



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απόστολος Α. Μαριγούδης

Επιβλέπων: Ευάγγελος Β. Χριστοφόρου

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απόστολος Α. Μαριγούδης

Επιβλέπων: Ευάγγελος Β. Χριστοφόρου

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 24^η Οκτωβρίου 2022

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Ευάγγελος Χριστοφόρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Γκόνος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννα Ρουσσάκη
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Απόστολος Α. Μαριγούδης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Απόστολος Α. Μαριγούδης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η εργασία πραγματεύεται τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα με αναφορές στις ΑΠΕ.

Στο 1^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η έννοια της ενέργειας και τα είδη των ΑΠΕ, καθώς και το οικονομικό κόστος της ενέργειας με τις αντίστοιχες εκτιμήσεις για το ενεργειακό τοπίο έως το 2050 στο πλαίσιο της προστασίας του περιβάλλοντος.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αναφέρονται οι ΑΠΕ και η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης και αναδεικνύεται η αξία της ανακύκλωσης υλικών των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των ανεμογεννητριών.

Εν συνεχεία, στο 3^ο Κεφάλαιο και 4^ο Κεφάλαιο αναλύονται διεξοδικά τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι ανεμογεννήτριες, καθώς επίσης και τα αντίστοιχα έργα στην Ελλάδα.

Τέλος, η εργασία καταλήγει σε χρήσιμα συμπεράσματα για την πορεία των ενεργειακών επενδύσεων στην Ελλάδα, εφόσον αξιοποιηθεί το τεράστιο ενεργειακό της δυναμικό.

Λέξεις Κλειδιά: ΑΠΕ, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, ανακύκλωση, έργα

Abstract

This dissertation deals with wind and photovoltaic parks in Greece with references to RES.

Chapter 1 describes the concept of energy and the types of RES, as well as the economic cost of energy with the corresponding estimates for the energy landscape until 2050 in the context of environmental protection.

Chapter 2 mentions RES and also the concept of sustainable development and highlights the value of materials recycling of photovoltaic systems and wind turbines.

Then, in the 3rd Chapter and the 4th Chapter, are analyzed the photovoltaic systems and the wind turbines, as well as the corresponding projects in Greece.

Finally, the work ends with useful conclusions about the course of energy investments in Greece, provided that its enormous energy potential is utilized.

Keywords: RES, photovoltaics, wind turbines, recycling, projects

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα με αναφορές στις ΑΠΕ. Αρχικά στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγική περιγραφή στην έννοια της ενέργειας και στα είδη των ΑΠΕ. Εν συνεχεία, αναλύεται το οικονομικό κόστος της ενέργειας και οι εκτιμήσεις για το ενεργειακό τοπίο έως το 2050. Ωστόσο, το σημαντικό ζήτημα που απασχολεί την κοινωνία αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, περιγράφονται και οι κύριες πολιτικές για το περιβάλλον και οι ΑΠΕ.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις ΑΠΕ και την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η βιώσιμη ανάπτυξη και έννοια της βιωσιμότητας, ενώ παρατίθενται οι πυλώνες που έχουν τεθεί για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης. Κατόπιν στο εν λόγω κεφάλαιο αναδεικνύεται η αξία της ανακύκλωσης στην κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης με έμφαση στην ανακύκλωση των υλικών από τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τις ανεμογεννήτριες. Στο τέλος του κεφαλαίου εξάγονται στοιχεία αναφορικά με τα αποτελέσματα της ανακύκλωσης υλικών των ανεμογεννητριών και των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς και εκτιμήσεις για την ενεργειακή αγορά και την εξέλιξή της .

Το 3^ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιγραφή και ανάλυση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ενώ αναφέρονται οι παράμετροι για την εγκατάστασή τους. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται εκτενής αναφορά στα φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα.

Επιπλέον, στο 4^ο Κεφάλαιο, αναφέρεται στις ανεμογεννήτριες, τη δομή τους και τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών. Αντίστοιχα, αναφέρονται τα έργα εγκατάστασης ανεμογεννητριών στην Ελλάδα.

