

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΥΤΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ
ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

**“INVESTIGATION OF ENERGY AUTONOMY SCENARIOS IN
GREECE BY MAXIMUM UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY
SOURCES”**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΟΥΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 46759
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Κ. ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ**

**ΑΙΓΑΛΕΩ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022**

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΥΤΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

**“INVESTIGATION OF ENERGY AUTONOMY SCENARIOS IN GREECE BY
MAXIMUM UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES”**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Κοσμάς Καββαδίας

Δημήτριος Ζαφειράκης

Χριστιάνα Παπαποστόλου

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Τσουράκης Γεώργιος του Πέτρου, με αριθμό μητρώου 46759, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια, την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές, από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας, τόσο δικής μου όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών
Τσουράκης Γεώργιος



Ευχαριστίες

Στο παρόν σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον εισηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κ. Καββαδία Κοσμά, ο οποίος μου επέτρεψε να αναλύσω ένα θέμα που με ενδιέφερε πραγματικά και με βοήθησε πολύ, με άμεσες και στοχευόμενες παρατηρήσεις, κατά την διάρκεια μίας πολύ δύσκολης και πρωτόγνωρης, για όλους μας, φοιτητικής εκπαίδευσης. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση και την κατανόησή της σε όλη αυτή την απαιτητική προσπάθεια.

Πίνακας Ορολογίας

Ξένες συντομογραφίες (αλφαβητικά)

BCPP: Σταθμός Δυαδικού Κύκλου (Binary Cycle Power Plant)
BMS: Αυτοματισμός Κτηρίου (Building Management System)
DAC: Άμεση Σύλληψη Αέρα (Direct Air Capture)
EGS: Ενισχυμένο Γεωθερμικό Σύστημα (Enhanced Geothermal System)
EVs: Ηλεκτροκίνητα Οχήματα (Electric Vehicles)
EWICON: Ηλεκτροστατική Αιολική Ενέργεια (Electrostatic Wind Energy)
HEV: Υβριδικό Ηλεκτροκίνητο Όχημα (Hybrid Electric Vehicle)
IPCC: Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRR: Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return)
Jet A-1: Καύσιμο Αεροσκαφών
LPG: Υγραέριο (Liquefied Petroleum Gas)
NPV: Δείκτης Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value)
SWET: Αιολική Ενέργεια σε Στερεή Κατάσταση (Solid State Wind Energy)
UNFCCC: Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (United Nations Framework Convention on Climate Change)
VIVR: Δόνηση Συντονισμού από Δίνη (Vortex Induced Vibration Resonant)
WHO: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization)

Ελληνικές συντομογραφίες (αλφαβητικά)

A/Γ: Ανεμογεννήτρια
ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΒΑΟ: Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΠΑ: Δημόσια Επιχείρηση Αερίου ΑΕ
ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΕΤΑΕΝ: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας
ΙΧ: Ιδιωτικής Χρήσεως όχημα
ΚΕΝΑΚ: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων
ΚΣΜΚΕ: Κτήρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (αγγλικά: nZEB)
ΜΜΜ: Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
ΟΗΕ: Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΥΗΣ: Υδροηλεκτρικός Σταθμός
ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας
ΥΣΠΕ: Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ενέργειας

Φ/β: Φωτοβολταϊκό

ΧΑΟ: Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Τεχνική Ορολογία

AC: Εναλλασσόμενο Ρεύμα (Alternating Current)

DC: Συνεχές Ρεύμα (Direct Current)

CO: Μονοξείδιο του άνθρακα

CO₂: Διοξείδιο του άνθρακα

CFC: Αλογονάνθρακας

CF-11: Τριχλωροφθορομεθάνιο

CF-12: Διχλωροδιφθορομεθάνιο

CFC-113: Τριχλωροτριφθοροαιθάνιο

CH₄: Μεθάνιο

CH₃Cl: Χλωριούχο μεθύλιο

CH₃CCl₃: Τριχλωρομεθάνιο (χλωροφόρμιο)

H: Υδρογόνο

HCFC: Υδρογονωμένος αλογονάνθρακας

HCFC-22: Χλωροδιφθορομεθάνιο

HCl: Υδροχλώριο

H₂O: Νερό

N₂: Άζωτο

NH₃: Αμμωνία

NO₂: Διοξείδιο του αζώτου

O₃: Όζον

SO₂: Διοξείδιο του θείου

He: Ήλιο

U²³⁵₉₂: Ουράνιο

N: Αριθμός νετρονίων

Z: Αριθμός πρωτονίων

/Capita: Κατά κεφαλήν

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Κατανομή συνολικής ποσότητας νερού στις διάφορες πηγές.....	32
Πίνακας 2: Συμβολαιοποιημένες εισαγωγές φυσικού αερίου στην Ελλάδα.....	54
Πίνακας 3: Τύποι ανακαινίσεων και ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας.....	110
Πίνακας 4: Περιπτώσεις εξοικονόμησης ενέργειας, με εφαρμογή συγκεκριμένων πρακτικών.....	110

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1: Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη, 1880 – 2020.....	20
Σχήμα 2: Συγκέντρωση CO ₂ στην ατμόσφαιρα, 1750 – 2050.....	23
Σχήμα 3: Εθνικές εκπομπές CO ₂ , 1990 – 2019.....	25
Σχήμα 4: Ποσοστιαία κατανομή CO ₂ , 2019.....	25
Σχήμα 5: Εθνικές εκπομπές CO ₂ , 2022 – 2100.....	27
Σχήμα 6: Εκπομπές CO ₂ ανά τομέα, 1990 – 2019.....	27
Σχήμα 7: Εκπομπές CO ₂ ανά τομέα, 2022 – 2100.....	28
Σχήμα 8: Συνολικές εθνικές εκπομπές CO ₂ , 2022 – 2100.....	29
Σχήμα 9: Επικίνδυνες, για το όζον, οργανικές ενώσεις.....	30
Σχήμα 10: Πλαστικές ίνες σε περιοχές της Ελλάδας.....	33
Σχήμα 11: Μεταβολή του παγκόσμιου πληθυσμού, 1800 – 2100.....	37
Σχήμα 12: Παγκόσμια εξέλιξη λειψυδρίας, 2000 – 2025.....	39
Σχήμα 13: Παγκόσμια κατανάλωση γλυκού νερού, 1900 – 2025.....	39
Σχήμα 14: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, 1990 – 2050.....	48
Σχήμα 15: Εθνική ετήσια παραγωγή λιγνίτη, 1990 – 2019.....	50
Σχήμα 16: Εθνική ετήσια κατανομή κατανάλωσης πετρελαίου, 1990 – 2018.....	52
Σχήμα 17: Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου, 1990 – 2021.....	52
Σχήμα 18: Εθνικές ετήσιες καταναλώσεις φυσικού αερίου, 1996 – 2018.....	55
Σχήμα 19: Εθνικό ενεργειακό μίγμα, 1990.....	56
Σχήμα 20: Εθνικό ενεργειακό μίγμα, 2019.....	56
Σχήμα 21: Εγχώριο αποθεματικό – Συνολική κατανάλωση, 2022 – 2100.....	59
Σχήμα 22: Εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή από Α/Γ, 1990 – 2021.....	68
Σχήμα 23: Μεταβολή του πληθυσμού, 1990 – 2021.....	87
Σχήμα 24: Πρόβλεψη μεταβολής του πληθυσμού, 1990 – 2100.....	88
Σχήμα 25: Μεταβολή της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, 1990 – 2019.....	89
Σχήμα 26: Πρόβλεψη μεταβολής της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, μέχρι το 2100.....	90
Σχήμα 27: Εξέλιξη της, κατά κεφαλήν, ενεργειακής κατανάλωσης, 1990 – 2100.....	91
Σχήμα 28: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση, ανά πηγή, 1990 – 2019.....	93
Σχήμα 29: Πρόβλεψη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ανά πηγή, μέχρι το 2100.....	94
Σχήμα 30: Ενεργειακή κατανάλωση, ανά τομέα, 1990 – 2019.....	95
Σχήμα 31: Πρόβλεψη της ενεργειακής κατανάλωσης, ανά τομέα, μέχρι το 2100.....	96
Σχήμα 32: Παραγωγή ενέργειας ανά εγχώρια πηγή, 1990 – 2019.....	97

Σχήμα 33: Πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας ανά εγχώρια πηγή, μέχρι το 2100.....	97
Σχήμα 34: Συνολική παραγωγή ενέργειας από εγχώριες πηγές, 1990 – 2100.....	98
Σχήμα 35: Εισαγόμενη ενέργεια, ανά πηγή, 1990 – 2019.....	100
Σχήμα 36: Πρόβλεψη εισαγόμενης ενέργειας, ανά πηγή, μέχρι το 2100.....	100
Σχήμα 37: Εξαγωγές ενέργειας ανά πηγή, 1990 – 2019.....	101
Σχήμα 38: Εθνικές εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας, 1990 – 2021.....	102
Σχήμα 39: Πρόβλεψη εξαγωγών ενέργειας ανά πηγή, μέχρι το 2100.....	103
Σχήμα 40: Εθνική ενεργειακή εξάρτηση, 1990 – 2100.....	104
Σχήμα 41: Κατανάλωση κατοικιών, 1990 – 2019.....	106
Σχήμα 42: Μεταβολή συνολικής κτηριακής κατανάλωσης, 1990 – 2100.....	107
Σχήμα 43: Κτηριακή κατανάλωση, ανά πηγή, 1990 – 2019.....	108
Σχήμα 44: Πρόβλεψη κτηριακής κατανάλωσης, ανά πηγή, μέχρι το 2100.....	108
Σχήμα 45: Νέα πρόβλεψη κτηριακής κατανάλωσης, ανά πηγή, μέχρι το 2100.....	111
Σχήμα 46: Σύγκριση των μελλοντικών κτηριακών καταναλώσεων, μέχρι το 2100.....	112
Σχήμα 47: Νέα πρόβλεψη ενεργειακής εξάρτησης, μέχρι το 2100.....	113
Σχήμα 48: Σύγκριση των μελλοντικών καταναλώσεων στις μεταφορές, μέχρι το 2100.....	117
Σχήμα 49: Νέα πρόβλεψη ενεργειακής εξάρτησης, μέχρι το 2100 (εξοικονόμηση μόνο στις μεταφορές).....	118
Σχήμα 50: Νέα πρόβλεψη ενεργειακής εξάρτησης, μέχρι το 2100 (εφαρμογή και των δύο σεναρίων εξοικονόμησης).....	118
Σχήμα 51: Ενεργειακή εξάρτηση, πριν και μετά την συνολική εξοικονόμηση, 1990 – 2100.....	119
Σχήμα 52: Πρόβλεψη εγχώριας παραγωγής ηλιακής ενέργειας, μέχρι το 2100.....	124
Σχήμα 53: Πρόβλεψη εγχώριας παραγωγής αιολικής ενέργειας, μέχρι το 2100.....	126
Σχήμα 54: Πρόβλεψη εγχώριας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι το 2100.....	129
Σχήμα 55: Ενεργειακή εξάρτηση, πριν και μετά την συνολική αύξηση παραγωγής, 1990 – 2100.....	138
Σχήμα 56: Προβλέψεις ενεργειακής εξάρτησης – Σεναρία εξοικονόμησης ενέργειας.....	139
Σχήμα 57: Σύνολο προβλέψεων ενεργειακής εξάρτησης, 1990 – 2100.....	140
Σχήμα 58: Νέο εγχώριο αποθεματικό – Συνολική κατανάλωση, από το 2022 και μετά.....	141
Σχήμα 59: Τιμή της βενζίνης, 1990 – 2100.....	143
Σχήμα 60: Εγχώριες ενεργειακές επενδύσεις, 1990 – 2021.....	144

Σχήμα 61: Εγχώριες ενεργειακές επενδύσεις, 2022 – 2100.....145

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Θερμοκρασιακή απεικόνιση της Γης, για το έτος 1884.....	20
Εικόνα 2: Θερμοκρασιακή απεικόνιση της Γης, για το έτος 2020.....	21
Εικόνα 3: Στιγμή της έκρηξης της εξέδρας Deerwater Horizon.....	34
Εικόνα 4: Πετρελαιοκηλίδα που εμφανίστηκε τον Κόλπο του Μεξικού.....	34
Εικόνα 5: Επίδραση του πετρελαίου στον έμβιο πληθυσμό της περιοχής.....	35
Εικόνα 6: Λειψυδρία σε παγκόσμια κλίμακα.....	38
Εικόνα 7: Λειψυδρία σε ύπαιθρο χώρα της Μεσογείου.....	40
Εικόνα 8: Συνήθης τρόπος απόκτησης γλυκού νερού από κατοίκους σε περιοχές της Μέσης Ανατολής.....	42
Εικόνα 9: Ερημοποιημένη περιοχή της Δυτικής Αφρικής.....	43
Εικόνα 10: Μετατροπή άγονης έκτασης σε καλλιεργήσιμη γη, μέσω της προσθήκης θαλασσινού νερού, στην ευρύτερη περιοχή της Σαχάρας.....	45
Εικόνα 11: Σύγχρονη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ) στην Δυτική Μακεδονία.....	47
Εικόνα 12: Λιγνιτική μονάδα Μεγαλόπολης.....	50
Εικόνα 13: Διυλιστήρια Ασπροπύργου σε λειτουργία.....	53
Εικόνα 14: Αγωγός φυσικού αερίου σε μονάδα στο Κιλκίς.....	54
Εικόνα 15: Ειδικά διαμορφωμένο σπίτι που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα.....	64
Εικόνα 16: Τυπικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, με ευρεία χρήση σε οικιακές δραστηριότητες και όχι μόνο.....	65
Εικόνα 17: Σύγχρονο φωτοβολταϊκό πάρκο, με ισχύ περίπου 450 kW.....	66
Εικόνα 18: Σύγχρονο αιολικό πάρκο ανεμογεννητριών.....	69
Εικόνα 19: Μέθοδος Pelamis.....	71
Εικόνα 20: Μέθοδος PowerBuoy.....	72
Εικόνα 21: Μέθοδος WaveStar.....	72
Εικόνα 22: Μέθοδος Oyster.....	73
Εικόνα 23: Μέθοδος WaveRoller.....	73
Εικόνα 24: Μέθοδος WaveDragon.....	74
Εικόνα 25: Μέθοδος Ceto.....	74
Εικόνα 26: Μέθοδος AWS – III.....	75
Εικόνα 27: Μέθοδος Penguin.....	75
Εικόνα 28: Γεωθερμικό πεδίο, εντός του ελλαδικού χώρου.....	77
Εικόνα 29: Μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας βιομάζας, στην Κέρκυρα.....	80
Εικόνα 30: Υδροηλεκτρικός σταθμός “Three Gorges Dam”.....	82
Εικόνα 31: Μικρό υδροηλεκτρικό στην Δυτική Ελλάδα.....	83
Εικόνα 32: Μεγάλο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στην Βόρεια Μακεδονία.....	83
Εικόνα 33: Σχηματική αναπαράσταση υβριδικού συστήματος.....	85

Εικόνα 34: Πανοραμική όψη των κτηρίων της Αθήνας.....	106
Εικόνα 35: Ξενοδοχειακό ΚΣΜΕΚ.....	109
Εικόνα 36: Μέσα για μετακίνηση – μεταφορά.....	114
Εικόνα 37: Πλοίο που αξιοποιεί την τεχνολογία “Rotor Sails”.....	116
Εικόνα 38: Χάρτης ηλιακού δυναμικού της Ελλάδας.....	121
Εικόνα 39: Κατάλληλες εκτάσεις για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου.....	122
Εικόνα 40: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας.....	125
Εικόνα 41: Γεωγραφική κατανομή των μικρών ΥΗΣ της χώρας.....	127
Εικόνα 42: Γεωγραφική κατανομή των μεγάλων ΥΗΣ της χώρας.....	128
Εικόνα 43: Γεωθερμικός χάρτης της Ελλάδας.....	130
Εικόνα 44: Δυναμικό ζωικών αποβλήτων.....	132
Εικόνα 45: Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων.....	133
Εικόνα 46: Μέσο ετήσιο κυματικό δυναμικό στις ελληνικές θάλασσες.....	135
Εικόνα 47: Διαθέσιμη ενέργεια στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο.....	135
Εικόνα 48: Αιολικό πάρκο στην Ολλανδία.....	137
Εικόνα 49: Εκτιμώμενες ενεργειακές επενδύσεις στην Ελλάδα, μέχρι το 2030....	146
Εικόνα 50: Έργο “EWICON” στην Ολλανδία.....	149
Εικόνα 51: Έργο “VIVR”	149
Εικόνα 52: “The Freya” – ΗΠΑ.....	150
Εικόνα 53: Αντιδραστήρας No. 4, κάποιες μέρες μετά την έκρηξη.....	152
Εικόνα 54: Χάρτης σεισμογενούς δραστηριότητας, για τα έτη 1900 – 2017.....	155
Εικόνα 55: Κοιτάσματα ραδιενεργού ουρανίου, επιβεβαιωμένα και μη.....	156

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	17
Σκοπός.....	18
1 ^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγικά Στοιχεία – Περιβάλλον – Υπερπληθυσμός.....	19
1.1. Κλιματική Αλλαγή.....	19
1.2. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου – Τρύπα του Όζοντος – Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	22
1.3. Θαλάσσια Ρύπανση.....	31
1.4. Το πρόβλημα της Λειψυδρίας.....	36
1.5. Ερημοποίηση.....	42
2 ^ο Κεφάλαιο: Ηλεκτρική Ενέργεια και Ενεργειακά Αποθέματα της Ελλάδας.....	46
2.1. Ιστορική Ανασκόπηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	46
2.2. Συμβατικές Πηγές Ενέργειας εντός του Ελλαδικού Χώρου.....	49
2.3. Εθνικά Ενεργειακά Αποθέματα – Προοπτικές ΑΠΕ.....	57
3 ^ο Κεφάλαιο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	62
3.1. Ηλιακή Ενέργεια – Φωτοβολταϊκά.....	62
3.2. Αιολική Ενέργεια – Ανεμογεννήτριες.....	66
3.3. Θαλάσσια Ενέργεια.....	69
3.4. Γεωθερμία.....	76
3.5. Ενέργεια από Βιομάζα – Ηλεκτροκίνηση από Βιοκαύσιμα.....	79
3.6. Υδραυλική Ενέργεια – Υδροηλεκτρικά Έργα.....	81
3.7. Υβριδικά Συστήματα.....	84
4 ^ο Κεφάλαιο: Προοπτικές Μέγιστης Αξιοποίησης των ΑΠΕ – Διερεύνηση Σεναρίων Εθνικής Ενεργειακής Ανεξαρτησίας.....	87
4.1. Εγχώριος Πληθυσμός – Κατά Κεφαλήν Κατανάλωση Ηλεκτρισμού.....	87
4.2. Εγχώρια Ενεργειακή Κατανάλωση – Ενεργειακό Μίγμα – Ενεργειακή Εξάρτηση.....	92
4.3. Διερεύνηση Σεναρίων Μείωσης της Ενεργειακής Κατανάλωσης.....	105

4.4. Διερεύνηση Σεναρίων Αύξησης της Παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ.....	120
4.5. Οικονομία – Μελλοντικά Εγχειρήματα – Νέες Πιθανές Προοπτικές.....	142
4.6. Πυρηνική Ενέργεια.....	152
5 ^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα.....	158
Βιβλιογραφία.....	160

Περίληψη

Ο ενεργειακός τομέας αποτελεί το επίκεντρο των ερευνών και του ευρύτερου ενδιαφέροντος από το σύνολο των κοινωνιών παγκοσμίως. Η ενεργειακή φτώχεια μαστίζει τους πιο αδύναμους, ενώ η προσπάθεια επίτευξης ενεργειακής ανεξαρτησίας αποτελεί αντικείμενο μελέτης για τις πιο ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου.

Στην προσπάθεια επίτευξης της ενεργειακής αυτάρκειας, όλα τα έθνη αγωνίζονται για τον μετριασμό των συνολικών ενεργειακών τους απαιτήσεων, σε συνδυασμό με την μέγιστη δυνατή παραγωγή ενέργειας από εγχώριες πηγές. Όλη αυτή η προσπάθεια συντονίζεται από έρευνες και οργανισμούς, με βασικό πυλώνα την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιστροφή της υφιστάμενης κλιματικής αλλαγής.

Η Ελλάδα, χάρη στην γεωγραφική της θέση, παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές, όσον αφορά στην παραγωγή ενέργειας από εγχώριες πηγές, με αποτέλεσμα να φαντάζει παράδοξο το πολύ υψηλό ποσοστό ενεργειακής εξάρτησής της από τα γειτονικά και όχι μόνο κράτη.

Η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και η μέγιστη δυνατή παραγωγή της από καθαρές και ανανεώσιμες πηγές, παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον για μία περαιτέρω ανάλυση που θα οδηγήσει σε αρκετά σημαντικά αποτελέσματα, ως προς το τι αλλαγές θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν, προκειμένου να επιτευχθούν πολύ χαμηλά επίπεδα ενεργειακής εξάρτησης, επίπεδα που, υπό συνθήκες, θα επιτρέψουν την προσέγγιση ακόμα και της μελλοντικής εθνικής αυτάρκειας.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματική Αλλαγή, Ενεργειακή Φτώχεια, Ενεργειακά Αποθέματα, Συμβατικές Πηγές Ενέργειας, Ανανεώσιμες Πηγές, Ενεργειακό Μείγμα, Ενεργειακές Καταναλώσεις, Εισαγωγές – Εξαγωγές, Παραγωγή Ενέργειας από Εγχώριες Πηγές, Ενεργειακή Εξάρτηση, Ενεργειακή Αυτάρκεια.

Abstract

The energy sector is the focus of research and wider interest of all societies worldwide. Energy poverty plagues the weakest, while the pursuit of energy independence is the subject of study for the most developed countries in the world. In the pursuit of energy self-sufficiency, all nations are striving to mitigate their overall energy requirements, combined with maximizing domestic energy production. All this effort is coordinated by research and organizations, with the main pillar being the protection of the environment and the reversal of the existing climate change.

Greece, thanks to its geographical location, presents significant prospects in terms of domestic energy production, making its very high percentage of energy dependence on other countries seem paradoxical.

The greatest possible energy savings, as well as the maximum possible domestic production from clean and renewable sources, are of great interest for a further analysis that will lead to quite significant results in terms of what changes could be made, in order to achieve very low levels of energy dependence, levels that, under certain conditions, will even allow the attainment of future national self-sufficiency.

Key Words: Climate Change, Energy Poverty, Energy Reserves, Conventional Energy Sources, RES, Energy Mix, Energy consumption, Imports – Exports, Domestic Energy Production, Energy Dependence, Energy Self-Sufficiency.

Εισαγωγή

Η κινητήρια δύναμη που διέπει την δομή των σύγχρονων κοινωνιών είναι η ενέργεια. Βασικός στόχος των κρατών του κόσμου είναι να προσεγγίσουν την ενεργειακή ανεξαρτησία τους, πραγματοποιώντας συνεχώς έρευνες, θεσπίζοντας νόμους και συμβάλλοντας στην επίτευξη νέων στόχων για την ευρύτερη κοινότητα.

Η συνεχόμενη εκθετική αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού επιφέρει και σημαντική συνεχή αύξηση των απαιτούμενων ενεργειακών αναγκών. Αυτό με την σειρά του, εκτοξεύει στα ύψη τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται, προκειμένου η προσφορά της ενέργειας αυτής να ισοσταθμιστεί με την ζήτηση. Η πλειοψηφία της απαιτούμενης αυτής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα ικανοποιείται από τα ορυκτά καύσιμα και τα παράγωγά τους. Απόρροια αυτού, είναι η συνολική ευρεία ρύπανση του πλανήτη και η ολοένα και συνεχιζόμενη μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων του.

Συνεπώς, εδώ και αρκετά χρόνια, πραγματοποιείται μία σημαντική προσπάθεια, προκειμένου όλες οι χώρες του κόσμου να κάνουν μία μετάβαση προς καθαρότερες πηγές ενέργειας, οι οποίες θα έχουν την δυνατότητα να αντικαταστήσουν τις συμβατικές, προσφέροντας σταθερή παραγωγή με τις μικρότερες δυνατές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πραγματοποίηση μίας έρευνας, που αφορά στα ενεργειακά δεδομένα της Ελλάδας, με σκοπό να περιγραφεί το ενεργειακό της μείγμα και να προσεγγιστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις.

Στη συνέχεια, με βάση την ανάλυση που θα σημειωθεί στις επόμενες σελίδες, θα γίνει μία προσπάθεια προσέγγισης της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας μας, προσέγγισης δηλαδή του ποσοστού της εισαγόμενης ενέργειας που απαιτείται για την ικανοποίηση των εγχώριων ενεργειακών αναγκών.

Το πρώτο βήμα θα είναι η αναλυτική καταγραφή του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων που υφίστανται στην χώρα και, στη συνέχεια, θα διερευνηθούν τα σενάρια αύξησης της ενεργειακής ανεξαρτησίας της, υπό το πρίσμα δύο διαφορετικών κατευθύνσεων:

Αυτής της εξοικονόμησης ενέργειας και αυτής της προσπάθειας αύξησης της εγχώριας παραγωγής, με τελικό στόχο την μείωση της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης από άλλα κράτη, καθώς και την δυνατότητα προσέγγισης επιπέδων αυτάρκειας, κατά την διάρκεια των επόμενων ετών.

1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγικά Στοιχεία – Περιβάλλον – Υπερπληθυσμός

Η Γη αποτελεί το σπίτι του ανθρώπινου πληθυσμού από την απαρχή της εμφάνισής του. Από τα πρώτα στάδια της εξέλιξής του, ο άνθρωπος, έχει την τάση να καταναλώνει αγαθά σε οποιαδήποτε μορφή, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες που έχει για επιβίωση. Με την πάροδο των χρόνων, έχει παρατηρηθεί μία έκρηξη του πληθυσμού σε παγκόσμια κλίμακα, κάτι που αναπόφευκτα επιφέρει μείζονα κοινωνικά αλλά και περιβαλλοντικά προβλήματα στον πλανήτη. Οι ανάγκες έχουν αυξηθεί εκθετικά, οι ενεργειακές απαιτήσεις έχουν εκτοξευθεί σε υπέρογκα ποσά, αλλά οι διαθέσιμοι πόροι που υπάρχουν και είναι σε θέση να τις ικανοποιήσουν συνεχώς καταναλώνονται. Η έντονη χρησιμοποίηση των πόρων αυτών, αν και αναγκαία, επιφέρει μεγάλα περιβαλλοντικά ζητήματα, τα οποία αν δεν αντιμετωπιστούν άμεσα, θα επιφέρουν σημαντικά προβλήματα και, μακροπρόθεσμα, θα μετατρέψουν πολλές γεωγραφικές περιοχές σε μη κατοικήσιμες εκτάσεις.

Παρακάτω, θα περιγραφούν τα πιο μεγάλα και σημαντικά προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος, εγχώρια και μη, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και κατά την διάρκεια των επόμενων ετών, μέσα από τις γενιές που πρόκειται να ακολουθήσουν.

1.1. Κλιματική Αλλαγή

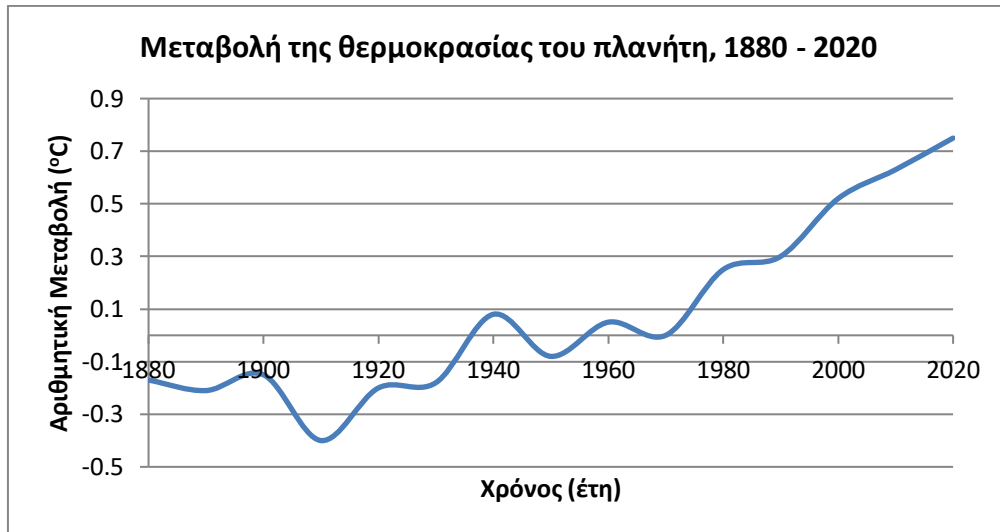
Αποτελεί, πλέον, γενική αποδοχή πως το κλίμα αλλάζει σε παγκόσμια κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο «Κλιματική αλλαγή» εννοούμε την μεταβολή τόσο του παγκόσμιου κλίματος όσο και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε γωνιά της γης.

Σύμφωνα με τον «UNFCCC» (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές), ως κλιματική αλλαγή χαρακτηρίζεται η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διαχωρίζοντάς την, έτσι, με την φυσική κλιματική μεταβλητότητα που ανέκαθεν υπήρχε και θα υπάρχει. Η εμφανέστερη και πιο χαρακτηριστική ένδειξη της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη μας είναι, σαφώς, η αύξηση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας παγκοσμίως.

Συνεπώς, οι πάγοι λιώνουν, η στάθμη των θαλασσών αυξάνεται, ακραία καιρικά φαινόμενα εμφανίζονται, το ατμοσφαιρικό όζον ολοένα και μειώνεται, το έδαφος υποβαθμίζεται και η βιοποικιλότητα χωλαίνει ανησυχητικά. Οι παραπάνω

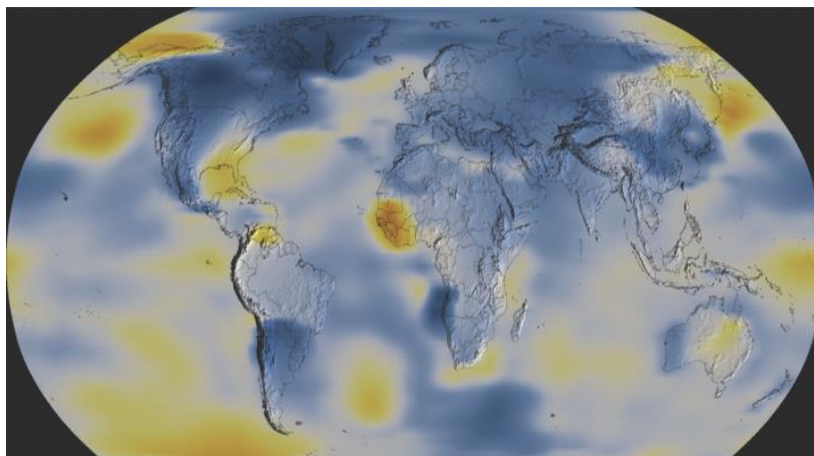
συνέπειες είναι μόνο μερικές από αυτές που θα ακολουθήσουν τον παγκόσμιο πληθυσμό, είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα. Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ακόμα και την έκτη μαζική εξαφάνιση των ειδών ως ένα υφιστάμενο περιβαλλοντικό πρόβλημα!

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται μία απεικόνιση της μεταβολής της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1880 μέχρι και το 2020, στην οποία φαίνεται χαρακτηριστικά η ολοένα αυξητική τάση της όλα αυτά τα χρόνια.

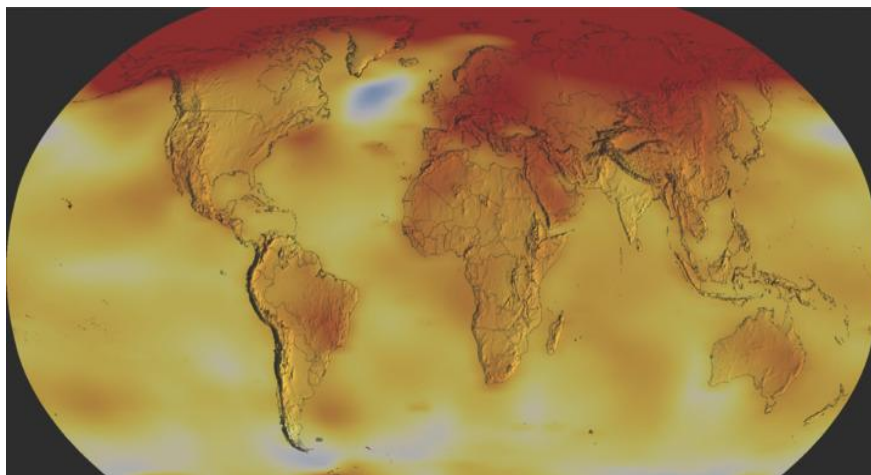


Σχήμα 1: Ιστορική μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη, για τα έτη 1880 – 2020 (αναφορά: *NASA/GISS, giss.nasa.gov*)

Στη συνέχεια, παρατηρείται σε δύο στιγμιότυπα η απεικόνιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη για τα τελευταία 136 χρόνια. Η Εικόνα 1 αποτυπώνει την θερμοκρασία της Γης, για το έτος 1884, ενώ η Εικόνα 2 την θερμοκρασία του έτους 2020.



Εικόνα 1: Θερμοκρασιακή απεικόνιση της Γης, για το έτος 1884 (πηγή: *NASA/GISS – Surface Temperatures, giss.nasa.gov*)



Εικόνα 2: Θερμοκρασιακή απεικόνιση της Γης, για το έτος 2020 (πηγή: *NASA/GISS – Surface Temperatures, giss.nasa.gov*)

Συγκρίνοντας κανείς τα δύο παραπάνω θερμοκρασιακά στιγμιότυπα του πλανήτη αντιλαμβάνεται έμπρακτα σε οπτικοποιημένη μορφή το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Είναι γεγονός πως τα τελευταία 50 χρόνια οι ανθρώπινες δραστηριότητες και, πιο συγκεκριμένα, αυτές που έχουν άμεση σχέση με την καύση ορυκτών καυσίμων έχουν προκαλέσει ραγδαία αύξηση στις ποσότητες των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, κάτι που με την σειρά του συμβάλλει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη [61].

Συνέπειες του παραπάνω φαινομένου είναι, αρχικά, η πρόκληση ακραίων καιρικών φαινομένων σε διάφορες περιοχές του πλανήτη, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τεράστιες γεωργικές ζώνες πολλών, λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών, η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς επίσης και η εμφανώς εντονότερη μετάδοση ασθενειών, κυρίως μέσω του μολυσμένου νερού και των τροφίμων.

Όλες οι προαναφερθείσες συνέπειες πρόκειται να έχουν αντίκτυπο στο σύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού, ωστόσο ορισμένες γεωγραφικές περιοχές και πληθυσμιακές ομάδες ενδέχεται να επηρεαστούν περισσότερο από κάποιες άλλες. Για παράδειγμα, άνθρωποι που κατοικούν σε νησιωτικές περιοχές, παράκτια αναπτυσσόμενα κράτη και μεγαλουπόλεις θα επηρεαστούν σε μεγαλύτερο βαθμό, τόσο λόγω της συνεχούς αύξησης της στάθμης των θαλασσών όσο και της θετικής μεταβολής των συγκεντρώσεων ρυπογόνων ουσιών (καυσαέρια, βιομηχανικά απόβλητα κλπ).

Επιπρόσθετα, ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καύσωνες, ξηρασίες και άλλα ενδέχεται να επηρεάσουν δραστικά την υγεία τόσο των ηλικιωμένων όσο και των ανθρώπων με καρδιαγγειακά και αναπνευστικά προβλήματα.

Επιπλέον, οι χώρες της νότιας και κεντρικής Ευρώπης πρόκειται να πλήττονται όλο και πιο συχνά από κύματα καύσωνα, πυρκαγιές και ξηρασίες, οι έντονες βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες πρόκειται να γίνουν σύνηθες χειμερινό φαινόμενο για την βόρεια Ευρώπη, καθώς επίσης η αύξηση της στάθμης των θαλασσών, σε συνδυασμό με όλα τα προηγούμενα, ενδέχεται να επηρεάσουν συνολικά 4 στους 5 ευρωπαίους πολίτες.

Η κλιματική αλλαγή θέτει ξεκάθαρα σε κίνδυνο την δημόσια υγεία και δεν πρέπει να θεωρείται απλώς ένα περιβαλλοντικό ζήτημα. Είναι ζωτικής σημασίας η ανάπτυξη και η ενίσχυση των δημόσιων υπηρεσιών υγείας, η έρευνα γύρω από μεθόδους μείωσης της ρύπανσης σε όλους τους τομείς (έδαφος, ατμόσφαιρα, θάλασσα κλπ), καθώς επίσης και η παγκόσμια συνεργασία μεταξύ των κρατών για την κατά το δυνατόν αποδοτικότερη αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης.

Στον αντίποδα, η κλιματική αλλαγή και, πιο συγκεκριμένα, η σταδιακή θέρμανση του πλανήτη, ενδέχεται να επιφέρει και ορισμένες θετικές επιπτώσεις. Μία εξ αυτών είναι η μείωση της θνησιμότητας και της νοσηρότητας σε κάποιους πληθυσμούς κατά την διάρκεια του χειμώνα (βόρειες περιοχές με μέση θερμοκρασία κοντά στους 0 °C). Επιπλέον, σε παρόμοιους γεωγραφικούς πληθυσμούς, αναμένεται ανάπτυξη πληθώρας καλλιεργειών λόγω του θερμότερου κλίματος και άρα σταδιακή γεωργική και οικονομική ανάπτυξη.

Ωστόσο, προβλέψεις, τόσο από τον «Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας» (WHO) όσο και από τη «Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή» (IPCC), τονίζουν πως οι αρνητικές επιπτώσεις της μεταβολής του παγκόσμιου κλίματος, ειδικότερα σε μακροπρόθεσμη κλίμακα, αναμένονται να είναι δυσμενέστερες και εντονότερες από τα πιθανά οφέλη που ένα τέτοιο φαινόμενο ενδέχεται να προκαλέσει.

Συμπερασματικά, γίνεται κατανοητό πως ο καθένας μας ξεχωριστά θα πρέπει να συμβάλλουμε όσο μπορούμε στην προσπάθεια «Μετριασμού της Κλιματικής Αλλαγής», κάτι που αφορά κυρίως στην μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων ρυπογόνων αερίων στην ατμόσφαιρα, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το συνολικό «Αποτύπωμα Άνθρακα» που διοχετεύεται στο περιβάλλον μας.

1.2. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου - Τρύπα του Όζοντος – Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και, γενικότερα, του πλανήτη είναι, τόσο η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που

προσπίπτει στην επιφάνεια της γης όσο και αυτής που ανακλάται πίσω στο διάστημα. Το πόση ακτινοβολία εισέρχεται στην επιφάνεια της γης εξαρτάται κυρίως από την σύνθεση της ατμόσφαιρας, καθώς και από την ύπαρξη πάγου και χιονιού σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.

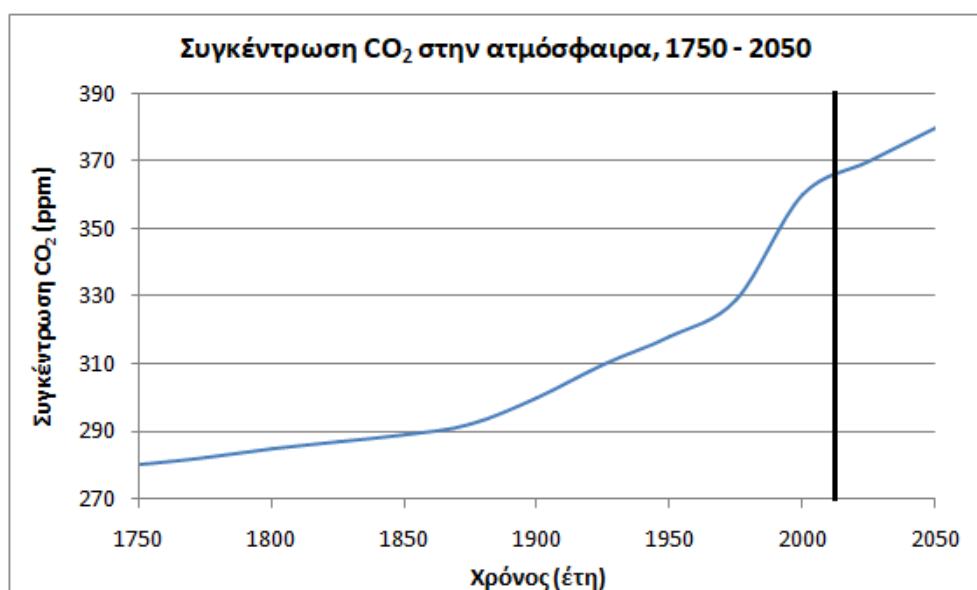
Στην ατμόσφαιρα της γης, εκτός από οξυγόνο και άζωτο, παρατηρείται πληθώρα άλλων αερίων, κάποια από τα οποία έχουν την δυνατότητα να απορροφούν μέρος της ακτινοβολίας του Ήλιου, αλλά και να την παρεμποδίζουν να εξέλθει από το γήινο περιβάλλον πίσω στο διάστημα.

Συνέπεια αυτής της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ένα φαινόμενο γνωστό και ως «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου».

Το συγκεκριμένο φαινόμενο επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη μας, αποτελώντας, επίσης, την κύρια αιτία, εξαιτίας της οποίας η Γη είναι κατά μέσο όρο 35 °C θερμότερη από ό, τι θα μπορούσε να είναι χωρίς την παρουσία και την επίδραση της ατμόσφαιράς της.

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία έντονη αύξηση των συγκεντρώσεων ορισμένων αερίων, όπως για παράδειγμα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του μεθανίου (CH₄), τόσο λόγω της ραγδαίας πληθυσμιακής έκρηξης όσο και της σημαντικής ανόδου πληθώρας ανθρώπινων δραστηριοτήτων (βιομηχανία, εργοστάσια, αυτοκίνητα κλπ) [25].

Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η εξέλιξη της μεταβολής των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από το έτος 1750 μέχρι και σήμερα, καθώς επίσης και μια βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη μέχρι και το έτος 2050.



Σχήμα 2: Διαχρονική συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα (αναφορά: Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη, Τόμος Πρώτος)

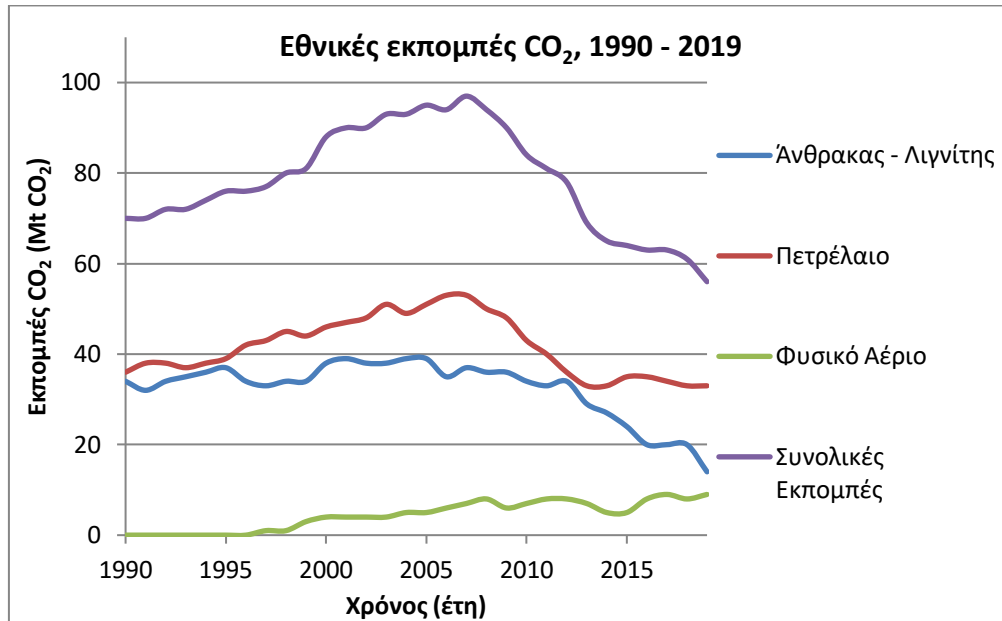
Όπως φαίνεται ξεκάθαρα και από το παραπάνω διάγραμμα, το διοξείδιο του CO₂, συνεχώς αυξάνεται και θα συνεχίσει να αυξάνεται αν δεν ληφθούν ορισμένα αποφασιστικά και αποτελεσματικά μέτρα για τον έλεγχο και την μείωση της διασποράς του στην ατμόσφαιρα.

Από την στιγμή που πέτυχε τους στόχους της στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008-2012, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε τον στόχο να μειώσει τις εκπομπές της όσον αφορά στο σύνολο των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20 % μέχρι και το έτος 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Ακόμη, μέσω της συμφωνίας του Παρισιού, δεσμεύεται να μειώσει το σύνολο των εκπομπών της κατά τουλάχιστον 55 % μέχρι και το 2030.

Πολλοί δημόσιοι και ιδιωτικοί οργανισμοί, εδώ και αρκετά χρόνια, θέτουν στόχους και λαμβάνουν μέτρα, προκειμένου να μετριαστεί η ποσότητα των συγκεκριμένων αερίων στην ατμόσφαιρα και έτσι να ελαττωθεί ο ρυθμός αύξησης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι εθνικοί στόχοι της χώρας μας αφορούν μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστά της τάξεως του 16 % μέχρι και το 2030, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 (πηγή: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, europarl.europa.eu).

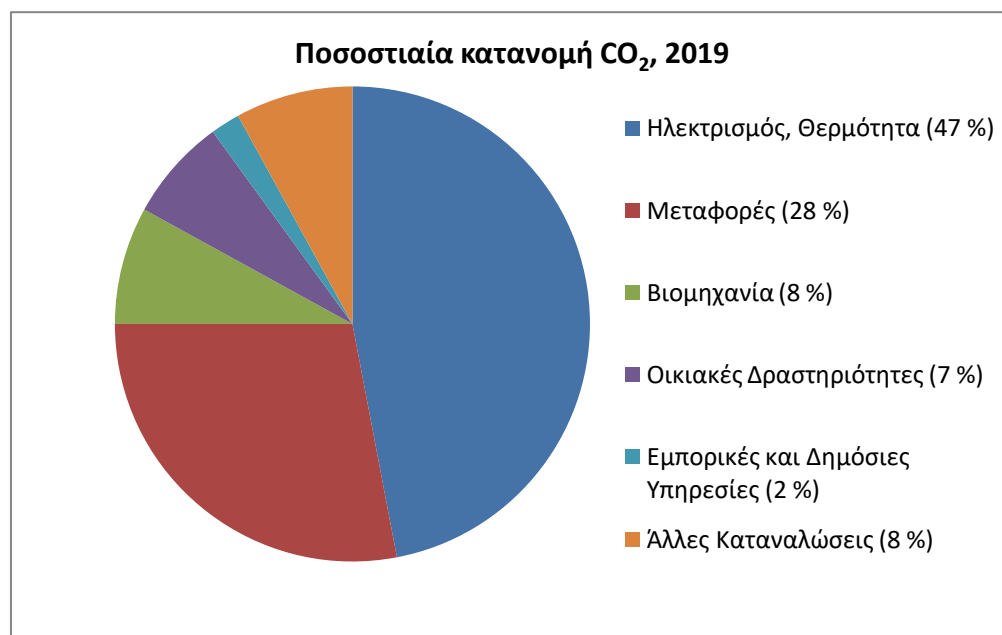
Είδαμε πως, παρά το γεγονός πως η ΕΕ μείωσε τις εκπομπές της κατά 24 %, η Ελλάδα κατάφερε να πετύχει μείωση της τάξεως του 11,1 %. Ωστόσο, το καθησυχαστικό είναι πως υπάρχει μία σταθερή πτωτική πορεία των εκπομπών της χώρας από το 2005 και μετά, έτος στο οποίο σημειώθηκαν εκπομπές 133 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Μέχρι και το 2050 θα πρέπει οι εθνικές εκπομπές της χώρας να έχουν μειωθεί κατά 80 %, ώστε να αποτραπεί η θερμοκρασιακή αύξηση κατά 1,5 °C.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται σε διάγραμμα οι μεταβολές των εκπομπών CO₂ της Ελλάδας, από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2019, συμπεριλαμβανομένων και των επιμέρους καυσίμων που συμβάλλουν στις εκπομπές αυτές.



Σχήμα 3: Διαγραμματική απεικόνιση της μεταβολής των εθνικών εκπομπών CO₂, για τα έτη 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή των εκπομπών αυτών για το έτος 2019.



Σχήμα 4: Ποσοστιαία κατανομή CO₂, για το έτος 2019 (αναφορά: *IEA – Data and Statistics, iea.org*)

Από το Σχήμα 3 παρατηρούμε πως μέχρι και το έτος 2007 παρουσιάζεται ραγδαία αύξηση των συγκεντρώσεων των εκπομπών του CO₂, με κύριο πρωταγωνιστή τον λιγνίτη, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται μία εμφανής μείωσή τους, κάτι που φαίνεται να συμβαίνει μέχρι και σήμερα. Επιπλέον, στο Σχήμα 4 φαίνεται ξεκάθαρα

πόσο συνεισφέρει το διοξείδιο του άνθρακα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις αξιοποίησής του. Φαίνεται, επίσης, πως ο λιγνίτης, αν και κυρίαρχος στο σύνολο των εκπομπών CO₂ παρουσιάζει αρκετά απότομη μειωτική τάση, ειδικά σε σχέση με το φυσικό αέριο, το οποίο αντιθέτως τείνει να συμβάλει ολοένα και περισσότερο στην εγχώρια κατανάλωση και άρα στις εθνικές εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόβλεψη που μπορεί να πραγματοποιηθεί σχετικά με τις εκπομπές των ρύπων του CO₂ για μία αρκετά μακροπρόθεσμη κλίμακα της τάξης των ετών μέχρι και το 2100, λαμβάνοντας φυσικά υπόψη τον ρυθμό μεταβολής τους χρονικά.

Σε αυτό το σημείο θα περιγραφεί η διαδικασία υπολογισμού των μελλοντικών τιμών, όπως αυτή εφαρμόστηκε στην συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς επίσης και σε όλη την υπόλοιπη διπλωματική εργασία.

Προκειμένου να διεξαχθεί η πρόβλεψη της μεταβολής ενός μεγέθους, σε αυτή την περίπτωση οι εθνικές εκπομπές CO₂, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της στατιστικής που αφορά στον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται είναι η εξής:

$$\text{Ρυθμός Μεταβολής} = \left(\frac{\text{Τελική τιμή}}{\text{Αρχική τιμή}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{100}{\text{Πλήθος}} \right)$$

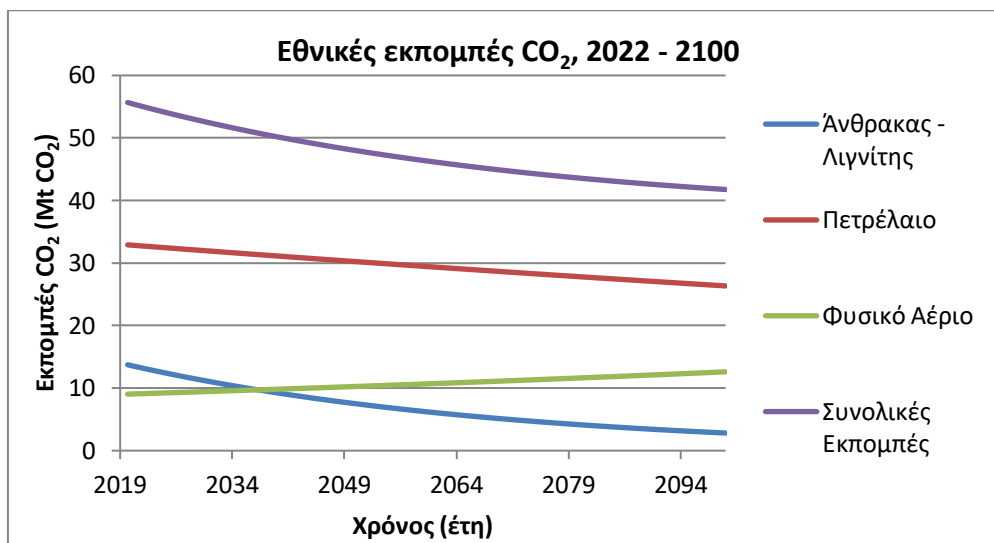
Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η τελική τιμή είναι το σύνολο των ρύπων του έτους 2019, η αρχική τιμή είναι η το σύνολο των ρύπων του έτους 1990 και το πλήθος είναι τα έτη που μεσολαβούν μεταξύ των δύο αυτών χρόνων (δηλαδή για αυτή την περίπτωση, καθώς και για το σύνολο των προβλέψεων που πραγματοποιούνται στην παρούσα διπλωματική το πλήθος θα ισούται με 30).

Το δεύτερο βήμα είναι να απεικονιστεί και γραφικά η διαχρονική μεταβολή του εκάστοτε μεγέθους, προκειμένου να καταστεί σαφής η μεταβολή στον χρόνο.

Τέλος, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι τάσεις που ενδέχεται να υιοθετηθούν από τα διάφορα κοινωνικά, πολιτικά και επιστημονικά δρώμενα, έτσι ώστε να διαμορφωθεί με μεγαλύτερη ασφάλεια και ακρίβεια η μελλοντική πορεία των εξεταζόμενων μεγεθών.

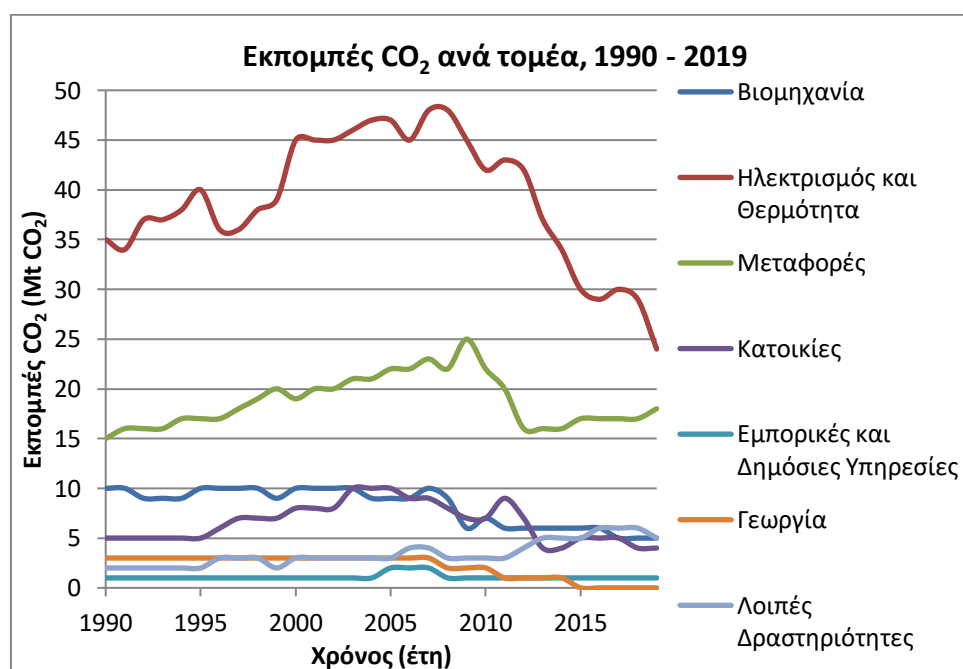
Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται αυτή η πρόβλεψη, η οποία είναι αρκετά αισιόδοξη αν λάβει κανείς υπόψη του την μειωτική τάση που παρουσιάζει η καμπύλη των εκπομπών, με εξαίρεση το φυσικό αέριο, το οποίο, όπως αναφέρθηκε και

προηγουμένως, ενδέχεται να διαδραματίσει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας.



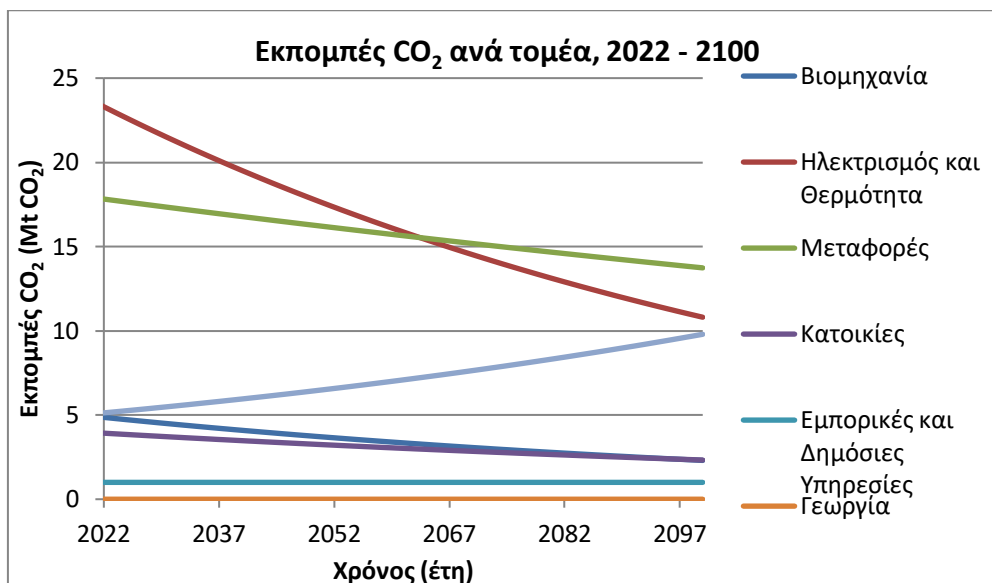
Σχήμα 5: Πρόβλεψη της μεταβολής των συνολικών εθνικών εκπομπών CO₂, μέχρι και το έτος 2100

Τέλος, προκειμένου να σχηματίσει κάποιος μία ολοκληρωμένη εικόνα γύρω από τις εκπομπές του CO₂ στην χώρα μας, θα έχει αξία να μελετήσει και το Σχήμα 6, στο οποίο απεικονίζονται οι συνολικές εκπομπές από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2019, στους διάφορους τομείς.



Σχήμα 6: Μεταβολή των εκπομπών CO₂ που προέρχονται από τους διάφορους τομείς της εθνικής κατανάλωσης, για τα έτη 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*, [17])

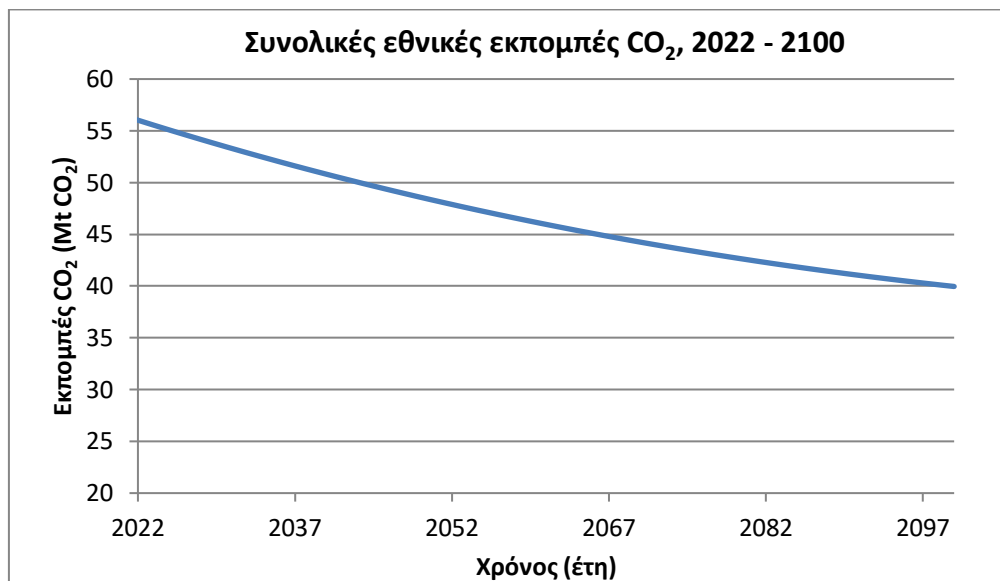
Στο Σχήμα 7 απεικονίζεται η ενδεχόμενη μελλοντική πορεία των εθνικών εκπομπών CO₂ στους ίδιους τομείς που εξετάστηκαν παραπάνω.



Σχήμα 7: Πρόβλεψη της μεταβολής των εθνικών εκπομπών CO₂ που προέρχονται από τους διάφορους τομείς της κατανάλωσης, για τα έτη 2022 – 2100

Και τα δύο παραπάνω διαγράμματα αποτυπώνουν την πορεία των εθνικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, διευκρινίζοντας μάλιστα πόσο μεγάλη συμβολή έχει η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα στο μέγεθος των εκπομπών αυτών.

