



ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΥΡΩΣΥΣΤΗΜΑ



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΑΤΘΑΙΟΣ ΣΑΝΤΑΜΟΥΡΗΣ

ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ ΦΑΡΡΟΥ

ΜΑΡΙΝΑ ΛΑΣΚΑΡΗ

ΜΑΡΙΑ ΣΑΛΙΑΡΗ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΖΑΝΝΗΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΙΓΓΑΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΑΝΝΑΚΙΔΗΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

Κίνδυνοι και επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στο δομημένο περιβάλλον

Ομάδα Μελέτης :

Δ.Α. Ασημακόπουλος, Μ. Σανταμούρης, Ι. Φάρρου, Μ. Λάσκαρη και Μ. Σαλιάρη, Γ. Ζαννής,
Τμήμα Φυσικής Πανεπιστήμιο Αθηνών.

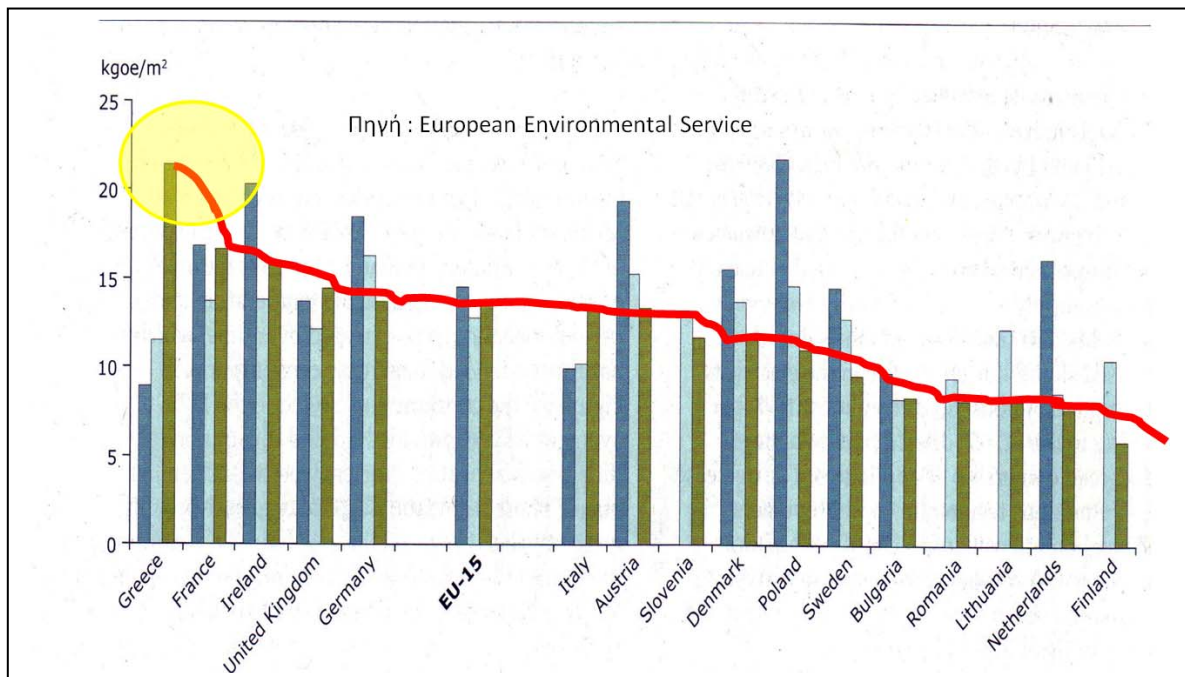
Κ. Τιγγας, Γ. Γιαννακίδης, ΚΑΠΕ

Εισαγωγή και τοποθέτηση θέματος και προβλήματος

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα ευθύνεται για το ένα τρίτο περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και για το 36% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στην χώρα μας, οι εκπομπές CO₂ από τον κτιριακό τομέα παρουσίαζαν πριν την περίοδο της οικονομικής κρίσης ετήσιο ρυθμό αύξησης περί το 4%, ενώ παράλληλα διογκωνόταν συνεχώς η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Τα κτίρια αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, με υψηλό αρχικό κόστος και με μεγάλη διάρκεια ζωής. Υπό την έννοια αυτή ο χρήστης ενός κτιρίου δεσμεύεται να πληρώνει το αντίτιμο για κάθε παράλειψη, αμέλεια ή αστοχία του σχεδιασμού και της κατασκευής επί δεκαετίες ολόκληρες. Παραλείψεις και αμέλειες που, σε ότι αφορά τη διαχείριση ενέργειας θα μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί. Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό.

Τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με την Eurostat και το ευρωπαϊκό κέντρο Περιβάλλοντος, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική ανάγωση, την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες, (σχήμα 1)



Σχημα 1. Κλιματικά ανοιγμενη καταναλωση ενεργειας νοικοκυριων για θερμανση στην Ελλαδα.

Η πραγματικότητα αυτή έχει ιδιαίτερα δυσμενείς συνέπειες στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, επιβαρύνει σημαντικά τον προϋπολογισμό του κάθε πολίτη και ιδίως των οικογενειών χαμηλού εισοδήματος, εκτινάσσει το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής και υποχρεώνει στην κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ βυθίζει και υποχρεώνει σε ενεργειακή φτώχεια εκατοντάδες χιλιάδες πολίτες.

Δεδομένου ότι η ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων είναι άμεση συνάρτηση του κλίματος κάθε περιοχής είναι προφανές ότι η κλιματική μεταβολή θα επιφέρει σημαντικές συνέπειες στο σύνολο του κτιριακού περιβάλλοντος. Έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η αυξανόμενη θερμική υποβάθμιση των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σαν αποτέλεσμα τοπικών και παγκόσμιων μεταβολών, η εμμονή στην χρήση εμπειρικών και ξεπερασμένων τεχνικών σχεδιασμού του αστικού χώρου και των κτιρίων, η αποψίλωση του αστικού και περιαστικού πράσινου, δημιουργούν συνθήκες δυσφορίας στον αστικό ιστό, μεγιστοποιούν την χρήση ενεργοβόρων μηχανικών μέσων για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης και δημιουργούν σημαντικό πρόβλημα επιβιωσιμότητας σε σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού που αδυνατεί να ανταποκριθεί οικονομικά στην νέα πραγματικότητα.

Το παρόν κείμενο διερευνά τις ενεργειακές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες της πιθανής κλιματικής μεταβολής στο δομημένο περιβάλλον. Η όλη ανάλυση στοχεύει αφενός να υπολογίσει την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων εξαιτίας της κλιματικής μεταβολής, την επίδραση της στην θερμική άνεση των πολιτών και γενικότερα στην ποιότητα ζωής τους, αλλά και ταυτόχρονα να διερευνήσει και προτείνει τις απαραίτητες πολιτικές ώστε να αντισταθμιστούν οι παραπάνω συνέπειες και να υπολογίσει το κόστος που απαιτείται για την εφαρμογή τους.

Υπάρχουσα κατάσταση

Η ελλιπής προστασία των υπαρχόντων κτιρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο ανορθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτιρίων σαν συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η αστική κλιματική μεταβολή, η παλαιότητα των κτιρίων, και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για περίπου 40 χρόνια, για την ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτιρίων, είχαν σαν αποτέλεσμα:

- την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας,
- τη συμπίεση οικονομικά και κοινωνικά των χαμηλών εισοδηματικών τάξεων,
- την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας,
- και την για μεγάλο χρονικό διάστημα των διεθνών δεσμεύσεων της χώρας για το περιβάλλον, όπως η συμφωνία του Κιότο, η Οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Ενεργειακές Επιδόσεις των Κτιρίων ("Energy Performance of Buildings Directive", EPBD).

Ποια είναι, όμως, τα αίτια αυτής της εξέλιξης:

α. Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις με τα σημερινά επίπεδα αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.

β. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

γ. Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτίρια κατοικιών, κυρίως, όμως, τα κτίρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.

δ. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ότι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 3.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 25 χρόνια.

Η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων σχετίζεται άμεσα με κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Η επιφάνεια και η θερμική ποιότητα των κτιρίων καθώς και η ενεργειακή τους κατανάλωση σχετίζεται άμεσα με το εισόδημα των πολιτών. Είναι χαρακτηριστικό ότι:

- Η μέση επιφάνεια κατοικίας στην υψηλότερη εισοδηματική τάξη είναι κατά 115% μεγαλύτερη από ότι στα χαμηλά εισοδήματα.
- Υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση, ανάλογα με το εισόδημα, του ποσοστού των οικογενειών που ζουν σε προστατευμένα κτίρια υψηλής περιβαλλοντικής ποιότητας. Μόνο το 8% των πολιτών χαμηλού εισοδήματος κατοικεί σε κτίρια με διπλά υαλοστάσια και μόνωση, ενώ στα υψηλά εισοδήματα το αντίστοιχο ποσοστό φθάνει το 64%. Το γεγονός αυτό έχει σημαντικές συνέπειες τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στην θερμική άνεση εντός των κτιρίων.
- Σαν αποτέλεσμα της διαφοροποίησης στην ποιότητα των κτιρίων, διαπιστώθηκε ότι μεγάλη θερμική κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο παρουσιάζεται στα πολύ χαμηλά και στα πολύ υψηλά εισοδήματα. Το κόστος θέρμανσης ανά άτομο και μονάδα επιφάνειας είναι κατά 127% μεγαλύτερο στις χαμηλές εισοδηματικές τάξεις σε σχέση με τα υψηλά εισοδήματα.
- Το κόστος του κλιματισμού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο στα χαμηλά εισοδήματα, όπου κυμαίνεται περί τα 195 € ανά οικογένεια, ενώ το σχετικό κόστος για την μέση οικογένεια είναι 100 Ευρώ.
- Το 2004, στα χαμηλά εισοδήματα το ποσοστό των νοικοκυριών που υπέφερε από ένδεια καυσίμων ήταν 16%. Με δεδομένη την αύξηση της τιμής των καυσίμων που πραγματοποιήθηκε από το 2006, το ποσοστό του συνολικού πληθυσμού που υποφέρει από ένδεια καυσίμων αυξήθηκε από 1,6% σε 8,4%. Για τις χαμηλότερες εισοδηματικές τάξεις ένδεια καυσίμων αυξήθηκε από 16 σε 36%. Το μέσο ποσοστό νοικοκυριών σε ενεργειακή ένδεια αυξήθηκε από 11,3 σε 21,1%. Το αντίστοιχο ποσοστό στις χαμηλές εισοδηματικές τάξεις αυξήθηκε από 40% σε 60%.

- Το θερμικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα χαμηλά εισοδήματα κατά την θερινή περίοδο, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα επιβίωσης. Μετρήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας σε κατοικίες χαμηλού εισοδήματος έδειξαν ότι για το 50% περίπου του χρόνου, η εσωτερική θερμοκρασία είναι άνω των 34° C, ενώ η θερμοκρασία φτάνει μέχρι τους 42° C. Δεδομένης της αύξησης της εμφάνισης των καυσώνων, καθώς και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας που προκαλεί η θερμική νησίδα, ο πληθυσμός χαμηλού εισοδήματος αποτελεί το πρώτο θύμα των κλιματικών μεταβολών και θα πρέπει να ληφθεί άμεσα πρόνοια ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα των κτιρίων.

Παραλληλα, η Αθήνα και οι υπολοίπες μεγάλες πόλεις της χώρας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα μεγάλου αστικού κέντρου, με ασφυκτικά δομημένες κεντρικές περιοχές και εκτεταμένες επεκτάσεις χαλαρότερα δομημένες. Η ένταση των δραστηριοτήτων, η πυκνή και υψηλή δόμηση, οι εκτεταμένες ασφαλτοστρώσεις, η κυκλοφορία των αυτοκινήτων και γενικά ο περιορισμός του φυσικού περιβάλλοντος έχουν προσδώσει στις μεγάλες πόλεις τα χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος. Η αύξηση του πληθυσμού των πόλεων αλλά και η αναζήτηση καλύτερης ποιότητας ζωής από τους κατοίκους έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή επέκταση του αστικού ιστού των πόλεων κυρίως σε περιοχές με περισσότερο πράσινο, συνδεδεμένου με το δείκτη ποιότητας ζωής. Μόνο τη δεκαετία 1990-2000, η αστικοποίηση στην Αθήνα αυξήθηκε κατά 4.6 % .

Με τη συνεχόμενη επέκταση του αστικού ιστού και τη διεύρυνση των οδικών αρτηριών και ασφαλτοστρώσεων, το αστικό περιβάλλον υπερτερεί ολοένα και περισσότερο του φυσικού, ενισχύοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και διαμορφώνοντας συνεχώς τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας παρουσιάζεται σε αστικές περιοχές (περιοχές με πυκνή δόμηση) και οφείλεται κυρίως στα διαφορετικά θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών στην πόλη σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος. Τα υλικά που κυριαρχούν στην πόλη, όπως είναι η άσφαλτος και το τσιμέντο, έχουν διαφορετικές θερμικές και ανακλαστικές ιδιότητες σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον. Τα υλικά αυτά μεταβάλλουν το ενεργειακό ισοζύγιο καθώς απορροφούν μάλλον παρά αντανακλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας. Η έλλειψη πρασίνου στις αστικές περιοχές επηρεάζει επίσης το ενεργειακό ισοζύγιο, λόγω περιορισμού του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής και της ψύξης που αυτό προκαλεί. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση, ο ελλιπής αερισμός, η ανθρωπογενής θερμότητα και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πόλης συντελούν στην περαιτέρω ανάπτυξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Το

φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στην Αθήνα, όπως προκύπτει απο διάφορες μελέτες. Έχει διαπιστωθεί ότι το φαινόμενο αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της θερμής και ψυχρής περιόδου του έτους, αλλά η έντασή του (εκφρασμένη ως η διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας του αέρα ανάμεσα σε αστικές και αγροτικές περιοχές) είναι πολύ μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, προσεγγίζοντας τους 10 °C την ημέρα και 5 °C τη νύχτα. Η σύγκριση ανάμεσα σε 20 σταθμούς σε διάφορα σημεία και αποστάσεις απο το κέντρο της πόλης, υπέδειξε ότι η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ αστικών και περιφερειακών σταθμών έφθασε μέχρι και τους 4.5 °C.

Εκτός όμως απο τις μακροχρόνιες τάσεις των μέσων τιμών της θερμοκρασίας, ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του κλίματος των μεγάλων πόλεων τα τελευταία χρόνια αποτελεί η μεταβολή στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων (ιδιαίτερα υψηλών θερμοκρασιών) κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Η μεταβολή αυτή συνίσταται στην

- αύξηση της **συχνότητας εμφάνισης** ακραίων θερμοκρασιών (μεμονωμένων ημερών αλλά και θερμών επεισοδίων διάρκειας τουλάχιστον 3 ημερών)
- αύξηση της **έντασης** των φαινομένων (απολύτως μεγίστων θερμοκρασιών)
- αύξηση της **διάρκειας** (εμμονής) των φαινομένων
- **χρονική μετατόπιση** της εμφάνισης των φαινομένων, ημερολογιακά νωρίτερα

Ενδεικτικά αναφέρεται για την Αθήνα ότι, (1) :

- Από σύνολο 274 ημερών με μέγιστη θερμοκρασία > 37 °C μέσα σε 150 χρόνια, οι 129 σημειώθηκαν τη δεκαετία 1998-2007.
- Απο σύνολο 42 ημερών με μέγιστη θερμοκρασία > 40 °C μέσα σε 150 χρόνια, οι 20 σημειώθηκαν τη δεκαετία 1998-2007.
- Απο σύνολο 52 επεισοδίων καύσωνα (μέγιστη θερμοκρασία > 37 °C για τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες) μέσα σε 150 χρόνια, τα 19 σημειώθηκαν τη δεκαετία 1998-2007.

Είναι προφανές ότι δράσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή καταναλωση και την περιβαλλοντική ποιότητα του δομημένου περιβάλλοντος ωφελουν να στοχευουν στα παρακατω :

Α) Την Δραστική Μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης του Συνόλου του Κτιριακού Αποθέματος και την μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας.

- Β) Τη Σημαντική Αύξηση Χρήσης των Ανανεώσιμων και Ήπιων Μορφών Ενέργειας στο Κτιριακό Ενεργειακό Ισοζύγιο
- Γ) Τη Δραστική Μείωση του Ηλεκτρικού Φορτίου Αιχμής
- Δ) Τη Μείωση των Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα από τον Κτιριακό Τομέα
- Ε) Τη Δραστική Μείωση της Ενεργειακής Ένδειας στην Χώρα
- ΣΤ) Την Προστασία των Ευπαθών Ομάδων κατά την διάρκεια ακραίων φαινομένων
- Ζ) Τη βελτίωση της Ποιότητας του Εσωτερικού Περιβάλλοντος και την Αντιμετώπιση του Προβλήματος της Εσωτερικής Ρύπανσης
- Η) Την Τόνωση του Κατασκευαστικού Τομέα και την δραματική βελτίωση των επενδύσεων στην χώρα
- Θ) Την Ενδυνάμωση της Ελληνικής Κατασκευαστικής Βιομηχανίας Υλικών και Συστημάτων και την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της
- Ι) Την Αύξηση της Προσφοράς Εργασίας στον ελληνικό τεχνικό κόσμο και κυρίως προς τους νέους επιστήμονες

Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στο αντικείμενο

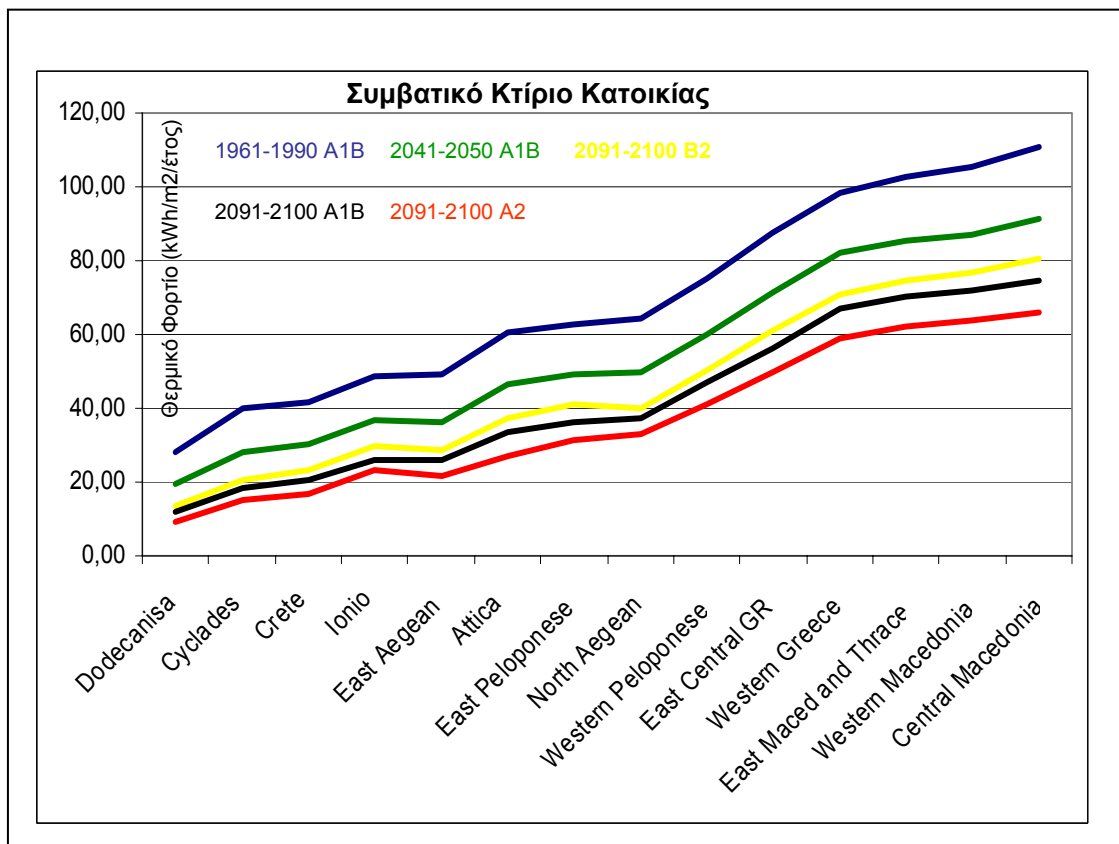
Οι πιθανές φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στον κτιριακό τομέα σχετίζονται αφενός με την μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων όπου επικρατεί θερμοστατικός έλεγχος και αφετέρου την μεταβολή των συνθηκών του εσωτερικού κλίματος στα κτίρια που λειτουργούν χωρίς προσθήκη ενέργειας.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος είναι προφανές ότι μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση των θερμικών αναγκών των κτιρίων αλλά και ταυτόχρονα σημαντική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για κλιματισμό κατά την θερινή περίοδο. Παράλληλα, στα μη κλιματιζόμενα κτίρια μπορεί να επιφέρει σοβαρή επιβάρυνση των συνθηκών θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο. Ταυτόχρονα, αναμένεται σημαντική μείωση των αναγκών για θέρμανση κατά την χειμερινή περίοδο.

