

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Βασιλική Λάμπρου

Επιβλέπων Καθηγητής: Σέμπος Ιωάννης

ΑΘΗΝΑ 2022

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «Ανασκόπηση και αξιολόγηση της χρησιμοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και των μεθόδων αποθήκευσης της παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας.»

Επιβλέπων καθηγητής : Σέμπος Ιωάννης

Η Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Βαρελίδης,

Δημήτριος Αλεξάκης,

Σέμπος Ιωάννης

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Λάμπρου Βασιλική του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 173 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Εφαρμοσμένες Πολιτικές και τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Η Δηλούσα



ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Αφιερώνω την Διπλωματική μου εργασία στην κόρη μου Χριστίνα , στα αδέρφια μου , στους γονείς μου και ιδιαίτερα στη μητέρα μου Αγαθή που δεν είναι ποια κοντά μας....

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με τη διεκπεραίωση του μεταπτυχιακού προγράμματος « Εφαρμοσμένες Πολιτικές και Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος» του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Κος Ιωάννη Σέμπο για την πολύτιμη βοήθεια του καθόλη την διάρκεια εκφώνησης της Διπλωματικής μου Εργασίας .

Ευχαριστώ επίσης τον φίλο μου Γιάννη για την στήριξη και την εμπύχωση που μου πρόσφερε όλο αυτό το διάστημα και σε όλους αυτούς που γίναν αρωγοί στην προσπάθεια ολοκλήρωσης του μεταπτυχιακού μου προγράμματος.

Τέλος ευχαριστώ θερμά, το σύζυγό μου Θανάση και την κόρη μου Χριστίνα για την αγάπη , την αμέριστη κατανόηση και συμπαράσταση που απλόχερα μου προσφέρανε όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανασκόπηση και αξιολόγηση της χρησιμοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) ως σύνολο, αλλά και κάθε μια ξεχωριστά σε παγκόσμιο, σε Ευρωπαϊκό και σε Εθνικό επίπεδο. Επίσης τίθενται οι στόχοι για την περαιτέρω ανάπτυξη τους στο μέλλον. Στη συνέχεια αναλύονται οι τεχνολογίες αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και εξετάζεται η δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Ακόμα αναλύεται το νομοθετικό πλαίσιο που διέπουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρώτα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, και μετά σε εθνικό επίπεδο, πού δεσμεύεται από το Ευρωπαϊκό. Τέλος αναγράφονται τα συμπεράσματα και οι προσωπικές μου προτάσεις για την επίτευξη των καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050 και της ενεργειακής αυτάρκειας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΑΠΕ, Ανασκόπηση, Αξιολόγηση, Τεχνολογίες Αποθήκευσης,

ABSTRACT:

The object of this diploma thesis is the review and evaluation of the use of Renewable Energy Sources (RES) as a whole and each one separately at a global, European, and national level. The objectives for their further development in the future are also set. Then, the storage technologies of the electricity produced from RES are analyzed and the possibility of storing the produced energy is examined. to meet the country's energy needs and to help in the further development of small autonomous production units. The legislative framework governing renewable energy sources is also being analyzed, first at European level, and then at national level, since it is bound by the European One. Finally, my conclusions and personal proposals for achieving net zero emissions by 2050 and driving Greece to energy of self-sufficiency.

Key Words: Renewable Energy Sources, RES, Review, Evaluation of Storage Technologies,

Περιεχόμενα

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT:.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	15
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	15
Εισαγωγή.....	15
1.1 Η συμβολή των ΑΠΕ στο σενάριο των μηδενικών ρύπων(NZE) έως το 2050.....	16
1.2 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	19
1.3 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ στην Ευρώπη.....	21
1.4 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	25
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	25
2.1 Αρχή Λειτουργίας.....	27
2.2 Ανασκόπηση.....	29
2.3 Φωτοβολταϊκά (Φ/Β).....	30
2.4 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία.....	31
2.5 Η αξιολόγηση των Φ/Β και η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.....	32
2.6 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας στην Ευρώπη.....	37
2.7 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	41
ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	41
3.1 Η κίνηση του ανέμου.....	42
3.2 Χαρακτηριστικά του ανέμου.....	43
3.3 Αρχή Λειτουργίας.....	44
3.4 Ανασκόπηση.....	47
3.5 Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών.....	50
3.6 Η Ηλεκτρική διασύνδεση των Ανεμογεννητριών.....	50
3.7 Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα.....	52
3.8 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	55
3.9 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της Αιολικής ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.....	57

3.10 Η αξιολόγηση της Αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	63
Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε)	63
4.1 Ο υδρολογικός κύκλος	64
4.2 Υδρογράφημα	65
4.3 Αρχή Λειτουργίας	67
4.4 Ανασκόπηση	70
4.5 Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα.	72
4.6 Οι προοπτικές της Υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.	75
4.7 Οι προοπτικές της Υδροηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	81
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	81
5.1 Η προέλευση της Θερμότητας	84
5.2 Γεωθερμικό πεδίο	85
5.3 Η Ενθαλπία	86
5.4 Η Γεωθερμία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	87
5.5 Ανασκόπηση	88
5.6 Οι προοπτικές της γεωθερμίας στην Ελλάδα	88
5.7 Οι προοπτικές της γεωθερμίας στην Ευρώπη.....	90
5.8 Οι προοπτικές της γεωθερμίας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	94
ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ	94
6.1 Υλικά βιομάζας	95
6.2 Βιοκαύσιμα	96
6.3 Ανασκόπηση	96
6.4 Η αξιοποίηση της βιοενέργειας στην Ελλάδα	97
6.5 Η αξιοποίηση και οι προοπτικές της βιοενέργειας στην Ευρώπη	99
6.6 Η αξιοποίηση και οι προοπτικές της βιοενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	103
Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ(ΩΚΕΑΝΙΑ).....	103
7.1 Ανάπτυξη τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	103
7.2 Η αξιοποίηση της ενέργειας της θάλασσας στην Ευρώπη	105
7.3 Η αξιοποίηση της ενέργειας της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο.....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	108
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ.....	108
8.1 Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ	109

8.2	Συσσωρευτές (Μπαταρίες).....	110
8.3	Θερμική Αποθήκευση.....	115
8.4	Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης σε μονάδες καύσης λιγνίτη.....	115
8.5	Μηχανικοί μέθοδοι	119
	8.5.1 Η Αντλησιοταμίευση	119
	8.5.2 Αποθήκευση με πιεσμένο αέρα	121
8.6	Η αξιοποίηση των μεθόδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα.	122
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	123
	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	123
9.1	Ευρωπαϊκό πλαίσιο	125
9.2	Εθνικό Πλαίσιο	125
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....	130
	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	130
10.1	Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ	130
10.2	Τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	132
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	133
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	133
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12.....	134
	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	134
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	136

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κλιματολογικός χάρτης της Ελλάδας με τη διαθέσιμη ολική ενέργεια ανά έτος..	26
Εικόνα 2. Αρχή λειτουργίας Φ/Β στοιχείου.....	28
Εικόνα 3. Ο δορυφόρος Vanguard I.....	30
Εικόνα 4. Οι Φ/Β Σταθμοί I & II στη Μεγαλόπολη.....	33
Εικόνα 5. Τα ποσοστά παραγωγής των ΑΠΕ στην ΕΕ για το έτος 2020.....	38
Εικόνα 6. Το Αιολικό Δυναμικό της Ελλάδας.....	42
Εικόνα 7. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.....	47
Εικόνα 8. Διαδρομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	51
Εικόνα 9. Αιολικό πάρκο « Άγιος Γεώργιος»	52
Εικόνα 10. Η γεωγραφική κατανομή των αιολικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα.....	54
Εικόνα 11. Ο υδρολογικός Κύκλος.....	64
Εικόνα 12. Τυπική Υδροηλεκτρική μονάδα παραγωγής ενέργειας.....	68
Εικόνα 13. Υδροηλεκτρικό Φράγμα Κρεμαστών.....	70
Εικόνα 14. Ο Χάρτης της Ελλάδας με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς και τις ΑΠΕ.....	73
Εικόνα 15. Η καταστροφή του Πυρηνικού Εργοστασίου της Φουκουσίμα στην Ιαπωνία.....	77
Εικόνα 16. Τοποθεσίες της Ελλάδας με ανιχνευμένες Γεωθερμικές δυνατότητες.....	83
Εικόνα 17. Γεωθερμικός Σχηματισμός.....	86
Εικόνα 18. Το οικονομικό αποτύπωμα γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2030.....	92
Εικόνα 19. Το οικονομικό αποτύπωμα γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2050.....	92
Εικόνα 20. Οι εγκαταστάσεις Βιοαερίου στην Ελλάδα.....	97
Εικόνα 21. Αρχή λειτουργίας συστήματος αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας.....	111
Εικόνα 22. Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης.....	116
Εικόνα 23. Σύστημα αποθήκευσης τηγμένων αλάτων σε μονάδα λιγνίτη.....	117
Εικόνα 24. Η ετήσια απόδοση της τεχνολογίας αποθήκευσης θερμότητας.....	118
Εικόνα 25. Αποθήκευση ενέργειας με τη μέθοδο της Αντλησιοταμίευση.....	120
Εικόνα 26. Αποθήκευση ενέργειας πεπιεσμένου αέρα.....	121

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Φ/Β Πάρκα στην Ελλάδα.....	32
Πίνακας 2. Εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα	34
Πίνακας 3. Αιολικά Πάρκα στην Ελλάδα από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες	53
Πίνακας 4. Μικροί Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΜΥΗΣ) της ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.....	74
Πίνακας 5. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) της ΔΕΗ.	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Το σενάριο των πηγών ενέργειας που συμβάλουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2050.....	17
Γράφημα 2. Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	18
Γράφημα 3. Το μερίδιο ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής μέχρι το 2050.....	19
Γράφημα 4. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ στην Ελλάδα	20
Γράφημα 5. Οι ετήσιες καταγραφές της ηλιακής, της αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα	21
Γράφημα 6. Οι διαχρονικές προσθήκες ΑΠΕ και ανά τεχνολογία ανανεώσιμης ενέργειας.....	22
Γράφημα 7. Η διαχρονική παραγωγική ικανότητα των ΑΠΕ και οι προβλέψεις για το 2026.....	22
Γράφημα 8. Η διαχρονική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 2000-2026.....	23
Γράφημα 9. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο.....	24
Γράφημα 10. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο και το σενάριο για το 2030.....	25
Γράφημα 11. Ηλεκτρική παραγωγή από Φ/Β ανά έτος σε GWh (Μεγαβατώρες)	34
Γράφημα 12. Εγκατεστημένα Φ/Σ Συστήματα.....	35
Γράφημα 13. Διασυνδεδεμένα Συστήματα	36
Γράφημα 14. Ενεργειακή Απόδοση Φ/Β το 2020	36
Γράφημα 15. Διαχρονική Ενεργειακή Απόδοση Φ/Β στην Ελλάδα.....	37
Γράφημα 16. Η διαχρονική ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας στην ΕΕ.....	38
Γράφημα 17. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή Φ/Β.....	40
Γράφημα 18. Η παραγομένη Φωτοβολταϊκή ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.....	40
Γράφημα 19. Παραγόμενη αιολική ενέργεια (MW) στην Ελλάδα ανά έτος	49
Γράφημα 20. Διαχρονική Ενεργειακή Αιολική Απόδοση στην Ελλάδα.....	49
Γράφημα 21. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αιολική ενέργεια.....	55
Γράφημα 22. Μηνιαία καταγραφή της εγκατεστημένης ισχύος Ιουνίου 2020-2021	56
Γράφημα 23. Γεωγραφική κατανομή της Αιολικής ισχύς.....	57
Γράφημα 24. Η διαχρονική συνολική εγκατεστημένη αιολική ενέργεια στην Ευρώπη.....	58
Γράφημα 25. Η παραγωγή της αιολικής ενέργειας ανά χώρα.....	59

Γράφημα 26. Τα σενάρια της μελλοντικής ετήσιας εγκατάστασης της αιολικής ενέργειας	60
Γράφημα 27. Η ετήσια αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια.	61
Γράφημα 28. Η υπεράκτια παραγομένη αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030	62
Γράφημα 29. Η χερσαία παραγομένη αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.	63
Γράφημα 30. Ετήσιο Υδρογράφημα.....	66
Γράφημα 31. Καμπύλη Διάρκειας Παροχής.....	67
Γράφημα 32. Διαχρονική Υδροηλεκτρική Ενεργειακή Απόδοση στην Ελλάδα.....	71
Γράφημα 33. Ετήσια καταγραφή παραγόμενης Υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	72
Γράφημα 34. Η διαχρονική εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα της Ευρώπης.....	76
Γράφημα 35. Η ετήσια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και η εγκατεστημένη ισχύς της Ευρώπης.....	78
Γράφημα 36. Το εφικτό υδροηλεκτρικό δυναμικό των χωρών της Ευρώπης.....	79
Γράφημα 37. Η παραγομένη υδροηλεκτρική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.....	80
Γράφημα 38. Η παραγομένη Υδροηλεκτρική ενέργεια σε διάφορες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο.	81
Γράφημα 39. Εγκατεστημένη ηλεκτρικής ισχύς από γεωθερμία (Mwe)	91
Γράφημα 40. Ετήσια καταγραφή της παραγόμενης γεωθερμικής ενέργειας.	93
Γράφημα 41. Η παραγομένη γεωθερμική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.....	94
Γράφημα 42. Η ετήσια συνεισφορά της βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	98
Γράφημα 43. Η ετήσια συνεισφορά του βιοαερίου και των στερεών καυσίμων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.	99
Γράφημα 44. Τα κράτη μέλη της ΕΕ με την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύς από βιοενέργεια διαχρονικά.....	100
Γράφημα 45. Η παγκόσμια ετήσια παραγομένη ηλεκτρική ισχύς από βιοενέργεια.	102
Γράφημα 46. Η παραγομένη βιοενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030	102
Γράφημα 47. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της παλιρροιακής ροής στην Ευρώπη	105
Γράφημα 48. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της κυματικής ενέργειας στην Ευρώπη	106
Γράφημα 49. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της παλιρροιακής ροής στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο	107

Γράφημα 50. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της ενέργειας των κυμάτων στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο	108
Γράφημα 51. Το άθροισμα των εγκατεστημένων τεχνολογιών συσσωρευτών ανά έτος	114
Γράφημα 52. Το ποσοστό εγκατάστασης ανά τεχνολογία συσσωρευτών.....	114
Γράφημα 53. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής	131
Γράφημα 54. Τα ποσοστά απόδοσης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Εισαγωγή

Η ενέργεια είναι η ιδιότητα της ύλης που εκδηλώνεται με τη μορφή κίνησης, θερμότητας, ηλεκτρισμού και έχει την ιδιότητα να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη.

Η παροχή ενέργειας που προέρχεται από φυσικές διεργασίες ανανεώσιμων πηγών, όπως ο ήλιος, ο αέρας, η γεωθερμία κτλ ονομάζονται Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Είναι ήπιες μορφές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, αφού δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα ή άλλα τοξικά ή ραδιενεργά απόβλητα όπως άλλες εξαντλήσιμες μορφές ενέργειας (λιγνίτης, γαιάνθρακες κτλ).

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια σε συνδυασμό με την εξάντληση των φυσικών πόρων, που χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη, όπως τα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, φυσικό αέριο, αργό πετρέλαιο) και με τις επιπτώσεις που επιφέρουν στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και το κλίμα. Η ανάγκη αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έγινε ποιο επιτακτική από ποτέ οι φυσικοί πόροι, όπως ο άνεμος, ο ήλιος, η βιομάζα, η γεωθερμία, ανανεώνονται συνεχώς και μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) θέτει στόχους, μέσω των κοινοτικών οδηγιών, προς τα κράτη μέλη αναφορικά με τις ΑΠΕ επιβλέποντας την πρόοδο τους. Η Ελλάδα με γνώμονα την Ευρωπαϊκή οδηγία χαράζει την εθνική της στρατηγική και θέτει τους επιπλέον στόχους.

Η παγκόσμια ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, η μείωση στο «αποτύπωμα CO₂», της ρύπανσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου συνέβαλαν στην περεταίρω αξιοποίηση των καθαρών πηγών ενέργειας. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό περιβάλλοντος το 79% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ορυκτά

καύσιμα, ενώ υπολογίζεται ότι η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ θα βοηθήσει την ΕΕ να επιτύχει στους στόχους της, για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% για το 2030 και καθαρές μηδενικές εκπομπές μέχρι το 2050.

Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλει στην ανάγκη αύξησης της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι η διατήρηση μιας από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες στον κόσμο με τεχνολογίες που αφορούν την παραγωγή καθαρής ενέργειας και ταυτόχρονα το οικονομικό όφελος των κρατών από τη μείωση των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων.

1.1 Η συμβολή των ΑΠΕ στο σενάριο των μηδενικών ρύπων(NZE) έως το 2050.

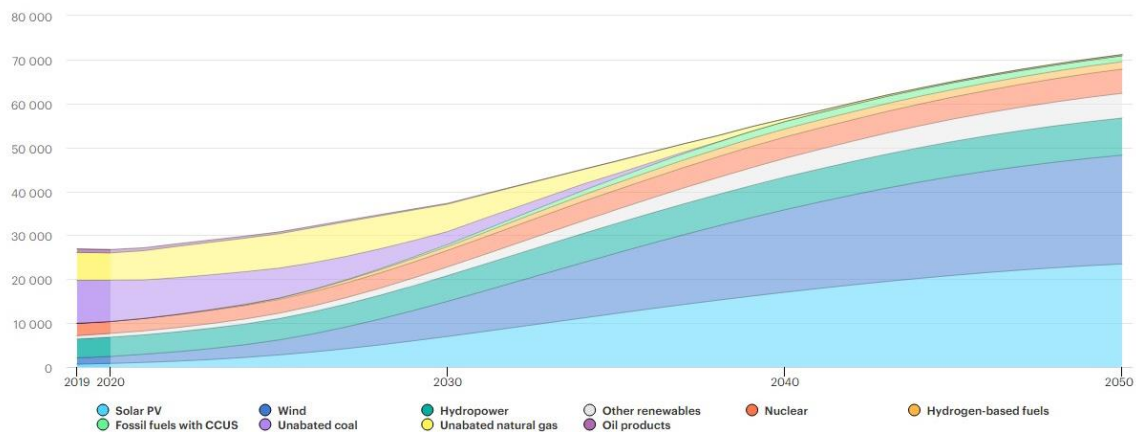
Στο επίκεντρο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας είναι ο στόχος των μηδενικών ρύπων (NZE) έως το 2050, που περιγράφει τις αλλαγές που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε κύριους τομείς, όπως στην παραγωγή ενέργειας, στη βιομηχανική διαδικασία, στις μεταφορές, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των καθαρών μηδενικών εκπομπών CO₂. Επίσης έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των εκπομπών μεθανίου από τον ενεργειακό τομέα, ο οποίος ευθύνεται για τα 3/4 των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι ετήσιες εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με την ενέργεια και την βιομηχανία αυξάνονται συνεχώς από 34Gt το 2020 υπολογίζεται ότι θα φθάσει στους 36 Gt το 2030 και θα κυμανθεί περίπου στα ίδια επίπεδα μέχρι το 2050. Εάν οι εκπομπές συνεχιστούν με αυτό τον ρυθμό και υπάρξουν ανάλογες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, που δεν σχετίζονται με την ενέργεια, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι κατά 2,7 °C έως το 2100. Προβλέπεται επίσης ότι η χρήση πετρελαίου θα αυξηθεί κατά 15% το 2050 σε σχέση με το 2020, όπως και η χρήση φυσικού αερίου που προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 50% το αντίστοιχο διάστημα.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι το κλειδί για την μείωση των εκπομπών

CO₂. Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση εκπομπών στα κτίρια ,τη βιομηχανία και τις μεταφορές. Ακόμα και στις μεταφορές με τη μείωση των εκπομπών με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης συμβάλλουν στη μείωση των άμεσων εκπομπών μέσω της χρήσης υγρών βιοκαυσίμων και βιομεθανίου. Με την υδροηλεκτρική ενέργεια να αποτελεί την κορυφαία πηγή με τις χαμηλότερες εκπομπές εδώ και πολλές δεκαετίες ,αλλά και με την επέκταση αξιοποίησης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας που προβλέπεται ότι θα τριπλασιαστεί μέχρι το 2030 και θα οκταπλασιαστεί το 2050 οι ανανεώσιμες πηγές συμβάλλουν καθοριστικά στο σενάριο μηδενικών ρύπων.

Electricity generation by technology, 2019-2050
TWh

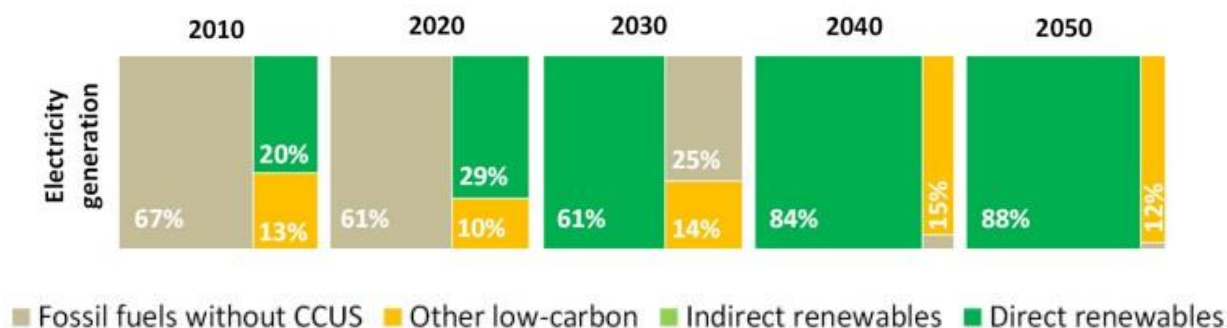


Γράφημα 1. Το σενάριο των πηγών ενέργειας που συμβάλουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2050

Πηγή: <https://www.iea.org/articles/net-zero-by-2050-data-browser>

Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως αυξάνεται από το 29% το 2020 σε πάνω από 60% το 2030 και σε σχεδόν 90% το 2050. Για να επιτευχθεί αυτό, οι ετήσιες προσθήκες δυναμικότητας της αιολικής και ηλιακής ενέργειας μεταξύ 2020 με 2050

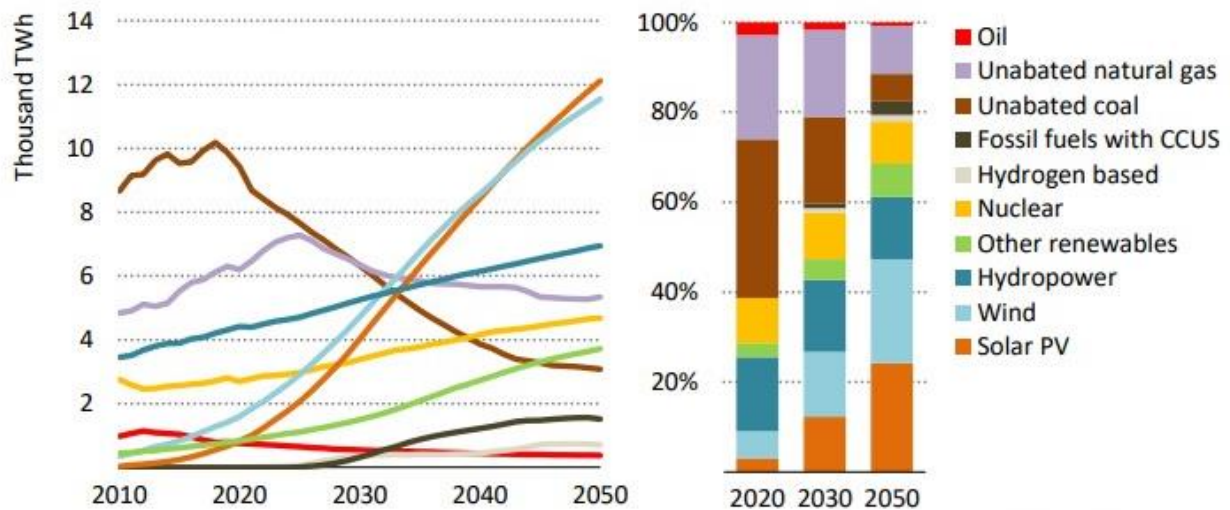
πρέπει να πενταπλασιαστούν σε σχέση με το μέσο όρο της δυναμικότητας των τελευταίων τριών ετών.



Γράφημα 2. Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Πηγή: https://iea./NetZeroby2050/GlobalEnergySector_CORR.pdf

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ασφάλειας της ηλεκτρικής ενέργειας μαζί με άλλα δίκτυα παραγωγής χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αποθήκευσης ενέργειας και ισχυρών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Στο NZE, οι κύριες ανανεώσιμες πηγές πασκοσμίως το 2050 είναι η ηλιακή φωτοβολταϊκή και η αιολική που προηγούνται έναντι των άλλων ανανεώσιμων πηγών και αποτελούν σχεδόν το ήμισυ της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια συνεχίζει επίσης να επεκτείνεται αναδεικνύοντάς την τρίτη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας.



Γράφημα 3. Το μερίδιο ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής μέχρι το 2050.

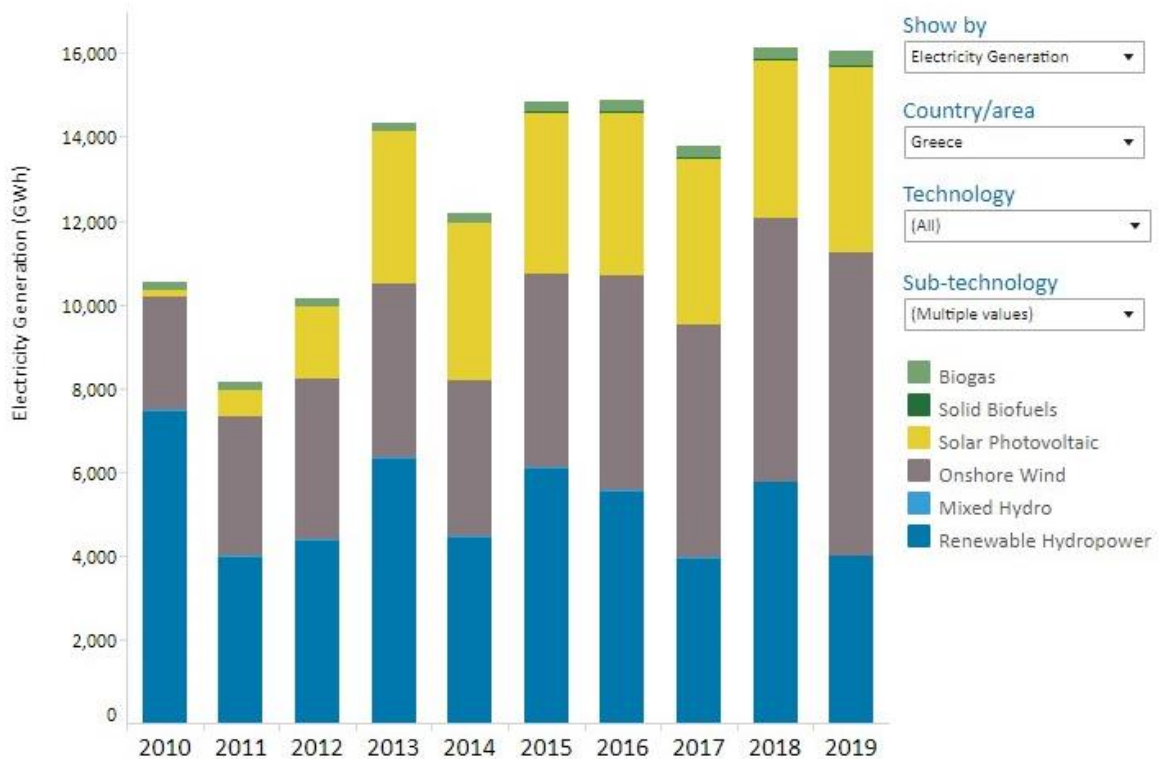
Πηγή: https://iea./NetZeroby2050/GlobalEnergySector_CORR.pdf

1.2 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα.

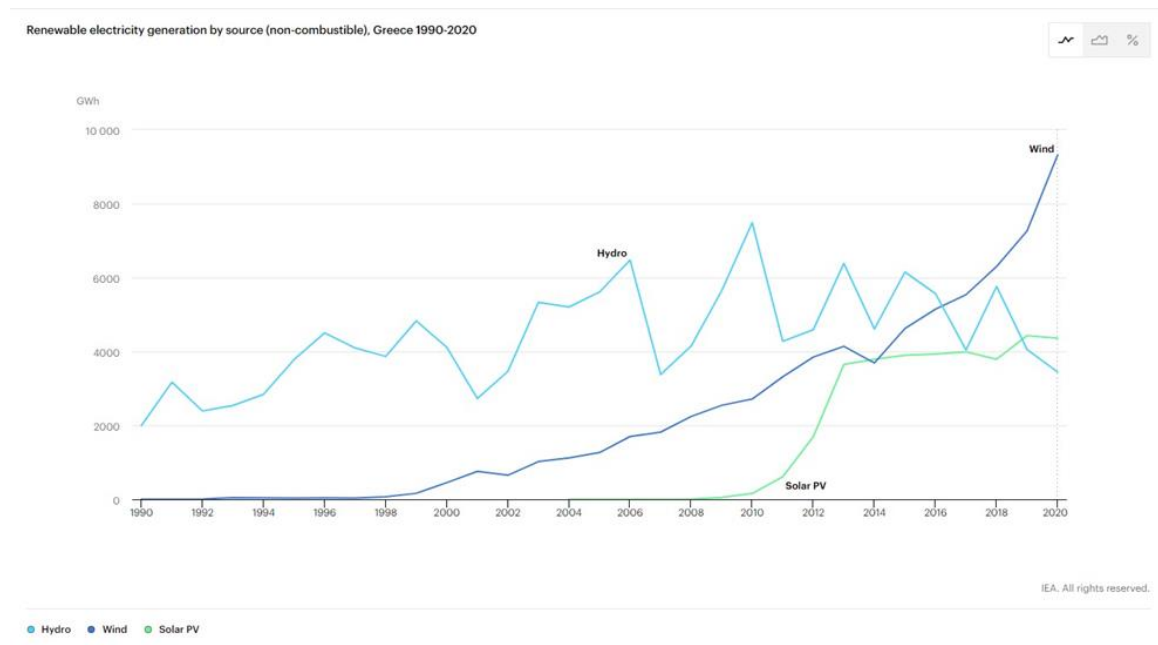
Στην Ελλάδα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, με την αιολική και Φωτοβολταϊκή ενέργεια να πρωτοστατούν έναντι των υπολοίπων. Σε αυτό συντέλεσε η μείωση του τεχνολογικού κόστους και η ύπαρξη αναπτυξιακών προγραμμάτων. Η μεγαλύτερη όμως παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας εξακολουθεί να βασίζεται στα συμβατικά καύσιμα.

Η παραγωγή αιολικής ενέργειας το 1990 ήταν σε χαμηλά επίπεδα και κατάφερε να ανέλθει στις 5,5 TWh το 2017 ενώ η ηλιακή ενέργεια με την εγκατάσταση Φ/Β πάρκων πέτυχε μια θεαματική αύξηση αγγίζοντας τις 3,5 TWh το 2017 είκοσι πέντε φορές μεγαλύτερη από το 2010. Σημαντική συμβολή αποτελεί και υδροηλεκτρική ενέργεια, που παρά τις σημαντικές διακυμάνσεις ανά έτος άγγιξε τις 3,5 TWh το 2017 αντιπροσωπεύοντας το 5,4% της συνολικής παραγωγής στην Ελλάδα. Ακόμα βήματα έγιναν και για την αξιοποίηση των βιοκαυσίμων που το 2019 κάλυπτε μόλις το 1% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής. Το 2019 η αιολική

ενέργεια έφθασε τις 7,266 GWh παρουσιάζοντας αύξηση σε σχέση με το 2018 που ήταν στις 6,300 GWh, αύξηση επίσης παρουσίασε και η ηλιακή ενέργεια που ανήλθε στις 4,129 GWh. Μικρή βελτίωση παρουσίασε η βιοενέργεια με 3,78 GWh το 2019 έναντι 3,02GWh το 2018 ενώ το 2021 αυξήθηκε σημαντικά αγγίζοντας τις 4,471 GWh. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις από 5,743 GWh το 2018 μειώθηκε στις 3,978 GWh το 2019 για να ανέλθει στις 5,403 GWh το 2020 με περαιτέρω αύξηση στις 6,688 GWh το 2021. Αντίθετα την ανοδική τους πορεία διατήρησαν η αιολική ενέργεια φθάνοντας το 2020 τις 9,321 GWh και 9,774GWh το 2021 ενώ η ηλιακή από 4,358 GWh το 2020 έφθασε τις 4,429 GWh το 2021.



Γράφημα 4. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ στην Ελλάδα
Πηγή: <https://www.irena.org/renewable>



Γράφημα 5. Οι ετήσιες καταγραφές της ηλιακής, της αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

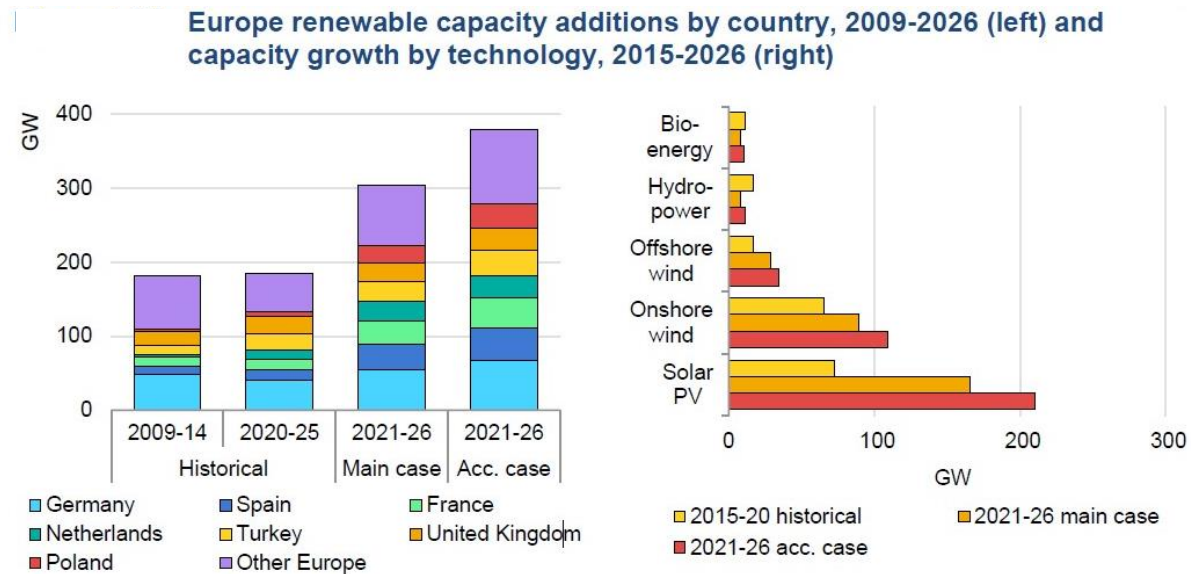
Πηγή: <https://www.iea.org/countries/greece>

1.3 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ στην Ευρώπη.

Η Ευρώπη διαθέτει πληθώρα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τις χώρες της να προωθούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων τεχνολογιών. Στην Ευρώπη προβλέπεται ότι η ανανεώσιμη παραγωγική ικανότητα θα αυξηθεί κατά 45% για το διάστημα 2021-2026 προσθέτοντας 300GW, στηριζόμενη στις προσθήκες της ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Τα $\frac{3}{4}$ της παραγόμενης ενέργειας στην Ευρώπη προέρχεται από επτά χώρες, τη Γερμανία, την Ισπανία, την Γαλλία, Κάτω χώρες, Τουρκία, Ηνωμένο Βασίλειο και την Πολωνία. Ο στόχος είναι μέχρι το 2030 τουλάχιστον το 32% της τελικής κατανάλωσης στην ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές και να προσδίδεται 40GW ετησίως κατά μέσο όρο, ώστε να επιτευχθεί η μείωση των εκπομπών κατά 55% μέχρι το 2030 και κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050.

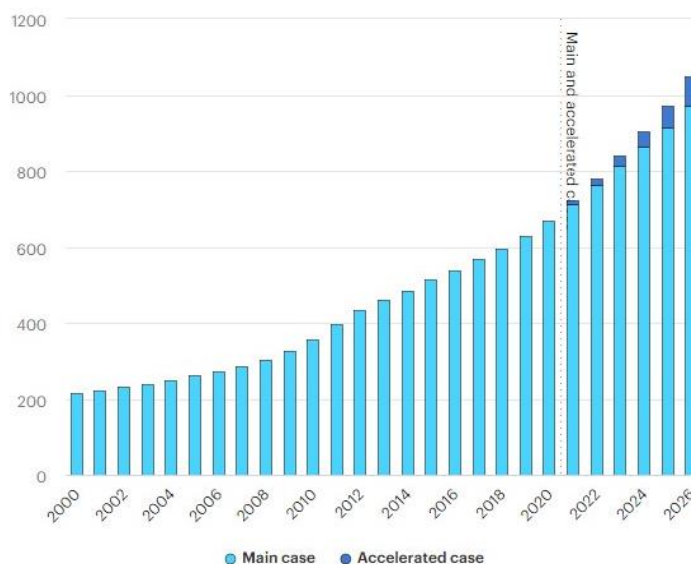
Η Ευρώπη εγκατέστησε 14GW φωτοβολταϊκά συστήματα το 2020, το υψηλότερο επίπεδο από το 2011, αντί για 9,7 GW που είχαν προβλεφθεί. Σε

σύγκριση με την προηγούμενη πενταετία ο ρυθμός ανάπτυξης της ηλιακής ενέργειας ξεπερνάει την αιολική. Επίσης η ανάπτυξη τόσο της υδροηλεκτρικής όσο και της βιοενέργειας προβλέπεται να μειωθεί σε σχέση με την προηγούμενη πενταετία.



Γράφημα 6. Οι διαχρονικές προσθήκες ΑΠΕ και ανά τεχνολογία ανανεώσιμης ενέργειας.
Πηγή: Renewables2021-Analysis and forecast to 2026

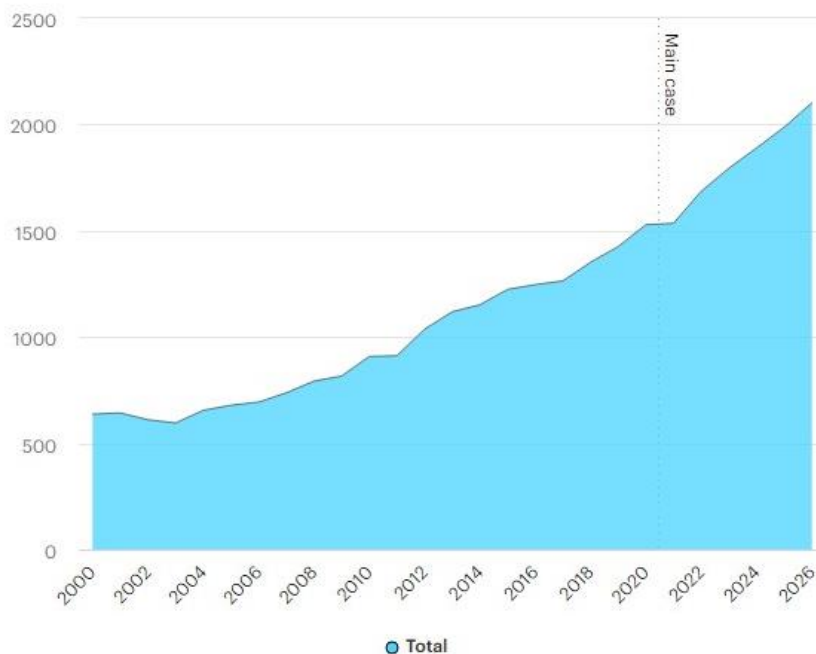
Total capacity, main and accelerated case, Europe, 2000-2026
GW



Γράφημα 7. Η διαχρονική παραγωγική ικανότητα των ΑΠΕ και οι προβλέψεις για το 2026.
Πηγή: <https://www.iea.org/articles/renewables-2021>

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές προβλέπεται ότι θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, ήδη το 2021 άγγιξε τις 15.353 TWh έναντι 15.286 TWh. Ενώ προβλέπεται ότι το 2026 θα ξεπεράσει τις 21.017 TWh.

Total generation, main case, Europe, 2000-2026
TWh



Γράφημα 8. Η διαχρονική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 2000-2026.

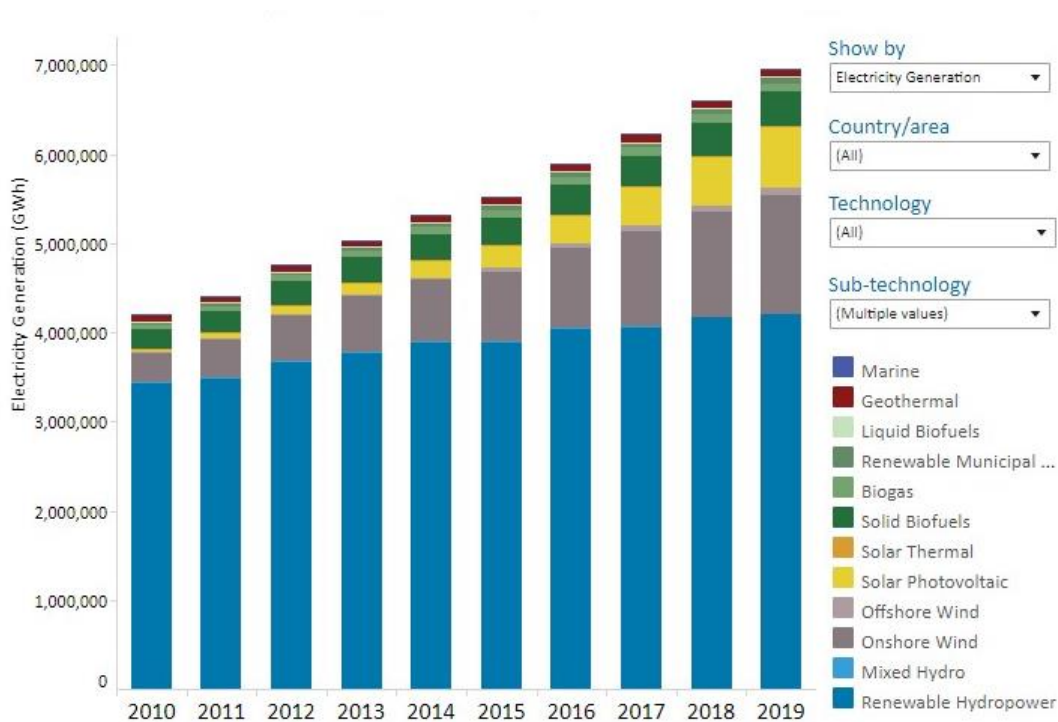
Πηγή: <https://www.iea.org/articles/renewables-2021>

1.4 Η αξιολόγηση των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να καλύψουν το 99% της παγκόσμιας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια 2020-2025. Στις περισσότερες προηγμένες οικονομίες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντικαθιστούν την παραγωγή άνθρακα. Στην Κίνα και την Ινδία οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προβλέπεται να καλύψουν περίπου το 68% της αυξημένης ζήτησης. Ενώ στις χώρες της Ασίας η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων

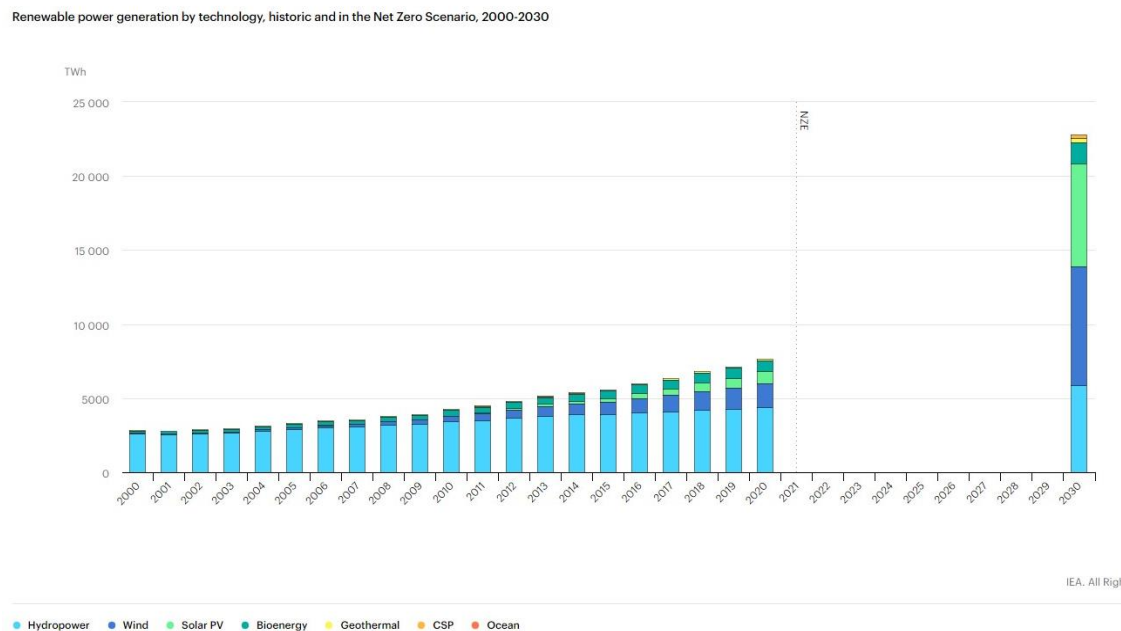
πηγών ενέργειας είναι περιορισμένο, λόγω της εκτεταμένης χρήσης των ορυκτών καυσίμων.

