



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ
ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Ν. Μαλαβάζος

Επιβλέπων: Χρυσόστομος Δούκας

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ
ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Ν. Μαλαβάζος

Επιβλέπων: Χρυσόστομος Δούκας

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 16^η Ιουλίου 2021:

.....

Χάρης Δούκας

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

.....
Αναστάσιος Ν. Μαλαβάζος.

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αναστάσιος Ν. Μαλαβάζος, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πρόλογος / Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αυτής σηματοδοτεί το τέλος της πορείας μου ως προπτυχιακός φοιτητής της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π. Στη διάρκεια της πορείας αυτής επιτεύχθηκαν αρκετοί δύσκολοι στόχοι ενώ παράλληλα αποκτήθηκαν γνώσεις που θα αποτελέσουν τα θεμέλια της μετέπειτα πορείας μου ως μηχανικός.

Η διπλωματική αυτή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης (ΕΣΑΔ) του Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Χάρη Δούκα, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την ευκαιρία που μου έδωσε για ενασχόληση με ένα θέμα που με ενδιαφέρει και είναι ιδιαίτερος επίκαιρο.

Ιδιαίτερος επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Υ.Δ κ. Αναστάσιο Καραμανέα για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για τη διαθεσιμότητα του στο να με καθοδηγήσει και να με βοηθήσει σε όποια δυσκολία παρουσιαζόταν.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω όλους μου τους φίλους, συναδέλφους ή μη, καθώς και τη σύντροφό μου, Ισιδώρα που με στήριξαν και πίστεψαν σε εμένα τα χρόνια αυτά.

Τέλος, ευχαριστώ βαθύτατα τους γονείς μου, Νίκο και Σωτηρία για την αμέριστη στήριξή τους σε κάθε βήμα και όνειρο της ζωής μου.

Μαλαβάζος Αναστάσιος.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική πραγματεύεται τη μελέτη του τομέα μεταφορών της Ελλάδας, ως ενός αυτοτελούς υποσυστήματος του ενεργειακού συστήματος της χώρας. Η ανάλυση αυτή γίνεται με σκοπό τη διερεύνηση σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας και περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς και των οικονομικών επιβαρύνσεων που αφορούν τις μετακινήσεις. Για τον σκοπό τις ανάλυσης αυτής και τον ποσοτικό προσδιορισμό των μεγεθών προς εξέταση (π.χ. Ενεργειακή ζήτηση, Παραγόμενες Εκπομπές, Κόστη) θα γίνει χρήση του λογισμικού LEAP. Το LEAP έχει τη δυνατότητα να μοντελοποιεί ενεργειακά συστήματα και ενεργειακές πολιτικές με τη μορφή σεναρίων. Τα σενάρια αυτά δημιουργούνται με την εισαγωγή στοιχείων που αφορούν τον ακριβή προσδιορισμό της κατανάλωσης, μετατροπής, παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας στο υπό μελέτη ενεργειακό σύστημα. Στην περίπτωση των μεταφορών τέτοια στοιχεία, ενδεικτικά και όχι περιοριστικά, είναι: το μεταφορικό έργο, οι ενεργειακές απαιτήσεις και τα κόστη κάθε μέσου μεταφοράς, το μείγμα ηλεκτροπαραγωγής και τα κόστη του, οι συντελεστές εκπομπών του κάθε καυσίμου και τα κόστη εκπομπών. Το LEAP εξετάζει την εξέλιξη των σεναρίων αυτών από το έτος 2019, που θεωρείται και το έτος έναρξης των προσομοιώσεων, μέχρι και το 2050, καθώς αυτό αποτελεί έτος αναφοράς για πολλούς περιβαλλοντικούς στόχους. Στο διάστημα αυτό εξετάζονται τα αποτελέσματα των μελετώμενων πολιτικών καθώς και δύο προτεινόμενων συνδυαστικών σεναρίων. Μετά τον υπολογισμό των μετρούμενων μεγεθών, τα διάφορα σενάρια συγκρίνονται με τις ισχύουσες πολιτικές προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητά τους στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και για την οικονομική τους βιωσιμότητα σε βάθος χρόνου.

Λέξεις – Κλειδιά: Τομέας μεταφορών Ελλάδα, μεταφορικά μέσα, εξηλεκτρισμός, εναλλακτικά καύσιμα, ενεργειακές πολιτικές, μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος, εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακό σύστημα, σενάρια, λογισμικό LEAP.

Abstract

The purpose of this diploma thesis is the analysis of the Greek transportation system, as a subsector of the Greek energy sector. This analysis will be carried out in order to examine several scenarios that aim to save energy and mitigate the environmental effects of transportation. All the necessary calculations like, for example, energy demand, emissions and costs will be carried out by a specialised software for this purpose, called “LEAP”. The aforementioned software is used to model energy systems and energy policies in the form of scenarios. Each scenario is comprised of data that specify how energy is produced, converted, transported and consumed within the energy system concerned, as well as all the incurring costs during these processes. In this case, such data include but are not limited to: the activity level, the energy consumption and the costs of each one of the means of transport, the power generation mix, the cost of electricity production, the emissions produced by each fuel and the cost of those emissions in the European Emissions Trading System. LEAP examines the outcome of the energy-saving scenarios from the year 2019, which is the first year of the simulations, until 2050, which is considered a milestone year for many environment-conserving targets. During the 32 years of simulation, along with the results of each scenario, two combinational scenarios are also assessed. Having performed the aforementioned calculations and simulations, the results derived are compared to those of the energy policies that are currently in place in order to determine their effectiveness in minimizing the environmental footprint and their financial sustainability over time.

Keywords: Transportation sector of Greece, means of transport, electrification, alternative fuels, energy policies, environmental footprint mitigation, energy saving, energy system, LEAP software.

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος / Ευχαριστίες	5
Περίληψη	6
Abstract	7
Λίστα εικόνων	10
Λίστα πινάκων	11
Λίστα διαγραμμάτων	13
1. Εισαγωγικά Στοιχεία.	15
1.1 Η κλιματική αλλαγή γενικά.	15
1.2 Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή.	16
1.3 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.	17
1.4 Ορυκτά καύσιμα: Οι χρήσεις, οι συνέπειες και οι εναλλακτικές.	19
1.5 Οι κατευθύνσεις και στόχοι της Ευρώπης.	21
1.6 Ο τομέας των μεταφορών και η συμβολή του στην κλιματική αλλαγή.	23
2. Η Σημερινή Πραγματικότητα στον Ελληνικό Τομέα Μεταφορών.	25
2.1 Το δίκτυο μεταφορών της Ελλάδας.	25
2.2 Η κατανομή του μεταφορικού έργου ανά μέσο.	30
2.3 Ο στόλος των οχημάτων και η παλαιότητά του.	32
2.4 Ο στόλος των οχημάτων και τα καύσιμά τους.	35
2.5 Το τροχαίο υλικό των σιδηροδρομικών μεταφορών.	38
2.6 Οι στόλοι της ακτοπλοΐας και των αερομεταφορών εσωτερικού.	42
2.7 Οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι εκπομπές των μεταφορών.	46
2.8 Τα βιοκαύσιμα και ο ρόλος τους στις μεταφορές.	48
2.9 Συμπεράσματα και παρατηρήσεις.	48
3. Το Λογισμικό Προσομοίωσης Σεναρίων LEAP.	50
3.1 Εισαγωγή στο LEAP.	50
3.2 Το LEAP στον τομέα των μεταφορών.	50
3.3 Προσομοίωση σεναρίων στο LEAP.	53
3.4 Αποτελέσματα – Συνόψεις.	54
4. Σενάρια Ενεργειακής Αναβάθμισης του Τομέα Μεταφορών.	57
4.1 Σενάριο Αναφοράς 1: “Base Scenario”.	57
4.2 Σενάριο Αναφοράς 2: “BaU” (Business as Usual)	58

4.3 Σενάριο Εξηλέκτρισης 1: “Electrification”	58
4.4 Σενάριο εξηλεκτρισμού 2: “Optimistic Electrification”	60
4.5 Σενάριο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς 1: “Metro Public Transport”	61
4.6 Σενάριο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς 2: “Optimistic Public Transport”	61
4.7 Σενάριο Χρήσης Τραίνων στις Εμπορικές Μεταφορές: “Commercial Trains”	62
4.8 Σενάριο Χρήσης Βιοκαυσίμων στην Ναυτιλία και την Αεροπορία: “Biofuels AV MAR”.	63
4.9 Αισιόδοξο Σενάριο Χρήσης Βιοκαυσίμων: “Optimistic Biofuels”	63
4.10 Συνδυαστικά Σενάρια: “Realistic Combination” και “Optimistic Combination”.	64
5. Αποτελέσματα Προσομοιώσεων Σεναρίων Εξοικονόμησης και Σχολιασμός τους.	65
5.1 Αποτελέσματα Σεναρίου “Base Scenario” και σύγκριση με το “Business as Usual”.	65
5.2 Αποτελέσματα Σεναρίου “Electrification”.	69
5.3 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Electrification”.	73
5.4 Αποτελέσματα Σεναρίου “Metro Public Transport”.	76
5.5 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Public Transport”.	79
5.6 Αποτελέσματα Σεναρίου “Commercial Trains”.	82
5.7 Αποτελέσματα Σεναρίου “Biofuels AV MAR”.	84
5.8 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Biofuels”.	87
5.9 Αποτελέσματα Σεναρίου “Realistic Combination”.	90
5.10 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Combination”.	94
5.11 Σύνοψη και Αξιολόγηση της Οικονομικής Βιωσιμότητας των Σεναρίων.	97
6. Συμπεράσματα και στόχοι για το Μέλλον – Επίλογος.	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1.1: Το κλίμα σε βάθος χρόνου στη ζωή του πλανήτη Γη. ΠΗΓΗ: Wikipedia.	15
Εικόνα 1.2: Η αυξητική τάση της θερμοκρασίας στη σύγχρονη εποχή. ΠΗΓΗ: berkeleyearth	17
Εικόνα 1.3: Η καταστροφική πυρκαγιά στο Μάτι. ΠΗΓΗ: Τα Νέα	18
Εικόνα 1.4: Το λιώσιμο των πάγων των πόλων ΠΗΓΗ: RSC Education	19
Εικόνα 1.5: Εργοστάσιο Ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο τον Λιγνίτη στην Πτολεμαΐδα. ΠΗΓΗ: energypress	20
Εικόνα 1.6: Ηλεκτροπαραγωγή από ανεμογεννήτριες (ΑΠΕ). ΠΗΓΗ: Scandasia	20
Εικόνα 1.7: Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη. ΠΗΓΗ: ΕΕΑ.	23
Εικόνα 2.1: Το δίκτυο του μετρό της Αθήνας. *ΣΗΜ: Η γραμμή 3 του μετρό πλέον έχει επεκταθεί κατά 3 σταθμούς μέχρι τη Νίκαια, εξυπηρετώντας παράλληλα τις περιοχές της Αγ. Βαρβάρας και του Κορυδαλλού. ΠΗΓΗ: ΣΤΑ.ΣΥ.	25
Εικόνα 2.2: Οι κεντρικές οδικές αρτηρίες της Ελλάδας. ΠΗΓΗ: Wikipedia.	26
Εικόνα 2.3: Οι Σιδηροδρομική διασύνδεση της Ελλάδας. *ΣΗΜ: τα ροζ διακεκομμένα τμήματα είναι γραμμές εκτός λειτουργίας. ΠΗΓΗ: ΤΡΑΙΝΟΣΕ.	27
Εικόνα 2.4: Το λιμάνι του Πειραιά ΠΗΓΗ: Peiraeus Press.	29
Εικόνα 2.5: Αεροδρόμιο Ε. Βενιζέλος. ΠΗΓΗ: Καθημερινή.	29
Εικόνα 2.6: Επικεφαλής Μηχανή στον Σ.Σ Θεσσαλονίκης. ΠΗΓΗ: Wikipedia.	39
Εικόνα 2.7: Ντιζελάμαξα στο Αίγιο. ΠΗΓΗ: Wikipedia.	39
Εικόνα 2.8: Ντιζελάμαξα στη Δυτική Μακεδονία ΠΗΓΗ: mixanodigos OSE Blog.	40
Εικόνα 2.9: Η νέα ηλεκτρική κύρια μηχανή του ΟΣΕ. ΠΗΓΗ: mixanodigos OSE Blog.	40
Εικόνα 2.10: Προαστιακός σιδηρόδρομος στο σταθμό Θεσ/νίκης ΠΗΓΗ: Wikipedia.	41
Εικόνα 2.11: Η ETR 470 στη Θεσσαλονίκη. ΠΗΓΗ: Καθημερινή.	41
Εικόνα 2.12: Ε/Γ – Ο/Γ «ΝΗΣΟΣ ΡΟΔΟΣ. ΠΗΓΗ: Attica Group.	42
Εικόνα 2.13: Το ταχύπλοο «Naxos Jet» ΠΗΓΗ: Sea Jets.	43
Εικόνα 2.14: Το πορθμειακό πλοίο «Πρωτοπόρος XI» ΠΗΓΗ: My Ship Tracking.	43
Εικόνα 2.15: Εμπορικό πλοίο μεταφοράς container. ΠΗΓΗ: GreekReporter.	44
Εικόνα 2.16: Ελικοφόρο της Aegean Airlines ΠΗΓΗ: Airlinesfleet	45
Εικόνα 2.17: Jet Liner της Aegean ΠΗΓΗ: [40].	46
Εικόνα 3.1: Το ιεραρχικό δέντρο των δομών δεδομένων του LEAP.	51
Εικόνα 3.2: Καταχώρηση του συνολικού μεταφορικού έργου.	52
Εικόνα 3.3: Καταχώρηση των επιμέρους ποσοστών.	52
Εικόνα 3.4: Καταχώρηση της Ειδικής κατανάλωσης.	52
Εικόνα 3.5: Καταχώρηση των δεδομένων για την ηλεκτροπαραγωγή.	52
Εικόνα 3.6: Εισαγωγή παραμέτρων για τις εκπομπές.	53
Εικόνα 3.7: Εισαγωγή και χρήση συναρτήσεων στο LEAP.	53
Εικόνα 3.8: Συνδυασμός σεναρίων μέσω της οθόνης διαχείρισης σεναρίων.	54
Εικόνα 3.9: Η καρτέλα “Results” των αποτελεσμάτων. Απεικονίζονται παραγόμενες εκπομπές.	55
Εικόνα 3.10: Η χρήση των επιλογών απεικόνισης. Απεικόνιση ζήτησης σε 3 επίπεδα.	55
Εικόνα 3.11: Η σύνοψη “cost-benefit summary” της καρτέλας “summaries”.	56
Εικόνα 6.1: Σχηματικό διάγραμμα ροής της ενέργειας σε μορφή υδρογόνου ΠΗΓΗ: Research Gate (Επεξεργασμένη).	101
Εικόνα 6.2: Τεχνολογίες κίνησης με υδρογόνο ΠΗΓΗ: Fuel Cell Works (επεξεργασμένη συλλογή εικόνων).	101

Λίστα πινάκων

Πίνακας 2.1: Το μεταφορικό έργο των διαφόρων μέσων στην Ελλάδα.	30
Πίνακας 2.2: Συγκεντρωτική κατάσταση του στόλου επιβατικών οχημάτων της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].	32
Πίνακας 2.3: Συγκεντρωτική κατάσταση του στόλου των ελαφρών φορτηγών της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].	33
Πίνακας 2.4: Συγκεντρωτική κατάσταση των φορτηγών της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].	34
Πίνακας 2.5: Συγκεντρωτική κατάσταση των λεωφορείων της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].	34
Πίνακας 2.6: Ενεργειακή κατανάλωση μεταφορών ανά είδος.	46
Πίνακας 2.7: Ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών ανά σκοπό.	46
Πίνακας 2.8: Ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών ανά καύσιμο.	47
Πίνακας 2.9: Εκπομπές Μεταφορών.	47
Πίνακας 4.1: Η εξέλιξη του μεταφορικού έργου στην Ελλάδα ΠΗΓΗ: [23].	57
Πίνακας 4.2: Η εξέλιξη της διείδυσης κάθε καυσίμου για το Base Scenario στα Ι.Χ αυτοκίνητα.	58
Πίνακας 4.3: Η εξέλιξη του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής	58
Πίνακας 4.4: Ο εξηλεκτρισμός του στόλου των τρενών του ΟΣΕ.	58
Πίνακας 4.5: Ο στόλος των ΙΧ επιβατικών οχημάτων στο σενάριο εξηλεκτρισμού.	59
Πίνακας 4.6: Ο στόλος των λεωφορείων στο σενάριο εξηλεκτρισμού.	59
Πίνακας 4.7: Ο στόλος των ελαφρών φορτηγών στο σενάριο εξηλεκτρισμού.	59
Πίνακας 4.8: Ο στόλος των βαρέων φορτηγών στο σενάριο εξηλεκτρισμού.	59
Πίνακας 4.9: Ο στόλος των ΙΧ επιβατικών οχημάτων στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρισμού.	60
Πίνακας 4.10: Ο στόλος των λεωφορείων στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρισμού.	60
Πίνακας 4.11: Ο στόλος των ελαφρών φορτηγών στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρισμού.	60
Πίνακας 4.12: Ο στόλος των βαρέων φορτηγών στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρισμού.	61
Πίνακας 4.13: Τα ποσοστά συνεισφοράς κάθε κατηγορίας μέσων μεταφοράς στο συνολικό μεταφορικό έργο.	61
Πίνακας 4.14: Το μεταφορικό έργο κάθε είδους μέσων σε επιβατοχιλιόμετρα.	61
Πίνακας 4.15: Το ποσοστό συμμετοχής του κάθε είδους μεταφορικών μέσων στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.	62
Πίνακας 4.16: Κατανομή χρήσης λεωφορείων και αυτοκινήτων στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.	62
Πίνακας 4.17: Συγκριτικός πίνακας μεταφορικού έργου αυτοκινήτων και επίγειων Μ.Μ.Μ στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.	62
Πίνακας 4.18: Ποσοστά συμμετοχής του κάθε μέσου στις εμπορευματικές μεταφορές στο σενάριο εμπορικών τρενών.	63
Πίνακας 4.19: Μεταφορικό έργο κάθε μέσου σε τονοχιλιόμετρα στο σενάριο εμπορικών τρενών.	63
Πίνακας 4.20: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στα επιβατικά πλοία στον σενάριο "Biofuels AV MAR".	63
Πίνακας 4.21: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στα εμπορικά πλοία στον σενάριο "Biofuels AV MAR".	63
Πίνακας 4.22: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στην αεροπορία στον σενάριο "Biofuels AV MAR".	63
Πίνακας 4.23: Η ενεργειακή συμμετοχή των συμβατικών καυσίμων και των βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο σενάριο "optimistic biofuels".	64
Πίνακας 5.1: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Base Scenario".	68
Πίνακας 5.2: Ενεργειακό Ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "BaU".	69
Πίνακας 5.3: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Electrification".	72
Πίνακας 5.4: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Optimistic Electrification".	75
Πίνακας 5.5: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Metro Public Transport".	79
Πίνακας 5.6: Ενεργειακό Ισοζύγιο έτους 2050 του σεναρίου "Optimistic Public Transport".	81
Πίνακας 5.7: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Commercial Trains".	84
Πίνακας 5.8: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Biofuels AV MAR".	87

Πίνακας 5.9: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Optimistic Biofuels”. _____	89
Πίνακας 5.10: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Realistic Combination”. _____	93
Πίνακας 5.11: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Optimistic Combination”. _____	97
Πίνακας 5.12: Σύνοψη όλων των σεναρίων / Cost – Benefit Analysis _____	98

Λίστα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1: Κατανομή Κατανάλωσης Ε.Ε	24
Διάγραμμα 2.1: Ποσοστιαία κατανομή επιβατικού μεταφορικού έργου.	30
Διάγραμμα 2.2: Ποσοστιαία Κατανομή Εμπορευματικού Μεταφορικού Έργου.	31
Διάγραμμα 2.3: Επιβατικά αυτοκίνητα ανά καύσιμο.	35
Διάγραμμα 2.4: Ελαφρά φορτηγά ανά καύσιμο.	36
Διάγραμμα 2.5: Φορτηγά ανά καύσιμο.	37
Διάγραμμα 2.6: Λεωφορεία ανά καύσιμο.	38
Διάγραμμα 2.7: Ενέργεια οδικών μεταφορών ανά μέσο.	47
Διάγραμμα 2.8: Κατανομή των Ελληνικών εκπομπών CO2 ανά τομέα.	49
Διάγραμμα 5.1: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.	65
Διάγραμμα 5.2: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.	66
Διάγραμμα 5.3: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.	67
Διάγραμμα 5.4: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.	68
Διάγραμμα 5.5: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.	69
Διάγραμμα 5.6: Αναλυτική απεικόνιση της ζήτησης στο σενάριο “Electrification”.	70
Διάγραμμα 5.7: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.	71
Διάγραμμα 5.8: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.	71
Διάγραμμα 5.9: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.	72
Διάγραμμα 5.10: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “ Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.	73
Διάγραμμα 5.11: Αναλυτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης στο σενάριο “Optimistic Electrification”.	73
Διάγραμμα 5.12: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “ Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.	74
Διάγραμμα 5.13: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “ Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.	74
Διάγραμμα 5.14: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.	75
Διάγραμμα 5.15: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.	76
Διάγραμμα 5.16: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “ Metro Public Transport” και “Base Scenario”.	77
Διάγραμμα 5.17: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.	78
Διάγραμμα 5.18: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.	78
Διάγραμμα 5.19: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.	79
Διάγραμμα 5.20: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.	80

Διάγραμμα 5.21: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.	80
Διάγραμμα 5.22: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.	81
Διάγραμμα 5.23: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.	82
Διάγραμμα 5.24: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.	82
Διάγραμμα 5.25: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.	83
Διάγραμμα 5.26: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.	83
Διάγραμμα 5.27: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών αεροπλάνων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.	84
Διάγραμμα 5.28: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών επιβατικών πλοίων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.	85
Διάγραμμα 5.29: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών εμπορικών πλοίων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.	85
Διάγραμμα 5.30: Οι συνολικές εκπομπές του συστήματος μεταφορών που αποφεύγονται στο σενάριο “Biofuels AV MAR”.	86
Διάγραμμα 5.31: Τα κόστη που εξοικονομούνται στον σενάριο “Biofuels AV MAR”	86
Διάγραμμα 5.32: Αναλυτικό διάγραμμα εκπομπών του σεναρίου “Optimistic Biofuels”.	87
Διάγραμμα 5.33: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Biofuels” και “Base Scenario”.	88
Διάγραμμα 5.34: Κόστη που εξοικονομήθηκαν στο σενάριο “Optimistic Biofuels”.	89
Διάγραμμα 5.35: Συγκριτική απεικόνιση ενεργειακών απαιτήσεων του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.	90
Διάγραμμα 5.36: Εξέλιξη της εξοικονομούμενης ενέργειας στο συνδυαστικό σενάριο “Realistic Combination”.	91
Διάγραμμα 5.37: Συγκριτική απεικόνιση εκπομπών του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.	91
Διάγραμμα 5.38: Εξέλιξη των εκπομπών που αποφεύγονται στο συνδυαστικό σενάριο “Realistic Combination”.	92
Διάγραμμα 5.39: Συγκριτική απεικόνιση κόστους του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.	92
Διάγραμμα 5.40: Τα εξοικονομηθέντα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.	93
Διάγραμμα 5.41: Συγκριτική απεικόνιση ενεργειακών απαιτήσεων του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.	94
Διάγραμμα 5.42: Εξέλιξη της εξοικονομούμενης ενέργειας στο συνδυαστικό σενάριο “Optimistic Combination”.	94
Διάγραμμα 5.43: Συγκριτική απεικόνιση εκπομπών του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.	95
Διάγραμμα 5.44: Εξέλιξη των εκπομπών που αποφεύγονται στο συνδυαστικό σενάριο “Optimistic Combination”.	95
Διάγραμμα 5.45: Τα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.	96
Διάγραμμα 5.46: Τα εξοικονομηθέντα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.	96

1. Εισαγωγικά Στοιχεία.

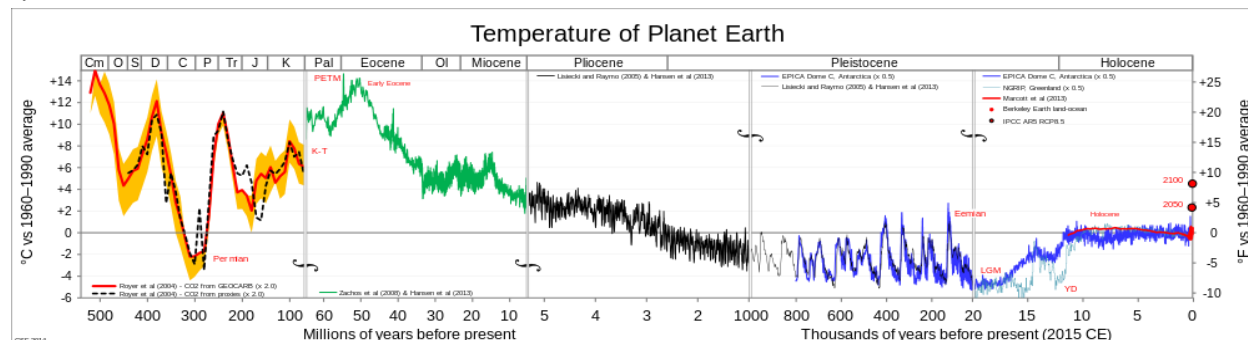
1.1 Η κλιματική αλλαγή γενικά.

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα από τα μείζονα περιβαλλοντικά προβλήματα παγκοσμίως. Το κλίμα γενικά έχει μεταβολές στην πάροδο του χρόνου οι οποίες σχετίζονται με διάφορους φυσικούς παράγοντες όπως με την αλλαγή των χαρακτηριστικών της κίνησης της γης (τροχιά, άξονας περιστροφής, κ.α.) που επηρεάζουν την προσπίπτουσα στη γη ηλιακή ακτινοβολία, φαινόμενο γνωστό και ως «Κύκλοι Milankovitch». Άλλοι παράγοντες είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η σεισμική δραστηριότητα, και το ποσό θερμότητας που εκπέμπει ο ήλιος, η ακτινοβολία του οποίου είναι και η κύρια πηγή θερμότητας της γης [1], [2]. Υπάρχουν επίσης και ανθρωπογενείς παράγοντες που θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα.

Συγκεκριμένα για την ηφαιστειακή δραστηριότητα, οι εκρήξεις ηφαιστειών αλλά και οι ενεργοί κρατήρες γενικότερα, απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα οξείδια του θείου που απορροφούν ή προκαλούν διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση της ακτινοβολίας που τελικά φτάνει στην ατμόσφαιρα και, κατ' επέκταση, της θερμοκρασίας [1].

Η σεισμική δραστηριότητα επηρεάζει το κλίμα με αργό ρυθμό, είναι μια μεταβολή που λαμβάνει χώρα σε μεγάλο βάθος χρόνου, της τάξεως πολλών χιλιάδων η και εκατομμυρίων ετών. Ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζει το κλίμα είναι η γεωλογική μετατόπιση των ηπείρων και των θαλασσών που έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή του τρόπου κυκλοφορίας του νερού των θαλασσών (θαλάσσια ρεύματα), που είναι ένας σημαντικός παράγοντας του κλίματος. Ένα γνωστό παράδειγμα είναι ο σχηματισμός του ισθμού του Παναμά πριν περίπου 5 εκ. χρόνια, που ουσιαστικά διέκοψε την απευθείας σύνδεση μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού ωκεανού [1].

Τέλος, όσον αφορά τη θερμική ισχύ του ηλίου αυτή δεν είναι ένα σταθερό μέγεθος. Η πυρηνική αντίδραση που λαμβάνει χώρα στον αστέρα του Ήλιου έχει μεταβαλλόμενη ένταση, ενδεικτικά, πριν 3-4 δις. χρόνια η ηλιακή ακτινοβολία ήταν κατά περίπου 25% ασθενέστερη [1]. Ο ήλιος επίσης έχει μεταβολές με περιοδικότητα 11 ετών στην ακτινοβολία του, γνωστές και ως ηλιακοί κύκλοι [3].



Εικόνα 1.1: Το κλίμα σε βάθος χρόνου στη ζωή του πλανήτη Γη. ΠΗΓΗ: [Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Earth).

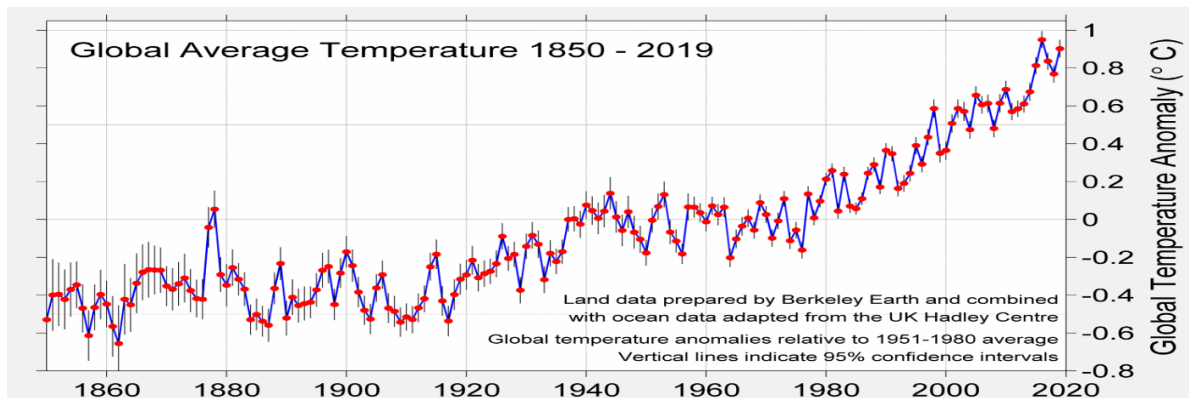
1.2 Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή.

Εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα πως η κλιματική αλλαγή είναι κάτι που συντελείται στη φύση με την πάροδο του χρόνου. Όμως από τον 20^ο αιώνα και έπειτα, υπάρχει μια απότομη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης, με ρυθμό τέτοιο που ξεπερνά τα όρια εντός των οποίων θα ήταν δυνατό να αποδοθεί στις φυσικές διεργασίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αποτελεί λοιπόν προϊόν ανθρωπίνης δραστηριότητας.

Συγκεκριμένα, η εκβιομηχάνιση και η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου απελευθερώνουν στο περιβάλλον μεγάλα ποσά θερμότητας και αερίων του θερμοκηπίου, το κυριότερο από τα οποία είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Παράλληλα, η εκτεταμένη υλοτόμηση και αποψίλωση καθώς και η καταστροφή των δασών από πυρκαγιές έχουν μειώσει την απορρόφηση του CO₂ από τη χλωρίδα. Επιπροσθέτως, η χρήση CFCs στα ψυκτικά μηχανήματα που γινόταν μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 90 (μιας και αντικαταστάθηκαν από τα HFCs) έχει δημιουργήσει αραίωση της στιβάδας του όζοντος, κάτι που επιτρέπει σε ακόμα περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία (και μάλιστα βλαβερό φάσμα της UV), να εισέλθει στην τροπόσφαιρα. Πέραν αυτού βέβαια, τα ψυκτικά μέσα είναι χημικές ενώσεις με πολύ υψηλό δείκτη GWP (Global Warming Potential) και ως εκ τούτου συμβάλλουν και αυτά μαζί με το CO₂ στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [4].

Τέλος, οι μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται στα μεταφορικά μέσα και σε άλλες βιομηχανικές διαδικασίες εκπέμπουν, πέρα από CO₂, αέρια όπως τα οξείδια του αζώτου και του θείου (NO_x και SO_x, αντίστοιχα), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), αιθάλη (C) και άκαυστους υδρογονάνθρακες, με βλαπτικές συνέπειες για την ατμόσφαιρα και την ανθρώπινη αναπνοή. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο στις μεγαλουπόλεις, λόγω της κυκλοφορίας μεγάλου αριθμού αυτοκινήτων, με τον σχηματισμό του χαρακτηριστικού νέφους στην ατμόσφαιρα.

Το διοξείδιο του άνθρακα και τα αέρια του θερμοκηπίου γενικότερα έχουν την ιδιότητα να δεσμεύουν και να κρατάνε εντός της ατμόσφαιρας μέρος της θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας που, χωρίς την παρουσία τους, θα επανεκπέμπονταν από τη γη πίσω στο διάστημα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό και ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Αυτό είναι ως ένα βαθμό επιθυμητό καθώς ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει στη γη να διατηρεί μέση θερμοκρασία ευνοϊκή για την ύπαρξη ζωής. Όμως τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα του πλανήτη μας έχουν ανέβει σημαντικά, ανθρωπογενώς, κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης υδρογονανθράκων για την κάλυψη των ενεργειακών μας απαιτήσεων, σε βαθμό που πλέον η θερμοκρασία του πλανήτη έχει μια ανεπιθύμητη και σταθερή αυξητική τάση, με δυσμενείς επιπτώσεις για το περιβάλλον αλλά και την ποιότητα ζωής μας, όπως παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα [5].



Εικόνα 1.2: Η αυξητική τάση της θερμοκρασίας στη σύγχρονη εποχή. ΠΗΓΗ: berkeleyearth

1.3 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Η κλιματική αλλαγή, όπως αυτή εξηγήθηκε προηγουμένως, επηρεάζει αρνητικά τα διάφορα οικοσυστήματα του πλανήτη καθώς και τον ίδιο τον άνθρωπο με πολλούς τρόπους.

Η ευρέως γνωστή και μάλιστα ιδιαίτερα σημαντική συνέπεια είναι το λιώσιμο των πάγων στις αρκτικές ζώνες, με πολλαπλές συνέπειες. Αρχικά, η πανίδα των περιοχών αυτών πλήττεται ανεπανόρθωτα, με πολλά από τα ζώα που έχουν την Αρκτική ή την Ανταρκτική ως φυσικό περιβάλλον να αναγκάζονται συνεχώς να μετακινούνται όσο το διαθέσιμο παγωμένο έδαφος ελαττώνεται. Αντίστοιχες μετακινήσεις παρατηρούνται επίσης και με τα τροπικά είδη πανίδας που τους επιτρέπεται πλέον, λόγω θερμοκρασιών, να μεταναστεύσουν βορειότερα, προκαλώντας έτσι αστάθεια και σε αυτά τα οικοσυστήματα αφού μεταβάλλουν την τροφική αλυσίδα. Δημιουργούνται επίσης τάσεις μετατόπισης και στη χλωρίδα, αφού οι συνθήκες για φυτά που ευδοκίμουν σε ζεστά κλίματα αρχίζουν και γίνονται ευνοϊκές και πιο βόρεια, με αποτέλεσμα τον αντίστοιχο εκτοπισμό βλάστησης των κρύων κλιμάτων [6]. Χαρακτηριστικό είναι ότι εικόνες που ελήφθησαν από δορυφόρους, καταδεικνύουν ότι το 2020 οι πάγοι στην θάλασσα της Αρκτικής έφθασαν στο δεύτερο χαμηλότερο επίπεδο ρεκόρ για καλοκαίρι, μετά το 2012 [7]. Είναι προφανές ότι αν η κατάσταση συνεχιστεί, πολλά είδη αρκτικής πανίδας και χλωρίδας θα αρχίσουν να απειλούνται με εξαφάνιση, ελλείψει διαθέσιμης γης και πόρων για την επιβίωσή τους.

Επιπροσθέτως, η παρουσία των πάγων στους πόλους είναι καίρια για τη ρύθμιση της παγκόσμιας θερμοκρασίας μέσω της θερμοχωρητικότητάς τους αλλά και της ανάκλασης ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα. Η μείωση τους, ή ακόμα χειρότερα, η απουσία τους συνεπάγεται αδυναμία διατήρησης του επιθυμητού ισοζυγίου θερμότητας παγκοσμίως με αποτέλεσμα να έχουμε ισχυρούς καύσωνες αλλά και δριμείς χειμώνες ή ακραία καιρικά φαινόμενα καθώς η άνοδος της θερμοκρασίας των αέριων μαζών μπορεί να προκαλέσει κάθοδο αρκτικών ρευμάτων προς το Νότο. Επίσης η αδυναμία ανάκλασης ηλιακής ακτινοβολίας που αναφέραμε προηγουμένως θα έχει, με τη σειρά της, αποτέλεσμα το περαιτέρω λιώσιμο πάγων, διαιωνίζοντας το πρόβλημα ακόμα περισσότερο.

Μια ακόμη συνέπεια του λιωσίματος των πάγων είναι η άνοδος της στάθμης των θαλασσών που ενέχει κινδύνους για τις παράκτιες ή νησιωτικές περιοχές και τα αντίστοιχα οικοσυστήματα, αφού τμήματά τους κινδυνεύουν με βύθιση. Ενδεικτικό είναι ότι από το 1900 έως και σήμερα, η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 18-20 εκατοστά [8]. Ένα σχετικό παράδειγμα που χρήζει αναφοράς είναι αυτό του κράτους του Tuvalu στην Ωκεανία. Πρόκειται για ένα σύμπλεγμα νησιών στον Ειρηνικό ωκεανό με πολύ χαμηλό υψόμετρο που απειλείται με βύθιση λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Το υψηλότερο σημείο του συμπλέγματος είναι μόλις στα 4,6 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ πολλά σπίτια και κτίρια είναι χτισμένα πολύ κοντά στο επίπεδο της θάλασσας. Επιπλέον της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, το Tuvalu πλήττεται επίσης και από ακραία καιρικά φαινόμενα όπως καύσωνες, κυκλώνες και παλιρροιακά κύματα, ως συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Αποτέλεσμα αυτών των συνεπειών είναι να είναι να αβέβαιο το μέλλον του Tuvalu ως προς την κατοικισιμότητά του. Γίνεται λόγος ότι είναι πιθανό, αν συνεχίσει η κλιματική αλλαγή με τον τρέχοντα ρυθμό, να καταστεί μη κατοικήσιμο μέσα στα επόμενα 100 έτη [9].

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και τα ξερά καλοκαίρια με καύσωνες ευνοούν και γίνονται πολλές φορές αιτία καταστροφικών πυρκαγιών, που σε συνδυασμό και με την αυξημένη υλοτόμηση, πέρα από το ότι μειώνουν το CO₂ που απορροφούν τα δάση όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, προκαλούν με τη σειρά τους πλημμύρες αφού, μαζί με τον πληθυσμό των δέντρων, μειώνεται και η ικανότητα συγκράτησης υδάτων των δασών.

Τέλος, οι ανεπιθύμητες αυτές μεταβολές επηρεάζουν εντέλει και τον άνθρωπο αφού οι βλαβερές εκπομπές της καύσης των ορυκτών καυσίμων επηρεάζουν αρνητικά την υγεία του και το προσδόκιμο ζωής του. Παράλληλα, οι φυσικές καταστροφές και τα ακραία καιρικά φαινόμενα που προκαλούνται καταστρέφουν καλλιέργειες και περιουσίες με μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις, ενώ δεν είναι και λίγες οι φορές που επιφέρουν και απώλεια ανθρώπινων ζωών. Ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιων καταστροφών στο πρόσφατο παρελθόν της χώρας μας είναι η πυρκαγιά στο μάτι το 2018 με 102 νεκρούς που χαρακτηρίστηκε και η δεύτερη πιο φονική πυρκαγιά του 21^{ου} αιώνα, οι πλημμύρες στη δυτική Αττική το 2017 με 26 νεκρούς και οι φετινές πλημμύρες (2020) στη Θεσσαλία [10], [11].



Εικόνα 1.3: Η καταστροφική πυρκαγιά στο Μάτι. ΠΗΓΗ: [Τα Νέα](#)



Εικόνα 1.4: Το λιώσιμο των πάγων των πόλων ΠΗΓΗ: [RSC Education](#)

1.4 Ορυκτά καύσιμα: Οι χρήσεις, οι συνέπειες και οι εναλλακτικές.

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων είναι η κύρια πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου στη σύγχρονη εποχή. Τα συμβατικά καύσιμα άρχισαν να χρησιμοποιούνται πρακτικά από τότε που ξεκίνησε η εκβιομηχάνιση, αφενός μεν γιατί δεν υπήρχαν και άλλες επιλογές τότε πέρα ίσως από τη βιομάζα (υπό τη μορφή κυρίως των καυσόξυλων και κάρβουνου) αφετέρου δε, λόγω της μεγάλης ενεργειακής τους πυκνότητας (θερμογόνου δύναμης). Αυτή η υψηλή τους περιεκτικότητα σε ενέργεια τα έκανε μια πολύ εύκολη στη μεταφορά και γενικά μια ευέλικτη, με πολλές δυνατότητες χρήσης και αποθήκευσης, ενεργειακή πηγή. Ωστόσο, όσο η ανθρωπότητα προόδευε, ανέβαιναν παράλληλα και οι ενεργειακές της απαιτήσεις αφού όπως είναι ευρέως γνωστό η ποιότητα της ανθρώπινης ζωής είναι συνυφασμένη απόλυτα με την κατανάλωση ενέργειας. Μεγαλύτερα και περισσότερα κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ανάγκες για εκτεταμένες παγκόσμιες επιβατικές και εμπορικές μεταφορές, ανάγκες κλιματισμού και η αύξηση του αριθμού των Ι.Χ επιβατικών οχημάτων είναι μόνο μερικές αλλά οι κυριότερες αιτίες που οδήγησαν αναπόφευκτα στην εκτίναξη των ενεργειακών απαιτήσεων τους 2 τελευταίους αιώνες.

Η ραγδαία αυτή αύξηση στην κατανάλωση καυσίμων και, ως εκ τούτου, των εκπομπών που συνδέονται με την καύση τους, έκανε την αποκλειστική χρήση τους (και ιδιαίτερα κάποιων συγκεκριμένων καυσίμων όπως ο λιγνίτης) μη βιώσιμη μακροπρόθεσμα. Γεννήθηκε έτσι η ανάγκη αύξησης του ποσοστού χρήσης λιγότερο επιβλαβών καυσίμων, όπως το Φυσικό Αέριο και τα βιοκαύσιμα, αλλά και η ανάγκη εύρεσης νέων πηγών ενέργειας που δεν θα βασίζονται στην καύση για την εργοπαραγωγή τους, οι γνωστές πλέον ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Οι κυριότερες από αυτές είναι: η αιολική ενέργεια (μέσω των ανεμογεννητριών), η ηλιακή ενέργεια (κυρίως μέσω των φωτοβολταϊκών), οι παλιρροιακές γεννήτριες, η γεωθερμία, η βιομάζα και τα υδροηλεκτρικά. Συγκεκριμένα για τα υδροηλεκτρικά έργα, ο χαρακτηρισμός τους

ως ΑΠΕ εξαρτάται από το βαθμό επέμβασης στο περιβάλλον και το μέγεθος του φράγματος. Συνήθως τα υδροηλεκτρικά εγκατεστημένης ισχύος ως και περίπου 15MW θεωρούνται ΑΠΕ, ενώ για μεγαλύτερες ισχύς, θεωρούνται απλώς απανθρακοποιημένη μορφή ενέργειας και όχι ΑΠΕ λόγω της παρέμβασης στο οικοσύστημα της περιοχής για την κατασκευή του φράγματος [12].