Για την διερεύνηση των συνεπειών της κλιματικής μεταβολής τόσο στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων όσο και στις εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία :

A) Με χρήση του λεπτομερούς προσομοιωτικού εργαλείου TRNSYS υπολογίστηκε το θερμικό και ψυκτικό φορτίο τριών τύπων κτιρίων για όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας και για τα πέντε κλιματικά σενάρια που είναι διαθέσιμα. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε το απαιτούμενο ενεργειακό φορτίο για κτίρια κατοικίας, γραφεία και εκπαιδευτικά κτίρια. Για όλες τις περιπτώσεις θεωρήθηκε ότι διατηρούνται στο σύνολο του χρόνου συνθήκες θερμικής άνεσης εντός των κτιρίων και συγκεκριμένα 21 C την χειμερινή περίοδο και 26 C την θερινή. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση εφεδρικού συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού.

Σε κάθε μια περίπτωση κτιρίου προσομοιώθηκαν τρεις διαφορετικές κτιριακές δομές με χαμηλή, μέση και υψηλή ενεργειακή και κτιριολογική ποιότητα. Ήτοι ένα κτίριο που κατασκευάστηκε μετά την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης το 1979, (συμβατική κατασκευή), ένα κτίριο που κατασκευάστηκε σύμφωνα με την ενεργειακή τεχνολογία του 2010 και τις επιταγές του κανονισμού KENAK, (σύγχρονη κατασκευή) και ένα κτίριο όπου ενσωματώνεται στο μέγιστο δυνατόν η υπάρχουσα τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας, (παθητικό κτίριο). Για κάθε κτίριο υπολογίσθηκαν τα ετήσια φορτία θέρμανσης και ψύξης (kWh/m²) για τις 3 χρονικές περιόδους (1961-1990, 2041-2050 και 2090 -2100) και για 3 σενάρια εκπομπών (A1B, A2, B2). Τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν όσον αφορά την μεταβολή του θερμικού και ψυκτικού φορτίου της τυπικής συμβατικής κατοικίας δίνονται παρακάτω στα σχήματα 2 και 3 αντίστοιχα.



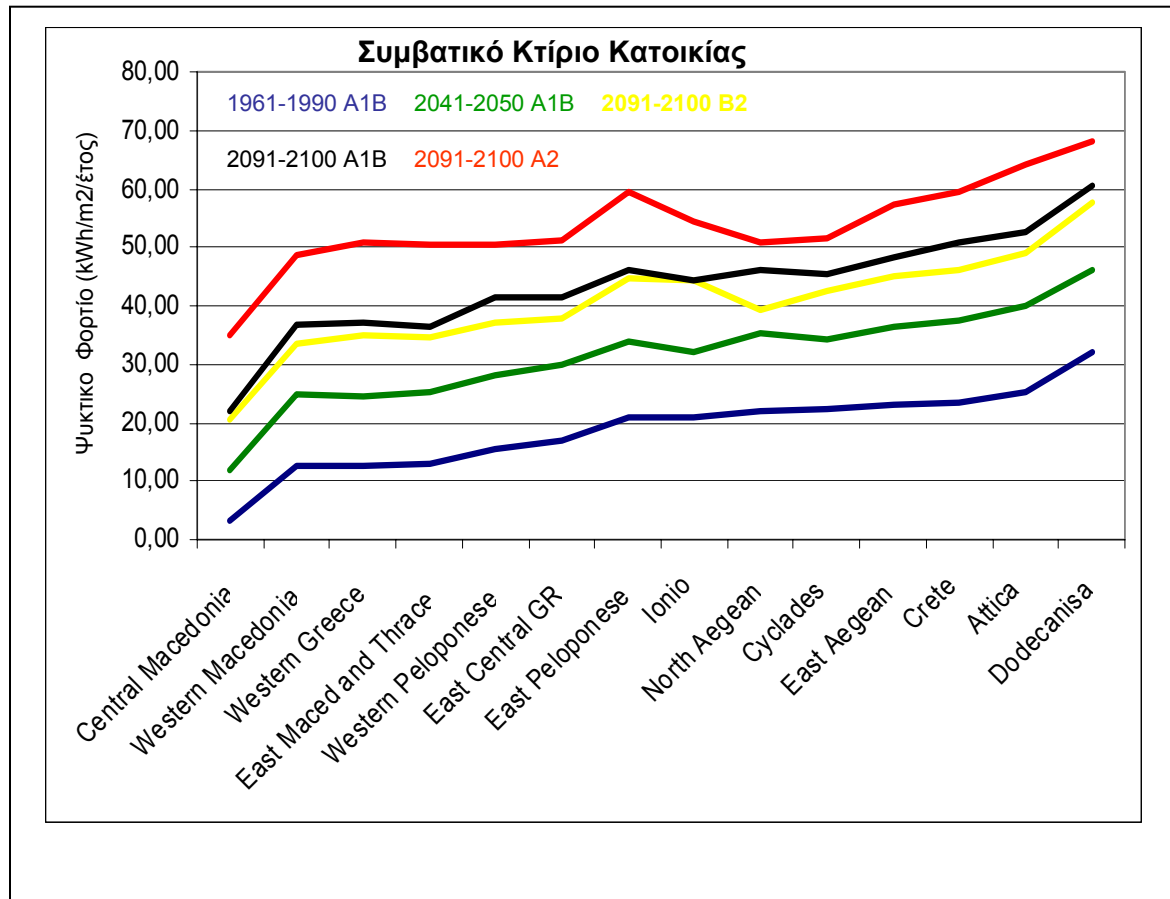
Σχήμα 2. Μεταβολή του θερμικού φορτίου μιας τυπικής συμβατικής κατοικίας για όλες τις κλιματικές ζώνες και για τα πέντε εξεταζόμενα κλιματικά σενάρια

Όπως διαπιστώνεται η προβλεπόμενη μείωση του θερμικού φορτίου των κτιρίων για τα τέσσερα μελλοντικά κλιματικά σενάρια είναι ιδιαίτερα μεγάλη σε σχέση με την σημερινή κατανάλωση. Συγκεκριμένα, για το σενάριο 2041-2050 A1B, η μέση μείωση υπολογίζεται περί το 22,4 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 50,1 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 36,4 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 42 %.

Αντίστοιχα η προβλεπόμενη αύξηση του κλιματιστικού φορτίου των κτιρίων κατοικιών σε σχέση με την σημερινή κατάσταση είναι 83 % για το σενάριο 2041-2050 A1B. Ταυτόχρονα, η μέση αύξηση υπολογίζεται περί το 248 % για το σενάριο 2091-2100 A2, ίση με 148 % για το σενάριο 2091-2100 B2 και ίση με 167 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση του θερμικού φορτίου για το 2050 παρατηρείται στα Δωδεκάνησα και στις συνέχειες στις Κυκλάδες ενώ η μικρότερη μείωση παρατηρείται στην Θεσσαλία και στην συνέχεια στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη.

Η μεγαλύτερη αύξηση του κλιματιστικού φορτίου παρατηρείται στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας και στην συνέχεια στην Δυτική Μακεδονία, ενώ η μικρότερη αύξηση παρατηρείται στην περιοχή των Δωδεκανήσων και στην συνέχεια στο Ιόνιο.

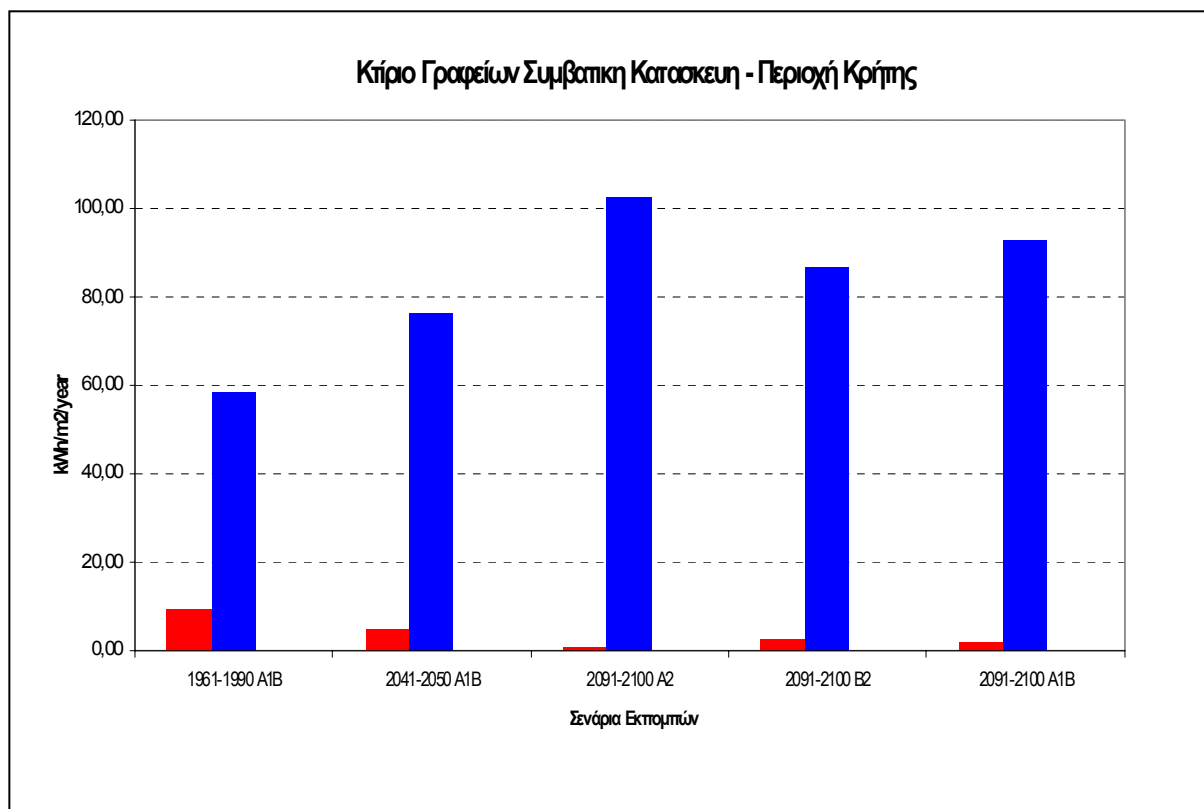


Σχήμα 3 : Μεταβολή του ψυκτικού φορτίου μιας τυπικής συμβατικής κατοικίας για όλες τις κλιματικές ζώνες και για τα πέντε εξεταζόμενα κλιματικά σενάρια

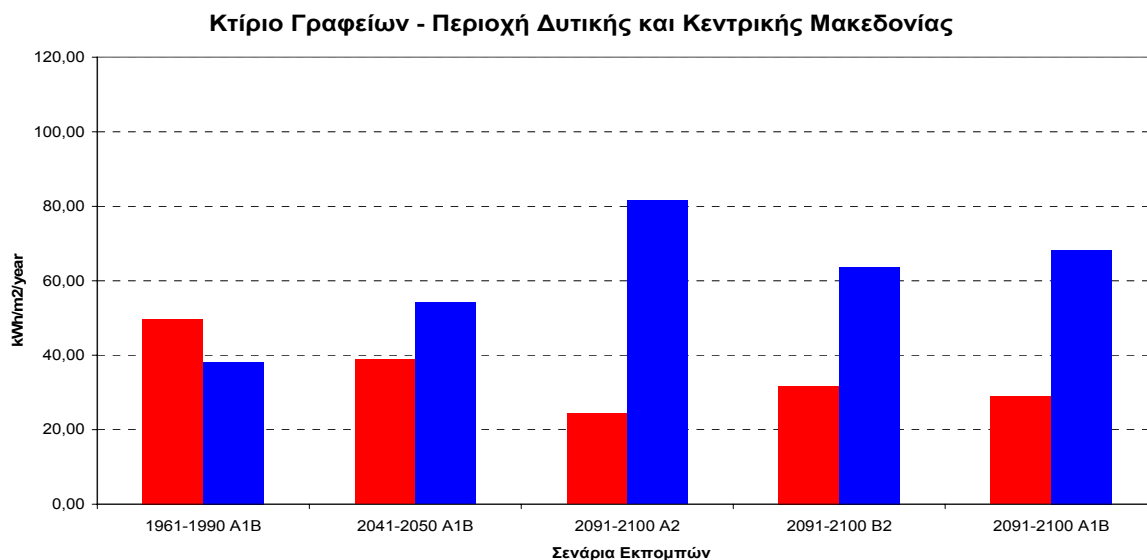
Αντίστοιχα αποτελέσματα και συμπεράσματα ελήφθησαν για τα γραφεία και τα εκπαιδευτικά κτίρια.

Στα σχήματα 4 και 5 παρακατω δίνεται η μεταβλητότητα του θερμικού και ψυκτικού φορτίου ενός κτιρίου γραφείων στην Κρήτη και Δυτική Κεντρική Μακεδονία. Όπως διαπιστώνεται, για την περιοχή της Κρήτης, η μείωση του θερμικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 49 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 90 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 74 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 82 %. Η αντιστοιχη αύξηση του ψυκτικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 30 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 75 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 48 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 59 %.

Για την περιοχή της Δυτικής Κεντρικής Μακεδονίας διαπιστώνεται, ότι η μείωση του θερμικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 22 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 51 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 36 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 42 %. Η αντιστοίχη αύξηση του ψυκτικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 42 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 114 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 67 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 79 %.



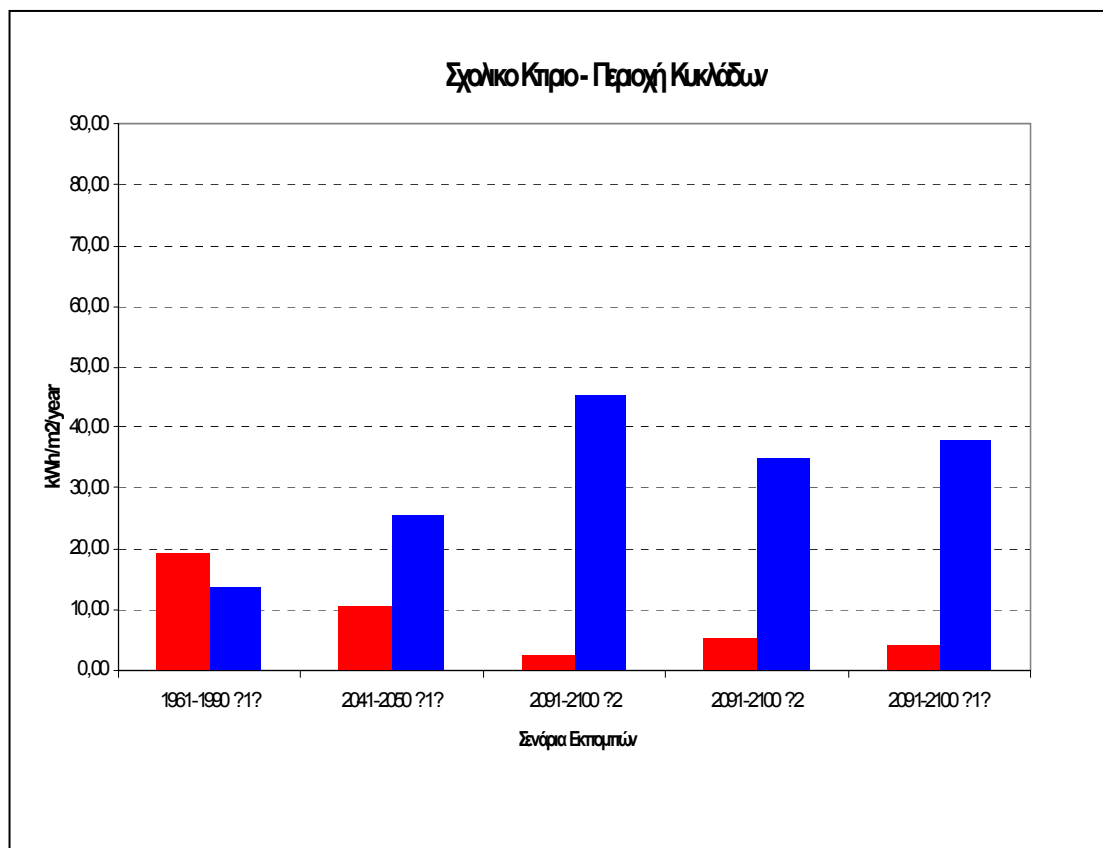
Σχήμα 4. Μεταβολή του θερμικού, (κοκκίνο) και ψυκτικού φορτίου, (μπλε) ενός συμβατικού κτιρίου γραφείων στην Κρήτη για τα πέντε μελετούμενα κλιματικά σενάρια.



Σχήμα 5. Μεταβολή του θερμικού, (κοκκίνο) και ψυκτικού φορτίου, (μπλε) ενός συμβατικού κτιρίου γραφείων στην Δυτική Κεντρική για τα πέντε μελετούμενα κλιματικά σενάρια.

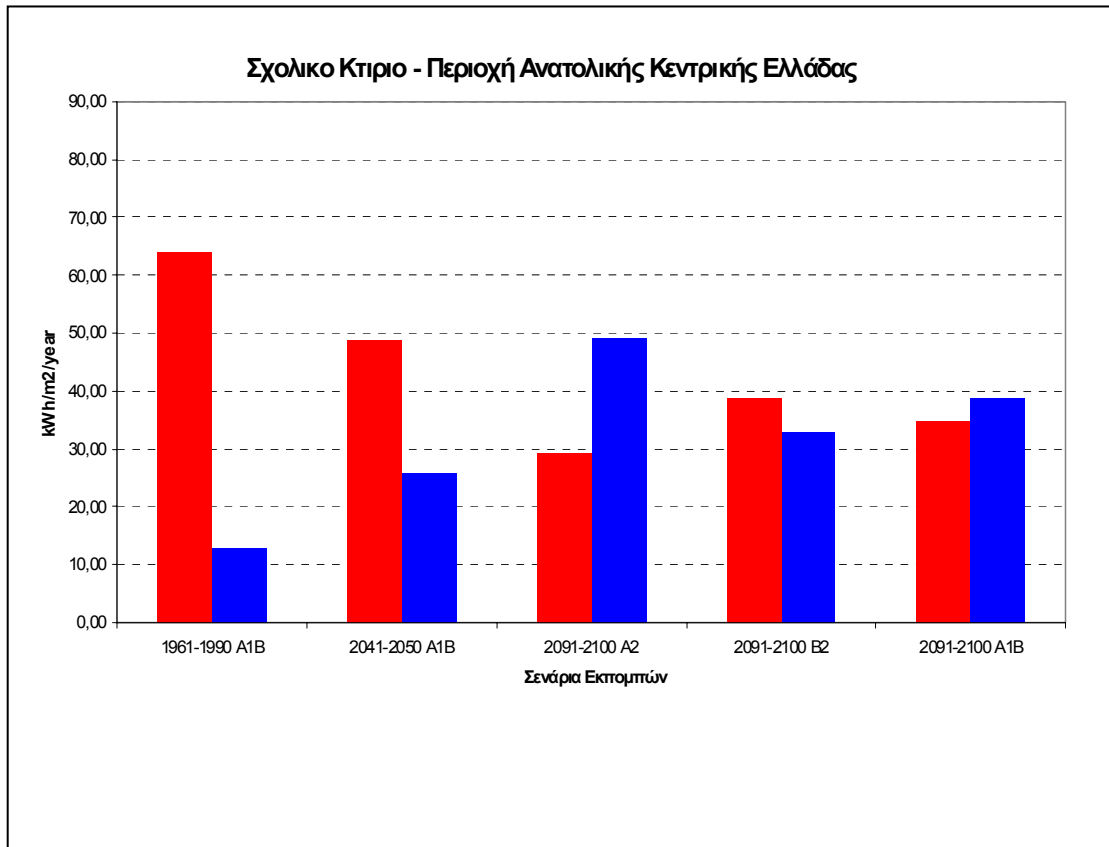
Για την περιοχή της Δυτικής Κεντρικής Μακεδονίας διαπιστώνεται, ότι η μείωση του θερμικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 22 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 51 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 36 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 42 %. Η αντιστοιχη αύξηση του ψυκτικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 42 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 114 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 67 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 79 %.

Όσον αφορά τα σχολικά κτίρια, στα σχήματα 6 και 7 δίνεται η μεταβλητότητα του θερμικού και ψυκτικού φορτίου ενός σχολικού στις Κυκλάδες και Ανατολική Κεντρική Ελλάδα. Όπως διαπιστώνεται, για την περιοχή των Κυκλάδων, η μείωση του θερμικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 45 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 87 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 72 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 77 %. Η αντιστοιχη αύξηση του ψυκτικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 91 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 236 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 159 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 182 %.



