



Πανεπιστήμιο Πειραιά

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας

ΠΜΣ στην Βιομηχανική Διοίκηση και Τεχνολογία

Κατεύθυνση Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβάλλοντος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη σεναρίων ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των Περιφερειών
Δυτικής Μακεδονίας και Ηπείρου»

Χρήστος Κορδαλής

Ιούνιος 2022

«Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου».

«Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο καθηγητή Αλέξανδρο Φλάμο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντας μου την ευκαιρία να συνεργαστώ με το εργαστήριο Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων του πανεπιστημίου Πειραιά για την διπλωματική μου εργασία. Ο ίδιος, μέσω των διαλέξεων και των συζητήσεων μας μου όξυνε το ενδιαφέρον για το αντικείμενο της ενέργειας και του οφείλω μεγάλο μέρος των γνώσεων που αποκόμισα από το μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Θερμά ευχαριστώ επίσης τους συνεργάτες του εργαστηρίου για την ανάπτυξη του μεθοδολογικού πλαισίου και την συνολική υποστήριξη, διδάκτορα Βασίλη Σταύρακα και την (ΥΔ) Δήμητρα Τζανή. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω για την καλή συνεργασία τον (ΥΔ) Δημήτρη Παπαντώνη του οποίου η καθοδήγηση ήταν πολύτιμη τόσο κατά την υλοποίηση όσο και κατά την συγγραφή της εργασίας.

Τελευταίο αλλά πάντα σημαντικότερο είναι το ευχαριστώ που πάει στους φίλους και την οικογένεια για την συνεχή στήριξη τους σε αυτά τα χρόνια εντατικής εργασίας και μελέτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί μια προτεραιότητα της Ευρωπαϊκή πολιτικής τα τελευταία χρόνια, ωστόσο παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις. Για την επίτευξη των φιλόδοξων στόχων που τίθενται σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο είναι απαραίτητη η εφαρμογή σύνθετων και πολύπλοκων πολιτικών, των οποίων οι συνέπειες είναι δύσκολο να προσδιοριστούν εκ των προτέρων. Για αυτό το σκοπό, είναι κοινή πρακτική η χρήση υπολογιστικών μοντέλων και η προσομοίωση σεναρίων πολιτικής. Αυτό επιχειρείται και από την παρούσα εργασία, η διερεύνηση σεναρίων ενεργειακής μετάβασης για τον οικιακό τομέα δύο Περιφερειών της χώρας, αυτές της Ηπείρου και της Δυτικής Μακεδονίας.

Κάνοντας χρήση υπολογιστικού μοντέλου, εξάγονται τα αποτελέσματα ετήσιας κατανάλωσης ανά κλιματική ζώνη και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση δύο διαφορετικών σεναρίων στην περίοδο 2021-2040. Το πρώτο σενάριο αντιστοιχεί σε ένα σενάριο υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας διείσδυση του φυσικού αερίου στο μείγμα του οικιακού τομέα. Το δεύτερο σενάριο είναι σενάριο εξηλεκτρισμού και περιγράφει μια βραχυπρόθεσμη μόνο υιοθέτηση του φυσικού αερίου, όπου στην συνέχεια η εγκατάσταση νέων συστημάτων φυσικού αερίου παύει και δίνει τη θέση του σε αντλίες θερμότητας. Τα δύο σενάρια συγκρίνονται με βάση τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που επιτυγχάνουν αλλά και το κόστος εφαρμογής τους, το οποίο περιλαμβάνει τα κόστη καυσίμου, εγκατάστασης νέων συστημάτων θέρμανσης, ανακαινίσεων και φόρου εκπομπής CO_2 . Τα ευρήματα υποδεικνύουν πως το δεύτερο σενάριο οδηγεί σε μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και εκπομπών με παραπλήσιο κόστος εφαρμογής και καλύτερη οικονομική αποτελεσματικότητα σε σχέση με πρώτο.

Λέξεις κλειδιά: Τελική κατανάλωση ενέργειας, ζήτηση οικιακού τομέα, θερμικές ανάγκες, εξηλεκτρισμός, ενεργειακή μετάβαση, σενάρια πολιτικής

ABSTRACT

Tackling climate change has been a priority for European policy in recent years, but it presents significant challenges. Achieving the ambitious targets set at European and National level requires the implementation of complex and sophisticated policies, the consequences of which are difficult to be determined in advance. To this end, it is common practice to use computer models and simulate policy scenarios. This is attempted also by this study, the investigation of energy transition scenarios for the residential sector of two Regions of Greece, Epirus and Western Macedonia.

Using a computer model, annual consumption results per climate zone are extracted and then used to simulate two different scenarios in the period 2021-2040. The first scenario represents a high intensity and mid-term penetration of natural gas in the residential sector mix. The second scenario is a scenario of electrification and describes only short-term adoption of natural gas, where the installation of new natural gas systems ceases and gives way to heat pumps. The two scenarios are compared in terms of the reduction in energy consumption and carbon dioxide (CO₂) emissions they achieve and their implementation costs, which include the costs of fuel, installation of new heating systems, renovations and CO₂ tax. The findings indicate that the second scenario leads to reduced energy consumption and emissions with similar implementation costs and better economic efficiency than the first one.

Keywords: Final energy consumption, residential sector demand, thermal demand, electrification, energy transition, policy scenarios

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Αντικείμενο και Σκοπός.....	1
1.2 Συνεισφορά της Εργασίας.....	2
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	3
2.1 Κλιματική Αλλαγή & Εκπομπές CO ₂	3
2.2 Πολιτικές Αντιμετώπισης Κλιματικής Αλλαγής σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο	4
2.3 Πολιτικές Αντιμετώπισης Κλιματικής Αλλαγής σε Εθνικό Επίπεδο	5
2.3.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα	5
2.3.2 Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050	5
2.4 Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα	6
2.4.1 Ο Κτηριακός Τομέας στην Ελλάδα.....	8
2.4.2 Ο Οικιακός Τομέας στην Ελλάδα	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ “DREEM”	13
3.1 Χαρακτηριστικά του Μοντέλου	13
3.2 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου	13
3.2.1 Τμήμα 1 - Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα	13
3.2.2 Τμήμα 2 - Κτηριακό Κέλυφος	13
3.2.3 Τμήμα 3 - Ζήτηση Ενέργειας.....	14
3.2.4 Υπό-τμήμα 3.1 – Πληρότητα Οικίας	15
3.2.5 Υπό-τμήμα 3.2 – Συσκευές.....	15
3.2.6 Υπό-τμήμα 3.3 – Θέρμανση, Εξαερισμός και Κλιματισμός.....	15
3.2.7 Τμήμα 4 - Θερμική Άνεση.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΓΑΒΑΣΗΣ. 17	
4.1 Παραμετροποίηση “DREEM”.....	17
4.1.1 Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα	17
4.1.2 Κτηριακό Κέλυφος	18
4.1.3 Ζήτηση Ενέργειας.....	20
4.1.4 Πληρότητα Οικίας	20
4.1.5 Συσκευές.....	24
4.1.6 Θέρμανση, Εξαερισμός και Κλιματισμός.....	25
4.1.7 Θερμική Άνεση.....	26
4.2 Σενάρια Ενεργειακής Μετάβασης.....	26
4.3 Γενικές Παραδοχές.....	28

4.4 Παραδοχές κατά τη Διερεύνηση των Σεναρίων	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΗΠΕΙΡΟΥ	31
5.1 Αποτελέσματα “DREEM”	31
5.2 Κτηριακό Απόθεμα Οικιακού Τομέα	33
5.3 Τελική Κατανάλωση & Εξοικονομήσεις	34
5.4 Εκπομπές CO ₂	37
5.5 Κόστος Επεμβάσεων	38
5.6 Κόστος Εκπομπών.....	39
5.7 Κόστος Χρήσης Καυσίμων	41
5.8 Συνολικό Κόστος Σεναρίων	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	43
6.1 Αποτελέσματα “DREEM”	43
6.2 Κτηριακό Απόθεμα Οικιακού Τομέα	44
6.3 Τελική Κατανάλωση και Εξοικονομήσεις	45
6.4 Εκπομπές CO ₂	48
6.5 Κόστος Επεμβάσεων	49
6.6 Κόστος Εκπομπών.....	50
6.7 Κόστος Καυσίμων	52
6.8 Συνολικό Κόστος Σεναρίων	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	55
7.1 Σύγκριση Σεναρίων Περιφέρειας Ηπείρου.....	55
7.2 Σύγκριση Σεναρίων Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.....	56
7.3 Συζήτηση.....	57
7.4 Προτάσεις Μελλοντικής Εργασίας	58
7.5 Προκλήσεις που Αντιμετωπίστηκαν	58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1. Τελική κατανάλωση ενέργειας 2000-2019 (CRES, 2021).....	7
Διάγραμμα 2.2. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο 2000-2019 (CRES, 2021)	7
Διάγραμμα 2.3. Μεριδίο καυσίμου στην τελική κατανάλωση 2000-2019 (CRES, 2021).....	8
Διάγραμμα 2.4. Κτήρια αποκλειστικής χρήσης ανά είδος χρήσης	8
Διάγραμμα 2.5. Κτήρια ανά περίοδο κατασκευής.....	9
Διάγραμμα 2.6. Πλήθος ΠΕΑ ανά ενεργειακή κατηγορία του κτηριακού τομέα.....	9
Διάγραμμα 2.7. Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (αριστερά) και κατανάλωση οικιακού τομέα ανά καύσιμο (δεξιά).....	10
Διάγραμμα 2.8. Κατανάλωση ενέργειας ανά είδος χρήσης	11
Διάγραμμα 5.1. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Ήπειρος Σενάριο Α	33
Διάγραμμα 5.2. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος – Ήπειρος, Σενάριο Β.....	34
Διάγραμμα 5.3. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές – Ήπειρος, Σενάριο Α.....	35
Διάγραμμα 5.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο – Ήπειρος, Σενάριο Α.....	35
Διάγραμμα 5.5. Τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Ήπειρος Σενάριο Β.....	36
Διάγραμμα 5.6. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο – Ήπειρος, Σενάριο Β.....	36
Διάγραμμα 5.7. Αθροιστικές εξοικονομήσεις ανά τεχνολογία – Ήπειρος	37
Διάγραμμα 5.8. Εξέλιξη εκπομπών CO ₂ και εκπομπές που αποφεύχθηκαν λόγω ανακαινίσεων - Ήπειρος.....	38
Διάγραμμα 5.9. Αθροιστικό κόστος επεμβάσεων - Ήπειρος.....	39
Διάγραμμα 5.10. Εξέλιξη κόστους εκπομπών CO ₂ – Ήπειρος.....	40
Διάγραμμα 5.11. Αθροιστικό κόστος εκπομπών CO ₂ - Ήπειρος.....	40
Διάγραμμα 5.12: Εξέλιξη κόστους χρήσης καυσίμου ανά καύσιμο – Ήπειρος.....	41
Διάγραμμα 5.13. Συνολικό κόστος σεναρίων - Ήπειρος.....	42
Διάγραμμα 6.1. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.....	44
Διάγραμμα 6.2. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.....	45
Διάγραμμα 6.3. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.....	46
Διάγραμμα 6.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.....	46
Διάγραμμα 6.5. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.....	47
Διάγραμμα 6.6. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.....	48
Διάγραμμα 6.7. Αθροιστικές εξοικονομήσεις ανά τεχνολογία - Δ. Μακεδονία.....	48
Διάγραμμα 6.8. Εξέλιξη εκπομπών CO ₂ και εκπομπές που αποφεύχθηκαν λόγω ανακαινίσεων – Δ. Μακεδονία.	49
Διάγραμμα 6.9. Αθροιστικό κόστος Επεμβάσεων - Δ. Μακεδονία.....	50
Διάγραμμα 6.10. Εξέλιξη κόστους εκπομπών CO ₂ - Δ. Μακεδονία.....	51
Διάγραμμα 6.11. Αθροιστικό κόστος εκπομπών CO ₂ , Δ. Μακεδονία.....	51
Διάγραμμα 6.12. Εξέλιξη κόστους χρήσης καυσίμου ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία.....	52
Διάγραμμα 6.13. Συνολικό κόστος σεναρίων - Δ. Μακεδονία.....	53
Διάγραμμα 7.1. Εκπομπές CO ₂ και προβολή στο 2050 - Ήπειρος	56

Διάγραμμα 7.2. Εκπομπές CO ₂ και προβολή στο 2050 - Δ. Μακεδονία	57
---	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Σενάρια πολιτικής Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050	6
Πίνακας 3.1. Κατηγορίες Δείκτη PMV	16
Πίνακας 4.1. Κατοικίες ανά Κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής, Ήπειρος	19
Πίνακας 4.2. Κατοικίες ανά Κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής, Δ. Μακεδονία	19
Πίνακας 4.3. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος	20
Πίνακας 4.4. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος	21
Πίνακας 4.5. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία	22
Πίνακας 4.6. Παράδειγμα πίνακα δραστηριότητας	23
Πίνακας 4.7. Ποσοστό κτίσης συσκευών και ώρες χρήσης.....	24
Πίνακας 4.8. Μείγματα τεχνολογιών θέρμανσης	25
Πίνακας 4.9. Επεμβάσεις σεναρίων Ηπείρου	27
Πίνακας 4.10. Επεμβάσεις σεναρίων Δ. Μακεδονίας.....	28
Πίνακας 4.11. Στόχοι, αρχική κατάσταση και ρυθμός επίτευξης των σεναρίων.	29
Πίνακας 4.12. Στόχος διείσδυσης φυσικού αερίου και ρυθμός επίτευξης	30
Πίνακας 5.1. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος.....	31
Πίνακας 5.2. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος (συνέχεια).....	31
Πίνακας 5.3. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος	32
Πίνακας 5.4. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος (συνέχεια).....	32
Πίνακας 6.1. Αποτελέσματα DREEM σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία	43
Πίνακας 6.2. Αποτελέσματα DREEM σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία (συνέχεια)	43
Πίνακας 7.1. Σύγκριση σεναρίων - Ήπειρος	55
Πίνακας 7.2. Σύγκριση σεναρίων - Ήπειρος	56
Πίνακας I.1. Συντελεστής εκπομπών ορυκτών καυσίμων.	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1. Μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας του πλανήτη (IPCC, 2021)	3
Εικόνα 3.1. Αρχιτεκτονική του μοντέλου.....	14
Εικόνα 4.1. Κλιματικές ζώνες ενδιαφέροντος	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο και Σκοπός

Η ζήτηση ενέργειας ολοένα και αυξάνεται τις τελευταίες δεκαετίες. Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα όπως γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και σε ένα μικρότερο μέρος από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), κυρίως ηλιακή και αιολική. Το μέρος της ζήτησης που καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα συνεπάγεται και την εκπομπή αέριων ρύπων του θερμοκηπίου αλλά συνδέεται και γενικότερα με την επιβάρυνση ή υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Προς αυτήν την κατεύθυνση έχουν οριστεί στόχοι, που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αέριων ρύπων. Για την επίτευξη των στόχων σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο ακολουθούνται συγκεκριμένες πολιτικές, όπως οι διείσδυση των ΑΠΕ στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής, η μείωση και αντικατάσταση ρυπογόνων στερεών ορυκτών καυσίμων (απολιγνιτοποίηση), η αύξηση ενεργειακής απόδοσης, η χρήση μεθόδων διαχείρισης της ζήτησης, αλλαγή τεχνολογιών στην κατανάλωση (εξηλεκτρισμός). Φυσικά, η εφαρμογή κάθε τέτοιας πολιτικής αντιμετωπίζει προκλήσεις και φέρει αποτελέσματα τα οποία είναι δύσκολο να οριστούν εκ των προτέρων.

Η ανάπτυξη ηλιακής ενέργειας στον οικιακό τομέα ενέχει κοινωνικοοικονομικούς κινδύνους, όπως η πιθανή αύξηση της χονδρικής τιμής ενέργειας από την μεριά των παραγωγών για την αντιστάθμιση διαφευγόντων κερδών, λόγω αυτό-παραγωγής, εις βάρος των λοιπών καταναλωτών (Nikas, et al., 2020). Για την επίτευξη ενεργειακής εξοικονόμησης πρόκληση αποτελεί η επιλογή των επιλέξιμων μέτρων για την μεγιστοποίηση της συμμετοχής ωφελούμενων από την εν λόγω πολιτική (Spyridaki, et al., 2020). Η απολιγνιτοποίηση του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής πρέπει να υλοποιηθεί κατάλληλα ώστε η ενεργειακή μετάβαση να γίνει δίκαια και ομαλά για τις περιοχές εγκατάστασης των μονάδων και ορυχείων (Marinakos, et al., 2020).

Επειδή, όπως προκύπτει και από τα παραπάνω παραδείγματα της βιβλιογραφίας, η ανάλυση αντίστοιχων θεμάτων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, κοινή πρακτική αποτελεί η χρήση υπολογιστικών μοντέλων, τα οποία επηρεάζουν – αλλά και επηρεάζονται από – την χάραξη πολιτικής (Süsser, et al., 2021). Μέσω αυτών, μπορεί να γίνει η επιλογή του κατάλληλου μείγματος πολιτικής ή να καθοριστούν οι κρίσιμες παράμετροι που θα επιτύχουν τους στόχους που τίθενται, εξασφαλίζοντας παράλληλα και την οικονομική αποτελεσματικότητα των μέτρων. Άλλα μοντέλα χρησιμεύουν για την διερεύνηση του μεριδίου αγοράς, συσχετίζοντας την υιοθέτηση τεχνολογίας με τα οφέλη των καταναλωτών, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη πολιτική (Stavrakas, et al., 2019). Τα μοντέλα, τείνουν να βελτιώνονται καθώς γίνονται πιο πολύπλοκα και λεπτομερή, όμως οι χρήστες τους επιθυμούν νέες πιο κατανοητές προσεγγίσεις που θα περιλαμβάνουν επίσης κοινωνικές και πολιτικές παραμέτρους (Süsser, et al., 2022). Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό οι δημιουργοί των μοντέλων να λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες των χρηστών και να σχεδιάζουν με τέτοιο τρόπο ώστε τα αποτελέσματά τους να είναι χρήσιμα για την υποστήριξη αποφάσεων πολιτικής (Gaschnig, et al., 2020). Ορισμένα από τα κλασικά ερωτήματα των χρηστών στον τομέα της μοντελοποίησης ενεργειακής ζήτησης είναι «πώς θα εξελιχθεί ζήτηση;», «πώς θα μεταβληθούν τα προφίλ ζήτησης;» και πώς οι πολιτικές ενεργειακής αποδοτικότητας θα συνεισφέρουν στην επίτευξη των κλιματικών στόχων;» (Chatterjee, et al., 2022).

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στο ζήτημα του εξηλεκτρισμού και των τεχνολογιών θέρμανσης κάνοντας χρήση αποτελεσμάτων υπολογιστικού μοντέλου. Σκοπός είναι να εξεταστούν διαφορετικά σενάρια ενεργειακής μετάβασης στον οικιακό τομέα των περιφερειών Δυτικής Μακεδονίας

και Ηπείρου. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το “DREEM” (Dynamic high-Resolution dEmand-sidE Management model) το οποίο έχει αναπτυχθεί από το εργαστήριο Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων του τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Συγκεκριμένα, εξετάζονται σενάρια υψηλής διείσδυσης συστημάτων φυσικού αερίου και σενάρια αυξημένης διείσδυσης αντλιών θερμότητας, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες της κάθε Περιφέρειας. Στην συνέχεια, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων σε επίπεδο κατανάλωσης τελικής ενέργειας, εκπομπών CO₂ αλλά και κόστους ώστε να συγκριθεί η οικονομική αποτελεσματικότητα των σεναρίων.

1.2 Συνεισφορά της Εργασίας

Η συνεισφορά της εργασίας έγκειται στη χρήση μοντέλου για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών σε υψηλό επίπεδο χωρικής ανάλυσης δηλαδή σε επίπεδο περιφέρειας. Συγκεκριμένα η ανάλυση αφορά στις Περιφέρειες Δυτικής Μακεδονίας και Ηπείρου ενώ η παραμετροποίηση λαμβάνει υπόψη και τις κλιματικές ζώνες που εντοπίζονται εντός των Περιφερειών. Τα δεδομένα εισόδου του “DREEM” επιδέχονται λεπτομερή παραμετροποίηση και το εργαλείο μπορεί να εξάγει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου και η χρήση τους για την διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων ενδέχεται να φανούν χρήσιμα στην χάραξη πολιτικής των εν λόγω Περιφερειών, σχετικά με την ενεργειακή τους μετάβαση. Με τη σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων, θα είναι δυνατό να γίνει μια πρόταση σχετικά με την επιλογή των κατάλληλων μέσων που θα καλύψουν τις θερμικές ανάγκες τις κάθε Περιφέρειας, με ποσοτικοποιημένο και τεκμηριωμένο τρόπο.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

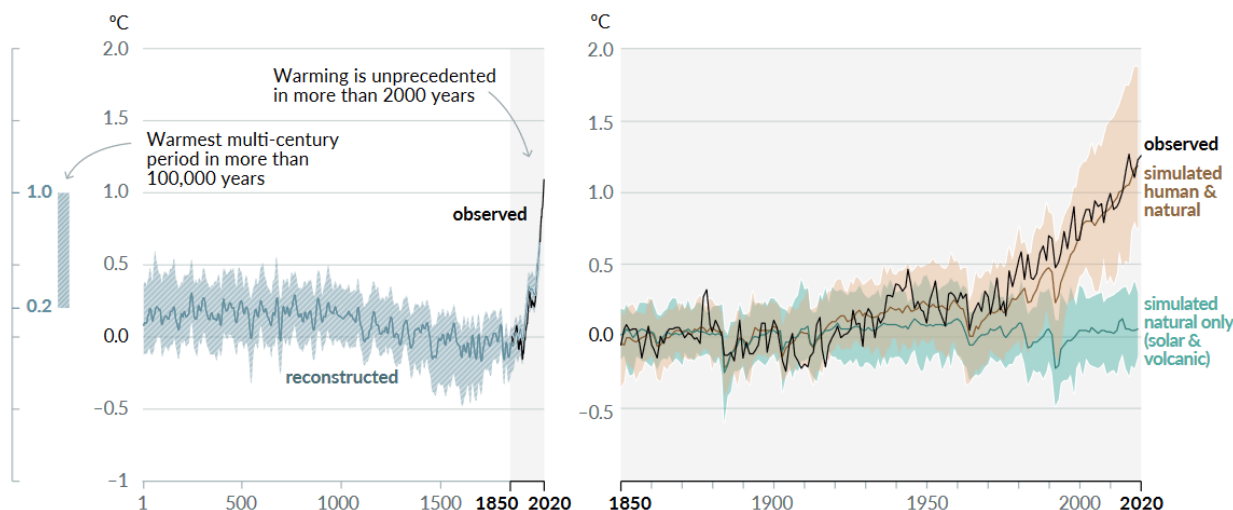
Η εργασία ακολουθεί την εξής δομή: Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου και δίνονται στοιχεία για το πλαίσιο πολιτικής σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο για την αντιμετώπιση του. Ακόμα γίνεται μια ανασκόπηση του οικιακού τομέα της χώρας. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα σχετικά με το σκοπό της εργασίας τμήματα του μοντέλου “DREEM”, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο η προεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι σε αυτά τα τμήματα και η αναλυτική περιγραφή των υπό εξέταση σεναρίων. Στο πέμπτο και έκτο κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου και τα αποτελέσματα των σεναρίων για την Περιφέρεια Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας αντίστοιχα. Το έβδομο κεφάλαιο, περιέχει τα συμπεράσματα που εξήχθησαν καθώς και προτάσεις μελλοντικής εργασίας. Τέλος ακολουθεί η λίστα βιβλιογραφικών πηγών και παράρτημα με τις παραδοχές που έγιναν για τα κόστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

2.1 Κλιματική Αλλαγή & Εκπομπές CO₂

Ο όρος κλιματική αλλαγή υποδηλώνει την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη και είναι συνδεδεμένος με ανθρωπογενή αίτια. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό και απαραίτητο για την διατήρηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και την υποστήριξη της ζωής σε αυτόν. Ωστόσο έχει μετρηθεί σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας από το 1850 και μετά, η οποία συνδέεται άμεσα με την ανθρωπίνη βιομηχανική δραστηριότητα και τις εκπομπές που αυτή συνεπάγεται. Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλείται κυρίως από την αλληλεπίδραση της ηλιακής ενέργειας με τα αέρια του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το οξείδιο του αζώτου και χλωροφθοράνθρακες που καταλήγουν στην ατμόσφαιρα της γης (The Royal Society, 2010).

Στην **Εικόνα 2.1** αριστερά φαίνεται η μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας του πλανήτη, για την περίοδο 1-2000 ανακατασκευασμένη και για το διάστημα 1850 – 2020 όπως παρατηρήθηκε. Στα δεξιά το διάγραμμα εστιάζει στην δεύτερη περίοδο όπου παρατηρείται απότομη αύξηση της θερμοκρασίας. Γίνεται φανερό από την σύγκριση της πραγματικής με τις προσομοιωμένες χρονοσειρές πως τα αίτια της αύξησης δεν είναι φυσικά.



Εικόνα 2.1. Μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας του πλανήτη (IPCC, 2021)

Τον σημαντικότερο ρόλο στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας έχει το διοξείδιο του άνθρακα (IPCC, 2014) και για αυτό παρακολουθείται συνήθως με ιδιαίτερη προσοχή. Η συγκέντρωση του συγκεκριμένου ρύπου στην ατμόσφαιρα από τα 285ppm στη προ-βιομηχανική εποχή έχει πλέον ξεπεράσει τα 400ppm το 2018 (Ritchie & Roser, 2020).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν να κάνουν με την αδιαμφισβήτητη αύξηση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα ευρείες και ραγδαίες μεταβολές στην ατμόσφαιρα, ωκεανούς, στεριά, κρυόσφαιρα και βιόσφαιρα. Η κλίμακα των πρόσφατων αλλαγών είναι άνευ προηγουμένου σε βάθος πολλών αιώνων έως πολλών χιλιάδων χρόνων. Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή επηρεάζει ήδη καιρικά και κλιματικά κάθε περιοχή του πλανήτη και καύσωνες, ισχυρές βροχοπτώσεις, ξηρασία και τροπικοί κυκλώνες με σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή παρατηρούνται με μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση (IPCC, 2021).

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προέρχονται σχεδόν από το σύνολο της ανθρώπινης δραστηριότητας, ωστόσο για την Ευρώπη του 2017 (ΕΑΑ, 2019) προκύπτει πως ο τομέας με τις υψηλότερες εκπομπές είναι η ηλεκτροπαραγωγή με ποσοστό επί του συνόλου 29%. Ακολουθούν οι μεταφορές με 22%, η βιομηχανία με 20% και ο οικιακός τομέας με 13%. Το εναπομένον ποσοστό 15% αντιστοιχεί στο σύνολο των δραστηριοτήτων: γεωργία, απορρίμματα, διεθνείς πτήσεις, θαλάσσιες μεταφορές και βιομάζα. Σε σχέση με την ηλεκτροπαραγωγή τα μέτρα μείωσης των εκπομπών έχουν να κάνουν κυρίως με αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα. Στους τομείς της τελικής κατανάλωσης μείωση μπορεί να επιτευχθεί μέσω εξηλεκτρισμού, βελτίωση ενεργειακής απόδοσης, χρήση καθαρότερων καυσίμων και άλλων μέτρων.

2.2 Πολιτικές Αντιμετώπισης Κλιματικής Αλλαγής σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο

Η προστασία του πλανήτη είναι ένα ζήτημα το οποίο έχει αναδειχτεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Πολλές χώρες έχουν δεσμευτεί για την λήψη μέτρων σε αυτό το πεδίο ήδη από το 1992 με την σύμβαση – πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή και στην συνέχεια το 1997 με το πρωτόκολλο του Κιότο. Ο στόχος που ορίζεται αφορά στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 5% στην περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Ακολουθεί η συμφωνία των Παρισίων το 2015 η οποία ορίζει για πρώτη φορά νομικά δεσμευτικούς στόχους. Ο στόχος της συμφωνίας αφορά στο περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη κάτω από τους 2° C σε σχέση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα.

Η Ευρώπη, έχει δείξει ιδιαίτερη περιβαλλοντική ευαισθησία, έχοντας λάβει σειρά αποφάσεων και οδηγιών που εναρμονίζονται με τους στόχους των Ηνωμένων Εθνών. Πριν ακόμα την συμφωνία των Παρισίων, το 2005 ξεκινάει στην Ευρώπη το πρώτο στον κόσμο σύστημα ανταλλαγής εκπομπών (“Emission Trading System”) το οποίο θέτει το ανώτατο όριο εκπομπών αερίων ρύπων και βασίζεται στην αγοραπωλησία δικαιωμάτων για να πετύχει την μείωση με τον οικονομικότερο τρόπο. Το 2009 υιοθετείται το ευρωπαϊκό πλάνο για το κλίμα και την ενέργεια, ώστε να εξασφαλίσει πως η Ευρωπαϊκή Ένωση θα πετύχει τους κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους της για το έτος 2020. Το πακέτο επικεντρώνεται γύρω από τρεις κύριους άξονες, την μείωση των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της ενεργειακής παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές κατά 20% και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%. Σε αυτή την κατεύθυνση εκδίδεται η οδηγία 2009/28/EK (“Renewable Energy Directive”) που αφορά στην προώθηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μέσω καθεστώτων στήριξης, και η οδηγία 2012/27/EK (“Energy Efficiency Directive”) που επικεντρώνεται σε μέτρα ενεργειακής απόδοσης όπως τα καθεστώτα επιβολής ενεργειακής απόδοσης, ανακαινίσεις, λευκά πιστοποιητικά και σήμανση αποδοτικότητας σε συσκευές. Το 2019 υπογράφεται η πράσινη συμφωνία που θέτει φιλόδοξους στόχους για την κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από την ενεργειακή κατανάλωση και την κοινωνική δικαιοσύνη της ενεργειακής μετάβασης. Το 2021 προτείνεται το πακέτο “fit for 55” το οποίο στην πράξη ορίζει ενδιάμεσους στόχους για το 2030 έτσι ώστε να επιτευχθεί ο μακροπρόθεσμος στόχος της κλιματικής ουδετερότητας το 2050.

