



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

Κατεύθυνση: Διαχείριση Ενέργειας & Περιβάλλοντος

Ο Ρόλος των Εναλλακτικών Καυσίμων στην Αειφόρο Ανάπτυξη της Ελλάδας και της Ευρώπης



Συγγραφή: Γκιώνη Σοφία

Επιβλέπων καθηγητής: Σιδηράς Δημήτριος

Αριθμός Μητρώου: TMS2002

Οκτώβριος, 2023

Η Σοφία Γκιώνη βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικά δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρους μου η εργασία μου θα μηδενιστεί.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί ιδιοκτησία του Π.Μ.Σ., το οποίο διατηρεί το δικαίωμα της χρήσης και αναπαραγωγής για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μία επισκόπηση της συμβολής των εναλλακτικών καυσίμων στην αειφόρο ανάπτυξη κυρίως στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Αρχικά θα γίνει μία σύντομη ιστορική αναδρομή στην χρήση των καυσίμων ακολουθώντας τον δρόμο που οδήγησε στα εναλλακτικά καύσιμα και στην αναγκαιότητα χρήσης τους. Εν συνεχεία θα γίνει παρουσίαση των ειδών των εναλλακτικών καυσίμων, των σημαντικότερων νομοθετημάτων που σχετίζονται με τη χρήση τους καθώς και των τομέων στους οποίους χρησιμοποιούνται. Στο πλαίσιο αυτό θα παρουσιαστούν ορισμένα στατιστικά στοιχεία, τα οποία έχουν προκύψει από βιβλιογραφική έρευνα και όχι από έρευνα της ίδιας της γράφουσας. Τέλος, θα γίνει αναφορά στα πλεονεκτήματα χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων και στη συμβολή τους στην αειφόρο ανάπτυξη. Η εργασία έχει βασιστεί εξ ολοκλήρου σε βιβλιογραφική έρευνα και μελέτη διεθνών κειμένων και αρθρογραφίας που σχετίζεται με το θέμα. Στόχος της γράφουσας είναι να απαντηθεί το ερώτημα «Πώς η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων συμβάλλει στην αειφόρο ανάπτυξη και σε ποιο βαθμό έχει επιτευχθεί η εξάπλωση της χρήσης τους μέχρι σήμερα;»

Λέξεις Κλειδιά

Εναλλακτικά καύσιμα, Βιοκαύσιμα, Αειφόρος ανάπτυξη, περιβάλλον.

Abstract

In this paper, an overview will be made of the contribution of alternative fuels to sustainable development mainly in Greece and Europe. Initially, a brief historical review of the use of fuels will be made, following the path that led to alternative fuels and the necessity of their use. Then there will follow a presentation of the types of alternative fuels, the most important legislation related to their use as well as the sectors in which they are used. In this context, some statistics will be presented, which have resulted from a bibliographic research and not from the writer's own research. Finally, reference will be made to the advantages of using alternative fuels and their contribution to sustainable development. The work has been based entirely on literature research and study of international texts and articles related to the subject. The writer's goal is to answer the question "How does the use of alternative fuels contribute to sustainable development and to what extent has the spread of their use been achieved so far?"

Key Words

Alternative fuels, Biofuels, Sustainable development, environment.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Λέξεις Κλειδιά.....	2
Abstract	3
Key Words.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	6
ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	6
1.1 Εναλλακτικά καύσιμα	6
1.2 Αειφόρος Ανάπτυξη	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	8
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
2.1 Ξύλο και Άνθρακας.....	8
2.2 Φυσικό Αέριο	8
2.3 Πετρέλαιο	9
2.4 Βιοκαύσιμα: η χρήση της ισχύος του νερού, του ανέμου και του ήλιου.....	10
2.5 Ο δρόμος για την πράσινη ενέργεια	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	12
ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	12
3.1 Η ηλεκτρική ενέργεια ως εναλλακτικό καύσιμο	13
3.2 Το υδρογόνο	15
3.3 Τα Βιοκαύσιμα	20
3.4 Τα Συνθετικά και Παραφινικά καύσιμα.....	22
3.5 Το Φυσικό αέριο.....	23
3.6 Το Υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	28
ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	28
για τα	28
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....	36
Ο ΡΟΛΟΣ των ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	36
στη ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, στις ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ, στην ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ	36
5.1 Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας	36
5.2 Η χρήση του υδρογόνου	41
5.3 Η χρήση των βιοκαυσίμων	43
5.4 Η χρήση των συνθετικών και παραφινικών καυσίμων	44

5.5 Η χρήση του φυσικού αερίου	44
5.6 Η χρήση του υγροποιημένου πετρελαϊκού αερίου	47
5.7 Τα εναλλακτικά καύσιμα στην βιομηχανία τσιμέντου	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	49
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ των ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ και η ΣΥΜΒΟΛΗ τους στην ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	49
6.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων	49
6.2 Η συμβολή των εναλλακτικών καυσίμων στην αειφόρο ανάπτυξη	50
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	55
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	57
Νομοθετήματα.....	61

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

1.1 Εναλλακτικά καύσιμα

Τα εναλλακτικά καύσιμα προέρχονται από πηγές διαφορετικές του πετρελαίου και περιλαμβάνουν, όπως θα δούμε αναλυτικότερα σε ακόλουθο κεφάλαιο, τα βιοκαύσιμα, το υδρογόνο, την ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο, το προπάνιο κ.ά.¹

Τα βιοκαύσιμα είναι ανανεώσιμα, βιοαποικοδομήσιμα και εύλεκτα υγρά ή αέρια καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα ή άλλες ανανεώσιμες πηγές και χρησιμοποιούνται ως καύσιμα μεταφοράς, καύσης, αλλά και ως πρώτη ύλη. Προκειμένου να χαρακτηριστεί ένα καύσιμο ως βιοκαύσιμο απαιτείται να πληροί τα πρότυπα ASTM και τις απαιτήσεις ποιότητας οι οποίες καθορίζονται είτε από την Ευρωπαϊκή Ένωση είτε από αρμόδιες υπηρεσίες των Ηνωμένων Πολιτειών.²

1.2 Αειφόρος Ανάπτυξη

Η αειφόρος ανάπτυξη είναι μία ευρεία έννοια και μπορεί να οριστεί με διάφορους τρόπους. Η βιώσιμη ανάπτυξη περιλαμβάνει τους προβληματισμούς που αφορούν την περιβαλλοντική υποβάθμιση και την προσπάθεια αντιμετώπισής της. Η αειφόρος ανάπτυξη είναι η χρήση των πόρων που υπάρχουν στο παρόντα χρόνο χωρίς εκμετάλλευση των τυχόν πλεονασμάτων με απώτερο στόχο, οι πόροι αυτοί να εξακολουθούν να είναι διαθέσιμοι για να καλύψουν τις ανάγκες του μέλλοντος. Πέραν αυτού η αειφόρος ανάπτυξη αναφέρεται στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος και αντιμετώπισης των προβλημάτων που έχουν δημιουργηθεί από τη

¹ <https://www.fueleconomy.gov/feg/current.shtml>.

² <https://afdc.energy.gov/laws/9218>.

βιομηχανία και τις εκπομπές ρύπων. Αυτή η ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης περιγράφηκε για πρώτη φορά στην έκθεση Brundtland³ του 1987 της Παγκόσμιας Επιτροπής για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον, η οποία συντάχθηκε υπό την προεδρία της τότε πρωθυπουργού της Νορβηγίας Gro Harlem Brundtland. Στην εν λόγω έκθεση, με τον όρο αειφόρος ανάπτυξη εννοείται η συνεχής και βιώσιμη φιλική προς το περιβάλλον και την κοινωνία ανάπτυξη με έμφαση στην κάλυψη των αναγκών των μελλοντικών γενεών.⁴

Η συγκεκριμένη έκθεση αποτελεί προοίμιο, θα μπορούσαμε να πούμε, της Agenda 21 των Ηνωμένων Εθνών, η οποία αποτελεί ένα πλάνο δράσης του 1992 για την αειφόρο ανάπτυξη και την αντιμετώπιση των ανθρωπίνων επιπτώσεων στο περιβάλλον. Τον Δεκέμβριο του 1992, μάλιστα, δημιουργήθηκε η Επιτροπή για την Αειφόρο Ανάπτυξη με στόχο να εξασφαλίσει την εφαρμογή της Agenda 21.⁵

³ C. Bhan, L. Verma, J. Singh.

⁴ <http://www.agenda21.gr/brundt.htm>.

⁵ <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία των εναλλακτικών πηγών ενέργειας και των ορυκτών καυσίμων είναι μακρά και ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα. Στο παρόν κεφάλαιο θα επιχειρήσουμε ένα σύντομο ταξίδι στην ιστορία της ενέργειας με σκοπό να φτάσουμε στη σύγχρονη εποχή και στη χρήση των εναλλακτικών καυσίμων.

2.1 Ξύλο και Άνθρακας

Οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τον άνθρακα ως πηγή ενέργειας ήταν οι Κινέζοι, οι οποίοι ήδη πριν το 2.000 π.Χ. έκαιγαν άνθρακα για να ζεσταθούν και να μαγειρέψουν. Ο άνθρακας ήταν γνώριμος και στη Μεσαιωνική Ευρώπη. Ωστόσο, εξαιτίας του έντονου καπνού που δημιουργούταν από την καύση του, στον ευρωπαϊκό χώρο προτιμούσαν την χρήση του ξύλου. Η έλλειψη ξύλου με την πάροδο των ετών ήταν αυτή που οδήγησε στην χρήση του άνθρακα στην Ευρώπη,⁶ ενώ από τον 16ο αιώνα μ.Χ ξεκίνησε στην Αγγλία η χρήση του άνθρακα στη σιδηρουργία, η οποία παραγκώνισε άλλες πηγές ενέργειας και οδήγησε στη βιομηχανική επανάσταση.⁷ Από το 1830 και εξής ο άνθρακας χρησιμοποιούταν ως το βασικό καύσιμο για την κίνηση των τρένων στις Η.Π.Α. Το 1830 μάλιστα κατασκευάστηκε στις Η.Π.Α. η Tom Thumb, η πρώτη εμπορικά πρακτική αμερικανικής κατασκευής ατμομηχανή, η οποία έθεσε τέλος στην χρήση του ξύλου για την κίνηση των τρένων.⁸ Περί το 1840 η χρήση του άνθρακα στις Η.Π.Α. επεκτάθηκε και στην παραγωγή επεξεργασμένου σιδήρου με τη χρήση ειδικών κλιβάνων.⁹

2.2 Φυσικό Αέριο

Το 1.000 π.Χ. περίπου το Μαντείο των Δελφών χτίστηκε σε σημείο του Παρνασσού όπου διέρρεε φυσικό αέριο υπό μορφή φλόγας από το έδαφος. Ωστόσο, τα πρώτα βήματα εξέλιξης της χρήσης του φυσικού αερίου αποδίδονται στους Κινέζους, οι οποίοι το 500 π.Χ. περίπου άρχισαν να χρησιμοποιούν ακατέργαστους σωλήνες από

⁶ R. Heinberg (2005)

⁷ Ομοίως

⁸ www.netl.doe.gov

⁹ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

μπαμπού προκειμένου να μεταφέρουν αέριο που έβγαινε από το έδαφος στην επιφάνεια με σκοπό να το χρησιμοποιήσουν για να βράσουν θαλασσινό νερό και να στη συνέχεια να το χρησιμοποιήσουν ως πόσιμο νερό. Οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν επίσης, το φυσικό αέριο προκειμένου να φτιάξουν αλάτι από άλμη σε εξατμιστές θερμαινόμενους με αέριο το οποίο έβρισκαν σε ρηχές πηγές και το μετέφεραν μέσω αγωγών από μπαμπού.¹⁰

Η Βρετανία ήταν η πρώτη χώρα που χρησιμοποίησε το φυσικό αέριο ως εμπορικό προϊόν. Το 1785 οι Βρετανοί άρχισαν να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο παραγόμενο από άνθρακα για οικιακή, αλλά και δημόσια χρήση, ενώ το 1816 στη Βαλτιμόρη χρησιμοποιήθηκε το φυσικό αέριο για την φωταγωγή των δρόμων και έτσι το Maryland υπήρξε η πρώτη πόλη στις Η.Π.Α. που φώτισε τους δρόμους της με τη χρήση του φυσικού αερίου.¹¹ Η ιστορία του φυσικού αερίου στην Αμερική ωστόσο είναι πολύ παλαιότερη. Το 1626 Γάλλοι εξερευνητές ανακάλυψαν ότι ιθαγενείς της Αμερικής χρησιμοποιούσαν αέρια που διέρρεαν μέσα και γύρω από τη λίμνη Erie, ενώ το 1821 ο William Hart, επονομαζόμενος και «πατέρας του φυσικού αερίου» στην Αμερική, έσκαψε με επιτυχή αποτελέσματα το πρώτο πηγάδι φυσικού αερίου στη Fredonia της Νέας Υόρκης. Έτσι, το 1858 ιδρύθηκε η Fredonia Gas Light, η πρώτη εταιρεία διανομής φυσικού αερίου της Αμερικής. Στο μεγαλύτερο μέρος του 19^{ου} αιώνα, το φυσικό αέριο χρησιμοποιούταν σχεδόν αποκλειστικά ως πηγή φωτισμού. Μόλις το 1885 η εφεύρεση του Γερμανού φυσικού Roberto Bunsen – ο καυστήρας Bunsen – άνοιξε το δρόμο για τη χρήση του φυσικού αερίου για την κάλυψη πολλών άλλων καθημερινών αναγκών πέραν του φωτισμού, όπως το μαγείρεμα και η λειτουργία συσκευών όπως ο θερμοσίφοντας και οι λέβητες με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.¹²

2.3 Πετρέλαιο

Περί τον 1^ο μ.Χ. αιώνα και πάλι οι Κινέζοι ξεκίνησαν τη διύλιση πετρελαίου για τη χρήση του ως πηγής ενέργειας.¹³ Οι πρώτοι που εκμεταλλεύτηκαν εμπορικά το πετρέλαιο ήταν οι Αμερικανοί τη δεκαετία του 1860.¹⁴ Από το 1870 και εξής μάλιστα το πετρέλαιο ήταν η σημαντικότερη πηγή ενέργειας των Η.Π.Α. μέσα από συνεχείς

¹⁰ www.eia.doe.gov

¹¹ <https://www.apga.org/apgamainsite/aboutus/facts/history-of-natural-gas>.

¹² <https://www.apga.org/apgamainsite/aboutus/facts/history-of-natural-gas>.

¹³ www.worldenergysource.com

¹⁴ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>

τεχνολογικές και οικονομικές εξελίξεις. Η εκτεταμένη χρήση του πετρελαίου επεκτάθηκε γρήγορα σε παγκόσμιο επίπεδο και η εμπορική του δυναμική επηρέασε σημαντικά και επηρεάζει μέχρι σήμερα την παγκόσμια οικονομία.¹⁵

2.4 Βιοκαύσιμα: η χρήση της ισχύος του νερού, του ανέμου και του ήλιου

Περί το 200 π.Χ. στον Ευρωπαϊκό χώρο εφευρέθηκε ο κάθετος τροχός νερού και η χρήση του διαδόθηκε μέσα σε μερικές εκατοντάδες χρόνια. Μέχρι το τέλος της Ρωμαϊκής Εποχής ο τροχός νερού χρησιμοποιούταν στους μύλους και σε διάφορες άλλες παραγωγικές διαδικασίες.¹⁶

Τον 10^ο μ.Χ. αιώνα ξεκίνησε η χρήση των ανεμόμυλων στην περιοχή της Περσίας και εν συνεχεία στην Ινδία, σε μουσουλμανικές περιοχές και στην Κίνα.¹⁷ Η χρήση του ανεμόμυλου διαδόθηκε στην Ευρώπη και περί το 1500 μ.Χ. χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη αποτελεσματικότητα από τους Ολλανδούς μηχανικούς. Εκτός από την παραγωγή, οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν στην Ολλανδία και ως ένα μέσο δημιουργίας καναλιών μέσω των οποίων μπορούσε να αποφευχθεί η αύξηση της στάθμης του νερού και η υπερχειλίση.¹⁸

Το 1850 οι ανεμόμυλοι έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλείς ως εργαλεία άντλησης νερού. Έτσι αποδείχθηκε η μεγάλη σημασία του ανέμου ως πηγής ενέργειας. Δόθηκε μεγάλη έμφαση στη χρήση των ανεμόμυλων με στόχο την πιο αποτελεσματική διοχέτευση και χρήση των υπόγειων υδάτων κυρίως στις καλλιέργειες.¹⁹

Το 1860 αναπτύχθηκε το πρώτο σύστημα ηλιακής ενέργειας στη Γαλλία από τον Augustine Mouchot, ο οποίος θεώρησε ότι η θερμότητα του ήλιου θα μπορούσε να αντικαταστήσει την καύση άνθρακα σε τέτοιο βαθμό ώστε να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες όλης της ευρωπαϊκής βιομηχανίας.²⁰

2.5 Ο δρόμος για την πράσινη ενέργεια

Το 1924 θεσπίστηκε ο πρώτος ομοσπονδιακός νόμος των Η.Π.Α. για τον έλεγχο των ρύπων από τη βιομηχανία πετρελαίου. Πρωταρχικός στόχος της αμερικανικής κυβέρνησης ήταν η αντιμετώπιση της μόλυνσης των ποταμών από τις απορρίψεις των

¹⁵ www.eoearth.org

¹⁶ www.fi.edu

¹⁷ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

¹⁸ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

¹⁹ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

²⁰ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

δεξαμενόπλοιων, η οποία παρεμπόδιζε την αλιεία, αλλά και την τουριστική εκμετάλλευση των παραποτάμιων περιοχών. Ο συγκεκριμένος νόμος δεν ήταν ιδιαίτερα αυστηρός²¹, η σημασία του όμως έγινε φανερή το 1969 εξαιτίας της τεράστιας οικολογικής καταστροφής που προκάλεσε η πετρελαιοκηλίδα στη Σάντα Μπάρμπαρα της Καλιφόρνια έπειτα από έκρηξη σε πλατφόρμα άντλησης πετρελαίου. Η καταστροφή αυτή ενίσχυσε το οικολογικό κίνημα των Η.Π.Α. και οδήγησε σε ιστορικές πολιτικές, νομοθετικές και οικονομικές αλλαγές που σχετίζονται άμεσα με την εξορυκτική βιομηχανία, την χρήση του πετρελαίου και την προστασία του περιβάλλοντος.²²

Από τη δεκαετία του 1920 και εξής προωθήθηκε επίσης και νομοθετικά η ευρύτερη χρήση, αλλά και εκμετάλλευση του φυσικού αερίου με ρύθμιση των τιμών και της μεταφοράς και διοχέτευσης του αερίου.²³ Τη δεκαετία του 1950 παρόλο που το πετρέλαιο κυριαρχούσε ως καύσιμο στις Η.Π.Α., η χρήση του φυσικού αερίου είχε επεκταθεί ήδη αρκετά.²⁴

²¹ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

²² <https://www.kathimerini.gr/world/943193/h-oikologiki-katastrofi-sti-santa-mparmpara/>.