Σχήμα 6. Μεταβολή του θερμικού, (κοκκίνο) και ψυκτικού φορτίου, (μπλε) ενός συμβατικού σχολικού κτιρίου στις Κυκλάδες για τα πέντε μελετούμενα κλιματικά σενάρια.

Για την περιοχή της Ανατολικής Κεντρικής Ελλάδας διαπιστώνεται, ότι η μείωση του θερμικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 23 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 54 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 39 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 46 %. Η αντιστοιχη αύξηση του ψυκτικού φορτίου για το σενάριο 2041-2050 A1B, υπολογίζεται περί το 102 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 284 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 158 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 204 %.



Σχήμα 7. Μεταβολή του θερμικού, (κοκκίνο) και ψυκτικού φορτίου, (μπλε) ενός συμβατικού σχολικού κτιρίου στην Ανατολική Κεντρική Ελλάδα για τα πέντε μελετούμενα κλιματικά σενάρια.

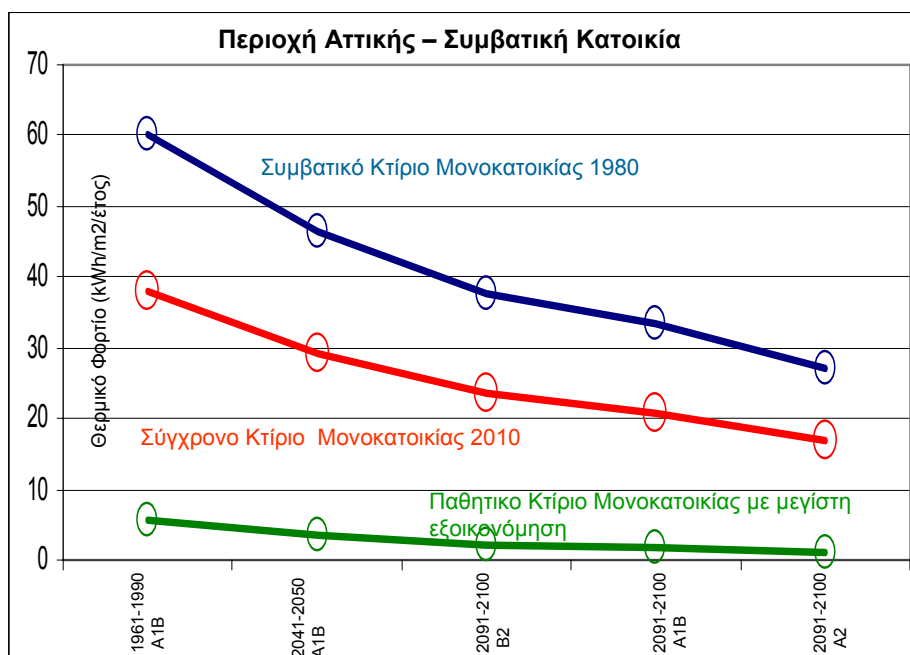
Β) Μελετήθηκε η μεταβλητότητα του θερμικού και ψυκτικού φορτίου σαν συνάρτηση της ποιότητας της κατασκευής και συγκεκριμένα για τη συμβατική κατασκευή, την σύγχρονη και την παθητική. Η μελέτη έγινε και για τους τρεις τυπους κτιρίων και για όλες τις κλιματικές ζώνες της χώρας. Ενδεικτικά στα σχήματα 8-11 δίνεται η μεταβολή των θερμικών και κλιματιστικών φορτίων των τριών κατοικιών στην Αττική και την Κεντρική Μακεδονία για τα πέντε κλιματικά σενάρια.

Όσον αφορά την σύγχρονη κατασκευή διαπιστώθηκε ότι ο ρυθμός μείωσης του θερμικού φορτίου για τα τέσσερα κλιματικά σενάρια σε σχέση με την σημερινή πραγματικότητα ακολουθεί πολύ παραπλήσιο ρυθμό με αυτόν της συμβατικής κατασκευής. Αντίθετα, η ποσοστιαία αύξηση του θερινού κλιματιστικού φορτίου είναι 4-6 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που παρατηρείται στην συμβατική κατασκευή. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στο ότι η κύρια κλιματική μεταβολή παρατηρείται την θερινή περίοδο και αφετέρου στο γεγονός ότι η βελτίωση του επιπέδου της κατασκευής μειώνει λόγω καλύτερης ηλιοπροστασίας και

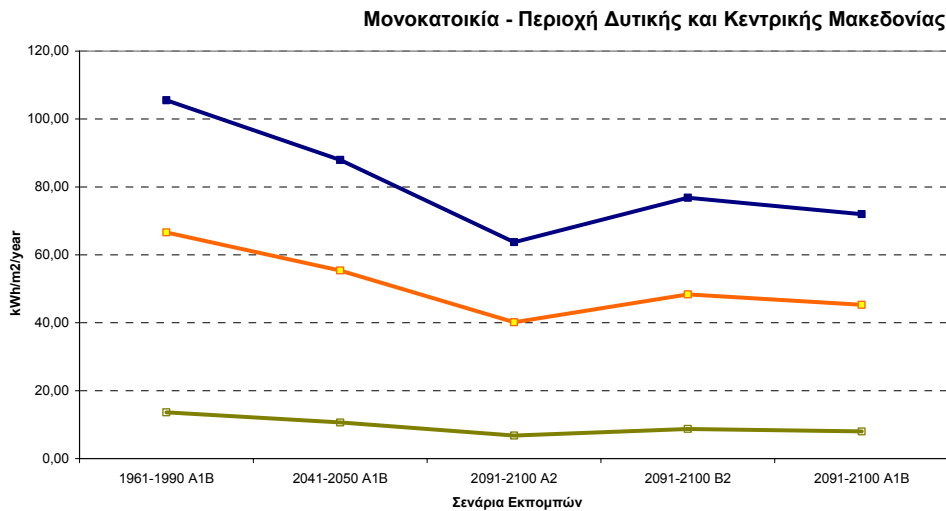
διαχείρισης φορτίων, τα ψυκτικά φορτία κατά 50-70 % σε σχέση με την συμβατική κατασκευή, και άρα καθιστά πολύ σημαντική πλέον την επίδραση της μεταβολής της εξωτερικής θερμοκρασίας η οποία κύρια συμβαίνει εξαιτίας του αερισμού του κτιρίου.

Τέλος, η παθητική κατοικία όπου έχουν ενσωματωθεί όλες οι σύγχρονες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζει θερμικό φορτίο 10 έως 40 φορές μικρότερο από αυτό της συμβατικής κατοικίας και σχεδόν αμελητέο κλιματιστικό φορτίο για την σημερινή περίοδο. Η ποσοστιαία μείωση που παρατηρείται στο θερμικό φορτίο εξαιτίας της κλιματικής μεταβολής είναι κατά 50 % περίπου μεγαλύτερη από αυτή της συμβατικής κατασκευής, ενώ η αντίστοιχη ποσοστιαία αύξηση του κλιματιστικού φορτίου είναι 6-10 φορές μεγαλύτερη από αυτή της συμβατικής κατασκευής και 50-70 % μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αύξηση της σύγχρονης κατοικίας. Ο σημαντικότερος ρυθμός αύξησης και μείωσης του φορτίου οφείλεται αφενός στην δραματική μείωση του ενεργειακού φορτίου λόγω ενσωμάτωσης των σύγχρονων συστημάτων εξοικονόμησης που συντελεί στην μεγάλη ποσοστιαία αύξηση, (αύξηση μικρών αριθμών), αλλά και στην σημαντική πλέον επίδραση της εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω του αερισμού λόγω της δραματικής μείωσης των υπολοίπων φορτίων.

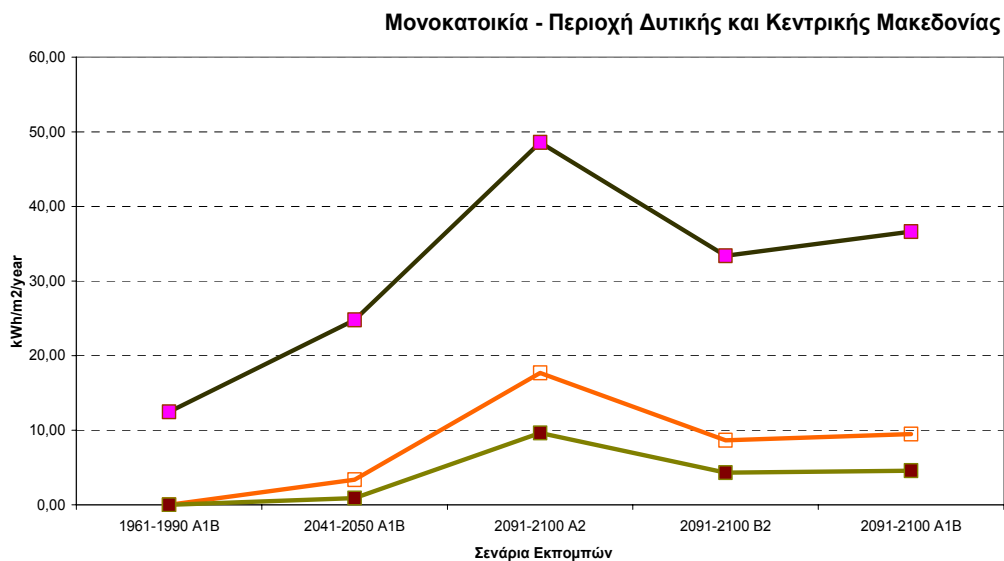
Αντίστοιχα αποτελέσματα και συμπεράσματα ελήφθησαν για τα γραφεία και τα εκπαιδευτικά κτίρια.



Σχήμα 8 : Μεταβολή του θερμικού φορτίου μιας συμβατικής, σύγχρονης και παθητικής κατοικίας στην Αττική για τα πέντε κλιματικά σενάρια



Σχήμα 9 : Μεταβολή του θερμικού φορτίου μιας συμβατικής, (μαυρη γραμμη), σύγχρονης, (κοκκινης γραμμης) και παθητικής κατοικίας, (πρασινη γραμμη) στην Κεντρικη Δυτικη Μακεδονια για τα πέντε κλιματικά σενάρια



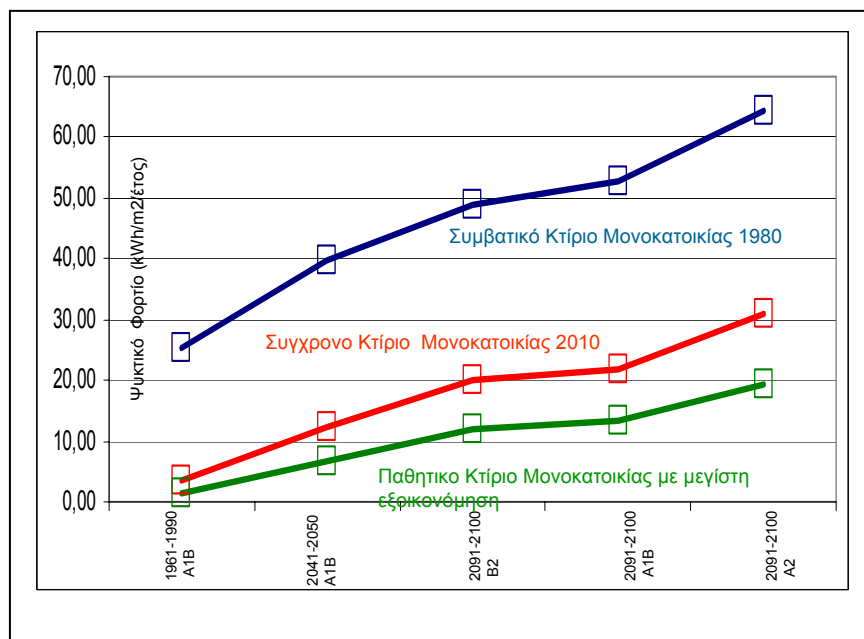
Σχήμα 10 : Μεταβολή του ψυκτικού φορτίου μιας συμβατικής, (μαυρη γραμμη), σύγχρονης, (κοκκινη γραμμη) και παθητικής κατοικίας, (πρασινη γραμμη) στην Κεντρικη Μακεδονιας για τα πέντε κλιματικά σενάρια

Γ) Στην συνέχεια και με βάση τις προσομοιώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης των διαφόρων τύπων κτιρίων για όλες τις κλιματικές περιοχές, υπολογίστηκε για το σύνολο των κτιρίων κάθε

γεωγραφικής-κλιματικής περιοχής η ολική κατανάλωση ενέργειας για την περίοδο 2010 καθώς και για το κλιματικό σενάριο του 2050. Χρησιμοποιήθηκαν βάσεις δεδομένων όσον αφορά τον τύπο και τα χαρακτηριστικά των κτιρίων σε κάθε γεωγραφική περιοχή, ενώ υπολογίστηκε και η μεταβολή του αριθμού των κτιρίων έως το 2050.

Στόχος ήταν να υπολογιστεί πλέον η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην χώρα, και όχι απλά το φορτίο, και η αντίστοιχη μεταβολή της λόγω της κλιματικής αλλαγής. Στην περίπτωση αυτή ο όλος υπολογισμός επηρεάζεται δραματικά από τον συντελεστή απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, (COP , Coefficient of Performance).

Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων διατηρήθηκαν ίδια και στις δυο ομάδες προσομοιώσεων που αφορούν τα κλιματικά σενάρια. Δεδομένου όμως ότι η απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού θα είναι κατά το 2050 πολύ μεγαλύτερη από αυτή του σήμερα, μεταβλήθηκε ο συντελεστής απόδοσης των συμβατικών συστημάτων ενεργειακής τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα, για την σύγχρονη περίοδο θεωρήθηκε ότι ο συντελεστής απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας, (COP), στην θέρμανση είναι ίσος με 3, και στον κλιματισμό ίσος με 2. Αντίστοιχα για την περίοδο του 2050 θεωρήθηκε ότι οι αντίστοιχοι συντελεστές στην θέρμανση και τον κλιματισμό θα είναι 5 και 4.



Σχήμα 11 : Μεταβολή του ψυκτικού φορτίου μιας συμβατικής, σύγχρονης και παθητικής κατοικίας στην Αττική για τα πέντε κλιματικά σενάρια

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν όσον αφορά το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην χώρα για τα δυο κλιματικά σενάρια και για τους τρεις τύπους κατοικίας δίνονται παρακάτω στο σχήμα 12.

Όπως διαπιστώνεται η μελλοντική και σχεδόν βέβαιη βελτίωση της τεχνολογίας των συστημάτων παραγωγής ενέργειας καθώς και η βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των κτιρίων αντισταθμίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις συνέπειες της κλιματικής μεταβολής. Θα μπορούσαν να διατυπωθούν τα παρακάτω μελλοντικά σενάρια εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

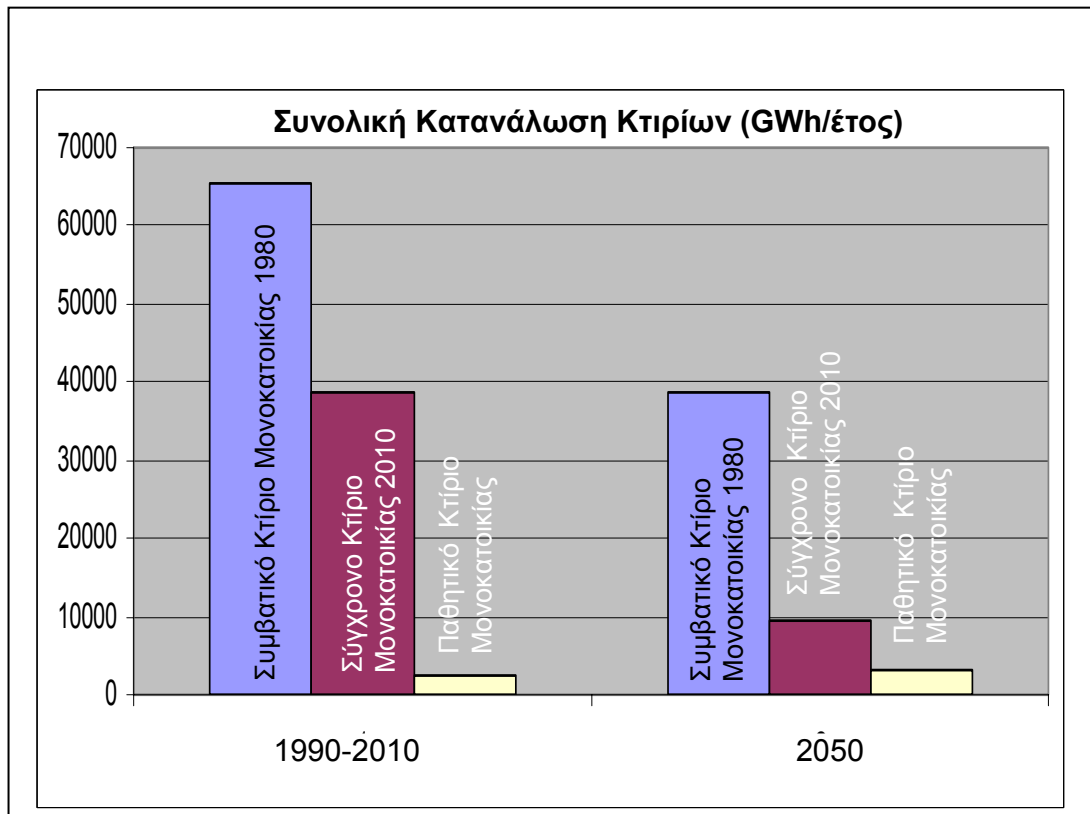
Βέλτιστο Σενάριο : Η σημερινή κατανάλωση του κτιριακού αποθέματος που φθάνει τις 90000 GWh, παρά την ύπαρξη της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να μειωθεί μέχρι τις 5-10000 GWh έως το 2050 εάν χρησιμοποιηθεί σύγχρονη ενεργειακή τεχνολογία παραγωγής ενέργειας σε όλα τα κτίρια όπως αναλύθηκε παραπάνω και βελτιωθεί σημαντικά η ποιότητα του συνόλου του κτιριακού αποθέματος σε επίπεδο παθητικής κατασκευής. Παράλληλα, όλα τα νέα κτίρια μετά το 2020 θα πρέπει να παρουσιάζουν χαρακτηριστικά σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Αισιόδοξο Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 όλα πλέον τα συστήματα παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια παρουσιάζουν υψηλή απόδοση όπως αναλύθηκε παραπάνω και έχει βελτιωθεί το κτιριακό απόθεμα που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε επίπεδο παθητικής κατασκευής, ενώ όλες οι νέες κατασκευές θα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα περιοριστεί περί τα 22000-25000 GWh/έτος

Ρεαλιστικό Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 το 70 % τα συστήματα παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια θα παρουσιάζουν υψηλή απόδοση όπως αναλύθηκε παραπάνω ενώ τα υπόλοιπα θα είναι συμβατικά, και θα έχει βελτιωθεί το 60 % του κτιριακού αποθέματος που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε επίπεδο σύγχρονης κατασκευής, ενώ όλες οι νέες κατασκευές μετά το 2020 θα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα περιοριστεί στις 50000-55000 GWh/έτος

Καταστροφικό Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 μόνο το 10 % των εγκατεστημένων συστημάτων παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια θα παρουσιάζουν υψηλή απόδοση όπως αναλύθηκε παραπάνω ενώ τα υπόλοιπα θα είναι συμβατικά, ενώ θα έχει βελτιωθεί το 20 % του κτιριακού αποθέματος που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε

επίπεδο σύγχρονης κατασκευής, και ταυτόχρονα όλες οι νέες κατασκευές μετά το 2020 θα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα ξεπεράσει τις 120000-130000 GWh/έτος



Σχήμα 12 : Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας για το 2010 και 2050 θεωρώντας ότι το κτιριακό απόθεμα θα έχει τα χαρακτηριστικά α) των συμβατικών κτιρίων, β) των σύγχρονων κτιρίων και γ) των παθητικών κτιρίων.

Δ) Η όλη ανάλυση της επίδρασης της κλιματικής μεταβολής στο κτιριακό περιβάλλον, εντοπίστηκε στην συνέχεια στην προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί η μεταβολή της ποιότητας ζωής στο εσωτερικό κτιρίων χαμηλής ποιοτικής στάθμης χωρίς εφεδρικό σύστημα παράγωγης ενέργειας, εξαιτίας της αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

Ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία. Επιλέχθηκαν δυο τυπικά κτίρια χαμηλής ποιοτικής στάθμης του κτιριακού κελύφους και πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις του εσωτερικού κλίματος για όλη την διάρκεια του έτους και για τα πέντε κλιματικά αρχεία A1B, A2, και B2 για τις περιόδους 1960-1990, (A1B), 2041-2050, (A1B), και 2091-2100, (A1B, A2, B2). Τα κτίρια θεωρήθηκαν ότι λειτουργούν σε συνθήκες μη θερμοστατικού έλεγχου, δηλαδή δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα κλιματισμού. Τα χαρακτηριστικά του κελύφους που θεωρήθηκαν είναι

αυτά των κατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν το 1979 όπου άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης, (συμβατικό κτίριο).

