



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στη Διοίκηση Επιχειρήσεων**  
**Ολική Ποιότητα με Διεθνή Προσανατολισμό (MBA TQM International)**

**ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ– ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ & ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ**  
**ΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

**ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ ΜΠΟΥΤΣΙΚΑΚΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2023**

## ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων – Ολική Ποιότητα με Διεθνή Προσανατολισμό» με τίτλο:

**«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Εξελίξεις και Προβλέψεις για την Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα.»**

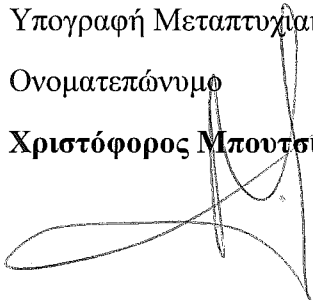
έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ονοματεπώνυμο

**Χριστόφορος Μπουτσικάκης.**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύσσονται ραγδαία εξαιτίας της αποδεδειγμένης πλέον επιβάρυνσης του πλανήτη από την εκμετάλλευση ορυκτών καυσίμων. Τα οφέλη από την αξιοποίηση τους δεν περιορίζονται στον ενεργειακό τομέα αφού προσδίδουν μεγάλες ευκαιρίες οικονομικής ανάπτυξης. Κατά την διεθνή κινητοποίηση για πράσινη ενεργειακή μετάβαση θεσπίζονται συνεχώς νέα θεσμικά πλαίσια και επενδύονται τεράστια κεφάλαια με τις ανεπτυγμένες χώρες να ηγούνται της προσπάθειας. Η ΕΕ αποτελούσε το κέντρο των εξελίξεων για πολλά χρόνια. Σήμερα, η Κίνα οδηγεί τον δρόμο και η Βόρεια Αμερική αυξάνει συνεχώς την συμμετοχή της. Η Ελλάδα ως κράτος μέλος της ΕΕ και εξαιτίας των πλούσιων φυσικών της πόρων συμμετέχει ενεργά στην μετάβαση αυτή, πραγματοποιώντας αξιοσημείωτα βήματα τα τελευταία χρόνια. Ταυτόχρονα, υπάρχουν ακόμη τεράστιες δυνατότητες για την χώρα. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάλυση των τρεχουσών εξελίξεων στο πεδίο των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εγχώριο επίπεδο και παράλληλα η παρουσίαση των δυνητικών ευκαιριών και απειλών, με έμφαση στον τομέας της αιολικής ενέργειας.

## **ABSTRACT**

Renewable sources of energy are developing rapidly due to the proven negative climate effects from the exploitation of fossil fuels. The benefits of their utilization are not limited in the energy sector since they provide great opportunities for economic development. In the international mobilization for a green energy transition, new institutional frameworks are constantly being established and huge funds are being invested with developed countries leading the way. The EU had been at the center of developments for many years. However, China is now leading the way and North America increases drastically its involvement. Greece, as a member state of the EU and because of its rich natural resources, is actively participating in this transition, making remarkable steps in recent years. Nevertheless, there are still huge possibilities for development in the country. In this paper, an attempt is made to analyze the current developments in the field of renewable energy sources at an international, European and domestic level and simultaneously to present the potential opportunities and threats, with an emphasis on the wind energy sector.

## Ευρετήριο Διαγραμμάτων & Πινάκων

### Κατάσταση Διαγραμμάτων

1-1. Ιστορική εξέλιξη κατανάλωσης ενέργειας κατά πηγή παγκοσμίως 1971-2019.	12
1-2. Προσφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Τομέα Παγκοσμίως 2020-2025.	15
2-1. Ποσοστό Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά ΠΗΓΗ στην ΕΕ περίοδο 2000-2022.	28
2-2. Ανάπτυξη των ΑΠΕ στην συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για επιλεγμένες χώρες της ΕΕ κατά τα έτη 2021-2022.	29
2-3. Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα 2021 & 2022.	32
2-4. Ενεργειακό Μίγμα Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα το 2022	33
2-5 . Μίγμα Καυσίμου στην Ηλεκτροπαραγωγή 2021-2022.	33
4-1. Παράκτια Αιολική ισχύς σε λειτουργία 2013-2022.	62
4-2. Αιολική Ισχύς Ανά κράτος-μέλος της ΕΕ 2022.	63
4-3. Προβλέψεις για ετήσιες αυξήσεις Αιολικής Ισχύς έως το 2030 στην ΕΕ για να πετύχει τους στόχους RepowerEu.	64
4-4. Πρόβλεψη Συνεισφορά κρατών Μελών ΕΕ στην επίτευξη των στόχων για πράσινη αξιοποίηση ενέργειας έως το 2030.	64
4-5. Συνολική Ισχύς Αιολικής Ενέργειας σε MW στο Ελληνικό Δίκτυο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας 1999-2022	66
5-1. Ετήσιες Επενδύσεις σε ΑΠΕ & Ορυκτά Καύσιμα , Συγκριτικά την περίοδο 2015-2022.	70
5-2. Ποσοστό ετήσιων παγκόσμιων επενδύσεων σε ΑΠΕ ανά πηγή 2013-2022.	71
5-3. Αναλογία Επενδύσεων με εγκατάσταση αιολικής ισχύς ανά έτος παγκοσμίως 2013-2022	71
5-4. Επενδύσεις στις ΑΠΕ ανά χρηματοοικονομικό όργανο 2013-2020	72
5-5. Κόστος MWh από Αέριο και Άνθρακα ΕΕ 2019-22 σε Αμερικάνικα Δολάρια	73
5-6. Κατάταξη επιχειρηματικών ομίλων σε συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ στην Ελλάδα το 2022.	77
6-1. Χρονική Εξέλιξη Παραγωγής Ενέργειας 2014-2024	82
6-2. Περιοδόγραμμα της χρονοσειράς ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ισχύ	83
6-3. Προβλέψεις Αιολικής Παραγωγής Ενέργειας για το διάστημα 02/2023-01/2024	87
6-4. Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας (GWh) 2022 & 2023	88
6-5. Εξέλιξης Συνολικής Ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ενέργεια 2014-2023.	88

## Κατάσταση Πινάκων

Πίνακας 1. Αναφορά Ανάλυσης Προβλέψεων.	84
Πίνακας 2. Σύγκριση Προτεινόμενων Μοντέλων.	84
Πίνακας 3. Έλεγχοι Καταλοίπων.	85
Πίνακας 4. Έλεγχος Παραμέτρων του μοντέλου <i>ARIMA</i> <i>(0,1,2)(1,1,2)<sup>12</sup></i> .	85
Πίνακας 5. Πρόβλεψη Ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ισχύ / <i>ARIMA (0,1,2)(1,1,2)<sup>12</sup></i> .	86

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περιεχόμενα	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
Αντικειμενικός Σκοπός.....	8
Υπόβαθρο Θέματος.....	8
Ερευνητικές Ερωτήσεις .....	8
Μεθοδολογία .....	9
Συνεισφορά της διπλωματικής Εργασίας.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΠΕ & ΑΝΑΓΚΗ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ .....	11
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	11
1.2 Κλιματική Αλλαγή .....	13
1.3 Ανάγκη για Βιώσιμη Ανάπτυξη & ΑΠΕ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	16
2.1 Εισαγωγή .....	16
2.2 Μορφές ΑΠΕ .....	17
2.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα ΑΠΕ .....	20
2.4 Η Παγκόσμια Κατάσταση.....	23
2.4 Η κατάσταση στην ΕΕ .....	25
2.5 Η Κατάσταση στην Ελλάδα.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΠΕ .....	33
3.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	34
3.2 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	39
3.3 ΒΙΟΜΑΖΑ .....	44
3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	48
3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ .....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Η ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ .....	54
4.1 Γενική Περιγραφή.....	54
4.2 Τρόποι Αξιοποίησης.....	55

4.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας .....	58
4.4 Οι σύγχρονες εξελίξεις .....	60
4.5 Η Αιολική Ενέργεια σε Παγκόσμιο Επίπεδο .....	62
4.6 Η Αιολική Ενέργεια στην ΕΕ .....	63
4.7 Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα .....	65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ .....</b>	<b>67</b>
5.1 Παγκόσμια Ενεργειακή Κρίση & Οικονομική Ύφεση .....	67
5.2 Οι ΑΠΕ στην Παγκόσμια Οικονομία .....	69
5.3 Παγκόσμιες Επενδύσεις στις ΑΠΕ & Χρηματοδοτικές Πηγές .....	71
5.4 Οι ΑΠΕ στην Οικονομία της ΕΕ .....	73
5.5 Αιολική Ενέργεια στην Οικονομία της ΕΕ .....	74
5.6 Οι ΑΠΕ στην Οικονομία της Ελλάδας .....	75
5.7 Η Αιολική Ενέργεια στην Οικονομία της Ελλάδας.....	76
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 -ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ &amp; ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>78</b>
6.1 Εισαγωγή .....	78
6.2 Μεθοδολογία Στατιστικής Ανάλυσης .....	79
6.3 Ανάλυση Χρονοσειρών .....	80
6.4 Μέθοδος Box Jenkins .....	80
6.4 Χρονοσειρά .....	82
6.5 Διερεύνηση Ύπαρξης Εποχικότητας.....	83
6.6 Επιλογή Μοντέλου Πρόβλεψης.....	83
6.7 Πρόβλεψη Παραγωγής Αιολικής Ενέργειας .....	86
6.8 Περιορισμοί Πρόβλεψης .....	89
6.9 Συμπεράσματα Εργασίας .....	89
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>91</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>93</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Αντικειμενικός Σκοπός

Αντικειμενικός σκοπός της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας, είναι η αποτύπωση και η παρουσίαση των εξελίξεων στο πεδίο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κυρίως στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς με έμφαση στο πεδίο της Αιολικής Ενέργειας. Στην εργασία περιλαμβάνονται πληροφορίες και των υπόλοιπων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με στόχο την κατανόηση των ωφελειών που μπορούν να προκύψουν από την ορθή αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν. Για λόγους συντομίας οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναφέρονται συχνά ως ΑΠΕ.

### Υπόβαθρο Θέματος

Οι ΑΠΕ έχουν απασχολήσει την διεθνή και παγκόσμια βιβλιογραφία για πληθώρα θεμάτων , όπως την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, ζητήματα τεχνολογίας αλλά και ανάλυση των ευκαιριών και των κινδύνων που απορρέουν από την χρησιμοποίησή τους. Όσο αφορά το κομμάτι των προβλέψεων, είναι απαραίτητη η διαρκής έρευνα και διεύρυνση των διαθέσιμων πληροφοριών, καθώς και η ενσωμάτωση των πιο πρόσφατων δεδομένων. Αυτή ακριβώς είναι και η επιδίωξη της παρούσας εργασίας, ιδιαίτερα όσον αφορά το περιβάλλον της Ελλάδας και τις προβλέψεις για το μέλλον της αιολικής ενέργειας.

### Ερευνητικές Ερωτήσεις

Για να υπάρχει ουσιαστική συμβολή της παρούσας εργασίας στην διεύρυνση του ερευνητικού πεδίου των ΑΠΕ η ερευνητική εργασία καλείται να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα όπως:

- Ποιες μορφές ενέργειας θεωρούνται ΑΠΕ.
- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ΑΠΕ.
- Ποια είναι τα μειονεκτήματα της χρήσης των ΑΠΕ.
- Ποια είναι η συμβολή των ΑΠΕ στην επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης.

- Σε τι βαθμό χρησιμοποιούνται οι ΑΠΕ σε διεθνές , ευρωπαϊκό και εγχώριο επίπεδο.
- Πως συμβάλουν τα ρυθμιστικά πλαίσια διεθνώς αλλά και Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας στην αξιοποίηση τους.
- Ποια είναι η συνεισφορά τους στην οικονομία;
- Σε ποιον βαθμό αξιοποιούνται αυτήν την στιγμή.
- Ποια είναι τα περιθώρια ανάπτυξης.
- Ποια είναι η πρόβλεψη ανάπτυξη και οι προοπτικές των αιολικών πάρκων στο μέλλον της Ελλάδας.

### Μεθοδολογία

Για την συγγραφή της ερευνητικής αυτής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά δεδομένα τα οποία επαληθεύουν και υποστηρίζουν την εγκυρότητα των τελικών συμπερασμάτων.

- Μελέτη συνδυασμού εγχώριων και διεθνών βιβλιογραφικών πηγών με σκοπό την άντληση των πιο αξιόπιστων πληροφοριών για το θέμα των ΑΠΕ. Θα πραγματοποιηθεί Ιστορική ανασκόπηση των μορφών ενέργειας και εμβάθυνση στα διαφορετικά είδη των ΑΠΕ και στους τρόπους εκμετάλλευσης τους με ιδιαίτερη έμφαση στην αιολική ενέργεια.
- Ποσοτική Έρευνα με παρουσίαση Στατιστικών Δεδομένων σχετικά με την συνεισφορά και απόδοση των ΑΠΕ.
- Στατιστική Ανάλυση με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα στατιστικά δεδομένα με έμφαση στις προβλέψεις που διενεργήθηκαν.

## Συνεισφορά της διπλωματικής Εργασίας

Η αξιοποίηση συμβατικών μορφών ενέργειας εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για το μέλλον της ανθρωπότητας. Είναι πλέον ξεκάθαρο πως σταθερά και με γρήγορο ρυθμό, θα πρέπει να απεξαρτηθεί πλήρως η κοινωνία από αυτές τις μορφές ενέργειας με τις επιπτώσεις τους να είναι διακριτές πλέον καθημερινά τόσο σε επίπεδο επιβάρυνσης του περιβάλλοντος αλλά και της οικονομίας. Συνεπώς η στροφή στις ΑΠΕ αποτελεί μονόδρομο για την βιώσιμη ανάπτυξη και την παγκόσμια ευημερία. Η Ελλάδα , πλούσια σε φυσικούς πόρους , ήλιο , άνεμο και νερό μπορεί να αξιοποιήσει στο μέγιστο την ενεργειακή αυτή μετάβαση. Η παρούσα εργασία καλείται να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την κατανόηση των διαφορετικών ΑΠΕ και τον βαθμό αξιοποίησης τους στην Ελλάδα καθώς και πιο συγκεκριμένα, να παρέχει τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν τις προβλέψεις ανάπτυξης του κλάδου της αιολικής ενέργειας. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των προβλέψεων, μπορούν να συνεισφέρουν στο να παρθούν σημαντικές αποφάσεις για την αξιοποίηση τους στο εγγύς μέλλον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΠΕ & ΑΝΑΓΚΗ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

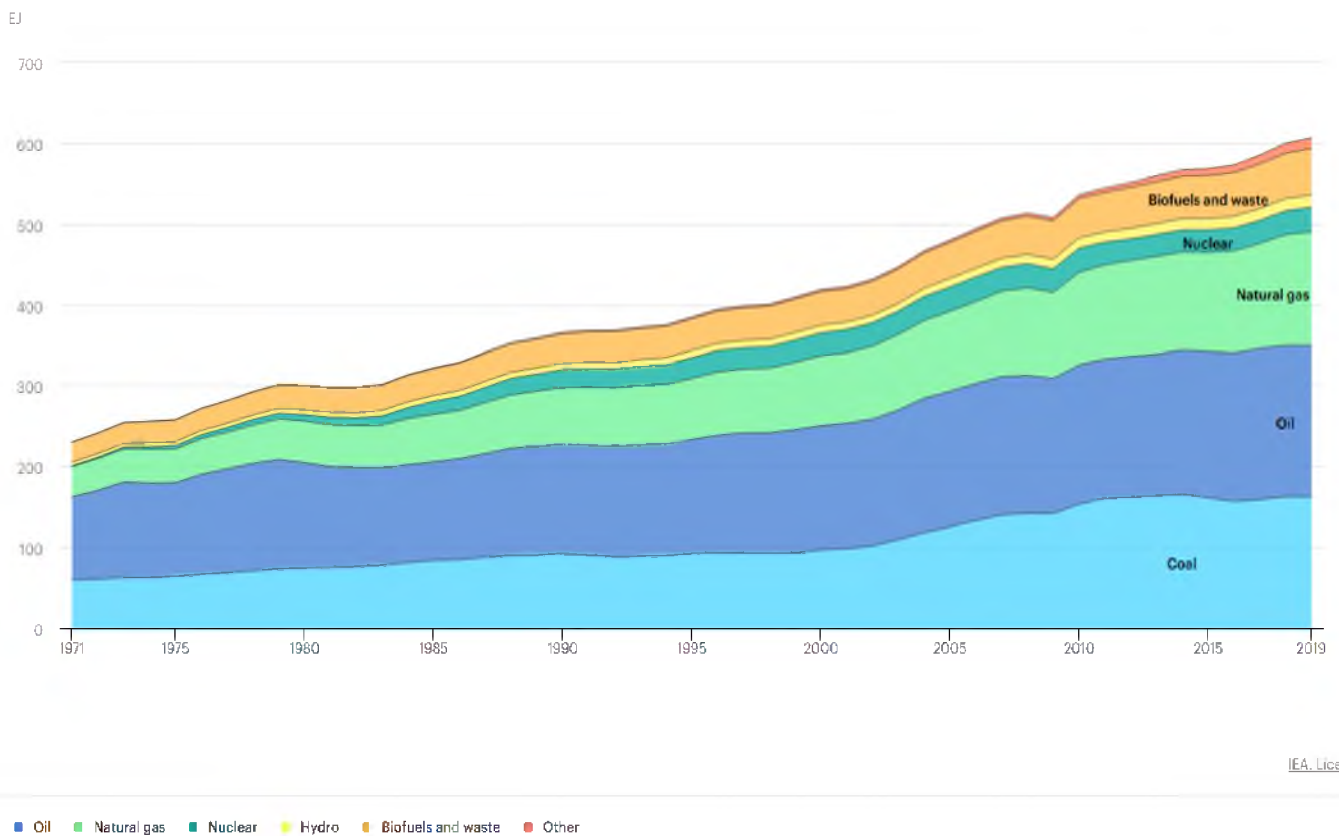
### 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα η ανάπτυξη του ανθρώπου συνδέεται άρρηκτα με την χρήση της ενέργειας. Ως ενέργεια ο Άγγλος φυσικός Thomas Young κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα ορίζει “την δύναμη της παραγωγής αλλαγής ή της παραγωγής έργου”. Αυτός ο ορισμός περιγράφει απόλυτα την φύση της ενέργειας, που είναι να μεταμορφώνει οποιαδήποτε μορφή δραστηριότητας. Κατά την γεωργική επανάσταση όπου οι ενεργειακές ανάγκες αυξήθηκαν κατά μεγάλο βαθμό, το κυρίαρχο καύσιμο (που χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα μέχρι και στις μέρες) ήταν το ξύλο, η άμεση ηλιακή ενέργεια και η πρωτογενής βιομάζα (για τροφή και καύση). Από τότε και μέχρι τα τέλη του 16<sup>ου</sup> αιώνα οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνταν κατά κύριο λόγο είναι η ξυλεία, το νερό (νερόμυλος) και ο άνεμος (ανεμόμυλος).

Ο γαιάνθρακας από τα τέλη του 1600, αναλαμβάνει ηγετικό ρόλο ως πηγή ενέργειας και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό (πρώτη ατμομηχανή 1696-Thomas Savery) της βιομηχανικής επανάστασης. Η ιστορική αυτή περίοδος κατά την οποία παρατηρείται πάλι μια μεγάλη αύξηση στις ενεργειακές ανάγκες της κοινωνίας, χαρακτηρίζεται αρχικά από την χρήση άνθρακα και έγινε ακόμα μεγαλύτερη κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα από την χρήση του πετρελαίου. Στην συνέχεια ακολούθησε η πρώτη γεώτρηση φυσικού αερίου (1865) και το 1882, ο Thomas Edison ανακαλύπτει τον λαμπτήρα. Έκτοτε, οι ενεργειακές ανάγκες της κοινωνίας συνέχιζαν να αυξάνονται κατακόρυφα.

Μετά την πρώτη Πετρελαϊκή κρίση (1979) αναπτύχθηκε το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ηλιακή, Αιολική, Γεωθερμική, Υδροηλεκτρική, Παλιρροϊκή, Βιομάζα). Η αξιοποίηση τους συνδέθηκε με την περιβαλλοντική επαγρύπνηση της κοινωνίας, σε θέματα που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις που είχε η αδιάκοπη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας. Όπως συμπεραίνουμε και από το διάγραμμα 1.1 της έκθεσης του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας IEA, (Key World Energy Statistics 2021), Οι ΑΠΕ στις μέρες μας αποτελούν βασικές πηγές ενέργειας για πολλά κράτη και συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στο

ενεργειακό τους ισοζύγιο χωρίς όμως να έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τα ορυκτά καύσιμα. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια γίνονται ουσιαστικά βήματα από κράτη και φορείς διεθνούς επιπέδου, με σκοπό την πλήρη απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε βάθος χρόνου.



Διάγραμμα 1-1 Ιστορική εξέλιξη κατανάλωσης ενέργειας κατά πηγή παγκοσμίως 1971-2019- ΠΗΓΗ:<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-total-energy-supply-by-source-1971-2019>

## 1.2 Κλιματική Αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα από τα κυρίαρχα ζητήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα στις μέρες μας. Αναφέρεται σε μακροχρόνιες αλλαγές σε καιρικά φαινόμενα και την θερμοκρασία, που έχουν προκύψει από την ανθρώπινη δραστηριότητα, με κυριότερο την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου που παγιδεύονται στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον διακριτές σε όλον τον κόσμο, με την εμφάνιση όλων και πιο συχνών έκτακτων καιρικών φαινομένων.

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την αλλαγή του κλίματος (IPCC -2021 Report) , σώμα το οποίο ιδρύθηκε από τον ΟΗΕ το 1988 , οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει κατά 1.1°C την παγκόσμια θερμοκρασία, πάνω από το προβιομηχανικό επίπεδο. Η έκθεση τονίζει πως αν δεν παρθούν άμεσα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία αυτή μπορεί να φτάσει και να ξεπεράσει τους 2°C με καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον.

Εφόσον οι άμεσες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν είναι ίδιες για όλα τα κράτη, με ορισμένα να επηρεάζονται περισσότερο από τα υπόλοιπα, δεν είναι εύκολη η συλλογική κατανόηση του προβλήματος. Μικρά νησιωτικά κράτη απειλούνται από την αύξηση της στάθμης των ωκεανών καθώς και χώρες με στενά αποθέματα νερού απειλούνται από ξηρασίες περισσότερο από ποτέ. Πάρο όλα αυτά , η έκθεση υποδεικνύει και άλλος κινδύνους δημόσιας υγείας που εγκυμονούν, κυρίως για τις αναπτυσσόμενες χώρες όπως υποσιτισμός, μετάδοση ασθενειών και θερμοπληξίες.

Η κλιματική αλλαγή απαιτεί μια συντονισμένης κλίμακας παγκόσμια προσπάθεια από κυβερνήσεις μέχρι τους τοπικούς φορείς, με στόχο τον περιορισμό των καταστροφικών της συνεπειών. Η ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πλέον, όπως υποδεικνύουν τα στοιχεία της μελέτης, πιο απαραίτητη από ποτέ.

### 1.3 Ανάγκη για Βιώσιμη Ανάπτυξη & ΑΠΕ

Βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται η κάλυψη των αναγκών του παρόντος μέσω της ανάπτυξης, χωρίς να διακυβεύεται η δυνατότητα των επόμενων γενεών για κάλυψη των δικών τους αναγκών. Οι δείκτες βιώσιμης ανάπτυξης βοηθούν στην απλοποίηση και κατανόηση των σύνθετων ανθρώπινων και φυσικών οικοσυστημάτων. Εξετάζουν την μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα μίας κοινωνίας, βασισμένη στο βαθμό κατά τον οποίο τα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά συστήματα είναι ολοκληρωμένα. Οι δείκτες βιωσιμότητας εντοπίζονται στους τομείς της οικονομίας, του περιβάλλοντος, της χρήσης πόρων, της κοινωνίας και του πολιτισμού. Όσο αφορά την χρήση πόρων, βασικός δείκτης βιωσιμότητας αποτελεί η ενέργεια και πιο συγκεκριμένα το ποσοστό χρησιμοποιούμενης ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αποτελεί ένα δείκτη που απασχολεί όλο και πιο έντονα όλα τα κράτη και υπόσχεται να δώσει λύσεις στις συνέπειες που είχε η χρήση των ορυκτών καυσίμων ως βασική πηγή ενέργειας.

Σύμφωνα με την έκθεση Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης του 2022 των Ενωμένων Εθνών, υπάρχει πρόοδος στην υιοθέτηση ΑΠΕ παγκοσμίως. Η έκθεση υποδεικνύει πως το 2018 η ενέργεια που προήλθε από ΑΠΕ ήταν 12% έναντι του 8,6 % το 2010. Τα στοιχεία της έκθεσης του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.2 προσφέρουν μία πιο πλήρη και πρόσφατη εικόνα, για την παγκόσμια προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας ανά τομέα, παγκοσμίως για την περίοδο 2020-2022 και προβλέψεις για την περίοδο 2023-2025. Η προσφορά των ΑΠΕ το 2022 ήταν 8.349 TWh αυξημένη κατά 5.7% σε σχέση με το προηγούμενο έτος αντιπροσωπεύοντας το 29,1% του συνόλου. Παράλληλα, υπάρχει άνιση κατανομή της προόδου ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές και κράτη, με πολλά ακόμα περιθώρια ανάπτυξης, για να επιταχυνθεί η διαδικασία απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.

Η χρήση των ΑΠΕ έχει πολλά πλεονεκτήματα που εντοπίζονται σε πολλές πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το 2015, οι παγκόσμιοι ηγέτες ενέκριναν ομόφωνα την ατζέντα 2030 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη. Ορισμένα στοιχεία φανερώνουν την επιτακτική ανάγκη για πρόσβαση σε φθηνή ενέργεια,

όπως το γεγονός πως ένας στους πέντε ανθρώπους δεν έχει πρόσβαση σε σύγχρονη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και πως 3 δισεκατομμύρια άνθρωποι στηρίζονται στην ξυλεία, τον γαιάνθρακα, τον ξυλάνθρακα και τα ζωικά απόβλητα για την θέρμανση και το μαγείρεμα. Ανάμεσα στους στόχους βρίσκεται και η αύξηση της αποδοτικότητας και χρήσης των ΑΠΕ με σκοπό την πρόσβαση σε παγκόσμια κλίμακα σε πράσινη ενέργεια.

TWh	2020	2021	2022	2025	Growth rate 2020-2021	Growth rate 2021-2022	CAAGR 2023-2025
Nuclear	2 676	2 803	2 684	2 986	4.8%	-4.3%	3.6%
Coal	9 414	10 171	10 325	10 217	8.0%	1.5%	-0.3%
Gas	6 330	6 489	6 500	6 522	2.5%	0.2%	0.1%
Other non-renewables	776	764	785	611	-1.5%	2.7%	-8.0%
Total renewables	7 475	7 902	8 349	10 799	5.7%	5.7%	9.0%
Total generation	26 671	28 129	28 642	31 135	5.5%	1.8%	2.8%

Διάγραμμα 1-2 Προσφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Τομέα Παγκοσμίως 2020-2025- ΠΗΓΗ: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/255e9cb0-da84-4681-8c1f-458ca1a3d9ca/ElectricityMarketReport2023.pdf>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.1 Εισαγωγή

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι εκείνες που προέρχονται από φυσικούς πόρους και βασικό τους χαρακτηριστικό είναι πως τα αποθέματά τους είναι ανεξάντλητα ή ανανεώνονται διαρκώς. Εξαρτώνται από την παραγωγή ενέργειας εντός του φυσικού περιβάλλοντος της γης. Οι πηγές αυτές περιλαμβάνουν , τον ήλιο, τον άνεμο, τον αέρα, τη βιομάζα και τους ωκεανούς. Η χρήση των ΑΠΕ αποτελεί μια υποσχόμενη λύση στην προσφορά ενέργειας καθώς συμβάλλουν στην καταπολέμηση των αρνητικών επιπτώσεων της παραδοσιακής παραγωγής ενέργειας όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η αυξημένη ενεργειακή ανεξαρτησία. Τα βασικά είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

- η Ηλιακή Ενέργεια
- η Αιολική Ενέργεια
- η Βιομάζα
- η Υδροηλεκτρική ενέργεια
- η Γεωθερμική Ενέργεια
- η Κυματική Ενέργεια/ Παλιρροϊκή ενέργεια

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρονολογείται αιώνες πριν. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τον άνεμο και το νερό για διάφορες δραστηριότητες όπως το να κινήσουν μύλους, πλοία και να αντλήσουν νερό. Κατά την βιομηχανική επανάσταση, η εξόρυξη των ορυκτών καυσίμων αντικατέστησε σε μεγάλο βαθμό την χρήση των ΑΠΕ και αποτέλεσαν την πηγή για την ανάπτυξη των μοντέρνων κοινωνιών. Οι ΑΠΕ με την μορφή που είναι γνωστές σήμερα κάνουν την εμφάνισή τους στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Το 1887 δημιουργείται το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας στο Ουισκόνσιν της Αμερικής. Η τουρμπίνα ανέμου ανακαλύπτεται στην Δανία το 1891 και ανοίγει τον δρόμο για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Το πρώτο φωτοβολταϊκό σύστημα κάνει την εμφάνισή του το 1950 , στις Η.Π.Α .

