



ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

ΚΑΖΙΑΝΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ
ΑΜ: ΜΔΕ-ΟΠ 1909



Επιβλέπων Καθηγητής: ΜΙΧΑΗΛ ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2021

**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 στο σώμα 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:

ΑΝΑΓΚΟΦΟΡΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ -
ΑΙΟΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

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

Όνοματεπώνυμο Σωτήριος ΚατάνηςΗμερομηνία 28 / 2 / 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Μιχαήλ Σφακιανάκη, για τη συνεργασία, την καθοδήγηση και την υποστήριξή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η όλο και επιταχυνόμενη εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη, εξαιτίας της συνεχούς εντεινόμενης ανάγκης για ενέργεια, καθώς και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που γεννούνται από την χρησιμοποίηση αυτών, έθεσε την ανθρωπότητα ενώπιων των ευθυνών της. Το αποτέλεσμα ήταν η στροφή στη αξιοποίηση μορφών ενέργειας άφθονα διαθέσιμων στο φυσικό περιβάλλον. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) δεν εξαντλούνται, και μπορούν να μετατραπούν, με την κατάλληλη τεχνογνωσία, σε ηλεκτρική ενέργεια.

Σήμερα η αξιοποίηση της δύναμης του ανέμου, του ήλιου, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας, της κίνησης των θαλάσσιων κυμάτων, των υδατοπτώσεων και της βιομάζας και η μετατροπή τους σε ενέργεια επωφελή τις ανθρώπινες δραστηριότητες και έχει οδηγήσει στην απεξάρτηση ως ένα βαθμό από τα συμβατικές, πεπερασμένες μορφές ενέργειας.

Πολλές χώρες ανάμεσα τους και η Ελλάδα επενδύουν στην αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εξέλιξη τους. Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος στον κόσμο μέχρι το 2050. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, μια φιλόδοξη δέσμη μέτρων, σκοπό έχει να δώσει στους Ευρωπαίους πολίτες και επιχειρήσεις τη δυνατότητα να επωφεληθούν από αυτή τη μετάβαση.

Η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον περιορισμό της εξάρτησης από αγορές ορυκτών καυσίμων, όπως αυτές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Επιπλέον η ανάπτυξη των πράσινων εναλλακτικών μορφών ενέργειας μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ανεργίας στην ΕΕ μέσω της απασχόλησης σε νέες πράσινες τεχνολογίες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η παρουσίαση των χαρακτηριστικών, η καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης καθώς και οι μελλοντικές τάσεις στο πεδίο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Ελλάδα. Θα εστιάσουμε στην πρόβλεψη της παραγωγής αιολικής ενέργειας και των μελλοντικών τάσεων στην κατανάλωση ενέργειας.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: : Δείκτες ΑΠΑ, στα σενάρια Μακροχρόνια Στρατηγική 2050	16
Εικόνα 2: Αξιολόγηση κοινωνικού αντίκτυπου για τις διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (11).....	17
Εικόνα 3: Σύνοψη περιβαλλοντικών επιδράσεων (12).....	18
Εικόνα 4: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τομέα (2016) (14)	20
Εικόνα 5: Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλων (19).....	23
Εικόνα 6: Μονάδες Υδροηλεκτρικών σταθμών κατά σειρά ένταξης στο σύστημα.....	24
Εικόνα 7: Προτεινόμενα μελλοντικά έργα	25
Εικόνα 8: Ομοιοπολικό δεσμοί στον κρύσταλλο πυριτίου (Si).....	29
Εικόνα 9: Δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος λόγω φωτοβολταϊκού φαινομένου (25)	30
Εικόνα 10: Τυπική σταθερή βάση στήριξης	31
Εικόνα 11: Διάταξη ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου διπλού άξονα	32
Εικόνα 12: Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (2007-2019) (27)	34
Εικόνα 13: Φωτοβολταϊκοί σταθμοί στην Ελλάδα με άδεια παραγωγής (28)	35
Εικόνα 14: Δρόμος αποτελούμενος από φωτοβολταϊκά (Tourouvre, Γαλλία).....	38
Εικόνα 15: Μοντέλο αυτοκινήτου με ηλιακό πάνελ στην οροφή.....	38
Εικόνα 16: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας	39
Εικόνα 17: Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα	41
Εικόνα 18: Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα.....	42
Εικόνα 19: Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα με άδεια παραγωγής (28).....	44
Εικόνα 20: Προβλέψεις μηνιαίων στοιχείων παραγόμενης Αιολικής ενέργειας (MWh) για την περίοδο Φεβρουάριος 2021 - Ιανουάριος 2022.....	53

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ηλεκτρική απόδοση φωτοβολταϊκού συστήματος (26)	33
Διάγραμμα 2: Ηλεκτρική ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος (26)	33
Διάγραμμα 3: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (2000-2020) (29)	36
Διάγραμμα 4: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά πάνελ ανά κάτοικο (2019) (30)	37
Διάγραμμα 5: Αιολική παραγωγή ενέργειας (2000-2020) (29)	45
Διάγραμμα 6: Κατανάλωση αιολικής ενέργειας ανά κάτοικο (2019) (29)	45
Διάγραμμα 7: Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	46
Διάγραμμα 8: Γράφημα συνολικής παραγόμενης Αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (MWh)	52
Διάγραμμα 10: Πρόβλεψη συνολικής παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022)	53
Διάγραμμα 11: Σύγκριση πρόβλεψης συνολικής παραγόμενης Αιολικής Ενέργειας (MWh)	54

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Κατάλογος Εικόνων	3
Κατάλογος Διαγραμμάτων	4
Περιεχόμενα.....	5
1. Εισαγωγή	7
1.1. Στόχοι.....	7
1.2. Υπόβαθρο Θέματος	7
1.3. Ερευνητικές ερωτήσεις	7
1.4. Μεθοδολογία	7
1.5. Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας.....	8
2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	9
2.1. Εισαγωγή	9
2.2. Ορισμός	9
2.3. Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ.....	9
2.4. Μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	10
2.5. Μορφες ανανεωσιμων πηγων ενεργειας	10
2.6. Θεσμικό πλαίσιο.....	13
2.6.1. Εξέλιξη ΑΠΕ στην Ευρώπη.....	13
2.6.2. Εξέλιξη ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	14
2.7. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - αντίκτυπος.....	17
2.7.1. Επίδραση στη μικροοικονομία.....	17
2.7.2. Επίδραση στη μακροοικονομία.....	19
2.8. Ο στόχος για την κλιματική ουδετερότητα	19
3. Υδροηλεκτρική ενέργεια	22
3.1. Εισαγωγή στην υδροηλεκτρική ενέργεια.....	22
3.2. Υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα.....	24
3.3. Ανάπτυξη μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού.....	26
4. Ηλιακή ενέργεια	28
4.1. Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια	28
4.2. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	29
4.3. Παράμετροι φωτοβολταϊκών	30
4.4. Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα	33
4.5. Λοιπές χρήσεις	37
5. Αιολική ενέργεια	39
5.1. Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια	39

5.2.	Τύποι ανεμογεννητριών	40
5.3.	Οι ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα	43
6.	Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα με χρήση χρονοσειράς	46
6.1.	Εξέλιξη ενεργειακών μεγεθών	46
6.2.	Στατιστική Ανάλυση	49
6.3.	Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών	49
6.4.	Συνιστώσες της χρονοσειράς	50
6.5.	Χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης	50
6.6.	Η προσέγγιση Box-Jenkins.....	50
6.7.	Το υπόδειγμα ARIMA (p,d,q).....	50
6.8.	Εποχικό δείγμα SARIMA	51
6.9.	Πρόβλεψη συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Αιολικών Πάρκων για το διάστημα Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022	51
7.	Συμπεράσματα	54
	Βιβλιογραφία	67

1. Εισαγωγή

1.1. Στόχοι

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης των ΑΠΕ τεχνολογικά και ποσοτικά στην Ελλάδα αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Θα παρουσιαστούν η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η εκμετάλλευση του βιοαερίου/βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή με στόχο την κατανόηση των ευκαιριών περαιτέρω διεξόδου τους στην παραγωγή. Ειδικότερα θα επιχειρηθεί η παρουσίαση και καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, και επιπλέον οι μελλοντικές τάσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Επιπλέον στόχος είναι παρουσίαση και ανάλυση της εξέλιξης των παραγόντων που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τα μεγέθη που σχετίζονται με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2. Υπόβαθρο Θέματος

Το θέμα των ΑΠΕ έχει μελετηθεί από διάφορες οπτικές γωνίες, όπως η συμβολή τους στη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, σε τεχνολογικά ζητήματα, σε μελέτες σκοπιμότητας, σε μελέτες προστασίας του περιβάλλοντος και ανάλυσης των θετικών και αρνητικών ζητημάτων που προκύπτουν από την αξιοποίησή τους. Επιπλέον στον τομέα τον προβλέψεων χρειάζεται συνεχώς νέα έρευνα και ενσωμάτωση των νέων δεδομένων που προκύπτουν. Στην παρούσα ερευνά θα γίνει προσπάθεια να συγκεντρώσουμε όλη αυτή την γνώση και να επικαιροποιήσουμε τις προβλέψεις μας για το μέλλον των ΑΠΕ και της αιολικής ενέργειας συγκεκριμένα στον Ελλαδικό χώρο.

1.3. Ερευνητικές ερωτήσεις

Η διπλωματική εργασία θα προσπαθήσει να απαντήσει σε ορισμένα ερωτήματα σχετικά με τον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα οποία θα μας βοηθήσουν στην έρευνα και στην επίτευξη του αντικειμενικού σκοπού μας. Τα ερωτήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Σε ποιο σημείο βρισκόμαστε στον τομέα των ΑΠΕ
- Ποιες είναι οι ΑΠΕ
- Πώς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω των ΑΠΕ
- Πως φτάσαμε ως εδώ
- Πως βοηθούν οι πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας στην ανάπτυξη των ΑΠΕ
- Ποια είναι η εξέλιξη τους τις τελευταίες δεκαετίες
- Ποιες οι περαιτέρω ευκαιρίες ανάπτυξης του κλάδου
- Ποια η δυναμική τους
- Ποια η προβλεπόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο μέλλον

1.4. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί στην παρούσα διπλωματική ώστε να επιτευχθεί ο αντικειμενικός σκοπός της, βασίζεται στα ακόλουθα:

1. Βιβλιογραφική μελέτη με σκοπό την άντληση πληροφοριών απαιτούμενων για την παρουσίαση των ΑΠΕ. Ιστορική έρευνα και παρουσίαση των κυριότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, του τρόπου λειτουργίας τους και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών

τους. Θα συγκεντρωθούν στοιχεία όσον αφορά την αιολική, υδροηλεκτρική, ηλιακή και η εκμετάλλευση του βιοαερίου/βιομάζας.

2. Παρουσίαση στατιστικών στοιχείων σχετικά με την απόδοση των ΑΠΕ. Ποσοτική έρευνα
3. Στατιστική ανάλυση των στοιχείων για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων μέσω συγκεκριμένου υπολογιστικού προγράμματος. Το εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί είναι το statgraphics, είναι ένα στατιστικό πρόγραμμα εξαγωγής αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Από την ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί αναμένετε να προκύψουν συμπεράσματα ικανά να προβλέψουν την δυναμικότητα και την εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο.
4. Η πρόβλεψη της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (MWh) αποτελεί προαπαιτούμενο για την αποτελεσματική διαχείριση και ενσωμάτωση της στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Εταιρίες και ερευνητικά κέντρα επενδύουν τις τελευταίες δεκαετίες, στην ανάπτυξη μεθόδων και εργαλείων. Ως αποτέλεσμα έχουμε στα χέρια μας πληθώρα μοντέλων πρόβλεψης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
5. Θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα από τον Οκτώβριο του 2005 έως τον Σεπτέμβριο του 2020 τα οποία δημοσιεύονται από τον αρμόδιο διαχειριστή του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΡΑΕ). Το διάστημα πρόβλεψης θα αφορά την περίοδο Νοέμβριος 2020 έως Νοέμβριος 2021.
6. Εξετάζονται επίσης παράγοντες που επηρεάζουν μεγέθη αναφορικά με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και κατανάλωσης ενέργειας. Τέτοια μεγέθη είναι το γενικότερο παγκόσμιο περιβάλλον, γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά μιας χώρας, η τεχνολογία και το γενικότερο κοινωνικό πολιτικό και νομοθετικό πλαίσιο της χώρας.

1.5. Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί απειλή για τον πλανήτη και την ανθρωπότητα. Η στροφή στην παραγωγή ενέργειας από καθαρές ανανεώσιμες πηγές κρίνεται επιτακτική. Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα με πλούσιο αιολικό δυναμικό. Επιπλέον υπάρχουν αναπτυξιακοί νόμοι που ενθαρρύνουν τις επενδύσεις στον τομέα αυτό. Με την παρούσα διπλωματική επιδιώκεται να καλυφθεί ένα σημαντικό κενό στη βιβλιογραφία. Θα εξεταστούν στατιστικά στοιχεία τα οποία θα συνδυαστούν με την αναπτυξιακή δυναμικότητα της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα. Μέσω της διπλωματικής θα γίνει καλύτερα κατανοητό το που βρισκόμαστε ως χώρα όσον αφορά τις ΑΠΕ και στο που θέλουμε να φτάσουμε. Θα συγκεντρωθεί και θα μελετηθεί το παρόν νομοθετικό πλαίσιο προώθησης της πράσινης ενέργειας και οι δυνατότητες που παρέχει στον επενδυτή.

2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

2.1. Εισαγωγή

Η παραγωγή και η χρήση ενέργειας αποτελεί θεμελιώδη λίθο για την λειτουργία των συγχρόνων κοινωνιών. Λειτουργίες όπως οι μεταφορές, η παραγωγή, η ψύξη και θέρμανση, και οι ανάγκες των νοικοκυριών απαιτούν ενέργεια για την λειτουργία τους. Αρχικά η ανθρωπότητα για να καλύψει αυτές τις ανάγκες στράφηκε στην εκμετάλλευση του άνθρακα, του πετρελαίου και των υπό-παραγώγων του καθώς και του φυσικού αερίου, με τα οποία στηρίχθηκε η ανάπτυξη των κοινωνιών. Με την ανακάλυψη πλούσιων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου τον 20^ο αιώνα οδηγήθηκε στην εξάρτηση της από τις πηγές αυτές. Πλησιάζοντας όμως στον 21^ο αιώνα δύο κρίσιμοι παράγοντες οδήγησαν την ανθρωπότητα να στρέψει το βλέμμα της σε πηγές ενέργειας οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία και δεν είναι άλλες από την ενέργεια του ήλιου την εκμετάλλευση του ανέμου, την δύναμη του νερού, και τις οργανικές ύλες όπως το βιοαέριο.

Το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας και το περιβαλλοντικό έστρεψαν την ανθρωπότητα και αύξησαν την ζήτηση για «καθαρές» ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και του 1979-1980 έκανε τις οικονομίες της δύσεις σκεπτικές και ανασφαλές ως προς την εξάρτηση τους από χώρες – παραγωγούς πετρελαίου με σημαντικότερες από αυτές τις χώρες της Αραβικής Χερσονήσου. Επιπλέον καταλυτικό ρόλο στην ανάδειξη των ΑΠΕ είναι το περιβαλλοντικό ζήτημα που προέκυψε από την αξιοποίηση του άνθρακα και τον υδρογονανθράκων μέσω της καύσης του η οποία απελευθερώνει αέρια τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και την γενικότερη ρύπανση που προκαλείται στην ατμόσφαιρα, η οποία αποτελεί απειλή για την βιοποικιλότητα του πλανήτη.

2.2. Ορισμός

Σύμφωνα με την ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια 5 τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια.

2.3. Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Η χρήση ΑΠΕ συνδέεται με περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά πλεονεκτήματα. Συμβάλει στη προστασία της βιοποικιλότητας και της αειφόρου ανάπτυξης περιορίζοντας την εξάρτηση από πεπερασμένους φυσικούς πόρους.

Ως Αειφόρος Ανάπτυξη ορίζεται η «ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες». Αυτό σημαίνει ότι κάθε σύγχρονο κράτος οφείλει να εντάσσει στα αναπτυξιακά του προγράμματα και τη μέριμνα για τις μελλοντικές γενιές. Βιοποικιλότητα ονομάζεται η ποικιλία των οικοσυστημάτων (φυσικό κεφάλαιο), των ειδών και των γονιδίων που υπάρχουν στον κόσμο ή σε έναν συγκεκριμένο οικότοπο. Έχει ζωτική σημασία για την ευημερία του ανθρώπου διότι παρέχει υπηρεσίες οι οποίες στηρίζουν τις οικονομίες και τις κοινωνίες μας. Η βιοποικιλότητα είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική για τις οικοσυστημικές υπηρεσίες –τις υπηρεσίες που παρέχει η φύση– όπως η επικονίαση, η ρύθμιση του κλίματος, η αντιπλημμυρική προστασία, η γονιμότητα του εδάφους και η παραγωγή τροφίμων, καυσίμων, ινών και φαρμάκων.

Σε οικονομικούς όρους περιορίζει τον αντίκτυπο από τις μεταβολές των τιμών των ορυκτών καυσίμων και την εξάρτηση τους από χώρες – παραγωγούς. Επιπρόσθετα συμβάλει στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας μέσω επενδύσεων, έρευνα και ανάπτυξη. Επιπλέον περιορίζει της οικονομικές επιπτώσεις λόγω της ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος.

2.4. Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Ωστόσο οι ανανεώσιμες πηγές έχουν κι αυτές τα μειονεκτήματα τους. Αρχικά υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί που αποτρέπουν την κατασκευή εγκαταστάσεων με μεγάλους βαθμούς απόδοσης. Τέτοια φυσικά όρια είναι για παράδειγμα στις ανεμογεννήτριες το γεγονός ότι δεν μπορείς να εκμεταλλευτείς όλη την κινητική ενέργεια του αέρα καθώς αυτό θα σήμαινε ότι μετά του πέρασμα του από την ανεμογεννήτρια, θα είχε μηδενική κινητική ενέργεια και άρα ταχύτητα κάτι το οποίο φυσικά δεν μπορεί να γίνει λόγω της συνεχούς ροής του. Από την άλλη τα φωτοβολταϊκά, αποτελούνται από στοιχεία τα οποία δεν υπάρχουν είναι απεριόριστα στη φύση (κυρίως πυρίτιο) και έχουν χαμηλή απόδοση (15-19%) με αποτέλεσμα να χρειάζεται να καλυφθεί μεγάλη έκταση για να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις. Παράλληλα, η εγκατάσταση των πιο συνηθισμένων συστημάτων ΑΠΕ γίνεται σε περιοχές όπου από τη μία υπάρχει «αφθονία» ενέργειας από την άλλη όμως είναι συνήθως περιοχές παρθένες. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται η ανθρώπινη επέμβαση για να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση και πιο συγκεκριμένα χρειάζεται να φτιαχτούν δρόμοι, σταθμοί ισχύος κλπ. Η ανθρώπινη παρέμβαση σε τέτοιου είδους περιοχές προκαλεί αναστάτωση του τοπικού οικοσυστήματος με συχνές αναφορές σκοτωμένων ζώων και κυρίως πουλιών. Ακόμα, πολλοί ακτιβιστές παραπονιούνται και για αισθητική παρέμβαση, το θόρυβο, την ακτινοβολία κ.α. Τέλος, το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι η μη σταθερή παροχή ενέργειας. Όπως είναι φυσικό, δεν είναι εφικτό να στηρίζονται οι λειτουργίες μιας πόλης εξ ολοκλήρου από τις ανανεώσιμες πηγές και από την ύπαρξη ή όχι ηλιόλουστων ημερών. Λύση στην εποχικότητα των ΑΠΕ μπορεί να είναι νέες τεχνολογίες που αναπτύσσονται γύρω από τα συστήματα μπαταριών.

2.5. Μορφές ανανεωσιμων πηγων ενεργειας

- Ηλιακή ενέργεια

Αντιδράσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα στον πύρινα του ήλιου εκπέμπουν ενέργεια η οποία φτάνει στη γη κυρίως μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί πηγή διατήρησης της ζωής στον πλανήτη, φυτά άνθρωποι και ζώα.

Γενικότερα, η ηλιακή ενέργεια έχει ζωτική σημασία για την διατήρηση της ζωής στη Γη και αποτελεί τη βάση για όλες σχεδόν τις άλλες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούμε. Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα ή, υπό κατάλληλες συνθήκες, να οδηγήσουν στη δημιουργία πετρελαίου μετά από εκατομμύρια χρόνια. Η θερμότητα του ήλιου δημιουργεί θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ περιοχών και ανάπτυξη ανέμων η ενέργεια των οποίων χρησιμοποιείται στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες. Επιπλέον, ποσότητες νερού εξατμίζονται λόγω της θερμότητας του ήλιου, πέφτουν ως βροχή σε υψόμετρα και κατηφορίζουν προς τη θάλασσα, με δυνατότητα εκμετάλλευσης της δυναμικής τους ενέργειας σε υδροηλεκτρικές γεννήτριες. Η επιπλέον εκμετάλλευση μπορεί να συμβάλει στη λύση του ενεργειακού προβλήματος των σύγχρονων κοινωνιών (1). Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται με τους παρακάτω τρόπους:

1. Θερμικά Ηλιακά Συστήματα:

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών, σκουρόχρωμων δηλαδή επιφανειών καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων.

2. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάρoi και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα Φ/Β κατατάσσονται σε: → Αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση. → Διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.

- Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια στηρίζεται στην μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού που βρίσκεται σε μεγάλα ύψη και μετατρέπεται σε κινητική καθώς το νερό ρέει προς περιοχές με χαμηλότερο ύψος. Για μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, καθώς αυτό ρέει προς τα κάτω, διέρχεται από υδραυλικές τουρμπίνες προκαλώντας περιστροφή των αξόνων τους και στη συνέχεια διέγερση των ηλεκτρικών κινητήρων με αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μεγάλης κλίμακας όμως υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, διαφέρει αρκετά καθώς απαιτείται η δημιουργία φράγματος και μπορεί να φτάσει σε ισχύ μέχρι και τα 22.500 MW (Three Gorges Dam) (2)! Ακόμα, υδροηλεκτρικά εργοστάσια που λειτουργούν με τη χρήση φράγματος, μπορούν να λειτουργήσουν και ως φυσικές «μπαταρίες». Αυτό γίνεται με τη εξής διαδικασία: καθώς το νερό διέρχεται από το φράγμα, μέσω αντλίας, μέρος αυτού, μεταφέρεται ξανά στην κοίτη του φράγματος και αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση έτσι ώστε να μπορέσει να καλύψει επερχόμενες ενεργειακές απαιτήσεις.

