



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ**  
**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ-ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΔΙΕΘΝΗ**  
**ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**  
**ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ –**  
**ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΦΟΥΖΑ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΟΧΩΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2022**



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

στη «Διοίκηση Επιχειρήσεων - Ολική Ποιότητα» με διεθνή προσανατολισμό

### ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δευτέρα) σελίδα στα ούμα της διπλωματικής εργασίας)

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:

Εφαρμογή των Ακαδημαϊκών Πηγών Ενάρμοστων στην Ελλάδα -  
Αναλυτική Πρακτική για Φινλανδοκρατικά Πτυχιόματα

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/τριας Ευφροσύνη Φοίβα

Όνοματεπώνυμο Ευφροσύνη Φοίβα

Ημερομηνία 22/12/2022





## Περίληψη

Οι υπηρεσίες για την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών, της οικονομικής ανάπτυξης, της ευημερίας και της υγείας των πολιτών απαιτούν υψηλά ποσά ενέργειας και οι ανάγκες αυξάνονται με ταχύτατους ρυθμούς. Είναι συντριπτικό να γνωρίζουμε ότι στις μέρες μας 1,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και η σημαντική αλλαγή του κλίματος είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του εικοστού πρώτου αιώνα.

Οι σοβαρές αυτές επιπτώσεις μπορεί ακόμη να αποφευχθούν, εάν καταβληθούν προσπάθειες για τον μετασχηματισμό των σημερινών ενεργειακών συστημάτων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το καθοριστικό μέσο για την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και μια λύση για την απεξάρτηση τόσο από το ρωσικό φυσικό αέριο και τους εξαντλήσιμους συμβατικούς πόρους.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να γίνει εκτενής αναφορά στην εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας καθώς και να αναφερθούν τα πιο πρόσφατα στοιχεία που αφορούν τη παραγωγή και ζήτησή τους στο διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρισμού της Ελλάδας (ΔΕΔΔΗΕ) με σκοπό την πρόβλεψη μετρήσεων για την ενσωμάτωση τους σε αυτό και την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από την ΕΕ για να διασφαλιστεί η αγορά ενέργειας της Ευρώπης και να αυξηθεί η ανθεκτικότητα του ενεργειακού της συστήματος. Για την μελέτη περίπτωσης, των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, τα οποία αποτελούν από τις πλέον σύγχρονες, πράσινες μορφές ενέργειας, με περιορισμένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, γίνεται μία διερεύνηση της δυναμικότητάς τους και μία προσπάθεια πρόβλεψης της εξέλιξής τους.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα εργασία, με την χρήση χρονοσειρών, προέβλεψε ότι η μέση μηνιαία αύξηση για την παραγόμενη ενέργεια από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι της τάξεως του 58,2% για το χρονικό διάστημα Ιούνιος 2022 μέχρι Μάιος του 2023.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Φ/Β Συστήματα, Προβλέψεις, Βιώσιμη Ανάπτυξη

## **Abstract**

The demand for energy and the relative services required for humankind's social and economic growth, its prosperity and health are increasing at a very rapid pace. It is mind-boggling that nowadays 1.4 billion people do not have access to electrical power. Moreover, the increase in carbon dioxide emissions as well as the significant climate change are some of the greatest challenges of the 21st century. These severe consequences can still be avoided provided those necessary efforts are put into the transformation of today's energy systems. Renewable energy sources are the decisive means for the reduction of gas emissions that contribute to the greenhouse effect, as well as a solution to the reduction of reserves of traditional energy raw materials including the Russian gas. The purpose of this thesis is to make an extensive reference to the evolution of Renewable Energy Sources as well as to report the most recent data regarding their production and demand in the interconnected electrical grid of Greece with the aim of predicting measurements for their input into it and achieving of the guidelines - goals that have been set. Finally, it should be noted that this work, using time series, predicted that the average monthly increase for the energy produced by interconnected photovoltaic systems is of the order of 58.2% for the period of June 2022 to May 2023.

Keywords: Renewable Energy Sources, PV Systems, Forecasting, Sustainable Development

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Μποχώρη τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα όσο και για την αμέριστη και ουσιαστική υποστήριξη που μου παρείχε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ στον πρύτανη κ. Μιχαήλ Σφακιανάκη, διευθυντή του μεταπτυχιακού Διοίκησης Ολικής Ποιότητας στο Τμήμα Οργάνωσης & Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, αλλά και καθηγητή μου, για την στήριξη, συνεργασία και βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στον σύντροφο μου, που με στηρίζουν και είναι δίπλα μου σε κάθε μικρό ή μεγάλο βήμα της ζωής μου.

## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη .....	4
Πίνακας Περιεχομένων .....	8
Κατάλογος Εικόνων .....	11
Κατάλογος Σχημάτων.....	12
Κατάλογος Διαγραμμάτων .....	12
Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας .....	1
1.1.Εισαγωγή.....	1
1.2. Παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα .....	3
1.3. Πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της Ενέργειας .....	6
1.3.1. Τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	9
1.4. ΑΠΕ: Ορισμός-Ερμηνεία .....	11
1.5. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	12
1.5.1.Ηλιακή ενέργεια.....	12
1.5.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα .....	13
1.5.1.2. Ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα .....	13
1.5.1.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	13
1.5.1.4 Ηλιοθερμικά Εργοστάσια .....	14
1.5.2. Αιολική Ενέργεια.....	14
1.5.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια .....	15
1.5.4. Γεωθερμική ενέργεια.....	15
1.5.5. Ενέργεια με αξιοποίηση της βιομάζας .....	16
1.5.6. Ενέργεια των κυμάτων .....	17
1.5.6.1 Ενέργεια από την θάλασσα .....	17
1.5.6.2 Ενέργεια από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες).....	17
1.5.6.3 Ενέργεια των ωκεανών .....	17



1.5.7. Συμπεράσματα .....	17
1.6. Βασικά Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .....	18
1.7. Βασικά Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	18
1.8. Διοικητική δομή εφαρμογής των εθνικών πολιτικών για την ενέργεια .....	19
1.9. Αδειοδότηση έργων ΑΠΕ.....	20
Κεφάλαιο 2: Περιβάλλον και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	21
2.1. Κλιματική Αλλαγή.....	21
2.1.1. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	21
2.1.2. Σύσταση της Ατμόσφαιρας της Γης .....	23
2.1.3. Πηγές Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου .....	24
2.1.4. Μελλοντικές Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής .....	25
2.2. Στόχοι για Βιώσιμη Ανάπτυξη (ΣΒΑ) .....	25
2.3. Διεθνείς Συμφωνίες για το Περιβάλλον .....	27
2.3.1. Το Πρωτόκολλο του Κιότο .....	28
2.3.2 Η Συμφωνία των Παρισίων.....	31
2.3.3. Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050.....	32
2.4.Ευρωπαϊκό Πλαίσιο για ΑΠΕ.....	33
2.4.1. Οδηγία 2018/2001/Ε.Ε.....	34
2.6. Συμπεράσματα.....	34
Κεφάλαιο 3 : Ηλιακή Ενέργεια - Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	36
3.1. Καταγραφή δεδομένων ημερήσιας ενεργειακής απολαβής από τον ήλιο .....	36
3.2. Εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.....	36
3.2.1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	36
3.3. Το φωτοβολταϊκό Φαινόμενο .....	37
3.4. Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	38
3.5. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών.....	39
3.6. Προδιαγραφές και πιστοποιητικά φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	39

3.7. Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων .....	40
3.7.1. Φωτοβολταϊκά σε κτίρια.....	40
3.7.2. Πλωτό φωτοβολταϊκό πάρκο .....	41
3.7.3. Αντληση νερού με φωτοβολταϊκή ηλιακή αντλία.....	42
3.7.4. Ηλιακό κλιματιστικό .....	43
3.7.5. Φωτισμός .....	44
3.7.6. Ηλιακά φωτοβολταϊκά θερμοκήπια.....	45
3.7.7 Ηλεκτρική ενέργεια σε απομακρυσμένες περιοχές.....	46
3.8. Ελληνική Αγορά των Φωτοβολταϊκών .....	46
3.8.1. Συμβολή στη ζήτηση και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα .....	47
Κεφάλαιο 4: Μελέτη κατασκευής φωτοβολταϊκού σταθμού .....	49
4.1. Κύρια μέρη μελέτης φωτοβολταϊκού σταθμού .....	49
4.2. Φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels) .....	50
4.3. Αντιστροφείς - Πίνακες Ελέγχου.....	52
4.4. Σύστημα στήριξης.....	54
4.5. Έλεγχος Φωτοβολταϊκού Σταθμού .....	55
4.6. Προστασία Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	55
Κεφάλαιο 5: Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα με χρήση χρονοσειράς .....	56
5.1. Εισαγωγή .....	56
5.2. Ανάλυση χρονοσειρών .....	56
5.3. Το μοντέλο Box-Jenkins .....	57
5.4. Μηνιαία παραγωγή των διασυνδεδεμένων Φ/Β από το 1/2012 - 5/2022 .....	59
5.6. Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β για το διάστημα Ιούνιος 2022– Μάιος 2023 .....	63
5.7. Συμπεράσματα.....	66
Βιβλιογραφία .....	69

Διαδικτυακές Ιστοσελίδες.....	69
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	69
Νομοθεσία.....	70
Ελληνική.....	70
Ευρωπαϊκή.....	71
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	71
Παράρτημα .....	75
Υπολογιστικά φύλλα του προγράμματος STATGRAPHICS .....	75

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης αγωγού Nord Stream 2. (Πηγή: Nord Stream AG (nord-stream.com) .....	7
Εικόνα 2: Αποδείξεις εκρήξεων των αγωγών Nord Stream 1 και 2. ....	8
Εικόνα 3: Αγωγός Turkstream- Πηγή: Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φ.Α. - desfa.gr..	9
Εικόνα 4: Ηλιοστάτες/κάτοπτρα σε ηλιοθερμικό εργοστάσιο στη Βόρεια Αφρική. ..	14
Εικόνα 5: Μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) από την καύση βιομάζας. (Πηγή: National Council for Air and Stream Improvement).....	17
Εικόνα 6: Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης σε εποπτική μορφή. ....	26
Εικόνα 7: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si), σκούρου μπλε χρώματος .....	38
Εικόνα 8: Προσανατολισμός φωτοβολταϊκού πλαισίου. ....	39
Εικόνα 9: Απεικόνιση προδιαγραφών φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	40
Εικόνα 10: Φωτοβολταϊκό σύστημα- ενσωματωμένο σε κτίριο .....	41
Εικόνα 11: Σχηματική απεικόνιση πλωτού φωτοβολταϊκού πάρκου .....	42
Εικόνα 12: Άντληση νερού με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος Πηγή: kenbrooksolar.com.....	43
Εικόνα 13: Ηλιακό κλιματιστικό .....	44
Εικόνα 14: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε φως δρόμου.....	45
Εικόνα 15: Ηλιακό φωτοβολταϊκό θερμοκήπιο.....	46
Εικόνα 16: Απεικόνιση Φωτοβολταϊκού Σταθμού Διασυνδεδεμένου στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ.....	49

Εικόνα 17: Τεχνικές προδιαγραφές πλαισίου Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 530W (Πηγή: <a href="https://jinkosolar.eu/en/">https://jinkosolar.eu/en/</a> ).....	51
Εικόνα 18: Μέθοδος της πασσαλόμπηξης φωτοβολταϊκού πλαισίου.....	54
Εικόνα 19: Μέθοδος της πασσαλόμπηξης φωτοβολταϊκού πλαισίου με χρήση βαρυτικών βάσεων .....	55

## **Κατάλογος Σχημάτων**

Σχήμα 1: Απεικόνιση του διαχωρισμού της Ηλιακής Ενέργειας.....	12
Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση υδροηλεκτρικής μονάδας.....	15
Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση γεωθερμοηλεκτρικής μονάδας .....	16
Σχήμα 4: Βασική σύνθεση μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	38

## **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

Διάγραμμα 1: Κατανάλωση ενέργειας μετρημένη σε KWh ανά άτομο. Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data .....	4
Διάγραμμα 2: Συνολική κατανάλωση όλων των μορφών ενέργειας (TWh) στην Ελλάδα. (Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data) .....	5
Διάγραμμα 3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και Παγκόσμια Source: Greece: Energy Profile - Our World in Data.....	5
Διάγραμμα 4: Κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή στην Ελλάδα Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data.....	6
Διάγραμμα 5: Βασικά στάδια για αδειοδότηση έργων ΑΠΕ.....	20
Διάγραμμα 6: Στρώματα της ατμόσφαιρας σε συνάρτηση με την θερμοκρασία και την πίεση. Πηγή: Seinfeld et.al, 2016.....	23
Διάγραμμα 7: Δείκτες των ΑΠΕ στα σενάρια Μ.Σ.για το 2050.....	33
Διάγραμμα 8: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών 2007-2021(Πηγή: <a href="http://helapco.gr">http://helapco.gr</a> ). .....	47
Διάγραμμα 9: Ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκών επί εδάφους (Πηγή: <a href="http://helapco.gr">http://helapco.gr</a> ) .....	48
Διάγραμμα 10: Μέσος όρος ενεργειακής απόδοσης φωτοβολταϊκών για όλα τα συστήματα (Πηγή: <a href="http://helapco.gr">http://helapco.gr</a> ).....	48
Διάγραμμα 11: Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) φωτοβολταϊκών. Πηγή: ( <a href="https://www.dapeep.gr">https://www.dapeep.gr</a> ).....	60

Διάγραμμα 12: Γράφημα συνολικής παραγόμενης Φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα (MWh) .....	64
Διάγραμμα 13: Πρόβλεψη συνολικής παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα (Ιούνιος 2022 – Μάιος 2023).....	65
Διάγραμμα 14: Σύγκριση πρόβλεψης συνολικής παραγόμενης Φωτοβολταϊκής Ενέργειας (MWh).....	66

# Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας

## 1.1.Εισαγωγή

Στις μέρες μας, η ενέργεια είναι απαραίτητη για την εκτόνωση της αυξανόμενης ανθρώπινης ζήτησης και είναι ένα παγκόσμιο ζήτημα πρόκλησης η επίτευξη στόχων βιώσιμης ανάπτυξης με τη χρήση καθαρής ενέργειας. Η χρήση της ενέργειας είναι απαραίτητη για την εκτέλεση όλων των οικονομικών δραστηριοτήτων, ενώ η σύσταση της γης είναι συγκεκριμένη και δεν επιδέχεται αλλαγές.(Asghar et al., 2022). Οι καθαροί και σύγχρονοι ενεργειακοί πόροι διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου κάθε ατόμου (Amjad et al., 2021). Η σημασία της ενέργειας δεν αμφισβητείται ποτέ καθώς χρησιμοποιείται σε όλες τις οικονομικές δραστηριότητες. Όμως, δυστυχώς, οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν προβλήματα με πολλές μελέτες να θεωρούν την έλλειψη πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια ως ενεργειακή φτώχεια (W. Li et al., 2021; Njiru and Letema, 2018).

Όλες οι κοινωνίες ζητούν οι υπηρεσίες ενέργειας να ανταποκρίνονται σε βασικές ανθρώπινες ανάγκες όπως: η υγεία, ο φωτισμός, το μαγείρεμα, η άνεση χώρου, η κινητικότητα και η επικοινωνία (Edenhofer et al., 2011). Σύμφωνα με τους Abbasi & Abbasi, 2010 και Kaygusuz, 2012 προκειμένου να πετύχουμε ένα βιώσιμο μέλλον στον τομέα της ενέργειας θα πρέπει να ληφθούν μέτρα αρχικά για την επίδραση της ενεργειακής συμβολής στο περιβάλλον καθώς να διασφαλιστεί ο εφοδιασμός της ενέργειας.

Είναι δύσκολο να αντιληφθούμε ότι περίπου το 15% (1,4 δις) του παγκόσμιου πληθυσμού εξακολουθεί να μην έχει πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια, η πλειονότητα των οποίων ζει στην Αφρική (Kaygusuz, 2012).

Το θέμα συνδέεται αναμφίβολα με το πρόβλημα του ενεργειακού μετασχηματισμού που λαμβάνει χώρα στις περισσότερες χώρες σήμερα. Οι διαδικασίες ενεργειακού μετασχηματισμού συνδέονται κυρίως με την αύξηση του μεριδίου της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και την αυξημένη ευαισθητοποίηση των τελικών καταναλωτών σχετικά με τη χρήση ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι η συστηματική ανάπτυξη του τομέα των ΑΠΕ αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη σύνδεση της αποτελεσματικής πορείας των διαδικασιών ενεργειακής μετάβασης με την ταυτόχρονη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη (Iglińska et al., 2022).

Γυρνώντας πίσω στο χρόνο, το 1750 καταγράφηκε η πρώτη εμπορική εξόρυξη άνθρακα κοντά στο Ρίτςμοντ, Βιρτζίνια. Ο άνθρακας είναι το πρώτο σε προτιμήσεις καύσιμο για ατμομηχανές λόγω της φέρουσας ικανότητας μεταφοράς ενέργειας (carrying capacity) σε σύγκριση με αντίστοιχες ποσότητες καυσίμων με βάση την βιομάζα (καυσόξυλα και κάρβουνο). Είναι αξιοσημείωτο ότι ο άνθρακας ήταν συγκριτικά φθηνότερο και πολύ καθαρότερο καύσιμο στο παρελθόν σύμφωνα με τους Abbasi, Premalatha, & Abbasi, 2011. Ωστόσο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη στα ορυκτά καύσιμα (Άνθρακας, Πετρέλαιο και Αέριο) και η εκθετική αύξηση του πληθυσμού τις τελευταίες δεκαετίες έχουν οδηγήσει σε αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια και αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (CO<sub>2</sub>) (Asumadu-Sarkodie & Owusu, 2016a). Η αύξηση στις τιμές των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και η σημαντική αλλαγή του περιβάλλοντος αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του εικοστού πρώτου αιώνα. Οι σοβαρές αυτές επιπτώσεις μπορεί ακόμη να αποφευχθούν εάν καταβληθούν προσπάθειες για τον μετασχηματισμό των σημερινών ενεργειακών συστημάτων. Στην κλιματική αλλαγή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το καθοριστικό μέσο για την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αντικαθιστώντας την παραγωγή ενέργειας που βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα (Edenhofer et al., 2011).

Η έρευνα για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισε στα τέλη της δεκαετίας του ενενήντα με την πετρελαϊκή κρίση (1973 και του 1979-1980), γεγονός μεγάλης τόσο πολιτικής όσο και οικονομικής σημασίας σε παγκόσμιο επίπεδο (Abbasi et al., 2011). Η απολιγνιτοποίηση και η χρήση ήπιων μορφών ενέργειας, οι οποίες περιλαμβάνουν: τη βιοενέργεια, την ηλιακή ενέργεια, τη γεωθερμική ενέργεια, την υδροηλεκτρική ενέργεια, την αιολική και την ωκεάνια ενέργεια (παλίρροια και κύμα), θα βοηθούσε σταδιακά να πετύχουμε την ιδέα της βιωσιμότητας. Κυβερνήσεις, διεθνείς κυβερνητικοί οργανισμοί (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών), ενδιαφερόμενα μέρη και άτομα ανά τον κόσμο προσβλέπουν στην επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος χάρη στις ευκαιρίες που δημιουργήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες για την αντικατάσταση του πετρελαίου με εναλλακτικές λύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για την διαχείριση της κλιματικής αλλαγής, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την τροφή, την υγεία και την παροχή νερού απαιτείται μια συντονισμένη παγκόσμια παρακολούθηση και μοντελοποίηση πολλαπλών παραγόντων που να είναι κοινωνικά,

οικονομικά και κοινωνικά προσανατολισμένοι (Hák, Janoušková, & Moldan, 2016; Owusu, Asumadu-Sarkodie, & Ameyo, 2016).

Σε αυτό το πλαίσιο η συγκεκριμένη μελέτη επιδιώκει να προβλέψει τις δυνατότητες και τις τάσεις της βιώσιμης ανάπτυξης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, τον βαθμό στον οποίο μπορεί να βοηθήσει, τις πιθανές προκλήσεις και πως η στροφή από τα ορυκτά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι σίγουρος τρόπος για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής.

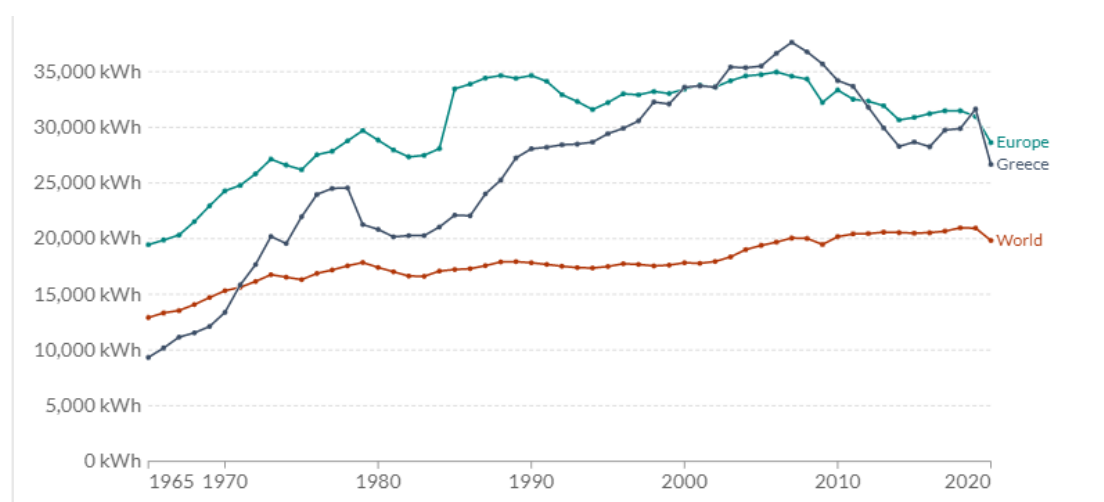
Με το στόχο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται σε πέντε κύρια κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζονται ενδελεχώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς παρουσιάζονται τα πλέον πρόσφατα στοιχεία για τη παραγωγή και την κατανάλωση-ζήτησή τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στην σημασία της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος, το οποίο αποτελεί υποχρέωση του κράτους και είναι απαραίτητη προϋπόθεση τόσο για τη διασφάλιση της κοινωνικής όσο και της οικονομικής ανάπτυξης. Έτσι, γίνεται αναφορά στις συμφωνίες τόσο σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο και η συσχέτιση τους με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για ένα βιώσιμο μέλλον. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας και οι τρόποι αξιοποίησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο στο οποίο παρατίθενται τα κύρια σημεία μελέτης της κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στοιχεία σχετικά με την παραγωγή ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα της φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ αποτυπώνονται και τα αποτελέσματα των μοντέλων πρόβλεψης για το 2022.

## **1.2. Παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα**

Η άνοδος του ανθρώπινου βιοτικού επιπέδου και η τεχνολογική ανάπτυξη έχει οδηγήσει τόσο στην αύξηση των ανθρώπινων αναγκών όσο και στην πολύ μεγάλη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης (Salisu et al, 2016). Η τρέχουσα δεκαετία θεωρείται ότι είναι ζωτικής σημασίας, τόσο όσον αφορά την αντιμετώπιση των ενεργειακών απαιτήσεων όσο και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος. Οι αποφάσεις που λαμβάνει ο καθένας ξεχωριστά αλλά και αυτές που λαμβάνονται ως σύνολο, έχουν μεγάλη επιρροή στο περιβάλλον και μακροσκοπικά στην κλιματική αλλαγή, λόγω των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων αλλά και της ανάγκης να μειωθεί η χρήση του άνθρακα στην παραγωγή ενέργειας. (Tsantopoulos et al. 2014).

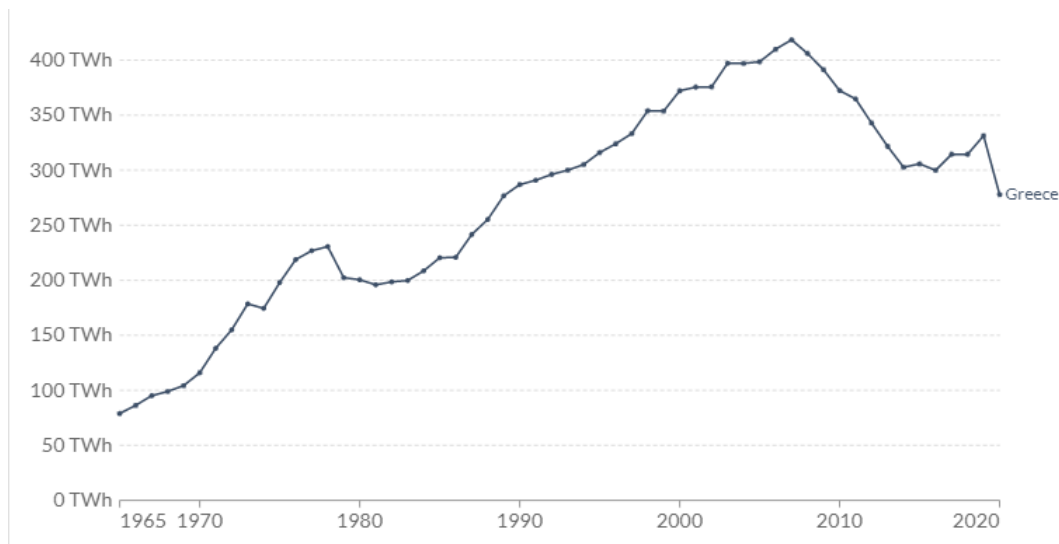


Με βάση πρόσφατα στατιστικά δεδομένα, σε παγκόσμιο επίπεδο η μέση κατανάλωση ενέργειας (όχι μόνο ηλεκτρικής) ανά άτομο για το 2020 ήταν 19,836KWh. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η μέση κατανάλωση ενέργειας ήταν 28,617 KWh/άτομο, ενώ η Ελλάδα κατατάσσεται στο κόκκινο της λίστας με 26,659 KWh/άτομο παρουσιάζοντας μια πτωτική τάση σε σύγκριση με το 2019 η τιμή της οποίας ανερχόταν σε 30,384 KWh/άτομο (Hannah et al., 2020). Σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα αποδεικνύεται ότι οι ανάγκες για ενέργεια της χώρα μας είναι αυξημένες.



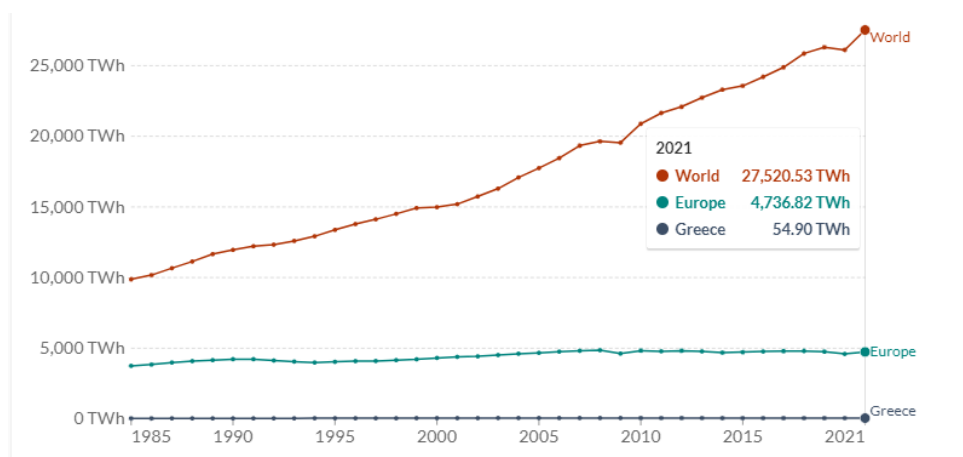
Διάγραμμα 1: Κατανάλωση ενέργειας μετρημένη σε KWh ανά άτομο. Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data

Η συνολική ενέργεια, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής, της μεταφορικής και άλλες μορφές ενέργειας, που καταναλώνει η χώρα παρουσιάζει παρόμοια μορφή με την παραπάνω ενώ για το 2020 μετρήθηκε στις 278TWh.