Οι περισσότερες οδηγίες έχουν αναθεωρηθεί φιλόδοξα σε σχέση με την αρχική έκδοση τους, άλλωστε, οι πολιτικές είναι δυναμικές και αναπροσαρμόζονται με βάση την παρούσα κατάσταση, τις γεωπολιτικές συνθήκες αλλά και τις νεότερες μελλοντικές προβλέψεις.

2.3 Πολιτικές Αντιμετώπισης Κλιματικής Αλλαγής σε Εθνικό Επίπεδο

2.3.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2019 (ΥΠΕΝ, 2019) και περιγράφει την στρατηγική της Ελληνικής κυβέρνησης για τα θέματα του κλίματος και της ενέργειας έως το έτος 2030. Αναμένεται νέα αναθεώρηση του, όπως έχει ανακοινωθεί από τον Ιούνιο του 2021 (ΥΠΕΝ, 2021), ώστε να ευθυγραμμίζεται με την Ευρωπαϊκή πολιτική, δηλαδή την μείωση των εκπομπών CO₂ τουλάχιστον κατά 55% έως το 2030. Σε αυτό, ορίζονται οι στόχοι και οι προκλήσεις, καθώς και οι συγκεκριμένες πολιτικές και μέτρα που οφείλουν να εφαρμοστούν για την επίτευξη των στόχων αυτών.

Οι προτεραιότητες στους στόχους που περιγράφονται στο ΕΣΕΚ αφορούν στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προετοιμάζοντας την μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το έτος 2050, την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση, την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέσω μέτρων εξοικονόμησης και την απολιγνιτοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής.

Σε σχέση με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ως στόχος για το 2030 τίθεται η μείωση των συνολικών εκπομπών άνω του 40% σε σχέση με το 1990. Ο στόχος για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας τίθεται το μερίδιο συμμετοχής τουλάχιστον 35%. Αναλυτικότερα στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το μερίδιο συμμετοχής τίθεται τουλάχιστον στο 60%, στην θέρμανση-ψύξη μεγαλύτερο του 40% και στον τομέα των μεταφορών να ξεπεράσει το 14%. Όσο αφορά την ενεργειακή απόδοση, τίθεται στόχος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κατά ποσοστό τουλάχιστον 38% σε σχέση με την πρόβλεψη εξέλιξης της τελικής κατανάλωσης το έτος 2030 έτσι ώστε αυτή να μην ξεπεράσει τα 16,5 Mtoe (η πρόβλεψη εκτιμήθηκε το 2007 στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών ενεργειακών πολιτικών). Τέλος, τίθεται στόχος για την σταδιακή αν και σύντομη απολιγνιτοποίηση η οποία θα ολοκληρωθεί μέχρι το 2028.

Για τον κτηριακό τομέα συγκεκριμένα, το σχέδιο θέτει στόχο για ανακαινίσεις που φτάνουν τις 600.000 έως το έτος 2030 και επίσης θέτει στόχο για την αύξηση χρήσης του φυσικού αερίου κατά 50% σε σχέση με το έτος 2017.

Τέλος το ΕΣΕΚ περιλαμβάνει πολιτικές και για άλλα θέματα, όπως την μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, την διασύνδεση των νησιών, την λειτουργία του νέου μοντέλου αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, την ψηφιοποίηση των δικτύων ενέργειας και την επέκταση των διεθνών διασυνδέσεων.

2.3.2 Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050

Η μακροχρόνια στρατηγική για το 2050 (ΜΣ50) αποτελεί έναν οδικό χάρτη για τα θέματα του Κλίματος και Ενέργειας και σκοπός της είναι να αξιολογήσει εναλλακτικές λύσεις και διαδρομές μετάβασης προς μια οικονομία που προσεγγίζει την κλιματική ουδετερότητα. Σε αυτά τα σενάρια, που εξετάζονται, θεωρείται πως επιτυγχάνονται οι στόχοι του ΕΣΕΚ ως το 2030 και έτσι η ΜΣ50 λειτουργεί συμπληρωματικά με το εθνικό σχέδιο. Από τα τέσσερα σενάρια (**Πίνακας 2.1**) που έχουν οριστεί είναι δύο που στοχεύουν στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C και δύο κάτω από τους 1,5 °C. Επίσης, τα δύο σενάρια αφορούν σε σενάρια αυξημένου εξηλεκτρισμού και βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης και τα άλλα δύο αφορούν σε νέους ενεργειακούς φορείς. Τελικά τα σενάρια ΜΣ50 διαμορφώνονται ως εξής:

Σενάριο **EE2** (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2°C)

Σενάριο **NC2** (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C)

Σενάριο **EE1.5** (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1.5 °C)

Σενάριο **NC1.5** (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1,5 °C)

Τα σενάρια ΕΕ προωθούν σε υψηλό βαθμό τον εξηλεκτρισμό των ενεργειακών χρήσεων και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, επίσης περιλαμβάνουν την ανάπτυξη βιοκαυσίμων και βιοαερίου σε μεγάλη έκταση για την υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων σε τομείς όπου δεν είναι εφικτός ο πλήρης εξηλεκτρισμός. Τα σενάρια NC αντίθετα, υποθέτουν την σταδιακή ωρίμανση τεχνολογιών και μέσων που παράγουν υδρογόνο, βιοαέριο και συνθετικό μεθάνιο με κλιματικά ουδέτερες προδιαγραφές και παράλληλα βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εξηλεκτρισμό θερμότητας και μεταφορών.

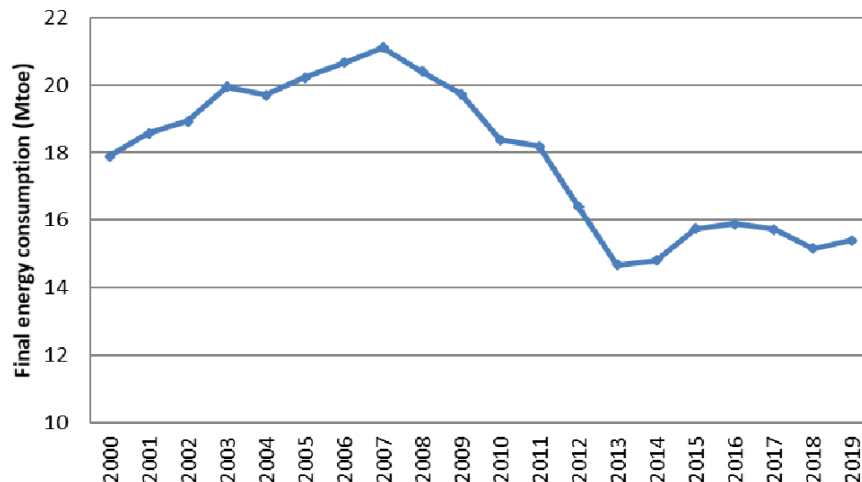
Πίνακας 2.1: Σενάρια πολιτικής Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050 (ΥΠΕΝ, 2019)

Σενάρια						
Παράμετροι διαμόρφωσης σεναρίων	ΕΣΕΚ-2030	Βασικές Πολιτικές (ΕΣΕΚ – 2050)	EE2	EE1.5	NC2	NC1.5
2030-2050						
Βασικές πολιτικές ΕΣΕΚ	Επιβράδυνση μετά το έτος 2030	Επιτάχυνση προτεραιοτήτων πολιτικής ΕΣΕΚ και επέκταση μετά το έτος 2030				
Επιπλέον μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης	Όχι	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα εξηλεκτρισμού θερμότητας και μεταφορών	Όχι	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοκαύσιμα	Όχι	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοαέριο	Όχι	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο
Κλιματικά ουδέτερο υδρογόνο και μεθάνιο	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο

2.4 Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα

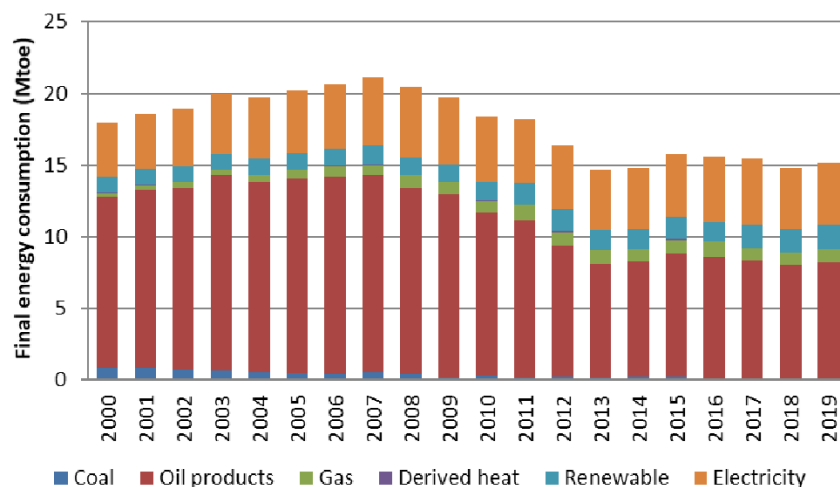
Στα επόμενα θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα από σχετική έκθεση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (CRES, 2021) με δεδομένα από την βάση “ODYSSEE”. Στο διάστημα 2000-2007, παρατηρήθηκε μια μέση ετήσια αύξηση 3% στην τελική κατανάλωση ενέργειας (**Διάγραμμα 2.1**), η οποία οδήγησε σε μια συνολική αύξηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 18%, από 17,9 Mtoe το 2000 σε 21,1 Mtoe το 2007. Αυτή η αύξηση οφείλεται

λόγω της οικονομικής ανάπτυξης της χώρας και των νέων συνηθειών που υιοθετήθηκαν από τους τελικούς καταναλωτές. Με όρους καυσίμου αυτή η αύξηση αναλύεται σε αύξηση της κατανάλωσης πετρελαίου κατά 15%, από 11,9 Μτοε το 2000 σε 13,7 Μτοε το 2007, και σε σημαντική αύξηση των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας κατά 28%, από 3,7 Μτοε το 2000 σε 4,7 Μτοε το 2007 (**Διάγραμμα 2.2**).



Διάγραμμα 2.1. Τελική κατανάλωση ενέργειας 2000-2019 (CRES, 2021)

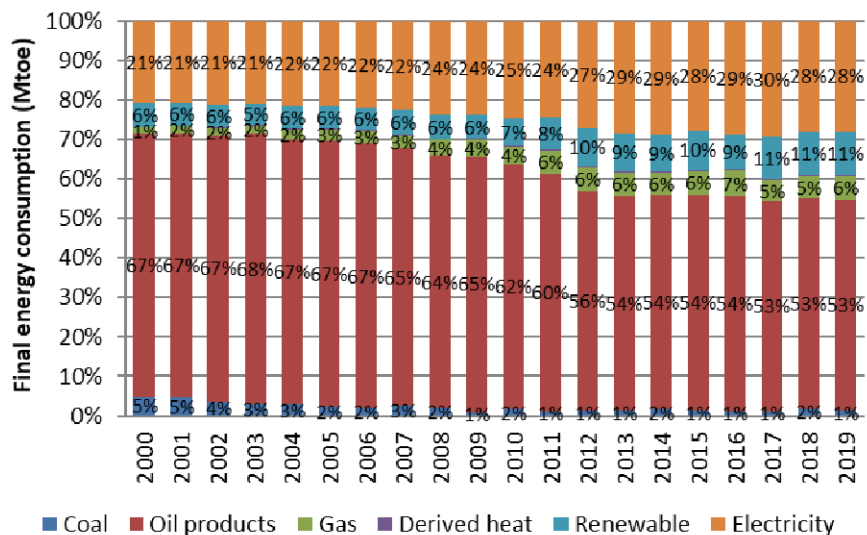
Στη συνέχεια για την περίοδο 2007-2013, τόσο η εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης όσο και η οικονομική ύφεση, είχαν ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Η τελική κατανάλωση ενέργειας κατά την περίοδο αυτή ακολουθεί μια πορεία μείωσης περίπου 6% ετησίως με αποτέλεσμα μια συνολική μείωση κατά 31% έως το 2013, δηλαδή φτάνει 14,7 Μτοε από 21,1 Μτοε το 2007. Αυτή η σημαντική μείωση αναλύεται κυρίως στη μείωση των πετρελαιοειδών και 42% αλλά και της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 12%.



Διάγραμμα 2.2. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο 2000-2019 (CRES, 2021)

Τέλος κατά την περίοδο 2013-2019, παρατηρείται συνολική αύξηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 5%, από 14,7 Μτοε το 2013 σε 15,4 Μτοε το 2019. Η αύξηση προκύπτει λόγω της αύξηση των πετρελαιοειδών κατά 4% και της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 3%.

Σε σχέση με το ενεργειακό μείγμα της χώρας, η εισαγωγή του Φυσικού Αερίου έγινε το 1998 και το ποσοστό συμμετοχής του καυσίμου σύντομα αυξήθηκε από 1% το 2000 σε 6% το 2019 (Διάγραμμα 2.3). Η τελική κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξήθηκε επίσης κατά 54% στην ίδια περίοδο, κυρίως λόγω των μέτρων που εφαρμόστηκαν για την προώθηση τους σε όλους τους τομείς, έτσι η συμμετοχή τους από 6% το 2000 έφτασε το 11% το 2019.



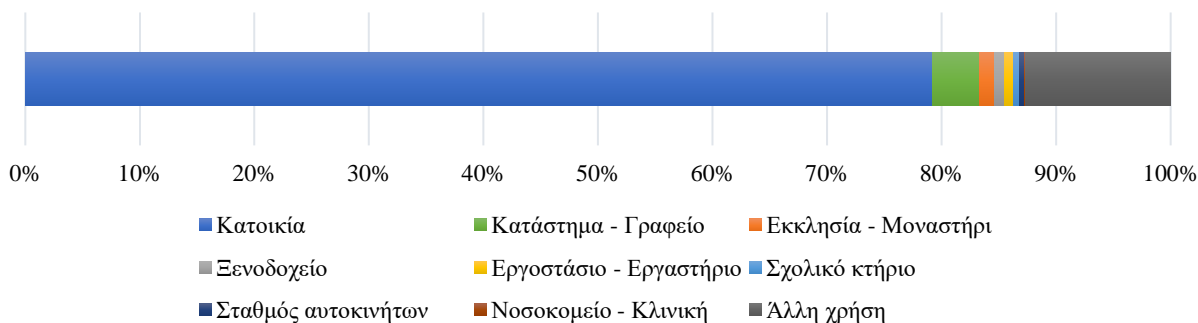
Διάγραμμα 2.3. Μερίδιο καυσίμου στην τελική κατανάλωση 2000-2019 (CRES, 2021)

Τέλος, κυρίως λόγω της αύξησης του κόστους πετρελαίου θέρμανσης τα τελευταία χρόνια, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε από 21% το 2000 σε 28% το 2019. Με αντίθετη τάση το μερίδιο του πετρελαίου μειώνεται στο τελικό ενεργειακό μείγμα της χώρας, ωστόσο παραμένει η κυρίαρχη πηγή ενέργειας στην Ελλάδα.

2.4.1 Ο Κτηριακός Τομέας στην Ελλάδα

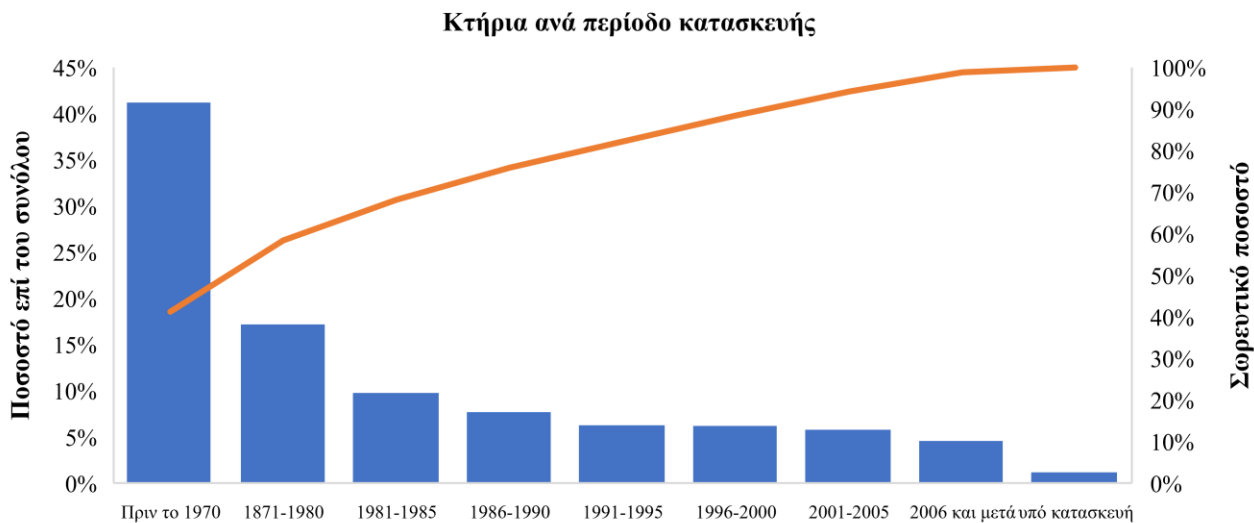
Από την απογραφή κτηρίων 2011 (ΕΛΣΤΑΤ, 2015) προκύπτει πως από το σύνολο των κτηρίων (4.105.637) σε επίπεδο επικράτειας το 92% είναι αποκλειστικής χρήσης ενώ το υπόλοιπο 8% είναι μικτής. Από τα αποκλειστικής χρήσης η συντριπτική πλειοψηφία είναι κατοικίες, ενώ ακολουθούν με μονοψήφια ποσοστά τα καταστήματα-γραφεία, εκκλησίες-μοναστήρια, ξενοδοχεία, εργοστάσια – εργαστήρια, σχολικά κτήρια, σταθμοί αυτοκινήτων και νοσοκομεία (Διάγραμμα 2.4).

Κτήρια αποκλειστικής χρήσης ανά είδος χρήσης



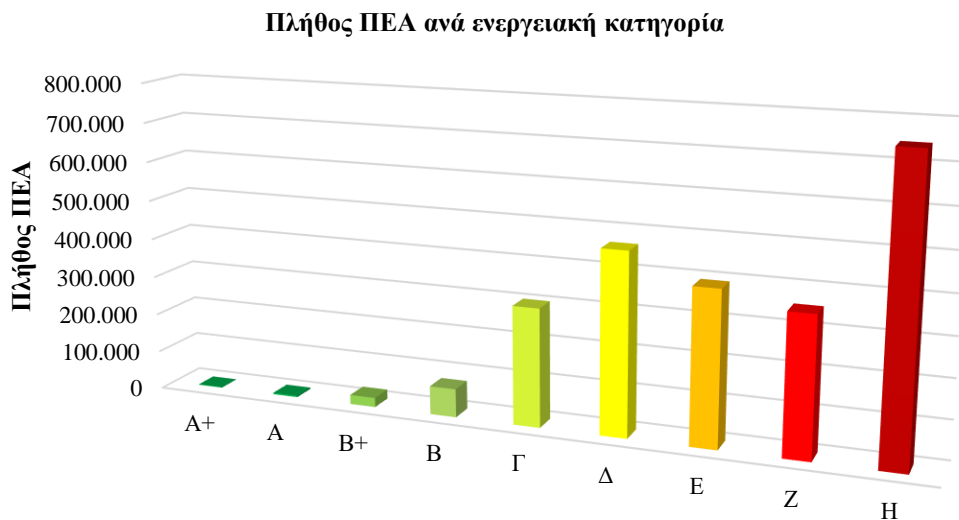
Διάγραμμα 2.4. Κτήρια αποκλειστικής χρήσης ανά είδος χρήσης

Σχετικά με την περίοδο κατασκευής τα στοιχεία υποδεικνύουν πως το κτηριακό απόθεμα είναι αρκετά γερασμένο, συγκεκριμένα περίπου το 60% είναι κατασκευασμένο πριν το 1980, ένα 30% ανάμεσα στο 1981 και 2000 ενώ το υπολειπόμενο 10% μετά το 2001 (**Διάγραμμα 2.5**).



Διάγραμμα 2.5. Κτήρια ανά περίοδο κατασκευής

Άμεσα συνδεδεμένη με την περίοδο κατασκευής είναι και η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Από το αρχείο στατιστικών αποτελεσμάτων του αρμόδιου σώματος για την ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων (ΣΕΠΔΕΜ, 2020) επιβεβαιώνεται η χαμηλή ενεργειακή απόδοση του κτηριακού αποθέματος του οικιακού, τριτογενούς και δημόσιου τομέα. Από σύνολο 2.364.534 Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν εκδοθεί έως το 2020 προκύπτει πως σχεδόν 2 στα 3 (63.2%) κτήρια ανήκουν στις τρεις χαμηλότερες ενεργειακές κατηγορίες (E,Z,H)(**Διάγραμμα 2.6**). Για τον οικιακό τομέα αμιγώς, αυτό το ποσοστό είναι ακόμη μεγαλύτερο (67.5%).



Διάγραμμα 2.6. Πλήθος ΠΕΑ ανά ενεργειακή κατηγορία του κτηριακού τομέα

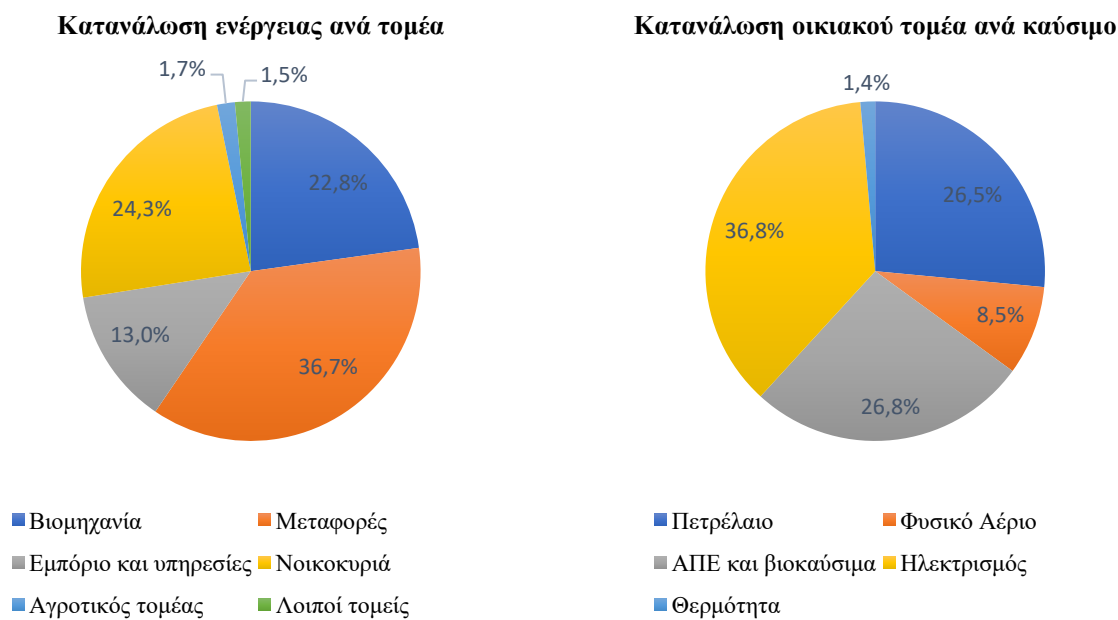
2.4.2 Ο Οικιακός Τομέας στην Ελλάδα

Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσει η τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα, επομένως στα επόμενα θα παρουσιαστεί μια σύντομη ανασκόπηση της κατάστασης στην Ελλάδα από πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη (IOBE, 2021).

Ο οικιακός τομέας το 2018 σύμφωνα με δεδομένα της “Eurostat” (**Διάγραμμα 2.7**) ήταν ο δεύτερος μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας στην χώρα με μερίδιο 24,3%, πίσω από τις μεταφορές που αντιπροσωπεύουν το 36,7%. Η βιομηχανία ακολουθεί με 22,8% και το εμπόριο και οι υπηρεσίες με 13% και το υπολειπόμενο ποσοστό στον αγροτικό και λοιπούς τομείς. Όσο αφορά τα καύσιμα στον οικιακό τομέα το 2018 το μερίδιο του ηλεκτρισμού στην τελική κατανάλωση ήταν το μεγαλύτερο με ποσοστό 36,8%, ακολουθούν οι ΑΠΕ και βιοκαύσιμα με 26,8% και Πετρέλαιο με 26,5%. Τελευταία έρχονται το Φυσικό Αέριο με 8,5% και Θερμότητα (Τηλεθέρμανση) με το υπολειπόμενο 1,3% σύμφωνα και πάλι με στοιχεία της “Eurostat”.

Από το 2000 έως το 2006, τα πετρελαϊκά προϊόντα ήταν τα κύρια καύσιμα που χρησιμοποιούσε ο οικιακός τομέας και άθροιζαν περισσότερο από το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης. Μετά το 2006, με την εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας, μέρος των οικιακών αναγκών που καλύπτονταν από πετρελαιοειδή, άρχισαν να καλύπτονται από το φυσικό αέριο, γεγονός που οδήγησε στην μείωση του ποσοστού συμμετοχής του πετρελαίου. Μετά το 2013, λόγω του υψηλού κόστους των πετρελαιοειδών, το κύριο καύσιμο που καταναλώθηκε στον οικιακό τομέα ήταν η ηλεκτρική ενέργεια (CRES, 2021).

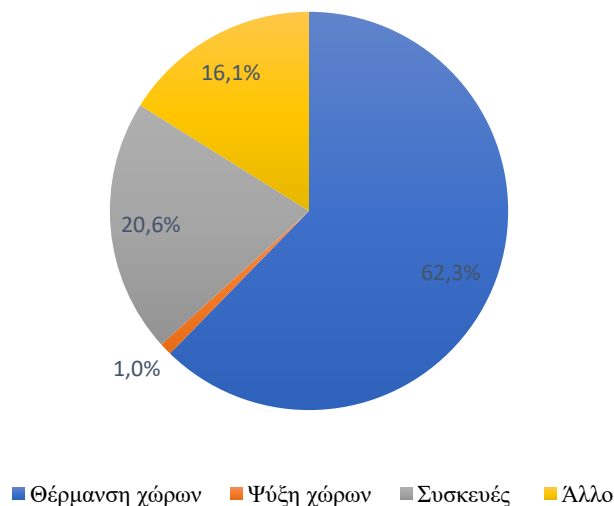
Σχετικά τώρα με τις χρήσεις ενέργειας (**Διάγραμμα 2.8**), στα νοικοκυριά η κατανάλωση αφορά κυρίως στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, για το 2015 αυτό το ποσοστό είναι 62,3%. Για ψύξη, καταναλώνεται περίπου το 1% ενώ για οι συσκευές αντιστοιχούν στο 20,6%. Τέλος οι άλλες χρήσεις (Ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό κλπ.) φτάνουν το 16,1% με βάση δεδομένα του διεθνή οργανισμού ενέργειας (“IEA Energy Efficiency indicators 2019”).



Διάγραμμα 2.7. Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (αριστερά) και κατανάλωση οικιακού τομέα ανά καύσιμο (δεξιά).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως σε επίπεδο νοικοκυριού η κατανάλωση ανά κατοικία στην Ελλάδα είναι λίγο περισσότερη από 1toe, γεγονός που την κατατάσσει στις χώρες με τις χαμηλότερες καταναλώσεις ευρωπαϊκά. Ωστόσο εάν τα αποτελέσματα διορθωθούν για τις κλιματικές συνθήκες της κάθε χώρας ώστε να είναι συγκρίσιμα προκύπτει πως η κατανάλωση της χώρας είναι ιδιαίτερα υψηλή (ODYSEE-MURE, 2021). Αυτό εξηγείται καθώς όπως είδαμε στις προηγούμενες παραγράφους αφενός η κατανάλωση για θέρμανση είναι η υψηλότερη ανάμεσα στις λοιπές χρήσεις αφετέρου η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων είναι χαμηλή.