Υπολογιστήκαν τρεις παράμετροι που χαρακτηρίζουν και ποσοτικοποιούν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος,

α) Η μέγιστη και ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία για κάθε μήνα,

β) Το ποσοστό του θερινού χρόνου όπου η εσωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 26, 28, 30, 32 C και

γ) τον αριθμό των βαθμωρών εσωτερικής θερμοκρασίας άνω των 26 C.

Η όλη ανάλυση πραγματοποιήθηκε για όλες τις κλιματικές περιοχές της χώρας όπως δόθηκαν από την Ακαδημία Αθηνών

Ως βαθμώρες ορίζεται το σύνολο των διαφόρων της ωριαίας εσωτερικής θερμοκρασίας από τους 26 C. Συγκεκριμένα :

$$DH(26) = \sum (T_{\text{εσ}}(i) - 26) +$$

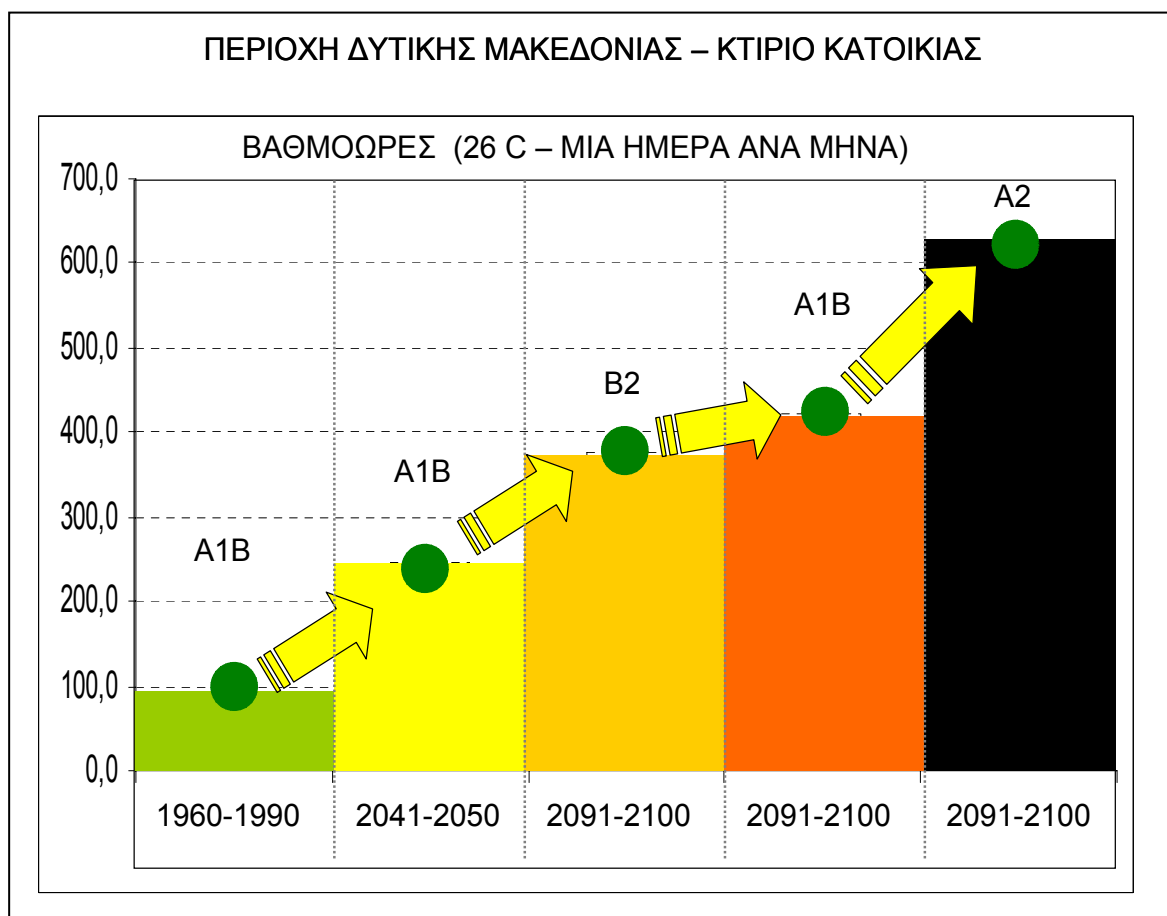
Όπου $T_{\text{εσ}}(i)$ είναι η εσωτερική θερμοκρασία την ώρα (i). Το πρόσημο (+) σημαίνει ότι μόνο οι θετικές τιμές της διαφοράς λαμβάνονται υπόψη.

Δεδομένου ότι τα κλιματικά αρχεία περιέχουν μια ημέρα ανά μήνα ο υπολογισμός αναφέρεται στο σύνολο των τυπικών ημερών του έτους

Η μεταβολή των βαθμωρών κλιματισμού που υπολογίστηκε για όλα τα κλιματικά σενάρια παρουσιάζεται ενδεικτικά στο σχήμα 13 για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, στο σχήμα 14 για την περιοχή της Αττικής και στο σχήμα 15 για την περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

Η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται για το σενάριο A1B και για την χρονική περίοδο 1990 και 2050 κυμαίνεται από 54 % έως και 1000 %. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Δυτική Μακεδονία. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τα Δωδεκάνησα. Η περιοχή της Αθήνας και τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζουν σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της τάξης του 90 % . Παράλληλα, Η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A2 του 2100 κυμαίνεται από 152 % έως και 4200 %. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Δυτική Μακεδονία, την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τα Δωδεκάνησα. Η

περιοχή της Αθήνας και τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζουν σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της τάξης του 200-250 %

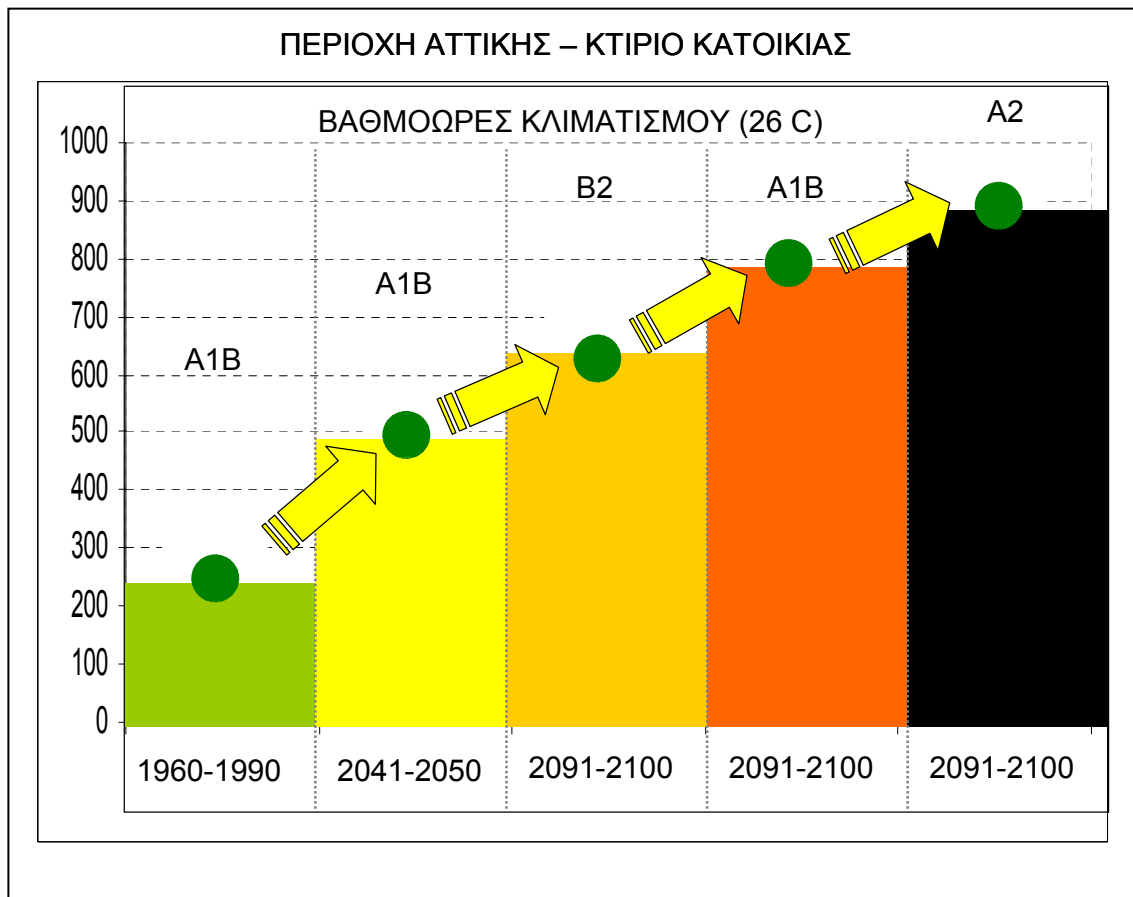


Σχήμα 13 : Μεταβολή Των βαθμομερών κλιματισμού βάσης 26 C για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας και για τα πέντε κλιματικά σενάρια.

Η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο B2 του 2100 κυμαίνεται από 100 % έως και 2100 %. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Δυτική Μακεδονία, την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τα Δωδεκάνησα. Η περιοχή της Αθήνας και τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζουν σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της τάξης του 150 % .

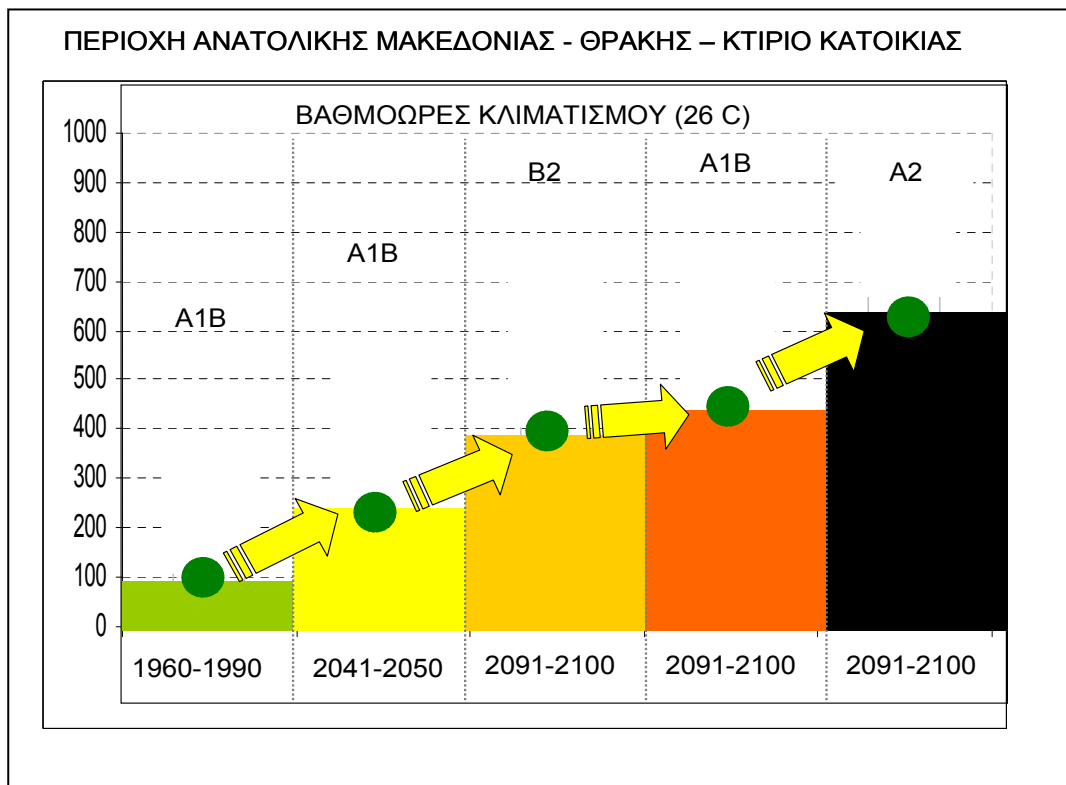
Τέλος, η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A1B του 2100 κυμαίνεται από 115 % έως και 2400 %. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Δυτική Μακεδονία, την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τα

Δωδεκάνησα. Η περιοχή της Αθήνας και τα υπόλοιπα νησιά παρουσιάζουν σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της τάξης του 170 %

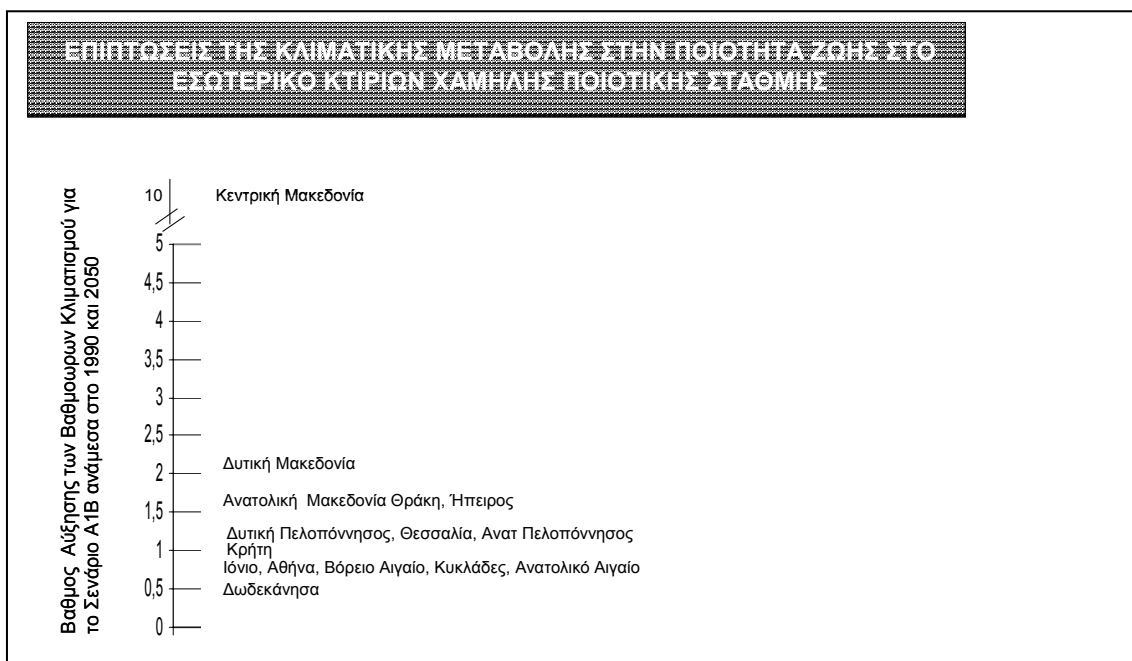


A2 και B2 του 2100 και για όλες τις μελετούμενες περιοχές δίνεται στα σχήματα 16-18 παρακάτω.

Ταυτόχρονα με τον υπολογισμό της μεταβολής των βαθμοημερών κλιματισμού υπολογίστηκε για κάθε περιοχή και για κάθε κλιματικό μοντέλο η μέγιστη και η ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία εντός της τυπικής κατοικίας. Τα αποτελέσματα όσον αφορά την μεταβολή της μέγιστης μηνιαίας εσωτερικής θερμοκρασίας για τρεις τυπικές περιοχές και συγκεκριμένα την Δυτική Μακεδονία, Κρήτη και Ανατολικό Αγαιο δίνονται στα παρακάτω σχήματα 19-21.



Σχήμα 15 : Μεταβολή Των βαθμομερών κλιματισμού βάσης 26 C για την περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και για τα πέντε κλιματικά σενάρια.



Σχήμα 16 : Βαθμός Αύξησης των βαθμομερών κλιματισμού σε μια συμβατική κατοικία το 2050 σε σχέση με το 2010.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



Σχήμα 17 : Βαθμός Αύξησης των βαθμομερών κλιματισμού σε μια συμβατική κατοικία το 2100 σενάριο A2 σε σχέση με το 2010.

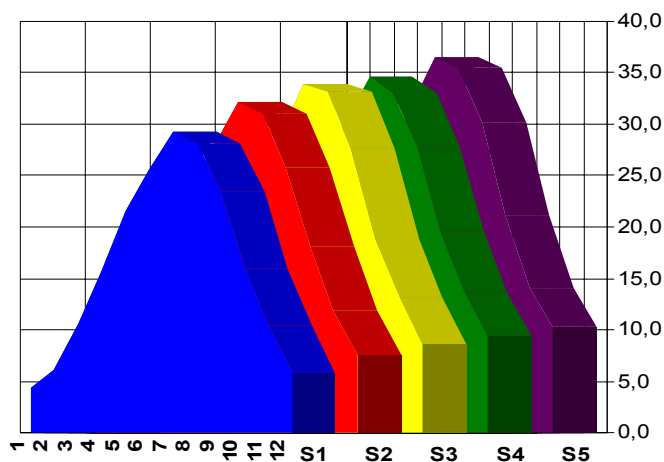
Η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A1B του 2050 κυμαίνεται από 2 έως 2,9 C. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Δυτική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Κεντρική Μακεδονία, την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τα Ιόνια νησιά. Η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A2 του 2100 κυμαίνεται από 4,5 έως 7,5 C. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη και την Δυτική Μακεδονία. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τις Κυκλάδες. Παράλληλα, η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο B2 του 2100 κυμαίνεται από 3,4 έως 4,8 C. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Κεντρική Μακεδονία και στην συνέχεια για την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, την Θεσσαλία και την Δυτική Μακεδονία. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τις Κυκλάδες. Τέλος, η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A1B του 2100 κυμαίνεται από 3,5 έως 5,3 C. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για την Δυτική

Μακεδονία και στην συνέχεια για την κεντρική Μακεδονία Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, Δυτική Πελοπόννησος και την Θεσσαλία. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται για τις Κυκλάδες.



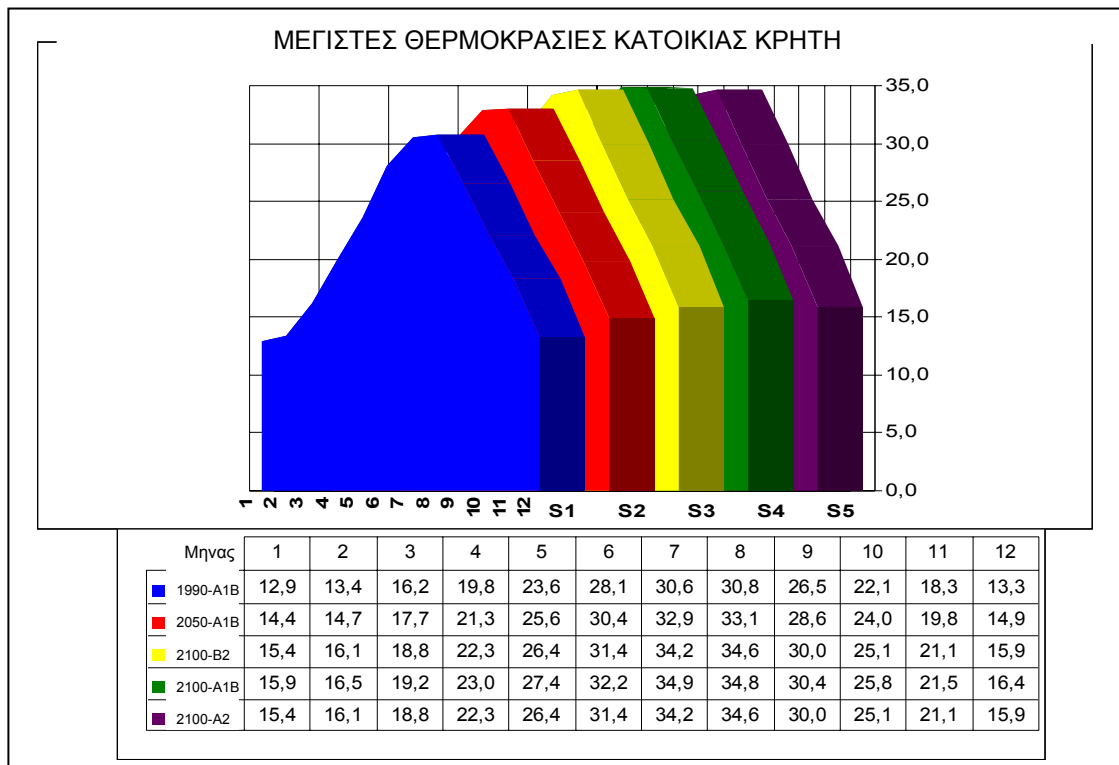
Σχήμα 18 : Βαθμός Αύξησης των βαθμομερών κλιματισμού σε μια συμβατική κατοικία το 2100 σεναριο B2 σε σχέση με το 2010.