Διάγραμμα 2: Συνολική κατανάλωση όλων των μορφών ενέργειας (TWh) στην Ελλάδα. (Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data)

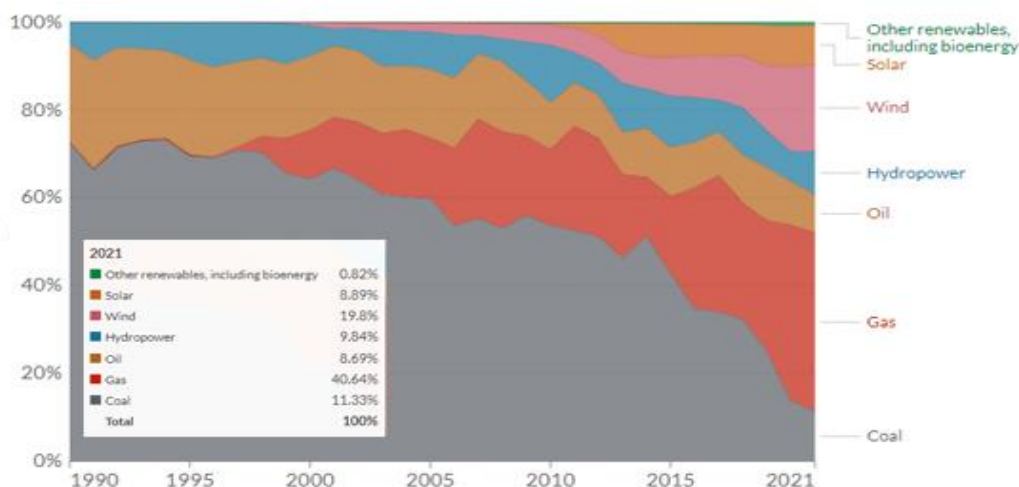
Τα τελευταία χρόνια παραγωγή ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο παρουσιάζει εκθετική αύξηση φτάνοντας το 2021 27,520.53 TWh. Στην χώρα μας παρατηρείται αισθητή μείωση η οποία δικαιολογείται από τις απαρχαιωμένες εγκαταστάσεις δικτύου με επακόλουθο την δυσκολία αφομοίωσης των νέων τεχνολογιών. Για το 2020 (Hannah et al., 2020), η Ελλάδα παρήγαγε 48,33 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, μειωμένη κατά 12.42% σε σύγκριση με το 55.19 TWh του έτους 2017. Είναι φανερό ότι αυτή η τιμή έρχεται σε αντιπαράθεση με τις δυνατότητες της χώρας μας.



Διάγραμμα 3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και Παγκόσμια Source: Greece: Energy Profile - Our World in Data

Για το έτος 2021, με βάση τα διαγράμματα, προκύπτει από τις κύριες πηγές κατανάλωσης ενέργειας δείχνουν ότι το 11,33 % προέρχεται από τον άνθρακα , το 40,64 % από το φυσικό αέριο, το 8,69 % από πετρέλαιο, το 9,84 % από την

υδροηλεκτρική, το 19,8 % από την αιολική, το 8,89 % από την ηλιακή ενώ το 0.82% από άλλες ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένης της βιοενέργειας .



Διάγραμμα 4: Κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή στην Ελλάδα *Source: Greece: Energy Country Profile - Our World in Data*

### 1.3. Πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της Ενέργειας

Κατά την διάρκεια του έτους 2022, μια έκφραση η οποία αντιπροσωπεύει την καθημερινότητα μας και γίνεται πιο έντονη με την πάροδο των μηνών, είναι αυτή της ενεργειακής κρίσης. Ύστερα από την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, οι τιμές του φυσικού αερίου και των ορυκτών καυσίμων έχουν εμφανίσει πρωτοφανή υψηλά επίπεδα, με τις τιμές στον τομέα της ενέργειας να ακολουθούν την ίδια τάση.

Ένας αξιοσημείωτος παράγοντας για την κρίση αυτή δεν είναι άλλος από την υγειονομική κρίση με τον Covid-19 (Choudhary, 2022), κατά την έναρξη της οποίας παρατηρήθηκε (2020) με τις απαγορεύσεις κυκλοφορίας η ζήτηση για ενέργεια κατέρρευσε. Οι τιμές του πετρελαίου και των παραγώγων του μειώθηκαν αισθητά, δημιουργώντας μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, ενώ έφτασαν σε φυσιολογικά επίπεδα ύστερα από την άρση των μέτρων και την επαναλειτουργία της παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας (Kufel et al., 2022). Παράλληλα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπολειπονόταν καθώς λόγω της πανδημίας Covid-19 οι περιορισμοί κινητικότητας και οι κανονισμοί ασφαλείας που είχαν επιβληθεί, οδήγησαν σε διακοπή των αλυσίδων εφοδιασμού και καθυστέρησαν προσωρινά την κατασκευή εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως των χερσαίων αιολικών και ηλιακών φωτοβολταϊκών.

Σημαντικός παράγοντας που συμβάλει στην κρίση είναι η Ρωσία, η οποία ως βασικός προμηθευτής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν κάλυψε τις ελλείψεις παροχής

φυσικού αερίου στην αγορά. Αρχικά, η έλλειψη φυσικού αερίου οφειλόταν στην εγχώρια ζήτηση της Ρωσίας για φυσικό αέριο λόγω του κρύου χειμώνα, με την εταιρεία που είναι υπεύθυνη για το ρωσικό αέριο (Gazprom) να δίνει προτεραιότητα στον εγχώριο εφοδιασμό φυσικού αερίου, βάση νομικής απαίτησης πρωτού διοχετεύσει τις προμήθειές της εκτός της χώρας. Η έγκριση του αγωγού φυσικού αερίου Nord Stream 2, ο οποίος διέρχεται μέσα από την Βαλτική θάλασσα και εφοδιάζει την Γερμανία με ρωσικό φυσικό αέριο, μήκους 1.234 χιλιομέτρων αποτελεί έναν επιπλέον μοχλό πίεσης της ρωσικής κυβέρνησης.



Εικόνα 1: Χάρτης αγωγού Nord Stream 2. (Πηγή: [Nord Stream AG \(nord-stream.com\)](http://nord-stream.com))

Το Φεβρουάριο του 2022, η κατάσταση αυτή επιδεινώθηκε καθώς η Ρωσία προέβει σε επίθεση κατά της Ουκρανίας, κατόπιν εντολής του προέδρου Ρωσικής Ομοσπονδίας Βλαντίμιρ Πούτιν, στην οποία έλαβαν χώρα βομβαρδισμοί και πολιορκίες σε πολλές μεγάλες πόλεις ανά την επικράτεια. Η εισβολή αυτή είχε σαν αποτέλεσμα 6,7 εκατομμύρια ουκρανοί πολίτες να εγκαταλείπουν τα σπίτια τους προσφεύγοντας σε γειτονικές χώρες, δηλαδή το ένα τρίτο του πληθυσμού της, δεδομένα που είχαν να καταγραφούν από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και οι ΗΠΑ με στόχο της λήξης της εισβολής έχουν προβεί σε μια σειρά κυρώσεων προς την Ρωσία. Οι κυρώσεις στον ενεργειακό τομέα από την πλευρά των ΗΠΑ ήταν το πλήρες εμπάργκο στις εισαγωγές φυσικού αερίου και πετρελαίου από τη Ρωσία, ενώ η Γερμανία έδωσε παράταση στην έγκριση και λειτουργία του Nord Stream 2. Με την σειρά της η Ρωσία χρησιμοποιεί την ενέργεια ως όπλο καθώς απειλεί με διακοπές στη ροή του φυσικού αερίου μέσω του αγωγού Nord Stream 1. Η ετήσια συντήρηση του αγωγού Nord Stream 1 προκάλεσε ανησυχία στα κράτη μέλη της ΕΕ, καθώς η πιθανή διακοπή του εφοδιασμού φυσικού αερίου από

Ρωσία, η οποία αποτελεί τον βασικό προμηθευτή της Ε.Ε. οδηγεί σε μεγαλύτερη αστάθεια της αγοράς, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο τη μεταβλητότητα και τις τιμές. Το έτος 2021, η Ευρωπαϊκή Ένωση προμηθεύτηκε το φυσικό αέριο από την Ρωσία σε ποσοστό 45% των εισαγωγών της, ενώ τα τελευταία χρόνια το ποσοστό αυτό ανερχόταν κατά προσέγγιση στο 40%. Το υπόλοιπο 55% του φυσικού αερίου της Ε.Ε προήλθε από την Νορβηγία, με το μεγαλύτερο ποσοστό της τάξεως του 25%, και ακολούθησαν η Αλγερία, οι ΗΠΑ και το Κατάρ.

Στις 25 και 26 Σεπτεμβρίου 2022 καταγράφηκαν εκρήξεις στους αγωγούς Nord Stream 1 και 2, νοτιοανατολικά του δανικού νησιού Bornholm, με αποτέλεσμα οι διαρροές στους αγωγούς φυσικού αερίου, δημιούργησαν αφρούς στην επιφάνεια του νερού, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα, ενώ είναι υπό διερεύνηση τα αίτια και η αποκατάσταση της υποδομής μεταφοράς φυσικού αερίου. Η διαρροή αυτή έχει αφενός περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθώς αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από μεθάνιο, ο δεύτερος μεγαλύτερος παράγοντας που συντελεί στην κλιματική αλλαγή μετά το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), αφετέρου απειλεί τα αποθέματα ενέργειας και την παροχή φυσικού αερίου στην ΕΕ.

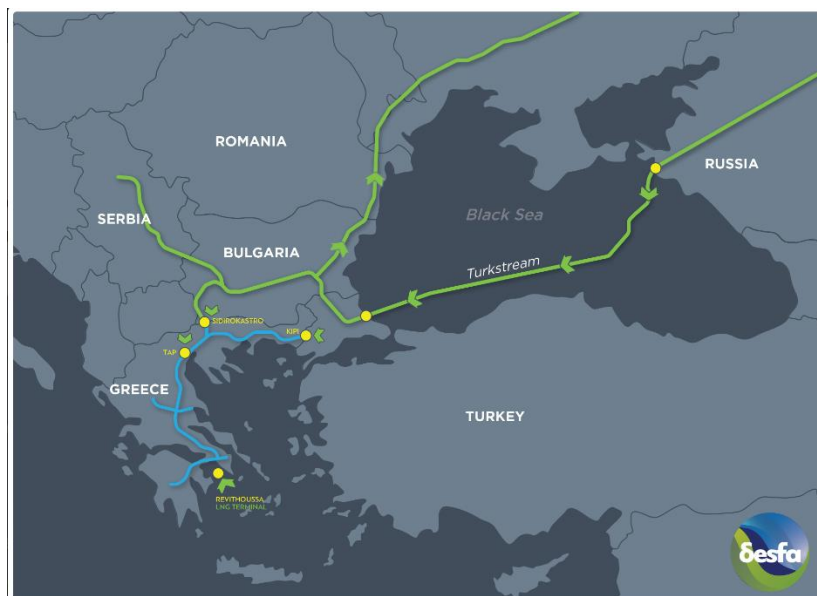


Εικόνα 2: Αποδείξεις εκρήξεων των αγωγών Nord Stream 1 και 2.

Ως συνέπεια αυτής της αστάθειας, οι τιμές της ενέργειας αυξάνονται με γοργούς ρυθμούς σε επίπεδα δίχως προηγούμενο. Τον Φεβρουάριο του 2021, ακριβώς ένα χρόνο νωρίτερα από την ουκρανική εισβολή οι τιμές χονδρικής του φυσικού αερίου ήταν περίπου 200 % χαμηλότερες. Αυτή η μεταβλητότητα των τιμών και η αυξομείωση τους επιδεινώνεται όσο υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τον εφοδιασμό φυσικού αερίου από τον κύριο προμηθευτή της, την Ρωσία (European Commission

2022). Όσο δεν υπάρχει εκχειρία οι τιμές χονδρικής της ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθούν παρόμοια τάση, με αποτέλεσμα να πλήττονται πολλά νοικοκυριά καθώς η ενεργειακή κρίση δεν μπορεί να εξομαλυνθεί και έτσι δεν επέρχεται ισορροπία στις τιμές.

Στη χώρα μας η εισαγωγή του φυσικού αερίου διοχετεύεται μέσα από τον αγωγό Turkstream και όχι μέσω της Ουκρανίας. Συγκεκριμένα, καταλήγει στο Σιδηρόκαστρο μέσω της Βουλγαρίας, όπως απεικονίζεται και στον ακόλουθο χάρτη.



Εικόνα 3: Αγωγός Turkstream- Πηγή: Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φ.Α. - desfa.gr

### 1.3.1. Τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρακολουθώντας στενά τις τάσεις και τις εξελίξεις της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας, διαταραχές οι οποίες προέκυψαν με την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, παρουσίασε ένα σχέδιο, το REPowerEU, με σκοπό την αντιμετώπιση όλων αυτών των αλλαγών- δυσκολιών που έχουν προκύψει. Το σχέδιο αυτό βασισμένο σε νομικά και οικονομικά μέτρα έχει σκοπό να εξοικονομήσει ενέργεια, να διαφοροποιήσει τον ενεργειακό εφοδιασμό και να προβεί στην παραγωγή καθαρής ενέργειας, για την υλοποίηση του θα χρειαστεί να κατασκευαστούν νέα συστήματα και ενεργειακές υποδομές.

Το σχέδιο της Ε.Ε εστιάζει στην ανεξαρτησία της στον τομέα της ενέργειας από αναξιόπιστους προμηθευτές όπως η Ρωσία, έτσι έχει θέσει ως στόχο θεσπίζοντας δραστικά: μέτρα να καταστήσει την Ευρώπη ανεξάρτητη από τα ρωσικά ορυκτά

καύσιμα πολύ πριν από το 2030. Με τον τρόπο αυτό θα διασφαλίσει την αγορά ενέργειας της Ευρώπης, την γεωπολιτική της και την ισορροπία της εστιάζοντας στην ταχεία ανάπτυξη της πράσινης μετάβασης ενώ παράλληλα θα αυξήσει την ανθεκτικότητα του ενεργειακού της συστήματος (European Commission 2022). Το σχέδιο αυτό έχει τους ακόλουθους πυλώνες:

- Διαφοροποίηση
- Εξοικονόμηση Ενέργειας
- Επιτάχυνση στον τομέα της καθαρής ενέργειας

#### **1.3.1.1. Διαφοροποίηση**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση σε συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς εξερευνά εναλλακτικές πηγές ενεργειακού εφοδιασμού με ταχύτερους ρυθμούς. Ως άμεση λύση επικεντρώνονται σε άλλους προμηθευτές πετρελαίου, φυσικού αερίου και άνθρακα και μακροπρόθεσμα προβλέπεται να επενδύσουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

#### **1.3.1.2. Εξοικονόμηση Ενέργειας**

Καίριο ρόλο στην υλοποίηση του σχεδίου είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Κάθε νοικοκυριό, κάθε πολίτης ως άτομο αλλά και ως σύνολο, επιχειρήσεις και οργανισμοί θα χρειαστεί να λάβουν μέτρα για την βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας, έτσι ώστε να αξιοποιείται κάθε μονάδα ενέργειας. Για ένα βιώσιμο μέλλον, μικρές αλλαγές στις συνήθειες μας μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες αλλαγές και στην εξοικονόμηση μεγάλων ποσών ενέργειας. Επιπρόσθετα, σε περιπτώσεις που χρειαστεί να διακοπεί ο εφοδιασμός πιθανότατα θα ληφθούν έκτακτα μέτρα, όπως η διακοπή του ρεύματος σε δημόσιους χώρους και μια σειρά μέτρων όπως:

- οι μετακινήσεις με τα δημόσια μέσα μεταφοράς (μαζικές μετακινήσεις)
- αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών, με συσκευές λιγότερο ενεργοβόρες
- πιο οικονομική οδήγηση
- διακοπή ρεύματος στους διακόπτες των φωτών
- αισθητή μείωση των θερμοκρασιών θέρμανσης
- περιορισμός της χρήσης του κλιματισμού

Τέλος, στο κεφάλαιο εξοικονόμησης ενέργειας αξιοσημείωτο ρόλο παίζει και ο τομέας της βιομηχανίας, ο οποίος μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της παραγωγής του

εξοπλισμού καθώς και των δομικών στοιχείων, απαραίτητα για τον γρηγορότερο μετασχηματισμό του ενεργειακού συστήματος.

### **1.3.1.3. Επιτάχυνση στον τομέα της καθαρής ενέργειας**

Είναι φανερό ότι το σχέδιο της ΕΕ έχει ως μακροπρόθεσμο στόχο, για την αποδέσμευση της από τα ρωσικό φυσικό αέριο καθώς και τα ορυκτά καύσιμα γενικότερα, την επιτάχυνση σε πράσινη ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πέρα από τα οφέλη που έχουν στο περιβάλλον καθώς αποτελούν τη καθαρότερη και ήπια μορφή ενέργειας (διαθέσιμη), είναι οικονομικές, μπορούν να μειώσουν σε μεγάλα ποσοστά την ανάγκη για εισαγωγή ενέργειας καθώς παράγονται εντός της Ε.Ε και είναι ένα κίνητρο για μαζικές επενδύσεις. Οι επενδύσεις σε ΑΠΕ θα έχουν πολλαπλά οφέλη τόσο για την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, για ένα βιώσιμο μέλλον καθώς και για την εξομάλυνση των τιμών της ενέργειας. Ξεκινώντας με μαζικές επενδύσεις στις ήπιες αυτές μορφές ενέργειας, με εξηλεκτισμό και αντικατάσταση της θερμότητας και των καυσίμων που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα στη βιομηχανία, θα μπορέσει να επέλθει αυτονομία στον τομέα της ενέργειας και θα ακολουθήσει ξανά ισορροπία στις τιμές της ενέργειας.

### **1.4. ΑΠΕ: Ορισμός-Ερμηνεία**

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τις οποίες συναντάμε συχνά και με τους όρους: ήπιες μορφές ενέργειας, πράσινη ενέργεια και σπανιότερα νέες πηγές ενέργειας, με βάση την οδηγία 2009/28/ΕΚ, αποτελούν μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας οι οποίες αντλούνται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Είναι μη ορυκτές πηγές ενέργειας και κατηγοριοποιούνται σε αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, υδροηλεκτρική, ενέργεια των ωκεανών, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέριο.

Πιο συγκεκριμένα, οι ΑΠΕ συγκαταλέγονται σε «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον καθώς σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα δεν έχουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), υδρογονάνθρακες, τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα. Βασικό πλεονέκτημα τους είναι ότι εκμεταλλεύονται και αξιοποιούν την ήδη υπάρχουσα ροή ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στη φύση χωρίς να χρειάζεται κάποια επέμβαση. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ειδικά για την γεωθερμική ενέργεια η οποία δεν ανανεώνεται σε κλίμακα χιλιετιών ο όρος «ανανεώσιμη» θεωρείται καταχρηστικός.



## 1.5. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

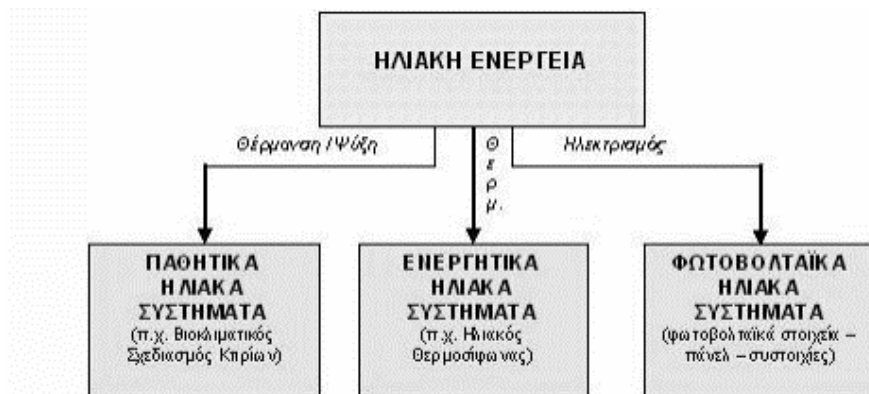
### 1.5.1. Ηλιακή ενέργεια

Στην χώρα μας το ποσοστό ηλιοφάνειας είναι αρκετά μεγάλο, το οποίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επάρκεια και την εξασφάλιση της ενέργειας. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας αποτελεί έναν ανεξάντλητο ενεργειακό πόρο, θεωρείται ήπιας μορφής ενέργεια, μπορεί να παρέχει ανεξαρτησία καθώς οι εγκαταστάσεις βρίσκονται εντός της Ελλάδας. Τα συστήματα που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια εκμεταλλεύονται την θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που φτάνουν στην Γη από τον ήλιο, ηλικίας  $5 \times 10^9$  χρόνια και υπολογίζεται ότι έχει μπροστά του άλλα 5 περίπου δις χρόνια ζωής (Φραγκιαδίτης Ι.Ε., 2014, σελ. 35). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πόλη της Ελλάδας με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια (3108 ώρες ετησίως) είναι η πόλη του νομού Λασιθίου, η Ιεράπετρα.

Χρησιμοποιώντας τον όρο «ηλιακή ενέργεια» εννοούμε την ενέργεια που παίρνουμε από την ήλιο για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Στο ενεργειακό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες, οι επενδύσεις στην ηλιακή ενέργεια θα αποτελούσε μια λύση. (Δαμιανίδης Μ., 2011). Οι κατηγορίες συστημάτων της ηλιακής ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα
- Φωτοβολταϊκά συστήματα

Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα, τα ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο για την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχήμα 1: Απεικόνιση του διαχωρισμού της Ηλιακής Ενέργειας

### **1.5.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα**

Η ηλιακή ενέργεια εκμεταλλεύεται από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, αξιοποιώντας τους νόμους της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς της θερμότητας) για να ρυθμίζεται η θερμοκρασία μέσα στα κτήρια και για τον φωτισμό τους.

Η διαδικασία συλλογής βασίζεται στις αρχές που διέπουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο γυαλί του παραθύρου περνάει μέσω αυτού στο εσωτερικό του κτηρίου και εγκλωβίζεται η θερμότητα στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Η αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού αποτελούν το σύστημα άμεσου κέρδους και είναι το πιο σύνθητες, αφού είναι εύκολο να προσαρμοστούν στην πλειονότητα των κτηρίων. Βέλτιστα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν συνδυάζονται με την θερμική προστασία των κτηρίων.

### **1.5.1.2. Ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα**

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα επιτυγχάνουν την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα χρησιμοποιώντας υποσυστήματα συλλεκτών και δεξαμενών αποθήκευσης, ενώ ένα θερμαινόμενο μέσο, όπως το νερό ή ο αέρας, χρησιμοποιείται για την μεταφορά της ενέργειας με φυσικά (φυσική ροή) ή τεχνητά μέσα (κυκλοφορητής). Ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για την απορρόφηση ηλιακής ενέργειας. Πρόκειται για επιφάνειες σκούρου χρώματος με κατάλληλο προσανατολισμό ως προς τον ήλιο, οι οποίες μέρος της θερμότητας που παραλαμβάνουν, το μεταδίδουν στο θερμαινόμενο μέσο που έρχονται σε επαφή. Η χρήση τους είναι τόσο οικιακή, ηλιακοί θερμοσίφωνες, όσο και βιομηχανική όπως για αγροτικές εφαρμογές, θέρμανση πισινών κ.α.

### **1.5.1.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα**

Μια σχετικά πρόσφατη τεχνολογία είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά στοιχεία (photovoltaic cells) για τη μετατροπή της ενέργειας του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Για την μετατροπή αυτή χρησιμοποιούνται ημιαγωγοί συνήθως από πυρίτιο (Si) τύπου p και n αντίστοιχα (Φραγκιαδίτης Ι.Ε., 2014, σελ 75). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Αυτόνομα: η παραγόμενη από αυτά ενέργεια καταναλώνεται απευθείας
- Διασυνδεδεμένα: η παραγόμενη από αυτά ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο

#### 1.5.1.4 Ηλιοθερμικά Εργοστάσια

Μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες χρησιμοποιούν ένα θερμικό ρευστό για να εξασφαλίσουν την ενέργεια της θερμικής μηχανής καλούνται ηλιοθερμικά εργοστάσια. Στα εργοστάσια αυτά χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα η εγκατάσταση πολλών ανακλαστικών επιφανειών που κινούνται με μηχανισμούς συνεχούς κίνησης (ηλιοστάτες). Με αυτή την εφαρμογή εξασφαλίζεται ότι ανά πάσα στιγμή όλοι οι καθρέπτες συγκεντρώνουν τις ακτίνες του ηλίου σε ένα σημείο. Στο σημείο αυτό βρίσκεται το θερμικό ρευστό του θερμικού εργοστασίου. Τα ηλιακά εργοστάσια έχουν την ικανότητα να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με ενδεικτικής ισχύος 5 μέχρι 10 MW.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται ηλιοστάτες/κάτοπτρα οι οποίοι εστιάζουν τη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην κορυφή ενός πύργου επιταχύνοντας θερμοκρασίες περίπου 1000°C. Το έλαιο που θερμαίνεται χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη παραγωγή ηλεκτρισμού. Η τεχνολογία αυτή θα χρησιμοποιηθεί σε ηλιοθερμικό εργοστάσιο της Κρήτης .



Εικόνα 4: Ηλιοστάτες/κάτοπτρα σε ηλιοθερμικό εργοστάσιο στη Βόρεια Αφρική.

#### 1.5.2. Αιολική Ενέργεια

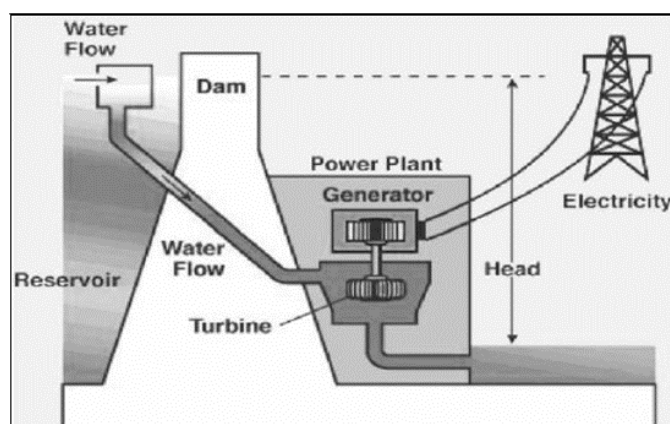
Αιολική ενέργεια είναι η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο κυριότερος τρόπος εκμετάλλευσης αυτής της ενέργειας είναι οι ανεμογεννήτριες ( ή ανεμοκινητήρες) οριζόντιου άξονα. Έχει υπολογιστεί ότι η ισχύς των ανέμων που πνέουν σε όλη τη Γη ανέρχεται σε  $3.610^9$  MW, ενώ η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής θα μπορούσε θεωρητικά να καλυφθεί από το 10% της ενέργειας των επικρατούντων ανέμων στην περιοχή αυτή, επιδεικνύοντας την σημασία της αιολικής ενέργειας

(Μπεργελές Γ., 2005, σελ 12). Οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται, ανάλογα την ισχύ τους, σε μικρής (<20 MW) , μέσης (20-250 MW) και μεγάλης ισχύος (>250 MW).

Οι ανεμογεννήτριες μικρότερης ισχύος βρίσκουν εφαρμογή στην καλλιέργεια και στην κτηνοτροφία απομακρυσμένων περιοχών που η πρόσβαση στο δίκτυο ενέργειας ενέχει δυσκολίες. Η μέσης και μεγαλύτερης ισχύος ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ως πηγές ηλεκτρικής ενέργειας σε δίκτυα παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας αποτελεί μια από τις κυριότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

### 1.5.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αφορά στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας μεγάλων μαζών ύδατος σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή υλοποιείται από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού, συνήθως μέσω φραγμάτων. Αναλυτικότερα, το νερό που περιορίζεται από το φράγμα, διέρχεται με μεγάλη ορμή, μέσω θυρών οι οποίες βρίσκονται στο χαμηλότερο σημείο του φράγματος και οδηγείται σε τουρμπίνες, προκαλώντας την περιστροφή τους. Οι τουρμπίνες αυτές με την σειρά τους περιστρέφουν γεννήτριες δημιουργώντας έτσι ηλεκτρικό ρεύμα. Το νερό αυτό επανασυλλέγεται εντός του φράγματος και αξιοποιείται εκ νέου. Λόγω του μεγάλου κόστους κατασκευής των υδροηλεκτρικών έργων, η κατασκευή τους περιορίζεται σε περιοχές κατάλληλης γεωλογικής διαμόρφωσης αλλά και πλούσιες σε πηγές και υδατοπτώσεις.



