4 β που κτίστηκαν μετά από το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €24495 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 16.2 χρόνια. Για τις Μονοκατοικίες ο μέσος όρος του κόστους είναι €26601 και ο μέσος όρος των χρόνων αποπληρωμής τα 16.5 χρόνια.

III) Τέλος εφαρμόστηκε και εξετάστηκε το κάθε ένα μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης του σεναρίου για ΚΣΜΕΚ σε κάθε μία κατοικία ξεχωριστά με τα πιο κάτω αποτελέσματα:

α) Στην περίπτωση που είχαμε αντικατάσταση των κουφωμάτων η μείωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν για τις ΚΣΔ που ανήκουν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 16 με 26 kWh/m²/yr και για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007 8 με 15 kWh/m²/yr. Οι αντίστοιχες μειώσεις (όπου υπάρχει αρνητικό πρόσημο έχουμε αύξηση κατανάλωσης) για τις Μονοκατοικίες είναι -3 με 17 kWh/m²/yr για την περίοδο 1981-2006 και -2 με 5 για την περίοδο μετά το 2007.

Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €4778 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 25 χρόνια. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €6472 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 49 χρόνια.

β) Ακολούθως με την εφαρμογή του μέτρου που αφορούσε τη μόνωση της οροφής η μείωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν για τις ΚΣΔ που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 76 με 94 kWh/m²/yr και για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007 9 με 10 kWh/m²/yr. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τις Μονοκατοικίες είναι 83 με 103 kWh/m²/yr για την περίοδο 1981-2006 και 12 με 13 για την περίοδο μετά το 2007.

Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €854 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 1.1 χρόνια. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €974 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 11 χρόνια.

γ) Ακολουθεί η μόνωση της τοιχοποιίας με μείωση πρωτογενούς ενέργειας 90 με 119 kWh/m²/yr για τις ΚΣΔ που ανήκουν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 και 8 με 14 kWh/m²/yr και για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τις Μονοκατοικίες είναι 138 με 152 kWh/m²/yr για την περίοδο 1981-2006 και 14 με 24 για την περίοδο μετά το 2007.

Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €3293 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 3.5 χρόνια. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €3194 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 27 χρόνια.

δ) Στη συνέχεια προχωρήσαμε σε ενεργειακό έλεγχο με τοποθέτηση σκιάστρων στα κουφώματα των κατοικιών. Για τις ΚΣΔ που ανήκουν στη χρονολογική περίοδο 1981-2006 η μείωση κυμαίνεται από 114 μέχρι 143 kWh/m²/yr και για αυτές που ανήκουν στην περίοδο μετά το 2007 25 με 96 kWh/m²/yr. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τις Μονοκατοικίες είναι 48 με 120 kWh/m²/yr για την περίοδο 1981-2006 και 42 με 52 για την περίοδο μετά το 2007.

Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €1587 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 1.6 χρόνια. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €1605 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 3.4 χρόνια.

ε) Τέλος με την αντικατάσταση των κλιματιστικών η μείωση πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται από 248 με 308 kWh/m²/yr για τις ΚΣΔ που ανήκουν στην χρονολογική περίοδο 1981-2006 και 73 με 120 kWh/m²/yr και για αυτές που κτίστηκαν μετά το 2007. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τις Μονοκατοικίες είναι 248 με 318 kWh/m²/yr για την περίοδο 1981-2006 και 102 με 106 για την περίοδο μετά το 2007.

Ο μέσος όρος κόστους για τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 είναι €10000 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 4.2 χρόνια. Για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 ο μέσος όρος του κόστους είναι €10500 και ο μέσος όρος χρόνων απόσβεσης είναι 9.7 χρόνια.

7.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις πιο κάτω κατηγορίες:

α) Υφιστάμενη κατάσταση

Στην υφιστάμενη κατάσταση είναι φανερή η μεγάλη διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στις Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης που κτίστηκαν τη χρονολογική περίοδο 1981-2006 όπου δεν υπήρχε καμιά νομοθεσία για θερμομόνωση σε σχέση με τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 όπου η νομοθεσία όριζε ελάχιστες τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας. Συγκεκριμένα οι κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 έχουν περίπου τη μισή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με

