



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

Μεταπτυχιακή Εργασία

**Διερεύνηση της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου Μονοκατοικίας στην Περιοχή  
του Κατάρ**



Σκούμας Ηλίας

*Επιβλέπων Καθηγητής: Ευάγγελος Χριστοφόρου*

ΑΘΗΝΑ 2015

## Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο ακριβής και ρεαλιστικός υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων κατά την καθημερινή πρακτική λειτουργία τους. Η εν λόγω εργασία αναφέρεται στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων σε χώρες με τροπικό κλίμα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μελέτη μιας μονοκατοικίας στη Ντόχα, πρωτεύουσα του Κατάρ. Η περιοχή του Κατάρ επιλέχθηκε διότι οι καταναλώσεις ενέργειας των κτιρίων είναι ιδιαίτερα υψηλές σε αυτή τη χώρα και γι' αυτό η μελέτη τους παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια εμπορικού λογισμικού το οποίο είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές που ορίζει ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. Τέλος, μελετήθηκαν συγκεκριμένα σενάρια για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και καταγράφηκαν τα αποτελέσματά τους.

## Abstract

In this work, an accurate and realistic estimation of the energy performance of buildings during their daily function has been attempted. Our results refer to the energy consumption of buildings in countries with tropical climate. More specifically, a domestic building in the area of Doha, capital of Qatar has been studied. Qatar was chosen due to the fact that energy consumption of buildings in this area tends to be quite high. The study was conducted using commercial software, consistent with the Greek standards set by regulation of building energy efficiency. Finally, certain operating scenarios were studied in order to optimize the energy efficiency of the specific building.

## Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέπων επιστημονικό υπεύθυνο της εργασίας μου κ. Ευάγγελο Χριστοφόρου. Η ακούραστη συνεργασία, οι κριτικές αλλά διδακτικές συμβουλές και η πλούσια και μοναδική επαγγελματική του εμπειρία στις ενεργειακές μελέτες, συνέφεραν τα μέγιστα για την υλοποίηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Στη συνέχεια, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον διδάκτορα κ. Δημήτρη Κοσσυβάκη για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Ευάγγελο Χριστοφόρου, τον κ. Παναγιώτη Τσαραμπάρη και τον κ. Νίκο Θεοδώρου για την προσεκτική και αντικειμενική κριτική της εργασίας μου.

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Abstract .....	2
Ευχαριστίες.....	3
Κατάλογος Σχημάτων.....	6
Κατάλογος Πινάκων.....	7
1. Εισαγωγή.....	8
2. Κλιματική Αλλαγή .....	9
2.1 Παρενέργειες από τη λειτουργία του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	9
2.2 Επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών καυσίμων.....	11
3. Καταναλωτές Ενέργειας.....	13
3.1 Ενεργοβόροι τομείς.....	13
3.2 Κτίρια .....	14
3.3 Βιομηχανικός τομέας.....	17
3.4 Τομέας μεταφορών.....	18
3.5 Αγροτικός τομέας.....	20
4. Η κατάσταση στην Ελλάδα .....	22
4.1 Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα .....	22
4.2 Κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης .....	22
4.3 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (K.EN.A.K.).....	23
5. Υπολογιστικό Εργαλείο – Βασικά Στοιχεία Υπολογισμού .....	25
5.1 Δεδομένα εισόδου .....	25
5.1.1 Μεθοδολογία υπολογισμού .....	25
5.1.1.1 Υπολογισμός θερμικών φορτίων.....	26
5.1.1.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων.....	26
5.1.1.3 Υπολογισμός απωλειών θερμότητας με μεταφορά και αερισμό.....	27
5.1.1.4 Υπολογισμός εσωτερικών και ηλιακών θερμικών κερδών .....	28
5.2 Κλιματικές Ζώνες.....	29
5.3 Κατηγορίες κτιρίων .....	30
5.4 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου .....	30
5.5 Θερμικές ζώνες του κτιρίου .....	30
5.6 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας του κτιρίου.....	31
5.7 Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων .....	31
5.8 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων .....	32
5.9 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων.....	32

5.10	Στάθμη φωτισμού.....	32
5.11	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.).....	33
5.12	Εσωτερικά Κέρδη από Χρήστες και Εξοπλισμό.....	33
6.	Η Ισχύουσα Κατάσταση στο Κατάρ.....	35
6.1	Ισχύουσα κατάσταση στις χώρες του κόλπου (GCC).....	35
6.2	Κατανάλωση ενέργειας στο Κατάρ.....	35
6.3	Χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ.....	36
6.4	Εξελίξεις στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας στο Κατάρ.....	40
6.5	Στρατηγικές Ενεργειακής Διαχείρισης στις χώρες του Κόλπου.....	41
7.	Κλιματικά Δεδομένα.....	43
8.	Κτίριο προς Εξέταση.....	47
8.1	Γεωμετρία του κτιρίου.....	47
8.2	Δομικά στοιχεία.....	50
8.3	Συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.....	51
8.3.1	Σύστημα θέρμανσης.....	51
8.3.2	Σύστημα παραγωγής ψύξης.....	52
8.3.3	Σύστημα παραγωγής ZNX.....	53
9.	Εναλλακτικά Σενάρια Λειτουργίας.....	54
10.	Αποτελέσματα (Αρχική κατάσταση, Σενάρια).....	55
11.	Συμπεράσματα.....	58
12.	Βιβλιογραφία.....	59

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από το 1959 και μετά .....	11
Σχήμα 2: Τομείς στους οποίους οφείλεται η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα .....	12
Σχήμα 3: Ενεργοβόροι Τομείς στην Κατανάλωση Ενέργειας στην Ε.Ε. ....	13
Σχήμα 4: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση .....	15
Σχήμα 5: Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Τελική Χρήση στις Κατοικίες .....	15
Σχήμα 6: Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Χρήση στον Τριτογενή Τομέα .....	16
Σχήμα 7: Υπέρογκες καταναλώσεις στον τομέα της βιομηχανίας. ....	18
Σχήμα 8: Διάφοροι τομείς στον χώρο των μεταφορών. ....	19
Σχήμα 9: Επιβατικά αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους .....	19
Σχήμα 10: Η αυξανόμενη χρήση των Ι.Χ. οδηγεί σε τεράστιες καταναλώσεις πετρελαίου. ..	20
Σχήμα 11: Αγροτική παραγωγή μεγάλης κλίμακας. ....	21
Σχήμα 12: Διάφορες καταναλώσεις στον αγροτικό τομέα .....	21
Σχήμα 13: Κλιματικές ζώνες .....	30
Σχήμα 14: Μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία στη Ντόχα .....	35
Σχήμα 15: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα μεταξύ των ετών 1999 και 2011 .....	36
Σχήμα 16: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά τομέα το 1999 .....	37
Σχήμα 17: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά τομέα το 2011 .....	37
Σχήμα 18: Φορτίο αιχμής της ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ από το 1997 έως το 2009 ..	38
Σχήμα 19: Η ηλεκτρική εγκατεστημένη ισχύς στο Κατάρ και οι μεταβολές της από το 1995 έως το 2010 .....	38
Σχήμα 20: Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο Κατάρ και η μεταβολή της από το 1997 έως το 2010 .....	39
Σχήμα 21: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ από το 1980 έως το 2010 .....	39
Σχήμα 22: Ζήτηση ενέργειας σε διάφορες περιοχές του κόσμου .....	40
Σχήμα 23: Στιγμιότυπο από το site PVGIS από το οποίο λήφθηκαν τα στοιχεία ακτινοβολίας για τους ηλιακούς συλλέκτες .....	46
Σχήμα 24: Γεωμετρία κτιρίου στο λογισμικό της TiSoft .....	47
Σχήμα 25: Γενική κάτοψη κτιρίου.....	48
Σχήμα 26: Βόρεια πλευρά κτιρίου.....	48
Σχήμα 27: Νότια πλευρά κτιρίου .....	49
Σχήμα 28: Ανατολική πλευρά κτιρίου.....	49
Σχήμα 29: Δυτική πλευρά κτιρίου.....	50
Σχήμα 30: Συντελεστής θερμοπερατότητας U τοίχων και παραθύρων.....	51
Σχήμα 31: Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων και πορτών.....	51
Σχήμα 32: Καρτέλα συστήματος παραγωγής θέρμανσης .....	52
Σχήμα 33: Καρτέλα συστήματος παραγωγής ψύξης.....	52
Σχήμα 34: Καρτέλα συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.....	53

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η αύξησή τους από το 1959 και μετά .....	10
Πίνακας 2: Υπολογισμός θερμικών φορτίων .....	26
Πίνακας 3: Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων .....	26
Πίνακας 4: Υπολογισμός απωλειών θερμότητας με μεταφορά και αερισμό .....	27
Πίνακας 5: Συνολικές απώλειες θερμότητας με μεταφορά .....	27
Πίνακας 6: Συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού .....	27
Πίνακας 7: Επεξηγήσεις μεγεθών ενεργής επιφάνειας συλλογής διαφανούς δομικού στοιχείου .....	29
Πίνακας 8: Κλιματικές ζώνες κατά νομούς .....	29
Πίνακας 9: Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων για θερινή και χειμερινή περίοδο του υπό μελέτη κτιρίου .....	32
Πίνακας 10: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων .....	32
Πίνακας 11: Κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. ....	33
Πίνακας 12: Εκλύομενη θερμότητα χρηστών .....	34
Πίνακας 13: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά άτομο σε συγκεκριμένες χώρες .....	40
Πίνακας 14: Κλιματικά δεδομένα της Ντόχα .....	43
Πίνακας 15: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε οριζόντια επιφάνεια.....	44
Πίνακας 16: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 90° .....	45
Πίνακας 17: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 45° .....	46
Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου .....	50
Πίνακας 19: Αποτελέσματα των μετρήσεων της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου στην υπάρχουσα κατάστασή του αλλά και στα δέκα υποθετικά σενάρια που μελετήθηκαν.....	55



## 1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει κατανοητό ότι οι πολιτικές που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας στους περισσότερο ενεργοβόρους τομείς (κτιριακός, βιομηχανικός, αγροτικός τομέας και μεταφορές) επηρεάζουν όλο και περισσότερο τις διεθνείς οικονομικές εξελίξεις. Υπό αυτή την έννοια, τα τεκταινόμενα στον ενεργειακό κλάδο ορίζουν έμμεσα ή άμεσα τους ρυθμούς ανάπτυξης των χωρών της ΕΕ. Η ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της αγοράς ενέργειας έχουν δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα εντός αλλά και εκτός των συνόρων της ΕΕ. Τα αποθέματα πολλών ενεργειακών πηγών μειώνονται χρόνο με τον χρόνο και εκτιμάται πως σε μερικές δεκαετίες από τώρα θα υπάρχει σοβαρό πρόβλημα έλλειψης αρκετών εξ' αυτών. Έχει υπολογιστεί ότι με το σημερινό ρυθμό κατανάλωσης τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου αρκούν για τα επόμενα 40 περίπου χρόνια, ενώ για το φυσικό αέριο το αντίστοιχο διάστημα ανέρχεται σε 70 περίπου χρόνια. Η λειτουργία της ενεργειακής αγοράς έχει επιπτώσεις στη διεθνή οικονομία αλλά και στη διαμόρφωση της πολιτικής κατάστασης πολλών χωρών. Οι χώρες που έχουν μεγάλα αποθέματα ενέργειας αντιμετωπίζουν πληθώρα εξωτερικών κινδύνων από άλλες ισχυρότερες γεωπολιτικά χώρες που θα έκαναν τα πάντα για να εξασφαλίσουν πρόσβαση στα αποθέματα αυτά. Επιπλέον, η παγκοσμιοποιημένη οικονομία επηρεάζει και αυτή σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο που κινείται η αγορά ενέργειας, την αλλαγή των εμπορικών διαδρομών κλπ.

Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα δημιουργείται στο περιβάλλον καθώς οι ρυπογόνες μορφές ενέργειας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, εντείνοντας την παρουσία φαινομένων όπως η όξινη βροχή, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος κ.α. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο το οποίο δημιουργήθηκε λόγω της αλόγιστης χρήσης των ενεργειακών πηγών και πρέπει να αντιμετωπισθεί άμεσα διότι επηρεάζει την υγεία όλων των μορφών ζωής επάνω στον πλανήτη.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ενεργειακή αποδοτικότητα κτιρίου μονοκατοικίας το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του Κατάρ και πιο συγκεκριμένα στην πρωτεύουσα Ντόχα. Λόγω των ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή θεωρήσαμε ότι μια τέτοια μελέτη παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού εξετάστηκαν συγκεκριμένα σενάρια λειτουργίας με απώτερο στόχο τη μείωση της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας. Εν συντομία, μελετήθηκε η εφαρμογή πιο αποδοτικών τεχνολογιών ψύξης, καθώς και η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται μια εισαγωγή στα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος της ενέργειας καθώς και στις τελευταίες εξελίξεις στο θέμα της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στη χώρα μας αλλά και γενικότερα. Ακολούθως γίνεται μια περιγραφή της αντίστοιχης κατάστασης στην περιοχή του Κατάρ. Στη συνέχεια, δίνονται αναλυτικά τα δεδομένα του κτιρίου που μελετήθηκε καθώς και οι διαφορετικές παράμετροι λειτουργίας που εξετάστηκαν. Τέλος παρέχονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την μελέτη των διαφορετικών σεναρίων.

## 2. Κλιματική Αλλαγή

Γενικότερα, ως κλιματική αλλαγή ορίζεται η μεταβολή του κλίματος σε παγκόσμια κλίμακα και ειδικότερα οι μεταβολές μετεωρολογικών συνθηκών με μεγάλη χρονική διάρκεια. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και επηρεάζεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και από φυσικά αίτια [1]. Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που απασχολούν την ΕΕ και κατ' επέκταση την Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες. Οι πολύ μεγάλες εκπομπές ρύπων γενικά και η μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που εκλύεται στην ατμόσφαιρα από καύσεις καυσίμων έχουν δημιουργήσει την τρύπα του όζοντος που είναι ένα μείζον θέμα για την ανθρωπότητα και την υγεία.

Η κλιματική αλλαγή, στην ιστορία της γης, σαν αποτέλεσμα ακραίων φαινομένων αποτελεί μία κατάσταση με περιοδικότητα και με κλίμακα μεγέθους που ποικίλλει από χιλιάδες έως εκατομμύρια έτη. Μάλιστα το κλίμα της γης στην περίοδο των τελευταίων 400.000 ετών χαρακτηρίζεται από περιοδική εναλλαγή παγετωδών και θερμών περιόδων. Τις τελευταίες 16 χιλιετίες το κλίμα της γης διανύει θερμή περίοδο, με μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας που δεν υπερβαίνουν τον  $1^\circ\text{C}$  ανά εκατονταετία για το τελευταίο ήμισυ αυτής της περιόδου [1]. Η δεκαετία του '90 είναι για το βόρειο ημισφαίριο η πιο θερμή της τελευταίας χιλιετίας. Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών καταγράφει στη χώρα μας αύξηση της θερμοκρασίας κυρίως από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ο συνδυασμός υψηλών μέσων θερμοκρασιών και αλλαγών στη συχνότητα και την ένταση της βροχόπτωσης επηρεάζει παράπλευρα και άλλες δραστηριότητες όπως η γεωργία και η αλιεία.

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια και ειδικότερα το 2005 από τους 139 εκ. τόνους εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το 15% αποδίδεται στο υποξείδιο του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ) και στο μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Σε ότι αφορά τα αίτια των εκπομπών αυτών, το μεγαλύτερο ποσοστό (41%) αποδίδεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, το 17% στη βιομηχανία, το 14% στις οδικές μεταφορές και έπονται η γεωργία με 10%, ο οικιακός τομέας με ποσοστό 8%, η διύλιση πετρελαίου με 3%, τα απόβλητα με 2% και ο τομέας των υπηρεσιών με 1%.

Σημαντικός είναι επίσης και ο ρόλος της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην αλλαγή του κλίματος και ειδικότερα στην αύξηση της θερμοκρασίας, με τα μικροσωματίδια που εκπέμπονται από τα οχήματα και τη βιομηχανία να αποτελούν το κύριο αίτιο της εξέλιξης αυτής. Υπολογίζεται ότι το 20% των μικροσωματιδίων που επικάθονται στους πάγους της Γροιλανδίας προέρχονται από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας στην Κίνα, το δε αποτέλεσμα αυτών όταν επικάθονται στην επιφάνεια των πάγων είναι η μετατροπή αυτής από λευκή σε γκρι με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντανάκλαση του φωτός, να αυξάνεται η θερμοκρασία και τελικά να λιώνουν γρηγορότερα οι πάγοι. Πλέον ανησυχητική είναι η μελέτη του κέντρου ερευνών NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) της Χαβάης, βάση της οποίας σε μετρήσεις στον Ειρηνικό Ωκεανό κατεγράφησαν συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα της Γης πάνω από το όριο των 400 μερών ανά εκατομμύριο (ppm), φτάνοντας τα 400.03 ppm [1] [2].

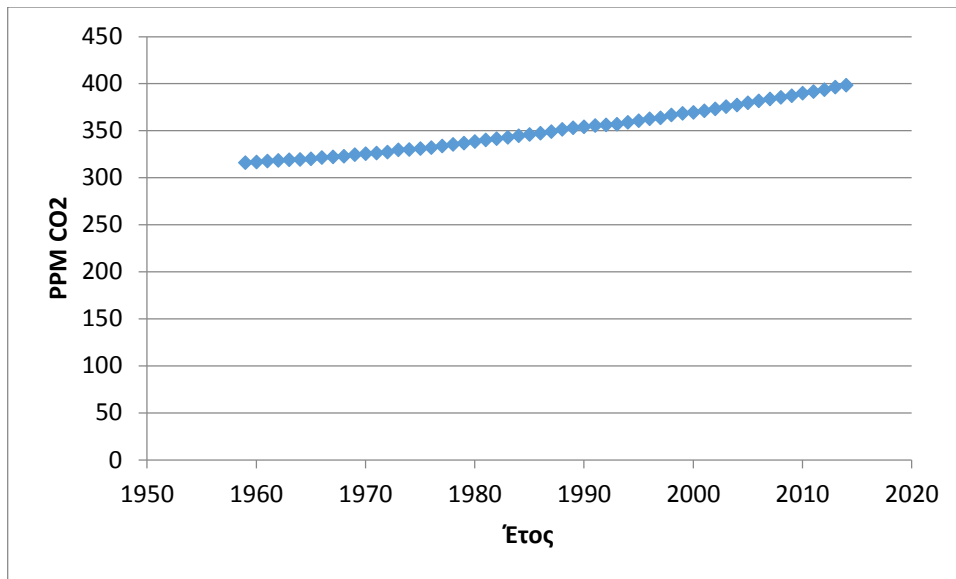
### 2.1 Παρενέργειες από τη λειτουργία του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που ευθύνονται για τις μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Όπως

φαίνεται στον Πίνακα 1 και στο Σχήμα 1 που ακολουθεί τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνονται δραματικά χρόνο με τον χρόνο.