- Γεωθερμική ενέργεια

Το εσωτερικό της γης, όπως είναι γνωστό, βρίσκεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και στον πυρήνα της γης μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τους 5000 °C. Λόγω της θερμοκρασίας αυτής, περιέχεται θερμότητα στο εσωτερικό της γης η οποία ονομάζεται γεωθερμική ενέργεια. Σε ορισμένες περιοχές της γης, αποτελέσματα της ενέργειας αυτής συναντώνται μέσω

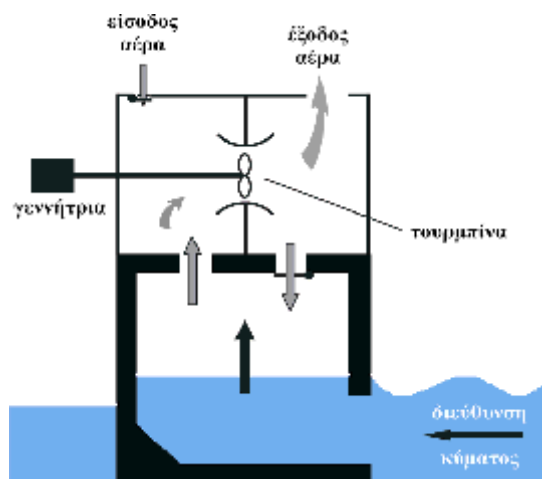
υδροφόρων οριζόντων που περιέχουν νερό ή ατμό σε υψηλή θερμοκρασία. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται γεωθερμικά πεδία. Τέτοιες περιοχές είναι συχνές στην Ισλανδία ωστόσο υπάρχουν ακόμα και στη χώρα μας με πεδία υψηλής ενθαλπίας στη Μήλο και τη Νίσυρο όπου φυσικά υπάρχει και ηφαιστειακή δραστηριότητα. Πέρα από τη προφανή αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για ανάπτυξη ιαματικού τουρισμού. (3)

- Βιομάζα

Η βιομάζα προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών ή/και αέριων καυσίμων. Η βιομάζα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την προέλευση τους. Αυτή μπορεί να είναι είτε από φυτικά υπολείμματα/ζωικά απόβλητα είτε από ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες προορίζονται για παραγωγή βιομάζας. Η βιομάζα στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως καύσιμο και στην Ελλάδα είναι γνωστό ως πέλλετ (συσσωματώματα). Ωστόσο, κανείς μπορεί να αναρωτηθεί πως ένα καύσιμο αποτελεί ΑΠΕ και δε συμβάλλει με τη σειρά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η απάντηση στην εύλογη αυτή απορία είναι ότι στην πραγματικότητα, οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της βιομάζας, έχουν αποθηκεύσει στη διάρκεια της ζωής τους ηλιακή ενέργεια (οι φυτικοί οργανισμοί μέσω της φωτοσύνθεσης ενώ οι ζωικοί μέσω των τροφών που στη συνέχεια αποθηκεύεται στον οργανισμό) (4)

- Ενέργεια των κυμάτων

Η ΑΠΕ αυτή έχει αρχίσει να αναπτύσσεται κυρίως τα τελευταία χρόνια καθώς εθεωρείτο κοστοβόρα η εγκατάσταση για την παραγωγή και επίσης δεν ήταν εμφανές εάν το κόστος αυτό θα αποσβενόταν γρήγορα. Παράλληλα, έγιναν νέες μελέτες σχετικά με την ανάπτυξη μηχανισμών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκμετάλλευση της συγκεκριμένης μορφής ενέργειας. Μηχανισμοί τέτοιοι είναι είτε υποθαλάσσιες τουρμπίνες που ενεργοποιούνται από τα ρεύματα της θάλασσας είτε εγκαταστάσεις που οι τουρμπίνες ενεργοποιούνται με την ροή αέρα η οποία με τη σειρά της δημιουργείται από τη διαφορά πίεσης που προκαλεί το νερό



- Αιολική ενέργεια

Ο άνεμος έχει χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας από τα πανάρχαια χρόνια. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που ολόκληρες χώρες χρωστούσαν σε αυτόν τον πλούτο τους και την ναυτιλιακή τους ικανότητα που κινούσε τα ιστιοφόρα πλοία τους. Η κινητική ενέργεια το ανέμου

οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία και περίπου το 2% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον πλανήτη μας μετατρέπεται σε ηλιακή ενέργεια. Ένας από τους τρόπους να εκμεταλλευτούμε αυτήν την ενέργεια είναι οι ανεμογεννήτριες (και λιγότερο γνωστές ως ανεμοκινητήρες). Ο πιο γνωστός τύπος είναι του οριζόντιου άξονα με 3 πτερύγια, που θυμίζει έντονα έλικα αεροπλάνου ή ελικοπτέρου. Διακρίνονται με βάση την ισχύ τους σε:

- Μικρής ισχύος μέχρι 20 MW
- Μέσης ισχύος μεταξύ 20-250 MW
- Μεγάλης ισχύος >250 MW

Οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος χρησιμοποιούνται σε απομονωμένες περιοχές για κάλυψη αγροτικών ή κτηνοτροφικών αναγκών, ιδιαιτέρως για άντληση και θέρμανση νερού, θέρμανση κατοικίας, φωτισμό και άλλες μικροεφαρμογές. Τις περισσότερες φορές η λύση αυτή είναι και οικονομικότερη. Οι ανεμογεννήτριες του τύπου αυτού είναι ανεξάρτητες, μη συνδεδεμένες με δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιούν γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που φορτίζει συσσωρευτές. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες μέσης και μεγάλης ισχύος μπορεί να γίνεται σε συνεργασία με δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Λειτουργία ανεμογεννήτριας για εξοικονόμηση καυσίμου (ιδιαιτέρως συχνή στα νησιά λόγω του υψηλού κόστους καυσίμου του μικρού μεγέθους του σταθμού παραγωγής)
- λειτουργία ανεμογεννήτριας ως σταθμού βάσης θεωρώντας ότι η εγκατεστημένη ισχύς της diesel μειώνεται κατά ποσοστό της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας
- λειτουργία όταν αντλητικού σταθμού για αποθήκευση νερού και χρήση του στην υδροηλεκτρική εκμετάλλευση

Οι προοπτικές ανάπτυξης των ανεμογεννητριών ακόμα και στη χώρα μας, όπως φαίνεται είναι μεγάλες και τα νησιά διεκδικούν πρωταρχική θέση στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γιατί δεν υπήρχαν πρωτογενείς μορφές ενέργειας. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των αναγκών των νησιών μας και να γίνει πηγή εθνικού πλούτου. Στο νησιωτικό χώρο εξάλλου δεν εμφανίζονται τυφώνες και υπάρχει πνοή ανέμου όλο το χρόνο με ελάχιστες ημέρες άπνοιας. (5)

2.6. Θεσμικό πλαίσιο

2.6.1. Εξέλιξη ΑΠΕ στην Ευρώπη

Τα τελευταία χρόνια, η Ευρωπαϊκή ένωση δείχνει ιδιαίτερη ευαισθησία στον τομέα της ενέργειας και συγκεκριμένα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με το πέρασμα των χρόνων οι τεχνολογίες που σχετίζονται με τις ΑΠΕ γίνονται όλο και πιο γνωστές στο ευρύ κοινό. Η τεχνολογία έχει βοηθήσει στο να είναι αυτές οι καινοτομίες πιο προσβάσιμες καθώς επίσης και με μειωμένο κόστος λόγω της αύξησης της παραγωγή με σταθερό ρυθμό. Όπως είναι γνωστό, ένας από τους κύριους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να μειώσει τις εκπομπές του αερίου που συμβάλλουν στην δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Από το 1998 μέχρι το 2012, οι εκπομπές αυτές έχουν μειωθεί κατά ποσοστό 18%. Σύμφωνα με μελέτες, η μείωση αυτή θα μπορούσε να ξεπεράσει την αρχική προσδοκία και να αγγίξει το ποσοστό του 24% έως και το τέλος του 2020. Σχετικά με την ενεργειακή απόδοση,

παρατηρείται πρόοδος η οποία θα πρέπει να συνεχιστεί έως ότου φτάσουμε στο στόχο ο οποίος είναι η αύξηση σε ποσοστό 20% κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Σχετικά με το θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο στόχος που έχει τεθεί είναι να δημιουργηθεί μία ενιαία ενεργειακή πολιτική με την πάροδο του χρόνου που θα μειώσει σημαντικά την εισαγωγή ενέργειας κάτι που αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της ευρωπαϊκής οικονομίας.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2030 είναι οι εξής:

- μείωση τουλάχιστον 40% των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- αύξηση σε 32% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση
- αύξηση κατά 32,5% στην αποτελεσματικότητα ενέργειας
- διασύνδεση τουλάχιστον 15% των ευρωπαϊκών ηλεκτρικών συστημάτων (6)

Όπως φαίνεται, η Ευρώπη έχει κατανοήσει την αναγκαιότητα για σταθερές μακροπρόθεσμες στρατηγικές ώστε να επιτύχει τον οικονομικό μετασχηματισμό που χρειάζεται όπως επίσης και ευρύτερους βιώσιμους αναπτυξιακούς στόχους. Παράλληλα, να είναι σύμφωνη με τους στόχους που έχουν τεθεί από τη συμφωνία του Παρισιού δηλαδή η μέση αύξηση της θερμοκρασίας να διατηρηθεί κάτω από τους 2°C. (7)

2.6.2. Εξέλιξη ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η ιστορία της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και γενικότερα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα ξεκινά το 1985 με την πρώτη προσπάθεια νομοθετικής ρύθμισης θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας ωστόσο η ουσιαστική προσπάθεια ένταξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα γίνεται αρκετά χρόνια αργότερα, το 1994 με το νόμο 2244/94 που αποτελεί ένα νόμο πραγματικής στήριξης των ΑΠΕ με ευνοϊκούς για τους επενδυτές όρους. Ο νόμος αυτός με τις θετικές ρυθμίσεις τους (τιμολόγια και μακροχρόνια συμβόλαια με τη ΔΕΗ), έδωσε το εναρκτήριο λάκτισμα για την εμφάνιση έντονου επενδυτικού ενδιαφέροντος από ιδιωτικές εταιρίες στο χώρο της αιολικής ενέργειας, των μικρών υδροηλεκτρικών και της εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο ιδιωτικός τομέας ανταποκρίθηκε στην πρόκληση της ανάπτυξης των ΑΠΕ καθώς το σύνολο των απαιτήσεων μέχρι το 2000 ξεπέρασε τα 300 MW, ενώ σήμερα, η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στην Ελλάδα ξεπερνά τα 6,6 GW (στοιχεία Οκτώβριος 2019) (8). Η δαιδαλώδης αδειοδοτική διαδικασία ακόμα η καθυστέρηση που παρατηρείται στην αναβάθμιση και επέκταση των δικτύων σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό αλλά και οι έντονες αντιδράσεις των κατοίκων ορισμένες περιοχές (π.χ. Τήνος) είναι οι αιτίες που προκαλούν καθυστερήσεις και αναβολή των επενδύσεων. πολλές υπουργικές αποφάσεις έχουν επιχειρήσει να απλοποιήσουν την αδειοδοτική διαδικασία αλλά στην πράξη παρατηρείται έντονη κλωσισεργία από τις δημόσιες υπηρεσίες τις εφαρμόσουν. (5)

Όσον αφορά τη μακροχρόνια στρατηγική της χώρας, σε συμφωνία πάντα με την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι κύριες προτεραιότητες πολιτικής οι οποίες ως πυλώνες της στρατηγικής (ΕΣΕΚ 2050- Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα είναι:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς, με έμφαση σε μεγάλης έκτασης ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών και κτιρίων,
- Ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σε όλους τους τομείς και ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής παράλληλα με μηδενισμό των

εκπομπών διοξειδίου άνθρακα από καύση στερεών καυσίμων στη ηλεκτροπαραγωγή,

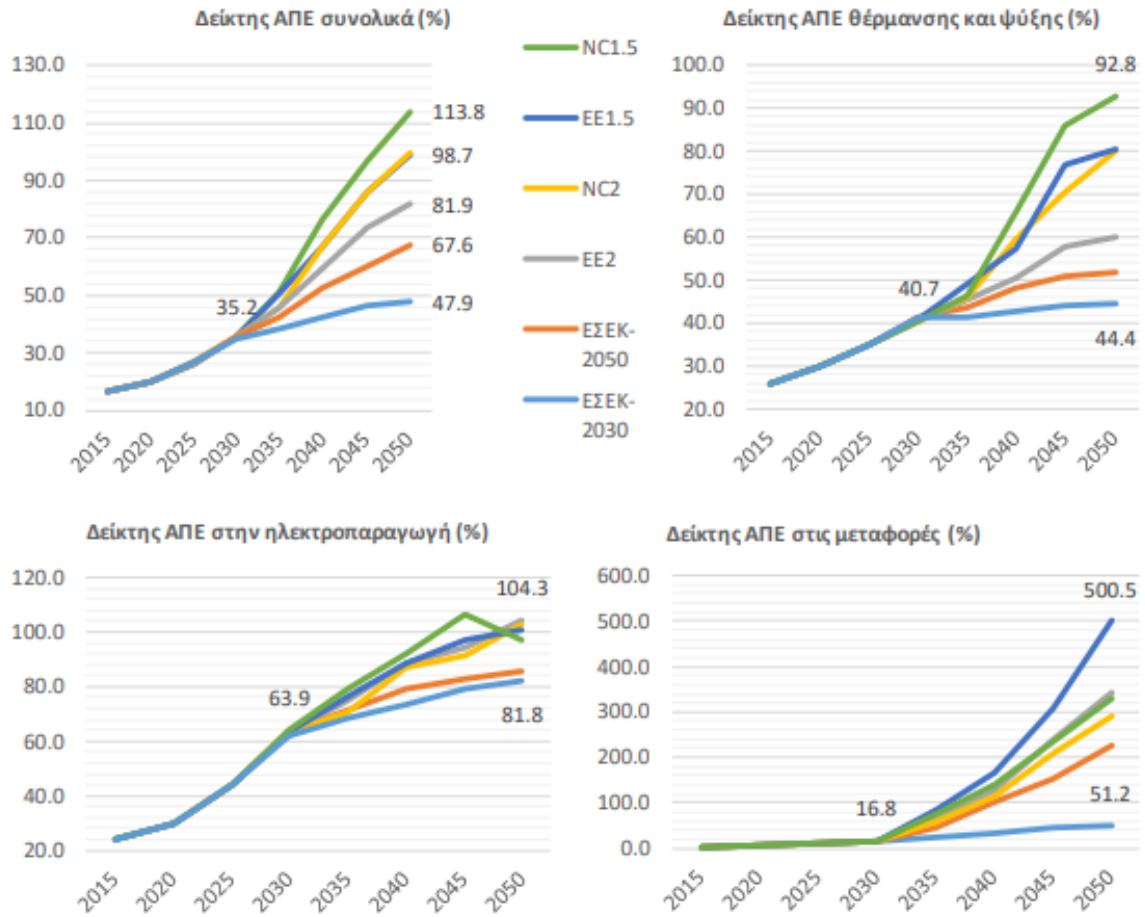
- Εξηλεκτρισμός των μεταφορών αλλά και της θερμότητας παράλληλα με τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της ηλεκτρικής ενέργειας,
- Ανάπτυξη εγχώριων καυσίμων και αερίου από βιομάζα με προηγμένες τεχνικές,
- Περαιτέρω επέκταση των διασυνδέσεων για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου και ολοκλήρωση της σύζευξης των αγορών στην ευρύτερη περιοχή.

Τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής ορίζονται ως εξής:

- Σενάριο EE2 (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2°C – Energy Efficiency and Electrification for 2°C)
- Σενάριο NC2 (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C – New energy carriers for 2°C)
- Σενάριο EE1.5 (Εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1.5°C – Energy Efficiency and Electrification for 1.5°C)
- Σενάριο NC1.5 (Νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1.5°C – New energy carriers for 1.5°C)

Σχετικά με τον τομέα των ΑΠΕ, στα διάφορα εθνικά σενάρια που εξετάζονται για την υλοποίηση της στρατηγικής, κυριαρχούν μέχρι το 2050, κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή όπου ο σχετικός δείκτης¹ υπερβαίνει το 95% στα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής. Ο δείκτης φθάνει σε υψηλά επίπεδα (82%) για το έτος 2050. Η μείωση του κόστους των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση της τιμής των δικαιωμάτων εκπομπών στο πλαίσιο του ETS (Emissions Trading System) λαμβάνει χώρα σε όλα τα σενάρια και επομένως δικαιολογεί από οικονομικής απόψεως τη θεαματική αύξηση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και μετά το 2030. Η υπόθεση ότι οι τιμές διοξειδίου άνθρακα στο πλαίσιο του EU ETS αυξάνονται σημαντικά στην περίοδο 2030-2050 είναι αποτέλεσμα του μηχανισμού σταθεροποίησης της αγοράς (MSR-market stability reserve), ο οποίος εφαρμόζεται με αυτόματο τρόπο μέχρι το 2050, σύμφωνα με την Ενωσιακή νομοθεσία.

¹ Οι δείκτες ΑΠΕ υπολογίζονται σύμφωνα με σύμβαση που ακολουθεί το πρότυπο κατά την Eurostat. Ο παρονομαστής για τον συνολικό δείκτη είναι η ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας ενώ ο αριθμητής περιλαμβάνει τη χρήση ΑΠΕ άμεσα αλλά και έμμεσα μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας, της διανεμόμενης θερμότητας και της διανομής αερίου όταν αυτά περιέχουν ανανεώσιμα αέρια (π.χ. βιοαέριο) ή μεθάνιο και υδρογόνο που παράγονται από ηλεκτρική ενέργεια με βάση τις ΑΠΕ. Οι μαθηματικοί τύποι του συμβατικού υπολογισμού μπορεί να οδηγήσουν σε τιμές μεγαλύτερες του 100% για τους δείκτες ΑΠΕ ιδίως σε σενάρια με κλιματικά ουδέτερα συνθετικά καύσιμα.



Εικόνα 1 : Δείκτες ΑΠΑ, στα σενάρια Μακροχρόνια Στρατηγική 2050

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή έχει ως συνέπεια τη θεαματική αύξηση των δεικτών ΑΠΕ και στους άλλους τομείς, δηλαδή στη θέρμανση-ψύξη και στις μεταφορές, ιδίως στα σενάρια που προβλέπουν μεγάλη αύξηση του εξηλεκτρισμού στις σχετικές χρήσεις. Πράγματι, αυτό γίνεται σε όλα τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής αλλά και σε μεγάλο βαθμό και στο σενάριο ΕΣΕΚ2050 αφού και ο εξηλεκτρισμός σε συνδυασμό με τις ΑΠΕ περιλαμβάνονται στις βασικές πολιτικές. Η αύξηση του δείκτη ΑΠΕ στη θέρμανση και ψύξη οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην αύξηση της χρήσης αντλιών θερμότητας και όχι σε χρήση βιομάζας, η οποία δεν αυξάνεται λόγω κόστους αλλά και επιπτώσεων στο περιβάλλον των πόλεων. Η θεαματική αύξηση των ΑΠΕ στις μεταφορές οφείλεται στην αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων, τα οποία είναι προηγμένης γενιάς παραγόμενα κυρίως από κυτταρινούχο τύπο βιομάζας. Η συνεισφορά του εξηλεκτρισμού στον δείκτη ΑΠΕ του τομέα των μεταφορών μεγεθύνεται λόγω του πολλαπλασιαστή που εμπεριέχει ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού του δείκτη κατά τη μεθοδολογία του Ενωσιακού Κανονισμού. (9)

2.7. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - αντίκτυπος

2.7.1. Επίδραση στη μικροοικονομία

Τα τελευταία χρόνια είναι όλο και πιο έντονη η μετάβαση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις μέχρι τώρα συμβατικές μεθόδους (καύση άνθρακα, πετρελαίου κλπ.) οι οποίες είχαν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, στις ανανεώσιμες πηγές οι οποίες θα παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο μέλλον στην παραγωγή ενέργειας. Η μετάβαση αυτή όμως έχει επιπτώσεις σε τομείς όπως ο κοινωνικός, οικονομικός και περιβαλλοντικός.

Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται, οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας παύουν να είναι βιώσιμες ακόμα και λόγω της μείωσης των ορυκτών καυσίμων κάτι το οποίο οδηγεί και σε γεωπολιτική αστάθεια καθώς χώρες που στηρίζονταν στην εξαγωγή αυτών, θα πρέπει να βρουν διαφορετικούς τρόπους για την ανάπτυξη τους. Ωστόσο, οι εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών είναι κοστοβόρες και αναπτυσσόμενες χώρες δεν έχουν τα απαραίτητα κεφάλαια να διαθέσουν για την ανάπτυξη αυτών και άρα είναι αναγκαστική η εισροή ξένων επενδύσεων.

Υπολογίζεται ότι περίπου 1,6 δισεκατομμύρια ανθρώπων δεν έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρισμό και 1,1 δις. πρόσβαση σε νερό. Οι ανανεώσιμες πηγές αναμένεται να μειώσουν τον πρώτο αριθμό καθώς και να μειώσουν την φτώχεια μέσω νέων θέσεων εργασίας. Πιστεύεται ότι μετά το 2050, το 50% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενώ υπολογίζεται ότι το δυνητικό μέγεθος της παγκόσμιας ανανεώσιμης ενέργειας είναι 140 φορές περισσότερο από την κατανάλωση αυτής.

Στον κοινωνικό τομέα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν οφέλη ως προς την υγεία καθώς μειώνονται οι εκπομπές αερίων και άρα δεν επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα, την ανάπτυξη της τεχνολογίας αφού οι εγκαταστάσεις αυτές είναι προηγμένες και άρα για τη λειτουργία τους χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό καθώς και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας τόσο για την εγκατάσταση/δημιουργία των πάρκων όπως επίσης και για τη συντήρησή τους. Κάτι τέτοιο, μπορεί να επωφεληθεί τοπικές κοινωνίες και βοηθήσει στην ανάπτυξη. Στον αντίποδα όμως, δεν είναι λίγες οι φορές όπου οι τοπικές κοινωνίες εναντιώνονται στη δημιουργία εγκαταστάσεων κοντά στον τόπο τους με αποτέλεσμα την ακύρωση τέτοιων έργων. (10)

Τύπος	Αντίκτυπος	Μέγεθος
Φωτοβολταϊκά	Τοξικότητα	Μικρό-μεγάλο
	Οπτικό	Μικρό
Ανεμογεννήτριες	Κίνδυνος πτηνών	Μικρό
	Θόρυβος	Μικρό
	Οπτικό	Μικρό
Υδροηλεκτρικά	Μετεγκατάσταση	Μικρό-μεγάλο
	Αγροτικό	Μικρό-μεγάλο
	Κίνδυνος ποταμού	Μικρό-μεγάλο
Γεωθερμικά	Σεισμική δραστηριότητα	Μικρό
	Οσμή	Μικρό
	Ρύπανση	Μικρό-μεγάλο
	Θόρυβος	Μικρό

Εικόνα 2: Αξιολόγηση κοινωνικού αντίκτυπου για τις διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (11)

Οι νέες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται, όπως είναι αναμενόμενο, έχουν επίπτωση και στον οικονομικό τομέα. Εργατικό προσωπικό από τις τοπικές κοινωνίες δραστηριοποιείται στο νέο αυτό τομέα, εγχώριες επιχειρήσεις αναλαμβάνουν επιπλέον εργασίες ώστε να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση χρησιμοποιώντας ακόμα και υλικά από της τοπικές περιοχές καθώς επίσης και τράπεζες χρηματοδοτούν μέρος ή και όλο το έργο της εγκατάστασης.

Πολλά είναι τα οφέλη και στον περιβαλλοντικό τομέα καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκπληρώνουν έναν από τους βασικούς στόχους τους, δηλαδή τη μείωση εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και βοηθούν στην επαγρύπνηση των κοινωνιών σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Μελέτες έχουν παρατηρήσει μικρή επίπτωση στον τρόπο ζωής των ντόπιων καθώς και στον τουρισμό.