Τέλος, η εργασία καταλήγει σε χρήσιμα συμπεράσματα και διαπιστώσεις αναφορικά με την πορεία των ενεργειακών επενδύσεων στην Ελλάδα και το μέλλον που προδιαγράφεται, εφόσον εφαρμοστούν οι κατάλληλες πολιτικές, αξιοποιώντας το τεράστιο ενεργειακό δυναμικό της.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Η ενέργεια.....	15
1.1 Ορισμός της έννοιας της ενέργειας	15
1.2 Τα είδη των ΑΠΕ και τα χαρακτηριστικά τους	16
1.2.1 Αιολική Ενέργεια	16
1.2.2 Ηλιακή Ενέργεια.....	18
1.2.3 Βιομάζα	19
1.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια.....	20
1.2.5 Κυματική και παλιρροϊκή Ενέργεια	21
1.2.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	22
1.3 Το οικονομικό κόστος της ενέργειας και οι εκτιμήσεις για το ενεργειακό τοπίο έως το 2050	25
1.4 Το περιβαλλοντικό ζήτημα και η αντιμετώπισή του.....	26
1.5 Οι κύριες πολιτικές για το περιβάλλον και οι ΑΠΕ	30
Κεφάλαιο 2: Οι ΑΠΕ και η βιώσιμη Ανάπτυξη.....	33
2.1 Βιώσιμη ανάπτυξη και βιωσιμότητα	33
2.1.1 Οι πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης.....	35
2.2 Ανακύκλωση και βιώσιμη ανάπτυξη	35
2.3 Ανακύκλωση των υλικών και προστασία του περιβάλλοντος...37	
2.3.1 Ανακύκλωση υλικών από φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες	38
2.3.2 Ανακύκλωση στοιχείων των ανεμογεννητριών.....	51
2.4 Τα αποτελέσματα της ανακύκλωσης υλικών των ανεμογεννητριών και των φωτοβολταϊκών συστημάτων	59
2.5 Η ενεργειακή αγορά και οι εκτιμήσεις για την εξέλιξή της.....	63
Κεφάλαιο 3: Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	75
3.1 Περιγραφή των φωτοβολταϊκών συστημάτων	75
3.2 Εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	80
3.3 Φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα	92
Κεφάλαιο 4: Ανεμογεννήτριες	102
4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τις ανεμογεννήτριες.....	102

4.2 Η δομή των ανεμογεννητριών.....	102
4.3 Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών	107
4.3.1 Παράδειγμα προϋπολογισμού εγκατάστασης ενός μέσου αιολικού πάρκου.....	114
4.4 Τα έργα των ανεμογεννητριών στην Ελλάδα	115
Συμπεράσματα.....	122
Βιβλιογραφία	132

Κεφάλαιο 1: Η ενέργεια

1.1 Ορισμός της έννοιας της ενέργειας

Η πλειοψηφία των ανθρώπινων ενεργειών και δραστηριοτήτων συναρτάται από την ενέργεια. Η ενέργεια αποτελεί το βασικό μοχλό για την ευημερία και την πρόοδο της κοινωνίας. Συγκεκριμένα, οι πιο μεγάλες κατακτήσεις έγιναν χάρη στη συμβολή της άφθονης και φθηνής ενέργειας, την οποία αξιοποιεί το μεγαλύτερο μέρος της ανθρωπότητας [1].

Γενικά, η έννοια της ενέργειας δεν προσδιορίζεται εύκολα. Σύμφωνα με τις φυσικές επιστήμες, η ενέργεια αποτελεί την ικανότητα ή τη δυνατότητα κάθε συστήματος για την παραγωγή έργου, προκαλώντας μία αλλαγή [1 – 5]. Επιπλέον, περιγράφει την ποσότητα του έργου που παράγεται.