**Πίνακας 1: Επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η αύξησή τους από το 1959 και μετά**

<b>Έτος</b>	<b>Ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (ppm)</b>	<b>Έτος</b>	<b>Ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (ppm)</b>
<b>1959</b>	315.97	<b>1985</b>	346.04
<b>1960</b>	316.91	<b>1986</b>	347.39
<b>1961</b>	317.64	<b>1987</b>	349.16
<b>1962</b>	318.45	<b>1988</b>	351.56
<b>1963</b>	318.99	<b>1989</b>	353.07
<b>1964</b>	319.62	<b>1990</b>	354.35
<b>1965</b>	320.04	<b>1991</b>	355.57
<b>1966</b>	321.38	<b>1992</b>	356.38
<b>1967</b>	322.16	<b>1993</b>	357.07
<b>1968</b>	323.04	<b>1994</b>	358.82
<b>1969</b>	324.62	<b>1995</b>	360.80
<b>1970</b>	325.68	<b>1996</b>	362.59
<b>1971</b>	326.32	<b>1997</b>	363.71
<b>1972</b>	327.45	<b>1998</b>	366.65
<b>1973</b>	329.68	<b>1999</b>	368.33
<b>1974</b>	330.18	<b>2000</b>	369.52
<b>1975</b>	331.08	<b>2001</b>	371.13
<b>1976</b>	332.05	<b>2002</b>	373.22
<b>1977</b>	333.78	<b>2003</b>	375.77
<b>1978</b>	335.41	<b>2004</b>	377.49
<b>1979</b>	336.78	<b>2005</b>	379.80
<b>1980</b>	338.68	<b>2006</b>	381.90
<b>1981</b>	340.10	<b>2007</b>	383.76
<b>1982</b>	341.44	<b>2008</b>	385.59
<b>1983</b>	343.03	<b>2009</b>	387.37
<b>1984</b>	344.58	<b>2010</b>	389.85

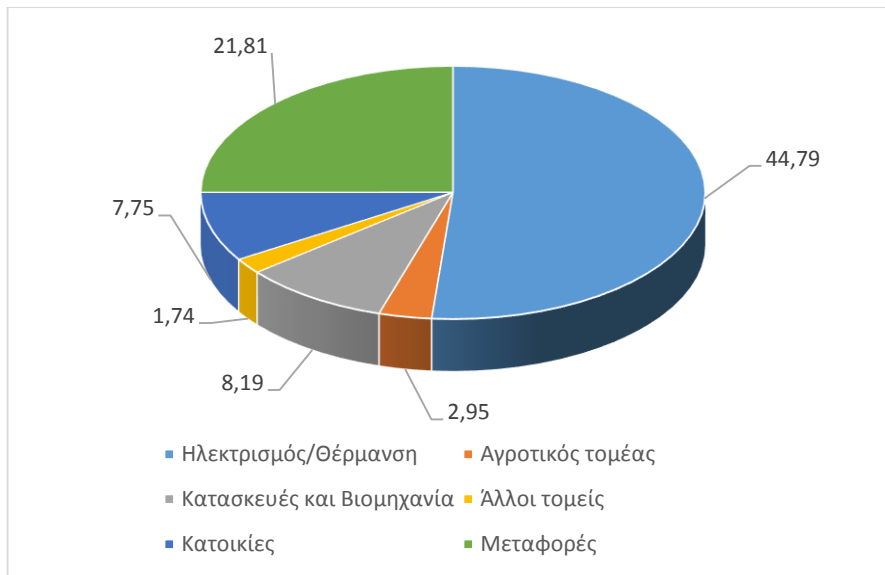


Σχήμα 1: Επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από το 1959 και μετά [3].

## 2.2 Επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών καυσίμων

Αναμφίβολα η ζωή του ανθρώπου είναι άμεσα συνυφασμένη με την ενέργεια που έχει στη διάθεσή του για χρήση. Ο άνθρωπος όπως είναι αναμενόμενο σπαταλά ενέργεια και φυσικούς πόρους προκειμένου να επιβιώσει και να διευκολύνει την καθημερινότητά του. Οι κύριες μορφές ενέργειας που έχει στη διάθεσή του από την βιομηχανική ήδη εποχή είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτές οι μορφές ενέργειας που ονομάζονται και ορυκτά καύσιμα είναι προσιτές, μέχρι πρόσφατα αρκετά φθηνές και σχετικά εύκολα αξιοποιήσιμες, δυστυχώς όμως δεν είναι ανανεώσιμες. Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων κάποτε θα εξαντληθούν. Επιπλέον, η εξόρυξή τους προκαλεί σοβαρή επιβάρυνση στο περιβάλλον και η καύση τους ρυπαίνει την ατμόσφαιρα. Επομένως, εύκολα γίνεται αντιληπτό πως η εξοικονόμηση ενέργειας είναι απαραίτητη για τη βελτίωση των συνθηκών ζωής του ανθρώπου πάνω στον πλανήτη.

Στο Σχήμα 2 απεικονίζονται υπό μορφή γραφήματος τα ποσοστά των επιμέρους τομέων όπως αυτοί επιδρούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μέσω των εκπομπών ρύπων διοξειδίου του άνθρακα κατά το έτος 2010 στην Ελλάδα.



Σχήμα 2: Τομείς στους οποίους οφείλεται η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα [4].

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 2, η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης, δηλαδή σε ένα ποσοστό 44,8%. Οι μεταφορές, η βιομηχανία και οι κατοικίες ακολουθούν με 21,8%, 8,2% και 7,75% αντίστοιχα. Όπως είναι αντιληπτό υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης μέσω της ενεργειακής εξοικονόμησης. Στα πλαίσια αυτά, ο στρατηγικός ενεργειακός στόχος της ΕΕ είναι η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% ως το 2020 σε σχέση με το 1990. Περαιτέρω, τα κράτη μέλη της ΕΕ πρέπει ως το 2020 πρέπει να κάνουν σημαντικά βήματα σε ότι αφορά την ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο δίκτυο παραγωγής [5].

Η Ελλάδα πέρασε δύο μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις τη δεκαετία του '70 οι οποίες όπως ήταν αναμενόμενο είχαν μεγάλο αντίκτυπο στην οικονομία της. Έτσι υιοθετήθηκαν ενεργειακές πολιτικές οι οποίες είχαν σκοπό να μειώσουν την εξάρτηση του ενεργειακού συστήματος από το πετρέλαιο. Η πολιτική αυτή κινήθηκε κυρίως σε τρία επίπεδα. Επέβαλε την αξιοποίηση εγχώριων πηγών ενέργειας, όπως την υδραυλική ενέργεια, τον λιγνίτη και την εισαγωγή φυσικού αερίου στην αγορά ενέργειας. Τέλος, στόχευσε στην δημιουργία έργων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [5].

### 3. Καταναλωτές Ενέργειας

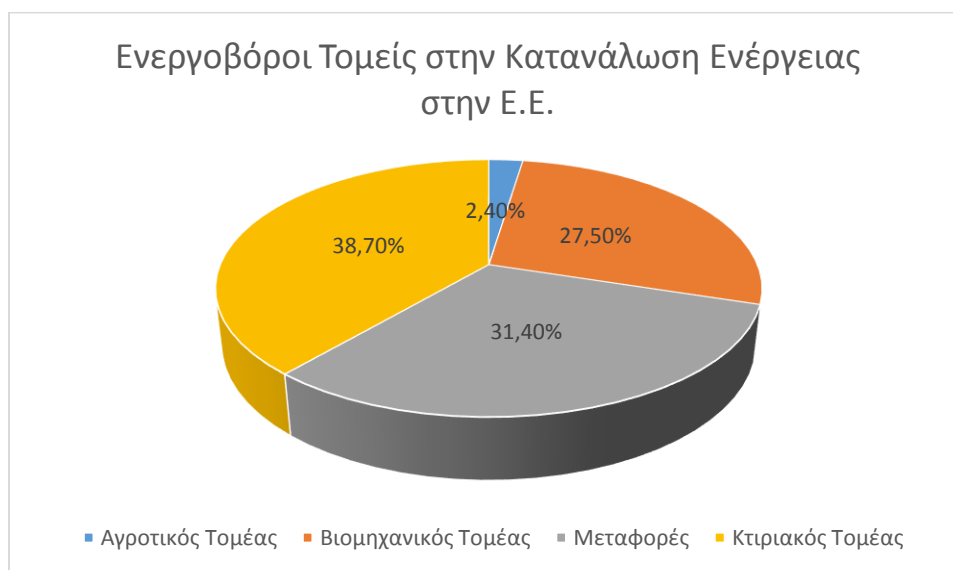
#### 3.1 Ενεργοβόροι τομείς

Οι περισσότερο ενεργοβόροι τομείς σε ότι αφορά την κατανάλωση ενέργειας είναι οι εξής:

1. Κτιριακός τομέας
2. Βιομηχανικός τομέας
3. Μεταφορές
4. Αγροτικός τομέας

Η εξάπλωση των αστικών κέντρων με την παράλληλη αύξηση του πληθυσμού έχει τεράστιες κλιματικές προεκτάσεις. Το φαινόμενο της ανεξέλεγκτης αστικοποίησης έχει ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Αυτό το διαρκώς εντεινόμενο πρόβλημα απαιτεί άμεσα επίλυση. Εξίσου σημαντικό όμως είναι η λύση του προβλήματος να αποτελέσει απόρροια μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής και όχι άναρχων και σπασμωδικών λύσεων που έχουν κατά καιρούς εφαρμοστεί και συνήθως δημιουργούν περισσότερα προβλήματα παρά λύνουν.

Ο κτιριακός τομέας είναι πλέον αποδεδειγμένα ο πιο ενεργοβόρος τομέας αλλά παράλληλα είναι και ο πιο καταστροφικός για το περιβάλλον. Το 14% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το 45% των εκπομπών CO<sub>2</sub> και το 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης προέρχονται από αυτόν. Τα παραπάνω επιδεινώνουν την κλιματική αλλαγή και καθιστούν την ανάσχεσή της ως «αστική» υπόθεση. Είναι ευκόλως εννοούμενο πως η ανθρώπινη υγεία δεν θα μείνει ανεπηρέαστη από την ατμοσφαιρική ρύπανση.



Σχήμα 3: Ενεργοβόροι Τομείς στην Κατανάλωση Ενέργειας στην Ε.Ε. [6].

### 3.2 Κτίρια

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3 ο κτιριακός τομέας έχει το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (38,70%), οπότε αναγκαία κρίνεται η μελέτη της εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό τον τομέα. Η κατανάλωση της θερμικής ενέργειας στον κτιριακό τομέα με συγκεκριμένα ποσά είναι η κάτωθι:

- Κατανάλωση θερμικής ενέργειας στις κατοικίες: 35 έως 329 kWh/m<sup>2</sup> με μέση τιμή 126 kWh/m<sup>2</sup>
- Κατανάλωση θερμικής ενέργειας στον τριτογενή τομέα: 9 έως 628 kWh/m<sup>2</sup> με μέση τιμή 145 kWh/m<sup>2</sup>
- Συνολική κατανάλωση στον οικιακό τομέα: 41 έως 409 kWh/m<sup>2</sup> με μέση τιμή 167 kWh/m<sup>2</sup>
- Συνολική κατανάλωση στον τριτογενή τομέα: 17 έως 792 kWh/m<sup>2</sup> με μέση τιμή 251 kWh/m<sup>2</sup>

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι η Ελλάδα ως χώρα έχει σημαντικές δυνατότητες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, δυστυχώς όμως παρουσιάζει ένα από τα μικρότερα ποσοστά εκμετάλλευσής της στην ΕΕ.

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι ένα από τα σημαντικά προβλήματα που επιφέρει η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας σε Ελλάδα και ΕΕ. Το 1/3 των εκπομπών διοξειδίου οφείλεται αποκλειστικά στον κτιριακό τομέα. Περαιτέρω, στην Ελλάδα οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στον κτιριακό τομέα αυξάνονται κάθε έτος με ρυθμό 4% και η ενεργειακή κατανάλωση διογκώνεται διαρκώς [7].

Η ελάττωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι ο πιο σημαντικός στόχος της Κοινοτικής Οδηγίας που έχει εκδώσει η Ευρωπαϊκή ένωση. Στον κτιριακό τομέα η δραστική μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται θα αποφέρει αισθητά καλύτερες συνθήκες διαβίωσης στους χρήστες των κτιρίων αφού θα βελτιωθεί και το εσώκλιμα του εκάστοτε κτιρίου. Στον οικιακό τομέα, η ενέργεια που καταναλώνεται από τα κτίρια προέρχεται από μορφές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο ηλεκτρισμός.

Μελετώντας τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως οι επεμβάσεις στον κτιριακό τομέα είναι πολύ σημαντικές για δύο λόγους. Πρώτον γιατί υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί τρόποι παροχής ενέργειας σε ένα κτίριο, οπότε και πολλά περιθώρια βελτίωσης των προσπαθειών εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτά και δεύτερον γιατί το ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας του κτιριακού τομέα συγκριτικά με τους άλλους τομείς είναι σαφώς μεγαλύτερο. Η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και η μείωση της κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα είναι σημαντικά μέτρα που απαιτούνται και για τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Τέλος, καθώς οι δραστηριότητες που είναι σχετικές με τον κτιριακό τομέα καλύπτουν ένα σημαντικό ποσοστό του ΑΕΠ της ΕΕ (9%) αλλά και της εργασιακής απασχόλησης (8%), με την προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα θα προκύψουν νέες θέσεις εργασίας και επομένως περισσότερα οικονομικά αλλά και κοινωνικά οφέλη [8].

Αναλύοντας περαιτέρω τον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα από το Σχήμα 4 φαίνεται η κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση, επί τη βάση της απογραφής κτιρίων του 2001:



Σχήμα 4: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση [9].

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του ποσοστού της ενέργειας ανά τελική χρήση που καταναλώνεται στις κατοικίες και τον τριτογενή τομέα. Μπορούν έτσι να αναγνωρισθούν οι τομείς εκείνοι που χρήζουν μεγαλύτερης προσοχής και βελτίωσης έτσι ώστε να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και κατ' επέκταση βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης.

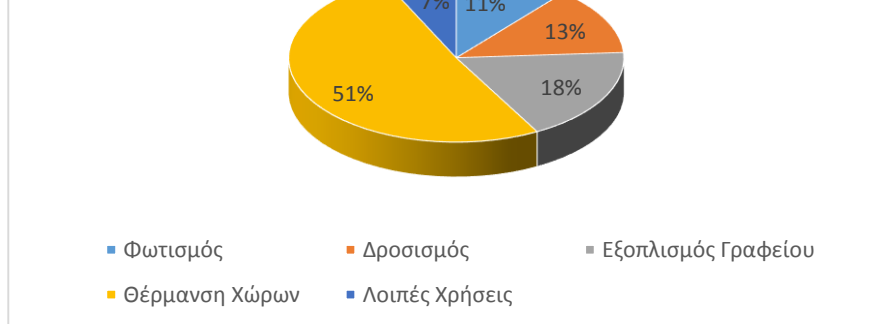
Στο Σχήμα 5 φαίνεται η ενεργειακή κατανάλωση ανά τελική χρήση σε κατοικίες και τριτογενή τομέα σύμφωνα με το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.):



Σχήμα 5: Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Τελική Χρήση στις Κατοικίες [10]



## Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Χρήση στον Τριτογενή Τομέα



Σχήμα 6: Ενεργειακή Κατανάλωση ανά Χρήση στον Τριτογενή Τομέα [10]

Όπως παρατηρείται η ενεργειακή κατανάλωση στις κατοικίες προκύπτει κυρίως από τη θέρμανση των χώρων με ποσοστό 61%. Τα αμέσως μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης ανήκουν στο μαγειρέμα (13%) και στο ζεστό νερό χρήσης (10%). Όσον αφορά τον τριτογενή τομέα, η θέρμανση των χώρων είναι επίσης ο κύριος λόγος ενεργειακής κατανάλωσης με ποσοστό 51% και το αμέσως επόμενο ποσοστό είναι 18% και οφείλεται στον εξοπλισμό των γραφείων. Οπότε πρέπει να ληφθούν μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας, κατά πρώτο λόγο, για τη θέρμανση των χώρων καθώς έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλώσεων στις κατοικίες αλλά και στον τριτογενή τομέα. Εν συνεχεία πρέπει ο Η/Μ εξοπλισμός στις κατοικίες αλλά και στον τριτογενή τομέα (στον οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται ενέργεια χωρίς παύσεις κάθε εικοσιτετράωρο) να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Επομένως, είναι σημαντικό οι μελέτες να επικεντρωθούν σε αυτούς τους τομείς ώστε τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατόν καλύτερα.

Με τις κατάλληλες βελτιώσεις και παρεμβάσεις στον κτιριακό τομέα μπορούν να προκύψουν οφέλη της τάξης του 30% στην εξοικονόμηση ενέργειας, γεγονός που κάνει αυτή την προσπάθεια επιτακτική και άμεσα αναγκαία. Κάτι που αξίζει να αναφερθεί βεβαίως είναι το γεγονός πως τα σημαντικά οφέλη που προαναφέρθηκαν θα γίνουν αντιληπτά μακροπρόθεσμα καθώς απαιτείται αρκετός χρόνος και μεγάλα χρηματικά ποσά για να μπορέσουν να εφαρμοστούν οι αλλαγές αυτές.

Ο κτιριακός τομέας είναι μία από τις σημαντικότερες πηγές μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Το στοιχείο το οποίο επηρεάζει περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), αποτελώντας το 82% των συνολικών εκπομπών της ΕΕ το έτος 2002. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, περίπου το 39% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχονται από την ηλεκτρική ενέργεια και την παραγωγή θερμότητας. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα οι προερχόμενες από τα κτίρια κατοικίας αποτελούν την τέταρτη μεγαλύτερη πηγή μολυσματικών εκπομπών, ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην Ευρώπη και αντικατοπτρίζουν το 10% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές οι προερχόμενες από τα κτίρια του τριτογενή τομέα αποτελούν την πέμπτη μεγαλύτερη πηγή μολυσματικών εκπομπών και αντικατοπτρίζουν το 3,7% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Συνολικά, το 33% των συνολικών εκπομπών που οφείλονται στην κατανάλωση ενέργειας προέρχονται από

τον κτιριακό τομέα. Το ποσοστό αυτό διαφέρει σε κάποιες χώρες ανάλογα με την ποσότητα ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται [11] [12].

Η ανάγκη μείωσης των ποσοστών αυτών καθίσταται πλέον επιτακτική και ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η εφαρμογή αποδοτικών μεθόδων θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι και κατά 1190 Mt [11] [13].

Στην Ευρώπη, τα απόβλητα από τις κατασκευές και τις κατεδαφίσεις οικοδομών συμβάλλουν σημαντικά στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Δεδομένου ότι τα κτίρια διατηρούνται κατ' ελάχιστο για διάστημα 50 ετών, είναι προτιμότερο για τις χώρες της Ε.Ε. να στοχεύσουν στην ενεργειακή αναβάθμιση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, καθώς έτσι θα πετύχουν καλύτερα και ταχύτερα αποτελέσματα. Ακόμα, αυτή η τακτική θα συμβάλλει στην επίτευξη μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπως συμφωνήθηκε στη συνθήκη του Κιότο που τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου του 2005 (υπογράφηκε το 1997). Μέσα στα πλαίσια των βελτιώσεων των υπαρχόντων κτιρίων, παρουσιάζεται η ευκαιρία αξιοποίησης νέων τεχνολογιών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Θα πρέπει οπωσδήποτε να δοθεί έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών ή/και αιολικών συστημάτων, στη φυσική ψύξη των χώρων, στη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) και σε άλλες τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται διεθνώς [11].

### 3.3 Βιομηχανικός τομέας

Με προσεγγιστικούς υπολογισμούς περίπου το ένα τρίτο της ενέργειας που καταναλώνεται συνολικά προέρχεται από τον τομέα της βιομηχανίας. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί έκπληξη αν αναλογιστούμε τον ρόλο που διαδραματίζει αυτός ο τομέας στην παγκόσμια οικονομία. Κάθε προϊόν στο οποίο βασιζόμαστε, από τα κουτάκια αλουμινίου μέχρι το γυαλί και τα χάρτινα προϊόντα, χρειάζεται και την κατάλληλη ποσότητα ενέργειας για να παραχθεί. Η χρήση της ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα επηρεάζει κάθε πολίτη μέσω του κόστους των αγαθών αλλά και των υπηρεσιών, της ποιότητας των κατασκευασμένων προϊόντων και της διαθεσιμότητας θέσεων εργασίας [14].

Όπως είναι φυσικό, ο βιομηχανικός τομέας απαιτεί τη χρήση ενέργειας στις περισσότερες παραγωγικές διαδικασίες. Μεγάλα ποσά θερμότητας απαιτούνται κατά τη διαδικασία θέρμανσης των υλικών σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, κατά τη διύλιση του αργού πετρελαίου, όπου η θερμότητα χρησιμοποιείται για να ξεχωρίσει τα διάφορα προϊόντα είναι ένα ακόμα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ή ακόμα στα μπόιλερ παραγωγής ατμού ή ζεστού νερού. Οι χημικές βιομηχανίες καθώς και οι βιομηχανίες δασικών προϊόντων απαιτούν επίσης μεγάλα ποσά ενέργειας. Αντίστοιχα μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις εμφανίζουν οι βιομηχανίες αλουμινίου, γυαλιού, και εξόρυξης μετάλλων. Στην πραγματικότητα, αυτοί οι τομείς καταναλώνουν το 75% της ενέργειας που χρησιμοποιείται συνολικά στον χώρο της βιομηχανίας. Λόγω του μεγάλου ποσοστού κατανάλωσης γίνονται προσπάθειες για καλύτερη ενεργειακή διαχείριση και αποδοτικότητα των βιομηχανικών διαδικασιών [14] [15]. Δεν είναι τυχαίο ότι οι συνεργασίες στον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα αλλά και τα περισσότερα ερευνητικά προγράμματα επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση αυτών των διαδικασιών.