Τύπος	Σύγκριση με συμβατικές μεθόδους	Σχόλια
Έκθεση σε βλαβερά χημικά		
Εκπομπές Hg, Cd και λοιπά τοξικά στοιχεία	Μειωμένες εκπομπές	Εκπομπές μειωμένες κατά εκατοντάδες φορές
Εκπομπές σωματιδίων	Μειωμένες εκπομπές	Πολύ λιγότερες εκπομπές
Έκθεση σε βλαβερά αέρια		
Εκπομπές CO ₂	Μειωμένες εκπομπές	Μεγάλο πλεονέκτημα
Όξινη βροχή, SO, NO _x	Μειωμένες εκπομπές	Μειωμένο κατά παραπάνω από 25 φορές
Λοιπά αέρια θερμοκηπίου	Μειωμένες αέρια θερμοκηπίου	Μεγάλο πλεονέκτημα κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη
Λοιπά		
Εκροές ορυκτών καυσίμων	Ολική ή μερική αποτροπή διαρροών καυσίμων	Μείωση πετρελαιοειδών
Ποιότητα νερού	Καλύτερη ποιότητα νερού	Μειωμένη ρύπανση νερού
Διάβρωση εδάφους	Μικρότερη απώλεια εδάφους	Κατά κύριο λόγο υπάρχει μικρή διείδυση στο έδαφος

Εικόνα 3: Σύνοψη περιβαλλοντικών επιδράσεων (12)

Σχετικά με τις κοινωνικοπολιτικές επιδράσεις των ανανεώσιμων πηγών, διαφέρουν από τύπο σε τύπο. Για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν ακόμα και σε οροφές κτιρίων κάτι το οποίο θα μπορούσε να βοηθήσει ακόμα και περιοχές που δεν έχουν πρόσβαση στον ηλεκτρισμό. Ωστόσο, οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν υψηλά κόστη εγκατάστασης και συντήρησης αποτελώντας τροχοπέδη για την ανάπτυξη τους σε τέτοιου είδους περιοχές. Η ενέργεια προερχόμενη από βιοκαύσιμα, μπορούν να έχουν μεγάλη συνεισφορά στις κοντινές κοινωνίες καθώς δημιουργούνται πολλές ευκαιρίες απασχόλησης από την κατασκευή των σταθμών, τη διαχείριση, συντήρηση, παραγωγή και προετοιμασία της βιομάζας. Τέτοιοι σταθμοί όμως δημιουργούν συνήθως έντονους θορύβους κατά τη λειτουργία αλλά και δυσάρεστες οσμές λόγω των βιοαερίων. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι υπάρχει πιθανότητα να χρειαστεί μετεγκατάσταση ανθρώπων από τις περιοχές στις οποίες επρόκειτο να κατασκευαστεί ο ενεργειακός σταθμός. Ωστόσο, προσφέρουν αρκετές θέσεις εργασίας καθώς και βοηθούν στην οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών. Τα αιολικά πάρκα αποτελούν πόλο έλξης για μηχανικούς και

αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των νέων θέσεων που δημιουργούνται ενώ παράλληλα δεν υπάρχουν ιδιαίτερα προβλήματα μετεγκατάστασης πληθυσμών καθώς συνήθως τοποθετούνται σε απομακρυσμένες περιοχές. Τέλος, η γεωθερμία βοηθά στη ανάπτυξη των συνθηκών διαβίωσης καθώς και στη βελτίωση προβλημάτων υγείας. Οι τελευταίες δύο ανανεώσιμες πηγές, έχουν και τις πιο πολύπλοκες διαδικασίες για την σύνδεση τους στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. (10)

2.7.2. Επίδραση στη μακροοικονομία

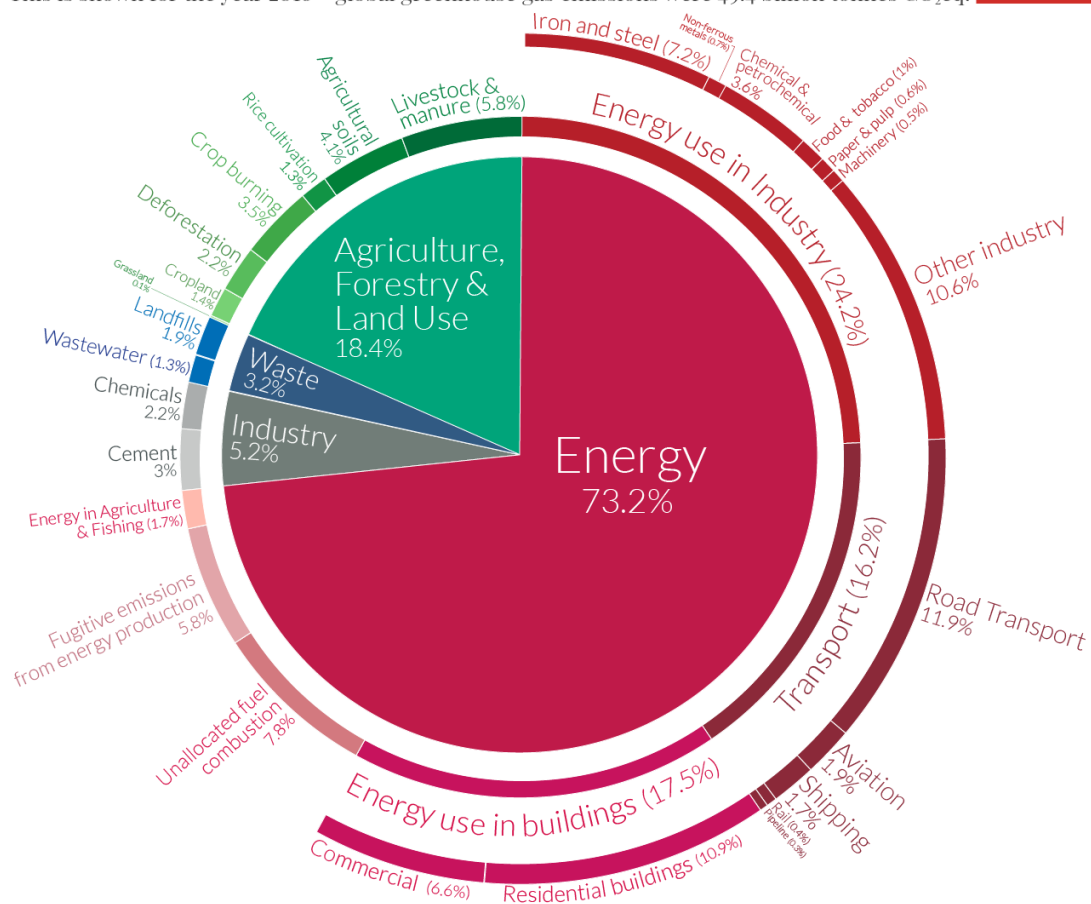
Μακροοικονομικά, τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολλαπλά. Υπολογίζεται ότι με διπλασιασμό του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών, το παγκόσμιο ΑΕΠ το 2030 θα αυξηθεί κατά 1,1% κάτι που ισοδυναμεί με 1,3 τρις δολάρια. Το μεγαλύτερο ποσοστό προκύπτει από τις αυξημένες επενδύσεις στον τομέα αυτόν. Με τον διπλασιασμό αυτό, υπολογίζεται επίσης ότι η απασχολησιμότητα στον τομέα αυτό (άμεση και έμμεση) θα φτάσει τα 24,4 εκατομμύρια. Μια τέτοια αύξηση έχει επίδραση και στο παγκόσμιο εμπόριο αφού η ζήτηση για εξοπλισμό και υλικά που χρησιμοποιούνται στον τομέα αυτό θα αυξηθεί με παράλληλη μείωση του εμπορίου που σχετίζεται με λοιπές πηγές ενέργειας και κυρίως του τομέα των ορυκτών καυσίμων. Η συγκεκριμένη μετάβαση αναμένεται να λειτουργήσει προς όφελος των χωρών που είναι εισαγωγικές καθώς δε θα εξαρτώνται από άλλες χώρες και θα αποκτήσουν μεγαλύτερη ασφάλεια στον τομέα αυτόν. Από την άλλη όμως, οι εξαγωγικές χώρες τέτοιων προϊόντων των οποίων το ΑΕΠ στηρίζεται κυρίως σε αυτό, είναι πιο ευάλωτες με παράλληλη ανάδειξη νέων οικονομιών στις ενεργειακές αγορές. Για παράδειγμα, ο τομέας των πετρελαιοειδών στη Σαουδική Αραβία και τη Βενεζουέλα, αντιπροσωπεύει περίπου το 25% του ΑΕΠ, σε Νιγηρία και Ρωσία το 15% περίπου ενώ ο τομέας του άνθρακα αντιπροσωπεύει περίπου το 8% και 5% σε Αυστραλία και Νότια Αφρική αντίστοιχα. Συνεπώς, οι εξαγωγικές χώρες άνθρακα, έχουν μικρότερη εξάρτηση από τον τομέα αυτών σε σύγκριση με τις χώρες που εξάγουν πετρελαιοειδή. Ακόμα, οι κυρίως εξαγωγικές χώρες των οποίων το ΑΕΠ αναμένεται να μειωθεί, θα οδηγήσει και σε μείωση της εγχώριας ζήτησης για άλλα αγαθά και υπηρεσίες και άρα να μειωθούν και οι εισαγωγές. Αυτό θα οδηγήσει σε αντιστάθμιση όσον αφορά τη μείωση του ΑΕΠ. Αντίστοιχα και για τις εισαγωγικές χώρες, η ζήτηση για εισαγωγή τέτοιων προϊόντων θα μειωθεί (άρα θα αυξηθεί το ΑΕΠ) όμως θα αυξηθεί η ζήτηση για εισαγωγή προϊόντων σχετιζόμενα με τις ανανεώσιμες πηγές και άρα θα αντισταθμιστεί η αύξηση του ΑΕΠ. Και στις δύο περιπτώσεις όμως, η αντιστάθμιση δε φαίνεται να είναι αρκετή για να απαλείψει την αρχική πορεία του ΑΕΠ. (13)

2.8. Ο στόχος για την κλιματική ουδετερότητα

Είναι πλέον εμφανές ότι πολλές χώρες έχουν μπει στον αγώνα για να μειώσουν-μηδενίσουν τις εκπομπές ρύπων μέχρι το 2050. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα, το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχεται από τον τομέα της ενέργειας γι' αυτό και ο αγώνας για τις ανανεώσιμες πηγές έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια. Σημαντικό ποσοστό από το κομμάτι της ενέργειας αποτελεί ο τομέας της μετακίνησης. Ωστόσο, η άμεση αντικατάσταση των αυτοκινήτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης με ηλεκτρικά, δε θα ήταν εφικτή καθώς όχι μόνο το δίκτυο ηλεκτροδότησης δεν είναι σχεδιασμένο για να υποστηρίξει τέτοιες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και γιατί η τεχνολογία που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για την παραγωγή μπαταριών δε θα μπορούσε να καλύψει μια τέτοια ζήτηση (περιορισμοί και ως προς τα φυσικά υλικά που είναι διαθέσιμα).

Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO₂eq.



OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.
Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020). Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

Εικόνα 4: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τομέα (2016) (14)

Στον αγώνα αυτόν όμως, τα κράτη δεν είναι μόνα τους. Παγκόσμιοι κολοσσοί αναπτύσσουν τα δικά τους προγράμματα βιωσιμότητας δημιουργώντας έναν άτυπο αγώνα για το ποιος θα τερματίσει πρώτος μεταξύ των ανταγωνιστών. Ο πραγματικός νικητής όμως θα είναι ο πλανήτης μας. Στη συνέχεια ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα τόσο εταιρειών όσο και πολιτειών και τα αντίστοιχα προγράμματα που έχουν ανακοινώσει για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής:

- Ελσίνκι: η πλειοψηφία των δωματίων των ξενοδοχείων έχουν πιστοποίηση σχετικά με τη φιλικότητα προς το περιβάλλον και προωθείται η χρήση ποδηλάτων για να δημιουργηθεί μια καθαρή πόλη
- Nike: αναπτύσσει δίκτυο με προμηθευτές που χρησιμοποιούν φιλικές προς το περιβάλλον τεχνικές και έχει εφαρμόσει γραμμή παραγωγής όπου χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ανακυκλωμένα υλικά
- Google: χρησιμοποιεί ενέργεια προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές για να καλύψει τις ανάγκες της

- BMW: έχει χαρακτηριστεί ως η αυτοκινητοβιομηχανία με τη πιο βιώσιμη ανάπτυξη επενδύοντας σε μεθόδους εξοικονόμησης καυσίμου και εφαρμόζοντας «πράσινες» διαδικασίες παραγωγής (15)
- FedEx: ανακοίνωσε επενδύσεις παραπάνω από 2δισ δολάρια με στόχο να γίνει ουδέτερη ως προς τον άνθρακα μέχρι το 2040 (16)

Ένας τομέας που παραμένει δύσκολος στο να γίνει κλιματικά ουδέτερος είναι αυτός της αεροπορίας. Πολλές είναι οι έρευνες που γίνονται για την ανάπτυξη αεροσκαφών με κινητήρες υδρογόνου ή ηλεκτρικούς κινητήρες. Ωστόσο, στην παρούσα περίοδο, το πιο εφικτό ενδεχόμενο φαίνεται να είναι αυτό των συνθετικών καυσίμων με βάση το CO₂. Κάτι τέτοιο όμως τα καθιστά πολύ ακριβά και καθόλου συμφέροντα για τις αεροπορικές εταιρείες δεδομένου ότι αυτό το κόστος θα μετακυλίσει στους επιβάτες. Μία από τις πρακτικές που είναι υπό εξέταση, είναι η χρέωση ενός ποσοστού ανά θέση για τους επιβάτες που επιθυμούν να συνεισφέρουν σε αυτόν τον τομέα. Στον τομέα όμως των μεταφορών φορτίου, κάτι τέτοιο θα ήταν πιο δύσκολο.

3. Υδροηλεκτρική ενέργεια

3.1. Εισαγωγή στην υδροηλεκτρική ενέργεια

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι μεγάλες υδραυλικές εγκαταστάσεις στις οποίες η ροϊκή ενέργεια από υδατοπτώσεις από ικανά ύψη μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική.

Το εργοστάσιο ή ο σταθμός υδροδυναμικής μετατροπής ενέργειας απαρτίζεται κατά κανόνα από τα εξής τμήματα:

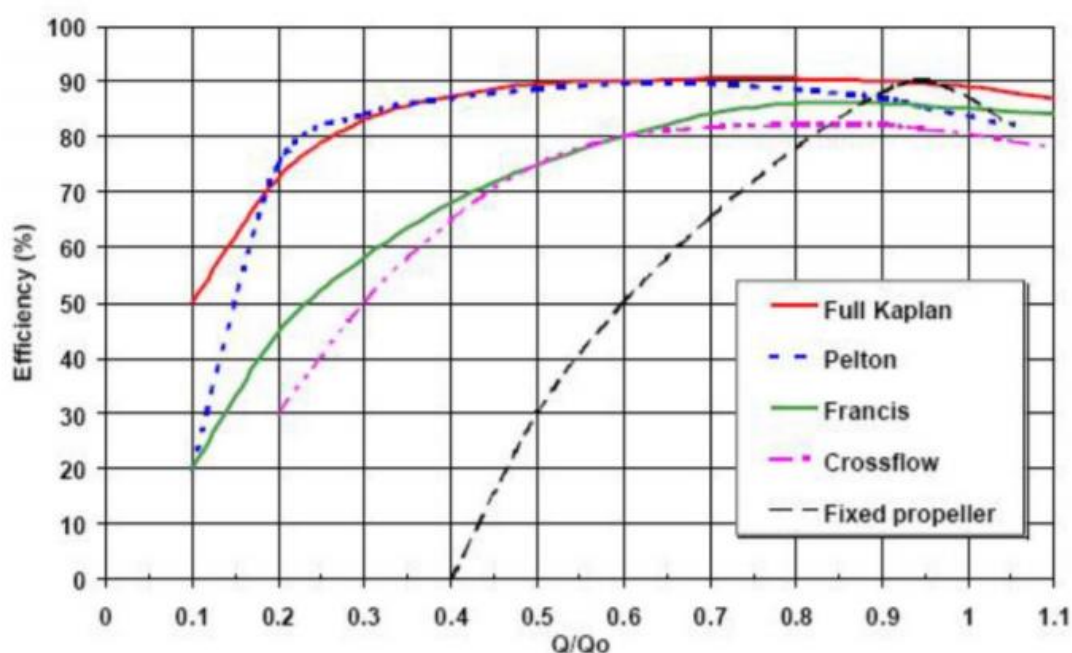
1. Ταμιευτήρας νερού: δημιουργείται με ανάλογο υδραυλικό έργο στο ανώτερο δυνατό υψομετρικό επίπεδο συνήθως με τη βοήθεια φράγματος, οπότε δημιουργείται η τεχνητή λίμνη με το φράγμα και κάποια πλευρικά κανάλια (διώρυγες) όπου κρίνεται αναγκαίο
2. Εγκατάσταση απόληψης νερού με κατάλληλα στόμια, υδροφράχτες, εκχειλιστές κ.ά. λειτουργίες για την απόλυτη ελεγχόμενη ρύθμιση της ποσότητας νερού και παροχής όγκου προς τον υδροστρόβιλο
3. Αγωγός ή σύστημα αγωγών παροχέτευσης του νερού από τον ταμιευτήρα προς τον υδροστρόβιλο με τους αναγκαίους ρυθμιστικούς μηχανισμούς ρύθμισης παροχής
4. Υδροστρόβιλος (ή περισσότεροι του ενός) στο μηχανοστάσιο
5. Εγκατάσταση απορροής με ελεγχόμενο τρόπο για ομαλές συνθήκες επαναφοράς του νερού στη φυσική του κοίτη ή προς περαιτέρω εκμετάλλευση

Το μηχανοστάσιο είναι πολλές φορές υπόγειο ή διαμορφωμένο σε κοιλάτες μετά από κατάλληλους εκβραχισμούς. Εκτός από τους υδροστρόβιλους με τις ηλεκτρογεννήτριες, περιλαμβάνει επίσης το αντλιοστάσιο, όταν χρησιμοποιούνται αντλίες για την ανατροφοδότηση του ταμιευτήρα δηλαδή την επαναφορά νερού από τη λίμνη απορροής («αναστρέψιμοι» υδροηλεκτρικοί σταθμοί). (5)

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα μικρής κλίμακας και τα μεγάλης. Σημαντική διαφορά αυτών των δύο είναι οι επιπτώσεις που επιφέρουν στο περιβάλλον. Τα μεγάλης κλίμακας, απαιτούν την κατασκευή δεξαμενών και φραγμάτων μεγάλων διαστάσεων το οποίο όπως είναι φυσικό, έχει τις αντίστοιχες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το μεγαλύτερο παγκοσμίως σε ισχύ υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στην Κίνα όπου το μήκος του φράγματος ξεπερνά τα 2.300 m ενώ μέγιστο ύψος αυτού είναι κάτι παραπάνω από τα 180 m (17). Για να κατασκευαστεί κάτι τέτοιο χρειάστηκαν 510.000 τόνοι από ασφάλι όπου ισοδυναμεί με 60 πύργους του Άιφελ. Ένα ακόμη ενδιαφέρον γεγονός για τη συγκεκριμένη γιγαντιαία κατασκευή είναι ότι όταν το φράγμα συγκρατεί το μέγιστο της ποσότητας νερού (42 δισεκατομμύρια τόνοι), λόγω της συγκέντρωσης αυτής της μάζας, προκαλείται πιο αργή κίνηση του πλανήτη και η μέρα είναι μεγαλύτερη κατά 0,06 microseconds! (18)

Καρδιά του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι στρόβιλος με τη συνήθως ενσωματωμένη ηλεκτρογεννήτρια. Υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε κατακόρυφου ή οριζόντιου ή κεκλιμένου άξονα και σε αξονικής ή ακτινικής συρροής αλλά και μικτής (διαγώνιας) ροής. Είναι κινητήριες στροβιλομηχανές για την εκμετάλλευση της κινητικής και δυναμικής ενέργειας του νερού σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς, όπου χρησιμοποιούνται για την κίνηση των ηλεκτρογεννητριών. Τρεις είναι οι βασικοί τύποι υδροστρόβιλων και έχει επικρατήσει να ονομάζονται με τα ονόματα των μηχανικών που τις εμπνεύστηκαν: Pelton (1880), Francis (1849) και Kaplan (1912).

Η επιλογή του τύπου υδροστροβίλου είναι μια περίπλοκη διαδικασία και σχετίζεται με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (ισχύς εγκατάστασης, ταχύτητα περιστροφής άξονα κλπ.). Στο παρακάτω διάγραμμα, βλέπουμε ενδεικτικά το βαθμό απόδοσης των υδροστροβίλων σε σχέση με την περιοχή λειτουργίας (ως περιοχή λειτουργίας εννοείται το πηλίκο της μηχανικής ισχύος στον άξονα του στροβίλου ως προς την προσδιδόμενη ισχύ από το νερό). Για παράδειγμα, ο στρόβιλος Francis μπορεί να έχει υψηλό βαθμό απόδοσης της τάξης του 85% ωστόσο παρουσιάζει απότομες μεταβολές στις περιπτώσεις χαμηλής ισχύος (δηλαδή όταν δεν υπάρχει μεγάλη ποσότητα νερού). (19)



Εικόνα 5: Βαθμός απόδοσης υδροστροβίλων (19)

Οπουδήποτε υπάρχει ροή νερού υπό την επίδραση της βαρύτητας, υπάρχει επίσης η δυνατότητα μετατροπής της ροϊκής ενέργειας σε μηχανική. Προϋποθέσεις για την εκμετάλλευση αυτής της δυνατότητας είναι:

- η δημιουργία της υποδομής για τον έλεγχο της ροής
- η χρησιμοποίηση του κατάλληλου υδροστροβίλου
- οι οικονομικοί πόροι για την υλοποίηση του έργου σε αναπόσπαστη εξάρτησή τους από την οικονομικότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Ο υδροστρόβιλος μετατρέπει τη ρευστοδυναμική ενέργεια σε μηχανική και ηλεκτρική ενέργεια σε αναπόσπαστη σύνδεση με την ηλεκτρογεννήτρια. Αποτελεί πράγματι την καρδιά της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης αλλά σε ότι αφορά τον όγκο και το κόστος έχει ένα σχετικά μικρό μερίδιο στο συνολικό έργο το οποίο κατά κανόνα απαρτίζεται από 7 ενότητες:

1. Υδροσυλλογή: να υπάρχει διαθεσιμότητα νερού σε μία περιοχή καθ' όλο το έτος είτε συλλεγόμενο σε ένα νέο εποχικό ρεύμα, ρυάκι ή χείμαρρο είτε σε έναν υπάρχοντα ποταμό. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται να δημιουργηθεί κάποιο φράγμα ή ενός είδους φράγματος ώστε το νερό που συγκεντρώνεται να παραμένει υπό έλεγχο
2. Φράγμα: κατασκευάζεται ώστε να δημιουργηθεί ο ταμιευτήρας, δηλαδή μία αποθήκη νερού από την οποία μπορεί να τροφοδοτείται το υδροστρόβιλος παρά τις αυξομειώσεις υδροσυλλογής

3. Παροχέτευση με ανοιχτή διώρυγα ή με υπόγεια πιεστική σήραγγα στον αγωγό τροφοδοσίας υπό υψηλή πίεση και τελικά στο σταθμό υδροστροβίλων. Η κλίση του πυθμένα καθορίζει την ταχύτητα και κατ' επέκταση την παροχή του νερού η οποία επηρεάζεται επίσης από την ποιότητα δηλαδή την τραχύτητα των τοιχωμάτων και ενδεχόμενες απώλειες από διαρροές ελλιπούς στεγανότητα καθώς και από την εξάτμιση του νερού.
4. Η εγκατάσταση υδατοπροσαγωγής στην είσοδο του σταθμού και στους υδροστροβίλους. Η αρχική συνθήκη το νερό να εισρέει στον στρόβιλο σε ελεγχόμενη κατάσταση και «καθαρό» επιβάλλει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να απομακρύνονται οποιαδήποτε φερτά υλικά τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την επίδραση τους στην απόδοση και λειτουργία του στροβίλου και κυρίως να μην επιφέρουν κάποιες φθορές ή βλάβες.
5. Το μηχανοστάσιο του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι ο χώρος όπου είναι εγκατεστημένες οι μηχανές, δηλαδή οι υδροστρόβιλοι και οι ηλεκτρογεννήτριες καθώς και ενδεχομένως οι αντλίες ανατροφοδότησης του ταμιευτήρα στην περίπτωση των καλούμενων αντιστρεπτών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων
6. Η εγκατάσταση φυγής και απορροής του νερού από τον στρόβιλο μέσω διάχυτη εκροής
7. Η δεξαμενή αναπλάσεως τοποθετείται στην είσοδο του πιεστικού αγωγού μεταφοράς και σκοπό έχει να απορροφάει μεγάλη αύξηση πίεσης σε περίπτωση κλεισίματος ανάγκης της δικλείδας ελέγχου της παροχής πριν από τον υδροστρόβιλο κάτι το οποίο μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες (5)

3.2. Υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα

Λόγω της γεωγραφικής ιδιομορφίας της χώρας, οι ανάπτυξη τέτοιων εγκαταστάσεων αποτέλεσε πυλώνα της στρατηγικής ανάπτυξης της χώρας. Μέχρι το 2000, η ΔΕΗ είχε ολοκληρώσει δεκάδες εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος 3GW. Ο πίνακας στη συνέχεια, παραθέτει τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς της χώρας με βάση τη σειρά ένταξης στο σύστημα. Είναι αξιοσημείωτο ότι το σύνολο των εγκαταστάσεων αυτών βρίσκεται στη Ηπειρωτική χώρα.

Όνομα Μονάδας	Ιδιοκτήτης	Ισχύς	Τύπος	Είσοδος στο σύστημα	Σύνολο Ισχύος (MW)
ΑΓΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	50	Συμβατικό	1954	50
ΛΑΔΩΝΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	70	Συμβατικό	1955	120
ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	129.9	Συμβατικό	1962	249.9
ΚΡΕΜΑΣΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	437.2	Συμβατικό	1966	687.1
ΚΑΣΤΡΑΚΙ	ΔΕΗ Α.Ε.	320	Συμβατικό	1969	1007.1
ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	19	Συμβατικό	1970	1026.1
ΠΟΛΥΦΥΤΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	375	Συμβατικό	1975	1401.1
ΠΟΥΡΝΑΡΙ-I	ΔΕΗ Α.Ε.	300	Συμβατικό	1981	1701.1
ΑΣΩΜΑΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	108	Συμβατικό	1985	1809.1
ΣΦΗΚΙΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	315	Αντλησιοταμιευτικό	1986	2124.1
ΣΤΡΑΤΟΣ-I	ΔΕΗ Α.Ε.	150	Συμβατικό	1989	2274.1
ΑΩΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	210	Συμβατικό	1991	2484.1
ΠΟΥΡΝΑΡΙ-II	ΔΕΗ Α.Ε.	33.6	Συμβατικό	1997	2517.7
ΘΗΣΑΥΡΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	384	Αντλησιοταμιευτικό	1998	2901.7
ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε.	116	Συμβατικό	1999	3017.7
ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	155	Συμβατικό	2014-2017	3172.7

Εικόνα 6: Μονάδες Υδροηλεκτρικών σταθμών κατά σειρά ένταξης στο σύστημα

Τα οφέλη πολλαπλά, ορισμένα από αυτά παρατίθενται στη συνέχεια:

- Αντιπλημμυρική προστασία καθώς και ανάσχεση πλημμυρικών ροών
- Ρύθμιση της ροής των ποταμών
- Χρήση των αποταμιευμένων υδάτων και για άλλες λειτουργίες όπως αυτές της ύδρευσης και άρδευσης
- Δημιουργία ιδανικών συνθηκών για ανάπτυξη βιοποικιλότητας στις περιοχές πλησίον των ποταμών
- Τόνωση της αγοράς εργασίας σε απομακρυσμένες και πιθανότατα οικονομικά υποβαθμισμένες περιοχές
- Ανάπτυξη νέων παράπλευρων δραστηριοτήτων (ναυταθλητισμός, τουρισμός κ.α.) στην ευρύτερη περιοχή

Ωστόσο, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η αντίληψη των υδροηλεκτρικών έργων χειροτέρευσε καθώς εντάθηκαν οι περιβαλλοντικές ανησυχίες. Αυτές σε συνδυασμό με την απουσία αξιόπιστης και αντικειμενικής ενημέρωσης και πληροφόρησης των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τα οφέλη, μείωσαν σημαντικά την πορεία ανάπτυξης της συγκεκριμένης ΑΠΕ. Αυτό φαίνεται επίσης από το γεγονός ότι στα τέλη του 2015 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών σταθμών αυξήθηκε μόνο κατά 0,4GW, φτάνοντας τη συνολική ισχύ στα 3,4GW. Η εκτίμηση για το 2040 είναι ότι η συνολική ισχύς θα σημειώσει αύξηση κατά περίπου 67% φτάνοντας σε συνολική ισχύ τα 5,6GW.