²³ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

²⁴ <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μία περιεκτική αναφορά στα διαφορετικά είδη των εναλλακτικών καυσίμων όπως αυτά καθορίζονται από την Οδηγία 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου καθώς και στα βασικά τους χαρακτηριστικά.

Οι διαφορετικές κατηγορίες εναλλακτικών καυσίμων προσδιορίζονται στην Οδηγία 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, σύμφωνα με την οποία: εναλλακτικά καύσιμα είναι «τα καύσιμα ή οι πηγές ενέργειας που χρησιμεύουν, έστω και εν μέρει, ως υποκατάστατο για τις πηγές ορυκτού πετρελαίου στον ενεργειακό εφοδιασμό στις μεταφορές και που έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στην απαλλαγή των μεταφορών από τις ανθρακούχες εκπομπές και να ενισχύσουν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του εν λόγω τομέα.

Στα εναλλακτικά καύσιμα περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων:

- η ηλεκτρική ενέργεια
- το υδρογόνο
- τα βιοκαύσιμα όπως ορίζονται στο άρθρο 2 σημείο i) της οδηγίας 2009/28/ΕΚ
- τα συνθετικά και παραφινικά καύσιμα
- το φυσικό αέριο, συμπεριλαμβανομένου του βιομεθανίου, σε αέρια μορφή (συμπιεσμένο φυσικό αέριο — CNG) και σε υγροποιημένη μορφή (υγροποιημένο φυσικό αέριο — LNG)
- το υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο (υγραέριο — LPG).²⁵

²⁵ Οδηγία 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου

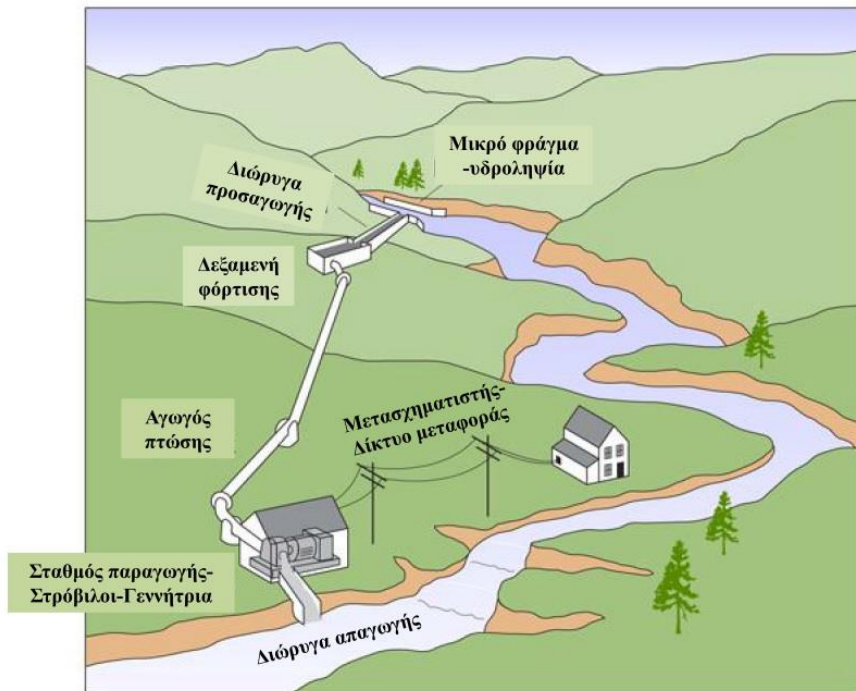
3.1 Η ηλεκτρική ενέργεια ως εναλλακτικό καύσιμο

Η ηλεκτρική ενέργεια θεωρείται εναλλακτικό καύσιμο βάσει του νόμου περί ενεργειακής πολιτικής του 1992. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από διάφορες πηγές, όπως το φυσικό αέριο, ο άνθρακας, η πυρηνική ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια και αποθηκεύεται ως υδρογόνο ή σε μπαταρίες.²⁶ Σύμφωνα με τη Διοίκηση Ενεργειακών Πληροφοριών των Η.Π.Α., το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών για το έτος 2020 παρήχθη από φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και άνθρακα. Για το ίδιο έτος, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρήγαγαν περί το 20% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη χρήση στροβίλων που λειτουργούν ως γεννήτριες και μετατρέπουν τη μηχανική σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην περίπτωση του φυσικού αερίου, του άνθρακα, της πυρηνικής σχάσης, της βιομάζας του πετρελαίου, της γεωθερμίας και της ηλιακής θερμότητας, η θερμότητα που παράγεται και συλλέγεται χρησιμοποιείται προκειμένου να δημιουργηθεί ατμός, ο οποίος θα κινήσει τα πτερύγια του στροβίλου. Στην περίπτωση της αιολικής και της υδροηλεκτρικής ενέργειας, τα πτερύγια των στροβίλων μετακινούνται από την ισχύ του αέρα ή του νερού αντίστοιχα. Τέλος, τα ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση ημιαγωγών.

²⁶ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

Συνιστώσες ενός τυπικού ΜΥΗΕ

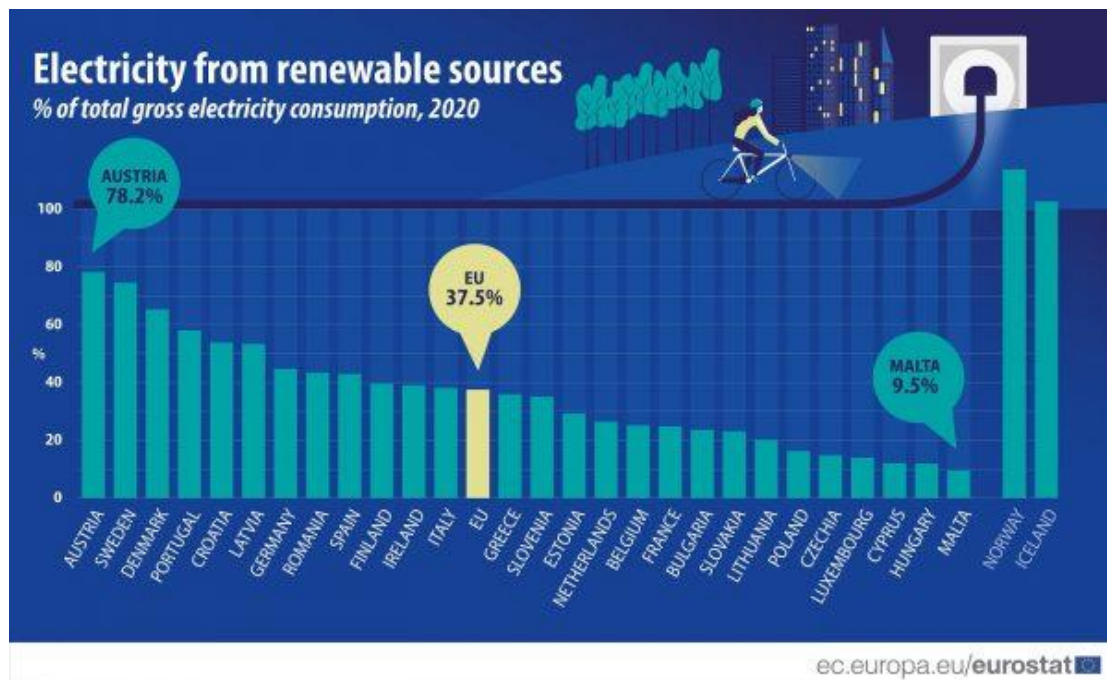


Σχηματική απεικόνιση παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.²⁷

Δεν παράγεται, ωστόσο, η ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε πηγή. Η παραγόμενη ποσότητα εξαρτάται από το μείγμα καυσίμων και πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην κάθε περίπτωση και στην κάθε περιοχή.

Στην παρακάτω απεικόνιση βλέπουμε το ποσοστό ανά χώρα της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές για το έτος 2020. Παρατηρούμε ότι το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 37,5% για την Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολό της, ενώ η Ελλάδα έρχεται αμέσως επόμενη με πολύ κοντινό ποσοστό.

²⁷ <https://www.e-mc2.gr/el/vivliothiki/energeia-energy/ydroilektriki-energeia>.



28

Η ηλεκτρική ενέργεια, ανεξαρτήτως του τρόπου παραγωγής της, μεταφέρεται μέσω μεγάλων δικτύων σε υποσταθμούς διανομής και από εκεί μέσω ακόμα μεγαλύτερων δικτύων υψηλής τάσης. Η τάση μειώνεται καταλλήλως με τη χρήση μετασχηματιστών προκειμένου η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται να έχει την απαιτούμενη τάση για την λειτουργία των οικιακών συσκευών και των βιομηχανικών μηχανημάτων.²⁹

3.2 Το υδρογόνο

Στη φύση συναντώνται τρία ισότοπα του υδρογόνου. Το πρώτο είναι το συνηθέστερο ισότοπο του υδρογόνου, το οποίο αποτελεί το 99,98% των ατόμων υδρογόνου. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία του υδρογόνου ως καυσίμου είναι σκόπιμο να προηγηθεί μία συνοπτική ανάλυση των ιδιοτήτων του. Το υδρογόνο σε συνήθη θερμοκρασία δωματίου εντοπίζεται σε αέρια μορφή. Η υγρή μορφή του υδρογόνου ήταν αποτέλεσμα των πειραμάτων του Άγγλου Sir James Dewar το 1898. Το υδρογόνο είναι εύλεκτο και η καύση της αέριας μορφής του παράγει νερό.³⁰

²⁸ <https://www.ot.gr/2022/01/26/green/ape/ee-poso-apo-to-reyma-pou-katanalonetai-proerxetai-apo-ape/>.

²⁹ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

³⁰ https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/48946/1/134796_KAKARANTZAS_NIKOLAOS.pdf.

Η παραγωγή του υδρογόνου μπορεί να γίνει με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο ή τον άνθρακα. Αυτός είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος. Ωστόσο, στις μέρες μας, το υδρογόνο παράγεται συχνά από αναμόρφωση μεθανίου με ατμό ή μέσω αυτοθερμικής οξειδωσης ή αεριοποίησης. Δυνατή επίσης είναι η παραγωγή του υδρογόνου με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω της πυρόλυσης ή της αεριοποίησης της βιομάζας ή μέσω ηλεκτρόλυσης του νερού. Ο τελευταίος θεωρείται και ο πιο καθαρός τρόπος παραγωγής του υδρογόνου. Σύμφωνα με τους Stancin et al., η παραγωγή του υδρογόνου μέσω της ηλεκτρόλυσης, δεν είναι μόνο ο πιο καθαρός τρόπος παραγωγής, αλλά και ο πιο ελπιδοφόρος καθώς είναι μία διαδικασία που μπορεί εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα και να καλύψει ενεργειακές ανάγκες οικιακές, αλλά και εμπορικές και βιομηχανικές. Τέλος, το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από ηλιακή ή πυρηνική ενέργεια ή από απόβλητη θερμότητα της βιομηχανίας. Από τις τελευταίες περιπτώσεις, η πιο αποδοτική, αλλά και καθαρή διαδικασία, είναι η παραγωγή με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας.³¹

Το ίδιο το υδρογόνο είναι ένα άχρωμο αέριο, αλλά υπάρχουν περίπου διάφοροι χρωματικοί κώδικες για την αναγνώριση του υδρογόνου. Οι κωδικοί χρωμάτων του υδρογόνου αναφέρονται στην πηγή ή τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του υδρογόνου. Αυτοί οι κωδικοί είναι: γκρι, μπλε, πράσινο, καφέ, ροζ, κίτρινο, τρκουάζ.

Το γκρίζο υδρογόνο είναι σήμερα η πιο κοινή και η φθηνότερη μορφή παραγωγής υδρογόνου. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο και δεν παράγει το ίδιο εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, αλλά η διαδικασία παραγωγής του. Το γκρίζο υδρογόνο δημιουργείται από φυσικό αέριο χρησιμοποιώντας αναμόρφωση ατμού, που διαχωρίζει το υδρογόνο από το φυσικό αέριο. Ωστόσο, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται δεν καταγράφουν τις εκπομπές άνθρακα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, οι οποίες αντίθετα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

Το μπλε υδρογόνο εξάγεται επίσης χρησιμοποιώντας τη διαδικασία αναμόρφωσης ατμού, αλλά διαφέρει από το γκρι καθώς οι εκπομπές άνθρακα που απελευθερώνονται συλλαμβάνονται και αποθηκεύονται, γεγονός που μειώνει τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα, αλλά δεν τις εξαλείφει. Το μπλε υδρογόνο ονομάζεται μερικές φορές

³¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120302185>

«υδρογόνο χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα», καθώς η διαδικασία παραγωγής δεν αποτρέπει τη δημιουργία αερίων του θερμοκηπίου, απλώς τα αποθηκεύει.

Το πράσινο υδρογόνο δεν παράγει εκπομπές σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του, καθώς χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη διαδικασία παραγωγής, καθιστώντας το μια πραγματική πηγή καθαρής ενέργειας. Κατασκευάζεται με ηλεκτρόλυση νερού χρησιμοποιώντας καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που δημιουργείται από πλεονάζουσα ανανεώσιμη ενέργεια από αιολική και ηλιακή ενέργεια. Η διαδικασία προκαλεί μια αντίδραση που διασπά το νερό στα συστατικά του υδρογόνο και οξυγόνο (το H και το O στο H₂O). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην απελευθερώνονται εκπομπές άνθρακα κατά τη διαδικασία. Είναι μια εξαιρετική εναλλακτική του γκρι και του μπλε, αλλά προς το παρόν η κύρια πρόκληση είναι η μείωση του κόστους παραγωγής του πράσινου υδρογόνου για να γίνει μια πραγματικά εφικτή εναλλακτική από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φιλική προς το περιβάλλον.

Το καφέ υδρογόνο δημιουργείται χρησιμοποιώντας οποιονδήποτε τύπο άνθρακα στη διαδικασία εξόρυξης. Αυτή η διαδικασία, που ονομάζεται αεριοποίηση, είναι η διαδικασία στο αντίθετο άκρο του φάσματος από την ηλεκτρόλυση του πράσινου υδρογόνου. Είναι μια καθιερωμένη διαδικασία που χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες που μετατρέπουν υλικά πλούσια σε άνθρακα σε υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι εκπομπές στη συνέχεια απελευθερώνονται στον αέρα, προκαλώντας ρύπανση και γίνονται το πιο επιβλαβές υδρογόνο για το περιβάλλον.

Το ροζ υδρογόνο παράγεται από πυρηνική ενέργεια μέσω ηλεκτρόλυσης.

Το κίτρινο υδρογόνο παράγεται μέσω ηλεκτρόλυσης χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια.