Σχήμα 7: Υπέρογκες καταναλώσεις στον τομέα της βιομηχανίας.

Ένας από τους κυριότερους στόχους είναι η χημική βιομηχανία, η οποία χρησιμοποιεί το 29% όλων των καυσίμων τα οποία καταναλώνονται στον βιομηχανικό τομέα των Η.Π.Α. Η πλειοψηφία των καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη βιομηχανία προέρχονται από πετρέλαιο και φυσικό αέριο, τα οποία χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες στην παραγωγή αρκετών χημικών αλλά και ως ενεργειακές πηγές στην θέρμανση [14].

Σε ότι αφορά τον τομέα της εξαγωγής και επεξεργασίας τέτοιων ορυκτών μετάλλων, καταναλώνουν περίπου 1.3 quads σε ετήσια βάση. Το 2004, ο τομέας της εξόρυξης αντιστοιχούσε στο 11% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα. Και εδώ όμως υπάρχει πληθώρα δυνατοτήτων προκειμένου για τη βελτίωση της απόδοσης των παραπάνω δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, ο εξοπλισμός και οι διαδικασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αναζήτηση και την εξόρυξη των ορυκτών, υπό προϋποθέσεις απομακρύνουν την περιττή ύλη και δίνουν την δυνατότητα για ενεργειακή εξοικονόμηση. Αντίστοιχα στη βιομηχανία δασικών προϊόντων λύσεις όπως η ανακύκλωση των υλικών και οι βελτιωμένες τεχνικές επεξεργασίας του ξύλου μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας [14] [15].

### 3.4 Τομέας μεταφορών

Όσον αφορά τον τομέα των μεταφορών η ενέργεια αντλείται σχεδόν αποκλειστικά από μορφές πετρελαίου. Βέβαια τα τελευταία χρόνια όλες οι βιομηχανίες οχημάτων στρέφονται και προς άλλες λύσεις, όπως η ηλεκτροκίνηση και το υγραέριο κίνησης, που αποτελούν οικονομικότερες αλλά και λιγότερο ρυπογόνες επιλογές.

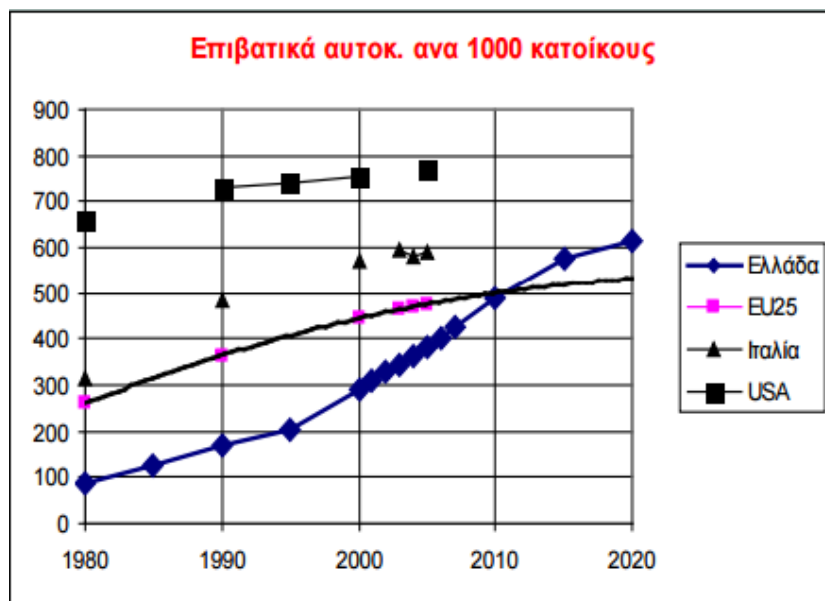
Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιείται περίπου το 28% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στη μεταφορά αγαθών και ανθρώπων. Ο τομέας των μεταφορών συμπεριλαμβάνει όλους τους τρόπους μεταφοράς, από τα οχήματα ιδιωτών (αυτοκίνητα, ελαφριά φορτηγά), τα μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορεία, τραίνα) μέχρι τα αεροπλάνα, τις εμπορικές αμαξοστοιχίες, τα φορτηγά και τους αγωγούς. Λανθασμένα υπάρχει η αντίληψη ότι τα αεροπλάνα, τα τραίνα και τα λεωφορεία καταναλώνουν την περισσότερη ενέργεια που χρησιμοποιείται διότι στην πραγματικότητα τα ποσοστά τους είναι σχετικά μικρά (9% καταναλώνεται από τα αεροσκάφη και μόλις 3% για τα λεωφορεία και τα τραίνα). Αντιθέτως, τα ιδιωτικά οχήματα καταναλώνουν περίπου το 60% της συνολικής ενέργειας του τομέα των μεταφορών [16].

Στην Ελλάδα ο τομέας των μεταφορών αντιστοιχεί στο 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας της χώρας, ποσό που δείχνει το πόσο σημαντική μπορεί να αποδειχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας στον συγκεκριμένο τομέα. Από αυτές τις καταναλώσεις το 80% περίπου αντιστοιχεί στις οδικές μεταφορές, το 12% στις αεροπορικές μεταφορές και το υπόλοιπο 8% μοιράζεται στην ναυσιπλοΐα και στους σιδηρόδρομους [17].



Σχήμα 8: Διάφοροι τομείς στον χώρο των μεταφορών.

Από τον περασμένο αιώνα, η εξάρτηση από τα οχήματα τα οποία καταναλώνουν καύσιμο βασισμένο στο πετρέλαιο έχει γίνει βασικό συστατικό της ζωής των πολιτών, προσφέροντας πληθώρα πλεονεκτημάτων. Για παράδειγμα στις Η.Π.Α., το 2007 τα αυτοκίνητα, οι μηχανές, τα φορτηγά και τα λεωφορεία μετακινούνταν σχεδόν τρία τρισεκατομμύρια μίλια. Κατά τα επόμενα 20 χρόνια ο συνολικός αριθμός των μιλίων που θα διανυθούν από τους Αμερικανούς πολίτες υπολογίζεται ότι θα αυξηθεί κατά 40%, συνεπώς θα αυξηθεί κατακόρυφα και η ζήτηση καυσίμων [16]. Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται τα αυτοκίνητα που αντιστοιχούν ανά 1000 κατοίκους και η αύξηση που παρουσιάζουν από το 1980 και μετά στην Ελλάδα, τις Η.Π.Α., την Ιταλία και σε 25 ακόμη Ευρωπαϊκές χώρες [17].



Σχήμα 9: Επιβατικά αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους [17].

Το 86% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται σε αυτόν τον τομέα προέρχεται από τη βενζίνη και τα παράγωγα του πετρελαίου, γεγονός ιδιαίτερα ανησυχητικό. Η καύση της βενζίνης και του πετρελαίου εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα, όπως επίσης εκπέμπει και οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και άκαυστους υδρογονάνθρακες. Όποτε ένα ορυκτό καύσιμο καίγεται, διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, όπου λειτουργεί ως αέριο το οποίο παγιδεύει την θερμότητα και οδηγεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [16].



**Σχήμα 10: Η αυξανόμενη χρήση των Ι.Χ. οδηγεί σε τεράστιες καταναλώσεις πετρελαίου.**

Εντατικές είναι οι έρευνες που λαμβάνουν χώρα ούτως ώστε να ευρεθούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας έναντι του πετρελαίου. Η χρήση των βιοκαυσίμων είναι μια πιθανή λύση όπως και τα εναλλακτικά οχήματα, δηλαδή τα υβριδικά, τα ηλεκτρικά ή οχήματα τα οποία τροφοδοτούνται από κυψέλες καυσίμου υδρογόνου. Στόχος αυτών των νέων τεχνολογιών είναι η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του. Η μετατροπή του κάρβουνο σε υγρή μορφή καυσίμου είναι μια άλλη επιλογή αλλά υπάρχουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτή η μέθοδος θα ήταν ικανή να αντικαταστήσει τη χρήση σημαντικής ποσότητας πετρελαίου αλλά θα απαιτούσε και αρκετά μεγαλύτερη παραγωγή κάρβουνο. Μια ακόμα πιο άμεση λύση στο πρόβλημα της συνεχώς αυξανόμενης κατανάλωσης καυσίμων θα ήταν η βελτίωση στην απόδοση των κινητήρων των αυτοκινήτων, η οποία θα μείωνε την ανάγκη για πετρέλαιο [17] [18] [19].

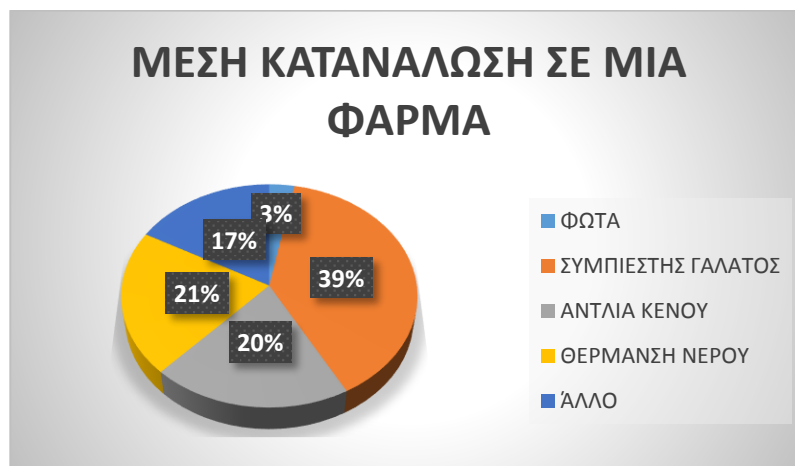
### 3.5 Αγροτικός τομέας

Η αγροτική παραγωγή έχει διττό ρόλο στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών, δηλαδή είναι σημαντική για την καλλιέργεια αλλά και την προμήθεια πρώτων υλών βιοενέργειας. Οι αγροτικές περιοχές αποτελούν επίσης σημαντικό πάροχο αιολικής ενέργειας καθώς εκεί στεγάζονται πολλά αιολικά πάρκα ακόμα και σε επίπεδα MW. Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι το πρώτο βήμα για τη μείωση του κόστους. Ο ενεργειακός έλεγχος είναι αναγκαίος σε κάθε μονάδα για τον εντοπισμό αλλαγών που θα επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας. Εφόσον πραγματοποιηθεί το παραπάνω βήμα τότε ενδέχεται να η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας να γίνει πρωταρχικός στόχος.



Σχήμα 11: Αγροτική παραγωγή μεγάλης κλίμακας.

Σύμφωνα με δεδομένα που συλλέχθηκαν από 21 εμπορικές φάρμες κατασκευάστηκε ένα γράφημα (Σχήμα 12) με τις καταναλώσεις που γίνονται κατά κύριο λόγο στην αγροτική παραγωγή.



Σχήμα 12: Διάφορες καταναλώσεις στον αγροτικό τομέα

Ο αγροτικός τομέας σύμφωνα με το Σχήμα 12 αντιστοιχεί στο 2,4% της κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε. . Αυτό το ποσοστό είναι σαφώς μικρότερο από τα αντίστοιχα των υπολοίπων τομέων αλλά είναι εξίσου σημαντικό.

## 4. Η Κατάσταση στην Ελλάδα

### 4.1 Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα

Το 1979 έγινε η πρώτη προσπάθεια από την πλευρά της Ελλάδας για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, εφαρμόζοντας τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων (ΦΕΚ 362Δ/1979). Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) αντικαταστάθηκε στη συνέχεια από τον ΚΟΧΕΕ ο οποίος στόχευε στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και συνεπώς στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Πρωταρχικό στόχο των κανονισμών αποτελούσε η προστασία του περιβάλλοντος. Η Ε.Ε. έχει εκδώσει συγκεκριμένη οδηγία (2012/27/ΕΕ) προς τα κράτη-μέλη για να εκπληρώσουν συγκεκριμένους στόχους εξοικονόμησης ενέργειας [20]. Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος, έχει την υποχρέωση να εφαρμόσει την Κοινοτική οδηγία λαμβάνοντας βέβαια υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες της χώρας. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται οι στόχοι ενεργειακής απόδοσης καθώς και άλλα συγκεκριμένα μέτρα ενεργειακής πολιτικής ώστε να βελτιωθεί η αποδοτικότητα στα κτίρια του οικιακού και τριτογενή τομέα καθώς και στη βιομηχανία και τις μεταφορές. Τα κράτη μέλη της ΕΕ οφείλουν να εναρμονίσουν το εθνικό τους δίκαιο με τις υποχρεώσεις που απορρέουν από την οδηγία μέχρι το 2020 [21].

### 4.2 Κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η ΕΕ με τα μέτρα που προτείνει αποσκοπεί στην παροχή ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων στους κατοίκους της, στην κατασκευή κτιρίων με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και την εγκατάσταση συστημάτων τα οποία έχουν καλή σχέση απόδοσης – κατανάλωσης ενέργειας [7].

Στον κτιριακό τομέα όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιείται περίπου το 40% της συνολικής ενέργειας. Τα κτίρια είναι επίσης υπεύθυνα για το 40% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Για αυτό το λόγο η ΕΕ έχει εκδώσει οδηγίες που προτείνουν συγκεκριμένα μέτρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας στα κτίρια. Η πρώτη οδηγία της ΕΕ δόθηκε το 2002 (Directive 2002/91/EC) και ως σήμερα αποτελεί την τρέχουσα νομοθεσία. Το 2010 αναθεωρήθηκε (2010/31/ΕΕ) καθώς περιείχε ορισμένες ασάφειες και λειτουργικά προβλήματα [22].

Η πλέον σημαντική υποχρέωση που προκύπτει σε ότι αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων αναφέρεται ουσιαστικά στη θέσπιση μέγιστων ορίων κατανάλωσης. Στα πλαίσια αυτά τα κράτη μέλη πρέπει :

- έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και
- μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας..

Οι απαιτήσεις όσον αφορά τα συστήματα πρέπει να καλύπτουν τουλάχιστον τα ακόλουθα:

- α) συστήματα θέρμανσης
- β) συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης
- γ) συστήματα κλιματισμού
- δ) συστήματα αερισμού μεγάλης κλίμακας

Για τα νέα κτίρια πρέπει να διασφαλίζεται πάντοτε πριν από την έναρξη της κατασκευής, ότι έχει μελετηθεί και ληφθεί υπόψη η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων υψηλής απόδοσης όπως τα απαριθμούμενα κατωτέρω, εφόσον είναι διαθέσιμα:

α) αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές

β) συστήματα συμπαραγωγής

γ) συστήματα τηλεθέρμανσης ή συστήματα θέρμανσης/ψύξης σε κλίμακα οικοδομικού τετραγώνου, ιδίως όταν βασίζονται πλήρως ή εν μέρει σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές

δ) αντλίες θερμότητας υψηλής απόδοσης

Τέλος, δίδονται χρηματοδοτικά κίνητρα για την μετατροπή των κτιρίων σε ενεργειακά αποδοτικές κατασκευές. Επίσης επιβάλλεται να γίνονται τακτικά ενεργειακές επιθεωρήσεις των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, αλλά και πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στο σύνολό τους.

#### 4.3 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.)

Στο πλαίσιο της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων, η χώρα μας είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνισή μας με την Κοινοτική Οδηγία αυτή ήταν η έκδοση του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων» (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) στον οποίο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει να καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων). Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις» [23] [24].

Ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια της Ελλάδας που καθορίζει όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και παράλληλα διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την επίτευξη των απαιτούμενων στόχων. Συγκεκριμένα, ο Κ.ΕΝ.Α.Κ στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ), φροντίζοντας να διατηρείται η άνεση των χρηστών στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Μέσα από την εφαρμογή του δίνεται η ευκαιρία να προστατέψουμε το περιβάλλον αλλά και να εξοικονομήσουμε χρήματα όχι μόνο από τις νέες κατασκευές αλλά και από τις παλαιότερες βελτιώνοντας την ενεργειακή τους απόδοση [25].

Για να υπολογιστούν τα επίπεδα καταναλισκόμενης ενέργειας μέσω του Κ.ΕΝ.Α.Κ και των τεχνικών οδηγιών του, έχει οριστεί από τα αρμόδια όργανα μία συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ο Κ.ΕΝ.Α.Κ ορίζει τις κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων και τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές κατανάλωσης



πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία. Ακόμα, ορίζονται οι προδιαγραφές για την αρχιτεκτονική σχεδίαση των κτιρίων, τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται και τις H/M εγκαταστάσεις αυτών. Περαιτέρω, ορίζεται η μορφή που θα έχει το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης και αντίστοιχα το περιεχόμενο της ενεργειακής μελέτης για τα νεοαναγειρόμενα κτίρια [7].

Στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν και άλλοι παράγοντες εκτός από τον σχεδιασμό του κτιρίου και των δομικών του υλικών. Έχει μεγάλη σημασία η χρήση για την οποία προορίζεται το εκάστοτε κτίριο, ο αριθμός των ανθρώπων που θα το χρησιμοποιούν, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και οι επιθυμητές συνθήκες στο εσωτερικό του. Περαιτέρω, σημαντική είναι η τοποθεσία του κτιρίου καθώς και το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή αυτή. Τέλος, βαρύνουσα σημασία έχει ο τρόπος θέρμανσης/ψύξης του κτιρίου, η επιλογή των κουφωμάτων, ο σωστός προσανατολισμός, η μέθοδος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και οι διάφορες εναλλακτικές πηγές ενέργειας που μπορεί να ενσωματωθούν στα υπόλοιπα συστήματα (π.χ. φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες κλπ.).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήσαμε ως εργαλείο τη μεθοδολογία του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. για να εκτιμήσουμε την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου στο Κατάρ και να διερευνήσουμε την επίδραση διαφορετικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε εμπορικό λογισμικό βασισμένο στον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (Epracad της εταιρείας TiSoft). Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, αναφέρονται στην περιοχή της Ντόχα που είναι η πρωτεύουσα του Κατάρ. Για το λόγο αυτό αναλύονται στη συνέχεια οι βασικότερες παράμετροι που υπεισέρχονται στη μεθοδολογία των υπολογισμών.

## 5. Υπολογιστικό Εργαλείο – Βασικά Στοιχεία Υπολογισμού

### 5.1 Δεδομένα εισόδου

Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων το ειδικό λογισμικό TEE-K.EN.A.K. λαμβάνει υπόψη:

- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.α.).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (Σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων.
- Η χρήση του κτιρίου, οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και ο αριθμός χρηστών.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού, της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού, της εγκατάστασης παραγωγής ZNX, της εγκατάστασης φωτισμού (για τα κτίρια του τριτογενή τομέα) και τα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Επίσης, συνεκτιμάται η θετική επίδραση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), η παραγόμενη ενέργεια με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ), κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση) και ο φυσικός φωτισμός [26].