Κατανάλωση ενέργειας ανα είδος χρήσης



Διάγραμμα 2.8. Κατανάλωση ενέργειας ανά είδος χρήσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ “DREEM”

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε η απαραίτητη προετοιμασία των δεδομένων εισόδου για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα με τη χρήση του μοντέλου “DREEM” (“**D**ynamic **h**igh-**R**esolution **d**Emand-**s**id**E** **M**anagement”). Έπειτα τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων ενεργειακής μετάβασης. Αν και το εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ως μαύρο κουτί (“black box model”), έχει ενδιαφέρον να παρουσιαστούν ορισμένες πληροφορίες για την ιδιαίτερη αρθρωτή δομή του. Το εργαλείο έχει αναπτυχθεί από το εργαστήριο Τεχνοοικονομικής Ενεργειακών Συστημάτων (“Technoeconomics of Energy Systems laboratory – TEESlab”) του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

3.1 Χαρακτηριστικά του Μοντέλου

Τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου “DREEM” είναι η “bottom-up” δομή του, η δυνατότητα του να ενσωματωθεί σε άλλα μοντέλα και να ξαναχρησιμοποιηθεί εύκολα, καθώς και η δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων με υψηλή χρονική ανάλυση. Τα δεδομένα εισόδου που απαιτεί το εργαλείο, είναι σχετικά περιορισμένα και τα αποτελέσματα που εξάγει διαφοροποιούνται ανάλογα με την εποχή του χρόνου, αντανακλώντας τις επιπτώσεις στα επίπεδα ζήτησης. Είναι επεξεργαστικά αποδοτικό και έτσι μπορεί να προσομοιώσει μεγάλο αριθμό κτηρίων με διαφορετικά προφίλ ζήτησης. Επίσης λαμβάνει υπόψη την συμπεριφορά των κατοίκων, γεφυρώνοντας έτσι το χάσμα ανάμεσα στα στατιστικά και τα μηχανικά μοντέλα. Μπορεί ακόμα να προσομοιώσει πρακτικές ελέγχου του φορτίου που επιτρέπουν την δυναμική τιμολόγηση, ώστε να ευθυγραμμίζεται με την λογική του έξυπνου δικτύου. Συνδέει επίσης το ενεργειακό σύστημα με την οικονομική ανάπτυξη και την τεχνολογική πρόοδο κάνοντας έτσι εύκολη στο μέλλον την ένταξη νέων μορφών ενέργειας ή τεχνολογιών. Τέλος, η αρθρωτή δομή του μοντέλου (Εικόνα 3.1) εξασφαλίζει τη μειωμένη πολυπλοκότητα.

3.2 Αρχιτεκτονική του Μοντέλου

Στις ενότητες που ακολουθούν θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική του εργαλείου όπως δημοσιεύτηκε από τους δημιουργούς του (Stavrakas & Flamos, 2019).

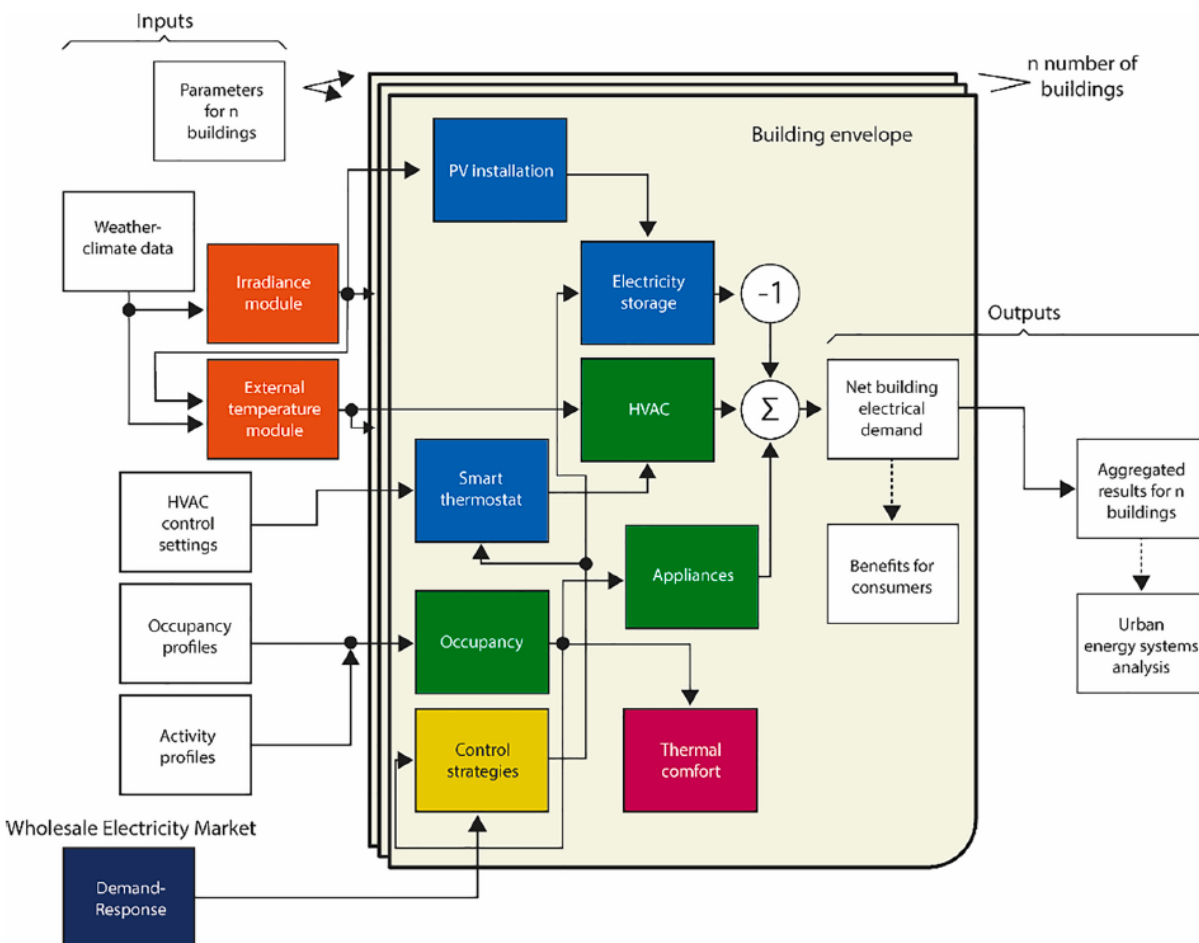
3.2.1 Τμήμα 1 - Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα

Ο παράγοντας των καιρικών και κλιματικών συνθηκών επιδρά σημαντικά την ζήτηση ενός νοικοκυριού, το οποίο φαίνεται από τη διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Ενώ συχνά παραλείπεται ή ενσωματώνεται με απλοϊκό τρόπο από άλλα μοντέλα, στο “DREEM” χρησιμοποιούνται ιστορικά δεδομένα μορφής TMY (“Typical Meteorological Year”). Το τμήμα καιρικών κλιματικών δεδομένων παραμετροποιείται, προκειμένου να παρέχει ένα κοινό σύνολο δεδομένων για την ακτινοβολία και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στη γεωγραφική περιοχή υπό μελέτη. Αυτά τα δεδομένα διαφοροποιούνται χρονικά επιτρέποντας έτσι την υψηλή χρονική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

3.2.2 Τμήμα 2 - Κτηριακό Κέλυφος

Η μοντελοποίηση και προσομοίωση της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς κτηρίων, παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις. Υπάρχουν διάφορα εξελιγμένα πακέτα για αυτό το σκοπό, που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για λεπτομερείς μελέτες συγκεκριμένων μεμονωμένων κτιρίων υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Ωστόσο, η χρήση τέτοιων μοντέλων προϋποθέτει εξαιρετικά λεπτομερή δεδομένα εισόδου, με αποτέλεσμα υπερβολικά μεγάλους χρόνους εκτέλεσης.

Για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών στα υφιστάμενα μοντέλα και την επίτευξη της υπολογιστικής αποδοτικότητας, το μοντέλο “DREEM” κάνει χρήση “reduced(low) – order modules” (τμημάτων χαμηλής τάξης) που αντιπροσωπεύουν επαρκώς τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.



Εικόνα 3.1. Αρχιτεκτονική του μοντέλου

Σε αυτά τα τμήματα μια θερμική ζώνη αναπαρίσταται με θερμικές αντιστάσεις και χωρητικότητες (RC-δίκτυο), χρησιμοποιώντας το ανάλογο του ηλεκτρικού κυκλώματος, όπου η τάση είναι ανάλογη της θερμοκρασίας και το ρεύμα είναι ανάλογο της μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία. Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας, οι θερμικές αντιστάσεις και οι θερμοχωρητικότητες προσδιορίζονται χρησιμοποιώντας κατάλληλα ιστορικά δεδομένα και πρότυπα για κάθε εξεταζόμενο κτήριο.

3.2.3 Τμήμα 3 - Ζήτηση Ενέργειας

Το προφίλ της ζήτησης επηρεάζεται από τις μεθόδους διαχείρισης της ζήτησης, η οποία θα επιτρέψει την χρονική μετατόπιση της, αλλά και από την προσφορά της αποκεντρωμένης μικροπαραγωγής. Προς αυτήν την κατεύθυνση, η ακριβής μοντελοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί σημαντική προϋπόθεση.

Τα μοντέλα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας “bottom-up” που χρησιμοποιούν πιθανοτικές μεθόδους για την παροχή στοχαστικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης, είναι συνήθως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη μοντελοποίηση της ζήτησης σε κτίρια. Αναγνωρίζοντας ότι δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί η ακριβής

συμπεριφορά των μεμονωμένων ενοίκων ή συσκευών, ο σκοπός των στοχαστικών μοντέλων ζήτησης είναι να παρέχουν προσομοιωμένα δεδομένα, με τα κατάλληλα στατιστικά στοιχεία, για την εκάστοτε μελέτη.

Ωστόσο, συμπεριλαμβάνοντας πολλές λεπτομέρειες, τα υπάρχοντα μοντέλα είναι συχνά υπολογιστικά εντατικά, απαιτώντας τη συλλογή και ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων εισόδου, η πρόσβαση στα οποία είναι συχνά δύσκολη. Το μοντέλο “DREEM” επιτυγχάνει μια λογική ισορροπία μεταξύ ακρίβειας, πολυπλοκότητας των δεδομένων και υπολογιστικής αποδοτικότητας, στοχεύοντας στη δημιουργία ακριβών και ρεαλιστικών προφίλ ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, αποφεύγοντας την περιττή πολυπλοκότητα.

Τα επιμέρους τμήματα χρησιμοποιούν πολλές απλουστευμένες παραδοχές για την προσομοίωση διαφόρων πτυχών της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (πληρότητα οικιών, συμπεριφορά των ενοίκων, κοινή χρήση συσκευών) και επικεντρώνεται σε ένα ελάχιστο σύνολο εύκολα διαθέσιμων παραμέτρων και στατιστικών στοιχείων, όπως από έρευνες ή στοιχεία απογραφής.

3.2.4 Υπό-τμήμα 3.1 – Πληρότητα Οικίας

Αυτό το υπό-τμήμα ενσωματώνει τη σύνθεση των νοικοκυριών και τα προφίλ πληρότητας που προκύπτουν από ιστορικά και στατιστικά δεδομένα. Τα χρονοδιαγράμματα ορίζονται ανεξάρτητα από τις συνθήκες κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και αντιπροσωπεύουν απλουστευμένα και προβλέψιμα σενάρια δραστηριοτήτων σύμφωνα με το είδος της ημέρας, δηλαδή ανάλογα με το αν είναι καθημερινή ή σαββατοκύριακο. Οι καταστάσεις περιγράφονται με όρους συνδυασμένης μεταβλητής κατάστασης, η οποία αποτελείται από ένα πρώτο ψηφίο που περιγράφει την κατάσταση παρουσίας κατοίκων (1= «εντός κατοικίας», 0= «εκτός κατοικίας») και ένα δεύτερο ψηφίο που περιγράφει την κατάσταση δραστηριότητας (1 = «ενεργός», 0 = «μη ενεργός»).

Για την βελτίωση του χρονισμού της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται στατιστικά στοιχεία για τη δημιουργία προφίλ, τα οποία δείχνουν τις τάσεις των ανθρώπων. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι τείνουν να μαγειρεύουν γύρω από τις ώρες των γευμάτων. Έτσι, κάθε δραστηριότητα έχει το δικό της καθημερινό προφίλ, το οποίο συνδέεται με τις αντίστοιχες συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια της.

3.2.5 Υπό-τμήμα 3.2 – Συσκευές

Σε αυτό το υπό-τμήμα καθορίζεται η σχέση μεταξύ των τελικών χρήσεων και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, για την εκτίμηση της τελικής κατανάλωσης του υπό μελέτη κτιρίου. Οι τελικές χρήσεις καθορίζονται στο υπό-τμήμα 3.1 πληρότητα οικίας, το οποίο τροφοδοτεί το τμήμα αυτό με δεδομένα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης και χρόνου χρήσης. Από το γινόμενο της ιδιοκτησίας της συσκευής, της χρήσης της συσκευής, της ονομαστικής κατανάλωσης της συσκευής και του αντίστροφου της απόδοσης της συσκευής, προκύπτει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η “bottom up” προσέγγιση έχει δυνατότητα προσδιορισμού της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου χωρίς να βασίζεται σε ιστορικά δεδομένα.

3.2.6 Υπό-τμήμα 3.3 – Θέρμανση, Εξαερισμός και Κλιματισμός

Σε αντίθεση με τις προσεγγίσεις των υφιστάμενων μοντέλων, που αντιμετωπίζουν το θέμα της ηλεκτρικής ζήτησης συνολικά, η λειτουργία των συστημάτων θέρμανση, εξαερισμού και κλιματισμού αντιμετωπίζεται ξεχωριστά από αυτό το υπό-τμήμα, επιτρέποντας, επίσης, την περαιτέρω προσομοίωση τεχνολογιών που επιτρέπουν τη ελαστικότητα της ζήτησης, όπως οι έξυπνοι θερμοστάτες.

3.2.7 Τμήμα 4 - Θερμική Άνεση

Η θερμική άνεση ορίζεται ως «η κατάσταση στην οποία η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου είναι ικανοποιητική» και έχει μεγάλη επίδραση στην παραγωγικότητα των κατοίκων ενός σπιτιού. Ένα μεγάλο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια χρησιμοποιείται για θερμική άνεση και συνεπώς, η καλή κατανόηση των συνεπειών της είναι αναγκαία για την ακριβή μοντελοποίηση. Στο μοντέλο DREEM χρησιμοποιείται αυτό το module, που είναι υπεύθυνο για τον προσδιορισμό των κατάλληλων εσωτερικών θερμικών συνθηκών, που έχουν ως αποτέλεσμα τη θερμική ικανοποίηση των κατοίκων με βάση διεθνή πρότυπα. Συγκεκριμένα το module βασίζεται στην προσέγγιση “Fanger” και χρησιμοποιεί τον δείκτη “Predicted Mean Vote” (PMV) και “Predicted Percentage of Dissatisfied” (PPD) για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης των ενοίκων.

Ο δείκτης PMV (Πίνακας 3.1) βασίζεται στον συνδυασμό ενός θεωρητικού μοντέλου με αποτελέσματα από πειράματα και γράφεται ως συνάρτηση τεσσάρων περιβαλλοντικών μεταβλητών (θερμοκρασία – T, σχετική υγρασία – φ, μέση τιμή θερμοκρασίας ακτινοβολίας – T_m, ταχύτητα αέρα - υ) και δύο επιμέρους παραμέτρων (μεταβολικός ρυθμός – M, μόνωση ρουχισμού - ICL).

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες Δείκτη PMV

Κατηγορία	Εύρη Δείκτη “PMV”	Επεξήγηση
I	-0,2<PMV<+0,2	Υψηλές προσδοκίες: προτείνεται για χώρους που κατοικούν ευαίσθητες ομάδες με ιδιαίτερες απαιτήσεις
II	-0,5<PMV<+0,5	Κανονικές προσδοκίες: χρησιμοποιείται για νέα και ανακαινισμένα κτήρια
III	-0,7<PMV<+0,7	Αποδεκτές, μέτριες προσδοκίες: χρησιμοποιείται για τα υπάρχοντα κτήρια
IV(A)	-1<PMV<+1	Οριακές προσδοκίες: τιμές που είναι αποδεκτές μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα εντός μια ημέρας
IV(B)	PMV<-1 ή PMV>+1	Μη αποδεκτές προσδοκίες: τιμές εκτός των παραπάνω κριτηρίων, γίνονται αποδεκτές για πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα εντός του έτους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

Η παρούσα εργασία αφορά στις Περιφέρειες Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας. Η Περιφέρεια Ηπείρου αποτελείται από τέσσερις Περιφερειακές Ενότητες (ΠΕ): ΠΕ Ιωαννίνων, ΠΕ Θεσπρωτίας, ΠΕ Πρέβεζας και ΠΕ Άρτας. Εξ αυτών, η πολυπληθέστερη είναι η ΠΕ Ιωαννίνων που συγκεντρώνει σχεδόν το μισό συνολικό πληθυσμό των 336.856 κατοίκων της περιφέρειας (ΕΛΣΤΑΤ, 2011). Έδρα της είναι η ομώνυμη πόλη. Η περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας έχει πληθυσμό 283.689 κατοίκων (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) και έδρα της είναι η πόλη της Κοζάνης. Αποτελείται επίσης από τέσσερις ΠΕ, την ΠΕ Φλώρινας, ΠΕ Καστοριάς, ΠΕ Γρεβενών και ΠΕ Κοζάνης. Έχει ιδιαίτερα ψυχρό κλίμα για τα δεδομένα της χώρας ενώ στην ευρύτερη περιοχή είναι εγκατεστημένος μεγάλος αριθμός λιγνιτικών θερμοηλεκτρικών σταθμών και ορυχείων.

Για την προσομοίωση σεναρίων πολιτικής των εν λόγω Περιφερειών από το μοντέλο “DREEM”, απαιτείται να γίνει η κατάλληλη προ-επεξεργασία των δεδομένων εισόδου, οι οποία θα απασχολήσει σε αυτό το κεφάλαιο.

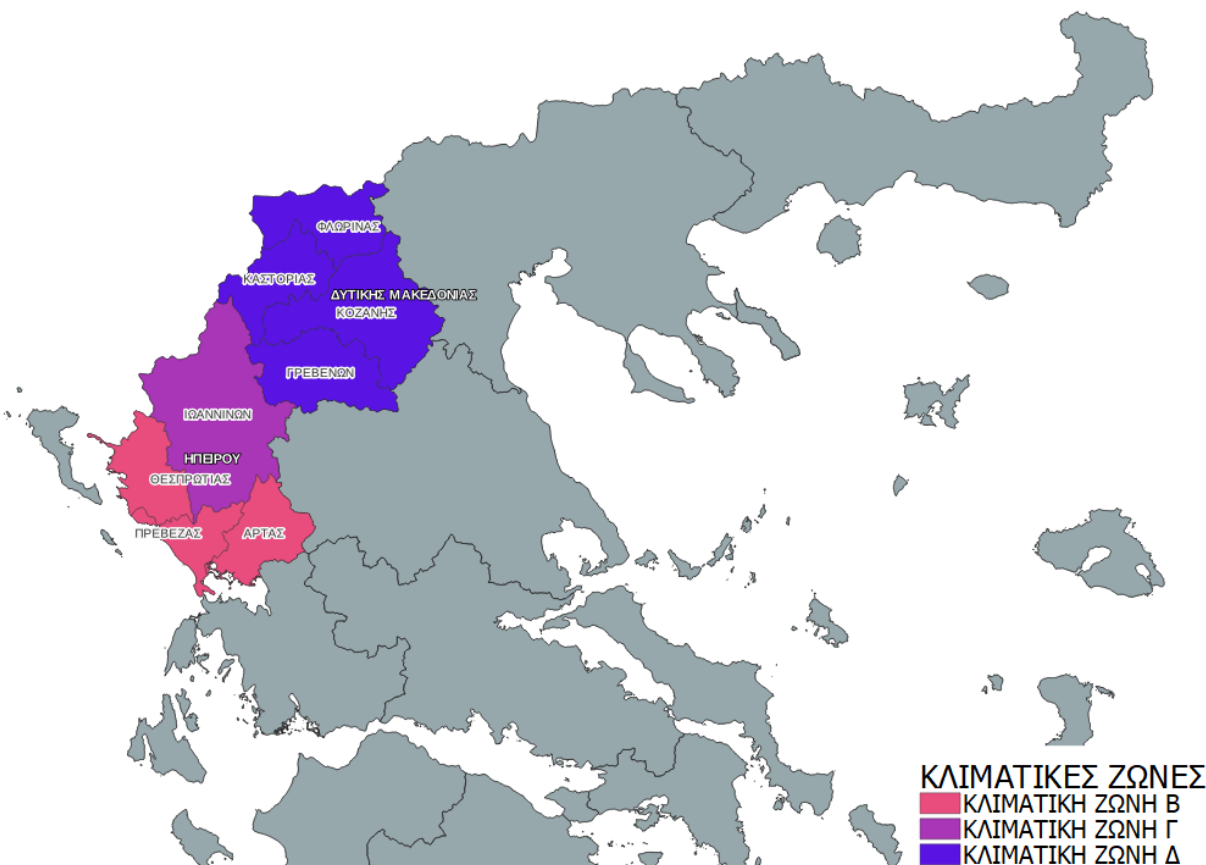
4.1 Παραμετροποίηση “DREEM”

Στα επόμενα, θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προπαρασκευή των δεδομένων τα οποία τελικά εισήχθησαν στα τμήματα του μοντέλου, όπως αυτά περιεγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

4.1.1 Καιρικά-Κλιματικά δεδομένα

Για τις ανάγκες της μελέτης οι Περιφέρειες ενδιαφέροντος Δυτικής Μακεδονίας και Ηπείρου αναλύθηκαν σε επίπεδο κλιματικής ζώνης. Η κλιματικές ζώνες είναι τέσσερις, Α-Δ και περιγράφουν τις κλιματικές συνθήκες στην εκάστοτε περιφερειακή ενότητα, με την Α να είναι η θερμότερη ζώνη και τη Δ η ψυχρότερη. Η διαίρεση της επικράτειας σε κλιματικές ζώνες έγινε στα πλαίσια του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) και χρησιμοποιείται για τις μελέτες ενεργειακής απόδοσης (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2017). Στην **Εικόνα 4.1** φαίνεται η κατάταξη των Περιφερειακών Ενοτήτων ενδιαφέροντος. Σχετικά με την Ήπειρο, οι Π.Ε Θεσπρωτίας, Πρέβεζας και Άρτας ανήκουν στην κλιματική ζώνη Β και η Π.Ε Ιωαννίνων ανήκει στην Γ. Η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας ανήκει εξολοκλήρου στην κλιματική ζώνη Δ.

Οι συνθήκες που επικρατούν ανά κλιματική ζώνη ενσωματώθηκαν στο μοντέλο μέσω της βάσης δεδομένων του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (“World Meteorological Organisation”). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις Τυπικές Μετεωρολογικές Χρονιές (“Typical Meteorological Years”) τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες ανά ώρα για ολόκληρα έτη. Για κάθε κλιματική ζώνη επιλέχθηκαν τα δεδομένα που αντιστοιχούν στη κοντινότερη μεγαλύτερη πόλη εντός της κλιματικής ζώνης για τα έτη 2004-2018 και με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα (Climate.OneBuilding, 2022). Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν τα δεδομένα της Κέρκυρας για την κλιματική ζώνη Β, της Θεσσαλονίκης για την κλιματική ζώνη Γ και τέλος της Κοζάνης για την κλιματική ζώνη Δ.



Εικόνα 4.1. Κλιματικές ζώνες ενδιαφέροντος

4.1.2 Κτηριακό Κέλυφος

Η περίοδος κατασκευής είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου. Αυτό συμβαίνει καθώς με την πάροδο των ετών εφαρμόζονται συγκεκριμένοι κανονισμοί που καθορίζουν τις απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι νέες κατασκευές. Με βάση την τεχνική οδηγία 20701-1 το κτηριακό απόθεμα μπορεί να διαιρεθεί στις κατασκευές πριν το 1980, κατασκευές στο διάστημα 1980 έως 2010, κατασκευές στο διάστημα 2010 έως 2017 και κατασκευές μετά το 2017 (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2017).

Η πρώτη κατηγορία (Πριν το 1981) περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια έχει εκδοθεί πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ), χρονική περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχε καμία απαίτηση για θερμομονωτική προστασία του κτηριακού κελύφους. Στην δεύτερη κατηγορία (1981-2010) έχουμε τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε κατά την περίοδο 1979 - 2010, δηλαδή στο διάστημα των 30 ετών που μεσολάβησε από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ) μέχρι την ισχύ του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Στην επόμενη κατηγορία (2010-2017) περιλαμβάνονται τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010) και μέχρι την αναθεώρησή του (2017). Τέλος η 4η κατηγορία (μετά το 2017) περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την αναθεώρηση του Κ.Εν.Α.Κ. (2017) και τα οποία έχουν την υποχρέωση συμμόρφωσης προς τις νέες απαιτήσεις του κανονισμού. Η κατηγοριοποίηση ωστόσο που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη διαφέρει ελαφρώς:

1^η κατηγορία (έως 1980) Σε αυτή τη κατηγορία έχουμε κατοικίες κατασκευασμένες πριν το 1980, πριν την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων και συνεπώς θεωρούνται χωρίς μόνωση.

2^η κατηγορία (1981-2000) Στην δεύτερη κατηγορία έχουμε κατοικίες περιόδου κατασκευής 1981-2000 οι οποίες θεωρούνται μερικώς μονωμένες, διότι η ενσωμάτωση της θερμομόνωσης που προέβλεπε ο ΚΘΚ του 1980 δεν εφαρμόστηκε πλήρως κατά την πρώτη δεκαετία ισχύος και, γενικά, υπήρξε μια μεγάλη περίοδος προσαρμογής ώστε η θερμομόνωση στην πλειοψηφία των κατασκευών να γίνεται κατά τον ενδεδειγμένο τρόπο.

3^η κατηγορία (μετά το 2000) Στην τρίτη και τελευταία κατηγορία έχουμε κατοικίες κατασκευασμένες μετά το 2000 που θεωρούνται πλήρως μονωμένες.

Για τα χαρακτηριστικά του κτηριακού κελύφους των εξεταζόμενων κατοικιών, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη βάση δεδομένων “TABULA” (Loga, et al., 2016), ενός ευρωπαϊκού διαδικτυακού εργαλείου το οποίο περιέχει τις εθνικές τυπολογίες κτηρίων του οικιακού τομέα, για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Το σύνολο των χαρακτηριστικών των κτηρίων διαφοροποιούν την ενεργειακή συμπεριφορά κάθε κατοικίας και αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς τύπους κατοικιών. Η ταξινόμηση των κτηρίων που αποτελούν την Ελληνική τυπολογία γίνεται ανάλογα με την περίοδο κατασκευής και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκονται.

Πίνακας 4.1. Κατοικίες ανά Κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής, Ήπειρος

Περιφερειακή Ενότητα	Κλιματική Ζώνη	Περίοδος Κατασκευής	Αριθμός Νοικοκυριών
Πρέβεζας, Θεσπρωτίας, Άρτας	B	έως 1980	24.956
Πρέβεζας, Θεσπρωτίας, Άρτας	B	1981-2000	22.460
Πρέβεζας, Θεσπρωτίας, Άρτας	B	μετά το 2000	11.346
Ιωαννίνων	Γ	έως 1980	25.034
Ιωαννίνων	Γ	1981-2000	22.531
Ιωαννίνων	Γ	μετά το 2000	11.381

Πίνακας 4.2. Κατοικίες ανά Κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής, Δ. Μακεδονία

Περιφερειακή Ενότητα	Κλιματική Ζώνη	Περίοδος Κατασκευής	Αριθμός Νοικοκυριών
Καστοριάς, Φλώρινας, Κοζάνης, Γρεβενών	Δ	έως 1980	48.174
Καστοριάς, Φλώρινας, Κοζάνης, Γρεβενών	Δ	1981-2000	29.002
Καστοριάς, Φλώρινας, Κοζάνης, Γρεβενών	Δ	μετά το 2000	16.822

Για το υπολογισμό των κατοικιών ανά κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής, χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα από την Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών (ΕΟΠ) 2019 (ΕΛΣΤΑΤ, 2020). Από την έρευνα αντλήθηκαν στοιχεία για την περίοδο κατασκευής κατοικιών σε επίπεδο Περιφέρειας. Για να γίνει αναγωγή από επίπεδο περιφέρειας σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας (και κατ’ επέκταση κλιματικής ζώνης) χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την απογραφή πληθυσμού - κατοικιών 2011 (ΕΛΣΤΑΤ, 2011),

τα οποία είναι σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας, υποθέτοντας πως οι αναλογίες νοικοκυριών εντός των Π.Ε παραμένουν σταθερές. Στους πίνακες (**Πίνακας 4.1** & **Πίνακας 4.2**) φαίνονται οι κατοικίες ανά κλιματική ζώνη και περίοδο κατασκευής.

4.1.3 Ζήτηση Ενέργειας

Έχοντας ορίσει το που τοποθετούνται οι κατοικίες και το πότε κατασκευάστηκαν, στα επόμενα θα μας απασχολήσει ποιοι κατοικούν σε αυτές. Τα δεδομένα που προετοιμάστηκαν και θα παρουσιαστούν αφορούν στα υπό-τμήματα ζήτησης ενέργειας.

4.1.4 Πληρότητα Οικίας

Το ζητούμενο στην συνέχεια είναι να δημιουργηθούν κατηγορίες οι οποίες θα περιλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους νοικοκυριών ανά κλιματική ζώνη. Τα νοικοκυριά αυτά διαφέρουν στον αριθμό μελών, προφίλ χρήσης ανάλογα με τη εργασία ή όχι των μελών, ηλικία μελών, και οικογενειακή κατάσταση.

Πίνακας 4.3. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος

A/A Κατηγορίας	Αριθμός Μελών	Αριθμός νοικοκυριών	Περίοδος κατασκευής	Περιγραφή νοικοκυριού
1	1	5.187	έως 1980	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2	1	4.668	1981-2000	Ένας άνεργος (25-74)
3	1	2.358	μετά το 2000	Ένας εργαζόμενος (25-74)
4	2	9.056	έως 1980	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
5	2	8.150	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
6	2	4.117	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
7	3	6.020	έως 1980	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (15-24)
8	3	5.418	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (15-24)
9	3	2.737	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
10	4+	4.691	έως 1980	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (8-15)
11	4+	4.222	1981-2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24) Ένα παιδί (8-15)

12	4+	2.133	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Τρία παιδιά (8-15)
----	----	-------	--------------	---

Για να προκύψουν τις κατηγορίες, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα από την ΕΟΠ 2019 από την οποία αντλήθηκαν στοιχεία αυτή τη φορά για τον αριθμό μελών ανά νοικοκυριό σε επίπεδο Περιφέρειας. Για να γίνει αναγωγή από επίπεδο περιφέρειας σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας (και κατ' επέκταση κλιματικής ζώνης) χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την απογραφή πληθυσμού - κατοικιών 2011 υποθέτοντας πως οι αναλογίες νοικοκυριών εντός των Περιφερειακών Ενοτήτων παραμένουν σταθερές. Έτσι προέκυψαν 12 κατηγορίες νοικοκυριών από τον αριθμό μελών 1-4+ και τις 3 περιόδους κατασκευής.

