



**ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ & ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**Π.Μ.Σ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ – ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΔΙΕΘΝΗ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ (MBA TQM INTERNATIONAL)**

Διπλωματική Εργασία

**«Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΑΔΑ - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ»**

Κωνσταντίνα Β. Δημητροπούλου, ΜΔΕ-ΟΠ2207

Επιβλέπων Καθηγητής

Μιχαήλ Σφακιανάκης

Πειραιάς

2024

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

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

«Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΝΑΦΟΡΟΛΟΓΟΥ ΠΗΓΩΝ ΘΥΕΡΓΕΙΑΣ.....»
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ-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 Ονοματεπώνυμο

...ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λέξεις-Κλειδιά: Βιωσιμότητα, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Προβλέψεις, ARIMA

Στη σύγχρονη παγκοσμιοποιημένη και ταχέως αναπτυσσόμενη κοινωνία και οικονομία, το περιβάλλον και ο φυσικός πλούτος αποτελούν κυρίαρχο μέλημα οικουμενικά. Οι περιβαλλοντικές και υγειονομικές αναταραχές των τελευταίων ετών έχουν αναδείξει ως πρωτεύον ζήτημα, τον περιορισμό της εκμετάλλευσης της φύσης και της αλόγιστης κατασπατάλησης των πόρων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, διεξάγεται μια ολοκληρωμένη μελέτη και πρόβλεψη της εξέλιξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα. Η μελέτη εστιάζοντας στις τρέχουσες τάσεις, τις προκλήσεις και τις προβλέψεις για το μέλλον, στοχεύει στην υποστήριξη της μετάβασης προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό σύστημα.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας προσελκύουν ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον, λόγω των περιβαλλοντικά φιλικών χαρακτηριστικών τους και της δυνατότητάς τους να παράγουν ενέργεια, με ελάχιστες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων. Η συνεχώς αυξανόμενη ευαισθησία της κοινωνίας, όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα ενισχύει περαιτέρω την προσοχή προς αυτές. Οι ΑΠΕ έχουν πολλές και διαφορετικές μορφές, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά για χάριν πληρότητας και ολιστικής αποτύπωσης του αντικειμένου που μελετήθηκε.

Η έρευνα ολοκληρώνεται με την πρακτική αποτύπωση - μελέτη δεδομένων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για την ελλαδική επικράτεια. Τα ποσοτικά αποτελέσματα αυτής, προέρχονται από την αποτύπωση και την στατιστική ανάλυση δεδομένων, με τη χρήση του μοντέλου ARIMA.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη, προς την οικογένειά μου, για την αμέριστη υποστήριξη και την κατανόηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον καθηγητή μου, κ. Μιχαήλ Σφακιανάκη, για την εξαιρετική συνεργασία και καθοδήγηση που μου προσέφερε, κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	10
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	10
1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
1.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	13
1.4 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	13
1.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	14
1.4.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	15
1.5 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	15
1.5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	16
1.5.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	17
1.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	19
1.6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	20
1.6.2 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	21
1.7 ΒΙΟΜΑΖΑ.....	23
1.7.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	24
1.7.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	24
1.8 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	27
1.8.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	28
1.8.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	29
1.9 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	30
1.9.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	30
1.9.2 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	31
1.9.3 ΠΑΛΙΡΡΟΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	32
1.9.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ	32
1.9.5 ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	34
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	34
2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	36
2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΣ (ΕΣΕΚ).....	37

2.3.1 ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2030	38
2.3.2 ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ - ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	39
2.3.3 ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	40
2.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ	42
2.5 Η ΕΛΛΑΔΑ ΣΤΟ ΔΕΙΚΤΗ RECAI	44
2.6 ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	49
3.1 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ	49
3.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ARIMA	50
3.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	64

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΕΓΓΡΑΦΟΥ

Εικόνα 1. Συνολική παροχή ενέργειας (TES) ανά πηγή, Ελλάδα 1990-2022. ΠΗΓΗ: IEA (2023), Ελλάδα 2023, Παρίσι.	34
Εικόνα 2. Δείκτες – Στόχοι ΑΠΕ Κατά Eurostat, Πηγή: ΕΣΕΚ 2019.	39
Εικόνα 3. Προσαρμοσμένη Κατάταξη ως προς ΑΕΠ, Πηγή: ey.com/recai.	44
Εικόνα 4. RECAI 62, Πηγή: ey.com/recai.	45
Εικόνα 5. Time Sequence Plot for ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.	54
Εικόνα 6. Forecast Plot for ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.	55
Εικόνα 7. Residual Periodogram for adjusted ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.	56

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη κοινωνία αντιμετωπίζει μια σειρά σημαντικών προκλήσεων στον τομέα της ενέργειας, που επιβάλλουν επιτακτική ανάγκη την αναζήτηση νέων και αιφόρων πηγών ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, απαιτούνται περισσότερες τεχνολογίες βιώσιμης ενέργειας με σκοπό την αντικατάσταση των συμβατικών πόρων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Οι πηγές ενέργειας, οι οποίες βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα προκαλούν επιζήμια περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η παγκόσμια θέρμανση και η κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αυξηθεί εκθετικά τις τελευταίες δεκαετίες. Έτσι, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν εισαχθεί για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η τρέχουσα περιβαλλοντική κρίση. Κύριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν η αιολική, η ηλιακή, η βιομάζα, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμική και η ενέργεια της θάλασσας. Λόγω των φιλικών προς το περιβάλλον χαρακτηριστικών τους και της δυνατότητάς τους να παράγουν ενέργεια με ελάχιστες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, οι ΑΠΕ προσελκύουν όλο και περισσότερο την προσοχή, λόγω της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης της κοινωνίας για ένα καθαρό και βιώσιμο περιβάλλον. Επιπλέον, επωφελούν την οικονομία μειώνοντας το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι δυνατό να παραχθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας φυσικούς, ανανεώσιμους πόρους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελούν δευτερεύουσα πηγή εισοδήματος, καθώς οι καταναλωτές μπορούν να πωλούν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, πίσω στο δίκτυο. Παρόλο που η υιοθέτηση πηγών ανανεώσιμης ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται, η πλειοψηφία της παραγωγής εξακολουθεί να πραγματοποιείται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων, λόγω της αστάθειας που τις διακατέχει και του υψηλού αρχικού κόστους. Η ανάγκη για μετάβαση προς τις ΑΠΕ αντικατοπτρίζει την παγκόσμια προσπάθεια να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα και οι ενεργειακές ανάγκες με βιώσιμο τρόπο.

Στο πλαίσιο αυτό, η διπλωματική εργασία προτίθεται να πραγματοποιήσει μια σφαιρική ανάλυση και πρόβλεψη της πορείας των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα, με στόχο την ενίσχυση της μετάβασης προς ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μοντέλο. Συγκεκριμένα, η μελέτη αναπτύσσεται σε τρία κυρίαρχα κεφάλαια, με τα πρώτα δύο να αφορούν τη θεωρητική της βάση και το τρίτο να αφορά το πρακτικό της σκέλος, τις προβλέψεις.

Στο πρώτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται μια εισαγωγική ανάλυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εξετάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Ακολουθεί μια λεπτομερής εξέταση των σημαντικότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η ενέργεια της θάλασσας. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται μια εμβληματική ανάλυση της παρουσίας και της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ελλαδικό χώρο. Αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο που τις καθορίζει, όπως και το Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλίματος (ΕΣΕΚ), ενώ αναλύονται οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που αντιμετωπίζει η χώρα στον τομέα αυτόν. Στο τρίτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται πρόβλεψη για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα, μέσω της χρήσης χρονοσειρών και της εφαρμογής του μοντέλου ARIMA. Συνοψίζοντας, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ολοκλήρωση της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να οριστεί ευρέως ως ο τρόπος ζωής, παραγωγής και κατανάλωσης, που προσφέρει για τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να απειλεί τη δυνατότητα των επόμενων γενεών να επιτύχουν τις δικές τους (Twidell & Weir, 2015). Ένας από τους σημαντικότερους προσανατολισμούς των πολιτικών του 21ου αιώνα είναι η έμφαση στη βιώσιμη ανάπτυξη σε διεθνές επίπεδο. Η έννοια της "βιώσιμης ανάπτυξης" αποτελεί θεμέλιο για την ευημερία, ειδικότερα στην αναβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης σε χώρες που έχουν λιγότερο αναπτυγμένες οικονομίες. Στόχος είναι να επιτευχθεί, διασφαλίζοντας, παράλληλα, την προστασία των οικολογικών διαδικασιών που συνιστούν τη θεμέλια βάση της ζωής.

Ο όρος της βιώσιμης ανάπτυξης απέκτησε παγκόσμια σημασία μέσω της έκθεσης της Επιτροπής του ΟΗΕ, για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1987 (Twidell & Weir, 2015). Από εκείνη την εποχή, η έννοια αυτή έχει ενσωματωθεί στις περισσότερες εθνικές οικονομίες. Είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε την κλίμακα και την ανισορροπία στην οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση του πληθυσμού, που άσκησαν πιέσεις στα εδάφη, τα ύδατα και τους φυσικούς πόρους του πλανήτη (Twidell & Weir, 2015). Ορισμένες από αυτές τις πιέσεις είναι τόσο σοβαρές που απειλούν ακόμη και την επιβίωση ορισμένων περιφερειακών πληθυσμών, με πιθανές αναταραχές σε παγκόσμια κλίμακα.

Η παγκόσμια κατανάλωση αυξήθηκε δραστικά κατά τον 20ο αιώνα, κυρίως λόγω της χρήσης των ορυκτών καυσίμων. Στον 21ο αιώνα, αναμένεται να συνεχιστεί η αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως λόγω της αυξανόμενης βιομηχανοποίησης. Ακρογωνιαίο λίθο, ανεξαρτήτως πηγής ενέργειας, αποτελεί η επικέντρωση στην αποδοτική μετατροπή, διανομή και χρήση της ενέργειας για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προσανατολίζουν την προσοχή μας σε πηγές ενέργειας που αντλούνται από φυσικές διαδικασίες, όπως ο ήλιος και ο αέρας. Χαρακτηρίζονται με τον όρο "ήπιες", διότι αποτελούν "καθαρές" μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν εκπέμπουν ρυπογόνες ουσίες, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Επιπλέον, για την εκμετάλλευσή τους, δεν είναι

αναγκαία η ενεργό παρέμβαση, όπως η καύση, αλλά η αξιοποίηση της φυσικής ροής ενέργειας. Ο όρος "ανανεώσιμες πηγές" αναφέρεται στις εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Οι ΑΠΕ αντιμετωπίζονται ως κρίσιμη λύση για τη μείωση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων καυσίμων. Η υιοθέτηση νέων πολιτικών από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη υπογραμμίζει τη σπουδαιότητα των ΑΠΕ στην προώθηση της πράσινης οικονομίας και την αντιμετώπιση των οικολογικών προκλήσεων.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι το βασικό στοιχείο της βιώσιμης, φιλικής προς το περιβάλλον και οικονομικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, η ανάγκη για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις είναι επιτακτική, προκειμένου να αντικατασταθούν οι παραδοσιακοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω των αυξανόμενων παγκόσμιων αναγκών (F. Rizzi, NJ van Eck, M. Frey, 2014). Οι πηγές ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα προκαλούν επιζήμια περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η αυξανόμενη θερμοκρασία της Γης και η κλιματική αλλαγή (E. Vine, 2008). Σημαντικό γεγονός αποτελεί, επιπλέον, ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν δημιουργούνται εκ νέου με κάποιο αξιόλογο ρυθμό, ως αποτέλεσμα, τα υπάρχοντα αποθέματα να θεωρούνται εντέλει πεπερασμένα (Twidell & Weir, 2015). Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει αυξηθεί εκθετικά τις τελευταίες δεκαετίες. Ως εκ τούτου, τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν εισαχθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για να ξεπεραστεί η τρέχουσα περιβαλλοντική κρίση. Λόγω των φιλικών προς το περιβάλλον χαρακτηριστικών τους και της ικανότητάς τους να παράγουν ενέργεια με ελάχιστες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, οι ΑΠΕ τυγχάνουν ολοένα και μεγαλύτερης προσοχής, λόγω της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης της κοινωνίας για ένα καθαρό περιβάλλον. Οι ΑΠΕ όχι μόνο βοηθούν στη βιωσιμότητα αλλά έχουν και οικονομική σημασία. Ωφελούν την οικονομία, μειώνοντας το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς παράγεται ενέργεια χρησιμοποιώντας φυσικούς, ανανεώσιμους πόρους (R. Karadooni, S. Yusoff, F. Kari, 2016). Επίσης, μπορεί να είναι ένα δευτερεύον μέσο εισοδήματος, καθώς οι καταναλωτές μπορούν να πουλήσουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αν και η υιοθέτηση πηγών ανανεώσιμης ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται, η πλειονότητα της παραγωγής ενέργειας εξακολουθεί να πραγματοποιείται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων λόγω της διαλείπουσας λειτουργίας των ΑΠΕ και του υψηλού αρχικού κόστους. Ως εκ τούτου, ερευνητές σε όλο τον κόσμο πραγματοποιούν έρευνες με αυστηρότητα για να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των ΑΠΕ, καθώς και να ξεπεράσουν τους περιορισμούς τους.

1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αναδεικνύονται ως κρίσιμος παράγοντας που κατευθύνει τον κόσμο προς ένα πιο ενεργειακά πράσινο μέλλον. Τα πλεονεκτήματά τους είναι πολυδιάστατα και καθιστούν τις ήπιες μορφές ενέργειας, αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης ενεργειακής μετάβασης.

Καταρχάς, οι ΑΠΕ θεωρούνται αστείρευτες πηγές ενέργειας, εν αντιθέσει των ορυκτών καυσίμων που είναι πεπερασμένα. Επιπλέον, αποτελούν λύση στο πρόβλημα των εκπομπών θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων, ενώ η αντικατάσταση συμβατικών πηγών οδηγεί σε μείωση ρύπων.

Σημαντικό γεγονός αποτελεί ότι οι ΑΠΕ οδηγούν σε ένα βιώσιμο μέλλον, καθώς προέρχονται από εγχώριες πηγές, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτόνομης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο. Επίσης, η διάσπαρτη κατανομή των πηγών ενέργειας, επιτρέπει την κατασκευή και χρήση τοπικών πηγών ενέργειας για την κάλυψη των τοπικών και περιφερειακών ενεργειακών αναγκών, το οποίο συνεπάγεται την ανακούφιση των ενεργειακών υποδομών και τη μείωση των απωλειών που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά ενέργειας, σε μεγάλες αποστάσεις.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν πυλώνα ανάπτυξης και αναζωογόνησης, των οικονομικά και κοινωνικά ευάλωτων περιοχών, με την ενθάρρυνση επενδύσεων. Σημαντικό αποτέλεσμα των συγκεκριμένων επενδύσεων είναι η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο ένα κίνητρο για την αύξηση της απασχόλησης σε αυτές τις κοινότητες και την ανάπτυξη της οικονομίας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν τη δυνατότητα λογικής εκμετάλλευσης των διάφορων πηγών ενέργειας, καλύπτοντας ένα εκτεταμένο φάσμα αναγκών στον τομέα της ενέργειας. Επιπλέον, οι ΑΠΕ έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο δεν μεταβάλλεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας ή τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.

1.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Παρά τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι επίσης συνδεδεμένες με ορισμένα μειονεκτήματα, που αξίζει να σημειωθούν.

Είναι γεγονός ότι, οι ΑΠΕ συχνά διαθέτουν χαμηλούς συντελεστές απόδοσης. Ήτοι, απαιτείται σημαντικό αρχικό κόστος για την εγκατάσταση σε μεγάλη έκταση γης, καθιστώντας τες κατάλληλες μόνο ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Αποτέλεσμα του περιορισμένου συντελεστή απόδοσης, αποτελεί η μη εφικτή, πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Επιπλέον, οι ΑΠΕ εξαρτώνται από το κλίμα της περιοχής, την εποχή και το γεωγραφικό πλάτος, περιορίζοντας την συνεχή παραγωγή. Επίσης, οι αιολικές μηχανές συχνά αντιμετωπίζουν αντιρρήσεις λόγω του θορύβου που προκαλούν. Αυτό έχει οδηγήσει στον περιορισμό της τοποθέτησής τους κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Ωστόσο, η τεχνολογική εξέλιξη και η προσεκτική επιλογή τοποθεσιών μπορεί να επιλύσουν τα συγκεκριμένα ζητήματα.

Τέλος, σε ελάχιστες περιπτώσεις μπορεί να επιφέρουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, τα υδροηλεκτρικά έργα είναι δυνατό να προκαλέσουν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση φυτών κάτω από το νερό, επηρεάζοντας τους βιοτόπους της εκάστοτε περιοχής.

1.4 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί σημαντικό πυλώνα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Προέρχεται από έξυπνες τεχνολογίες που συλλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποτελείται από φωτόνια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας. Αποτελεί σημαντική μορφή πράσινης ενεργείας, διότι η εκμετάλλευση του ήλιου είναι αστείρευτη και δεν υπάρχει ουδείς περιορισμός. Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η προαναφερθείσα εκμετάλλευση, οι τεχνολογίες της ηλιακής ενέργειας διαίρονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: τις παθητικές, τις ενεργητικές και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα Παθητικά συστήματα είναι εκείνα στα οποία ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτιρίου και τα κατάλληλα υλικά κατασκευής, επιτρέπουν τη φυσική ροή της θερμότητας, χωρίς την ανάγκη παροχής ανθρώπινης ενέργειας

μέσω αντλιών ή άλλων μέσων. Σκοπός των παθητικών συστημάτων είναι η βελτιστοποίηση της εισροής θερμότητας και λειτουργούν αποτελεσματικά ακόμη και όταν δεν υπάρχουν εξωτερικές πηγές ενέργειας ή ανθρώπινη δραστηριότητα. Στις ενεργητικές τεχνολογίες εκμεταλλεύεται η θερμότητα που εκπέμπεται από τον ήλιο, με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών και τεχνολογικών συστημάτων για την ενίσχυση, τη μεταφορά και την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από τεχνητούς ημιαγωγούς, οι οποίοι απορροφούν φωτόνια μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

1.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ηλιακή ενέργεια έχει μια ιστορία χιλιετιών που ξεκίνησε, όταν οι προϊστορικές κοινωνίες άρχισαν να χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για χρήσιμους σκοπούς. Η χρήση κατόπτρων στα αρχαία ελληνικά και ρωμαϊκά κτίρια, για την εστίαση του ηλιακού φωτός για θέρμανση είναι ένα από τα πρώτα παραδείγματα. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Alexandre Edmond Becquerel, το οποίο αποτελεί τη βάση των ηλιακών κυψελών. Οι επιστήμονες και οι εφευρέτες συνέχισαν να σημειώνουν μικρή αλλά σταθερή πρόοδο τις επόμενες δεκαετίες, αλλά μια σημαντική ανακάλυψη ήρθε το 1954, όταν τα εργαστήρια Bell δημιούργησαν το πρώτο βιώσιμο ηλιακό κύτταρο. Καθώς οι δορυφόροι και τα διαστημόπλοια άρχισαν να εξαρτώνται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ο διαστημικός αγώνας της δεκαετίας του 1960 προώθησε σημαντικά την ηλιακή τεχνολογία. Τα κυβερνητικά κίνητρα και η έρευνα για τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, πυροδοτήθηκαν την περίοδο της πετρελαϊκής κρίσης. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν, οι τεχνολογικές ανακαλύψεις, η μείωση του κόστους και η εντεινόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση τροφοδότησαν την παγκόσμια αποδοχή της ηλιακής ενέργειας.