τις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 γεγονός που αποδεικνύει τη μεγάλη σημασία της θερμομόνωσης στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με Μονοκατοικίες ίδιων χρονολογικών περιόδων παρατηρούμε οι ΚΣΔ παρουσιάζουν ελαφρώς καλύτερη συμπεριφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 7% όταν συγκρίνουμε τις δύο τυπολογίες κτηρίων την χρονολογική περίοδο 1981-2006 και κατά 2.5% όταν οι συγκρίσεις γίνονται μετά το 2007. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στην καλύτερη μόνωση που εξασφαλίζεται συνολικά σε ένα σύμπλεγμα ΚΣΔ. Επίσης σχετικά με τις Μονοκατοικίες και την σύγκριση μεταξύ των δύο διαφορετικών χρονολογικών περιόδων παρατηρούμε ότι και εδώ η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι περίπου η μισή για τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007.

Σχετικά με τη σύγκριση των ΚΣΔ όσον αφορά τη θέση τους στο σύμπλεγμα των κατοικιών παρατηρούμε ότι και για τις δύο χρονολογικές περιόδους οι ενδιάμεσες κατοικίες παρουσιάζουν ελαφρώς καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά γεγονός που οφείλεται στην καλύτερη μόνωση των ενδιάμεσων κατοικιών αφού έχουν κοινή τοιχοποιία και στις δύο πλευρές τους.

Επιπρόσθετα έχει διαπιστωθεί ότι οι κατοικίες που έχουν πλαϊνή όψη Βόρεια τείνουν να έχουν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε σχέση με τις κατοικίες που η μία τους πλευρά έχει Νότιο προσανατολισμό όπου συμβαίνει το αντίθετο. Συμπεραίνεται έτσι ότι ο προσανατολισμός των κτηρίων μέσα στο συγκρότημα ΚΣΔ παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή τους κατανάλωση.

Στις δύο κατοικίες τις οποίες το ενεργειακό σενάριο βασίστηκε σε επί τόπου διερεύνηση διαπιστώθηκε ότι στην πραγματική κατάσταση η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ήταν κατά 5% μεγαλύτερη από ότι στο θεωρούμενο σενάριο. Διαπιστώθηκε έτσι ότι η θεώρηση που κάναμε για όλες τις κατοικίες προσέγγιζε την πραγματικότητα.

Για την πιο πάνω κατάσταση όταν συγκρίθηκαν οι πραγματικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας με το σενάριο που θεωρήσαμε βάσει νομοθεσίας διαπιστώθηκε ότι η πραγματική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχούσε μόνο στο 26 % της κατανάλωσης που έβγαζε το λογισμικό. Όταν η σύγκριση γινόταν χωρίς τις θεωρήσεις που ορίζει η νομοθεσία για τα κλιματιστικά η κατανάλωση ηλεκτρικής

ενέργειας ήταν πιο κοντά στην πραγματική κατάσταση. Από αυτό φαίνεται ότι οι θεωρήσεις που ορίζει η νομοθεσία μέσω του λογισμικού iSBEMcy δεν δίνουν την πραγματική εικόνα στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

β) Τυπικό και Φιλόδοξο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης

Με την εφαρμογή του Τυπικού σεναρίου για συμμόρφωση των κατοικιών που κτίστηκαν πριν το 2007 με τη νομοθεσία παρατηρήθηκε ότι τα μέτρα αυτά είχαν μεγάλη απόδοση τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας όσο και στα χρόνια αποπληρωμής του κόστους της επένδυσης.

Μεγάλη απόδοση είχαμε και με την εφαρμογή του Φιλόδοξου σεναρίου στις κατοικίες που κτίστηκαν πριν το 2007 ενώ όταν εφαρμόστηκε στις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 η εξοικονόμηση ήταν πιο μικρή και τα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης ήταν κατά 2.5 φορές περισσότερα.

Συμπεραίνεται έτσι τα σενάρια μετασκευής έχουν μεγαλύτερο όφελος για την παλαιότερη γενιά κτηρίων, αυτών δηλαδή που κτίστηκαν πριν το 2007.

Σε σύγκριση με τις Μονοκατοικίες τα αποτελέσματα ήταν σχεδόν τα ίδια με ασήμαντα καλύτερη απόδοση στις Μονοκατοικίες με τα χρόνια απόσβεσης να είναι ακριβώς τα ίδια και στις δύο τυπολογίες κατοικιών.

Όσον αφορά τη σύγκριση των ΚΣΔ με τη θέση τους στο σύμπλεγμα των κατοικιών παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας είναι οριακά μεγαλύτερη στις ακραίες κατοικίες.