Έχοντας τον αριθμό των νοικοκυριών ανά αριθμό μελών και ανά περίοδο κατασκευής, απομένει η σύνθεση των οικογενειών που τα αποτελούν καθώς επηρεάζει σημαντικά το προφίλ κατανάλωσης. Από την ΕΟΠ 2019 και πάλι, ελήφθησαν στοιχεία για την σύνθεση των νοικοκυριών και τα οποία αξιοποιήθηκαν. Η κατανομή των συνθέσεων οικογενειών στις κατηγορίες (Πίνακας 4.3, Πίνακας 4.4 και Πίνακας 4.5) έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε οι τελικές κατηγορίες νοικοκυριών να προσεγγίζουν ικανοποιητικά τα στοιχεία της ΕΟΤ ελαχιστοποιώντας όμως παράλληλα την υπολογιστική πολυπλοκότητα.

Πίνακας 4.4. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος

A/A Κατηγορίας	Αριθμός Μελών	Αριθμός νοικοκυριών	Περίοδος κατασκευής	Περιγραφή νοικοκυριού
1	1	5.203	έως 1980	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2	1	4.683	1981-2000	Ένας ηλικιωμένος (65+)
3	1	2.365	μετά το 2000	Ένας εργαζόμενος (25-74)
4	2	9.084	έως 1980	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
5	2	8.176	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
6	2	4.130	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
7	3	6.039	έως 1980	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Ένα παιδί (8-15)
8	3	5.435	1981-2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
9	3	2.745	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-15)
10	4+	4.706	έως 1980	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (8-15)
11	4+	4.235	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (15-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)

12	4+	2.139	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-15) Ένας ηλικιωμένος (65+)
----	----	-------	--------------	---

Στην περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας δημιουργήθηκαν 13 κατηγορίες νοικοκυριών. Η κατηγορία 6 προέκυψε ουσιαστικά από την διαίρεση της κατηγορίας 5 σε 2 επί μέρους, ώστε αθροιστικά η σύνθεση των οικογενειών στην Περιφέρεια να μην αποκλίνει σημαντικά από τα στοιχεία ΕΟΠ 2019.

Στην συνέχεια, ώστε να καθοριστεί η δραστηριότητα συνολικά του κάθε νοικοκυριού, καθορίστηκε η δραστηριότητα των ατόμων που το αποτελούν. Χρησιμοποιήθηκαν πίνακες για κάθε τύπο κατοίκου (Ηλικιωμένος, Άνεργος, Εργαζόμενος, Παιδί) και φύλου (Άντρας, Γυναίκα) που περιγράφουν με δυαδικές τιμές την παρουσία με 1 ή την απουσία του με 0, κάθε ώρα της ημέρας από το σπίτι. Παρόμοια, χρησιμοποιήθηκαν πίνακες δραστηριότητας που περιγράφουν με 1 και 0 την δραστηριότητα ή μη αντίστοιχα. Η δραστηριότητα εντός σπιτιού προϋποθέτει την παρουσία του ατόμου στο σπίτι αλλά δεν υπάρχει υποχρεωτικά δραστηριότητα κάθε ώρα παρουσίας, όπως συμβαίνει με τις ώρες ύπνου.

Πίνακας 4.5. Κατηγορίες νοικοκυριών, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία

A/A Κατηγορίας	Αριθμός Μελών	Αριθμός νοικοκυριών	Περίοδος κατασκευής	Περιγραφή νοικοκυριού
1	1	9.977	έως 1980	Ένας ηλικιωμένος (65+)
2	1	6.006	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74)
3	1	3.484	μετά το 2000	Ένας ηλικιωμένος (65+)
4	2	16.594	έως 1980	Δύο ηλικιωμένοι (65+)
5	2	5.990	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74)
6	2	4.000	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας ηλικιωμένος (65+)
7	2	5.794	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74)
8	3	8.332	έως 1980	Δύο ηλικιωμένοι (65+) Ένας εργαζόμενος (25-74)
9	3	5.016	1981-2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (15-24)
10	3	2.909	μετά το 2000	Δύο εργαζόμενοι (25-74) Ένα παιδί (8-15)
11	4+	13.269	έως 1980	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (15-24)
12	4+	7.988	1981-2000	Ένας εργαζόμενος (25-74) Ένας άνεργος (25-74) Δύο παιδιά (15-24) Ένας ηλικιωμένος (65+)

13		4+		4.633		μετά το 2000		Δύο εργαζόμενοι (25-74) Δύο παιδιά (8-15)		
Πίνακας 4.6. Παράδειγμα πίνακα δραστηριότητας										
Παρουσία						Δραστηριότητα				
Ώρα	Ένας Ηλικιωμένος (Α)		Ένας Ηλικιωμένος (Γ)		Ένας Ηλικιωμένος (Α)		Ένας Ηλικιωμένος (Γ)		Νοικοκυριό	
	Καθημερ.	ΣΚ	Καθημερ.	ΣΚ	Καθημερ.	ΣΚ	Καθημερ.	ΣΚ	Καθημερ.	ΣΚ
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
23	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Από τις δραστηριότητες των επιμέρους μελών, προκύπτει και η δραστηριότητα του νοικοκυριού (με λογική διάζευξη OR), οι ώρες δηλαδή στις οποίες δύναται να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές συσκευές (είναι ενεργός τουλάχιστον ένας κάτοικος). Η δραστηριότητα διαφοροποιείται ανάμεσα στις καθημερινές μέρες και τα Σαββατοκύριακα (ΣΚ). Ο Πίνακας 4.6 παρουσιάζει ένα παράδειγμα με τις ώρες δραστηριότητας ενός νοικοκυριού που αποτελείτε από δύο ηλικιωμένους.

4.1.5 Συσκευές

Για την χρήση των ηλεκτρικών συσκευών αντλήθηκαν δεδομένα από την ΕΟΠ 2019. Από αυτά τα δεδομένα υπολογίστηκαν τα ποσοστά κτίσης ηλεκτρικών συσκευών μαγειρέματος/κουζίνας, φωτισμού και λοιπών ηλεκτρικών συσκευών. Επίσης, προσδιορίστηκε και χρόνος χρήσης των συσκευών (Πίνακας 4.7). Οι απαντήσεις της έρευνα ήταν σε μορφή εύρους (για παράδειγμα: Απάντηση 2 στην πρώτη ερώτηση αντιστοιχεί σε 3 με 6 φορές την εβδομάδα και Απάντηση 1 στην δεύτερη ερώτηση αντιστοιχεί σε 0-2 ώρες την ημέρα) αλλά για τις ανάγκες του μοντέλου απαιτείται να μετατραπούν σε αριθμό δηλαδή σε ώρες χρήσης ανά ημέρα. Αφού υπολογίστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων και εφαρμόστηκε γραμμική παρεμβολή προέκυψε τελικά ο ζητούμενος χρόνος χρήσης.

Πίνακας 4.7. Ποσοστό κτίσης συσκευών και ώρες χρήσης

Συσκευές	Περιφέρεια Ηπείρου		Περιφέρεια Δ. Μακεδονίας		Ονομαστική Ισχύς(W)
	% κτήσης	Ωρες/ημέρα	% κτήσης	Ωρες/ημέρα	
Εστίες	96,96%	1,25	93,82%	1,58	1.600
Φούρνος	93,48%	0,23	86,52%	0,51	2.150
Φούρνος Μικροκυμάτων	37,39%	0,31	38,20%	0,31	1.150
Τοστιέρα	81,74%	0,07	79,78%	0,07	1.300
Καφετιέρα	61,30%	0,21	45,51%	0,33	1.100
Βραστήρας	50,00%	0,25	66,29%	0,24	1.250
Απορροφητήρας	96,52%	1,05	96,07%	1,11	108
Ψυγείο	100%	24	100%	24	150
Πλυντήριο πιάτων	37,83%	0,39	34,83%	0,57	1.350
Πλυντήριο Ρούχων	95,22%	0,50	96,07%	0,21	500
Σίδερο	94,78%	0,31	96,63%	0,31	1.000
Ηλ. Σκούπα	83,04%	0,10	95,51%	0,14	450
Τηλεόραση	100,00%	5,64	100,00%	5,19	100
DVD/VCR	27,83%	0,39	20,79%	0,39	40
Στέρεο	23,91%	0,50	11,24%	0,50	24
H/Y	56,96%	2,91	61,80%	3,77	300
Router	56,96%	24	61,80%	24	10

Περιφερειακά Η/Υ	13,91%	0,03	6,74%	0,08	50
Κονσόλα	5,65%	0,09	7,30%	0,08	160

Στις περιπτώσεις που η αναγωγή των απαντήσεων από εύρος σε τιμή (ώρες/ημέρα) αδυνατούσε να γίνει με επιτυχία, χρησιμοποιήθηκαν τιμές από προηγούμενη μελέτη σε επίπεδο Ελληνικής Επικράτειας. Στην συσκευή ψυγείο εννοείται ψυγείο-καταψύκτης και ορίστηκε ποσοστό κτίσης ίσο με 100%. Η λειτουργία του ψυγείου θεωρείται αδιάκοπη. Για το “router” το ποσοστό κτίσης θεωρήθηκε ίσο με το ποσοστό του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή (Η/Υ) και η λειτουργία του επίσης 24ωρη.

Έχοντας τα στοιχεία σχετικά με τη χρήση των συσκευών, κατανεμήθηκε ο χρόνος χρήσης εντός των ωρών δραστηριότητας της κάθε κατηγορίας νοικοκυριών. Αυτός ο χρόνος χρήσης του προηγούμενο πίνακα δεν είναι ίδιος για κάθε κατηγορία νοικοκυριών, έχουν γίνει παραδοχές για να προσαρμοστεί το επίπεδο χρήσης στο προφίλ της κάθε κατηγορίας. Για παράδειγμα έχει γίνει η υπόθεση πως ένα νοικοκυριό με 2 γονείς και 2 παιδιά κάνει αυξημένη χρήση των συσκευών κουζίνας σε σχέση με ένα νοικοκυριό ενός εργαζομένου. Επίσης ένα νοικοκυριό ενηλίκων δεν χρησιμοποιεί κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών. Οι προσαρμογές στον χρόνο χρήσης ανά κατηγορία νοικοκυριών έχουν γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε ο μέσος όρος χρήσης συσκευών να μην αποκλίνει από τις τιμές του παραπάνω πίνακα.

4.1.6 Θέρμανση, Εξαερισμός και Κλιματισμός

Για τον προσδιορισμό της τεχνολογίας θέρμανσης χρησιμοποιήθηκαν και πάλι δεδομένα από την ΕΟΤ 2019. Σε αυτήν την έρευνα έχουν καταγραφεί οι τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά και όπως είναι λογικό υπάρχουν περιπτώσεις όπου συναντώνται περισσότερες από μια τεχνολογίες σε κάθε κατοικία. Για παράδειγμα λέβητας πετρελαίου και κλιματιστικό μπορεί να συνυπάρχουν στο ίδιο σπίτι. Στα πλαίσια της εργασίας έγινε η παραδοχή πως υπάρχει μια μόνο βασική ανά νοικοκυριό τεχνολογία: καυστήρας πετρελαίου, καυστήρας φυσικού αερίου, καυστήρας βιομάζας, αντλία θερμότητας ή λοιπές ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης. Ειδικά για την περίπτωση της Δ. Μακεδονίας έχουμε και συστήματα τηλεθέρμανσης. Στην κατηγορία του πετρελαίου έχουν συμπεριληφθεί και τεχνολογίες παραγωγών πετρελαίου όπως υγραερίου (“LPG”). Για τις ηλεκτρικές συσκευές, υπολογίστηκαν ως το υπολειπόμενο ποσοστό του 100% εάν αφαιρέσουμε την συνεισφορά των υπόλοιπων κύριων τεχνολογιών (**Πίνακας 4.8**).

Πίνακας 4.8. Μείγματα τεχνολογιών θέρμανσης

Τεχνολογία θέρμανσης	Περιφέρεια Ηπείρου	Περιφέρεια Δ. Μακεδονίας
Πετρέλαιο	76,5%	35,4%
Φυσικό Αέριο	0%	0%
Ηλεκτρισμός	18,3%	22,5%
Λοιπές Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	17,8%	21,9%
Αντλίες Θερμότητας	0,4%	0,6%
Βιομάζα	5,2%	9,6%
Τηλεθέρμανση	0%	33%

4.1.7 Θερμική Άνεση

Τέλος, η προσομοίωση του υπολογιστικού εργαλείου “DREEM” για κάθε ένα από τα υπό εξέταση σεσάρια, έγινε υπό τον περιορισμό ότι κατά τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης η θερμική άνεση των κατοίκων δεν ξεπερνούσε τα αποδεκτά όρια, όπως αυτά διαμορφώνονται από το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα αποδεκτά εύρη τιμών του δείκτη “PMV”.

4.2 Σεσάρια Ενεργειακής Μετάβασης

Τα σεσάρια υπό εξέταση περιλαμβάνουν την ανακαίνιση του γερασμένου κτηριακού αποθέματος και την αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης με αποδοτικότερες τεχνολογίες, φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας. Παράλληλα, κατά το σχεδιασμό τους ελήφθησαν υπόψιν οι τελευταίες ραγδαίες εξελίξεις γύρω από τον ενεργειακό χάρτη, οι υπάρχοντες στόχοι του ΕΣΕΚ, καθώς και οι τελευταίες προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέσω του πακέτου “Fit-for-55” που στοχεύουν στην αποτροπή της χρήσης ορυκτών καυσίμων (όπως το φυσικό αέριο) για τη θέρμανση των κατοικιών, αλλά εστιάζουν στον εξηλεκτρισμό της θέρμανσης.

Στο πρώτο σεσάριο (Σεσάριο Α - Ήπειρος) για την Ήπειρο, έχουμε την αντικατάσταση συστημάτων πετρελαίου με συστήματα φυσικού αερίου στις κατοικίες κτισμένες πριν το 2000. Στις κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 η αντικατάσταση γίνεται με αντλίες θερμότητας. Η διείσδυση συστημάτων φυσικού αερίου γίνεται με τέτοιο ρυθμό (R_{E1}) ώστε το καύσιμο το 2030 να αντιστοιχεί στο 10% της συνολικής τελικής κατανάλωσης. Αντίστοιχα, η διείσδυση αντλιών θερμότητας γίνεται με τέτοιο ρυθμό (R_{E2}), ώστε το 2030 ο αριθμός των αντλιών να παρουσιάζει αύξηση 300% σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα. Όσο αφορά τις ανακαινίσεις γίνονται με κοινό τρόπο για όλα τα σεσάρια και πραγματοποιούνται μόνο σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με προτεραιότητα στα συστήματα πετρελαίου.

Το δεύτερο σεσάριο (Σεσάριο Β – Ήπειρος) είναι πιο περίπλοκο και χωρίζεται σε 3 περιόδους κατά τις οποίες αλλάζει ο τρόπος αντικατάστασης τεχνολογιών θέρμανσης. Η περίοδος 2022-2030 είναι όμοια με το σεσάριο Α. Για την περίοδο 2031-2035 παύει η αντικατάσταση σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000, από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου και πλέον γίνονται νέες αντικαταστάσεις με αντλίες θερμότητας. Ο ρυθμός των αντικαταστάσεων (R_{E1}) είναι ίδιος με το σεσάριο Α αλλά αφορά μόνο αντλίες θερμότητας. Οι αρχικές αντικαταστάσεις με αντλίες θερμότητας του σεναρίου Α στις κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 με ρυθμό R_{E2} παραμένουν επίσης οι ίδιες. Στην περίοδο 2036-2040 συνεχίζεται η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας αποκλειστικά, με τον ίδιο ρυθμό όπως την προηγούμενη περίοδο με την μόνη διαφορά, πως πλέον τα αντικαθιστάμενα συστήματα είναι και πετρελαίου και φυσικού αερίου (για κατοικίες κτισμένες πριν το 2000).

Τα σεσάρια της Δ. Μακεδονίας είναι παρόμοια με αυτά της Ηπείρου, με την σημαντική διαφορά πως αρχικά τα νέα συστήματα φυσικού αερίου δεν αντικαθιστούν συστήματα πετρελαίου αλλά τηλεθέρμανσης. Στο πρώτο σεσάριο (Σεσάριο Α – Δ. Μακεδονία) ισχύουν τα επόμενα: Ο ρυθμός των αντικαταστάσεων (R_{W1}) είναι τέτοιος, ώστε το 2028 να έχουν εξαντληθεί οι κατοικίες με τηλεθέρμανση, έτσι το σεσάριο να ευθυγραμμίζεται με το Ελληνικό πλάνο απολιγνιτοποίησης. Μετά το 2030, οι νέες αντικαταστάσεις συστημάτων από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο γίνονται με διορθωμένο ρυθμό (R_{W2}), ο οποίος θα επιτύγχανε στόχο 10% της τελικής κατανάλωσης να καλύπτεται από φυσικό αέριο το 2030. Οι αντικαταστάσεις συστημάτων πετρελαίου με αντλίες θερμότητας στις κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 γίνονται όπως και στο σεσάριο Α της Ηπείρου (στόχος 300% αύξηση των συστημάτων το 2030 σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα, ρυθμός R_{W3}).

Οι 3 περίοδοι του δεύτερου σεναρίου (Σενάριο Β – Δ. Μακεδονία) έχουν ως εξής: Η περίοδος 2022-2030 είναι όμοια με σενάριο Α. Στην περίοδο 2031-2035 στις κατοικίες κτισμένες πριν το 2000, γίνονται νέες αντικαταστάσεις με αντλίες θερμότητας με τον διορθωμένο ρυθμό διείσδυσης (R_{w2}) φυσικού αερίου του σεναρίου Α. Οι αρχικές αντικαταστάσεις με αντλίες θερμότητας του σεναρίου Α στις κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 παραμένουν οι ίδιες. Ο συνολικός αριθμός των αντικαταστάσεων είναι ίσος με το σενάριο Α αλλά αφορά μόνο αντλίες θερμότητας. Στην περίοδο 2036-2040 όμοια με το σενάριο Β της Περιφέρειας Ηπείρου.

Ο Πίνακας 4.9 και Πίνακας 4.10 συγκεντρώνουν τις επεμβάσεις που πραγματοποιούνται στα δύο σεσάρια για τις Περιφέρειες μελέτης.

Πίνακας 4.9. Επεμβάσεις σεναρίων Ηπείρου

Επεμβάσεις	Σενάριο Α	Σενάριο Β
2022-2030		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{E1}	Από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου	Όμοια με Σενάριο Α
2031-2035		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{E1}	Από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου	Από συστήματα πετρελαίου σε αντλίες θερμότητας
2036-2040		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{E1}	Από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου	Από συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου σε αντλίες θερμότητας
2022-2040		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 με ρυθμό R_{E2}	Από συστήματα πετρελαίου σε αντλίες θερμότητας	Όμοια με Σενάριο Α
Ανακαινίσεις κατοικιών κτισμένων πριν το 2000 με ρυθμό R_{RE}	Ανάλογα με την διαθεσιμότητα μη ανακαινισμένων κατοικιών	Όμοια με Σενάριο Α

Για να οριστεί η αρχική κατάσταση του κτηριακού αποθέματος που αντιστοιχεί στο έτος 2021, χρησιμοποιήθηκε το μείγμα τεχνολογιών θέρμανσης της παραγράφου 4.1.6 (Πίνακας 4.8) για τις δύο περιφέρειες. Σε συνδυασμό με το πλήθος των νοικοκυριών προκύπτει ο αρχικός αριθμός συστημάτων της κάθε τεχνολογίας ανά κλιματική ζώνη. Υπενθυμίζεται πως η συμμετοχή του φυσικού αερίου και στις δύο Περιφέρειες είναι μηδενική, επίσης η συμμετοχή του πετρελαίου προκύπτει ως η διαφορά των λοιπών συστημάτων θέρμανσης από το σύνολο των νοικοκυριών.

Ο Πίνακας 4.11 συνοψίζει τους στόχους, την αρχική κατάσταση του κτηριακού αποθέματος καθώς και τους ρυθμούς επίτευξης των στόχων για την κάθε τεχνολογία θέρμανσης και τις ανακαινίσεις. Τέλος σημειώνεται πως οι ρυθμοί που αφορούν το φυσικό αέριο R_{E1} και R_{w2} δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν εξ' αρχής καθώς οι στόχοι που τους παράγουν αφορούν στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Ο ρυθμός R_{w1} προκύπτει εξ' ορισμού αντίθετος με τον ρυθμό R_{w4} .

Συνοψίζοντας λοιπόν τα σεσάρια, φαίνεται πως το πρώτο (Α) αντιστοιχεί σε ένα σεσάριο υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας διείσδυση του φυσικού αερίου στο μείγμα του οικιακού τομέα. Το δεύτερο σεσάριο (Β) είναι σεσάριο εξηλεκτρισμού και περιγράφει μια μεσοπρόθεσμη υιοθέτηση του φυσικού αερίου, η οποία στην συνέχεια σταθεροποιείται και ακολουθείται από σταδιακή κατάργηση (“phase-out”).

Πίνακας 4.10. Επεμβάσεις σεναρίων Δ. Μακεδονίας

Επεμβάσεις	Σεσάριο Α	Σεσάριο Β
2022-2028		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{W1}	Από συστήματα τηλεθέρμανσης σε συστήματα φυσικού αερίου	Όμοια με Σεσάριο Α
2029-2030		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000	Καμία	Όμοια με Σεσάριο Α
2031-2035		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{W2}	Από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου	Από συστήματα πετρελαίου σε αντλίες θερμότητας
2036-2040		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000 με ρυθμό R_{W2}	Από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου	Από συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου σε αντλίες θερμότητας
2022-2040		
Αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης σε κατοικίες κτισμένες μετά το 2000 με ρυθμό R_{W3}	Από συστήματα πετρελαίου σε αντλίες θερμότητας	Όμοια με Σεσάριο Α
Ανακαινίσεις κατοικιών κτισμένων πριν το 2000 με ρυθμό R_{RW}	Ανάλογα με την διαθεσιμότητα μη ανακαινισμένων κατοικιών	Όμοια με Σεσάριο Α

4.3 Γενικές Παραδοχές

Έγιναν παραδοχές για τον αρχικό επιμερισμό (έτος 2021) των τεχνολογιών θέρμανσης στις 12 ή τις 13 ομάδες νοικοκυριών για την Περιφέρεια Ηπείρου και Δ. Μακεδονίας αντίστοιχα. Θεωρήθηκε πως οι υπάρχουσες αντλίες θερμότητας είναι εγκατεστημένες στις κατοικίες κατασκευασμένες μετά το 2000, τα ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης και βιομάζας επιμερίζονται σε όλες τις κατοικίες ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής. Ειδικά για την Περιφέρεια Δ. Μακεδονίας τα συστήματα τηλεθέρμανσης θεωρούνται εγκατεστημένα στις κατοικίες κτισμένες πριν το 2000. Δεν υπάρχουν συστήματα φυσικού αερίου σε καμία από τις υπό εξέταση Περιφέρειες. Τέλος τα συστήματα πετρελαίου είναι εγκατεστημένα στις υπόλοιπες κατοικίες.

Σχετικά με τις ανακαινίσεις, αυτές πραγματοποιούνται μόνο σε κατοικίες κτισμένες πριν το 2000, αρχικά με συστήματα πετρελαίου. Ο ρυθμός ανακαινίσεων στην κάθε περιφέρεια προέκυψε ορίζοντας ρυθμό

ανακαινίσεων σε επίπεδο επικράτειας ίσο με 2%, που αντιστοιχεί σε 120.000 κατοικίες, και έπειτα έγινε αναγωγή σε επίπεδο κλιματικής ζώνης. Τα παραπάνω ισχύουν για τις ανακαινίσεις όλων των σεναρίων.

Να σημειωθεί πως όλες οι επεμβάσεις επιμερίζονται αναλογικά σε κάθε κατηγορία νοικοκυριού, εφόσον αυτή θεωρείται έγκυρη με βάση τις παραπάνω παραδοχές.

Για την εξέλιξη του συντελεστή εκπομπών του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την υφιστάμενη κατάσταση από την βιβλιογραφία (Carbon Footprint, 2019) όπως επίσης και οι προβλέψεις για το 2030 και 2040 της μακροχρόνιας στρατηγικής ΜΣ-50 (ΥΠΕΝ, 2019).

Πίνακας 4.11. Στόχοι, αρχική κατάσταση και ρυθμός επίτευξης των σεναρίων.

	Αντλίες θερμότητας	Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	Βιομάζα	Τηλεθέρμανση	Ανακαινίσεις
Στόχοι					
	2030			2028	ετησίως
Ήπειρος & Δ. Μακεδονία	+300% σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα	-	-	μηδενισμός	2% σε επίπεδο επικράτειας
Αρχική κατάσταση 2021 (κατοικίες)					
Ήπειρος KZ Β	255	10.475	3.066	0	0
Ήπειρος KZ Γ	256	10.508	3.075	0	0
Δ. Μακεδονία	528	20.595	8.977	30.629	0
Ρυθμός επίτευξης (κατοικίες/έτος)					
Ήπειρος KZ Β	$R_{E2B}=+85$	-	-	-	$R_{REB}=+1.729$
Ήπειρος KZ Γ	$R_{E2C}=+85$	-	-	-	$R_{REC}=+1.734$
Δ. Μακεδονία	$R_{W3}=+176$	-	-	$R_{w4}=-R_{w1}=-4.376$	$R_{RW}=+2.766$

Με εφαρμογή γραμμικής παρεμβολής στα διαστήματα 2020-2030 και 2030-2040 προκύπτουν οι τιμές του συντελεστή εκπομπών για κάθε έτος της ενεργειακής μετάβασης. Οι συντελεστές εκπομπών των λοιπών καυσίμων θεωρούνται σταθεροί στο πέρας του χρόνου (Ministry of Environment and Energy, 2021).

Επίσης για τις τιμές των καυσίμων έγιναν υποθέσεις για την εξέλιξη των τιμών τους με βάση τις προβλέψεις της μακροχρόνιας στρατηγικής για το 2050. Όσο αφορά το κόστος επεμβάσεων αντλήθηκαν εκτιμήσεις κόστους για τις αντλίες θερμότητας για το διάστημα 2020-2030 αλλά και τα συστήματα φυσικού αερίου από την βιβλιογραφία (De Vita, et al., 2018). Για το κόστος αντλιών θερμότητας στο διάστημα 2030-2040 χρησιμοποιήθηκαν εκτιμήσεις του ευρωπαϊκού οργανισμού αντλιών θερμότητας (Renewable Heating Hub, 2021).

Στο Παράρτημα I παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές και οι εξελίξεις που αφορούν στους συντελεστές εκπομπών, το κόστος καυσίμου και το κόστος των επεμβάσεων.

4.4 Παραδοχές κατά τη Διερεύνηση των Σεναρίων

Κατά την διερεύνηση των σεναρίων έγιναν επιπρόσθετες παραδοχές που αφορούν στους ρυθμούς αντικατάστασης συστημάτων πετρελαίου με συστήματα φυσικού αερίου και τις ανακαινίσεις.

Σχετικά με του ρυθμούς αντικατάστασης (R_{E1}, R_{W2}) αυτοί επιλέχθηκαν ώστε να εξασφαλίζουν μερίδιο συμμετοχής του φυσικού αερίου στην τελική κατανάλωση 10% (Πίνακας 4.12). Για να επιτευχθεί το αποτέλεσμα έγιναν διαδοχικές δοκιμές (“trial and error”) ώστε να προκύψει ο ετήσιος ρυθμός αντικατάστασης που οδηγεί στο επιθυμητό ποσοστό.

Για τις ανακαινίσεις έγιναν οι επιπλέον παραδοχές: Αρχικά οι ανακαινίσεις αφορούν κατοικίες με συστήματα πετρελαίου, στην συνέχεια, όταν τα συστήματα πετρελαίου εξαντληθούν, θεωρήθηκε πως συνεχίζουν σε κτήρια με φυσικό αέριο και έπειτα σε κτήρια με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης.

Πίνακας 4.12. Στόχος διείσδυσης φυσικού αερίου και ρυθμός επίτευξης.

Στόχος	
Ήπειρος & Δ. Μακεδονία	2030 10% φυσικό αέριο στην τελική κατανάλωση
Ρυθμός επίτευξης (κατοικίες /έτος)	
Ήπειρος ΚΖ Β	$R_{E1B}=+689$
Ήπειρος ΚΖ Γ	$R_{E1C}=+778$
Δ. Μακεδονία	$R_{W2}=+1795$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΗΠΕΙΡΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του μοντέλου “DREEM” για τις κατηγορίες νοικοκυριών στη Περιφέρεια Ηπείρου καθώς και τα αποτελέσματα των 2 σεναρίων σε επίπεδο κτηριακού αποθέματος, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂. Ακόμα θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος των δύο σεναρίων.

5.1 Αποτελέσματα “DREEM”

Το μοντέλο έχει υπολογίσει ξεχωριστά για κάθε κλιματική ζώνη την ετήσια τελική κατανάλωσης ενέργειας που αφορά στις διάφορες τεχνολογίες θέρμανσης αλλά και τις ηλεκτρικές συσκευές. (Πίνακας 5.1 έως Πίνακας 5.4) Επίσης έχουν υπολογιστεί και οι εξοικονομήσεις ενέργειας μετά από ολική ανακαίνιση οροφής και τοίχων για κάθε είδος τεχνολογίας.