Ο ηλεκτρισμός, ωστόσο, φαίνεται να παρουσιάζει μία αρκετά αισιόδοξη πορεία ως προς την συμβολή του στο σύνολο των εκπομπών του CO₂ στο μέλλον, κάτι που δικαιολογείται λόγω της προβλεπόμενης μελλοντικής αυξανόμενης διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή. Έτσι, ο κλάδος του ηλεκτρισμού, σε συνδυασμό με τον τομέα των μεταφορών που αντικατοπτρίζει μία εξίσου πτωτική πορεία, λόγω των νέων τεχνολογιών στα μεταφορικά μέσα, προσφέρει μία αρκετά σημαντική πρόοδο στον τομέα της μείωσης των συνολικών εθνικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, η αναμενόμενη πορεία της οποίας επαληθεύεται και στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8: Προβλεπόμενη μελλοντική πορεία των συνολικών εθνικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, για τα έτη 2022 – 2100

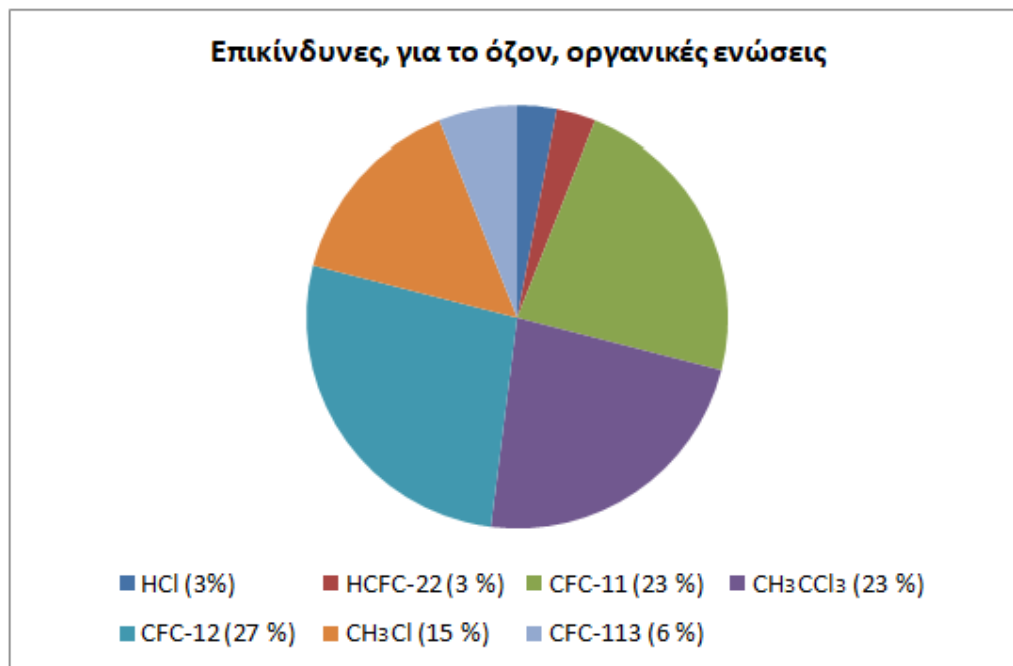
Είναι, λοιπόν, κοινός στόχος όλων των κρατών να θεσπίσουν και να λάβουν μέτρα, προκειμένου να μπορέσουμε όλοι μαζί να αντιστρέψουμε ή έστω να επιβραδύνουμε σημαντικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ώστε να σταματήσουμε την ραγδαία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, αποφεύγοντας έτσι τις αρνητικές επιπτώσεις που μία τέτοια διαδικασία θα επέφερε. Αξίζει να σημειωθεί πως το έτος 2012 υπολογιζόταν πως στην Ελλάδα 5.000 θάνατοι προκαλούνταν από ασθένειες που σχετίζονταν με την ατμοσφαιρική ρύπανση σε ετήσια βάση.

Το όζον (O₃) αποτελεί μία ένωση από τρία άτομα οξυγόνου. Αποτελεί το μοναδικό συστατικό της ατμόσφαιρας, το οποίο, λόγω της ποσότητάς του, είναι σε θέση να διαμορφώσει ένα αποτελεσματικό φίλτρο για την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία. Η προστατευτική στοιβάδα του όζοντος βρίσκεται στην στρατόσφαιρα, δηλαδή σε μία ατμοσφαιρική ζώνη που εκτείνεται σε ύψος από 10 έως 50 χιλιόμετρα από την επιφάνεια του εδάφους.

Δυστυχώς, η ανθρώπινη δραστηριότητα που προέρχεται κυρίως από βιομηχανικές και άλλες διαδικασίες (απελευθέρωση αλογονανθράκων, καυσαέρια υπερηχητικών αεροσκαφών, διάφορες χημικές διεργασίες κλπ) προκαλεί, εδώ και χρόνια, σταδιακή καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Αποτελεσματικά, παρατηρείται μία σταδιακή μείωση του φίλτρου προστασίας της ατμόσφαιρας, κάτι που με την σειρά του οδηγεί σε ολοένα και αυξανόμενες ποσότητες προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης. Η πρώτη σαφής προειδοποίηση του φαινομένου καταστροφής της στοιβάδας του όζοντος ήταν η λεγόμενη «τρύπα» του όζοντος, η μεγάλη μείωση δηλαδή των συγκεντρώσεων του O₃ που παρατηρήθηκε πάνω από την Ανταρκτική.

Στα πλαίσια της Ελλάδας, έχει παρατηρηθεί ένας ετήσιος ρυθμός μείωσης του ολικού όζοντος της τάξεως του 0,4 %.

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται μία σχηματική απεικόνιση των πιο επικίνδυνων, για το όζον, οργανικών ουσιών, καθώς επίσης και οι αντίστοιχες κατανομές παραγωγής τους παγκοσμίως.



Σχήμα 9: Παραγωγή επικίνδυνων για το όζον οργανικών ενώσεων (αναφορά: *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη, Τόμος Πρώτος*)

Η πλειοψηφία των διεθνών οργανισμών καταβάλλει προσπάθειες για την θέσπιση μέτρων και τήρηση αυτών, που αφορούν στην μείωση των χημικών στοιχείων και ενώσεων που συμβάλλουν στην καταστροφή του ατμοσφαιρικού όζοντος.

Προτεραιότητα, εδώ και χρόνια έχει το σύνολο των ενώσεων CFC (χλωροφθοράνθρακες, αλογονάνθρακες), ενώσεις που επιδρούν σημαντικά στην καταστροφή της στρώσης του όζοντος και, κατά συνέπεια, σε πληθώρα αρνητικών επιπτώσεων, όπως για παράδειγμα στην γενική μεταβολή του κλίματος, στην εξάπλωση ασθενειών (καρκίνος, μολυσματικές ασθένειες, αποδυνάμωση του ανοσοποιητικού κλπ), στην καταστροφή καλλιεργειών, αλλά και στην γενική υποβάθμιση της παγκόσμιας χλωρίδας και πανίδας.

Τέλος, σημαντικοί παράγοντες που συμβάλλουν στο σύνολο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι και φαινόμενα, όπως η όξινη βροχή και το νέφος των αστικών περιοχών. Πρόκειται για συγγενή φαινόμενα που έχουν άμεση σχέση με την υψηλή συγκέντρωση ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, καθώς και στην μετέπειτα εναπόθεσή τους στην επιφάνεια του εδάφους.

Ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου (SO_2), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), η αμμωνία (NH_3), το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα (CO , CO_2), τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10}) και άλλα, μετατρέπουν την ατμόσφαιρα σε μία έντονα ρυπογόνα ζώνη αέρα. Τα εν λόγω χημικά στοιχεία και ενώσεις, καθιστούν πολλές φορές καιρικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα μία βροχόπτωση ή ένα αστικό νέφος σε επικίνδυνες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον διεργασίες, με αποτέλεσμα να απαιτούν άμεση αντιμετώπιση.

Πιο συγκεκριμένα, η λεγόμενη «όξινη βροχή» έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, καταστροφικές συνέπειες σε μνημεία και καλλιέργειες και προκαλεί μία γενική υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Επιπρόσθετα, ενέργειες που συμβάλλουν στην μείωση των εκπομπών των διαφόρων ρύπων που συμβάλλουν στην δημιουργία αστικού νέφους στην ατμόσφαιρα έγιναν στο παρελθόν και εξακολουθούν να συμβαίνουν σε σημαντικό βαθμό και στην Ελλάδα, με στόχο την ελάττωση της γενικότερης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και, κατά συνέπεια, της βελτίωσης της ποιότητας ζωής όλων των οργανισμών.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι καταλύτες που εγκαταστάθηκαν στα αυτοκίνητα, πληθώρα προστατευτικών φίλτρων τόσο στην βιομηχανία όσο και για οικιακή χρήση, η άνοδος της βενζίνης «Super» που αντικατέστησε την πιο ρυπογόνα αμόλυβδη, η άφιξη του φυσικού αερίου, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο και πολλά ακόμη.

1.3. Θαλάσσια Ρύπανση

Η θάλασσα και, γενικότερα, το νερό σε όλες τις εκφάνσεις του, ανέκαθεν αποτελούσε ένα στοιχείο ζωτικής σημασίας τόσο για τον άνθρωπο όσο και για όλους τους υπόλοιπους οργανισμούς του πλανήτη. Το θαλάσσιο στοιχείο αποτελεί, επίσης, και τον κυριότερο παράγοντα παραγωγής οξυγόνου, καθιστώντας το έτσι εξαιρετικά σημαντικό για την διατήρηση της ζωής.

Αντιλαμβάνεται, λοιπόν, κανείς πως η διαφύλαξη της υγείας των θαλάσσιων υδάτων είναι κάτι που μας επηρεάζει όλους άμεσα και θα έπρεπε να αποτελεί προτεραιότητα του καθενός τόσο σε ατομικό όσο και σε συλλογικό επίπεδο.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η κατανομή της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη.

Πίνακας 1: Κατανομή συνολικής ποσότητας νερού στις διάφορες πηγές (πηγή: *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη - Τόμος Δεύτερος, Μείζονα Περιβαλλοντικά Προβλήματα, Διαχείριση Αποβλήτων*)

Μορφή νερού	Όγκος (km ³)	Ποσοστό (%)
Θάλασσες (αλμυρό νερό)	1,3·10 ⁹	97,2
Παγετοί - Χιόνια στον Β. και Ν. Πόλο	2,9·10 ⁷	2,169
Υπόγεια νερά	8,4·10 ⁶	0,615
Λίμνες και ποτάμια	0,2·10 ⁶	0,016
Νερό ατμόσφαιρας	1,3·10 ⁴	0,016
Βιόσφαιρα	0,6·10 ³	0,016

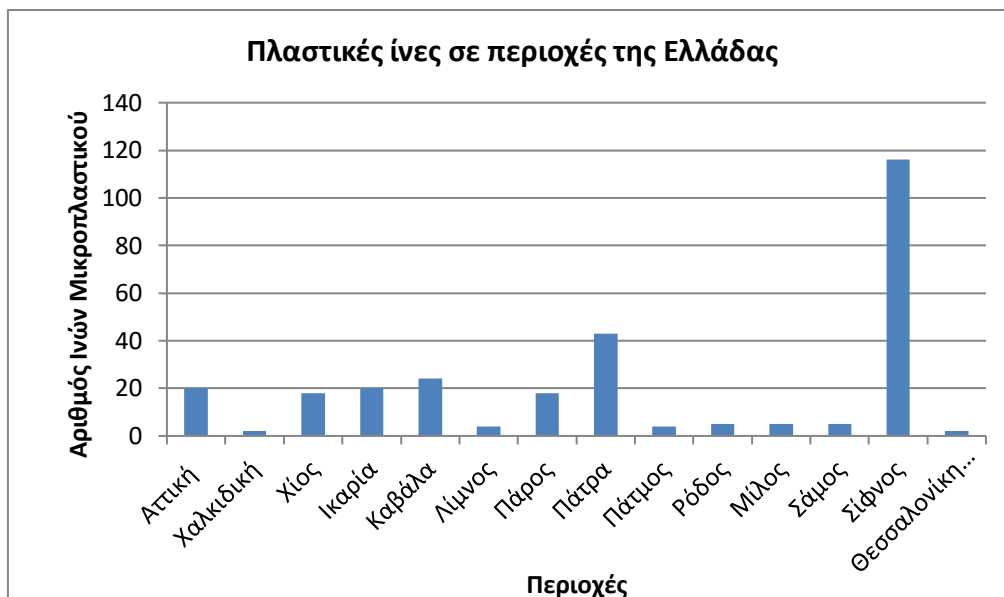
Ο παραπάνω Πίνακας 1 τονίζει την τεράστια συμβολή που έχουν οι θάλασσες στο σύνολο των υδάτινων πόρων του πλανήτη, υπογραμμίζοντας έτσι και την σημασία που έχουν τα μέτρα διαφύλαξης και προστασίας τους.

Δυστυχώς, όμως, η θαλάσσια ρύπανση είναι ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα που υφίσταται, τόσο παγκοσμίως όσο και εδώ στην Ελλάδα, εδώ και δεκαετίες και έχει διάφορες παραμέτρους. Μεταφράζεται σε ρύπανση των υδάτων, των λιμνών, των ωκεανών, καθώς επίσης και σε υποβάθμιση διαφόρων παράκτιων περιοχών. Η πλειοψηφία της θαλάσσιας ρύπανσης εντοπίζεται κατά μήκος των ακτών, αφού εκεί παρατηρείται και η έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα.

Γενικά, οι κυριότερες αιτίες ρύπανσης των υδάτων είναι η μεταφορά επικίνδυνων φορτίων (διακίνηση πετρελαίου, ραδιενεργών στοιχείων και άλλα), η τουριστική και εμπορική δραστηριότητα, τα ραδιενεργά στοιχεία που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια πυρηνικών δοκιμών, η εναπόθεση αποβλήτων που προέρχονται, είτε από οικιακή είτε από βιομηχανική χρήση, καθώς επίσης και η πληθώρα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα υποθαλάσσια τούνελ, γέφυρες κλπ. Δεν θα πρέπει, σαφώς, να παραλείπονται και οι διάφορες φυσικές αιτίες, όπως για παράδειγμα σεισμοί, βροχοπτώσεις, ατμόσφαιρα κλπ.

Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, η ανακύκλωση βρίσκεται ακόμα σε πολύ χαμηλά επίπεδα (16 %), κάτι που, σε συνδυασμό με το τεράστιο ποσοστό ταφής των απορριμμάτων (80 %), οδηγεί σε πληθώρα πλαστικών σε διάφορες παραθαλάσσιες αλλά και θαλάσσιες εκτάσεις. Αξίζει να σημειωθεί πως εντός του πεπτικού συστήματος 18 θαλάσσιων χελωνών βρέθηκαν 3.554 ίνες πλαστικού, όπως ανέδειξε έρευνα του Ινστιτούτου Αρχιπέλαγος. Επιπλέον, ακόμα και σε διάστημα 4 ετών, διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχει ούτε μία μέρα, στην οποία να μην καταγράφηκαν νέα πλαστικά απορρίμματα στις ακτές, με περίπου 1.000 δείγματα ιζήματος να κάνουν την εμφάνισή τους σε δείγμα 167 ελληνικών παραλιών [20].

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται μία απεικόνιση, η οποία καταδεικνύει τις ποσότητες πλαστικών ινών σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας για το έτος 2020.



Σχήμα 10: Ποσά πλαστικών ινών σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (αναφορά: *Ινστιτούτο Αρχιπέλαγος – Θαλάσσια Προστασία, archipelago.gr, [20]*)

Φαίνεται, λοιπόν, πως η μεγάλη εγχώρια θαλάσσια ρύπανση δεν είναι μόνο πρόβλημα των αστικών κέντρων, αφού μεγάλα ποσά πλαστικού διοχετεύονται καθημερινά και σε παραλίες απομακρυσμένων ή και ακατοίκητων νησιωτικών περιοχών. Γενικότερα, το πλαστικό κυριαρχεί στην θαλάσσια ρύπανση της χώρας, τόσο σε παραθαλάσσιο όσο και σε υποθαλάσσιο επίπεδο (πυθμένες θαλασσών), χωρίς όμως να είναι ο μοναδικός ρυπαντής. Σημαντική συνεισφορά έχουν και άλλα υλικά, όπως το χαρτί (15 %), το μέταλλο (10 %) και το γυαλί (8 %).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα παγκόσμιας δυσμενούς θαλάσσιας ρύπανσης αποτελεί η έκρηξη ενός φρεατίου που υπήρχε στην εξέδρα Deerwater Horizon, με αποτέλεσμα την δημιουργία πετρελαιοκηλίδας στον κόλπο του Μεξικού. Μέτοχοι της επιχείρησης και της εγκατάστασης ήταν οι εταιρίες BP (65 %), Anadarko (25 %) και η MOEX Offshore (10 %). Με βάση τα επίσημα δεδομένα από την αμερικάνικη κυβέρνηση, περίπου 5 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου απορρίφθηκαν στην θάλασσα, καθιστώντας το συγκεκριμένο συμβάν μία από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές υδάτων παγκοσμίως, με συνέπειες τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στην βιοποικιλότητα της θάλασσας.

Παρακάτω, παρουσιάζονται μερικές εικόνες από το συμβάν που απεικονίζουν σε μεγάλο βαθμό την έκταση της καταστροφής.



Εικόνα 3: Στιγμή της έκρηξης της εξέδρας Deepwater Horizon (πηγή: *ABC – DeepWater Horrizon, abcnews.com*)



Εικόνα 4: Πετρελαιοκηλίδα που εμφανίστηκε στον Κόλπο του Μεξικού (πηγή: *Encyclopedia Britannica – BP Mexico, britannica.com*)



Εικόνα 5: Επίδραση του πετρελαίου στον έμβιο πληθυσμό της περιοχής (πηγή: *KNWA, Fox 24 News*)

Σημαντικό ρόλο στην θαλάσσια ρύπανση αποτελούν και τα διάφορα πλαστικά που καταλήγουν, είτε στο νερό είτε στις παραθαλάσσιες ζώνες. Η απόρριψη πλαστικού στην θάλασσα αλλά και στο περιβάλλον, γενικότερα, προκαλεί εδώ και χρόνια έντονη ανησυχία σε παγκόσμιο επίπεδο, με μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας να επικεντρώνεται στην καταπολέμησή του, με κύριο όπλο την ανακύκλωση με διάφορους τρόπους και ποικίλες μεθόδους.

Σύγχρονες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην καταπολέμηση της ρύπανσης των θαλασσών από το πετρέλαιο και οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή και εδώ στην Ελλάδα είναι ο **μηχανικός καθαρισμός** (περισυλλογή μέσω διαχωρισμού του νερού από το πετρέλαιο), ο **χημικός καθαρισμός** (μέσω χημικών διασκορπιστικών) και η **επιτόπια καύση** (καύση πετρελαιοκηλίδας), με την τελευταία μέθοδο να είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη σε παρόμοιες περιπτώσεις, χάρη στην πολύ υψηλή αποδοτικότητά της.

Εκτός, λοιπόν, από την σωστή και αποδοτική επεξεργασία όλων των υγρών αποβλήτων που καταλήγουν στις θάλασσες και όχι μόνο, είναι σημαντικό να πραγματοποιείται και μία συνετή διαχείριση των υδάτινων πόρων του πλανήτη. Με τον όρο διαχείριση υδάτινων πόρων εννοούμε έναν ορθολογικό προγραμματισμό, όσον αφορά στην καλύτερη δυνατή και αποδοτικότερη κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών σε νερό, τόσο σε παρούσα όσο και σε μελλοντική κλίμακα.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα υποδομών που είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους του πλανήτη και να αντιμετωπίσουν, με αυτό τον τρόπο, τις ανάγκες που υπάρχουν είναι τα φράγματα, οι λιμνοδεξαμενές, οι μονάδες αφαλάτωσης και πολλά ακόμη.

Θα πρέπει, λοιπόν, να πραγματοποιηθεί ορθή εκτίμηση της προσφοράς των πόρων αυτών και, στη συνέχεια, αποτελεσματική αξιοποίηση των παραπάνω υποδομών, με στόχο την εκπλήρωση των υφιστάμενων αναγκών σε λογικά πλαίσια και όχι την κατασπατάληση και, τελικά, την εξάντληση των διαθέσιμων πηγών του πλανήτη.

Οι κυριότερες χρήσεις του νερού είναι οι παρακάτω:

- Γεωργία (άρδευση κλπ),
- Βιομηχανία (ψύξη, θέρμανση κλπ),
- Υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις (παραγωγή ενέργειας μέσω της κίνησης του νερού),
- Ψυχαγωγία (ψάρεμα, κολύμβηση κλπ) και
- Οικιακή χρήση (μαγειρική, καθαριότητα κλπ).

Από όλα τα παραπάνω, γίνεται σαφές πως θα πρέπει οι κοινωνίες σε όλα τα κράτη του κόσμου να επενδύσουν σε πληθώρα μονάδων επεξεργασίας και διαχείρισης του νερού, όπως επίσης και σε μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων σε ευρεία κλίμακα, με κύριο στόχο την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερου νερού που αξιοποιείται για την κάλυψη των αναγκών μας, έτσι ώστε να μπορέσουμε να διατηρήσουμε σε ικανοποιητικά επίπεδα τους θαλάσσιους πόρους του πλανήτη σε μακροχρόνια βάση.

1.4. Το Πρόβλημα της Λειψυδρίας

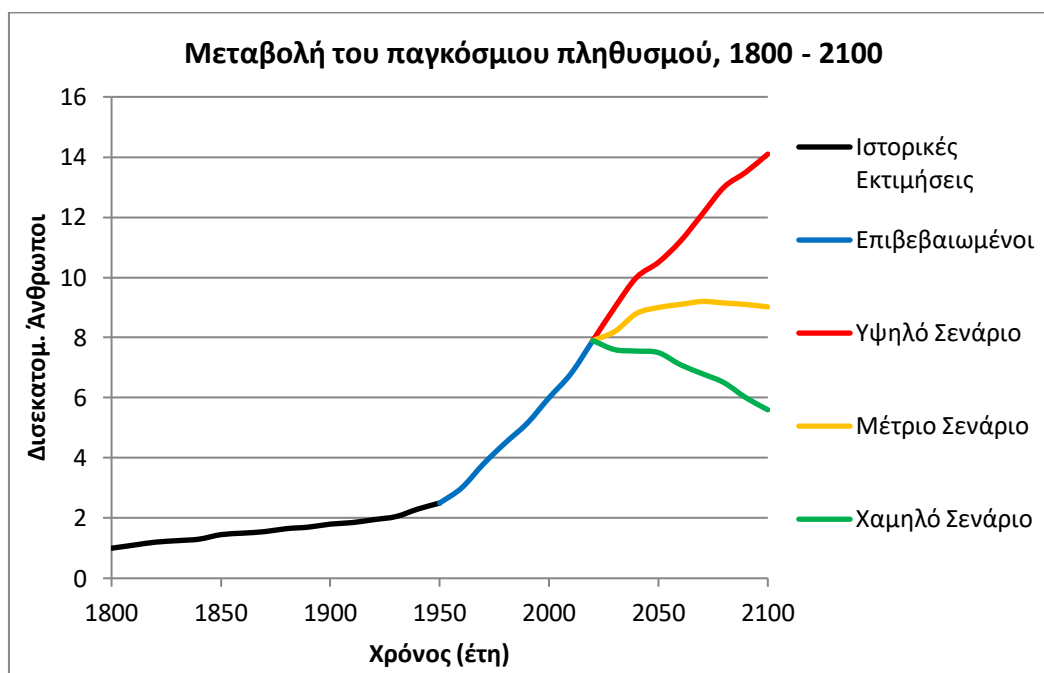
Η έλλειψη του νερού που απαιτείται για την κάλυψη τόσο των ανθρώπινων όσο και των περιβαλλοντικών αναγκών, ή πιο απλά λειψυδρία, επηρεάζει περισσότερο από το 40 % του παγκόσμιου πληθυσμού. Πρόκειται για ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που, δυστυχώς, πλήττει ακόμα και τις πιο ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου. Η πρόσβαση του ανθρώπου σε καθαρό νερό αποτελεί αδιαμφισβήτητο ένα από τα πιο θεμελιώδη δικαιώματά του, όπως επίσης και απαραίτητη προϋπόθεση για ανάπτυξη. Δυστυχώς, όμως, στον 21^ο αιώνα που διανύουμε φαίνεται πως θεωρείται πολυτέλεια.

Περίπου 2,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής, ενώ 1,8 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως χρησιμοποιούν μολυσμένες πηγές πόσιμου νερού για την καθημερινή κάλυψη των αναγκών τους. Εάν δεν υπάρξει συντονισμός και συνεργασία από όλους τους υπεύθυνους φορείς για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, τότε, δυστυχώς, 1.000 περίπου παιδιά θα εξακολουθούν να χάνουν την ζωή τους σε καθημερινή βάση από αποτρέψιμες ασθένειες που σχετίζονται με μολυσμένο νερό.

Με βάση το Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ, η έλλειψη νερού είναι ένα από τα πιο πιεστικά και σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε μέσα στα επόμενα 10 χρόνια, προκειμένου να περιοριστεί ο βαθύς αντίκτυπος που ενδέχεται να επιφέρει μία τέτοιας κλίμακας διεθνής κρίση.

Είναι σαφές πως οι δύο κύριες αιτίες της όξυνσης του φαινομένου είναι, αρχικά, η συνεχής εκθετική αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, καθώς επίσης και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων, κυρίως στις αστικές περιοχές. Πρόκειται, λοιπόν, για ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που συνδέεται άμεσα με την προσφορά και την ζήτηση του διαθέσιμου νερού της Γης, μία ζυγαριά που δείχνει να μετατοπίζεται ολοένα και περισσότερο προς την μεριά της ζήτησης εδώ και αρκετά χρόνια, κάτι που δυστυχώς δεν φαίνεται να μπορεί να αλλάξει δραστικά μέσα στις επόμενες δεκαετίες.

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται η μεταβολή του παγκόσμιου πληθυσμού από το 1800 μέχρι και σήμερα, καθώς και μία πρόβλεψη για δεδομένα μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 11: Μεταβολή του παγκόσμιου πληθυσμού, σε δισεκατομμύρια, από το 1800 μέχρι και το έτος 2100 (αναφορά: *OHE, unric.org*, [40])

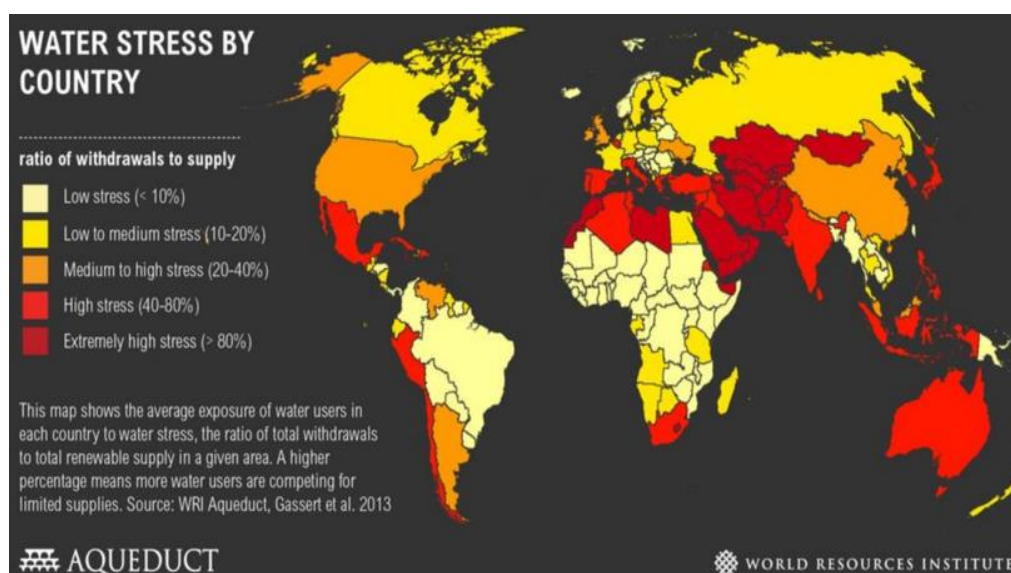
Η **καμπύλη με το μαύρο χρώμα** χαρακτηρίζει τις εκτιμήσεις του παγκόσμιου πληθυσμού για τα χρόνια 1800 μέχρι και 1950, ενώ η **μπλε καμπύλη** αντικατοπτρίζει τα υφιστάμενα στοιχεία πληθυσμού που προέρχονται με δεδομένα που υπάρχουν αυτή την στιγμή [40]. Στη συνέχεια, διακρίνουμε 3 καμπύλες που βασίζονται σε εκτιμήσεις και προβλέψεις του ΟΗΕ για τα επόμενα 80 με 90 χρόνια υπό την οπτική της πιθανούς μεγάλης αύξησης (**κόκκινη καμπύλη**), της πιθανούς

μεσαίας αύξησης (**πορτοκαλί καμπύλη**) αλλά και μιας πιθανούς μικρότερης και, ίσως, αισιόδοξης για τον πλανήτη αύξησης του πληθυσμού (**πράσινη καμπύλη**).

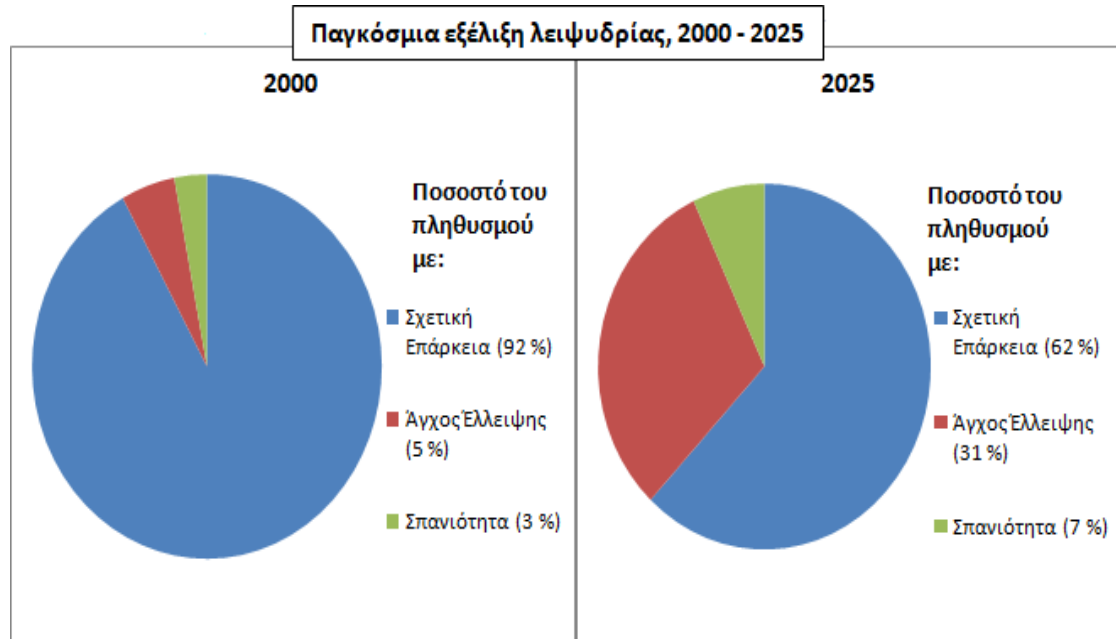
Μεγάλο ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως αυτή την στιγμή ο πληθυσμός του πλανήτη ανέρχεται σε αριθμό της τάξεως του 7.879.275.518. Εάν η ίδια πρόταση αποτυπωνόταν στο χαρτί 10 δευτερόλεπτα αργότερα το νούμερο που θα είχαμε θα ήταν 7.879.275.542.

Φαίνεται ξεκάθαρα πως ο παγκόσμιος πληθυσμός του πλανήτη παρουσιάζει εκθετική αύξηση τα τελευταία χρόνια, κάτι που επιφέρει σε σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα, ένα εκ των οποίων και το πρόβλημα της λειψυδρίας που περιγράφεται στην παρούσα φάση.

Η Εικόνα 6, καθώς επίσης και το Σχήμα 12 αντικατοπτρίζει το μέγεθος του προβλήματος σε παγκόσμια κλίμακα.



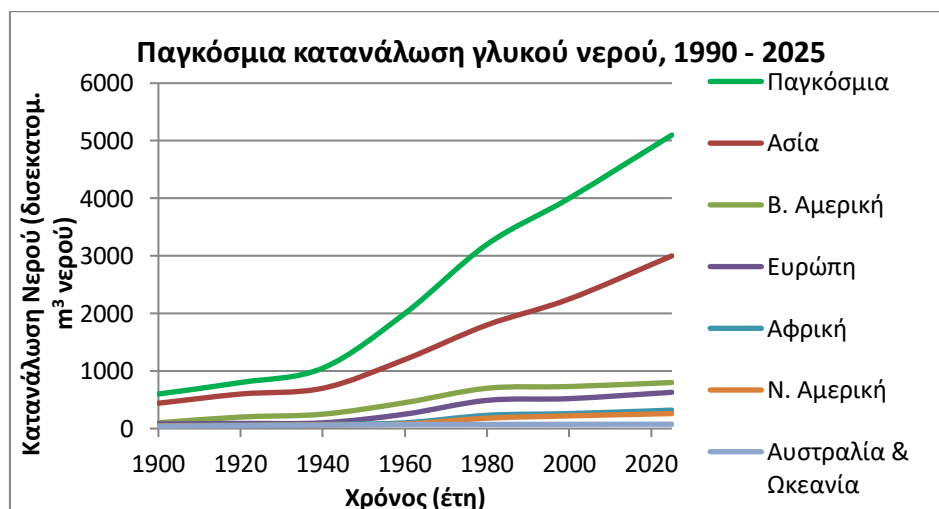
Εικόνα 6: Λειψυδρία σε παγκόσμια κλίμακα (πηγή: *World Resources Institute, wri.org*)



Σχήμα 12: Διαγραμματική απεικόνιση της παγκόσμιας εξέλιξης της λειψυδρίας, σε βάθος 25ετίας (αναφορά: *Δίκτυο Μεσόγειος, www.medsos.gr*).

Τόσο από την Εικόνα 6 (αυξανόμενος βαθμός επικινδυνότητας: από ανοιχτό χρώμα σε πιο σκούρο) όσο και από το Σχήμα 12 μπορούμε να αντιληφθούμε πως, με την πάροδο των χρόνων, η πλειοψηφία των κρατών παγκοσμίως υιοθετεί προβλήματα που αφορούν την έλλειψη του νερού, τα οποία μεταφράζονται, είτε σε σχετικά μακροπρόθεσμη ανησυχία είτε σε κρίσιμη κατάσταση που απαιτεί άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση.

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται σε διάγραμμα η παγκόσμια κατανάλωση του γλυκού νερού παγκοσμίως, από το έτος 1900 μέχρι και το έτος 2025.



Σχήμα 13: Ετήσια απεικόνιση παγκόσμιας κατανάλωσης γλυκού νερού, για τα έτη 1900 – 2025 (αναφορά: *el.wikipedia.org*)

Από το παραπάνω Σχήμα 13, καθίσταται ξεκάθαρο πως οι ήπειροι που καταναλώνουν το περισσότερο γλυκό νερό παγκοσμίως, είναι, με διαφορά, η Ασία (κυρίως λόγω του υψηλού πληθυσμού), η Β. Αμερική και η Ευρώπη (ήπειροι που ανήκουν στον ανεπτυγμένο Δυτικό κόσμο). Από την άλλη, περιοχές που ανήκουν σε υπανάπτυκτες χώρες, εμφανίζουν σημαντικά μικρότερη κατανάλωση σε γλυκό νερό, κάτι που προφανώς οφείλεται και στο ευρύτερο χαμηλό βιοτικό τους επίπεδο.

Περιοχές ξηρασίας, συρρικνώσεις έως και 100 % λιμνών και κλειστών θαλασσών (χαρακτηριστική η περίπτωση της λίμνης Chad στην κεντρική Αφρική με συρρίκνωση 95 % σε 35 χρόνια) και ερημοποιήσεις ολόκληρων γεωγραφικών εκτάσεων είναι μόνο μερικές από τις συνέπειες που επιφέρει το πρόβλημα της λειψυδρίας παγκοσμίως.

Στην Εικόνα 7 αποτυπώνεται μία περιοχή της Μεσογείου που βρίσκεται υπό την επίδραση του φαινομένου της λειψυδρίας.



Εικόνα 7: Λειψυδρία σε ύπαιθρο χώρα της Μεσογείου (πηγή: *Yraithros – Περιβάλλον, yraithros.gr*)

Πρόκειται, λοιπόν, για ένα πρόβλημα με κύριο αίτιο την πληθυσμιακή έκρηξη του πλανήτη τα τελευταία χρόνια, κάτι που από μόνο του οδηγεί σε υπέρογκες ανθρώπινες ανάγκες σε γλυκό νερό, με αποτέλεσμα την συνεχιζόμενη εξάντληση των υδάτινων πόρων της Γης. Επιπλέον, σημαντικό αίτιο της λειψυδρίας είναι και η υπερθέρμανση του πλανήτη, ένα φαινόμενο δηλαδή, που προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις, όπως το λιώσιμο των πάγων, την κλιματική αλλαγή και πολλές ακόμη.

Η λειψυδρία, δυστυχώς, δεν είναι κάτι που αφήνει ανεπηρέαστη την Ελλάδα. Πολλά νησιά του Κεντρικού και Νότιου Αιγαίου χαρακτηρίζονται ως «άνυδρες», πλέον,

περιοχές, με αποτέλεσμα η έλλειψη του νερού να είναι ένα από τα πλέον σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα που απασχολούν τις νησιωτικές περιοχές της χώρας. Η έλλειψη βροχοπτώσεων που συνεχώς μειώνεται, σε συνδυασμό με την γενικότερη μείωση των υδάτινων πόρων καθιστούν την πρόσβαση σε γλυκό νερό μία ολοένα και μεγαλύτερη πρόκληση για τους κατοίκους των συγκεκριμένων περιοχών. Οι επιστήμονες προβλέπουν μία ετήσια μείωση του υδροφόρου ορίζοντα της χώρας, με απώλειες που αγγίζουν τα 810 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.

Επιπλέον, υπολογίζεται πως με μία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2 °C, θα προκληθεί αύξηση στην αναλογία «ζήτησης προς διαθεσιμότητα» νερού της τάξεως του 100 %, καθιστώντας έτσι την χώρα μας πρώτη σε θέση ανισορροπίας «ζήτησης – προσφοράς» νερού στην Ευρώπη.

Λύση στο μείζον αυτό περιβαλλοντικό πρόβλημα μπορούν να αποτελέσουν, τόσο οι υποδομές συγκράτησης και αποθήκευσης γλυκού νερού (φράγματα, λιμνοδεξαμενές κλπ) όσο και οι μονάδες αφαλάτωσης, οι οποίες αποτελούν σημαντικό κριτήριο βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου αλλά και γενικότερης ανάπτυξης των περιοχών, στις οποίες εγκαθίστανται.

Η λειψυδρία δεν κάνει διακρίσεις. Επηρεάζει το σύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού, προκαλώντας μολυσματικές ασθένειες, υποβαθμισμένο βιοτικό επίπεδο και πολλούς θανάτους. Χώρες με ανεπτυγμένες υποδομές είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν για την ώρα το πρόβλημα μέχρι ένα σημείο. Χώρες της Αφρικής, της Μέσης Ανατολής και πολλών ακόμη περιοχών με παρόμοια γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και άλλες, δεν είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν, με αποτέλεσμα οι άνθρωποι των περιοχών αυτών να ζουν στην εξαθλίωση και να παλεύουν για ένα αγαθό που θα έπρεπε να είναι δεδομένο για όλους, ανεξαρτήτως της χώρας που ζουν, του χρώματος στο δέρμα τους και της θρησκείας που έχουν επιλέξει να υιοθετούν.

Κλείνοντας, η Εικόνα 8 αποτυπώνει την καθημερινότητα για εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, καθώς και το μέγεθος του προβλήματος που, δυστυχώς για πολλούς, δεν αποτελεί προτεραιότητα.



Εικόνα 8: Συνήθης τρόπος απόκτησης γλυκού νερού από κατοίκους, σε περιοχές της Μέσης Ανατολής (πηγή: *Naftemporiki – Περιβάλλον, naftemporiki.gr*)

Αξίζει να αναφερθεί η εξής φράση: «...η ευρύτερη περιοχή της Γάζας, σε πέντε χρόνια από σήμερα δεν θα έχει πόσιμο νερό».

- Ντιάα Αμπού Ασσί (μηχανικός, Ισλαμικό Πανεπιστήμιο Γάζας), 2019.

1.5. Ερημοποίηση

Ήδη από την δεκαετία του '60 η ερημοποίηση είναι ένα φαινόμενο που απασχολεί τους επιστήμονες παγκοσμίως. Ο πρώτος ορισμός του συγκεκριμένου ζητήματος προήλθε το 1985 από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ, σύμφωνα με τον οποίο «ερημοποίηση» είναι «ο μετασχηματισμός γόνιμων και ημιάγονων περιοχών σε ερήμους από την ανθρώπινη εκμετάλλευση, που συχνά επιταχύνεται από περιοδική ξηρασία». Με άλλα λόγια, πρόκειται για μία διαδικασία υποβάθμισης του εδάφους προς μία άγονη κατάσταση, που προέρχεται, σε κάποιο βαθμό, από ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ερημοποίηση θα μπορούσε, επίσης να χαρακτηριστεί η ολοένα και αυξανόμενη επέκταση ερημικών περιοχών προς τις γειτονικές τους εκτάσεις.

Μία τέτοια ακολουθία γεγονότων, όπως είναι λογικό, οδηγεί σε σταδιακή μείωση της καλλιεργήσιμης γης του πλανήτη και, άρα, σε όλο και μικρότερη δυνατότητα παραγωγής τροφής.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να υπογραμμιστεί ο διαχωρισμός της ερημοποίησης από την φυσική ύπαρξη ερήμων, υπό το πρίσμα ότι η ερημοποίηση χαρακτηρίζεται από πλήρη ανυπαρξία παραγωγικότητας, νερού και, άρα, ζωής.

Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται μία αφρικανική περιοχή, η οποία έχει υποστεί σοβαρή εδαφική ερημοποίηση.



Εικόνα 9: Ερημοποιημένη περιοχή της Δυτικής Αφρικής (πηγή: *The Borgen Project - The effects of desertification in Africa, borgenproject.org*)

Η παραπάνω φωτογραφία αναδεικνύει το έντονο πρόβλημα της ερημοποίησης που λαμβάνει χώρα σε πολύ μεγάλο βαθμό στην Δυτική Αφρική, χωρίς όμως να αφήνει ανεπηρέαστα άλλα κράτη, όπως για παράδειγμα χώρες της Ασίας, την Ρωσία, ακόμα και περιοχές της Ευρώπης. Δυστυχώς, η γνώση της επιστημονικής κοινότητας γύρω από το φαινόμενο της ερημοποίησης είναι ακόμα αρκετά περιορισμένη. Πολλοί, μάλιστα, αρνούνται να αναγνωρίσουν την ύπαρξη του προβλήματος. Με την πάροδο των χρόνων, όμως, η ερημοποίηση έχει χαρακτηριστεί ως ένα υπαρκτό περιβαλλοντικό ζήτημα από την επιστήμη με συγκεκριμένες αιτίες, συνέπειες και μηχανισμούς.

Ως κύριες αιτίες του φαινομένου, χαρακτηρίζεται η διάβρωση του εδάφους από τους ανέμους, η πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και η γενικότερη ελάττωση των νερών της εκάστοτε περιοχής, η ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία μειώνει σε σημαντικό βαθμό την βλάστηση, καθώς και η συνολική ξηρασία που πλήττει πληθώρα περιοχών και προέρχεται κυρίως από την ευρύτερη κλιματική αλλαγή και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Εάν αναλογιστεί κανείς πως η φύση χρειάζεται κατά μέσο όρο 200 χρόνια για να σχηματίσει 1 cm³ γόνιμου εδάφους, αμέσως αντιλαμβάνεται πως η ερημοποίηση είναι ένα πρόβλημα τεράστιας σημασίας που μπορεί να χαρακτηριστεί και οριακά μη αναστρέψιμο.

Η πλειοψηφία των τροφών που καταναλώνει ο άνθρωπος προέρχεται από το έδαφος, με αποτέλεσμα σταδιακά, μέσω της γεωργίας να αξιοποιείται και άρα να «καταναλώνεται» μέρος αυτού του εδαφικού στρώματος.

Χώρες με την μεγαλύτερη απώλεια εδαφών αποτελούν οι Ινδία, Κίνα, Πακιστάν, Αφγανιστάν, Ιράν, Συρία και άλλες. Ακολουθούν χώρες, όπως η Τυνησία, το Μαρόκο, η Κένυα, η Αργεντινή και αρκετές ακόμα. Τέλος, το φαινόμενο της ερημοποίησης δεν αφήνει ανεπηρέαστη την Ευρώπη με χώρες, όπως η νοτιοανατολική και κεντρική Ισπανία, η νότια Ιταλία και η Γαλλία να χάνουν αρκετούς τόνους χώματος ανά στρέμμα σε ετήσια βάση.

Το πρόβλημα της εδαφικής ερημοποίησης του πλανήτη, αδιαμφισβήτητα, επιφέρει πολύ σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον της Γης αυτό καθαυτό όσο και στο ίδιο το ανθρώπινο είδος. Η σταδιακή μείωση της καλλιεργήσιμης έκτασης, αλλά και η υποβάθμιση της ήδη υπάρχουσας οδηγεί πληθώρα πληθυσμιακών ομάδων στην μαζική μετανάστευση, προκειμένου να επιβιώσουν από πολλές δυσμενείς συνέπειες, όπως για παράδειγμα την πρόκληση ασθενειών αλλά και της πείνας. Οι πρόσφυγες πολλαπλασιάζονται εκθετικά, με τα νούμερα να μιλούν από μόνα τους, αφού τα υφιστάμενα επιστημονικά δεδομένα μας ενημερώνουν για περίπου 25 εκατομμύρια ανθρώπους να εγκαταλείπουν τις πατρίδες τους προκειμένου να αποφύγουν ζητήματα συγκρούσεων και λιμού.

Ακόμη, η ερημοποίηση προκαλεί πληθώρα συρράξεων με επίκεντρο την πρόσβαση σε νερό, με χαρακτηριστικό παράδειγμα να αποτελεί η Τουρκία, η Συρία και το Ιράκ, οι οποίες, τα τελευταία χρόνια, προσπαθούν με κάθε τρόπο να αξιοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα νερά του Τίγρη και του Ευφράτη, χρησιμοποιώντας φράγματα και παρόμοιες υποδομές κατακράτησης νερού.

Συγκρούσεις, ωστόσο, εμφανίζονται και εντός συνόρων σε περιοχές όπως η Λάρισα που έρχεται σε αντιπαράθεση με την Καρδίτσα εξαιτίας της λίμνης Πλαστήρα, όπως επίσης και σε περιοχές του Ρεθύμνου, στο οποίο αγρότες και κάτοικοι έρχονται σε αντιπαράθεση με την μία πλευρά να χρειάζεται νερό για τροφοδότηση των καλλιεργειών και την άλλη να υποστηρίζει πως προτεραιότητα έχει η κάλυψη των βασικών καθημερινών αναγκών.

Επιπρόσθετα, εδώ και χρόνια, παρατηρείται εμφανής έλλειψη βροχοπτώσεων σε ποσοστά έως και 20 %, εντός του ελλαδικού χώρου. Αυτό και μόνο θα μπορούσε να οδηγήσει την χώρα μας σε μία ενδεχόμενη απειλή ερημοποίησης του 50 % των αγροτικών της εκτάσεων, καθώς και του 30 % της συνολικής της έκτασης! Η ολοένα και αυξανόμενη έλλειψη νερού, καθώς και οι έντονες σεισμικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην Ελλάδα, την καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτη με περιοχές, όπως η Ανατολική Πελοπόννησος, η Ανατολική Στερεά

Ελλάδα, νησιά του Αιγαίου και τμήματα της Θεσσαλίας, της Μακεδονίας και της Θράκης να διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο [6].

Τέλος, αναμένεται σημαντική αύξηση των ξηρών περιόδων κατά περίπου 15 ημέρες ανά έτος, κάτι που με την σειρά του εντείνει την εμφάνιση πιθανών φαινομένων πυρκαγιάς κατά 15 με 20 μέρες ανά έτος.

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως η ερημοποίηση είναι ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που μας επηρεάζει όλους και θα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα. Ενέργειες αντιστροφής του φαινομένου έχουν ήδη αρχίσει να εφαρμόζονται σε μεγάλη κλίμακα τα τελευταία χρόνια, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την περίπτωση της νότιας Σαχάρας, στην οποία γίνονται προσπάθειες αναγέννησης της βλάστησης με θετικά αποτελέσματα που εκτείνονται μέχρι και σε περιοχές όπως η Νιγηρία και το Σουδάν [66]. Η Εικόνα 10 αντικατοπτρίζει την προαναφερθείσα προσπάθεια που πραγματοποιείται αυτή την στιγμή.



Εικόνα 10: Μετατροπή άγονης έκτασης σε καλλιεργήσιμη γη, μέσω της προσθήκης θαλασσινού νερού, στην ευρύτερη περιοχή της Σαχάρας (πηγή: *Real Leaders – Inspire The Future - Food grown in Sahara desert with sea water, real-leaders.com*)

Ενέργειες όπως αυτή που φαίνεται στην παραπάνω Εικόνα 10 αποτελούν αναγκαίες προσπάθειες ζωτικής σημασίας απέναντι στην καταπολέμηση της ερημοποίησης σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Η προστασία της βιοποικιλότητας, η αναγέννηση της βλάστησης σε άγονες περιοχές, η μείωση των χημικών λιπασμάτων, η αναχαίτιση της μετακίνησης της ερήμου, καθώς και η γενική χρηματοδότηση διαφόρων σχετικών ερευνητικών προγραμμάτων είναι μόνο μερικά από τα μέτρα που πρέπει να παρθούν σε παγκόσμια κλίμακα, προκειμένου να αντιστρέψουμε το φαινόμενο της ερημοποίησης και, άρα, να βελτιώσουμε το βιοτικό επίπεδο που επικρατεί σε κάθε γωνιά του πλανήτη.

2^ο Κεφάλαιο: Ηλεκτρική Ενέργεια και Ενεργειακά Αποθέματα της Ελλάδας

Από την στιγμή που ο ανθρώπινος πληθυσμός ξεκίνησε να βελτιώνει ραγδαία το βιοτικό του επίπεδο μέσω της τεχνολογίας, αξιοποιώντας κατά κύριο λόγο την βιομηχανία, η ηλεκτρική ενέργεια αποτέλεσε τα θεμέλια και τον σημαντικότερο παράγοντα της εξέλιξης αυτής.

Αντλώντας πρώτη ύλη, τόσο από το υπέδαφος όσο και από άλλες ενεργειακές πηγές, ο άνθρωπος ξεκίνησε να καταναλώνει σε ανεξέλεγκτο βαθμό τους διαθέσιμους πόρους του πλανήτη, προκειμένου να τροφοδοτήσει με ενέργεια τις ολοένα και αυξανόμενες βιομηχανικές υποδομές του. Εξαιρέση δεν θα μπορούσε να αποτελεί και η Ελλάδα, αφού αν και χώρα χωρίς τεράστια βιομηχανία, καταναλώνει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας καθημερινά, προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες των πολιτών. Στο παρόν κεφάλαιο, λοιπόν, θα περιγραφεί η εξέλιξη και η πορεία της ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα μας, καθώς επίσης και τα αποθέματα των εγχώριων ενεργειακών πηγών, που υφίστανται και είναι διαθέσιμα για αξιοποίηση.

2.1. Ιστορική Ανασκόπηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η ενέργεια, ανέκαθεν αποτελούσε την βασικότερη πηγή κάλυψης των ανθρώπινων αναγκών. Συγκεκριμένα, η ηλεκτρική ενέργεια, από την αρχή της ανάπτυξής της, αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή ενέργειας των βιομηχανικών κοινωνιών. Είναι αποδοτική, σχετικά φτηνή και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εφαρμογών και δραστηριοτήτων. Το βασικό μειονέκτημά της, ωστόσο, είναι πως δεν αποθηκεύεται εύκολα, κάτι που σημαίνει ότι, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χρήσης της, θα πρέπει να καταναλώνεται την στιγμή που παράγεται.

Σε εθνικό επίπεδο, η Ελλάδα υποδέχτηκε τον ηλεκτρισμό το έτος 1889. Αυτό οδήγησε στην κατασκευή της πρώτης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα, από την οποία, αρχικά, ηλεκτροδοτήθηκαν τα Ανάκτορα, έπειτα το κέντρο της Αθήνας και στη συνέχεια η Θεσσαλονίκη. Οι περιοχές που ήταν πιο απομακρυσμένες και αραιοκατοικημένες τροφοδοτήθηκαν με ηλεκτρική ενέργεια, είτε από ιδιώτες είτε από διάφορες δημοτικές ενότητες με την κατασκευή μικρών εργοστασίων. Σε κάθε περίπτωση, αξίζει να αναφερθεί, πως όλες οι περιοχές που είχαν πρόσβαση σε ηλεκτρικό ρεύμα, εκείνη την εποχή, δεν είχαν την δυνατότητα να το απολαμβάνουν ανεξέλεγκτα, αφού η ηλεκτρική ενέργεια ήταν σε θέση να διατεθεί μόνο κάποιες ώρες της ημέρας και με αρκετές διακοπές κατά την διάρκεια αυτής. Τα χρόνια που ακολούθησαν, εμφανίστηκαν διάφορες πολυεθνικές εταιρίες

ηλεκτρισμού, όπως η αμερικάνικη Thomson Houston και άλλες [39]. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται μία τυπική σύγχρονη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εντός των συνόρων.



Εικόνα 11: Σύγχρονη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ), στην Δυτική Μακεδονία (πηγή: DP – ΜΠΗΕ στην Μακεδονία, *defence-point.gr*)

Σύμφωνα με πληροφορίες, μέχρι και την δεκαετία του '50, είχαν εγκατασταθεί πάνω από 400 εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, οι οποίες ως καύσιμα χρησιμοποιούσαν εισαγόμενο πετρέλαιο και γαιάνθρακες.

Οι κυριότερες από αυτές ήταν:

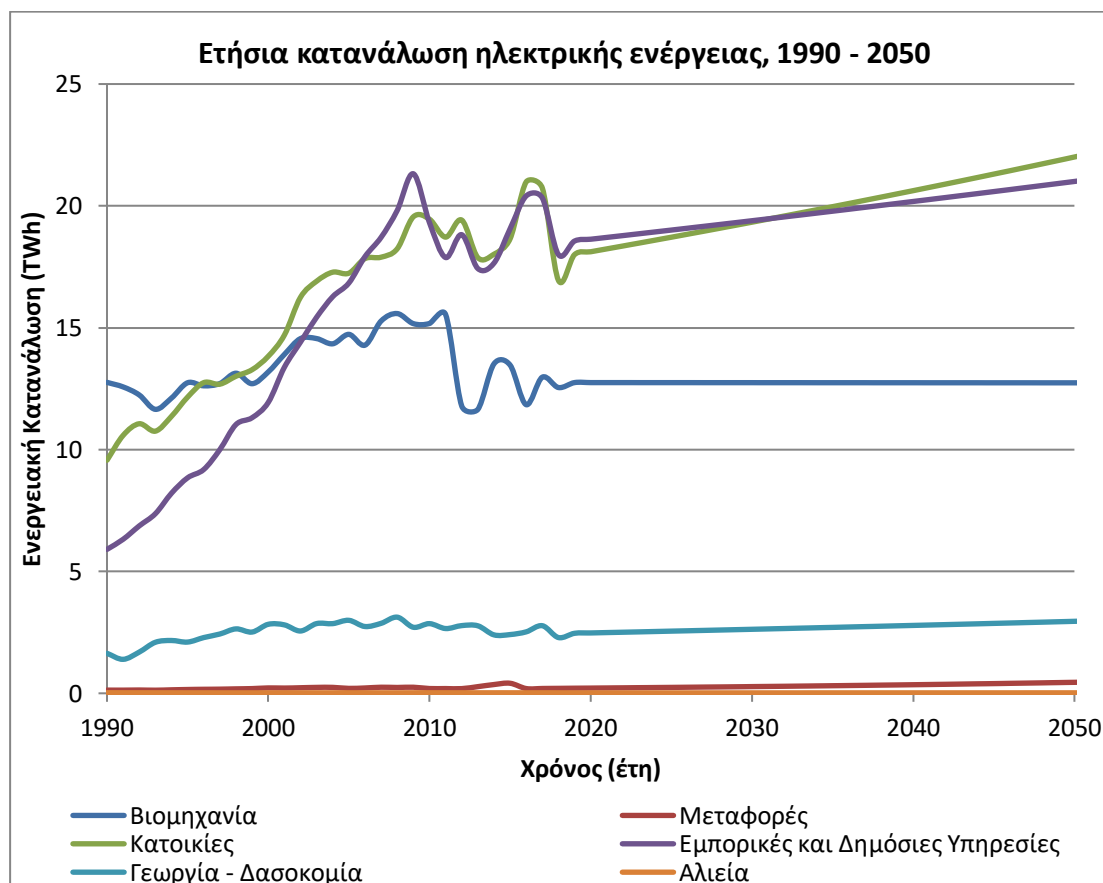
- **Γενική Εταιρεία Εργοληψιών**, η οποία τροφοδοτούσε με ισχύ ένα μικρό μέρος του κέντρου της Αθήνας (Πανεπιστημίου, Σοφοκλέους, Αθηνάς και Ερμού),
- **Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία**, που αγόρασε μέρος της Γενικής Εταιρείας Εργοληψιών και ίδρυσε νέο εργοστάσιο στο Ν. Φάληρο (με ισχύ παραγωγής που άγγιξε τα 43 MW) και
- **Γενική Ηλεκτρική Εταιρεία**, η οποία ουσιαστικά αποτέλεσε σύμπραξη του δημοσίου, των ελληνικών τραπεζών και ορισμένων Άγγλων επιχειρηματιών.

Οι καινοτόμοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με τις μεγάλες εισαγωγές σε καύσιμα για την λειτουργία τους, ώθησε το κόστος της ενέργειας στα ύψη. Γεννήθηκε, έτσι, η ανάγκη δημιουργίας ενός δικτύου αξιοποίησης πηγών ενέργειας εντός των συνόρων για την κάλυψη των απαιτήσεων αυτών των μονάδων. Κατά την ίδια χρονική περίοδο και, συγκεκριμένα το 1950, ιδρύθηκε η «Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού», γνωστή και ως «ΔΕΗ».

Πρωταρχικός στόχος της ΔΕΗ ήταν η αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας της χώρας, σε συνδυασμό με την δημιουργία ενός δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε εθνική κλίμακα. Βασική πηγή ενέργειας της ΔΕΗ αποτελούσαν τα διάφορα λιγνιτικά κοιτάσματα που είχαν εντοπιστεί διάσπαρτα εντός του ελλαδικού χώρου.

Σήμερα, η ΔΕΗ αποτελεί τον κύριο παραγωγό και προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα, αξιοποιώντας τόσο κοιτάσματα λιγνίτη, φυσικό αέριο, πετρέλαιο και υδροηλεκτρικούς σταθμούς όσο και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Εδώ και αρκετά χρόνια, με την σταδιακή εξαγορά των διαφόρων ιδιωτικών εταιρειών ενέργειας, καθώς και με την συνεχή βελτίωση και ανάπτυξη του εθνικού δικτύου της, η ΔΕΗ είναι, πλέον, σε θέση να παράγει και να διανέμει το ηλεκτρικό ρεύμα ομοιόμορφα και ισότιμα σε κάθε γωνιά της ελληνικής γης, από τα νησιά μέχρι και τα πιο απομακρυσμένα ορεινά χωριά της χώρας, αποκτώντας έτσι το μονοπώλιο της παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα. Τέλος, στο Σχήμα 14 φαίνεται η διαχρονική ετήσια εθνική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, από το 1990 μέχρι σήμερα, καθώς και η πιθανή πορεία της, μέχρι και το έτος 2050, όπως αυτή κατανέμεται στους διάφορους κοινωνικούς τομείς.



Σχήμα 14: Εθνικές ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, ανά τομέα, 1990 – 2050 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 14) μας αποδεικνύει πως η πλειοψηφία της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην χώρα μας, τροφοδοτεί τις κατοικίες και τις διάφορες δημόσιες και εμπορικές υπηρεσίες, γεγονός που με βάση τις μελλοντικές τάσεις, φαίνεται να εξακολουθεί να παρατηρείται και τις επόμενες δεκαετίες. Η βιομηχανία ακολουθεί με ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό μεριδίου, με

τις μεταφορές να μην είναι ακόμα σε θέση να λάβουν αξιοσημείωτα ποσοστά της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής, σημειώνοντας ωστόσο μία ελαφριά αυξητική τάση, κυρίως λόγω της σταδιακής ευρύτερης χρήσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

2.2. Συμβατικές Πηγές Ενέργειας εντός του Ελλαδικού Χώρου

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας καλύπτουν, πλέον, το 84 % των αναγκών σε ενέργεια παγκοσμίως. Πρόκειται για ένα πολύ μεγάλο ποσοστό, ικανό να επισημάνει την σημασία των συγκεκριμένων πηγών ενέργειας αλλά και την υψηλή αποδοτικότητά τους, κάτι που οδηγεί και στην ευρεία χρήση τους.

Στην Ελλάδα, η ενεργειακή κατάσταση δεν απέχει πολύ από τα παραπάνω δεδομένα. Η πλειοψηφία των ενεργειακών αναγκών, σε εθνικό επίπεδο, καλύπτεται από τις εγχώριες συμβατικές πηγές που διαθέτει η χώρα.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί πως με τον όρο «συμβατικές πηγές ενέργειας» εννοούμε τρεις κύριες πηγές ενέργειας, οι οποίες αναφέρονται και περιγράφονται παρακάτω:

- **Στερεά Καύσιμα** (λιγνίτης κλπ),
- **Υγρά Καύσιμα** (πετρελαιοειδή) και
- **Αέρια Καύσιμα** (φυσικό αέριο).

Στερεά Καύσιμα

Σε αυτή την κατηγορία πηγών ενέργειας συγκαταλέγεται, κυρίως ο άνθρακας (λιγνίτης). Για να γίνει κατανοητή η συμβολή του σε παγκόσμια κλίμακα, αξίζει να αναφερθεί πως το παραπάνω είδος καυσίμου συμβάλλει στο 41 % της ηλεκτροπαραγωγής ολόκληρου του πλανήτη.

Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα διαθέτει μεγάλα αποθέματα λιγνίτη (σχετικά χαμηλής ποιότητας και απόδοσης), αποθέματα που την ανεβάζουν στην δεύτερη θέση σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά στην εξόρυξη και αξιοποίηση λιγνίτη και στην έκτη θέση της παγκόσμιας κλίμακας. Σύμφωνα με μελέτες, τα αποθέματα λιγνίτη στην χώρα μας, με βάση τον ρυθμό μεταβολής της εγχώριας παραγωγής του, αρκούν για παραγωγή ενέργειας μέχρι και τα επόμενα 50 χρόνια. Ωστόσο, με την προβλεπόμενη μείωση του ρυθμού αυτού, με βάση τις νέες νομοθεσίες για στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα αποθέματα αυτά αρκούν, ακόμα και για τα επόμενα 150 περίπου χρόνια [1].

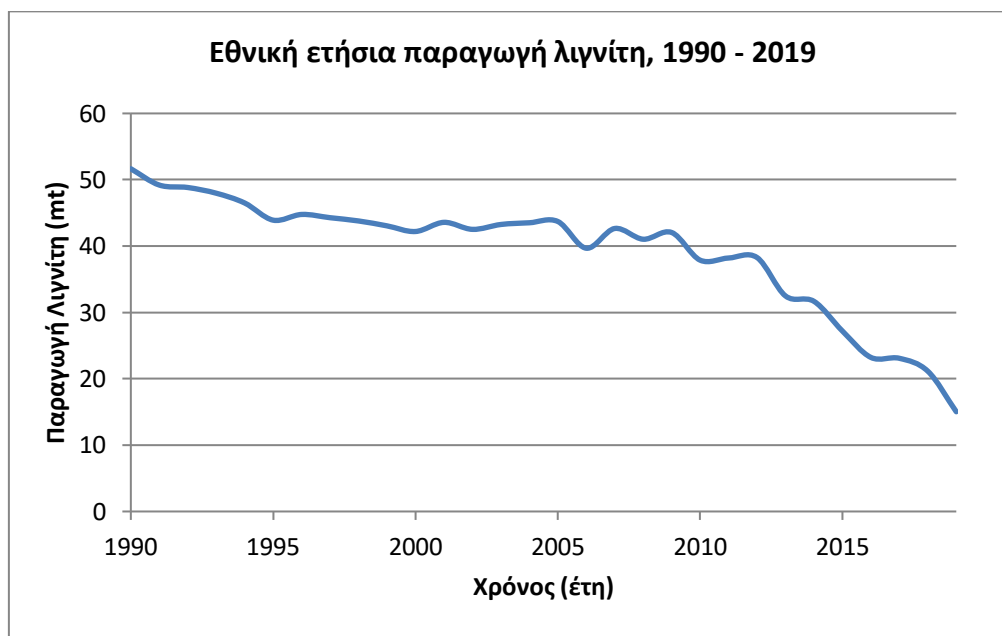
Συνολικά, έχουν αξιοποιηθεί περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι λιγνίτη σε δραστηριότητες παραγωγής ενέργειας, με το μεγαλύτερο ποσοστό αποθεμάτων του να συναντάται σε περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας. Πιο συγκεκριμένα, οι

σπουδαιότερες λιγνιτοφόρες λεκάνες στην Ελλάδα θεωρούνται εκείνες της Πτολεμαΐδας, της Μεγαλόπολης και της Δράμας. Στην Εικόνα 12 φαίνεται μία τυπική σύγχρονη λιγνιτική μονάδα.



Εικόνα 12: Λιγνιτική μονάδα Μεγαλόπολης (πηγή: Λιγνιτική Μεγαλόπολης Μονοπρόσωπη Α.Ε., lignitiki-megalopolis.gr)

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που αποτυπώνει την ετήσια παραγωγή λιγνίτη της χώρας, από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2019.



Σχήμα 15: Ετήσια παραγωγή λιγνίτη στην Ελλάδα, για τα έτη 1990 - 2019 (αναφορά: IEA – *Data and Statistics*, iea.org)

Τα δεδομένα που απεικονίζονται στο παραπάνω διάγραμμα είναι, σαφώς θετικά και αισιόδοξα, αφού παρατηρούμε πως τα τελευταία 10 με 15 περίπου χρόνια

υπάρχει έντονη μείωση της παραγωγής του λιγνίτη σε εθνική κλίμακα, μείωση που μπορεί να οδηγήσει σε ευνοϊκότερα για το περιβάλλον αποτελέσματα. Η απώλεια ενέργειας που προκαλείται από την ολοένα και λιγότερη παραγωγή λιγνίτη καλύπτεται, κατά κύριο λόγο, από τις διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της χώρας, κάτι που θα περιγραφεί και θα αναλυθεί περαιτέρω στην επόμενη ενότητα.

Υγρά Καύσιμα

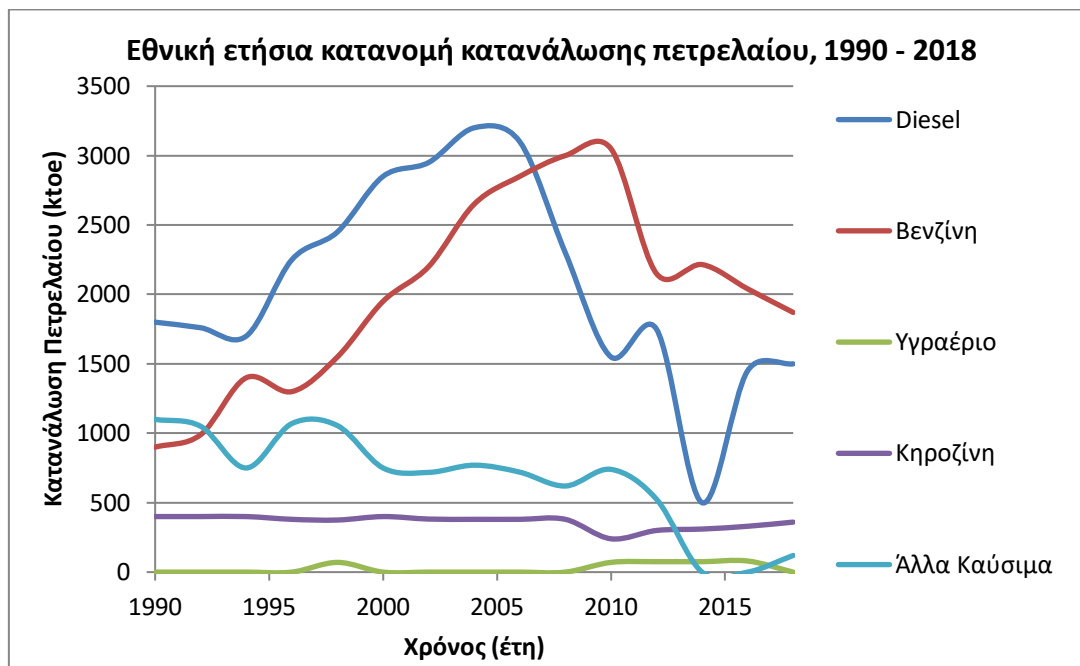
Το κυριότερο ποσοστό της κατηγορίας των υγρών καυσίμων αποτελείται από τα πετρελαιοειδή. Με τον όρο «πετρελαιοειδή» εννοούμε τα πάσης φύσεως προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου. Το πετρέλαιο βρίσκεται στο υπέδαφος της γης, παγιδευμένο σε διάφορα πορώδη ιζηματογενή πετρώματα. Αποτελείται, κυρίως, από άνθρακα (σε ποσοστό περίπου 85 %), καθώς και από άλλα χημικά στοιχεία, όπως υδρογόνο (12,5 %), θείο (4 %), άζωτο (1 %), οξυγόνο (0,5 %) και διάφορα άλλα μέταλλα που συμπληρώνουν ένα ποσοστό της τάξεως του 0,03 %.

Μέχρι στιγμής, τα κυριότερα εθνικά επιβεβαιωμένα αποθέματα αργού πετρελαίου βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Καβάλας και, πιο συγκεκριμένα, στον Βόρειο Πρίνο, σε υποθαλάσσια κοιτάσματα.

Το πετρέλαιο, προκειμένου να είναι σε θέση να αξιοποιηθεί ενεργειακά, θα πρέπει να υποστεί επεξεργασία μετά την εξόρυξή του, αφήνοντας πίσω την ακατέργαστη μορφή του (αργό πετρέλαιο). Η σημαντικότερη διεργασία επεξεργασίας του πετρελαίου ονομάζεται διύλιση και πρόκειται για μία σειρά σταδίων επεξεργασίας, από την οποία προκύπτουν αξιοποιήσιμες, πλέον, μορφές πετρελαίου, όπως για παράδειγμα το υγραέριο (LPG), το καύσιμο των αεροσκαφών (Jet A-1), το ντίζελ, το μαζούτ και το θειάφι.

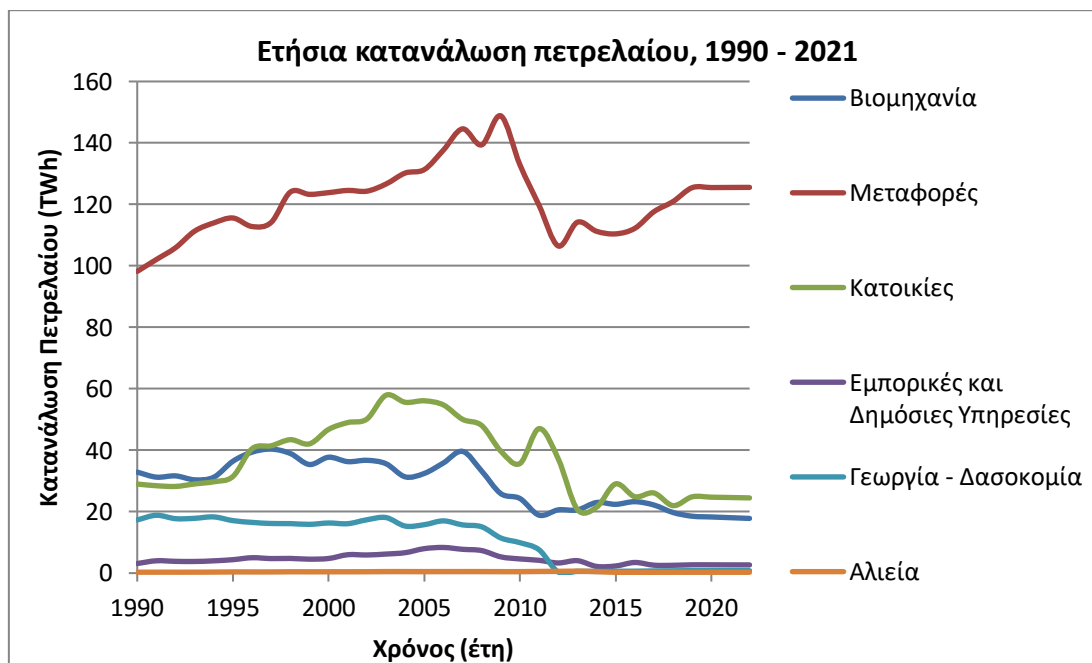
Αξίζει να αναφερθεί, πως σε εθνικό επίπεδο, η Ελλάδα πραγματοποιεί πολύ λίγες εξαγωγές πετρελαίου από το 1990 και έπειτα, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με την πληθώρα των εισαγόμενων ποσοτήτων, οι οποίες μάλιστα κορυφώνονται τα τελευταία ένα με δύο χρόνια.

Στο Σχήμα 16 απεικονίζεται η κατανάλωση πετρελαίου σε ετήσια βάση, από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2018, στα διάφορα επιμέρους καύσιμά του.



Σχήμα 16: Ετήσια κατανομή κατανάλωσης πετρελαίου στην χώρα, για τα έτη 1990 - 2018 (αναφορά: *IEA – Data and Statistics, iea.org*)

Στο Σχήμα 17 αποτυπώνεται η κατανομή της κατανάλωσης του πετρελαίου στους διάφορους τομείς.



Σχήμα 17: Εθνική ετήσια κατανάλωση πετρελαίου, στους διάφορους τομείς, για τα έτη 1990 – 2021 (αναφορά: *IEA – Data and Statistics, iea.org*)

Όπως φαίνεται και από τα δύο παραπάνω διαγράμματα, το πετρέλαιο, όσον αφορά στα επιμέρους καύσιμά του, αξιοποιείται κυρίως ως καύσιμο στα οχήματα και στις

ηλεκτρογεννήτριες (βενζίνη και ντίζελ). Όσον αφορά στους κοινωνικούς τομείς που τροφοδοτεί, βλέπουμε πως οι μεταφορές λαμβάνουν με διαφορά το μεγαλύτερο μερίδιο κατανάλωσης, με τις κατοικίες και την βιομηχανία να ακολουθεί, με μικρότερα αλλά εξίσου σημαντικά ποσοστά. Τέλος, στην Εικόνα 13 απεικονίζεται και μία σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας του αργού πετρελαίου (διυλιστήριο) που βρίσκεται εν ενεργεία στην χώρα μας.



Εικόνα 13: Διυλιστήρια Ασπροπύργου σε λειτουργία (πηγή: *Protagon – ΔΕΗ Ασπροπύργου, protagon.gr*)

Αέρια Καύσιμα

Άξιο αναφοράς στην συγκεκριμένη κατηγορία καυσίμων είναι, αδιαμφισβήτητα, το φυσικό αέριο. Πρόκειται για την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή πρωτογενούς ενέργειας παγκοσμίως, κυρίως χάρη στην συμβολή του στην θωράκιση του τρίπτυχου «Περιβάλλον, Κοινωνία, Οικονομία». Ως φυσικό αέριο, ορίζεται ένα μίγμα καυσίμων διαφόρων αερίων που βρίσκονται στο υπέδαφος. Στις μέρες μας, το φυσικό αέριο, αποτελεί ένα από τα πιο περιζήτητα καύσιμα παγκοσμίως, κυρίως λόγω της πολύ μεγάλης αποδοτικότητάς του αλλά και της χαμηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί.

Διαθέτει πολύ μεγάλη θερμογόνο δύναμη (περίπου 9.000 kcal/m^3) και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό περίπου 95 %, καθώς και από άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα (N_2 και CO_2 αντίστοιχα) σε ποσοστό περίπου 5 %. Πρόκειται για ένα καύσιμο που είναι άχρωμο, άορατο και άοσμο.

Όσον αφορά στην μεταφορά του φυσικού αερίου, όταν αυτό βρίσκεται σε αέρια μορφή χρησιμοποιούνται αγωγοί μεταφοράς για την διάθεση και διανομή του σε

άλλες περιοχές. Στην περίπτωση που συναντάται σε υγρή μορφή, τότε προτιμούνται διάφορα πλοία για την μετακίνησή του σε άλλες πόλεις και κράτη.

Στην Ελλάδα, το φυσικό αέριο, ξεκίνησε να αξιοποιείται το έτος 1996 στην Λάρισα για τις ανάγκες λειτουργίας της μονάδας της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης. Το έτος 2018, χαρακτηρίζεται ως έτος απελευθέρωσης της χρήσης του φυσικού αερίου, αφού από τότε και έπειτα έχει ανοίξει διάπλατα ο δρόμος χρήσης και αξιοποίησης του συγκεκριμένου καυσίμου σε πληθώρα οικιακών δραστηριοτήτων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα εγκατάστασης αυτό που απεικονίζεται στην Εικόνα 14.



Εικόνα 14: Αγωγός φυσικού αερίου σε μονάδα στο Κιλκίς (πηγή: *Energy In – Φυσικό αέριο, energyin.gr*)

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζεται ένας πίνακας που αποτυπώνει τις συμφωνηθείσες εισαγωγές φυσικού αερίου στην χώρα:

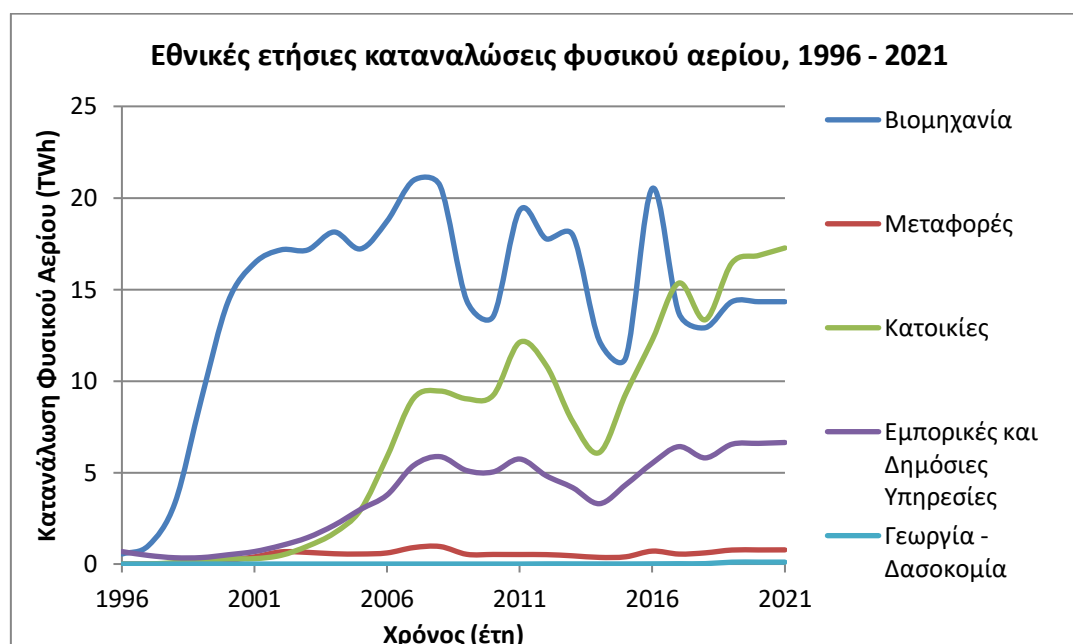
Πίνακας 2: Συμβολαιοποιημένες εισαγωγές φυσικού αερίου στην Ελλάδα (πηγή: *Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, iene.gr*)

Προμηθεύτρια Εταιρεία	Χώρα (αγωγός)	Λήξη Συμβολαίου
Gazprom	Ρωσία	2026
Sonatrach (LNG)	Αλγερία	2021
BOTAS	Τουρκία	2021

Ακόμη, μένει να δούμε, ποιες θα είναι τελικά και οι εξελίξεις που αφορούν τον αγωγό Ανατολικής Μεσογείου (EastMed), ο οποίος είναι ένας σχεδιαζόμενος αγωγός φυσικού αερίου, που προορίζεται να συνδέσει τις ενεργειακές πηγές της Α. Μεσογείου με την Ελλάδα, τόσο χερσαία όσο και υποθαλάσσια. Η σύνδεση αυτή, αναμενόταν να πραγματοποιηθεί, μέσω της Κύπρου και της Κρήτης, με την ελληνική ΔΕΠΑ να προετοιμαζόταν να συνδράμει σε αυτή την, ύψους 7 δισεκατομμυρίων

δολαρίων, επένδυση. Ωστόσο, πρόσφατες γεωπολιτικές εξελίξεις που αφορούν τις ΗΠΑ και τις τεταμένες σχέσεις Ρωσίας - Ουκρανίας, ενδέχεται να αποτελέσουν εμπόδιο στην συνέχιση του συγκεκριμένου έργου.

Οι κυριότερες χρήσεις του φυσικού αερίου είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή υδρογόνου, η χρήση του ως καύσιμο οχημάτων (οικολογικά οχήματα), καθώς και η συμβολή του στην παραγωγή γυαλιού, πλαστικού και πληθώρας άλλων προϊόντων. Ακόμη, τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται εκτενώς και σε διάφορες οικιακές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα στην θέρμανση, την μαγειρική και άλλες. Στο Σχήμα 18 απεικονίζεται, με την μορφή διαγράμματος, η διαχρονική μεταβολή των καταναλώσεων του φυσικού αερίου, σε ετήσια κλίμακα από το 1996 μέχρι και σήμερα.



Σχήμα 18: Ετήσιες καταναλώσεις φυσικού αερίου στην Ελλάδα, για τα έτη 1996 - 2021 (αναφορά: IEA – Data and Statistics, iea.org)

Όπως παρατηρούμε, η κατανάλωση του φυσικού αερίου στην χώρα μας, αυξήθηκε ραγδαία από 1997 και μετά. Στη συνέχεια, κυρίως λόγω της οικονομικής κρίσης, μειώθηκε δραστικά τα έτη 2011 μέχρι και 2015 και, αργότερα, μέχρι και το έτος 2018, το φυσικό αέριο επανήλθε σε υψηλές τιμές καταναλώσεων. Επίσης, φαίνεται ξεκάθαρα πως το μεγαλύτερο μέρος του φυσικού αερίου καταναλώνεται στον τομέα της βιομηχανίας, με τις μεταφορές και τις κατοικίες να ακολουθούν, αφήνοντας σε πολύ μικρά ποσοστά κλάδους, όπως η γεωργία, η δασοκομία και άλλες. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ομοιομορφία που αφορά στους τομείς που, το συγκεκριμένο καύσιμο, τροφοδοτεί με ενέργεια, οι οποίοι διατηρούν σχετικά ίδια ποσοστά στο σύνολο της κατανάλωσης.

Στα Σχήματα 19 και 20 αποτυπώνεται το εθνικό ενεργειακό μίγμα, δηλαδή η κατανομή των πηγών ενέργειας που συμβάλλουν στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας μας, όπως αυτό διαμορφώνεται σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, το 1990 και το 2019 αντίστοιχα.



Σχήμα 19: Ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας, το έτος 1990 (IEA – Data and Statistics, iea.org)



Σχήμα 20: Ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας, το έτος 2019 (IEA – Data and Statistics, iea.org)

Συγκρίνοντας κανείς τα δύο παραπάνω διαγράμματα, σχετικά με τις απεικονίσεις του εθνικού ενεργειακού μίγματος ηλεκτροπαραγωγής, καταλαβαίνει πως με την πάροδο των τελευταίων 30 περίπου ετών, έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση της συμμετοχής του λιγνίτη και του πετρελαίου στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας, ποσοστό που έχει αντικατασταθεί, τόσο από την πληθώρα διαφόρων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και από την ολοένα και αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας.

2.3. Εθνικά Ενεργειακά Αποθέματα – Προοπτικές ΑΠΕ

Ο υπολογισμός των ενεργειακών αποθεμάτων (επιβεβαιωμένα και μη) βασίζεται κυρίως σε δύο βασικές προσεγγίσεις. Πρώτον, στην λογική «Top Down», η οποία αφορά στην παρελθούσα ενεργειακή κατάσταση μίας χώρας και, δεύτερον, στην λογική «Bottom Up», η οποία βασίζεται στην πρόβλεψη της ενεργειακής πορείας του εκάστοτε κράτους.

Η λογική ακολουθία που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των αποθεμάτων είναι η εξής:

$ΑΕΚ = ΠΠ + ΕΣ + ΜΑ - ΕΞ$, όπου:

- ΑΕΚ = Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση,
- ΠΠ = Πρωτογενής Παραγωγή,
- ΕΣ = Εισαγωγές,
- ΜΑ = Μεταβολή Αποθεμάτων και
- ΕΞ = Εξαγωγές.

Γενικά, η αυτάρκεια των ενεργειακών αποθεμάτων εξαρτάται, κυρίως, από τον ρυθμό κατανάλωσής τους.

Λιγνίτης

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη υποενότητα, η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο σε λιγνιτικά κοιτάσματα υπέδαφος. Ωστόσο, τα αποθέματα της χώρας σε λιγνίτη δεν είναι ανεξάντλητα.

Πιο συγκεκριμένα, το διαθέσιμο εγχώριο τεχνικά διαθέσιμο αποθεματικό ανέρχεται σε περίπου 5,5 δισεκατομμύρια τόνους, ποσότητα που μπορεί να μεταφραστεί ενεργειακά σε περίπου 7.640 TWh. Με βάση τις εγχώριες ενεργειακές απαιτήσεις που υφίστανται, καθώς και την προβλεπόμενη πορεία της παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη, η συνολική αυτή ενέργεια, αρκεί για κατανάλωση μέχρι και τα επόμενα 50 περίπου χρόνια, με το διάστημα αυτό, ωστόσο, να επιμηκύνεται ακόμα και μέχρι τα επόμενα 150 χρόνια, σε περίπτωση που ο ρυθμός παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη μειωθεί περαιτέρω.

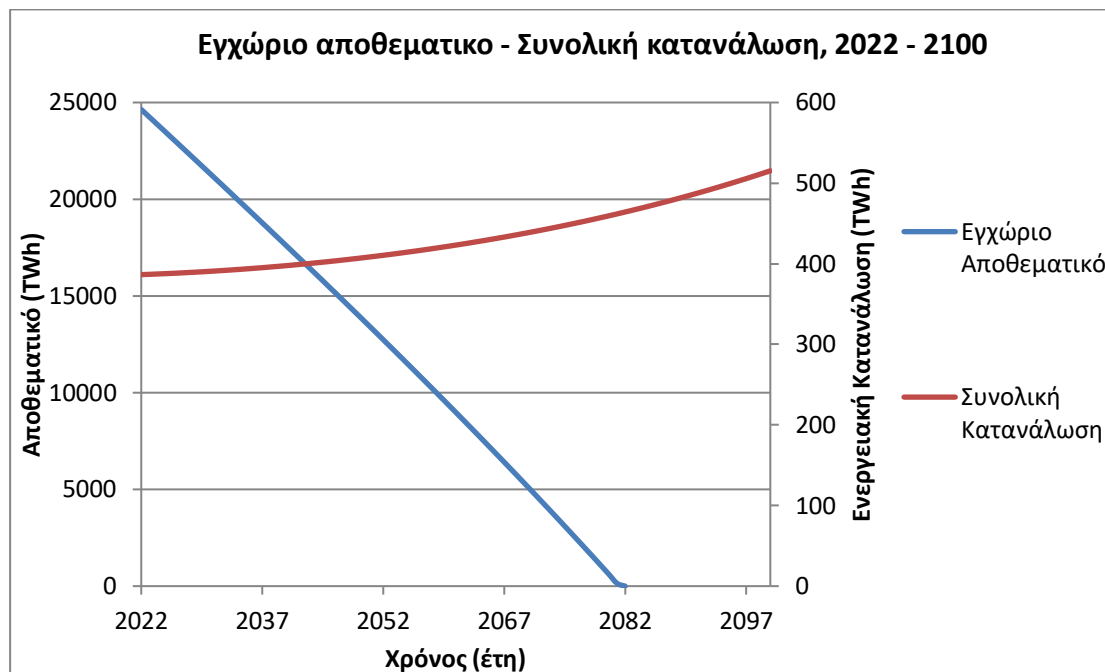
Πετρέλαιο

Πλέον, η πλειοψηφία του συνόλου του πετρελαίου και των παραγώγων του που απαιτούνται για την συνολική κάλυψη των αναγκών της Ελλάδας, εισάγεται. Οι σχεδόν μηδενικές εξαγωγές πετρελαίου της χώρας καθιστούν το συγκεκριμένο καύσιμο ένα προϊόν, το οποίο δεν παράγεται, αλλά αντιθέτως προορίζεται από την αγορά στην κατανάλωση. Η Ελλάδα, όπως έχει προαναφερθεί, διαθέτει ορισμένα κοιτάσματα πετρελαίου, κυρίως, στην ευρύτερη περιοχή της Καβάλας, που όμως δεν είναι αρκετά προκειμένου να οδηγήσουν σε ικανή ποσότητα παραγωγής, πόσο μάλλον σε εμπορικές δραστηριότητες εξαγωγής του σε άλλες χώρες, με τα αποθέματα αυτά να προσεγγίζουν τα 10 δισεκατομμύρια βαρέλια (περίπου 17.000 TWh διαθέσιμης ενέργειας).

Εάν λάβουμε υπόψη την κατανάλωση του πετρελαίου σε ετήσια βάση (κατά μέσο όρο 193 TWh), καθώς και τον προβλεπόμενο ρυθμό μεταβολής της, προκύπτει ένας χρονικός ορίζοντας της τάξης περίπου των 90 ετών, διάστημα μέσα στο οποίο τα πετρελαϊκά αποθέματα της χώρας θα μηδενιστούν, υποθέτοντας όμως ότι το σύνολο του πετρελαίου που καταναλώνουμε παράγεται εγχώρια.

Σε αυτό το σημείο, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία πιο συγκεκριμένη πρόβλεψη, θα μελετηθεί η μεταβολή του συνολικού αποθεματικού της Ελλάδας (λιγνίτη και πετρελαίου) στον χρόνο, στην περίπτωση που βασίσουμε το σύνολο της κατανάλωσης της ενέργειας στο αποθεματικό αυτό. Η λογική που χρησιμοποιήθηκε ήταν η μείωση του εγχώριου διαθέσιμου αποθεματικού από έτος σε έτος, με βάση την εκάστοτε προβλεπόμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση.

Η προβλεπόμενη πορεία της κατανάλωσης, καθώς και του επιπέδου των συνολικών εγχώριων αποθεμάτων (μεταφρασμένα σε ποσά ενέργειας) απεικονίζεται στο Σχήμα 21.



Σχήμα 21: Πρόβλεψη μελλοντικής πορείας των συνολικών εγχώριων αποθεμάτων, συναρτήσει της συνολικής κατανάλωσης, από το 2022 και έπειτα

Από το παραπάνω διάγραμμα, βλέπουμε πως σε ένα πιο οριοθετημένο σενάριο, η συνολική ενεργειακή κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια (λεπτομερέστερη ανάλυση της κατανάλωσης πραγματοποιείται στο 4^ο Κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας). Στην περίπτωση, λοιπόν, που διατηρηθεί αυτός ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης (**κόκκινη καμπύλη**) και, σε συνδυασμό με την θεώρηση πως όλες οι ενεργειακές απαιτήσεις θα καλυφθούν μόνο από τα εγχώρια πετρελαϊκά και λιγνιτικά αποθέματα, διαπιστώνουμε πως το συνολικό αποθεματικό της χώρας (**μπλε καμπύλη**) μειώνεται δραματικά με την πάροδο των ετών και προσεγγίζει μηδενικές τιμές το έτος 2082, όπου αυτό είναι και το έτος που η ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας μας παύει να υφίσταται, υπό τις παρούσες συνθήκες και προϋποθέσεις. Σημαντική παράμετρος του σεναρίου αυτού είναι η μηδενική εισαγωγή ενέργειας στην χώρα μας, κάτι που υποδηλώνει πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από τις εγχώριες συμβατικές πηγές.

Είναι σημαντικό να τονιστεί, πως αυτή η ραγδαία μείωση των αποθεμάτων οφείλεται στα τεράστια ποσά των ενεργειακών αναγκών, τα οποία, αν και δεν αυξάνονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, η ήδη υπέρογκη ενεργειακή απαίτησή τους, καθιστά την μακροπρόθεσμη εθνική αυτάρκεια, πρακτικά ανέφικτη!

Φυσικό Αέριο

Όπως συμβαίνει και με το πετρέλαιο, το σύνολο του φυσικού αερίου που αξιοποιείται στην κατανάλωση ενέργειας, εισάγεται στην χώρα μας. Τα κυριότερα

κράτη που λειτουργούν ως πάροχοι φυσικού αερίου για την Ελλάδα, είναι η Ρωσία και η Αλγερία. Ο όμιλος ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου ΑΕ) αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στις πρώτες εισαγωγές του καυσίμου στην χώρα, έργο που εξακολουθεί να διατελεί μέχρι και σήμερα. Με συνεχώς αυξανόμενες προεκτάσεις των διαθέσιμων αγωγών που διαθέτει, αλλά και με την δημιουργία νέων, φέρνει το φυσικό αέριο σε ολόένα και περισσότερες περιοχές του ελλαδικού χώρου, με αποτέλεσμα να τροφοδοτεί πληθώρα ηλεκτροπαραγωγών, βιομηχανικών καταναλωτών, οχημάτων (λεωφορεία, απορριμματοφόρα κλπ) και πολλών άλλων δραστηριοτήτων εντός των συνόρων. Κύρια εταιρεία – πελάτης του ομίλου ΔΕΠΑ, που βασίζεται στην αξιοποίηση του φυσικού αερίου για την λειτουργία των διαφόρων θερμοηλεκτρικών σταθμών της, αποτελεί η ΔΕΗ (με μέση ετήσια απορρόφηση φυσικού αερίου 1,5 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα), καθώς και αρκετές ακόμα εταιρείες, όπως η Eledison (από το 2005), η Protergia (από το 2011) και άλλες.

Όσον αφορά στο φυσικό αέριο, προβλέπεται αύξηση της συμμετοχής του στο ενεργειακό μίγμα της χώρας, με βασικό παράγοντα αυτής, την επερχόμενη κατασκευή του αγωγού East Med που θα ενώνει την Ελλάδα με την Κύπρο, το Ισραήλ και την Ιταλία, όπως επίσης και πληθώρα άλλων εν δυνάμει υφιστάμενων αγωγών. Σχετικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα στοιχεία που εμφανίζονται στους περισσότερους επίσημους φορείς είναι, σε μεγάλο βαθμό, προσεγγιστικά, με αποτέλεσμα οι εκτιμήσεις που πραγματοποιήθηκαν παραπάνω, σχετικά με τον χρόνο ζωής των εθνικών αποθεμάτων στα συγκεκριμένα καύσιμα, να μην θεωρούνται πλήρως αξιόπιστες και λεπτομερείς.

Σε ό, τι αφορά στις μελλοντικές τάσεις του ενεργειακού μίγματος στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με βάση τα τελευταία δημοσιεύματα της ΔΕΗ, η εξόρυξη και η χρήση του λιγνίτη σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής πρόκειται να τερματιστεί μέχρι και το έτος 2028, στόχος που μόνο ο χρόνος θα δείξει κατά πόσο θα καταφέρει να υλοποιηθεί.

Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για δύο έτη – σταθμούς (2030 και 2050) αφορούν, κυρίως την μείωση των εκπομπών των ρύπων του θερμοκηπίου κατά 40 % και κατά 90 % σε σχέση με το 1990, για τα δύο αυτά έτη αντίστοιχα, καθώς επίσης και αύξηση της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, σε ποσοστό της τάξεως του 32 % μέχρι και το έτος 2030. Παρακάτω, αναγράφονται οι **εθνικοί ενεργειακοί στόχοι** της χώρας μας:

- Τουλάχιστον 35 % συνεισφορά των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι και το έτος 2030,

- Τουλάχιστον 64 % συνεισφορά των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι και το έτος 2030,
- Τουλάχιστον 42 % μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου μέχρι και το έτος 2030 και
- Μηδενική συνεισφορά του λιγνίτη στην εθνική ηλεκτροπαραγωγή.

Συμπερασματικά, γίνεται κατανοητό πως, εάν καταφέρουμε και μειώσουμε δραστικά τους ρυθμούς κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων, θα μπορέσουμε να καθυστερήσουμε κατά πολύ την εξάντλησή τους και, άρα να επιμηκύνουμε την ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας μας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι το κλειδί σε αυτή την πρόκληση που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε.

Με την περαιτέρω συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας, θα είμαστε σε θέση να πετύχουμε σημαντική μείωση του ρυθμού κατανάλωσης των εθνικών συμβατικών πηγών ενέργειας, καθώς επίσης και επίτευξη μεγάλων σημαντικών περιβαλλοντικών στόχων, με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί, ομαλά και με αποδοτικό τρόπο, η αναγκαία μεταστροφή της χώρας προς την πράσινη ενέργεια.

3^ο Κεφάλαιο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Όπως είδαμε και προηγουμένως, τα ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη και, κατά συνέπεια, της Ελλάδας δεν είναι ανεξάντλητα. Συνεπώς, η μείωση του ρυθμού κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων και, άρα, της κατανάλωσης των συμβατικών πηγών ενέργειας βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος παγκοσμίως.

Επομένως, σε εθνικό επίπεδο, καθοριστικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή αναμένεται να αποτελέσουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι σε θέση να συμβάλλουν δραστικά στην αλλαγή του ενεργειακού μίγματος της χώρας μας, επιδρώντας έτσι θετικά στην μείωση της ρύπανσης, στην αύξηση της διάρκειας ζωής των εγχώριων ενεργειακών αποθεμάτων, καθώς και στην γενικότερη αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπινου και, όχι μόνο, πληθυσμού.

3.1. Ηλιακή Ενέργεια – Φωτοβολταϊκά

Ο Ήλιος είναι ο αστέρας του ηλιακού μας συστήματος. Απέχει περίπου 149,6 εκατομμύρια χιλιόμετρα από την Γη και διαθέτει μία επιφανειακή θερμοκρασία (ενεργός θερμοκρασία Ήλιου) της τάξεως των 5.800 Κ. Είναι ξεκάθαρο, λοιπόν, πως αποτελεί μία αστείρευτη πηγή ενέργειας, την οποία οι άνθρωποι προσπαθούν να εκμεταλλευτούν εδώ και πολλά χρόνια. Κάθε χρονική στιγμή, περίπου 173.000 W (watts) ηλιακής ακτινοβολίας διασχίζουν την ατμόσφαιρα της Γης, με ένα μικρό ποσοστό εξ αυτής να καταφέρνει τελικά να διεισδύσει στην ατμόσφαιρα και να αγγίξει την επιφάνεια της Γης, προκειμένου να αξιοποιηθεί από τον άνθρωπο. Αξίζει να σημειωθεί πως η παραπάνω ποσότητα ακτινοβολίας υπερκαλύπτει την τιμή της μέσης ισχύος που χρειάζεται το σύνολο της ανθρωπότητας, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του. Αυτή η τιμή ανέρχεται περίπου στα 7.000 W ηλιακής ενέργειας [10]. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την καταμέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι το πυρηλιόμετρο και το πυρανόμετρο.

Η ηλιακή ενέργεια, οι διάφορες δηλαδή μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο (φως, θερμότητα, ακτινοβολία) συμμετέχει, κατά πολύ μεγάλο ποσοστό στο σύνολο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κατέχοντας μάλιστα ένα από τα μεγαλύτερα μερίδια του συγκεκριμένου ενεργειακού μίγματος, βρίσκοντας εφαρμογή σε πληθώρα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα σε βιομηχανικές μονάδες, στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών πολλών σπιτιών και επιχειρήσεων, στην τροφοδοσία εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και πολλές άλλες. Επιπλέον, μπορεί να θεωρηθεί ζωτικής σημασίας για την διατήρηση της ζωής, τόσο για τον άνθρωπο (διατήρηση περιβαλλοντικής θερμοκρασίας, εμπλουτισμός σε

βιταμίνη D και πολλά ακόμα) όσο και για το σύνολο των ευρύτερων οικοσυστημάτων (συμμετοχή σε διεργασίες φωτοσύνθεσης κλπ).

Οι εφαρμογές της είναι πάρα πολλές, αφού πρόκειται για μία μορφή ενέργειας με σχεδόν μηδενικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, μεγάλη αξιοπιστία και αυξημένη ενεργειακή ανεξαρτησία. Ωστόσο, πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν την δημιουργία οικονομικά δαπανηρών υποδομών, που σε συνδυασμό με την εμφανή έλλειψη επιδοτήσεων, τις καθιστούσε πρακτικά μη αποδοτικές στο παρελθόν. Πλέον, ευτυχώς, η κατάσταση αυτή έχει ανατραπεί και πολλοί εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί τροφοδοτούν με πόρους τέτοιες εγκαταστάσεις και τεχνολογίες ολοένα και περισσότερο παγκοσμίως.

Η ραγδαία ανάπτυξη των διαφόρων εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε το έτος 2006. Η πλειοψηφία της ευρύτερης αγοράς και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων (φ/β) αναπτύχθηκε τρία χρόνια αργότερα, το 2009. Μέχρι και τον Απρίλιο του 2015, η συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς της χώρας άγγιζε τα 2.443 MW, από την οποία τα περίπου 350 MW προέρχονταν από φωτοβολταϊκά που ήταν εγκατεστημένα σε στέγες σπιτιών και λοιπών κτηρίων, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό προερχόταν από επίγειες εγκαταστάσεις. Η συνεχής καινοτομία και η βελτίωση των εφαρμογών αυτών οδήγησε την χώρα στην πέμπτη θέση της παγκόσμιας κατάταξης, όσον αφορά στην διαθέσιμη εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύ, καθώς και σε ποσοστά κάλυψης της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης του 7 %.

Οι μεγαλύτεροι φωτοβολταϊκοί σταθμοί της χώρας, αυτή την στιγμή, βρίσκονται σε περιοχές, όπως η Νάουσα (14 MW), η Φλώρινα (4,3 MW), ο Βόλος (2 MW), η Θήβα (2 MW), το Κουτσοπόδι (1,9 MW) και η Τρίπολη (1,9 MW). Τέλος, υπάρχουν σχέδια για τον σχεδιασμό και την δημιουργία ηλιακών πάρκων πολύ μεγαλύτερης ισχύος, όπως για παράδειγμα το επερχόμενο φωτοβολταϊκό πάρκο της Κοζάνης (250 MW) και της Μεγαλόπολης (50 MW) [53].

Τα κύρια ηλιακά συστήματα, μέσω των οποίων ο άνθρωπος αποθηκεύει και αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια, τόσο παγκοσμίως όσο και στην Ελλάδα είναι τρία και περιγράφονται παρακάτω:

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, στα οποία πραγματοποιείται η άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατόφια μορφή της (χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση τον χειμώνα σε σπίτια, επιχειρήσεις κλπ) [57],

Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα, στα οποία λαμβάνει χώρα η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και, στη συνέχεια, η μετατροπή της σε θερμότητα για παραγωγή ενέργειας και

Φωτοβολταϊκά Συστήματα, στα οποία η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να αξιοποιηθεί μετέπειτα σε πληθώρα εφαρμογών. Στην Εικόνα 15 παρουσιάζεται μια φωτογραφία μίας σύγχρονης οικίας που υιοθετεί ένα παθητικό ηλιακό σύστημα.



Εικόνα 15: Ειδικά διαμορφωμένο σπίτι, που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα (πηγή: *Triedrasi – Παθητικό Κτίριο, triedrasi.gr*)

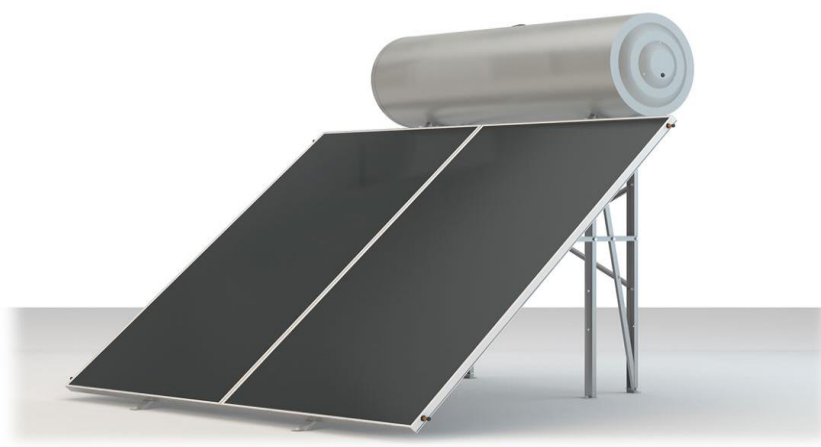
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι, στην ουσία, κατασκευές ή διαμορφώσεις σε κάποια πλευρά των κτηρίων, με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, αξιοποιούν νερό μέσα σε δοχεία ή και μεμονωμένους τοίχους, προκειμένου να συγκρατήσουν την θερμότητα εντός του εκάστοτε χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί το θερμοκήπιο, το οποίο παγιδεύει στο εσωτερικό του την ηλιακή ενέργεια, με τέτοιο τρόπο ώστε τα υλικά της κατασκευής του να συγκρατούν την θερμότητα και να τροφοδοτούν με ένα συνεχές θερμό κλίμα το όλο εσωτερικό περιβάλλον του.

Από το σύνολο των ενεργητικών παθητικών συστημάτων, τα πλέον διαδεδομένα τέτοια συστήματα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες ή ηλιοθερμικοί σταθμοί. Πρόκειται για συστήματα που, με βάση εκτιμήσεις καλύπτουν μία γεωγραφική έκταση της τάξεως των 3 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων σε εθνικό επίπεδο, αφού, εκτός από την ευρεία χρήση τους σε βιομηχανικές ενεργειακές δραστηριότητες, είναι πολύ διαδεδομένοι και σε περιπτώσεις οικιών, κυρίως για τις ανάγκες παραγωγής ζεστού νερού.

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους **επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες** (θέρμανση του χρησιμοποιούμενου μέσου μέχρι και 150 °C) και στους **συγκεντρωτικούς συλλέκτες** (θέρμανση του μέσου μέχρι και θερμοκρασίες, κατά πολύ άνω των 150

°C). Η απορροφητική τους πλάκα διοχετεύει την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια παράγει θερμότητα που παγιδεύεται από τα υλικά του συλλέκτη (γυαλί ή πλαστικό), κάτι που με την σειρά του οδηγεί σε θέρμανση του υγρού μέσου, το οποίο βρίσκεται σε μικρούς σωλήνες σε επαφή με την πλάκα. Τέλος, μέσω διαφόρων αντλιών, το υγρό μέσο, που πάντοτε θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από αυξημένη θερμοχωρητικότητα, χαμηλό ιξώδες, υψηλή θερμική ευστάθεια, χημική και διαβρωτική αδράνεια και μηδενική τοξικότητα, μεταφέρεται με την θερμότητα που έχει απάγει σε κάποια διασυνδεδεμένη δεξαμενή αποθήκευσης για περαιτέρω προώθηση στις εκάστοτε εφαρμογές.

Η βέλτιστη τιμή του βαθμού απόδοσης των συγκεκριμένων ηλιακών συστημάτων επιτυγχάνεται με μία κλίση του συλλέκτη, κατά την οποία η απορροφητική επιφάνειά του θα «βλέπει» τις ηλιακές ακτίνες όσο το δυνατόν πιο κάθετα, κατά την περίοδο του χειμώνα, κλίση που για τα δεδομένα της Ελλάδας μεταφράζεται σε 10 με 15 μοίρες μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής. Επιπλέον, η βέλτιστη απόδοση των ηλιακών αυτών συλλεκτών επιτυγχάνεται με έναν προσανατολισμό που οδηγείται προς νότιες και νοτιοδυτικές κατευθύνσεις, σαν και αυτή που απεικονίζεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16: Τυπικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, με ευρεία χρήση σε οικιακές δραστηριότητες και όχι μόνο (πηγή: *ΜΟΝΑΧΟΣ – Θέρμανση, Κλιματισμός - Ηλιακοί Θερμοσίφωνες, monachos.gr*)

Τέλος, η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο σε πληθώρα εφαρμογών, κυρίως λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα ίδια τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Πρόκειται για ενεργειακά αυτόνομες διατάξεις με περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης και μεγάλη διάρκεια ζωής, χαρακτηριστικά που τις καθιστούν ιδανικές για απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες περιοχές.

Εντός του ελλαδικού χώρου, τα φωτοβολταϊκά έχουν τεράστιες δυνατότητες εφαρμογής, κυρίως σε νησιωτικές περιοχές με περιορισμένες ενεργειακές ανάγκες, ανάγκες που οι φωτοβολταϊκές μονάδες, σε συνδυασμό με τις μπαταρίες τους, είναι σε θέση να ικανοποιήσουν. Η πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών διατάξεων διαθέτει έναν βαθμό απόδοσης που, σε πρακτικό επίπεδο, κυμαίνεται σε ποσοστό κοντά στο 15 με 16 %. Το πολυκρυσταλλικό και μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, εδώ και αρκετά χρόνια, αποτελεί το πιο αποδοτικό υλικό για την κατασκευή των δύο μεταλλικών πλακών ημιαγωγών στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών.

Τέλος, ο βέλτιστος βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελ επιτυγχάνεται με παρόμοια λογική με αυτή των ηλιακών συλλεκτών. Πιο συγκεκριμένα, θα έπρεπε ιδανικά, τα φωτοβολταϊκά να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κάθετα στις ηλιακές ακτίνες. Προφανώς, όμως, κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί λόγω της συνεχούς κίνησης του Ηλίου, επομένως συνήθως επιλέγεται μία κλίση που είναι κατά 15 μοίρες μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής και προσφέρει πολύ καλή ενεργειακή απολαβή κατά τον χειμώνα και σταθερή απόδοση όλο το υπόλοιπο έτος. Έτσι, στην Εικόνα 17 διαφαίνεται μία τυπική διάταξη ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, αρκετά μεγάλη, ώστε να ικανοποιήσει μία σχετικά μικρή έως μεσαία ενεργειακή απαίτηση.



Εικόνα 17: Σύγχρονο φωτοβολταϊκό πάρκο, με ισχύ περίπου 450 kW (πηγή: *Energy Press – Ανανεώσιμες - Φωτοβολταϊκά, energypress.gr*)

3.2. Αιολική Ενέργεια – Ανεμογεννήτριες

Η κινητική ενέργεια των ανέμων, ή πιο απλά, αιολική ενέργεια αποτελούσε ανέκαθεν μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, η κίνηση του ανέμου, προκαλείται και τροφοδοτείται από διάφορους παράγοντες, όπως από την περιστροφή του πλανήτη, την επίδραση της σελήνης, τις διαφορετικές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στην επιφάνεια της Γης και άλλους.

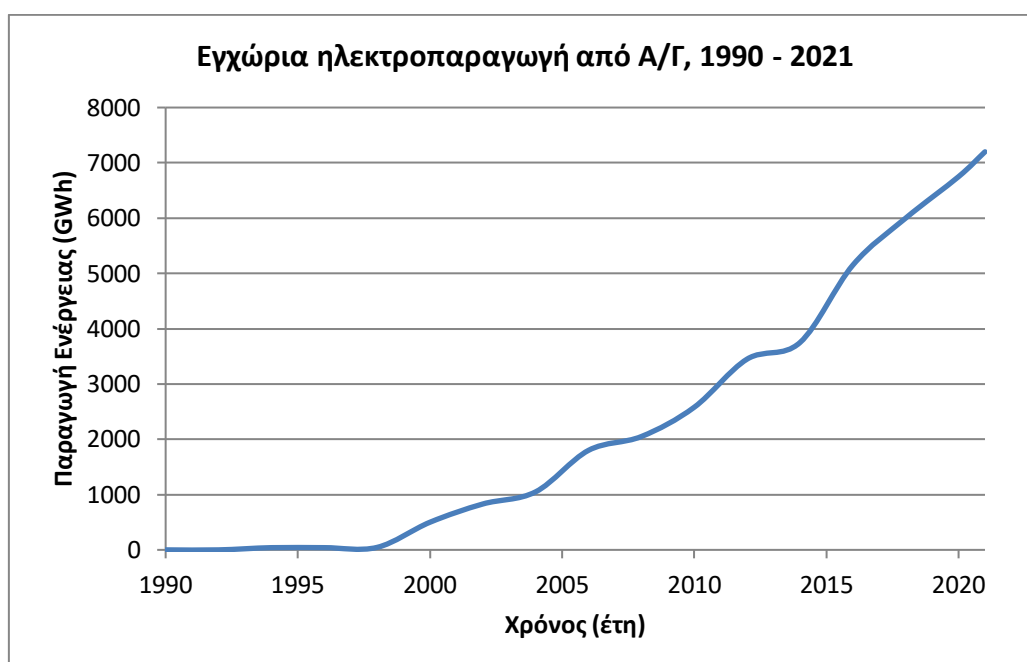
Αιολικό δυναμικό ορίζεται το ποσοστό της κινητικής ενέργειας των ανέμων μίας συγκεκριμένης περιοχής που μπορεί υπό προϋποθέσεις να αξιοποιηθεί. Χώρες με πλούσιο αιολικό δυναμικό, όπως είναι και η Ελλάδα, έχουν την δυνατότητα να αξιοποιήσουν την συγκεκριμένη μορφή ενέργειας σε σημαντικό βαθμό. Συγκεκριμένα, η χώρα μας, έχοντας ως ευρωπαϊκό στόχο να αυξήσει την παραγωγή της αιολικής της ενέργειας κατά 352 % έως το έτος 2020 δρομολόγησε την εγκατάσταση σχεδόν 2.500 ανεμογεννητριών συνολικής ισχύος 3.372 MW, τόσο σε νησιωτικές όσο και σε ηπειρωτικές περιοχές, αριθμός κατά πολύ μεγαλύτερος από την αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύ που υπήρχε στα τέλη του 2006 (1.028 ανεμογεννήτριες, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 746 MW). Η Στερεά Ελλάδα βρίσκεται στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων, με συνολική παραγόμενη ισχύ της τάξης των 1.678 MW, με περιφέρειες όπως η Πελοπόννησος και η Ανατολική Μακεδονία να την ακολουθούν, παράγοντας συνολική ισχύ ύψους 619 MW και 485 MW αντίστοιχα [14].

Αξίζει να σημειωθεί πως μόνο το έτος 2020, μέσω της λειτουργίας του συνόλου των ανεμογεννητριών της χώρας, αποφεύχθηκε η εκπομπή περίπου 109.000 τόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα και καλύφθηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις 43.000 νοικοκυριών. Πρόκειται για έτος ρεκόρ, κατά το οποίο παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη αιολική παραγωγή της χώρας, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση των 4 μεγαλύτερων, μέχρι στιγμής, ανεμογεννητριών από την εταιρία Rokas Iberdrola στην περιοχή της Βοιωτίας [56]. Άλλες εταιρίες που έχουν συμβάλει σημαντικά στην εγκατάσταση αιολικών μηχανών, εντός του ελλαδικού χώρου είναι η Vestas (41,2 %), η Enercon (28,4 %), η Nordex (21,4 %), η Siemens Gamesa (5,4 %) και αρκετές ακόμη.

Με βάση τα επίσημα στοιχεία της ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας), το 15,7 % του ηλεκτρισμού της Ελλάδας προέρχεται πλέον από την παραγωγή αιολικής ενέργειας, ενέργειας που αγγίζει τις 13,2 GWh. Τέλος, εντός του έτους 2021, ολοκληρώθηκε και η κατασκευή νέων αιολικών πάρκων μεγάλης ισχύος στην Καρδίτσα (27,6 MW), στην Κεφαλονιά (9,2 MW) και στην Κρήτη (6 MW).

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν ακριβείς εκτιμήσεις του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής θα πρέπει να λαμβάνονται μετρήσεις για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, κυρίως λόγω της μεταβλητότητας της κίνησης των ανέμων. Τα πιο διαδεδομένα όργανα μέτρησης της έντασης του ανέμου είναι τα ανεμόμετρα, τα οποία μας παρουσιάζουν ενδείξεις της αιολικής έντασης μέσω της περιστροφής που προκαλεί η ταχύτητα του ανέμου στα διάφορα τμήματά του. Η ακριβής διεύθυνση του ανέμου είναι ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο μέγεθος, που καθορίζεται με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με την θέση εγκατάστασης του αντίστοιχου μετρητικού οργάνου.

Οι ανθρώπινες υποδομές που χρησιμοποιούνται για να αξιοποιήσουν την αιολική ενέργεια είναι, κατά κύριο λόγο, οι ανεμογεννήτριες (ή αιολικές μηχανές, Α/Γ). Την δεκαετία του '70 ξεκίνησαν να έρχονται και πάλι στο προσκήνιο, με αποτέλεσμα μέσα σε μερικά χρόνια, να έχουν καταφέρει να αποτελέσουν το επίκεντρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του πλανήτη, φτάνοντας σταδιακά σε ολοένα και αυξανόμενες τιμές αιολικής ισχύος. Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται σε διάγραμμα η συνεχώς μεταβαλλόμενη τιμή της ελληνικής ηλεκτροπαραγωγής από αιολικές μηχανές, τιμή που αποτυπώνει ξεκάθαρα την ολοένα και αυξανόμενη συμβολή των ανεμογεννητριών στην εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή.



Σχήμα 22: Μεταβολή εθνικής ηλεκτρικής παραγωγής από ανεμογεννήτριες, από το έτος 1990 μέχρι και σήμερα (αναφορά: *IEA – Data and Statistics, iea.org*)

Οι δύο κύριες κατηγορίες των χρησιμοποιούμενων ανεμογεννητριών είναι αυτές του **οριζοντίου άξονα** (άξονας παράλληλος στην επιφάνεια της Γης και στην διεύθυνση του ανέμου) και αυτές του **κατακόρυφου άξονα** (άξονας κάθετος στην επιφάνεια της Γης). Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, σήμερα, χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες τύπου «έλικας», οι οποίες διαθέτουν συνήθως από ένα μέχρι τρία πτερύγια υψηλής αεροδυναμικής απόδοσης.

Τα βασικά μέρη/τμήματα των ανεμογεννητριών είναι η **πτερωτή (δρομέας)**, η οποία με την κίνηση του ανέμου ξεκινά να περιστρέφεται, ο **άξονας**, ο οποίος συνήθως κατασκευάζεται από ενισχυμένο χάλυβα, το **σύστημα μετάδοσης της κίνησης**, που μετατρέπει την περιστροφική κίνηση της πτερωτής σε μηχανική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω της **ηλεκτρικής γεννήτριας** και, τέλος, ο **πύργος στήριξης**, ο οποίος κατασκευάζεται συνήθως, είτε από

μεταλλικό υλικό είτε από σπλισμένο σκυρόδεμα. Στην Εικόνα 18 φαίνεται ένα σύγχρονο αιολικό πάρκο με ανεμογεννήτριες, με εμφανή όλα μέρη/τμήματά τους, που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 18: Σύγχρονο αιολικό πάρκο ανεμογεννητριών (πηγή: *Liberal – Ελεύθερη Ενημέρωση – Τεχνολογία: Ανεμογεννήτριες, liberal.gr*)

Αν και εδώ και μερικά χρόνια έχει παρατηρηθεί έντονη κινητικότητα στην δημιουργία παρόμοιων αιολικών πάρκων, από επενδυτικής άποψης δεν αποτελούν μία σίγουρη και βιώσιμη οικονομοτεχνική επιλογή. Προκειμένου να αξιολογηθούν σε σημαντικό βαθμό αυτές οι επενδύσεις, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διάφοροι δείκτες οικονομικής ανάλυσης, όπως για παράδειγμα ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας (NPV), ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR), καθώς και ο προσδιορισμός του χρόνου απόσβεσης ή αποπληρωμής. Τέλος, θα πρέπει να εκτιμηθεί και το ενδεχόμενο επενδυτικό κέρδος που θα προκύπτει από την διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παράγεται, ώστε να διαπιστωθεί εάν θα υπερκαλύπτει το αυξημένο επενδυτικό κόστος των συγκεκριμένων αιολικών σταθμών.

3.3. Θαλάσσια Ενέργεια

Η αξιοποίηση της θαλάσσιας ή κυματικής ενέργειας είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που, εδώ και μερικά χρόνια, κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος, χάρη στα πολλαπλά οφέλη που ενδέχεται να προσφέρει στον άνθρωπο. Το σύνολο των θαλάσσιων μαζών καλύπτει το 75 % της επιφάνειας του πλανήτη, κάτι που τις καθιστά αυτομάτως μία τεράστια παγκόσμια ενεργειακή αποθήκη.

Στις μέρες μας, έχει γίνει πλέον κατανοητό πως με τον όρο θαλάσσια ενέργεια εννοούμε, τόσο την κινητική ενέργεια που προσφέρουν τα κύματα, λόγω των

ανέμων (αιολική ενέργεια θαλασσών) όσο και την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφούν οι ίδιες οι θαλάσσιες μάζες από την ατμόσφαιρα (ηλιακή ενέργεια). Το τεράστιο πλεονέκτημα της κυματικής ενέργειας, έναντι των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών, είναι η, κατά πολύ μεγαλύτερη, πυκνότητα που διακατέχει το νερό, σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς ενέργειας, όπως για παράδειγμα ο αέρας.

Η ενέργεια που παράγεται από την θάλασσα διακρίνεται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

Ενέργεια από κύματα, η οποία πρακτικά αφορά στην κινητική ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων,

Ενέργεια από τους ωκεανούς, η οποία εκμεταλλεύεται την διαφορά θερμοκρασίας που διαμορφώνεται στα στρώματα των ωκεανών, μέσω της χρήσης θερμικών κύκλων,

Ενέργεια από τις παλίρροιες, η οποία προέρχεται από την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας που προκαλεί η βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης και

Ωσμωτική ενέργεια, η οποία προέρχεται από την ανάμιξη γλυκού και θαλασσινού νερού.

Από τις παραπάνω μεθόδους άντλησης θαλάσσιας ενέργειας, η πιο αποδοτική θεωρείται πως είναι η κυματική ενέργεια, η ενέργεια δηλαδή που παράγεται από την κίνηση των κυμάτων, αφού παρουσιάζει την μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Αξίζει να σημειωθεί πως μόνο το 1 % της ενέργειας, που βρίσκεται διοχετευμένη στον κυματισμό, αρκεί για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες ολόκληρης της ανθρωπότητας επί τέσσερις φορές [27]! Για να καταλάβει κάποιος ακόμα περισσότερο το μέγεθος του ποσού της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τα κύματα, αρκεί να σκεφτεί πως για να καλυφθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις μίας τετραμελούς οικογένειας, αρκεί ένας κυματισμός ενός μόλις μέτρου ύψους, ο οποίος θα κινείται για ένα περίπου μέτρο στην θάλασσα. Πρωτοπόρες χώρες, στις οποίες παρατηρείται έντονη δραστηριότητα στον τομέα της αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας, αποτελούν οι Β. Ιρλανδία, η Αγγλία, η Ρωσία, η Νορβηγία και άλλες.