Το τirkουάζ υδρογόνο παράγεται με τη διαδικασία πυρόλυσης μεθανίου, η οποία παράγει υδρογόνο και στερεό άνθρακα χρησιμοποιώντας θερμότητα για τη διάσπαση της χημικής σύνθεσης του υλικού. Δεν απελευθερώνεται άνθρακας στον αέρα αντίθετα αποθηκεύεται στον στερεό άνθρακα που δημιουργείται. Η παραγωγή του βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

Το υδρογόνο χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία προκειμένου να παραχθεί αμμωνία, μεθάνιο ή μεθανόλη, τα τελευταία δε σε δεύτερη φάση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων υλών μεταξύ των οποίων εκρηκτικών, λιπασμάτων,

αναψυκτικών κλπ και στη βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή υδρογονανθράκων. Επίσης, το υδρογόνο χρησιμοποιείται για την μελέτη των στοιχειωδών σωματιδίων και της υπεραγωγιμότητας.³²

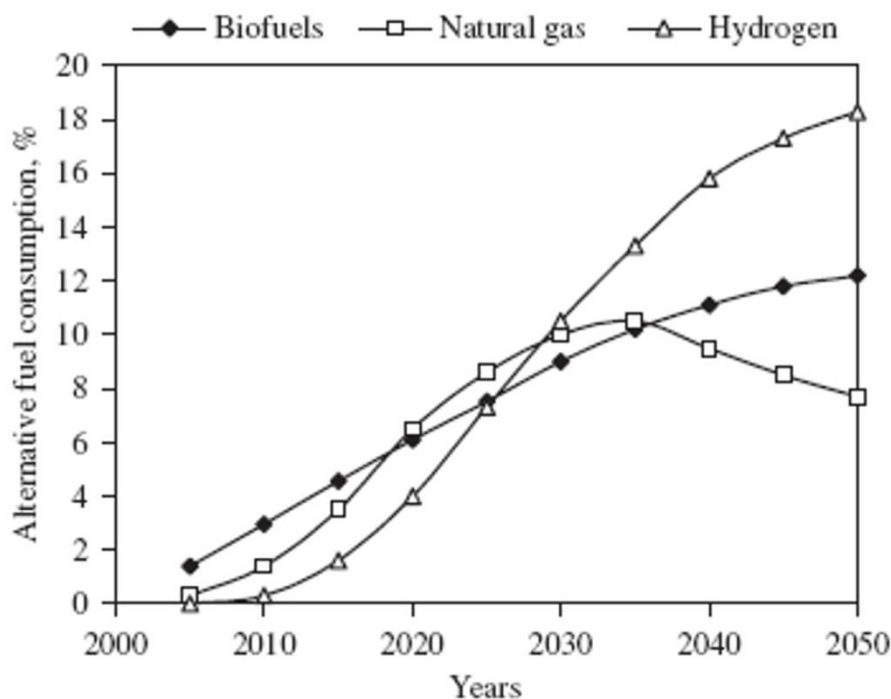
Η σημασία του υδρογόνου ως εναλλακτικού καυσίμου είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Ο νορβηγικός νηογνώμονας DNV διενήργησε έρευνα σχετικά με το μέλλον του υδρογόνου ως εναλλακτικού καυσίμου στη ναυτιλία. Σύμφωνα με την εν λόγω έρευνα, έως το 2050, το υδρογόνο πιθανολογείται ότι θα καλύπτει το 5% των ενεργειακών αναγκών σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ στην Ευρώπη το υδρογόνο πιθανόν θα αποτελεί το 11% του ενεργειακού μείγματος. Η έρευνα κατέδειξε ότι από την ποσότητα του υδρογόνου, το 1/5 θα είναι αμμωνία, το 20% θα περιλαμβάνει ηλεκτρονικά καύσιμα και καθαρό αεροπορικό καύσιμο, ενώ περισσότερο από 70% αυτού θα είναι πράσινο. Σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια, το υδρογόνο δεν θεωρείται εξίσου αποτελεσματικό και παράλληλα είναι πολύ ακριβότερο. Ωστόσο, σύμφωνα με τις δηλώσεις του Remi Eriksen, του Προέδρου και CEO της DNV, το υδρογόνο είναι απολύτως απαραίτητο για τους τομείς που αντιμετωπίζουν ανεπάρκεια στην ηλεκτροδότηση, όπως η αεροπορία, η ναυτιλία και η βιομηχανία υψηλής θερμοκρασίας.

33

Στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε το ποσοστό χρήσης βιοκαυσίμων, φυσικού αερίου και υδρογόνου από το 2000 έως το 2050. Σύμφωνα με την απεικόνιση η χρήση υδρογόνου φαίνεται ότι θα έχει μεγάλη αύξηση κυρίως από το 2020 έως το 2050, η χρήση του φυσικού αερίου προβλέπεται να σημειώσει μείωση από το 2040 και εξής, ενώ η χρήση των βιοκαυσίμων παρουσιάζει σταθερή αύξηση έως του 2050, μικρότερη από αυτή του υδρογόνου. Πρόκειται για μία απεικόνιση του μέλλοντος όσον αφορά τη διαχείριση των καυσίμων, η οποία παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι αισιόδοξη σε ό,τι αφορά την πράσινη ενέργεια, αλλά μένει να δούμε αν θα πραγματοποιηθεί.

³² https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/48946/1/134796_KAKARANTZAS_NIKOLAOS.pdf

³³ <https://shippingwatch.com/Services/article14143398.ece>.



34

Από τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η έρευνα του Ομίλου DNV, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το υδρογόνο προβλέπεται να μεταφέρεται μέσω αγωγών εντός της ίδιας χώρας και μεταξύ χωρών, όχι όμως μεταξύ διαφορετικών ηπείρων. Αντιθέτως, η αμμωνία μπορεί να μεταφερθεί με ασφάλεια και μεγαλύτερη ευκολία με πλοία. Τα παράγωγα του υδρογόνου, όπως η αμμωνία, η μεθανόλη και η ηλεκτρονική κηροζίνη θα οδηγήσουν σε μεγάλο βαθμό στην απανθρακοποίηση κυρίως στους τομείς των βαρέων μεταφορών – αεροπορία, θαλάσσιες μεταφορές και βαρέα οχήματα – χωρίς ωστόσο να προβλέπεται η ευχέρεια χρήσης τους στα επιβατηγά οχήματα και για οικιακή χρήση, όπου προτείνεται περισσότερο η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου ως πιο αποτελεσματική και ασφαλής.³⁵

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να τονίσουμε ότι το υδρογόνο παρουσιάζει πολύ διαφορετικές ιδιότητες από τα λοιπά εναλλακτικά καύσιμα και ενέχει τον κίνδυνο ανάφλεξης ή έκρηξης, το οποίο συνεπάγεται ότι απαιτείται προσοχή κατά τη χρήση του και τήρηση απαραίτητων κανόνων προκειμένου να χρήση του να είναι ασφαλής.³⁶

³⁴ https://www.intechopen.com/media/chapter/40243/media/image3_w.jpg.

³⁵ <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/nautilia/i-paragogi-idrogonou-os-enallaktikou-kafsimou-tha-kostisi-68-tris-eos-to-2050/>.

³⁶ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095758200800058X>

3.3 Τα Βιοκαύσιμα

Σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, στα βιοκαύσιμα περιλαμβάνονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ήτοι αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από τα αέρια που παράγονται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και από τα βιοαέρια.³⁷

Τα βιοκαύσιμα προέρχονται κυρίως από βιολογικά υλικά, ήτοι από φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς. Τα στέρεα βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν τα καυσόξυλα, το κάρβουνο και τις ινώδεις ουσίες. Ινώδης τύπος υλικού μπορεί να ληφθεί από την επεξεργασία του ζαχαροκάλαμου και χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ενέργειας και ατμού. Στα αέρια βιοκαύσιμα ανήκει, μεταξύ άλλων, το μεθάνιο, το οποίο μπορεί να ληφθεί με ζύμωση απορριμμάτων κατοικίδιων ζώων καθώς και μέσω της πυρόλυσης ή της αεριοποίησης των γεωργικών απορριμμάτων. Τα υγρά καύσιμα, όπως η μεθανόλη, η αιθανόλη, τα οργανικά έλαια και οι μεθυλεστέρες αποδίδονται με τον όρο βιοντίζελ.³⁸

Το βιοντίζελ είναι ανανεώσιμο βιοδιασπώμενο καύσιμο που προέρχεται από φυτικά έλαια, ζωικά λίπη ή ανακυκλωμένο λίπος διατροφής, είναι βιολογικά αποικοδομήσιμο και άρα πολύ λιγότερο επιβλαβές για το περιβάλλον. Πρόκειται για υγρό καύσιμο, το οποίο αναφέρεται συχνά και ως B100 και χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση.³⁹

Το βιοντίζελ παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες ανάφλεξης και καύσης με το συμβατικό καύσιμο ντίζελ με βάση τους υδρογονάνθρακες, αλλά αναφλέγεται σε υψηλότερο σημείο με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μικρότερο κίνδυνο έκρηξης.⁴⁰

Αξιοσημείωτο είναι ότι η απόδοση του βιοντίζελ επηρεάζεται από την θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό, τα μείγματα καυσίμου με μικρότερο ποσοστό βιοντίζελ έχουν καλύτερη απόδοση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.⁴¹

³⁷ Οδηγία 2009/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου

³⁸ <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/90205/1/10.14233-ajchem.2019.22098.pdf>.

³⁹ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

⁴⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095758200800058X>

⁴¹ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

Προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή βιοντίζελ, οι επιστημονικές έρευνες στρέφονται προς διάφορες νέες τεχνολογίες και κυρίως προς οικονομικές άφθονες πρώτες ύλες, οι οποίες ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες: τα βρώσιμα φυτικά έλαια, τα μη βρώσιμα φυτικά έλαια, τα απόβλητα ή ανακυκλωμένα έλαια και τα ζωικά λίπη. Η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα της κάθε περιοχής, τη γεωγραφική θέση, το τοπικό εδαφικό περιβάλλον, και την γεωργική παραγωγή της εκάστοτε χώρας.⁴²

Τα βιοκαύσιμα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οκτάνια μεγαλύτερο βαθμό λιπαντικότητας απ' ό,τι τα καύσιμα που βασίζονται στο πετρέλαιο. Γι' αυτό το λόγο βελτιώνουν την απόδοση των κινητήρων και αυξάνουν το χρόνο ζωής των μηχανημάτων.⁴³

Έως τώρα έχουμε αναφερθεί σε βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς. Τα βιοκαύσιμα δεύτερη γενιάς είναι μία πιο εξελιγμένη μορφή βιοκαυσιμών και είναι γνωστά και ως «προηγμένα καύσιμα». Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, κατά κύριο λόγο, δεν χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο. Μεταξύ αυτών είναι το ξύλο, τα γεωργικά υπολείμματα, τα οργανικά απόβλητα, τα απόβλητα τροφίμων καθώς και ορισμένες καλλιέργειες βιομάζας με κυτταρίνη, ημικυτταρίνες ή λιγνίνη. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς συνδυάζονται με καύσιμα βασισμένα στο πετρέλαιο για να χρησιμοποιηθούν στους υπάρχοντες κινητήρες εσωτερικής καύσης ή χρησιμοποιούνται σε οχήματα προσαρμοσμένα. Τα βιοκαύσιμα δεύτερη γενιάς δεν έχουν λάβει ακόμη εμπορική μορφή παρά χρησιμοποιούνται κυρίως σε πιλοτικό επίπεδο και στο πλαίσιο ερευνών που διενεργούνται στη Βόρεια Αμερική, στην Ευρώπη, στην Κίνα, στην Ινδία και στην Ταϊλάνδη. Για την παραγωγή τους σε μεγάλη κλίμακα και για την προώθησή τους στο εμπόριο απαιτείται πρωτίστως η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας.⁴⁴

Τα βιοκαύσιμα δεύτερη γενιάς περιλαμβάνουν απόβλητα φυτικά έλαια, τα οποία δεν έχουν διατροφική αξία και συμβάλλουν στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, βιοκαύσιμα παραγόμενα από τη βιομάζα που προέρχεται από χόρτα, από καλλιέργειες σπόρων και κυρίως από βιομάζα σόγιας και από αστικά απόβλητα. Τα αστικά

⁴² <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/90205/1/10.14233-ajchem.2019.22098.pdf>.

⁴³ Ομοίως.

⁴⁴ <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/90205/1/10.14233-ajchem.2019.22098.pdf>.

απόβλητα είναι η βασική προέλευση των βιοκαυσίμων σήμερα. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς που συναντάμε στις μέρες μας είναι:

1. Η κυτταρινική αιθανόλη, η οποία προέρχεται από τη ζύμωση σακχάρων κιτταρίνης και ημικυτταρίνης της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας.
2. Η βιοβουτανόλη, η οποία παράγεται όπως και η αιθανόλη, αλλά από μικροοργανισμούς.
3. Η αλκοόλη παραγόμενη από τη ζύμωση συγκεκριμένων μικροοργανισμών.
4. Το βιοσυνθετικό φυσικό αέριο, το οποίο παράγεται με αναερόβια χώνευση με συγκεκριμένους μικροοργανισμούς και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο ή υγροποιημένο φυσικό αέριο.
5. Το υδροεπεξεργασμένο φυτικό έλαιο, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως υποκατάστατο του ντίζελ
6. Τα έλαια πυρόλυσης, τα οποία λαμβάνονται από πυρόλυση τέφρας.

Αποδεκτή είναι σήμερα και η έννοια των βιοκαυσίμων τρίτης γενιάς, τα οποία προβλέπεται ότι θα παράγονται στο μέλλον από βιομάζα φυκών.⁴⁵

3.4 Τα Συνθετικά και Παραφινικά καύσιμα

Ο όρος συνθετικά καύσιμα χρησιμοποιείται για να περιγράψει οποιοδήποτε κατασκευασμένο καύσιμο με κατά προσέγγιση σύνθεση και συγκρίσιμη ειδική ενέργεια ενός φυσικού καυσίμου.

Τα συνθετικά καύσιμα είναι μία μεγάλη καινοτομία καθώς μπορούν να απαλλάξουν τα βενζινοκίνητα και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα από τις εκπομπές οξειδίων του άνθρακα. Η παρασκευή των συνθετικών καυσίμων περιλαμβάνει τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η υπερθέρμανση του πλανήτη. Πρώτη ύλη παρασκευής τους είναι το αέριο του θερμοκηπίου και για την παρασκευή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αρχικά παράγεται υδρογόνο από

⁴⁵ <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/90205/1/10.14233-ajchem.2019.22098.pdf>.

νερό και στη συνέχεια προστίθεται άνθρακας προκειμένου να προκύψει ένα υγρό καύσιμο.

Προς το παρόν τα συνθετικά καύσιμα παράγονται και χρησιμοποιούνται μόνο σε δοκιμαστικό επίπεδο, η χρήση και προώθησή τους ωστόσο υποστηρίζεται σθεναρά από το γερμανικό Υπουργείο Οικονομικών και Ενέργειας.⁴⁶

Σύμφωνα με την Οδηγία 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου «Συνθετικά καύσιμα, τα οποία υποκαθιστούν το ντίζελ, τη βενζίνη και το καύσιμο αεριωθουμένων, μπορούν να παραχθούν από διάφορες πρώτες ύλες, μετατρέποντας τη βιομάζα, το φυσικό αέριο, τον άνθρακα ή τα πλαστικά απορρίμματα σε υγρά καύσιμα, μεθάνιο και διμεθυλαιθέρα (DME). Τα συνθετικά παραφινικά καύσιμα ντίζελ, όπως τα υδρογονοεπεξεργασμένα φυτικά έλαια (HVO) και τα ντίζελ Fischer-Tropsch, είναι εναλλάξιμα και μπορούν είτε να αναμειχθούν με ορυκτά καύσιμα ντίζελ σε πολύ μεγάλη αναλογία ανάμειξης είτε να χρησιμοποιηθούν από μόνα τους σε όλα τα υπάρχοντα ή μελλοντικά οχήματα ντίζελ. Επομένως, αυτά τα καύσιμα μπορούν να διανεμηθούν, να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν με τις υπάρχουσες υποδομές. Τα συνθετικά καύσιμα που υποκαθιστούν τη βενζίνη, όπως η μεθανόλη και άλλες αλκοόλες, μπορούν να αναμειχθούν με τη βενζίνη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τεχνικής απόψεως με τη σημερινή τεχνολογία του αυτοκινήτου με μικρές προσαρμογές. Η μεθανόλη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην εσωτερική ναυσιπλοΐα και στις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων. Τα συνθετικά και παραφινικά καύσιμα έχουν τη δυνατότητα να ελαττώσουν τη χρήση των πηγών πετρελαίου στον ενεργειακό εφοδιασμό του τομέα των μεταφορών.»⁴⁷

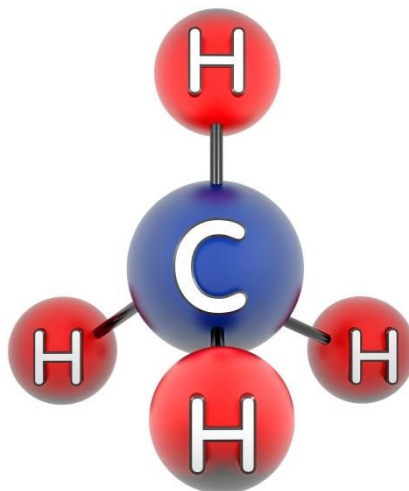
3.5 Το Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο ή αλλιώς βιομεθάνιο είναι ένα αέριο μείγμα κορεσμένων υδρογονανθράκων, το οποίο περιέχει μικρό αριθμό ατόμων άνθρακα. Από πλευράς χημικής σύστασης, το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο σε περιεκτικότητα συνήθως μεγαλύτερη του 80%. Επίσης, στη χημική του σύσταση περιλαμβάνονται και τα εξής στοιχεία: αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και άλλα στοιχεία

⁴⁶ <https://infoservice.com.gr/player/synthetika-kafsima-i-epomeni-epanastasi/>.

⁴⁷ Οδηγία 2014/94/ΕΕ,

σε μικρότερη ποσότητα, όπως διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο.⁴⁸



Το φυσικό αέριο προέρχεται από υπόγειες κοιλότητες, οι οποίες δεν παράγουν όλες όμοιο σε σύσταση φυσικό αέριο. Η σύνθεσή του εξαρτάται από την προέλευση και το είδος της οργανικής ύλης από την οποία σχηματίζεται κάθε φορά. Πιο αναλυτικά, το φυσικό αέριο σχηματίζεται από τη θερμική αποικοδόμηση της πρωταρχικής οργανικής ύλης μεγάλου μοριακού βάρους προερχόμενη από οργανικά ιζήματα είτε χερσαία είτε θαλάσσια σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας και σε βάθος πολλών χιλιομέτρων στο υπέδαφος. Το μεθάνιο που παράγεται παγιδεύεται σε γεωλογικούς σχηματισμούς δημιουργώντας κοιτάσματα στη βάση των οποίων συνήθως παγιδεύεται και πετρέλαιο.⁴⁹

Το φυσικό αέριο είναι ένα από τα καθαρότερα ορυκτά καύσιμα και για το λόγο αυτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των εθνικών στόχων των κρατών για βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, στην επίτευξη της ενεργειακής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο και στην δημιουργία πιο ανταγωνιστικών οικονομιών διεθνώς.⁵⁰

⁴⁸https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B1%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF.

⁴⁹<http://www.gastrade.gr/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85.aspx>.