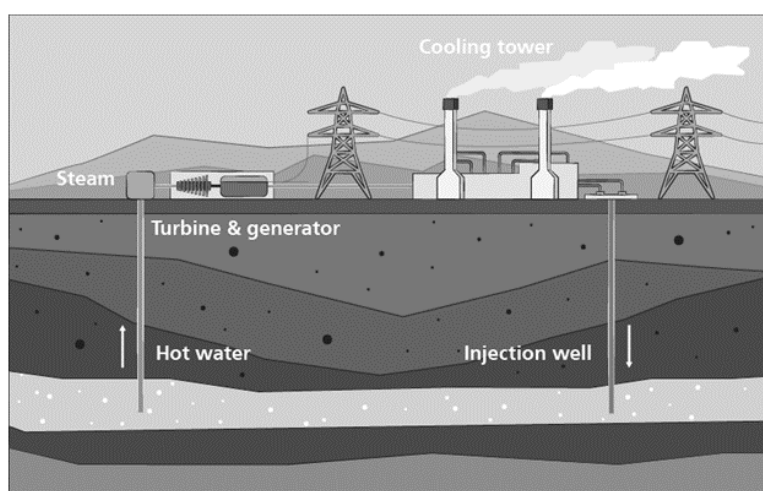
Σχήμα 2: Σχηματική απεικόνιση υδροηλεκτρικής μονάδας

### 1.5.4. Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια βασίζεται στην εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών, υπόγειων θαλάσσιων ή άλλων υδάτων, των οποίων η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει

τους 350°C. Τα υψηλά αυτά επίπεδα θερμοκρασίας επιτυγχάνονται από την επαφή των υδάτων με πετρώματα ή μάγμα στο εσωτερικό της γης.

Σύγχρονες τεχνολογικές μέθοδοι έχουν επιτρέψει την παραγωγή ηλεκτρικής αλλά και θερμικής ενέργειας, μέσω της άντλησης γεωθερμικών ρευστών. Χρήσεις αυτών συναντώνται στην ρύθμιση θερμοκρασίας κτηρίων, θερμοκηπίων ακόμη και ιχθυοκαλλιεργειών. Αξιοσημείωτο είναι ότι η γεωθερμία παρέχει μια αξιόπιστη αλλά και πράσινη πηγή ενέργειας, καθώς η συνολική σημερινή ισχύς που παράγεται μέσω αυτής αγγίζει τα 9.000MW.



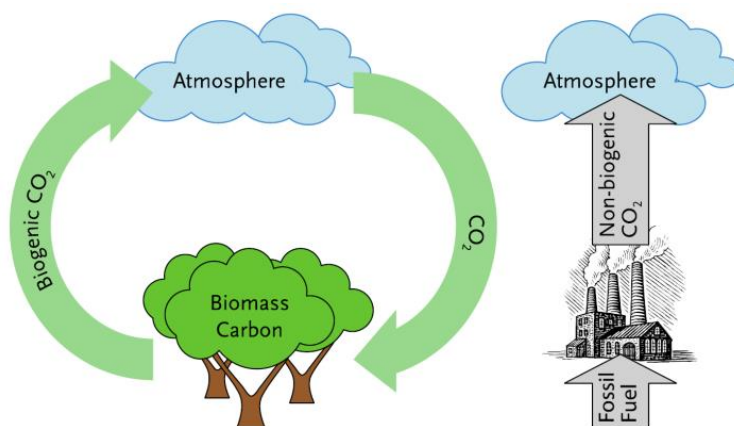
Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση γεωθερμοηλεκτρικής μονάδας

### 1.5.5. Ενέργεια με αξιοποίηση της βιομάζας

Βιομάζα αποκαλούνται όλα τα υλικά βιολογικής προέλευσης λόγω χάρη κτηνοτροφικά απόβλητα ή βιολογικά- βιομηχανικά απόβλητα τα οποία δύναται να αξιοποιηθούν ως καύσιμα σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Ουσιαστικά πρόκειται για ύλη οργανικής προέλευσης, η αξιοποίηση της οποίας (πέλλετ, μπρικέτες, πυρηνόξυλα, καυσόξυλα και άλλες πολλές μορφές) συντελεί στην παραγωγή ενέργειας, χωρίς όμως τα καύσιμα της να έχουν αρνητικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές της σε κινητήρες κίνησης (βιοεθανόλη και βιοντίζελ).

Κατά την καύση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας απελευθερώνεται ενέργεια (θερμότητα) και διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε αντιδιαστολή με την φωτοσύνθεση, όπως απεικονίζεται και στην ακόλουθη εικόνα. Κατ' επέκταση τα φυτά που αποτελούν το κυριότερο προϊόν βιομάζας, απορροφούν το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα που προκύπτει από την καύση της, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μηδενικό ισοζύγιο του CO<sub>2</sub>. Τέλος, η καύση βιομάζας συντελεί σε μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του

θείου (SO<sub>2</sub>), το οποίο αποτελεί κύρια αιτία της όξινης βροχής, λόγω της απουσίας θείου (S) σε αυτή.



Εικόνα 5: Μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από την καύση βιομάζας.  
(Πηγή: National Council for Air and Stream Improvement)

### 1.5.6. Ενέργεια των κυμάτων

Μεγάλα ποσά ενέργειας μπορούν να αντληθούν μέσα από την εκμετάλλευση των ωκεανών με τρεις βασικούς τρόπους ως εξής:

#### 1.5.6.1 Ενέργεια από την θάλασσα

Η χρήση της κινητικής ενέργειας των κυμάτων για την περιστροφή συστήματος τουρμπίνας-γεννήτριας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 1.5.6.2 Ενέργεια από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)

Η μέσω υδροστροβίλων αξιοποίηση της παλιρροϊκής κίνησης και των κυμάτων για παραγωγή ενέργειας εμφανίζει ομοιότητες με αυτή που χρησιμοποιείται σε ηδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

#### 1.5.6.3 Ενέργεια των ωκεανών

Η ενέργεια αυτή προκύπτει από τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του νερού της επιφάνειας της (θερμό) και του νερού το πυθμένα (ψυχρό). Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται διαφορά μεγαλύτερη των 3,5 °C.

### 1.5.7. Συμπεράσματα

Το σύνολο των ΑΠΕ έχει ως βάση και κύρια πηγή τον ήλιο. Η εκπεμπόμενη από αυτόν ακτινοβολία προσπίπτει στη γη και συμβάλει (Φραγκιαδίτης Ι.Ε., 2014, σελ. 3):

- Στην διατήρηση του κύκλου του νερού μέσω της εξάτμισης καθιστώντας τον έτσι υπεύθυνο για την δημιουργία λιμνών και ποταμών και κατ' επέκταση τις υδατοπτώσεις (*υδροηλεκτρική ενέργεια*)

- Στη μεταφορά των αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα (*αιολική ενέργεια*)
- Στην δημιουργία των παλιρροιών και των κυμάτων (*ενέργεια των κυμάτων*)
- Διατήρηση της χλωρίδας (*ενέργεια από βιομάζα*)

### **1.6. Βασικά Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

Τα βασικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Πρόκειται για πράσινες μορφές ενέργειας, με περιορισμένο περιβαλλοντικό αντίκτυπο.
- Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα (πεπερασμένους φυσικούς πόρους), συμβάλουν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας και στην ανεξάρτηση από εξαντλήσιμους συμβατικούς πόρους
- Δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη εξάρτηση από την παγκόσμια οικονομία σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα
- Οι ΑΠΕ έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό, προσφέροντας έτσι αυξημένες θέσεις εργασίας, τοπικά αλλά και περιφερειακά.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή, χαμηλών απαιτήσεων συντήρησης και μεγάλη αξιοπιστίας. Έχει αποδεκτή αισθητική παρουσία και συνήθως επιδοτείται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.
- Αποτελούν εναλλακτική λύση στο πετρέλαιο και προσδίδουν στην ενεργειακή ανάπτυξη και επάρκεια αναπτυσσόμενων χωρών.
- Μειώνουν τις απώλειες κατά την μεταφορά της ενέργειας και οι εγκαταστάσεις επιτρέπουν την γρήγορη απόκριση της προσφοράς στην ζήτηση της ενέργειας.

### **1.7. Βασικά Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) πέρα από πλεονεκτήματα έχουν τόσο φυσικούς περιορισμούς όσο και περιορισμούς στην ποσότητα της ενέργειας που είναι διαθέσιμη ανά μονάδα του χρόνου. Μειονεκτήματα των ΑΠΕ είναι:

- Χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές μορφές ενέργειας καθώς ο συντελεστή απόδοσης κυμαίνεται περίπου στο 30% ή λιγότερο. Ως συνέπεια έχουν μεγάλη απαίτηση σε χώρο.
- Υψηλή σχέση κόστους επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος.

- Αδυνατούν να καλύψουν την ζήτηση του δικτύου σε αστικά κέντρα , αφού υπάρχει υψηλή συσχέτιση της απόδοσης τους με επικρατούσες συνθήκες ανά ημέρα και εποχή. Το πρόβλημα της εποχικότητας δύναται να λυθεί με την εξέλιξη της τεχνολογίας των συσσωρευτών.
- Δυσκολίες προκύπτουν επίσης η συγκέντρωση, μεταφορά και αποθήκευση του διεσπαρμένου δυναμικού αυτών σε μεγάλες ποσότητες ισχύος.
- Δεν εγκαθίστανται σε οποιοδήποτε σημείο, παρά μόνο σε τοποθεσίες με κατάλληλες κλιματολογικές και οι γεωγραφικές συνθήκες, συνήθως παρθένες περιοχές που υπάρχει «αφθονία» ενέργειας. Η εγκατάσταση σε τέτοιες απομακρυσμένες περιοχές, λόγω δημιουργίας δρόμων, σταθμών ισχύος κ.α., επιφέρει διαταραχές του οικοσυστήματος, της χλωρίδας και της πανίδας αυτών.
- Τέλος, για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς λόγω της αποσύνθεσης της υποθαλάσσιας χλωρίδας εκλύεται μεθάνιο στην ατμόσφαιρα.

### **1.8. Διοικητική δομή εφαρμογής των εθνικών πολιτικών για την ενέργεια**

- **Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).** Πρόκειται για ανεξάρτητη αρχή η οποία είναι υπεύθυνη για έκδοση αδειών, την παρακολούθηση της αγοράς και την εποπτεία έργων.
- **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ).** Αποτελεί τον εθνικό φορέα, υπεύθυνο για την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ), την Ενεργειακή Απόδοση (ΕΑ) και τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).
- **Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. (ΕΧΕ Α.Ε.).** Υπεύθυνο για την διαχείριση των αγορών ενέργειας και των ενεργειακών χρηματοπιστωτικών αγορών.
- **Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ).** Υπεύθυνο για την διαχείριση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και των εγκαταστάσεων Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Επιπλέον, έχει υπό την ευθύνη του και τις εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.
- **Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων (ΕΔΕΥ).** Υπεύθυνο για την έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων (H/C) από το Ελληνικό Δημόσιο.



- **Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ).** Υπεύθυνος για την επάρκεια -ασφάλεια – αξιοπιστία του εφοδιασμού της Ελλάδας με ηλεκτρική ενέργεια.
- **Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ ).** Υπεύθυνος για την ορθή λειτουργία του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

### 1.9. Αδειοδότηση έργων ΑΠΕ

Η αδειοδότηση, η χωροθέτηση και η υλοποίηση έργων ΑΠΕ ακολουθεί συγκεκριμένα στάδια του, τα οποία απεικονίζονται συνοπτικά στο ακόλουθο διάγραμμα.

Προαπαιτούμενο για την αδειοδοτική διαδικασία είναι να υφίστανται ήδη τόσο οι καταληκτικές ημερομηνίες αξιολόγησης αιτήσεων και προσφορών, όσο και ο χρόνος ισχύος αδειών και διαδικασιών καθώς και τα κριτήρια παράτασης χρόνους από αρμόδιους φορείς.



Διάγραμμα 5: Βασικά στάδια για αδειοδότηση έργων ΑΠΕ.

Για την διαδικασία αδειοδότησης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ εμπλέκονται συγκεκριμένοι φορείς οι οποίοι αναλόγως της αρμοδιότητάς τους διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες όπως αυτές φαίνονται σε παρακάτω πίνακα.

Φορείς έκδοσης αδειών ή σύναψης συμβάσεων	Φορείς έκδοσης βεβαιώσεων ή γνώμης
Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας	ΚΑΠΕ
Διαχειριστές (ΑΔΜΗΕ/ΔΕΔΔΗΕ)	Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας
ΥΠΕΝ	Δασικές Υπηρεσίες
Αποκεντρωμένες Διοικήσεις ή Αιρετές Περιφέρειες	Αρχαιολογικές Υπηρεσίες
ΔΑΠΕΕΠ (πρώην ΛΑΓΗΕ)	ΓΕΕΘΑ
Αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας	Περιφερειακά-Δημοτικά Συμβούλια
ΥΠΟΙΚ (για Στρατηγικές Επενδύσεις)	Φορείς προστατευόμενων περιοχών (κατά περίπτωση)

Πίνακας 1:Φορείς που εμπλέκονται στην αδειοδότηση έργων ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τον νόμο 4951/2022 (ΦΕΚ Α' 129/04-07-2022) εκσυγχρονίζονται και απλοποιούνται οι διαδικασίες αδειοδότησης των ΑΠΕ κατά την δεύτερη φάση ενώ παράλληλα θεσπίζεται η διαδικασία αδειοδότησης πλωτών φ/β σταθμών (θαλάσσιων).

## **Κεφάλαιο 2: Περιβάλλον και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

### **2.1. Κλιματική Αλλαγή**

#### **2.1.1. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου**

Τις τελευταίες δεκαετίες, η κλιματική αλλαγή έχει γίνει μια ολοένα και πιο απτή απειλή για την ανθρώπινη ύπαρξη. Στην πραγματικότητα, η θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης τροποποιείται σημαντικά από ένα φυσικό φαινόμενο, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό προκαλείται από την εισερχόμενη ηλιακή ενέργεια που δεν αντανακλάται πίσω στο διάστημα, αλλά απορροφάται από τα ατμοσφαιρικά αέρια και ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία να είναι υψηλότερη (Sivaramanan, 2015). Εάν οι ιδιότητες παγίδευσης δεν ήταν διαθέσιμες, η θερμοκρασία της γης θα ήταν χαμηλότερη περίπου 33°C (IPCC, 2001). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια ο όρος αυτός συνδέεται με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης και την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Από την αρχή της βιομηχανικής εποχής, σε συνδυασμό με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερα την καύση ορυκτών καυσίμων, παρατηρείται αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου που παγιδεύουν θερμότητα (Nasa, 2020). Η συγκέντρωση των περισσότερων αερίων του θερμοκηπίου έχει αυξηθεί σημαντικά, οδηγώντας σε μια καθαρή εισροή ενέργειας στην ατμόσφαιρα (Lindsey & Dahlman, 2020). Γενικά, η αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου συμβάλλει στη θέρμανση της γης και επηρεάζει την ενέργεια μεταξύ της ατμόσφαιρας και της επιφάνειάς της γης.

Ωστόσο, η «κλιματική αλλαγή» είναι ένας εκτεταμένος όρος που περιλαμβάνει την υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και το αποτέλεσμα είναι μια αλλαγή στα καιρικά πρότυπα (IPCC, 2013). Περιγράφει μια αλλαγή στις μέσες συνθήκες (θερμοκρασία και βροχόπτωση) σε μια περιοχή σε ένα μακροπρόθεσμο χρονοδιάγραμμα. Με άλλα λόγια, η κλιματική αλλαγή είναι μια αλλαγή στο μοτίβο του καιρού, που σχετίζεται με αλλαγές στους ωκεανούς, στην επιφάνεια της γης και στα στρώματα πάγου, που συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες δεκαετιών ή και περισσότερο.

Καθώς οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής που προκαλούνται από τον ανθρώπινο παράγοντα γίνονται ολοένα και πιο ορατές τις τελευταίες δεκαετίες, έχει θεωρηθεί ως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό το πρόβλημα δεν σταματά στα εθνικά σύνορα, επομένως οι χώρες έχουν αρχίσει να συνεργάζονται για την αντιμετώπιση αυτής της κρίσης σε διεθνές επίπεδο. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 μια μεγάλη και αυξανόμενη κοινότητα κρατών και οργανισμών οδηγούνται σε περιβαλλοντικές πολιτικές. Τέλος, τα εμπλεκόμενα μέρη της UNFCCC προσάρμοσαν το 1997 την πρώτη νομικά δεσμευτική συνθήκη για το κλίμα, το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο τέθηκε σε ισχύ το 2005.

Με την προοπτική νέων διαπραγματεύσεων για το κλίμα, οι κυβερνήσεις, οι ειδικοί, τα κράτη και οι ενδιαφερόμενοι πάσχιζαν να σχεδιάσουν μια αποτελεσματική, μακροπρόθεσμη, νομικά δεσμευτική συμφωνία για την περίοδο μετά το Κιότο. Άρχισαν να αξιολογούν μια σειρά επιλογών για την προώθηση της διεθνούς προσπάθειας για την κλιματική αλλαγή μετά το 2012. Τον Νοέμβριο του 2015 εγκρίθηκε μια νέα περιβαλλοντική συνθήκη, η οποία χαρακτηρίζεται ως «ουσιαστική εθνική δέσμευση για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για όλους». Η Συμφωνία του Παρισιού ήταν ταυτόχρονα «η μεγαλύτερη διπλωματική επιτυχία του κόσμου» (Daniel Bodansky, 2016) και «πολύ αδύναμη για να προσφέρει στον κόσμο μια αίσθηση ψεύτικης ελπίδας» (Tom Bawden, 2016).

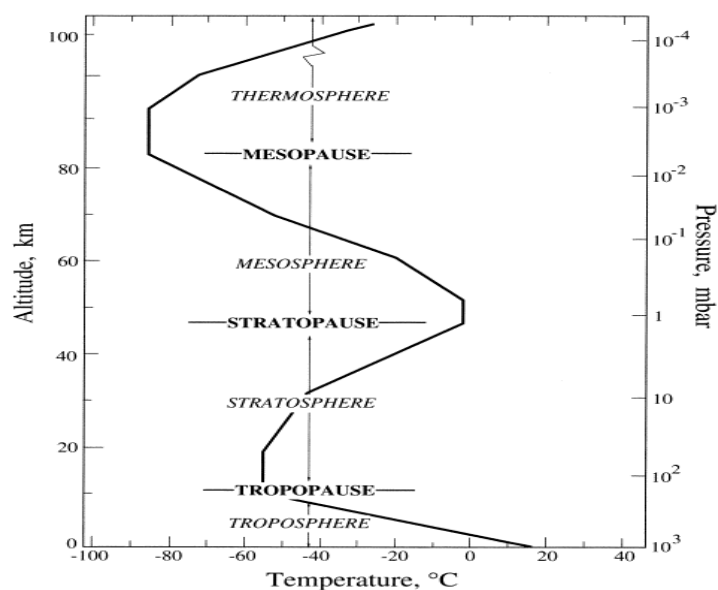
Όλες αυτές οι παγκόσμιες προσπάθειες παραπάνω προσπαθούσαν να εμπλέξουν όλα τα έθνη του πλανήτη στη σύνταξη παγκόσμιων συμφωνιών σχετικά με το κλίμα που θα ήταν νομικά δεσμευτικές. Αν και υπήρχε ισχυρή βούληση από ορισμένα μέρη, αυτή η προσπάθεια δεν ήταν συντονισμένη και καθολική, επομένως δεν ήταν εγγυημένη οποιαδήποτε επιτυχία σε αυτό το πλαίσιο.

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο αναφερόμενους δείκτες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά 2 βαθμούς από την προβιομηχανική εποχή (1800-1900) (NOAA, 2020). Η τάση θέρμανσης επιβεβαιώνεται επίσης από άλλες ανεξάρτητες παρατηρήσεις όπως η θέρμανση των ωκεανών, το λιώσιμο των πάγων (Sivaramanan, 2015), η άνοδος της στάθμης της θάλασσας (Lindsey, 2020) καθώς και όξυνση των ωκεανών. Η αύξηση της οξύτητας είναι αποτέλεσμα των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που απορροφάται από τον ωκεανό. Ο ωκεανός έχει απορροφήσει μεταξύ 20% και 30% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

τις τελευταίες δεκαετίες (7,2 έως 10,8 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους ετησίως) (Sabine et.al, 2004), (IPCC, 2019).

### 2.1.2. Σύσταση της Ατμόσφαιρας της Γης

Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται κυρίως από τα αέρια  $N_2$  (78%),  $O_2$  (21%) και Ar (1%). Το επόμενο πιο άφθονο συστατικό είναι το νερό, που βρίσκεται κυρίως στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και η συγκέντρωσή του είναι πολύ μεταβλητή (max 3%). Η ατμόσφαιρα χωρίζεται σε κατώτερες και ανώτερες περιοχές, που χαρακτηρίζονται από διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της πίεσης με το ύψος, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Seinfeld et.al, 2016).



Διάγραμμα 6: Στρώματα της ατμόσφαιρας σε συνάρτηση με την θερμοκρασία και την πίεση. Πηγή: Seinfeld et.al, 2016

Ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας στο διάστημα, αλλά οι ανθρώπινες δραστηριότητες αλλάζουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου της Γης. Σε παγκόσμια κλίμακα, τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου (GHG) που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι:

- **Διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ):** ένα μικρό αλλά πολύ σημαντικό συστατικό της ατμόσφαιρας. Απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω φυσικών διεργασιών, αλλά οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει τη συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα. Οι άμεσες ανθρώπινες εκπομπές προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, την αποψίλωση των δασών, την εκκαθάριση γης για τη γεωργία και την υποβάθμιση των εδαφών. Αυτή είναι η πιο μακροχρόνια επιβολή της κλιματικής αλλαγής.

- **Μεθάνιο ( $CH_4$ ):** αέριος υδρογονάνθρακας, λιγότερο άφθονος στην ατμόσφαιρα από το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά είναι πολύ πιο ενεργό. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στις εκπομπές μεθανίου είναι οι γεωργικές δραστηριότητες, η διαχείριση απορριμμάτων, η χρήση ενέργειας και η καύση βιομάζας.
- **Οξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ):** η κύρια πηγή εκπομπών  $N_2O$  είναι οι καλλιεργητικές δραστηριότητες όπως η εμπορική και η χρήση οργανικών λιπασμάτων. Η καύση ορυκτών καυσίμων, η παραγωγή νιτρικού οξέος και η καύση βιομάζας παράγουν επίσης  $N_2O$ .
- **Φθοριωμένα αέρια (F-gases):** οι βιομηχανικές διεργασίες, η ψύξη και η χρήση μιας ποικιλίας καταναλωτικών προϊόντων συμβάλλουν στις εκπομπές συνθετικών ενώσεων (υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF6)). Αυτά τα αέρια έχουν την ικανότητα να συμβάλλουν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

### 2.1.3. Πηγές Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου

Ένα ευρύ φάσμα τομέων και διεργασιών συμβάλλει στις παγκόσμιες εκπομπές. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ενιαία ή απλή λύση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αν και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης ισχυρίζονται συχνά ότι η κλιματική αλλαγή είναι αβέβαιη (Oreskes, 2004), ο πλανήτης μας χρειάζεται πολλές λύσεις για την απαλλαγή της οικονομίας από τον άνθρακα. Για να φτάσουμε σε καθαρές μηδενικές εκπομπές χρειαζόμαστε καινοτομίες σε πολλούς τομείς. Οι μεμονωμένες λύσεις δεν θα μας φτάσουν εκεί.

Οι εκπομπές GHG μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τις οικονομικές δραστηριότητες που οδηγούν στην παραγωγή τους (IPCC, 2014):

- **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας:** Η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν την κύρια πηγή έκλυσης αερίων θερμοκηπίου.
- **Γεωργία, δασοκομία και άλλες χρήσεις γης:** Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από αυτόν τον τομέα προέρχονται κυρίως από την καλλιέργεια, την κτηνοτροφία και την αποψίλωση των δασών.
- **Βιομηχανία:** Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις συμβάλλουν αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- **Μεταφορές:** Τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις οδικές, σιδηροδρομικές, αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές είναι οι κύριες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το 95% της παγκόσμιας ενέργειας μεταφορών χρησιμοποιεί υγρά ορυκτά καύσιμα κυρίως παράγωγα του πετρελαίου.
- **Κτίρια:** Η παραγωγή ενέργειας και η καύση καυσίμων για τη θερμότητα στα κτίρια ή το μαγείρεμα στα σπίτια είναι οι κύριες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για αυτόν τον τομέα. Οι εκπομπές από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια εξαιρούνται και καλύπτονται στον τομέα της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας.

#### **2.1.4. Μελλοντικές Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής**

Σύμφωνα με την τρίτη και την τέταρτη Εθνική Έκθεση Αξιολόγησης του Κλίματος, ορισμένες από τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι:

- Οι αλλαγές θα είναι ορατές στους επόμενους αιώνες
- Η υπερθέρμανση του πλανήτη θα συνεχίσει να αυξάνεται
- Η περίοδος χωρίς παγετό (και η περίοδος ανάπτυξης) θα επιμηκυνθεί
- Εκτεταμένες ξηρασίες και καύσωνες
- Πιο δυνατοί και πιο έντονοι τυφώνες
- Αύξηση της στάθμης της θάλασσας 1-8 πόδια έως το 2100
- Αρκτική χωρίς πάγο

#### **2.2. Στόχοι για Βιώσιμη Ανάπτυξη (ΣΒΑ)**

Με τον όρο βιώσιμη ανάπτυξη αναφερόμαστε στην προσπάθεια ικανοποίησης των κοινωνικών αναγκών (οικονομικές- περιβαλλοντικές), με κύριο γνώμονα την μακροπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη ευημερία. Ουσιαστικά πρόκειται για την εξασφάλιση οικονομικής ανάπτυξης που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον και κατ'επέκταση την ευημερία και βιωσιμότητα των μελλοντικών γενεών.

Οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης, 17 τον αριθμό, όπως αυτοί αποτυπώθηκαν κατά την 70<sup>η</sup> Γενική Συνέλευση των Η.Ε, το 2015, εκφράζουν την δέσμευση των ηγετών του κόσμου να στηριχθούν στους στόχους αυτούς για την επίτευξη της οικονομικής ανάπτυξης των χωρών τους εξασφαλίζοντας με αυτό το τρόπο ένα βιώσιμο μέλλον για τις γενεές του μέλλοντος.



Εικόνα 6: Οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης σε εποπτική μορφή.

### ΣΤΟΧΟΣ 13 – Δράση για το κλίμα

Από τους 17 στόχους για την βιώσιμη ανάπτυξη, ο στόχος 13 επικεντρώνεται στην κλιματική αλλαγή και τις δράσεις που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση της. Η κλιματική αλλαγή επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στο σύνολο των χωρών, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, άνοδος στη στάθμη της θάλασσας κ.ο.κ. Υπεύθυνο για την κλιματική αλλαγή θεωρείται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον. Τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα καταγράφουν ολοένα και υψηλότερες τιμές, με πρόβλεψη ότι στο τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης θα έχει αυξηθεί κατά τις 3 ή περισσότερους βαθμούς κελσίου (°C), σε περίπτωση που δεν ληφθούν άμεσα μέτρα.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ΑΠΕ αποτελεί μια λύση στην οποία όλο και περισσότερες χώρες στον πλανήτη καταφεύγουν.

Πιο συγκεκριμένα, ο Στόχος 13 επιδιώκει:

- Ενίσχυση της προσαρμοστικής ικανότητας και της ανθεκτικότητας όλων των χωρών κατά των κινδύνων και των φυσικών καταστροφών που απορρέουν από την κλιματική αλλαγή.
- Ενσωμάτωση των μέτρων για την κλιματική αλλαγή στις εθνικές πολιτικές, στρατηγικές και σχεδιασμούς.
- Εκπαίδευση, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών και δράσεις για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής
- Εφαρμογή της δέσμευσης των ηγετών για την πλήρη λειτουργία του Πράσινου Ταμείου για το Κλίμα.
- Υλοποίηση μηχανισμών σε μη ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες στο πλαίσιο λήψης μέτρων διαχείρισης κλιματικής αλλαγής.

### 2.3. Διεθνείς Συμφωνίες για το Περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε ήδη στις προηγούμενες ενότητες, η κλιματική αλλαγή είναι το καθοριστικό περιβαλλοντικό ζήτημα των τελευταίων δεκαετιών και τώρα περισσότερο από ποτέ βρισκόμαστε σε μια κρίσιμη στιγμή. Χαρακτηριστικά αυτής της αλλαγής αποτελούν η άνοδος της στάθμης της θάλασσας που αυξάνει τον κίνδυνο καταστροφικών πλημμυρών, η διάβρωση της βιοποικιλότητας που οδηγεί σε υποβάθμιση του οικοσυστήματος, οι μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες που απειλούν την παραγωγή τροφίμων καθώς και η αυξανόμενη αποψίλωση των δασών λόγω υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων (Kyoto Protocol to the UNFCCC, 1997).

Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της προσπάθειας για τη διάσωση του πλανήτη μας. Από τις 3 έως τις 14 Ιουνίου 1992, 172 κράτη συναντήθηκαν στο Ρίο ντε Τζανέιρο για να αναζητήσουν λύσεις σε ζητήματα όπως η φτώχεια, το αυξανόμενο χάσμα μεταξύ των βιομηχανοποιημένων και των αναπτυσσόμενων χωρών και τα αυξανόμενα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Το επίκεντρο αυτού του συνεδρίου ήταν να καταδείξει τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα και τη σχέση τους μεταξύ οικονομίας και επιστήμης σε ένα πιο πολιτικό πλαίσιο.

Το 1992, η διάσκεψη ολοκληρώθηκε με τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED), γνωστή και ως Σύνοδος Κορυφής για τη Γη του Ρίο ντε Τζανέιρο. Η Διάσκεψη του Ρίο ήταν μια από τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παγκόσμιων ηγετών (105 ηγέτες), οι οποίοι δεσμεύτηκαν για μελλοντική βιώσιμη ανάπτυξη σε όλο τον κόσμο. Έτσι, αυτή ήταν μια ιστορική στιγμή καθώς, για πρώτη φορά στην ιστορία, η διατήρηση του περιβάλλοντος και η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη είχαν όλα το ίδιο βάρος (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2020). Η UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change-Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή ) είναι βασικά, το πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής και ο απώτερος στόχος της είναι να αποτρέψει την επικίνδυνη ανθρώπινη παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου.

Η UNFCCC τέθηκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Οι 197 χώρες που έχουν επικυρώσει τη Σύμβαση ονομάζονται «συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης». Για πρώτη φορά όλα αυτά τα μέρη κατέληξαν σε συμφωνία σχετικά με την αποτροπή της επικίνδυνης



ανθρώπινης παρέμβασης στο κλιματικό σύστημα και για τη βελτίωση του διεθνούς συντονισμού για την αειφόρο ανάπτυξη.

Η UNFCCC δανείστηκε μια πολύ σημαντική γραμμή από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το 1987, μια από τις πιο επιτυχημένες πολυσχιδείς περιβαλλοντικές συνθήκες στην ιστορία. Δεσμεύει τα κράτη μέλη να σέβονται και να δίνουν προτεραιότητα στην ανθρώπινη ασφάλεια ακόμη και ενόψει της επιστημονικής αβεβαιότητας. Ταυτόχρονα, ανέπτυξε συνέργειες σε όλες εκείνες τις περιβαλλοντικές δραστηριότητες που ενέχουν ζητήματα αμοιβαίου ενδιαφέροντος και επίσης συνέβαλλε στην ενίσχυση της συνεργασίας (Lau L. C., Lee K. T., Mohamed A. R., 2012).

Μέχρι σήμερα η UNFCCC παραμένει ένα πρωταρχικό διεθνές φόρουμ για διαπραγματεύσεις μεταξύ προβλημάτων που σχετίζονται με το κλίμα. Ωστόσο, υπάρχουν ταυτόχρονα πολλοί άλλοι θεσμοί, οι οποίοι εμφανίστηκαν όλα αυτά τα χρόνια σε πολλαπλές κλίμακες: παγκόσμια, περιφερειακή, εθνική και τοπική, προωθώντας τη συνεργασία προκειμένου να αποφευχθεί η ταχεία επιτάχυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Almer C., Winkler R., 2017). Η UNFCCC συνεχίζει, αναμφισβήτητα, να αναπτύσσει θεσμούς και συστήματα για τη διακυβέρνηση της κλιματικής αλλαγής.

### **2.3.1. Το Πρωτόκολλο του Κιότο**

Στο πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο ακολουθεί την σύμβαση-πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή, καθορίζονται οι δεσμεύσεις των ανεπτυγμένων χωρών για την μείωση των αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο, οι συνολικές εκπομπές των ανεπτυγμένων χωρών πρέπει να είναι κατά 5% τουλάχιστον λιγότερες από αυτές του 1990.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο θέτει πιο δεσμευτικούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα «σε επίπεδο που θα αποτρέπει επικίνδυνες ανθρωπογενείς παρεμβολές στο κλιματικό σύστημα» (άρθρο 2). Έλαβε επίσης υπόψη τις εθνικές διαφορές στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τον πλούτο, τα οικονομικά προβλήματα, άλλα πολιτικά ζητήματα. Το Πρωτόκολλο του Κιότο αφορά κυρίως έξι αέρια θερμοκηπίου που αναφέρονται στο παράρτημα:

- Διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
- Μεθανίου (CH<sub>4</sub>)
- Πρωτοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O)

- Υδροφθορανθράκων (HFC)
- Υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC)
- Εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>)

Υπήρχαν δύο προϋποθέσεις στις οποίες επέμεινε ο ΟΗΕ για την επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Η πρώτη προϋπόθεση ήταν ότι τουλάχιστον 55 βιομηχανικές χώρες έπρεπε να υπογράψουν αυτή τη συμφωνία. Το δεύτερο ανέφερε ότι τα έθνη που υπέγραψαν τη συμφωνία έπρεπε να αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το 55% των παγκόσμιων εκπομπών, το 1990. (Mele A., Paglialonga E., Sforza G., 2020). Μόνο στην περίπτωση αυτή, το Πρωτόκολλο θα ίσχυε 90 ημέρες μετά την εκπλήρωση των παραπάνω όρων. Αυτός έχει αποδειχθεί ένας φιλόδοξος, δύσκολος στην υλοποίηση στόχος.

Η πρώτη προϋπόθεση ικανοποιήθηκε, στις 23 Μαΐου 2002, όταν η Ισλανδία υπέγραψε τη συμφωνία. Από την άλλη, η δεύτερη προϋπόθεση ικανοποιήθηκε μετά από δύο χρόνια, τον Νοέμβριο του 2004, όταν την επικύρωσε η Ρωσία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ το 2005. Κάθε κράτος που υπέγραψε τη συμφωνία είχε μεμονωμένους στόχους για τη μείωση των εκπομπών του. Το Πρωτόκολλο του Κιότο έθεσε έναν συνολικό στόχο για μείωση των εκπομπών GHG κατά 5,2% των εκπομπών GHG του 1990 μεταξύ των περιόδων από το 2008 έως το 2012 .

Επιπλέον, η συμφωνία είχε δύο περιόδους δέσμευσης με βάση τους αναμενόμενους στόχους της UNFCCC. Η πρώτη ξεκίνησε το 2008 και ολοκληρώθηκε το 2012. Η δεύτερη περίοδος δέσμευσης συμφωνήθηκε το 2012, γνωστή ως «Τροποποίηση της Ντόχα στο Πρωτόκολλο του Κιότο», στην οποία 37 χώρες έχουν δεσμευτικούς στόχους: η Αυστραλία, η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα 28 μέλη της κράτη, Λευκορωσία, Ισλανδία, Καζακστάν, Λιχτενστάιν, Νορβηγία, Ελβετία και Ουκρανία (Hovi J., Sprinz D., Bang G., 2010).

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, όλες οι χώρες είχαν μια γενική δέσμευση, η οποία αναλύεται σε τρία βήματα: αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, προσαρμογή στις επιπτώσεις της και αναφορά για τη δράση που αναλαμβάνουν για την εφαρμογή της Σύμβασης. Στη συνέχεια, η Σύμβαση χωρίζει τις χώρες σε δύο ομάδες: εκείνες που απαριθμούνται στο Παράρτημά της (γνωστά ως "Μέρη του Παραρτήματος Ι") και εκείνες που δεν περιλαμβάνονται στον κατάλογο (τα λεγόμενα "Μέρη που δεν ανήκουν στο Παράρτημα Ι").

Τα μέρη του Παραρτήματος Ι αποτελούνται από βιομηχανικές χώρες που έχουν ιστορικά συνεισφέρει τα μέγιστα στην κλιματική αλλαγή. Πρόκειται ουσιαστικά για μια λίστα χωρών με υψηλότερες κατά κεφαλήν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ταυτόχρονα, έχουν μεγαλύτερη οικονομική και θεσμική ικανότητα να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα. Οι πιο σημαντικές αρχές του Πρωτοκόλλου είναι η ισότητα και οι «κοινές αλλά διαφοροποιημένες ευθύνες» (άρθρο 2). Από την άποψη αυτή, τα μέρη του Παραρτήματος Ι δεσμεύονται να δημιουργήσουν και να υιοθετήσουν εθνικές πολιτικές και μέτρα προκειμένου να επιστρέψουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου τους στο 1990 εντός της επόμενης δεκαετίας (έως το 2000). Ωστόσο, αυτές οι ρυθμίσεις δεν ήταν νομικά δεσμευτικές.

Ζητήθηκε από όλα τα αναπτυσσόμενα κράτη, 37 βιομηχανικά έθνη συν την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, να συμμορφωθούν εθελοντικά. Περισσότερες από 100 αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Κίνα, η Ινδία, η Βραζιλία και η Νότια Αφρική, παρόλο που δεν θα αντιμετώπιζαν κανένα περιορισμό στις εκπομπές τους, παροτρύνθηκαν ωστόσο να υιοθετήσουν πολιτικές για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης (Mele A., Paglialunga E., Sforza Γ., 2020).

Η Σύμβαση επιτρέπει ταυτόχρονα σε ορισμένες χώρες "ορισμένο βαθμό ευελιξίας" στην εφαρμογή των δεσμεύσεών τους, σε σχέση με τη θεμελιώδη αρχή της. Τα υπογράφοντα μέρη (Μέρη του Παραρτήματος Ι) συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές της χώρας τους στο 5% κάτω από τα επίπεδα του 1990 μεταξύ της πρώτης περιόδου. Αυτός ο ευέλικτος μηχανισμός στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο συνέβαλε γενικά στη βελτίωση των οικονομικών τους επιδόσεων, ωστόσο, η περιβαλλοντική του αποτελεσματικότητα είναι λιγότερο σαφής. Έτσι, οι ανεπτυγμένες χώρες και οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν διαφορετικούς ρόλους στο πλαίσιο της UNFCCC και του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Το κύριο μειονέκτημα του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι ότι πλέον αφορά μόνο ένα μικρό μέρος των παγκόσμιων εκπομπών καθώς πολλές μεγάλες χώρες είτε αποχώρησαν είτε δεν το υπέγραψαν ποτέ.

Το Πρωτόκολλο υπεγράφη από την χώρα μας τον Απρίλιο του 1998, και κυρώθηκε από όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης τον Μάιο του 2002. Η Ελλάδα το κύρωσε με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117). Ωστόσο, τον Απρίλιο του 2008, η Ελλάδα αποκλείστηκε προσωρινά από τους Μηχανισμούς του Κιότο, καθώς κρίθηκε ανεπαρκής στη δημιουργία αξιόπιστων μηχανισμών για τη μέτρηση και παρακολούθηση των εκπομπών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του

θερμοκηπίου. Τον Νοέμβριο του 2008 η Επιτροπή Συμμόρφωσης της Γραμματείας του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή έκρινε ομόφωνα ότι η Ελλάδα είναι σε θέση να κάνει αξιόπιστες μετρήσεις και ότι μπορεί να συμμετέχει εκ νέου στους μηχανισμούς του ΟΗΕ.

### **2.3.2 Η Συμφωνία των Παρισίων**

Η Συμφωνία των Παρισίων, την οποία έχουν υπογράψει 196 χώρες και έχει λάβει κύρωση από την ΕΕ, τον Οκτώβριο του 2016, είναι η πρώτη συμφωνία νομικού πλαισίου για το κλίμα. Η συμφωνία των Παρισίων αποτελεί ένα παγκόσμιο σχέδιο για την άμβλυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη και κατ' επέκταση των συνεπειών του θερμοκηπίου, και απορρέει από την σύμβαση-πλαίσιο των ΗΕ (UNFCCC).

Ο κύριος στόχος της Συμφωνίας του Παρισιού ήταν η βελτίωση και η αντικατάσταση του Πρωτοκόλλου του Κιότο, στο οποίο δεν συμμετείχαν οι ΗΠΑ και η Κίνα. Θεωρείται μια συμφωνία ορόσημο, που αποτελείται από 29 άρθρα και 16 προκαταρκτικές, συμπεριλαμβανομένων τομέων όπως η απώλεια και η ζημιά, η χρηματοδότηση, η τεχνολογία, η ανάπτυξη και η μεταφορά, η ανάπτυξη ικανοτήτων, η διαφάνεια δράσης και υποστήριξης καθώς και η παγκόσμια απογραφή (Lixin Wu, 2016).

Στοχεύει στην μακροπρόθεσμη σταθεροποίηση της ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε επίπεδα κάτω των 2 βαθμών Κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (και ταυτόχρονα συνεχίζονται οι προσπάθειες για περαιτέρω περιορισμό της αύξησης στους 1,5°C).

Στόχο αποτελεί τη βελτίωση της προσαρμοστικότητας των μερών όσον αφορά τις αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής καθώς και η στόχευση των οικονομικών κεφαλαίων προς πράσινες λύσεις και ανάπτυξη. Κάθε χώρα που υπέγραψε την συμφωνία δεσμεύεται στο καθορισμό και την τακτική αναφορά σχεδίου που λαμβάνει για το σκοπό αυτό. Ως επακόλουθο αυτών των μέτρων, η ΕΕ θα είναι η πρώτη κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050, ενώ το ευρωπαϊκό συμβούλιο δεσμεύτηκε για την μείωση κατά 55% των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030, σε σύγκριση με της δεκαετίας του ενενήντα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Συμφωνία του Παρισιού είναι πρωτοπόρος στον τρόπο εστίασης, στη διευκόλυνση και την προώθηση της συμμόρφωσης και όχι στην επιβολή της. Βασίζεται στην μοναδική ταυτότητα κάθε μέρους και δίνει έμφαση στην διαφάνεια και δεν έχει τιμωρητικό χαρακτήρα. Αυτή η νέα προσέγγιση έχει τη

δυνατότητα να επιτύχει καλύτερα αποτελέσματα από το παρελθόν σε ένα συνεχώς αυξανόμενο περίπλοκο και ευαίσθητο ζήτημα, όπως η κλιματική αλλαγή, όπου η παγκόσμια συνεργασία είναι το κλειδί και όχι οι τιμωρητικές προσεγγίσεις (Ibrahim Warne, 2019).

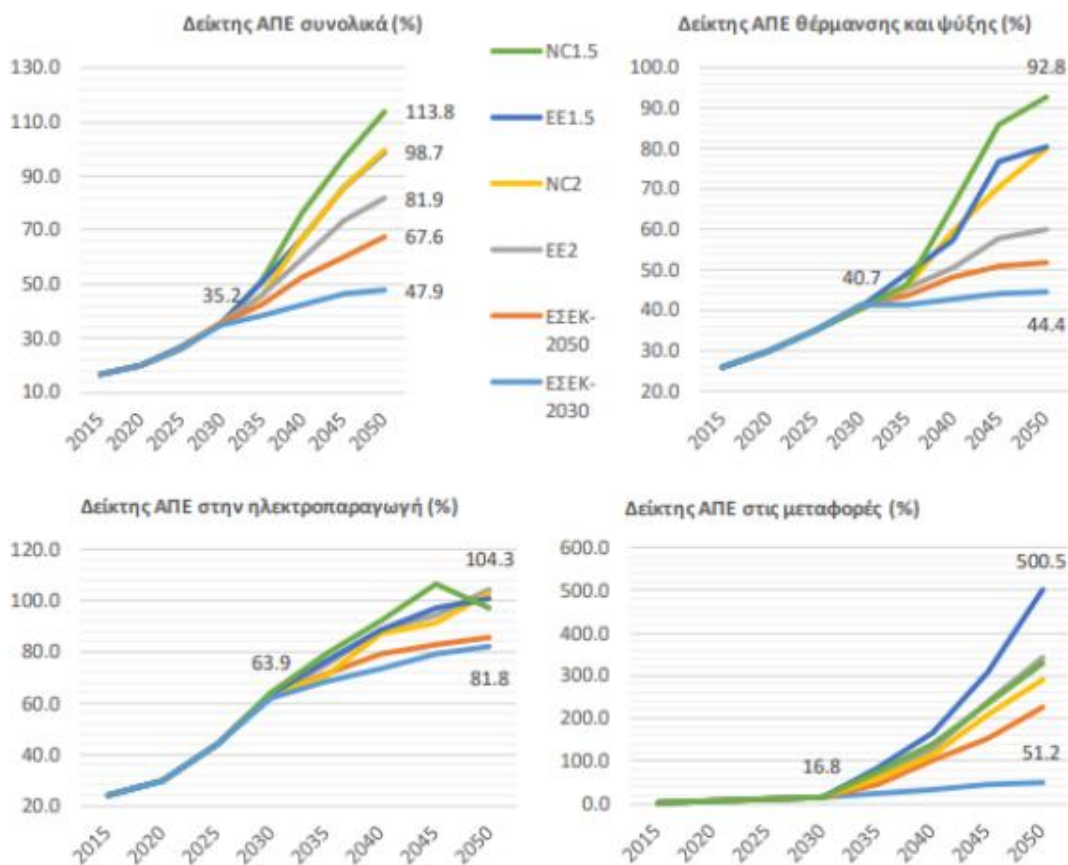
Η Ελλάδα κύρωσε την Συμφωνία των Παρισίων στη Βουλή με τον Ν. 4426/2016. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παραπάνω συμφωνία καθώς θέτει την παγκόσμια οικονομία σε μια τροχιά απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω του ρητού περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

### **2.3.3. Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050**

Η Μακροχρόνια Στρατηγική αποτελεί το σχέδιο δράσεων και ενεργειών, με ορίζοντα το έτος 2050, της ελληνικής κυβέρνησης σε θέματα κλιματικής αλλαγής, με το οποίο η χώρα συμμετέχει με τη σειρά της στον ευρωπαϊκό στόχο που έχει τεθεί με την Συμφωνία των Παρισίων για την βιώσιμη ανάπτυξη. Η μακροχρόνια στρατηγική υποβλήθηκε μετά την ψήφιση της στην ευρωπαϊκή επιτροπή το πρώτο εξάμηνο του 2020.

Ουσιαστικός σκοπός του προγράμματος είναι η κάλυψη των ενεργειακών και αναπτυξιακών αναγκών της χώρας, μέσω πρωτοπόρων τεχνολογικών λύσεων και εκσυγχρονισμό της οικονομίας υπό το πρίσμα μακροχρόνιας στρατηγικής ώστε να επιτευχθεί ο στόχος για τον περιορισμό των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου.

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται οι δείκτες ΑΠΕ στα σενάρια μακροχρόνια στρατηγικής για το 2050. Η μέγιστη αύξηση παρατηρείται στον τομέα των μεταφορών με τον δείκτη ΑΠΕ να έχει εκθετική αύξηση η οποία οφείλεται στην αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων, προηγμένης γενιάς παραγόμενα κυρίως από κυτταρινούχο τύπο βιομάζας. Επιπλέον, η όλο και αυξανόμενη ενσωμάτωση αντλιών θερμότητας στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης έχει αποτελέσει τη σημαντική αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στα εν λόγω συστήματα.



Διάγραμμα 7: Δείκτες των ΑΠΕ στα σενάρια Μ.Σ.για το 2050.

## 2.4.Ευρωπαϊκό Πλαίσιο για ΑΠΕ

Η ευρωπαϊκή κοινότητα τις τελευταίες δεκαετίες έχει στρέψει τα φώτα της στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των Α.Π.Ε. καθώς οι συγκεκριμένες μορφές ενέργειας σε μεγάλο ποσοστό είναι φιλικές προς το περιβάλλον, προωθούν την προστασία του περιβάλλοντος και την βιώσιμη ανάπτυξη σε αντίθεση με τα συμβατικά καύσιμα που εντείνουν το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, παρέχουν την δυνατότητα στις χώρες, οι οποίες εξαρτώνται ενεργειακά από άλλες ανεπτυγμένες χώρες, να αποκτήσουν ενεργειακή αυτονομία μέσω της καθιέρωσης ενός ρυθμιστικού πλαισίου γι' αυτές και κρατικών ενισχύσεων.

Η Ε.Ε σεβόμενη το διεθνές δίκαιο ακολουθεί τις προσπάθειες που γίνονται από τις αρχές της δεκαετίας του '90 σε παγκόσμιο επίπεδο, για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Έτσι, με στόχο την προστασία και την βιώσιμη ανάπτυξη του περιβάλλοντος και την αύξηση του μεριδίου των Α.Π.Ε, οι χώρες της

Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν κοινή πολιτική μέσα από Συνθήκες, την Πράσινη και Λευκή βίβλο αλλά και το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο.

Για την καθιέρωση των Α.Π.Ε η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προβεί σε μια σειρά από νομοθετικές πρωτοβουλίες, με πρώτο το πράσινο βιβλίο τον Νοέμβριο του 1996, για τις Α.Π.Ε. με στόχο την έναρξη συζητήσεων για επείγοντα και επίκαιρα νομικά ζητήματα που αφορούσαν αυτές. Ωστόσο, η πρώτη ουσιαστική δράση έγινε με την Λευκή βίβλο (COM(97)599) μέσω της οποίας η Ε.Ε. έθεσε στρατηγική με βασική της προτεραιότητα τον διπλασιασμό των Α.Π.Ε στην ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση ενέργειας εντός αυτής έχοντας ως ενδεικτικό στόχο το 12% μέχρι το 2010 (COM (2001)).

Η Λευκή Βίβλος αναγνώριζε ότι μέχρι εκείνη την χρονική στιγμή, η Ευρώπη δεν είχε δώσει την απαιτούμενη προσοχή για την πραγματική προώθηση των Α.Π.Ε εντός της επικράτειας της ενώ παράλληλα θεωρήθηκε ως περισσότερο εξειδικευμένη σε σχέση με την Πράσινη βίβλο αποδεικνύοντας την αλλαγή σκέψης και αντιμετώπισης του ζητήματος της ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η Λευκή Βίβλος θεμελίωσε ένα ενισχυμένο νομοθετικό πλαίσιο για το δίκαιο της ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, η Λευκή Βίβλος αποσκοπεί στην παροχή ισότιμων ευκαιριών στην αγορά χωρίς να υφίστανται επιπλέον επιβαρύνσεις το δημοσιονομικό κομμάτι των χωρών (Ζέρβος,2006).

#### **2.4.1. Οδηγία 2018/2001/Ε.Ε**

Η τελευταία (έως τώρα) δέσμη μέτρων στο πλαίσιο «Καθαρής ενέργειας για όλους τους Ευρωπαίους» για την προώθηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των Α.Π.Ε. είναι η οδηγία 2018/2001/Ε.Ε, η οποία αντικατέστησε την Ε. Οδηγία 2009/28/Ε.Κ. τον Δεκέμβριο του 2018. Στην οδηγία αυτή τονίζεται η σημασία της επίτευξης των δεσμεύσεων όπως αυτές προκύπτουν από την Συμφωνία των Παρισίων. Η τελευταία αναδιατύπωση της Οδηγίας 2018/2001/Ε.Ε αυτής έγινε στις 18/5/2022, και αφορά στην συμμετοχή των ΑΠΕ σε συστήματα ψύξης και τηλεψύξης.

#### **2.6. Συμπεράσματα**

Η διεθνής συνεργασία για την κλιματική αλλαγή έχει γίνει «το ζήτημα της εποχής μας» τις τελευταίες δεκαετίες. Το Πρωτόκολλο του Κιότο ήταν το πρώτο δεσμευτικό βήμα προς την εφαρμογή των αρχών και των στόχων της UNFCCC προκειμένου να αποτραπούν οι επικίνδυνες ανθρώπινες παρεμβολές στο κλιματικό σύστημα. Ωστόσο, είχε περιορισμένες επιπτώσεις στις παγκόσμιες εκπομπές, κυρίως επειδή ορισμένες



χώρες δεν επικύρωσαν το Πρωτόκολλο και ένα σημαντικό ποσοστό των μερών δεν τήρησαν τις δεσμεύσεις τους.

Ταυτόχρονα, μεγάλος αριθμός των δεσμεύσεών της ίσχυε μόνο για ένα μικρό μέρος της παγκόσμιας οικονομίας. Ως εκ τούτου, από την άποψη του μετριασμού της υπερθέρμανσης του πλανήτη, το Πρωτόκολλο του Κιότο δεν θα μπορούσε να μειώσει τις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, παρόλο που είχε καθιερωθεί μια ανταλλαγή εμπορίου άνθρακα. Από την σκοπιά της παγκόσμιας προσπάθειας, δεν είναι μια πλήρης αποτυχία, καθώς οι ενέργειες που αναλαμβάνονται από τις χώρες του Παραρτήματος Β μπορούν να θεωρηθούν ένα καλό «πρώτο βήμα». Ωστόσο, πόσα «πρώτα βήματα» και πόσες οικολογικές καταστροφές απαιτούνται προτού κάθε χώρα στη γη πραγματικά δεσμευτεί πλήρως για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής;

Μια πιο σαφή και αποτελεσματική απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα έδωσε η επικύρωση της Συμφωνίας του Παρισιού, η οποία ήταν ένα έγγραφο συναίνεσης στο οποίο κατέληξαν σχεδόν 200 χώρες στη μακροπρόθεσμη προσπάθεια μείωσης της κλιματικής αλλαγής. Είναι πολύ σημαντικό να καταλάβουμε ότι η γη είναι το μόνο σπίτι και η Συμφωνία του Παρισιού θα μπορούσε πολύ εύκολα να είναι η τελευταία ευκαιρία να διατηρηθεί αυτό το σπίτι βιώσιμο. Έχοντας υπόψη τις προηγούμενες πολιτικές και διπλωματικές δυσκολίες για την επίτευξη μιας ισχυρής συνθήκης για το κλίμα, χρησιμοποιήθηκε διαφορετική προσέγγιση στην συμφωνία αυτή. Αντί να επιδιώκονται ισχυρές, δεσμευτικές διαπραγματεύσεις για τη συνθήκη που επικεντρώνονται στη συναίνεση.

Οι τρεις βασικοί παράγοντες επιτυχίας είναι οι **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, οι τεχνολογίες αρνητικών εκπομπών και η στενή συνεργασία με τον βιομηχανικό και εμπορικό τομέα. Η επιστημονική κοινότητα θα πρέπει να καταβάλει τεράστια διεπιστημονική προσπάθεια σε καινοτόμους μηχανισμούς αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών τόσο σε παγκόσμια όσο και σε περιφερειακή κλίμακα. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνουν ολοκληρωμένα δίκτυα, αξιόπιστα μοντέλα συστημάτων καθώς και ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών προσεγγίσεων πρόβλεψης – αξιολόγησης.



## **Κεφάλαιο 3 : Ηλιακή Ενέργεια - Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

### **3.1. Καταγραφή δεδομένων ημερήσιας ενεργειακής απολαβής από τον ήλιο**

Ο ήλιος, ως κύρια γενεσιουργός πηγή, παρέχει στην επιφάνεια της γης ενέργεια η οποία μετριέται ανά τετραγωνικό μέτρο. Το ποσοστό αυτής της ενέργειας που λαμβάνει η γη διαφέρει στα διάφορα σημεία της, και αυτό οφείλεται στις διαφορές του γεωγραφικού πλάτους κάθε τόπου, τις συγκεντρώσεις αερίων και αιωρημάτων που επικρατούν στην ατμόσφαιρα καθώς και την ημέρα του χρόνου κατά την οποία γίνεται η καταγραφή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλιοφάνειας για να θεωρηθούν αξιόπιστα θα πρέπει να πληρούν τα ακόλουθα κριτήρια:

- Να υπάρχει μεγάλος αριθμός καταγεγραμμένων δεδομένων που να καλύπτουν τουλάχιστον περίοδο δέκα και παραπάνω έτη
- Τα δεδομένα να αντλούνται σε διεθνή κλίμακα
- Οι μετρήσεις να γίνονται με αισθητήρες, με συγκεκριμένη θέση της συλλεκτικής τους επιφάνειας (οριζόντια)
- Σημαντικός παράγοντας είναι και η μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας

Η αξιοποίηση αυτών των μετεωρολογικών στοιχείων γίνεται για ενεργειακές μελέτες κτιριακών κατασκευών, μελέτες εγκατάστασης ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού, ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και φωτοβολταϊκά συστήματα.

### **3.2. Εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας**

Όπως αναφέρθηκε εκτενώς και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ενέργεια του ήλιου μπορεί να εκμεταλλευτεί με διάφορους τρόπους, οι οποίοι χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

**Παθητικά ηλιακά συστήματα:** Συστήματα μετατροπής ηλιακής ενέργειας σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών

**Ενεργά ηλιακά συστήματα:** Μετατρέπουν την ενέργεια σε άλλη μορφή με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα Φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια ή χρησιμοποιούν ένα θερμικό ρευστό σε κίνηση όπου χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα θερμοσιφωνικά συστήματα.