Παρά την μεγάλη αύξηση που σημειώθηκε το 2020, η παραγωγική ικανότητα κατά τα επόμενα χρόνια δεν θα επαρκούν για την εκπλήρωση του στόχου των καθαρών μηδενικών ρύπων το 2050. Χρειάζεται μεγαλύτερη προσπάθεια για την προσθήκη δυναμικότητας από τα 134 GW το 2020 στα 630 GW το 2030. Ενώ γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξη της βιοενέργειας, η κατάσταση της αιολικής ενέργειας χερσαίας και υπεράκτιας παραμένει σταθερή, καθώς και η υδροηλεκτρική. Πολύ χαμηλές από τους ρυθμούς ανάπτυξης, παραμένουν η γεωθερμική και η ωκεάνια ενέργεια.



Γράφημα 9. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο

Πηγή: <https://www.irena.org/renewable>



Γράφημα 10. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες των ΑΠΕ σε παγκόσμιο επίπεδο και το σενάριο για το 2030.

Πηγή: <https://www.iea.org/reports/renewable-power>

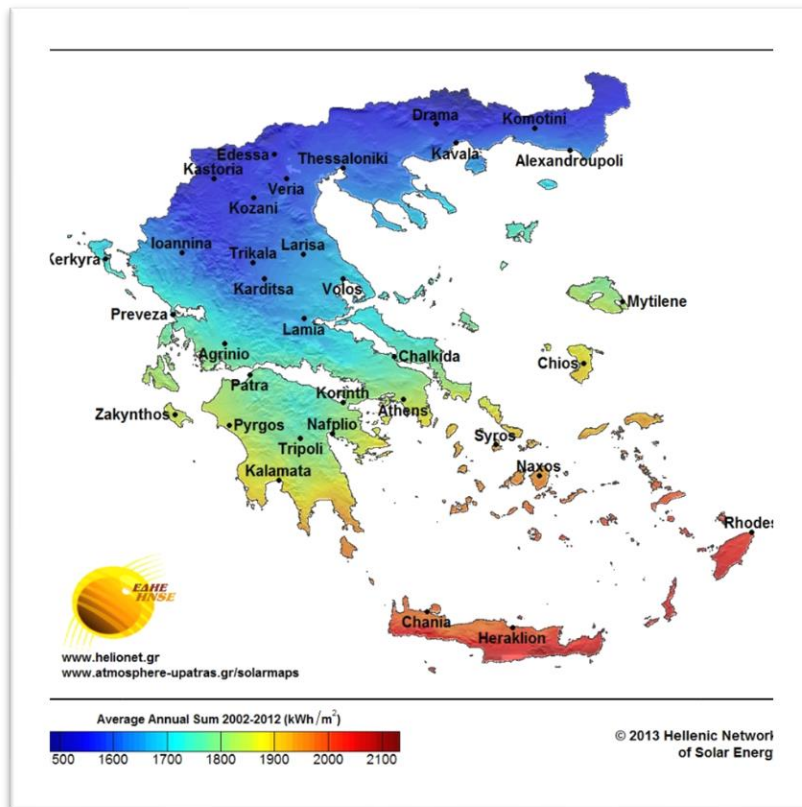
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος είναι η κύρια πηγή των περισσότερων ήπιων μορφών ενέργειας, με τον όρο όμως ηλιακή ενέργεια εννοούμε την ενέργεια που μεταφέρεται με την μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τον ήλιο στη γη και την οποία αξιοποιούμε με την μετατροπή της σε θερμότητα ή με τη χρήση Φωτοβολταϊκών στοιχείων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ποσό της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο στην επιφάνεια της γης είναι περίπου 10.000 φορές μεγαλύτερο από την ανάγκη κάλυψης της παγκόσμιας ετήσιας κατανάλωσης, ενώ η ενέργεια που προσπίπτει κατά μέσο όρο στη γη το χρόνο είναι 1700KWh/m^2 . Το φως του ήλιου στην επιφάνεια της γης διαχέεται με άμεσο ή έμμεσο φως, που έχει διασκορπιστεί από τα μόρια της σκόνης και του νερού στην ατμόσφαιρα. Η συνολική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας σε κάθε σημείο της Ελλάδας κατά τη διάρκεια ενός έτους, απεικονίζεται στον

παρακάτω χάρτη, όπου παρουσιάζεται το ηλιακό δυναμικό της χώρας με τη χρήση μοντέλου διάδοσης ακτινοβολίας δορυφορικών εικόνων.



Εικόνα 1. Κλιματολογικός χάρτης της Ελλάδας με τη διαθέσιμη ολική ενέργεια ανά έτος.

Πηγή: <https://www.atmosphere-upatras.gr/solar maps>

Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου αξιοποιείται μέσω τριών ηλιακών συστημάτων ανάλογα την χρήση.

α) Παθητικά ηλιακά συστήματα, όπου γίνεται άμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που την αποθηκεύουν με τη μορφή θερμότητας και στη συνέχεια τη διανέμουν στο χώρο.

β) Ενεργητικά ηλιακά συστήματα όπου συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέπεται σε θερμότητα, όπως ο ηλιακός θερμοσίφωνας.

γ) Φωτοβολταϊκά συστήματα όπου η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

2.1 Αρχή Λειτουργίας

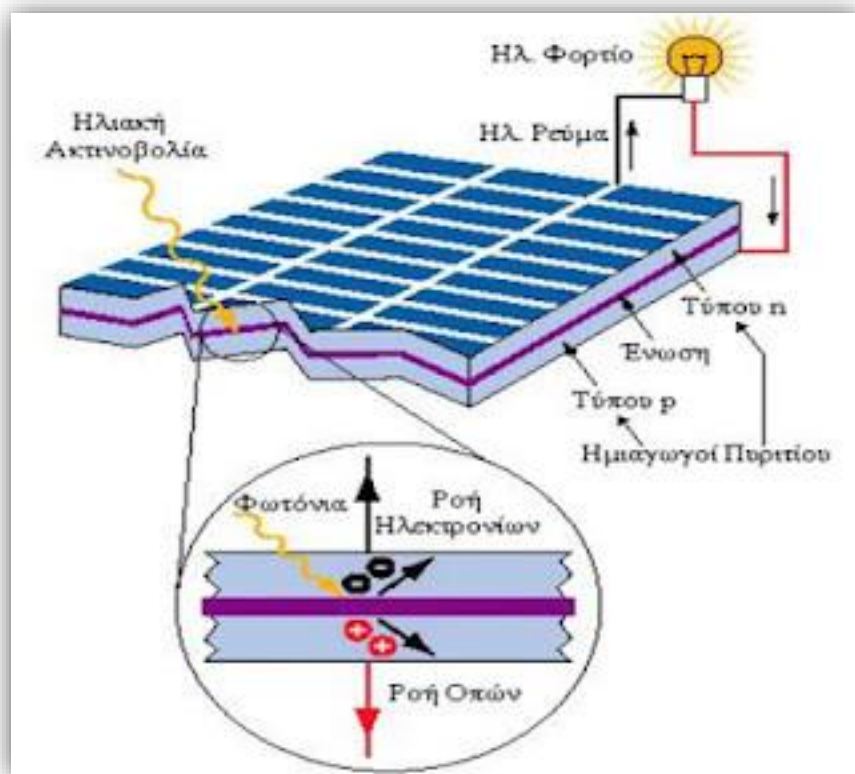
Οι ημιαγωγοί (δίοδοι p-n) έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα φωτοβολταϊκά κελιά αποτελούνται από δύο πλάκες ημιαγωγών. Οι πλάκες αυτές είναι συνήθως από πυρίτιο (si), λόγω του ότι βρίσκεται σε αφθονία στο φλοιό του πλανήτη μας. Η πλάκα που τοποθετείται στο επάνω μέρος του στοιχείου, εμπλουτίζεται με μόρια αρσενικού (As) ή φωσφόρου (p) τα οποία διαθέτουν ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο στην εξωτερική τους στιβάδα, με αποτέλεσμα να φέρει αρνητικό φορτίο και ονομάζεται ημιαγωγός τύπου n. Αντίστοιχα η κάτω πλάκα του στοιχείου ενισχύεται με προσμίξεις που διαθέτουν λιγότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα (οπές), ένα τέτοιο στοιχείο είναι το Βόριο (B), με αποτέλεσμα να είναι θετικά φορτισμένη και αποτελεί τον ημιαγωγό τύπου p.

Με το σχηματισμό επαφών τύπου p-n δημιουργείται ένα ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, όταν τα περίσσια ηλεκτρόνια από τον ημιαγωγό n έλκονται προς τις κενές θέσεις (οπές) του ημιαγωγό p, συνθέτουν μια αρνητικά φορτισμένη περιοχή και αφήνουν πίσω τους μια θετικά φορτισμένη. Το αποτέλεσμα της ένωσης των δυο ημιαγωγών είναι η δημιουργία μιας περιοχής αναμεσά τους, στην οποία συγκεντρώνονται τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού n τα οποία και έλκονται από τον ημιαγωγό p. Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην πλάκα τύπου n, τα φωτόνια διαπερνούν τον ημιαγωγό και ενεργοποιούν έναν αριθμό ηλεκτρονίων τα οποία οδεύουν προς την επιφάνεια επαφής των δύο πλακών. Λόγω του ότι ομώνυμα φορτία απωθούνται απελευθερώνονται επιπρόσθετα ηλεκτρόνια της πλάκας p και προκύπτουν κενές θέσεις, οπότε δημιουργείται διαφορά τάσεως μεταξύ των δυο ημιαγωγών, η λεγόμενη τάση ανοιχτού κυκλώματος, η οποία εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από το υλικό κατασκευής του Φ/Β στοιχείου.

Έχοντας ενώσει με αγωγό τις δύο πλάκες του στοιχείου, που εκτίθεται στην ηλεκτρική ακτινοβολία, δημιουργείται ένα κλειστό κύκλωμα που διευκολύνει την διακίνηση των ηλεκτρονίων ενδιάμεσα στην επιφάνεια επαφής τους, δημιουργώντας την ένταση βραχυκυκλώσεως. Στο κλειστό αυτό κύκλωμα η

ένταση βραχυκυκλώσεως μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Το φαινόμενο αυτό της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο και σε αυτό οφείλεται η λειτουργία των φωτοβολταϊκών διατάξεων για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2. Αρχή λειτουργίας Φ/Β στοιχείου

Πηγή: <https://science.fandom.com/el/wiki/φωτοστοιχείο>

Στην Εικόνα 2. φαίνεται το κύκλωμα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύς ενός Φ/Β στοιχείου. Η ποσότητα της παραγόμενης ισχύος καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- α) Από τον τύπο του υλικού
- β) Την έκθεση και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας
- γ) Το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός

Η απόδοση του Φ/Β στοιχείου είναι ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

2.2 Ανασκόπηση

Ο Γάλλος Φυσικός Alexandre Edmond Becquerel ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο το 1839, κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή που αποτελούνταν από δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια. Το 1876 ο Αμερικανός Adams και ο φοιτητής του Day ανακάλυψαν ότι το σελήνιο (se) όταν εκτίθεται στο φως παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Στη συνέχεια ο Πολωνός Czochralski το 1918, μετά από έρευνα ανακάλυψε τη μέθοδο παραγωγής του ημιαγωγού μονοκρυσταλικού πυριτίου (si) ή οποία βελτιωμένη συνεχίζει να χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Οι Mott και Schottky το 1949 προήγαγαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης, που συνέβαλε μαζί με την εξέλιξη της κβαντικής θεωρίας στο να πραγματοποιηθούν οι πρώτες δοκιμές.

Το 1954 στα εργαστήρια της Bell κατασκευάστηκε το πρώτο ηλιακό κελί με απόδοση 6% από τους Chapin, Fuller και Pearson. Ενώ το 1958 τοποθετήθηκε στο δορυφόρο Vanguard I το πρώτο φωτοβολταϊκό σύστημα, το οποίο συνέχιζε να λειτουργεί για 8 χρόνια. Ενώ το 1962 γίνεται η μεγαλύτερη στον κόσμο εγκατάσταση Φ/Β σε φάρο στην Ιαπωνία.

Με το πέρασμα των χρόνων τα φωτοβολταϊκά συστήματα βελτιώθηκαν, εξελίχθηκαν τεχνολογικά, ανεβάζοντας το ποσοστό απόδοσης τους, ενώ παράλληλα μείωσαν το κόστος παραγωγής. Στην Καλιφόρνια το 1980 η Argo Solar δημιουργεί εγκατάσταση με ισχύς 1MW (μεγαβάτ) χρησιμοποιώντας και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου δύο αξόνων (dual-axis trackers). Ενώ το 2004 η παραγόμενη ισχύς φτάνει 200MW και προκαλεί το ενδιαφέρον μεγάλων εταιρειών για μαζική παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, προκαλώντας αναπόφευκτα μείωση του κόστους παραγωγής και κάνει τη Γερμανία μαζί με την Ιαπωνία κυρίαρχες στην κατασκευή Φ/Β πάνελ.



Εικόνα 3. Ο δορυφόρος Vanguard I

Πηγή: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraf>

2.3 Φωτοβολταικά (Φ/Β)

Τα φωτοβολταικά χρησιμοποιούνται για την παροχή ρεύματος τόσο για την κάλυψη οικιακών και βιομηχανικών αναγκών όσο και για την συμμετοχή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Τα Φ/Β χρησιμοποιούν μόνο το ορατό φως και όχι την υπέρυθρη ή την υπεριώδη ακτινοβολία γεγονός που δικαιολογεί την αποδοτικότητά τους, που κυμαίνεται μεταξύ 20-30%. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Φ/Β στοιχεία είναι ανάλογη της φωτεινής έντασης που προσκρούει στην επιφάνεια, για αυτό πρέπει να προσανατολίζονται προς τον ήλιο. Οι Φ/Β κυψέλες που είναι σταθερές προσανατολίζονται προς το νότο με γωνία κλίσης 15° του γεωγραφικού πλάτους της θέσης. Έτσι η γωνία κλίσης των κυψελών στη Δυτική Ευρώπη θα είναι περίπου 35° , για περιοχές κοντά στον ισημερινό θα είναι μικρότερη, ενώ όσο πάμε προς τους πόλους θα είναι μεγαλύτερη.

Τα φωτοβολταικά κελιά με βάση το υλικό κατασκευής και με τον τρόπο παραγωγής ενέργειας χωρίζονται σε τρεις τύπους:

α) Μονοκρυσταλικού πυριτίου που επιτυγχάνουν βαθμό απόδοσης 25% αλλά η διαδικασία παραγωγής τους είναι ακριβή και ποιο δύσκολη επειδή κρυσταλλώνεται το πυρίτιο.

β) Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο που είναι τα ποιο ευρέως γνωστά στην αγορά και η απόδοσή τους δεν ξεπερνά το 18%.

γ) Λεπτού Υμενίου, κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μικρή απόδοση έως 9% που συνοδεύεται και με χαμηλό κόστος κατασκευής . Οι ημιαγωγοί κατασκευής του είναι είτε από άμορφο πυριτίου (a-si), ή καδμίου-τελούριου (cd Te) ή χαλκού-ινδίου-γαλλίου(cis).

Ο τρόπος επιλογής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι συνάρτηση τριών παραγόντων, ο βαθμός απόδοσης, το κόστος προς την εγκατεστημένη ισχύς και οι συνθήκες του σημείου εγκατάστασης.

2.4 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πλαίσια κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους σχηματίζοντας μια Φωτοβολταϊκή συστοιχία. Για τον σχεδιασμό μιας συστοιχίας, ανεξάρτητα από την εφαρμογή που θα έχει, λαμβάνονται υπόψιν μια σειρά από περιορισμούς :

α) Δεν είναι εφικτή η σύζευξη μη όμοιων φωτοβολταϊκών πλαισίων στη ίδια συστοιχία επειδή τα διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά δημιουργούν απώλειες. Είναι λοιπόν σημαντικό να πραγματοποιείται συστοιχία με βάση το πιστοποιητικό μετρήσεων του κάθε πλαισίου.

β) Επίσης τα πλαίσια κάθε συστοιχίας πρέπει να έχουν κοινό προσανατολισμό για να αποφεύγεται η αλλαγή της έντασης της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στα πλαίσια, με αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας.

γ) Είναι ωφέλιμο να αποτρέπεται η μερική σκίαση των πλαισίων για να αποφεύγεται η μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η σκίαση σε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο λειτουργεί σαν διακόπτης με αποτέλεσμα να χάνεται η παραγωγή όλων των πλαισίων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά.

2.5 Η αξιολόγηση των Φ/Β και η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.

Παρόλου του ότι ,το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας είναι υψηλό η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι σε χαμηλό επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια αύξησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, με τη δημιουργία ηλιακών πάρκων.

Σήμερα στην Ελλάδα έχουμε 28 φωτοβολταϊκούς σταθμούς από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες , που είναι θυγατρική της Εταιρίας ΔΕΗ ΑΕ, με συνολική ισχύς 1MW.

Πίνακας 1. Φ/Β Πάρκα στην Ελλάδα

Πηγή: <https://ppcr.gr/el/solar>

Πίνακας ΦΒ Πάρκων στην Ελλάδα	
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
ΦΒ Αθρινόλακκος Κρήτης	0,48
ΦΒ Κύθνου	0,1
ΦΒ Σίφνου	0,06
ΦΒ Αμαξοστάσιο Πέτρου Ράλλη	0,02
ΦΒ Αμαξοστάσιο Ειρήνης	0,02
ΦΒ Αμαξοστάσιο Ρουφ	0,02
ΦΒ Στέγες ΔΕΗ Αθήνας	0,02

Ενώ η εταιρία έχει ήδη προγραμματίσει και είναι υπό κατασκευή ηλιακά πάρκα στην περιοχή της Πτολεμαΐδας (Δυτικής Μακεδονίας I και II), στη Μεγαλόπολη I και II, ενώ στα σύνορα Κοζάνης και Εορδαίας πρόκειται να δημιουργηθεί ένα από τα μεγαλύτερα πάρκα στον κόσμο σε έκταση 5.200 στρεμμάτων σε χώρο εξαντλημένου ορυχείου , απόθεσης εξορύξεων λιγνίτη. Η προβλεπόμενη συνολική ισχύς του πάρκου Κοζάνης υπολογίζεται στα 200 MW και θα καλύψει τις ανάγκες περίπου 55.000 νοικοκυριών. Το περιβαλλοντικό όφελος του έργου, είναι η αναμενόμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που υπολογίζεται να ανέλθουν σε 300.000 τόνους. Με την ολοκλήρωση του έργου θα καλυφθεί το 0,5% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ελλάδας.

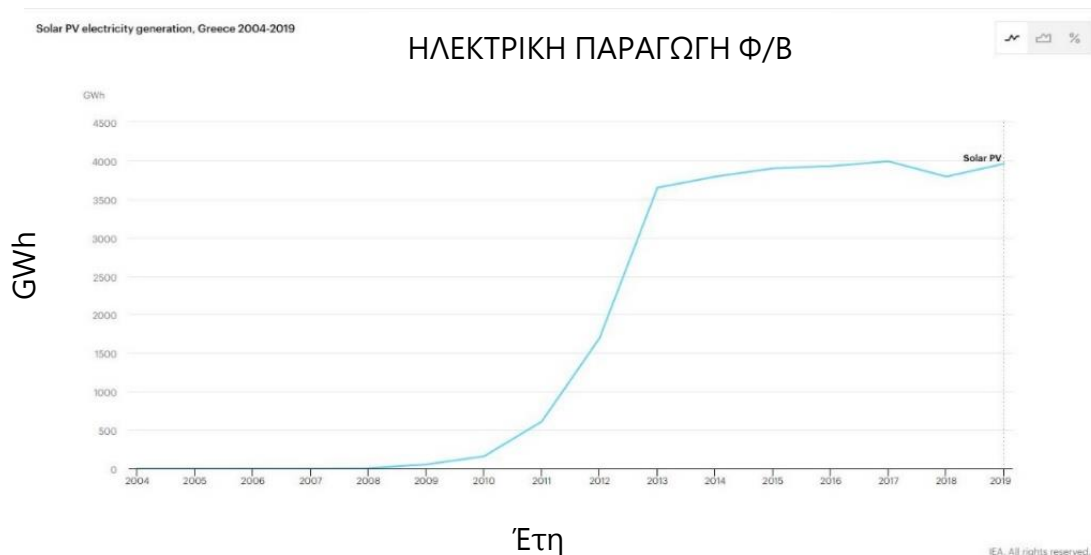
Επίσης στην περιοχή της Αρκαδίας στο χώρο της Ανατολικής εξωτερικής απόθεσης του ορυχείου Χωρεμίου του Λικνιστικού κέντρου Μεγαλόπολης σε συνολική έκταση $2.026.956\text{m}^2$ θα κατασκευαστούν δυο Φ/Β σταθμοί. Ο Φ/Β σταθμός I θα εκτείνεται σε έκταση με εμβαδό $1.611.038\text{m}^2$ με ισχύ 39MW ενώ ο Φ/Β σταθμός II θα εκτείνεται σε εμβαδό 415.918m^2 και η παραγόμενη ισχύς θα ανέρχεται στα 11MW .



Εικόνα 4. Οι Φ/Β Σταθμοί I & II στη Μεγαλόπολη

Πηγή: [https:// https://www.arcadikos-helios2.gr/home.html](https://www.arcadikos-helios2.gr/home.html)

Η ηλεκτρική παραγωγή με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα άρχισε να αναπτύσσεται μετά το 2006 με τη θέσπιση του Ν.3468/2006 που έθετε ένα σαφές πλαίσιο, που αφορούσε τις διαδικασίες πριμοδότηση της ηλεκτροπαραγωγής από την ηλιακή ενέργεια. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία από το Διεθνή Ενεργειακό Οργανισμό (iea) το 2007 η παραγόμενη ισχύς άγγιζε μόλις τη 1GWh , κατόπιν παρατηρείται μια σταδιακή άνοδο μέχρι το 2010 που φτάνει τις 158GWh ενώ από το 2013 σημειώνεται μια θεαματική άνοδο όπου ανέρχεται στις 3.648GWh . Τέλος από το 2013 μέχρι και το 2019 διαπιστώνεται μια επιβράδυνση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καταλήγοντας στις 3.961GWh .



Γράφημα 11. Ηλεκτρική παραγωγή από Φ/Β ανά έτος σε GWh(Γιγαβατώρες)

Πηγή: <https://www.iea.org/countries/greece>

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της αγοράς των Φωτοβολταϊκών για το έτος 2020 εξετάζονται δυο διαφορετικά μεγέθη, το ένα αφορά τη νέα ετήσια συλλογική εγκατεστημένη ισχύ και το άλλο την ετήσια συνολική ισχύ των συστημάτων του δικτύου. Το 2020 εγκαταστάθηκαν 780 Φ/Β συστήματα συνολικής ισχύος 453,8 MWp, τα οποία θα διασυνδεθούν με το δίκτυο εντός του 2021. Η αγορά των συστημάτων αυτοπαραγωγής διπλασιάστηκε σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά και άγγιξε τη συνολική ισχύς στα 51 MWp. Στον παρακάτω πίνακα 2.2 παρουσιάζεται αναλυτικά η κατάσταση των συστημάτων με την παραγόμενη ισχύ.

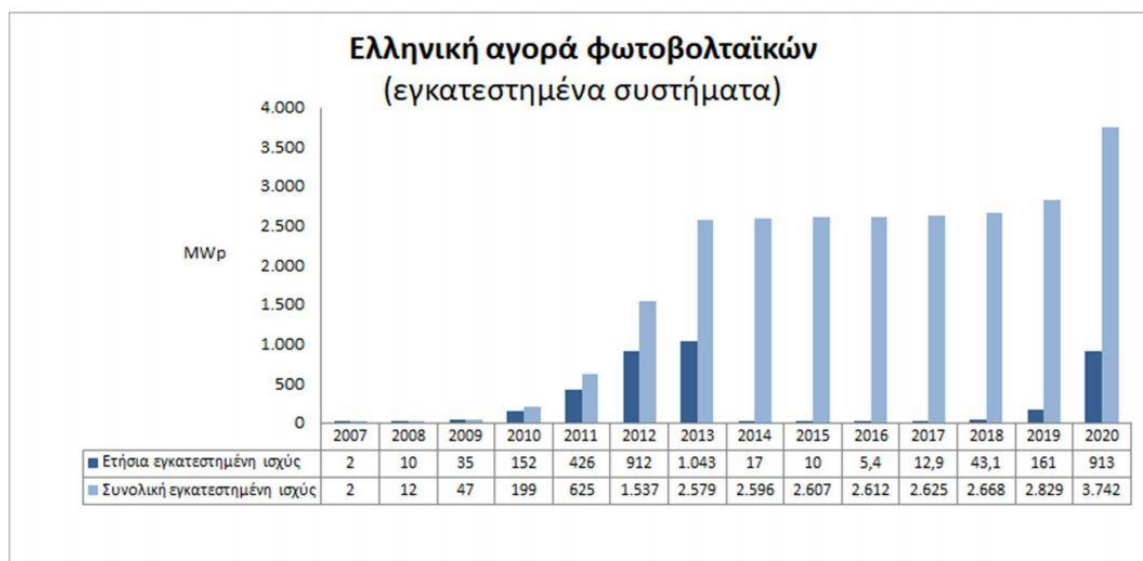
Πίνακας 2. Εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα

Πηγή: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf

Εγκατεστημένα Συστήματα του 2020	MWp
Νέα εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β	913
Νέα εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεμένων Φ/Β	459
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β	3.742
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεμένων Φ/Β	3.288

Στα παρακάτω γραφήματα (2 & 3) παρατηρούμε μία αλματώδη αύξηση της ετήσιας συνδεδεμένης ισχύς και της συνολικής ισχύς από το 2018 και μετά φτάνοντας το 2020 με τη συνολική ισχύς να υπολογίζεται στις 3.288 MWp ενώ το 2021 θα ξεπεράσει τις 3.742 MWp με τα συστήματα που υπολείπονται να συνδεθούν στο δίκτυο. Επίσης απεικονίζεται (Γράφημα 2.4) η παραγόμενη ισχύς που προέρχεται από ηλιακά πάρκα ή από εγκαταστάσεις σε στέγες.

Η επιβεβαίωση των στοιχείων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια έρχεται και από το Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), όπου φαίνεται η συνολική παραγόμενη ισχύς από το 2010 μέχρι το 2020 (Γράφημα 15).



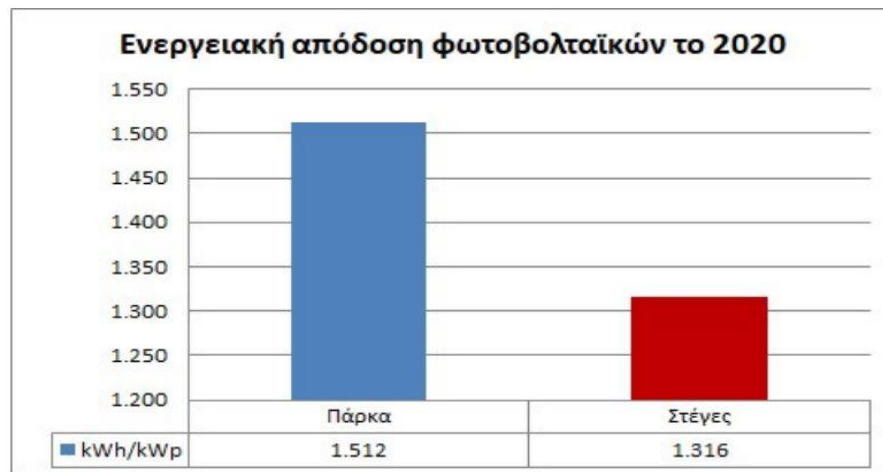
Γράφημα 12. Εγκατεστημένα Φ/Σ Συστήματα

Πηγή: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf



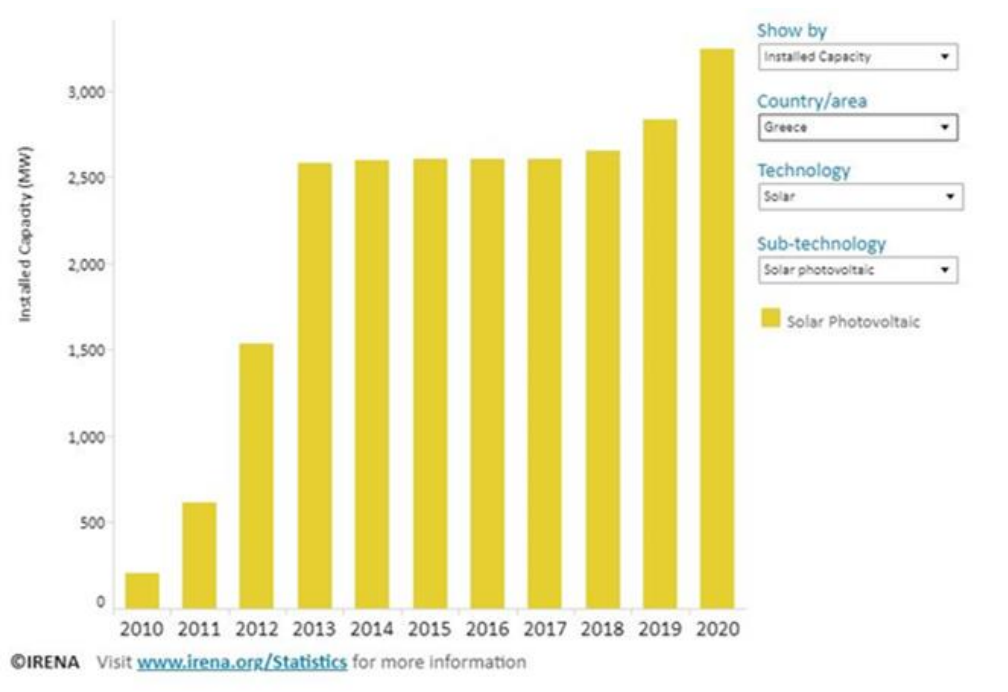
Γράφημα 13. Διασυνδεδεμένα Συστήματα

Πηγή: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf



Γράφημα 14. Ενεργειακή Απόδοση Φ/Β το 2020

Πηγή: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf



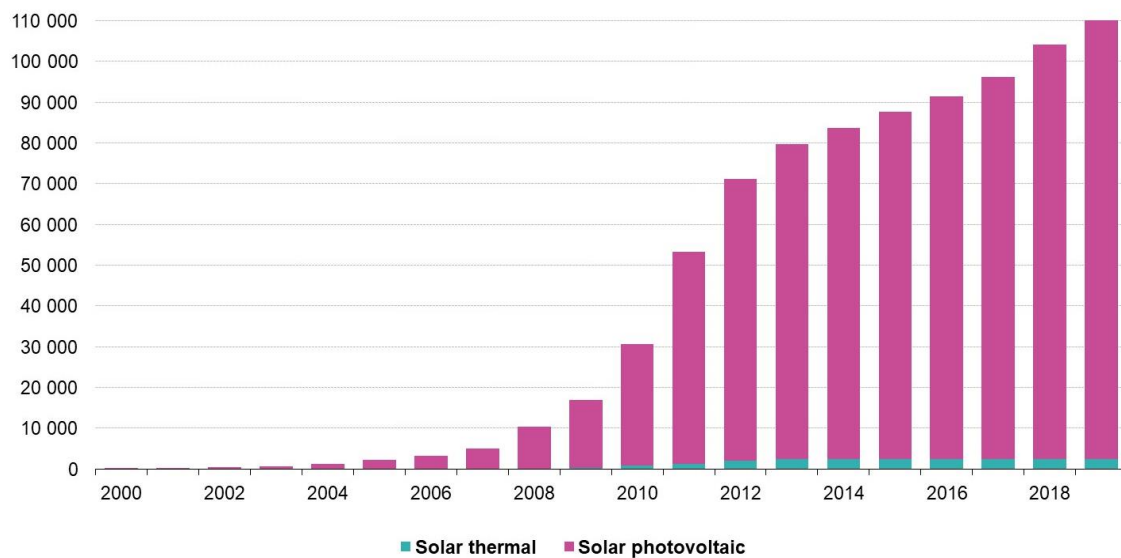
Γράφημα 15. Διαχρονική Ενεργειακή Απόδοση Φ/Β στην Ελλάδα

Πηγή: <https://www.irena.org/solar>

2.6 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας στην Ευρώπη

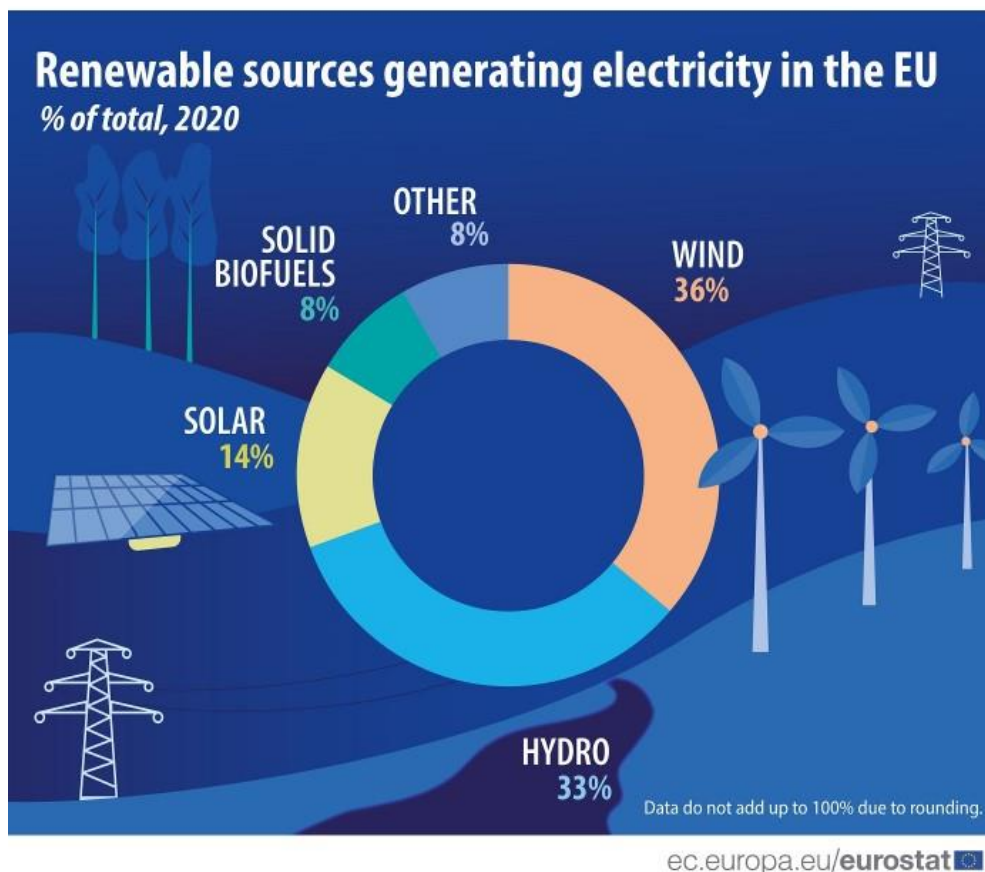
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά την περίοδο 2009-2019 επεκτάθηκε σημαντικά στην ΕΕ. Το 2020 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτέλεσαν το 37,5% της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έναντι του 34,1% που κατείχαν το 2019 και το 32% του 2018. Με την αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια να αντιπροσωπεύουν πάνω από τα 2/3 της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές με 36% και 33% αντίστοιχα. Το υπόλοιπο 1/3 κατέχει η ηλιακή ενέργεια με ποσοστό 14%. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την ταχύτερη αναπτυσσόμενη ανανεώσιμη πηγή αφού κατάφερε από το 1% το 2008 με παραγόμενη ισχύς 7,4 TWh να ανέλθει το 2020 στο 14% με 144,2 TWh.

Electricity production capacities for solar power in EU-27, 2000-2019 (MW)



Γράφημα 16. Η διαχρονική ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας στην ΕΕ

Πηγή: <https://energyexpress.gr/news/Fwtoboltaika>



Εικόνα 5. Τα ποσοστά παραγωγής των ΑΠΕ στην ΕΕ για το έτος 2020

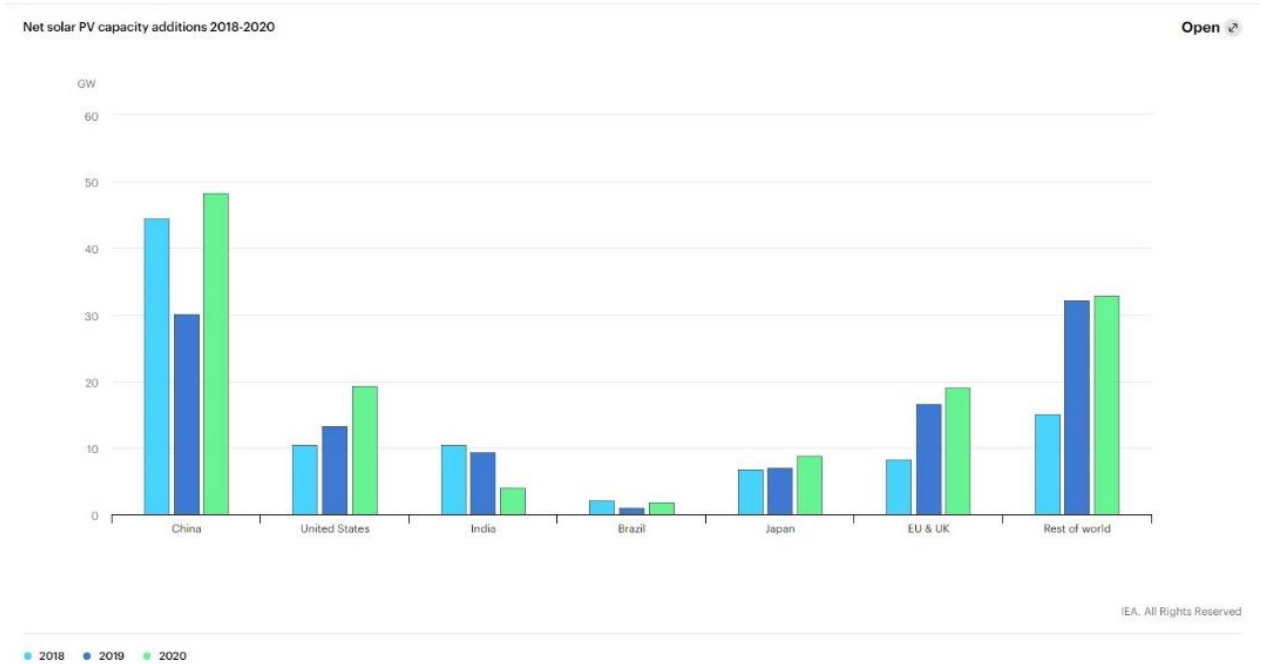
Πηγή: <https://ec.europa.eu/eurostat>

Οι προσθήκες των Φ/Β στην Ευρωπαϊκή Ένωση αυξήθηκαν κατά 15% το 2020 σε σχέση με το 2019 καθώς τα κράτη μέλη εντείνουν τις προσπάθειές τους για την επίτευξη των κλιματικών στόχων. Οι χώρες με την μεγαλύτερη ανάπτυξη το 2020 ήταν η Γερμανία (+5GW), η Ισπανία (+3GW), οι κάτω χώρες (+3GW) και η Πολωνία (+2GW). Η Ευρώπη έχει την δυνατότητα της περαιτέρω αύξησης της ηλιακής ενέργειας στα κράτη μέλη της και εντείνει τις προσπάθειές της για την επίτευξη των στόχων για το κλίμα το 2030.

2.7 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της ηλιακής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με Φ/Β αυξήθηκε κατά 156 TWh το 2020, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 23% σε σχέση με το 2019, αντιπροσωπεύοντας έτσι το 3,1% της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής. Ενώ καταλαμβάνει την τρίτη θέση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετά την αιολική και την υδροηλεκτρική. Η αύξηση της Φ/Β ενέργειας το 2020 οφείλεται στην αύξηση των επενδύσεων λόγω των προγραμμάτων στήριξης σε χώρες όπως η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες και το Βιετνάμ. Μόνο στην Κίνα η εγκατάσταση των Φωτοβολταϊκών αυξήθηκε κατά 75% το 2020 σε σχέση με το 2019 ενώ στις Ηνωμένες πολιτείες αυξήθηκε κατά 45% φτάνοντας τα 19GW. Επίσης το Βιετνάμ παρουσίασε θεαματικές αυξήσεις το 2019 και το 2020 φτάνοντας τα 16GW σε μόλις δυο χρόνια.

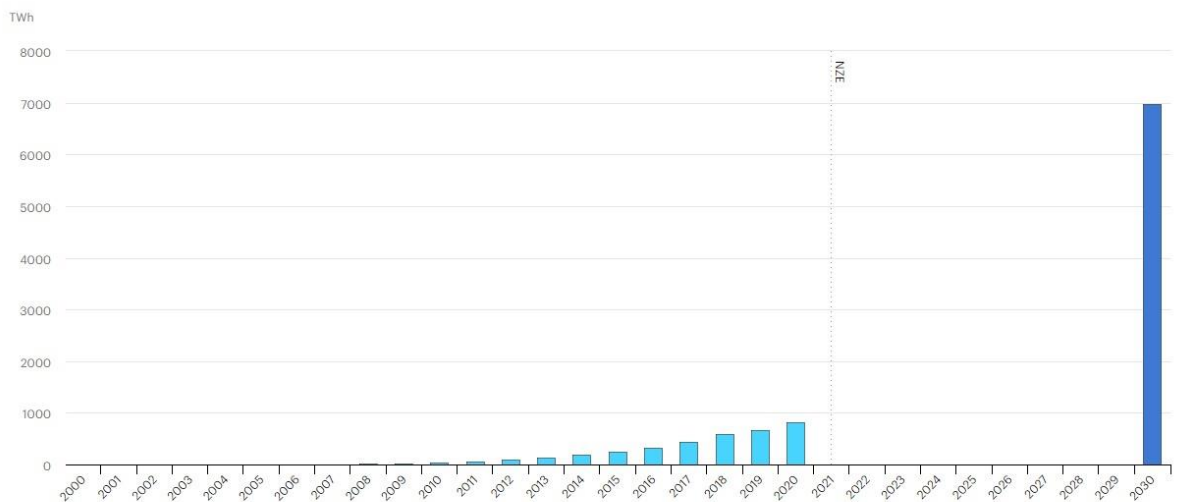
Ωστόσο, η επίτευξη του στόχου παραγωγής ηλιακών φωτοβολταϊκών προϊόντων 6.970 TWh μέχρι το 2030 από τις 820 TWh του 2020 θα απαιτείται ετήσια αύξηση παραγωγής σε ποσοστό 24% για την χρονική περίοδο 2020-2030. Το ποσοστό αυτό, παρόλο που είναι μικρότερο από τις ετήσιες επεκτάσεις του 27% που καταγράφηκε τα τελευταία χρόνια θα είναι δύσκολο να διατηρηθεί η δυναμική καθώς αναπτύσσεται η παραγωγή των φωτοβολταϊκών προϊόντων. Γι'αυτό θα χρειαστούν να καταβάλουν μεγαλύτερη προσπάθεια όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη για την περεταίρω ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας από τα 134 GW του 2020 στα 630 GW έως το 2030.



Γράφημα 17. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή Φ/Β

Πηγή: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>

Solar PV power generation in the Net Zero Scenario, 2000-2030



Γράφημα 18. Η παραγομένη Φωτοβολταϊκή ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.

