



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ – ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΔΙΕΘΝΗ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ (MBA – TOTAL QUALITY MANAGEMENT
INTERNATIONAL)

Διπλωματική Εργασία
ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΑΔΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΒΙΟΜΑΖΑ-
ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Ανθούλα Βασιλείου Αναγνωστοπούλου

Πειραιάς, 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

στη «Διοίκηση Επιχειρήσεων – Ολική Ποιότητα» με διεθνή προσανατολισμό

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή [δευτέρα] σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων - Ολική Ποιότητα με διεθνή προσανατολισμό με τίτλο:

"Διαφοροποιημένη επέλιψη της πράσινης ενέργειας στην Ελλάδα. Μελέτη περίπτωσης: Βιομάζα - Προβλέψεις"

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

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο.

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

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/τριας

Όνοματεπώνυμο *Ανδριάνα Αναγνωστοπούλου*

Ημερομηνία *17.06.2020*



Στον Γεράσιμο

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΒΙΟΜΑΖΑ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Ανθούλα Βασιλείου Αναγνωστοπούλου

Περίληψη

Σημαντικοί όροι: πράσινη ενέργεια, βιωσιμότητα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βιομάζα

Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο ρόλος της πράσινης ενέργειας στην επίτευξη των στόχων της βιωσιμότητας, είναι κυρίαρχος. Σε αυτά τα πλαίσια, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας δεν αποτελεί πλέον μια, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτική αλλά μία απαραίτητη επένδυση με πολλαπλά περιβαλλοντικά, κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά οφέλη.

Στην παρούσα εργασία, γίνεται ένας απολογισμός των δράσεων που συνετέλεσαν στην εξέλιξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο, καθώς παρουσιάζονται και οι στόχοι που έχουν τεθεί στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης και αποτελούν αφετηρία πολιτικών και δράσεων.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της εξέλιξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο της Ελλάδας με σκοπό την πρόβλεψη μετρήσεων για την εισροή τους σε αυτό και την επίτευξη των οδηγιών – στόχων που έχουν τεθεί. Για την μελέτη περίπτωσης, την ενέργεια της βιομάζας, η οποία αποτελεί από τις πλέον σύγχρονες και φιλικές πηγές πράσινης ενέργειας με πολλαπλά οφέλη και παραμένει ανεκμετάλλευτη στον ελλαδικό χώρο, γίνεται μία διερεύνηση της δυναμικότητάς της και μία προσπάθεια πρόβλεψης της εξέλιξής της. Μέσα από την στατιστική ανάλυση γίνεται προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δύο υπό εξέταση μεγεθών, μελέτη της τάσης τους και τέλος, με τη βοήθεια μαθηματικών μεθοδολογιών γίνεται η προσπάθεια πρόβλεψης.

Το σύνολο των χρονοσειρών, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην εν λόγω μελέτη, αφορά τα μηνιαία δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές ανά κατηγορία, για την περίοδο Ιανουάριος 2004- Νοέμβριος 2019 όπως αυτά παρατίθενται στα συνοπτικά πληροφοριακά δελτία των αρμόδιων διαχειριστών του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ το διάστημα πρόβλεψης αφορά την περίοδο Δεκέμβριος 2019- Νοέμβριος 2020.

Ευχαριστίες

Από καρδιάς ευχαριστίες στον αξιότιμο κύριο Σφακκιανάκη, καθηγητή και κοσμήτορα της σχολής Οικονομικών, Επιχειρηματικών & Διαθετών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς και επιβλέποντα της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, ο οποίος πέρα από σπουδαίος επιστήμονας και εκπαιδευτικός, διακρίνεται για την αληθινή ευγένεια ψυχής και την διάθεση προσφοράς. Η βοήθεια και η καθοδήγησή του ήταν καθοριστικές σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Ευχαριστίες.....	v
Περιεχόμενα	vi
Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	viii
Ευρετήριο Πινάκων	ix
Ευρετήριο Εικόνων.....	x
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Η ανάγκη για βιωσιμότητα.....	2
1.2. Η Κλιματική αλλαγή.....	3
1.3. Διαμόρφωση Ενεργειακών Πολιτικών	4
2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	7
2.1. Ορισμός.....	7
2.1. Τύποι Πράσινης Ενέργειας.....	9
2.1.1. Ενέργεια Βιομάζας.....	9
2.1.2. Γεωθερμική ενέργεια	12
2.1.3. Ηλιακή ενέργεια	14
2.1.4. Αιολική ενέργεια	17
2.1.5. Υδροηλεκτρική ενέργεια	19
3. Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο σήμερα	22
3.1. Πολιτικές.....	22
3.1.1. Διεθνές Θεσμικό Πλαίσιο.....	22
3.1.2. Το Θεσμικό Πλαίσιο στην Ελλάδα	24
3.2. Στόχοι και Δεσμεύσεις στην Ελλάδα	25
3.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Οικονομία.....	27
4. Οι Ανανεώσιμες πηγές στο ενεργειακό ισοζύγιο.....	28
4.1. Το ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα.....	28
4.2. Η αγορά των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα	31
4.3. Προβλέψεις Ζήτησης Ενέργειας.....	37

5.	Μελέτη περίπτωσης: η ενέργεια της βιομάζας	41
5.1.	Η βιομάζα σήμερα	41
5.2.	Οι βασικοί μέθοδοι παραγωγής βιομάζας.....	43
5.2.1.	Το ξύλο για την παραγωγή βιομάζας	43
5.2.2.	Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων για την παραγωγή βιομάζας.....	44
5.2.3.	Ενεργειακές καλλιέργειες	51
5.3.	Εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης βιομάζας	52
5.4.	Η αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα και στον κόσμο	53
6.	Στατιστική ανάλυση	56
6.1.	Εισαγωγή.....	56
6.2.	Ανάλυση Χρονοσειρών	57
6.2.1.	Συνιστώσες της χρονοσειράς	57
6.2.2.	Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών.....	58
6.3.	Η μεθοδολογία Box-Jenkins.....	59
6.3.1.	Το υπόδειγμα ARIMA(p,d,q)	60
6.3.2	Εποχικό δείγμα SARIMA.....	61
6.4.	Τα στάδια της μεθόδου Box-Jenkins για την ανάλυση χρονοσειρών.....	62
6.5.	Εγκυρότητα πρόβλεψης	64
7.	Προβλέψεις.....	66
7.1.	Εισαγωγή.....	66
7.2.	Σύνολο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	68
7.2.1.	Ανάλυση χρονοσειράς Α.Π.Ε.	68
7.2.2.	Προβλέψεις Α.Π.Ε.	72
7.3.	Ενέργεια βιομάζας	75
7.3.1.	Ανάλυση χρονοσειράς βιομάζας.....	75
7.3.2.	Προβλέψεις βιομάζας.....	79
8.	Συμπεράσματα.....	82
	Βιβλιογραφία	83
	Παράρτημα	87

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή στην Ελλάδα (1990-2015).....	28
Διάγραμμα 2: Εκπομπές CO2 στην Ελλάδα (1990-2016).....	29
Διάγραμμα 3: Ποσοστό (%) στο σύνολο των ωρών ανά τύπο καυσίμου/εισαγωγές/ εξαγωγές που όρισαν την Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ) τον Μάιο του 2019 (στοιχεία Energy Exchange Group).....	30
Διάγραμμα 4: Ποσοστό (%) στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά καύσιμο τον Μάιο του 2019(στοιχεία Energy Exchange Group).....	30
Διάγραμμα 5: Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο καύσιμο τον Μάιο του 2019(στοιχεία Energy Exchange Group).....	31
Διάγραμμα 6: Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (1973-2019).....	32
Διάγραμμα 7: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. την περίοδο 2006-2016.	33
Διάγραμμα 8: Παραγωγή θερμικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (2010-2016).....	36
Διάγραμμα 9: Προβλέψεις Α.Δ.Μ.Η.Ε. για την εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης κατά την περίοδο 2018-2028.....	39
Διάγραμμα 10: Κατανομή στρεμμάτων γεωργικής έκτασης ανά περιφέρεια.....	45
Διάγραμμα 11: Κατανομή διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας 2009 (τόνοι ξηρής ουσίας).....	47
Διάγραμμα 12: Κατανομή στρεμμάτων αροτριάων καλλιεργειών ανά περιφέρεια.....	48
Διάγραμμα 13: Κατανομή στρεμμάτων δενδρωδών καλλιεργειών και αμπελιών.....	50
Διάγραμμα 14: Παγκόσμια ετήσια εγκατεστημένη ισχύς εγκαταστάσεων αξιοποίησης βιομάζας.....	54
Διάγραμμα 15: : Η εξέλιξη των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (2004-2019).....	67
Διάγραμμα 16: Η εξέλιξη της ενέργειας της βιομάζας στην Ελλάδα (2004-2019).....	67
Διάγραμμα 17: Γράφημα πρόβλεψης με το μοντέλο Brown's linear exponential smoothing	68
Διάγραμμα 18: Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (ACF).....	69
Διάγραμμα 19: Διάγραμμα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (PACF).....	69
Διάγραμμα 20: Περιοδόγραμμα με το μοντέλο Brown's linear exponential smoothing.....	70
Διάγραμμα 21: Χρονοσειρά Α.Π.Ε. για την περίοδο 2004-2020 (δεδομένα και προβλέψεις) με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(0,1,1)x(0,1,1) ¹²	72
Διάγραμμα 22: Γράφημα προβλέψεων Α.Π.Ε. με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(0,1,1)x(0,1,1) ¹²	74
Διάγραμμα 23 Σύγκριση πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 12/18-11/19, των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 12/19-11/20 και επιβεβαιωμένων μετρήσεων 12/19-1/20.....	74
Διάγραμμα 24: Γράφημα πρόβλεψης με το μοντέλο ARIMA(0,1,2) με σταθερό όρο.....	75
Διάγραμμα 25: Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (ACF).....	76
Διάγραμμα 26: Διάγραμμα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (PACF).....	76
Διάγραμμα 27: Περιοδόγραμμα με το μοντέλο ARIMA(0,1,2) με σταθερό όρο.....	77
Διάγραμμα 28: Χρονοσειρά βιομάζας για την περίοδο 2004-2020 (δεδομένα και προβλέψεις) με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(2,1,0)x(0,1,1) ¹²	79

Διάγραμμα 29: Γράφημα προβλέψεων βιομάζας με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA (2,1,0)(0,1,1) ₁₂	81
Διάγραμμα 30: Σύγκριση πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 12/18-11/19, των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 12/19-11/20 και επιβεβαιωμένων μετρήσεων 12/19-1/20.....	81

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Σενάρια εξέλιξης ΑΕΠ.....	38
Πίνακας 2: Σενάρια Α.Δ.Μ.Η.Ε. για την εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης ενέργειας στο Ε.Σ.Μ.Η.Ε. (2018-2028).....	39
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων αροτριάων καλλιεργειών	49
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων από δενδρώδεις καλλιέργειες, αμπέλια και αγροτοβιομηχανίες	50
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των ARMA (p,q) υποδειγμάτων	60
Πίνακας 6: Αξιολόγηση υποδειγμάτων.....	71
Πίνακας 7: Έλεγχοι καταλοίπων	71
Πίνακας 8: Έλεγχος παραμέτρων μοντέλου ARIMA(0,1,1)χ(0,1,1) ₁₂	71
Πίνακας 9: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(0,1,1)χ(0,1,1) ₁₂	72
Πίνακας 10: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους.....	73
Πίνακας 11: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους και επιβεβαιωμένων μετρήσεων	73
Πίνακας 12: Αξιολόγηση υποδειγμάτων.....	78
Πίνακας 13: Έλεγχοι καταλοίπων	78
Πίνακας 14: Έλεγχος παραμέτρων μοντέλου ARIMA(2,1,0)χ(0,1,1) ₁₂	78
Πίνακας 15: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(2,1,0)χ(0,1,1) ₁₂	79
Πίνακας 16: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους	80
Πίνακας 17: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους και επιβεβαιωμένων μετρήσεων.....	80

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: The Three Pillars of Sustainability.....	3
Εικόνα 2: Βιομάζα	9
Εικόνα 3: Μονάδα γεωθερμίας	13
Εικόνα 4: Φωτοβολταϊκό πάρκο	15
Εικόνα 5: Αιολικό πάρκο.....	18
Εικόνα 6: Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Δαφνοζωνάρας.....	20
Εικόνα 7: Ενεργειακός κύκλος βιομάζας.....	42
Εικόνα 8: Τρεις μορφές ξύλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	43
Εικόνα 9: Θεωρητικό δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα ανά νομό	46

1. Εισαγωγή

Τα συχνά περιβαλλοντικά προβλήματα οδηγούν στην αναζήτηση εναλλακτικών επιστημονικών, τεχνολογικών, οικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών προσανατολισμών, στην κατεύθυνση της επίτευξης τόσο του στόχου της ανάπτυξης και της προόδου, όσο και της προστασίας του περιβάλλοντος και της διαχρονικής συντήρησης της ζωής στη γη. Η παραδοχή της Βιώσιμης Ανάπτυξης για το Περιβάλλον προσπαθεί να εξασφαλίσει ακριβώς την επίτευξη αυτού του διπλού οράματος, προκειμένου να οδηγήσει τον πλανήτη στην κατεύθυνση ενός βιώσιμου μέλλοντος.

Στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης λοιπόν, σκέψεις για καλύτερη εκμετάλλευση και διαχείριση των ανανεώσιμων πηγών αρχίζουν να τίθενται σε εφαρμογή με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών.

“Energy is the golden thread that connects all the Sustainable Development Goals. Modern energy services are integral to poverty reduction, food security, public health and quality education for all. They are the key to sustainable industrialization, healthier more efficient cities and – of course – successful climate action” (Antonio Guterres, Γενικός Γραμματέας του ΟΗΕ, High-Level Symposium on Global Energy Interconnection, Νοέμβριος 2017).

Μέχρι σήμερα, ο ακρογωνιαίος λίθος της σύγχρονης οικονομικής ανάπτυξης και προόδου υπήρξε η σχετικά φθηνή και εύκολη πρόσβαση στα ορυκτά καύσιμα. Όμως η εν λόγω πρόσβαση δεν είναι ούτε εύκολη ούτε εγγυημένη. Ο Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (Organization of the Petroleum Exporting Countries- OPEC) παρουσιάζει τα αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου παγκοσμίως σε επίπεδο περίπου 1,5 τρισεκατομμυρίων βαρελιών και την παγκόσμια καθημερινή κατανάλωση 95 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως. Ως εκ τούτου, απομένουν 43 χρόνια διαθεσιμότητας πετρελαίου, υπό την προϋπόθεση ότι οι τρέχουσες απαιτήσεις, οι τεχνικές εξόρυξης πετρελαίου και τα αποθέματα παραμένουν ίδια. Σε αυτά τα πλαίσια, η ανεύρεση μιας εναλλακτικής πηγής ενέργειας θεωρείται απαραίτητη.

Η πράσινη ενέργεια φαίνεται να είναι μία από τις σημαντικότερες προτεραιότητες ανά τον κόσμο, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι αυξανόμενες ανησυχίες και τα απτά προβλήματα που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων. Δεδομένου του ότι βασικές προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη είναι τόσο η

πρόσβαση όσο και το κόστος της ενέργειας, η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται να είναι το κλειδί για την οικονομική ανάπτυξη όλων των περιοχών του πλανήτη. Οι πολιτικές όπως ορίζονται από κράτη ή επιχειρήσεις, δεν έχουν στόχο την καθιέρωση μιας δίκαιης πρόσβασης στους πόρους ή την υιοθέτηση μίας φιλικής στο περιβάλλον πορείας, αλλά είναι βασισμένες σε μελέτες χρόνων και στόχο έχουν την ισορροπία μεταξύ περιβάλλοντος και οικονομίας. Συνεπώς, η επένδυση στην πράσινη ενέργεια είναι επιβεβλημένη όχι απλά επειδή ορίζεται, αλλά επειδή εξασφαλίζει το μέλλον της κοινωνίας.

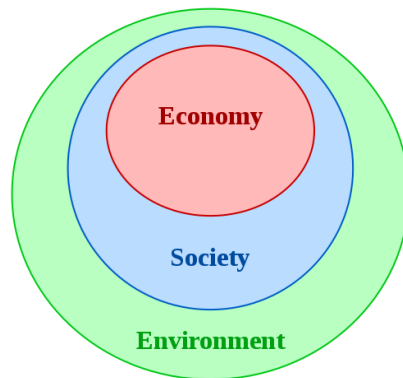
1.1. Η ανάγκη για βιωσιμότητα

"Η αειφόρος ανάπτυξη είναι μια ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ανταποκριθούν στις δικές τους ανάγκες". - Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης (η "Επιτροπή Brundtland"), 1987. Η αειφορία είναι η δυνατότητα υποστήριξης ή συντήρησης ή συνέχισης και ένα βιώσιμο σύστημα είναι αυτό που διατηρεί τη βιωσιμότητά του χρησιμοποιώντας τεχνικές που επιτρέπουν τη συνεχή επαναχρησιμοποίηση. Μια αειφόρος ανάπτυξη είναι αυτή που μπορεί να διατηρηθεί σε σταθερή κατάσταση χωρίς να εξαντλούνται οι φυσικοί πόροι ή να προκαλούνται σοβαρές οικολογικές ζημιές. Η βιώσιμη ανάπτυξη προκύπτει από ένα θετικό μακροπρόθεσμο όραμα μιας κοινωνίας με καλύτερη ποιότητα ζωής που υπόσχεται καθαρότερο, ασφαλέστερο και πιο υγιεινό περιβάλλον. Η επίτευξη αυτού του στόχου προϋποθέτει ότι η οικονομική ανάπτυξη στηρίζει την κοινωνική πρόοδο και σέβεται το περιβάλλον, ότι η κοινωνική πολιτική στηρίζει τις οικονομικές επιδόσεις και ότι η περιβαλλοντική πολιτική είναι αποδοτική ως προς το κόστος .

Μια γενική προσέγγιση της αειφορίας που χρησίμευσε ως κοινό έδαφος για πολυάριθμα πρότυπα αειφορίας και συστήματα πιστοποίησης είναι η ακόλουθη, γνωστή ως: "Οι τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας".

Οι τρεις πυλώνες είναι αλληλεξαρτώμενοι και μακροπρόθεσμα τόσο η οικονομία όσο και η κοινωνία περιορίζονται από τα περιβαλλοντικά όρια. Ειδικότερα, όπως εξηγούν τα Ηνωμένα Έθνη: "Μη βιώσιμα πρότυπα στην παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας απειλούν όχι μόνο την ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα ζωής, αλλά επηρεάζουν επίσης βαθιά τα οικοσυστήματα και συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος. Η βιώσιμη ενέργεια, ωστόσο, όχι μόνο αντιμετωπίζει αυτές τις προκλήσεις, αλλά αποτελεί και κινητήριο μοχλό για τη φτώχεια τη μείωση, την κοινωνική πρόοδο, την ισότητα, την ενισχυμένη

ανθεκτικότητα, την οικονομική ανάπτυξη και το περιβάλλον βιωσιμότητα". Ως εκ τούτου, η ενεργειακή απόδοση είναι καθοριστικής σημασίας για την εξασφάλιση ασφαλούς, αξιόπιστου, προσιτού και βιώσιμου ενεργειακού συστήματος για το μέλλον.



Εικόνα 1: The Three Pillars of Sustainability

Οι στόχοι για τη βιώσιμη ανάπτυξη συνδέονται με την απαραίτητη μετάβαση σε νέα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, την ανάγκη για βιώσιμες πόλεις, την εξάλειψη της φτώχειας, τη δημιουργία ευέλικτων υποδομών, την προώθηση της βιώσιμης εκβιομηχάνισης και την προώθηση της καινοτομίας. Τα παραπάνω αποτελούν δομικά συστατικά ενός βιώσιμου αναπτυξιακού μοντέλου, το οποίο δεν προσβλέπει μόνο στη δημοσιονομική σταθερότητα αλλά και στην αναδιάρθρωση της παραγωγής, στην ορθολογική χρήση πόρων, και πρωταρχικά στη διασφάλιση της ισότιμης και απρόσκοπτης πρόσβασης όλων σε βασικά αγαθά και υπηρεσίες.

1.2. Η Κλιματική αλλαγή

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι μια σταδιακή αύξηση της συνολικής θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης, που γενικά αποδίδεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, CFC και άλλων ρύπων. Θεωρείται ότι αυτή η αύξηση είναι ήδη δύο βαθμών Fahrenheit και με την πάροδο του χρόνου μεταβάλλει σημαντικά τις στατιστικές ιδιότητες του κλιματικού συστήματος. Ως αποτέλεσμα, αυτό το φαινόμενο ονομάζεται κλιματική αλλαγή. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η κατά το μεγαλύτερο μέρος της, και πιθανώς συνολικά, η αύξηση της θερμοκρασίας από το έτος 1950 και μετά, οφείλεται στην απελευθέρωση των

εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από ανθρώπινη δραστηριότητα. Εάν οι εκπομπές αυτές παραμείνουν ανεξέλεγκτες, είναι πιθανόν η υπερθέρμανση του πλανήτη να υπερβεί τους οκτώ βαθμούς Fahrenheit, διαφορά που θα διατάρασε την ισορροπία του πλανήτη, με πιθανό αποτέλεσμα τον αφανισμό της ανθρώπινης ζωής.

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι ζωτικής σημασίας για ένα βιώσιμο μέλλον. Το 2016 ήταν η θερμότερη περίοδος, ενώ και οι επιπτώσεις όπως η ξηρασία, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι πιο ακραίες καιρικές καταστάσεις είναι γεγονός.

Αναγνωρίζοντας τον κίνδυνο της κλιματικής αλλαγής, το Πρωτόκολλο του Κιότο (1992) είναι το πρώτο βήμα προς ένα πραγματικά παγκόσμιο καθεστώς μείωσης των εκπομπών που θα σταθεροποιήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ένα προοίμιο για μια δυναμική διεθνή συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, τα συμβαλλόμενα κράτη θα πρέπει να επιτύχουν τους στόχους τους κυρίως μέσω εθνικών μέτρων. Ωστόσο, το Πρωτόκολλο τους προσφέρει επίσης ένα πρόσθετο μέσο για την επίτευξη των στόχων τους μέσω τριών μηχανισμών βασιζόμενων στην αγορά: (1) Διεθνής Εμπορία Εκπομπών, (2) Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM). (3) Κοινή εφαρμογή. Οι μηχανισμοί συμβάλλουν στην τόνωση των πράσινων επενδύσεων και βοηθούν τα συμβαλλόμενα μέρη να επιτύχουν τους στόχους εκπομπών με οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Η συμφωνία του Παρισιού (Paris Agreement) είναι η διάδοχος του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η οποία θέτει στόχους δέσμευσης από το 2020, με έμφαση στην οικοδόμηση συναίνεσης, επιτρέποντας την επίτευξη εθελοντικών και εθνικά καθορισμένων στόχων χωρίς όμως να έχει νομική δεσμευτικότητα.

Σε συνέχεια της Συμφωνίας του Παρισιού, τον Σεπτέμβριο του 2019, σε διάσκεψη της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος, της κορυφαίας κλιματικής ομάδας των Ηνωμένων Εθνών (UN Climate Action Summit 2019), τα συμβαλλόμενα μέρη της Συμφωνίας του Παρισιού προβαίνουν σε απολογισμό όσων έχουν επιτευχθεί τα ενδιάμεσα τρία χρόνια και τίθενται σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την εξέλιξη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Έμφαση ξανά δίνεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς όπως αναφέρθηκε από την επιτροπή, «θα απαιτηθούν σημαντικές και πρωτοφανείς αλλαγές, όπως η εξάλειψη χρήσης άνθρακα για ηλεκτρική ενέργεια για την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την υπερθέρμανση του πλανήτη μόλις κατά 1,5 ° C».

1.3. Διαμόρφωση Ενεργειακών Πολιτικών

Κατά την επόμενη δεκαετία, ριζικές τομές αναμένονται να γίνουν στον τομέα της διάθεσης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα, καθώς επιδιώκεται το μερίδιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην παραγωγή ηλεκτρισμού να αυξηθεί σημαντικά και να αντικαταστήσει σταδιακά τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Οι πολιτικές που πρόκειται να υιοθετηθούν, έχουν ως στόχο να επιτύχουν την ένταξη των Α.Π.Ε. στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με ανταγωνιστικό τρόπο, ενώ η προβλεπόμενη μείωση της εξόρυξης και της χρήσης του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αναδεικνύει το ζήτημα των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων στις λιγνιτικές περιοχές στην ανάπτυξη και στην απασχόληση σε επίπεδο τοπικών κοινωνιών, δημιουργώντας έτσι απαιτήσεις για τη διαμόρφωση ειδικών πολιτικών μετάβασης.

Αντίστοιχα, στον τομέα των μεταφορών, η διείσδυση μέσω μεταφοράς που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια, η ραγδαία μείωση της μοναδιαίας κατανάλωσης ενέργειας ανά τύπο οχήματος, η διείσδυση των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς, ο πλήρης εξηλεκτρισμός των σιδηροδρομικών υποδομών, καθώς και η αύξηση της συμμετοχής των μέσων μεταφοράς σταθερής τροχιάς στο μεταφορικό έργο, θα μεταβάλουν πλήρως, έως το τέλος της τρέχουσας δεκαετίας, την τεχνολογική διάρθρωση και το μείγμα καυσίμων στον τομέα των μεταφορών, με επιπτώσεις στο σύνολο της Εθνικής Οικονομίας.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, σε όλους τους τομείς κατανάλωσης, αποτελεί το μεγαλύτερο στοίχημα και πρόκληση για τις δημόσιες πολιτικές που θα υλοποιηθούν και ως εκ τούτου αποτελεί απόλυτη και οριζόντια προτεραιότητα σε όλο το εύρος και μείγμα των πολιτικών και μέτρων που θα υιοθετηθούν. Η επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης έχει άμεσες επιπτώσεις, στον τρόπο που καταναλώνεται η ενέργεια, στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών, ενώ έχει κομβική συνεισφορά στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας κάθε κλάδου οικονομικής δραστηριότητας.

Επιπρόσθετα, η εξοικονόμηση στον ενεργειακό τομέα συμβάλει στην αύξηση της εγχώριας προστιθέμενης αξίας και στην ευρεία ενσωμάτωση της καινοτομίας στην εγχώρια επιχειρηματικότητα.

Η κάθε χώρα καλείται να διατηρήσει σε χαμηλά επίπεδα, ή και να μειώσει, την ενεργειακή της ζήτηση σε μία περίοδο που προσβλέπει σε οικονομική ανάπτυξη. Ως συνέπεια, η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και της συγκέντρωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε κάθε κλάδο (βιομηχανία, νοικοκυριά, τριτογενής τομέας, μεταφορές και πρωτογενής τομέας) αποτελεί πρωταρχικό στόχο.

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης θα συμβάλει και στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, η οποία είναι άλλος ένας σημαντικός στόχος. Η ενεργειακή εξάρτηση από εισαγωγές είναι σχετικά υψηλή (73,6% για την Ελλάδα το 2016) στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ιδιαίτερα σε συγκριτικά μικρές, αναπτυσσόμενες οικονομίες. Στην προσπάθεια αυτή συμβάλλει φυσικά η ανάπτυξη των εγχώριων πηγών ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Η υλοποίηση των μέτρων ενεργειακής πολιτικής καθώς και η επίτευξη των σχετικών ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων, απαιτούν τον ριζικό μετασχηματισμό του ενεργειακού συστήματος κατά την τρέχουσα δεκαετία και, επομένως, την υλοποίηση σημαντικών επενδύσεων, στους τομείς αξιοποίησης του δυναμικού για εγχώρια παραγωγή ενέργειας, των δικτύων ενέργειας, των ενεργειακών υποδομών καθώς και στην κατανάλωση και στη διαχείριση της ενέργειας. Οι επενδύσεις αυτές εκτιμώνται σε άνω των 32 δις €, με χρηματοδότηση τόσο από ιδιωτικούς όσο και δημόσιους πόρους, επηρεάζοντας θετικά την αναπτυξιακή πορεία της χώρας.

Εμβληματικές είναι οι δρομολογημένες αλλά και προγραμματισμένες επενδύσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., στο μετασχηματισμό του δικτύου και στην εισαγωγή των έξυπνων μετρητών στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, στα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (νησιωτική χώρα και διεθνείς διασυνδέσεις), στα δίκτυα και στις υποδομές φυσικού αερίου, στην έρευνα υδρογονανθράκων, στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος, στις υποδομές του τομέα μεταφορών, καθώς και στην τεχνολογική έρευνα.

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ελλάδα, όπως αυτό θέτει στόχους μέχρι το έτος 2030, αναπτύσσεται με βάση μία φιλόδοξη μακροπρόθεσμη στρατηγική η οποία στοχεύει να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έως το έτος 2050, με ενδιάμεσα ορόσημα για το έτος 2040 και αναπτύσσεται στις πέντε διαστάσεις της Ενεργειακής Ένωσης, δηλαδή στην απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές (διάσταση η οποία αναλύεται σε δύο διακριτές ενότητες τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), στην ενεργειακή απόδοση, στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στην αγορά ενέργειας και στη διάσταση της έρευνας καινοτομίας και ανταγωνιστικότητας.

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

2.1. Ορισμός

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή "ανανεώσιμες πηγές ενέργειας" (Α.Π.Ε.) ή "νέες πηγές ενέργειας" είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η ροή του νερού και άλλες.

Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δύο βασικά χαρακτηριστικά τους:

- για την εκμετάλλυσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.
- πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Ως "ανανεώσιμες πηγές" θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός "ανανεώσιμες" είναι κάπως καταχρηστικός, καθώς ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται παρά σε κλίμακα χιλιετιών. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών μέχρι και σήμερα, θεσπίζονται και εφαρμόζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, νέες πολιτικές για τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με σκοπό την ευρύτερη αξιοποίηση των εν λόγω ενεργειακών πηγών από τα επιμέρους κράτη-μέλη.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται στην ουσία στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική ενέργεια εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως σε ηλεκτρισμό ή σε μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται δε, ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως, μέχρι πρόσφατα, τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες, εμπόδισαν την ικανοποιητική εκμετάλλευση μέρους έστω αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των διαδοχικών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως, καθώς η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται συνεχώς (υπολογίζεται αύξηση τάξεως περίπου 2% ανά έτος) γίνονται παρεμβάσεις για ενεργειακά ζητήματα, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών. Παρά το γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, γίνονται δράσεις για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας μειώνεται συνέχεια κατά τα τελευταία χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται επί ίσοις όροις τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως τον άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια.

Κατά τη μετάβαση σε καθαρές πηγές ενέργειας, θα υπάρξει μεγάλη ανάπτυξη στον τομέα της ενέργειας, προερχόμενη από της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ήδη από το έτος 2016, 176 κράτη έχουν θέσει ως επίσημους στόχους, την επίτευξη ορισμένων ποσοστώσεων στην κατά περίπτωση εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση, σχετιζόμενων με τις λεγόμενες «πράσινες» πηγές ενέργειας.

Ήδη οι νέες μορφές διοικητικής διαχείρισης, ο επιμερισμός των δαπανών, οι σχετικές κανονιστικές ρυθμίσεις και οι ενεργειακές πολιτικές βοήθησαν την ενεργειακή βιομηχανία να αντιμετωπίσει την παγκόσμια οικονομική κρίση καλύτερα από πολλούς άλλους τομείς. Σε εθνικό επίπεδο, τουλάχιστον τριάντα κράτη ανά τον κόσμο έχουν ήδη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες συμβάλλουν σε πάνω από το 20% του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Ανά κάθε επιμέρους κράτος, οι αγορές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναμένεται να συνεχίσουν να αυξάνονται έντονα κατά την προσεχή δεκαετία και πέρα. Τουλάχιστον δύο χώρες, η Ισλανδία και η Νορβηγία παράγουν όλο τον ηλεκτρισμό τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενώ πολλές άλλες χώρες έχουν θέσει ως στόχο η εγχώρια

παραγωγή τους να καλύπτεται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά το άμεσο μέλλον.

2.1. Τύποι Πράσινης Ενέργειας

2.1.1. Ενέργεια Βιομάζας

Η βιομάζα είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για όλα τα οργανικά υλικά που προέρχονται από φυτά, δέντρα και καλλιέργειες και είναι ουσιαστικά η συλλογή και η αποθήκευση της ενέργειας του ήλιου μέσω της φωτοσύνθεσης. Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια) είναι η μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα, η ηλεκτρική ενέργεια και τα υγρά καύσιμα (βιοκαύσιμα). Η βιομάζα βιοενέργειας προέρχεται είτε απευθείας από τη γη, όπως από αποκλειστικές ενεργειακές καλλιέργειες είτε από υπολείμματα που παράγονται κατά την επεξεργασία καλλιεργειών για τρόφιμα ή άλλα προϊόντα. Η ενέργεια της βιομάζας είναι ανανεώσιμη και βιώσιμη, αλλά μοιράζεται με τα ορυκτά καύσιμα πολλά χαρακτηριστικά. Ενώ η βιομάζα μπορεί να καεί άμεσα για την απόκτηση ενέργειας, μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως πρώτη ύλη για να μετατραπεί σε διάφορα υγρά ή αέρια καύσιμα (βιοκαύσιμα). Τα βιοκαύσιμα μπορούν να μεταφερθούν και να αποθηκευτούν και να επιτρέποντας την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας κατόπιν ζήτησης, χαρακτηριστικό απαραίτητο σε ένα ενεργειακό μείγμα με υψηλή εξάρτηση από διαλείπουσες πηγές όπως ο άνεμος.



Εικόνα 2: Βιομάζα

Πλεονεκτήματα

- Ως Α.Π.Ε. συμβάλλει στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου και στον περιορισμό της έκλυσης CO₂ και SO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Ο βαθμός απόδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 20-40%.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τις χώρες παραγωγούς φυσικού αερίου και πετρελαίου.
- Μείωση της εναπόθεσης της βιομάζας ως απόβλητου στο περιβάλλον ή της ανεξέλεγκτης καύσης της.
- Νέες θέσεις εργασίας, εξασφάλιση πρόσθετου αγροτικού εισοδήματος και εν γένει συμβολή στην αποκέντρωση και περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Μειονεκτήματα

- Μεγάλος ο όγκος της, ανομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά, υψηλά ποσοστά υγρασίας ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός.
- Μεγάλη διασπορά και εποχιακή παραγωγή.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά με δύο βασικούς τρόπους, την θερμική επεξεργασία, που περιλαμβάνει τις τεχνολογίες της αεριοποίησης, της καύσης και της πυρόλυσης και τις βιολογικές διεργασίες, που περιλαμβάνουν την αερόβια ζύμωση (composting) και την αναερόβια χώνευση (παραγωγή βιοαερίου).

A. Τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας

- Καύση

Η καύση της βιομάζας μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, όπως τζάκια, σόμπες, καθώς και εξελιγμένους καυστήρες σταθερής και ρευστοποιημένης κλίνης και λέβητες (κύκλος Rankine). Τα χαρακτηριστικά της είναι τα ακόλουθα:

- Τα καυσαέρια έχουν θερμοκρασία 800-1000°C.
- Όλα τα είδη βιομάζας μπορεί να καούν αλλά η καύση δεν είναι πρακτική όταν η υγρασία > 50%.
- Η κλίμακα των εργοστασίων καύσης κυμαίνεται από πολύ μικρή (οικιακή) μέχρι βιομηχανική 5-500 MW.
- Ιδιαίτερα συμφέρουσα είναι η Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ).

- Υπάρχει η δυνατότητα συμπαραγωγής ενέργειας από καύση βιομάζας με λιγνίτη σε ένα ποσοστό 7-10% του καυσίμου.

- Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η μετατροπή της βιομάζας σε μίγμα εύφλεκτων αερίων από τη μερική οξειδωση της οργανικής ύλης παρουσία ατμού σε υψηλές θερμοκρασίες, στην περιοχή 800-900 °C. Βασικά χαρακτηριστικά της αεριοποίησης είναι τα εξής:

- Η βιομάζα προσφέρεται για αεριοποίηση λόγω του υψηλού περιεχομένου σε πτητικά συστατικά (70-86% σε ξηρή βάση).
- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης είναι μίγμα υδρογόνου, μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς και μικρών ποσοτήτων διοξειδίου και υδρογονανθράκων με χαμηλή θερμαντική δύναμη (4-6 MJ/Nm³)
- Ρυπογόνες ουσίες και την διαδικασία όπως αλκάλια, SO₂ και τέφρα μπορούν να απομακρυνθούν με την εγκατάσταση ειδικών φίλτρων και συστημάτων καθαρισμού, αφήνοντας ένα καθαρό καύσιμο αέριο με ενεργειακό περιεχόμενο περίπου στο 20-25% του φυσικού αερίου.
- Το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο για να τροφοδοτήσει αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή υγρών καυσίμων.