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ



Μήνας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
■ 1990-A1B	4,4	6,2	10,6	15,6	21,5	25,5	29,3	28,1	23,4	15,9	10,5	5,9
■ 2050-A1B	6,4	7,8	12,2	17,2	23,7	28,1	32,2	31,0	25,8	18,1	11,9	7,6
■ 2100-B2	7,3	9,5	13,5	18,3	24,7	28,9	33,8	33,2	27,6	18,9	13,3	8,5
■ 2100-A1B	7,9	9,7	14,0	18,9	25,7	30,3	34,6	32,9	27,7	19,6	13,7	9,4
■ 2100-A2	8,9	10,9	14,7	20,0	27,1	31,5	36,5	35,4	30,1	21,2	14,1	10,3

Σχήμα 19 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας στην Δυτική Μακεδονία για τα πέντε κλιματικά σενάρια



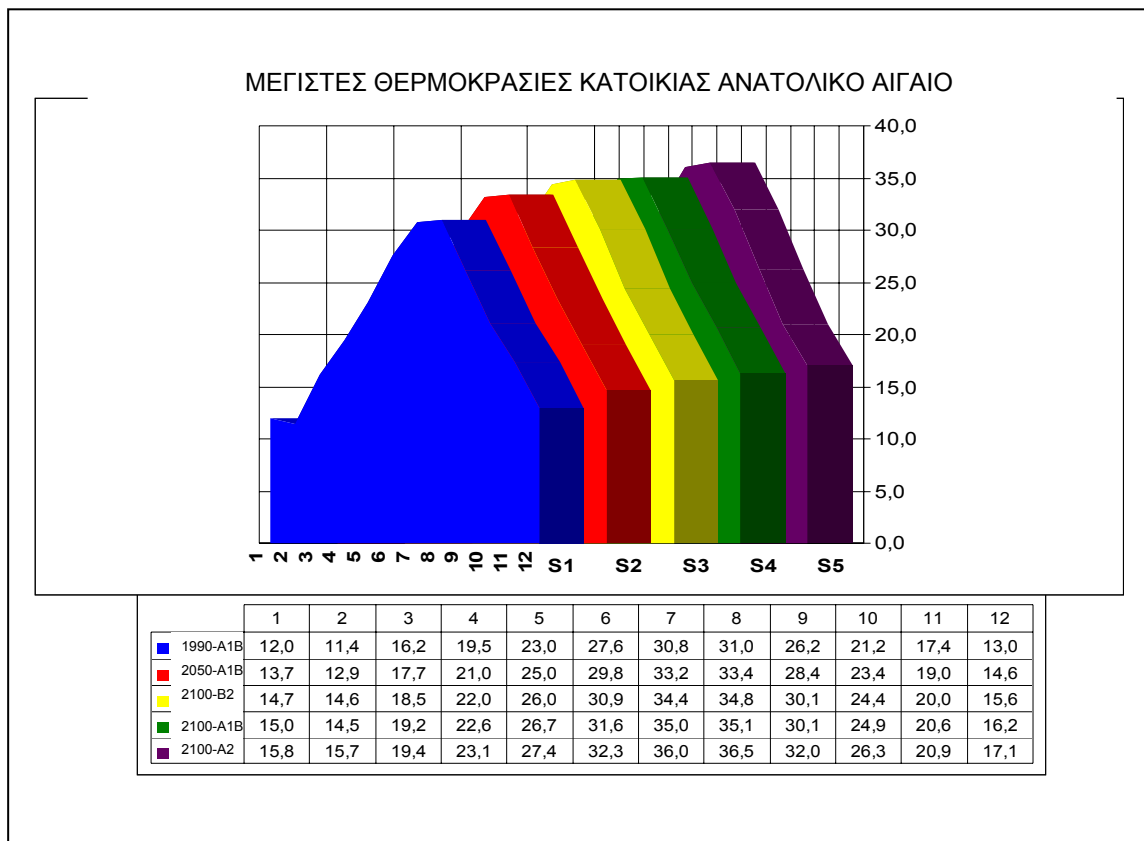
Σχήμα 20 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας στην Κρητη για τα πέντε κλιματικά σενάρια

Η σχετική αύξηση της μέγιστης ετήσιας εσωτερικής θερμοκρασίας για τρία κλιματικά σενάρια που αφορούν το 2050 και 2100 σε σχέση με το 2010 για κάθε περιοχή δίνεται παρακάτω στα σχήματα 22-24.

Ταυτόχρονα με τον υπολογισμό της μεταβολής των βαθμομερών κλιματισμού και της μέγιστης και ελαχίστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίστηκε για κάθε περιοχή και για κάθε κλιματικό μοντέλο το ποσοστό των θερινών ωρών όπου η εσωτερική θερμοκρασία εντός της τυπικής κατοικίας ξεπερνά την θερμοκρασιακή βάση των 26, 28, 30 και 32 C. Τα αποτελέσματα όσον αφορά την μεταβολή της μέγιστης μηνιαίας εσωτερικής θερμοκρασίας στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου, Αττικής και Δωδεκανήσων δίνονται στα παρακάτω σχήματα 25-27.

Για το κλιματικό σενάριο A1B της τρέχουσας περιόδου το ποσοστό υπέρβασης της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο είναι πάντα μηδενικό. Αντίθετα για το σενάριο B2 2100 το ποσοστό αυξάνει δραματικά και κυμαίνεται από 0 έως 65 %. Η μεγαλύτερη τιμή υπέρβασης παρατηρείται στα Δωδεκάνησα, την Αθήνα, και το Αιγαίο, ενώ η

μικρότερη στην Κεντρική Μακεδονία. Για το σενάριο A1B 2100 το ποσοστό αυξάνει δραματικά και κυμαίνεται από 0 έως 68 %. Η μεγαλύτερη τιμή υπέρβασης παρατηρείται στην Αθήνα και τα Δωδεκάνησα, ενώ η μικρότερη στην Κεντρική Μακεδονία. Για το σενάριο A2 2100 το ποσοστό αυξάνει δραματικά και κυμαίνεται από 40 έως 98 %. Η μεγαλύτερη τιμή υπέρβασης παρατηρείται στα Δωδεκάνησα και την Αθήνα, ενώ η μικρότερη στην Κεντρική και Δυτική Μακεδονία.



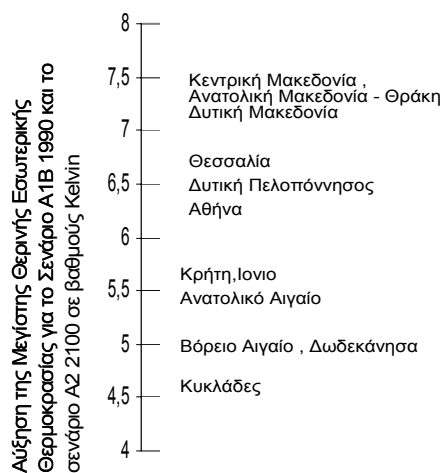
Σχήμα 21 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας στο Ανατολικό Αιγαίο για τα πέντε κλιματικά σενάρια

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



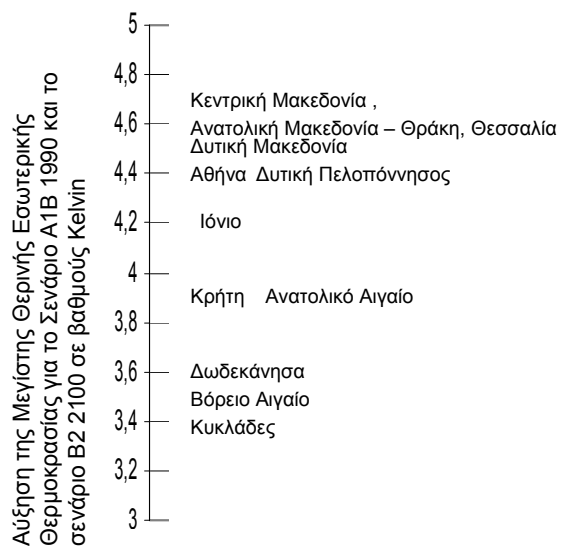
Σχήμα 22 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας σε όλες τις κλιματικές ζώνες για το 2050 σε σχέση με το 2010.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

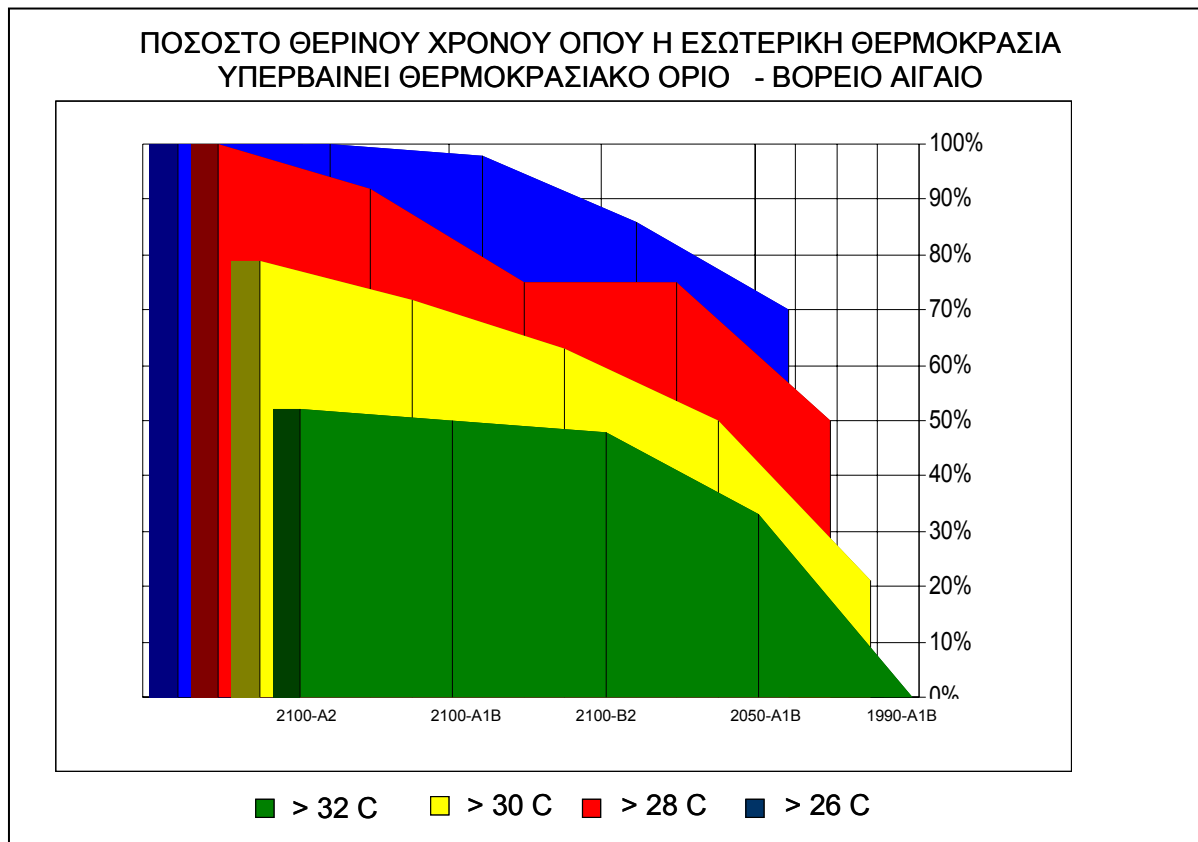


Σχήμα 23 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας σε όλες τις κλιματικές ζώνες για το σενάριο A2 του 2100 σε σχέση με το 2010.

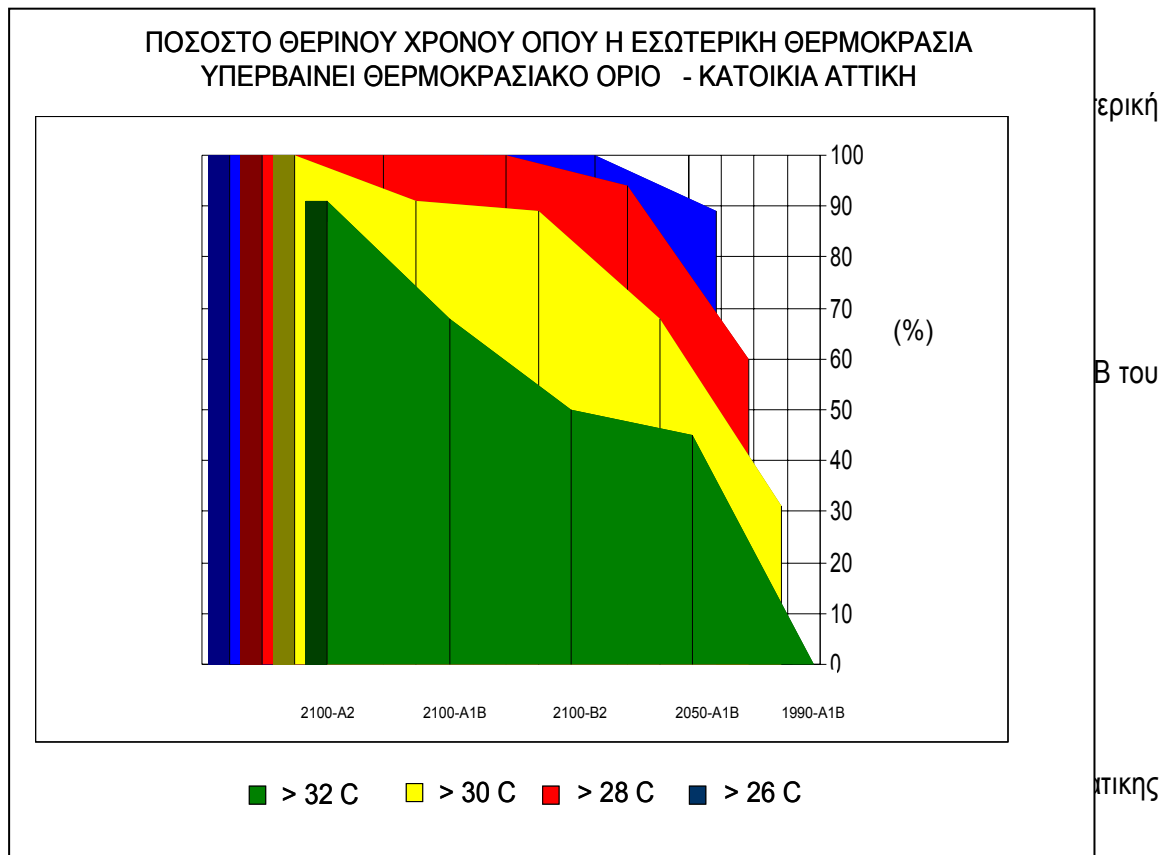
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



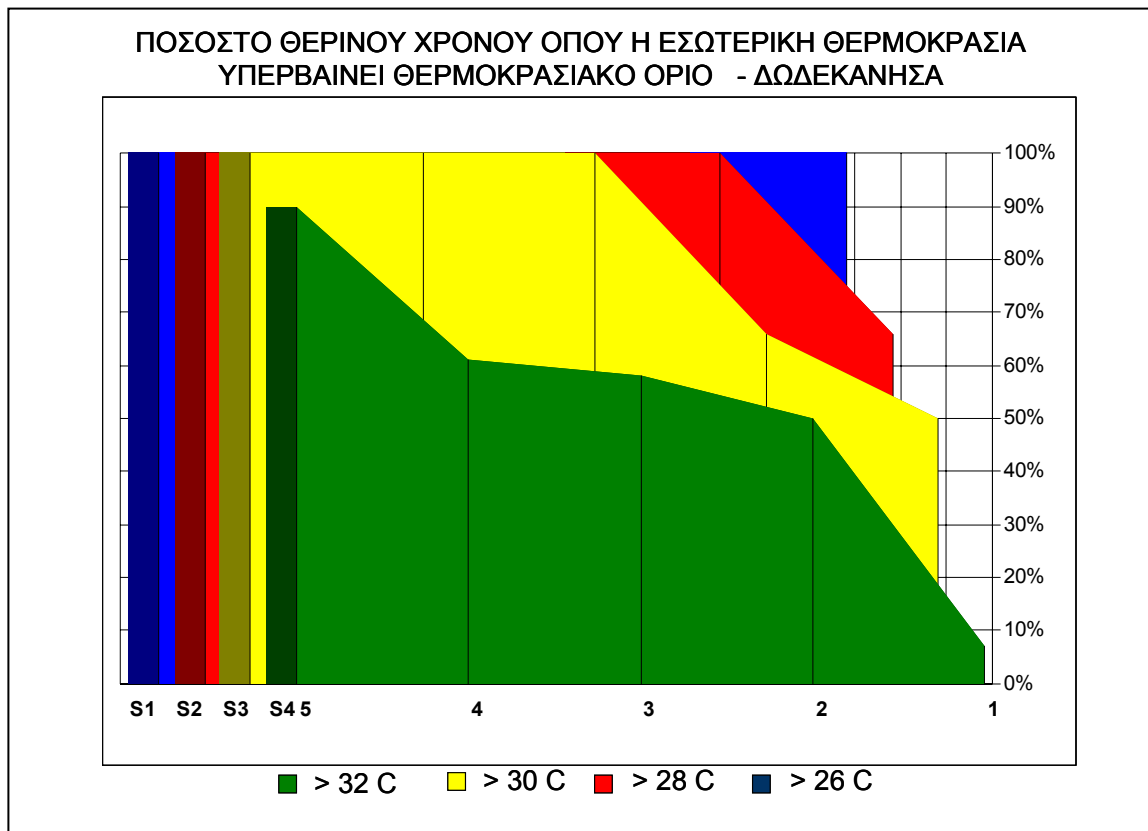
Σχήμα 24 : Υπολογισμένες μέγιστες θερμοκρασίες συμβατικής κατοικίας σε όλες τις κλιματικές ζώνες για το σενάριο B2 του 2100 σε σχέση με το 2010.



Σχήμα 25 : Ποσοστό του θερινού χρόνου όπου η εσωτερική θερμοκρασία μιας συμβατικής κατοικίας υπερβαίνει ένα θερμοκρασιακό οριο στο Βορειο Αιγαίο

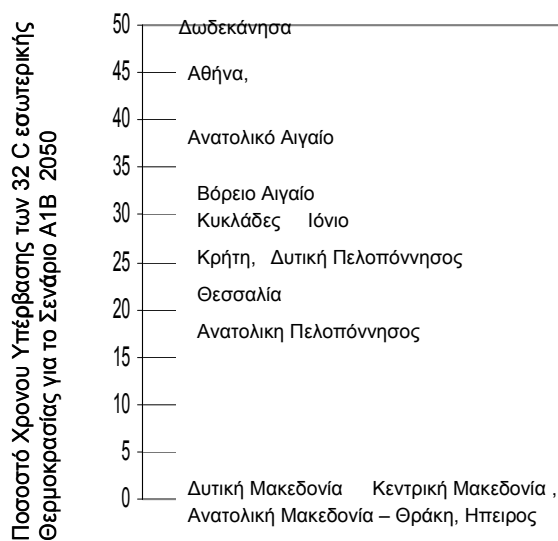


Σχήμα 26 : Ποσοστό του Θερινου χρονου οπου η εσωτερικη θερμοκρασια μιας συμβατικης κατοικιας υπερβαινει ένα θερμοκρασιακο οριο στην Αττικη



Σχήμα 27 : Ποσοστό του θερινού χρόνου όπου η εσωτερική θερμοκρασία μιας συμβατικής κατοικίας υπερβαίνει ένα θερμοκρασιακό οριο στα Δωδεκάνησα

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



Σχήμα 28. Ποσοστό της θερινής περιόδου, (Ιούνιος- Σεπτέμβριος), όπου η εσωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 32 C σε όλες τις κλιματικές ζώνες και για το σενάριο 2050.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ



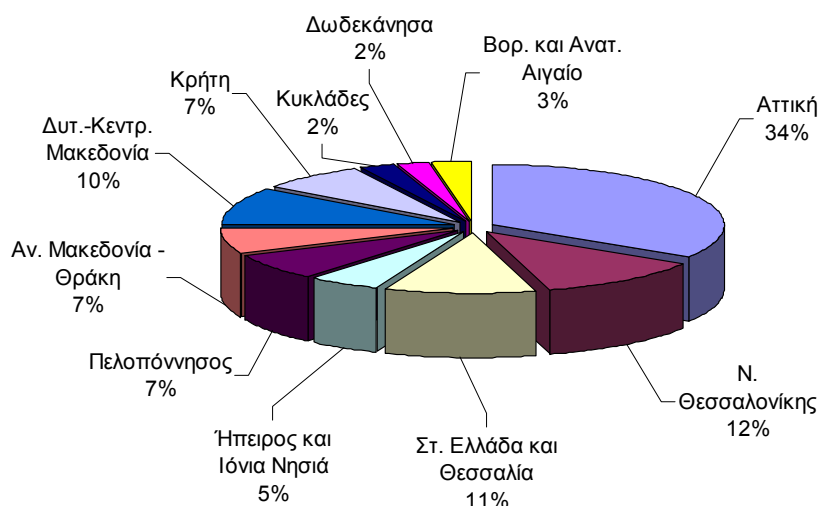
Σχήμα 29. Ποσοστό της θερινής περιόδου, (Ιούνιος- Σεπτέμβριος), όπου η εσωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 32 C σε όλες τις κλιματικές ζώνες και για το σενάριο B2 του 2100.