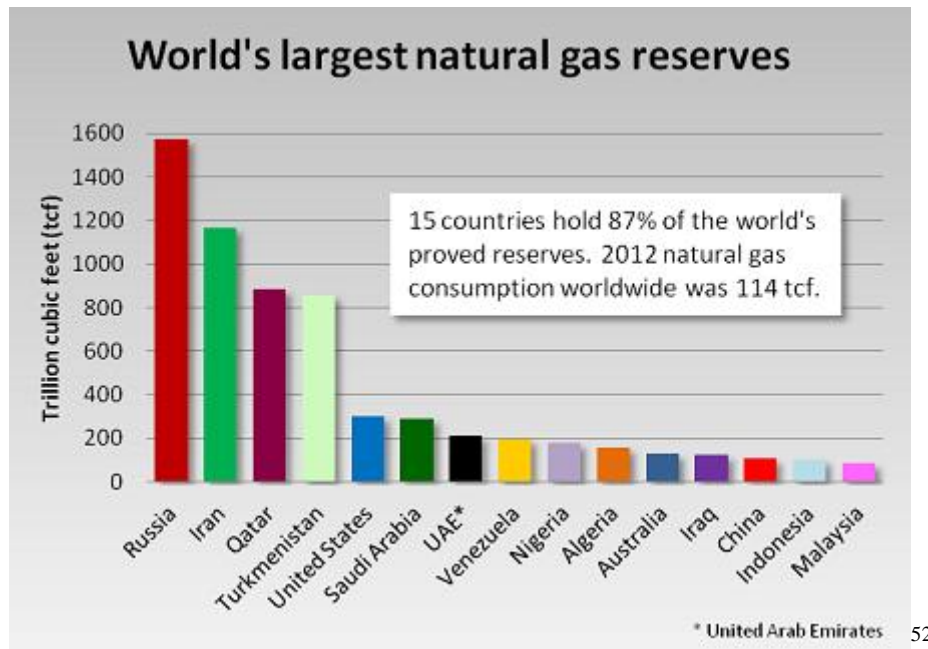
⁵⁰ <https://www.apga.org/apgamainsite/aboutus/facts/history-of-natural-gas>.

Εκτός αυτού, το φυσικό αέριο διαθέτει και πολλά άλλα πλεονεκτήματα που καθιστούν απαραίτητη τη χρήση στον βιομηχανικό τομέα, όπως η δυνατότητα συνεχούς παροχής καυσίμου, οι μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με άλλα διαθέσιμα καύσιμα, η αυξημένη ενεργειακή του απόδοση και η ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου του.

Τα προβλήματα κατά την εξόρυξη και παραγωγή του φυσικού αερίου αφορούν κυρίως το περιβάλλον. Η γεώτρηση ενός φρεατίου μπορεί να επηρεάσει την άγρια ζωή και την χρήση της γης σε συγκεκριμένες περιοχές. Η ανθρώπινη παρέμβαση που απαιτείται για την παραγωγή φυσικού αερίου επηρεάζει τα τοπικά οικοσυστήματα καθώς προκαλεί πολλές φορές μόλυνση των ποταμών και των ρεμάτων ή πρόκληση σημαντικών εδαφικών διαβρώσεων και ρύπους. Η υδραυλική θραύση, η οποία αποτελεί μέρος της βιομηχανίας φυσικού αερίου, μπορεί να οδηγήσει σε σεισμικές δονήσεις και σε υπερφόρτωση των τοπικών πηγών υδάτων. Επίσης, η επεξεργασία του φυσικού αερίου, αν και είναι σε μεγάλο βαθμό φιλική προς το περιβάλλον, σε αντίθεση με την επεξεργασία και καύση άλλων καυσίμων, απελευθερώνει επίσης μεθάνιο και μειώνει την ποιότητα του αέρα.⁵¹

Στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί εντοπίζουμε τα αποθέματα φυσικού αερίου ανά χώρα:

⁵¹ <https://group.met.com/fyouture/natural-gas-environmental-impact/64>.



52

3.6 Το Υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο

Το υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο ή, όπως πιο συχνά αποκαλείται, το υγραέριο (LPG), υπήρξε ιδιαίτερα δημοφιλές λόγω του χαμηλού κόστους του πριν την έναρξη των εχθροπραξιών στην Ουκρανία και την ενεργειακή κρίση που την ακολούθησε και εξακολουθεί μέχρι σήμερα να υφίσταται. Παράλληλα, το υγραέριο θεωρείται πιο οικολογικό και παρουσιάζει καλύτερη απόδοση στην επιτάχυνση, σε αντίθεση με τη βενζίνη λόγω του αυξημένου αριθμού οκτανίων.

Το υγραέριο προέρχεται από το πετρέλαιο και αποτελείται από ένα μείγμα προπανίου και βουτανίου σε αναλογία που διαφέρει ανάλογα με τη χώρα παραγωγής του. Στην Ελλάδα η σύσταση του υγραερίου περιλαμβάνει 80% προπάνιο και 20% βουτάνιο και λαμβάνεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου στα διυλιστήρια. Το υγραέριο υγροποιείται με ευκολία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό χαμηλή πίεση.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των οχημάτων που κινούνται με υγραέριο είναι κατά 10% ή και 20% μικρότερες από αυτές των βενζινοκίνητων οχημάτων. Οι κινητήρες των οχημάτων που κινούνται με υγραέριο δεν εκπέμπουν καθόλου σωματίδια άνθρακα και θεωρούνται πιο φιλικό προς το περιβάλλον ακόμα και από τους κινητήρες των οχημάτων που χρησιμοποιούν ντίζελ. Ένα ακόμη πλεονέκτημα που

⁵² <https://www.countriesnow.com/wp-content/uploads/2013/08/world-proven-reserves.png>.

αφορά το υγραέριο είναι ότι οι κινητήρες των συμβατικών βενζινοκίνητων οχημάτων μετατρέπονται εύκολα σε κινητήρες διπλού καυσίμου και μπορούν να κινηθούν με τη χρήση υγραερίου με μικρές μηχανολογικές παρεμβάσεις.⁵³

Από πλευράς φορολόγησης, το υγραέριο διέπεται από ευνοϊκές νομοθετικές ρυθμίσεις καθώς, σύμφωνα με την Οδηγία 2003/96/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πλήρεις ή μερικές απαλλαγές ή μειώσεις σε επίπεδο φορολόγησης.⁵⁴

⁵³https://www.caranddriver.gr/tecnologia/arthro/ygraerio_to_kaysimo_pou_eksakolouthei_na_symfereit-7809940/.

⁵⁴ Βλ. Οδηγία 2003/96/ΕΚ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

για τα

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα σημαντικότερα, κατά την άποψη της γράφουσας, νομοθετήματα της εθνικής και της ευρωπαϊκής νομοθεσίας σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα καθώς και σε σημαντικές διακρατικές συμφωνίες που έχει υπογράψει η Ελλάδα κυρίως για το φυσικό αέριο.

Νόμος 4439/2016 (ΦΕΚ 222/Α'/2016)⁵⁵

Με το νόμο αυτό ενσωματώθηκε στην ελληνική έννομη τάξη η Οδηγία 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου του 2014 που αφορά την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, την απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης και ρυθμίσεις που αφορούν τα πρατήρια παροχής καυσίμων και ενέργειας.⁵⁶

Ο συγκεκριμένος νόμος περιλαμβάνει αναλυτικές προβλέψεις σχετικά με τον εφοδιασμό ηλεκτρικής ενέργειας, υδρογόνου και φυσικού αερίου για τις μεταφορές καθώς και σχετικά με τις άδειες λειτουργίας πρατηρίων υγραερίου και μικτών πρατηρίων.

Στο άρθρο 21 επίσης, προβλέπεται η δημιουργία ψηφιακού μητρώου των λειτουργούντων πρατηρίων παροχής καυσίμων και ενέργειας και των παντός είδους πρατηρίων παροχής καυσίμων δημόσιας και ιδιωτικής χρήσης.⁵⁷

Υ.Α. 26333/1329/2017 (ΦΕΚ 2660/Β'/2017)

⁵⁵ <https://www.elinyae.gr/lexeis-kleidia/enallaktika-kaysima>.

⁵⁶ Ν. 4439/2016

⁵⁷ Ομοίως.

Τροποποίηση των διατάξεων του π.δ. 77/1998 «Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/53/ΕΚ του Συμβουλίου της 25ης Ιουλίου 1996 σχετικά με τον καθορισμό, για ορισμένα οδικά οχήματα που κυκλοφορούν στην Κοινότητα, των μέγιστων επιτρεπόμενων διαστάσεων στις εθνικές και διεθνείς μεταφορές και των μέγιστων επιτρεπόμενων βαρών στις διεθνείς μεταφορές» (ΦΕΚ Α' 71/07.04.1998) σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2015/719/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2015 που τροποποιεί την οδηγία 96/53/ΕΚ.⁵⁸

Υ.Α. 188543/2022 (ΦΕΚ 3368/Β'/2022)

Καθορισμός όρων, προϋποθέσεων και τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση διατάξεων παροχής (σημεία ανεφοδιασμού) Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) σε τροχοφόρα οχήματα, σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια Παροχής Καυσίμων και Ενέργειας».⁵⁹

Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα και την κλιματική αλλαγή

Το περιεχόμενο της Συμφωνίας συνδέεται στενά με το κείμενο της Σύμβασης – Πλαίσιο του ΟΗΕ του 1992 για την Κλιματική Αλλαγή.⁶⁰

Στο δεύτερο άρθρο της Συμφωνίας τίθενται οι στόχοι που θα πρέπει να επιτευχθούν και οι οποίοι έχουν ως εξής:

1. Διατήρηση της αύξησης της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας πολύ κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου πάνω από τα προ – βιομηχανικά επίπεδα και η εξακολούθηση της προσπάθειας περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας άνω των 1,5 βαθμών Κελσίου πάνω από τα προ – βιομηχανικά επίπεδα, δεδομένου ότι αυτό θα μειώσει σημαντικά τις συνέπειες και τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής.
2. Βελτίωση της ικανότητας προσαρμογής στις δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ενίσχυση της «ανθεκτικότητας» του κλίματος και διατήρηση των χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με τρόπο που δεν θα απειλείται η παραγωγή τροφίμων.

⁵⁸ <https://www.elinyae.gr/lexeis-kleidia/enallaktika-kaysima>.

⁵⁹ Ομοίως

⁶⁰ <https://nomosphysis.org.gr/17392/i-metriopathis-symfonia-ton-parision-gia-tin-klimatiki-allagi/>.

3. Προσαρμογή των χρηματοοικονομικών ροών στην πορεία προς τα χαμηλά των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην «ανθεκτικότητα» του κλίματος.⁶¹

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό πως ο στόχος των μερών δεν είναι μόνο η διατήρηση χαμηλού επιπέδου αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης και διατήρησης της αύξησης αυτής κάτω των 2 βαθμών Κελσίου, αλλά και η προσαρμογή της παραγωγής και της οικονομίας στις νέες κλιματικές συνθήκες και κυρίως στα απαιτούμενα χαμηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι ενώ στα Πρωτόκολλα του Ρίο και του Κιότο, ποσοτικοποιείται και πάλι ο στόχος, η Συμφωνία του Παρισιού έχει μια πιο ολοκληρωμένη οπτική.

Για την επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου της Συμφωνίας τα κράτη έχουν ορισμένες υποχρεώσεις οι οποίες ορίζονται αναλυτικά στο αρ. 4 ως κάτωθι:

1. Κορύφωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου το συντομότερο δυνατό με σκοπό την ταχύτερη μείωση αυτών σε συμφωνία με τις επιστημονικές γνώσεις, με σκοπό την επίτευξη ισορροπίας ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές και απομακρύνσεων από δεξαμενές αερίων του θερμοκηπίου. Αναγνωρίζεται δε ως δεδομένο, ότι η κορύφωση των εκπομπών αερίων θα διαρκέσει περισσότερο για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι σχετικές δράσεις θα πρέπει να πραγματοποιηθούν με βάση την αρχή της δικαιοσύνης και εντός του πλάνου για αειφόρο ανάπτυξη και εξάλειψη της φτώχειας.
2. Καθορισμός της εθνικής συνεισφοράς κάθε κράτους μέρους μέσα από τη λήψη μέτρων σε εθνικό επίπεδο.
3. Η εθνική συνεισφορά κάθε κράτους θα πρέπει να αντικατοπτρίζει τον κοινό στόχο και τη φιλοδοξία του μέρους να τον πετύχει.
4. Τα αναπτυγμένα κράτη οφείλουν να έχουν το προβάδισμα όσον αφορά τους οικονομικούς στόχους μείωσης των αέριων εκπομπών. Από την άλλη τα αναπτυσσόμενα κράτη οφείλουν να συνεχίσουν την ενίσχυση των προσπαθειών τους.

⁶¹ Paris Agreement (2015) και D. Klein, M. P. Carazo, M. Doelle, J. Bulmer, A. Higham και <https://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/2f026f42-950c-4efc-b950-340c4fb76a24/s-pariklim-eis.pdf>

5. Απαραίτητη είναι η παροχή στήριξης προς τα αναπτυσσόμενα συμβαλλόμενα μέρη.
6. Οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες και τα μικρά νησιωτικά αναπτυσσόμενα κράτη μπορούν να προετοιμάσουν στρατηγικές, σχέδια και δράσεις για χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με βάση τις εκάστοτε εθνικές τους συνθήκες.
7. Οι δράσεις και τα οικονομικά πλάνα των κρατών μπορούν να βοηθήσουν στον περιορισμό των συνεπειών.
8. Η παροχή πληροφοριών από τα κράτη στο πλαίσιο των δράσεών τους πρέπει να γίνεται πάντα με διαφάνεια.
9. Η παροχή πληροφοριών γίνεται κάθε πέντε έτη από τα κράτη.
10. Λαμβάνονται υπόψη τα κοινά χρονικά πλαίσια που καθορίζονται σε εθνικό επίπεδο για την πραγματοποίηση των συνεισφορών.
11. Οι εθνικές συνθήκες κάθε κράτους μπορούν να αναπροσαρμοστούν με σκοπό την επίτευξη του στόχου μέσα από πιο φιλόδοξες δράσεις και πάντα με την καθοδήγηση που διαμορφώθηκε από τη Διάσκεψη των Μερών.
12. Οι εθνικά καθορισμένες συνεισφορές θα καταγράφονται σε δημόσιο μητρώο.
13. Προβλέπεται λογοδοσία των κρατών για τις εθνικά καθορισμένες συνεισφορές τους. Στόχος είναι η περιβαλλοντική ακεραιότητα, η διαφάνεια, η ακρίβεια, η πληρότητα και η συνέπεια. [...]»⁶²

Η Ελλάδα προχώρησε στην κύρωση της Συμφωνίας των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή στις 5 Οκτωβρίου του 2016. Η Ελλάδα είναι η 63^η χώρα που επικύρωσε τη Συμφωνία με το Ν. 4426/2016 (ΦΕΚ 187/Α/6-10-2016), στο αρ. 1 του οποίου προβλέπεται το εξής:

«Κυρώνεται και έχει την ισχύ, που ορίζει το άρθρο 28 παρ. 1 του Συντάγματος, η Συμφωνία των Παρισίων στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή που κυρώθηκε με το Ν. 2205/1994 (Α'60), η οποία υιοθετήθηκε στο Παρίσι νέας 12 Δεκεμβρίου 2015 στην 21^η Συνδιάσκεψη των Μερών νέας Σύμβασης και υπογράφηκε στη Νέα Υόρκη νέας 22 Απριλίου 2016 [...]».⁶³

⁶² Paris Agreement (2015) και D. Klein, M. P. Carazo, M. Doelle, J. Bulmer, A. Higham,.

⁶³ ΦΕΚ 187/Α/6-10-2016

Μελετώντας τους στόχους της Συμφωνίας των Παρισίων γίνεται αντιληπτό ότι η προώθηση χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων είναι, μεταξύ άλλων, ένας από τους σημαντικότερους τρόπους επίτευξης αυτών των στόχων. Η πράσινη ενέργεια και η απανθρακοποίηση θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών και σε σημαντική βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος.

Διακρατικές Συμφωνίες για το Φυσικό Αέριο

Στο πλαίσιο προώθησης της χρήσης του φυσικού αερίου έχουν υπογραφεί σημαντικές διακρατικές συμφωνίες μεταξύ των οποίων αξίζει να αναφερθούν οι εξής:

1. Διακρατική Συμφωνία μεταξύ της Ελλάδας και της Σοβιετικής Ένωσης

Υπογράφηκε τον Οκτώβριο του 1987 μεταξύ της Ελλάδας και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, ενώ τον Σεπτέμβριο του 1996 ξεκίνησε η κατασκευή του πρώτου αγωγού φυσικού αερίου και το Νοέμβριο του ίδιου έτους έγινε η πρώτη δοκιμαστική προσπάθεια μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω αυτού του αγωγού.⁶⁴ Η συγκεκριμένη συμφωνία άνοιξε τον δρόμο για την είσοδο της ελληνικής αγοράς στον τομέα των εναλλακτικών πηγών ενέργειας μέσω των μεγάλων κοιτασμάτων της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Προβληματισμό, ωστόσο, προκαλούν οι εχθροπραξίες στην Ουκρανία, οι οποίες οδήγησαν σε αποκλεισμό από το ρωσικό φυσικό αέριο και σε γενικευμένη ενεργειακή κρίση.