#### **3.2.1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Ο τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας και απευθείας μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια αποτέλεσε ανακάλυψη-ανάπτυξη μέσα στο δεύτερο ήμισυ του 20<sup>ου</sup>

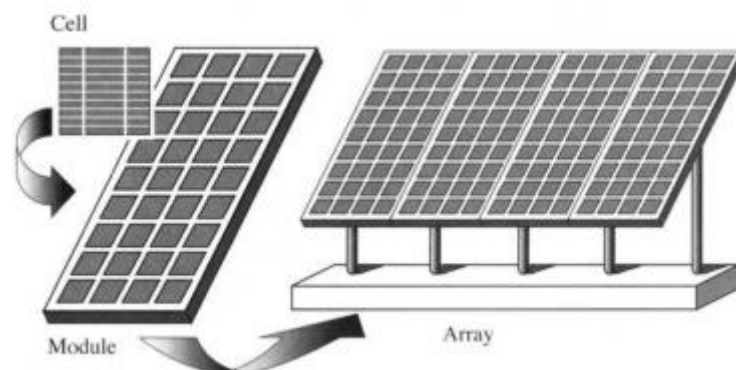
αιώνα, με τη χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (photovoltaic cells). Το 1839 παρουσιάστηκαν τα πρώτα πειραματικά αποτελέσματα από το Φυσικό Edmund Becquerel, του φωτοβολταϊκού φαινομένου (ΦΒ) με την χρήση ηλεκτρολυτικών υγρών. Ύστερα από 100 χρόνια πειραματικών δοκιμών, ένας εύλογος χρόνος ωρίμανσης, αναδείχθηκε η σημασία του ρόλου του φαινομένου αυτού και η αξιοποίηση του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπου παρασκευάστηκε η πρώτη φωτοβολταϊκή κυψελίδα κρυσταλλικού Πυριτίου (Si), απόδοσης 4,5%, η οποία τους επόμενους μήνες αυξήθηκε στο 6% (Φραγκιαδίτης I.E., 2014).

Σήμερα, η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων έχοντας πετύχει υψηλά επίπεδα ωριμότητας, αγγίζει την τάξη του 20%.

### 3.3. Το φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Όπως αναφέρθηκε, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν απ' ευθείας την ενέργεια του ηλίου σε ηλεκτρική ενέργεια με την χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων, που ονομάζονται συχνά Φ/Β κύτταρα ή ηλιακά κύτταρα. Ένα τέτοιο κύτταρο δε λειτουργεί με δυνάμεις και κινούμενα μέρη δηλαδή δεν αποτελεί μια μηχανική συσκευή και κατασκευάζεται συνήθως από κράματα πυριτίου.

Το φως του ηλίου αποτελείται από φωτόνια (σωματίδια ηλιακής ενέργειας), τα οποία περιέχουν συγκεκριμένα ποσά ενέργειας που σχετίζονται με το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός. Όταν φωτόνια προσπίπτουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο μπορεί είτε να ανακλαστούν είτε να το διαπεράσουν ή και να απορροφηθούν από αυτό. Τα φωτόνια που απορροφούνται από τα κύτταρα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, με ένα μηχανισμό που ονομάζεται **φωτοβολταϊκό φαινόμενο**. Η απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων των ημιαγωγών και η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος.



Σχήμα 4: Βασική σύνθεση μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

### 3.4. Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων

Το κυρίαρχο υλικό που έχει επικρατήσει για την κατασκευή φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι το πυρίτιο (Si). Οι βασικότεροι τύποι είναι δύο και είναι οι ακόλουθοι:

- **Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si)**

Αποτελείται από μεγάλους κρυστάλλους, χρώματος μπλε σκούρου με μεγάλο πάχος υλικού (0,3mm). Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης (> 19,6%)
- Καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο ανά μονάδα ενέργειας
- Μεγάλη διάρκεια ζωής, λόγω υψηλής καθαρότητας του μονοκρυσταλλικού πυριτίου



Εικόνα 7: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si), σκούρου μπλε χρώματος

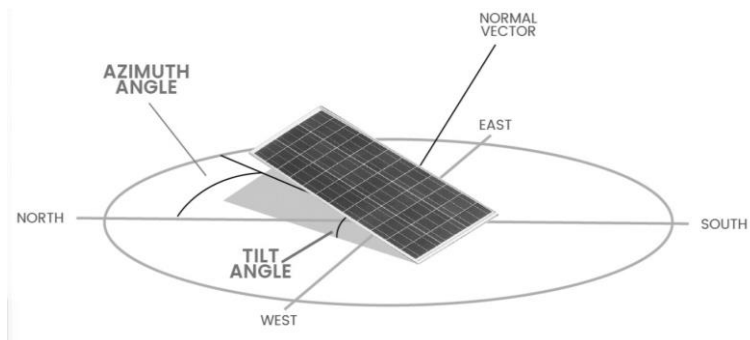
- **Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (m-Si)**

Πρόκειται για στοιχεία γαλάζιου χρώματος στην επιφάνεια των οποίων διακρίνονται μονοκρυσταλλικές περιοχές. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτού του τύπου υστερούν σε απόδοση ( 12.5 έως 15.5%) και σε κάλυψη χώρου ανά μονάδα ενέργειας έναντι των μονοκρυσταλλικών. Πλεονέκτημά τους αποτελεί το χαμηλότερο κόστος κατασκευής.

### 3.5. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν τρεις διαφορετικούς τρόπους στήριξης, η επιλογή τους εξαρτάται κάθε φορά από την θέση εγκατάστασης τους, της συνθήκες της περιοχής και το κόστος τους. Έτσι, λοιπόν χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Σταθερής στήριξης
- Εποχιακά ρυθμιζόμενης στήριξης
- Συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του Ήλιου (ηλιοτρόπιο-Tracker)



Εικόνα 8: Προσανατολισμός φωτοβολταϊκού πλαισίου.

### 3.6. Προδιαγραφές και πιστοποιητικά φωτοβολταϊκών πλαισίων

Απαραίτητη προϋπόθεση για την κυκλοφορία, πώληση και διακίνηση τους στην ευρωπαϊκή αγορά είναι αρχικά η δήλωση συμμόρφωσης (CE), τοποθετείται σε προϊόντα για να δηλώσει συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποτελεί το πιστοποιητικό αυθεντικοποίησης. Σημαίνει ότι το προϊόν παράγεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις ασφάλειας, υγείας και περιβάλλοντος της ΕΕ.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την κυκλοφορία και χρήση τους πρέπει να συνοδεύονται με πιστοποιητικά τα οποία πιστοποιούν ότι πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Πιο συγκεκριμένα:

- κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά: CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες
- thin-film: IEC 61646 ή ισοδύναμες
- Αντιστροφείς: DIN EN 60529

## QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

IEC 61215 Edition 2, IEC 61730 Class A, CE, ISO 9001



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic inspection



Εικόνα 9: Απεικόνιση προδιαγραφών φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα συγκεκριμένα πιστοποιητικά αποτελούν εγγύηση της καλής λειτουργίας του πλαισίου, η οποία προκύπτει από σειρές ελέγχων, δοκιμών, διακριβώσεων και μέσα από αυτά διαμορφώνεται και η κλάση ασφαλείας τους. Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται σε διαπιστευμένα εργαστήρια όπου γίνονται πειράματα για την αντοχή των πλαισίων σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, σε περιπτώσεις έντονης χαλαζόπτωσης, σε υψηλές πιέσεις, ελκυσμούς και ταλαντώσεις.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια του πειράματος αντοχής σε χαλαζόπτωση γίνεται βομβαρδισμός του πλαισίου με πάγο, μικρά κομμάτια διαμέτρου 2,5cm, ταχύτητας 23 m/s υπό 11 διαφορετικές γωνίες πρόσκρουσης. Σε περίπτωση που το πλαίσιο δεν περάσει τα τεστ, το προϊόν αυτό δεν παίρνει πιστοποίηση και δεν διατίθεται στην αγορά για εμπορική χρήση.

### 3.7. Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

#### 3.7.1. Φωτοβολταϊκά σε κτίρια

Ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα τμήματα της φωτοβολταϊκής βιομηχανίας αποτελεί η τοποθέτηση φωτοβολταϊκής εγκατάσταση έως 1 MW σε κτίρια χωρίς περίπλοκες διαδικασίες. Στα νέα οικιακά και βιομηχανικά κτίρια ενσωματώνονται φωτοβολταϊκά συστήματα είτε στην οροφή είτε στους τοίχους του κτιρίου ακόμη και κεραμίδια με ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Σε περιπτώσεις που τα κτίρια βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές σε μεγάλη απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο, η χρήση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η προτεινόμενη λύση. Τα συστήματα στέγης αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος.

Σύμφωνα με το νομοσχέδιο για τον Κλιματικό Νόμο (Ν.4936/2022, ΦΕΚ 105Α/27.5.2022. Εθνικός Κλιματικός Νόμος), οι ιδιοκτήτες που κατασκευάζουν νέα κτήρια, μεγαλύτερα των 500τ.μ., είναι υποχρεωμένοι να εγκαταστήσουν

φωτοβολταϊκά συστήματα. Αναλυτικότερα, οι αιτούντες για άδειες νέων κτηρίων ή προσθηκών σε υπάρχοντα κτίρια, υποχρεούνται να εγκαταστήσουν συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή θερμικά ηλιακά συστήματα για να καλύπτουν το 30% των αναγκών τους. Το νομοσχέδιο αυτό θα είναι σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2023 και εξαιρούνται οι ναοί και τα ξενοδοχεία.



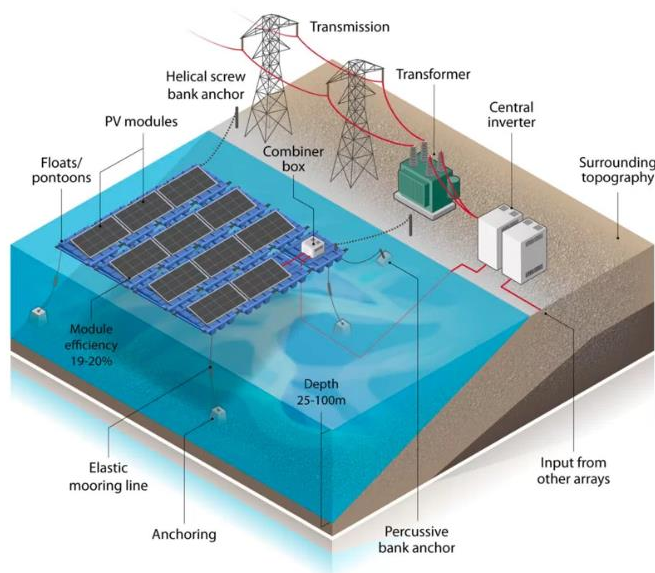
Εικόνα 10: Φωτοβολταϊκό σύστημα- ενσωματωμένο σε κτίριο

### 3.7.2. Πλωτό φωτοβολταϊκό πάρκο

Πρόκειται για τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκό σύστημα, όπου το πρώτο πλωτό φωτοβολταϊκό πάρκο εγκαταστάθηκε και τέθηκε σε λειτουργία τον Ιούλιο του 2022, στην Ολλανδία, και πιο συγκεκριμένα πάνω στην λίμνη του Geertruidenberg. Το έργο αυτό αποτελείται κατά προσέγγιση από 13,400 πάνελ και εγκατεστημένης ισχύος 6.1 MW (Reve, 2022).

Η ανάπτυξη και κατασκευή πλωτών φωτοβολταϊκών συστημάτων παρουσιάζει διαφορετικές προκλήσεις λόγω των υδροδυναμικών φορτίων στη δομή, του κινδύνου διάβρωσης και των πρόσθετων εξαρτημάτων που πρέπει να σχεδιαστούν, να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν, όπως οι πλωτήρες, οι άγκυρες και οι γραμμές πρόσδεσης. Ο σχεδιασμός της πλωτής ηλιακής ενέργειας δεν είναι τυπικός και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θέση, το μέγεθος, τον τύπο του υδάτινου σώματος, τον τύπο της δομής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι πλωτοί σταθμοί ηλιακής ενέργειας έχουν τεράστιες δυνατότητες. Ενώ η διαθέσιμη γη έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό για την εγκατάσταση επίγειων ηλιακών σταθμών, η επιφάνεια του νερού παραμένει κυρίως ανέγγιχτη. Ο συνδυασμός των εμπορικών δραστηριοτήτων σε θάλασσες, λίμνες, υδροηλεκτρικά φράγματα και κανάλια, με την παραγωγή ενέργειας

από ανανεώσιμες πηγές καθιστά εξαιρετικά ελκυστική την επιχειρηματική σκοπιμότητα της πλωτής ηλιακής ενέργειας.



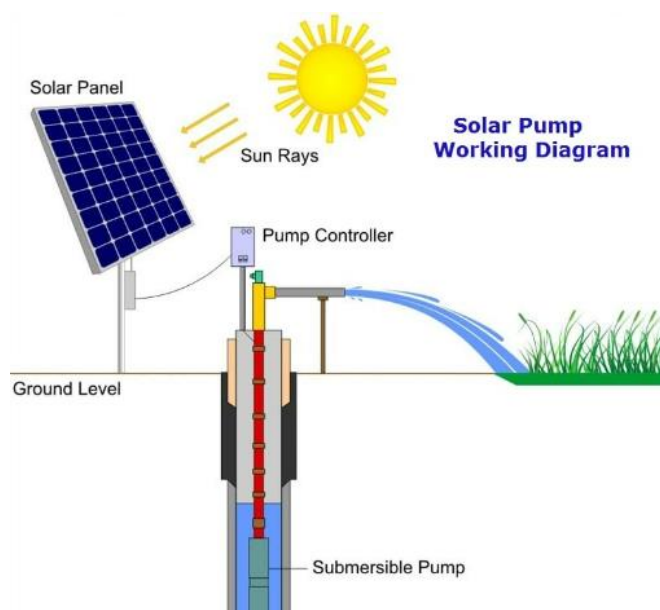
Εικόνα 11: Σχηματική απεικόνιση πλωτού φωτοβολταϊκού πάρκου

### 3.7.3. Αντληση νερού με φωτοβολταϊκή ηλιακή αντλία

Μια ηλιακή αντλία νερού είναι ένα καινοτόμο σύστημα ανύψωσης νερού τεχνολογίας που τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια. Είναι επίσης γνωστό ως ηλιακό σύστημα άντλησης το οποίο αποτελείται συνήθως από ένα ηλιακό πάνελ, έναν ηλιακό μετατροπέα, έναν ελεγκτή και μερικές φορές μια ηλιακή μπαταρία. Αυτές οι αντλίες είναι πιο οικονομικές, καθώς δεν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια δικτύου και μειώνουν επίσης το αποτύπωμα άνθρακα.

Η ηλιακή αντλία είναι μια τεχνική για την παροχή νερού σε απομονωμένες περιοχές και χρησιμοποιούνται για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων, κηπευτικών αλλά και για την παροχή νερού ζώα. Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για σιντριβάνια, αντλίες πισίνας αλλά και αντλίες κυκλοφορίας νερού. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιώντας ηλιακό σύστημα άντλησης εκτιμάται ότι μπορεί να αποδώσει τουλάχιστον 15.000 λίτρα/μέρα για 200 Wp και 170.000 λίτρα/μέρα για panel 2.250 Wp σε καθαρή, ηλιόλουστη ημέρα. Η λειτουργία της ηλιακής αντλίας ξεκινά με το ηλιακό πάνελ. Οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από μια δέσμη μικρών ηλιακών κυψελών πυριτίου που απορροφούν το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε συνεχές ρεύμα (DC), το οποίο τροφοδοτεί την αντλία. Η ηλιακή αντλία συνδέεται απευθείας με

το ηλιακό πάνελ μέσω ενός ελεγκτή ηλιακής αντλίας. Έτσι, κάθε φορά που το φως του ήλιου χτυπά το ηλιακό πάνελ και ενεργοποιείται η αντλία, αρχίζει η άντληση του νερού, όπως φαίνεται ακολούθως:



Εικόνα 12: Άντληση νερού με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος Πηγή: kenbrooksolar.com

#### 3.7.4. Ηλιακό κλιματιστικό

Το ηλιακό κλιματιστικό είναι ένας τύπος κλιματισμού που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια για την ψύξη του αέρα. Είναι μια σύγχρονη λύση για τους καλοκαιρινούς μήνες μειώνοντας παράλληλα τόσο τα ενεργειακά έξοδα όσο και το αποτύπωμα του άνθρακα. Σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα του κλιματισμού και της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας έχουν οδηγήσει σε ένα ευρύτερο φάσμα ηλιακών κλιματιστικών με βελτιωμένη απόδοση. Τα ηλιακά κλιματιστικά λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως τα κανονικά κλιματιστικά, αλλά έχουν περισσότερες επιλογές ισχύος. Ένα συμβατικό κλιματιστικό τροφοδοτείται μόνο με ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ τα ηλιακά κλιματιστικά, από την άλλη πλευρά, έχουν τρεις επιλογές ισχύος - ηλιακή ενέργεια, ηλιακές μπαταρίες καθώς μπορούν να συνδεθούν και στο ηλεκτρικό δίκτυο.



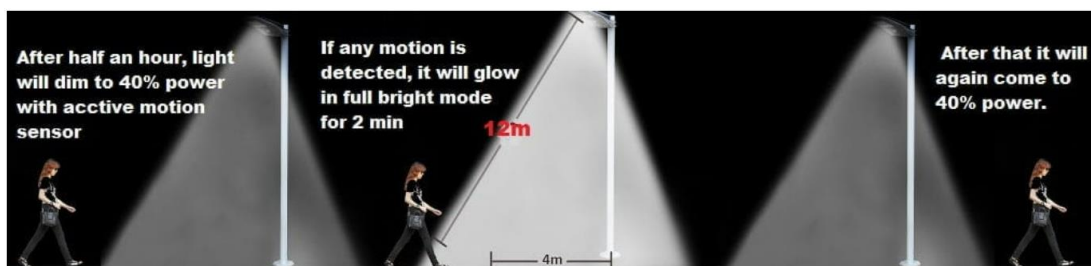


Εικόνα 13: Ηλιακό κλιματιστικό

### 3.7.5. Φωτισμός

Όπως υποδηλώνει το όνομα, τα ηλιακά φώτα λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια. Για την παραγωγή αυτής της ηλιακής ενέργειας, ένας ηλιακός συλλέκτης συνδέεται με το ηλιακό φως. Το πάνελ απορροφά το ηλιακό φως κατά τη διάρκεια της ημέρας και μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε μια ηλιακή μπαταρία. Τη νύχτα το φως ξεκινά αυτόματα και καταναλώνει την ηλεκτρική ενέργεια που είναι ήδη αποθηκευμένη στην ηλιακή μπαταρία. Όταν ο ήλιος δύει, ο ηλιακός συλλέκτης δεν θα παράγει πλέον ηλεκτρική ενέργεια και έτσι η μπαταρία θα σταματήσει να φορτίζεται. Υπάρχει ένας ενσωματωμένος ελεγκτής φόρτισης που ανιχνεύει αυτή τη στιγμή και δίνει το σήμα στο φως για να το ανάψει. Αρχικά, το φως λειτουργεί στο 40% της ισχύος σε λειτουργία eco. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύσει μια κίνηση, ενεργοποιεί το φως σε πλήρη ισχύ στο 100%. Εφόσον δεν ανιχνευθεί οποιαδήποτε κίνηση για τουλάχιστον 20 δευτερόλεπτα, η ισχύς του φωτός επανέρχεται σε φωτεινότητα 40%. Την επόμενη μέρα, όταν ο ήλιος αρχίζει να λάμπει, το ηλιακό πάνελ δίνει σήμα στον ελεγκτή και το φως θα απενεργοποιείται αυτόματα.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ηλιακών φώτων δρόμου που διατίθενται στην αγορά, ισχύος 9 watt, 12 watt, 15 watt, 18 watt και 24 watt. Αυτά τα φώτα είναι μια οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος φωτισμού.



Εικόνα 14: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε φως δρόμου

### 3.7.6. Ηλιακά φωτοβολταϊκά θερμοκήπια

Αντιμέτωποι με τον αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό και την αύξηση των ακραίων καιρικών συνθηκών, οι αγρότες μπορεί να χρειαστεί όλο και περισσότερο να χρησιμοποιήσουν τα θερμοκήπια για να παράγουν βιώσιμες καλλιέργειες. Τα συμβατικά θερμοκήπια μπορούν να παρέχουν ένα ασφαλές και σταθερό περιβάλλον για την παραγωγή, αλλά πρέπει να θερμαίνονται συνεχώς τεχνητά ή / και να ψύχονται. Αυτό σημαίνει ότι συχνά απαιτούν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για να λειτουργήσουν. Για την επίλυση αυτού του ζητήματος, υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης ηλιακών πλαισίων απευθείας σε θερμοκήπια, προκειμένου να αντισταθμιστούν ορισμένες από τις απαιτήσεις ισχύος τους. Οι σύγχρονες γεωργικές εταιρείες χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τους σταθμούς ηλιακής ενέργειας ως μια μακροπρόθεσμη επένδυση που μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής και να αυξήσει την ανταγωνιστικότητά τους. Στα ηλιακά φωτοβολταϊκά θερμοκήπια η θερμοκρασία, η υγρασία και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες διατηρούνται σταθερά και βοηθούν στην προώθηση των γεωργικών καλλιεργειών, διατηρώντας χαμηλές θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και θερμότερες τον χειμώνα. Βρίσκονται πάντα σε ανοιχτούς χώρους όπου η οροφή μπορεί να λάβει αρκετές ποσότητες άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα σύγχρονα ηλιακά θερμοκήπια κατέγραψαν αξιοσημείωτες επιδόσεις όσον αφορά τόσο τη γεωργική όσο και την ηλεκτρική απόδοση, καθώς η ημιδιαφανής οροφή τους μπορεί να απορροφήσει το υπεριώδες φως που καίει τα φυτά δημιουργώντας ένα βελτιωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για τα φυτά (Xin H. et al, 2021).



Εικόνα 15: Ηλιακό φωτοβολταϊκό θερμοκήπιο

### **3.7.7 Ηλεκτρική ενέργεια σε απομακρυσμένες περιοχές**

Το δίκτυο διανομής δεν είναι ικανό να καλύψει όλες τις περιοχές, συνεπώς αυτό αποτελεί ένα πρόβλημα για τον ενεργειακό χάρτη απομακρυσμένων και νησιωτικών περιοχών. Μια ελκυστική επιλογή για τις περιοχές αυτές καθώς και για τις περιοχές που είναι υπό κατασκευή αποτελούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα συστήματα αυτά μπορούν να υποστηριχθούν και από συμβατικές γεννήτριες, έτσι με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αδιάλειπτη παροχή ενέργειας.

### **3.8. Ελληνική Αγορά των Φωτοβολταϊκών**

Η ισχυρή ηλιοφάνεια που επικρατεί στην χώρα μας κατά την διάρκεια σχεδόν όλου του χρόνου και κυρίως στις νοτιοανατολικές της περιοχές, με την Ιεράπετρα να εμφανίζει τα μεγαλύτερα ποσοστά της χώρας, δημιουργεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα για την επίτευξη και την ωρίμανση των στόχων για την στροφή στην καθαρή ενέργεια κυρίως από την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το 2021, η ελληνική αγορά επικεντρώθηκε στις επενδύσεις φωτοβολταϊκών, σε σημείο εγκαταστάθηκαν περισσότερα μεγαβάτ (MWp) φωτοβολταϊκών από κάθε άλλη τεχνολογία, προσελκύοντας συνεχώς νέους επενδυτές. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του ακόλουθου διαγράμματος, το 2021 έγινε διασύνδεση 838 MWp φωτοβολταϊκών, εκ των οποίων 454 MWp είχαν κάνει αίτηση ενεργοποίησης από την προηγούμενη χρονιά (2020) και ο ηλεκτρισμός του έγινε το 2021. Αντίστοιχα, για το έτος 2021 έχει γίνει αίτηση ενεργοποίησης για 370 MWp, τα οποία θα ηλεκτριστούν μέσα στο 2022. Το 2021, σημειώθηκε υπερδιπλασιασμός της αγοράς των συστημάτων αυτοπαραγωγής σε σύγκριση με το 2020. Ενώ, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην χώρα κατά το έτος 2020 από ΑΠΕ είναι 6.625 MW, ειδικότερα από αιολικά πάρκα είναι 3.569 MW και από φωτοβολταϊκά 2.382 MW. Η ανάγκη απεξάρτησης από το

ρωσικό φυσικό αέριο και η ανάγκη απολιγνιτοποίησης αποτελούν ένα ακόμη κίνητρο των επενδυτών και μια ασφάλεια για ένα βιώσιμο μέλλον.



Διάγραμμα 8: Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών 2007-2021(Πηγή: <http://helapco.gr>).

Πιο αναλυτικά, υλοποιήθηκαν εγκαταστάσεις 38 MWp νέων συστημάτων με ενεργειακό συμψηφισμό ή εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, ανεβάζοντας τη συνολική ισχύ της κατηγορίας αυτής στα 89 MWp.

<b>Αυτοπαραγωγή</b>	
<b>Νέα εγκατεστημένη ισχύς 2021</b>	<b>38 MWp</b> (98% εμπορικά, 2% οικιακά ως προς την ισχύ)
<b>Συνολική ισχύς αυτοπαραγωγής</b>	<b>89 MWp</b> (96% εμπορικά, 4% οικιακά ως προς την ισχύ)

Πίνακας 2: Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων για αυτοπαραγωγή (Πηγή: <http://helapco.gr>).

Παράλληλα στα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα κατάφεραν να φτάσουν 838 MWp έων συστημάτων κατά την διάρκεια του έτους 2021, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

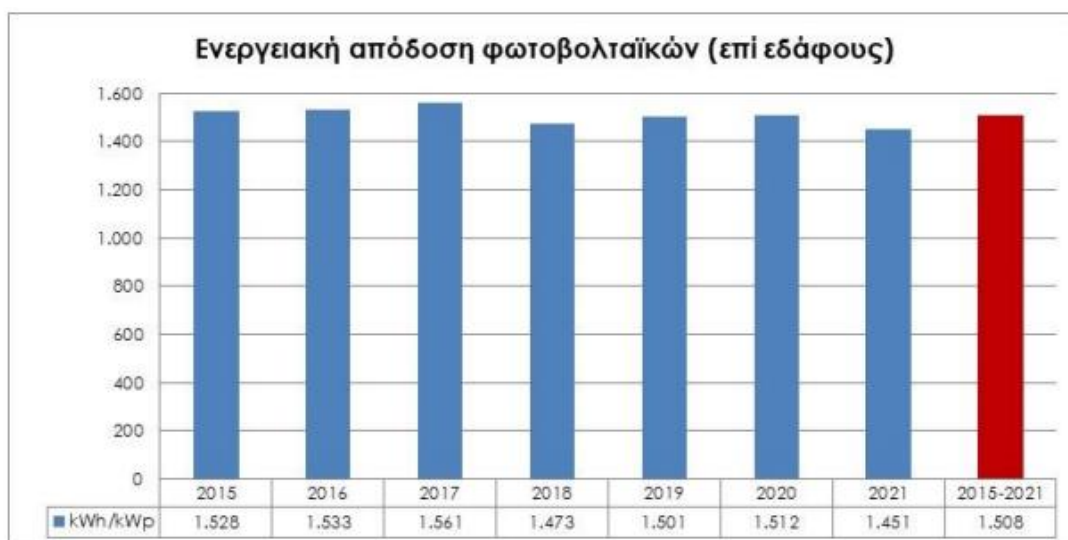
<b>Διασυνδεδεμένα συστήματα</b>	<b>MWp</b>
Νέα ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών το 2021	<b>838</b>
Συνολική ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών ως και το 2021	<b>4.126</b>

Πίνακας 3: Εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεδεμένων στο δίκτυο φωτοβολταϊκών συστημάτων (Πηγή: <http://helapco.gr>).