Πίνακας 5.1. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος

Κατηγορία Νοικοκυριού	1	2	3	4	5	6
Πετρέλαιο	23.234	15.603	12.747	24.222	16.747	13.491
Ηλεκτρικές συσκευές	3.336	4.569	7.109	3.933	5.095	7.157
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	10.013	4.566	2.438	10.814	5.096	2.503
Αντλίες θερμότητας	6.969	3.178	1.697	7.527	3.547	1.742
Φυσικό Αέριο	19.067	12.371	9.761	20.127	13.376	10.137
Βιομάζα	20.018	13.908	11.178	22.133	15.052	11.253
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	17.146	5.699	2.229	19.168	6.157	2.373
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	5.290	1.759	689	5.910	1.898	731
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες θερμότητας	3.678	1.223	480	4.114	1.322	509
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό αέριο	13.705	45.59	1.783	15.058	4.934	1.827

Πίνακας 5.2. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Β - Ήπειρος (συνέχεια)

Κατηγορία Νοικοκυριού	7	8	9	10	11	12
Πετρέλαιο	26.171	17.819	13.479	28.081	19.280	13.802
Ηλεκτρικές συσκευές	4.024	5.218	7.518	4.302	5.615	7.923
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	11.717	5.215	2.578	12.795	5.522	2.628
Αντλίες θερμότητας	8.156	3.630	1.795	8.906	3.844	1.829
Φυσικό Αέριο	21.485	14.128	10.322	23.612	15.400	11.251
Βιομάζα	23.711	15.883	11.820	25.514	17.154	12.731
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	19.963	6.508	2.357	20.822	7.094	2.591

Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	6.154	2.003	722	6.418	2.185	796
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες θερμότητας	4.285	1.395	507	4.468	1.520	558
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό αέριο	15.971	5.207	1.886	17.392	5.253	1.903

Πίνακας 5.3. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος

Κατηγορία Νοικοκυριού	1	2	3	4	5	6
Πετρέλαιο	46.295	31.740	25.386	48.435	33.152	26.975
Ηλεκτρικές συσκευές	6.196	8.680	13.222	7.345	9.419	13.363
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	13.297	6.218	3.251	14.477	6.754	3.350
Αντλίες θερμότητας	9.255	4.328	2.263	10.077	4.701	2.332
Φυσικό Αέριο	36.767	24.345	18.806	38.934	25.617	19.607
Βιομάζα	39.133	27.855	21.918	43.574	29.337	22.152
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	6.454	2.182	836	7.215	2.294	893
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	1.988	670	255	2.226	708	277
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες θερμότητας	1.387	470	178	1.550	491	196
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό αέριο	5.163	1.746	669	5.668	1.839	688

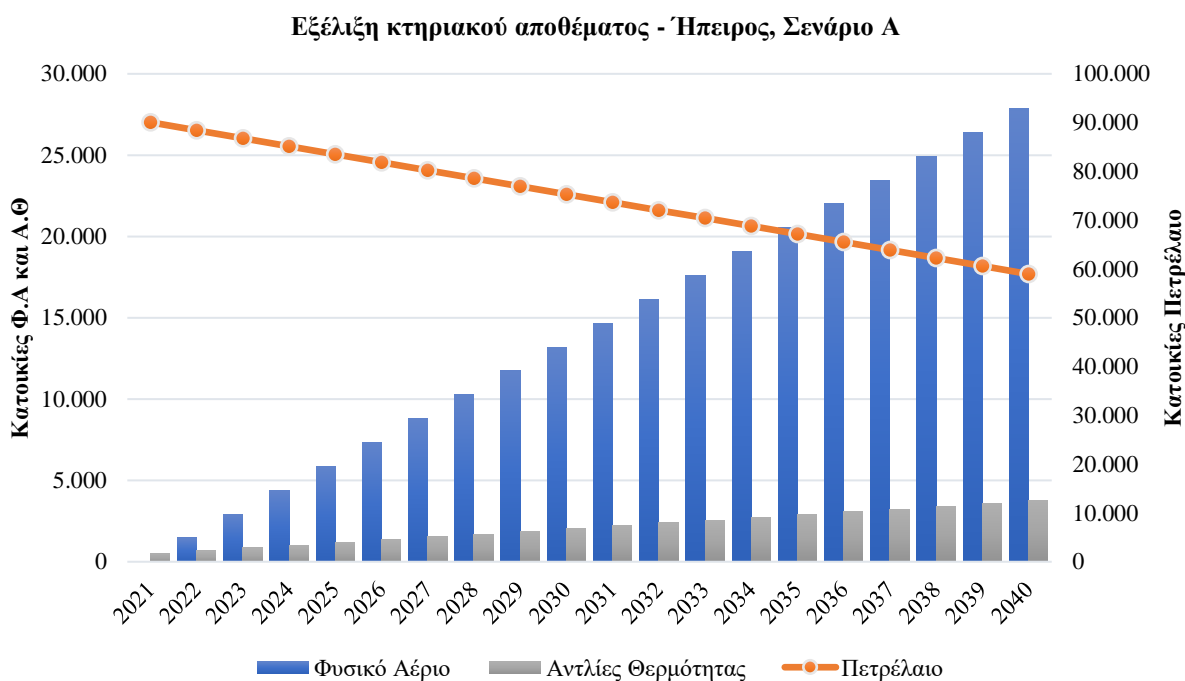
Πίνακας 5.4. Αποτελέσματα “DREEM” σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Γ – Ήπειρος (συνέχεια)

Κατηγορία Νοικοκυριού	7	8	9	10	11	12
Πετρέλαιο	52.860	32.549	26.491	58.420	41.314	31.349
Ηλεκτρικές συσκευές	7.590	3.808	13.642	8.358	11.236	16.806
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	15.844	11.468	3.420	17.821	7.922	3.996
Αντλίες θερμότητας	11.028	7.982	2.381	12.404	5.514	2.781
Φυσικό Αέριο	41.981	26.159	20.975	47.521	31.923	24.722
Βιομάζα	47.154	29.197	22.637	52.260	36.191	28.470
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	5.590	6772	798	8.154	2.861	1.108
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	2.337	2.085	240	2.512	880	344
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες θερμότητας	1.627	1.455	174	1.750	612	235
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό αέριο	6.072	5.418	708	6.811	2.119	814

5.2 Κτηριακό Απόθεμα Οικιακού Τομέα

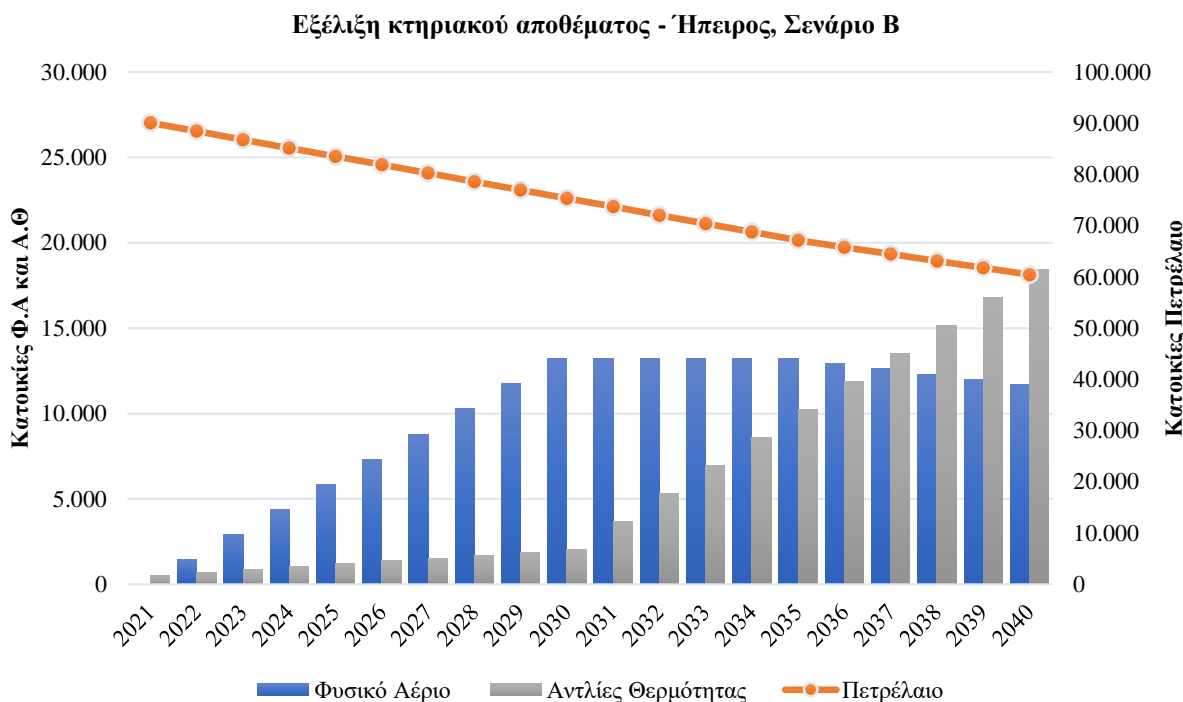
Αρχικά, η εξέλιξη του κτηριακού αποθέματος στο διάστημα 2022-2040 για την περιφέρεια Ηπείρου αφορά μόνο τις κατοικίες με συστήματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας. Οι κατοικίες με συστήματα βιομάζας και λοιπά ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές σε όλο το διάστημα και στα 2 σενάρια.

Στο σενάριο Α (**Διάγραμμα 5.1**) παρουσιάζεται μια σταθερή μείωση για τα συστήματα Πετρελαίου και σταθερή αύξηση για τα συστήματα φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας. Στο σενάριο Β (**Διάγραμμα 5.2**) φαίνονται τρεις διακριτές περιόδους: Στη πρώτη περίοδο 2022-2030 το κτηριακό απόθεμα έχει όμοια συμπεριφορά με το σενάριο Α. Στην δεύτερη 2031-2035 παρατηρείται σταθεροποίηση των συστημάτων φυσικού αερίου και μια αύξηση του ρυθμού εισαγωγής νέων αντλιών θερμότητας. Ο ρυθμός μείωσης των συστημάτων πετρελαίου παραμένει σταθερός. Τέλος στην περίοδο 2036-2040 ο αριθμός των συστημάτων φυσικού αερίου μειώνεται με σταθερό ρυθμό, επίσης μειώνεται και ο ρυθμός αντικατάστασης των συστημάτων πετρελαίου. Ο ρυθμός αύξησης των αντλιών θερμότητας παραμένει σταθερός όμοια με την περίοδο 2031-2035. Επομένως και τα 2 σενάρια εξελίσσονται σύμφωνα με τις παραδοχές των παραγράφων 4.3 και 4.4.



Διάγραμμα 5.1. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Ήπειρος Σενάριο Α

Παράλληλα με τις αντικαταστάσεις συστημάτων πετρελαίου με νέες τεχνολογίες θέρμανσης, γίνονται και ανακαινίσεις στο κτηριακό απόθεμα. Στο σενάριο Α γίνονται ανακαινίσεις μόνο σε κατοικίες πετρελαίου έως το 2035. Το 2036 και 2037 γίνονται επιπλέον ανακαινίσεις και σε κατοικίες με φυσικό αέριο. Από το 2038 και έπειτα όλες κατοικίες πετρελαίου (κτισμένες πριν το 2000) έχουν ανακαινιστεί, επομένως οι νέες ανακαινίσεις αφορούν αποκλειστικά κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου.



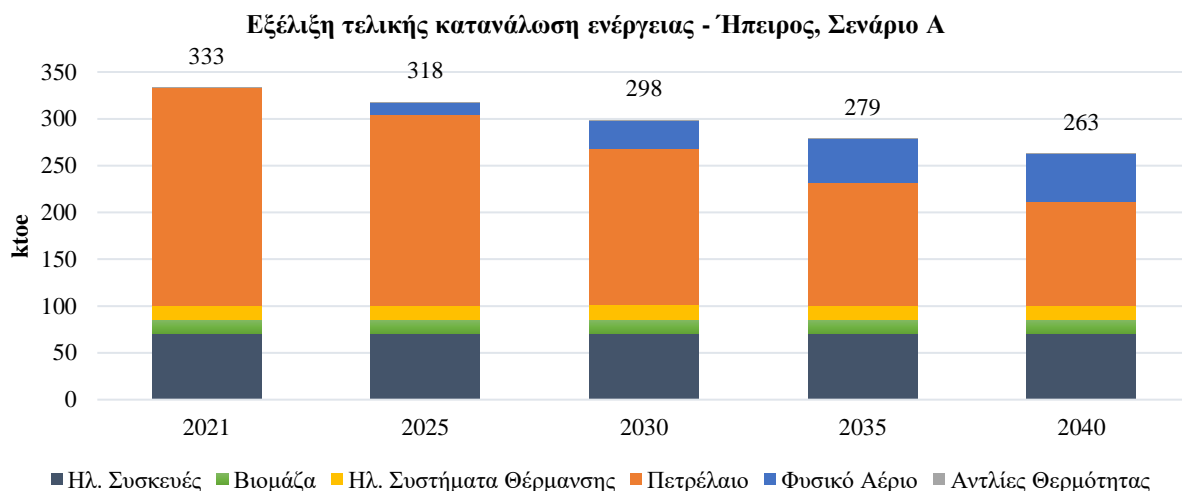
Διάγραμμα 5.2. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος – Ήπειρος, Σενάριο Β

Στο σενάριο Β η κατάσταση μέχρι το 2038 είναι όμοια, αν και οι αναλογίες κατοικιών με συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου που ανακαινίζονται στην διετία 2036-2037 είναι ελαφρώς διαφορετική. Το 2040 ανακαινίζονται και οι τελευταίες κατοικίες φυσικού αερίου (κτισμένες πριν το 2000) μαζί με κατοικίες με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης. Σε αυτό το σενάριο οι κατοικίες φυσικού αερίου προς ανακαίνιση εξαντλούνται συντομότερα καθώς οι νέες αντικαταστάσεις από συστήματα πετρελαίου έχουν πάψει από το 2030 και συνεπώς ο συνολικός τους αριθμός είναι μικρότερος.

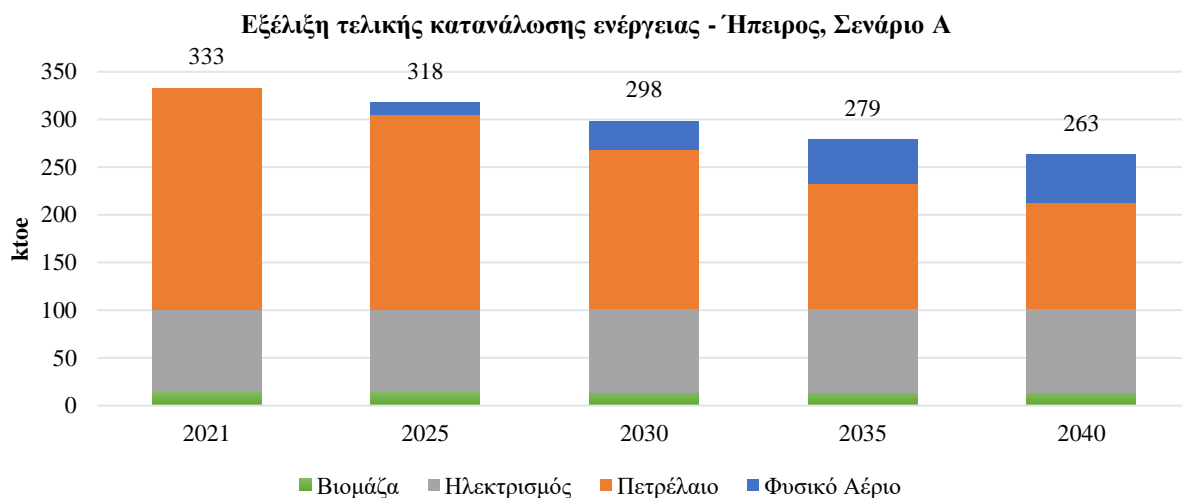
5.3 Τελική Κατανάλωση & Εξοικονομήσεις

Η τελική κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης και ανά καύσιμο στην περιφέρεια Ηπείρου φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα για κάθε σενάριο (**Διάγραμμα 5.3** έως **Διάγραμμα 5.6**). Παρατηρείται πως οι μεταβολές κατανάλωσης είναι συνεπείς με τις αλλαγές στο κτηριακό απόθεμα. Το σενάριο Β φαίνεται πως οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης ήδη από το 2031 που ξεκινά η διαφοροποίηση των 2 σεναρίων, καθώς οι αντλίες θερμότητας έχουν σαφώς χαμηλότερη κατανάλωση από τις λοιπές τεχνολογίες. Το 2040 παρατηρείται πως το σενάριο Α παρουσιάζει μείωση της τελικής κατανάλωσης $\approx 21\%$ ενώ το σενάριο Β παρουσιάζει μείωση $\approx 27\%$ σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα. Το 2030 φαίνεται πως έχει επιτευχθεί ο στόχος μεριδίου του φυσικού αερίου 10% στην τελική κατανάλωση.

Οι εξοικονομήσεις λόγω ανακαινίσεων παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς παρατηρείται μείωση του ρυθμού επίτευξης τους και στα 2 σενάρια στο πέρας του χρόνου. Αυτό γίνεται φανερό από το διάγραμμα αθροιστικών εξοικονομήσεων (**Διάγραμμα 5.7**) όπου προκύπτει μειωμένος ρυθμός αύξησης εξοικονομήσεων από το 2035 στο 2040. Ειδικά στην περίπτωση του σεναρίου Β φαίνεται πως η μείωση είναι μεγαλύτερη. Για να εξηγηθούν τα αίτια αυτής της διαφοροποίησης, τα σενάρια μπορούν να χωριστούν σε περιόδους ανάλογα με τον τύπο συστήματος θέρμανσης των κατοικιών που ανακαινίζονται καθώς και τις αντικαταστάσεις τεχνολογιών που πραγματοποιούνται στα κτήρια κατασκευασμένα πριν το 2000.



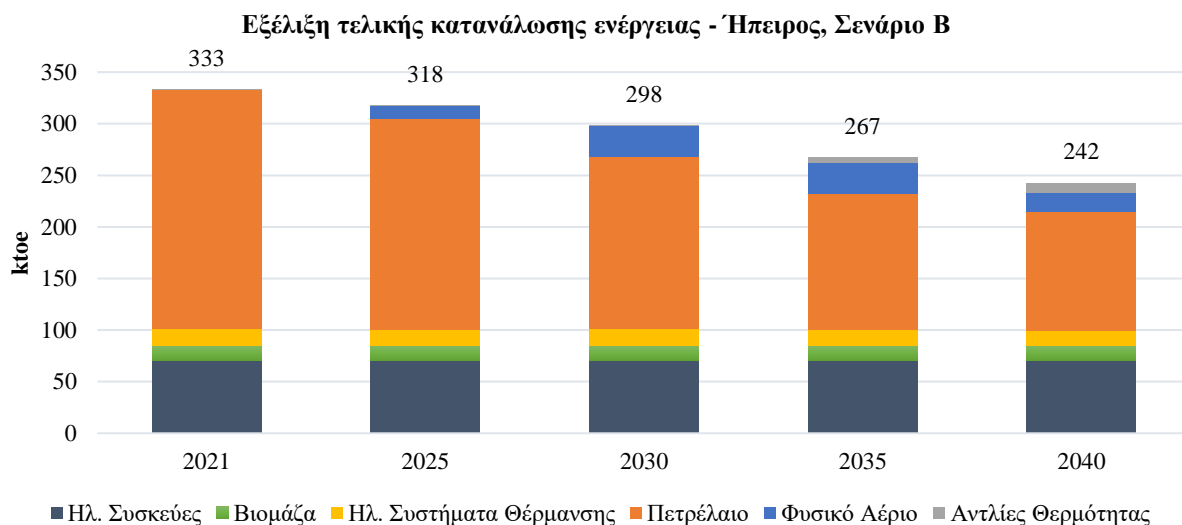
Διάγραμμα 5.3. Εξέλιξη τελικής κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές – Ήπειρος, Σενάριο Α



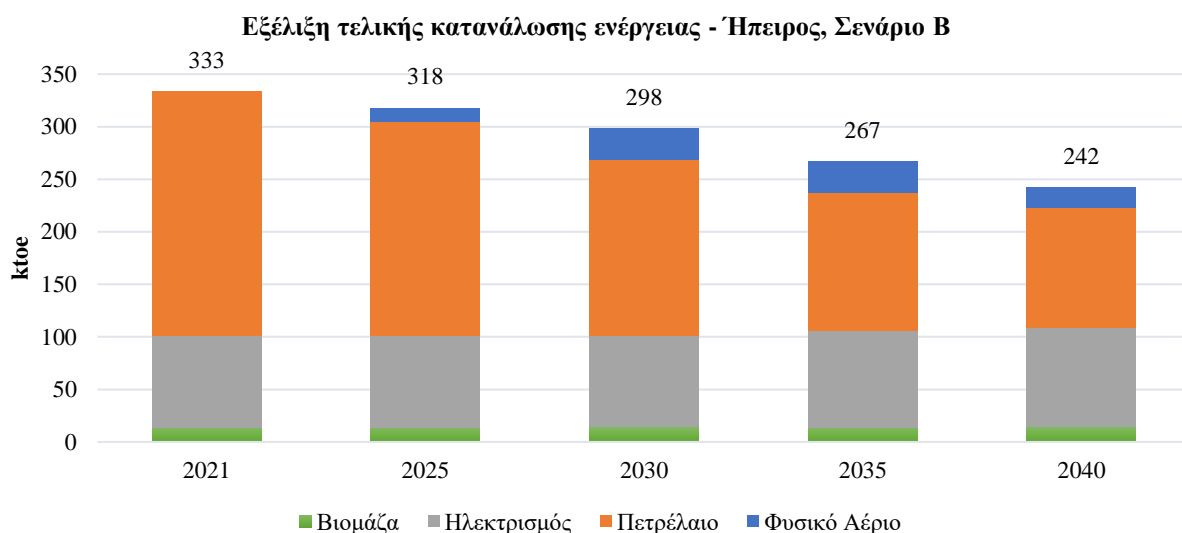
Διάγραμμα 5.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο – Ήπειρος, Σενάριο Α

Για το σενάριο Α στην περίοδο 2022-2035 γίνονται ανακαινίσεις σε κατοικίες πετρελαίου και αντικαταστάσεις από συστήματα πετρελαίου σε συστήματα φυσικού αερίου. Το 2036 γίνονται ανακαινίσεις σε κατοικίες συστημάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Αυτό οδηγεί σε χαμηλότερες εξοικονομήσεις, αφού οι κατοικίες φυσικού αερίου καταναλώνουν και κατ' επέκταση εξοικονομούν λιγότερη ενέργεια. Το 2037 ισχύουν τα ίδια, όμως με διαφορετική αναλογία συστημάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου προς ανακαίνιση. Μάλιστα σε μια από τις δύο κλιματικές ζώνες οι κατοικίες πετρελαίου έχουν ανακαινιστεί πλήρως. Στην περίπτωση που πραγματοποιείται αντικατάσταση τεχνολογίας σε ήδη ανακαινισμένη κατοικία, τότε οι εξοικονομήσεις του πρώην χρησιμοποιούμενου καυσίμου δεν λογίζονται πλέον στο καύσιμο αυτό, αλλά μεταφέρονται στο νέο καύσιμο. Οι νέες εξοικονομήσεις από την μεταφορά είναι μάλιστα μειωμένες καθώς η νέα τεχνολογία είναι οπωσδήποτε αποδοτικότερη από την παλαιότερη. Έτσι το 2037 έχουμε κάποιες νέες εξοικονομήσεις πετρελαίου από τις λιγιστές ανακαινίσεις αλλά και μεταφορά εξοικονομήσεων καθώς σε ανακαινισμένες κατοικίες με συστήματα πετρελαίου αυτά

αντικαθίστανται με φυσικό αέριο. Επίσης, έχουμε νέες εξοικονομήσεις από τις ανακαινίσεις κατοικιών με συστήματα φυσικού αερίου. Το 2038 - 2040 έχουμε εξοικονομήσεις από νέες ανακαινίσεις φυσικού αερίου, καθώς και αντικαταστάσεις τεχνολογιών αποκλειστικά ανακαινισμένων κατοικιών, από συστήματα πετρελαίου σε φυσικού αερίου.

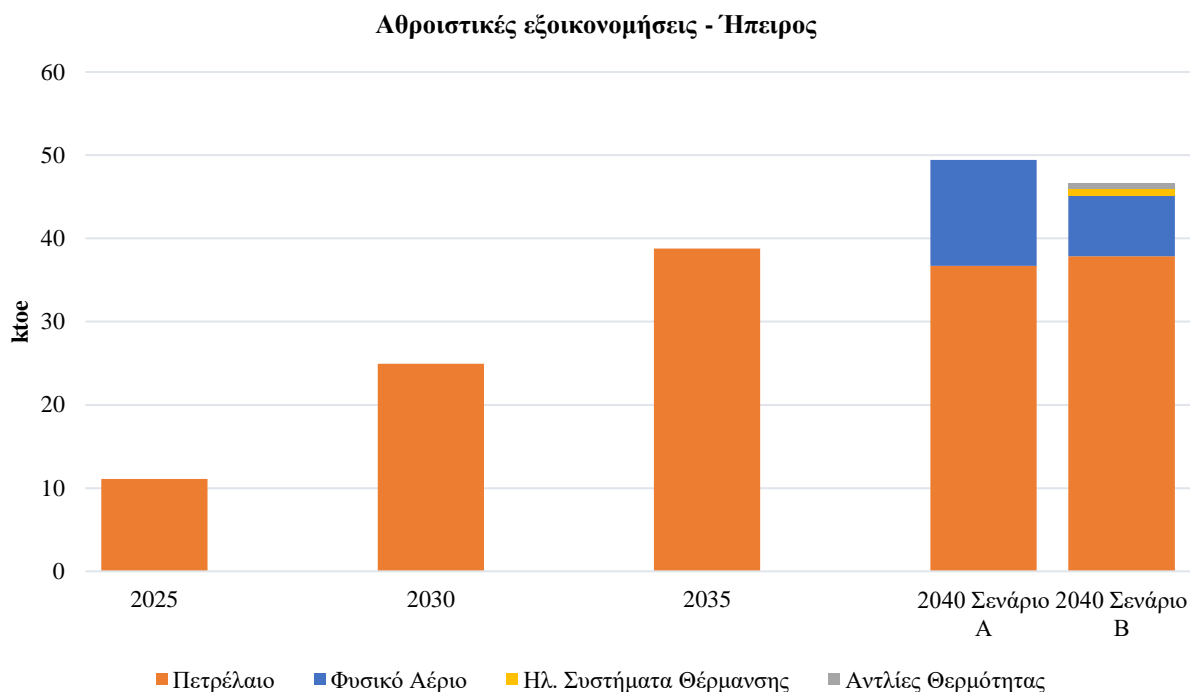


Διάγραμμα 5.5. Τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Ήπειρος Σενάριο Β



Διάγραμμα 5.6. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο – Ήπειρος, Σενάριο Β

Στο σενάριο Β για την πρώτη περίοδο ισχύει ότι και στο σενάριο Α, ομοίως για το 2036 και 2037. Στην 2ετία 2038-2039 έχουμε την αντικατάσταση συστημάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου με αντλίες θερμότητας καθώς και ανακαινίσεις σε κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου. Καθώς οι κατοικίες με συστήματα πετρελαίου είναι πλήρως ανακαινισμένες γίνεται μεταφορά εξοικονομήσεων αυτή την φορά προς τις αντλίες θερμότητας. Οι κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου δεν είναι πλήρως ανακαινισμένες επομένως δεν οφείλεται τέτοια μεταφορά. Τέλος το 2040 έχουμε επιπρόσθετα νέες ανακαινίσεις σε κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου και λοιπά ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης.

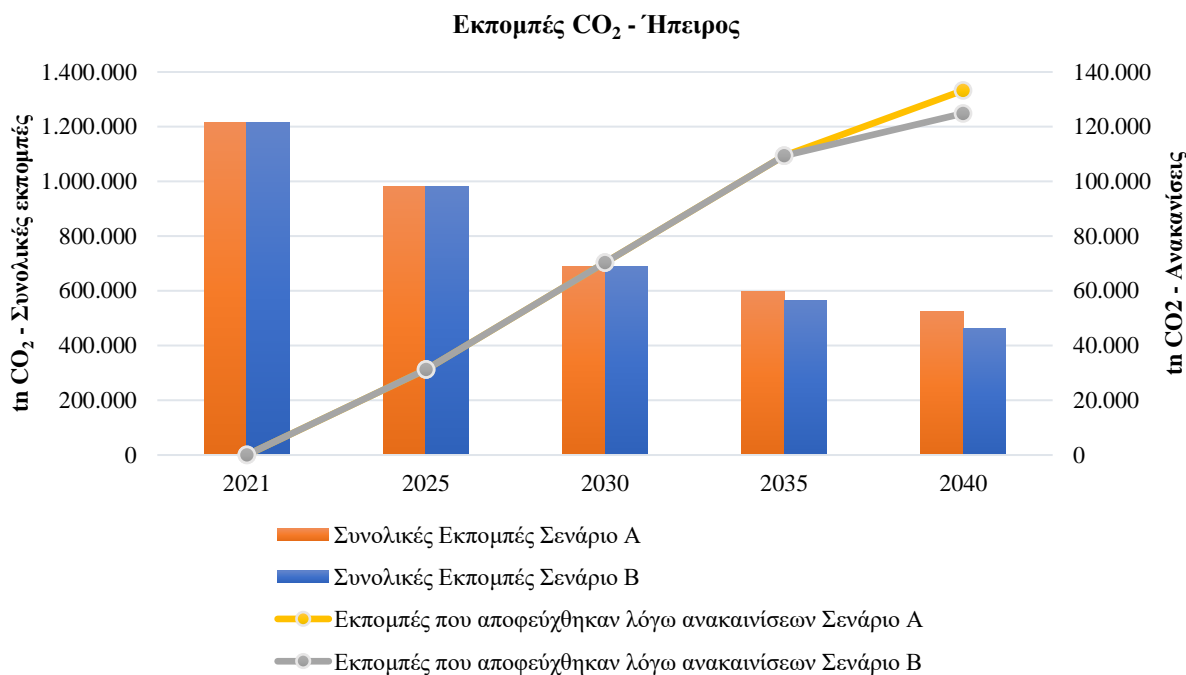


Διάγραμμα 5.7. Αθροιστικές εξοικονομήσεις ανά τεχνολογία – Ήπειρος

5.4 Εκπομπές CO₂

Σε σχέση με τις εκπομπές CO₂ (**Διάγραμμα 5.8**), είναι φανερό πως και τα 2 σενάρια οδηγούν σε μείωση σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα. Για την Περιφέρεια Ηπείρου το σενάριο A οδηγεί σε μια μείωση $\approx 57\%$ ενώ το σενάριο B σε μείωση $\approx 62\%$. Αυτές οι μειώσεις οφείλονται και στην αντικαταστάση των συστημάτων θέρμανσης με νέα και αποδοτικότερα, στις ανακαινίσεις, αλλά και στην εξέλιξη του συντελεστή εκπομπών.