2. Διακρατική Συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Αλγερίας

Η συγκεκριμένη Συμφωνία υπογράφηκε μεταξύ της Εταιρείας Διανομής Φυσικού Αερίου και της εταιρείας SONATRACH με έδρα την Αλγερία και αφορούσε την κατασκευή αγωγού υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα Σαρωνικού. Εξαιτίας της γεωπολιτικής θέσης της Ελλάδας ως το νοτιότερο άκρο των Βαλκανίων, η εν λόγω Συμφωνία κρίθηκε ιδιαίτερα σημαντική γιατί οδήγησε σε σταθεροποίηση της αγοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα μέσω της Αλγερίας.⁶⁵

3. Διακρατική Συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας

⁶⁴ C. Stampolis

⁶⁵ Ν. Παλαιοδήμου (2017) και Ιωάννης Ν. Γρηγοριάδης (2008)

Το 2003 υπογράφηκε μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας «*Συμφωνία σχετικά με την πραγματοποίηση διασύνδεσης Τουρκίας – Ελλάδας για τη μεταφορά αερίου και την προμήθεια φυσικού αερίου από τη δημοκρατία της Τουρκίας προς την Ελληνική Δημοκρατία*». Αυτή η συμφωνία ήταν μία προσπάθεια της Ελλάδας να περιορίσει ως ένα βαθμό τη συνεργασία της με τη Ρωσία και να στραφεί και σε άλλες αγορές και λύσεις για την εξυπηρέτηση, μεταξύ άλλων και των πολιτικών και στρατηγικών της συμφερόντων. Η πραγματοποίηση των όρων της Συμφωνίας ολοκληρώθηκε το 2007 και ο αγωγός που κατασκευάστηκε ξεκίνησε τη λειτουργία του μεταφέροντας φυσικό αέριο από το Αζερμπαϊτζάν μέσω τουρκικού εδάφους με σκοπό τη διανομή του στην Ελλάδα, την Ευρώπη και τα Βαλκάνια.⁶⁶

4. Διακρατική Συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας

Το 2005 η Δ.Ε.Π.Α. υπέγραψε συμφωνία με την ιταλική εταιρεία EDISONS P.A. με στόχο την κατασκευή υποθαλάσσιου αγωγού φυσικού αερίου, του αγωγού Poseidon Pipeline, ο οποίος δίνει μεγάλες δυνατότητες διαμετακόμισης φυσικού αερίου από τη Μέση Ανατολή και την περιοχή της Κασπίας θάλασσας προς την Ευρώπη δια μέσου της Ελλάδας. Η διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας αποτελεί έναν από τους βασικότερους άξονες προτεραιότητας για την ανάπτυξη των Διερωπαϊκών Δικτύων Ενέργειας.⁶⁷ Η ολοκλήρωση του έργου στηρίζεται στις διεθνείς συμβάσεις σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος μεταξύ των οποίων είναι και η σύμβαση ESPOO και το πρωτόκολλο μεταξύ του Υπουργείου Ανάπτυξης της Ελλάδας και του Ιταλικού Υπουργείου Δραστηριοτήτων, το οποίο υπογράφηκε στις 24-06-2005.⁶⁸

5. Μνημόνιο Συνεργασίας μεταξύ Ελλάδας και Αζερμπαϊτζάν

Το 2007 η Ελλάδα υπέγραψε με το Αζερμπαϊτζάν μνημόνιο συνεργασίας με στόχο την εκπόνηση μελέτης για την κατασκευή αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου από την περιοχή της Μέσης Ανατολής και της Κασπίας στην Ελλάδα

⁶⁶ Ι. Ν. Γρηγοριάδη, (2008)

⁶⁷ Απόφαση 1229/2003/ΕΚ

⁶⁸ Ι.Καμαρά, (2012)

και περαιτέρω στην Ευρώπη. Ο αγωγός αυτός μεταφέρει φυσικό αέριο από τα κοιτάσματα που βρίσκονται στο Αζερμπαϊτζάν στις αγορές της Δυτικής Ευρώπης δια μέσου της Τουρκίας, της Ελλάδας και της Ιταλίας.⁶⁹

6. Διακρατική Συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας

Το 2008 υπογράφηκε η «*Συμφωνία μεταξύ της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας και της Ρωσικής Ομοσπονδίας για τη συνεργασία κατά την κατασκευή και εκμετάλλευση αγωγού φυσικού αερίου στο έδαφος της Ελληνικής Δημοκρατίας*» με τριακονταετή διάρκεια και δυνατότητα αυτοδίκαιης παράτασης πέντε ετών. Η Συμφωνία προβλέπει την συνεργασία της ΔΕΣΦΑ Α.Ε. με την ρωσική εταιρεία OJSC GAZ PROM για την κατασκευή αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου, ο οποίος περνώντας από το ελληνικό έδαφος θα εξασφαλίζει την επάρκεια φυσικού αερίου στην Ευρώπη. Σε αυτή τη Συμφωνία, η Ελλάδα συμμετέχει μόνο ως κράτος διαμετακόμισης του αερίου και όχι ως καταναλωτής του.⁷⁰ Στο σημείο αυτό βέβαια δημιουργείται και πάλι έντονος προβληματισμός εξαιτίας των πρόσφατων εξελίξεων στην Ουκρανία και τις αποφάσεις της ρωσικής κυβέρνησης σχετικά με την παροχή φυσικού αερίου στη Δύση.

7. Μνημόνιο Συνεργασίας μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας

Η Βουλγαρία κατέχει σημαντική γεωπολιτική θέση σε ό,τι αφορά την ενεργειακή σύνδεση μεταξύ ανατολής και δύσης. Τον Ιούλιο του 2009, λοιπόν, η Ελλάδα υπέγραψε με τη γείτονα χώρα μνημόνιο συνεργασίας με σκοπό την κατασκευή αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου προς την Βουλγαρία.⁷¹

Οδηγία 2009/28/ΕΚ, Νόμος 3468/2006 και Νόμος 4062/2012 για τα Βιοκαύσιμα

Τα ως άνω νομοθετήματα προβλέπουν ότι έως το 2020 θα έπρεπε τουλάχιστον το 10% της ενέργειας που καταναλώνεται στις μεταφορές να παράγεται από ανανεώσιμες

⁶⁹https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CF%81%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%91%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8C%CF%82_%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D_%CE%91%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85.

⁷⁰ Ι. Ν. Γρηγοριάδη, (2008)

⁷¹ <https://www.depa.gr/ypegrafi-i-symfonia-diasyndesis-fysi/>.

πηγές ενέργειας. Υιοθετήθηκε επίσης εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.⁷²

Σημαντικές είναι οι προβλέψεις των εν λόγω διατάξεων για την αιφορία των βιοκαυσίμων. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK και το νόμο 3468/2006 απαιτείται η τήρηση συγκεκριμένων κριτηρίων αιφορίας ώστε να λαμβάνεται υπόψη η ενέργεια από τα βιοκαύσιμα για «την επίτευξη των εθνικών στόχων για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για την αξιολόγηση της τήρησης υποχρεώσεων που αφορούν την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και για τον προσδιορισμό της επιλεξιμότητας για την χρηματοδοτική υποστήριξη για την κατανάλωση βιοκαυσίμων.» Τα συγκεκριμένα κριτήρια που θα πρέπει να τηρούνται εξασφαλίζουν τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προβλέπουν, μεταξύ άλλων, την μη παραγωγή βιοκαυσίμων από πρώτες ύλες προερχόμενες από εδάφη με υψηλή αξία βιοποικιλότητας. Σε αυτό το πλαίσιο λειτουργούν και οι ΚΥΑ για το «Σύστημα αιφορίας βιοκαυσίμων και βιορευστών σύμφωνα με το αρ. 32η του ν. 3468/2006» καθώς και η ΥΑ για την «Κατηγοριοποίηση παραβάσεων και τον καθορισμό διαδικασίας επιβολής προστίμων σχετικά με την τήρηση των κριτηρίων αιφορίας βιοκαυσίμων και βιορευστών και την αναπροσαρμογή ανώτατου ορίου προστίμων, σύμφωνα με το αρ. 32η του ν. 3468/2006».⁷³

⁷² <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsima/>.

⁷³ <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsima/>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ο ΡΟΛΟΣ των ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

στη ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, στις ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ, στην ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην χρήση και στη συχνότητα χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων στην καθημερινότητα, στις μεταφορές και στην βιομηχανία τόσο στην Ελλάδα, όσο και στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α.

5.1 Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας

5.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα

Η ηλεκτρική ενέργεια ως εναλλακτικό καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία πλήρως ηλεκτρικών ή και plug-in υβριδικών οχημάτων.⁷⁴ Στα ηλεκτρικά οχήματα, οι ενσωματωμένες μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια προκειμένου να τροφοδοτήσουν έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες. Οι μπαταρίες αυτές φορτίζονται με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Η τροφοδοσία των ηλεκτρικών οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια είναι οικονομικά πιο αποδοτική από την χρήση της βενζίνης, αλλά η κατασκευή και αγορά ηλεκτροκίνητων οχημάτων είναι πολύ πιο κοστοβόρα.⁷⁵

Τα οχήματα που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια για την κίνησή τους δεν παράγουν εκπομπές από την εξάτμιση, αλλά υπάρχουν εκπομπές που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια, λιγότερο βλαβερές για το περιβάλλον ωστόσο. Για το λόγο αυτό δίνονται κίνητρα για την αγορά ηλεκτροκίνητων οχημάτων με σκοπό την μείωση των εκπομπών από τα βενζινοκίνητα οχήματα και την ενίσχυση της πράσινης ανάπτυξης. Για τον ίδιο λόγο επεκτείνονται και οι υποδομές φόρτισης των οχημάτων

⁷⁴ <https://www.fueleconomy.gov/feg/electricity.shtml>

⁷⁵ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

τόσο σε ιδιωτικούς όσο και σε δημόσιους χώρους.⁷⁶ Στις Η.Π.Α. οι ιδιοκτήτες ηλεκτροκίνητων ή υβριδικών οχημάτων έχουν τη δυνατότητα σήμερα να επαναφορτίζουν τα οχήματά τους στην οικία τους, στην εργασία τους ή σε κάποιον από τους 43.000 δημόσιους σταθμούς φόρτισης που υπάρχουν στη χώρα.⁷⁷

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV) συνήθως χρησιμοποιούν λιγότερα καύσιμα από παρόμοια συμβατικά οχήματα, επειδή χρησιμοποιούν τεχνολογίες ηλεκτρικής κίνησης για να ενισχύσουν την απόδοση του οχήματος μέσω της αναγεννητικής πέδησης - ανακτώντας την ενέργεια που διαφορετικά χάνεται κατά το φρενάρισμα. Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEV) και τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα, που αναφέρονται επίσης ως ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEVs), είναι αμφότερα ικανά να τροφοδοτούνται αποκλειστικά από ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται στις Ηνωμένες Πολιτείες από φυσικό αέριο, άνθρακα, πυρηνικά ενέργεια, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια.⁷⁸

Οι Ηνωμένες Πολιτείες έγιναν καθαρός εξαγωγέας πετρελαίου το 2020 με τις εξαγωγές να ξεπερνούν τις εισαγωγές, αν και οι εισαγωγές 7,86 εκατομμυρίων βαρελιών την ημέρα παρέμειναν σημαντικό μέρος της εξισορρόπησης της προσφοράς και της ζήτησης για τις εγχώριες και τις διεθνείς αγορές. Συνολικά, ο τομέας των μεταφορών αντιπροσωπεύει περίπου το 30% των συνολικών ενεργειακών αναγκών των ΗΠΑ και το 70% της κατανάλωσης πετρελαίου των ΗΠΑ. Η χρήση πιο ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων, όπως τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα, υποστηρίζει την οικονομία των ΗΠΑ.⁷⁹

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας ως εναλλακτικού καυσίμου είναι εξίσου σημαντική. Δίνεται μάλιστα μεγάλη έμφαση και στην παραγωγή της ίδιας της ηλεκτρικής ενέργειας ώστε και αυτή να γίνεται κατά το δυνατό με τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Ενθαρρυντικά ήταν τα στοιχεία του 2019, σύμφωνα με τα οποία, το 39% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε προήλθε από σταθμούς παραγωγής ενέργειας που καίνε ορυκτά καύσιμα, το 35% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ανεμογεννήτριες, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, βιοκαύσιμα και ηλιακή ενέργεια) και το 26% από πυρηνικούς σταθμούς. Όσον αφορά την χρήση

⁷⁶ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_basics.html

⁷⁷ <https://www.fueleconomy.gov/feg/electricity.shtml>

⁷⁸ <https://www.fueleconomy.gov/feg/current.shtml>

⁷⁹ Ομοίως

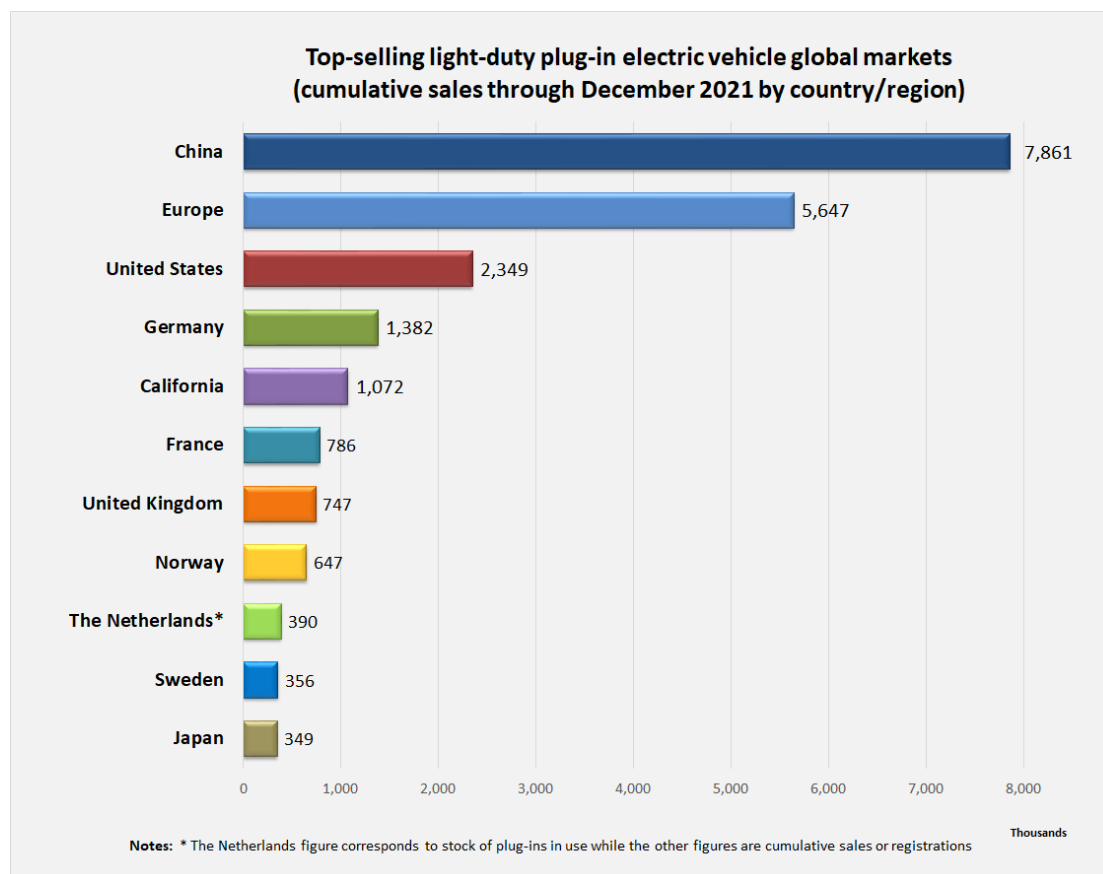
της ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση των οχημάτων, στόχος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι να θέσει σε κίνηση τουλάχιστον 30.000.000 αυτοκίνητα ΙΧ μηδενικών εκπομπών και 80.000 φορτηγά καθαρής ενέργειας. Τα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι το μεγάλο κόστος, η χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα, αλλά και το μεγάλο βάρος των μπαταριών. Επομένως, το ζήτημα θα πρέπει να προσεγγιστεί τόσο από την οικονομική όσο και από την τεχνολογική του σκοπιά. Τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχουν φτάσει ακόμη στο σημείο εξέλιξης των Η.Π.Α. όσον αφορά τις δυνατότητες επαναφόρτισης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, ωστόσο παρατηρείται πρόοδος καθώς τα περισσότερα από αυτά έχουν προχωρήσει σε δημιουργία ανάλογων υποδομών τουλάχιστον στις μεγάλες πόλεις και στην χάραξη κατάλληλων πολιτικών.⁸⁰

Αξιοσημείωτο είναι στο σημείο αυτό ότι, σε παγκόσμιο επίπεδο, η προώθηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων έχει αντιμετωπίσει πολλά κωλύματα που δεν σχετίζονται με την τεχνολογική εξέλιξη αλλά με εξωτερικούς παράγοντες. Για παράδειγμα η πανδημία του Covid-19 οδήγησε σε σημαντικό περιορισμό της αγοράς ηλεκτροκίνητων και υβριδικών οχημάτων. Ωστόσο, το 2021 οι πωλήσεις τους έσπασαν ρεκόρ ανεβαίνοντας από τις 11.000.000 πωλήσεις του 2020 στις περίπου 16.000.000 πωλήσεις.⁸¹

Στο διάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε ενδεικτικά τη συχνότητα πώλησης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε χώρες και περιοχές που η χρήση τους είναι διαδεδομένη για τον μήνα Δεκέμβριο 2021.