Οικονομικές επιπτώσεις στο αντικείμενο και δυνατότητες προσαρμογής και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής

Τα προηγούμενα κεφάλαια παρουσίασαν αναλυτικά τη διαδικασία και τα αποτελέσματα της μελέτης για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε τυπικά κτίρια του Ελληνικού κτιριακού αποθέματος, ανά κλιματική ζώνη. Το επόμενο βήμα για την αναγωγή των αποτελεσμάτων αυτών στο σύνολο του κτιριακού αποθέματος και ο αντίστοιχος υπολογισμός του συνολικού οικονομικού κόστους αναλύεται παρακάτω. Το κόστος αυτό έχει μεγάλη σημασία για τον μακροπρόθεσμο ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας εν όψει του ότι τα κτίρια θα αποτελέσουν το σημαντικότερο μερίδιο του οικονομικού δυναμικού εξοικονόμησης τα επόμενα σαράντα χρόνια.

Το σημείο έναρξης για την ανάλυση είναι η επεξεργασία των υπαρχόντων στατιστικών στοιχείων για την εκτίμηση του αριθμού κτιρίων ανά τύπο, σε κάθε γεωγραφική περιοχή και αντίστοιχη Διοικητική Περιφέρεια. Τα αρχικά δεδομένα για την εκτίμηση του αριθμού κτιρίων,

προκύπτουν από την κτιριακή απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) της 1^{ης} Δεκεμβρίου 2000 [2]. Προφανώς η πραγματική κατάσταση, όσον αφορά στον αριθμό κτιρίων στην χώρα έχει αλλάξει δραματικά από το έτος της απογραφής, μετά από μία δεκαετία έντονης οικοδομικής δραστηριότητας κυρίως στον τομέα της κατοικίας. Για να προσεγγισθεί ο πραγματικός αριθμός υπαρχόντων κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των «Στατιστικών Οικοδομικής Δραστηριότητας», όπως καταγράφονται από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. στις ετήσιες εκθέσεις της [3]. Οι εκθέσεις αυτές παρουσιάζουν το αριθμό και τύπο νέων κτιρίων που κατασκευάστηκαν κάθε έτος, καθώς και στοιχεία σχετικά με το εμβαδόν και τον όγκο τους. Η τελευταία δημοσιευμένη έκδοσή της ΕΛ.ΣΤΑΤ. αναφέρεται στα στοιχεία του 2008, και αυτή χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί το υπάρχον κτιριακό απόθεμα. Η γεωγραφική κατανομή του αριθμού κατοικιών (που είναι και το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων στη χώρα) για το 2010 που προέκυψε από την ανάλυση αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 30.

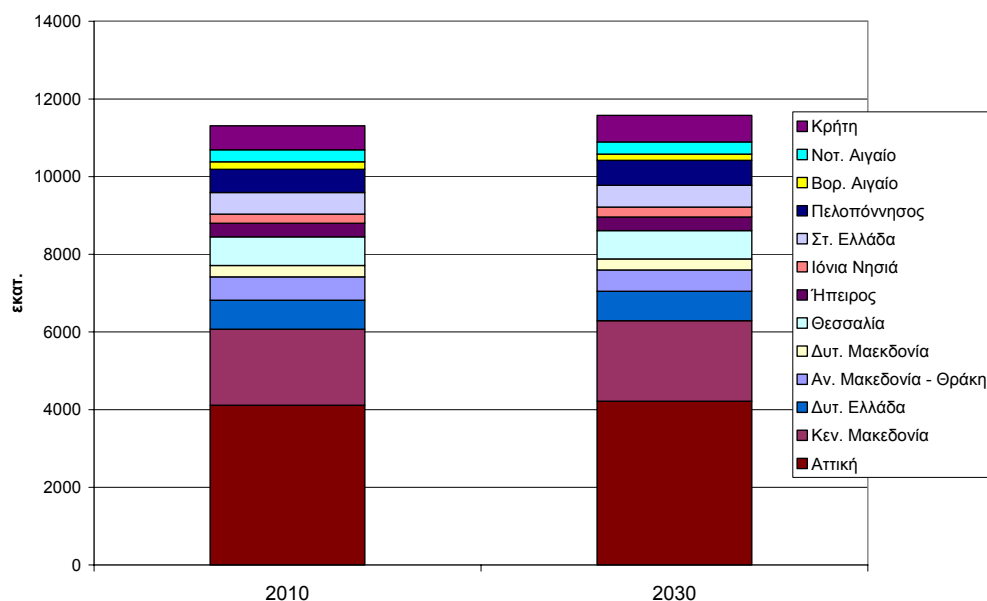


Σχήμα 30: Γεωγραφική κατανομή αριθμού κατοικιών.

Το επόμενο βήμα στη ανάλυση είναι η εκτίμηση του αριθμού των κατοικιών και των κτιρίων για τις άλλες χρήσεις για το 2050. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιήθηκε η εκτίμηση για την αύξηση του πληθυσμού ανά περιφέρεια μέχρι το 2030 από τη μελέτη EUROPOP2008 "Regional Population Projection" που δημοσιεύτηκε από την EUROSTAT το 2008 (Σχήμα 31) [4]. Λόγω έλλειψης άλλων στατιστικών εκτιμήσεων για το 2050, ακολουθήθηκε η μέθοδος της γραμμικής προεκβολής των παραπάνω στοιχείων. Με τα στοιχεία αυτά προέκυψαν εκτιμήσεις πληθυσμού, που διαιρεμένες με τον μέσο αριθμό ατόμων ανά οικογένεια δημιούργησαν εκτιμήσεις για τον αριθμό των κατοικιών ανά περιφέρεια. Οι εκτιμήσεις για τον αριθμό των

κτιρίων διαφορετικών χρήσεων στηρίχθηκαν στους ρυθμούς μεταβολής της τελευταίας δεκαετίας, μειωμένους κατά 2-3% τις δεκαετίες μετά το 2030.

Είναι προφανές ότι η διαδικασία της εκτίμησης του αριθμού κτιρίων ανά χρήση σε ένα τόσο μεγάλο χρονικό ορίζοντα, εμπεριέχει πολλές αβεβαιότητες, η προσπάθεια όμως επικεντρώθηκε στο να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα όλα τα πιθανά στοιχεία που υπάρχουν από τις στατιστικές αρχές.



Σχήμα 31: Εκτίμηση μεταβολής πληθυσμού ανά Περιφέρεια (EUROSTAT 2008)

Έχοντας εκτιμήσει τους πιθανούς αριθμούς των κτιρίων ανά χρήση, η μεθοδολογία εστιάστηκε στον υπολογισμό της ζήτησης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης του χώρου. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της ζήτησης ωφέλιμης ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του πρόσθετου κόστους που θα επιφέρει η κλιματική μεταβολή για την προσαρμογή των κτιρίων στις νέες κλιματικές συνθήκες. Η τεχνολογική προσαρμογή που απαιτείται ώστε να αντιμετωπιστεί η κλιματική μεταβολή εντοπίστηκε πρώτα στην εφαρμογή προηγμένων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια καθώς και πρόσθετων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στόχος ήταν να υπολογιστεί πλέον η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην χώρα, και όχι απλά το φορτίο, και η αντίστοιχη μεταβολή της λόγω της κλιματικής αλλαγής. Στην περίπτωση αυτή ο όλος υπολογισμός επηρεάζεται δραματικά από τον συντελεστή απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, (COP , Coefficient of Performance).

Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων διατηρήθηκαν ίδια και στις δυο ομάδες προσομοιώσεων που αφορούν τα κλιματικά σενάρια. Δεδομένου όμως ότι η απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού θα είναι κατά το 2050 πολύ μεγαλύτερη από αυτή του σήμερα, μεταβλήθηκε ο συντελεστής απόδοσης των συμβατικών συστημάτων ενεργειακής τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα, για την σύγχρονη περίοδο θεωρήθηκε ότι ο συντελεστής απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας, (COP), στην θέρμανση είναι ίσος με 3, και στον κλιματισμό ίσος με 2. Αντίστοιχα για την περίοδο του 2050 θεωρήθηκε ότι οι αντίστοιχοι συντελεστές στην θέρμανση και τον κλιματισμό θα είναι 5 και 4.

Για να μελετηθεί το κόστος των απαιτούμενων παρεμβάσεων στα κτίρια στον ορίζοντα μέχρι το 2050, θεωρήθηκε ότι στο σύνολο των κτιρίων θα έχουν εφαρμοστεί προηγμένα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και ΑΠΕ ώστε να παρουσιάζουν σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση όπως προβλέπεται από την αναθεωρημένη Κοινοτική Οδηγία για την Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ο όρος σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης αναφέρεται σε κατανάλωση συμβατικών μορφών καυσίμων. Έτσι η επιτόπια παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές συνεισφέρει στην κατεύθυνση του μηδενικού ισοζυγίου ενέργειας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ιδέα των κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης δεν είναι καινούργια. Αντίθετα υπάρχουν τουλάχιστον 15000 σπίτια σ' όλον τον κόσμο, εκ των οποίων τα περισσότερα βρίσκονται στην Γερμανία και την Αυστρία, που χαρακτηρίζονται σαν *passivhaus* και έχουν πρακτικά μηδενικές ανάγκες για θέρμανση- ψύξη. Η θέρμανση-ψύξη χώρων δεν έχει παραδόξως τραβήξει την προσοχή το ίδιο με τα αυτοκίνητα στα πλαίσια της συζήτησης για την κλιματική αλλαγή. Αν όμως προσθέσει κανείς τις εκπομπές που προέρχονται από από λέβητες πετρελαίου και αερίου, εστίες κάρβουνου, συστήματα ηλεκτρικής θέρμανσης και συστήματα κλιματισμού θα διαπιστώσει ότι η διαχείριση της θερμοκρασίας των κτιρίων είναι η πιο καταστροφική δραστηριότητα για το κλίμα. Η ιδέα των κτιρίων μηδενικών αναγκών θέρμανσης είναι απλή και έχει εφαρμοσθεί εδώ και είκοσι χρόνια. Ένα σπίτι που μονώνεται με τις υψηλότερες προδιαγραφές μόνωσης δεν χρειάζεται σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη και στην καρδιά του χειμώνα μπορεί να διατηρείται θερμό παίρνοντας ενέργεια από τον ήλιο και την θερμότητα που απάγεται από τους ανθρώπους και τις συσκευές που βρίσκονται μέσα σ' αυτό. Σε θερμές χώρες όπως είναι η Ελλάδα είναι φανερό ότι σπίτια τέτοιων προδιαγραφών μπορούν να περιορίσουν δραματικά την ανάγκη για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Για να υπολογιστεί η ενέργεια που απαιτείται συνολικά για θέρμανση και ψύξη χώρων σε όλο το κτιριακό απόθεμα της χώρας ανά περιφέρεια, πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές σχετικά με τη διείσδυση των διαφόρων τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

Στις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας με την αναβάθμιση του κελύφους του κτιρίου και στις τεχνολογίες κάλυψης του φορτίου και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για τις δράσεις εξοικονόμησης με την αναβάθμιση του κελύφους του κτιρίου είναι οι εξής:

- Όλα τα κτίρια που θα κατασκευαστούν μετά το 2011, θα έχουν μόνωση πάχους 15cm. Το πάχος αυτό της μόνωσης είναι αρκετά μεγαλύτερο από το ελάχιστο απαιτούμενο από τον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων και εξασφαλίζει την σημαντική μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη.
- Όλα τα κτίρια που θα κατασκευαστούν μετά το 2011, θα έχουν ανοίγματα με διπλούς υαλοπίνακες, με χαμηλό συντελεστή εκπομπής και συντελεστή θερμοπερατότητας $0,4\text{W/m}^2\text{K}$. Η τιμή αυτή είναι αρκετά χαμηλότερη από τα ελάχιστα όρια που έχει θέση ο Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (KENAK), είναι όμως εφικτή με την υπάρχουσα τεχνολογία υαλοπινάκων και κουφωμάτων.
- Το 60% των υπαρχόντων κτιρίων, που έχουν κατασκευαστεί πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης και επομένως είναι αμόνωτα, θα αναβαθμιστούν ενεργειακά με μόνωση 15cm. Η αναβάθμιση του κελύφους του συνόλου των αμόνωτων κτιρίων είναι μια παραδοχή που οδηγεί στον υπολογισμό του τεχνικού δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση/ψύξη.
- Το υπόλοιπο 40% των υπαρχόντων κτιρίων που είναι μονωμένα σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης, θα αναβαθμιστούν ενεργειακά με μόνωση 15cm. Αν και ο Κανονισμός Θερμομόνωσης (ΚΘΚ) ισχύει από το 1980, τουλάχιστον τα πρώτα χρόνια η εφαρμογή του στην πράξη ήταν αρκετά πλημμελής. Αλλά ακόμα και στις περιπτώσεις των νέων κτιρίων που ακολούθησαν τον ΚΘΚ στην κατασκευή τους, υπάρχει σημαντικό περιθώριο βελτίωσης της ποιότητας του κελύφους με θερμομόνωση αυξημένου πάχους.
- Το σύνολο των υαλοπινάκων των υπαρχόντων κτιρίων θα αντικατασταθούν από διπλούς με χαμηλό συντελεστή εκπομπής και συντελεστή θερμοπερατότητας $0,4\text{W/m}^2\text{K}$.
- Οι εξωτερικές επιφάνειες τόσο των υπαρχόντων όσο και των νέων κτιρίων θα καλυφθούν με βαφές υψηλής ανακλαστικότητας.

Με τις παραδοχές που περιγράφηκαν παραπάνω εξασφαλίζεται ότι τα κελύφη του συνόλου των κτιρίων το 2050 έχουν την ίδια θερμική συμπεριφορά. Η παραδοχή αυτή οδηγεί στον υπολογισμό του τεχνικού δυναμικού εξοικονόμησης με τη χρήση μέτρων βελτίωσης του κτιριακού κελύφους, στο σύνολο της χώρας.

Σχετικά με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες των κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη, καθώς και σχετικά με τις τεχνολογίες που παράγουν ενέργεια από Ανανεώσιμες πηγές, έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Η θέρμανση και ψύξη όλων των κτιρίων επιτυγχάνεται με ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας. Ο Συντελεστής Απόδοσης (COP) των αντλιών θερμότητας θα είναι ίσος με 5 για την λειτουργία τους για θέρμανση χώρων και ίσος με 4 για τη λειτουργία τους για ψύξη χώρων. Οι τιμές αυτές του συντελεστή απόδοσης είναι ήδη εφικτές σήμερα από εγκαταστάσεις στην αιχμή της τεχνολογίας. Έτσι θεωρείται απόλυτα εφικτό να αποτελούν τον κανόνα για τα συστήματα που θα εγκατασταθούν το 2050, με μοναδιαίο κόστος αντίστοιχο των συμβατικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που θα απαιτείται για τη λειτουργία των αντλιών θερμότητας, θα καλύπτεται πλήρως από φωτοβολταϊκά στοιχεία. Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β χρησιμοποιήθηκε συντελεστής χρησιμοποίησης (capacity factor) 17%, που σημαίνει ότι τα στοιχεία θα λειτουργούν στην ονομαστική τους ισχύ για τέσσερις ώρες ημερησίως κατά μέσο όρο. Η εκτίμηση αυτή προέρχεται από μετρήσεις υπαρχόντων συστημάτων στην Ελλάδα και αντιπροσωπεύει έναν ικανοποιητικό μέσο όρο λειτουργίας. Εάν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια έχει αρκετούς περιοριστικούς παράγοντες σχετικά με τον προσανατολισμό και την κλίση των συστημάτων, ένας συντελεστής χρησιμοποίησης στα επίπεδα του 17% είναι ικανοποιητικός. Σχετικά με τις εκτιμήσεις για την εξέλιξη του κόστους των Φ/Β στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν τα δημοσιευμένα στοιχεία του Διεθνή Οργανισμού Ενέργειας, “Technology Roadmap, Solar Photovoltaic Energy” [5]. Οι εκτιμήσεις αυτές για την εξέλιξη του κόστους σε δολάρια ΗΠΑ (2008) ανά εγκατεστημένο kW, παρουσιάζονται στο Πίνακα 1, για εγκαταστάσεις στον οικιακό και τριτογενή τομέα. Η διαφορά κόστους για τα

συστήματα στους δύο τομείς που παρατηρείται στον Πίνακα 1, οφείλεται κυρίως στο διαφορετικό μέσο μέγεθος συστήματος. Έτσι τα μικρότερα σε ισχύ οικιακά συστήματα έχουν κάποια κόσθη που δεν είναι ανάλογα της ισχύος όπως για παράδειγμα κόσθη διασύνδεσης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν μεγαλύτερο κόστος ανά εγκατεστημένο kW σε σχέση με τα μεγαλύτερα συστήματα του τριτογενούς τομέα.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1. το κόστος εγκατάστασης των Φ/Β συστημάτων θα πέσει στο 1/5 των σημερινών τιμών μέχρι το 2050. Επίσης θεωρείται βέβαιο ότι θα αυξηθεί και το μέγεθος των συστημάτων αποθήκευσης των Φ/Β.

Πίνακας 1: Κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων ανά kW, για κτίρια του οικιακού και του τριτογενούς τομέα.

(2008\$/kW)	2008	2020	2030	2050
Συστήματα Οικιακού Τομέα	6000	2700	1800	1200
Συστήματα Τριτογενούς τομέα	5000	2250	1500	1000

Οι δύο τελευταίες παραδοχές σχετικά με τα Η/Μ συστήματα των κτιρίων, οδηγούν σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης για την ψύξη και θέρμανσή τους, καθώς το σύνολο των ενεργειακών αναγκών γι'αυτές τις δύο κατηγορίες, καλύπτονται από τοπικά παραγόμενη ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές.

Με βάση αυτές τις παραδοχές υπολογίστηκε για κάθε κλιματική περιοχή της χώρας, η συνολική απαίτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των κτιρίων χρησιμοποιώντας τις βάσεις δεδομένων με το πλήθος και τα χαρακτηριστικά των κτιρίων. Διευκρινίζεται ότι στην παρούσα ανάλυση μελετήθηκαν τα κτίρια κατοικίας, εκπαίδευσης καθώς και κτίρια του τριτογενή τομέα, που καλύπτουν το 90% του αριθμού των κτιρίων στη χώρα, και τουλάχιστον το αντίστοιχο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας του κτιριακού τομέα.

Τα στοιχεία για την απαίτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για ένα τυπικό κτίριο κάθε κατηγορίας προέρχονται από την ανάλυση που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια

για κάθε κλιματική περιοχή. Μετά τον υπολογισμό της απαίτησης για θέρμανση και ψύξη υπολογίζεται η τελική ενέργεια που απαιτείται για να καλύψει αυτή την απαίτηση, χρησιμοποιώντας το βαθμό απόδοσης των αντλιών θερμότητας. Στο τελευταίο βήμα υπολογίζεται το μέγεθος των απαιτούμενων φωτοβολταϊκών στοιχείων για να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρισμού από τις αντλίες θερμότητας. Στην ανάλυση αυτή δεν λαμβάνουμε υπόψη τις άλλες καταναλώσεις των κτιρίων εκτός από την θέρμανση και ψύξη, καθώς αυτές είναι που επηρεάζονται από την αλλαγή των κλιματικών συνθηκών.

Σύμφωνα με τις παραδοχές αυτές, το κύριο σενάριο που εξετάζεται παρουσιάζει το απαιτούμενο κόστος έτσι ώστε όλα τα κτίρια της χώρας το 2050 να είναι κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική μεταβολή. Για να εκτιμηθεί η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη διαμόρφωση αυτού του κόστους εξετάστηκε το εναλλακτικό σενάριο ζήτησης ενέργειας θεωρώντας ότι τα κλιματικά δεδομένα παραμένουν όμοια με το μέσο όρο της περιόδου 1960-1990. Έτσι η διαφορά στη ζήτηση ενέργειας και αντίστοιχα στο κόστος του εξοπλισμού μεταξύ των δύο σεναρίων αποτελεί μια εκτίμηση του επιπλέον κόστους που οφείλεται στην αλλαγή των κλιματικών συνθηκών. Η βασική παραδοχή των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ισχύει και για τα δύο σενάρια.