#### 5.1.1 Μεθοδολογία υπολογισμού

Οι διαδικασίες υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας περιέχονται στο πρότυπο EN ISO 13790. Η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό υπολογίζεται με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του συστήματος θέρμανσης και δροσισμού. Δηλαδή, διακρίνεται το ισοζύγιο ενέργειας στο επίπεδο του κτιρίου και στο επίπεδο του συστήματος. Το πρώτο αποτελείται από τους ακόλουθους όρους:

- Ενεργειακό φορτίο για θέρμανση (αποδιδόμενο από το σύστημα θέρμανσης για την ανύψωση της εσωτερικής θερμοκρασίας στο αποδεκτό επίπεδο)
- Ενεργειακό φορτίο για δροσισμό (αποδιδόμενο από το σύστημα δροσισμού για την μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας στο αποδεκτό επίπεδο)
- Μεταφορά θερμότητας και αερισμού από τον θερμαινόμενο χώρο προς το περιβάλλον
- Μεταφορά θερμότητας και αερισμού μεταξύ γειτονικών ζωνών
- Εσωτερικά κέρδη

#### 5.1.1.1 Υπολογισμός θερμικών φορτίων

Ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων γίνεται με βάση την εξίσωση:

Πίνακας 2: Υπολογισμός θερμικών φορτίων [26]

$Q_{NH} = Q_{LH} - n_{GH} * Q_{GH}$	ελάχιστη τιμή $Q_{HD} = 0$
<b>Όπου:</b>	
<b><math>Q_{NH}</math> το θερμικό φορτίο σε MJ</b>	
<b><math>Q_{LH}</math> οι απώλειες θερμότητας σε MJ</b>	
<b><math>Q_{GH}</math> τα θερμικά κέρδη σε MJ</b>	
<b><math>n_{GH}</math> ένας συντελεστής συσχέτισης του λόγου των θερμικών κερδών-απωλειών με τη θερμική αδράνεια του κτιρίου</b>	

Το μήκος της περιόδου θέρμανσης υπολογίζεται μετρώντας τις μέρες του μήνα κατά τις οποίες υφίστανται θερμικά φορτία χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή βαρύτητας για τους μήνες με μεγάλο λόγο κερδών-απωλειών .

#### 5.1.1.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων γίνεται με βάση την εξίσωση:

Πίνακας 3: Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [26]

$Q_{NC} = Q_{GC} - n_{LC} * Q_{LC}$	ελάχιστη τιμή $Q_{CD} = 0$
<b>Όπου:</b>	
<b><math>Q_{NC}</math> το ψυκτικό φορτίο σε MJ</b>	
<b><math>Q_{LC}</math> οι απώλειες θερμότητας σε MJ</b>	
<b><math>Q_{GC}</math> τα θερμικά κέρδη σε MJ</b>	
<b><math>n_{LC}</math> ένας συντελεστής συσχέτισης του λόγου των θερμικών κερδών-απωλειών με τη θερμική αδράνεια του κτιρίου</b>	

Η διάρκεια της περιόδου ψύξης υπολογίζεται μετρώντας τις μέρες του μήνα κατά τις οποίες υφίστανται ψυκτικά φορτία χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή βαρύτητας για τους μήνες με μεγάλο λόγο κερδών-απωλειών .

### 5.1.1.3 Υπολογισμός απωλειών θερμότητας με μεταφορά και αερισμό

Οι συνολικές θερμικές απώλειες  $Q_L$  του κτιρίου για συγκεκριμένη περίοδο υπολογίζονται σύμφωνα με την εξίσωση:

Πίνακας 4: Υπολογισμός απωλειών θερμότητας με μεταφορά και αερισμό [26]

$Q_L = Q_T + Q_V$
<b>Όπου:</b>
$Q_L$ οι συνολικές απώλειες θερμότητας σε MJ
$Q_T$ οι συνολικές απώλειες θερμότητας με μεταφορά σε MJ
$Q_V$ οι συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού σε MJ

#### Συνολικές απώλειες θερμότητας με μεταφορά

Πίνακας 5: Συνολικές απώλειες θερμότητας με μεταφορά [26]

$Q_T = \{\sum_K \{H_{T,k} (\theta_i - \theta_{e,k})\} * t$	
$H_{T,k}$	ο συντελεστής θερμικών απωλειών με μεταφορά σε γειτονικούς χώρους ή το περιβάλλον με θερμοκρασία $\theta_{e,k}$
$\theta_i$	η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου ή της ζώνης
$t$	διάρκεια περιόδου υπολογισμού

#### Συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού

Πίνακας 6: Συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω αερισμού [26]

$Q_V = \{\sum_K \{H_{V,k} (\theta_i - \theta_{s,k})\} * t$	
$H_{V,k}$	ο συντελεστής θερμικών απωλειών λόγω αερισμού (αέρα που εισέρχεται στο χώρο με θερμοκρασία $\theta_{s,k}$ ),
$\theta_i$	η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου ή της ζώνης
$t$	διάρκεια περιόδου υπολογισμού

#### 5.1.1.4 Υπολογισμός εσωτερικών και ηλιακών θερμικών κερδών

Τα συνολικά θερμικά κέρδη  $Q_G$  για δεδομένη περίοδο υπολογισμού είναι:

$$Q_G = Q_i + Q_s, \text{ όπου}$$

$Q_G$ ,  $Q_i$  και  $Q_s$  είναι τα συνολικά θερμικά κέρδη, το άθροισμα των εσωτερικών κερδών και το άθροισμα των ηλιακών κερδών σε **MJ** αντίστοιχα.

#### Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$Q_i = [\Phi_{i,h} + (1-b) \cdot \Phi_{i,u}] \cdot t = \Phi_i \cdot t, \text{ όπου}$$

$\Phi_{i,h}$ ,  $\Phi_{i,u}$  και  $\Phi_i$  είναι η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών σε θερμαινόμενους χώρους, η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών σε μη θερμαινόμενους χώρους και η μέση ισχύς των εσωτερικών κερδών αντίστοιχα. Τέλος το  $b$  είναι ένας μειωτικός συντελεστής που εφαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες έκθεσης του δομικού στοιχείου (σε επαφή με αέρα, σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο κλπ.).

#### Ηλιακά θερμικά κέρδη

Οι επιφάνειες που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των ηλιακών κερδών είναι οι διαφανείς, οι εσωτερικοί τοίχοι, τα πατώματα και οι τοίχοι πίσω από διαφανείς επιφάνειες (ή μονώσεις). Για αδιαφανή δομικά στοιχεία διακρίνονται ειδικές περιπτώσεις με αντίστοιχες μεθόδους υπολογισμών [26]. Για συγκεκριμένη περίοδο υπολογισμού τα ηλιακά κέρδη είναι:

$$Q_s = \sum_j (I_{sj} \sum_n A_{snj}) + (1 - b) \sum_j (I_{sj} \sum_n A_{snj,u})$$

Όπου:

- ο πρώτος όρος αναφέρεται σε θερμαινόμενους χώρους
- ο δεύτερος όρος αναφέρεται σε μη θερμαινόμενους χώρους
- σε κάθε όρο το πρώτο άθροισμα αφορά σε όλους τους προσανατολισμούς  $j$  και το δεύτερο σε όλες τις επιφάνειες  $n$  που συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία.
- $I_{sj}$  η ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η συνολική ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της περιόδου υπολογισμού σε επιφάνεια  $1 \text{ m}^2$  με προσανατολισμό  $j$  σε  $\text{J/m}^2$
- $A_{snj}$  η ενεργή επιφάνεια συλλογής της επιφάνειας  $n$  με προσανατολισμό  $j$ , δηλαδή η επιφάνεια μελανού σώματος που έχει το ίδιο ηλιακό κέρδος με τη συγκεκριμένη επιφάνεια

Η ενεργή επιφάνεια συλλογής ενός διαφανούς δομικού στοιχείου (π.χ. παραθύρου) είναι:

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_F \cdot g$$

Όπου :

**Πίνακας 7: Επεξηγήσεις μεγεθών ενεργής επιφάνειας συλλογής διαφανούς δομικού στοιχείου [26].**

<b>A</b>	<b>η συνολική επιφάνεια του διαφανούς στοιχείου</b>
<b>F<sub>S</sub></b>	ο συντελεστής διόρθωσης σκιασμού
<b>F<sub>F</sub></b>	ο συντελεστής πλαισίου, δηλαδή ο λόγος της συνολικής επιφάνειας του στοιχείου προς τη διαφανή του
<b>g</b>	η συνολική διαπερατότητα στην ηλιακή ενέργεια της διαφανούς επιφάνειας λαμβάνοντας υπόψη ηλιοπροστατευτικές διατάξεις

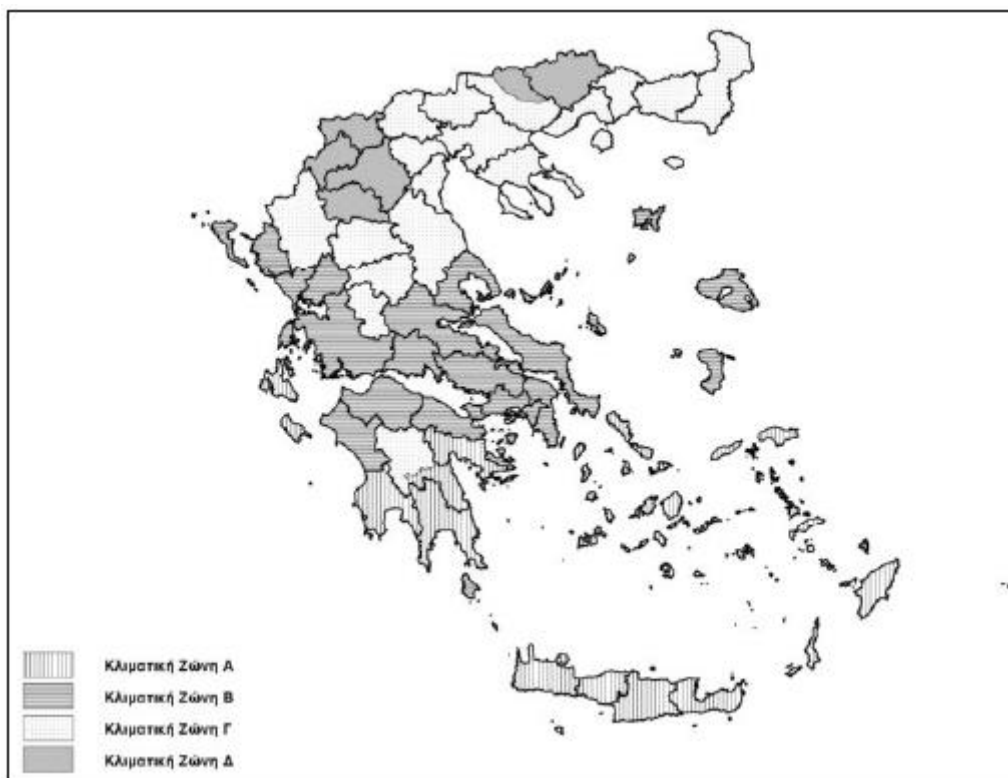
Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Ti-Soft γιατί το αντίστοιχο λογισμικό του ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.Α.Κ. δεν περιέχει δεδομένα για την πρωτεύουσα του Κατάρ, Ντόχα. Καθώς δεν μας ενδιέφερε η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, δεν μελετήθηκε η κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς. Επομένως, τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν αφορούσαν αποκλειστικά τις τιμές ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

## 5.2 Κλιματικές Ζώνες

Η Ελληνική Επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες. Ο Πίνακας 8 δείχνει τον διαχωρισμό στις τέσσερις ζώνες κατά νομούς.

**Πίνακας 8: Κλιματικές ζώνες κατά νομούς [26].**

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



Σχήμα 13: Κλιματικές ζώνες [26].

Για τις ανάγκες της μελέτης το υπό εξέταση κτίριο έπρεπε υποχρεωτικά να ενταχθεί σε κάποια κλιματική ζώνη προκειμένου να προχωρήσουν οι υπολογισμοί. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε ότι το κτίριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Α καθώς γεωγραφικά και κλιματολογικά είναι πιο κοντά σε αυτή την περιοχή.

### 5.3 Κατηγορίες κτιρίων

Για την σωστή εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. τα υπό μελέτη κτίρια χωρίζονται σε κάποιες βασικές κατηγορίες, στις οποίες γίνεται διαφορετική χρήση του κτιρίου ανάλογα με τις απαιτούμενες ανάγκες. Σύμφωνα με τον πίνακα «1.5 Ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, το κτίριο της μελέτης μας κατατάσσεται στην πρώτη κατηγορία αυτή της κατοικίας, καθώς είναι ισόγεια μονοκατοικία [26].

### 5.4 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου

Οι παράμετροι συνθηκών λειτουργίας ενός κτιρίου ορίζονται βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων EN ISO 13790:2008 , EN 15251:2007 και άλλων διεθνών προδιαγραφών.

### 5.5 Θερμικές ζώνες του κτιρίου

Για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν ακριβέστερη μελέτη στο κτίριο, αυτό χωρίζεται σε επιμέρους θερμικές ζώνες. Αυτές οι ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση ή/και κοινά

ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Στο κτίριο της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε μία μόνο θερμική ζώνη στην οποία εντάσσονται όλοι οι χώροι της κατοικίας.

### 5.6 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας του κτιρίου

Το ωράριο λειτουργίας ενός κτιρίου καθορίζεται πρωτίστως από τη χρήση του, από τις συνθήκες των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν και από τις κλιματικές, τοπικές και λειτουργικές συνθήκες της περιοχής. Για την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης καθορίζεται ένα τυπικό ωράριο λειτουργίας για τη χρήση του κτιρίου και των επιμέρους θερμικών ζωνών του (αν υπάρχουν) [26]. Σύμφωνα με τον πίνακα «2.1 Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτιρίων ανά χρήση.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, για την κατοικία που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω ωράριο λειτουργίας:

- Ώρες λειτουργίας: 18 h
- Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα: 7 d
- Περίοδος λειτουργίας σε μήνες: 12 m

### 5.7 Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες χώρων

Οι επιθυμητές συνθήκες στους εσωτερικούς χώρους είναι σχετικά υποκειμενικές αλλά υπάρχουν κάποιες βασικές συνθήκες που ορίζονται έτσι ώστε το κτίριο να είναι χρηστικό από τους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν.

Επομένως, οι παράμετροι που επηρεάζουν τις επιθυμητές συνθήκες στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου είναι οι κάτωθι :

- η θερμοκρασία (ξηρού θερμομέτρου) του αέρα,
- η μέση θερμοκρασία «ακτινοβολίας» των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους (συγκεκριμένα τους συντελεστές εκπομπής τους στο μεγάλο μήκος κύματος), την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό,
- η σχετική υγρασία του αέρα,
- η ένδυση των χρηστών,
- η δραστηριότητα των χρηστών,
- η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.

Δεδομένου πως ο κάθε χρήστης είναι διαφορετικός, λαμβάνονται κάποιες τυπικές τιμές για την ένδυση των χρηστών, τη δραστηριότητά τους αλλά και την ταχύτητα των εσωτερικών ρευμάτων του αέρα. Ακόμα όσον αφορά τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, αυτή είναι παραπλήσια με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα εάν το κτίριο πληροί όλα τα σύγχρονα πρότυπα για τα υλικά, τους υαλοπίνακες κτλ. Επομένως, τα δύο κυριότερα στοιχεία που πρέπει να οριστούν για να υπάρχουν οι απαραίτητες συνθήκες διαβίωσης στο οίκημα είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα. Βέβαια, είναι πολύ σημαντικό να επιτυγχάνεται θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου με όσο το δυνατόν λιγότερο κόστος ενεργειακό και αναμφίβολα οικονομικό.



### 5.8 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων

Όσον αφορά τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, υπάρχουν κάποια όρια τα οποία ορίζονται από το Τεχνικό Επιμελητήριο και πρέπει σύμφωνα με αυτά να υπολογιστούν οι προαναφερθείσες τιμές. Όπως είναι αντιληπτό αυτές οι τιμές δεν μπορεί να είναι όμοιες για όλα τα κτίρια και για αυτό αλλάζουν ανάλογα με την επικείμενη χρήση του εκάστοτε κτιρίου.

Σύμφωνα με τον πίνακα «2.2 Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, το κτίριο που εξετάζεται στην παρούσα εργασία ανήκει στην κατηγορία της μονοκατοικίας με τις παρακάτω τιμές (Πίνακας 9) :

**Πίνακας 9: Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων για θερινή και χειμερινή περίοδο του υπό μελέτη κτιρίου [26]**

	Θερμοκρασία [°C]	Σχετική υγρασία [%]
Χειμερινή περίοδος	20	40
Θερινή περίοδος	26	45

### 5.9 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων

Οι συνθήκες υγιεινής στο εσωτερικό των κτιρίων είναι σαφώς πολύ σημαντικές και πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη. Για αυτό τον λόγο πρέπει να οριστεί ο απαιτούμενος νωπός αέρας στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Αυτός ορίζεται κυρίως από τρία κριτήρια. Αυτά είναι ο πληθυσμός του οικισμού, οι δραστηριότητες στο εσωτερικό του κτιρίου και η παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό να εκτελείται η απαραίτητη ανανέωση αέρα ανάλογα με τον όγκο και τη χρήση του κτιρίου.

Γενικότερα οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά χρήση πρέπει να καλύπτουν τον απαιτούμενο ελάχιστο αερισμό ανά άτομο ( $m^3/άτομο$ ) σύμφωνα με την πυκνότητα πληθυσμού του κτιρίου ( $άτομα/m^2$ ). Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007, το πρότυπο της ASHRAE 62.1-2010, την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, και τον πίνακα «2.3 Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτιρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές για μονοκατοικία (Πίνακας 10) [26].

**Πίνακας 10: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων [26]**

Άτομα / 100 $m^2$ επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [ $m^3/h/άτομο$ ]	Νωπός αέρας [ $m^3/h/m^2$ ]
5	15	0,75

### 5.10 Στάθμη φωτισμού

Η στάθμη του φωτισμού στα κτίρια κατοικιών δεν λαμβάνεται υπόψη. Επομένως, και στην παρούσα μελέτη δεν λήφθηκε υπόψη καθώς το κτίριο μας είναι μονοκατοικία.

### 5.11 Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.)

Όπως είναι λογικό κάθε κτίριο ανάλογα με τη χρήση του, τους ανθρώπους που διαμένουν σε αυτό ή το χρησιμοποιούν έχει διαφορετική ζήτηση ζεστού νερού χρήσης. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316.3.1:2008, έχουν υπολογιστεί η τυπική ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά άτομο στο υπό μελέτη κτίριο όπως και η ετήσια κατανάλωση ανά υπνοδωμάτιο (για τις κατοικίες), ανά κλίνη (για τα κτίρια προσωρινής διαμονής και περίθαλψης) και ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας για όλες τις υπόλοιπες χρήσεις κτιρίων. Σύμφωνα με τον πίνακα «2.5 Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 45°C) ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παρουσιάζονται στον Πίνακα 11 τα στοιχεία που λήφθηκαν για την υπό εξέταση μονοκατοικία:

Πίνακας 11: Κατανάλωση Z.N.X. [26]

Ημερήσια κατανάλωση Z.N.X.		Ετήσια κατανάλωση Z.N.X.	
[ℓ/άτομο/ημέρ α]	ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά υπνοδωμάτιο [m <sup>3</sup> /υπν./έτος]	ανά δομημένη επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
50	--	27,38	--

### 5.12 Εσωτερικά Κέρδη από Χρήστες και Εξοπλισμό

Η εκλύομενη θερμότητα από τους χρήστες και τον εξοπλισμό του κτιρίου επηρεάζουν με τη σειρά τους τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης.

Για λόγους που αφορούν την ασφάλεια των υπολογισμών, τα εσωτερικά κέρδη αγνοούνται τελείως κατά τη διαδικασία υπολογισμού του φορτίου θέρμανσης, εκτός και αν αυτά τα κέρδη είναι σταθερά λόγω συγκεκριμένης χρήσης του κτιρίου. Όσον αφορά τα φορτία ψύξης, τα εσωτερικά κέρδη λαμβάνονται πάντοτε υπόψη καθώς είναι ο βασικός παράγοντας υπολογισμού του φορτίου ψύξης. Βέβαια για την αποφυγή της υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος ψύξης, τα κέρδη που χρησιμοποιούνται για το ψυκτικό φορτίο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ετεροχρονισμένα προσομοιάζοντας έτσι, όσο το δυνατόν καλύτερα την λειτουργία του κτιρίου. Επομένως, τα κέρδη κάθε κατηγορίας πρέπει να συμμετέχουν στον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου πολλαπλασιασμένα με ένα συντελεστή ετεροχρονισμού, ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του λειτουργικού χρόνου του κτιρίου κατά τον οποίο τα προαναφερθέντα εσωτερικά κέρδη υπάρχουν στα αλήθεια.