Ο ανωτέρω ορισμός χρονολογείται από τη δεκαετία του '50 και συνεχίζει να διατυπώνεται ως έχει σε παγκόσμια κλίμακα, παρά το γεγονός ότι υφίστανται μορφές ενέργειας, όπου σύμφωνα με το 2^ο Νόμο της Θερμοδυναμικής, δεν ισχύει πάντα [6 – 8].

Συγκεκριμένα, ένα σύστημα σωματιδίων, όταν βρεθεί υπό χαμηλή θερμοκρασία, δύναται να έχει θερμική ενέργεια, αλλά χωρίς παράγει έργο, στην περίπτωση που δεν υπάρχει δεξαμενή με χαμηλότερη θερμοκρασία. Στην περίπτωση αυτή, η ενέργεια διατηρείται, αλλά χωρίς την δυνατότητα παραγωγής έργου. Η ικανότητα παραγωγής έργου περιορίζεται κατά βάση στη Μηχανική [9].

Το έργο (που ταυτίζεται με την ενέργεια) εκφράζει το γινόμενο της δύναμης, η οποία ασκείται σε ένα σώμα επί την απόσταση κατά την οποία δρα η δύναμη. Τόσο το έργο όσο και η ενέργειας εκφράζονται σε N·s [10].

Οι πηγές που είναι ενεργειακές παράγουν την ενέργεια, όπως για παράδειγμα τη θέρμανση, το φωτισμό, την κίνηση κλπ. Με άλλα λόγια παράγεται ενέργεια υπό μορφή θερμότητας, φωτός ή ισχύος. Αντίθετα, πρόκειται για ιδιότητα της ύλης, η οποία μετατρέπεται σε έργο, θερμότητα ή ακτινοβολία.

Η ενέργεια είναι είτε δυναμική είτε κινητική. Με την κινητική ενέργεια, το έργο καταναλώνεται από την κίνηση της ύλης και σύμφωνα με τη δυναμική ενέργεια, το έργο αποθηκεύεται εντός της ύλης [1].

Οι βασικές μορφές της ενέργειας είναι η χημική, η ηλεκτρική, η μηχανική ενέργεια, η θερμική η ηλεκτρομαγνητική και η πυρηνική.

Ακόμη, διακρίνεται στην πρωτογενή ενέργεια, που προέρχεται απευθείας από τον ήλιο ή τη γη και τη δευτερογενή ενέργεια που συνδέεται με μορφές ενέργειας, οι οποίες προκύπτουν από τη μετατροπή της πρωτογενούς ενέργειας μέσω χημικών, φυσικών, μηχανικών, θερμικών ή πυρηνικών δράσεων [1].

Ακόμη, η ενέργεια διακρίνεται σε ανανεώσιμη ενέργεια, η οποία αφορά σε διάφορες μορφές της δυναμικής ενέργειας που ανανεώνονται. Αντίθετα, η μη ανανεώσιμη ενέργεια, αφορά σε όσες μορφές δυναμικής ενέργειας που δεν ανανεώνονται, όπως π.χ. τα ορυκτά καύσιμα.

Τέλος, η ενέργεια που προέρχεται από καύση, συνίσταται σε πολλές μορφές δυναμικής ενέργειας. Οι εν λόγω μορφές ενέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν κατά την καύση, προκειμένου να μετατρέπεται η αποθηκευμένη ενέργεια σε έργο [1].

1.2 Τα είδη των ΑΠΕ και τα χαρακτηριστικά τους

1.2.1 Αιολική Ενέργεια

Με την αιολική ενέργεια μπορεί να παραχθεί ιδιαίτερα μεγάλο δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με τις ανεμογεννήτριες. Με άλλα λόγια, η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών στηρίζεται στον άνεμο.



Εικόνα 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΦΒ συστήματα & Ανεμογεννήτριες) [11].