Εικόνα 1.5: Εργοστάσιο Ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο τον Λιγνίτη στην Πτολεμαΐδα. ΠΗΓΗ: energyexpress



Εικόνα 1.6: Ηλεκτροπαραγωγή από ανεμογεννήτριες (ΑΠΕ). ΠΗΓΗ: Scandasia

Οι ΑΠΕ βέβαια έχουν και αυτές κάποια μειονεκτήματα όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή τους, με το πλέον προφανές να είναι ότι η συνεισφορά τους στο δίκτυο είναι συνδεδεμένη

άμεσα με τις εκάστοτε επικρατούσες καιρικές συνθήκες και όχι με την ενεργειακή ζήτηση όπως ιδανικά θα ήταν επιθυμητό. Έτσι, τουλάχιστον μέχρι να αναπτυχθούν πολύ οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, καθίσταται αναγκαία η διατήρηση έστω κάποιων συμβατικών σταθμών, με προτίμηση στου συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου όσον αφορά τα ορυκτά καύσιμα (μιας και το Φ.Α είναι το λιγότερο επιβλαβές συμβατικό καύσιμο) και τα υδροηλεκτρικά όσον αφορά τις συμβατικές αλλά απανθρακοποιημένες μονάδες.

Ένα άλλο ζήτημα που υπήρχε ήταν η αδυναμία των ΑΠΕ στην αποτελεσματική διαχείριση αναγκών αέργου ισχύος στο δίκτυο, με αποτέλεσμα να υπάρχουν θέματα ευστάθειας, κάτι που έβαζε όριο στο ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα. Η επίδραση αυτού του φραγμού ωστόσο μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος τα τελευταία χρόνια [13].

Σε κάθε περίπτωση πάντως, ο στόχος για το μέλλον του ενεργειακού μείγματος παγκοσμίως, και ιδίως της Ε.Ε, είναι η ελαχιστοποίηση των συμβατικών μονάδων, ιδίως των λιγνιτικών, και διατήρηση μόνο των απολύτως απαραίτητων για την ευστάθεια του δικτύου. Όσο δε αυξάνεται ο εξηλεκτρισμός τομέων όπως οι μεταφορές, η ανάγκη για αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς των ΑΠΕ θα γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Προκειμένου να παρατηρηθούν εξάλλου πραγματικά οφέλη από αυτό τον εκσυγχρονισμό, θα πρέπει η επιπλέον απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για αυτό το σκοπό να παράγεται με το ελάχιστο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

1.5 Οι κατευθύνσεις και στόχοι της Ευρώπης.

Η μείωση των εκπομπών και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ήταν από νωρίς προτεραιότητα στην ατζέντα της Ε.Ε. Έχει εξάλλου συντάξει αλλά και συμμορφωθεί με αρκετές συμφωνίες και πρωτόκολλα προς αυτό το σκοπό. Τα κυριότερα αυτών, είναι:

Τα πρωτόκολλα του **Kyoto** και του **Montreal** που αφορούν τον περιορισμό αερίων του θερμοκηπίου αλλά και βλαπτικών, για την στιβάδα του όζοντος, ουσιών. Συγκεκριμένα, προβλέπουν στόχους για μείωση, κυρίως, του CO₂ που είναι το κύριο προϊόν καύσης των υδρογονανθράκων, του μεθανίου (CH₄) που παράγεται σε ορισμένες αγροτικές και βιομηχανικές διαδικασίες, του εξαφθοριούχου θείου (SF₆) που χρησιμοποιείται ως μονωτικό υψηλών τάσεων και ορισμένων υδροφθορανθράκων (HFCs) που χρησιμοποιούνται σαν ψυκτικά μέσα σε συστήματα κλιματισμού, βιομηχανικής ψύξης και ψυγεία. Συγκεκριμένα στις εφαρμογές ψύξης, όπως αναφέρθηκε επιγραμματικά προηγουμένως, γινόταν χρήση χλωροφθορανθράκων (CFCs). Οι χημικές αυτές ουσίες είχαν την ιδιότητα ότι όταν ελευθερώνονταν στην ατμόσφαιρα, προκαλούσαν, παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, μια χημική αντίδραση η οποία κατέστρεφε τη στιβάδα του όζοντος. Για αυτόν το λόγο, η χρήση τους διακόπηκε με βάση το πρωτόκολλο του Montreal και έγινε σε πρώτη φάση η αντικατάστασή τους από τα HFCs. Αυτά ωστόσο, με τη σειρά τους δημιούργησαν άλλο πρόβλημα καθώς ναι μεν

δεν κατέστρεφαν το όζον, ήταν όμως αέρια του θερμοκηπίου και μάλιστα με πολύ μεγάλο δείκτη GWP με αποτέλεσμα να γίνεται προσπάθεια αντικατάστασης και αυτών με άλλα οικολογικά ψυκτικά υγρά [14], [15]. Οι συνέπειες των αερίων του θερμοκηπίου γενικά και η συμβολή τους στην κλιματική αλλαγή αναλύθηκαν προηγουμένως.

Η **συμφωνία των Παρισίων** που αφορά στόχους για το κλίμα. Συγκεκριμένα, έχει τεθεί σαν παγκόσμια κατεύθυνση να διατηρηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τους 2°C με στόχο, ει δυνατόν, να περιοριστεί στον 1,5°C. Προς τούτο, κάθε χώρα που συμμετέχει στη συμφωνία εκπονεί ολοκληρωμένα σχέδια δράσης για το κλίμα τα οποία παρουσιάζονται και ανανεώνονται κάθε 5 έτη. Ειδικότερα για την Ευρωπαϊκή Ένωση, υπάρχει επιπλέον η δέσμευση για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδα 55% χαμηλότερα σε σχέση με το 1990 ως το 2030, ενώ επίσης διαθέτει κεφάλαια υπό τη μορφή χορηγιών για τη μείωση της κλιματικής αλλαγής στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ενδεικτικά, το 2019 η Ε.Ε χορήγησε 23,2 Δις € προς το σκοπό αυτό. Ακόμα, τον Δεκέμβριο του 2019, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τον στόχο να επιτευχθεί κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, σύμφωνα με τις δεσμεύσεις της συμφωνίας των Παρισίων. Οι στόχοι της συμφωνίας για την Ε.Ε συνοψίζονται στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της Ευρωπαϊκής οικονομίας, της αγοράς ενέργειας και του ενεργειακού της μείγματος, με πολλαπλά οφέλη για τα κράτη, τους πολίτες τους καθώς και το περιβάλλον [16].

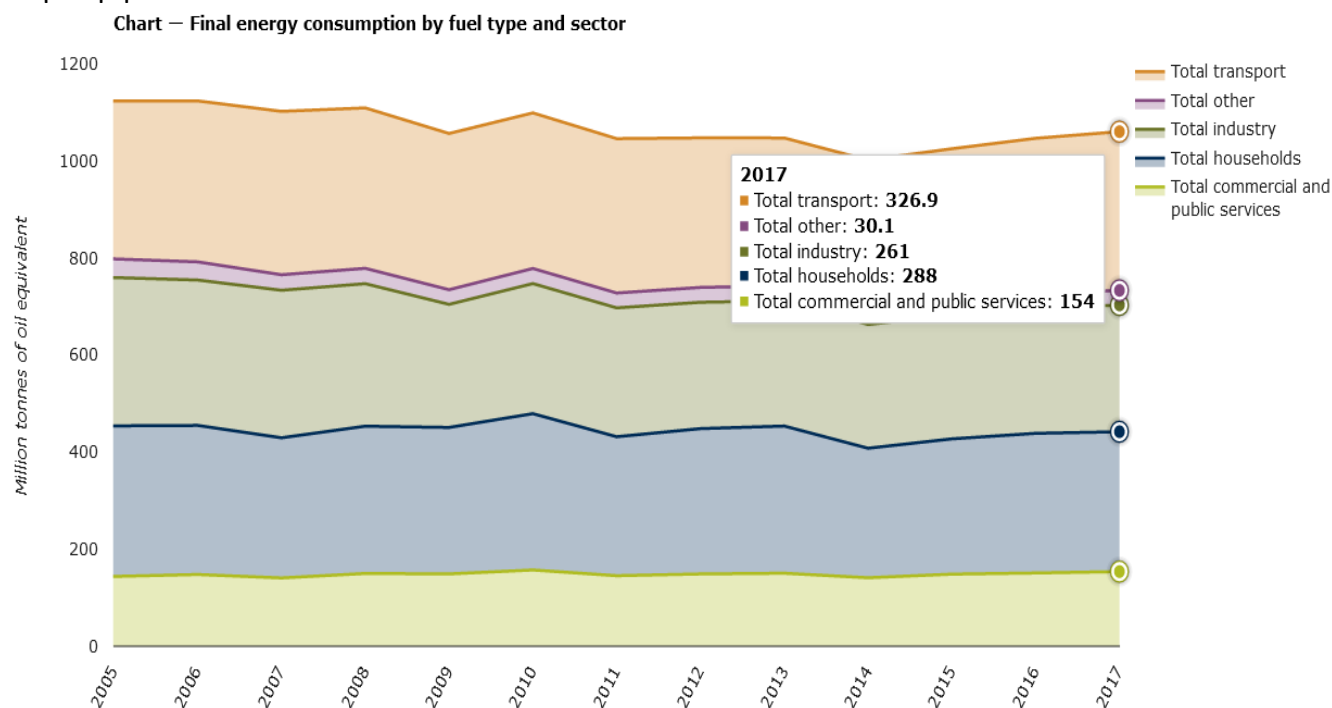
Ακόμα, για τον περιορισμό των εκπομπών των κρατών, η Ε.Ε θέσπισε το πρόγραμμα της εμπορίας εκπομπών **EU ETS**. Κατά τους κανόνες του προγράμματος αυτού, για κάθε κράτος θεσπίζεται ένα συγκεκριμένο δικαίωμα εκπομπών το οποίο αν το υπερβεί, υποχρεώνεται να καταβάλλει τίμημα για να αγοράσει επιπλέον δικαιώματα. Στον αντίποδα, εάν ένα κράτος είναι εντός των ορίων του σε βαθμό που του υπολείπονται δικαιώματα εκπομπών, δύναται να τα μεταβιβάσει, έναντι τιμήματος, σε κράτη που τα χρειάζονται και προτίθενται να τα αγοράσουν. Το πρόγραμμα αυτό έχει σκοπό να αποτελέσει κίνητρο για τα κράτη να επενδύσουν σε τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών, επιβραβεύοντας, μέσω της δυνατότητας εμπορίας των δικαιωμάτων που πλεονάζουν, τα κράτη που ικανοποιούν τους στόχους αυτούς και κινητοποιώντας τα κράτη που εκπέμπουν παραπάνω από το επιτρεπτό να εντοπίσουν τις αιτίες και τις δραστηριότητες από τις οποίες αυτό επισυμβαίνει. Το EU ETS αφορά: Τις εκπομπές CO₂ στους τομείς της ηλεκτροπαραγωγής, της θέρμανσης, της βιομηχανίας και της πολιτικής αεροπορίας, τις εκπομπές N₂O σε συγκεκριμένες βιομηχανικές διαδικασίες και των PFCs από την παραγωγή αλουμινίου. Τα αποτελέσματα της εν λόγω Ευρωπαϊκής δράσης, σύμφωνα με έρευνα του 2020 ήταν μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 1 δις. τόνους μεταξύ των ετών 2008 – 2016 που μεταφράζεται σε 3,8% των συνολικών εκπομπών της Ε.Ε [17], [18].

1.6 Ο τομέας των μεταφορών και η συμβολή του στην κλιματική αλλαγή.

Οι μεταφορές, εμπορικές και επιβατικές, τοπικές, εγχώριες ή διεθνείς, ήταν πάντοτε ένα αναπόσπαστο και ζωτικής σημασίας κομμάτι του ανθρώπινου υλικότεχνικού πολιτισμού.

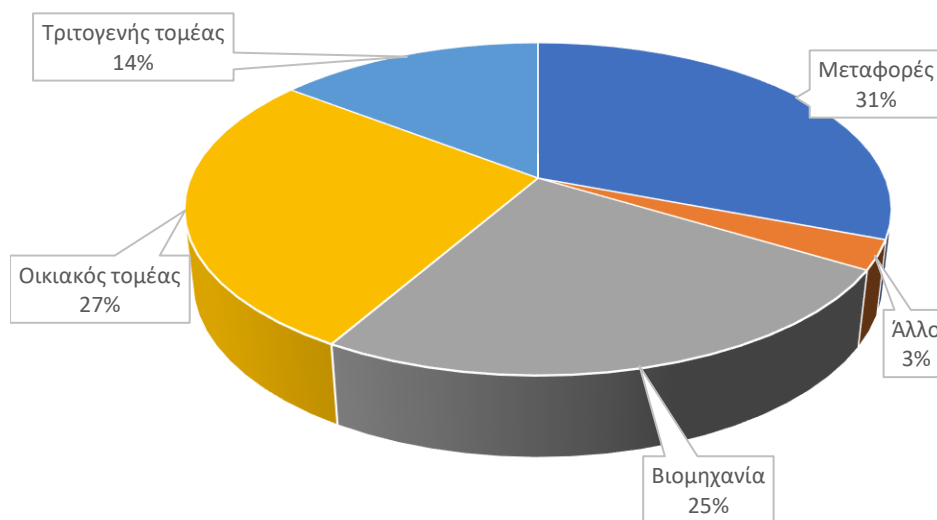
Στη σύγχρονη εποχή, οι διεθνείς εμπορικές, επαγγελματικές, και όχι μόνο, σχέσεις σε συνδυασμό με την παγκοσμιοποίηση, έχουν κάνει την ύπαρξη και τη διαρκή επέκταση και αναβάθμιση του τομέα των μεταφορών μια επιτακτική ανάγκη για την επιτέλεση της πλειοψηφίας των σύγχρονων δραστηριοτήτων. Θα εξετάσουμε συγκεκριμένα την κατάσταση της Ευρώπης, δεδομένου ότι η Ελλάδα, που είναι η μελετηθείσα χώρα στην παρούσα διπλωματική, είναι κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε).

Στην Ευρώπη, το εμπόριο και η μετακίνηση πολιτών μεταξύ των κρατών-μελών ευνοούνται από όρους που έχουν θεσπιστεί για τις διακρατικές συνοριακές και οικονομικές σχέσεις όπως η συνθήκη του Schengen [19]. Ως εκ τούτου, η κινητικότητα είναι αυξημένη και ο τομέας των μεταφορών αποτελεί μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ενεργειακής κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα:



Εικόνα 1.7: Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη. ΠΗΓΗ: [EEA](#).

Από όπου, αν γίνει μετατροπή της απεικόνισης αυτή σε διάγραμμα τύπου πίτας με ποσοστά, λαμβάνουμε:



Διάγραμμα 1.1: Κατανομή Κατανάλωσης Ε.Ε

Είναι ορατό ότι ο τομέας των μεταφορών κατέχει ένα σημαντικό ποσοστό της κατανομής της ενεργειακής κατανάλωσης. Είναι συνεπώς ένας τομέας που, με την βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς και της ελάττωσης των εκπομπών του, μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής και στην επίτευξη των Ευρωπαϊκών στόχων.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής λοιπόν θα είναι η επικέντρωση στον τομέα των μεταφορών και η ανάλυση σεναρίων για την ελαχιστοποίηση εκπομπών από αυτόν καθώς και της οικονομικής τους βιωσιμότητας στη σύγχρονη πραγματικότητα για τη χώρα της Ελλάδας.

2. Η Σημερινή Πραγματικότητα στον Ελληνικό Τομέα Μεταφορών.

2.1 Το δίκτυο μεταφορών της Ελλάδας.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με πολυποίκιλα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, πολλά βουνά αλλά και πεδινές εκτάσεις, μεγάλη ακτογραμμή και μεγάλα νησιωτικά συμπλέγματα.

Στα ορεινά αλλά και σε μεγάλο μέρος της επαρχίας γενικότερα, οι μεταφορές γίνονται κυρίως οδικώς δηλαδή με αυτοκίνητα ή λεωφορεία. Μεγάλες επαρχιακές πόλεις όπως η Θήβα, η Λάρισα, ο Βόλος, η Κόρινθος (μέσω προαστιακού) και άλλες, εξυπηρετούνται και από σιδηρόδρομο για τη σύνδεσή τους με την πρωτεύουσα ή άλλες πόλεις του σιδηροδρομικού δικτύου. Για κάποιες συγκεκριμένες πόλεις μάλιστα, όπως για παράδειγμα η Κομοτηνή, η σιδηροδρομική διασύνδεση έχει ιδιαίτερη σημασία διότι, λόγω έλλειψης αεροδρομίου και μεγάλης απόστασης από την πρωτεύουσα, η διασύνδεση αυτή είναι η μόνη εναλλακτική πέραν της οδικής. Οι μεγαλύτερες πόλεις, όπως η Θεσσαλονίκη και η Αλεξανδρούπολη έχουν, επιπροσθέτως, και αεροπορικές διασυνδέσεις με την υπόλοιπη χώρα αλλά και με το εξωτερικό. Τέλος, η Ελλάδα, λόγω των πολλών νησιών της αλλά και της γεωπολιτικής της θέσης το χάρτη, έχει και αρκετά ανεπτυγμένη ναυσιπλοΐα.

Όσον αφορά τις αστικές μετακινήσεις, η Αθήνα έχει 3 γραμμές μετρό (και μια τέταρτη υπό κατασκευή) όπως και Τραμ που συνδέουν πολλούς κόμβους του λεκανοπεδίου μεταξύ τους [19]:



Εικόνα 2.1: Το δίκτυο του μετρό της Αθήνας. *ΣΗΜ: Η γραμμή 3 του μετρό πλέον έχει επεκταθεί κατά 3 σταθμούς μέχρι τη Νίκαια, εξυπηρετώντας παράλληλα τις περιοχές της Αγ. Βαρβάρας και του Κορυδαλλού. ΠΗΓΗ: ΣΤΑ.ΣΥ.

Το μετρό και το Τραμ της Αθήνας έχουν συμβάλει καθοριστικά στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των κεντρικών αρτηριών της Αθήνας, προσφέροντας εύκολη και ταχεία διασύνδεση μεταξύ των προαστίων της, ωστόσο μεγάλο ποσοστό των μετακινήσεων συνεχίζει να γίνεται με αυτοκίνητο. Η Αττική επίσης διαθέτει προστατικό σιδηρόδρομο που συνδέει το λεκανοπέδιο με περιοχές της Δυτικής Αττικής όπως η Ελευσίνα αλλά και, μέσω κατάλληλων διασυνδέσεων, με την Πελοπόννησο. Τέλος, στην Αθήνα αλλά και στις υπόλοιπες πόλεις της χώρας, υπάρχει αστική συγκοινωνία με λεωφορεία.

Για τις οδικές υπεραστικές μεταφορές, η χώρα διαθέτει ένα δίκτυο 7 σύγχρονων αυτοκινητοδρόμων υψηλής ταχύτητας: Αττική οδός (Μεσόγεια - Ελευσίνα), Ολυμπία Οδός(Ελευσίνα - Πάτρα), Μορέας (Κόρινθος - Τρίπολη), Ιόνια Οδός (Αντίρριο – Ιωάννινα), Ε75/ΠΑΘΕ (Αθήνα – Θεσσαλονίκη), Εγνατία Οδός (Ηγουμενίτσα – Αλεξανδρούπολη) και τέλος, Ε65/Κεντρική Οδός (Λαμία-Εγνατία οδός) της οποίας έχει παραδοθεί στην κυκλοφορία μόνο ένα τμήμα[21].

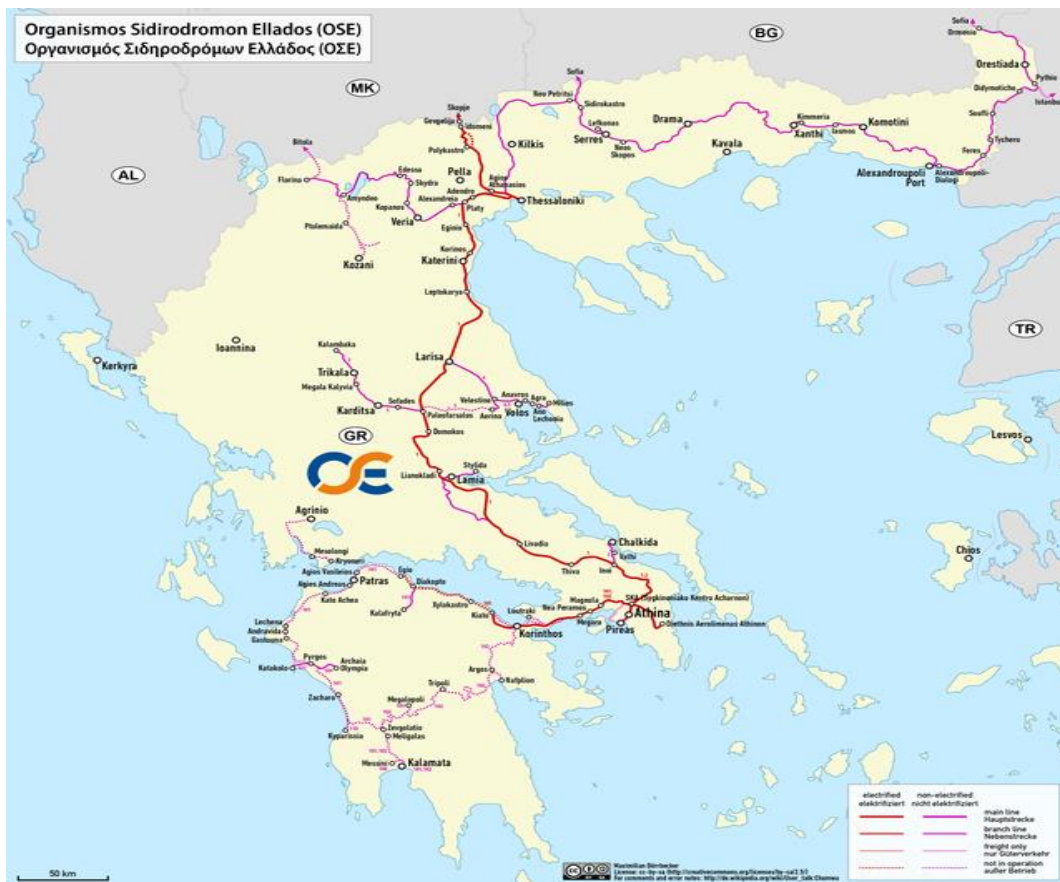


Εικόνα 2.2: Οι κεντρικές οδικές αρτηρίες της Ελλάδας. ΠΗΓΗ: [Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_motorways_in_Greece).

Οι μεγάλοι αυτοί αυτοκινητόδρομοι, που αποτελούν το σκελετό διασύνδεσης της χώρας, ενώνονται, μέσω ανισόπεδων κόμβων, με πολλούς επαρχιακούς δρόμους για να φτάσουν και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές.

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές της χώρας εκτελούνται από την ΤΡΑΙΝΟΣΕ. Η χώρα διαθέτει τις εξής κύριες υπεραστικές και προαστιακές γραμμές:

- Γραμμή Αθηνών – Θεσσαλονίκης (Ηλεκτρική), που μάλιστα πρόσφατα ηλεκτροδοτήθηκε πλήρως και παραδόθηκε και το τμήμα Λιανοκλάδι-Δομοκός.
- Γραμμή Θεσσαλονίκης-Αλεξανδρούπολης-Ορμένιου (Diesel)
- Γραμμή Θεσσαλονίκης-Φλώρινας (Diesel)
- Γραμμή Παλιοφαρσάλλου – Καλαμπάκας που εξυπηρετεί τη Δυτική Θεσσαλία (Diesel)
- Γραμμή Λάρισας-Βόλου (Diesel)
- Προαστιακή γραμμή Θεσσαλονίκης-Λάρισας (Ηλεκτρική)
- Προαστιακή γραμμή Αθηνών-Χαλκίδας (Ηλεκτρική)
- Προαστιακή γραμμή Αεροδρόμιο-Αίγιο-Πάτρα (Ηλεκτρική/Diesel) (με το κομμάτι Αίγιο-Πάτρα υπό κατασκευή)



Εικόνα 2.3: Οι Σιδηροδρομική διασύνδεση της Ελλάδας. *ΣΗΜ: τα ροζ διακεκομμένα τμήματα είναι γραμμές εκτός λειτουργίας. ΠΗΓΗ: [ΤΡΑΙΝΟΣΕ](http://www.trainose.gr).

Οι Ελληνικοί σιδηρόδρομοι έχουν αναβαθμιστεί πολύ τα τελευταία χρόνια, κάτι που έχει κάνει το τραίνο ένα μέσο με αρκετά μεγάλη απήχηση στο επιβατικό κοινό σε σχέση με παλαιότερα.

Ένα καίριας σημασίας έργο ήταν η ηλεκτροδότηση και η εγκατάσταση διπλής γραμμής στο τμήμα Αθήνα – Θεσσαλονίκη, που είναι και η γραμμή με τη μεγαλύτερη επιβατική κίνηση και τις περισσότερες διασυνδέσεις με περιφερειακές γραμμές. Ήταν ένα έργο που ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '90. Το πρώτο τμήμα που παραδόθηκε ήταν το Δομοκός – Θεσσαλονίκη το 2007, ενώ το έργο εν τέλει ολοκληρώθηκε το 2019 με την πλήρη ηλεκτροκίνηση και την παράδοση της διπλής πλέον γραμμής, μαζί με τη σήραγγα του Καλλιδρόμου, την μεγαλύτερη σιδηροδρομική σήραγγα των Βαλκανίων. Οι αναβαθμίσεις αυτές έδωσαν τέλος στις πολύωρες καθυστερήσεις που σημειωνόντουσαν στα δρομολόγια τόσο λόγω της διασταύρωσης τρένων στη μονή γραμμή, όσο και των προβλημάτων που είχε το ορεινό κομμάτι στη γραμμή στην ευρύτερη περιοχή του Μπράλου ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες. Παράλληλα ο χρόνος του ταξιδιού μειώθηκε στις 4 ώρες και 10 λεπτά, κάνοντας το τραίνο μια ελκυστική επιλογή για το επιβατικό κοινό, πράγμα που είναι φανερό στις οικονομικές εκθέσεις του ΟΣΕ αφού παρατηρείται αισθητή αύξηση του κύκλου εργασιών και του επιβατικού κοινού τη χρονιά παράδοσης του έργου. Επίσης σημαντική ήταν και η αναβάθμιση του προαστιακού δικτύου της Αττικής, με την απευθείας σύνδεση του λιμανιού του Πειραιά με το αεροδρόμιο και τη γραμμή για Πελοπόννησο. Η γραμμή της Πελοποννήσου έχει αρχίσει και αυτή να ηλεκτροδοτείται και να επεκτείνεται μέχρι την Πάτρα, μέχρι στιγμής έχει φθάσει μέχρι το Αίγιο [22].

Τέλος, η Ελλάδα διαθέτει, όπως προαναφέρθηκε, εκτεταμένο δίκτυο ναυσιπλοΐας για την εξυπηρέτηση των πολλών νησιών της αλλά και αεροδρομικές συνδέσεις τόσο μεταξύ μακρινών πόλεων και νησιών της, όσο και με το εξωτερικό. Η ναυσιπλοΐα είναι ζωτικής σημασίας για τη χώρα και τα νησιά τόσο την περίοδο του καλοκαιριού, λόγω του τουρισμού, όσο και την περίοδο του χειμώνα για την τροφοδοσία τους και τη διατήρηση της συνοχής τους με την

υπόλοιπη χώρα. Στην παρούσα διπλωματική, και για τα δύο αυτά μέσα μεταφοράς, θα περιοριστούμε στην ανάλυση του εγχώριου τμήματός τους.



Εικόνα 2.4: Το λιμάνι του Πειραιά

ΠΗΓΗ: [Peiraeus Press](#).



Εικόνα 2.5: Αεροδρόμιο Ε. Βενιζέλος.

ΠΗΓΗ: [Καθημερινή](#).

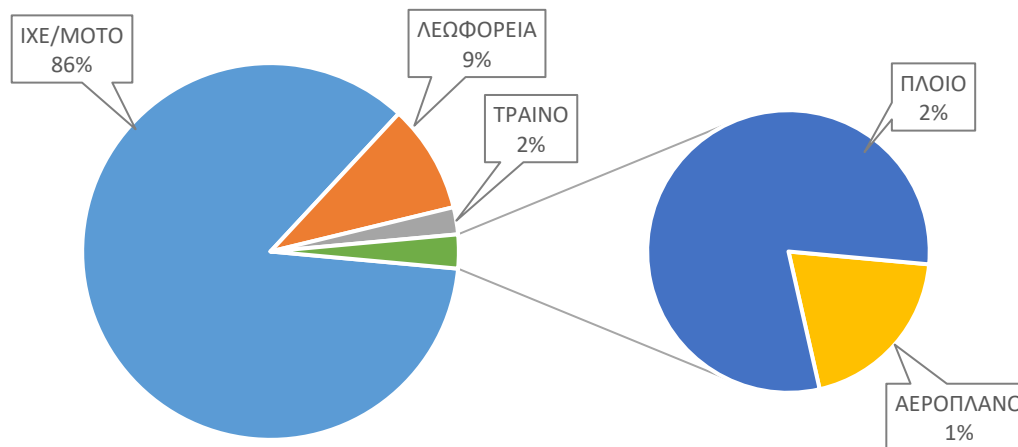
2.2 Η κατανομή του μεταφορικού έργου ανά μέσο.

Έχοντας αναλύσει προηγουμένως τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς και τη γεωμορφολογία της χώρας, είναι πλέον σκόπιμο να δούμε τι μεταφορικό έργο επιτελεί το κάθε μέσο. Οι πληροφορίες αυτές, εξάγονται από τον κατάλληλο συνδυασμό δεδομένων του σχετικού report της WWF και του ΕΣΕΚ για ελαχιστοποίηση σφαλμάτων [23], [24].

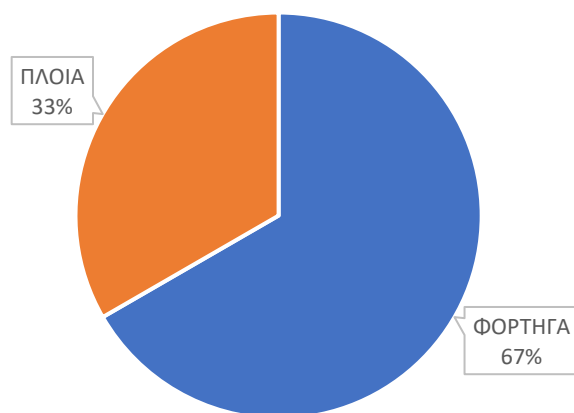
Πίνακας 2.1: Το μεταφορικό έργο των διαφόρων μέσων στην Ελλάδα.

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟ	ΕΤΟΣ 2019
ΕΠΙΒΑΤΙΚΕΣ (ΣΕ GpKm)	172
<u>ΟΔΙΚΕΣ</u>	<u>163</u>
Ι.Χ.Ε και δίκυκλα	147
Λεωφορεία	16
<u>ΤΡΑΙΝΑ</u>	<u>4</u>
<u>ΑΕΡΟΠΛΟΪΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</u>	<u>1</u>
<u>ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</u>	<u>4</u>
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΑΓΑΘΩΝ (ΣΕ GtKm)	21
<u>ΦΟΡΤΗΓΑ</u>	<u>14</u>
<u>ΤΡΑΙΝΑ</u>	<u>0</u>
<u>ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ</u>	<u>7</u>

Για την ποσοστιαία κατανομή λαμβάνουμε:



Διάγραμμα 2.1: Ποσοστιαία κατανομή επιβατικού μεταφορικού έργου.



Διάγραμμα 2.2: Ποσοστιαία Κατανομή Εμπορευματικού Μεταφορικού Έργου.

Τόσο στις μεταφορές αγαθών, όσο και επιβατών παρατηρούμε έντονη συγκέντρωση του έργου στα οδικά μέσα. Αυτό είναι εν μέρει λογικό αν ληφθούν υπόψη η γεωμορφολογία και το συγκοινωνιακό δίκτυο της χώρας, όπως αυτά περιγράφονται παραπάνω. Ωστόσο, το τραίνο έχει χαμηλότερη από την αναμενόμενη συμμετοχή, ειδικά στις εμπορευματικές μεταφορές που είναι αμελητέα (εμφανίζεται ως μηδέν στα δεδομένα των στατιστικών αναλύσεων). Συγκεκριμένα, οι επιβατικές μεταφορές είναι οδικές κατά 95%, με το 86% να γίνεται με ιδιωτικά μέσα (αυτοκίνητο/μοτοσικλέτα) και το 9% με Μ.Μ.Μ (λεωφορεία), ενώ μικρά είναι τα ποσοστά του τραίνου (2%), των πλοίων (2%) και των αεροπλάνων (1%). Οι μεταφορές αγαθών επιτελούνται κατά 67 % από φορτηγά, όμως σε αυτήν την κατηγορία και τα πλοία έχουν μια σημαντική συμμετοχή, αποτελώντας το υπόλοιπο 33%, κάτι που δικαιολογείται από την ανάγκη για τροφοδοσία των πολλών νησιών της χώρας. Το ότι τα αυτοκίνητα και οι μοτοσικλές επιτελούν την πλειονότητα του μεταφορικού έργου, πέρα από τη γεωμορφολογία και τις συγκοινωνίες της χώρας, δικαιολογείται και από το ότι, εκτός από τη χρήση τους για υπεραστικές μετακινήσεις, είναι ένα μέσο που χρησιμοποιείται από πολλούς ακόμα και σε καθημερινή βάση για την εντός πόλεως μετακίνηση. Τα ελληνικά αστικά κέντρα, λόγω της αστικοποίησης, έχουν αποκτήσει μια δομή κατά την οποία μεγάλο μέρος του πληθυσμού τους, διαμένουν στα προάστια, χωρίς πάντα να υπάρχουν κατάλληλες συγκοινωνιακές υποδομές σύνδεσής τους με τα κέντρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι να καθίσταται για τους κάτοικους αυτούς απαραίτητη η χρήση δικού τους μέσου για την πρόσβαση στη δουλειά τους ή άλλες δραστηριότητες στο κέντρο της πόλης.

2.3 Ο στόλος των οχημάτων και η παλαιότητά του.

Στις προηγούμενες ενότητες, είδαμε πως διεξάγονται οι μεταφορές στην Ελλάδα καθώς και ποια είναι η χρήση του εκάστοτε μέσου από το επιβατικό κοινό.

Μια εξίσου σημαντική παράμετρος είναι ο στόλος των μεταφορικών μέσων που αναλαμβάνουν αυτό το μεταφορικό έργο καθώς οι πληροφορίες αυτές είναι καθοριστικές για την ενεργειακή συμπεριφορά και τις εκπομπές των οχημάτων.

Όσον αφορά τα αυτοκίνητα, που είναι αυτά που αναλαμβάνουν τον μεγαλύτερο μεταφορικό φόρτο, ο μέσος όρος ηλικίας των οχημάτων της χώρας είναι 15,7 έτη, ενώ πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι 4.201.812 εκ των συνολικών 5.164.183 επιβατικών οχημάτων, που αντιστοιχεί στο 81,36%, έχουν ηλικία πάνω από 10 έτη. Ενδεικτικά, ο μέσος όρος ηλικίας επιβατικού αυτοκινήτου στην Ε.Ε είναι 10,8 έτη και η Ελλάδα είναι στην 22^η θέση από τις συνολικά 25 χώρες της ΕΕ που περιείχε η στατιστική [25].

Πίνακας 2.2: Συγκεντρωτική κατάσταση του στόλου επιβατικών οχημάτων της Ε.Ε και η Ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].

VEHICLES IN USE, BY AGE

Passenger cars

Year of first registration	2018	2017	2016	2015	(≤5 years)		(≤10 years)					Total	Average age (in years)
					2014	2013	2012	2011	2010	2009	>10 years		
Austria	296,876	320,988	311,168	290,009	287,327	297,203	312,388	322,975	287,621	278,812	1,973,485	4,978,852	8.2
Belgium	508,589	496,766	480,378	420,244	371,988	343,614	325,729	370,638	333,622	275,044	1,856,073	5,782,685	9.0
Croatia			–		288,293			–		230,509	1,146,589	1,665,391	12.6
Czech Republic	261,437	271,595	259,693	230,857	192,314	164,736	174,009	173,282	169,236	161,659	3,743,702	5,802,520	14.8
Denmark	203,815	201,251	199,032	188,075	176,033	173,292	163,414	151,992	132,468	91,922	912,274	2,593,568	8.8
Estonia	22,987	22,973	21,678	21,611	23,581	23,080	24,214	23,466	17,621	16,883	528,370	746,464	16.7
Finland	116,977	118,066	120,100	113,155	111,938	110,450	118,737	135,794	119,854	98,904	1,532,359	2,696,334	12.1
France	2,185,495	2,182,044	2,091,391	1,968,741	1,822,921	1,814,010	1,888,559	2,134,639	2,072,382	2,020,269	12,839,681	33,020,132	9.0
Germany	3,151,097	3,221,432	3,176,396	2,847,417	2,636,852	2,542,920	2,619,572	2,626,586	2,320,597	3,012,629	18,940,286	47,095,784	9.5
Greece	102,544	86,985	77,762	74,527	69,259	57,068	56,663	93,332	134,439	209,792	4,201,812	5,164,183	15.7
Hungary	92,787	104,942	92,502	80,031	79,493	77,548	82,021	85,274	77,152	77,735	2,788,889	3,638,374	14.2
Ireland	118,672	133,763	155,768	147,616	132,172	112,514	119,374	130,031	129,982	92,332	831,836	2,104,060	8.4
Italy	1,998,056	2,054,170	1,901,482	1,621,145	1,363,410	1,275,770	1,335,369	1,653,517	1,845,626	2,004,026	21,965,599	39,018,170	11.3
Latvia	14,996	14,931	13,056	12,653	13,886	13,863	16,137	17,918	15,223	16,796	487,212	636,671	13.9
Lithuania	22,482	18,348	16,746	17,254	17,467	21,898	26,013	32,323	25,261	32,019	1,200,708	1,430,520	16.9
Luxembourg	49,898	49,124	44,444	35,543	31,991	25,932	24,783	22,345	20,190	17,180	93,698	415,128	6.4
Netherlands	457,374	453,034	429,230	505,324	436,639	450,300	520,774	570,945	497,638	396,589	4,069,436	8,787,283	10.6
Poland	507,340	465,915	422,735	394,559	376,604	379,915	419,906	489,222	515,695	597,849	18,859,276	23,429,016	13.9
Portugal	211,679	225,294	216,238	197,482	176,266	147,795	135,488	184,767	244,488	178,874	3,096,686	5,015,057	12.9
Romania			–		538,559			–		796,395	5,115,796	6,450,750	16.3
Slovakia	97,583	91,713	87,581	81,690	82,216	79,380	85,989	93,038	90,662	108,712	1,428,223	2,326,787	13.9
Slovenia	83,424	81,090	72,294	62,172	53,516	51,041	51,743	58,674	61,698	64,432	563,690	1,203,774	10.1
Spain	1,358,202	1,241,413	1,125,822	994,489	795,503	645,156	602,825	700,529	889,733	890,203	14,830,341	24,074,216	12.4
Sweden	244,464	336,946	355,522	309,612	278,616	245,277	242,613	277,665	262,022	170,692	2,147,354	4,870,783	9.9
United Kingdom	2,347,530	2,510,711	2,646,155	2,562,657	2,379,064	2,156,326	1,919,838	1,795,516	1,860,000	1,804,086	12,906,032	34,887,915	8.0
EUROPEAN UNION													10.8

Αντίστοιχα για τα ελαφρά φορτηγά, η μέση ηλικία τους είναι τα 18,9 έτη, με τα 822.638 από τα 889.638, ήτοι το 92.47 %, να έχουν ηλικία πάνω από 10 έτη. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την τελευταία θέση πανευρωπαϊκά όσον αφορά την ηλικία των οχημάτων της κατηγορίας αυτής.

Πίνακας 2.3: Συγκεντρωτική κατάσταση του στόλου των ελαφρών φορτηγών της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].

Light commercial vehicles⁴

Year of first registration											(<=10 years)		Total	Average age (in years)
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	>10 years			
Austria	46,409	42,093	38,470	34,524	32,761	31,217	30,748	30,448	24,203	20,910	144,544	476,327	6.5	
Belgium	73,745	69,882	62,115	55,284	46,782	45,296	43,861	46,124	38,091	34,969	253,237	769,386	8.6	
Croatia					41,119					18,856	75,825	135,800	10.6	
Czech Republic	20,225	19,398	19,239	17,131	13,165	11,669	11,821	13,269	11,576	19,427	417,802	574,722	12.5	
Denmark	33,589	35,119	35,433	30,531	24,830	19,069	17,649	17,087	10,622	9,162	156,259	389,350	8.4	
Estonia	4,936	4,711	4,503	4,207	3,667	3,433	3,553	3,503	2,224	1,750	46,820	83,307	15.5	
Finland	15,393	15,611	13,926	12,005	11,599	11,529	12,822	16,189	12,243	9,716	194,623	325,656	12.7	
France	463,271	440,907	413,102	379,996	369,772	360,827	371,463	405,674	380,095	329,143	2,303,534	6,217,784	9.5	
Germany	308,709	289,292	272,191	238,505	216,738	202,195	200,125	204,387	160,106	130,692	926,323	3,149,263	8.0	
Greece	6,894	6,590	5,514	5,575	4,812	3,309	3,697	6,228	10,324	14,057	822,638	889,638	18.9	
Hungary	14,912	18,240	20,397	17,626	18,367	13,566	13,275	15,886	13,159	9,460	291,759	446,647	12.6	
Ireland	25,191	25,437	30,188	27,701	23,081	17,864	16,959	16,995	14,761	11,571	171,135	380,883	8.8	
Italy	173,524	197,139	203,295	133,153	116,057	96,617	107,723	147,322	163,917	157,325	2,650,134	4,146,206	12.4	
Latvia	2,253	2,193	2,267	2,442	2,695	2,426	2,916	2,495	1,847	1,427	27,874	50,835	10.8	
Lithuania	3,097	2,822	2,516	2,158	1,946	1,950	1,943	2,387	1,598	1,334	27,825	49,576	11.9	
Luxembourg	4,529	4,292	3,963	3,484	2,771	2,332	2,145	2,142	1,613	1,318	8,014	36,603	6.3	
Netherlands	79,997	76,316	74,370	61,968	55,222	52,054	54,911	55,698	44,389	41,371	399,500	995,796	9.5	
Poland	67,683	60,045	61,820	58,967	74,482	55,041	59,063	73,923	124,194	92,590	1,921,390	2,649,198	13.8	
Portugal	33,288	35,336	32,036	29,114	25,504	18,543	15,412	33,298	42,981	34,710	820,048	1,120,270	14.3	
Romania	11,885	11,993	9,957	10,591	13,129	19,401	13,060	12,776	13,212	19,142	622,891	758,037	15.9	
Slovakia	9,154	7,880	8,154	7,462	5,977	5,500	5,914	7,054	8,357	17,690	176,487	259,629	13.2	
Slovenia	10,622	10,244	8,715	7,208	5,782	4,972	4,585	4,732	4,249	4,507	39,744	105,360	9.1	
Spain	196,346	170,789	152,862	142,141	106,679	81,732	80,363	109,625	119,250	108,601	3,371,766	4,640,154	12.8	
Sweden	39,166	62,525	61,501	52,193	46,007	37,286	38,571	47,974	37,686	19,691	213,452	656,052	8.6	
United Kingdom	359,138	357,814	366,431	356,142	299,842	249,445	215,264	228,522	192,489	156,134	1,626,340	4,407,561	7.8	
EUROPEAN UNION													10.9	

Παρόμοια είναι η κατάσταση και στα μεγαλύτερα φορτηγά οχήματα, με μέση ηλικία τα 20,9 έτη και τα 225.542 από τα 229.776 να είναι άνω των 10 ετών, κάτι που σαν ποσοστό αντιστοιχεί στο 98,16% του στόλου τους. Η μέση ηλικία του Ελληνικού στόλου είναι 8,5 χρόνια μεγαλύτερη από τον αντίστοιχο Ευρωπαϊκό μέσο όρο.