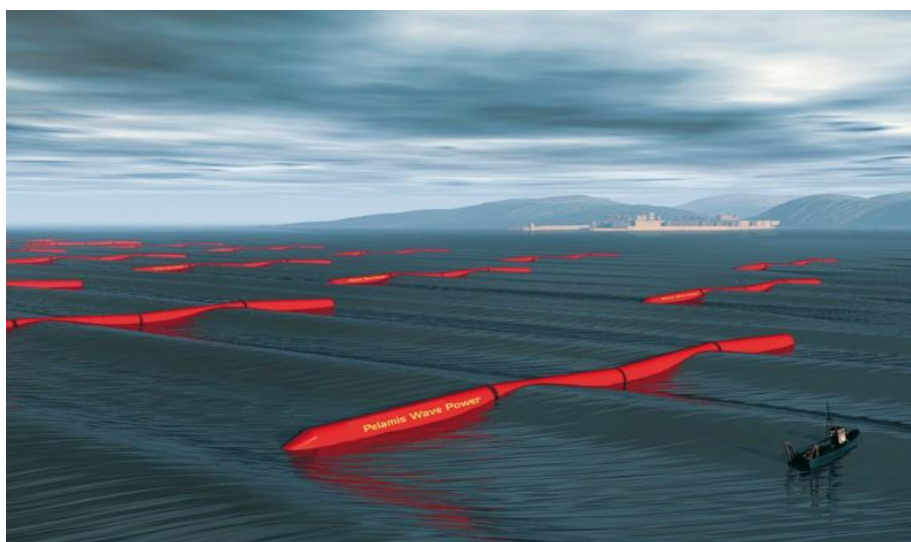
Δυστυχώς, το ποσοστό αξιοποίησης του υδάτινου δυναμικού της Ελλάδας παραμένει ακόμα σε αρκετά χαμηλά επίπεδα (περίπου 25 % του δυναμικού αξιοποιείται) με έντονα, όμως, πρόθυρα βελτίωσης, κυρίως χάρη στην γεωγραφική θέση της χώρας. Η Ελλάδα, δυστυχώς, δεν διαθέτει ακόμα εγκατεστημένα υπεράκτια αιολικά πάρκα, με κύριο εμπόδιο το κόστος.

Το 2010, επιλέχθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ), 12 θαλάσσιες περιοχές που προορίζονταν για ενδεχόμενη εγκατάσταση θαλάσσιων

αιολικών πάρκων, περιοχές συνολικής έκτασης 274 km². Τα κύρια κριτήρια επιλογής ήταν το σχετικά μικρό βάθος της εκάστοτε τοποθεσίας, καθώς και η αποφυγή θέσεων με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι περιοχές αυτές είναι ο Άγιος Ευστράτιος, η Αλεξανδρούπολη, η Κάρπαθος, η Κέρκυρα, η Θάσος, το Κρυονέρι, η Κύμη, η Λήμνος, η Λευκάδα, οι Πεταλιοί, η Σαμοθράκη και το Φανάρι Ροδόπης, τοποθεσίες ικανές για παραγωγή ενέργειας, συνολικής ισχύος της τάξης του 1,2 GW. Εθνικός στόχος, μέχρι και το έτος 2020, αποτελούσε η επίτευξη ενός ποσού θαλάσσιας ενέργειας που θα άγγιζε τα 300 MW, στόχος που εν τέλει δεν επετεύχθη.

Στις παρακάτω εικόνες, παρουσιάζονται οι κυριότερες σύγχρονες μέθοδοι αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας, κυρίως σε παγκόσμιο επίπεδο, συνοδευόμενες από την οπτική απεικόνισή τους, καθώς και μία σύντομη περιγραφή της λειτουργίας τους.

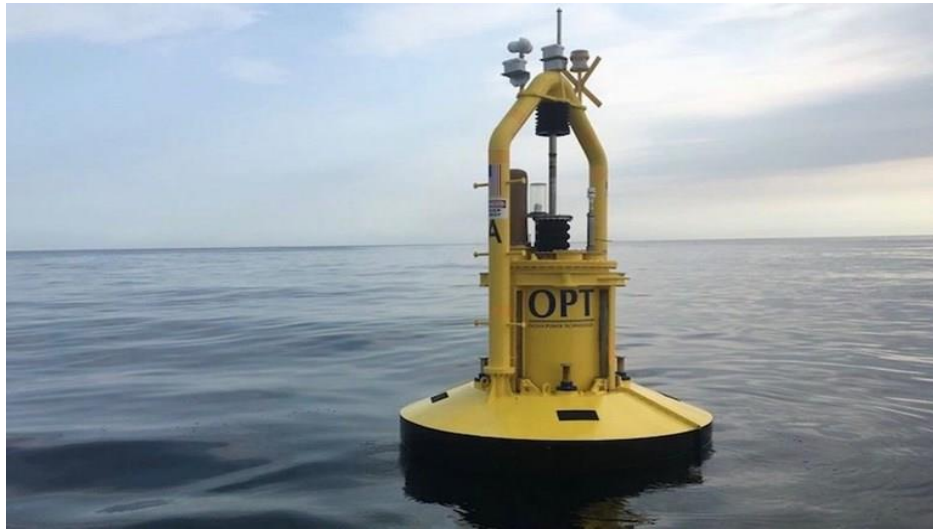
Pelamis



Εικόνα 19: Μέθοδος Pelamis (πηγή: *Process Industry Forum – Wave Energy, processindustryforum.com*)

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελείται από μία κατασκευή που είναι φτιαγμένη να αντιδρά στην καμπυλότητα των κυμάτων και διαθέτει εσωτερικούς υδραυλικούς κυλίνδρους και κινητήρες, οι οποίοι μετατρέπουν την διαξονική κίνηση της κατασκευής σε ηλεκτρική ενέργεια.

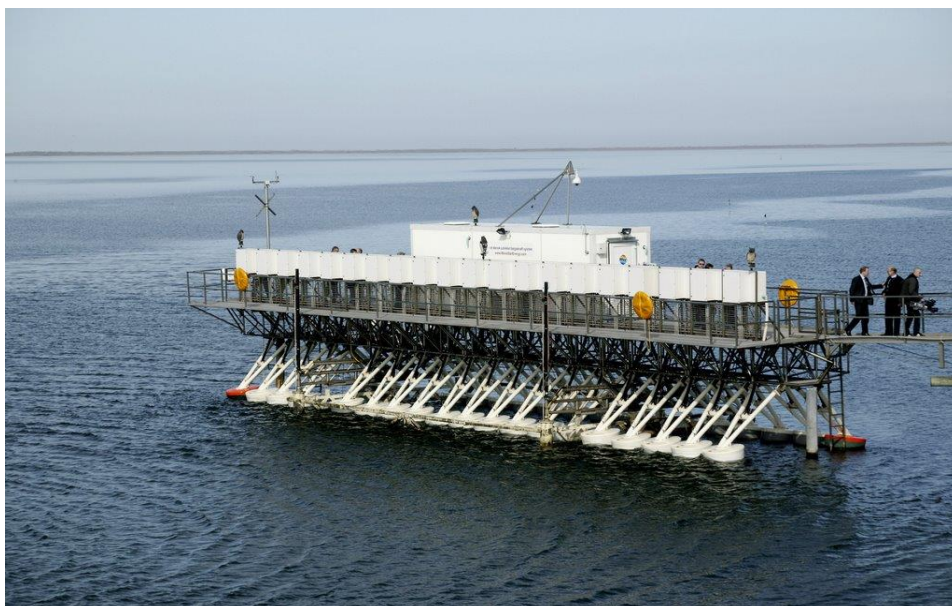
PowerBuoy



Εικόνα 20: Μέθοδος PowerBuoy (πηγή: *reNews – OPT PowerBuoy, renew.biz*)

Η μέθοδος PowerBuoy αποτελείται από τον παραπάνω μετατροπέα κυματικής ενέργειας, ο οποίος είναι στην ουσία μία αγκυροβολημένη σημαδούρα που αποτελείται από ένα κινούμενο πλωτό μέρος, η γραμμική κίνηση του οποίου μετατρέπεται σε περιστροφική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσω της κίνησης των κυμάτων και της ηλεκτρογεννήτριας που αξιοποιεί την κυματική αυτή κίνηση.

WaveStar



Εικόνα 21: Μέθοδος WaveStar (πηγή: *mapio.net*)

Η παραπάνω μέθοδος WaveStar χρησιμοποιείται σε υπεράκτιες περιοχές, σε απόσταση 10 με 20 χιλιόμετρα από την ακτή. Πρόκειται για μία στενόμακρη πλατφόρμα που στις πλευρές της διαθέτει σημαδούρες, η κίνηση των οποίων, αφού μεταδοθεί σε έναν ειδικό υδραυλικό κινητήρα, θα οδηγήσει σε παραγωγή ηλεκτρισμού.

Oyster



Εικόνα 22: Μέθοδος Oyster (πηγή: *Kenneth Doherty – Research Gate, researchgate.net*)

Κατά την διεργασία της μεθόδου Oyster, ένας υποθαλάσσιος ταλαντευόμενος μετατροπέας κύματος, που έχει την μορφή πτερυγίου, κινείται υπό την επίδραση των κυμάτων και ενεργοποιεί δύο υδραυλικά έμβολα, τα οποία ωθούν το νερό υπό πίεση στον, συνδεδεμένο με μια ηλεκτρογεννήτρια, κινητήρα.

WaveRoller



Εικόνα 23: Μέθοδος WaveRoller (πηγή: *WaveRoller, aw-energy.com*)

Το WaveRoller είναι μια παράκτια συσκευή, αποτελούμενη από ένα πλήρως βυθισμένο πτερύγιο, το οποίο τροφοδοτεί με κινητική ενέργεια την εγκατεστημένη γεννήτρια, που με την σειρά της, παράγει ηλεκτρισμό.

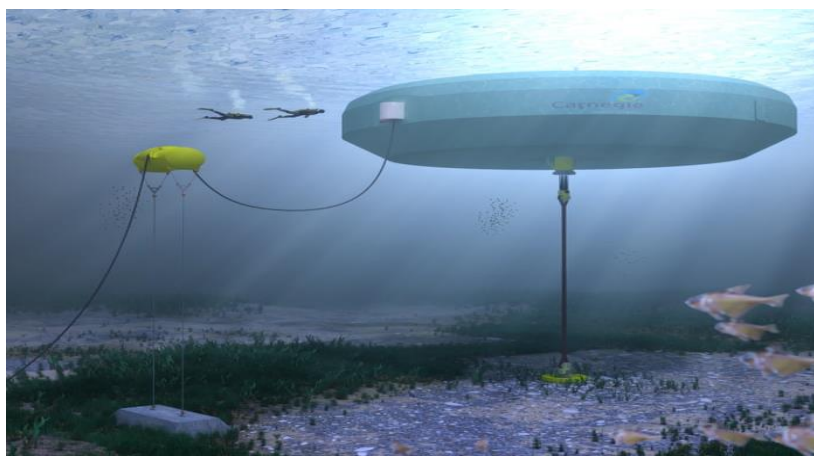
WaveDragon



Εικόνα 24: Μέθοδος WaveDragon (πηγή: *Max – Planck – Institut fur Plasmaphysik, www2.ipp.mpg.de*)

Η συσκευή WaveDragon πρόκειται για έναν πλωτό μετατροπέα κυματικής ενέργειας που χρησιμοποιεί παρόμοια τεχνολογία με αυτή των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Τα κύματα που προσκρούουν πάνω στον μηχανισμό, ανυψώνονται και στη συνέχεια επιστρέφονται στην θάλασσα, περνώντας από υδροτροβίλους, οι οποίοι περιστρέφονται και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

Ceto



Εικόνα 25: Μέθοδος Ceto (πηγή: *Giles Parkinson, The Guardian – Sustainable Business, theguardian.com*)

Ο υποβρύχιος μετατροπέας Ceto βασίζεται στο φαινόμενο της διαφορικής πίεσης. Λειτουργεί στέλνοντας νερό σε πολύ υψηλή πίεση στην ακτή, παράγοντας, είτε ηλεκτρισμό είτε γλυκό νερό, μέσω αξιοποίησης μονάδων αφαλάτωσης.

AWS – III



Εικόνα 26: Μέθοδος AWS – III (πηγή: *Richard Tyler – 2011, The Telegraph – AWS – Ocean Energy, telegraph.co.uk*)

Η συσκευή που φαίνεται στην Εικόνα 26, πρόκειται για έναν μετατροπέα που διαθέτει έναν απορροφητή εύκαμπτης μεμβράνης, που μετατρέπει την πίεση των διερχόμενων κυμάτων σε πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος στη συνέχεια ωθεί τον αέρα αυτόν σε αεριοστρόβιλους, παράγοντας έτσι ηλεκτρική ενέργεια.

Penguin



Εικόνα 27: Μέθοδος Penguin (πηγή: *Renewables Now – The Wello Penguin, renewablesnow.com*)

Η συσκευή Penquin αποτελεί έναν μετατροπέα στρεφόμενης μάζας. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα ασύμμετρο σκάφος με μία στρεφόμενη μάζα στο εσωτερικό του, μάζα η οποία περιστρέφεται κατά την κίνηση του σκάφους λόγω των κυμάτων και, μέσω της εγκατεστημένης γεννήτριας, παράγει ηλεκτρισμό.

Γενικά, η θαλάσσια ενέργεια αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο, η οποία είναι σε θέση να προσφέρει μεγάλες αποδόσεις, μέσω της λειτουργίας «φιλικών» προς το περιβάλλον εγκαταστάσεων. Πρόκειται για ένα σύνολο τεχνολογιών που βρίσκονται ακόμα υπό συνεχή μελέτη και έρευνα, σύνολο το οποίο, εάν αξιοποιηθεί αποτελεσματικά και με σεβασμό στην υδάτινη βιοποικιλότητα, μπορεί να καταστήσει τη «μπλε ενέργεια» κυρίαρχη στο σύνολο των ΑΠΕ που εφαρμόζονται παγκοσμίως.

3.4. Γεωθερμία

Ο πυρήνας του πλανήτη μας, αποτελεί μία τεράστια πηγή θερμότητας και, κατά συνέπεια, ενέργειας για τον άνθρωπο αλλά και για όλους τους οργανισμούς. Η ροή αυτής της θερμότητας από τον πυρήνα προς την επιφάνεια του εδάφους ονομάζεται γεωθερμική ενέργεια και εμφανίζεται, είτε με την μορφή ατμού (**γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας**) είτε με την μορφή ζεστού νερού (**γεωθερμικά επίπεδα χαμηλής ενθαλπίας**). Από αυτά, τα πλέον αξιοποιήσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν ερευνάται και η δυνατότητα αξιοποίησης των πεδίων χαμηλής ενθαλπίας με διάφορους τρόπους.

Τα γεωθερμικά πεδία, με βάση την προέλευσή τους, διακρίνονται στις δύο παρακάτω κατηγορίες:

Πεδία που συνδέονται με πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα, τα οποία παράγουν ατμούς ή μίγμα νερού με ατμό (πεδία υψηλής ενθαλπίας) και

Πεδία που συνδέονται με ιζηματογενείς λεκάνες ή τεκτονικά βυθίσματα, τα οποία αποθηκεύουν θερμό νερό στα υπόγεια υδροφόρα πετρώματά τους (πεδία χαμηλής ενθαλπίας). Στην Εικόνα 28 παρουσιάζεται μία απεικόνιση ενός γεωθερμικού πεδίου στην Ελλάδα.



Εικόνα 28: Γεωθερμικό πεδίο, εντός του ελληνικού χώρου (πηγή: B2Green – Γεωθερμία στην Ελλάδα, b2green.gr)

Η Ελλάδα εμφανίζει έναν πολύ σημαντικό αριθμό γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίες ύψους 70 °C περίπου), κυρίως σε περιοχές της Στερεάς Ελλάδας και της Θράκης. Ωστόσο, πεδία υψηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίες άνω των 150 °C) παρατηρούνται σε νησιωτικές περιοχές του Αιγαίου και, πιο συγκεκριμένα, σε περιοχές, στις οποίες έχει υπάρξει κάποια ηφαιστειακή δραστηριότητα στο παρελθόν (Νίσυρος, Μήλος κλπ). Επιπρόσθετα, περιοχές με μέση ενθαλπία (θερμοκρασίες 90 – 150 °C) συναντώνται τόσο στην Βόρεια Ελλάδα όσο και σε διάφορα νησιά του Κεντρικού και του Βόρειου Αιγαίου [21]. Τέλος, σημαντική συμβολή θα μπορούσε να αποκτήσει και η **αβαθής γεωθερμία** (θερμοκρασίες μικρότερες των 25 °C), η οποία συναντάται σχεδόν σε κάθε γωνιά της χώρας και θα ήταν σε θέση, εάν αξιοποιούταν σε μεγαλύτερο βαθμό, να συνεισφέρει σε εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης κτηρίων και άλλων υποδομών.

Αξίζει να αναφερθεί πως στην Μήλο ξεκίνησαν έρευνες από το 1971 και, μέχρι και το έτος 1981 και μετά, είχαν υλοποιηθεί 3 παραγωγικές γεωθερμικές γεωτρήσεις που οδήγησαν, το 1986, στην εγκατάσταση της πρώτης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία. Λόγω διαρροής υδρόθειου στην ατμόσφαιρα, προερχόμενο από την μονάδα, έπαψε οριστικά η λειτουργία της εγκατάστασης, κάτι που σε συνδυασμό με ένα περιβαλλοντικό ατύχημα που συνέβη το 1993, οδήγησε στην άρνηση της πλειοψηφίας των πολιτών για περαιτέρω έρευνες και εφαρμογές γεωθερμικών μονάδων, τόσο στο ίδιο το νησί όσο και σε άλλες αρκετά υποσχόμενες περιοχές (Νίσυρος).

Έτσι λοιπόν, αν και η συστηματική αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας μας ξεκίνησε κοντά στην δεκαετία του '80, δεν έχει παρατηρηθεί εκτεταμένη

πρόοδος στην συγκεκριμένη μορφή ΑΠΕ, μένοντας περιορισμένη σε εφαρμογές που αφορούν κυρίως στον αγροτικό τομέα (θέρμανση θερμοκηπίων κλπ), καθώς και σε υποδομές, όπως λουτροθεραπεία και άλλες. Πιο συγκεκριμένα, η γεωθερμία που αξιοποιείται από το πεδίο Νέου Ερασμίου – Μαγγάνων Ξάνθης καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 140 στρεμμάτων θερμοκηπίων, ενώ επένδυση αξίας 10 εκατομμυρίων ευρώ στον Δήμο Νέστου οδήγησε στην κατασκευή έργων, ικανά να καλύψουν τις ανάγκες μία πρότυπης μονάδας θερμοκηπίου, 35 στρεμμάτων.

Σε γενικές γραμμές, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας δεν αποτελεί μία ξεκάθαρα συμφέρουσα επιλογή, κυρίως από οικονομικής σκοπιάς. Οι γεωτρήσεις που πραγματοποιούνται (γεωθερμικές γεωτρήσεις) θεωρούνται αποδοτικές κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και προϋποθέσεις, με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον πεπιεσμένο ατμό, πολλές φορές, να θεωρείται ανεπαρκής και μη συμφέρουσα.

Είναι, λοιπόν, σημαντικό να γίνεται εκτίμηση της δυναμικής ενός γεωθερμικού πεδίου, πριν πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε επένδυση για την αξιοποίησή της ενέργειας που ενδέχεται να προσφέρει. Μία χώρα σαν την Ελλάδα, με αρκετά πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, θα έπρεπε να επιδιώκει και να ενθαρρύνει την διεξαγωγή σχετικών μελετών και επιστημονικών ερευνών, ωστόσο δεν έχει καταφέρει να προχωρήσει σε επίπεδα αξιοποίησης του δυναμικού αυτού, σε ποσοστά άνω του 1 %.

Η αξιοποίηση της γεωθερμίας, αν και αποτελεί μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ενδέχεται να προκαλέσει την απελευθέρωση ορισμένων επικίνδυνων αερίων στην ατμόσφαιρα, κυρίως κατά την διάρκεια των γεωτρήσεων, κάτι που σταδιακά δείχνει να βελτιώνεται, με την εγκατάσταση μονάδων δέσμευσης των ρύπων αυτών. Επιπρόσθετα, η συντήρηση που απαιτείται στις εγκαταστάσεις των γεωτρήσεων δεν θεωρούνται αμελητέες, όπως και ο χρόνος ζωής τους (χρόνος ζωής των μονάδων γεώτρησης περίπου τα 25 έτη). Σε κάθε περίπτωση όμως, εάν γίνει σωστή εκτίμηση των δεδομένων, σωστός έλεγχος της ασφάλειας και της αποτελεσματικής λειτουργίας των μονάδων, καθώς και αποδοτική διαχείριση της ενέργειας και των εγκαταστάσεων, η γεωθερμική ενέργεια είναι μία πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με τεράστιες προοπτικές, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο σύνολο του πλανήτη, με χαρακτηριστικό το παράδειγμα της Ισλανδίας, η οποία ικανοποιεί υπέρογκα ποσοστά των ενεργειακών αναγκών της (85 % των αναγκών σε θέρμανση και 20 % των αναγκών σε ηλεκτρισμό), μέσω των εγκατεστημένων γεωθερμικών της μονάδων.

3.5. Ενέργεια από Βιομάζα – Ηλεκτροκίνηση από Βιοκαύσιμα

Στις μέρες μας, η βιομάζα θεωρείται μία από τις σημαντικότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παγκοσμίως. Με τον όρο «βιομάζα» εννοούμε τα διάφορα υποπροϊόντα που προέρχονται, τόσο από τις φυτικές, ζωικές και αλιευτικές διαδικασίες όσο και από πληθώρα βιομηχανικών δραστηριοτήτων και καλλιεργειών, καθώς επίσης και τα αστικά λύματα και στερεά απορρίμματα που προκύπτουν από το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Οι διεργασίες, μέσω των οποίων πραγματοποιείται η μετατροπή της διαθέσιμης βιομάζας σε ενέργεια, είναι οι **θερμοχημικές** (πυρόλυση, απευθείας καύση, αεριοποίηση και υδρογονοδιάσπαση), που περιλαμβάνουν οξειδωτικές αντιδράσεις και οι **βιοχημικές** (αερόβια και αναερόβια ζύμωση), οι οποίες είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης και συντελούνται με την βοήθεια διαφόρων μικροοργανισμών που αποδομούν την βιομάζα και την μετατρέπουν σε σταθερές ανόργανες ενώσεις.

Δύο χρήσιμοι ορισμοί αποτελούν το «**Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο**» (ΒΑΟ), το οποίο είναι η ποσότητα του οξυγόνου που είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να αποδομηθούν (οξειδωθούν) οι οργανικές ουσίες των αποβλήτων και το «**Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο**» (ΧΑΟ), το οποίο είναι, πρακτικά, το οξυγόνο που απαιτείται, προκειμένου να οξειδωθούν πλήρως τα συστατικά των αποβλήτων και να μετατραπούν σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O). Η διαδικασία παραγωγής ενέργειας από βιομάζα συμπεριλαμβάνει, πρώτον, την λειτουργία διαφόρων βιολογικών αντιδραστήρων, εντός των οποίων οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και εν τέλει διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα απόβλητα και, δεύτερον, την απαιτητική συνολική συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της.

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η αναερόβια ζύμωση, κατά την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται σε απλές χημικές ενώσεις, κάτι που σε συνδυασμό με κάποιες άλλες διεργασίες, οδηγεί στην καύση τους και, στη συνέχεια, στην παραγωγή θερμότητας και άρα ενέργειας. Το βιοαέριο που παράγεται, κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (CH_4 και CO_2 αντίστοιχα), καθώς και από μερικά ακόμη αέρια, όπως υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και άλλα. Στην Εικόνα 29 παρουσιάζεται σε φωτογραφία μία σύγχρονη ελληνική μονάδα επεξεργασίας της βιομάζας.



Εικόνα 29: Μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας βιομάζας, στην Κέρκυρα (πηγή: Ροϊκός – Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ – Αδειοδότηση έργων παραγωγής ενέργειας, roikos.gr)

Λαμβάνοντας κανείς υπόψη τα πολλά πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας (μείωση εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα και αρκετά ακόμη), καταλαβαίνει ότι μία χώρα όπως η Ελλάδα, με μεγάλες ποσότητες ετήσιων αγροτικών αποβλήτων αλλά και ατομικών απορριμμάτων (600 κιλά ετησίως ανά άτομο), θα έπρεπε να στηρίζει και να προωθεί τέτοιες τεχνολογίες στο εγχώριο περιβάλλον της. Ωστόσο, σε εθνικό επίπεδο, λειτουργούν λίγες μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, με τις δύο κυριότερες να βρίσκονται στην Ψυτάλλεια και στα Λιόσια. Άξιο αναφοράς είναι πως η ανάπτυξη συστημάτων βιομάζας θα μπορούσε να αυξήσει το ΑΕΠ της χώρας κατά 3 %. Πιο συγκεκριμένα, μόνο τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα της χώρας ετησίως, ισοδυναμούν με 3,5 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, κάτι που με την σειρά του αποτελεί το 35 % περίπου της ποσότητας πετρελαίου που καταναλώνεται σε εγχώριο επίπεδο. Δυστυχώς, το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής βιομάζας που παράγεται ετησίως στην Ελλάδα (δηλαδή 10 εκατομμύρια τόνοι, κατά προσέγγιση) παραμένει ανεκμετάλλευτο, με την αξιοποιήσιμη ποσότητα να ανέρχεται στους 3 εκατομμύρια τόνους τον χρόνο, ποσότητα που μεταφράζεται σε συνολική συνεισφορά της βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ποσοστό της τάξης του 2,5 % [4].

Παραδείγματα σημαντικών εφαρμογών της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αποτελούν η κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη κατοικιών και βιομηχανιών, η θέρμανση θερμοκηπίων, η παραγωγή βιοκαυσίμων, τα οποία θα αναφερθούν και παρακάτω, η παραγωγή ενέργειας μέσω ενεργειακών καλλιεργειών και πολλά ακόμη.

Τέλος, σημαντική συμβολή της βιομάζας στην μείωση των εκπομπών του CO₂ αποτελούν και τα διάφορα **βιοκαύσιμα** που παράγονται από αυτή, καύσιμα όπως το **βιοντίζελ** (παραγωγή από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη), η **βιοαιθανόλη** (παραγωγή από σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά), το **βιοαέριο** (παραγωγή από οργανικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και από ενεργειακά φυτά), το **πέλλετ** (παραγωγή από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών) και τα **βιοκαύσιμα νέας γενιάς** (πράσινο ντίζελ, με παραγωγή από απόβλητη και υπολειμματική βιομάζα και άλλα).

Δυστυχώς, στην Ελλάδα δεν έχουν καταφέρει να αποκτήσουν ένα σημαντικό ποσοστό συνεισφοράς στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αγγίζοντας ένα ποσοστό της τάξεως του 1 %, με την πλειοψηφία αυτού, να συναντάται σε περιπτώσεις αξιοποίησης ηλεκτρικών οχημάτων (ηλεκτροκίνηση). Τέλος, η χώρα μας, ξεκινώντας ουσιαστικά από το 2010, έχει καταφέρει να εγκαταστήσει περίπου 20 σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με τους περισσότερους από αυτούς να βρίσκονται στην Αθήνα, γεγονός που καθιστά μη βιώσιμη την επιλογή ενός ηλεκτρικού οχήματος σε πολλές περιπτώσεις ευρύτερων περιοχών.

Συμπερασματικά, ειρωνεία αποτελεί το γεγονός πως οι τεράστιες ποσότητες βιομάζας που δεν αξιοποιούνται, πολλές φορές, συμβάλλουν σε περιπτώσεις εμφάνισης πυρκαγιών και άλλων ρυπογόνων δραστηριοτήτων, φαινομένων δηλαδή που η αξιοποίηση της βιομάζας, αυτής καθαυτή, υπόσχεται να ελαττώσει.

3.6. Υδραυλική Ενέργεια – Υδροηλεκτρικά Έργα

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες αποτελούν μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους άντλησης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Διεθνώς, η ήδη εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς αγγίζει περίπου τα 750 GW (giga watts), ενώ στην χώρα μας ανέρχεται περίπου στα 3.060 MW (mega watts).

Τα **Υδροηλεκτρικά Έργα**, τα έργα δηλαδή που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, προερχόμενη από την μηχανική ενέργεια του τρεχούμενου νερού, χωρίζονται σε **μεγάλα (ισχύς > 15 MW)**, τα οποία αποτελούν το επίκεντρο εταιριών όπως η ΔΕΗ, λόγω της αυξημένης παραγόμενης ισχύος και σε **μικρά (ισχύς < 15 MW)**, που είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των κατοίκων μίας πιο περιορισμένης περιοχής [24]. Στην Εικόνα 30 απεικονίζεται το μεγαλύτερο υδροηλεκτρικό έργο στον κόσμο (με ονομαστική ισχύ 22.500 MW και ετήσια παραγωγή ενέργειας 98,1 TWh), εγκατεστημένο από το 2003 στην περιφέρεια Hubei της κεντρικής Κίνας.



Εικόνα 30: Υδροηλεκτρικός σταθμός “Three Gorges Dam” (πηγή: *ABC Net – Peter Hadfield, The Science Show, abc.net.au*)

Η λειτουργία των μικρών υδροηλεκτρικών έργων βασίζεται στην δυνατότητα αποθήκευσης του τρεχούμενου νερού και στην μετέπειτα ανύψωση και μεταφορά του μέχρι τον ειδικό εγκατεστημένο υδροστρόβιλο. Τελικά, το νερό ρίχνεται στον υδροστρόβιλο, ο οποίος μετατρέπει την δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική. Στη συνέχεια, χάρη στην σύνδεσή του με μία εγκατεστημένη ηλεκτρική γεννήτρια, προκαλεί την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο και αξιοποιείται στις εκάστοτε επιθυμητές εφαρμογές. Τα μικρά υδροηλεκτρικά δεν διαφέρουν κατά κανόνα μόνο σε μέγεθος κλίμακας από τα αντίστοιχα μεγάλα. Παρουσιάζουν διαφορές, τόσο στον τρόπο λειτουργίας τους όσο και στον σχεδιασμό αλλά και στο έργο που πρόκειται να επιτελέσουν.

Ακόμα μία παράμετρος διάκρισης των υδροηλεκτρικών σταθμών (ΥΗΣ) είναι και η υψομετρική διαφορά του νερού που συμβάλλει στην παραγωγή ενέργειας. Με βάση αυτό το κριτήριο, οι ΥΗΣ χωρίζονται σε σταθμούς **χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης**, με τα συνολικά μέτρα που διαφοροποιούν τις δύο στάθμες να κυμαίνονται σε 0 – 20, 20 – 100 και > 100 μέτρων αντίστοιχα [3].

Επιπρόσθετα, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί **ρυθμιζόμενης ισχύος** (οι σταθμοί, δηλαδή, που είναι εγκατεστημένοι κατά κύριο λόγο στην χώρα μας), χρησιμοποιούν το νερό που βρίσκεται αποθηκευμένο σε μία δεξαμενή χωρητικότητας περίπου 10^9 m^3 . Σε αντίθετη περίπτωση, χρησιμοποιείται η φυσική ροή κάποιου ποταμού για την παραγωγή ενέργειας (ΥΗΣ **φυσικής ροής**, που συναντώνται κυρίως σε χώρες του εξωτερικού) [3]. Τέλος, οι ΥΗΣ διακρίνονται και με βάση την χρονική κατανομή της παραγόμενης ενέργειας σε **ΥΗΣ βάσης** (συνεχής λειτουργία των υδροστροβίλων) και

σε **ΥΗΣ αιχμής** (λειτουργία στροβίλων μόνο τις ώρες αιχμής της ενεργειακής ζήτησης).

Στις Εικόνες 31 και 32 απεικονίζεται μία τυπική μικρή υδροηλεκτρική μονάδα, καθώς και ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο αντίστοιχα.



Εικόνα 31: Μικρό υδροηλεκτρικό στην Δυτική Ελλάδα (πηγή: *investa group – Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, investagroup.gr*)



Εικόνα 32: Μεγάλο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στην Βόρεια Μακεδονία (πηγή: *Linkedin – Κοινοπραξία ΔΕΗ – ARCHIRODON, linkedin.com*)

Στον ελλαδικό χώρο, η συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας, προερχόμενη από υδροηλεκτρικά έργα αγγίζει τις περίπου 3.500 GWh, υδραυλική ισχύς, η οποία αποτελεί το 30 % περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ενεργειακής ισχύος των

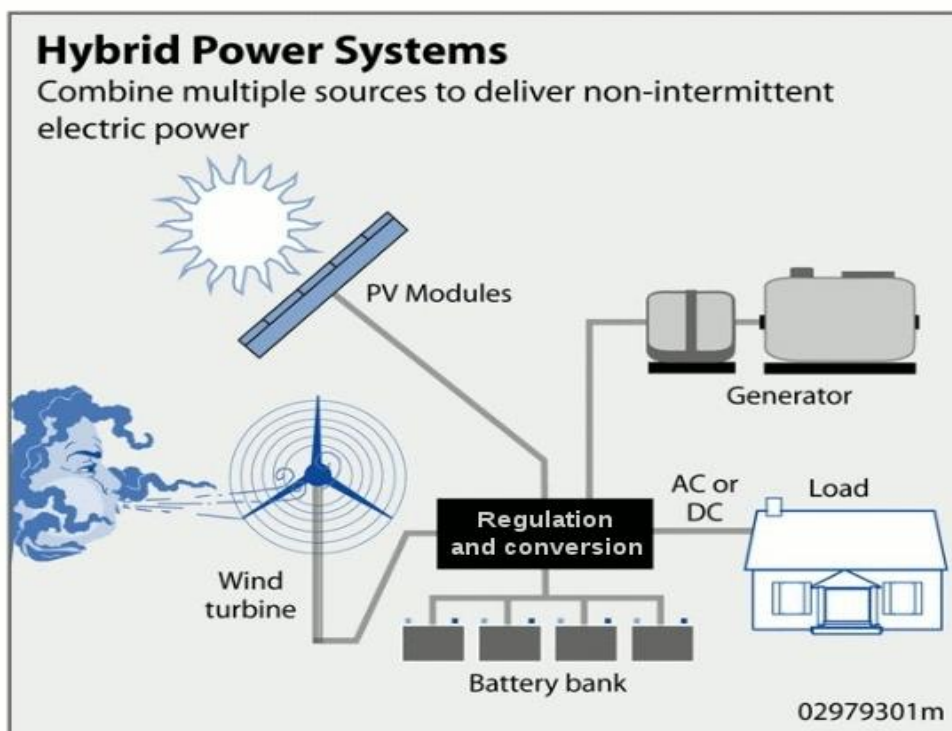
συμβατικών σταθμών, καθώς και το 10 % της συνολικής παραγωγής της ΔΕΗ. Ήδη από την δεκαετία του '30, ξεκίνησε η κατασκευή μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων και, μέχρι σήμερα, έχει παρατηρηθεί σημαντική πρόοδος στην δημιουργία τέτοιων μονάδων υψηλής παραγωγής ισχύος, με τις κυριότερες από αυτές να εντοπίζονται στα συγκροτήματα Αχελώου (925,6 MW), Αλιάκμονα (879,3 MW), Αράχθου (554 MW), Νέστου (500 MW), Κρεμαστών (ΔΕΗ Α.Ε. – 437 MW), Πολύφυτου (ΔΕΗ Α.Ε. – 375 MW), και Πλαστήρα (130 MW). Αντίστοιχα, χαρακτηριστικά παραδείγματα μικρών υδροηλεκτρικών έργων στην χώρα μας, αποτελούν οι ΥΗΣ της Κεντρικής Μακεδονίας (ΔΕΗ ΑΝΑΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε. – 10,8 MW), Δυτικής και Στερεάς Ελλάδας (ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε., από 8,5 MW έκαστος), καθώς και ο ΥΗΣ της περιφέρειας Θεσσαλίας (ENEL GREEN POWER HELLAS Α.Ε. – 6,35 MW).

Πιο συγκεκριμένα, χάρη στην λειτουργία του συνόλου των μικρών υδροηλεκτρικών έργων, αποφεύχθηκε η εκπομπή 94.108 τόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα και ικανοποιήθηκαν οι ενεργειακές ανάγκες 37 χιλιάδων περίπου νοικοκυριών. Τέλος, εντός του έτους 2021 ολοκληρώθηκε και η κατασκευή του νέου μικρού υδροηλεκτρικού έργου στο Σμόκοβο, με συνολική ισχύ 3,2 MW.

3.7. Υβριδικά Συστήματα

Τα **Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ενέργειας (ΥΣΠΕ)** βασίζονται στον συνδυασμό εγκαταστάσεων αξιοποίησης, κυρίως αιολικής και ηλιακής ενέργειας, με την ταυτόχρονη χρήση φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών, καθώς επίσης και σε συστήματα που συνδυάζουν την ηλιακή ή την αιολική ενέργεια με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Πολλές φορές αξιοποιούν και ανανεώσιμη και συμβατική ενέργεια για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών. Συνήθως, πρόκειται για ένα σύνολο από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου, συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ενέργειας και γεννήτριες μετατροπής.

Τα ΥΣΠΕ είναι συστήματα, τα οποία τροφοδοτούν την εγκατάσταση συνεχώς με ενέργεια, προκειμένου να μην διατρέχουν τον κίνδυνο διακοπής της τάσης. Χαρακτηρίζονται και ως δυναμικά συστήματα, αφού εναλλάσσονται ανάμεσα στις διάφορες διαθέσιμες πηγές ενέργειας, ώστε να εξαρτώνται, όσο το δυνατόν λιγότερο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου κλπ. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες περιπτώσεις που, είτε το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει αστάθειες (για παράδειγμα σε ορισμένες οικιακές εφαρμογές που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές) είτε σε περιπτώσεις που είναι επιτακτική η συνεχής παροχή ενέργειας (στρατιωτικές, ιατρικές, επαγγελματικές εφαρμογές). Στην Εικόνα 33 παρουσιάζεται μία απεικόνιση ενός τυπικού υβριδικού συστήματος παραγωγής ισχύος.



Εικόνα 33: Σχηματική αναπαράσταση υβριδικού συστήματος (πηγή: ΑΠΘ – Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, ikee.lib.gr)

Σε ό, τι αφορά στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 33), έχουμε:

Hybrid Power Systems: Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής (συνδυασμός πολλαπλών πηγών για συνεχή τροφοδοσία ηλεκτρισμού),

PV Modules: Φωτοβολταϊκά Συστήματα,

Wind turbine: Ανεμογεννήτρια,

Regulation and conversion: Απαραίτητοι ρυθμιστές φόρτισης και μετατροπείς,

Battery bank: Διάταξη συσσωρευτών (μπαταριών),

Generator: Γεννήτρια,

AC or DC: Εναλλασσόμενο Ρεύμα ή Συνεχές Ρεύμα και

Load: Φορτίο (ζήτηση ενέργειας).

Η γενική φιλοσοφία που διέπει τα υβριδικά συστήματα είναι πως, όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας, δίνεται προτεραιότητα στην εκάστοτε μηχανή παραγωγής έργου με την μεγαλύτερη απόδοση. Σε ένα τυπικό υβριδικό σύστημα αυτή η μηχανή υψηλής απόδοσης είναι συνήθως η εγκατεστημένη ανεμογεννήτρια (α/γ). Όταν, λοιπόν, η ζήτηση ενέργειας είναι μικρότερη από την παραγωγή που προσφέρει η Α/Γ, τότε η περίσσεια ενέργειας, είτε διοχετεύεται στους διαφόρους συσσωρευτές του συστήματος είτε ικανοποιεί καταναλώσεις χαμηλότερης προτεραιότητας. Στην αντίθετη περίπτωση που η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή της Α/Γ, τότε το έλλειμμα καλύπτεται από την ενέργεια που έχουν παραγάγει τα

φωτοβολταϊκά πάνελ του ίδιου συστήματος. Στην περίπτωση που η ενέργεια και της Α/Γ και των φωτοβολταϊκών δεν επαρκεί, χρησιμοποιούνται οι συσσωρευτές, προκειμένου να μην υπάρξει απόρριψη φορτίου, ζήτηση δηλαδή που θα παραμείνει ανικανοποίητη. Στην έσχατη περίπτωση, αξιοποιείται η ηλεκτρογεννήτρια, προκειμένου να παραχθεί το απαιτούμενο αναγκαίο ηλεκτρικό ρεύμα. Κατά την διάρκεια όλων των παραπάνω, απαιτείται και η συνεχής ορθή λειτουργία των εγκατεστημένων ρυθμιστών και μετατροπέων τάσης του ρεύματος.

Στην Ελλάδα, τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας αποτελούν μία από τις πιο αποτελεσματικές λύσεις για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών, μέσω ήπιων μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει πλούσιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό, το οποίο όμως δεν είναι πάντα σε θέση να εγγυηθεί υψηλά ποσά ενέργειας, με συνεχόμενη και σταθερή τροφοδοσία. Είναι προφανές πως αυτό συμβαίνει, διότι, τόσο η ηλιοφάνεια όσο και η ένταση του ανέμου στις διάφορες περιοχές δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια και δεν είναι πάντοτε διαθέσιμες. Έτσι, η ευρύτερη εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας στο σύνολο της χώρας, αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την όσο το δυνατόν πιο σταθερή και αξιόπιστη παροχή ηλεκτρισμού προς το σύνολο της ζήτησης και των καταναλωτών.

Το Υβριδικό Ενεργειακό Έργο της Ικαρίας (Ναέρας) αποτελεί πρωτοπορία στην Ελλάδα και στην Ευρώπη και διαθέτει συνολική ισχύ 6,85 MW. Η ολοκλήρωση της αυτοματοποίησης του έργου αναμενόταν να υλοποιηθεί εντός του 2021, ωστόσο η επένδυση αυτή καθυστέρησε, επένδυση της τάξης των 50.000.000 ευρώ. Αποτελείται από ένα αιολικό πάρκο, έναν μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό, δύο δεξαμενές νερού χωρητικότητας 80.000 m³, ένα εγκατεστημένο αντλιοστάσιο, καθώς και τα απαραίτητα κέντρα ελέγχου ενέργειας και κατανομής φορτίου.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη και εξέλιξη των διαφόρων υδροηλεκτρικών και υβριδικών έργων στην χώρα μας αλλά και παγκόσμια, αποτελεί μία πολύ σημαντική και αναγκαία επένδυση, η οποία είναι σε θέση ακόμα και να αξιοποιήσει φαινόμενα, όπως έντονες πλημμύρες και σοβαρές καταιγίδες, προς όφελος πολλών περιοχών με σημαντικά προβλήματα λειψυδρίας και έλλειψης ενέργειας.

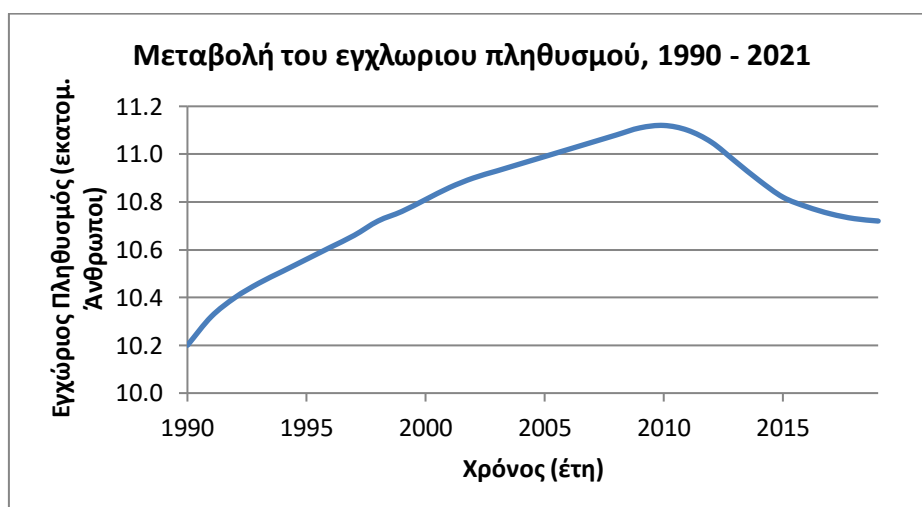
4^ο Κεφάλαιο: Προοπτικές Μέγιστης Αξιοποίησης των ΑΠΕ – Διερεύνηση Σεναρίων Εθνικής Ενεργειακής Ανεξαρτησίας

Η ολοένα και αυξανόμενη τεχνολογική και κοινωνική πρόοδος, αναπόφευκτα δημιουργεί υπέρογκες ενεργειακές απαιτήσεις. Η επίτευξη της ενεργειακής αυτάρκειας μίας χώρας αποτελούσε ανέκαθεν ένα τεράστιο πλεονέκτημα για την χώρα αυτή και, γι αυτό τον λόγο, εδώ και πολλά χρόνια, όλα τα κράτη επιδιώκουν να ανεξαρτητοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο σε ενεργειακό επίπεδο.

Η Ελλάδα κατέχει μία γεωγραφική θέση, που την καθιστά αυτομάτως ένα κράτος με μεγάλη δυναμική στον ενεργειακό τομέα. Οι σημαντικές ενεργειακές προοπτικές της χώρας δημιουργούν έντονο ενδιαφέρον για εκτεταμένη έρευνα γύρω από την δυνατότητα επίτευξης ενεργειακής αυτάρκειας σε εθνικό επίπεδο, έρευνα που θα πραγματοποιηθεί σε χρονικό ορίζοντα 78 ετών (μέχρι και το έτος 2100) και θα εξεταστεί περαιτέρω στις επόμενες σελίδες.

4.1. Εγχώριος Πληθυσμός – Κατά Κεφαλήν Κατανάλωση Ηλεκτρισμού

Με βάση τις επίσημες εκτιμήσεις, ο πληθυσμός της Ελλάδας για αρκετά χρόνια παρουσίαζε μία τάση αύξησης διαχρονικά. Η αυξητική αυτή τάση, όπως φαίνεται, δεν υφίσταται πλέον, αφού τα τελευταία χρόνια ο εγχώριος πληθυσμός της χώρας, όχι απλά παραμένει σταθερός, αλλά μειώνεται διαρκώς με μικρούς αλλά σταθερούς ρυθμούς. Στο Σχήμα 23 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα, στο οποίο διαφαίνεται η κατανομή του πληθυσμού της χώρας από το έτος 1990 μέχρι και σήμερα.

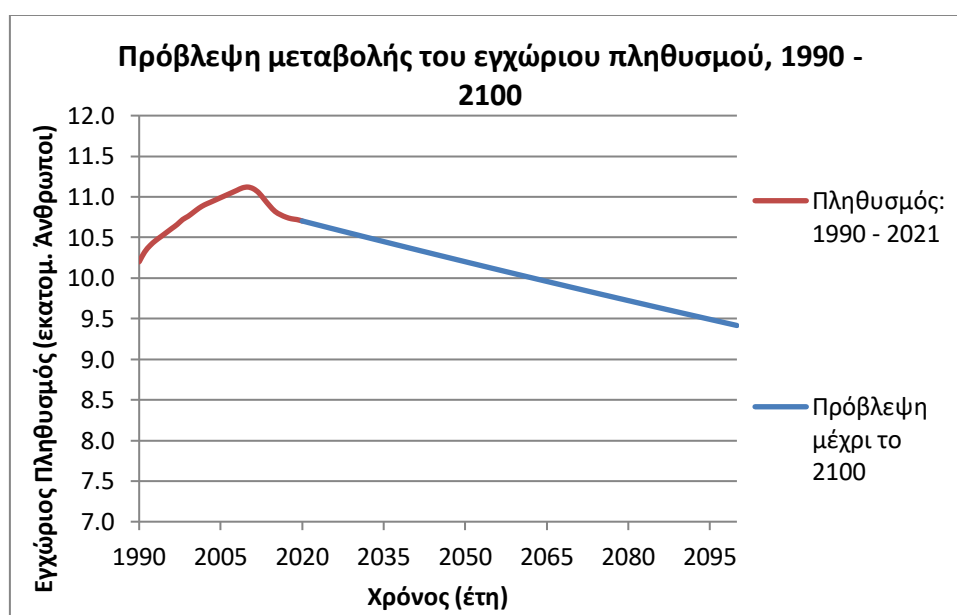


Σχήμα 23: Κατανομή του εγχλωριου πληθυσμού, από έτος 1990 μέχρι και σήμερα (αναφορά: Eurostat – Greece – Population, ec.europa.eu)

Όπως είναι ξεκάθαρο και από το παραπάνω διάγραμμα, υπήρξε μία ραγδαία αύξηση του εγχώριου πληθυσμού από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2010. Από τότε και μετά παρατηρείται μία αρκετά ανησυχητική μείωση του πληθυσμού της χώρας, κάτι που πιθανότατα οφείλεται και στη, μεγάλης κλίμακας, οικονομική κρίση που ξέσπασε το 2008 και έφτασε στην χώρα μας περίπου ένα χρόνο αργότερα. Από αυτή την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και έπειτα, ο πληθυσμός της Ελλάδας, ολοένα και μειώνεται, φτάνοντας στο σήμερα, όπου υπάρχουν στην χώρα μας 10,72 εκατομμύρια άνθρωποι, σε αντίθεση με την μέγιστη τιμή του πληθυσμού, η οποία εμφανίστηκε το 2010 (περίπου 11,12 εκατομμύρια).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σημαντικός παράγοντας της πληθυσμιακής αυτής μείωσης, αποτελεί η ολοένα και αυξανόμενη μεταναστευτική τάση των Ελλήνων, η οποία ανέρχεται στους περίπου 100 χιλιάδες ανθρώπους ετησίως, κάτι που μεταφράζεται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο ποσοστό που εδώ και χρόνια κυμαίνεται από το 2,5 % μέχρι και το 3,7 %. Επιπλέον, ο χαμηλός δείκτης υπογεννητικότητας της χώρας διαδραματίζει έναν ακόμα ισχυρό παράγοντα που συμβάλλει στην διαμόρφωση αυτής της πληθυσμιακής εξέλιξης.

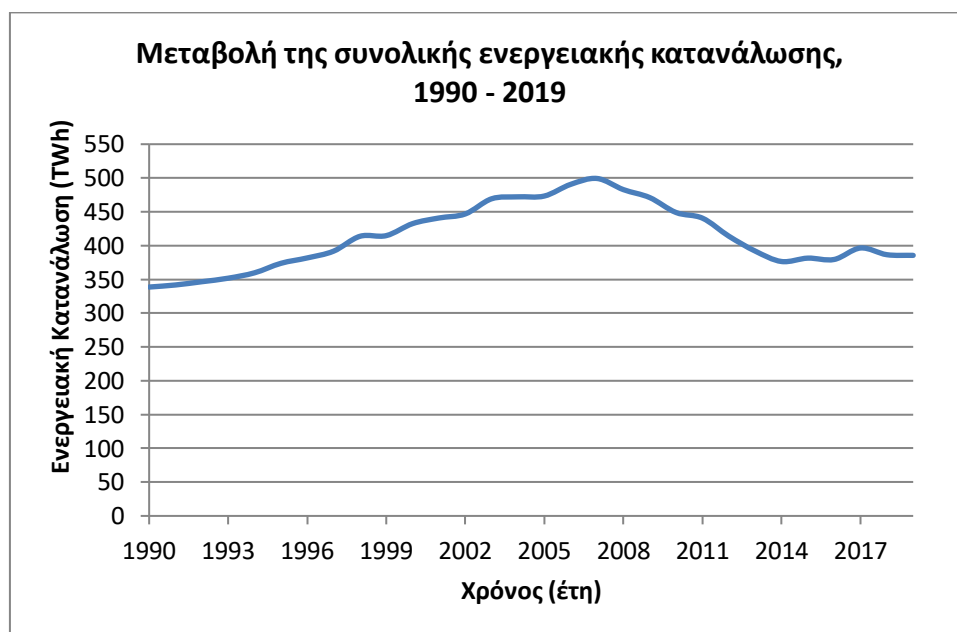
Στο Σχήμα 24 απεικονίζεται μία πρόβλεψη που αφορά στην μεταβολή του εγχώριου πληθυσμού μέχρι και το έτος 2100, το έτος δηλαδή μέχρι και το οποίο θα πραγματοποιηθεί η έρευνα που θα διεξαχθεί στο παρόν κεφάλαιο. Η διαδικασία προσέγγισης μελλοντικών τιμών παραμένει ίδια με την διαδικασία που περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα της παρούσας εργασίας (βλέπε ενότητα 1.2).



Σχήμα 24: Πρόβλεψη της μεταβολής του εγχώριου πληθυσμού της Ελλάδας, μέχρι και το έτος 2100

Συνεπώς, η μπλε καμπύλη του διαγράμματος στο παραπάνω Σχήμα 24, αντιπροσωπεύει μία πρόβλεψη της μεταβολής του πληθυσμού της Ελλάδας μέχρι και το έτος 2100, λαμβάνοντας υπόψη, αρχικά, το ποσοστό μετανάστευσης, καθώς επίσης και στατιστικά που αφορούν το προσδόκιμο ζωής, αλλά και τον αυξανόμενο μέσο όρο ηλικίας που αναμένεται να επικρατήσει στην χώρα, τόσο λόγω του χαμηλού δείκτη γονιμότητας όσο και της σχετικά προχωρημένης ηλικίας που κάνουν παιδιά οι Έλληνες.

Επόμενο στάδιο της έρευνας είναι η μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης της Ελλάδας. Πρόκειται για το θεμέλιο της μελέτης που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία και θα είναι το αντικείμενο που θα μας απασχολήσει στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Αρχικά, λοιπόν, προκειμένου να λάβουμε μία εικόνα σχετικά με τα επίπεδα, στα οποία κυμαίνεται η συνολική ενεργειακή κατανάλωση της χώρας (όχι μόνο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας), αποτυπώνεται στο Σχήμα 25 η εξέλιξη της κατανάλωσης αυτής στον χρόνο, από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2019.

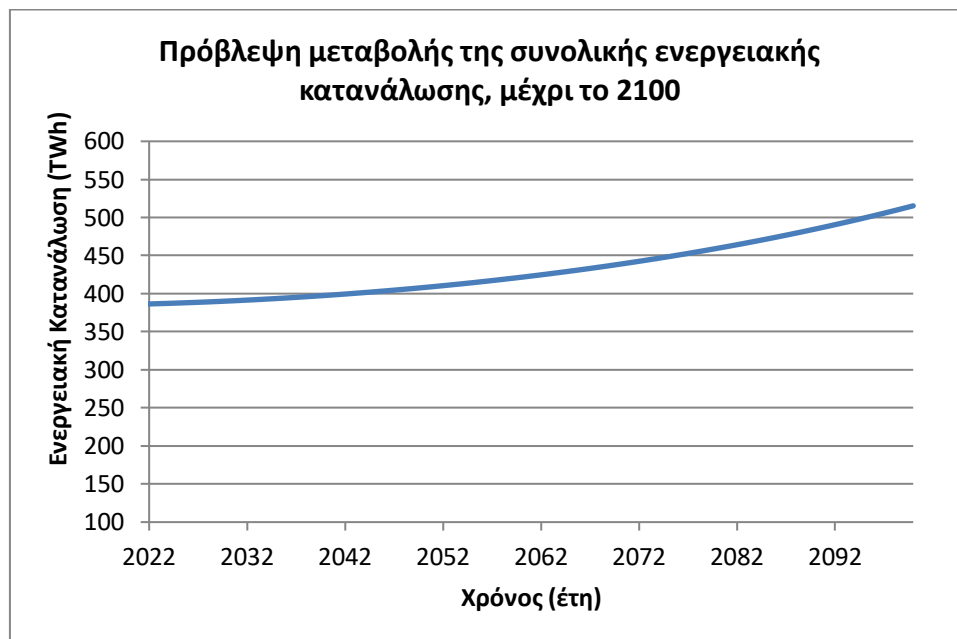


Σχήμα 25: Διαχρονική Εξέλιξη της συνολικής εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης, για τα έτη 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 25), η συνολική ενεργειακή κατανάλωση της χώρας προσέγγισε τις μέγιστες τιμές της, κατά την περίοδο 2007-2008. Από εκείνη την στιγμή και μετά παρατηρείται μία εμφανής μείωση της κατανάλωσης αυτής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κρίση που ξέσπασε κατά την περίοδο εκείνη, είναι προφανές, πως επηρέασε την συνολική ενεργειακή κατανάλωση της χώρας.

Είναι εμφανές, πως η μεταβολή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με την αντίστοιχη μειωτική τάση του εγχώριου πληθυσμού, κάτι που είναι λογικό, εάν αναλογιστεί κανείς πως η Ελλάδα δεν είναι μία χώρα που βασίζει την οικονομία και την ενέργεια που παράγει σε εξαγωγές προς άλλες χώρες. Επομένως, αφού η χώρα μας, σχεδόν ό, τι παράγει το καταναλώνει σε εγχώριο επίπεδο, μία ταύτιση της ενεργειακής κατανάλωσης και της πορείας του εγχώριου ανθρώπινου δυναμικού ήταν σαφώς αναμενόμενη.

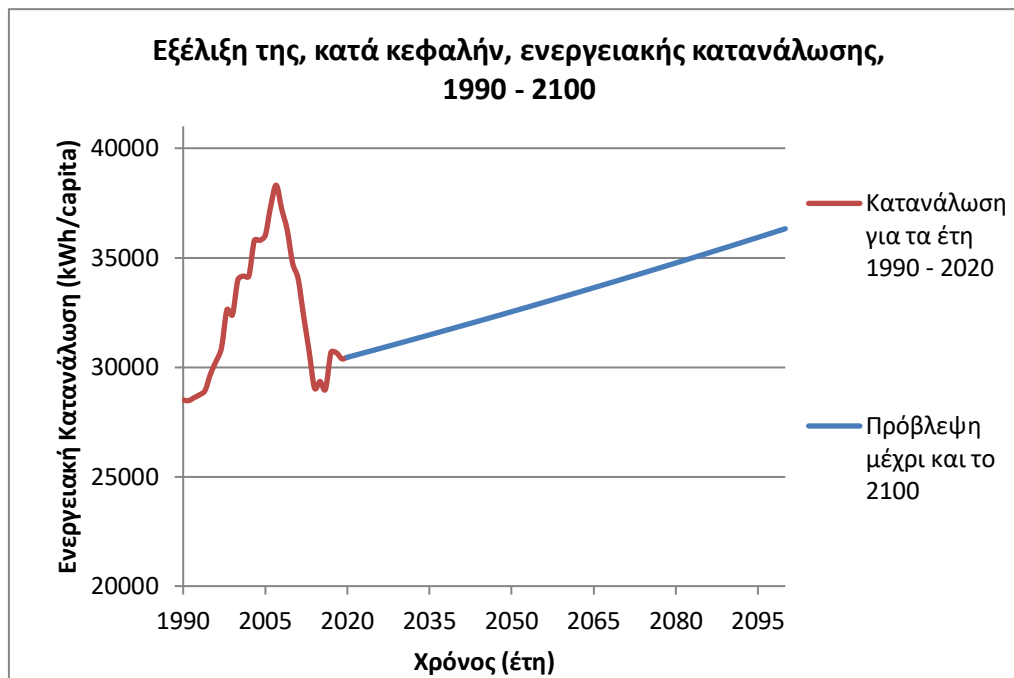
Μεγάλο ενδιαφέρον έχει η πρόβλεψη που μπορεί να πραγματοποιηθεί σχετικά με την μεταβολή στην κατανάλωση της ενέργειας, σε βάθος δεκαετιών και, πιο συγκεκριμένα μέχρι το έτος 2100, βασιζόμενοι σε δεδομένα που αφορούν, τόσο στην εξέλιξη του εγχώριου πληθυσμού όσο και στις γενικότερες εξελίξεις στον βιομηχανικό και κοινωνικό ιστό της χώρας. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης αυτής απεικονίζονται στο Σχήμα 26.



Σχήμα 26: Πρόβλεψη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας, μέχρι και το έτος 2100

Με βάση όλα τα δεδομένα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, σχετικά με την κατανομή του εγχώριου πληθυσμού, καθώς και με την πρόβλεψη της ενεργειακής κατανάλωσης της Ελλάδας στο Σχήμα 26, προκύπτει ένα εύλογο ερώτημα που σε κάποιους μπορεί να φαντάζει ακόμα και παράδοξο: «Πώς είναι δυνατόν να προβλέπεται αύξηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης την ίδια στιγμή που ο εγχώριος πληθυσμός τείνει να μειώνεται;» Αυτό είναι το ερώτημα, πάνω στο οποίο βασίζεται η έρευνα που διεξήχθη κατά την συγγραφή αυτής της μελέτης και θα αναλυθεί διεξοδικά στις επόμενες σελίδες.

Πρώτο βήμα στην κατανόηση του προαναφερθέντος «παραδόξου» είναι η καταγραφή και η προσέγγιση της μελλοντικής κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και η διαχρονική πορεία της μέχρι σήμερα, δεδομένα που απεικονίζονται ταυτόχρονα στο Σχήμα 27.