Πηγή: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>

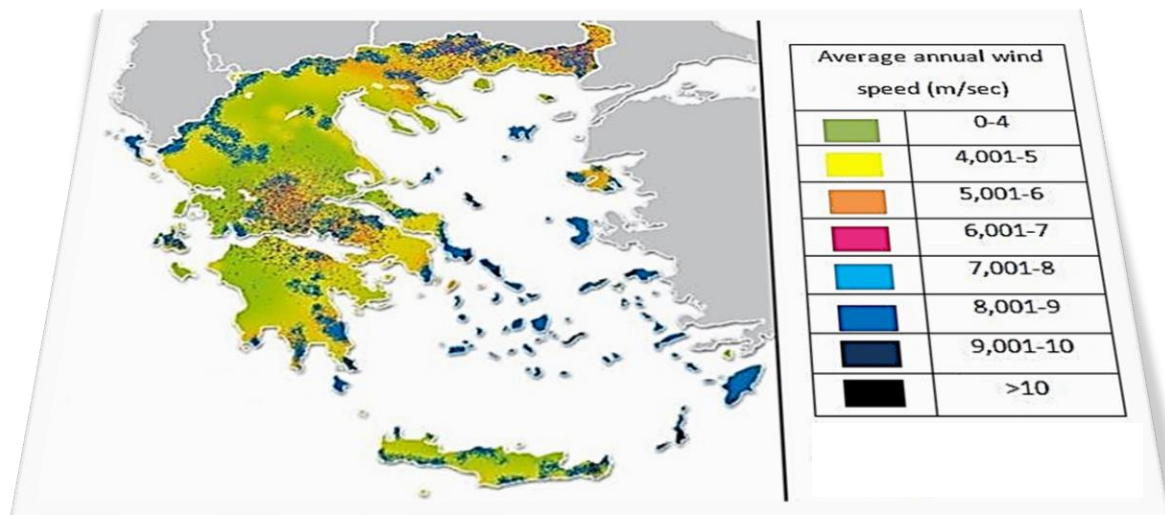
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Με τον όρο Αιολική Ενέργεια εννοείται η κίνηση των αέριων μαζών του ανέμου που ενέχει ένα σημαντικό ποσό κινητικής ενέργειας την οποία μπορούν να αξιοποιήσουν οι Αιολικές Μηχανές και να την μετατρέψουν σε ηλεκτρική. Τα βασικά χαρακτηριστικά του ανέμου είναι η ταχύτητα και η διεύθυνσή του, τα οποία μεταβάλλονται στο χώρο και στο χρόνο, δίνοντας το αιολικό δυναμικό που μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε:

- α) Θεωρητικό δυναμικό ή μετεωρολογικό, το σύνολο της ενέργειας του ανέμου στο περιβάλλον.
- β) Διαθέσιμο δυναμικό , που είναι το δυναμικό περιορισμένο και που είναι εκμεταλλεύσιμο για την παραγωγή της αιολικής ενέργειας.
- γ) Τεχνολογικό δυναμικό είναι το διαθέσιμο δυναμικό που μπορεί να εκμεταλλευτεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία.
- δ) Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό που είναι οικονομικά βιώσιμο.

Η Ελλάδα διαθέτει ένα πλούσιο προς αξιοποίηση αιολικό δυναμικό, ειδικά στα νησιά του Αιγαίου και στη νότια Εύβοια.



Εικόνα 6. Το Αιολικό Δυναμικό της Ελλάδας

Πηγή: <https://www.energyproject.gr/energywind.php>

3.1 Η κίνηση του ανέμου

Ο άνεμος είναι η κίνηση του αέρα που προέρχεται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής ή βαρομετρικής πίεσης από μια περιοχή σε άλλη. Η βαρομετρική πίεση είναι το βάρος του αέρα και όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του αέρα τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση. Η διαφορά της βαρομετρικής πίεσης ανάμεσα σε δυο περιοχές ονομάζεται βαροβαθμίδα και είναι ο παράγοντας που ο άνεμος κινείται από την περιοχή των υψηλών πιέσεων σε περιοχή χαμηλών πιέσεων για να εξισορροπήσει τη διαφορά. Όσο μεγαλύτερη είναι η βαροβαθμίδα τόσο πιο ισχυροί άνεμοι θα πνέουν.

Η διαφορά βαρομετρικών πιέσεων που προκαλούνται από την ανομοιόμορφη θέρμανση των διαφόρων σημείων της γης από τον ήλιο δημιουργεί την κίνηση των αέριων μαζών. Οι ακτίνες του ήλιου, όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, διαχέονται υπό γωνία και έτσι έχουν να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα, που έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι η επιφάνεια της γης στον ισημερινό είναι θερμότερη από ότι στους πόλους.

Όταν ένα στρώμα αέρα έρθει σε επαφή με την επιφάνεια της γης θα θερμανθεί και θα ανέλθει ,λόγω της χαμηλής πυκνότητας σε σχέση με το ψυχρό, ενώ τη θέση του θα καλύψει ένα ψυχρό στρώμα αέρα που με τη σειρά του και αυτό θα θερμανθεί και θα ανέλθει. Η κυκλική ανοδική και καθοδική κίνηση θερμών και ψυχρών αέριων μαζών ονομάζεται κατακόρυφη μεταφορά. Λόγω αδράνειας οι μετακινούμενες προς τον ισημερινό ψυχρές αέριες μάζες κινούνται προς τα δυτικά ενώ οι θερμές αέριες μάζες ανυψώνονται στον ισημερινό και κινούνται προς τα ανατολικά .

Οι άνεμοι που επικρατούν σε μια περιοχή εξαρτώνται από το ανάγλυφο της περιοχής, το υψόμετρο και την παρουσία της θάλασσας. Η θερμοχωρητικότητα της στεριάς είναι μικρότερη από της θάλασσας με αποτέλεσμα να ψύχεται και να θερμαίνεται πιο γρήγορα από αυτή. Την ημέρα η στεριά είναι θερμότερη από τη θάλασσα με αποτέλεσμα ψυχρές αέριες μάζες να μετακινούνται από τη θάλασσα στη στεριά και με αυτό τον τρόπο αντικαθιστούν τις θερμές μάζες που ανέρχονται ,δημιουργώντας τη θαλάσσια αύρα. Το αντίθετο ακριβώς φαινόμενο συμβαίνει το βράδυ όπου η θάλασσα είναι θερμότερη από τη ξηρά.

Τα βουνά την ημέρα θερμαίνονται πιο γρήγορα από τις κοιλάδες. Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με την πλαγιά θερμαίνεται και ανέρχεται για να αντικατασταθεί από τις ψυχρότερες μάζες της κοιλάδας. Ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας εμφανίζονται τοπικοί άνεμοι που πνέουν αντίθετα, από την κοιλάδα στο βουνό.

3.2 Χαρακτηριστικά του ανέμου

Για να εκτιμηθεί το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής πρέπει να έχουν εκτιμηθεί τα χαρακτηριστικά του ανέμου. Τα βασικά στοιχεία που εκτιμώνται, με βάση μετρήσεις και υπολογιστικά μοντέλα, είναι :

α) Η ταχύτητα του ανέμου συνεχώς μεταβάλλεται. Οι χρονικές μεταβολές ανάλογα με τη διάρκεια κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) **Μεγάλων περιόδων**, μεγαλύτερη του έτους, είναι σημαντική η πρόβλεψη της για την ενεργειακή παραγωγή από αιολικά συστήματα.

2) **Ετήσιες**, οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια του έτους. Στα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζουν μεγάλες ταχύτητες ανέμου το Φεβρουάριο και τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι μικρότερη.

3) **Ημερήσιες**, όπου η διακύμανση της θέρμανσης κατά τον ημερήσιο κύκλο επηρεάζει και τη διακύμανση του ανέμου, που αυξάνεται κατά την διάρκεια της ημέρας και μειώνεται τα μεσάνυχτα μέχρι το πρωί.

4) **Σύντομες**, σύντομες διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου περιλαμβάνουν τη τύρβη και τις ριπές που επηρεάζουν τη φορά του ανέμου.

β) Διεύθυνση, δεν είναι σταθερή και μεταβάλλεται συνεχώς. Μετρείται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού σε μοίρες και χωρίζοντας τον κυκλικό τομέα σε 8,16,32,τομείς. Η διεύθυνση του ανέμου και η συχνότητά του αποτυπώνεται σε πολικό διάγραμμα που ονομάζεται Ροδόγραμμα.

γ) Μέτρηση των χαρακτηριστικών του ανέμου. Η μέτρηση της έντασης, της κατεύθυνσης και της ταχύτητας του ανέμου, η θερμοκρασία και η ατμοσφαιρική πίεση είναι μετεωρολογικά χαρακτηριστικά απαραίτητα για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα πιστοποιημένα και βαθμονομημένα.

3.3 Αρχή Λειτουργίας

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται με τη βοήθεια των ανεμογεννητριών.

Οι ανεμογεννήτριες είναι ηλεκτρομηχανολογικές κατασκευές με αεροδυναμικά πτερύγια , συστήματα μετάδοσης κίνησης και γεννήτριες που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι περισσότερες ατμογεννήτριες είναι οριζόντιου άξονα με δρομέα δύο ή τριών πτερυγίων , ενώ υπάρχουν και κάθετου άξονα που δεν έχουν αναπτυχθεί. Οι μηχανές οριζοντίου άξονα αποτελούνται από:

α) Τον πυλώνα ή πύργο που είναι ο κορμός της ανεμογεννήτριας που πάνω του στηρίζεται ο δρομέας και το κέλυφος της γεννήτριας. Κατασκευάζονται συνήθως από χαλύβδινο σωλήνα, ή από μεταλλικό δικτύωμα ή σκυρόδεμα. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι το ύψος που όσο μεγαλύτερο είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου και μεγαλύτερη η απόδοση της ανεμογεννήτριας αλλά τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος παραγωγής. Συνήθως το ύψος του πύργου κυμαίνεται μεταξύ 40-50 μετρα.

β) Το δρομέα ή στροφέας μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε περιστροφική μηχανική κίνηση του άξονα. Απαρτίζεται από τα πτερυγία και την πλήμνη. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες διαθέτουν ρύθμιση βήματος που μεγιστοποιεί την παραγωγή ενέργειας. Επίσης η διάμετρος του δρομέα είναι ένα χαρακτηριστικό σημαντικό για την ανεμογεγγήτρια.

γ) Το σύστημα μετάδοσης αποτελείται από τους άξονες, τις εδράσεις και το κιβώτιο ταχυτήτων. Υπάρχουν δύο άξονες, ένας των χαμηλών ταχυτήτων περιστρεφόμενος με την ταχύτητα του δρομέα και ο δεύτερος υψηλών ταχυτήτων περιστρέφει τη γεννήτρια αφού πρώτα ανυψωθεί η ταχύτητα περιστροφής με τη βοήθεια του κιβωτίου ταχυτήτων.

δ) Η γεννήτρια λαμβάνοντας περιστροφική κινητική ενέργεια, από τον άξονα υψηλής ταχύτητας , τη μετατρέπει σε ηλεκτρική. Οι τύποι των ηλεκτρικών μηχανών που χρησιμοποιούνται στις ανεμογεννήτριες είναι.

- 1) Επαγωγικοί κινητήρες με σταθερές στροφές

2) Επαγωγικοί κινητήρες μεταβλητών στροφών που χρησιμοποιούνται σε ανεμογεννήτριες υψηλού μεγέθους.

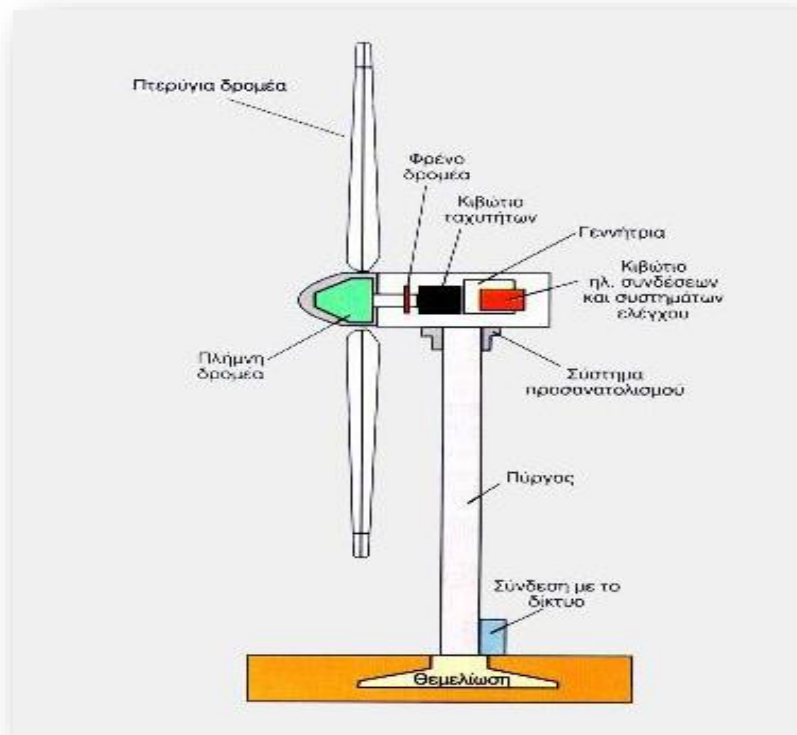
3) Σύγχρονοι κινητήρες μεταβλητών στροφών χωρίς κιβώτιο

ε) **Οι αισθητήρες και ο μηχανισμός περιστροφής** βοηθούν στον έλεγχο της ανεμογεννήτριας ώστε να είναι πάντα στραμμένη προς τη φορά του ανέμου, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση και να αποτρέπονται οι φθορές από τις υψηλές ταχύτητες του ανέμου. Οι μικρές ανεμογεννήτριες στρέφονται με τον άνεμο με τη χρήση ενός ουριαίου πτερυγίου τοποθετημένο κάθετα από το επίπεδο της πτερωτής γιατί δεν διαθέτουν μηχανισμό περιστροφής.

στ) **Το σύστημα ελέγχου και ασφαλείας** λαμβάνει όλες τις πληροφορίες από τα διάφορα όργανα όπως τα ανεμόμετρα, τα καταγραφικά και τα συστήματα επικοινωνίας για την καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα και τη μέγιστη αποδοσή της.

ζ) **Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός πίνακας**, απαραίτητοι για την ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας.

η) **Θεμελίωση** η βάση στήριξης του πύργου κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Εικόνα 7. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Πηγή:http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm

3.4 Ανασκόπηση

Ο άνεμος ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα. Η κίνηση των καραβιών στηρίζονταν στη δύναμη των ανέμων καθώς και το άλεσμα των σιτηρών, με τη χρήση των ανεμόμυλων από τους αγρότες. Στη δεκαετία του 70 με το ξέσπασμα της πετρελαϊκής κρίσης, δημιουργήθηκε η ανάγκη της εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνεταιρισμοί αγροτών και κατασκευαστών στη Δανία τη δεκαετία του '70 δημιούργησαν τις πρώτες μικρές αιολικές μονάδες για την κάλυψη των δικών τους αναγκών αλλά και να πωλούν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Στις αρχές της δεκαετίας του '80 έκαναν την εμφάνισή τους μεγάλα αιολικά πάρκα που σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν στην Καλιφόρνια.

Η ευρωπαϊκή ένωση ακολούθησε το μοντέλο της Καλιφόρνιας δημιουργώντας αιολικά πάρκα διάφορων μεγεθών για εμπορική εκμετάλλευση.

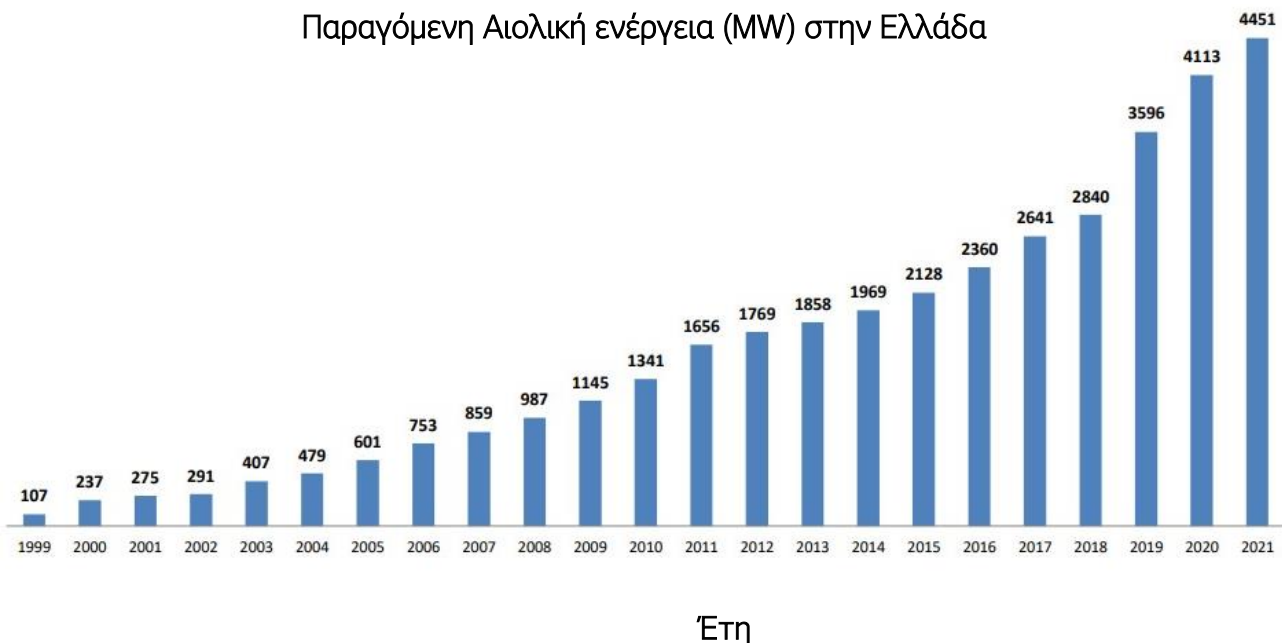
Το 1998 η παγκόσμια νέα εγκατεστημένη ισχύς έφτασε 2.500 MW ενώ ένα χρόνο μετά τα 3.900 MW, φτάνοντας το 2000 όπου εγκαταστάθηκε 3.800 MW νέο αιολικό δυναμικό. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς το 2000 άγγιξε τα 17.300 MW παράγοντας 37 δισεκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος. Η μεγαλύτερη αύξηση πραγματοποιήθηκε στην Ευρώπη, με πρωτοπόρα τη Γερμανία όπου εγκαταστάθηκαν 1.668 MW από τις 3.500 MW νέου δυναμικού του συνόλου της Ευρώπης.

Η αγορά νέων ανεμογεννητριών στην Ευρώπη μετά 1993 αυξανόταν με ρυθμό 40% ετησίως. Η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Αιολικής Ενέργειας (EWEA) αύξησε κατά 50% την παραγόμενη ισχύς το 2010 φτάνοντας 60 GW όπου τα 5 GW ήταν παράκτια. Ο στόχος για το 2020 ήταν η παραγόμενη ισχύς να παρέχει την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε 75.000.000 ανθρώπους αγγίζοντας τα 150 GW.

Στην Ελλάδα οι πρώτες ανεμογεννήτριες ισχύος 0,8 MW εγκαταστάθηκαν το 1986. Τα επόμενα χρόνια έγιναν μικρά βήματα με την αιολική ισχύ στο 1,5 MW το 1990 και 3,9 MW το 1991, ενώ το 1999 αγγίζει τα 107 MW. Η αιολική ενέργεια αρχίζει να αναπτύσσεται σημαντικά από το 2010 και το 2011 όπου σηματοδοτείτε μεγάλη άνοδο της παραγόμενης ενέργειας κατά 315 MW. Η μεγαλύτερη άνοδος σημειώθηκε το 2019 όπου σε σχέση με το 2018 υπήρξε αύξηση κατά 756 MW για να ακολουθήσει το διάστημα 2019-2020 με αύξηση κατά 518 MW. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ) η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας το 2020 άγγιξε τα 4.114 MW ενώ το 2021 έφτασε 4.451 MW.

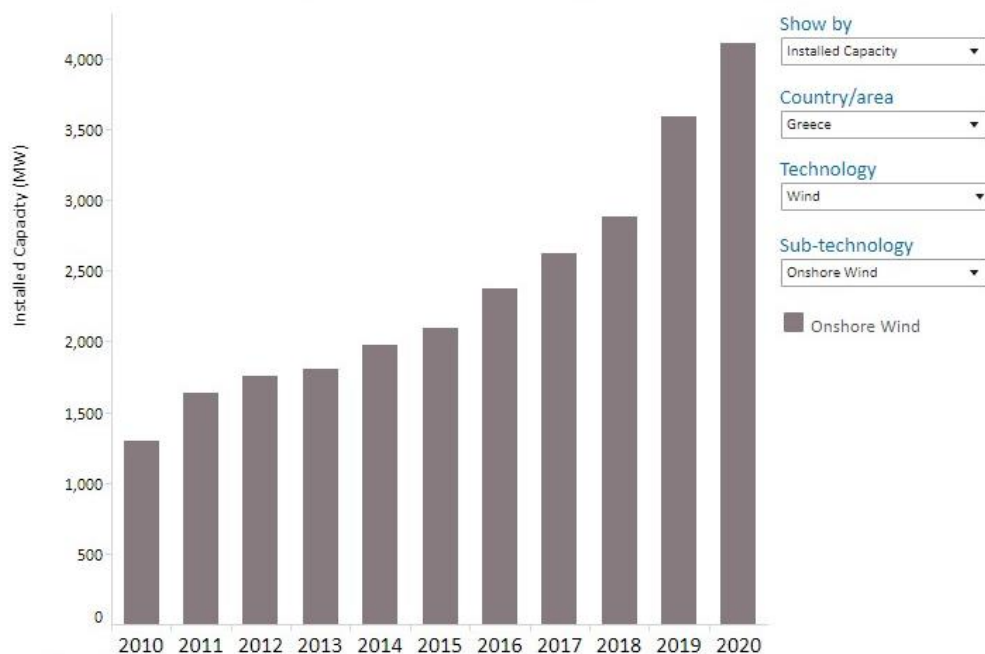
Η επιβεβαίωση των στοιχείων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας την αιολική ενέργεια έρχεται και από το Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), όπου φαίνεται η συνολική παραγόμενη ισχύς από το 2010 μέχρι το 2020.

Παραγόμενη Αιολική ενέργεια (MW) στην Ελλάδα



Γράφημα 19. Παραγόμενη αιολική ενέργεια (MW) στην Ελλάδα ανά έτος

Πηγή: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-26-2020-HWEA-Statistics-Greece.pdf>



©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

Γράφημα 20. Διαχρονική Ενεργειακή Αιολική Απόδοση στην Ελλάδα.

Πηγή: <https://www.irena.org/wind>

3.5 Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών

Η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών στα αιολικά πάρκα πραγματοποιείται μετά από μελέτη εγκατάστασης, στην οποία λαμβάνονται οι παρακάτω παράγοντες:

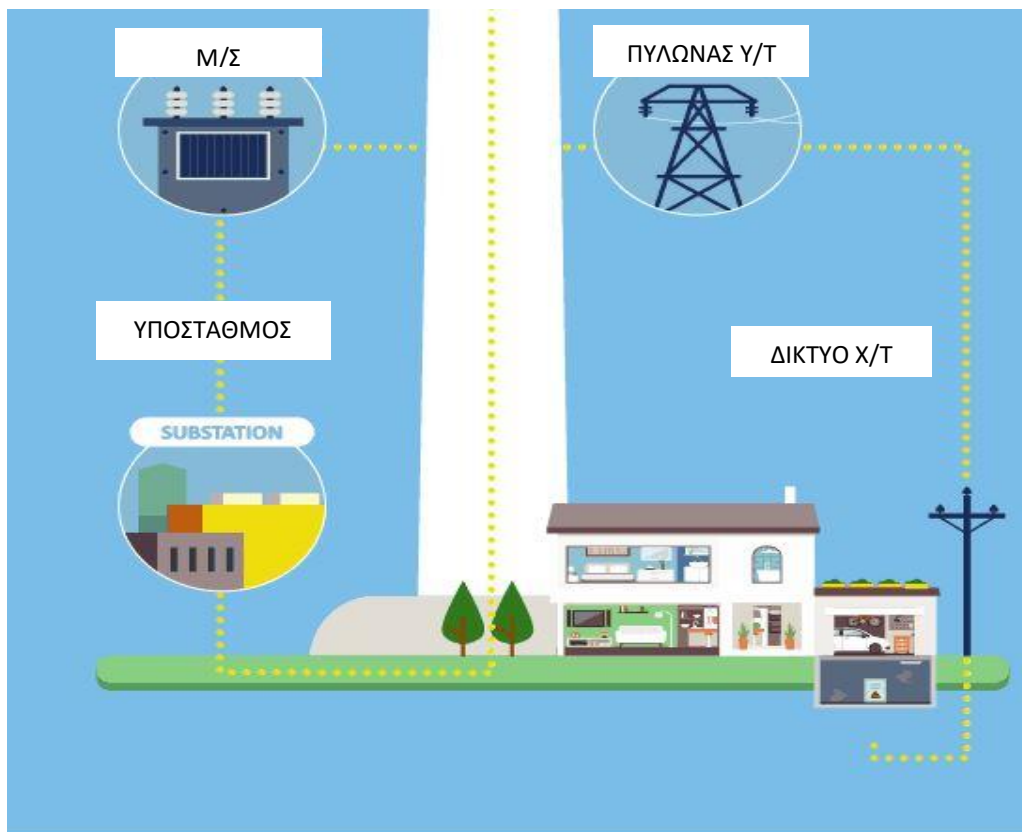
- α) Τα φυσικά και τεχνικά στοιχεία της περιοχής
- β) Η ένταση και διεύθυνση του ανέμου που πνέει στην περιοχή
- γ) Που αφορούν το χώρο εγκατάστασης, όπως πρόσβαση στο χώρο, κλίση του εδάφους, υπάρχουσα εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακών σταθμών ή ραντάρ που δυσχεραίνουν το έργο υλοποίησης του πάρκου.

Σε ένα αιολικό πάρκο, για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή απόδοση, οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε κάθετες σειρές ως προς τη διεύθυνση του ανέμου. Μετά την απόδοση ενέργειας του ανέμου στην ανεμογεννήτρια της πρώτης σειράς δεν ανακτάται απολύτως, με αποτέλεσμα η ενέργεια που μεταφέρεται στην επόμενη ανεμογεννήτρια θα είναι μειωμένη. Το πόσο μειωμένη θα είναι, εξαρτάται από τη διακύμανση του ανέμου, την τύρβη, τον τύπο του εδάφους και από την απόσταση ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες. Όταν μεγαλώνει η απόσταση ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες αυξάνεται η ενέργεια που μεταφέρεται από την μία στην άλλη, αλλά επιφέρει αύξηση του κόστους εγκατάστασης, γιατί απαιτείται μεγαλύτερη έκταση εγκατάστασης, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος κατασκευής των έργων υποδομής και των καλωδίων διασύνδεσης.

3.6 Η Ηλεκτρική Διασύνδεση των Ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες παράγουν εναλλασσόμενη τριφασική ισχύ. Για την αποφυγή απωλειών κατά την μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εντός του αιολικού πάρκου, γίνεται ανύψωση στις τάσης μέχρι τον υποσταθμό. Μετά τον υποσταθμό μετατρέπεται σε μέση ή υψηλή τάση και τροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο. Στη συνέχεια οδηγείται σε υποσταθμό χαμηλής τάσης, όπου πραγματοποιείται υποβιβασμός της τάσης και μέσω του δικτύου χαμηλής τάσης, καταλήγει στον καταναλωτή.

ΠΥΡΓΟΣ Α/Γ



Εικόνα 8. Διαδρομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Πηγή: <https://eletaen.gr/gnoriste-tin-aioliki-energeia/>

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στα αιολικά πάρκα μπορεί να μην συνδέεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά να υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης της και η απόδοσή της στο δίκτυο σε μεταγενέστερο χρόνο. Η αποθήκευση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, σε συστήματα αποθήκευσης είναι σημαντική γιατί δίνει τη δυνατότητα αποδοσή της στο δίκτυο, σε περιπτώσεις που η ένταση του ανέμου είναι χαμηλή και αδυνατεί να στρέψει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας. Η ύπαρξη πολλών και διαφορετικών μορφών αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες, αντλησιοταμίευση, αποθήκευση θερμότητας ή υδρογόνου κλπ δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της παραγόμενης αιολικής ενέργειας που είναι ζωτικής σημασίας για την ενεργειακή μετάβαση και θα απασχολήσει την ανθρωπότητα τα επόμενα χρόνια.

3.7 Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα.

Για την καλύτερη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας εγκαθίστανται μεγάλοι αριθμοί ανεμογεννητριών σε περιοχές που έχουν μελετηθεί και παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό δημιουργώντας αιολικά πάρκα. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το κόστος της επένδυσης ανά ανεμογεννήτρια, καθώς και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Το πρώτο Αιολικό πάρκο στην Ελλάδα πάνω στην ακατοίκητη νησίδα του Αγίου Γεωργίου ολοκληρώθηκε το 2006. Σε έκταση 4.300 στρεμμάτων εγκαταστάθηκαν 23 ανεμογεννήτριες με συνολική παραγόμενη ισχύς 73,2 MW ικανή να καλύψει ενεργειακά περισσότερα από 40.000 νοικοκυριά. Το έργο αυτό συμβάλει στην περεταίρω αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, καθώς από την λειτουργία του αποφεύγονται άνω των 180.000 τόνοι εκπεμπόμενων ρύπων και άνω των 60.000 τόνοι πετρελαίου.



Εικόνα 9. Αιολικό πάρκο «Άγιος Γεώργιος»

Πηγή: <https://www.terna-energy.com/restories/aioliko-parko-agios-georgios-ena-ergo/>

Ενώ μέχρι σήμερα στον Ελλαδικό χώρο, από τη ΔΕΗ ανανεώσιμες, έχουν ήδη εγκατασταθεί 28 Αιολικά πάρκα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 3. Ενώ συνολικά στην Ελλάδα υπάρχουν 34 Αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 115MW.

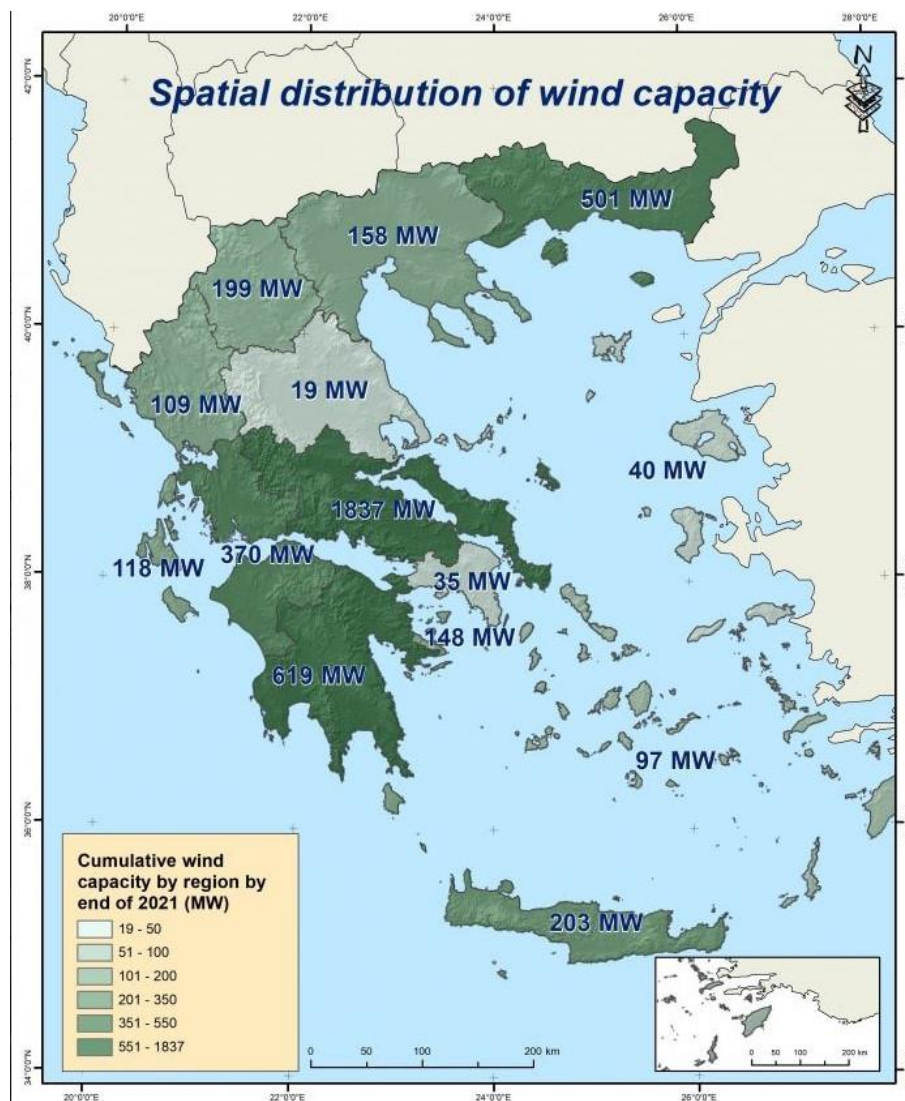
Πίνακας 3. Αιολικά Πάρκα στην Ελλάδα από την ΔΕΗ Ανανεώσιμες

Πηγή: <https://ppcr.gr/el/projects/current-projects>

Εγκατεστημένα Αιολικά Πάρκα (ΑΠ)	
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
ΑΠ Αγ. Ιωάννης Καρπάθου	-
ΑΠ Ακρωτήρι- Τραγουδιστίς Σίφνου	1,20
ΑΠ Αγία Τριάδα Σάμου	0,60
ΑΠ Αγ. Σώζων Λήμνου	1,74
ΑΠ Ακούμια Ρεθύμνου Κρήτης	17,2
ΑΠ Καλυβάρι Άνδρου	-
ΑΠ Καμάρες Πάρου	3,60
ΑΠ Κάστρο Βοιωτίας	17,7
ΑΠ Κατταβιά Ρόδου	4,95
ΑΠ Κοπρινό	7,20
ΑΠ Κουρομαντρί- Ριγανόλακκα	16
ΑΠ Κροτήρι -Κέφαλος	2,06
ΑΠ Μαραθόκαμπος Σάμου	1,60
ΑΠ Μαρμάρι Εύβοιας	-
ΑΠ Μελιγαριά Λέρου	2,06
ΑΠ Προφήτης Ηλίας Ψαρών	1,80
ΑΠ Ξηρολίμνη I,II,III Κρήτη	13,2
ΑΠ Πυθαγόρειο Σάμου	1,80
ΑΠ Μυκόνου	1,80
ΑΠ Περδίκι Ικαρίας	0,39
ΑΠ Ποταμιά Χίου	0,9
ΑΠ Σίγρι Λέσβου	2,03
ΑΠ Σκαλοχώρι Λέσβου	2,70
ΑΠ Κάστρο - Λυκοβούνι	42,90
ΑΠ Αμπέλια - Πλατανάκια	10,80

ΑΠ Ξερακιάς Κεφαλονιάς	9,20
ΑΠ Μονή Τοπλού Σητείας Κρήτης	6,60
ΑΠ Μελανιός Χίου	2,48

Τη γεωγραφική κατανομή των αιολικών εγκαταστάσεων με την εγκατεστημένη ισχύ απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα 11. Η Στερεά Ελλάδα, λόγω του αιολικού δυναμικού, βρίσκεται στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων με 1.837 MW (41%) ενώ ακολουθεί η Πελοπόννησος με 619 MW (14%) και η Ανατολική Μακεδονία Θράκη με 501 MW (11%).



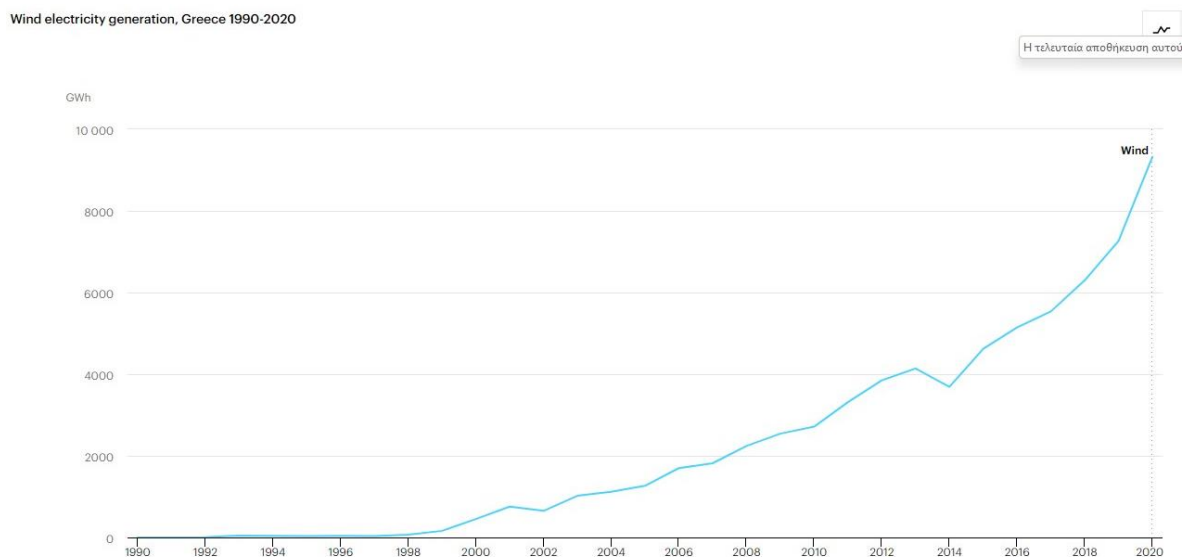
Εικόνα 10. Η γεωγραφική κατανομή των αιολικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα.

Πηγή: <https://energypress.gr/news/i-statistiki-tis-aiolikis-energeias-stin-ellada>

3.8 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Με βάση την ετήσια στατιστική της ΕΛΕΤΑΕΝ αναφορικά με την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα, η συνολική ισχύς ανήλθε στα 4.451 MW το 2021. Αυξημένη κατά 8,2% από το 2020 μειωμένη όμως σε σχέση με τη χρονική περίοδο 2019-2020 όπου η αύξηση ανήλθε στο 43%. Η μείωση αυτή οφείλεται κυρίως στην πανδημία του Covid-19 η οποία προκάλεσε μια σειρά ποικίλων καθυστερήσεων, σε διοικητικά και γραφειοκρατικά ζητήματα.

Το 2021 συνδέθηκαν στο δίκτυο 128 νέες ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 338,3 MW. Επίσης το ίδιο έτος ήταν υπό κατασκευή νέα αιολικά πάρκα που θα αποδώσουν μελλοντικά στο δίκτυο συνολική Ισχύ 650 MW.



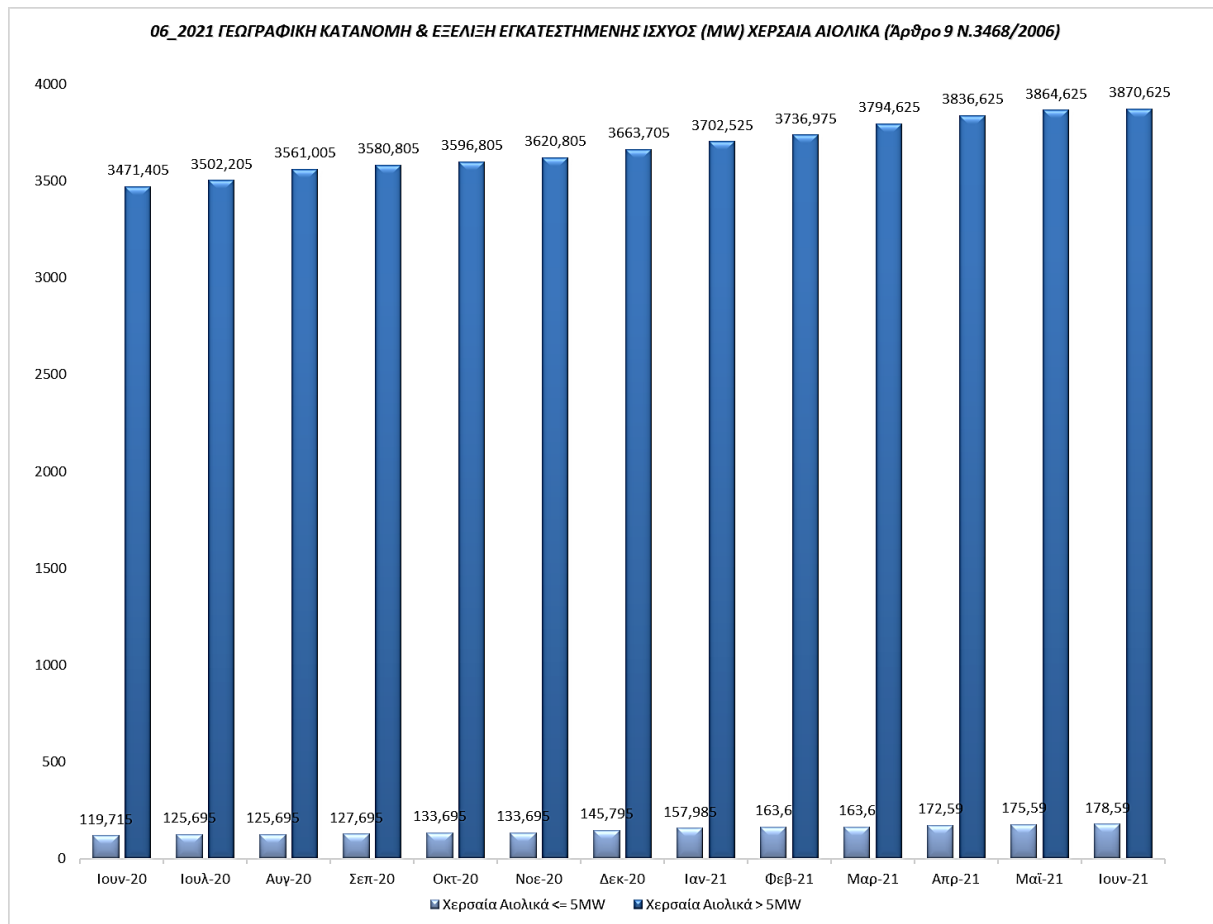
Γράφημα 21. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αιολική ενέργεια.

<https://www.iea.org/countries/greece>

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκμεταλλευόμενη την αιολική ενέργεια ξεκίνησε το 1990 παράγοντας μόλις 2GWh ενώ τα χρόνια που ακολούθησαν υπήρξε μια ανοδική πορεία με εξαίρεση το 2014 όπου υπέστη μείωση. Η μεγάλη

όμως άνοδο της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε από το 2017 και μετά φτάνοντας το 2020, όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια άγγιξε τις 9.321 GWh.

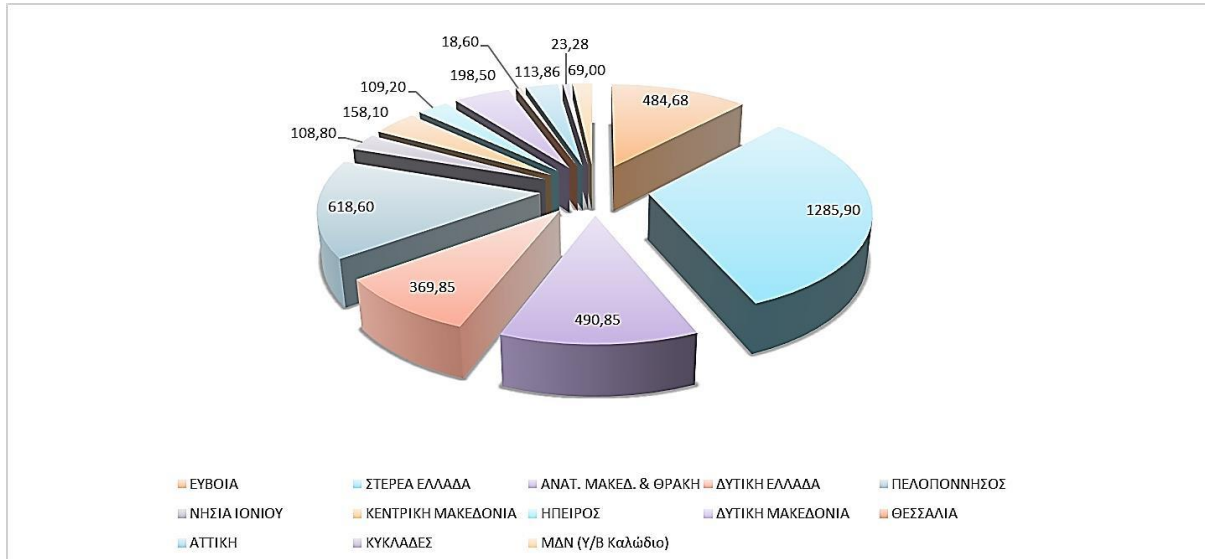
Η μηνιαία καταγραφή της εγκατεστημένης ισχύος (MW) της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα Ιουνίου του 2020 με Ιούνιο του 2021 φαίνεται στο παρακάτω γράφημα, όπου παρατηρείτε μια συνεχής αύξηση της παραγόμενης ισχύος φτάνοντας τα 3870,625 MW.