Από τα τέλη του 20ού αιώνα και μετά την πρώτη ενεργειακή κρίση η χρήση ΑΕΠ αποκτά μεγάλη σημασία σε συνδυασμό με τις ανησυχίες της κοινωνίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Σήμερα η χρήση ΑΠΕ ενισχύεται διαρκώς, καλύπτοντας ήδη ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη.

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ σύμφωνα με την διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία είναι τα εξής:

- Βιώσιμη εναλλακτική στις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Δεν εκπέμπουν άνθρακα, οξείδια του αζώτου και άλλες ρυπογόνες ουσίες.
- Μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση.
- Μικρή εξάρτηση από καύσιμα και εισαγωγές.
- Ενεργειακή ανεξαρτησία ,αφού υπάρχουν παντού.
- Αξιοποίηση τοπικών πόρων και συμβολή στην τοπική οικονομία.
- Μείωση του κόστους ενέργειας σε βάθος χρόνου.
- Δεν επιβαρύνουν την υγεία των ανθρώπων.
- Δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας.
- Η αξιοποίηση τους δεν απειλείται από γεωπολιτικές ανακατατάξεις και συγκρούσεις.

## 2.2 Μορφές ΑΠΕ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες με βάση κυρίως την προέλευση και την μορφή τους. Κάθε μορφή έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και εφαρμογές. Οι πιο κοινές μορφές ΑΠΕ είναι οι παρακάτω:

- Ηλιακή ενέργεια: Η ηλιακή ενέργεια είναι αυτή που παράγεται μέσω της ακτινοβολίας του ηλίου. Υπάρχει σε αφθονία στην φύση και είναι εύκολα προσβάσιμη. Χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή ηλεκτρισμού όσο

και για την θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων αλλά και την φόρτιση οχημάτων. Μπορούμε να αξιοποιήσουμε την ηλιακή ενέργεια είτε για να προσλάβουμε θερμότητα από τον Ήλιο μέσω θερμικών ηλιακών συστημάτων (ενεργητικά και παθητικά θερμικά ηλιακά συστήματα) με πιο διαδεδομένο τον Ηλιακό θερμοσίφωνα, είτε για να παράγουμε ηλεκτρικό ρεύμα από τον Ήλιο απευθείας μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ. Η Ηλιακή ενέργεια όπως είναι φυσικό λόγω του καιρού, είναι διαδεδομένη στην Ελλάδα κυρίως με την μορφή των ηλιακών θερμοσιφώνων για θέρμανση νερού.

- **Αιολική Ενέργεια:** Η αιολική ενέργεια παράγεται από την μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Η εν λόγω ενέργεια αξιοποιείται κυρίως μέσω των ανεμογεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Η αιολική ενέργεια είναι καθαρή και άφθονη, αποτελεί σήμερα την οικονομικότερη λύση πράσινης ενέργειας και για αυτόν τον λόγο τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς. Στην Ελλάδα καταλαμβάνει σημαντικό ποσοστό της παραγωγής καθαρής ενέργειας.
- **Βιομάζα :** Η ενέργεια από Βιομάζα προέρχεται από οργανική ύλη όπως το ξύλο, οι καλλιέργειες και τα απόβλητα. Οι βασικές πηγές βιομάζας είναι τα υπολείμματα ξυλείας (πριονίδι), τα γεωργικά υπολείμματα (κουκούτσια), οι ενεργειακές καλλιέργειες (κριθάρι), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά) και τα αστικά απορρίμματα (χαρτί). Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ευρέως διαθέσιμη. Στις αγροτικές περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου παραμένει η κυρίαρχη μορφή καυσίμου. Η χρήση της εντοπίζεται συνήθως για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως στην μορφή του ξύλου με σκοπό την θέρμανση.
- **Κυματική Ενέργεια/Παλιρροϊκή Ενέργεια :** Η κυματική ενέργεια παράγεται από την κινητική ενέργεια των ρευμάτων του ωκεανού, των

κυμάτων και των παλιρροιών. Είναι η μεταφορά και η δέσμευση ενέργειας από κύματα της επιφάνειας της θάλασσας. Η παλιρροϊκή ενέργεια αξιοποιεί την αλλαγή της στάθμης της θάλασσας κατά την παλίρροια. Αποτελούν σχετικά καινούργια πεδία ΑΠΕ και βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης. Στην Ελλάδα, η παλιρροϊκή ενέργεια δεν χρησιμοποιείται ακόμη λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας κατάλληλων τοποθεσιών.

- **Γεωθερμική Ενέργεια:** Ο όρος γεωθερμική ενέργεια αναφέρεται στην θερμική ενέργεια που παράγεται στον φλοιό της γης. Αποτελεί μια καθαρή και αξιόπιστη πηγή ενέργειας. Χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης. Ενδείξεις των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο εσωτερικό του πλανήτη είναι η ηφαιστειακή δράση και οι θερμές πηγές. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως για την θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων.
- **Υδροηλεκτρική ενέργεια:** Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του κινούμενου νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελεί μία από τις παλαιότερες και πιο αξιόπιστες καθαρές μορφές ενέργειας και καλύπτει ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Μπορεί να παραχθεί με ποικίλους τρόπους συμπεριλαμβανομένων των ποτάμιων φραγμάτων, των συστημάτων ροής του ποταμού καθώς και τις αντλίες αποθήκευσης. Κίνδυνοι εγκυμονούν στο γεγονός πως έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης και αρνητικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Στην Ελλάδα, η υδροηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως με τη μορφή μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.



Εικόνα1-Μορφές ΑΠΕ- ΠΗΓΗ:<https://entaxi.webnode.gr/products/klimatiki-allagi-ananeosimes-piges-energeias1/>

## 2.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα ΑΠΕ

### 2.3.1 Πλεονεκτήματα

Η χρήση των ΑΠΕ απασχολούν όλο και περισσότερο το παγκόσμιο ενδιαφέρον το οποίο είναι στραμμένο στην παραγωγή καθαρής και πράσινης ενέργειας. Ορισμένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της αξιοποίησης τους επισυνάπτονται παρακάτω:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση ΑΠΕ όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια συμβάλλουν στην μείωση των βλαβερών και τοξικών για την ατμόσφαιρα αυτών αερίων τα οποία ευθύνονται σε τεράστιο βαθμό στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην κλιματική αλλαγή.
- Ενεργειακή ασφάλεια και ανεξαρτησία. Χαρακτηριστικό των ΑΠΕ είναι πως βρίσκονται σε αφθονία στην φύση σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης. Συνεπώς η χρήση τους μειώνει την εξάρτηση των χωρών από τα

ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια από τις χώρες που προέρχονται συμβάλλοντας στην ενεργειακή ασφάλεια και αυτάρκεια σε παγκόσμια βεληνεκές.

- Χαμηλό Κόστος. Το κόστος της ανάπτυξης και χρήσης των ΑΠΕ μειώνεται σταθερά όσο αυξάνεται η ζήτηση τους τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να έχει αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα τους έναντι των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων. Σε περιοχές όπου είναι διαθέσιμες σε αφθονία οι ΑΠΕ προσφέρουν οικονομικά ελκυστικές και αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Η ανάπτυξη και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργεια μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας και να συμβάλλει θετικά στην οικονομική ανάπτυξη (Smil 2010). Στην Ελλάδα η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια αναμένεται να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της οικονομίας της χώρας αλλά και στην ενεργειακή της ανεξαρτησία δημιουργώντας πολλές νέες θέσεις εργασίας.
- Περιβαλλοντικά Οφέλη: Η αξιοποίηση των ΑΠΕ συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα ειδικότερα σε αστικές ζώνες και η προστασία φυσικών είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα.
- Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών: Η ανάπτυξη των ΑΠΕ και η ώθηση που έχουν δώσει διεθνείς συμφωνίες για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων εφευρέσεων και τεχνολογιών για την παραγωγή καθαρής ενέργειας, αφού οι πόροι επιχειρήσεων και οργανισμών είναι στραμμένοι στην πράσινη ενεργειακή μετάβαση.

### 2.3.2 Μειονεκτήματα

Παρά τα τεράστια οφέλη που προκύπτουν από την χρήση ΑΠΕ αξίζει να αναφερθούν και ορισμένα βασικά μειονεκτήματα τους . Αναλυτικότερα:

- Οι αρχικές επενδυτικές δαπάνες είναι υψηλές όσον αφορά την εγκατάσταση ΑΠΕ . Το γεγονός αυτό μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη στην αξιοποίηση τους σε παγκόσμια κλίμακα και κυρίως στις υποανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες κοινωνίες όπου οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι.
- Ορισμένες ΑΠΕ είναι άμεσα εναρμονισμένες με τις καιρικές συνθήκες. Αυτό μεταφράζεται ως αδυναμία πολλών χωρών που δεν διαθέτουν τις κατάλληλες καιρικές συνθήκες, να βασιστούν αποκλειστικά σε αυτές για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών.
- Κάποιες κατηγορίες ήπιων μορφών ενέργειας όπως η ηλιακή απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης για τις εγκαταστάσεις τους όπως για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες. Το αποτέλεσμα είναι να παρατηρούνται συχνές διαμάχες , προερχόμενες σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές κοινωνίες όταν πραγματοποιούνται τέτοια έργα τόσο για την ιδιοκτησία γης αλλά και την προστασία των βιοτόπων.
- Οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί όσον αφορά τις ΑΠΕ δεν είναι τόσο προηγμένες ακόμα ώστε να αντικαταστήσουν πλήρως τις συμβατικές πηγές ενέργεια. Συνεπώς πολλά κράτη ακόμα είναι υποχρεωμένα να βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα για κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών.
- Ορισμένες ΑΠΕ όπως για παράδειγμα τα υδροηλεκτρικά φράγματα, δύναται να επηρεάσουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες του βιότοπου που ανήκουν με άμεσες συνέπειες στην πανίδα και στην χλωρίδα. Αξιοσημείωτη είναι και εκπομπή ορισμένων επικίνδυνων αποβλήτων

κατά την παραγωγή ορισμένων τεχνολογιών ΑΠΕ όπως για παράδειγμα τα ηλιακά πάνελ.

Τα εμπόδια αυτά είναι ορισμένα από τα βασικά που καλείται να υπερπηδήσει η επιστήμη όσον αφορά την χρήση ΑΠΕ. Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός πως τον τελευταίο καιρό γίνονται πολλά βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση και στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ώστε να δοθούν λύσεις σε τέτοιας φύσης προβλημάτων.

## 2.4 Η Παγκόσμια Κατάσταση

### 2.4.1 Διεθνείς Συμφωνίες

Οι ΑΠΕ αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία για το διεθνές ενεργειακό ισοζύγιο. Οι ανησυχίες που προκύπτουν από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων αποτελούν τον κινητήριο μοχλό στην προσπάθεια για την πράσινη μετάβαση. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούν ορισμένα ιστορικά στοιχεία από συμφωνίες που πραγματοποιήθηκαν παγκοσμίως και αφορούσαν την προστασία του περιβάλλοντος οι οποίες οδήγησαν τις εξελίξεις στο σημείο που είναι σήμερα.

Το 1987 υπογράφεται από 197 χώρες το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ στον Καναδά , μια διεθνής συνθήκη που στόχευε στην προστασία της στιβάδας του όζοντος. Το 1992 σε διάσκεψη του ΟΗΕ εγκρίνεται στο Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας η σύμβαση για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) . Βασικός στόχος της είναι η σταθεροποίηση των αερίων του θερμοκηπίου. Είναι γνωστή ως η σύνοδος κορυφής για τη ΓΗ με μια πρωτοφανή για τα παγκόσμια δεδομένα συγκέντρωση 105 κρατικών ηγετών , αποτελεί ορόσημο στην διεθνή προσπάθεια για καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και έχει επικυρωθεί από 197 χώρες. Το 1997 στην Ιαπωνία υπογράφεται άλλη μια διεθνής συνθήκη με μεγάλη σημασία γνωστή ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Αποσκοπούσε στην μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδα κάτω κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990.



Στο πρόσφατο παρελθόν υψίστης βαρύτητας αποτελεί η συνθήκη του Παρισιού το 2015. Η συμφωνία επικυρώθηκε από 189 χώρες και στοχεύει στην μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση της ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα κάτω των 2 βαθμών Κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Ταυτόχρονα συνεχίζονται οι προσπάθειες για περαιτέρω περιορισμό της αύξησης στους 1,5°C. Ο κύριος ρόλος του ήταν να υποκαταστήσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στο οποίο δεν συμμετείχαν η Κίνα και η Αμερική.



Εικόνα 2- Ομαδική Φωτογραφία των Ηγετών που υπέγραψαν την συνθήκη του Παρισιού το 2015 – ΠΗΓΗ : [www.globalcovenantofmayors.org/press/announcing-the-collective-global-impact-of-the-compact-of-mayors-at-the-climate-summit-for-local-leaders-2/](http://www.globalcovenantofmayors.org/press/announcing-the-collective-global-impact-of-the-compact-of-mayors-at-the-climate-summit-for-local-leaders-2/)

#### 2.4.2 Οι ΑΠΕ στο διεθνές ενεργειακό ισοζύγιο

Σύμφωνα με στοιχεία του διαγράμματος 1.2 (IEA 2023) η προσφορά των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2022 ήταν 29,1 %. Η πρόβλεψη για το 2025 είναι το 35% .Οι ΑΠΕ και η πυρηνική ενέργεια αναμένονται να έχουν την μεγαλύτερη συνεισφορά στην αύξηση της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στα επόμενα τρία χρόνια ξεπερνώντας το 90% συνδυαστικά την κάλυψη της πρόσθετης ζήτησης. Η Κίνα θα αποτελεί τον

ηγέτη στον τομέα αυτό αφού θα συνεισφέρει σε ποσοστό 45% στην ανάπτυξη των ΑΠΕ για την περίοδο 2023-2025. Τα βήματα που γίνονται προς τις καθαρές μορφές ενέργειας αν και ενθαρρυντικά δεν φαίνονται αρκετά, αφού σύμφωνα με την ίδια πηγή το 2022 το 61% της παγκόσμιας προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Όσο αφορά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> αυξήθηκαν κατά 1,3 % το 2022 με σημαντική επιβράδυνση από το αντίστοιχο 6% του 2021 (IEA 2023). Η εγκατεστημένη δυναμικότητα ΑΠΕ παγκοσμίως αυξήθηκε με ρυθμό 11% έναντι του 9% της περιόδου 2017-2021. Η παραγωγική ικανότητα αιολικής και ηλιακής ενέργειας συνδυασμένα αυξήθηκε κατά 18% το 2022.

Τα πιο πρόσφατα στοιχεία υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για άμεση μετάβαση στις πράσινες πηγές ενέργειας με στόχο τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στους 1,5°C. Για να επιτευχθεί ο στόχος που έχει θέσει ο ΟΗΕ για μηδενικές εκπομπές ρύπων έως το 2050, θα πρέπει να μειωθούν κατά 50% οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έως το 2030. Ιδιαίτερη σημασία κατέχει η ενίσχυση των επενδύσεων στον τομέα των ΑΠΕ, καθώς και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως η προηγμένη αποθήκευση μπαταριών και η παραγωγή πράσινου υδρογόνου. Καταλυτικός επίσης είναι ο ρόλος της διεθνούς συνεργασίας για να συντονιστούν όλες οι προσπάθειες και να επιτευχθούν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

## 2.4 Η κατάσταση στην ΕΕ

### 2.4.1 Θεσμικό πλαίσιο ΕΕ για ΑΠΕ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) συμμετείχε ενεργά σε διεθνείς συμφωνίες για το κλίμα και συνεχίζει να ηγείται των προσπαθειών σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην διαπραγμάτευση για το Πρωτόκολλο του Κιότο είχε τεράστια συνεισφορά και λίγα χρόνια αργότερα σε δικό της έδαφος υπογράφεται από όλα τα μέλη της η συνθήκη του Παρισιού, συνθήκη ορόσημο για την προστασία του περιβάλλοντος.

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που η ΕΕ έχει θεσπίσει μια σειρά πολιτικών και οικονομικών μέτρων για την προώθηση των καθαρών πηγών ενέργειας. Η

νομοθεσία της ΕΕ για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία 15 έτη. Το 2009, οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχο έως το 2020 ένα μερίδιο 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Το 2018, τέθηκε ο στόχος έως το 2030 ένα ποσοστό της τάξης του 32% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από καθαρές πηγές. Τον Ιούλιο του 2021, ενόψει των νέων στόχων της ΕΕ για το κλίμα, προτάθηκε στους συν-νομοθέτες η αναθεώρηση του στόχου του 40 % έως το 2030. Μετά τη ρωσική εισβολή στην Ουκρανία και την ενεργειακή κρίση που ακολούθησε, η ΕΕ συμφώνησε να μειώσει γοργά την εξάρτησή της από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα πριν από το 2030, επιταχύνοντας τη μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας. Τον Μάιο του 2022, η Επιτροπή πρότεινε στην ανακοίνωσή της για το σχέδιο REPowerEU την περαιτέρω αύξηση αυτού του στόχου στο 45% έως το 2030 (EU- Renewable Energy Directive-2022). Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός πως τα κράτη-μέλη της ΕΕ έχουν συμφωνήσει για έκτακτα μέτρα βελτίωσης στις διαδικασίες αδειοδότησης πράσινων έργων και στις προθεσμίες εξασφάλισης όλων των αδειών. Οι αρχές αδειοδότησης θα έχουν 2 χρόνια προθεσμία από την υποβολή όλων των απαραίτητων εγγράφων, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την οριστικοποίηση των αποτελεσμάτων. Για έργα που αφορούν το REPOWEREU η προθεσμία θα είναι έξι μήνες αντί για 2 χρόνια. (Wind Europe 2023)

#### 2.4.2 Οι ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της ΕΕ

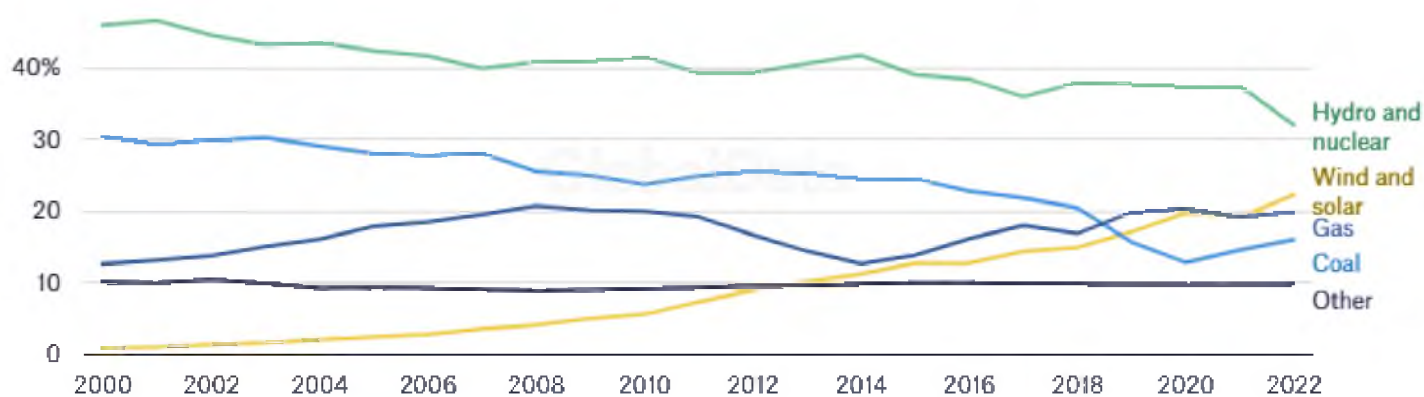
Οι ΑΠΕ έχουν αξιοσημείωτη συνεισφορά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της ΕΕ , ειδικότερα τα τελευταία χρόνια. Το 2021 η κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην ΕΕ ανέκαμψε σε ποσοστό 5% μετά την πτώση του 4% το 2020 εξαιτίας της πανδημίας του κορονοϊού. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος οι ΑΠΕ αντιπροσώπευαν ένα ποσοστό της τάξης του 22,1% στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο της ΕΕ το 2021. Η ανάπτυξη αυτή το 2022 αντιστράφηκε εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης που προκάλεσε η εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία με επίκεντρο την Ευρώπη σε συνδυασμό με τον ήπιο χειμώνα του ίδιου έτους.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε κατά 3,5%. Αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό ύφεσης μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση του 2009.

Οι ιστορικές συνθήκες ξηρασίας είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση της υδροηλεκτρικής παραγωγής κατά 30% σε σχέση με το μέσο όρο της περιόδου 2017-2021. Ταυτόχρονα το κλείσιμο και η έλλειψη διαθεσιμότητας πυρηνικών σταθμών οδήγησε σε μείωση 17% της πυρηνικής παραγωγής ενέργειας σε σχέση με το 2021. Για να αντιμετωπιστούν τα ελλείματα ενέργειας που προέκυψαν από αυτές τις συνθήκες, επιστρατεύτηκε η λύση του άνθρακα ως καύσιμο σε πολλές χώρες της ΕΕ με άνοδο άνω του 6%. Παρά τις υψηλές τιμές του φυσικού αερίου, η παροχή στην πραγματικότητα αυξήθηκε κατά περίπου 2%. Το αποτέλεσμα κυρίως της αυξημένης χρήσης άνθρακα, ήταν η αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Το 2022 ήταν η υψηλότερη ποσοστιαία αύξηση από τις πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, σημειώνοντας αύξηση 4,5% από έτος σε έτος (IEA 2023).

Η συνεισφορά των ΑΠΕ το 2022 ήταν αξιοσημείωτη, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια παρήγαγαν το 22% της ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ, ξεπερνώντας το φυσικό αέριο για πρώτη φορά. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πλησιάζουν το 40% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Διάγραμμα 2.1). Η ηλιακή ενέργεια ήταν ένας από τους μεγαλύτερους μοχλούς αυτής της αύξησης, με αύξηση ρεκόρ 38 (TWh) σε σύγκριση με το 2021. Αυτή η ανάπτυξη οφειλόταν στον υψηλό ρυθμό εγκατάστασης. 41 GW δυναμικότητας παραγωγής ηλιακής ενέργειας προστέθηκαν στο δίκτυο το 2022. Παρόμοια αύξηση σημείωσε η αιολική ενέργεια, με αύξηση 33 TWh σε σύγκριση με το 2021 (EMBER 2023).

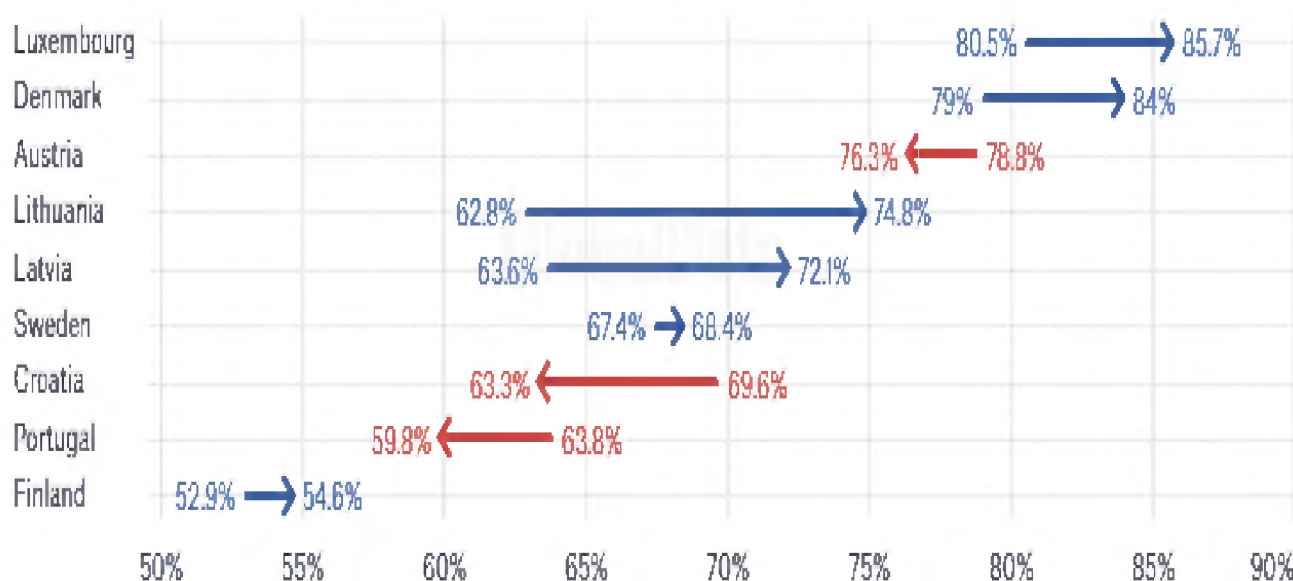
Share of electricity generation by source in the EU



Διάγραμμα 2.1- Ποσοστό Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά ΠΗΓΗ στην ΕΕ περίοδο 2000-2022. ΠΗΓΗ: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/#supporting-material-downloads>

Εννέα κράτη της ΕΕ είχαν συνεισφορά από ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πάνω από 50% με κορυφαίο το Λουξεμβούργο με ποσοστό 86%. Από όλες τις χώρες η Λιθουανία έχει την πιο εντυπωσιακή ανάπτυξη αφού το ποσοστό αυξήθηκε από 63% σε 75% (Διάγραμμα 2.2). Αξίζει να αναφερθεί πως το 2015 ήταν 42% το οποίο είναι κοντά στα σημερινά επίπεδα της Ελλάδας.

Share of renewables in electricity generation in 2021 and 2022 in selected EU countries



Διάγραμμα 2.2. Ανάπτυξη των ΑΠΕ στην συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για επιλεγμένες χώρες της ΕΕ κατά τα έτη 2021-2022. ΠΗΓΗ: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/#supporting-material-downloads>

Σύμφωνα με τις προβλέψεις, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να μειώνονται κατά μέσο όρο, περίπου 10% ετησίως έως το 2025, με την παραγωγή άνθρακα και φυσικού αερίου να σημειώνουν απότομη πτώση. Η συνεισφορά των ΑΠΕ αναμένεται να αυξηθεί κατά 35% την ίδια περίοδο (IEA 2023).

## 2.5 Η Κατάσταση στην Ελλάδα

### 2.5.1 Τα ελληνικά θεσμικά πλαίσια για τις ΑΠΕ

Η Ελλάδα συμμετέχει σε διεθνείς συμφωνίες για το περιβάλλον από τη δεκαετία του 1970. Το 1972, υπέγραψε τη Σύμβαση της Στοκχόλμης για το περιβάλλον, και το 1992, ήταν μέλος της Ελληνικής αντιπροσωπείας στη Σύνοδο του Ρίο. Το 1997, η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο του Κιότο και προσχώρησε στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 1981. Στη συνέχεια, το 2015, στην Παγκόσμια Διάσκεψη του Παρισιού για το κλίμα, η Ελλάδα συμφώνησε να μειώσει τις εκπομπές της κατά 40% έως το 2030.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν καταστεί ένας σημαντικός παράγοντας στην ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας τα τελευταία χρόνια. Η χώρα μας δεσμεύεται να επιτύχει στόχους στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σύμφωνα με τη διεθνή κοινότητα και τις συμφωνίες που έχει υπογράψει. Τα ελληνικά θεσμικά πλαίσια για τις ΑΠΕ βασίζονται σε μια σειρά από νόμους και κανονιστικά πλαίσια. Ο νόμος 3851/2010, γνωστός και ως νόμος για την ανανεώσιμη ενέργεια και την εξοικονόμηση ενέργειας, ήταν ένα από τα σημαντικότερα νομοθετικά μέτρα για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ο νόμος προβλέπει μια σειρά από μέτρα, όπως η υποχρέωση των παροχών ενέργειας να εντάσσουν ΑΠΕ στο μείγμα τους, η υποστήριξη των ΑΠΕ μέσω ειδικών τιμολογίων και επιδοτήσεων, και η δημιουργία ειδικών κοινοτικών επιχειρησιακών σχεδίων για την προώθηση των ΑΠΕ.

Το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει αναπτύξει μια σειρά από κανονιστικά πλαίσια για τις ΑΠΕ. Οι κανονιστικές διατάξεις καλύπτουν θέματα όπως η διαδικασία άδειας για τις ΑΠΕ, η προώθηση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, η προώθηση των συστημάτων νέων τεχνολογιών και η Παρακολούθηση της υλοποίησης του στόχου αυτού γίνεται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία έχει αναλάβει το ρόλο της εθνικής αρχής για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ΡΑΕ διασφαλίζει τη συμμόρφωση των επενδυτών στους όρους της παραχώρησης



και την εποπτεία της λειτουργίας των εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παράλληλα, η ΡΑΕ προάγει την ανάπτυξη και λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενσωματώνονται στο σύστημα του εθνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και λαμβάνουν ανάλογες αμοιβές για την παραγωγή ενέργειας.