Σχήμα 27: Διαχρονική εξέλιξη της, κατά κεφαλήν, κατανάλωσης ενέργειας, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Από το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 27) καταλαβαίνει κανείς πως αρχίζει, σταδιακά, να διαμορφώνεται η πρώτη όψη της λύσης στο προαναφερθέν παράδοξο. Βλέπουμε πως, ανάμεσα στα έτη 1990 και 2019 (κόκκινη καμπύλη), υπήρξε μία μεγάλη αυξομείωση της, κατά κεφαλήν, ενεργειακής κατανάλωσης στην χώρα. Η κατανάλωση αυτή παρουσίαζε έντονη αυξητική τάση από το 1990 και μετά και προσέγγισε τις μέγιστες τιμές της, κατά την περίοδο 2006 – 2008. Στη συνέχεια, όμως, ξεκίνησε να έχει μία σημαντική πτωτική πορεία στον χρόνο, κάτι που δικαιολογείται και με την συνολική οικονομική και ενεργειακή εικόνα της χώρας μας, κατά την περίοδο εκείνη.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, είναι ευρέως αποδεκτό το γεγονός πως η, κατά κεφαλήν, κατανάλωση, τόσο της Ελλάδας όσο και ολόκληρου του πλανήτη ενδέχεται κατά μέσο όρο να αυξηθεί, με έναν αρκετά σημαντικό αυξητικό ρυθμό μεταβολής, του οποίου η επίδραση απεικονίζεται στην πρόβλεψη που έχει πραγματοποιηθεί για τα επόμενα χρόνια (μπλε καμπύλη). Αυτό είναι ένα φαινόμενο που τροφοδοτείται από την συνεχή άνοδο της τεχνολογίας, κάτι που από μόνο του συνεπάγεται στην δημιουργία νέων εφαρμογών, νέων εγκαταστάσεων και υποδομών που απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας, καθώς και σημαντικών αυξήσεων

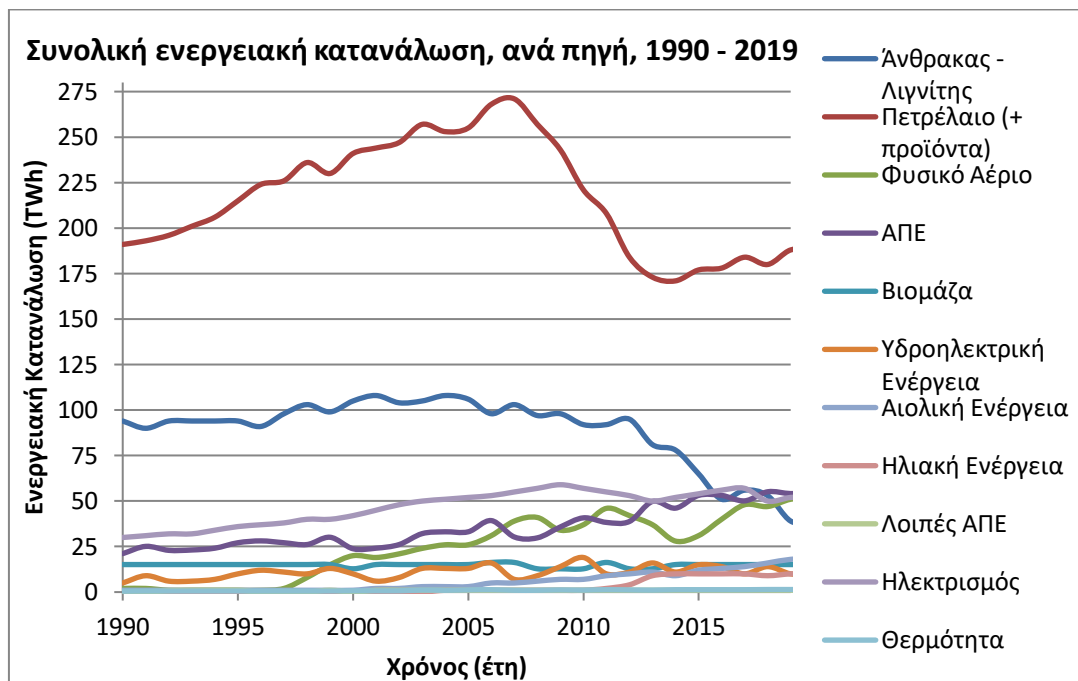
της παραγωγής της βιομηχανίας των εκάστοτε χωρών (π.χ. για την Ελλάδα η βιομηχανία του τουρισμού). Όλη αυτή η πρόοδος στην τεχνολογία και την επιστήμη αυξάνει συνεχώς την συνολική παραγωγή, δημιουργεί νέες ανάγκες για τον καθένα από εμάς, ανάγκες που δεν υπήρχαν τα προηγούμενα χρόνια και μαζί με αυτές αυξάνονται και οι ενεργειακές ποσότητες που απαιτούνται για την ικανοποίηση των αναγκών αυτών.

Επόμενο στάδιο της μελέτης είναι η αναλυτική καταγραφή των επιμέρους συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων της χώρας διαχρονικά. Η μελέτη αυτή θα πραγματοποιηθεί υπό δύο διαφορετικές οπτικές. Η πρώτη είναι το σύνολο των πηγών, από τις οποίες καταναλώνει ενέργεια η Ελλάδα και η δεύτερη είναι το σύνολο των τομών ενεργειακής κατανάλωσης, οι κλάδοι δηλαδή που τροφοδοτούνται από την συνολική διαθέσιμη ενέργεια. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας θα παρουσιαστούν αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

4.2. Εγχώρια Ενεργειακή Κατανάλωση – Ενεργειακό Μίγμα – Ενεργειακή Εξάρτηση

Ενεργειακή Κατανάλωση

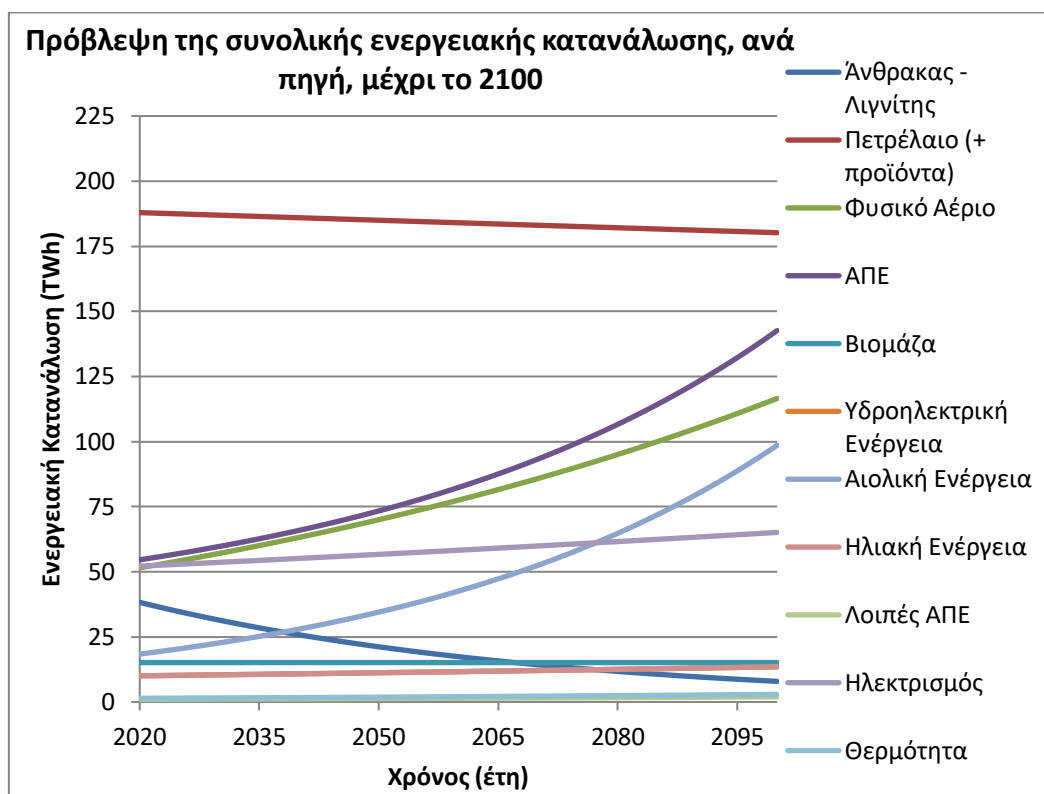
Στην προηγούμενη ενότητα διαμορφώθηκε μία πρώτη εικόνα, σχετικά με την συνολική εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί το μέγεθος συμβολής όλων των διαθέσιμων πηγών ενέργειας στην κατανάλωση αυτή. Έτσι λοιπόν, στο Σχήμα 28 φαίνονται αναλυτικά όλες οι πηγές που συνέβαλαν στην ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας, από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2019.



Σχήμα 28: Μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης, με βάση το σύνολο των πηγών ενέργειας, 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Παρατηρώντας κανείς το Σχήμα 28, καταλαβαίνει πως η κύρια πηγή που συμβάλλει στην ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας είναι, με διαφορά, το πετρέλαιο. Πρόκειται, λοιπόν, για το κυρίαρχο καύσιμο, το οποίο διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας, όπου «ενεργειακό μίγμα» είναι όρος που θα περιγραφεί στη συνέχεια. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέλιξη του ποσοστού συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην συνολική κατανάλωση, το οποίο διακατείχε ένα ποσοστό της τάξης του 6,2 %, για το έτος 1990 και ανήλθε στο 14 %, για το έτος 2019. Επιπλέον, είναι ξεκάθαρη η πτωτική πορεία της συμβολής του λιγνίτη στην συνολική κατανάλωση, με τα ποσοστά συμμετοχής του να αγγίζουν το 27,8 % και το 10,1 %, για τα έτη 1990 και 2019 αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 29 παρουσιάζονται τα ίδια δεδομένα, που όμως αυτή την φορά θα αποτυπώνουν την ενδεχόμενη μελλοντική πορεία της συμβολής αυτών των πηγών ενέργειας, πορεία που βασίστηκε στους εκάστοτε ρυθμούς μεταβολής τους για το χρονικό διάστημα μέχρι και το έτος 2100, καθώς και στις κοινωνικοπολιτικές τάσεις που αναμένεται να διαμορφωθούν.

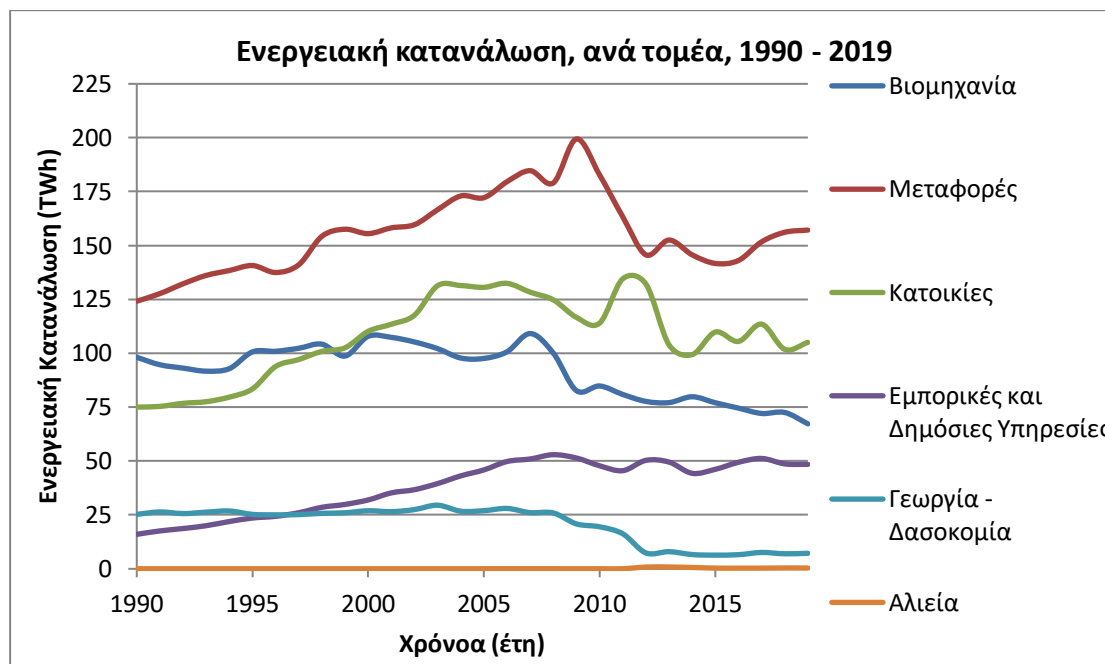


Σχήμα 29: Μελλοντική εξέλιξη των ενεργειακών καταναλώσεων, ανά πηγή ενέργειας (μέχρι και το έτος 2100)

Είναι σαφές πως το πετρέλαιο έχει μία σταθερή αλλά ελαφρώς μειωτική τάση, όσον αφορά στο ποσοστό συμβολής του στην συνολική κατανάλωση ενέργειας των επόμενων χρόνων. Όπως και τώρα, έτσι και στα επόμενα έτη, προβλέπεται να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας, με ένα ποσοστό συμμετοχής της τάξης του 36 %, έναντι του 52,6 %, που αποτελούσε μέχρι και σήμερα. Ο λιγνίτης συνεχίζει να ακολουθεί πτωτική τάση και σχεδόν να εκμηδενίζεται τα επόμενα χρόνια, σε αντίθεση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που εξακολουθούν να αναπτύσσονται ραγδαία και να φτάνουν σε ένα μέσο όρο ποσοστού συμμετοχής στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση, της τάξης μέχρι και του 44,6 %, για το τελευταίο έτος της έρευνάς μας, το έτος 2100.

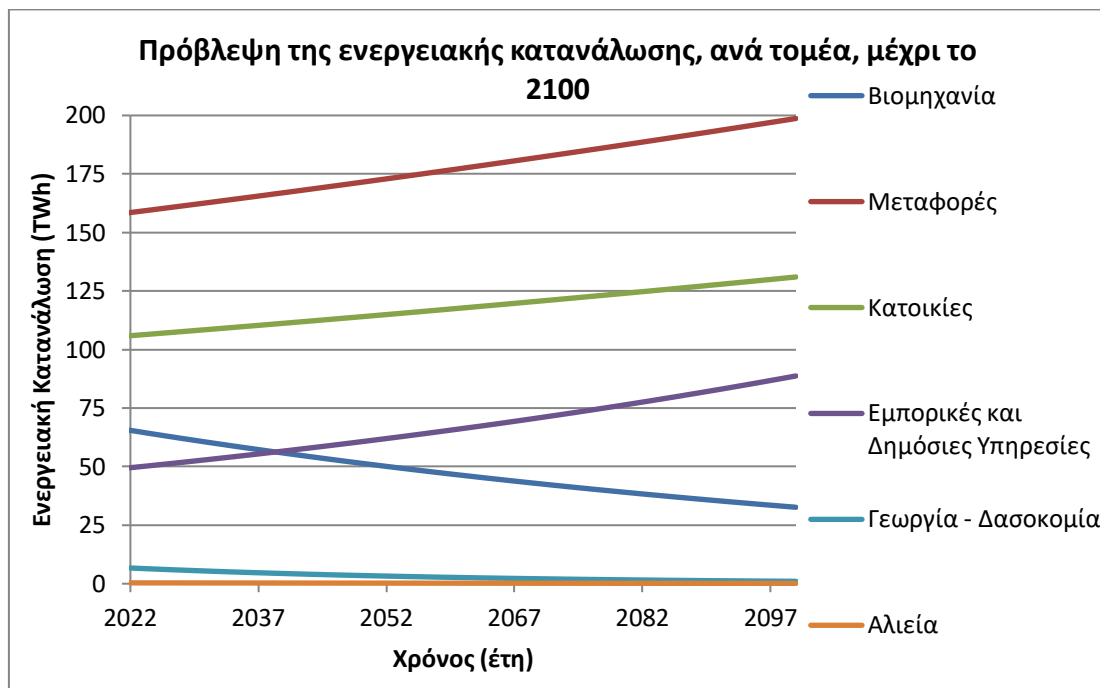
Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί πως τα ποσοστά αυτά προκύπτουν, με βάση τους πραγματικούς υφιστάμενους ρυθμούς μεταβολής των εκάστοτε πηγών ενέργειας, χωρίς να θεωρείται αυτονόητη η συμμόρφωση της χώρας στους κανονισμούς και τις νομοθεσίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την μετάβαση προς ένα πράσινο και ουδέτερο ισοζύγιο ενέργειας. Το ίδιο ισχύει και για την εγχώρια παραγωγή λιγνίτη, η οποία, όπως φαίνεται παρακάτω, αν και αγγίζει μηδενικά ποσοστά δεν εκμηδενίζεται πλήρως όπως θα έπρεπε, με βάση τον ρυθμό που ορίζει η ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Στη συνέχεια, το Σχήμα 30 αποτυπώνει τον τρόπο με τον οποίο η προαναφερθείσα κατανάλωση ενέργειας κατανέμεται στους διάφορους τομείς του κοινωνικού ιστού της χώρας, για τα έτη 1990 – 2019.



Σχήμα 30: Μεταβολή της κατανομής της ενεργειακής κατανάλωσης, στους διάφορους τομείς, 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Αυτό που παρατηρεί κανείς από το Σχήμα 30 είναι η απότομη αύξηση που παρατηρείται κατά την περίοδο 2006 – 2007. Πρόκειται για μία σημαντική αύξηση στην ενεργειακή κατανάλωση, αύξηση που φαίνεται να μην μπορεί να δικαιολογηθεί με τα συγκεκριμένα δεδομένα και ίσως θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας σε κάποια άλλη μελέτη. Ωστόσο, οι τιμές που αναγράφονται στο διάγραμμα του Σχήματος 30 είναι έγκυρες και επαληθεύονται από διάφορες πηγές. Το Σχήμα 31 παρουσιάζει τις αντίστοιχες προβλέψεις των ίδιων μεγεθών, για το μακροπρόθεσμο πλαίσιο που εξετάζουμε, δηλαδή μέχρι και το έτος 2100.

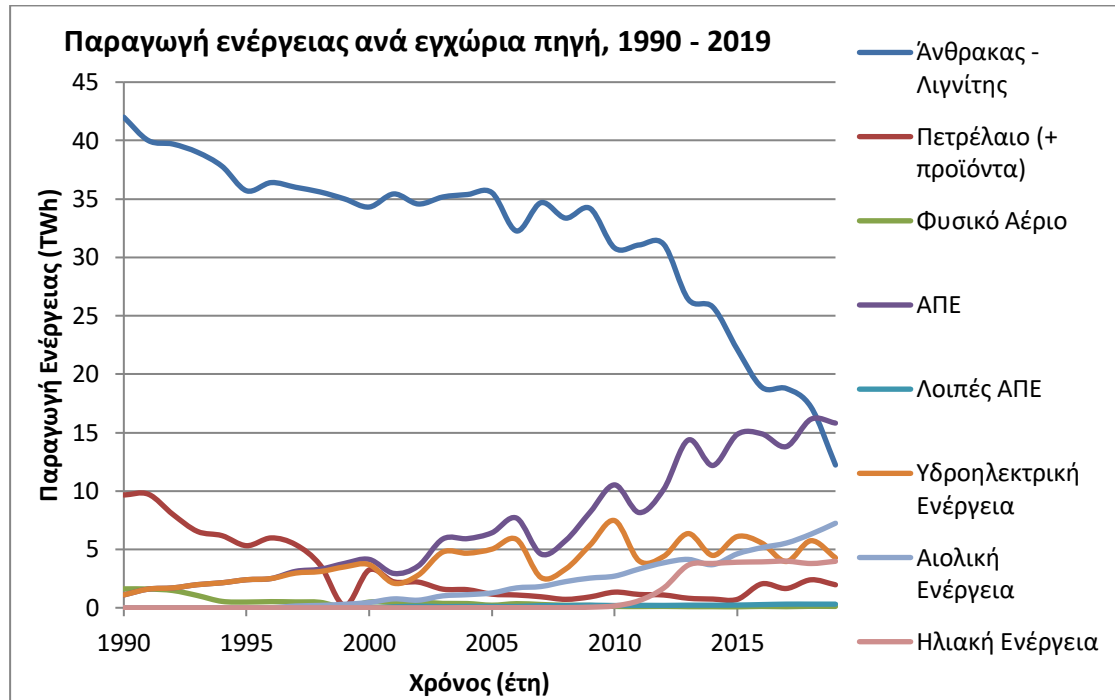


Σχήμα 31: Ενδεχόμενη μελλοντική εξέλιξη της κατανομής της ενεργειακής κατανάλωσης, ανά τομέα (μέχρι και το έτος 2100)

Παρατηρώντας τα δύο παραπάνω διαγράμματα, που αφορούν τους κοινωνικούς τομείς, στους οποίους διανέμεται η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στην χώρα, γίνεται κατανοητό πως οι μεταφορές και οι κατοικίες (και τα κτήρια γενικότερα) αποτελούν τις δύο σημαντικότερες περιπτώσεις. Πρόκειται για τους τομείς με τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις, τόσο για το χρονικό διάστημα μέχρι σήμερα όσο και για την πρόβλεψη που πραγματοποιήθηκε, με βάση τους εκάστοτε ρυθμούς μεταβολής. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα πως, στην περίπτωση που αξιολογηθούν ορισμένα σενάρια μείωσης της συνολικής εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης, θα πρέπει να μελετηθούν, κυρίως, αυτοί οι δύο τομείς, προκειμένου να προσεγγίσουμε τα πιθανά επιθυμητά αποτελέσματα. Ανάλυση των σεναρίων αυτών θα πραγματοποιηθεί στις επόμενες σελίδες.

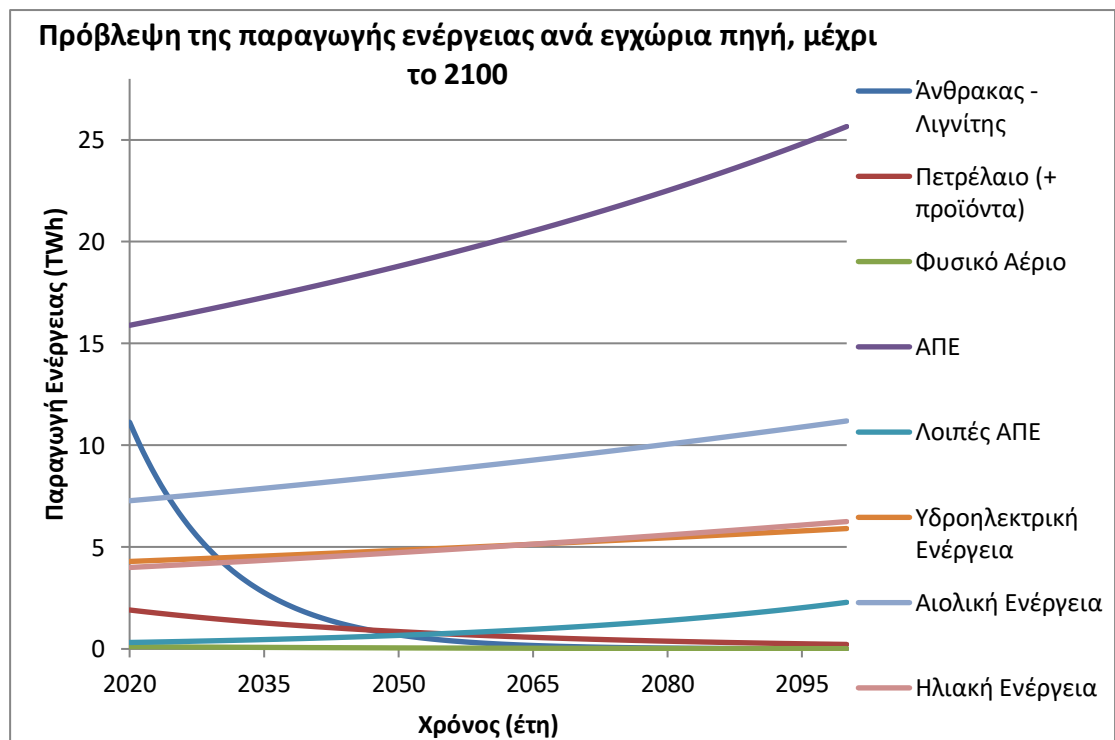
Παραγωγή Ενέργειας από Εγχώριες Πηγές

Επόμενο βήμα της έρευνας είναι η αναλυτική καταγραφή του **ενεργειακού μίγματος** της χώρας, δηλαδή το σύνολο των πηγών από τις οποίες αντλεί η Ελλάδα την ενέργεια που χρειάζεται. Πρωταρχικό στάδιο για μία τέτοια καταγραφή, είναι προφανές, πως αποτελεί η ανάλυση της παραγωγής ενέργειας που προέρχεται από τα εγχώρια καύσιμα και τις εγχώριες πηγές. Έτσι, λοιπόν, στο Σχήμα 32 απεικονίζεται η μεταβολή της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από εγχώριες πηγές, στον χρόνο, σε σχέση με την εκάστοτε πηγή από την οποία αντλήθηκε, κατά την περίοδο 1990 – 2019.



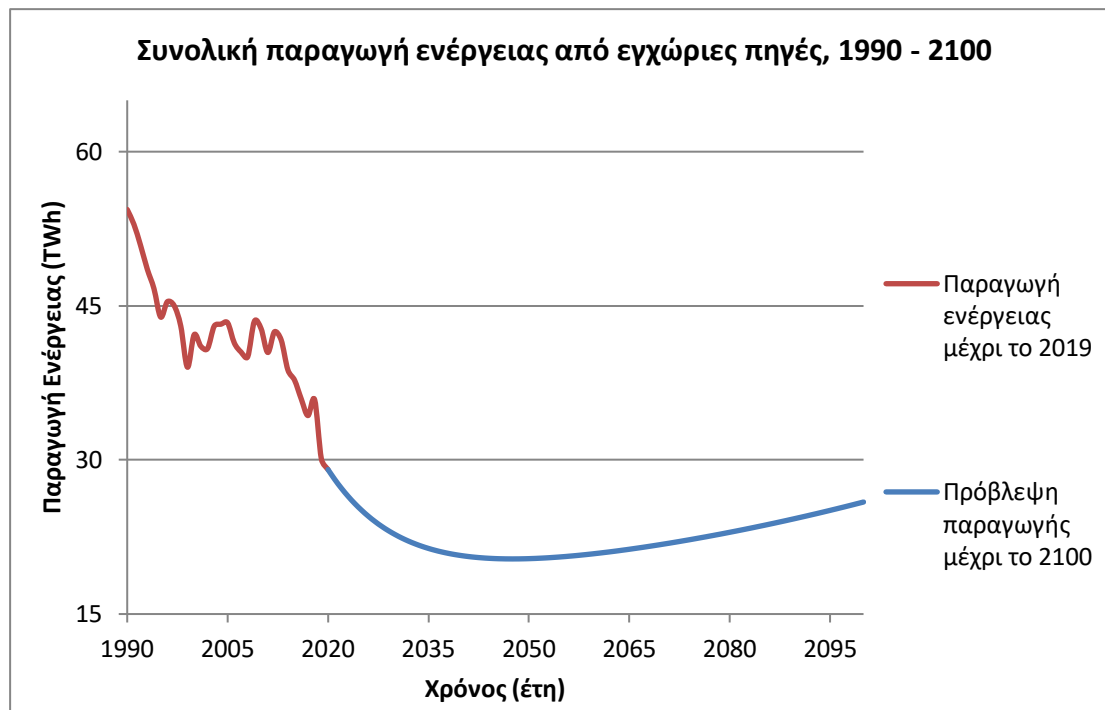
Σχήμα 32: Μεταβολή της παραγωγής ενέργειας από εγχώριες πηγές, 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Στο διάγραμμα του Σχήματος 33 παρουσιάζονται τα παραπάνω δεδομένα, με βάση την πρόβλεψη που έχει πραγματοποιηθεί, για τις επόμενες δεκαετίες, μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 33: Πρόβλεψη μεταβολής της παραγωγής ενέργειας από εγχώριες πηγές (μέχρι και το έτος 2100)

Τέλος, για να διαμορφωθεί μία συνολική εικόνα σχετικά με την ενέργεια που παράγει η χώρα, στο Σχήμα 34 απεικονίζεται σε ένα ενιαίο διάγραμμα η συνολική παραγωγή ενέργειας από εγχώριες πηγές, από το έτος 1990 μέχρι και το τελικό στάδιο μελέτης, το έτος δηλαδή 2100.



Σχήμα 34: Μεταβολή της συνολικής παραγωγής ενέργειας από εγχώριες πηγές (έτη 1990 – 2100)

Αντλώντας την συνολική εικόνα από τα τρία παραπάνω διαγράμματα (Σχήμα 32, Σχήμα 33 και Σχήμα 34), μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι τα συμβατικά καύσιμα της χώρας (πετρέλαιο και λιγνίτης) μειώνουν δραστικά την συμμετοχή τους στην συνολική εγχώρια παραγωγή ενέργειας. Ο λιγνίτης έχει μία ραγδαία μειωτική τάση, με ποσοστό συμμετοχής στην συνολική παραγωγή 77 %, το έτος 1990, 40,6 %, το έτος 2019 και σχεδόν μηδενικά ποσοστά, κατά το τελικό έτος μελέτης 2100. Μία παρόμοια, αλλά ελαφρώς πιο ήπια, μείωση παρουσιάζει το πετρέλαιο, ενώ φαίνεται ξεκάθαρα πως το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών διαδραματίζει τον πιο σημαντικό ρόλο, όσον αφορά στην συμμετοχή στην συνολική εγχώρια παραγωγή ενέργειας, με ένα ποσοστό της τάξης του 2 %, κατά το έτος 1990. Το ποσοστό αυτό εκτοξεύεται σε ποσοστά κοντά στο 98 % της συνολικής εγχώριας παραγωγής, κατά το τελικό χρονικό στάδιο της μελέτης!

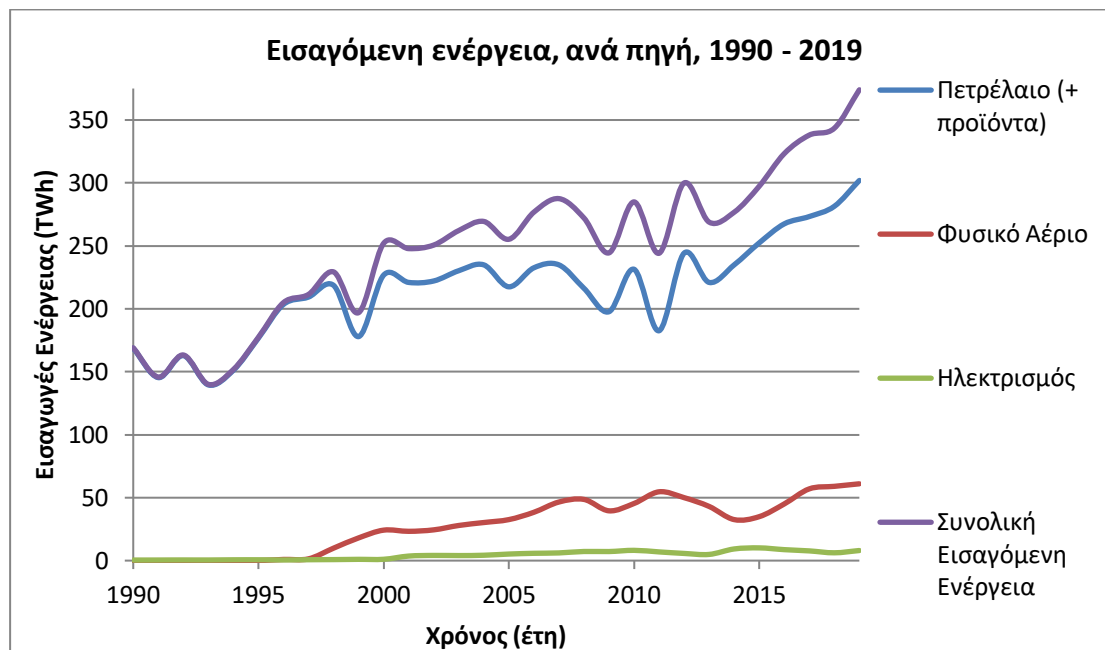
Εισαγωγές Ενέργειας

Προκειμένου να ολοκληρωθεί η μελέτη γύρω από το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, θα πρέπει, προφανώς, να ληφθούν υπόψη τόσο οι εισαγωγές όσο και οι

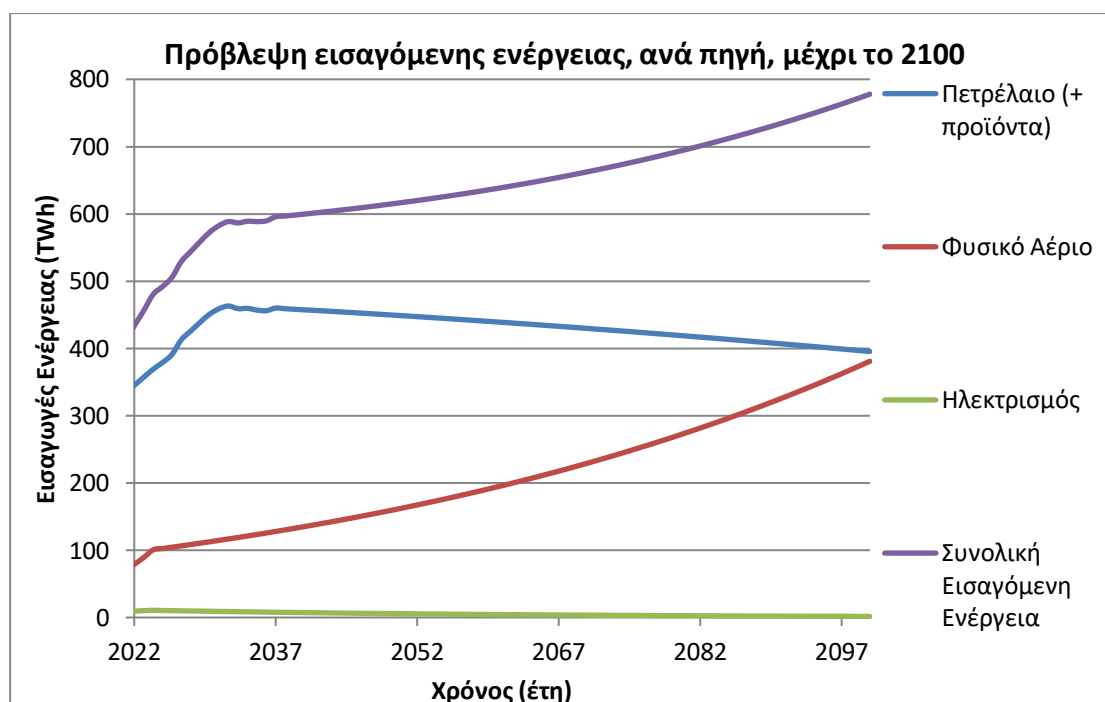
εξαγωγές ενέργειας. Οι εισαγωγές ενέργειας αποτελούν ένα μέγεθος που εξαρτάται κυρίως από την πορεία της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Εφόσον η Ελλάδα εισάγει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνει, καταλαβαίνει κανείς ότι στο ενδεχόμενο μείωσης των ευρύτερων καταναλώσεων, είναι λογικό να μειωθούν και οι αντίστοιχες εισαγωγές. Παρόμοια λογική ακολουθείται και σε ό, τι έχει να κάνει με την παραγωγή ενέργειας που προέρχεται από εγχώριες πηγές, η οποία, εάν αυξηθεί, θα ανοίξει τον δρόμο σε μία περαιτέρω πτωτική πορεία των εθνικών εισαγωγών ενέργειας.

Τέλος, η λογική ακολουθία που οφείλει να επαληθεύεται, είναι πως το σύνολο των ενεργειακών καταναλώσεων θα πρέπει να είναι κατά μία ποσότητα μικρότερο από τον συνδυασμό, τόσο των εισαγωγών όσο και του συνόλου της εγχώριας παραγωγής ενέργειας, ποσότητα που δικαιολογείται αν αναλογιστεί κανείς δύο παραμέτρους. Πρώτον, θα πρέπει να συμπεριληφθούν οι απώλειες ενέργειας που λαμβάνουν χώρα σε όλες τις διαδικασίες που μελετάμε, καθώς επίσης να ληφθούν υπόψη και οι ιδιοκαταναλώσεις του εκάστοτε καυσίμου που αξιοποιείται για την παραγωγή ενέργειας.

Δεύτερον, θα πρέπει να υπογραμμιστεί και η μικρή περίσσεια ενέργειας που κάθε χώρα διαθέτει ανεκμετάλλευτη και αποθηκευμένη, για περιπτώσεις που υπάρξει επείγουσα ανάγκη κάλυψης κάποιας μεγαλύτερης κατανάλωσης για οποιονδήποτε λόγο. Αυτό το μέγεθος ονομάζεται «Αποθέματα Ασφαλείας» και υπολογίστηκε ως οι καθαρές εισαγωγές που αντιστοιχούν σε 90 ωρολογιακές ημέρες του προηγούμενου έτους, από το εκάστοτε έτος αναφοράς (ΦΕΚ – Αρ. Φύλλου 43 – Τεύχος Α', 19 Φεβρουαρίου 2013), ποσότητα που για τα δεδομένα της Ελλάδας αντιστοιχεί στο 10 % περίπου της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης, κατά μέσο όρο ετησίως. Έτσι, λοιπόν, στα Σχήματα 35 και 36 απεικονίζονται τα συνολικά εισαγόμενα ποσά ενέργειας, από το έτος 1990 μέχρι σήμερα, καθώς και η μελλοντική πρόβλεψη αυτών των εισαγωγών μέχρι και το έτος 2100 αντίστοιχα.



Σχήμα 35: Εισαγωγές ενέργειας ανά πηγή, 1990 – 2019 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)



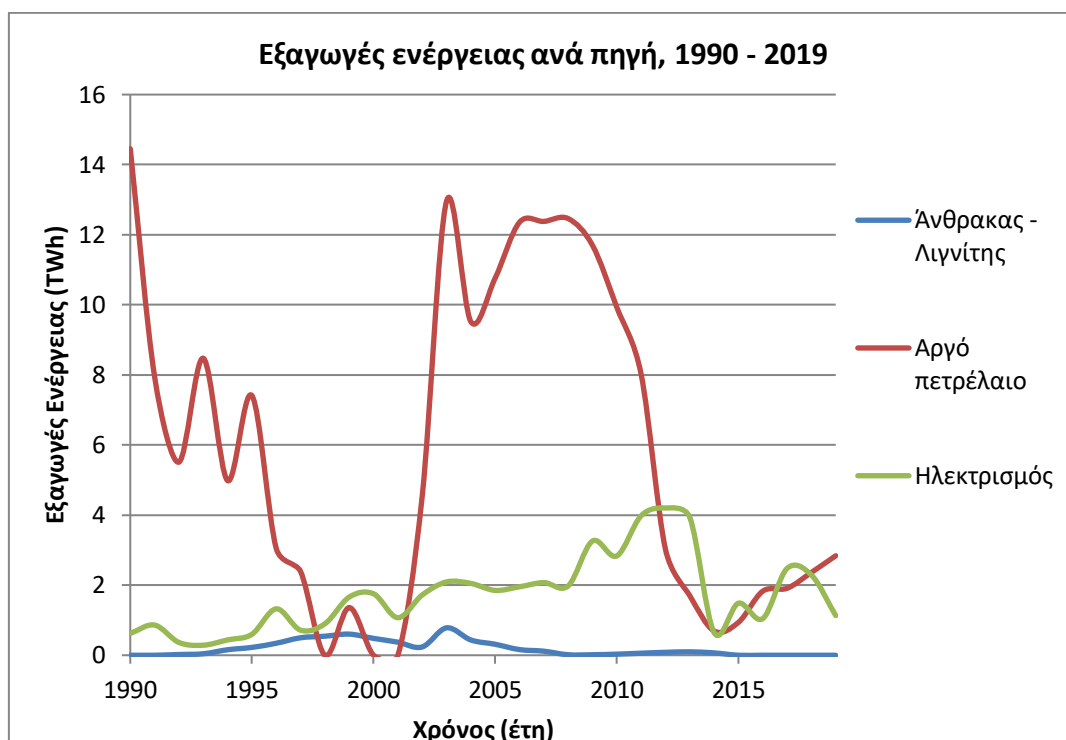
Σχήμα 36: Πρόβλεψη εισαγωγών ενέργειας, ανά πηγή (μέχρι και το έτος 2100)

Αυτό που προκύπτει παρατηρώντας τα δύο παραπάνω διαγράμματα (Σχήμα 35 και Σχήμα 36), είναι ότι κυρίαρχη πηγή εισαγόμενης ενέργειας ήταν και θα παραμείνει για τα επόμενα χρόνια το πετρέλαιο, με το φυσικό αέριο να ακολουθεί και να γίνεται κυρίαρχο εισαγόμενο καύσιμο για τις επόμενες δεκαετίες. Οι εισαγωγές ηλεκτρισμού παραμένουν σε σχεδόν ίδια επίπεδα, διαμορφώνοντας έτσι μία

συνολική εισαγόμενη ενέργεια, αρκετά αυξημένη λόγω της μεγάλης αυξητικής τάσης που παρουσιάζει η κατανάλωση.

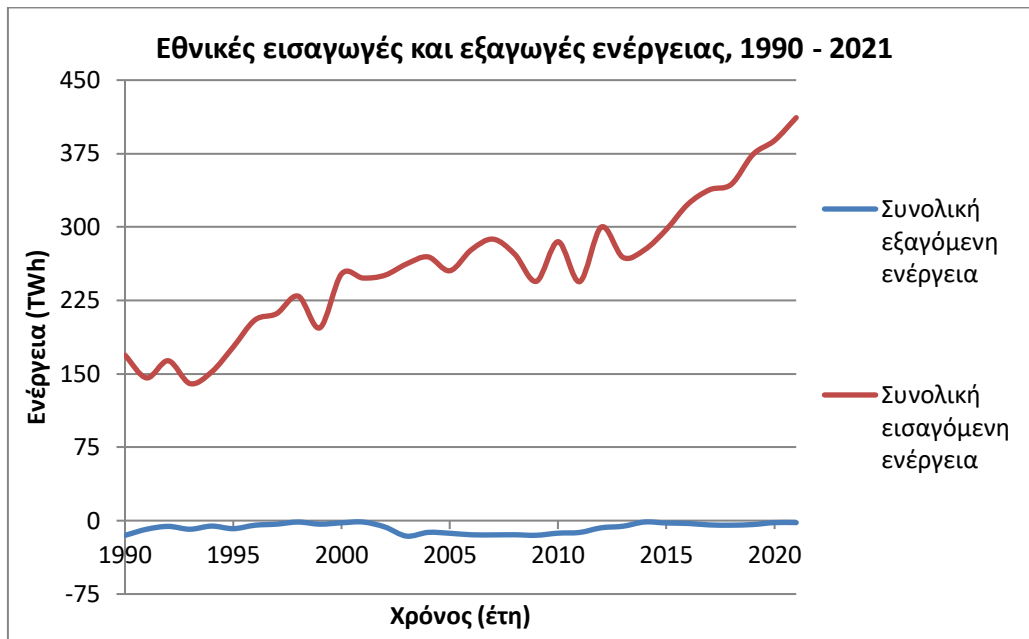
Εξαγωγές Ενέργειας

Μέχρι και σήμερα, το κύριο καύσιμο που εξάγει η Ελλάδα, έστω και σε πολύ μικρές ποσότητες, είναι το πετρέλαιο και τα διάφορα υποπροϊόντα του. Στο Σχήμα 37 απεικονίζεται το σύνολο της εξαγόμενης ενέργειας της χώρας μας, από το 1990 μέχρι και το 2019.



Σχήμα 37: Διαχρονική απεικόνιση των εξαγωγών ενέργειας, 1990 – 2019
(αναφορά: IEA, iea.org)

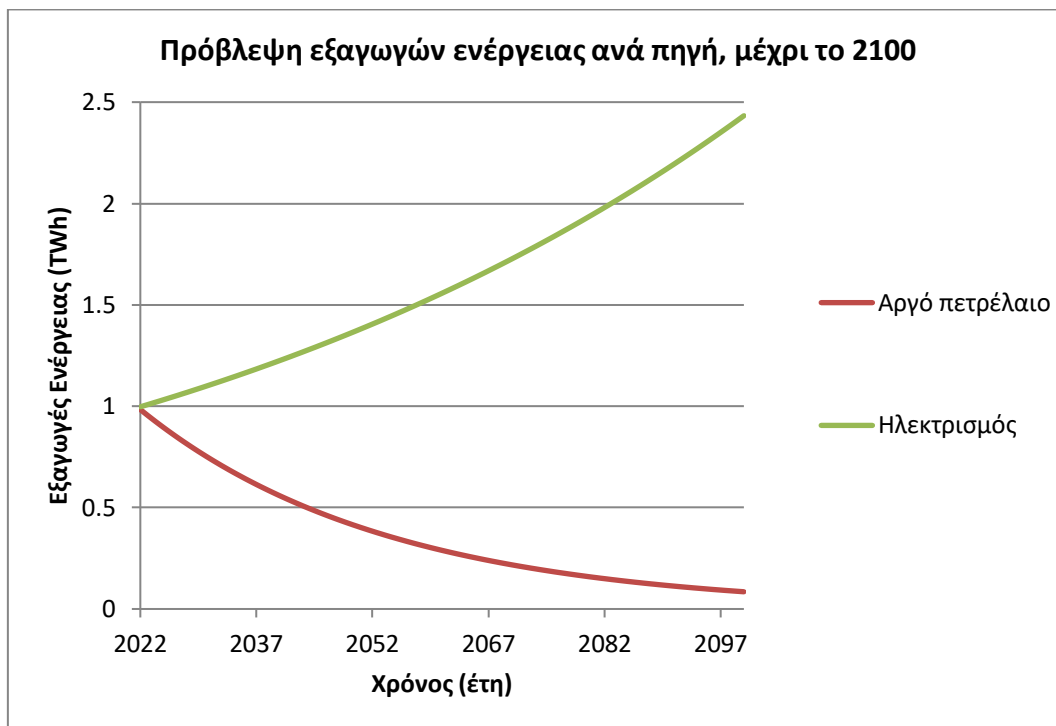
Φαίνεται πως το πετρέλαιο, αν και συμβάλλοντας σημαντικά στο σύνολο της εξαγόμενης ενέργειας της χώρας, εμφανίζει μία μειωτική τάση, σε αντίθεση με τον ηλεκτρισμό, ο οποίος αναμένεται να αυξήσει το ποσοστό συμμετοχής του στις εξαγωγές, σταδιακά. Όπως είναι αναμενόμενο, οι εξαγωγές λιγνίτη έχουν ήδη εκμηδενιστεί, κάτι που δεν αναμένεται να αλλάξει στο προσεχές μέλλον. Στο Σχήμα 38 απεικονίζεται το σύνολο των ενεργειακών εισαγωγών και εξαγωγών σε ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα.



Σχήμα 38: Διαχρονικές ενεργειακές εισαγωγές και εξαγωγές της Ελλάδας μέχρι σήμερα (αναφορά: IEA, iea.org)

Από το Σχήμα 38 καθίσταται πλήρως εμφανής η διαφορά του συνόλου της εισαγόμενης ενέργειας με την αντίστοιχη εξαγόμενη, με αποτέλεσμα να αποτυπώνεται ξεκάθαρα η εξάρτηση της χώρας μας από το σύνολο των ενεργειακών εισαγωγών που πραγματοποιεί.

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 39 παρουσιάζονται οι ενδεχόμενες μελλοντικές εξαγωγές ενέργειας της χώρας, μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 39: Ενδεχόμενη μελλοντική πορεία των ενεργειακών εξαγωγών, μέχρι και το έτος 2100 (αναφορά: *IEA, iea.org*)

Οι εξαγωγές ηλεκτρισμού, όπως προαναφέρθηκε, αναμένεται να αυξηθούν, ενώ πολύ μικρό ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο της εξαγόμενης ενέργειας ενδέχεται να αποτελέσει το πετρέλαιο, προσεγγίζοντας σχεδόν μηδαμινές τιμές κατά το τελικό στάδιο μελέτης. Επομένως, γίνεται κατανοητό πως και για τις επόμενες δεκαετίες, η Ελλάδα δεν διαθέτει σημαντική στρατηγική ενεργειακών εξαγωγών.

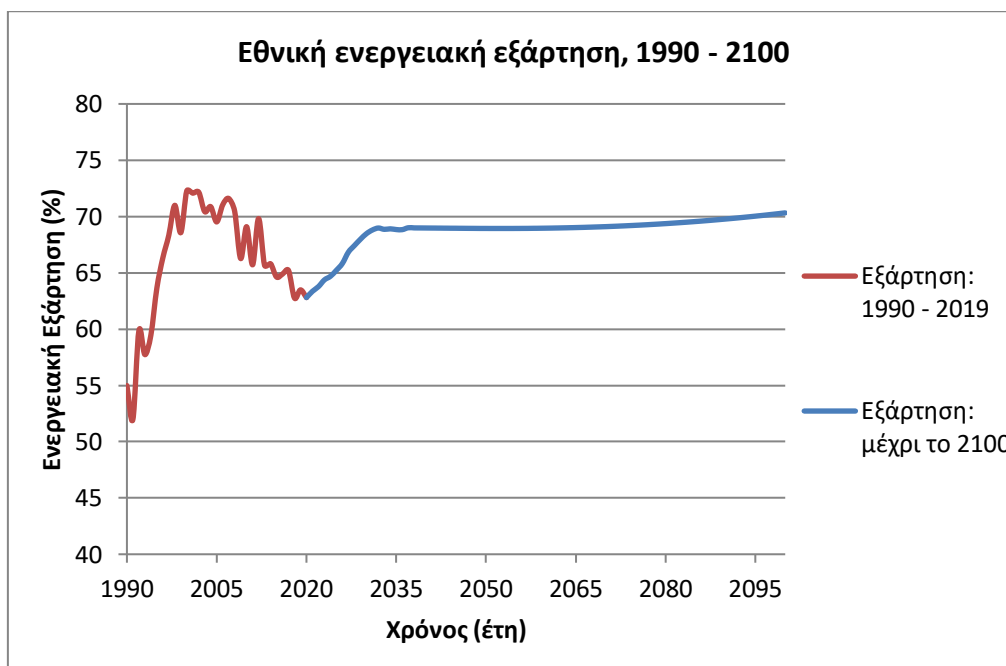
Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί πως, για την παρούσα μελέτη, η μελλοντική εξέλιξη των εξαγωγών ενέργειας δεν θα επηρεαστεί από την μεταβολή των ενεργειακών καταναλώσεων και των εισαγωγών. Για χάρη διευκόλυνσης της έρευνας, θα θεωρηθεί πως οι εξαγωγές ενέργειας προς άλλες χώρες αποτελούν και ζήτημα γεωπολιτικής στρατηγικής (οικονομικές και πολιτικές δραστηριότητες και συμφωνίες) και, επομένως, δεν θα μεταβληθούν περαιτέρω, επηρεαζόμενες από την εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος της χώρας. Είναι προφανές, πως για τον ίδιο λόγο δεν θα θεωρήσουμε ότι η ενέργεια που εξάγεται είναι και εν δυνάμει ενέργεια που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στην ικανοποίηση των εγχώριων αναγκών. Ωστόσο, το σύνολο των εξαγωγών ενέργειας οφείλει να ληφθεί υπόψη, κατά την διαδικασία προσέγγισης της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης, που θα δούμε στη συνέχεια.

Ενεργειακή Εξάρτηση

Αξιοποιώντας, πλέον, όλα τα απαραίτητα δεδομένα και στοιχεία που αναλύθηκαν παραπάνω, είμαστε σε θέση να εξάγουμε ορισμένα ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με την ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας. Προκειμένου να προσεγγίσουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα, θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Ενεργειακή Εξάρτηση} = \frac{\text{Καθαρές Εισαγωγές Ενέργειας}}{\text{Εισαγωγές Ενέργειας} + \text{Εγχώρια Παραγωγή Ενέργειας}}$$

Με βάση τον παραπάνω μαθηματικό τύπο και, εισάγοντας τα απαραίτητα δεδομένα, προκύπτει και αποτυπώνεται στο Σχήμα 40 μία γραφική απεικόνιση της ενεργειακής εξάρτησης της Ελλάδας, από το έτος 1990 μέχρι και σήμερα, καθώς και μία πρόβλεψη, με βάση τα υφιστάμενα προβλεπόμενα δεδομένα, μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 40: Διαχρονική εξέλιξη, αλλά και πρόβλεψη της ενεργειακής εξάρτησης της Ελλάδας, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 40), διαπιστώνουμε ότι η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας, για κάποια χρόνια (έτη 1990 μέχρι και το έτος 2004, στο οποίο παρατηρείται η μέγιστη τιμή) ολοένα και αυξανόταν. Αυτό είναι λογικό, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών απαιτήσεων καλυπτόταν από τις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, με κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας τον λιγνίτη.

Το εκτόπισμα στην άνοδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ειδικά κατά τα έτη 2009 – 2018, είχε ως αποτέλεσμα η εξάρτηση που είχε η χώρα ενεργειακά να ξεκινήσει να προδιαγράφει μία έντονη και απότομη πτωτική πορεία, η οποία όμως δεν φαίνεται να έχει την τάση να συνεχιστεί, αφού οι αυξημένες καταναλώσεις και οι απότομες πτώσεις της παραγωγής του λιγνίτη είναι εντονότερες από την αναμενόμενη διεύρυνση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα. Συνεπώς, όπως άλλωστε ήταν και αναμενόμενο, βλέπουμε πως η εξάρτηση της χώρας μας ενδέχεται να παραμείνει σταθερή τις επόμενες δεκαετίες, χωρίς όμως να προσεγγίζει κατώτερες τιμές, κάτι που θα σήμαινε αυτομάτως ότι η Ελλάδα ξεκινά να φτάνει σε επίπεδα ενεργειακής ανεξαρτησίας.

Έτσι, λοιπόν, διαμορφώνεται το συμπέρασμα πως, για να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας, θα πρέπει η μελέτη να κινηθεί σε δύο βασικές συνιστώσες. Πρώτον, στην αύξηση της εγχώριας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και, δεύτερον, και εξίσου σημαντικό, στην μείωση του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων που απαιτούνται για την ικανοποίηση των εγχώριων αναγκών.

Αν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία παρομοίωση του φαινομένου, αρκεί κάποιος να φανταστεί τις καταναλώσεις ως ένα μεγάλο και συνεχώς αυξανόμενο σε ύψος βουνό και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως κάτι που προσπαθεί να υπερβεί το βουνό αυτό. Προκειμένου οι ΑΠΕ να προσεγγίσουν την κορυφή του βουνού, είναι ζωτικής σημασίας να μειωθεί ο ρυθμός αύξησής του, έτσι ώστε η αναρρίχηση να καταστεί όσο το δυνατόν ταχύτερη και ευκολότερη. Επιπλέον, θα πρέπει η παραγωγή των ΑΠΕ να αυξηθεί, προκειμένου να είναι σε θέση να αγγίξουν αυτή την κορυφή σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Έτσι, λοιπόν, διαμορφώνεται ένα διττό πρόβλημα, το οποίο θα προσεγγίσουμε αναλυτικά στις επόμενες σελίδες υπό τις δύο αυτές οπτικές, με σκοπό να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα γύρω από την ενεργειακή αυτάρκεια και ανεξαρτησία της Ελλάδας.

4.3. Διερεύνηση Σεναρίων Μείωσης της Ενεργειακής Κατανάλωσης

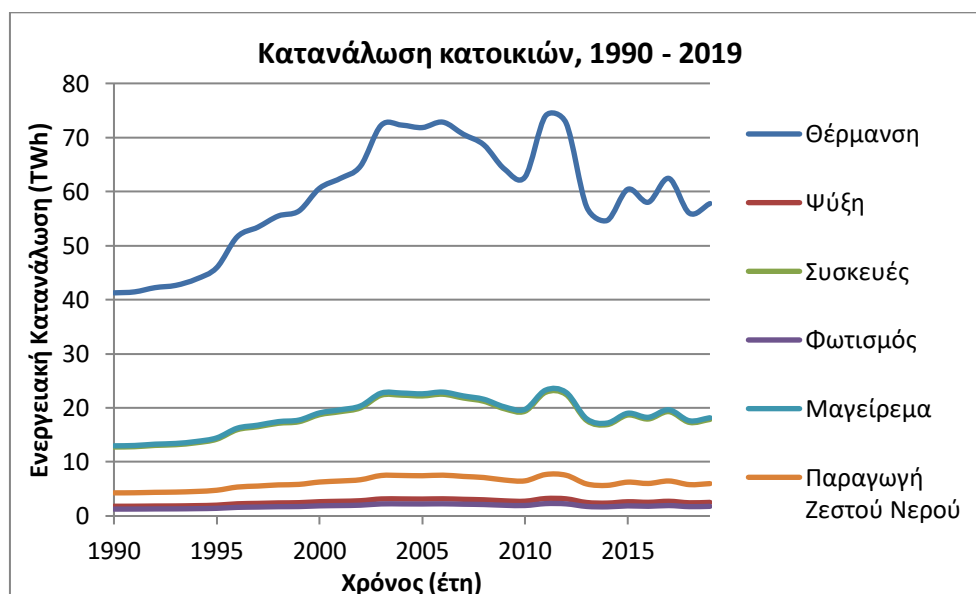
Όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα 4.2. οι δύο σημαντικότεροι τομείς της ενεργειακής κατανάλωσης της Ελλάδας είναι ο τομέας των κατοικιών και, γενικότερα των κτηρίων και ο τομέας των μεταφορών. Επομένως, θα πραγματοποιηθεί μία μελέτη γύρω από αυτούς τους δύο κλάδους, προκειμένου να γίνει μία διερεύνηση ως προς την πιθανή δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας όσο το δυνατόν περισσότερο.

Κτήρια – Κατοικίες



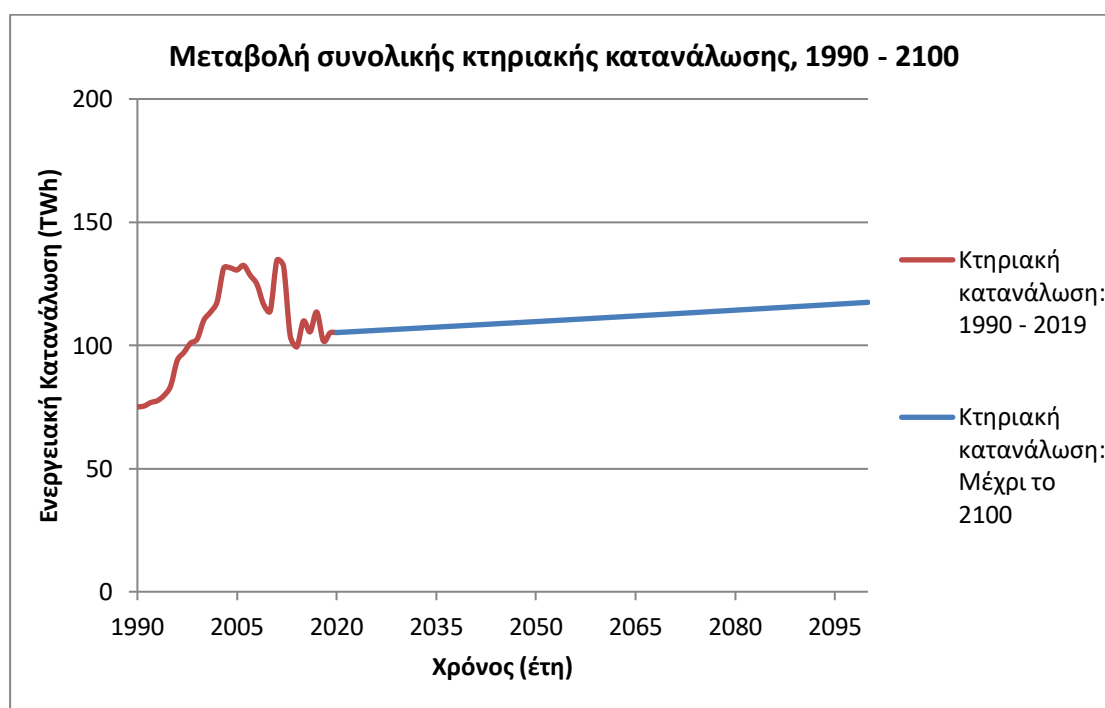
Εικόνα 34: Πανοραμική όψη των κτηρίων της Αθήνας (πηγή: *Click at Life – Ελλάδα, clickatlife.gr*)

Όπως έχει αναφερθεί και στις προηγούμενες σελίδες, τα κτήρια τόσο κατοικιών όσο και λοιπών εγκαταστάσεων, βιομηχανικών και μη, καταλαμβάνουν ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης στην χώρα. Πιο συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί πως αποτελούν περίπου το 38 % του συνόλου των καταναλώσεων της Ελλάδας [15]. Στο Σχήμα 41 απεικονίζεται σε διάγραμμα ο διαχωρισμός της κατανάλωσης αυτής σε επιμέρους τομείς, όπως αυτοί έχουν διαμορφωθεί από μελέτες γύρω από τα ενεργειακά προφίλ των νοικοκυριών, για τα έτη 1990 – 2019.