Γράφημα 22. Μηνιαία καταγραφή της εγκατεστημένης ισχύος Ιουνίου 2020-2021

πηγή: <https://www.dapeep.gr/wp-content/uploads/DAPE/2021>

Η γεωγραφική κατανομή για το ίδιο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, αποτυπώνεται στο παρακάτω γράφημα με τη Στερεά Ελλάδα να κατέχει την πρωτιά με 1285.90 MW το πρώτο μισό του 2021.



Γράφημα 23. Γεωγραφική κατανομή της Αιολικής ισχύς.

πηγή: <https://www.dapeep.gr/wp-content/uploads/DAPE/2021>

Το Εθνικό σχέδιο της Ελλάδας για την ενέργεια και το κλίμα προβλέπει 7GW αιολικής ενέργειας μέχρι το 2030. Μέχρι σήμερα η Ελλάδα έχει εγκαταστήσει 4GW αιολικής ενέργειας προερχόμενη αποκλειστικά από χερσαία αιολικά πάρκα, αφού δεν διαθέτει υπεράκτια, καλύπτοντας το 12% της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δυνατότητες της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι πολύ μεγαλύτερες ειδικά σε ότι αναφορά την αξιοποίηση του υπεράκτιου άνεμου. Με τη συμβολή και την εκμετάλλευση του υπεράκτιου άνεμου και των βαθιών νερών θα μπορούσαν να βοηθήσουν τα νησιά να αποκτήσουν ενεργειακή αυτονομία.

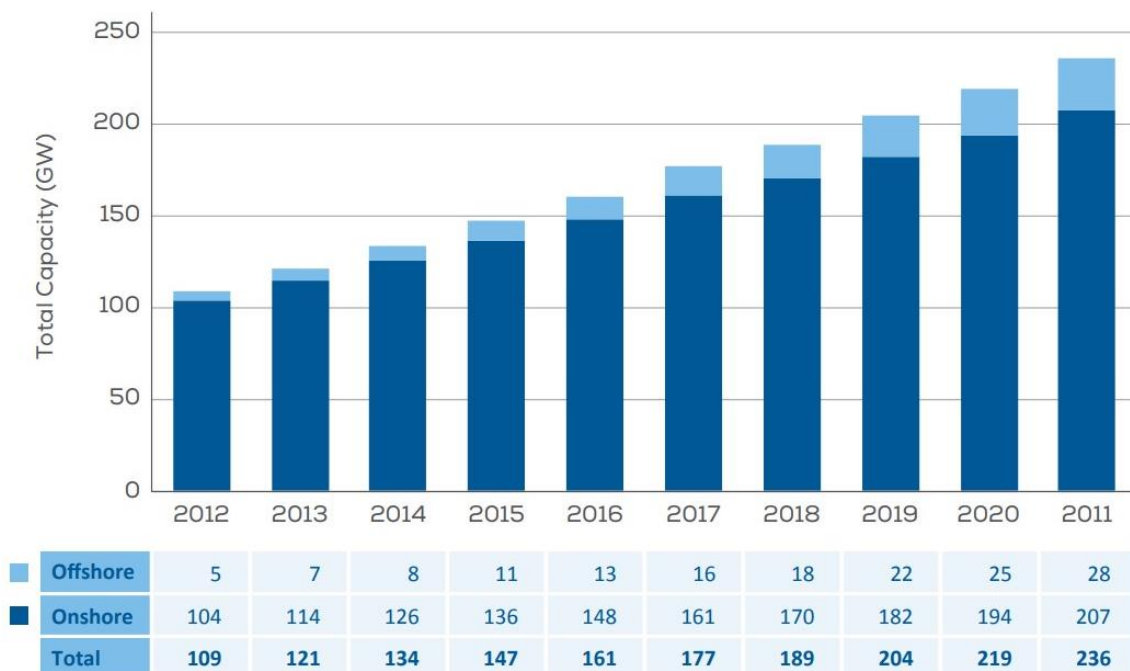
3.9 Η αξιολόγηση και οι προοπτικές της Αιολικής ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη το 2021 άγγιξε συνολικά τα 236 GW με το 12% να προέρχεται από την ανάπτυξη της παράκτιας αιολικής ενέργειας. Η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα είναι η Γερμανία και ακολουθούν η Ισπανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Σουηδία. Επίσης η Ιταλία, η Τουρκία, οι κάτω χώρες, η Πολωνία, η Δανία, η Πορτογαλία και το Βέλγιο έχουν εγκαταστήσει περισσότερες από 5 GW η κάθε μία. Ενώ η Ιρλανδία, η Ελλάδα, η

Νορβηγία, η Φιλανδία, η Αυστρία και η Ρουμανία έχουν εγκαταστήσει πάνω από 3 GW.

Στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης η συνολική εγκατεστημένη ισχύς το 2021 ανήλθε στις 189 GW ενώ διαθέτουν το 55% του συνόλου της παράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη που αγγίζει τα 62MW. Το υπεράκτιο αιολικό πάρκο Hywind στη Σκωτία να παράγει 30 MW, το Windfloat στην Πορτογαλία με 25 MW. Ο στόχος για την Ευρώπη είναι μέχρι το 2030 η υπεράκτια ενέργεια να αγγίζει τα 7 GW. Η Γαλλία είναι η πρώτη χώρα που θα κατασκευάσει τρία πλωτά αιολικά πάρκα στη Μεσόγειο μέχρι το 2023. Επίσης θα δημοπρατήσει δύο χώρους των 250 MW ο καθένας το 2022, με δυνατότητα επέκτασης τους κατά 500 MW ο καθένας στο μέλλον.

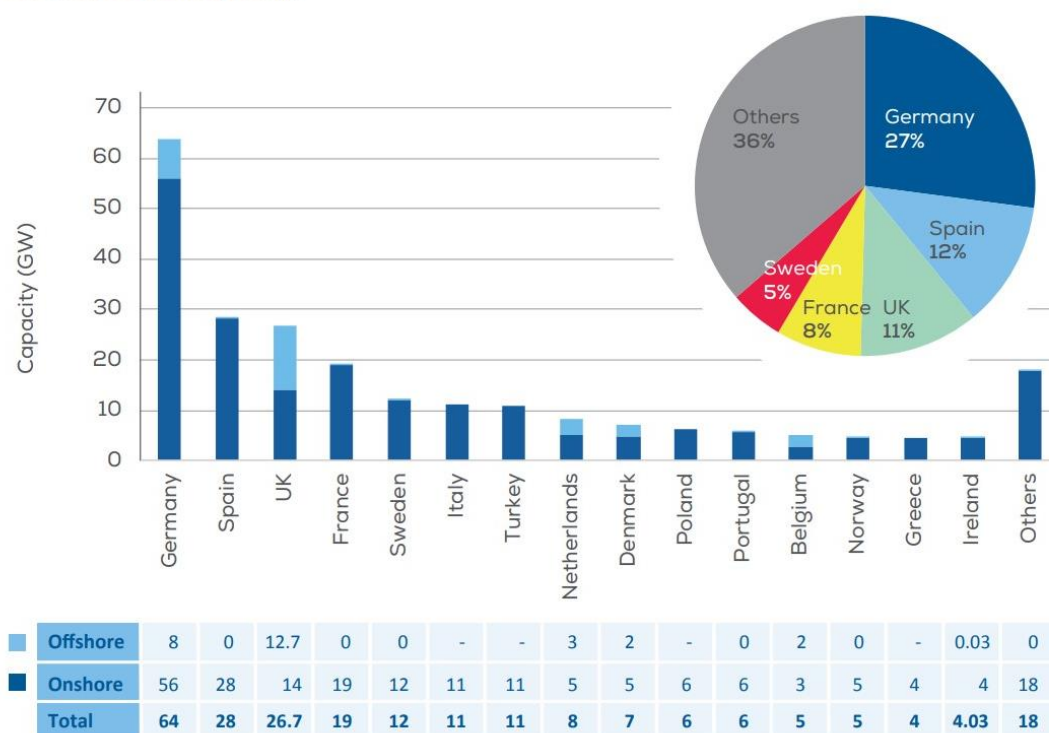
Το 64% της συνολικής αιολικής ενέργειας κατανέμεται σε πέντε χώρες, με την Γερμανία να κατέχει την πρωτιά παράγοντας 64 GW και ακολουθούν η Ισπανία με 28 GW, το Ηνωμένο Βασίλειο με 27 GW, η Γαλλία με 19 GW και η Σουηδία με 12 GW.



Γράφημα 24. Η διαχρονική συνολική εγκατεστημένη αιολική ενέργεια στην Ευρώπη.

Πηγή: <https://energypress.gr/>

Total wind installations by country

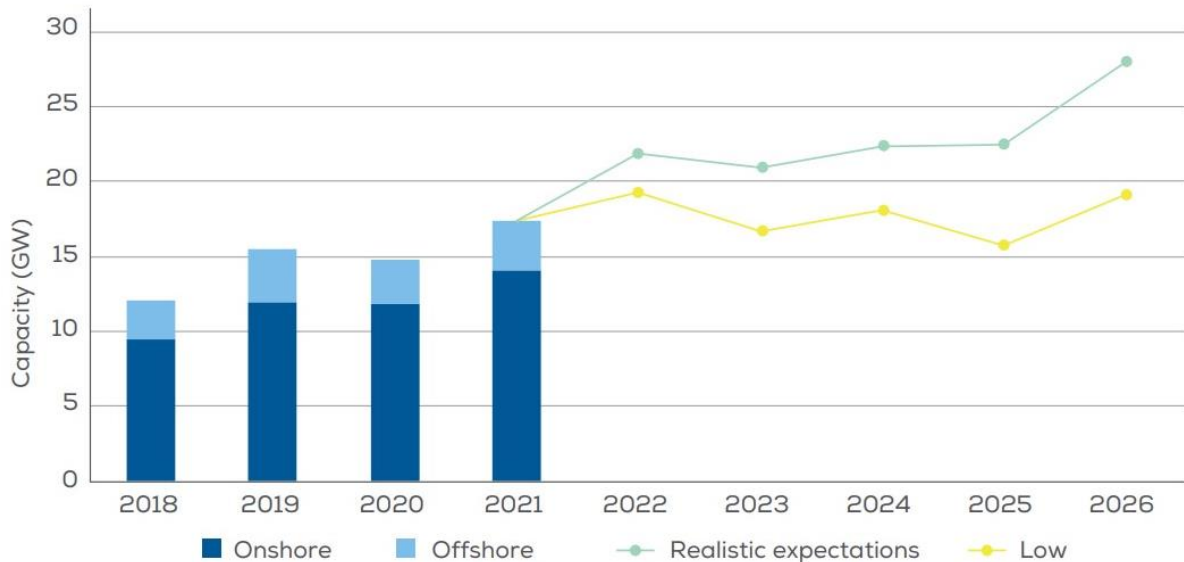


Γράφημα 25. Η παραγωγή της αιολικής ενέργειας ανά χώρα.

Πηγή: <https://energypress.gr/>

Σχετικά με τις προβλέψεις αναφορικά με την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στα επόμενα πέντε χρόνια από το 2021-2026, υπάρχουν δυο σενάρια. Το πιο ρεαλιστικό σενάριο εκτιμά ότι η Ευρώπη θα εγκαταστήσει 116 GW με μέσο ρυθμό εγκατάστασης 23,1 GW ετησίως. Το ίδιο σενάριο προβλέπει ετήσια εγκατάσταση 17,6 GW ετησίως για τα κράτη μέλη της ΕΕ, που είναι πολύ μικρότερο από τα 32 GW που απαιτούνται ετησίως για την επίτευξη του στόχου 40% της συνολικής ενέργειας να καλύπτεται από τις ανανεώσιμες πηγές. Το δεύτερο σενάριο, που είναι λιγότερο αισιόδοξο, λαμβάνοντας υπόψιν την παγκόσμια διαταραχή της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις υψηλές τιμές των πρώτων υλών λόγω του Covid-19 καθώς και των γεωπολιτικών αλλαγών προβλέπει 89 GW εγκατεστημένη αιολικής ενέργεια με ετήσιο ρυθμό εγκατάστασης στα 17,8 GW. Ενώ για την ΕΕ των 27 προβλέπεται ακόμη μικρότερη ετήσια εγκατάσταση κοντά στα 13,3 GW.

New installations in Europe – WindEurope’s scenarios



Γράφημα 26. Τα σενάρια της μελλοντικής ετήσιας εγκατάστασης της αιολικής ενέργειας
Πηγή: <https://energypress.gr/>

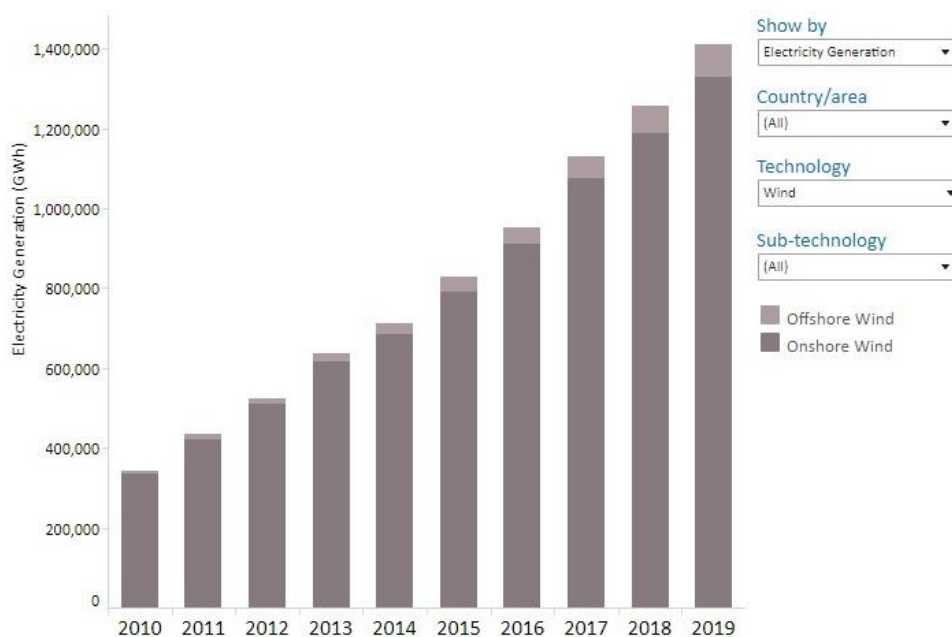
3. 10 Η αξιολόγηση της Αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο

Η αιολική ενέργεια είναι μια παγκόσμια ταχύτατη αναπτυσσόμενη τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η χερσαία εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής έχει ήδη αναπτυχθεί ενώ στην υπεράκτια γίνονται βήματα για την προώθησή της. Η παραγωγή της αιολικής ενέργειας συνολικά έχει κάνει άλματα τα τελευταία 20 χρόνια λαμβάνοντας υπόψιν ότι το 1997 ήταν 7,5 GW και το 2018 άγγιξε περίπου τα 564 GW. Η παραγωγή αιολικής ενέργειας διπλασιάστηκε μεταξύ 2009 με 2013, ενώ το 2016 αντιπροσώπευε το 16% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας(iea), οι ετήσιες προσθήκες καθαρής αιολικής ενέργειας το 2020 άγγιξαν τα 65GW αυξημένες κατά 8% σε σχέση με το 2019. Ενώ το 2020 παρατηρήθηκε μια επιβράδυνση της χερσαίας κατασκευαστικής δραστηριότητας από τον Φεβρουάριο έως τον Απρίλιο λόγω των διακοπών της εφοδιαστικής αλυσίδας και των υλικοτεχνικών προκλήσεων σε πολλές χώρες εξαιτίας της πανδημίας του covid -19. Από το Μάιο και μετά οι κατασκευαστές αιολικής ενέργειας και κατασκευαστές εξοπλισμού προσαρμόστηκαν στη νέα πραγματικότητα που επέβαλε η πανδημία και

επιτάχυναν την κατασκευαστική δραστηριότητα. Έτσι η προσθήκη της αιολικής ενέργειας στη ξηρά εκτιμάται στα 60 GW το 2020 κατά 11% περισσότερο από το 2019. Προβλέπεται επίσης μια περαιτέρω επιτάχυνση της προσθήκης της αιολικής ενέργειας για το 2021 αγγίζοντας τα 68 GW. Το 2022 οι παγκόσμιες ετήσιες εγκαταστάσεις εκτιμάται ότι θα επιστρέψουν στο επίπεδο του 2019 λόγω της κατάργησης κινήτρων σε μεγάλες αγορές, όπως της Κίνας και των Ηνωμένων Πολιτειών, η οποία θα αντισταθμιστεί εν μέρει από την ταχύτερη επέκταση στην Ευρώπη.

Στο τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας δεν υπήρξαν καθυστερήσεις το 2020 εξαιτίας του covid -19, λόγω των μεγάλων χρόνων παράδοσης των έργων. Το 2021 η προσθήκη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας εκτιμάται στα 7,3 GW. Για το 2022 το μερίδιο της υπεράκτιας χωρητικότητας στη συνολική προσθήκη της αιολικής ενέργειας θα φτάνει το 15%, αυξημένο κατά 50% από το 2019 λόγω της επιτάχυνσης σε νέες αγορές όπως η Γαλλία, η Κορέα και το Βιετνάμ, σε αντίθεση με τη Κινέζικη αγορά που επιβραδύνει. Το μερίδιο του υπεράκτιου ανέμου στις συνολικές προσθήκες αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω το 2025, εκτιμώντας ότι θα φτάσει το 20%, καθώς η ανάπτυξη σε νέες αγορές κερδίζει δυναμικά.

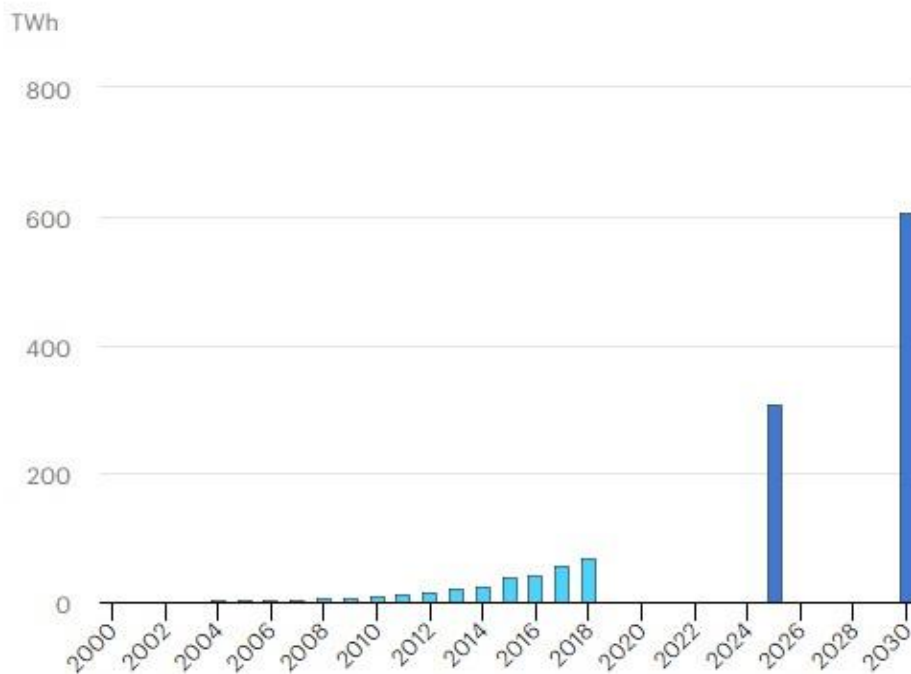


Γράφημα 27. Η ετήσια αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια.

<https://www.irena.org/wind>

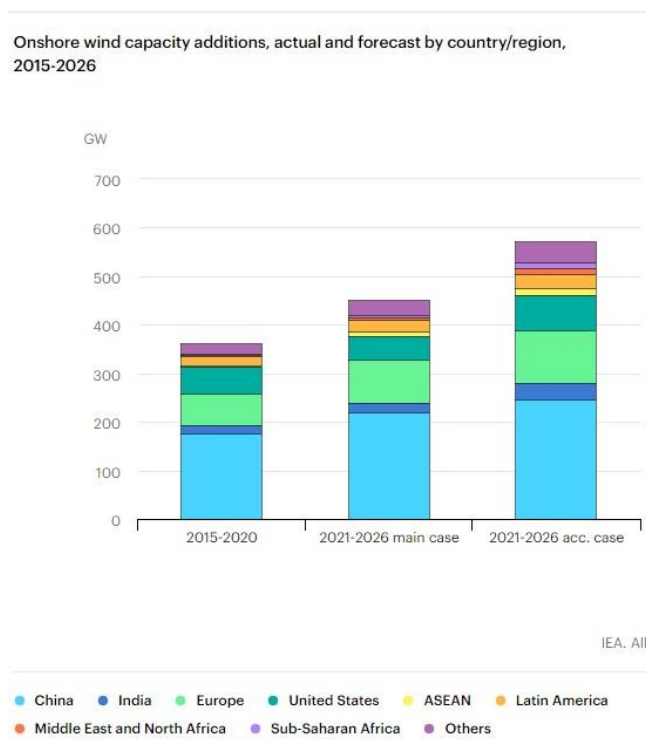
Παρά τη θεαματική άνοδο της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, για την επίτευξη του στόχου των καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050, η παραγωγή αιολικής ενέργειας πρέπει να αυξάνεται ετησίως κατά μέσο όρο 18% για την χρονική περίοδο 2021-2030 ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των 600TWh. Είναι επίσης αναγκαίο να αυξηθούν οι ετήσιες προσθήκες δυναμικότητας σε 310 GW χερσαίου ανέμου και 80 GW υπεράκτιου ανέμου. Για την επίτευξη της συνεχούς αύξησης της παραγωγικής ικανότητας, απαιτούνται μειώσεις κόστους, τεχνολογικές βελτιώσεις για την υπεράκτια αιολική και η διευκόλυνση της Αδειοδότησης για χερσαίες εγκαταστάσεις.

Offshore wind power generation in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030



Γράφημα 28. Η υπεράκτια παραγομένη αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030

<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/wind>



Γράφημα 29. Η χερσαία παραγομένη αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030.

<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/wind>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε)

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η δυναμική ενέργεια του νερού που μετατρέπεται σε κινητική περιστροφική ενέργεια μέσω στροβίλου και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια των γεννητριών. Η μελέτη του υδατικού δυναμικού αποτελεί το πρώτο και βασικό στάδιο για την εκμετάλλευση του. Ο υδρολογικός κύκλος και το ανάγλυφο μιας περιοχής είναι αυτά που δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την εκμετάλλευση της κινητικής και δυναμικής ενέργειας των υδάτων. Οι βασικοί παράμετροι εκτίμησης και εκμετάλλευσης του υδατικού δυναμικού είναι η ποσότητα του ύδατος και η υψομετρική διαφορά.

Η δυνατότητα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι εφικτή σε σημεία όπου υπάρχει ικανή παροχή νερού με

μηχανική ενέργεια δηλαδή κινητική ενέργεια κατά μήκος ενός ποταμού ή δυναμική ενέργεια σε ένα ταμιευτήρα.

4.1 Ο υδρολογικός κύκλος

Το νερό της ατμόσφαιρας με τη μορφή βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης πέφτει στη Γη. Ένα μέρος του νερού αυτού εξατμίζεται, ενώ το μεγαλύτερο μέρος εισέρχεται στο έδαφος ή πηγαίνει σε επιφανειακή απορροή. Το νερό της επιφανειακής απορροής καταλήγει σε ταμιευτήρες, λίμνες ή στη θάλασσα μέσω των ποταμών. Η εξάτμιση της θάλασσας και η υγρασία της ξηράς, με την βοήθεια του ήλιου, συμπυκνώνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας τα σύννεφα. Με αυτό τον τρόπο κλείνει ο υδρολογικός κύκλος όπως αυτός αποτυπώνεται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 11. Ο υδρολογικός Κύκλος

Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/>

Η εκτίμηση του διαθέσιμου νερού πραγματοποιείται με μετρήσεις σε συγκεκριμένες θέσεις ποταμών και λιμνών, καταγράφοντας τα ποσοστά βροχόπτωσης και χρησιμοποιώντας υπολογιστικά μοντέλα. Σε πολλές περιοχές πραγματοποιούνται μετρήσεις κατακρημνίσεων ενώ σε μεγάλα ποτάμια γίνονται

μετρήσεις ποσότητας νερού. Τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών και τα υδρολογικά μοντέλα αποτελούν εργαλεία που σε συνδυασμό με τις μετρήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε εκτίμηση του δυναμικού τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Η υδρολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με αυτές τις μελέτες.

4.2 Υδρογράφημα

Η ενέργεια που θα παραχθεί από ένα υδροηλεκτρικό έργο στη κύτη ενός ποταμού είναι δυνατόν να εκτιμηθεί με βάση μία χρονοσειρά δεδομένων της μέσης ημερήσιας ροής του ποταμού. Η καταγραφή των δεδομένων απαιτείται να πραγματοποιείται για μεγάλη χρονική περίοδο ώστε να αναπαραστήσει την πραγματική ποσότητα της φυσικής ροής και να μειωθούν τυχόν σφάλματα στους υπολογισμούς, λόγω μεταβλητότητας. Στα σημεία που θα εγκατασταθούν οι σταθμοί παραγωγής σπάνια υπάρχουν μακροχρόνιες καταγραφές, γι' αυτό το λόγο γίνονται αναγωγές από τα σημεία όπου υπάρχουν μετρήσεις ή χρησιμοποιούνται δεδομένα από άλλες περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως το κλίμα, τη γεωλογία, τη βλάστηση και την ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζουν τη ροή του ποταμού.

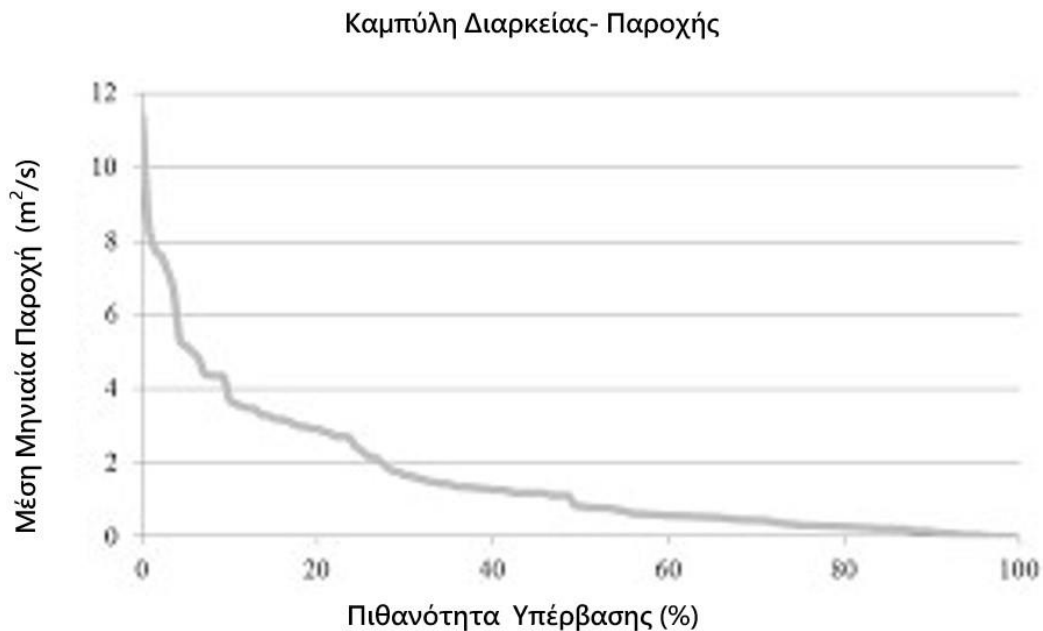
Η χρήση υδρολογικών μοντέλων ή μετρήσεων βοηθούν ώστε να παραχθούν αντιπροσωπευτικές χρονοσειρές της μέσης ημερήσιας ροής ενός ποταμού σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Η γραφική παράσταση της χρονοσειράς για ένα έτος ονομάζεται ετήσιο Υδρογράφημα.



Γράφημα 30. Ετήσιο Υδρογράφημα

Πηγή: <https://docplayer.gr/147831916-Ydrografimata-ydorroymaton-deihnei-tin-parohi-enos-potamoy-se-mia-apli-thesi-os-synartisi-toy-hronoy.html>

Με βάση τα στοιχεία του υδρογραφήματος κατασκευάζεται η καμπύλη διάρκειας παροχής, που είναι το σημαντικότερο στοιχείο για την εκτίμηση του δυναμικού και βοηθάει στον σχεδιασμό ενός υδροηλεκτρικού έργου. Η καμπύλη διάρκειας απεικονίζει το ποσοστό του χρόνου t του έτους όπου η παροχή του ύδατος ισούται ή υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή ροής (Q). Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται μία τυπική καμπύλη διάρκειας παροχής.



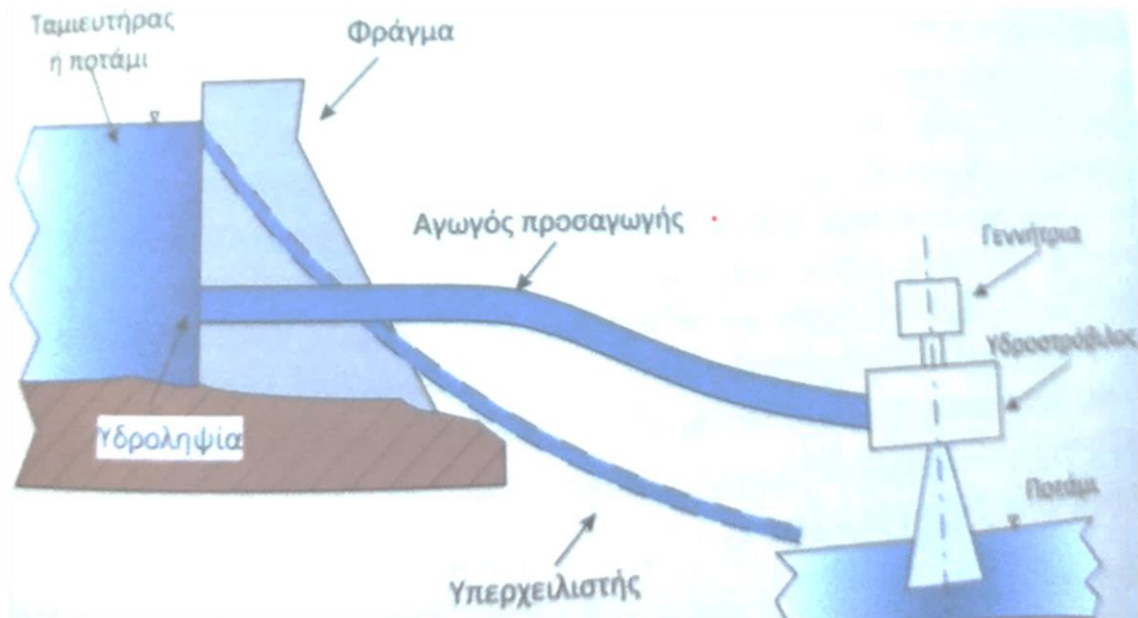
Γράφημα 31. Καμπύλη Διάρκειας Παροχής

Πηγή: <https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1843/>

Η μορφή της καμπύλης διάρκειας παροχής δίνει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την εγκατεστημένη ισχύ, τον αριθμό των μονάδων καθώς και ενδείξεις για την βιωσιμότητα του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί επίσης να φανερώσει εάν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ετήσιας, εμφανίζεται για μικρό χρονικό διάστημα ή εάν η παροχή είναι σχετικά σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα.

4.3 Αρχή Λειτουργίας

Τα υδροδυναμικά συστήματα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κάνοντας χρήση της κινητικής και δυναμικής ενέργειας του νερού ονομάζονται υδροηλεκτρικά. Ένα υδροηλεκτρικό σύστημα (ως Εικόνα 10.) αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:



Εικόνα 12. Τυπική Υδροηλεκτρική μονάδα παραγωγής ενέργειας
Πηγή: Διονύσης Ασημακόπουλος -Γεώργιος Αραμπατζής, Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας
(Δυναμικό & Τεχνολογίες)

- Το φράγμα ή υδατοφράκτη ο οποίος αυξάνει το ύψος πτώσης του νερού και δημιουργεί τον ταμιευτήρα.
- Την υδροληψία που είναι το σημείο που εισέρχεται το νερό στο σύστημα.
- Τον υπερχειλιστή, όπου εξέρχεται το πλεονάζον νερό.
- Τον αγωγό προσαγωγής του νερού
- Τον υδροηλεκτρικό σταθμό, ο οποίος περιλαμβάνει τις κτιριακές εγκαταστάσεις, τους υδροστρόβιλους, τις ηλεκτρογεννήτριες, τους μετασχηματιστές, τη μονάδα ελέγχου και βοηθητικό εξοπλισμό.
- Την εξαγωγή του νερού από τον σταθμό στον ποταμό.

Η λειτουργία υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση, πτώση του νερού λόγω του μανομετρικού ύψους μεταξύ εισόδου και εξόδου. Το φράγμα συγκρατεί μεγάλο όγκο νερού δημιουργώντας τον ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευση του νερού στον αγωγό προσαρμογής κινεί τον στρόβιλο, ο οποίος με τη σειρά του θέτει σε λειτουργία την γεννήτρια.

Τα υδροηλεκτρικά συστήματα ταξινομούνται με βάση την παραγόμενη ονομαστική ισχύς σε:

- Μεγάλα με ονομαστική ισχύς $P > 15\text{MW}$.
- Μικρά με ονομαστική ισχύς $1\text{ MW} > P < 15\text{MW}$.
- Μίνι με ονομαστική ισχύς $0,1\text{ MW} > P < 1\text{MW}$.

Ακόμα με βάση το κριτήριο του ωφέλιμου ύψους υδάπτωσης ταξινομούνται σε:

- Μικρού ύψους $H < 30\text{m}$.
- Μεσαίου ύψους $30\text{m} < H < 150\text{m}$.
- Μεγάλου ύψους $H > 150\text{m}$.

Επίσης τα υδροηλεκτρικά συστήματα με βάση την ύπαρξη ταμιευτήρα κατηγοριοποιούνται:

- Συστήματα με ταμιευτήρα
- Συστήματα με μικρό ταμιευτήρα
- Συστήματα χωρίς ταμιευτήρα

Σε μικρά ποτάμια και υδάτινα ρεύματα κατασκευάζονται μικρά ή μίνι υδροηλεκτρικά συστήματα με μικρά φράγματα. Τα έργα μικρού ύψους έχουν μικρό ταμιευτήρα και μεγάλες παροχές νερού. Στα συστήματα αυτά, η υδροληψία και ο σταθμός παραγωγής είναι σε ενιαίο κτήριο, ενώ σε περίπτωση που το ποτάμι έχει μεγάλο πλάτος διαθέτει και φράγμα. Τα έργα μέσου και μεγάλου ύψους περιλαμβάνουν ταμιευτήρες μεγάλης χωρητικότητας. Στα υδροηλεκτρικά συστήματα μέσου ύψους, όπου ο σταθμός παραγωγής τοποθετείται στη βάση του φράγματος του ταμιευτήρα, αποτελούν τα συστήματα αντλησιοταμίευσης, τα οποία είναι τα πιο σύγχρονα τεχνολογικά και τα πιο κατάλληλα για την διαχείριση του φορτίου.

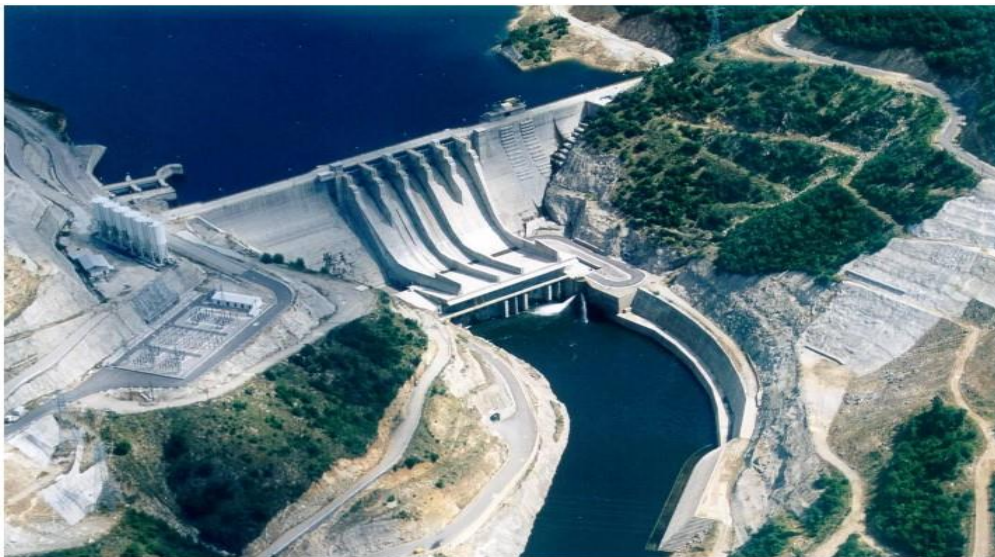
4.4 Ανασκόπηση

Την υδροηλεκτρική ενέργεια τη χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι από την εποχή της αρχαίας Αιγύπτου. Η ενέργεια της ροής των υδάτων βοηθούσε στη λειτουργία των μηχανημάτων για το άλεσμα των σιτηρών και του καλαμποκιού. Τον 20 αιώνα με την συμβολή της στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνέβαλε στην ώθηση της βιομηχανικής ανάπτυξης.

Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός κατασκευάστηκε το 1882 στο Appleton Wisconsin με παραγόμενη ισχύς 12,5 KW προσφέροντας ενεργειακή επάρκεια σε δυο χαρτοβιομηχανίες και ένα σπίτι .

Στην Ελλάδα η δημιουργία υδροηλεκτρικών σταθμών(ΥΗΣ) συμπίπτουν με την ίδρυση της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) το 1950. Το πρώτο ΥΗΣ δημιουργήθηκε στο Γλαύκο στη Πάτρα με εγκατεστημένη ισχύς μόλις 1,6 MW ενώ μετά κατά την περίοδο 1927-1931 τέθηκαν σε λειτουργία και άλλα μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια (Βέρμιο, Αγιά Χανίων, Αγ. Ιωάννης Σερρών) συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 6MW.

Την περίοδο 1950-1975 κατασκευάστηκαν οκτώ μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεταξύ των οποίων και οι τρεις μεγαλύτεροι στα Κρεμαστά , στο Καστράκι και το Πολύφυτο, με συνολική εγκατεστημένη ισχύς 1.410 MW.



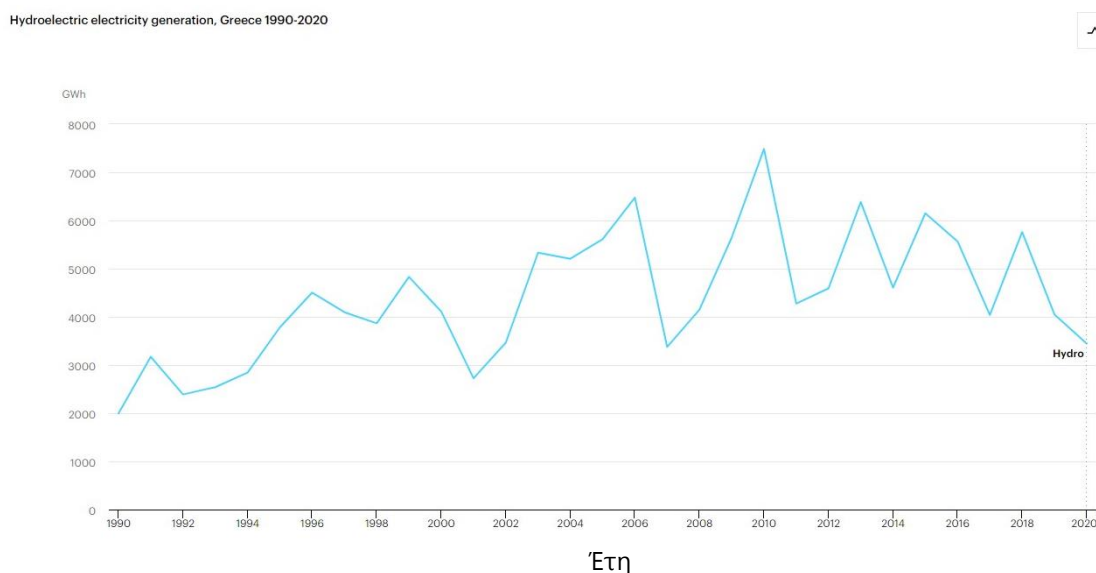
Εικόνα 13. Υδροηλεκτρικό Φράγμα Κρεμαστών.

Πηγή: <https://www.reader.gr/advertorial/382417/i-limni-kremaston-eyrytanias-se-perimenei-na-tin-anakalypseis>

Από το 1976 μέχρι το 2008 κατασκευάστηκαν οκτώ μεγάλοι και τέσσερις μικροί ΥΗΣ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.630MW.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Υδροηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε μέχρι το 2008 ήταν 3.060 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 ανήλθε σε 136 GWh ενώ με τη λειτουργία των ΜΥΗΣ αποφεύχθηκε η εκπομπή 94.108 τόνων CO₂, καλύπτοντας σε ενέργεια 37.104 ελληνικών νοικοκυριών. Εντός του 2021 ολοκληρώθηκε η κατασκευή του Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου (ΜΥΗΕ) Σμόβοκο II με ηλεκτρική ισχύς 5,6 MW με ετήσια παραγωγή ενέργειας 11,5 GWh και το Σμόβοκο IV ισχύος 0,8 MW με ετήσια παραγωγή 4 GWh.

Στο παρακάτω Γράφημα από το Διεθνή Ενεργειακό Οργανισμό (iea) απεικονίζεται η παραγόμενη Υδροηλεκτρική Ενέργεια από το 1990 μέχρι και το 2020, όπου παρατηρούμε ότι υφίσταται διακυμάνσεις, ξεκινώντας από 1.997GWh το 1990 φτάνει στις 7.485 GWh το 2010, όπου σημειώνεται και η μεγαλύτερη παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια μέχρι σήμερα . Ενώ το 2020 η παραγόμενη ισχύς αγγίζει τα 3.445 GWh.

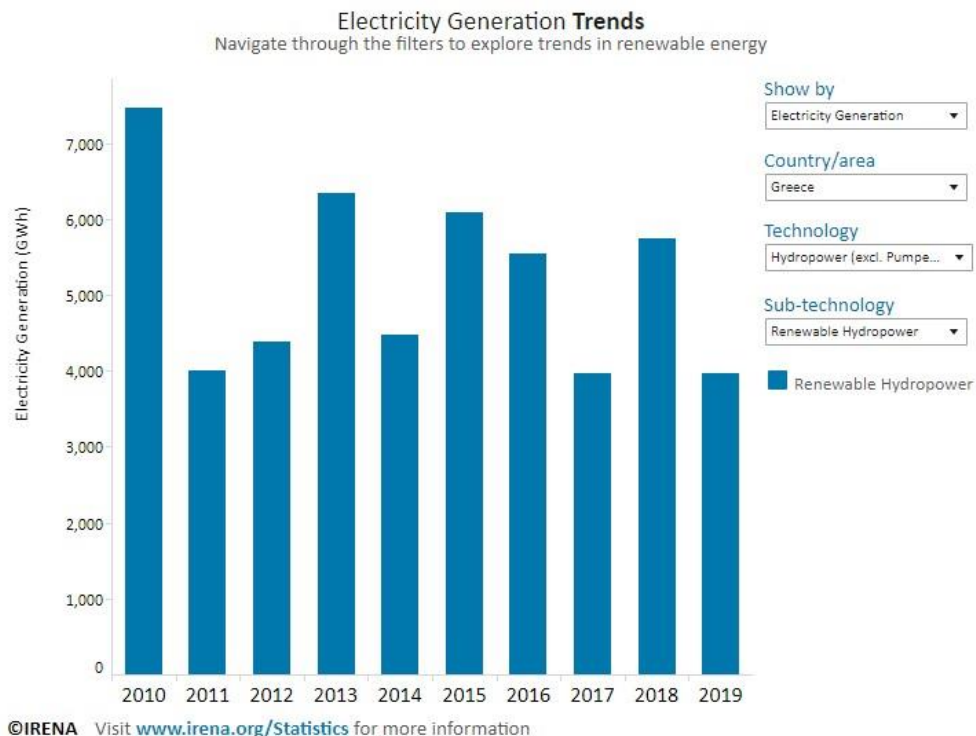


Γράφημα 32. Διαχρονική Υδροηλεκτρική Ενεργειακή Απόδοση στην Ελλάδα

Πηγή: <https://www.iea.org/countries/greece>

Η επιβεβαίωση των στοιχείων της παραγόμενης Υδροηλεκτρικής ενέργειας έρχεται και από το Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA),

όπου απεικονίζεται η ετήσια παραγόμενη ισχύς από το 2010 μέχρι το 2019. Στο παρακάτω Γράφημα είναι εμφανές ότι το 2010 καταγράφηκε η μεγαλύτερη παραγόμενη Υδροηλεκτρική ενέργεια.