Σύμφωνα με τον νόμο αριθ. 4414/2016, ο οποίος αποτελεί το κυρίαρχο θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα, υπάρχουν διάφορα κίνητρα και ρυθμίσεις που αποσκοπούν στην προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται τα ειδικά τιμολόγια, τα οποία προβλέπουν σταθερές τιμές επιστροφής για την παραγωγή ΑΠΕ, τα συστήματα net-metering και feed-in-tariff, τα οποία επιτρέπουν στους καταναλωτές να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και να την εντάσσουν στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ή να λαμβάνουν αντίτιμο για την παραγωγή τους, καθώς και το σύστημα των πιστοποιητικών πράσινης ενέργειας, τα οποία επιτρέπουν στους παραγωγούς ΑΠΕ να πωλούν πιστοποιητικά που αντιπροσωπεύουν την παραγωγή πράσινης ενέργειας σε άλλους φορείς που απαιτούν αυτό το είδος ενέργειας για να πληρούν τις υποχρεώσεις τους ως προς το περιβάλλον.

Επιπλέον, υπάρχει και το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, το οποίο αποτελεί τη στρατηγική κατευθυντήρια γραμμή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα μέχρι το 2030. Στόχος του σχεδίου είναι η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της χώρας στο 35% έως το 2030. Το σχέδιο προβλέπει την υλοποίηση έργων ΑΠΕ σε διάφορους τομείς, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία, καθώς και τη δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος για τις επενδύσεις σε ΑΠΕ. Επιπλέον, το σχέδιο περιλαμβάνει μια σειρά από μέτρα υποστήριξης, όπως επιδοτήσεις για την εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ και προγράμματα κατάρτισης και ενημέρωσης για τους πολίτες και τους επαγγελματίες. Η Ελλάδα επιδιώκει να επεκτείνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στους τομείς των μεταφορών και της θέρμανσης κτιρίων. Στον τομέα των μεταφορών, η Ελλάδα έχει θέσει στόχο το 2030 οι ΑΠΕ να

αντιπροσωπεύουν το 19% της κατανάλωσης καυσίμων στον οδικό τομέα, το 13% στον αεροπορικό τομέα και το 10% στον τομέα των πλοίων. Στον τομέα της θέρμανσης κτιρίων, η Ελλάδα έχει θέσει στόχο να επιτύχει το 2030 τη χρήση των ΑΠΕ στο 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων. Το 2022 εγκρίθηκε από την ΕΕ ένα σχέδιο στήριξης αποθηκευτικών σταθμών ενέργειας. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε ο πρώτος διαγωνισμός για αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκά με το νέο μοντέλο, η θεσμοθέτηση πλαισίου για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αλλά και για απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης των ΑΠΕ.

Ωστόσο, παρά τις προσπάθειες και τους στόχους, υπάρχουν και προκλήσεις στην υλοποίηση της ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα. Αυτές περιλαμβάνουν την ανάγκη επένδυσης σε υποδομές και τεχνολογίες, την αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την ανταγωνιστικότητα των ΑΠΕ σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας. Επιπλέον, η πολιτική σταθερότητα και η συνέπεια στην εφαρμογή όλων των κανονισμών που έχουν θεσπιστεί θα αποτελέσουν βασικούς παράγοντες επιτυχίας στην πορεία προς μια πράσινη μετάβαση της χώρας.

#### 2.5.2 Η συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας

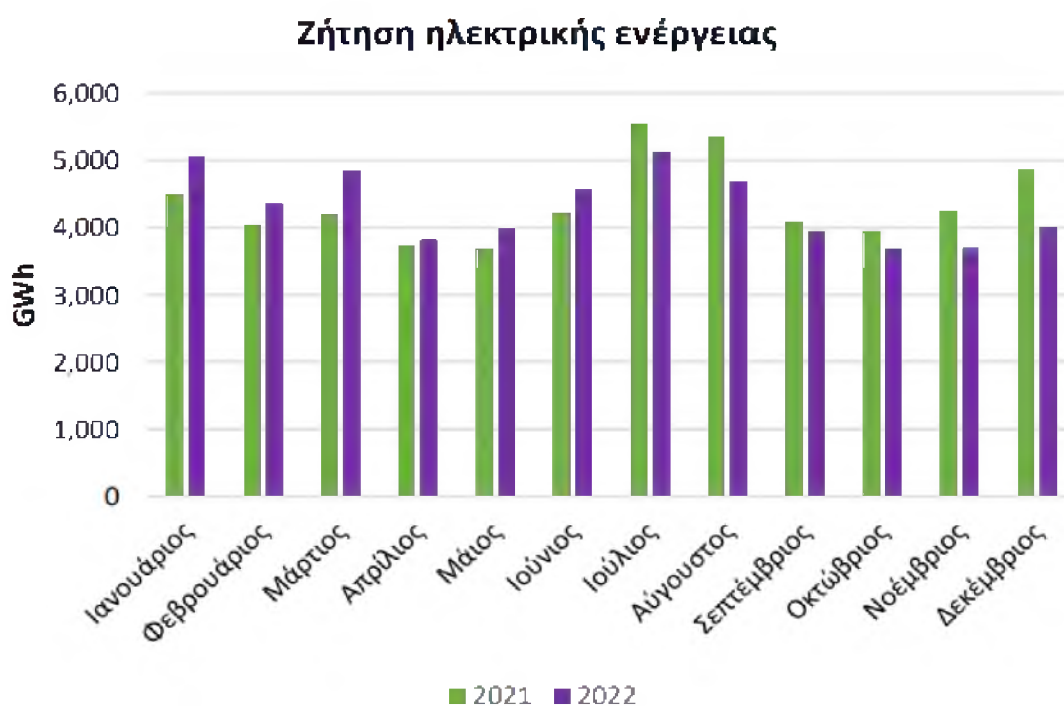
Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2022 ήταν 51,860,588 MWh. Υπήρξε πτώση κατά 1.25%, σε σχέση με το προηγούμενο έτος που βρισκόταν στις 52,517,448 MWh (Διάγραμμα 2-3). Από την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία τον Φεβρουάριο του 2021, η ενεργειακή ζήτηση στη χώρα μειώθηκε, εξαιτίας των αυξημένων τιμών του φυσικού αερίου οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα την εκτόξευση του κόστους της ηλεκτροπαραγωγής. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας το 2022 παρομοιάζεται με αυτήν του 2018. Εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης που ξέσπασε, το μείγμα ηλεκτροπαραγωγής διαφοροποιήθηκε σε σχέση με αυτό του 2021. Περιλάμβανε αυξημένες καθαρές εισαγωγές, περιορισμένη χρήση υδροηλεκτρικών, αυξημένη αξιοποίηση ΑΠΕ και λιγνίτη και εμφανή περιορισμό της χρήσης φυσικού αερίου, ως αποτέλεσμα των κυρώσεων της ΕΕ στην Ρωσία (Διάγραμμα 2-4/2-5).

Οι ΑΠΕ καταλάμβαναν το 34% του συνολικού ενεργειακού μείγματος αυξημένες κατά 4% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Είναι χαρακτηριστικό



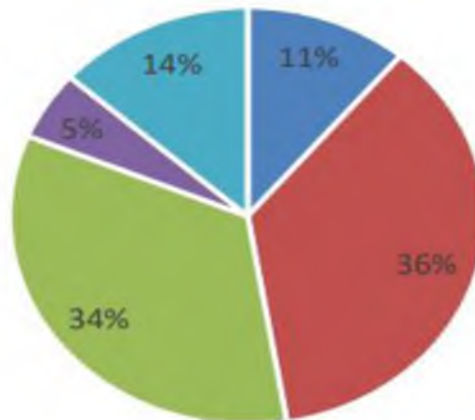
να αναφερθεί ότι από τα 10.000 GWh προσφερόμενης ενέργειας το 2018, το 2022 έφτασαν τις 17.700 GWh. Πιο συγκεκριμένα, η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά έφτασε τα 5.466 MW με σημαντική αύξηση από τα 4.126 MW το 2021. Όσο αφορά τα αιολικά πάρκα έφτασε τα 4.681 MW σε σύγκριση με τα 4.452 MW το 2021. Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στην Ελλάδα το 2022 αυξήθηκε κατά 1.700 MW και διαμορφώθηκε συνολικά στα 10.624 MW.

Στο σημείο πρέπει αυτό να τονιστεί ότι, το 2022 σημειώθηκε περιορισμός στην προσφορά των ενεργειακών σταθμών ΑΠΕ, εξαιτίας προβλημάτων στο δίκτυο διανομής και αποθήκευσης. Η συγκεκριμένη εξέλιξη αποτελεί μείζον ζήτημα, αφού οι νέες αιτήσεις για σταθμούς ΑΠΕ που αναμένουν έγκριση ξεπερνούν τα 1.000 MW και οι υποδομές της χώρας αδυνατούν να τις υποστηρίξουν (ΕΛΕΤΑΕΝ 2023).



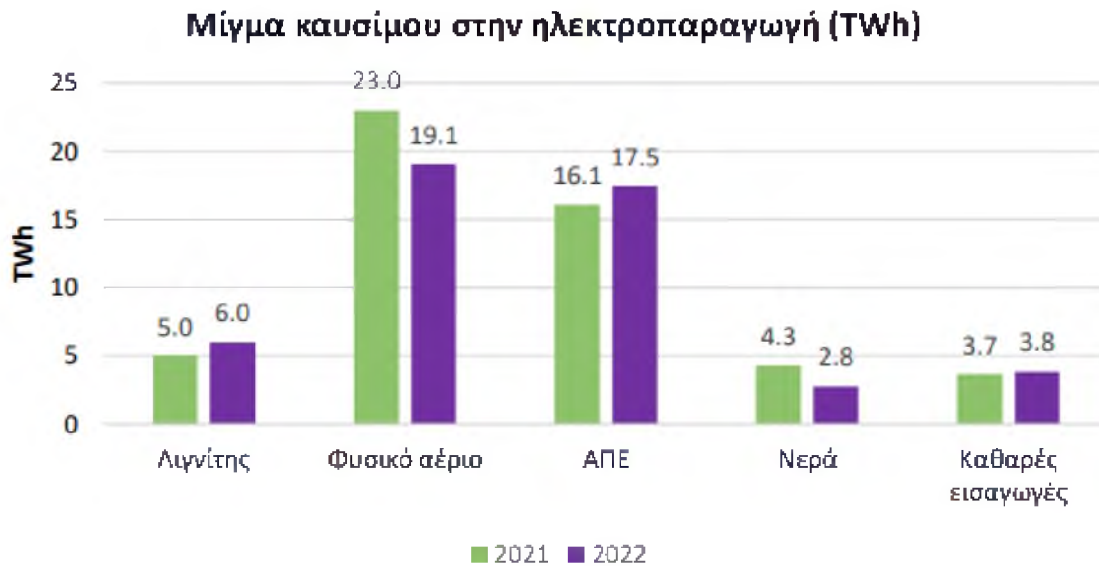
Διάγραμμα 2-3. Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα 2021 & 2022. ΠΗΓΗ:: <https://www.iene.gr>

## Μίγμα καυσίμου στην ηλεκτροπαραγωγή (%), 2022



■ Λιγνίτης ■ Φυσικό αέριο ■ ΑΠΕ ■ Νερά ■ Καθαρές εισαγωγές

Διάγραμμα 2-4. Ενεργειακό Μίγμα Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα το 2022- ΠΗΓΗ : <https://www.iene.gr>



Διάγραμμα 2-5. Μίγμα Καυσίμου στην Ηλεκτροπαραγωγή 2021-2022. Πηγή : <https://www.iene.gr>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΠΕ

### 3.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### 3.1.1 Γενική Περιγραφή

Η ηλιακή ενέργεια παράγεται μέσω της ακτινοβολίας του ηλίου. Υπάρχει σε αφθονία στην φύση και η πρόσβαση σε αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλη ευκολία. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην γη είναι περίπου 4000 φορές μεγαλύτερη από την συνολική ισχύ όλων των υπολοίπων μορφών ενέργειας. Μπορεί να μετατραπεί τόσο σε θερμική όσο και σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η ιστορία της χρήσης ηλιακής ενέργειας στον κόσμο χρονολογείται χιλιάδες χρόνια πίσω, με τα πρώτα στοιχεία της ηλιακής τεχνολογίας που βρέθηκαν στην αρχαία Κίνα και την Ελλάδα. Οι Έλληνες, χρησιμοποιούσαν την ηλιακή ενέργεια για να ανάψουν φωτιές και να ζεστάνουν νερό στα σπίτια τους. Τον 3ο αιώνα π.Χ., οι Έλληνες ήταν γνωστό ότι χρησιμοποιούσαν έναν τύπο μεγεθυντικού φακού που ονομαζόταν «φλεγόμενος» για να εστιάσουν τις ακτίνες του ήλιου και να ανάβουν φωτιές. Η ηλιακή ενέργεια με την μορφή που την γνωρίζουμε σήμερα, εμφανίζεται στις αρχές του 19ου αιώνα όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαδικασία κατά την οποία ένα υλικό παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν εκτίθεται στο φως. Το 1954, τα εργαστήρια Bell στις Ηνωμένες Πολιτείες ανέπτυξαν το πρώτο πρακτικό ηλιακό συλλέκτη, ο οποίος είχε απόδοση μόλις 4%. Σήμερα, τα ηλιακά πάνελ έχουν απόδοση έως και 22% και γίνονται πιο προσιτά και προσβάσιμα.

#### 3.1.2 Τρόποι Αξιοποίησης της Ηλιακής Ενέργειας

Η Ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται μέσω :

- Των ενεργητικών (ή θερμικών) ηλιακών συστημάτων , τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια. Η διαδικασία που ακολουθείται στην συνέχεια είναι η μετατροπή σε θερμότητα, η αποθήκευση και τέλος η διανομή , με την χρήση είτε κάποιου υγρού είτε αέρα για την μεταφορά της θερμότητας. Εφαρμογές των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι

η θέρμανση νερού, η θέρμανση και ψύξη κατοικιών , βιομηχανικές διεργασίες και η αφαλάτωση. Η πιο ευρέως γνωστή μορφή ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Η συσκευή αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη και έναν αποθηκευτή νερού. Ο ηλιακός συλλέκτης περιέχει ένα διάφανο κάλυμμα που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία . Στην συνέχεια η θερμότητα μεταφέρεται σε εγκατεστημένες σωληνώσεις νερού με αποτέλεσμα την θέρμανση του νερού το οποίο καταλήγει σε μια μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης.



*Εικόνα 3- Ηλιακός Θερμοσίφωνας. Πηγή: <https://volton.gr/liakos-thermosifonas-ofeli-exikonomisi/>*

- Των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων , αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται βασιζόμενη στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αποθηκεύεται και στην συνέχεια διανέμεται στον χώρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν εφαρμογή στον φυσικό φωτισμό των κτιρίων καθώς και σε θέρμανση ή ψύξη τους κατά τις αντίστοιχες περιόδους.
- Των Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων τα οποία μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά το οποίο δύο υλικά με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όταν έρθουν σε επαφή και εν συνεχεία εκτεθούν σε ηλιακή ακτινοβολία, παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Ένα τυπικό Φ/Β αποτελείται από την ηλιακή γεννήτρια και τα

ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Εφαρμογές των Φ/Β σε μικρή κλίμακα ισχύος είναι για παράδειγμα η παροχή ενέργειας σε τροχόσπιτα και ο φωτισμός εξωτερικών κήπων , ενώ μεγαλύτερης κλίμακας ισχύος έργο αποτελεί ένα σύστημα φωτισμού δρόμων αλλά και η άντληση νερού (γεωργικός τομέας).



Εικόνα 4- Φωτοβολταϊκό Πάνελ ΠΗΓΗ : <https://www.fuelcellstore.com/blog-section/location-for->

### 3.1.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

#### 3.1.3.1 Πλεονεκτήματα

- Αποτελεί μια πράσινη μορφή ενέργειας συνεπώς δεν συμβάλει στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.
- Το κόστος των ηλιακών συλλεκτών έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια καθιστώντας ως οικονομικότερη επιλογή για πολλές επιχειρήσεις και κατοικίες.
- Οι ηλιακοί συλλέκτες μετά την εγκατάσταση απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

- Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παροχή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές συμβάλλοντας στην ενεργειακή ανεξαρτησία.

#### 3.1.3.2 Μειονεκτήματα

- Η παραγωγή ενέργειας βασίζεται στις καιρικές συνθήκες και στην ηλιοφάνεια και μπορεί να εμφανίσει διακυμάνσεις κατά την διάρκεια της ημέρας και αναλόγως την εποχή.
- Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό, αποθαρρύνοντας αρκετούς καταναλωτές.
- Τα ηλιακά συστήματα απαιτούν την δέσμευση μεγάλης ποσότητας γης και ειδικότερα σε αγροτικές περιοχές μπορεί να υπάρχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον
- Η υπερβολική ενέργεια που παράγεται κατά τις ώρες αιχμής συχνά χάνεται λόγω της έλλειψης τεχνολογιών αποθήκευσης της σε μεγάλο βαθμό για μελλοντική χρήση.

#### 3.1.4 Νεότερες Εξελίξεις

Ο IEA (Διεθνές Πρακτορείο ενέργειας) εκτιμά ότι η ηλιακή ενέργεια θα αποτελέσει τον κύριο παραγωγό ενέργειας στον κόσμο έως το 2050. Η τεχνολογία φωτοβολταϊκών συστημάτων εξελίσσεται διαρκώς και οι κύριοι τομείς που βελτιώνονται είναι η απόδοση, η διάρκεια ζωής και η οικονομικότητα. Οι καινοτόμες τεχνολογίες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων, που συνδυάζουν τα φωτοβολταϊκά με τις μπαταρίες αποθήκευσης και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως τις ανεμογεννήτριες και τα συστήματα παραγωγής βιοαερίου. Επίσης, αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες που επιτρέπουν την κατασκευή εύκαμπτων φωτοβολταϊκών συστημάτων για την αξιοποίηση τους σε επιφάνειες κτιρίων, όπως προσόψεις και στέγες, οι οποίες ανοίγουν νέους ορίζοντες για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας.

### 3.1.5 Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια από τις βασικές πηγές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΑΠΕΕΠ η ηλεκτρική ενέργεια που προήλθε από Φωτοβολταϊκά το 2021 αντιπροσώπευε το 9,6 % του συνολικού. Το 2022 το ποσοστό αυξήθηκε σε 12,6 %, αποτελώντας την δεύτερη καλύτερη επίδοση στην Ευρώπη όσο αφορά το μερίδιο επί του συνολικού μείγματος ηλεκτροπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά διαμορφώθηκε στα 5,466 MW το 2022, αρκετά υψηλότερα από τα 4,126 MW το 2021 (IENE 2023). Στο τέλος του 2023 αναμένεται η επίτευξη του στόχου για συνολική εγκατεστημένη ισχύ Φωτοβολταϊκών 7.7 GW (EMBER 2023). Στη Θεσσαλονίκη ανακοινώθηκε η κατασκευή εργοστασίου παραγωγής εκτυπωμένων εύκαμπτων φωτοβολταϊκών 3ης γενιάς. Το ευρωπαϊκό έργο για την κατασκευή της μονάδας παραγωγής ονομάζεται Flex2Energy με προϋπολογισμό 21,2 εκατομμύρια. Ταυτόχρονα η Ελλάδα έχει αναδειχθεί ως ένας σημαντικός παραγωγός και εξαγωγέας θερμοσιφώνων στον κόσμο τα τελευταία χρόνια. Η Ελλάδα παράγει περίπου 40% του παγκόσμιου όγκου θερμοσιφώνων, με περίπου 1,5 εκατομμύριο τεμάχια ετησίως. Οι εξαγωγές θερμοσιφώνων αποτελούν σημαντικό μέρος της ελληνικής οικονομίας, παρέχοντας θέσεις εργασίας στους εργαζόμενους στον κλάδο και συμβάλλοντας στην αύξηση των εξαγωγών της χώρας.



## 3.2 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 3.2.1 Γενική Περιγραφή

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια πράσινη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι μια τεχνολογία που αξιοποιεί την ενέργεια του κινούμενου νερού, κυρίως από υδατοπτώσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελεί την δεύτερη μεγαλύτερη πηγή ΑΠΕ μετά την αιολική, καλύπτοντας περίπου το 2,6 (IEA 2021) της παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας.

Οι άνθρωποι αξιοποιούσαν το νερό από την αρχαιότητα για την άλεση σιταριού, το πλύσιμο υφασμάτων, την τροφοδοσία πριονιστηρίων και στα ελαιοτριβεία. Ο περίφημος Μηχανισμός των Αντικυθήρων αποδεικνύουν την ύπαρξη της σχετικής τεχνολογίας, η οποία στηριζόταν στους υδραυλικούς τροχούς και τους υδρόμυλους. Με την ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού, το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό. Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στον κόσμο κατασκευάστηκε το 1878 στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 1882, ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στον κόσμο που παρείχε ηλεκτρική ενέργεια για δημόσια χρήση κατασκευάζεται στην Αγγλία. Στις αρχές του 20ου αιώνα, η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας αναπτύχθηκε ραγδαία και μέχρι τη δεκαετία του 1930 κατασκευάζονταν μεγάλα φράγματα υδροηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο.

### 3.2.2 Τρόποι Αξιοποίησης

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αξιοποιείται μέσω της κατασκευής υδροηλεκτρικών σταθμών. Ενώ ο σχεδιασμός τους διαφέρει εξαιτίας των τοπικών συνθηκών, τα κύρια στοιχεία που τον αποτελούν παραμένουν σταθερά και περιλαμβάνουν τη δεξαμενή, το φράγμα, την είσοδο, τον αγωγό νερού, τον στρόβιλο, τη γεννήτρια και τον μετασχηματιστή. Η λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού, βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω υψομετρικής απόκλισης, μεταξύ των σημείων εισόδων και εξόδων. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό πραγματοποιούνται συνοπτικά τα εξής βήματα:



- Δημιουργία μίας δεξαμενής νερού μέσω της κατασκευής φράγματος κατά πλάτος ενός ποταμού.
- Αποθήκευση του νερού , το οποίο ανακατευθύνεται μέσω μεγάλων αντλιών με ελεγχόμενη ταχύτητα.
- Κίνηση γεννητριών και παραγωγή ηλεκτρισμού.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι χρήσης της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ένας τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακή και εμπορική χρήση. Τα υδροηλεκτρικά φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να διανεμηθούν σε σπίτια και επιχειρήσεις μέσω ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας άλλος τρόπος χρήσης της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι η χρήση της για την τροφοδοσία βιομηχανικών διεργασιών. Πολλές βιομηχανικές διεργασίες απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι μια αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική πηγή ενέργειας για αυτές τις διαδικασίες. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά ενέργειας. Οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, οι οποίες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω της χρήσης υδρογόνου και οξυγόνου, μπορούν να τροφοδοτούνται με υδροηλεκτρισμό. Αυτό καθιστά δυνατή την τροφοδοσία οχημάτων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 5- Υδροηλεκτρικός Σταθμός- ΠΗΓΗ : <https://energyin.gr/2014/05/07/υδροηλεκτρικός-σταθμός-τσιβλού/>

### 3.2.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

#### 3.2.3.1 Πλεονεκτήματα

- Είναι καθαρή πηγή ενέργειας και δεν εξαντλείται.
- Το κόστος παραγωγής είναι πολύ μικρό.
- Το απασχολούμενο τεχνικό προσωπικό δεν χρειάζεται να είναι πολύ εξειδικευμένο.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και η απόδοση δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο.
- Ισχυρή αξιοπιστία όσο αφορά την λειτουργία τους.
- Οι εγκαταστάσεις είναι απλές και φθηνές στη συντήρησή τους.
- Μέσα από την λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών παρέχεται η ευκαιρία για την εξυπηρέτηση και άλλων σκοπών εκτός του ενεργειακού όπως π.χ. αντιπλημμυρική προστασία.
- Η παραγωγή μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στη ζήτηση.
- Δημιουργία θέσεων εργασίας σε μη αστικές περιοχές.

### 3.2.3.2 Μειονεκτήματα

- Διακύμανση της ροής του νερού μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μεταβλητότητα στην παραγόμενη ισχύ κατά τις διαφορετικές εποχές.
- Εξάρτηση από καιρικούς παράγοντες με κυριότερο την σπανιότητα των υδατοπτώσεων.
- Υψηλό κόστος πρώτης εγκατάστασης.
- Περιορισμένη αποθηκευτική ικανότητα μεγάλων ποσοτήτων νερού.
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαιτίας των φραγμάτων, όπως απώλεια βιοποικιλότητας και αλλοίωση της μορφολογίας των ποταμών.
- Αναφορικά με τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς ένα ζήτημα λειτουργίας τους είναι η διαφορετική ζήτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανάλογα την εποχή.

### 3.2.4 Οι Σύγχρονες Εξελίξεις

Με τις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις η υδροηλεκτρική ενέργεια αναπτύσσεται διαρκώς και γίνεται πιο αποτελεσματική και πιο οικονομική. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) αναφέρει ότι με τα προηγμένα συστήματα παρακολούθησης μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση των υδροηλεκτρικών σταθμών. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες και αναλύσεις δεδομένων για την βελτιστοποίηση των λειτουργιών και της συντήρησης οδηγώντας σε αύξηση της απόδοσης και σε μείωση του κόστους. Σημειώνεται επίσης, πως οι σύγχρονοι στρόβιλοι έχουν σχεδιαστεί με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως η διέλευση ψαριών και επιπλέον η πρόοδος στην επιστήμη των υλικών επιτρέπει την βελτίωση της κατασκευής τους. Επιπλέον, τα υδροηλεκτρικά συστήματα μικρής κλίμακας αναπτύσσονται συνεχώς σε αποκεντρωμένες περιοχές. Τα σύγχρονα αυτά συστήματα είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον και έχουν ελάχιστο αντίκτυπο στο οικοσύστημα.

### 3.2.5 Το υδροδυναμικό της Ελλάδας

Η Ελλάδα έχει μακρά ιστορία στη χρήση υδροηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού αποτελώντας μια από τις κύριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της χώρας. Σύμφωνα, με τα στοιχεία της ΔΑΠΕΕΠ η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευε περίπου το 11% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2021. Το 2022 η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας μειώθηκε λόγω πρωτοφανής ξηρασίας που επηρέασε έντονα ολόκληρη των Ευρώπη. Ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα έχει το υδροδυναμικό μικρής κλίμακας καθώς η αξιοποίηση του όταν συνδυάζεται με άλλες χρήσεις όπως π.χ. η ύδρευση και η άρδευση, είναι αποδοτικότερη. Στην Ελλάδα υπάρχουν υπάρχει μεγάλος αριθμός κατάλληλων σημείων για μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Σύμφωνα με την ΡΑΕ (2021) υπάρχουν 485 εγκαταστάσεις μικρών υδροηλεκτρικών έργων συνολικής ισχύος 998MW. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων πηγών πράσινης ενέργειας και καθώς η Ελλάδα διαθέτει χιλιάδες μικρά υδατορρεύματα και πηγές στην ορεινή της πλευρά θα πρέπει να τα αξιοποιήσει με το πιο αποδοτικό τρόπο.

## 3.3 ΒΙΟΜΑΖΑ

### 3.3.1 Γενική Περιγραφή

Η βιομάζα είναι μια μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που προέρχεται από την οργανική ύλη. Περιλαμβάνει τόσο φυτική όσο και ζωική ύλη συμπεριλαμβανομένου του ξύλου, των καλλιεργειών και των αστικών λυμάτων. Έχει μακρά ιστορία ως πηγή καυσίμου με στοιχεία χρήσης της να χρονολογούνται από τους πρώτους πολιτισμούς. Τα τελευταία χρόνια η αξιοποίηση της έχει συγκεντρώσει μεγάλο ενδιαφέρον ως πιθανή λύση για την παραγωγή πράσινης ενέργειας αφού δεν συμβάλλει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Η ιστορία της βιομάζας ως πηγής καυσίμου χρονολογείται από την περίοδο όπου οι άνθρωποι ανακάλυψαν την δυνατότητα θερμότητας και φωτός που προσέφερε καύση του ξύλου. Το ξύλο χρησιμοποιήθηκε για μαγείρεμα, για θέρμανση σπιτιών και για τροφοδοσία μηχανημάτων όπως μύλοι, πριόνια. Με την εμφάνιση νέων πολιτισμών οι άνθρωποι στράφηκαν και σε άλλες μορφές βιομάζας όπως η κοπριά ζώων και το άχυρο.

Τον 19ο και 20ο αιώνα η κατανάλωση βιομάζας περιορίστηκε εξαιτίας της ταχείας εξάπλωσης των ορυκτών καυσίμων. Σήμερα η βιομάζα χρησιμοποιείται με διάφορους τρόπους, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι την θέρμανση κατοικιών και επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα εξακολουθεί σε πολλά μέρη του κόσμου να είναι κύρια πηγή ενέργειας για το μαγείρεμα και την θέρμανση όπως οι αγροτικές περιοχές της Αφρικής και της Ασίας.

### 3.3.2 Τρόποι Αξιοποίησης

Ένας από τους πιο κοινούς τρόπους αξιοποίησης της βιομάζας είναι μέσω της καύσης. Η βιομάζα μπορεί να καεί και να παραχθεί ατμός ο οποίος στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ενός στροβίλου και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά στην βιομηχανία προϊόντων ξύλου όπου τα απόβλητα ξύλου και άλλα υπολείμματα βιομάζας καίγονται για να παραχθεί ατμός και θερμότητα συνεισφέροντας στην παραγωγική διαδικασία. Ακόμη, η βιομάζα αξιοποιείται μέσω της αεριοποίησης.