Σχήμα 41: Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης στις κατοικίες, 1990 – 2019 (αναφορά: *IEA, iea.org*)

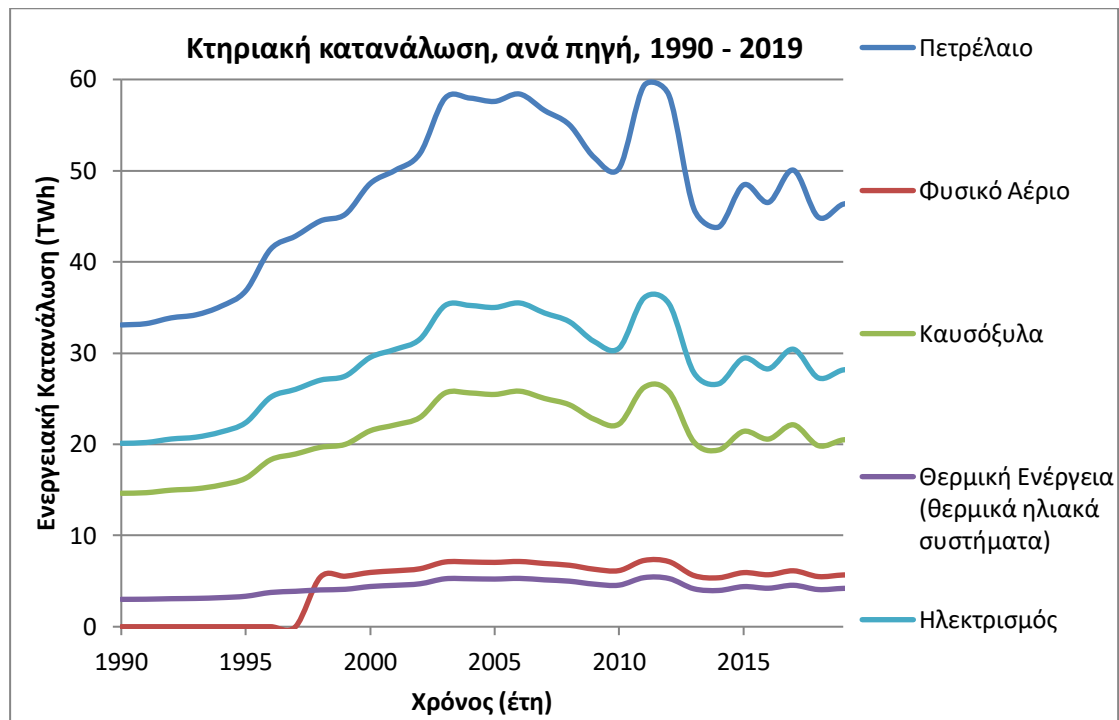
Όπως φαίνεται από το Σχήμα 41, είναι σαφές πως η πλειοψηφία της κατανάλωσης ενέργειας στις κατοικίες, προορίζεται για την θέρμανση, καταλαμβάνοντας μάλιστα ένα ποσοστό της τάξης του 55 % της συνολικής κατανάλωσης. Πρωταρχικός, λοιπόν, στόχος στην προσπάθεια να μειωθεί, όσο το δυνατόν περισσότερο, η συνολική κατανάλωση είναι ο συγκεκριμένος τομέας, ακολουθούμενος από το μαγείρεμα, με ποσοστό της τάξης του 17,3 % της συνολικής κατανάλωσης αλλά και το σύνολο των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, με αντίστοιχο ποσοστό που αγγίζει το 17 % του συνόλου της κατανάλωσης ρεύματος [44]. Στο Σχήμα 42 φαίνεται η πορεία της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών, διαχρονικά μέχρι και σήμερα, καθώς και μία πρόβλεψη ως προς το πως ενδέχεται να κυμανθεί τα επόμενα χρόνια και, συγκεκριμένα, μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 42: Διαχρονική εξέλιξη και πρόβλεψη μεταβολής της συνολικής κτηριακής κατανάλωσης ενέργειας, 1990 – 2100 (αναφορά: *IEA, iea.org*)

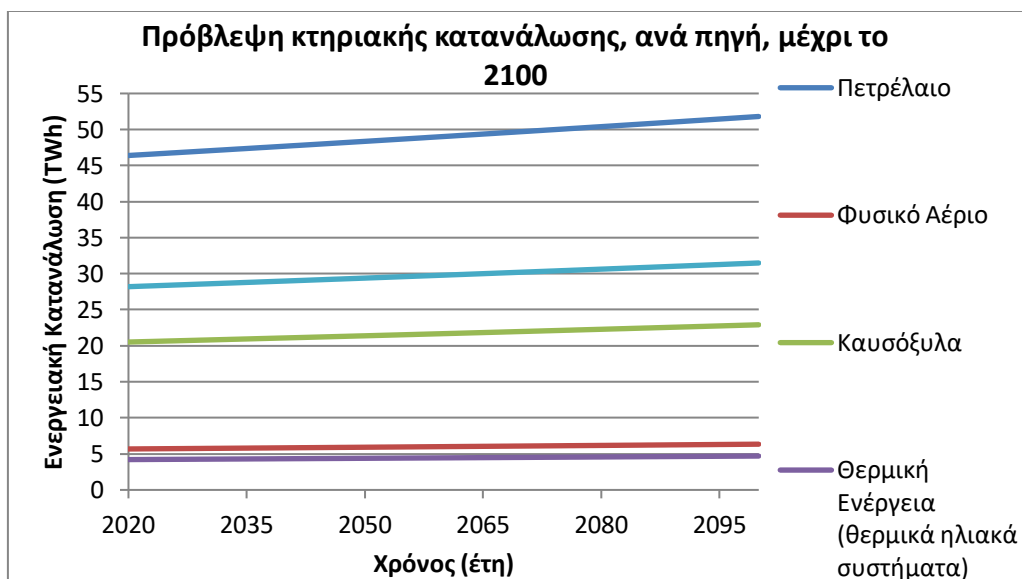
Στο παραπάνω Σχήμα 42 απεικονίζεται η πορεία της κτηριακής ενεργειακής κατανάλωσης, μέχρι και το έτος 2019 (κόκκινη καμπύλη), καθώς επίσης και μία πρόβλεψη ως προς το πως ενδέχεται να διαμορφωθεί τα επόμενα χρόνια (μπλε καμπύλη). Είναι ξεκάθαρο πως η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια ήταν και πρόκειται να παραμείνει μία πολύ σημαντική παράμετρος της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με τιμές που ενδέχεται να αγγίξουν ακόμα και τις 130 TWh! Όσον αφορά στις επιμέρους καταναλώσεις, το μοτίβο που πρόκειται να διαμορφωθεί ταυτίζεται με αυτό του Σχήματος 41, σε ό, τι αφορά στους τομείς, στους οποίους η ενέργεια αυτή ενδέχεται να διοχετευτεί. Στη συνέχεια, το Σχήμα 43

αφορά στις πηγές ενέργειας, από τις οποίες αντλείται η συνολική τροφοδοσία των κτηρίων, για τα έτη 1990 μέχρι και 2019.



Σχήμα 43: Μεταβολή της κτηριακής κατανάλωσης ενέργειας ανά πηγή, 1990 – 2019 (αναφορά: IEA, *iea.org*)

Στο Σχήμα 44 απεικονίζεται η ενδεχόμενη μελλοντική πορεία των παραπάνω καταναλώσεων για τις επόμενες δεκαετίες, μέχρι και το έτος 2100.



Σχήμα 44: Πρόβλεψη της κτηριακής κατανάλωσης ενέργειας ανά πηγή, μέχρι και το έτος 2100

Και τα δύο παραπάνω διαγράμματα αποδεικνύουν πως το πετρέλαιο είναι και ενδέχεται να παραμείνει η κυρίαρχη πηγή ενέργειας των κτηρίων και των νοικοκυριών, με αμέσως επόμενη σημαντικότερη πηγή τον ηλεκτρισμό. Τα καυσόξυλα και η θερμική ενέργεια παραμένουν σε επίπεδα αύξησης, και το φυσικό αέριο ενδέχεται να παρουσιάσει μία ήπια αυξητική τάση τα επόμενα χρόνια.

Μετά από αυτή την ανάλυση ως προς τις κτηριακές ενεργειακές καταναλώσεις, θα παρουσιαστούν ορισμένες προτάσεις σχετικά με πιθανές δυνατότητες μείωσης των καταναλώσεων αυτών, όσο το δυνατόν περισσότερο και με πιο αποδοτικό τρόπο. Πυρήνας της συγκεκριμένης μελέτης αποτελεί η προσπάθεια που πραγματοποιείται, με πολύ αργούς δυστυχώς ρυθμούς, ανακαίνισης πολλών κτηρίων της χώρας, με σκοπό την μετατροπή τους σε «Κτήρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας» ή αλλιώς ΚΣΜΚΕ (στα αγγλικά nZEB), κτήρια δηλαδή με πολύ καλές αποδόσεις σε ενεργειακό επίπεδο, αξιοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για την περαιτέρω κάλυψη των τυχόν ενεργειακών τους αναγκών. Στην Εικόνα 35 παρουσιάζεται ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα ΚΣΜΚΕ.



Εικόνα 35: Ξενοδοχειακό ΚΣΜΚΕ (πηγή: *Insider* – Σχέδιο από το 2022 και μετά, *insider.gr*)

Το παράδειγμα του ξενοδοχειακού συγκροτήματος αποτελεί ένα εγχείρημα δημιουργίας νέου ΚΣΜΚΕ, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι παλαιότερα κτήρια χαμηλής ενεργειακής απόδοσης δεν μπορούν να βελτιωθούν ενεργειακά. Πραγματοποιείται προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων με προγράμματα που ξεκινούν από το νέο έτος (2022), με βάση τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK), με αποτέλεσμα να βελτιωθούν οι ενεργειακές αποδόσεις και να μειωθεί η

ευρύτερη ενεργειακή κατανάλωση. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τέσσερις τύποι κτηριακών ανακαινίσεων, καθώς επίσης και το ποσοστό εξοικονόμησης του κάθε ένα.

Πίνακας 3: Τύποι ανακαινίσεων και ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας (πηγή: ΥΠΕΝ, ypen.gov.gr)

Τύπος Ανακαίνισης	Ποσοστό Εξοικονόμησης (%)
Ελαφριά	20
Μέτρια	40
Ριζική	60
Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (ΣΜΕΚ)	80

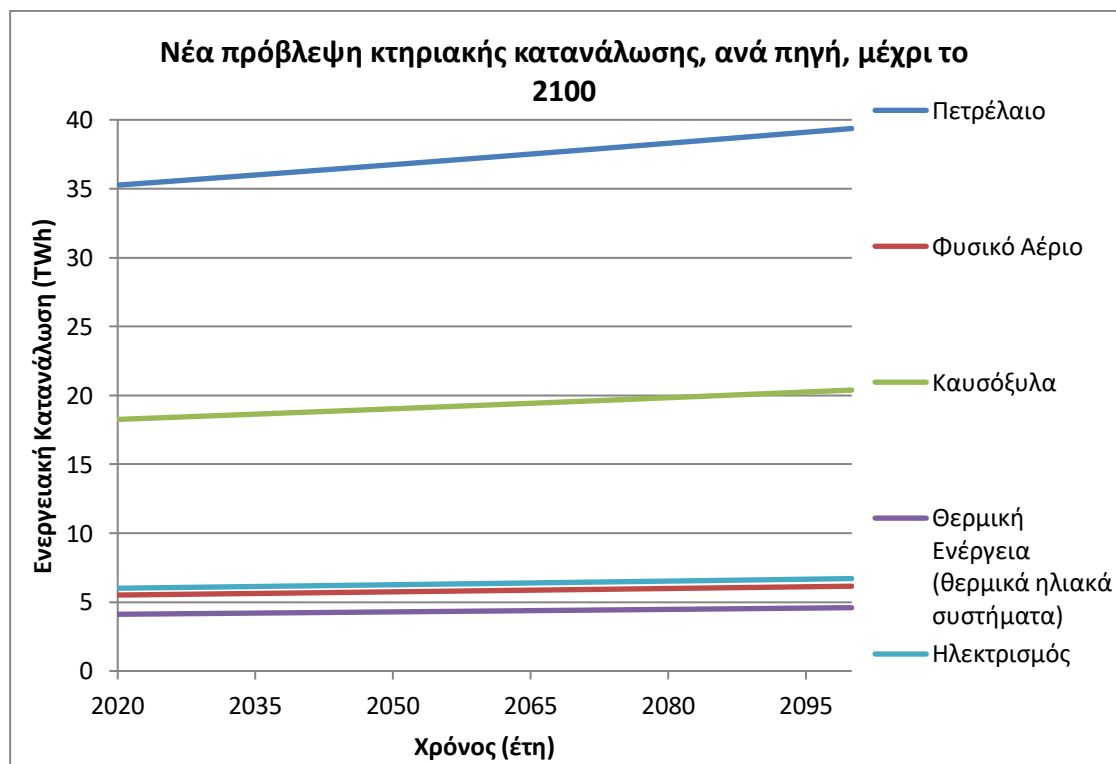
Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό των κτηρίων της χώρας μας που έχουν κατασκευαστεί στο διάστημα 1960 – 1990, το οποίο ανέρχεται σε περίπου 73 %, ενώ μόλις το 10,7 % των κτηριακών υποδομών είναι κατασκευασμένες από το έτος 2000 και έπειτα. Ενδιαφέρον, επίσης, παρουσιάζει το γεγονός πως μόλις το 42 περίπου τις εκατό των κατοικιών διαθέτει θερμομόνωση, ποσοστό που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης στο συγκεκριμένο τομέα. Τέλος, στην παρούσα μελέτη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και πολλά δημόσια κτήρια (περίπου 200.000 κτήρια), όπως επίσης και τα ξενοδοχεία, τα οποία αν και αποτελούν μόλις το 0,26 % του συνολικού αριθμού κτηρίων στην χώρα, είναι υπεύθυνα για το 29 % της συνολικής κτηριακής ενεργειακής κατανάλωσης! Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4, στην αριστερή στήλη του οποίου περιγράφεται η εκάστοτε πρακτική αποδοτικότερης ενεργειακής συμπεριφοράς και άρα εξοικονόμησης ενέργειας. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνεται και μία ενδεικτική τιμή εφαρμογής της, ενώ στην δεξιά στήλη απεικονίζεται το ποσοστό μείωσης της εκάστοτε μορφής ενέργειας που εξοικονομείται.

Πίνακας 4: Περιπτώσεις εξοικονόμησης ενέργειας με εφαρμογή συγκεκριμένων πρακτικών (αναφορά: ΥΠΕΝ, ypen.gov.gr)

A/α	Πρακτική Αποδοτικότερης Συμπεριφοράς	Εξοικονόμηση Ενέργειας
1	Ρύθμιση θερμοστατών ψύξης & θέρμανσης (26÷28 °C - Καλοκαίρι & 18÷20 °C - Χειμώνα)	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση - 15 % Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη - 17 %
2	Φυσικός δροσισμός (παράθυρα, οροφές κλπ)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη - 21 %
3	Πλήρης πλύση πλυντηρίων (πλυντήρια γεμάτα στο μέγιστο δυνατό)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας - 17 %
4	Απενεργοποίηση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την μη χρήση τους και όχι σε κατάσταση αναμονής	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας - απροσδιόριστο
5	Χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα (1.150 €)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού - 50 %
6	Θερμομόνωση (50 €/τμ)	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση &

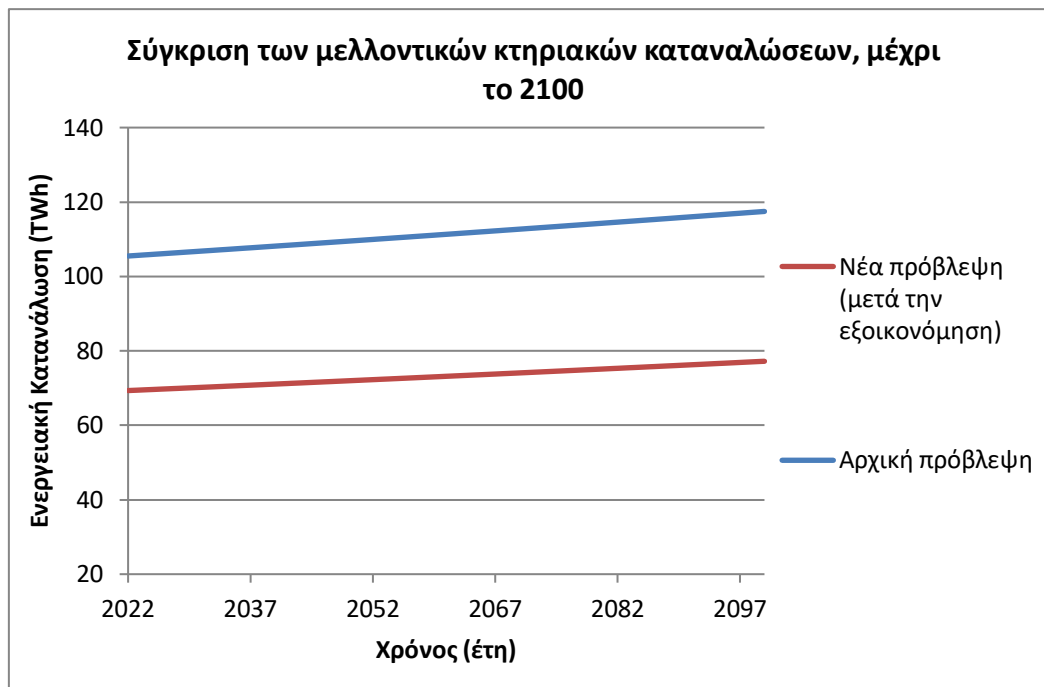
		ψύξη - 45 %
7	Αντικατάσταση παλιών υαλοστασίων (παράθυρα, θύρες κλπ) και τοποθέτηση νέων (220 €/τεμ)	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση & ψύξη - 16 %
8	Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής (100 €/τεμ)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη - 35 %
9	Τοποθέτηση φωτιστικών συστημάτων υψηλής απόδοσης (2 €/τεμ)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό - 40 %
10	Τοποθέτηση αυτοματισμών (Building Management System - BMS) (55 €/τεμ)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας - 20 %
		Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση - 15 %
11	Αεροστεγάνωση	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση & ψύξη - 18 %
12	Τοποθέτηση κλιματιστικών υψηλής απόδοσης & Αντλιών Θερμότητας (4.500 €)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση & ψύξη - 70 %
13	Χρήση γεωθερμικών αντλιών	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση - 12 %
14	Εγκατάσταση φυτεμένου δώματος στις οροφές (100 €/τεμ)	Μείωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση & ψύξη - 6 %
		Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση & ψύξη - 20 %
15	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων (2.500 €)	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας - απροσδιόριστο

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα και υποθέτοντας την ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας που περιγράφει ο Πίνακας 4, προκύπτουν οι νέες τιμές της συνολικής μειωμένης κατανάλωσης των κτηρίων ανά πηγή ενέργειας, για τα έτη μέχρι και το 2100, οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 45.



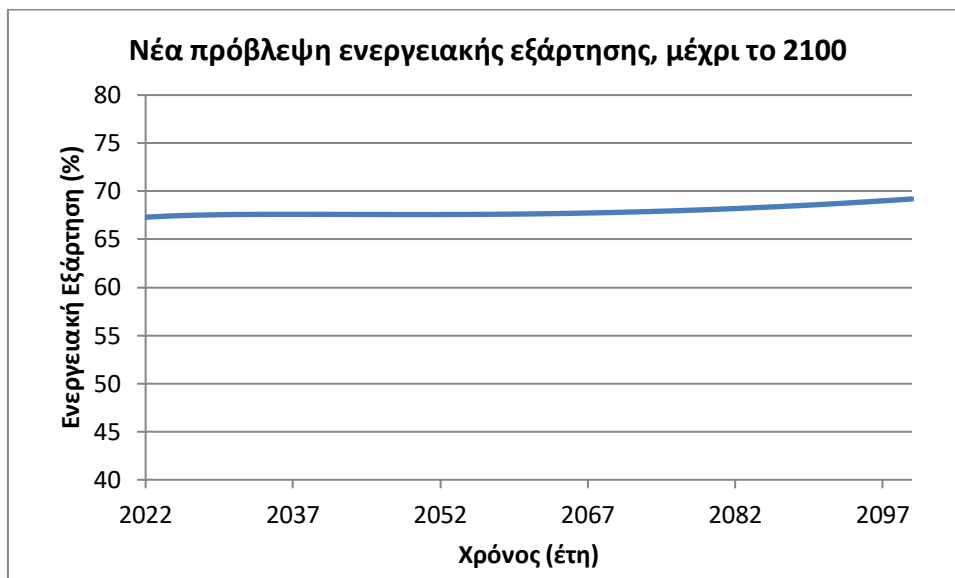
Σχήμα 45: Νέα πρόβλεψη μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας ανά πηγή (μέχρι και το 2100)

Προκειμένου να διαμορφωθεί μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα, στο Σχήμα 46 απεικονίζεται η πρόβλεψη της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων, πριν (κόκκινη καμπύλη) και μετά την εφαρμογή των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας (μπλε καμπύλη).



Σχήμα 46: Σύγκριση των δύο μελλοντικών προβλέψεων συνολικής κτηριακής κατανάλωσης, με και χωρίς την εφαρμογή των πρακτικών εξοικονόμησης (μέχρι και το 2100)

Από το Σχήμα 45 και Σχήμα 46 διαπιστώνουμε πως οι διάφορες μέθοδοι και πρακτικές που εξετάστηκαν στον Πίνακα 4 έχουν την δυνατότητα να επιφέρουν σημαντικά θετικά αποτελέσματα. Βλέπουμε πως οι συνολικές κτηριακές καταναλώσεις παρουσιάζονται εμφανώς μικρότερες, διαμορφώνοντας μία μέση μείωση, για όλα τα χρόνια της μελέτης, περίπου της τάξης των 38,1 TWh. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά κατά 18 %, καθώς και μείωση της τάξης του 34 % της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, κατά το πρώτο έτος της νέας πρόβλεψης. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης, εάν αναλογιστεί κανείς το ενδεχόμενο χρήσης αποδοτικότερων καυσίμων, όπως για παράδειγμα το φυσικό αέριο ή το υγραέριο (LPG), το οποίο μάλιστα προσφέρει καθαρή θερμότητα δύναμη 12,9 kWh/kg έναντι των 11,8 kWh/kg που προσφέρει το κοινό πετρέλαιο θέρμανσης. Το ποσό της μειωμένης αυτής κτηριακής κατανάλωσης θα μεταφραστεί σε μειωμένες εισαγωγές ενέργειας, με αποτέλεσμα να προκύπτει στο Σχήμα 47 η νέα ενεργειακή εξάρτηση της χώρας μας, έπειτα από αυτό το πρώτο βήμα.



Σχήμα 47: Νέα πρόβλεψη της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης, έπειτα του σεναρίου των μειωμένων κτηριακών καταναλώσεων (μέχρι και το 2100)

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η ποσοτικοποίηση της μείωσης της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης της χώρας μας, θα λαμβάνονται κάθε φορά τρεις ενδεικτικές τιμές της, μία για το πρώτο έτος κάθε νέας πρόβλεψης (2020), μία για το τελευταίο έτος κάθε νέας πρόβλεψης (2100) και μία για το έτος που βρίσκεται στην μέση αυτού του χρονικού διαστήματος (2060).

Επομένως, σε αυτή την περίπτωση, η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας, προτού εφαρμοστεί το παραπάνω σενάριο εξοικονόμησης ήταν:

Έτος 2020: 68,6 %

Έτος 2060: 69 %

Έτος 2100: 70,3 %

Μετά την εφαρμογή του σεναρίου εξοικονόμησης κτηριακής ενέργειας, προκύπτουν τα εξής:

Έτος 2020: 67,2 %

Έτος 2060: 67,6 %

Έτος 2100: 69,2 %

Μεταφορές



Εικόνα 36: Μέσα για μετακίνηση – μεταφορά (πηγή: *Green Energy Consumers Alliance – The Energy Consumers Bulletin – Planes, Trains, Cars And Boats, blog.greenenergyconsumers.org*)

Η κύρια αιτία της συνεχώς αυξανόμενης κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές είναι η έντονη αύξηση της ζήτησης για μετακίνηση. Το σύνολο των μεταφορών αυτών χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Τις επίγειες χερσαίες (62,5 %), τις θαλάσσιες (36,5 %) και τις αεροπορικές (1 %), με τις δύο τελευταίες να αξιοποιούν κυρίως συμβατικά υγρά καύσιμα ως πηγή ενέργειας. Η αύξηση, λοιπόν, ευρύτερης κατανάλωσης εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στις οδικές μεταφορές, καθιστώντας τες τον κλάδο με τα μεγαλύτερα περιθώρια ενεργειακής εξοικονόμησης.

Εδώ και αρκετά χρόνια, γίνονται εκτενείς προσπάθειες συνεισφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα των επίγειων μεταφορών σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό, με σημαντικά παραδείγματα τα τραμ, τα τρένα, τα τρόλεϊ, καθώς και τα ηλεκτρικά (EVs) και υβριδικά οχήματα (HEV), ακόμα και πρωτότυπα ηλεκτρικά φορτηγά (Tesla). Τα υβριδικά οχήματα μπορούν να θεωρηθούν και μεταβατικά οχήματα, τα οποία θα συμβάλλουν στην μετάβαση από την χρήση συμβατικών καυσίμων στην ηλεκτροκίνηση, η οποία θα αξιοποιεί κυρίως συσσωρευτές και κυψέλες καυσίμου. Επιπλέον, τα βιοκαύσιμα (κυρίως το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη) συνεχίζουν να διεισδύουν όλο και περισσότερο στην ικανοποίηση της κατανάλωσης, χωρίς όμως να εμφανίζουν, μέχρι στιγμής, ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα σε ό, τι αφορά στο ενεργειακό κέρδος. Αντιθέτως, οι διάφορες

κυψέλες καυσίμου, το υδρογόνο και τα φωτοβολταϊκά αποτελούν πολύ υποσχόμενες εναλλακτικές, οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε πολύ πρώιμα στάδια ανάπτυξης και ερευνών.

Προκειμένου να μελετηθούν σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών θα πραγματοποιηθεί έρευνα σε δύο βασικούς άξονες.

Αρχικά, σημαντική είναι η **ορθολογική χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (MMM)**, μέσα από την οποία θα περιοριστεί η εκτεταμένη χρήση των επιβατικών αυτοκινήτων (ΙΧ) και θα δοθεί έμφαση στην επιλογή των μαζικών μετακινήσεων. Αυτή η ιδέα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα με την ενίσχυση του στόλου των MMM, την μείωση της τιμής του απαιτούμενου κομίστρου, την επέκταση του δικτύου κάλυψής τους, την βελτίωση των συνθηκών που επικρατούν σε αυτά ή ακόμα και με την πολεοδομική χωροθέτηση περιοχών, στις οποίες απαγορεύεται η στάθμευση ή η κυκλοφορία των αυτοκινήτων και ενισχύεται η χρήση άλλων μέσων, όπως για παράδειγμα τα ποδήλατα. Τα παραπάνω μέτρα, στην υπόθεση της πλήρους εφαρμογής τους, είναι σε θέση να επιφέρουν μείωση της συνολικής κατανάλωσης των χερσαίων μεταφορών σε ποσοστό της τάξης του 30 % [9].

Ένας ακόμα παράγοντας που είναι σε θέση να συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές, είναι η ευρύτερη **χρήση οχημάτων νέων τεχνολογιών υψηλής απόδοσης**, κάτι που θα μπορούσε να επιτευχθεί με την υποχρεωτικότητα της απόσυρσης παλαιών οχημάτων και την αντικατάστασή τους με νέα που, είτε αξιοποιούν εντελώς νέες τεχνολογίες (υβριδικά, ηλεκτρικά οχήματα) είτε αξιοποιούν το εκάστοτε συμβατικό καύσιμο με αποδοτικότερο τρόπο (βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα με κινητήρες νέων αποδοτικότερων τεχνολογιών). Αυτό το πρόγραμμα θα μπορούσε να δρομολογηθεί με επιδοτήσεις από το κράτος και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, με γνώμονα το «Εθνικό Σχέδιο για την προώθηση της Ηλεκτροκίνησης», το οποίο δίνει κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη περισσότερων υποδομών φόρτισης, φτάνοντας σε αποτελέσματα μείωσης της κατανάλωσης έως και 25 %.

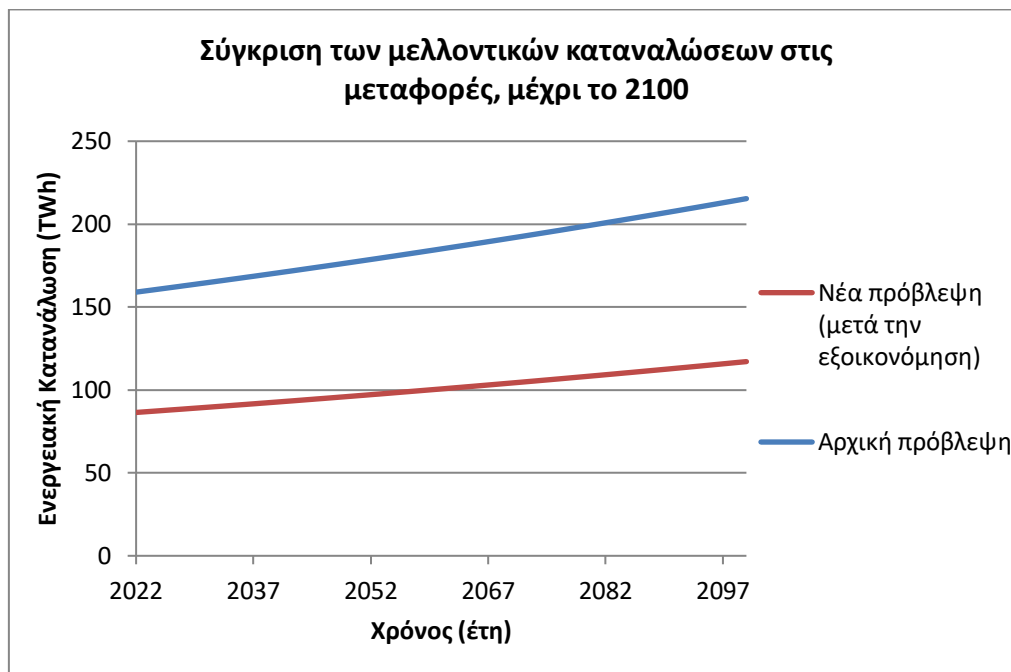
Σε ό, τι αφορά στα πλοία και τα αεροπλάνα, ορισμένα μέτρα που θα πρέπει να εφαρμοστούν σε μεγαλύτερα επίπεδα είναι οι συσκευές βελτίωσης πρόωσης (προπέλες και κινητήρες μεγαλύτερης απόδοσης), η μείωση τριβής της επιφάνειας του εκάστοτε οχήματος (χρήση νέων λογισμικών για αποδοτικότερο σχεδιασμό των οχημάτων), η ακόμα πιο ακριβής πρόβλεψη του καιρού για ένα αποδοτικότερο ταξίδι σταθερών συνθηκών ταχύτητας κλπ, οι βελτιώσεις των συστημάτων αυτόματου πιλότου (για λιγότερες κινήσεις στο πηδάλιο ή στους αεροστροβίλους αντίστοιχα), καθώς και η ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (κυρίως ηλιακή και αιολική) για την κατανάλωση της ζήτησης του προσωπικού και των επιβατών

[46]. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει και μία νέα καινοτόμα τεχνολογία, που αφορά στην κίνηση των πλοίων, και ονομάζεται “Rotor Sails” (ή στα ελληνικά: «Πανιά Ρότορα»). Πρόκειται για μία μέθοδο αξιοποίησης του ανέμου, χάρη σε κυλινδρικούς πυλώνες, με σκοπό την κίνηση του εκάστοτε πλοίου, αξιοποιώντας λιγότερα καύσιμα για την θαλάσσια μεταφορά του. Μία εικόνα της συγκεκριμένης πειραματικής μεθόδου είναι αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 37.



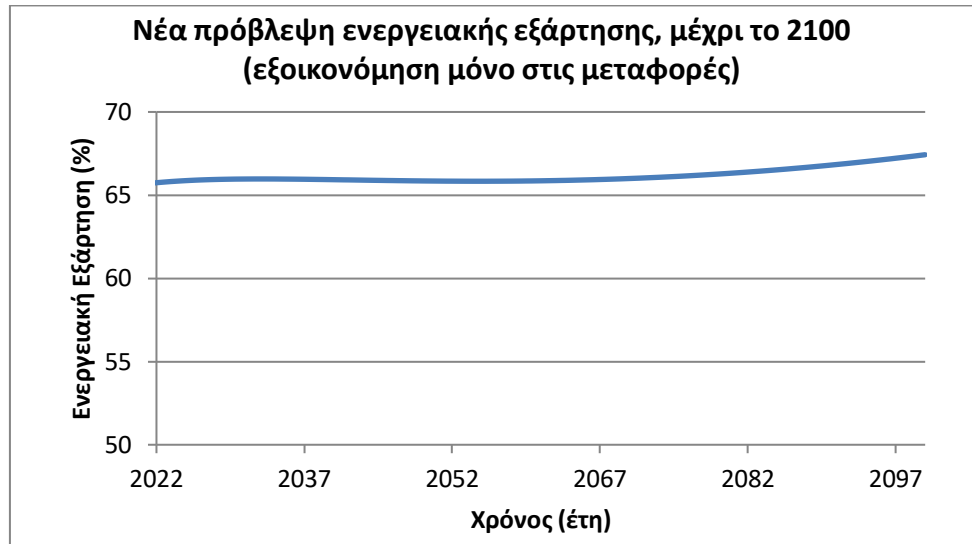
Εικόνα 37: Πλοίο που αξιοποιεί την τεχνολογία “Rotor Sails” (πηγή: *Mariska Buitendijk – SWZ|MARITIME, swzmaritime.nl*)

Τα παραπάνω μέτρα που σχολιάστηκαν, σε συνδυασμό και με πρόσθετες προτάσεις που αφορούν τη, κατά το δυνατόν, αυξημένη χρήση των σιδηροδρόμων για μεταφορές αγαθών για ελάττωση της κίνησης των αεροπλάνων και των πλοίων, την ενίσχυση του μίγματος των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα, σε επίπεδα τέτοια, ώστε να αυξάνεται η ενεργειακή τους απόδοση, καθώς επίσης και μέτρα όπως η οικολογική/οικονομική οδήγηση, η οδήγηση δηλαδή υπό σταθερή ταχύτητα χωρίς έντονες αυξομειώσεις, είναι σε θέση να μειώσουν την συνολική ενεργειακή κατανάλωση των μεταφορών στην χώρα μας έως και 54%! Στη συνέχεια, στο Σχήμα 48 παρατηρείται η σύγκριση των δύο συνολικών μελλοντικών ενεργειακών καταναλώσεων στις μεταφορές, πριν και μετά την πλήρη εφαρμογή των μέτρων που σχολιάστηκαν παραπάνω.



Σχήμα 48: Σύγκριση των δύο μελλοντικών ενεργειακών καταναλώσεων στις μεταφορές, πριν και μετά την πλήρη εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης (μέχρι και το 2100)

Γίνεται αντιληπτό πως και σε αυτόν τον κλάδο κατανάλωσης, εμφανίζονται σημαντικές μειώσεις, σε ό, τι αφορά στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων. Η συνολική κατανάλωση, πριν την εφαρμογή των μέτρων (μπλε καμπύλη) βρίσκεται σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα ενέργειας, σε σχέση με την διαμόρφωση της νέας συνολικής απαιτούμενης ενέργειας, στην περίπτωση που εφαρμοστούν όλα τα μέτρα εξοικονόμησης (κόκκινη καμπύλη), διαφορά που ανέρχεται, κατά μέσο όρο, στις 84 TWh περίπου! Η μείωση αυτή, οδηγεί, όπως έχει προαναφερθεί και στην μείωση των εισαγωγών ενέργειας που απαιτούνται για την ικανοποίηση των εγχώριων αναγκών. Έτσι, στο Σχήμα 49 αποτυπώνεται η νέα μεταβολή της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας μας, στην περίπτωση που λαμβάνεται υπόψη μόνο η εξοικονόμηση των καταναλώσεων που πραγματοποιήθηκε στις μεταφορές.



Σχήμα 49: Νέα πρόβλεψη της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης, στην περίπτωση της εξοικονόμησης της κατανάλωσης μόνο στις μεταφορές (μέχρι και το 2100)

Στο Σχήμα 50 φαίνεται σε διάγραμμα η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας μας, στο ενδεχόμενο που πραγματοποιούνται και τα δύο σενάρια εξοικονόμησης που περιγράφηκαν παραπάνω, δηλαδή, τόσο αυτό της κτηριακής κατανάλωσης όσο και αυτό των μεταφορών.

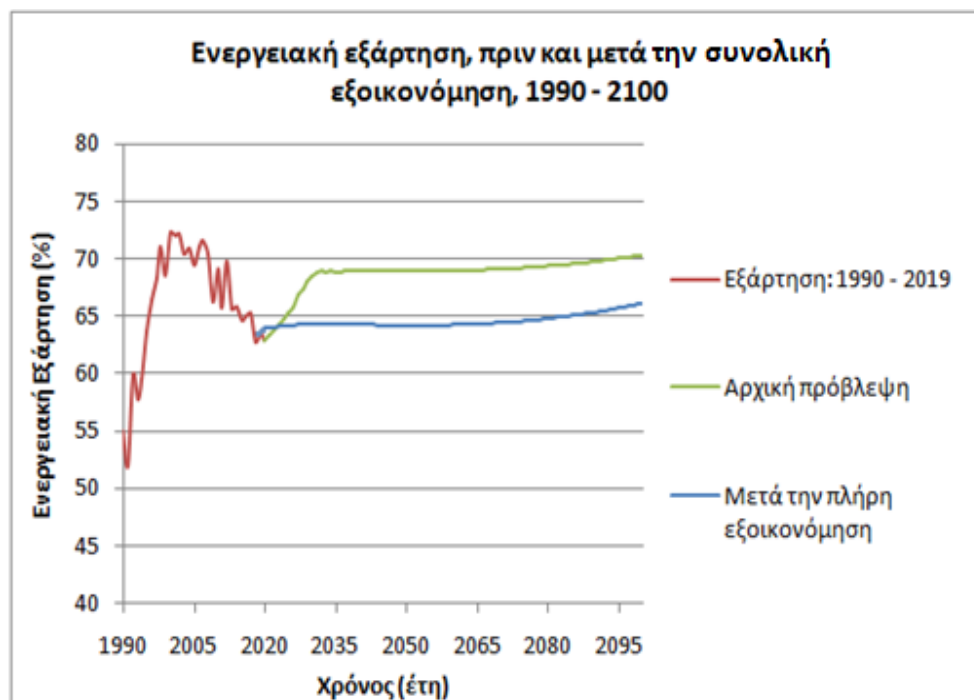


Σχήμα 50: Νέα πρόβλεψη της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης, με πλήρη εφαρμογή και των δύο σεναρίων εξοικονόμησης (μέχρι και το 2100)

Παρατηρώντας τα δύο παραπάνω διαγράμματα, γίνεται κατανοητό πως η εφαρμογή των μέτρων για εξοικονόμηση ενέργειας, στο σύνολο της κατανάλωσης των μεταφορών επιφέρουν ελαφρώς καλύτερα ποσοστά αύξησης της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας, ποσοστά που φτάνουν το 67,4 %, έναντι του 69,2 % που

προσεγγίζει μόνο το σενάριο εξοικονόμησης των κτηριακών καταναλώσεων. Είναι προφανές, πως πλήρης εφαρμογή και των δύο σεναρίων εξοικονόμησης αποτελεί την ιδανικότερη περίπτωση και επιφέρει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος, στο Σχήμα 51 παρουσιάζεται σε διάγραμμα η διαχρονική εξέλιξη της ενεργειακής εξάρτησης της Ελλάδας, η αρχική πρόβλεψη της μελλοντικής της πορείας, καθώς και η νέα πρόβλεψή της, εάν εφαρμοστούν πλήρως και τα δύο προαναφερθέντα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας.



Σχήμα 51: Διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής εξάρτησης και προβλέψεις της μελλοντικής της πορείας, λόγω μείωσης των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Από το παραπάνω συγκριτικό διάγραμμα, είναι προφανές πως, εάν εφαρμοστούν και τα δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας, θα έχουμε πολύ σημαντικά αποτελέσματα ως προς την πορεία της εθνικής μας ενεργειακής εξάρτησης. Η πράσινη καμπύλη αποτελεί την αρχική πρόβλεψη που πραγματοποιήθηκε, ενώ η μπλε δηλώνει την νέα πρόβλεψη, κατά τα σενάρια πλήρους εφαρμογής των προτάσεων για ευρύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, με την εφαρμογή όλων των παραπάνω μέτρων εξοικονόμησης, φτάνουμε σε ποσοστό ενεργειακής εξάρτησης 63,9 % για το έτος 2020 (αρχική πρόβλεψη: 68,6 %), 64,2 % για το έτος 2060 (αρχική πρόβλεψη: 69 %) και 66,1 % για το έτος 2100 (αρχική πρόβλεψη: 70,3 %).

Τα ποσοστά αυτά, έχουν την δυνατότητα να μειωθούν ακόμα περισσότερο με την εφαρμογή νέων μέτρων και προτάσεων μείωσης της κατανάλωσης και σε άλλους τομείς, όπως για παράδειγμα στην βιομηχανία, με ιδέες όπως η χρήση ανακύκλωσης κατά την διαδικασία της παραγωγής, μέθοδος που απαιτεί λιγότερη ενέργεια από αυτήν που απαιτεί η δημιουργία πρώτων υλών από το μηδέν. Επιπλέον, άλλες μέθοδοι εξοικονόμησης θα μπορούσαν να αποτελούν η έρευνα και η αξιοποίηση νέων βιομηχανικών εργαλείων, η δημιουργία πιο σύγχρονων εγκαταστάσεων καύσης, καθώς και η χρήση αποδοτικότερων καυσίμων, όπως για παράδειγμα το υγραέριο (LPG) και άλλα.

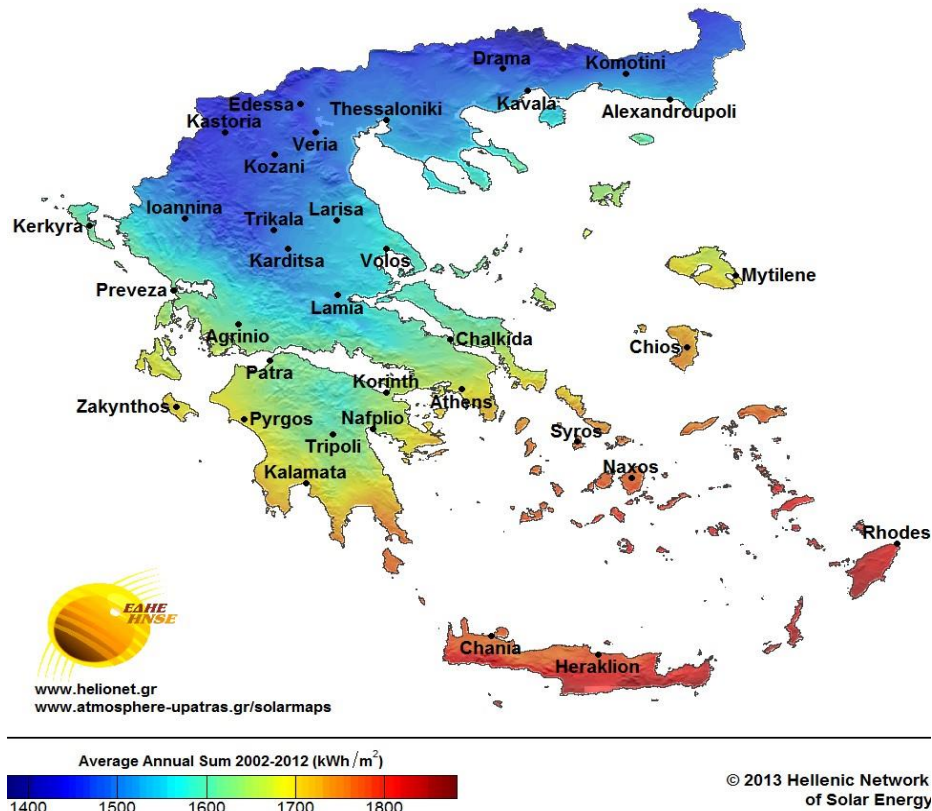
4.4. Διερεύνηση Σεναρίων Αύξησης της Παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ

Στην προηγούμενη υποενότητα είδαμε πως μπορεί να συμβάλλει το ενδεχόμενο της εξοικονόμησης ενέργειας στην πορεία της ενεργειακής εξάρτησης της Ελλάδας. Το πρόβλημα, όμως που πραγματεύεται η παρούσα μελέτη, όπως έχει αναφερθεί από την αρχή του κεφαλαίου, έχει δύο όψεις. Τόσο το ενδεχόμενο της μείωσης των συνολικών εθνικών ενεργειακών καταναλώσεων, όσο και το ενδεχόμενο της αύξησης της παραγωγής ενέργειας από εγχώριες πηγές.

Επομένως, στις επόμενες σελίδες θα γίνει μία ανάλυση, ως προς τις δυνατότητες της χώρας μας να παραγάγει όσο το δυνατόν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας σε εγχώριο επίπεδο, εκμεταλλευόμενη τις ανανεώσιμες πηγές που έχει στην διάθεσή της και που εμφανίζουν έντονη προοπτική για το μέλλον.

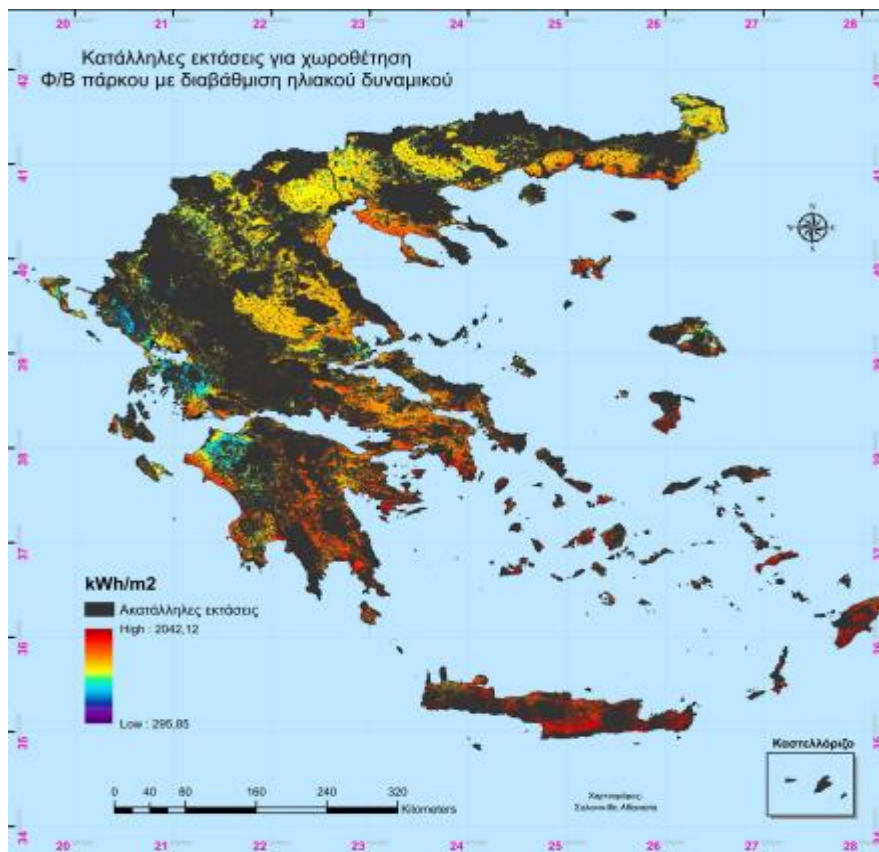
Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια και η αξιοποίησή της, κυρίως, από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, αποτελεί μία από τις πιο πολλά υποσχόμενες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας για μια χώρα σαν την Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει λόγω του μεγάλου ηλιακού δυναμικού που διαθέτει η χώρα μας, καθιστώντας την, ένα από τα κράτη με τα μεγαλύτερα, διαθέσιμα για αξιοποίηση, ποσά ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνειά της. Στην Εικόνα 38 παρουσιάζεται ο χάρτης του ετήσιου ηλιακού δυναμικού της Ελλάδας, συμπεριλαμβανομένης και της ποσότητας της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε κάθε περιοχή.



Εικόνα 38: Χάρτης ηλιακού δυναμικού της Ελλάδας (πηγή: *Laboratory of Atmospheric Physics of the University of Patras, atmosphere-upatras.gr*)

Είναι προφανές, πως δεν μπορεί να καλυφθεί το σύνολο της επιφάνειας της Ελλάδας με φωτοβολταϊκά πάνελ. Υπάρχουν περιορισμοί που αφορούν κυρίως την κλίση του εδάφους σε ορισμένες περιοχές (απότομες πλαγιές, βουνά κλπ), οι οποίοι μας οδηγούν σε μία τελική διαθέσιμη αξιοποιήσιμη επιφάνεια, η οποία απεικονίζεται παρακάτω, στην Εικόνα 39.



Εικόνα 39: Κατάλληλες εκτάσεις για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου (πηγή: Εκτίμηση και ανάλυση του ηλιακού δυναμικού στον Ελλαδικό χώρο με χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών - Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, estia.hua.gr)

Φαίνεται, λοιπόν, πως περίπου το 50 % της συνολικής χερσαίας επιφάνειας έχει αποκλειστεί, μόνο από το κριτήριο της γεωγραφικής κλίσης. Έτσι, είναι εύλογο να υποθέσουμε πως, συνολικά, ένα ποσοστό της τάξης του 20 ÷ 25 % είναι πλήρως διαθέσιμο για αξιοποίηση, αν αναλογιστεί κανείς και άλλους περιορισμούς που υπάρχουν, όπως για παράδειγμα η αδυναμία εγκατάστασης Φ/β πάρκου σε διάφορες περιοχές, όπως για παράδειγμα περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας, μνημεία και αρχαιολογικοί χώροι, πολυσύχναστοι οικισμοί και αρκετές ακόμα.

Η συνολική χερσαία γεωγραφική έκταση της χώρας ανέρχεται στα περίπου 132.049 km², με ένα ποσοστό της τάξης του 0,87 % να αποτελεί υδάτινες περιοχές. Προκύπτει έτσι, με βάση όλα τα παραπάνω, μία τελική αξιοποιήσιμη για φωτοβολταϊκά έκταση περίπου 4.291,5 km². Με προσεγγιστικό τρόπο, μπορούμε να διαπιστώσουμε πως το 24 % της συνολικής διαθέσιμης έκτασης (δηλαδή 1.030 km²) αποτελούν περιοχές υψηλού ηλιακού δυναμικού (2.000 kWh/m²), το 70 % (δηλαδή 3.004,1 km²) αποτελούν περιοχές μεσαίου προς υψηλού ηλιακού δυναμικού (1.700

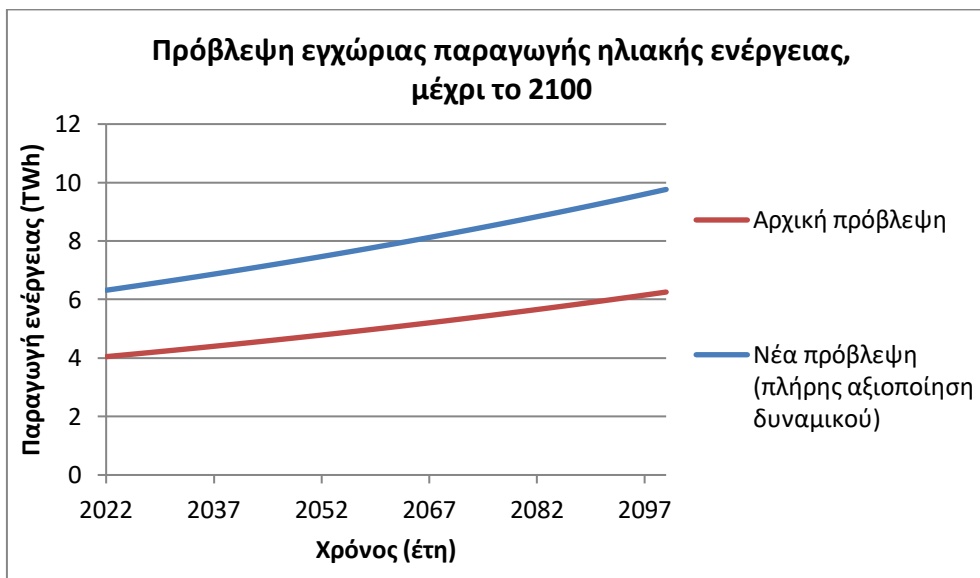
kWh/m²) και το υπόλοιπο 6 % (δηλαδή 257,5 km²) διαμορφώνεται από περιοχές σχετικά χαμηλού ηλιακού δυναμικού (1.500 kWh/m²).

Αξίζει να σημειωθεί πως το μέσο ετήσιο ηλιακό δυναμικό της χώρας μας ανέρχεται σε περίπου 1.600 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο. Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς διαπιστώνουμε πως η συνολική ηλιακή ενέργεια που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, στην περίπτωση που αξιοποιούσαμε πλήρως το διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό της χώρας, έχοντας λάβει υπόψη και τις απώλειες των φωτοβολταϊκών, θα ήταν περίπου 8 TWh. Το έτος 2019 αξιοποιήθηκαν μόλις 3,98 TWh ηλιακής ακτινοβολίας, οπότε φαίνεται ξεκάθαρα το περιθώριο βελτίωσης αυτού του αριθμού και άρα της ακόμα μεγαλύτερης διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας στο ευρύτερο ενεργειακό μίγμα της χώρας μελλοντικά, με περιθώριο αύξησης της συνεισφοράς περίπου 40 %.

Με τρόπους αύξησης της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων το νούμερο αυτό θα μπορούσε να αυξηθεί ακόμα περισσότερο.

Νέες τεχνολογίες που αφορούν στην χρήση μονοκρυσταλλικών πάνελ μεγαλύτερης ισχύος, η μεγαλύτερη διείσδυση πάνελ διπλής όψευς (αύξηση έως και + 25 % στην απόδοση) στην αγορά, η ένταξη των Half Cells (κομμένα στην μέση ηλιακά στοιχεία/κύτταρα) στις εγκαταστάσεις Φ/β πάρκων που παρουσιάζουν φαινόμενα σκίασης και έντονης φθοράς, καθώς και η επένδυση σε νέες τεχνολογίες νανοδιατάξεων μπορούν να επιφέρουν αύξηση της συνολικής απόδοσης των φωτοβολταϊκών έως και 20 %. Τέλος, σημαντική συμβολή στην αύξηση της απόδοσης αυτής αποτελούν και οι συχνοί και αποτελεσματικοί καθαρισμοί των εγκαταστάσεων, με ποσοστά που προσεγγίζουν τιμές έως και +7 %.

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω, στο Σχήμα 52 απεικονίζεται σε ένα συγκριτικό διάγραμμα τόσο η αρχική προβλεπόμενη αύξηση της εγχώριας παραγωγής ενέργειας με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και μεθόδων αύξησης της απόδοσης, όσο και η πρόβλεψη συμπεριλαμβανομένης και της πλήρους αξιοποίησης του ηλιακού δυναμικού της χώρας.



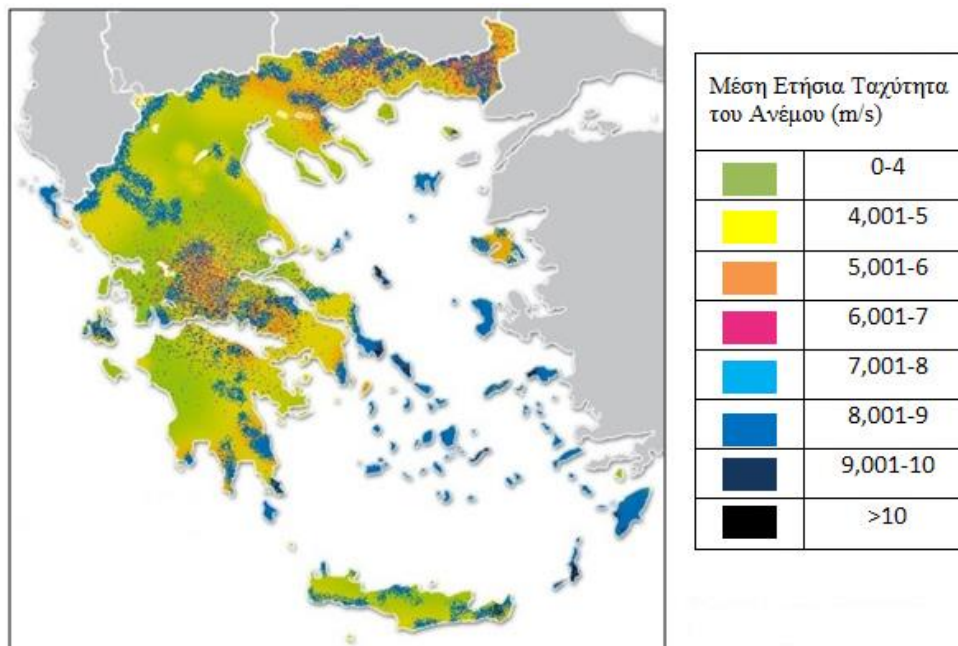
Σχήμα 52: Πρόβλεψη μελλοντικής εγχώριας παραγωγής ηλιακής ενέργειας, με χρήση νέων τεχνολογιών αύξησης της απόδοσης, με πλήρη αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού και μη (μέχρι και το 2100)

Φαίνεται, λοιπόν, πως οι νέες τεχνολογίες είναι το κλειδί για την αύξηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Με βάση αυτή, προβλέπεται μία σημαντική ραγδαία αύξηση της παραγωγής ενέργειας με την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας (κόκκινη καμπύλη), η οποία έχει τις δυνατότητες να αυξηθεί ακόμα περισσότερο, στην περίπτωση που λάβουμε υπόψη και το ενδεχόμενο μίας πλήρους αξιοποίησης του ηλιακού δυναμικού που υφίσταται στην χώρα μας (μπλε καμπύλη), μέση αύξηση της τάξης των 2,8 TWh.

Αιολική Ενέργεια

Στην περίπτωση της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, πρωταρχικό παράγοντα διαδραματίζει η ταχύτητα του ανέμου. Η ένταση των μορίων του αέρα είναι αυτή που επιδρά στις αιολικές μηχανές (ή ανεμογεννήτριες), κινώντας στη συνέχεια τους έλικές τους, με αποτέλεσμα να παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Η Ελλάδα, και κυρίως οι περιοχές του Αιγαίου, αποτελούν γεωγραφικές εκτάσεις που εμφανίζουν πολύ υψηλά επίπεδα αιολικού δυναμικού, ακόμα και για τα παγκόσμια δεδομένα, λόγω του εύκρατου κλίματος που επικρατεί στις περιοχές αυτές (έντονη ηλιοφάνεια κλπ). Υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν πως το μέσο ετήσιο αιολικό δυναμικό της χώρας μας ανέρχεται σε περίπου 11 m/s, αριθμός που, σε πρακτικό και τεχνικά αξιοποιήσιμο επίπεδο, μειώνεται αρκετά, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Στην Εικόνα 40 φαίνεται ο χάρτης του μέσου αιολικού δυναμικού της Ελλάδας, συμπεριλαμβανομένων και των ταχυτήτων του ανέμου για την κάθε γεωγραφική περιοχή.



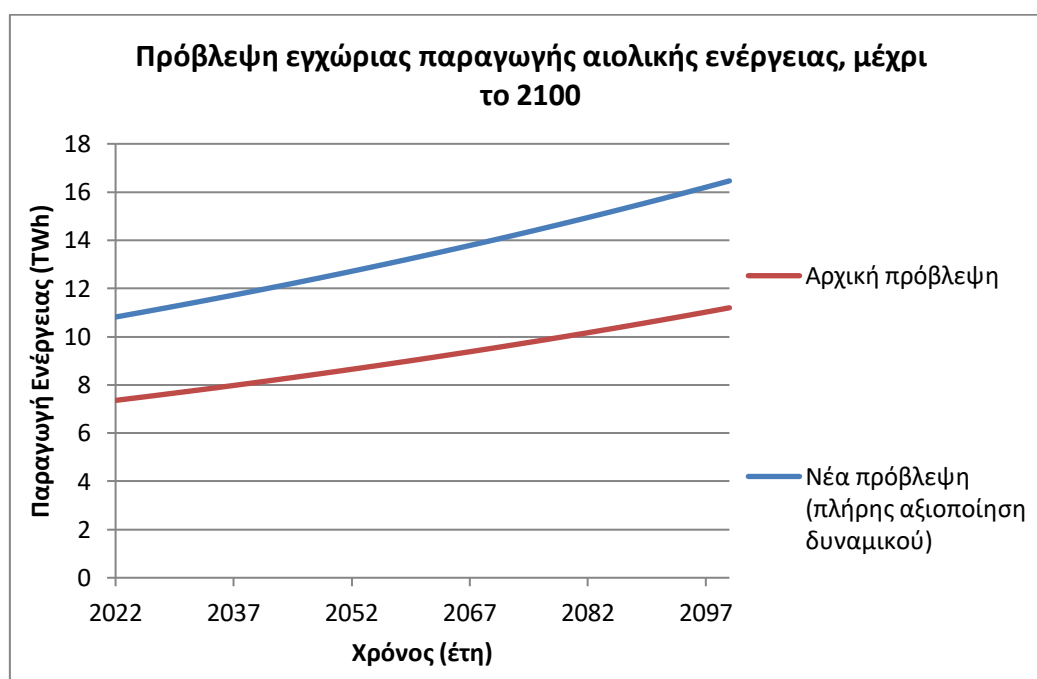
Εικόνα 40: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας (πηγή: *Energy Project – Energy Management Applications – Μικρά Αιολικά*, energyproject.gr)

Με βάση τα δεδομένα του παραπάνω αιολικού χάρτη της Ελλάδας και έπειτα από μία μεθοδολογία που χρησιμοποιεί την κατανομή Weibull και τον υπολογισμό των απαραίτητων παραμετρικών συντελεστών k και C , προσεγγίστηκε ένα μέσο αιολικό δυναμικό στην ηπειρωτική περιοχή της χώρας, της τάξης των $4,5 \text{ m/s}$, με έναν συντελεστή k που ισούται με 2 , ενώ οι αντίστοιχες τιμές της μέσης ταχύτητας του ανέμου για την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου και των υπόλοιπων νησιωτικών περιοχών έφτασαν στα $6,5 \text{ m/s}$ κατά μέσο όρο, με τον ίδιο συντελεστή k να προσεγγίζει περίπου την τιμή 3 . Τέλος, ο συντελεστής κλίμακας C υπολογίστηκε ως περίπου $5,5$ για την ηπειρωτική Ελλάδα, ενώ περίπου 8 , όσον αφορά στο ευρύτερο νησιωτικό τμήμα της.