Η παλαιότητα αυτή του στόλου, σε συνδυασμό με την έλλειψη κονδυλίων για την δέουσα συντήρηση του λόγω της οικονομικής ύφεσης, οδηγεί αφ' ενός μεν σε κακή ενεργειακή συμπεριφορά του στόλου, εφ' ετέρου δε, συχνά γίνεται αιτία πολλών, μερικές φορές και θανατηφόρων, τροχαίων ατυχημάτων.

Πίνακας 2.4: Συγκεντρωτική κατάσταση των φορτηγών της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].

Medium and heavy commercial vehicles⁵

Year of first registration	(<= 5 years)									(<= 10 years)		Total	Average age (in years)	
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	>10 years			
Austria	2,676	2,788	2,424	1,851	1,660	1,421	1,133	1,055	596	380	2,920	18,904	4.0	
Belgium	10,496	9,443	8,735	7,676	7,475	6,798	7,063	7,029	5,542	5,655	70,169	146,081	15.9	
Croatia					7,984					5,890	31,846	45,720	14.9	
Czech Republic	9,894	10,008	11,063	10,732	9,054	8,643	7,234	7,962	5,445	4,760	102,688	187,483	17.0	
Denmark	4,302	4,111	4,191	3,762	2,923	3,098	2,204	1,732	1,332	1,559	13,527	42,741	10.3	
Estonia	1,090	1,137	948	825	858	1,003	1,013	1,016	543	539	29,305	38,277	18.2	
Finland	3,832	3,451	3,325	2,895	3,094	3,817	3,504	3,615	2,795	3,200	62,641	96,169	13.8	
France	53,415	48,118	45,247	40,234	35,465	40,461	39,958	42,036	28,507	26,166	164,298	563,906	7.2	
Germany	55,602	53,799	51,572	44,404	33,819	29,047	24,929	23,105	17,417	14,281	174,086	522,061	9.5	
Greece	342	443	284	439	339	252	83	250	731	1,071	225,542	229,776	20.9	
Hungary	5,746	6,255	5,589	4,845	3,791	3,984	3,348	3,637	2,410	2,069	53,292	94,966	12.6	
Ireland	2,579	2,575	2,918	2,330	2,320	2,489	2,349	2,232	1,783	1,723	30,023	53,321	10.4	
Italy	23,911	29,407	29,077	19,193	15,428	16,382	16,618	23,260	23,085	20,636	687,311	904,308	14.0	
Latvia	1,631	1,547	1,611	1,076	797	1,047	1,139	1,109	564	505	16,684	27,710	12.4	
Lithuania	7,832	6,254	4,797	2,917	1,701	3,177	2,318	2,171	1,066	959	32,804	65,996	11.6	
Luxembourg	1,399	1,369	1,374	1,219	909	754	586	626	440	352	3,027	12,055	6.5	
Netherlands	14,091	13,072	14,075	12,200	9,499	10,807	9,559	8,904	6,723	7,433	52,047	158,410	9.1	
Poland	31,794	29,242	28,681	25,085	22,837	27,881	27,975	32,501	22,943	18,251	841,785	1,108,975	13.2	
Portugal	4,610	5,958	4,866	4,208	3,654	3,217	2,715	3,718	3,780	3,697	89,612	130,035	13.8	
Romania	6,028	5,721	6,710	9,161	7,687	9,833	7,037	6,359	4,890	4,395	241,346	309,167	15.6	
Slovakia	5,401	5,426	5,640	4,599	3,665	3,739	3,080	2,970	1,977	1,688	47,056	85,241	12.7	
Slovenia	5,256	4,494	4,073	3,245	2,364	1,669	1,248	1,241	934	793	10,547	35,864	8.9	
Spain	28,214	28,677	28,910	26,169	17,287	12,670	12,071	14,431	11,995	10,215	376,361	567,000	14.4	
Sweden														
United Kingdom	50,984	52,378	53,758	50,228	38,772	50,446	35,325	30,652	21,472	20,975	200,403	605,393	7.4	
EUROPEAN UNION														12.4

Τέλος, για τα λεωφορεία έχουμε:

Πίνακας 2.5: Συγκεντρωτική κατάσταση των λεωφορείων της Ε.Ε και η ηλικία τους. ΠΗΓΗ: [25].

Buses

Year of first registration	(<= 5 years)									(<= 10 years)		Total	Average age (in years)
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	>10 years		
Austria	1,105	1,177	998	891	798	639	504	409	570	416	2,530	10,037	5.4
Belgium	1,060	879	722	920	1,120	747	668	697	963	954	7,417	16,147	11.2
Croatia					909					816	3,416	5,141	11.9
Czech Republic	1,203	804	1,013	1,350	1,061	891	731	837	751	775	12,027	21,443	14.5
Denmark	571	857	735	548	510	431	516	474	593	730	3,017	8,982	10.0
Estonia	167	227	171	249	202	246	166	90	172	122	3,161	4,973	13.9
Finland	507	556	646	580	748	488	612	487	636	694	6,527	12,481	11.6
France	6,661	6,972	7,870	8,182	6,654	7,318	6,434	7,159	5,972	6,825	22,451	92,498	7.1
Germany	6,332	6,370	6,317	5,559	4,986	4,946	4,262	4,122	4,366	4,514	28,745	80,519	8.5
Greece	263	182	175	100	73	40	24	28	320	869	25,896	27,970	20.4
Hungary	676	645	653	791	472	639	228	399	486	868	13,234	19,091	13.3
Ireland	347	313	333	310	199	177	259	75	82	209	3,758	6,062	10.8
Italy	3,936	3,999	3,528	2,852	2,360	2,855	2,431	3,268	4,051	3,182	67,580	100,042	12.5
Latvia	132	197	173	243	191	215	87	209	179	109	2,300	4,035	11.9
Lithuania					1,724					860	4,933	7,517	
Luxembourg	196	219	189	239	150	160	129	147	136	112	206	1,883	5.7
Netherlands	558	893	839	345	623	564	703	541	666	870	3,453	10,055	9.0
Poland	2,636	2,174	1,968	1,742	1,691	1,521	1,568	1,907	1,822	2,093	100,349	119,471	15.3
Portugal	550	479	448	316	300	251	299	404	628	767	11,758	16,200	14.3
Romania	352	91	61	172	114	489	440	83	297	353	18,406	20,858	16.4
Slovakia	429	533	424	458	508	303	353	404	583	763	4,320	9,078	12.3
Slovenia	259	271	278	206	249	197	116	140	155	131	848	2,850	8.3
Spain	3,829	4,003	3,736	2,911	2,038	1,713	1,748	2,790	2,503	2,876	36,768	64,915	10.8
Sweden	748	1,134	1,286	1,340	1,202	1,189	1,413	1,461	1,417	850	2,338	14,378	6.7
United Kingdom	3,172	3,798	4,214	4,066	3,880	3,883	3,895	3,553	4,898	5,975	43,057	84,391	9.8
EUROPEAN UNION													11.4

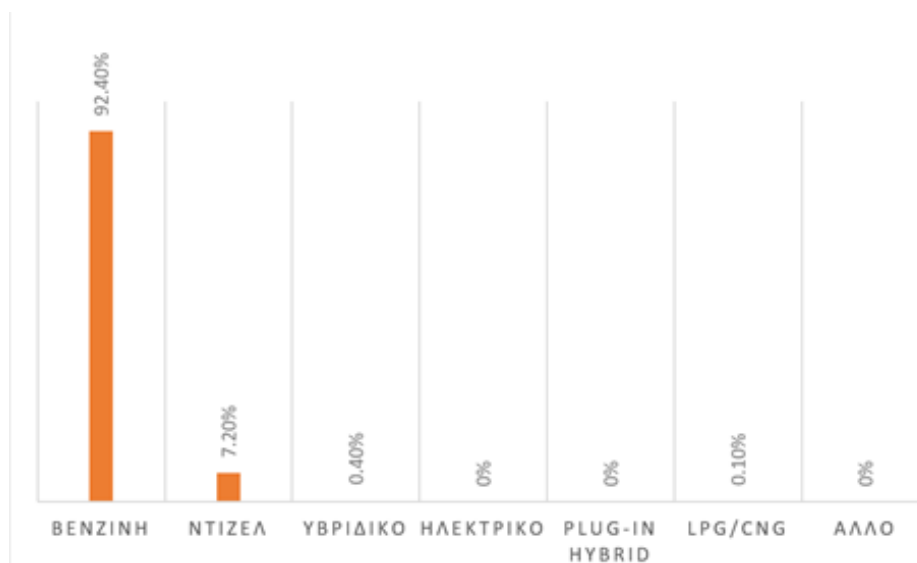
Και εδώ βλέπουμε μια παρόμοια κατάσταση, με μέσο όρο ηλικίας τα 20,4 έτη και το 92,59 % των λεωφορείων να είναι πάνω από 10 ετών. Ενώ και πάλι η Ελλάδα έχει τον γηραιότερο, κατά 9 έτη μεγαλύτερο από το μέσο όρο, στόλο λεωφορείων στην Ε.Ε.

2.4 Ο στόλος των οχημάτων και τα καύσιμά τους.

Μια ακόμα παράμετρος των μεταφορών που χρήζει μελέτης είναι τα διάφορα είδη καυσίμου καθώς και τα ποσοστά χρήσης τους στα διάφορα μέσα μεταφοράς. Από τα στοιχεία αυτά εξάγονται συμπεράσματα για τις εκπομπές και την ενεργειακή συμπεριφορά του στόλου, καθώς και για πιθανούς τρόπους βελτίωσης των υπάρχουσών τεχνολογιών ή την αντικατάστασή τους.

Οι ακόλουθες πληροφορίες αντλήθηκαν από το σχετικό Report της ACEA [25]:

Για τα αυτοκίνητα:



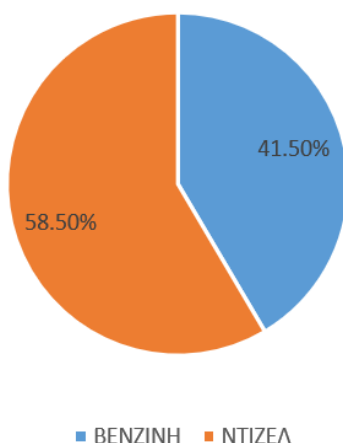
Διάγραμμα 2.3: Επιβατικά αυτοκίνητα ανά καύσιμο.

Είναι εμφανές ότι η βενζίνη αποτελεί το καύσιμο της συντριπτικής πλειονότητας των επιβατικών οχημάτων. Αυτό οφείλεται στη διαθεσιμότητα του καυσίμου στα πρατήρια (κάτι που ισχύει βέβαια και για το ντίζελ) αλλά και στο γεγονός ότι είναι ένα πολύ ευέλικτο καύσιμο για ένα επιβατικό αυτοκίνητο για λόγους που σχετίζονται με την κατασκευαστική πολυπλοκότητα του κινητήρα και των διάφορων υποσυστημάτων. Συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων, το σύστημα διανομής καυσίμου και το σύστημα διαχείρισης καυσαερίων έχουν γίνει αρκετά πιο περίπλοκα σε ένα πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο από ότι σε ένα αυτοκίνητο με καύσιμο της βενζίνης, κάτι που οφείλεται, εκτός από τη φύση του ίδιου του καυσίμου, στους σύγχρονους κανόνες εκπομπών. Αυτές ακριβώς οι αυξημένες κατασκευαστικές προδιαγραφές, οδηγούν σε υψηλότερο κόστος αγοράς τα πετρελαιοκίνητα οχήματα αλλά και αυξημένο κόστος

συντήρησης, ειδικά σε περίπτωση βλαβών. Αυτά κάνουν την αρχική απόκτηση ενός βενζινοκίνητου μοντέλου πιο ελκυστική για τους περισσότερους καταναλωτές, τουλάχιστον αυτών που δεν κάνουν ιδιαίτερα πολλά χιλιόμετρα ώστε να αποσβένουν τα επιπλέον κόστη από το μειωμένο κόστος καυσίμου του πετρελαίου [26].

Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι το ποσοστό των υβριδικών είναι ιδιαίτερα χαμηλό, ενώ των ηλεκτρικών μηδενικό, πράγμα που επιβεβαιώνει και την γενικότερη παλαιότητα του στόλου και έλλειψη διείσδυσης νέων τεχνολογιών σε αυτόν.

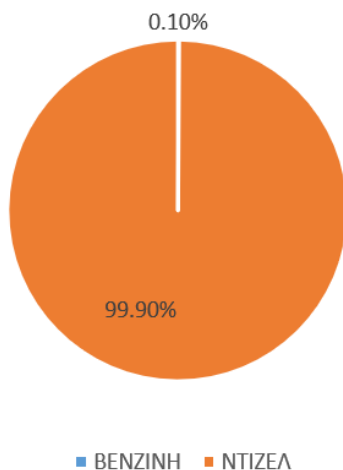
Για τα ελαφρά φορτηγά¹:



Διάγραμμα 2.4: Ελαφρά φορτηγά ανά καύσιμο.

Δύο είναι τα ήδη καυσίμου που χρησιμοποιεί κατά αποκλειστικότητα αυτή η κατηγορία: η βενζίνη και το ντίζελ. Τα περισσότερα είναι πετρελαιοκίνητα, αλλά η παρουσία των βενζινοκίνητων είναι επίσης μεγάλη. Αυτή η κατανομή είναι λογική, δεδομένης και της παλαιότητας αλλά και της φύσης των οχημάτων. Συγκεκριμένα, τα οχήματα τύπου βαν και ημιφορτηγά (pick-up) διαθέτουν και κινητήρες βενζίνης και πετρελαίου, με την τάση να είναι ελαφρώς υπέρ του πετρελαίου δεδομένων των μεγάλων αποστάσεων που συνήθως καλύπτουν σε ορισμένες εφαρμογές. Τα υπόλοιπα ελαφρά (μέχρι 3,5 τόνους) φορτηγά οχήματα είναι κυρίως πετρελαίου.

Για τα φορτηγά οχήματα¹:

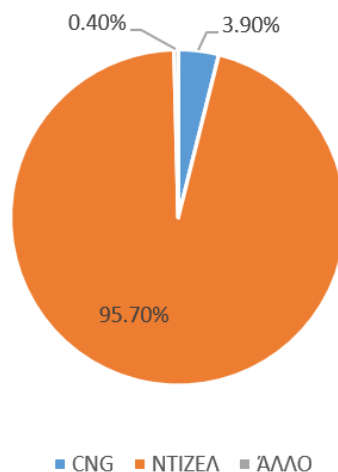


Διάγραμμα 2.5: Φορτηγά ανά καύσιμο.

Η κατηγορία των φορτηγών οχημάτων κυριαρχείται, σχεδόν αποκλειστικά, από το πετρέλαιο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα βαρέα φορτηγά καλύπτουν γενικά μεγάλες αποστάσεις και είναι πολύ ενεργοβόρα λόγω υψηλού φορτίου, σε βαθμό που για λόγους οικονομικής βιωσιμότητας, το πετρέλαιο είναι μονόδρομος. Επιπροσθέτως, η ικανότητα ανάπτυξης υψηλής ροπής σε χαμηλές στροφές κάνει του κινητήρες ντίζελ ιδανικούς για τη μεταφορά μεγάλων φορτίων, εξασφαλίζοντας και επαρκή ελκτική ικανότητα αλλά και μακροζωία του κινητήρα αφού δεν απαιτείται να λειτουργεί σε υψηλές στροφές, όπως θα έκανε ένας βενζινοκινητήρας για να ανταπεξέλθει σε τέτοιες απαιτήσεις ισχύος που έχουν τα βαρέα οχήματα [27].

¹: Στις 2 αυτές κατηγορίες, το report της ACEA [24] είχε σημαντικά ποσοστά ως “unknown” στο είδος καυσίμου. Για να μπορέσουν να γίνουν οι υπολογισμοί σωστά, έγινε η εύλογη υπόθεση ότι το ποσοστό αυτό είναι Ντίζελ. Ο λόγος που έγινε αυτή η υπόθεση αφορά την γενική παρατήρηση ότι μεγάλο μέρος του στόλου στην κατηγορία των ελαφρών φορτηγών και σχεδόν όλα τα οχήματα στην κατηγορία των μεγαλύτερων φορτηγών είναι Ντίζελ. Η υπόθεση αυτή στοιχειοθετείται επιπλέον και από την κατανάλωση καυσίμων στο report της WWF [22], προσαρμοσμένο και κατά τα δεδομένα του ΕΣΕΚ [23].

Για τα λεωφορεία:



Διάγραμμα 2.6: Λεωφορεία ανά καύσιμο.

Τα λεωφορεία, στην συντριπτική τους πλειονότητα, είναι πετρελαιοκίνητα. Αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο λόγω της φύσης του μεταφορικού τους έργου : μεγάλες αποστάσεις και μεγάλος αριθμός επιβατών (φορτίο) αλλά και λόγω της παλαιότητας του στόλου. Τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται, περισσότερο για αστική συγκοινωνία, λεωφορεία φυσικού αερίου (CNG), που είναι καύσιμο πολύ πιο φιλικό προς το περιβάλλον και πιο οικονομικό από το ντίζελ. Το ποσοστό αυτό είναι μικρό (μόλις 3,9%) μιας και αυτή η εισαγωγή τέτοιων οχημάτων ξεκίνησε σχετικά πρόσφατα.

2.5 Το τροχαίο υλικό των σιδηροδρομικών μεταφορών.

Όπως εξηγήθηκε στην πρώτη ενότητα, η Ελλάδα διαθέτει αρκετές σιδηροδρομικές διασυνδέσεις τόσο μεταξύ των μεγαλουπόλεων όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη όσο και με αρκετές πόλεις της επαρχίας καθώς και προαστιακό σιδηρόδρομο.

Το σιδηροδρομικό δίκτυο ξεκίνησε να λειτουργεί με καύσιμο το πετρέλαιο, ενώ μέχρι πρόσφατα αρκετές διαδρομές συνέχιζαν να γίνονται με χρήση πετρελαίου. Με τον εξηλεκτισμό του σιδηροδρομικού δικτύου όμως η χρήση πετρελαίου περιορίστηκε σε λίγες μόνο επαρχιακές γραμμές.

Το τροχαίο υλικό που κυρίως χρησιμοποιείται σήμερα έχει ως εξής:

Πετρελαίου:

Η **ADtranz DE 2000** είναι πετρελαιοκίνητη κύρια μηχανή. Χρησιμοποιούταν για διαδρομές κυρίως επιβατικές και ενίοτε εμπορικές, σε όλο σχεδόν το μήκος του υπεραστικού δικτύου του ΟΣΕ. Έχει ελκτική δύναμη 260 kN και τελική ταχύτητα τα 160 km/h. Στις γραμμές που ηλεκτροδοτήθηκαν, τη θέση της έχει πάρει η ηλεκτροκίνητη μηχανή Siemens Hellas Sprinter 120

που θα παρουσιαστεί παρακάτω, με σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον αλλά και την ταχύτητα των αμαξοστοιχιών. Η συγκεκριμένη μηχανή συνεχίζει να χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα σε διαδρομές προς την επαρχία που έχουν μη ηλεκτροδοτούμενο τμήμα γραμμής. Τέτοιες γραμμές είναι: Αθήνα-Καλαμπάκα, Θεσσαλονίκη-Αλεξανδρούπολη κ.α. [28].



Εικόνα 2.6: Επικεφαλής Μηχανή στον Σ.Σ Θεσσαλονίκης. ΠΗΓΗ: [Wikipedia](#).

Η **Stadler-Bombardier GTW 2/6** είναι πετρελαιοκίνητη αυτοκινητάμαξα. Η χωρητικότητά της ανέρχεται στους 125 επιβάτες και η τελική της ταχύτητα στα 115 km/h. Χρησιμοποιείται σε προαστιακές και τοπικές επαρχιακές γραμμές. Τέτοιες είναι: Ο Προαστιακός της Πάτρας, Λιανοκλάδι-Στυλίδα, Τιθορέα-Λιανοκλάδι, Κατάκολο-Ολυμπία και προσωρινά η γραμμή Κιάτο-Αίγιο, μέχρι να ηλεκτροδοτηθεί [29].



Εικόνα 2.7: Ντιζελάμαξα στο Αίγιο. ΠΗΓΗ: [Wikipedia](#).

Η **MAN 2000 DMU** είναι πετρελαιοκίνητη αυτοκινητάμαξα. Η χωρητικότητά της είναι 140 επιβάτες, ενώ η τελική της ταχύτητα είναι τα 120 km/h. Η χρήση της αφορά στην εκτέλεση τοπικών και υπεραστικών δρομολογίων, όπως: Θεσσαλονίκη – Φλώρινα, Παλαιοφάρσαλος-Καλαμπάκα κ.α. [30].



Εικόνα 2.8: Ντιζελάμαξα στη Δυτική Μακεδονία ΠΗΓΗ: [mixanodigos OSE Blog](#).

Ηλεκτρικές:

Η **Siemens Krauss-Maffei Hellas Sprinter 120** είναι η πιο σύγχρονη εν λειτουργία κύρια μηχανή που έχει ο ΟΣΕ. Είναι ηλεκτρική και αντικατέστησε, στο μεγαλύτερο μέρος του δικτύου, την πετρελαιοκίνητη ADtranz DE 2000 με την πρόοδο της εξηλέκτρισής του. Έχει ελκτική δύναμη 300kN και δύναται να αναπτύσσει ταχύτητες μέχρι 200 km/h. Τροφοδοτείται με δίκτυο 50Hz, 25kV μέσω παντογράφων στην οροφή της. Είναι η μηχανή που επιτελεί το μεγαλύτερο μέρος του μεταφορικού έργου του ΟΣΕ αφού λειτουργεί στον κεντρικό άξονα Αθηνών – Θεσσαλονίκης και αναλαμβάνει την έλξη τόσο επιβατικών όσο και εμπορικών αμαξοστοιχιών [31].



Εικόνα 2.9: Η νέα ηλεκτρική κύρια μηχανή του ΟΣΕ. ΠΗΓΗ: [mixanodigos OSE Blog](#).

Η **Siemens Desiro EMU** είναι ηλεκτρική αυτοκινητάμαξα προαστιακών γραμμών. Έχει χωρητικότητα 310 καθήμενων επιβατών και αναπτύσσει ταχύτητα έως 160 km/h ενώ λειτουργεί με δίκτυο 50Hz, 25kV. Χρησιμοποιείται στις προαστιακές γραμμές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, ενώνοντας τις με προάστια τους, ενώ φτάνουν και μέχρι το Κιάτο και τη Λάρισα αντίστοιχα [32].



Εικόνα 2.10: Προαστιακός σιδηρόδρομος στο σταθμό Θεσ/νίκης ΠΗΓΗ: [Wikipedia](#).

Τέλος, μετά την ανάληψη της διαχείρισης της εταιρείας από την Trenitalia, αναμένεται να τεθεί σύντομα σε λειτουργία άλλος ένας τύπος αυτοκινητάμαξας υπερύψηλης ταχύτητας στη γραμμή Αθηνών – Θεσσαλονίκης, η **ETR 470**. Το ταξίδι, μεταξύ των 2 τερματικών σταθμών, θα διαρκεί μόλις 3 ώρες και 20 λεπτά, αφού η τελική ταχύτητα θα αυξηθεί στα 250 km/h [33].



Εικόνα 2.11: Η ETR 470 στη Θεσσαλονίκη. ΠΗΓΗ: [Καθημερινή](#).

2.6 Οι στόλοι της ακτοπλοΐας και των αερομεταφορών εσωτερικού.

Η ύπαρξη πολλών νησιών και μεγάλης επιβατικής κίνησης τους καλοκαιρινούς μήνες έχει, όπως αναφέρθηκε στην πρώτη ενότητα, οδηγήσει στην ανάπτυξη εκτεταμένου δικτύου ακτοπλοΐας. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από 3 κύριες κατηγορίες πλοίων: τα συμβατικά, τα ταχύπλοα και τα πορθμειακά. Όλα τα πλοία της ακτοπλοΐας έχουν ως καύσιμο το μαζούτ. Τα συμβατικά χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, μεταφέρουν τόσο αυτοκίνητα όσο και επιβάτες, και δραστηριοποιούνται και για κοντινά και για απομακρυσμένα νησιά, η ταχύτητα πλεύσης τους κυμαίνεται από 18 μέχρι 23 περίπου ναυτικά μίλια ανά ώρα.

Τα ταχύπλοα είναι σε χρήση κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, κάτι που οφείλεται τόσο στην μεγάλη επιβατική κίνηση που καλύπτει και το αυξημένο κόστος καυσίμων τους, όσο και στις καλύτερες καιρικές συνθήκες που ευνοούν την πλεύση τους με υψηλές ταχύτητες. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι έχουν συνήθως μικρότερη χωρητικότητα από τα συμβατικά, ενώ δεν έχουν πάντα τη δυνατότητα μεταφοράς αυτοκινήτων που έχουν τα όλα σχεδόν τα συμβατικά. Τα πορθμειακά χρησιμοποιούνται για τη ζεύξη πολύ κοντινών μεταξύ τους ακτών όπως για παράδειγμα η γραμμή Ρίο - Αντίρριο, Πέραμα – Σαλαμίνα κ.α. και έχουν συνήθως μικρούς χώρους και ανοιχτά γκαράζ.

Ένα ενδεικτικό πλοίο για κάθε κατηγορία είναι:

Το «**Νήσος Ρόδος**» είναι **συμβατικό** πλοίο της Hellenic Seaways που δραστηριοποιείται στη σύνδεση του Πειραιά με το Βόρειο Αιγαίο. Μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι 2210 επιβάτες και διαθέτει 98 καμπίνες. Μπορεί επίσης να μεταφέρει έως 748 επιβατικά αυτοκίνητα. Αναπτύσσει ταχύτητα 22 κόμβων [34].



Εικόνα 2.12: Ε/Γ – Ο/Γ «ΝΗΣΟΣ ΡΟΔΟΣ». ΠΗΓΗ: [Attica Group](#).

Το «Naxos Jet» είναι **ταχύπλοο σκάφος** της Ναυτιλιακής Εταιρείας SEAJETS που δραστηριοποιείται στη σύνδεση των Κυκλάδων με την Ραφήνα και τον Πειραιά. Έχει μεταφορική ικανότητα 700 επιβατών και 75 επιβατικών αυτοκινήτων. Η ταχύτητά του αγγίζει τους 37 κόμβους [35].



Εικόνα 2.13: Το ταχύπλοο «Naxos Jet» ΠΗΓΗ: [Sea Jets](#).

Το «Πρωτοπόρος ΧΙ» είναι **πορθμειακό σκάφος** της TSOKOS LINES. Συνδέει το πέραμα με τη Σαλαμίνα. Η χωρητικότητά του είναι 206 επιβατικά οχήματα και 600 επιβάτες και η μέγιστη του ταχύτητα είναι περί τους 14 κόμβους [36].



Εικόνα 2.14: Το πορθμειακό πλοίο «Πρωτοπόρος ΧΙ» ΠΗΓΗ: [My Ship Tracking](#).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούμε και στο εμπορευματικό μεταφορικό έργο του στόλου της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, κατέχει την τέταρτη παγκοσμίως θέση, αναλαμβάνοντας το 20% του παγκόσμιου και το 54% του ευρωπαϊκού φορτίου εμπορευμάτων. Κάτι τέτοιο είναι εντυπωσιακό αν αναλογιστεί κανείς πως η Ελλάδα αντιπροσωπεύει μόλις το 0,16% του παγκόσμιου πληθυσμού [37].



Εικόνα 2.15: Εμπορικό πλοίο μεταφοράς container. ΠΗΓΗ: [GreekReporter](#).

Επίσης, οι οδικές, σιδηροδρομικές οι θαλάσσιες αποστάσεις και ο χρόνος που απαιτείται για να καλυφθούν, καθιστά μη πρακτική τη σύντομη επίσκεψη σε κάποια μέρη της χώρας. Για τον λόγο αυτό, αρκετές πόλεις και νησιά της Ελλάδας συνδέονται μεταξύ τους αεροπορικά, κάνοντας αμελητέο το χρόνο μετακίνησης. Οι κύριοι πάροχοι αερομεταφορών εσωτερικού είναι η Aegean Airlines, η Olympic Air, η Ellinair και η Astra Airlines.

Τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούνται προς το σκοπό αυτό είναι 2 κατηγοριών: τα ελικοφόρα, που χρησιμοποιούνται περισσότερο σε πτήσεις μικρών αποστάσεων, με σχετικά μικρό επιβατικό κοινό και αρκετά στα νησιά και τα αεροπλάνα τύπου Jet που χρησιμοποιούνται στις μεγαλύτερες αποστάσεις με περισσότερη επιβατική κίνηση. Τα αεροπλάνα χρησιμοποιούν ως κύριο καύσιμο την κηροζίνη, με κοινή εμπορική ονομασία Jet-A, ενώ μικρότερα, κυρίως

ιδιωτικά με κινητήρες εσωτερικής καύσης, αεροσκάφη χρησιμοποιούν μια ειδική βενζίνη αεροπλοΐας, γνωστή εμπορικά και ως AvGas [38].

Ένα ενδεικτικό αεροσκάφος για την κάθε κατηγορία είναι:

Το **Bombardier Dash 8 Q400** είναι **ελικοφόρο** αεροσκάφος. Έχει χωρητικότητα 78 επιβατών και μέγιστη ταχύτητα 667 km/h. Χρησιμοποιείται κυρίως για την εξυπηρέτηση νησιών αλλά και άλλων γραμμών, ανάλογα την επιβατική κίνηση και το αεροδρόμιο αναχώρησης και προορισμού[39].



Εικόνα 2.16: Ελικοφόρο της Aegean Airlines ΠΗΓΗ: Airlinesfleet

Το **Airbus A320** είναι **Jet** αεροσκάφος. Έχει χωρητικότητα 174 επιβατών και αναπτύσσει υπηρεσιακή ταχύτητα πτήσης 840 km/h. Χρησιμοποιείται σε γραμμές με αρκετή επιβατική κίνηση και αρκετά μεγάλα αεροδρόμια για την προσγείωση και απογείωσή του, κυρίως σε προορισμούς της ηπειρωτικής χώρας αλλά και σε νησιά, όταν είναι σκόπιμο και εφικτό. Χρησιμοποιείται επίσης για πτήσεις σε ευρωπαϊκούς προορισμούς [40].



Εικόνα 2.17: Jet Liner της Aegean ΠΗΓΗ: [40].

2.7 Οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι εκπομπές των μεταφορών.

Έχοντας παρουσιάσει τα διαθέσιμα μεταφορικά μέσα και τα στοιχεία των στόλων τους, σειρά έχει να εξετασθεί το ενεργειακό αποτύπωμα και οι εκπομπές του κάθε μέσου και του τομέα μεταφορών συνολικά. Τα στοιχεία θα ληφθούν από τον συνδυασμό του ενεργειακού σχεδιασμού για την Ελλάδα της WWF [23], προσαρμοσμένα κατά το ΕΣΕΚ [24].

Πίνακας 2.6: Ενεργειακή κατανάλωση μεταφορών ανά είδος.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (ΣΕ ktoe)	5974
ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ:	
Οδικές	5255
Σιδηροδρομικές	79
Αεροπορικές	192
Ακτοπλοϊκές	448

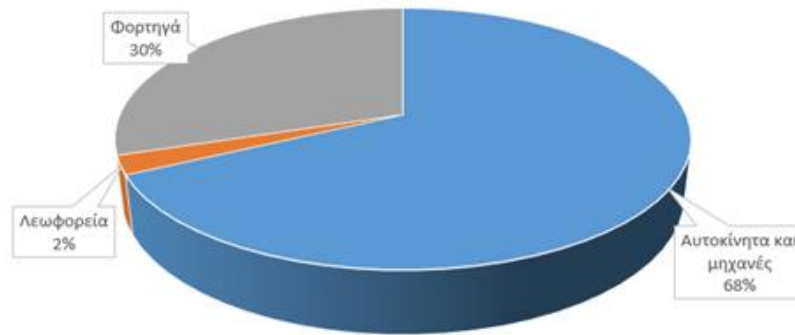
Πίνακας 2.7: Ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών ανά σκοπό.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (ΣΕ ktoe)	5974
ΕΚ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ:	
Επιβατικές	4344
Εμπορευματικές	1630

Πίνακας 2.8: Ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών ανά καύσιμο.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (ΣΕ ktoe)	5974
Με καύσιμο:	
Ντίζελ	1925
Μαζούτ	257
Βενζίνη	3103
LPG	232
Λοιπά Πετρελαϊκά	216
CNG	19
Βιοκαύσιμα	167
Ηλεκτρισμός	55

Οδικές μεταφορές	ktoe
Αυτοκίνητα και μηχανές	3561
Λεωφορεία	122
Φορτηγά	1572
Σύνολο	5255



Διάγραμμα 2.7: Ενέργεια οδικών μεταφορών ανά μέσο.

Πίνακας 2.9: Εκπομπές Μεταφορών.

Εκπομπές Μεταφορών Σύνολο	kton
CO ₂	16906
CH ₄	5.92
N ₂ O	1.74
Ισοδύναμο CO₂	17583

2.8 Τα βιοκαύσιμα και ο ρόλος τους στις μεταφορές.

Στην ενότητα 1.4 αναφέρθηκε πως ένα από τα μέτρα που λαμβάνονται για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής είναι η χρήση βιοκαυσίμων. Όσον αφορά τις μεταφορές, έχει θεσπιστεί συγκεκριμένο ποσοστό ανάμιξης τους στα συμβατικά καύσιμα. Συγκεκριμένα, το πετρέλαιο αποτελείται σήμερα κατά 7% από βιοντίζελ, ενώ η βενζίνη αντίστοιχα αποτελείται από 3,3 % βιοαιθανόλη ή άλλους βιοαιθέρες, που προκύπτουν από βιολογικής προελεύσεως αλκοόλες. Τα βιοκαύσιμα παράγονται με κατάλληλο μετασχηματισμό, σε ειδικές μονάδες, της βιομάζας που συλλέγεται είτε από ενεργειακές καλλιέργειες είτε από υπολείμματα αγροτικών και άλλων δραστηριοτήτων. Στο σημείο αυτό, αξίζει επίσης να αναφερθεί πως οι ενεργειακές καλλιέργειες, αφού αποτελούνται από φυτά που φωτοσυνθέτουν, έχουν άλλη μία ευεργετική δράση για το περιβάλλον: απορροφούν από την ατμόσφαιρα σημαντικά ποσά CO₂. Η ανάμιξή τους με τα συμβατικά καύσιμα γίνεται από τα διυλιστήρια ή από τον εισαγωγέα καυσίμων, πριν τη διάθεση στη χονδρική [41].

Εκτός από την ανάμιξή τους με τη βενζίνη και το πετρέλαιο όμως, γίνεται προσπάθεια επέκτασης της χρήσης τους και σε άλλες δραστηριότητες και συγκεκριμένα στη ναυτιλία και την αεροπορία, για την υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων. Ήδη γίνονται δοκιμές από ναυτιλιακές εταιρείες και κατασκευαστές αεροπλάνων όπως για παράδειγμα την UECC και την Boeing αντίστοιχα. Η Boeing μάλιστα υπόσχεται πως από το 2030 θα κατασκευάζει αεροπλάνα που θα μπορούν να πετάνε με αποκλειστική χρήση βιοκαυσίμων. Τα βιοκαύσιμα έχουν μειωμένες εκπομπές CO₂ ενώ είναι απαλλαγμένα από εκπομπές οξειδίων του θείου. Επομένως, ειδικά για την ναυτιλία και την αεροπλοΐα, όπου η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από ηλεκτρισμό είναι δύσκολη λόγω μεγάλων ενεργειακών απαιτήσεων και δυσκολίας αποθήκευσης επαρκούς ενέργειας σε συσσωρευτές, είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική [42], [43].

2.9 Συμπεράσματα και παρατηρήσεις.

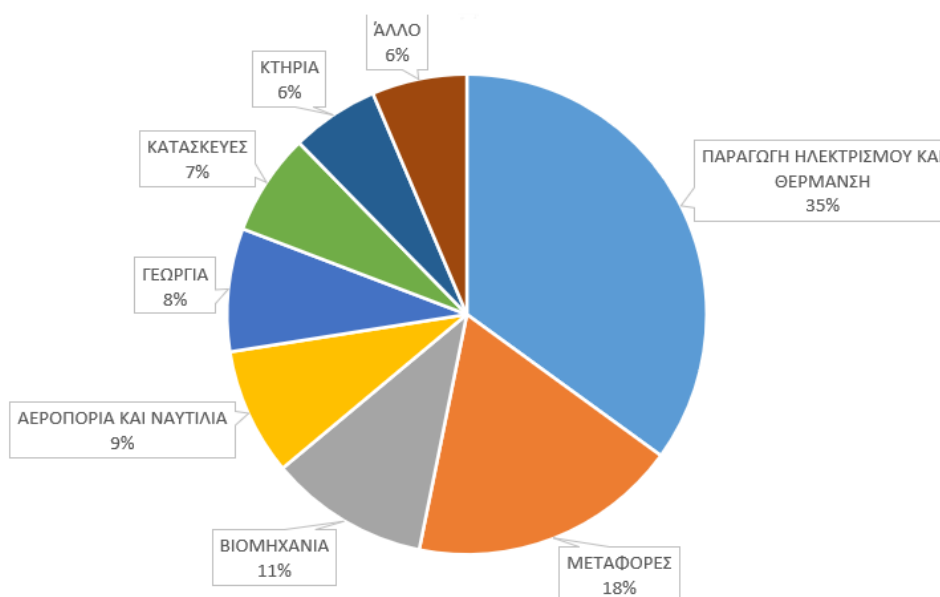
Από τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο για τις μεταφορές σήμερα στην Ελλάδα, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Στις ελληνικές μεταφορές, τόσο για τα αγαθά όσο και για τους επιβάτες, κυριαρχούν οι οδικές μεταφορές. Ο στόλος τους, ειδικά συγκρινόμενος με αυτόν της υπόλοιπης Ευρώπης, είναι ιδιαίτερα απαρχαιωμένος. Αυτό οφείλεται κυρίως στην οικονομική συγκυρία των τελευταίων ετών στη χώρα, που διαφαίνεται και από τη μεγάλη μείωση ταξινομήσεων νέων οχημάτων. Αν λάβει κανείς υπόψη ότι οι οδικές μεταφορές γενικά, και ειδικότερα τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά, είναι αυτές που επωμίζονται την πλειονότητα του μεταφορικού έργου στη χώρα, η παλαιότητα του στόλου τους είναι ένα δεδομένο ιδιαίτερης σημασίας. Αυτό γιατί η τεχνολογία των κινητήρων και τον συστημάτων διαχείρισης εκπομπών των οχημάτων έχουν εξελιχθεί πολύ την τελευταία 20ετία. Τα οχήματα λοιπόν της Ελλάδας, λόγω της παλαιότητάς τους, έχουν

χαμηλότερες αποδόσεις στους κινητήρες τους, μεγαλύτερες καταναλώσεις καυσίμων και περισσότερες εκπομπές σε σχέση με τους στόλους άλλων Ευρωπαϊκών χωρών.

Επιπροσθέτως, είναι ορατό ότι οι οδικές μεταφορές της χώρας είναι εξαρτώμενες κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό οφείλεται τόσο στην παλαιότητα του στόλου, όσο και στην έλλειψη υποδομών και σημείων ανεφοδιασμού για τα εναλλακτικά καύσιμα. Τα πρατήρια φυσικού αερίου, καθώς και οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι ελάχιστα στην επικράτεια της χώρας. Υπάρχουν λοιπόν σίγουρα περιθώρια και ανάγκη βελτίωσης των οδικών μεταφορών, μιας και επιτελούν την πλειοψηφία του επιβατικού και εμπορευματικού μεταφορικού έργου.

Τέλος, όσον αφορά τις εκπομπές σε εθνικό επίπεδο, παρατηρώντας την ακόλουθη κατανομή [44] :



Διάγραμμα 2.8: Κατανομή των Ελληνικών εκπομπών CO2 ανά τομέα.

Είναι ορατό ότι ο τομέας των μεταφορών είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών, μετά την ηλεκτροπαραγωγή και τη θέρμανση, και ευθύνεται για το 18% των συνολικών εκπομπών CO₂ της χώρας. Αν ληφθεί υπόψη και η παλαιότητα του στόλου των οχημάτων, η χώρα έχει σημαντικά περιθώρια βελτίωσης του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος. Παράλληλα βέβαια θα πρέπει να βελτιωθεί αντίστοιχα και η περιβαλλοντική συμπεριφορά της ηλεκτροπαραγωγής, μέσω της χρήσης ΑΠΕ, ώστε η όποια εξηλεκτρική μεταφορική μέση μελλοντικά να μην οδηγήσει απλά σε μια μετατόπιση εκπομπών από τις μεταφορές στην ηλεκτροπαραγωγή αλλά στην οριστική μείωσή τους.

3. Το Λογισμικό Προσομοίωσης Σεναρίων LEAP.

3.1 Εισαγωγή στο LEAP.

Η τρέχουσα κατάσταση του τομέα μεταφορών της Ελλάδας, καθώς και τα σενάρια που θα διερευνηθούν για την ενεργειακή και περιβαλλοντική αναβάθμιση αυτού, θα μοντελοποιηθούν με τη βοήθεια του λογισμικού LEAP.

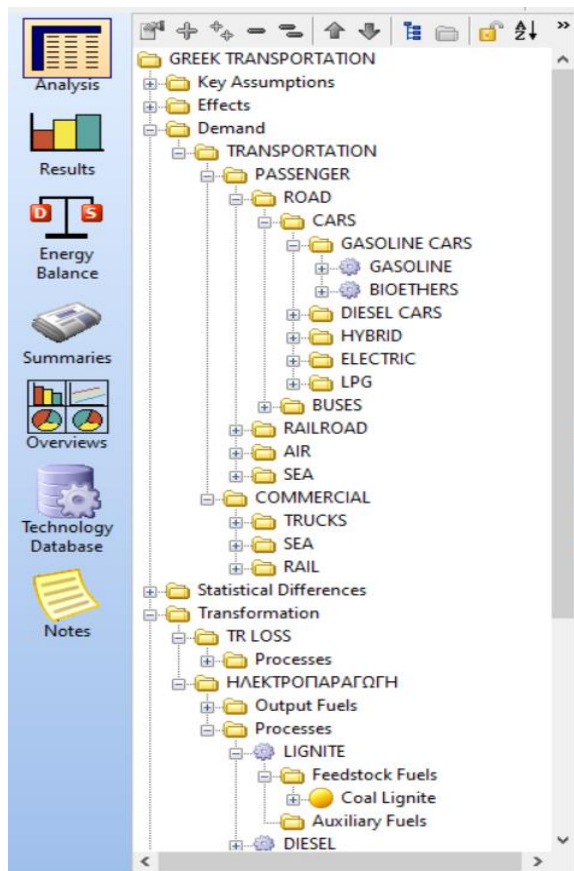
Το LEAP (Low Emissions Analysis Platform) είναι ένα λογισμικό προσομοιώσεων ανεπτυγμένο από το Περιβαλλοντικό Ινστιτούτο της Στοκχόλμης (SEI). Παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να εισάγει λεπτομερώς όλα τα στοιχεία ενός ενεργειακού συστήματος που αφορούν τον τρόπο παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης όλων των μορφών ενέργειας και όλων των καυσίμων, προκειμένου να διεξάγει ενδελεχείς αναλύσεις των ενεργειακών ροών και των παραγόμενων εκπομπών. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης σεναρίων που δύνανται να έχουν τόσο σταθερά αριθμητικά δεδομένα, όσο και δυναμικά μεταβαλλόμενες παραμέτρους, υπό την μορφή συναρτήσεων. Για τα σενάρια αυτά, υπολογίζονται με αυτοματοποιημένο τρόπο, για κάθε έτος διάρκειάς τους, όλες οι μετρικές του μοντελοποιούμενου ενεργειακού συστήματος, με βάση τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί για τις παραμέτρους του. Οι μετρικές αυτές των αποτελεσμάτων μπορεί να είναι οικονομικές, ενεργειακές ή περιβαλλοντικές [45].