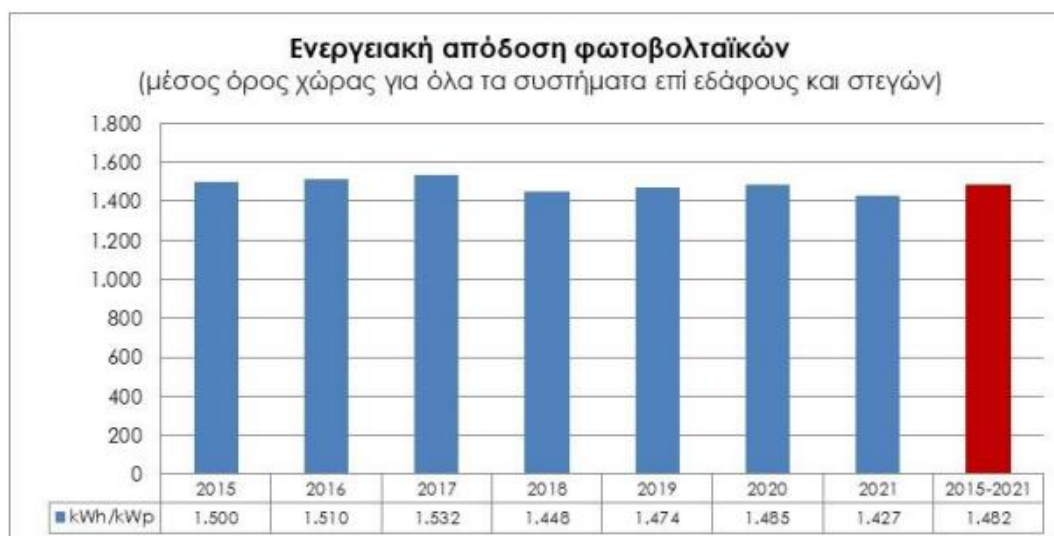
### 3.8.1. Συμβολή στη ζήτηση και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Το 2021, τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα παρήγαγαν 5,26 TWh, δηλαδή το 9,2% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Κατά τη διάρκεια του έτους

κατάφερε δηλαδή να φτάσει σε επίπεδα παραγωγής την λιγνιτική, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την έκλυση 3,7 εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα από την υποκατάσταση ορυκτών καυσίμων.



Διάγραμμα 9: Ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκών επί εδάφους (Πηγή: <http://helapco.gr>)



Διάγραμμα 10: Μέσος όρος ενεργειακής απόδοσης φωτοβολταϊκών για όλα τα συστήματα (Πηγή: <http://helapco.gr>)



## Κεφάλαιο 4: Μελέτη κατασκευής φωτοβολταϊκού σταθμού

### 4.1. Κύρια μέρη μελέτης φωτοβολταϊκού σταθμού

Το ακόλουθο παράδειγμα μελέτης του Φωτοβολταϊκού (Φ/Β) Σταθμού εγκατάστασης είναι ισχύος 499,79 kWp και πληροί τις προϋποθέσεις για σύνδεση του με το δίκτυο μέσης τάσης του δικτύου ηλεκτρισμού της Ελλάδας (ΔΕΔΔΗΕ) ώστε να ενεργεί ως ανεξάρτητος παραγωγός.



Εικόνα 16: Απεικόνιση Φωτοβολταϊκού Σταθμού Διασυνδεδεμένου στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα κύρια μέρη ενός Φ/Β:

<b>Φωτοβολταϊκά πλαίσια (panel)</b>	Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 530W	943 x 530= 499.79 kW
<b>Αντιστροφείς ισχύος (inverters)</b>	Huawei S2000-60KTL-M0	7
<b>Σύστημα στήριξης</b>	Πασσαλόμνηξη / Στήριξη με βαρυτικές βάσεις επί εδάφους ALUMIL	-
<b>Καλωδιώσεις – Ηλεκτρικοί Πίνακες</b>	Σύμφωνα με ΕΛΟΤ HD 384	-
<b>Έλεγχος Φ/Β Σταθμού</b>	Huawei Fusion Solar	-
<b>Προστασία Φ/Β Σταθμού</b>	Αλεξικέραυνα, Περίφραξη, κάμερες	-

Πίνακας 4: Κύρια μέρη μελέτης του φωτοβολταϊκού σταθμού

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο Φ/Β σταθμός πρέπει να σχεδιάζεται με συγκεκριμένο τρόπο ώστε να έχει υψηλή απόδοση και αξιοπιστία κατά τη διάρκεια του χρόνου.

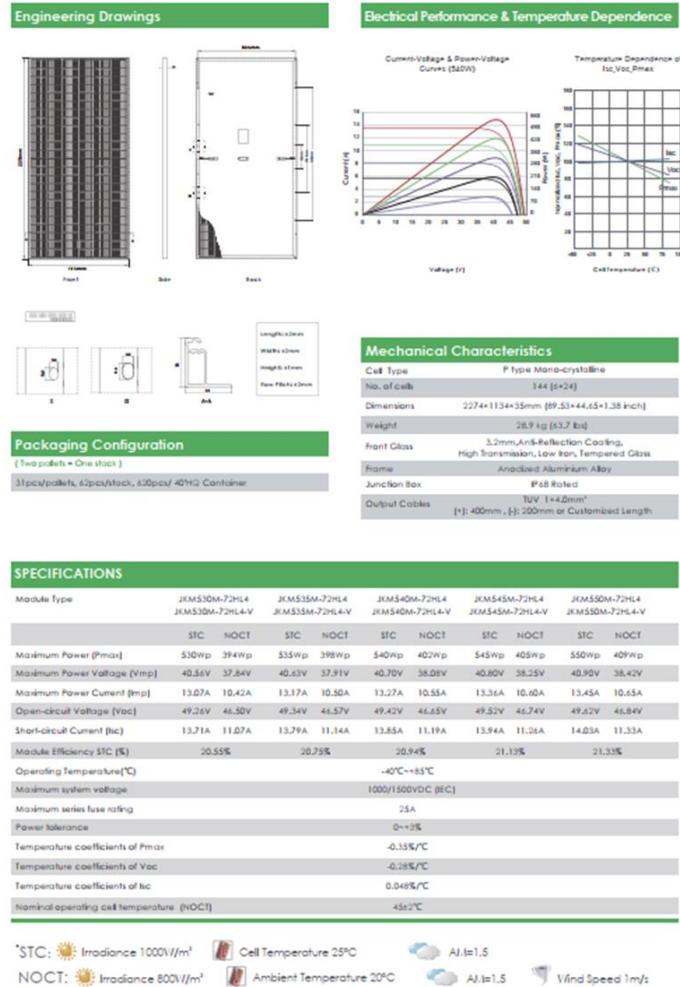
## 4.2. Φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels)

Τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιεί ο Φ/Β σταθμός στην συγκεκριμένη μελέτη θα πρέπει να είναι από εταιρεία που ακολουθεί αυστηρά πρωτοκόλλα για την κατασκευή πλαισίων (π.χ. JINKO) στον κλάδο. Τα πλαίσια κατασκευάζονται με πρότυπα:

- EN 61000-6-1
- EN 61000-6-3
- IEC 62759
- IEC 62941
- IEC 61215
- IEC 61730

Στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης εξετάζεται το πλαίσιο της Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 530W, τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και μέγιστης απόδοσης 20,55%. Ο κατασκευαστής εγγυάται την απόδοση των πλαισίων ως εξής:

- Για τον πρώτο χρόνο 98% της μέγιστης απόδοσης
- Για 25 χρόνια 84,8% της μέγιστης απόδοσης
- Γραμμική πτώση απόδοσης κατά 0,55% ανά έτος



Εικόνα 17: Τεχνικές προδιαγραφές πλαισίου Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 530W (Πηγή: <https://jinkosolar.eu/en/> )

Τα panel αυτά, διατάσσονται κατά σειρά (strings), ενώ τα string τοποθετούνται παράλληλα. Ο τρόπος διάταξης των πλαισίων επηρεάζει άμεσα τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των αντιστροφών. Ακολουθούν πίνακες με τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών panel σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, δηλαδή ακτινοβολίας  $G=1000 \text{ W/m}^2$ , θερμοκρασία πλαισίου  $25^\circ\text{C}$ .

<b>Μέγιστη τάση (<math>V_{mp}</math>)</b>	40,70 V DC
<b>Μέγιστο ρεύμα (<math>I_{mp}</math>)</b>	13,27 A
<b>Τάση Ανοιχτοκύκλωσης (<math>V_{oc}</math>)</b>	49,42 V
<b>Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (<math>I_{sc}</math>)</b>	13,85 A
<b>Μέγιστη Ισχύς (<math>P_{max}</math>)</b>	540 W
<b>Μέγιστη απόδοση panel (%)</b>	20,55 %
<b>Θερμοκρασία Λειτουργίας (T)</b>	-40° C με +85° C

Πίνακας 3: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά panel Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 540W.



<b>Διαστάσεις panel</b>	2274 x 1134 x 35 mm
<b>Βάρος panel</b>	28,9kg
<b>Επιφανειακό Γυαλί</b>	3,2 mm ARC, tempered glass, High Transmission, Low Iron
<b>Πλαίσιο</b>	Κράμα αλουμινίου

Πίνακας 5: Μηχανικά χαρακτηριστικά panel Jinko Tiger Pro JKM530M-72HL4-V 540W.

Τα panel θα πρέπει να παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- υψηλή απόδοση ακόμη και σε συνθήκες με μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία
- ποιότητα κατασκευής, αξιολογείται ότι το επιφανειακό γυαλί είναι ιδιαίτερα ανακλαστικό και υδροφοβικό γεγονός που συνδράμει στην καλύτερη απόδοση του panel
- υψηλή απόδοση σε συνάρτηση με το χρόνο

#### 4.3. Αντιστροφείς - Πίνακες Ελέγχου

Ο σταθμός αυτός όλη την ενέργεια που παράγει τη διοχετεύει στο δίκτυο καθώς αποτελεί ανεξάρτητος παραγωγός. Έτσι, συνδέεται με το δίκτυο μέσης τάσης. Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά θα πρέπει να μετατραπεί η συνεχής τάση DC που έχουν σαν έξοδο φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενη τάση AC. Η μετατροπή αυτή γίνεται από τον αντιστροφέα (inverter), ο οποίος μετατρέπει το DC σε AC, με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία είναι συμβατά με το δίκτυο χαμηλής τάσης. Για την λειτουργία του φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 499,79 kWp χρειάζονται επτά αντιστροφείς και έχουν επιλεγθεί οι HUAWEI S2000-60KTL-M0. Τα inverters αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα μέρη του σταθμού, καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διέρχεται από αυτά, γεγονός που τα καθιστά απαραίτητα ώστε να επιτευχθεί υψηλή απόδοση και αξιοπιστία.

Τα inverters είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας των αντιστροφέων.

- Αποτελούνται από έξι οικογένειες αλγορίθμων ελέγχου που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης μιας πηγής ισχύος που διαθέτει κυμαινόμενο προφίλ ισχύος (MPPTs). Τα MPPTs αυτά μπορούν να συνδέονται με διαφορετικά strings Φ/Β. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η απόδοση τους.
- Δεν υπάρχει μετασχηματιστής και έχουν παθητικό σύστημα ψύξης, με αποτέλεσμα η απόδοση τους να φτάνει το 99%.

- Οι αντιστροφείς διαθέτουν πλήρες σύστημα επικοινωνίας με το Φ/Β πάρκο αλλά και έχουν μεγάλο βαθμό προστασίας, οπότε μπορεί να γίνει εγκατάσταση τους σε εξωτερικό χώρο .
- Διαθέτουν πλήρη προστασία από το φαινόμενο της νησιδοποίησης αλλά και ενσωματωμένο αποζεύκτη DC έτσι ώστε το DC ρεύμα που εγχέεται στο δίκτυο να μην ξεπερνά το 0,5 % του ονομαστικού.

<i>Είσοδος DC</i>	
<b>Μέγιστη Ισχύς DC</b>	67400 W
<b>Μέγιστη τάση DC</b>	1100 V
<b>Εύρος τάσης MPP</b>	200-1000 V
<b>Ονομαστική τάση DC</b>	600 V
<b>Τάση εκκίνησης</b>	200 V
<b>Αριθμός MPPT</b>	6
<b>Μέγιστο ρεύμα ανά MPPT</b>	22
<b>Ονομαστική ισχύς AC</b>	66000 W
<b>Ονομαστική τάση</b>	230 / 400 V
<b>Μέγιστο ρεύμα εξόδου</b>	95,3 A
<b>Φάσεις τροφοδοσίας</b>	3

Πίνακας 6: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά inverter HUAWEI S2000-60KTL-M0 (Πηγή: <https://solar.huawei.com>).

<b>Διαστάσεις</b>	555 x 1075 x 300 mm
<b>Βάρος</b>	74 kg
<b>Εύρος τιμών θερμοκρασίας λειτουργίας</b>	-25° C ... + 60° C
<b>Τοπολογία</b>	Χωρίς Μετασχηματιστή
<b>Βαθμός Προστασίας</b>	IP 65

Πίνακας 7: Γενικά χαρακτηριστικά inverter HUAWEI S2000-60KTL-M0 (Πηγή: <https://solar.huawei.com>).

Για να συνδεθεί το φωτοβολταϊκό πλαίσιο από την πλευρά του DC με τους αντιστροφείς χρειάζονται ειδικά καλώδια μεγάλης ανθεκτικότητας σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και υπερϊόδους ακτινοβολίας. Τα καλώδια από την μεριά του AC ακολουθούν τα πρότυπα του ΕΛΟΤ HD 384 (ΕΛΟΤ, 2004).

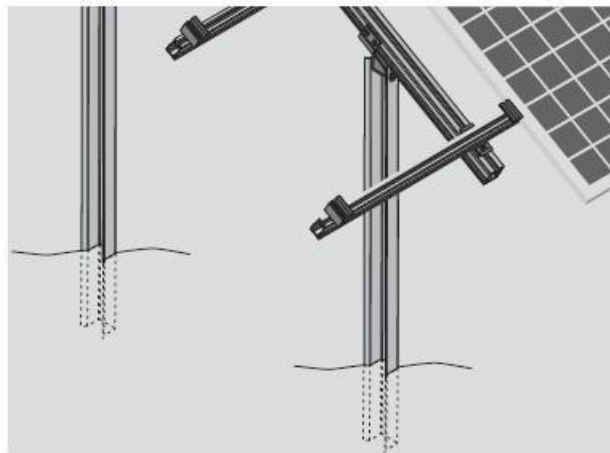
Όσον αφορά τους ηλεκτρικούς πίνακες θα πρέπει να έχουν πλήρη προστασία και επιλέγονται τύποι εξωτερικού χώρου. Τέλος, θα είναι απαραίτητη η σύνδεση ανά inverter με Υ/Σ, ισχύος 500 kVA.

#### 4.4. Σύστημα στήριξης

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σταθερά και δεν υπάρχει σύστημα παρακολούθησης του ηλίου με αποτέλεσμα η θέση τους να παραμένει με σταθερό προσανατολισμό συγκεκριμένα νότιο με κλίση 25° σε σχέση με τη γη. Παρακάτω αναλύονται οι δυο βασικοί τρόποι τοποθέτησης :

- η πασσαλόμψηξη
- η στήριξη σε βαρυτικές βάσεις από μπετόν

Τα φωτοβολταϊκά panels εγκαθίστανται σε στηρικτικά συστήματα της εταιρείας Alumil. Συγκεκριμένα ο τύπος AS189 H2100 HELIOS Free Field (<https://www.alumilsolar.com/>). Κατά την διαδικασία της πασσαλόμψηξης, το υλικό που χρησιμοποιείται είναι γαλβανισμένο με πάχος 8mm. Το μήκος που απαιτείται να εισχωρήσει στην γη είναι μεγαλύτερο από 1,4m η επιφάνεια του είναι εν θερμώ γαλβανισμένη. Το ακόλουθο σχήμα απεικονίζει τη διαδικασία της πασσαλόμψηξης.



Εικόνα 18: Μέθοδος της πασσαλόμψηξης φωτοβολταϊκού πλαισίου

Άλλη διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση Φ/Β , είναι με χρήση βαρυτικών βάσεων από μπετόν πάνω στις οποίες στηρίζονται οι πάσσαλοι. Η βαρυτική βάση τοποθετείται στο έδαφος και ο πάσσαλος του αλουμινίου στερεώνεται με ειδικές βίδες πάνω στη βάση ώστε να στηρίζει όλη την κατασκευή. Παρακάτω ακολουθεί σχήμα για τη διαδικασία της στήριξης σε βαρυτικές βάσεις από μπετόν.



Εικόνα 19: Μέθοδος της πασσαλόμπτυξης φωτοβολταϊκού πλαισίου με χρήση βαρυτικών βάσεων

Συμπερασματικά, για την τελική επιλογή του μηχανισμού στήριξης είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψιν τα παρακάτω:

- το βάρος των πλαισίων
- το υπέδαφος κάτω από τα πλαίσια
- το αιολικό δυναμικό της περιοχής καθώς είναι δυνατόν να προκαλεί τάσεις στο μηχανισμό στήριξης
- πιθανές χιονοπτώσεις και συχνότητα τους καθώς προσθέτουν βάρος στο μηχανισμό στήριξης
- ιδιαίτερες εδαφικές μορφολογίες

#### **4.5. Έλεγχος Φωτοβολταϊκού Σταθμού**

Αδιαμφισβήτητα ένας φωτοβολταϊκός σταθμός αποτελεί μια σημαντική επένδυση, γεγονός που καθιστά την ανάγκη ελέγχου και παρακολούθησης του απαραίτητη. Μια προτεινόμενη εφαρμογή είναι η Fusion Solar, η οποία καταγράφει συνεχώς διάφορα δεδομένα του Φ/Β, όπως παραγόμενη ενέργεια, τα οποία είναι προσβάσιμα από τον ιδιοκτήτη σε συνδυασμό με σύστημα συναγερμού.

#### **4.6. Προστασία Φωτοβολταϊκού Σταθμού**

Είναι μείζονος σημασίας ο φωτοβολταϊκός σταθμός να προστατεύεται από εξωγενείς παράγοντες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση ενιαίου συστήματος γείωσης που πρέπει να πραγματοποιείται περιμετρικά και δημιουργεί σημαντικά μικρή τιμή αντίστασης γείωσης με αποτέλεσμα υψηλή προστασία. Εκτός αυτού πρέπει να προστατεύεται και από κεραυνούς κάτι που επιτυγχάνεται τοποθετώντας στους ηλεκτρικούς πίνακες, στους inverters αλλά και στους πίνακες του υποσταθμού τόσο

στην πλευρά του DC όσο και στην πλευρά του AC, απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων που παρέχουν προστασία στον εξοπλισμό.

## **Κεφάλαιο 5: Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα με χρήση χρονοσειράς**

### **5.1. Εισαγωγή**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθεί η διαδικασία προβλέψεων της Συνολικής Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh) από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, καθώς κρίνεται απαραίτητη για τη διαχείριση και την ενσωμάτωση της στα σύγχρονα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Το εγχείρημα αυτό είναι πολύ σημαντικό για την επίτευξη ανάπτυξης στην οικονομία αλλά και στην επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων. Επιπλέον, κατά τις τελευταίες δεκαετίες ερευνητικά κέντρα και εταιρείες επενδύουν στην δημιουργία πολλών μοντέλων πρόβλεψης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας . Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία της Στατιστικής Ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε με βάση τη χρήση χρονοσειρών και τα αποτελέσματα αυτής. Τέλος, με τον όρο πρόβλεψη εννοείται η διαδικασία εύρεσης των τιμών της χρονοσειράς σε περιοχές εκτός των διαστημάτων εκτίμησης. Οι τακτικές διακυμάνσεις μπορούν να προβλεφθούν ενώ οι τυχαίες μεταβολές τους όχι.

### **5.2. Ανάλυση χρονοσειρών**

Η ανάλυση χρονοσειρών είναι ένας συγκεκριμένος τρόπος ανάλυσης μιας ακολουθίας δεδομένων που συλλέγονται σε ένα χρονικό διάστημα. Στην ανάλυση χρονολογικών σειρών, οι αναλυτές καταγράφουν σημεία δεδομένων σε σταθερά διαστήματα σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο αντί να καταγράφουν απλώς τα δεδομένα κατά διαστήματα ή τυχαία. Ωστόσο, αυτός ο τύπος ανάλυσης δεν είναι απλώς η πράξη συλλογής δεδομένων με την πάροδο του χρόνου.

Αυτό που ξεχωρίζει τα δεδομένα χρονοσειρών από άλλα δεδομένα είναι ότι η ανάλυση μπορεί να δείξει πώς αλλάζουν οι μεταβλητές με την πάροδο του χρόνου. Με άλλα λόγια, ο χρόνος είναι μια κρίσιμη μεταβλητή επειδή δείχνει πώς τα δεδομένα προσαρμόζονται κατά τη διάρκεια των σημείων δεδομένων καθώς και τα τελικά αποτελέσματα. Παρέχει μια πρόσθετη πηγή πληροφοριών και μια καθορισμένη σειρά εξαρτήσεων μεταξύ των δεδομένων.

Η ανάλυση χρονοσειρών απαιτεί συνήθως μεγάλο αριθμό δεδομένων για να διασφαλιστεί η συνέπεια και η αξιοπιστία. Ένα εκτεταμένο σύνολο δεδομένων διασφαλίζει ότι υπάρχει ένα αντιπροσωπευτικό μέγεθος δείγματος και ότι η ανάλυση μπορεί να περιορίσει τα θορυβώδη δεδομένα. Εξασφαλίζει επίσης ότι τυχόν τάσεις ή μοτίβα που ανακαλύφθηκαν δεν είναι ακραίες και μπορούν να ευθύνονται για την εποχιακή διακύμανση. Επιπλέον, τα δεδομένα χρονοσειρών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών δεδομένων με βάση ιστορικά δεδομένα.

Τα χαρακτηριστικά μιας χρονοσειράς είναι τα ακόλουθα:

- Στασιμότητα (Stationary)
- Τάση (Trend)
- Εποχικότητα (Seasonal)
- Κυκλικότητα (Cyclical)
- Ασυνέχειες (outliers)
- Τυχαιότητα (Irregular-Random)

Αξίζει να διευκρινιστεί ότι στα υποδείγματα χρονολογικών σειρών η πρόβλεψη στηρίζεται αποκλειστικά στις προηγούμενες τιμές της ίδιας της χρονολογικής σειράς που θέλουμε να προβλέψουμε. Δηλαδή, γίνεται πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς μιας χρονοσειράς όχι σε συνάρτηση με άλλες χρονοσειρές αλλά εξετάζοντας την προηγούμενη συμπεριφορά της ίδιας χρονοσειράς. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης βασίστηκαν στην ανάλυση ARIMA, μιας από της κατηγορίες μεθόδων προβλέψεων, για την πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών της μεταβλητής σύμφωνα με την γραμμική ανάλυση χρονοσειρών.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης μέσω χρονοσειρών χρησιμοποιούνται συνήθως για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις επειδή είναι πιο αποτελεσματικές όταν το περιβάλλον παραμένει σταθερό, διότι βασίζονται στην υπόθεση ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν.

### **5.3. Το μοντέλο Box-Jenkins**

Το μοντέλο Box-Jenkins είναι ένα από τα πολλά μοντέλα ανάλυσης χρονοσειρών όταν χρησιμοποιείται προγραμματισμένο λογισμικό πρόβλεψης. Σε πολλές περιπτώσεις, το λογισμικό προγραμματίζεται ώστε να χρησιμοποιεί αυτόματα την καλύτερη προσαρμοσμένη μεθοδολογία πρόβλεψης με βάση τα δεδομένα χρονοσειρών που πρόκειται να προβλεφθούν. Το Box-Jenkins αναφέρεται ως κορυφαία επιλογή για

σύνολα δεδομένων που είναι ως επί το πλείστον σταθερά και έχουν χαμηλή μεταβλητότητα.

Το μοντέλο Box-Jenkins προβλέπει δεδομένα χρησιμοποιώντας τρεις αρχές: αυτοπαλινδρόμηση, διαφοροποίηση και κινούμενο μέσο όρο. Αυτές οι τρεις αρχές είναι γνωστές ως  $p$ ,  $d$  και  $q$ , αντίστοιχα. Κάθε αρχή χρησιμοποιείται στην ανάλυση Box-Jenkins και εμφανίζονται συλλογικά ως ARIMA ( $p, d, q$ ).

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία αυτόματης παλινδρόμησης ( $p$ ) ελέγχει τα δεδομένα για το επίπεδο σταθερότητάς τους. Εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι σταθερά, μπορεί να απλοποιήσει τη διαδικασία πρόβλεψης. Εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι μη στάσιμα, θα πρέπει να διαφοροποιηθούν ( $d$ ). Τα δεδομένα ελέγχονται επίσης για την προσαρμογή του κινούμενου μέσου όρου (η οποία γίνεται στο μέρος  $q$  της διαδικασίας ανάλυσης). Συνολικά, η αρχική ανάλυση των δεδομένων τα προετοιμάζει για πρόβλεψη προσδιορίζοντας τις παραμέτρους ( $p, d$  και  $q$ ), οι οποίες στη συνέχεια εφαρμόζονται για την ανάπτυξη μιας πρόβλεψης.

Το Box-Jenkins είναι ένας τύπος μοντέλου αυτοπαλινδρομούμενου κινούμενου μέσου ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average Analysis*).

Μια επέκταση του μοντέλου ARIMA είναι το SARIMA. Είναι ένας τύπος μοντέλου πρόβλεψης χρονοσειρών που λαμβάνει υπόψη τόσο την εποχικότητα όσο και την αυτοσυσχέτιση. Αυτά τα μοντέλα, εξίσου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη βραχυπρόθεσμων ή μακροπρόθεσμων τάσεων στα δεδομένα. Ο συμβολισμός τους έχει ως εξής:

### **ARIMA ( $p,d,q$ )( $P,D,Q$ ) $s$**

Όπου:

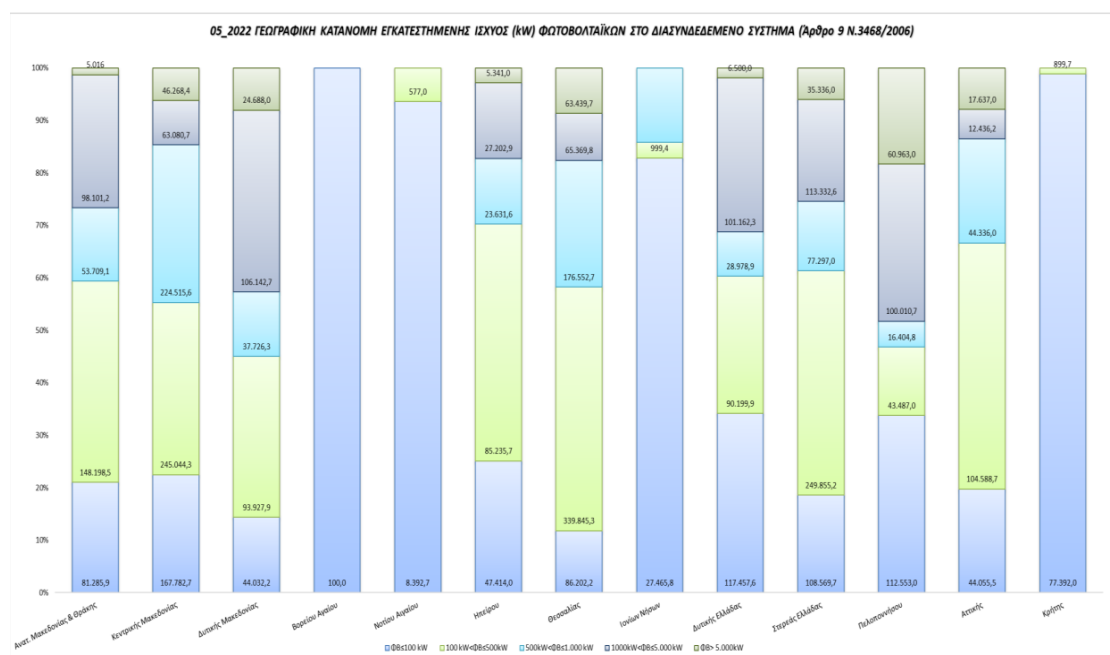
- $p$ : τάξη αυτοπαλινδρόμησης του μη εποχικού παράγοντα
- $d$ : τάξη προς τα πίσω διαφορών του μη εποχικού παράγοντα
- $q$ : τάξη κινούμενου μέσου του μη εποχικού παράγοντα
- $P$ : τάξη αυτοπαλινδρόμησης του εποχικού παράγοντα
- $D$ : τάξη των προς τα πίσω διαφορών του εποχικού παράγοντα
- $Q$ : τάξη κινούμενου μέσου του εποχικού παράγοντα
- $s$ : εποχικότητα της χρονοσειράς

Η μέθοδος Box-Jenkins αναφέρεται στην επαναληπτική εφαρμογή των ακόλουθων τριών βημάτων:

1. Ταυτοποίηση. Χρησιμοποιώντας διαγράμματα των δεδομένων, αυτοσυσχετίσεις, μερικές αυτοσυσχετίσεις και άλλες πληροφορίες, επιλέγεται μια κατηγορία απλών μοντέλων ARIMA. Αυτό ισοδυναμεί με την εκτίμηση των κατάλληλων τιμών για τα  $p$ ,  $d$  και  $q$ .
2. Εκτίμηση. Στο στάδιο αυτό γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.
3. Διαγνωστικός έλεγχος. Το προσαρμοσμένο μοντέλο ελέγχεται για ανεπάρκειες λαμβάνοντας υπόψη τις αυτοσυσχετίσεις του.