Για τον συντελεστή εκπομπών της ηλεκτροπαραγωγής, που επηρεάζει τις εκπομπές από τις αντλίες θερμότητας, τα λοιπά ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης και τις ηλεκτρικές συσκευές, έχει γίνει η υπόθεση πως μειώνεται στο πέρασμα των ετών. Αυτή η μείωση περιγράφει την σταδιακή μετάβαση του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής από τα ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι συντελεστές εκπομπών του πετρελαίου, φυσικού αερίου και βιομάζας θεωρούνται σταθεροί. Οι εκπομπές που αποφεύχθηκαν λόγω των ανακαινίσεων στο σενάριο B είναι μειωμένες σε σχέση με το σενάριο A. Αυτό φυσικά σχετίζεται με την μειωμένη απόδοση των ανακαινίσεων όπως συζητήθηκε στην ενότητα 5.3 αλλά και στην μείωση του συντελεστή εκπομπών. Άλλωστε το σενάριο B περιγράφει μια εξέλιξη αυξημένου εξηλεκτρισμού και επομένως επηρεάζεται σημαντικότερα από την μείωση εκπομπών του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής.



Διάγραμμα 5.8. Εξέλιξη εκπομπών CO₂ και εκπομπές που αποφεύχθηκαν λόγω ανακαινίσεων - Ήπειρος

5.5 Κόστος Επεμβάσεων

Σε αυτή την ενότητα εξετάζεται το κόστος των επεμβάσεων, δηλαδή των ανακαινίσεων και εγκατάστασης των νέων συστημάτων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας.

Ο αριθμός των ανακαινίσεων και αντικαταστάσεων και στα δύο σενάρια είναι ο ίδιος. Συνεπώς αυτό που διαφοροποιείται είναι ο τύπος των αντικαταστάσεων σε κάθε σενάριο. Ο μεγαλύτερος αριθμός νέων αντλιών θερμότητας, οι οποίες είναι και ακριβότερες από τα συστήματα φυσικού αερίου οδηγούν το συνολικό κόστος επεμβάσεων ψηλότερα στο σενάριο B από το σενάριο A, ωστόσο το κόστος τους μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου (**Διάγραμμα 5.9**). Για την Ήπειρο το σενάριο A έχει συνολικό κόστος 820 εκατ. € ενώ το σενάριο B παρουσιάζει υψηλότερο κόστος ίσο με 838 εκατ. €.



Διάγραμμα 5.9. Αθροιστικό κόστος επεμβάσεων - Ήπειρος

5.6 Κόστος Εκπομπών

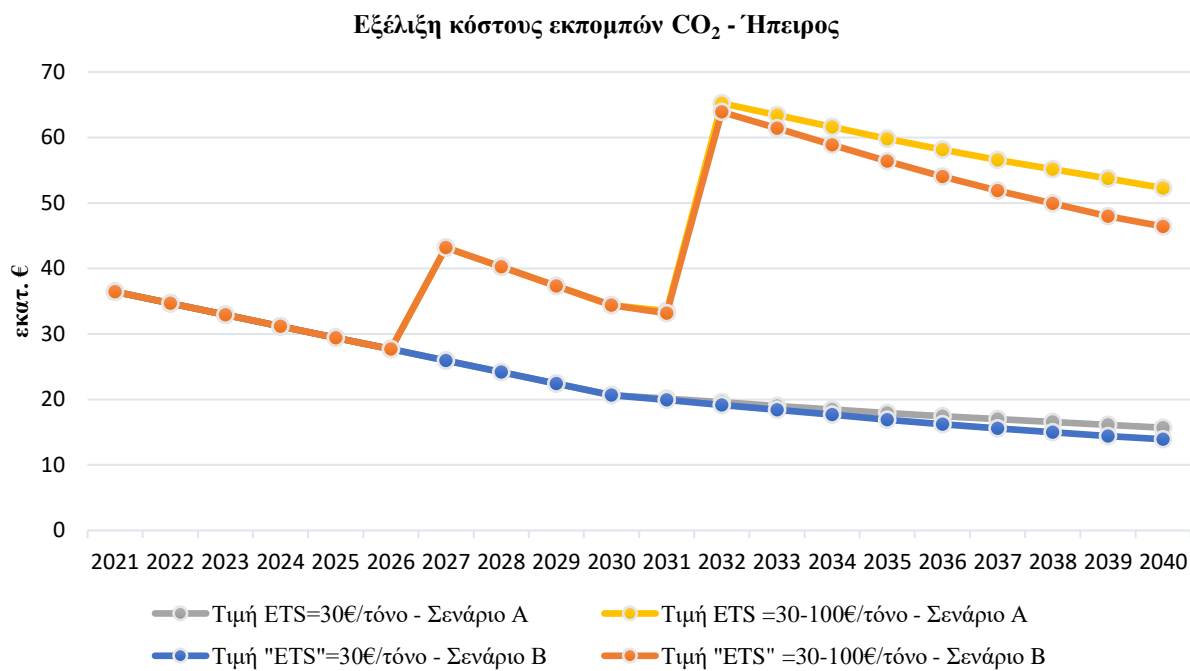
Στην συνέχεια υπολογίζεται το κόστος εκπομπών για τα σενάρια A και B σε 2 περιπτώσεις (Διάγραμμα 5.10), στη πρώτη, τα δικαιώματα εκπομπών (“ETS”) παραμένουν σταθερά ίσα με 30€/τόνο σε ολόκληρο το διάστημα 2021-2040 ενώ στην δεύτερη, ακολουθούν την παρακάτω αυξητική πορεία:

2021-2026 Όμοια με την πρώτη περίπτωση 30€/τόνο

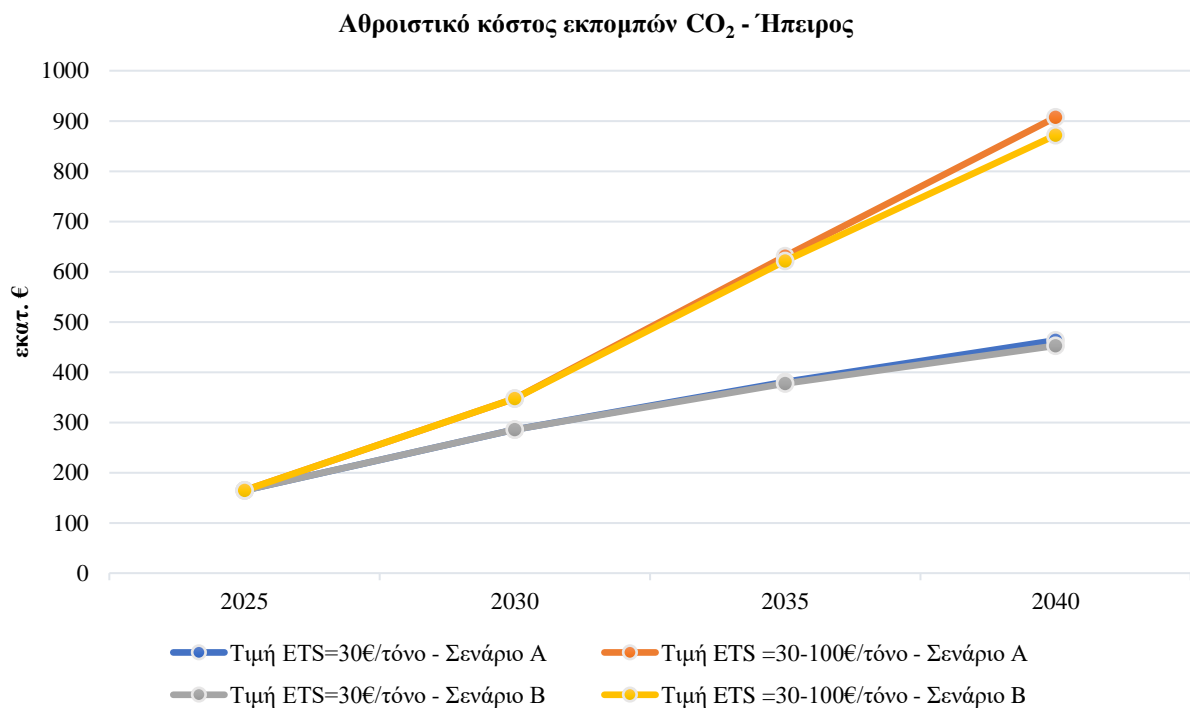
2027-2031 Αύξηση στα 50€/τόνο

2032-2040 Περαιτέρω αύξηση στα 100€/τόνο

Όπως είδαμε και στην ενότητα 5.4 το σενάριο B οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές CO₂ το οποίο φυσικά μεταφράζεται και σε μειωμένο κόστος εκπομπών. Αναμενόμενα η διαφορά μεταξύ των σεναρίων γίνεται ακόμη μεγαλύτερη στην δεύτερη περίπτωση με αυξητική τάση της τιμής των δικαιωμάτων εκπομπών. Στο **Διάγραμμα 5.11** φαίνεται το αθροιστικό κόστος εκπομπών των σεναρίων A και B ενώ στο **Διάγραμμα 5.8** η εξέλιξη του.



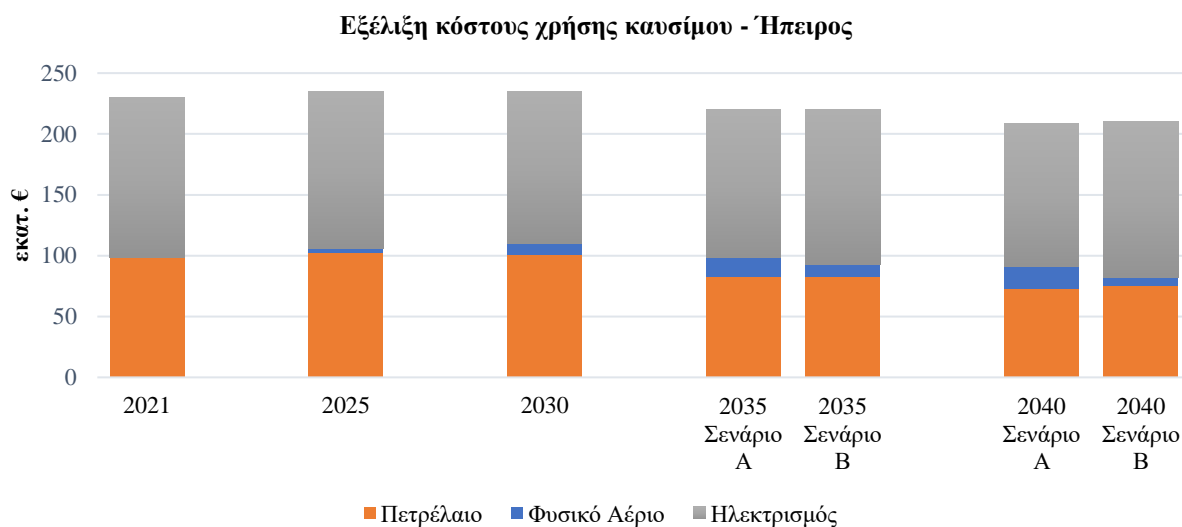
Διάγραμμα 5.10. Εξέλιξη κόστους εκπομπών CO₂ – Ήπειρος



Διάγραμμα 5.11. Αθροιστικό κόστος εκπομπών CO₂- Ήπειρος

5.7 Κόστος Χρήσης Καυσίμων

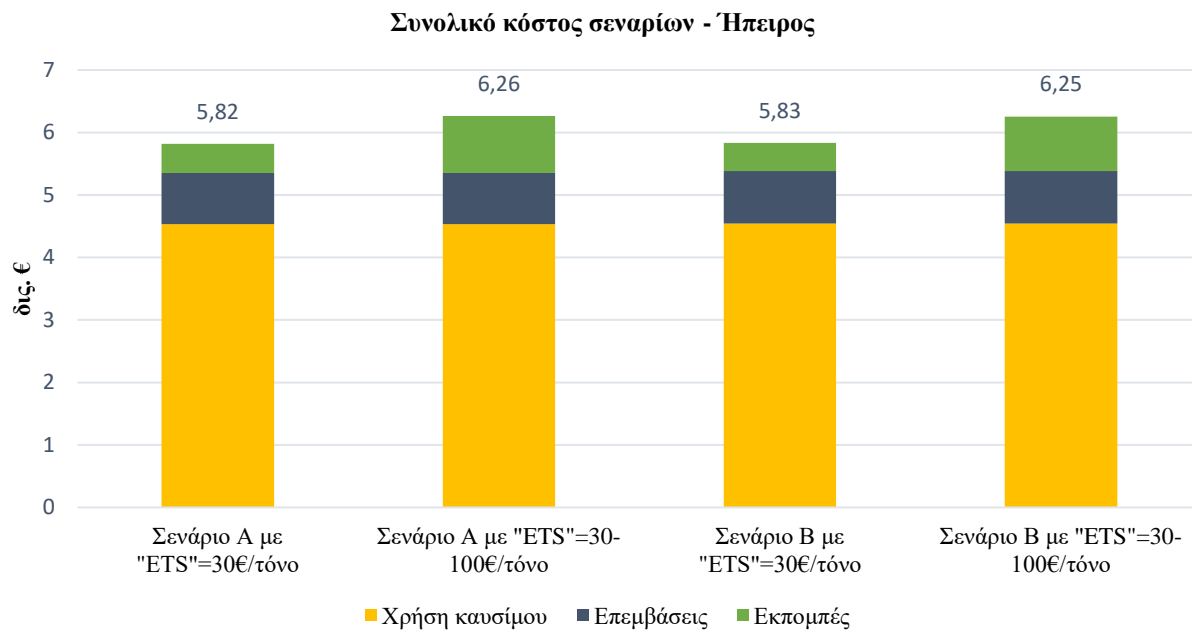
Το κόστος καυσίμου παρουσιάζεται στο **Διάγραμμα 5.12**, από αυτό, έχει εξαιρεθεί το κόστος καυσίμου που αφορά στη βιομάζα. Η βιομάζα παραμένει σταθερή και στα δύο σενάρια και έτσι δεν επηρεάζει κατά την σύγκριση των σεναρίων. Παρατηρείται αύξηση του κόστους καυσίμου έως το 2027 καθώς υποθέτουμε πως οι τιμές των καυσίμων αυξάνονται σε όλο το διάστημα 2021-2040. Στην συνέχεια για το διάστημα 2028-2029 σταθεροποιείται το κόστος και στη συνέχεια υπάρχει μείωση και στα δύο σενάρια αφού συσσωρεύονται τα οφέλη των ανακαινίσεων. Η μείωση στο σενάριο Α είναι εντονότερη από το σενάριο Β και οδηγεί σε αθροιστικό κόστος χρήσης καυσίμου 4,535δισ €, αντίστοιχα το σενάριο Β οδηγεί σε αθροιστικό κόστος ίσο με 4,544δισ. €.



Διάγραμμα 5.12: Εξέλιξη κόστους χρήσης καυσίμου ανά καύσιμο – Ήπειρος

5.8 Συνολικό Κόστος Σεναρίων

Το κόστος του οικιακού τομέα αποτελείται από το κόστος χρήσης καυσίμων, το κόστος εκπομπών (“ETS”) και το κόστος επένδυσης που αφορά στις αντικαταστάσεις τεχνολογίας και τις ανακαινίσεις. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των προηγούμενων ενοτήτων για την Περιφέρεια Ηπείρου προκύπτει το συνολικό κόστος των σεναρίων Α και Β (**Διάγραμμα 5.13**).



Διάγραμμα 5.13. Συνολικό κόστος σεναρίων - Ήπειρος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του μοντέλου “DREEM” για τις κατηγορίες νοικοκυριών στη Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας καθώς και τα αποτελέσματα των 2 σεναρίων σε επίπεδο κτηριακού αποθέματος, κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO₂. Τέλος θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος των δύο σεναρίων.

6.1 Αποτελέσματα “DREEM”

Όμοια με την παράγραφο 5.1 θα παρουσιαστεί η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που το μοντέλο έχει υπολογίσει για κάθε κλιματική ζώνη και αφορά στις διάφορες τεχνολογίες θέρμανσης αλλά και τις ηλεκτρικές συσκευές (Πίνακας 6.1 & Πίνακας 6.2). Επίσης έχουν υπολογιστεί και οι εξοικονομήσεις ενέργειας μετά από ολική ανακαίνιση οροφής και τοίχων για κάθε είδος τεχνολογίας

Πίνακας 6.1. Αποτελέσματα DREEM σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία

Κατηγορία Νοικοκυριού	1	2	3	4	5	6
Πετρέλαιο	60.900	40.537	33.117	63.265	43.739	43.739
Ηλεκτρικές συσκευές	8.150	11.086	17.249	9.594	12.427	12.427
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	17.492	7.942	4.241	18.910	8.910	8.910
Αντλίες θερμότητας	12.175	5.528	2.952	13.162	6.202	6.202
Φυσικό Αέριο	48.366	31.093	24.533	50.854	33.798	33.798
Βιομάζα	51.478	35.575	28.593	56.915	38.706	38.706
Τηλεθέρμανση	110.241	72.560	59.889	114.021	78.954	78.954
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	8.490	2.787	1.090	9.424	3.027	3.027
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό Αέριο	6.792	2.230	872	7.403	2.426	2.426
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες Θερμότητας	1.820	602	236	2.022	657	657
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα Θέρμανσης	2.619	860	337	2.921	932	932

Πίνακας 6.2. Αποτελέσματα DREEM σε kWh/έτος, Κλιματική ζώνη Δ - Δ. Μακεδονία (συνέχεια)

Κατηγορία Νοικοκυριού	7	8	9	10	11	12	13
Πετρέλαιο	35.237	68.354	46.541	35.206	73.343	50.357	36.047
Ηλεκτρικές συσκευές	17.456	9.815	12.728	18.337	10.492	13.695	19.325
Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	4.376	20.488	9.118	4.508	22.373	9.656	4.595
Αντλίες θερμότητας	3.046	14.261	6.347	3.138	15.573	6.721	3.198
Φυσικό Αέριο	25.613	54.285	35.698	26.080	59.660	38.911	28.427
Βιομάζα	28.936	60.975	40.844	30.396	65.609	44.112	32.737
Τηλεθέρμανση	65.002	120.453	84.032	62.431	129.913	90.158	64.231

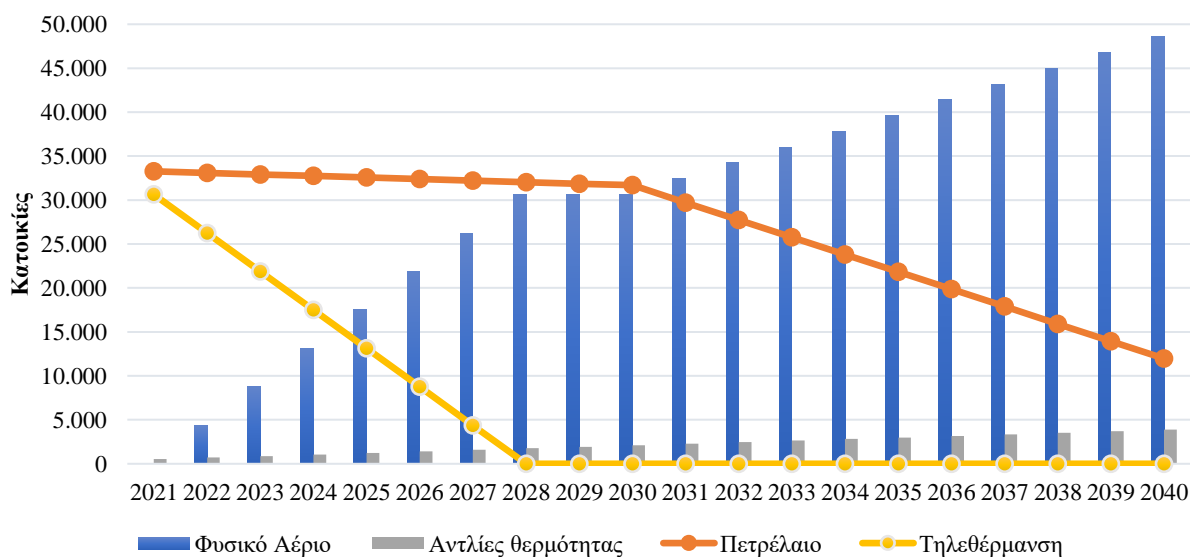
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Πετρέλαιο	1.167	9.815	3.200	1.159	10.237	3.488	1.274
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Φυσικό αέριο	898	7.852	2.560	927	8.551	2.583	935
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Αντλίες θερμότητας	252	2.112	689	252	2.189	748	278
Εξοικονομήσεις ανακαινίσεων Ηλ. Συστήματα θέρμανσης	361	3.027	987	358	3.157	1.077	393

6.2 Κτηριακό Απόθεμα Οικιακού Τομέα

Στα επόμενα διαγράμματα φαίνονται οι εξελίξεις του κτηριακού αποθέματος στο διάστημα 2022-2040 για την περιφέρεια Δυτική Μακεδονίας. Αφορούν μόνο τις κατοικίες με συστήματα πετρελαίου, τηλεθέρμανσης, φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας, καθώς οι κατοικίες με συστήματα βιομάζας και λοιπά ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερά σε όλο το διάστημα και στα 2 σενάρια.

Στο σενάριο Α (**Διάγραμμα 6.1**) παρουσιάζεται μια σημαντική σταθερή μείωση στις κατοικίες με συστήματα τηλεθέρμανσης έως το 2028 και αντίστοιχα μια σημαντική σταθερή αύξηση για τα συστήματα φυσικού αερίου. Στην διετία 2029-2030 τα συστήματα τηλεθέρμανσης έχουν πλέον μηδενιστεί και τα συστήματα φυσικού αερίου παραμένουν σταθερά. Στην περίοδο 2022-2030 πραγματοποιείται μια σταθερή μείωση κατοικιών με συστήματα πετρελαίου και μια αντίστοιχη αύξηση στις κατοικίες με αντλίες θερμότητας. Στη περίοδο 2031-2040 παρατηρείται μια σταθερή μείωση των κατοικιών με συστήματα πετρελαίου και σταθερή αύξηση των κατοικιών με συστήματα φυσικού αερίου και αντλίες θερμότητας.

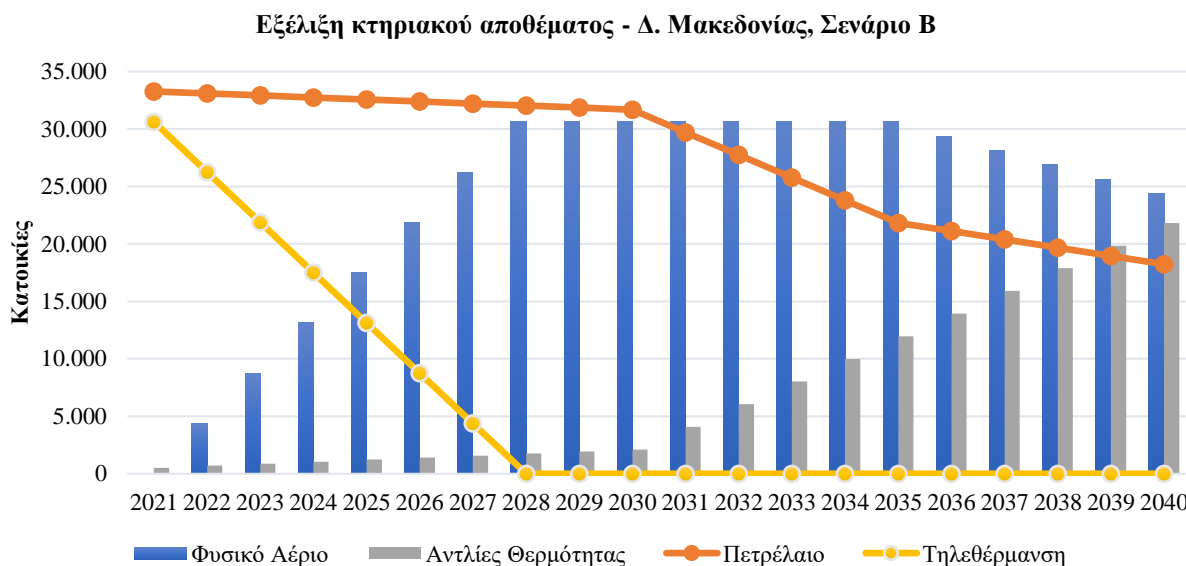
Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α



Διάγραμμα 6.1. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.

Στο σενάριο Β (**Διάγραμμα 6.2**) η περίοδος 2022-2030 είναι όμοια με το σενάριο Α για όλες τις τεχνολογίες θέρμανσης. Από το 2031 έως το 2040 έχουμε μια ισχυρότερη αύξηση των αντλιών θερμότητας σε σχέση με το σενάριο Α. Στην περίοδο 2031-2035 παρατηρείται σταθεροποίηση των συστημάτων φυσικού αερίου ενώ από το 2036 και έπειτα τα συστήματα αυτά μειώνονται με σταθερό ρυθμό. Επίσης τα συστήματα

πετρελαίου μειώνονται με σταθερό ρυθμό στο διάστημα 2031 – 2035, ενώ από το 2036 και έπειτα συνεχίζουν να μειώνονται αν και με μειωμένο ρυθμό.



Διάγραμμα 6.2. Εξέλιξη κτηριακού αποθέματος - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.

Παράλληλα με τις αντικαταστάσεις συστημάτων πετρελαίου με νέες τεχνολογίες θέρμανσης γίνονται και ανακαινίσεις στο κτηριακό απόθεμα. Στο σενάριο Α γίνονται ανακαινίσεις μόνο σε κατοικίες πετρελαίου έως το 2029. Το 2030 γίνονται επιπλέον ανακαινίσεις και σε κατοικίες με φυσικό αέριο. Από το 2031 και έπειτα όλες κατοικίες πετρελαίου (κτισμένες πριν το 2000) έχουν ανακαινιστεί.

Στο σενάριο Β η κατάσταση μέχρι το 2038 είναι όμοια. Το 2039 ανακαινίζονται και οι τελευταίες κατοικίες φυσικού αερίου (κτισμένες πριν το 2000) μαζί με κατοικίες με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης. Σε αυτό το σενάριο οι κατοικίες φυσικού αερίου προς ανακαίνιση εξαντλούνται συντομότερα καθώς οι νέες αντικαταστάσεις από συστήματα τηλεθέρμανσης έχουν πάψει από το 2028 και συνεπώς ο συνολικός τους αριθμός είναι μικρότερος.