Γράφημα 33. Ετήσια καταγραφή παραγόμενης Υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Πηγή <https://www.irena.org/hydropower>

Σήμερα στη ΔΕΗ Ανανεώσιμες ανήκουν 16 μεγάλοι και 18 μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 3.500 MW ενώ αρκετά νέα έργα έχουν λάβει άδεια παραγωγής.

4.5 Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα είναι μια ορεινή χώρα σε ποσοστό πάνω από το 80% με ανώμαλα, πετρώδη εδάφη και ποικιλία μικροκλιμάτων. Επίσης διαθέτει αξιόλογα ποτάμια με σημαντική ροή νερού, όπως ο Έβρος, ο Νέστος, ο Στρυμόνας, ο Αξιός, ο Αλιάκμονας, ο Πηνειός ο Άραχθος, ο Αχελώος, ο Σπερχειός και ο Άλφιος. Ο Αχελώος έχει σημαντική ροή νερού περίπου $300\text{m}^3/\text{sec}$ κατά την διάρκεια του Δεκεμβρίου, ενώ ο ρυθμός ροής του Αξιού είναι $230\text{m}^3/\text{sec}$ το Μάρτιο. Τέλος ο ρυθμός ροής του Έβρου κυμαίνεται μεταξύ 200 και $220\text{m}^3/\text{sec}$ από τον Ιανουάριο

μέχρι και τον Μάρτιο. Το ετήσιο θεωρητικό υδροδυναμικό της χώρας είναι 0,73 GWh/Km². Ενώ τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμη υδροηλεκτρική ενέργεια σε ετήσια βάση εκτιμάται σε 21TWh/έτος.

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί είναι εγκατεστημένοι κυρίως στο βορειοδυτικό τμήμα της χώρας, όπου βρίσκονται και οι περισσότερες οροσειρές.



Εικόνα 14. Ο Χάρτης της Ελλάδας με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς και τις ΑΠΕ.
πηγή: <https://www.ppcr.gr/el/projects/current-projects>

Στην Ελλάδα η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει εγκαταστήσει 18 ΜΥΗΣ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 68MW.

Πίνακας 4. Μικροί Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΜΥΗΣ) της ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε

Πηγή: <https://www.ppcr.gr/el/projects/current-projects>

A/A	ΟΝΟΜΑ ΜΥΗΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
1	Αγ. Βαρβάρα Ημαθίας Βέροια	0,92
2	Αγ. Ιωάννης Σέρρες	0,6
3	Αλατόπετρα Γρεβενά	4,95
4	Αλμυρός Χανιά Κρήτης	0,3
5	Βορεινό Έδεσσα Αριδαία	4,1
6	Γιτάνη Ηγουμενίτσα	4,2
7	Γκιώνα Άμφισσα Φωκίδας	8,5
8	Γλαύκος Πάτρα	3,7
9	Ελεούσα Χαλκηδόνα Θεσ/νίκη	6,6
10	Ιλαρίωνα Κοζάνη	4,2
11	Μακροχώρι Ημαθία Βέροια	10,8
12	Οινούσα Σέρρες	1,2
13	Παπαδιά Φλώρινα	0,5
14	Σμόκοβο Καρδίτσα	10,4
15	Στρατός ΙΙ Αγρίνιο	6,2
16	Τσάι Ξάνθη	5,83
17	Λούρος Πρέβεζας	8,70
18	Σμόκοβο ΙΙ Καρδίτσα	3,20

Ενώ βρίσκονται υπό κατασκευή δύο ακόμα ΜΥΗΣ σε συνεργασία με ιδιωτική εταιρία το ΜΥΗΣ Καλαμάς με ισχύ 5,80 MW και το ΜΥΗΣ Λάδωνας με ισχύ 10 MW.

Εκτός από τους Μικρούς Υδροηλεκτρικούς σταθμούς η ΔΕΗ Α.Ε κατέχει και διαχειρίζεται 16 μεγάλους σταθμούς υδροηλεκτρικής ενέργειας ΥΗΣ σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας με συνολική παραγόμενη ισχύς 3,059,6 MW.

Πίνακας 5. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) της ΔΕΗ.

Πηγή: <https://www.ppcr.gr/el/projects/current-projects>

Συγκρότημα / Όνομα ΥΗΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
Συγκρότημα Αχελώου (κρεμαστά, Καστράκι, Στρατός I&II, Γκιώνα, Γλαύκος)	925,6
Συγκρότημα Αλιάκμονα (Πολύφυτο, Σφηκιά, Ανώματα, Αγ. Βαρβάρα, Μακροχώρι, Βέρμιο, Αγράς, Εδεσσαίος)	880,2
Συγκρότημα Αράχθου (Π. Αώου, Πουρνάρι I & II, Λούρος)	553,9
Συγκρότημα Νέστου (Θησαυρός, Πλατανόβρυση)	500
ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα	129,9
ΥΗΣ Λάδωνα	70

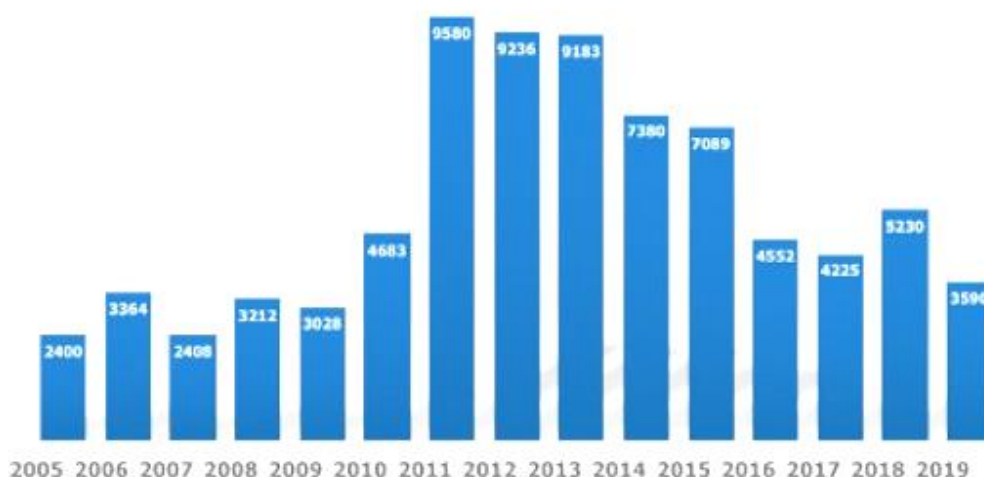
4.6 Οι προοπτικές της Υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια έχει μακρά ιστορία στην Ευρώπη, από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα συνέβαλε σημαντικά στη βιομηχανική ανάπτυξη και ευημερία στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης. Η Υδροηλεκτρική ενέργεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σήμερα και θα καταστεί ακόμη πιο σημαντικό τις επόμενες δεκαετίες, καθώς μπορεί να αποτελέσει καταλύτη για την ενεργειακή μετάβαση στην Ευρώπη. Το φιλόδοξο σχέδιο για την ενεργειακή μετάβαση στην Ευρώπη επιδιώκει να επιτύχει ένα μέλλον ανθεκτικό στην κλιματική αλλαγή, χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών με ασφαλή και οικονομικά αποδοτικό τρόπο, αποτελώντας παγκόσμιο παράδειγμα. Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες η σταδιακή κατάργηση της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας και άνθρακα ξεκίνησε με τη μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια υπερτερεί έναντι της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας λόγω του ότι είναι μεταβλητές πηγές ενέργειας και είναι δύσκολο να ευθυγραμμιστούν με τη ζήτηση.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ευρώπη είναι κατά μέσο όρο 45 έτη . Οι επενδυτικές προοπτικές του ΔΟΕ για την Ευρώπη προς το 2030, το 90% των επενδύσεων υδροηλεκτρικής ενέργειας θα διατεθεί για τον εκσυγχρονισμό των

υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Στην πραγματικότητα τα 40 έτη δεν είναι πολλά δεδομένου ότι το Onre Leirfos στο Τρόντχαιμ της Νορβηγίας ξεκίνησε την παραγωγή του το 1901 και εξακολουθεί να είναι παραγωγικό.

Τα τελευταία 15 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά μικρός αριθμός επενδύσεων όπως φαίνεται και στο παρακάτω Γράφημα 14, το οποίο δείχνει την υπό κατασκευή εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα. Το 2011 παρατηρείται αρκετά σημαντική αύξηση της κατασκευής νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που φθάνουν σχεδόν 10.000 MW.



Γράφημα 34. Η διαχρονική εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα της Ευρώπης.

Πηγή: <https://hydropower-europe.eu/about-hydropower-europe/hydropower-energy/>

Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι πολλές χώρες επαναπροσδιόρισαν την ενεργειακή στρατηγική τους έναντι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η Υδροηλεκτρική, με την ταυτόχρονη σταδιακή κατάργηση της πυρηνικής ενέργειας μετά την καταστροφή του πυρηνικού εργοστασίου στη Φουκουσίμα στις 11 Μαρτίου 2011.



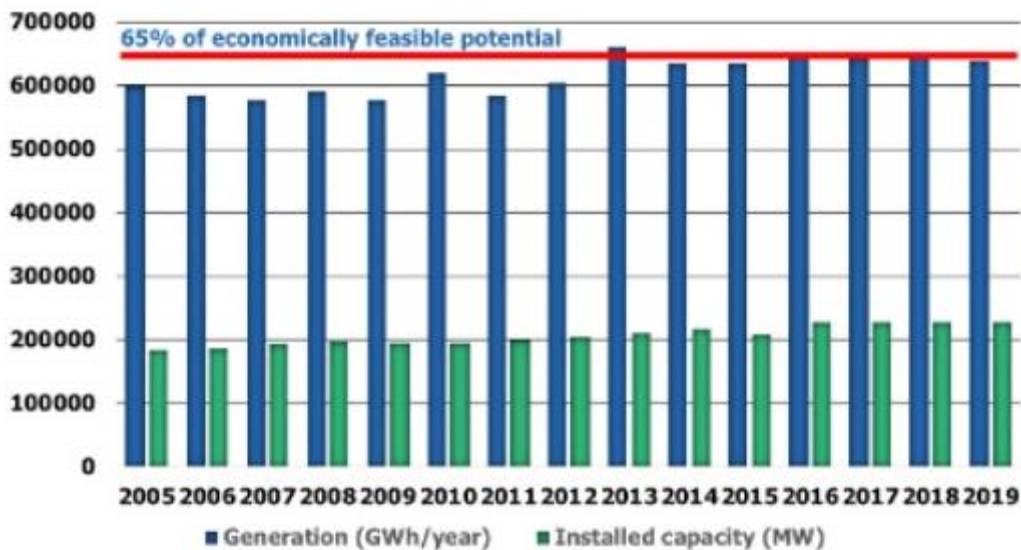
Εικόνα 15. Η καταστροφή του Πυρηνικού Εργοστασίου της Φουκουσίμα στην Ιαπωνία
Πηγή: <https://www.dw.com/el>

Από τότε η κατασκευαστική δραστηριότητα μειώνεται μέχρι σήμερα κάτω από τα 4.000MW δεδομένου ότι ήταν πάνω των 5.000 MW το 2018.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια συνέβαλε κατά 13% στη συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην Ευρώπη το 2020 σημειώνοντας αύξηση 4% σε σχέση με το 2019 περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές από όλες τις άλλες ανανεώσιμες σύμφωνα με τον ΔΟΕ(Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας). Ωστόσο ο αριθμός αυτός θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερος, καθώς η ευελιξία της υδροηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπει υψηλό μερίδιο διαλείπουσας ισχύος στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας. Λέγεται ότι, 1TWh ευέλικτης υδροηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπει την κατασκευή τουλάχιστον 3,51TWh διαλείπουσας αιολικής ή ηλιακής ενέργειας. Το διαλείπον μερίδιο του μείγματος ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης θα αυξηθεί σημαντικά στο μέλλον, που σημαίνει ότι ο ρόλος της υδροηλεκτρικής ενέργειας ως παρόχου ευελιξίας που υποστηρίζει άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνεται ολοένα και πιο σημαντικός επιφέροντας σημαντικές επενδύσεις.

Σήμερα σχεδόν 650 TWh παράγονται σε ένα μέσο υδρολογικό έτος, το οποίο ισοδυναμεί με περίπου το 65% του οικονομικά εφικτού υδροηλεκτρικού δυναμικού της Ευρώπης, συμπεριλαμβανόμενης της Τουρκίας. Εδώ και λίγα χρόνια, η ετήσια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σταθεροποιείται κοντά στα 650 TWh, ενώ η

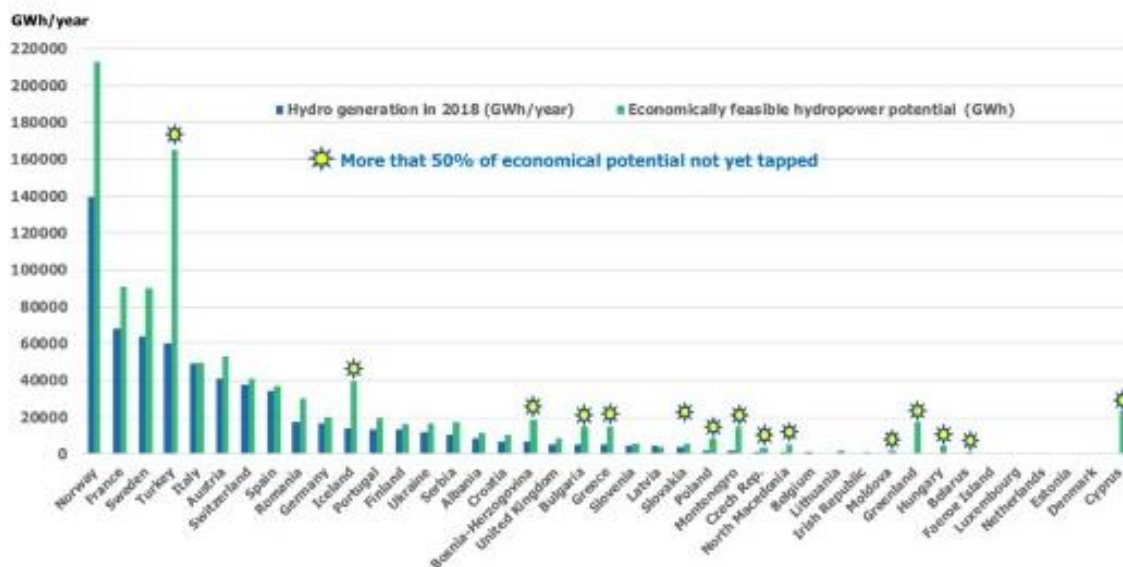
συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι κοντά στα 230 TWh όπως απεικονίζεται και στο γράφημα 15.



Γράφημα 35. Η ετήσια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και η εγκατεστημένη ισχύς της Ευρώπης.

Πηγή: <https://hydropower-europe.eu/about-hydropower-europe/hydropower-energy/>

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ετήσια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται από την υδρολογική κατάσταση που επικρατεί κάθε χρόνο. Στο γράφημα 16 αποτυπώνεται η κατάσταση της χρήσης υδροηλεκτρικής ενέργειας και του ανεκμετάλλετου δυναμικού στις διάφορες χώρες της Ευρώπης. Παρατηρείται ότι σε πολλές χώρες εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης. Οι χώρες που επισημαίνονται στο γράφημα 16 έχουν αναπτύξει λιγότερο από το 50% του οικονομικού εφικτού δυναμικού, εάν το ζητήσουν οι συνθήκες της αγοράς. Ανάμεσα σε αυτές τις χώρες συγκαταλέγονται και η Ελλάδα με την Κύπρο.



Γράφημα 36. Το εφικτό υδροηλεκτρικό δυναμικό των χωρών της Ευρώπης

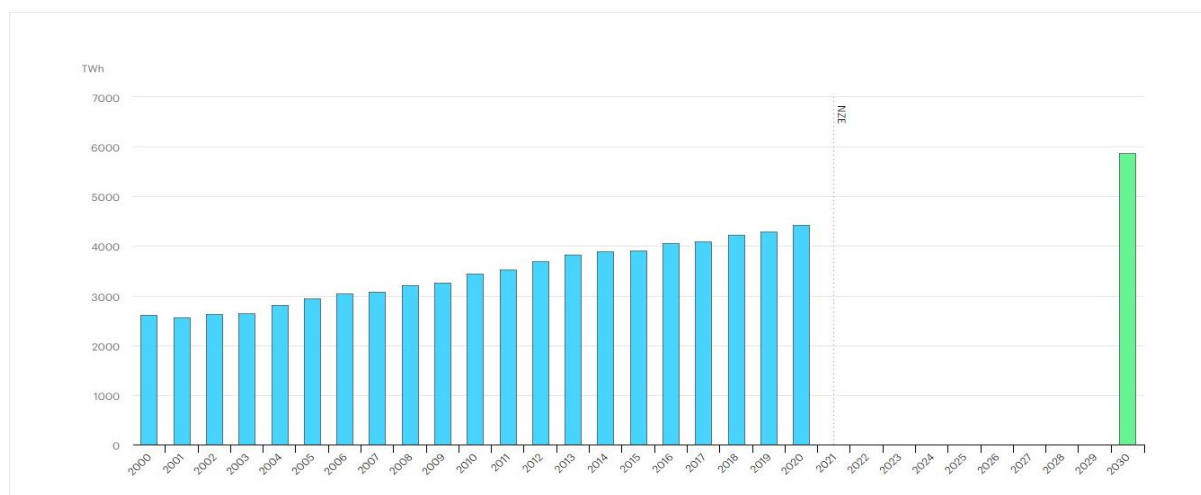
Πηγή: <https://hydropower-europe.eu/about-hydropower-europe/hydropower-energy/>

4.7 Οι προοπτικές της Υδροηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το 2020 οι παγκόσμιες καθαρές προσθήκες της υδροηλεκτρικής ενέργειας ανήλθαν στις 21GW αυξημένες κατά 40% σε σχέση με το 2019. Αντιστρέφοντας έτσι, μια πενταετή τάση μείωσης της ανάπτυξης που είχε προηγηθεί. Περίπου το 60% της νέας δυναμικότητας οφείλετε σε αρκετά έργα μεγάλης κλίμακας στην Κίνα, που ηγείται στην παγκόσμια ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας από το 1996. Η υψηλή ανάπτυξη στη Κίνα αντιστάθμισε την απότομη μείωση της παραγωγικής ικανότητας στη Βραζιλία η οποία αύξησε την υδροηλεκτρική της ικανότητα μόνο κατά 0,2 GW το 2020 σε σύγκριση με το μέσο όρο των 4,6 GW την περίοδο μεταξύ 2016-2019. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παραμένει η μεγαλύτερη τεχνολογία ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ανά δυναμικότητα και παραγωγή, οι τρέχουσες τάσεις αύξησης της παραγωγικής ικανότητας δεν επαρκούν για την επίτευξη του σεναρίου για καθαρές μηδενικές εκπομπές έως το 2050.

Φτάνοντας στις 5.870 TWh παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το σενάριο που προβλέπεται για το 2030 θα απαιτήσει μέση ετήσια αύξηση παραγωγής 3% μεταξύ 2020 με 2030, ή κατά μέσο όρο 48 GW νέας δυναμικότητας που θα συνδέεται στο δίκτυο ετησίως έως το 2030. Οι προσθήκες δυναμικότητας

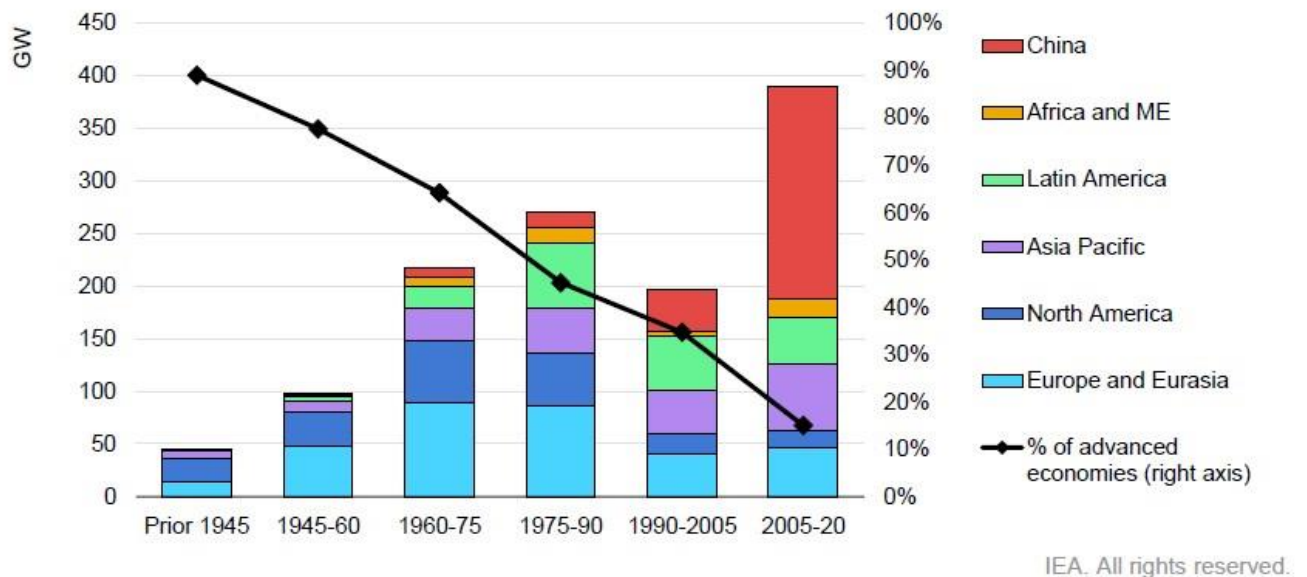
αναμένεται να επιταχυνθούν τα επόμενα χρόνια λόγω των πολλών μεγάλων έργων υπό κατασκευής στην Κίνα, την Ινδία, την Αιθιοπία και τη Νοτιοανατολική Ασία, η επίτευξη της απαιτούμενης ανάπτυξης θα χρειαστεί πολύ περισσότερες προσπάθειες που αφορούν τον εξ ορθολογισμό της Αδειοδότησης και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των έργων.



Γράφημα 37. Η παραγομένη υδροηλεκτρική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030

Πηγή: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydropower>

Τον Ιούνιο του 2021 ο ΔΟΕ δημοσίευσε την Ειδική Έκθεση Αγοράς Υδροηλεκτρικής Ενέργειας, την πρώτη έκθεση για την αγορά, αφιερωμένη στην υδροηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, που απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα 38, η παραγόμενη Υδροηλεκτρική ενέργεια σε διάφορες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο από το 1945 μέχρι και το 2020, παρατηρείται πτώση στις περισσότερες χώρες αλλά και αύξηση στις χώρες της Ασίας. Επίσης αισθητή είναι η αλματώδη αύξηση στην Κίνα από το 2005 και μετά.



Γράφημα 38. Η παραγόμενη Υδροηλεκτρική ενέργεια σε διάφορες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πηγή:Hydropower Special Market report

Η έκθεση περιγράφει το οικονομικό και πολιτικό περιβάλλον για την ανάπτυξη της Υδροηλεκτρικής ενέργειας, αντιμετωπίζει προκλήσεις και κάνει συστάσεις για την επιτάχυνση της ανάπτυξης αλλά και για τη διατήρηση των υφιστάμενων υποδομών. Επιπλέον παρουσιάζει δεκαετείς προβλέψεις δυναμικότητας και παραγωγής για έργα αποθήκευσης ταμιευτήρων, ποταμών και αντλήσεων σε όλο τον κόσμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Γεωθερμική ενέργεια ή γεωθερμία ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από τη Γη. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, που παράγεται από την εκμετάλλευση του υπόγειου γεωθερμικού δυναμικού. Έχει ελάχιστο ως μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να παραχθεί θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Προέρχεται από το συνδυασμό δυο φυσικών φαινομένων, το πρώτο

αφορά την αργή ψύξη των τετμημένων μετάλλων του εξωτερικού πυρήνα της Γης, ενώ το δεύτερο αφορά στη θερμότητα που παράγεται από τη φυσική ραδιενέργεια των υλικών σε βάθος έως και 30Km από την επιφάνεια της Γης.

Η γεωθερμική ενέργεια απελευθερώνεται από το εσωτερικό της Γης με τη μορφή θερμαινόμενων υγρών ή πετρωμάτων και φτάνει στην επιφάνεια είτε με τη μορφή φυσικών πηγών είτε αντλείται από πηγάδια. Όταν υπάρχουν ευνοϊκά γεωλογικά χαρακτηριστικά, που επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει βαθύτερα στον φλοιό της Γης και να θερμανθεί ή ηφαιστειασμός που απελευθερώνει θερμότητα από βράχους πιο κοντά στην επιφάνεια του φλοιού. Η Ελλάδα διαθέτει και τους δύο τύπους χαρακτηριστικών που διανέμονται κατά μήκος της Ηπειρωτικής και της Βόρειας Ελλάδας (Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία, Θράκη) καθώς και σε αρκετά νησιά του ηφαιστειογενούς τόξου. Στον παρακάτω χάρτη (ως Εικόνα 17) απεικονίζονται οι τοποθεσίες της Ελλάδας με ανιχνευμένες γεωθερμικές δυνατότητες.



Εικόνα 16. Τοποθεσίες της Ελλάδας με ανιχνευμένες Γεωθερμικές δυνατότητες.

Πηγή: <https://www.oryktosploutos.net>

5.1 Η προέλευση της Θερμότητας.

Η θερμότητα που εκλύεται στο εσωτερικό της Γης προέρχεται από το θερμό πυρήνα της και από τη φυσική ραδιενεργό μετάλλαξη των υλικών του εδάφους. Η ροή θερμότητας από το εσωτερικό της Γης προς το εξωτερικό έχει μέση τιμή περίπου 87mW/m^2 . Η επιφάνεια της Γης έχει εμβαδόν $5,1 \times 10^8 \text{ Km}^2$ άρα η συνολική θερμότητα που φτάνει στην επιφάνεια της Γης είναι περισσότερο από $4.4 \times 10^{12} \text{ W}$. Το ποσό αυτό είναι υπερδιπλάσιο από την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.

Με τη μελέτη της εσωτερικής δομής της Γης μπορεί να γίνει κατανοητή η προέλευση της. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη σε κάθε σημείο του πλανήτη αλλά η μικροδομή, το είδος των πετρωμάτων, η κατανομή των λιθοσφαιρικών πλακών, κτλ, είναι αυτή που ευνοεί ορισμένες περιοχές να είναι πιο ευνοϊκές για εκμετάλλευση από άλλες. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί επιτρέπουν σε διάφορες θερμές μάζες (υγρές ή αέριες) να ανέρχονται και να δημιουργούν έτσι γεωθερμικές αποθήκες θερμότητας και γεωθερμικά πεδία, τα οποία μπορούν με τη χρήση των κατάλληλων τεχνολογιών να συμβάλουν στην παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας. Το εσωτερικό της Γης αποτελείται από 3 βασικά διακριτά στρώματα:

- α. Το εξωτερικό στρώμα της Γης, ο Φλοιός που έχει πάχος που κυμαίνεται από 5 έως 70 Km (με μέσο πάχος 30 Km) όπου τα λεπτότερα στρώματα εμφανίζονται κάτω από τους ωκεανούς. Τα κύρια στοιχεία είναι το πυρίτιο, το νάτριο και διάφορα μέταλλα.
- β. Το μεσαίο στρώμα στη δομή της Γης, ο Μανδύας εκτείνεται σε βάθος 2890 Km. Αποτελείται κυρίως από σίδηρο και μαγνήσιο. Το άνω μέρος του μανδύα είναι ημιτηγμένο (μάγμα) ενώ το κάτω λειτουργεί ως εύπλαστο στερεό.
- γ. Στο εσωτερικό της Γης βρίσκεται ο πυρήνας που αποτελείται από τον έσω και τον έξω πυρήνα. Ο έξω πυρήνας αποτελείται από τετηγμένο σίδηρο και νικέλιο και φτάνει σε βάθος έως και τα 5.100 Km. Ο έσω πυρήνας αποτελείται από στερεό κράμα σιδήρου και νικελίου και φτάνει ως το κέντρο της Γης, σε βάθος 6.380 Km.

Η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης συναρτῆσει του βάθους σε κανονικές συνθήκες είναι περίπου σταθερή και ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα. Η φυσιολογική τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας στα πρώτα χιλιόμετρα της λιθόσφαιρας κυμαίνεται από 20° έως $50^{\circ}\text{C}/\text{Km}$, ενώ η μέση τιμή της θεωρείται $33^{\circ}\text{C}/\text{Km}$.

5.2 Γεωθερμικό πεδίο

Το γεωθερμικό πεδίο ή μια γεωθερμική πηγή αποτελείται από την πηγή θερμότητας και ένα γεωλογικό σχηματισμό. Η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι μια τοπική γεωλογική θερμική ροή ή μια μαγματική πηγή πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Ο γεωλογικός σχηματισμός μπορεί να είναι πορώδης, συμπαγής ή τεμαχισμένος. Ανάλογα με τους σχηματισμούς που προκύπτουν, που ονομάζονται γεωθερμικοί ταμειυτήρες κυκλοφορούν ρευστά όπως θερμό νερό ή αέριο. Τα γεωθερμικά πεδία εμφανίζονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης και ανάλογα την εκμετάλλευσή τους κατηγοριοποιούνται σε:

- α) α. Υδροθερμικά πεδία που είναι τα πιο εκμεταλλεύσιμα γεωθερμικά πεδία, με θερμά ρευστά αποτελούμενα συνήθως από νερό με άλατα και οξέα, τα οποία θερμαίνονται και ανεβαίνουν στην επιφάνεια με φυσικό ή τεχνικό τρόπο.
- β) Αβαθής γεωθερμία, όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί βρίσκονται σε βάθος μικρότερο από τα 150m και η θερμοκρασία τους δεν ξεπερνά τους 25°C . Η θερμότητα προέρχεται από το θερμό εσωτερικό της Γης αλλά κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία ή οποία αποθηκεύεται στο έδαφος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αντλίες νερού.
- γ) Προχωρημένα γεωθερμικά πεδία εμφανίζονται σε βάθος 2Km έως 10Km όπου η θερμοκρασία των πετρωμάτων είναι υψηλή, έτσι ώστε να μπορεί να ανακτηθεί θερμική ενέργεια. Στέλνοντας νερό από την επιφάνεια μέσα στη Γη μέσω γεωτρήσεων, θερμαίνεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

- δ) Γεωπεπιεσμένα πεδία όπου υπάρχουν σε αυτά μεγάλες εγκλωβισμένες ποσότητες θερμών μιγμάτων υπό μεγάλη πίεση μέσα σε μη περατά πετρώματα ενώ η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική.
- ε) Μαγματικά πεδία , όπου σε αυτά μπορούν να γίνουν ειδικές γεωτρήσεις και να ληφθεί θερμότητα από μαγματικούς σχηματισμούς που έχουν ανέλθει σε σχετικά χαμηλό βάθος.



Εικόνα 17. Γεωθερμικός Σχηματισμός

Πηγή: <https://www.oryktosploutos.net>

5.3 Η Ενθαλπία

Η ενθαλπία είναι το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας ενός σώματος και του γινομένου της εσωτερικής πίεσης επί του όγκου που καταλαμβάνει. Η ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών είναι η βασικότερη παράμετρο κατηγοριοποίησης της έντασης ενός δυναμικού και κατ'επέκταση με τις διαθέσιμες τεχνολογίες εκμετάλλευσης. Επειδή η ενθαλπία είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας , χρησιμοποιείται η θερμοκρασία ως μέτρο της κατηγοριοποίησης της έντασης ενός

γεωθερμικού δυναμικού. Έτσι ανάλογα με τη θερμοκρασία τα γεωθερμικά πεδία διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Υψηλής ενθαλπίας $T > 160^{\circ}\text{C}$
- Μέσης ενθαλπίας $160^{\circ}\text{C} > T > 90^{\circ}\text{C}$
- Χαμηλής ενθαλπίας $90^{\circ}\text{C} > T > 30^{\circ}\text{C}$
- Πολύ χαμηλής ενθαλπίας $T < 30^{\circ}\text{C}$

Τα πεδία υψηλής και μέσης ενθαλπίας είναι κατάλληλα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ τα πεδία χαμηλής ενθαλπίας για άμεση μεταφορά θερμότητας για ξήρανση αγροτικών προϊόντων, για βιομηχανικές εφαρμογές και για τηλεθέρμανση και τέλος τα πολύ χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται σε αντλίες θερμότητας για ψύξη και θέρμανση χώρων.

5.4 Η Γεωθερμία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η γεωθερμία πλεονεκτεί έναντι των άλλων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο γεγονός ότι είναι διαθέσιμη όλες τις ώρες και μέρες του χρόνου και δεν μεταβάλλεται από τις καιρικές συνθήκες. Η χρήση της γεωθερμίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται με συμβατικούς ατμοστρόβιλους είτε με μονάδες δυαδικού κύκλου. Το γεγονός ότι η παροχή ενέργειας δεν μεταβάλλεται με αποτέλεσμα τη συνεχή λειτουργία, με συντελεστή εκμετάλλευσης που ξεπερνά το 90%.

Ο υγρός ατμός που εξέρχεται από τη γεωθερμική πηγή διαχωρίζεται και εισέρχεται στο συμβατικό ατμοστρόβιλο με θερμοκρασία τουλάχιστον 150°C και μετά απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Οι μονάδες κατασκευής με συμβατικούς ατμοστρόβιλους αποτελούν μια οικονομική κατασκευή, όμως δεν είναι πολύ αποδοτικές λόγω της χαμηλής πίεσης λειτουργίας. Υπάρχουν και οι μονάδες με συμπυκνωτή όπου ο ατμός μετά τον στρόβιλο οδηγείται σε συμπυκνωτή με πύργο ψύξης που τις κάνει πιο αποδοτικές αλλά αυξάνουν και το κόστος κατασκευής, αφού διαθέτουν πιο σύνθετες διατάξεις και επιπλέον μηχανισμούς. Επίσης για την εκμετάλλευση γεωθερμικών πηγών μέσης ενθαλπίας χρησιμοποιείται ένα κλειστό κύκλωμα όπου το γεωθερμικό ρευστό εισέρχεται σε έναν εναλλάκτη και ατμοποιεί

ένα οργανικό ρευστό με χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης σε σχέση με το νερό.

5.5 Ανασκόπηση

Η γεωθερμία και η χρήση των θερμών νερών είναι γνωστή από την αρχαιότητα, όπου πίστευαν ότι έχουν θεραπευτικές και υπερφυσικές ιδιότητες, γι' αυτό πολλοί Ιεροί χώροι ήταν κοντά σε θερμές πηγές. Οι Ανιγρίδες Νύμφες ζούσαν στη σπηλιά των σημερινών θερμών λουτρών Καϊιάφα, ενώ ο ναός της Αρτέμιδος στη Λέσβο είναι κτισμένος πάνω στο χώρο όπου αναβλύζουν θερμές πηγές.

Η χρήση θερμών νερών ήταν γνωστή στους ανατολικούς λαούς, όπως την Κίνα και την Ιαπωνία ενώ οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα θερμά νερά και για τη θέρμανση χώρων. Ο Γαληνός παρήγαγε φρούτα εκτός εποχής κάνοντας χρήση κάποιου γεωθερμικού θερμοκηπίου της εποχής.

Το 1904 Πραγματοποιήθηκε η πρώτη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Larderello (Ιταλία) από τον Κόμη Ginori ενώ το 1940 η ισχύς των γεωθερμικών μονάδων έφτασε τα 130 MW ,πριν καταστραφούν κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Το 1930 γίνεται χρήση της γεωθερμίας για την θέρμανση χώρων στην Ισλανδία.

Στην Ελλάδα η γεωθερμική έρευνα ξεκίνησε το 1970 σε Μήλο ,Νίσυρο , Σουσάκι κ.α. από το ΙΓΜΕ ενώ την ίδια χρονιά κατασκευάζονται και τα πρώτα θερμοκήπια κάνοντας χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Το 1986 έως το 1989 έχουμε τη πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο.

5.6 Οι προοπτικές της γεωθερμίας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει αξιόλογα γεωθερμικά πεδία με υψηλή ενθαλπία άνω των 150⁰ C στη Μήλο και 350⁰ C στη Νίσυρο ενώ υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες εκμετάλλευσης μέσης ενθαλπίας , 90⁰ C με 150⁰ C σε λεκάνες της βόρειας Ελλάδας και σε πολλά μεγάλα νησιά του κεντρικού και βόρειου Αιγαίου. Όλα αυτά τα πεδία μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με χαμηλή ενθαλπία υπάρχει μεγάλο δυναμικό στη βόρεια και κεντρική Ελλάδα και σε νησιά του Αιγαίου, ενώ η αβαθής γεωθερμία υπάρχει σε πολλά μέρη της Ελλάδας με πολλές δυνατότητες εκμετάλλευσης, κυρίως για θέρμανση ή ψύξη.

Σήμερα ελάχιστα βήματα έχουν γίνει για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη χώρα μας, σε ποσοστό μικρότερο του 1% του βεβαιωμένου γεωθερμικού διαθέσιμου δυναμικού της. Αρχές του 2022 δεν έχουμε καμία μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, μετά το 1989 όπου έγινε έκρηξη στη μονάδα παραγωγής στη Μήλο.

Τα γεωθερμικά πεδία τα οποία αξιοποιούνται είναι αυτά της χαμηλής ενθαλπίας (από 25⁰ C μέχρι 80⁰ C) που βρίσκονται σχεδόν σε όλη τη χώρα και συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας από συμβατικές πηγές και έμμεση μείωση των εκπομπών CO₂. Οι γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ 70 MWth και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (~45%), θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών γεωργικών καλλιεργειών (~55%). Ενώ η εγκατεστημένη γεωθερμική ισχύς για θέρμανση χώρων φθάνει σε 1.2 MWth με την μεγαλύτερη εγκατάσταση στα Λουτρά Τραϊανούπολης του νομού Έβρου. Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10^η θέση των κρατών της Ευρώπης με εγκατεστημένη ισχύ 22.2 MWth. Ακόμα στην Ελλάδα καλλιεργούνται περίπου 229,7 στρέμματα με κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα τα οποία βρίσκονται κυρίως στη Λέσβο και στη Βορειοανατολική Ελλάδα.

Από νομοθετικής άποψης γίνεται μια προσπάθεια να καθοριστούν οι όροι και οι προϋποθέσεις εξερεύνησης και παραγωγής γεωθερμικού δυναμικού με το Ν.4602/2019 ο οποίος αναθέτει ενισχυμένο ρόλο στην Ελληνική Γεωλογική Έρευνα (Ελληνική Έρευνα Γεωλογίας και Εξερεύνησης Ορυκτών ΕΑΓΜΕ). Επίσης τα γεωθερμικά πεδία χαρακτηρίζονται ως τοπικού ενδιαφέροντος με θερμοκρασία 30⁰ C < T < 90⁰ C και εθνικού ενδιαφέροντος με θερμοκρασία T > 90⁰ C τα οποία και εναπόκεινται στο υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Ενώ τα τοπικού ενδιαφέροντος διαχειρίζονται από τις 7 Αποκεντρωμένες Διοικήσεις του Κράτους.

Επίσης με τη δημοσίευση του νέου κανονισμού Γεωθερμικών Έργων στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (τόμος Β, τεύχος 1960 14.05.2021) παρέχει έναν οδηγό για μια ασφαλή και βιώσιμη εξερεύνηση και παραγωγή. Δίνονται τα δικαιώματα

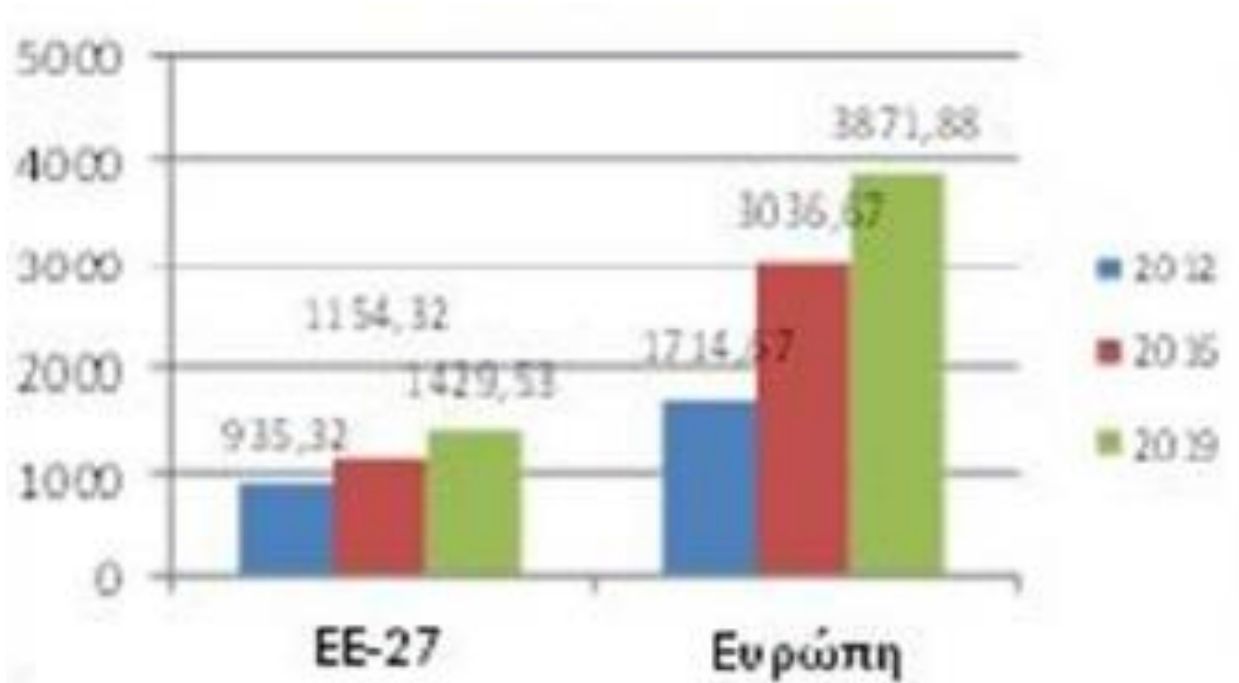
εξερεύνησης σε 4 από τα πιο σημαντικά γεωθερμικά πεδία υψηλής θερμοκρασίας της Μήλου και της Κίμωλου, της Νισύρου, της Λέσβου και της χερσονήσου των Μεθάνων μισθώνονται στη Δημόσια Επιχείρηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Α.Ε. Ωστόσο περισσότερες υποψήφιες περιοχές με πιθανότητες υψηλής θερμοκρασίας όπως οι λεκάνες δέλτα του ποταμού Έβρου, το δέλτα του ποταμού Νέστου, ο ποταμός Σπερχειός, η περιοχή του Ακροποτάμου κοντά στη Καβάλα, τα νησιά Χίο, Ικαρία, η Σαμοθράκη και η ηφαίστεια στο Σουζάκι κοντά στην Κόρινθο είναι ακόμα αναξιοποίητες.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες ανακοίνωσε στις αρχές του 2022 ότι βρίσκεται υπό κατασκευή γεωθερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Λέσβο συνολικής ισχύς 8 MW.