- Πυρόλυση

Είναι η θερμική διάσπαση της κυτταρίνης (240 – 350°C), της ημικυτταρίνης (200 – 260 °C) και της λιγνίνης (280 – 500 °C) που περιέχονται στη βιομάζα σε ουδέτερο περιβάλλον απουσία οξυγόνου. Η κατανομή και η σύσταση των τελικών προϊόντων εξαρτάται κυρίως από τον ρυθμό της θέρμανσης και από την πίεση λειτουργίας του αντιδραστήρα. Τα βασικά χαρακτηριστικά της πυρόλυσης είναι τα εξής:

- Υψηλοί ρυθμοί θέρμανσης και μεταφοράς θερμότητας
- Λεπτόκοκκη τροφοδοσία (~2 mm), με 10% υγρασία
- Προσεκτική ρύθμιση θερμοκρασίας αντίδρασης (500 °C) και θερμοκρασίας αερίου (400 – 450 °C)
- Μικρός χρόνος παραμονής αερίου

B. Βιολογικές διεργασίες

- Αερόβια ζύμωση (Composting): η βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία, υγρασία και παροχή οξυγόνου. Το προϊόν που παράγεται λέγεται «compost» και είναι ένα μίγμα

οργανικής ουσίας από θρεπτικά υλικά και ιχνοστοιχεία, σταθεροποιημένο και κατάλληλο για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό.

- Αναερόβια χώνευση (παραγωγή βιοαερίου): η διεργασία κατά την οποία η βιομάζα μετατρέπεται σε CH_4 και CO_2 (βιοαέριο) με την συνδυασμένη δράση μεικτού πληθυσμού αναερόβιων μικροοργανισμών, απουσία μοριακού οξυγόνου.

2.1.2. Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμότητα που περιέχεται στο εσωτερικό της Γης και είναι τόση η ποσότητά της, που είναι στην ουσία ανεξάντλητη για τα ανθρώπινα μεγέθη. Το μέτρο της είναι η γεωθερμική βαθμίδα, η οποία στην πορεία προς τον πυρήνα αυξάνεται. Σε μερικές περιοχές, είτε λόγω ηφαιστειότητας σε πρόσφατη γεωλογική περίοδο, είτε λόγω ανόδου ζεστού νερού από μεγάλα βάθη μέσω ρηγμάτων, η γεωθερμική βαθμίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση γήινη, με αποτέλεσμα σε μικρό σχετικά βάθος να βρίσκονται υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν νερό ή ατμό υψηλής θερμοκρασίας. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται γεωθερμικά πεδία και εκεί η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Κοντά στην επιφάνεια της γης η γεωθερμική βαθμίδα έχει μέση τιμή περίπου $30\text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$.

Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:

- Υψηλής Ενθαλπίας ($>150\text{ }^\circ\text{C}$)
 - ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90\text{ }^\circ\text{C}$)
- Μέσης Ενθαλπίας (80 έως $150\text{ }^\circ\text{C}$)
 - ηλεκτροπαραγωγή
 - βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60\text{ }^\circ\text{C}$), ξήρανση αγροτικών προϊόντων.
- Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως $80\text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.
 - θέρμανση χώρων [με καλοριφέρ για $\theta > 60\text{ }^\circ\text{C}$, με αερόθερμα για $\theta > 40\text{ }^\circ\text{C}$, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25\text{ }^\circ\text{C}$)].
 - ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60\text{ }^\circ\text{C}$, ή με υδροψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30\text{ }^\circ\text{C}$).

- Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25 \text{ }^\circ\text{C}$), ή και για αντιπαγετική προστασία.
- Ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15 \text{ }^\circ\text{C}$) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους.
- Θερμά λουτρά για $\theta = 25\text{-}40 \text{ }^\circ\text{C}$.



Εικόνα 3: Μονάδα γεωθερμίας

Πλεονεκτήματα

- Ως Α.Π.Ε. συμβάλλει στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου και στον περιορισμό της έκλυσης CO_2 και SO_2 από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Μικρότερη επιβάρυνση για το περιβάλλον με την μη χρήση συμβατικών καυσίμων για τις αντίστοιχες ενεργειακές χρήσεις.
- Μια γεωθερμική μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού δεν χρειάζεται μεγάλη έκταση γης.
- Είναι σχετικά αξιόπιστη σε σχέση με όλα τα άλλα ήδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας καθώς μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό με συνεχή διάρκεια 24 ώρες το 24ωρο χωρίς να εξαρτάται από φυσικές αιτίες που μπορεί να την παρεμποδίσουν.
- Συνεχής παροχή ενέργειας, με υψηλό συντελεστή λειτουργίας (load factor), $>90\%$.

- Παρέχει χαμηλές τιμές ηλεκτρικού ρεύματος επειδή οι μονάδες γεωθερμίας έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Μειονεκτήματα

- Προβλήματα από την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον της περιοχής ή δύσσομα αέρια (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδροθείου).
- Προβλήματα διάβρωσης και σχηματισμού επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγονται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι ένας ισχυρός και αποτελεσματικός τρόπος για την εξαγωγή ανανεώσιμης ενέργειας από τη γη από φυσικές διαδικασίες. Αυτό μπορεί να γίνει σε μικρή κλίμακα για την παροχή θερμότητας για μια οικιστική μονάδα χρησιμοποιώντας μια γεωθερμική αντλία θερμότητας ή σε μεγάλη κλίμακα για την παραγωγή ενέργειας μέσω ενός γεωθερμικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής. Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται μία οικονομικά αποδοτική, αξιόπιστη και φιλική προς το περιβάλλον, πηγή ενέργειας. Οι γεωθερμικοί ενεργειακοί πόροι αποτελούνται από θερμική ενέργεια προερχόμενη από το εσωτερικό της γης που αποθηκεύεται τόσο στον βράχο όσο και στον παγιδευμένο ατμό ή στο υγρό νερό. Τα υδροθερμικά συστήματα περιλαμβάνουν τύπους που εξουδετερώνουν υγρούς και ατμούς. Οι τεχνολογίες αξιοποίησης των πόρων γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, άμεση χρήση θερμότητας ή συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ισχύος σε εφαρμογές συνδυασμένης παραγωγής.

2.1.3. Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, αφού προέρχεται από τον ήλιο και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της και μπορεί να μετατραπεί είτε άμεσα είτε έμμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια. Χαρακτηρίζεται από το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο, όπως το φως, η φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας και περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

- Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα που αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.
- Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 4: Φωτοβολταϊκό πάρκο

Πλεονεκτήματα

- Ως Α.Π.Ε. συμβάλλει στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου και στον περιορισμό της έκλυσης CO₂ και SO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία χωρίς καύσιμα, καθαρή, χωρίς κατάλοιπα και δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον.
- Οι περισσότερες εγκαταστάσεις λειτουργούν χωρίς κινητά μέρη και άρα με ελάχιστη συντήρηση.
- Μπορούν να παράγουν ενέργεια ακόμη και με νεφελώδη ουρανό εκμεταλλευόμενα την διάχυτη ακτινοβολία.
- Είναι αποδοτικά και σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Έχουν γρήγορη απόκριση σε ξαφνικές μεταβολές της ηλιοφάνειας.

- Με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τη χρήση διακοπτικού υλικού, αν ένα τμήμα του συστήματος υποστεί βλάβη, το υπόλοιπο συνεχίζει τη λειτουργία του κανονικά περιορίζοντας έτσι τις απώλειες ενέργειας.
- Έχουν μεγάλο εύρος εγκατεστημένης ισχύς και άρα ικανοποιούν μεγάλη ποικιλία ενεργειακών χρηστών.
- Έχουν μεγάλο λόγο ισχύος/ βάρους και επομένως είναι κατάλληλα για εγκατάσταση σε στέγες κατόπιν στατικής μελέτης.

Μειονεκτήματα

- Χαμηλή σχέση μεγέθους και απόδοσης και ως εκ τούτου απαιτούν μεγάλη έκταση για την επίτευξη της επιθυμητής παραγωγής ενέργειας κατά περίπτωση. Κάλυψη σε ορισμένες περιπτώσεις σημαντικών εκτάσεων προς άλλες χρήσεις όπως γαίες υψηλής παραγωγικότητας.
- Σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και ιδιαίτερα την τελευταία πενταετία ελλείπει επιδοτήσεων και κινήτρων που έχουν καταστήσει ασύμφωρες τις επενδύσεις στον τομέα.
- Περιοδικός καθαρισμός της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης από τη ρύπανση (αιθάλη, σκόνη, αλάτι θαλάσσης).
- Ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη αιχμών κατανάλωσης κατά την διάρκεια της ημέρας με περιορισμένη ή και καθόλου ηλιοφάνεια.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα παγκοσμίως την τελευταία δεκαετία. Η μετατροπή σε αυτά, της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται με το φωτοβολταϊκό στοιχείο, ένα φωτοηλεκτρικό στοιχείο ημιαγωγού με την ιδιότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν προσπέσει πάνω του ηλιακή ακτινοβολία. Για την δημιουργία του, χρησιμοποιείται το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, με το τελευταίο να διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Συνδυασμός πολλών φωτοβολταϊκών στοιχείων δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο ενώ φωτοβολταϊκά πλαίσια σε συνδυασμό με ειδικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό αποτελούν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αν συνδεθεί με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρισμού καλείται διασυνδεδεμένο ενώ αν εξυπηρετεί τοπικές ενεργειακές ανάγκες και δεν έχει διασυνδεθεί με το δίκτυο ονομάζεται αυτόνομο και αποτελείται γενικά από τον εξής βασικό εξοπλισμό:

- Ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα

- Έναν ή περισσότερους μετατροπείς του συνεχούς ρεύματος που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο
- Βάσεις στήριξης κατάλληλης κατασκευής για εγκατάσταση σε ανοικτό χώρο ή κτίριο
- Καλωδίωση
- Πίνακες προστασίας (απόζευξη και αντικεραυνική προστασία)
- Στην περίπτωση της μη διασύνδεσής του, για αυτόνομη λειτουργία πέραν των προαναφερθέντων, για την λειτουργία του είναι απαραίτητη η χρήση συσσωρευτών και ενός ρυθμιστή φόρτισης.

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων εξαρτάται από τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης, κυρίως όσον αφορά την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή τη πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας, και τη θερμοκρασία. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αυξάνει με την αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βελτιστοποιείται όταν τα Φ/Β πάνελ τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό (για το βόρειο ημισφαίριο) με κλίση περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα επιπλέον τεχνικό χαρακτηριστικό με ιδιαίτερη σημασία αποτελεί η θερμοκρασία των κελιών των Φ/Β πάνελ. Σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (άρα και κελιών) θα σημειώνεται πτώση της παραγόμενης ενέργειας.

2.1.4. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια παράγεται από τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου από ανεμογεννήτριες σε χρήσιμη μορφή. Η ιδέα της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας υφίσταται από την αρχαιότητα με τα ιστιοφόρα και τους ανεμόμυλους. Ένα παράδειγμα σήμερα, αποτελεί η χρήση ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρισμού, οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας, οι ανεμογεννήτριες για άντληση νερού ή αποστράγγιση ή ακόμα τα πανιά για την πρόωση πλοίων. Ο άνεμος απαιτεί η κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα να μετατραπεί σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια, προκαλώντας έτσι τη βιομηχανία να σχεδιάσει οικονομικά αποδοτικές ανεμογεννήτριες και μονάδες παραγωγής ενέργειας για να πραγματοποιήσει αυτή τη μετατροπή.

Η πιο σημαντική οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η εγκατάστασή τους σε συστοιχίες είτε στην στεριά (χερσαία πάρκα) είτε στην θάλασσα (θαλάσσια πάρκα)

και η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Τα θαλάσσια αιολικά πάρκα παράγουν ρεύμα από τον άνεμο που φυσά στη θάλασσα, ο οποίος και θεωρείται καταλληλότερος από της στεριάς. Τα θεμέλια των ανεμογεννητριών κατασκευάζονται στο βυθό και ο πύργος της ανεμογεννήτριας έξω από το νερό.

Πέρα από την σύνδεσή τους στο δημόσιο δίκτυο, υπάρχει και η δυνατότητα να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται. Μεγάλη σημασία για το μέλλον της τεχνολογίας έχει η ανάπτυξη αποθηκευτικών συστημάτων, τα οποία όμως να είναι οικονομικά βιώσιμα. Σε αυτά τα πλαίσια, έμφαση δίνεται στη δημιουργία υβριδικών έργων αντλησιοταμίευσης τα οποία θα λειτουργούν με ανεμογεννήτριες.



Εικόνα 5: Αιολικό πάρκο

Πλεονεκτήματα

- Ως Α.Π.Ε. συμβάλλει στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου και στον περιορισμό της έκλυσης CO₂ και SO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων
- Παράγουν ρεύμα από μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Τα αιολικά πάρκα δε ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον, οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου.

Μειονεκτήματα

- Κάνουν θόρυβο.

- Μπορεί τα πτερύγια των ανεμογεννητριών να τραυματίσουν ή να σκοτώσουν πτηνά.
- Έχουν μεγάλο κατασκευαστικό κόστος και χρειάζεται μεγάλη έκταση για την χωροθέτησή τους.
- Απαιτείται σταθερό μέσο ετήσιο αιολικό δυναμικό για να παράγουν την προβλεπόμενη ηλεκτρική ενέργεια.
- Το καλύτερο αιολικό δυναμικό βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές

2.1.5. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια δύναμη που προέρχεται από την ενέργεια της μετακίνησης του νερού, η οποία μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για χρήσιμους σκοπούς. Στην πλέον φυσική της εκδοχή, είναι η ροή του νερού στα ποτάμια, που οδηγείται από τη δύναμη της βαρύτητας για να μετακινηθεί από υψηλότερα σε χαμηλότερα υψόμετρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Οι συνήθεις μονάδες υδροηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από μία δεξαμενή τουλάχιστον και μπορούν να αποθηκεύουν νερό για μεταγενέστερη χρήση. Η δεξαμενή μειώνει την εξάρτηση από τη μεταβλητότητα της εισροής που υπάρχει κατά μήκος ενός ποταμού και οι σταθμοί παραγωγής είναι τοποθετημένοι σε μία προς την αυτή κατεύθυνση συνδεδεμένη με τη δεξαμενή μέσω αγωγών. Ο τύπος και ο σχεδιασμός της δεξαμενής και του εργοστασίου εξαρτώνται από τη γεωμορφολογία της περιοχής.

Οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις άντλησης αποθήκευσης δεν είναι πηγές ενέργειας, αλλά μπορούν να είναι συσκευές αποθήκευσης. Σε ένα τέτοιο σύστημα, το νερό αντλείται από μια χαμηλότερη δεξαμενή σε μια ανώτερη δεξαμενή, συνήθως σε ώρες εκτός αιχμής, ενώ η ροή αναστρέφεται για να παράγει ηλεκτρισμό κατά την ημερήσια περίοδο μέγιστου φορτίου.

Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Αμελητέα υποβάθμιση του φυσικού πόρου
- Πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος (δημιουργία λίμνης και υδροβιότοπου)
- Μηδενικές εκπομπές ρύπων
- Χρήση του νερού και για άλλες ανάγκες (άρδευση, ύδρευση, περιβαλλοντική)
- Έργα υποδομής που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της περιοχής

- Παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό ενεργειακής απόδοσης για Α.Π.Ε.
- Μεγάλη αξιοπιστία των υδροστροβίλων
- Παραγωγή ενέργειας χωρίς διακυμάνσεις



Εικόνα 6: Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Δαφνοζωνάρας

Μειονεκτήματα

- Οπτική όχληση: από τα έργα οδοποιίας, μεγάλα πρηνή, κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη, αλόγιστη διάθεση των μπαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες, επίδραση στη γεωργία.
- Επιπτώσεις στη χλωρίδα – πανίδα: Η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να μηδενιστεί (επιβάλλεται η εξασφάλιση οικολογικής παροχής), αποψίλωση της βλάστησης κατά τη φάση της κατασκευής και από την κατάληψη

του δημιουργουμένου ταμιευτήρα, εμπόδια στην ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας.

- Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά: Η διακοπή της ροής των φερτών από την υδροληψία-φράγμα δημιουργεί μακροπρόθεσμα μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού, ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, αλλαγή στις χρήσεις του νερού κατάντη του έργου υδροληψίας.

Ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Το φράγμα, το οποίο συγκρατεί το νερό σε μια τεχνητή λίμνη (ταμιευτήρα). Τα φράγματα κατασκευάζονται συνήθως σε σημεία με σχετικά απότομες κλίσεις της κοίτης των ποταμών. Έτσι το νερό αποκτά δυναμική ενέργεια. Στο κάτω μέρος του φράγματος τοποθετούνται υδατοφράκτες. Με τη βοήθειά τους ρυθμίζεται η ποσότητα ροής του νερού από τον ταμιευτήρα προς την τουρμπίνα μέσω του υδαταγωγού. Με τη πτώση του νερού η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.
- Τουρμπίνα με ειδικά πτερύγια για την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε περιστροφική. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του ταμιευτήρα και της θέσης της τουρμπίνας προκαλεί την κίνηση του νερού.
- Γεννήτρια συνδεδεμένη στον άξονα της τουρμπίνας, την οποία θέτει σε κίνηση η τουρμπίνα. Με τον τρόπο αυτό η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα.
- Γραμμές μεταφοράς: Από την εγκατάσταση παραγωγής ισχύος εκκινούν γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας προς τους τόπους κατανάλωσής της.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα προοπτική για τον τομέα της Υ/Ε είναι η αντλησιοταμίευση δηλαδή η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με την άντληση νερού (ίσως μέσω ανεμογεννητριών) από μια δεξαμενή σε άλλη με σημαντική υψομετρική διαφορά μεταξύ τους και μετά με την αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, υπάρχει και η νέα υδροηλεκτρική, θαλάσσια (ωκεάνια) ενέργεια προέρχεται από έξι διαφορετικές πηγές: κύματα, παλιρροιακά ρεύματα, ωκεάνια ρεύματα, μεταβολές της θερμικής ενέργειας των ωκεανών και βαθμίδες αλατότητας, με διαφορετική προέλευση και απαιτώντας διαφορετικές τεχνολογίες μετατροπής. Η ωκεάνια ενέργεια παραμένει ανεκμετάλλευτη καθώς όλες οι ενεργειακές τεχνολογίες των ωκεανών υποβάλλονται εννοιολογικά σε εντατική έρευνα και ανάπτυξη ή βρίσκονται στο στάδιο του προ-εμπορικού πρωτοτύπου και επίδειξης.

3. Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο σήμερα

3.1. Πολιτικές

3.1.1. Διεθνές Θεσμικό Πλαίσιο

Οι περίπλοκες προκλήσεις της ενέργειας και της βιώσιμης ανάπτυξης τονίστηκαν στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992 στην επονομαζόμενη Ατζέντα 21 (Agenda 21). Στην Ατζέντα 21 υπογραμμίστηκε το γεγονός ότι τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής (1992) ιδίως εάν η ζήτηση συνεχίσει να αυξάνεται, είναι ανεπαρκή. Επίσης υπογραμμίστηκε η σημασία της χρήσης ενεργειακών πόρων κατά τρόπο που να συνάδει με τους στόχους της προστασίας της ανθρώπινης υγείας, της ατμόσφαιρας και του φυσικού περιβάλλοντος. Εντούτοις, η ενέργεια δεν εξετάστηκε ρητά στους Αναπτυξιακούς Στόχους της Χιλιετίας, αλλά κατά την 9η σύνοδο της Επιτροπής για την Αειφόρο Ανάπτυξη (CSD-9) που πραγματοποιήθηκε το 2001, οι συμμετέχουσες χώρες συμφώνησαν ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην ανάπτυξη, εφαρμογή και μεταφορά πιο καθαρών και αποδοτικότερων ενεργειακών τεχνολογιών όπως επίσης ότι απαιτείται επείγουσα δράση για την περαιτέρω ανάπτυξη και επέκταση του ρόλου των εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Το Σχέδιο Εφαρμογής του Γιόχανεσμπουργκ (JPOI), που εγκρίθηκε κατά την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη το 2002, ασχολείται με την ενέργεια στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης. Μεταξύ άλλων, το JPOI ζητεί τη λήψη μέτρων για: (1) βελτίωση της πρόσβασης σε αξιόπιστες, οικονομικά προσιτές, οικονομικά βιώσιμες, κοινωνικά αποδεκτές και περιβαλλοντικά ορθές ενεργειακές υπηρεσίες · (2) Αναγνώρισης του ότι οι ενεργειακές υπηρεσίες έχουν θετικές επιπτώσεις στην εξάλειψη της φτώχειας και στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου · (3) Ανάπτυξης και διάδοσης εναλλακτικών ενεργειακών τεχνολογιών με στόχο να δοθεί μεγαλύτερο μερίδιο του ενεργειακού μείγματος στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και, με μια αίσθηση επείγουσας ανάγκης, να αυξηθεί σημαντικά το παγκόσμιο μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας · (4) Διαφοροποίησης του ενεργειακού εφοδιασμού με την ανάπτυξη προηγμένων, καθαρότερων, αποδοτικότερων και οικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών · (5) Συνδυασμού μιας σειράς ενεργειακών τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων προηγμένων και καθαρότερων

τεχνολογιών ορυκτών καυσίμων, για την κάλυψη της αυξανόμενης ανάγκης για ενεργειακές υπηρεσίες · (6) Επιτάχυνσης της ανάπτυξης, της διάδοσης και της ανάπτυξης προσιτών και καθαρότερων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας · (7) Ανάληψης δράσης, κατά περίπτωση, για τη σταδιακή κατάργηση των επιδοτήσεων στον τομέα αυτό, οι οποίες εμποδίζουν τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Το έτος 2004, η UN-Energy ιδρύθηκε σε ανταπόκριση της πρόσκλησης της Παγκόσμιας Διάσκεψης Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη του 2002 για ένα πιο συντονισμένο και συνεκτικό πρόγραμμα ενεργειακών δραστηριοτήτων των υπηρεσιών του ΟΗΕ. Το CSD-14 και το CSD-15 το 2006 και το 2007 επικεντρώθηκαν σε ένα σύνολο θεματικών θεμάτων, τα οποία περιλάμβαναν ενέργεια για βιώσιμη ανάπτυξη.

Το έτος 2011 δημιουργήθηκε από τη Γενική Γραμματεία των Ηνωμένων Εθνών η πρωτοβουλία «Αειφόρος Ενέργεια για Όλους» (Sustainable Energy for All) για την επίτευξη τριών βασικών στόχων έως το 2030: Την εξασφάλιση καθολικής ενεργειακής πρόσβασης στις σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες, τον διπλασιασμό του παγκόσμιου ρυθμού βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και τον διπλασιασμό του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρήση στην παγκόσμια ενέργεια.

Το έτος 2012, το ψήφισμα της Γενικής Συνέλευσης των Ηνωμένων Εθνών που κήρυξε το 2012 ως το Διεθνές Έτος Αειφόρου Ενέργειας για Όλους εφαρμόστηκε με επιτυχία με πολλές δραστηριότητες και δεσμεύσεις που προωθούν ένα αειφόρο ενεργειακό μέλλον. Επίσης, στα αποτελέσματα της διάσκεψης του Ρίο + 20 για τη βιώσιμη ανάπτυξη (το μέλλον που θέλουμε), τα κράτη μέλη: (1) αναγνωρίζουν τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζει η ενέργεια στην αναπτυξιακή διαδικασία · (2) τονίζουν την ανάγκη να αντιμετωπιστεί η πρόκληση της πρόσβασης όλων σε όλες τις βιώσιμες σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες · και (3) αναγνωρίζουν ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι καθαρές και ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες είναι σημαντικές για την αειφόρο ανάπτυξη.

Το έτος 2014, η απόφαση της Γενικής Συνέλευσης των Ηνωμένων Εθνών για κήρυξη της περιόδου 2014-2024 ως η δεκαετία των Ηνωμένων Εθνών για τη βιώσιμη ενέργεια για όλους, τέθηκε σε εφαρμογή με πολλές δραστηριότητες και δεσμεύσεις και με την ίδρυση διαφόρων τεχνικών κόμβων σε όλο τον κόσμο για την επιτάχυνση των στόχων της πρωτοβουλίας αυτής . Επίσης, κατά το ίδιο έτος, η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών πρότεινε ένα σύνολο στόχων βιώσιμης ανάπτυξης (Sustainable Development Goal-SDG), στους οποίους περιλαμβάνεται ένας αποκλειστικός και ανεξάρτητος στόχος για την

ενέργεια. Ο έβδομος στόχος βιώσιμης ανάπτυξης (SDG#7) καλεί για "εξασφάλιση πρόσβασης σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους".

Το έτος 2015, οι χώρες ενέκριναν την ατζέντα για τη βιώσιμη ανάπτυξη του 2030 και τους 17 στόχους της για την αειφόρο ανάπτυξη.

Το έτος 2016, τέθηκε σε ισχύ η Συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή, αντιμετωπίζοντας την ανάγκη περιορισμού της αύξησης των παγκόσμιων θερμοκρασιών.

Οι κυβερνήσεις, οι επιχειρήσεις και η κοινωνία των πολιτών μαζί με τα Ηνωμένα Έθνη κινητοποιούν τις προσπάθειες για την επίτευξη του Ατζέντα για την Αειφόρο Ανάπτυξη έως το έτος 2030. Η παγκόσμια, περιεκτική και αδιαίρετη ατζέντα απαιτεί τη δράση όλων των χωρών για τη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής παντού.

3.1.2. Το Θεσμικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Η πρώτη προσπάθεια προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην Ελλάδα συνίσταται στην θέσπιση του νόμου Ν.1559/85, «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις». Ο νόμος αυτός αποτέλεσε την αρχή της εισόδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα, που οδήγησε σε μιας μικρής κλίμακας νέα εγκατεστημένη ισχύ από την ΔΕΗ και την τοπική αυτοδιοίκηση (24 και 3 MW αντίστοιχα), χωρίς την συνεισφορά του ιδιωτικού τομέα. Στο νόμο αυτό, έγινε μια αρχική συνοπτική «χαρτογράφηση» και «οριοθέτηση» του τοπίου, πάνω στην αδειοδότηση, στην εκμετάλλευση, στην παραγωγή και στη διάθεση των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας. Η προώθηση αυτή, συνεχίζεται με την ίδρυση του Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) με σκοπό την προώθηση και την υποστήριξη δραστηριοτήτων Α.Π.Ε.. Έπειτα, στην κατεύθυνση αυτή, ψηφίστηκαν οι παρακάτω νόμοι:

- Νόμος 2244/1994 (για ανάπτυξη των Α.Π.Ε.) Οδηγία 96/96/EK (κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας), Ο Νόμος 2773/99 (περί απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις-σύσταση Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας), Σύσταση της ανώνυμης εταιρίας Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.) με το Προεδρικό Διάταγμα 328, ΦΕΚ 268/2000, με σκοπό τη λειτουργία, εκμετάλλευση, διασφάλιση της συντήρησης και η μέριμνα για την ανάπτυξη του Συστήματος, Νόμος 2941/2001 (απλοποίηση διαδικασιών για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας).

Αξίζει να αναφερθεί ότι σε επίπεδο επενδύσεων ειδικά, ιδιαίτερο ρόλο έπαιξαν:

- Αναπτυξιακός Νόμος 3299/2004 με τα μεγάλα ποσοστά επιδοτήσεων για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δίνοντας κίνητρα σε νέους επενδυτές.
- Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις» ο οποίος ισχύει από τις 27 Ιουνίου 2006 και έθεσε νέα δεδομένα σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο Νόμος ενσωματώνει την βασική Οδηγία 2001/77/ΕΚ για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα με τις ρυθμίσεις του νόμου προωθείται κατά προτεραιότητα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε. και μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.
- Νόμος Ν. 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής»: Με το νόμο αυτό γίνεται προσπάθεια περαιτέρω απλούστευσης και συντόμευσης της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων Α.Π.Ε. με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων, όπως η κατάργηση της Άδεια Παραγωγής για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς έως και 1 MW.

3.2. Στόχοι και Δεσμεύσεις στην Ελλάδα

Οι βασικοί άξονες κατεύθυνσης του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού είναι η μείωση της εξάρτησης από την εισαγόμενη ενέργεια, η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των Α.Π.Ε., η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2050, καθώς και η προστασία του τελικού καταναλωτή. Ταυτόχρονα, η μηδενική αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας και η περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) αποτελούν με τη σειρά τους ουσιαστικές επιλογές στο πλαίσιο του σχεδιασμού. Για το διάστημα μέχρι το 2020 οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν ήδη υιοθετηθεί με το πρόωρο Σχέδιο Δράσης για τις Α.Π.Ε.. Λαμβάνοντας υπόψιν το Σχέδιο, τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την περίοδο 2020-2050 καθώς και

την εξέλιξη μιας σειράς βασικών παραμέτρων (οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο, διεθνείς τιμές καυσίμων, εκπομπές CO₂, επίπεδο χρήσης λιγνίτη, κ.α.) μελετήθηκαν τρία σενάρια ώστε να προσδιορισθούν και να αξιολογηθούν εναλλακτικά μέτρα και πολιτικές για την εκπλήρωση των Εθνικών και των Ευρωπαϊκών στόχων.

- Σενάριο 1^ο - «Υφιστάμενες πολιτικές» (ΥΦ) : συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, προβλέποντας μέτρια διεύδυση Α.Π.Ε. και εξοικονόμησης ενέργειας και μέτριο επίπεδο περιορισμού των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 -40% σε σχέση με το 2005.
- Σενάριο 2^ο - «Μέτρα Μεγιστοποίησης Α.Π.Ε.» (ΜΕΑΠ) : πολιτική μεγιστοποίησης της διεύδυσης των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή (σε επίπεδο 100%) στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 60%-70% και ταυτόχρονη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές.
- Σενάριο 3^ο - «Περιβαλλοντικά Μέτρα Ελαχίστου Κόστους» (ΠΕΚ) : έχει τις ίδιες παραδοχές με το Σενάριο ΜΕΑΠ όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ αλλά υπολογίζει το ποσοστό των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επενδυτικό κόστος.

Η μελλοντική εικόνα του ενεργειακού συστήματος όπως προκύπτει από τα δύο βασικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής μπορεί να συνοψισθεί στα ακόλουθα σημεία:

- Ποσοστό 85-100% ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών.
- Συνολική διεύδυση Α.Π.Ε. σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση
- Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Μείωση χρήσης πετρελαίου.
- Ενεργειακά αναβαθμισμένα κτίρια με παράλληλη χρήση Α.Π.Ε..
- Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής ενέργειας και έξυπνων δικτύων.

Το πρώτο κρίσιμο συμπέρασμα της ανάλυσης είναι ότι η προοπτική των υφιστάμενων πολιτικών (Σενάριο ΥΦ) οδηγεί σε περιορισμένη μείωση των εκπομπών CO₂ έως το 2050, που δεν συνάδει με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ούτε αποτελεί την βέλτιστη εξέλιξη του ενεργειακού τομέα. Τα σενάρια νέας ενεργειακής πολιτικής (Σενάρια ΜΕΑΠ και ΠΕΚ), στα οποία κυριαρχεί η υψηλή διεύδυση των Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση

των εκπομπών CO₂ (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας καθώς και της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.

Δεδομένου ότι η αγορά των Α.Π.Ε. αποτελεί μια υποκατηγορία στη συνολική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σκόπιμο προτού γίνει αναφορά στις νέες τάσεις της αγοράς των Α.Π.Ε., να γίνει μια συνοπτική επισκόπηση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και μία διερεύνηση του ενεργειακού ισοζυγίου σε αυτή, έτσι ώστε να γίνει στη συνέχεια κατανοητή η αναγκαιότητα των θεσμοθετημένων αλλαγών και των προβλεπόμενων εξελίξεων στην συγκεκριμένη αγορά σε συνδυασμό πάντα με την προβλεπόμενη μετάβαση στο νέο μοντέλο της ηλεκτρικής αγοράς.

3.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Οικονομία

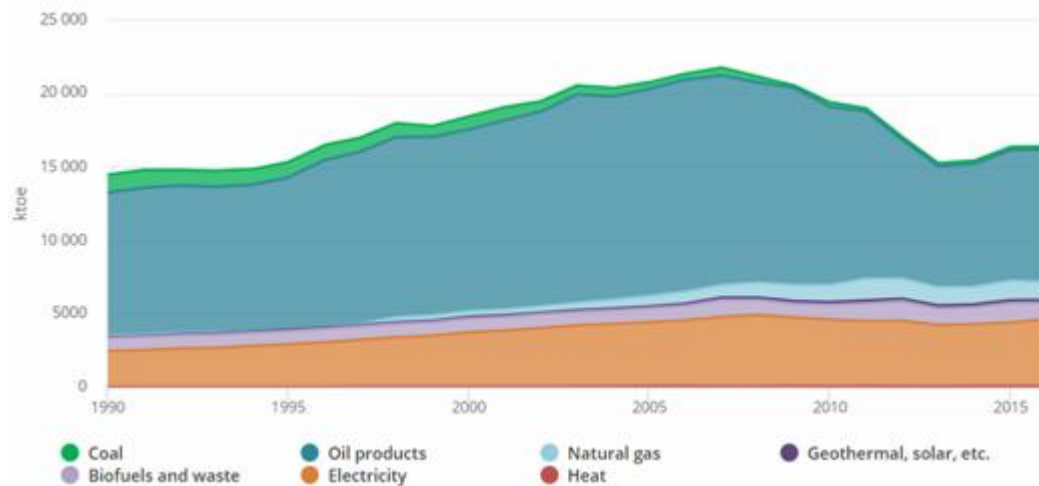
Πέρα από τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη από τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αξιοσημείωτες είναι και οι θετικές επιπτώσεις που φέρει η διείσδυσή τους στην οικονομία. Συνοπτικά, αυτές θα μπορούσαν να αναφερθούν οι εξής:

- Δημιουργία θέσεων εργασίας (green employment)
- Αυτονομία ενέργειας σε εθνικό και ιδιωτικό επίπεδο (χαρακτηριστικό το παράδειγμα της Ισλανδίας, η οποία θεωρείται ότι ξεπέρασε τις τελματώδεις οικονομικές δυσκολίες της από το 2008, καθώς κατάφερε να απαλλαγεί από την εξάρτηση από τον εισαγόμενο άνθρακα και το πετρέλαιο και αυτή τη στιγμή η χώρα παράγει όλη την ενέργεια που χρειάζεται για ηλεκτρισμό και οικιακή θέρμανση από γεωθερμικές και υδροηλεκτρικές μονάδες)
- Αποφυγή προστίμων λόγω μη συμμόρφωσης με οδηγίες πράσινης πολιτικής
- Διευκολύνσεις από το χρηματιστήριο ρύπων
- Συμμόρφωση με τις αρχές της βιωσιμότητας που εξασφαλίζουν ένα βέβαιο, υγιές μέλλον σε όλη την κοινωνία (διασφάλιση τροφής, μεταφορών, πόρων) και προστατεύουν οικονομικά συμφέροντα

4. Οι Ανανεώσιμες πηγές στο ενεργειακό ισοζύγιο

4.1. Το ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα

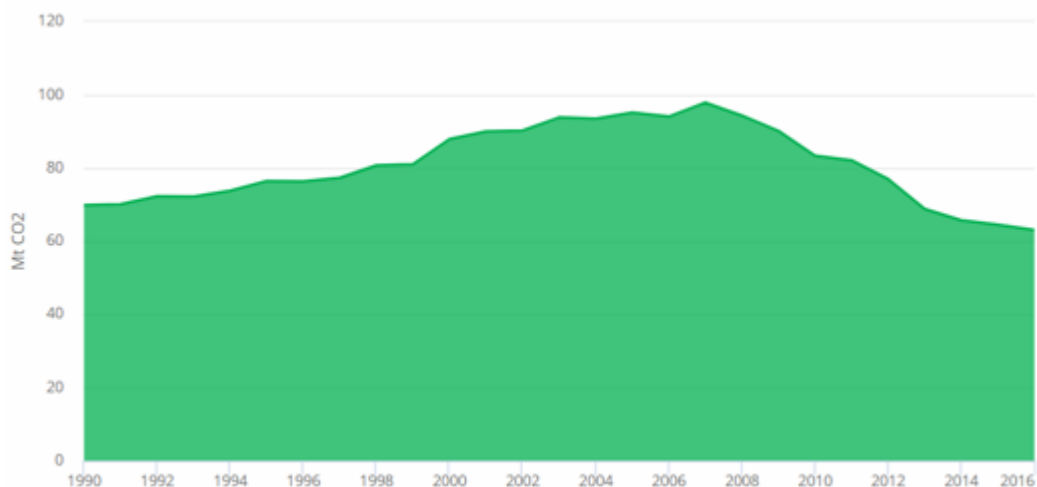
Για την ολοκληρωμένη μελέτη του συστήματος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σκόπιμο να γίνει μία σύντομη αναφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας όπως και των σεναρίων παραγωγής και ζήτησης.