Κατά τη διαδικασία αυτή η βιομάζα θερμαίνεται με απουσία οξυγόνου για να παραχθεί ένα αέριο, που αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας. Οι εφαρμογές της αεριοποίησης, περιλαμβάνουν θέρμανση την θέρμανση κατοικιών και επιχειρήσεων όπου είναι αποτελεσματικότερη από την καύση.

Η βιομάζα μπορεί επίσης να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα όπως η αιθανόλη και το βιοντίζελ. Αυτά είναι καύσιμα τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν την βενζίνη και το παραδοσιακό ντίζελ και συχνά αναμιγνύονται με συμβατικά καύσιμα για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Είναι κατάλληλα για τις μεταφορές καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οχήματα και υποδομές. Εκτός από αυτές τις μεθόδους η βιομάζα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση κατοικιών και επιχειρήσεων. Οι σόμπες και οι λέβητες pellet αποκτούν όλο και μεγαλύτερη φήμη. Τέλος, η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας αποσύνθεσης οργανικών απορριμμάτων που συγκεντρώνονται σε χωματερές.

### 3.3.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Βιομάζας

#### 3.3.3.1 Πλεονεκτήματα

- Η βιομάζα είναι ΑΠΕ και μπορεί να ανανεωθεί με την πάροδο του χρόνου.
- Είναι ουδέτερη από άνθρακα που σημαίνει ότι δεν συμβάλλει στις εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου όταν καίγεται.
- Μπορεί να παραχθεί οπουδήποτε συμβάλλοντας στην ενεργειακή ανεξαρτησία, υποστηρίζοντας ταυτόχρονα τις τοπικές οικονομίες.
- Η βιομάζα μπορεί να υποκαταστήσει τα παραδοσιακά καύσιμα (ντίζελ, βενζίνη).

#### 3.3.3.2 Μειονεκτήματα

- Η παραγωγή και η μεταφορά της βιομάζας μπορεί να είναι κοστοβόρα, ειδικότερα σε περιοχές με περιορισμένους πόρους βιομάζας.

- Η καύση της βιομάζας μπορεί να απελευθερώσει ρύπους στον αέρα όπως σωματίδια και οξείδια του αζώτου.
- Η παραγωγή βιομάζας μπορεί να απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, αποτελώντας εμπόδιο για περιοχές όπου οι υδάτινοι πόροι είναι περιορισμένοι.
- Η χρήση βιομάζας μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή οικοτόπων και απώλεια βιοποικιλότητας εάν δεν αντιμετωπιστεί με βιώσιμο τρόπο.

### 3.3.4 Οι Σύγχρονες Εξελίξεις

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο κατά τα τελευταία χρόνια μέσω της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών που έχουν καταστήσει τη διαδικασία αποτελεσματικότερη και οικονομικά αποδοτικότερη. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA) μία υποσχόμενη τεχνολογία για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα είναι η πυρόλυση. Η πυρόλυση είναι μια διαδικασία κατά την οποία η βιομάζα θερμαίνεται με απουσία οξυγόνου για την παραγωγή ενός υγρού βίο-ελαίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με την ίδια πηγή, μία ακόμη υποσχόμενη τεχνολογία σε αυτό τον τομέα αποτελεί η χρήση φυκιών για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Τα φύκια μπορούν να καλλιεργηθούν σε μεγάλους αριθμούς και να παράγουν υψηλές ποσότητες λαδιού το οποίο με τη σειρά του να καταναλωθεί για την παραγωγή βιοντίζελ.

### 3.3.5 Η Αξιοποίηση της Βιομάζας στην Ελλάδα

Η βιομάζα είναι ένας πολλά υποσχόμενος ενεργειακός πόρος για την Ελλάδα λόγω του ευνοϊκού κλίματος και της γεωγραφίας της. Σύμφωνα με την ΔΑΠΕΕ η συνολική συνεισφορά της βιομάζας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας το 2021 ήταν 0,9%. Η βιομάζα στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από αγροτικά

κατάλοιπα όπως το άχυρο καθώς και κατάλοιπα δασοκομίας όπως ροκανίδια και πριονίδι. Τα αστικά στερεά απόβλητα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πηγές βιομάζας. Στην Ελλάδα η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού. Κατά το 2017 η κυβέρνηση ξεκίνησε ένα πρόγραμμα επιδότησης για ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένης της βιομάζας. Το πρόγραμμα προέβλεπε επιδοτήσεις για την εγκατάσταση λεβήτων και εστιών βιομάζας, καθώς και την παραγωγή βιοαερίου και βιοκαυσίμων.



*Εικόνα 6-Βιομάζα ΠΗΓΗ :<https://thesafiablog.com/2021/03/30/biomass/>*



## 3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 3.4.1 Γενική Περιγραφή

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία καθαρή πηγή ενέργειας που έχει κερδίσει αυξανόμενη προσοχή λόγω της δυνατότητάς της να παρέχει αξιόπιστο και βιώσιμο ενεργειακό εφοδιασμό. Σε ορισμένες περιοχές της Γης όπου υπάρχουν θερμές πηγές και ηφαιστεια είναι δυνατό μέσω γεωτρήσεων να αναδυθεί ατμός ή θερμά αέρια και να αξιοποιηθούν σαν ενεργειακή πηγή. Η ενέργεια του εσωτερικού της Γης διαχέεται προς την επιφάνεια μέσω των πετρωμάτων. Ο όρος γεωθερμική ενέργεια αναφέρεται στην θερμική ενέργεια που παράγεται στα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους. Αυτή η ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί με ποικίλους τρόπους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θέρμανσης και ψύξης.

Η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια με τα ιστορικά στοιχεία να καταδεικνύουν την αξιοποίηση της σε μέρη όπως Κίνα και Ιταλία από την αρχαιότητα. Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση στην ιστορία ήταν στην Κίνα όπου χρησιμοποιήθηκε σε λουτρά και θέρμανση χώρων κατά τον τρίτο αιώνα π.Χ. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα η γεωθερμική ενέργεια άρχισε να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την πρώτη εμπορική γεωθερμική μονάδα να κατασκευάζεται στην Ιταλία το 1904. Σήμερα η χρήση της έχει εξαπλωθεί σε 90 χώρες παγκοσμίως. Στην Ισλανδία το 70% του πληθυσμού χρησιμοποιεί γεωθερμική ενέργεια για θέρμανση.

Ανάλογα με την θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού η γεωθερμική ενέργεια ορίζεται ως:

- Υψηλής ενθαλπίας: (για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 150°C) και χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μέσης ενθαλπίας: (για θερμοκρασίες 100-150°C) για εφαρμογές τόσο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην θέρμανση χώρων.
- Χαμηλής ενθαλπίας: (για θερμοκρασίες έως 100°C) η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί στην θέρμανση χώρων, ξήρανση φυτικών προϊόντων και την ιχθυοκαλλιέργεια.

### 3.4.2 Τρόποι Αξιοποίησης

Η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται με τους εξής τρόπους:

- Γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής: Οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος με τον οποίο αξιοποιείται η γεωθερμική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, οι μονάδες ατμού και οι μονάδες δυαδικού τύπου.
- Άμεση χρήση: Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για θέρμανση και ψύξη σε σπίτια, κτίρια και θερμοκήπια.
- Ενισχυμένα γεωθερμικά συστήματα (EGS): Περιλαμβάνουν την δημιουργία μίας υπόγειας δεξαμενής με έκχυση νερού σε θερμούς, ξηρούς σχηματισμούς πετρωμάτων και στην συνέχεια εξαγωγή του ατμού που παράγεται.
- Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας: Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λειτουργούν χρησιμοποιώντας τη σταθερή θερμοκρασία της Γης για να παρέχουν θέρμανση και ψύξη στα κτίρια.



Εικόνα 7-Γεωθερμικός Σταθμός Παραγωγής στην Ισλανδία- ΠΗΓΗ :<https://www.power-technology.com/projects/hellisheidi-geothermal-power-plant/>

### 3.4.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Γεωθερμικής Ενέργειας

#### 3.4.3.1 Πλεονεκτήματα

Αποτελεί μία πράσινη πηγή ενέργειας με μηδενικές εκπομπές επιβλαβών αερίων για την ατμόσφαιρα.

- Είναι αξιόπιστη και διαθέσιμη αδιάκοπα σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ όπως η αιολική και η ηλιακή που εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες.
- Μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η θέρμανση και η ψύξη.
- Οι γεωθερμικοί σταθμοί παραγωγής έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και χαμηλό κόστος λειτουργίας γεγονός που τους καθιστά οικονομικά αποδοτικούς μακροπρόθεσμα.
- Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστη πηγή εισοδήματος για κοινότητες και χώρες που διαθέτουν σημαντικούς γεωθερμικούς πόρους.

#### 3.4.3.2 Μειονεκτήματα

- Υψηλό αρχικό κόστος κατασκευής και γεώτρησης γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής το οποίο μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο εισόδου για ορισμένες περιοχές.
- Οι γεωθερμικοί πόροι βρίσκονται συχνά σε απομακρυσμένες περιοχές απαιτώντας υψηλές επενδύσεις υποδομής για σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η γεώτρηση γεωθερμικών πηγών μπορεί να απελευθερώσει επικίνδυνα αέρια και χημικές ουσίες, όπως διοξείδιο του θείου με αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Η ποσότητα της διαθέσιμης γεωθερμικής ενέργειας σε οποιαδήποτε δεδομένη τοποθεσία μπορεί να είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα την δυσκολία εξάπλωσής της για την κάλυψη των αυξανόμενων ενεργειακών απαιτήσεων παγκοσμίως.

### 3.4.4 Οι Σύγχρονες Εξελίξεις

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) η γεωθερμική ενέργεια έχει την δυνατότητα να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κόσμου. Κατά την έκθεση του οργανισμού για το έτος 2021 ο τομέας είχε εξαιρετική ανάπτυξη , με 1,6 GW να προστίθεται σε σχέση με το προηγούμενο έτος φτάνοντας τα 16 GW. Οι Ηνωμένες Πολιτείες συνείσφεραν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στην ανάπτυξη με 1,3 GW. Ακολουθούν η Ινδονησία (+146 MW), η Τουρκία (+63 MW), η Ιταλία (+30 MW) και Μεξικό (+25 MW). Αναμένεται η τάση αυτή να συνεχιστεί με τον IEA (Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας) να προσβλέπει στην σταθερή αύξηση της γεωθερμικής δυναμικότητας κατά 2,8 GW ετησίως ως το 2025. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κτιρίων κερδίζει συνεχώς έδαφος.

Επιπλέον, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως οι ταμιευτήρες χαμηλής θερμοκρασίας και τα ενισχυμένα γεωθερμικά συστήματα επιτρέπουν την εξαγωγή θερμότητας από πηγές που ήταν αδύνατο παλαιότερα. Ένας ακόμα πολλά υποσχόμενος τομέας καινοτομίας είναι η χρήση μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης, για την βελτιστοποίηση των λειτουργιών των εγκαταστάσεων και την βελτίωση της διαχείρισης γεωθερμικών πόρων.

### 3.4.5 Η Αξιοποίηση της Γεωθερμίας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα καλύπτει ένα πολύ μικρό ποσοστό των ενεργειακών της αναγκών με την αξιοποίηση της γεωθερμίας. Έως σήμερα, η παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας προέρχεται κυρίως από την Κεντρική – Ανατολική Μακεδονία και Θράκη με μικρή συμμετοχή των νησιών του βορειανατολικού Αιγαίου. Η Ελλάδα λόγω γεωλογίας , χαρακτηρίζεται από αξιοσημείωτο γεωθερμικό δυναμικό με ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης στον τομέα παγκοσμίως. Έως σήμερα, τριάντα περιοχές της χώρας διαθέτουν γεωθερμικό δυναμικό προς αξιοποίηση . Παρά τις δυνατότητες που παρέχει η γεωθερμική ενέργεια, εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετά εμπόδια στην αξιοποίηση της.

Κύρια πρόκληση αποτελεί το αρχικό κόστος κεφαλαίου των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, το οποίο μπορεί να τις καταστήσει λιγότερο ελκυστικές για τους επενδυτές σε σύγκριση με άλλες μορφές ΑΠΕ. Τέλος, μια ακόμη πρόκληση είναι η έλλειψη έρευνας και ανάπτυξης γεωθερμικών πόρων στη χώρα περιορίζοντας τις δυνατότητες ανάπτυξης του κλάδου.

### 3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ

#### 3.5.1 Κυματική Ενέργεια

Αποτελεί μια μορφή ενέργειας που προέρχεται από την δέσμευση της κινητικής ενέργειας των κυμάτων της επιφάνειας της θάλασσας. Θεωρείται ως μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της χρήσης πλωτήρων που επιπλέουν στην επιφάνεια, οι οποίοι με την σειρά τους συνδέονται σε μια τουρμπίνα. Εκτός της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας άλλες εφαρμογές της εντοπίζονται στην διαδικασία της αφαλάτωσης αλλά και άντλησης νερού. Ο πρώτος σταθμός αξιοποίησης της Κυματικής ενέργειας κατασκευάστηκε στην Χαβάη. Συστήματα κυματικής ενέργειας υπάρχουν σήμερα σε διάφορα μέρη του κόσμου. Στην Ευρώπη συστήματα κυματικής ενέργειας έχουν τοποθετηθεί στην Ιρλανδία την Μ. Βρετανία, την Νορβηγία, την Πορτογαλία, τη Δανία και τη Σουηδία.



Εικόνα 8- Μηχανισμός Παραγωγής Κυματικής ενέργειας.  
Πηγή [https://openei.org/wiki/Wave\\_Energy](https://openei.org/wiki/Wave_Energy)

Η Ελλάδα έχει μεγάλη δυναμικότητα για την αξιοποίηση της Κυματικής Ενέργειας, καθώς είναι περιτριγυρισμένη από τη Μεσόγειο και το Αιγαίο Πέλαγος. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας είναι το υψηλό κόστος της τεχνολογίας, το οποίο μπορεί να δυσκολέψει τις εταιρείες να αναπτύξουν έργα κυματικής ενέργειας. Αυτό το εμπόδιο συναντάται και στην Ελλάδα σε συνδυασμό με την συχνή αντίσταση που προβάλλουν οι τοπικές κοινωνίες

### 3.5.2 Παλιρροϊκή Ενέργεια

Η παλιρροϊκή ενέργεια παράγεται από τις κινήσεις των θαλάσσιων ρευμάτων, τα οποία προέρχονται από την επίδραση που ασκεί η σελήνη και Ήλιος στο βαρυτικό πεδίο των ωκεανών. Ο τρόπος παραγωγής ηλεκτρισμού από τις παλίρροιες μοιάζει πολύ με αυτόν της υδροηλεκτρικής ενέργειας με τη διαφορά ότι το νερό κινείται προς δύο κατευθύνσεις. Το νερό που προέρχεται από την παλίρροια κατευθύνεται προς στην ακτή και παγιδεύεται μέσω ενός φράγματος. Στην συνέχεια, το νερό που έχει αποθηκευτεί όπως και κατά την υδροηλεκτρική λειτουργία των κλασικών σταθμών, απελευθερώνεται και ωθεί σε κίνηση τις τουρμπίνες. Η παλιρροϊκή ενέργεια αποτελεί μια πράσινη μορφή ενέργειας. Έχει χρησιμοποιηθεί από την αρχαιότητα για τη λειτουργία αλευρόμυλων και άλλων μηχανημάτων. Σήμερα, η τεχνολογία έχει εξελιχθεί για να επιτρέψει την εγκατάσταση παλιρροϊκών παραγωγών ενέργειας σε θαλάσσιες περιοχές που έχουν υψηλά παλιρροϊκά ρεύματα. Οι εξελίξεις στον τομέα αυτό βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο.



Εικόνα 9- Μονάδα Αξιοποίησης Παλιρροϊκής Ενέργειας ΠΗΓΗ: [www.offshore-energy.biz/tidal-energy](http://www.offshore-energy.biz/tidal-energy)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Η ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

### 4.1 Γενική Περιγραφή

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από την μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Οι άνεμοι (αέριες μάζες) μετακινούνται διαρκώς και είναι αποτέλεσμα της ανομοιόμορφης θέρμανσης της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Οι αέριες μάζες και τα ωκεάνια ρεύματα εξισορροπούν την θερμική ενέργεια, θέτοντας ανώτατα όρια σε περιοχές με πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αντίστοιχα. Ταυτόχρονα η ποικιλομορφία που χαρακτηρίζει την επιφάνεια της γης (υδάτινα στοιχεία, έρημος, δάση, ηφαιστεια κ.α.) έχει ως συνέπεια αποκλίσεις στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και στην ανάκλαση της πίσω στην ατμόσφαιρα προκαλώντας αλλαγές στην ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία και πυκνότητα. Οι αλλαγές αυτές προκαλούν δυνάμεις που οδηγούν στην δημιουργία των ανέμων. Χαρακτηριστικό της κινητικής ενέργειας των ανέμων (αιολικής ενέργειας) είναι πως με βάση τις νεότερες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της, επαρκεί αν αξιοποιηθεί στον μέγιστο βαθμό να καλύψει δύο φορές τις ανάγκες όλου το κόσμου σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση της αιολικής ενέργειας χρονολογείται από το 5.000 πχ όπου οι αρχαίοι Αιγύπτιοι αξιοποιούσαν τους ανέμους για να μετακινήσουν τα πλοία τους στον Νείλο. Σύμφωνα με ερευνητές, οι πρώτες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιήθηκαν στην Περσία γύρω στον 7ο αιώνα μ.Χ. Το μηχανικό έργο του Ελληνοαλεξανδρινού μηχανικού Ήρωνα της Αλεξάνδρειας (10-70 μ.Χ.) περιλαμβάνει και τον πρώτο αυτόματο ανεμόμυλο, τον οποίο χρησιμοποίησε για τον άλεσμα των σιτηρών. Στη συνέχεια, η χρήση των ανεμογεννητριών εξαπλώθηκε σε άλλα μέρη του κόσμου, όπως στην Ευρώπη, όπου κατασκευάστηκαν μεγαλύτερες ανεμόμυλοι για τον άλεσμα σιτηρών και για την παραγωγή ενέργειας για διάφορες χρήσεις.

Η παραγωγή αιολικής ενέργειας όπως την γνωρίζουμε σήμερα ξεκίνησε στο Ηνωμένο Βασίλειο και το 1888 στις ΗΠΑ. Στη Δανία το 1891 κατασκευάστηκαν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα αναδεικνύοντας τη Δανία ως χώρα σταθμό όσο αφορά τη σύγχρονη ιστορία της αιολικής ενέργειας. Σήμερα, η αιολική ενέργεια έχει αναδειχθεί ως μια από τις σημαντικότερες μορφές ανανεώσιμης

ενέργειας, με την κατασκευή σύγχρονων ανεμογεννητριών που μπορούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας.

## 4.2 Τρόποι Αξιοποίησης

Τα συστήματα τα οποία επιτρέπουν την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Πρόκειται για συστήματα τα οποία μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι ριπές του ανέμου έρχονται σε επαφή με τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας με αποτέλεσμα αυτά να περιστρέφουν τον συνδεδεμένο ρότορα ο οποίος με τη σειρά του περιστρέφει μια γεννήτρια, παράγοντας ηλεκτρισμό. Καθοριστική σημασία για την αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου έχει η ισχύς και το άνοιγμα των πτερυγίων της.

Οι δύο βασικές κατηγορίες των ανεμογεννητριών είναι:

- Οριζοντίου άξονα: Ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.
- Κατακόρυφου άξονα: Ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι:

- Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας έχει άμεση σχέση με το μέγεθος και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος της συνδέεται από τους σκοπούς που έχουν τεθεί να εκπληρώσει και κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt.
- Οι τυπικές διαστάσεις μίας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι: Διάμετρος δρομέα 40 μέτρα, ύψος 40-50 μέτρα ενώ όσο αφορά αυτές των τριών MW οι διαστάσεις είναι 80 και 80-100 μέτρα αντίστοιχα.
- Στην αγορά επικρατούσα θέση κατέχουν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με δύο ή τρία πτερύγια.





Εικόνα 11-Ανεμογεννήτρια Οριζοντίου Άξονα-  
ΠΗΓΗ: <https://www.gigakat.gr/ενέργεια>



Εικόνα 10-Ανεμογεννήτρια Κατακόρυφου Άξονα-  
ΠΗΓΗ:<http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/16705/1/DT2013-0191.pdf>

Τα κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας είναι:

1. Πύργος: Είναι το κύριο δομικό στοιχείο της ανεμογεννήτριας. Συνήθως κατασκευάζεται από χάλυβα και το ύψος του μπορεί να κυμαίνεται από δεκάδες έως εκατοντάδες μέτρα ανάλογα με το μέγεθος της ανεμογεννήτριας και τις συνθήκες ανέμου στην τοποθεσία.
2. Θάλαμος: Περιέχει το κιβώτιο ταχυτήτων, την γεννήτρια και άλλα βασικά εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας. Βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και η κύρια λειτουργία του είναι να μετατρέπει την κινητική ενέργεια των περιστρεφόμενων λεπίδων σε ηλεκτρική ενέργεια. Αναλυτικότερα, περιλαμβάνει:
  - Τα Φρένα του Δρομέα: Είναι παρόμοια με τον άξονα των τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα.
  - Το Κιβώτιο Ταχυτήτων: Είναι μια σύνθετη μηχανική συσκευή που αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής του

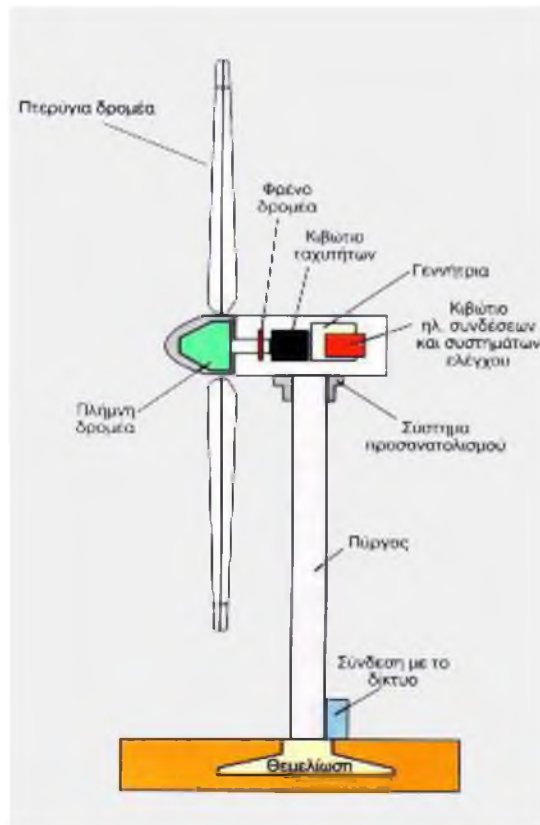
άξονα του δρομέα και την μεταφέρει στην γεννήτρια. Επιτρέπει επίσης στον δρομέα να περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα ακόμα και όταν η ταχύτητα του ανέμου ποικίλει.

- Η Γεννήτρια: Αποτελεί την καρδιά της ανεμογεννήτριας, όπου η μηχανική ενέργεια του περιστρεφόμενου άξονα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

3. Πτερύγια Δρομέα: Τα πτερύγια του δρομέα είναι το πιο ορατό μέρος της ανεμογεννήτριας και το έργο τους είναι να συγκεντρώνουν την κινητική ενέργεια του ανέμου και να την μεταφέρουν στον άξονα του δρομέα. Συνήθως κατασκευάζονται από σύνθετα υλικά, από υαλοβάμβακα ή ανθρακονήματα και το μήκος τους κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως και πάνω από τα 100 σύμφωνα πάντα με το μέγεθος της ανεμογεννήτριας.

4. Πλήμνη Δρομέα: Είναι το κεντρικό μέρος του δρομέα όπου είναι συνδεδεμένα τα πτερύγια. Συνδέεται με τον άξονα του δρομέα ο οποίος με τη σειρά του συνδέεται με το κιβώτιο ταχυτήτων και την γεννήτρια στον θάλαμο.

5. Σύστημα Ελέγχου: Αποτελείται από ένα σύνολο αισθητήρων και λογισμικού που συντονίζει την λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες.



Εικόνα 12/ Μηχανικά Μέρη Ανεμογεννήτριας

Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες δυναμικότητας από 200 ως 2.000KW. Σημαντικό ρόλο έχουν τα σημεία εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Χαρακτηριστικά όπως, μέση ταχύτητα ανέμου κάτω από 7m/sec, η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων μπορούν να αποτελέσουν εμπόδια στην αξιοποίηση των ανεμογεννητριών.

### 4.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

#### 4.3.2 Πλεονεκτήματα:

- Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η πιο φθηνή από όλες τις υπάρχουσες καθαρές μορφές ενέργειας.

- Αποτελεί μία καθαρή πηγή ενέργειας και είναι ανεξάντλητη. Δεν έχει καμία επιβάρυνση για το περιβάλλον και ο τρόπος παραγωγής της έχει αδιαμφησβήτητη ασφάλεια.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε διάφορες τοποθεσίες συμπεριλαμβανομένων των αγροτικών και αστικών περιοχών.
- Οι ανεμογεννήτριες απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να παρέχουν μία σταθερή πηγή εισοδήματος σε όσους μισθώνουν την γη τους για τις εγκαταστάσεις τους.
- Η αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλλει στην τοπική οικονομική ανάπτυξη δημιουργώντας θέσεις εργασίας σε τομείς όπως η κατασκευή, η εγκατάσταση, η συντήρηση και οι υπηρεσίες υποστήριξης.
- Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.

#### 4.3.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Η αιολική ισχύς είναι απρόβλεπτη και η παραγωγή ενέργειας μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις εξαιτίας της μεταβλητότητας δύναμης των ανέμων.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλούν θόρυβο καθώς επίσης και οπτικές και αισθητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον με αρνητικές συνέπειες στις τοπικές κοινωνίες.
- Οι ανεμογεννήτριες απαιτούν σημαντική αρχική επένδυση και το κόστος παραγωγής μπορεί να μην είναι πάντα ανταγωνιστικό σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να βλάψουν την πανίδα και ιδιαίτερα τα πουλιά και τις νυχτερίδες τα οποία προσπίπτουν στα περιστρεφόμενα πτερύγια.

- Οι ανεμογεννήτριες συχνά απαιτούν την κατασκευή υποδομής μεταφοράς για τη σύνδεσή τους στο δίκτυο, κάτι που μπορεί να αυξήσει το συνολικό κόστος χρήσης τους.
- Οι ανεμογεννήτριες απαιτούν εκκαθάριση μεγάλων εκτάσεων γης με επιπτώσεις στα οικοσυστήματα που εγκαθίστανται.
- Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών ιδιαίτερα σε ευαίσθητες ή προστατευόμενες περιοχές μπορεί να προκαλέσει την ισχυρή αντίθεση του πλήθους.

#### 4.4 Οι σύγχρονες εξελίξεις

Η ολική ενέργεια αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας με ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Η Ευρώπη βρίσκεται στην πρώτη γραμμή όσο αφορά την εξέλιξή της. Μια από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία ολικής ενέργειας είναι η χρήση πλωτών ανεμογεννητριών οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για να αναπτύσσονται σε βαθιά νερά όπου οι ταχύτητες ανέμου είναι υψηλότερες και πιο συνεπείς.

Οι πλωτές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν παρόμοιο σχεδιασμό με τις κλασσικές ανεμογεννήτριες σταθερού πυθμένα αλλά είναι τοποθετημένες σε μία πλωτή πλατφόρμα δίνοντάς τους την δυνατότητα να συγκρατούνται γερά σε βαθύτερα νερά. Η τεχνολογία αυτή έχει την δυνατότητα να προσφέρει σε καινούργιες περιοχές την ανάπτυξη αιολικής ενέργειας ιδιαίτερα σε περιοχές με βαθιά νερά όπως ο Ατλαντικός και η Μεσόγειος.

Στην Ευρώπη αρκετές χώρες έχουν ήδη αρχίσει να διερευνούν την χρήση πλωτών ανεμογεννητριών όπως η Πορτογαλία με το έργο WindFloat Atlantic. Ταυτόχρονα, κάποιες άλλες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν ολοκληρώσει ήδη τεράστια έργα όπως το πλωτό αιολικό πάρκο Kincardine στα ανοιχτά των ακτών της Σκωτίας ισχύ 50MW. Συνολικά 115 παράκτια αιολικά πάρκα λειτουργούν στην Ευρωπαϊκή ήπειρο.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει επίσης, την ανάπτυξη της πλωτής αιολικής τεχνολογίας μέσω πακέτων χρηματοδοτήσεων και ερευνητικών πρωτοβουλιών. Το 2019 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το πρόγραμμα καθαρή ενέργεια για τα νησιά της ΕΕ το οποίο στοχεύει στην επιτυχή μετάβαση των Ευρωπαϊκών νησιών σε καθαρή ενέργεια. Ως μέρος αυτού του

προγράμματος η ΕΕ επενδύει σε πολλά πιλοτικά έργα για την δοκιμή πλωτών ανεμογεννητριών σε νησιωτικές περιοχές.