1.4.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι ο βασικός μηχανισμός που επιτρέπει στα ηλιακά κύτταρα να μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια, το φως του ήλιου. Όταν τα κύτταρα αυτά εκτίθενται στο ηλιακό φως, εμφανίζουν το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Συνήθως, τα κύτταρα αυτά είναι κατασκευασμένα από ημιαγωγά υλικά, όπως το πυρίτιο. Τα φωτόνια από τον ήλιο διεγείρουν τα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζευγών ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια στο υλικό ρέουν μέσω αυτής της διέγερσης και παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μεμονωμένες ηλιακές κυψέλες ενώνονται σε πάνελ, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να τοποθετηθούν σε συστοιχίες, για τη βέλτιστη απόδοση ισχύος. Οι αντιστροφείς μετατρέπουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, η οποία είναι αρχικά σε συνεχές ρεύμα (DC), σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), το οποίο είναι συμβατό με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν τη βιωσιμότητα, το μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα και την ανεξαρτησία από το δίκτυο, τα έχουν καταστήσει δημοφιλή επιλογή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παρόλα αυτά, εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα με την αποθήκευση ενέργειας και τη διαλείπουσα ισχύ. Με τη συνεχή έρευνα και τις τεχνολογικές εξελίξεις που αποσκοπούν στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας, τη μείωση των δαπανών και την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία είναι σε θέση να διαδραματίσει βασικό ρόλο, στη μετάβαση του κόσμου σε ένα βιώσιμο ενεργειακό τοπίο.

1.5 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι άνεμοι είναι το αποτέλεσμα της μετακίνησης τεράστιων αέριων μαζών από το ένα μέρος στο άλλο, ως αποτέλεσμα της μη ομοιόμορφης θέρμανσης της επιφάνειας της Γης από τον ήλιο. Η αιολική ενέργεια είναι μια βιώσιμη, 'ήπιας' μορφής πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, με λιγότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Το "καύσιμό" της είναι δωρεάν, αστείρευτο και αποκεντρωμένο. Σε σύγκριση με τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ελάχιστες και δεν εκλύονται εκπομπές ή άλλοι ρύποι. Αδιαμφισβήτητα, η ανάπτυξη του αιολικού τομέα είναι δυνατό να οδηγήσει μία περιοχή, σε απίστευτα οικονομικά οφέλη.

Η αιολική ενέργεια είναι σποραδική, δεν μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια ή να παρέχεται όταν χρειάζεται. Επιπλέον, παρέχει μεταβλητή ισχύ, η οποία ποικίλλει κατά τη διάρκεια μικρότερων χρονικών περιόδων, αλλά από έτος σε έτος παραμένει συνολικά σταθερή. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να εξασφαλιστεί μια σταθερή και αξιόπιστη παροχή, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλες ηλεκτρικές πηγές ή να αποθηκεύεται. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας, απαιτούνται για τη διατήρηση της αύξησης της αιολικής ενέργειας σε μια δεδομένη περιοχή. Ωστόσο, ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να χρειαστεί καθοριστικές αλλαγές, προκειμένου να λειτουργήσει. Στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας, όπως η διαθεσιμότητα πηγών τροφοδοσίας, η πλεονάζουσα δυναμικότητα, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η εξαγωγή και η εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι γεωγραφικά διασκορπισμένες ανεμογεννήτριες, η αποθήκευση ενέργειας ή ακόμη και η μείωση της ζήτησης σε περιόδους χαμηλής παραγωγής αιολικής ενέργειας μπορούν να συμβάλουν στην επίτευξη αυτής της αναβάθμισης - αλλαγής. Η πρόβλεψη του καιρού, αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για το ηλεκτρικό σύστημα, καθώς επιτρέπει τον σχεδιασμό για τις αναμενόμενες διακυμάνσεις στην παραγωγή ενέργειας.

1.5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Αν και οι πρώτες αιολικές συσκευές χρονολογούνται χιλιάδες χρόνια πριν, η τεχνολογία της αιολικής ενέργειας έκανε την πρώτη της εμφάνιση πριν από αιώνες. Οι πρώτοι ανεμόμυλοι ήταν κατακόρυφου άξονα, οι οποίοι ανακαλύφθηκαν κοντά στα σύνορα Περσίας-Αφγανιστάν γύρω στο 200 π.Χ., και ανεμόμυλοι οριζόντιου άξονα, στις Κάτω Χώρες και στη Μεσόγειο πολύ αργότερα (1300-1875 μ.Χ.). Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα συστήματα αυτά υπέστησαν μεγαλύτερη ανάπτυξη και τελειοποίηση τη δεκαετία του 1800, όταν μεταξύ 1850 και 1970 λειτούργησαν περισσότερες από 6 εκατομμύρια μικρές συσκευές άντλησης νερού. Η πρώτη σημαντική ανεμογεννήτρια που παρήγαγε ενέργεια ήταν μια ανεμογεννήτρια χαμηλής ταχύτητας και υψηλής στερεότητας ισχύος 12 kW που ανεγέρθηκε στο Οχάιο το 1888, ενώ μηχανήματα ισχύος 25 kW χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στη Δανία, κατά τις τελευταίες φάσεις του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Η σχεδίαση των ελίκων των αεροπλάνων και των πτερύγων των μονοπλάνων ενέπνευσε την περαιτέρω ανάπτυξη ανεμογεννητριών στις ΗΠΑ. Οι επιτυχίες αυτές ενισχύθηκαν από τις προσπάθειες σε χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο μεταξύ των ετών 1935

και 1970, που κατέδειξαν τη βιωσιμότητα των ανεμογεννητριών μεγάλης κλίμακας. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι εξελίξεις στην Ευρώπη συνέχισαν να προωθούνται. Έως τις αρχές του 1960, η ανεμογεννήτρια τριών πτερυγίων ρότορα Gedsermill 200 kW στη Δανία λειτουργούσε κερδοφόρα. Εν τω μεταξύ, δημιουργήθηκαν στη Γερμανία ορισμένα εξελιγμένα σχέδια για ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, και οι δύο αυτές προσεγγίσεις επηρέασαν τα μετέπειτα σχέδια που εμφανίστηκαν το 1970.

Η συμμετοχή της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών στην έρευνα και ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας (E&A) μετά την περίοδο της πετρελαϊκής κρίσης του 1973, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σημεία καμπής στην ιστορία της αιολικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η εμπορική αγορά αιολικής ενέργειας μεταβλήθηκε στη συνέχεια από οικιακές και γεωργικές (1-25 kW) σε εφαρμογές αιολικών πάρκων διασυνδεδεμένων με τα δίκτυα κοινής ωφέλειας (50-600 kW), κατά τα έτη 1973-1986. Στην Καλιφόρνια, μεταξύ του 1981 και του 1990, παρατηρήθηκε το πρώτο μεγάλο ξέσπασμα στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Περίπου 16.000 ανεμογεννήτριες εγκαταστάθηκαν σε αυτό το διάστημα, με ισχύ που κυμαίνονταν από 20 έως 350 kW, συνολικά φτάνοντας τα 1,7 GW. Αυτό συνέβη κυρίως λόγω των κινήτρων που παρείχε η κυβέρνηση, όπως ενεργειακές πιστώσεις και ομοσπονδιακές επενδύσεις.

1.5.2 ANEMOΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Ένα βασικό στοιχείο των σύγχρονων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ειδικότερα της αιολικής ενέργειας, είναι οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες αποτελούν πυρήνα καινοτομικής τεχνολογίας, αξιοποιώντας την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μοντέλων που είναι δυνατό να κατασκευαστούν οι ανεμογεννήτριες, με ένα ή περισσότερα πτερύγια, με κάθετο ή οριζόντιο άξονα περιστροφής. Το πιο διαδεδομένο είδος ανεμογεννήτριας είναι με τον οριζόντιο άξονα περιστροφής, της οποίας ο δρομέας είναι τύπου έλικα και τοποθετείται παράλληλα με το έδαφος και την κατεύθυνση του ανέμου. Αντίθετα, σε ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο δρομέας είναι σταθερός και κάθετος προς το έδαφος. Αυτός ο τύπος ανεμογεννητριών, έχει σχεδιαστεί με σκοπό τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του

ανέμου από οποιαδήποτε κατεύθυνση, καθιστώντας τες πιο αποτελεσματικές, σε ποικίλες συνθήκες ανέμου.



Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα



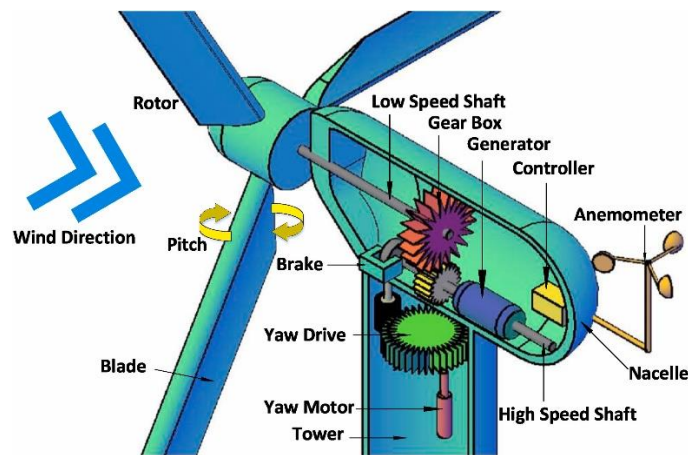
Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα (Darrieus)

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, ιδίως εκείνες με 2 ή και κυρίως με 3 πτερύγια, έχουν κατακτήσει την κυρίαρχη θέση στην αγορά των ανεμογεννητριών, λόγω της υψηλότερης απόδοσης που επιτυγχάνουν σε σχέση με τις εναλλακτικές.

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια. Τα πτερύγια συνδέονται με τη βάση της γεννήτριας και μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε να περιστρέφονται κατά μήκος τους.
- ηλεκτρική γεννήτρια, που συχνά τοποθετείται στον πύργο της ανεμογεννήτριας και μπορεί να είναι επαγωγική ή σύγχρονη, με τέσσερις ή έξι πόλους. Μετατρέπει τη μηχανική σε ηλεκτρική ενέργεια και είναι συνδεδεμένη με τον πολλαπλασιαστή, μέσω ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Υπάρχει, επίσης, ένα σύστημα πέδης, το οποίο αποτελείται από ένα τυπικό δισκόφρενο, που είναι στερεωμένο είτε στον άξονα της γεννήτριας είτε στον κύριο άξονα.

- σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιλαμβάνει τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών. Προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής διατηρώντας την σταθερή, κατά τη λειτουργία της μηχανής.
- σύστημα προσανατολισμού, το οποίο υποχρεώνει τον άξονα περιστροφής να ευθυγραμμίζεται παράλληλα προς την κατεύθυνση του ανέμου.
- πύργο, ο οποίος υποστηρίζει τη συνολική ηλεκτρομηχανολογική διάταξη, συνήθως παρουσιάζει σωληνωτή ή δικτυωτή δομή και σπανιότατα κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- ηλεκτρονικό πίνακα και πίνακα ελέγχου, οι οποίοι βρίσκονται στη βάση του πύργου και αναλαμβάνουν τον έλεγχο και την παρακολούθηση όλων των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας.



ΠΗΓΗ: Power Generation Technologies, Newnes, Λονδίνο (2014)

1.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την κίνηση του νερού, καθώς αυτό μετακινείται από μεγαλύτερο σε μικρότερο υψόμετρο

(Ånund Killingtveit, 2020). Αποτελεί ενέργεια, η οποία επιτυγχάνει τις καλύτερες αποδόσεις μετατροπής από όλες τις γνωστές πηγές ενέργειας (Ånund Killingtveit, 2020). Η ποσότητα της ενέργειας που παράγεται, σχετίζεται άμεσα με το ύψος και τον όγκο του νερού. Εν γένει, η υδροηλεκτρική ενέργεια, θεωρείται ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, εκμεταλλεύομενη ποτάμια και φράγματα, είτε τεχνητά είτε φυσικά.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια διακρίνεται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας, ανάλογα με την έκταση του έργου. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας συνιστούν τη δημιουργία φραγμάτων και δεξαμενών μεγάλου όγκου, επιφέροντας τεράστιες επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο και γι' αυτόν το λόγο δε θεωρούνται συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ. Ωστόσο, τα υδροηλεκτρικά συστήματα μικρής κλίμακας, τα οποία εγκαθίστανται παράλληλα σε ποτάμια και κανάλια, μειώνουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και θεωρούνται πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Μικρής κλίμακας χαρακτηρίζονται τα συστήματα, που έχουν ισχύ μικρότερη των 30 MW. Το κινούμενο νερό μεταβαίνει μέσα από έναν υδραυλικό σωλήνα, ενεργοποιώντας τις τουρμπίνες και παράγοντας μηχανική ενέργεια. Εν συνεχεία, μια γεννήτρια μετατρέπει αυτήν την ενέργεια σε ηλεκτρική, με αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Η εν λόγω ενέργεια προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Οι εκπομπές αερίων ρύπων, παραμένουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα, αποτελώντας λιγότερο από το 1% των εκπομπών που παράγονται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με άνθρακα. Είναι δυνατό να παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης ενέργειας και ύδατος, ενώ επίσης μπορεί να υποστηρίξει άλλες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας, μέσω της παροχής υπηρεσιών αποθήκευσης και εξισορρόπησης φορτίου (Ånund Killingtveit, 2020).

1.6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ανθρωπότητα αξιοποιούσε τη δύναμη του νερού, χιλιετίες πριν, για ποικίλες εργασίες. Περισσότερα από 2.000 χρόνια πίσω, οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τροχούς νερού για το άλεσμα του σιταριού, ενώ οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν βίδες νερού του Αρχιμήδη για την άρδευση τον 3ο αιώνα π.Χ. Η σύγχρονη υδροηλεκτρική τουρμπίνα, βασίζεται στις πρώτες εκδοχές που

εμφανίστηκαν στα μέσα του 18ου αιώνα, με το έργο του Γάλλου μηχανικού Bernard Forest de Bélidor, Architecture Hydraulique.

Το 1880, ένα δυναμό με κινητήρα από υδροηλεκτρική τουρμπίνα, χρησιμοποιήθηκε για να παράγει φωτισμό σε ένα θέατρο και ένα κατάστημα στο Grand Rapids του Michigan, με την τεχνική του τόξου, κατά την οποία ένας ηλεκτρικός σπινθήρας στον αέρα μεταξύ δύο αγωγών παράγει φως. Το 1881, ένα δυναμό που συνδέθηκε με τουρμπίνα σε αλευρόμυλο παρείχε φωτισμό στους καταρράκτες του Νιαγάρα, στη Νέα Υόρκη. Και στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε τεχνολογία συνεχούς ρεύματος.

Η ανακάλυψη του εναλλασσόμενου ρεύματος, της μεθόδου που χρησιμοποιείται σήμερα, επέτρεψε τη μεταφορά ενέργειας σε μεγαλύτερες αποστάσεις, οδηγώντας στην πρώτη εμπορική εγκατάσταση στις ΗΠΑ, ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο εναλλασσόμενου ρεύματος στο Redlands Power Plant, στην Καλιφόρνια το 1893. Ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής Redlands χρησιμοποιούσε υδροτροχούς Pelton, που τροφοδοτούνταν με νερό από το κοντινό Mill Creek και μια τριφασική γεννήτρια που εξασφάλιζε σταθερή παροχή ενέργειας.

Στον ελλαδικό χώρο, τα πρώτα μικρά υδροηλεκτρικά έργα τέθηκαν σε λειτουργία την περίοδο 1927-1931, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 6 MW. Το 1950, η ελληνική κυβέρνηση υπέγραψε μια σημαντική συμφωνία με την αμερικανική εταιρεία EBASCO, που αναλάμβανε τη λειτουργία του εθνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, στη χώρα. Στις 7 Αυγούστου 1950 ιδρύθηκε η ΔΕΗ, η οποία συνδέθηκε άμεσα με την ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών έργων στην Ελλάδα. Κατά τη διάρκεια του διαστήματος από το 1950 έως το 1975, κατασκευάστηκαν οκτώ μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε διάφορες περιοχές της χώρας, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.410 MW.

1.6.2 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών βασίζεται στον μετασχηματισμό της δυναμικής και κινητικής ενέργειας του νερού με τη χρήση μιας τουρμπίνας, η οποία στη συνέχεια συνδέεται με μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί διακρίνονται,

συνήθως, σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ύψος της υδροστατικής διαφοράς και τη διαδικασία παραγωγής.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί φυσικής ροής αξιοποιούν τη φυσική κίνηση του ποταμού, προκειμένου να παράγουν ενέργεια. Με την εκμετάλλευση του σταθερού ρυθμού ροής του νερού, αυτοί οι σταθμοί είναι σε θέση να παρέχουν σταθερή παραγωγή ενέργειας, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η προτίμηση γίνεται σε ποτάμια με μεγάλη παροχή, και η δομή τους συνήθως δεν απαιτεί σημαντικές αλλαγές στο φυσικό ρυάκι του ποταμού.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεξαμενής εγκαθίστανται σε ποτάμια που δεν διαθέτουν μεγάλη ροή νερού, καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Μέσω της κατασκευής φραγμάτων, δημιουργείται μια τεχνητή λίμνη, γνωστή και ως ταμιευτήρας, όπου το συλλεγόμενο νερό χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στους εν λόγω σταθμούς, υπάρχει μια δεξαμενή απορρόφησης, η οποία απορροφά τυχόν κρουστικά κύματα που προκαλούνται από απότομες αλλαγές στην ισχύ.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί υδραντλητικής λειτουργίας περιλαμβάνουν δύο δεξαμενές, μια άνω και μια κάτω στάθμης. Αντλούν νερό στην άνω δεξαμενή, στις περιόδους χαμηλής ζήτησης, ενώ κατά τις περιόδους αιχμής, χρησιμοποιείται το αποθηκευμένο νερό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα Μικρής Κλίμακας Υδροηλεκτρικά Έργα είναι κυρίως εγκαταστάσεις "συνεχούς ροής", όπου δεν συμπεριλαμβάνεται σημαντική συγκέντρωση και αποθήκευση νερού. Ως εκ τούτου, δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Συνήθως, γίνεται διακριτική διάκριση μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός σχεδιάζεται με τρόπο που είναι πλήρως συμβατός με το περιβάλλον, ενσωματώνοντας αισθητικά και λειτουργικά τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Οι παρεμβάσεις στην περιοχή εγκατάστασης μπορούν να ενσωματωθούν αρμονικά, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους και συμβάλλοντας στην διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος.

1.7 ΒΙΟΜΑΖΑ

Η βιομάζα, εν γένει, περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό οργανικής ή βιολογικής προέλευσης. Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα αναφέρεται στα υπολείμματα των φυτών και των δασών (καυσόξυλα, ξύλα, πριονίδι, άχυρα, κουκούτσια, ελαιοπυρήνες), στα ζωικά απόβλητα (απόβλητα ψαριών, κοπριά), στα φυτά που καλλιεργούνται σε ενεργειακές φυτείες για χρήση ως πηγή ενέργειας, στα αστικά απόβλητα και στα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της γεωργίας και της μεταποίησης τροφίμων, καθώς και στο βιοαποικοδομήσιμο τμήμα των αστικών αποβλήτων.

Ειδικότερα, τα ακόλουθα είδη οργανικών υλών περιλαμβάνονται στη βιομάζα:

- οι φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα ή ενεργειακές καλλιέργειες δασικών και γεωργικών ειδών,
- τα υπολείμματα και υποπροϊόντα από την παραγωγή φυτών, ζώων, δασοκομίας και αλιείας,
- τα υποπροϊόντα, τα οποία προέρχονται από την επεξεργασία ή μεταποίηση των υλικών αυτών,
- τα βιολογικά παραγόμενα τμήματα των αστικών λυμάτων - απόβλητων.

Η βιομάζα αναδύεται ως ένας σημαντικός και αστείρευτος πόρος ενέργειας για το περιβάλλον, καθώς με τη συμβολή της στην ενεργειακή επάρκεια, δύναται να αντικαταστήσει τα διαρκώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων.

Η εκμετάλλευση της βιομάζας μπορεί να γίνει για δύο βασικούς σκοπούς: την παραγωγή ενέργειας και την παραγωγή βιοκαυσίμων. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τη βιομάζα υπολειμματικής μορφής, η οποία αποτελείται από φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και αστικά απορρίμματα. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις ενεργειακές καλλιέργειες, που αφορούν σε καλλιεργούμενα ή φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς.