Διάγραμμα 1: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή στην Ελλάδα (1990-2015)

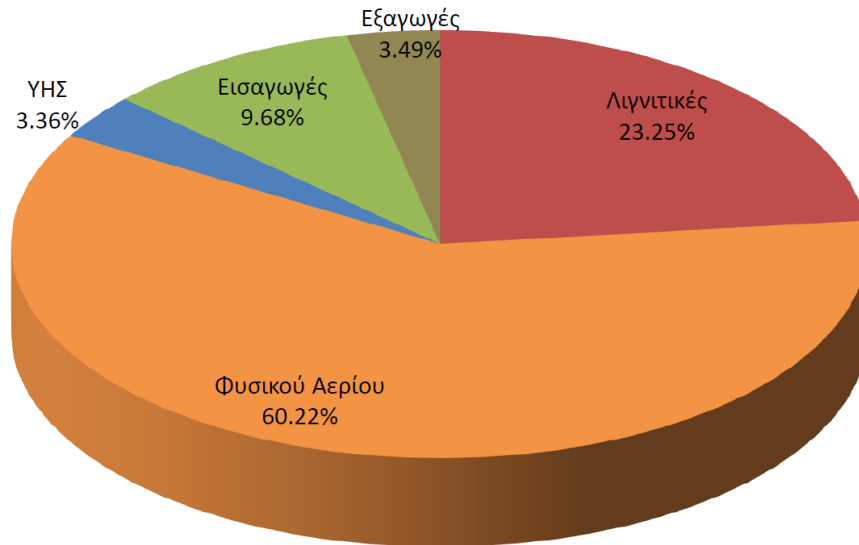
Τα τελευταία 50 χρόνια, η ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε πέντε (5) φορές, ενώ η αντίστοιχη στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν λιγότερο από δύο (1,8) φορές. Από το 2010 και μετά, τα πρώτα χρόνια της κρίσης, έχει παρατηρηθεί μία σημαντική μείωση, η οποία όμως πρέπει να εξασφαλιστεί στον ορίζοντα του 2030 και 2050, όπως έχουν υποβάλλει οι αντίστοιχες οδηγίες- στόχοι παγκοσμίως. Σε αυτά τα πλαίσια, είναι απαραίτητη η δημιουργία Εθνικού Σχεδίου Δράσης για το 2030, συντονισμένα, με έργα που θα αφορούν όχι μόνο την ηλεκτρική ενέργεια αλλά και τις μεταφορές και την θέρμανση. Οι στόχοι για το 2020 φαίνεται να είναι επιτεύξιμοι τόσο ως προς την κατανάλωση ενέργειας όσο και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αλλά δεν πρέπει να υπάρχει εφησυχασμός καθώς οι προκλήσεις μεγαλώνουν. Καθώς η οικονομική κρίση στην Ελλάδα σε συνδυασμό με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας οδήγησαν στα παρακάτω αποτελέσματα, αλλά

όπως θα αναλυθεί και παρακάτω (Κεφάλαιο 4.3), προβλέπεται αύξηση στη ζήτηση της ενέργειας έως και 50% μέχρι το 2030.

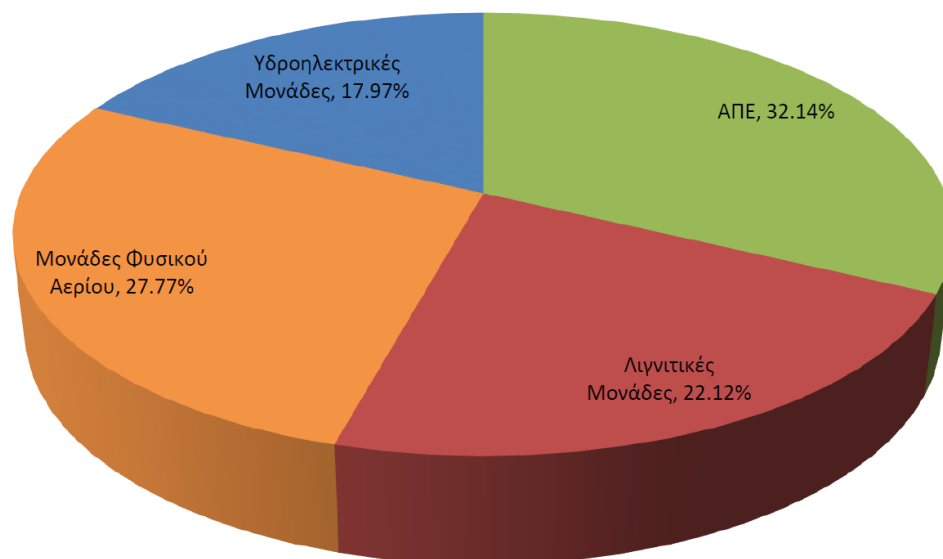


Διάγραμμα 2: Εκπομπές CO2 στην Ελλάδα (1990-2016)

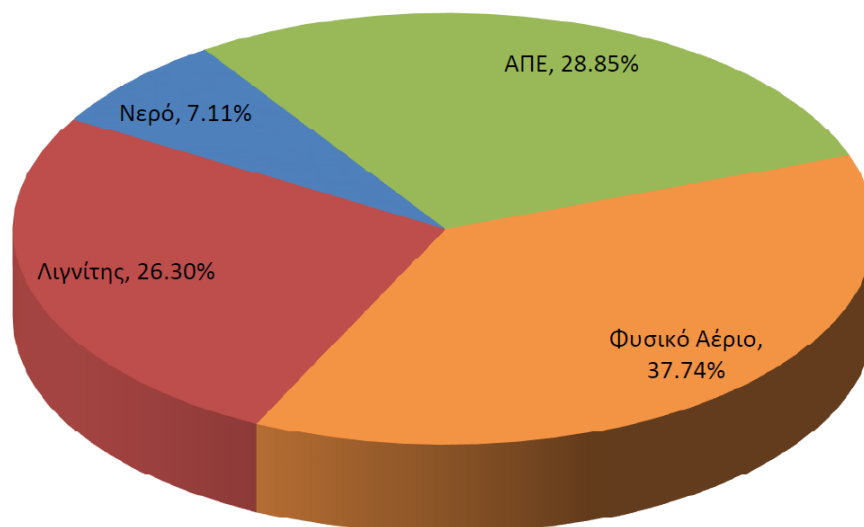
Η Ελλάδα εξαρτάται ενεργειακά από την εισαγωγή πετρελαίου το οποίο συμμετέχει σε ποσοστό πάνω από το 50% στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς το μόνο εγχώριο κοιτάσμα (Πρίνος) δεν καλύπτει παρά πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών της χώρας. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η εξάρτηση από το πετρέλαιο δικαιολογείται εν μέρει στα πλαίσια του μη διασυνδεδεμένου δικτύου των νησιών. Το μόνο εγχώριο καύσιμο που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την ηλεκτροπαραγωγή είναι ο λιγνίτης και μάλιστα αποτελεί την μόνιμη εφεδρεία του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, ενώ από το μόλις το 38% της καταναλισκόμενης ενέργειας που παράγεται χώρα, αφορά εισαγόμενες πρώτες ύλες (πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Το φυσικό αέριο εισήχθη στην Ελλάδα το έτος 1996, ενώ την τελευταία δεκαετία η χρήση του διπλασιάστηκε καθώς καθιερώθηκε ως μέσο θέρμανσης οικιακής χρήσης, αντικαθιστώντας το πετρέλαιο.



Διάγραμμα 3: Ποσοστό (%) στο σύνολο των ωρών ανά τύπο καυσίμου/εισαγωγές/ εξαγωγές που όρισαν την Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ) τον Μάιο του 2019 (στοιχεία Energy Exchange Group)



Διάγραμμα 4: Ποσοστό (%) στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά καύσιμο τον Μάιο του 2019(στοιχεία Energy Exchange Group)



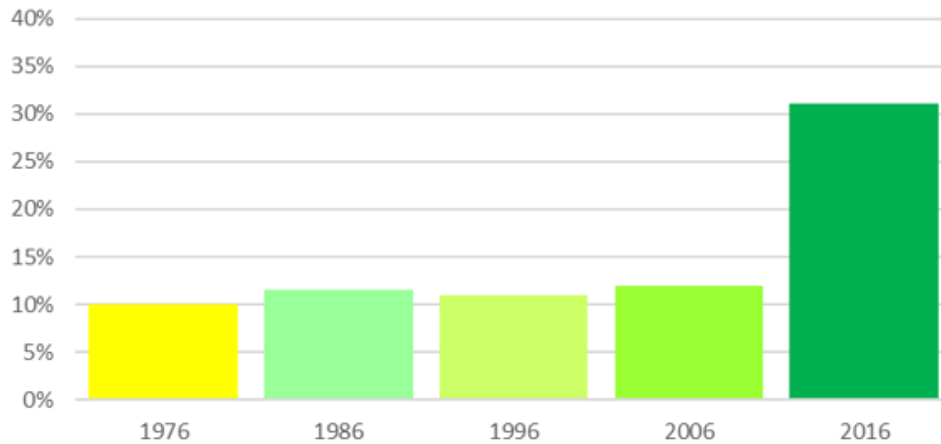
Διάγραμμα 5: Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο καύσιμο τον Μάιο του 2019(στοιχεία Energy Exchange Group)

4.2. Η αγορά των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα

Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, στην Ελλάδα υπήρχε χρόνια πριν αλλά είναι γεγονός ότι καθιερώθηκε κατά την τελευταία δεκαετία. Πολιτικές, χρηματοδοτικά εργαλεία και νομοθετήματα βοήθησαν προς αυτή την κατεύθυνση ενώ ο Ελλαδικός χώρος ευνοεί την ανάπτυξή τους σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης. Οι δύο μορφές που κυριαρχούν είναι η αιολική και η ηλιακή με ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Συγκεκριμένα από το 2010 μέχρι το 2015 η ηλεκτροπαραγωγή από ηλιακή και αιολική ενέργεια αυξήθηκε κατά 300%, ενώ το 2016 η Ελλάδα ήταν δεύτερη όλων των μελών του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) στην ακαθάριστη παραγωγή ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2016 διαμορφώθηκε σε 23,8% παρουσιάζοντας εντυπωσιακή άνοδο σε σχέση με το έτος 2006 που το αντίστοιχο μερίδιο κυμαινόταν στο 9%. Μάλιστα, η μέγιστη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έφθασε το 31% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2016. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ταχείας αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος αιολικής και ηλιακής ενέργειας και της μείωσης της κατανάλωσης (συνολικής παροχής) ηλεκτρικής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαετία (Το μέγιστο της ζήτησης σε συνολική

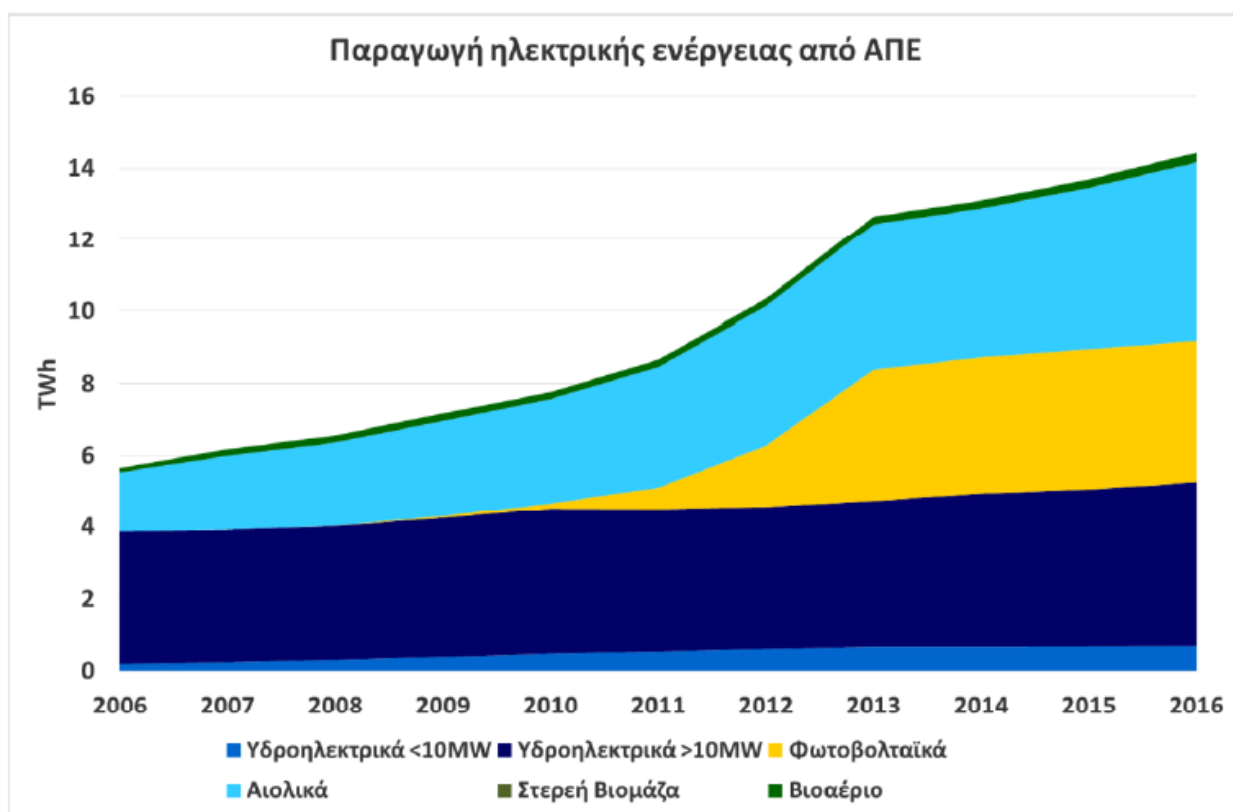
παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε σε 62,9 (TWh) το 2008 και έκτοτε ακολούθησε μείωση κατά 22%).



Διάγραμμα 6: Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (1973-2019)

Επισημαίνεται ότι για να υπάρχει συγκρισιμότητα ως προς το συγκεκριμένο μερίδιο των Α.Π.Ε., για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. με έντονες εποχιακές και ημερολογιακές διακυμάνσεις ηλεκτροπαραγωγής σε επίπεδο έτους (δηλαδή αιολικοί και υδροηλεκτρικοί) λαμβάνεται υπόψη η κανονικοποιημένη παραγωγή τους. Δηλαδή, λαμβάνονται υπόψη ιστορικά στοιχεία ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος για τις εν λόγω τεχνολογίες Α.Π.Ε. στην Ελληνική επικράτεια. Ειδικότερα, όσον αφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α.Π.Ε. με χαρακτηριστικά μη ελεγχόμενης παραγωγής, δηλαδή στην ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκούς και αιολικούς σταθμούς, το ποσοστό αυτού του μεριδίου ανέρχεται ήδη σε πάνω από 15% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και είναι σημαντικά υψηλότερο από το αντίστοιχο μερίδιο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, και το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον συνολικό πρωτογενές ενεργειακό εφοδιασμό (TPES) αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια, φθάνοντας σε ένα νέο μέγιστο επίπεδο 12,5% το 2016.

Είναι σημαντικό επίσης να σημειωθεί ότι λόγω της αυξημένης ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. σε επίπεδο δικτύου διανομής παρατηρείται ήδη πλέον το φαινόμενο ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες οι ώρες με την υψηλότερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο συστήματος (8-10μμ) να είναι διαφορετικές από τις ώρες με την υψηλότερη συνολική ζήτηση (2-3μμ). Ουσιαστικά η διεσπαρμένη παραγωγή από τις Α.Π.Ε. επιτυγχάνει να μειώνει σε απόλυτα μεγέθη την αιχμή του φορτίου του συστήματος. Ωστόσο, επειδή αυτή η διεσπαρμένη ηλεκτροπαραγωγή είναι κύρια στοχαστική και μεταβλητή, δημιουργούνται ανάγκες για ευέλικτη παραγωγή ή και διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς δύναται να υπάρξουν διακυμάνσεις στην καμπύλη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος που απαιτούν άμεση κάλυψη της ζήτησης όπως αυτή τελικά διαμορφώνεται.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. την περίοδο 2006-2016.

Η αύξηση του μεριδίου των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή οφείλεται κυρίως στην εγκατάσταση ενός μεγάλου αριθμού αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων που

παρατηρήθηκε ειδικά μετά το έτος 2010, ως συνδυαστικού αποτελέσματος του καθεστώτος ενίσχυσης που βρισκόταν σε εφαρμογή για τέτοιου είδους επενδύσεις και το οποίο ήταν ιδιαίτερα ελκυστικό σε οικονομικούς όρους, ακραία σε κάποιες κατηγορίες ειδικά φωτοβολταϊκών έργων, καθώς και της ραγδαίας μείωσης του κόστους εγκατάστασης που παρατηρήθηκε ειδικά για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

Η ηλεκτροπαραγωγή από τις Α.Π.Ε. προσεγγίζει πλέον τις 15 TWh ετησίως (Διάγραμμα 7), με αυτή από αιολική ενέργεια να έχει ήδη το έτος 2017 ξεπεράσει τις 5,5 TWh σε επίπεδο ελληνικής επικράτειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από τα αιολικά αντιστοιχεί σε πάνω από 35% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής από τις Α.Π.Ε. στην Ελληνική επικράτεια, ενώ ακολουθεί η ηλεκτροπαραγωγή από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα (αφορά τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς που έχουν εγκατεστημένη ισχύς πάνω από 10 MW) και έπεται αυτή των φωτοβολταϊκών με μερίδιο κοντά στο 27%. Η ηλεκτροπαραγωγή από τις υπόλοιπες τεχνολογίες Α.Π.Ε. και κατηγορίες έργων ανέρχεται αθροιστικά κατά μέσο όρο περίπου στο 5% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής των Α.Π.Ε..

Η ανάπτυξη των αιολικών σταθμών στην Ελλάδα πρέπει να επισημανθεί ότι εμφάνισε σταθερά και ικανοποιητικά μεγέθη νέας ετήσιας εγκατεστημένης ισχύος μετά το έτος 2006, με το μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης της ισχύος για την περίοδο 2006-2016 να ανέρχεται στο 12%. Ενδεικτικά, για τα αιολικά πάρκα, οι χρονιές 2016-2017, αποτελούν αθροιστικά και τα έτη με τη μεγαλύτερη απόλυτη αύξηση σε επίπεδο νέας εγκατεστημένης ισχύος, καθώς τέθηκαν σε λειτουργία πάνω από 500 MW νέων αιολικών σταθμών, και πλέον σήμερα οι αιολικοί σταθμοί εμφανίζουν το μεγαλύτερο μέγεθος εγκατεστημένης ισχύος μεταξύ των τεχνολογιών Α.Π.Ε. με πάνω από 2750 MW, ενώ ακολουθούν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους, ανεξαρτήτου τύπου συστήματος και χρήσης, να ανέρχεται στα 2650 MW.

Αντίθετα με τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, οι υπόλοιπες τεχνολογίες Α.Π.Ε. δεν έχουν παρουσιάσει σημαντικούς ρυθμούς αύξησης της ισχύος τους μετά το έτος 2010 και μέχρι το έτος 2014, με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών, των σταθμών βιομάζας και βιοαερίου να ανέρχεται πλέον στα 307 MW. Αξίζει ωστόσο να επισημανθεί ότι ακόμη και για αυτές τις τεχνολογίες κατά την περίοδο 2015-2018 καταγράφηκε σημαντική σχετική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τους, περίπου στο 15%, καταδεικνύοντας ότι υπάρχει περαιτέρω δυναμικό ανάπτυξης των τεχνολογιών Α.Π.Ε. για ηλεκτροπαραγωγή πέρα από τους αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Αξίζει να επισημανθεί ότι στην εγκατεστημένη ισχύ των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών

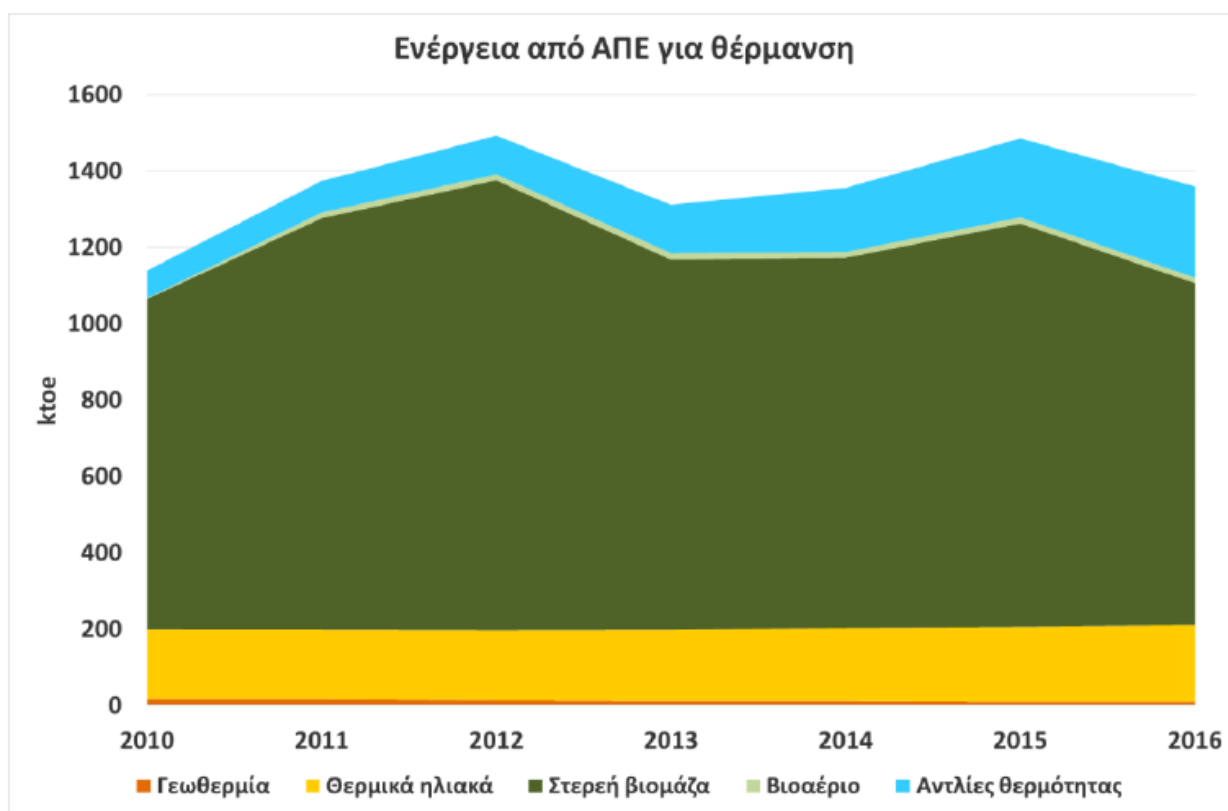
συμπεριλαμβάνεται και η ισχύς δύο σταθμών με δυνατότητα αντλησιοταμίευσης, που ανέρχεται σε 699 MW.

Οι ιδιαίτερα θετικοί και αυξανόμενοι ρυθμοί αύξησης του συνόλου των τεχνολογιών Α.Π.Ε. για ηλεκτροπαραγωγή μετά το έτος 2015 πρέπει να αποδοθούν σε μεγάλο βαθμό στο νέο καθεστώς στήριξης λειτουργικής ενίσχυσης, το οποίο επαναπροσδιόρισε ριζικά το πλαίσιο λειτουργίας και ενίσχυσης των νέων σταθμών Α.Π.Ε. που τίθενται σε λειτουργία. Διαχρονικά, το εκάστοτε καθεστώς στήριξης της ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., αποτέλεσε τον κυρίαρχο παράγοντα για την ανάπτυξη νέων έργων Α.Π.Ε., πέρα των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και η υιοθέτησή του ακολουθούσε τους ευρωπαϊκούς και εθνικούς στόχους που τίθενται ανά περίοδο για τη συμμετοχή τους στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Επισημαίνεται ότι πλέον, τόσο για τους νέους αιολικούς όσο ειδικά για τους νέους φωτοβολταϊκούς σταθμούς το διαφορικό μέσο κόστος ενίσχυσης της λειτουργίας τους βρίσκεται κάτω από τα 25 €/MWh (σχεδόν στο 20% του μέσου κόστους των εν λειτουργία μονάδων Α.Π.Ε.) σηματοδοτώντας μια νέα περίοδο αναφορικά με τη λειτουργία αυτών των σταθμών που θα γίνεται πλέον με τη μικρότερη οικονομική ενίσχυση σε επίπεδο κοινωνίας και σταδιακά χωρίς καθόλου ενίσχυση και με άκρως ανταγωνιστικούς όρους σε επίπεδο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Πέραν του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, η συνεισφορά των Α.Π.Ε. για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης σε επίπεδο τελικής κατανάλωσης ενέργειας αυξήθηκε σημαντικά κατά την περίοδο 2006-2016 και διαμορφώθηκε στο 24,2% το έτος 2016 (Διάγραμμα 4.8 - μέσος ρυθμός ετήσιας αύξησης κοντά στο 10%). Η συνεισφορά αυτή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση εμφάνισε την απόλυτη υψηλότερη τιμή το έτος 2012 με 1492 ktoe και το σχετικό υψηλότερο μερίδιο που ανήλθε σε 26,8% παρατηρήθηκε το έτος 2014. Συνολικά το μερίδιο αυτό έχει πλέον σταθεροποιηθεί γύρω στο 25%, ξεπερνώντας ακόμη και τον αντίστοιχο εθνικό ενδεικτικό στόχο για το έτος 2020 που είχε τεθεί στο 20%. Αξίζει να επισημανθεί, ότι οι αυξομειώσεις που παρατηρούνται κατά χρονικά διαστήματα στο μερίδιο συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, οφείλονται αποκλειστικά στη χρήση στερεής βιομάζας η οποία και παρουσιάζει διακυμάνσεις ως προς τη χρήση της τα τελευταία έτη, έπειτα από τη σημαντική της αύξησης που παρατηρήθηκε στις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας και κορυφώθηκε το έτος 2012.

Σύμφωνα με τα μεγέθη που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 8, το οποίο αναφέρεται στην περίοδο 2010-2016 καθώς δεν υπάρχουν προγενέστερα επίσημα ενεργειακά δεδομένα για τη συνεισφορά των αντλιών θερμότητας, η στερεή βιομάζα αποτελεί τη βασικότερη μορφή Α.Π.Ε. για την κάλυψη των θερμικών αναγκών εμφανίζοντας ωστόσο μεγάλες διακυμάνσεις στην αξιοποίηση της κατά την εξεταζόμενη περίοδο (μέγιστο μερίδιο στην παραγόμενη ενέργεια Α.Π.Ε. για θέρμανση 79% το έτος 2012 και ελάχιστο 66% το έτος 2016). Επιπρόσθετα, η αξιοποίηση της στερεής βιομάζας αφορά κυρίως την καύση εγχώριων καυσόξυλων, ενώ η χρήση της στερεής βιομάζας επεκτάθηκε και στα αστικά κέντρα κατά την τελευταία πενταετία οδηγώντας ωστόσο και σε αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες (φαινόμενο αιθαλομίχλης και υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων μικροσωματιδίων) λόγω της χρήσης μη κατάλληλης πρώτης ύλης και ανοικτών εστιών καύσης.



Διάγραμμα 8: Παραγωγή θερμικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (2010-2016)

Παρόλη την αύξηση του μεριδίου των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό ισοζύγιο της θέρμανσης, η εξέλιξή τους σε αυτόν τον τομέα μπορεί να βελτιωθεί αρκετά. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί η επιτακτική διεύθυνση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές η οποία μέχρι στιγμής είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Σίγουρα αφορά ευρύτερες πολιτικές και άλλες οικονομίες κλίμακας, αλλά είναι απαραίτητο και στην Ελλάδα οι μεταφορές να γίνουν περισσότερο βιώσιμες.

4.3. Προβλέψεις Ζήτησης Ενέργειας

Οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα σε μεσο-μακροπρόθεσμη βάση είναι οι εξής:

- Η οικονομική ανάπτυξη της χώρας (με βασικό δείκτη μέτρησης το ΑΕΠ).
- Οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες (κλιματισμός, χρήση ηλεκτρισμού στις μεταφορές, χρήση υπολογιστών, χρήση λαμπτήρων LED κ.λ.π.) λόγω βελτίωσης βιοτικού επιπέδου, αλλά και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης συγκεκριμένων πληθυσμιακών ομάδων (π.χ. οικονομικοί μετανάστες)
- Η γενικότερη κατάσταση του ενεργειακού τομέα και της αγοράς ηλεκτρισμού (επίπεδο τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνισμός με Φυσικό Αέριο κ.λ.π.).
- Ειδικές συνθήκες (π.χ. υλοποίηση έργων Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης)
- Πληθυσμιακή εξέλιξη
- Διάφορα μέτρα εξειδίκευσης πολιτικών, όπως εξοικονόμηση ενέργειας, αντιστάθμιση αέργου ισχύος, περιβαλλοντικοί περιορισμοί, κ.λ.π.

Οι προβλέψεις του Α.Δ.Μ.Η.Ε. για την εξέλιξη της ζήτησης ενέργειας στο Ε.Σ.Μ.Η.Ε. κατά την επόμενη οκταετία βασίζονται στα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης και σε δημοσιοποιημένες προβλέψεις που έχουν εκπονηθεί από άλλους αρμόδιους φορείς, λαμβάνοντας υπόψη τυχόν διαθέσιμες προβλέψεις προμηθευτών.

Η πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας αντιμετωπίζεται με τη χρήση σεναρίων (εύλογες υποθέσεις σχετικά με το τι θα μπορούσε να συμβεί στο μέλλον βασισμένες στην προηγούμενη και τρέχουσα εμπειρία, αλλά και υποθέσεις σχετικά με το πως οι σχετικές τάσεις μπορεί να εξελιχθούν). Διαμορφώνονται τρία σενάρια εξέλιξης της ζήτησης :

«ΑΝΑΦΟΡΑΣ», «ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ» και «ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ». Ως σημείο αναφοράς και των τριών σεναρίων, λαμβάνεται η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο Ε.Σ.Μ.Η.Ε. κατά το 2017, λαμβάνοντας υπόψη και τη διεσπαρμένη παραγωγή. Κάθε σενάριο εξέλιξης της ζήτησης διαμορφώνεται υιοθετώντας εύλογες και συνεπείς υποθέσεις, λαμβάνοντας υπόψη -πέραν των τάσεων που διαπιστώνονται από τα ιστορικά στοιχεία ζήτησης- και την αναμενόμενη εξέλιξη του ΑΕΠ, ο οποίος είναι καθοριστικός παράγοντας για την εξέλιξη της ζήτησης. Στην παρούσα χρονική περίοδο, εν μέσω της ύφεσης της οικονομικής δραστηριότητας, η χρησιμοποίηση των τάσεων των τελευταίων ετών είναι ιδιαίτερα επισφαλής για την διαμόρφωση σεναρίων για το μέλλον. Επιπλέον, το μέγεθος της οικονομικής ύφεσης, αλλά και η διάρκειά της, καθώς και η επίπτωσή της στην εξέλιξη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορούν να προβλεφθούν από τον Α.Δ.Μ.Η.Ε. Για τον σκοπό της πρόβλεψης έχει θεωρηθεί ότι ο βαθμός ελαστικότητας της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς το ρυθμό μεταβολής του ΑΕΠ θα παραμείνει μικρός.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα σενάρια εξέλιξης του ΑΕΠ που έχουν θεωρηθεί για τους σκοπούς της πρόβλεψης φορτίου. Το σενάριο Υψηλής Ανάπτυξης βασίζεται στις πρόσφατα δημοσιευμένες προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέχρι το 2019 ενώ για την περίοδο 2020 έως 2021 έχουν θεωρηθεί τα αντίστοιχα δημοσιευμένα στοιχεία του ΔΝΤ. Για τα έτη 2022 έως 2028, ελλείψει άλλων στοιχείων, η προβλεπόμενη αύξηση του ΑΕΠ έχει θεωρηθεί ότι παραμένει σταθερή για τους σκοπούς της πρόβλεψης. Βάσει αυτής της προβλεπόμενης εξέλιξης του ΑΕΠ διαμορφώθηκαν και δύο επιπλέον σενάρια, πιο ήπιας ανάπτυξης της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας. Σε κάθε περίπτωση, οι εκτιμώμενες μεταβολές στη ζήτηση λόγω αναθεώρησης των προβλέψεων σχετικά με το ΑΕΠ την επόμενη περίοδο, δεν είναι τέτοιες που να επηρεάζουν τον προγραμματισμό των έργων.

Πίνακας 1: Σενάρια εξέλιξης ΑΕΠ

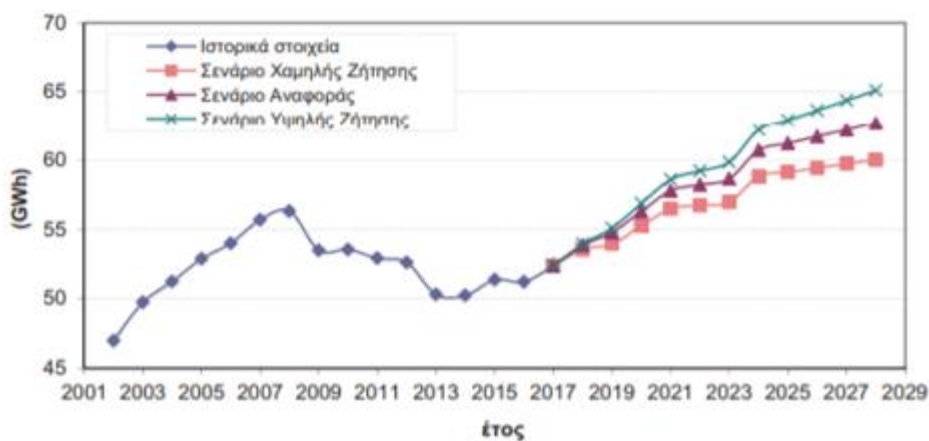
	2018	2019	2020	2021	2022-2028
Σενάριο	(%)				
Χαμηλής Ανάπτυξης	1,6	0,9	0,9	0,8	0,5
Μέσης Ανάπτυξης	2,3	2,0	1,4	1,3	0,9
Υψηλής Ανάπτυξης	2,5	2,5	1,9	1,8	1,3

Οι προβλέψεις της συνολικής- ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης και της ζήτησης που εξυπηρετείται τοπικά από διεσπαρμένη παραγωγή Α.Π.Ε.) στο

Διασυνδεδεμένο Σύστημα για την περίοδο 2018 – 2028 συνοψίζονται στον Πίνακα 2. και απεικονίζονται γραφικά στο Διάγραμμα 9.

Πίνακας 2: Σενάρια Α.Δ.Μ.Η.Ε. για την εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης ενέργειας στο Ε.Σ.Μ.Η.Ε. (2018-2028)

Σενάριο	ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
Έτος	(GWh)		
2018	53100	53400	53490
2019	53500	54310	54630
2020	54800	55840	56400
2021	56040	57325	58120
2022	56270	57750	58750
2023	56510	58180	59375
2024	58375	60250	61730
2025	58670	60740	62440
2026	58960	61230	63150
2027	59250	61730	63880
2028	59550	62230	64610



Διάγραμμα 9: Προβλέψεις Α.Δ.Μ.Η.Ε. για την εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης κατά την περίοδο 2018-2028

Στις προβλέψεις του Πίνακα 2 (και στην απεικόνιση στο Διάγραμμα 9) από το 2018 συμπεριλαμβάνεται και η εκτιμώμενη ζήτηση των προς διασύνδεση Κυκλάδων, ενώ από το 2020 (μέσα του έτους) συμπεριλαμβάνεται και η ζήτηση της Κρήτης συμπεριλαμβάνεται η ζήτηση της Κρήτης που θα εξυπηρετείται μέσω του συνδέσμου ΕΡ. Από το 2024 και μετά, στις προβλέψεις του Πίνακα 16 και στο Σχήμα 18 περιλαμβάνεται το σύνολο της ζήτησης της Κρήτης (με την ολοκλήρωση του συνδέσμου ΣΡ στο τέλος του 2023).

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 φαίνεται ότι η συνολική καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να επανέλθει στα επίπεδα του 2008 (ιστορικό μέγιστο ζήτησης) περί το 2022 (Σενάριο Αναφοράς). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η προβλεπόμενη εξέλιξη της συνολικής καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του σεναρίου ΑΝΑΦΟΡΑΣ του ΑΔΜΗΕ (αν δεν ληφθεί υπόψη η επιπλέον ζήτηση των νησιών που πρόκειται να διασυνδεθούν) από το 2019 και μετά αντιστοιχεί σε έναν μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 0,85%, ο οποίος είναι αρκετά χαμηλότερος από αυτόν της δεκαετίας 2000-2010 (2,17%). Ο αντίστοιχος μέσος ρυθμός αύξησης για το σενάριο ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ είναι 1,21%, ενώ για το σενάριο ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ είναι το 0.49%.

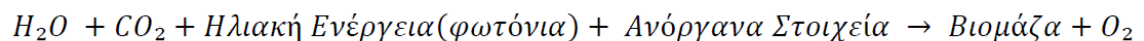
Με δεδομένους τους διεθνείς και εθνικούς στόχους αλλά περισσότερο με άξονα τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές ανάγκες, γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι οι επενδύσεις σε Α.Π.Ε. είναι ίσως και επιτακτικές όχι απλά ως μία λύση προσαρμογής αλλά μία σταθερή πηγή αναφοράς. Σε αυτά τα πλαίσια, λύση θα μπορούσε να δοθεί από μία πηγή η οποία δεν θα εξαρτάται από κλιματικούς ή γεωμορφολογικούς παράγοντες όπως η αιολική ή η ηλιακή, οι οποίες μάλιστα στην Ελλάδα έχουν εκπληρώσει έως ένα μεγάλο βαθμό τους στόχους που έχουν τεθεί, αλλά από μία πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη ευρύτητα. Μία τέτοια πηγή είναι η ενέργεια της βιομάζας η οποία κυριαρχεί στον κόσμο αλλά στην Ελλάδα, εν έτει 2019 θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτη. Σε αυτά τα πλαίσια λοιπόν, ακολουθεί η μελέτη αξιοποίησης της βιομάζας, όπως και εκτίμηση πρόβλεψης της.