Εκτός από τις πλωτές ανεμογεννήτριες υπάρχουν και άλλες ελπιδοφόρες εξελίξεις στην τεχνολογία αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη. Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης διερευνάται για την βελτίωση της απόδοσης της ανεμογεννήτριας καθώς και τη μείωση του κόστους συντήρησης. Επιπλέον, οι ερευνητές μελετούν νέα υλικά και σχέδια που θα μπορούσαν να αυξήσουν την απόδοση και την αξιοπιστία των ανεμογεννητριών.

Συνολικά, η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας εξακολουθεί να αναπτύσσεται διαρκώς με την ΕΕ να βρίσκεται στην καρδιά των εξελίξεων. Μέσω της ανάπτυξης πλωτών ανεμογεννητριών και άλλων καινοτομιών η αιολική ενέργεια θα αποκτήσει ακόμα μεγαλύτερη συνεισφορά στην παραγωγή πράσινης ενέργειας στο εγγύς μέλλον.



Εικόνα 13- Υπεράκτια Αιολικό Πάρκο- ΠΗΓΗ  
: <https://energymag.gr/news/energeia/ape/admie-yperaktia-aiolika-apothikefsi-energeias-kai-robotiki-technologia-sto-dekaetes-programma-2024-2033/>

## 4.5 Η Αιολική Ενέργεια σε Παγκόσμιο Επίπεδο

Το 2021 η ηλεκτροπαραγωγή από Αιολική ενέργεια έφτασε τις 1870 TWh. Η Παγκόσμια Αιολική δυναμικότητα αναμένεται να διπλασιαστεί την περίοδο 2022-2027 (IEA). Περισσότερα από 570 GW χερσαίας αιολικής ισχύς θα τεθούν σε λειτουργία, με καθυστερήσεις εξαιτίας της πολυπλοκότητας των διαδικασιών αδειοδότησης και ελλείψεις βελτιώσεων στο δίκτυο. Καθοριστικός θα είναι ο ρόλος των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Συνολικά στα τέλη του 2022 η εγκατεστημένη ισχύς ήταν 57,6 GW αυξημένη κατά 9.4 GW, με την Κίνα ηγείται σε ποσοστό 44% έχοντας αυξηθεί κατά 6.8 GW την συνολική ισχύ της. Η εγκατεστημένη ισχύς των παράκτιας αιολικής ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 900% από το 2013 (Διάγραμμα 4.1). Παγκοσμίως, 257 υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται σε λειτουργία με τα 140 να βρίσκονται στην Ασία, τα 115 στην Ευρώπη και 2 στις ΗΠΑ (WFO 2023).



Διάγραμμα 4-1. Παράκτια Αιολική ισχύς σε λειτουργία 2013-2022. ΠΗΓΗ: [https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2023/03/WFO\\_Global-Offshore-Wind-Report-2022.pdf](https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2023/03/WFO_Global-Offshore-Wind-Report-2022.pdf)



## 4.6 Η Αιολική Ενέργεια στην ΕΕ

Στην ΕΕ εγκαταστάθηκαν 16 GW αιολικής ισχύς το 2022 φτάνοντας τα 204 GW συνολικά . Τα 188 GW αντιπροσωπεύουν χερσαία αιολικά πάρκα και τα 16GW υπεράκτια. Η Σουηδία, Φινλανδία, Γαλλία και Γερμανία είχαν την μεγαλύτερη συνεισφορά στην αύξηση. Η Δανία καλύπτει το 55% του ενεργειακού της μίγματος από την αξιοποίηση Αιολικής Ενέργειας και ακολουθεί η Ιρλανδία με 34% (Διάγραμμα 4-2) Αναμένεται αύξηση 98 GW σε ισχύ από αιολικά πάρκα την περίοδο 2023-2027 για την ΕΕ με ρυθμό 20 GW ετησίως. Για να πετύχει τους στόχους που έχει θέσει η ΕΕ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 45% από ΑΠΕ έως το 2030 θα πρέπει ο ρυθμός να φτάσει τα 30 GW ετησίως (WindEurope 2023) με στόχο την συνολική ισχύ 440 GW. Σημαντικό είναι να τονισθεί πως 10 μέλη της ΕΕ δεν έχουν καθόλου εγκαταστάσεις αιολικής ισχύς μέχρι και σήμερα. Σημαντικές είναι οι προβλέψεις για την συνεισφορά των υπεράκτιων αιολικών πάρκων τα επόμενα χρόνια, ώστε να επιτευχθεί αυτός ο στόχος. Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα 4-3 ενώ το 2022 η συνεισφορά τους ήταν 7,5 % στην αύξηση την συνολικά εγκατεστημένης ισχύς, το 2030 το ποσοστό αναμένεται να φτάσει στο 45%. Την μεγαλύτερη συνεισφορά για την επίτευξη του στόχου αναμένεται να έχει η Γερμανία και ακολουθούν Γαλλία και Ισπανία ( Διάγραμμα 4-4)

EU-27	New installations in 2022 (MW)			Cumulative capacity (MW)			Share of wind in power mix in 2022		
	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total	Onshore	Offshore	Total
Austria	328	-	328	3,586	-	3,586	12%	-	12%
Belgium	303	-	303	3,045	2,261	5,306	5%	8%	13%
Bulgaria	-	-	-	707	-	707	4%	-	4%
Croatia	-	-	-	1,100	-	1,100	13%	-	13%
Cyprus	-	-	-	158	-	158	6%	-	6%
Czechia	-	-	-	337	-	337	1%	-	1%
Denmark	131	-	131	4,974	2,308	7,282	31%	25%	55%
Estonia	-	-	-	320	-	320	8%	-	8%
Finland	2,430	-	2,430	5,607	71	5,678	14%	-	14%
France	1,590	480	2,070	20,653	482	21,135	8%	-	8%
Germany	2,403	342	2,745	58,267	8,055	66,322	21%	5%	26%
Greece	230	-	230	4,682	-	4,682	19%	-	19%
Hungary	-	-	-	329	-	329	1%	-	1%
Ireland	280	-	280	4,612	25	4,637	34%	-	34%
Italy	496	30	526	11,818	30	11,848	7%	0%	7%
Latvia	59	-	59	137	-	137	3%	-	3%
Lithuania	69	-	69	740	-	740	12%	-	12%
Luxembourg	29	-	29	166	-	166	-	-	-
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Netherlands	933	369	1,302	6,223	2,829	9,052	12%	7%	19%
Poland	1,517	-	1,517	7,864	-	7,864	11%	-	11%
Portugal	28	-	28	5,671	25	5,696	26%	0%	26%
Romania	-	-	-	3,029	-	3,029	12%	-	12%
Slovakia	-	-	-	3	-	3	0%	-	0%
Slovenia	-	-	-	3	-	3	0%	-	0%
Spain	1,659	-	1,659	29,793	5	29,798	25%	-	25%
Sweden	2,441	-	2,441	14,393	192	14,585	25%	-	25%
<b>Total EU-27</b>	<b>14,927</b>	<b>1,221</b>	<b>16,148</b>	<b>188,216</b>	<b>16,283</b>	<b>204,499</b>	<b>14%</b>	<b>2%</b>	<b>16%</b>

Διάγραμμα 4-2: Αιολική Ισχύς Ανά κράτος-μέλος της ΕΕ. ΠΗΓΗ: Wind Europe 2023





Source: WindEurope

Διάγραμμα 4-3: Προβλέψεις για ετήσιες αυξήσεις Αιολικής Ισχύος στην ΕΕ για να πετύχει τους στόχους RpowererEu- ΠΗΓΗ : Wind Europe 2023

EU-27 (MW)	2023		2024		2025		2026		2027	
	Onshore	Offshore	Onshore	Offshore	Onshore	Offshore	Onshore	Offshore	Onshore	Offshore
Austria	400	-	400	-	400	-	400	-	400	-
Belgium	290	-	300	-	340	-	340	500	340	500
Croatia	50	-	150	-	250	-	300	-	300	-
Czechia	40	-	40	-	80	-	80	-	70	-
Denmark	40	350	510	190	450	210	580	800	410	900
Estonia	60	-	240	-	100	-	150	-	200	-
Finland	1,000	-	1,200	-	1,000	-	780	-	800	-
France	1,200	990	1,500	530	1,500	990	1,500	300	1,800	800
Germany	3,000	250	3,500	1,630	4,500	900	5,000	1,420	5,000	2,210
Greece	590	-	330	-	410	-	350	-	350	-
Ireland	290	-	520	-	490	-	700	-	630	560
Italy	450	-	450	-	730	-	870	250	1,140	520
Latvia	-	-	50	-	150	-	300	-	300	-
Lithuania	150	-	290	-	290	-	360	-	380	-
Luxembourg	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-
Netherlands	400	1,910	400	350	220	700	230	350	250	1,000
Poland	450	-	250	-	500	-	500	920	500	1,090
Portugal	90	-	120	-	200	-	200	-	380	-
Romania	60	-	300	-	450	-	550	-	320	-
Slovakia	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
Spain	2,200	-	2,500	-	2,500	-	2,500	-	2,500	160
Sweden	1,540	-	1,100	-	1,090	-	1,330	-	1,420	-
<b>Total EU-27</b>	<b>12,310</b>	<b>3,500</b>	<b>14,160</b>	<b>2,700</b>	<b>15,660</b>	<b>2,800</b>	<b>17,030</b>	<b>4,540</b>	<b>17,510</b>	<b>7,740</b>

Διάγραμμα 4-4. Πρόβλεψη Συνεισφορά κρατών Μελών ΕΕ στην επίτευξη των στόχων για πράσινη αξιοποίηση ενέργειας το 2030. ΠΗΓΗ: Wind Europe 2023

## 4.7 Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα έχει πραγματοποιήσει σημαντικά βήματα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ με την αιολική ενέργεια να ηγείται της προσπάθειας. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ελληνικής επιστημονικής ένωσης αιολικής ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ) ο κλάδος της αιολικής ενέργειας στη χώρα παρουσιάζει σταθερή ανάπτυξη. Κατά το 2022 η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στην χώρα ήταν 4681MW, ποσοστό αυξημένο κατά 5,2% σε σχέση με το προηγούμενο έτος (Διάγραμμα 4-5). Ο ρυθμός ανάπτυξης ήταν μειωμένος σε σχέση με το 2021, εξαιτίας κυρίως της αυξημένης γραφειοκρατίας και στα εμπόδια διοίκησης. 230 MW προστέθηκαν στο δίκτυο από 68 νέες ανεμογεννήτριες.

Όσο αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κατά το έτος 2022 (Wind Europe Statistics) , το 19% προερχόταν από την αξιοποίηση αιολικής ενέργειας κατατάσσοντας την στην 8ή θέση στην κατάταξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην εγκατάσταση νέων αιολικών πάρκων και στην επέκταση των υφιστάμενων, καθώς και στην βελτίωση της απόδοσης των ανεμογεννητριών. Όσο αφορά την γεωγραφική κατανομή, η Στερεά Ελλάδα είναι πρώτη σε αιολικές εγκαταστάσεις με ποσοστό 40% επί του εθνικού (1872 MW). Ακολουθούν η Πελοπόννησος με 14 % (639 MW) και η Ανατολική Μακεδονία-Θράκη με 11% (534 MW) (Εικόνα 14).

Για να επιτευχθεί ο στόχος που έχει τεθεί ώστε η τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ να ανέρχεται στο 35% ως το 2030 η χώρα καλείται να επενδύσει σε μεγάλο βαθμό στον τομέα της αιολικής ενέργειας. Μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στο τομέα της αιολικής ενέργειας στη χώρα είναι το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την υιοθέτηση πλωτών ανεμογεννητριών. Η Ελλάδα έχει την δυνατότητα να γίνει ηγέτης στην τεχνολογία πλωτής αιολικής ενέργειας, λόγω της εκτεταμένης ακτογραμμής και των βαθιών νερών του Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους. Ταυτόχρονα εμπόδια σε γραφειοκρατία, διοίκηση και κόστος αποθήκευσης περιορίζουν την ανάπτυξη του κλάδου σε μεγάλο βαθμό.

Total capacity to the grid (MW) per year



Διάγραμμα 4-5 Συνολική Ισχύς Αιολικής Ενέργειας σε MW στο Ελληνικό Δίκτυο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας 1999-2022. ΠΗΓΗ: [https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2023/01/2023-01-26-2022-HWEA\\_Statistics-Greece.pdf](https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2023/01/2023-01-26-2022-HWEA_Statistics-Greece.pdf)



Εικόνα 14. Γεωγραφική Κατανομή εγκατεστημένης αιολικής ισχύς 2022. ΠΗΓΗ: [Δελτίο Τύπου: Η Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας για το 2022 – ΕΛΕΤΑΕΝ \(eletaen.gr\)](#)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

### 5.1 Παγκόσμια Ενεργειακή Κρίση & Οικονομική Ύφεση

Ο κόσμος βρίσκεται στη μέση μίας παγκόσμια ενεργειακής-κρίσης και οικονομικής ύφεσης. Οι πιέσεις στην αγορά ξεκίνησαν με την εξάπλωση της πανδημίας του κορονοϊού, αλλά η εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία δημιούργησε ακόμα πιο έντονες πιέσεις στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού και κυρίως στην ενέργεια. Η Ρωσία αποτελεί τον μεγαλύτερο εξαγωγέα ορυκτών καυσίμων στον κόσμο. Οι περικοπές της παροχής φυσικού αερίου και πετρελαίου στην Ευρώπη εξαιτίας των κυρώσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης προς την Ρωσία, ανασχηματίζουν τον χάρτη του παγκόσμιου ενεργειακού εμπορίου. Όλα τα καύσιμα επηρεάστηκαν, αλλά οι αγορές φυσικού αερίου βρίσκονται στο επίκεντρο αφού η Ρωσία αναζήτησε μόχλευση, επιβαρύνοντας τους καταναλωτές με υψηλότερους λογαριασμούς ενέργειας και ελλείψεις εφοδιασμού.

Οι τιμές του άνθρακα και του φυσικού αερίου είχαν φτάσει σε επίπεδα ρεκόρ και η τιμή του αργού πετρελαίου είχε αυξηθεί πολύ πάνω από τα 100 δολάρια ανά βαρέλι στα μέσα του 2022 πριν υποχωρήσει. Οι υψηλές τιμές του φυσικού αερίου και του άνθρακα ευθύνονται για το 90% της ανόδου στο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως (IEA 2022). Η κρίση οδήγησε σε αύξηση του πληθωρισμού, οδηγώντας σε ύφεση την παγκόσμια οικονομία, με τις κεντρικές τράπεζες να αυξάνουν τα επιτόκια βάσης ως μέτρο καταστολής. Ο πληθωρισμός στις ΗΠΑ έφτασε σε ρεκόρ 40ετίας τον Ιούνιο του 2022 στο 9,1%. Τον Φεβρουάριο του 2023 βρίσκεται στο 6,1%. Στο Ηνωμένο Βασίλειο ο πληθωρισμός τον Φεβρουάριο του 2023 έφτασε το 10.4%. Ταυτόχρονα εταιρείες παραγωγής ορυκτών καυσίμων σημείωσαν ρεκόρ στα κέρδη τους. Οι τρεις ηγέτες του κλάδου (Saudi Aramco, ExxonMobil, Shell) ανακοίνωσαν κέρδη που ξεπέρασαν συνολικά τα 250 εκατομμύρια.

Για να αντιμετωπίσουν τις ελλείψεις ενέργειας και τις υψηλές τιμές οι κυβερνήσεις, κυρίως των ανεπτυγμένων οικονομιών έχουν προσφέρει ήδη πάνω από 500 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι υψηλότερες τιμές της ενέργειας αυξάνουν την επισιτιστική ανασφάλεια σε πολλές αναπτυσσόμενες οικονομίες όπου το μεγαλύτερο μέρος του εισοδήματος αξιοποιείται για ενέργεια και

τρόφιμα (IEA 2022). Το 2022 έκλεισε με τη τιμή του Brent στα 80 δολάρια το που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο άνοιγμα της Κινεζικής οικονομίας μετά τους αυστηρούς περιορισμούς ετών εξαιτίας της πανδημίας.

Η έκθεση του ΔΝΤ για την Παγκόσμια Οικονομική Προοπτική του 2023, δείχνει μείωση του ρυθμού ανάπτυξης του Παγκόσμιου ΑΕΠ, από 6,2% το 2021 στο 3,4 % το 2022 , με το 2023 να πέφτει στο 2,9%. Η Κίνα με ρυθμό ανάπτυξης 3% το 2022 , προβλέπεται να φτάσει το 5,2% μετά την απόφαση για άρση των περιοριστικών μέτρων της πανδημίας. Οι ΗΠΑ βάση της εκτίμησης, το 2023 θα βρίσκονται στο 1,4% αντίστοιχα. Η ΕΕ αναμένεται να έχει ρυθμό ανάπτυξης μόλις 0,7% για το 2023, έχοντας επηρεαστεί σε τεράστιο βαθμό από την αύξηση των τιμών ενέργειας με τον πόλεμο Ρωσίας-Ουκρανίας. Η Ινδία εκτιμάται να αναπτύσσεται με 6,1% το ίδιο έτος(IEA 2023). Η Λατινική Αμερική και Υποσαχάρια Αφρική εκτιμώνται στο 1,8% και 3,8% όσο αφορά τις αντίστοιχες προβλέψεις(IEA 2023). Με τον δείκτη του πληθωρισμού σε παγκόσμιο επίπεδο στο 8,8% το 2022 καθώς με την πρόβλεψη για το 2023 να είναι στο 6,6% και το 2024 στο 4,3%, η ανάπτυξη δεν φαίνεται να είναι αρκετή σε παγκόσμιο επίπεδο για να περιοριστεί η ύφεση (IMF 2023).

Για τους πρώτους δύο μήνες του τρέχων έτους οι δείκτες PMI είναι ενθαρρυντικοί, δείχνοντας σημάδια ανάκαμψης της παγκόσμιας οικονομίας. Ο δείκτης J.P Morgan Global Composite Output PMI, ξεπέρασε το όριο των 50 μονάδων για πρώτη φορά μετά τον Ιούλιο του 2022 φτάνοντας τις 52,1 μονάδες. Ο δείκτης αυτός συμβαδίζει με τον παγκόσμιο ρυθμό ανάπτυξης του ΑΕΠ κατά 2,4 μονάδες από τον Ιανουάριο του ίδιου έτους και κατά 4,1 μονάδες αθροιστικά από το ιστορικό χαμηλό του Νοεμβρίου του 2022. Ταυτόχρονα η παγκόσμια οικονομία συνεχίζει να αντιμετωπίζει προβλήματα. Στον τομέα των κατασκευών το PMI αυξήθηκε στο ουδέτερο σημείο των 50 μονάδων τον Φεβρουάριο του 2023 μετά από 5 μήνες συνεχούς συρρίκνωσης που βρισκόταν κάτω από τις 50 μονάδες (Eurobank 2023).

## 5.2 Οι ΑΠΕ στην Παγκόσμια Οικονομία

Οι επενδύσεις σε τεχνολογίες ενέργειας το 2022 έφτασαν τα 1,3 τρισεκατομμύρια δολάρια, παρά τις δυσμενείς μακροοικονομικές εξελίξεις που αναφέρθηκαν καθώς και τις προκλήσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα και την γεωπολιτική αναταραχή του πολέμου Ρωσίας-Ουκρανίας. Η αύξηση αυτή ήταν της τάξης του 19% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Αξίζει να τονισθεί πως το ποσοστό της αύξησης το 2021 ήταν 50% μετά την λήξη της πανδημίας, συνεπώς σημειώνεται μείωση του ρυθμού ανάπτυξης το 2022. Οι επενδύσεις σε ΑΠΕ παραμένουν σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο, με 499 δισεκατομμύρια \$ έναντι των 953 στα ορυκτά καύσιμα (Διάγραμμα 5-1).

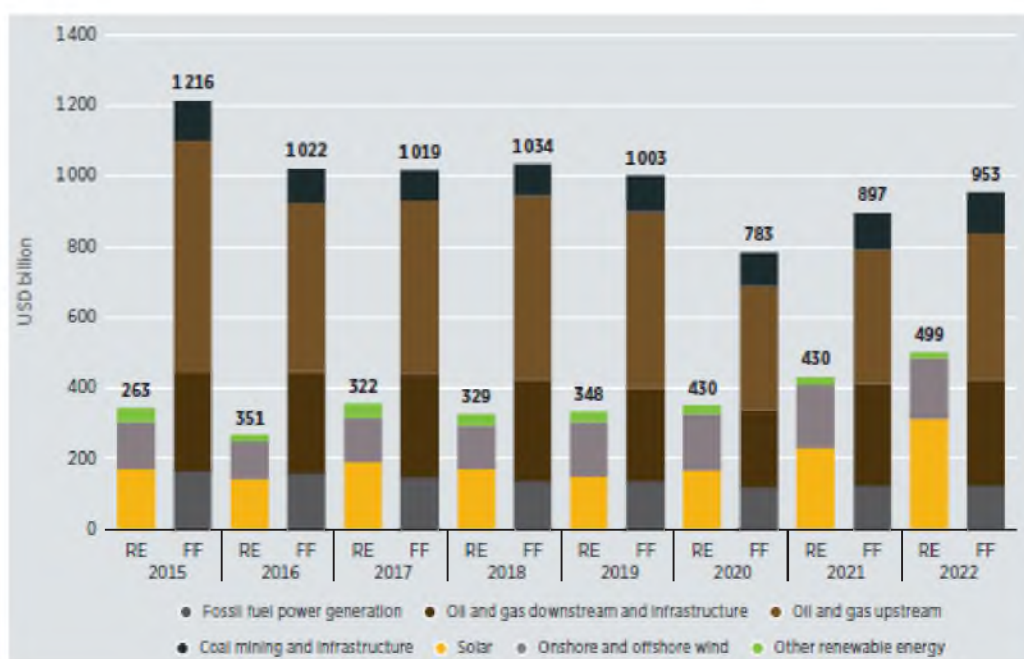
Η χρηματοδότηση νέων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου αντί για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνεχίζεται, με εκτίμηση ότι 570 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, θα δαπανηθούν για την ανάπτυξη και εξερεύνηση νέων πετρελαίου και φυσικού αερίου κάθε χρόνο έως το 2030 (IISD, 2022). Επενδυτές και τράπεζες έχουν ήδη δεσμευτεί να χρηματοδοτήσουν την ανάπτυξη ορυκτών καυσίμων πέρα και πάνω το όριο που απαιτείται για την επίτευξη του στόχου 1,5°C. Τα έξι χρόνια μετά τη Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα, ορισμένες μεγάλες πολυεθνικές τράπεζες διατήρησαν και μάλιστα αύξησαν τις επενδύσεις τους σε ορυκτά καύσιμα στο κατά μέσο όρο περίπου 750 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως (Environmental Finance, 2022a). Οι 60 μεγαλύτερες τράπεζες του κόσμου επένδυσαν περίπου 4,6 τρισεκατομμύρια δολάρια σε ορυκτά καύσιμα μεταξύ 2015 και 2021, περισσότερο από το ένα τέταρτο του οποίου προήλθε από τράπεζες των ΗΠΑ (Environmental Finance, 2022a)

Η τάση για αύξηση των επενδύσεων αναδεικνύει κατανόηση της κλιματικής κρίσης και των κινδύνων ενεργειακής ασφάλειας που προκύπτουν όταν κάποιες χώρες βασίζονται αποκλειστικά σε τρίτους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών όπως για παράδειγμα η ΕΕ με την Ρωσία. Ωστόσο ο ρυθμός των επενδύσεων δεν είναι επαρκής για την επίτευξη του στόχου του ΟΗΕ για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στο 1,5 C. Σύμφωνα με τις προβλέψεις απαιτούνται ετησίως επενδύσεις 1,3 τρισεκατομμυρίων σε ΑΠΕ έως το 2030. Το ποσοστό των επενδύσεων το 2022

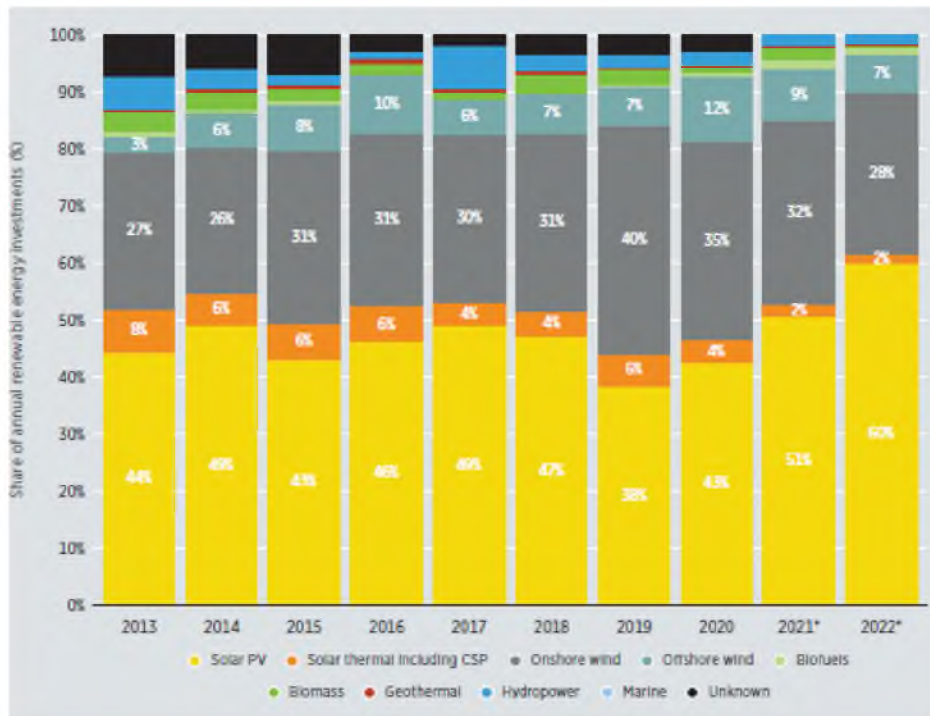


βρισκόταν στο 40% του απαιτούμενου, παρά την αύξηση του 16% σε σχέση με το 2021. Οι τεχνολογίες Ηλιακής και Αιολικής Ενέργειας προσελκύουν σταθερά το μεγαλύτερο μερίδιο επενδύσεων παγκοσμίως (Διάγραμμα 5-2). Η αιολική ενέργεια συγκέντρωσε το 2022 το 35 % των συνολικών επενδύσεων με 174 δισεκατομμύρια \$. Τα 34 δισεκατομμύρια \$ εξ αυτών, αφορούσαν υπεράκτια αιολικά πάρκα. Το ποσό αυτό είναι 68% αυξημένο σε σχέση με το 2019 (Διάγραμμα 5-3).