Την τελευταία εικοσαετία, κατασκευάστηκαν στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως αιολικά πάρκα μεγάλης και μικρής κλίμακας. Επίσης και η Ελλάδα διαθέτει αιολικά πάρκα κατά κύριο λόγο μικρής κλίμακας, τα οποία θα περιγραφούν αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι σε ευθεία συνάρτηση με την παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο, δεδομένου ότι ο άνεμος έχει σημαντικές διακυμάνσεις στην έντασή του, φτάνοντας στο μέγιστο της ταχύτητάς του συνήθως κατά τις νυχτερινές ώρες. Ωστόσο, τότε η ζήτηση ενέργειας δεν είναι η μέγιστη. Ακόμη, προφανώς παίζουν ρόλο τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν ανά περιοχή [12].

Το έλλειμμα της απαιτούμενης αιολικής ενέργειας μπορεί να αντισταθμιστεί από την εφεδρική αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, μέσω μιας υδροηλεκτρικής δεξαμενής αποθηκεύεται η παραγόμενη ενέργεια με διάρκεια έως ένα μήνα, ώστε να αποδεσμεύεται εφόσον απαιτείται, προκειμένου να αντισταθμίζεται η παραγωγή της ενέργειας στο δίκτυο.



Εικόνα 2: Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών [13].

Τέλος, με τη χρήση κατάλληλων αντλιών αποθήκευσης της ενέργειας, δύναται να εξυπηρετηθεί αυτός ο ρόλος. Η αξιοποίηση ειδικών αντλιών γίνεται κυρίως σε περιοχές που δεν μπορούν να εγκαταστήσουν υδροηλεκτρικά εργοστάσια [14]. Εντούτοις, το κόστος εγκατάστασής τους θεωρείται υψηλό, ενώ η απόδοση είναι σχετικά πιο χαμηλή [15].

1.2.2 Ηλιακή Ενέργεια

Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Συνήθως αξιοποιείται για την θέρμανση των κτιρίων. Τα ηλιακά συστήματα είναι είτε ενεργητικά είτε παθητικά [16]. Συγκεκριμένα, η ηλεκτρική ενέργεια δύναται να παράγεται με τους ακόλουθους τρόπους [17]:

- μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική
- μέσω των ηλιακών θερμικών συστημάτων που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, προκειμένου να θερμανθεί ένα υγρό για την τελική παραγωγή ατμού που εν συνεχεία τροφοδοτεί μια γεννήτρια.



Εικόνα 3: Ηλιακή ενέργεια [18].

1.2.3 Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί οποιοδήποτε υλικό προκύπτει από ζωντανούς οργανισμούς, όπως π.χ. το ξύλο ή άλλα προϊόντα του δάσους ή υπολείμματα καλλιεργειών. Επίσης, η βιομάζα δύναται να προκύπτει από κτηνοτροφικά απόβλητα ή απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων. Η βιομάζα χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενέργεια της βιομάζας είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες και ουσιαστικά προέρχεται από τον ήλιο. Συγκεκριμένα, μέσω της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα.

Οι ζωικοί οργανισμοί μπορούν να προσλάβουν την ενέργεια αυτή μέσω της τροφής τους και να αποθηκεύουν ένα μέρος της. Την εν λόγω ενέργεια την αποδίδει τελικά η βιομάζα κατόπιν της επεξεργασίας και της χρήση της.

Η βιομάζα θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι πρακτικά είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια, η οποία δεσμεύεται από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.



Εικόνα 4: Βιομάζα: η απεριόριστη ενέργεια που βρίσκεται γύρω μας [19].

Κατ' αυτόν τον τρόπο, όλα τα ανωτέρω υλικά, τα οποία άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο ή υγρά απόβλητα, με το μεγαλύτερο ποσοστό τους να είναι απορρίμματα πόλεων ή βιομηχανιών, έχουν την ιδιότητα να κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας να μετατρέπονται σε καύσιμο αέριο και επομένως ενέργεια.

Τέλος, οι επιπτώσεις της βιομάζας για το περιβάλλον θεωρούνται αμελητέες [20].