5. Μελέτη περίπτωσης: η ενέργεια της βιομάζας

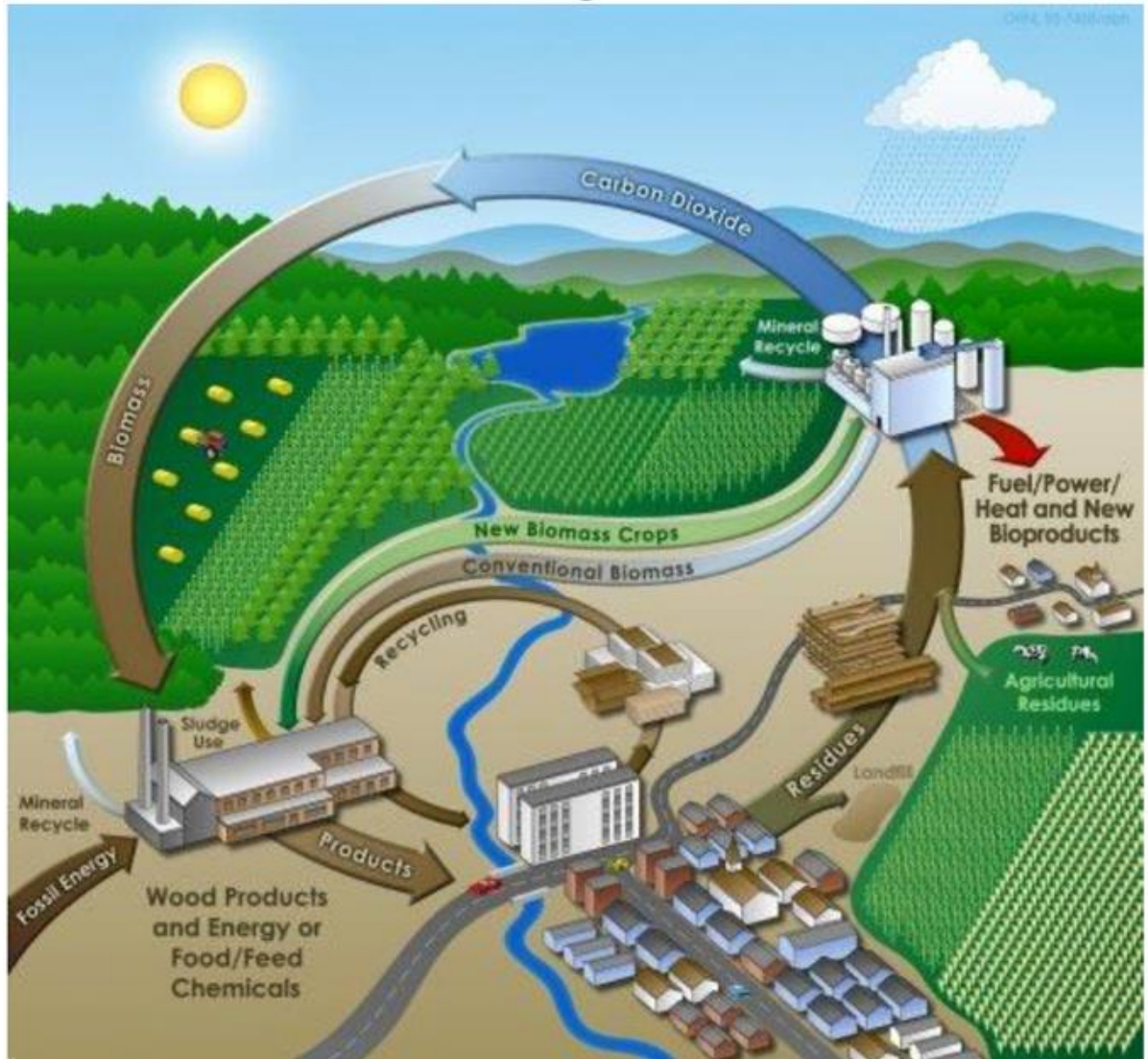
5.1. Η βιομάζα σήμερα

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 28/2009: “Βιομάζα είναι «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, την αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων”. Η Βιομάζα ως καύσιμο δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με CO₂, διότι η Βιομάζα στη διάρκεια του κύκλου ζωής της έχει ήδη απορροφήσει περίπου την ίδια ή και μεγαλύτερη ποσότητα CO₂ από αυτή που εκλύεται από την ενεργειακή αξιοποίησή της. Άλλωστε η Ελληνική πολιτεία, με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ορίζει μηδενικούς εκλυόμενους ρύπους για τη Βιομάζα ανά μονάδα ενέργειας (0Kg CO₂/KWh).

Η βιοενέργεια αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, που παράγεται σε κύκλο. Η δημιουργία της βασίζεται στην αέναη χρήση φυσικών ενεργειακών ροών που μιμείται τους οικολογικούς κύκλους. Κατά την διαδικασία αυτή, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Συνοπτικά, ο άνθρακας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και επιστρέφει σε αυτή ενώ οι θρεπτικές ουσίες λαμβάνονται από το έδαφος και επιστρέφουν σε αυτό και τα υπολείμματα του ενός σταδίου συνιστούν τις εισροές του επόμενου (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 7: Ενεργειακός κύκλος βιομάζας

Η ενέργεια από βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.α.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν εξάλλου συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Η βιομάζα αποτελεί τη μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων. Εν αντιθέσει με τα ορυκτά καύσιμα, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς

απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντίζελ κλπ.).

5.2. Οι βασικοί μέθοδοι παραγωγής βιομάζας

5.2.1. Το ξύλο για την παραγωγή βιομάζας

Το ξύλο αποτελεί το συνηθέστερο καύσιμο για παράγωγη ενέργειας από βιομάζα εδώ και παρά πολλά χρόνια είτε σε μορφή καυσόξυλου, συσσωματωμάτων βιομάζας (pellets) είτε σε θρυμματισμένη μορφή (Εικόνα 8). Οι εφαρμογές αφορούν στη θέρμανση αλλά και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 8: Τρεις μορφές ξύλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Τα υπολείμματα ξύλου προέρχονται από:

- Βιομηχανίες χαρτιού και πολτού, ξυλουργεία
 - Πολύ καθαρά
 - Χαμηλή υγρασία μέχρι 5%
 - Ευρεία χρήση σε πολλά συστήματα καύσης

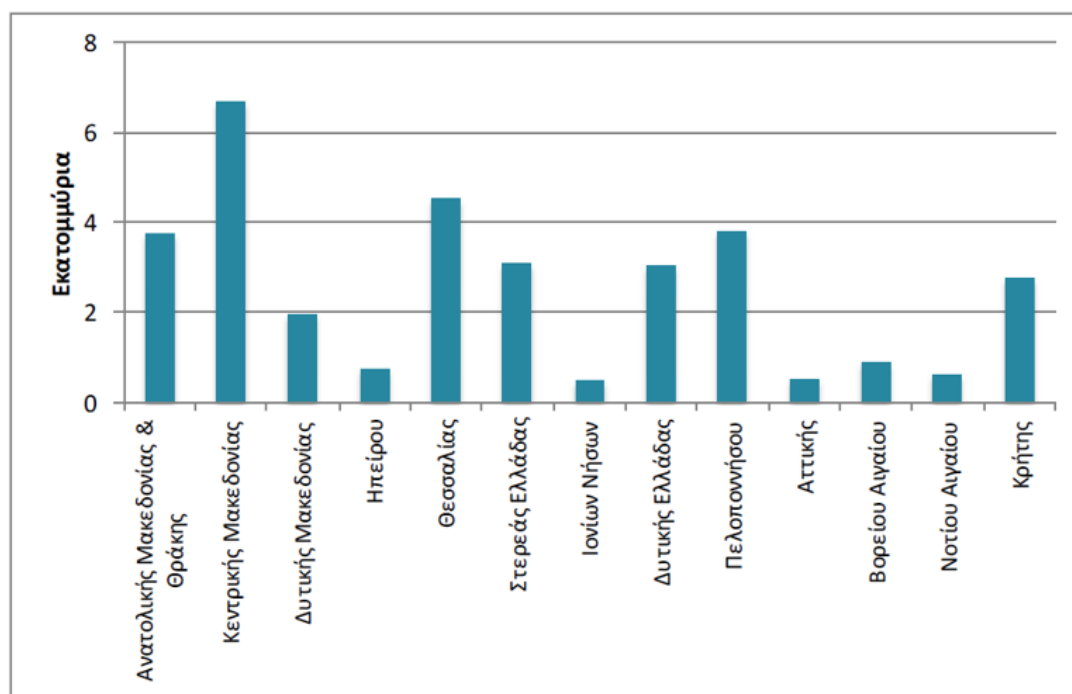
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για τις ανάγκες της μονάδας που παράγονται.
- Υπολείμματα ξύλου από άχρηστα προϊόντα, ξυλαποθήκες, οικοδομές και κατεδαφίσεις
 - Από εκτροπή σε μονάδες ανάκτησης για διαχωρισμό του καθαρού ξύλου.
- Δασικά υπολείμματα
 - Μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας
 - Μη εμπορεύσιμα δέντρα
 - Νεκρά δέντρα και ξύλα που κόβονται για την προστασία των δασών.
- Κλαδέματα
 - Υπολείμματα από κλάδεμα σε κήπους, δρόμους και πρασιές, που συνήθως καταλήγουν στις χωματερές ή πιο σπάνια για την παραγωγή λιπάσματος.

5.2.2. Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων για την παραγωγή βιομάζας

Τα γεωργικά υπολείμματα χρησιμοποιούνται ευρέως για την παράγωγη βιομάζας, και έτσι αξιοποιούνται πλήρως οι γεωργικές καλλιέργειες, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό υπολειμμάτων παραμένουν ανεκμετάλλευτα στις καλλιέργειες μέχρι είτε να αποσυντεθούν, να καούν ή να χρησιμοποιηθούν για βοσκή ζώων. Τα αγροτικά υπολείμματα που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παράγωγη βιομάζας είναι:

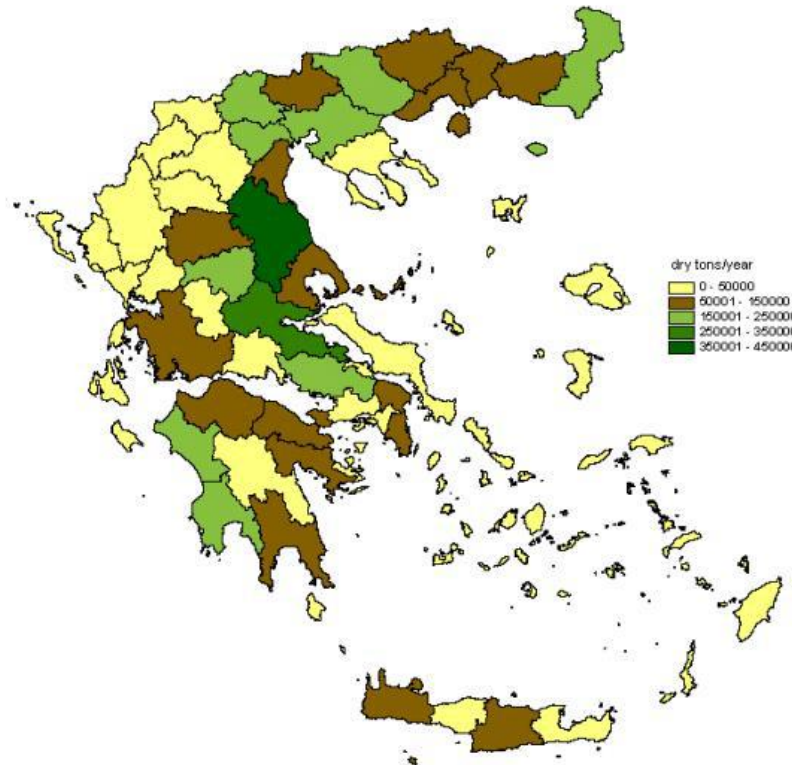
- Υπολείμματα αροτριάων καλλιεργειών
 - Άχυρο σιτηρών
- Στέλεχος καλαμποκιών
- Εκμετάλλευση δενδρώδους βιομάζας
 - Κλαδέματα δέντρων
 - Νεκρά κλαδιά, φλοιοί δέντρων
- Αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων
 - Πυρήνες φρούτων
 - Περικάρπια ξηρών καρπών
 - Υπολείμματα οινοποίησης
- Ζωικά Απόβλητα

Η γεωργία αλλά και οι υπόλοιποι τομείς που εξαρτώνται από αυτή αποτελούν σημαντικό μοχλό της οικονομίας και ανάπτυξης πολλών χωρών. Η γεωργία στην Ελλάδα βασίζεται σε μικρές διασκορπισμένες οικογενειακές μονάδες, ενώ η έκταση της συνεταιριστικής οργάνωσης παραμένει σε χαμηλά συγκριτικά επίπεδα έναντι όλων των προσπαθειών που έχουν γίνει τα τελευταία 30 χρόνια, κυρίως υπό την εποπτεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ελληνική γεωργία απασχολεί το 12% του συνολικού εργατικού δυναμικού της χώρας, παράγει μόλις το 4% του εθνικού ΑΕΠ ενώ υπάρχουν δυνατότητες να ξεπεράσει το 10%. Παράλληλα στην Ελλάδα παράγεται μεγάλη ποικιλία καλλιεργειών και προϊόντων κτηνοτροφίας ενώ η αλιεία διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο και η δασοκομία δευτερεύοντα ρόλο. Σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για το έτος 2015, η συνολική έκταση των γεωργικών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι περίπου 32.825.200 στρέμματα, από αυτά τα 17.370.600 είναι αροτριάες καλλιέργειες, τα 673.200 είναι κηπευτικά, τα 11.111.300 είναι δενδρώδεις καλλιέργειες, και τα 3.670.100 για αργανάπαυση (1 – 5 χρόνων). Στο Διάγραμμα 10 απεικονίζεται η κατανομή των παραπάνω γεωργικών καλλιεργειών σε στρέμματα για κάθε περιφέρεια της χώρας.



Διάγραμμα 10: Κατανομή στρεμμάτων γεωργικής έκτασης ανά περιφέρεια

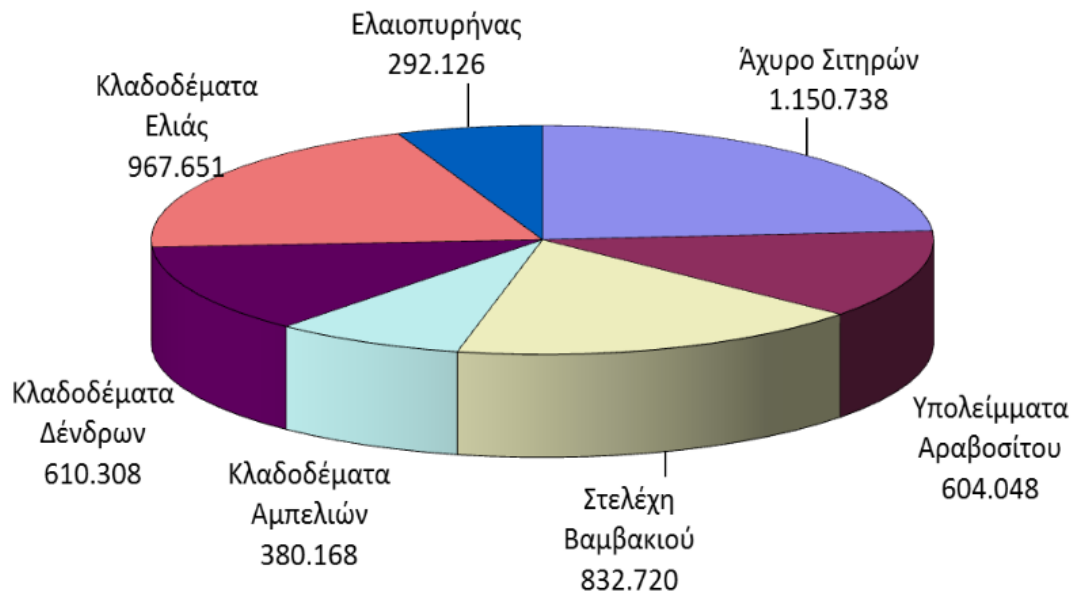
Δεδομένης της μεγάλης έκτασης των γεωργικών καλλιεργειών στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες αγροτικών υπολειμμάτων που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας .



Εικόνα 9: Θεωρητικό δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα ανά νομό

Πέρα από τα άμεσα αγροτικά υπολείμματα που λαμβάνονται από τις γεωργικές καλλιέργειες όπως τα κλαδέματα, το άχυρο σιτηρών, υπάρχουν επίσης και τα αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα όπως ο πυρήνας ροδάκινων, βερίκοκων, ελιών καθώς και πολλά άλλα. Η καταμέτρηση των εν λόγω αγροτικών υπολειμμάτων είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία, καθώς υπάρχουν πολλές αποκλίσεις μεταξύ των διάφορων μελετών συνήθως λόγω λήψης διαφορετικών παραδοχών, διακύμανση της ετήσιας απόδοσης της παράγωγης, διαφορετική ποιότητα γεωργικής γης κάθε περιοχής και διαφορετικών καλλιεργητικών πρακτικών που ακολουθούνται που εφαρμόζονται. Επομένως όλες οι τιμές που θα

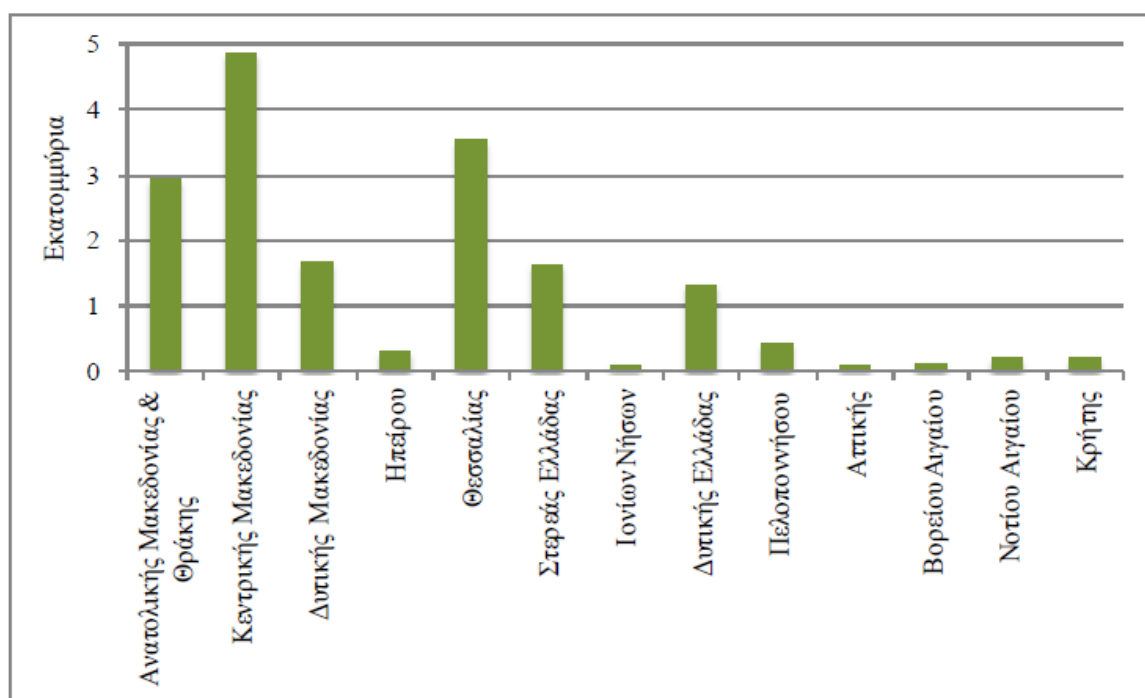
παρουσιαστούν παρακάτω για τις ποσότητες υπολειμμάτων είναι αρκετά προσεγγιστικές και μπορεί να παρουσιάζουν αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση. Το θεωρητικό διαθέσιμο δυναμικό αγροτικών υπολειμμάτων που θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή βιομάζας της χώρας έχει εκτιμηθεί περίπου σε 4,9 Mt ξηρής ουσίας/έτος και στην Εικόνα 9 φαίνεται η κατανομή της παραπάνω ποσότητας ανά νομό.



Διάγραμμα 11: Κατανομή διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας 2009 (τόνοι ξηρής ουσίας)

Σημαντικό ποσοστό της ελληνικής γης καταλαμβάνουν οι αροτριάες καλλιέργειες, οι οποίες είναι καλλιέργειες που δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για την καλλιέργεια τους και μπορούν να καλλιεργηθούν ακόμα και σε ημιορεινές περιοχές εκτός από πεδιάδες (Διάγραμμα 11). Οι κυριότερες αροτριάες καλλιέργειες περιλαμβάνουν σιτάρι, καλαμπόκι, βαμβάκι, βρώμη, κριθάρι και σίκαλη. Η μεγάλη σημασία των αροτριάων παγκοσμίως οφείλεται στο ότι παράγουν περισσότερο από όλες τις άλλες κατηγορίες φυτών, παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, αποτελούν την κυριότερη πηγή τροφίμων και αποθηκεύονται εύκολα γιατί περιέχουν μικρό ποσοστό υγρασίας.

Από τις αροτριάες καλλιέργειες τα αγροτικά υπολείμματα που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι τα άχυρα που παραμένουν στις καλλιέργειες μετά τον θερισμό των σιτηρών (σιτάρι, βρώμη, κριθάρι, σίκαλη), τα στελέχη καλαμποκιού και βαμβακιού, καθώς επίσης τα υπολείμματα από την εκκόκκιση του σύσπορου του βάμβακος που παραμένουν στα εκκοκκιστήρια. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι προσεγγιστικές τιμές των χαρακτηριστικών των βασικών υπολειμμάτων από τις αροτριάες καλλιέργειες, ενώ στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζεται η κατανομή των στρεμμάτων αροτριάων καλλιεργειών ανά περιφέρεια.



Διάγραμμα 12: Κατανομή στρεμμάτων αροτριάων καλλιεργειών ανά περιφέρεια

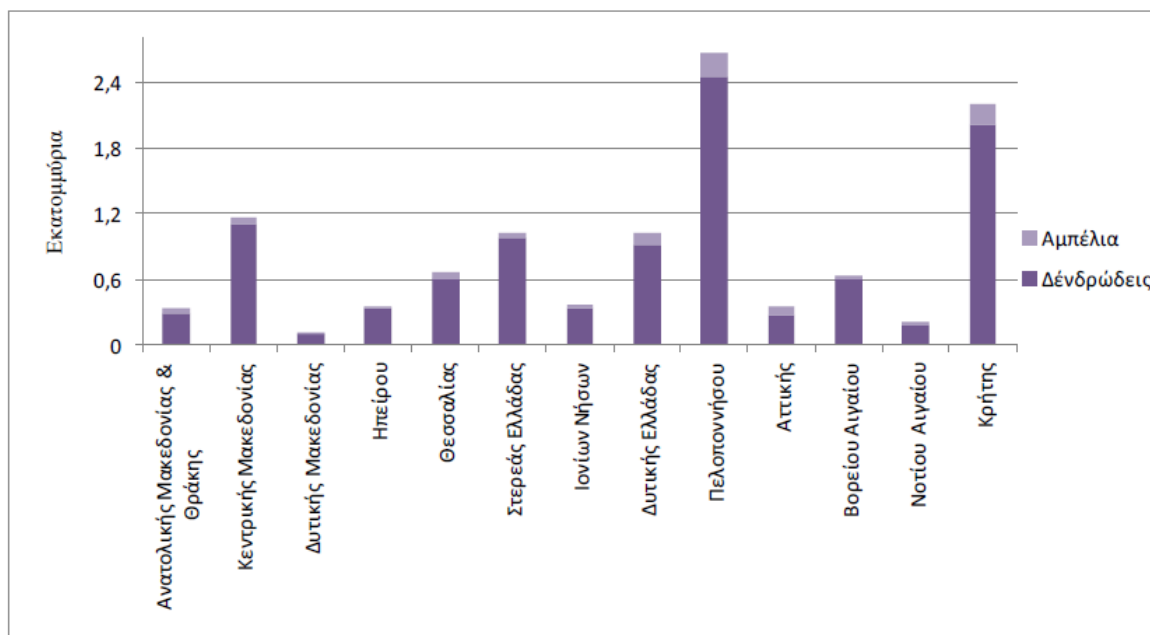
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων αροτριάων καλλιεργειών

Καλλιέργειες	Μέρος Φυτού	Υγρασία μετά την συγκομιδή (%)	Παραγωγή ξηράς ουσίας (kg/στρέμμα)	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	Περίοδος Συλλογής
Σιτάρι	Άχυρο	10	217	18,5	Ιούνιος-Αύγουστος
Κριθάρι	Άχυρο	10	120	18,2	Ιούνιος-Αύγουστος
Καλαμπόκι	Στέλεχος	14,7	1010	18	Σεπτέμβριος-Νοέμβριος
Βρώμη	Άχυρο	8,5	355	18	Ιούνιος-Αύγουστος
Σίκαλη	Άχυρο	8	200	18,3	Ιούνιος-Αύγουστος
Βαμβάκι	Στέλεχος	40	350	18	Σεπτέμβριος-Οκτώβριος
	Υπολείμματα εκκοκκασμού	15	100	17,5	Σεπτέμβριος-Οκτώβριος

Οι δενδρώδεις καλλιέργειες αποτελούν σημαντικό κομμάτι της γεωργίας στην Ελλάδα και απαρτίζονται από ελιές, αειθαλή, φυλλοβόλα, οπωροφόρα δέντρα και αμπέλια (Διάγραμμα 13). Οι ελιές αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα για την παραγωγή ελαιόλαδου, ενώ το ελληνικό ελαιόλαδο θεωρείται ένα από τα καλύτερα στον κόσμο με μεγάλη εξαγωγή στο εξωτερικό. Από τα ελαιόδεντρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας τα κλαδέματα των δέντρων, αλλά και ο πυρήνας που παραμένει στα ελαιοτριβεία μετά την παραγωγή του ελαιόλαδου και μετατρέπεται σε πυρηνόξυλο μετά από ξήρανση. Το πυρηνόξυλο αποτελείται από τον πυρήνα της ελιάς, το σαρκώδες μέρος της ελιάς (αποξηραμένη) σε μορφή σκόνης και τη φλούδα του καρπού, επίσης σε μορφή σκόνης. Το πυρηνόξυλο παράγεται από τα ελαιοτριβεία και για να χρησιμοποιηθεί ξηραίνεται είτε σε μεγάλα περιστρεφόμενα ξηραντήρια των πυρηνελαιουργείων, είτε σε μικρή κλίμακα από το ίδιο το ελαιοτριβείο με ειδικά ξηραντήρια βιομάζας που εξασφαλίζουν την ιδανική ξήρανσή του προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Το δυναμικό της χώρας σε πυρηνόξυλο εκτιμάται στους 300.000 τόνους.

Από τις υπόλοιπες δενδρώδεις καλλιέργειες, στα αμπέλια χρησιμοποιούνται τα κλαδέματα τους για την παραγωγή βιομάζας. Επιπλέον αξιοποιούνται οι πυρήνες των ροδάκινων που παραμένουν στις μονάδες επεξεργασίας ροδάκινου, όπου συνήθως ξηραίνονται σε ειδικές μηχανές και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πυρήνων ροδάκινων χρησιμοποιείται από τις ίδιες τις μονάδες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους και το υπόλοιπο πωλείται. Τέλος, τα κελύφη των ξηρών καρπών όπως των αμυγδάλων και των

καρυδιών, που αποτελούν υπολείμματα μονάδων επεξεργασίας ξηρών καρπών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι προσεγγιστικές τιμές των χαρακτηριστικών κάποιων αγροτικών υπολειμμάτων από δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπέλια αλλά και από αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα ενώ στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζεται η κατανομή στρεμμάτων των κυρίαρχων δενδρωδών καλλιεργειών ανά περιφέρεια της χώρας.



Διάγραμμα 13: Κατανομή στρεμμάτων δενδρωδών καλλιεργειών και αμπελιών

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά υπολειμμάτων από δενδρώδεις καλλιέργειες, αμπέλια και αγροτοβιομηχανίες

Καλλιέργειες	Μέρος Φυτού	Υγρασία μετά την συγκομιδή (%)	Παραγωγή ξηράς ουσίας (kg/στρέμμα)	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	Περίοδος Συλλογής
Ελιές	Κλαδέματα	43	37,2	19	Δεκέμβριος-Μάρτιος
	Πυρήνας	48	120	19,7	Νοέμβριος-Φεβρουάριος
Ροδακανιές	Κλαδέματα	41	52,1	18,8	Δεκέμβριος-Μάρτιος
	Πυρήνας	20	180	19,3	Μάιος-Σεπτέμβριος
Αμπέλια	Κλαδέματα	39	32,1	18,7	Ιανουάριος-Φεβρουάριος
Βερικοκιές	Κλαδέματα	38	53,2	17,8	Δεκέμβριος-Μάρτιος
Αχλαδιές	Κλαδέματα	39	48,7	18,7	Ιανουάριος-Μάρτιος
Αμυγδαλιές	Κελύφη	20	220	19,1	Αύγουστος-Σεπτέμβριος

5.2.3. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, τα οποία αξιοποιούνται για την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για ενεργειακούς σκοπούς όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας είτε για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων. Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται, επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Πολυετείς: Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Μίσχανθος, Switchgrass
- Ετήσιες: Γλυκό σόργο, Κενάφ, Ελαιοκράμβη

Εκτός από τις γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες υπάρχουν επίσης οι δασικές και συγκεκριμένα ο ευκάλυπτος και η ψευδακακία.

Για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο ευκάλυπτος, η ψευδακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα, το ινώδες σόργο, το κενάφ και το switchgrass. Για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων τα ενεργειακά φυτά που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι ο ηλίανθος, η ελαιοκράμβη, η σόγια και άλλα ελαιούχα φυτά (που περιέχουν ελαιούχους σπόρους), για την παραγωγή βιοντίζελ και το γλυκό σόργο, το σιτάρι, το καλαμπόκι, ενώ για την παραγωγή αέριων βιοκαυσίμων κατάλληλα είναι η αγριαγκινάρα, το σόργο και το καλαμπόκι. Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν αναπτυχθεί είναι περίπου 75.000 στρέμματα ελαιοκράμβης, οι περιοχές όπου καλλιεργείται είναι κατά πλειοψηφία στη Βόρειο Ελλάδα (Λαγκαδάς Θεσσαλονίκης, Σέρρες και Ξάνθη) και παρέχουν αξιόλογη ποσότητα παραγωγής. Ακόμη υπολογίζεται ότι υπάρχουν προσεγγιστικά 35.000 στρέμματα καλλιεργειών αγριαγκινάρας, κυρίως στις περιοχές της Θεσσαλίας και της Στερεάς Ελλάδας, που μετατρέπονται σε μορφή σύμπηκτων (pellets) και αποτελούν στερεό καύσιμο βιομάζας με υψηλή θερμογόνο δύναμη.

Τα πλεονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι τα παρακάτω:

- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και της ρύπανσης του περιβάλλοντος.
- Προστασία των εδαφών έναντι της διάβρωσης.

- Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας.
- Σημαντικό κέρδος για τους απασχολούμενους αγρότες.
- Τα περισσότερα ενεργειακά φυτά έχουν ελάχιστες απαιτήσεις άρδευσης, καθώς αξιοποιούν κυρίως το νερό των βροχοπτώσεων.
- Χαμηλές εισροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Ενώ κάποια από τα μειονεκτήματα είναι:

- Εποχιακή παραγωγή και μεγάλη διασπορά.
- Αυξημένος όγκος και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία.
- Απαιτήση μεγάλων εδαφικών εκτάσεων για την παραγωγή τους.
- Δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση

5.3. Εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης βιομάζας

Για την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή είτε θερμικής είτε ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνται κατάλληλες εγκαταστάσεις για την εκμετάλλευση της. Αρχικά για την δημιουργία μίας μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνται περιβαλλοντική άδεια, αδειοδότηση ν. 3468/2006, εξασφάλιση πρόσβασης στο δίκτυο και εξασφάλιση κατάλληλου καυσίμου βιομάζας. Η χορήγηση άδειας για ηλεκτροπαραγωγή παραχωρείται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), ενώ από τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) δίνεται η άδεια για τη σύνδεση των σταθμών που εξαιρούνται της λήψης άδειας παραγωγής. Όριο απαλλαγής από την υποχρέωση έκδοσης άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, βιοαέριο και βιορευστά είναι το 1 MW εγκατεστημένης ισχύος.

Η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα διαφέρει από τις υπόλοιπες Α.Π.Ε. στο ότι η αρχική ενεργειακή πηγή αποτελείται από ένα πλήθος πρώτων υλών με ποικίλες ιδιότητες. Για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα πρέπει να συνεργάζονται δύο διαφορετικά συστήματα:

- ένα σύστημα τροφοδοσίας που παράγει, συλλέγει και παραδίδει το καύσιμο
- ένας σταθμός που παράγει και διαθέτει την ηλεκτρική ενέργεια.

Αντίθετα με άλλες εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. που απαιτούν ακριβές και εξελιγμένες εγκαταστάσεις, η βιομάζα μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με εξοπλισμό και σταθμούς ίδιου τύπου με αυτούς που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα.

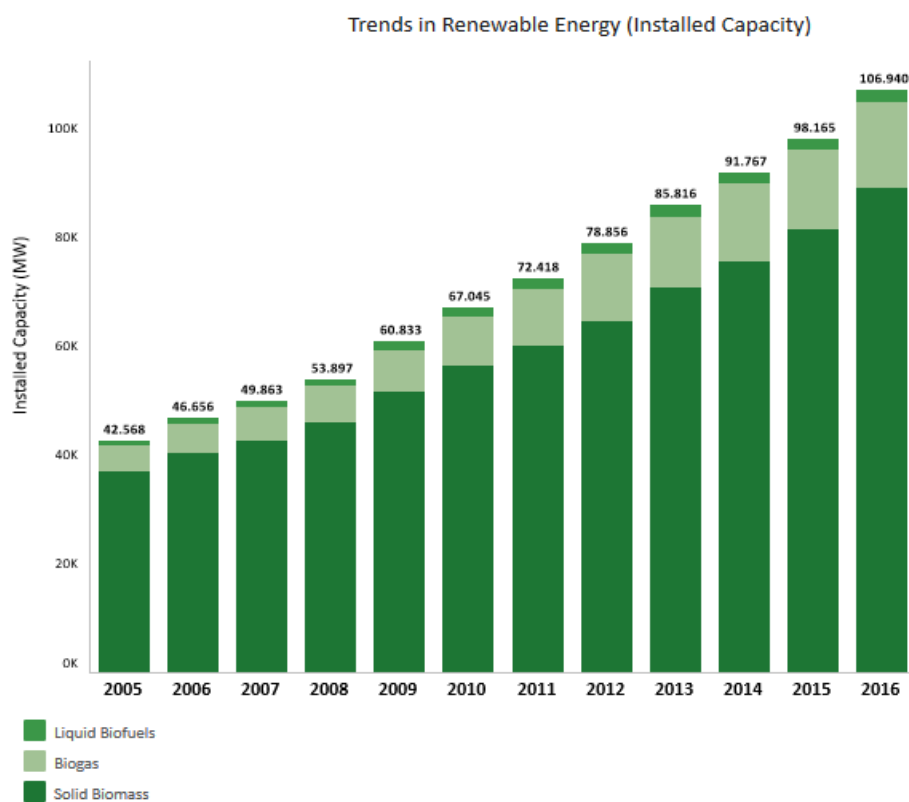
5.4. Η αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα και στον κόσμο

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε $172 \cdot 10^9$ τόνους ξηρής ουσίας, αλλά μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα. Σύμφωνα με στοιχεία για το έτος 2015, η ενέργεια από βιομάζα κάλυψε το 2% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται σημαντική αύξηση της χρήσης βιομάζας, όχι μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης αλλά και την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως βιοαιθανόλης (Διάγραμμα 13). Συγκεκριμένα την δεκαετία από το 2006 έως το 2016, η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων αξιοποίησης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας αυξήθηκε από την τιμή 47 σε 107 GW, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσίασε αύξηση από 209 TWh σε 477 TWh. Οι 5 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στον κόσμο είναι οι ΗΠΑ με 62 TWh, η Κίνα με 53 TWh, η Γερμανία με 50 TWh, η Βραζιλία με 49 TWh και η Ιαπωνία με 35 TWh.

Στην Ελλάδα τα ετήσια διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί με τα σημερινά δεδομένα να ξεπεράσει αρκετά εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας στον οικιακό τομέα (θέρμανση, μαγειρική), στη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία και στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάνινοι κ.α.) σε περιορισμένη όμως κλίμακα.

Σύμφωνα με στοιχεία για το έτος 2016 μόλις το 2,5% της ηλεκτρικής ζήτησης στην Ελλάδα καλύφθηκε με τη χρήση βιομάζας την ώρα που στην Ευρώπη αυτό το ποσοστό αγγίζει το 6%. Επίσης, για το ίδιο έτος η συνολική εγκατεστημένη ισχύς 38 μονάδων αξιοποίησης βιομάζας και βιοαερίου ήταν 59,1 MW, εκ των οποίων οι 31 είναι μονάδες με

ισχύ 51 MW. Το Κ.Α.Π.Ε. εκτιμά ότι περίπου 1.746 TWh παραμένουν αναξιοποίητα, με δυνατότητα μετριασμού του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 460.000 τόνους. Η προοπτική της συμπαραγωγής βιομάζας με λιγνίτη καθώς και των μικρών μονάδων τηλεθέρμανσης παρουσιάζουν μεγάλες προοπτικές και αποτελούν στόχους. Τέλος, για την εκμετάλλευση βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως στόχος της Ελλάδας, που έχει οριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι έως το έτος 2020 η εγκατεστημένη ισχύς της να φτάσει την τιμή των 350 MW.