1.7.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η βιομάζα ήταν η πρώτη πηγή ενέργειας, που αξιοποίησε ο άνθρωπος. Στην αρχαιότητα, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τη βιομάζα ως πηγή καυσίμου. Η θερμότητα που ελευθερώνεται, κατά την καύση, χρησιμοποιούταν για θέρμανση, για προστασία από άγρια ζώα, τη δημιουργία καλύτερης όρασης στο σκοτάδι, καθώς και για τη διαδικασία του μαγειρέματος. Αρκετά χρόνια αργότερα, ο άνθρωπος ξεκίνησε να εκμεταλλεύεται και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως το νερό και τον άνεμο, δημιουργώντας κυρίως ανεμόμυλους και υδρόμυλους.

Επί του παρόντος, γίνεται χρήση της βιομάζας από κοινότητες κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Αφρική, για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Χρησιμοποιούν υπολείμματα ξυλείας, φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα για θέρμανση, μαγείρεμα και φωτισμό.

1.7.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα αποτελεί πύλωνα ανανεώσιμης πηγής ενέργειας για την ικανοποίηση ενεργειακών αναγκών, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού. Μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορες τεχνικές, είτε με απευθείας καύση είτε με μετατροπή σε αέρια, υγρά ή στερεά καύσιμα μέσω βιοχημικών ή θερμοχημικών διεργασιών.

Δεδομένων, ωστόσο, των προκλήσεων που σχετίζονται με τη εκμετάλλευση της βιομάζας, όπως η μεγάλη διασπορά, ο όγκος και οι δυσκολίες στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευση, είναι σημαντικό να αξιοποιείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον τόπο παραγωγής της. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί προσφέροντας εξαιρετικά αποτελέσματα, ως μια βιώσιμη εναλλακτική λύση σε μια πληθώρα εφαρμογών:

- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές και λοιπές βιομηχανίες:

Η συμπαραγωγή καυσίμου αποτελεί σημαντική εξέλιξη στην εκμετάλλευση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, τα υπολείμματα που προκύπτουν κατά την παραγωγική διαδικασία, όπως κουκούτσια, φλοιοί και άλλα βιομαζώδη υλικά, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας και ταυτόχρονα για την παραγωγή άλλων καυσίμων ή χημικών προϊόντων. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης διαδικασίας, η βιομάζα υφίσταται θερμική επεξεργασία για

την παραγωγή θερμότητας. Παράλληλα, μέσω των χημικών διεργασιών, παράγονται πρόσθετα ενεργειακά προϊόντα.

- Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών:

Η παροχή θερμότητας, για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού σε μια συγκεκριμένη περιοχή, όπως ένας οικισμός ή μια πόλη, γίνεται μέσω ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου αγωγών, από τον σταθμό προς τα κτίρια που χρειάζονται θέρμανση. Ήτοι, ο σταθμός εκπέμπει θερμότητα, η οποία διακλαδώνεται στο δίκτυο αγωγών, με σκοπό την κάλυψη ολόκληρης της εκτεταμένης περιοχής, ενώ η προ-μονωμένη δομή των αγωγών συμβάλει στη διατήρηση της θερμότητας κατά τη μεταφορά, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη αποτελεσματική διανομή της ενέργειας στους τελικούς προορισμούς.

- Θέρμανση θερμοκηπίων:

Η θέρμανση θερμοκηπίων με τη χρήση βιομάζας συνδυάζει αποδοτικότητα και περιβαλλοντική βιωσιμότητα στον τομέα της γεωργίας. Οι λέβητες που λειτουργούν με βιομάζα προωθούν τη διαδικασία θέρμανσης στα θερμοκήπια, με σκοπό τη διατήρηση ευνοϊκών θερμοκρασιακών συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών. Εν συνόλω, η καινοτομική τεχνολογία διανομής επιτρέπει την ορθή μεταφορά της παραγόμενης θερμότητας, ενώ η προ-μονωτική δομή των αγωγών συμβάλει στη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας.

- Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας:

Η παραγωγή υγρών καυσίμων, μέσω βιοχημικών διεργασιών, αποσκοπεί στην παραγωγή βιοαιθανόλης, μέσω της ζύμωσης φυτικών υλών, όπως σάκχαρα, αμύλου, κυτταρίνης και ημικυτταρίνης που προέρχονται από ορισμένα είδη βιομάζας, όπως ο αραβόσιτος και το σόργο. Η βιοαιθανόλη, είναι δυνατό να αξιοποιηθεί ως καύσιμο, για την κίνηση οχημάτων. Παρά τον υψηλό κόστος παραγωγής της, σε σύγκριση με τη βενζίνη, παρατηρείται αυξημένη ζήτησή παγκοσμίως. Η

Βραζιλία και οι ΗΠΑ ξεχωρίζουν ως πρωτοπόροι σε αυτήν την προσέγγιση, διότι η βιοαιθανόλη θεωρείται περιβαλλοντικά φιλική και αντιμετωπίζει γεωργικά προβλήματα.

- Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική παραγωγή βιομάζας:

Η θερμική παραγωγή βιομάζας περιλαμβάνει τρεις μεθόδους, την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η πυρόλυση είναι μια θερμική διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες από 450 έως 600 βαθμούς κελσίου, κατά την οποία η βιομάζα υφίσταται αποικοδόμηση χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Στο πλαίσιο αυτό, προκύπτουν το βιοέλαιο, το βιοαέριο και ο ξυλάνθρακας. Στη διαδικασία της αεριοποίησης βιομάζας, η θερμική αποικοδόμηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες περίπου 750 έως 850 βαθμούς κελσίου, με απουσία οξυγόνου. Τα προϊόντα που παράγονται σε αυτήν τη διαδικασία περιλαμβάνουν το βιοαέριο, την πίσσα και τον ξυλάνθρακα.

- Ενεργειακές καλλιέργειες:

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν φυτικά είδη που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή βιομάζας, η οποία χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς, όπως η παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας και βιοκαυσίμων. Στην Ελλάδα, λόγω του ευνοϊκού κλίματος, παρουσιάζονται καλλιέργειες που προσφέρουν υψηλές παραγωγικές αποδόσεις για ενεργειακή χρήση. Σημαντικές ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν το κάλαμο, την αγριαγκινάρα, το σόργο του σακχαρούχου, το μίσχανθο, τον ευκάλυπτο, και τη ψευδοσακακία.

- Βιοαέριο:

Το βιοαέριο είναι είδος καυσίμου, το οποίο χρησιμοποιείται, κυρίως, σε μηχανές εσωτερικής καύσης, με σκοπό την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, καλύπτοντας σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Το βιοαέριο αποτελείται, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του, από CO₂ και μεθάνιο, και παράγεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης κτηνοτροφικών αποβλήτων, όπως λύματα χοιροστασίων και πτηνοτροφιών, καθώς επίσης και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Όσον αφορά τα αστικά απορρίμματα, η παραγωγή του βιοαερίου πραγματοποιείται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Η παραγωγή ξεκινά, συνήθως, από τον τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων και εξαρτάται από την ποσότητα και την περιεκτικότητά τους, σε οργανικά υλικά. Στα κτηνοτροφικά απόβλητα, η

παραγωγή βιοαερίου, πραγματοποιείται σε εξειδικευμένες εγκαταστάσεις, όπου πέραν του βιοαερίου, παράγεται και οργανικό λίπασμα υψηλής ποιότητας.

1.8 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από τη θερμότητα που πηγάζει στο εσωτερικό της Γης. Η πηγή αυτής της θερμότητας, εξαρτάται από την εσωτερική δομή του πλανήτη και τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εκεί. Παρ' όλα αυτά, παρά την πληθώρα και την ατελείωτη διαθεσιμότητα της θερμότητας στο φλοιό της Γης, αυτή είναι ανομοιογενής στη διανομή της και συχνά βρίσκεται σε βάθη που δυσκολεύουν τη βιομηχανική της αξιοποίηση. Η εν λόγω θερμότητα μετακινείται προς την επιφάνεια της Γης, όπου διαχέεται, αν και αυτό το γεγονός γενικά δεν γίνεται αντιληπτό (Enrico Barbier, 2002). Η ύπαρξη γεωθερμικής ενέργειας είναι γνωστή, διότι η θερμοκρασία των πετρωμάτων αυξάνεται με το βάθος, καθιστώντας προφανές το γεγονός ότι υπάρχει μια γεωθερμική βαθμίδα. Αυτή η γεωθερμική βαθμίδα έχει μέση τιμή περίπου 30°C ανά χιλιόμετρο, κοντά στην επιφάνεια της γης.

Σε ορισμένες περιοχές, γνωστές ως γεωθερμικά πεδία, υπάρχει έντονη ηφαιστειότητα, όπου η μεταφορά θερμού υλικού μεταφέρεται από το εσωτερικό του φλοιού της Γης προς την επιφάνεια. Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται ανάλογα με τη ροή θερμότητας ως πεδία υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Ειδικότερα, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας, όταν οι θερμοκρασίες στα γεωθερμικά πεδία υπερβαίνουν τους 150°C, χρησιμοποιώντας την ενέργεια αυτή για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Όσον αφορά τη μέση ενθαλπία, αυτή παρατηρείται όταν οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 80°C έως 150°C και χρησιμοποιούνται για θέρμανση ή για την διενέργεια διαδικασιών όπως η ξήρανση ξύλου και αγροτικών προϊόντων. Σχετικά με τη χαμηλή ενθαλπία, αυτή αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 25°C έως 80°C και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, καθώς και για την παραγωγή γλυκού νερού.

Με την εφαρμογή κατάλληλης τεχνολογίας, είναι δυνατή η αξιοποίηση της φυσικής ενέργειας που παρέχει η Γη, για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τη θέρμανση και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές

(Καρυδάκης, 1999). Στον ελλαδικό χώρο, περιοχές με γεωθερμικά πεδία αποτελούν τα ηφαιστειακά νησιά του Αιγαίου, καθώς και πολλές περιοχές στη Μακεδονία και τη Θράκη.

1.8.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ύπαρξη ηφαιστειών και γενικότερων θερμικών φαινομένων δημιούργησε την υποψία ότι μια περιοχή εντός του εσωτερικού της Γης, είναι θερμή. Μεταξύ 16ου και 17ου αιώνα, όταν ανοίχτηκαν τα πρώτα ορυχεία σε βάθη μεγάλου μεγέθους κάτω από την επιφάνεια της Γης, ένας ερευνητής συμπέρανε, μέσω απλών παρατηρήσεων ότι ανάλογα με το βάθος παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας.

Οι πρώτες μετρήσεις με θερμόμετρο, πιθανότατα, πραγματοποιήθηκαν περίπου το 1740, σε ένα ορυχείο της Γαλλίας, από τον De Gensanne (Bullard, 1965). Από τις αρχές του 19ου αιώνα, παρατηρήθηκε η αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού μέσω μιας χημικής βιομηχανίας, η οποία είχε την έδρα της στην περιοχή του Larderello, της Τοσκάνης. Η συγκεκριμένη βιομηχανία εξειδικευόταν στην παραγωγή βορικού οξέος από τα θερμά ύδατα που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις.

Το 1827, ο ιδρυτής της βιομηχανίας, Francesco Larderel, εφηύρε ένα σύστημα που αξιοποιούσε τη θερμότητα από τα βορικά υγρά για την εξάτμιση, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση ξύλων από τα δάση (Armstead, 1983). Κατά την ίδια περίοδο, ξεκίνησε η χρήση του φυσικού ατμού ως μορφή μηχανικής ενέργειας. Στην αρχή, ο γεωθερμικός ατμός χρησίμευε για την άντληση υγρών μέσω απλών αέριων ανυψωτήρων, και αργότερα, μέσω παλινδρομικών ή φυγοκεντρικών αντλιών και βαρούλκων. Από το 1910 έως το 1940, στην Τοσκάνη άρχισε η χρήση χαμηλής πίεσης ατμού για τη θέρμανση θερμοκηπίων, βιομηχανικών κτιρίων και κατοικιών. Το 1892, το Boise των Ηνωμένων Πολιτειών εγκαινίασε το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλεθέρμανσης, και το 1928, η Ισλανδία έγινε πρωτοπόρος στη χρήση γεωθερμικής ενέργειας για τη θέρμανση σπιτιών (Armstead, 1983). Το 1904, στην Τοσκάνη, πραγματοποιήθηκε η πρώτη επιτυχημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό. Αυτή η επιτυχία τόνισε τη σημασία της γεωθερμικής ενέργειας και τις δυνατότητές της για το μέλλον. Στη συνέχεια, πολλές χώρες ακολούθησαν, με

τις πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις να πραγματοποιούνται στην Ιαπωνία και τις Ηνωμένες Πολιτείες, και αργότερα στη Νέα Ζηλανδία και πολλές άλλες χώρες.

Στην Ελλάδα, οι έρευνες σχετικά με τη γεωθερμική ενέργεια ξεκίνησαν το 1910 από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών). Έως το 1979, οι έρευνες επικεντρώνονταν σε περιοχές με ενδείξεις υψηλής ενθαλπίας. Αργότερα η ΔΕΗ, ενδιαφερόμενη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανέλαβε τη διενέργεια γεωτρήσεων υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των γεωθερμικών πεδίων. Σήμερα, στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας περιορίζεται σε θερμικές εφαρμογές.

1.8.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, διακρίνονται σε δύο σημαντικές κατηγορίες καθιστώντας την σημαντική πηγή ενέργειας.

Η πρώτη αξιοποιεί τη θερμότητα που βρίσκεται στο εσωτερικό της Γης, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άλλες χρήσεις, όπως η θέρμανση κτιρίων. Η εν λόγω θερμότητα μπορεί να πηγάζει είτε από τη φυσική γεωθερμική δραστηριότητα, είτε μέσω γεώτρησης στο φλοιό της Γης, σε περιοχές όπου η θερμότητα είναι προσβάσιμη. Οι συγκεκριμένες πηγές ενεργείας εντοπίζονται συνήθως σε βάθος πολλών εκατοντάδων μέτρων, έως 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της Γης. Η δεύτερη πρακτική εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τη θερμή μάζα του εδάφους ή των υπόγειων υδάτων, για τη λειτουργία θερμικών αντλιών. Αυτές οι αντλίες χρησιμοποιούν τη θερμότητα που παράγεται για θέρμανση και ψύξη.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί αναγνωρισμένη πρακτική, ιδιαίτερα σε χώρες που διαθέτουν φυσικούς πόρους γεωθερμίας. Στις χώρες, όπου υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές για την παραγωγή ηλεκτρισμού, η γεωθερμική ενέργεια είναι αρκετά διαδεδομένη, κυρίως λόγω της αδυναμίας μεταφοράς της ενέργειας για εξαγωγή. Η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι εξίσου διαδεδομένη, για τη θέρμανση/ψύξη κτιρίων, τη θέρμανση θερμοκηπίων και γεωργικών εκτάσεων, καθώς και τη χρήση στην επεξεργασία προϊόντων.

Παρόλο που η ενέργεια γεωθερμίας είναι αστείρευτα διαθέσιμη, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις που είναι αναγκαίο να πληρούνται πριν την αξιοποίησή της. Πρώτον, η ενέργεια είναι απαραίτητο να είναι προσβάσιμη μέσω γεωτρήσεων, σε βάθος μικρότερο των 3 km, αλλά ενδεχομένως και σε βάθος 6-7 km, εάν το περιβάλλον κρίνεται ευνοϊκό. Επιπλέον, για να είναι εφικτή η παραγωγή ενέργειας από πετρώματα χαμηλής περατότητας, η δομή των ταμιευτήρων πρέπει να είναι πορώδης και η διαπερατότητά τους υψηλή, ώστε να μην δυσκολεύεται η ροή μεγάλων ποσοτήτων θερμού νερού για την παραγωγή ενέργειας. Εν γένει, όσο μικρότερο είναι το βάθος, στο οποίο συσσωρεύεται η γεωθερμική ενέργεια, γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία εξόρυξής της. Τέλος, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού πρέπει να τοποθετούνται κοντά στη γεωθερμική πηγή, προκειμένου να διευκολύνεται η αποτελεσματική και οικονομικά επωφελής μεταφορά των γεωθερμικών ρευστών.

1.9 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Η θαλάσσια ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, η οποία υπάρχει σε διάφορες μορφές στις θάλασσες και τους ωκεανούς και μπορεί να αντληθεί με ποικίλους τρόπους. Οι θερμικές κλίσεις, η αλατότητα, τα παλιρροιακά ρεύματα και τα κύματα του ωκεανού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου ότι οι ωκεανοί καλύπτουν περισσότερο από το 70% της επιφάνειας της γης, η ενέργεια της θάλασσας αποτελεί πυλώνα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σε συνδυασμό με τις νέες τεχνολογίες που αναπτύσσονται ραγδαία, είναι δυνατό να αξιοποιηθούν τεράστια ποσά ενέργειας.

1.9.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εκμετάλλευση της θαλάσσιας ενέργειας ξεκίνησε πολλούς αιώνες πίσω, όπου οι άνθρωποι προσπαθούσαν να βρουν τρόπους να αξιοποιήσουν την ενέργεια του ωκεανού. Το 1799, ο Γάλλος Girard συνεργάστηκε με τον γιο του, για να αναπτύξουν ένα σύστημα μοχλού, με σκοπό να συνδεθεί σε ένα πλοίο. Αυτό το πλοίο, καθώς κινούνταν στη θάλασσα, μετέφερε τον μοχλό πάνω

και κάτω, δημιουργώντας μια παλινδρομική κίνηση, που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση αντλιών και μύλων στην ακτή. Ωστόσο, η πρόταση απορρίφθηκε όταν προτιμήθηκε η ατμομηχανή ως πιο αποτελεσματική μέθοδος.

Περίπου εκατό χρόνια μετά, ένας άλλος Γάλλος πρότεινε την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας που αποθηκεύεται στους ωκεανούς ως πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Παρόλο που κατασκευάστηκαν μερικές εγκαταστάσεις για να δοκιμαστεί αυτή η ιδέα, δεν ήταν οικονομικά ανταγωνιστική, σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το 1966, σημάδεψε την αρχή μιας πραγματικής επιτυχίας, με το άνοιγμα ενός παλιρροϊκού εργοστασίου στη Γαλλία, κοντά στον ποταμό Rance. Σήμερα, αυτή η εγκατάσταση παράγει 240MW ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και υπερβαίνει την τυπική απόδοση ενός αιολικού πάρκου, παραμένει υποδεέστερο από ένα εργοστάσιο άνθρακα. Οι έρευνες για τη θαλάσσια ενέργεια ξεκίνησαν στη δεκαετία του 1970, ύστερα της πετρελαϊκής κρίσης, και σήμερα οι προσπάθειες αρχίζουν να αποφέρουν καρπούς.

1.9.2 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ενέργεια των κυμάτων αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή ενέργειας των ωκεανών. Τα κύματα παράγονται από τη δράση του ανέμου και αποτελούν, συνεπώς, μια έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας. Τα μεγάλου πλάτους κύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Η ενέργεια αυτή αποτελεί μια αποθηκευμένη και συμπυκνωμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, και ακόμη ο άνεμος που προκαλείται από τα κύματα οφείλεται στις διαφορές πίεσης στην ατμόσφαιρα, που προκαλούνται από τη θέρμανση του πλανήτη από τον ήλιο. Τα κύματα μπορούν να αξιοποιηθούν για τη συγκέντρωση, αποθήκευση και μετάδοση της ενέργειας αυτής σε μεγάλες αποστάσεις με ελάχιστες απώλειες. Η τεχνολογία που βασίζεται στην κυματική ενέργεια των ωκεανών, εκμεταλλεύεται την κίνηση των κυμάτων για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η δυνατότητα μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων σε εκμεταλλεύσιμη ενέργεια έχει εμπνεύσει πολλούς εφευρέτες. Γεγονός αποτελεί ότι περισσότερα από χίλια διπλώματα ευρεσιτεχνίας είχαν καταχωρηθεί μέχρι το 1980.

1.9.3 ΠΑΛΙΡΡΟΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η παλιρροιακή ενέργεια παράγεται είτε με τεχνολογίες παλιρροιακού εύρους που χρησιμοποιούν φράγμα ή άλλο εμπόδιο για τη συλλογή ενέργειας, είτε με τεχνολογίες παλιρροιακού ρεύματος, είτε με υβριδικές εφαρμογές.

Το παλιρροιακό εύρος αποτελεί δυναμική ενέργεια που πηγάζει από τις αλλαγές στο ύψος της θάλασσας, οι οποίες προκαλούνται από τη βαρυτική έλξη της σελήνης, του ηλίου και άλλων αστρονομικών σωμάτων στα ωκεάνια ύδατα. Αυτές οι παλίρροιες δημιουργούν πολύπλοκα φαινόμενα, και οι περισσότεροι μεγάλοι ωκεανοί και θάλασσες διαθέτουν εσωτερικά συστήματα παλίρροιας. Η άνοδος και η πτώση της παλίρροιας, γνωστή και ως εύρος, δημιουργεί την ευκαιρία να "παγιδευτεί" μια υψηλή παλίρροια. Μπορεί να καθυστερήσει η πτώση της παλίρροιας πίσω από ένα φράγμα και, εν συνεχεία, να εκμεταλλευτεί η δυναμική ενέργεια πριν από τον επόμενο παλιρροϊκό κύκλο. Η παγκόσμια θεωρητική ισχύς της παλιρροιακής ισχύος, συμπεριλαμβανομένων των παλιρροϊκών ρευμάτων, έχει υπολογιστεί σε περίπου 7.800 TWh/έτος.

Η ενέργεια παλιρροιακού ρεύματος δημιουργείται από την κίνηση των όγκων του νερού των ωκεανών, που προκαλείται από τις μεταβαλλόμενες παλίρροιες. Η κινητική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί, κοντά στην ακτή και ειδικά όπου υπάρχουν στενώσεις, όπως στενά, νησιά και περάσματα. Η ενέργεια του παλιρροιακού ρεύματος προκύπτει από τοπικές τακτικές ημερήσιες ή ημihμερήσιες ροές που προκαλούνται από τον παλιρροϊκό κύκλο. Οι παλίρροιες προκαλούν κινητικές κινήσεις, οι οποίες μπορούν να επιταχυνθούν κοντά σε ακτές, όπου υπάρχει περιοριστική τοπογραφία, όπως στενά μεταξύ νησιών.

1.9.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ

Οι ωκεανοί της Γης, όπως προαναφέρθηκε καλύπτουν περισσότερο από το 70% της επιφάνειάς της και δέχονται συνεχή θέρμανση από τον Ήλιο. Η συγκεκριμένη θερμική διαφορά περιλαμβάνει έναν τεράστιο όγκο ηλιακής ενέργειας, που θα μπορούσε ενδεχομένως να αξιοποιηθεί για ανθρώπινες ανάγκες. Σε περίπτωση που η εξαγωγή αυτής της ενέργειας γίνει οικονομικά αποδοτική σε μεγάλη κλίμακα, θα μπορούσε να αποτελέσει μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η συνολική διαθέσιμη ενέργεια είναι πολύ υψηλότερη, κατά μία ή δύο τάξεις μεγέθους, σε σύγκριση

με άλλες ωκεάνιες ενεργειακές πηγές, όπως η ισχύς των κυμάτων. Ωστόσο, το μικρό μέγεθος της θερμικής διαφοράς καθιστά την εξαγωγή ενέργειας σχετικά δύσκολη και ακριβή λόγω της χαμηλής θερμικής αποδοτικότητας.

Το Σύστημα Μετατροπής Θερμικής Ενέργειας του Ωκεανού (OTEC) αποτελεί μια πολύ σημαντική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καλύπτοντας έκταση που ξεπερνά τα 100 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα σε τροπικούς ωκεανούς. Είναι μια μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιεί τις μεταβολές της θερμοκρασίας που δημιουργούνται μεταξύ των στρωμάτων νερού κατά βάθος της θάλασσας (το θερμοκλινές), για να τεθεί σε λειτουργία η Μηχανή Θερμότητας. Το OTEC είναι δυνατό να παράγει ενέργεια με πολύ υψηλούς συντελεστές απόδοσης και να προσφέρει δυνατότητες βασικού φορτίου. Η έρευνα για το OTEC ξεκίνησε πριν από περίπου 80 χρόνια, αλλά η πραγματική ανάπτυξη επακολούθησε στις πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του '70.

1.9.5 ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ανάμειξη γλυκού και θαλάσσιου νερού προκαλεί την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Ένας ποταμός όταν ρέει στον αλμυρό ωκεανό απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Αυτή η ενέργεια είναι γνωστή ως "ωσμωτική ενέργεια", καθώς η δυναμική που προκύπτει από την αλληλεπίδραση γλυκού και θαλάσσιου νερού, εξηγείται μέσω της φυσικής διαδικασίας της όσμωσης.

Η απελευθερωμένη χημική ενέργεια μεταφέρεται σε πίεση αντί για θερμότητα. Αυτό εξετάστηκε για πρώτη φορά από τον καθηγητή Sidney Loeb, στις αρχές της δεκαετίας του '70, όταν σχεδίασε την πρώτη παγκοσμίως ημι-διαπερατή μεμβράνη για χρήση στην αφαλάτωση, μέσω αντίστροφης όσμωσης. Στην ωσμωτική δύναμη, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τη φυσική όσμωση, η οποία σχετίζεται με τη διαφορά στη συγκέντρωση του άλατος μεταξύ δύο υγρών, για παράδειγμα, θαλασσινού νερού και γλυκού νερού. Το θαλασσινό και το γλυκό νερό έχουν ισχυρή δύναμη προς την ανάμειξη, και αυτό θα συμβεί εφόσον η διαφορά πίεσης μεταξύ των υγρών είναι μικρότερη από τη διαφορά της ωσμωτικής πίεσης. Για το θαλασσινό και το γλυκό νερό, αυτό θα κυμαίνεται από 24 έως 26 bar, με βάση τη συγκέντρωση αλατιού του θαλασσινού νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

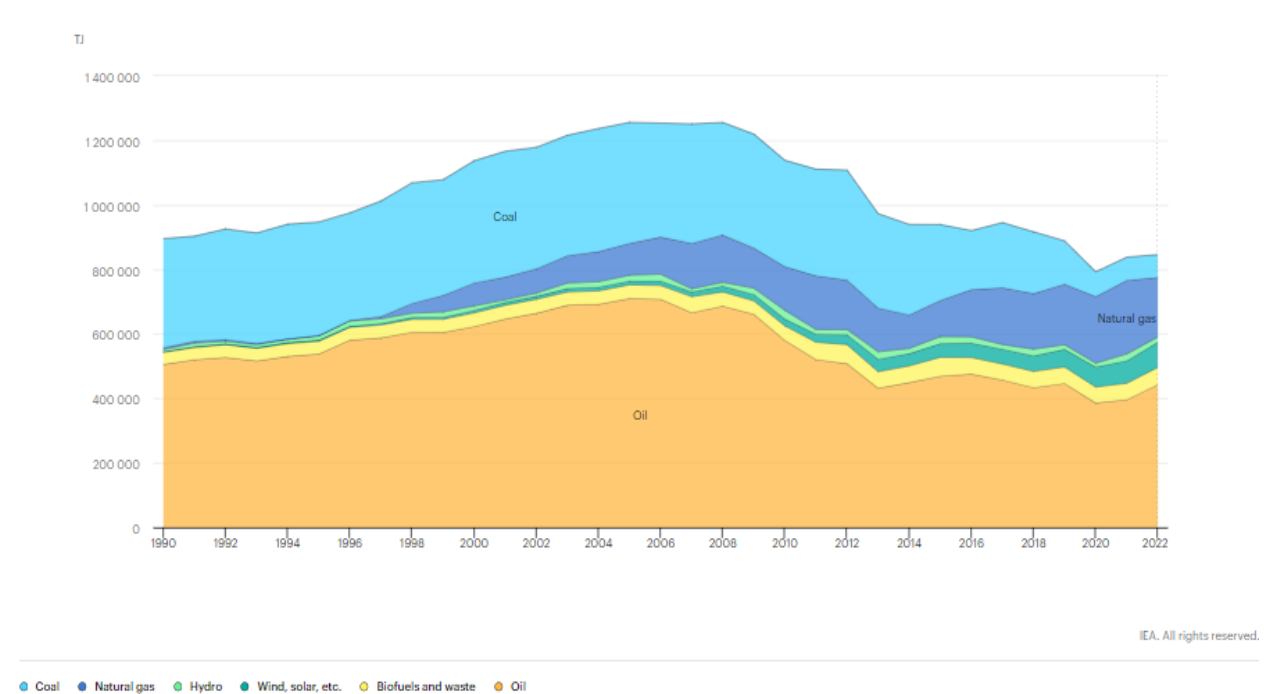
Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες μορφές ενέργειας, υποκαταστάθηκαν από τον άνθρακα και τους υδρογονάνθρακες στις αρχές του 20ού αιώνα. Το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίησή τους αναζωπύρωσε ύστερα από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1979 και ενισχύθηκε σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Όταν έγινε αντιληπτή η επίδραση της ανθρωπότητας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η ανάγκη για απομάκρυνση από πηγές ενέργειας, που προκαλούν ρύπανση και είναι περιορισμένες στην προσφορά τους, είναι επιτακτική, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτέλεσαν πυλώνα στην ενεργειακή μεταστροφή της χώρας.

Η αρχή της ενσωμάτωσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο εθνικό ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκε με τον νόμο 1559/1985 (ΦΕΚ Α' 135). Μέσω αυτού του νόμου, η ΔΕΗ πραγματοποίησε την εγκατάσταση έργων ισχύος 24 MW. Ήτοι μικρά αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκά συστήματα μικρής κλίμακας. Παρόλα αυτά, για τα επόμενα 20 χρόνια, η παρουσία των ΑΠΕ ήταν περιορισμένη μέχρι το 2006. Το 2006, με τον νόμο 3468/2006 (ΦΕΚ Α' 129), εισήχθησαν νέες διατάξεις με στόχο τη ρύθμιση θεμάτων ανάπτυξης, ενσωμάτωσης στο Σύστημα/Δίκτυο και τιμολόγησης έργων ΑΠΕ. Σημαντική αναστροφή στην πορεία των ΑΠΕ στη χώρα πραγματοποιήθηκε εντέλει με τον νόμο 3851/2010 (ΦΕΚ 85 'Α), όπου ενισχύθηκε ο μηχανισμός στήριξης, ενώ παράλληλα θεσπίστηκαν απλοποιημένες διαδικασίες αδειοδότησης.

Η Ελλάδα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες αποτελούν περίπου το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας, έως το 2021. Η κύρια πολιτική της Ελλάδας για την ενέργεια και το κλίμα στοχεύει στην πραγματοποίηση μηδενικών εκπομπών έως το 2050. Αυτή η προσπάθεια συνδυάζεται με την εξασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας, την προώθηση της οικονομικής ανταγωνιστικότητας και την προστασία των ευάλωτων καταναλωτών. Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), που εγκρίθηκε το 2019, αναλαμβάνει τον ρόλο του κεντρικού εγγράφου που διαμορφώνει

την πολιτική στον τομέα, έως το 2030. Αυτό περιέχει στόχους και συνοδευτικά μέτρα, για να οδηγήσει τη χώρα προς την επίτευξη μηδενικών εκπομπών.

Ο Εθνικός Νόμος για το Κλίμα, που εγκρίθηκε τον Μάιο του 2022, θέτει συγκεκριμένους στόχους μείωσης των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί, η χώρα προορίζεται να μειώσει τις εκπομπές κατά 55% μέχρι το 2030, κατά 80% μέχρι το 2040 και να φτάσει σε μηδενικές εκπομπές άνθρακα μέχρι το 2050. Ο νόμος καθορίζει, ακόμα, βασικά μέτρα μείωσης των εκπομπών, συμπεριλαμβανομένης της σταδιακής εξάλειψης της παραγωγής ενέργειας, με καύση λιγνίτη έως το 2028.¹



Εικόνα 1. Συνολική παραγωγή ενέργειας (TES) ανά πηγή, Ελλάδα 1990-2022. ΠΗΓΗ: IEA (2023), Ελλάδα 2023, Παρίσι.

¹<https://www.ica.org/reports/greece-2023>

2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει ενσωματώσει στην εθνική της νομοθεσία σύγχρονες οδηγίες για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης, έχει ενεργά συμμετάσχει σε διεθνείς πρωτοβουλίες, όπως το Πρωτόκολλο του Κιότο² υπό την αιγίδα της ΕΕ, παίρνοντας θέση σε καίρια ζητήματα της παγκόσμιας ενεργειακής ιστορίας. Μέσα από ένα οργανωμένο πλαίσιο, η χώρα έχει προσαρμοστεί διαρκώς στις εξελίξεις, ενσωματώνοντας τις απαιτούμενες αλλαγές στο θεσμικό της πλαίσιο. Το 1985, με το Νόμο 1559/85 (ΦΕΚ 135/Α/85), για πρώτη φορά άνοιξε ο δρόμος προς την ηλεκτροπαραγωγή από εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Ο εν λόγω νόμος ήταν ο πρώτος, που επέτρεψε σε φυσικά και νομικά πρόσωπα, γνωστά ως "αυτοπαραγωγοί," να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω εγκαταστάσεων, που λειτουργούν με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το 2016 εισήχθη νομικό πλαίσιο για την υποστήριξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με στόχο τη συμμόρφωση προς τις "Κατευθυντήριες Γραμμές για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)." Η πρωτοβουλία αυτή στοχεύει στην ομαλή ενσωμάτωση και ενίσχυση των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας, με το βέλτιστο κόστος-όφελος για την κοινωνία και τον καταναλωτή.

Με τον νόμο 4414/2016 εισήχθησαν νέα στοιχεία για τις ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης με τη μορφή Διαφορικής Προσαύξησης πέραν της τιμής που λαμβάνουν οι ΑΠΕ από τη συμμετοχή τους στην Αγορά. Η Τιμή Αναφοράς (Τ.Α.), καθορίστηκε για να διασφαλιστεί, ότι οι ενισχύσεις δεν υπερβαίνουν την αναμενόμενη απόδοση των έργων. Επιπλέον, οι υφιστάμενοι ενεργειακοί σταθμοί έχουν τη δυνατότητα να προσαρμοστούν αυτοβούλως στο νέο πλαίσιο λειτουργικής ενίσχυσης και συμμετοχής στην αγορά.

Από τον Ιανουάριο του 2017, οι "Κατευθυντήριες Γραμμές" ορίζουν ότι η Τιμή Αναφοράς για αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς, προέρχεται μέσω διαγωνιστικών διαδικασιών, με στόχο να μειωθούν οι δαπάνες για τους καταναλωτές. Μόνον οι επιτυχημένοι στη διαδικασία λαμβάνουν λειτουργική στήριξη. Τέλος, εισήχθη η απαίτηση για την ενεργή συμμετοχή των παραγωγών ΑΠΕ στα συστήματα της αγοράς, είτε μέσω Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης είτε αυτοβούλως.

²Συμφωνία που επιβάλλει στις υπογεγραμμένες χώρες την υιοθέτηση εθνικών μέτρων για τον περιορισμό ή τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με στόχο την επίτευξη των προκαθορισμένων στόχων.

Ο νόμος 4643/2019 συμπλήρωσε το πλαίσιο λειτουργίας των ΑΠΕ, επιτρέποντας το χονδρικό εμπόριο στην αγορά ηλεκτρισμού και την αποδοχή αποζημιώσεων, από τους υφιστάμενους μηχανισμούς.

2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΣ (ΕΣΕΚ)

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) αντιπροσωπεύει τον στρατηγικό προσανατολισμό της χώρας, προς την ενεργειακή μετάβαση. Η ανανέωση του ΕΣΕΚ είναι υποχρέωση, που προκύπτει από την ευρωπαϊκή νομοθεσία και ταυτόχρονα αποτελεί ευκαιρία προσαρμογής της εθνικής στρατηγικής του ελλαδικού χώρου, στα δεδομένα των τελευταίων ετών. Από το 2019, ο κόσμος έχει βιώσει σημαντικές μεταβολές – αλλαγές, που το νέο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα πρέπει να αντικατοπτρίσει. Το 2018, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) παρουσίασε λεπτομερή ανάλυση σχετικά με τις επιπτώσεις της παγκόσμιας αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κατά 1,5 βαθμούς Κελσίου από την προ-βιομηχανική εποχή. Από τότε, διάφοροι οργανισμοί, ειδικά ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA), έχουν παρουσιάσει σχετικά σενάρια για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Σήμερα, οι διαθέσιμοι οδικοί χάρτες είναι πιο σαφείς και λεπτομερείς σε σχέση με αυτούς που υπήρχαν πριν από μερικά έτη. Έτσι, το νέο ΕΣΕΚ βασίζεται σε πιο στερεά θεμέλια, καθώς τα παγκόσμια βιβλιογραφικά δεδομένα έχουν εμπλουτιστεί σε εξαιρετικό βαθμό. Οι εξελίξεις των προηγούμενων ετών έχουν επηρεάσει εκ βάθρων, την οικονομία και την αγορά της ενέργειας. Η παγκόσμια πανδημία αποτέλεσε ένα παγκόσμιο σοκ, που είχε ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της ζήτησης και των τιμών της ενέργειας. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση αντέδρασε φιλόδοξα σε αυτήν την κρίση, δημιουργώντας νέους πόρους μέσω του Ταμείου Ανάκαμψης & Ανθεκτικότητας (ΤΑΑ), του οποίου η χώρα μας εκμεταλλεύεται για την επιτάχυνση της ενεργειακής μετάβασης. Πολλές από τις πρωτοβουλίες που περιγράφονται στο ΕΣΕΚ είναι εφικτές χάρη στο ΤΑΑ, το οποίο δεν υφίστατο το 2019.

2.3.1 ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2030

Το πλαίσιο εθνικής στρατηγικής για την ενέργεια και το κλίμα προκύπτει από τον συνδυασμό τριών κύριων παραγόντων.

Καταρχάς, οι παγκόσμιες τάσεις ορίζουν το πλαίσιο, εντός του οποίου μπορεί να δρα η Ελλάδα. Οι συνεχείς προσπάθειες μείωσης του κόστους των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αποτελεί διεθνή τάση, η οποία ανοίγει ευκαιρίες για την Ελλάδα, χάρη στο πλούσιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό της. Η εξέλιξη των πλωτών υπεράκτιων αιολικών πάρκων, αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα νέων ευκαιριών για τη χώρα, επιτρέποντας την παραγωγή ενέργειας στο Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα τεχνολογίες, οι οποίες απαιτούν σημαντική οικονομική ενίσχυση από το κράτος, για την καταλληλότητα και την αξιοποίησή τους.

Η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει τον καθορισμό της εθνικής στρατηγικής είναι η παρούσα κατάσταση. Η Ελλάδα έχει προχωρήσει σημαντικά στην εγκατάσταση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, που συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2022, κατατάσσονταν στη 7η θέση παγκοσμίως ως προς τη διείσδυση ηλιακής και αιολικής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή. Η παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη έχει μειωθεί περίπου 80%. Επομένως, η σύνθεση των στρατηγικών αυτών, ξεκινά με διαφορετικά θεμέλια το 2023, συγκριτικά με το 2019.

Η τρίτη μεταβλητή περιλαμβάνει τους διαθέσιμους πόρους για τη συγκεκριμένη μετάβαση. Από τη μια, η συνεχής μείωση του κόστους εγκατάστασης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μειώνει την ανάγκη για κρατικές επιδοτήσεις (οι ΑΠΕ συνέβαλαν στον κρατικό προϋπολογισμό το 2022, ελαφρύνοντας τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν κάποιες τεχνολογίες, οι οποίες απαιτούν δημόσιο χρήμα για να προχωρήσουν. Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα πρέπει να εξισορροπήσει τους διαθέσιμους πόρους με τους στόχους, επιδιώκοντας το βέλτιστο-εφικτό σχεδιασμό, που όχι απλώς μειώνει τις εκπομπές, αλλά συνάδει επίσης με άλλους στόχους, όπως η δίκαιη μετάβαση στις λιγνιτικές περιοχές, η διασύνδεση των νησιών με το ηπειρωτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας κα.