Ακολουθώντας την κατανομή κτιρίων ανά περιφέρεια, η Αττική με το μεγαλύτερο απόθεμα παρουσιάζει αντίστοιχα και τη μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας και άρα κόστος αντικατάστασης και εγκατάστασης εξοπλισμού. Οι υπολογισμοί της ζήτησης τελικής ενέργειας για τα διαφορετικά κλιματικά σενάρια για την Αττική παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 που ακολουθεί. Η στήλη (Α) αναφέρεται σε κτίρια χωρίς κανένα μέτρο εξοικονόμησης σχετικά με το κέλυφος και τις εγκαταστάσεις θέρμανσης-ψύξης. Η στήλη (Β) αναφέρεται σε συμβατικό σχεδιασμό κελύφους, ενώ οι στήλες (Γ) και (Δ) αναφέρονται στον σχεδιασμό κελύφους σύμφωνα με τις παραδοχές που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στα κτίρια της Αττικής με το συμβατικό σχεδιασμό είναι της τάξης των 10 TWh σήμερα (2010). Θεωρώντας ότι ο σχεδιασμός παραμένει «συμβατικός» ως το 2050 με παράλληλη εισαγωγή ηλεκτρικών αντλιών θερμότητας, η τελική κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί σημαντικά και να φτάσει ακόμη και στο ένα τρίτο της αρχικής τιμής. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι η κατανάλωση αυτή είναι κατανάλωση ηλεκτρισμού. Έτσι από άποψη πρωτογενούς ενέργειας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το αναμενόμενο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής για το 2050 και οι αντίστοιχοι βαθμοί απόδοσης των σταθμών. Στην περίπτωση μεγάλης διείσδυσης ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (κάτι που συμπεριλαμβάνεται στα επιθυμητά σενάρια εξέλιξης του

ηλεκτρικού συστήματος) τότε πραγματικά επιτυγχάνεται μείωση της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας ακόμη και σ' αυτό το σενάριο. Το επιθυμητό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής για το 2050 όμως, περιλαμβάνει 100% ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, διασύνδεση όλων των νησιών και αύξηση των διεθνών διασυνδέσεων. Σε γενικές γραμμές θα περιλαμβάνει θερμικές μονάδες από Γεωθερμία και Βιομάζα και επίσης Θερμικά Ηλιακά Συστήματα (CSP). Επίσης θα περιλαμβάνει Αιολικά πάρκα στα επίπεδα του οικονομικού δυναμικού, αυξημένα φωτοβολταικά συστήματα πέραν όσων θα εγκατασταθούν σε στέγες κτιρίων και αυξημένα υδροηλεκτρικά με έμφαση στα αντλησιοταμειευτικά. Έτσι η μείωση της απευθείας κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και η υποκατάστασή τους από ηλεκτρισμό που θα παράγεται από ΑΠΕ θα καταλήξει στους στόχους του 2050 για την μείωση εκπομπών στα επίπεδα του 85-90%. Αυτό θα υλοποιηθεί με μεγάλη διείσδυση των αντλιών θερμότητας και αυξημένα ηλεκτρικά φορτία λόγω της διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης. Τα δύο τελευταία θα παίξουν σημαντικό ρόλο στον περιορισμό της απόρριψης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από της «μεταβλητές Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» όπως τα αιολικά και τα φωτοβολταικά.

Πίνακας 2: Εκτίμηση Ζήτησης Τελικής ενέργειας στα κτίρια της Αττικής.

GWh	(A) Κανένα Μέτρο		(B) Συμβατικός Σχεδιασμός		(Γ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 1990)	(Δ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 2050)
	2010	2050	2010	2050	2050	2050
Κατοικίες	14154	8080	7969	2032	342	539
Εκπαίδευση	165	85	84.93	28.90	10.75	14.95
Γραφεία/Καταστήμα τα	4548	4726	2623	976	407	637
Σύνολο	18867	12891	10677	3037	760	1191

Η στήλη (Γ) του Πίνακα 2, παρουσιάζει την κατανάλωση ενέργειας στην περίπτωση που όλα τα κτίρια το 2050 ακολουθούν τις προδιαγραφές που παρουσιάστηκαν παραπάνω και οι κλιματικές συνθήκες παραμείνουν οι ίδιες με τις μετρήσιμες συνθήκες της περιόδου 1960-1990. Η στήλη (Δ) αντίστοιχα παρουσιάζει την κατανάλωση τελικής ενέργειας για τις ίδιες προδιαγραφές κτιρίων αλλά με κλιματικά δεδομένα που έχουν αλλάξει κάτω από την επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Έτσι από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτει ότι η συνολική ζήτηση ενέργειας λόγω της μεταβολής κλιματικών συνθηκών θα αυξηθεί κατά 57%, στην Αττική, με κύριο λόγο την αύξηση της κατανάλωσης για ψύξη χώρων. Φαίνεται επίσης πως η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικίας και στα κτίρια γραφείων/καταστημάτων γίνεται συγκρίσιμη και στα δύο σενάρια στο ορίζοντα του 2050, κάτι που οφείλεται κυρίως στη σημαντική μείωση της κατανάλωσης του οικιακού τομέα.

Για την εκτίμηση του κόστους των επεμβάσεων στο κέλυφος των κτιρίων της Αττικής χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του Πίνακα 3. Έτσι εκτιμάται ότι το κόστος θερμομόνωσης είναι της τάξης των 50 €/m², το κόστος των υαλοστασίων με τους υψηλές απόδοσης υαλοπίνακες είναι της τάξης των 360 €/m² ανοίγματος και το κόστος των εξωτερικών βαφών υψηλής ανακλαστικότητας είναι της τάξης των 2€/m². Τα κόστη που υπολογίζονται στον Πίνακα 3, είναι τα απαιτούμενα κόστη έτσι ώστε να αναβαθμιστεί ενεργειακά το κέλυφος του συνόλου του κτιριακού αποθέματος της Αττικής. Υπολογίζεται λοιπόν ότι το 51% αυτού του κόστους οφείλεται στα υαλοστάσια, 30% στις απαιτούμενες μονώσεις της εξωτερικής τοιχοποιίας και 18% στις μονώσεις των οριζόντιων επιφανειών. Το ποσοστό του κόστους των υαλοστασίων στο σύνολο είναι αρκετά υψηλό λόγω των υψηλών προδιαγραφών που έχουν τεθεί σχετικά με τα θερμικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3: Εκτίμηση απαιτούμενων υλικών και αντίστοιχου κόστους στα κτίρια της Αττικής.

(α)	Θερμομόνωση τοιχοποιίας			Θερμομόνωση οροφής-υπογείου		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	50	141609926	7080	50	114023576	5701
Εκπαίδευση	50	2874424	144	50	3047880	152
Γραφεία/Καταστήματα	50	88608786	4430	50	26767237	1338
Σύνολο			11655			7192

(β)	Υαλοστάσια			Εξωτερικές βαφές		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	360	29635808	10669	2	175535171	351
Εκπαίδευση	360	666617	240	2	3682266	7
Γραφεία/Καταστήματα	360	25256693	9092	2	110211023	220
Σύνολο			20001			579

Αντίστοιχοι υπολογισμοί έχουν γίνει για το κόστος των Η/Μ εγκαταστάσεων (αντλίες θερμότητας και Φ/Β) που απαιτούνται στα δύο κλιματικά σενάρια που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι υπολογισμοί αυτοί παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 για την Αττική. Το συνολικό κόστος εξοπλισμού στις νέες κλιματικές συνθήκες είναι περίπου 10% περισσότερο, συγκριτικά με το αντίστοιχο κόστος για σταθερά κλιματικά δεδομένα στο μέσο όρο 1960-1990. Από το συνολικό αυτό κόστος 51% αντιστοιχεί στο κόστος των μέτρων εξοικονόμησης

στο κέλυφος των κτιρίων και το 48% στο κόστος των αντλιών θερμότητας. Τα αντίστοιχα κόστη των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι μόλις το 1% του συνόλου. Ο λόγος γι' αυτή τη μικρή συνεισφορά στο κόστος είναι ότι η ζήτηση ενέργειας από τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης είναι τόσο χαμηλή, λόγω των χαρακτηριστικών του κελύφους και του υψηλού βαθμού απόδοσης των αντλιών θερμότητας, που απαιτούνται μόλις 0,8GW φωτοβολταϊκών για να καλυφθεί η αντίστοιχη ζήτηση ενέργειας στην Αττική. Η εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών που θα χρειαζόταν στην αντίστοιχη περίπτωση των κλιματικών δεδομένων του μέσου όρου 1960-1990, είναι αρκετά χαμηλότερη και ίση με 0.5 GW.

Πίνακας 4: Εκτίμηση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων στα κτίρια της Αττικής.

	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 2050	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 1990	Φ/Β Κλιματικά 2050			Φ/Β Κλιματικά 1990		
	εκατ. €	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €
Κατοικίες	26596	23050	1200	362	434	1200	229	275
Εκπαίδευση	298	198	1000	10	10	1000	7	7
Γραφεία/Κατ αστήματα	10045	7175	1000	428	428	1000	273	273
Σύνολο	36939	30424		800	872		510	556

Για να είναι εφικτή μια σύγκριση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στις πιο Νότιες και τις πιο Βόρειες περιφέρειες της χώρας, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την Κρήτη στους Πίνακες 5-7 και τα αποτελέσματα για την Δυτική και Κεντρική Μακεδονία στους Πίνακες 8-10. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για τα διάφορα σενάρια κατασκευών και τα διάφορα κλιματικά σενάρια. Οι Πίνακες

6 και 7 παρουσιάζουν τα αντίστοιχα εκτιμώμενα κόστη για το σενάριο της καλύτερης κατασκευής και τα δύο εναλλακτικά κλιματικά σενάρια.

Πίνακας 5: Εκτίμηση Ζήτησης Τελικής ενέργειας στα κτίρια της Κρήτης.

GWh	(A) Κανένα Μέτρο		(B) Συμβατικός Σχεδιασμός		(Γ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 1990)	(Δ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 2050)
	2010	2050	2010	2050	2050	2050
Κατοικίες	2197	1408	1186	292	33	67
Εκπαίδευση	42	27	20.19	8.77	2.86	4.82
Γραφεία/Καταστήματα	927	1199	403	187	95	155
Σύνολο	3167	2635	1609	488	131	226

Πίνακας 6: Εκτίμηση απαιτούμενων υλικών και αντίστοιχου κόστους στα κτίρια της Κρήτης.

(α)	Θερμομόνωση τοιχοποιίας			Θερμομόνωση οροφής- υπογείου		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	50	30351058	1518	50	24438514	1222
Εκπαίδευση	50	1240745	62	50	1315618	66
Γραφεία/Καταστήματα	50	23361839	1168	50	7057222	353
Σύνολο			2748			1641

(β)	Υαλοστάσια			Εξωτερικές βαφές		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	360	6351801	2287	2	37622208	75
Εκπαίδευση	360	287745	104	2	1589450	3
Γραφεία/Καταστήματα	360	6658965	2397	2	29057301	58
Σύνολο			4787			137

Πίνακας 7: Εκτίμηση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων στα κτίρια της Κρήτης.

	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 2050	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 1990	Φ/Β Κλιματικά 2050			Φ/Β Κλιματικά 1990		
	εκατ. €	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €
Κατοικίες	5700	4940	1200	45	54	1200	22	27
Εκπαίδευση	128	86	1000	3	3	1000	2	2
Γραφεία/Κατ αστήματα	2648	1892	1000	104	104	1000	64	64
Σύνολο	8477	6918		152	161		88	93

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, η αύξηση της ζήτησης ενέργειας στην Κρήτη είναι σχεδόν 70%, από το σενάριο που χρησιμοποιεί τα κλιματικά στοιχεία του μέσου όρου της περιόδου 1960-

1990 στο σενάριο που αντιστοιχεί στην εκτιμώμενη κλιματική κατάσταση για το 2050. Η μεταβολή αυτή οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη χώρων, η οποία είναι 70% αντίστοιχα. Η κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση χώρων είναι ελάχιστη και στα δυο σενάρια, λόγω της πολύ καλής θερμομόνωσης των κτιρίων.

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την Δυτική Μακεδονία παρουσιάζονται στους πίνακες 8-10. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 8, η αύξηση της ζήτησης τελικής ενέργειας στην Δ. Μακεδονία μεταξύ των δύο κλιματικών σεναρίων είναι μόλις 10%, συγκριτικά με την αύξηση κατά 70% που παρατηρήθηκε στην Κρήτη και την αύξηση κατά 57% που παρατηρήθηκε στην Αττική. Η μεταβολή αυτή στην Δ. Μακεδονία οφείλεται στο γεγονός ότι παρατηρείται μια πτώση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση χώρων αλλά και μια σχετική αύξηση της κατανάλωσης για την ψύξη τους, με αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής κατανάλωσης.

Πίνακας 8: Εκτίμηση Ζήτησης Τελικής ενέργειας στα κτίρια της Δ. Μακεδονίας.

GWh	(A) Κανένα Μέτρο		(B) Συμβατικός Σχεδιασμός		(Γ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 1990)	(Δ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 2050)
	2010	2050	2010	2050	2050	2050
Κατοικίες	6774	2827	4097	808	185	160
Εκπαίδευση	308	99	166.11	31.48	14.73	14.86
Γραφεία/Καταστήματα	3093	1971	2255	499	133	193
Σύνολο	10174	4897	6517	1338	333	368

Πίνακας 9: Εκτίμηση απαιτούμενων υλικών και αντίστοιχου κόστους στα κτίρια της Δ. Μακεδονίας.

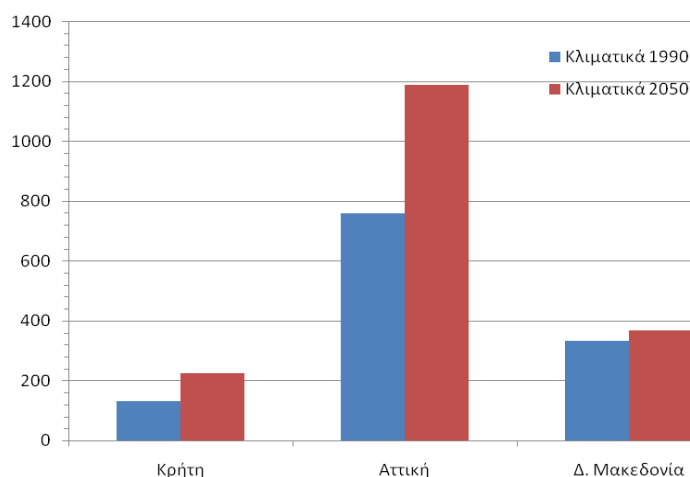
(α)	Θερμομόνωση τοιχοποιίας			Θερμομόνωση οροφής-υπογείου		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	50	41921451	2096	50	33754935	1688
Εκπαίδευση	50	2787516	139	50	2955728	148
Γραφεία/Καταστήματα	50	38009782	1900	50	11482122	574
Σύνολο			4136			2410

(β)	Υαλοστάσια			Εξωτερικές βαφές		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	360	8812323	3172	2	52196066	104
Εκπαίδευση	360	646462	233	2	3570934	7
Γραφεία/Καταστήματα	360	10834156	3900	2	47276317	95
Σύνολο			7305			206

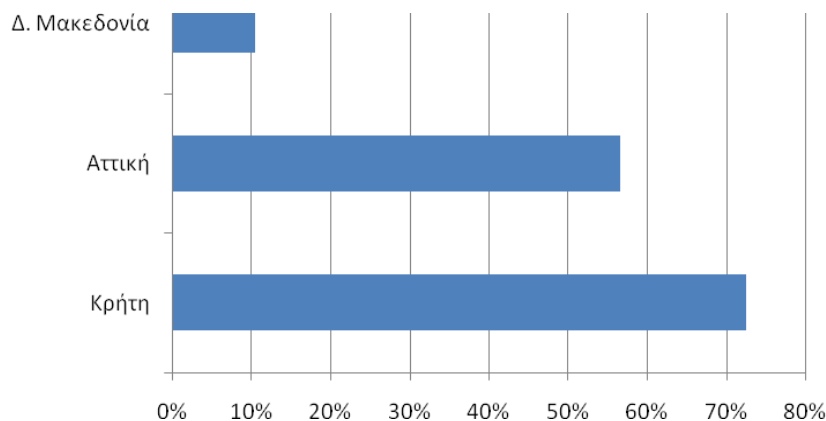
Πίνακας 10: Εκτίμηση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων στα κτίρια της Δ. Μακεδονίας.

	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 2050	Αντλίες Θερμότητας- Κλιματικά 1990	Φ/Β Κλιματικά 2050			Φ/Β Κλιματικά 1990		
	εκατ. €	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €
Κατοικίες	7908	6854	1200	107	129	1200	124	149
Εκπαίδευση	289	192	1000	10	10	1000	10	10
Γραφεία/Κατ αστήματα	4309	3078	1000	130	130	1000	89	89
Σύνολο	12506	10124		247	268		223	248

Το Σχήμα 32 παρουσιάζει τις αντίστοιχες καταναλώσεις τελικής ενέργειας σε GWh για τις τρεις περιφέρειες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.



Σχήμα 32: Μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα δυο κλιματικά σενάρια.



Σχήμα 33: Ποσοστά μεταβολής της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα δυο κλιματικά σενάρια.

Τα ποσοστά της μεταβολής της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη χώρων από το σενάριο χωρίς κλιματική μεταβολή στο σενάριο με την κλιματικής μεταβολή, στις τρεις περιφέρειες που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στους Πίνακες 2-10 φαίνονται στο Σχήμα 33.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για το σύνολο της χώρας παρουσιάζονται στη σύνθεση των Πινάκων 11, 12 και 13. Σύμφωνα με τον Πίνακα 11, η συνολική ζήτηση ενέργειας στα κτίρια της χώρας αναμένεται να είναι κατά 28% υψηλότερη στο σενάριο των νέων κλιματικών δεδομένων συγκριτικά με το σενάριο χωρίς κλιματική αλλαγή.

Πίνακας 11: Εκτίμηση Ζήτησης Τελικής ενέργειας στο Σύνολο των κτιρίων της Ελλάδας.

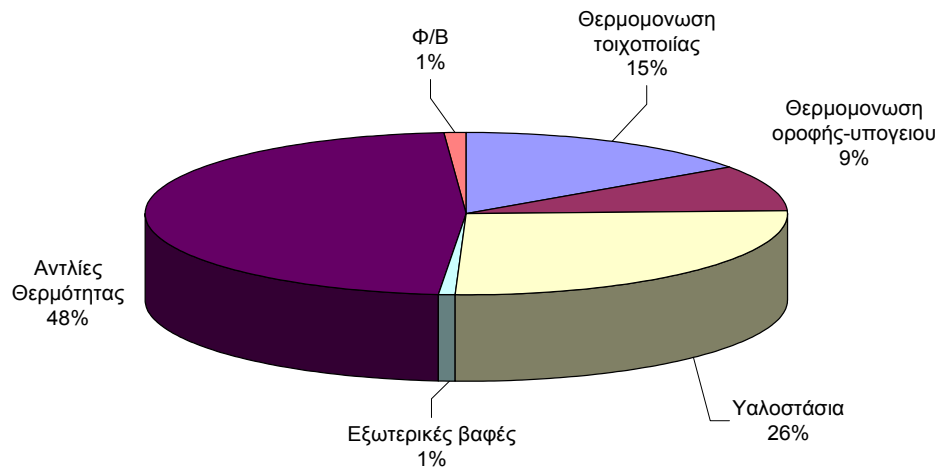
GWh	(A) Κανένα Μέτρο		(B) Συμβατικός Σχεδιασμός		(Γ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 1990)	(Δ) Μέγιστη Εξοικονόμηση (Κλιματικά 2050)
	2010	2050	2010	2050	2050	2050
Κατοικίες	48671	23809	28222	6359	1313	1533
Εκπαίδευση	1042	425	552	139	57	69
Γραφεία/Καταστήματα	15769	14428	10092	3036	1200	1698
Σύνολο	65482	38662	38866	9534	2570	3301

Το κόστος των απαιτούμενων υλικών για εξοικονόμηση στο κέλυφος των κτιρίων για το 2050, όπως φαίνεται στον Πίνακα 12 έχει μια αντίστοιχη κατανομή με αυτή που παρατηρήθηκε στα κτίρια της Αττικής. Έτσι 51% του κόστους του κελύφους, αντιστοιχεί στα υαλοστάσια, 30% στη μόνωση τοιχοποιίας, 18% στη μόνωση των οριζόντιων επιφανειών και μόλις 1% στις ειδικές εξωτερικές βαφές.

Λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος των Η/Μ εγκαταστάσεων τότε υπολογίζεται ότι το κόστος των μέτρων εξοικονόμησης στο κέλυφος είναι περίπου 51% του συνολικού, και το κόστος των αντλιών θερμότητας περίπου 48% (Σχήμα 34). Το χαμηλό κόστος που απαιτείται για τα πρόσθετα φωτοβολταϊκά ώστε να εξασφαλίζεται ο μηδενισμός της ενεργειακής κατανάλωσης, είναι άμεση συνέπεια της πολύ χαμηλής ζήτησης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, σαν αποτέλεσμα της πολύ καλής θερμικής ενίσχυσης του κτιριακού κελύφους και των χρησιμοποιούμενων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Πίνακας 12: Εκτίμηση απαιτούμενων υλικών και αντίστοιχου κόστους στο σύνολο των κτιρίων της Ελλάδας.