5.7 Οι προοπτικές της γεωθερμίας στην Ευρώπη

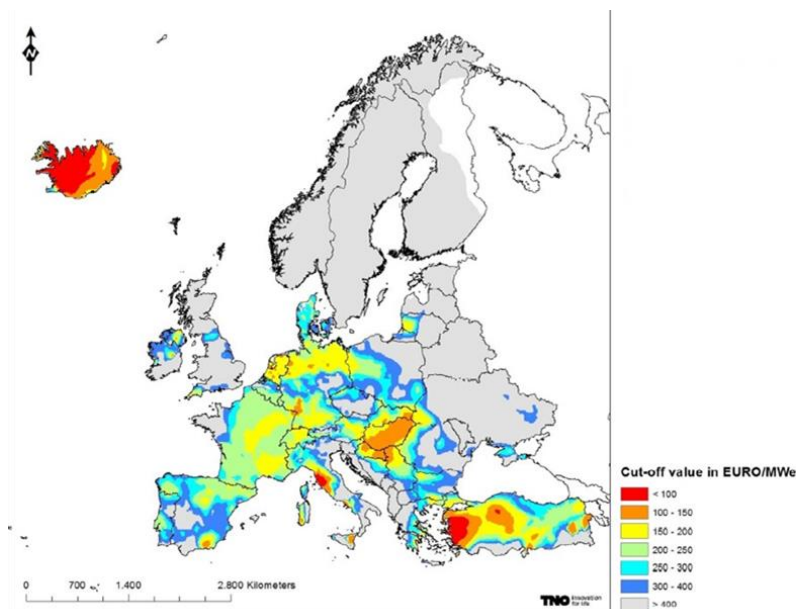
Σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Γεωθερμικής Ενέργειας (ΕΟΕΕ) του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Γεωθερμίας για το 2019 αναφέρει ότι, ο αριθμός των λειτουργικών γεωθερμικών σταθμών παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη θα μπορούσε να διπλασιαστεί τα επόμενα πέντε με οκτώ χρόνια. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στα υπό κατασκευή έργα και σε άλλα που είναι στη φάση του σχεδιασμού στο τέλος του 2019. Υπάρχουν 130 λειτουργικές εγκαταστάσεις, 36 που είναι υπό κατασκευή και 124 έργα που είναι στη φάση του σχεδιασμού με συνολική δυναμικότητα 3,3 GWe σε ολόκληρη την Ευρώπη. Το 2019 ολοκληρώθηκαν πολλά νέα προγραμματισμένα έργα για γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε σύγκριση με το 2018. Στα τέλη του 2018 εγκαταστάθηκαν 5,5GWe σε 25 χώρες. Ενώ το 2019 ο αριθμός των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας που εγκαταστάθηκαν σε ολόκληρη την Ευρώπη ανήλθε στα 2 εκατομμύρια.

Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη το 2019 άγγιξε τα 4 GWe όπως απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα¹⁹.



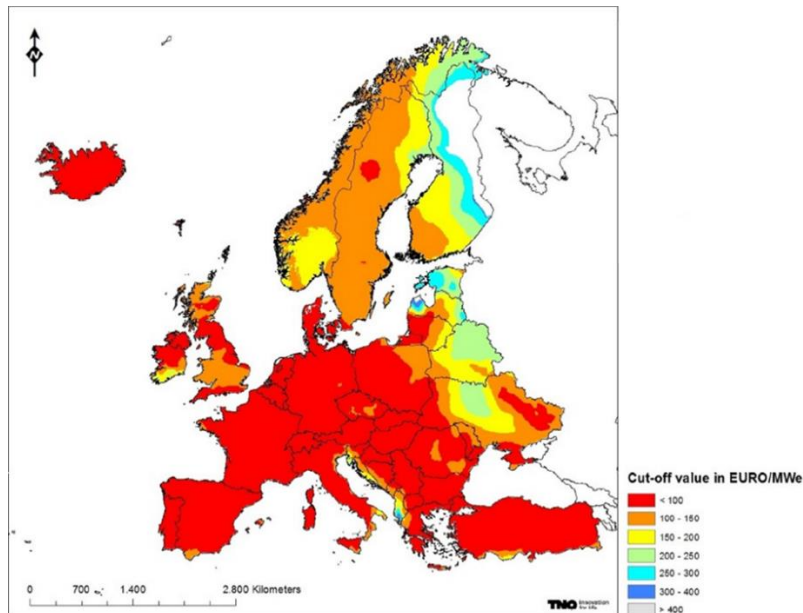
Γράφημα 39. Εγκατεστημένη ηλεκτρικής ισχύς από γεωθερμία (Mwe)
Πηγή: <https://www.geoelec.eu>

Ενώ το οικονομικό δυναμικό για τη γεωθερμική ενέργεια για το 2030 εκτιμάται ότι θα ανέλθει στις 174 TWh για το σύνολο του δυναμικού της Ευρώπης και αντίστοιχα θα ξεπεράσει τις 4.000 TWh το 2050 όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες 19 και 20.



Εικόνα 18. Το οικονομικό αποτύπωμα γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2030

Πηγή: <https://www.geoelec.eu>



Εικόνα 19. Το οικονομικό αποτύπωμα γεωθερμικής ενέργειας στην Ευρώπη το 2050

Πηγή: <https://www.geoelec.eu>

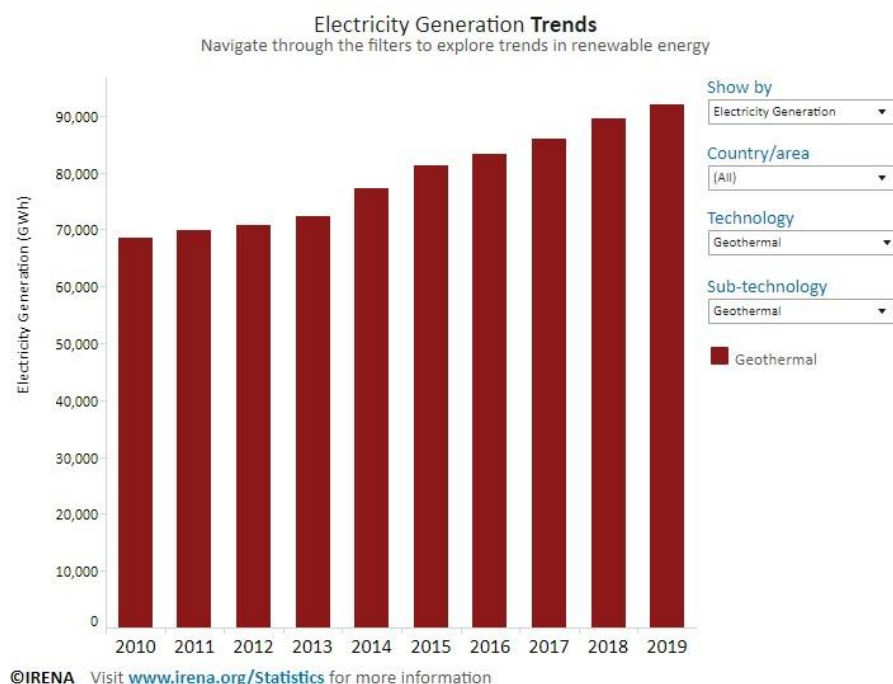
Η Ευρώπη έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει την γεωθερμική ενέργεια τα επόμενα χρόνια με πιο γρήγορους ρυθμούς, εάν βοηθηθεί από πολιτικές και συνθήκες αγοράς.

5.8 Οι προοπτικές της γεωθερμίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παραγωγή της γεωθερμικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο αυξήθηκε κατά 2% το 2020 παρουσιάζοντας όμως, μείωση σε σχέση με την ανάπτυξη των προηγούμενων πέντε χρόνων κατά το ήμισυ. Οι γεωθερμικές προσθήκες δυναμικότητας ήταν κατά μέσο όρο 500MW ετησίως τα τελευταία χρόνια. Η δυναμικότητα αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ανάπτυξη που παρουσιάσανε η Τουρκία, η Ινδονησία και η Κένυα. Οι χώρες αυτές αναμένεται να συνεχίσουν να ηγούνται στην παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας, καθώς έχουν άφθονη και ανεκμετάλλευτη διαθεσιμότητα πόρων. Ωστόσο η γεωθερμική τεχνολογία εξακολουθεί να μην μπορεί να επιτύχει την αυξημένη παραγωγή 13% ετησίως για

την περίοδο 2021-2030 που αντιστοιχούν σε 3,6 GW των μέσω ετήσιων προσθηκών δυναμικότητας, που απαιτείται για την επίτευξη του στόχου για μηδενικούς ρίπους το 2050.

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας (IRENA) το 2010 η παγκόσμια παραγωγή ενέργειας κάνοντας χρήση της γεωθερμίας ανερχόταν μόλις στα 9.992 MW για να ανέλθει στα 13.862 MW το 2019. Ενώ από το 2019 στο 2020 βλέπουμε μια πολύ μικρή αύξηση της τάξης μόλις των 151 MW αγγίζοντας συνολικά τα 14.013 MW, όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα 40.

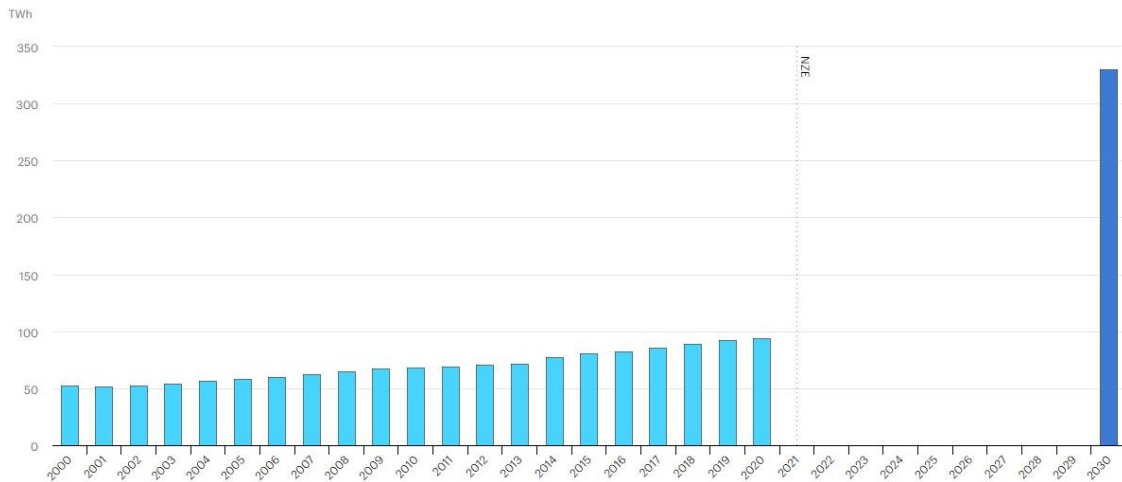


Γράφημα 40. Ετήσια καταγραφή της παραγόμενης γεωθερμικής ενέργειας.

Πηγή: <https://www.irena.org/geothermal>

Το σενάριο για την παραγόμενη γεωθερμική ενέργεια για το 2030 σε παγκόσμιο επίπεδο καταγράφεται στο παρακάτω γράφημα 21 σύμφωνα με το Διεθνή Ενεργειακό Οργανισμό (iea) που υπολογίζει ότι θα ανέλθει στους 330 TWh.

Geothermal power generation in the Net Zero Scenario, 2000-2030



Γράφημα 41. Η παραγομένη γεωθερμική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030

Πηγή: <https://www.iea.org/reports/geothermal-power>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Βιοενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση της ύλης, δηλαδή το βιοκαύσιμο που προκύπτει από την βιοαποικοδόμησιμη οργανική ουσία που ονομάζεται βιομάζα. Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμο με μηχανικές, θερμικές, χημικές ή βιοχημικές μεθόδους. Ανάλογα τη χημική σύσταση, τη κυτταρική δομή και το είδος της επεξεργασίας παράγεται και διαφορετική μορφή βιοκαυσίμου. Η βιομάζα είναι βιολογικό υλικό που προέρχεται από ζώντες οργανισμούς και μπορεί να είναι φυτικό προϊόν, απόβλητο ζωικό ή αστικής φύσης.

Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιοενέργειας είναι πολλές και διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο παράγεται το καύσιμο σε θερμικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Στις θερμικές διεργασίες με τη καύση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας μέσω ατμοστρόβιλου ή οργανικού κύκλου Rankine που είναι και η τεχνολογία με τις περισσότερες εφαρμογές για την παραγωγή βιοενέργειας παγκοσμίως. Οι χημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμου, με τη μετεστεροποίηση να αποτελεί τη πιο συνηθισμένη μέθοδο για την παραγωγή βιοντίζελ. Για την παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιούνται τα

τριγλυκερίδια των ελαίων και λιπών τα οποία μετατρέπονται σε αλκυλεστέρες, τις ενώσεις που αποτελούν το βιοντίζελ. Τέλος οι βιολογικές διεργασίες είναι δυο, η ζύμωση λιγνοκυτταρινούχων και σακχαρούχων υλικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης, (που χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο της βενζίνης) και η αναερόβια χώνευση οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας για την παραγωγή ενέργειας με υψηλές αποδόσεις.

6.1 Υλικά βιομάζας

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι:

- Τα αγροτικά προϊόντα που καλλιεργούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμου, όπως τα ζαχαροκάλαμα, τα ζαχαρότευτλα, το καλαμπόκι, το σιτάρι και η σόγια.
- Τα υπολείμματα από αγροτικά προϊόντα, όπως μίσχος, φύλλα, κοτσάνια, άχυρα, φλούδες κουκούτσια κτλ.
- Πώδη ενεργειακά φυτά που συλλέγονται σε ετήσια βάση.
- Καλλιέργειες ενεργειακής ξυλείας όπως λεύκες, ιτιές σφένδαμοι κτλ.
- Δασικά υπολείμματα που προκύπτουν από διεργασίες υλοτομίας.
- Υδατικές καλλιέργειες όπως είδη φυκιών και άλγη.
- Βιομηχανικές καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων βιομηχανικής χρήσης όπως το κενάφ.
- Ζωικά απόβλητα από τις κτηνοτροφικές μονάδες και από βιομηχανίες επεξεργασίας ζωικών προϊόντων.
- Αστικά απόβλητα υγρά και στερεά
- Φυτικά έλαια από τους καρπούς των φυτών

6.2 Βιοκαύσιμα

Τα Βιοκαύσιμα ανάλογα την επεξεργασία τους διακρίνονται σε στερεά υγρά και αέρια.

- α) **Τα στερεά βιοκαύσιμα**, οι πιο συνηθισμένες μορφές στερεών βιοκαυσίμων είναι το ξύλο, που δίνει τα καυσόξυλα, τα ξυλοκάρβουνα και οι παλλέτες, το ελαιοπυρηνόξυλο, το κουκούτσι του ροδάκινου, ο φλοιός του ρυζιού και άλλα προϊόντα που προκύπτουν από τις αγροτικές επεξεργασίες.
- β) **Τα υγρά βιοκαύσιμα**, προέρχονται από μεθόδους ζύμωσης φυτών ενεργειακής καλλιέργειας. Τα κυριότερα υγρά βιοκαύσιμα είναι η Βίο-αιθανόλη και η Βίο-μεθανόλη που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο σε βενζινοκινητήρες και το Βίο-ντίζελ από την επεξεργασία φυτικών ελαίων που χρησιμοποιείται για καύση σε πετρελαιοκινητήρες.
- γ) **Τα αέρια βιοκαύσιμα**, όπως το Βιοαέριο που είναι μείγμα μεθανίου και διοξείδιο του άνθρακα, το Πτωχό αέριο ένα εύφλεκτο μείγμα ανόργανων ενώσεων (μεθανίου, αζώτου, διοξείδιο του άνθρακα) και το Αέριο σύνθεσης (syngas) που είναι μείγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου, που χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο προϊόν για την παρασκευή άλλων υγρών και αέριων βιοκαυσίμων.

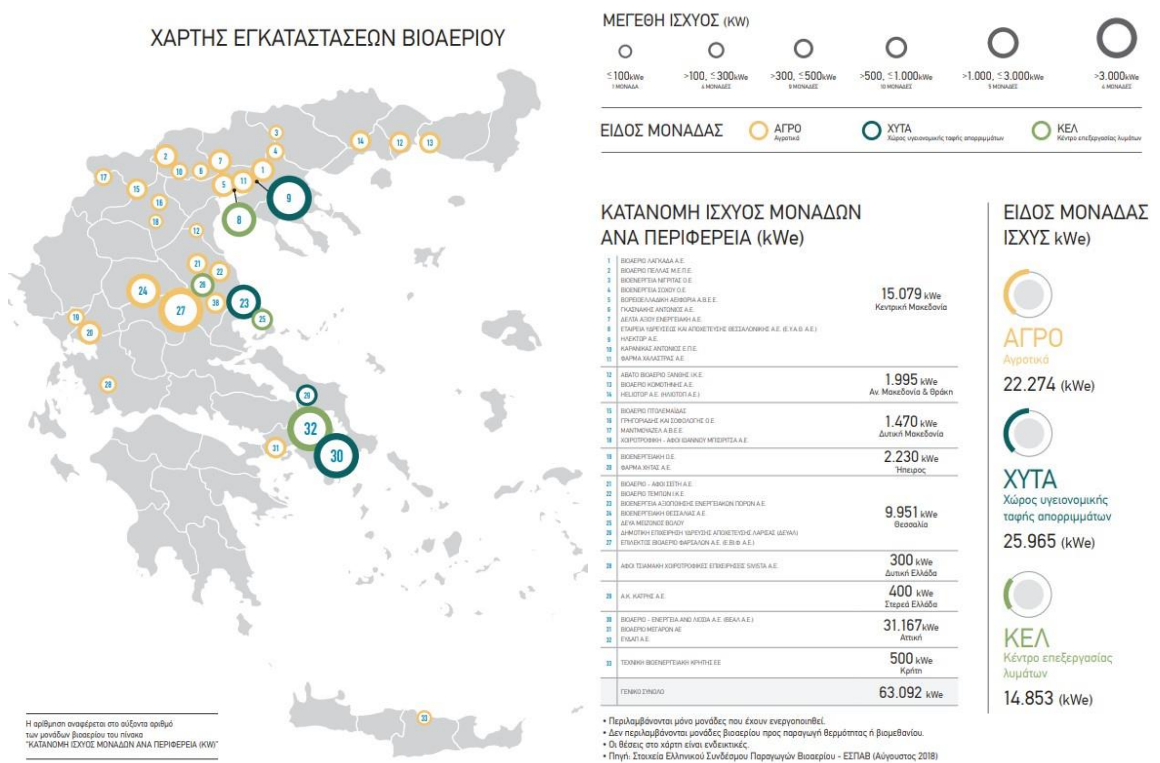
6.3 Ανασκόπηση

Η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς εντοπίζεται από την παλαιολιθική εποχή από τους προγόνους του σημερινού ανθρώπου οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το ξύλο ως καύσιμο για να ανάψουν φωτιά για να ζεσταθούν και για να μαγειρέψουν ακόμα και για να προφυλαχθούν από τα άγρια ζώα. Μεταγενέστερα η φωτιά αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για την κατασκευή

αγγείων από πηλό και διάφορων εργαλείων από το λιώσιμο των μετάλλων. Το ξύλο αποτέλεσε έως και τα τέλη 19^{ου} αιώνα όχι μόνο τη μοναδική πηγή βιοενέργειας αλλά και το κυριότερο καύσιμο συνολικά. Ο άνθρακας και στη συνέχεια τα υγρά και αέρια καύσιμα ανέλαβαν αυτό το ρόλο. Η αύξηση της χρήσης των υγρών και των αερίων καυσίμων και τα μεγάλα πλεονεκτήματά τους οδήγησε την έρευνα στην ανάπτυξη διεργασιών μετατροπής της στερεάς βιομάζας σε αέριο ή υγρό βιοκαύσιμο.

6.4 Η αξιοποίηση της βιοενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η παραγωγή βιοαερίου το 2018 σε 33 εγκαταστάσεις σε όλη τη χώρα σύμφωνα με τα στοιχεία της ένωσης του Ελληνικού Συνδέσμου Παραγωγών Βιοαερίου (ΕΣΠΑΒ), άγγιζε τα 63.092KWe από τα οποία τα 22.274 KWe προέρχονται από εγκαταστάσεις χρήσης αγροτικών προϊόντων, τα 25.965 KWe από ΧΥΤΑ (χώρους υγειονομικής ταφής) και τα 14.853KWe από ΚΕΛ(Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων), όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 20. Οι εγκαταστάσεις Βιοαερίου στην Ελλάδα

Πηγή: <http://bioenergynews.gr/library/>

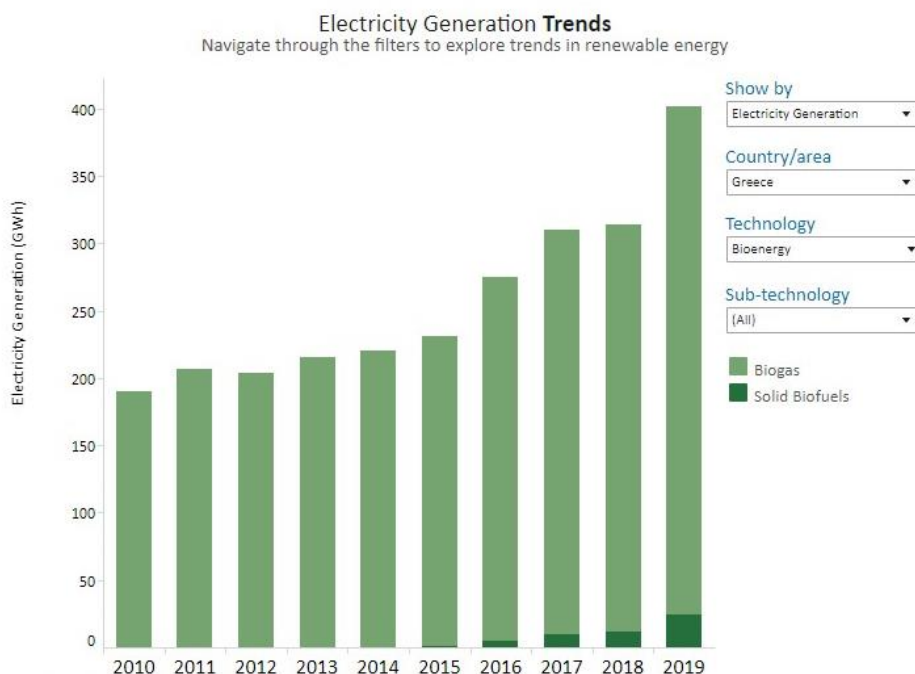
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας τα βιομηχανικά απόβλητα στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1992 με παραγόμενη ισχύ 1 GWh ενώ το 2020 έφτασε 230 GWh. Ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ξεκίνησε 7 χρόνια αργότερα με αρχική παραγόμενη ισχύ 1 GWh, παρουσίασε θεαματική άνοδο τα χρόνια που ακολούθησαν φτάνοντας το 2020 στις 310 GWh. Επίσης τα πρώτα βήματα για την εκμετάλλευση των στερεών καυσίμων ξεκίνησε το 2015 με ισχύ 1 GWh παρουσιάζοντας μικρή άνοδο, αξίζοντας τις 21 GWh το 2020. Το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας τη βιομάζα ως πηγή ενέργειας το 2020 έφτασε τις 561 GWh ,σύμφωνα με τα στοιχεία από το Διεθνή Ενεργειακό Οργανισμό, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Γράφημα 42. Η ετήσια συνεισφορά της βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Πηγή: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>

Αξιοποιώντας τα στοιχεία από το Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, από το 2010 μέχρι 2019 αξιοποιώντας το βιοαέριο και τα στερεά καύσιμα, παρατηρούμε την μεγάλη αύξηση από την παραγωγή βιοαερίου σε αντίθεση με την αξιοποίηση των στερεών καυσίμων όπου χρειάζεται να γίνουν περαιτέρω βήματα εκμετάλλευσης.



Γράφημα 43. Η ετήσια συνεισφορά του βιοαερίου και των στερεών καυσίμων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πηγή: <https://www.irena.org/bioenergy>

6.5 Η αξιοποίηση και οι προοπτικές της βιοενέργειας στην Ευρώπη

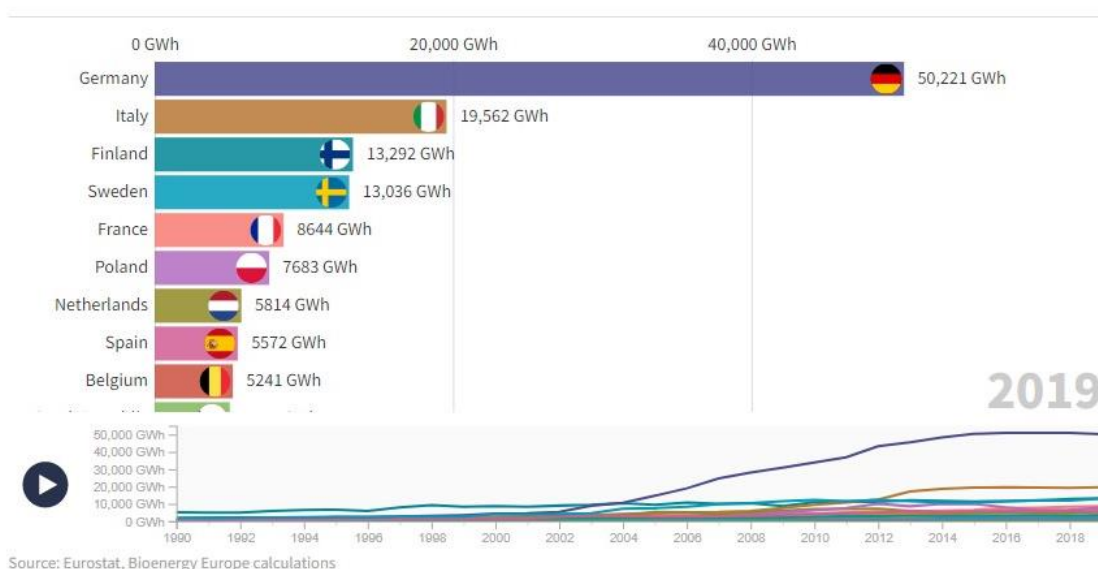
Η επίτευξη του στόχου για την μείωση των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2030 κατά 55% και των καθαρών εκπομπών μέχρι το 2050 απαιτεί την κινητοποίηση ολόκληρου του τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την περαιτέρω ανάπτυξη της βιοενέργειας. Οι μονάδες βιοενέργειας μπορούν να λειτουργήσουν για να αντισταθμίσουν τις διακυμάνσεις του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, εξισορροπώντας τη σταθερότητα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας από τις μεταβλητές μορφές ενέργειας και δίνουν τη δυνατότητα της περαιτέρω ανάπτυξής τους.

Η βιοενέργεια συμβάλει σημαντικά στους στόχους της ΕΕ αφού αποτελεί την τρίτη κύρια πηγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας μετά την υδροηλεκτρική και την αιολική ενέργεια, παράγοντας το 5,3 % της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ των 27 κρατών μελών από το 15,4 % της συνολικής παραγόμενης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2019 το 72% της ηλεκτρικής ενέργειας που

παράγεται από βιοενέργεια παρήχθη σε μονάδες συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ) που βελτιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση, την οικονομική αποδοτικότητα, εξασφαλίζοντας παράλληλα ένα πιο ευέλικτο και ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα.

Η εκμετάλλευση και αξιοποίηση της βιοενέργειας ποικίλλει μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ. Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί είναι η Γερμανία, η Ιταλία ενώ η Δανία και η Φιλανδία το 2019 παρείχαν το 20,2% και το 19,4% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση της βιοενέργειας. Το 2019 η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς στην ΕΕ ανήλθε 158,349 GWh όπως φαίνεται και από το παρακάτω γράφημα, το οποίο δείχνει τις χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή από το 1990 μέχρι και το 2019.

Total Bioelectricity consumption in EU-27 in 2019: 158,349 GWh



Γράφημα 44. Τα κράτη μέλη της ΕΕ με την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρική ισχύς από βιοενέργεια διαχρονικά

Πηγή: <https://bioenergyeurope.org/statistical-report.html>

6.6 Η αξιοποίηση και οι προοπτικές της βιοενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο

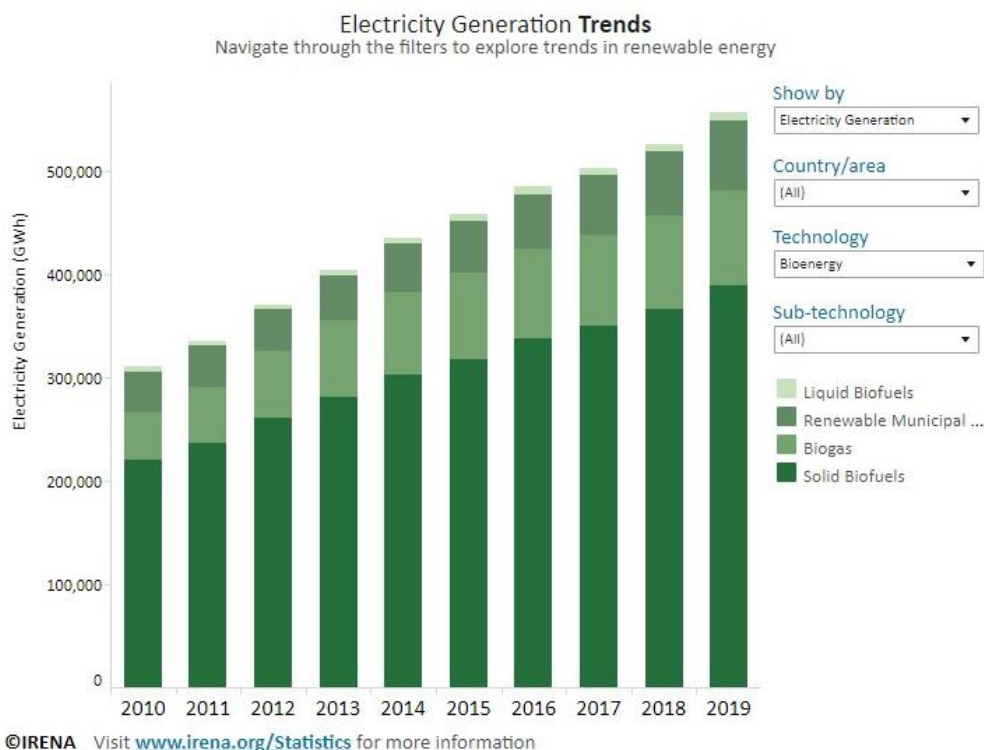
Τα τρία τέταρτα περίπου της παγκόσμιας χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας παράγονται από την βιοενέργεια, με περισσότερο από το ήμισυ αυτής να αποτελείται από τη βιομάζα. Η βιοενέργεια αντιπροσώπευε το 10% της συνολικής τελικής κατανάλωσης και το 1,9% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το 2015. Η βιομάζα έχει σημαντικές δυνατότητες να ενισχύσει τον ενεργειακό εφοδιασμό σε πολυπληθή έθνη με αυξανόμενη ζήτηση, όπως η Βραζιλία, η Ινδία και η Κίνα.

Η ζήτηση βιοκαυσίμων το 2020 σημείωσε μεγάλη πτώση εν μέσω της παγκόσμιας διαταραχής των μεταφορών λόγω της πανδημίας Covid-19, η οποία βρίσκεται σε πορεία υπέρβασης των επιπέδων του 2019 το 2021. Η ετήσια παγκόσμια ζήτηση των βιοκαυσίμων προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 28% έως το 2026 ενώ η παραγωγή βιοκαυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο θα αυξηθεί κατά 25% κατά την περίοδο 2019-24 φθάνοντας τα 190 δισεκατομμύρια λίτρα (L). Με τις Ηνωμένες Πολιτείες και η Βραζιλία να είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί βιοκαυσίμων.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοενέργεια αυξήθηκε κατά 53TWh (+8%) το 2020. Ενώ από το 2010 μέχρι το 2019 παρουσιάζει αυξητικές τάσεις φθάνοντας στις 557,854GWh παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος. Ωστόσο για την επίτευξη του στόχου για μείωση των ρύπων το 2030, πρέπει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοενέργεια να ξεπεράσει τις 1400TWh από το 2020 που ήταν μόλις 718 TWh. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός πρέπει να προστίθενται ετησίως κατά μέσο όρο 15GW από το 2020 έως το 2030 λαμβάνοντας υπόψιν ότι η αύξηση που επιτεύχθηκε από το 2019 στο 2020 ήταν 9 GW.

Οι αλλαγές στην πολιτική για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις κορυφαίες χώρες βιοενέργειας τα τελευταία χρόνια, έχουν καταστήσει δύσκολη την επιτάχυνση της ανάπτυξης της παραγωγικής ικανότητας και της παραγωγής. Η Κίνα, η Ιαπωνία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν μεταβεί από σταθερούς δασμούς και πιστοποιητικά ζωοτροφών σε ανταγωνιστικά πλαίσια

δημοπρασιών, με αποτέλεσμα η παραγωγή βιομάζας να είναι λιγότερο ανταγωνιστική από την αιολική και ηλιακή ενέργεια σε βάση κόστους ανά μονάδα ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πρόβλεψη για χαμηλότερη ανάπτυξη στις χώρες αυτές.

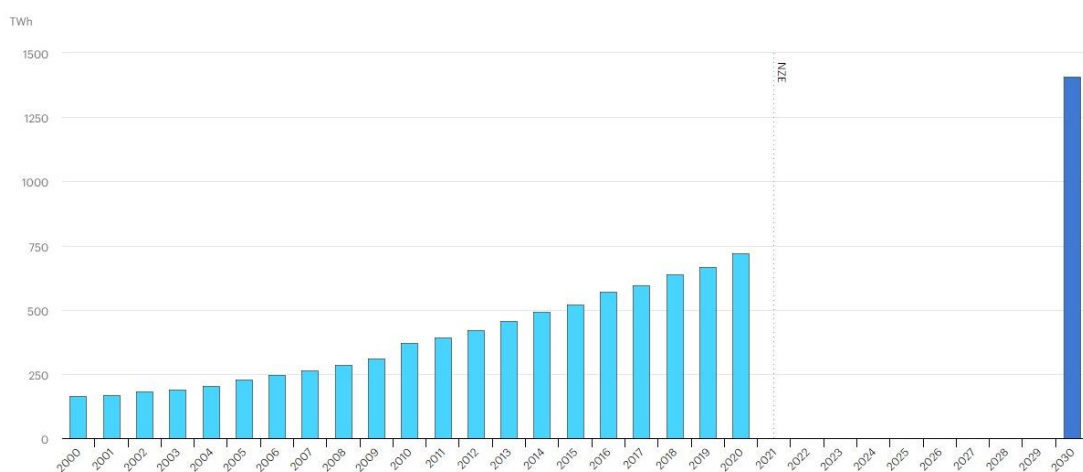


Γράφημα 45. Η παγκόσμια ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς από βιοενέργεια.

Πηγή: <https://www.irena.org/bioenergy>

Bioenergy power generation in the Net Zero Scenario, 2000-2030

Open



IEA. All Rights Reserved

Γράφημα 46. Η παραγόμενη βιοενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και ο στόχος για το 2030

Πηγή: <https://www.iea.org/reports/bioenergy-power-generation>

Η επίτευξη του στόχου για μηδενικούς ρύπους (net zero scenario) έως το 2050 απαιτεί την αποτελεσματική εφαρμογή των εφιστάμενων και προγραμματισμένων πολιτικών, καθώς και την ανάπτυξη νέων για την συστηματική επιτάχυνση και την επέκταση της παραγωγικής ικανότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ(ΩΚΕΑΝΙΑ)

Η ενέργεια των θαλασσών είναι από τις πιο πλούσιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι τα $\frac{3}{4}$ της Γης καλύπτεται από θάλασσα. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τις κινήσεις ροής όπως των κυμάτων, της παλίρροιας και των θαλάσσιων ρευμάτων. Ενέργεια επίσης προκύπτει από τις διαφορές στη θερμοκρασία και τον βαθμό αλατότητας. Οι τεχνολογίες κυματικής ενέργειας αξιοποιούν την κίνηση των ωκεάνιων και θαλάσσιων κυμάτων και τη χρησιμοποιούν κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ποσότητα ενέργειας που δημιουργείται εξαρτάται από την ταχύτητα, το ύψος, τη συχνότητα του κύματος και από την πυκνότητα του νερού. Τα κύματα δημιουργούνται από τον άνεμο που κινείται πάνω από την επιφάνεια του ωκεανού, αλλά συνεχίζονται πολύ και μετά το τέλος του ανέμου. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα συνεκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων με την αιολική ενέργεια αυξάνοντας σημαντικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

7.1 Ανάπτυξη τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της ενέργειας των κυμάτων, της παλίρροιας και των υπόγειων ρευμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης και δεν είναι ακόμη εμπορικά διαθέσιμη. Ειδικά η ενέργεια των κυμάτων έχει τη δυνατότητα να είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας της θάλασσας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση για την ενέργεια

των απομακρυσμένων νησιών, των υπεράκτιων βιομηχανιών, όπως ιχθυοκαλλιέργειες ή πλατφόρμες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

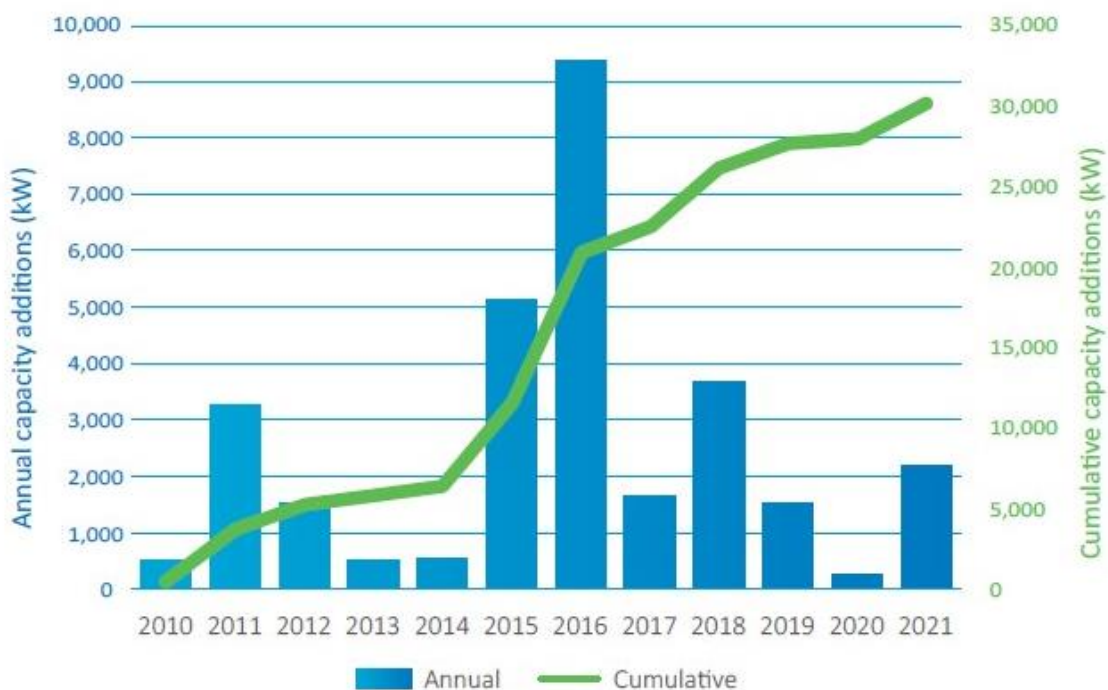
Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) τοποθετεί τη δυνητική ετήσια παγκόσμια παραγωγή από την ενέργεια των κυμάτων σε 29.500TWh που είναι το δεκαπλάσιο της ετήσιας κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης 3.000 TWh. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται η ανάπτυξη των τεχνολογιών των ωκεανών που εκμεταλλεύονται:

- α) Την ενέργεια των κυμάτων, με την οποία μετατροπείς συλλέγουν την ενέργεια που περιέχεται στα κύματα των ωκεανών και τη χρησιμοποιούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μετατροπείς περιλαμβάνουν ταλαντωτικές στήλες νερού που παγιδεύουν θύλακες αέρα για την περιστροφή στροβίλου. Ταλαντωτικοί μετατροπείς που χρησιμοποιούν την κίνηση των κυμάτων και μετατροπείς που εκμεταλλεύονται την διαφορά ύψους των κυμάτων.
- β) Την Παλιρροιακή ενέργεια που παράγεται είτε από τεχνολογίες παλιρροιακής εμβέλειας που χρησιμοποιούν φράγμα για την δέσμευση ισχύος μεταξύ υψηλής και χαμηλής παλίρροιας, τεχνολογίες παλιρροιακού ρεύματος ή παλιρροιακής ροής.
- γ) Ενέργεια κλίσης αλατότητας που προκύπτει από διαφορετικές συγκεντρώσεις αλατιού, όπως συμβαίνει όταν ποταμός εκρέει σε έναν ωκεανό. Πραγματοποιείται "ώσμωση με καθυστέρηση πίεσης", με το γλυκό νερό να ρέει μέσω μιας μεμβράνης για να αυξήσει την πίεση σε μια δεξαμενή αλμυρού νερού και αντίστροφη ηλεκτρόλυση με ιόντα αλατιού που διέρχονται από εναλλασσόμενες δεξαμενές αλατιού και γλυκού νερού.
- δ) Τη θερμική ενέργεια των ωκεανών, από την οποία παράγεται ενέργεια λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του ζεστού επιφανειακού θαλασσινού νερού και του κρύου θαλασσινού νερού σε βάθος 800-1000 μέτρων.

7.2 Η αξιοποίηση της ενέργειας της θάλασσας στην Ευρώπη

Η Ευρώπη είναι παγκόσμιος ηγέτης στην ανάπτυξη τεχνολογιών για την εκμετάλλευση της ενέργειας των κυμάτων και των παλιρροιών επενδύοντας πάνω από 100 εκατομμύρια ευρώ.

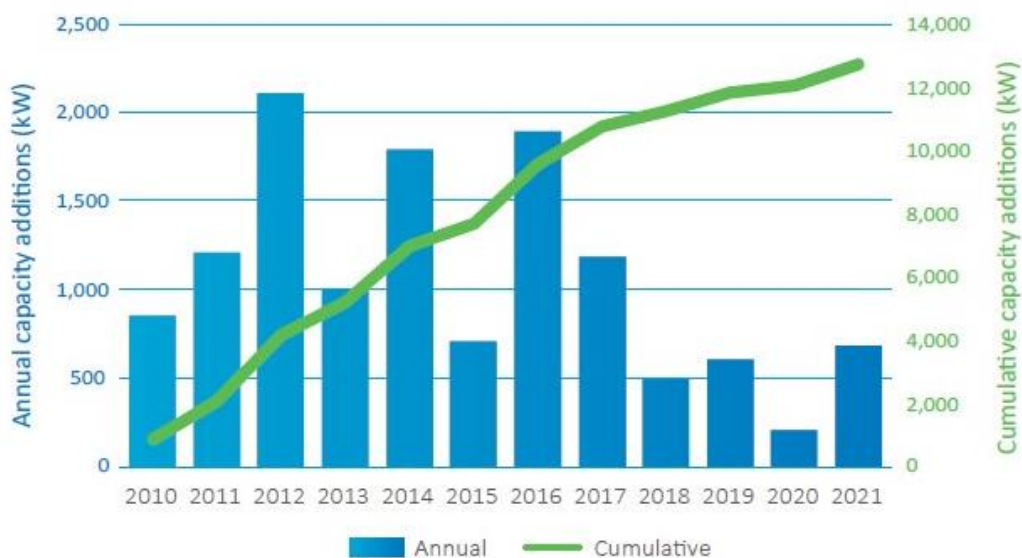
Η τεχνολογία της παλιρροιακής ροής έχει αναπτυχθεί στην Ευρώπη από το 2010 όπου οι συνολικές εγκαταστάσεις απέδιδαν 30,2 MW, από αυτές τα 18,7 MW έχουν παροπλιστεί, αφού πρώτα ολοκλήρωσαν επιτυχώς τα προγράμματα δοκιμών τους. Σήμερα από τις εγκαταστάσεις που παρέμειναν το όφελος ανέρχεται στα 11,5 MW. Το 2021 η νέα παλιρροιακή ροή έφτασε τα 2,2 MW σημειώνοντας δεκαπλάσια αύξηση από το 2020 που ήταν 260KW. Η θεαματική αυτή αύξηση οφείλεται και στο γεγονός ότι αρκετά έργα που αναβλήθηκαν το 2020 πραγματοποιήθηκαν το 2021. Η επόμενη σημαντική αύξηση της δυναμικότητας της παλιρροιακής ροής, αναμένεται κοντά στο 2025 με την ανάπτυξη νέας γενιάς παλιρροιακής συστοιχίας. Επίσης η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έφτασε το 2021 τις 68KWh. Ενώ η χωρητικότητα που προβλέπεται να εγκατασταθεί το 2022 θα είναι 1,4 MW, μειωμένη σε σχέση με το 2021.