Με κάποιους υπολογισμούς αλλά και με τιμές της βιβλιογραφίας, υπολογίζεται ένα συνολικό εκμεταλλεύσιμο ετήσιο αιολικό δυναμικό της τάξης των 12.000 MW κατά μέσο όρο, κάτι που αντιστοιχεί σε $26,28 \text{ TWh}$ περίπου, η οποία λαμβάνοντας υπόψη και έναν μέσο τυπικό βαθμό απόδοσης για την λειτουργία των ανεμογεννητριών στις περιοχές αυτές, προσεγγίζει περίπου τις 14 TWh . Αξίζει να σημειωθεί πως το έτος 2019 , η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς της χώρας έφτανε περίπου στα 3.400 MW , δηλαδή περίπου $7,45 \text{ TWh}$. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, πως η ανάπτυξη αιολικών πάρκων στην χώρα μας, αν και αρκετά σημαντική, δεν προχωράει με ρυθμούς ανάλογους του πολύ υψηλού δυναμικού της. Υπάρχει, μάλιστα, ένα περιθώριο ανάπτυξης της εγχώριας παραγωγής ενέργειας από αιολικά πάρκα που προσεγγίζει ακόμα και το 45% , εάν λάβει κανείς υπόψη του και τις δυσκολίες που υπάρχουν στην πραγματικότητα, σε ό, τι αφορά στην εγκατάσταση αιολικών

πάρκων σε ορισμένες περιοχές (ακατάλληλη γεωγραφία, προστατευόμενες περιβαλλοντικές εκτάσεις κλπ). Αναφορά θα πρέπει να γίνει και στις νέες τεχνολογίες και καινοτομίες που ενδέχεται να εφαρμοστούν, προκειμένου να αυξηθεί η αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών, καινοτομίες όπως η χρήση ενισχυμένων υλικών, βελτιωμένων αεροδυναμικών σχεδίων και αρκετές ακόμα.

Στο Σχήμα 53 απεικονίζεται σε διάγραμμα η αρχική πρόβλεψη της εξέλιξης της μεταβολής της εγχώριας παραγωγής αιολικής ενέργειας, καθώς και η σύγκρισή της με την νέα πρόβλεψη, η οποία λαμβάνει υπόψη της την μέγιστη αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας, καθώς και την εφαρμογή διαφόρων τεχνολογιών αύξησης της αποδοτικότητας των ανεμογεννητριών.



Σχήμα 53: Πρόβλεψη μεταβολής της εγχώριας παραγωγής αιολικής ενέργειας, με και χωρίς την μέγιστη αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας (μέχρι και το έτος 2100)

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα, πώς μπορεί να μεταβληθεί η εικόνα της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής που προέρχεται από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, στην περίπτωση που αξιοποιηθεί πλήρως το αιολικό δυναμικό της χώρας (μπλε καμπύλη), σε αντίθεση με την αρχική πρόβλεψη, η οποία βασίζεται στην διαχρονική αυξητική εξέλιξη της ενεργειακής παραγωγής μέχρι και σήμερα (κόκκινη καμπύλη), μεταβολή με μέση αύξηση της τάξης των 4,3 TWh.

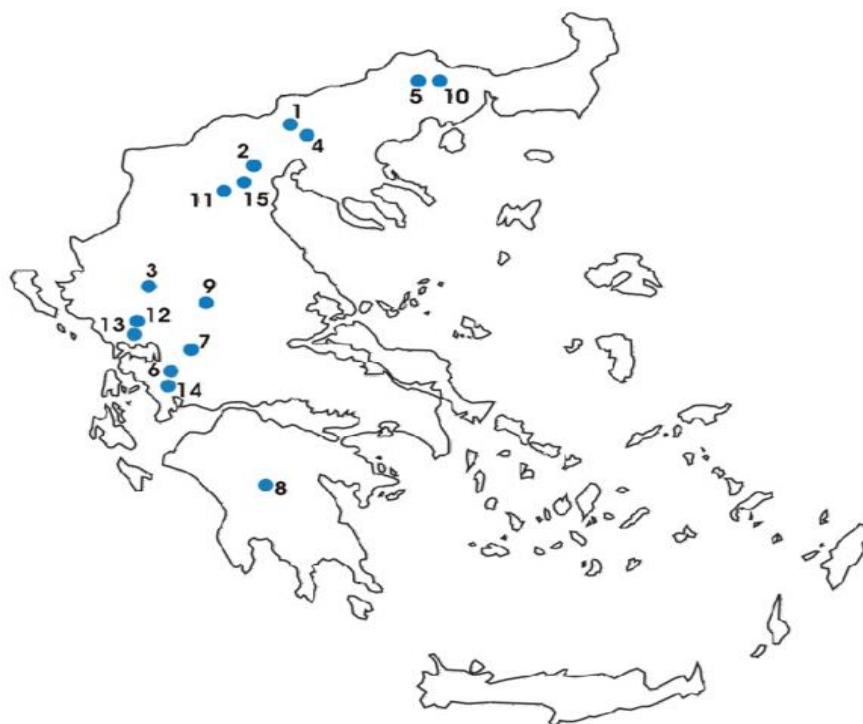
Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Σύμφωνα με το «Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα», εκτός από το χρονοδιάγραμμα απόσυρσης λιγνιτικών μονάδων και την αντικατάστασή τους από νέες θερμικές μονάδες φυσικού αερίου, συμπεριλαμβάνεται μεταξύ άλλων και η αύξηση της ισχύος που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σημαντικό μερίδιο στην αύξηση αυτή, προβλέπεται να αποτελέσει και η παραγωγή ενέργειας από το σύνολο των υδροηλεκτρικών σταθμών της χώρας. Μάλιστα, μέρος των νέων μονάδων που πρόκειται να ενταχθούν, αποτελούν οι μονάδες αντλησιοταμίευσης, στις περιοχές Αμάρι και Αμφιλοχία.

Σε ό, τι αφορά στην συνολική εγχώρια εγκατεστημένη ισχύ υδροηλεκτρικής ενέργειας, μπορούμε να πούμε ότι προσεγγιστικά ανέρχεται στα περίπου 3,2 GW. Σημαντική προϋπόθεση στην αύξηση της ισχύος αυτής, αποτελεί και η έρευνα γύρω από νέα συστήματα συσσωρευτών, δηλαδή συστήματα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, στον βαθμό που είναι αυτό δυνατό. Στην Εικόνα 41 απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή των μικρών υδροηλεκτρικών, ενώ στην Εικόνα 42 η κατανομή των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών της Ελλάδας.

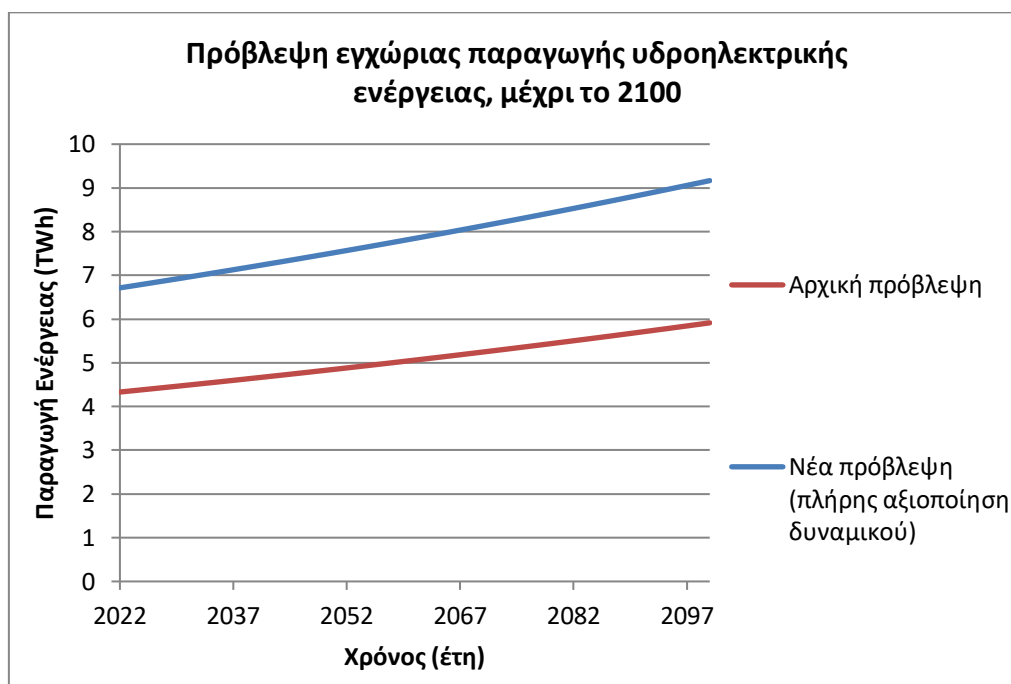


Εικόνα 41: Γεωγραφική κατανομή των μικρών ΥΗΕ της χώρας (πηγή: Καραμπατάκη Δήμητρα, Η συμβολή των υδροηλεκτρικών έργων στις πολλαπλές χρήσεις νερού: Η κατάσταση στην Ελλάδα)



Εικόνα 42: Γεωγραφική κατανομή των μεγάλων ΥΗΕ της χώρας (πηγή: Καραμπατάκη Δήμητρα, «Η συμβολή των υδροηλεκτρικών έργων στις πολλαπλές χρήσεις νερού: Η κατάσταση στην Ελλάδα»)

Με βάση τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, τα οποία διαφαίνονται και στις δύο παραπάνω εικόνες, είμαστε σε θέση να προσεγγίσουμε το συνολικό θεωρητικό υδροδυναμικό της χώρας μας, το οποίο ανέρχεται στις 80.000 GWh, εκ των οποίων οι 16.000 GWh μπορούν να θεωρηθούν τεχνικά εκμεταλλεύσιμες. Το συγκεκριμένο ποσό της ενεργειακής παραγωγής μπορεί να μεταφραστεί και σε 16 TWh, οι οποίες εάν λάβουμε υπόψη έναν μέσο τυπικό βαθμό απόδοσης της τάξης περίπου του 85 %, υποβιβάζονται σε 13,6 TWh. Εάν αυτές συγκριθούν με τις περίπου 4,3 TWh υδροηλεκτρικής ενέργειας που παράχθηκε εγχώρια κατά το έτος 2020 και, συμπεριλαμβάνοντας τα προβλήματα που υπάρχουν στην αξιοποίηση του εγχώριου υδάτινου δυναμικού, τα οποία αφορούν κυρίως την μη υποστήριξη έργων πολλαπλού σκοπού από το θεσμικό πλαίσιο, καθώς επίσης και την έλλειψη ρυθμίσεων για την χωροθέτηση ταμειυτηρίων, είναι εύλογο να θεωρήσουμε ότι υπάρχει ένα περιθώριο αύξησης της εγχώριας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, περίπου της τάξης του 55 %. Τεχνολογίες που αφορούν αποδοτικότερους υδροστροβίλους βρίσκονται υπό συνεχή έρευνα και ανάπτυξη και δεν θα πρέπει να θεωρείτε αμελητέα η οποιαδήποτε ενδεχόμενη συνεισφορά τους στην αύξηση της απόδοσης των υδροηλεκτρικών έργων! Έτσι, λοιπόν, και με βάση τα παραπάνω δεδομένα, στο Σχήμα 54 απεικονίζεται η σύγκριση της αρχικής πρόβλεψης της μεταβολής της εγχώριας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας με την νέα πρόβλεψη, η οποία συμπεριλαμβάνει το ενδεχόμενη πλήρους αξιοποίησης του εγχώριου υδροδυναμικού.



Σχήμα 54: Αρχική και νέα πρόβλεψη της μεταβολής της εγχώριας παραγόμενης υδροηλεκτρικής ενέργειας (μέχρι και το έτος 2100)

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα, διαπιστώνουμε πως η μεγαλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδροδυναμικού της χώρας μας μπορεί σαφέστατα να επιφέρει σημαντική αύξηση της εγχώριας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας (μπλε καμπύλη), σε σχέση με την αρχική προβλεπόμενη πορεία της (κόκκινη καμπύλη), για το χρονικό διάστημα μέχρι και το έτος 2100, μέση αύξηση της τάξης των 2,8 TWh. Είναι προφανές, πως δεν μπορούμε ρεαλιστικά να προσεγγίσουμε το 100 % της αξιοποίησης του διαθέσιμου δυναμικού σε καμία περίπτωση και για καμία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, λόγω πολλών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα τεχνικών δυσκολιών, θεσμικών πλαισίων και άλλων. Έτσι, εκτός της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης αξιοποίησης του εκάστοτε δυναμικού, θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια για έρευνα και εφαρμογή νέων τεχνολογιών και νέων μεθόδων, οι οποίες θα είναι σε θέση να προσφέρουν καλύτερα αποτελέσματα και μεγαλύτερα ποσά παραγόμενης ενέργειας.

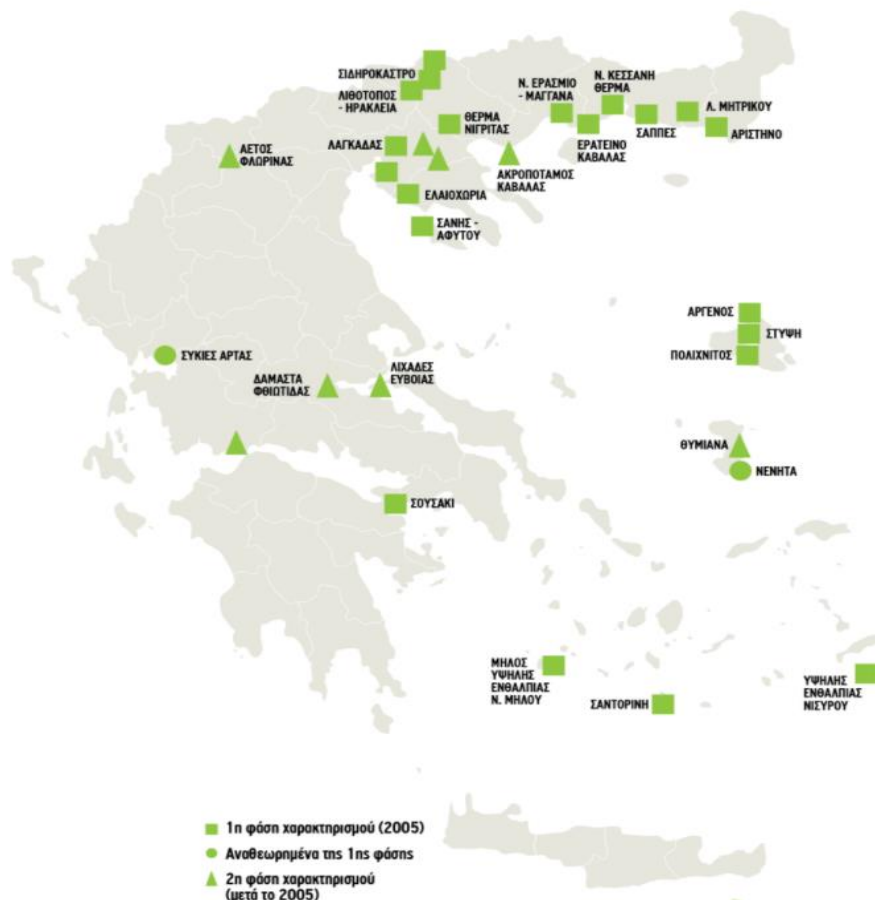
Γεωθερμία

Σε ό, τι αφορά στην συσχέτιση της γεωθερμίας με την εγχώρια παραγωγή ενέργειας στην χώρα μας, θα μας απασχολήσουν τα εξής:

- Γεωθερμικά πεδία υψηλής θερμοκρασίας (> 150 °C), τα οποία συναντώνται κυρίως στην Μήλο και στην Νίσυρο,

- Γεωθερμικά πεδία μέσω θερμοκρασιών ($90 \div 150 \text{ }^\circ\text{C}$), τα οποία εντοπίζονται κυρίως σε λεκάνες της Β. Ελλάδας, καθώς και σε πολλά μεγάλα νησιά του Κ. και Β. Αιγαίου,
- Γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας ($30 \div 90 \text{ }^\circ\text{C}$), τα οποία μπορούν να παρατηρηθούν κυρίως στην Β. και Κ. Ελλάδα, αλλά και σε πολλά νησιά του Αιγαίου και
- Γεωθερμικά πεδία αβαθούς γεωθερμίας ($< 30 \text{ }^\circ\text{C}$), που ουσιαστικά υπάρχουν οπουδήποτε.

Όσον αφορά στην χρησιμότητα των παραπάνω γεωθερμικών πεδίων, τα πεδία υψηλής και μέσης θερμοκρασίας είναι ικανά να αξιοποιηθούν, τόσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και για διάφορες άλλες άμεσες θερμικές χρήσεις, ενώ τα πεδία χαμηλής θερμοκρασίας και αβαθούς γεωθερμίας χρησιμοποιούνται, κατά κύριο λόγο, σε εφαρμογές θέρμανσης, δροσισμού και παροχής ζεστού νερού. Στην Εικόνα 43 παρουσιάζεται ο χάρτης των εγχώριων περιοχών που παρουσιάζουν έντονο γεωθερμικό ενδιαφέρον.



Εικόνα 43: Γεωθερμικός χάρτης της Ελλάδας (πηγή: Μαρία Παπαχρήστου, Αντώνης Ανδρονικάκης, *graiethros.gr*)

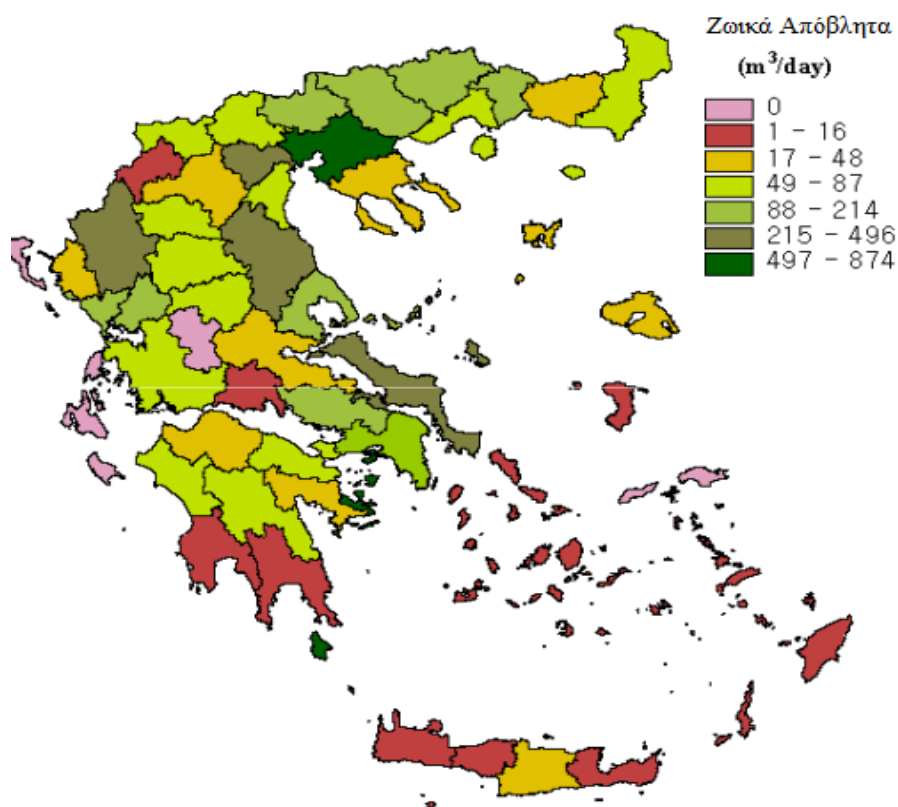
Προκειμένου να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι περιοχές του παραπάνω χάρτη (Εικόνα 43), αλλά και να διερευνηθούν λεπτομερώς νέες υποσχόμενες περιοχές θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην πλήρη αξιοποίηση των λεκανών της Μακεδονίας και της Θράκης, καθώς και στην εκμετάλλευση της υψηλής θερμικής ροής που παρατηρείται στα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου. Ακόμα, περιοχές όπως η Σαντορίνη και οι Σέρρες, πρέπει να ερευνηθούν σημαντικά, διότι είναι γεωθερμικά υποσχόμενες περιοχές με πιθανολογούμενες θερμοκρασίες θερμικών φορτίων της τάξης των 80 °C και πάνω. Η Λήμνος, η Μυτιλήνη και η Θεσσαλία αποτελούν επίσης περιοχές με έντονο ενδιαφέρον, μικρότερων ωστόσο θερμοκρασιών. Επιπλέον, θα πρέπει να δοθούν οικονομικά και φορολογικά κίνητρα σε ιδιώτες, προκειμένου να δρομολογηθεί η ευρύτερη εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε κατοικίες και επιχειρήσεις.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως περίπου το 18 % της συνολικής θερμικής ισχύος έχει την δυνατότητα να συμβάλλει στην παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με το υπόλοιπο ποσοστό θερμικού φορτίου να είναι σε θέση να αξιοποιηθεί σε διάφορους άλλους τομείς, όπως για παράδειγμα στις αγροτικές και αγροτοβιομηχανικές διαδικασίες. Εάν λάβουμε υπόψη πως τα γεωθερμικά πεδία υψηλών θερμοκρασιών είναι σε θέση να παραγάγουν περίπου 28 GWh ηλεκτρικής ενέργειας και 21 MWt υπολειπόμενης θερμικής ισχύος, μπορούμε να αντιληφθούμε πόσο σημαντικές μπορούν να γίνουν οι περιοχές αυτές, τόσο στην εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή όσο και στην κάλυψη ενέργειας γενικότερα, με την δυνατότητα να θερμάνουν θερμοκήπια, φυτείες, ιχθυοκαλλιέργειών και άλλα [43].

Δυστυχώς, τα παραδείγματα αξιοποίησης της γεωθερμίας εντός των ελληνικών συνόρων είναι πολύ λίγα. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η Ξάνθη (πεδίο της Κεσσάνης) που χρησιμοποιείται κυρίως για την θέρμανση και την αποξήρανση αγροτικών προϊόντων, καθώς και η περίπτωση εταιρείας στα Θερμά Νιγρίτας, όπου και πραγματοποιείται μία προοδευτική προσπάθεια στις αγροτικές καλλιέργειες και, πιο συγκεκριμένα, στην καλλιέργεια σπιρουλίνας και σπαραγγιών. Προσεγγιστικά, λοιπόν, το σύνολο των γεωθερμικών πεδίων της Μήλου (200 MWe) και της Νισύρου (50 MWe), τα οποία είναι πεδία υψηλών θερμοκρασιών, όπως επίσης και οι γεωθερμικές περιοχές της Κ. Μακεδονίας, Θράκης, Πολιχνίτου, Λιθότοπου και Ερατεινού, οι οποίες παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες, καθώς και το σύνολο των υπόλοιπων πιθανών σημαντικών γεωθερμικών πεδίων της χώρας μάς οδηγούν στο συμπέρασμα πως μπορούμε να προσεγγίσουμε συνολικά ένα ποσό ενέργειας της τάξης των 600 περίπου MW, κάτι που μεταφράζεται σε 1.314.000 MWh και άρα σε περίπου 1,31 TWh ενέργειας, ετησίως, θεωρητικά [47]!

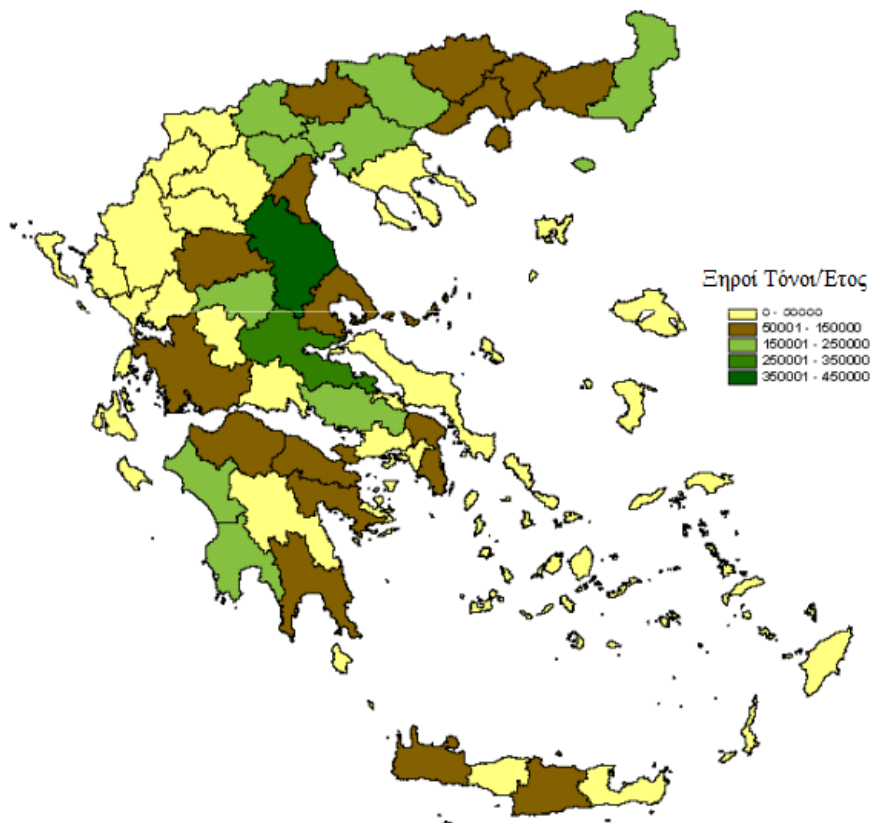
Βιομάζα – Βιοκαύσιμα

Μιλώντας κανείς για την αξιοποίηση της βιομάζας, θα πρέπει να αναφερθεί σε αρκετές παραμέτρους. Αρχικά, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το δυναμικό της βιομάζας (σε m^3 /ημέρα), που προέρχεται από ζωικά απόβλητα, το οποίο λαμβάνει μέρος στην παραγωγή βιοαερίων και παρουσιάζεται στην Εικόνα 44.



Εικόνα 44: Δυναμικό ζωικών αποβλήτων (πηγή: Μυρσίνη Χρήστου, ΚΑΠΕ – Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα, *iene.gr*, [33])

Αξίζει να αναφερθεί πως η πλειοψηφία των χοιροστασίων που συμβάλλουν στο παραπάνω δυναμικό είναι καταναμεμημένα σε όλη την Ελλάδα, ενώ τα βουστάσια εντοπίζονται κυρίως στις βόρειες περιοχές της χώρας [30]. Στη συνέχεια, εξέχουσας σημασίας στην διαμόρφωση του συνόλου της συνολικής διαθέσιμης βιομάζας της χώρας, είναι και το σύνολο των γεωργικών υπολειμμάτων, η διαθεσιμότητα των οποίων απεικονίζεται στη Εικόνα 45.



Εικόνα 45: Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων (πηγή: Μυρσίνη Χρήστου, ΚΑΠΕ – Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα, *iene.gr*, [33])

Η πλειοψηφία των γεωργικών υπολειμμάτων αφορά κυρίως άχυρα σιτηρών, υπολείμματα βαμβακοκαλλιεργειών, κλαδοδέματα και πυρηνόξυλα. Το θεωρητικά συνολικό δυναμικό ανέρχεται περίπου στους 9,5 εκατομμύρια τόνους ξηρής ουσίας κάθε χρόνο, ενώ το αντίστοιχο τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό υπολογίζεται περίπου στους 3,7 εκατομμύρια τόνους, κάτι που αντιστοιχεί σε 99 PJ ενέργειας ή 19 TWh, ετησίως (λαμβάνοντας υπόψη και τις μέσες τυπικές απώλειες ενέργειας που εμφανίζουν οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις). Αξίζει να σημειωθεί πως η συνολική παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών της Ελλάδας, με κύριους πρωταγωνιστές το καλάμι, την αγριαγκινάρα, τον ευκάλυπτο και άλλα, προσεγγίζει τους 16 περίπου εκατομμύρια τόνους ξηρής ουσίας, ετησίως ανά στρέμμα [33].

Είναι σαφές πως γίνεται σημαντική προσπάθεια σε ό, τι αφορά στην εκμετάλλευση φυτικών πηγών, όπως για παράδειγμα τα φυτικά έλαια, τον ηλιάνθο και τον τοματόσπορο, για την παραγωγή βιοντίζελ (148.000 τόνοι το 2010), καθώς επίσης και για την εγχώρια παραγωγή βιοαιθανόλης (390.000 τόνοι το 2010), για την οποία χρησιμοποιούνται πηγές, όπως οι σπόροι των σιτηρών, το καλαμπόκι, τα σακχαρότευτλα και άλλα [33].

Τέλος, είναι δυνατόν να επιτευχθούν ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις, αξιοποιώντας, τόσο **νέες τεχνολογίες**, όπως για παράδειγμα σύγχρονους λέβητες στερεάς

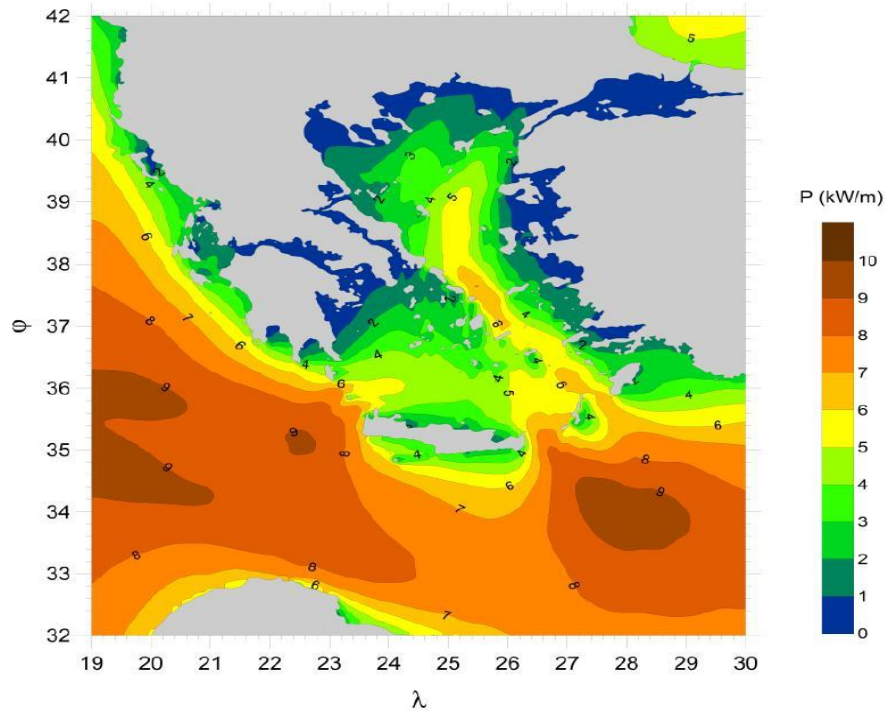
βιομάζας με πολύ μεγάλη απόδοση αλλά και νέους πιο αποδοτικούς τρόπους καύσης και αξιοποίησης της βιομάζας, όσο και την **συμπαραγωγή**, την ταυτόχρονη δηλαδή παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια πηγή. Αυτή η διαδικασία μας επιτρέπει να εκμεταλλευόμαστε, τόσο την ηλεκτρική ισχύ που παράγεται όσο και την θερμική ενέργεια που εκλύεται καθ' όλη την διεργασία, σε διάφορους τομείς, όπως για παράδειγμα στην θέρμανση του εκάστοτε χώρου, ενέργεια που υπό άλλες συνθήκες θα επιρριπτόταν στο περιβάλλον ως ενεργειακή απώλεια. Σημαντική εφαρμογή της συμπαραγωγής συναντάται σε μεγάλο αριθμό ατμοηλεκτρικών σταθμών και άλλων σταθμών παραγωγής ενέργειας.

Θαλάσσια Ενέργεια

Δυστυχώς, η Ελλάδα είναι μια χώρα που παραμένει πολύ πίσω σε εφαρμογές και εγκαταστάσεις αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας, ειδικά σε σχέση με το αρκετά υποσχόμενο κυματικό δυναμικό που διαθέτει. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι κυρίως τα πολύ υψηλά κόστη των εγκαταστάσεων αυτών, αλλά και η επίδραση που μπορεί να έχουν στα τοπικά οικοσυστήματα, στα οποία εγκαθίστανται [36]. Η προβλεψιμότητα που διακατέχει την συμπεριφορά της παλίρροιας της εκάστοτε περιοχής κάνει την παλίρροιακή ενέργεια, ίσως την μόνη πολύ ενδιαφέρουσα σε ό, τι αφορά στην εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας. Σε εθνικό επίπεδο, οι περιοχές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι η Νότια Εύβοια και η Ανατολική Στερεά Ελλάδα, από το ρεύμα του Ευρίπου.

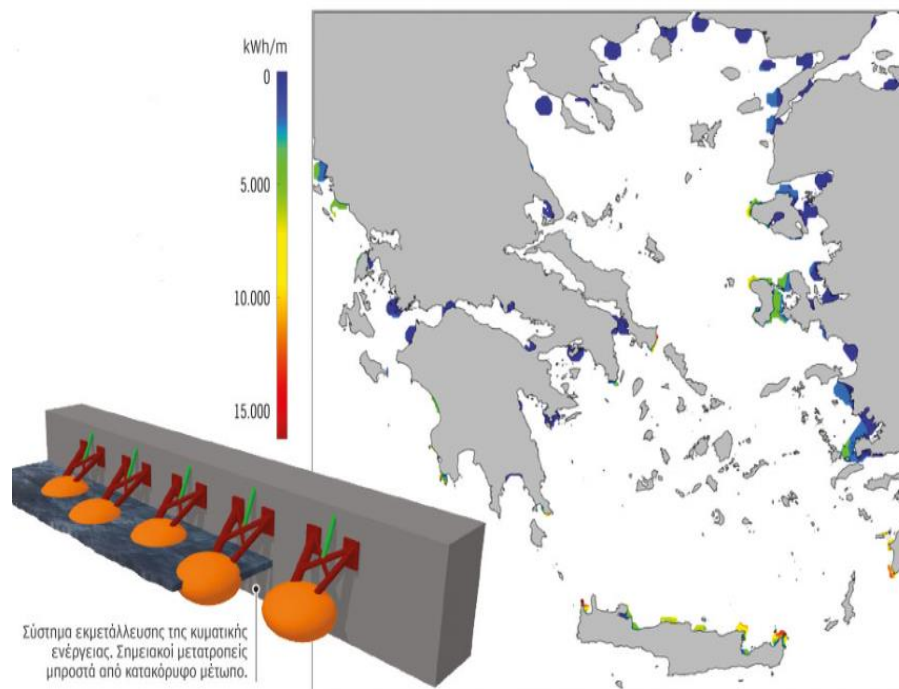
Μία καινοτόμα προσέγγιση είναι η εγκατάσταση υποθαλάσσιων τουρμπινών, οι οποίες μάλιστα μπορούν να είναι πολύ μικρότερες σε διάμετρο από τις ανεμογεννήτριες, προκειμένου να παραγάγουν ίδια ποσά ενέργειας με αυτές. Αυτό συμβαίνει λόγω της πολύ υψηλής πυκνότητας του νερού, έναντι αυτής του αέρα (800 φορές μεγαλύτερη). Σημαντική εναλλακτική, όσον αφορά στις μεθόδους αξιοποίησης της εγχώριας θαλάσσιας ενέργειας αποτελεί και η δημιουργία υβριδικών υπεράκτιων αιολικών πάρκων, μία διαδικασία που, δυστυχώς, δρομολογείται στην Ελλάδα με πολύ χαμηλούς ρυθμούς, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους μεταφοράς της ενέργειας, καθώς και του κόστους των εγκαταστάσεων, αυτών καθαυτές.

Προκειμένου να προσεγγιστεί το κυματικό δυναμικό της χώρας μας θα πρέπει να συμπεριληφθούν ορισμένες παράμετροι, όπως για παράδειγμα ο μέσος όρος ύψους κύματος, η περίοδος για την οποία πραγματοποιείται η εκάστοτε μελέτη (εποχή του χρόνου), καθώς επίσης και διάφορες άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας και η ένταση του ανέμου. Στην Εικόνα 46 παρουσιάζεται το μέσο ετήσιο εγχώριο δυναμικό των ελληνικών θαλασσών.



Εικόνα 46: Μέσο ετήσιο κυματικό δυναμικό στις ελληνικές θάλασσες (πηγή: ΓΚΙΖΑΡΗ ΝΙΚΟΛ, Εκτίμηση κυματικού δυναμικού στις ελληνικές θάλασσες, [8])

Στην Εικόνα 47 παρουσιάζεται ένας ακόμα χάρτης, στον οποίο απεικονίζονται τα διαθέσιμα ποσά ενέργειας που βρίσκονται διοχετευμένα στα εγχώρια ύδατα.



Εικόνα 47: Διαθέσιμη ενέργεια στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο (πηγή: Τασούλα Καραϊσκάκη, Καθημερινή – kathimerini.gr)

Στην παραπάνω Εικόνα 47 βλέπουμε την διαθέσιμη ενέργεια των ελληνικών παράκτιων περιοχών, καθώς και ένα σύστημα εκμετάλλευσης της κυματικής αυτής ενέργειας (σημειακοί μετατροπείς, οι οποίοι δημιουργούν μεγαλύτερα ύψη κυμάτων, μέσω ανάκλασής τους).

Με βάση, λοιπόν, όλες τις προαναφερθείσες παρατηρήσεις, καθώς και τα δεδομένα των παραπάνω χαρτών, προκύπτει ότι σε ετήσια βάση, η ισχύς των κυμάτων στο Β. Αιγαίο φτάνει τα 4 kW/m, ενώ στο κεντρικό Αιγαίο, μέχρι και το σύμπλεγμα των Κυκλάδων, μπορεί να προσεγγίσει μέχρι και τα 6 kW/m. Στο Ν.Δ. Αιγαίο η ισχύς που επικρατεί είναι ελαφρώς χαμηλότερη (4,5 kW/m), ενώ οι υψηλότερες τιμές κυματικής ισχύος εμφανίζονται, τόσο στο στενό Καρπάθου – Ρόδου (6 kW/m) όσο και στα στενά μεταξύ Κρήτης – Κυθήρων και Κρήτης – Κάσου, με τιμές της τάξης των 7 kW/m. Το Ιόνιο πέλαγος κυμαίνεται περίπου σε τιμές της τάξης των 6 kW/m σε ετήσια βάση [37]. Οι τιμές αυτές, για μία χώρα όπως η Ελλάδα, θα μπορούσαν να καλύψουν τοπικές ανάγκες σε παραθαλάσσιες περιοχές, με διεθνείς βιβλιογραφικές πηγές να υποστηρίζουν πως, με βάση την διαθέσιμη και τεχνικά αξιοποιήσιμη κυματική ενέργεια στα νησιά του Αιγαίου, θα μπορούσε να ικανοποιηθεί το 80 % της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια! Ο χάρτης της Εικόνας 47, καθώς και ορισμένα αριθμητικά μοντέλα, μας οδηγούν στο συμπέρασμα να διαπιστώσουμε πως η συνολική ετήσια διαθέσιμη ενέργεια που προέρχεται από τους κυματισμούς, προσεγγίζει τις 208 MWh, για βάθη νερού έως 100 μέτρα και απόσταση από την ακτή έως 2 χιλιόμετρα, ενώ για αποστάσεις 6 και 10 χιλιόμετρα από την ακτή έχουμε τιμές που ανέρχονται στις 952 MWh και 4.638 MWh αντίστοιχα. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί πως η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην χώρα μας ανέρχεται στις 21.400 MWh, με σημαντικές προοπτικές αύξησης της ισχύος αυτής.

Συμπερασματικά, η μεγάλη ακτογραμμή της χώρας μας (περίπου 16.000 χιλιόμετρα), καθώς και το υψηλό αιολικό δυναμικό πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος, διαμορφώνουν ένα συνολικό τεχνικά εκμεταλλεύσιμο θαλάσσιο κυματικό δυναμικό, της τάξης των περίπου 7,5 TWh, σε ετήσια βάση, κάτι που μεταφράζεται σε τελική ενέργεια (μετά τις προσεγγιστικές ενδεχόμενες απώλειες) περίπου 3,75 TWh [8].

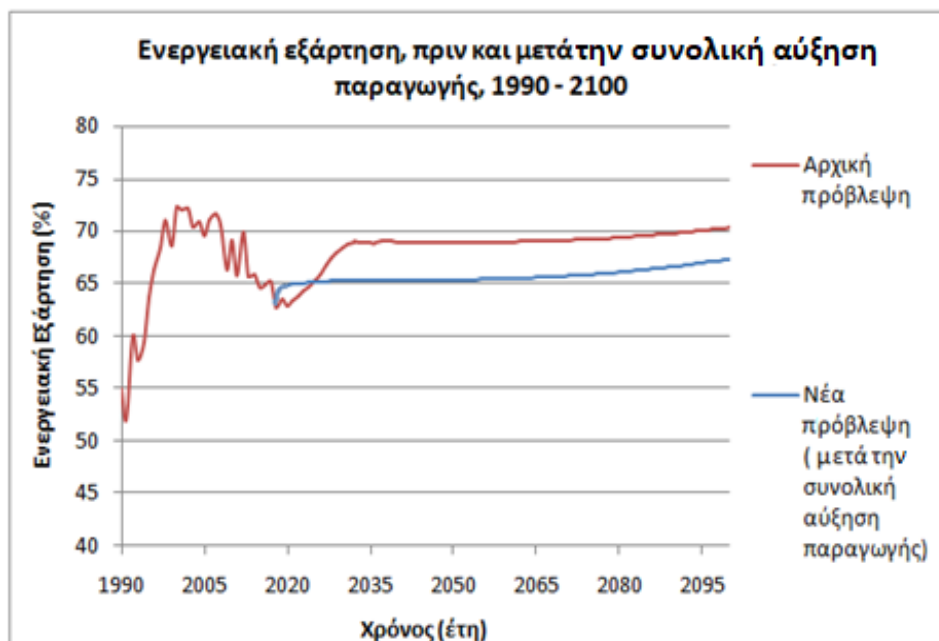
Για να καθιστούν, όμως, αυτές οι προοπτικές υλοποιήσιμες θα πρέπει αρχικά να ολοκληρωθεί ο θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός της χώρας, καθώς και να βρεθούν αποτελεσματικοί τρόποι αντιμετώπισης της διάβρωσης των εγκαταστάσεων που προκαλείται από το γύρω περιβάλλον. Τέλος, τα αιολικά πάρκα, μπορούν να αποτελέσουν ένα σχέδιο ενεργειακής αξιοπιστίας και οικονομικής βιωσιμότητας, αφού αξιοποιούν αγκυροβολημένες στον πυθμένα ανεμογεννήτριες σε μεγαλύτερα βάθη, όπου το αιολικό δυναμικό είναι σημαντικό

και, ταυτόχρονα, αποφεύγεται η τοπική ενόχληση από τις ακτές. Στην Εικόνα 48 απεικονίζεται ένα τέτοιο ενδεχόμενο αιολικό πάρκο.



Εικόνα 48: Αιολικό πάρκο στην Ολλανδία (πηγή: *Τασούλα Καραϊσκάκη, Καθημερινή – kathimerini.gr*)

Δυστυχώς, μέχρι στιγμής, οι συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα δεν έχουν επιτρέψει την κατασκευή ενός τέτοιου θαλάσσιου αιολικού πάρκου, με προβλήματα όπως ο ανολοκλήρωτος θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός και η ανομοιομορφία των πυθμένων της Μεσογείου να στέκονται εμπόδιο στην επίτευξη ενός τέτοιου μεγάλου έργου. Στην Β. Θάλασσα, ωστόσο, ο πυθμένας είναι σχεδόν επίπεδος σε βάθη έως 40 μέτρα και σε μεγάλες αποστάσεις από τις ακτές, κάτι που υποδηλώνει δυνατότητες εφαρμογής τέτοιων εγκαταστάσεων, με την κατάλληλη έρευνα και τον αποτελεσματικό σχεδιασμό. Στο Σχήμα 55 αποτυπώνεται η πορεία της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας μας, στην περίπτωση που εφαρμοστούν όλα τα προαναφερθέντα σενάρια αύξησης της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

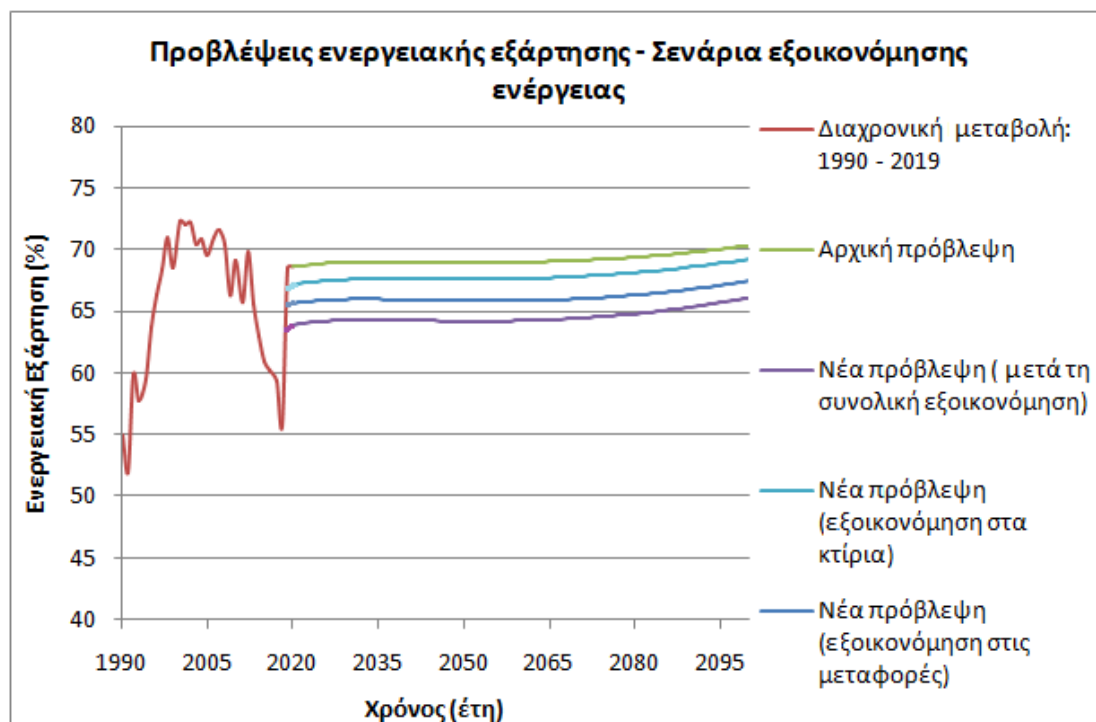


Σχήμα 55: Διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής εξάρτησης και προβλέψεις της μελλοντικής της πορείας, λόγω αύξησης της εγχώριας παραγωγής ενέργειας, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Από το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 55) μπορούμε να δούμε τον τρόπο, με τον οποίο η αύξηση της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από εγχώριες πηγές μπορεί να επιδράσει στην μείωση της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε μείωση της τάξης των 3 ποσοστιαίων μονάδων, κατά το τελικό έτος μελέτης, σε σχέση με την πρωταρχική μας πρόβλεψη, στην περίπτωση που εφαρμοστούν όλα τα παραπάνω σενάρια αύξησης της παραγωγής.

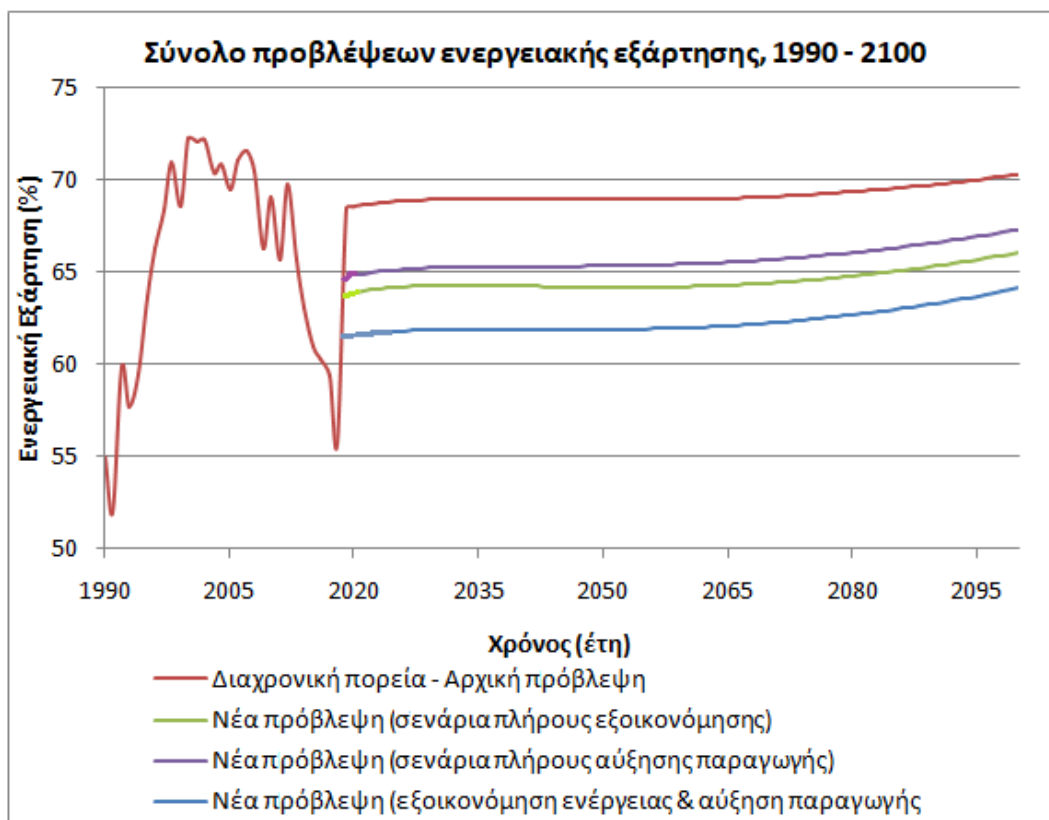
Συνολικά Αποτελέσματα

Στις προηγούμενες σελίδες παρουσιάστηκαν όλα τα πιθανά σενάρια, προκειμένου να αυξηθεί η ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας μας. Πρωταγωνίστησαν δύο τομείς, αυτός της εξοικονόμησης ενέργειας και άρα της μείωσης κατανάλωσης, αυτός της αύξησης της παραγωγής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών, καθώς και η περίπτωση που αυτά τα δύο σενάρια πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Στο Σχήμα 56 απεικονίζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης των διαφορετικών σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή εξάρτηση.



Σχήμα 56: Πορεία της ενεργειακής εξάρτησης για όλα τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Φαίνεται, λοιπόν, πως από τα δύο διαφορετικά σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας, αυτό της εξοικονόμησης των μεταφορών είναι λίγο πιο αποδοτικό, παραδίδοντας ελαφρώς χαμηλότερες τιμές ενεργειακής εξάρτησης, σε σχέση με το σενάριο της μείωσης των κτηριακών καταναλώσεων. Αυτό επαληθεύεται και από τις τιμές της εξάρτησης, κατά το τελικό έτος μελέτης, δηλαδή τιμές της τάξης του 67,4 %, (μείωση κατανάλωσης μεταφορών), έναντι του 69,2 % (εξοικονόμηση κτηριακών καταναλώσεων). Στη συνέχεια, στο Σχήμα 57, φαίνεται πώς η ενεργειακή εξάρτηση διαφοροποιείται από την αρχική πρόβλεψη, όσον αφορά στην εφαρμογή του κάθε συνολικού σεναρίου ξεχωριστά, αλλά και στον συνδυασμό και των δύο περιπτώσεων μείωσής της (δηλαδή συνδυασμός ενεργειακής εξοικονόμησης και αύξησης εγχώριας παραγωγής ταυτόχρονα).

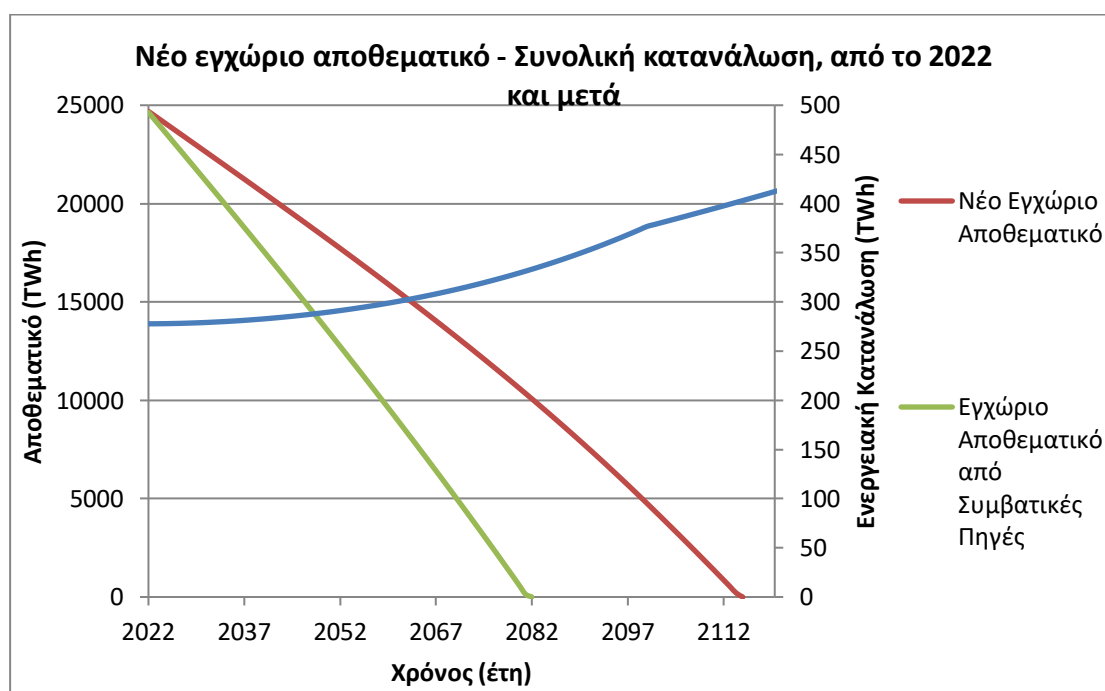


Σχήμα 57: Πορεία της ενεργειακής εξάρτησης, για όλες τις περιπτώσεις, 1990 – 2100 (αναφορά: *The World Bank, data.worldbank.org*)

Στο παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 57) φαίνονται αποτυπωμένα όλα τα αποτελέσματα της έρευνας που αναλύθηκε στις προηγούμενες ενότητες. Παρατηρείται ότι η αρχική πρόβλεψη που αφορούσε την ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας οδηγεί σε μία τελική τιμή της τάξης του 70,32 % (κόκκινη καμπύλη). Στη συνέχεια, φαίνεται η πορεία της εξάρτησης αυτής, στην περίπτωση που εφαρμοζόταν μόνο το σενάριο της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης μείωσης των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων, η οποία οδηγεί σε μία τελική τιμή της τάξης του 66,07 % (πράσινη καμπύλη). Επίσης, στην περίπτωση που εφαρμοστεί μόνο το σενάριο της αύξησης της παραγωγής ενέργειας από εγχώριες πηγές, διατηρώντας τις καταναλώσεις στα επίπεδα που αρχικά αναμένονταν, προκύπτει μία τελική τιμή της ενεργειακής εξάρτησης που προσεγγίζει το 67,32 % (μωβ καμπύλη). Τέλος, η μπλε καμπύλη απεικονίζει την μελλοντική πορεία της εξάρτησης της χώρας μας, στην περίπτωση που εφαρμοστούν και τα δύο σενάρια, δηλαδή και αυτό της μείωσης των καταναλώσεων αλλά και αυτό της αύξησης της παραγωγής από ΑΠΕ, κάτι που οδηγεί σε μία τελική τιμή της εξάρτησης που φτάνει το 64,14 %.

Παρατηρείται, λοιπόν, πως η αυξητική τάση της ενεργειακής εξάρτησης είναι κάτι που δεν μπορεί να αποφευχθεί. Γίνεται, ωστόσο, προσπάθεια προκειμένου να μειωθεί, όσο το δυνατόν περισσότερο η αυξητική πορεία της με τους τρόπους που περιγράφηκαν στις προηγούμενες σελίδες.

Πιο συγκεκριμένα, προέκυψε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας από μόνη της είναι σε θέση να επιφέρει μείωση της εξάρτησης κατά 4,25 μονάδες, ποσοστό αρκετά κοντινό με αυτό που θα διαμορφωνόταν, εάν εφαρμοζόταν μόνο το σενάριο της αύξησης παραγωγής της εγχώριας ενέργειας, δηλαδή οι 3 μονάδες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας είναι σε θέση να οδηγήσει σε ελαφρώς πιο σημαντικά θετικά αποτελέσματα, σε ό, τι αφορά στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, σε σχέση με την αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Έτσι, αυτό που έχει την μεγαλύτερη σημασία είναι ο συνδυασμός των δύο προαναφερθέντων σεναρίων, κάτι που είναι σε θέση να επιφέρει και την μεγαλύτερη μείωση του ποσοστού εξάρτησης, μείωση που αγγίζει τις 6,18 μονάδες. Στη συνέχεια, στο Σχήμα 58, απεικονίζεται και η νέα πορεία του συνολικού εγχώριου αποθεματικού, συμπεριλαμβανομένων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνάρτηση με την νέα μειωμένη κατανάλωση, μετά τις συνολικές εξοικονομήσεις.



Σχήμα 58: Νέα πρόβλεψη μελλοντικής πορείας των συνολικών εγχώριων αποθεμάτων, συναρτήσει της νέας συνολικής κατανάλωσης, από το 2022 και έπειτα

Από το παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 58) φαίνεται πως, εάν πραγματοποιηθεί μία νέα πρόσθετη πρόβλεψη της πορείας του εγχώριου αποθεματικού μετά την εξοικονόμηση ενέργειας και, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών, ο χρόνος ζωής των συνολικών εγχώριων αποθεμάτων είναι σε θέση να επιμηκυνθεί σημαντικά. Συγκρίνοντας κανείς το παραπάνω ενδεχόμενο με την πρόβλεψη που αποτυπώνεται στο Σχήμα 21 (βλέπε 2^ο Κεφάλαιο – Ενότητα 2.3.), μπορεί να διαπιστώσει πως στο θεωρητικό σενάριο που όλη η ενέργεια της χώρας

καλυπτόταν εξ' ολοκλήρου από τα εθνικά αποθέματα λιγνίτη και πετρελαίου (πράσινη καμπύλη), η διάρκεια ζωής των αποθεμάτων αυτών θα ήταν τα 60 χρόνια (δηλαδή μέχρι και το έτος 2082). Το διάστημα αυτό, στην περίπτωση που λάβουμε υπόψη τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που περιγράφηκαν στις προηγούμενες σελίδες, καθώς επίσης και την συνεισφορά του συνόλου των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μίγμα (κόκκινη καμπύλη), έχει την δυνατότητα να αυξηθεί κατά 33 επιπλέον χρόνια, δηλαδή μέχρι και το έτος 2115! Ωστόσο, όλες αυτές οι προβλέψεις, συντελούνται υπό την προϋπόθεση πως η Ελλάδα δεν εισάγει ενέργεια, αντιθέτως αξιοποιεί αποκλειστικά και μόνο τις δικές της δυνατότητες, προκειμένου να ικανοποιήσει όλες τις ενεργειακές της ανάγκες.

Συμπερασματικά, γίνεται σαφές το πόσο δύσκολο είναι σε ρεαλιστικό επίπεδο να αυξηθεί η ενεργειακή ανεξαρτησία μίας χώρας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως ακόμα και αν όλα αυτά τα μέτρα που προτάθηκαν στις προηγούμενες σελίδες εφαρμοστούν, συμπεριλαμβανομένων και των επενδύσεων πολλών εκατομμυρίων ευρώ που απαιτούνται για την υλοποίησή τους, είναι σε θέση να εξάγουν θετικά αποτελέσματα μεγέθους μόλις 9 μονάδων. Επομένως, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως είναι πάρα πολλές οι έρευνες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και οι προτάσεις που θα πρέπει να εφαρμοστούν, προκειμένου, όχι μόνο να μειωθεί η αύξηση της ενεργειακής εξάρτησης, αλλά να προκληθεί και μία φθίνουσα κλίση στην πορεία της, η οποία τελικά θα αποτυπώνει πολύ μεγάλες τιμές ανεξαρτησίας και, στην ιδανική περίπτωση, θα προσεγγίζει ακόμα και μηδενικές τιμές, κάτι που θα μεταφράζεται σε μελλοντική πλήρη ανεξαρτησία και ενεργειακή αυτάρκεια!