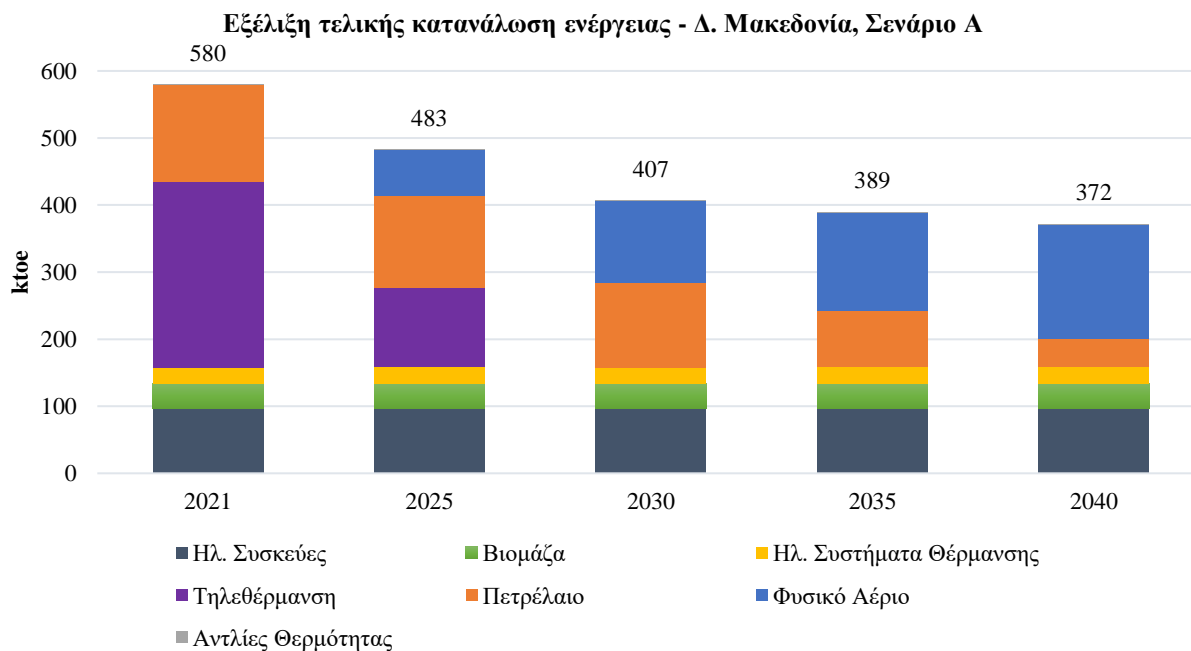
6.3 Τελική Κατανάλωση και Εξοικονομήσεις

Η τελική κατανάλωση ανά τεχνολογία θέρμανσης και ανά καύσιμο στην περιφέρεια Δ. Μακεδονίας φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα για κάθε σενάριο (**Διάγραμμα 6.3** έως **Διάγραμμα 6.6**). Παρατηρείται πως οι μεταβολές κατανάλωσης είναι και σε αυτή την περίπτωση συνεπείς με τις αλλαγές στο κτηριακό απόθεμα. Το σενάριο Β φαίνεται πως οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης ήδη από το 2031 που ξεκινούν οι διαφορές των 2 σεναρίων, καθώς οι αντλίες θερμότητας έχουν σαφώς χαμηλότερη κατανάλωση από τις λοιπές τεχνολογίες. Το 2040 παρατηρούμε πως το σενάριο Α παρουσιάζει μείωση της τελικής κατανάλωσης $\approx 36\%$ ενώ το σενάριο Β παρουσιάζει μείωση $\approx 43\%$ σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα.

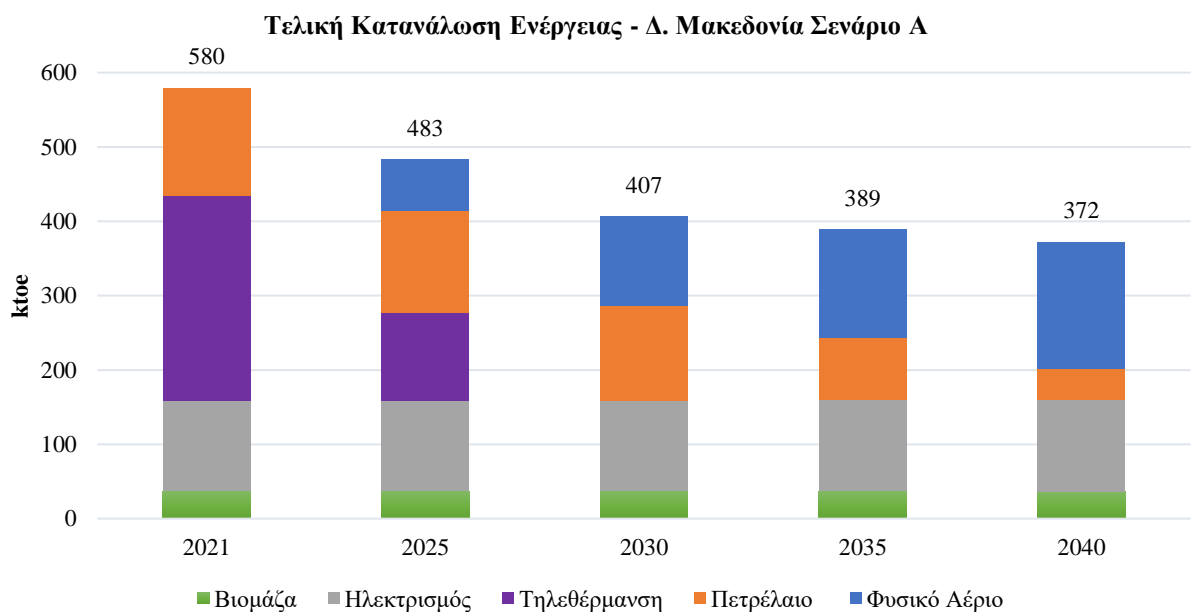
Στις εξοικονομήσεις λόγω ανακαινίσεων παρατηρείται μείωση, και στα 2 σενάρια (**Διάγραμμα 6.7**). Ειδικά στην περίπτωση του σεναρίου Β φαίνεται πως η μείωση είναι μεγαλύτερη. Για την επεξήγηση των αιτιών αυτής της διαφοροποίησης, τα σενάρια μπορούν να χωριστούν σε περιόδους ανάλογα με τον τύπο συστήματος θέρμανσης των κατοικιών που ανακαινίζονται καθώς και τις αντικαταστάσεις τεχνολογιών που πραγματοποιούνται, στα κτήρια κατασκευασμένα πριν το 2000.

Κεφάλαιο 6^ο – Αποτελέσματα σεναρίων Δ. Μακεδονίας

Για το σενάριο Α στην περίοδο 2022-2029 γίνονται ανακαινίσεις σε κατοικίες πετρελαίου και αντικαταστάσεις από συστήματα τηλεθέρμανσης σε συστήματα φυσικού αερίου. Το 2030 γίνονται ανακαινίσεις σε κατοικίες συστημάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Αυτό οδηγεί σε χαμηλότερες εξοικονομήσεις, αφού οι κατοικίες φυσικού αερίου καταναλώνουν και κατ' επέκταση εξοικονομούν λιγότερη ενέργεια.

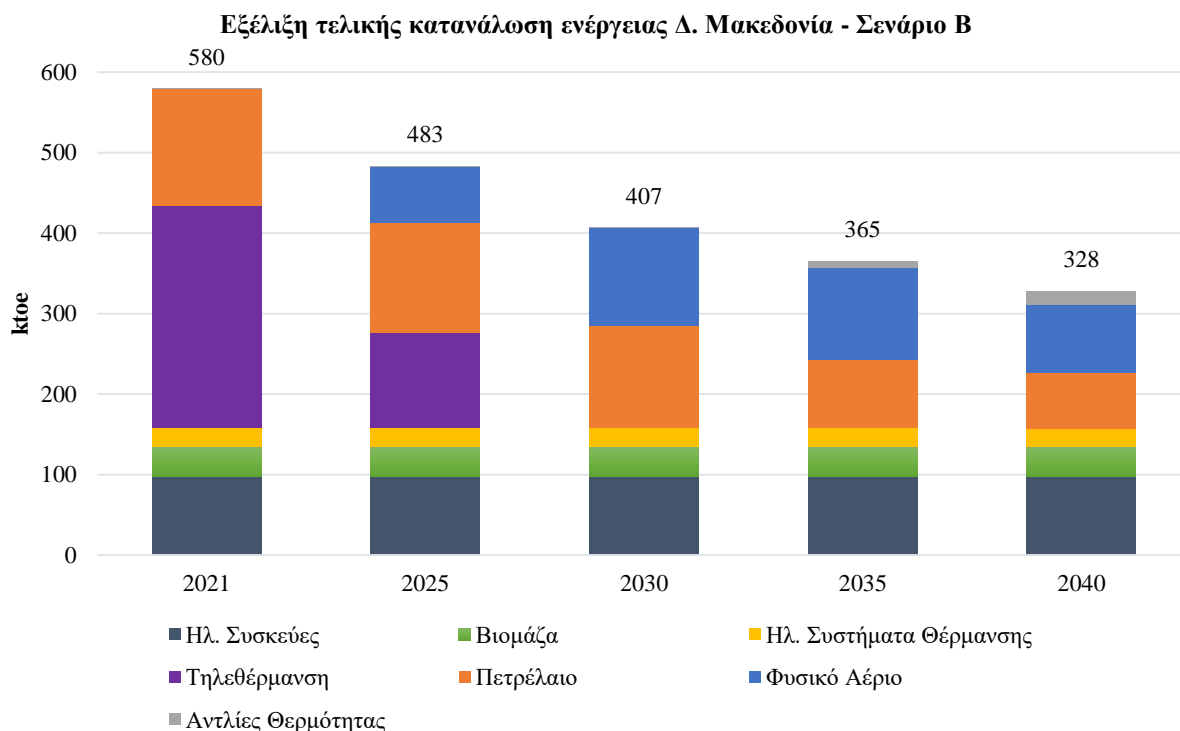


Διάγραμμα 6.3. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.



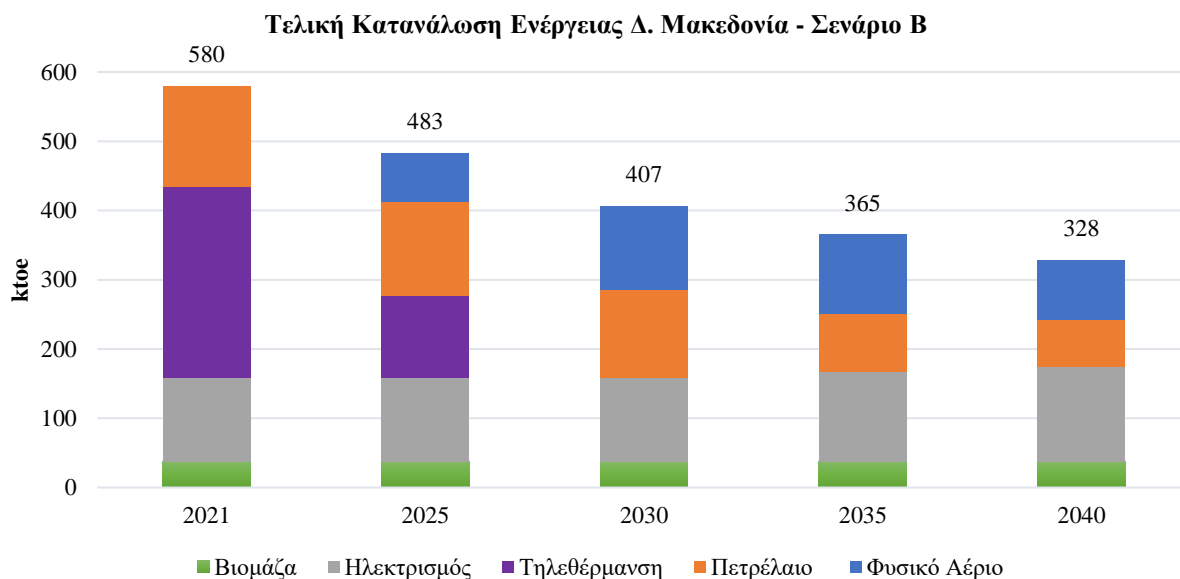
Διάγραμμα 6.4. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Α.

Στην περίοδο 2031-2040 γίνονται ανακαινίσεις σε κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου και αντικαταστάσεις τεχνολογίας θέρμανσης από κατοικίες πετρελαίου σε κατοικίες φυσικού αερίου. Πλέον όλες οι κατοικίες με συστήματα πετρελαίου έχουν ανακαινιστεί από το 2031 και έτσι πραγματοποιείται λογιστική μεταφορά των εξοικονομήσεων σε φυσικό αέριο.

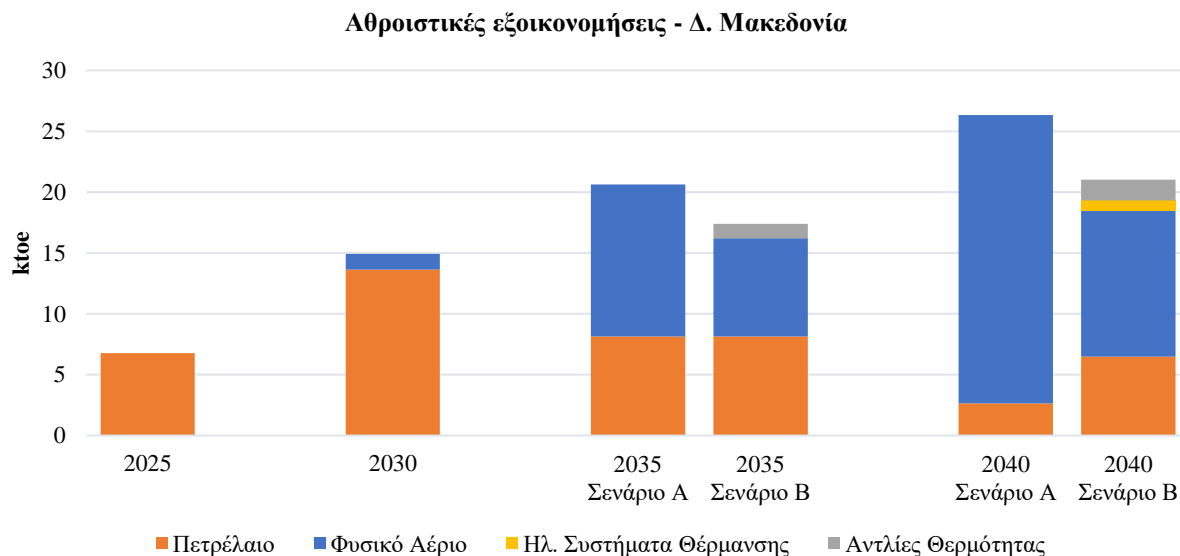


Διάγραμμα 6.5. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ανά τεχνολογία και συσκευές - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.

Στο σενάριο Β για την πρώτη και την δεύτερη περίοδο ισχύει ότι και στο σενάριο Α. Την περίοδο 2031-2035 έχουμε την αντικατάσταση συστημάτων πετρελαίου με αντλίες θερμότητας και ανακαινίσεις κατοικιών φυσικού αερίου. Καθώς οι κατοικίες με συστήματα πετρελαίου είναι πλήρως ανακαινισμένες γίνεται μεταφορά εξοικονομήσεων αυτή την φορά προς τις αντλίες θερμότητας. Για το 2036-2038 γίνονται αντικαταστάσεις από κατοικίες πετρελαίου και φυσικού αερίου προς αντλίες θερμότητας. Γίνονται μεταφορές εξοικονομήσεων σε αντλίες θερμότητας, αλλά οι κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου δεν είναι πλήρως ανακαινισμένες επομένως δεν οφείλεται τέτοια μεταφορά για αυτά. Το 2039 έχουμε ανακαινίσεις κατοικιών με φυσικό αέριο και ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης και τις ίδιες αντικαταστάσεις και μεταφορές με την προηγούμενη περίοδο. Τέλος το 2040 έχουμε ανακαινίσεις μόνο σε κατοικίες με ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης. Οι αντικαταστάσεις γίνονται από κατοικίες με συστήματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, με την διαφορά όμως πως πλέον έχουν ανακαινιστεί και όλες οι κατοικίες με συστήματα φυσικού αερίου. Άρα οι λογιστικές μεταφορές εξοικονομήσεων προς τις αντλίες θερμότητας αφορούν και τις δύο τεχνολογίες.



Διάγραμμα 6.6. Εξέλιξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία, Σενάριο Β.

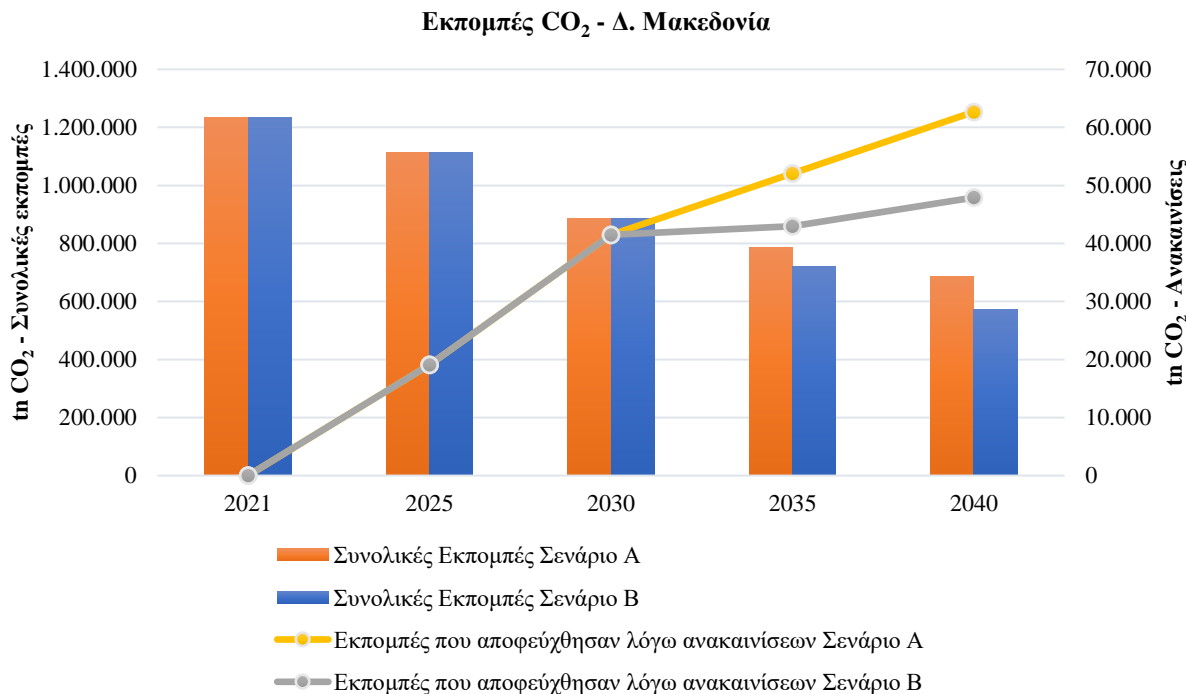


Διάγραμμα 6.7. Αθροιστικές εξοικονομήσεις ανά τεχνολογία - Δ. Μακεδονία.

6.4 Εκπομπές CO₂

Οι εκπομπές CO₂ (**Διάγραμμα 6.8**), είναι φανερό πως και στα 2 σενάρια μειώνονται σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα. Το σενάριο Α οδηγεί σε μια μείωση $\approx 44\%$ ενώ το σενάριο Β σε μείωση $\approx 54\%$. Αυτές οι μειώσεις οφείλονται στην αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης με νέα συστήματα χαμηλότερων εκπομπών και τις ανακαινίσεις αλλά και την μείωση του συντελεστή ηλεκτροπαραγωγής. Οι συντελεστές εκπομπών του πετρελαίου, φυσικού αερίου και βιομάζας θεωρούνται σταθεροί, ενώ της τηλεθέρμανσης μηδενικός καθώς θεωρούμε πως οι εκπομπές επιβαρύνουν τις συμβατικές μονάδες παραγωγής που προσφέρουν την υπηρεσία και επομένως δεν λογίζονται στον οικιακό τομέα. Παρόλο που αντικαθίστανται συστήματα

τηλεθέρμανσης (με μηδενικές εκπομπές) με συστήματα φυσικού αερίου, που εκπέμπουν ρύπους, παρατηρείται συνολικά μείωση των εκπομπών, λόγω της επίδρασης των υπόλοιπων παραγόντων (αντικαταστάσεις, ανακαινίσεις, μείωση συντελεστή εκπομπών ηλεκτροπαραγωγής).



Διάγραμμα 6.8. Εξέλιξη εκπομπών CO₂ και εκπομπές που αποφεύχθηκαν λόγω ανακαινίσεων – Δ. Μακεδονία.

6.5 Κόστος Επεμβάσεων

Σε αυτή την ενότητα εξετάζεται το κόστος των επεμβάσεων, δηλαδή των ανακαινίσεων και εγκατάστασης των νέων συστημάτων φυσικού αερίου και αντλιών θερμότητας.

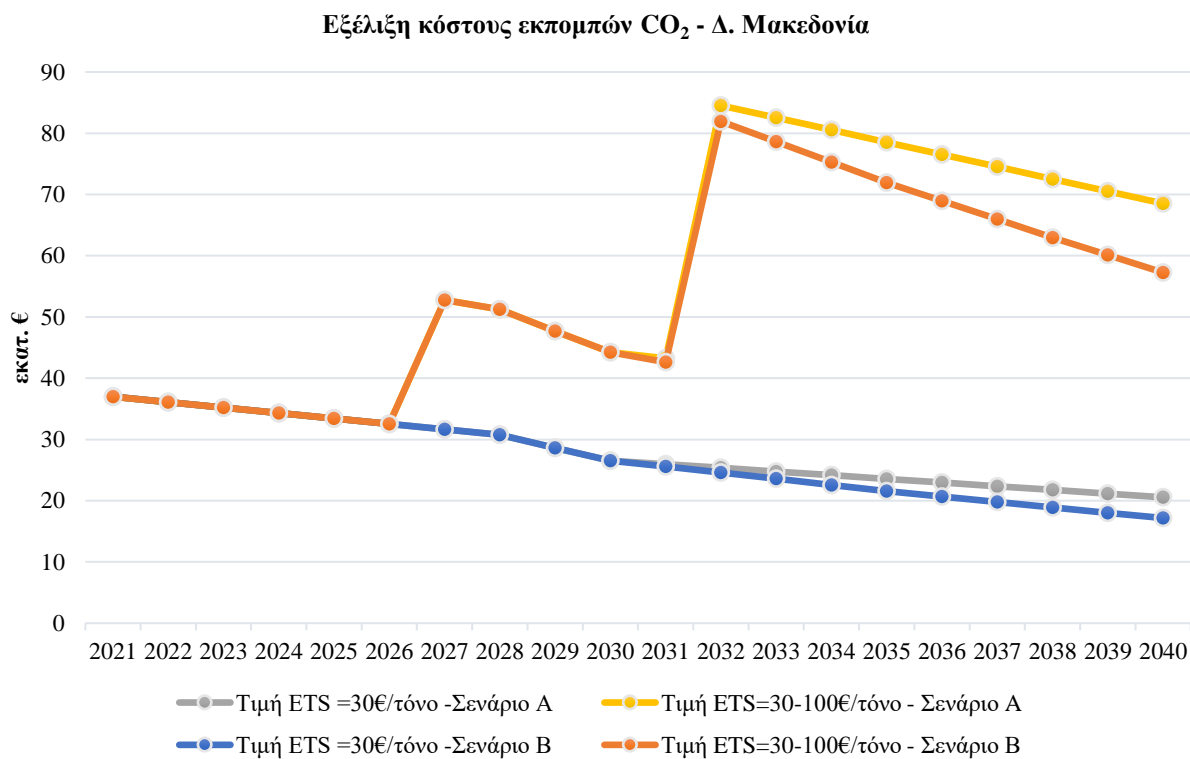
Ο αριθμός των ανακαινίσεων και αντικαταστάσεων και στα δύο σενάρια (**Διάγραμμα 6.9**) είναι ο ίδιος. Συνεπώς αυτό που διαφοροποιείται είναι ο τύπος των αντικαταστάσεων σε κάθε σενάριο. Ο μεγαλύτερος αριθμός νέων αντλιών θερμότητας, οι οποίες είναι και ακριβότερες από τα συστήματα φυσικού αερίου, οδηγούν το συνολικό κόστος επεμβάσεων ψηλότερα στο σενάριο Β από το σενάριο Α. Στα διαγράμματα φαίνεται το σωρευτικό κόστος των επεμβάσεων. Για την Δυτική Μακεδονία το σενάριο Α έχει συνολικό κόστος 790 εκατ. € ενώ το σενάριο Β 813 εκατ. €.



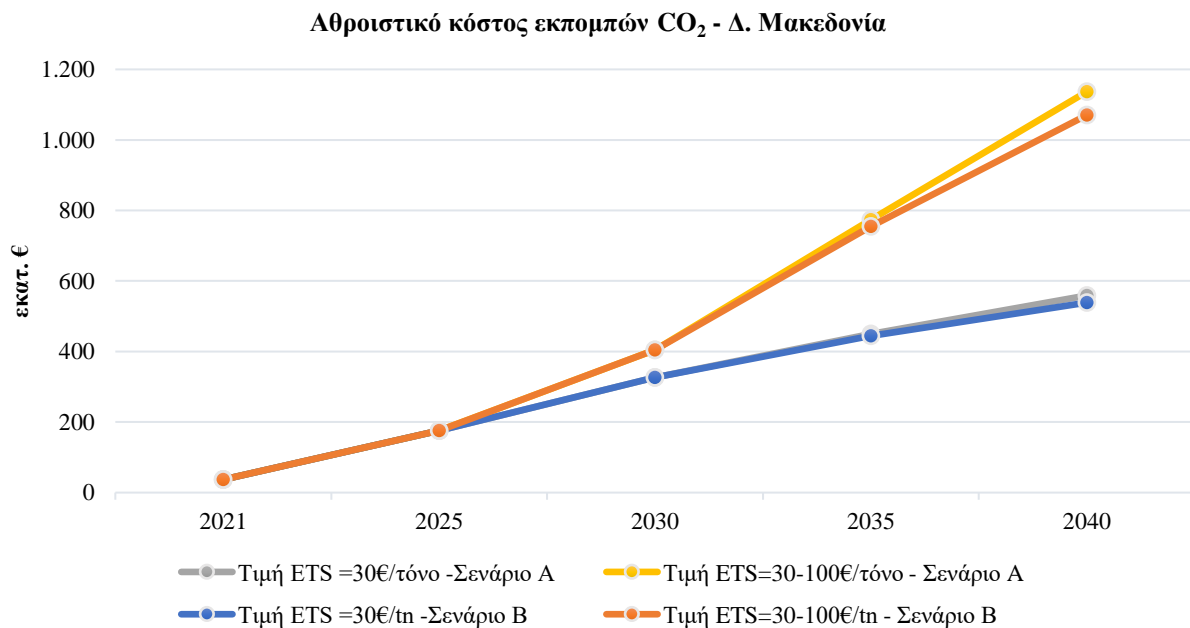
Διάγραμμα 6.9. Αθροιστικό κόστος Επεμβάσεων - Δ. Μακεδονία.

6.6 Κόστος Εκπομπών

Στην συνέχεια υπολογίζεται το κόστος εκπομπών για τα σενάρια A και B στις 2 περιπτώσεις που περιεγράφηκαν αναλυτικά στην ενότητα 5.6, μία με σταθερή τιμή και μια σταδιακά αυξανόμενη. Όπως και στην Περιφέρεια Ηπείρου το σενάριο B οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές CO₂ το οποίο φυσικά μεταφράζεται και σε μειωμένο κόστος εκπομπών σε σχέση με το σενάριο A (**Διάγραμμα 6.10** και **Διάγραμμα 6.11**). Η διαφορά μεταξύ των σεναρίων γίνεται ακόμη μεγαλύτερη στην δεύτερη περίπτωση με αυξητική τάση της τιμής των δικαιωμάτων εκπομπών.



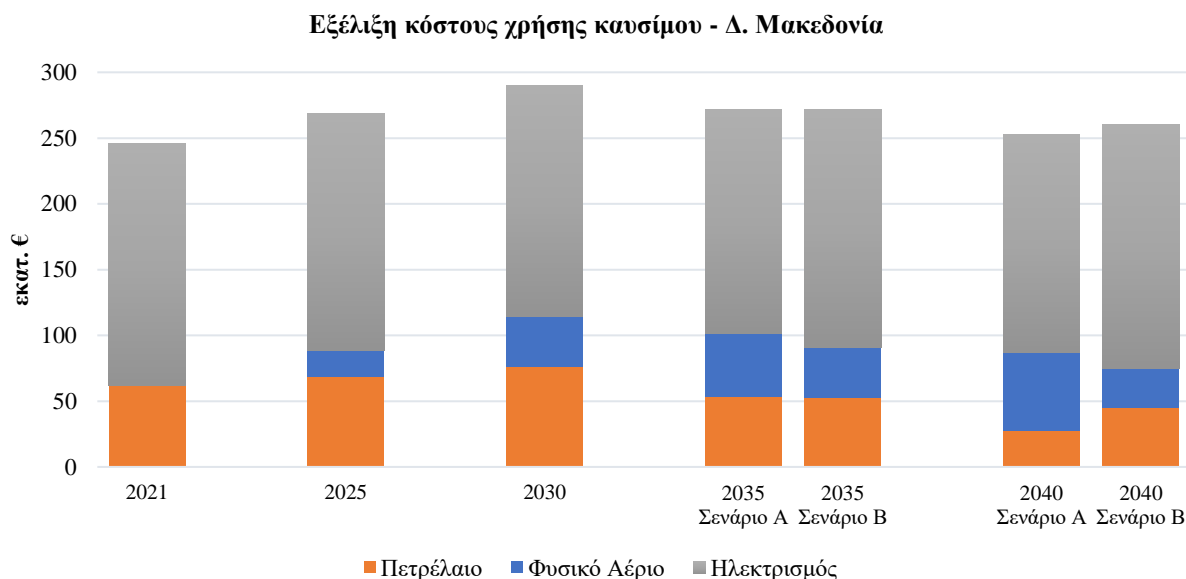
Διάγραμμα 6.10. Εξέλιξη κόστους εκπομπών CO₂ - Δ. Μακεδονία.



Διάγραμμα 6.11. Αθροιστικό κόστος εκπομπών CO₂, Δ. Μακεδονία.