Γράφημα 47. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της παλιρροιακής ροής στην Ευρώπη

Πηγή: https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2022/03/OEE_Stats_2021_web.pdf

Αντίστοιχα οι ετήσιες εγκαταστάσεις της κυματικής ενέργεια στην Ευρώπη, παρά τις καθυστερήσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα που σχετίζονται με την πανδημία Covid-19, ανήλθαν στα 681KW το 2021 τριπλάσια αυξημένες σε σχέση με το 2020. Ενώ για το 2022 υπολογίζεται επιπλέον δυναμικό 2,8 MW που θα προέλθει από την εγκατάσταση τεσσάρων νέων πλήρους κλίμακας συσκευών που θα πραγματοποιηθούν στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Ισπανία και την Πορτογαλία. Ενώ η Ελλάδα δεν έχει κάνει ακόμα βήματα για την αξιοποίηση της ενέργειας των Θαλασσών.



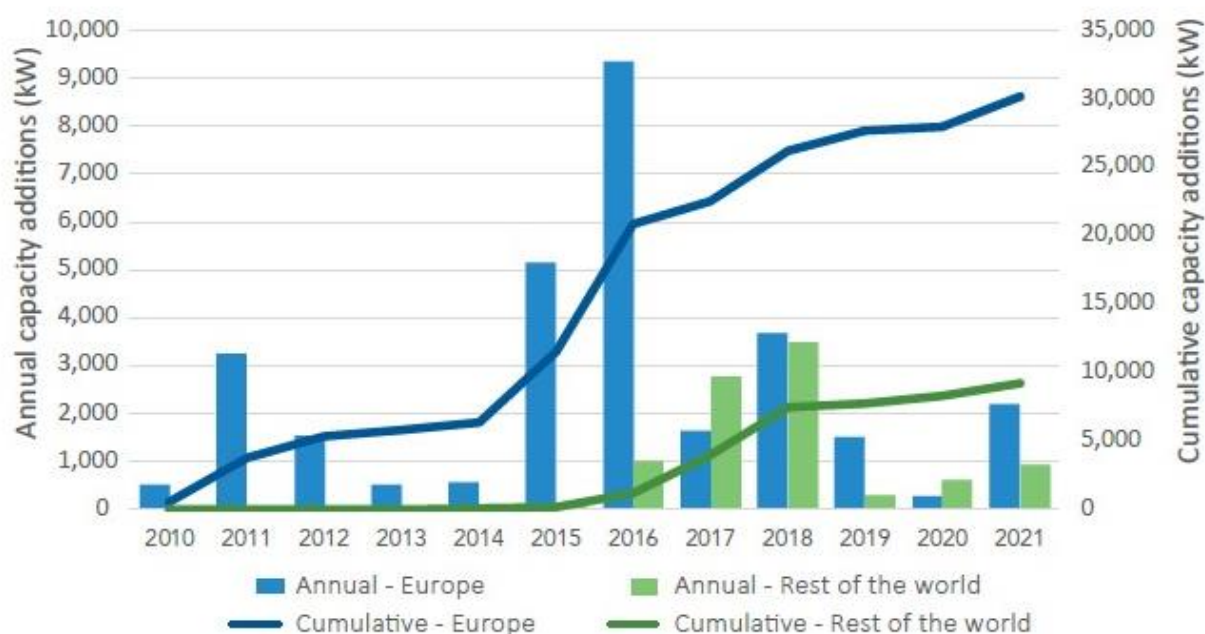
Γράφημα 48. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της κυματικής ενέργειας στην Ευρώπη
Πηγή: https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2022/03/OEE_Stats_2021_web.pdf

7.3 Η αξιοποίηση της ενέργειας της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Δέσμευση για σημαντική χρηματοδότηση για την ωκεάνια ενέργεια και τις καινοτόμες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτός από την Ευρώπη υποσχέθηκαν η Ασία, η Αυστραλία και η Βόρεια και Νότια Αμερική με αποτέλεσμα το 2010 οι παγκόσμιες αθροιστικές προσθήκες χωρητικότητας να φτάνουν τα 65 MW.

Πέντε συνολικά συσκευές πλήρους κλίμακας εγκαταστάθηκαν από μια, στις χώρες Αυστραλία, Χιλή και στις Ηνωμένες Πολιτείες και δύο στην Κίνα. Επίσης λόγω της πανδημίας καθυστέρησαν αρκετές εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας που αναμένεται να πραγματοποιηθούν το 2022.

Οι ευρωπαϊκοί προγραμματιστές οδήγησαν σε νέες παλιρροιακές ενεργειακές εγκαταστάσεις με ανεμογεννήτριες που εγκαταστάθηκαν στον Καναδά και την Ιαπωνία το 2021. Ακόμα Σκωτσέζικη κατασκευαστική κατασκεύασε και εγκατέστησε έναν παλιρροιακό στρόβιλο 500KW στο Στενό της Ιαπωνίας. πρόκειται να εγκαταστήσει και αυτή μία συσκευή. Οι εγκαταστάσεις παλιρροιακής ενέργειας το 2021 ήταν 1 MW.



Γράφημα 49. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της παλιρροιακής ροής στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο

Πηγή: https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2022/03/OEE_Stats_2021_web.pdf

Σχετικά με τη δυναμικότητα της ενέργειας των κυμάτων, σε παγκόσμιο επίπεδο το 2021 προστέθηκαν 1,1 MW.



Γράφημα 50. Η ετήσια και συνολική δυναμικότητα της ενέργειας των κυμάτων στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο

Πηγή: https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2022/03/OEE_Stats_2021_web.pdf

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ.

Η εφαρμογή της ενεργειακής και της κλιματικής πολιτικής της Ευρώπης με σκοπό την εκπλήρωση του στόχου, του 50% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2030, καθώς και η επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έως το 2050 προϋποθέτει την εκτεταμένη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όσο αυξάνεται το μερίδιο των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται και η ανάγκη εύρεσης μεθόδων αποθήκευσης της ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης. Για την καλύτερη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που παρουσιάζουν ανεξέλεγκτες διακυμάνσεις εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, δημιουργείται η ανάγκη αποθήκευσης της πλεονάζουσας ενέργειας και η απόδοσή της σε μεταγενέστερο χρόνο, από λίγες ώρες μέχρι και εποχές.

Η αποθήκευση της ενέργειας ορίζεται ως η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας από ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας σε μορφή, στην οποία μπορεί να αποθηκευτεί, μέχρι να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια.

8.1 Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Λόγω των διαφορετικών μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί πλήθος διαφορετικών τεχνολογιών, οι οποίες διαφέρουν ως προς την κλίμακα ενέργειας και ισχύος, την απόδοση, το κόστος και την εν γένει ωριμότητα.

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

α) Ηλεκτροχημικές μέθοδοι

- Συσσωρευτές μολύβδου-οξέος (Lead-acid)
- Συσσωρευτές νικελίου-καδμίου (Ni-Cd)
- Συσσωρευτές νατρίου-θείου (NaS)
- Συσσωρευτές θείου-νικελίου-χλωρίου (Sodium-nickel-chloride)
- Συσσωρευτές ιόντων λιθίου (Li-ion)
- Συσσωρευτές ροής (Flow batteries)
- Συσσωρευτές μολύβδου- άνθρακα (Lead Carbon)
- Συσσωρευτές με βάση τον Ψευδάργυρο (Zinc-based)

β) Ηλεκτρικές και μαγνητικές μέθοδοι

- Υπερπυκνωτές
- Υπεραγώγιμη μαγνητική αποθήκευση ενέργειας

γ) Θερμικές μέθοδοι

- Αποθήκευση με χρήση ταγμένων αλάτων, υγροποιημένου αέρα κ.ά.

δ) Μηχανικές μέθοδοι

- Αντλησιοταμίευση
- Αποθήκευση με πεπιεσμένο αέρα
- Σφόνδυλοι

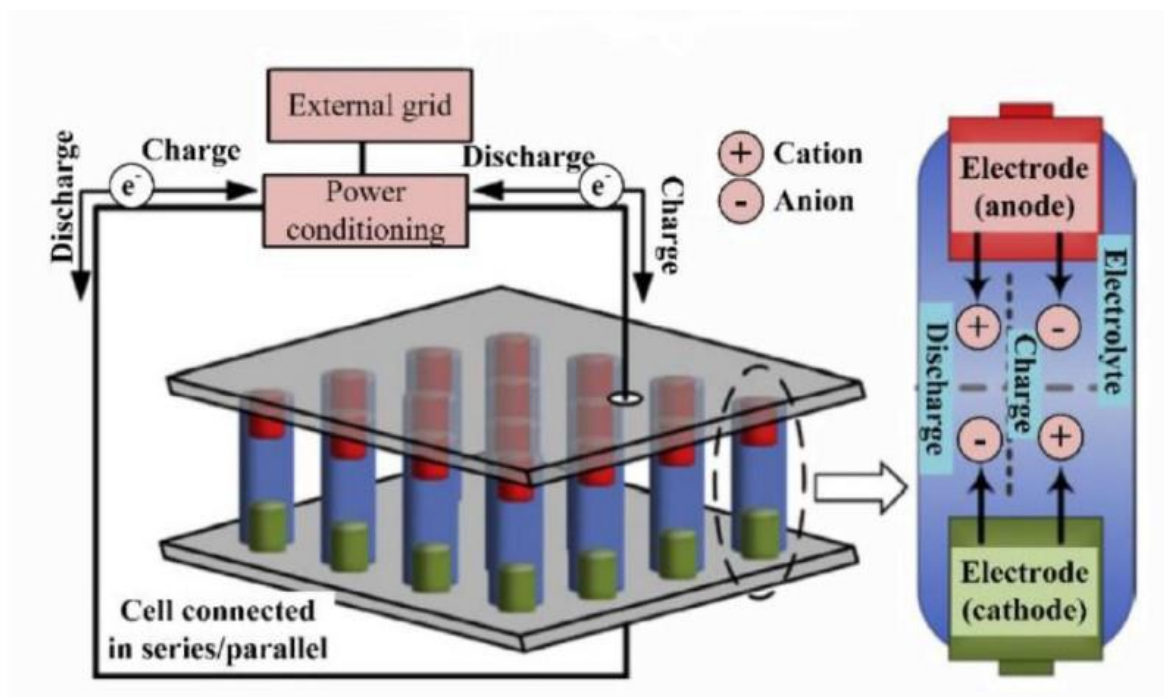
Από τις παραπάνω τεχνολογίες αποθήκευσης σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως εκείνες των συσσωρευτών και της αντλησιοταμίευσης. Επίσης οι τεχνολογίες της θερμικής αποθήκευσης και του υδρογόνου παρουσιάζουν ενδιαφέρον και ενδέχεται να εφαρμοστούν.

8.2 Συσσωρευτές (Μπαταρίες)

Ένα κελί μπαταρίας αποτελείται από δυο αντίθετα φορτισμένα ηλεκτρόδια, την άνοδο και την κάθοδο, τα οποία βυθίζονται μέσα σε ηλεκτρολύτη που μπορεί να είναι σε υγρή, στερεή ή ιξώδη κατάσταση έτσι δημιουργούν τη διαφορά δυναμικού (τάση). Οι μπαταρίες παρόλο των διαφορετικών υλικών κατασκευής τους, εμφανίζουν κοινά τεχνικά χαρακτηριστικά όπως:

- η ενεργειακή τους πυκνότητα,
- η τάση εξόδου
- Η μέγιστη ένταση του ρεύματος
- Ο ρυθμός αποφόρτισης
- Ο χρόνος φόρτισης
- Ο αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης πριν χάσει την ονομαστικής ισχύ
- Το εύρος θερμοκρασιών ασφαλούς λειτουργίας.

Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης της μπαταρίας, πραγματοποιείται ηλεκτροχημική αντίδραση με αποτέλεσμα να διαλύεται το υλικό της ανόδου μέσα στον ηλεκτρολύτη με μορφή ανιόντων αφήνοντας πίσω ηλεκτρόνια στην άνοδο. Τα ηλεκτρόνια ταξιδεύουν από την άνοδο στην κάθοδο μέσω του εξωτερικού κυκλώματος. Το ρεύμα παράγεται λόγω της ροής ηλεκτρονίων. Ενώ κατά τη διάρκεια της φόρτισης τα ηλεκτρόνια κινούνται αντίθετα, από την κάθοδο στην άνοδο. Για να επιτύχουμε την τάση εξόδου που επιθυμούμε, μπορούμε να συνδέουμε σε σειρά πολλά κελιά.



Εικόνα 21. Αρχή λειτουργίας συστήματος αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας

Πηγή: https://thegreentank.gr/2020/12/23/energy_storage_report_el/

Σήμερα το μεγαλύτερο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο βρίσκεται στην Αυστραλία ο σταθμός Hornsdale power Reserve που βρίσκεται σε αιολικό πάρκο. Η συνολική ισχύς του είναι 100MW και η αποθηκευτική του ικανότητα αγγίζει τα 129 MW, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην αποφυγή διακοπών ρεύματος από υπερφόρτωση του δικτύου. Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ υπάρχουν σε παγκόσμιο επίπεδο

768 συστήματα συσσωρευτών μεγάλης κλίμακας με συνολική αποθηκευτική ισχύ 1,79GW, τοποθετώντας την τεχνολογία αυτή στην τρίτη θέση μετά την αντλησιοταμίευση και τη θερμική αποθήκευση.

Λόγω της προόδου της τεχνολογίας και της μείωσης του κόστους παραγωγής των μπαταριών αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση ενέργειας στο μέλλον. Προβλέπεται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μπαταριών παγκοσμίως, αναμένεται να ανέλθει στα 1095GW το 2040, λαμβάνοντας υπόψιν και την αύξηση τη χρήση τους στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ανάμεσα στις τεχνολογίες των συσσωρευτών πρώτη σε ζήτηση είναι οι ιόντων λιθίου σε ποσοστό 74% και ακολουθούν οι μπαταρίες με βάση το νάτριο.

Τα πλεονεκτήματα των συσσωρευτών είναι, ότι έχουν ταχύτατες αποκρίσεις της τάξης των μερικών δευτερολέπτων καθώς δεν διαθέτουν μηχανικά μέρη. Η νέα γενιά μπαταριών ιόντων λιθίου, έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης 96% συγκριτικά με την τεχνολογία της αντλησιοταμίευσης. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα είναι ο μικρός χρόνος που απαιτείται για την κατασκευή τους. Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι οι μπαταρίες έχουν τη δυνατότητα της επανεκκίνησης μετά από ολική διακοπή και προσφέρουν μια σειρά από υπηρεσίες όπως:

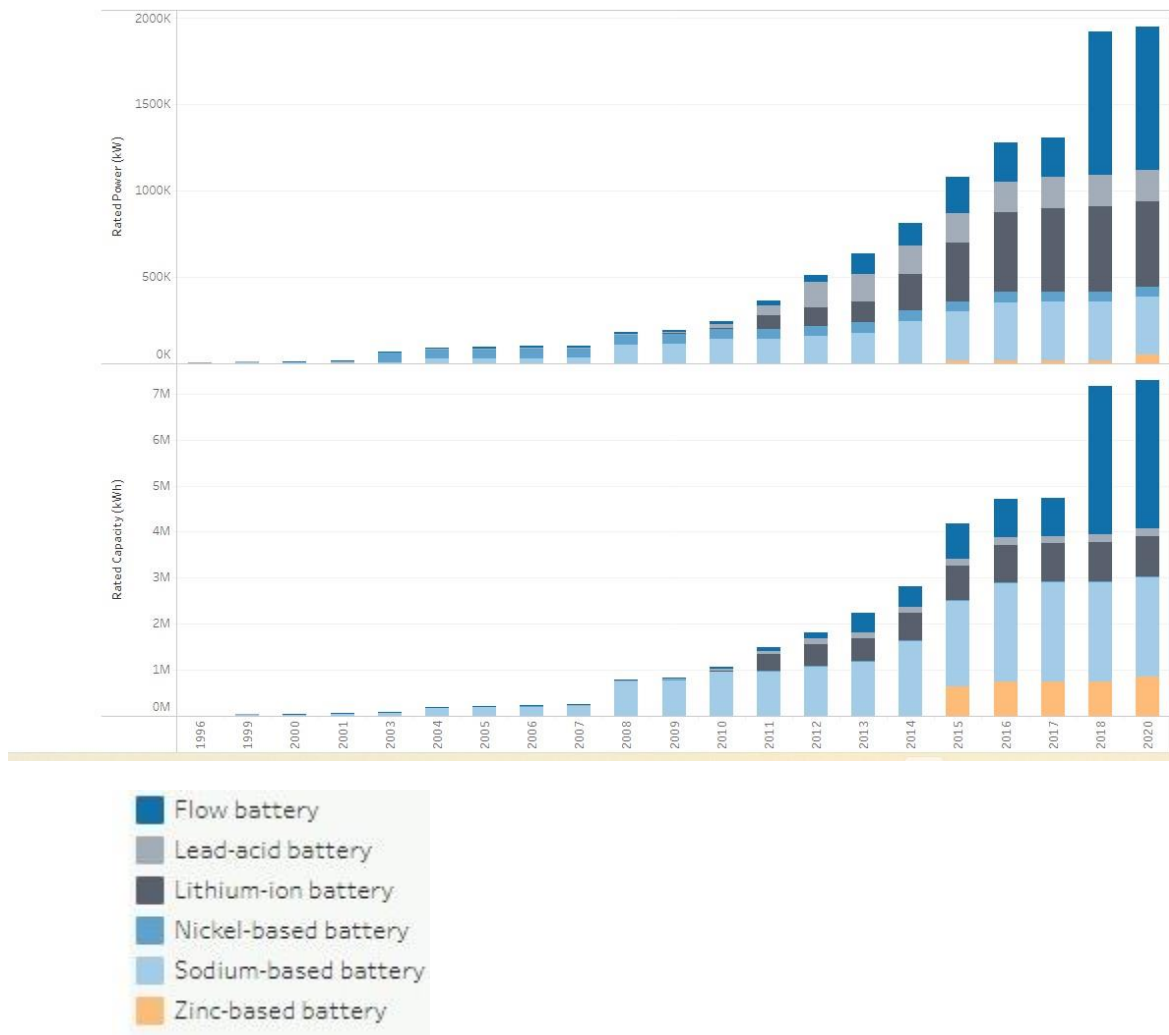
- η εξομάλυνση αιχμών,
- η ρύθμιση της συχνότητας ,
- η αποθήκευση ενέργειας σε ώρες χαμηλής ζήτησης και η αποδοσή της σε ώρες υψηλής ζήτησης
- γρήγορη απόκριση της παροχής ενέργειας σε αυξομειώσεις της ζήτησης
- υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και πολύ χαμηλό ρυθμό αυτό-αποφόρτισης (ειδικά οι ιόντων λιθίου).

Το πιο σημαντικό μειονέκτημα των συσσωρευτών είναι η διάρκεια ζωής τους συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες, λόγω του μικρού αριθμού κύκλων φορτίσεων και αποφορτίσεων. Επίσης η έλλειψη πρώτων υλών, όπως του λιθίου

για την κατασκευή ορισμένων τύπων μπαταριών. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργεί η απόρριψή τους μετά το πέρας του κύκλου ζωής εντείνει την ανάγκη για την ανακύκλωση τους και την επαναχρησιμοποίησή τους. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2030 θα υπάρχουν περίπου 2 εκατομμύρια τόνοι μπαταριών λιθίου προς ανακύκλωση. Δεδομένου ότι σήμερα ανακυκλώνεται ένα 23% στην Αυστραλία και λιγότερο από 5% στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ. Η ευαισθησία των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι ότι φθείρονται πιο εύκολα συγκριτικά με άλλες μπαταρίες και το γεγονός ότι αντιμετωπίζουν προβλήματα ασφάλειας, που κάνει τους κατασκευαστές να εγκαθιστούν συστήματα προστασίας για να περιορίζεται η μέγιστη τάση κάθε κυψέλης, κατά την διάρκεια της φόρτισης και να αποτρέπει την πτώση τάσης κατά την εκφόρτιση των μπαταριών. Δεδομένου της αυξημένης ζήτησης των μπαταριών και ειδικά μετά το 2030, με την αποκλειστική παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων, είναι επιτακτική ανάγκη για επιτάχυνση των διαδικασιών αύξησης της ανακύκλωσης. Επιπλέον είναι αναγκαία η παρακολούθηση της θερμοκρασίας για την αποφυγή υπερθέρμανσης.

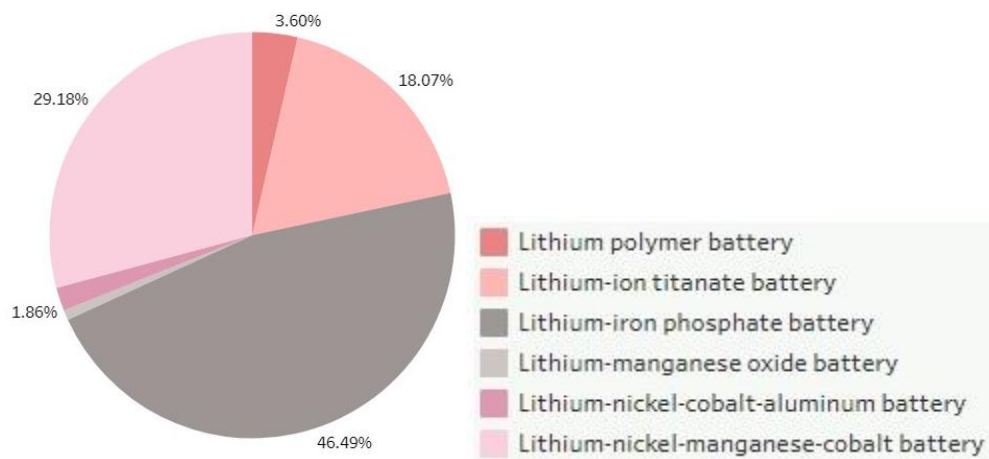
Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία από το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (ΔΟΕ) στα παρακάτω γραφήματα 51&52 παρατηρούμε το άθροισμα των εγκατεστημένων τύπων μπαταριών ανά έτος και της χωρητικότητας που αποδίδουν. Από το 2015 και μετά χρησιμοποιείται ο συσσωρευτής με τεχνολογία με βάση τον Ψευδάργυρο. Επίσης το μεγαλύτερο συνολικό ποσοστό εγκατάστασης ανήκει στην τεχνολογία λιθίου με φωσφορικό σίδηρο με 46.49% και ακολουθεί η τεχνολογία συσσωρευτών λιθίου-νικελίου-μαγγανίου και κοβαλτίου με ποσοστό 29,18%.

Running Sum of Energy Storage Installations by Year



Γράφημα 51. Το άθροισμα των εγκατεστημένων τεχνολογιών συσσωρευτών ανά έτος

Πηγή: <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/statistics.html>



Γράφημα 52. Το ποσοστό εγκατάστασης ανά τεχνολογία συσσωρευτών.

Πηγή: <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/statistics.html>

8.3 Θερμική Αποθήκευση

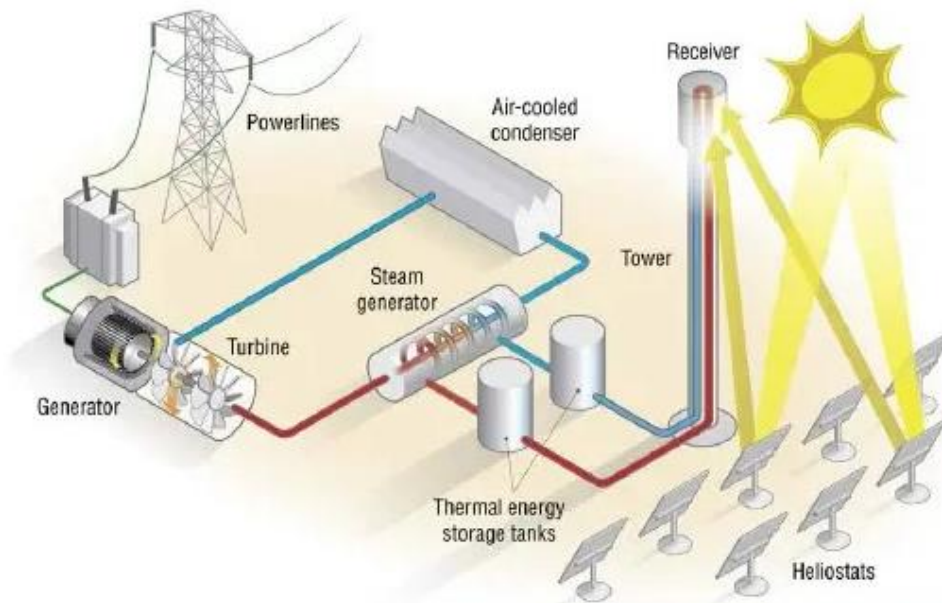
Η θερμική αποθήκευση κατέχει την δεύτερη θέση ανάμεσα στις άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης. Η θερμική αποθήκευση έχει παγκόσμια συνολική ισχύ 2,4GW χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των τηγμένων αλάτων σε ποσοστό 81,5%. Οι τεχνολογίες αυτές σε συνδυασμό με ηλιοθερμικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει τις ανάγκες ζήτησης, εκτός των ωρών ηλιοφάνειας.

Το μεγαλύτερο σε παγκόσμιο επίπεδο ηλιοθερμικό σύστημα με χρήση της τεχνολογίας τηγμένων αλάτων βρίσκεται στην Αριζόνα των ΗΠΑ από το 2013 με συνολική ισχύ 280MW ενώ αποθηκεύει ενέργεια για 6 ώρες και παρέχει στο δίκτυο το 38% της ονομαστικής του ισχύος σε ετήσια βάση.

8.4 Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης σε μονάδες καύσης λιγνίτη

Γίνονται τεράστιες προσπάθειες για την δυνατότητα μετατροπής των υφιστάμενων μονάδων καύσης με λιγνίτη σε συστήματα θερμικής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Ο στόχος της Ευρώπης είναι η απολιγνιτοποίηση μέχρι το 2030 και η πλήρη απεξάρτηση από τα στερεά ορυκτά καύσιμα. Δεδομένου λοιπόν ότι σε 8 χρόνια οι μονάδες λιγνίτη θα τεθούν σε αχρηστία, είναι επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης της τεχνολογία της θερμικής αποθήκευσης για να αξιοποιηθούν εκ νέου.

Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος αποτελείται από τρία στάδια λειτουργίας. Στο πρώτο στάδιο η ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από σύστημα ΑΠΕ μετατρέπεται σε θερμότητα με τη βοήθεια μίας αντίστασης. Στο δεύτερο στάδιο η αποθηκευμένη θερμότητα αυξάνει τη θερμοκρασία ενός υλικού υψηλής θερμοχωρητικότητας. Τέλος στο τελευταίο στάδιο η αποθηκευμένη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού από νερό, ο παραγόμενος ατμός με τη σειρά του κινεί τον υφιστάμενο στρόβιλο της μονάδας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης του σταδίου της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την αποθηκευμένη θερμότητα ξεπερνά το 45%.



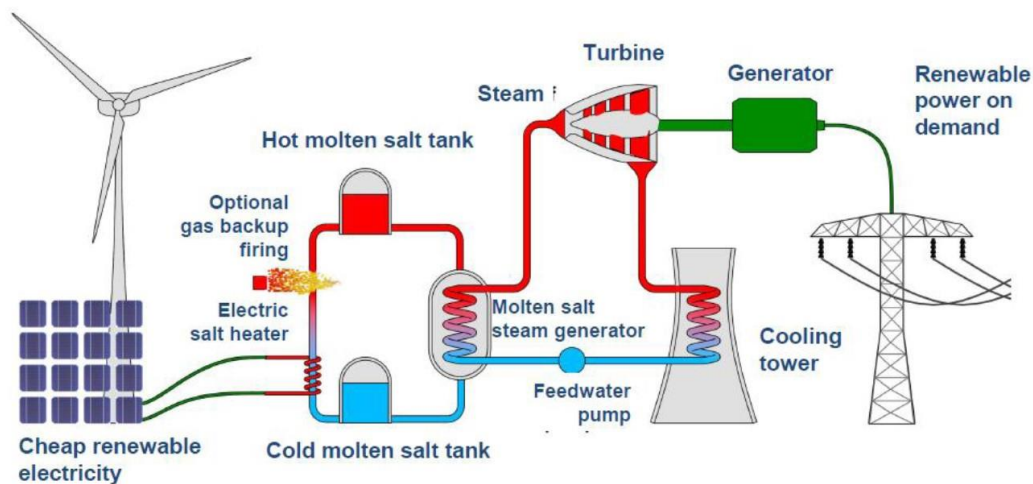
Εικόνα 22. Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης

Πηγή: <https://hivepower.tech/the-future-of-grid-energy-storage/>

Εκτός από τον λιγνίτη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σύστημα θερμικής απόδοσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν :

- α) **Ηφαιστειακές πέτρες**, το πρώτο πιλοτικό σύστημα είχε αποθηκευτική ικανότητα 5 MWh συνδυασμό με ένα ατμοστρόβιλο ισχύος 700KW και τέθηκε σε λειτουργία το 2014. Το 2019 τέθηκε σε λειτουργία ένα μεγαλύτερο σύστημα στο Αμβούργο με δυνατότητα αποθήκευσης με τη μορφή θερμότητας έως 130MWh ηλεκτρικής ενέργειας που αντλεί από δίκτυο σε μια εβδομάδα. Τέλος η θερμική ενέργεια μετατρέπεται πάλι σε ηλεκτρική με τη βοήθεια ατμοστρόβιλου 1,4MW που μπορεί να λειτουργεί συνεχώς για 24 ώρες. Εντός του 2022 η εταιρεία "Electric Thermal Energy Storage" (ETES) θα μπορέσει να διαθέσει το σύστημα για εμπορική λειτουργία .
- β) **Τηγμένα άλατα** , η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ήδη σε συνδυασμό με ηλιοθερμικά συστήματα. Τα άλατα που χρησιμοποιούνται είναι το νιτρικό νάτριο και το νιτρικό κάλιο, τα οποία έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα.

Ένα σύστημα αποθήκευσης με Τηγμένα άλατα μπορεί να συνδυαστεί και με μια μονάδα καύσης λιγνίτη. Για να λειτουργήσει το σύστημα αυτό αφαιρείτε ο λέβητας καύσης και τοποθετείται ένας εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος να είναι σε θέση να λειτουργήσει σε συνδυασμό με δυο δεξαμενές αλάτων χαμηλής και υψηλής πίεσης. Η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται είτε από αιολικά ή Φ/Β συστήματα με τη βοήθεια μιας ηλεκτρικής αντίστασης σε θερμότητα. Η θερμότητα αυτή αυξάνει τη θερμοκρασία των αλάτων μέχρι και 600 °C όπου και υγροποιείται. Το ρεύμα των αλάτων υψηλής θερμοκρασίας περνά από τον εναλλάκτη θερμότητας παράγοντας ατμό, στη συνέχεια περνώντας από το ρεύμα νερού ψύχονται και καταλήγουν στη δεξαμενή αλάτων χαμηλής θερμοκρασίας. Στη συνέχεια ο παραγόμενος ατμός περιστρέφει το στρόβιλο της μονάδας παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

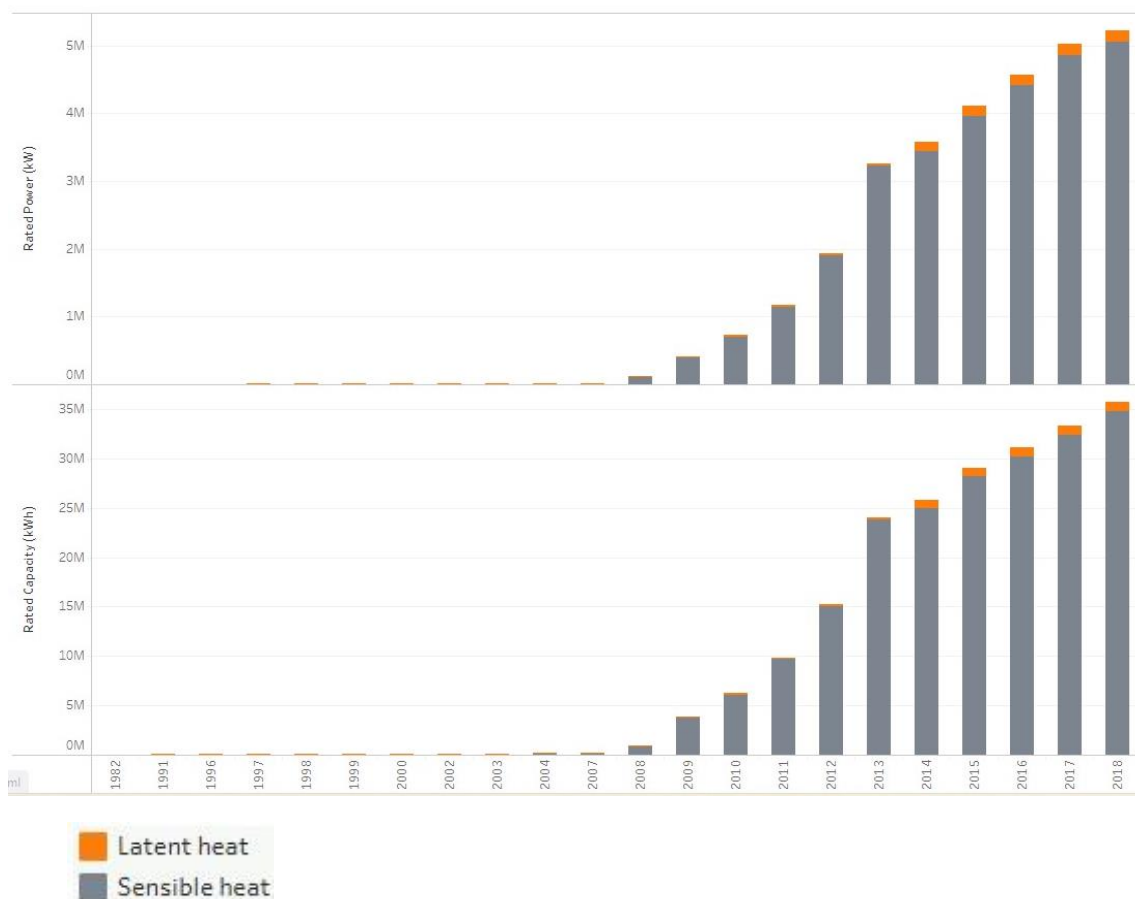


Εικόνα 23. Σύστημα αποθήκευσης τηγμένων αλάτων σε μονάδα λιγνίτη.

Πηγή: storage technologies_ Green Tank Report

Ο βαθμός απόδοσης της τεχνολογίας τηγμένων αλάτων δεν ξεπερνάει το 40%

Running Sum of Energy Storage Installations by Year



Εικόνα 24. Η ετήσια απόδοση της τεχνολογίας αποθήκευσης θερμότητας
Πηγή: <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/statistics.html>

Το κύριο πλεονέκτημα της θερμικής αποθήκευσης είναι ότι προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησης των λιγνιτικών μονάδων μετά την απόσυρσή τους δίνοντας τους ένα δεύτερο κύκλο ζωής. Επίσης το κόστος μετατροπής μιας λιγνιτικής μονάδας είναι χαμηλό απαιτείται, η αντικατάσταση του παλαιού λέβητα με έναν εναλλάκτη θερμότητας, οι δεξαμενές αλάτων και η αντίσταση. Ακόμα τα άλατα και οι ηφαιστειακές πέτρες είναι χαμηλού κόστους. Τα άλατα είναι πολύ ανθεκτικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για 35 συναπτά έτη φορτίσεων και αποφορτίσεων ενώ ως εναλλακτική λύση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά λιπασμάτων. Ο χρόνος που χρειάζεται για μια τέτοια εγκατάσταση είναι 18 μήνες για μετατροπή μονάδας 300MW.

Το μειονέκτημα αυτή της μεθόδου είναι ο χαμηλός βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 40%-45%. Επίσης η τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης είναι καινούρια και αυτό επιφέρει προβληματισμούς για τυχόν τεχνικές προκλήσεις που θα χρειαστεί να αντιμετωπιστούν.

Στην Ελλάδα η ΔΕΗ σε συνεργασία με την εταιρία RWE που είναι πρωτοπόρα στις τεχνολογίες θερμικής αποθήκευσης, σχεδιάζουν την μετατροπή λιγνιτικών μονάδων σε υποδομές αποθήκευσης ενέργειας με την τεχνολογία των τηγμένων αλάτων. Αρχικά η μετατροπή αφορά τη μονάδα λιγνίτη στην Περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας.

8.5 Μηχανικοί μέθοδοι

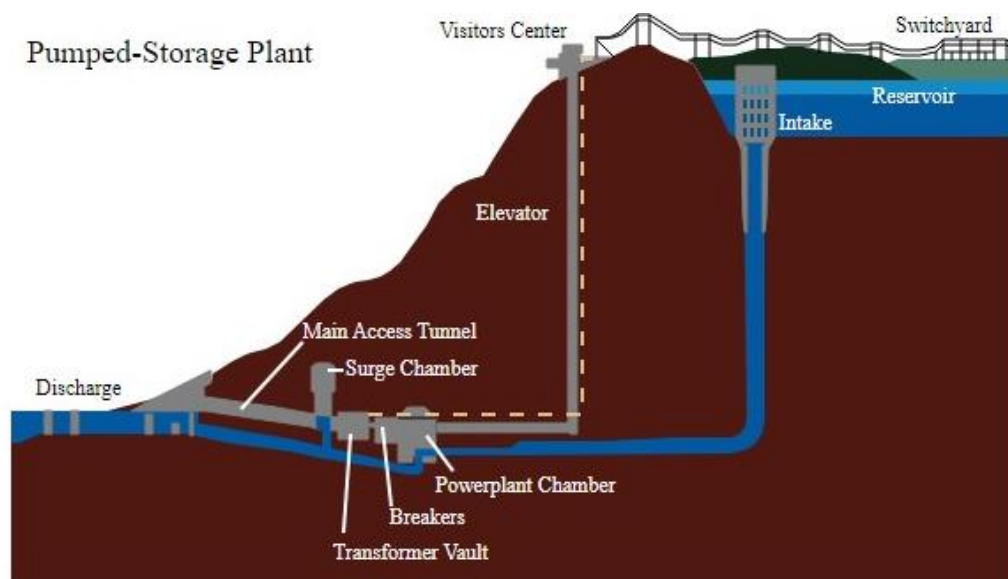
Υπάρχουν τρεις μηχανικοί μέθοδοι, από αυτές που έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται είναι η Αντλησιοταμίευσης, που είναι και η πρώτη διαδεδομένη σε παγκόσμιο επίπεδο για τη ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

8.5.1 Η Αντλησιοταμίευση

Είναι η κυρίαρχη τεχνολογία αποθήκευσης η οποία εμφανίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1890 στην Ιταλία και την Ελβετία ενώ το 1930 ακολούθησε η ανάπτυξη των πρώτων αναστρέψιμων υδροστροβίλων, οι οποίοι μπορούν να λειτουργούν τόσο ως στρόβιλοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και ως αντλίες για την αποθήκευση της.

Η αντλησιοταμίευση μετράει ήδη 325 λειτουργικά συστήματα παγκοσμίως με συνολική ισχύ 167,8GW αποτελώντας το 97% της συνολικής αποθηκευτικής ισχύος και αγγίζει τα 173,7 GW. Τα $\frac{3}{4}$ της παγκόσμιας αντλησιοταμιευτικής ισχύος είναι εγκατεστημένα σε δέκα χώρες με τις τρεις πρώτες να είναι η Κίνα (31,4 GW), η Ιαπωνία (27,4 GW), ΗΠΑ (22,6 GW), οι οποίες κατέχουν σχεδόν τη μίση, με ποσοστό 48,5%. Στην Ευρώπη πρώτη είναι η Ισπανία με ισχύ 8 GW και ακολουθούν, η Ιταλία με 7,1 GW και η Γερμανία με 6,58 GW. Το μεγαλύτερο σύστημα βρίσκεται στο Bath County των ΗΠΑ με ισχύ μεγαλύτερη από 3 GW, ενώ πρόκειται να κατασκευαστεί στον Καναδά ακόμα πιο μεγάλο σύστημα με ισχύ 4 GW.

Η λειτουργία της αντλησιοταμίευσης βασίζεται στη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε δυναμική κατά το στάδιο της αποθήκευσης ενέργειας και ξανά μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αποθήκευση ενέργειας πραγματοποιείται μέσω της άντλησης νερού και η παραγωγή μέσω κατάθλιψής του σε μονάδες υδροστροβίλων. Το σύστημα αποτελείται από δύο ταμιευτήρες με ικανή υψομετρική διαφορά και κατάλληλο κύκλωμα αγωγών για την κυκλοφορία του νερού. Επίσης είναι δυνατή η χρήση ενός μόνο αγωγού σε συνδυασμό με χρήση αναστρέψιμου υδροστροβίλου καθώς και βοηθητικού αντλιοστασίου με δεύτερο αγωγό, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κάτω ταμιευτήρα τη θάλασσα.



Εικόνα 25. Αποθήκευση ενέργειας με τη μέθοδο της Αντλησιοταμίευση

Πηγή: <https://hivepower.tech/the-future-of-grid-energy-storage/>

Η αποθηκευτική ικανότητα επηρεάζεται από την υψομετρική διαφορά και ο διαθέσιμος όγκος αποταμίευσης. Ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 80% καθώς υπάρχουν απώλειες ενέργειας, κατά την άντληση, τη διαδικασία παραγωγής και οι απώλειες εξάτμισης του νερού από τον ταμιευτήρα.

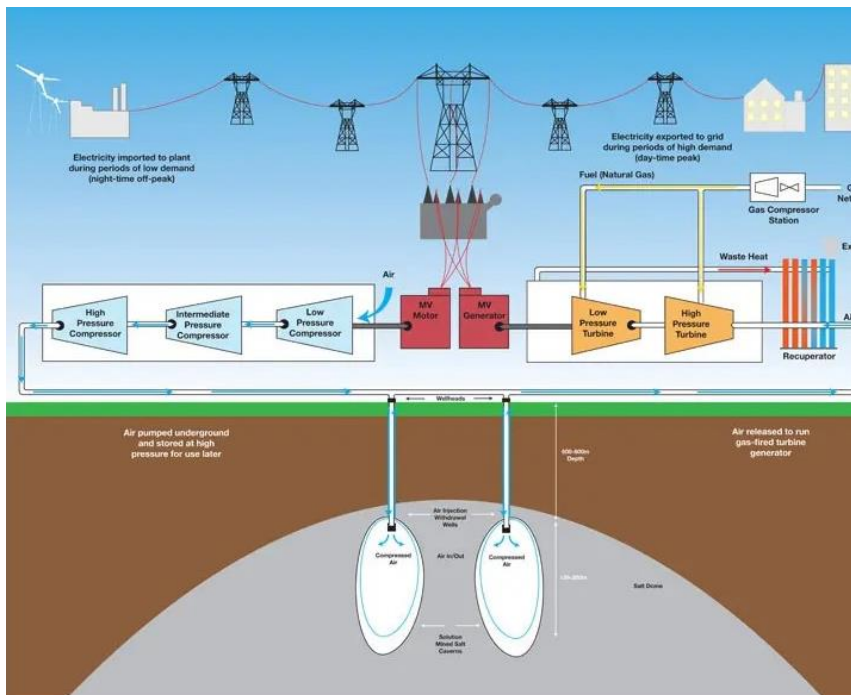
Η αντλησιοταμίευση έχει ταχεία απόκριση και σχεδόν άμεση προσαρμογή στις μεταβολές του φορτίου που αποτελεί και το μεγάλο πλεονέκτημα. Ο βαθμός απόδοσης είναι σχεδόν διπλάσιος, συγκριτικά με τις άλλες δυο τεχνολογίες αποθήκευσης και αγγίζει το 80%.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η εύρεση περιοχής για την κατασκευή των δύο ταμιευτήρων και του ενός ή των δυο φραγμάτων που απαιτούνται. Επίσης ο χρόνος που απαιτείται για την κατασκευή των ταμιευτήρων είναι πολύ μεγάλος και μπορεί να διαρκέσει μέχρι 10 χρόνια. Έχει μεγάλο κόστος, το οποίο όμως πέφτει, σε περιπτώσεις υφιστάμενων υδροηλεκτρικών φραγμάτων. Επιφέρει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ειδικά των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Σύμφωνα με μελέτη από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα για επτά ζεύγη υφιστάμενων υδροηλεκτρικών σταθμών στη ΔΕΗ που με μικρές παρεμβάσεις μπορούν να μετατραπούν σε σταθμούς αντλησιοταμίευσης.