Το γραφικό περιβάλλον, η ευκολία χρήσης και οι ευέλικτες δομές δεδομένων που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα, επιτρέπουν στον χρήστη να πραγματοποιεί με ταχύτητα υπολογισμούς και προβλέψεις για την πορεία του υπό μελέτη ενεργειακού συστήματος χωρίς την διενέργεια χρονοβόρων υπολογισμών και ανάπτυξη μοντέλων για το κάθε σενάριο. Το LEAP, μετά την καταχώρηση δεδομένων για την τρέχουσα κατάσταση, αποτελεί, εκτός από υπολογιστικό εργαλείο, μια βάση δεδομένων πάνω στην οποία δομούνται με ευκολία όλα τα σενάρια προς διερεύνηση, τροποποιώντας κατάλληλα τις παραμέτρους του βασικού συστήματος. Πρόκειται λοιπόν για ένα υπολογιστικό εργαλείο που παρέχει γρήγορη, ευέλικτη και εποπτική (δια μέσου των αποτελεσμάτων) παρουσίαση ενός ενεργειακού συστήματος και των πολιτικών που λαμβάνονται με σκοπό τη βελτίωσή του, παρέχοντας έτσι στο χρήστη τη δυνατότητα αξιολόγησης και επιλογής των κατάλληλων δράσεων για την επίτευξη των εκάστοτε στόχων [45].

3.2 Το LEAP στον τομέα των μεταφορών.

Το LEAP, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δύναται να μοντελοποιεί ολόκληρα ενεργειακά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων όλων των επιμέρους τομέων που τα αποτελούν. Στην παρούσα διπλωματική, θα επικεντρωθούμε συγκεκριμένα στον τομέα των μεταφορών της Ελλάδας. Το λογισμικό μοντελοποιεί τα ενεργειακά συστήματα με χρήση δομών δεδομένων, η οποίες εισάγονται στο περιβάλλον του προγράμματος με τη μορφή ιεραρχικού δέντρου. Συγκεκριμένα, για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής, θα γίνει χρήση των δομών

Demand (ζήτηση), Transformation (Μετατροπή, στην προκειμένη ηλεκτροπαραγωγή) και Resources (πόροι).



Εικόνα 3.1: Το ιεραρχικό δέντρο των δομών δεδομένων του LEAP.

Όπως είναι ορατό στην παραπάνω εικόνα, το δέντρο δομείται από κατηγορίες, που συμβολίζονται με το εικονίδιο του φακέλου, τεχνολογίες που συμβολίζονται με το εικονίδιο του γριναζιού και καύσιμα (για τη δομή μετατροπής) που συμβολίζονται με το εικονίδιο του κίτρινου κύκλου. Συνεπώς, το πρώτο βήμα για τη μοντελοποίηση ενός συστήματος στο LEAP, είναι η κατάλληλη κατάτμηση του στα ανωτέρω επιμέρους στοιχεία.

Το επόμενο στάδιο της υλοποίησης στο λογισμικό είναι η εισαγωγή δεδομένων αναφορικά με τη ζήτηση και την παραγωγή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, για τη ζήτηση στον τομέα των μεταφορών πρέπει να καταχωρηθούν: το συνολικό μεταφορικό έργο (σε ton-km για εμπορεύματα, σε passenger-km για επιβάτες), το ποσοστό επί του μεταφορικού αυτού έργου με τα οποία επιφορτίζεται το κάθε μέσο, καθώς και την ειδική κατανάλωση του κάθε μέσου (σε ktoe/ton-km για εμπορικές μεταφορές και ktoe/passenger-km για επιβατικές). Ενώ για την ηλεκτροπαραγωγή, απαιτούνται: Τα διαφορετικά είδη καυσίμου που χρησιμοποιούνται, το ποσοστό συμμετοχής του κάθε μέσου στο τελικό μείγμα, ο βαθμός απόδοσης των μονάδων και, τέλος, οι απώλειες μεταφοράς και διανομής του συστήματος μεταφοράς και διανομής

ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία της καταχώρησης των δεδομένων αυτών στο πρόγραμμα φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν.

The screenshot shows a tree view on the left with 'TRANSPORTATION' selected. The main table displays the following data:

Branch	Expression	Scale	Units
TRANSPORTATION	100	Percent	Share
▶ PASSENGER	172	Billion	Passenger-km
COMMERCIAL	21	Billion	Tonne-km

Εικόνα 3.2: Καταχώρηση του συνολικού μεταφορικού έργου.

The 'Activity Level' window shows the following breakdown for the 'PASSENGER' branch:

Branch	Expression	Scale	Units	Per
TRANSPORTATION	100	Percent	Share	
▶ PASSENGER	172	Billion	Passenger-km	
ROAD	94.77	Percent	Share	of Passenger-kms
RAILROAD	2	Percent	Share	of Passenger-kms
AIR	Remainder(100)	Percent	Share	of Passenger-kms
SEA	2	Percent	Share	of Passenger-kms

Εικόνα 3.3: Καταχώρηση των επιμέρους ποσοστών.

The 'Final Energy Intensity' window shows the following data:

Branch	Fuel	Expression	Scale	Units	Per
▶ GASOLINE	Gasoline	2.32211E-8	Thousand	Tonnes of Oil Equi.	per Passenger-km
BIOETHERS	Biomass	2.32211E-8	Thousand	Tonnes of Oil Equi.	per Passenger-km

Εικόνα 3.4: Καταχώρηση της Ειδικής κατανάλωσης.

The 'ELECTRICITY PRODUCTION' window shows the following data for 'Process Share' and 'Process Efficiency':

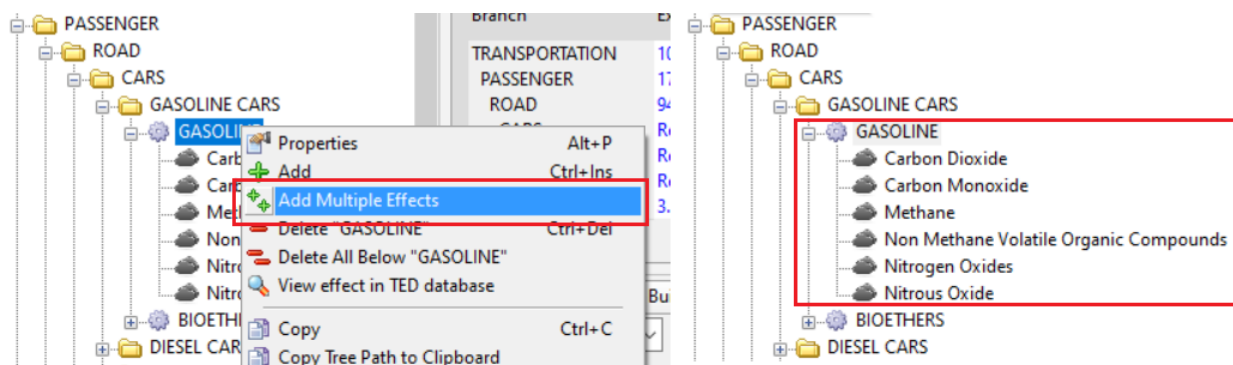
Branch	Expression	Branch	Expression
▶ LIGNITE	21.87	▶ LIGNITE	32
DIESEL	9.58	DIESEL	40
NATURAL GAS	36.04	NATURAL GAS	50
SOLAR	8.28	SOLAR	15
WIND	15.17	WIND	45
GEOHERMAL	0	GEOHERMAL	100
HYDRO	8.29	HYDRO	85
BIOMASS	0.77	BIOMASS	35
Total:	100.00		

The 'Losses' window shows the following data:

Branch	Fuel	Expression
▶ Electricity	Electricity	6

Εικόνα 3.5: Καταχώρηση των δεδομένων για την ηλεκτροπαραγωγή.

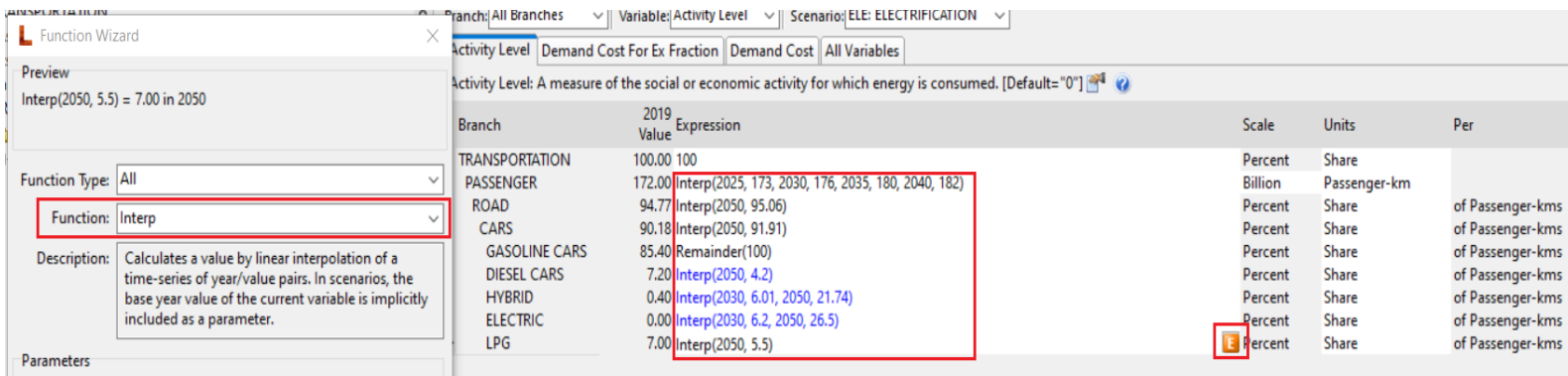
Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως το LEAP έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει αυτόματα τις εκπομπές από την καύση των συμβατικών καυσίμων που περιλαμβάνει το ενεργειακό σύστημα που μελετάται. Οι εκπομπές καταλογίζονται σε κάθε καύσιμο στο σημείο εκπομπής τους, δηλαδή στο “Demand” για όλα τα οχήματα που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα και στο “Transformation” για τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, αφού οι εκπομπές λαμβάνουν χώρα στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Η σχετική εντολή προς το LEAP δίνεται προσαρτώντας στις κατάλληλες τεχνολογίες καυσίμων το πρότυπο εκπομπών που τους αντιστοιχεί.



Εικόνα 3.6: Εισαγωγή παραμέτρων για τις εκπομπές.

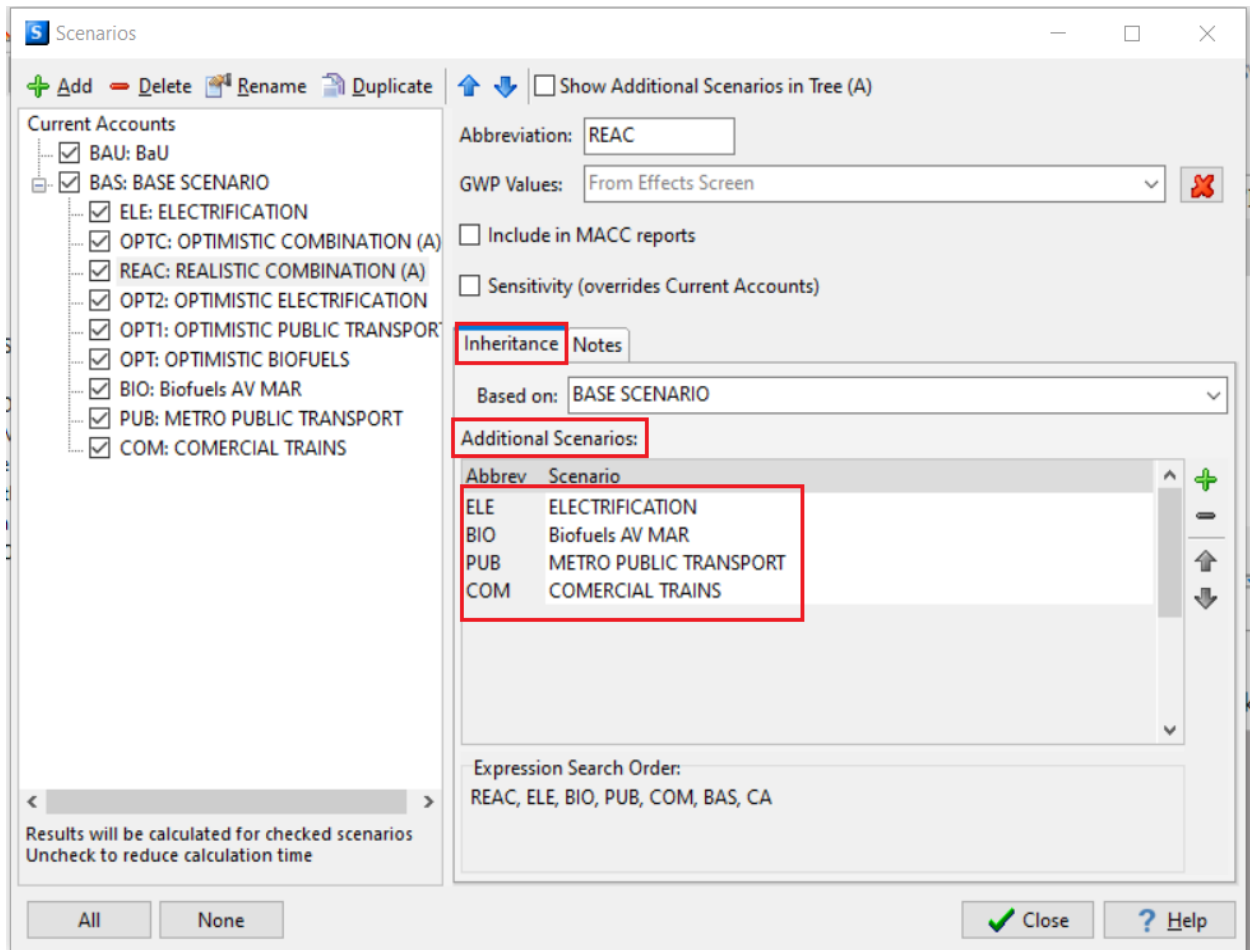
3.3 Προσομοίωση σεναρίων στο LEAP.

Όπως εξ αρχής αναφέρθηκε, το LEAP δεν παρέχει απλώς τη δυνατότητα δημιουργίας μιας στατικής απεικόνισης ενός συστήματος, αλλά είναι και σε θέση να αναπαριστά και να υπολογίζει τις μεταβολές που δέχεται με τη λήψη κατάλληλων δράσεων και πολιτικών. Για να γίνει αυτό βέβαια, ο χρήστης θα πρέπει να καθορίσει τον τρόπο μεταβολής των διαφόρων μεγεθών στον χρόνο. Ιδιαίτερα χρήσιμες για το σκοπό αυτό είναι οι συναρτήσεις που διαθέτει το LEAP στη βιβλιοθήκη του. Η ποικιλία των διαθέσιμων συναρτήσεων είναι μεγάλη και περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, μαθηματικές, οικονομικές, χρονικές και στατιστικές συναρτήσεις. Αυτές εισάγονται στα κελιά που θέλουμε να μεταβάλλουμε στο εκάστοτε σενάριο αντί απλής αριθμητικής τιμής [45].



Εικόνα 3.7: Εισαγωγή και χρήση συναρτήσεων στο LEAP.

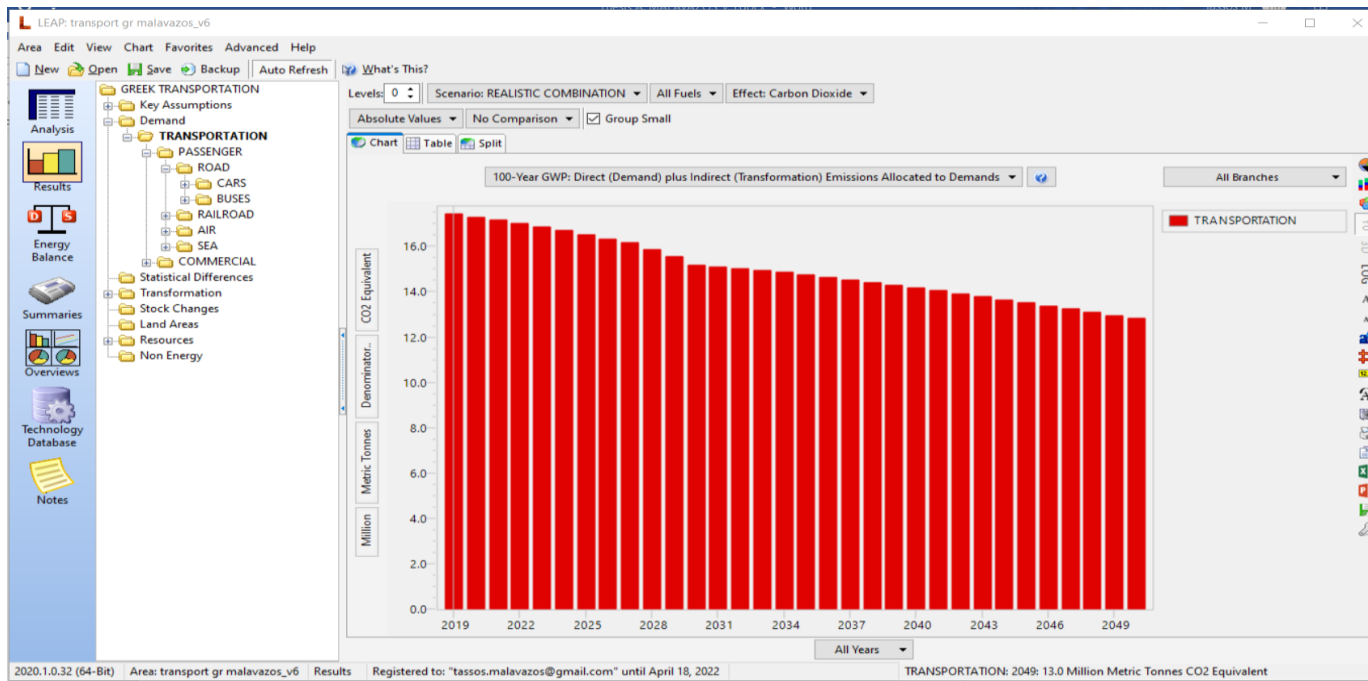
Επιπροσθέτως, το LEAP έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει τα σενάρια μεταξύ τους, με τρόπο που καθορίζει ο χρήστης, πράγμα χρήσιμο για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση συνδυαστικών ενεργειακών πολιτικών.



Εικόνα 3.8: Συνδυασμός σεναρίων μέσω της οθόνης διαχείρισης σεναρίων.

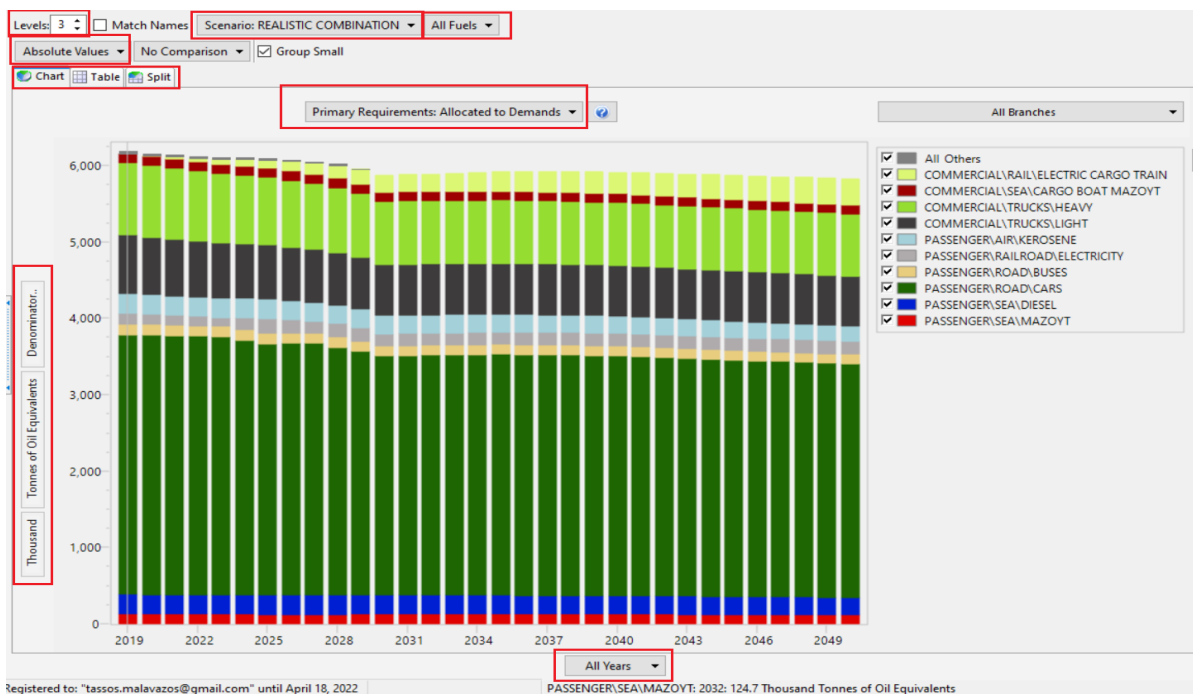
3.4 Αποτελέσματα – Συνοψεις.

Μετά την εισαγωγή όλων των δεδομένων για την τρέχουσα κατάσταση και τα σενάρια, το LEAP είναι σε θέση να παρουσιάσει τα αποτελέσματα όλων των σεναρίων με τη μορφή διαγραμμάτων, πινάκων ή συνοψειών. Αυτά παράγονται κάνοντας χρήση της καρτέλας “Results”. Τα διαγράμματα αφορούν μια ποικιλία οικονομικών, ενεργειακών (ηλεκτροπαραγωγή, ζήτηση), και περιβαλλοντικών (εκπομπές σε κάθε κατηγορία) μεγεθών. Βοηθούν το χρήστη να δει εποπτικά και σε βάθος χρόνου τα αποτελέσματα των δράσεων του εκάστοτε σεναρίου, για κάθε έτος μέχρι το τελευταίο. Δίνεται επίσης η δυνατότητα να συγκριθούν τα διάφορα σενάρια μεταξύ τους και με την τρέχουσα κατάσταση [45].



Εικόνα 3.9: Η καρτέλα “Results” των αποτελεσμάτων. Απεικονίζονται παραγόμενες εκπομπές.

Όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο οθόνης παραπάνω, παρέχονται οι εξής δυνατότητες επιλογής για τις απεικονίσεις: Το απεικονιζόμενο μέγεθος, οι μονάδες μέτρησης του εν λόγω μεγέθους, η συχνότητα της μέτρησης, το εξεταζόμενο σενάριο, το είδος των τιμών που θέλουμε να προβληθούν καθώς και τα επίπεδα που είναι προς εξέταση.



Εικόνα 3.10: Η χρήση των επιλογών απεικόνισης. Απεικόνιση ζήτησης σε 3 επίπεδα.

Τέλος, οι συνόψεις είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες του μελετητή απεικονίζουν μεγεθών είτε υπό τη μορφή διαγραμμάτων, είτε υπό τη μορφή πινάκων. Οι συνόψεις που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες του χρήστη δημιουργούνται, μέσω κατάλληλου παραθύρου, από την επιλογή “Manage Summaries”. Μία χρήσιμη σύνοψη που παράγει κατά προεπιλογή το πρόγραμμα είναι αυτή του “Cost – Benefit Analysis”. Αυτή αποτελεί τη σύγκριση δαπανωμένου κόστους προς του δημιουργούμενου οφέλους, σε σύγκριση με το σενάριο που θα θέσουμε ως αναφορά. Προκειμένου αυτή η σύνοψη να λειτουργήσει σωστά, θα πρέπει να έχουν εισαχθεί από το χρήστη τα ανάλογα κόστη δραστηριοτήτων στην καρτέλα “Analysis” που παρουσιάστηκε πρώτα. Μια σημαντική δυνατότητα που παρέχει αυτή η σύνοψη είναι η αντιπαραβολή του περιβαλλοντικού κόστους των σεναρίων υπό μελέτη. Τα κέρδη σε αυτή τη μετρική παρουσιάζονται με αρνητικές τιμές κόστους. Ενώ από αυτό κρίνεται και η οικονομική βιωσιμότητα των σεναρίων [45].

Compared to: BaU		<input type="checkbox"/> Show Compared Scenario		Units: Million	European Euro	
Cumulative Costs_Benefits: 2019-2050. Relative to Scenario: BaU.						
Discounted at 0.0% to year 2020. Units: Million 2020 European Euro						
Sector	BASE SCENARIO	ELECTRIFICATION	OPTIMISTIC COMBINATION	REALISTIC COMBINATION	OPTIMISTIC ELECTRIFICATION	OPTIMISTIC PUBLIC TRANSPORT
Demand	12,363.5	-55,357.0	-242,660.1	-130,316.7	-93,458.3	-156,295.8
TRANSPORTATION	12,363.5	-55,357.0	-242,660.1	-130,316.7	-93,458.3	-156,295.8
Transformation	1,323.4	4,103.1	9,381.5	5,779.7	8,918.2	692.2
TR LOSS	-	-	-	-	-	-
ELECTRICITY PRODUCTION	1,323.4	4,103.1	9,381.5	5,779.7	8,918.2	692.2
Resources	-	-	-	-	-	-
Production	-	-	-	-	-	-
Imports	-	-	-	-	-	-
Exports	-	-	-	-	-	-
Other Costs	-	-	-	-	-	-
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-
Environmental Externalities	-	-	-	-	-	-
Non Energy Sector Costs	-	-	-	-	-	-
Total Net Present Value	13,686.9	-51,253.8	-233,278.7	-124,537.0	-84,540.1	-155,603.6
GHG Savings (Mill Tonnes CO2e)	29.9	66.8	194.3	110.5	102.5	71.0
Cost of Avoided GHGs (EUR/Tonne CO2e)	457.7	-767.8	-1,200.4	-1,127.2	-824.6	-2,190.3

Εικόνα 3.11: Η σύνοψη “cost-benefit summary” της καρτέλας “summaries”.

Ο όρος “Net Present Value”, δηλαδή η καθαρή παρούσα αξία, είναι το μέγεθος από το οποίο προσδιορίζεται αν μια δράση είναι οικονομικά βιώσιμη. Το εν λόγω μέγεθος, ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ επένδυσης και τελικής αξίας. Στην προκειμένη εφαρμογή, μας εκφράζει το κόστος που έχει δαπανηθεί στο σενάριο για να επιτευχθεί εξοικονόμηση εκπομπών. Συνεπώς, όταν το κόστος προκύπτει αρνητικό, σημαίνει ότι έχουμε πετύχει εξοικονόμηση χρημάτων και πως άρα το σενάριο είναι οικονομικά βιώσιμο. Εν συνεχεία το λογισμικό υπολογίζει το ειδικό κόστος που είχε για κάθε τόνο ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα που εξοικονομήθηκε. Προφανώς και σε αυτή τη μετρική, οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν εξοικονόμηση κεφαλαίων [45].

4. Σενάρια Ενεργειακής Αναβάθμισης του Τομέα Μεταφορών.

Ο κύριος σκοπός της μοντελοποίησης του τομέα μεταφορών της χώρας στο LEAP είναι, εκτός από την αναλυτική επισκόπηση των ενεργειακών ροών και των εκπομπών σε αυτό, η διερεύνηση των επιδράσεων διάφορων πολιτικών και σεναρίων, με τελικό στόχο τη βελτιστοποίηση του τόσο περιβαλλοντικά, όσο και οικονομικά. Συγκεκριμένα, για τον τομέα των μεταφορών, οι δράσεις αυτές επικεντρώνονται κυρίως σε εναλλακτικά καύσιμα και τεχνολογίες κίνησης όπως επίσης και επέκταση του δικτύου και της χρήσης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Αναλυτικότερα εξετάζονται: η αύξηση της διείσδυσης των βιοκαυσίμων, η εξηλεκτρίση των μεταφορών, η χρήση τραινών αντί φορτηγών για εμπορικές μεταφορές, όπου αυτό είναι εφικτό, η επέκταση του δικτύου μετρό της Αθήνας, η θέση σε κυκλοφορία του μετρό της Θεσσαλονίκης και τέλος, η αύξηση της χρήσης των συγκοινωνιών από τους πολίτες έναντι των ΙΧ αυτοκινήτων.

Σαν μέτρο σύγκρισης με τα υπόλοιπα σενάρια, για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητάς τους, έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα 2 σενάρια αναφοράς: το “Base Scenario” και το σενάριο “BaU” (Business as Usual). Το πρώτο σενάριο ενσωματώνει όλες τις αλλαγές που θα λάμβαναν χώρα στο ενεργειακό σύστημα, με βάση τις ισχύουσες περιβαλλοντικές και ενεργειακές πολιτικές. Το δεύτερο ενσωματώνει μόνο τις αλλαγές στη ζήτηση, χωρίς καμία άλλη δράση. Η χρησιμότητά του έγκειται στην δυνατότητα σύγκρισης και ανάδειξης της χρησιμότητας και των δράσεων που ενσωματώνει το ίδιο το Base Scenario, όπως αυτές θα περιγραφούν παρακάτω.

4.1 Σενάριο Αναφοράς 1: “Base Scenario”.

Στο σενάριο αυτό, όπως ήδη αναφέρθηκε, λαμβάνονται υπόψη όλες οι μεταβολές που αναμένεται να συντελεστούν μέχρι το 2050 στον τομέα των μεταφορών της Ελλάδας, χωρίς να λάβουμε υπόψη κάποια ειδικότερη δράση. Αυτές περιλαμβάνουν: αλλαγές στα επίπεδα δραστηριότητας, αύξηση (έως τον προβλεπόμενο βαθμό) των βιοκαυσίμων, μια μετριοπαθή αύξηση της ηλεκτροκίνησης, καθώς και τις αλλαγές που αναμένεται να γίνουν στο μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής. Όλες οι παραπάνω πληροφορίες λαμβάνονται από το ΕΣΕΚ και τον μακροπρόθεσμο ενεργειακό σχεδιασμό [23], [24], [46]. Συγκεκριμένα για την ηλεκτροκίνηση, έχει προεκταθεί ο μέσος ρυθμός αύξησής της μέχρι το 2027, έως και το 2050. Αυτό έγινε γιατί το σενάριο εξηλεκτρίσης του στόλου των Ελληνικών οχημάτων, η οποία γίνεται έντονη από το 2030 και μετά, έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί ως ξεχωριστή δράση. Όλες οι υπόλοιπες πληροφορίες, πλην των αλλαγών που αναφέρθηκαν, παραμένουν ίδιες με αυτές στο Κεφάλαιο 2.

Πίνακας 4.1: Η εξέλιξη του μεταφορικού έργου στην Ελλάδα ΠΗΓΗ: [23].

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΕΡΓΟ	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
επιβατικές μεταφορές (Gρkm)	128	160	175	168	170	173	176	180	182	182	182
οδικές	118	149	164	160	162	165	168	172	173	173	173
αυτοκίνητα και μοτοσυκλέτες	98	130	145	144	147	150	153	157	158	159	158
λεοφορεία	20	20	19	16	15	14	14	15	15	15	15
τράινα	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
αεροπλοία εσωτερικού	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ναυσιπλοία εσωτερικού	5	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4
εμπορευματικές μεταφορές (Gtkm)	27	31	28	21	20	20	21	22	24	24	25
φορτηγά	19	21	20	14	13	13	14	15	16	17	18
τράινα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ναυσιπλοία εσωτερικού	8	9	8	7	7	7	7	7	7	7	7

Πίνακας 4.2: Η εξέλιξη της διείσδυσης κάθε καυσίμου για το Base Scenario στα Ι.Χ αυτοκίνητα.

ΚΑΥΣΙΜΟ	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BENZINH	85.1	83.5	81.9	80.2	78.6	77.0	75.4
NTIZEΛ	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.3	1.9	3.5	5.2	6.8	8.4	10.0
LPG	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

Πίνακας 4.3: Η εξέλιξη του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής

ΚΑΥΣΙΜΟ	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	19.9	9.9	-	-	-	-	-
NTIZEΛ	8.8	5.2	1.5	1.3	1.2	1.1	0.9
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	35.7	33.8	31.9	30.7	29.5	28.3	27.0
ΗΛΙΑΚΑ	9.5	15.4	21.3	21.9	22.6	23.2	23.8
ΑΙΟΛΙΚΑ	16.5	23.3	30.1	31.3	32.5	33.7	34.9
ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	0.1	0.6	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	8.6	9.9	11.3	10.9	10.6	10.3	9.9
ΒΙΟΜΑΖΑ	1.0	1.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5

Πίνακας 4.4: Ο εξηλεκτρισμός του στόλου των τρένων του ΟΣΕ.

ΚΑΥΣΙΜΟ	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	86.4	93.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
NTIZEΛ	13.6	6.8	-	-	-	-	-

Πάνω στο εν λόγω σενάριο θα βασιστούν όλα τα υπόλοιπα σενάρια προς διερεύνηση, αφού περιέχει αλλαγές που θα λάμβαναν χώρα σε κάθε περίπτωση στον τομέα των μεταφορών και δεν γίνεται να μην ληφθούν υπόψη σε κάποιο σενάριο.

4.2 Σενάριο Αναφοράς 2: “BaU” (Business as Usual)

Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει μόνο τις αλλαγές στη ζήτηση που παρουσιάζει ο πίνακας 4.1. Οι αλλαγές αυτές προκύπτουν από κοινωνικούς, πληθυσμιακούς και οικονομικούς παράγοντες, άρα θα συντελεστούν σε κάθε περίπτωση. Ο λόγος ύπαρξης του συγκεκριμένου σεναρίου είναι η ανάδειξη της σημαντικότητας των δράσεων του Base Scenario, δηλαδή της ισχύουσας ενεργειακής πολιτικής, αφού στο σενάριο αυτό δεν εφαρμόζεται καμία επιπρόσθετη πολιτική. Αναπαριστά δηλαδή το τι θα γινόταν εάν τα πράγματα συνέχιζαν να γίνονται όπως τώρα, εξ ου και η ονομασία του “Business as Usual”.

4.3 Σενάριο Εξηλέκτρισης 1: “Electrification”

Στο σενάριο μελετάται η εξηλέκτριση του στόλου των επιβατικών και των εμπορικών μεταφορικών μέσων, σύμφωνα με το ΕΣΕΚ και τον μακροπρόθεσμο ενεργειακό σχεδιασμό [24], [46]. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι ένα σενάριο που έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού

αποτελεί το μέλλον των μεταφορών. Αξίζει να αναφερθεί ότι σημαντικό ρόλο στη βιωσιμότητα αυτού του σεναρίου έχει η απανθρακοποίηση του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής που περιλαμβάνεται στις δράσεις του Base Scenario. Ο λόγος είναι απλός: με την εξηλεκτρίση του στόλου η ζήτηση θα μεταφερθεί από τα ορυκτά καύσιμα στον ηλεκτρισμό. Είναι λοιπόν απαραίτητο όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του ηλεκτρισμού αυτού να παράγεται από πηγές που έχουν λίγες ή καθόλου εκπομπές, σε διαφορετική περίπτωση το μόνο που θα επιτευχθεί είναι μετατόπιση των εκπομπών από τα ίδια τα αυτοκίνητα στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Πίνακας 4.5: Ο στόλος των ΙΧ επιβατικών οχημάτων στο σενάριο εξηλεκτρίσης.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
BENZINH	84.5	79.8	75.2	66.9	58.6	50.3	42.1
NTIZEΛ	7.1	6.6	6.1	5.7	5.2	4.7	4.2
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.9	3.5	6.0	9.9	13.9	17.8	21.7
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.6	3.4	6.2	11.3	16.3	21.4	26.5
LPG	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7	5.5

Πίνακας 4.6: Ο στόλος των λεωφορείων στο σενάριο εξηλεκτρίσης.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
NTIZEΛ	95.0	92.3	89.7	85.2	80.7	76.2	71.8
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
ΤΡΟΛΕΪ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
ΥΒΡΙΔΙΚΑ	0.5	3.0	5.6	10.0	14.4	18.8	23.1

Πίνακας 4.7: Ο στόλος των ελαφρών φορτηγών στο σενάριο εξηλεκτρίσης.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
BENZINH	41.2	38.3	35.5	31.0	26.5	22.0	17.6
NTIZEΛ	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2	58.2
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.5	3.2	5.9	10.2	14.5	18.8	23.1
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1

Πίνακας 4.8: Ο στόλος των βαρέων φορτηγών στο σενάριο εξηλεκτρίσης.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
BENZINH	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NTIZEΛ	99.3	96.4	93.6	89.1	84.6	80.1	75.7
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.5	3.2	5.9	10.2	14.5	18.8	23.1
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1

Αξίζει να παρατηρηθεί πως ενώ στα επιβατικά οχήματα η αύξηση τόσο των ηλεκτρικών, όσο και των υβριδικών είναι αισθητή, στα βαρέα οχήματα, δηλαδή τα φορτηγά και τα λεωφορεία παρατηρείται αύξηση κυρίως στα υβριδικά και όχι τόσο στα ηλεκτρικά. Μια εύλογη εξήγηση για

αυτή την τάση είναι το γεγονός πως τα βαρέα οχήματα, λόγω του γεγονότος ότι είναι ενεργοβόρα, θα είχαν με τις σημερινές τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης, μειωμένη εμβέλεια, κάτι που θα έκανε τη χρήση τους λιγότερο πρακτική λόγω της ανάγκης για συχνούς ανεφοδιασμούς [60]. Η υβριδική τεχνολογία όμως είναι μια λύση που συνδυάζει την εμβέλεια και την ευελιξία των κινητήρων εσωτερικής καύσης, κάνοντας όμως το μηχανικό σύνολο του οχήματος πιο ενεργειακά αποδοτικό, ιδιαίτερα στην κίνηση εντός αστικού κύκλου.

Τα οχήματα που φέρουν κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν βαθμό απόδοσης περί το 25 % [47]. Για τα υβριδικά έχει τεθεί στο LEAP απόδοση κατά 30% αυξημένη ενώ για τα ηλεκτρικά αυξημένη κατά περίπου 3,5 φορές [48], [49].

4.4 Σενάριο εξηλεκτρισμού 2: “Optimistic Electrification”

Όπως διαφαίνεται και από το όνομα του σεναρίου, πρόκειται για ένα αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρισμού των μεταφορών. Το σενάριο έχει δημιουργηθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές αισιόδοξων δράσεων που περιλαμβάνει η μακροχρόνια στρατηγική για το 2050 του ΥΠ.ΕΝ [46]. Η γενικότερη λογική και στόχοι του σεναρίου παραμένουν ίδιοι με αυτού της εξηλεκτρικής, το μόνο που διαφοροποιείται είναι η διεύθυνση των νέων τεχνολογιών ηλεκτρικής κίνησης στο στόλο των οχημάτων της χώρας.

Πίνακας 4.9: Ο στόλος των ΙΧ επιβατικών οχημάτων στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρικής.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
BENZINH	84.5	79.8	75.2	61.0	46.9	32.7	18.6
NTIZEΛ	7.1	6.6	6.1	5.7	5.2	4.7	4.2
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.9	3.5	6.0	9.9	13.9	17.8	21.7
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.6	3.4	6.2	17.1	28.1	39.0	50.0
LPG	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7	5.5

Πίνακας 4.10: Ο στόλος των λεωφορείων στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρικής.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
NTIZEΛ	94.5	89.6	84.8	75.1	65.4	55.7	46.0
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
ΤΡΟΛΕΪ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	1.0	3.3	5.6	8.0	10.3	12.7	15.0
ΥΒΡΙΔΙΚΑ	0.5	3.0	5.6	12.9	20.3	27.6	35.0

Πίνακας 4.11: Ο στόλος των ελαφρών φορτηγών στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρικής.

	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ							
BENZINH	41.0	37.0	33.0	29.0	25.0	21.0	17.0
NTIZEΛ	57.4	53.3	49.3	45.2	41.1	37.1	33.0
ΥΒΡΙΔΙΚΑ	1.1	6.8	12.4	18.1	23.7	29.4	35.0
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	0.5	2.9	5.3	7.7	10.2	12.6	15.0

Πίνακας 4.12: Ο στόλος των βαρέων φορτηγών στο αισιόδοξο σενάριο εξηλεκτρίσης.

ΚΑΥΣΙΜΟ	%						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BENZINH	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NTIZEΛ	98.9	93.8	88.6	78.9	69.3	59.6	49.9
ΥΒΡΙΔΙΚΟ	0.5	3.2	5.9	13.2	20.5	27.7	35.0
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	0.5	2.9	5.3	7.7	10.2	12.6	15.0

4.5 Σενάριο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς 1: “Metro Public Transport”

Το εν λόγω σενάριο ενσωματώνει τις αλλαγές που αναμένεται να επισυμβούν στα συγκοινωνιολογικά δεδομένα της χώρας με την παράδοση της γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας καθώς και του μετρό της Θεσσαλονίκης. Οι πληροφορίες που εισήχθησαν στο LEAP λήφθηκαν από τις συγκοινωνιολογικές μελέτες των έργων. Εκεί, μεταξύ άλλων, αναφέρεται ότι η ολοκλήρωση του μετρό της Αθήνας, θα αφαιρέσει 60.000 οχήματα από τις οδικές αρτηρίες του λεκανοπεδίου, ενώ αντίστοιχα για τη Θεσσαλονίκη ο αριθμός αυτός διαμορφώνεται στις 57.000. Τα έργα αναμένεται να ολοκληρωθούν το 2028 και το 2024 αντίστοιχα [50], [51].

Πίνακας 4.13: Τα ποσοστά συνεισφοράς κάθε κατηγορίας μέσων μεταφοράς στο συνολικό μεταφορικό έργο.

ΕΙΔΟΣ ΜΕΣΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	%															
	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΟΔΙΚΟ	94.8	94.8	93.6	92.5	90.8	87.4	87.4	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.2
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ	2.0	2.0	3.1	4.3	6.0	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΟ	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ΘΑΛΑΣΣΙΟ	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2

Το μετρό, ως μέσο σταθερής τροχιάς, συγκαταλέχθηκε μαζί με τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Παρατηρείται ότι, στους χρόνους παράδοσης των έργων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, υπάρχει σαφής αύξηση της συνεισφοράς των σιδηροδρομικών μετακινήσεων, με αντίστοιχη μείωση των οδικών.

Πίνακας 4.14: Το μεταφορικό έργο κάθε είδους μέσων σε επιβατοχιλιόμετρα.