Τα έργα που έχουν προταθεί ώστε η χώρα να βρεθεί σε συμφωνία με τις εκτιμήσεις για το 2040, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Ένα από αυτά, το Μετσοβίτικο, έχει ήδη ολοκληρωθεί παίρνοντας άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα μέσα του 2020. Αξίζει να σημειωθεί ότι για 9 από τα 14 έχει εκδηλώσει ενδιαφέρον η ΔΕΗ ενώ τα υπόλοιπα 5 αφορούν ιδιωτικές πρωτοβουλίες. Τα προτεινόμενα αυτά έργα χωροθετούνται κατά μήκος των 4 μεγάλων ποταμών της Ελλάδας (Αλιάκμονας, Άραχθος, Αχελώος, Νέστος) και καλούνται να συμπληρώσουν ή να αποτελέσουν προσθήκες σε ήδη υπάρχοντες εγκαταστάσεις ώστε να υπάρξει επιπλέον εκμετάλλευση των υδατικών πόρων.

Α/Α	Όνομα Έργου	Ισχύς		Ετήσια Παραγωγή		Ω.Ο.Τ.
		(MW)	PS (MW)	(GWh)	PS (GWh)	(MCM)
1	Μεσοχώρα	160		365	0	228
2	Μετσοβίτικο	29		46	0	0.26
3	Τέμενος	18.9		62	0	11.35
4	Ελάφι (PS)	0	147	235	165	1000
5	Αυλάκι	65		225	0	250
6	Άγιος Νικόλαος	90		320	0	60
7	Πύργος	0	220	0	264	2
8	Άγιος Γεώργιος	0	460	0	552	5
9	Αμαρίου - Ποταμών	0	50	0	227	1.2
10	Καστράκι II	0	390	0	510	6
11	Συκιά	174		390	0	300
12	Ελεύθερο	134		237	0	282
13	Βίνιανη	150		220	0	280
14	Αρκουδόρεμα	0		25	30	4

Εικόνα 7: Προτεινόμενα μελλοντικά έργα

Με βάση το βασικό σενάριο για τον ρυθμό ανάπτυξης των παραπάνω έργων, εκτιμάται ότι το τελευταίο έργο που θα ολοκληρωθεί είναι αυτό του Αυλακίου με εκτιμώμενο έτος έναρξης εργασιών το 2054 και διάρκεια αυτών τα 6 έτη. (20)

3.3. Ανάπτυξη μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού

Η μελέτη για την ανάπτυξη ενός υδροηλεκτρικού σταθμού χωρίζεται σε 3 φάσεις οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το περιεχόμενο και έχουν ως εξής:

- Προμελέτη τεχνικής εφικτότητας και οικονομικής βιωσιμότητας
- Οριστική μελέτη τεχνικής εφικτότητας και οικονομικής βιωσιμότητας
- Μελέτη εφαρμογής

Η κάθε μία από τις παραπάνω φάσεις αποτελείται από διάφορα στάδια και το κόστος της συνολικής μελέτης μπορεί να αποτελέσει μέχρι και το 15% της συνολικής επένδυσης. Η αναγνωριστική μελέτη μπορεί να γίνει είτε για μία είτε για παραπάνω πιθανές θέσεις οι οποίες τελικά κατατάσσονται ανάλογα με την παραγόμενη ενέργεια, το κεφάλαιο που θα χρειαστεί για την επένδυση, και τους δείκτες οικονομικής απόδοσης ώστε να προκύψουν οι πιο ευνοϊκές θέσεις. Σημαντικό επίσης είναι να εξετασθεί εάν η υποψήφια θέση έχει αποτελέσει στο παρελθόν αντικείμενο μελέτης ή εάν υπάρχει κάποια παράλληλη διαδικασία αδειοδότησής της.

Σχετικά με την προμελέτη, είναι αναγκαία η συμμετοχή μηχανικού μαζί με γεωλόγο και περιβαλλοντολόγο ώστε να γίνουν οι ασφαλείς υπολογισμοί που απαιτούνται. Το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 0,15% και 0,3% του εκτιμώμενου κόστους κατασκευής και εκτιμάται ότι διαρκεί περίπου 2 μήνες. Τα βήματα που τυπικά ακολουθούνται για την προμελέτη βιωσιμότητας είναι:

- Αναγνώριση της περιοχής: περιλαμβάνει τον εντοπισμό και χωροθέτηση της υποψήφιας θέσης για την επένδυση, την ανάλυση των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, τις γεωλογικές συνθήκες και ότι άλλο χαρακτηριστικό έχει η θέση
- Συλλογή υδρολογικών στοιχείων: ένα από τα σημαντικά στάδια της μελέτης που χαρακτηρίζουν τη δυναμική της συγκεκριμένης θέσης. Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται ακόμα και από κάποιον τοπικό μετεωρολογικό σταθμό και εκτιμάται η μέγιστη πλημμυρική παροχή και η ελάχιστη παροχή του υδατορεύματος
- Προκαταρκτική χάραξη του έργου: στο στάδιο αυτό γίνεται εκτίμηση της τοποθεσίας του υδροηλεκτρικού σταθμού σε σχέση με τα έργα προσπέλασης που θα χρειαστούν ακόμα και με βάση την απόσταση από την πλησιέστερη γραμμή μέσης τάσης στην οποία δυνητικά θα μπορούσε να συνδεθεί ο μελλοντικός υδροηλεκτρικός σταθμός
- Υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας: με βάση τα στοιχεία που έχουν ήδη συλλεχθεί, υπολογίζεται η ετήσια ισχύς της μονάδας για την εγκατάσταση ενός ή περισσότερων υδροστροβίλων
- Υπολογισμός κόστους επένδυσης: ο υπολογισμός αυτός γίνεται με βάση την ισχύ που ο σταθμός αυτός έχει υπολογισθεί ότι θα έχει και ύστερα χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις από έργα αντίστοιχου μεγέθους που έχουν ήδη ολοκληρωθεί
- Επαναληπτική διαδικασία: καθώς τα δύο τελευταία βήματα είναι αλληλένδετα, επαναλαμβάνονται οι υπολογισμοί για διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύς ώστε να βρεθεί η βέλτιστη σχέση μεταξύ ισχύος και ύψους επένδυσης
- Προτάσεις χρηματοδότησης του έργου: αφού έχει βρεθεί το εκτιμώμενο κόστος της επένδυσης, γίνεται αναζήτηση του τρόπου χρηματοδότησης του έργου όπως για παράδειγμα κάποιος επενδυτής ή κάποιο δάνειο
- Καταγραφή περιβαλλοντικών επιπτώσεων

- Σύνταξη έκθεσης αναγνωριστικής φάσεως: στην έκθεση αυτή συγκεντρώνονται αναλυτικά όλα τα ευρήματα των παραπάνω σταδίων και καταλήγει στο εάν είναι ωφέλιμο η συνέχιση της ανάλυσης και η εκπόνηση της οριστικής μελέτης

Η προκαταρκτική μελέτη, αποτελεί μια πιο λεπτομερή μορφή της προμελέτης βιωσιμότητας και περιλαμβάνει πιο αναλυτικά στοιχεία όσον αφορά τεχνοοικονομικές παραμέτρους αλλά και παραμέτρους χρηματοδότησης. Το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 7% και 15% του συνολικού κόστους του σχεδιαζόμενου έργου. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι, συνοπτικά, τα εξής:

- Αναγνώριση έργου: αναγνώριση τοποθεσίας και χαρακτηριστικών περιοχής
- Συνθήκες τοποθεσίας: εκτιμήσεις σχετικά με το αναμενόμενο ύψος υδατοπτώσεων
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες: επιπτώσεις εγκατάστασης στην τοπική χλωρίδα και πανίδα, προσδιορισμό πιθανών αρχαιολογικών ερευνών κ.α.
- Νομικοί παράγοντες: ανάλυση νομικών ζητημάτων όπως η διαδικασία αδειοδότησης, διαπραγματεύσεις για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας κ.α.
- Εγκατεστημένη ισχύς και παραγόμενη ενέργεια: προσδιορισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας μέσω υδρολογικής ανάλυσης
- Αναθεώρηση προκαταρκτικού σχεδίου έργου
- Αρχικές πωλήσεις ενέργειας και χρηματοδότηση έργου: προσέγγιση πιθανών αγοραστών για πώληση ενέργειας, καθορισμός χρηματοδοτικών μεθόδων
- Εκτιμώμενα κόστη έργου
- Τελική ανάλυση έργου (τεχνική και οικονομική): σε περίπτωση που έχουν προκύψει νέα στοιχεία κατά τη διάρκεια της ανάλυσης
- Χρονοδιάγραμμα έργου
- Υπόδειξη και αναφορά: τελικό στάδιο συνολικής αναφοράς για τον εάν είναι εφικτό να προχωρήσει η συγκεκριμένη επένδυση

Στη τελευταία φάση, της φάση της μελέτης εφαρμογής, περιλαμβάνονται λεπτομέρειες όπως η σύνταξη τελικών σχεδίων της εγκατάστασης, εύρεση προμηθευτών που θα πληρούν τις προδιαγραφές, χρονοδιαγράμματα εκτέλεσης των διαφόρων σταδίων. Ακόμα, περιλαμβάνονται και οι επιμέρους μελέτες που έχουν γίνει όπως π.χ. στατικές, γεωστατικές, μηχανολογικές, υδραυλικές, ηλεκτρολογικές κλπ. (21)

4. Ηλιακή ενέργεια

4.1. Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος, το μεγαλύτερο αστέρι του ηλιακού μας συστήματος, είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και αντιπροσωπεύει μια καθαρή μορφή αυτής σε σύγκριση με την ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα οι ρύποι από τη χρήση της οποίας συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έτσι η ηλιακή ενέργεια μπορεί εν δυνάμει να αποτελέσει μία σημαντική μορφή ενέργειας προς εκμετάλλευση.

Με τον όρο «ηλιακή ενέργεια» αναφερόμαστε συνήθως στην ενέργεια του ήλιου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για την παραγωγή κυρίως θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης είναι τεράστιο: όλη η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε ποσότητα ενέργειας που προκύπτει από μόλις 20 ημέρες ηλιοφάνειας. Πέρα από τη γήινα ατμόσφαιρα, η ενέργεια του ήλιου είναι περίπου 1,3kW/τ.μ. Περίπου ένα τρίτο (1/3) αυτής της ενέργειας ανακλάται πίσω στο διάστημα και μία ποσότητα της απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Όταν η ηλιακή ενέργεια φτάσει στην ατμόσφαιρα, η ισχύς της μειώνεται σε περίπου 1kW/τ.μ. κατά τις μεσημβρινές ώρες σε καθαρό ουρανό. Κατά μέσο όρο, λαμβάνοντας υπόψη όλη την επιφάνεια του πλανήτη, κάθε τ.μ. δέχεται περίπου 4,2kWh την ημέρα. Τα ποσοστά ενέργειας είναι υψηλότερα σε επιφάνειες όπως έρημοι όπου μπορούν να ξεπεράσουν τις 6kWh/τ.μ. την ημέρα.

Με την χρήση των κατάλληλων μέσων η ενέργεια αυτή μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική. Τα μέσα αυτά είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία σε μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούνται από ένα στρώμα κυψελών πυριτίου (συμβατικά πάνελ), ένα μεταλλικό πλαίσιο, ένα γυάλινο περίβλημα και διάφορες καλωδιώσεις που επιτρέπουν τη ροή ρεύματος από τα κύτταρα πυριτίου. Ακόμα, σημαντικό κομμάτι ενός πάνελ είναι και το στρώμα μόνωσης και ένα προστατευτικό φύλλο, το οποίο προστατεύει από τη διαρροή θερμότητας και την υγρασία μέσα στο πλαίσιο. Η μόνωση είναι σημαντική επειδή η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση της απόδοσης. Σχετικά με καρδιά των πάνελ, τις κυψέλες πυριτίου, το υλικό αυτό είναι ευρέως διαδεδομένο στον τομέα της μικροηλεκτρονικής, είναι μη μεταλλικό με αγώγιμες ιδιότητες που του επιτρέπουν να απορροφά και να μετατρέπει το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Καθώς το φως αλληλοεπιδρά με μία τέτοια κυψέλη, τα ηλεκτρόνια ενεργοποιούνται, προσανατολίζονται και προκαλούν ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό, συλλαμβάνεται από τους κόμβους και την καλωδίωση στον πίνακα και στη συνέχεια τροφοδοτείται (συνεχές ρεύμα – DC) σε έναν ηλιακό μετατροπέα που πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC).

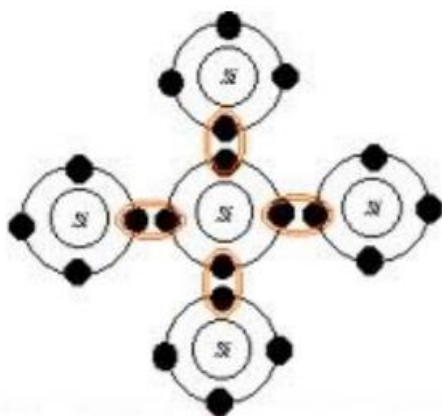
Ως φωτοβολταϊκή μονάδα χαρακτηρίζεται ένας αριθμός ηλιακών κυψελών που συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους και συναρμολογούνται σε μία δομή ή πλαίσιο στήριξης. Οι μονάδες αυτές είναι σχεδιασμένες για να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε συγκεκριμένη τάση. Όπως είναι φυσικό, το παραγόμενο ρεύμα εξαρτάται από το πόσο φως χτυπά τις μονάδες αυτές. (22).

Ένα από τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα παγκοσμίως είναι το Bhadla Industrial Solar Park στην Ινδία, συνολικής ισχύος που ξεπερνά τα 2 GW (23). Το κόστος εγκατάστασης ανά Watt στην Ινδία είναι σχεδόν το μισό από το αντίστοιχο των ΗΠΑ και άρα αποτελεί πρόσφορο έδαφος για τέτοιας κλίμακας εγκαταστάσεις (συνολική έκταση 40 km²). Στο χαμηλό αυτό κόστος συμβάλλει επίσης και το φθινό εργατικό δυναμικό. Το χαμηλό αυτό κόστος θα βοηθήσει τη χώρα στο να προσφέρει σε μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της ηλεκτρισμό

(περίπου το 20% της χώρας δεν έχει πρόσβαση στον ηλεκτρισμό) καθώς και να έχει πιο πράσινη ανάπτυξη και να πετύχει τους στόχους της μέχρι το 2032 το 40% της παραγόμενης ενέργειας να είναι από ανανεώσιμες πηγές. (24)

4.2. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φαινόμενο αυτό εξηγεί τη διαδικασία με την οποία παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα όταν τα φωτοβολταϊκά πάνελ εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία. Για να γίνει κάτι τέτοιο, χρειάζονται ηλεκτρικά φορτισμένοι ημιαγωγοί. Όμως, οι ημιαγωγοί σε κανονικές θερμοκρασίες, το κρυσταλλικό πλέγμα που σχηματίζουν δρα ως μονωτής και αυτό συμβαίνει γιατί τα άτομα τους έχουν συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα και άρα δεν υπάρχουν διαθέσιμα ηλεκτρόνια για τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Για παράδειγμα, το πιο διαδεδομένο υλικό για τα φωτοβολταϊκά είναι το πυρίτιο. Λόγω του αριθμού ηλεκτρονίων που έχει (14 συνολικά, 4 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα ενώ χρειάζεται 8 για να συμπληρωθεί), όταν πολλά άτομα πυριτίου βρεθούν μαζί, σχηματίζουν χαρακτηριστική κρυσταλλική δομή και συγκροτούνται έτσι ώστε το κάθε άτομο συνδέεται με τέσσερα γειτονικά άτομα και μοιράζονται από ένα ηλεκτρόνιο.

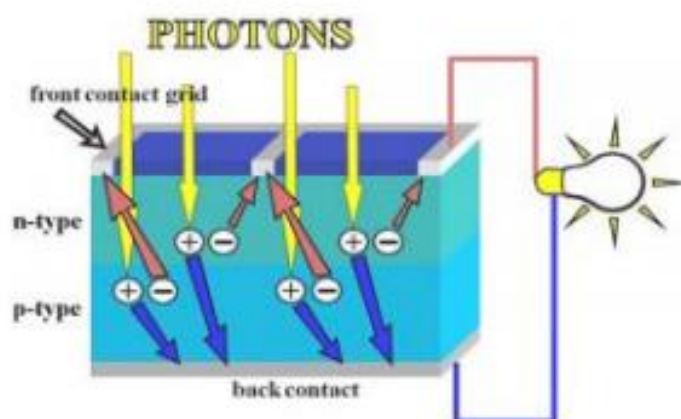


Εικόνα 8: Ομοιοπολικοί δεσμοί στον κρύσταλλο πυριτίου (Si)

Καθώς η εξωτερική στιβάδα του καθενός ατόμου στην κρυσταλλική δομή πυριτίου είναι συμπληρωμένη, το υλικό δεν είναι ηλεκτρικά αγώγιμο. Οι ηλεκτραγώγιμες ιδιότητες του κρυσταλλικού πυριτίου δημιουργούνται με τεχνητό τρόπο, και για την ακρίβεια με κατάλληλες προσμίξεις. Οι προσμίξεις αυτές οδηγούν στη δημιουργία αγωγών τύπου-N (εκ του negative, λόγω αρνητικής φόρτισης) και αγωγών τύπου-P (εκ του positive, λόγω της θετικής φόρτισης). Οι αγωγοί του πρώτου τύπου προκύπτουν συνήθως από την προσθήκη ατόμων φωσφόρου (P) ενώ αυτοί του δεύτερου προκύπτουν από την προσθήκη ατόμων Βορείου (B).

Όπως είναι γνωστό, για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ηλεκτρικού πεδίου. Το πεδίο αυτό, όσον αφορά τους ημιαγωγούς πυριτίου, δημιουργείται φέρνοντας κοντά πυρίτιο τύπου-P με πυρίτιο τύπου-N. Με αυτό τον τρόπο, στην περιοχή που τα δύο διαφορετικού τύπου πυρίτια γειτνιάζουν, έχουμε περίσσεια αρνητικών ηλεκτρικών φορέων από την μία πλευρά και περίσσεια θετικών ηλεκτρικών φορέων από την άλλη. Συνεπώς, στην ενδιάμεση περιοχή, η οποία καλείται περιοχή απογύμνωσης, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο, που επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων μόνο προς μία κατεύθυνση.

Ως γνωστόν το φως μεταδίδεται με την μορφή μικρών πακέτων ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Όταν το φως πέφτει σε μια δίοδο p-n, όπως η διάταξη που περιεγράφηκε ανωτέρω, ορισμένα φωτόνια απορροφούνται από τα άτομα, προσδίδοντας επιπλέον ενέργεια σε ηλεκτρόνια. Τα διεγερθέντα ηλεκτρόνια που ανήκουν στο ημιαγωγό τύπου-p κινούνται τελικώς προς την ζώνη απογύμνωσης, την οποία και διασχίζουν λόγω του υπάρχοντος πεδίου εκεί, και καταλήγουν στην περιοχή του ημιαγωγού τύπου-N. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται περίσσεια ηλεκτρονίων στην περιοχή τύπου-N, και τα ηλεκτρόνια αυτά δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αν τοποθετηθούν ηλεκτρόδια στις πλευρές των ημιαγωγών τύπου-P και τύπου-N ώστε να υπάρξει κλειστός αγωγικός δρόμος. Το ρεύμα αυτό είναι και το εκμεταλλεύσιμο μέσω φωτοβολταϊκού φαινομένου. Διευκρινίζεται ότι η δημιουργία ρεύματος διαρκεί όσο χρονικό διάστημα η διάταξη δέχεται φως και μόνο, για λόγους που γίνονται εύκολα κατανοητοί σύμφωνα με τα παραπάνω. (25)



Εικόνα 9: Δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος λόγω φωτοβολταϊκού φαινομένου (25)

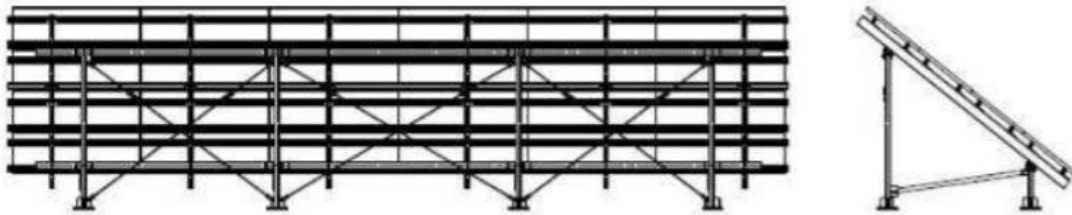
4.3. Παράμετροι φωτοβολταϊκών

Κατά τη μελέτη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, υπάρχουν πολλές παράμετροι οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Ορισμένες από αυτές είναι:

- Τρόποι στήριξης πάνελ

Οι βάσεις στήριξης των πάνελ είναι κατά κύριο λόγο δύο ειδών: σταθερές και κινούμενες με συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου.

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης φωτοβολταϊκών πάνελ. Η αρχή σχεδιασμού τους είναι απλή: οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πάνελ κατά το μεσημέρι. Έτσι οι βάσεις κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, περί τις 30 μοίρες. Η κλίση αυτή θεωρείται ως μία ικανοποιητική μέση τιμή για τα Ελληνικά δεδομένα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η ιδανική κλίση είναι αρκετά μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αρκετά μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες.