Όπως είναι αναμενόμενο, ο συντελεστής ετεροχρονισμού εξαρτάται από το είδος και τη χρήση του κτιρίου όπως και από το είδος των εσωτερικών κερδών [26]. Τα εσωτερικά κέρδη συμπεριλαμβάνουν τρεις βασικές κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- τον ηλεκτροφωτισμό (αισθητά κέρδη),
- την έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους (αισθητά και λανθάνοντα κέρδη, η αναλογία των οποίων είναι συνάρτηση της δραστηριότητας των ανθρώπων) και
- τον εξοπλισμό (κατά μεγάλο ποσοστό αισθητά κέρδη στην πλειοψηφία των εφαρμογών).

Σύμφωνα με τον πίνακα «2.7 Εκλύομενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.» της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παρουσιάζονται στον Πίνακα 12 τα στοιχεία που λήφθηκαν για την υπό εξέταση μονοκατοικία:

Πίνακας 12: Εκλύμενη θερμότητα χρηστών [26]

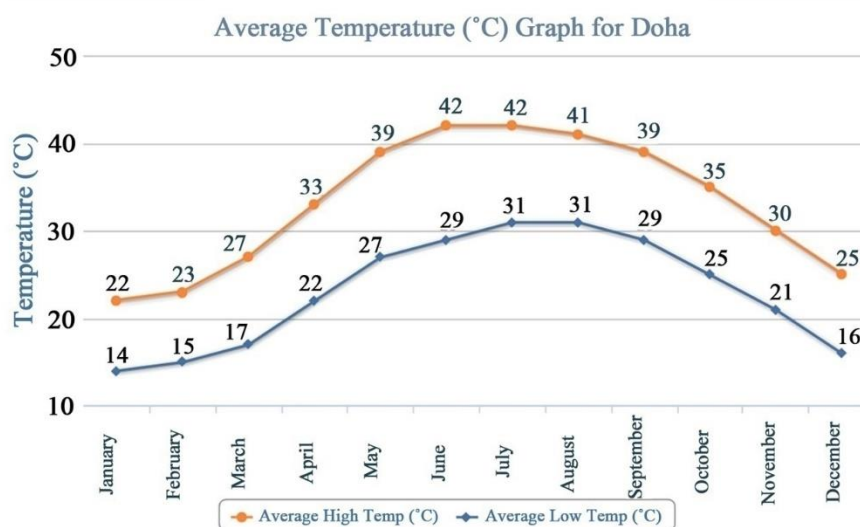
Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. επιφάνειας [W/m <sup>2</sup> ]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
80	4	0,75

## 6. Η Ισχύουσα Κατάσταση στο Κατάρ

### 6.1 Ισχύουσα κατάσταση στις χώρες του κόλπου (GCC)

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στην περιοχή του Κατάρ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εξαιτίας των ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Τα καλοκαίρια είναι πολύ ξηρά με θερμοκρασίες που φθάνουν τους 48°C στις παραλιακές πόλεις και η υγρασία κυμαίνεται σε επίπεδα της τάξης του 90%. Στις νοτιότερες περιοχές η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει μέχρι και τους 50°C. Η κρύα περίοδος συνήθως διαρκεί από τα τέλη Δεκεμβρίου μέχρι τον Φεβρουάριο. Η περίοδος από τον Μάρτιο έως τις αρχές του Απριλίου αποτελεί το μεταβατικό στάδιο ανάμεσα στον ήπιο χειμώνα και το πολύ ζεστό καλοκαίρι. Το καλοκαίρι εκτείνεται από τα τέλη Απριλίου έως τον Σεπτέμβριο. Αυτή την περίοδο η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 32.2°C έως 35.5 °C. Κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου αλλά και του Οκτωβρίου επικρατεί ηλιοφάνεια με πολύ ξηρό κλίμα και οι μέσες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 23°C έως 29 °C. Στο παρακάτω γράφημα (Σχήμα 14) απεικονίζεται η διακύμανση της μέσης μέγιστης και της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας στην περιοχή της Ντόχα που είναι η πρωτεύουσα του Κατάρ.

Average High/Low Temperature for Doha, Qatar



Σχήμα 14: Μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία στη Ντόχα [27].

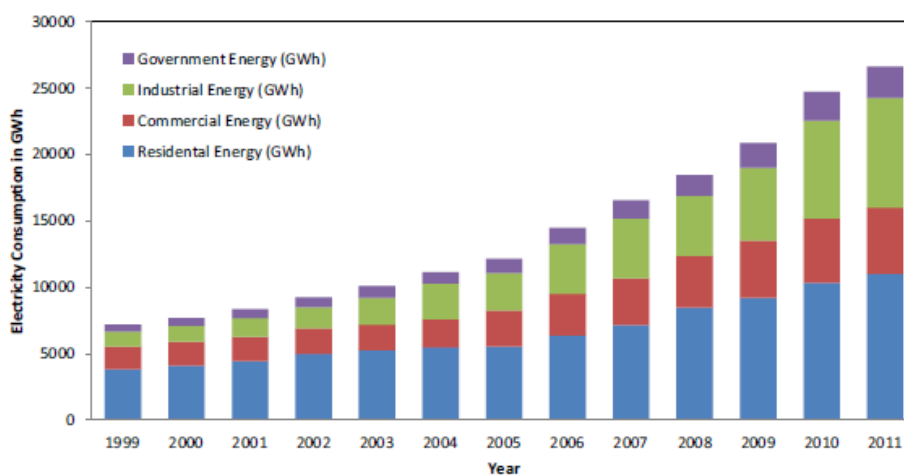
### 6.2 Κατανάλωση ενέργειας στο Κατάρ

Η ενεργειακή κατανάλωση στο Κατάρ είναι από τις υψηλότερες στον κόσμο κυρίως λόγω των πολύ μεγάλων αναγκών σε ψύξη που οφείλεται στα μεγάλα ψυκτικά φορτία που εμφανίζονται στα κτίρια για πολύ μεγάλο διάστημα του έτους. Το Κατάρ καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση στον Πίνακα με τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση ανάμεσα στις Χώρες του Κόλπου (Συμβούλιο Συνεργασίας των Αραβικών Χωρών του Κόλπου). Κατά κύριο λόγο επομένως η ενέργεια που καταναλώνεται είναι ηλεκτρική [28].

### 6.3 Χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ

Σχεδόν το 65% του ηλεκτρισμού που καταναλώνεται στο Κατάρ αξιοποιείται στην κάλυψη των αναγκών κλιματισμού του κτιριακού τομέα. Η αύξηση του πληθυσμού και η ανάπτυξη της οικονομίας όπως είναι αναμενόμενο οδήγησε και σε αύξηση της κατασκευαστικής δραστηριότητας σε ότι αφορά τόσο βιομηχανικά όσο και εμπορικά κτίρια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ να έχει αυξηθεί 3.7 φορές από το 1999 έως το 2010 [29].

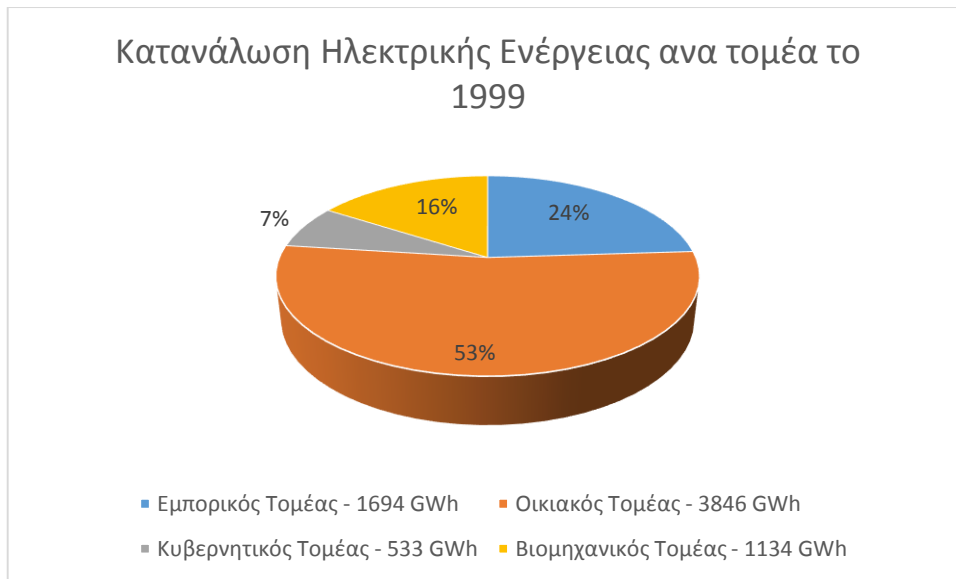
Στο Σχήμα 15 απεικονίζεται η μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας ανά είδος κτιρίου για το διάστημα 1999 - 2011, δηλαδή για δημόσια, βιομηχανικά, εμπορικά και κτίρια οικιακής χρήσης.



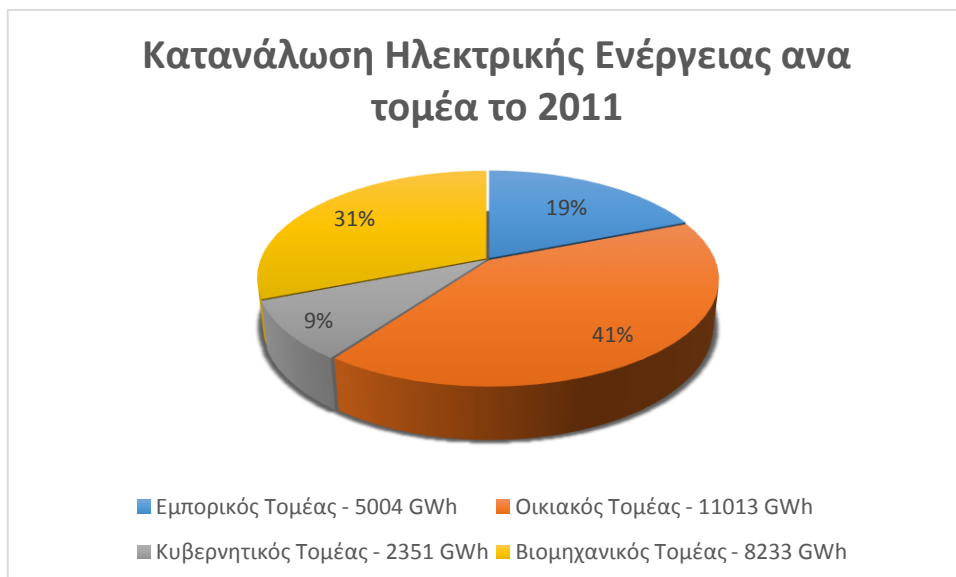
Σχήμα 15: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα μεταξύ των ετών 1999 και 2011 [29].

Είναι προφανές ότι η κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες αυξάνεται ραγδαία χρόνο με τον χρόνο και αποτελεί περίπου το 50% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στο Κατάρ. Εξίσου σημαντική είναι η αύξηση της κατανάλωσης και στον βιομηχανικό τομέα. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Ενέργειας και Βιομηχανίας του Κατάρ ο αριθμός των επιχειρήσεων του βιομηχανικού κλάδου αυξήθηκε από 482 το 2007 σε 611 το 2011. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα αυξήθηκε κατά 15% την χρονική περίοδο από το 1999 έως το 2011. Στα γραφήματα των Σχημάτων 16 και 17 δίνονται πιο συγκεκριμένα οι καταναλώσεις για τα έτη 1999 και 2011 [29].

Είναι χαρακτηριστικό ότι παρά τη μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης στα κτίρια οικιακής χρήσης το αντίστοιχο ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά από το 1999 έως το 2011 εξαιτίας της τεράστιας αύξησης της κατανάλωσης, που παρατηρείται στα κτίρια βιομηχανικής χρήσης.

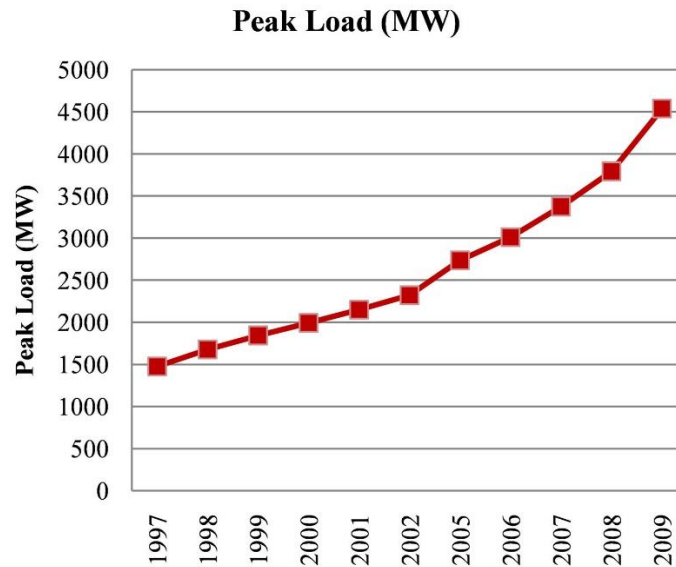


Σχήμα 16: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά τομέα το 1999 [29].

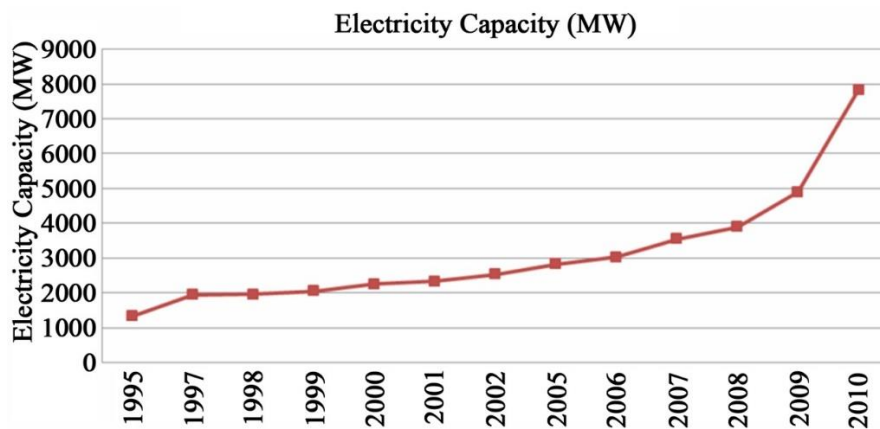


Σχήμα 17: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά τομέα το 2011 [29].

Αντίστοιχα στα Σχήματα 18 και 19 δίνονται τα γραφήματα διακύμανσης της ετήσιας αιχμής του ηλεκτρικού φορτίου και της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων παραγωγής για τα έτη 1997 έως 2009.



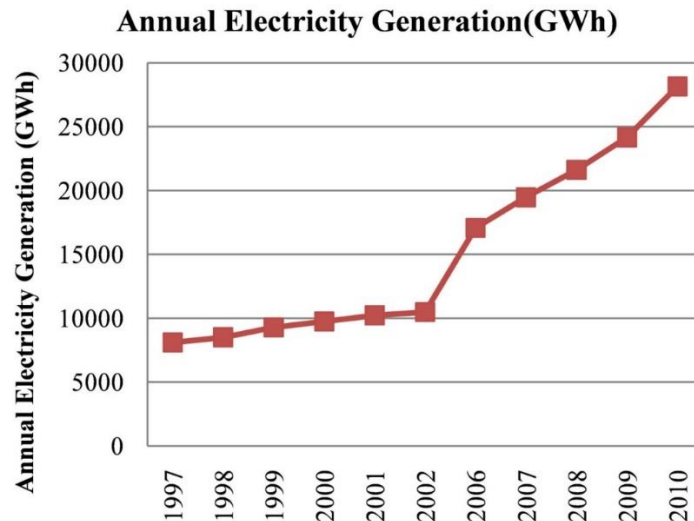
Σχήμα 18: Φορτίο αιχμής της ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ από το 1997 έως το 2009 [27].



Σχήμα 19: Η ηλεκτρική εγκατεστημένη ισχύς στο Κατάρ και οι μεταβολές της από το 1995 έως το 2010 [27].

Αξιοπρόσεκτη είναι η πολύ μεγάλη αύξηση των αιχμών φορτίου, καθώς το φορτίο αιχμής έχει ουσιαστικά τριπλασιαστεί μέσα σε 12 μόλις χρόνια (5090 MW το 2010). Ως συνέπεια, υπήρξε πολύ μεγάλη αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτρικών μονάδων για το ίδιο διάστημα. Εντύπωση επίσης προκαλεί η δυσανάλογα μεγάλη αύξηση που παρατηρείται από το 2009 έως το 2010 συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη. Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι για το έτος 2009 το μέγιστο φορτίο αιχμής ήταν περίπου 4500 MW ενώ η εγκατεστημένη ισχύς το ίδιο έτος ήταν περίπου ίση με 5000 MW.

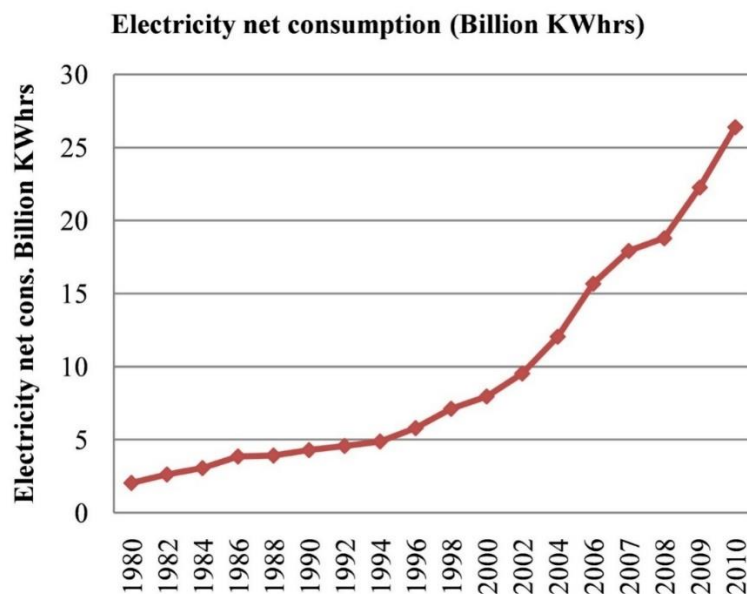
Στο Σχήμα 20 δίνεται επίσης η μεταβολή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 1997 έως 2010.



Σχήμα 20: Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο Κατάρ και η μεταβολή της από το 1997 έως το 2010 [27].

Όπως παρατηρείται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το 2002 έως το 2010 έχει σχεδόν τριπλασιαστεί, (από 10000 GWh σε 28000 GWh), στοιχείο που εξηγεί την απαίτηση για ραγδαία αύξηση της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος (Σχήμα 19).

Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από το γράφημα του Σχήματος 21 όπου απεικονίζεται η μεταβολή της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 1980 - 2010. Αναντίρρητα η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς από το 2000 και μετά, ως συνέπεια της αύξησης των επενδύσεων και των κατασκευών.



Σχήμα 21: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο Κατάρ από το 1980 έως το 2010 [27].



Στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται για τα έτη 2008, 2009 και 2010 η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά άτομο σε συγκεκριμένες χώρες.

Πίνακας 13: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh ανά άτομο σε συγκεκριμένες χώρες [27].

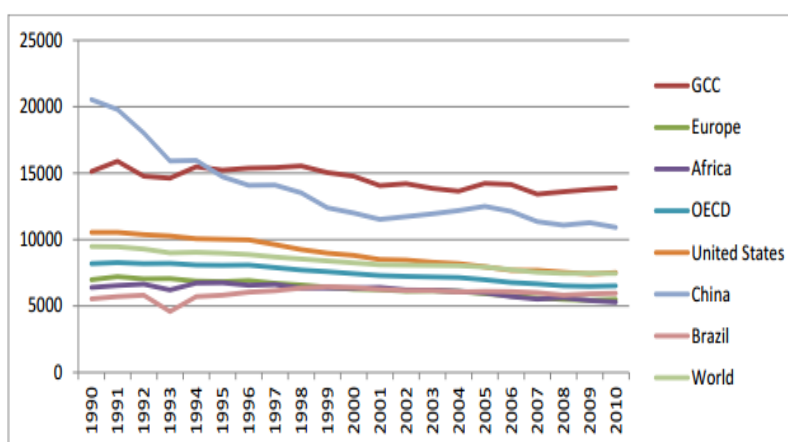
Χώρα / Έτος	2008	2009	2010
<b>Κουβέιτ</b>	17751	17610	18320
<b>Κατάρ</b>	16217	15340	14388
<b>Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (Η.Α.Ε.)</b>	11841	11121	11044
<b>Μπαχρέιν</b>	9687	9214	9814
<b>Αίγυπτος</b>	1484	1549	1608
<b>Ομάν</b>	5110	5599	5933
<b>Σαουδική Αραβία</b>	7127	7427	7967
<b>Η.Π.Α.</b>	13663	12914	13394

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα το Κατάρ είναι η δεύτερη χώρα στην περιοχή της Μέσης Ανατολής σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο, γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι υπάρχουν πολύ μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην συγκεκριμένη περιοχή.