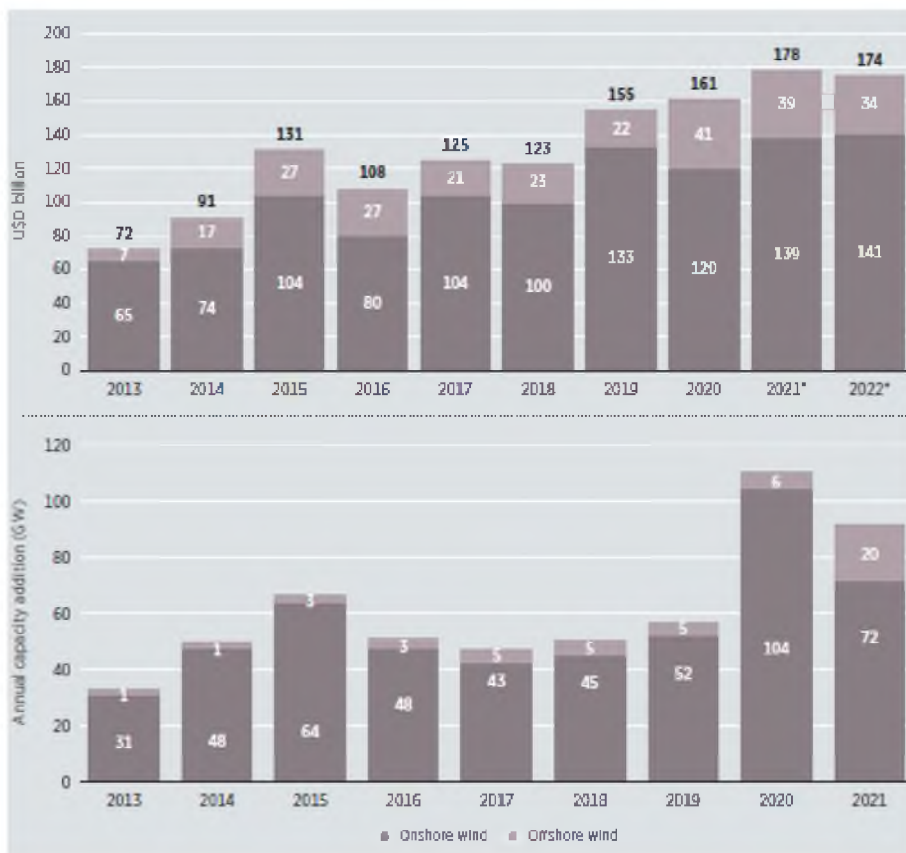
Παρά την αύξηση των επενδύσεων παγκοσμίως, η διασπορά παραμένει μικρή όσο αφορά τις χώρες που προέρχονται. Η περιοχή της Ανατολικής Ασίας αντιπροσωπεύει τα 2/3 των επενδύσεων παγκοσμίως το 2022 (IRENA 2023). 120 αναπτυσσόμενες και αναδυόμενες οικονομίες έλαβαν μόνο το 15% των παγκόσμιων ετήσιων επενδύσεων το 2022 με το ποσοστό αυτό να συρρικνώνεται κατά 36% από το αντίστοιχο του 2018.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5-1. Ετήσιες Επενδύσεις σε ΑΠΕ & Ορυκτά Καύσιμα, Συγκριτικά την περίοδο 2015-2022. RE=ΑΠΕ FF= Ορυκτά καύσιμα



Διάγραμμα 5-2. Ποσοστό ετήσιων παγκόσμιων επενδύσεων σε ΑΠΕ ανά πηγή 2013-2022. ΠΗΓΗ: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>

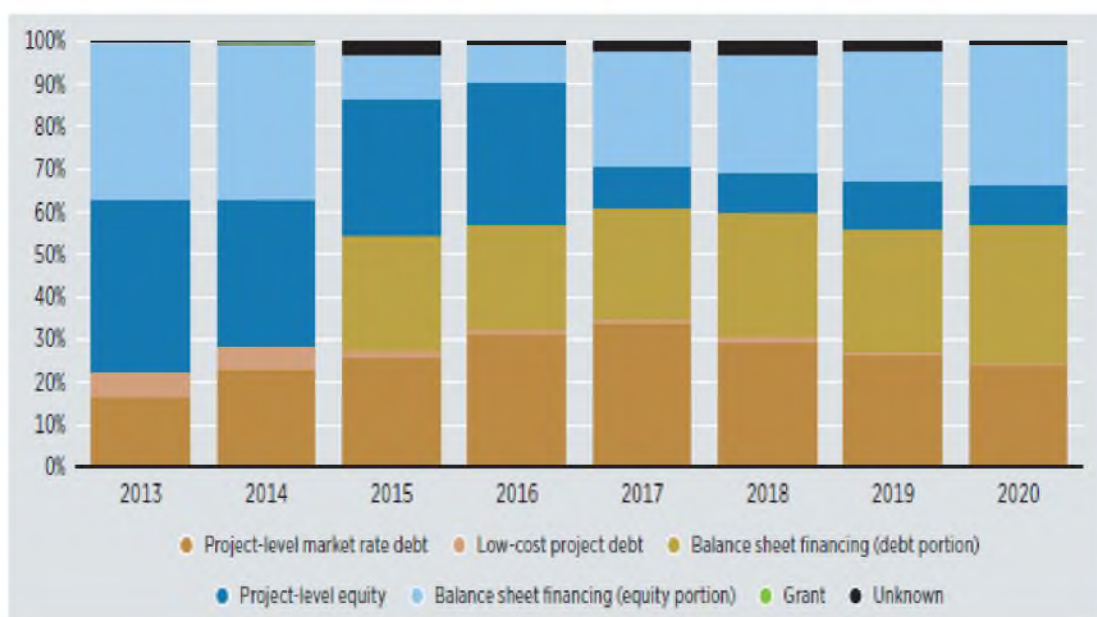


Διάγραμμα 5-3. Αναλογία επενδύσεων με εγκατάσταση αιολικής ισχύος ανά έτος παγκοσμίως 2013-2022. ΠΗΓΗ: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>



### 5.3 Παγκόσμιες Επενδύσεις στις ΑΠΕ & Χρηματοδοτικές Πηγές

Η χρηματοδότηση των ΑΠΕ από Ίδια Κεφάλαια έπεσε από το 77% το 2013 στο 43% το 2020. Αντίστροφα τα ποσοστά χρηματοδότησης χρέους αυξήθηκαν από 23% σε 56% το 2020. Η αιτία που συμβαίνει αυτή η ανακατάταξη, πιθανώς να οφείλεται στην ωρίμανση και εδραίωση σημαντικών τεχνολογιών των ΑΠΕ, όπως τα φωτοβολταϊκά και τα χερσαία αιολικά πάρκα που είναι ικανά να συσσωρεύσουν μεγάλα επίπεδα χρεών. Οι Δανειστές προβλέπουν σταθερές ταμειακές ροές μακροπρόθεσμα με την διευκόλυνση συμφωνιών στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και πολιτικής στήριξης σε πολλές χώρες. Στο μέλλον η ευρεία μετακύλιση του χαμηλού κόστους χρέωσης θα έχει πολύ κρίσιμη σημασία για την ανάπτυξη νέων έργων πράσινης ενέργειας. Ταυτόχρονα η χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια θα είναι ακόμη πολύ σημαντική, ιδίως για έργα που αφορούν ανερχόμενες τεχνολογίες καθώς και έργα σε περιβάλλοντα υψηλότερων κινδύνων και πιστωτικών περιορισμών.

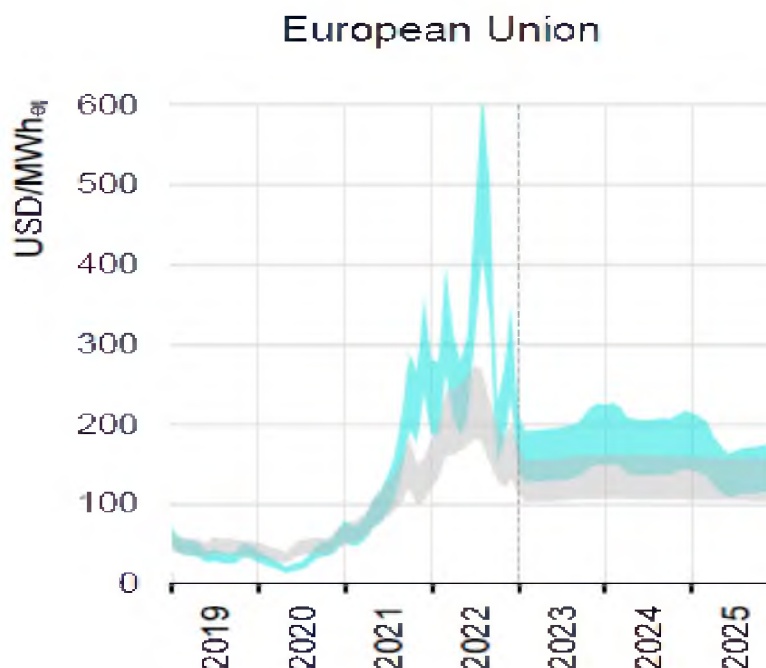


Διάγραμμα 5-4. Επενδύσεις στις ΑΠΕ ανά χρηματοοικονομικό όργανο 2013-2020. ΠΗΓΗ: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>

## 5.4 Οι ΑΠΕ στην Οικονομία της ΕΕ

Ο πόλεμος στην Ουκρανία και η ενεργειακή κρίση που ακολούθησε έπληξε σφοδρά την οικονομία της ΕΕ. Τον Φεβρουάριο του 2023 ο πληθωρισμός βρίσκεται ακόμα σε πολύ υψηλά επίπεδα στο 10% ενώ η ανεργία στο 6.1%. Ο πληθωρισμός στην ενέργεια είναι 16,6%. Το τελευταίο τρίμηνο του 2022 η ανάπτυξη του ΑΕΠ είχε αρνητικό πρόσημο -0,1% (EUROSTAT 2023).

Η Ρωσία μείωσε κατά 50% τις προμήθειες σε φυσικό αέριο στην ΕΕ με αποτέλεσμα οι ευρωπαϊκές τιμές αερίου να εκτιναχθούν στα ύψη. Οι τιμές του φυσικού αερίου στο TTF της Ολλανδίας έφτασαν να διαπραγματεύονται στα 123 EUR/MWh το 2022, ποσό πέντε φορές μεγαλύτερο από αυτό της περιόδου 2016-2021. Στο διάγραμμα 5-5 προβλέπεται πως παρά τις μειώσεις στις τιμές του άνθρακα και του φυσικού αερίου κατά τα επόμενα 3 έτη, οι τιμές δεν πρόκειται να ανακάμψουν στα επίπεδα του 2020. Σε πολλές χώρες της ΕΕ η χονδρική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας τετραπλασιάστηκε όπως στην Γαλλία που έφτασε τα 320 EUR/MWh και στην Γερμανία τα 330. Αντίθετα στην Ισπανία εξαιτίας των ανώτατων ορίων τιμής στην Ιβηρική την ίδια χρονική περίοδο η τιμή βρισκόταν στα 130 EUR/MWh (IEA 2023).



Διάγραμμα 5-5. Κόστος MWh από Αέριο και Άνθρακα ΕΕ 2019-22 σε Αμερικάνικα Δολάρια. ΠΗΓΗ : IEA Electricity Report 2023

Οι επενδύσεις σε ΑΠΕ σε ολόκληρη την ευρωπαϊκή ήπειρο έφτασαν τα 53 δις \$ το 2022 ενώ το ποσό αυτό βρισκόταν στα 69 δις \$ το 2021. Οι μεγαλύτερες επενδύσεις πραγματοποιούνται στους τομείς της αιολικής και ηλιακής ενέργειας με την Γερμανία και την Ολλανδία να ηγούνται από πλευρά ΕΕ (IRENA 2023). Χωρίς την ηλιακή παραγωγή ρεκόρ των 203 TWh το 2022, η ΕΕ θα απαιτούσε επιπλέον 35 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα εισαγωγών φυσικού αερίου για την παραγωγή αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας με αέριο. Αντιστοιχεί στο 25% των εισαγωγών ρωσικού φυσικού αερίου της ΕΕ το 2021. Εφαρμόζοντας τη μέση ευρωπαϊκή τιμή αναφοράς φυσικού αερίου για το 2022 στα 121 €/MWh, ισοδυναμεί με 49 δισεκατομμύρια ευρώ κόστος φυσικού αερίου. Μόνο η ετήσια αύξηση της ηλιακής ενέργειας κατά 39 TWh απέφερε εξοικονόμηση 10 δισεκατομμυρίων ευρώ.

## 5.5 Αιολική Ενέργεια στην Οικονομία της ΕΕ

Από τα 204 GW αιολικής ισχύς το 2022, αναμένεται ο αριθμός αυτός να ξεπεράσει τα 300 GW έως το 2027. Ο κλάδος της αιολικής ενέργειας απασχολεί 300.000 άτομα στην Ευρώπη, κατασκευάζοντας εξαρτήματα σε πάνω από 250 εργοστάσια. Η αλυσίδα εφοδιασμού του κλάδου αντιμετωπίζει προβλήματα. Ο πληθωρισμός, η δυσκολία πρόσβασης σε πρώτες ύλες, η έλλειψη οριοθετήσεων σε υπό επεξεργασία έργα και ο αυξανόμενος ανταγωνισμός, από μη Ευρωπαίους κατασκευαστές ασκούν πίεση στον κλάδο. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός πως έργα ισχύς 80 GW έχουν παγώσει σε διάφορα στάδια αδειοδότησης στην Ευρώπη. Αυτά τα ζητήματα έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός αβέβαιου περιβάλλοντος, με καθυστερήσεις στις επενδυτικές αποφάσεις για αύξηση της δυναμικότητας παραγωγής.

Με τους στόχους που έχουν τεθεί (REPOWEREU), η Ευρώπη με την μαζική εγκατάσταση ανεμογεννητριών θα μπορούσε να αντιμετωπίσει σημαντική συμφόρηση σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Σήμερα η περίοδος αναμονής μπορεί να φτάσει και έως τα 3 χρόνια για υπεράκτια θεμέλια και διαθεσιμότητα καλωδίων και εγκατάστασης. Τα πλοία αν δεν αυξηθούν θα αποτελέσουν επίσης πρόβλημα. Με το άνοιγμα νέων αγορών στην Ασία και την Βόρεια Αμερική στα υπεράκτια αιολικά πάρκα, ο ανταγωνισμός θα αναμένεται

να ενταθεί. Τα χερσαία αιολικά πάρκα, τα οποία θα αποτελέσουν τη μερίδα του λέοντος των εγκαταστάσεων από τώρα έως το 2030, πλήττονται από ιστορικά χαμηλά τιμές τουρμπίνας (που είχαν συμφωνηθεί 2-3 χρόνια πριν) , σε συνδυασμό με τις πιέσεις από τις αυξήσεις των τιμών των πρώτων υλών και τον ψηλό πληθωρισμό. Ως αποτέλεσμα, το εμπορικό περιβάλλον δεν θα είναι βιώσιμο μακροπρόθεσμα. (Wind Europe 2022).

## 5.6 Οι ΑΠΕ στην Οικονομία της Ελλάδας

Οι πολύ υψηλές τιμές του φυσικού αερίου είχαν μεγάλη επίπτωση στην οικονομία της χώρας. Το κόστος της ενέργειας εκτοξεύτηκε με την TEA (μέση τιμή εκκαθάρισης της αγοράς) στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας να βρίσκεται το 2022 στα 279.39 €/MWh. Η αύξηση ήταν της τάξης του 141% σε σχέση με τα 116.02 €/MWh του 2021. Τονίζεται πως η ελληνική χονδρεμπορική αγορά είναι μια εκ των ακριβότερων στην Ευρώπη. Το 2022 ο μέσος ετήσιος πληθωρισμός για την Ελλάδα ήταν 9,3% ενώ το ΑΕΠ αυξήθηκε κατά 5,5 %. Η πρόβλεψη για το επόμενο έτος είναι 1.2% ανάπτυξη του ΑΕΠ με τον πληθωρισμό να πέφτει στο 4,5 % ενώ για το 2024 προβλέπεται 2,2% ανάπτυξη του ΑΕΠ και ο πληθωρισμός να φτάνει σε φυσιολογικά επίπεδα στο 2,4% (Economic-Finance/ EU 2023). Τον Φεβρουάριο του 2023 ο πληθωρισμός βρίσκεται στο 6,1% (ΕΛΣΤΑΤ 2023). Για να αντιμετωπιστεί η ενεργειακή κρίση και να υποστηριχθούν τα νοικοκυριά, παράλληλα με τις δομικές αδυναμίες της εγχώριας αγοράς ηλεκτρισμού, το κράτος διέθεσε 8,2 δις € τους τελευταίους 18 μήνες.

Η στροφή προς τις ΑΠΕ και ιδίως της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσε να προσφέρει στην χώρα έως το 2030 επιπλέον 42.000 θέσεις εργασίας, συμβάλλοντας σημαντικά στην οικονομία της Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα στην καταπολέμηση της ανεργίας. Το μείζον πρόβλημα όμως που αφορά τις ΑΠΕ το 2022 είναι πως για πρώτη φορά, υπήρξε απώλεια ενέργειας από τους πράσινους σταθμούς, εξαιτίας αδυναμιών στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής να απορροφήσουν την επιπλέον ισχύ. Συνεπώς τα έργα που αναμένουν έγκριση κυρίως στον τομέα της αιολικής και ηλιακής ενέργειας αναμένεται να αντιμετωπίσουν περαιτέρω δυσκολίες. Παράλληλα εγκρίθηκε από την ΕΕ ένα σχέδιο υποστήριξης αποθηκευτικών μονάδων

ενέργειας. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε ο πρώτος διαγωνισμός για φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα με τα νέα μοντέλα, θεσμοθετήθηκαν τα πλαίσια για την ανάπτυξη παράκτιων αιολικών πάρκων και ένας ακόμη περαιτέρω μηχανισμός διευκόλυνσης και επιτάχυνσης των διαδικασιών αδειοδότησης έργων πράσινης ενέργειας (IENE 2023).

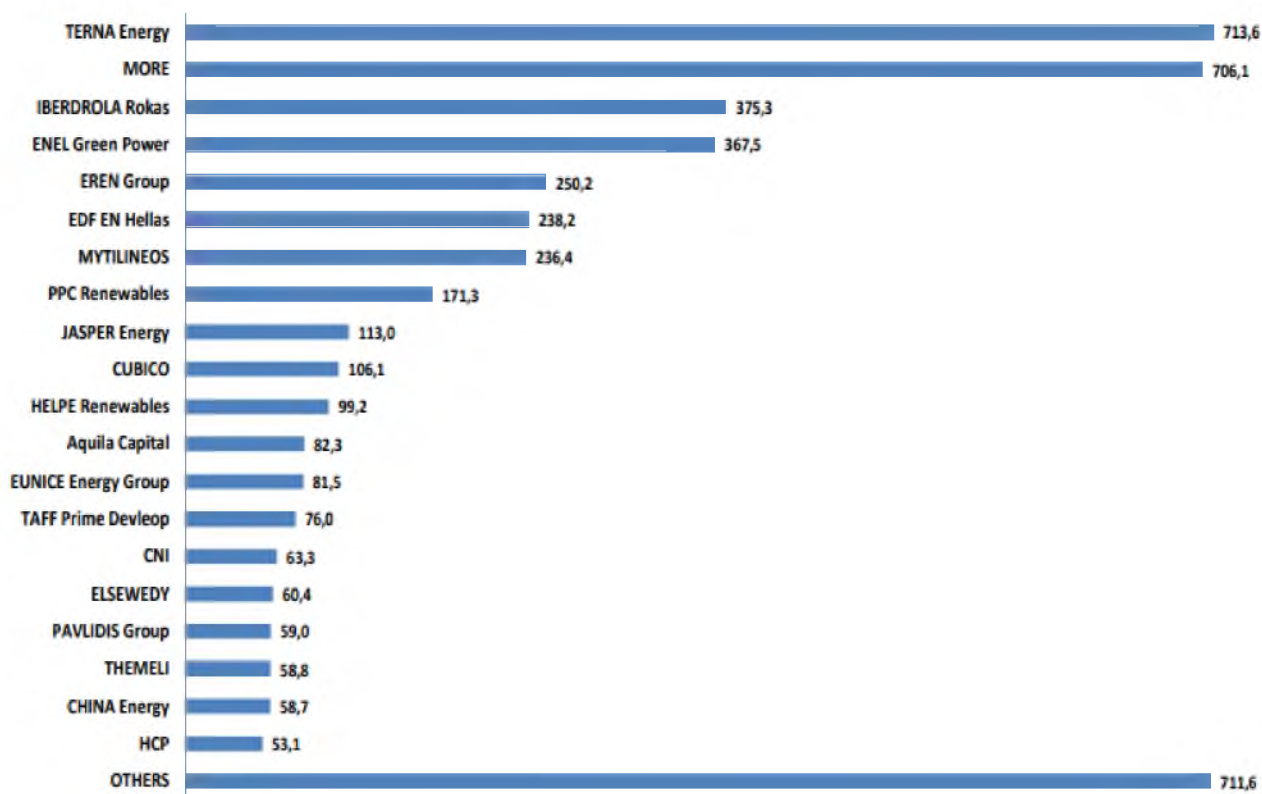
## 5.7 Η Αιολική Ενέργεια στην Οικονομία της Ελλάδας

Η Ελλάδα διαθέτει 230 εγκαταστάσεις αιολικής ισχύς σήμερα (Wind Europe). Οι επενδύσεις που συνδέθηκαν στο δίκτυο κατά το 2022 ήταν ύψους 230 εκ. €. 68 νέες ανεμογεννήτριες προστέθηκαν ισχύος 230 MW. Υπό κατασκευή βρίσκονται 840 MW νέων αιολικών πάρκων τα περισσότερα εκ των οποίων θα συνδεθούν στο δίκτυο μέχρι τα μέσα του 2024. 450 MW βρίσκονται υπό κατάσταση έγκρισης. Με αυτά τα έργα η εγκατεστημένη αιολική ισχύς αναμένεται να ξεπεράσει τα 6 GW τα επόμενα 3 χρόνια.

Το μερίδιο των επιχειρηματικών ομίλων στον κλάδο διαμορφώνεται ως εξής. Το μεγαλύτερο ποσοστό μοιράζονται ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή και MORE με 15,2% και 15,1 % αντίστοιχα. Ακολουθεί η Iberdrola Rokas με 8%, η ENEL Green Power με 368 MW (7,9%) και η EREN κλείνει την πρώτη πεντάδα με ποσοστό 5,3%. Στην συνέχεια εντοπίζονται κατά σειρά EDF, όμιλος Μυτιληναίου, ΔΕΗ Ανανεώσιμες, Jasper Energy, Cubico και ΕΛΠΕ Ανανεώσιμες. Σημαντικό είναι να τονισθεί πως το 2022 τα 12 νέα αιολικά πάρκα ολοκληρώθηκαν από 12 διαφορετικούς ομίλους με την Iberdrola Rokas και Μυτιληναίο να έχουν την μεγαλύτερη συνεισφορά με 104,6 MW και 43,2 MW αντίστοιχα (Διάγραμμα 5-6). Όσο αφορά τους κατασκευαστές ανεμογεννητριών η Vestas έχει προμηθεύσει το 46,1% της συνολικής αποδιδόμενης αιολικής ισχύος στην Ελλάδα. Ακολουθούν η Enercon με 24,6%, η Siemens Gamesa με 17,6%, η Nordex με 6,7% και η GE Renewable Energy με 3,6%

Από το 2018 έως το 2021 μέσω διαγωνισμών της ΡΑΕ έχουν εγκριθεί έργα για αιολικά πάρκα συνολικής ισχύς 1426 MW. Πάρο όλα αυτά, εξαιτίας καθυστερήσεων που προκαλούν τα γραφειοκρατικά εμπόδια (θεσμοθετημένες περιοχές για αιολικά πάρκα) καθώς και ελλείψεις χρηματοδοτήσεων στο δίκτυο έχει ως αποτέλεσμα μόνο το 30% των έργων αυτών να έχει ολοκληρωθεί. Το κόστος των αιολικών πάρκων που δεν έχει ολοκληρωθεί, ισχύος 1 GW

παραμένει μικρότερο από αυτό της ηλεκτροπαραγωγής μέσω φυσικού αερίου και λιγνίτη και είναι φιλικότερο για το περιβάλλον. Ενώ θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην φθηνή παραγωγή ενέργειας εν μέσω της ενεργειακής κρίσης (ΕΛΕΤΑΕΝ 2023).



Διάγραμμα 5-6. Κατάταξη επιχειρηματικών ομίλων σε συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύ στην Ελλάδα το 2022. ΠΗΓΗ: ΕΛΕΤΑΕΝ 2023

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 -ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 Εισαγωγή

Η πρόβλεψη της Συνολικής Παραγωγής Αιολικής Ενέργειας (GWh) είναι απαραίτητη ώστε να επιτευχθεί η ορθή αξιοποίηση της στα σύγχρονα συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ερευνητικά κέντρα και εταιρείες έχουν επενδύσει τις τελευταίες δεκαετίες, στην ανάπτυξη των μεθόδων και των λειτουργικών εργαλείων, οδηγώντας σε μια πληθώρα μοντέλων πρόβλεψης αιολικής παραγωγής. Τα εργαλεία αυτά χαρακτηρίζονται από τον ορίζοντα της πρόβλεψης (μερικά λεπτά, ώρες ή ημέρες), τις υπολογιστικές μονάδες και την επιθυμητή ακρίβεια. Κοινό χαρακτηριστικό των ποικίλων μοντέλων πρόβλεψης αιολικής ισχύος που έχουν αναπτυχθεί, είναι η χρήση αποτελεσμάτων από τη μετεωρολογία και τις Αριθμητικές Προβλέψεις Καιρού.

Με τον ορό μοντέλο θεωρούμε μια μαθηματική αναπαράσταση της πραγματικότητας. Τα μοντέλα πρόβλεψης μπορούν να διακριθούν σε διάφορες κατηγορίες. Τα απλά μοντέλα, τα οποία βασίζονται στην κλιματολογία και σε μετρήσεις προηγούμενων ετών, ονομάζονται *μοντέλα αναφοράς* και είναι εύκολο να εφαρμοστούν. Τέτοια μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μετρά σύγκρισης. Επίσης, υπάρχουν τα εξελιγμένα μοντέλα, τα οποία χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τις μελέτες που γίνονται για τη μετάβαση από τις μετεωρολογικές προβλέψεις στην αναμενομένη παραγωγή αιολικής ισχύος. Η πρώτη περίπτωση είναι η λεγομένη *φυσική προσέγγιση*, που επικεντρώνεται στην περιγραφή της ροής του ανέμου στην περιοχή που βρίσκεται το αιολικό πάρκο αλλά και γύρω από αυτή. Η δεύτερη είναι η *στατιστική προσέγγιση* που προσέγγισή τα ιστορικά δεδομένα και τις μετεωρολογικές προβλέψεις με την παραγομένη ισχύ, χωρίς να γίνονται υποθέσεις για τα φυσικά φαινόμενα. Σε αυτό το Κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της Στατιστικής Ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε και η οποία βασίζεται στη χρήση χρονοσειρών καθώς επίσης και τα αποτελέσματα αυτής.



## 6.2 Μεθοδολογία Στατιστικής Ανάλυσης

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της παραγωγής αιολικής ενέργειας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, αφορά τη χρήση χρονοσειρών. Η χρονοσειρά που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από μηνιαία στοιχεία λαμβανόμενα από έγκυρες στατιστικές υπηρεσίες της χώρας. Το πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε είναι το γεγονός ότι η στατιστική ανάλυση και αντίστοιχα η εκμαίευση προβλέψεων από μια χρονοσειρά είναι τόσο πιο έγκυρη όσο πιο πολλά είναι τα παρελθοντικά στοιχεία. Και αυτό διότι πρόκειται για μια μέθοδο η οποία μέσω διάφορων στατιστικών μοντέλων επεξεργάζεται τα παρελθοντικά στοιχεία για να κάνει προβλέψεις. Κατά συνέπεια όσο πιο πολυπληθές είναι το δείγμα τόσο καλύτερη απεικόνιση μας δίνει για την παρελθοντική εξέλιξη του φαινομένου αλλά και τόσο πιο αξιόπιστο είναι το μοντέλο για την εξαγωγή προβλέψεων και ποιοτικών – ποσοτικών συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα τα μηνιαία δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν την περίοδο Ιανουάριο του 2014 έως και Ιανουάριο του 2023 και τα οποία εξάχθηκαν από τους φορείς ΑΔΜΗΕ και ΔΑΠΕΕΠ.

Το λογισμικό πακέτο το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι η μεθοδολογία στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων και εξαγωγής προβλέψεων η οποία συνοψίζεται στα κατωτέρω βήματα:

- Την χρήση Χρονοσειρών (time series).
- Την διερεύνηση ή όχι εποχικότητας.
- Την αναζήτηση του καταλληλότερου μοντέλου προβλέψεων.
- Την μελλοντική πορεία του υπό εξέταση μεγέθους.



### 6.3 Ανάλυση Χρονοσειρών

Η ανάλυση χρονοσειρών είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται στη στατιστική για να αναλύσει και να εξάγει πληροφορίες από χρονοσειρές δεδομένων. Οι χρονοσειρές είναι δεδομένα που καταγράφουν τις τιμές μιας μεταβλητής σε διαφορετικά χρονικά σημεία, όπως για παράδειγμα η παραγωγή ενέργειας, οι πωλήσεις και οι τιμές των μετοχών. Η ανάλυση χρονοσειρών περιλαμβάνει τη χρήση διαφορετικών μεθόδων, όπως η ανίχνευση τάσης, η ανίχνευση εποχικότητας, η ανίχνευση κύκλων και η ανίχνευση τυχαίων διακυμάνσεων. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προβλέψεων και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη μελλοντική ανάπτυξη της μεταβλητής. Συνήθως ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών παρατηρήσεων είναι σταθερής διάρκειας. Η διαχρονική ανάλυση μιας μεταβλητής έχει σκοπό την περιγραφή της ιστορικής εξέλιξής της καθώς και την πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς της. Μια χρονοσειρά μπορεί να αναπαρασταθεί από μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών  $X_t$ ,  $t \in T$ , όπου  $T$  είναι η χρονική περίοδος ή ένα υποσύνολο του χρόνου και  $X_t$  είναι η παρατήρηση στο χρόνο  $t$ . Αν η χρονική περίοδος είναι συνεχής, η χρονοσειρά ονομάζεται συνεχής, ενώ αν είναι διακριτή, η χρονοσειρά ονομάζεται διακριτή. Για την παρούσα μελέτη, θα χρησιμοποιηθούν μόνο διακριτές χρονοσειρές.