8.5.2 Αποθήκευση με πιεσμένο αέρα

Η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται ως αέρας υψηλής πίεσης σε μεγάλες δεξαμενές ή αλατισμένα σπήλαια και χώρους. Έπειτα για να επανέλθει στην ηλεκτρική ενέργεια ο πεπιεσμένος αέρας ωθείται μέσω ενός στροβίλου.



Εικόνα 26. Αποθήκευση ενέργειας πεπιεσμένου αέρα

Πηγή: <https://hivepower.tech/the-future-of-grid-energy-storage/>

8.6 Η αξιοποίηση των μεθόδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Η τεχνολογία αποθήκευσης που διαθέτει η Ελλάδα είναι αυτή της αντλησιοταμίευσης, σε δύο υδροηλεκτρικούς σταθμούς, στον ανοικτού κύκλου Θησαυρού και Σφηκιάς με συνολική Ισχύς 699MW οι οποίοι λειτουργούν από το 1990.

Τον τελευταίο χρόνο αυξήθηκε το ενδιαφέρον για Αδειοδότηση νέων εγκαταστάσεων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με την ισχύ των αιτήσεων να υπερβαίνει τα 900 MW, με ένα μέρος αυτών να τους έχει δοθεί άδειες παραγωγής. Ένα από τα δανειοδοτημένα έργα είναι ο αντλησιοταμιευτικός σταθμός Αμφιλοχίας με ισχύ 680 MW διάρκειας 6 ωρών. Το συγκεκριμένο έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα του Ευρωπαϊκού Κοινού Ενδιαφέροντος (PCI).

Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (ΜΔΝ) η εισαγωγή αποθήκευσης είναι εφικτή μέσω των υβριδικών σταθμών (ΥΒΣ), δηλαδή συνδυασμός μονάδων ΑΠΕ και αποθήκευσης που λειτουργούν ως ενιαίες. Παρά το σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον και τις περίπου 160 άδειες παραγωγής εγγυημένης ισχύος άνω των 500MW και ισχύος ΑΠΕ μεγαλύτερης των 1100 MW έχουν υλοποιηθεί μόνο δύο έργα.

α) Ο υβριδικός σταθμός στην Τήλο που λειτουργεί από το 2019, περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια με ισχύ 800 KW και Φ/Β με ισχύ 160 KW και εγκατεστημένες μπαταρίες τεχνολογίας Νατρίου-Νικελίου- Χλωρίου NaNiCl_2 800 KW/2.8MWh.

β) Ο υβριδικός σταθμός στην Ικαρία είναι έργο της ΔΕΗ Ανανεώσιμες και συνδυάζει υδροηλεκτρική παραγωγή μέσω δύο μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών με ισχύ 1MW και 3 MW, με λειτουργία υβριδικού αντλησιοταμιευτικού τύπου που τροφοδοτείται από αιολικό πάρκο 3x 900 KW. Το έργο αυτό βρίσκεται ακόμα σε δοκιμαστική λειτουργία.

Ακόμα είναι σε εξέλιξη πιλοτικά έργα υψηλής διείσδυσης σε αυτόνομα συστήματα. Ένα τέτοιο έργο είναι του Αγίου Ευστρατίου, που περιλαμβάνει Α/Γ 900 KW , Φ/Β 220 KW και μπαταρίες 1,5MVA/2.6MWh, ακόμα διαθέτει και σύστημα

τηλεθέρμανσης με ηλεκτρικούς λέβητες με αποθήκευση θερμού νερού. Επίσης δρομολογείται πιλοτικό πρόγραμμα στην Αστυπάλαια εξηλεκτρισμού των μεταφορών με τροφοδότηση ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ και σύστημα αποθήκευσης μπαταριών. Ενώ αναμένεται το πρόγραμμα αυτό να εφαρμοστεί και σε άλλα ΜΔΝ. Ο σχεδιασμός αυτών των έργων περιλαμβάνει, ανάπτυξη αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων μεγάλης ισχύος σε σχέση με το μέγεθος αυτών των νησιών σε συνδυασμό με διατάξεις αποθήκευσης τεχνολογίας συσσωρευτών και μέτρα διαχείρισης της ζήτησης, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για τις ΑΠΕ της τάξης του 50-90% σε ετήσια βάση.

Ενώ παραμένει αμελητέα η χρήση της τεχνολογίας των συσσωρευτών. Υπάρχουν μόλις επτά συστήματα συσσωρευτών σε λειτουργία εκτός δικτύου, στα έξι από αυτά συνδυάζεται με Φ/Β σταθμούς σε κτήρια και ένα σε συνδυασμό με μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Υπάρχει πληθώρα εφαρμογών εκτός δικτύου, για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων καταναλώσεων μικρής κλίμακας, οι οποίες συνδυάζουν μονάδες ΑΠΕ, μπαταρίες και εφεδρικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγών ζευγών (H/Z).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η διεθνής κοινότητα κλήθηκε να θεσπίσει νόμους και κανόνες για να αντιμετωπίσει κρίσιμα ζητήματα που αφορούν την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Η κλιματική αλλαγή, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αύξηση της θερμοκρασίας, οφείλονται στις δραστηριότητες του ανθρώπου που αφορούν την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο, η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολύ σημαντική.

Τον Ιούνιο του 1972 στη Στοκχόλμη ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) με τη συμμετοχή 113 κρατών μελών, υιοθέτησαν μια σειρά σημαντικών αποφάσεων σχετικά με το διεθνές δίκαιο του περιβάλλοντος.

Ακολούθησε η συνδιάσκεψη στο Ρίο το 1992 όπου αναφέρεται η αιφύρο ανάπτυξη αναγνωρίζοντας την ανάγκη της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης με την προστασία περιβάλλοντος. Η επικύρωση της συνθήκης του Ρίου στην Ελλάδα έγινε με το νόμο 2205/1994 (ΦΕΚ 60/Α/15-4-1994) με τη δέσμευση της μείωσης των αέριων εκπομπών που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990, έως το 2000.

Το Δεκέμβριο του 1997 με το Πρωτόκολλο του Κυότο τα κράτη μέλη δεσμεύονται για τη συνολική μείωση των εκπομπών κατά 5% για την πενταετία 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Επίσης καλούνται να εξασφαλίσουν μείωση εκπομπών για έξι συνολικά αέρια, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδρογονάνθρακες, πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο. Η Ελλάδα υπόγραψε το πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998 και το επικύρωσε με το Νόμο 3017/2002(ΦΕΚ Α' 117), όπου η μείωση των εκπομπών ανέρχεται στο 8% για την περίοδο 2008-2012. Τέλος γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Με τη συνδιάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ το 2002, η Ελλάδα μαζί με τα Κράτη Μέλη της ΕΕ δεσμεύονται με το σχέδιο 20-20-20 που περιλαμβάνει μέχρι το 2020:

- μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου 20%.
- αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20%.
- 10% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των οχημάτων να προέρχεται από βιοκαύσιμα.
- το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης να είναι από ΑΠΕ.

Με τη συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή οι χώρες της ΕΕ δεσμευτήκαν ότι η ΕΕ θα γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη οικονομία και κοινωνία μέχρι το 2050. Δεσμεύτηκε επίσης για μείωση εκπομπών κατά 55% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 έως το 2030.

9.1 Ευρωπαϊκό πλαίσιο

- **Κανονισμός (ΕΕ) 2018/1999** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου στις 11 Δεκεμβρίου 2018 για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής δράσης για το κλίμα.
- **Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου στις 11 Δεκεμβρίου 2018 για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΑΠΕ.
- **Οδηγία (ΕΕ) 2009/28 ΕΚ** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου στις 23 Απριλίου 2009 την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΑΠΕ και κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ , 2003/30/ΕΚ και ΕΕ2018/2001 για την χρήση των ΑΠΕ.
- **Απόφαση (ΕΕ) 2016/590** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου στις 11 Απριλίου 2016 αναφορικά για τη σύναψη της συμφωνίας του Παρισιού.
- **Απόφαση (ΕΕ) 2016/1841** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου στις 5 Οκτωβρίου 2016 επικύρωση της Συμφωνίας των Παρισίων από την ΕΕ.
- **Οδηγία 2019/944/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου αναφορικά με την αποθήκευση ενέργειας στο περιβάλλον των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

9.2 Εθνικό Πλαίσιο

- **Νόμος 3851-ΦΕΚ85Α04.06.2010**
Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ψηφίστηκε εν μέσω οικονομικής κρίσης με σκοπό τη βελτίωση της αδειοδοτικής διαδικασίας η οποία περιόριζε τις αναπτυξιακές διαδικασίες.
- **Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ1049Β12.07.2010)**

Αναφορικά με διαδικασίες υποβολής αιτήσεων για επενδύσεις ΑΠΕ από επαγγελματίες αγρότες.

▪ **ΑΥ/Φ1/οικ.14586-19.07.2010**

Οδηγίες εφαρμογής του Ν.3851/2010 άρθρο 2 προς τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).

▪ **Υπουργική Απόφαση Πολεοδομικού Σχεδιασμού, Οικοδομικών και Κτιριοδομικών κανονισμών -Απ. Αρ. 40158 ΦΕΚ1556 Β 22.09.2010.**

Έγκριση ειδικών όρων για εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε κτίρια εντός και εκτός σχεδίου.

▪ **Υπουργική Απόφαση - ΑΥ/Φ1/οικ.17149(ΦΕΚ1497Β-06.09.2010)**

Σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο και μη διασυνδεδεμένων νήσων.

▪ **Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β1079/074.06.2010)**

Συμπλήρωση του Ειδικού προγράμματος ανάπτυξης Φ/Β συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις.

▪ **Υπουργική Απόφαση – Αποφ.Φ1/οικ.19598(ΦΕΚ Β 1630/11.10.2010)**

Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών των ΑΠΕ.

▪ **Υπουργική Απόφαση–Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24840(ΦΕΚ Β 1900/03.12.2010)**

Τήρηση Μητρώου Αδειών και υποβολή στοιχείων στην Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα ΑΠΕ από κατόχους μονάδων ΑΠΕ.

▪ **Υπουργική Απόφαση–Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24839(ΦΕΚ Β 1901/03.12.2010)**

Εγγυοδοσία για την υπογραφή συμβάσεων σύνδεσης σε δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής.

- **Υπουργική Απόφαση-Υ.Α.9154 ΦΕΚ 583 Β 14.04.2011**
Τροποποιήσεις ειδικών όρων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια.
- **Υπουργική Απόφαση-Υ.Α.Π.Ε./Φ1/(ΦΕΚ Β 2373/25.10.2011)**
Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης(ΣΗΘΥΑ).
- **Κοινή Υπουργική Απόφαση-Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.28287/12.12.2011(ΦΕΚ Β' 3005-28.12.2011)**
Ειδικό τέλος και παροχή κινήτρων στους οικιακούς στις περιοχές όπου εγκαθίστανται ΑΠΕ.
- **Νόμος -Ν.4093/2012(Α'222/12.11.2012)**
Έγκριση μεσοπρόθεσμου και μεσοπρόθεσμου πλαισίου δημοσιονομικής στρατηγικής 2013-2016(παράγραφος 1.2- ρυθμίσεις ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ).
- **Κοινή Υπουργική Απόφαση- ΥΑΠΕ/Φ1/1506/οικ.10662 (ΦΕΚ Β'1310-30.05.2013)**
Συμπλήρωσης της υπ' αριθμόν ΥΑΠΕ/Φ1/1289/9012/30.04.2013 κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία τροποποιήθηκε το ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης Φ/Β συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις.
- **Νόμος -Ν.4203/2013(Α'235/01.11.2013)**
Ρυθμίσεις θεμάτων ΑΠΕ
- **Υπουργική Απόφαση-ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461/30.12..2014(ΦΕΚ Β' 3583-31.12..2014)**
Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας σύμφωνα άρθρο 14 του Ν.3468/2006 .
- **Νόμος -Ν4414/2006(ΦΕΚ Α' 149-09.08.2016)**

Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ΣΗΘΥΑ.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΑ ΑΠΕΕΚ./Α/οικ.184573/13.12.2017 (ΦΕΚ Β'4488-20.12.2017)**

Καθορισμός τεχνολογιών και κατηγοριών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.

- **Νόμος Ν.4602/2019(ΦΕΚ Α' 45-09.03.2019)**

Έρευνα ,εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας , σύσταση Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30653/1014(ΦΕΚ Β'1547-07.05.2019)**

Τροποποίηση της υπ' αριθμόν ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/76292/202/31.10.2018 περί συγκρότησης επιτροπής παρακολούθησης καθεστώτος στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ του άρθρου 12 του Ν,4414/2016.

- **Νόμος 4643/2019(ΦΕΚ Α' 193/03.12.2019)**

Απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των ΑΠΕ.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/19295/690 (ΦΕΚ Β' 642-27.02.2020)**

Τροποποίηση της ΥΑΠΕ/Φ1/148110/04.10.2011 (ΦΕΚ 2373 Β') αναφορικά με τον κανονισμό αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και μέσων συμπαραγωγής ΣΗΘΥΑ.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/19295/690 (ΦΕΚ Β' 642-27.02.2020)**

Καθορισμός των προϋποθέσεων ένταξης μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών με εγκατεστημένη ισχύ μέχρι έως και 15Μwe σε καθεστώς ριζικής ανανέωσης του παραγωγικού τους εξοπλισμού.

- **Νόμος Ν.4710/2020(ΦΕΚ Α' 142/23.07.2020)**

Πρώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις.

- **Κοινή Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/74123/2971 (ΦΕΚ Β' 314-30.07.2020)**

Καθορισμός του μεγίστου ορίου συνολικής ισχύος Φ/Β σταθμών σε αγροτική Γη εντός του οποίου είναι επιτρεπτή η εγκατάσταση Φ/Β σταθμού ≤ 1 MW σε αγροτική Γη υψηλής παραγωγικότητας.

- **Κοινή Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/74462/2976 (ΦΕΚΒ' 3150-30.07.2020)**

Καθορισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας για την εγκατάσταση και σύνδεση με το δίκτυο διανομής σταθμών μικρών ανεμογεννητριών εγκατεστημένης ισχύος ≤ 60 KW.

- **Νόμος 4710/2020(ΦΕΚ Α'142/23.07.2020)**

- Πρώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/123726/5069 (ΦΕΚΒ'650/27.12.2021)**

- Καθορισμός τεχνολογιών και κατηγοριών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ που εντάσσονται σε καθεστώς στήριξης με τη μορφή λειτουργικής ενίσχυσης μέσω των ανταγωνιστικής διαδικασίας υποβολής προσφορών.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/121501/5015 (ΦΕΚΒ'6351/30.12.2021)**

Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών συστημάτων μικρής ισχύος σε κατοικίες συνδεδεμένες με αντίστοιχη παροχή οικιακής χρήσης.

- **Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/14090/679 (ΦΕΚ Β' 772/21.02.2022)**

Ειδικό πλαίσιο για την υλοποίηση και λειτουργία του ειδικού πιλοτικού έργου στη νήσο Αστυπάλαια. Μετατροπή της Αστυπάλαιας σε ενεργειακά πράσινο και λειτουργικά έξυπνο νησί της Μεσογείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

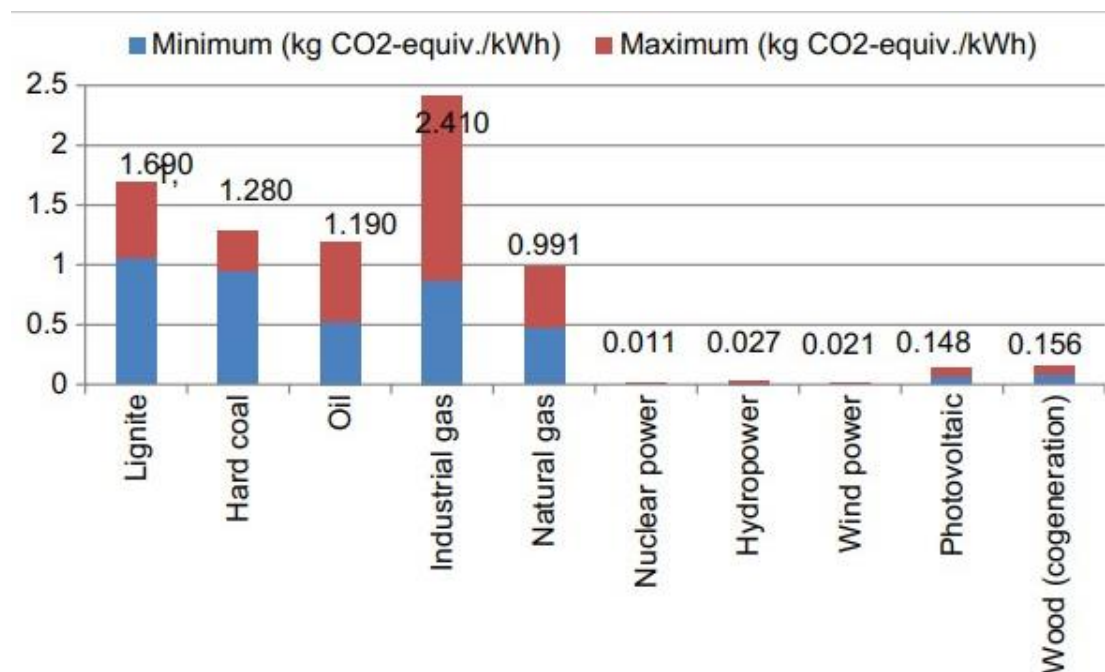
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Η αύξηση ζήτησης ενέργειας τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα ορυκτών ενεργειακών πόρων, η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι επιτακτική, για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξιοποίηση των φυσικών ενεργειακών πόρων που αντλούνται από το περιβάλλον, με στόχο τη μετατροπή τους σε ηλεκτρική ενέργεια, εξασφαλίζοντας παράλληλα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, δίνει πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση τους. Το γεγονός ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν σχεδόν μηδενικό ποσοστό εκπομπών αέριων θερμοκηπίου ή άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων.

10.1 Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Η αξιολόγηση του συνολικού κύκλου ζωής των διαφόρων τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δείχνει, ότι το υψηλότερο επίπεδο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι σε θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Ακόμα και αν παρατηρηθεί ο συνολικός κύκλος ζωής μιας μονάδας που χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου εκφρασμένων σε ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) εξακολουθεί να είναι μικρή ή αμελητέα. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται το φάσμα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ισοδύναμο ανά κιλοβατώρα

(KWh), κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής διαφόρων τύπων αναπτυξιακών προγραμμάτων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής.



Γράφημα 53. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής

Πηγή: <https://www.researchgate.net/profile/Dario-Maradin/publication>

Όπως φαίνεται στο συνολικό κύκλο ζωής τους, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν ασυμβατικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ή υδροηλεκτρική ενέργεια έχουν ασήμαντες ποσότητες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε αντίθεση με τις αρνητικές εξωτερικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τη ρύπανση από την καύση συμβατικών, ορυκτών καυσίμων που αποτελούν ένα από τα κύρια επιχειρήματα για την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η παραγωγή ενέργειας των ορυκτών καυσίμων, που διαφορετικά θα καταναλωνόταν σε ένα συμβατικό σταθμό παραγωγής, ίσης ποσότητας. Επίσης μειώνουν τις εισαγωγές της ηλεκτρικής ενέργειας και των αναγκαίων ορυκτών ενεργειακών πόρων.

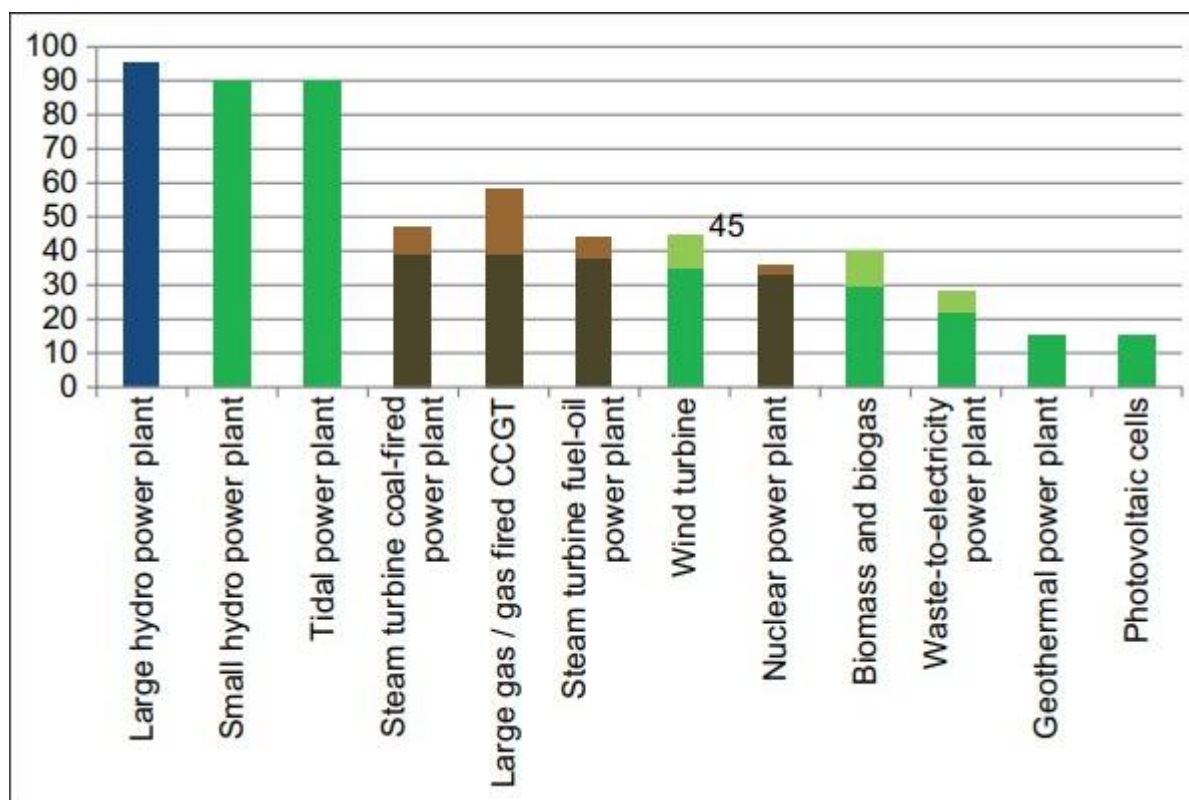
Με τις χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενθαρρύνεται η οικονομική ανάπτυξη, στον ενεργειακό τομέα και όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται

με αυτόν τον κλάδο. Οι καινοτομίες που σχετίζονται με νέες τεχνολογικές διαδικασίες καθώς και οι βιομηχανίες στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγούνται σε οικονομική ανάπτυξη και στη στελέχωση κατάλληλου ειδικευμένου εργατικού δυναμικού, αυξάνοντας τις θέσεις εργασίας.

10.2 Τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτός από πλεονεκτήματα, έχουν και μειονεκτήματα. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα οφείλεται στα φυσικά χαρακτηριστικά τους, που παρουσιάζουν αστάθεια οφειλόμενη στα καιρικά φαινόμενα. Η αστάθεια αυτή αποτελεί σημαντικό περιορισμό και δυσκολία στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης οι ημερήσιες αυξομειώσεις στη διαθεσιμότητα ανανεώσιμης πηγής, δημιουργεί επιπρόσθετα προβλήματα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πρέπει πάντα να υπάρχει επαρκές απόθεμα στο δίκτυο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σε μορφή διαθέσιμης εγκατεστημένης ισχύος του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να εξαλείψει την ανεπάρκεια που προκύπτει όταν δεν είναι διαθέσιμη η ανανεώσιμη πηγή.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συγκριτικά με τους πόρους ορυκτής ενέργειας δεν παράγουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας όπως οι σταθμοί με ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν χαμηλότερο λόγο εγκατεστημένης ισχύος (MW) και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh) προς την τοποθεσία (m^2) που καταλαμβάνεται, έναντι της παραγωγής από ορυκτά καύσιμα. Εκτός από μεγαλύτερη επιφάνεια οι ΑΠΕ έχουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση, με εξαίρεση τα αιολικά πάρκα και τους υδάτινους χώρους. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται το ποσοστό απόδοσης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό απόδοσης 95% έχουν οι μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες ενώ οι φωτοβολταϊκοί και γεωθερμικοί σταθμοί έχουν τη μικρότερη ενεργειακή απόδοση 15%.



Γράφημα 54. Τα ποσοστά απόδοσης των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πηγή:<https://www.researchgate.net/profile/Dario-Maradin/publication>

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λειτουργούν για λιγότερο χρονικό διάστημα σε ώρες ανά έτος σε σχέση με τους σταθμούς ορυκτών καυσίμων. Για παράδειγμα ένα ημερολογιακό έτος έχει 8.760 ώρες, οι σταθμοί παραγωγής με καύση άνθρακα ή φυσικού αερίου και οι πυρηνικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν, κατά μέσο όρο 7.500 h /Y ενώ οι ανανεώσιμες λειτουργούν κατά μέσο όρο έως 2000 h /Y ώρες ανά έτος. Το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ υψηλό ιδιαίτερα της θαλάσσιας ενέργειας, λόγω της δαπανηρής τεχνολογίας όπως και η κατασκευή φωτοβολταϊκών συστημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ελλάδα λόγω των γεωμορφολογικών της χαρακτηριστικών (ορεινή όγκοι, ποτάμια, λίμνες, νησιά κτλ), διαθέτει ένα πλούσιο ενεργειακό δυναμικό που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία

χρόνια γίνεται μια εντατική προσπάθεια για αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εστιάζοντας και επενδύοντας περισσότερο στην αιολική και Φωτοβολταϊκή ενέργεια. Έχοντας ως σκοπό την επίτευξη του στόχου των καθαρών μηδενικών εκπομπών έως 2050, σε συνδυασμό με την δέσμευση για απολιγνιτοποίηση μέχρι το 2028 εντείνεται η ανάγκη για άμεση αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ένα πολύ μικρό μέρος των δυνατοτήτων και διαθέσιμων ενεργειακών πόρων της χώρας έχει αξιοποιηθεί. Ενώ η εκμετάλλευση της αιολικής και Φωτοβολταϊκής ενέργειας αυξάνεται, αντίθετα η υδροηλεκτρική ενέργεια, παρά τις διακυμάνσεις που παρουσιάζει την τελευταία 10ετία, τα τελευταία δυο χρόνια μειώνεται. Η βιοενέργεια αυξήθηκε τα τελευταία δύο χρόνια και υπάρχουν περιθώρια και για περεταίρω βελτίωση. Αντίθετα η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας δεν έχει ξεκινήσει, παρόλο που υπάρχουν αξιόλογα γεωθερμικά πεδία με υψηλή ενθαλπία άνω των 150⁰ C και 350⁰ C .

Οι πρόσφατες παγκόσμιες γεωπολιτικές εξελίξεις που επέφερε ο πόλεμος στην Ουκρανία και η επιβολή κυρώσεων της ΕΕ στη Ρωσία, που αποτελεί την κύρια πηγή τροφοδοσίας φυσικού αερίου, θέτει σε κίνδυνο την κάλυψη των αναγκών εισαγωγής φυσικού αερίου για την κάλυψη τροφοδοσίας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και έφερε την Ελλάδα σε ενεργειακά δυσμενή θέση. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συνέβαλαν στην περεταίρω χρήση των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής μέχρι το 2028 (αντί για το 2023) και αύξηση της εξόρυξης του λιγνίτη κατά 50%. Όλες αυτές οι εξελίξεις κάνουν ποιο επιτακτική την ανάγκη αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μαζί με την ανάπτυξη των τεχνολογιών αποθήκευσης της, με στόχο την ενεργειακή επάρκεια της χώρας και την επίτευξη των μηδενικών εκπομπών CO₂ έως το 2050.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με γνώμονα τις ενεργειακές δυνατότητες της χώρας και την επιτακτική ανάγκη της ενεργειακής της απεξάρτησης από άλλες χώρες, προτείνετε:

- α) Σύσταση οργανισμού ειδικών επιστημόνων για την χάραξη ενιαίας στρατηγικής ενεργειακής πολιτικής της χώρας. Με επιλογή των σημείων και της μορφής ενέργειας που θα αναπτυχθεί, σύμφωνα με το δυναμικό φορτίο, την διεξαγωγή μετρήσεων και τη πραγματοποίηση περιβαλλοντικών μελετών.
- β) Αξιοποίηση των βραχονησίδων που είναι κοντά στην ηπειρωτική χώρα ή κοντά σε νησιά για τη δημιουργία αιολικών πάρκων(παράδειγμα το αιολικό πάρκο του Αγίου Γεωργίου).
- γ) Αποθήκευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης.
- δ) Αξιοποίηση των λιγνιτηκών μονάδων (μετά την απολιγνιτοποίηση) με στόχο την μετατροπή τους σε μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ με τη μορφή θερμότητας.
- ε) Χρηματοδότηση και κίνητρα για στοχευμένες επενδύσεις.

Είναι μερικές από τις προτάσεις που θα μπορούσαν να βοηθήσουν τη χώρα και να την οδηγήσουν σε ενεργειακή αυτάρκεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2050 long-term strategy (no date). Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (Accessed: April 28, 2022).

Bioelectricity has the literal ‘Power’ to decarbonise Europe’s Remaining Electricity Demand by 2050 - Bioenergy Europe (no date). Available at: <https://bioenergyeurope.org/article.html/308> (Accessed: March 24, 2022).

Bioenergy (no date). Available at: <https://www.irena.org/bioenergy> (Accessed: March 27, 2022).

Bioenergy Power Generation – Analysis - IEA (no date). Available at: <https://www.iea.org/reports/bioenergy-power-generation> (Accessed: March 27, 2022).

Briefing on geothermal energy and its regulatory framework in Greece - Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος (no date). Available at: <https://www.oryktosploutos.net/2021/11/24039/> (Accessed: February 28, 2022).

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (no date). Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015R\(01\)&from=EL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015R(01)&from=EL) (Accessed: June 21, 2021).

DOE Global Energy Storage Database (no date). Available at: <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/statistics.html> (Accessed: April 12, 2022).

Energy Agency, I. (2050) “Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector.” Available at: www.iea.org/t&c/ (Accessed: April 8, 2022).

Energy Agency, I. (no date) “Hydropower Special Market Report.” Available at: www.iea.org/t&c/ (Accessed: February 26, 2022).

ENERGY PROJECT - Φυσικό αέριο (no date). Available at: <https://www.energyproject.gr/energywind.php> (Accessed: June 23, 2021).

“EU Reference Scenario 2016 Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050” (no date).

European Union Can Meet Ambitious Renewable Energy Targets (no date). Available at: <https://www.irena.org/newsroom/articles/2018/Jan/European-Union-Can-Meet-Ambitious-Renewable-Energy-Targets> (Accessed: June 29, 2021).

Executive summary – Renewables 2021 – Analysis - IEA (no date). Available at: <https://www.iea.org/reports/renewables-2021/executive-summary> (Accessed: March 31, 2022).

Geothermal energy (no date). Available at: <https://www.irena.org/geothermal> (Accessed: March 20, 2022).

Geothermal energy capacity set for strong growth in Europe (no date). Available at: <https://renewablesnow.com/news/geothermal-energy-capacity-set-for-strong-growth-in-europe-702271/> (Accessed: March 20, 2022).

Geothermal Power – Analysis - IEA (no date). Available at: <https://www.iea.org/reports/geothermal-power> (Accessed: March 20, 2022).

Greece - Countries & Regions - IEA (no date a). Available at: <https://www.iea.org/countries/greece> (Accessed: February 21, 2022).

Greece - Countries & Regions - IEA (no date b). Available at: <https://www.iea.org/countries/greece> (Accessed: June 21, 2021).

Greece - Countries & Regions - IEA (no date c). Available at: <https://www.iea.org/countries/greece#data-browser> (Accessed: June 21, 2021).

Greece - Countries & Regions - IEA (no date d). Available at: <https://www.iea.org/countries/greece> (Accessed: June 18, 2021).

Hive Power - The Future of Grid Energy Storage (no date). Available at: <https://hivepower.tech/the-future-of-grid-energy-storage/> (Accessed: April 11, 2022).

HWEA Wind Energy Statistics-2020 Total capacity to the grid (MW) per year (1999).

“HWEA Wind Energy Statistics-2021 Total capacity to the grid (MW) per year” (1999).

“Hydropower” (no date) /*hydropower* [Preprint]. Available at: /*hydropower* (Accessed: February 16, 2022).

Hydropower – Analysis - IEA (no date a). Available at: <https://www.iea.org/reports/hydropower> (Accessed: February 25, 2022).

Hydropower – Analysis - IEA (no date b). Available at: <https://www.iea.org/reports/hydropower> (Accessed: February 16, 2022).

Hydropower Energy (no date). Available at: <https://hydropower-europe.eu/about-hydropower-europe/hydropower-energy/> (Accessed: February 25, 2022).

Hydropower: The flexible key to a greener Europe – POLITICO (no date). Available at: <https://www.politico.eu/sponsored-content/hydropower-the-flexible-key-to-a-greener-europe/> (Accessed: February 25, 2022).

Laboratory of Atmospheric Physics of the University of Patras (no date). Available at: <https://www.atmosphere-upatras.gr/en/solarmaps/Greece> (Accessed: June 17, 2021).

Net Zero by 2050 Data Browser – Analysis - IEA (no date). Available at: <https://www.iea.org/articles/net-zero-by-2050-data-browser> (Accessed: April 8, 2022).

Ocean energy bounces back with increased investment and installations in 2021 - Ocean Energy Europe (no date). Available at: <https://www.oceanenergy-europe.eu/ocean-energy-bounces-back-with-increased-investment-and-installations-in-2021/> (Accessed: April 6, 2022).

Powered by the ocean - Ocean Energy Europe (no date). Available at: <https://www.oceanenergy-europe.eu/ocean-energy/> (Accessed: April 6, 2022).

“Renewable energy in Europe” (no date). Available at: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy_en (Accessed: April 8, 2022).

Renewables - Fuels & Technologies - IEA (no date). Available at: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables> (Accessed: June 18, 2021).

Renewables 2021 Data Explorer – Analysis - IEA (no date). Available at:

[https://www.iea.org/articles/renewables-2021-data-](https://www.iea.org/articles/renewables-2021-data-explorer?mode=market®ion=Europe&publication=2021&product=Total)

[explorer?mode=market®ion=Europe&publication=2021&product=Total](https://www.iea.org/articles/renewables-2021-data-explorer?mode=market®ion=Europe&publication=2021&product=Total) (Accessed: April 9, 2022).

SAGINI3: ΟΤΑΝ Η «ΦΤΩΧΗ» ΕΛΛΑΔΑ ΜΕΓΑΛΟΥΡΓΟΥΣΕ. Τα υδροηλεκτρικά της ΔΕΗ ! (no date). Available at: http://sagini3.blogspot.com/2016/12/blog-post_18.html (Accessed: February 3, 2022).

Solar energy (no date). Available at: <https://www.irena.org/solar> (Accessed: June 22, 2021).

Top Battery Storage Projects in Europe to Look out for in 2022. - Hive Power (no date). Available at:

<https://hivepower.tech/top-battery-storage-projects-in-europe-to-look-out-for-in-2022/> (Accessed: April 11, 2022).

Wave energy - Ocean Energy Europe (no date). Available at: <https://www.oceanenergy-europe.eu/ocean-energy/wave-energy/> (Accessed: April 6, 2022).

Wind – Renewables 2020 – Analysis - IEA (no date). Available at:

<https://www.iea.org/reports/renewables-2020/wind#abstract> (Accessed: November 15, 2021).

Wind energy (no date). Available at: <https://www.irena.org/wind> (Accessed: December 9, 2021).

World Small Hydropower Development Report | UNIDO (no date). Available at:

<https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-clean-energy-access-productive-use-renewable-energy-focus-areas-small-hydro-power/world-small-hydropower-development-report> (Accessed: February 17, 2022).

Αιολικό Πάρκο «Άγιος Γεώργιος»: Ένα έργο-ορόσημο για την Ελλάδα | ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ (no date).

Available at: <https://www.terna-energy.com/restories/aioliko-parko-agios-georgios-ena-ergo/> (Accessed: December 8, 2021).

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας | Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση | Ευρωπαϊκό

Κοινοβούλιο (no date). Available at: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/70/renewable-energy> (Accessed: April 11, 2022).

Άνεμος | ecoweather (no date). Available at: <https://www.ecoweather.gr/anemos> (Accessed: June 23, 2021).

Βασίλειος Δ, Μ.Δ.Β.Μ. (2015) *Ηλιακή & Αιολική Ενέργεια Θεωρία & Εφαρμογές* .

Βασίλειος Δ, Μ.Δ.Β.Μ. (no date) *Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας*. ΤΖΙΟΛΑ.

Βιοενέργεια - Βικιπαίδεια (no date). Available at:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1> (Accessed: March 21, 2022).

Γεωθερμία - (no date a). Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/oryktes-protos-yles/geothermia/> (Accessed: February 28, 2022).

Γεωθερμία - (no date b). Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/geothermia/> (Accessed: February 28, 2022).

Γεωθερμία στην Ελλάδα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (no date). Available at:

<https://energypress.gr/news/geothermia-stin-ellada-os-ananeosimi-pigi-energeias> (Accessed: March 19, 2022).

Γνωρίστε την Αιολική Ενέργεια – ΕΛΕΤΑΕΝ (no date). Available at: https://eletaen.gr/gnoriste-tin-aioliki-energeia/#%CE%A4%CE%B9_%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9_%CE%BC%CE%B9%CE%B1_%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B1 (Accessed: June 29, 2021).

ΔΕΗ Ανανεώσιμες - Υπάρχουσες εγκαταστάσεις (no date a). Available at: <https://ppcr.gr/el/projects/current-projects> (Accessed: April 4, 2022).

ΔΕΗ Ανανεώσιμες - Υπάρχουσες εγκαταστάσεις (no date b). Available at: <https://www.ppcr.gr/el/projects/current-projects> (Accessed: February 20, 2022).

ΔΕΗ Ανανεώσιμες - Υπάρχουσες εγκαταστάσεις (no date c). Available at: <https://ppcr.gr/el/projects/current-projects> (Accessed: June 18, 2021).

Διονύσης Ασημακόπουλος, Γ.Α.Α.-Δ.Α.Κ.Γ.Τ. (2015) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Εκδόσεις “σοφία.”

Εθνικό πλαίσιο - (no date). Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/nomothesia/ethniko-plaisio/> (Accessed: April 10, 2022).

Ενέργεια & Πολίτης - Αιολική ενέργεια - Ανεμογεννήτριες (no date). Available at: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm (Accessed: June 25, 2021).

Ενεργειακή κρίση: Αύξηση της εξόρυξης λιγνίτη κατά 50% δρομολογεί η ΔΕΗ (no date). Available at: <https://www.protothema.gr/economy/article/1229660/energeiaki-krisi-auxisi-tis-paragogis-ligniti-dromologe-i-dei/> (Accessed: April 28, 2022).

“Ενημερωτικά δελτία για την ηλεκτροπαραγωγή με γεωθερμία” (no date).

Ευρωπαϊκό πλαίσιο - (no date). Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/nomothesia/evropaiko-plaisio/> (Accessed: April 10, 2022).

Η Λίμνη Κρεμαστών Ευρυτανίας σε περιμένει να την ανακαλύψεις | Reader (no date). Available at: <https://www.reader.gr/advertorial/382417/i-limni-kremaston-eyrytaniyas-se-perimenei-na-tin-anakalypseis> (Accessed: February 3, 2022).

Η Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα για το 2021 – Εγκαταστάθηκαν 338,3 νέα MW - Το top5 των επενδυτών και των κατασκευαστών (no date a). Available at: <https://energypress.gr/news/i-statistikitis-aiolikis-energeias-stin-ellada-gia-2021-egkatakastathikan-3383-nea-mw-top5-ton> (Accessed: April 5, 2022).

Η Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα για το 2021 – Εγκαταστάθηκαν 338,3 νέα MW - Το top5 των επενδυτών και των κατασκευαστών (no date b). Available at: <https://energypress.gr/news/i-statistikitis-aiolikis-energeias-stin-ellada-gia-2021-egkatakastathikan-3383-nea-mw-top5-ton> (Accessed: April 5, 2022).

Ηλιακό Βέλος I (no date). Available at: <https://www.heliako-velos1.gr/home/iliako-velos1.html> (Accessed: June 18, 2021).

“Καταρρέει ο κύκλος του νερού στον πλανήτη” (2010) *Ιστότοπος εφημερίδας Ελευθεροτυπία* [Preprint]. Available at: <http://www.enet.gr/?i=news.el.episthmh-texnologia&id=212394> (Accessed: December 15, 2021).

Κύκλος του νερού - Βικιπαίδεια (no date). Available at:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%82_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D (Accessed: December 15, 2021).

Κυρ. Μητσοτάκης: Προσαρμογή του πλάνου της απολιγνιτοποίησης λόγω κρίσης - Παραμένει ο στόχος της μείωσης των εκπομπών - ertnews.gr (no date). Available at:

<https://www.ertnews.gr/eidiseis/ellada/politiki/kyr-mitsotakis-prosarmogi-toy-planoy-tis-apolignitopoiisis-logo-tis-achartografitis-sygkyrias/> (Accessed: April 28, 2022).

ΜΥΗΣ Αγ. Βαρβάρα, Ημαθία Βέροια (no date). Available at: <https://ppcr.gr/el/hydroelectric/ag-varvara-imathia-veroia> (Accessed: February 16, 2022).

Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (no date). Available at:

http://www.cres.gr/cres/files/xrisima/ekdoseis/ekdoseis_GR28.pdf (Accessed: June 15, 2021).

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα - ΟΜΙΛΟΣ ΔΙΕΘΝΩΝ & ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ (no date a). Available at: <https://odeth.eu/%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5/>

(Accessed: April 10, 2022).

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα - ΟΜΙΛΟΣ ΔΙΕΘΝΩΝ & ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ (no date b). Available at: <https://odeth.eu/%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5/>

(Accessed: April 8, 2022).

Πηγές Προέλευσης της Βιομάζας (no date). Available at:

<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/16-biomass-resources> (Accessed: March 21, 2022).

“Πληροφοριακό Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ-Ιούνιος 2021” (no date a).

“Πληροφοριακό Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ-Ιούνιος 2021” (no date b).

Πληροφοριακό Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ-Μάρτιος 2021 (no date).

Σημειώσεις μαθήματος «Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα» – ΙΤΙΑ (no date). Available at: <https://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1843/> (Accessed: January 10, 2022).

Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2020 (no date a). Available at: www.helapco.gr.

Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2020 (no date b). Available at: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2020_18May2021.pdf (Accessed: June 21, 2021).

Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2020 (no date c). Available at: www.helapco.gr (Accessed: June 21, 2021).

Στροφή στις ανανεώσιμες πηγές μετά τη Φουκουσίμα | Πολιτική | DW | 11.03.2021 (no date). Available at: <https://www.dw.com/el/%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AE-%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5/>

(Accessed: June 21, 2021).

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC-%CF%84%CE%B7-%CF%86%CE%BF%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B1/a-56835905 (Accessed: February 25, 2022).

Συμφωνία του Παρισιού – Σύμβαση –Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή - EUR-Lex (no date). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/content/paris-agreement/paris-agreement.html?locale=el> (Accessed: April 10, 2022).

Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ - Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης Α.Ε. - ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. (no date). Available at: <https://www.dapeep.gr/dimosieuseis/sinoptiko-pliroforiako-deltio-ape/#1647512923212-82eebf5-da9c> (Accessed: April 28, 2022).

Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο Α.Π.Ε. & ΣΗΘΥΑ Μάρτιος 2021 (no date). Available at: https://www.dapeep.gr/wp-content/uploads/DAPE/2021/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%94%CE%B5%CE%BB%CF%84%CE%AF%CE%BF%20%CE%9C%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B9%CE%BF%CF%82%202021.pdf?_t=1622793781 (Accessed: June 15, 2021).

Το βιοαέριο στην ΕΕ και στην Ελλάδα | BIOENERGY NEWS (no date). Available at: <http://bioenergynews.gr/to-bioaerio-stin-ee-kai-stin-ellada/> (Accessed: March 26, 2022).

Υδρογραφήματα υδρορρευμάτων δείχνει την παροχή ενός ποταμού σε μια απλή θέση ως συνάρτηση του χρόνου - PDF Free Download (no date). Available at: <https://docplayer.gr/147831916-Ydrografimata-ydroorreymaton-deihnei-tin-parohi-enos-potamoy-se-mia-apli-thesi-os-synartisi-toy-hronoy.html> (Accessed: January 10, 2022).

Υδροηλεκτρικά - Energoplan Α.Ε. | Λύσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας (no date). Available at: <http://energoplansa.com/ydrohlektrika/> (Accessed: February 3, 2022).

Υδροηλεκτρική ενέργεια (no date). Available at: http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html (Accessed: February 2, 2022).