(α)	Θερμομόνωση τοιχοποιίας			Θερμομόνωση οροφής-υπόγειου		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	50	415444394	20772	50	334513668	16726
Εκπαίδευση	50	14545009	727	50	15422726	771
Γραφεία/Καταστήματα	50	281635588	14082	50	85077417	4254
Σύνολο			35581			21751
(β)	Υαλοστάσια			Εξωτερικές βαφές		
	€/m ²	m ²	εκατ. €	€/m ²	m ²	εκατ. €
Κατοικίες	360	86982368	31314	2	515203256	1,030
Εκπαίδευση	360	3373182	1214	2	18632812	37
Γραφεία/Καταστήματα	360	80276279	28899	2	350296488	701
Σύνολο			61427			1768

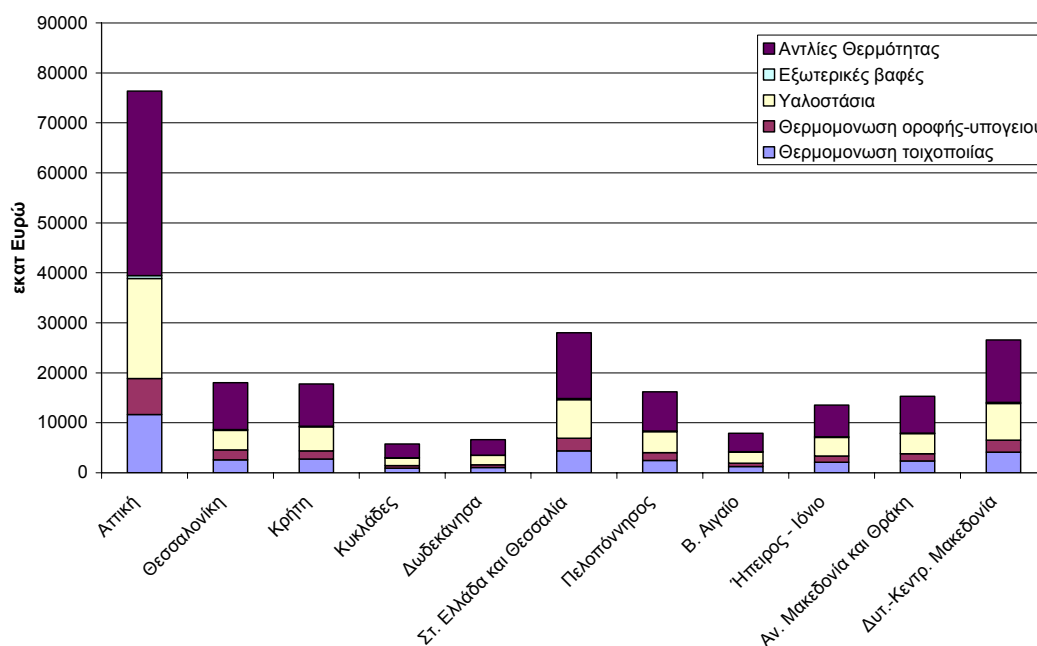


Σχήμα 34: Ανάλυση κόστους παρεμβάσεων ανά τεχνολογία.

Πίνακας 13: Εκτίμηση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων στο σύνολο των κτιρίων της Ελλάδας.

	Αντλίες Θερμότητ ας Κλιματικά 2050	Αντλίες Θερμότητ α Κλιματικά 1990	Φ/Β - Κλιματικά 2050			Φ/Β - Κλιματικά 1990		
	εκατ. €	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €	€/kW	MW	εκατ. €
Κατοικίες	78061	67653	1200	1030	1235	1200	882	1058
Εκπαίδευσ η	1506	1004	1000	46	46	1000	38	38
Γραφεία/ Καταστήμα τα	31928	22806	1000	1140	1140	1000	806	806
Σύνολο	111495	91463		2216	2422		1726	1902

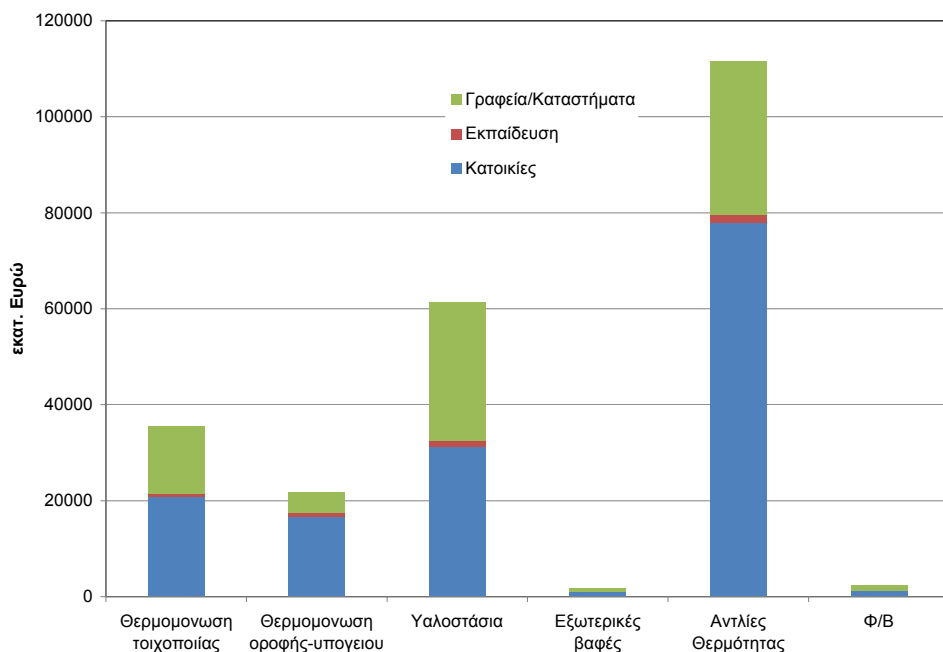
Το Σχήμα 35 παρουσιάζει την κατανομή του κόστους ανά τεχνολογία εξοικονόμησης και Η/Μ για όλες τις περιφέρειες της χώρας. Όπως ήταν αναμενόμενο το συνολικό κόστος είναι σημαντικότερο στην αστική περιοχή της Αττικής, όπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων της χώρας. Το συνολικό ύψος των απαιτούμενων παρεμβάσεων για την προσαρμογή του υπάρχοντος και αναμενόμενου κτιριακού αποθέματος στις τεχνολογικές επιταγές που θα ισχύουν το 2050, είναι της τάξης των 235 δισ. Ευρώ. Από αυτά τα 120 δισ. Ευρώ περίπου αντιστοιχούν σε κόστη για τις τεχνολογίες του κελύφους και 115 δισ. Ευρώ περίπου αντιστοιχούν σε κόστη αντλιών θερμότητας και φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η σχέση 50-50 μεταξύ του απαιτούμενου κόστους που αφορά στην αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους και των υπόλοιπων παρατηρείται στα αποτελέσματα για όλες τις περιφέρειες της χώρας (Σχήμα 6).



Σχήμα 35: Κατανομή του κόστους ανά τεχνολογία και γεωγραφική περιοχή.

Το 33% του συνολικού κόστους των 235 δισ. Ευρώ αντιστοιχεί στα κτίρια της Αττικής (όπου βρίσκεται το 34% των κατοικιών) και το 8% στα κτίρια της Θεσσαλονίκης, άρα οι δύο μητροπολιτικές περιοχές καλύπτουν το 41% του συνολικού αναμενόμενου κόστους.

Αναλύοντας τα αντίστοιχα κόστη ανά κατηγορία κτιρίων (Σχήμα 36), παρατηρείται ότι περίπου το 65% αντιστοιχεί στα κτίρια κατοικίας, ενδεικτικό του ρόλου που μπορούν να παίξουν δράσεις εξοικονόμησης στον συγκεκριμένο τομέα. Άλλωστε τα κτίρια κατοικίας αποτελούν σχεδόν το 80% του συνόλου των κτιρίων της χώρας.



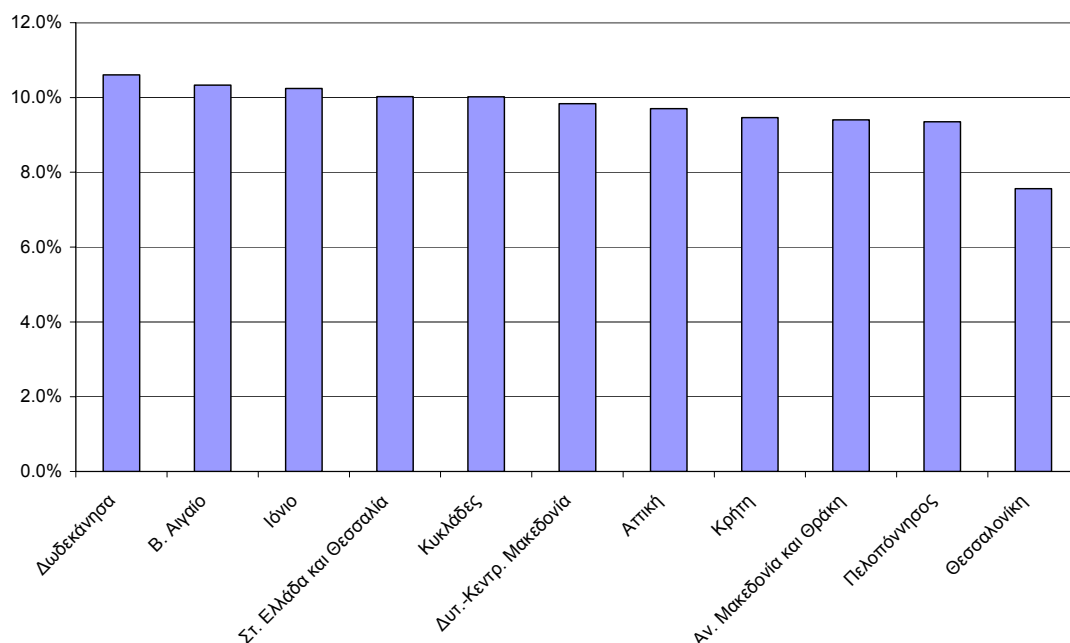
Σχήμα 36: Κόστος ανά είδος κτιρίου και τεχνολογία.

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής, και το αντίστοιχο κόστος που προκύπτει, υπολογίζεται σαν την διαφορά του κόστους για την επίτευξη ενός κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες και του αντίστοιχου κόστους κάτω από τις αναμενόμενες αλλαγμένες κλιματικές συνθήκες. Έτσι όπως φαίνεται και στον Πίνακα 14, το συνολικό κόστος λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής είναι αυξημένο κατά 9.6%. Αυτό σημαίνει μια πρόσθετη δαπάνη της τάξης των 20.5 δισ. Ευρώ.

Πίνακας 14: Εκτίμηση συνολικού κόστους εξοπλισμού και επίδραση της Κλιματικής αλλαγής.

εκατ. €	Τεχνολογίες Κελύφους	Η/Μ Κλιματικά 2050	Η/Μ κλιματικά 1990	Συνολικό Κόστος – Κλιματικά 2050	Συνολικό Κόστος – Κλιματικά 1990
Κατοικίες	69842	79297	68711	149139	138553
Εκπαίδευση	2750	1552	1042	4302	3792
Γραφεία/Καταστήματα	47936	33068	23611	81004	71547
Σύνολο	120528	113917	93365	234445	213893

Το ποσοστό της πρόσθετης δαπάνης δεν είναι το ίδιο για όλες τις περιφέρειες, αφού εξαρτάται άμεσα από την αναμενόμενη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών που είναι διαφορετική για τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες, όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα με το παράδειγμα των τριών περιφερειών. Έτσι η τιμή του ποσοστού της πρόσθετης δαπάνης κυμαίνεται από 10,6% μέχρι 7.6% ανάλογα με την περιφέρεια. Η γεωγραφική κατανομή του στις Περιφέρειες της χώρας φαίνεται στο Σχήμα 37.



Σχήμα 37: Πρόσθετη δαπάνη εξοπλισμού λόγω της κλιματικής αλλαγής ανά περιφέρεια..

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της ζήτησης ωφέλιμης ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του πρόσθετου κόστους που θα επιφέρει η κλιματική μεταβολή για την προσαρμογή των κτιρίων στις νέες κλιματικές συνθήκες.

Υπενθυμίζουμε ότι το σενάριο που εξετάστηκε παρουσιάζει το απαιτούμενο κόστος έτσι ώστε όλα τα κτίρια της χώρας το 2050 να είναι κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική μεταβολή. Το επιπλέον κόστος έχει συγκριθεί με το εναλλακτικό σενάριο ζήτησης ενέργειας που θεωρεί ότι τα κλιματικά δεδομένα παραμένουν όμοια με το μέσο όρο της περιόδου 1960-1990. Έτσι το επιπλέον κόστος που οφείλεται στην αλλαγή των κλιματικών συνθηκών είναι η διαφορά των δύο σεναρίων. Η βασική παραδοχή των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ισχύει και για τα δύο σενάρια.

Η παρούσα μεθοδολογία εστιάστηκε στον υπολογισμό της ζήτησης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης του χώρου. Σαν στοιχεία εισόδου χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της ζήτησης ωφέλιμης ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση κτιρίων. Η τεχνολογική προσαρμογή που περιλαμβάνεται στην προσομοίωση ώστε να αντιμετωπιστεί η κλιματική μεταβολή αφορά πρώτα στην εφαρμογή προηγμένων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια καθώς και πρόσθετων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το ποσοστό του επιπλέον κόστους λόγω της κλιματικής αλλαγής κυμαίνεται μεταξύ 7.6% και 10.3% του συνολικού κόστους ανακαίνισης του κτιριακού αποθέματος, ανάλογα με την γεωγραφική περιφέρεια. Ο μέσος όρος στο σύνολο της χώρας είναι 9,6%, δηλαδή η πρόσθετη δαπάνη που θα προκαλέσει στον τομέα των κτιρίων η κλιματική μεταβολή έως το 2050 εκτιμάται περί τα 20-21 δις. ευρώ.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στοχεύει να διερευνήσει το τεχνικό και οικονομικό κόστος της κλιματικής μεταβολής στο κτιριακό περιβάλλον. Αρχικά υπολογίστηκε η αύξηση ή μείωση του ενεργειακού φορτίου των κτιρίων λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Όσον αφορά το φορτίο θέρμανσης, διαπιστώθηκε ότι για το σενάριο 2041-2050 A1B, η μέση μείωση υπολογίζεται περί το 22,4 %, για το σενάριο 2091-2100 A2 ίση με 50,1 %, για το σενάριο 2091-2100 B2 ίση με 36,4 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B ίση με 42 %. Παράλληλα, η προβλεπόμενη αύξηση του κλιματιστικού φορτίου των κτιρίων σε

σχέση με την σημερινή κατάσταση είναι 83 % για το σενάριο 2041-2050 A1B. Ταυτόχρονα, η μέση αύξηση υπολογίζεται περί το 248 % για το σενάριο 2091-2100 A2, ίση με 148 % για το σενάριο 2091-2100 B2 και ίση με 167 % και τέλος για το σενάριο 2091-2100 A1B.

Ταυτόχρονα με το θερμικό και ψυκτικό φορτίο υπολογίστηκε η πιθανή ενεργειακή καταναλωση των κτιριων θεωροντας διαφορα τεχνολογικα σενάρια για το 2050.

Βέλτιστο Σενάριο : Η σημερινή κατανάλωση του κτιριακού αποθέματος που φθάνει τις 90000 GWh, παρά την ύπαρξη της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να μειωθεί μέχρι τις 5-10000 GWh έως το 2050 εάν χρησιμοποιηθεί σύγχρονη ενεργειακή τεχνολογία παραγωγής ενέργειας σε όλα τα κτίρια και βελτιωθεί σημαντικά η ποιότητα του συνόλου του κτιριακού αποθέματος σε επίπεδο παθητικής κατασκευής.

Αισιόδοξο Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 όλα πλέον τα συστήματα παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια παρουσιάζουν υψηλή απόδοση και έχει βελτιωθεί το κτιριακό απόθεμα που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε επίπεδο παθητικής κατασκευής, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα περιοριστεί περί τα 22000-25000 GWh/έτος

Ρεαλιστικό Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 το 70 % των συστημάτων παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια θα παρουσιάζουν υψηλή απόδοση ενώ τα υπόλοιπα θα είναι συμβατικά, και θα έχει βελτιωθεί το 60 % του κτιριακού αποθέματος που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε επίπεδο σύγχρονης κατασκευής, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα περιοριστεί στις 50000-55000 GWh/έτος

Καταστροφικό Σενάριο : Σε περίπτωση όπου μέχρι το 2050 μόνο το 10 % των εγκατεστημένων συστημάτων παραγωγής ενέργειας στα υπάρχοντα κτίρια θα παρουσιάζουν υψηλή απόδοση ενώ τα υπόλοιπα θα είναι συμβατικά, ενώ θα έχει βελτιωθεί το 20 % του κτιριακού αποθέματος που κατασκευάστηκε πριν το 1980 σε επίπεδο σύγχρονης κατασκευής, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα ξεπεράσει τις 120000-130000 GWh/έτος

Παράλληλα, για μη κλιματιζόμενα κτίρια υπολογίστηκε ότι η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται για το σενάριο A1B και για την χρονική περίοδο 1990 και 2050 κυμαίνεται από 54 % έως και 1000 %. Η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A2 του 2100 κυμαίνεται από 152 % έως και 4200 %. Η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο B2 του 2100 κυμαίνεται από 100 % έως και 2100 %. Τέλος, η αύξηση των βαθμομερών κλιματισμού που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A1B του 2100 κυμαίνεται από 115 % έως και 2400 %.

Η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας που υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο A1B του 2050 κυμαίνεται από 2 έως 2,9 C, ενώ για το σενάριο A2 του 2100 κυμαίνεται από 4,5 έως 7,5 C. Παράλληλα, η αύξηση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίζεται ανάμεσα στο σενάριο A1B του 1990 και το σενάριο B2 του 2100 κυμαίνεται από 3,4 έως 4,8 C και για το σενάριο A1B του 2100 κυμαίνεται από 3,5 έως 5,3 C.

Ταυτόχρονα με τον υπολογισμό της μεταβολής των βαθμομερών κλιματισμού και της μέγιστης και ελαχίστης εσωτερικής θερμοκρασίας υπολογίστηκε το ποσοστό των θερινών ωρών όπου η εσωτερική θερμοκρασία ξεπερνά την θερμοκρασιακή βάση των 26, 28, 30 και 32 C. Για το κλιματικό σενάριο A1B της τρέχουσας περιόδου το ποσοστό υπέρβασης της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο είναι πάντα μηδενικό. Αντίθετα για το σενάριο B2 2100 το ποσοστό αυξάνει δραματικά και κυμαίνεται από 0 έως 65 %, ενώ για το σενάριο A1B 2100 το ποσοστό αυξάνει δραματικά και κυμαίνεται από 0 έως 68 %. Τελος, για το σενάριο A2 2100 το ποσοστό αύξησης κυμαίνεται από 40 έως 98 %

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της ζήτησης ωφέλιμης ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του πρόσθετου κόστους που θα επιφέρει η κλιματική μεταβολή για την προσαρμογή των κτιρίων στις νέες κλιματικές συνθήκες. Το ποσοστό του επιπλέον κόστους λόγω της κλιματικής αλλαγής κυμαίνεται μεταξύ 7.6% και 10.3% του συνολικού κόστους ανακαίνησης του κτιριακού αποθεματός, ανάλογα με την γεωγραφική περιφέρεια. Ο μέσος όρος στο σύνολο της χώρας είναι 9%, δηλαδή η πρόσθετη δαπάνη που θα προκαλέσει στον τομέα των κτιρίων η κλιματική μεταβολή έως το 2050 εκτιμάται περί τα 20-21 δις ευρώ.

Βιβλιογραφία

1. D. Founta, J. ABER, 2011, In Press.
2. Ελληνική Στατιστική Αρχή, «Αποτελέσματα Απογραφής Οικοδομών-Κτιρίων» Πειραιάς 2007, διαθέσιμο από την ψηφιακή βιβλιοθήκη της ΕΛ.ΣΤΑΤ.:
<http://dlib.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/>
3. Ελληνική Στατιστική Αρχή, «Στατιστική Οικοδομικής Δραστηριότητας» 2000-2004, 2005-2006,2007 και 2008, διαθέσιμα από την ψηφιακή βιβλιοθήκη της ΕΛ.ΣΤΑΤ.:
<http://dlib.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/>
4. EUROSTAT, “Regional Population projection EUROPOP2008” διαθέσιμο στην ιστοσελίδα
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/publication?p_product_code=KS-SF-10-001
5. International Energy Agency, “Technology Roadmap, Solar Photovoltaic Energy”, 2010.
6. International Energy Agency, “Energy Technology Perspectives, Scenarios and Strategies for 2050”, 2010