#### 6.4 Εξελίξεις στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας στο Κατάρ

Οι χώρες που ανήκουν στο Συμβούλιο Συνεργασίας των Αραβικών Χωρών του Κόλπου (ανάμεσά τους είναι και το Κατάρ) παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας στον κόσμο και μέσα στην επόμενη δεκαετία αναμένεται ραγδαία αύξηση στον πληθυσμό τους και αναλογικά και στη χρήση ενέργειας. Μέχρι το 2020 ο πληθυσμός των χωρών του Κόλπου αναμένεται να φτάσει τα 53.5 εκατομμύρια, δηλαδή μια αύξηση 30% συγκριτικά με τον πληθυσμό του έτους 2000. Ακόμα, μέχρι το 2020 αναμένεται αύξηση του ΑΕΠ κατά 56%. Λόγω της ανάπτυξης της οικονομίας στις χώρες αυτές, το βιοτικό επίπεδο ανεβαίνει συνεχώς δημιουργώντας αντίστοιχα και τις συνθήκες για μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας.

Για λόγους σύγκρισης στο Σχήμα 22 δίνεται η διακύμανση της ζήτησης ενέργειας σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά δολάριο του ΑΕΠ ).



Σχήμα 22: Ζήτηση ενέργειας σε διάφορες περιοχές του κόσμου [30].

Ένας από τους λόγους για τους οποίους τα ζητήματα ενεργειακής αποδοτικότητας δεν έχουν έγκαιρα αντιμετωπιστεί στις χώρες του Κόλπου είναι το συγκριτικά πολύ χαμηλότερο κόστος ενέργειας. Το γεγονός αυτό έχει τις ρίζες του σε οικονομικά και κοινωνικοπολιτικά αίτια, κυρίως όμως στα μεγάλα αποθέματα ορυκτών καυσίμων τα οποία οι χώρες αυτές έχουν την δυνατότητα να διαχειρίζονται. Αυτή η εξέλιξη έχει πρακτικά οδηγήσει σε πάγωμα των όποιων επενδύσεων για ενεργειακά αποδοτικές κατασκευές. Είναι αδιαμφισβήτητο πως σε αυτά τα πλαίσια ενεργειακής πολιτικής οι επιπτώσεις για το περιβάλλον (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή κλπ.) είναι εξαιρετικά αρνητικές. Δεν προκαλεί εντύπωση πως κάποιες από τις χώρες του Κόλπου (μέσα σε αυτές και το Κατάρ) παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub> στον κόσμο. Συγκεκριμένα σε ότι αφορά το Κατάρ οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φτάνουν τους 50 τόνους κατά άτομο ανά έτος, όταν η παγκόσμια μέση τιμή ανέρχεται σε 4.6 τόνους κατά άτομο ανά έτος.

### 6.5 Στρατηγικές Ενεργειακής Διαχείρισης στις χώρες του Κόλπου

Από τα παραπάνω γίνεται προφανές ότι η υιοθέτηση μέτρων υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας στην περιοχή του Κατάρ αλλά και στις υπόλοιπες Χώρες του Κόλπου αποτελούν επιτακτική ανάγκη.

Στα πλαίσια αυτά στη Σαουδική Αραβία έχει μελετηθεί η δυνατότητα μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας σε εμπορικά κτίρια μέσω αξιοποίησης συστημάτων κλιματισμού υψηλής απόδοσης. Οι στρατηγικές που έχουν προταθεί σε αυτή την κατεύθυνση είναι η χρήση συστημάτων παροχής μεταβλητού όγκου αέρα, τεχνικές παθητικού δροσισμού καθώς και η ενσωμάτωση συστημάτων ανεμιστήρων οροφής που μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης με χαμηλό σχετικά κόστος. Έχει υπολογιστεί ότι ο αποδοτικός συνδυασμός τέτοιων στρατηγικών μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση της τάξης του 25% στα εμπορικά κτίρια [29] [31].

Αντίστοιχα στο Κουβέιτ έχουν μελετηθεί παρόμοιες τεχνικές για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Κάποιες αξιολογητικές μελέτες που διενεργήθηκαν έδειξαν πως η χρήση υδρόψυκτων συστημάτων κλιματισμού μπορεί να επιφέρει μέχρι και 25% μείωση στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται και έως 40% μείωση της μέγιστης ζήτησης. Παρόμοιες μελέτες έδειξαν πως η χρήση ηλιακών θερμοσιφώνων στον οικιακό τομέα μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας κατά 212 MW εάν εφαρμοστεί η χρήση τους σε όλη την επικράτεια. Επίσης, έχει γίνει προσπάθεια μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας εφαρμόζοντας την τακτική έναρξης των εργασιακών δραστηριοτήτων κατά 1 ώρα νωρίτερα από το συνηθισμένο, μέτρο το οποίο όμως δεν αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποδοτικό [29] [31] [32].

Επιπρόσθετα, μελέτες έχουν δείξει πως εάν προστεθεί θερμική μόνωση στα κτίρια μπορεί να επιτευχθεί 50% μείωση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει ταυτόχρονα και στη μείωση του ρυθμού κατασκευής νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά 25%. Περαιτέρω, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων και κλιματιστικών μπορεί να οδηγήσει στη μείωση έως και 50% της καταναλισκόμενης ενέργειας [29] [32].

Καθώς το Κατάρ θεωρείται ως μια από τις πλέον αναπτυσσόμενες χώρες, έχουν συνταχθεί πολλοί νέοι νόμοι και κανονισμοί από το 1970 και μετά με σκοπό να ωθήσουν την περαιτέρω μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά οικισμό. Οι στόχοι της στρατηγικής εθνικής

ανάπτυξης για τα έτη 2011-2016 είναι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω της ελαχιστοποίησης του πετρελαίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και νερού, τη βελτίωση της θερμικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ενέργειας και τη συνεχώς αυξανόμενη εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έχουν επίσης θεσπιστεί συγκεκριμένοι νόμοι οι οποίοι υποχρεώνουν τους εισαγωγείς κλιματιστικών συσκευών τα εισαγόμενα κλιματιστικά να είναι συγκεκριμένης ενεργειακής απόδοσης [29] [31].

Στα ίδια πλαίσια τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί το GSAS (Global Sustainability Assessment System) το οποίο συνιστά σύστημα που ακολουθείται κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση κτιρίων στην περιοχή του Κατάρ. Το GSAS υιοθετεί ένα σύστημα βαθμολόγησης των εγκαταστάσεων στοχεύοντας στη δημιουργία όσο το δυνατόν καλύτερων συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια με ταυτόχρονη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σε κάθε περίπτωση λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαίτερες ανάγκες της κάθε περιοχής [29] [31] [32]. Η βαθμολογία που προκύπτει εξαρτάται εκτός των άλλων και από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Κλιματική αλλαγή
- Μόλυνση του αέρα
- Υγεία του ανθρώπου
- Εξαντλήσιμα υλικά
- Μόλυνση του αέρα
- Εξάντληση των υδάτινων πόρων
- Εξάντληση των ορυκτών καυσίμων
- Μόλυνση του εδάφους

## 7. Κλιματικά Δεδομένα

Το τεχνικό λογισμικό TiSoft δεν περιέχει κλιματικά δεδομένα για πόλεις πλην της Ελλάδας και κατά συνέπεια ούτε και για την περιοχή του Κατάρ. Δίνεται όμως η δυνατότητα στους χρήστες να εισαγάγουν οι ίδιοι τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που επιθυμούν. Τα κλιματικά δεδομένα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς συνοψίζονται στον Πίνακα 14 και προέρχονται από αναζήτηση σε διάφορους διαδικτυακούς τόπους [33] [34] [35].

Πίνακας 14: Κλιματικά δεδομένα της Ντόχα [33] [34] [35].

Ημερομηνία	Μέση ταχύτητα ανέμου m/s	Μέση απόλυτως μέγιστη OADBMax [°C]	Μέση απόλυτως ελάχιστη OADBMin [°C]	Ημερήσια διακύμανση DR [°C]	Σχετική Υγρασία RH [%]
<b>21 Ιανουαρίου</b>	4,50	21,70	12,80	8,90	71
<b>21 Φεβρουαρίου</b>	4,70	23,00	13,70	9,30	70
<b>21 Μαρτίου</b>	4,90	26,80	16,70	10,10	63
<b>21 Απριλίου</b>	4,80	31,90	20,60	11,30	52
<b>21 Μαΐου</b>	5,00	38,20	25,00	13,20	44
<b>21 Ιουνίου</b>	5,50	41,20	27,70	13,50	41
<b>21 Ιουλίου</b>	4,40	41,50	29,10	12,40	49
<b>21 Αυγούστου</b>	4,40	40,70	28,90	11,80	55
<b>21 Σεπτεμβρίου</b>	3,50	38,60	26,50	12,10	62
<b>21 Οκτωβρίου</b>	3,80	35,20	23,40	11,80	63
<b>21 Νοεμβρίου</b>	4,00	29,50	19,50	10,00	66
<b>21 Δεκεμβρίου</b>	4,20	24,10	15,00	9,10	71

Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται τα στοιχεία για τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε οριζόντια επιφάνεια όπως συλλέχθηκαν από τον διαδικτυακό τόπο PVGIS:

Πίνακας 15: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε οριζόντια επιφάνεια [36]

Μήνας	Μήνας			Οριζόντιο	
	Μέση 24 ώρου θε [°C]	Μέση ημέρας θε,day [°C]	Λόγος υγρασίας xe [gr/kg]	HOR  Hd	HOR  H
Ιανουάριος	17,00	18,40	8,50	47,53	125,10
Φεβρουάριος	18,00	19,05	8,93	54,80	156,60
Μάρτιος	21,00	22,10	9,69	67,00	191,40
Απρίλιος	26,00	28,00	10,82	74,20	206,10
Μάιος	31,00	35,80	12,25	78,00	236,40
Ιούνιος	34,00	37,10	13,53	72,56	250,20
Ιούλιος	35,00	38,05	17,13	82,00	234,30
Αύγουστος	35,00	37,40	19,25	73,76	223,50
Σεπτέμβριος	32,00	35,10	18,34	60,38	208,20
Οκτώβριος	29,00	31,90	15,67	50,48	180,30
Νοέμβριος	24,00	26,70	12,20	49,57	137,70
Δεκέμβριος	20,00	21,95	10,27	44,73	120,90

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται τα στοιχεία για τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 90° όπως συλλέχθηκαν από τον διαδικτυακό τόπο PVGIS:

Πίνακας 16: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 90° [36]

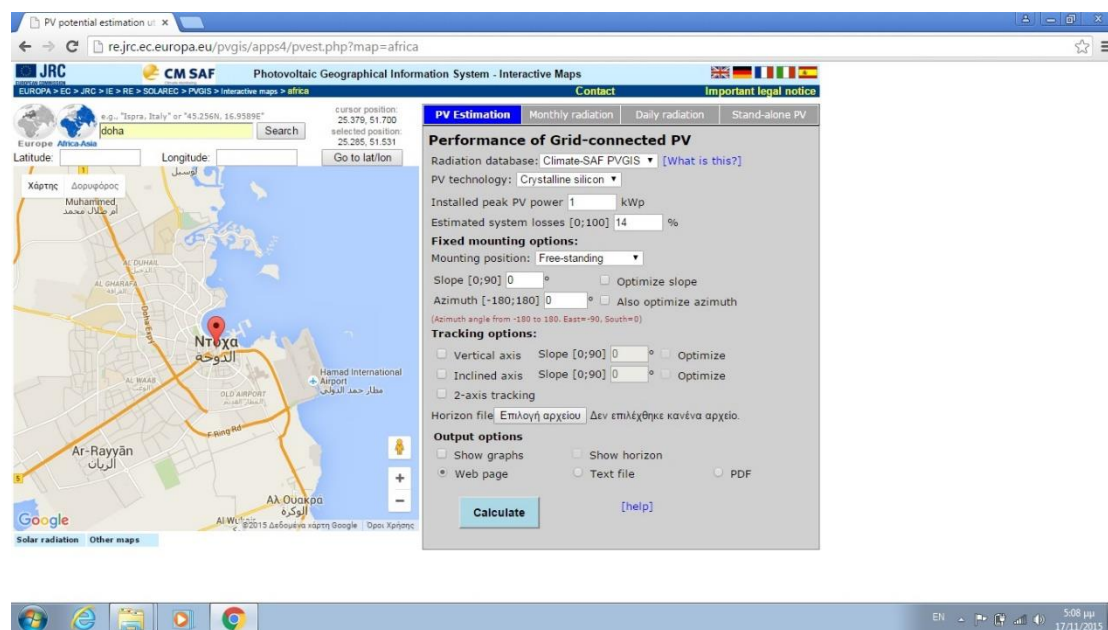
Μήνας				Για κλίση επιφάνειας 90°							
Μήνας	Μέση 24 ώρου θε [°C]	Μέση ημέρας θε,day [°C]	Λόγος υγρασίας xe [gr/kg]	B	BA	A	NA	N	NΔ	Δ	ΒΔ
Ιανουάριος	17,00	18,40	8,50	21,00	28,40	73,2	122	154	122	73,20	28,40
Φεβρουάριος	18,00	19,05	8,93	22,30	36,30	80,4	116	137	116	80,40	36,30
Μάρτιος	21,00	22,10	9,69	30,20	59,60	105	124	127	124	104	59,30
Απρίλιος	26,00	28,00	10,82	35,20	72,10	102	100	81,5	100	102	72,10
Μαΐος	31,00	35,80	12,25	54,40	94,80	116	95,6	57	95,60	116	94,80
Ιούνιος	34,00	37,10	13,53	67,10	101	116	85,7	39,6	85,70	116	101
Ιούλιος	35,00	38,05	17,13	63,20	99,40	116	91,3	50,3	91,30	116	99,40
Αύγουστος	35,00	37,40	19,25	40,90	82,80	111	101	72,8	101	111	82,80
Σεπτέμβριος	32,00	35,10	18,34	26	60	103	115	110	115	103	60
Οκτώβριος	29,00	31,90	15,67	22,20	44	97,9	135	154	135	98,60	44,30
Νοέμβριος	24,00	26,70	12,20	21,10	30,30	76,3	123	154	123	76,30	30,30
Δεκέμβριος	20,00	21,95	10,27	20,10	25,70	70,9	125	160	126	71,60	26

Τέλος, στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται τα στοιχεία για τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 45° όπως συλλέχθηκαν από τον διαδικτυακό τόπο PVGIS:

Πίνακας 17: Στοιχεία για φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε επιφάνεια κλίσης 45° [36]

Μήνας	Μήνας		Λόγος υγρασίας xe [gr/kg]	Για κλίση επιφάνειας 45°							
	Μέση 24 ώρου θε [°C]	Μέση ημέρας θε,day [°C]		B	BA	A	NA	N	NΔ	Δ	ΒΔ
Ιανουάριος	17	18,4	8,5	38,8	63,7	115	164	189	164	115	63,7
Φεβρουάριος	18	19,05	8,93	45,9	81,2	129	169	188	169	129	81,2
Μάρτιος	21	22,1	9,69	96,7	128	172	202	214	201	172	128
Απρίλιος	26	28	10,82	138	151	176	185	186	185	176	151
Μαΐος	31	35,8	12,25	191	195	205	199	190	199	205	195
Ιούνιος	34	37,1	13,53	210	207	209	193	179	193	209	207
Ιούλιος	35	38,05	17,13	199	199	204	194	182	194	204	199
Αύγουστος	35	37,4	19,25	164	174	195	199	196	199	195	174
Σεπτέμβριος	32	35,1	18,34	111	136	177	201	211	201	177	136
Οκτώβριος	29	31,9	15,67	60,4	104	161	207	228	207	162	104
Νοέμβριος	24	26,7	12,2	37	69,1	122	171	195	171	122	69,1
Δεκέμβριος	20	21,95	10,27	37,3	58,4	111	164	191	165	112	58,6

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 23) παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από την ιστοσελίδα PVGIS από την οποία λήφθηκαν τα στοιχεία ακτινοβολίας για τους ηλιακούς συλλέκτες.



Σχήμα 23: Στιγμιότυπο από το site PVGIS από το οποίο λήφθηκαν τα στοιχεία ακτινοβολίας για τους ηλιακούς συλλέκτες [36].

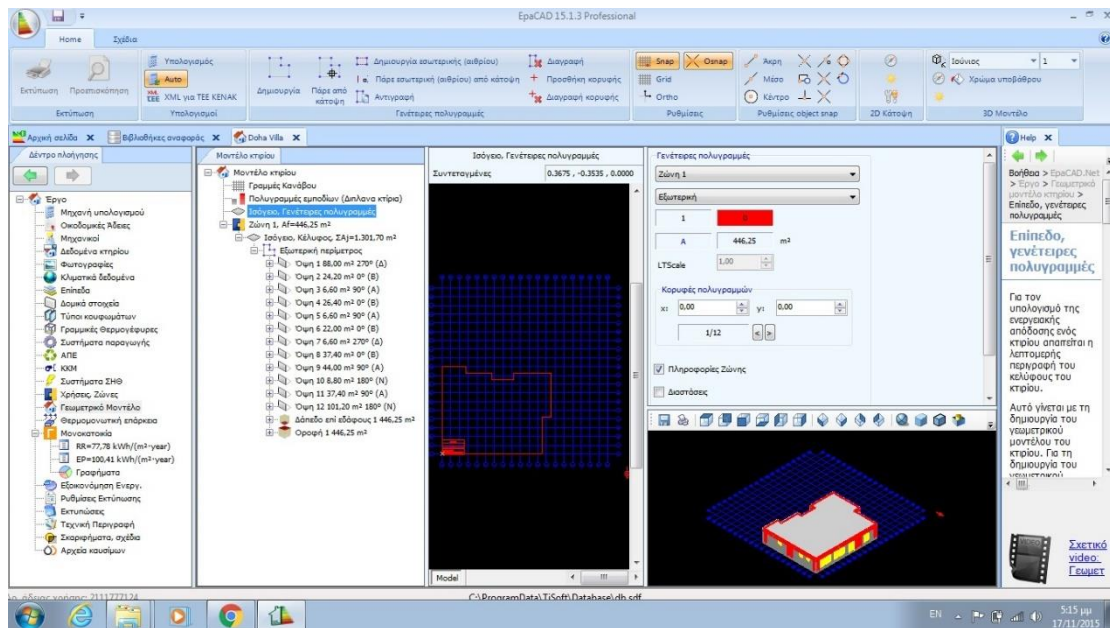
## 8. Κτίριο προς Εξέταση

Το κτίριο που μελετάται στην παρούσα εργασία βρίσκεται όπως έχει προαναφερθεί στο Κατάρ. Πρόκειται για ισόγεια μονοκατοικία, πανταχόθεν ελεύθερη. Η συνολική επιφάνεια είναι 446,25 m<sup>2</sup> και ο συνολικός όγκος είναι 2231.25 m<sup>3</sup>. Το κτίριο είναι προσανατολισμένο παράλληλα στον άξονα Ανατολή – Δύση.