1.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια σχετίζεται με την μετατροπή του ζεστού νερού ή των υδρατμών κάτω από την επιφάνεια της γης σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα γεωθερμικά ρευστά έχουν ενθαλπία, δηλ. θερμοκρασία που ξεκινά από 25°C και φτάνει στους 350°C. Η θερμοκρασία διαφέρει ανάλογα με το έδαφος της περιοχής.



Εικόνα 5: Η γεωθερμία ως ΑΠΕ [21].

Όταν η γεωθερμική ενέργεια έχει χαμηλή θερμοκρασία, αξιοποιείται κατά βάση για τη θέρμανση των κατοικιών, των θερμοκηπίων ή των κτηνοτροφικών μονάδων. Στις υψηλότερες θερμοκρασίες, άνω των 150°C η ενέργεια αξιοποιείται κυρίως για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας [22], [23].

Η Ελλάδα, διαθέτει ιδιαίτερα πλούσια γεωθερμική δυναμική, η οποία και αξιοποιείται όλο και περισσότερο.

1.2.5 Κυματική και παλιρροϊκή Ενέργεια

Η κυματική ενέργεια έγκειται στην κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας. Τα κύματα είναι εκμεταλλεύσιμα λόγω των ανέμων σε θαλάσσιες περιοχές με συχνούς ανέμους ή στις ακτές των ωκεανών.



Εικόνα 6: Εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας [24].

Επιπλέον, είναι ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη και η λεγόμενη παλιρροϊκή ενέργεια που συνδέεται με τη βαρυτική έλξη της σελήνης. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της διαφοράς που προκύπτει στο ύψος της επιφάνειας της στάθμης των νερών, που καλείται άμπωτη, και στην πλημμυρίδα [24].



Εικόνα 7: Το Έργο Pulse Stream 1200 για την εκμετάλλευση της παλιρροϊκής ενέργειας με παλινδρομούντα πτερύγια [24].

1.2.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ο κύκλος του νερού υπόκειται σε διαρκή ανανέωση από τον ήλιο.

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς εγκαθίσταται μια δεξαμενή που παίζει το ρόλο του φράγματος. Η δεξαμενή παίζει ρόλο στην εκμετάλλευση της ενέργειας που φέρει το νερό, λόγω του ότι πέφτει από ύψος. Με άλλα λόγια, αξιοποιείται η κινητική ενέργεια του νερού που πέφτει και μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω μιας εγκατεστημένης τουρμπίνας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της υδροηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με άλλες είναι το γεγονός ότι παρέχει ενέργεια φορτίου βάσης και αιχμής και παράλληλα μπορεί να αποθηκεύει την ενέργεια. Ακόμη, μπορεί να εξαλείφει άμεσα τις διακυμάνσεις των φορτίων. Ακριβώς, γι' αυτό το λόγο, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί την ιδανική

συμπληρωματική ενέργεια των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι η αιολική.

Ένα άλλο πλεονέκτημά της είναι το γεγονός ότι είναι ιδιαίτερα φιλική στο περιβάλλον, αφού δεν επιτρέπει την παραγωγή τοξικών αερίων προστατεύοντας το περιβάλλον [23].

Εντούτοις, για την κατασκευή των φραγμάτων, πρέπει να υφίσταται ενδελεχής μελέτη λαμβάνοντας υπόψη την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων, την ποιότητα του εδάφους που πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση, η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής κλπ.

Στην Εικόνα 8, φαίνεται ο πρώτος ελληνικός αυτοδιαχειριζόμενος υδροηλεκτρικός σταθμός στο Βελβεντό.



Εικόνα 8: Υδροηλεκτρικός σταθμός Βελβεντού [25].

Αναφορικά με την αποθήκευση ενέργειας σε δυναμική ενέργεια, γίνεται ανάμεσα σε δύο δεξαμενές, οι οποίες τοποθετούνται υπό διαφορετικά ύψη μαζί με μια αντλία αποθήκευσης. Εκεί αντλείται το νερό προς τα πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένες δεξαμενές όταν υπάρχει χαμηλή ζήτηση της ενέργειας. Στο ενδεχόμενο αυξημένης ζήτησης, αποδίδεται η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί.