Συνολικά, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα βασίζεται σε προβλέψεις σχετικά με τους πιθανούς πόρους, τους οποίους η χώρα είναι δυνατό να εκμεταλλευτεί. Ωστόσο, υπάρχει μια φυσική αβεβαιότητα, η οποία είναι πιθανό να επηρεάσει την πορεία προς την επίτευξη των

στόχων, είτε θετικά είτε αρνητικά. Επιπλέον, η αβεβαιότητα επηρεάζει την παγκόσμια δυναμική, όπως το κόστος των νέων τεχνολογιών, τις τιμές της ενέργειας, το μέγεθος και το κόστος των φυσικών καταστροφών και άλλων σχετικών παραγόντων.

2.3.2 ΕΘΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ - ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στους εθνικούς στόχους του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα περιλαμβάνεται η μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, μέσω της αύξησης της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, επί της συνολικής ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης. Το ΕΣΕΚ προβλέπει την προώθηση της ανάπτυξης των ΑΠΕ σε όλους τους τομείς, με στόχο την καθιέρωσή τους ως τον κύριο πυλώνα της πράσινης μετάβασης. Αυτή η ανάπτυξη περιλαμβάνει την άμεση χρήση των ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας, καθώς και την έμμεση χρήση τους για την παραγωγή πράσινου υδρογόνου και κλιματικά ουδέτερων καυσίμων. Ο στόχος που έχει τεθεί για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ως ποσοστό του συνόλου της ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2030 είναι το 44%. Αυτός ο στόχος διευκρινίζεται σε κάθε τομέα, με την θέσπιση δεσμευτικών στόχων για κάθε έναν ξεχωριστά. Ειδικότερα, η συμμετοχή των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται κρίσιμη προτεραιότητα και είναι απαραίτητη η άμεση και αποτελεσματική εφαρμογή των προβλεπόμενων μέτρων για την επίτευξη αυτού του στόχου. Επομένως, δίνεται προσοχή στην αναδιαμόρφωση του ενεργειακού τομέα, με έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ο στόχος είναι να φθάσει το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών στο σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας στο 80% έως το 2030 και να πλησιάσει το 95% από το 2035 και έπειτα. Με αυτό τον τρόπο, η ηλεκτρική ενέργεια θα παρουσιάσει σχεδόν μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα και θα έχει κεντρικό ρόλο στην πράσινη μετάβαση της χώρας. Όσον αφορά τον τομέα των μεταφορών, ο δεσμευτικός στόχος για τη συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας τίθεται στο 29% μέχρι το 2030. Η επίτευξη αυτού του στόχου ενισχύεται μέσω της ηλεκτροκίνησης, των βιοκαυσίμων και των ανανεώσιμων καυσίμων μη βιολογικής προέλευσης. Σχετικά με τη θέρμανση και τη ψύξη, ο δεσμευτικός στόχος για την ανάπτυξη των ΑΠΕ τίθεται στο 46% έως το 2030. Στην επίτευξη του στόχου, θα συνεισφέρουν κυρίως μέσω της χρήσης αντλιών θερμότητας, οι οποίες χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα από το περιβάλλον, καθώς και των θερμικών ηλιακών συστημάτων.

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021	ΕΣΕΚ 2019		2025	2030	2035	2040	2045	2050
	(εκτίμηση)	για	το						
		2030							
Δείκτης ΑΠΕ-Ηλεκτροπαραγωγή									
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (TWh)	22.6	40.7	35.3	52.7	76.1	110.8	147.7	172.3	
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής (TWh)	53.9	60.5	58.7	64.6	78.7	112.1	149.4	175.2	
Δείκτης ΑΠΕ-Θέρμανση/Ψύξη									
Δείκτης ΑΠΕ-Θέρμανση/Ψύξη	436.7	470.0	668.4	931.3	1014.6	1047.1	1035.0	1058.0	
RFNBO (ktoe)	0	0	0	79.8	200.1	605.6	1204.8	1190.1	
Ηλιοθερμικά (ktoe)	308.2	500	574.8	599.6	630.7	632.8	602.3	582.3	
Βιομάζα (ktoe)	1702.8	900	893.6	748.8	563.2	600.3	547.7	521	
Σύνολο ΑΠΕ στη Θέρμανση / Ψύξη (ktoe)	2447.7	1870	2136.8	2359.6	2408.6	2885.8	3389.8	3351.3	
Δείκτης ΑΠΕ-Μεταφορές									
Ηλεκτρισμός από ΑΠΕ (ktoe)	5.7	86.0	19.4	158.2	378.6	597.5	832.7	973.2	
RFNBO (ktoe)	0	0	0.2	23.8	694.9	1360.7	1801.5	2737.9	
Βιοκαύσιμα (ktoe)	179.1	380	443.6	524.9	780.7	1063.6	1469.9	1701.2	
Σύνολο ΑΠΕ στις μεταφορές (ktoe)	184.9	466	463.2	706.9	1854.2	3021.8	4104.1	5412.4	

Εικόνα 2. Δείκτες – Στόχοι ΑΠΕ Κατά Eurostat, Πηγή: ΕΣΕΚ 2019.

2.3.3 ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για την επίτευξη του στόχου του 44% στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ως μερίδιο στο σύνολο της ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2030, απαιτείται η υλοποίηση πολιτικών και μέτρων σε επίπεδο νομοθετικών κανονισμών και οικονομικής υποδομής, με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Τα μέτρα που επιδιώκουν την ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε νέες χρήσεις και τομείς, καθώς και την ενεργειακή σύζευξη τομέων, έχουν ως στόχο τον εξηλεκτρισμό της τελικής κατανάλωσης. Το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα, που κυμάνθηκε από το 33,14% το 2019 έως το 43,31% το 2022, παρουσίασε σημαντική αύξηση, με προβλεπόμενη συνέχιση αυτής της τάσης στα επόμενα έτη. Η αυξημένη ζήτηση για επενδύσεις σε νέα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για την περίοδο 2023-2030, σε συνδυασμό με τον υψηλό ρυθμό ανάπτυξης που παρατηρήθηκε στο παρελθόν,

εγγυάται την επίτευξη των νέων φιλόδοξων στόχων που έχουν οριστεί. Ωστόσο, αυτό το ενδιαφέρον επισημαίνει επίσης σημαντικές ανάγκες για την υποστήριξη, επέκταση και αναβάθμιση του δικτύου μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό απαιτεί, περαιτέρω πολιτικές και μέτρα, που θα βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ενσωματώνοντας τα απαιτούμενα έργα με αξιοπιστία και ασφάλεια στο σύστημα.

Πολιτικές για την προώθηση των ΑΠΕ την περίοδο 2023-2030:

Π.1: Αναδιαμόρφωση του πλαισίου αδειάς και ανανέωση του ειδικού χωροταξικού πλαισίου για τις ΑΠΕ – Προώθηση της ταχείας έγκρισης, ψηφιοποίησης και ενίσχυσης της αποτελεσματικότητας στην άδεια.

Π.2: Εξασφάλιση της εκτέλεσης επενδύσεων σε ΑΠΕ και αποθήκευση - Επέκταση των προγραμμάτων λειτουργικής ενίσχυσης - Προώθηση διμερών συμφωνιών.

Π.3: Προώθηση των αποκεντρωμένων συστημάτων ΑΠΕ, υβριδικών συστημάτων για νησιά και ενδυνάμωση του συμμετοχικού ρόλου των τοπικών κοινοτήτων - καταναλωτών.

Π.4: Εξασφάλιση της βιωσιμότητας και ρευστότητας του μηχανισμού παροχής λειτουργικής ενίσχυσης σε μονάδες παραγωγής ΑΠΕ και σε σταθμούς αποθήκευσης.

Π.5: Ανάπτυξη ενεργειακών δικτύων - Αποθήκευσης ενέργειας.

Π.6: Εξασφάλιση της ελάχιστης δυνατής συμμετοχής των ΑΠΕ στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στα κτίρια - Προσαρμογές στον κτιριοδομικό κανονισμό - Προώθηση του διαμοιρασμού ενέργειας.

Π.7: Προώθηση της εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε θέρμανση και ψύξη.

Π.8: Ενίσχυση καινοτόμων τεχνολογιών και σύνδεση των ενεργειακών τομέων με έμφαση στον εξηλεκτρισμό, για τη βέλτιστη αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Προβλεπόμενα Μέτρα Πολιτικής για την προώθηση των ΑΠΕ:

M.1: Διεξαγωγή ανταγωνιστικών διαδικασιών για την εμπορική χρήση ώριμων τεχνολογιών ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας.

M.2: Προώθηση νέων έργων ΑΠΕ χωρίς την ανάγκη δημόσιας χρηματοδότησης, μέσω συμμετοχής στην αγορά και σύναψης συμβάσεων για τη διασφάλιση της βιωσιμότητάς τους.

M.3: Επέκταση του καθεστώτος στήριξης με δυναμική προσαρμογή για νέες εγκαταστάσεις τεχνολογιών ΑΠΕ και συνδυασμό σταθμών ΑΠΕ με αποθήκευση ενέργειας.

M.4: Προώθηση της εγκατάστασης αυτόνομων συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και επέκταση του καθεστώτος στήριξης.

M.5: Ανάπτυξη και υποστήριξη καινοτόμων έργων - αιολικών πάρκων στη θάλασσα με υψηλή τοπική προστιθέμενη αξία.

M.6: Παροχή εγγυημένης ρευστότητας σε μονάδες ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας με βέλτιστη διαχείριση ροών.

M.7: Προώθηση περιβαλλοντικών αγορών με τη χρήση Εγγυήσεων Προέλευσης για την παραγωγή ΑΠΕ.

M.8: Εφαρμογή και ψηφιοποίηση του ανανεωμένου συστήματος αδειοδότησης.

M.9: Ενημέρωση, απλούστευση και βελτιστοποίηση του ειδικού χωροταξικού πλαισίου.

2.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

Η μετάβαση της χώρας μας, προς τη μείωση της εξάρτησής από τον άνθρακα και η προσαρμογή της οικονομίας, σε ένα νέο παραγωγικό και αναπτυξιακό πρότυπο αποτελεί διαδικασία αρκετά

πολύπλοκη. Ωστόσο, αυτή η μετάβαση είναι αρκετά υποσχόμενη για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και επενδύσεων. Η επίτευξη των φιλόδοξων στόχων που τίθενται στο ΕΣΕΚ επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του ΕΣΕΚ, υπολογίζεται ότι θα χρειαστούν περίπου 43 δισ. ευρώ σε πράσινες επενδύσεις έως το 2030, ένα ποσό απολύτως σημαντικό για την οικονομία της χώρας. Πέραν των προφανών περιβαλλοντικών αιτιολογιών, για την αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ έως 35% μέχρι το 2030, η αποχώρηση από τις λιγνιτικές μονάδες θεωρείται αναγκαία λόγω της αύξησης του κόστους παραγωγής και των σημαντικών οικονομικών ζημιών που παρουσιάζουν αυτές, ιδίως λόγω της αυξανόμενης αξίας των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην αγορά.

Κατά τη διαδικασία μετάβασης προς ενεργειακά συστήματα χαμηλών εκπομπών με τη χρήση ΑΠΕ, αντιμετωπίζονται πολλοί κρίσιμοι παράγοντες που απαιτούν εμπειριστατωμένη ανάλυση και σύνεση για την επίτευξη των προκαθορισμένων στόχων χωρίς αρνητικές επιπτώσεις. Ένα ουσιαστικό ζήτημα επικεντρώνεται στην διασφάλιση επαρκούς ισχύος και διαθεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας κατά την εκτέλεση της αποφάσεως να απομακρυνθεί η χρήση του λιγνίτη από το ενεργειακό σύστημα. Είναι κοινώς αναγνωρισμένο ότι η αυξημένη ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας εγείρει προκλήσεις όσον αφορά την εφοδιαστική αξιοπιστία. Παράλληλα, η απόσυρση της πετρελαϊκής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε νησιωτικές περιοχές ενδέχεται να προκαλέσει έλλειψη ενέργειας, ιδίως κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης, όπως οι περίοδοι τουριστικής κίνησης. Επομένως, η λήψη μέτρων, όπως επενδύσεις σε διασυνδέσεις, διαχείριση ζήτησης και ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, αποτελούν θεμελιώδεις παραμέτρους για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

Ένα επιπλέον εξαιρετικά σημαντικό ζήτημα, αφορά την προστασία των καταναλωτών από πιθανές αυξήσεις στις τιμές των ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών (Βασίλης Λυχνάρης, 2020). Σε αντίθετη περίπτωση, η αύξηση του κόστους ενέργειας είναι δυνατό να επηρεάσει αρνητικά σημαντικούς τομείς της οικονομίας, όπως το εμπόριο και ο τουρισμός, με πιθανές επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Επιπλέον, οι επιπτώσεις στα νοικοκυριά αποτελούν φλέγον ζήτημα, καθώς θα συντελέσουν στην επιδείνωση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων κινδύνων, στην ενεργειακή μετάβαση με την διεύδυση ΑΠΕ, είναι απαραίτητη η πρόβλεψη των δυνητικών επιπτώσεων στην οικονομία. Ένας σωστός σχεδιασμός του ενεργειακού τομέα και η ανάληψη δράσης για την αντιμετώπιση των προκλήσεων

είναι εξίσου σημαντικοί. Επίσης, οι περιοχές που οι κύριες οικονομικές δραστηριότητες βασίζονται στην εξόρυξη του λιγνίτη, όπως η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας και ο Δήμος Μεγαλόπολης, κινδυνεύουν με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις. Γι' αυτό χρήζει απαραίτητος ένας ολοκληρωμένο σχεδιασμός ενεργειακής μετάβασης (Βασίλης Λυχνάρης, 2020).

Ο στόχος για την ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας παρουσιάζει φιλόδοξες προκλήσεις. Επιδιώκεται η διερεύνηση νέων προοπτικών, όπως η υπεράκτια αιολική ενέργεια, η ενίσχυση μικρότερων τεχνολογιών όπως η γεωθερμία και η βιοενέργεια. Επιπλέον, αναγνωρίζεται η ανάγκη για μονάδες αποθήκευσης ενέργειας προκειμένου να μειωθεί η αβεβαιότητα στην παραγωγή ΑΠΕ σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Σημαντική είναι, επίσης, η ανάγκη για ενισχυμένες διασυνδέσεις και την αντιμετώπιση του τοπικού κορεσμού στα δίκτυα μεσαίας τάσης. Παράλληλα, η αναδιοργάνωση της αγοράς ισχύος απαιτεί σαφές πλαίσιο για την ενεργειακή δημοκρατία. Οι καταναλωτές, εκμεταλλεζόμενοι το "net metering" και συμμετέχοντας σε ενεργειακές κοινότητες, μπορούν να λειτουργήσουν ως "παραγωγοί-καταναλωτές" (prosumers), επωφελούμενοι από πολλαπλασιαστικά οφέλη (Βασίλης Λυχνάρης, 2020).

Εν συνόλω, η χώρα βρίσκεται σήμερα σε μια κρίσιμη καμπή, αντιμετωπίζοντας την πρόκληση της ενεργειακής μετάβασης, προς μια πιο βιώσιμη οικονομία. Αυτή η μετάβαση αναμένεται να έχει ευρύτατες επιπτώσεις, όχι μόνο στη δομή της ενεργειακής αγοράς τα επόμενα χρόνια, αλλά και να διαμορφώσει το πρόσωπο της εθνικής οικονομίας.

2.5 Η ΕΛΛΑΔΑ ΣΤΟ ΔΕΙΚΤΗ RECAI

Ο δείκτης Renewable Energy Country Attractiveness Index (RECAI) της EY (Ernst & Young) αξιολογεί τις 40 κορυφαίες οικονομίες παγκοσμίως, κατατάσσοντάς τις ως προς τον βαθμό ελκυστικότητας για επενδύσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ο κύριος δείκτης επικεντρώνεται στις μεγάλες οικονομίες, με τις μεγαλύτερες αγορές στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, γι' αυτόν το λόγο γίνονται σημαντικές προσπάθειες να αντισταθμιστεί αυτό, ώστε να υπάρχει μία πιο αντικειμενική εικόνα. Ο προσαρμοσμένος δείκτης ως προς το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) προσφέρει μία πιο ξεκάθαρη εικόνα της πραγματικότητας,

αντανακλώντας τις επιδόσεις των χωρών σε σχέση με το οικονομικό τους μέγεθος. Αυτή η πρακτική εφαρμόζεται για να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αντικειμενικότητα.³ Η Ελλάδα βρίσκεται στην τρίτη θέση στον δείκτη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της ΕΥ, λαμβάνοντας υπόψη, τις επιδόσεις των χωρών σε σχέση με το οικονομικό μέγεθός τους. Στην προηγούμενη έκδοση του RECAI, η Ελλάδα είχε επιτύχει την πρώτη θέση στον προσαρμοσμένο δείκτη συγκριτικά με το ΑΕΠ. Τη δεδομένη στιγμή, η Δανία κατέχει την εν λόγω θέση, με το Μαρόκο να την ακολουθεί στη δεύτερη θέση, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται στην τρίτη θέση του συγκεκριμένου δείκτη. Ο προσαρμοσμένος δείκτης που λαμβάνει υπόψη το ΑΕΠ, βοηθά να φανερωθούν φιλόδοξα σχέδια για τη μετάβαση προς την ενέργεια σε μικρότερες οικονομίες, δημιουργώντας προσεκτικά σχεδιασμένες λύσεις, που ελκύουν πιθανούς επενδυτές.⁴

Normalized ranking	Market	Previous ranking	Movement vs. previous	RECAI ranking
1	Denmark	3	▲	9
2	Morocco	2	●	25
3	Greece	1	▼	18
4	Australia	6	▲	5
5	Chile	5	●	16
6	Ireland	7	▲	12
7	Portugal	10	▲	22
8	Netherlands	14	▲	10
9	Finland	9	●	20
10	France	11	▲	4
11	Spain	13	▲	8
12	Jordan	4	▼	45
13	Germany	8	▼	2
14	Poland	17	▲	15
15	Sweden	19	▲	17
16	India	16	●	6
17	UK	12	▼	7
18	Israel	15	▼	23
19	Kazakhstan	18	▼	36
20	Belgium	22	▲	21

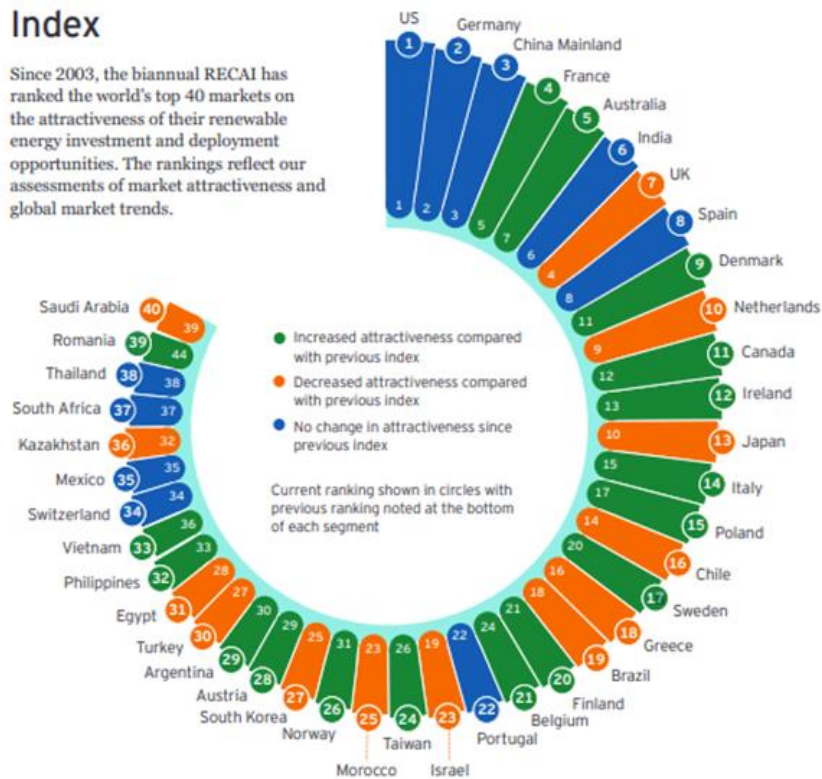
Normalized ranking	Market	Previous ranking	Movement vs. previous	RECAI ranking
21	Canada	21	●	11
22	Honduras	23	▲	58
23	Norway	25	▲	26
24	Austria	26	▲	28
25	Taiwan	28	▲	24
26	Egypt	20	▼	31
27	Italy	31	▲	14
28	Vietnam	36	▲	33
29	Philippines	24	▼	32
30	US	30	●	1
31	Tunisia	29	▼	55
32	Dominican Republic	35	▲	46
33	Argentina	33	●	29
34	China Mainland	34	●	3
35	Romania	47	▲	39
36	Kenya	27	▼	48
37	Bulgaria	41	▲	50
38	Panama	39	▲	54
39	Peru	40	▲	41
40	South Africa	32	▼	37

Εικόνα 3. Προσαρμοσμένη Κατάταξη ως προς ΑΕΠ, Πηγή: ey.com/recai.