Διάγραμμα 14: Παγκόσμια ετήσια εγκατεστημένη ισχύς εγκαταστάσεων αξιοποίησης βιομάζας

Για ειδικά έργα Α.Π.Ε. που αφορούν την αξιοποίηση βιομάζας/βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται το τελευταίο χρονικό διάστημα, λόγω και το έντονου επενδυτικού ενδιαφέροντος, μια καθυστέρηση αναφορικά με την αδειοδότησή τους, κυρίως λόγω έλλειψης ενός συντονισμένου πλαισίου πολιτικής και προτεραιοτήτων ανάλογα με την πρώτη ύλη και την τεχνολογία, αλλά και λόγω ελλείψεων και μερικές φορές

αντικρουόμενων διατάξεων του θεσμικού πλαισίου που δυσχεραίνουν την αδειοδοτική διαδικασία, ειδικά σε περιφερειακό επίπεδο. Το ΥΠΕΝ για τους παραπάνω λόγους προχώρησε στη σύσταση και συγκρότηση ομάδας εργασίας για τη σύνταξη εισήγησης με σκοπό την αναμόρφωση του θεσμικού πλαισίου ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα και βιοαέριο (ΥΑ υπ' αριθ. Α.Π.Ε.Η/Α/Φ18/οικ.181735/04-08-2016). Τέλος, ο νόμος 3894/2010 σχετικά με την επιτάχυνση και διαφάνεια υλοποίησης Στρατηγικών Επενδύσεων συνεισέφερε στην προώθηση έργων Α.Π.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Ουσιαστικά, το συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο διευκολύνει την υλοποίηση έργων σε θέματα που αφορούν την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων, τις πολεοδομικές ρυθμίσεις, τη διενέργεια αναγκαστικών απαλλοτριώσεων και τη χορήγηση των απαιτούμενων αδειών. Επίσης, ο νόμος 4146/2013 ενισχύει και διευρύνει το ν. 3894/2010 απλοποιώντας την αδειοδοτική διαδικασία ώστε να καταστήσει τη διαδικασία πιο εύκολη, ομαλή και ελκυστική για τους υποψήφιους επενδυτές και παραγωγούς Α.Π.Ε..

6. Στατιστική ανάλυση

6.1. Εισαγωγή

Το εγχείρημα της πρόβλεψης της Συνολικής Παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. αποτελεί στοίχημα για την ορθότερη διαχείριση και ανάπτυξη των οικονομιών κλίμακας που υπάρχουν στον ενεργειακό τομέα αλλά και τους περιβαλλοντικούς στόχους που έχουν τεθεί. Συνεπώς, πληθώρα μεθόδων και λειτουργικών εργαλείων έχουν καθιερωθεί, οδηγώντας σε ένα πλήθος μοντέλων πρόβλεψης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε..

Ως πρόβλεψη μπορεί να θεωρηθεί μια εκτίμηση για ένα μελλοντικό γεγονός. Οι προβλέψεις μπορεί να είναι βασισμένες στην εμπειρία, στην παρατήρηση, στην στατιστική, σε πολύπλοκες μαθηματικές σχέσεις, ακόμα και στην διαίσθηση. Ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με την παραγωγή προβλέψεων έχει αναπτύξει ένα αρκετά ευρύ φάσμα μεθόδων και τεχνικών, των οποίων η λογική διαφέρει και η αποτελεσματικότητά τους συνεχώς αποτιμάται καθώς η αναγκαιότητα πρόβλεψης και χάραξης στρατηγικών είναι επιτακτική τόσο στον επιχειρηματικό και όσο και στον επιχειρησιακό τομέα.

Οι μέθοδοι προβλέψεων χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τις ποσοτικές, τις κριτικές και τις τεχνολογικές μεθόδους.

Οι ποσοτικές είναι μέθοδοι που στηρίζονται στην ποσοτικοποίηση της διαθέσιμης πληροφορίας σε αριθμητικά δεδομένα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι, τα δεδομένα να ακολουθούν το ίδιο πρότυπο συμπεριφοράς στην εξέλιξη του χρόνου. Αυτό είναι παράλληλα και το βασικό μειονέκτημα των μεθόδων αυτών. Η αλλαγή δηλαδή του προτύπου λόγω κάποιου γεγονότος, αποτελεί σημαντικό παράγοντα αστοχίας, καθώς το μοντέλο θα αδυνατεί να συσχετίσει το προβλεπόμενο μέγεθος με τους παράγοντες που το επηρεάζουν. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ποσοτικών μεθόδων, το μοντέλο των χρονοσειρών και το αιτιοκρατικό (ή επεξηγηματικό) μοντέλο. Το σύνολο των χρονοσειρών, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην εν λόγω μελέτη, αφορά τα μηνιαία δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές ανά κατηγορία, για την περίοδο Ιανουάριος 2004-Νοέμβριος 2019 όπως αυτά παρατίθενται στα συνοπτικά πληροφοριακά δελτία του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.

A.E.) (2004- 2011) και του Λειτουργού Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Λ.ΑΓ.Η.Ε. Α.Ε.) (2012-2019).

Η κατάλληλη επιλογή του ορίζοντα πρόβλεψης είναι πολύ σημαντική στην διαδικασία παραγωγής προβλέψεων. Ως ορίζοντας πρόβλεψης ορίζεται ο αριθμός των μελλοντικών περιόδων, των οποίων είναι επιθυμητή η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Ανάλογα με τον ορίζοντα πρόβλεψης καθορίζεται και η καταλληλότητα των διάφορων μεθόδων. Υπάρχουν τριών ειδών κατηγορίες πρόβλεψης ανάλογα με τον ορίζοντα : οι βραχυπρόθεσμες, οι μεσοπρόθεσμες και οι μακροπρόθεσμες. Στην επικείμενη προσπάθεια, έγινε μία μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη, λόγω του περιορισμένου μεγέθους των παρελθοντικών στοιχείων. Καθώς μία πρόβλεψη είναι τόσο πιο έγκυρη όσο περισσότερα είναι τα παρελθοντικά δεδομένα.

Το λογισμικό πακέτο το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics και η επεξεργασία των χρονοσειρών έγινε με τη μεθοδολογία Box- Jenkins.

6.2. Ανάλυση Χρονοσειρών

Ο όρος χρονοσειρά αναφέρεται σε μια ακολουθία εμπειρικών δεδομένων ή τιμών που λαμβάνονται σε προκαθορισμένα χρονικά σημεία τα οποία ισαπέχουν ή αναφέρονται σε διαδοχικές ταυτόσημες χρονικές περιόδους. Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση χρονοσειρών.

Ως αντικειμενικοί σκοποί της ανάλυσης χρονοσειρών μπορούν να θεωρηθούν η περιγραφή της μέχρι τώρα διαχρονικής εξέλιξης των εξαρτημένων μεταβλητών μέσω κάποιου προκρινόμενου υποδείγματος, και η πρόβλεψη των της μελλοντικής συμπεριφοράς τους (δεδομένου ότι οι συνθήκες που επηρεάζουν την χρονοσειρά παραμένουν σταθερές).

6.2.1. Συνιστώσες της χρονοσειράς

Ένας βασικός στόχος στην ανάλυση χρονοσειρών είναι η εκτίμηση των συνιστωσών τους (Διάσπαση Χρονοσειρών). Οι συστηματικές συνιστώσες (τάση, εποχικότητα,

κυκλικότητα και άρρυθμες μεταβολές) ακολουθούν κάποιο μοντέλο που ο στατιστικός προσδιορισμός του θα συντελέσει στον προσδιορισμό των τιμών της χρονοσειράς καθώς και σε μελλοντική πρόβλεψη.

Με την απομόνωση των συνιστωσών, προσδιορίζεται ο βαθμός που επηρεάζει η κάθε συνιστώσα ξεχωριστά τον τρόπο δημιουργίας των δεδομένων της εξεταζόμενης χρονοσειράς. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής χρησιμοποιούνται για τις προβλέψεις, οι οποίες μπορεί να είναι και μακροπρόθεσμες.

Πιο συγκεκριμένα, οι αναφερόμενες συνιστώσες:

- Τάση: η ανοδική ή καθοδική πορεία που την οποία παρουσιάζει μακροχρόνια το διάγραμμα της χρονοσειράς
- Εποχικότητα: η βραχυχρόνια κύμανση των όρων της χρονοσειράς ανά συστηματικά κ τακτά διαστήματα
- Κυκλικότητα: η εμφάνιση παρόμοιας συμπεριφοράς σε μη σταθερή περίοδο
- Άρρυθμες μεταβολές: απότομες μεταβολές που δεν παρουσιάζουν καμία κανονικότητα ή ρυθμό και διαχωρίζονται σε συμπτωματικές και τυχαίες μεταβολές

6.2.2. Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

- Στασιμότητα : Η βασική ιδέα της στασιμότητας είναι ότι οι νόμοι της πιθανότητας που διαμορφώνουν μία στοχαστική διαδικασία δεν μεταβάλλονται με τον χρόνο. Μία στοχαστική διαδικασία χαρακτηρίζεται ως αυστηρά στάσιμη όταν οι στατιστικές της ιδιότητες δεν επηρεάζονται από μία μετακίνηση στον χρόνο, παραμένουν δηλαδή χρονικά αμετάβλητες. Μια μη στάσιμη χρονοσειρά μπορεί να έχει τάση, κυκλικότητα ή εποχικότητα
- Γραμμικότητα : Η γραμμικότητα σε ένα σύστημα δηλώνει πως οι μεταβλητές του συστήματος αλληλοεπιδρούν γραμμικά, δηλαδή αν το σύστημα ολοκληρωνόταν με αναλυτική μορφή, όλοι οι όροι θα ήταν γραμμικοί ως προς τις μεταβλητές του συστήματος. Συνεπώς η εξέλιξη της χρονοσειράς (πρόβλεψη), ορίζεται ως γραμμικός συνδυασμός των προηγούμενων παρατηρήσεων της χρονοσειράς. Σε αντίθετη περίπτωση το σύστημα είναι μη-γραμμικό.
- Αυτοσυσχέτιση: Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι ένας στατιστικός δείκτης ο οποίος χρησιμοποιείται στην ανάλυση χρονοσειρών για τον καθορισμό της

τυχαιότητας ή μη της χρονοσειράς. Οι δυνατές τιμές της αυτοσυσχέτισης βρίσκονται εντός του διαστήματος $[-1,1]$. Η αυτοσυσχέτιση είναι ένα σημαντικό μέγεθος στη μελέτη χρονοσειρών διότι εκφράζει ένα μέτρο για τον βαθμό της μεταξύ τους σχέσης δύο μεταβλητών. Ο υπολογισμός της αυτοσυσχέτισης είναι απαραίτητος για την διερεύνηση ποιοτικών χαρακτηριστικών, όπως η εποχικότητα και η στασιμότητα.

6.3. Η μεθοδολογία Box-Jenkins

Με την μεθοδολογία Box- Jenkins είναι δυνατή η μετατροπή μίας μη στάσιμης χρονοσειράς σε στάσιμη. Για την ακρίβεια γίνεται η χρήση ενός κατάλληλου υποδείγματος ARIMA (p,d,q) που ακολουθεί στάσιμη διαδικασία αφού πρώτα εξασφαλιστεί η στασιμότητα με τη χρήση d διαφορών. Συνεπώς, γίνεται χρήση αυτοπαλίνδρομων ολοκληρωμένων υποδειγμάτων κινητών μέσων (Auto-Regressive Integrated Moving Average) ARIMA (p,d,q) τα οποία είναι γραμμικά μοντέλα που παριστάνουν ικανοποιητικά τη στοχαστική διαδικασία από την οποία προήλθε το δείγμα μετρήσεων.

Η προσέγγιση των Box-Jenkins στην ανάλυση και πρόβλεψη των χρονοσειρών αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 με αποκορύφωμα την έκδοση της μελέτης "Time Series Analysis, Forecasting and Control", το 1970 από τους καθηγητές Box και Jenkins, των οποίων το όνομα παρέμεινε και σαν όνομα της μεθόδου που προτείνουν στο βιβλίο τους. Η Box- Jenkins ARIMA τεχνική δίνει μορφή υποδείγματος στην πιο γενική μορφή σε μία διακριτή χρονοσειρά, ως συνάρτηση αυτοπαλινδρομούμενων όρων, κινούμενου μέσου και μίας σταθεράς. Περιλαμβάνει συγχρόνως στο εκτιμώμενο μοντέλο έναν τύπο εποχικού και έναν μη εποχικού παράγοντα και η γενική μορφή του συμβολίζεται ως εξής:

ARIMA (p,d,q) (P,D,Q,)s

Όπου:

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

- Q: η τάξη κινούμενου μέσου του εποχικού παράγοντα
- s: η εποχικότητα της χρονοσειράς

Για τον προσδιορισμό των τιμών p, q του υποδείγματος, χρησιμοποιούνται συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης όπως αυτές αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των ARMA (p, q) υποδειγμάτων

Υπόδειγμα	Αυτοσυσχετίσεις ACF	Μερικές Αυτοσυσχετίσεις PACF
Λευκός θόρυβος	Μηδέν	Μηδέν
AR(p)	Φθίνουν προς το μηδέν από ρ_p	Μηδέν μετά το Φ_{pp}
MA(q)	Μηδέν μετά το ρ_q	Φθίνει γεωμετρικά ή κυματιστά από το Φ_{qq}
ARMA(p, q)	Φθίνει γεωμετρικά από το ρ_q	Φθίνει γεωμετρικά ή κυματιστά από το Φ_{pp}

6.3.1. Το υπόδειγμα ARIMA(p, d, q)

Οι τρεις συντελεστές που αποτελούν τα τρία υπομοντέλα αυτού του υποδείγματος είναι:

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

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

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

6.3.2 Εποχικό δείγμα SARIMA

Στοιχεία μικρότερης διάρκειας του έτους όπως μηνιαία, τριμηνιαία ή και μικρότερα, φανερώνουν εποχικότητα. Το εποχικό μέρος του υποδείγματος ARIMA έχει παρόμοια δομή με αυτή ενός μη εποχικού υποδείγματος και γράφεται ως SARIMA (Sp, Sd, Sq) x ARIMA (p,d,q). Στο εποχικό μέρος γίνονται πολλαπλασιασμοί της χρονικής υστέρησης S (S ο αριθμός περιόδων για μία εποχή) με τους συντελεστές p που είναι ο αριθμός των αυτοπαλίνδρομων εποχικών όρων (SAR) με τον αριθμό των εποχικών διαφορών d και με το εύρος των στοιχείων των εποχικών όρων του κινητού μέσου q (SMA). Το φαινόμενο της εποχικότητας αποτελεί μια κανονική κύμανση μέσα στο χρονολογικό έτος οδηγώντας σε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις τιμές της σειράς που αντιστοιχούν στην ίδια περίοδο ανάμεσα στα διαφορετικά έτη. Ένας τρόπος αντιμετώπισης της εποχικότητας είναι η αφαίρεσή της από την χρονολογική σειρά και έπειτα η εφαρμογή της μεθοδολογίας Box-Jenkins. Αυτή η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα την εκτίμηση υποδειγμάτων με περισσότερους παραμέτρους. Ένα εποχικό ARIMA υπόδειγμα ορίζεται σαν ένα υπόδειγμα ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q), όπου όπου P είναι ο αριθμός των εποχικών αυτοπαλίνδρομων όρων (SAR), D είναι ο αριθμός των εποχικών διαφορών και Q είναι ο αριθμός των εποχικών όρων κινητού μέσου (SMA).

6.4. Τα στάδια της μεθόδου Box-Jenkins για την ανάλυση χρονοσειρών

Όπως αναφέρθηκε, η εν λόγω μέθοδος εφαρμόζεται σε μη στάσιμες χρονοσειρές και στην εφαρμογή της απαρτίζεται από τέσσερα στάδια, την ταυτοποίηση (identification), την εκτίμηση (estimation), τον διαγνωστικό έλεγχο (diagnostic checking) και την πρόβλεψη (forecasting). Με αυτό τον τρόπο, γίνεται η ανάπτυξη και η κατασκευή υποδειγμάτων ARIMA, τα οποία είναι γραμμικά μοντέλα που μπορούν να περιγράψουν ικανοποιητικά τις συνιστώσες μίας χρονολογικής σειράς.

- 1ο Στάδιο: Ταυτοποίηση

Στο πρώτο αυτό στάδιο πραγματοποιείται η προσαρμογή ενός υποδείγματος ARIMA με βάση τις πληροφορίες του διαθέσιμου δείγματος. Δηλαδή καθορίζεται ο αριθμός των διαφορών σε περίπτωση που η σειρά δεν είναι στάσιμη (d), η τάξη της αυτοπαλινδρόμησης διαδικασίας (p) και η τάξη του κινούμενου μέσου (q). Προκειμένου να προσδιοριστεί ο αριθμός των διαφορών, είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η στασιμότητα της χρονοσειράς. Εάν δεν είναι στάσιμη, λαμβάνονται οι πρώτες ή οι δεύτερες διαφορές ($d=1,2$) ώστε να γίνει στάσιμη. Για τον προσδιορισμό των τιμών p, q χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του πίνακα 6.1.

- 2ο Στάδιο: Εκτίμηση

Σε αυτό το στάδιο γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου ύστερα από την προσαρμογή του στα δεδομένα. Ελέγχεται η σημαντικότητα των παραμέτρων, προβλέπεται το μέρος της χρονοσειράς που χρησιμοποιείται γι' αυτό το σκοπό και γίνεται αποδοχή ή απόρριψη του μοντέλου.

- 3ο Στάδιο: Διαγνωστικός έλεγχος

Στον διαγνωστικό έλεγχο εξετάζεται εάν το επιλεγμένο υπόδειγμα είναι το καταλληλότερο για τα συγκεκριμένα δεδομένα. Εάν δηλαδή υπάρχει κάποιο άλλο υπόδειγμα διαφορετικής μορφής, βαθμού ή παραμέτρων που να υπερτερεί του αρχικού υποδείγματος που εκτιμήθηκε, σε ό,τι αφορά τη συμπεριφορά των σφαλμάτων ή την προβλεπτική του ικανότητα. Ο διαγνωστικός έλεγχος περιλαμβάνει, αξιολόγηση, έλεγχο των καταλοίπων, έλεγχο της τάξης του υποδείγματος καθώς και κριτήρια επιλογής του υποδείγματος.

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος, κατά πλειοψηφία, ότι είναι αυτή στην οποία γίνεται προσπάθεια, με τη μέθοδο της δοκιμής και αποδοχής/ απόρριψης, να εκτιμηθούν πιο

πολύπλοκα υποδείγματα σε βάρους του αρχικού, μετά από την εφαρμογή του στα στοιχεία της σειράς. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι ο τρόπος με τον οποίο πρέπει να τροποποιηθεί το αρχικό υπόδειγμα. Συνεπώς πολλές φορές είναι πιο φρόνιμο να απορριφθεί το αρχικό υπόδειγμα και να γίνει επαναφορά στο στάδιο της ταυτοποίησης παρά να γίνει προσπάθεια τροποποίησης του αρχικού υποδείγματος, διότι η προσθήκη νέων όρων στα σχήματα του υποδείγματος συνήθως δεν ευδοκιμεί.

Στην αξιολόγηση, εξετάζεται το κατά πόσο το υπόδειγμα περιγράφει την εξέλιξη της χρονοσειράς και κατά συνέπεια, το πόσο ακριβείς είναι οι προβλέψεις του. Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης είναι τα εξής:

- RMSE (Root Mean Square Error): η ρίζα του μέσου τετραγώνου του σφάλματος
- MAE (Mean Absolute Error): το μέσο απόλυτο σφάλμα
- MAPE (Mean Absolute Percentage Error): το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα

Η μικρότερη τιμή στο καθένα από τα παραπάνω κριτήρια, δηλώνει και το ιδανικότερο υπόδειγμα πρόβλεψης.

Σε ένα αποτελεσματικό υπόδειγμα τα κατάλοιπα χαρακτηρίζονται καθαρά (λευκός θόρυβος) δηλαδή κατανέμονται ομοιόμορφα με μηδενικό μέσο και διακύμανση. Δεν πρέπει να υπάρχει αυτοσυσχέτιση μεταξύ τους. Ο έλεγχος των καταλοίπων γίνεται με τη στατιστική Q των Box - Pierce με την οποία ελέγχεται από κοινού η σημαντικότητα ενός αριθμού συντελεστών αυτοσυσχέτισης, έστω m . Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται είτε στη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της νέας σειράς, δηλαδή της σειράς που προκύπτει από το υπόδειγμα που εκτιμήθηκε, είτε στο αθροιστικό περιοδιάγραμμα των καταλοίπων της σειράς. Οι δύο σειρές συγκρίνονται και αν παρουσιάζουν αρκετές διαφορές το υπόδειγμα επανεκτιμάται καθώς τα κατάλοιπα πρέπει να συμπεριφέρονται σαν μια διαδικασία λευκού θορύβου.

Τέλος, στον έλεγχο της καταλληλότητας του εκτιμημένου υποδείγματος, γίνεται η διαδικασία της υπερπροσαρμογής, δηλαδή η σύγκρισή του με ένα υπόδειγμα μεγαλύτερης τάξης. Γενικά παρατηρείται ότι η αύξηση της τάξης του υποδείγματος προσθέτοντας υστερήσεις είτε για το αυτοπαλίνδρομο τμήμα είτε για το τμήμα κινητού μέσου, μειώνει το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων, αλλά ταυτόχρονα μειώνονται και οι βαθμοί ελευθερίας αφού γίνεται εκτίμηση περισσότερων παραμέτρων. Το υπόδειγμα ARIMA (p,d,q) που εκτιμήθηκε, συγκρίνεται με τα υποδείγματα ARIMA $(p+1,d,q)$ και ARIMA $(p,d,q+1)$. Αν το υπόδειγμα που εκτιμήθηκε, περιγράφει τη διαδικασία από την οποία παράχθηκαν τα δεδομένα και στα μεγαλύτερα υποδείγματα οι επιπλέον συντελεστές είναι

μηδέν, τότε το υπόδειγμα αυτό είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα. Εάν οι συντελεστές δεν είναι μηδέν, τότε υπάρχει άλλο, καταλληλότερο υπόδειγμα για τα δεδομένα από το εκτιμημένο. Ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το κριτήριο πληροφοριών Akaike (Akaike Information Criterion) ή αλλιώς AIC.

- 4ο Στάδιο: Πρόβλεψη

Μετά την επιλογή του κατάλληλου υποδείγματος μορφής ARIMA (p, d, q) το οποίο υπόδειγμα προσαρμόζεται καλύτερα από άλλα στα δεδομένα μίας χρονολογικής σειράς και μετά το στάδιο της εκτίμησης και του ελέγχου, το υπόδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διενέργεια προβλέψεων. Η πρόβλεψη των τιμών μίας χρονολογικής σειράς σε μελλοντικές περιόδους γίνεται με βάση το εκτιμημένο υπόδειγμα που προσαρμόστηκε στα δεδομένα. Το αποτέλεσμα προκύπτει για την (T+1) μελλοντική περίοδο, όπου T, τα δεδομένα της σειράς στην οποία μετά από κύκλο d διαφορών, προσαρμόστηκε το εν λόγω υπόδειγμα.

6.5. Εγκυρότητα πρόβλεψης

Για να είναι έγκυρη η πρόβλεψη πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Το διάστημα λήψης δεδομένων να είναι παρόμοιο με το διάστημα πρόβλεψης, δηλαδή να μη διαφέρουν οι συνθήκες που επηρεάζουν τις τιμές της μεταβλητής. Ειδικότερα τα πιο παλιά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι σε συνθήκες παρόμοιες με το διάστημα για το οποίο θα γίνει η πρόβλεψη.
- Η πρόβλεψη πρέπει να είναι πεπερασμένη σε πλήθος στοιχείων, καθώς με την απομάκρυνση από την τελευταία παρατήρηση αυξάνεται η αβεβαιότητα και το προβλεπόμενο διάστημα εμπιστοσύνης μεγαλώνει. Συνήθως η πρόβλεψη για να θεωρείται έγκυρη αντιστοιχεί σε μέγεθος στο 10% του μεγέθους του δείγματος δεδομένων.
- Τα δεδομένα πρέπει να είναι επαρκή σε πλήθος. Αν το δείγμα δεδομένων είναι πολύ μικρό αμφισβητείται η εγκυρότητα της πρόβλεψης.
- Τα δεδομένα πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους.

- Το μοντέλο πρέπει να είναι κατάλληλο για τα δεδομένα και να δίνει προβλέψεις κοντινές στις πραγματικές τιμές. Η εγκυρότητα εξασφαλίζεται μέσω ελαχιστοποίησης του σφάλματος, μέσω ελέγχων των αποκλίσεων των προβλέψεων με πραγματικές τιμές για διαστήματα που υπάρχουν γνωστά δεδομένα.

Η εν λόγω έρευνα βασίζεται σε μοντέλα στατιστικής ανάλυσης. Ως εκ τούτου οι περιορισμοί που τίθενται αφορούν τα χρησιμοποιούμενα στατιστικά στοιχεία και με το μέγιστο δυνατό αριθμό προβλέψεων. Η συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιεί τον μέγιστο αριθμό παρελθοντικών στοιχείων που είναι διαθέσιμα αυτή την στιγμή από τον πλέον αξιόπιστο οργανισμό, ενώ περιορισμένος αριθμός δεδομένων σχετίζεται άμεσα με το γεγονός ότι τα μεγέθη αναφοράς αφορούν διαδικασίες οι οποίες έχουν λίγα χρόνια εφαρμογής στην Ελλάδα (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας). Παρόλα αυτά, η κάθε μεταβολή ή μη, στο σύνολο ενός δείγματος υπό στατιστική ανάλυση, πέρα από την πρόβλεψη, η οποία θα εκτιμηθεί μακροπρόθεσμα, παρέχει πολλές πληροφορίες σχετικά με την ποιοτική εξέλιξη του μεγέθους του δείγματος αναφορικά με τεχνοοικονομικά και κοινωνικά θέματα, ενώ μπορεί να παράσχει κατευθύνσεις για την λήψη σημαντικών αποφάσεων.

7. Προβλέψεις

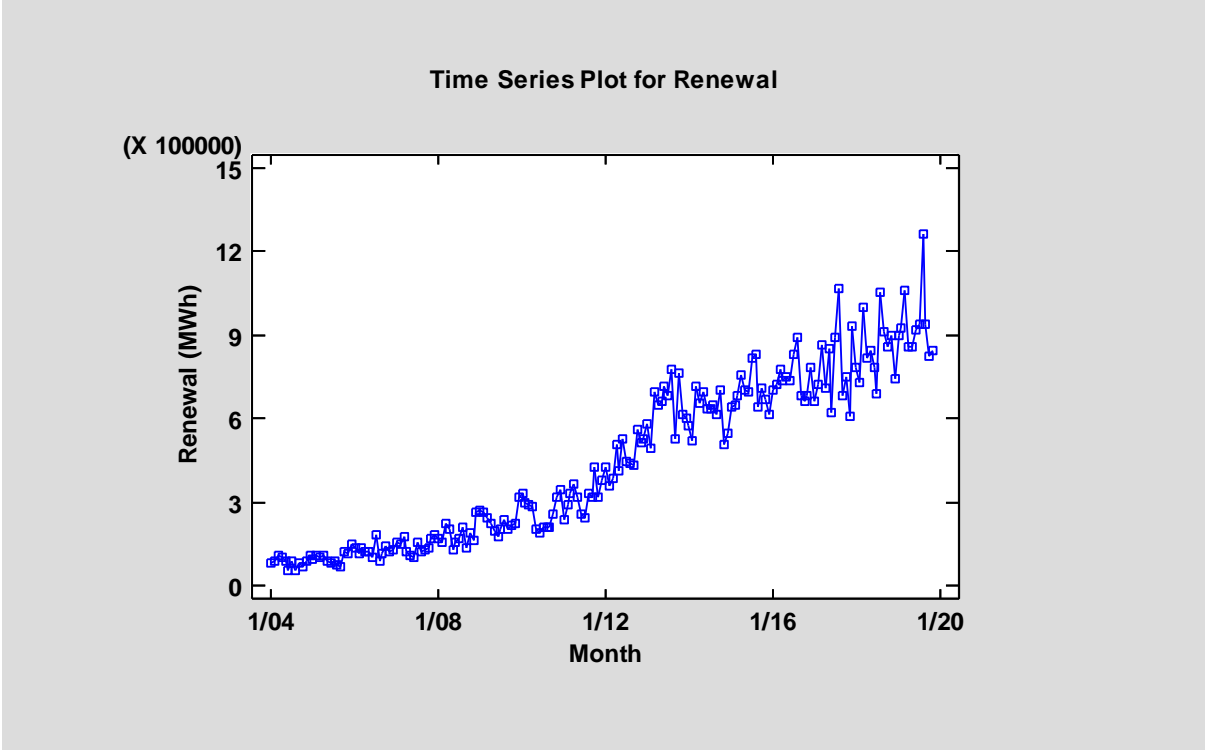
7.1. Εισαγωγή

Το σύνολο των χρονοσειρών αφορά μηνιαία δεδομένα αιολικής, υδροηλεκτρικής, φωτοβολταϊκής (σε πάρκα και σε στέγες) ενέργειας, όπως και ενέργειας βιομάζας, δηλαδή το σύνολο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας της χώρας, για την περίοδο Ιανουάριος 2004- Νοέμβριος 2019. Απαρτίζεται από αλληλουχίες 191 δεδομένων, τον μέγιστο αριθμό δεδομένων που δύναται άμεσα να βρεθούν από επίσημο φορέα. Στη διάρκεια της εν λόγω ετών το σύνολο των πολιτικών, οικονομικών, τεχνολογικών, νομοθετικών και ευρύτερα κοινωνικών δεδομένων γύρω από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, άλλαξε ραγδαίως.

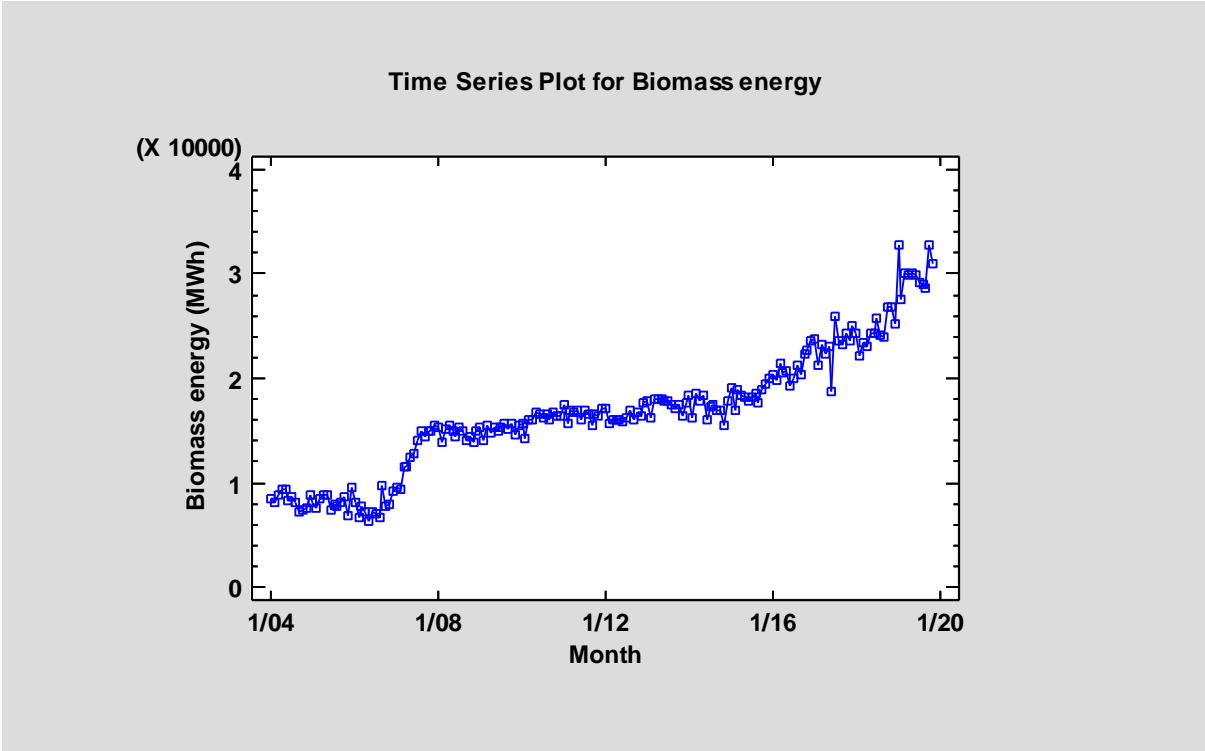
Η μελέτη εστίασε στο σύνολο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αλλά και ειδικότερα στην ενέργεια της βιομάζας η οποία κρίνεται ίσως η περισσότερο δυναμική για τα επόμενα χρόνια στην Ελλάδα και είναι από τις λιγότερες αξιοποιημένες μαζί με την υδροηλεκτρική.

Κατά την περίοδο αυτή των δεκαέξι ετών, αρκετά δεδομένα συνετέλεσαν ώστε το ενεργειακό μείγμα να έχει τη σημερινή του μορφή. Παρότι, κατά το μεγαλύτερο μέρος της ανωτέρω χρονικής περιόδου η Ελλάδα βρίσκεται σε μία, κατά κοινή παραδοχή, περίοδο οικονομικής κρίσης, οι Α.Π.Ε. ήκμασαν ακριβώς την ίδια στιγμή με την έναρξη της κρίσης αυτής, καθώς οι αλλαγές στους νόμους, η εξέλιξη της τεχνολογίας και χρηματοδοτικές ενισχύσεις, επέτρεψαν την διεξόδυσή τους στην αγορά. Πέρα από την εκτόξευση στο μερίδιο της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας (φωτοβολταϊκά), αξιοσημείωτο είναι ότι στην αρχή της περιόδου της ανάλυσης δεν παραγόταν καθόλου ενέργεια από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα. Όπως φαίνεται και αναλυτικά στα δεδομένα όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα, το δεύτερο εξάμηνο του 2007 εμφανίστηκε η ενέργεια των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ενώ μέχρι το 2012 δεν είχαν συνδεθεί οι εγκαταστάσεις για φωτοβολταϊκά στις στέγες οι οποίες σήμερα έχουν αρκετά μεγάλο μερίδιο.

Τα Διαγράμματα 15 και 16 αναπαριστούν την εξέλιξη του συνόλου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της βιομάζας στην Ελλάδα για την περίοδο 2004-2019 όπου διακρίνεται μία σαφώς αυξητική τάση και στα δύο υπό μελέτη δείγματα.



Διάγραμμα 15: Η εξέλιξη των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα (2004-2019)

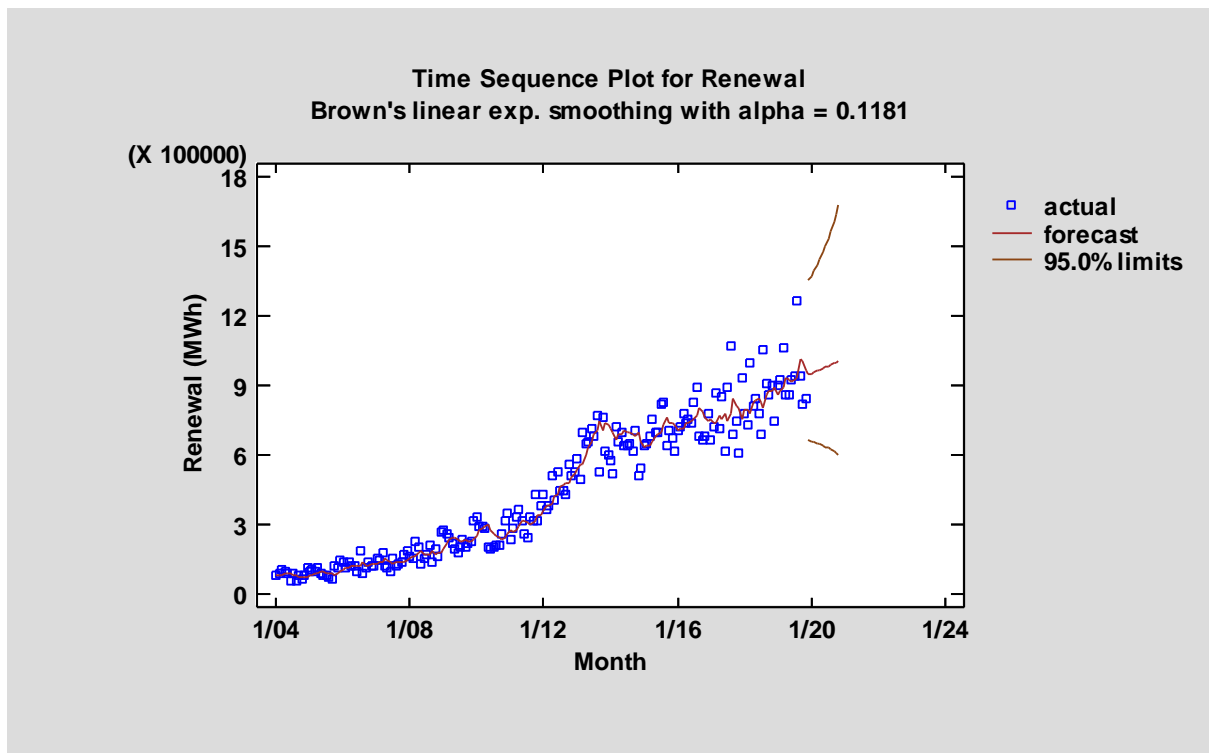


Διάγραμμα 16: Η εξέλιξη της ενέργειας της βιομάζας στην Ελλάδα (2004-2019)

Στις αναλύσεις που ακολουθούν(για το σύνολο των Α.Π.Ε. και την ενέργεια της βιομάζας), οι προβλέψεις των μεγεθών είναι αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης των 191 παρατηρήσεων και σε ουδεμία περίπτωση δεν μπορούν να οριστούν ως δεδομένα μελλοντικών τιμών στο ενεργειακό σύστημα. Η στατιστική ανάλυση, είναι πολύτιμο εργαλείο για την χάραξη πολιτικών, διάθεσης πόρων και προετοιμασίας. Επιπλέον, στα πλαίσια της στατικής ανάλυσης, το σύνολο των 191 τιμών θεωρείται αρκετά μικρό δείγμα για την εξαγωγή έγκυρων, μακροχρόνιων προβλέψεων.