γ) Αξιολόγηση μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης στο σενάριο για ΚΣΜΕΚ

Συγκρίνοντας την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, το αρχικό κόστος επένδυσης και τα χρόνια αποπληρωμής της επένδυσης φαίνεται ότι η μόνωση της οροφής και της τοιχοποιίας είναι ένα αρκετά ελκυστικό μέτρο αναβάθμισης για τους ιδιοκτήτες που οι κατοικίες τους δεν έχουν καθόλου θερμομόνωση ενώ φαίνεται να είναι ασύμφορο για τις κατοικίες που ήδη πληρούσαν τις ελάχιστες απαιτήσεις της νομοθεσίας. Βρέθηκε επομένως ότι οι ενεργειακές αποταμιεύσεις δεν αυξάνονται αναλογικά με την αύξηση του πάχους της μόνωσης.

Συγκρίνοντας και τα υπόλοιπα μέτρα μετασκευής συμπεραίνουμε ότι τα σκίαστρα είναι ένα πολύ καλό μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης, παρόμοιο σε απόδοση με την μόνωση της οροφής που είναι όμως ελκυστικό για τις κατοικίες και των δύο χρονολογικών περιόδων. Ακολουθεί το μέτρο που αφορούσε την αντικατάσταση των κλιματιστικών που παρά το μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης, λόγω της υψηλής εξοικονόμηση σε ενέργεια που επιφέρει το καθιστά σε ένα αξιόλογο σενάριο μετασκευής που συμφέρει τις κατοικίες και των δύο χρονολογικών περιόδων.

Η αντικατάσταση των κουφωμάτων είναι γενικά ασύμφορο μέτρο για τις κατοικίες που είχαν ήδη κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα αφού η εξοικονόμηση σε ενέργεια είναι μικρή ενώ το αρχικό κόστος επένδυσης αρκετά μεγάλο.

Όσον αφορά τις Μονοκατοικίες αυτές φαίνεται να αντιδρούν θετικότερα στα πιο πάνω σενάρια μετασκευής σε σχέση με τις ΚΣΔ με εξαίρεση την τοποθέτηση των σκιάστρων που στις ΚΣΔ λειτουργά πιο αποδοτικά.

7.3 Επίλογος

Από τα πιο πάνω φαίνεται ξεκάθαρα η ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών που κτίστηκαν την χρονολογική περίοδο 1981-2006 έτσι ώστε να συμμορφωθούν με τις ελάχιστες απαιτήσεις της νομοθεσίας αφού με αυτό τον τρόπο μειώνεται δραστικά η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς και οι εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον η ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών αυτών λόγω του μεγάλου ετήσιου ενεργειακού κέρδους που έχουν, που έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη απόσβεση του κόστους επένδυσης καθιστά το όλο εγχείρημα αρκετά ελκυστικό προς τους ιδιοκτήτες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μεγάλη κινητικότητα για θερμομόνωση των κατοικιών αυτών που παρουσιάστηκε πρόσφατα μετά από εφαρμογή σχεδίου της κυβέρνησης που επιχορηγούσε τους ιδιοκτήτες κατοικιών ώστε να εφαρμόσουν συγκεκριμένα μέτρα που θα μείωναν κατά 40% την κατανάλωση ενέργειας των κατοικιών τους. Προς αυτή την κατεύθυνση θα πρέπει η κυβέρνηση να προωθήσει και άλλα μέτρα που να δίνουν κίνητρα στους ιδιοκτήτες για ενεργειακή ανακαίνιση των κατοικιών τους μέχρι και την μετατροπή τους σε ΚΣΜΕΚ που όπως αποδείξαμε στην παρούσα μελέτη είναι εφικτό να γίνει.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει επίσης να δοθεί στα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης που προωθούνται καθώς κάποια μέτρα όταν εφαρμόζονται δεν έχουν καλή απόδοση στο θέμα κόστους και απόσβεσης κεφαλαίου όσον αφορά τον στόχο των ΚΣΜΕΚ. Αυτό ισχύει κυρίως στις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2007 όπου η περαιτέρω αύξηση της μόνωσης δεν οδηγεί σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό είναι ένα θέμα που θα πρέπει να απασχολήσει σοβαρά την κυβέρνηση και να διαχωρίσει με κάποιο τρόπο τις ενέργειες που θα πρέπει να γίνονται στις κατοικίες πριν και μετά το 2007 για να είναι οικονομικά εφικτός ο πιο πάνω στόχος.