ΕΙΔΟΣ ΜΕΣΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	Δις. Επιβατοχιλιόμετρα															
	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΟΔΙΚΟ	163.20	163.50	161.83	160.55	158.68	153.77	155.14	156.52	157.54	158.22	158.89	158.87	158.85	158.82	158.80	158.78
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ	3.44	3.45	5.42	7.41	10.43	16.47	16.62	16.77	16.89	16.96	17.04	17.04	17.04	17.04	17.04	17.04
ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΟ	2.07	2.07	2.07	2.08	2.10	2.11	2.13	2.15	2.16	2.17	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
ΘΑΛΑΣΣΙΟ	3.45	3.48	3.51	3.55	3.60	3.64	3.70	3.76	3.81	3.85	3.89	3.91	3.93	3.96	3.98	4.00

4.6 Σενάριο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς 2: “Optimistic Public Transport”

Όπως φαίνεται από τον τίτλο του, το σενάριο αυτό αποτελεί μια πιο αισιόδοξη προσέγγιση της διεύρυνσης της χρήσης όλων των μέσων μαζικής μεταφοράς από το επιβατικό κοινό.

Συγκεκριμένα, δεδομένης και της φιλόδοξης φύσης του σεναρίου, θα υποτεθεί ότι ο σιδηρόδρομος, μέχρι το 2050, θα έχει φθάσει να επιτελεί το 20% του συνολικού επιβατικού μεταφορικού έργου, ίσο δηλαδή περίπου με το σημερινό ποσοστό της Ελβετίας, που είναι και το μεγαλύτερο στην Ευρώπη [52]. Επίσης, προβλέπεται αύξηση κατά 50% της χρήσης λεωφορείων μέχρι το 2030, κάτι που επιλέχθηκε λόγω της ιδιαίτερα χαμηλής επιβατικής κίνησης που έχουν ορισμένα δρομολόγια λεωφορείων. Επιπλέον εξετάζεται η αύξηση των λεωφορείων φυσικού αερίου, κάτι που θα επιφέρει επιπλέον μείωση εκπομπών. Παράλληλα, κάποια από τα νέα αυτά λεωφορεία θα μπορούσαν να δρομολογηθούν σε όσες γραμμές εμφανίζουν υψηλή επιβατική κίνηση, αυξάνοντας τη συχνότητα των δρομολογίων και μειώνοντας το συνωστισμό, κάτι που θα έκανε τη χρήση του μέσου ελκυστικότερη. Σημειώνεται τέλος, ότι η αύξηση αυτής της δημοτικότητας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς αφορά τόσο την αστική, όσο και την υπεραστική μετακίνηση.

Πίνακας 4.15: Το ποσοστό συμμετοχής του κάθε είδους μεταφορικών μέσων στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.

	%															
ΕΙΔΟΣ ΜΕΣΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΟΔΙΚΕΣ	94.8	94.8	92.3	89.2	88.2	87.1	86.1	85.0	84.0	82.9	81.9	80.8	79.8	78.7	77.7	76.6
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ	2.0	2.0	4.5	7.5	8.6	9.6	10.6	11.7	12.7	13.8	14.8	15.8	16.9	17.9	19.0	20.0
ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2

Πίνακας 4.16: Κατανομή χρήσης λεωφορείων και αυτοκινήτων στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.

	%															
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	89.7	88.8	88.0	87.1	86.2	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	10.3	11.2	12.0	12.9	13.8	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7

Πίνακας 4.17: Συγκριτικός πίνακας μεταφορικού έργου αυτοκινήτων και επίγειων Μ.Μ.Μ στο αισιόδοξο σενάριο Μ.Μ.Μ.

	Δις. Επιβατοχιλιόμετρα															
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	146.5	145.3	140.3	134.9	132.8	130.8	130.4	129.9	129.2	128.1	127.0	125.4	123.8	122.1	120.5	118.9
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	16.7	18.2	19.2	20.1	21.3	22.6	22.5	22.4	22.3	22.1	21.9	21.7	21.4	21.1	20.8	20.5
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ	3.4	3.4	7.8	13.1	15.0	16.9	18.9	20.9	22.9	24.9	26.9	28.8	30.7	32.6	34.5	36.4

4.7 Σενάριο Χρήσης Τραίνων στις Εμπορικές Μεταφορές: “Commercial Trains”

Όπως παρουσιάστηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, η συμμετοχή του σιδηρόδρομου στις εμπορικές μεταφορές της Ελλάδας είναι αμελητέα. Ο σιδηρόδρομος, για μαζικές μεταφορές εμπορευμάτων σε μεγάλες αποστάσεις, είναι οικονομικότερος και ενεργειακά αποδοτικότερος από τη μεταφορά με φορτηγά οχήματα κατά περίπου 4 φορές [53]. Συνεπώς, η υιοθέτηση της χρήσης του σε τέτοια δρομολόγια, όπως για παράδειγμα της διαδρομής Αθηνών-Θεσσαλονίκης-Αλεξανδρούπολης, αξίζει να εξεταστεί. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το σενάριο ακολουθούν τον ευρωπαϊκό μέσο όρο και τους στόχους της TRAINOSE [54].

Πίνακας 4.18: Ποσοστά συμμετοχής του κάθε μέσου στις εμπορευματικές μεταφορές στο σενάριο εμπορικών τραίνων.

	%															
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΦΟΡΤΗΓΑ	66.0	64.0	62.0	60.0	58.0	56.0	55.6	55.2	54.8	54.4	54.0	53.6	53.2	52.8	52.4	52.0
ΠΛΟΙΑ	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	11.4	11.8	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.2	14.6	15.0

Πίνακας 4.19: Μεταφορικό έργο κάθε μέσου σε τονοχιλιόμετρα στο σενάριο εμπορικών τραίνων.

	Δις. Τονοχιλιόμετρα															
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ ΜΕΣΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΦΟΡΤΗΓΑ	13.9	13.7	13.4	13.1	12.9	12.6	12.6	12.7	12.7	12.8	12.8	12.8	12.9	12.9	13.0	13.0
ΠΛΟΙΑ	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.2
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ	0.2	0.6	1.1	1.5	2.0	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7

4.8 Σενάριο Χρήσης Βιοκαυσίμων στην Ναυτιλία και την Αεροπορία: “Biofuels AV MAR”.

Η ναυτιλία και η αεροπορία αποτελούν βασικές μεταφορικές δραστηριότητες τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Η χρήση βιοκαυσίμων, εκτός από τα συμβατικά καύσιμα των τροχοφόρων οχημάτων, είναι σημαντικό να επεκταθεί επιπλέον στα εναέρια και τα θαλάσσια μεταφορικά μέσα, με σκοπό την μείωση των εκπομπών του τομέα των μεταφορών. Το σενάριο αυτό διερευνά αυτή ακριβώς την προοπτική, σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί [55].

Πίνακας 4.20: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στα επιβατικά πλοία στον σενάριο “Biofuels AV MAR”.

	%															
ΚΑΥΣΙΜΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΜΑΖΟΥΤ	32.7	32.1	31.6	31.1	30.8	30.4	30.1	29.7	29.4	29.1	28.7	28.4	28.0	27.7	27.3	27.0
ΝΤΙΖΕΛ	66.5	65.4	64.3	63.2	62.1	61.0	59.9	58.8	57.7	56.6	55.5	54.4	53.3	52.2	51.1	50.0
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ	0.8	2.5	4.2	5.7	7.2	8.6	10.0	11.5	12.9	14.4	15.8	17.2	18.7	20.1	21.6	23.0

Πίνακας 4.21: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στα εμπορικά πλοία στον σενάριο “Biofuels AV MAR”.

	%															
ΚΑΥΣΙΜΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΜΑΖΟΥΤ	99.2	97.5	95.8	94.3	92.8	91.4	90.0	88.5	87.1	85.6	84.2	82.8	81.3	79.9	78.4	77.0
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ	0.8	2.5	4.2	5.7	7.2	8.6	10.0	11.5	12.9	14.4	15.8	17.2	18.7	20.1	21.6	23.0

Πίνακας 4.22: Η πορεία της κατανομής καυσίμων στην αεροπορία στον σενάριο “Biofuels AV MAR”.

	%															
ΚΑΥΣΙΜΟ	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΚΗΡΟΖΙΝΗ	99.7	99.0	98.3	97.1	95.2	93.4	91.6	89.7	87.9	86.0	84.2	82.4	80.5	78.7	76.8	75.0
ΒΙΟΑΙΘΕΡΕΣ	0.3	1.0	1.7	2.9	4.8	6.6	8.4	10.3	12.1	14.0	15.8	17.6	19.5	21.3	23.2	25.0

4.9 Αισιόδοξο Σενάριο Χρήσης Βιοκαυσίμων: “Optimistic Biofuels”

Πρόκειται για ένα σενάριο που προσβλέπει στη μεγιστοποίηση των ποσοστών χρήσης βιοκαυσίμων σε όλα τα μεταφορικά μέσα, μέχρι τα άνω θεωρητικά τους όρια. Αυτά είναι 50% για αεροπορία και ναυσιπλοΐα [56], [57]. Ενώ για τα τροχοφόρα οχήματα προβλέπεται, με την

εκμετάλλευση της ικανότητας Flex Fuel που παρέχουν κάποιοι κινητήρες οχημάτων και την εισαγωγή του καυσίμου E85, το ποσοστό των βιοκαυσίμων φτάσει έως και το 25%. Το καύσιμο E85 αποτελείται από 85% βιοαιθέρες και διατίθεται αυτή τη στιγμή σε πρατήρια συγκεκριμένων ευρωπαϊκών χωρών και ευρέως στην Αμερική [58], [59].

Πίνακας 4.23: Η ενεργειακή συμμετοχή των συμβατικών καυσίμων και των βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο σενάριο “optimistic biofuels”.

	ktoe															
	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050
ΚΑΥΣΙΜΟ																
BENZINH	3,109.0	3,055.7	3,002.6	2,956.1	2,916.0	2,875.5	2,840.2	2,804.3	2,762.3	2,714.5	2,666.6	2,608.5	2,550.7	2,493.3	2,436.3	2,379.7
ΚΗΡΟΖΙΝΗ	252.0	235.2	219.0	203.8	189.6	175.7	162.7	150.0	137.4	125.0	113.1	101.3	90.1	79.6	69.8	60.5
ΝΤΙΖΕΛ	1,908.1	1,893.8	1,879.0	1,865.0	1,851.8	1,837.8	1,829.9	1,821.3	1,810.9	1,798.7	1,786.0	1,770.5	1,754.5	1,738.1	1,721.2	1,703.9
ΜΑΖΟΥΤ	257.5	249.2	240.0	230.3	220.0	208.7	200.6	192.3	183.5	174.2	164.7	154.6	144.3	133.8	123.1	112.2
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	264.5	332.3	400.4	469.6	540.1	611.3	682.8	755.0	826.8	897.8	969.1	1,037.8	1,106.4	1,174.9	1,243.4	1,311.7

4.10 Συνδυαστικά Σενάρια: “Realistic Combination” και “Optimistic Combination”.

Όπως συνάγεται από τα ονόματά τους, τα σενάρια αυτά αποτελούν συνδυασμούς επιλεγμένων σεναρίων από τα παραπάνω με βάση την αισιοδοξία τους. Πιο συγκεκριμένα, το σενάριο “Realistic Combination” είναι συνδυασμός των: “Electrification”, “Biofuels AV MAR”, “Metro Public Transport” και “Commercial Trains”. Είναι δηλαδή συνδυασμός των σεναρίων που θέτουν πιο μετριοπαθείς αλλά σημαντικούς και σχετικά εύκολα υλοποιήσιμους στόχους. Το σενάριο “Optimistic Combination” αποτελεί συνδυασμό των: “Optimistic Electrification”, “Optimistic Public Transport”, “Optimistic Biofuels” και “Commercial Trains”. Αποτελεί λοιπόν έναν πιο ιδεατό σχεδιασμό που θέτει μεγαλύτερους και απαιτητικότερους στόχους.

Ο λόγος ύπαρξης αυτών των σεναρίων είναι η δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ τους στην ενότητα των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για το εάν οι προβλεπόμενες δράσεις που παρατέθηκαν προηγουμένως, συνδυασμένες κατάλληλα, μπορούν να αποφέρουν τον επιθυμητό βαθμό περιορισμού των εκπομπών από τον τομέα των μεταφορών. Θα εξετασθεί εάν οι πιο ρεαλιστικοί και ευκολότερα υλοποιήσιμοι στόχοι αρκούν ή αν χρειάζεται να ληφθούν πιο δραστηρικά μέτρα, είτε αυτά που προβλέπονται στο αισιόδοξο συνδυαστικό μοντέλο, είτε ακόμα περισσότερα.

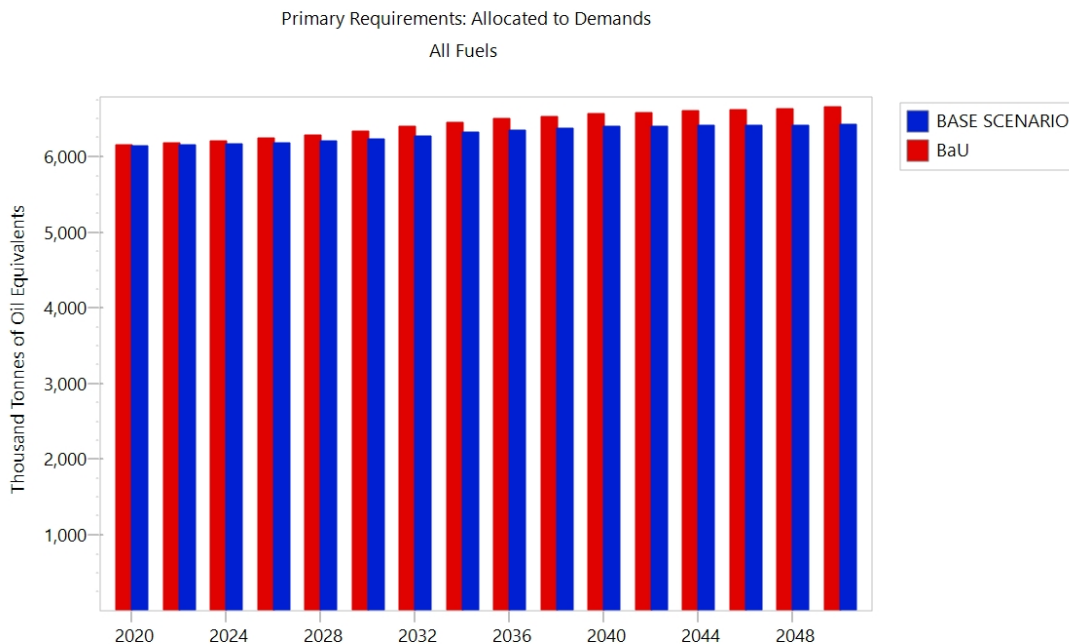
5. Αποτελέσματα Προσομοιώσεων Σεναρίων Εξοικονόμησης και Σχολιασμός τους.

Προηγουμένως παρουσιάστηκε η τρέχουσα κατάσταση του τομέα των μεταφορών της Ελλάδας. Έπειτα προτάθηκαν σενάρια για την ενεργειακή και περιβαλλοντική αναβάθμισή τους. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που εξάγει το λογισμικό LEAP με την εκτέλεση των προσομοιώσεων των σεναρίων αυτών. Τέτοια αποτελέσματα είναι: η ενεργειακή κατανάλωση του τομέα, τα αναλογούντα κόστη και, το σημαντικότερο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που, όπως έχει εξηγηθεί προηγουμένως, έχουν κόστος για τη χώρα που αφορά την αγορά δικαιωμάτων εκπομπών στο EU-ETS [17].

Αρχικά τα 2 σενάρια αναφοράς, Base Scenario και Business as Usual, θα συγκριθούν μεταξύ τους, για να αξιολογηθεί η σημασία των βασικών δράσεων που προβλέπουν το ΕΣΕΚ και ο μακροχρόνιος ενεργειακός σχεδιασμός, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Εν συνεχεία, κάθε επόμενο σενάριο θα αντιπαραβάλλεται με το Base Scenario για να διερευνηθεί τι επιπλέον έχει να προσφέρει από τις βασικές δράσεις.

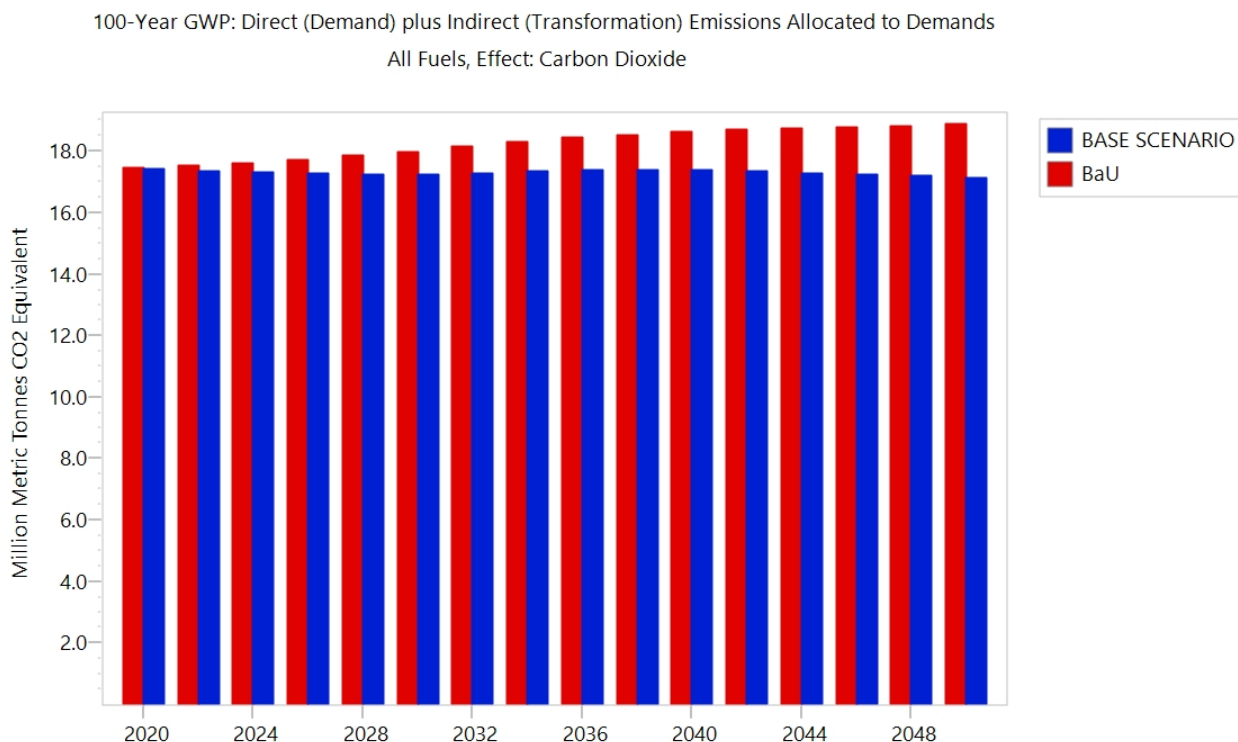
5.1 Αποτελέσματα Σεναρίου “Base Scenario” και σύγκριση με το “Business as Usual”.

Όπως έχει αναλυθεί προηγουμένως το σενάριο αναφοράς “Base Scenario”, είναι αυτό που θα αποτελέσει μέτρο σύγκρισης για όλα τα υπόλοιπα σενάρια. Στο σενάριο αυτό λαμβάνονται κάποιες θεμελιώδεις δράσεις, όπως για παράδειγμα αυτή της απανθρακοποίησης του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής. Τέτοιες δράσεις είναι απαραίτητες τόσο για το περιβάλλον, όσο και για πολλά από τα σενάρια που θα διερευνηθούν. Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων αυτού με το σενάριο μη πραγματοποίησης καμίας απολύτως δράσης, του “Business as Usual”.



Διάγραμμα 5.1: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.

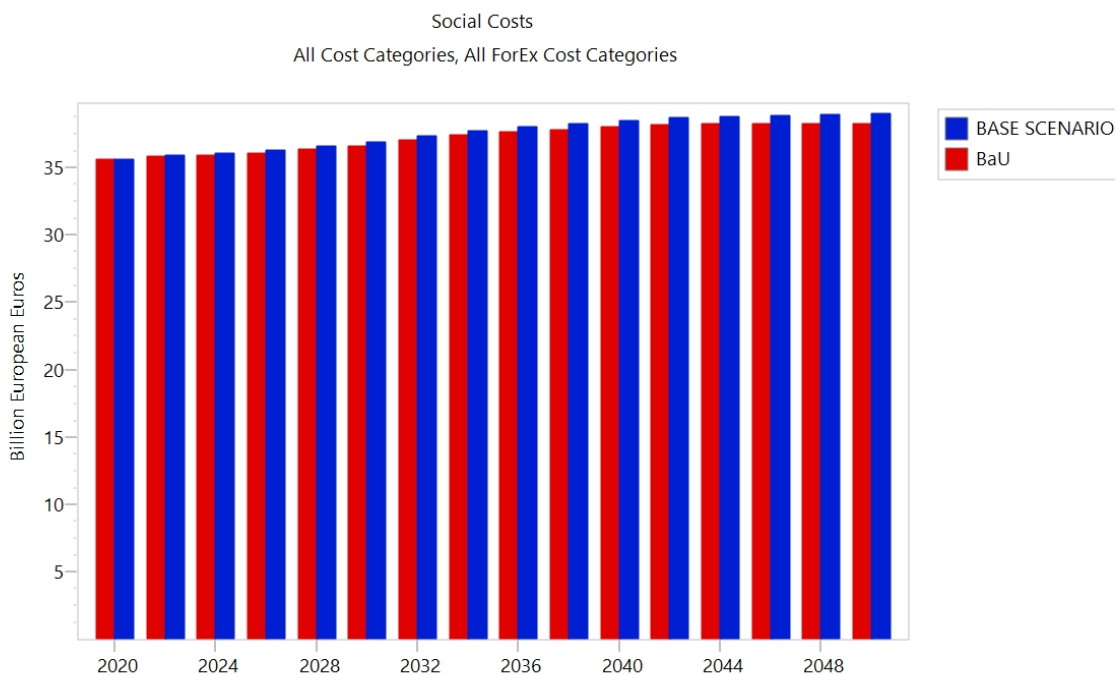
Παρατηρείται και στα 2 σενάρια μια αυξητική τάση με την πάροδο του χρόνου στις απαιτήσεις ενέργειας των μεταφορών. Αυτό είναι κάτι αναμενόμενο δεδομένου ότι το συνολικό μεταφορικό έργο βαίνει αυξανόμενο, ενώ δεν έχει ληφθεί κάποια ειδική δράση εξοικονόμησης σε κανένα από τα 2 σενάρια. Η διαφορά μεταξύ των 2 σεναρίων είναι μικρή, με το “Base Scenario” να εξοικονομεί 242,7 ktoe ή 3,82% έναντι του “BaU” για το έτος 2050.



Διάγραμμα 5.2: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.

Ομοίως με την κατανάλωση ενέργειας, στο σενάριο “BaU” παρατηρείται αυξητική τάση για τις εκπομπές. Κάτι τέτοιο είναι επίσης λογικό αφού, εάν δεν ληφθούν μέτρα, οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις, θα οδηγήσουν νομοτελειακά σε αύξηση των παραγόμενων εκπομπών. Στο Base Scenario, η κατάσταση είναι διαφορετική: Οι εκπομπές παρουσιάζουν μια τάση σταθερότητας και σε κάποια έτη μείωσης, ενώ το 2050 η διαφορά μεταξύ των 2 σεναρίων φτάνει του 1,8 εκατ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 10,53%. Η αισθητή αυτή διαφορά μεταξύ των 2 σεναρίων καταδεικνύει τη σημαντικότητα που έχουν οι δράσεις του βασικού σεναρίου. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μικρή διαφορά στην ενεργειακή κατανάλωση αλλά αισθητή διαφορά στις παραγόμενες εκπομπές, η οποία οφείλεται σε ενέργειες όπως ο εκσυγχρονισμός του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής, η έναρξη της χρήσης ηλεκτροκίνητων οχημάτων και η επέκταση της χρήσης βιοκαυσίμων, όπως αυτές περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

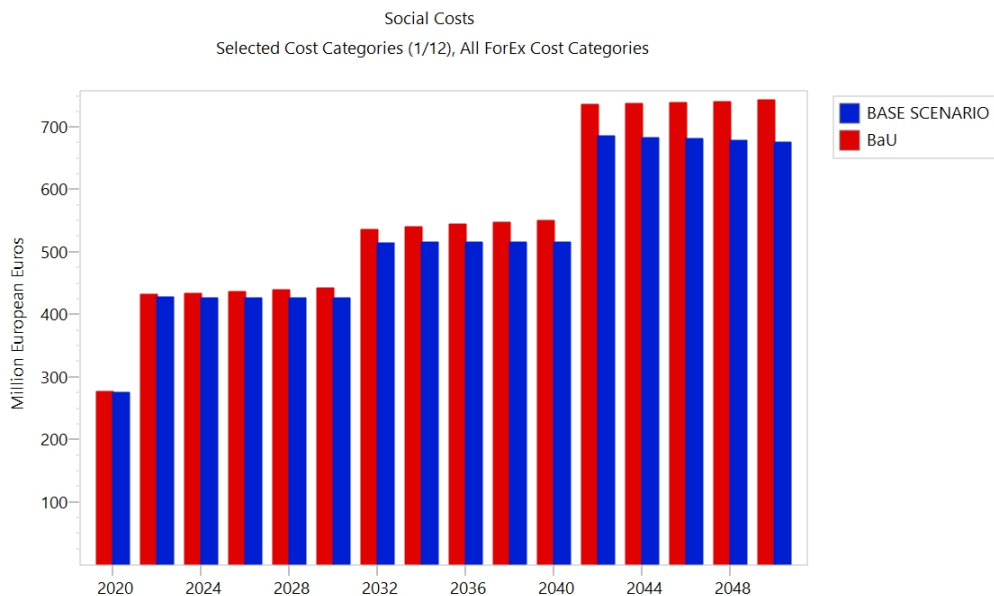
Μια ακόμα παράμετρος που μελετάται είναι αυτή του κόστους. Οι οικονομικές επιβαρύνσεις που προκύπτουν από τις μεταφορές αφορούν κυρίως το κόστος απόκτησης και συντήρησης των μέσων μεταφοράς, το κόστος των καυσίμων και τα κόστη που αφορούν σε δικαιώματα εκπομπών. Συγκεκριμένα και στα 2 σενάρια αναμένονται αυξανόμενα κόστη με το χρόνο κάτι που θα οφείλεται τόσο στην άνοδο της τιμής αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών στο EU-ETS, όσο και στα υψηλά κόστη που έχουν κάποιες νέες τεχνολογίες, όπως η ηλεκτροκίνηση, όταν δεν έχουν υιοθετηθεί σε μεγάλο βαθμό όπως θα συμβεί στα σενάρια εξηλεκτρίσης. Στο Base Scenario ωστόσο, η αύξηση στα κόστη εκπομπών θα είναι ηπιότερη λόγω χαμηλότερων εκπομπών, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως.



Διάγραμμα 5.3: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.

Είναι ορατό ότι η εξέλιξη των οικονομικών επιβαρύνσεων είναι σύμφωνη με τα άνω αναφερόμενα ως αναμενόμενα. Ενδεικτικά, το 2050 τα κόστη είναι κατά 0,8 δις. € ή περίπου 2,08% αυξημένα στο Base Scenario συγκριτικά με το BaU. Η διαφορά αυτή αφορά τα αυξημένα κόστη της ηλεκτροκίνησης, σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ιδιαίτερη αξία έχει η επισκόπηση του κόστους εκπομπών ξεχωριστά από τα συνολικά κόστη:



Διάγραμμα 5.4: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Base Scenario” και “BaU”.

Σε αμφότερα τα σεναρία παρατηρείται σημαντική αύξηση του κόστους εκπομπών σε βήματα που αντικατοπτρίζουν τις αυξήσεις της τιμής διοξειδίου του άνθρακα στο EU-ETS. Λόγω των μειωμένων εκπομπών του όμως, το Base Scenario εξοικονομεί 66,6 εκ. € ή περίπου 9,6% συγκριτικά με το Business as Usual σενάριο.

Τέλος, μια ακόμα ενδιαφέρουσα απεικόνιση είναι αυτή του ενεργειακού ισοζυγίου του τομέα όπου είναι ορατές όλες οι χρήσεις καυσίμων καθώς και οι εισαγωγές ή εξαγωγές τους. Η απεικόνιση αυτή επιτρέπει την απευθείας σύγκριση της ζήτησης του κάθε καυσίμου μεταξύ σεναρίων, ενώ παράλληλα η επισκόπηση των εισαγωγών είναι ένα χρήσιμο στοιχείο για την αξιολόγηση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας.

Πίνακας 5.1: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Base Scenario”.

Scenario: BASE SCENARIO, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	65.4	44.6	21.8	1.8	485.0	-	618.7
Imports	-	101.3	2,903.2	121.1	2,119.1	296.4	250.7	-	-	-	-	-	16.4	5,808.1
Exports	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	0.0	101.3	2,903.2	121.1	2,119.1	296.4	250.7	65.4	44.6	21.8	1.8	485.0	16.4	6,426.8
ELECTRICITY PRODUCTION	187.4	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-65.1
TR LOSS	-11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-11.2
Total Transformation	176.1	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-76.4
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	176.1	-	2,903.2	121.1	2,119.1	292.1	250.7	-	-	-	-	471.8	16.4	6,350.4
Total Demand	176.1	-	2,903.2	121.1	2,119.1	292.1	250.7	-	-	-	-	471.8	16.4	6,350.4
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

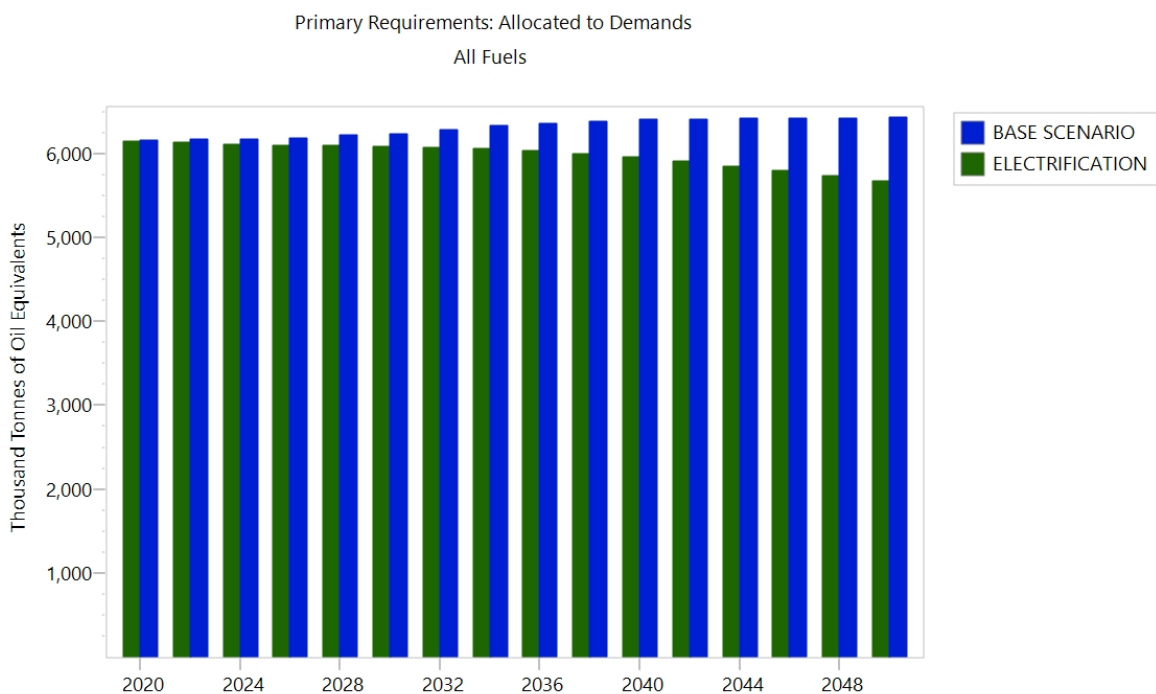
Πίνακας 5.2: Ενεργειακό Ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “BaU”.

Scenario: BaU, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Coal Lignite	Wind	Solar	Hydro	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	43.7	9.7	5.3	6.2	259.0	-	323.9
Imports	-	46.1	3,367.8	121.1	2,228.6	307.4	246.0	-	-	-	-	-	19.9	6,336.9
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	-	46.1	3,367.8	121.1	2,228.6	307.4	246.0	43.7	9.7	5.3	6.2	259.0	19.9	6,660.8
ELECTRICITY PRODUCTION	64.0	-46.1	-	-	-	-15.3	-	-43.7	-9.7	-5.3	-6.2	-1.4	-	-63.8
TR LOSS	-3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-3.8
Total Transformation	60.1	-46.1	-	-	-	-15.3	-	-43.7	-9.7	-5.3	-6.2	-1.4	-	-67.7
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	60.1	-	3,367.8	121.1	2,228.6	292.1	246.0	-	-	-	-	257.6	19.9	6,593.1
Total Demand	60.1	-	3,367.8	121.1	2,228.6	292.1	246.0	-	-	-	-	257.6	19.9	6,593.1
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0

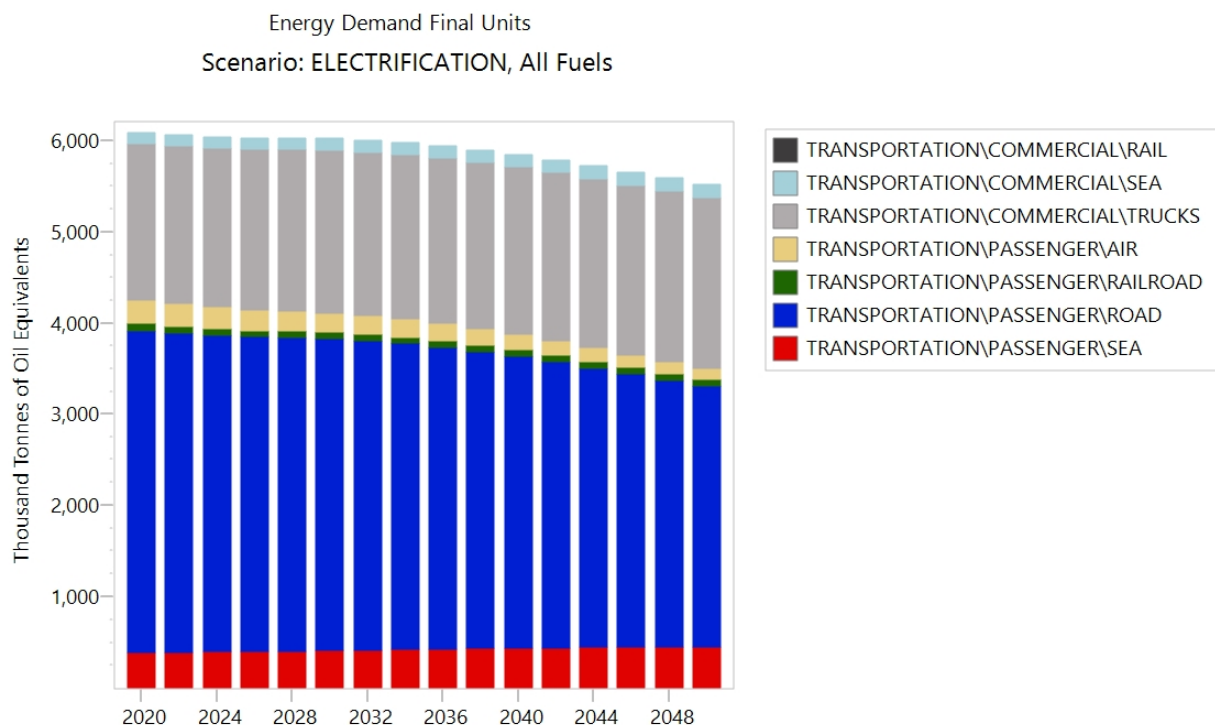
5.2 Αποτελέσματα Σεναρίου “Electrification”.

Το εν λόγω σενάριο είναι βασισμένο στο “Base Scenario” και εξετάζει επιπλέον τον εξηλεκτρισμό του στόλου των οχημάτων στην Ελλάδα, με βάση τα στοιχεία που παρατέθηκαν στο κεφάλαιο 4.

Τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά οχήματα, όπως έχει ήδη εξηγηθεί, έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα συμβατικά. Συνεπώς, αναμένεται, με την αυξανόμενη υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής, οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του τομέα να μειώνονται.



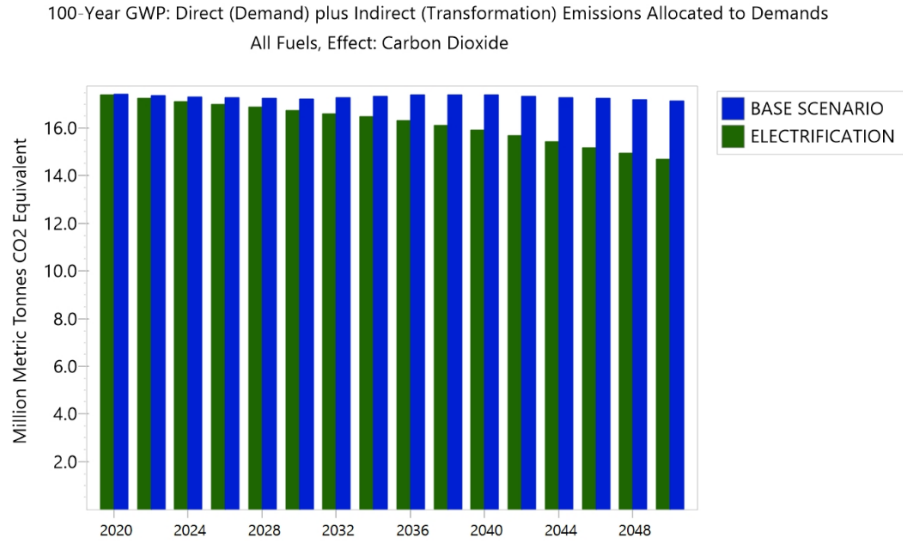
Διάγραμμα 5.5: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.



Διάγραμμα 5.6: Αναλυτική απεικόνιση της ζήτησης στο σενάριο "Electrification".

Είναι ορατό ότι η ενεργειακή ζήτηση ακολουθεί την αναμενόμενη πορεία καθώς και ότι η μείωση οφείλεται κυρίως στον οδικό τομέα των επιβατικών μεταφορών, κάτι το οποίο δικαιολογείται από την εισαγωγή περισσότερων ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων και λεωφορείων. Διαφορά σε σύγκριση με το "Base Scenario" υπάρχει και στις εμπορευματικές μεταφορές με φορτηγά, όπου και προβλέπεται αντικατάσταση μέρους του στόλου κυρίως με υβριδικά αλλά και σε μικρότερο βαθμό με ηλεκτρικά οχήματα. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας, συγκριτικά με το "Base Scenario", του σεναρίου αυτού ανέρχεται στους 833,8 ktoe ή περίπου 13,1%.

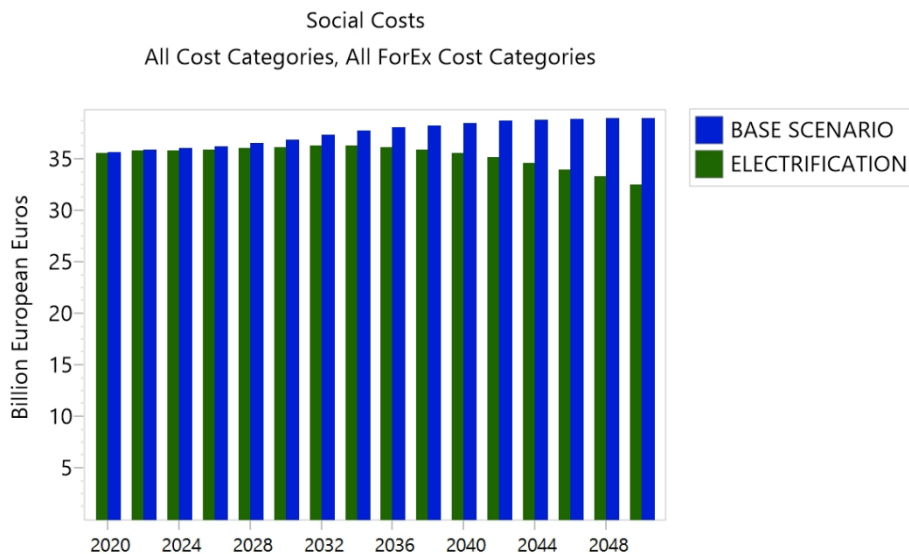
Η επόμενη παράμετρος προς εξέταση είναι αυτή των εκπομπών. Ομοίως με τις ενεργειακές απαιτήσεις, και εδώ αναμένεται να παρατηρηθεί μείωση, τόσο λόγω της μειωμένης κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων από τα ίδια τα οχήματα, όσο και από την απανθρακοποίηση του μείγματος ηλεκτροπαραγωγής της χώρας από όπου θα τροφοδοτούνται τα ηλεκτρικά οχήματα.



Διάγραμμα 5.7: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.

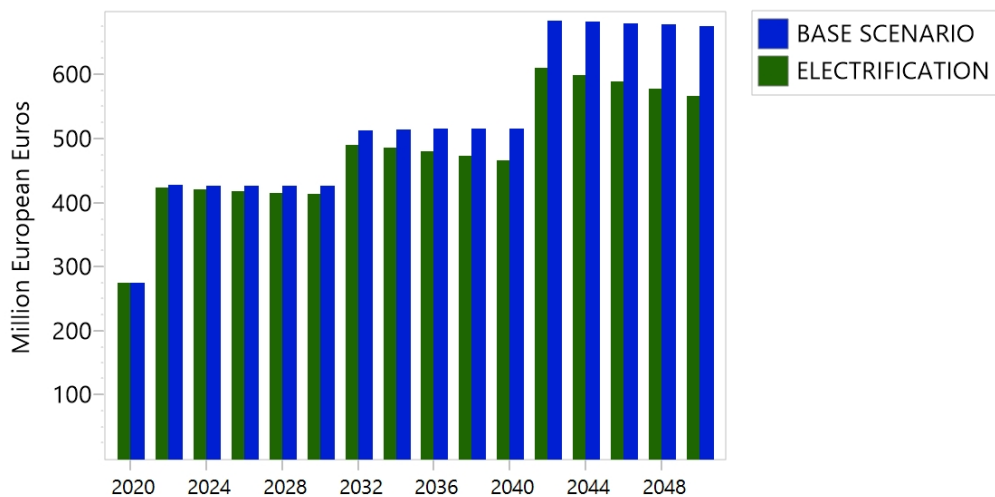
Η εξέλιξη των εκπομπών και της απομείωσής τους είναι η αναμενόμενη. Ενδεικτικά από τη σύγκριση του σεναρίου βάσης και αυτού, προκύπτει για το έτος 2050 αποφυγή εκπομπών 2,4 εκ. τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 14%.

Η επόμενη μετρική προς εξέταση είναι αυτή των οικονομικών επιβαρύνσεων. Όπως και στα σεναρία αναφοράς, τα κόστη αναμένεται αρχικά να έχουν μια μικρή αύξηση (μικρότερη από αυτή του Base Scenario) που οφείλεται στην αύξηση του μεταφορικού έργου που προβλέπεται αλλά και από το γεγονός ότι οι τιμές απόκτησης και χρήσεις των νέων μέσων μεταφοράς, δεν θα έχουν προλάβει να μειωθεί αρκετά. Αυτό μετά από κάποιο σημείο ωστόσο αναμένεται να αλλάξει, μειώνοντας έτσι αισθητά το κόστος μετακίνησης.



Διάγραμμα 5.8: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.