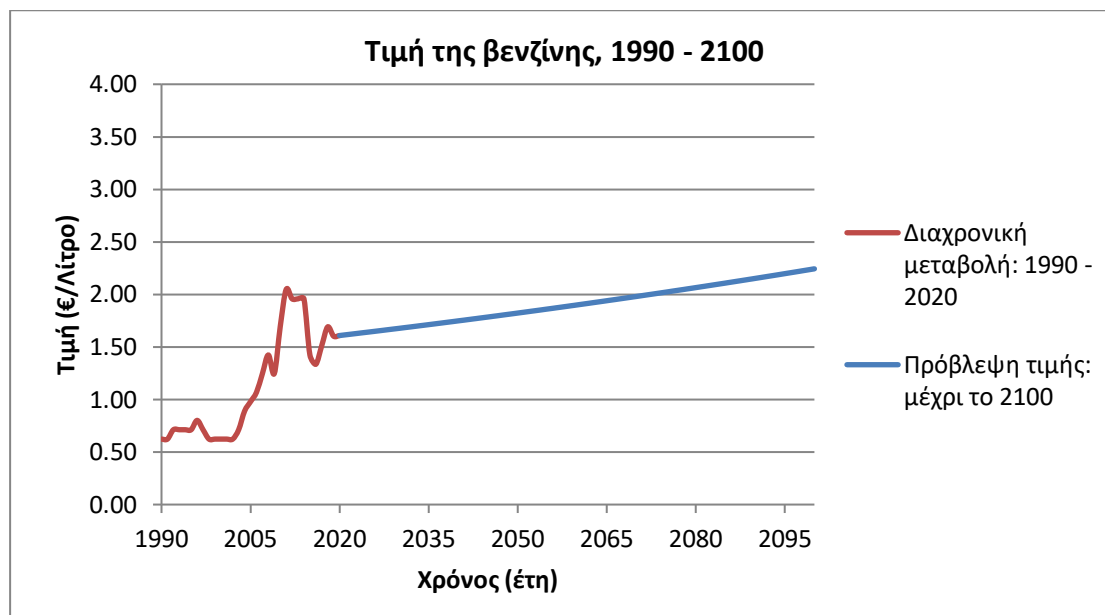
4.5. Οικονομία – Μελλοντικά Εγχειρήματα – Νέες Πιθανές Προοπτικές

Με την ολοκλήρωση της μελέτης που μας απασχόλησε στην παρούσα διπλωματική, είδαμε πόση προσπάθεια απαιτείται, προκειμένου να υπάρξει σημαντική αλλαγή σε θέματα, όπως η ενεργειακή ασφάλεια μιας χώρας, η μείωση της εξάρτησής της από τα υπόλοιπα κράτη, αλλά και η επίτευξη της ενεργειακής της αυτάρκειας. Καθίσταται, επομένως, σαφές πως η προσπάθεια δεν ολοκληρώνεται εδώ. Αντιθέτως, θα πρέπει να συνεχιστούν οι έρευνες, όσον αφορά στα μελλοντικά σχέδια και τις τεχνολογίες που βρίσκονται ακόμα σε πολύ πρώιμα στάδια, καθώς και να εξεταστούν αρκετά ακόμα σενάρια, τα οποία απαιτούν χρήματα, χρόνο και αποτελεσματική επιχειρηματική πολιτική.

Οικονομικά Στοιχεία

Η οικονομοτεχνική ανάλυση θα ξεκινήσει με μία διαγραμματική απεικόνιση της διαχρονικής μεταβολής της τιμής της βενζίνης μέχρι σήμερα, την οποία μεταβολή

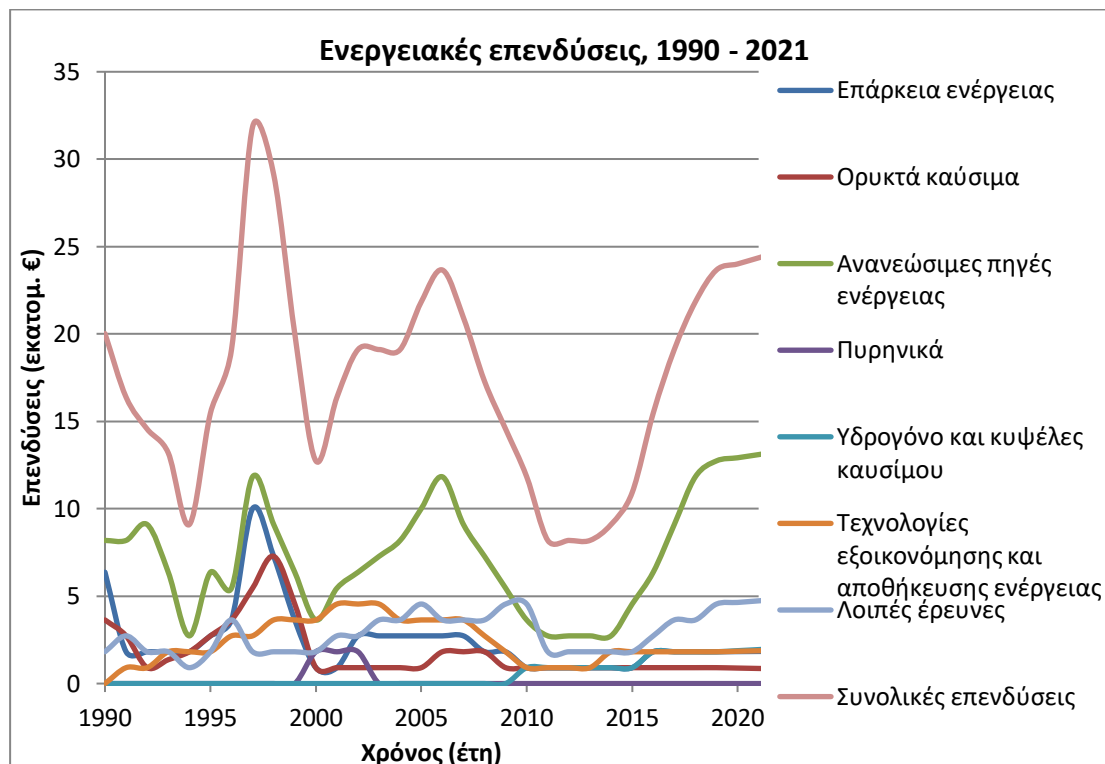
ακολουθεί και μία πρόβλεψη της ενδεχόμενης πορείας της για τα επόμενα χρόνια.
Τα αποτελέσματα αυτά αποτυπώνονται στο Σχήμα 59.



Σχήμα 59: Διαχρονική μεταβολή της τιμής της βενζίνης και πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας της, 1990 – 2100 (αναφορά: *IEA, iea.org*)

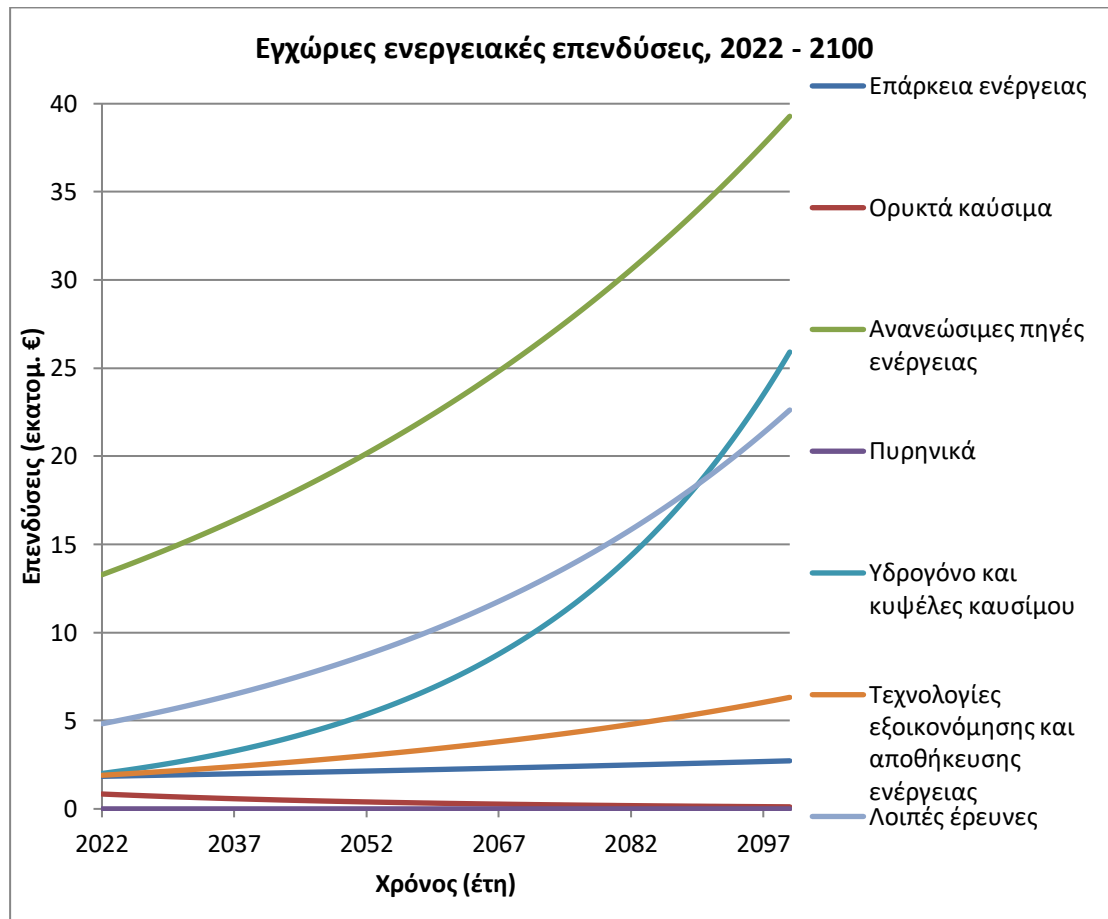
Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η διαχρονική μεταβολή της βενζίνης από το έτος 1990 μέχρι και σήμερα (κόκκινη καμπύλη), παρουσιάζει αρκετές διακυμάνσεις, αποτυπώνοντας ωστόσο μία μέση αυξητική τάση. Η ελάχιστη τιμή της εντοπίστηκε το έτος 1990 και τα έτη 1998 – 2002, η οποία έφτανε τα 0,62 ευρώ ανά λίτρο, ενώ η μέγιστη παρατηρήθηκε το έτος 2011, με μία τιμή που προσέγγισε τα 2,05 ευρώ ανά λίτρο αντίστοιχα, τιμή που τα επόμενα χρόνια μειώθηκε σταδιακά. Είναι προφανές πως η βενζίνη αποτελεί ένα αγαθό, το οποίο είναι αρκετά ευαίσθητο σε μία ενδεχόμενη μεταβολή, διότι πρόκειται για ένα προϊόν έντονα συνδεδεμένο, τόσο με τις παγκόσμιες ενεργειακές όσο και γεωπολιτικές εξελίξεις. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρήσουμε πως η πρόβλεψη που απεικονίζεται παραπάνω μπορεί πολύ εύκολα να μεταβληθεί στο προσεχές μέλλον και να μη θεωρηθεί απολύτως έγκυρη και δεδομένη.

Στη συνέχεια της οικονομικής έρευνας, έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι επενδύσεις που υφίστανται, από το παρελθόν μέχρι και σήμερα, στους διάφορους τομείς της ενεργειακής πραγματικότητας της χώρας μας, οι οποίες απεικονίζονται στο Σχήμα 60.



Σχήμα 60: Εγχώριες ενεργειακές επενδύσεις για έρευνα και ανάπτυξη, 1990 – 2021 (αναφορά: IEA, iea.org)

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα, καθίσταται σαφές πως οι επενδύσεις που αφορούν τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών αλλά και αποθήκευσης και εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζουν μία σχετικά αυξητική τάση, σε αντίθεση με αυτές που έχουν να κάνουν με ορυκτά καύσιμα. Αυτό δικαιολογείται, εάν αναλογιστεί κανείς την ενεργειακή στροφή που αναμένεται να κάνει η χώρα μας σε ό,τι αφορά στην πράσινη ενέργεια και την μείωση των ρυπογόνων εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Συνεχίζοντας, λοιπόν, στο ίδιο μοτίβο, το Σχήμα 61 παρουσιάζει μία πιθανή πρόβλεψη των εγχώριων ενεργειακών επενδύσεων για έρευνα και ανάπτυξη, για τα επόμενα χρόνια στους διάφορους τομείς. Η πρόβλεψη αυτή βασίστηκε στο ιστορικό των ενεργειακών επενδύσεων της χώρας μας, καθώς επίσης και στις τάσεις που κινείται η εγχώρια και διεθνής αγορά.



Σχήμα 61: Εγχώριες ενεργειακές επενδύσεις για έρευνα και ανάπτυξη, μέχρι το 2100 (αναφορά: IEA, iea.org)

Τα χρηματικά ποσά που ενδέχεται να δαπανηθούν για έρευνες που αφορούν τα ορυκτά καύσιμα θα εξακολουθήσουν να μειώνονται σημαντικά, με το ενδεχόμενο της εφαρμογής της πυρηνικής ενέργειας να εξακολουθεί να παραμένει εκτός σχεδίων ενεργειακής στρατηγικής. Τέλος, το υδρογόνο, ως «καύσιμο του μέλλοντος», αναμένεται να βρεθεί στο επίκεντρο νέων ερευνών από επιστήμονες και μελετητές, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον τα επόμενα χρόνια. Στη συνέχεια, στην Εικόνα 49 που ακολουθεί, αναγράφονται ενδεικτικά ορισμένες συγκεκριμένες επενδυτικές προτάσεις που ενδέχεται να εφαρμοστούν στο προσεχές μέλλον (μέχρι και το έτος 2030).

Κλάδος	Περιγραφή	Εκτιμώμενες	Επενδύσεις σε εκατ. €
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	Έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων (Upstream)	• Έρευνες πεδίων, νέες γεωτρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου, κατασκευή υποδομώ σε ξηρά και θάλασσα*	4,500
	Διύλιση και εμπορία (Downstream)	• Αναβάθμιση και εκσυγχρονισμός εγκαταστάσεων διύλισης	3,200
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	Αγωγοί, δίκτυα φυσικού αερίου και λοιπές εγκαταστάσεις	• Ανάπτυξη αστικών και περιφερειακών δικτύων (city grids)	1,200
		• Διασυνοριακοί αγωγοί** • Υπόγεια αποθήκη στη Νότια Καβάλα • Τερματικοί σταθμοί LNG (συμπεριλαμβανομένων του FSRU της Αλεξανδρούπολης και των Αγίων Θεοδώρων και συμπληρωματικά έργα στο σταθμό της Ρεβυθούσας)	300 400 900
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	Ηλεκτροπαραγωγή (νέες μονάδες)	• Λιγνιτική μονάδα ΔΕΗ (συμπεριλαμβανομένων CHP)	500
		• Μονάδες φυσικού αερίου (CCGT) • Αποθήκευση ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων ηλεκτρικών συσσωρευτών και έργων αντλησιοταμίευσης)	1,100 2,500
	Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας	• Μονάδες καύσης πετρελαίου στα νησιά (συμπεριλαμβανομένων της Κρήτης και της Ρόδου)	150
		• Αναβάθμιση και επέκταση του υπάρχοντος δικτύου και διασύνδεση νήσων (συμπεριλαμβανομένων νέων γραμμών μεταφοράς Υ/Τ)	7,500
	ΑΠΕ	• Μικρά υδροηλεκτρικά	100
• Αιολικά		4,500	
• Φωτοβολταϊκά***		3,200	
	• Συγκεντρωτικά θερμικά ηλιακά συστήματα (Concentrating Solar Power)	500	
	• Βιομάζα (συμπεριλαμβανομένων υγρών βιοκαυσίμων)	650	
	• Γεωθερμία (υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας)	500	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ	Ενεργειακή αποδοτικότητα	• Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων (ιδιωτικά και δημόσια εμπορικά κτίρια)	11,000
ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	Οικιακές και εμπορικές ηλιοθερμικές εφαρμογές	• Ηλιοθερμικά συστήματα σε ξενοδοχεία, βιομηχανία, κατοικίες, συντήρηση, αντικατάσταση, κλπ.	1,500
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ	Έρευνα και καινοτομία	• Έρευνα και καινοτομικές εφαρμογές ενέργειας	1,000
Συνολικές Εκτιμώμενες Επενδύσεις μέχρι το 2030****			45,200

Εικόνα 49: Εκτιμώμενες ενεργειακές επενδύσεις στην Ελλάδα, μέχρι το 2030
 (πηγή: *Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας – Ετήσια Έκθεση 2020, iene.gr*)

Φαίνεται, λοιπόν, πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενδέχεται να αποτελέσουν το μεγαλύτερο μέρος των συνολικών ενεργειακών επενδύσεων της χώρας, στο μεσοπρόθεσμο αλλά και πιο μακρινό μέλλον, με τις τεχνολογίες αποθήκευσης και εξοικονόμησης ενέργειας να ακολουθούν. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί πως όλες οι ενδεικτικές παρούσες ή μελλοντικές τιμές, ενδέχεται να παρουσιάσουν, τόσο διαφορετική απόλυτη τιμή όσο και πραγματική αξία, εξαιτίας οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων, όπως για παράδειγμα ο πληθωρισμός, η γενική πορεία της εθνικής οικονομίας και άλλοι. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η τοποθέτηση που υποστηρίζει πως μία ενδεχόμενη πλήρης ενεργειακή ανεξαρτησία της Ελλάδας, μέσα στα επόμενα χρόνια, απαιτεί συνολικές επενδύσεις ύψους 17 δις. Ευρώ

(Παναγιώτης Παπασταματίου, ΕΛΕΤΑΕΝ, 2019), άποψη, η οποία μένει να δούμε εάν είναι σε θέση να επαληθευθεί μακροπρόθεσμα ή αν πρόκειται για μία υπερβολικά αισιόδοξη και βιαστική πρόβλεψη.

Μελλοντικά Έργα

Είναι πλέον ξεκάθαρο, πως το μέλλον της ενεργειακής πραγματικότητας στην Ελλάδα θα πρέπει να στραφεί σε αρκετά συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Κοινωνικά μέτρα όπως η εισαγωγή της «Ενεργειακής Κάρτας» σε νοικοκυριά που πλήττονται από την ενεργειακή ένδεια, καθώς και η ίδρυση του «Εθνικού Ταμείου Ενεργειακής Απόδοσης» αποτελούν σημαντικά πρώτα βήματα για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στα νοικοκυριά, αλλά και την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, είναι αναγκαίο να προωθηθεί, σε έναν ευρύ βαθμό, η έννοια της «Κυκλικής Οικονομίας» και της «Ορθολογικής Χρήσης της Ενέργειας», έννοιες που μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενεργειακών και οικονομικών πόρων. Αυτή η νέα προοπτική θα πρέπει να συμβαδίσει με την δίκαιη μετάβαση των περιοχών που εξαρτώνται από τον λιγνίτη, προκειμένου να συνδράμει στην μεταστροφή της χώρας σε μεθόδους και πρακτικές αξιοποίησης της πράσινης ενέργειας.

Στη συνέχεια, ζωτικής σημασίας αποτελεί η διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών στο ηπειρωτικό σύστημα δικτύου, καθώς επίσης και η ενίσχυση των επαφών ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας με τα γειτονικά της κράτη. Πρόκειται για μέτρα που είναι σε θέση να οδηγήσουν σε ένα πιο σταθερό και ενιαίο δίκτυο ενέργειας για το σύνολο της χώρας.

Παράλληλα, θα πρέπει να ενισχυθεί η προσπάθεια της αποτελεσματικής διαχείρισης της ενέργειας σε δημόσια, βιομηχανικά και τουριστικά κτήρια, καθώς επίσης και να εντατικοποιηθούν οι έρευνες που αφορούν στην εύρεση πιθανών εγχώριων πετρελαιοπηγών, με στόχο την αύξηση της εγχώριας παραγωγής πετρελαίου, υδρογονανθράκων και φυσικού αερίου.

Απόρροια αυτού, αποτελεί και η αναγκαία προσπάθεια δημιουργίας έργων αποθήκευσης του φυσικού αερίου, καθώς και επέκτασης του ήδη υπάρχοντος δικτύου διανομής του σε όλη την έκταση της χώρας.

Το ίδιο, προφανώς, ισχύει και για το υδρογόνο (H), για το οποίο θα πρέπει να συνεχιστούν οι συνεχείς υφιστάμενες έρευνες γύρω από την αποδοτική και ασφαλή αποθήκευση, χρήση και διανομή του, την μείωση του κόστους που απαιτείται για το σύνολο των εφαρμογών του, καθώς και την εύρεση καινοτόμων σεναρίων για την αξιοποίηση των ενεργειακών απωλειών, όπως για παράδειγμα την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας που απελευθερώνουν οι κυψέλες καυσίμου του, η οποία

μπορεί να αξιοποιηθεί σε εφαρμογές θέρμανσης νερού και άλλες και που υπό άλλες συνθήκες θα εκλυόταν στο περιβάλλον ως ενεργειακή απώλεια.

Είδαμε ότι η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι μία μελέτη που έχει ως πυρήνα το μέλλον. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε, καθώς και οι προσεγγίσεις που έγιναν, αφορούν έναν χρονικό ορίζοντα, μέχρι το 2100. Επομένως, θα πρέπει και η ίδια η παρούσα διπλωματική να είναι σε θέση να αποτελεί ένα επίκαιρο και σύγχρονο υλικό, ακόμα και για μερικές δεκαετίες αργότερα. Υπό αυτό το σκεπτικό, είναι σκόπιμο να μελετηθεί και το πιθανό ευρύτερο μέλλον της ενεργειακής πραγματικότητας, οι τάσεις που ενδέχεται να εμφανιστούν και οι τομείς που παρουσιάζουν έντονο τεχνολογικό ενδιαφέρον.

Έτσι λοιπόν, πληθώρα νέων ιδεών και καινοτομιών βρίσκονται αυτή την στιγμή υπό ανάπτυξη. Έργα που αφορούν την αξιοποίηση εφαρμογών συγκεντρωμένης ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. χρήση κοίλων κατόπτρων που συμβάλλουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε βιομηχανικές κυρίως εφαρμογές, μέσω της συγκέντρωσης των ακτινών του Ήλιου σε μικρές επιφάνειες), όπως επίσης και την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, από τις αγροτικές καλλιέργειες (αγροβολταϊκά) μέχρι και την εγκατάστασή τους σε φωτεινούς σηματοδότες (οδοφωτισμός), αποτελούν έργα υπό συνεχή παρακολούθηση και έρευνα με αρκετά υψηλές προοπτικές. Τις ίδιες προοπτικές προσφέρει η χρήση νέων υλικών στις επιφάνειες των φωτοβολταϊκών πάνελ που, αν και βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, είναι αρκετά υποσχόμενα σε ό, τι αφορά στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, με κύριο πρωταγωνιστή τον περοβσκίτη (ορυκτό οξειδίο του ασβεστίου και του τιτανίου).

Οι έρευνες γύρω από το ενδεχόμενο χρήσης νέων υλικών παρουσιάζει έντονη προοπτική και σε άλλες εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα στον εμπλουτισμό των διαφόρων υποθαλάσσιων τουρμπίνων και λοιπών εξαρτημάτων, προκειμένου να επιβραδυνθεί η διαβρωτική επίδραση του γύρω περιβάλλοντος, όπως επίσης και στην δημιουργία ανεμογεννητριών, σε ό, τι αφορά στην προσπάθεια βελτίωσης της αεροδυναμικής τους.

Τα αιολικά συστήματα, μάλιστα, εμφανίζουν έντονο αναπτυξιακό ενδιαφέρον, παρουσιάζοντας αρκετές καινοτόμες ιδέες, κυρίως από επιστήμονες του εξωτερικού, ιδέες που αφορούν στην ανάπτυξη ηλεκτροστατικών μετατροπέων αιολικής ενέργειας (EWICON – Electrostatic Wind Energy), στην χρήση ιόντων ανάμεσα σε καλώδια αλουμινίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού (SWET – Solid State Wind Energy), στις δονούμενες κυλινδρικές κατασκευές (VIVR – Vortex Induced Vibration Resonant), αλλά και στις μικρές πρωτότυπες τουρμπίνες, ιδανικές για χρήση στις πόλεις (The Freya). Ενδεικτικά, παρουσιάζονται παρακάτω

φωτογραφίες μερικών από τις προαναφερθείσες καινοτόμες εφαρμογές (Εικόνα 50, Εικόνα 51 και Εικόνα 52).



Εικόνα 50: Έργο “EWICON” στην Ολλανδία (πηγή: *The Future of Solid State Wind Energy, eradm.blogspot.com*)



Εικόνα 51: Έργο “VIVR” (πηγή: *Chris McCullough, New Bladeless Technology for Wind Turbines Under Development, E-Magazine, emag.directindustry.com*)



Εικόνα 52: “The Freya” – ΗΠΑ (πηγή: ICEWIND, icewindusa.com)

Η γεωθερμία αποτελεί έναν τομέα με εξίσου έντονο αναπτυξιακό ενδιαφέρον. Εκτός από τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες σωλήνων που ζεσταίνουν το ρευστό που διαθέτουν εσωτερικά, από την θερμότητα που βρίσκεται στο υπέδαφος, υπάρχουν ορισμένες νέες καινοτόμες ιδέες, με τις δύο κυριότερες να είναι η μέθοδος “Binary Cycle Power Plant” – BCPP («Σταθμοί Δυαδικού Κύκλου» - ΣΔΚ) και “Enhanced Geothermal Systems” – EGS («Ενισχυμένα Γεωθερμικά Συστήματα» - ΕΓΣ). Η πρώτη μέθοδος αξιοποιεί νερό αρκετά χαμηλών θερμοκρασιών, νερό το οποίο μεταφέρει την θερμότητά του σε ένα ρευστό με αρκετά χαμηλότερο σημείο βρασμού (για παράδειγμα το πεντάνιο), με αποτέλεσμα να παράγεται αξιοποιήσιμος ατμός, ακόμα και από γεωθερμικές πηγές σχετικά χαμηλής ενθαλπίας. Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην γεώτρηση του εδάφους και στη συνέχεια στην προσθήκη ρευστού υπό πίεση, το οποίο οδηγεί στην δημιουργία υπόγειων ρωγμών και, κατά συνέπεια, στην αύξηση του διαθέσιμου χώρου για μεταφορά θερμότητας. Και οι δύο αυτές μέθοδοι βρίσκονται υπό συνεχή έρευνα και ανάπτυξη, προκειμένου να αξιολογηθούν πλήρως τα πλεονεκτήματα και τα πιθανά μειονεκτήματά τους, παρουσιάζοντας ωστόσο έντονο ενδιαφέρον ως προς την πιθανή μελλοντική εφαρμογή τους.

Επιπλέον, υφιστάμενες έρευνες που αφορούν στην αξιοποίηση κυψελών καυσίμου που βασίζονται στην ηλεκτροχημική αντίδραση για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θα μπορούσαν να συμβάλλουν στον περιορισμό της χρήσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου στα κτήρια, αλλά και του μαζούτ στα τα πλοία. Πρωτοπόρος εταιρεία σε αυτή την προσπάθεια είναι η Bloom Energy, η οποία σε συνδυασμό με την Samsung Heavy Industries, καινοτομεί στην περαιτέρω διεύθυνση των κυψελών καυσίμου στην ευρύτερη ενεργειακή κατανάλωση.

Επιπρόσθετα, κάτι που θα πρέπει να υπογραμμιστεί είναι αυτό που λείπει μέχρι σήμερα από την εξίσωση των ΑΠΕ. Το μεγάλο πρόβλημα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε μελλοντικά είναι το ζήτημα της αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι γεγονός πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστη πηγή ηλεκτρισμού. Δυστυχώς, όμως, η ζήτηση της ενέργειας είναι ένα συνεχές φαινόμενο που δεν υφίσταται μόνο σε περιόδους αυξημένης ηλιοφάνειας ή υψηλών εντάσεων του ανέμου, αλλά σε όλη την διάρκεια του έτους. Επομένως, ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που θα πρέπει να είναι στο επίκεντρο συνεχών ερευνών και επιστημονικής προόδου, είναι τα μέσα αποθήκευσης της ενέργειας, δηλαδή οι συσσωρευτές και, κυρίως, αυτοί που αφορούν τα μεγάλα δίκτυα ενέργειας. Καινοτόμες τεχνολογικές εξελίξεις που αφορούν την εύρεση του επόμενου μεγάλου βήματος μετά τις μπαταρίες λιθίου, συσκευές δηλαδή που διαθέτουν μεγάλες αποθηκευτικές ικανότητες και χαμηλά κόστη ευρείας παραγωγής. Αυξανόμενο ενδιαφέρον παρουσιάζουν συσσωρευτές υγρών ηλεκτρολυτών (“Flow/Liquid Batteries”) ή ακόμα και ολόκληρα υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία χρησιμοποιούν την οποιαδήποτε περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να ανυψώσουν κάποια ποσότητα νερού εντός μίας τεχνητής περιοχής που θυμίζει γεωγραφική λεκάνη, έτσι ώστε όταν υπάρξει ανάγκη για ενέργεια, το ανυψωμένο αυτό νερό να οδηγηθεί με πίεση στον υδροστρόβιλο, λειτουργώντας ουσιαστικά σαν ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, πως καινοτομίες πραγματοποιούνται και για πολλά περιβαλλοντικά ζητήματα, τα οποία σκοπεύουν να αντιμετωπίσουν το σύνολο πολλών διαφορετικών μορφών περιβαλλοντικής ρύπανσης, με πιο πρόσφατο, το έργο που έχει αναλάβει ο ιδρυτής της Microsoft, Bill Gates, γνωστό και ως “DAC” (“Direct Air Capture” ή «Άμεση Σύλληψη Αέρα»), το οποίο υπόσχεται να αιχμαλωτίσει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και να τις αξιοποιήσει σε πληθώρα βιομηχανικών εφαρμογών.

Συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για δυνατότητα αφαίρεσης ενός τόνου καθαρού διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, σε ετήσια βάση, κάτι που μόνο ο χρόνος θα δείξει εάν είναι σε θέση να επιβεβαιωθεί.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν ενδιαφέρουσες ιδέες και προτάσεις, οι οποίες αν και δεν μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναμένεται σίγουρα να μας απασχολήσουν στο προσεχές μέλλον, αφήνοντας έτσι ανοιχτό το ενδεχόμενο για μία νέα μελέτη, επικεντρωμένη πάνω σε αυτές και τις πιθανές εφαρμογές τους.

4.6. Πυρηνική Ενέργεια

Στο άκουσμα και μόνο της φράσης «Πυρηνική Ενέργεια», δεν είναι λίγη αυτοί που αυτομάτως σκέφτονται την εκρηκτική καταστροφή, τα πυρηνικά ατυχήματα και τα ραδιενεργά απόβλητα. Δεν είναι και τελείως παράλογος ο συγκεκριμένος συνειρμός, αφού δεν απέχει και πολύ από την μνήμη των ανθρώπων το πυρηνικό ατύχημα που συνέβη την 26^η Απριλίου του 1986 στο Τσερνόμπιλ της Ουκρανίας, ατύχημα που για πολλούς θεωρείται και ως η μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή που έλαβε ποτέ χώρα στον πλανήτη. Οι συνέπειες που απέφερε ήταν τόσο μεγάλες που ακόμα και σήμερα δεν είναι κανείς σε θέση να προσεγγίσει με ακρίβεια τις άμεσες και έμμεσες απώλειες ανθρώπων, ζώων και περιβάλλοντος, οι οποίες ίσως και να συνεχίσουν να υφίστανται για πολλά χρόνια ακόμη. Τα αίτια της τεράστιας αυτής καταστροφής διαθέτουν σημαντική επιστημονική αλλά και πολιτική υπόσταση και, δυστυχώς, δεν είναι σε θέση να αναλυθούν περαιτέρω στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Στην Εικόνα 52 απεικονίζεται ο αντιδραστήρας νούμερο 4, ο οποίος εξερράγη, κατά τις πρώτες πρωινές ώρες της 26^{ης} Απριλίου, απελευθερώνοντας τεράστια ποσά ραδιενέργειας στο περιβάλλον.



Εικόνα 53: Αντιδραστήρας Νο. 4, κάποιες μέρες μετά την έκρηξη (πηγή: *Alan Taylor – The Atlantic, theatlantic.com*)

Στην σύγχρονη εποχή και με την τρέχουσα τεχνολογική πρόοδο, είναι σαφές ότι ατυχήματα όπως το προαναφερθέν, δεν είναι δυνατόν να επαναληφθούν. Υπάρχουν αυτοματοποιημένα συστήματα στους σύγχρονους πυρηνικούς αντιδραστήρες, τα οποία είναι σε θέση να παρέχουν συνεχή ασφάλεια και

παρακολούθηση. Προκειμένου, όμως, να καταλάβουμε τι ακριβώς είναι αυτό που αυτά τα συστήματα ελέγχουν και παρακολουθούν, θα πρέπει να καταλάβουμε τι ακριβώς σημαίνει πυρηνική ενέργεια και πυρηνικός σταθμός.

Για αρχή, θα πρέπει να συνειδητοποιήσουμε πως η ύλη που βλέπουμε και αντιλαμβανόμαστε αποτελείται από άτομα. Κάθε ένα από αυτά τα άτομα αποτελείται από έναν θετικά φορτισμένο πυρήνα, ο οποίος αποτελείται από ίσο αριθμό πρωτονίων (Z) και νετρονίων (N), καθώς και από αρνητικά φορτισμένα ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται γύρω από αυτόν. Όταν σε αυτά τα ηλεκτρόνια ασκηθεί, με κάποιο τρόπο, μία οποιαδήποτε διέγερση, παρατηρείται μία σταδιακή αποδιέγερσή τους, κατά την οποία απελευθερώνονται φωτόνια, ή πιο απλά φως, που όμως δεν ανήκει στην κατηγορία του ορατού φάσματος και άρα δεν μπορεί να παρατηρηθεί με γυμνό μάτι. Ένα παράδειγμα μίας τέτοιας αποδιέγερσης, με το οποίο οι περισσότεροι έχουμε κάποια εμπειρία, είναι οι ακτίνες X, με τις οποίες πιθανότατα να έχουμε έρθει σε επαφή στο παρελθόν, κατά την διάρκεια μίας επίσκεψής μας στο ιατρείο, προκειμένου να υποβληθούμε σε κάποια ακτινογραφία.

Πυρηνική αντίδραση καλείται οποιαδήποτε διαδικασία, κατά την οποία μεταβάλλεται, με κάποιο τρόπο, η ενεργειακή κατάσταση ενός πυρήνα ή μεταβάλλεται το ζεύγος των νετρονίων και των πρωτονίων του.

Πιο συγκεκριμένα, πυρηνική σχάση (nuclear fission) ονομάζεται η αλυσιδωτή αντίδραση, κατά την οποία ένα νετρόνιο διασπάται σε δύο ελαφρύτερους πυρήνες, αντίδραση μέσω της οποίας απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας, που καλείται πυρηνική ενέργεια. Από την άλλη, υπάρχει και η διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης (nuclear fusion), κατά την οποία δύο ελαφρότεροι πυρήνες συνδέονται μεταξύ τους, προκειμένου να σχηματίσουν έναν βαρύτερο πυρήνα, διαδικασία κατά την οποία παρατηρείται έντονη απώλεια μάζας και άρα σημαντική απελευθέρωση ενέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πυρηνικής σύντηξης αποτελεί η κατασκευή της βόμβας υδρογόνου, κατά την οποία έχει προηγηθεί σύζευξη πυρήνων ισοτόπων του υδρογόνου (δηλαδή δευτέριο ή τρίτιο) και δημιουργία του βαρύτερου πυρήνα, που στην προκειμένη περίπτωση είναι το ήλιο (He).

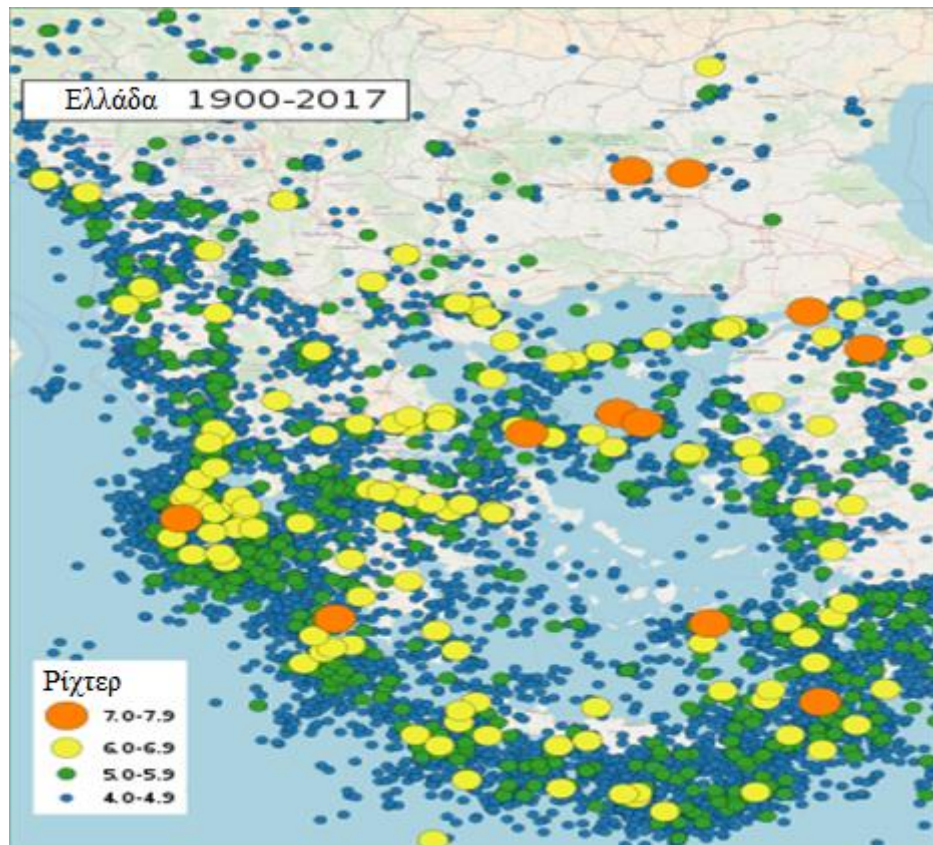
Όλες οι παραπάνω διαδικασίες, πραγματοποιούνται σε πυρηνικούς σταθμούς αξιοποιώντας επιβραδυντές, οι οποίοι επιβραδύνουν την ταχύτητα πορεία των νετρονίων σχάσης, καθιστώντας έτσι την όλη διαδικασία βιώσιμη και αποτελεσματική. Χρησιμοποιούνται πυρηνικοί αντιδραστήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως καύσιμο ορισμένα ραδιενεργά στοιχεία, με κυριότερο από αυτά το ουράνιο (U^{235}_{92}).

Σε εθνικό επίπεδο, η Ελλάδα, έχει υιοθετήσει μία πολιτική, η οποία είναι ενάντια σε οποιοδήποτε πρόγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από πυρηνική ενέργεια.

Υπάρχουν επιχειρηματολογίες, οι οποίες υποστηρίζουν πως λόγω της μικρής έκτασης και της σχετικά έντονης σεισμογενούς δραστηριότητας της χώρας μας, δεν είναι προσοδοφόρα η χρήση των πυρηνικών αντιδραστήρων για παραγωγή ενέργειας, με μόνο λίγα ποσά εισαγωγών πυρηνικής ενέργειας να εντοπίζονται κατά το παρελθόν, κυρίως από την Βουλγαρία. Η κοινωνική εναντίωση της δημιουργίας πυρηνικών αντιδραστήρων είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο, που προφανώς δεν αφήνει ανεπηρέαστη την χώρα μας. Τα οφέλη που θα μπορούσε να προσφέρει η πυρηνική ενέργεια σε μία βαθιά εξαρτημένη ενεργειακά χώρα, όπως η Ελλάδα, είναι τεράστια, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι εκλείπουν και τα μειονεκτήματα, με τα κυριότερα να αφορούν τα πυρηνικά απόβλητα των εργοστασίων.

Ωστόσο, η υπερπροσφορά που υπάρχει για την κατασκευή ενός τέτοιου πυρηνικού εργοστασίου, κυρίως από χώρες όπως η Ρωσία, η Κίνα, η Γαλλία και οι ΗΠΑ, καθιστούν τις τιμές σχετικά βιώσιμες, με την Γαλλία μάλιστα να αποτελεί και σημαντικό παράγοντα σε παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, όχι μόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο αλλά και σε παγκόσμιο, παράγοντας ετησίως 380 TWh ενέργειας, οι οποίες αποτελούν το 71 % της συνολικής εγχώριας κατανάλωσής της! Αξίζει να σημειωθεί πως με το μείγμα που διαθέτει η Ελλάδα, το κόστος για την παραγωγή μίας μεγαβατώρας ανέρχεται περίπου στα 100.000 ευρώ, κόστος που θα μπορούσε ακόμα και να υποδεκαπλασιαστεί, εάν η ενέργεια αυτή προερχόταν από πυρηνικό εργοστάσιο. Είναι γεγονός πως, με το συνεχές κλείσιμο των λιγνιτικών εργοστασίων, το κόστος της κιλοβατώρας αναμένεται να αυξηθεί αρκετά, με αποτέλεσμα να γίνεται ξεκάθαρο, πως μία τέτοια ενδεχόμενη μείωση της ενέργειας θα είναι σωτήρια για την χώρα.

Περιοχές της Ελλάδας, οι οποίες παρουσιάζουν πολύ χαμηλή σεισμογενή δραστηριότητα, είναι θεωρητικά περιοχές που θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν ένα πυρηνικό εργοστάσιο. Έτσι, ενδιαφέρον παρουσιάζει η Εικόνα 54, στην οποία απεικονίζεται ένας χάρτης της σεισμογενούς δραστηριότητας της χώρας μας, από το 1900 μέχρι και το 2017.



Εικόνα 54: Χάρτης σεισμογενούς δραστηριότητας, για τα έτη 1900 – 2017
(πηγή: el.wikipedia.org)

Οι περιοχές, λοιπόν, που παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον, αφορούν κυρίως την Βόρεια Ελλάδα και έχουν την δυνατότητα να αποτελέσουν έδρα για τέτοια εγχειρήματα, τα οποία είναι σε θέση να προσφέρουν άλλη μία σημαντική πηγή ενέργειας που θα μπορούσε να προστεθεί στο εθνικό ενεργειακό μείγμα.

Στη συνέχεια, σε ό, τι αφορά στα κοιτάσματα ουρανίου, υπάρχουν τουλάχιστον 1.600 τόνοι κρυμμένοι στο υπέδαφος της χώρας, με αναφορές να υποστηρίζουν την ύπαρξη ακόμα και 20.000 τόνων ραδιενεργών κοιτασμάτων, τα οποία συναντώνται κυρίως σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας. Στην Εικόνα 55 παρουσιάζεται ένας χάρτης, στον οποίο απεικονίζονται τα εγχώρια κοιτάσματα ουρανίου, επιβεβαιωμένα και μη.



Εικόνα 55: Κοιτάσματα ραδιενεργού ουρανίου, επιβεβαιωμένα και μη (πηγή: Αχ. Χεκίμογλου – Το Βήμα, tonima.gr)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως οι μη σεισμογενείς περιοχές της Ελλάδας, σχεδόν ταυτίζονται με τις περιοχές που εμφανίζονται τα σημαντικότερα κοιτάσματα ουρανίου, με αποτέλεσμα να μειώνονται τα κόστη ενδεχόμενης μεταφοράς του συγκεκριμένου «καυσίμου», σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι τους πυρηνικούς σταθμούς που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν σε εγχώριο επίπεδο.

Νέες τεχνολογικές έρευνες και καινοτομίες λαμβάνουν χώρα αυτή την στιγμή σε πληθώρα τομών και κλάδων, με την πυρηνική ενέργεια να μην αποτελεί εξαίρεση. Ήδη στην Κίνα, πραγματοποιούνται δοκιμές ενός πρωτότυπου πυρηνικού αντιδραστήρα, ο οποίος χρησιμοποιεί ως καύσιμο το θόριο και, αντί για νερό, λιωμένα άλατα, οδηγώντας σε μία ασφαλέστερη και αποδοτικότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με μειωμένα πυρηνικά απόβλητα σε μακροχρόνια κλίμακα. Το θόριο είναι ένα ασθενώς ραδιενεργό μέταλλο, το οποίο βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στην φύση, σε σχέση με το ουράνιο. Χρησιμοποιείται εδώ και μερικά χρόνια σε διάφορες πειραματικές πυρηνικές εφαρμογές που παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον και σημαντικές προοπτικές. Το βασικό του μειονέκτημα, ωστόσο, είναι η δαπανηρή εξόρυξή του από το υπέδαφος, καθιστώντας το, έτσι, σήμερα σε μία μη συμφέρουσα λύση για βιομηχανική αξιοποίηση μεγάλης κλίμακας.

Άλλες έρευνες, που αφορούν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και νέων μεθόδων για την αποδοτικότερη αξιοποίηση των καυσίμων στους πυρηνικούς αντιδραστήρες, πραγματοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα, με την πυρηνική ενέργεια να βρίσκεται,

από την μία, στο επίκεντρο πολλών κρατών, αλλά και στο στόχαστρο, από την άλλη, αρκετών κοινωνικών ομάδων.

Εάν, λοιπόν, η Ελλάδα αποφασίσει να στρέψει την προσοχή της στον τομέα της πυρηνικής ενέργειας, διαθέτει προοπτικές να μετατραπεί σε ένα, κατά πολύ ισχυρότερο ενεργειακά, κράτος. Το υπέδαφος είναι εκεί, οι περιβαλλοντικές συνθήκες επίσης, με μοναδικό εμπόδιο την μακροχρόνια ευρωπαϊκή και εθνική πολιτική για περαιτέρω αξιοποίησή της. Ωστόσο, πρόκειται για μία εξαιρετικά ισχυρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας με σχεδόν μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υπό φυσιολογικές συνθήκες, γεγονός που την καθιστά μία πολύ αξιόλογη περίπτωση, για μία βαθιά εξαρτημένη ενεργειακά χώρα, σαν την Ελλάδα. Η ορθολογική και αποδοτική αξιοποίησή της, είναι σε θέση να προσφέρει σημαντικές προοπτικές ενεργειακής ισχυροποίησης, αλλά και προσέγγισης μίας μελλοντικής αυτάρκειας και ενεργειακής ανεξαρτησίας!

5^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα

Εάν ένα συμπέρασμα μπορεί να προκύψει μετά την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις προηγούμενες σελίδες, αυτό είναι πως ο ενεργειακός κλάδος χαρακτηρίζεται από ένα πολύ περίπλοκο σύστημα πολλών παραμέτρων, οι οποίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Η επιμέρους μελέτη γύρω από ένα συγκεκριμένο τομέα ενεργειακής παραγωγής ή κατανάλωσης απαιτεί αρκετά και πολύ συγκεκριμένα βήματα μεθοδολογίας, προκειμένου να προσεγγιστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Όλη αυτή η έρευνα γίνεται ακόμα πιο ευρεία όταν η μελέτη αυτή προχωρήσει σε επίπεδα ενεργειακού μείγματος μίας ολόκληρης χώρας, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η Ελλάδα.

Μελετώντας, λοιπόν, δεδομένα που αφορούν, σε πρώτο στάδιο, την πορεία των ενεργειακών καταναλώσεων της χώρας, έγινε προσπάθεια να βρεθούν σενάρια και τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και, άρα μείωσης της κατανάλωσης αυτής, σε τομείς όπως τα κτήρια, οι μεταφορές και άλλα. Σημαντικό αποτέλεσμα ήταν ο εντοπισμός του κλάδου με τα μεγαλύτερα περιθώρια εξοικονόμησης, καθώς και ο αυτός με την μεγαλύτερη επίδραση στην εθνική ενεργειακή εξάρτηση, που ήταν ο τομέας των μεταφορών, αναδεικνύοντας έτσι το που θα πρέπει να δοθεί επενδυτική προτεραιότητα.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έρευνα, κατά την οποία εξετάστηκαν διάφοροι τρόποι και νέες τεχνολογίες που είναι σε θέση να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από το σύνολο των ΑΠΕ της χώρας, με στόχο την μείωση της εθνικής ενεργειακής εξάρτησης.

Πρόέκυψε ότι η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού είναι σε θέση να προσφέρει πολύ θετικά αποτελέσματα, η οποία σε συνδυασμό και με τις προοπτικές των νέων τεχνολογιών, μπορούν να μειώσουν την εθνική ενεργειακή εξάρτηση σε αξιοσημείωτο βαθμό. Οι σημαντικότερες περιπτώσεις ήταν αυτή της βιομάζας, ακολουθούμενη από την ενδιαφέρουσα νέα προοπτική της αξιοποίησης της θαλάσσιας ενέργειας.

Αν και όλες αυτές οι προτάσεις είχαν θετικά αποτελέσματα, ως προς αυτή την κατεύθυνση, το κύριο συμπέρασμα που αξίζει να μείνει στους αναγνώστες της συγκεκριμένης αυτής ερευνητικής εργασίας, είναι πως η αυξημένη κατανάλωση υπερνικά τις προσπάθειες και τα πιθανά περιθώρια αύξησης της παραγωγής. Η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό με το κλείσιμο των λιγνιτικών εργοστασίων της χώρας μας, οδηγεί μεν τον δρόμο προς μία πιο αποδοτική και πράσινη ενεργειακή μετάβαση με φτηνότερη και πιο καθαρή

ενέργεια, η οποία όμως δεν είναι σε θέση να καλύψει τις συνεχείς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες που προκαλεί η τεχνολογική πρόοδος και οι σύγχρονες κοινωνικές συνθήκες.

Έτσι, ο βασικός στόχος και η επερχόμενη δύσκολη αποστολή των ΑΠΕ είναι η πλήρης κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων, με κυρίαρχους συμμάχους στην δοκιμασία αυτή, την ενεργειακή εξοικονόμηση και αποθήκευση. Είναι λοιπόν ζωτικής σημασίας, η προσπάθεια όλων μας, τόσο σε συλλογικό όσο και σε ατομικό επίπεδο, να υιοθετήσουμε έναν πιο αυτάρκη τρόπο ζωής, με λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις, έναν τρόπο ζωής που οδηγεί στον εκμηδενισμό της ενεργειακής φτώχειας, σε ισότιμα βιοτικά επίπεδα για όλους τους ανθρώπους, σε μία χώρα ανεπηρέαστη από τις γύρω γεωπολιτικές εξελίξεις και, τελικά, σε μία βαθιά ενεργειακή ασφάλεια και μελλοντική ανεξαρτησία.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία (αλφαβητικά)

- [1] ΑΔΜΗΕ – Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. (Δεκέμβριος 2019): *Μελέτη Επάρκειας Ισχύος για την Περίοδο 2020 – 2030*
- [2] Αλβανού Αδαμαντία. (2016). Διπλωματική Εργασία τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας & Ανάπτυξης (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης): *Συμβατικές Πηγές Ενέργειας και Σύγχρονες Προκλήσεις Ενεργειακής Πολιτικής*
- [3] Ανδρόνικος Φιλίος. (2020). Ρευστοδυναμικές Μηχανές – Ενότητα 06: *Υδροστρόβιλοι*. AEF (sites.google.com/a/tfeeg.net/aef/home)
- [4] Αντώνιος Ε. Γερασίμου. (Απρίλιος 2016). *Η ανάπτυξη της βιομάζας στην Ελλάδα - Status, δυνατότητες & προκλήσεις*. HellaBiom – Ελληνική Εταιρεία Ανάπτυξης Βιομάζας (hellabiom.gr),
- [5] Απόστολος Πολυζάκης. Εκδόσεις: Power Heat Cool – 2017. *Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ισχύος*
- [6] Γιάννης Ελαφρός. (19/06/2019). *Ερημοποίηση της Ελλάδας*. Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ – Κοινωνία (kathimerini.gr)
- [7] Γιάννης Ελαφρός. (04/06/2019). *Η Ελλάδα και οι προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής*. Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ – Περιβάλλον (kathimerini.gr)
- [8] ΓΚΙΖΑΡΗ ΝΙΚΟΛ. (2012). Διπλωματική Εργασία τμήματος Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο): *Εκτίμηση κυματικού δυναμικού στις ελληνικές θάλασσες*
- [9] Γούλας Γεώργιος. (2005). Διατριβή για απόκτηση διδακτορικού διπλώματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ): *Εξοικονόμηση Ενέργειας στις Μεταφορές*
- [10] ΔΕΗ – Ανανεώσιμες (ppcr.gr). *Ηλιακή Ενέργεια*
- [11] Δημήτρης Μεζαρτάσογλου (IENE), Κωστής Σταμπολής (IENE), Αλέξανδρος Κουτρομπούσης (IENE), Αλέξανδρος Περέλλης (IENE). (Οκτώβριος 2020). *Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας – Ετήσια Έκθεση 2020*. Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιανατολικής Ευρώπης (iene.gr)

[12] Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας (eody.gov.gr). *Κλιματική Αλλαγή: Είμαστε στο παρά πέντε;*

[13] Ελένη Καλαφάτη. (Οκτώβριος 2017). *ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. Ευρωπαϊκό Κέντρο Αριστείας Jean Monnet – ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ (uoa.gr)

[14] ΕΛΕΤΑΕΝ - Ελληνική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (eletaen.gr). (07/08/2021). *Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα*

[15] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ (ΕΛΣΤΑΤ) (statistics.gr). (29/10/2013). *ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ – ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ 2011-2012*

[16] Ευρωπαϊκή Ένωση (ec.europa.eu). *Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής*

[17] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (europa.eu). *Επικαιρότητα (07/03/2018): Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα και τομέα*

[18] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (europa.eu). *Θέμα: Λειψυδρία*

[19] Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (eea.europa.eu). *Κλιματική Αλλαγή – Πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης*

[20] Θεωρήσης Τσιμπίδης. (22/12/2020). *Επικίνδυνη η Έκταση της Πλαστικής Ρύπανσης στις Ελληνικές Θάλασσες*. Ινστιτούτο Θαλάσσιας Προστασίας «Αρχιπέλαγος» (archipelago.gr)

[21] Θύμιος Δημήτρης, Κατινάς Νίκος. (2014). *Η Γεωθερμία στην Ελλάδα – Παρουσίαση*. ΤΕΙ Πειραιά – Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. (uniwa.gr)

[22] Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Αιμιλία Μ. Κονύλη. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης - 2005. *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη – Τόμος Δεύτερος, Μείζονα Περιβαλλοντικά Προβλήματα, Διαχείριση Αποβλήτων*

[23] Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κοσμάς Α. Καββαδίας. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης - 2001. *Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας*

[24] Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κοσμάς Α. Καββαδίας. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης - 2006. *Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας – Αιολική Ενέργεια – Μικρά Υδροηλεκτρικά*

- [25] Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Κωνσταντίνος Ι. Χαλβατζής. Εκδόσεις: Αθ. Σταμούλης - 2005. *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη – Τόμος Πρώτος, Αειφορία και Ανάπτυξη, Ατμοσφαιρική Ρύπανση*
- [26] Καραγκούνης Αθανάσιος. (Φεβρουάριος 2017). Πτυχιακή Εργασία τμήματος Φυσικής (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης): *Υπολογισμός Αιολικού Δυναμικού στην Ελλάδα με την χρήση Αριθμητικού Μοντέλου*
- [27] Καραϊσκάκη Τασούλα. (05/10/2020). *Καθαρή ηλεκτρική ενέργεια από τα κύματα της θάλασσας*
- [28] Κονοφάγος Ηλίας (18/05/2019). ENERZIA.gr: *Με ποιο μείγμα η Ελλάδα μπορεί να μηδενίσει την ενεργειακή εξάρτησή της*
- [29] Κώστας Μαυραγάνης. (23/01/2018). *Η χώρα μας στο σταυροδρόμι της ατμοσφαιρικής ρύπανσης*. HUFFPOST – Κοινωνία (huffingtonpost.gr)
- [30] Κ. Αποστολάκης, Σ. Κυρίτσης, Χ. Σούτερ. ΕΛΚΕΠΑ – ΙΤΕ. *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων*
- [31] Μαριλέτα Κυριακοπούλου. (12/01/2019). *Θαλάσσια ενέργεια: Ένα φαινόμενο που μετατρέπει τις θάλασσες σε ενεργειακές πηγές*. Max Mag – Επιστήμη (maxmag.gr)
- [32] Μάριος Καλογερόπουλος. (28/05/2020). *Η Ελλάδα πρέπει να δράσει τώρα για να διασφαλίσει το “υδάτινο” μέλλον της*. ΠΡΩΤΟ ΘΕΜΑ - Περιβάλλον (πηγή: National Geographic) (protothema.gr)
- [33] Μυρσίνη Χρήστου (γεωπόνος). (25/11/2010). Υπ. Τμήματος Βιομάζας – Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – ΚΑΠΕ. *Δυναμικό Βιομάζας στην Ελλάδα*
- [34] Μ. Φυτίκας, Γ. Χατζηγιάννης, Ν. Κολιός, Α. Αρβανίτης & Σ. Κουτσινός (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Τμήμα Γεωλογίας): *Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από γεωθερμικά ρευστά μέσω χαμηλών θερμοκρασιών στην Ελλάδα*
- [35] Νίκος Βέττας, Svetoslav Danchev, Γιώργος Μανιάτης, Νίκος Παρατσιώκας, Κώστας Βαλάσκας. (30/06/2021). *Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις*. διαΝΕΟσις – ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ (dianeosis.org)

- [36] Ντάβαλης Γεώργιος. (2016). Διπλωματική Εργασία τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης): *Κυματική Ενέργεια: Τεχνολογίες Εκμετάλλευσης και Ελληνικό Κυματικό Δυναμικό*
- [37] Οικονόμου Κ. Εμμανουήλ. (26/05/2010). Ημερίδα ΤΕΙ Αθήνας: *Περιοχές κυματικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού και η χωροθέτησή τους στο Αιγαίο*
- [38] Όμιλος ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου) (depa.gr). *Φυσικό Αέριο – Βιομηχανία, Μετακίνηση και Μεταφορές*
- [39] Όμιλος ΉΡΩΝ (heron.gr). (03/06/2021). *Πότε ήρθε το ηλεκτρικό ρεύμα στην Ελλάδα – Ιστορική Αναδρομή*
- [40] Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (unric.org). *Ετήσια κατανομή παγκόσμιου πληθυσμού, 1800 μέχρι σήμερα*
- [41] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (who.int/health-topics/climate-change), (who.int/health-topics/air-pollution)
- [42] Παναγιώτης Αλεξανδράκης. (29/11/2020). *Λειψυδρία: Ο παγκόσμιος εφιάλτης χτυπά πλέον και την Ελλάδα. NEWS BREAK – Ελλάδα (newsbreak.gr*
- [43] Παπαχρήστου Μαρία & Ανδρονικάκης Αντώνης (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Τμήμα Γεωλογίας). (Αύγουστος 2018). *Η χρήση της γεωθερμίας στον αγροτικό τομέα της Ελλάδας. Υraithros (yraithros.gr*
- [44] Πόπη Κονιδιάρη (Διδάκτωρ ΕΚΠΑ). (Νοέμβριος 2017). *Ενεργειακή Κατανάλωση στα Ελληνικά Κτήρια». Intelligent Deep Analysis (indeepanalysis.gr)*
- [45] Σαλονικίδη Αθανασία. (Φεβρουάριος 2016). Διπλωματική Εργασία τμήματος Γεωγραφίας (Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο): *Εκτίμηση και ανάλυση του ηλιακού δυναμικού στον ελλαδικό χώρο με χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών*
- [46] Χαραλάμπους Χριστόδουλος. (21/9/2017). Διπλωματική Εργασία τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών (Πανεπιστήμιο Αιγαίου): *Νέες Τεχνολογίες στην Εξοικονόμηση Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος στα Πλοία*
- [47] Χατζηγιάννης Γιώργος (MSc., ΙΓΜΕ). *Γεωθερμία και Αστικό Περιβάλλον: Το Γεωθερμικό Δυναμικό της Ελλάδας*

- [48] ΥΠΕΝ - Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ypen.gov.gr). ΑΠΕ, Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα. *Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050*
- [49] ΥΠΕΝ – Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. (ypen.gov.gr). (Δεκέμβριος 2014). *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτήρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτηριακού αποθέματος*
- [50] ΥΠΕΝ – Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ypen.gov.gr): *Εξοικονόμηση – Ενεργειακή Αποδοτικότητα – Κτήρια*
- [51] ΥΠΕΝ – Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. (ypen.gov.gr). *Εξοικονόμηση – Ενεργειακή Αποδοτικότητα – Μεταφορές, Τα καύσιμα στις μεταφορές*
- [52] EnergyPress – Εξοικονόμηση ενέργειας (energypress.gr). (15/07/2019). *Γεωθερμία στην Ελλάδα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας*
- [53] EnergyPress – Εξοικονόμηση ενέργειας (energypress.gr). (29/9/2011). *Τα έξι μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα*
- [54] GREEN AGENDA – Περιβάλλον (greenagenda.gr). (13/07/2017). *ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟ 2040*
- [55] Naftemporiki (naftemporiki.gr). (02/09/2015). *Μέση Ανατολή: Κρίση λειψυδρίας για τα επόμενα 25 χρόνια*
- [56] Naftemporiki News – Περιβάλλον (naftemporiki.gr). (28/01/2021). *Ρεκόρ για την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα το 2020*
- [57] Triedrasi Κατασκευαστική (triedrasi.gr). *Κατασκευές Ενεργειακών Κτηρίων – Παθητικό Κτίριο – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα*

Ξένη βιβλιογραφία (αλφαβητικά)

- [58] Anna Brusarosco. (2015). *Καθημερινές ατομικές επιλογές για μετριασμό. Same World (sameworld.eu)*
- [59] Climate Change (2007). *The physical science basis: summary for policymakers. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007)*
- [60] Enerdata – Intelligence + Consulting (enerdata.net). *Greece Energy Information*

- [61] Global Climate Change (climate.nasa.gov). *Global Temperature*
- [62] IEA – Data and Statistics (iea.org). *Fuels and technologies, Analysis, Data*
- [63] IEA – Data and Statistics (iea.org). *Key energy statistics: 1990-2020*
- [64] Our World In Data (ourworldindata.org). *Greece – Energy Country Profile*
- [65] The World Bank (data.worldbank.org). *Energy Imports (net % of energy use, Greece)*
- [66] Umberto Bacchi. (16/04/2017). *Food grown in Sahara desert with sea water*. Thomson Reuters (thomsonreuters.com)