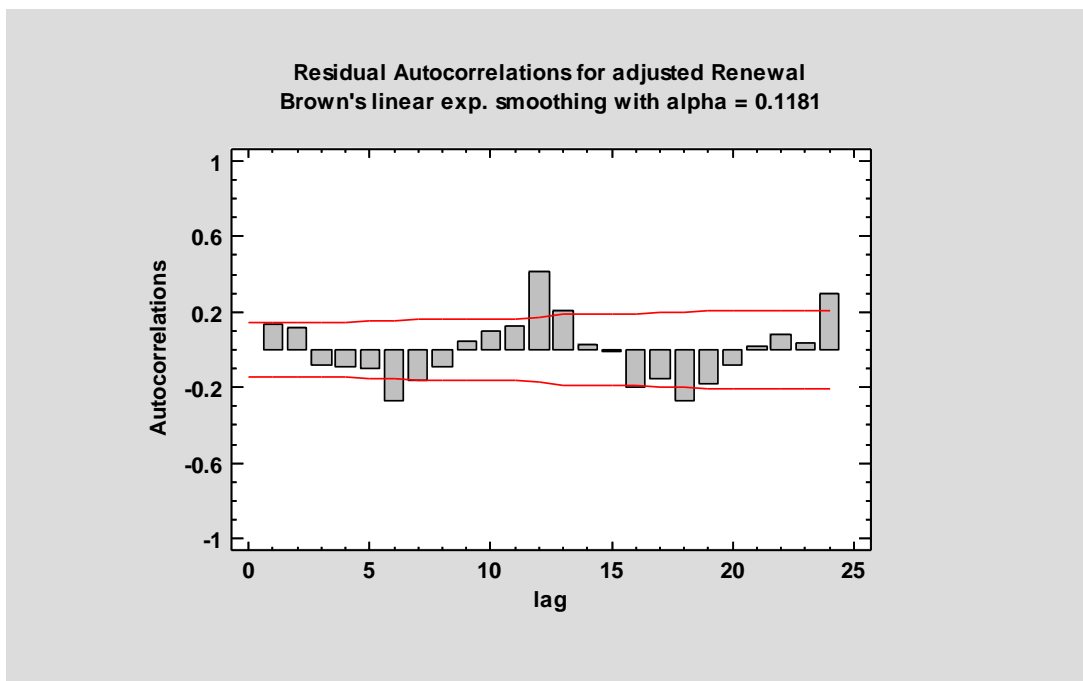
7.2. Σύνολο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

7.2.1. Ανάλυση χρονοσειράς Α.Π.Ε.

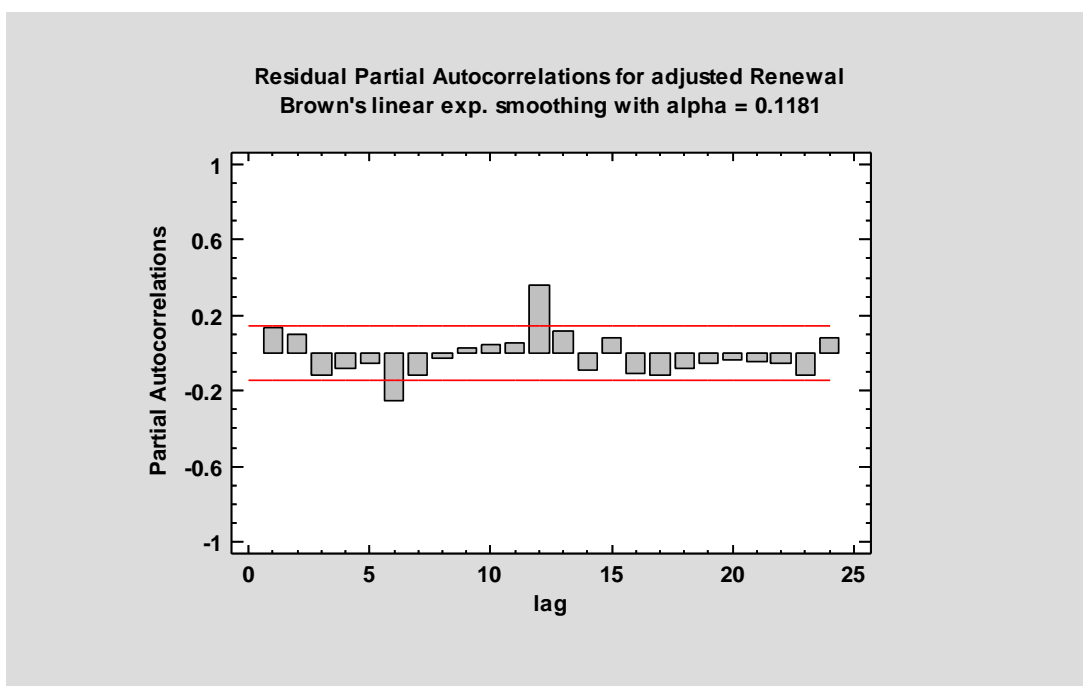


Διάγραμμα 17: Γράφημα πρόβλεψης με το μοντέλο Brown's linear exponential smoothing

Είναι φανερή η αυξητική τάση που υπάρχει στην εξέλιξη των δεδομένων της χρονοσειράς. Παρόλα αυτά, είναι σκόπιμο να γίνει μία καλύτερη προσαρμογή αυτών σε ένα άλλο υπόδειγμα, γεγονός που φαίνεται στα επόμενα δύο διαγράμματα (18,19).



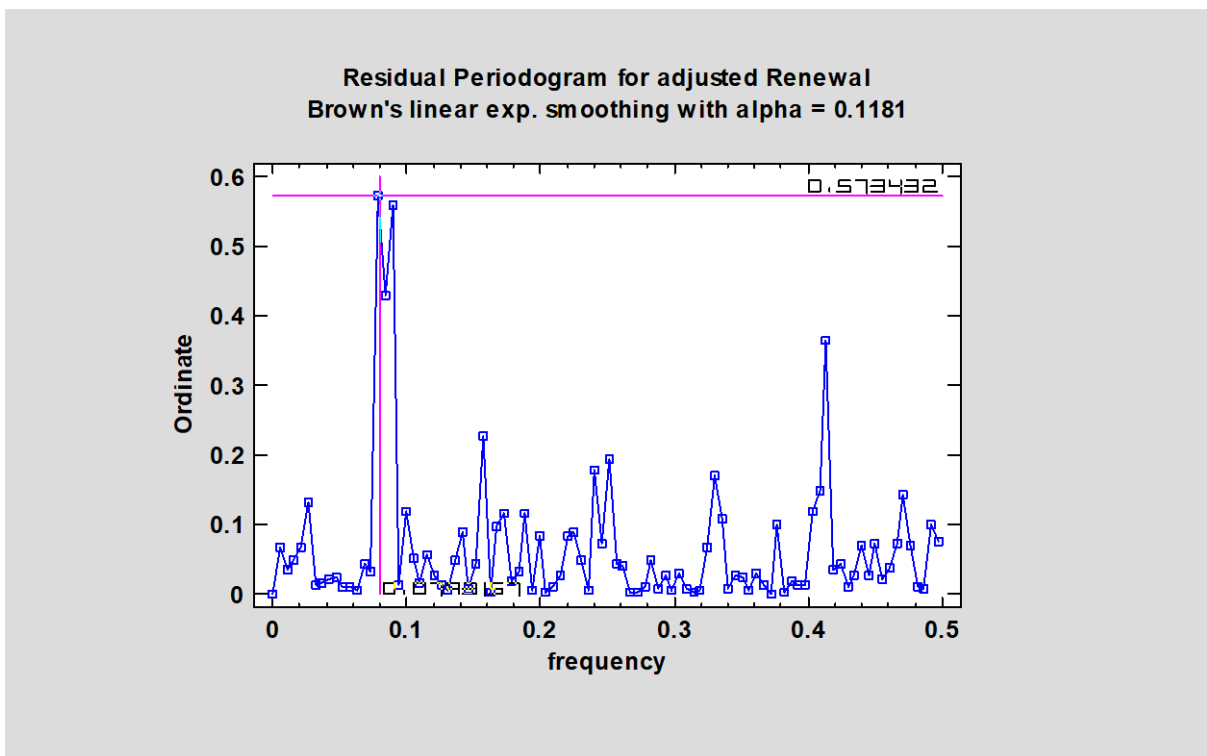
Διάγραμμα 18: Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (ACF)



Διάγραμμα 19: Διάγραμμα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (PACF)

Στην αναζήτηση του βέλτιστου για τα δεδομένα της χρονοσειράς, μοντέλου, τα παραπάνω διαγράμματα υποδεικνύουν την μέγιστη τάξη των παραγόντων ενός μοντέλου ARIMA. Πιο συγκεκριμένα, οι μπάρες που προεξέχουν στο καθένα (4 στο ACF-Διάγραμμα 18 και 2 στο PACF-Διάγραμμα 19) καθορίζουν τον μέγιστο βαθμό των τάξεων των συντελεστών MA, SMA και AR, SAR αντίστοιχα στο υπό διερεύνηση μοντέλο ARIMA που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή προβλέψεων

Επίσης, στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται η ύπαρξη περιοδικότητας στα δεδομένα, το μέγεθος της οποίας μπορεί να προσδιοριστεί από το περιοδόγραμμα που ακολουθεί. Για την ακρίβεια, από την τετμημένη της πρώτης μεγάλης κορυφής πλησίον της πρώτης περιόδου, προκύπτει: $s=1/(0,079857)\approx 12$.



Διάγραμμα 20: Περιοδόγραμμα με το μοντέλο Brown's linear exponential smoothing

Μετά την εξάλειψη της εποχικότητας, τα μοντέλα που θα συγκριθούν είναι τα εξής:

- (A) ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂ (Math adjustment: Natural log)
- (B) Σταθερός μέσος = 448268 (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (C) Κινούμενος μέσος 3 σημείων (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (D) Simple exponential smoothing with alpha = 0,3833 (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (E) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,0604

Πίνακας 6: Αξιολόγηση υποδειγμάτων

Μοντέλο	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	75364.1	53671.9	12.4962	-4967.83	-1.77547
(B)	307360.	270337.	122.849	-1401.3	-88.4148
(C)	82857.6	56469.7	13.5224	8542.19	0.423682
(D)	80098.1	53695.0	12.8745	11444.2	1.20134
(E)	78856.1	54889.3	14.6136	-1262.31	-2.81372

Πίνακας 7: Έλεγχοι καταλοίπων

Μοντέλο	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	75364.1	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	307360.	OK	***	***	***	***
(C)	82857.6	OK	OK	***	OK	***
(D)	80098.1	OK	OK	***	OK	***
(E)	78856.1	*	OK	***	OK	***

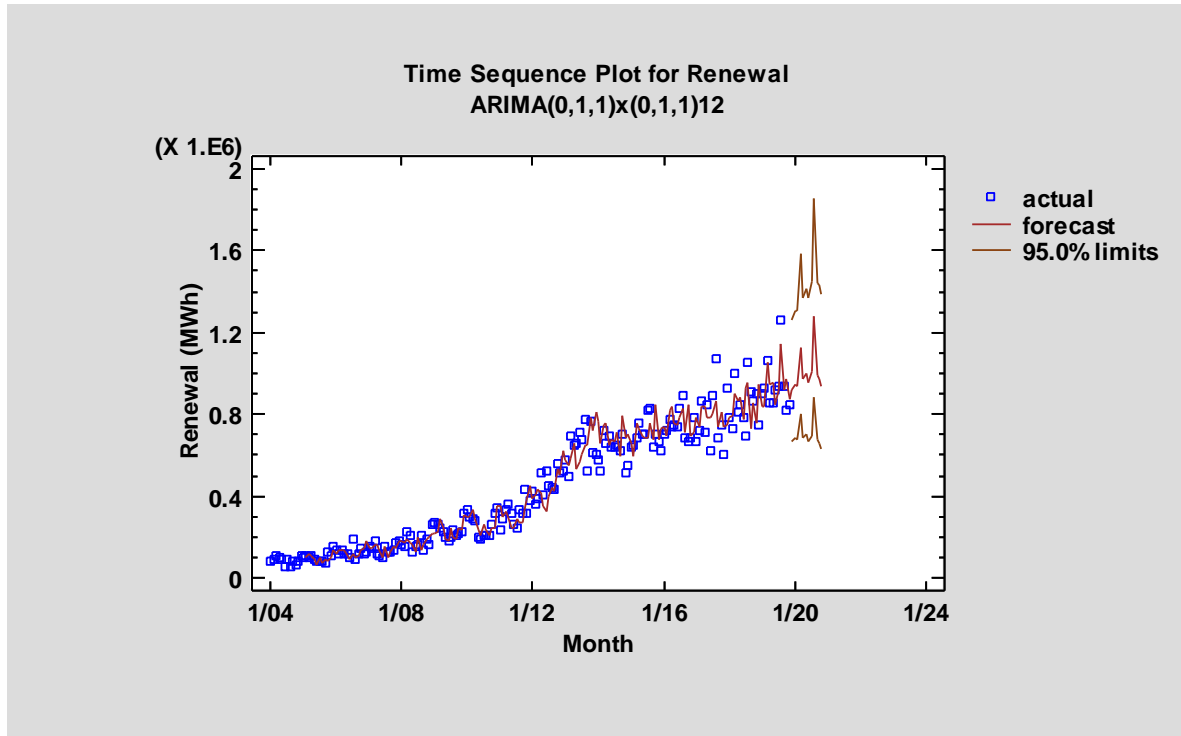
Από τον έλεγχο καταλοίπων, το μοναδικό μοντέλο που προκρίνεται είναι το ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂ καθώς έχει την μικρότερη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος και εξασφαλίζει και τα 5 κριτήρια.

Στην ανάλυση του προκρινόμενου μοντέλου ARIMA, εξετάζεται η σημαντικότητα των συντελεστών του. Οι συντελεστές με τιμή P-value < 0,05 είναι στατιστικά σημαντικοί, σε βαθμό εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 8: Έλεγχος παραμέτρων μοντέλου ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂

Parameter	Estimate	Std. Error	t	P-value
MA(1)	0.779045	0.0461237	16.8904	0.000000
SMA(1)	0.654923	0.0557742	11.7424	0.000000

7.2.2. Προβλέψεις Α.Π.Ε.



Διάγραμμα 21: Χρονοσειρά Α.Π.Ε. για την περίοδο 2004-2020 (δεδομένα και προβλέψεις) με τη βοήθεια του υποδείγματος $ARIMA(0,1,1) \times (0,1,1)_{12}$

Πίνακας 9: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τη βοήθεια του υποδείγματος $ARIMA(0,1,1) \times (0,1,1)_{12}$

	Πρόβλεψη	Διάστημα εμπιστοσύνης 95%	
Μήνας	Κεντρική Τιμή	Κάτω όριο	Άνω όριο
12/19	919811	670510	1261810
1/20	941576	681162	1301550
2/20	940124	675064	1309260
3/20	1129080	804860	1583910
4/20	971403	687539	1372470
5/20	996644	700492	14180
6/20	954046	665973	1366730
7/20	1006320	697759	1451350
8/20	1280460	881994	1858940
9/20	987970	676124	1443650
10/20	973662	662096	1431840
11/20	940238	635368	139140

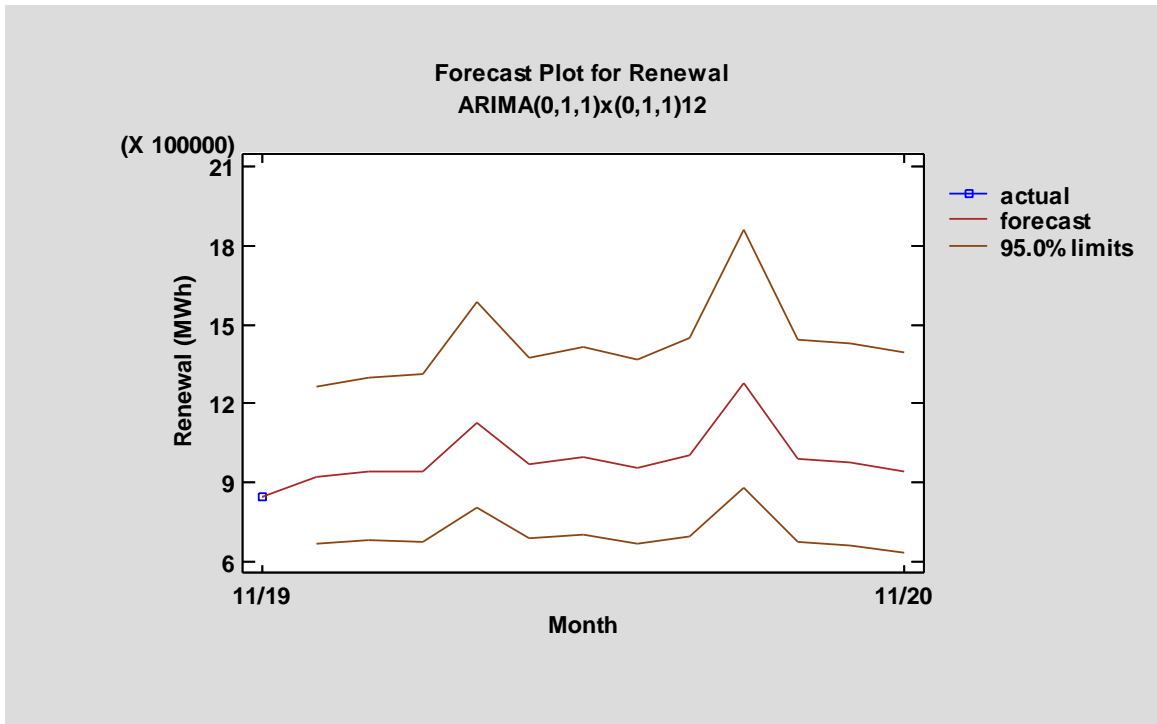
Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να γίνει σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με την παραγωγή των ήδη περασμένων μηνών. Η εν λόγω σύγκριση που ακολουθεί στον παρακάτω πίνακα, πράγματι παρουσιάζει μία μέση αύξηση της τάξης του 6% για την ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που είναι ένα λογικό μέγεθος δεδομένης της εξέλιξης των Α.Π.Ε. τα τελευταία χρόνια (βλ. Παράρτημα με αναλυτικά μεγέθη).

Πίνακας 10: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους

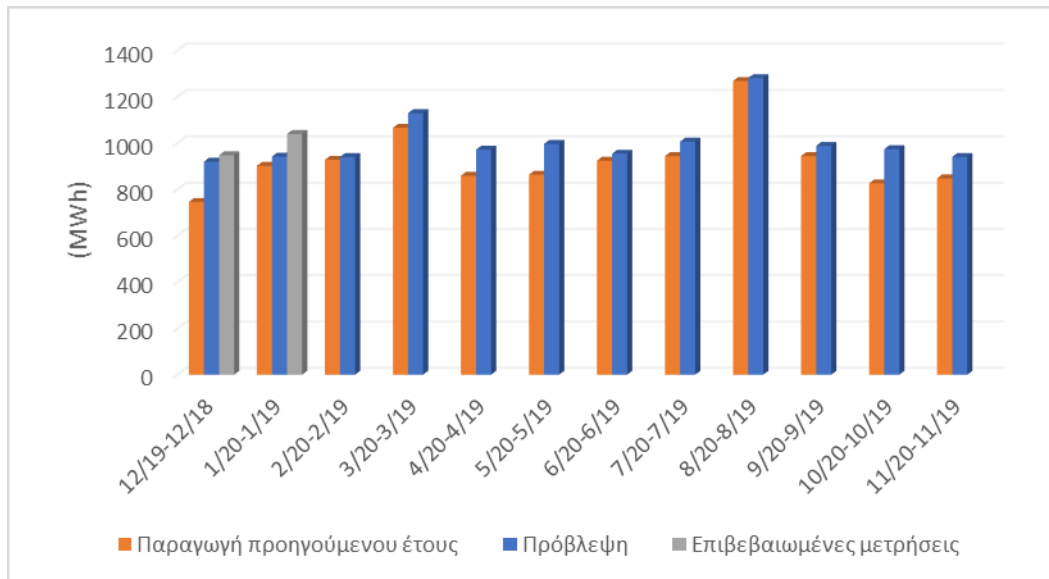
	Πρόβλεψη	Παραγωγή	Μεταβολή %
12/19-12/18	919811	745700	23%
1/20-1/19	941576	901687	4%
2/20-2/19	940124	927548	1%
3/20-3/19	1129080	1065940	6%
4/20-4/19	971403	858780	13%
5/20-5/19	996644	863383	15%
6/20-6/19	954046	923980	3%
7/20-7/19	1006320	943901	7%
8/20-8/19	1280460	1268040	1%
9/20-9/19	987970	943951	5%
10/20-10/19	973662	825855	18%
11/20-11/19	940238	847822	11%

Πίνακας 11: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους και επιβεβαιωμένων μετρήσεων

	Παραγωγή προηγούμενου έτους	Πρόβλεψη	Επιβεβαιωμένες μετρήσεις
12/19	745700	919811	947475
1/20	901687	941576	1039465



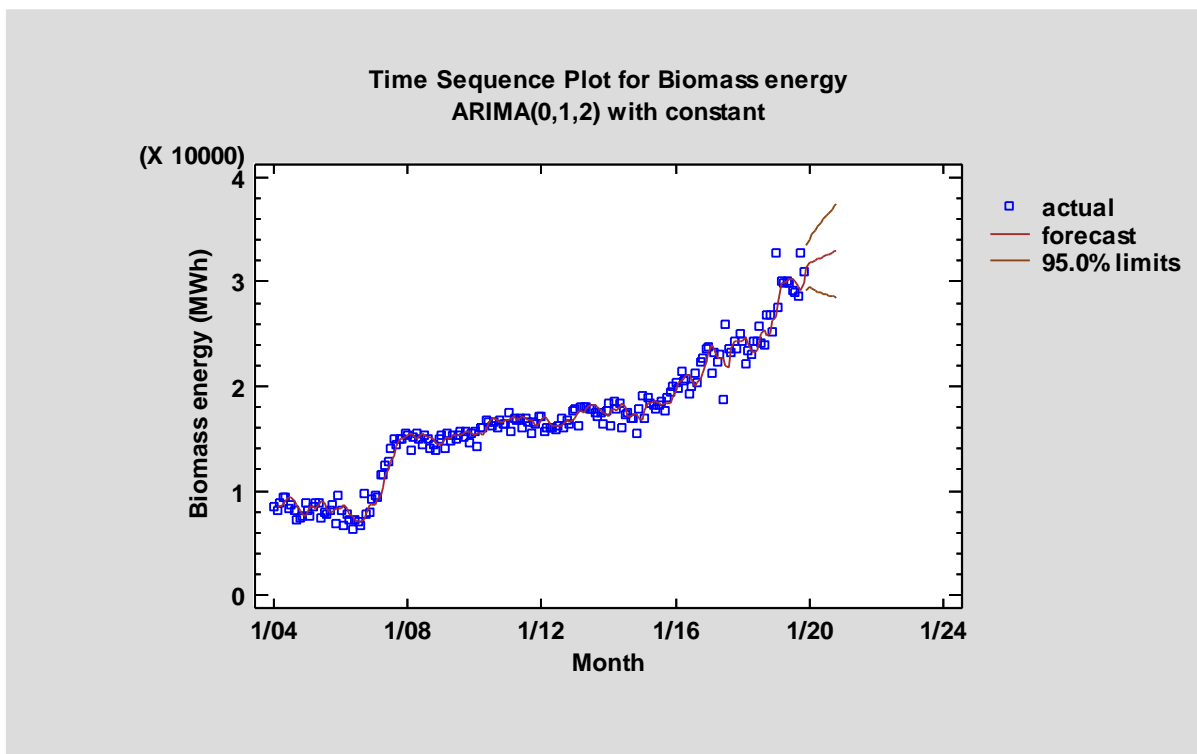
Διάγραμμα 22: Γράφημα προβλέψεων Α.Π.Ε. με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)12



Διάγραμμα 23 Σύγκριση πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 12/18-11/19, των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 12/19-11/20 και επιβεβαιωμένων μετρήσεων 12/19-1/20

7.3. Ενέργεια βιομάζας

7.3.1. Ανάλυση χρονοσειράς βιομάζας

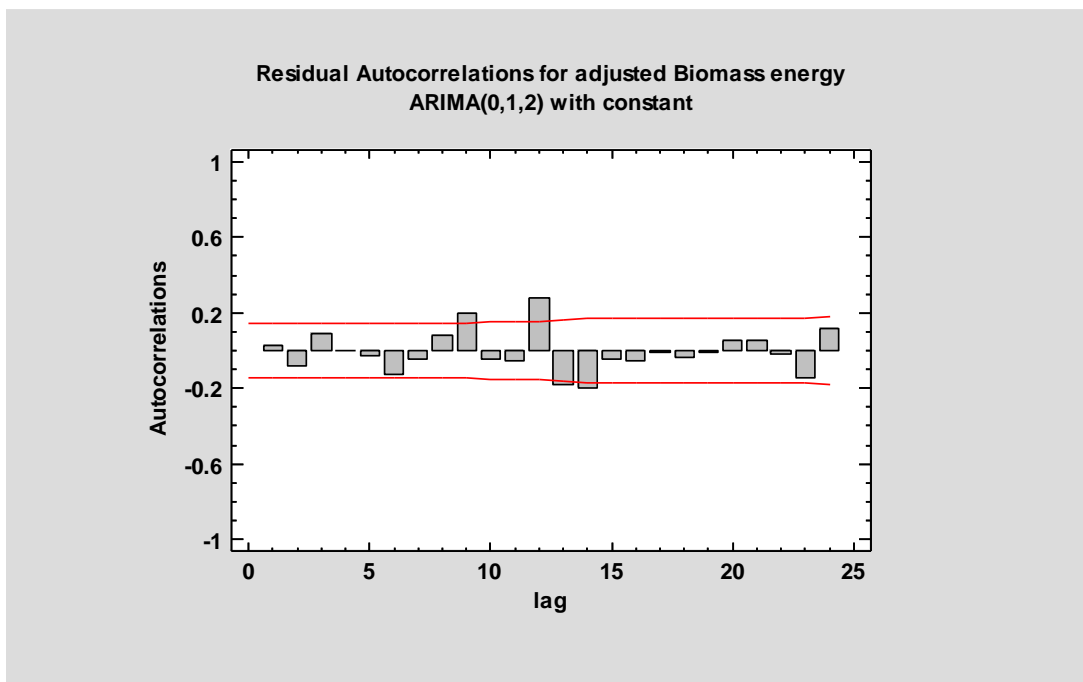


Διάγραμμα 24: Γράφημα πρόβλεψης με το μοντέλο ARIMA(0,1,2) με σταθερό όρο

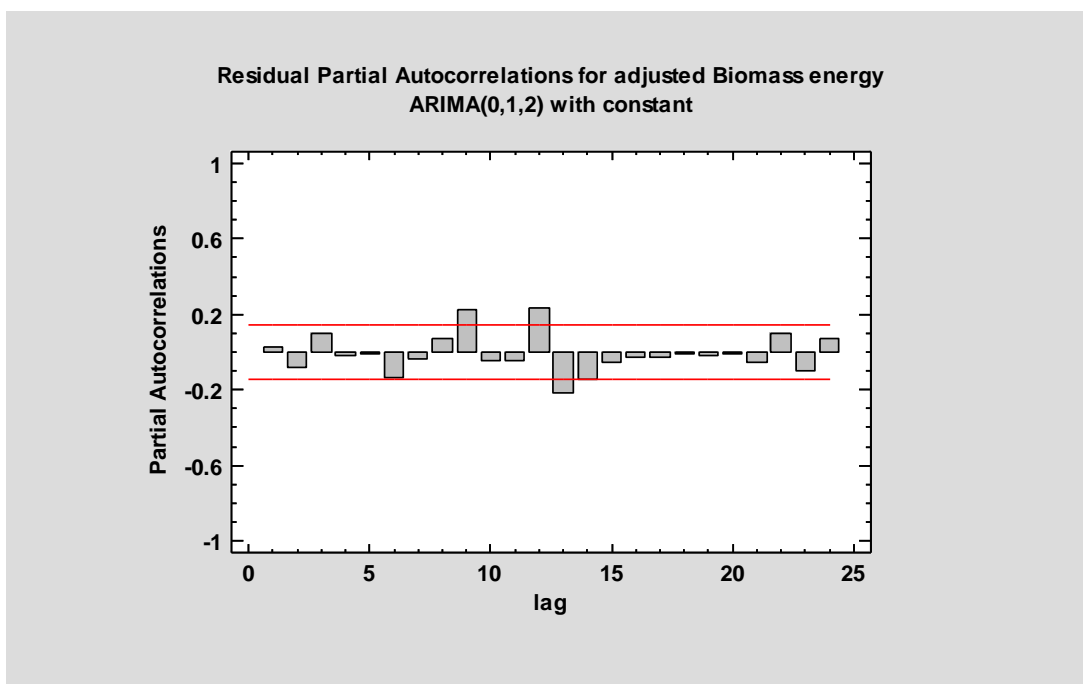
Είναι φανερή η αυξητική τάση που υπάρχει στην εξέλιξη των δεδομένων της χρονοσειράς. Παρόλα αυτά, είναι σκόπιμο να γίνει μία καλύτερη προσαρμογή αυτών σε ένα άλλο υπόδειγμα, γεγονός που φαίνεται στα επόμενα δύο διαγράμματα (25, 26).

Στην αναζήτηση του βέλτιστου για τα δεδομένα της χρονοσειράς, μοντέλου, τα παραπάνω διαγράμματα υποδεικνύουν την μέγιστη τάξη των παραγόντων ενός μοντέλου ARIMA. Πιο συγκεκριμένα, οι μπάρες που προεξέχουν στο καθένα (4 στο ACF-Διάγραμμα 25 και 3 στο PACF-Διάγραμμα 26) καθορίζουν τον μέγιστο βαθμό των τάξεων των

συντελεστών MA, SMA και AR, SAR αντίστοιχα στο υπό διερεύνηση μοντέλο ARIMA που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή προβλέψεων.

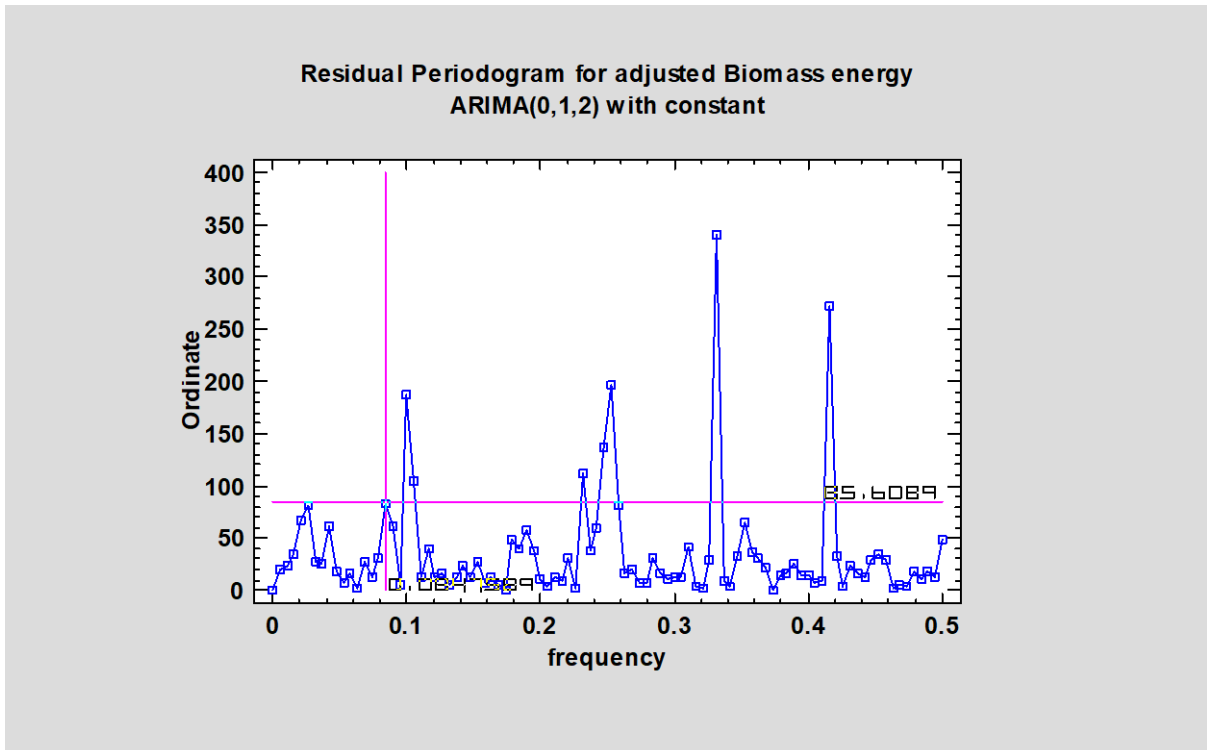


Διάγραμμα 25: Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (ACF)



Διάγραμμα 26: Διάγραμμα μερικών αυτοσυσχετίσεων της χρονοσειράς (PACF)

Επίσης, στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται η ύπαρξη περιοδικότητας στα δεδομένα, το μέγεθος της οποίας μπορεί να προσδιοριστεί από το περιοδόγραμμα που ακολουθεί. Για την ακρίβεια, από την τετμημένη της πρώτης μεγάλης κορυφής πλησίον της πρώτης περιόδου, προκύπτει: $s=1/(0,0847)\approx 12$



Διάγραμμα 27: Περιοδόγραμμα με το μοντέλο ARIMA(0,1,2) με σταθερό όρο

Μετά την εξάλειψη της εποχικότητας, τα μοντέλα που θα συγκριθούν είναι τα εξής:

- (A) ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂ (Math adjustment: Square root)
- (B) Σταθερός μέσος = 16707 (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (C) Κινούμενος μέσος 3 σημείων (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (D) Simple exponential smoothing with alpha = 0,5628 (Seasonal adjustment: Multiplicative)
- (E) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,1465

Πίνακας 12: Αξιολόγηση υποδειγμάτων

Μοντέλο	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1007.16	642.665	3.97774	47.1109	-0.0325526
(B)	6083.43	4319.6	33.3296	-5.17159	-15.848
(C)	1020.44	663.491	4.18664	247.803	1.14186
(D)	1022.52	617.863	4.0155	216.76	0.972034
(E)	1205.16	855.885	5.46747	-2.51472	-0.272187

Όπως φαίνεται και στον άνωθεν πίνακα, το μοντέλο που προκρίνεται είναι το (A) ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂, έχοντας την μικρότερη τιμή RMSE (ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος) και MAE (μέσο απόλυτο σφάλμα).