⁸⁰ <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/alternative-fuels>,

⁸¹ <https://www.virta.global/en/global-electric-vehicle-market>



82

5.1.2 Ηλεκτροκίνητα Τρένα

Εκτός από τα οχήματα, η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας και στις σταθερές συγκοινωνίες. Τα ηλεκτροκίνητα τρένα είναι μία υπόθεση πιο εύκολη από τα ηλεκτροκίνητα οχήματα δεδομένου ότι δεν απαιτείται να φέρουν κινητήρα εσωτερικής καύσης ούτε και μεγάλες και βαριές μπαταρίες. Τα τρένα φαίνονται ως μία ακόμη πιο ιδανική επιλογή χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας αν αναλογιστούμε τη δυνατότητά τους να μεταφέρουν μεγάλο πλήθος επιβατών, αλλά και αντικειμένων ή εμπορευμάτων.⁸³

5.1.3 Ηλεκτροκίνητα Αεροσκάφη

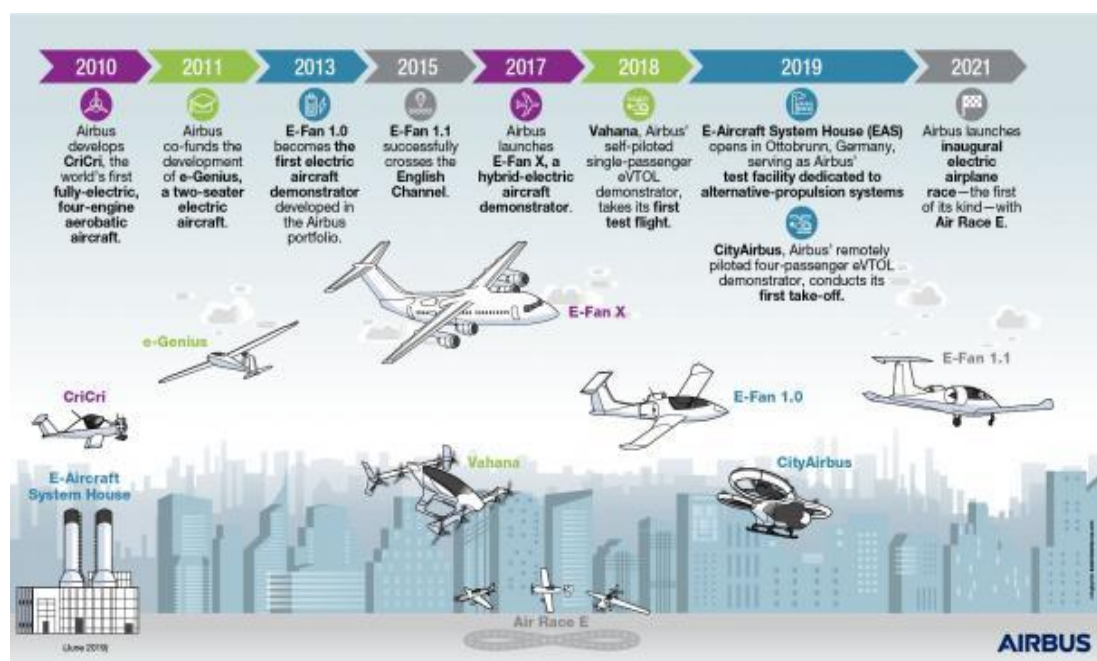
Ανάπτυξη υπάρχει επίσης και στο τεχνολογικό πεδίο των ηλεκτρικών αεροσκαφών. Το 2019 οι μπαταρίες Lion κρίθηκαν επαρκείς για την κίνηση μικρών αεροσκαφών, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρές αποστάσεις και ως μοντέλα εκπαίδευσης

⁸²https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Top_PEV_global_markets_stock_2017_final_with_California.png.

⁸³ <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/alternative-fuels>

στις σχολές πτήσεων.⁸⁴ Η εταιρεία που ξεκίνησε δοκιμαστικές πτήσεις ηλεκτροκίνητων αεροσκαφών με σκοπό την εκτέλεση τακτικών δρομολογίων έως το 2023 λέγεται Cranfield Aerospace Solutions και έχει την έδρα της την Μεγάλη Βρετανία. Αλλά και εταιρείες των Η.Π.Α. και του Ισραήλ έκαναν παρόμοια βήματα το 2019.⁸⁵

Στο κεντρικό πεδίο ανάπτυξης των ηλεκτρικών αεροσκαφών έχει βρεθεί και η Airbus με προσπάθειες ήδη από το 2010. Στο χρονοδιάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η ενδιαφέρουσα πορεία της εξέλιξης της Airbus σε αυτόν τον τομέα.



86

Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί να παραχθεί σε μεγάλο βαθμό, αν όχι εξ ολοκλήρου, με τη χρήση άλλων εναλλακτικών πηγών ενέργειας, έχει μέλλον και είναι βέβαιο ότι αποτελεί και θα αποτελέσει ακόμη περισσότερο στο μέλλον σημαντικό εργαλείο για την πράσινη ανάπτυξη και την αντιμετώπιση των ρύπων.⁸⁷ Ήδη το 2017 το 25% της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόταν μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ο στόχος ήταν το ποσοστό αυτό να ανέλθει στο 85% έως το 2050.⁸⁸ Τα γεγονότα των τελευταίων μηνών στην Ουκρανία ωστόσο και η επερχόμενη ενεργειακή

⁸⁴ <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/alternative-fuels>

⁸⁵ https://www.economistas.gr/tehnologia/21622_anoigoy-n-ta-f-tera-toys-ta-ilektrokinita-aeroskafi-xekinoy-n-dokimes.

⁸⁶ https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/styles/airbus_1920x1920/public/2021-11/EcoPulse-2019-.jpg?itok=WAp014dz.

⁸⁷ <https://www.cbsnews.com/news/electric-cars-volkswagen-herbert-diess-60-minutes-2022-04-17/>

⁸⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120302185>

κρίση λειτουργούν ως τροχοπέδη για την εξέλιξη της ηλεκτροκίνητης βιομηχανίας. Ήδη ο όμιλος Volkswagen έχει ανακοινώσει ότι θα επιστρέψει στην χρήση άνθρακα για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που είναι απαραίτητη τόσο για την λειτουργία των εργοστασίων της όσο και για την παραγωγή ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Σχήμα οξύμωρο θα μπορούσε να πει κανείς. Ο ίδιος ωστόσο τονίζει ότι αυτή η συνθήκη θα πρέπει να αντιμετωπιστεί και να επιτευχθεί πλήρως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ώστε η προώθηση ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην αγορά να βασίζεται πλήρως σε «πράσινο» υπόβαθρο.⁸⁹

Δεδομένου ότι οι μεταφορές με οποιοδήποτε από τα ως άνω αναφερόμενα μέσα παράγουν ένα πολύ μεγάλο ποσοστό ρύπων λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων, είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς αντικατάστασης των ορυκτών με εναλλακτικά καύσιμα ίδιας απόδοσης.⁹⁰ Η ηλεκτρική ενέργεια είναι μία από τις πιο διαδεδομένες μορφές ενέργειας στις μεταφορές και μία ελπιδοφόρα λύση για το μέλλον κυρίως αν φροντίσουμε να παράγεται και αυτή με την πρωτογενή χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως τα βιοκαύσιμα.

5.2 Η χρήση του υδρογόνου

Η χρήση του Υδρογόνου είναι μία επίσης πολλά υποσχόμενη επιλογή εναλλακτικού καυσίμου. Θεωρείται μάλιστα ότι το υδρογόνο μπορεί να αντικαταστήσει στο μέλλον ακόμα και το φυσικό αέριο λόγω της μεγάλης ευελιξίας του που θα διευκολύνει, μεταξύ άλλων, την πρόσθετη δημιουργία αιολικής και ηλιακής ενέργειας.

Μελέτες έχουν δείξει ότι είναι εφικτή η χρήση του υπάρχοντος δικτύου φυσικού αερίου στην Ευρώπη για την επίτευξη στόχων για το κλίμα, και επίσης θα εξοικονομηθούν εκατοντάδες δισεκατομμύρια ευρώ. Εκτός από το δίκτυο αγωγών, ορισμένες από τις αποθήκες φυσικού αερίου μπορούν εύκολα να μετατραπούν για χρήση υδρογόνου, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για την εμφάνιση μιας μεγάλης κλίμακας οικονομίας υδρογόνου.

Η Γερμανία υπήρξε πρωτοπόρος στην Ευρώπη σε ό,τι αφορά την χρήση του υδρογόνου και την εξέλιξη της οικονομίας γύρω από αυτό. Η χώρα αυτή είναι ένας σημαντικός κόμβος όσον αφορά το φυσικό αέριο, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη

⁸⁹ <https://www.cbsnews.com/news/electric-cars-volkswagen-herbert-diess-60-minutes-2022-04-17/>.

⁹⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114000343>

βιομηχανία, και θα χρειαστεί πολύ ηλεκτρική ενέργεια και υδρογόνο για να μειώσει τις εκπομπές ρύπων και να συμμορφωθεί προς τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η Φινλανδία, μαζί με άλλες σκανδιναβικές χώρες, μπορεί επίσης να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην οικονομία του υδρογόνου. Οι καλές συνθήκες ανέμου στη βόρεια Ευρώπη προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια χαμηλού κόστους για παραγωγή υδρογόνου.⁹¹

5.2.1 Η χρήση του Υδρογόνου στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας με τη χρήση υδρογόνου.⁹² Πολλές μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες παγκοσμίως σχεδιάζουν πλέον οχήματα που τροφοδοτούνται από μηχανές εσωτερικής καύσης υδρογόνου με δεδομένο ότι ο σχεδιασμός τους δεν απέχει πολύ από αυτόν των βενζινοκίνητων οχημάτων. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης υδρογόνου, η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση του υδρογόνου με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας μετατρέπεται σε ενέργεια κίνησης. Ο ατμός που παράγεται κατά την καύση επιστρέφει στο φυσικό περιβάλλον όπου μπορεί να μετατραπεί σε νερό ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Σε κάθε περίπτωση, το υδρογόνο αποτελεί θεωρητικά μία πλήρως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ενώ παράλληλα παρουσιάζει υψηλές αποδόσεις που δεν διαφέρουν ιδιαίτερα από αυτές της βενζίνης και του πετρελαίου. Δεν είναι φυσικά άνευ σημασίας οι ποσότητες ρύπων που παράγονται κατά την καύση του υδρογόνου, όπως οξείδιο του αζώτου, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογονάνθρακες. Οι συγκεκριμένοι ρύποι ωστόσο παράγονται σε εξαιρετικά μικρότερες ποσότητες από αυτούς που παράγονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και με την χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας μπορούν να ελαττωθούν ακόμη περισσότερο.⁹³ Αναμένεται να είναι ένα αυτοκίνητο επόμενης γενιάς γιατί θα βοηθήσει στην πρόληψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη και στην προστασία του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, μη δημιουργώντας αέρια θερμοκηπίου και ατμοσφαιρικούς ρύπους κατά την οδήγηση.

⁹¹ <https://www.fortum.com/about-us/cleaner-world/why-does-europes-pathway-clean-energy-go-through-natural-gas>.

⁹² <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1540748916304850>

⁹³ https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/857/valakasm_hydrogen%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

5.3 Η χρήση των βιοκαυσίμων

5.3.1 Τα βιοκαύσιμα στις μεταφορές

Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια δεν θεωρούνται πρακτικές μορφές ενέργειας σε ό,τι αφορά τις μεταφορές καθώς θεωρείται ότι απαιτούνται ακόμη αρκετές τεχνολογικές εξελίξεις που θα καταστήσουν ευχερή την χρήση τους σε αυτόν τον τομέα. Ωστόσο, τα βιοκαύσιμα μπορούν να μετατραπούν σε ατμό υδρογόνου, το οποίο με τη σειρά του, όπως ήδη αναφέραμε, χρησιμοποιείται στις μεταφορές. Μεγάλες εταιρείες αυτοκινήτων μάλιστα έχουν επενδύσει μέχρι σήμερα στην χρήση βιοκαυσίμων.

Επίσης, στις αναπτυγμένες χώρες γίνεται ενδελεχής έρευνα για την χρήση των βιοκαυσίμων στις αερομεταφορές. Η εφαρμογή των βιοκαυσίμων στις αερομεταφορές θα οδηγούσε σε μείωση των εκπομπών, αλλά και σε σημαντική μείωση του κόστους των καυσίμων. Κρίνεται ότι η βιομάζα θα μπορούσε να είναι η πιο αποδοτική μορφή εναλλακτικού καυσίμου για τα αεροσκάφη γεγονός που θα μειώσει σε μεγάλο βαθμό και το κόστος των πτήσεων κυρίως στις χώρες που έχουν μεγάλο δυναμικό βιομάζας, ήτοι πλούσιους φυτικούς και ζωικούς πόρους.⁹⁴

Σύμφωνα με τους Yilmaz και Atmanli, τα αεροπορικά οχήματα παράγαν το 2012 το 2% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Η βελτίωση των κινητήρων των αεροσκαφών είναι ένα πρώτο βήμα για την μείωση των εκπομπών, ωστόσο, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων και κυρίως η χρήση της βιομάζας είτε σε πρωτογενή μορφή είτε μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα είναι ένα πολύ μεγαλύτερο και σημαντικότερο βήμα.⁹⁵

5.3.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και Οικιακή Χρήση

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπολογίζεται μάλιστα ότι η μεγαλύτερη αγορά βιοκαυσίμων που θα μετατραπεί σε παραγωγή ενέργειας και θα τροφοδητήσει περισσότερες από 350.000 οικίες είναι το Ηνωμένο Βασίλειο. Έτσι, τα βιοκαύσιμα μπορούν να συμβάλουν και στην μείωση της χρήσης άλλων καυσίμων σε καθημερινή βάση, ακόμα και για ανάγκες όπως η θέρμανση.

⁹⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217312537>

⁹⁵ Ομοίως

Στο σημείο αυτό είναι άξια αναφοράς η δυνατότητα που έχουν τα βιοκαύσιμα να συμβάλουν στον καθαρισμό πετρελαιοκηλίδων και λίπους. Έχει δοκιμαστεί επιτυχώς ο καθαρισμός υδάτων που έχουν μολυνθεί από πετρέλαιο με τη χρήση βιοκαυσίμων.⁹⁶

5.4 Η χρήση των συνθετικών και παραφινικών καυσίμων

Για την επίτευξη της χρήσης 100% ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές, μέχρι σήμερα προωθούνται κυρίως, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια, τα βιοκαύσιμα. Έχουν διατυπωθεί ωστόσο ορισμένοι προβληματισμοί όσον αφορά την χρήση 100% βιοκαυσίμων δεδομένης της πεπερασμένης διαθεσιμότητας γης. Η χρήση των συνθετικών καυσίμων στις μεταφορές ωστόσο μπορεί να ξεπεράσει το πρόβλημα της χρήσης της γης, ενώ παράλληλα παρέχει λύσεις όσον αφορά τον εφοδιασμό. Η μεθανόλη είναι ένα καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους ήδη υπάρχοντες κινητήρες εσωτερικής καύσης με ελάχιστες τροποποιήσεις. Η μεθανόλη μάλιστα μπορεί να υποκαταστήσει επάξια της βενζίνη λόγω των πολλών οκτανίων.⁹⁷

5.5 Η χρήση του φυσικού αερίου

5.5.1 Οικιακή Χρήση

Η οικιακή χρήση του φυσικού αερίου αφορά τόσο την θέρμανση όσο και την λειτουργία των οικιακών συσκευών. Η εγκατάσταση του φυσικού αερίου ως μονάδα κεντρικής θέρμανσης παρέχει τόσο θέρμανση όσο και ζεστό νερό με τη χρήση ειδικού boiler αντικαθιστώντας τα σώματα θέρμανσης πετρελαίου, αλλά και τον θερμοσίφωνα. Δεδομένου ότι οι περισσότερες κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης κτιρίων στη χώρα μας αποτελούνται από καυστήρες πετρελαίου, είναι άξιο αναφοράς ότι η σχετική μετατροπή γίνεται εύκολα με την αντικατάσταση του καυστήρα. Υπάρχει επίσης, η δυνατότητα χρήσης του φυσικού αερίου για την ατομική θέρμανση με την εγκατάσταση ατομικού λέβητα φυσικού αερίου χωρίς παρέμβαση στην κεντρική εγκατάσταση ενός κτιρίου με περισσότερες κατοικίες.

⁹⁶ <https://www.sgbiofuels.com/top-10-uses-for-biofuel/>.

⁹⁷ I. Ridjan, B. Mathiesen, D. Connolly, N. Dunic

Στην Ελλάδα η χρήση του φυσικού αερίου για την λειτουργία άλλων οικιακών συσκευών, όπως ο φούρνος δεν είναι ακόμη ιδιαίτερα διαδεδομένη. Ωστόσο, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, το φυσικό αέριο είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος μαγειρέματος. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται εστίες σχεδιασμένες ειδικά για να παρέχουν την θερμότητα που απαιτείται χωρίς ενεργειακές σπατάλες μέσω της ρύθμισης της φλόγας που παράγεται.

Σε οικιακό επίπεδο επίσης, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται και για τον κλιματισμό αντικαθιστώντας την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.⁹⁸

5.5.2 Βιομηχανική χρήση

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στην βιομηχανία για την κάλυψη θερμικών αναγκών κατά την παραγωγική διαδικασία, για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και για την κάλυψη αναγκών ψύξης.