Περαιτέρω των πιο πάνω κρίνεται επιτακτικά η ανάγκη αναβάθμισης του λογισμικού iSBEMcy καθώς σε αρκετές περιπτώσεις δεν έδινε τα αναμενόμενα αποτελέσματα καθώς δεν μπορούσε να προσομοιώσει αντικειμενικά την υφιστάμενη κατάσταση. Επίσης οι θεωρήσεις που γίνονται στο πρόγραμμα δίνουν τις περισσότερες φορές πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την πραγματική.

Τέλος, είναι σαφές ότι ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης που αποσκοπεί σε ενεργειακή αναβάθμιση εξαρτάται από την αύξηση των τιμών της ενέργειας και λόγω του ότι οι τιμές της ενέργειας είναι απρόβλεπτες και εξαρτώνται τις περισσότερες φορές από τη διεθνή αγορά θα πρέπει οι διάφορες τεχνοοικονομικές μελέτες να γίνονται με σοβαρότητα και με χρήση κατάλληλων δεικτών που θα αναπροσαρμόζονται σε τακτά διαστήματα από την κυβέρνηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Maria da Graça Carvalho (2012) EU energy and climate change strategy. *Energy* 40 (2012) 19-22.

[2] A.J.Marszal, P.Heiselberg, J.S.Bourrelle, E.Musall, K.Voss, I.Sartori, A.Napolitano (2011) Zero Energy Building-A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings* 43 (2011) 971-979.

[3] Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου:

<http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/77F33AB3B52C2A79C225791B002C1533?OpenDocument&sub=1&sel=1&e=&print>

[4] Υπηρεσία Ενέργειας:

http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?OpenDocument

[5] <http://gov.insight.iit.demokritos.gr/article/287/>

[6] D.K.SERGHIDES M.MARKIDES & M.C.KATAFYGIOTOU (2015). Energy Retrofitting of the Mediterranean Terrace Dwellings. *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development (RES D)* June 2015 - ISSN 2356-8569

[7] Despina K Serghides¹ and Chrissa G Georgakis (2012). The building envelope of Mediterranean houses: Optimization of mass and insulation. *Journal of Building Physics* 36(1) 83–98

[8] Hasim Altan , Nicola Gasperini , Sam Moshaver and Antonio Frattari. (2015) Redesigning Terraced Social Housing in the UK for Flexibility Using Building Energy Simulation with Consideration of Passive Design. *Sustainability* **2015**, 7, 5488-5507; doi:10.3390/su7055488

[9] Haniyeh Mohammadpourkarbasi and Steve Sharples. The Eco-Refurbishment of a 19th Century Terraced House: Energy and Cost Performance for Current and Future UK Climates. *Buildings* 2013, 3, 220-244; doi:10.3390/buildings3010220.

- [10] D.K. Serghides, N. Sabuhi, T. Koutra, M.C.Katafygiotou and M. Markides. Energy Efficient Refurbishment of existing buildings: A multiple case study of Single Family Houses.
- [11] Δ.Κ.Σεργίδου, Μ.Α.Μαρκίδου, & Μ.Καταφυγιώτου. Κατοικίες Συνεχούς Δόμησης με Σχεδόν Μηδενική Ενεργειακή Κατανάλωση.
- [12] Marco Beccali, Maurizio Celluna, Mario Fontana, Sonia Longo, Marina Mistretta. Energy retrofit of a single-family house: Life cycle net energy saving and environmental benefits. Renewable and Sustainable Energy Reviews 27 (2013) 283-293
- [13] Ikbal Cetiner, Ecem Edis. An environmental and economic sustainability assessment method for the retrofitting of residential buildings. Energy and Buildings 74 (2014) 132-140.
- [14] Ο περι ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων νόμος Ν142 (i) 2006. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/N142\(i\)2006%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Nomos.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/N142(i)2006%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Nomos.pdf)
- [15] Ο περι ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων νόμος Ν30 (i) 2009. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/N30\(i\)_2009%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Nomos.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/N30(i)_2009%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Nomos.pdf)
- [16] Νόμος που τροποποιεί τον περι ρύθμισης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων νόμο. Ν210 (i) 2012. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/N210\(i\)_2012%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Tropoiitikos%20Nomos.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/N210(i)_2012%20peri%20Rithmisis%20Energiakis%20Apodosis%20Ktirion%20Tropoiitikos%20Nomos.pdf)
- [17] Οδηγός θερμομόνωσης κτηρίων 2^η έκδοση. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)