Εικόνα 10: Τυπική σταθερή βάση στήριξης

Η ιχνηλατήση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τα συστήματα βάσεων, παρέχοντας ωστόσο αυξημένες αποδόσεις, κατά μέσο όρο της τάξης του 30%. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

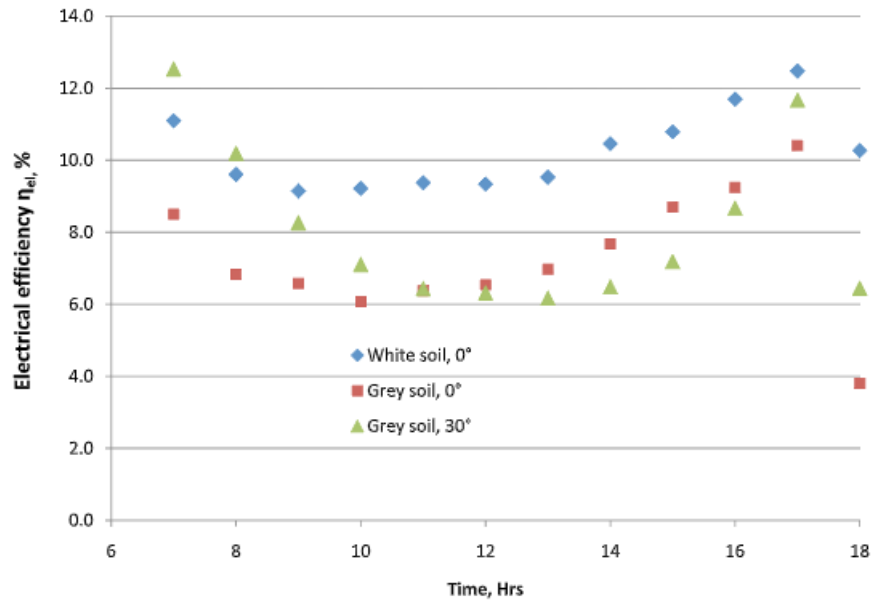
1. Συστήματα μονού άξονα (single axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία λαμβάνει χώρα κίνηση των πάνελ σε έναν άξονα, αυτόν της Ανατολής-Δύσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας. Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.
2. Συστήματα διπλού άξονα (dual axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία είναι επιπλέον δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πάνελ ως προς την οριζόντιο. Η επιπλέον αυτή δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά τυπικά 25-40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. (1)



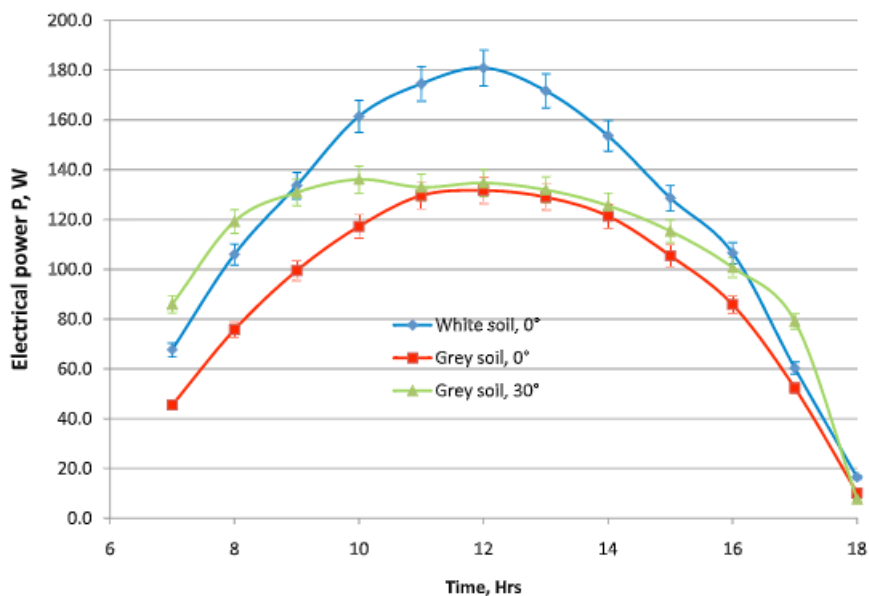
Εικόνα 11: Διάταξη ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου διπλού άξονα

- Τύπος χρώματος γύρω από την εγκατάσταση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα από τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι η μείωση της απόδοσης όταν η θερμοκρασία αυξάνεται. Το χρώμα και κυρίως το χρώμα αυτού, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη θερμοκρασία ειδικότερα κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών. Ακόμα, το λευκό χρώμα έχει μεγαλύτερη ανακλαστικότητα και άρα η ενέργεια αυτή δεν απορροφάται από το έδαφος αλλά από τα παρακείμενα φωτοβολταϊκά. Ενδεικτικά στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται ότι η ύπαρξη λευκού χρώματος γύρω από την εγκατάσταση μπορεί να αυξήσει την απόδοση και την παραγόμενη ισχύ. Ακόμη μια σημαντική παράμετρος είναι η γωνία τοποθέτησης των πάνελ ως προς το επίπεδο της γης και εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά της περιοχής. (26)



Διάγραμμα 1: Ηλεκτρική απόδοση φωτοβολταϊκού συστήματος (26)



Διάγραμμα 2: Ηλεκτρική ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος (26)

4.4. Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη του τομέα αυτού στην Ελλάδα έδειξε σημάδια κόπωσης καθώς από το 2014 μέχρι το 2018 η νέα εγκαταστημένη ισχύς ήταν μόνο 88,4 MWp. Η κύρια αιτία για αυτήν την αργή ανάπτυξη του τομέα ήταν η κρίση που περνούσε η χώρα. Το 2019 παρουσιάστηκε αύξηση κατά 3,1% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Έτσι, καταλήγουμε το 2019 με συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με 2.828 MWp. Από την ισχύ αυτή, τα 2.255 MWp είναι επί εδάφους ενώ τα υπόλοιπα σε στέγες κτιρίων. Για αυτά τα 2.255 MWp, η συνολική έκταση που δεσμεύεται είναι περίπου 40.000 στρέμματα. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, η έκταση αυτή καλύπτει το 0,12% της γεωργικής γης ή το 0,03% της έκτασης της χώρας. Παρά την μειωμένη ανάπτυξη του τομέα αυτού τα τελευταία χρόνια, συνεχίζει να απασχολεί ένα σημαντικό αριθμό εργαζομένων. Πιο συγκεκριμένα, το 2019 κάλυψε 9.000 άμεσες, έμμεσες

και συνεπαγόμενες θέσεις εργασίας². Ακόμα, όπως φαίνεται και από την Εικόνα 9, η μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φωτοβολταϊκά πάρκα με άδεια παραγωγής, είναι στο κεντρικό τμήμα της χώρας κάτι που δεν αποτελεί έκπληξη καθώς στην περιοχή αυτή σχετικά επίπεδη με αποτέλεσμα να αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την προσέλκυση επενδυτών και την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων.



Εικόνα 12: Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (2007-2019) (27)

²Ο υπολογισμός των άμεσων θέσεων εργασίας ανά εγκατεστημένο μεγαβάτ (MW) γίνεται με χρήση της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε για λογαριασμό της Διεθνούς Συνομοσπονδίας Εργατικών Συνδικάτων, τα αποτελέσματα της οποίας επιβεβαιώνονται και από αντίστοιχους υπολογισμούς του Διεθνούς Οργανισμού για τις ΑΠΕ (IRENA) αλλά και της μεθόδου που ακολουθείται στις ΗΠΑ. Οι θέσεις αυτές εργασίας δημιουργούνται τόσο τοπικά (στον τόπο εγκατάστασης του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής) όσο και υπερτοπικά (ειδικά για την παραγωγή του εξοπλισμού). Για τον υπολογισμό συνολικών θέσεων εργασίας σε επίπεδο χώρας, συνυπολογίσαμε το ποσοστό του εξοπλισμού που παράγεται σε εθνικό επίπεδο και δεν εισάγεται από τρίτη χώρα.



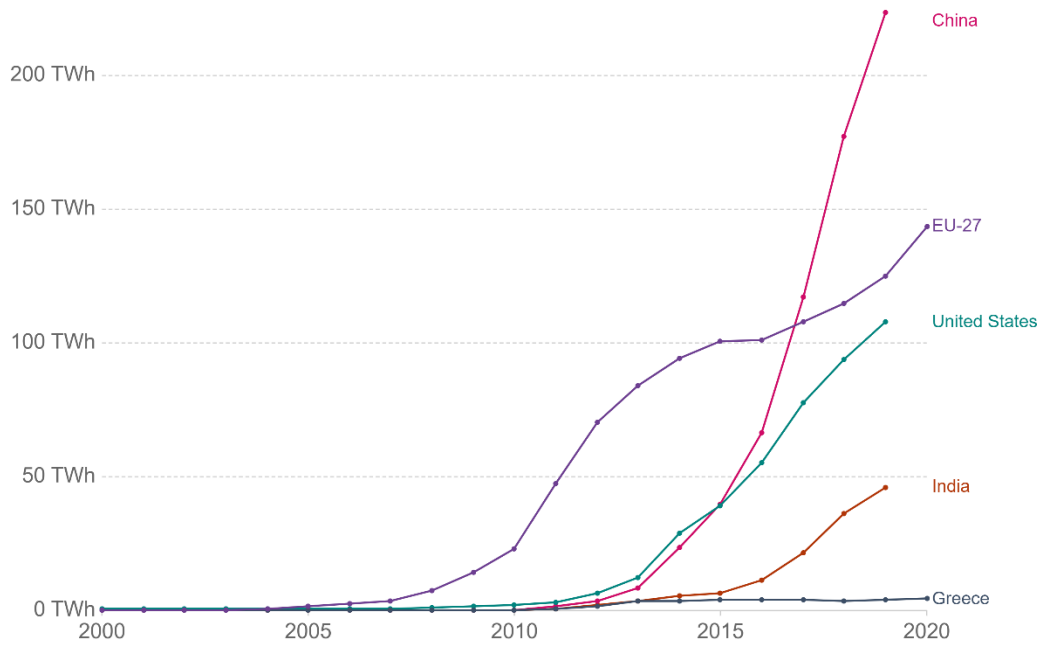
Εικόνα 13: Φωτοβολταϊκοί σταθμοί στην Ελλάδα με άδεια παραγωγής (28)

Όσον αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των φωτοβολταϊκών, εκτιμάται ότι το 2019 αποτράπηκε η έκλυση περίπου 3,72 εκατ. τόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά για να συνεχίσουν να είναι αποδοτικά, χρειάζονται να καθαρίζονται τακτικά ώστε να φεύγουν τυχόν ρύποι. Κατά μέσο όρο, απαιτείται 0,114 m³ ανά παραγόμενη MWh. Η ποσότητα αυτή είναι 31,4 φορές μικρότερη ανά παραγόμενη MWh από ένα λιγνιτικό σταθμό (σύμφωνα με τη ΔΕΗ, οι λιγνιτικοί σταθμοί κατανάλωσαν το 2018 κατά μέσο όρο 3,58 m³ νερού ανά παραγόμενη MWh). Το 2019 παρήχθησαν περίπου 3,962 TWh από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά, δηλαδή απαιτήθηκαν περίπου 451.650 m³ νερού για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών, όσο δηλαδή καταναλώνουν ετησίως 4.670 νοικοκυριά. (27)

Στη συνέχεια παρατίθεται διάγραμμα σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά από το 2000 μέχρι το 2020. Ωστόσο μια σύγκριση της χώρας μας με τις υπόλοιπες του διαγράμματος θα ήταν άτυχη καθώς τα μεγέθη δεν είναι συγκρίσιμα. Μία καλύτερη σύγκριση μεταξύ των χωρών αυτών θα ήταν η παραγόμενη ενέργεια ανά κάτοικο. Όπως φαίνεται, το 2019, η Ελλάδα είχε τη μεγαλύτερη παραγωγή ανά κάτοικο από ηλιακή ενέργεια (σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες του γραφήματος) με τις ΗΠΑ όμως να έχουν μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης και αναμένεται να την απόδοση της Ελλάδας τα επόμενα έτη.

Solar power generation

Electricity generation from solar, measured in terawatt-hours (TWh) per year.



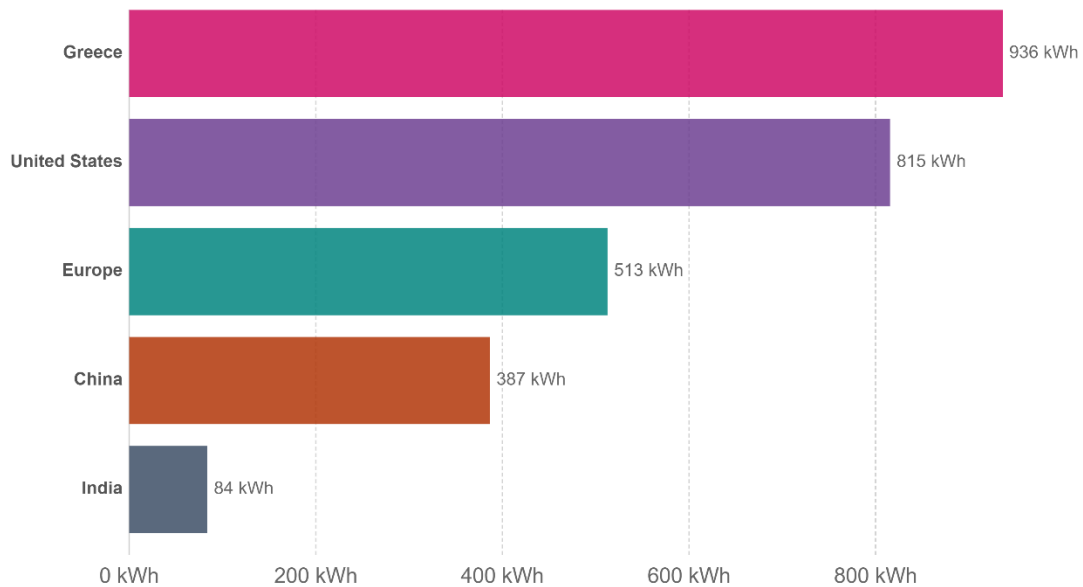
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember

OurWorldInData.org/renewable-energy • CC BY

Διάγραμμα 3: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (2000-2020) (29)

Per capita energy consumption from solar, 2019

Energy consumption is based on primary energy equivalents, rather than final electricity use.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division OurWorldInData.org/energy • CC BY
Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from solar.

Διάγραμμα 4: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά πάνελ ανά κάτοικο (2019) (30)

4.5. Λοιπές χρήσεις

Τα τελευταία χρόνια, τα φωτοβολταϊκά βρίσκουν νέες εφαρμογές προκειμένου να συλλεχθεί ηλιακή ενέργεια με εναλλακτικούς τρόπους. Ένας από αυτούς είναι η εγκατάσταση δρόμων/πεζοδρομίων αποκλειστικά από φωτοβολταϊκά κύτταρα. Τα οφέλη είναι πολλαπλά και επεκτείνονται πέρα από την παραγωγή ενέργειας για φωτισμό ή σήμανση. Έχει μελετηθεί επίσης ότι κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών, μπορεί να περιορίσει το φαινόμενο της θερμικής νησίδας (αύξηση θερμοκρασίας σε αστικά κέντρα κυρίως λόγω υψηλής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας από τους δρόμους) και να μειώσει τις μέγιστες θερμοκρασίες (κατά τόπους) μέχρι και 10 °C. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δεξαμενή θερμότητας, ζεσταίνοντας είτε νερό για τα γειτνιάζοντα κτίρια (από σωλήνες που θα περνούν κάτω από τα φωτοβολταϊκά) αλλά και με να βοηθήσει στο λιώσιμο του πάγου που δημιουργείται μετά από χιονοπτώσεις. Πρόσφατο παράδειγμα αυτής της εφαρμογής αποτελεί η εγκατάσταση στο χωριό Τουγουνρε της Γαλλίας με μήκος 1 km και συνολική έκταση τα 2.800 m². (31)



Εικόνα 14: Δρόμος αποτελούμενος από φωτοβολταϊκά (Tourounre, Γαλλία)

Μια ακόμη διαφορετική χρήση των ηλιακών πάνελ είναι η εφαρμογή τους στα αυτοκίνητα. Καθώς η αυτοκινητοβιομηχανία εξελίσσεται και μετατρέπεται ώστε να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα της ηλεκτροκίνησης, δημιουργούνται νέες ανάγκες για ενεργειακή κάλυψη. Ένας τρόπος για να καλυφθεί μέρος αυτών είναι η εγκατάσταση ηλιακών πάνελ στην οροφή των αυτοκινήτων. Μόλις πρόσφατα (Φεβρουάριος 2021), η Νοτιοκορεάτικη αυτοκινητοβιομηχανία Hyundai, ανακοίνωσε την παραγωγή ενός νέο πολυτελούς μοντέλου (IONIQ 5) το οποίο θα έχει εγκατεστημένο ένα τέτοιο πάνελ στην οροφή και θα μπορεί να διοχετεύσει την παραγόμενη ενέργεια τόσο για τον κλιματισμό του αυτοκινήτου όσο και για την κίνηση αυτού. (32)



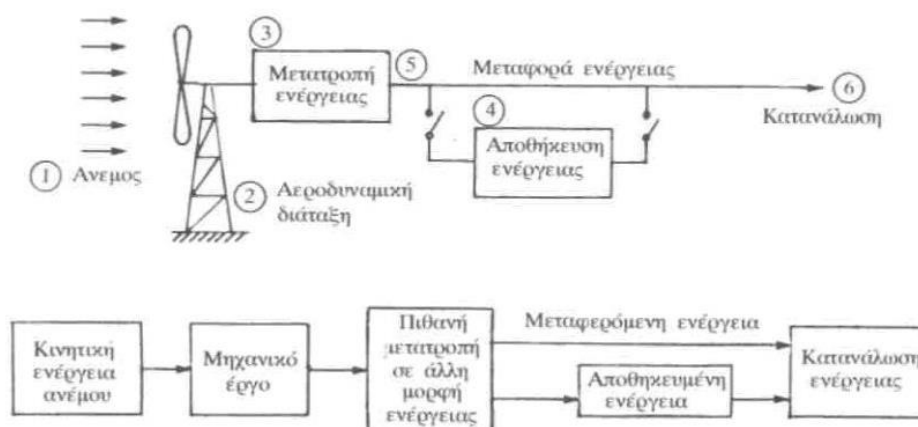
Εικόνα 15: Μοντέλο αυτοκινήτου με ηλιακό πάνελ στην οροφή

5. Αιολική ενέργεια

5.1. Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια

Οι άνεμοι της γης παράγονται κυρίως από την άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο. Ως γνωστό οι θάλασσες παρουσιάζουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα αφού εκτός από την εξάτμιση, η θερμότητα μεταφέρεται προς τα κάτω μέσα στις υδάτινες μάζες. Έτσι, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αέρας πάνω από λίμνες, θάλασσες και ωκεανούς παραμένει σχετικά κρύος σε σχέση πάντα με τον αέρα που βρίσκεται πάνω από την ξηρά και που θερμαίνεται περισσότερο. Από τη θέρμανση του αέρα της ξηράς έχουμε ελάττωση της πυκνότητας του με συνέπεια την ανύψωση του. Και ο βαρύτερος κρύος αέρας που βρίσκεται πάνω από το νερό κινείται για να πάρει τη θέση του. Με τον τρόπο αυτό παράγονται τα τοπικά παραλιακά ρεύματα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα παραλιακά αυτά ρεύματα αντιστρέφονται επειδή η θερμοκρασία της ξηράς ελαττώνεται γρηγορότερα από αυτήν του νερού και έτσι ο ψυχρότερος αέρας και βαρύτερος αέρας της ξηράς κινείται προς τη θάλασσα, όπου αναπληρώνει τον αέρα που ανυψώνεται από την επιφάνεια της θάλασσας. Παρόμοια τοπικά ρεύματα συμβαίνουν στις βουνοπλαγιές κατά τη διάρκεια της ημέρας όταν ο θερμός αέρας ανυψώνεται κατά μήκος των θερμών πλαγιών που θερμαίνονται από τον ήλιο. Κατά τη νύχτα, ο σχετικά κρύος αέρας των πλαγιών κινείται κάτω προς τις πεδιάδες.

Η ανεμογεννήτρια από την εποχή της εμφάνισης της μέχρι και σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης τόσο ως προς τον τύπο της (οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματα της (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, γεννήτρια κλπ.). Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την ανεμογεννήτρια σε άλλη αναβαθμισμένη μορφή ενέργειας.



Εικόνα 16: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μία γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (πχ. μίας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επιτόπου (πχ. άντληση νερού). Στη γενικότερη όμως περίπτωση απαιτείται η μετατροπή του σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δε χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο, είτε γιατί ο τόπος της κατανάλωσης δεν συμπίπτει με αυτόν που είναι εγκατεστημένη η ανεμογεννήτρια. Δηλαδή απαιτείται η μεταφορά της δεσμευμένης αιολικής ενέργειας.

Ωστόσο, η πυκνότητα της αιολικής ενέργειας είναι μικρή με αποτέλεσμα για να παραχθεί μία αξιόλογη ποσότητα ενέργειας σύγκριση με αυτή συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, να απαιτούνται εκατοντάδες αιολικές μηχανές. Λόγω προβλημάτων διαθεσίμων της γης σε συνδυασμό με ύπαρξη καλού αιολικού δυναμικού, καθώς και την επιδίωξη της ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης, η σοβαρή ηλεκτροπαραγωγή από ανεμογεννήτριες γίνεται σε ολικά πάρκα, δηλαδή σε περιοχές των λίγων τετραγωνικών χιλιομέτρων όπου εγκαθίστανται σε ορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους οι αιολικές μηχανές. Η θέση εγκατάστασης των αιολικών μηχανών, η διάταξη τόσο μεταξύ τους όσο και ως προς την επικρατούσα κατεύθυνση άνεμου, αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής προσπάθειας με στόχο την ελαχιστοποίηση της αλληλεπίδρασης των ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν στη διαθέσιμη γη και τέλος τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του αιολικού πάρκου. Όπως είναι φανερό, σημαντικός παράγοντας στην απόδοση του αιολικού πάρκου αποτελεί ο ρυθμός ανάπτυξης του ομίχρου της ανεμογεννήτριας και η ενεργειακή της κατάσταση όταν αντιδρά με την κατάντι ανεμογεννήτρια. (5)

5.2. Τύποι ανεμογεννητριών

Λέγεται ότι μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί στην πράξη περισσότεροι τύποι ανεμομηχανών από οποιοδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

- οριζόντιου άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου. Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός τέτοιων μηχανών (καλείται δρομέας) μπορεί να έχει από ένα περίγιο (μονόπτερος) μέχρι 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος). Σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς τον πύργο στήριξης και τη διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου μπορεί να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάντι) ή πίσω (κατάντι). Για τη μεγιστοποίηση δέσμωσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου απαιτείται το επίπεδο του δρομέα της ανεμογεννήτριας να είναι κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου. Για το σκοπό αυτό, στις μεν μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες υπάρχει συνήθως πτερύγιο που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο, στις δε μεγάλες ανεμογεννήτριες εφαρμόζονται συστήματα αυτόματης ρύθμισης της σωστής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο μέσω σερβομηχανισμού. Ο δρομέας της ανεμογεννήτριας δεν πρέπει να ξεπερνά κάποια μέγιστη γωνιακή ταχύτητα για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που προέρχονται από φυγόκεντρες δυνάμεις. Για την προστασία έναντι υπερτάχυνσης έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αυτοματισμοί όπως λειτουργία αεροπέδη στα πτερύγια του δρομέα, γωνιακή στροφή του δρομέα ως προς τη διεύθυνση πνοής του ανέμου κλπ. Στην περίπτωση ανάγκης πέδησης του δρομέα είτε γιατί υπερταχύνθηκε ο δρομέας (π.χ. δεν λειτουργεί η αεροπέδη των πτερυγίων) ή υπερβολική ταχύτητα του ανέμου ή μηδενική ενεργειακή ζήτηση (π.χ. διακοπή ΔΕΗ), χρησιμοποιείται αυτόματης ενέργειας πέδη (fail safe) ασφαλείας αστοχίας τύπου δίσκου που ενεργεί είτε στο χαμηλόστροφο άξονα του δρομέα (πριν από το κιβώτιο ταχυτήτων), είτε στον υψηλόστροφο (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων).



Εικόνα 17: Υπεράκτιες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα

- κάθετου άξονα στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη ροή του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου είναι κατασκευαστικά απλούστερες των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα γιατί:
 - δεν απαιτούν πτερύγιο ή συστήματα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου
 - το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας βρίσκεται στο έδαφος στη βάση της ανεμογεννήτριας συνεπώς τα έξοδα αυτοματισμού συντήρησης και επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σύγκριση με την ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα.

Οι ανεμογεννήτριες τύπου DARRIEUS (εικόνα 13.A) έχουν σχετικά χαμηλή αρχική ροπή εκκίνησης και ως εκ τούτου έχουν το μειονέκτημα να μη ξεκινούν μόνες τους όταν φυσάει ο άνεμος.