### 8.1 Γεωμετρία του κτιρίου

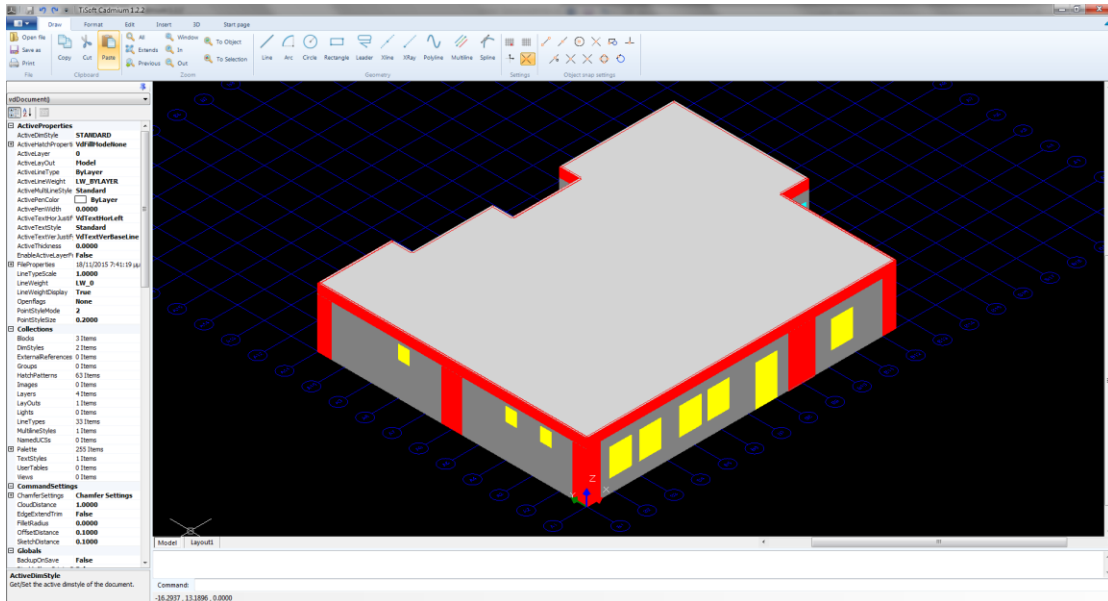
Στο παρακάτω στιγμιότυπο φαίνεται η γεωμετρία του προς μελέτη κτιρίου όπως κατασκευάστηκε στο σχεδιογράφο του λογισμικού Eracad της εταιρίας TiSoft.

Στα Σχήματα 24 και 25 δίνεται η γενική άποψη της γεωμετρίας του κτιρίου ενώ στα σχήματα 26 έως 29 απεικονίζονται η βόρεια, η νότια, η ανατολική και η δυτική πλευρά του κτιρίου.

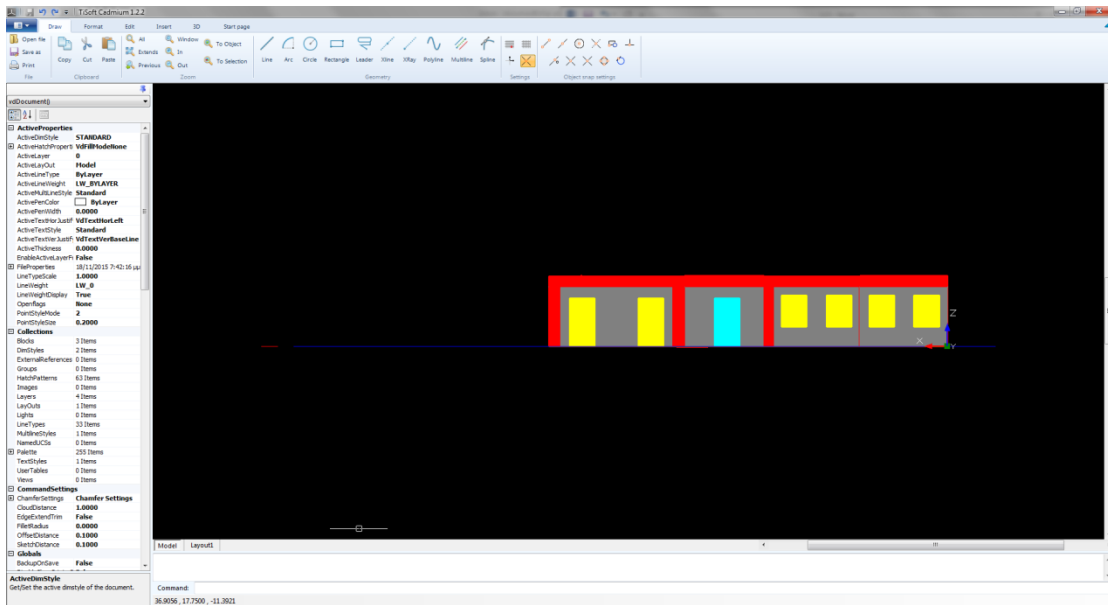


Σχήμα 24: Γεωμετρία κτιρίου στο λογισμικό της TiSoft

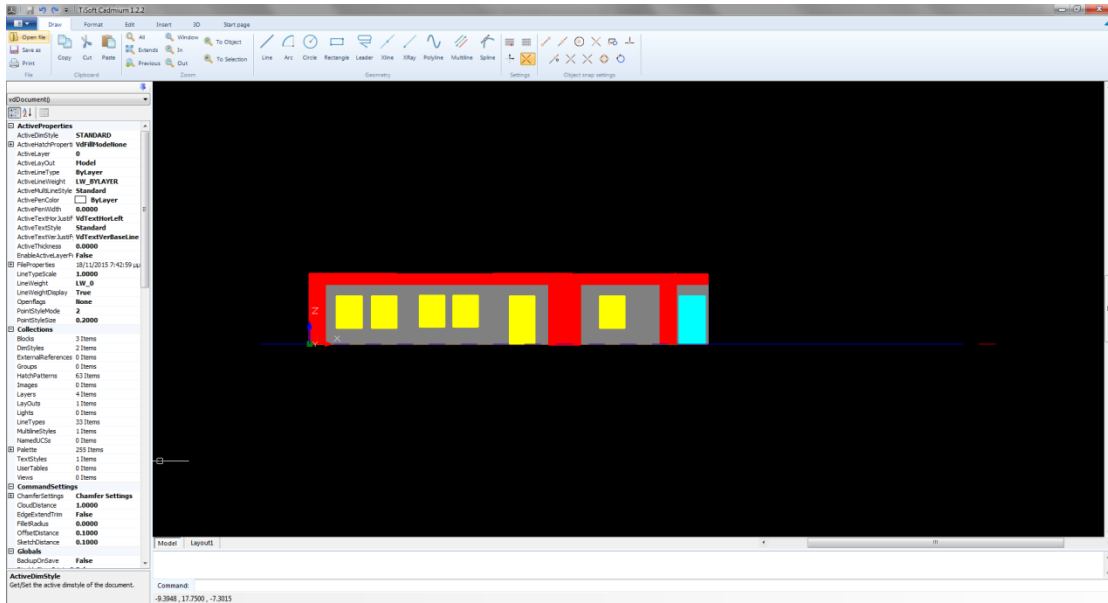




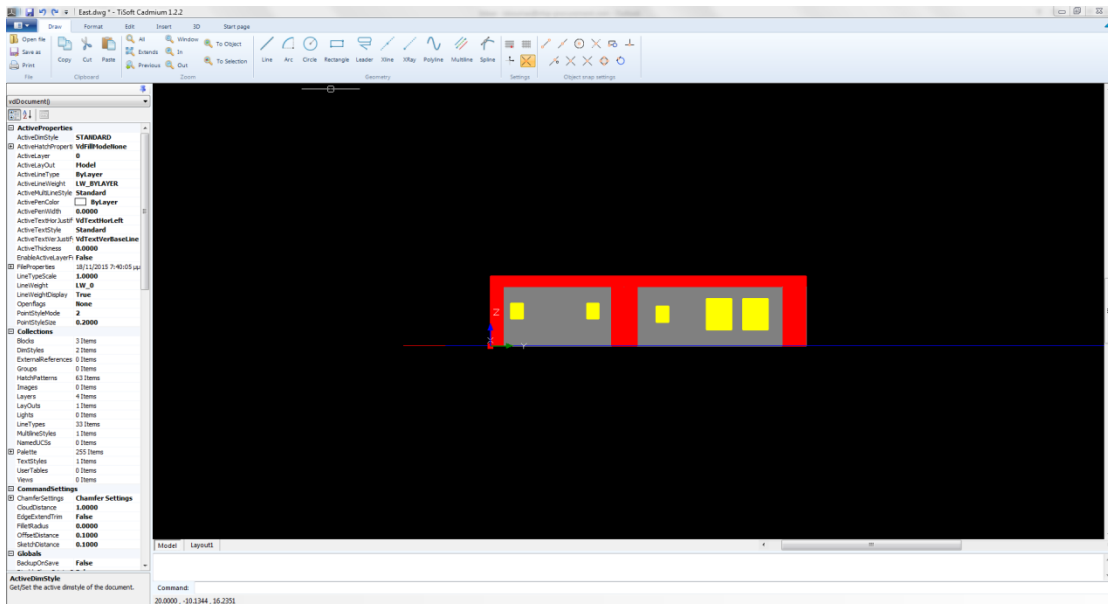
Σχήμα 25: Γενική κάτοψη κτιρίου



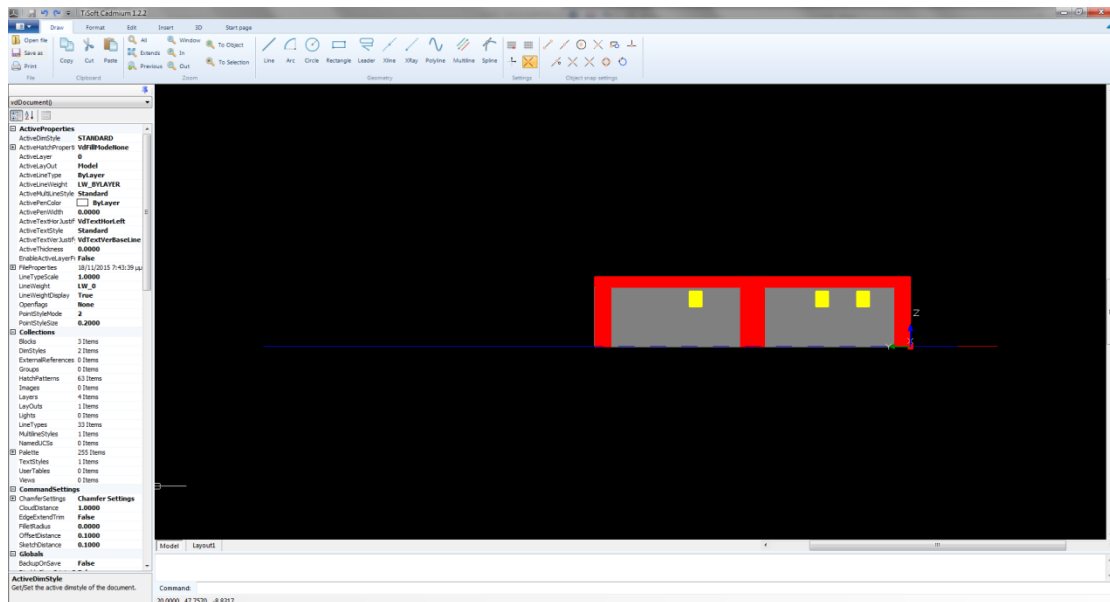
Σχήμα 26: Βόρεια πλευρά κτιρίου.



Σχήμα 27: Νότια πλευρά κτιρίου



Σχήμα 28: Ανατολική πλευρά κτιρίου.



Σχήμα 29: Δυτική πλευρά κτιρίου

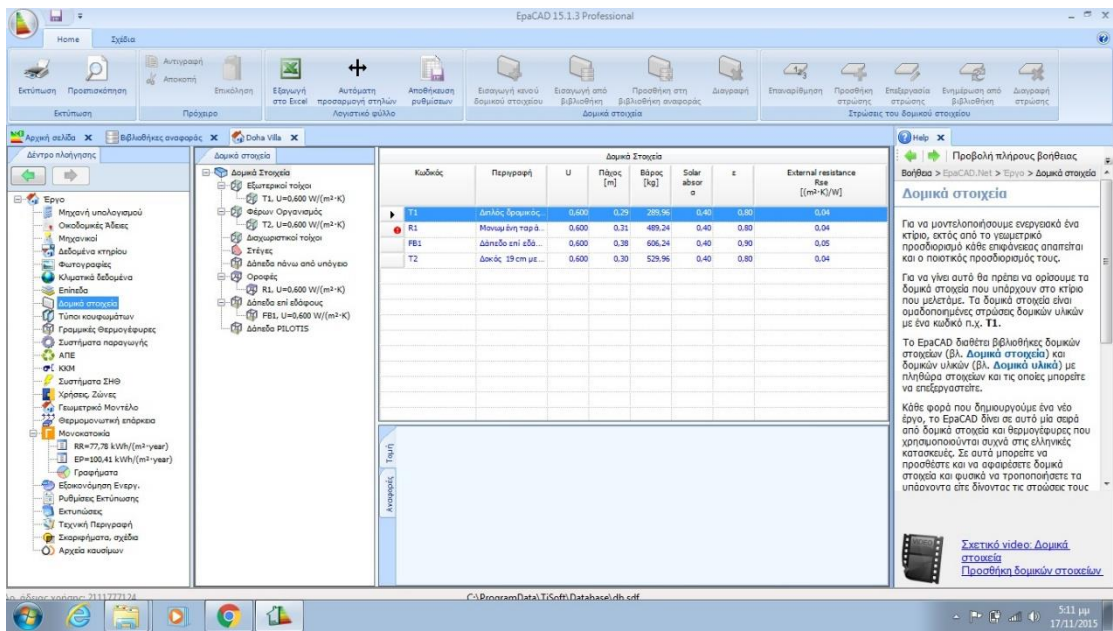
## 8.2 Δομικά στοιχεία

Τα δομικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη κτιρίου (συντελεστές θερμοπερατότητας τοίχων και κουφωμάτων) δίνονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου [37].

<b>Θερμοπερατότητα U τοίχων (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>0,6</b>
<b>Θερμοπερατότητα U παραθύρων (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>3</b>
<b>Μέσος ρυθμός εναλλαγής αέρα την ώρα</b>	<b>1,5</b>
<b>Θερμοπερατότητα U κουφωμάτων παραθύρων</b>	<b>3,61</b>
<b>Θερμοπερατότητα U ξύλινων πορτών</b>	<b>1,95</b>

Στα Σχήματα 30 και 31 φαίνεται ο τρόπος ορισμού των δομικών στοιχείων μέσα στο λογισμικό.



Σχήμα 30: Συντελεστής θερμοπερατότητας U τοίχων και παραθύρων



Σχήμα 31: Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων και πορτών

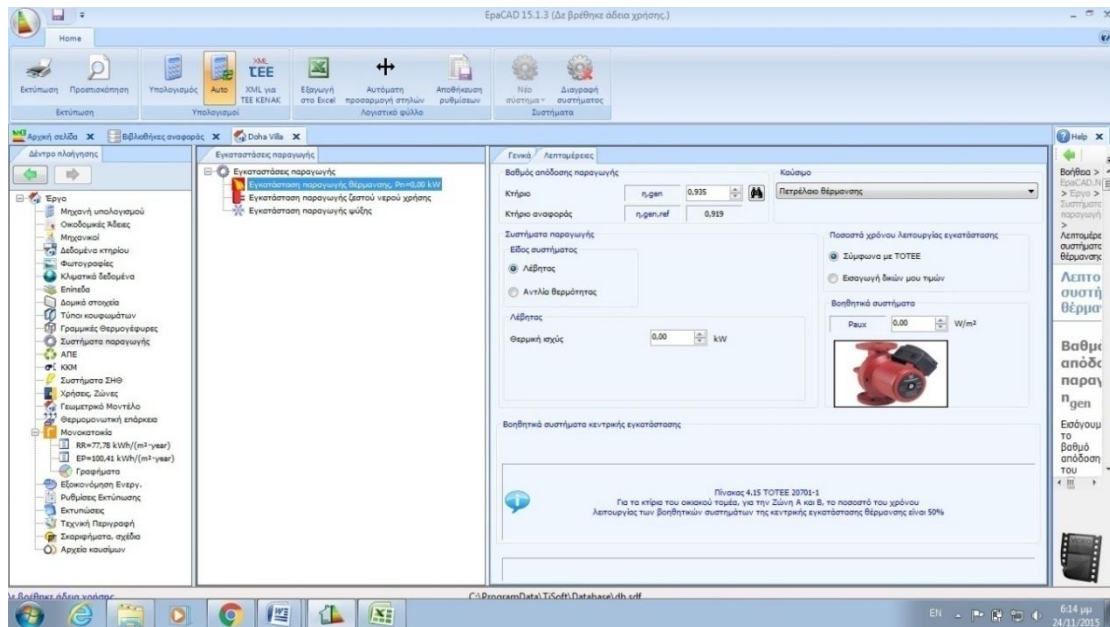
### 8.3 Συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης

Στη συνέχεια δίνονται τα δεδομένα των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης όπως εισήχθησαν στο λογισμικό.

#### 8.3.1 Σύστημα θέρμανσης

Η καρτέλα του συστήματος θέρμανσης δίνεται στο Σχήμα 32. Ορίστηκε ένα θεωρητικό σύστημα, όπως προβλέπεται από τις τεχνικές οδηγίες του Κ.Ε.Ν.Α.Κ., διότι πολύ σπάνια σε κτίρια χρήσης κατοικίας εγκαθίσταται σύστημα θέρμανσης στην υπό μελέτη περιοχή

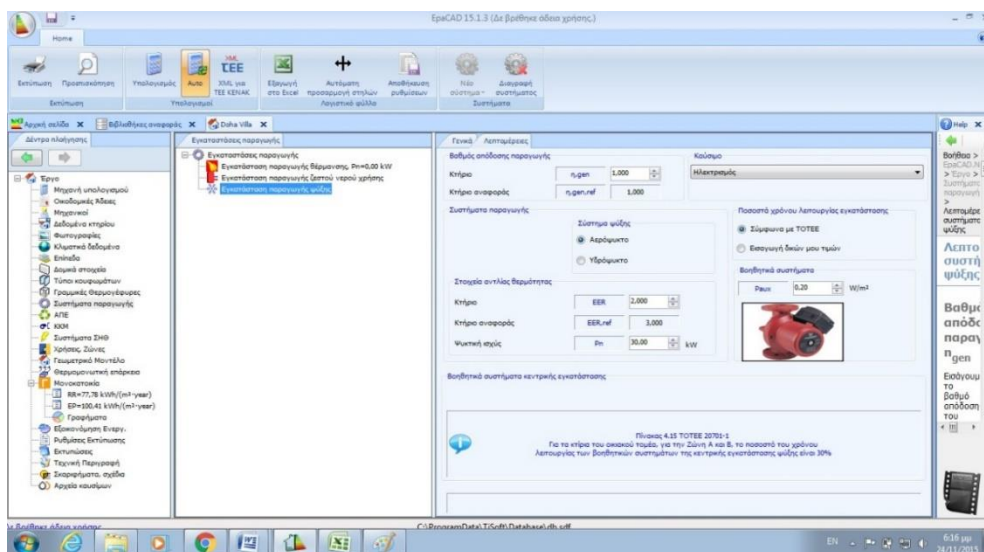
(Κατάρ). Αυτό προκύπτει εξάλλου και από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων καθώς σε όλα τα σενάρια λειτουργίας η κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης ήταν μηδενική. Ο ορισμός λοιπόν συστήματος θέρμανσης έγινε για τυπικούς λόγους. Ως εισοδος στο λογισμικό δόθηκε σύστημα λέβητα – καυστήρα απόδοσης 93,5% όπως ορίζεται στις τεχνικές οδηγίες του Κ.ΕΝ.Α.Κ. για θεωρητικό σύστημα θέρμανσης. Αντίστοιχα ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής ορίστηκε σε 95,5% και των τερματικών μονάδων σε 90%.