³ ΑΠΕ-ΜΠΕΑΕ

⁴ ey.com/recai

Παράλληλα, η Ελλάδα διατηρεί τη θέση της στους πρώτους 20 παγκοσμίως στον Γενικό Δείκτη, βρίσκοντας την, στην 18η θέση. Σύμφωνα με την έκθεση που συνοδεύει τον δείκτη RECAI, υπογραμμίζεται ότι η χώρα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο προς την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για τα έτη 2030 και 2050. Πρόσφατα ξεπέρασε τα 11GW εγκατεστημένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με 1,7 GW πράσινου υδρογόνου ηλεκτρολύτες υπό σχεδιασμό.⁵



Εικόνα 4. RECAI 62, Πηγή: ey.com/recai.

2.6 ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα, παρά τους ελπιδοφόρους φυσικούς πόρους της, αντιμετωπίζει μια σειρά εμποδίων και προκλήσεων για την πλήρη αξιοποίηση του δυναμικού της, στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών

⁵ ey.com/recai

ενέργειας. Από γραφειοκρατικά εμπόδια και ρυθμιστικές πολυπλοκότητες έως οικονομικούς περιορισμούς και προκλήσεις διακυμάνσεων, η πλοήγηση στο τοπίο της ανάπτυξης ανανεώσιμων ενεργειών στην Ελλάδα παρουσιάζει πολυδιάστατα εμπόδια. Η κατανόηση αυτών των εμποδίων είναι ουσιώδης για τη διαμόρφωση αποτελεσματικών πολιτικών και πρωτοβουλιών που μπορούν να ξεκλειδώσουν το μέλλον της ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα, προωθώντας την οικονομική ανάπτυξη, την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την ενεργειακή ανεξαρτησία. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια εμπόδια και ουσιώδη στοιχεία που επηρεάζουν την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Ελλάδα.

- **Αρνητική στάση από τις τοπικές κοινότητες προς την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ.**

Η αντίσταση των τοπικών κοινοτήτων έναντι της κατασκευής αιολικών πάρκων και εγκαταστάσεων βιομάζας/βιοαερίου αποτελεί ένα προβληματικό φαινόμενο που έχει εντονωθεί στις τελευταίες δεκαετίες. Εν γένει, η συγκεκριμένη αντίσταση αντικατοπτρίζει την έλλειψη ενημερωμένου Χωρικού Σχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τα επιχειρήματα που προβάλλονται από τις τοπικές κοινότητες επικεντρώνονται στην ανάγκη προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, η παρατηρούμενη απόρριψη αιολικών έργων από τις περιφερειακές διοικήσεις, αποτυπώνει την επίδραση της τοπικής γνώμης στη λήψη αποφάσεων. Αυτό εγείρει σημαντικά ζητήματα σχετικά με την ισορροπία μεταξύ των τοπικών ανησυχιών και των εθνικών ή παγκόσμιων συμφερόντων, στον τομέα της ενέργειας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

- **Διοικητικά εμπόδια στη διαδικασία αδειοδότησης.**

Η διαδικασία αδειοδότησης έργων ΑΠΕ στη χώρα μας, αντιμετωπίζει πολλά διοικητικά εμπόδια, που επηρεάζουν την έγκαιρη ολοκλήρωσή της, ιδίως για επίγεια φωτοβολταϊκά. Τα μικρά έργα, όπως τα φωτοβολταϊκά κάτω του 1ΜW, έχουν ταχύτερη διαδικασία άδειας, που οδηγεί σε πιθανές επικαλύψεις μεγαλύτερων έργων που απαιτούν περισσότερες άδειες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις για τα μεγαλύτερα έργα που έχουν ήδη επενδύσει σημαντικά ποσά στην πρώτη φάση, όπως αμοιβές ΡΑΕ, εγγυήσεις, και μελέτες. Οι επενδυτές βρίσκονται σε δύσκολη θέση όταν

δεν μπορούν να προχωρήσουν στην επόμενη φάση της αδειοδότησης παρά τις επενδύσεις που έχουν ήδη πραγματοποιήσει.

- **Η πρόκληση της συμφόρησης του δικτύου.**

Η έλλειψη οράματος όσον αφορά τις εθνικές και διεθνείς διασυνδέσεις αποτελεί σημαντική πρόκληση. Αυτό μπορεί να απειλήσει τη σύνδεση νέων ΑΠΕ στο μέλλον. Χωρίς μια ολοκληρωμένη και φιλόδοξη στρατηγική ανάπτυξης του δικτύου, οι ελληνικές περιφέρειες κινδυνεύουν να υποφέρουν από συμφόρηση. Ωστόσο, από το 2020, η κατάσταση βελτιώνεται. Οι διασυνδέσεις και οι εργασίες ενίσχυσης του δικτύου προχωρούν, ενώ το Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής προβλέπει περαιτέρω διασυνδέσεις. Παρόλα αυτά, η πρόκληση είναι πώς θα διαχειριστεί η αύξηση των αιτήσεων σύνδεσης στο δίκτυο, καθώς ο ηλεκτρικός χώρος είναι περιορισμένος. Μόνο μεγάλες εταιρείες μπορούν να επενδύσουν τα απαιτούμενα κεφάλαια για την ενίσχυση του δικτύου.

- **Καθυστερημένη διαχείριση αιτημάτων σύνδεσης από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ).**

Η αναπτυξιακή πρόοδος των αιολικών και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα λόγω καθυστερήσεων στη διαχείριση αιτημάτων σύνδεσης στο δίκτυο από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας της Ελλάδος. Οι καθυστερήσεις αυτές, επηρεάζουν την επίτευξη των εν λόγω έργων, ενώ η αβεβαιότητα στη διαδικασία άδειας σύνδεσης στο δίκτυο καθιστά τον συνολικό χρόνο αναμονής απροσδιόριστο. Το πρόβλημα επιδεινώνεται από τον ρυθμό αύξησης των αιτημάτων σύνδεσης, δημιουργώντας περαιτέρω φραγμούς στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ

Ως χρονοσειρά (time series) ορίζεται ένα σύνολο δεδομένων, τα οποία καταγράφονται, κατά τη διάρκεια διαδοχικών χρονικών περιόδων. Αυτά τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν τις τιμές μιας μεταβλητής στο πέρασμα του χρόνου, οργανωμένες με βάση τη χρονική τους σειρά. Το κύριο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τα δεδομένα χρονοσειρών από άλλα, είναι η δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης των μεταβλητών κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η επιτυχημένη ανάλυση των χρονοσειρών, συνήθως απαιτεί ένα μεγάλο όγκο δεδομένων, για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα χρονοσειρών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις, βασιζόμενες σε ιστορικά δεδομένα, βοηθώντας στον προγραμματισμό και στην προβλεψιμότητα μελλοντικών εξελίξεων.

Τα δεδομένα χρονοσειρών αποτελούνται από διάφορες συνιστώσες που χαρακτηρίζουν τα πρότυπα και τη συμπεριφορά των δεδομένων με την πάροδο του χρόνου. Αναλύοντας αυτές τις συνιστώσες, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη δυναμική της χρονοσειράς και να δημιουργήσουμε πιο ακριβή μοντέλα. Τέσσερα κύρια στοιχεία που συνθέτουν ένα σύνολο δεδομένων χρονοσειρών είναι τα εξής:

Τάσεις (Trends): Οι τάσεις δείχνουν τη γενική κατεύθυνση των δεδομένων και αν αυτά αυξάνονται, μειώνονται ή παραμένουν στάσιμα για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο. Οι τάσεις δείχνουν τη μακροπρόθεσμη κίνηση των δεδομένων και μπορούν να αποκαλύψουν τη συνολική ανάπτυξη ή μείωση.

Εποχικότητα (Seasonality): Η εποχικότητα αναφέρεται σε προβλέψιμα μοτίβα που επαναλαμβάνονται τακτικά, όπως οι ετήσιες αιχμές λιανικού εμπορίου κατά την περίοδο των διακοπών. Τα εποχικά στοιχεία παρουσιάζουν διακυμάνσεις σταθερές ως προς τον χρόνο, την κατεύθυνση και το μέγεθος.

Κύκλοι (Cycles): Οι κύκλοι παρουσιάζουν διακυμάνσεις που δεν έχουν σταθερή περίοδο. Αυτά τα μακροπρόθεσμα μοτίβα διαρκούν περισσότερο από ένα έτος και δεν έχουν σταθερό εύρος ή διάρκεια.

Θόρυβος (Noise): Ο θόρυβος περιλαμβάνει την εναπομένουσα μεταβλητότητα των δεδομένων που δεν μπορούν να εξηγήσουν οι άλλες συνιστώσες. Ο θόρυβος περιλαμβάνει απρόβλεπτες, ακανόνιστες αποκλίσεις μετά τη συνεκτίμηση των τάσεων, της εποχικότητας και των κύκλων.

Στα βασικά χαρακτηριστικά μιας χρονοσειράς είναι η **στασιμότητα** (Stationarity). Οι τιμές μιας χρονοσειράς δεν αλλάζουν συνολικά με το πέρασμα του χρόνου. Σε διαφορετική περίπτωση, μια μη-σταθερή χρονοσειρά μπορεί να εμφανίζει τάσεις (trends), περιοδικότητα (periodicity), δηλαδή να επαναλαμβάνει μοτίβα και τάσεις σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που σχετίζονται με φυσικές εποχές του έτους (seasonality). Επιπλέον, μια χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηριστεί από **στοχαστικότητα** (stochasticity) και **αιτιοκρατία** (determinism). Όλες οι χρονοσειρές που προέρχονται από πραγματικά φαινόμενα φέρουν θόρυβο. Συνεπώς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι όλες οι πραγματικές χρονοσειρές είναι στοχαστικές. Η πρόκληση στην ανάλυσή τους είναι να εντοπιστεί ή να αναγνωριστεί το αιτιοκρατικό μέρος του συστήματος που παράγει τη χρονοσειρά. Όταν το σημείο αυτό είναι δύσκολο να αναγνωριστεί λόγω του θορύβου ή γενικότερα δεν έχει σημαντική επίδραση στην πορεία της χρονοσειράς, τότε θεωρούμε ότι το σύστημα είναι στοχαστικό και περιοριζόμαστε σε μια στατιστική προσέγγιση. Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό μιας χρονοσειράς, που αξίζει να σημειωθεί, είναι η **γραμμικότητα** (linearity) και η **μη-γραμμικότητα** (nonlinearity). Η γραμμικότητα ενός συστήματος υποδηλώνει ότι οι μεταβλητές του συστήματος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με γραμμικό τρόπο. Αν το σύστημα δεν ακολουθεί αυτό το χαρακτηριστικό, τότε θεωρείται μη γραμμικό. Για μια χρονοσειρά, η γραμμικότητα σημαίνει ότι η εξέλιξή της ορίζεται ως γραμμικός συνδυασμός προηγούμενων παρατηρήσεων, ενώ σε μη γραμμικά συστήματα μπορεί να απαιτείται περισσότερη λεπτομερής ανάλυση που λαμβάνει υπόψη την συνδυασμένη επίδραση των παρατηρήσεων σε διαφορετικά χρονικά σημεία.

3.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ARIMA

Ο αυτοπαλινδρομικός ολοκληρωμένος κινητός μέσος όρος, γνωστός και ως ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), είναι ένα στατιστικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση χρονοσειρών δεδομένων, με σκοπό την κατανόηση των δεδομένων ή την πρόβλεψη μελλοντικών τάσεων. Ένα στατιστικό μοντέλο θεωρείται αυτοπαλινδρομικό, όταν

πραγματοποιεί προβλέψεις για μελλοντικές τιμές, βάσει των παλαιότερων. Το ARIMA συνδυάζει τρεις βασικές παραμέτρους: **Autoregression (AR)**, **Integrated (I)** και **Moving Average (MA)**.

Η Αυτοπαλινδρόμηση (AR) αναφέρεται σε ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί τις προηγούμενες τιμές της μεταβλητής για να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές της. Η Ολοκλήρωση (I) εκφράζει τη διαφοροποίηση των ακατέργαστων παρατηρήσεων, για να επιτρέψει στη χρονοσειρά να γίνει στάσιμη. Ο κινητός μέσος όρος (MA) λαμβάνει υπόψη τη σχέση μεταξύ μιας παρατήρησης και του υπολειπόμενου σφάλματος, από προηγούμενα μοντέλα κινητού μέσου όρου.

Οι συνιστώσες στο ARIMA λειτουργούν ως παράμετροι με τυποποιημένο συμβολισμό. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου μοντέλου, χρησιμοποιείται η συμβολοσειρά ARIMA (p, d, q), όπου τα p, d και q αποτελούν ακέραιες τιμές που περιγράφουν τον τύπο του μοντέλου. Το p αποτελεί την τάξη υστέρησης, δηλαδή τον αριθμό των υστερημένων παρατηρήσεων στο μοντέλο, το d είναι ο βαθμός διαφοροποίησης, δηλαδή ο αριθμός των διαφορών των ακατέργαστων παρατηρήσεων και το q αποτελεί την τάξη του κινητού μέσου όρου, δηλαδή το μέγεθος του παραθύρου του.

Εν γένει, το μοντέλο είναι εξαιρετικά σημαντικό, καθώς προσφέρει ένα ισχυρό πλαίσιο για την ανάλυση και την πρόβλεψη δεδομένων χρονοσειρών, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη αποφάσεων σε πολλούς τομείς.

3.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η ανάλυση των προβλέψεων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του μοντέλου ARIMA, μέσω του προγράμματος Statgraphics. Η ARIMA είναι μια μέθοδος πρόβλεψης μελλοντικών αποτελεσμάτων με βάση μια ιστορική χρονοσειρά. Βασίζεται στην ιδέα της στατιστικής συσχέτισης μεταξύ διαδοχικών παρατηρήσεων, όπου οι προηγούμενες τιμές επηρεάζουν τις μελλοντικές. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται παρακάτω, αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, από το σύνολο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), στον ελληνικό χώρο. Τα εν λόγω δεδομένα συγκεντρώθηκαν ανά μήνα για την περίοδο, από τον Ιανουάριο του 2015 έως το Δεκέμβριο του 2023. Οι πληροφορίες προέρχονται από τα Μηνιαία Δελτία Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ του Διαχειριστικού Αρχείου Παραγωγής

Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ (ΔΑΠΕΕΠ). Οι παρακάτω πίνακες παρέχουν στατιστικά στοιχεία αναφορικά με την παραγόμενη ενέργεια και την εγκατεστημένη ισχύ των ΑΠΕ κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου.

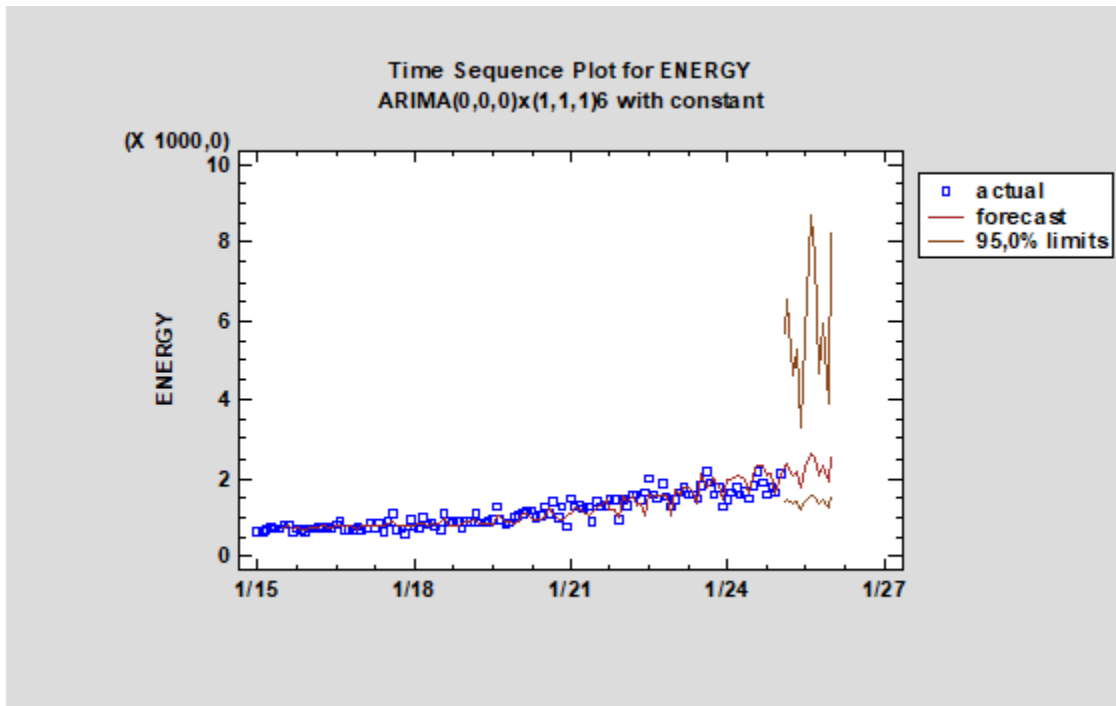
2015	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2016	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	645	4391	Ιανουάριος	703	4.577
Φεβρουάριος	649	4398	Φεβρουάριος	721	4.577
Μάρτιος	684	4398	Μάρτιος	777	4.576
Απρίλιος	757	4454	Απρίλιος	735	4.576
Μάιος	704	4477	Μάιος	751	4.576
Ιούνιος	703	4491	Ιούνιος	734	4.680
Ιούλιος	823	4507	Ιούλιος	828	4.684
Αύγουστος	834	4507	Αύγουστος	891	4.702
Σεπτέμβριος	646	4508	Σεπτέμβριος	682	4.702
Οκτώβριος	712	4528	Οκτώβριος	665	4.710
Νοέμβριος	675	4515	Νοέμβριος	685	4.768
Δεκέμβριος	615	4507	Δεκέμβριος	767	4.772
2017	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2018	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	665	4.778	Ιανουάριος	781	5.059
Φεβρουάριος	720	4.780	Φεβρουάριος	731	5.063
Μάρτιος	866	4.787	Μάρτιος	997	5.065
Απρίλιος	711	4.830	Απρίλιος	814	5.086
Μάιος	850	4.863	Μάιος	844	5.158
Ιούνιος	620	4.863	Ιούνιος	782	5.213
Ιούλιος	890	4.864	Ιούλιος	691	5.244
Αύγουστος	1.069	4.864	Αύγουστος	1.067	5.246
Σεπτέμβριος	686	4.954	Σεπτέμβριος	909	5.246

Οκτώβριος	746	5.038	Οκτώβριος	860	5.286
Νοέμβριος	608	5.038	Νοέμβριος	900	5.369
Δεκέμβριος	929	5.059	Δεκέμβριος	746	5.394
2019	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2020	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	900	5.479	Ιανουάριος	1.040	6.392
Φεβρουάριος	926	5.509	Φεβρουάριος	1.093	6.537
Μάρτιος	1.063	5.525	Μάρτιος	1.179	6.555
Απρίλιος	856	5.571	Απρίλιος	1.184	6.626
Μάιος	859	5.596	Μάιος	1.011	6.674
Ιούνιος	921	5.736	Ιούνιος	1.025	6.747
Ιούλιος	939	5.765	Ιούλιος	1.266	6.868
Αύγουστος	1.264	5.858	Αύγουστος	1.076	6.940
Σεπτέμβριος	941	5.959	Σεπτέμβριος	1.402	7.031
Οκτώβριος	823	6.087	Οκτώβριος	1.010	7.148
Νοέμβριος	844	6.251	Νοέμβριος	1.254	7.234
Δεκέμβριος	988	6.305	Δεκέμβριος	767	4.772
2021	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	2022	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	1.510	7.421	Ιανουάριος	1.431	8.525
Φεβρουάριος	1.247	7.524	Φεβρουάριος	1.308	8.630
Μάρτιος	1.291	7.524	Μάρτιος	1.570	8.710
Απρίλιος	1.239	7.613	Απρίλιος	1.577	8.976
Μάιος	1.263	7.707	Μάιος	1.430	9.184
Ιούνιος	910	7.818	Ιούνιος	1.615	9.303
Ιούλιος	1.379	7.906	Ιούλιος	1.999	9.425
Αύγουστος	1.270	7.963	Αύγουστος	1.588	1.511
Σεπτέμβριος	1.297	8.094	Σεπτέμβριος	1.506	9.588
Οκτώβριος	1.467	8.146	Οκτώβριος	1.842	9.676
Νοέμβριος	1.432	8.381	Νοέμβριος	1.548	9.850

Δεκέμβριος	929	5.059	Δεκέμβριος	1.264	10.053
2023	Ενέργεια (GWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)			
Ιανουάριος	1.460	10.115			
Φεβρουάριος	1.603	10.192			
Μάρτιος	1.776	10.321			
Απρίλιος	1.559	10.388			
Μάιος	1.569	10.537			
Ιούνιος	1493	10.813			
Ιούλιος	1.798	10.927			
Αύγουστος	2.149	11.198			
Σεπτέμβριος	1.887	11.296			
Οκτώβριος	1.576	11.433			
Νοέμβριος	1.756	11.592			
Δεκέμβριος	1.264	11.744			

Πίνακας. Παραγόμενη Ενέργεια και Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ.