### 6.4 Μέθοδος Box Jenkins

Η Μέθοδος των Box και Jenkins (1970) είναι μία από τις πιο αναγνωρισμένες μεθοδολογίες για την ανάλυση χρονοσειρών καθώς αξιοποιείται για την επιλογή και εκτίμηση της καλύτερης ARIMA (  $p, d, q$ ) διαδικασίας με βάση το διαθέσιμο δείγμα κάθε χρονοσειράς. Όπου:

- $p$ : η τάξη αυτοπαλινδρόμησης του μη εποχικού παράγοντα
- $d$ : η τάξη προς τα πίσω διαφορών του μη εποχικού παράγοντα
- $q$ : η τάξη κινούμενου μέσου του μη εποχικού παράγοντα

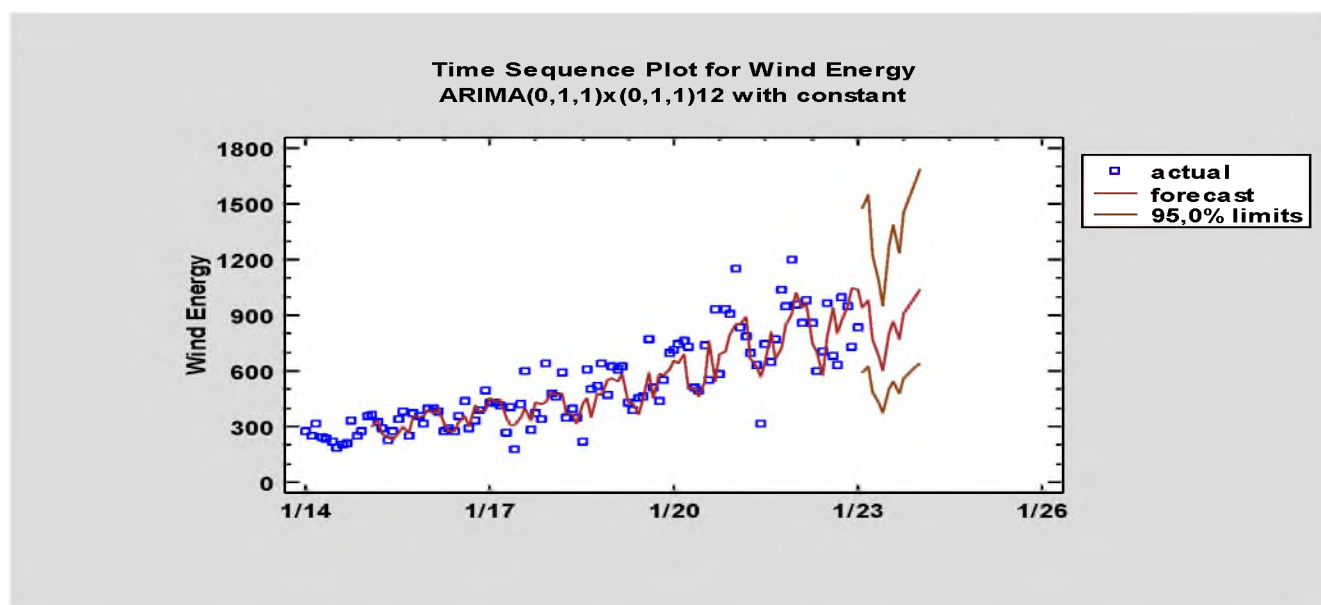
Η Box Jenkins ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) δίνει μορφή υποδείγματος στην πιο γενική μορφή σε μια διακριτή χρονοσειρά, ως συνάρτηση αυτοπαλινδρομούμενων όρων, κινούμενου μέσου και μιας σταθεράς. Περιλαμβάνει συγχρόνως στο εκτιμώμενο μοντέλο ένα τύπο εποχικού και ένα μη εποχικού παράγοντα.

Τα τρία στάδια ανάλυσης που έχουν προταθεί από τους Box και Jenkins είναι τα εξής:

- **Ταυτοποίηση της Χρονοσειράς.** Στο στάδιο αυτό ελέγχοντας δειγματικές αυτοσυσχετίσεις, χαρακτηρίζεται η στασιμότητα της χρονοσειράς. Μια απαραίτητη προϋπόθεση για να ανάλυση αφού μια στάσιμη χρονοσειρά περιλαμβάνει αυτοσυσχετίσεις που σβήνουν με γρήγορο ρυθμό ενώ μία μη στάσιμη το αντίθετο. Συνεπώς η χρονοσειράς μας θα πρέπει να μετατραπεί σε στάσιμη με τη χρήση διαφορών. Με τη μέθοδο των διαφορών επιδιώκουμε να εξαλείψουμε την τάση που υπάρχει σε μια χρονοσειρά σχηματίζοντας μια νέα χρονοσειρά από τις διαφορές μεταξύ διαδοχικών όρων.
- **Εκτίμηση Παραμέτρων του υποδείγματος.** Με την προϋπόθεση πως έχουν αποφασιστεί οι τιμές  $p$ ,  $q$  εκτιμώνται οι συντελεστές του υποδείγματος. Ελέγχεται η σημαντικότητα, το μέρος της αξιοποιημένης χρονοσειράς και πραγματοποιείται επιλογή του μοντέλου.
- **Διαγνωστικός Έλεγχος.** Στο στάδιο αυτό ελέγχεται η επάρκεια του υποδείγματος με την προσαρμογή των δεδομένων. Ελέγχονται τα διευρυμένα υποδείγματα με στόχο οι επιπλέον παράμετροι να μην είναι στατιστικά σημαντικοί γιατί σε τέτοια περίπτωση θα έχουν μεγάλη διακύμανση. Στην συνέχεια ελέγχονται σφάλματα στο χρησιμοποιούμενο υπόδειγμα κυρίως με τη βοήθεια διαγράμματος αυτοσυσχετίσεων. Τέλος εγκρίνεται το ορθότερο υπόδειγμα για την διενέργεια προβλέψεων σε μελλοντικές τιμές της χρονοσειράς,

## 6.4 Χρονοσειρά

Στο αρχικό στάδιο χρησιμοποιείται η χρονοσειρά δεδομένων για να σχεδιαστεί η αναπαράσταση της εξέλιξης του υπό εξέταση μεγέθους όπως φαίνεται στο Διάγραμμα (6-1). Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζεται η ιστορική εξέλιξη του φαινομένου. Οι ποσοτικές πληροφορίες που δίνονται οδηγούν σε σημαντικά ποιοτικά συμπεράσματα.

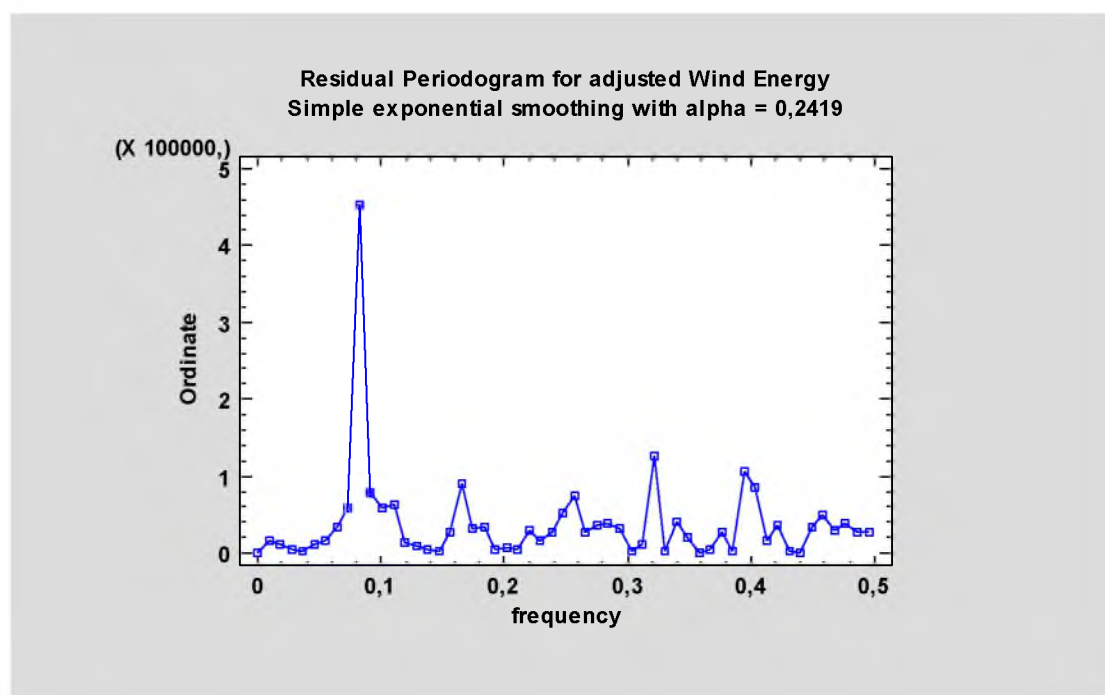


Διάγραμμα 6-1. Χρονική Εξέλιξη Παραγωγής Ενέργειας 2014-2024

Ταυτόχρονα, με την κόκκινη γραμμή από 2023 και μετά αποτυπώνεται η εκτίμηση της πρόβλεψης. Είναι σημαντικό να τονισθεί πως χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί εκτενέστερη ανάλυση δεν μπορούν να εξαχθούν ακόμα αξιόπιστα συμπεράσματα. Στο διάγραμμα διακρίνεται ιστορικά μια τάση αύξησης της παραγωγικής δυναμικότητας της αιολικής ενέργειας. Παράλληλα διακρίνεται μια έντονη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης από το 2021 και μετά. Αυτό δικαιολογείται εν μέρει, αφού την περίοδο εκείνη η πανδημία είχε ήδη επηρεάσει αρνητικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ο πόλεμος Ρωσίας-Ουκρανίας έπειτα επιδείνωσε περαιτέρω την κατάσταση στην χώρα. Υπογραμμίζεται πως τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν ήταν στην μορφή των GWh και για να αξιοποιηθούν στην δημιουργία ενός έγκυρου μοντέλου επιστρατεύτηκε ο Μετασχηματισμός σε Φυσικούς Αλγόριθμους ( Natural Log).

## 6.5 Διερεύνηση Ύπαρξης Εποχικότητας

Η εποχικότητα αναφέρεται στην τάση ενός φαινομένου να επαναλαμβάνεται σε σταθερά χρονικά διαστήματα. Δεν συσχετίζεται με την γενική τάση του μεγέθους να αυξάνεται ή να μειώνεται ούτε με την έννοια της κυκλικότητας. Εκτός από ποιοτικούς λόγους είναι σημαντικό να καθορίζεται η ύπαρξη και μη της εποχικότητας διότι επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα της μελλοντικής πρόβλεψης. Οι παρατηρήσεις που αξιοποιήθηκαν χαρακτηρίζονται από δωδεκάμηνη εποχικότητα (Length of Seasonality =12)



Διάγραμμα 6-2. Περιοδογράμμα της χρονοσειράς ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ισχύ

## 6.6 Επιλογή Μοντέλου Πρόβλεψης

Σε αυτό το σημείο επιλέγεται το πλέον κατάλληλο μοντέλο πρόβλεψης. Για τον σκοπό αυτό τα δεδομένα μετατράπηκαν λογαριθμικά με βάση τον νεπέριο λογάριθμο. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, βάση ελέγχων ορισμένων στατιστικών μοντέλων υποδεικνύει ποιο είναι το βέλτιστο για την πραγματοποίηση των προβλέψεων. Αρχικά το σύστημα εξάγει τον Πίνακα Ανάλυσης όπου αναγράφονται τα βασικά στοιχεία της χρονοσειράς και η αναφορά της πρόβλεψης από το αυτόματα επιλεγμένο μοντέλο. Αναλυτικότερα:

### Forecasting - Wind Energy

Data variable: Wind Energy ((GWh))

Number of observations = 109

Start index = 1/14

Sampling interval = 1,0 month(s)

Length of seasonality = 12

#### **Forecast Summary**

Math adjustment: Natural log

Nonseasonal differencing of order: 1

Seasonal differencing of order: 1

Forecast model selected: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)<sub>12</sub> with constant

Number of forecasts generated: 12

Number of periods withheld for validation: 0

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
<i>Statistic</i>	<i>Period</i>	<i>Period</i>
RMSE	129,23	
MAE	94,2527	
MAPE	16,9804	
ME	25,2276	
MPE	0,828776	

Πίνακας 1 Αναφορά Ανάλυσης Προβλέψεων. ΠΗΓΗ: Παράρτημα

Η επιλογή ωστόσο του καταλληλότερου μοντέλου είναι υψίστης σημασίας για την διεξαγωγή αξιολογών προβλέψεων. Τα μοντέλα υπό εξέταση είναι τα παρακάτω:

- ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)<sub>12</sub> with constant
- Math adjustment: Natural log
- Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,0468
- Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,0817 and beta = 0,0294
- Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,0773
- Simple exponential smoothing with alpha = 0,2766

<i>Model</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>ME</i>	<i>MPE</i>
(A)	129,23	94,2527	16,9804	25,2276	0,828776
(B)	139,889	105,736	21,9987	0,619556	-4,17765
(C)	137,557	102,535	21,2857	8,73508	-4,48375
(D)	139,725	106,244	21,6322	14,5569	-1,59113
(E)	139,794	106,16	21,2879	18,5751	-2,16177

Πίνακας 2. Σύγκριση Προτεινόμενων Μοντέλων. ΠΗΓΗ: Παράρτημα

Το μοντέλο που επιλέγεται είναι το (A) ARIMA(0,1,1)χ(0,1,1)<sub>12</sub> με σταθερά , διότι παρουσιάζει την μικρότερη τιμή RMSE(ρίζα του τετραγωνικού σφάλματος), MAE (μέσο απόλυτο σφάλμα), MAPE (μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα), όπως φαίνεται στον πίνακα 3.

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	129,23	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	139,889	OK	*	***	OK	***
(C)	137,557	OK	*	***	OK	***
(D)	139,725	OK	*	***	OK	***
(E)	139,794	*	OK	***	OK	***

Πίνακας 3. Έλεγχος Καταλοίπων. ΠΗΓΗ: Παράρτημα

Μελετώντας την συμπεριφορά των καταλοίπων διακρίνεται πως το μοντέλο (A) ARIMA(0,1,1)χ(0,1,1)<sub>12</sub> εγκρίνεται και στους πέντε ελέγχους καταλοίπων. Οι έλεγχοι αυτοί είναι οι εξής:

- RUNS=Έλεγχος ρών πάνω και κάτω.
- RUNM = Έλεγχος ρών πάνω και κάτω από τη διάμεσο.
- AUTO = Box-Pierce έλεγχος για αυτοσυσχέτιση.
- MEAN = Έλεγχος διαφοράς μέσου στο 1ο και 2ο μισό.
- VAR = Έλεγχος διαφοράς διασποράς στο 1ο και 2ο μισό.

Στον επόμενο πίνακα εκτιμάται η σημαντικότητα των συντελεστών του επιλεχθέντος μοντέλου πρόβλεψης. Όταν το P-Value ενός συντελεστή είναι μικρότερο του 0,10 είναι στατιστικά σημαντικός, διάφορος του μηδενός, σε βαθμό εμπιστοσύνης 95% κάτι που ισχύει στο υπόδειγμα που προκρίθηκε.

Parameter	Estimate	Std. Error	t	P-value
MA(1)	0,892636	0,054471	16,3873	0,000000
SMA(1)	0,844179	0,0464292	18,1821	0,000000
Mean	-0,0011565	0,00128255	-0,90172	0,369535
Constant	-0,0011565			

Πίνακας 4. Έλεγχος Παραμέτρων του μοντέλου ARIMA (0,1,2)(1,1,2)<sub>12</sub>

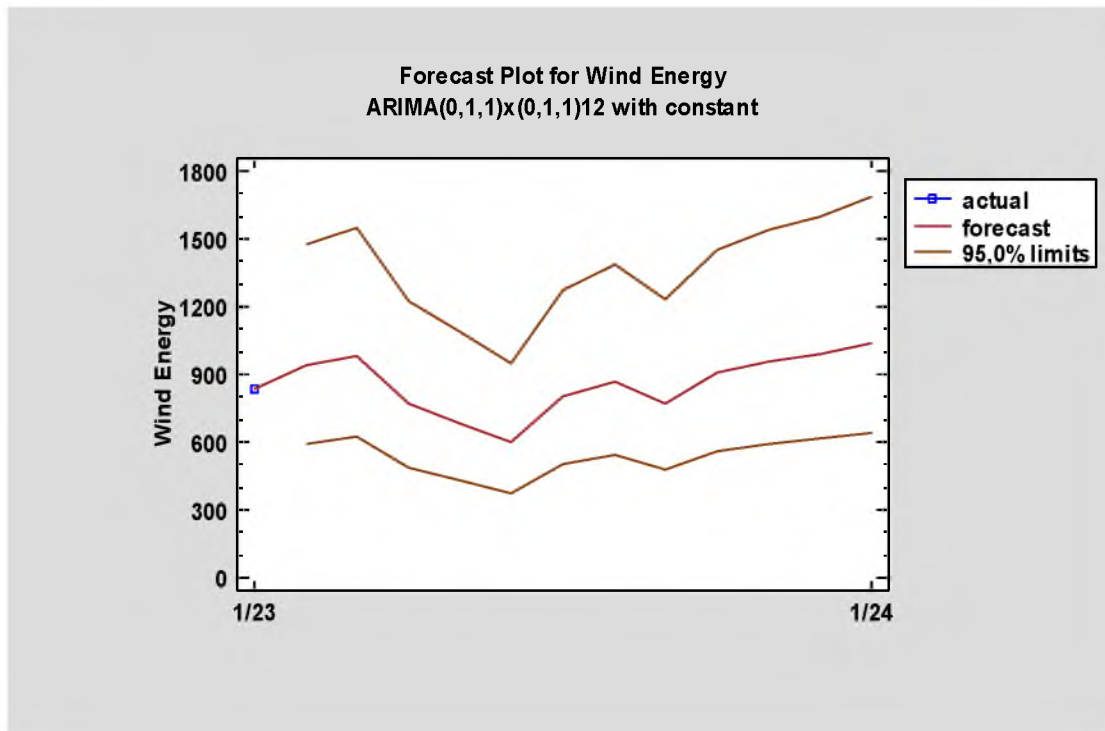
## 6.7 Πρόβλεψη Παραγωγής Αιολικής Ενέργειας

Αφού επιλέχθηκε το κατάλληλο μοντέλο στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα της πρόβλεψης για την περίοδο Φεβρουάριος 2023-Ιανουάριος 2024. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στην χρονοσειρά αξιοποιήθηκαν σε πλήθος 121 στοιχεία(Ιανουάριος 2014-Ιανουάριος 2024). Η πρόβλεψη ενός έτους (12 στοιχείων) είναι σε αναλογία μικρότερη του 10% του συνολικού συνεπώς, θεωρείται αξιόπιστη. Παράλληλα το πρόγραμμα πέρα των απολύτων τιμών των προβλέψεων υπολογίζει και τα άνω και κάτω όρια εμπιστοσύνης 95%. Τα όρια αυτά φανερώνουν και την διακύμανση της πρόβλεψης (Πίνακας 5).

		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
2/23	936,636	595,11	1474,16
3/23	980,313	621,239	1546,93
4/23	772,208	488,093	1221,7
5/23	684,222	431,367	1085,3
6/23	597,711	375,861	950,506
7/23	800,206	501,916	1275,77
8/23	868,386	543,302	1387,98
9/23	769,553	480,255	1233,12
10/23	904,722	563,196	1453,35
11/23	957,196	594,376	1541,49
12/23	991,338	614,052	1600,44
1/24	1039,89	642,538	1682,97

Πίνακας 5. Πρόβλεψη Ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ισχύ / ARIMA (0,1,2)(1,1,2)<sup>12</sup>. ΠΗΓΗ: Παράρτημα

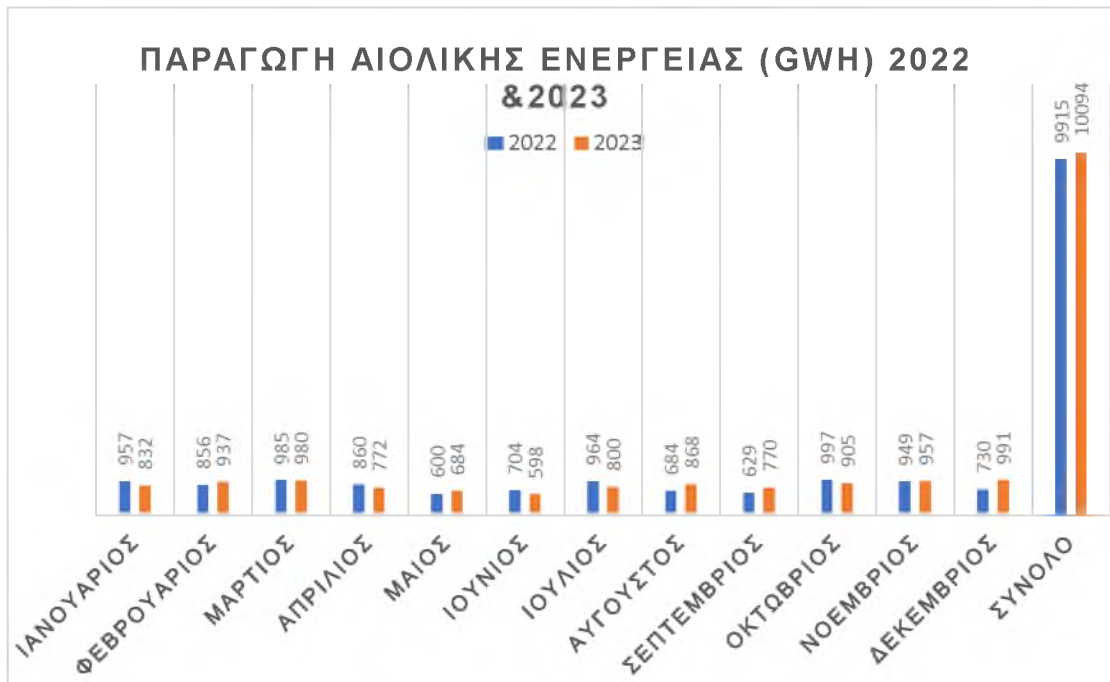
Στον πίνακα αυτό διακρίνεται ως χαμηλότερος μήνας παραγωγής ο Ιούνιος του 2023 και ως ψηλότερος ο Ιανουάριος του 2024. Οι τάσεις των τιμών των προβλέψεων εναρμονίζονται σε χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες τιμές των προηγούμενων ετών εξαιτίας της εποχικότητας με ορισμένες διαφοροποιήσεις. Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται γραφικά η πρόβλεψη του πίνακα 5.



Διάγραμμα 6-3. Προβλέψεις Αιολικής Παραγωγής Ενέργειας για το διάστημα 02/2023-01/2024

Στο διάγραμμα 6-4 που ακολουθεί ο ρυθμός ανάπτυξης το 2023 προβλέπεται να είναι της τάξης του 2%. Χαρακτηριστικό είναι να το τονισθεί πως ο αντίστοιχος ρυθμός ανάπτυξης το 2021 ήταν 12%, έκτοτε , μειώθηκε σημαντικά στο 1% το 2022. Συνεπώς η παραγωγή αιολική ισχύς τα τελευταία δύο χρόνια παραμένει σχεδόν στάσιμη (Διάγραμμα 6-5). Ένα σύνολο παραγόντων έχουν συντελέσει σε αυτό το αποτέλεσμα όπως η ενεργειακή κρίση και οι καιρικές συνθήκες, με την καθυστέρηση έργων στο δίκτυο και τις ελλείψεις σε μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας να είναι οι κυριότερες. Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει από την πρόβλεψη είναι πως τον Ιανουάριο του 2024 αναμένεται αύξηση 19,2% στην παραγωγή σε σχέση με τον ίδιο μήνα το 2023.





Διάγραμμα 6-4. Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας (GWh) 2022 & 2023



Διάγραμμα 6-5. Εξέλιξης Συνολικής Ηλεκτροπαραγωγής από Αιολική Ενέργεια 2014-2023.

## 6.8 Περιορισμοί Πρόβλεψης

Η παρούσα έρευνα στηρίζεται σε στατιστικά μοντέλα ανάλυσης. Υπάρχουν λοιπόν περιορισμοί ως προς το πλήθος των αξιοποιούμενων δεδομένων. Τα μεγέθη που περιγράφονται συνδέονται με τις ΑΠΕ και συγκεκριμένα την Αιολική Ενέργεια και ιστορικά συνδέονται με πρόσφατες σχετικά εξελίξεις. Με το πέρασμα των ετών στοιχεία όπως οι πολιτικές μεταρρυθμίσεις και οι οικονομικές εξελίξεις επιδρούν σημαντικά. Η συγκεκριμένη έρευνα αξιοποιεί το μεγαλύτερο δυνατό πλήθος ιστορικών στοιχείων, από αξιόπιστες πηγές με αποτέλεσμα η πρόβλεψη να είναι όσο το δυνατόν πιο έγκυρη αφού και οι μεταβολές ποιοτικών μεγεθών περιλαμβάνονται στις ιστορικές τιμές των δεδομένων.

## 6.9 Συμπεράσματα Εργασίας

Η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποκτά συνεχώς μεγαλύτερη σημασία με τα ανεπτυγμένα κράτη να οδηγούν τις εξελίξεις με κύριο στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την ενεργειακή ασφάλεια. Η Κίνα οδηγεί τις εξελίξεις με την ΕΕ να ακολουθεί ενώ ταυτόχρονα η Βόρεια Αμερική αυξάνει συνεχώς την ανταγωνιστικότητα της. Αιολική και Ηλιακή ενέργεια κερδίζουν το μεγαλύτερο έδαφος συγκεντρώνοντας τις μεγαλύτερες επενδύσεις. Οι επενδύσεις όμως αυτές δεν είναι αρκετές για επιτευχθούν οι στόχοι που έχει θέσει ο ΟΗΕ για το περιβάλλον έως το 2030. Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα που ακόμα προσελκύουν τα περισσότερα κεφάλαια πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς. Συγκεκριμένα, στον τομέα της Αιολικής Ενέργειας οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται και ωριμάζουν ενισχύουν την ελκυστικότητα του κλάδου ο οποίος έχει την δυνατότητα να οδηγήσει τις εξελίξεις προς στην πράσινη ανάπτυξη. Για να επιτευχθεί όμως ο σκοπός αυτός θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σημαντικές απειλές που υπονομεύουν την λειτουργία του. Αναλυτικότερα:

- Σε Παγκόσμια Κλίμακα:
  1. Τα 500εκ.\$ που δαπανήθηκαν το 2022 σε ΑΠΕ με τα 174 εξ αυτών σε Αιολικά Πάρκα, θα πρέπει να φτάσουν τα 1.3 δις.\$ ετησίως με παροχή κινήτρων στους επενδυτές, αύξηση των

κρατικών επιχορηγήσεων και επιτάχυνση των γραφειοκρατικών διαδικασιών.