Πίνακας 13: Έλεγχοι καταλοίπων

Μοντέλο	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1007.04	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6083.43	*	***	***	***	OK
(C)	1020.44	**	**	***	OK	***
(D)	1022.52	OK	OK	***	OK	***
(E)	1205.16	OK	OK	***	OK	***

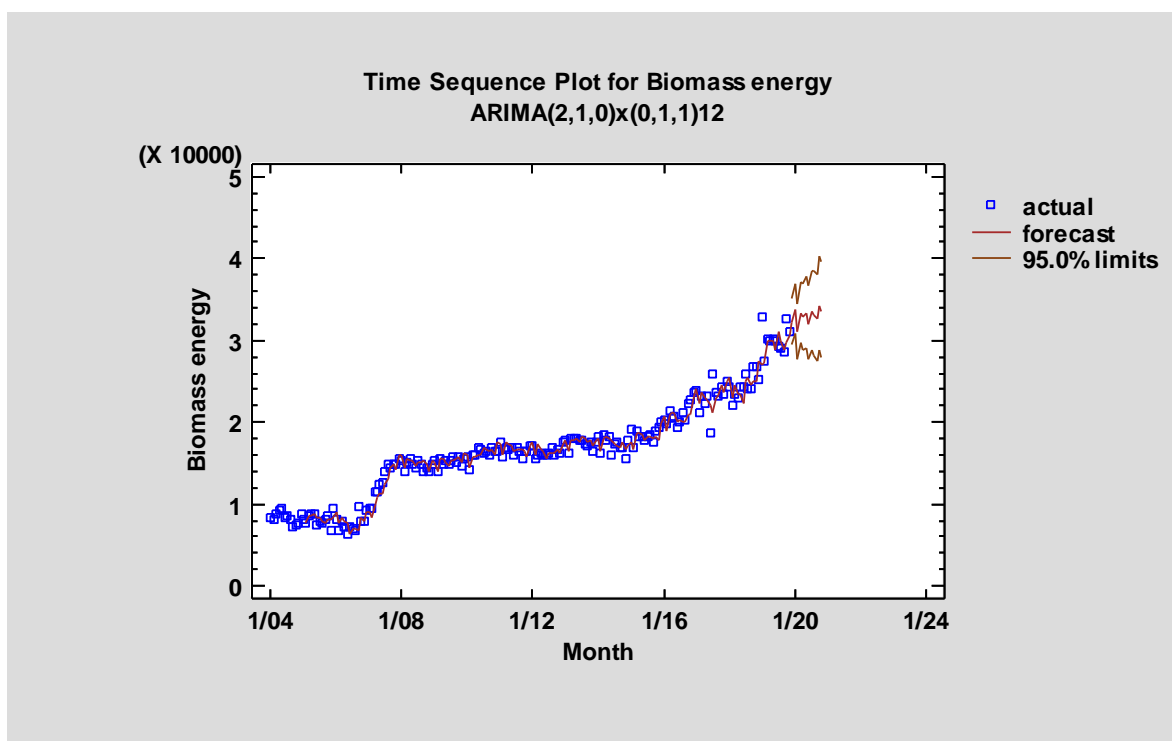
Από τον έλεγχο καταλοίπων, το μοναδικό μοντέλο που προκρίνεται είναι το ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂ καθώς έχει την μικρότερη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος και εξασφαλίζει και τα 5 κριτήρια.

Στην ανάλυση του προκρινόμενου μοντέλου ARIMA, εξετάζεται η σημαντικότητα των συντελεστών του. Οι συντελεστές με τιμή P-value < 0,05 είναι στατιστικά σημαντικοί, σε βαθμό εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 14: Έλεγχος παραμέτρων μοντέλου ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂

Parameter	Estimate	Std. Error	t	P-value
AR(1)	-0.556936	0.0741645	-7.50947	0.000000
AR(2)	-0.187525	0.0749583	-2.50172	0.013277
SMA(1)	0.872951	0.0227719	38.3346	0.000000

7.3.2. Προβλέψεις βιομάζας



Διάγραμμα 28: Χρονοσειρά βιομάζας για την περίοδο 2004-2020 (δεδομένα και προβλέψεις) με τη βοήθεια του υποδείγματος $ARIMA(2,1,0) \times (0,1,1)_{12}$

Πίνακας 15: Πρόβλεψη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τη βοήθεια του υποδείγματος $ARIMA(2,1,0) \times (0,1,1)_{12}$

	Πρόβλεψη	Διάστημα εμπιστοσύνης 95%	
<i>Μήνας</i>	<i>Κεντρική Τιμή</i>	<i>Κάτω όριο</i>	<i>Άνω όριο</i>
12/19	32255.6	29601.6	35023.5
1/20	33744.7	30780.1	36845.7
2/20	30979.7	27794.5	34337.7
3/20	33288.9	29621.2	37170.6
4/20	32834.7	28911.1	37007.8
5/20	33212.9	28987.5	37725.6
6/20	31987.0	27590.0	36709.0
7/20	33468.2	28725.2	38573.5
8/20	33103.1	28158.5	38447.4
9/20	32592.2	27472.5	38149.0

10/20	34268.4	28802.4	40208.9
11/20	33527.4	27923.8	39642.9

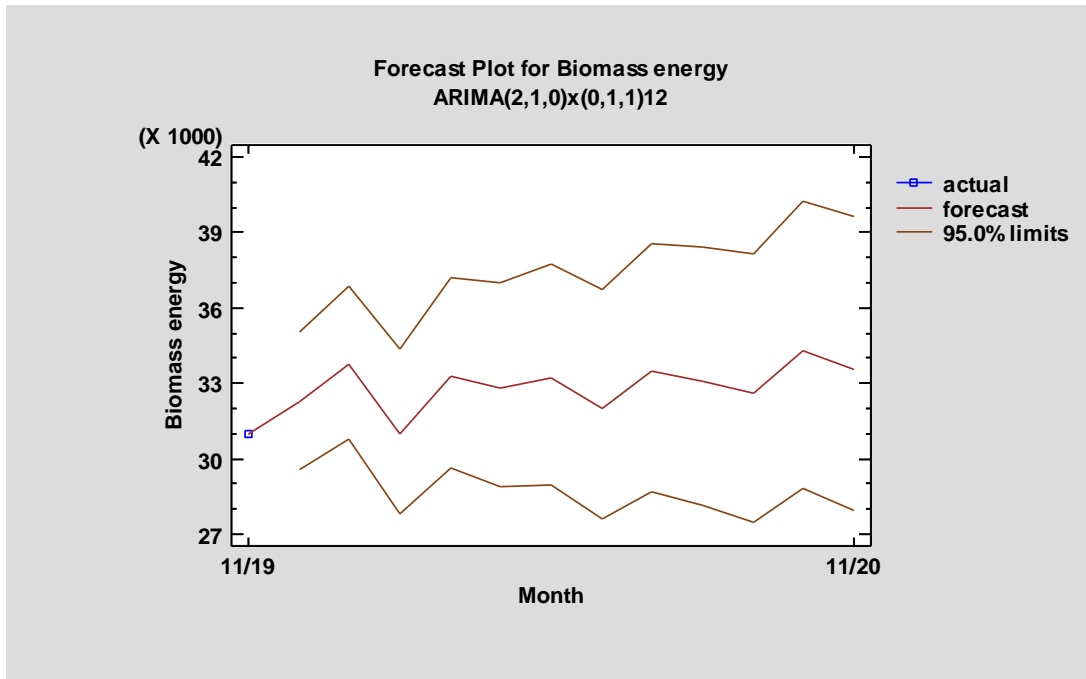
Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να γίνει σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με την παραγωγή των ήδη περασμένων μηνών. Η εν λόγω σύγκριση που ακολουθεί στον παρακάτω πίνακα, πράγματι παρουσιάζει μία μέση αύξηση της τάξης του 6% για την ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που είναι ένα λογικό μέγεθος δεδομένης της εξέλιξης των Α.Π.Ε. τα τελευταία χρόνια (βλ. Παράρτημα με αναλυτικά μεγέθη).

Πίνακας 16: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους

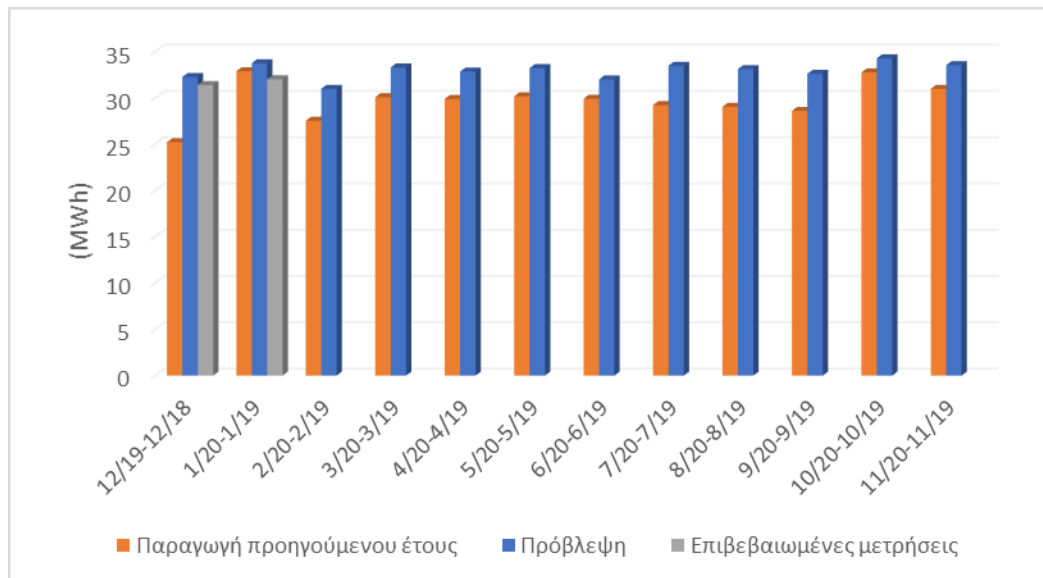
	Πρόβλεψη	Παραγωγή	Μεταβολή %
12/19-12/18	32255.6	25204	28%
1/20-1/19	33744.7	32869	3%
2/20-2/19	30979.7	27531	13%
3/20-3/19	33288.9	30076	11%
4/20-4/19	32834.7	29882	10%
5/20-5/19	33212.9	30162	10%
6/20-6/19	31987.0	29906	7%
7/20-7/19	33468.2	29216	15%
8/20-8/19	33103.1	29032	14%
9/20-9/19	32592.2	28588	14%
10/20-10/19	34268.4	32746	5%
11/20-11/19	33527.4	30971	8%

Πίνακας 17: Σύγκριση των προβλέψεων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους και επιβεβαιωμένων μετρήσεων

	Παραγωγή προηγούμενου έτους	Πρόβλεψη	Επιβεβαιωμένες μετρήσεις
12/19	32255.6	25204	947475
1/20	33744.7	32869	1039465



Διάγραμμα 29: Γράφημα προβλέψεων βιομάζας με τη βοήθεια του υποδείγματος ARIMA (2,1,0)(0,1,1)12



Διάγραμμα 30: Σύγκριση πραγματικών τιμών της χρονικής περιόδου 12/18-11/19, των προβλεπόμενων της χρονικής περιόδου 12/19-11/20 και επιβεβαιωμένων μετρήσεων 12/19-1/20

8. Συμπεράσματα

Με σκοπό να γίνει μία ολοκληρωμένη στατιστική μελέτη για την διεύθυνση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και ιδιαιτέρως της ενέργειας της βιομάζας στην Ελλάδα, είναι σκόπιμο να αναγνωριστούν δεδομένα, πολιτικές και καταστάσεις και κατόπιν με το κατάλληλο δείγμα μετρήσεων να γίνουν οι αντίστοιχες προβλέψεις.

Σε αυτό το εγχείρημα, αφού αναλύθηκαν ορισμοί, δεδομένα, παγκόσμιοι στόχοι και πρακτικές στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης και μίας πράσινης οικονομίας, έγινε μία επισκόπηση στα αντίστοιχα δεδομένα στον Ελλαδικό χώρο και τις προοπτικές που εμφανίζονται.

Ανεξαρτήτως στόχων και οδηγιών, είναι σκόπιμη η μετάβαση σε ένα αειφόρο ενεργειακό μείγμα για λόγους περιβαλλοντικούς, οικονομικούς αλλά και κοινωνικούς. Όμως το εν λόγω εγχείρημα απαιτεί οργανωμένο σχέδιο και δραστικές πολιτικές. Πιθανώς ο στόχος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακή και βιομηχανική χρήση να επιτευχθεί για το 2020, όμως οι στόχοι δεν σταματούν εκεί. Οι επόμενοι είναι αρκετά πιο απαιτητικοί. Επίσης, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές δεν πρέπει να συνδέονται αποκλειστικά με δεδομένα χρηματοδοτικών πακέτων. Γεγονός που στην περίπτωση της Ελλάδας φαίνεται με την περίπτωση της ενέργειας της βιομάζας η οποία πάρα το αρκετά μεγάλο δυνητικό απόθεμα της και τις τεράστιες προοπτικές ανάπτυξης που παρουσιάζει, παραμένει ανεκμετάλλευτη. Μία πηγή ενέργειας με πολύ μεγάλη δυναμική κ αρκετά οφέλη.

Τα δεδομένα της χρονοσειράς που αναλύθηκαν ανωτέρω, θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως εκρηκτικά καθώς τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους μεταβλήθηκαν ιδιαιτέρως κατά την διάρκεια της δεκαεξαετούς περιόδου που αφορά η εν λόγω μελέτη, φαινόμενο λογικό, λόγω των μνημειωδών αλλαγών που συντελέστηκαν κατά την περίοδο αυτή στην Ελλάδα, στο πεδίο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται ως εξαιρετικά επισφαλές να εξαχθεί μία μακροπρόθεσμη πρόβλεψη για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, καθώς δεν είναι διαθέσιμα αρκετά ιστορικά στοιχεία, ενώ παρατηρείται μεγάλη μεταβλητότητα εξωγενών παραγόντων. Παρόλα ταύτα, τα αποτελέσματα των προβλέψεων που εξάχθηκαν είναι αρκετά λογικά και ελπιδοφόρα για το

μέλλον των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στο προσεχές μέλλον θα μπορούσε να καταστεί δυνατή η αξιοποίησή τους ως βάση σύγκρισης και αναφοράς

Βιβλιογραφία

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά

- Abu-Goukh M E, Ibraheem G M and Goukh, H.M.E.A, 2013, “Engineering Education for Sustainability and Economic Growth in Developing Countries (the Sudanese Case)”, *Poceda- Social and Behavioral Sciences*, pp. 421-431
- Gibson L, Wilman E N and Laurance W F, 2017, “How Green is ‘Green’ Energy?” *Trends in Ecology & Evolution*, In press
- Lee C W and Zhong J, 2015, “Construction of a responsible investment composite index for renewable energy industry”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 51, pp. 288–303
- Lee S M, Park S H and Trimi S, 2013, "Greening with IT: practices of leading countries and strategies of followers", *Management Decision*, Vol. 51, pp.629-642.
- Markaki M, Belegri-Roboli A, Michaelides P, Mirasgedis S and Lalas D P, 2013: “The impact of clean energy investments on the Greek economy: An input–output analysis (2010–2020)”, *Energy Policy*, Vol. 57, pp.263–275
- Ringel M, Schlomann B, Krail M and Rohde C, 2016, “Towards a green economy in Germany”, *Energy Policy*, Vol.57, pp. 263-275
- Omar Ellabban, Haitham Abu-Rub and FredeBlaabjerg, 2014, “Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 39, pp. 748-764
- Sriram N and Shahidehpour M, 2005 “Renewable biomass energy”. *IEEE power engineering society general meeting*, Vol. 1, pp. 612–617.

Βιβλία & Επίσημες Αναφορές

- Commission Communication, 2001, "A sustainable Europe for a better world: A European strategy for Sustainable Development" COM(2001)
- European Union Directive 2009/28/EC
- Scott Cato, M. 2009, “Green Economics”, Earthscan

- United Nations Environmental Programme (UNEP), 2011, "Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication"
- *United Nations General Assembly, 1987*, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future; Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 – Development and International Co-operation: Environment; Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development; Paragraph 1
- Energy Policies of IEA Countries - Greece 2017 Review
- UN Secretary General speech at High-Level Symposium on Global Energy Interconnection, Nov 2017
- Energy Exchange Group, Μηνιαίο Δελτίο Συστήματος Συναλλαγών ΗΕΠ, Μάιος 2019
- Δεκαετής Πρόγραμμα Ανάπτυξης Συστήματος Αναφοράς 2018-2027, ΑΔΜΗΕ-Διεύθυνση Στρατηγικής Σχεδιασμού Ανάπτυξης Συστήματος, Μάρτιος 2018
- Bioenergy europe - Statistical Report 2019
- European Commission- DG: "Environment Economic analysis of reaching a 20% share of renewable energy sources in 2020"- Executive Summary (2006)
- European Commission- DG: "Links between the environment, economy and jobs" (2007)
- Αναστασοπούλου Α., «Παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη με μηδενική έκλυση αερίων θερμοκηπίου και σύγκριση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την Ελλάδα», Τομέας Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011
- Δανιήλ Β., «Διερεύνηση χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο μη συνδεδεμένο νησί της Αστυπάλαιας», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2018
- ΕΛΣΤΑΤ, « Στατιστικές γεωργία-κτηνοτροφίας, θαλάσσιας αλιείας, υδατοκαλλιεργειών», 2018
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή «Πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια κατά την περίοδο από το 2020 έως το 2030», 2014
- Γεωργαντά Ζωή «Η προσέγγιση Box- Jenkins στην ανάλυση και πρόβλεψη χρονολογικών σειρών» , Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών ,ΚΕΠΕ, 1987

- Θαλασσινός Ε., «Ανάλυση χρονολογικών σειρών : μεθοδολογία Box-Jekins», Εκδόσεις Σταμούλη, 1991
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), « Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες», 2006
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), « Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης», 2014
- Κουγιουμτζής Δ., « Ανάλυση Δεδομένων», Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2011
- Λοιζίδου Μ., Βιολογική Επεξεργασία Αποβλήτων, Ρύπανση και Συστήματα Προστασίας Περιβάλλοντος
- Λυμπεράτος Γ. Αναερόβια Χώνευση- Κομποστοποίηση, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ
- Μαμάσης Ν., Στεφανάκος Ι., «Υδροηλεκτρική ενέργεια, Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) « Εθνικό Σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα», 2019
- Φωστηρόπουλος Ε., Στογιαννός Ν., « Ανάλυση και εφαρμογές της μεθοδολογίας Box- Jekins», 2017

Επίσημες Ιστοσελίδες

- Επίσημος ιστότοπος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, <http://ec.europa.eu>
- The Division for Sustainable Development Goals (DSDG) in the United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), <https://sustainabledevelopment.un.org>
- United Nations – Climate Change, <http://unfccc.int>
- International Energy Agency, <http://www.iea.org>
- Organization of the Petroleum Exporting Countries, <http://www.opec.org>
- United Nations Development Programme, <http://www.undp.org>
- Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, <https://www.consilium.europa.eu>
- World Energy Council, <https://www.worldenergy.org>
- Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ, <https://www.lagie.gr>

- Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. | EXE, <http://www.enxgroup.gr>
- Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, <https://www.admie.gr>
- Κεντρικό σημείο διάθεσης γεωχωρικών δεδομένων, <http://geodata.gov.gr>
- ΔΕΗ Ανανεώσιμες, <https://www.ppcr.gr>
- Bioenergy Europe, <https://bioenergyeurope.org>
- European Biomass Industry Association, <http://www.eubia.org>
- European Energy Network, <http://enr-network.org>
- European Energy Research Alliance, <https://www.eera-set.eu/>
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, <https://www.cres.gr>
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, <http://www.rae.gr>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, <http://www.ypeka.gr/>

Παράρτημα

Δεδομένα Παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων Α,Π,Ε, διασυνδεδεμένου συστήματος ανά έτος (2004-2019), όπως αυτά παρατίθενται στα συνοπτικά πληροφοριακά δελτία του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.) (2004- 2011) και του Λειτουργού Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Λ.ΑΓ.Η.Ε. Α.Ε.) (2012-2019)

2004	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	57433	14705	8449	-	-	80587
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	67519	15098	8085	-	-	90702
ΜΑΡΤΙΟΣ	84024	16783	8753	-	-	109560
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	72826	18918	9348	-	-	101092
ΜΑΙΟΣ	62666	16682	9369	-	-	88717
ΙΟΥΝΙΟΣ	32642	12875	8251	-	-	53768
ΙΟΥΛΙΟΣ	73395	7978	8628	-	-	90001
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	41271	4900	8153	-	-	54324
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	72208	4054	7222	-	-	83484
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	54250	6294	7450	-	-	67994
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	68642	9591	7670	-	-	85903
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	91757	10504	8797	-	-	111058
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	778633	138382	100175	0	0	1017190

2005	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	73881	14322	8083	-	-	96286
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	87604	14892	7622	-	-	110118
ΜΑΡΤΙΟΣ	67589	23709	8482	-	-	99780
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	76624	24759	8881	-	-	110264
ΜΑΙΟΣ	59469	20808	8836	-	-	89113
ΙΟΥΝΙΟΣ	58521	14546	7475	-	-	80542
ΙΟΥΛΙΟΣ	69707	8052	7995	-	-	85754
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	65609	4418	7712	-	-	77739
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	55652	4974	8083	-	-	68709
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	107979	7467	8582	-	-	124028
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	98890	7588	6845	-	-	113323
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	122260	18648	9535	-	-	150443
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	943785	164183	98131	0	0	1206099

2006	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	103432	25509	8121	-	-	137062
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	86163	21505	6756	-	-	114424
ΜΑΡΤΙΟΣ	97754	29840	7842	-	-	135436
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	84828	29659	7306	-	-	121793
ΜΑΙΟΣ	87500	28337	6292	-	-	122129
ΙΟΥΝΙΟΣ	73295	18172	7245	-	-	98712
ΙΟΥΛΙΟΣ	167991	11148	7044	-	-	186183
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	74320	8630	6744	-	-	89694
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	101039	7138	9675	-	-	117852
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	122450	11858	7828	-	-	142136
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	100068	12109	7873	-	-	120050
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100538	16497	9211	-	-	126246
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	1199378	220402	91937	0	0	1511717

2007	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	130532	15293	9538	-	-	155363
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	117545	20209	9428	-	-	147182
ΜΑΡΤΙΟΣ	142420	25079	11574	-	-	179073
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	80141	29626	11553	-	-	121320
ΜΑΙΟΣ	73847	24735	12459	0.14	-	111041
ΙΟΥΝΙΟΣ	67244	18969	12716	0.19	-	98929.2
ΙΟΥΛΙΟΣ	134664	7976	14020	0.14	-	156660
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	103672	6645	14890	0.22	-	125207
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	106090	6497	14393	64.49	-	127044
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	109789	10869	14874	0.12	-	135532
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	128993	26148	14873	24.44	-	170038
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	138123	31152	15583	55.92	-	184914
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	1333060	223198	155901	145.66	0	1712305

2008	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	122671	28780	15262	77.38	-	166790
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	114505	26259	13954	40.26	-	154758
ΜΑΡΤΙΟΣ	172910	35680	15175	97.29	-	223862
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	142991	45273	15541	133.41	-	203938
ΜΑΙΟΣ	78037	37124	14953	118.73	-	130233
ΙΟΥΝΙΟΣ	114988	26419	14420	390.19	-	156217
ΙΟΥΛΙΟΣ	130599	21101	15240	373.08	-	167313
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	178069	17136	14871	801.75	-	210878
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	107427	13496	14051	675.6	-	135650
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	160060	17131	14381	665.3	-	192237
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	127223	17710	13955	808.73	-	159697
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	211749	38821	14894	914.61	-	266379
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	1661229	324930	176697	5096.33	0	2167952

2009	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	196185	60178	15313	780.11	-	272456
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	181521	67085	13985	1037.16	-	263628
ΜΑΡΤΙΟΣ	159813	68463	15559	1664.18	-	245499
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	131513	74549	14801	2599.56	-	223463
ΜΑΙΟΣ	111337	66842	15384	4691.53	-	198255
ΙΟΥΝΙΟΣ	111984	47140	14914	5417.44	-	179455
ΙΟΥΛΙΟΣ	140117	42040	15385	3314.96	-	200857
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	190379	29630	15677	3758.6	-	239445
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	160407	26427	15080	3699.1	-	205613
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	157498	37289	15665	9595.07	-	220047
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	146646	59255	14633	4478.9	-	225013
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	220850	78270	15498	4061.75	-	318680
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	1908250	657168	181894	45098.4	0	2792410

2010	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	231075	80996	15700	4251.47	-	332022
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	197363	81403	14184	2713.03	-	295663
ΜΑΡΤΙΟΣ	179761	91192	16086	5640.74	-	292680
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	179989	80844	16033	7165.1	-	284031
ΜΑΙΟΣ	104659	71231	16823	8252.14	-	200965
ΙΟΥΝΙΟΣ	105918	51661	16573	18949.6	-	193102
ΙΟΥΛΙΟΣ	139247	41604	16271	9729.84	-	206852
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	148824	32565	16524	10672.5	-	208585
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	148964	32458	16017	11523.1	-	208962
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	162048	53154	16801	25868.3	-	257871
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	220747	63586	16477	14296.2	-	315106
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	243084	72803	16444	12888.7	-	345220
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	2061679	753497	193933	131951	0	3141060

2011	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	138098	65333	17548	14288.4	-	235267
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	194701	64656	15765	13305.2	-	288427
ΜΑΡΤΙΟΣ	210476	81767	16992	21028.7	-	330264
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	249840	72748	16780	25261.6	-	364630
ΜΑΙΟΣ	202418	68668	16984	28956.4	-	317026
ΙΟΥΝΙΟΣ	134248	51526	16029	57534.5	-	259337
ΙΟΥΛΙΟΣ	154090	36333	16928	37168.9	-	244520
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	244242	28670	16508	40856.9	-	330277
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	238788	22066	15488	40699.6	-	317042
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	300216	27017	16533	85419.9	-	429186
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	241390	22545	16457	39278.8	-	319671
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	287343	39298	17091	37754.3	-	381486
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	2595850	580627	199103	441553	0	3817133

2012	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	305773	49672	17125	45357	9150	427077
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	240182	61441	15604	37779	6527	361533
ΜΑΡΤΙΟΣ	214512	83472	16109	61577	8593	384263
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	324614	91283	16117	68171	9852	510037
ΜΑΙΟΣ	210050	84085	15952	79975	19164	409226
ΙΟΥΝΙΟΣ	269662	57020	15906	161521	19906	524015
ΙΟΥΛΙΟΣ	251247	35556	16136	117201	28344	448484
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	237963	30254	16862	123362	34252	442693
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	222412	23550	15971	127732	41373	431038
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	253099	27469	16767	224728	39619	561682
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	319281	42662	16319	95235	37852	511349
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	312014	82921	17652	88566	24494	525647
ΣΥΝΟΛΟ	3160809	669385	196520	1231204	279126	5537044

2013	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	346617	83426	17828	102627	30260	580758
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	275305	90172	16145	94551	20567	496740
ΜΑΡΤΙΟΣ	366294	114501	18104	175118	21400	695417
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	258974	108978	18025	240340	21708	648025
ΜΑΙΟΣ	261961	85235	17942	271736	23092	659966
ΙΟΥΝΙΟΣ	205393	53302	17762	399937	37328	713722
ΙΟΥΛΙΟΣ	275180	42373	17861	292485	56547	684446
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	377502	32729	17430	291144	59282	778087
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	164505	24170	17041	260447	61886	528049
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	227783	27928	17505	437184	57173	767573
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	321965	47588	16428	182130	53358	621469
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	310321	60634	17600	180939	37175	606669
ΣΥΝΟΛΟ	3391800	771036	209671	2928637	479776	7780920

2014	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	279285	66892	18325	179916	35232	579650
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	254783	70570	16227	158214	23629	523422
ΜΑΡΤΙΟΣ	316992	82908	18581	278489	22974	719944
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	242220	83793	17859	284229	31824	659925
ΜΑΙΟΣ	232597	81752	18336	324861	43510	701057
ΙΟΥΝΙΟΣ	222617	54351	15950	303854	43723	640496
ΙΟΥΛΙΟΣ	188402	39120	17285	343005	53614	641426
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	200135	33294	17499	347000	57187	655114
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	210101	29432	16984	301898	62840	621256
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	334709	35881	16917	268449	50457	706413
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	250341	47286	15520	156296	44416	513859
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	277111	75727	17841	140914	37208	548801
ΣΥΝΟΛΟ	3009293	701006	207324	3087125	506615	7511363

2015	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	355870	68996	19101	169872	31046	644885
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	368531	77439	16851	164989	20868	648678
ΜΑΡΤΙΟΣ	320847	101991	18839	218547	23428	683652
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	291088	100683	18316	318469	28751	757307
ΜΑΙΟΣ	227362	77512	18273	339543	41010	703700
ΙΟΥΝΙΟΣ	274064	47072	17817	320584	42635	702172
ΙΟΥΛΙΟΣ	341165	36830	18219	374985	51793	822992
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	383965	28580	18490	350055	53204	834294
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	250956	27018	17633	286558	63391	645556
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	374285	45728	18874	221592	50742	711221
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	355506	43056	19387	210832	46274	675055
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	312523	52142	20051	195219	40525	620461
ΣΥΝΟΛΟ	3856162	707047	221851	3171246	493666	8449972

2016	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	401207	78316	20371	172784	33269	705947
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	398728	76112	19903	200964	27118	722825
ΜΑΡΤΙΟΣ	382648	99536	21475	248596	26382	778637
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	275155	78618	20590	329147	34483	737992
ΜΑΙΟΣ	291242	75079	20690	324168	43905	755084
ΙΟΥΝΙΟΣ	279770	54214	19266	341213	43789	738253
ΙΟΥΛΙΟΣ	353757	35108	20074	372486	50431	831856
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	435403	29346	21206	350319	59969	896243
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	293090	35894	20369	274364	61830	685547
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	335037	44797	22318	216485	49850	668487
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	391934	63938	22788	166240	42742	687642
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	492909	50406	23649	178310	37802	783076
ΣΥΝΟΛΟ	4330880	721364	252699	3175077	511569	8991589

2017	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	433373	45935	23794	132146	32516	667763
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	426558	69850	21172	182549	21804	721933
ΜΑΡΤΙΟΣ	416887	121262	23285	279753	28078	869266
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	266609	63015	22260	333670	28243	713797
ΜΑΙΟΣ	403709	54447	23144	327613	44891	853805
ΙΟΥΝΙΟΣ	176280	39084	18693	343747	45863	623667
ΙΟΥΛΙΟΣ	418702	30631	26003	366285	50969	892591
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	600513	26415	23689	360385	61401	1072402
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	282735	18296	23273	302460	62381	689145
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	370151	19298	24353	285147	51224	750173
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	340342	31968	23517	165274	48875	609976
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	641370	65884	25062	164078	35277	931671
ΣΥΝΟΛΟ	4777229	586085	278245	3243107	511522	9396189

2018	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	476627	70491	24340	177299	35004	783761
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	459626	81994	22107	145725	23160	732612
ΜΑΡΤΙΟΣ	588929	109407	23480	253264	25777	1000857
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	349007	94066	23016	324316	26978	817384
ΜΑΙΟΣ	393834	74788	24252	313658	39912	846444
ΙΟΥΝΙΟΣ	345662	53750	24376	316206	45390	785384
ΙΟΥΛΙΟΣ	217726	46473	25841	358728	45352	694119
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	606345	36575	24119	347915	45217	1060171
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	506341	27311	24011	292369	62756	912788
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	518412	27834	26863	242322	48203	863634
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	641129	35780	26751	154116	44333	902109
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	470511	59728	25204	158230	34118	747792
ΣΥΝΟΛΟ	5574149	718197	294360	3084149	476200	10147055

2019	ΑΙΟΛΙΚΑ	Υ/Η	ΒΙΟΜΑΖΑ/ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	Φ/Β	Φ/Β ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	622225	71570	32869	141159	33864	901687
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	610385	77987	27531	189602	22043	927548
ΜΑΡΤΙΟΣ	624422	81238	30076	307676	22529	1065941
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	433549	84450	29882	280895	30004	858780
ΜΑΙΟΣ	386174	76185	30162	328325	42537	863383
ΙΟΥΝΙΟΣ	451241	53233	29906	347762	41838	923980
ΙΟΥΛΙΟΣ	464395	37052	29216	364391	48847	943901
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	767303	30777	29032	384080	56848	1268040
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	512340	22489	28588	319843	60691	943951
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	440069	21555	32746	280037	51448	825855
ΝΕΟΜΒΡΙΟΣ	555117	53696	30971	163296	44742	847822
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ						
ΣΥΝΟΛΟ	5867220	610232	330979	3107066	455391	10370888

Υπολογιστικά φύλλα από το πρόγραμμα STATGRAPHICS

Forecasting - Renewal

Data variable: Renewal ((MWh))

Number of observations = 191

Time indices: Month

Length of seasonality = 12

Forecast Summary

Math adjustment: Natural log

Nonseasonal differencing of order: 1

Seasonal differencing of order: 1

Forecast model selected: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂

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	75364.1	
MAE	53671.9	
MAPE	12.4962	
ME	-4967.83	
MPE	-1.77547	

ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
<i>r</i>				
MA(1)	0.779045	0.0461237	16.8904	0.000000
SMA(1)	0.654923	0.0557742	11.7424	0.000000

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 0.0256591 with 176 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 0.160185

Number of iterations: 5

The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of Renewal. The data cover 191 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 Renewal has been adjusted in the following way before the model was fit:

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

The output summarizes the statistical significance of the terms in the forecasting model. Terms with P-values less than 0.05 are statistically significantly different from zero at the 95.0% confidence level. The P-value for the MA(1) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The P-value for the SMA(1) term is less than 0.05, so it is significantly different from 0. The estimated standard deviation of the input white noise equals 0.160185.

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)

Forecast Table for Renewal

Model: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)¹²

Math adjustment: Natural log

<i>Period</i>	<i>Data</i>	<i>Forecast</i>	<i>Residual</i>
1/04	80587.0		
2/04	90702.0		
3/04	109560.		
4/04	101092.		
5/04	88717.0		
6/04	53768.0		
7/04	90001.0		
8/04	54324.0		
9/04	83484.0		
10/04	67994.0		
11/04	85903.0		
12/04	111058.		
1/05	96286.0		
2/05	110118.	102260.	7857.9
3/05	99780.0	119665.	-19885.3
4/05	110264.	107091.	3172.9
5/05	89113.0	93470.2	-4357.2
6/05	80542.0	66797.1	13744.9
7/05	85754.0	103854.	-18099.8
8/05	77739.0	68882.2	8856.77
9/05	68709.0	88817.7	-20108.7
10/05	124028.	85659.5	38368.5
11/05	113323.	103579.	9744.04
12/05	150443.	133466.	16976.8
1/06	137062.	121716.	15346.4
2/06	114424.	136163.	-21739.3
3/06	135436.	138883.	-3446.55
4/06	121793.	136475.	-14682.1

5/06	122129.	112638.	9490.66
6/06	98712.0	89480.9	9231.09
7/06	186183.	121427.	64756.1
8/06	89694.0	101362.	-11668.3
9/06	117852.	109732.	8120.18
10/06	142136.	138526.	3609.6
11/06	120050.	144958.	-24907.5
12/06	126246.	178677.	-52431.1
1/07	155363.	148265.	7097.82
2/07	147182.	148906.	-1724.43
3/07	179073.	163537.	15535.6
4/07	121320.	159595.	-38274.9
5/07	111041.	134795.	-23753.8
6/07	98929.0	102005.	-3076.07
7/07	156660.	151858.	4801.65
8/07	125207.	99252.8	25954.2
9/07	127044.	123084.	3959.58
10/07	135532.	152444.	-16912.2
11/07	170038.	143817.	26221.3
12/07	184914.	178960.	5953.77
1/08	166790.	180202.	-13412.2
2/08	154758.	173189.	-18430.9
3/08	223862.	192533.	31329.3
4/08	203938.	169035.	34903.4
5/08	130233.	159191.	-28957.7
6/08	156217.	125385.	30832.0
7/08	167313.	201066.	-33752.9
8/08	210878.	134648.	76229.9
9/08	135650.	166357.	-30707.4
10/08	192237.	186213.	6023.73
11/08	159697.	198553.	-38856.0
12/08	266379.	219384.	46994.8
1/09	272456.	220944.	51512.4
2/09	263628.	222198.	41429.7
3/09	245499.	285535.	-40036.3
4/09	223463.	240268.	-16805.3
5/09	198255.	189523.	8731.82
6/09	179455.	179461.	-5.60089
7/09	200857.	242523.	-41665.9
8/09	239445.	198997.	40447.9
9/09	205613.	191619.	13994.5
10/09	220047.	243415.	-23367.9
11/09	225013.	231803.	-6789.96
12/09	318680.	302696.	15983.9
1/10	332022.	301399.	30623.0
2/10	295663.	296436.	-773.115
3/10	292680.	332347.	-39667.3
4/10	284031.	285562.	-1531.01

5/10	200965.	236769.	-35803.8
6/10	193102.	211501.	-18399.1
7/10	206852.	262494.	-55642.1
8/10	208585.	238880.	-30295.2
9/10	208962.	208912.	50.4219
10/10	257871.	247615.	10256.4
11/10	315106.	247432.	67674.3
12/10	345220.	352030.	-6809.72
1/11	235267.	351881.	-116614.
2/11	288427.	301703.	-13276.3
3/11	330264.	320945.	9319.26
4/11	364630.	294792.	69838.3
5/11	317026.	242725.	74301.1
6/11	259337.	241526.	17810.8
7/11	244520.	293262.	-48742.3
8/11	330277.	274931.	55346.2
9/11	317042.	267602.	49440.2
10/11	429186.	333889.	95296.9
11/11	319671.	375816.	-56145.1
12/11	381486.	455215.	-73729.3
1/12	427077.	384504.	42572.5
2/12	361533.	404622.	-43088.9
3/12	384263.	433468.	-49204.7
4/12	510037.	411391.	98646.3
5/12	409226.	350975.	58251.3
6/12	524015.	324876.	199139.
7/12	448484.	397659.	50825.3
8/12	442693.	445832.	-3138.93
9/12	431038.	419906.	11131.9
10/12	561682.	528862.	32819.6
11/12	511349.	504471.	6877.9
12/12	525647.	624187.	-98540.3
1/13	580758.	573897.	6860.9
2/13	496740.	553237.	-56496.9
3/13	695417.	586645.	108772.
4/13	648025.	660445.	-12420.2
5/13	659966.	532511.	127455.
6/13	713722.	565388.	148334.
7/13	680381.	600938.	79443.4
8/13	774004.	651270.	122734.
9/13	524283.	645259.	-120976.
10/13	763531.	782454.	-18922.8
11/13	617469.	724145.	-106676.
12/13	603886.	809807.	-205921.
1/14	577291.	762209.	-184918.
2/14	521536.	661935.	-140399.
3/14	717970.	744403.	-26432.9
4/14	657428.	759931.	-102503.