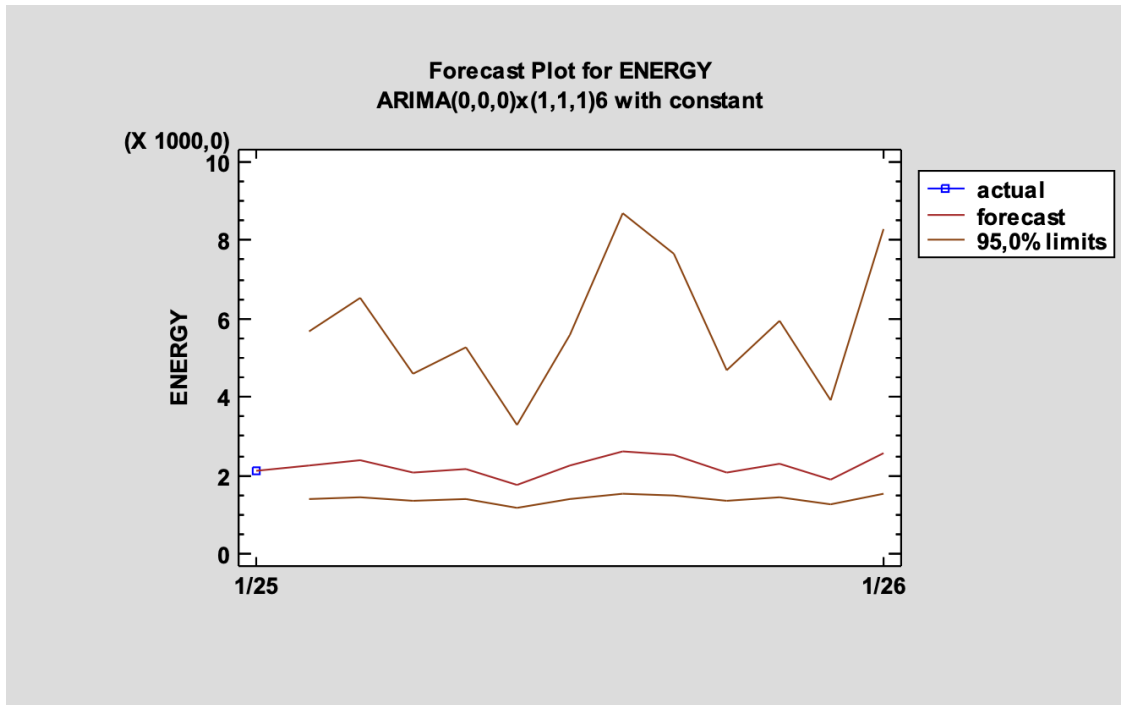
Βάσει των ανωτέρω δεδομένων παρατίθενται κάτωθι η ανάλυση, οι παρατηρήσεις και τα συμπερασματικά σχόλια που αφορούν περίοδο προβλέψεων ενός έτους (Forecasting Period 1/25-1/26). Οι πίνακες που ακολουθούν προκύπτουν από την ανάλυση δεδομένων ARIMA (0,0,0)x(1,1,1), ενώ τέλος παρατίθενται σχόλια που αφορούν τη μελέτη του εκάστοτε πίνακα.



Εικόνα 5. Time Sequence Plot for ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.

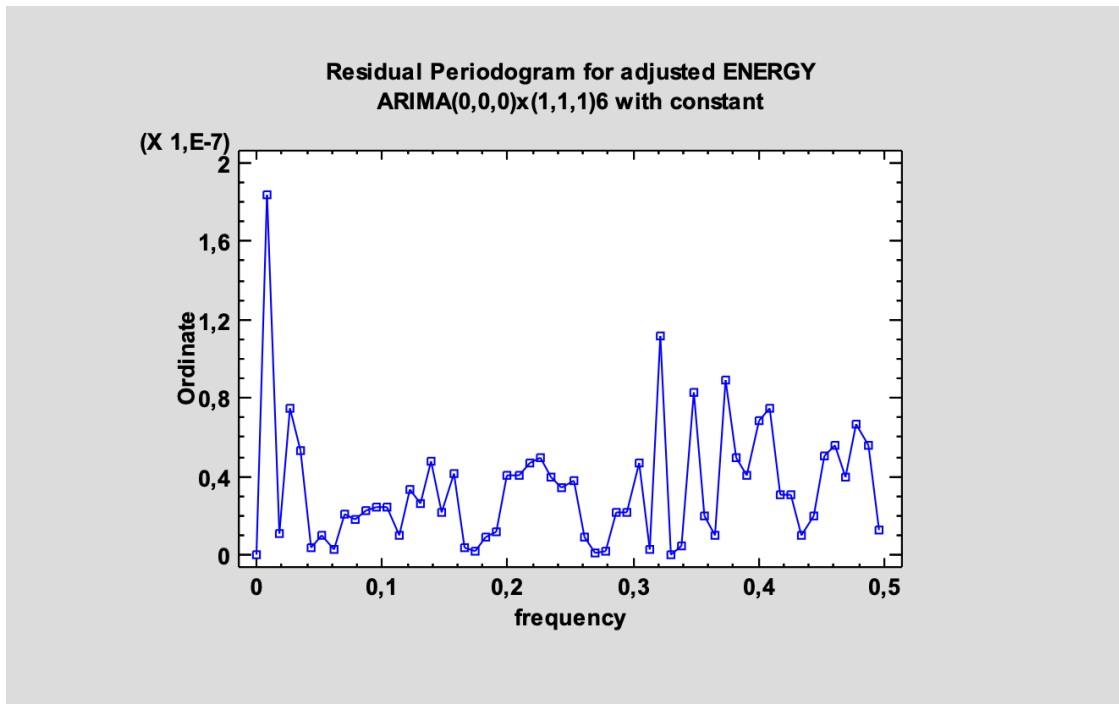
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται οι παρατηρούμενες και προβλεπόμενες τιμές της παραγόμενης ενέργειας για την ελληνική επικράτεια. Στο διάγραμμα περιλαμβάνονται επίσης τα όρια πρόβλεψης 95,0% για τις προβλέψεις. Αυτά τα όρια απεικονίζουν πού είναι πιθανό να βρίσκεται η πραγματική τιμή της ενέργειας, σε οποιοδήποτε σημείο στο μέλλον με εμπιστοσύνη 95,0%.

Πιο συγκεκριμένα, απεικονίζεται μια σταθερή και σταδιακή αύξηση της ενέργειας από τον Ιανουάριο του 2015 έως τον Ιανουάριο του 2018, ακολουθούμενη από μια ξαφνική αύξηση που κορυφώνεται μέχρι το Δεκέμβριο του 2023. Η διαγραμματική ανάλυση περιλαμβάνει επίσης προβλέψεις για τα επόμενα έτη με υψηλή πιθανότητα σε όμοια όρια εμπιστοσύνης (95,0%), υποδεικνύοντας μια σημαντική αύξηση της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στο μέλλον.



Εικόνα 6. Forecast Plot for ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.

Το εν λόγω διάγραμμα παρουσιάζει τις προβλεπόμενες τιμές της ενέργειας. Στο διάγραμμα περιλαμβάνονται επίσης τα όρια πρόβλεψης 95,0% για τις προβλέψεις. Αυτά τα όρια αναδεικνύουν πού είναι πιθανό να βρίσκεται η πραγματική τιμή της ενέργειας σε οποιοδήποτε σημείο στο μέλλον με περιθώριο εμπιστοσύνης 95,0%. Αναλυτικότερα, παρατηρείται μείωση στην παραγωγή ενέργειας, ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο, η μείωση αυτή μεταστρέφεται σε μια αξιοσημείωτη αύξηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του 2025, με σημαντική αύξηση των επιπέδων ειδικότερα το μήνα Αύγουστο.



Εικόνα 7. Residual Periodogram for adjusted ENERGY. Πηγή: Μοντέλο Προβλέψεων ARIMA, StatGraphics.

Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τις τακτικές του περιοδογράμματος για τα κατάλοιπα τιμών. Χρησιμοποιείται συχνά για τον εντοπισμό κύκλων σταθερής συχνότητας στα προς ανάλυση δεδομένα. Το περιοδόγραμμα κατασκευάζεται με την προσαρμογή μιας σειράς ημιτονοειδών συναρτήσεων σε κάθε μία από τις 58 συχνότητες. Οι τακτικές είναι ίσες με τα τετραγωνικά πλάτη των ημιτονοειδών συναρτήσεων. Το περιοδόγραμμα μπορεί να θεωρηθεί ως μια ανάλυση διακύμανσης ανά συχνότητα, δεδομένου ότι το άθροισμα των κανονικών τετραγώνων ισούται με το συνολικό άθροισμα των τετραγώνων σε έναν πίνακα ANOVA. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζεται η διακύμανση της παραγόμενης ενέργειας στο διάγραμμα, με ορισμένα σημεία να ξεπερνούν εκθετικά αυξανόμενα το μέσο όρο παραγωγής και να πλησιάζουν σε ακραίες - οριακές τιμές. Η πορεία παρατηρείται σχετικά σταθερή, επιβεβαιώνοντας την παρουσία κύκλων σταθερής συχνότητας στα παρατηρούμενα δεδομένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη σύγχρονη οικονομική, κοινωνική και πολιτισμική πραγματικότητα, η έννοια της ενέργειας, της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και της διάθησης της συστημικής συνέργειας “ανθρώπου”, “οικονομίας” και “περιβάλλοντος”, αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο ανάπτυξης παγκοσμίως. Πέρα από τις συμβατικές μορφές ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο παγκοσμίως όσο και στην Ελλάδα, το κίνημα χρήσης και “εκμετάλλευσης” εναλλακτικών μορφών ενέργειας φαίνεται να είναι πιο ενισχυμένο από ποτέ. Ο ορισμός των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας εμπλουτίζεται και επαναπροσδιορίζεται συνεχώς, με τα θεμέλια της να εντοπίζονται στη μοναδική ανεξάντλητη πηγή φυσικού πλούτου, το περιβάλλον.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αριθμούν έξι διαφορετικά είδη ενέργειας, τα οποία σωρευτικά περικλείουν την έννοια των ΑΠΕ. Ειδικότερα οι κατηγορίες αυτές, όπως παρουσιάζονται και αναλύονται στο πρώτο κεφάλαιο, είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η ενέργεια της θάλασσας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετήθηκε η εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, πιο συγκεκριμένα στον ελλαδικό χώρο. Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει ενσωματώσει στην εθνική της νομοθεσία, σύγχρονες οδηγίες για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκδηλώνοντας τη δέσμευσή της στην προώθηση της βιώσιμης ενέργειας και της περιβαλλοντικής αειφορίας. Παράλληλα, η χώρα συμμετέχει ενεργά σε διεθνείς πρωτοβουλίες που αφορούν καίρια ζητήματα της παγκόσμιας ενεργειακής ιστορίας, υιοθετώντας θέσεις που προωθούν την ενεργειακή ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, αντιμετωπίζονται σημαντικές προκλήσεις, όπως η ανάγκη για σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογίες, καθώς και η αντίσταση στους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Η σημασία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ως κινητήρια δύναμη για τη μελλοντική οικονομική ανάπτυξη και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι αδιαμφισβήτητη. Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας απαιτεί συνεχείς προσπάθειες και επενδύσεις σε τεχνολογίες και υποδομές, καθώς και στήριξη από τον νομοθετικό και ρυθμιστικό τομέα.

Εν κατακλείδι, η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την πρακτική αποτύπωση – μελέτη δεδομένων / παρατηρήσεων / στοιχείων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για

την ελλαδική επικράτεια, τη χρονική περίοδο των ετών 2015 έως σήμερα. Η ανάλυση που αποτυπώνεται στο κεφάλαιο τρία παρέχει πλούσια και χρήσιμα συμπεράσματα για τις προβλέψεις δυναμικής των ΑΠΕ στη χώρα, πορίσματα που διαφαίνονται μέσω της χρήσης του στατιστικού προγράμματος Statgraphics και ειδικότερα του μοντέλου Arima για στατιστικές προβλέψεις (Forecasting). Η ενδελεχής παρατήρηση, των εν λόγω πινάκων και του προβλεπτικού μοντέλου κάνουν ξεκάθαρη την ανοδική και εκθετικά αυξανόμενη πορεία των ΑΠΕ, δεδομένων των διακυμάνσεων, της εποχικότητας και των κύκλων σταθερής συχνότητας των παρατηρούμενων δεδομένων.

Οι περιορισμοί της ποσοτικής έρευνας, ως γίνονται αντιληπτοί, αποτελούν έναυσμα για μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις και πρακτικά πεδία μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Nadarajah Kannan et al. (2016) Solar Energy for future world: - A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews. Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301320>

Bullard E.C., (1965), "Historical introduction to terrestrial heat flow", in: Lee W.H.K., Terrestrial Heat Flow, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 8, pp.1-6.

Lubimova E.A., (1968), "Thermal history of the Earth", in: The Earth's Crust and Upper Mantle, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 13, pp. 63-77.

Armstead H.C.H., (1983), "Geothermal Energy", E. & F. N. Spon, London, pp. 404

A review of Geothermal Energy Resources, development, and applications in China: Current status and prospects. Available at:

https://www.researchgate.net/publication/284009809_A_review_of_geothermal_energy_resources_development_and_applications_in_China_Current_status_and_prospects

Bent Sørensen a * et al. (2003) A history of renewable energy technology, Energy Policy. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030142159190072V>

D.O. Hall et al. (2003) Biomass Energy, Energy Policy. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030142159190042M>

Dimitris Manolopoulos a et al. (2016) The evolution of renewable energy sources in the electricity sector of Greece, International Journal of Hydrogen Energy. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915316633>

Enrico Barbier et al. (2002) Geothermal Energy Technology and current status: An overview, Renewable and Sustainable Energy Reviews. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032102000023>

- Jianqin Zheng a 1 et al. (2022) A hybrid framework for forecasting power generation of multiple renewable energy sources, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122009273>
- John K. Kaldellis et al. (2011) The Wind Energy (r)evolution: A short review of a long history, *Renewable Energy*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111000085#bib5>
- Ånund Killingtveit (2020) *Hydroelectric Power, Future Energy (Third Edition)*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081028865000153>
- Tze-Zhang Ang a et al. (2022) A comprehensive study of renewable energy sources: Classifications, challenges and suggestions, *Energy Strategy Reviews*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2200133X>
- John Twidell, Tony Weir (2015) *Renewable Energy Resources (Third edition)*, Routledge
- Loumakis, S.; Giannini, E.; Maroulis, Z. (2019) Renewable Energy Sources Penetration in Greece: Characteristics and Seasonal Variation of the Electricity Demand Share Covering. *Energies* , 12, 2441. <https://doi.org/10.3390/en12122441>
- Hayes, A. Autoregressive integrated moving average (ARIMA) prediction model, Investopedia. Available at: <https://www.investopedia.com/terms/a/autoregressive-integrated-moving-average-arima.asp>
- EY (2023) Renewable Energy Country Attractiveness Index, 62 Edition, RECAI Available at: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-62-v9-final.pdf

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καραμάνης, Δ. (2022). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://dx.doi.org/10.57713/kallipos-45>

Τσαουσιδής, Τ. (2021) Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (Ερευνητική Εργασία, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

Δρ. Κρητικός Α. (2010) Ανεμογεννήτριες και Φωτοβολταϊκά, 1^η έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Πασσιάς Η. (2019) Υδροηλεκτρική Ενέργεια, (Πτυχιακή Εργασία, Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Λυχνάρας Β. (2020). Οικονομικές Εξελίξεις, Προοπτικές της ενεργειακής μετάβασης της Ελλάδας προς μία οικονομία χαμηλής έντασης άνθρακα, ΚΕΠΕ, Οικονομικές Εξελίξεις, τεύχος 42, 2020, σσ. 60-65

ΑΠΕ-ΜΠΕ (2023) Η Ελλάδα στην πρώτη τριάδα του προσαρμοσμένου δείκτη ελκυστικότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προσπελάσιμο στις 28/04/2024, <https://www.amna.gr/home/article/786006/I-Ellada-stin-proti-triada-tou-prosarmosmenou-deikti-elkustikotitas-ananeosimon-pigon-energeias>

Φυτίκας Μ. , Παπαχρήστου Μ. (2015) Τι Είναι η Γεωθερμική Ενέργεια; , Α.Π.Θ. - Τμήμα Γεωλογίας (μτφ. Dickson M, Fanelli M., International Geothermal Association)

Ματαφτσή Π. (2020) Γεωθερμικές Πηγές Ενέργειας: Βασικοί ορισμοί & ζητήματα χωροθέτησης, (Ερευνητική Εργασία, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

Doulos I. (2019) Η Εξέλιξη του Τομέα των ΑΠΕ στην Ελλάδα και οι Προκλήσεις του Νέου Καθεστώτος Στήριξης, Jour

Χασιρτζόγλου Μ. (2020) Ανάλυση και Πρόβλεψη Χρονοσειρών με Μοντέλα Αrima και Εφαρμογές, (Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο)

Κουγιουμτζής Δ. (2011) Χρονοσειρές, Σημειώσεις “Ανάλυση Δεδομένων” Κεφάλαιο 6, <https://users.auth.gr/dkugiu/Teach/DataAnalysis/Chp6.pdf>

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://ypen.gov.gr/energeia/ape/nomothesia/ethniko-plaisio/>

<http://www.cres.gr/cres/index.html>

<https://www.rae.gr/>

<https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/viomaza-viorefsta-vioaerio/>

<https://www.energy.gov/eere/water/history-hydropower>

<https://www.iea.org/reports/greece-2023>

https://commission.europa.eu/index_en (ΥΠΕΝ_ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΣΕΚ_231219)

<https://www.sigmacomputing.com/resources/learn/what-is-time-series-analysis>

<https://www.naftemporiki.gr/afieromata/1006981/i-exelixi-tou-tomea-ton-ape-stin-ellada-kai-oi-prokliseis-tou-neou-kathestotos-stirixis/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Forecasting - ENERGY

Data variable: ENERGY (GWh)

Number of observations = 121

Start index = 1/15

Sampling interval = 1,0 month(s)

Length of seasonality = 6

Forecast Summary

Math adjustment: Reciprocal

Seasonal differencing of order: 1

Forecast model selected: ARIMA(0,0,0)x(1,1,1)₆ 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	195,566	
MAE	140,469	
MAPE	11,4657	
ME	-8,43799	
MPE	-1,08363	

ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
SAR(1)	-0,442053	0,106239	-4,16092	0,000062
SMA(1)	0,549588	0,101096	5,43629	0,000000
Mean	-0,0000490929	0,00000442118	-11,104	0,000000
Constant	-0,0000707945			

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 1,81476E-8 with 112 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 0,000134713

Number of iterations: 4

The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of ENERGY. 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 has been adjusted in the following way before the model was fit:

(1) A reciprocal transformation was applied.(2) Seasonal differences of order 1 were taken.