(A)

(B)

Εικόνα 18: Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα

Ο πιο συνηθισμένος τύπος ανεμογεννήτριας είναι αυτός οριζόντιου άξονα και τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται είναι:

- Δρομέας: αποτελείται συνήθως από 2 ή 3 πτερύγια και ο σχεδιασμός του είναι ίσως Το πιο βασικό ζήτημα στη σχεδίαση του όλου συστήματος. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν το δρομέα: ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή ή αεροτομές, μέσω γεωμετρικό βήμα. Τα κριτήρια επιλογής είναι η μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες, χρησιμοποιείται η τεχνολογία των ελίκων των αεροσκαφών (ανθρακονήματα με μηχανές αυτόματου τυλίγματος – Hamilton Standard).
- Συστήματα αύξησης στροφών: η σχεδίαση του συστήματος αυτού του δρομέα γίνεται για να προσαρμοσθεί ο δρομέας στις στροφές της γεννήτριας ή της αντλίας και δεν αφορά άμεσα τη σχεδίαση της ανεμογεννήτριας. Ωστόσο, λόγω απαιτήσεων της βιομηχανίας, έχει δώσει πολλούς και καλούς τύπους κιβωτίου ταχυτήτων από άποψη αντοχής υλικού, φθοράς, μεταφερόμενης ισχύος και διαστάσεων. Βασικά κριτήρια επιλογής είναι η διάρκεια ζωής του, ο βαθμός απόδοσης του και ο θόρυβος λειτουργίας του
- Σύστημα πέδησης άξονα δρομέα: υπάρχουν διάφοροι τρόποι ακινητοποίησης του δρομέα όπως αναφέρθηκαν και προηγουμένως. Ωστόσο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων στη μηχανή με παράλληλη αύξηση της αντιρροπής. Σε περίπτωση αστοχίας των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος του πτερυγίου ή των άλλων μεθόδων ρύθμισης ισχύος, απαιτείται η πέδηση του άξονα του δρομέα. Αυτή γίνεται συνήθως με δισκόφρενο τύπου ασφάλειας αστοχίας που ενεργεί αυτόματα στον άξονα

- Ηλεκτρική γεννήτρια: υπάρχουν δύο δυνατές λύσεις, η σύγχρονη και ασύγχρονη γεννήτρια. Η απλότητα στην κατασκευή, η ευκολία με την οποία συνδέεται στο δίκτυο μία σύγχρονη γεννήτρια είναι ένα από τα πλεονεκτήματά της. Όμως η ανάγκη να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο δημιουργεί προβλήματα όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου
- Σύστημα προσανατολισμού: ο δρομέας μπορεί να βρίσκεται πριν από τον πύργο ή μετά από αυτόν. Στις ανεμογεννήτριες μικρού και μεσαίου μεγέθους για τον προσανατολισμό χρησιμοποιείται καθοδηγητήριο πτερύγιο ενώ στις ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιείται σερβοκινητήρας ο οποίος ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και που προσανατολίζει το δρομέα κάθετα στην κατεύθυνση του ανέμου
- Πύργος: κριτήρια επιλογής του είδους του πύργου είναι εκτός από το κόστος του, η ευκολία μεταφοράς του στον τόπο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας και η ευκολία ανέγερσής της. Συνυφασμένο με το τελευταίο είναι και η διαδικασία στησίματος της μηχανής ιδιαίτερα σε μεγάλες μονάδες, πράγμα που εξαρτάται από την ευκολία οδικής πρόσβασης στη θέση, την ύπαρξη ικανοποιητικού ανυψωτικού μέσου, τόσο σε ανυψωτική ικανότητα όσο και σε ύψος ανύψωσης. Δύο είναι κυρίως οι τύποι πύργων που έχουν επικρατήσει, ο σωληνωτός και ο τύπου δικτυώματος. (5)

5.3. Οι ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια, η αιολική ενέργεια γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη στη χώρα μας. Πιο συγκεκριμένα, το 2020 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ξεπέρασε τα 4.000 MW, φτάνοντας τα 4.114 MW. Επίσης, καταγράφηκε ρεκόρ ωριαίας διείσδυσης της αιολικής ισχύος σε ποσοστό 68,8%. Μόνο τη χρονιά αυτή συνδέθηκαν στο δίκτυο 200 νέες ανεμογεννήτριες συνολικής αποδιδόμενης ισχύος 517,5 MW. Συγκριτικά με το περασμένο έτος, η αύξηση αυτή είναι 14,4%. (33)

Όπως φαίνεται από την επόμενη εικόνα, μεγαλύτερη συγκέντρωση αιολικών πάρκων παρατηρείται κατά μήκος της οροσειράς της Πίνδου καθώς επίσης και πλησίον ορεινών όγκων. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα μέρη αυτά είναι πιο απομονωμένα και μακριά πιθανότατα από κατοικημένες περιοχές καθώς επίσης και από το ότι βρίσκονται σε σχετικά υψηλό υψόμετρο και άρα η ροή του ανέμου δεν επηρεάζεται από διάφορα εμπόδια.



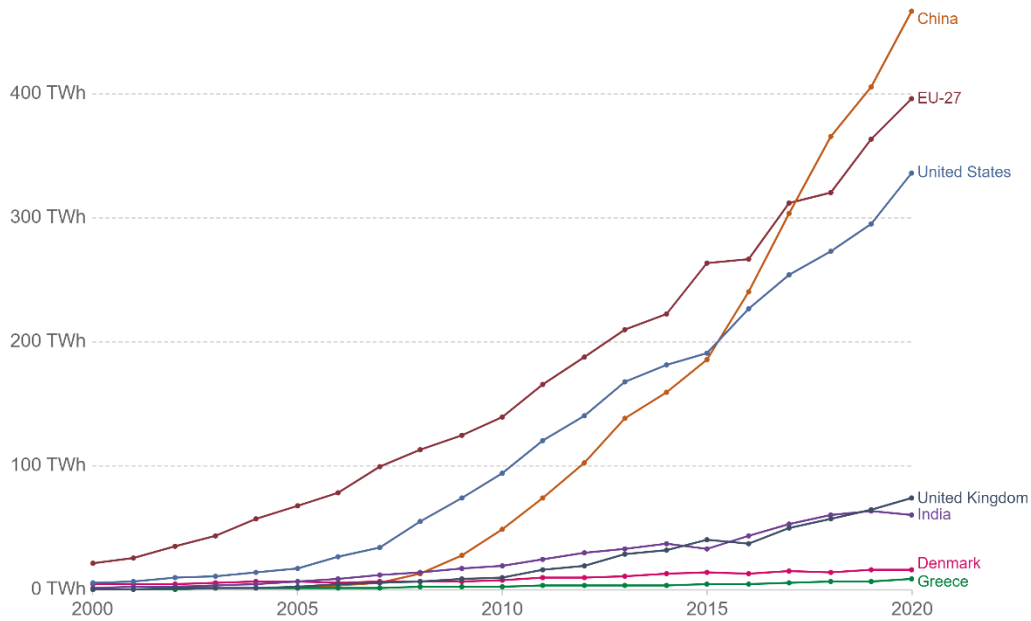
Εικόνα 19: Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα με άδεια παραγωγής (28)

Τα τελευταία χρόνια, έντονο είναι και το ενδιαφέρον επενδυτών για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων με σκοπό την επιπλέον εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού δεδομένου ότι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή στην ξηρά γεγονός που κάνει αποδοτικότερη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας και άρα αυξάνει τα διαθέσιμα σημεία τα οποία είναι κατάλληλα για την ανάπτυξη τέτοιων πάρκων. Μια τέτοια πρακτική ωστόσο δεν αναπτύχθηκε πρόσφατα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, βρίσκεται το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο του κόσμου με ισχύ 1,2 GW και συνολική έκταση τα 407 km². (34) Ωστόσο, παρά τις θετικές επιπτώσεις των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η ενέργεια από αυτή την πηγή αποτελεί μία από τις ακριβότερες μορφές λαμβάνοντας υπόψιν το κεφάλαιο που χρειάζεται ανά kW ισχύος. Σύμφωνα με τον EIA (Energy Information Association) των Ηνωμένων πολιτειών, το κόστος ανά kW για υπεράκτιες ανεμογεννήτριες υπολογίζεται στα 6.500 \$/kW πολύ υψηλότερο σε σχέση με άλλες ανανεώσιμες πηγές. (35)

Στη συνέχεια παρατίθεται διάγραμμα σχετικά με την παραγωγή αιολικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες από το 2000 μέχρι το 2020. Ωστόσο μια σύγκριση της χώρας μας με τις υπόλοιπες του διαγράμματος θα ήταν άτυχη καθώς τα μεγέθη δεν είναι συγκρίσιμα. Μία καλύτερη σύγκριση μεταξύ των χωρών αυτών θα ήταν η παραγόμενη ενέργεια ανά κάτοικο. Όπως φαίνεται, το 2019, η Ελλάδα είχε τη τέταρτη θέση (από τις χώρες του δείγματος), μια θέση υψηλότερα από τον αντίστοιχο δείκτη για την Ευρώπη. Φυσικά, η Δανία απέχει κατά πολύ από τις υπόλοιπες χώρες καθώς είναι πρωτοπόρος στο τομέα της αιολικής ενέργειας.

Wind power generation

Annual electricity generation from wind is measured in terawatt-hours (TWh) per year. This includes both onshore and offshore wind sources.



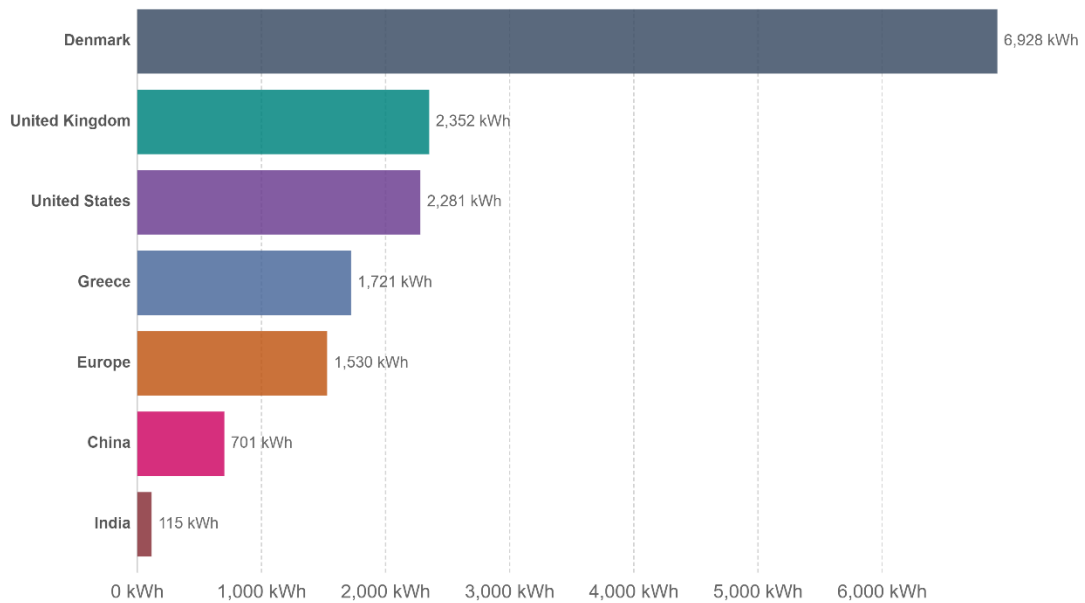
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

OurWorldInData.org/renewable-energy • CC BY

Διάγραμμα 5: Αιολική παραγωγή ενέργειας (2000-2020) (29)

Per capita energy consumption from wind, 2019

Energy consumption is based on primary energy equivalents, rather than final electricity use.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from wind.

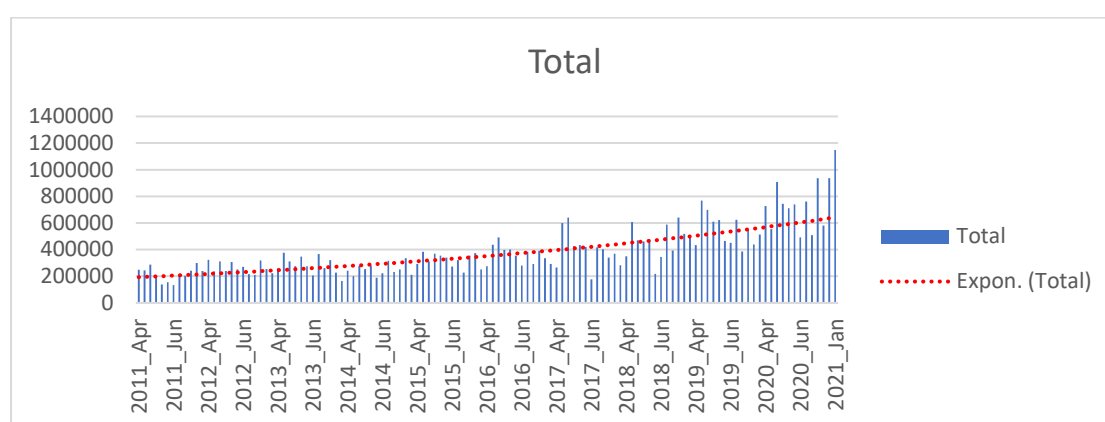
Διάγραμμα 6: Κατανάλωση αιολικής ενέργειας ανά κάτοικο (2019) (29)

6. Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα με χρήση χρονοσειράς

Η πρόβλεψη της Συνολικής Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Αιολική Ενέργεια (MWh) είναι απαραίτητη έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η διαχείριση και η ενσωμάτωση της στα σύγχρονα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της Στατιστικής Ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε και η οποία βασίζεται στη χρήση χρονοσειρών καθώς επίσης και τα αποτελέσματα αυτής.

6.1. Εξέλιξη ενεργειακών μεγεθών

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της παραγόμενης ενέργειας (GWh) από αιολικά πάρκα από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι τον Ιανουάριο του 2021.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Ακολουθεί ο πίνακας με τα μηνιαία στοιχεία της συνολικά παραγόμενης ενέργειας για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα (πηγή <https://www.dareep.gr>). Όπως γίνεται αντιληπτό το ύψος της παραγόμενης ενέργειας αυξάνεται συνεχώς μέσα στα χρόνια της μελέτης και αυτό οφείλεται ως επί το πλείστον στην αύξηση των υποδομών

##	Year	Energy (MWh)	Installed power (MW)	Month
1	2011	138,098	-	Jan
2	2011	194,701	-	Feb
3	2011	210,476	-	Mar
4	2011	249,840	-	Apr
5	2011	202,418	-	May
6	2011	134,248	-	Jun
7	2011	154,090	-	Jul
8	2011	244,242	-	Aug
9	2011	238,788	-	Sep
10	2011	300,216	-	Oct
11	2011	241,390	-	Nov
12	2011	287,343	-	Dec
13	2012	305,773	-	Jan
14	2012	240,182	-	Feb
15	2012	214,512	-	Mar

16	2012	324,614	-	Apr
17	2012	210,050	-	May
18	2012	269,662	-	Jun
19	2012	251,247	-	Jul
20	2012	237,963	-	Aug
21	2012	222,412	-	Sep
22	2012	253,099	-	Oct
23	2012	319,281	-	Nov
24	2012	312,014	-	Dec
25	2013	346,617	-	Jan
26	2013	275,305	-	Feb
27	2013	366,294	-	Mar
28	2013	258,974	-	Apr
29	2013	261,961	-	May
30	2013	205,393	-	Jun
31	2013	275,180	-	Jul
32	2013	377,502	-	Aug
33	2013	164,505	-	Sep
34	2013	227,783	-	Oct
35	2013	321,965	-	Nov
36	2013	310,321	-	Dec
37	2014	279,285	-	Jan
38	2014	254,783	-	Feb
39	2014	316,992	-	Mar
40	2014	242,220	-	Apr
41	2014	232,597	-	May
42	2014	222,617	-	Jun
43	2014	188,402	-	Jul
44	2014	200,135	-	Aug
45	2014	210,101	-	Sep
46	2014	334,709	-	Oct
47	2014	250,341	-	Nov
48	2014	277,111	-	Dec
49	2015	355,870	1,662.00	Jan
50	2015	368,531	1,664.00	Feb
51	2015	320,847	1,664.00	Mar
52	2015	291,088	1,718.00	Apr
53	2015	227,362	1,738.00	May
54	2015	274,064	1,751.00	Jun
55	2015	341,165	1,767.00	Jul
56	2015	383,965	1,767.00	Aug
57	2015	250,956	1,767.00	Sep
58	2015	374,282	1,768.00	Oct
59	2015	355,506	1,772.00	Nov
60	2015	312,523	-	Dec
61	2016	401,207	1,856.62	Jan

62	2016	398,728	1,856.62	Feb
63	2016	382,648	1,856.62	Mar
64	2016	275,155	1,856.62	Apr
65	2016	291,242	1,856.62	May
66	2016	279,770	1,960.22	Jun
67	2016	353,757	1,962.77	Jul
68	2016	435,403	1,981.37	Aug
69	2016	293,090	1,981.37	Sep
70	2016	335,037	1,987.37	Oct
71	2016	391,934	2,043.57	Nov
72	2016	492,909	2,047.17	Dec
73	2017	433,373	2,048.77	Jan
74	2017	426,558	2,048.77	Feb
75	2017	416,887	2,054.77	Mar
76	2017	266,609	2,096.75	Apr
77	2017	403,709	2,102.17	May
78	2017	176,280	2,128.47	Jun
79	2017	418,702	2,128.47	Jul
80	2017	600,513	2,128.47	Aug
81	2017	282,735	2,128.47	Sep
82	2017	370,151	2,218.47	Oct
83	2017	340,342	2,301.77	Nov
84	2017	641,370	2,301.77	Dec
85	2018	476,627	2,322.17	Jan
86	2018	459,626	2,322.17	Feb
87	2018	588,929	2,325.77	Mar
88	2018	349,007	2,325.77	Apr
89	2018	393,834	2,344.37	May
90	2018	345,662	2,384.37	Jun
91	2018	217,726	2,434.17	Jul
92	2018	606,345	2,463.97	Aug
93	2018	506,341	2,463.97	Sep
94	2018	518,412	2,463.97	Oct
95	2018	641,129	2,484.97	Nov
96	2018	470,511	2,555.27	Dec
97	2019	622,225	2,579.47	Jan
98	2019	610,385	2,663.17	Feb
99	2019	624,422	2,693.37	Mar
100	2019	433,549	2,708.67	Apr
101	2019	386,174	2,750.47	May
102	2019	451,241	2,760.17	Jun
103	2019	464,395	2,865.02	Jul
104	2019	767,303	2,892.15	Aug
105	2019	512,340	2,975.85	Sep
106	2019	440,069	3,064.45	Oct
107	2019	555,117	3,153.55	Nov

108	2019	698,741	3,282.85	Dec
109	2020	710,862	3,315.35	Jan
110	2020	743,860	3,394.00	Feb
111	2020	761,530	3,525.90	Mar
112	2020	726,935	3,525.90	Apr
113	2020	508,949	3,568.82	May
114	2020	492,394	3,591.12	Jun
115	2020	738,345	3,627.90	Jul
116	2020	553,871	3,686.70	Aug
117	2020	935,334	3,708.50	Sep
118	2020	581,214	3,730.50	Oct
119	2020	936,446	3,754.50	Nov
120	2020	907,257	3,809.50	Dec
121	2021	1,149,004	3,860.51	Jan

6.2. Στατιστική Ανάλυση

Ως Χρονοσειρά ορίζεται μια σειρά τιμών που λαμβάνει μια μεταβλητή σε διαδοχικές χρονικές περιόδους. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών παρατηρήσεων στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σταθερής διάρκειας. Σκοποί της διαχρονικής ανάλυσης μιας μεταβλητής είναι η περιγραφή της μέχρι τώρα διαχρονικής εξέλιξής της, καθώς και η πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς της. Είναι λοιπόν μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών X_t , $t \in T$, όπου T είναι χρονική περίοδος ή υποσύνολο του χώρου και X_t είναι η παρατήρηση στο χρόνο t . Αν το T είναι συνεχές τότε η χρονοσειρά λέγεται συνεχής ενώ αν το T είναι διακριτό τότε η χρονοσειρά λέγεται διακριτή (θα χρησιμοποιηθεί και στη μελέτη μας).

6.3. Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

Μια χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηρίζεται από γραμμικότητα (linearity) ή μη γραμμικότητα (nonlinearity). Η γραμμικότητα του συστήματος σημαίνει πως οι μεταβλητές του συστήματος αλληλοεπιδρούν γραμμικά, δηλαδή αν θα εκφράζαμε το σύστημα με αναλυτική μορφή όλοι οι όροι θα ήταν γραμμικοί ως προς τις μεταβλητές του συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση το σύστημα είναι μη-γραμμικό. Για τη χρονοσειρά αυτό σημαίνει πως για ένα γραμμικό σύστημα ορίζουμε την εξέλιξη της χρονοσειράς ως γραμμικό συνδυασμό των προηγούμενων παρατηρήσεων της χρονοσειράς. Είναι συχνό φαινόμενο στις χρονοσειρές η μέση τιμή τους να παρουσιάζει μια αυξητική, ή φθίνουσα, τάση ή/και να έχει εναλλαγές μεταξύ αυξητικών φάσεων και φθίνουσών φάσεων, να παρουσιάζει δηλαδή μια κυκλικά επαναλαμβανόμενη δομή σε διαδοχικά χρονικά διαστήματα ή εποχές. Επίσης, από τη γραφική παράσταση μιας χρονοσειράς είναι δυνατόν να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν "ιδιάζουσες" τιμές (outliers), τιμές δηλαδή που βρίσκονται σε προφανή απόκλιση από τις υπόλοιπες. Οι τιμές αυτές ενδέχεται να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στην μοντελοποίηση μιας χρονοσειράς και ως εκ τούτου χρειάζονται ειδική μεταχείριση αφού όμως πρώτα προσδιοριστεί το αίτιο το οποίο τις προκάλεσε. Με τον όρο στασιμότητα (Stationarity) εννοούμε ότι οι διακυμάνσεις των τιμών της χρονοσειράς δε διαφοροποιούνται με το χρόνο. Μια μη στάσιμη χρονοσειρά μπορεί να έχει τάσεις (trends), δηλαδή αλλαγές στη μέση τιμή της με το χρόνο, μπορεί επίσης να παρουσιάζει περιοδικότητα (periodicity), που όταν αναφέρεται σε συγκεκριμένες περιόδους που σχετίζονται με φυσικές εποχές του έτους (μήνα, τρίμηνο, τετράμηνο) η οποία ονομάζεται και εποχικότητα (seasonality).

6.4. Συνιστώσες της χρονοσειράς

Η στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών αποβλέπει στην ποσοτική μέτρηση και το διαχωρισμό των συνιστωσών που την αποτελούν. Για τη μελέτη της χρονοσειράς, ο διαχωρισμός των συνιστωσών είναι απαραίτητος καθώς κάποιες πρέπει να αφαιρεθούν ή να μελετηθούν ξεχωριστά

6.5. Χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης

Το μήκος του διαστήματος μεταξύ της χρονικής στιγμής κατά την οποία γίνεται η πρόβλεψη και της χρονικής στιγμής στην οποία αναφέρεται η πρόβλεψη ονομάζεται χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης (time frame). Όσο μεγαλώνει το χρονικό πλαίσιο τόσο δυσκολότερη γίνεται η λήψη μιας πρόβλεψης ως προς την ακρίβεια της προβλεπτικής ικανότητας. Με βάση το μήκος τους, τα χρονικά πλαίσια μπορούν να είναι: άμεσα (immediate) με μήκος μικρότερο από ένα μήνα, βραχυπρόθεσμα (short-term) με μήκος 1-3 μήνες, μεσοπρόθεσμα (medium-term) με μήκος 3 μηνών έως 2 έτη, και μακροπρόθεσμα (long-term) με μήκος άνω των 2 ετών. Οι μέθοδοι πρόβλεψης μέσω χρονοσειρών είναι περισσότερο αποτελεσματικές όταν το περιβάλλον παραμένει σταθερό, καθώς βασίζονται στην υπόθεση ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν, γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συνήθως για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις.

6.6. Η προσέγγιση Box-Jenkins

Η προσέγγιση των Box-Jenkins στην ανάλυση χρονοσειρών είναι μια μέθοδος εύρεσης ενός υποδείγματος ARIMA που να παριστάνει ικανοποιητικά τη стоχαστική διαδικασία από την οποία προήλθαν τα δεδομένα, δηλαδή το δείγμα.

Η Box-Jenkins ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) τεχνική δίνει μορφή υποδείγματος στην πιο γενική μορφή σε μια διακριτή χρονοσειρά, ως συνάρτηση αυτοπαλινδρομούμενων όρων, κινούμενου μέσου και μιας σταθεράς.

Περιλαμβάνει συγχρόνως στο εκτιμώμενο μοντέλο ένα τύπο εποχικού και ένα μη εποχικού παράγοντα και η γενική του μορφή συμβολίζεται ως: $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s$ 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

6.7. Το υπόδειγμα ARIMA (p,d,q)

Τα μοντέλα ARIMA συνδυάζουν τις ιδιότητες τριών διαφορετικών υπομοντέλων (υποσυστημάτων):

1. Αυτοπαλινδρόμησης (autoregression),
2. Ολοκλήρωσης (integration)
3. Εξομάλυνσης με μετακινούμενο μέσο (moving average)

Παριστάνονται με 3 συντελεστές, που ο καθένας τους περιγράφει τα υπομοντέλα που αναφέρθηκαν. Συγκεκριμένα, οι τρεις μορφές των παραμέτρων αυτού του υποδείγματος είναι:

- Παράμετρος αυτοπαλινδρόμησης (AR): οι p παράμετροι του αυτοπαλινδρόμου υποδείγματος, ή τάξη αυτοπαλινδρόμησης του μη εποχικού παράγοντα.
- Βαθμός διαφορικού μετασχηματισμού (I): ο αριθμός d των διαφορών που απαιτούνται για να γίνει η σειρά στάσιμη ή η τάξη προς τα πίσω διαφορών του μη εποχικού παράγοντα (στάσιμες διαδικασίες χαρακτηρίζονται στις οποίες ότι ο μέσος, η διακύμανση και οι αυτοδιακυμάνσεις δεν εξαρτώνται από το χρόνο, δηλαδή ο μέσος και η διακύμανση παραμένουν σταθεροί).
- Τάξη μετακινούμενου μέσου (MA): οι q παράμετροι του υποδείγματος κινητού μέσου ή η τάξη κινούμενου μέσου του μη εποχικού παράγοντα.