Σχήμα 32: Καρτέλα συστήματος παραγωγής θέρμανσης

### 8.3.2 Σύστημα παραγωγής ψύξης

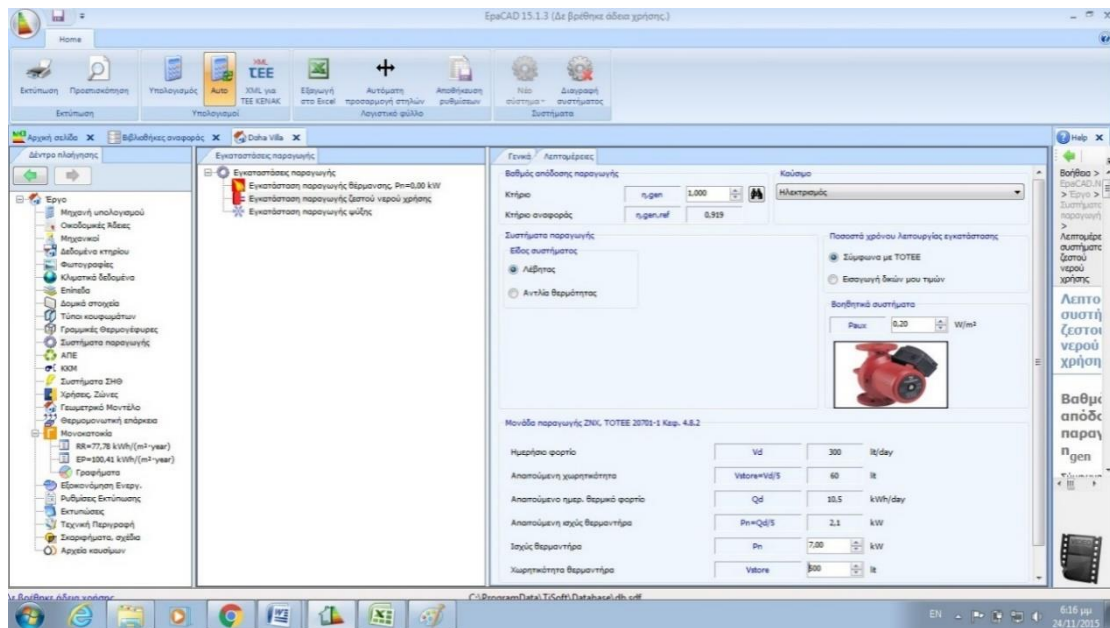
Για το σύστημα παραγωγής ψύξης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 33, ορίστηκε μονάδα αντλίας θερμότητας με βαθμό απόδοσης EER 2,0. Η απόδοση αυτή ανταποκρίνεται σε στοιχεία αντλιών θερμότητας παλαιότερης τεχνολογίας.



Σχήμα 33: Καρτέλα συστήματος παραγωγής ψύξης

### 8.3.3 Σύστημα παραγωγής ZNX

Σε ότι αφορά το σύστημα παραγωγής ZNX θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιείται ηλεκτρικός θερμαντήρας (Σχήμα 34). Η ενσωμάτωση ηλιακών συλλεκτών αποτέλεσε ένα από τα σενάρια λειτουργίας που εξετάστηκαν στη συνέχεια.



Σχήμα 34: Καρτέλα συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

## 9. Εναλλακτικά Σενάρια Λειτουργίας

Στη συνέχεια αναφέρονται οι επεμβάσεις που εξετάστηκαν στα διάφορα σενάρια λειτουργίας

- Σενάριο 1: Αφορά την εφαρμογή ανακλαστικής μεμβράνης υψηλής ανακλαστικότητας (0,9) στην οροφή του κτιρίου.
- Σενάριο 2: Αφορά την εφαρμογή μόνωσης συνολικού πάχους 25 cm στην οροφή του κτιρίου.
- Σενάριο 3: Αφορά τη συνδυαστική εφαρμογή μόνωσης συνολικού πάχους 25 cm στην οροφή και 15 cm στους τοίχους του κτιρίου.
- Σενάριο 4: Αφορά την αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων με νέα χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Σενάριο 5: Αφορά την αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων με νέα χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), χαμηλού ηλιακού κέρδους ( $G=0,4$ ) και υψηλού βαθμού αεροστεγανότητας ( $a=1$ )
- Σενάριο 6: Αφορά την αντικατάσταση των αντλιών θερμότητας με γεωθερμική αντλία βαθμού απόδοσης  $EER=4,5$
- Σενάριο 7: Αφορά την αντικατάσταση των αντλιών θερμότητας με σύστημα ηλιακής ψύξης (ψύκτης απορρόφησης με βαθμό απόδοσης  $EER=1,5$  σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες)
- Σενάριο 8: Αφορά την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συλλεκτών πολυκρυσταλλικής τεχνολογίας (βαθμός απόδοσης 15%) και συνολικής επιφάνειας  $30 \text{ m}^2$  στην οροφή του κτιρίου
- Σενάριο 9: Αφορά την ενσωμάτωση ηλιακών συλλεκτών τεχνολογίας κενού συνολικής επιφάνειας  $2\text{m}^2$  στην οροφή του κτιρίου
- Σενάριο 10: Αφορά την ενσωμάτωση οριζόντιου σκιάστρου (πρόβολος μήκους 2,5 m.) στη Νότια πλευρά του κτιρίου

## 10. Αποτελέσματα (Αρχική κατάσταση, Σενάρια)

Στον Πίνακα 19 εμφανίζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου στην υπάρχουσα κατάσταση του αλλά και στα δέκα υποθετικά σενάρια που μελετήθηκαν.

**Πίνακας 19: Αποτελέσματα των μετρήσεων της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου στην υπάρχουσα κατάσταση του αλλά και στα δέκα υποθετικά σενάρια που μελετήθηκαν.**

Σενάρια	Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> *year)	Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> *year)	ZNX (kWh/m <sup>2</sup> *year)	ΑΠΕ (kWh/m <sup>2</sup> *year)	Σύνολο (kWh/m <sup>2</sup> *year)	Συνολική πρωτογενής ενέργεια (kWh/year)	Συνολική πραγματική ενέργεια (kWh/year)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/year)	Εξοικονόμηση (€/year)
<b>Υπάρχον κτίριο</b>	0	77,54	22,83	0	100,37	44790,11	15444,87		
<b>Σενάριο 1</b>	0	74,65	22,83	0	97,48	43500,45	15000,16	444,71	53,37
<b>Σενάριο 2</b>	0	68,2	22,83	0	91,03	40622,14	14007,63	1437,23	172,47
<b>Σενάριο 3</b>	0	65,8	22,83	0	88,63	39551,14	13638,32	1806,54	216,79
<b>Σενάριο 4</b>	0	74,83	22,83	0	97,66	43580,78	15027,85	417,01	50,04
<b>Σενάριο 5</b>	0	72	22,83	0	94,83	42317,89	14592,38	852,49	102,30
<b>Σενάριο 6</b>	0	34,6	22,83	0	57,43	25628,14	8837,29	6607,58	792,91
<b>Σενάριο 7</b>	0	13,6	22,83	0	36,43	16256,89	5605,82	9839,04	1180,69
<b>Σενάριο 8</b>	0	77,54	22,83	64,57	35,8	15975,75	5508,88	9935,99	1192,32
<b>Σενάριο 9</b>	0	77,54	0	0	77,54	34602,23	11931,80	3513,065	421,57
<b>Σενάριο 10</b>	0	74,89	22,83	0	97,72	43607,55	15037,08	407,78	48,93

Στη συνέχεια γίνεται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου όσο και των διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας. Ακόμα, στον παραπάνω Πίνακα υπολογίστηκαν και ενδεικτικές τιμές εξοικονόμησης χρημάτων ανά έτος υπολογίζοντας το κόστος της ενέργειας στα 0,12 € ανά kWh.

**Υπάρχον κτίριο:** Στο υπάρχον κτίριο αλλά και σε όλα τα σενάρια προέκυψε μηδενική κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση. Αυτό είναι απόλυτα λογικό λόγω των υψηλών μέσων θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή του Κατάρ σε όλη τη διάρκεια του έτους. Αντιθέτως η κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών ψύξης είναι εξαιρετικά υψηλή (77,54 kWh/m<sup>2</sup>\*year), γεγονός το οποίο αντικατοπτρίζει τα πολύ υψηλά ψυκτικά φορτία της περιοχής καθώς και την ελλιπή θερμομονωτική προστασία. Η κατανάλωση για κάλυψη αναγκών ZNX είναι επίσης σχετικά υψηλή, κυρίως εξαιτίας του μεγάλου αριθμού υπνοδωματίων, αφού στα κτίρια χρήσης κατοικίας οι ανάγκες κατανάλωσης σύμφωνα με τον KENAK προκύπτουν ως συνάρτηση αυτού του αριθμού.

**Σενάριο 1:** Η εφαρμογή ανακλαστικής μεμβράνης στην οροφή μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των 440 kWh/έτος. Δεδομένου ότι μια τέτοια λύση δεν απαιτεί μεγάλο κόστος εφαρμογής και ιδιαίτερα απαιτητικές εργασίες, η εφαρμογή ανακλαστικής μεμβράνης είναι σίγουρα μία από τις πρώτες επιλογές επεμβάσεων που θα πρέπει να εξετάζονται σε κτίρια που είναι κατασκευασμένα σε τροπικά κλίματα.



Σενάριο 2: Η ενίσχυση μόνωσης της οροφής του κτιρίου επιφέρει εξοικονόμηση της τάξης των 1440 kWh/έτος. Παρά το αυξημένο κόστος μιας τέτοιας επέμβασης, τα επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρονται είναι ιδιαίτερα υψηλά και γι' αυτό και αυτή η λύση κρίνεται ως ιδιαίτερα αποδοτική.

Σενάριο 3: Η ενίσχυση της μόνωσης όλου του κελύφους μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση 1800 kWh/έτος περίπου. Η τιμή αυτή είναι σχετικά συγκρίσιμη με την εξοικονόμηση που προσφέρει το Σενάριο 2. Αυτό σημαίνει ότι για τα δεδομένα της μελέτης που έχουν θεωρηθεί στην παρούσα εργασία οι επεμβάσεις στην οροφή είναι μεγαλύτερης προτεραιότητας σε σχέση με τις επεμβάσεις στο υπόλοιπο κέλυφος.

Σενάριο 4: Η αλλαγή των κουφωμάτων με νέα καλύτερου συντελεστή θερμοπερατότητας προσφέρει επίπεδα εξοικονόμησης παρεμφερή με την επέμβαση ενίσχυσης της θερμομόνωσης της οροφής. Δεδομένου ότι μια τέτοια επέμβαση συνήθως είναι αρκετά πιο κοστοβόρα από την ενίσχυση της θερμομόνωσης προκύπτει ότι η βελτίωση του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής μπορεί να αποδειχθεί περισσότερο προσοδοφόρα επιλογή.

Σενάριο 5: Στην περίπτωση που παράλληλα με το συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων βελτιωθεί παράλληλα ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους και τα επίπεδα αεροστεγανότητας η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 852 kWh/m<sup>2</sup>\*year, ποσό αρκετά βελτιωμένο σε σχέση με τα νούμερα του Σεναρίου 4.

Σενάριο 6: Η ενσωμάτωση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι προφανές ότι προσφέρει σαφώς μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις που εξετάστηκαν έως τώρα. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ότι στην περίπτωση αυτή η δεξαμενή θερμοκρασίας προς εκμετάλλευση (έδαφος) παρέχει σχετικά σταθερό προφίλ θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του έτους, οδηγώντας σε πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης της αντλίας (συνήθως άνω του 4). Πέραν αυτού, η ενσωμάτωση της γεωθερμικής αντλίας έχει επίδραση στην κατανάλωση ψύξης, που αποτελεί μακράν το μεγαλύτερο ποσοστό σε ότι αφορά τις αρχικές καταναλώσεις του κτιρίου.

Σενάριο 7: Η ενσωμάτωση συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι προφανές ότι παρέχει ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης, ακόμα και εν συγκρίσει με το Σενάριο 6. Η συνολική εξοικονόμηση ανέρχεται σε 9840 kWh/m<sup>2</sup>\*year περίπου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πηγή θερμότητας (ηλιακή ακτινοβολία) για τη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης υπάρχει σε αφθονία στην υπό εξέταση περιοχή γίνεται κατανοητό ότι η συγκεκριμένη επέμβαση θα πρέπει να αποτελεί σε κάθε περίπτωση πρώτη προτεραιότητα.

Σενάριο 8: Η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συλλεκτών είναι αντίστοιχη αυτής του Σεναρίου 7. Παρόλα αυτά τα θέματα απόδοσης που εμφανίζουν οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες σε υψηλές θερμοκρασίες καταδεικνύουν ότι τα συστήματα ηλιακής ψύξης είναι προτιμότερη λύση για ζεστά κλίματα.

Σενάριο 9: Η ενσωμάτωση των ηλιακών συλλεκτών τεχνολογίας κενού οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των 3500 kWh/m<sup>2</sup>\*year μηδενίζοντας την κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη φορτίων ZNX. Είναι χαρακτηριστικό ότι για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα απαιτούνται μόνο 2 m<sup>2</sup> συλλεκτών κενού, γεγονός που οφείλεται προφανώς στα πολύ ψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας στην περιοχή του Κατάρ.

Σενάριο 10: Η ένταξη στο κέλυφος του κτιρίου οριζόντιου προβόλου στη Νότια πλευρά οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης κατά 400 kWh/m<sup>2</sup>\*year περίπου, δηλαδή κοντά στα επίπεδα εξοικονόμησης που επιτυγχάνονται με την αλλαγή των κουφωμάτων.

## 11. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ενεργειακή απόδοση κτιρίου με χρήση μονοκατοικίας στην περιοχή του Κατάρ. Ελήφθησαν υπόψη τα κλιματικά δεδομένα της πρωτεύουσας του Κατάρ, Ντόχα. Εξετάστηκε η κατανάλωση ενέργειας τόσο για ένα συμβατικό κτίριο όσο και για διάφορα σενάρια λειτουργίας που περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση διαφορετικών τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Σε ότι αφορά τις επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι επεμβάσεις στην οροφή του κτιρίου (προσθήκη θερμομόνωσης, εφαρμογή ανακλαστικής μεμβράνης) είναι τα πλέον αποδοτικά μέτρα. Σχετικά με τα συστήματα παραγωγής ψύξης και ZNX, οι πιο αποδοτικές επεμβάσεις που εξετάστηκαν ήταν η ενσωμάτωση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και η αξιοποίηση συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

## 12. Βιβλιογραφία

- [1] Γ. Σταμούλης, «Η απειλή της κλιματικής αλλαγής,» Αθήνα, 2015.
- [2] Ε. Τράπεζα της Ελλάδος, «Έκθεση του Διοικητή για το έτος 2013,» Αθήνα, 2013.
- [3] C. D. Keeling, «NOAA,» . Available:  
[ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt).
- [4] «The Shift Project Data Portal, Browse Energy and Climate Data,» 2010. . Available:  
<http://www.tsp-data-portal.org/Breakdown-of-GHG-Emissions-by-Sector-and-Gas#tspQvChart>.
- [5] Λ. Γιαννακοπούλου, «Τομέας Εθνικού Ενδιαφέροντος: Ενέργεια,» ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, Αθήνα, 2013.
- [6] Τ. Μ. Τόπριστα Β., «Αξιολόγηση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς Πανεπιστημιακών Κτιρίων - Το Κτίριο της Υδραυλικής του ΑΠΘ,» ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 2010.
- [7] Ο. Κ. Π. Π. Αθηνών, «Ενέργεια και Περιβάλλον στον κτιριακό τομέα, μια πρόκληση για το παρόν και για το μέλλον,» Πανελλήνιος Σύνδεσμος Ανώνυμων Τεχνικών Εταιριών & ΕΠΕ, Αθήνα, 2008.
- [8] Σ. Λ. Παπαθανασίου Φ., «Διερεύνηση Δυνατοτήτων Εφαρμογής της Αναθεωρημένης Οδηγίας Ενεργειακής Συμπεριφοράς Κτιρίων σε Πανεπιστημιακό Κτίριο του Α.Π.Θ.,» Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2011.
- [9] Ε. ΣΤΑΤ., «ΕΛ. ΣΤΑΤ. 2006,» Αθήνα, 2006.
- [10] Υ. Ανάπτυξης, Ανάπτυξης, Υπουργείο, Αθήνα, 2011.
- [11] Α. G. G. E. G. S. M. Y. S. D. P. L. C. A. Balaras, «European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings,» *Building and Environment*, τόμ. 42, αρ. 3, pp. 1298-1314, March 2007.
- [12] Τ. Τ. Κ. Κ. Α.Μ. Papadopoulos, «Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: the impact of energy prices and the acceptable pay back time criterion,» *Energy and Buildings*, τόμ. 34, αρ. 5, pp. 455-466, 2002.
- [13] NHSS, «Statistics of building construction activity for the years 1995 and 1997.,» National Hellenic Statistical Service, Athens, 2000.
- [14] Ε. Μ. The National Academies of Sciences, «needtoknow,» 2015. .
- [15] «ΚΑΠΕ,» . Available:  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/biomixania/biomixania\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/biomixania_intro.htm).
- [16] «www.cres.gr,» . Available:  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/metafores/metafores\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/metafores/metafores_intro.htm).

- [17] Π. Κασσάπης, «Μείωση της κατανάλωσης καυσίμων στις μεταφορές μέσω της επιβεβλημένης μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>,» Ημερίδα Πράσινες Μεταφορές (IENE), Αθήνα, 2008.
- [18] T. N. A. ο. S. E. Medicine, «The National Academies of Sciences Engineering Medicine,» 2015. . Available: <http://needtoknow.nas.edu/energy/energy-use/transportation/>.
- [19] «kpe-kastor.kas.sch.gr,» . Available: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/efficient/transportation.htm>. [Πρόσβαση 02 10 2015].
- [20] Ε. Ε. τ. Ε. Ένωσης, «ΟΔΗΓΙΑ 2012/27/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ,» Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης , 2012.
- [21] Ε. Καλογριανίτης, «Διαμόρφωση Συνεργατικού Μηχανισμού Καινοτομίας: Μελέτη Περίπτωσης στην Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Ελληνικά Κτίρια,» ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.
- [22] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, «ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ,» Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, , 2010.
- [23] ΤΕΕ, «ΤΕΕ Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,» . Available: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak).
- [24] Μ. Τράτσα, «Στο Ευρωδικαστήριο η Ελλάδα για εξοικονόμηση ενέργειας και αλιεία,» Το Βήμα, Αθήνα, 2015.
- [25] Ε. Κυβέρνηση, «Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος 407,» Αθήνα, 2010.
- [26] Ο. Ε. Τ.Ε.Ε., «Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Β' Έκδοση,» Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2012.
- [27] M. Darwish, «Towards Energy Conservation in Qatar,» *Open Journal of Energy Efficiency*, τόμ. 2, αρ. 4, pp. 176-191, 2013.
- [28] «Συμβούλιο Συνεργασίας των Αραβικών Χωρών του Κόλπου,» Ριάντ, Σαουδική Αραβία, 1981.
- [29] F. M. S. P. H. A. G. N. Ayoub, «Energy consumption and conservation practices in Qatar - A case study of a hotel building,» *Energy and Buildings*, τόμ. 84, pp. 55-69, 2014.
- [30] N. H. C. L. J. Meltzer, «Low Carbon Energy Transitions in Qatar and the Gulf Cooperation Council Region,» *Global Economy and Development at Brookings*, 2014.
- [31] Q. G. S. f. D. Planning, «Qatar National Development Strategy 2011~2016,» Gulf Publishing and Printing Company, Doha, Doha, 2011.
- [32] M. d. Boncourt, «The Gulf Countries' Energy Strategies. What's on the Menu for the Power Sector?,» *Gouvernance européenne et géopolitique de l'énergie*, Bruxelles, 2012.

- [33] «weather-and-climate.com,» . Available: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Wind-speed,doha,Qatar>.
- [34] «worldweatheronline,» . Available: <http://www.worldweatheronline.com/Doha-weather-averages/Ad-Dawhah/QA.aspx>.
- [35] «en.climate-data.org,» . Available: <http://en.climate-data.org/location/6368/>.
- [36] «PVGIS,» . Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solres.htm>.
- [37] F. H. M. A. K. M. Kharseh, «The possibility to lower buliding energy consumptions in Qatar,» Joint Qatar Foundation Annual Research Forum and Arab Expatriate Scientists Network Symposium 2012, Doha, 2012.
- [38] «www.brookings.edu,» . Available: <http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2014/03/low-carbon-energy-transitions-qatar-meltzer-hultman/03-low-carbon-energy-transitions-qatar-meltzer-hultman-chapter-3.pdf?la=en>. [Πρόσβαση 25 10 2015].