#### 5.4. Μηνιαία παραγωγή των διασυνδεδεμένων Φ/Β από το 1/2012 - 5/2022

Για την στατιστική ανάλυση και εξαγωγή προβλέψεων για τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα, με την μέθοδο Box Jenkins, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το επίσημο φορέα του ΔΑΠΕΕΠ (<https://www.dapeep.gr>). Τα δεδομένα αυτής της χρονοσειράς είναι μηνιαία και αποτελούνται από 125 τιμές (Ιανουάριος 2012- Μάιος 2022), αρκετά για χρησιμοποιηθούν τόσο στην στατιστική ανάλυση όσο και στην πρόβλεψη ενός έτους (12 μηνιαίων τιμών) για το χρονικό διάστημα Ιούνιος 2022- Μάιος 2023. Ακολουθεί ο πίνακας με τις μηνιαίες τιμές Ενέργειας (MWh) και εγκατεστημένης Ισχύος (MW) για διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα καθώς και η γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) στην χώρα μας με βάση τα πρόσφατα στοιχεία.





Διάγραμμα 11: Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) φωτοβολταϊκών. Πηγή: (<https://www.dapeep.gr>)

2012	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2013	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	45.357	481,74	<b>Ιανουάριος</b>	102.627	1.403,74
Φεβρουάριος	37.779	504,47	<b>Φεβρουάριος</b>	94.551	1.615,10
Μάρτιος	61.577	535,05	<b>Μάρτιος</b>	175.118	1.862,50
Απρίλιος	68.171	573,5	<b>Απρίλιος</b>	240.340	1.921,66
Μάιος	79.975	627,15	<b>Μάιος</b>	271.736	1.970,12
Ιούνιος	161.521	724,18	<b>Ιούνιος</b>	399.937	1.999,51
Ιούλιος	117.201	801,07	<b>Ιούλιος</b>	292.485	2.017,06
Αύγουστος	123.362	937,03	<b>Αύγουστος</b>	291.144	2.021,36
Σεπτέμβριος	127.732	974,3	<b>Σεπτέμβριος</b>	260.447	2.021,32
Οκτώβριος	224.728	1.017,97	<b>Οκτώβριος</b>	437.184	2.058,79
Νοέμβριος	95.235	1.057,30	<b>Νοέμβριος</b>	182.130	2.070,25
Δεκέμβριος	88.566	1.126,09	<b>Δεκέμβριος</b>	180.939	2.070,25
Σύνολο	1.231.204		Σύνολο	2.928.638	
2014	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2015	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	179.916	2.073,24	<b>Ιανουάριος</b>	169.872	2.087,42
Φεβρουάριος	158.214	2.074,42	<b>Φεβρουάριος</b>	164.989	2.091,82
Μάρτιος	278.489	2.074,26	<b>Μάρτιος</b>	218.547	2.092,06
Απρίλιος	284.229	2.074,30	<b>Απρίλιος</b>	318.469	2.092,06
Μάιος	324.861	2.074,30	<b>Μάιος</b>	339.543	2.092,06
Ιούνιος	303.854	2.077,28	<b>Ιούνιος</b>	320.584	2.092,06
Ιούλιος	343.005	2.078,54	<b>Ιούλιος</b>	374.985	2.092,06
Αύγουστος	347.000	2.078,97	<b>Αύγουστος</b>	350.055	2.092,06

Σεπτέμβριος	301.898	2.079,46	<b>Σεπτέμβριος</b>	286.558	2.091,97
Οκτώβριος	268.449	2.079,50	<b>Οκτώβριος</b>	221.592	2.092,07
Νοέμβριος	156.296	2.079,70	<b>Νοέμβριος</b>	210.832	2.092,56
Δεκέμβριος	140.914	2.085,31	<b>Δεκέμβριος</b>	195.219	2.093,02
Σύνολο	3.087.125		Σύνολο	3.171.245	
2016	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2017	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	172.784	2.093,12	<b>Ιανουάριος</b>	132.146	2.093,68
Φεβρουάριος	200.964	2.093,12	<b>Φεβρουάριος</b>	182.549	2.093,68
Μάρτιος	248.596	2.093,12	<b>Μάρτιος</b>	279.753	2.093,68
Απρίλιος	329.147	2.093,12	<b>Απρίλιος</b>	333.670	2.093,78
Μάιος	324.168	2.093,12	<b>Μάιος</b>	327.613	2.093,82
Ιούνιος	341.213	2.093,12	<b>Ιούνιος</b>	343.747	2.093,91
Ιούλιος	372.486	2.093,12	<b>Ιούλιος</b>	366.285	2.093,91
Αύγουστος	350.319	2.093,52	<b>Αύγουστος</b>	360.385	2.093,87
Σεπτέμβριος	274.364	2.093,52	<b>Σεπτέμβριος</b>	302.460	2.093,87
Οκτώβριος	216.485	2.093,52	<b>Οκτώβριος</b>	285.147	2.093,97
Νοέμβριος	166.240	2.093,52	<b>Νοέμβριος</b>	165.274	2.093,97
Δεκέμβριος	178.310	2.093,52	<b>Δεκέμβριος</b>	164.078	2.093,97
Σύνολο	3.175.076		Σύνολο	3.243.107	

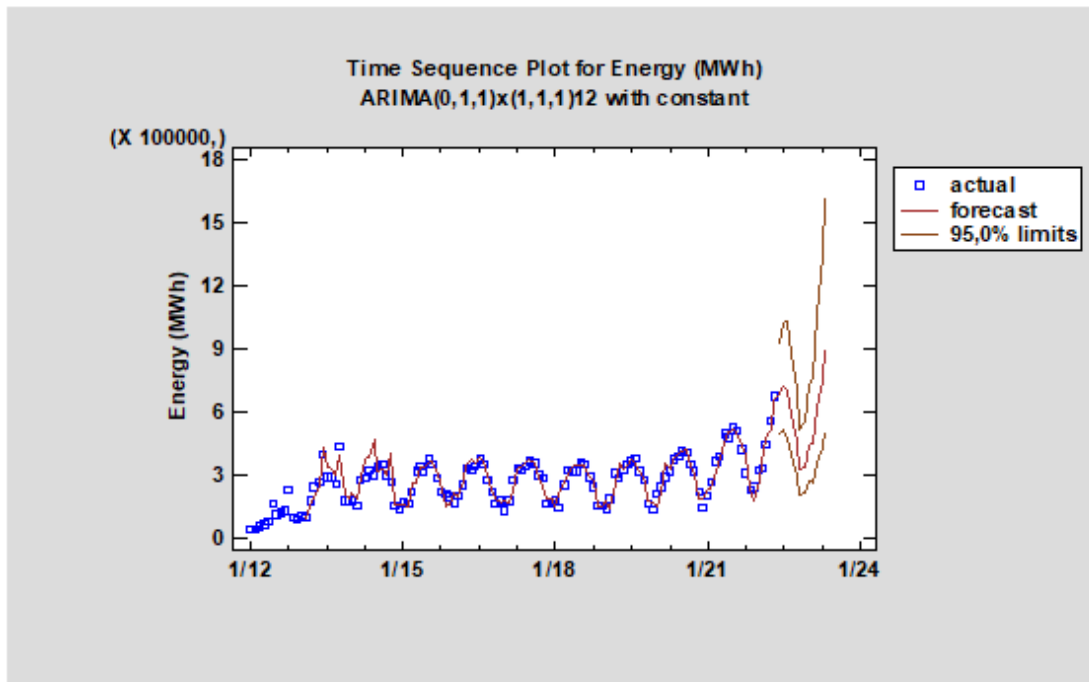
2018	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2019	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	177.299	2.093,97	<b>Ιανουάριος</b>	141.159	2.140,95
Φεβρουάριος	145.725	2.094,07	<b>Φεβρουάριος</b>	189.602	2.140,95
Μάρτιος	253.264	2.094,17	<b>Μάρτιος</b>	307.676	2.140,95
Απρίλιος	324.316	2.094,67	<b>Απρίλιος</b>	280.895	2.140,95
Μάιος	313.658	2.094,67	<b>Μάιος</b>	328.325	2.140,95
Ιούνιος	316.206	2.120,33	<b>Ιούνιος</b>	347.762	2.161,23
Ιούλιος	358.728	2.120,33	<b>Ιούλιος</b>	364.391	2.194,55

Αύγουστος	347.915	2.120,33	<b>Αύγουστος</b>	384.080	2.197,11
Σεπτέμβριος	292.369	2.120,33	<b>Σεπτέμβριος</b>	319.843	2.206,14
Οκτώβριος	242.322	2.121,32	<b>Οκτώβριος</b>	280.037	2.217,68
Νοέμβριος	154.116	2.139,85	<b>Νοέμβριος</b>	163.295	2.251,86
Δεκέμβριος	158.230	2.139,85	<b>Δεκέμβριος</b>	142.126	2.287,93
<b>Σύνολο</b>	<b>3.084.148</b>		<b>Σύνολο</b>	<b>3.249.192</b>	
<b>2020</b>	<b>Ενέργεια (MWh)</b>	<b>Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)</b>	<b>2021</b>	<b>Ενέργεια (MWh)</b>	<b>Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)</b>
Ιανουάριος	214.166	2.311,16	<b>Ιανουάριος</b>	200.073	2.778,78
Φεβρουάριος	245.860	2.322,63	<b>Φεβρουάριος</b>	265.643	2.823,70
Μάρτιος	289.964	2.336,00	<b>Μάρτιος</b>	363.446	2.867,61
Απρίλιος	317.047	2.354,44	<b>Απρίλιος</b>	393.610	2.902,94
Μάιος	375.626	2.382,05	<b>Μάιος</b>	494.007	2.966,35
Ιούνιος	388.435	2.398,62	<b>Ιούνιος</b>	476.856	3.064,56
Ιούλιος	417.985	2.428,47	<b>Ιούλιος</b>	524.530	3.141,79
Αύγουστος	402.959	2.490,35	<b>Αύγουστος</b>	510.367	3.196,58
Σεπτέμβριος	345.664	2.539,78	<b>Σεπτέμβριος</b>	421.670	3.306,77
Οκτώβριος	313.031	2.630,93	<b>Οκτώβριος</b>	306.857	3.357,16
Νοέμβριος	216.049	2.702,43	<b>Νοέμβριος</b>	228.676	3.535,02
Δεκέμβριος	149.267	2.730,26	<b>Δεκέμβριος</b>	243.716	3.579,44
<b>Σύνολο</b>	<b>3.676.053</b>		<b>Σύνολο</b>	<b>4.429.451</b>	
<b>2022</b>	<b>Ενέργεια (MWh)</b>	<b>Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)</b>			
Ιανουάριος	322.677	3.639,70			
Φεβρουάριος	331.346	3.706,92			
Μάρτιος	448.248	3.989,45			
Απρίλιος	557.483	4.027,88			
Μάιος	673.271	4.198,59			
<b>Σύνολο</b>	<b>2.333.025</b>				

Πίνακας 8: Μηνιαία στοιχεία ενέργειας και εγκατεστημένης ισχύος για τα έτη 2012 – 2022 των Φωτοβολταϊκών Σταθμών Διασυνδεδεμένου Συστήματος (Άρθρο 9 ν.3468/2006) Πηγή: (<https://www.dapeep.gr> )

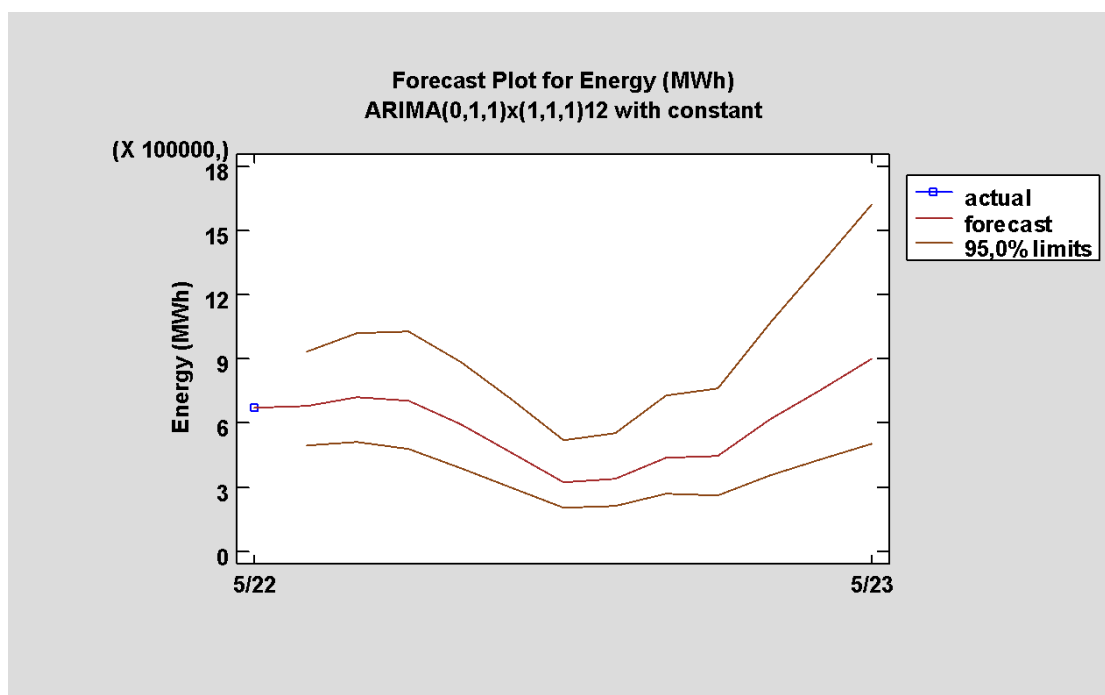
## **5.6. Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β για το διάστημα Ιούνιος 2022– Μάιος 2023**

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, με χρήση της μεθοδολογίας της ανάλυσης χρονοσειρών θα επιχειρηθεί και η πρόβλεψη της περιόδου 06/2022 μέχρι 05/2023 χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics για την ανάλυση των δεδομένων και επιλέχθηκε το βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο είναι εποχικό με περίοδο 12 μήνες, και συγκεκριμένα είναι το  $ARIMA(0,0,1) \times (1,1,1)_{12}$  με σταθερά. Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο γράφημα της χρονοσειράς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει αυξητική τάση, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η χρονοσειρά παρουσιάζει εποχικότητα με περίοδο ενός έτους (12 μήνες), το μέγιστο του έτους εμφανίζεται κατά την εαρινή περίοδο και πιο συγκεκριμένα τους μήνες Ιούλιο και Μάιο. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση της εγκαταστημένης ισχύος, η οποία προβλέπεται να διατηρηθεί και τα επόμενα χρόνια βασική αιτία του οποίου είναι η εισαγωγή του αναπτυξιακού νόμου 4399 του 2016, με βάση τον οποίο, το δημόσιο αποφάσισε να αναλάβει σημαντικό ποσοστό του κόστους της επένδυσης σε ΑΠΕ, γεγονός που οδήγησε στην εισαγωγή νέων επενδυτών στον χώρο των ΑΠΕ, καθώς μειώθηκε το κόστος επένδυσης. Μείζονος σημασίας παράγοντας είναι η ταχεία ενεργειακή κρίση κάτι που απασχολεί τις κυβερνήσεις, τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις. Η μετάβαση στην καθαρή ενέργεια πλέον είναι απαραίτητη και συνδράμει στη μείωση των τιμών της ενέργειας καθώς οι τιμές του φυσικού αερίου και του πετρελαίου έχουν εκτοξευθεί προκαλώντας έτσι αύξηση στην τιμή του κάρβουνου και κατ' επέκταση στην παροχή ρεύματος.



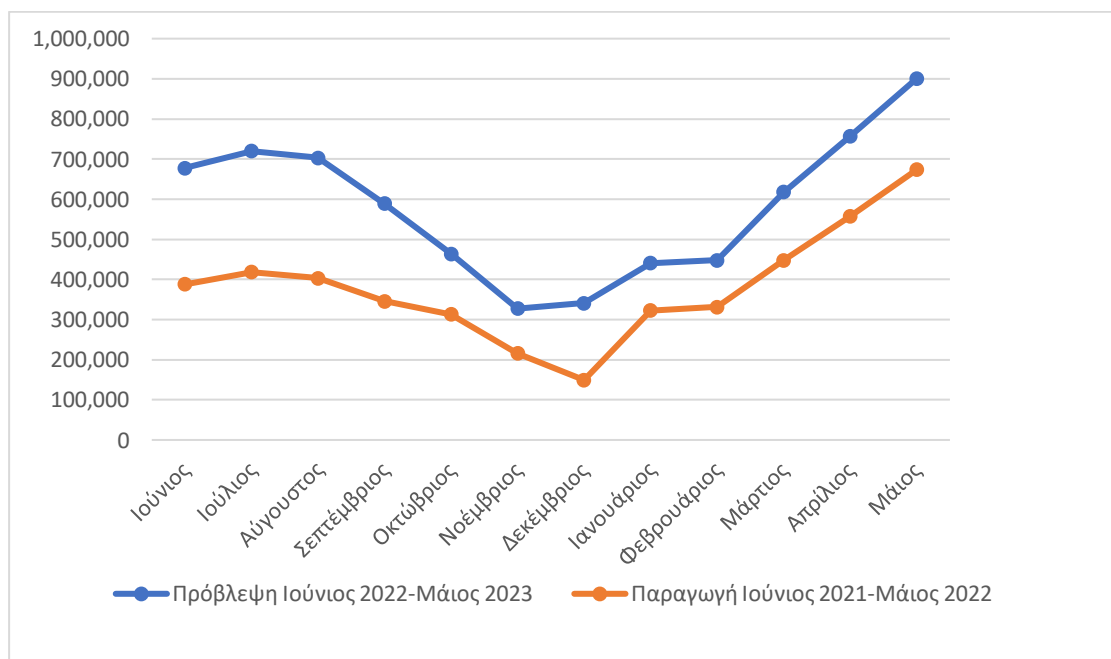
Διάγραμμα 12: Γράφημα συνολικής παραγόμενης Φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα (MWh)

Συμπεραίνουμε από το παραπάνω γράφημα ότι η ζήτηση αυξάνεται, επακόλουθο της ραγδαίας αύξησης της εγκατεστημένης ισχύς οπότε όση περισσότερη φωτοβολταϊκή ενέργεια παράγεται να αυξάνεται και η κατανάλωση της. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κατώτερα και τα ανώτερα όρια της πρόβλεψης σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.



Μήνας	Πρόβλεψη Ιούνιος 2022- Μάιος 2023	Κατώτερο όριο 95%	Ανώτερο όριο 95%	Παραγωγή Ιούνιος 2021-Μάιος 2022	Ποσοστό μεταβολής (%)
Ιούνιος	677.860	494896	928466	388.435	74,5%
Ιούλιος	719.709	507816	1,02002E6	417.985	72,2%
Αύγουστος	702.744	480671	1,02741E6	402.959	74,4%
Σεπτέμβριος	589.076	391515	886327	345.664	70,4%
Οκτώβριος	464.034	300244	717175	313.031	48,2%
Νοέμβριος	327.240	206450	518700	216.049	51,5%
Δεκέμβριος	341.098	210099	553774	149.267	128,5%
Ιανουάριος	441.083	265554	732634	322.677	36,7%
Φεβρουάριος	447.894	263829	760375	331.346	35,2%
Μάρτιος	617.710	356305	1,0709E6	448.248	37,8%
Απρίλιος	756.315	427529	1,33795E6	557.483	35,7%
Μάιος	900.514	499205	1,62443E6	673.271	33,8%

Διάγραμμα 13: Πρόβλεψη συνολικής παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα (Ιούνιος 2022 – Μάιος 2023)



#### Διάγραμμα 14: Σύγκριση πρόβλεψης συνολικής παραγόμενης Φωτοβολταϊκής Ενέργειας (MWh)

Όπως συμπεραίνουμε και από το παραπάνω πίνακα, η συνολικά παραγόμενη ενέργεια από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά θα είναι μεγαλύτερη το 2023 σε σχέση με το προηγούμενο χρονικό διάστημα. Για το χρονικό διάστημα Ιούνιος 2022 μέχρι Μάιος του 2023, και στους δώδεκα μήνες η συνολικά παραγόμενη ενέργεια προβλέπεται ότι θα είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σχέση με Ιούνιο 2021 και Μάιο 2022, το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο της τάξεως του 128,5% αύξηση. Ιδιαίτερα με την πτώση της θερμοκρασίας παρατηρείται αυξημένη ζήτηση καθώς υπάρχουν οι ανάγκες για θέρμανση, καύση, και μετακινήσεις (χειμερινή περίοδο).

Σε συνδυασμό με την ανάγκη για μετάβαση στην πράσινη ενέργεια η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών προβλέπεται να αυξηθούν και έτσι θα περιοριστεί η χρήση ορυκτών καυσίμων για να επιτευχθεί δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και εκσυγχρονισμός της οικονομίας. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέση μηνιαία αύξηση που προβλέπει το μοντέλο για την παραγόμενη ενέργεια από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι 58,2% από Ιούνιο 2022 μέχρι Μάιο του 2023.

#### **5.7. Συμπεράσματα**

Στα κεφάλαια που προηγήθηκαν επιχειρήθηκε να καταγραφεί και να μελετηθεί το θέμα των ΑΠΕ και ειδικότερα της Ηλιακής Ενέργειας σε σχέση με τη συμβολή τους στα παρακάτω:

- ✓ μείωση εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ διάφορα τεχνολογικά ζητήματα
- ✓ μελέτες σκοπιμότητας
- ✓ μελέτες προστασίας του περιβάλλοντος και στη μετάβαση προς πράσινες πηγές ενέργειας
- ✓ στην καταγραφή χρήσιμων πληροφοριών που αφορούν το πλαίσιο λειτουργίας τους και της βιωσιμότητας τους καθώς και την απεικόνιση της τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα
- ✓ μελετήθηκε το παρόν νομοθετικό πλαίσιο προώθησης της πράσινης ενέργειας και οι δυνατότητες που παρέχει στον επενδυτή

- ✓ στατιστική ανάλυση που οδηγεί σε συμπεράσματα για την μελλοντική εξέλιξη τους στην Ελλάδα και τις αλλαγές στην οικονομίας που μπορούν να προκαλέσουν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι υπάρχει μεγάλη ανάπτυξη στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα και θα συνεχίσει να αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς καθώς φαίνεται ότι η μέση μηνιαία αύξηση που προβλέπει το μοντέλο για την παραγόμενη ενέργεια από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι **58,2%** από Ιούνιο 2022 μέχρι Μάιο του 2023.

Οι τιμές αυτές έρχονται σε πλήρη ταύτιση με τα πλέον πρόσφατα μέτρα που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση υπό το πρίσμα της εισβολής της Ρωσίας στην Ουκρανία. Η ανάγκη για απολιγνιτοποίηση και απεξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο είναι μεγάλη, καθώς οι τιμές ενέργειας επηρεάζονται άμεσα από τις διακυμάνσεις των τιμών των ορυκτών καυσίμων. Καθώς οι επενδύσεις σε ΑΠΕ επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις, το βλέμμα των επενδυτών είναι στραμμένο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες αποτελούν την πιο ασφαλή και μακροπρόθεσμη επένδυση σε μια χώρα σαν την δική μας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επενδύσεις σε ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, αυτό σημαίνει ότι έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό, προσφέροντας έτσι αυξημένες θέσεις εργασίας, τοπικά αλλά και περιφερειακά.

Η περαιτέρω ανάπτυξη της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, όσον αφορά το σκοπό της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, είναι απαραίτητη η υλοποίηση αιολικών και Φ/Σ, αφού αποτελούν τις κύριες μεθόδους που επιτρέπουν την ευρείας κλίμακας ηλεκτροπαραγωγή, λόγω διαθεσιμότητας δυναμικού, τεχνολογικής ωριμότητας, αλλά και οικονομικής ανταγωνιστικότητας. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία των αναγκαίων συνοδευτικών υποδομών, όπως κυρίως τα ηλεκτρικά δίκτυα υψηλής τάσης. Πετυχαίνοντας την δημιουργία των υποδομών αυτών, με την χρήση των ΑΠΕ, θα μειώνονται οι απώλειες κατά την μεταφορά της ενέργειας και θα επιτρέπεται στις εγκαταστάσεις η γρήγορη απόκριση της προσφοράς στην ζήτηση της ενέργειας.

Το φως του ήλιου είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, άρα ο ήλιος αποτελεί την καλύτερη λύση για την όλο και αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Το σημερινό τοπίο για τις ΑΠΕ είναι πιο αισιόδοξο επιτεύχθηκε όμως μέσα σε μεγάλο χρονικό διάστημα δραστηριοποίησης των πολιτών και των επενδυτών στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Συμπερασματικά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί το σημαντικότερο μέσο για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, την απαραίτητη ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές, στην αναχαίτηση της κλιματικής αλλαγής και στην επίτευξη των ευρωπαϊκών και εθνικών δεσμευτικών στόχων.

## **Βιβλιογραφία**

### **Διαδικτυακές Ιστοσελίδες**

[Greece: Energy Country Profile - Our World in Data](#) (ACCESS DATE 09/05/2022)

[Nord Stream AG \(nord-stream.com\)](#) (ACCESS DATE 14/05/2022)

[Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης Α.Ε. - ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. \(dapEEP.gr\)](#)  
(ACCESS DATE 28/05/2022)

[Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φ.Α. - desfa.gr](#) (ACCESS DATE 28/05/2022)

[Rae Website](#) (ACCESS DATE 28/05/2022)

[ΚΑΠΕ \(cres.gr\)](#) (ACCESS DATE 28/05/2022)

[Αρχική | ΔΕΔΔΗΕ \(deddie.gr\)](#) (ACCESS DATE 28/05/2022)

[Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας | ΑΔΜΗΕ \(admie.gr\)](#)  
(ACCESS DATE 28/05/2022)

[ΕΔΕΥ ΑΕ \(greekhydrocarbons.gr\)](#) (ACCESS DATE 28/05/2022)

<http://helapco.gr> (ACCESS DATE 22/06/2022)

<HTTPS://JINKOSOLAR.EU/EN/> (ACCESS DATE 30/06/2022)

<HTTPS://SOLAR.HUAWEI.COM> (ACCESS DATE 01/07/2022)

<HTTPS://WWW.ALUMILSOLAR.COM/> (ACCESS DATE 01/07/2022)

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Αναγνώστου Α., (2015). Σημειώσεις μαθήματος 'Ανάλυση χρηματοοικονομικών σειρών', Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αναγνώστου Α., (2016). Σημειώσεις μαθήματος 'Ανάλυση χρηματοοικονομικών σειρών', Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

ΑΔΜΗΕ, Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας περιόδου 2018-2027.

Απόφαση της Επιτροπής SA4466, C(2016)7272. Νέο Σχήμα λειτουργικής ενίσχυσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.

Δαμιανίδης Μ., Κατσαρός Γ., Τόλης Μ., Στεργιόπουλος Φ., (2011). Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης, Θεσσαλονίκη : ΤΕΕ

Διμελή Σ., (2013). ‘Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών’, Εκδόσεις ΟΠΑ, Κεφάλαια 1-9, σελ. 1-336.

Διεθνής Οργανισμός για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (IRENA),(2017). Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και ΑΠΕ: Διαμόρφωση κόστους και αγορών έως το 2030.

ΕΛΟΤ HD 384., (2004). Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. ICS: 29.020 91.140.50, ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε., ΑΧΑΡΝΩΝ 313, 111 45 ΑΘΗΝΑ, Έκδοση 2<sup>η</sup>.

Κουνέτας Κ.Η., (2016). ‘Τεχνικές προβλέψεων και ελέγχου. Θεωρία και εργαστήριο’, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Πάτρας, Τμήμα Επιχειρηματικού σχεδιασμού & πληροφοριακών συστημάτων.