Μια ARIMA(p,d,q) διαδικασία μπορεί να διατυπωθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους και να πάρει τρεις διαφορετικές μορφές:

- Συνάρτηση των παρελθουσών τιμών της και των τιμών του διαταρακτικού όρου, τρέχουσας και παρελθουσών. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως εξίσωση διαφοράς (difference equation form).
- Συνάρτηση των παρελθουσών τιμών της και της τρέχουσας τιμής του διαταρακτικού όρου. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως η αντίστροφη μορφή (inverted form).
- Συνάρτηση μόνο των τιμών του διαταρακτικού, τρέχουσας και παρελθουσών. Η μορφή αυτή είναι γνωστή ως τυχαία διαταραχή (random shock form).

6.8. Εποχικό δείγμα SARIMA

Τα εποχικά υποδείγματα SARIMA (seasonal ARIMA models ή SARIMA models), είναι μια άλλη κατηγορία των υποδειγμάτων ARIMA. Το εποχικό μέρος ενός υποδείγματος ARIMA έχει την ίδια δομή με αυτή του μη-εποχικού υποδείγματος, δηλαδή μπορεί να έχει έναν παράγοντα AR, έναν παράγοντα MA και μια τάξη διαφορών. Ένα εποχικό ARIMA υπόδειγμα ορίζεται σαν ένα υπόδειγμα ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q), όπου:

- P είναι ο αριθμός των εποχικών αυτοπαλινδρόμων όρων (SAR),
- D είναι ο αριθμός των εποχικών διαφορών, και
- Q είναι ο αριθμός των εποχικών όρων κινητού μέσου (SMA).

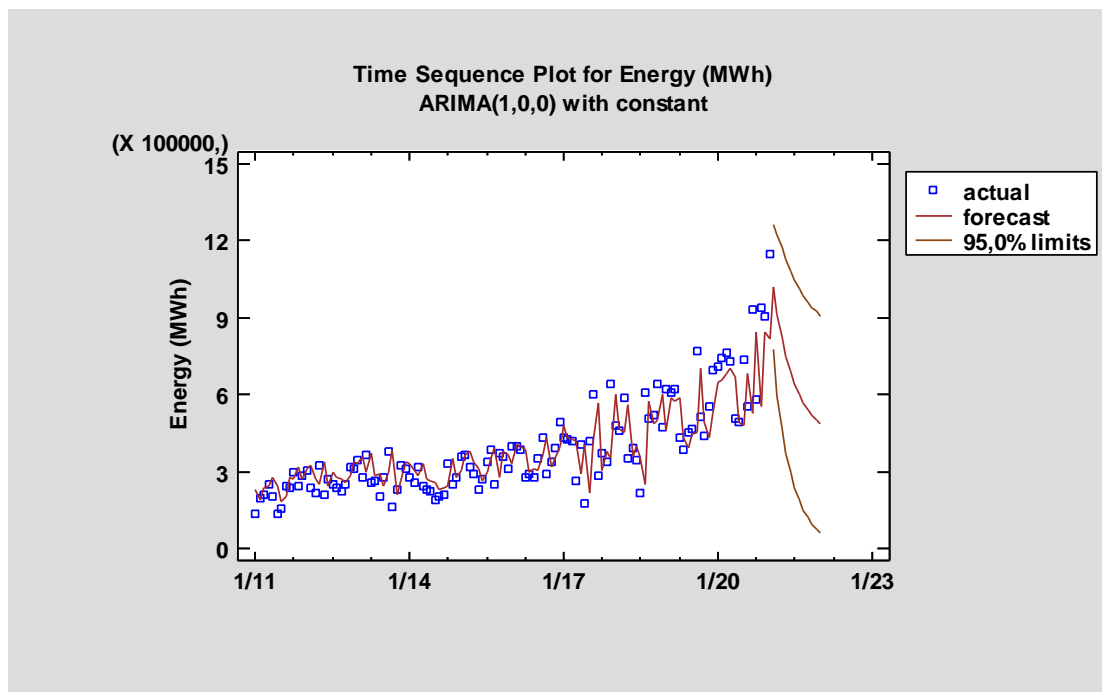
Για να εξακριβωθεί ένα εποχικό υπόδειγμα, το πρώτο βήμα είναι να καθορίσουμε αν είναι απαραίτητη ή όχι μια εποχική διαφορά μαζί με μια μη-εποχική διαφορά ή μπορεί και αντί αυτής. Εάν το εποχικό υπόδειγμα είναι δυνατό και σταθερό με το χρόνο, (για παράδειγμα ψηλά το καλοκαίρι και χαμηλά το χειμώνα), τότε πιθανόν να πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια εποχική διαφορά ανεξάρτητα με το αν χρησιμοποιηθεί μια μη εποχική διαφορά (36).

6.9. Πρόβλεψη συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Αιολικών Πάρκων για το διάστημα Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022

Τα δεδομένα της χρονοσειράς αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πηγές Αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα και αποτελούνται από 121 μηνιαίες τιμές (Ιανουάριος 2011 – Ιανουάριος 2021) που ελήφθησαν από τα μηνιαία δελτία ενέργειας του ΔΑΠΕΠ (<https://www.dapeep.gr>). Χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics επιλέχθηκε το

βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο είναι εποχικό με περίοδο 12 μήνες, και συγκεκριμένα είναι το $ARIMA(0,0,1) \times (0,1,1)_{12}$ με σταθερά.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες με βάση το μοντέλο, μηνιαίες τιμές συνολικά παραγόμενης ενέργειας από Αιολική Ενέργεια για το χρονικό διάστημα Φεβρουάριο 2021 – Ιανουάριο 2022 σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

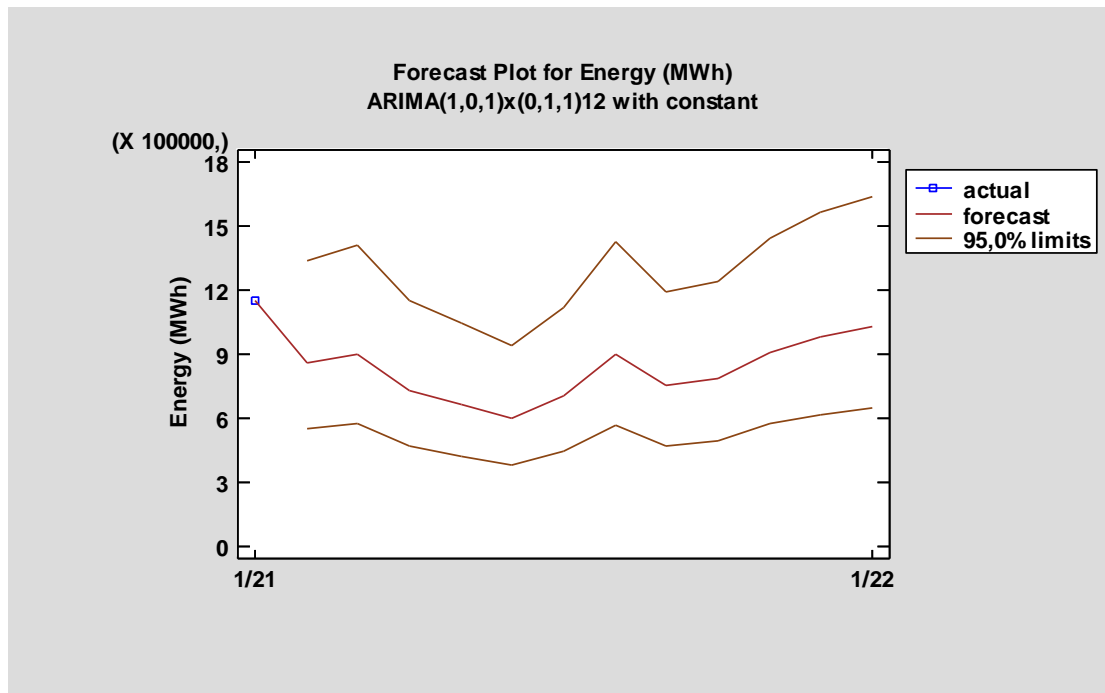


Διάγραμμα 8: Γράφημα συνολικής παραγόμενης Αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (MWh)

Η χρονοσειρά παρουσιάζει εποχικότητα σε μικρό ποσοστό με περίοδο δώδεκα μήνες (ένα έτος). Η ζήτηση φαίνεται να αυξάνεται σταθερά με το πέρας του έτους.

Η ζήτηση αυξάνεται με σταθερό ρυθμό το οποίο είναι συνεπακόλουθο της κλιμάκωσης της εγκατεστημένης ισχύς της αιολικής ενέργειας. Με αποτέλεσμα όση περισσότερη αιολική ενέργεια παράγεται να αυξάνεται και η κατανάλωση της.

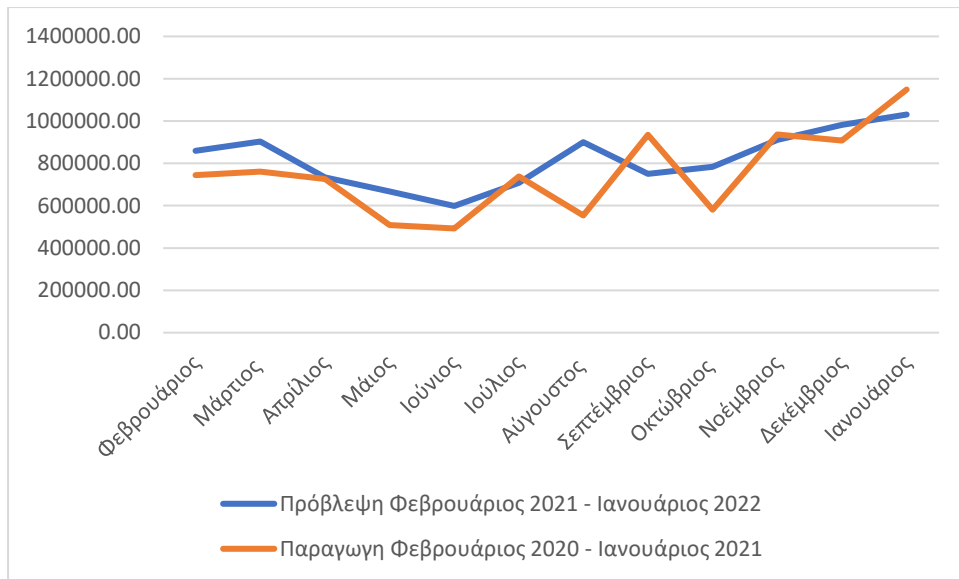
Από τη στατιστική ανάλυση που ακολουθεί παρατηρείται αύξηση για το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022 σύμφωνα με την μηνιαία εποχικότητα που παρουσιάζεται στην παραγωγή της ενέργειας κατά τα προηγούμενα έτη.



Διάγραμμα 9: Πρόβλεψη συνολικής παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022)

Μήνας	Πρόβλεψη Φεβρουάριος 2021 - Ιανουάριος 2022	Παραγωγή Φεβρουάριος 2020 - Ιανουάριος 2021
Φεβρουάριος	859728.00	743860
Μάρτιος	902944.00	761530
Απρίλιος	733878.00	726935
Μάιος	667098.00	508949
Ιούνιος	598714.00	492394
Ιούλιος	708188.00	738345
Αύγουστος	900320.00	553871
Σεπτέμβριος	751096.00	935334
Οκτώβριος	783684.00	581214
Νοέμβριος	911262.00	936446
Δεκέμβριος	982165.00	907257
Ιανουάριος	1030860.00	1149000.00

Εικόνα 20: Προβλέψεις μηνιαίων στοιχείων παραγόμενης Αιολικής ενέργειας (MWh) για την περίοδο Φεβρουάριος 2021 - Ιανουάριος 2022



Διάγραμμα 10: Σύγκριση πρόβλεψης συνολικής παραγόμενης Αιολικής Ενέργειας (MWh)

Από το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι η παραγωγή αιολικής ενέργειας για το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος 2021 – Ιανουάριος 2022 θα αυξηθεί σε σύγκριση με το αντίστοιχο διάστημα 2020 - 2021. Ο μήνας κατά τον οποίο επιτυγχάνεται η υψηλότερη παραγωγή είναι ο Δεκέμβριος ενώ οι αυξομειώσεις που παρατηρούνται αφορούν τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα.

7. Συμπεράσματα

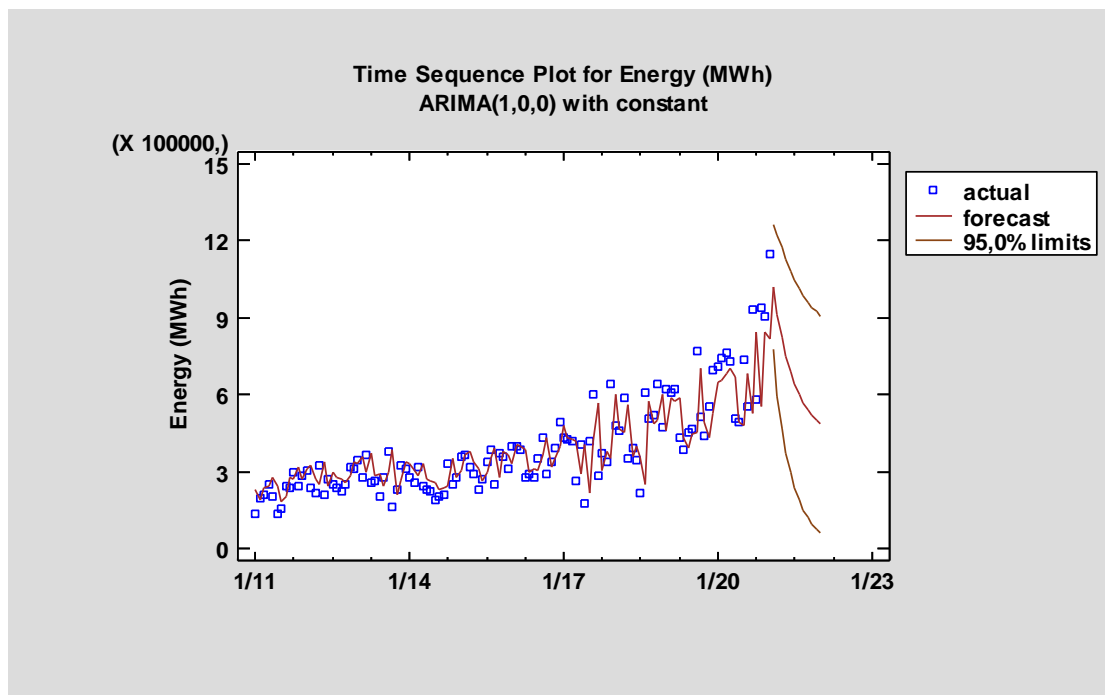
Στα κεφάλαια που προηγήθηκαν επιχειρήθηκε να γίνει μια καταγραφή χρήσιμων πληροφοριών που αφορούν το πλαίσιο λειτουργίας και τη βιωσιμότητα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και ειδικότερα της Αιολικής ενέργειας. Πραγματοποιήθηκε μια στατιστική ανάλυση για την εξαγωγή των απαραίτητων στοιχείων ώστε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα για την μελλοντική εξέλιξη τους στην Ελλάδα αλλά και τις περαιτέρω προοπτικές που μπορούν να δημιουργήσουν για την οικονομία. Η έρευνα οδήγησε στο βασικό συμπέρασμα ότι προβλέπεται στο εγγύς μέλλον μεγάλη ανάπτυξη της παραγωγής αιολικής ενέργειας.

Οι επενδύσεις που προηγήθηκαν την προηγούμενη δεκαετία αύξησαν την συνολική παραγόμενη ενέργεια. Η συνέχιση των επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και ειδικότερα από τον λιγνίτη που έχει τεθεί ως στόχος αναμένεται να αναβαθμίσουν την ποιότητα ζωής και να συμβάλουν στη προστασία του περιβάλλοντος.

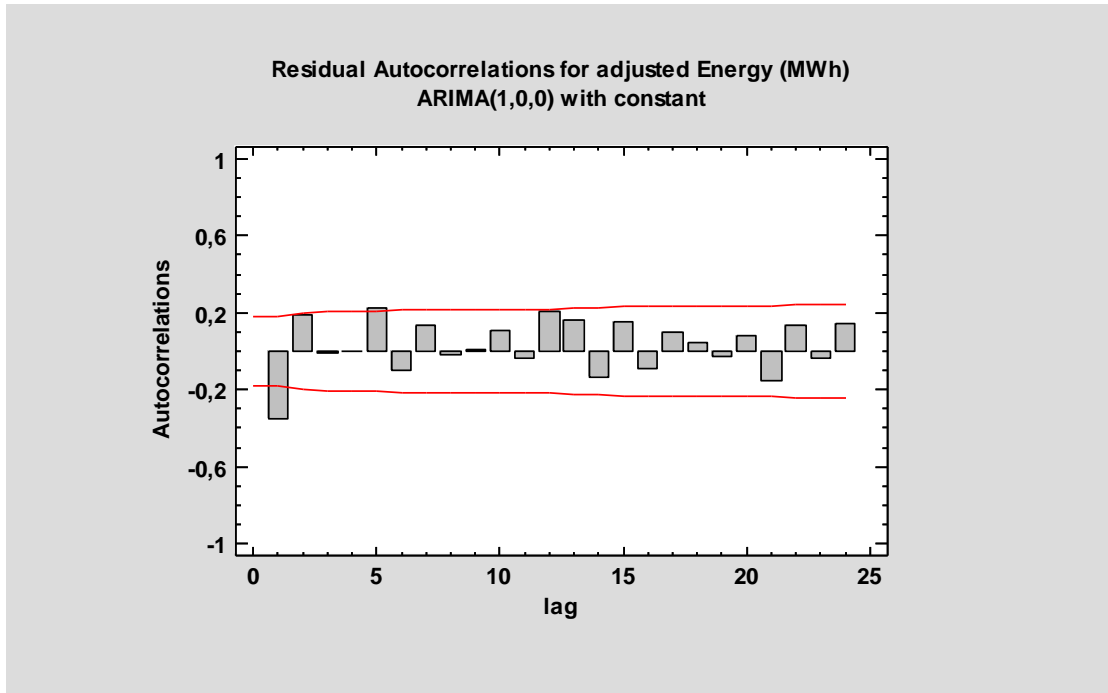
Προκειμένου να υλοποιηθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί κρίνεται σκόπιμο να ληφθούν υπόψη τα κάτωθι:

- Για να αξιοποιήσει το τεράστιο ανεκμετάλλευτο δυναμικό της η Ελλάδα, απαιτείται η θέσπιση ενός ολοκληρωμένου θεσμικού και ρυθμιστικού πλαισίου και η προώθηση των θαλάσσιων αιολικών πάρκων.
- Η γνώση του πολίτη για τις νέες τεχνολογικές εφαρμογές, την αύξηση των κονδυλίων για έρευνα και ανάπτυξη και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης.

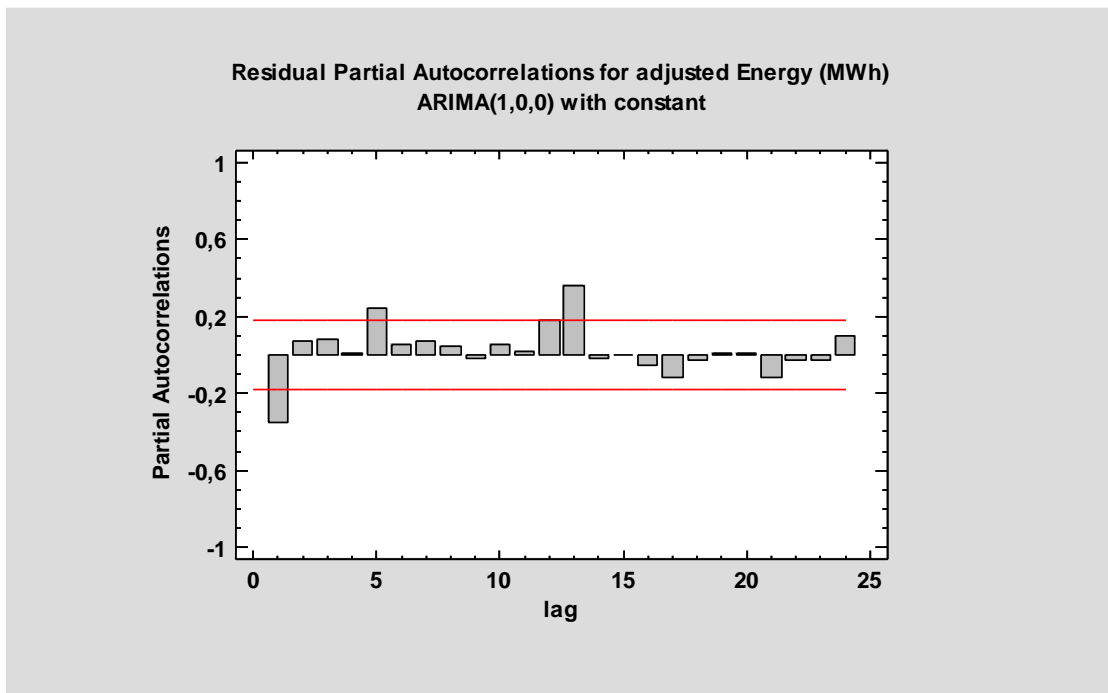
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



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.

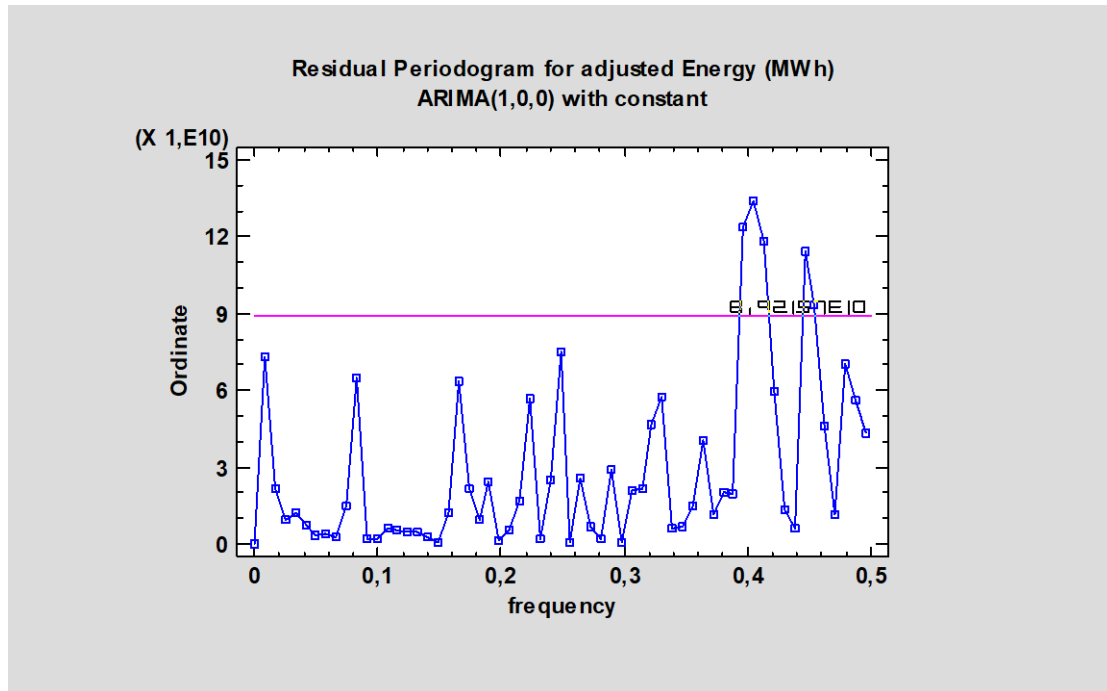


This graph shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time $t-k$. Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, 2 of the 24 autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95,0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise).



This graph shows the estimated partial autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k partial autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time $t+k$ having accounted for the correlations at all lower lags. It can be used

to judge the order of autoregressive model needed to fit the data. Also shown are 95,0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95,0% confidence level. In this case, 3 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95,0% confidence level.



This plot shows the periodogram ordinates for the residuals. It is often used to identify cycles of fixed frequency in the data. The periodogram is constructed by fitting a series of sine functions at each of 61 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total sum of squares in an ANOVA table.

Forecasting - Energy (MWh)

Data variable: Energy (MWh)

Number of observations = 121

Start index = 1/11

Sampling interval = 1,0 month(s)

Length of seasonality = 12

Forecast Summary

Math adjustment: Natural log

Seasonal differencing of order: 1

Forecast model selected: ARIMA(1,0,1)x(0,1,1)₁₂ 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	91554,9	
MAE	65000,4	
MAPE	16,6622	
ME	8755,44	
MPE	-3,07751	

ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Stnd. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
AR(1)	0,961423	0,0718434	13,3822	0,000000
MA(1)	0,848859	0,107942	7,86406	0,000000
SMA(1)	0,86325	0,0357791	24,1272	0,000000
Mean	0,135542	0,0234231	5,78669	0,000000
Constant	0,00522887			

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 0,050067 with 105 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 0,223757

Number of iterations: 9

The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of Energy (MWh). The data cover 121 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) Seasonal differences of order 1 were taken.