6.7 Κόστος Καυσίμων

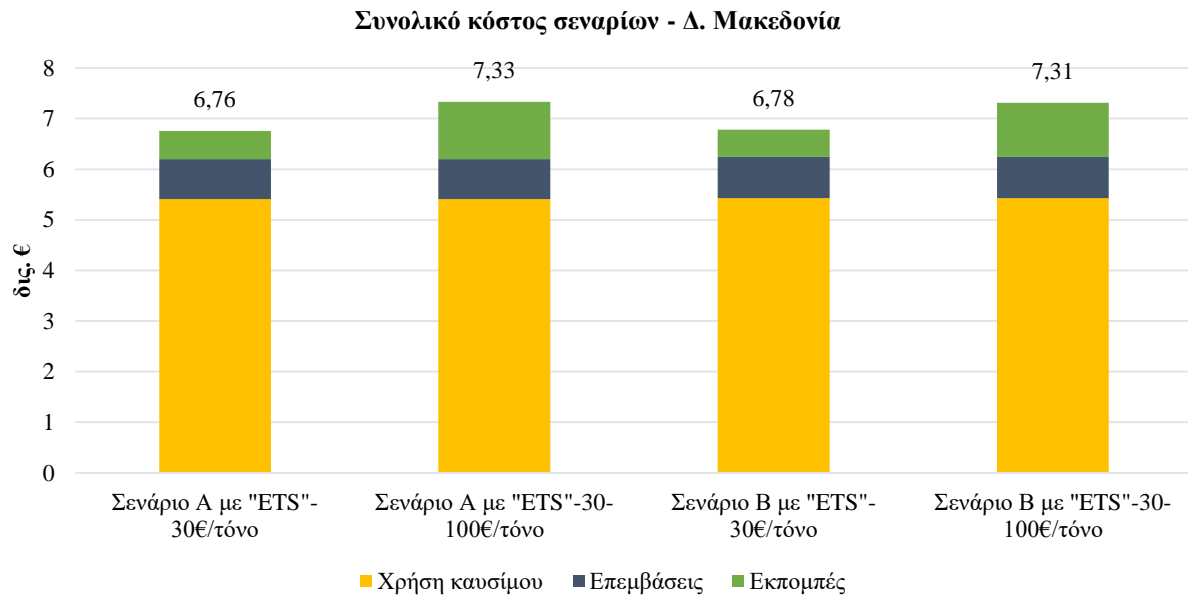
Η εξέλιξη του κόστους χρήσης καυσίμου φαίνεται στο **Διάγραμμα 6.12** και από αυτό έχει εξαιρεθεί το κόστος καυσίμου που αφορά στη βιομάζα και τη τηλεθέρμανση. Η κατανάλωση των δύο αυτών καυσίμων παραμένει σταθερή και στα δύο σενάρια και έτσι δεν επηρεάζει κατά την σύγκριση των σεναρίων. Παρατηρείται αύξηση του κόστους καυσίμου έως το 2030 καθώς υποθέτουμε πως οι τιμές των καυσίμων αυξάνονται σε όλο το διάστημα 2021-2040. Στην συνέχεια για το διάστημα 2030-2040 υπάρχει μείωση του κόστους και στα δύο σενάρια αφού συσσωρεύονται τα οφέλη των ανακαινίσεων. Η μείωση στο σενάριο Α είναι εντονότερη από το σενάριο Β.



Διάγραμμα 6.12. Εξέλιξη κόστους χρήσης καυσίμου ανά καύσιμο - Δ. Μακεδονία.

6.8 Συνολικό Κόστος Σεναρίων

Το κόστος του οικιακού τομέα αποτελείται από το κόστος καυσίμων, το κόστος εκπομπών (“ETS”) και το κόστος επένδυσης που αφορά στις αντικαταστάσεις τεχνολογίας και τις ανακαινίσεις. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των προηγούμενων ενοτήτων για την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας προκύπτει το συνολικό κόστος των σεναρίων Α και Β (**Διάγραμμα 6.13**).



Διάγραμμα 6.13. Συνολικό κόστος σεναρίων - Δ. Μακεδονία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των δύο σεναρίων σε κάθε Περιφέρεια και έπειτα προτείνεται το προκρινόμενο σεναρίου με βάση τα υπολογισμένα μεγέθη των προηγούμενων κεφαλαίων. Τέλος γίνονται προτάσεις μελλοντικής εργασίας.

7.1 Σύγκριση Σεναρίων Περιφέρειας Ηπείρου

Ο Πίνακας 7.1 συγκεντρώνει τα μεγέθη σύγκρισης των δύο σεναρίων. Παρατηρείται πως το Σενάριο B οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης αλλά και των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα. Σχετικά με το συνολικό κόστος τα δύο σενάρια είναι αρκετά κοντά. Στην περίπτωση όπου το κόστος “ETS” παραμένει χαμηλό και σταθερά ίσο με 30€/τόνο CO₂ το σενάριο A είναι προτιμότερο, ενώ στην δεύτερη περίπτωση με αυξητική τάση του “ETS”, το οποίο είναι και το πιο πιθανό ενδεχόμενο προτιμότερο είναι το Σενάριο B.

Πίνακας 7.1. Σύγκριση σεναρίων - Ηπειρος

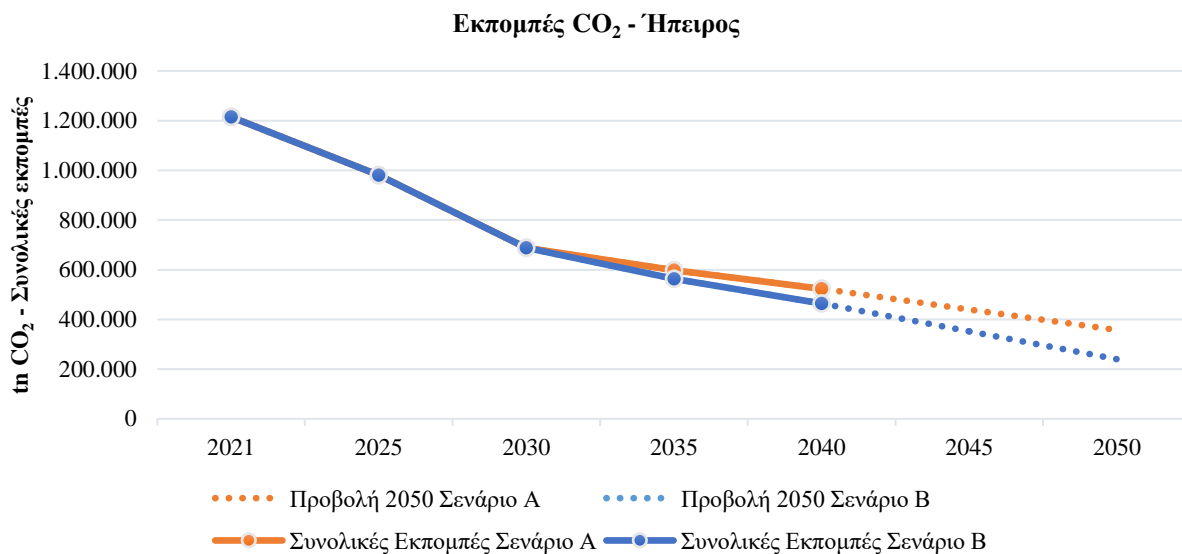
	Σενάριο A		Σενάριο B	
	“ETS”=30€/τόνο CO ₂	“ETS”=30-100€/τόνο CO ₂	“ETS”=30€/τόνο CO ₂	“ETS”=30-100€/τόνο CO ₂
Κατανάλωση ενέργειας 2021-2040	-21,1%		-27,3%	
Εκπομπές CO ₂ 2021-2040	-57%		-61,8%	
Συνολικό κόστος δις. €	5,82	6,26	5,83	6,25
Οικονομική αποτελεσματικότητα σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας εκατ. €/ktoe	-5,5	-5,9	-4,9	-5,3
Οικονομική αποτελεσματικότητα σε σχέση με τις εκπομπές €/tn CO ₂	-578	-622	-560	-600

Επίσης έχει υπολογιστεί η οικονομική αποτελεσματικότητα του κάθε σεναρίου μέσω των σχέσεων:

$$\text{Cost effectiveness}_{CO_2} = \frac{\Delta \text{Cost}(\text{scenario}-\text{baseline})}{\Delta \text{CO}_2(\text{scenario}-\text{baseline})} \quad \text{Cost effectiveness}_{\text{cons}} = \frac{\Delta \text{Cost}(\text{scenario}-\text{baseline})}{\Delta \text{Cons}(\text{scenario}-\text{baseline})}$$

Όπου ως βασικό σενάριο αναφοράς θεωρήθηκε αυτό το οποίο δεν παρουσιάζει καμία διαφορά ούτε στην κατανάλωση ενέργειας ούτε στις εκπομπές σε σχέση με την αρχική κατάσταση (“do nothing scenario”) για όλο το διάστημα 2021-2040 και επίσης δεν έχει κόστος. Σχετικά με τα κριτήρια της οικονομικής αποτελεσματικότητας τόσο για την μείωση εκπομπών αλλά και κατανάλωσης το σενάριο B είναι προτιμότερο. Επομένως για την Περιφέρεια Ηπείρου προκρίνεται το σενάριο B συνολικά.

Ακόμη, προβάλλοντας γραμμικά τις εκπομπές των 2 σεναρίων στο 2050 (Διάγραμμα 7.1) παρατηρείται πως κανένα από τα 2 σεσάρια δεν πετυχαίνει το στόχο μηδενισμού των εκπομπών που έχει τεθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, επομένως θα πρέπει ληφθούν ακόμα πιο αποφασιστικά μέτρα στο μέλλον. Ωστόσο είναι προφανές πως το σενάριο Β κινείται στην σωστή κατεύθυνση και αυτό είναι ένας ακόμα λόγος για τον οποίο αυτό προκρίνεται.



Διάγραμμα 7.1. Εκπομπές CO₂ και προβολή στο 2050 - Ήπειρος

7.2 Σύγκριση Σεναρίων Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας

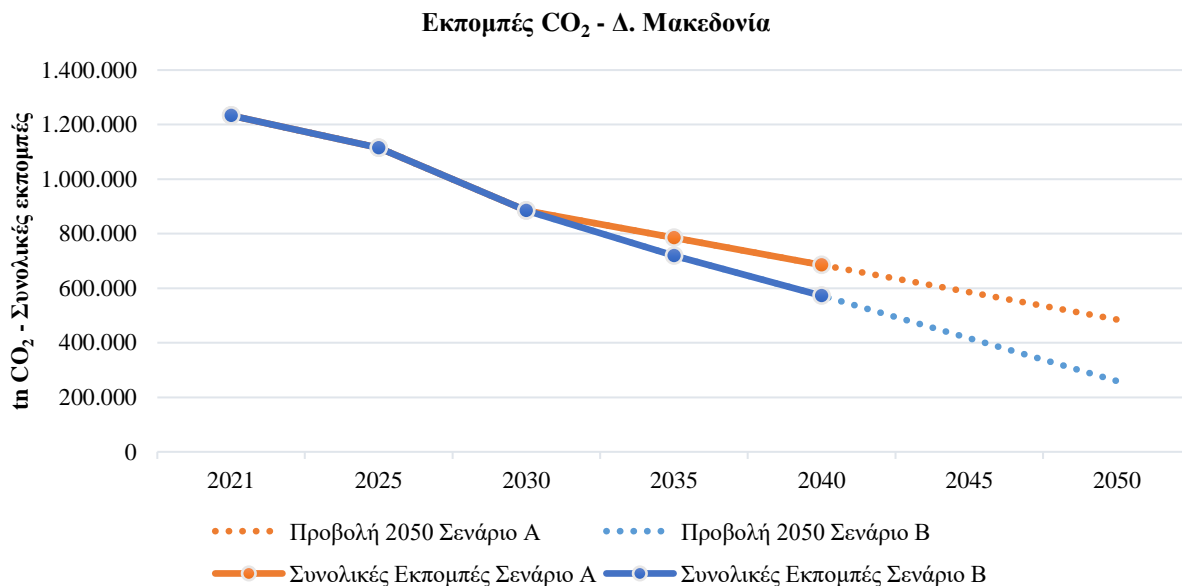
Παρόμοια με την Περιφέρεια Ηπείρου και στην Δ. Μακεδονία παρατηρείται πως το Σενάριο Β οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης αλλά και των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τα αρχικά επίπεδα (Πίνακας 7.2). Σχετικά με το συνολικό κόστος τα δύο σεσάρια είναι επίσης αρκετά κοντά.

Πίνακας 7.2. Σύγκριση σεναρίων - Ήπειρος

	Σενάριο A		Σενάριο B	
Κατανάλωση ενέργειας 2021-2040	-35,8%		-43,4%	
Εκπομπές CO ₂ 2021-2040	-44,4%		-53,6%	
	“ETS”=30€/τόνο CO ₂	“ETS”=30- 100€/τόνο CO ₂	“ETS”=30€/τόνο CO ₂	“ETS”=30- 100€/τόνο CO ₂
Συνολικό κόστος δις. €	6,76	7,33	6,78	7,31
Οικονομική αποτελεσματικότητα σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας εκατ. €/ktoe	-1,9	-2,1	-1,8	-1,9

Οικονομική αποτελεσματικότητα σε σχέση με τις εκπομπές €/tn CO ₂	-929	-1.009	-854	-921
---	------	--------	------	------

Στην περίπτωση όπου το κόστος “ETS” παραμένει χαμηλό και σταθερά ίσο με 30€/τόνο CO₂ το σενάριο Α είναι προτιμότερο, ενώ στην δεύτερη περίπτωση με αυξητική τάση του “ETS” προτιμότερο είναι το Σενάριο Β. Επομένως και για την Περιφέρεια Δυτική Μακεδονίας προκρίνεται το σενάριο Β συνολικά.



Διάγραμμα 7.2. Εκπομπές CO₂ και προβολή στο 2050 - Δ. Μακεδονία

Αντίστοιχα από την προβολή των σεναρίων στο 2050 (**Διάγραμμα 7.2**) προκύπτει πως το σενάριο Β οδηγεί σε ακόμα σημαντικότερα οφέλη σε σχέση με το σενάριο Α όσο αφορά της εκπομπές CO₂, γεγονός που συνηγορεί στην πρόταση του ως προτιμότερο.

7.3 Συζήτηση

Από την σύγκριση των σεναρίων προκύπτει πως το σενάριο Β προκρίνεται και στις δύο Περιφέρειες παρόλο που τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν. Το προτιμότερο σενάριο οδηγεί σε μείωση των εκπομπών κυρίως λόγω της βελτίωσης του συντελεστή εκπομπών της ηλεκτροπαραγωγής και της υψηλής απόδοσης των αντλιών θερμότητας, αλλά επίσης προκύπτει πως το πετυχαίνει με οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο σε σχέση με το σενάριο Α.

Αν και ο εξηλεκτρισμός είναι μονόδρομος για τον μηδενισμό των εκπομπών του οικιακού τομέα, τα οφέλη του δεν περιορίζονται μόνο στην μείωση των εκπομπών άμεσα (O'Connell, et al., 2014). Μέσω του εξηλεκτρισμού δίνεται η δυνατότητα μετατροπής των θερμικών φορτίων σε ελαστικά μέσω μεθόδων απόκρισης ζήτησης. Αυτές οι μέθοδοι διευκολύνουν την διαχείριση του συστήματος, μειώνοντας τις απαραίτητες εφεδρείες συμβατικών μονάδων από τη μία, και αυξάνοντας παράλληλα την διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης οδηγούν σε χαμηλότερο κόστος συστήματος. Άλλα οφέλη του εξηλεκτρισμού έχουν να κάνουν με την υγεία και την βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Στον αντίποδα, τα ορυκτά καύσιμα συνδέονται με κινδύνους (Doukas, et al., 2011) αφενός δεν είναι εγχώριοι πόροι, αφετέρου

η τιμή τους είναι διαπραγματεύσιμη στην αγορά, με αποτέλεσμα τα νοικοκυριά να είναι εκτεθειμένα στις μεταβολές του κόστους θέρμανσης, που οφείλεται είτε σε δυσλειτουργίες της αγοράς είτε σε γεωπολιτικές παραμέτρους.

Σημαντικότερος είναι και ο ρόλος της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω επεμβάσεων στο κτηριακό απόθεμα. Τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι σαφή, μέσω ανακαινίσεων μειώνεται άμεσα η κατανάλωση για χρήσεις θερμότητας και ψύξης και κατ' επέκταση οι εκπομπές CO₂, ανεξαρτήτως καυσίμου. Επίσης οι ανακαινίσεις έχουν σωρευτικά οφέλη, καθώς συνεχίζουν να αποδίδουν για χρόνια μετά την εγκατάσταση, αποσβένοντας το κόστος επένδυσης τους.

7.4 Προτάσεις Μελλοντικής Εργασίας

Το μοντέλο “DREEM” είναι σε θέση να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα τα όποια μπορούν με την σειρά τους να χρησιμοποιηθούν για να προσομοιωθούν διάφορα σενάρια. Τα αποτελέσματα των σεναρίων φαίνονται χρήσιμα καθώς μπορούν με ποσοτικοποιημένο τρόπο να τεκμηριώσουν προτάσεις πολιτικής. Σε αυτή την κατεύθυνση, η μελλοντική εργασία μπορεί να περιλαμβάνει την εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου που παρουσιάστηκε, για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων και σύγκριση πολιτικών σε ακόμα μεγαλύτερο επίπεδο χωρικής ανάλυσης, για παράδειγμα Περιφερειακής Ενότητας ή ακόμη και Δήμου ή Πόλης.

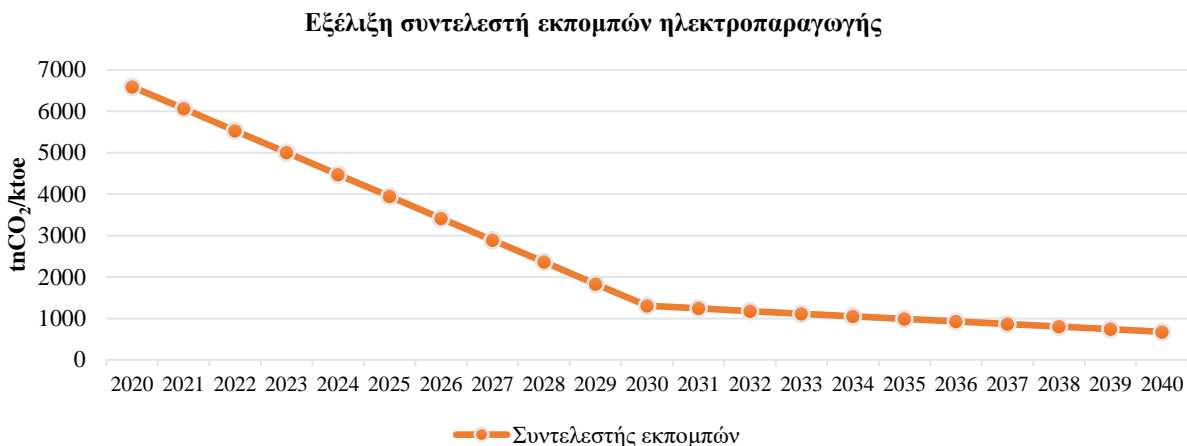
7.5 Προκλήσεις που Αντιμετωπίστηκαν

Στις προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας συγκαταλέγονται, η πρόσβαση σε επίκαιρα και αντιπροσωπευτικά δεδομένα (μεγάλου δείγματος) για τον καθορισμό της παρούσας κατάστασης τους κτηριακού αποθέματος, καθώς και ο καθορισμός των παραμέτρων που αφορούν στην κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών όπως η διάρκεια χρήσης. Επίσης, η κατηγοριοποίηση του συνόλου των νοικοκυριών σε λίγες μόνο αντιπροσωπευτικές κατηγορίες ενέχει περιθώριο σφάλματος, παρόλο που καταβλήθηκε κάθε δυνατή προσπάθεια για τον μετριάσμό του.

Επιπλέον, οι παραδοχές που έγιναν καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε αυτό το επίπεδο η εξέλιξη των τιμών των καυσίμων, των συντελεστών εκπομπών και του κόστους επεμβάσεων είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί σε βάθος εικοσαετίας. Ωστόσο η παρούσα εργασία εστίασε στην σύγκριση δύο σεναρίων και ως εκ τούτου δεν ενδιαφέρουν τόσο οι απόλυτες τιμές όσο οι διαφορές μεταξύ των επί μέρους σεναρίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

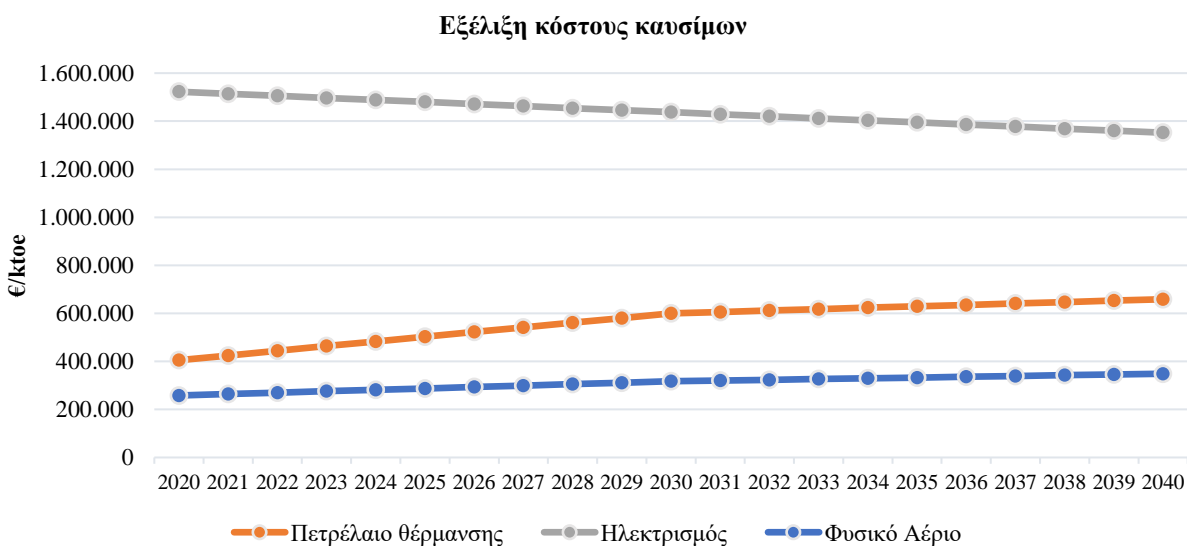
Ακολουθούν οι παραδοχές που έγιναν για την εξέλιξη των συντελεστών εκπομπής, του κόστους καυσίμου και κόστους εγκατάστασης.



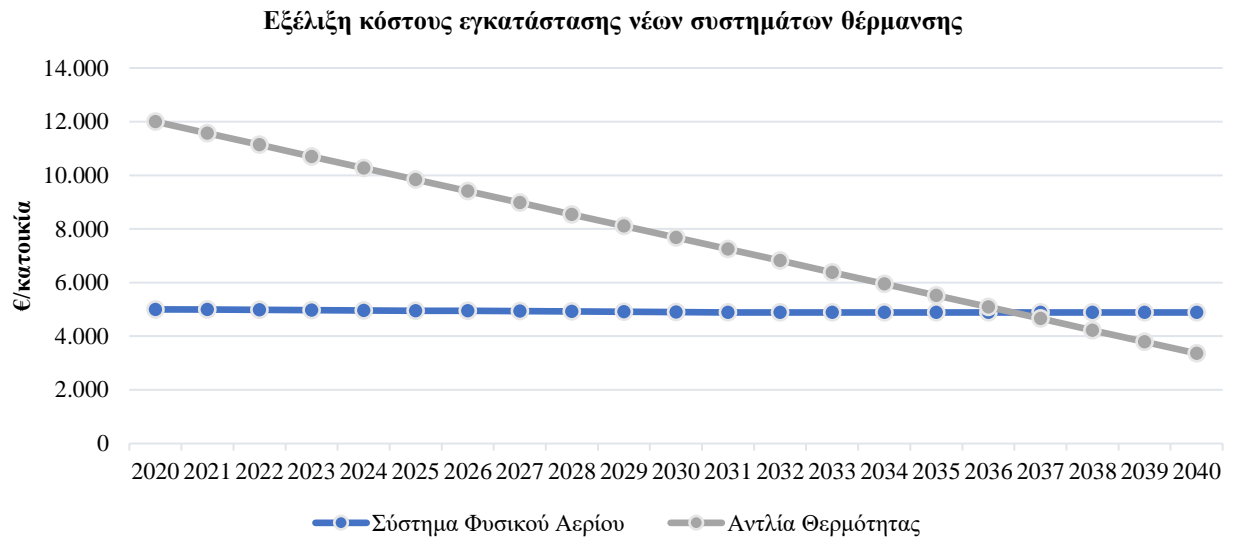
Διάγραμμα I.1 Εξέλιξη του συντελεστή εκπομπών ηλεκτροπαραγωγής.

Πίνακας I.1. Συντελεστής εκπομπών ορυκτών καυσίμων.

Συντελεστής εκπομπών ορυκτών καυσίμων (2020-2040)	tn CO ₂ /ktoe
Πετρέλαιο	2.821,066
Φυσικό Αέριο	2.332,466
Βιομάζα	2.337,072



Διάγραμμα I.2. Εξέλιξη κόστους καυσίμων.



Διάγραμμα 1.3. Εξέλιξη κόστους εγκατάστασης νέων συστημάτων θέρμανσης.

Το κόστος ανακαίνισης θεωρήθηκε σταθερό στο διάστημα 2021-2040, ίσο με 10.000€

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Carbon Footprint, 2019. *Country Specific Electricity Grid Greenhouse Gas Emissions Factors*. Basingstoke: carbonfootprint.com.
- Chatterjee, S. et al., 2022. Existing tools, user needs and required model adjustments for energy demand modelling of a carbon-neutral Europe. *Energy Research & Social Science*, Volume 90, p. 102662.
- Climate.OneBuilding, 2022. *Repository of free climate data for building performance simulation*. [Online] Available at: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/GRC_Greece/index.html [Accessed Dec 2021].
- CRES, 2021. *Energy Efficiency trends and policies in Greece*, Athens: Center for Renewable Energy Sources and Saving.
- De Vita, A. et al., 2018. Technology pathways in decarbonisation scenarios 2018.. *Asset*.
- Doukas, H., Flamos, A. & Psarras, J., 2011. Risks on the security of oil and gas supply.. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, Issue 6, pp. 417-425.
- Gaschnig, H. et al., 2020. *User needs for an energy system modeling platform for the European energy transition.*, s.l.: Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS).
- IPCC, 2021. *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- IPPC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the*. Geneva: IPCC.
- Loga, T., Stein, B. & Diefenbach, N., 2016. TABULA building typologies in 20 European countries—Making energy-related features of residential building stocks comparable.. *Energy and Buildings*, Issue 132, pp. 4-12.
- Marinakos, V. et al., 2020. The Efforts towards and Challenges of Greece’s Post-Lignite Era: The Case of Megalopolis.. *Sustainability*, Issue 12(24), p. 10575.
- Ministry of Environment and Energy, 2021. *National Inventory Report of Greece for Greenhouse and other Gases for Years 1990-2019*, Athens: Hellenic Republic.
- Nikas, A. et al., 2020. Barriers to and consequences of a solar-based energy transition in Greece. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Issue 35, pp. 383-399.
- O’Connell, N. et al., 2014. Benefits and challenges of electrical demand response: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Issue 39, pp. 686-699.
- ODYSEE-MURE, 2021. *Average energy consumption per dwelling*. [Online] Available at: www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/households/average-energy-consumption-dwelling.html [Accessed June 2022].
- Renewable Heating Hub, 2021. *Interview: Thomas Nowak, Secretary General of European Heat Pump Association*. [Online] Available at: <https://renewableheatinghub.co.uk/european-heat-pump-association-interview-thomas-nowak> [Accessed 2 May 2022].

- Ritchie, H. & Roser, M., 2020. *CO₂ and Greenhouse Gas Emissions*. [Online] Available at: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> [Accessed 5 Jan 2022].
- Spyridaki, N., Stavrakas, V., Dendramis, Y. & Flamos, A., 2020. Understanding technology ownership to reveal adoption trends for energy efficiency measures in the Greek residential sector. *Energy Policy*, Issue 140, p. 111413.
- Stavrakas, V. & Flamos, A., 2019. A modular high-resolution demand-side management model to quantify benefits of demand-flexibility in the residential sector. *Energy Conversion and Management*, Issue 205, p. 112339.
- Stavrakas, V., Papadelis, S. & Flamos, A., 2019. An agent-based model to simulate technology adoption quantifying behavioural uncertainty of consumers. *Applied Energy*, Volume 255, p. 113795.
- Süsser, D. et al., 2021. Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact.. *Energy Research & Social Science*, Volume 75, p. 101984.
- Süsser, D. et al., 2022. Better suited or just more complex? On the fit between user needs and modeller-driven improvements of energy system models.. *Energy*, Issue 239, p. 121909.
- The Royal Society, 2010. *Climate change: a summary of the science*. London: Royal Society Science Policy Centre.
- EAA, 2019. *Greenhouse gas emissions by aggregated sector*. [Online] Available at: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ghg-emissions-by-aggregated-sector-5/#tab-dashboard-02> [Accessed 6 Jan 2022].
- ### ΠΗΓΕΣ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ
- ΕΛΣΤΑΤ, 2011. *Απογραφή πληθυσμού - κατοικιών 2011*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.
- ΕΛΣΤΑΤ, 2015. *Απογραφή κτηρίων 2011*, Πειραιάς: Ελληνική δημοκρατία - Ελληνική στατιστική αρχή.
- ΕΛΣΤΑΤ, 2020. *Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών 2019*. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ.
- ΙΟΒΕ, 2021. *Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις*, Αθήνα: ΔιαΝΕΟσις.
- ΣΕΠΔΕΜ, 2020. *Αρχείο Στατιστικών Αποτελεσμάτων*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://bpes.ypeka.gr> [Πρόσβαση Μάιος 2022].
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2017. *Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017*, Αθήνα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.
- ΥΠΕΝ, 2019. *Εθνικό σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα*, Athens: ΥΠΕΝ.
- ΥΠΕΝ, 2019. *Μακροχρόνια στρατηγική για το 2050*. Αθήνα: Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ενέργειας και Περιβαλλοντος.
- ΥΠΕΝ, 2021. *Ανακοίνωση τύπου: Ξεκίνησε η διαδικασία αναθεώρησης του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα [Συνέντευξη] (29 Ιούνιος 2021)*.