Μπεργελές Γ., (2005). Ανεμοκινητήρες. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα

Σφακιανάκης Μ., (2002) Πρακτική Πληροφορική και Εφαρμογές, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

Φραγκιαδάκης Ι.Ε., (2014). Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Τρίτη έκδοση 2009. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ζάρλα Α., Αλεβίζος Φ., (2006). ‘Ανάλυση χρονολογικών σειρών’, δια τμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών των Τμημάτων Μαθηματικών και Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής «Μαθηματικά των Υπολογιστών και των Αποφάσεων», Πανεπιστήμιο Πατρών.

Ζέρβος Α., (2006). Η ανάπτυξη των Α.Π.Ε στην Ευρώπη , περ.Τεχνικά Χρονικά.

## **Νομοθεσία**

### **Ελληνική**

4685/2020 (ΦΕΚ Α 92/7.5.2020) «Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις»

N.4936/2022 (ΦΕΚ 105Α/27.5.2022) «Εθνικός Κλιματικός Νόμος»

4951/2022 (ΦΕΚ Α' 129/04-07-2022) «Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος»

## **Ευρωπαϊκή**

Ε. Οδηγία 2009/28/Ε.Κ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 23.4.2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/Ε.Κ και 2003/30/Ε.Κ (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) , (Ε.Ε L – 140/16).

Ε. Οδηγία 2018/2001/Ε.Ε του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 21.12.2018 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από Α.Π.Ε (αναδιατύπωση) , Ε.Ε L – 328/82

COM (97) 599 τελικό της 26.11.1997. Ενέργεια για το μέλλον: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Λευκή Βίβλος για κοινοτική στρατηγική και σχέδιο δράσης.

COM (2001) 69 τελικό της 16.2.2001. Ανακοίνωση της Επιτροπής επί της εφαρμογής της Κοινοτικής Στρατηγικής και πρόγραμμα δράσεως για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (1998-2000).

COM (2001) 264 Τελικό Βρυξέλλες, 15.5.2001 Ανακοίνωση της Επιτροπής «Αειφόρος Ανάπτυξη της Ευρώπης για έναν καλύτερο κόσμο: Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Αειφόρο ανάπτυξη». ( Πρόταση της Επιτροπής επί του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου του Goteborg ).

## **Ξερόγλωσση Βιβλιογραφία**

Abbasi, T., & Abbasi, S. (2010). Renewable energy sources: Their impact on global warming and pollution. PHI Learning

Abbasi, T., Premalatha, M., & Abbasi, S. (2011). The return to renewables: Will it help in global warming control? Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 891–894.

Amjad et al. (2021) Can financial development help in raising sustainable economic growth and reduce environmental pollution in Pakistan? Evidence from non linear ARDL model, Rev. Econ. Develop. Stud.

Amjad et al. (2021). Investigating the role of energy prices in enhancing inflation in Pakistan: fresh insight from asymmetric ARDL model, Rev. Appl. Manag. Soc. Sci.

Amjad et al. (2021). Historical aspect of inflation in pre and post covid-19 pandemic in Pakistan, Perennial J. Hist.

Asghar N., Amjad M., Rehman H., Munir M., Alhajj R., (2022). Achieving sustainable development resilience: Poverty reduction through affordable access to electricity in developing economies, *Journal of Cleaner Production*, Volume 376, 134040

Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2016a). Feasibility of biomass heating system in Middle East Technical University, Northern Cyprus campus. *Cogent Engineering*, 3. doi:10.1080/23311916.2015.1134304

Choudhary Prakash, AbdulRahman A. Saied, Priyanka, Rezhna Kheder Ali, Sazan Qadir Maulud (2022). Russo-Ukrainian war: An unexpected event during the COVID-19 pandemic. *PubMed Central*, doi: 10.1016/j.tmaid.2022.102346

Daniel Bodansky. (2016). "The Paris Climate Change Agreement: A New Hope?" *The American Journal of International Law* 110, no. 2: 289

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., ... von Stechow, C. (2011). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge : Cambridge University Press

European Commission (2022). *REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy*, COM(2022) 108 final, Strasbourg, 8.3.2022

European Commission (2022). *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition*, COM(2022) 230 final, Brussels, 18.5.2022.

Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). *Sustainable development goals: A need for relevant indicators*.

Hannah Ritchie, Max Roser, Pablo Rosado., (2020) - "Energy". Published online at [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org/energy). Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/energy' on 05/May/2022 [Online Resource]

Ibrahim Warne (2019). *Effectiveness of the Paris Agreement*, Queen Mary, University of London

Iglińska B., et al., (2022). The assessment of renewable energy in Poland on the background of the world renewable energy sector, *Energy* Volume 261, Part B, 15125319

IPCC, (2001). Retrieved on 05.05.2022 from [https://www.ipcc.ch/ipccreports/far/wg\\_I/ipcc\\_far\\_wg\\_I\\_chapter\\_02.pdf](https://www.ipcc.ch/ipccreports/far/wg_I/ipcc_far_wg_I_chapter_02.pdf)

IPCC, (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC AR5 WG1 Summary for Policymakers 2013., (2017). p. 4: Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased; Gleick

IPCC, (2019). Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, Technical Summary, Chapter TS.5, Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities, Section 5.2.2.3.

John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis (2016). “Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change”, Third edition, p. 4-6

Kaygusuz, K., (2012). Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1116–1126.

Naomi Oreskes, (2004). "The Scientific Consensus on Climate Change," *Science*: Vol. 306 no. 5702 p. 1686

Kufel T., Kufel P., Błażejowski M., (2022). Do COVID-19 Lock-Downs Affect Business Cycle? Analysis Using Energy Consumption Cycle Clock for Selected European Countries. *Energies*. 15(1):340. <https://doi.org/10.3390/en15010340>

Li et al. (2021). Nexus between energy poverty and energy efficiency: estimating the long-run dynamics, *Resour. Pol.*

Lixin Wu (2016). *Paris Agreement: a roadmap to tackle climate and environment challenges*, Oxford University Press

National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI)., (1998). Estimated CO<sub>2</sub> emissions resulting from compliance with U.S. federal environmental regulations in the forest products industry. Special Report 98-02. Research Triangle Park, NC: National Council [of the Paper Industry] for Air and Stream Improvement, Inc.

NOAA, 2020, Ocean warming trends dwarf cooling trends, NOAA analysis finds

Njiru and Letema (2018). Energy Poverty and Its Implication on Standard of Living in Kirinyaga, Kenya, *Journal of Energy* 2018(9):1-12, DOI:10.1155/2018/3196567

Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Ameyo, P. (2016). A review of Ghana's water resource management and the future prospect. *Cogent Engineering*, 3. doi:10.1080/23311916.2016.1164275

Papadimitriou C.N, C.S. Psomopoulos, F. Kehagia. (2019). A review on the latest trend of Solar Pavements in Urban Environment. *Energy Procedia*. Τόμ. 157.

Rebecca Lindsey and LuAnn Dahlman, (2020). *Climate Change: Global Temperature; NOAA*

Reve, (2022). RWE commissions its first floating photovoltaic project, *Evwind, News Menu, Other renewables*

Sabine C. L. et.al., (2004). "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO<sub>2</sub>," *Science* vol. 305, 367-371

Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G. (2019). *Sustainable Development Report 2019*. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN)

Salisu, A., Taofeek, A., Ayinde, O., (2016). Modeling energy demand: Some emerging issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 54, pp. 1470- 1480

"Scientific Consensus: Earth's Climate is Warming". *Climate Change: Vital Signs of the Planet*. NASA JPL. Archived from the original on 28 March 2020. Retrieved 29 June 2022.

Sivakumaran Sivaramanan (2015). *Global Warming and climate change causes, impacts and mitigation*

Tom Bawden, (2016). "Paris Climate Deal 'Far Too Weak to Prevent Devastating Global Warming,'" *The Independent*

Tsantopoulos, G., Arabatzis, G., Tampakis, S., (2014). Public attitudes towards photovoltaic developments: Case study from Greece. *Energy Policy*, Vol. 71, pp. 94-106.

Yaffee Robert & McGee Monnie, (2000). 'Introduction to Time Series Analysis and Forecasting with applications of SAS and SPSS', ACADEMIC PRESS, INC

Xin H., Chelsea M., Sachin G. C., Chen-Chen Z., Yagiz A., Cazzonelli C., Ghannoum O., Tissue D., (2021). Light-altering cover materials and sustainable greenhouse production of vegetables: a review, *Plant Growth Regulation* volume 95, pages1–17

# Παράρτημα

## Υπολογιστικά φύλλα του προγράμματος STATGRAPHICS

### Forecasting - Energy (MWh)

Data variable: Energy (MWh)

Number of observations = 125

Start index = 1/12

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(1,1,1)<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	38700,3	
MAE	28022,5	
MAPE	11,094	
ME	-7209,39	
MPE	-3,50182	

#### ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
MA(1)	0,521683	0,0814803	6,40257	0,000000
SAR(1)	0,621967	0,0909479	6,83872	0,000000
SMA(1)	0,980475	0,0289714	33,8429	0,000000
Mean	-0,00128483	0,00409835	-0,313498	0,754507
Constant	-0,000485706			

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 0,0251892 with 108 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 0,158711

Number of iterations: 11

#### The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of Energy (MWh). The data cover 125 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 Energy (MWh) 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 SAR(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 0,158711.

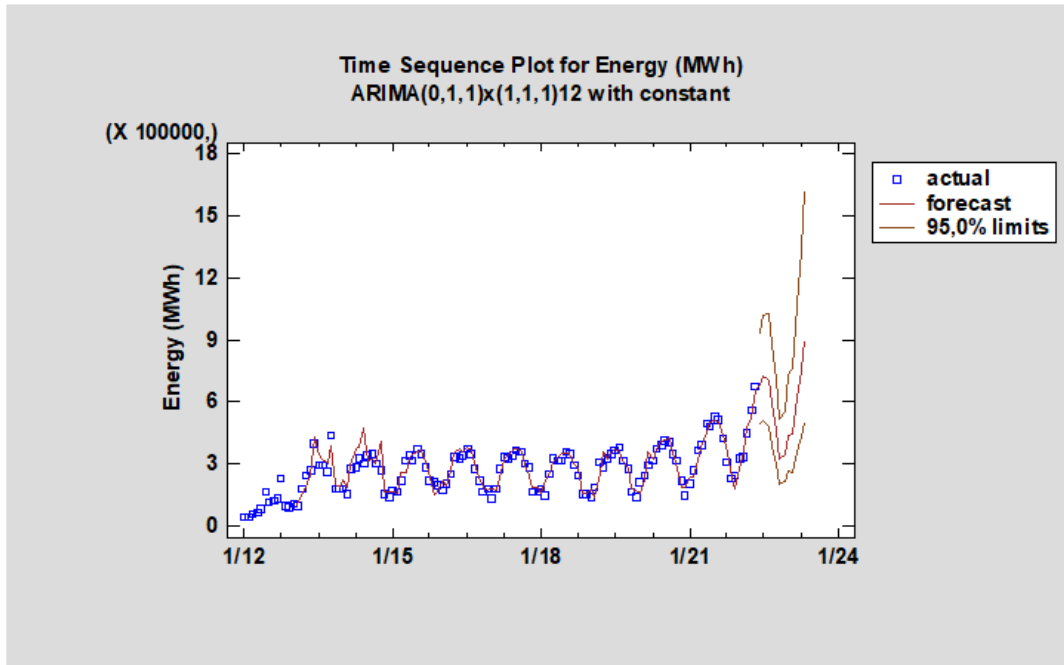
The table also summarizes the performance of the currently selected model in fitting the historical data. It displays:

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

### Forecast Table for Energy (MWh)

Model: ARIMA(0,1,1)x(1,1,1)12 with constant

Math adjustment: Natural log

Period	Data	Forecast	Residual
1/12	45357,0		
2/12	37779,0		
3/12	61577,0		
4/12	68171,0		
5/12	79975,0		
6/12	161521,		
7/12	117201,		
8/12	123362,		
9/12	127732,		
10/12	224728,		
11/12	95235,0		
12/12	88566,0		
1/13	102627,		
2/13	94551,0	99456,0	-4904,98
3/13	175118,	151108,	24009,8
4/13	240340,	185513,	54827,3
5/13	271736,	247726,	24010,1
6/13	399937,	426505,	-26568,4
7/13	292485,	337570,	-45085,2
8/13	291144,	325123,	-33979,3
9/13	260447,	300268,	-39821,2
10/13	437184,	388837,	48346,7

11/13	182130,	203544,	-21414,2
12/13	180939,	186262,	-5323,47
1/14	179916,	221400,	-41483,7
2/14	158214,	189567,	-31352,9
3/14	278489,	293866,	-15377,3
4/14	284229,	375672,	-91442,7
5/14	324861,	378557,	-53695,7
6/14	303854,	474732,	-170878,
7/14	343005,	313717,	29288,4
8/14	347000,	325799,	21200,9
9/14	301898,	297858,	4039,73
10/14	268449,	404891,	-136442,
11/14	156296,	162266,	-5970,12
12/14	140914,	160277,	-19363,4
1/15	169872,	164447,	5425,41
2/15	164989,	153125,	11864,5
3/15	218547,	259943,	-41395,6
4/15	318469,	259611,	58858,1
5/15	339543,	331658,	7884,89
6/15	320584,	338763,	-18179,1
7/15	374985,	355625,	19359,8
8/15	350055,	366584,	-16528,9
9/15	286558,	312366,	-25807,9
10/15	221592,	270332,	-48739,8
11/15	210832,	148102,	62730,5
12/15	195219,	165579,	29640,3
1/16	172784,	220679,	-47894,9
2/16	200964,	191573,	9390,98
3/16	248596,	267792,	-19196,0
4/16	329147,	351810,	-22663,2
5/16	324168,	377308,	-53140,0
6/16	341213,	355830,	-14616,6
7/16	372486,	384739,	-12253,4
8/16	350319,	361464,	-11145,0
9/16	274364,	298155,	-23790,7
10/16	216485,	236086,	-19601,2
11/16	166240,	186790,	-20550,1
12/16	178310,	169453,	8856,93
1/17	132146,	175270,	-43123,9
2/17	182549,	167650,	14898,7
3/17	279753,	228075,	51678,0
4/17	333670,	322202,	11468,0
5/17	327613,	344338,	-16724,6
6/17	343747,	364912,	-21165,0
7/17	366285,	374509,	-8224,44
8/17	360385,	354935,	5450,31
9/17	302460,	290716,	11743,9
10/17	285147,	246870,	38276,8
11/17	165274,	190544,	-25269,6
12/17	164078,	187413,	-23334,5
1/18	177299,	157930,	19369,0
2/18	145725,	204215,	-58490,2
3/18	253264,	260001,	-6737,33
4/18	324316,	307695,	16620,7
5/18	313658,	330386,	-16727,8
6/18	316206,	348675,	-32468,7
7/18	358728,	346046,	12681,8
8/18	347915,	346827,	1088,4
9/18	292369,	294889,	-2519,82
10/18	242322,	273882,	-31559,7
11/18	154116,	155479,	-1363,05
12/18	158230,	155095,	3134,78

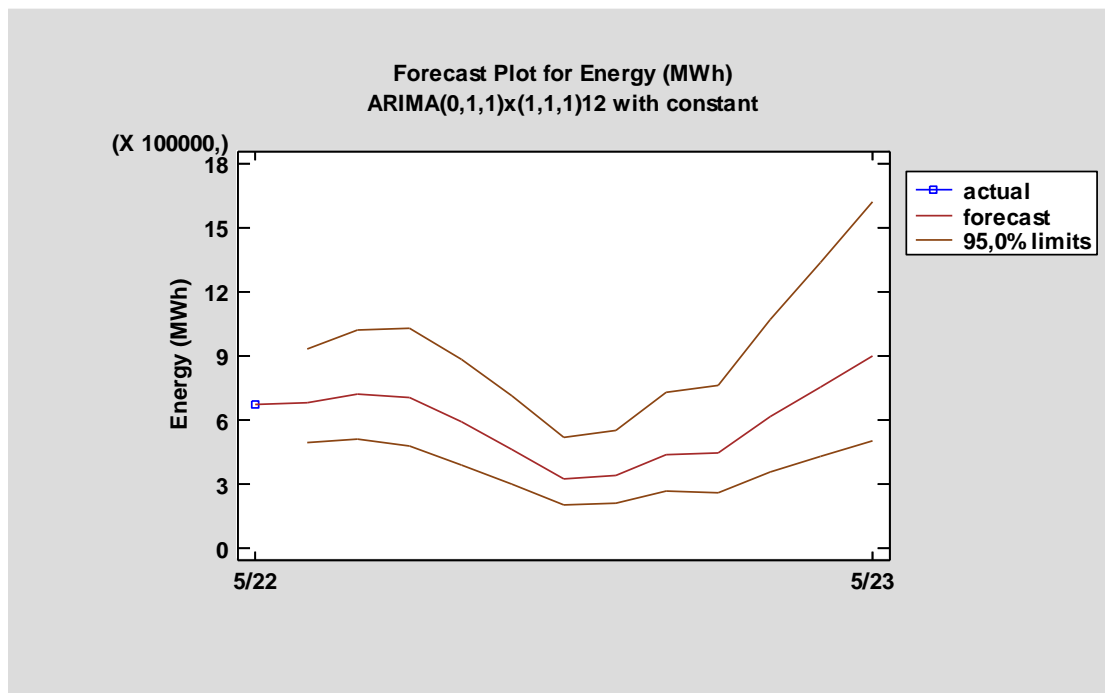
1/19	141159,	178347,	-37187,9
2/19	189602,	140102,	49499,9
3/19	307676,	262620,	45056,1
4/19	280895,	355107,	-74212,0
5/19	328325,	328601,	-276,489
6/19	347762,	346001,	1761,17
7/19	364391,	375495,	-11103,6
8/19	384080,	361115,	22965,0
9/19	319843,	315789,	4054,1
10/19	280037,	272728,	7308,51
11/19	163295,	176237,	-12942,4
12/19	142126,	173814,	-31688,1
1/20	214166,	158757,	55409,2
2/20	245860,	220159,	25700,9
3/20	289964,	360555,	-70590,7
4/20	317047,	327759,	-10712,3
5/20	375626,	376402,	-776,048
6/20	388435,	408312,	-19876,6
7/20	417985,	410341,	7643,84
8/20	402959,	425777,	-22818,4
9/20	345664,	349829,	-4165,45
10/20	313031,	308903,	4128,0
11/20	216049,	187514,	28535,4
12/20	149267,	184539,	-35272,5
1/21	200073,	234043,	-33969,8
2/21	265643,	236329,	29313,6
3/21	363446,	316488,	46957,9
4/21	393610,	382059,	11550,7
5/21	494007,	455920,	38087,2
6/21	476856,	506082,	-29225,7
7/21	524530,	514919,	9611,49
8/21	510367,	504569,	5798,08
9/21	421670,	435864,	-14193,8
10/21	306857,	389042,	-82185,4
11/21	228676,	233141,	-4464,8
12/21	243716,	182902,	60813,6
1/22	322677,	273457,	49220,0
2/22	331346,	353863,	-22516,5
3/22	448248,	476739,	-28490,6
4/22	557483,	519231,	38251,6
5/22	673271,	655550,	17720,7

		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
6/22	677860,	494896,	928466,
7/22	719709,	507816,	1,02002E6
8/22	702744,	480671,	1,02741E6
9/22	589076,	391515,	886327,
10/22	464034,	300244,	717175,
11/22	327240,	206450,	518700,
12/22	341098,	210099,	553774,
1/23	441083,	265554,	732634,
2/23	447894,	263829,	760375,
3/23	617710,	356305,	1,0709E6
4/23	756315,	427529,	1,33795E6
5/23	900514,	499205,	1,62443E6

### The StatAdvisor

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

### Model Comparison

Data variable: Energy (MWh)  
 Number of observations = 125  
 Start index = 1/12  
 Sampling interval = 1,0 month(s)  
 Length of seasonality = 12

### Models

- (A) Brown's linear exp. smoothing with  $\alpha = 0,6736$
- (B) Winters' exp. smoothing with  $\alpha = 0,3027$ ,  $\beta = 0,0832$ ,  $\gamma = 0,2367$
- (C) Brown's quadratic exp. smoothing with  $\alpha = 0,1573$   
 Seasonal adjustment: Multiplicative
- (D) Holt's linear exp. smoothing with  $\alpha = 0,3284$  and  $\beta = 0,0849$   
 Seasonal adjustment: Multiplicative
- (E) ARIMA(0,1,1)x(1,1,1)12 with constant  
 Math adjustment: Natural log

### Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	69074,0	51584,8	22,5274	1958,64	0,818841
(B)	39524,3	28982,4	11,1542	503,223	-1,8011
(C)	40492,3	28177,3	12,443	776,315	0,727918
(D)	38928,5	26492,5	11,3201	-480,166	-1,84379
(E)	38700,3	28022,5	11,094	-7209,39	-3,50182

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	69074,0	OK	*	***	OK	OK
(B)	39524,3	OK	OK	OK	OK	***
(C)	40492,3	OK	OK	*	OK	OK

(D)	38928,5	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	38700,3	OK	OK	OK	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 ( $0,01 < p \leq 0,05$ )

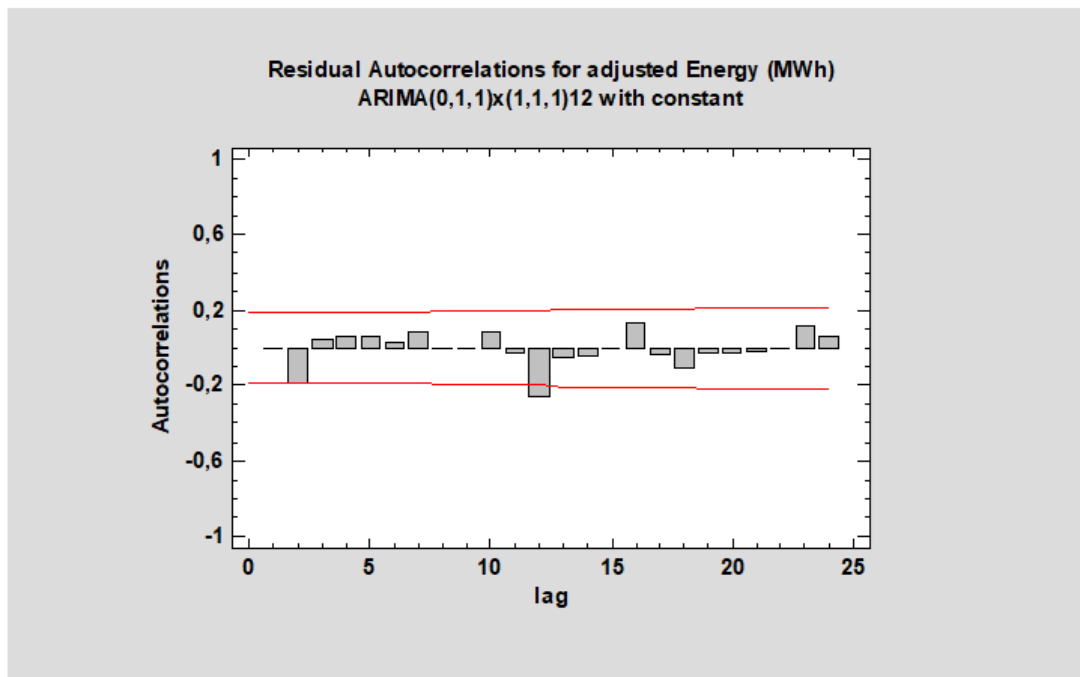
\*\* = significant ( $0,001 < p \leq 0,01$ )

\*\*\* = highly significant ( $p \leq 0,001$ )

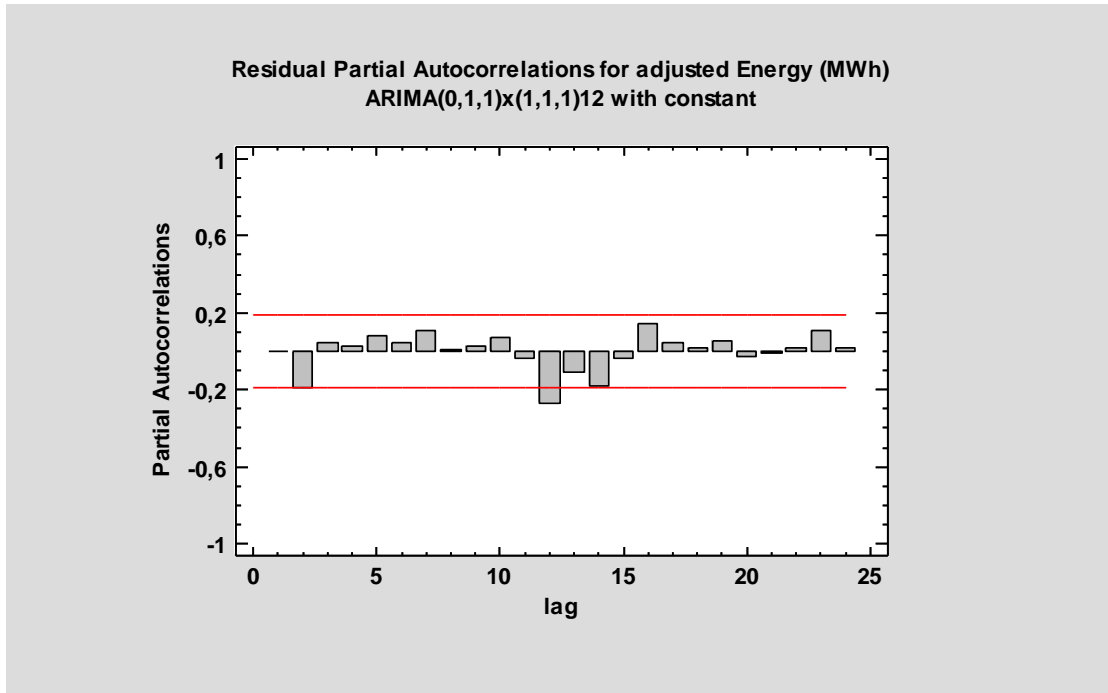
### The StatAdvisor

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 E. The model with the smallest mean absolute error (MAE) is model D. The model with the smallest mean absolute percentage error (MAPE) is model E. You can use these results to select the most appropriate model for your needs.

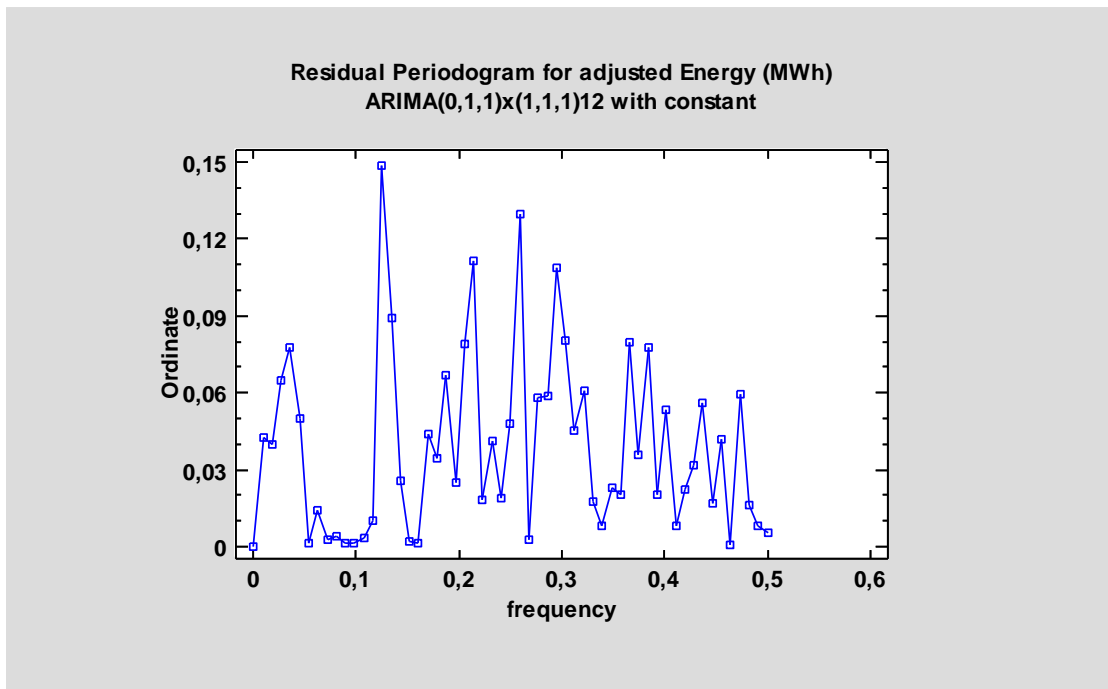
The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One \* means that it fails at the 95% confidence level. Two \*'s means that it fails at the 99% confidence level. Three \*'s means 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).



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, one of the 24 partial autocorrelation coefficients is 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 57 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.