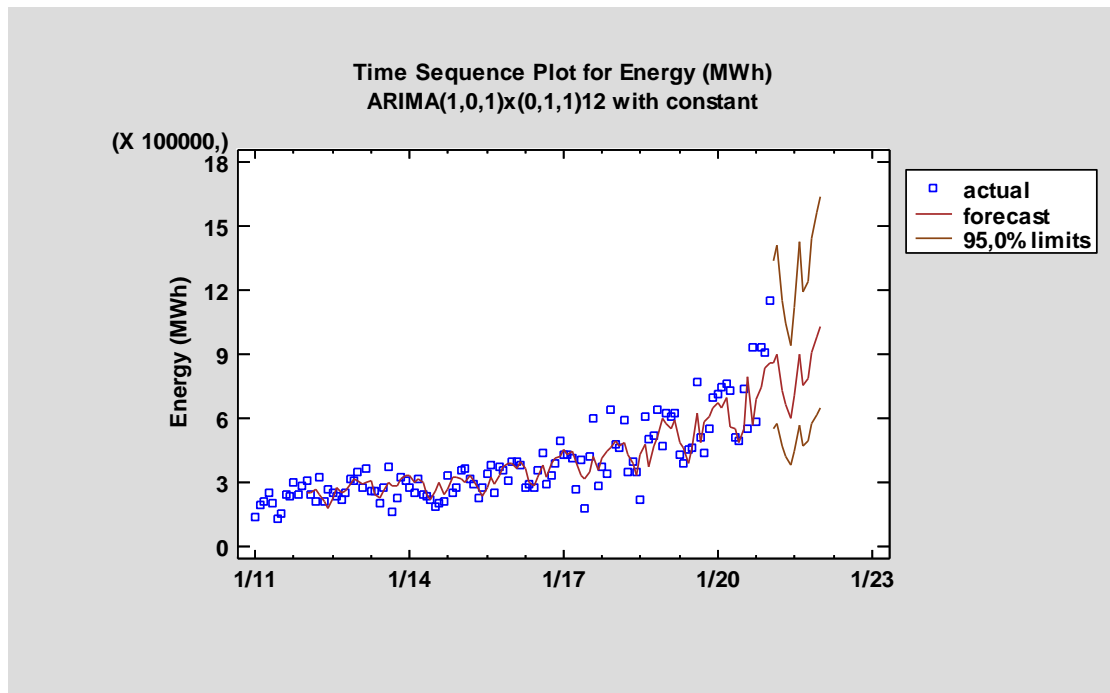
You can select a different forecasting model by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options.

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 AR(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the MA(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the constant term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The estimated standard deviation of the input white noise equals 0,223757.

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

<i>Period</i>	<i>Data</i>	<i>Forecast</i>	<i>Residual</i>
1/11	138098,		
2/11	194701,		
3/11	210476,		
4/11	249840,		
5/11	202418,		
6/11	134248,		
7/11	154090,		
8/11	244242,		
9/11	238788,		
10/11	300216,		
11/11	241390,		
12/11	287343,		
1/12	305773,	254791,	50981,7
2/12	240182,	253365,	-13182,7
3/12	214512,	264938,	-50425,8
4/12	324614,	243386,	81227,8
5/12	210050,	210851,	-800,822
6/12	269662,	182292,	87370,5
7/12	251247,	228625,	22622,2
8/12	237963,	274445,	-36482,0

9/12	222412,	250327,	-27915,4
10/12	253099,	263455,	-10356,3
11/12	319281,	290275,	29005,5
12/12	312014,	313709,	-1695,46
1/13	346617,	305766,	40850,9
2/13	275305,	293097,	-17791,9
3/13	366294,	299188,	67105,6
4/13	258974,	307108,	-48134,5
5/13	261961,	243326,	18634,6
6/13	205393,	223919,	-18526,2
7/13	275180,	256905,	18274,6
8/13	377502,	298498,	79004,3
9/13	164505,	284759,	-120254,
10/13	227783,	287954,	-60171,4
11/13	321965,	316510,	5454,88
12/13	310321,	335724,	-25402,9
1/14	279285,	331221,	-51935,9
2/14	254783,	300720,	-45936,7
3/14	316992,	315551,	1441,18
4/14	242220,	303249,	-61028,8
5/14	232597,	247460,	-14862,8
6/14	222617,	220755,	1861,77
7/14	188402,	262524,	-74122,2
8/14	200135,	300019,	-99884,1
9/14	210101,	241644,	-31542,9
10/14	334709,	267159,	67550,2
11/14	250341,	321123,	-70781,9
12/14	277111,	327908,	-50797,1
1/15	355870,	317694,	38176,0
2/15	368531,	298993,	69538,2
3/15	320847,	335652,	-14804,8
4/15	291088,	311783,	-20694,6
5/15	227362,	264631,	-37268,9
6/15	274064,	236278,	37786,3
7/15	341165,	273230,	67935,0
8/15	383965,	327993,	55972,3
9/15	250956,	289911,	-38955,4
10/15	374282,	335198,	39083,7
11/15	355506,	373158,	-17652,1
12/15	312523,	391822,	-79299,0
1/16	401207,	389970,	11236,7
2/16	398728,	368179,	30548,9
3/16	382648,	394026,	-11377,7
4/16	275155,	364788,	-89632,6
5/16	291242,	298187,	-6945,37
6/16	279770,	280720,	-950,12
7/16	353757,	322889,	30868,2
8/16	435403,	379868,	55534,7
9/16	293090,	322329,	-29239,4

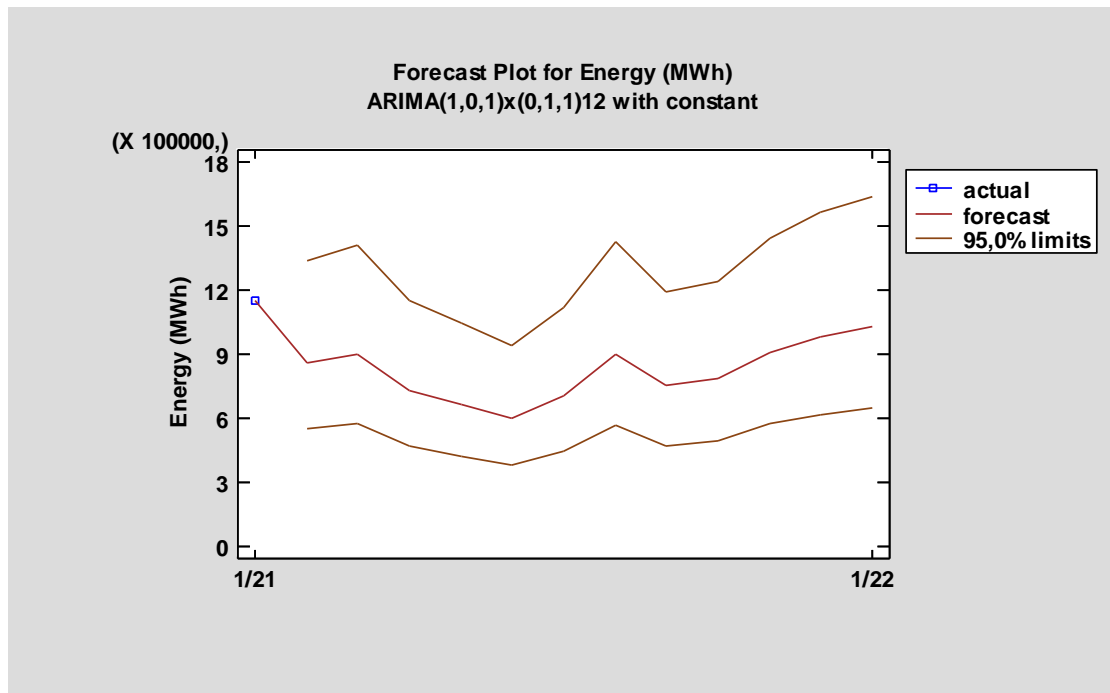
10/16	335037,	387312,	-52275,3
11/16	391934,	410757,	-18822,7
12/16	492909,	421243,	71666,4
1/17	433373,	452226,	-18852,6
2/17	426558,	426583,	-25,1481
3/17	416887,	446288,	-29400,7
4/17	266609,	397325,	-130716,
5/17	403709,	330774,	72935,0
6/17	176280,	320427,	-144147,
7/17	418702,	349228,	69474,4
8/17	600513,	419327,	181186,
9/17	282735,	354972,	-72237,2
10/17	370151,	417176,	-47025,1
11/17	340342,	449401,	-109059,
12/17	641370,	462111,	179259,
1/18	476627,	494519,	-17892,4
2/18	459626,	469925,	-10298,7
3/18	588929,	486591,	102338,
4/18	349007,	426502,	-77495,2
5/18	393834,	391777,	2056,91
6/18	345662,	333927,	11735,3
7/18	217726,	430937,	-213211,
8/18	606345,	481441,	124904,
9/18	506341,	373459,	132882,
10/18	518412,	472237,	46175,1
11/18	641129,	508858,	132271,
12/18	470511,	598775,	-128264,
1/19	622225,	572937,	49288,0
2/19	610385,	552248,	58136,7
3/19	624422,	596028,	28393,9
4/19	433549,	487874,	-54324,6
5/19	386174,	463335,	-77161,4
6/19	451241,	387788,	63453,3
7/19	464395,	459784,	4611,14
8/19	767303,	622085,	145218,
9/19	512340,	486358,	25981,6
10/19	440069,	581536,	-141467,
11/19	555117,	611827,	-56710,2
12/19	698741,	652323,	46417,7
1/20	710862,	673506,	37356,3
2/20	743860,	649111,	94749,3
3/20	761530,	699037,	62493,4
4/20	726935,	561945,	164990,
5/20	508949,	550394,	-41444,9
6/20	492394,	485311,	7083,2
7/20	738345,	555578,	182767,
8/20	553871,	795268,	-241397,
9/20	935334,	570623,	364711,
10/20	581214,	685487,	-104273,

11/20	936446,	743708,	192738,
12/20	907257,	837999,	69257,6
1/21	1,149E6	861903,	287101,

		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
2/21	859728,	551668,	1,33981E6
3/21	902944,	577778,	1,41111E6
4/21	733878,	468388,	1,14985E6
5/21	667098,	424761,	1,0477E6
6/21	598714,	380390,	942346,
7/21	708188,	449043,	1,11689E6
8/21	900320,	569818,	1,42252E6
9/21	751096,	474567,	1,18876E6
10/21	783684,	494383,	1,24227E6
11/21	911262,	574038,	1,44659E6
12/21	982165,	617882,	1,56122E6
1/22	1,03086E6	647725,	1,64063E6

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 = 121
 Start index = 1/11
 Sampling interval = 1,0 month(s)
 Length of seasonality = 12

Models

- (A) Simple exponential smoothing with $\alpha = 0,308$
- (B) Brown's linear exp. smoothing with $\alpha = 0,0914$
- (C) Holt's linear exp. smoothing with $\alpha = 0,1005$ and $\beta = 0,1324$
- (D) Brown's quadratic exp. smoothing with $\alpha = 0,0393$
- (E) ARIMA(1,0,1)x(0,1,1)12 with constant
 Math adjustment: Natural log

Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	106072,	78877,8	20,6428	19369,8	-1,09814
(B)	103806,	79361,6	21,0882	16895,6	-1,41748
(C)	103073,	79010,8	21,5382	8770,29	-4,78504
(D)	102325,	78272,5	21,2638	10005,8	-4,05671
(E)	91554,9	65000,4	16,6622	8755,44	-3,07751

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	106072,	OK	OK	**	OK	***
(B)	103806,	OK	OK	***	OK	***

(C)	103073,	OK	*	***	OK	***
(D)	102325,	OK	OK	***	OK	***
(E)	91554,9	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 ($0,01 < p \leq 0,05$)

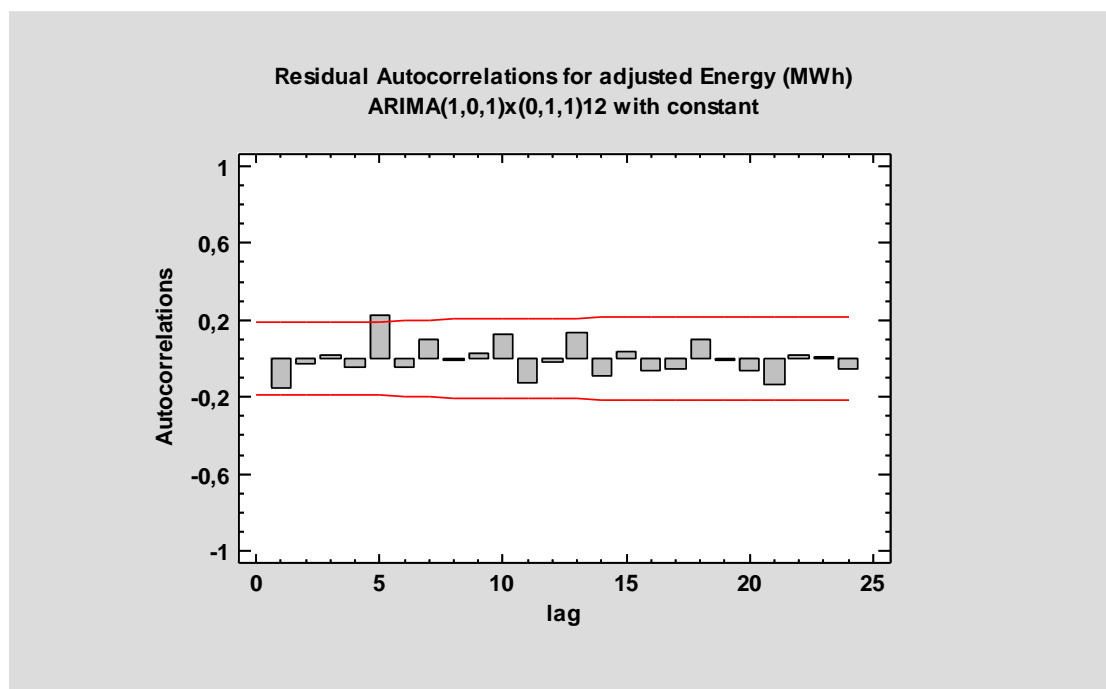
** = significant ($0,001 < p \leq 0,01$)

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

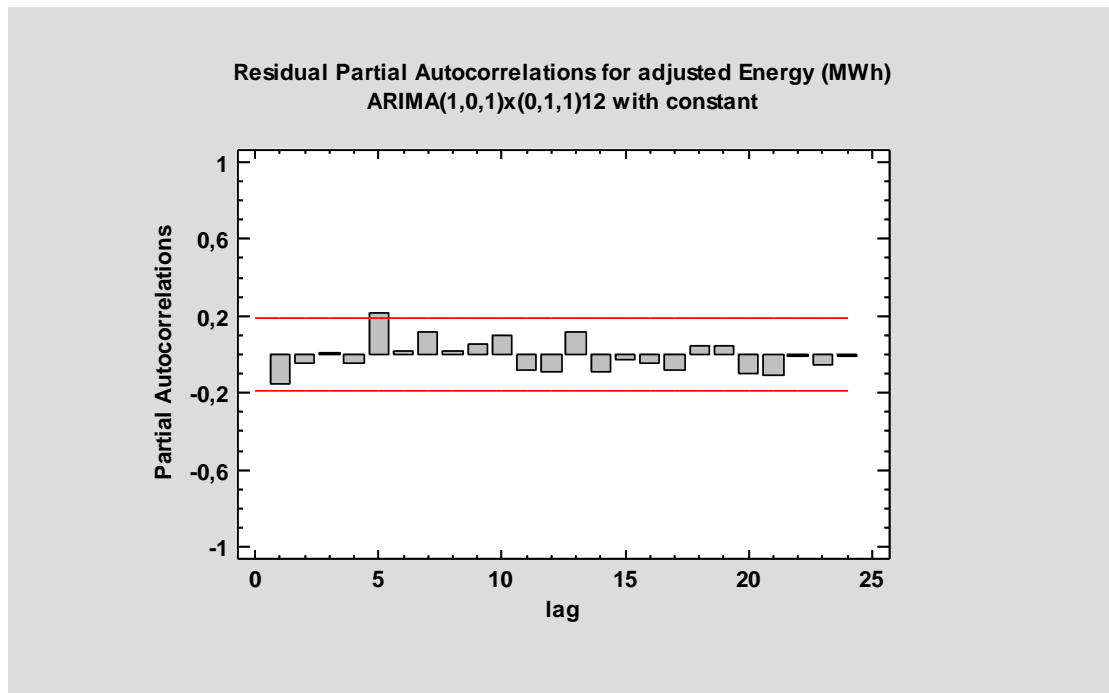
The StatAdvisor

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 E. 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.

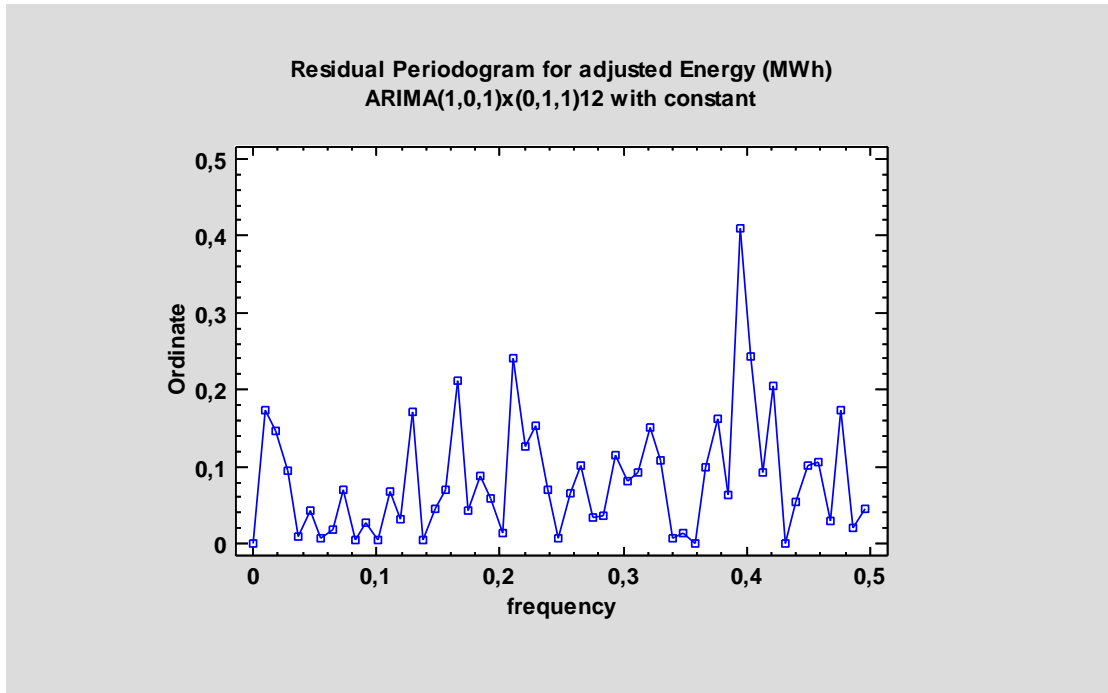
The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One * means that it fails at the 95% confidence level. Two *'s means that it fails at the 99% confidence level. Three *'s means 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 55 frequencies. The ordinates are equal to the squared amplitudes of the sine functions. The periodogram can be thought of as an analysis of variance by frequency, since the sum of the ordinates equals the total sum of squares in an ANOVA table.

Βιβλιογραφία

1. Μωυσής Δαμιανίδης, Γεώργιος Κατσαρός, Ματθαίος Τόλης, Φώτιος Στεργιόπουλος. *Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης*. Θεσσαλονίκη : ΤΕΕ, 2011.
2. [Ηλεκτρονικό] https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/three-gorges-dam-worlds-largest-hydroelectric-plant?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects.
3. [Ηλεκτρονικό] <https://ecopress.gr/ta-32-anagnorismena-geothermika-pedia-ti/>.
4. [Ηλεκτρονικό] <https://www.volterra.gr/viomaza/>.
5. Ανεμοκινητήρες. [συγγρ. βιβλίου] Γ. Μπεργελές. Αθήνα : Εκδόσεις Συμείων, 2005.
6. Europarl. [Ηλεκτρονικό] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles>.
7. *European commission*. [Ηλεκτρονικό] https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-long-term-strategies_en.
8. *ADMIE*. [Ηλεκτρονικό] Δεκέμβριος 2019. <https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/meleti-eparkeias-ishyos-2020-2030.pdf>.
9. *Europa*. [Ηλεκτρονικό] https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_gr_el.pdf.
10. Kumar, Mahesh. Social, Economic, and Environmental Impacts of Renewable Energy Resources. *IntechOpen*. 2020.
11. Annette Evans, Vladimir Strezov, Tim J. Evans. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13, 2009.
12. Damon Turney, Vasilis Fthenakis. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, 2011.
13. Rabia Ferroukhi, Alvaro Lopez-Peña, Ghislaine Kieffer, Divyam Nagpal, Diala Hawila, Arslan Khalid,. *RENEWABLE ENERGY BENEFITS: MEASURING THE ECONOMICS*. s.l. : IRENA, 2016.
14. *Our world in data*. [Ηλεκτρονικό] <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.
15. *Forbes*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.forbes.com/sites/blakemorgan/2019/08/26/101-companies-committed-to-reducing-their-carbon-footprint/?sh=4652c2ea260b>.
16. *FedEx*. [Ηλεκτρονικό] <https://newsroom.fedex.com/newsroom/Sustainability2021>.
17. *Britannica*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.britannica.com/topic/Three-Gorges-Dam>.
18. [Ηλεκτρονικό] <https://interestingengineering.com/13-facts-about-the-controversial-massive-chinese-dam-that-slowed-the-earths-rotation>.
19. *ΑΤΕΙ Πειραιά*. [Ηλεκτρονικό] http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/837/hlg_00737.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

20. *Ypethe*. [Ηλεκτρονικό] https://www.ypethe.gr/sites/default/files/archivefiles/ydroilektrika_erga_2015_-_2040_-_anaptyxi_kai_prooptikes.pdf.
21. *Duth*. [Ηλεκτρονικό] https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMA367/MYS_Karlis.pdf.
22. [Ηλεκτρονικό] <https://volton.gr/pos-leitourgoun-ta-fotovoltaika-panel/>.
23. *CIF*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.climateinvestmentfunds.org/CIF10/india/bhadla>.
24. [Ηλεκτρονικό] <https://earthtechling.com/2019/10/bhadla-solar-park-worlds-largest-solar-farm/>.
25. Παπαχριστοδούλου, Παντελεήμων Ι. *NTUA*. [Ηλεκτρονικό] 2014. https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/39493/papachristodoulou_photovoltaiacs.pdf?sequence=1.
26. Wael Charfia, Monia Chaabaneb, Hatem Mhirib, Philippe Bournotc. Performance evaluation of a solar photovoltaic system. *Energy Reports*. 2018, Τόμ. 4, σσ. 400-406.
27. *HELAPCO*. [Ηλεκτρονικό] https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2019_2Apr2020.pdf.
28. https://geo.rae.gr/?tab=viewport_maptab. [Ηλεκτρονικό]
29. Our world in data. [Ηλεκτρονικό] <https://ourworldindata.org/renewable-energy#solar-energy-generation>.
30. Our world in data. [Ηλεκτρονικό] <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-solar?tab=chart&time=2019&country=IND~CHN~USA~GRC~Europe>.
31. C.N Papadimitriou, C.S. Psomopoulos, F. Kehagia. A review on the latest trend of Solar Pavements in Urban Environment. *Energy Procedia*. 2019, Τόμ. 157, 2019.
32. Hyundai. [Ηλεκτρονικό] <https://www.hyundai.com/uk/ioniq-5/ioniq5/specifications.html>.
33. <https://eletaen.gr/deltio-typou-i-statistiki-tis-aiolikis-energeias-deytero-examino-2020/>. [Ηλεκτρονικό]
34. https://orstedcdn.azureedge.net/-/media/www/docs/corp/uk/updated-project-summaries-06-19/sept-2020/200819_ps_hornsea-one_v3_web-aw.ashx?la=en&rev=48e42a118f984711b23e7c11dd9e99ab&hash=D1C8FB48AA297F9095B1C66306B4A6A1. [Ηλεκτρονικό]
35. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf. [Ηλεκτρονικό]
36. Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα: Εξέλιξη ενεργειακών μεγεθών και προβλέψεις. Ifigeneia, Apostolou.
37. https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2019_2Apr2020.pdf. [Ηλεκτρονικό]
38. Μπεργελές, Γ. *Ανεμοκινητήρες*. Αθήνα : Συμεών, 2005. 960-7888-57-χ.