[18] Οδηγός Πιστοποίησης Ενεργειακής Απόδοσης Υφιστάμενων Κατοικιών.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/\\$file/Odigos%20Pistopoiisis%20Yfistamenwn%20Katoikiwn%2001.2010.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/$file/Odigos%20Pistopoiisis%20Yfistamenwn%20Katoikiwn%2001.2010.pdf)

[19] Μεθοδολογία Υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/\\$file/%CE%9C%CE%B5%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%B5%CE%BD%.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/E074577C58AD9EFCC22575B60047BEA8/$file/%CE%9C%CE%B5%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%B5%CE%BD%.pdf)

[20] Τεχνικός οδηγός ΚΣΜΚΕ.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/44D2917DF3B1EDCCC2257A390035FEB6/\\$file/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82%20%CE%9A%CE%A3%CE%9C%CE%9A%CE%95.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/44D2917DF3B1EDCCC2257A390035FEB6/$file/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82%20%CE%9A%CE%A3%CE%9C%CE%9A%CE%95.pdf)

[21] Κ.Δ.Π.39/2014 - Οι περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Ενεργειακή Πιστοποίηση των Κτιρίων) (Τροποητικοί) Κανονισμοί του 2014.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/K%CE%94%CE%A0%2039_2014_peri%20Rytmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion%20\(Energeiaki%20Pistopoiisi%20Ktirion\)%20\(Tropoioitiko\)%20Kanonismoi.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/K%CE%94%CE%A0%2039_2014_peri%20Rytmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion%20(Energeiaki%20Pistopoiisi%20Ktirion)%20(Tropoioitiko)%20Kanonismoi.pdf)

[22] Κ.Δ.Π.164/2009 - Οι περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Ενεργειακή Πιστοποίηση των Κτιρίων) Κανονισμοί του 2009.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/KDP164_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion\(Energeiaki%20%20Pistopoiisi%20Ktirion\)Kanonismoi.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/KDP164_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion(Energeiaki%20%20Pistopoiisi%20Ktirion)Kanonismoi.pdf)

[23] Κ.Δ.Π.432 _2013 - Το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου) Διάταγμα του 2013.
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion%20\(Apaitiseis%20Elaxistis%20Energeiakis%20Apodosis%20%20ktirion\)_KDP432_2013%20.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion%20(Apaitiseis%20Elaxistis%20Energeiakis%20Apodosis%20%20ktirion)_KDP432_2013%20.pdf)

[24] Κ.Δ.Π.446 _2009 - Το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου) Διάταγμα του 2009. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/KDP446_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiron\(Apaitiseis%20Elaxistis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiriou\)%20Diatagma.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/KDP446_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiron(Apaitiseis%20Elaxistis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiriou)%20Diatagma.pdf)

[25] Κ.Δ.Π.412 _2009 - Το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου) Διάταγμα του 2009. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/KDP412_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiron\(Pistopoiitiko%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiriou\)%20Diatagma.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/KDP412_2009%20peri%20Rythmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiron(Pistopoiitiko%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktiriou)%20Diatagma.pdf)

[26] Κ.Δ.Π 366_2014-Το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Απαιτήσεις και Τεχνικά Χαρακτηριστικά που πρέπει να πληροί το κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας) Διάταγμα του 2014. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/\\$file/KDP366_2014_peri%20Rytmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion\(Apaitiseis%20kai%20texnika%20xarakteristika%20rou%20prepei%20na%20pliroi%20to%20KSMKE\)Diatagma2014%20.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/DF8E187B6AF21A89C22575AD002C6160/$file/KDP366_2014_peri%20Rytmisis%20Energeiakis%20Apodosis%20Ktirion(Apaitiseis%20kai%20texnika%20xarakteristika%20rou%20prepei%20na%20pliroi%20to%20KSMKE)Diatagma2014%20.pdf)

[27] Μεταπτυχιακή Διατριβή - Πιλοτική μελέτη ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής αναβάθμισης Μονοκατοικιών στην Κύπρο-Λεμεσός 2015.