5.5.3 Χρήση στον Δημόσιο Τομέα

Με την ΚΥΑ Δ5-ΗΛ/Β/ΟΙΚ.16954/2005 αποφασίστηκε η σύνδεση των κτιρίων του ελληνικού δημόσιου τομέα, της τοπικής αυτοδιοίκησης και των εποπτευόμενων φορέων με το δίκτυο του φυσικού αερίου προκειμένου να μειωθούν οι ρύποι και να ενταχθεί και ο δημόσιος τομέας στην πράσινη ενέργεια. Κατόπιν τούτου, οι αρμόδιοι φορείς έχουν προχωρήσει σε σχετικές αιτήσεις για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και ένας μεγάλος αριθμός υπηρεσιών έχουν ήδη συνδεθεί.⁹⁹

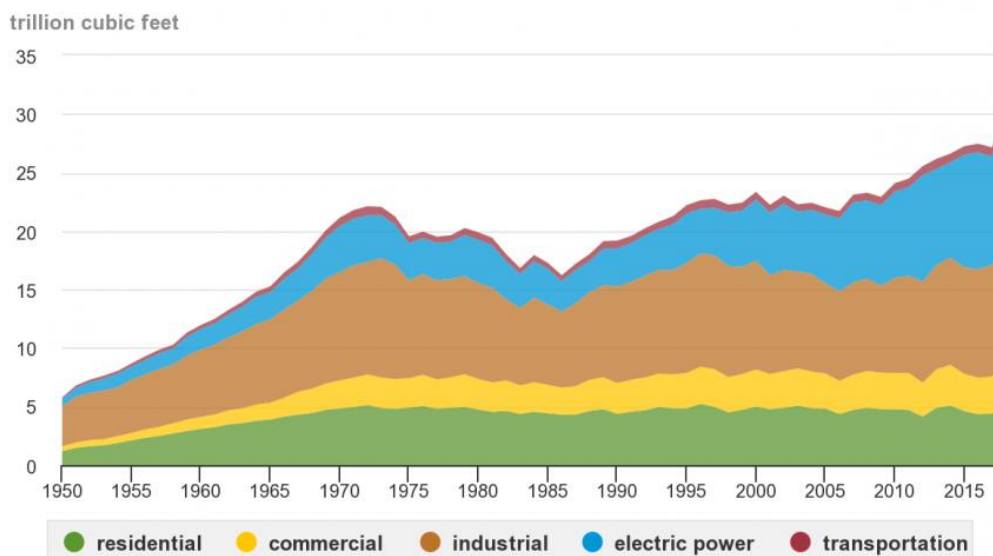
5.5.4 Η χρήση του φυσικού αερίου στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη

Στις Η.Π.Α. η χρήση του φυσικού αερίου είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε όλα τα επίπεδα. Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε την συχνότητα χρήσης του φυσικού αερίου στις Η.Π.Α. ανά τομέα από το 1950 έως το 2015.

⁹⁸ <https://www.hengas.gr/fysiko-aerio/xriseis-fysikou-aeriou/>.

⁹⁹ <https://www.hengas.gr/fysiko-aerio/xriseis-fysikou-aeriou/>.

U.S. natural gas consumption by sector, 1950-2018



Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, Table 4.3, November 2019

100

Σύμφωνα με το διάγραμμα, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δεύτερο βαθμό ως οικιακή πηγή ενέργειας. Χρησιμοποιείται δε πολύ λιγότερο στον εμπορικό τομέα και ακόμα λιγότερο στις μετακινήσεις, όπου χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο το πετρέλαιο, αλλά και τα βιοκαύσιμα.¹⁰¹

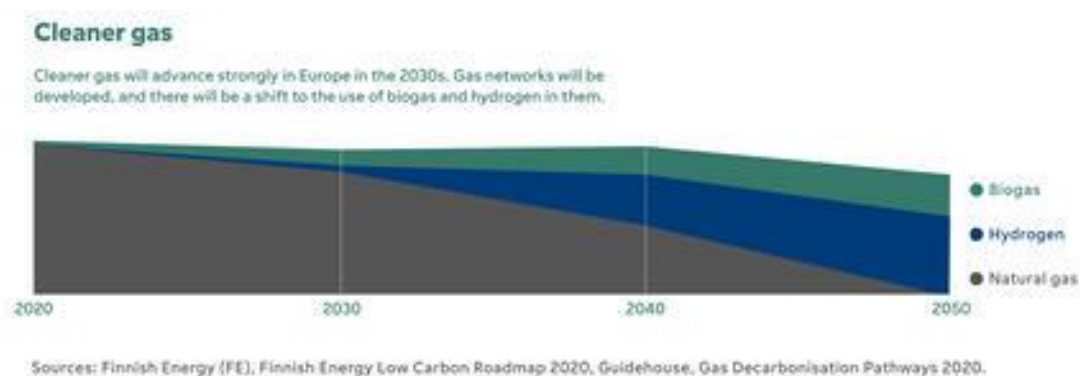
Στην Ευρώπη ο δρόμος για την πράσινη ενέργεια περνά σίγουρα μέσα από την χρήση του φυσικού αερίου. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στις σκανδιναβικές χώρες παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα υδροηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με τις χώρες της κεντρικής Ευρώπης. Έτσι στην βόρεια Ευρώπη, η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει δώσει ένα σημαντικό προβάδισμα και η χρήση του φυσικού αερίου είναι πιο περιορισμένη. Αντίθετα στην κεντρική Ευρώπη οι έντονες διακυμάνσεις στην παραγωγή αιολικής και ηλιακής ενέργειας καθιστούν απαραίτητη την χρήση του φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντικό δε είναι το γεγονός ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου λειτουργούν ανεμπόδιστα ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται σταθερότητα παραγωγής.

Πέραν τούτου, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ευρέως στην κεντρική Ευρώπη για την οικιακή, αλλά και την βιομηχανική θέρμανση. Μάλιστα, σήμερα, η κατανάλωση

¹⁰⁰ https://group.met.com/media/5ikcjeig/uses_of_natural_gas_2_-gas-consumption.png.

¹⁰¹ <https://group.met.com/en/media/energy-insight/what-is-natural-gas-used-for>.

φυσικού αερίου στα κεντρικά ευρωπαϊκά κράτη είναι κατά 10 φορές μεγαλύτερη από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις σκανδιναβικές χώρες. Προβλέπεται μάλιστα ότι η χρήση φυσικού αερίου θα κυριαρχήσει έως το 2030, ενώ στη συνέχεια θα δοθεί προβάδισμα στη χρήση υδρογόνου και βιοκαυσίμων, τα οποία πιθανώς να αντικαταστήσουν το φυσικό αέριο έως το 2050, όπως φαίνεται στην κάτωθι σχηματική απεικόνιση:¹⁰²



103

5.6 Η χρήση του υγροποιημένου πετρελαϊκού αερίου

5.6.1 Το υγραέριο στις μεταφορές

Το υγραέριο θεωρείται μία πολύ αξιόπιστη λύση σε ό,τι αφορά τις μεταφορές με μη ορυκτά καύσιμα. Η απόδοση των οχημάτων δεν επηρεάζεται από την χρήση του υγραερίου, ενώ ταυτόχρονα θεωρείται πιο οικονομικό καύσιμο από τη βενζίνη.

5.6.2 Το υγραέριο στη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα

Το υγραέριο χρησιμοποιείται σε ορισμένους κλάδους της βιομηχανίας όπου χρειάζεται υψηλή θερμική ισχύς και σταθερή απόδοση. Κάποιοι από αυτούς τους κλάδους είναι η μεταλλουργία, η ναυπηγία, η βυρσοδεψία και τα ναυπηγεία.

Επίσης, το υγραέριο χρησιμοποιείται στον αγροτικό και κτηνοτροφικό τομέα κυρίως στους κλιβάνους και στις ζιζανιοκτονίες, δεδομένου ότι με αυτόν τον τρόπο δεν προκαλείται μόλυνση στο έδαφος, στις καλλιέργειες και στα ύδατα.

¹⁰² <https://www.fortum.com/about-us/cleaner-world/why-does-europes-pathway-clean-energy-go-through-natural-gas>.

¹⁰³ https://www.fortum.com/sites/default/files/styles/inline_image_large_1x_wide/public/image-entity/cleaner_gas.webp?itok=LFighsll.

5.6.3 Οικιακή χρήση

Το υγραέριο μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες μίας οικίας (θέρμανση, ψύξη, μαγείρεμα, λειτουργία συσκευών κλπ). Η χρήση του μάλιστα, εκτός από οικονομικά προνόμια, προσφέρει και μεγάλη ευελιξία μέσω της χρήσης επιτοιχίων λεβήτων.¹⁰⁴

5.7 Τα εναλλακτικά καύσιμα στην βιομηχανία τσιμέντου

Η ευρωπαϊκή τσιμεντοβιομηχανία είναι μία από τις πιο βαριές βιομηχανίες της Ευρώπης και παράγει πολλά εκατομμύρια τόνους τσιμέντου ετησίως υπό πολύ αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας που καθορίζονται τόσο από ευρωπαϊκά όσο και από εθνικά νομοθετήματα. Δεδομένου ότι στην τσιμεντοβιομηχανία μπορεί να γίνεται χρήση άχρηστων υλικών ως πρώτων υλών ή εναλλακτικών καυσίμων, μπορεί να συμβάλλει τόσο στην ορθή διαχείριση των απορριμμάτων και των αποβλήτων όσο και στην εξασφάλιση της πράσινης ενέργειας. Τα εναλλακτικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία ποικίλουν και περιλαμβάνουν, πέραν της ηλεκτρικής ενέργειας, βιοκαύσιμα που προέρχονται από ζωοτροφές, χρησιμοποιημένα πλαστικά και ελαστικά, γεωργικά και οργανικά απορρίματα, πριονίδι, χρησιμοποιημένα λιπαντικά κλπ. Σήμερα, πολλές ευρωπαϊκές χώρες, μεταξύ των οποίων και η Γερμανία, στην οποία υπάρχει βαριά βιομηχανία, αξιοποιούν τα απόβλητα στους κλιβάνους τσιμεντοβιομηχανιών εξοικονομώντας πρώτες ύλες και προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο το περιβάλλον.¹⁰⁵

¹⁰⁴ <https://www.petrogaz.gr/lpg/>.

¹⁰⁵ U. Kaantee, R. Zevenhoven, R. Backman, M. Hupa

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ των ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ και η ΣΥΜΒΟΛΗ τους στην ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα πλεονεκτήματα της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων και την συμβολή της χρήσης τους στην παγκόσμια αειφόρο ανάπτυξη.

6.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων

Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων έχει πολύ μεγάλο αντίκτυπο στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η ώθηση που έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια στην χρήση των εναλλακτικών καυσίμων. Αυτές οι εναλλακτικές πηγές καυσίμου δεν είναι μόνο εξαιρετικές για το περιβάλλον, αλλά είναι και πιο ασφαλείς στη χρήση και έχουν πολλά διαφορετικά οφέλη. Το να βασιζόμαστε σήμερα στο πετρέλαιο και σε άλλες παραδοσιακές πηγές καυσίμου είναι μια απαρχαιωμένη πρακτική προχωρώντας, επομένως είναι σημαντικό να αρχίσουμε να απομακρυνόμαστε από αυτές πριν εξαντληθούν. Σε ορισμένες περιοχές, όπως η πολιτεία της Καλιφόρνια, γίνεται ήδη συζήτηση περί υποχρεωτικότητας της χρήσης ηλιακής ενέργειας και δημιουργίας των απαραίτητων εγκαταστάσεων στις νέα κατασκευές.¹⁰⁶

Οι εναλλακτικές πηγές καυσίμου είναι πιο αποδοτικές από άποψη κόστους και με τη χρήση τους μπορεί να γίνει εξοικονόμηση χρημάτων.

Το πιο βασικό πλεονέκτημα των εναλλακτικών καυσίμων είναι οι μειωμένες και πιο καθαρές εκπομπές προς το περιβάλλον. Έτσι συμβάλουν στην πρόληψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη και στην προστασία του περιβάλλοντος. Η ρύπανση είναι ανεξέλεγκτη, επομένως η μείωση αυτών των εκπομπών θα μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα.¹⁰⁷

¹⁰⁶ <https://smartalternativefuels.com/blog/what-are-the-environmental-benefits-of-using-alternative-fuel-sources>.

¹⁰⁷ <https://smartalternativefuels.com/blog/what-are-the-environmental-benefits-of-using-alternative-fuel-sources>.

Υπάρχουν βέβαια και ορισμένες ανησυχίες σχετικά με τον βαθμό στον οποίο τα εναλλακτικά καύσιμα και κυρίως τα βιοκαύσιμα οδηγούν πραγματικά σε μείωση των εκπομπών και των ρύπων. Έχουν υπάρξει μελέτες που έχουν επικεντρωθεί στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των αλυσίδων εφοδιασμού βιοκαυσίμων και έχουν δείξει ότι οι εκπομπές NOx και NH₃ των βιοκαυσίμων μπορεί μερικές φορές να είναι υψηλότερες από τις εκπομπές ορυκτών καυσίμων αναφοράς τους, όπως το ορυκτό ντίζελ και τη βενζίνη.¹⁰⁸ Παρόλα αυτά, τα εναλλακτικά καύσιμα στο σύνολό τους είναι αποδεδειγμένο ότι είναι πολύ πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα ορυκτά καύσιμα.

6.2 Η συμβολή των εναλλακτικών καυσίμων στην αειφόρο ανάπτυξη

Η έκθεση Burdland για την αειφόρο ανάπτυξη, στην οποία αναφερθήκαμε στην εισαγωγή της παρούσας, περιελάμβανε 17 στόχους βιωσιμότητας που θα πρέπει να επιτευχθούν σε παγκόσμιο επίπεδο έως το 2030. Ο έβδομος από αυτούς τους στόχους είναι η παροχή προσιτής και καθαρής ενέργειας. Τα εναλλακτικά καύσιμα είναι φανερό ότι εξυπηρετούν ακριβώς αυτόν τον στόχο της έκθεσης και επομένως η συμβολή τους στην αειφόρο ανάπτυξη είναι μεγάλη. Τα εναλλακτικά καύσιμα είναι πιο καθαρά με περιβαλλοντικούς όρους από τα συμβατικά πετρελαϊκά καύσιμα και επομένως είναι ιδιαίτερος φιλικά προς το περιβάλλον.

Επιμέρους προβλέψεις του έβδομου στόχου της έκθεσης Burdland είναι:

1. η αύξηση της χρήσης των εναλλακτικών πηγών ενέργειας έως το 2030
2. ο διπλασιασμός της ενεργειακής απόδοσης παγκοσμίως
3. η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες μέσα από την απαραίτητη εγκατάσταση ή βελτίωση των απαιτούμενων τεχνολογικών δομών.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα συμβατικά καύσιμα επιβαρύνονται με συνεχώς αυξανόμενες τιμές με αποτέλεσμα να είναι δυσπρόσιτα κυρίως για τις αγροτικές περιοχές. Αντιθέτως, τα εναλλακτικά καύσιμα και κυρίως τα βιοκαύσιμα είναι πολύ πιο οικονομικά και προσιτά για τις αγροτικές εργασίες και έτσι συμβάλουν εν γένει στην αγροτική ανάπτυξη.

¹⁰⁸ Βλ. I. Ridjan, B. Mathiesen, D. Connolly, N. Dunic

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας, οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας συμβάλουν περίπου στο 30% του ενεργειακού εφοδιασμού παγκοσμίως και ο στόχος είναι το ποσοστό αυτό να ανέλθει στο 80% έως το 2050.¹⁰⁹

Πέραν των ανωτέρω, η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων, συμβάλλει και αναμένεται να συμβάλλει ακόμα περισσότερο στο μέλλον στην επίτευξη των στόχων της Συμφωνία των Παρισίων για την Κλιματική Αλλαγή, η οποία προβλέπει την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου απορρίπτοντας την χρήση ορυκτών καυσίμων ως ρυπογόνων και μη ανανεώσιμων πηγών. Στο πλαίσιο της Συμφωνίας των Παρισίων προωθείται επίσης η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων και κυρίως των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των βιοκαυσίμων ως των πιο φιλικών προς το περιβάλλον.¹¹⁰

Είναι λοιπόν, φανερό ότι τα εναλλακτικά καύσιμα συμβάλουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης και στην προστασία του περιβάλλοντος ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουν και το προσιτό της ενέργειας, αλλά, ορισμένες φορές, και το χαμηλό κόστος.

Στην Ελλάδα έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων και στην ανάπτυξη των απαιτούμενων τεχνολογιών στον τομέα της ναυτιλίας. Η ελληνική ναυτιλία υπήρξε πάντα πρωτοπόρος όσον αφορά την τεχνολογική εξέλιξη δεδομένου άλλωστε ότι είναι ένας τομέας της χώρας μας που μπορεί να απεμπολήσει τα απαιτούμενα χρηματικά ποσά για την ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνολογιών. Στη ναυτιλία υπάρχει ευχέρεια χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας και του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Στην πράξη ωστόσο υπάρχουν ακόμη ελλείψεις σε επίπεδο υποδομών ώστε να είναι ευχερής η πλήρης μετάβαση στα εναλλακτικά καύσιμα.¹¹¹ Από την άλλη πλευρά, σε επίπεδο οικιακής χρήσης, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στα ελληνικά νοικοκυριά, προωθείται σημαντικά τα τελευταία έτη η χρήση του φυσικού αερίου μέσα από ιδιαίτερα ευνοϊκό για τους ενδιαφερόμενους καταναλωτές νομοθετικό πλαίσιο. Επίσης, στην Ελλάδα γίνεται μία σημαντική προσπάθεια στροφής προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την ηλιακή, την αιολική και την υδροηλεκτρική.

¹⁰⁹ C. Bhan, L. Verma, J. Singh

¹¹⁰ C. Bhan, L. Verma, J. Singh και Α. Ξυλουργίδη, (2018).

¹¹¹ <http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5211/ntst88.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Οι αλλαγές στην ελληνική πραγματικότητα και η προσπάθεια στροφής προς την πράσινη ενέργεια, δεδομένων μάλιστα των οικονομικών δυσχερειών της χώρας, τα τελευταία δέκα έτη, είναι ιδιαίτερα σημαντικές και συνάδουν με τις αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αειφόρο ανάπτυξη. Οι πολιτικές που έχουν υιοθετηθεί τόσο από την Ελλάδα όσο και από τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη για την μείωση των ρύπων και την πράσινη ανάπτυξη είναι αρκετά φιλόδοξες, ωστόσο απαιτούν χρόνο και χρήμα. Οι επενδύσεις στον τομέα της ενέργειας είναι πολύ σημαντικές για την εξασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης.¹¹²

¹¹² Γ. Καρβούνη, (2014)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συζήτηση γύρω από το ζήτημα της αειφόρου ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος είναι αδιάκοπη εδώ και αρκετές δεκαετίες σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Οι διεθνείς, διακρατικές και εθνικές αποφάσεις σχετικά με αυτό το ζήτημα είναι ιδιαίτερα σημαντικές και έχουν δημιουργήσει ένα πλαίσιο δράσης των κρατών με στόχο την στροφή τους στην πράσινη ενέργεια.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί έχουν χρονικό ορίζοντα το 2050 και απαιτούν προσπάθεια και σχολαστικότητα από τα κράτη για να επιτευχθούν, αλλά και σημαντικές επενδύσεις κυρίως σε ό,τι αφορά τις υποδομές και την τεχνολογία. Βασικός στόχος για την εξασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ρύπων και η χρήση βιώσιμων πηγών ενέργειας. Έτσι, έρχονται στο προσκήνιο τα εναλλακτικά καύσιμα.