Social Costs
Selected Cost Categories (1/12), All ForEx Cost Categories



Διάγραμμα 5.9: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Electrification” και “Base Scenario”.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα συμπεραίνουμε ότι η επέκταση της τεχνολογίας της ηλεκτροκίνησης και η επακόλουθη μείωση του κόστους που έχει η απόκτησή της, έχει συνολικά θετικά αποτελέσματα στα κόστη μετακίνησης της χώρας. Τα κόστη των εκπομπών και της χρήσης των μεταφορικών μέσων βαίνουν διαρκώς μειούμενα όσο ο στόλος των οχημάτων εξηλεκτρίζεται. Η διαφορά του συνολικού κόστους υπέρ του σεναρίου της ηλεκτροκίνησης το 2050 φτάνει τα 6,46 Δις. € ή περίπου 16,7%, εκ των οποίων τα 90,7 εκ. € αφορούν εκπομπές.

Πίνακας 5.3: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Electrification”.

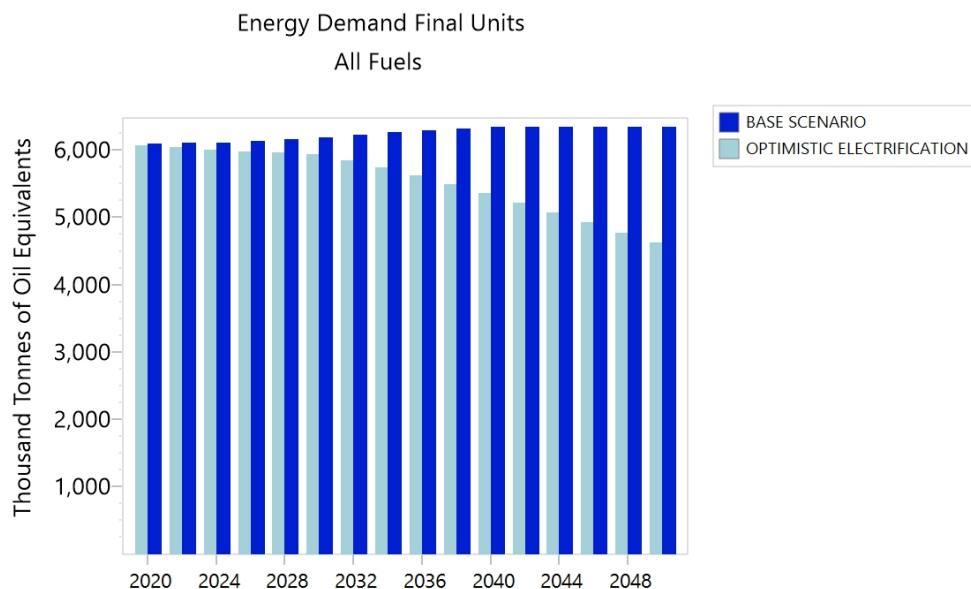
Scenario: ELECTRIFICATION, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent

	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	132.8	90.6	44.4	3.7	413.9	-	685.4
Imports	-	205.7	2,214.6	121.1	1,930.8	300.8	197.0	-	-	-	-	-	16.4	4,986.4
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	-	205.7	2,214.6	121.1	1,930.8	300.8	197.0	132.8	90.6	44.4	3.7	413.9	16.4	5,671.8
ELECTRICITY PRODUCTION	380.7	-205.7	-	-	-	-8.8	-	-132.8	-90.6	-44.4	-3.7	-27.0	-	-132.3
TR LOSS	-22.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-22.8
Total Transformation	357.9	-205.7	-	-	-	-8.8	-	-132.8	-90.6	-44.4	-3.7	-27.0	-	-155.2
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	357.9	-	2,214.6	121.1	1,930.8	292.1	197.0	-	-	-	-	386.9	16.4	5,516.6
Total Demand	357.9	-	2,214.6	121.1	1,930.8	292.1	197.0	-	-	-	-	386.9	16.4	5,516.6
Unmet Requirements	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0

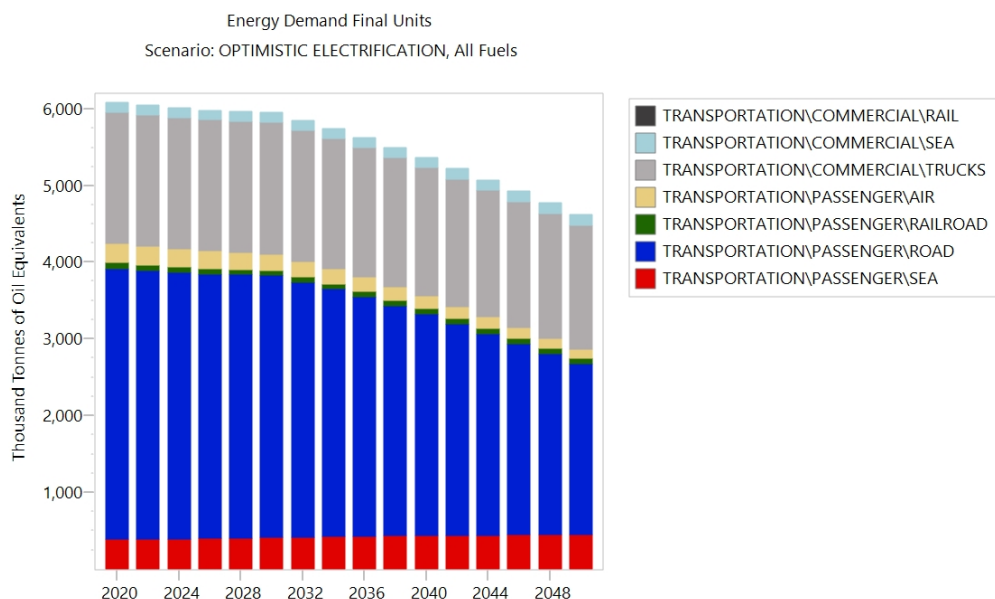
Τέλος, από τη σύγκριση του ισοζυγίου με το αυτό του “Base Scenario”, φαίνεται σαφώς η μείωση στη χρήση των ορυκτών καυσίμων και η αύξηση της χρήσης ηλεκτρισμού. Ενδεικτικά, η χρήση της βενζίνης μειώνεται κατά περίπου 23,7% ενώ του πετρελαίου κατά περίπου 8,9%. Η χρήση ηλεκτρισμού διπλασιάζεται.

5.3 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Electrification”.

Πρόκειται για ένα σενάριο που έχει δομηθεί με την ίδια ακριβώς λογική με αυτή του σεναρίου “Electrification”. Όπως έχει εξηγηθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, προβλέπονται όμοιες αλλαγές στο σύστημα των μεταφορών με τη διαφορά ότι η απορρόφηση των τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης και η συμμετοχή τους στο συνολικό μεταφορικό έργο είναι μεγαλύτερη. Θα σχολιαστούν λοιπόν μόνο τα αποτελέσματα του σεναρίου συνολικά.

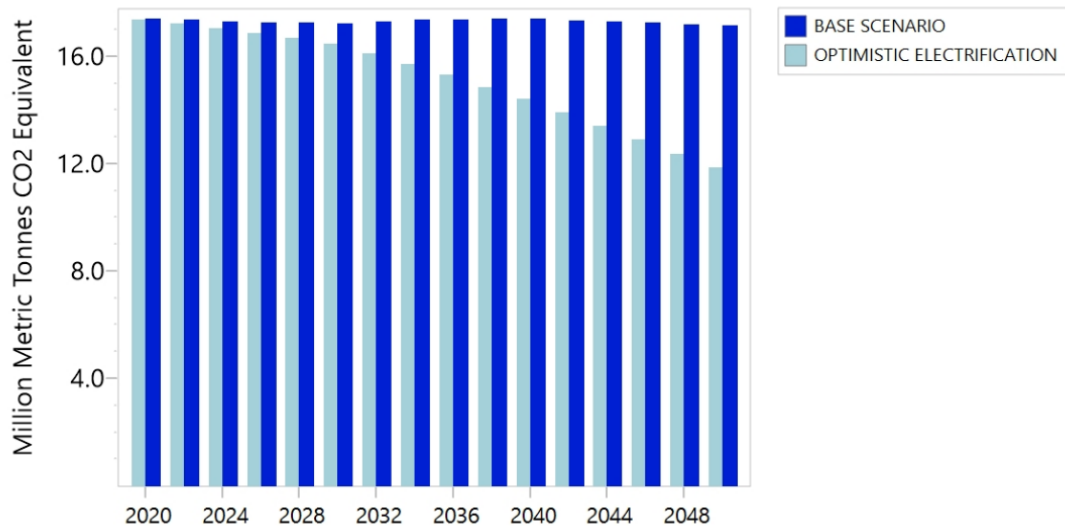


Διάγραμμα 5.10: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.



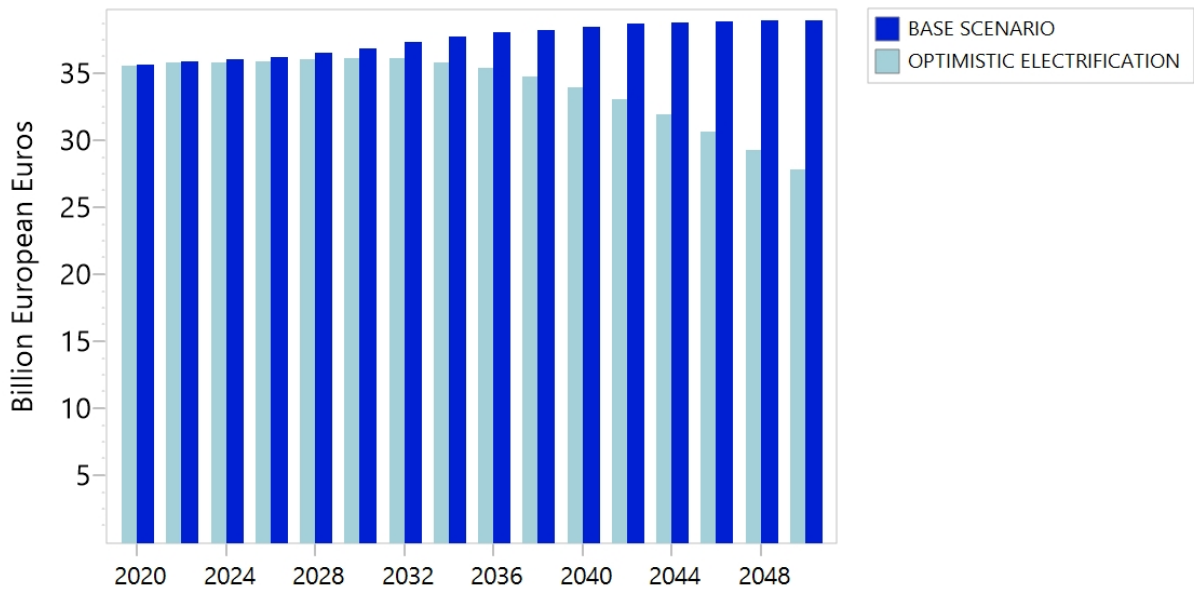
Διάγραμμα 5.11: Αναλυτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης στο σενάριο “Optimistic Electrification”.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Dem
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



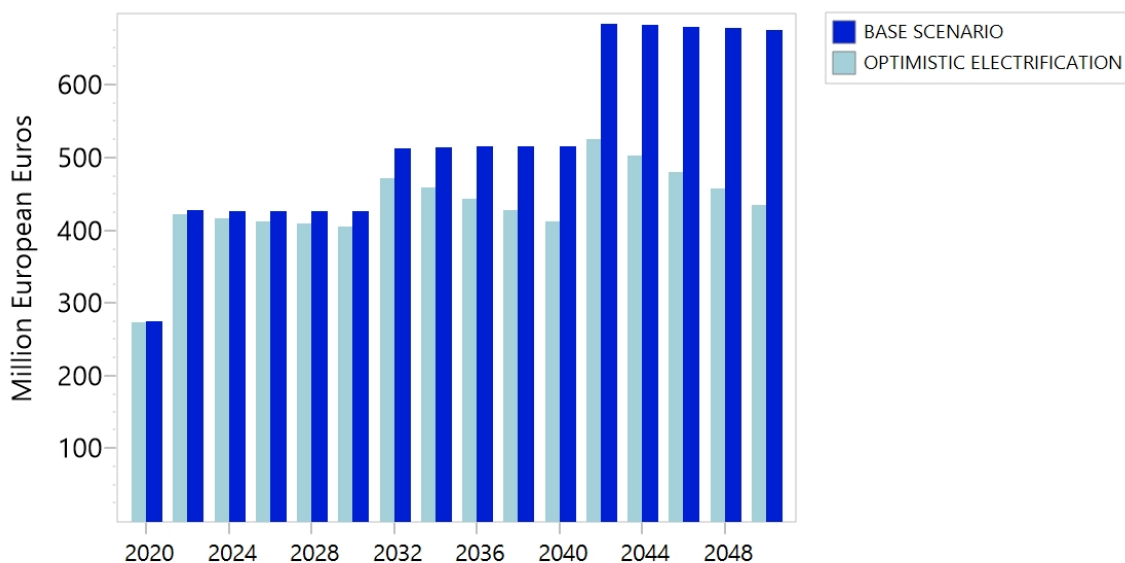
Διάγραμμα 5.12: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.

Social Costs
All Cost Categories, All ForEx Cost Categories



Διάγραμμα 5.13: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.

Social Costs
Selected Cost Categories (1/12), All ForEx Cost Categories



Διάγραμμα 5.14: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Electrification” και “Base Scenario”.

Πίνακας 5.4: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Optimistic Electrification”.

Scenario: OPTIMISTIC ELECTRIFICATION, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	261.6	178.5	87.4	7.3	327.9	-	862.7
Imports	0.0	405.2	1,484.6	121.1	1,531.8	309.3	197.0	-	-	-	-	-	16.4	4,065.3
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	0.0	405.2	1,484.6	121.1	1,531.8	309.3	197.0	261.6	178.5	87.4	7.3	327.9	16.4	4,928.1
ELECTRICITY PRODUCTION	749.9	-405.2	-	-	-	-17.2	-	-261.6	-178.5	-87.4	-7.3	-53.1	-	-260.6
TR LOSS	-45.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45.0
Total Transformation	704.9	-405.2	-	-	-	-17.2	-	-261.6	-178.5	-87.4	-7.3	-53.1	-	-305.6
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	704.9	-	1,484.6	121.1	1,531.8	292.1	197.0	-	-	-	-	274.7	16.4	4,622.5
Total Demand	704.9	-	1,484.6	121.1	1,531.8	292.1	197.0	-	-	-	-	274.7	16.4	4,622.5
Unmet Requirements	0.0	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

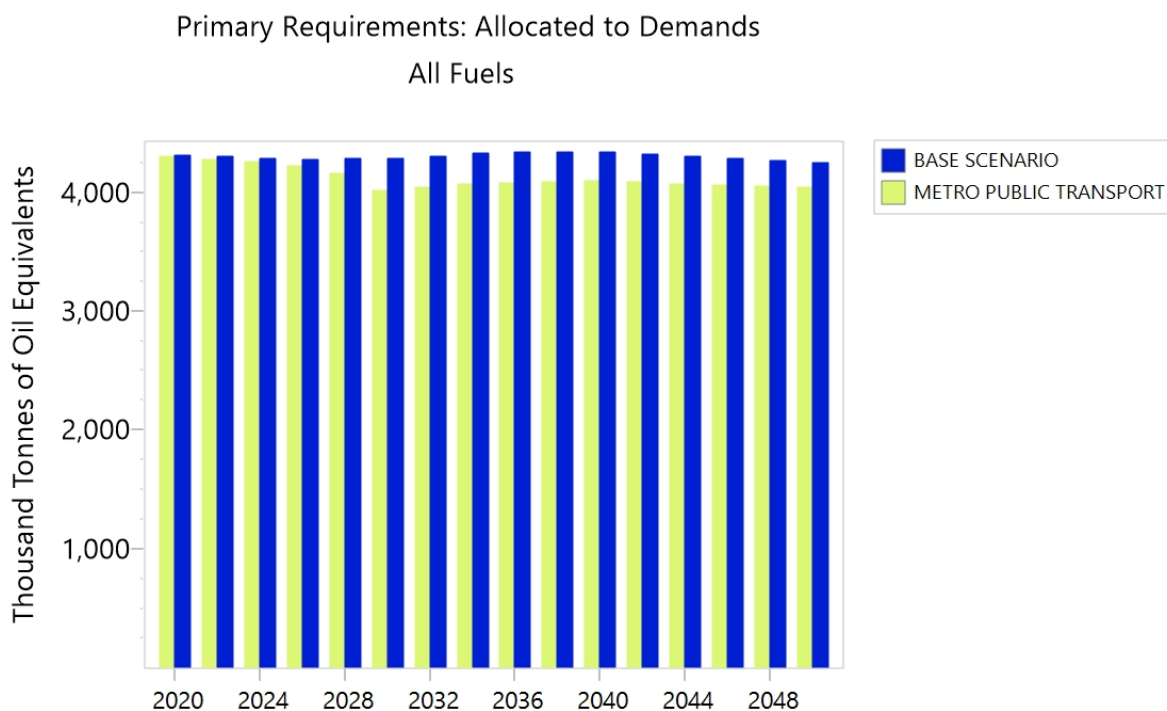
Παρατηρείται πως τα αποτελέσματα έχουν την ίδια μορφή και κινούνται προς της ίδια κατεύθυνση με αυτά του προηγούμενου σεναρίου. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα δείχνουν την αισιοδοξία του σεναρίου, όντας βελτιωμένα σε σχέση με το σενάριο “Electrification”. Συγκεκριμένα, για το έτος 2050 σε σχέση με το Base Scenario: Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 1728 ktoe ή περίπου 27,2%, η αποφυγή εκπομπών ανήλθε στους 5,2 εκ. τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 30,4% και τα εξοικονομηθέντα κόστη έφτασαν τα 11,2 Δις. € ή περίπου 28,7 % εκ των οποίων τα 184 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών. Ενδεικτικά επίσης, η κατανάλωση βενζίνης μειώνεται σημαντικά, κατά περίπου 48,8% ενώ του πετρελαίου κατά 27,7%.

Το σενάριο αυτό καταδεικνύει τα σημαντικά οφέλη που δύναται να έχει η ηλεκτροκίνηση και το πως η αυξημένη διείσδυσή της στις μεταφορές μπορεί να συμβάλλει δραστικά στο περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του κόστους των μεταφορών.

5.4 Αποτελέσματα Σεναρίου “Metro Public Transport”.

Σε αυτό το σενάριο απεικονίζεται η κατάσταση του τομέα των μεταφορών μετά την ολοκλήρωση των έργων του μετρό σε Αθήνα (Γραμμή 4) και Θεσσαλονίκη (Παράδοση του Μετρό σε κυκλοφορία). Αναλυτικά δεδομένα έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 4. Στο σενάριο αυτό θα αναλυθούν μόνο διαγράμματα που αφορούν σε επιβατικές μεταφορές, αφού μόνον αυτές επηρεάζονται.

Αρχικά, θα γίνει μια επισκόπηση της εξοικονομούμενης ενέργειας του σεναρίου ολοκλήρωσης του μετρό συγκριτικά με το “Base Scenario”.

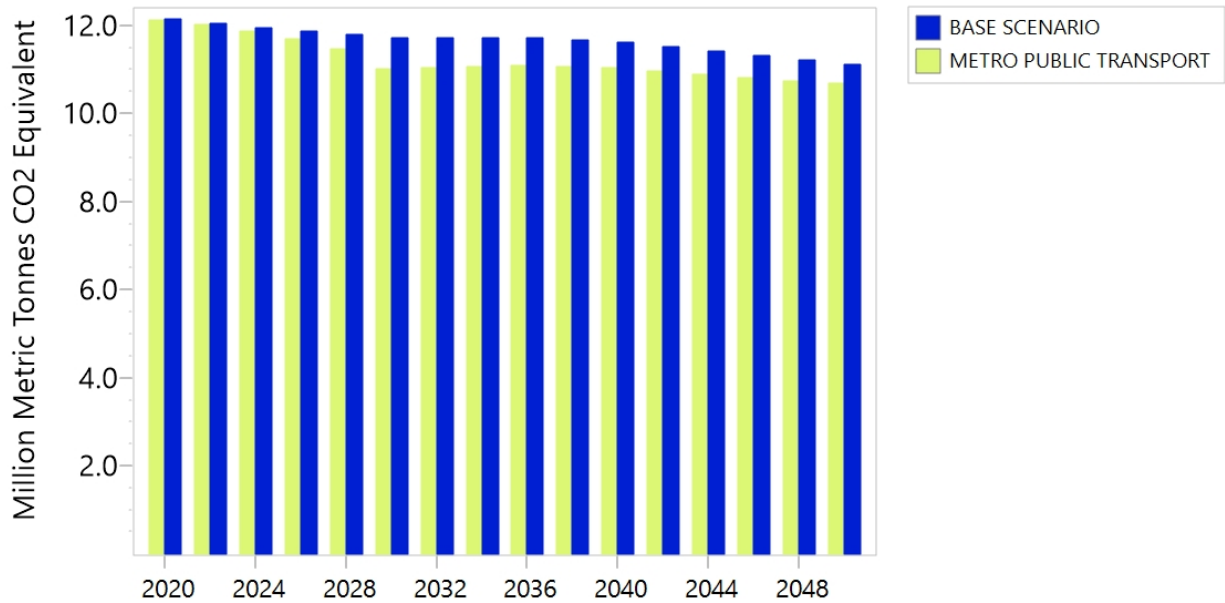


Διάγραμμα 5.15: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.

Στο ανωτέρω διάγραμμα παρατηρείται μια απότομη σχετικά επίδραση της εξοικονομούμενης ενέργειας μέχρι το 2030, όπου είναι και έτος που πρόκειται να αποπερατωθούν τα έργα. Η εξοικονόμηση έπειτα είναι μικρότερη, κάτι που οφείλεται στον εξηλεκτισμό του στόλου οχημάτων, στο βαθμό που αυτός προβλέπεται να γίνει στο “Base Scenario” με βάση το ΕΣΕΚ, ο οποίος από μόνος του θα εξοικονομήσει ένα μέρος ενέργειας, κάνοντας τη διαφορά μικρότερη μεν, αλλά σημαντική και υπαρκτή. Ενδεικτικά, το σενάριο αυτό φθάνει να εξοικονομεί, το 2030, 271,2 κτοε ή περίπου 6,35% ενώ το 2050 η εξοικονόμηση αυτή περιορίζεται στους 210,6 κτοε ή περίπου 4,95%. Η εξοικονόμηση ενέργειας αυτή προέρχεται από μείωση της χρήσης των αυτοκινήτων όπως έχει αναλυτικά εξηγηθεί στην ενότητα 4.5 .

Επόμενη παράμετρος προς διερεύνηση είναι αυτή των εκπομπών. Η εικόνα που αναμένεται είναι παρόμοια με αυτή της ενεργειακής ζήτησης. Δηλαδή μια δραστική μείωση κατά τους χρόνους παράδοσης των έργων και μετά μια επιτάχυνση των παραγόμενων εκπομπών και μείωση της διαφοράς σε σχέση με το “Base Scenario”.

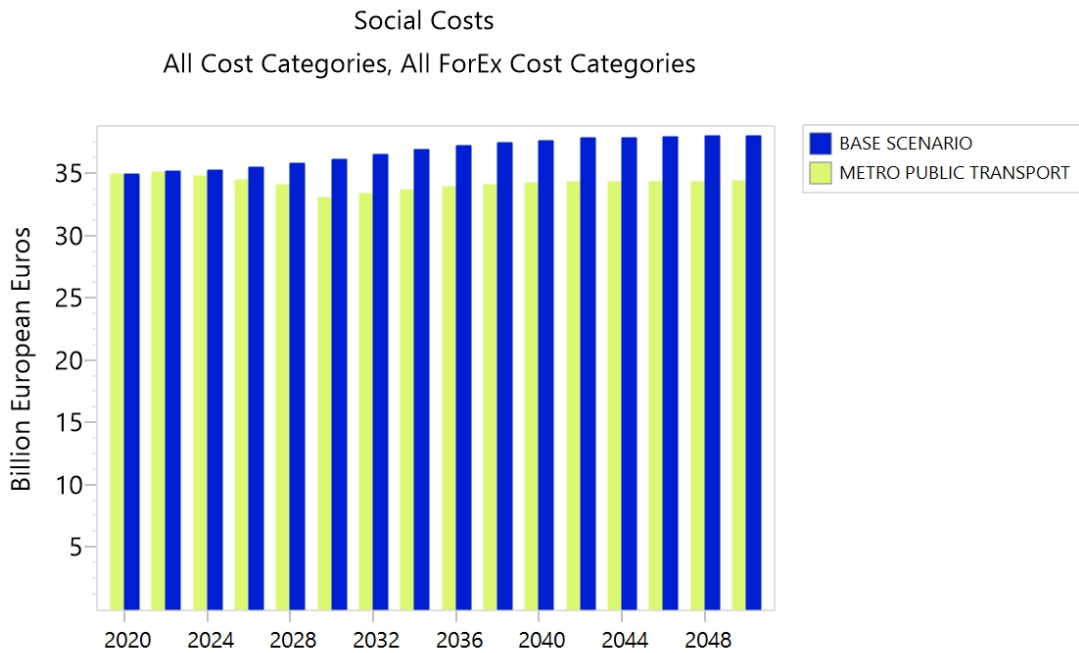
100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Demand
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



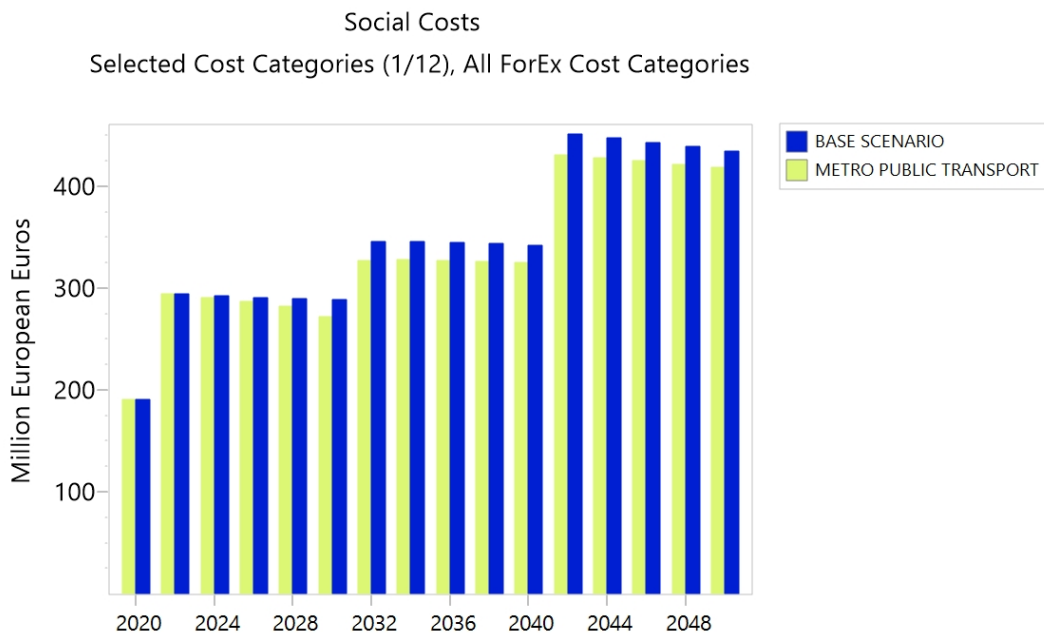
Διάγραμμα 5.16: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.

Το παραπάνω διάγραμμα έχει την αναμενόμενη μορφή, όπως αυτή εξηγήθηκε προηγουμένως. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές που αποφεύχθηκαν στο παρόν σενάριο ανήλθαν σε 690,2 χιλ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 5,98% για το έτος 2030, ενώ το έτος 2050 η διαφορά μειώθηκε σε 442,5 χιλ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 3,6%.

Επόμενο διάγραμμα προς μελέτη είναι αυτό των οικονομικών επιβαρύνσεων που αποφεύχθηκαν ως αποτέλεσμα των δράσεων του σεναρίου αυτού. Και εδώ αναμένουμε να δούμε μια εικόνα πιο απότομης μείωσης του κόστους στα χρόνια παράδοσης των έργων και μετά μια ομαλοποίηση της διαφοράς που θα συνεχίσει να αυξάνεται όμως μέχρι το 2050, αλλά με μικρότερο ρυθμό.



Διάγραμμα 5.17: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.



Διάγραμμα 5.18: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Metro Public Transport” και “Base Scenario”.

Όπως ήταν αναμενόμενο, η επέκταση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς επέφερε μείωση στα κόστη μετακίνησης. Η μείωση αυτή ανήλθε το έτος 2050 σε 3,7 Δις. € ή περίπου 9,4%. Από αυτά, τα 16 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών.

Τέλος, θα παρουσιαστεί το ενεργειακό ισοζύγιο:

Πίνακας 5.5: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Metro Public Transport”.

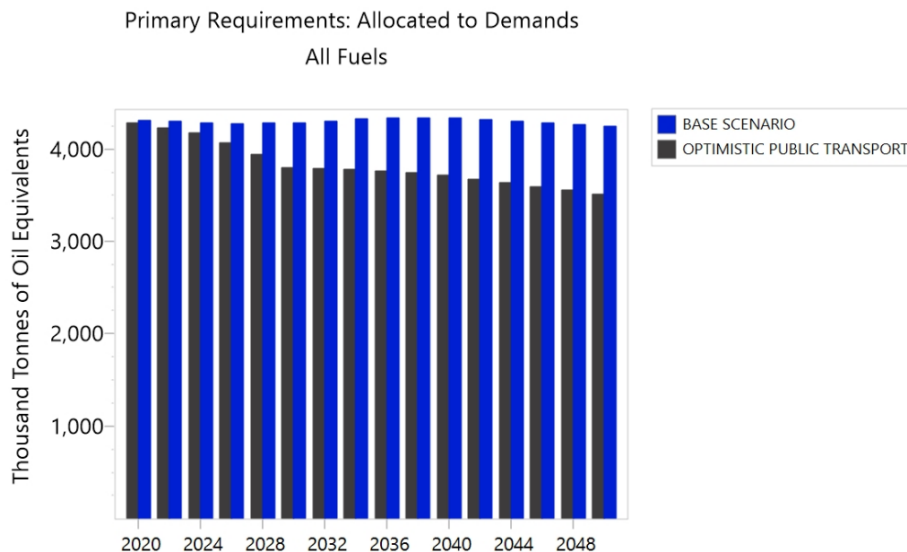
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total	
Production	-	-	-	-	-	-	-	54.3	37.0	18.1	1.5	457.7	-	568.7	
Imports	-	84.1	2,648.7	269.1	2,106.0	295.6	225.7	-	-	-	-	-	18.2	5,647.5	
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total Primary Supply	-	84.1	2,648.7	269.1	2,106.0	295.6	225.7	54.3	37.0	18.1	1.5	457.7	18.2	6,216.2	
ELECTRICITY PRODUCTION	155.6	-84.1	-	-	-	-3.6	-	-54.3	-37.0	-18.1	-1.5	-11.0	-	-54.1	
TR LOSS	-9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-9.3	
Total Transformation	146.3	-84.1	-	-	-	-3.6	-	-54.3	-37.0	-18.1	-1.5	-11.0	-	-63.4	
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRANSPORTATION	146.3	-	2,648.7	269.1	2,106.0	292.1	225.7	-	-	-	-	-	446.7	18.2	6,152.7
Total Demand	146.3	-	2,648.7	269.1	2,106.0	292.1	225.7	-	-	-	-	-	446.7	18.2	6,152.7
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	

Και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων: Η χρήση βενζίνης μειώνεται κατά περίπου 8,8% και του πετρελαίου κατά περίπου 1%. Τα ποσοστά αυτά είναι αναμενόμενα αν ληφθεί υπόψη ότι τα 2 έργα του σεναρίου αυτού αφορούν μόνο τις πόλεις των Αθηνών και της Θεσσαλονίκης.

5.5 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Public Transport”.

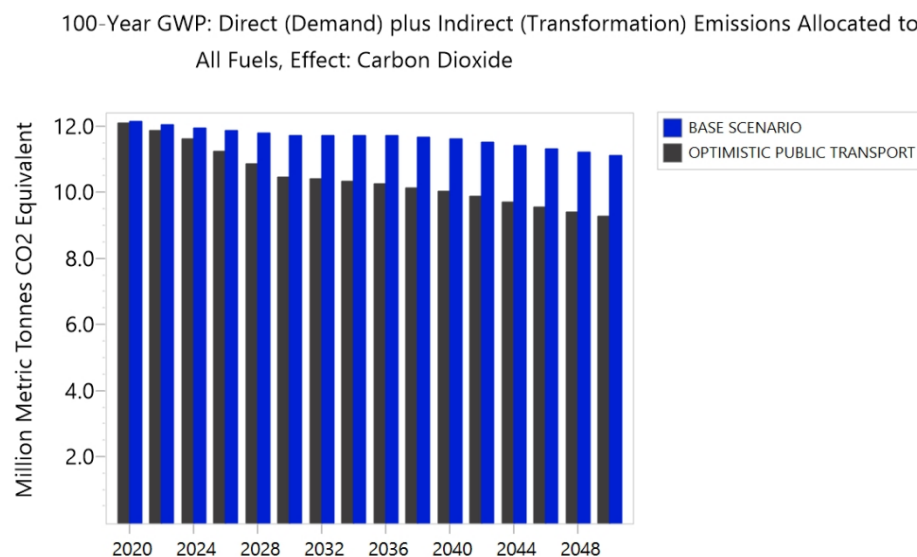
Το σενάριο αυτό σκοπό έχει να εξετάσει τη σημασία και τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της επέκτασης χρήσης των μέσων μεταφοράς σε όλη την επικράτεια, όπως έχει περιγραφεί στην ενότητα 4.6 . Και σε αυτό το σενάριο, τα διαγράμματα θα αφορούν τις επιβατικές μετακινήσεις.

Λόγω της εκτεταμένης χρήσης μέσων μαζικής μεταφοράς που προβλέπει το σενάριο αυτό, η ενεργειακή ζήτηση αναμένεται να έχει μια συνεχή πτωτική τάση, η οποία όμως πάλι θα είναι πιο έντονη μέχρι το 2030 που ολοκληρώνονται τα έργα του μετρό, αλλά θα συνεχίσει και μετά την ολοκλήρωσή τους.



Διάγραμμα 5.19: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.

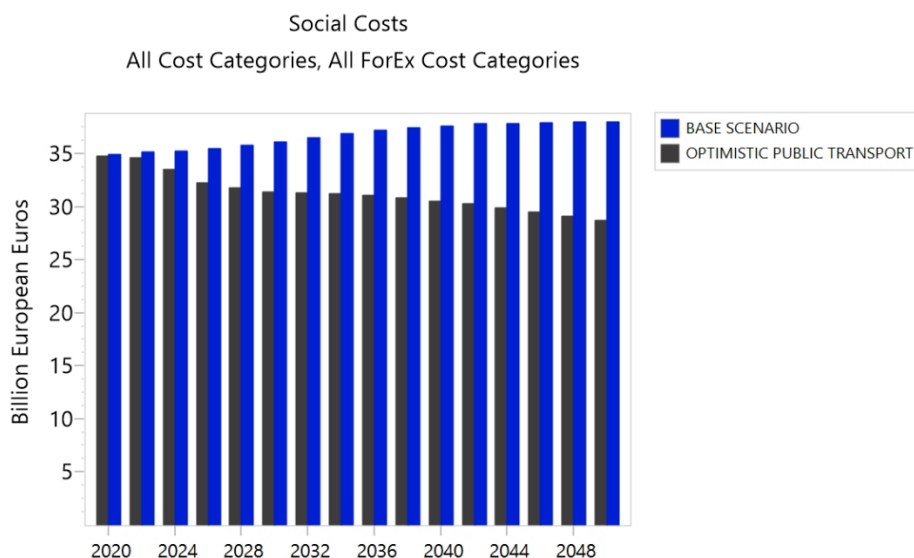
Πράγματι, μέχρι το 2030 υπάρχει μια πιο δραστική μείωση της ενεργειακής ζήτηση, ωστόσο η μείωση αυτή συνεχίζεται μέχρι το 2050, όπου και φθάνει τους 726,1 ktoe ή περίπου 17,4 %.



Διάγραμμα 5.20: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.

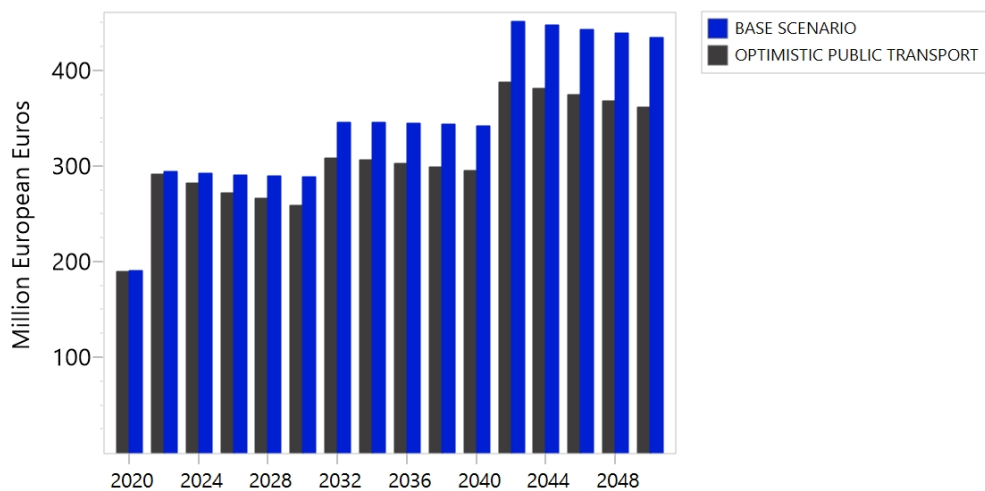
Ανάλογη είναι και η μορφή των αντίστοιχων διαγραμμάτων που αφορούν τις εκπομπές, με την αποφυγή να φθάνει το έτος 2050 τους 1,9 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 16,2 %.

Εν συνεχεία θα επισκοπηθούν τα κόστη όπου, στην ίδια λογική με πριν, αναμένουμε να δούμε όμοια μορφή.



Διάγραμμα 5.21: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.

Social Costs
Selected Cost Categories (1/12), All ForEx Cost Categories



Διάγραμμα 5.22: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Public Transport” και “Base Scenario”.

Η εξοικονόμηση στις οικονομικές επιβαρύνσεις που επιτυγχάνεται με την επέκταση της χρήσης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς στο σενάριο αυτό ανέρχεται, για το έτος 2050, σε 9,3 Δις € ή περίπου 24,3%, εκ των οποίων τα 72,7 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών.

Τέλος, θα παρατεθεί το ενεργειακό ισοζύγιο όπου και πάλι αναμένεται να διαπιστωθεί μείωση στην κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων των ΙΧ αυτοκινήτων, κυρίως δηλαδή στη βενζίνη αλλά και το πετρέλαιο, στο βαθμό που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα. Αυτό συμβαίνει διότι τα σενάρια που αφορούν επέκταση των μέσων μεταφοράς στοχεύουν κυρίως στον περιορισμό της χρήσης των αυτοκινήτων από το επιβατικό κοινό.

Πίνακας 5.6: Ενεργειακό Ισοζύγιο έτους 2050 του σεναρίου “Optimistic Public Transport”.

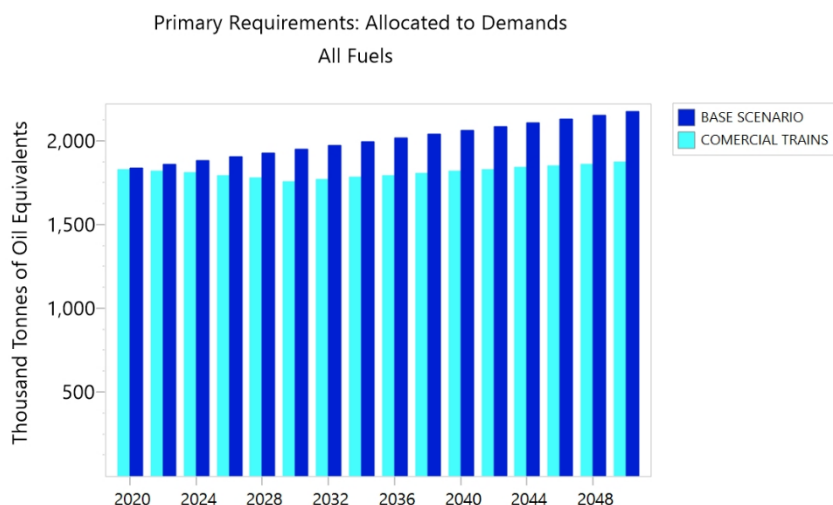
Scenario: OPTIMISTIC PUBLIC TRANSPORT, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	56.4	38.4	18.8	1.6	415.9	-	531.2
Imports	0.0	87.3	2,257.8	269.1	2,053.1	295.8	187.4	-	-	-	-	-	8.5	5,159.0
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	0.0	87.3	2,257.8	269.1	2,053.1	295.8	187.4	56.4	38.4	18.8	1.6	415.9	8.5	5,690.1
ELECTRICITY PRODUCTION	161.5	-87.3	-	-	-	-3.7	-	-56.4	-38.4	-18.8	-1.6	-11.4	-	-56.1
TR LOSS	-9.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-9.7
Total Transformation	151.8	-87.3	-	-	-	-3.7	-	-56.4	-38.4	-18.8	-1.6	-11.4	-	-65.8
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	151.8	-	2,257.8	269.1	2,053.1	292.1	187.4	-	-	-	-	404.5	8.5	5,624.3
Total Demand	151.8	-	2,257.8	269.1	2,053.1	292.1	187.4	-	-	-	-	404.5	8.5	5,624.3
Unmet Requirements	0.0	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-

Από τον ενεργειακό ισοζύγιο αυτό, η εξοικονόμηση βενζίνης του παρόντος σεναρίου προκύπτει περίπου 22,3 % ενώ του πετρελαίου περίπου 3,1%.

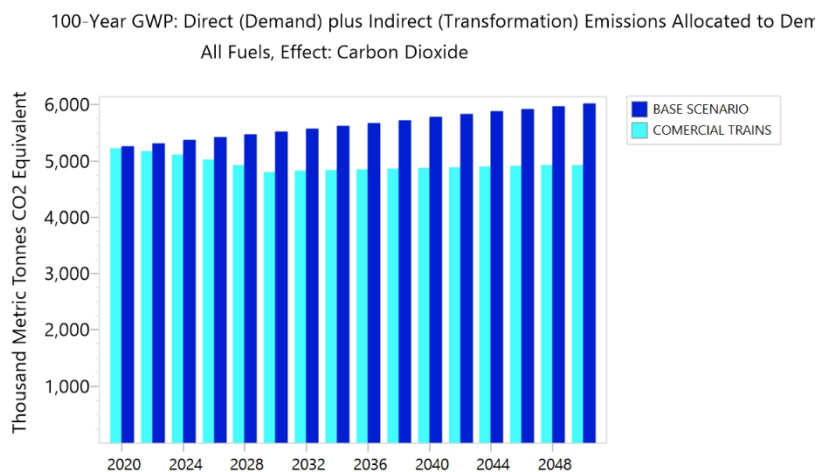
5.6 Αποτελέσματα Σεναρίου “Commercial Trains”.

Το σενάριο αυτό αφορά την χρήση τρένων στον τομέα των εμπορικών μεταφορών κατά τα πρότυπα που περιγράφηκαν στην ενότητα 4.7. Τα δεδομένα των διαγραμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν θα αφορούν τον τομέα των εμπορικών μεταφορών αφού είναι και ο μόνος που επηρεάζεται από τις αλλαγές που προβλέπει το σενάριο.