2. Ταυτόχρονα θα πρέπει να αυξηθεί η διασπορά των επενδύσεων αφού αναπτυσσόμενα κράτη αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα ανταγωνιστικότητας λόγω του υψηλού κόστους, ειδικότερα μετά την παγκόσμια ενεργειακή κρίση.
- Σε Επίπεδο ΕΕ:
    1. Συνεχής βελτίωση των διαδικασιών αδειοδότησης
    2. Υποστήριξη της Αλυσίδας Εφοδιασμού του κλάδου με παροχή κινήτρων για βιώσιμες και άμεσες επενδύσεις σε παραγωγικές δραστηριότητες.
    3. Διαμόρφωση Πλαισίων στα οποία ο κλάδος της Αιολικής Ενέργειας αλλά και γενικότερα οι ΑΠΕ να αξιοποιούν μακροπρόθεσμες εμπορικές συμβάσεις.
    4. Ενίσχυση των επενδύσεων σε υπεράκτια αιολικά πάρκα
  - Σε εθνικό επίπεδο:
    1. Ως κράτος μέλος της ΕΕ ότι σημειώθηκε παραπάνω και επιπρόσθετα:
    2. Ενίσχυση του δικτύου διανομής και αποθήκευσης για να μην ξανά υπάρξουν απώλειες στο σύστημα.
    3. Την ολοκλήρωση του 70% των επιλεγμένων από διαγωνισμό έργων που βρίσκονται παγωμένα λόγω των έντονων γραφειοκρατικών εμποδίων.
    4. Ξεκάθαρη οριοθέτηση περιοχών αποκλειστικά για Αιολικά πάρκα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διαδικτυακές Ιστοσελίδες:

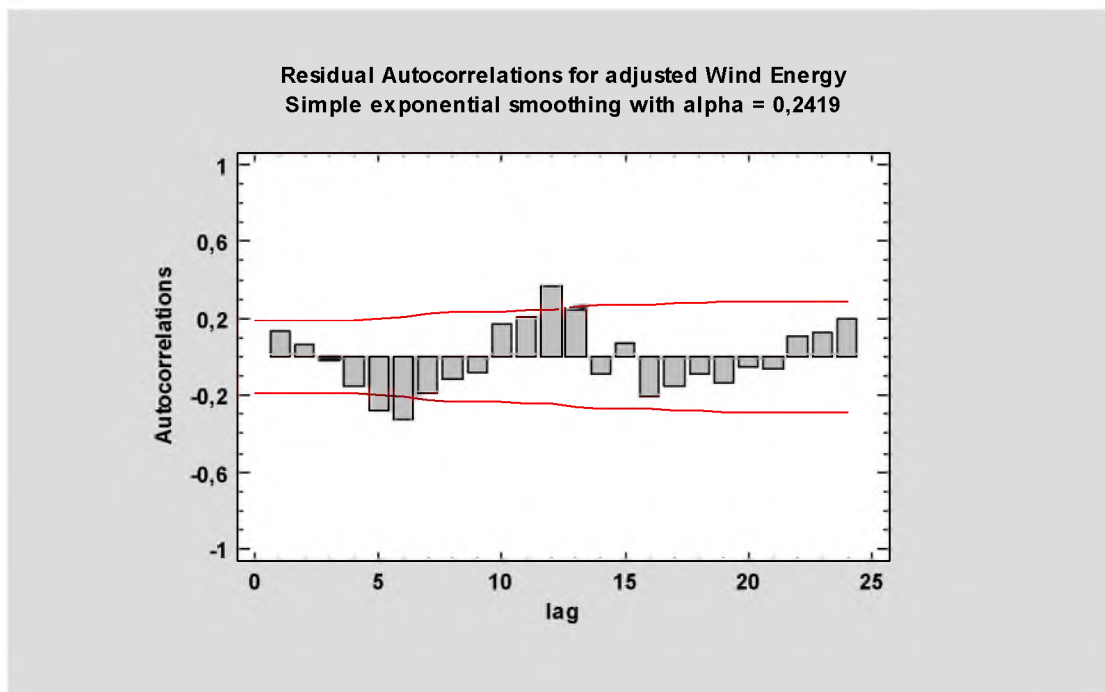
1. <https://www.rae.gr>
  2. <https://www.dapeep.gr>
  3. <https://eletaen.gr>
  4. <https://ypen.gov.gr>
  5. <https://deddie.gr>
  6. <https://helapco.gr>
  7. <http://www.cres.gr/cres/index.html>
  8. <https://www.microhydropower.gr>
  9. <https://www.dei.gr/el/>
  10. <https://www.iene.gr>
  11. <https://www.statistics.gr>
  12. [Global & Regional Monthly \(March, 2023\) | Eurobank](#)
- 
1. <https://www.un.org/en/>
  2. <https://www.unep.org>
  3. <https://www.iea.org>
  4. <https://www.irena.org>
  5. <https://ember-climate.org>
  6. <https://windeurope.org>
  7. [https://european-union.europa.eu/index\\_en](https://european-union.europa.eu/index_en)
  8. <https://www.eea.europa.eu>
  9. <https://ec.europa.eu/eurostat>
  10. [https://commission.europa.eu/index\\_en](https://commission.europa.eu/index_en)
  11. <https://www.eib.org/en/index>
  12. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
  13. <https://wfo-global.org/reports/>

#### Βιβλιογραφία:

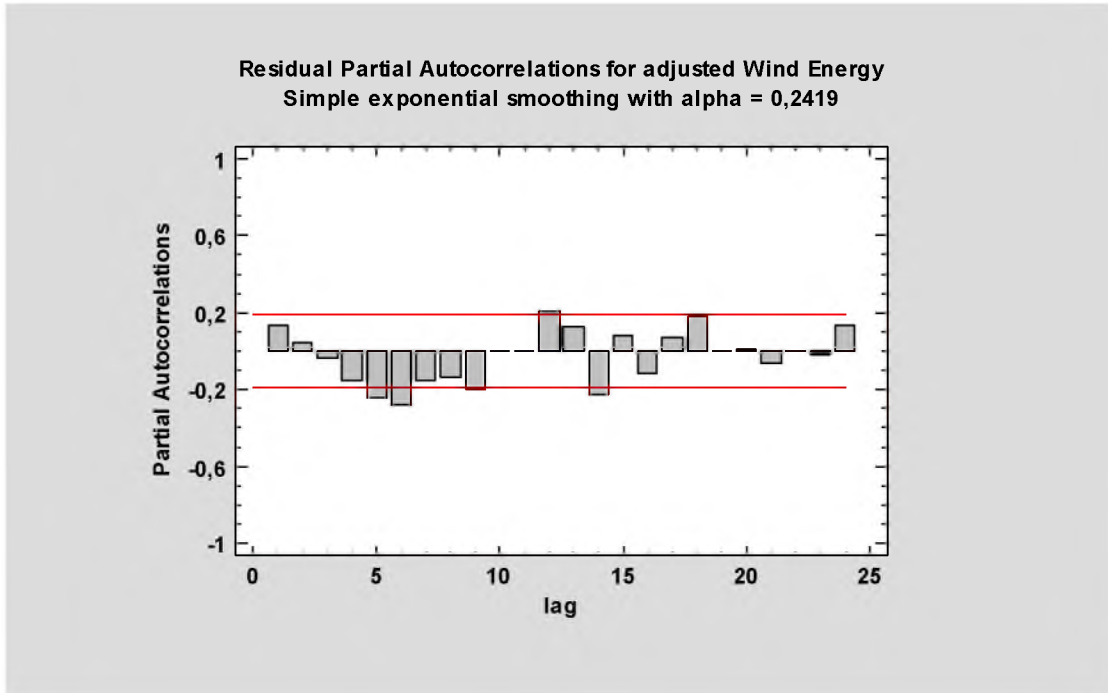
1. Ν. Ανδρίτσος 2008. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Ενέργεια και Περιβάλλον. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
2. Κορωναίος Ι.Χ. 2012. Σύγγραμμα: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Περιβάλλον Και Ανάπτυξη. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Διεπιστημονικό - Δια τμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.), Αθήνα 2012.
3. Κορωναίος Χ. 2012. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
4. Σωτήρης Κ. Καρβούνης- Δημήτρης Α. Γεωργακέλλος 2003 Σύγγραμμά: Διαχείριση του Περιβάλλοντος: Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη.
5. Δημήτρης Γεωργακέλλος- Σωτήρης Καρβούνης . Σύγγραμμά. Διαχείριση Τεχνολογίας και Καινοτομίας.
6. Δ. Γεωργακέλλος, Ε. Διδασκάλου 2022 : Πανεπιστημιακές Σημειώσεις : Διαχείριση Ενέργειας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς , Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων.
7. Παπαδάκης Μ., Τσίμπος Κ., Μουρελάτος Α., 1997, Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το λογισμικό Statgraphics, Εκδόσεις Σταμούλης.
8. Σφακιανάκης Μιχάλης, Μάρτιος 2002, Πρακτική Πληροφορική και Εφαρμογές, Πατάκης, Αθήνα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

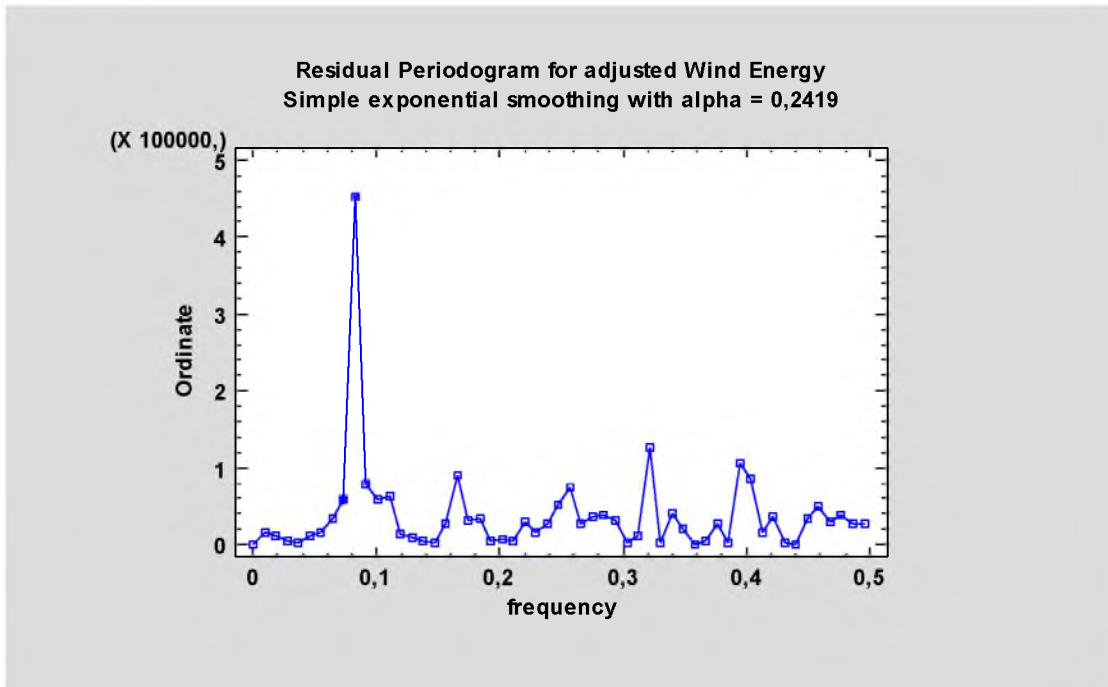
This plot shows the observed and forecasted values of Wind Energy. Also included on the plot are 95,0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true value of Wind Energy at any point in the future is likely to be with 95,0% confidence.



This graph shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag  $k$  autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time  $t$  and time  $t-k$ . Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, 3 of the 24 autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95,0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise).



This graph shows the estimated partial autocorrelations between the residuals at various lags. The lag  $k$  partial autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time  $t$  and time  $t+k$  having accounted for the correlations at all lower lags. It can be used to judge the order of autoregressive model needed to fit the data. Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, 5 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95,0% confidence level.



This plot shows the periodogram ordinates for the residuals. It is often used to identify cycles of fixed frequency in the data. The periodogram is constructed by fitting a series of sine functions at each of 55 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total sum of squares in an ANOVA table.

## Forecasting - Wind Energy

Data variable: Wind Energy ((GWh))

Number of observations = 109  
Start index = 1/14  
Sampling interval = 1,0 month(s)  
Length of seasonality = 12

### Forecast Summary

Math adjustment: Natural log  
Nonseasonal differencing of order: 1  
Seasonal differencing of order: 1  
Forecast model selected: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)<sup>12</sup> with constant  
Number of forecasts generated: 12  
Number of periods withheld for validation: 0

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
<i>Statistic</i>	<i>Period</i>	<i>Period</i>
RMSE	129,23	
MAE	94,2527	
MAPE	16,9804	
ME	25,2276	
MPE	0,828776	

### ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
MA(1)	0,892636	0,054471	16,3873	0,000000
SMA(1)	0,844179	0,0464292	18,1821	0,000000
Mean	-0,0011565	0,00128255	-0,90172	0,369535
Constant	-0,0011565			

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 0,0521645 with 93 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 0,228395

Number of iterations: 6

### The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of Wind Energy. The data cover 109 time periods. Currently, an autoregressive integrated moving average (ARIMA) model has been selected. This model assumes that the best forecast for future data is given by a parametric model relating the most recent data value to previous data values and previous noise. Each value of Wind Energy has been adjusted in the following way before the model was fit:

(1) A natural log transformation was applied.(2) Simple differences of order 1 were taken.(3) Seasonal differences of order 1 were taken.

You can select a different forecasting model by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options.

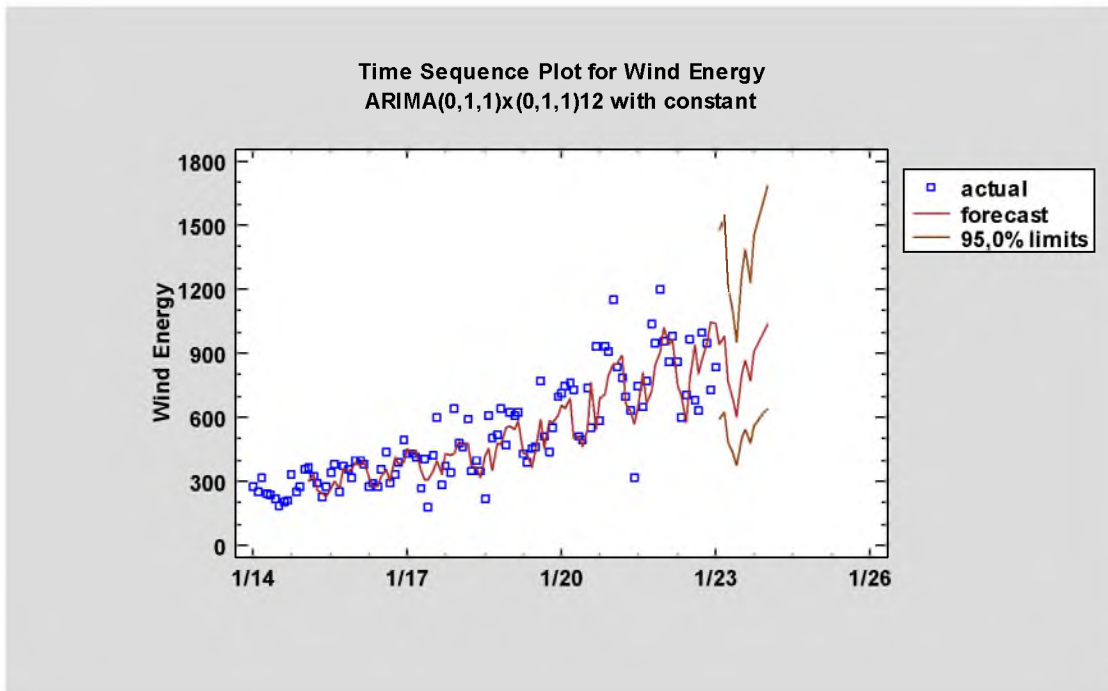
The output summarizes the statistical significance of the terms in the forecasting model. Terms with P-values less than 0,05 are statistically significantly different from zero at the 95,0% confidence level. The P-value for the MA(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the constant term is greater than or equal to 0,05, so it is not statistically significant. You should therefore consider removing the constant term from the model. The estimated standard deviation of the input white noise equals 0,228395.

The table also summarizes the performance of the currently selected model in fitting the historical data. It displays:

(1) the root mean squared error (RMSE) (2) the mean absolute error (MAE) (3) the mean absolute percentage error (MAPE) (4) the mean error (ME) (5) the mean percentage error (MPE)

Each of the statistics is based on the one-ahead forecast errors, which are the differences between the data value at time t and the forecast of that value made at time t-1. The first three statistics measure the magnitude of the errors. A better model will give a smaller value. The last two statistics measure bias. A better model will give a value close to 0.





This plot shows the observed and forecasted values of Wind Energy. Also included on the plot are 95,0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true value of Wind Energy at any point in the future is likely to be with 95,0% confidence.

**Forecast Table for Wind Energy**

Model: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)12 with constant  
Math adjustment: Natural log

<i>Period</i>	<i>Data</i>	<i>Forecast</i>	<i>Residual</i>
1/14	279,0		
2/14	255,0		
3/14	317,0		
4/14	242,0		
5/14	233,0		
6/14	223,0		
7/14	188,0		
8/14	200,0		
9/14	210,0		
10/14	335,0		
11/14	250,0		
12/14	277,0		
1/15	356,0		
2/15	369,0	299,952	69,0476
3/15	321,0	335,964	-14,9644
4/15	291,0	261,96	29,0397
5/15	227,0	240,826	-13,8265
6/15	274,0	226,876	47,1243
7/15	341,0	272,201	68,7986
8/15	384,0	303,371	80,6295
9/15	251,0	268,272	-17,2715
10/15	374,0	358,743	15,257
11/15	356,0	345,157	10,843
12/15	313,0	357,787	-44,7867
1/16	401,0	392,794	8,2061
2/16	399,0	376,173	22,8271
3/16	383,0	399,59	-16,5904

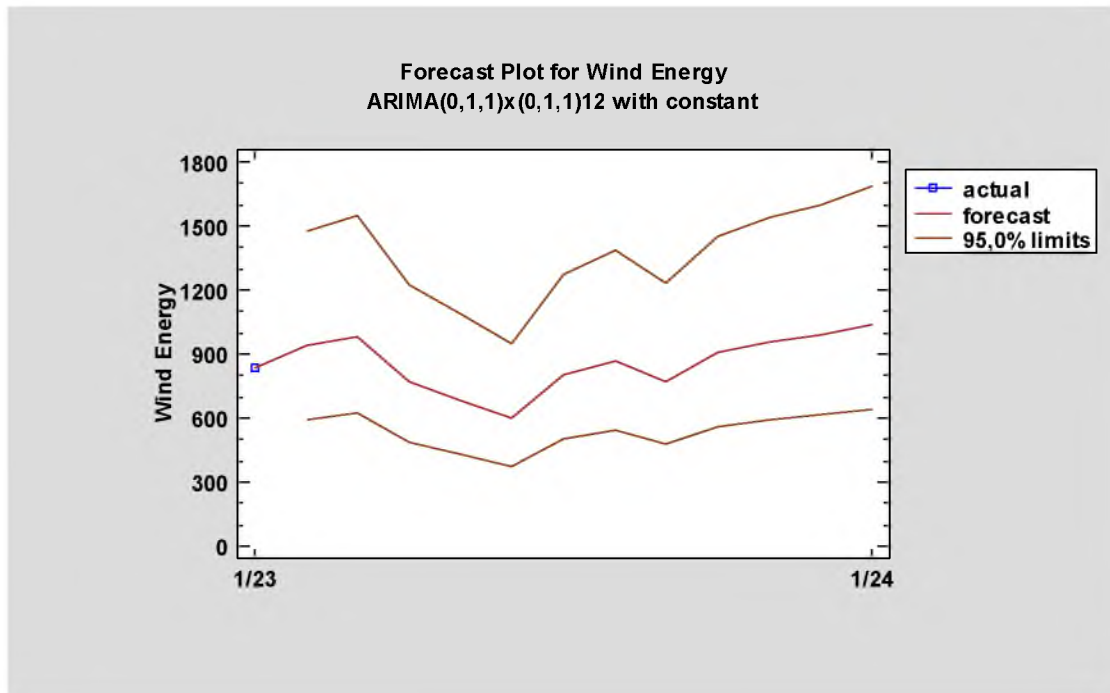
4/16	275,0	318,47	-43,4705
5/16	291,0	277,932	13,0678
6/16	280,0	274,639	5,36066
7/16	354,0	326,072	27,928
8/16	435,0	359,382	75,618
9/16	293,0	302,572	-9,57235
10/16	335,0	412,077	-77,0768
11/16	392,0	385,202	6,7978
12/16	493,0	388,373	104,627
1/17	433,0	453,026	-20,0261
2/17	427,0	433,021	-6,02134
3/17	417,0	449,165	-32,1655
4/17	267,0	350,349	-83,349
5/17	404,0	309,755	94,2453
6/17	176,0	311,972	-135,972
7/17	419,0	350,724	68,2762
8/17	601,0	397,307	203,693
9/17	283,0	331,574	-48,5742
10/17	370,0	432,782	-62,7815
11/17	340,0	419,293	-79,2929
12/17	641,0	426,65	214,35
1/18	477,0	486,219	-9,21932
2/18	460,0	467,428	-7,42832
3/18	589,0	479,549	109,451
4/18	349,0	372,889	-23,8886
5/18	394,0	364,386	29,6137
6/18	346,0	316,688	29,3122
7/18	218,0	425,024	-207,024
8/18	606,0	456,995	149,005
9/18	506,0	345,941	160,059
10/18	518,0	476,724	41,2756
11/18	641,0	468,248	172,752
12/18	471,0	552,273	-81,2733
1/19	622,0	557,345	64,6546
2/19	610,0	542,735	67,2654
3/19	624,0	583,819	40,1811
4/19	434,0	429,676	4,32441
5/19	386,0	431,979	-45,9789
6/19	451,0	368,476	82,5239
7/19	464,0	445,098	18,9023
8/19	767,0	591,493	175,507
9/19	512,0	455,179	56,8214
10/19	440,0	585,258	-145,258
11/19	555,0	572,948	-17,9475
12/19	699,0	607,327	91,6733
1/20	711,0	657,524	53,4765
2/20	744,0	639,26	104,74
3/20	762,0	685,392	76,6082
4/20	727,0	502,103	224,897
5/20	509,0	514,26	-5,26028
6/20	492,0	464,376	27,6241
7/20	738,0	539,873	198,127
8/20	554,0	763,822	-209,822
9/20	935,0	541,871	393,129
10/20	581,0	685,644	-104,644
11/20	936,0	703,11	232,89
12/20	907,0	790,84	116,16
1/21	1149,0	848,613	300,387
2/21	836,0	855,071	-19,0713
3/21	786,0	894,623	-108,623
4/21	700,0	666,288	33,7118
5/21	635,0	624,51	10,4896

6/21	314,0	570,836	-256,836
7/21	746,0	643,475	102,525
8/21	648,0	813,634	-165,634
9/21	771,0	662,994	108,006
10/21	1041,0	725,523	315,477
11/21	952,0	841,385	110,615
12/21	1197,0	911,946	285,054
1/22	957,0	1020,02	-63,0212
2/22	856,0	942,895	-86,8949
3/22	985,0	961,047	23,9526
4/22	860,0	745,775	114,225
5/22	600,0	702,219	-102,219
6/22	704,0	571,973	132,027
7/22	964,0	780,832	183,168
8/22	684,0	938,752	-254,752
9/22	629,0	799,731	-170,731
10/22	997,0	868,289	128,711
11/22	949,0	952,062	-3,06245
12/22	730,0	1042,73	-312,733
1/23	832,0	1038,14	-206,143

		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
2/23	936,636	595,11	1474,16
3/23	980,313	621,239	1546,93
4/23	772,208	488,093	1221,7
5/23	684,222	431,367	1085,3
6/23	597,711	375,861	950,506
7/23	800,206	501,916	1275,77
8/23	868,386	543,302	1387,98
9/23	769,553	480,255	1233,12
10/23	904,722	563,196	1453,35
11/23	957,196	594,376	1541,49
12/23	991,338	614,052	1600,44
1/24	1039,89	642,538	1682,97

**The StatAdvisor**

This table shows the forecasted values for Wind Energy. During the period where actual data is available, it also displays the predicted values from the fitted model and the residuals (data-forecast). For time periods beyond the end of the series, it shows 95,0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true data value at a selected future time is likely to be with 95,0% confidence, assuming the fitted model is appropriate for the data. You can plot the forecasts by selecting Forecast Plot from the list of graphical options. You can change the confidence level while viewing the plot if you press the alternate mouse button and select Pane Options. To test whether the model fits the data adequately, select Model Comparisons from the list of Tabular Options.



This plot shows the forecasted values of Wind Energy. Also included on the plot are 95,0% prediction limits for the forecasts. These limits show where the true value of Wind Energy at any point in the future is likely to be with 95,0% confidence.

#### Model Comparison

Data variable: Wind Energy  
 Number of observations = 109  
 Start index = 1/14  
 Sampling interval = 1,0 month(s)  
 Length of seasonality = 12

#### Models

- (A) ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)12 with constant  
 Math adjustment: Natural log
- (B) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,0468
- (C) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,0817 and beta = 0,0294
- (D) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,0773
- (E) Simple exponential smoothing with alpha = 0,2766

#### Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	129,23	94,2527	16,9804	25,2276	0,828776
(B)	139,889	105,736	21,9987	0,619556	-4,17765
(C)	137,557	102,535	21,2857	8,73508	-4,48375
(D)	139,725	106,244	21,6322	14,5569	-1,59113
(E)	139,794	106,16	21,2879	18,5751	-2,16177

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	129,23	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	139,889	OK	*	***	OK	***
(C)	137,557	OK	*	***	OK	***
(D)	139,725	OK	*	***	OK	***
(E)	139,794	*	OK	***	OK	***

Key:

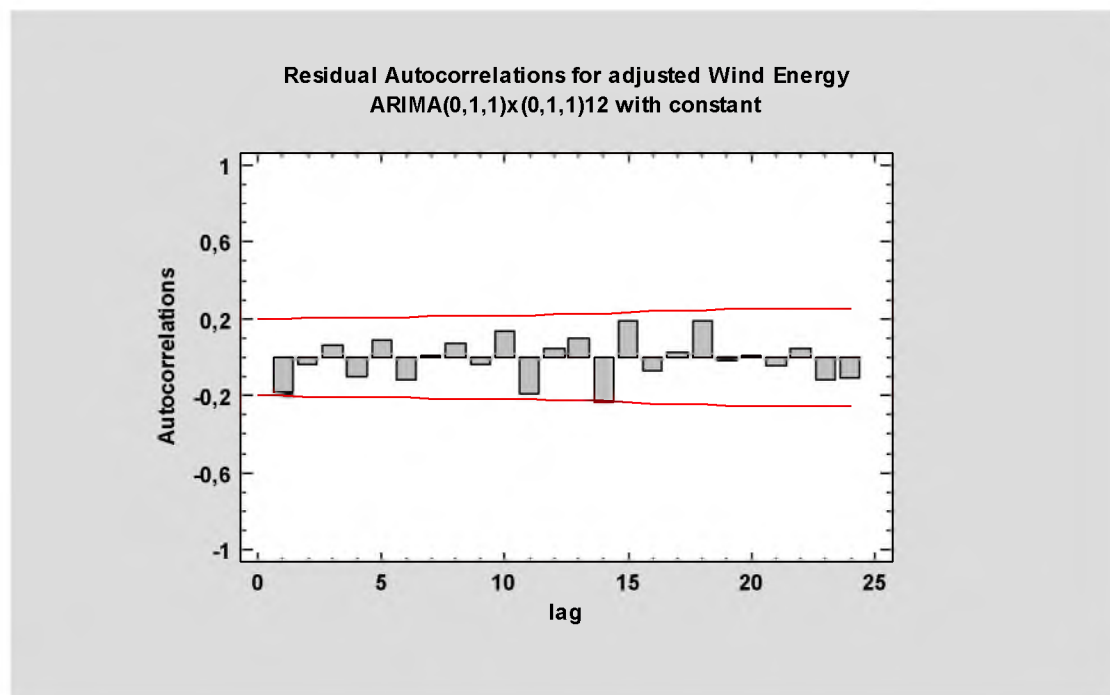
RMSE = Root Mean Squared Error  
 RUNS = Test for excessive runs up and down  
 RUNM = Test for excessive runs above and below median  
 AUTO = Ljung-Box test for excessive autocorrelation

MEAN = Test for difference in mean 1st half to 2nd half  
 VAR = Test for difference in variance 1st half to 2nd half  
 OK = not significant ( $p \geq 0,05$ )  
 \* = marginally significant ( $0,01 < p \leq 0,05$ )  
 \*\* = significant ( $0,001 < p \leq 0,01$ )  
 \*\*\* = highly significant ( $p \leq 0,001$ )

### The StatAdvisor

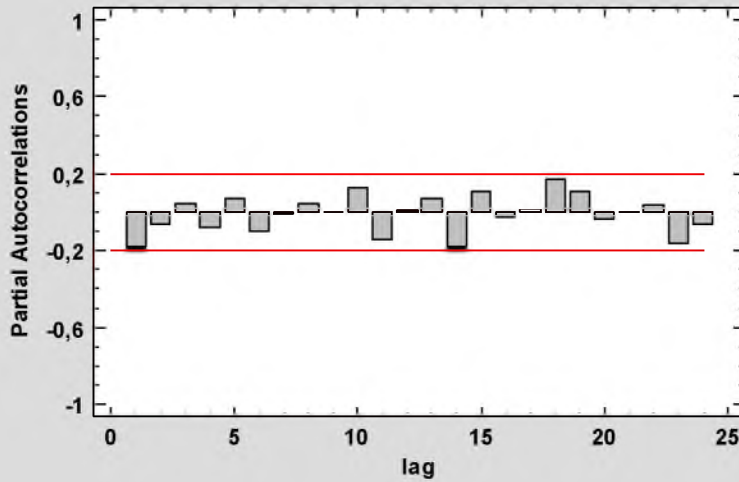
This table compares the results of five different forecasting models. You can change any of the models by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options. Looking at the error statistics, the model with the smallest root mean squared error (RMSE) during the estimation period is model A. The model with the smallest mean absolute error (MAE) is model A. The model with the smallest mean absolute percentage error (MAPE) is model A. You can use these results to select the most appropriate model for your needs.

The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One \* means that it fails at the 95% confidence level. Two \*'s means that it fails at the 99% confidence level. Three \*'s means that it fails at the 99,9% confidence level. Note that the currently selected model, model A, passes 5 tests. Since no tests are statistically significant at the 95% or higher confidence level, the current model is probably adequate for the data.



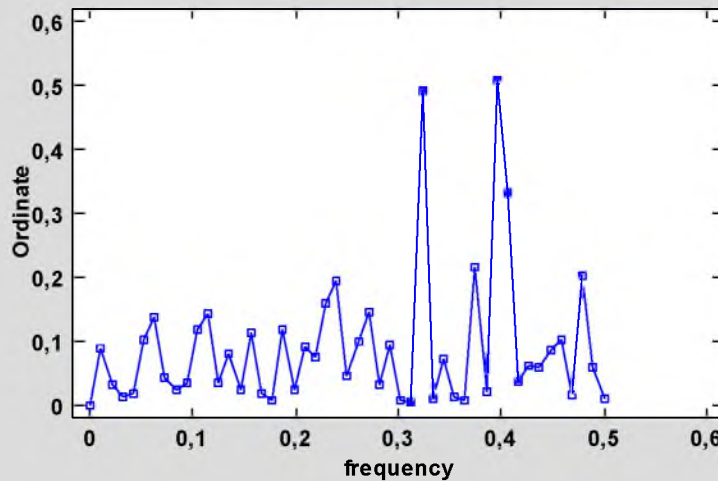
This graph shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag  $k$  autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time  $t$  and time  $t-k$ . Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, one of the 24 autocorrelation coefficients is statistically significant at the 95,0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise).

**Residual Partial Autocorrelations for adjusted Wind Energy  
ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)12 with constant**



This graph shows the estimated partial autocorrelations between the residuals at various lags. The lag  $k$  partial autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time  $t$  and time  $t+k$  having accounted for the correlations at all lower lags. It can be used to judge the order of autoregressive model needed to fit the data. Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, none of the 24 partial autocorrelations coefficients is statistically significant at the 95,0% confidence level.

**Residual Periodogram for adjusted Wind Energy  
ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)12 with constant**



This plot shows the periodogram ordinates for the residuals. It is often used to identify cycles of fixed frequency in the data. The periodogram is constructed by fitting a series of sine functions at each of 49 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total sum of squares in an ANOVA table.