Τα εναλλακτικά καύσιμα είναι πολλά και ποικίλα. Σε αυτά περιλαμβάνονται η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο, το υγραέριο, τα βιοκαύσιμα, τα συνθετικά καύσιμα και το υδρογόνο. Τα περισσότερα από αυτά μπορούν αν χρησιμοποιηθούν στους περισσότερους τομείς, μεταξύ αυτών, στη βιομηχανία, στις μεταφορές, στον αγροτικό τομέα, αλλά και στην καθημερινότητα. Σε επίπεδο οικιακής και βιομηχανικής χρήσης τα περισσότερα ευρωπαϊκά κράτη κάνουν σημαντική προσπάθεια αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων από εναλλακτικά καύσιμα ανάλογα με τις δυνατότητες του κάθε κράτος. Στα σκανδιναβικά κράτη χρησιμοποιούνται κυρίως τα βιοκαύσιμα, ενώ στην κεντρική Ευρώπη χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο το φυσικό αέριο και το υδρογόνο, το οποίο θεωρείται το πιο καθαρό καύσιμο για το μέλλον. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και σε μικρότερο βαθμό οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική.

Σε αυτό το σημείο είναι βασικό να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη ενέργειας υδρογόνου εξακολουθεί να είναι μια σημαντική οδός έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης για μεγάλες οικονομίες σε όλο τον κόσμο. Το υδρογόνο είναι ένα απλό, ευέλικτο και άφθονο στοιχείο. Όσον αφορά τα προϊόντα και τις υπηρεσίες ενέργειας υδρογόνου, η εστίαση είναι στις μεταφορές (οχήματα με κυψέλες καυσίμου) και στον βιομηχανικό τομέα. Στις μεταφορές, το υδρογόνο μπορεί να προσφέρει μια εναλλακτική λύση

μηδενικών εκπομπών σε σχέση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης ορυκτών καυσίμων. Το υδρογόνο, είτε αναμειγνύεται με φυσικό αέριο είτε καίγεται μόνο του, προσφέρει μια μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μικρότερη ένταση άνθρακα. Η ηλεκτρόλυση επιτρέπει τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε αέριο υδρογόνο για μακροχρόνια αποθήκευση, μεταφορά και χρήση ως πηγή καυσίμου με δυνατότητα αποστολής. Ωστόσο, η αντιμετώπιση των αναγκών για χαμηλότερο κόστος και καλύτερη απόδοση της ενεργειακής υποδομής υδρογόνου για αυτά τα προϊόντα αποτελεί επίσης σημαντική προτεραιότητα. Ενώ έχει σημειωθεί πρόοδος σε τομείς όπως η παραγωγή υδρογόνου, η αποθήκευση, η παράδοση, οι κωδικοί και τα πρότυπα και η αποδοχή από τους πελάτες, το κόστος και άλλοι στόχοι που είναι απαραίτητοι για την εμπορευματοποίηση και την επέκταση της αγοράς δεν έχουν επιτευχθεί.

Η ιδιαίτερη σημασία χρήσης εναλλακτικών καυσίμων αφορά κυρίως την επίτευξη της βιωσιμότητας μέσω της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας και της μείωσης χρήσης ορυκτών καυσίμων, την μείωση κατά το μέγιστο δυνατό των ρύπων και την περιβαλλοντική «ανακούφιση» από την χρήση πετρελαιογενών καυσίμων.¹¹³

Τα βήματα που έχουν γίνει είναι σημαντικά, ωστόσο απαιτείται ακόμη μεγάλη προσπάθεια. Οι επόμενες επενδύσεις και τεχνολογικές εξελίξεις θα πρέπει να αφορούν τις βαριές μεταφορές, δηλαδή την χρήση εναλλακτικών καυσίμων σε τρένα, αεροπλάνα και πλοία, όπου δεν είναι πάντα εφικτή η χρήση τους. Επίσης, ένα ακόμη ζήτημα που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η ενεργειακή αυτονομία μέσω της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Οι πρόσφατες ιστορικές εξελίξεις στην Ουκρανία δημιουργούν έντονο προβληματισμό γύρω από αυτό το ζήτημα. Η αυτονομία θα προσφέρει στα κράτη τόσο ασφάλεια όσο και τη δυνατότητα χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων σε περισσότερους τομείς.

¹¹³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1540748916304850>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αιτιολογική Έκθεση στο σχέδιο νόμου για την «Κύρωση της Συμφωνίας των Παρισίων στη Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή» στο:
<https://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/2f026f42-950c-4efc-b950-340c4fb76a24/s-pariklim-eis.pdf>.
2. Ανοίγουν τα Φτερά τους τα ηλεκτροκίνητα αεροσκάφη – Ξεκινούν δοκιμές, Economistas Newsroom, 20/11/2019,
https://www.economistas.gr/tehnologia/21622_anoigoyn-ta-ftera-toys-ta-ilektrokinita-aeroskafi-xekinoy-n-dokimes.
3. Δ. Θ. Αυγερινοπούλου, Η Μετριοπαθής Συμφωνία των Παρισίων για την Κλιματική Αλλαγή, Ανάκτηση από :
<https://nomosphysis.org.gr/17392/i-metriopathis-symfonia-ton-parision-gia-tin-klimatiki-allagi/>.
4. Μ. Βαλάκα, Χρήση του Υδρογόνου ως Εναλλακτική Πηγή Ενέργειας, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, Αθήνα 2007, σελ. 144 επ. Διαθέσιμη στον ιστότοπο:
https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/857/valakasm_hydrogen%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
5. Ι. Ν. Γρηγοριάδη, Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Ασφάλεια & Αγωγοί Φυσικού Αερίου στη Ν.Α. Ευρώπη: Ένα Νέο Πεδίο Ελληνοτουρκικής Συνεργασίας, Ελληνικό Ίδρυμα Ευρωπαϊκής & Εξωτερικής Πολιτικής, 11-12-2008.
6. Ε. Δούση, Η οικολογική καταστροφή στη Σάντα Μπάρμπαρα, Η Καθημερινή, 15/01/2018, <https://www.kathimerini.gr/world/943193/h-oikologiki-katastrofi-sti-santa-mparmpara/>.
7. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (1992-2022), Εθνική Νομοθεσία για τα Εναλλακτικά Καύσιμα,
<https://www.elinyae.gr/lexeis-kleidia/enallaktika-kaysima>.
8. Ι.Καμαρά, Η ευρωπαϊκή εξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο και οι προοπτικές εδραίωσης της ενεργειακής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο ρόλος της Ελλάδας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2012.

9. Ν. Καραντζά, Μέθοδοι Παραγωγής, Αποθήκευσης και Χρήσης του Υδρογόνου, Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, επιβλ. Σ. Μακρίδης, 30/06/2020,
https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/48946/1/134796_KAKARANTZAS_NIKOLAOS.pdf.
10. Γ. Καρβούνη, Ενέργεια και πράσινη ανάπτυξη: Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για τη μετάβαση στην πράσινη οικονομία, Διδακτορική Διατριβή, επιβλ. Ευστ. Τσοτσορός, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Αθήνα 2014
11. Δ. Καρώνη, Ε. Λόη και Φ. Ζαννίκου, Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, 2014, file:///C:/Users/alkis/Downloads/webdoc_22_2_6_2014.pdf.
12. Ν. Λουπάκη, Υγραέριο: το καύσιμιο εξακολουθεί να συμφέρει, Car and Driver, 29/05/2022,
https://www.caranddriver.gr/tecnologia/arthro/ygraerio_to_kaysimo_pou_ekskolouthei_na_symferei-7809940/.
13. Α. Ξυλουργίδη, Η Συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή, Ρυθμιστικό πλαίσιο, δράσεις και πολιτικές των συμβαλλομένων μερών . Πώς επηρεάζεται η χώρα μας, Έδεσσα 2018.
14. Ν. Παλαιοδήμου, Η απελευθέρωση της αγοράς του φυσικού αερίου στο επίπεδο της εισαγωγής: Ευρωπαϊκό και Ελληνικό Δίκαιο, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Δεκέμβριος 2017.
15. Ολ. Σιδέρη, Πράσινη Ναυτιλία Εν Πλω: Αποδοχή, Διάχυση & Υιοθέτηση του ΥΦΑ & του Ηλεκτρισμού ως εναλλακτικά καύσιμα στην Ελλάδα, Διατριβή, ΠΜΣ Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές, επιβλ. Ν. Νικητάκος, Δ. Παπαχρήστος, Παιπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Φεβρουάριος 2020,
<http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5211/ntst88.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. Συνθετικά καύσιμα: Η επόμενη επανάσταση, infoSERVICES, 02/04/2021,
<https://infoservice.com.gr/player/synthetika-kafsima-i-epomeni-epanastasi/>.
17. Σύσταση και Προέλευση του Φυσικού Αερίου, GasTrade, Τελευταία επίσκεψη την 23/09/2021 στον ιστότοπο:
<http://www.gastrade.gr/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CE%BA%CE%B1%CE%>

[B9%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85.aspx.](https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/nautilia/i-paragogi-idrogonou-os-enallaktikou-kafsimou-tha-kostisi-68-tris-eos-to-2050/)

18. Μ. Τσαμόπουλου, Η παραγωγή Υδρογόνου ως εναλλακτικού καυσίμου θα κοστίζει \$6,8 τρις έως το 2050, newmoney, 15/06/2022, <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/nautilia/i-paragogi-idrogonou-os-enallaktikou-kafsimou-tha-kostisi-68-tris-eos-to-2050/>.
19. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Βιοκαύσιμα, <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsima/>.
20. HenGas, Hellenic Natural Gas Distribution, Χρήσεις Φυσικού Αερίου, Τελευταία επίσκεψη την 20/08/2022 στον ιστότοπο: <https://www.hengas.gr/fysiko-aerio/xriseis-fysikou-aeriu/>.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Agenda 21, Έκθεση Brundtland, <http://www.agenda21.gr/brundt.htm>.
2. American Public gas Association, A Brief History of Natural Gas, Τελευταία επίσκεψη την 23/09/2021 στον ιστότοπο: <https://www.apga.org/apgamainsite/aboutus/facts/history-of-natural-gas>.
3. American Public gas Association, A Brief History of Natural Gas, Τελευταία επίσκεψη την 23/09/2021 στον ιστότοπο: <https://www.apga.org/apgamainsite/aboutus/facts/history-of-natural-gas>.
4. Anthracite Coal and the Beginnings of the Industrial Revolution in the United States," *The Business History Review*, Summer 1972, στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
5. G. R. Astbury, A review of the properties and hazards of some alternative fuels, *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 86, iss. 6, 2008, p. 397 – 414, Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095758200800058X>.
6. C. Bae, J. Kim, Alternative fuels for internal combustion engines, *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 36, iss. 3, 2017, p. 3389 – 3413. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1540748916304850>.

7. C. Bhan, L. Verma, J. Singh, Alternative Fuels for Sustainable Development. Environmental Concerns and Sustainable Development, 317-331.
8. L. Chen, China's Petroleum Industry, www.worldenergysource.com, 21/07/2009.
9. Children of the Sun: A History of Humanity's Unappeasable Appetite for Energy, 2006, στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
10. A. Datta, A. Hossain, A. Roy, An Overview on Biofuels and Their Advantages and Disadvantages, Asia Journal of Chemistry, Vol. 31, No 8 (2019), 1851 – 1858, pub. 28/06/2019, Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/90205/1/10.14233ajchem.2019.22098.pdf>.
11. Energy and Environment in the United States: The Era of Fossil Fuels," Environmental Review, 1987 στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
12. Energy Information Administration, History of Energy in the United States 1635 – 2000, www.eia.doe.gov, 20/05/2009.
13. European Commission, European Alternative Fuels Observatory, Alternative Fuels, <https://alternativefuelsobservatory.ec.europa.eu/generalinformation/alternative-fuels>, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 16/08/2022.
14. Fortum, Why does Europe's pathway to clean energy go through natural gas?, Τελευταία επίσκεψη την 22/08/2022 στον ιστότοπο: <https://www.fortum.com/about-us/cleaner-world/why-does-europes-pathway-clean-energy-go-through-natural-gas>.
15. R. Heinberg, The Party's Over: Oil, War and the Fate of Industrial Societies, 2005.
16. Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>

17. History of U.S. Coal Use, www.netl.doe.gov, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 21/08/2022.
18. U. Kaantee, R. Zevenhoven, R. Backman, M. Hupa, Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modeling, Fuel processing Technology, 85(4), 293-301.
19. D. Klein, M. P. Carazo, M. Doelle, J. Bulmer, A. Higham, The Paris Agreement on Climate Change, Analysis and Commentary, εκδ. Oxford University Press.
20. MET Group, Natural Gas Environmental Impact: Problems and Benefits, Τελευταία επίσκεψη την 10/10/2021 στον ιστότοπο:
<https://group.met.com/fyouture/natural-gas-environmental-impact/64>.
21. MET Group, What is Natural Gas Used for? Uses of Natural Gas, 29/04/2020,
<https://group.met.com/en/media/energy-insight/what-is-natural-gas-used-for>.
22. L. Mumford, Technics and Civilization, 1934, στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022,
<https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
23. Paris Agreement, United Nation 2015. Ανάκτηση από:
https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
24. PetroGaz, Υγραέριο, το πιο βιώσιμο ορυκτό καύσιμο, Τελευταία επίσκεψη την 10/08/2022 στον ιστότοπο: <https://www.petrogaz.gr/lpg/>.
25. Petroleum History, United States," www.eoearth.org, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 21/08/2022.
26. I. Ridjan, B. Mathiesen, D. Connolly, N. Dunic, The feasibility of synthetic fuels in renewable energy systems, Energy, 57, 76-84.
27. R. W. Righter, Wind Energy in America: A History, 1996 στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022,
<https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
28. Sangeeta, S. Moka, M. Pande, M. Rani, R. Gakhar, M. Sharma, J. Rani, A.N. Bhaskarwar, Alternative fuels: An overview of current trends and scope for future, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 32, 2014, p. 697 – 712, Διαθέσιμο στον ιστότοπο:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114000343>.
29. SGB Biofuels, Top 10 Uses For Biofuel, 26/12/2016,

- <https://www.sgbiofuels.com/top-10-uses-for-biofuel/>.
30. Smart alternative fuels, What are the Environmental Benefits of Using Alternative Fuel Sources? 02/01/2019,
<https://smartalternativefuels.com/blog/what-are-the-environmental-benefits-of-using-alternative-fuel-sources>.
 31. C. Stampolis, ed., Energy Market in Greece (Athens: ICAP & Delos Communications, 2001).
 32. H. Stancin, H. Mikulcic, X. Wang, N. Duic, A review on alternative fuels in future energy system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 128, 2020, Διαθέσιμο στον ιστότοπο:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120302185>.
 33. Sustainable Development Goals, Agenda 21,
<https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21>.
 34. The Global Electric Vehicle Market Overview in 2022: Statistics & Forecasts, Virta Global, <https://www.virta.global/en/global-electric-vehicle-market>, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 21/08/2022.
 35. I. Toft Valeur, DNV CEO: “Hydrogen seems to be everywhere and nowhere”, Watchmedia, Shippingwatch, 14/06/2022,
<https://shippingwatch.com/Services/article14143398.ece>.
 36. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Alternative Fuels, Τελευταία επίσκεψη την 12/08/2022 στον ιστότοπο:
<https://www.fueleconomy.gov/feg/current.shtml>.
 37. U.S. Department of Energy, Alternative Fuels Data Center, Alternative Fuel Definition and Specifications, Τελευταία επίσκεψη την 12/08/2022 στον ιστότοπο: <https://afdc.energy.gov/laws/9218>.
 38. U.S. Department of Energy, Electricity,
<https://www.fueleconomy.gov/feg/electricity.shtml>, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 21/08/2022.
 39. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicle Benefits and Considerations, Τελευταία επίσκεψη στον ιστότοπο την 20/08/2022.
 40. Volkswagen CEO Herbert Diess on electric cars, the war in Ukraine, and recapturing the American car market, CBS News, 17/04/2022,

<https://www.cbsnews.com/news/electric-cars-volkswagen-herbert-diess-60-minutes-2022-04-17/>.

41. J. C. Williams, History of Energy, www.fi.edu, 25/04/2006, στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
42. Wind Energy in America: A History, 1996, στο Historical Timeline: History of Alternative Energy and Fossil Fuels, ProCon.org, Britannica, Τελευταία ενημέρωση την 23/05/2022, <https://alternativeenergy.procon.org/historical-timeline/>.
43. N. Yilmaz, A. Atmanli, Sustainable alternative fuels in aviation, Energy, vol. 140, part 2, 2017, p. 1378 – 1386, διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217312537>.

Νομοθετήματα

1. Απόφαση 1229/2003/ΕΚ.
2. Οδηγία 2003/96/ΕΚ.
3. Οδηγία 2009/98/ΕΚ.
4. Οδηγία 2014/94/ΕΕ.
5. ΦΕΚ 187/Α/6-10-2016.
6. Νόμος 3468/2006.
7. Νόμος 4062/2012.
8. Νόμος 4439/2016.
9. ΚΥΑ Δ5-ΗΛ/Β/ΟΙΚ.16954/2005.
10. Υ.Α. 26333/1329/2017 (ΦΕΚ 2660/Β'/2017).
11. Υ.Α. 188543/2022 (ΦΕΚ 3368/Β'/2022).