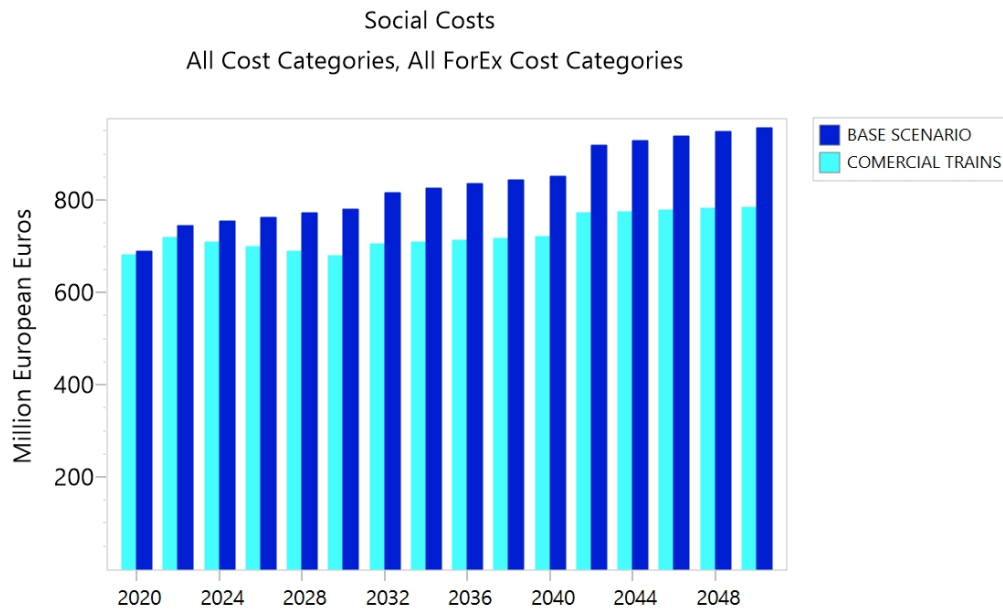
Οι μεταφορές με τρέινα, ιδιαίτερα σε μεγάλες αποστάσεις, όπως έχει εξηγηθεί ήδη, είναι ενεργειακά και οικονομικά αρκετά αποδοτικότερες από αυτές με φορτηγά οχήματα. Αυτό οφείλεται αφενός στη μειωμένη αντίσταση κύλισης που προσφέρει κατά τη μεταφορά ο σιδηρόδρομος και αφετέρου στη δυνατότητα μεταφοράς πολύ περισσότερου φορτίου συγκριτικά με ένα φορτηγό ανά δρομολόγιο [61]. Αναμένεται λοιπόν μείωση στην απαιτούμενη ενέργεια, στις εκπομπές, στα κόστη αλλά και στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων από τα φορτηγά δηλαδή κυρίως πετρελαίου αλλά και βενζίνης.



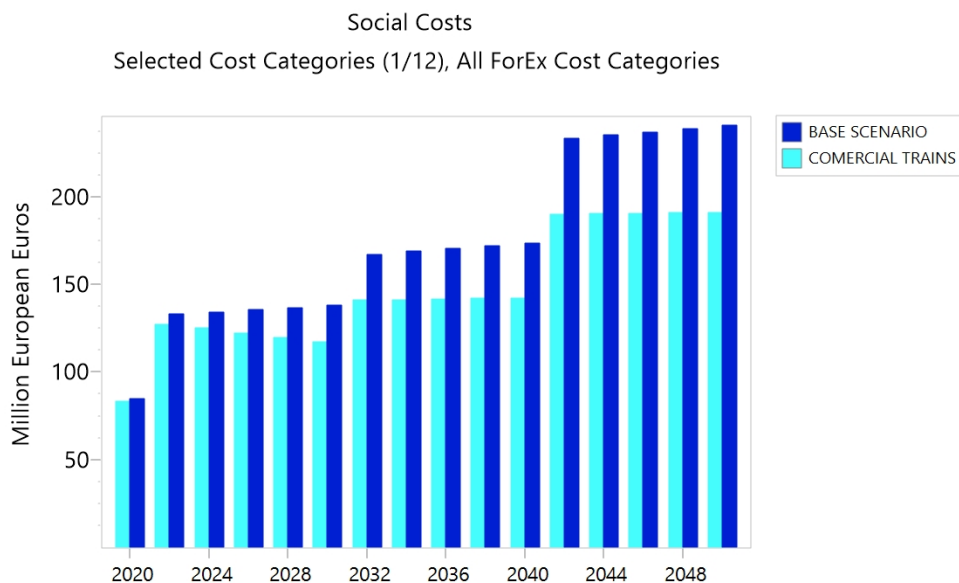
Διάγραμμα 5.23: Συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής ζήτησης των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.



Διάγραμμα 5.24: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.



Διάγραμμα 5.25: Συγκριτική απεικόνιση των οικονομικών επιβαρύνσεων των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.



Διάγραμμα 5.26: Συγκριτική απεικόνιση του κόστους εκπομπών των σεναρίων “Commercial Trains” και “Base Scenario”.

Και τα 4 διαγράμματα απεικόνισης έχουν την αναμενόμενη μορφή. Συγκεκριμένα, το σενάριο χρήσης εμπορικών τρένων, “Commercial Trains” εξοικονομεί, το έτος 2050, συγκριτικά με το Base Scenario και συγκεκριμένα για τον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών: 303,8 ktoe ενέργειας ή περίπου 13,96%, 1,1 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 18,3% των εκπομπών καθώς και 172,4 εκ. € ή περίπου 18% του κόστους μεταφοράς, εκ των οποίων τα 49,8 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών.

Πίνακας 5.7: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Commercial Trains”.

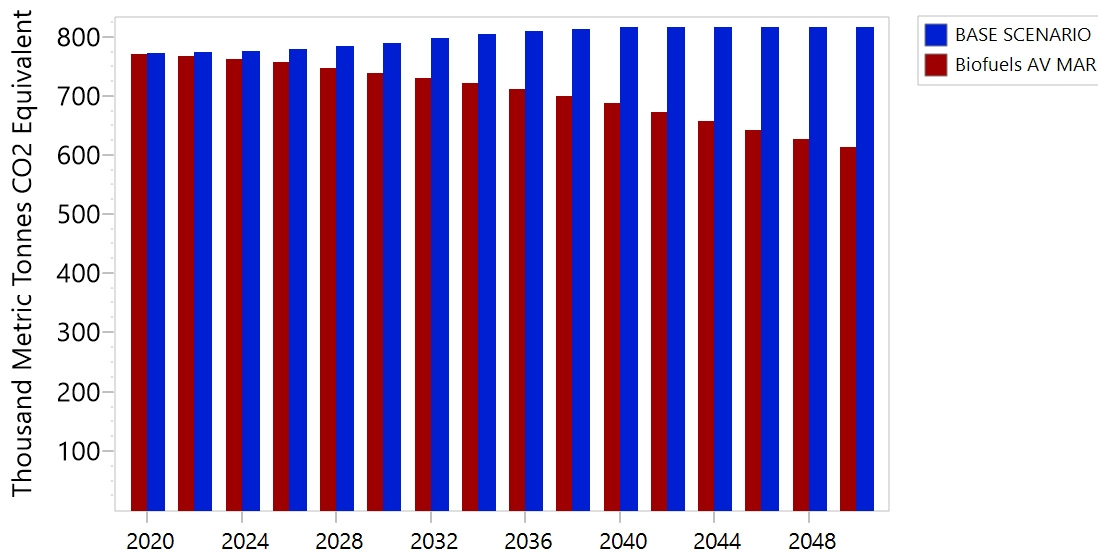
Scenario: COMERCIAL TRAINS, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent															
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total	
Production	-	-	-	-	-	-	-	104.5	71.3	34.9	2.9	448.8	-	662.3	
Imports	-	161.8	2,825.7	121.1	1,786.1	298.9	250.7	-	-	-	-	-	16.4	5,460.6	
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total Primary Supply	-	161.8	2,825.7	121.1	1,786.1	298.9	250.7	104.5	71.3	34.9	2.9	448.8	16.4	6,122.9	
ELECTRICITY PRODUCTION	299.4	-161.8	-	-	-	-6.9	-	-104.5	-71.3	-34.9	-2.9	-21.2	-	-104.0	
TR LOSS	-18.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-18.0	
Total Transformation	281.4	-161.8	-	-	-	-6.9	-	-104.5	-71.3	-34.9	-2.9	-21.2	-	-122.0	
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRANSPORTATION	281.4	-	2,825.7	121.1	1,786.1	292.1	250.7	-	-	-	-	427.6	16.4	6,000.9	
Total Demand	281.4	-	2,825.7	121.1	1,786.1	292.1	250.7	-	-	-	-	427.6	16.4	6,000.9	
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	

Τέλος, από το ενεργειακό ισοζύγιο διαφαίνεται οικονομία κατά 15,7% στο πετρέλαιο και 2,7% στη βενζίνη, κάτι που είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι τα φορτηγά, ειδικά αυτά που διανύουν μεγάλες αποστάσεις, είναι όπως έχει ήδη εξηγηθεί, πετρελαιοκίνητα.

5.7 Αποτελέσματα Σεναρίου “Biofuels AV MAR”.

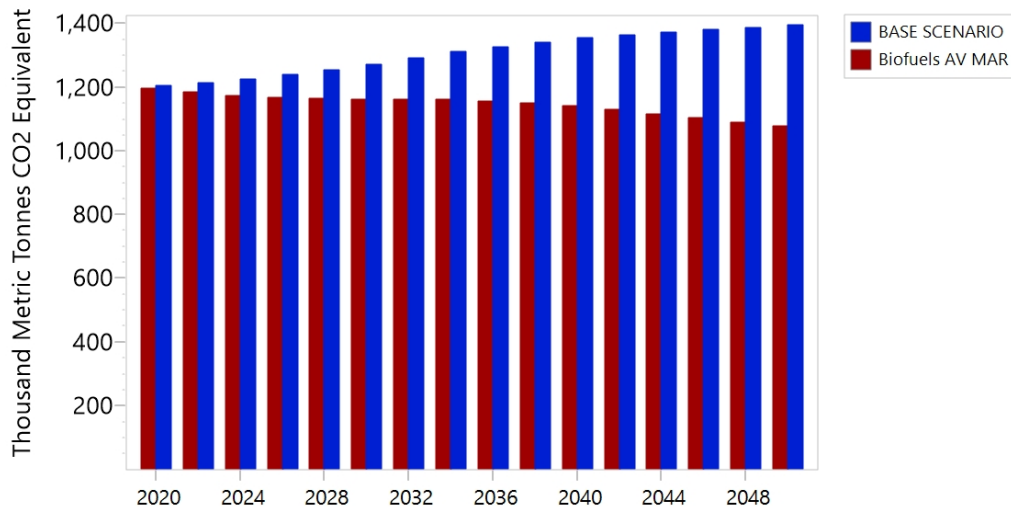
Το σενάριο αυτό αφορά τη χρήση βιοκαυσίμων στην αεροπορία και τη ναυτιλία. Η ενεργειακές απαιτήσεις σε αυτό το σενάριο δεν θα μεταβληθούν, αφού οι τεχνολογίες και τα μέσα μεταφοράς δεν μεταβάλλονται. Στόχος των βιοκαυσίμων είναι κυρίως η μείωση εκπομπών.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Der All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



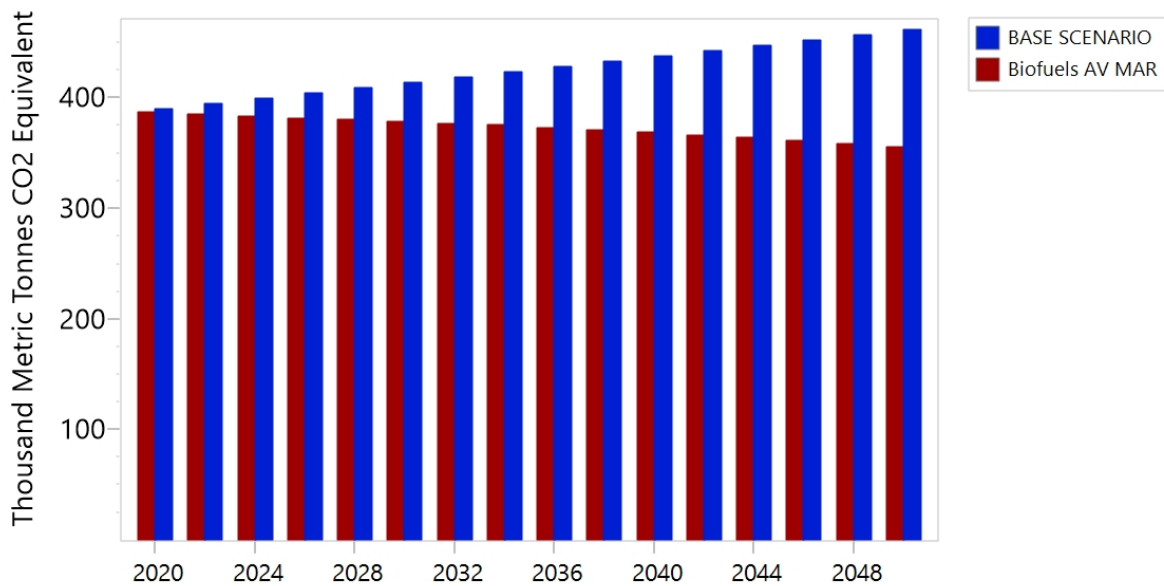
Διάγραμμα 5.27: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών αεροπλάνων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Demand
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



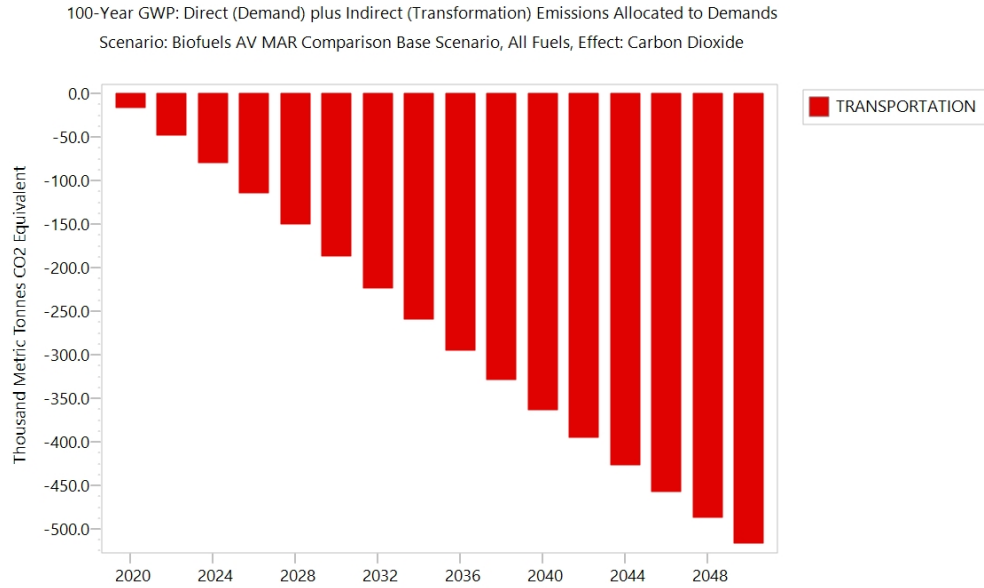
Διάγραμμα 5.28: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών επιβατικών πλοίων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Demand
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



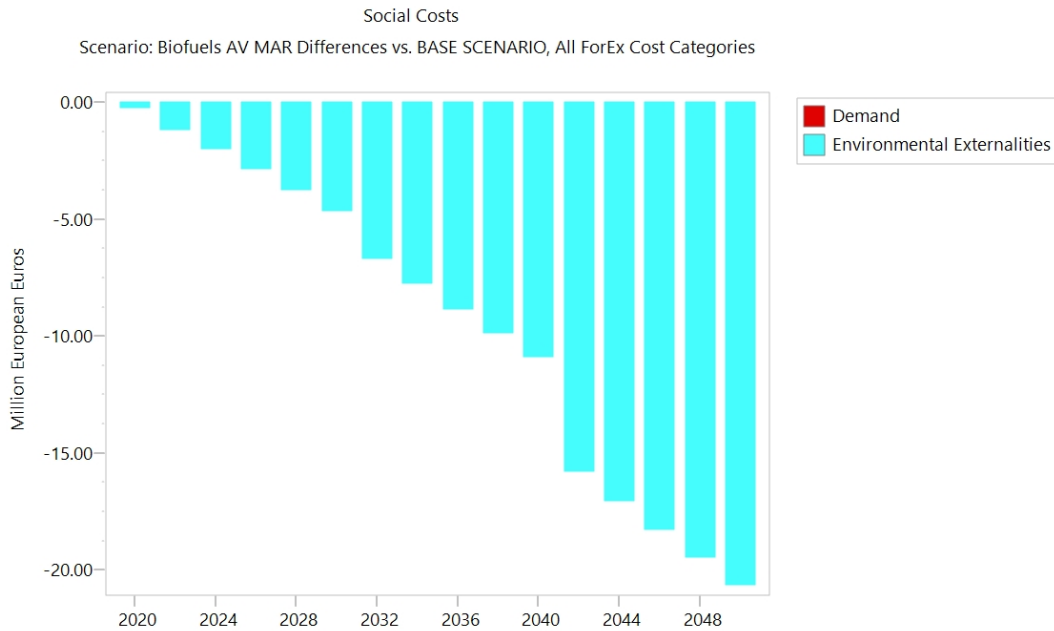
Διάγραμμα 5.29: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών εμπορικών πλοίων των σεναρίων “Biofuels AV MAR” και “Base Scenario”.

Παρατηρείται αισθητή μείωση στους εκπεμπόμενους ρύπους. Σε αντιδιαστολή με το Base Scenario, στην αεροπορία οι ρύποι μειώνονται κατά περίπου 25% ενώ στη ναυτιλία το αντίστοιχο ποσοστό ανέρχεται σε περίπου 23% για το 2050.



Διάγραμμα 5.30: Οι συνολικές εκπομπές του συστήματος μεταφορών που αποφεύγονται στο σενάριο “Biofuels AV MAR”.

Στο τελικό διαφορικό διάγραμμα ανωτέρω είναι ορατή η σταθερά αυξανόμενη τάση μείωσης των εκπομπών που το 2050 ανέρχονται σε 515,9 χιλ. τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή 2,93% των συνολικών ρύπων του τομέα μεταφορών. Το ποσοστό αυτό είναι λογικό αφού το σενάριο αυτό επιδρά μόνον στην αεροπορία και τη ναυτιλία.



Διάγραμμα 5.31: Τα κόστη που εξοικονομούνται στον σενάριο “Biofuels AV MAR”

Τα εξοικονομούμενα κόστη αφορούν αποκλειστικά σε κόστη εκπομπών, αφού είναι και η μόνη παράμετρος που επηρεάζει το σενάριο αυτό. Για την καλύτερη εποπτεία τους έγινε ξανά χρήση διαφορικού διαγράμματος. Η εξοικονόμηση στο κόστος εξαγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ανέρχεται το 2050 σε 20,6 εκ. € που αντιστοιχεί σε περίπου 3% των συνολικών κεφαλαίων που δαπανώνται σε δικαιώματα εκπομπών συνολικά.

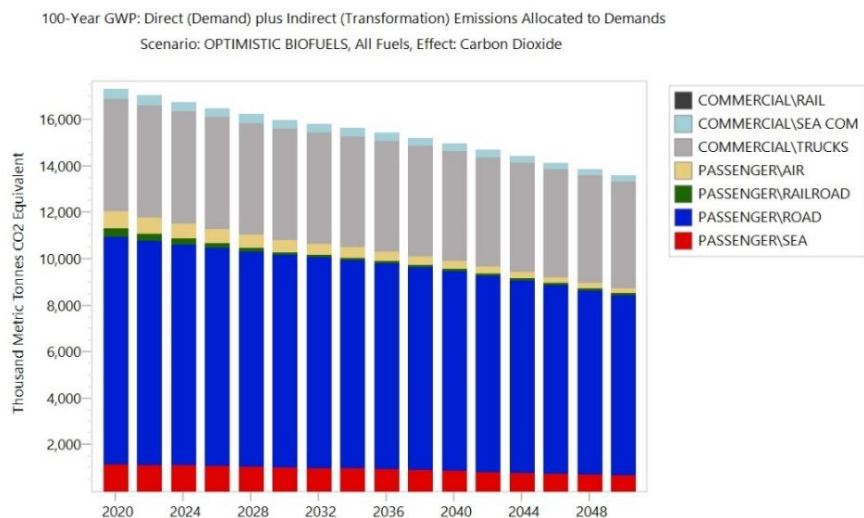
Πίνακας 5.8: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Biofuels AV MAR”.

Scenario: Biofuels AV MAR, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent															
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total	
Production	-	-	-	-	-	-	-	65.4	44.6	21.8	1.8	651.6	-	785.3	
Imports	-	101.3	2,903.2	90.8	2,042.9	236.3	250.7	-	-	-	-	-	16.4	5,641.5	
Exports	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total Primary Supply	0.0	101.3	2,903.2	90.8	2,042.9	236.3	250.7	65.4	44.6	21.8	1.8	651.6	16.4	6,426.8	
ELECTRICITY PRODUCTION	187.4	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-65.1	
TR LOSS	-11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-11.2	
Total Transformation	176.1	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-76.4	
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRANSPORTATION	176.1	-	2,903.2	90.8	2,042.9	232.0	250.7	-	-	-	-	-	638.3	16.4	6,350.4
Total Demand	176.1	-	2,903.2	90.8	2,042.9	232.0	250.7	-	-	-	-	-	638.3	16.4	6,350.4
Unmet Requirements	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Τέλος, από το ενεργειακό ισοζύγιο φαίνεται μείωση στην κατανάλωση κηροζίνης κατά περίπου 25%, του πετρελαίου κατά περίπου 4% και του μαζούτ κατά περίπου 20%. Τα μέρη αυτά των καυσίμων αντικαταστάθηκαν από βιοκαύσιμα, προερχόμενα από βιομάζα, η χρήση της οποίας αυξήθηκε κατά 34%, συγκριτικά με το “Base Scenario”.

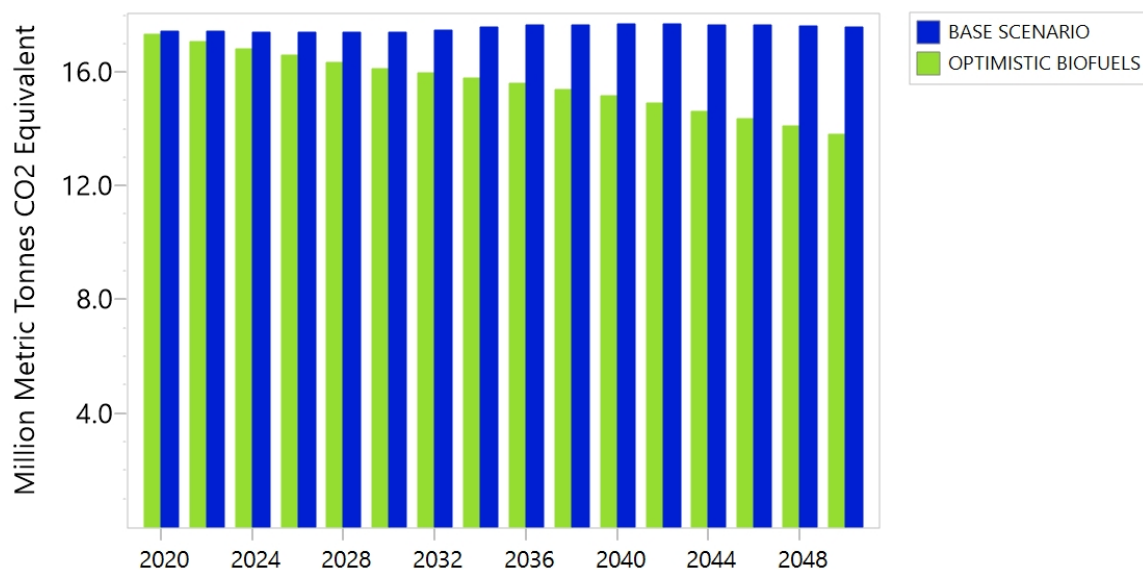
5.8 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Biofuels”.

Πρόκειται για άλλο ένα σενάριο βιοκαυσίμων που προβλέπει μεγιστοποίηση της διείσδυσης τους σε όλα τα μέσα μεταφοράς, σύμφωνα με αυτά που έχουν ήδη αναλυθεί στην ενότητα 4.9. Όπως στο προηγούμενο σενάριο, έτσι και σε αυτό δεν υπάρχουν μεταβολές στην ζήτηση ενέργειας του ενεργειακού συστήματος μεταφορών της χώρας αλλά μόνον στις εκπομπές.



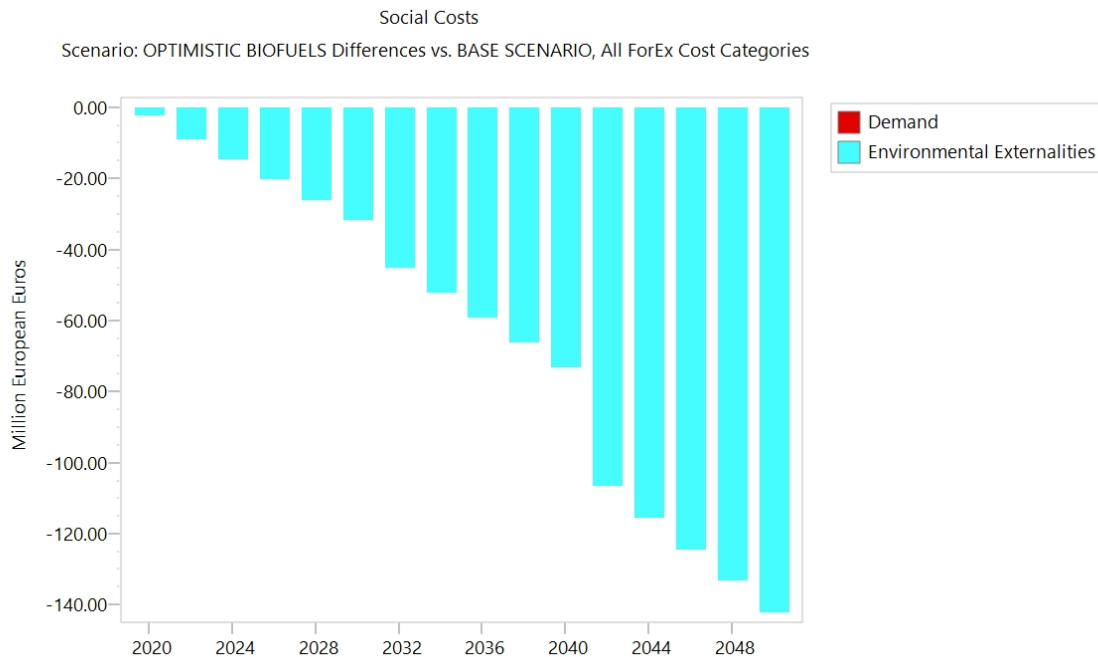
Διάγραμμα 5.32: Αναλυτικό διάγραμμα εκπομπών του σεναρίου “Optimistic Biofuels”.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Dem
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



Διάγραμμα 5.33: Συγκριτική απεικόνιση των παραγόμενων εκπομπών των σεναρίων “Optimistic Biofuels” και “Base Scenario”.

Στις εκπομπές παρατηρείται, όπως αναμενόταν, μείωση. Από την αναλυτική απεικόνιση ανωτέρω διαφαίνεται πως η μείωση αυτή αφορά, ως απόλυτος αριθμός, κυρίως τις επιβατικές οδικές μεταφορές, κάτι που ήταν επίσης αναμενόμενο αφού αυτές οφείλονται για το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών εκπομπών του συστήματος μεταφορών της χώρας. Μείωση ωστόσο παρατηρείται και στις εκπομπές των φορτηγών, των πλοίων και των αεροπλάνων αφού η χρήση των βιοκαυσίμων επεκτείνεται και σε αυτά. Συγκεκριμένα, για το έτος 2050, στο σενάριο αυτό: Οι εκπομπές των επιβατικών οδικών μεταφορών μειώθηκαν κατά 1,5 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 16,1%, οι εκπομπές των φορτηγών κατά 940 χιλ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 16,9%, οι εκπομπές των αερομεταφορών κατά 179,3 χιλ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 50% και οι εκπομπές των θαλάσσιων μεταφορών κατά 934,1 χιλ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 50,3%. Τέλος, οι συνολική αποφυγή εκπομπών ανέρχεται σε περίπου 5.5 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 20,5% του συνόλου των εκπομπών του τομέα των μεταφορών.



Διάγραμμα 5.34: Κόστη που εξοικονομήθηκαν στο σενάριο "Optimistic Biofuels".

Όπως στο προηγούμενο σενάριο, τα εξοικονομηθέντα κόστη αφορούν σε δικαιώματα των εκπομπών που αποφεύχθηκαν χάρη στη χρήση βιοκαυσίμων. Το 2050, η εξοικονόμηση του σεναρίου αυτό έφθασε τα 141,8 εκ. € που αποτελούν περίπου το 21% της συνολικής δαπάνης για δικαιώματα εκπομπών.

Πίνακας 5.9: Το ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Optimistic Biofuels".

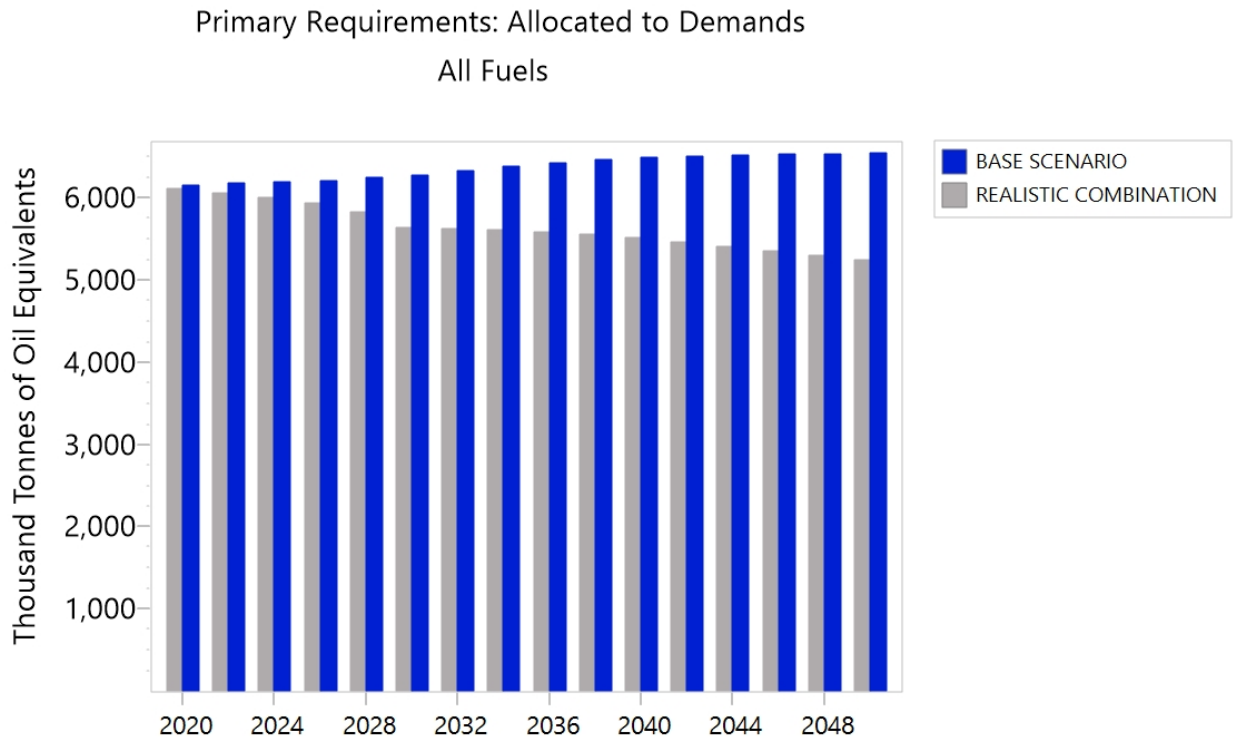
Scenario: OPTIMISTIC BIOFUELS, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	65.4	44.6	21.8	1.8	1,668.5	-	1,802.1
Imports	-	101.3	2,379.7	60.5	1,703.9	112.2	250.7	-	-	-	-	-	16.4	4,624.6
Exports	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	0.0	101.3	2,379.7	60.5	1,703.9	112.2	250.7	65.4	44.6	21.8	1.8	1,668.5	16.4	6,426.8
ELECTRICITY PRODUCTION	187.4	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-65.1
TR LOSS	-11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-11.2
Total Transformation	176.1	-101.3	-	-	-	-4.3	-	-65.4	-44.6	-21.8	-1.8	-13.3	-	-76.4
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	176.1	-	2,379.7	60.5	1,703.9	107.9	250.7	-	-	-	-	1,655.2	16.4	6,350.4
Total Demand	176.1	-	2,379.7	60.5	1,703.9	107.9	250.7	-	-	-	-	1,655.2	16.4	6,350.4
Unmet Requirements	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-

Η χρήση βιοκαυσίμων μειώνει τη χρήση συμβατικών καυσίμων αφού αναμιγνύονται με αυτά και αντικαθιστούν μέρος τους. Από το παραπάνω ενεργειακό ισοζύγιο προκύπτει για το έτος 2050 πως η χρήση ορυκτών καυσίμων φτάνει να μειώνεται κατά 1.183,5 ktoe ή κατά περίπου

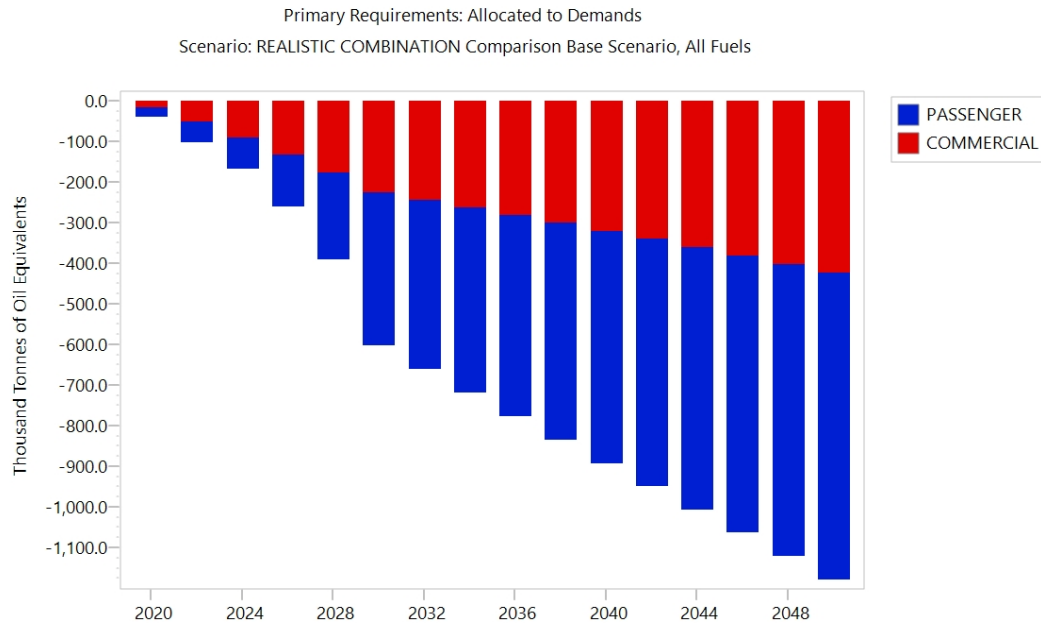
20,3%. Η ενέργεια αυτή παρέχεται πλέον από τα βιοκαύσιμα, η χρήση των οποίων αυξάνεται κατά 3,5 περίπου φορές.

5.9 Αποτελέσματα Σεναρίου “Realistic Combination”.

Το σενάριο αυτό προβλέπει τη συνδυαστική εφαρμογή των σεναρίων “Electrification”, “Metro Public Transport”, “Commercial Trains” και “Biofuels AV MAR”, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάστηκαν αναλυτικά προηγουμένως. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα συνολικά τελικά αποτελέσματα του συνδυασμού των σεναρίων αυτών.



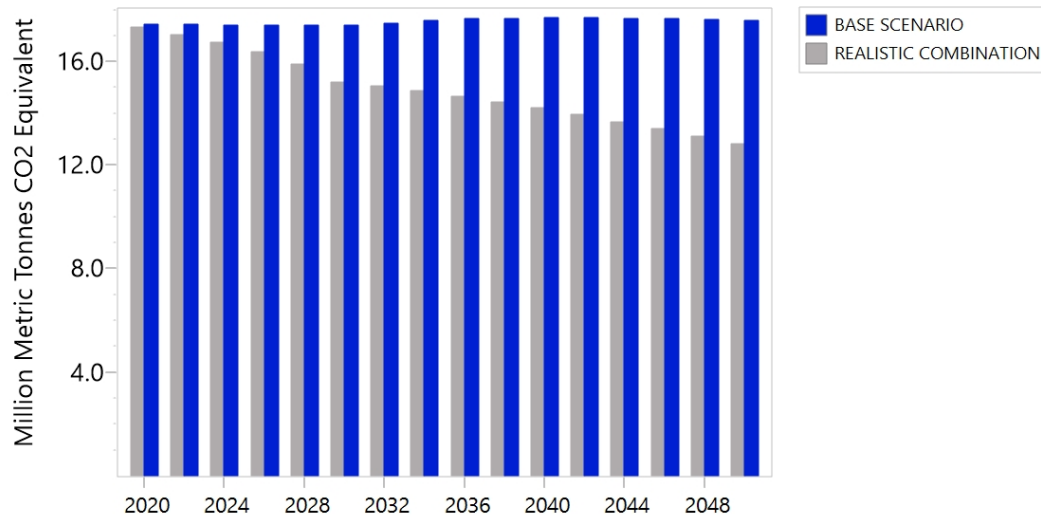
Διάγραμμα 5.35: Συγκριτική απεικόνιση ενεργειακών απαιτήσεων του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.



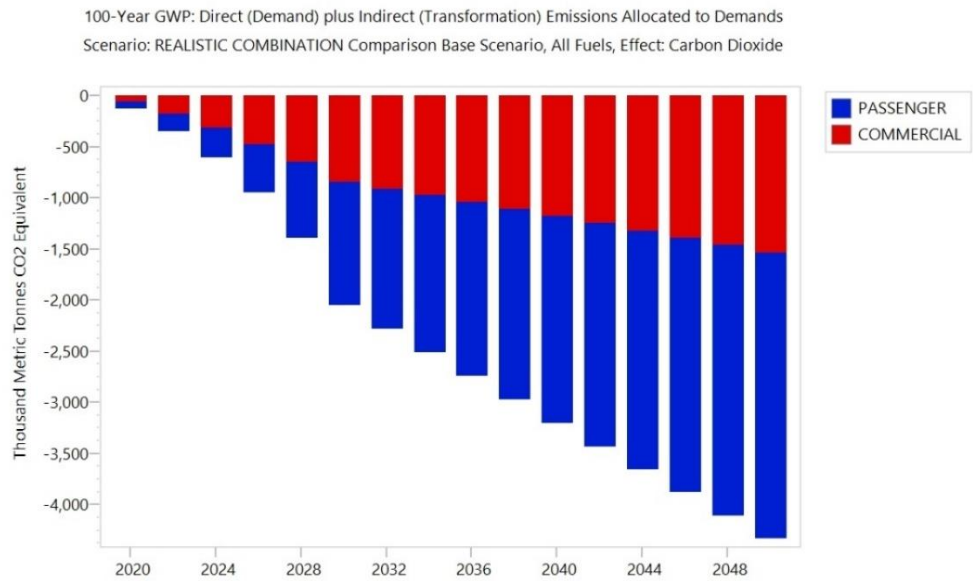
Διάγραμμα 5.36: Εξέλιξη της εξοικονομούμενης ενέργειας στο συνδυαστικό σενάριο "Realistic Combination".

Το σενάριο "Realistic Combination" φθάνει να εξοικονομεί το έτος 2050 σε σχέση με το "Base Scenario": 754,7 κτοε ή 17,75% στις επιβατικές μεταφορές, 422,3 ή 19,41% στις εμπορικές μεταφορές και συνολικά 1177 κτοε ή 18,31%.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Der
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide

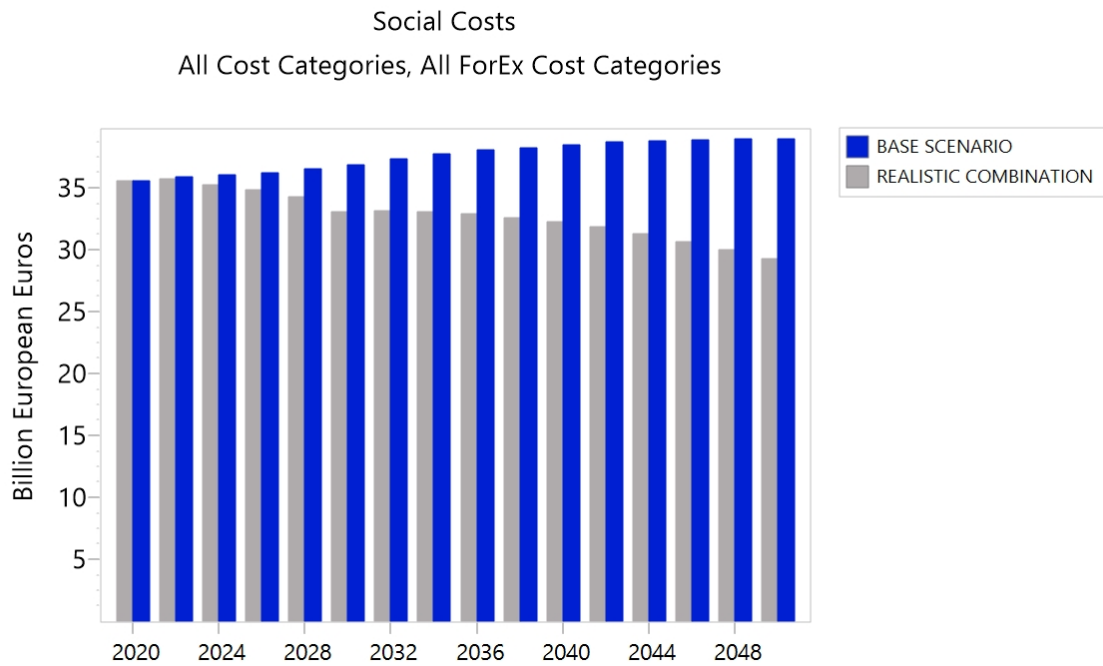


Διάγραμμα 5.37: Συγκριτική απεικόνιση εκπομπών του συνδυαστικού σεναρίου "Realistic Combination".