5/14	698193.	644999.	53193.6
6/14	637161.	679912.	-42751.3
7/14	637652.	663367.	-25714.8
8/14	650879.	711796.	-60917.1
9/14	617786.	591430.	26356.3
10/14	703327.	794888.	-91560.8
11/14	509591.	685889.	-176298.
12/14	545837.	701820.	-155983.
1/15	642602.	655491.	-12888.5
2/15	646584.	598112.	48471.6
3/15	681741.	759526.	-77785.2
4/15	755199.	733022.	22176.6
5/15	701303.	690969.	10333.6
6/15	699186.	687366.	11820.3
7/15	818883.	685510.	133373.
8/15	830948.	756270.	74678.5
9/15	641027.	680496.	-39468.6
10/15	707341.	846994.	-139653.
11/15	671232.	673044.	-1812.12
12/15	617536.	729937.	-112401.
1/16	703616.	738023.	-34406.7
2/16	720741.	691205.	29535.7
3/16	775940.	821513.	-45573.5
4/16	734896.	833991.	-99095.4
5/16	751522.	757268.	-5746.07
6/16	734654.	751010.	-16355.5
7/16	828107.	785913.	42194.3
8/16	892578.	830525.	62052.7
9/16	682232.	710282.	-28049.9
10/16	665365.	847863.	-182498.
11/16	685023.	696871.	-11848.2
12/16	780736.	711642.	69093.9
1/17	665531.	784066.	-118535.
2/17	719726.	735508.	-15782.3
3/17	866510.	835718.	30791.5
4/17	710686.	841903.	-131217.
5/17	850301.	781369.	68931.6
6/17	620124.	786476.	-166352.
7/17	888856.	803769.	85087.3
8/17	1.06869E6	867841.	200847.
9/17	685833.	739825.	-53992.3
10/17	747071.	814701.	-67630.0
11/17	607391.	735355.	-127964.
12/17	929417.	749540.	179877.
1/18	781643.	782082.	-438.932
2/18	730557.	788946.	-58389.4
3/18	998213.	901940.	96272.5
4/18	814298.	861040.	-46742.1

5/18	843211.	883024.	-39812.5
6/18	782085.	777637.	4448.38
7/18	690618.	925548.	-234930.
8/18	1.05673E6	958089.	98641.7
9/18	909645.	734277.	175368.
10/18	860713.	853910.	6802.6
11/18	899718.	754145.	145573.
12/18	745700.	945347.	-199647.
1/19	899420.	842260.	57159.5
2/19	925680.	839728.	85952.1
3/19	1.06352E6	1.05481E6	8709.42
4/19	856069.	941612.	-85543.1
5/19	860206.	956401.	-96194.9
6/19	920736.	843219.	77517.0
7/19	940452.	922377.	18075.3
8/19	1.26467E6	1.14484E6	119833.
9/19	940916.	920457.	20458.9
10/19	822211.	971178.	-148967.
11/19	844169.	875237.	-31067.8

		<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
12/19	919811.	670510.	1.26181E6
1/20	941576.	681162.	1.30155E6
2/20	940124.	675064.	1.30926E6
3/20	1.12908E6	804860.	1.58391E6
4/20	971403.	687539.	1.37247E6
5/20	996644.	700492.	1.418E6
6/20	954046.	665973.	1.36673E6
7/20	1.00632E6	697759.	1.45135E6
8/20	1.28046E6	881994.	1.85894E6
9/20	987970.	676124.	1.44365E6
10/20	973662.	662096.	1.43184E6
11/20	940238.	635368.	1.3914E6

The StatAdvisor

This table shows the forecasted values for Renewal. 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

Model Comparison

Data variable: Renewal

Number of observations = 191

Length of seasonality = 12

Models

- (A) ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)¹²
Math adjustment: Natural log
- (B) Constant mean = 448268.
Seasonal adjustment: Multiplicative
- (C) Simple moving average of 3 terms
Seasonal adjustment: Multiplicative
- (D) Simple exponential smoothing with alpha = 0.3833
Seasonal adjustment: Multiplicative
- (E) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0.0604
Math adjustment:

Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	75364.1	53671.9	12.4962	-4967.83	-1.77547
(B)	307360.	270337.	122.849	-1401.3	-88.4148
(C)	82857.6	56469.7	13.5224	8542.19	0.423682
(D)	80098.1	53695.0	12.8745	11444.2	1.20134
(E)	78856.1	54889.3	14.6136	-1262.31	-2.81372

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	75364.1	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	307360.	OK	***	***	***	***
(C)	82857.6	OK	OK	***	OK	***
(D)	80098.1	OK	OK	***	OK	***
(E)	78856.1	*	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 = Box-Pierce 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. Looking at the error statistics, the model with the smallest root mean squared error (RMSE) during the estimation period is model A. The model with the smallest mean absolute error (MAE) is model A. The model with the smallest mean absolute percentage error (MAPE) is model A. You can use these results to select the most appropriate model for your needs.

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

confidence level. Three *'s means that it fails at the 99.9% confidence level. Note that the currently selected model, model A, passes 5 tests. Since no tests are statistically significant at the 95% or higher confidence level, the current model is probably adequate for the data.

Estimated Autocorrelations for residuals

Data variable: Renewal

Model: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)¹²

Math adjustment: Natural log

			<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Lag</i>	<i>Autocorrelation</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Prob. Limit</i>	<i>Prob. Limit</i>
1	0.0313803	0.0749532	-0.146906	0.146906
2	0.0747224	0.0750269	-0.14705	0.14705
3	-0.156507	0.0754439	-0.147868	0.147868
4	0.0215963	0.0772463	-0.1514	0.1514
5	0.0424659	0.0772802	-0.151467	0.151467
6	-0.0406803	0.0774112	-0.151724	0.151724
7	-0.0830118	0.0775312	-0.151959	0.151959
8	-0.00608851	0.078029	-0.152934	0.152934
9	0.0520233	0.0780316	-0.152939	0.152939
10	0.0547725	0.0782262	-0.153321	0.153321
11	0.0261314	0.0784414	-0.153743	0.153743
12	0.072293	0.0784903	-0.153838	0.153838
13	0.174634	0.0788635	-0.15457	0.15457
14	0.0488297	0.0810069	-0.158771	0.158771
15	-0.0715653	0.081172	-0.159095	0.159095
16	-0.157298	0.0815257	-0.159788	0.159788
17	-0.0731093	0.0832133	-0.163095	0.163095
18	-0.0767499	0.0835734	-0.163801	0.163801
19	-0.108801	0.0839684	-0.164575	0.164575
20	-0.0860958	0.0847567	-0.16612	0.16612
21	0.0685859	0.0852466	-0.167081	0.167081
22	0.0254404	0.0855561	-0.167687	0.167687
23	0.0375847	0.0855986	-0.16777	0.16777
24	-0.0405964	0.0856912	-0.167952	0.167952

The StatAdvisor

This table shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time t-k. Also shown are 95.0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95.0% confidence level. In this case, 2 of the 24 autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95.0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise).

Estimated Partial Autocorrelations for residuals

Data variable: Renewal

Model: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂

Math adjustment: Natural log

	<i>Partial</i>		<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Lag</i>	<i>Autocorrelation</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Prob. Limit</i>	<i>Prob. Limit</i>
1	0.0313803	0.0749532	-0.146906	0.146906
2	0.0738103	0.0749532	-0.146906	0.146906
3	-0.162037	0.0749532	-0.146906	0.146906
4	0.0281497	0.0749532	-0.146906	0.146906
5	0.0669637	0.0749532	-0.146906	0.146906
6	-0.0776583	0.0749532	-0.146906	0.146906
7	-0.0822985	0.0749532	-0.146906	0.146906
8	0.0302847	0.0749532	-0.146906	0.146906
9	0.0461718	0.0749532	-0.146906	0.146906
10	0.0206135	0.0749532	-0.146906	0.146906
11	0.0282293	0.0749532	-0.146906	0.146906
12	0.091176	0.0749532	-0.146906	0.146906
13	0.175109	0.0749532	-0.146906	0.146906
14	0.0195049	0.0749532	-0.146906	0.146906
15	-0.0850561	0.0749532	-0.146906	0.146906
16	-0.102433	0.0749532	-0.146906	0.146906
17	-0.052065	0.0749532	-0.146906	0.146906
18	-0.103141	0.0749532	-0.146906	0.146906
19	-0.135686	0.0749532	-0.146906	0.146906
20	-0.0588396	0.0749532	-0.146906	0.146906
21	0.0836253	0.0749532	-0.146906	0.146906
22	-0.0364172	0.0749532	-0.146906	0.146906
23	-0.0319086	0.0749532	-0.146906	0.146906
24	-0.0150535	0.0749532	-0.146906	0.146906

The StatAdvisor

This table 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, 2 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95.0% confidence level.

Periodogram for residuals

Data variable: Renewal

Model: ARIMA(0,1,1)x(0,1,1)₁₂

Math adjustment: Natural log

				<i>Cumulative</i>	<i>Integrated</i>
<i>i</i>	<i>Frequency</i>	<i>Period</i>	<i>Ordinate</i>	<i>Sum</i>	<i>Periodogram</i>
0	0.0		3.63053E-29	3.63053E-29	8.40001E-30
1	0.00561798	178.0	0.0482259	0.0482259	0.0111581
2	0.011236	89.0	0.0525031	0.100729	0.0233058
3	0.0168539	59.3333	0.04873	0.149459	0.0345805
4	0.0224719	44.5	0.109878	0.259337	0.0600031
5	0.0280899	35.6	0.0532988	0.312636	0.0723349
6	0.0337079	29.6667	0.0366885	0.349324	0.0808236
7	0.0393258	25.4286	0.00514777	0.354472	0.0820146
8	0.0449438	22.25	0.0663296	0.420802	0.0973614
9	0.0505618	19.7778	0.0143816	0.435183	0.100689
10	0.0561798	17.8	0.00152379	0.436707	0.101041
11	0.0617978	16.1818	0.00203387	0.438741	0.101512
12	0.0674157	14.8333	0.0118591	0.4506	0.104256
13	0.0730337	13.6923	0.104239	0.554839	0.128374
14	0.0786517	12.7143	0.0801031	0.634942	0.146907
15	0.0842697	11.8667	0.196034	0.830977	0.192264
16	0.0898876	11.125	0.0820084	0.912985	0.211238
17	0.0955056	10.4706	0.136533	1.04952	0.242828
18	0.101124	9.88889	0.0451933	1.09471	0.253285
19	0.106742	9.36842	0.00213976	1.09685	0.25378
20	0.11236	8.9	0.00744295	1.10429	0.255502
21	0.117978	8.47619	0.00379858	1.10809	0.256381
22	0.123596	8.09091	0.00835872	1.11645	0.258315
23	0.129213	7.73913	0.0554554	1.17191	0.271145
24	0.134831	7.41667	0.0764126	1.24832	0.288825
25	0.140449	7.12	0.0748945	1.32321	0.306153
26	0.146067	6.84615	0.0220978	1.34531	0.311266
27	0.151685	6.59259	0.0310622	1.37637	0.318453
28	0.157303	6.35714	0.215518	1.59189	0.368318
29	0.162921	6.13793	0.00112896	1.59302	0.368579
30	0.168539	5.93333	0.0101778	1.6032	0.370934
31	0.174157	5.74194	0.0599698	1.66317	0.384809
32	0.179775	5.5625	0.0692678	1.73244	0.400836
33	0.185393	5.39394	0.0193978	1.75183	0.405324
34	0.191011	5.23529	0.0736296	1.82546	0.42236
35	0.196629	5.08571	0.0235606	1.84902	0.427811
36	0.202247	4.94444	0.0456027	1.89463	0.438362
37	0.207865	4.81081	0.0447493	1.93938	0.448716
38	0.213483	4.68421	0.0710353	2.01041	0.465151
39	0.219101	4.5641	0.0912362	2.10165	0.486261
40	0.224719	4.45	0.16108	2.26273	0.52353
41	0.230337	4.34146	0.0751712	2.3379	0.540922
42	0.235955	4.2381	0.0394682	2.37737	0.550054
43	0.241573	4.13953	0.121774	2.49914	0.578229

44	0.247191	4.04545	0.0000857288	2.49923	0.578249
45	0.252809	3.95556	0.0231025	2.52233	0.583594
46	0.258427	3.86957	0.00574033	2.52807	0.584923
47	0.264045	3.78723	0.015399	2.54347	0.588485
48	0.269663	3.70833	0.00581862	2.54929	0.589832
49	0.275281	3.63265	0.00854089	2.55783	0.591808
50	0.280899	3.56	0.0400926	2.59792	0.601084
51	0.286517	3.4902	0.0466599	2.64458	0.61188
52	0.292135	3.42308	0.0445777	2.68916	0.622194
53	0.297753	3.35849	0.0115723	2.70073	0.624871
54	0.303371	3.2963	0.0444228	2.74515	0.635149
55	0.308989	3.23636	0.00982344	2.75498	0.637422
56	0.314607	3.17857	0.00248137	2.75746	0.637996
57	0.320225	3.12281	0.0274776	2.78494	0.644354
58	0.325843	3.06897	0.032587	2.81752	0.651894
59	0.331461	3.01695	0.0507811	2.8683	0.663643
60	0.337079	2.96667	0.0152154	2.88352	0.667163
61	0.342697	2.91803	0.0418754	2.92539	0.676852
62	0.348315	2.87097	0.037493	2.96289	0.685527
63	0.353933	2.8254	0.00146166	2.96435	0.685865
64	0.359551	2.78125	0.0301415	2.99449	0.692839
65	0.365169	2.73846	0.0379636	3.03245	0.701623
66	0.370787	2.69697	0.00341178	3.03587	0.702412
67	0.376404	2.65672	0.111998	3.14786	0.728325
68	0.382022	2.61765	0.0120371	3.1599	0.73111
69	0.38764	2.57971	0.0388721	3.19877	0.740104
70	0.393258	2.54286	0.0448303	3.2436	0.750477
71	0.398876	2.50704	0.0695776	3.31318	0.766575
72	0.404494	2.47222	0.0206652	3.33385	0.771356
73	0.410112	2.43836	0.052831	3.38668	0.78358
74	0.41573	2.40541	0.0990711	3.48575	0.806502
75	0.421348	2.37333	0.0297619	3.51551	0.813388
76	0.426966	2.34211	0.0276727	3.54318	0.819791
77	0.432584	2.31169	0.00942562	3.55261	0.821971
78	0.438202	2.28205	0.143629	3.69624	0.855203
79	0.44382	2.25316	0.0110209	3.70726	0.857753
80	0.449438	2.225	0.0915466	3.79881	0.878934
81	0.455056	2.19753	0.0183408	3.81715	0.883178
82	0.460674	2.17073	0.019939	3.83709	0.887791
83	0.466292	2.14458	0.0529132	3.89	0.900034
84	0.47191	2.11905	0.167326	4.05732	0.938748
85	0.477528	2.09412	0.11065	4.16798	0.964349
86	0.483146	2.06977	0.0376404	4.20562	0.973058
87	0.488764	2.04598	0.028762	4.23438	0.979713
88	0.494382	2.02273	0.0672021	4.30158	0.995262
89	0.5	2.0	0.0204799	4.32206	1.0

The StatAdvisor

This table 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 90 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 corrected sum of squares in an ANOVA table.

Forecasting - Biomass energy

Data variable: Biomass energy ((MWh))

Number of observations = 191

Time indices: Month

Length of seasonality = 12

Forecast Summary

Math adjustment: Square root

Nonseasonal differencing of order: 1

Seasonal differencing of order: 1

Forecast model selected: ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂

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	1007.16	
MAE	642.665	
MAPE	3.97774	
ME	47.1109	
MPE	-0.0325526	

ARIMA Model Summary

<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
AR(1)	-0.556936	0.0741645	-7.50947	0.000000
AR(2)	-0.187525	0.0749583	-2.50172	0.013277
SMA(1)	0.872951	0.0227719	38.3346	0.000000

Backforecasting: yes

Estimated white noise variance = 14.6236 with 175 degrees of freedom

Estimated white noise standard deviation = 3.82409

Number of iterations: 5

The StatAdvisor

This procedure will forecast future values of Biomass energy. The data cover 191 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 Biomass energy has been adjusted in the following way before the model was fit:

- (1) A square root transformation was applied.
- (2) Simple differences of order 1 were taken.
- (3) Seasonal differences of order 1 were taken.

The output summarizes the statistical significance of the terms in the forecasting model. Terms with P-values less than 0.05 are statistically significantly different from zero at the 95.0% confidence level. The P-value for the AR(2) 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 estimated standard deviation of the input white noise equals 3.82409.

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)

Forecast Table for Biomass energy

Model: ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)¹²

Math adjustment: Square root

<i>Period</i>	<i>Data</i>	<i>Forecast</i>	<i>Residual</i>
1/04	8449.0		
2/04	8085.0		
3/04	8753.0		
4/04	9348.0		
5/04	9369.0		
6/04	8251.0		
7/04	8628.0		
8/04	8153.0		
9/04	7222.0		
10/04	7450.0		
11/04	7670.0		
12/04	8797.0		
1/05	8083.0		
2/05	7622.0	7628.94	-6.93715
3/05	8482.0	8579.77	-97.7698
4/05	8881.0	8524.73	356.266
5/05	8836.0	8751.3	84.6989

6/05	7475.0	8287.63	-812.631
7/05	7995.0	8330.01	-335.009
8/05	7712.0	7923.26	-211.258
9/05	8083.0	7583.79	499.211
10/05	8582.0	8230.26	351.739
11/05	6845.0	8092.41	-1247.41
12/05	9535.0	8401.51	1133.49
1/06	8121.0	8999.79	-878.788
2/06	6756.0	7734.85	-978.845
3/06	7842.0	8298.66	-456.663
4/06	7306.0	7948.55	-642.551
5/06	6292.0	7648.55	-1356.55
6/06	7245.0	6407.95	837.048
7/06	7044.0	6951.18	92.8155
8/06	6744.0	6919.33	-175.325
9/06	9675.0	6829.62	2845.38
10/06	7828.0	8386.54	-558.542
11/06	7873.0	7965.78	-92.7765
12/06	9211.0	9048.7	162.303
1/07	9538.0	9016.7	521.296
2/07	9428.0	8293.12	1134.88
3/07	11574.0	9970.19	1603.81
4/07	11553.0	10823.9	729.101
5/07	12459.0	11235.6	1223.44
6/07	12716.0	11385.4	1330.62
7/07	14020.0	12488.6	1531.39
8/07	14890.0	13131.7	1758.33
9/07	14393.0	14457.5	-64.4616
10/07	14874.0	14875.3	-1.25189
11/07	14873.0	14276.8	596.204
12/07	15583.0	15970.5	-387.541
1/08	15262.0	16037.3	-775.349
2/08	13954.0	14445.4	-491.365
3/08	15175.0	15655.3	-480.304
4/08	15541.0	15378.6	162.383
5/08	14953.0	15383.8	-430.777
6/08	14420.0	14754.7	-334.71
7/08	15240.0	15129.1	110.886
8/08	14871.0	15000.2	-129.228
9/08	14051.0	15229.1	-1178.12
10/08	14381.0	14943.9	-562.923
11/08	13955.0	14007.2	-52.1758
12/08	14894.0	15243.0	-349.03
1/09	15313.0	15181.6	131.396
2/09	13985.0	13987.9	-2.85901
3/09	15559.0	15496.8	62.1529
4/09	14801.0	15591.7	-790.739
5/09	15384.0	15147.4	236.575

6/09	14914.0	14701.3	212.713
7/09	15385.0	15387.0	-1.99511
8/09	15677.0	15313.9	363.084
9/09	15080.0	15582.9	-502.896
10/09	15665.0	15663.4	1.55606
11/09	14633.0	15087.6	-454.639
12/09	15498.0	16198.5	-700.507
1/10	15700.0	15976.1	-276.134
2/10	14184.0	14494.7	-310.726
3/10	16086.0	15856.6	229.408
4/10	16033.0	15873.1	159.859
5/10	16823.0	15958.3	864.707
6/10	16573.0	15900.8	672.158
7/10	16271.0	16899.7	-628.728
8/10	16524.0	16641.4	-117.384
9/10	16017.0	16536.3	-519.264
10/10	16801.0	16567.0	234.022
11/10	16477.0	16023.6	453.39
12/10	16444.0	17569.1	-1125.09
1/11	17548.0	17288.1	259.943
2/11	15765.0	15920.2	-155.209
3/11	16992.0	17490.5	-498.526
4/11	16780.0	17255.8	-475.835
5/11	16984.0	17046.0	-62.0279
6/11	16029.0	16498.3	-469.335
7/11	16928.0	16775.5	152.451
8/11	16508.0	16745.0	-236.982
9/11	15488.0	16602.2	-1114.24
10/11	16533.0	16473.5	59.4647
11/11	16457.0	15765.4	691.623
12/11	17091.0	17210.1	-119.071
1/12	17125.0	17554.3	-429.313
2/12	15604.0	15950.1	-346.07
3/12	16109.0	17318.8	-1209.79
4/12	16117.0	16659.2	-542.173
5/12	15952.0	16383.1	-431.118
6/12	15906.0	15583.0	323.022
7/12	16136.0	16233.1	-97.0841
8/12	16862.0	16125.7	736.286
9/12	15971.0	16299.3	-328.336
10/12	16767.0	16682.4	84.575
11/12	16319.0	16199.3	119.702
12/12	17652.0	17315.0	336.952
1/13	17828.0	17742.1	85.9015
2/13	16145.0	16379.3	-234.343
3/13	18104.0	17779.3	324.718
4/13	18025.0	17815.2	209.784
5/13	17942.0	18020.0	-78.0252

6/13	17762.0	17559.5	202.47
7/13	17861.0	18150.9	-289.912
8/13	17430.0	18052.7	-622.705
9/13	17041.0	17490.6	-449.588
10/13	17505.0	17712.8	-207.8
11/13	16428.0	17038.2	-610.17
12/13	17600.0	17891.6	-291.635
1/14	18325.0	17913.0	411.964
2/14	16227.0	16561.5	-334.509
3/14	18581.0	18031.6	549.391
4/14	17859.0	18176.2	-317.193
5/14	18336.0	18127.4	208.566
6/14	15950.0	17784.5	-1834.51
7/14	17285.0	17402.7	-117.692
8/14	17499.0	17107.7	391.341
9/14	16984.0	16910.0	73.9561
10/14	16917.0	17578.0	-661.033
11/14	15520.0	16694.2	-1174.18
12/14	17841.0	17202.9	638.056
1/15	19101.0	17606.0	1494.97
2/15	16851.0	16755.5	95.5005
3/15	18839.0	18723.1	115.92
4/15	18316.0	18636.3	-320.349
5/15	18273.0	18575.6	-302.625
6/15	17817.0	17732.2	84.8041
7/15	18219.0	18300.5	-81.5194
8/15	18490.0	18265.4	224.575
9/15	17633.0	18051.0	-418.029
10/15	18874.0	18327.0	546.988
11/15	19387.0	17812.7	1574.32
12/15	20051.0	19916.6	134.381
1/16	20371.0	20659.5	-288.529
2/16	19903.0	18826.1	1076.86
3/16	21475.0	21040.6	434.362
4/16	20590.0	21167.4	-577.438
5/16	20690.0	21114.5	-424.468
6/16	19266.0	20105.9	-839.902
7/16	20074.0	20257.4	-183.355
8/16	21206.0	20111.8	1094.24
9/16	20369.0	20136.6	232.414
10/16	22318.0	20982.2	1335.82
11/16	22788.0	21023.8	1764.24
12/16	23649.0	23310.5	338.459
1/17	23794.0	24206.6	-412.565
2/17	21172.0	22351.5	-1179.51
3/17	23285.0	23638.2	-353.171
4/17	22260.0	23017.3	-757.292
5/17	23144.0	22715.1	428.919

6/17	18693.0	22002.1	-3309.08
7/17	26003.0	21158.0	4845.04
8/17	23689.0	23030.4	658.604
9/17	23273.0	23262.3	10.6544
10/17	24353.0	24498.2	-145.188
11/17	23517.0	23682.9	-165.916
12/17	25062.0	25022.5	39.4875
1/18	24340.0	25458.0	-1118.03
2/18	22107.0	23072.9	-965.908
3/18	23480.0	24494.7	-1014.72
4/18	23016.0	23464.5	-448.525
5/18	24252.0	23360.0	891.978
6/18	24376.0	22349.8	2026.23
7/18	25841.0	24920.8	920.156
8/18	24119.0	25488.8	-1369.81
9/18	24011.0	24521.6	-510.611
10/18	26863.0	24945.9	1917.12
11/18	26751.0	25105.5	1645.53
12/18	25204.0	27579.4	-2375.35
1/19	32869.0	27075.0	5793.98
2/19	27531.0	27149.7	381.348
3/19	30076.0	29982.6	93.3674
4/19	29882.0	29946.8	-64.8019
5/19	30162.0	30023.2	138.824
6/19	29906.0	28863.0	1043.04
7/19	29216.0	31071.4	-1855.4
8/19	29032.0	29991.5	-959.511
9/19	28588.0	28893.0	-305.026
10/19	32746.0	29735.0	3011.0
11/19	30971.0	30520.6	450.436

		<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Period</i>	<i>Forecast</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
12/19	32255.6	29601.6	35023.5
1/20	33744.7	30780.1	36845.7
2/20	30979.7	27794.5	34337.7
3/20	33288.9	29621.2	37170.6
4/20	32834.7	28911.1	37007.8
5/20	33212.9	28987.5	37725.6
6/20	31987.0	27590.0	36709.0
7/20	33468.2	28725.2	38573.5
8/20	33103.1	28158.5	38447.4
9/20	32592.2	27472.5	38149.0
10/20	34268.4	28802.4	40208.9
11/20	33527.4	27923.8	39642.9

The StatAdvisor

This table shows the forecasted values for Biomass 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.

Model Comparison

Data variable: Biomass energy

Number of observations = 191

Length of seasonality = 12

Models

(A) ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂

Math adjustment: Square root

(B) Constant mean = 16707.0

Seasonal adjustment: Multiplicative

(C) Simple moving average of 3 terms

Seasonal adjustment: Multiplicative

(D) Simple exponential smoothing with alpha = 0.5628

Seasonal adjustment: Multiplicative

(E) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0.1465

Math adjustment: Square root

Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1007.16	642.665	3.97774	47.1109	-0.0325526
(B)	6083.43	4319.6	33.3296	-5.17159	-15.848
(C)	1020.44	663.491	4.18664	247.803	1.14186
(D)	1022.52	617.863	4.0155	216.76	0.972034
(E)	1205.16	855.885	5.46747	-2.51472	-0.272187

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1007.16	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	6083.43	*	***	***	***	OK
(C)	1020.44	**	**	***	OK	***
(D)	1022.52	OK	OK	***	OK	***
(E)	1205.16	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 = Box-Pierce test for excessive autocorrelation

MEAN = Test for difference in mean 1st half to 2nd half

VAR = Test for difference in variance 1st half to 2nd half

OK = not significant ($p \geq 0.05$)

* = marginally significant ($0.01 < p \leq 0.05$)

** = significant ($0.001 < p \leq 0.01$)

*** = highly significant ($p \leq 0.001$)

The StatAdvisor

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

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.

Estimated Autocorrelations for residuals

Data variable: Biomass energy

Model: ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)₁₂

Math adjustment: Square root

			<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Lag</i>	<i>Autocorrelation</i>	<i>Stnd. Error</i>	<i>Prob. Limit</i>	<i>Prob. Limit</i>
1	0.0121283	0.0749532	-0.146906	0.146906
2	0.0632942	0.0749642	-0.146927	0.146927
3	0.120931	0.0752638	-0.147515	0.147515
4	0.013526	0.0763476	-0.149639	0.149639
5	0.00571577	0.0763611	-0.149665	0.149665
6	-0.0282314	0.0763635	-0.14967	0.14967
7	-0.0349973	0.0764221	-0.149785	0.149785
8	0.0477002	0.0765121	-0.149961	0.149961
9	0.179103	0.076679	-0.150288	0.150288
10	-0.0589703	0.0789943	-0.154826	0.154826
11	0.118766	0.0792412	-0.15531	0.15531
12	-0.031411	0.080235	-0.157258	0.157258
13	-0.150286	0.080304	-0.157393	0.157393
14	-0.0866696	0.0818689	-0.16046	0.16046
15	-0.122207	0.0823827	-0.161467	0.161467
16	-0.127853	0.0833949	-0.163451	0.163451
17	-0.0695445	0.084489	-0.165596	0.165596
18	0.0703745	0.0848099	-0.166225	0.166225
19	-0.101424	0.0851374	-0.166867	0.166867
20	0.00908527	0.0858135	-0.168192	0.168192

21	-0.0320695	0.0858189	-0.168202	0.168202
22	0.0263957	0.0858862	-0.168334	0.168334
23	0.00924837	0.0859318	-0.168423	0.168423
24	-0.125514	0.0859373	-0.168434	0.168434

The StatAdvisor

This table shows the estimated autocorrelations between the residuals at various lags. The lag k autocorrelation coefficient measures the correlation between the residuals at time t and time t-k. Also shown are 95.0% probability limits around 0. If the probability limits at a particular lag do not contain the estimated coefficient, there is a statistically significant correlation at that lag at the 95.0% confidence level.

In this case, one of the 24 autocorrelation coefficients is statistically significant at the 95.0% confidence level, implying that the residuals may not be completely random (white noise).

Estimated Partial Autocorrelations for residuals

Data variable: Biomass energy

Model: ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)¹²

Math adjustment: Square root

	<i>Partial</i>		<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
<i>Lag</i>	<i>Autocorrelation</i>	<i>Stnd. Error</i>	<i>Prob. Limit</i>	<i>Prob. Limit</i>
1	0.0121283	0.0749532	-0.146906	0.146906
2	0.0631564	0.0749532	-0.146906	0.146906
3	0.119942	0.0749532	-0.146906	0.146906
4	0.00784697	0.0749532	-0.146906	0.146906
5	-0.00959961	0.0749532	-0.146906	0.146906
6	-0.0448826	0.0749532	-0.146906	0.146906
7	-0.0379174	0.0749532	-0.146906	0.146906
8	0.0538974	0.0749532	-0.146906	0.146906
9	0.197395	0.0749532	-0.146906	0.146906
10	-0.057954	0.0749532	-0.146906	0.146906
11	0.0870862	0.0749532	-0.146906	0.146906
12	-0.0819175	0.0749532	-0.146906	0.146906
13	-0.169067	0.0749532	-0.146906	0.146906
14	-0.109487	0.0749532	-0.146906	0.146906
15	-0.0812135	0.0749532	-0.146906	0.146906
16	-0.0747131	0.0749532	-0.146906	0.146906
17	-0.0401657	0.0749532	-0.146906	0.146906
18	0.100249	0.0749532	-0.146906	0.146906
19	-0.0780199	0.0749532	-0.146906	0.146906
20	-0.0465703	0.0749532	-0.146906	0.146906
21	-0.0194247	0.0749532	-0.146906	0.146906
22	0.0816251	0.0749532	-0.146906	0.146906
23	0.0564843	0.0749532	-0.146906	0.146906
24	-0.0487106	0.0749532	-0.146906	0.146906

The StatAdvisor

This table 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, 2 of the 24 partial autocorrelation coefficients are statistically significant at the 95.0% confidence level.

Periodogram for residuals

Data variable: Biomass energy

Model: ARIMA(2,1,0)x(0,1,1)¹²

Math adjustment: Square root

<i>i</i>	<i>Frequency</i>	<i>Period</i>	<i>Ordinate</i>	<i>Cumulative Sum</i>	<i>Integrated Periodogram</i>
0	0.0		9.81696E-26	9.81696E-26	4.05274E-29
1	0.00561798	178.0	46.0746	46.0746	0.019021
2	0.011236	89.0	9.95663	56.0312	0.0231314
3	0.0168539	59.3333	18.843	74.8742	0.0309104
4	0.0224719	44.5	39.0739	113.948	0.0470413
5	0.0280899	35.6	155.434	269.382	0.111209
6	0.0337079	29.6667	40.6875	310.07	0.128006
7	0.0393258	25.4286	18.6563	328.726	0.135708
8	0.0449438	22.25	32.433	361.159	0.149098
9	0.0505618	19.7778	26.2539	387.413	0.159936
10	0.0561798	17.8	15.6105	403.023	0.166381
11	0.0617978	16.1818	0.943738	403.967	0.16677
12	0.0674157	14.8333	15.544	419.511	0.173187
13	0.0730337	13.6923	8.41356	427.925	0.176661
14	0.0786517	12.7143	14.9269	442.852	0.182823
15	0.0842697	11.8667	5.99224	448.844	0.185297
16	0.0898876	11.125	70.1032	518.947	0.214237
17	0.0955056	10.4706	4.13845	523.086	0.215946
18	0.101124	9.88889	85.9267	609.012	0.251419
19	0.106742	9.36842	90.955	699.967	0.288968
20	0.11236	8.9	69.1908	769.158	0.317532
21	0.117978	8.47619	10.9035	780.062	0.322033
22	0.123596	8.09091	1.17723	781.239	0.322519
23	0.129213	7.73913	1.79444	783.033	0.32326
24	0.134831	7.41667	10.2875	793.321	0.327507
25	0.140449	7.12	17.3202	810.641	0.334658
26	0.146067	6.84615	2.57561	813.217	0.335721
27	0.151685	6.59259	5.27605	818.493	0.337899

28	0.157303	6.35714	20.2307	838.723	0.346251
29	0.162921	6.13793	0.512963	839.236	0.346463
30	0.168539	5.93333	14.8925	854.129	0.352611
31	0.174157	5.74194	14.8774	869.006	0.358753
32	0.179775	5.5625	5.47306	874.479	0.361012
33	0.185393	5.39394	6.91007	881.389	0.363865
34	0.191011	5.23529	41.9802	923.37	0.381195
35	0.196629	5.08571	39.8323	963.202	0.397639
36	0.202247	4.94444	1.01927	964.221	0.39806
37	0.207865	4.81081	12.403	976.624	0.403181
38	0.213483	4.68421	5.95053	982.575	0.405637
39	0.219101	4.5641	6.11671	988.691	0.408162
40	0.224719	4.45	37.5618	1026.25	0.423669
41	0.230337	4.34146	126.132	1152.39	0.47574
42	0.235955	4.2381	11.4222	1163.81	0.480456
43	0.241573	4.13953	16.5746	1180.38	0.487298
44	0.247191	4.04545	1.88708	1182.27	0.488077
45	0.252809	3.95556	21.8047	1204.07	0.497079
46	0.258427	3.86957	61.2089	1265.28	0.522348
47	0.264045	3.78723	16.7544	1282.04	0.529264
48	0.269663	3.70833	26.7419	1308.78	0.540304
49	0.275281	3.63265	26.137	1334.92	0.551095
50	0.280899	3.56	19.1394	1354.06	0.558996
51	0.286517	3.4902	39.1971	1393.25	0.575178
52	0.292135	3.42308	25.8523	1419.1	0.58585
53	0.297753	3.35849	6.20113	1425.31	0.58841
54	0.303371	3.2963	3.64351	1428.95	0.589914
55	0.308989	3.23636	24.353	1453.3	0.599968
56	0.314607	3.17857	2.09732	1455.4	0.600834
57	0.320225	3.12281	9.31571	1464.72	0.60468
58	0.325843	3.06897	24.0003	1488.72	0.614588
59	0.331461	3.01695	39.97	1528.69	0.631089
60	0.337079	2.96667	103.674	1632.36	0.673889
61	0.342697	2.91803	62.415	1694.77	0.699655
62	0.348315	2.87097	0.747372	1695.52	0.699964
63	0.353933	2.8254	41.653	1737.18	0.71716
64	0.359551	2.78125	55.4323	1792.61	0.740044
65	0.365169	2.73846	13.4255	1806.03	0.745586
66	0.370787	2.69697	48.0161	1854.05	0.765409
67	0.376404	2.65672	39.3303	1893.38	0.781646
68	0.382022	2.61765	7.84538	1901.22	0.784884
69	0.38764	2.57971	22.5384	1923.76	0.794189
70	0.393258	2.54286	17.5964	1941.36	0.801453
71	0.398876	2.50704	35.8795	1977.24	0.816265
72	0.404494	2.47222	6.84305	1984.08	0.81909
73	0.410112	2.43836	5.73751	1989.82	0.821459
74	0.41573	2.40541	14.2042	2004.02	0.827323
75	0.421348	2.37333	17.9464	2021.97	0.834732

76	0.426966	2.34211	8.59424	2030.56	0.83828
77	0.432584	2.31169	50.5972	2081.16	0.859168
78	0.438202	2.28205	69.1593	2150.32	0.887719
79	0.44382	2.25316	91.3719	2241.69	0.92544
80	0.449438	2.225	23.8424	2265.54	0.935283
81	0.455056	2.19753	3.36258	2268.9	0.936671
82	0.460674	2.17073	27.0411	2295.94	0.947835
83	0.466292	2.14458	27.2988	2323.24	0.959104
84	0.47191	2.11905	0.773953	2324.01	0.959424
85	0.477528	2.09412	43.0441	2367.06	0.977194
86	0.483146	2.06977	13.5618	2380.62	0.982792
87	0.488764	2.04598	15.8095	2396.43	0.989319
88	0.494382	2.02273	15.9706	2412.4	0.995912
89	0.5	2.0	9.9017	2422.3	1.0

The StatAdvisor

This table 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 90 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 corrected sum of squares in an ANOVA table.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ –
ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ (MBA – TOTAL QUALITY
MANAGEMENT INTERNATIONAL)**