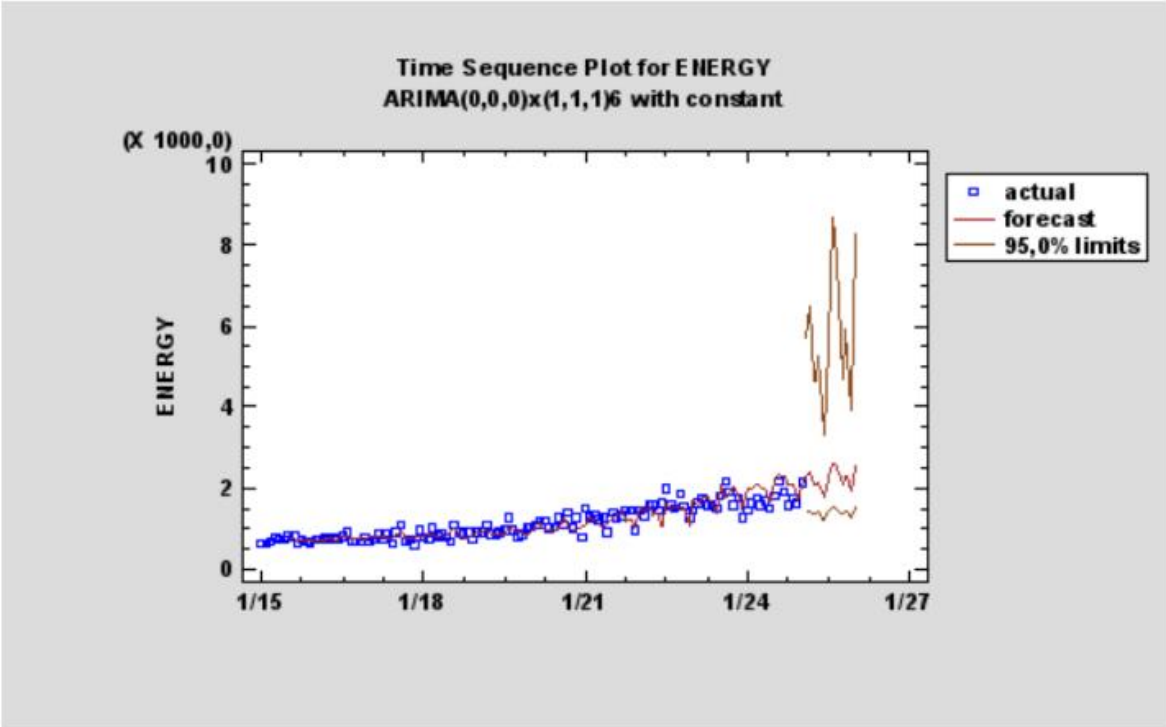
You can select a different forecasting model by pressing the alternate mouse button and selecting Analysis Options.

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 SAR(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(1) term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The P-value for the constant term is less than 0,05, so it is significantly different from 0. The estimated standard deviation of the input white noise equals 0,000134713.

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

Forecast Table for ENERGY

Model: ARIMA(0,0,0)x(1,1,1)6 with constant
 Math adjustment: Reciprocal

Period	Data	Forecast	Residual
1/15	645,0		
2/15	649,0		
3/15	684,0		
4/15	757,0		
5/15	704,0		
6/15	703,0		
7/15	823,0	725,874	97,1264
8/15	834,0	748,099	85,9005
9/15	646,0	685,279	-39,2789
10/15	712,0	707,004	4,99591
11/15	675,0	690,887	-15,887
12/15	615,0	666,917	-51,9169
1/16	703,0	723,665	-20,6645
2/16	721,0	738,006	-17,0056
3/16	777,0	719,211	57,7894
4/16	735,0	767,903	-32,9034
5/16	751,0	732,608	18,3924
6/16	734,0	716,497	17,5031
7/16	828,0	807,969	20,031
8/16	891,0	822,685	68,3151
9/16	682,0	720,248	-38,2481
10/16	665,0	783,0	-118,0
11/16	685,0	743,268	-58,2679
12/16	767,0	701,052	65,9481
1/17	665,0	801,077	-136,077
2/17	720,0	819,847	-99,8469
3/17	866,0	785,275	80,7246
4/17	711,0	803,143	-92,143
5/17	850,0	787,743	62,2565
6/17	620,0	753,975	-133,975
7/17	890,0	860,795	29,2055
8/17	1069,0	903,097	165,903
9/17	686,0	777,064	-91,0635
10/17	746,0	775,194	-29,1937
11/17	608,0	780,003	-172,003

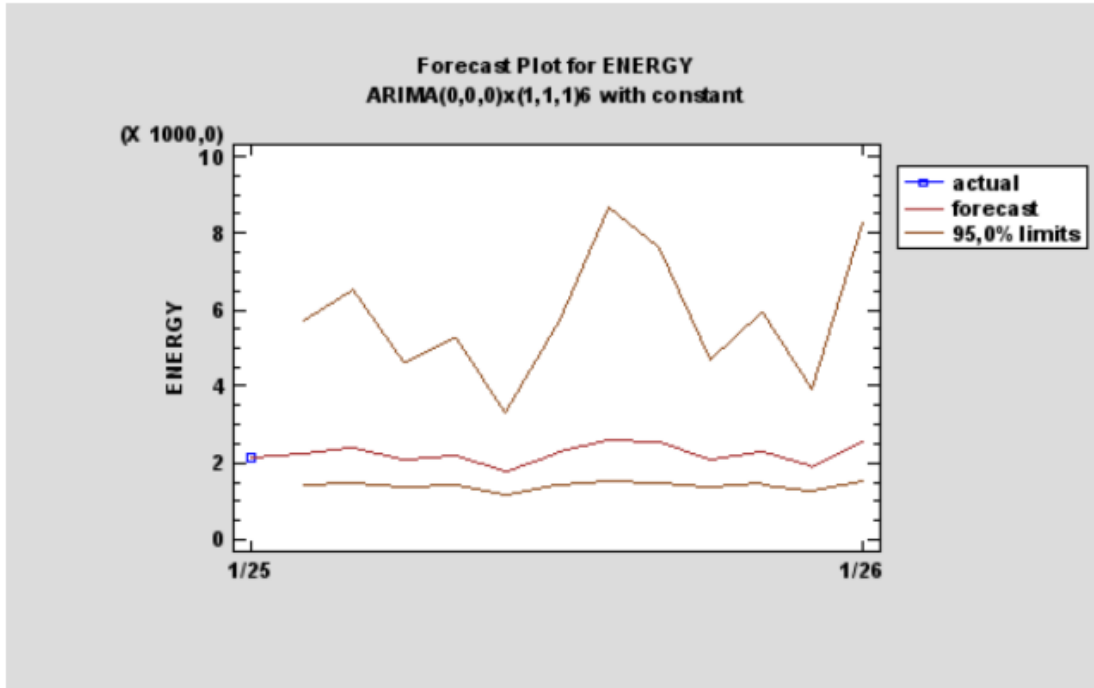
12/17	929,0	801,315	127,685
1/18	781,0	805,279	-24,2794
2/18	731,0	862,406	-131,406
3/18	997,0	862,733	134,267
4/18	814,0	786,712	27,2881
5/18	844,0	856,448	-12,4477
6/18	782,0	747,915	34,0846
7/18	691,0	893,593	-202,593
8/18	1067,0	1008,64	58,3597
9/18	909,0	820,336	88,6643
10/18	860,0	812,594	47,4065
11/18	900,0	764,598	135,402
12/18	746,0	869,143	-123,143
1/19	900,0	890,993	9,00724
2/19	926,0	920,265	5,73485
3/19	1063,0	950,806	112,194
4/19	856,0	863,315	-7,31479
5/19	859,0	846,707	12,293
6/19	921,0	878,712	42,2878
7/19	939,0	836,786	102,214
8/19	1264,0	1052,93	211,073
9/19	941,0	998,603	-57,6026
10/19	823,0	917,778	-94,7782
11/19	844,0	926,616	-82,6163
12/19	988,0	864,833	123,167
1/20	1040,0	920,758	119,242
2/20	1093,0	1069,34	23,6642
3/20	1179,0	1105,83	73,1721
4/20	1184,0	948,223	235,777
5/20	1011,0	955,26	55,7404
6/20	1025,0	949,558	75,4418
7/20	1266,0	995,124	270,876
8/20	1076,0	1249,17	-173,17
9/20	1402,0	1107,35	294,65
10/20	1010,0	949,679	60,3206
11/20	1254,0	964,728	289,272
12/20	767,0	1037,81	-270,812
1/21	1510,0	1095,12	414,878
2/21	1247,0	1279,79	-32,7925
3/21	1291,0	1240,05	50,9451
4/21	1239,0	1124,17	114,831
5/21	1263,0	1060,67	202,326
6/21	910,0	1109,95	-199,953
7/21	1379,0	1272,65	106,355
8/21	1270,0	1288,37	-18,3709
9/21	1297,0	1440,55	-143,552
10/21	1467,0	1159,4	307,596
11/21	1432,0	1239,94	192,056
12/21	929,0	990,22	-61,2196
1/22	1431,0	1515,46	-84,4629
2/22	1308,0	1394,98	-86,9794
3/22	1570,0	1516,13	53,8697
4/22	1577,0	1305,97	271,026
5/22	1430,0	1373,1	56,9038
6/22	1615,0	1021,46	593,541
7/22	1999,0	1617,44	381,56
8/22	1588,0	1475,7	112,301
9/22	1506,0	1567,76	-61,7645
10/22	1842,0	1522,85	319,15
11/22	1548,0	1552,79	-4,79086
12/22	1264,0	1054,56	209,438
1/23	1460,0	1717,95	-257,954
2/23	1603,0	1550,73	52,2662
3/23	1776,0	1764,06	11,9383
4/23	1559,0	1739,28	-180,28
5/23	1569,0	1673,17	-104,167
6/23	1493,0	1368,57	124,428
7/23	1798,0	2100,94	-302,944

8/23	2149,0	1763,06	385,941
9/23	1887,0	1855,33	31,6676
10/23	1576,0	2038,58	-462,576
11/23	1756,0	1822,93	-66,9255
12/23	1264,0	1457,5	-193,498
1/24	1460,0	2007,14	-547,139
2/24	1603,0	1920,91	-317,914
3/24	1776,0	2088,73	-312,73
4/24	1559,0	2050,64	-491,64
5/24	1668,0	1933,51	-265,509
6/24	1493,0	1642,09	-149,093
7/24	1798,0	2199,71	-401,709
8/24	2149,0	2346,15	-197,155
9/24	1887,0	2318,6	-431,598
10/24	1576,0	2070,11	-494,111
11/24	1766,0	2126,76	-360,757
12/24	1611,0	1614,94	-3,94214
1/25	2111,0	2055,6	55,4021

		<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
2/25	2256,77	1408,39	5675,54
3/25	2383,37	1456,68	6550,65
4/25	2068,06	1332,51	4616,19
5/25	2186,39	1380,66	5250,51
6/25	1751,95	1193,73	3290,82
7/25	2240,22	1401,93	5572,02
8/25	2616,84	1540,67	8679,51
9/25	2515,29	1504,9	7654,54
10/25	2085,55	1339,74	4704,5
11/25	2300,39	1425,24	5960,08
12/25	1915,44	1267,43	3919,3
1/26	2579,52	1527,66	8282,06

The StatAdvisor

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



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

Model Comparison

Data variable: ENERGY
 Number of observations = 121
 Start index = 1/15
 Sampling interval = 1,0 month(s)
 Length of seasonality = 6

Models

- (A) ARIMA(0,0,0)x(1,1,1)6 with constant
 Math adjustment: Reciprocal
- (B) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,0417
- (C) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,0892 and beta = 0,0913
- (D) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,0763
- (E) Simple exponential smoothing with alpha = 0,2274

Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	195,566	140,469	11,4657	-8,43799	-1,08363
(B)	172,313	125,496	11,093	-0,52004	-1,1903
(C)	172,3	123,861	10,8106	8,87052	-0,525441
(D)	173,628	127,015	11,103	23,35	0,832519
(E)	179,214	130,965	11,3332	40,4203	1,55957

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	195,566	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	172,313	OK	OK	**	OK	***
(C)	172,3	OK	OK	**	OK	***
(D)	173,628	OK	OK	***	OK	***
(E)	179,214	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 ($0,01 < p \leq 0,05$)

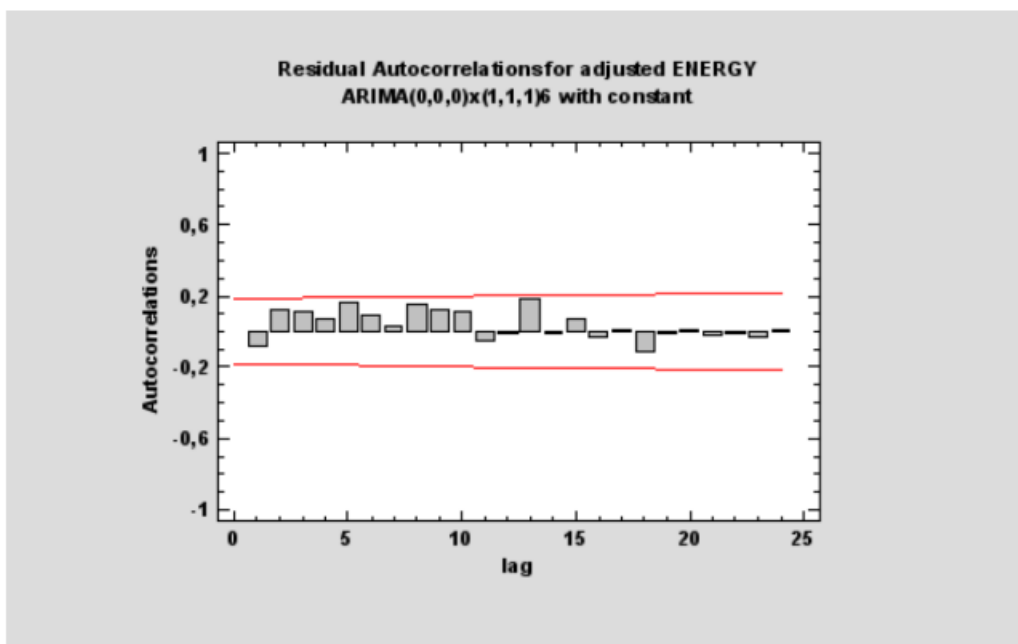
** = significant ($0,001 < p \leq 0,01$)

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

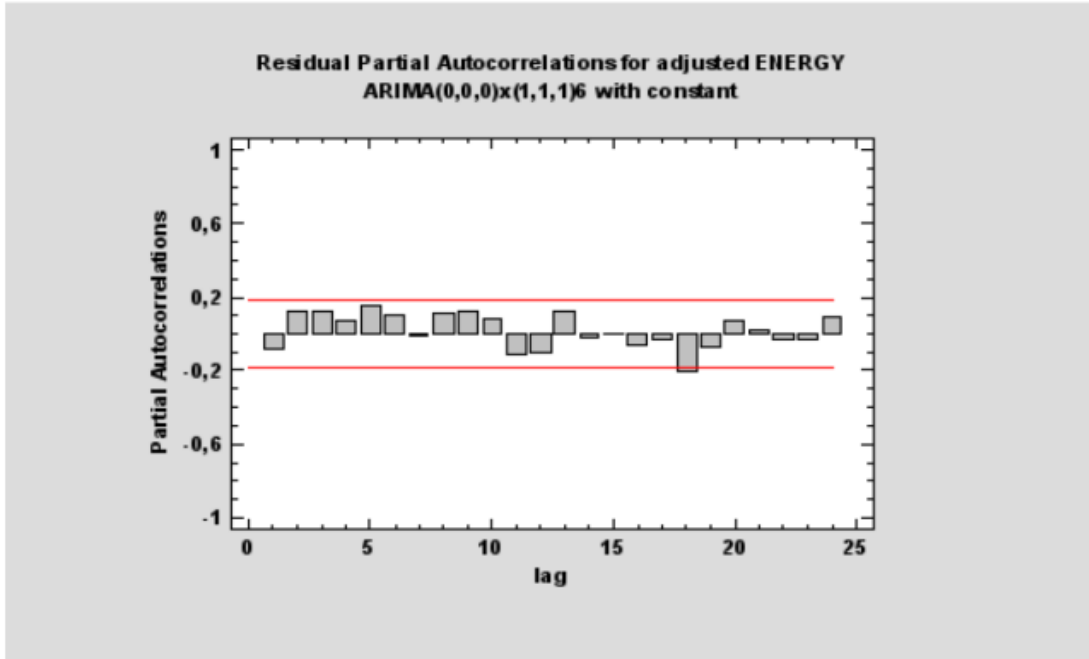
The StatAdvisor

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

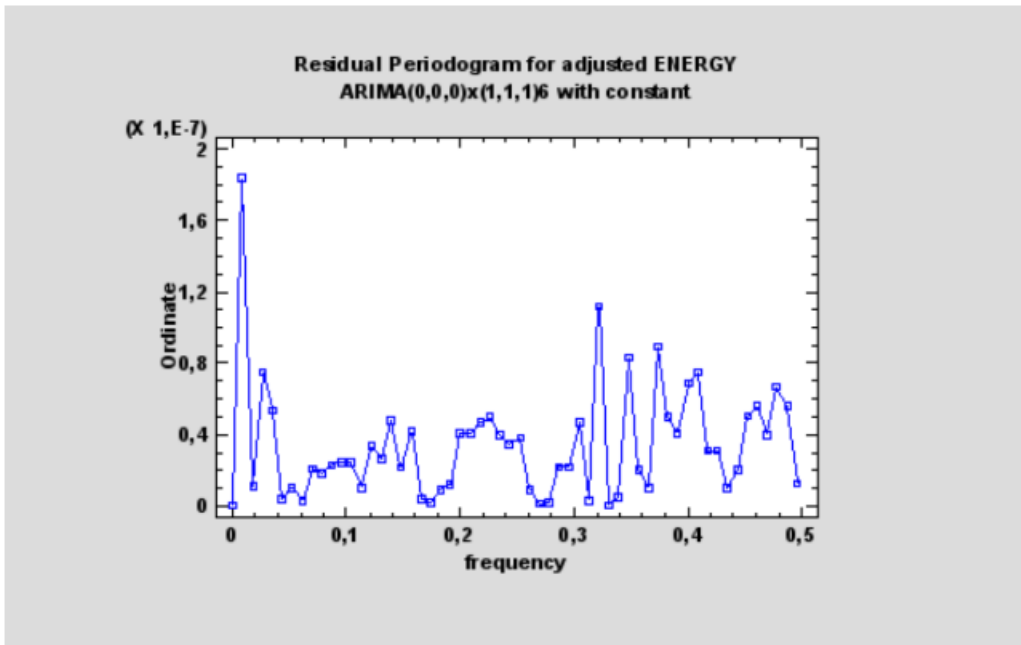
The table also summarizes the results of five tests run on the residuals to determine whether each model is adequate for the data. An OK means that the model passes the test. One * means that it fails at the 95% confidence level. Two **s means that it fails at the 99% confidence level. Three **s means 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, none of the 24 autocorrelations coefficients are statistically significant, implying that the time series may well 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 58 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.