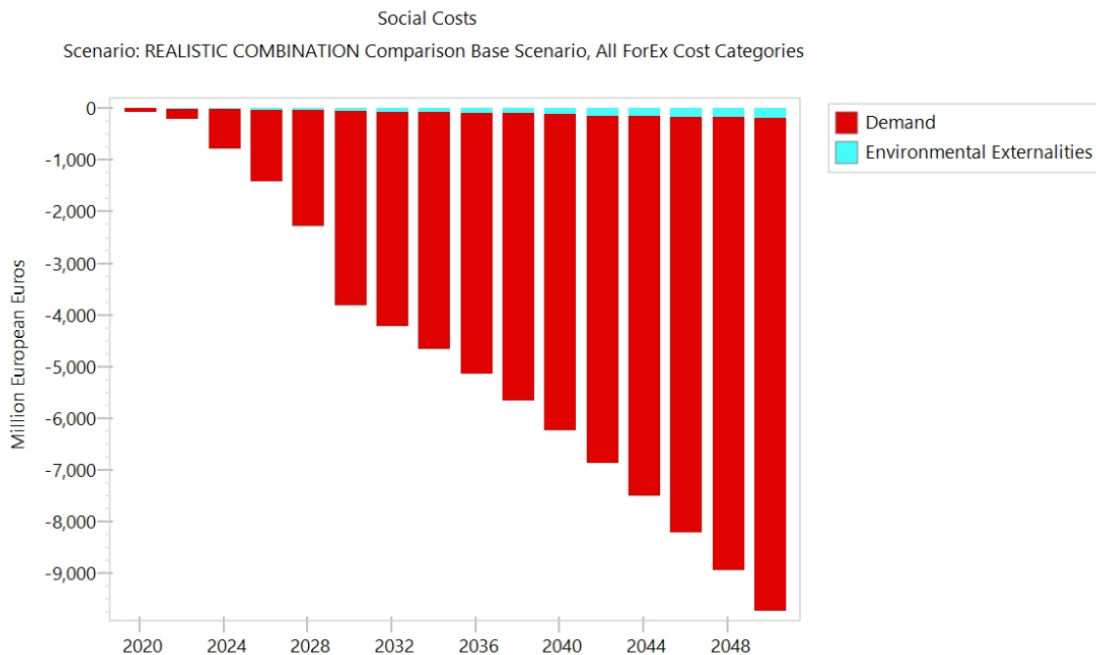


Διάγραμμα 5.38: Εξέλιξη των εκπομπών που αποφεύγονται στο συνδυαστικό σενάριο “Realistic Combination”.

Η αποφυγή εκπομπών, για το έτος 2050, ανέρχεται σε 2,8 εκ. και 1,5 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για τις επιβατικές και εμπορικές μεταφορές αντίστοιχα. Σε μορφή ποσοστού, είναι 25,2 % και 25% αντίστοιχα. Η συνολική εξοικονόμηση ανέρχεται σε 4,3 εκ μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 25,1%.



Διάγραμμα 5.39: Συγκριτική απεικόνιση κόστους του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.



Διάγραμμα 5.40: Τα εξοικονομηθέντα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Realistic Combination”.

Το σενάριο αυτό εξοικονομεί συνολικά 9,7 Δις. € ή περίπου 24,87%. Εξ αυτών, τα 186,4 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών, ενώ αντιστοιχούν σε 27,6% εξοικονόμηση επί του συνολικού κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών.

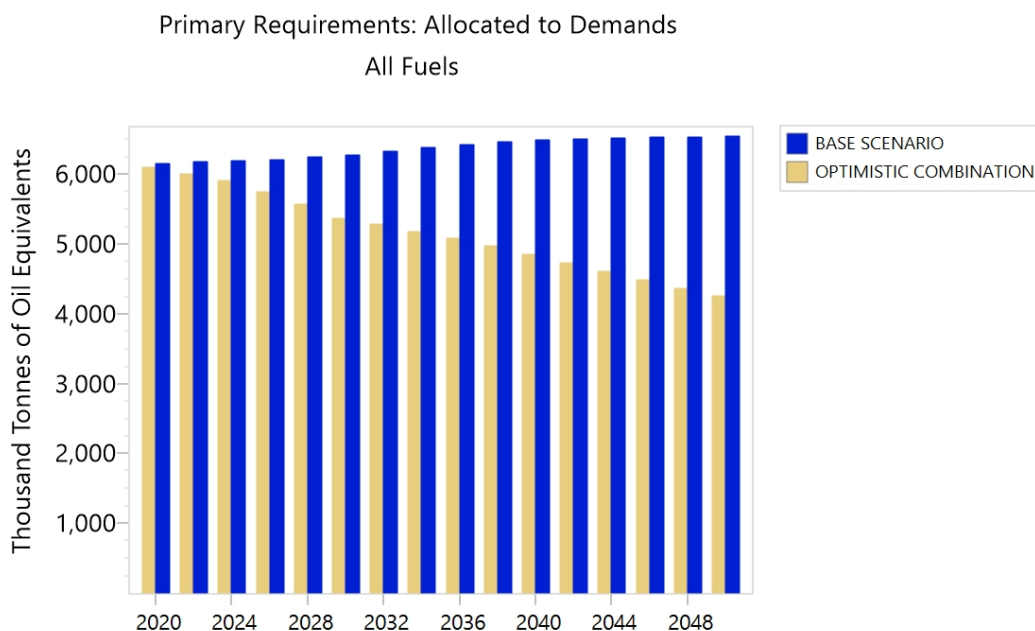
Πίνακας 5.10: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου “Realistic Combination”.

Scenario: REALISTIC COMBINATION, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent															
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total	
Production	-	-	-	-	-	-	-	153.8	104.9	51.4	4.3	562.5	-	876.9	
Imports	0.0	238.2	1,959.4	201.8	1,535.8	242.1	177.4	-	-	-	-	-	18.2	4,372.9	
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total Primary Supply	0.0	238.2	1,959.4	201.8	1,535.8	242.1	177.4	153.8	104.9	51.4	4.3	562.5	18.2	5,249.8	
ELECTRICITY PRODUCTION	440.8	-238.2	-	-	-	-10.1	-	-153.8	-104.9	-51.4	-4.3	-31.2	-	-153.2	
TR LOSS	-26.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-26.4	
Total Transformation	414.3	-238.2	-	-	-	-10.1	-	-153.8	-104.9	-51.4	-4.3	-31.2	-	-179.6	
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRANSPORTATION	414.3	-	1,959.4	201.8	1,535.8	232.0	177.4	-	-	-	-	531.3	18.2	5,070.2	
Total Demand	414.3	-	1,959.4	201.8	1,535.8	232.0	177.4	-	-	-	-	531.3	18.2	5,070.2	
Unmet Requirements	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

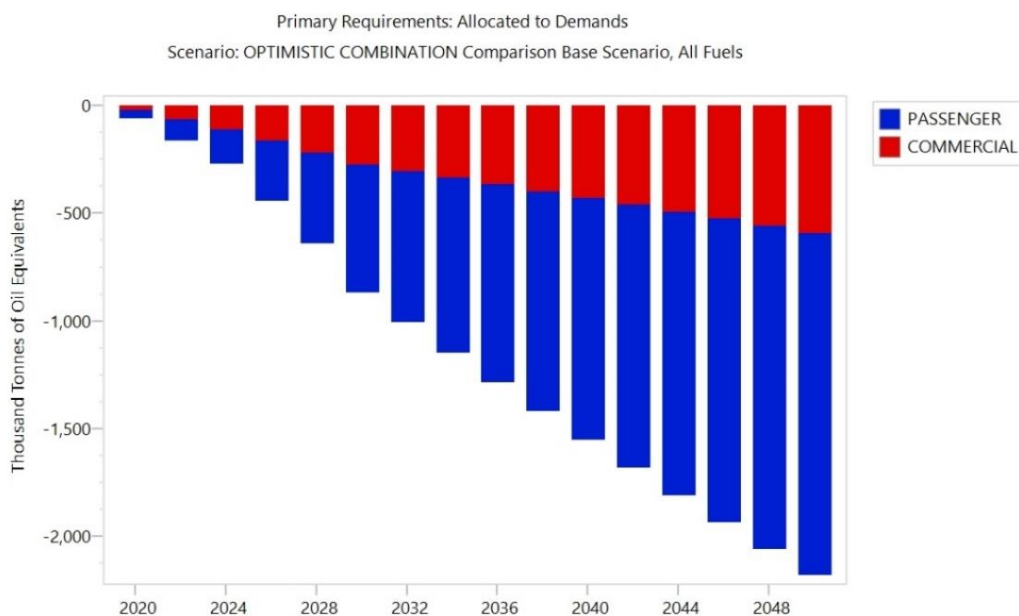
Από το παραπάνω ενεργειακό ισοζύγιο προκύπτει μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων κατά 1.435,2 κτοε ή 24,7%.

5.10 Αποτελέσματα Σεναρίου “Optimistic Combination”.

Το σενάριο αυτό εξετάζει την ταυτόχρονη εφαρμογή των σεναρίων “Optimistic Electrification”, “Optimistic Public Transport”, “Optimistic Biofuels” και “Commercial Trains” που έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά προηγουμένως. Αποτελεί το πιο φιλόδοξο συνδυαστικό σενάριο προς διερεύνηση.



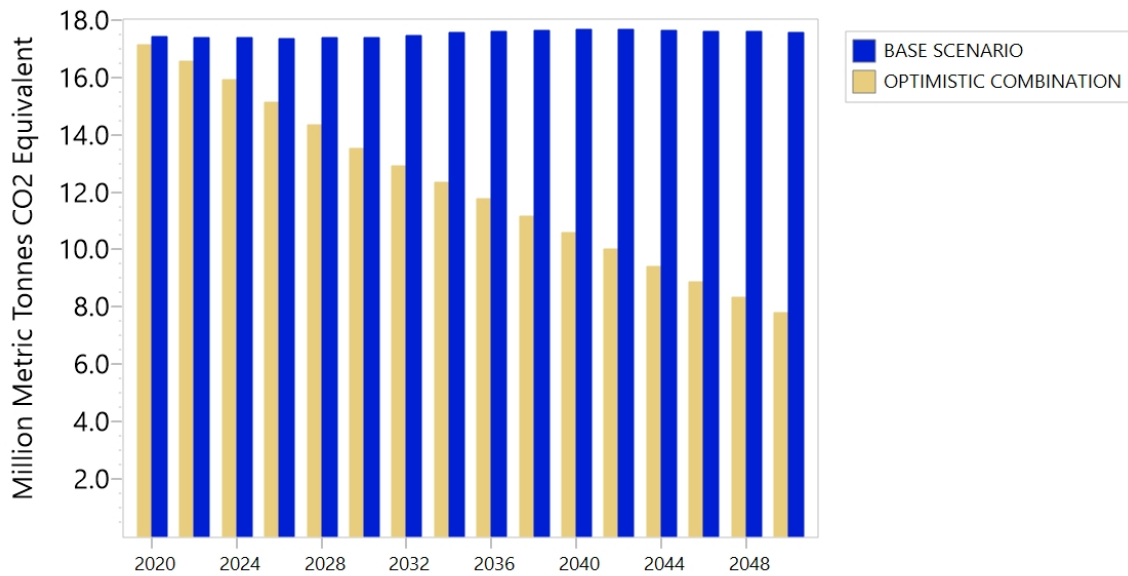
Διάγραμμα 5.41: Συγκριτική απεικόνιση ενεργειακών απαιτήσεων του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.



Διάγραμμα 5.42: Εξέλιξη της εξοικονομούμενης ενέργειας στο συνδυαστικό σενάριο “Optimistic Combination”.

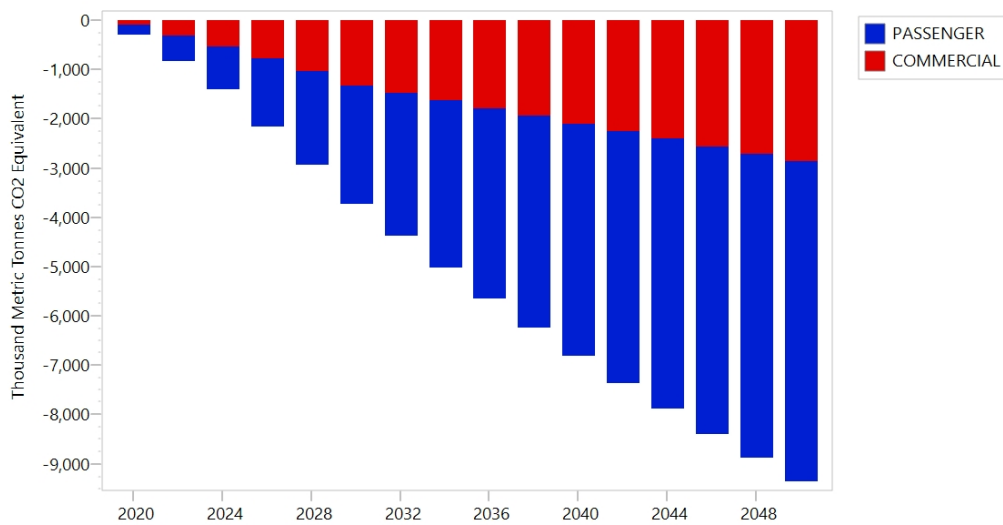
Η εξοικονόμηση σε σχέση με το Base Scenario φθάνει, το έτος 2050, τους 1.583 κτοε ή 37,24% στις επιβατικές μεταφορές, τους 593 κτοε ή 27,25% στις εμπορικές μεταφορές και συνολικά, 2.176 κτοε ή 33,85%.

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Demands
All Fuels, Effect: Carbon Dioxide



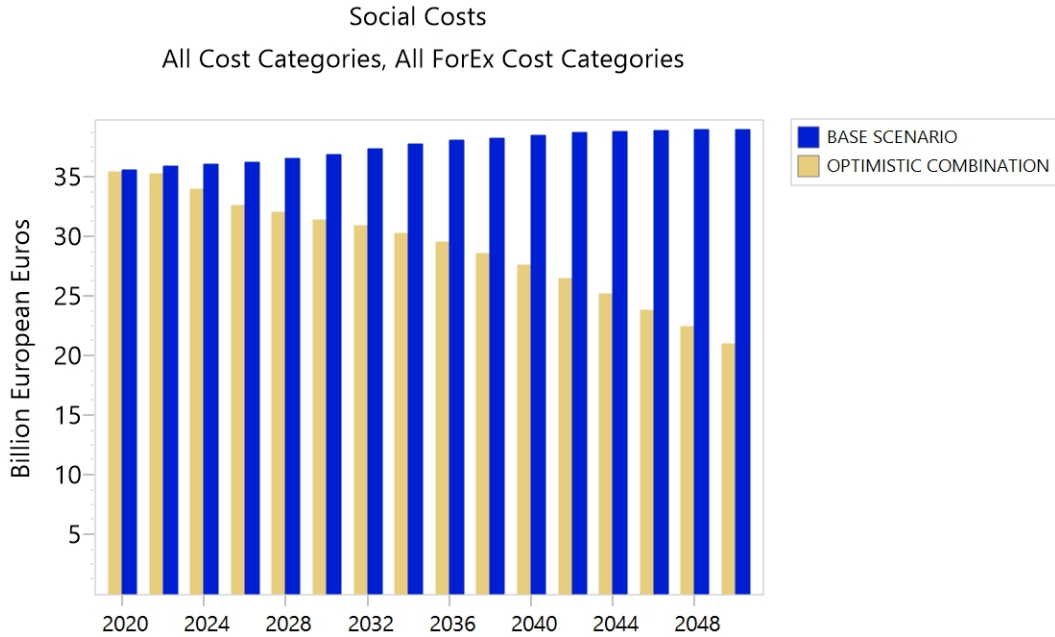
Διάγραμμα 5.43: Συγκριτική απεικόνιση εκπομπών του συνδυαστικού σεναρίου "Optimistic Combination".

100-Year GWP: Direct (Demand) plus Indirect (Transformation) Emissions Allocated to Demands
Scenario: OPTIMISTIC COMBINATION Comparison Base Scenario, All Fuels, Effect: Carbon Dioxide

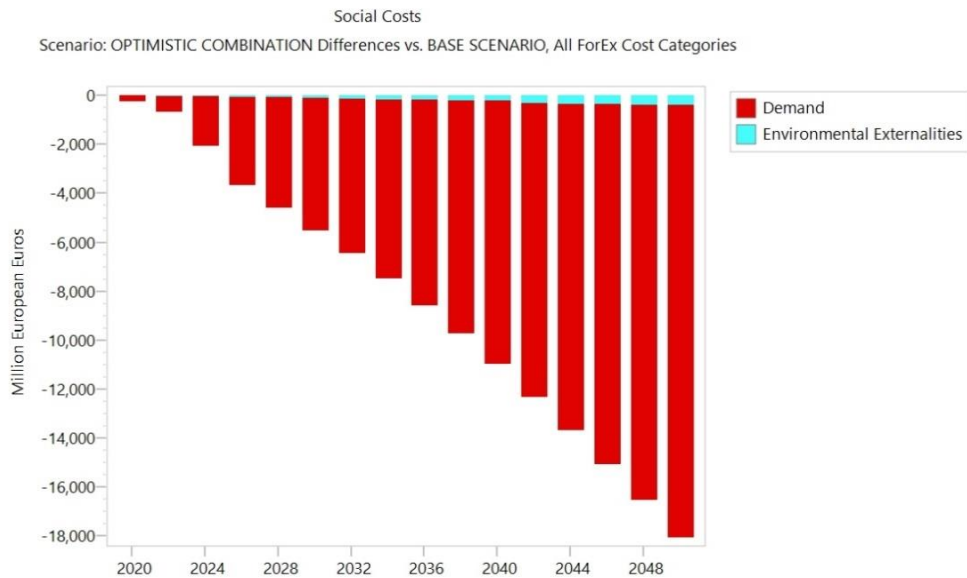


Διάγραμμα 5.44: Εξέλιξη των εκπομπών που αποφεύγονται στο συνδυαστικό σενάριο "Optimistic Combination".

Το σενάριο “Optimistic Combination” οδηγεί σε μείωση εκπομπών, για το έτος 2050, κατά 6,9 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή 58,7% για τις επιβατικές μεταφορές και 2,9 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή 45,7% για τις εμπορευματικές μεταφορές. Το σύνολο της εξοικονόμησης ανέρχεται σε 10,9 εκ. μετρικούς τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ή περίπου 56%.



Διάγραμμα 5.45: Τα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.



Διάγραμμα 5.46: Τα εξοικονομηθέντα κόστη του συνδυαστικού σεναρίου “Optimistic Combination”.

Οι συνολικές οικονομικές επιβαρύνσεις που εξοικονομούνται από το σενάριο αυτό ανέρχονται, για το έτος 2050, σε 18 Δις. € ή 46,15%. Από αυτά, τα 400,8 εκ. € αφορούν κόστη εκπομπών τα οποία, ως εκ τούτου, μειώνονται κατά 59,31%.

Πίνακας 5.11: Ενεργειακό ισοζύγιο του έτους 2050 του σεναρίου "Optimistic Combination".

Scenario: OPTIMISTIC COMBINATION, Year: 2050, Units: Thousand Tonnes of Oil Equivalent														
	Electricity	Natural Gas	Gasoline	Jet Kerosene	Diesel	Residual Fuel Oil	LPG	Wind	Solar	Hydro	Geothermal	Biomass	CNG	Total
Production	-	-	-	-	-	-	-	243.7	166.2	81.4	6.8	1,049.5	-	1,547.6
Imports	-	377.4	917.8	134.5	993.6	124.0	147.2	-	-	-	-	-	8.5	2,703.0
Exports	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
From Stock Change	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Primary Supply	-	377.4	917.8	134.5	993.6	124.0	147.2	243.7	166.2	81.4	6.8	1,049.5	8.5	4,250.7
ELECTRICITY PRODUCTION	698.4	-377.4	-	-	-	-16.1	-	-243.7	-166.2	-81.4	-6.8	-49.5	-	-242.7
TR LOSS	-41.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-41.9
Total Transformation	656.5	-377.4	-	-	-	-16.1	-	-243.7	-166.2	-81.4	-6.8	-49.5	-	-284.6
Statistical Differences	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTATION	656.5	-	917.8	134.5	993.6	107.9	147.2	-	-	-	-	1,000.0	8.5	3,966.0
Total Demand	656.5	-	917.8	134.5	993.6	107.9	147.2	-	-	-	-	1,000.0	8.5	3,966.0
Unmet Requirements	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Από το ενεργειακό ισοζύγιο προκύπτει το έτος 2050 εξοικονόμηση 3.246,5 ktoe ορυκτών καυσίμων που αντιστοιχεί σε μείωση περίπου 55% συγκριτικά με το Base Scenario.

5.11 Σύνοψη και Αξιολόγηση της Οικονομικής Βιωσιμότητας των Σεναρίων.

Όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 το LEAP, εκτός από τη δυνατότητα ανάλυσης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων που πραγματεύτηκαν προηγουμένως, παρέχει συνόψεις των συνολικών οικονομικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων κάθε σεναρίου. Από τις συνόψεις αυτές εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα και την οικονομική βιωσιμότητα των σεναρίων ενώ, παράλληλα, τα κάνουν εύκολα συγκρίσιμα μεταξύ τους. Το Base Scenario έχει συγκριθεί με το σενάριο απραξίας "BaU" (Business as Usual) ενώ τα υπόλοιπα έχουν συγκριθεί με το "Base Scenario", αφού είναι βασισμένα πάνω σε αυτό.

Πίνακας 5.12: Σύνοψη όλων των σεναρίων / Cost – Benefit Analysis

Σενάριο	BASE SCENARIO (Vs. BaU)	ELECTRIFICATION	OPTIMISTIC COMBINATION	REALISTIC COMBINATION	OPTIMISTIC ELECTRIFICATION	OPTIMISTIC PUBLIC TRANSPORT	OPTIMISTIC BIOFUELS	Biofuels AV MAR	METRO PUBLIC TRANSPORT	COMERCIAL TRAINS
Ζήτηση	12.2	-67.7	-249.4	-139.4	-105.8	-163.1	-	-	-75.5	-2.5
Μεταφορές	12.2	-67.7	-249.4	-139.4	-105.8	-163.1	-	-	-75.5	-2.5
Μετατροπή Ενέργειας	0.9	2.8	8.5	4.9	7.6	-0.2	-	-	-0.3	2.6
Απώλειες Μ/ρας & Δ/μης	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ηλεκτροπαραγωγή	0.9	2.8	8.5	4.9	7.6	-0.2	-	-	-0.3	2.6
Άλλα Κόστη										
Ανεκλήρωτες Απαιτήσεις	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Περιβαλλοντικά Κόστη (Εκπομπών)	-0.8	-1.2	-5.7	-2.8	-2.4	-1.5	-2.1	-0.3	-0.7	-0.7
Μη Ενεργειακοί Τομείς	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Καθαρή Παρούσα Αξία (Δις. €)	12.3	-66.1	-246.6	-137.4	-100.6	-164.8	-2.1	-0.3	-76.4	-0.6
Εξοικονόμηση Εκπομπών (εκ. τόνοι CO ₂)	23.2	36.9	168.3	86.0	72.6	47.9	53.7	8.7	21.8	22.6
Κόστος Εξοικονομηθέντων Εκπομπών (€/τόνο CO ₂)	529.7	-1,794.2	-1,465.1	-1,597.5	-1,385.7	-3,443.8	-38.5	-38.4	-3,508.3	-28.2

Από τον ανωτέρω πίνακα, για κάθε σενάριο συνολικά, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Base Scenario: Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει δράσεις απαραίτητες για τον ενεργειακό σύστημα της χώρας. Ωστόσο ο βαθμός διεύθυνσης τους φαίνεται να είναι ανεπαρκής διότι, παρά το γεγονός ότι εξοικονομούνται 23,2 εκ. τόνοι εκπομπών, αυτό γίνεται με κόστος 529,70 €/τόνο. Κάτι τέτοιο δεν εξασφαλίζει την οικονομική βιωσιμότητα του σεναρίου.

Electrification: Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα του σεναρίου εξηλεκτρισμού κάνει τα οφέλη της στοχευμένης υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης σαφή. Συγκεκριμένα, εξοικονομεί 36,9 εκ. τόνους εκπομπών ενώ παράλληλα για κάθε τόνο εκπομπών που αποφεύγεται αποκομίζεται και οικονομικό όφελος 1.794,20 €.

Optimistic Electrification: Η αποφασιστική και αυξημένη διεύθυνση των ηλεκτρικών οχημάτων εξοικονομεί ακόμα περισσότερες εκπομπές. Η εξοικονόμηση εκπομπών ανέρχεται σε 72,6 εκ τόνους και το όφελος για κάθε εξοικονομούμενο τόνο φθάνει τα 1.385,70 €.

Metro Public Transport: Η χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς είναι ευρέως γνωστό ότι είναι ευεργετική για το περιβάλλον και ότι οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του κόστους μετακίνησης, ιδιαίτερα το μετρό που παράλληλα διευκολύνει και επιταχύνει τις διαμπερείς μετακινήσεις εντός αστικού ιστού. Όπως είναι λοιπόν αναμενόμενο, το σενάριο παράδοσης έργων του μετρό σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη είναι ιδιαίτερα επικερδές. Εξοικονομούνται 21,8 εκ. τόνοι εκπομπών ενώ, για κάθε τόνο εκ αυτών, εξοικονομούνται επιπλέον και 3.508,30 €.

Optimistic Public Transport: Όμοια με το προηγούμενο σενάριο, η επιπλέον καθέρωση της χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς έχει επιπλέον οφέλη, με την εξοικονόμηση να φθάνει τους 47,9 εκ. τόνους εκπομπών, με επιπρόσθετο όφελος 3.443,80 € / τόνο.

Commercial Trains: Η μεταφορά εμπορευμάτων με τρένο, όπως έχει ήδη αναλυθεί, είναι αρκετά οικονομικότερη συγκριτικά με τη χρήση φορτηγών για το σκοπό αυτό. Η χρήση τους εξοικονομεί 22,6 εκ. τόνους εκπομπών και επιπλέον 28,2 € για κάθε τόνο που εξοικονομείται.

Biofuels AV MAR: Η χρήση βιοκαυσίμων συμβάλλει στη μείωση εκπομπών και την εξοικονόμηση στην κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων με τα οποία αναμειγνύεται. Στο σενάριο αυτό, η χρήση τους στις ακτοπλοϊκές και αεροπορικές μεταφορές επιφέρει μείωση εκπομπών κατά 8,7 εκ. τόνους, με επιπρόσθετο οικονομικό όφελος 38,40 € / τόνο.

Optimistic Biofuels: Η μεγιστοποίηση της χρήσης βιοκαυσίμων σε όλα τα μεταφορικά μέσα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση 53,7 εκ τόνων εκπομπών και επιπλέον 38,50 € για κάθε τόνο που εξοικονομείται.

Realistic Combination: Ο συνδυασμός των μετριοπαθών σεναρίων, όπως αυτός έχει αναλυθεί προηγουμένως, παρέχει μείωση εκπομπών κατά 86 εκ. τόνους και πρόσθετο όφελος για κάθε τόνο 1.597,50 €.

Optimistic Combination: Ο συνδυασμός των φιλόδοξων σεναρίων, σύμφωνα με τα προηγούμενα, έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση 168,3 εκ. τόνων εκπομπών με επιπλέον εξοικονόμηση 1.465,10 € / τόνο.

6. Συμπεράσματα και στόχοι για το Μέλλον – Επίλογος.

Όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική, πλην του “Base Scenario”, έχουν αρνητική Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ). Αυτό δηλώνει ότι είναι επικερδή και οικονομικά βιώσιμα. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τη διαπίστωση αυτή είναι ότι οι βασικές δράσεις από μόνες τους, παρόλο που είναι σημαντικές και οδηγούν σε μείωση εκπομπών, δεν είναι αρκετές για την εξασφάλιση μακροπρόθεσμης οικονομικής βιωσιμότητας του συστήματος μεταφορών. Πρέπει να ληφθεί μια σειρά μέτρων για τον περαιτέρω περιορισμό των εκπομπών και των δαπανών που σχετίζονται με τις μετακινήσεις. Δύο τέτοιες προτάσεις ολοκληρωμένων πολιτικών αντιπροσωπεύονται από τα συνδυαστικά σενάρια που εξετάστηκαν. Το σενάριο “Realistic Combination” αποτελεί τον συνδυασμό των πιο εύκολα εφαρμόσιμων και οικονομικά αποδοτικών δράσεων, που είναι και ο λόγος που το οικονομικό όφελος ανά εξοικονομημένο τόνο εκπομπών είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό του φιλόδοξου συνδυαστικού σεναρίου. Εκτός από αυτό το ειδικό όφελος όμως, ιδιαίτερη σημασία έχει και η καθαρή ποσότητα εκπομπών που εξοικονομείται. Στο διάστημα 2019-2050 που εκτελέστηκαν οι προσομοιώσεις, το σενάριο “Optimistic Combination” εξοικονόμησε διπλάσιες περίπου εκπομπές από ότι το “Realistic Combination”, ενώ το 2050 έφθασε να μειώσει τις εκπομπές κατά 56% σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς.

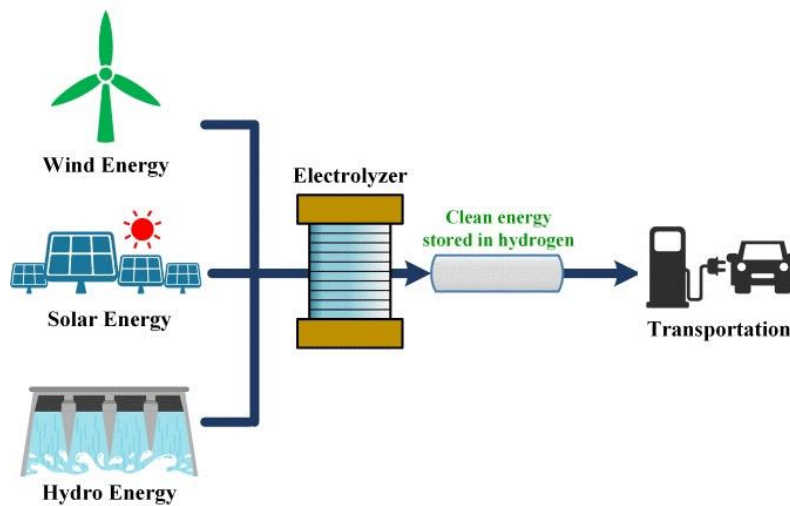
Οι στόχοι για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, γίνονται ολοένα και πιο φιλόδοξοι. Πρόσφατα ο στόχος μείωσης κατά 80% των εκπομπών το 2050, αναβαθμίστηκε σε κλιματική ουδετερότητα για το ίδιο έτος [62]. Δεδομένης της φιλοδοξίας των στόχων που τίθενται από τους αρμόδιους φορείς, αντίστοιχα φιλόδοξες θα πρέπει να είναι και περιβαλλοντικές πολιτικές της χώρας, προκειμένου να μπορέσει να ανταποκριθεί σε αυτούς και να μην έλθει αντιμέτωπη με συνέπειες, όπως για παράδειγμα αυξημένα κόστη εκπομπών. Από τα σενάρια που προσομοιώθηκαν, ακόμα και το πιο αισιόδοξο όλων δεν ήταν αρκετό για να ανταποκριθεί στους στόχους αυτούς. Αυτό καταδεικνύει την αναγκαιότητα για περαιτέρω προσπάθειες περιορισμού του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, με απώτερο στόχο κλιματικά ουδέτερες μετακινήσεις.

Μια στρατηγική που μπορεί να ακολουθηθεί είναι η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των υπάρχουσών τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο απαιτούνται μεγάλης κλίμακας επενδύσεις στην ανάπτυξη και βελτιστοποίησή τους με σκοπό την επίλυση των κυριότερων μειονεκτημάτων τους, όπως η περιορισμένη εμβέλεια και οι μεγάλοι χρόνοι φόρτισης που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια ενώ παράλληλα απαιτείται και αύξηση των διαθέσιμων σταθμών φόρτισης. Επιπλέον πρέπει να δοθούν κατάλληλα οικονομικά κίνητρα στους πολίτες για την υιοθέτησή τους, δεδομένου ότι αυτή τη στιγμή η αγορά ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι κατά μέσο όρο 70 % ακριβότερη από αυτή ενός αντίστοιχου βενζινοκινήτου. Προς αυτή την κατεύθυνση γίνονται ήδη προσπάθειες, με σκοπό την εξίσωση του κόστους απόκτησης συμβατικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων μέχρι το 2030 [63]. Αντίστοιχοι στόχοι πρέπει να τεθούν, πέραν των αυτοκινήτων, και για όλα τα υπόλοιπα τροχοφόρα οχήματα αφού αποτελούν, βάσει των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων, την κυριότερη πηγή ρύπων για τις μεταφορές της χώρας.

Εκτός από τη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των υπάρχουσών τεχνολογιών, είναι απαραίτητη η επέκταση και σε άλλες πιο καινοτόμες τεχνολογίες, για να μπορέσει μακροπρόθεσμα να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση η ακόμα και παύση της χρήσης ορυκτών

καυσίμων και σε άλλα μέσα μεταφορών, πέραν των οδικών. Μια τέτοια, πολλά υποσχόμενη, τεχνολογία είναι αυτή του υδρογόνου και των κυψελών καυσίμου (Fuel Cells). Το υδρογόνο παράγεται με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης του νερού. Τα μέσα που κινούνται με υδρογόνο έχουν ηλεκτρικό σύστημα κίνησης, αντί η ηλεκτρική ενέργεια όμως να αποθηκεύεται σε μπαταρίες, παράγεται σε κυψέλες καυσίμου με καύση υδρογόνου, αμέσως πριν την κατανάλωσή της από τους ηλεκτροκινητήρες. Το μοναδικό προϊόν της καύσης του υδρογόνου είναι το νερό, κάτι που το κάνει ένα καύσιμο ιδιαιτέρως φιλικό προς το περιβάλλον, υπό την προϋπόθεση ότι η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αξιοποιώντας πλεονάζουσα ισχύ σε περιόδους και ώρες χαμηλής ζήτησης δικτύου [64].

Η τεχνολογία του υδρογόνου, λόγω μεγαλύτερης εμβέλειας και ταχύτερου ανεφοδιασμού θα δώσει τη δυνατότητα και σε άλλα μέσα, που μέχρι πρότινος δεν ήταν τόσο πρακτικό, να γίνουν περιβαλλοντικά ουδέτερα όπως για παράδειγμα φορτηγά και λεωφορεία σε διαδρομές μεγάλων αποστάσεων η ακόμα και πλοία και αεροπλάνα.



Εικόνα 6.1: Σχηματικό διάγραμμα ροής της ενέργειας σε μορφή υδρογόνου ΠΗΓΗ: [Research Gate](#) (Επεξεργασμένη).



Εικόνα 6.2: Τεχνολογίες κίνησης με υδρογόνο ΠΗΓΗ: [Fuel Cell Works](#) (επεξεργασμένη συλλογή εικόνων).

Συνοψίζοντας, ο περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταφορών και η εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητάς τους είναι κάτι που απαιτεί συντονισμένη προσπάθεια από τους θεσμούς, από τα κράτη αλλά και από τους ίδιους τους πολίτες. Με φιλόδοξες ενεργειακές πολιτικές, κατάλληλες υποδομές και τεχνολογίες αλλά και την απαιτούμενη ευαισθητοποίηση του πληθυσμού για την κλιματική αλλαγή, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για οικονομικές, αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον μετακινήσεις, χωρίς ιδιαίτερους συμβιβασμούς στην ποιότητά τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. National Academies Press: “Advancing the Science of Climate Change”.
- [2]. NASA: “Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate”. URL: <https://climate.nasa.gov/news/2948/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/>
- [3]. David H. Hathaway: “Solar Cycles”.
- [4]. UNEP: “Global Warming Potential (GWP) of Refrigerants”. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28246/7789GWPref_EN.pdf?sequence=2%3C/a
- [5]. EPA: “Greenhouse Gases”. URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- [6]. Lesley Hughes (Macquarie University Australia): “Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?”. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534799017644>
- [7]. CNN: “Κλιματική αλλαγή: Συγκλονιστικά στοιχεία για το λιώσιμο των πάγων στην Αρκτική”. URL: <https://www.cnn.gr/perivallon/story/238060/h-megalyteri-apostoli-toy-kosmoy-stin-arktiki-epistrefei-ti-lene-gia-to-liosimo-ton-pagon>
- [8]. WWF: “Six ways loss of Arctic ice impacts everyone”. URL: <https://www.worldwildlife.org/pages/six-ways-loss-of-arctic-ice-impacts-everyone>
- [9]. The Guardian: “‘One day we'll disappear': Tuvalu's sinking islands”. URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2019/may/16/one-day-disappear-tuvalu-sinking-islands-rising-seas-climate-change>
- [10]. Πυροσβεστική Υπηρεσία. URL: https://www.fireservice.gr/el_GR/-/enemerose-gia-tis-dasikes-pyrkagies-tes-26-07-2018
- [11]. CNN. URL: <https://www.cnn.gr/ellada/story/105953/ti-apokalyptoyn-oi-doryforoi-gia-tin-katastrofi-sti-dytiki-attiki>
- [12]. NRDC: “Fossil Fuels: The Dirty Facts”. URL: <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts>
- [13]. “Power electronics contribution to renewable energy conversion addressing emission reduction: Applications, issues, and recommendations”. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919310785>
- [14]. UNEP: “About Montreal Protocol”. URL: <https://www.unenvironment.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>
- [15]. UN: Kyoto Protocol. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

- [16]. Ευρωπαϊκό Συμβούλιο: «Συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή». URL: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [17]. E.U: ETS. URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en
- [18]. Patrick Bayer and Michaël Aklin: “The European Union Emissions Trading System reduced CO2 emissions despite low prices”. URL: <https://www.pnas.org/content/117/16/8804>
- [19]. European Commission: “Schengen Area”. URL: https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/policies/borders-and-visas/schengen_en
- [20]. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ Α.Ε. URL: <http://www.stasy.gr/>
- [21]. Wikipedia: “Motorways of Greece”. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Roads_and_Motorways_in_Greece
- [22]. ΟΣΕ / ΤΡΑΙΝΟΣΕ. URL: <https://www.ose.gr/el/> , <https://www.trainose.gr/>
- [23]. WWF: “ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ”, 2017.
- [24]. ΕΣΕΚ. URL: <http://www.opengov.gr/minenv/?p=10155>
- [25]. ACEA: “Vehicles in use Europe 2019”.
- [26]. Spot a Wheel: “Κλασικά Διλήμματα: Βενζίνη ή Πετρέλαιο”. URL: <https://blog.spotawheel.gr/klasika-dilimmata-venzinh-h-petrelaio/>
- [27]. Auffenberg Dealer Group: “Gas or Diesel: Pros & Cons”. URL: <https://www.auffenberg.com/service/service-tips/diesel-vs-gas-truck/>
- [28]. Main Line Diesels. URL: <https://www.mainlinediesels.net/index.php?nav=1000900&lang=en>
- [29]. Wikipedia: “Stadler GTW in Greece”. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler_GTW_in_Greece
- [30]. Τροχαίο Υλικό Ο.Σ.Ε. - Αυτοκινητάμαξες κανονικής γραμμής MAN 2000. URL: <https://mixanikosose.blogspot.com/2015/04/000.html>
- [31]. Τροχαίο Υλικό Ο.Σ.Ε. - Ηλεκτράμαξες Η/Α HellasSprinter (Siemens-KraussMaffei). URL: <https://mixanikosose.blogspot.com/2015/04/hellassprinter-siemens-kraussmaffei.html>
- [32]. Siemens Desiro EMU. URL: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/commuter-and-regional-trains/desiro/pages/desiro>
- [33]. Athens Transport Ασημένιο Βέλο.ς URL: <https://www.athenstransport.com/2018/09/trainose-asimenio-velos/>
- [34]. Attica Group. URL: <https://www.attica-group.com/>

- [35]. SEAJETS. URL: <https://www.seajets.gr>
- [36]. Ship Friends. URL: <https://www.shipfriends.gr/forum/>
- [37]. Safety4Sea: “Greece owns over 20% of global shipping tonnage”. URL: <https://safety4sea.com/greece-owns-over-20-of-global-shipping-tonnage/>
- [38]. Wikipedia: “Aviation fuel”. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Aviation_fuel
- [39]. Airlines Fleet: Bombardier Q400. URL: <https://airlinesfleet.com/olympic-air-fleet-bombardier-dash-8-q400-details-and-pictures/>
- [40]. Aegean Airlines: Airbus A320. URL: <https://el.about.aegeanair.com/etaireia/stolos/airbus-a320/>
- [41]. ΥΠΕΝ/Βιοκαύσιμα. URL: <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsima/>
- [42]. Ναυτικά Χρόνια: «Βιοκαύσιμα στη ναυτιλία: Με αμείωτους ρυθμούς οι δοκιμές. URL: <https://www.naftikachronika.gr/2020/06/15/viokafsima-sti-naftilia-me-ameiotous-rythmous-oi-dokimes/>
- [43]. Guardian: “Boeing says it will make planes able to fly on 100% biofuel by 2030”. URL: <https://www.theguardian.com/us-news/2021/jan/23/boeing-says-it-will-make-planes-able-to-fly-on-100-biofuel-by-2030>
- [44]. Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/>
- [45]. SEI LEAP. URL: <https://leap.sei.org/>
- [46]. ΥΠ.ΕΝ Μακροπρόθεσμος Ενεργειακός Σχεδιασμός: <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/lts/>
- [47]. Melody L. Baglione: “Development of system analysis methodologies and tools for modeling and optimizing vehicle system efficiency”. URL: https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/57640/mpapke_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [48]. Phys.org: “Hybrid Cars – Pros and Cons”. URL: <https://phys.org/news/2006-01-hybrid-cars-pros-cons.html>
- [49]. EPA: Fueleconomy.org, “All electric cars”. URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [50]. 4 Τροχοί: «Γραμμή 4 – 60.000 λιγότερα αυτοκίνητα στους δρόμους σε καθημερινή βάση». URL: <https://www.4troxoi.gr/epikairoti/grammi-4-60-000-ligotera-aytokineta-stoys-dromoys-se-kathimerini-vasi/>
- [51]. Ypodomes.com: «Οι μεγάλες καινοτομίες του Μετρό Θεσσαλονίκης: Οι συρμοί, οι σταθμοί και το αμαξοστάσιο». URL: <https://ypodomes.com/oi-megales-kainotomies-toy-metro-thessalonikis-oi-syrmoi-oi-stathmoi-kai-to-amaxostasio/>

- [52]. BFS: “Passenger transport performance”. URL: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/mobility-transport/passenger-transport/performance.html>
- [53]. CSX: “Fuel Efficiency”. URL: <https://www.csx.com/index.cfm/about-us/the-csx-advantage/fuel-efficiency/>
- [54]. Ναυτεμπορική: «Στις μεταφορές ποντάρει ο σιδηρόδρομος» URL: <https://m.naftemporiki.gr/story/1472000>
- [55]. IEA: “Transport Biofuels”. URL: <https://www.iea.org/reports/transport-biofuels>
- [56]. International Airlines Group. URL: <https://www.iairgroup.com/>
- [57]. IMO. URL: <https://www.imo.org/>
- [58]. Epure.org: “E85: An ethanol blend to fuel Europe’s clean mobility”. URL: <https://www.epure.org/news/e85-an-ethanol-blend-to-fuel-europes-clean-mobility/>
- [59]. EPA: Fueleconomy.org: “Flex Fuel Vehicles”. URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/flextech.shtml>
- [60]. Georgia Tech: “Diesel or electric? GT researchers review the data”. URL: <https://ce.gatech.edu/node/6238>
- [61]. Bayrail Alliance: “Why trains”. URL: http://www.bayrailalliance.org/why_trains/
- [62]. E.E: “Μακροπρόθεσμη στρατηγική για το 2050”. URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_el
- [63]. The Guardian: “Electric cars ‘will be cheaper to produce than fossil fuel vehicles by 2027’”. URL: <https://www.theguardian.com/business/2021/may/09/electric-cars-will-be-cheaper-to-produce-than-fossil-fuel-vehicles-by-2027>
- [64]. Omar Z. Sharaf, Mehmet F. Orhan: “An overview of fuel cell technology: Fundamentals and applications”. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114000227>