Γίνεται φανερό ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια εξαιρετικά πολύτιμη πηγή ηλεκτρισμού. Η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να φτάσει το 1 TW ήτοι πάνω από 15% της συνολικής προσφοράς ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα [26].

Όμως, θα πρέπει να τονιστεί ότι η κατασκευή των υδροηλεκτρικών εργοστασίων είναι χρονοβόρα και κοστοβόρα, ενώ δύναται να προκαλέσει κοινωνικές μεταβολές στην περιοχή εγκατάστασης, όπως για παράδειγμα την υποχρεωτική μετακίνηση των κατοίκων μιας περιοχής για λόγους ασφαλείας από ενδεχόμενη πρόκληση πλημμύρας κατά την διάρκεια της εγκατάστασης των ταμιευτήρων νερού [26].

Επιπροσθέτως, μια νέα ελπιδοφόρα τεχνολογία είναι του υδρογόνου ως καύσιμο που απαντάται στη φύση με ανεξάντλητα αποθέματα. Κατά την ένωσή του με το οξυγόνο, δημιουργούνται οι συνθήκες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και ταυτόχρονα παράγεται νερό. Τα οχήματα υδρογόνου, πρακτικά είναι ηλεκτρικά οχήματα, όπου από την εξάτμισή τους βγαίνει νερό [108].

Σύμφωνα με όλα τα είδη των ΑΠΕ και βάσει μελετών που έχουν εκπονηθεί από ερευνητικά κέντρα και την ΕΕ, η υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλει δραστικά στην μείωση των εκπομπών CO₂ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον της τάξης του 10% [27], [28].

Το γεγονός αυτό συμβάλλει σημαντικά στην μείωση των συνεπειών από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα οφέλη της ανάπτυξης των ΑΠΕ είναι πρωτίστως περιβαλλοντικά, χάρη στην μείωση των ρύπων και την προστασία της ατμόσφαιρας, αλλά και ενεργειακά ή οικονομικά με την εγκατάλειψη της αξιοποίησης των ορυκτών πόρων.

Με τη χρήση των ΑΠΕ, οι χώρες αποκτούν ενεργειακή ανεξαρτησία προκύπτουν παράλληλα και πρόσθετα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη, όπως π.χ. η αύξηση των επενδύσεων για εγκαταστάσεις ΑΠΕ και η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Επιπλέον, προκύπτουν τεχνολογικά οφέλη μέσω της προώθησης της αξιοποίησης των ΑΠΕ και της εφαρμογής καινοτόμων μεθόδων και πρακτικών στο πεδίο της ενέργειας

Τέλος, τα οφέλη από την λειτουργία μονάδων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο πράσινης και βιώσιμης ανάπτυξης με ταυτόχρονη την περιβαλλοντική αναβάθμιση των περιοχών, εφόσον οι μελέτες εγκατάστασης είναι λεπτομερείς και προσεκτικές [28], [29].

1.3 Το οικονομικό κόστος της ενέργειας και οι εκτιμήσεις για το ενεργειακό τοπίο έως το 2050

Το κόστος των ενεργειακών υπηρεσιών περιλαμβάνει οικονομικά μεγέθη. Ωστόσο περιέχει και μη οικονομικά. Συγκεκριμένα, οι υπηρεσίες ενέργειας έχουν μια συγκεκριμένη τιμή, όπου συμπεριλαμβάνονται μεγέθη, τα οποία οφείλουν να επωμιστούν οι καταναλωτές ή ο κάθε παραγωγός. Παράλληλα, υπάρχουν και τα λεγόμενα εξωτερικά κόστη. Πρόκειται για τα κόστη που δεν συνιστούν οικονομικές επιβαρύνσεις και συνυπολογίζονται στην διαμόρφωση της τελικής τιμής της ενέργειας.

Οι εξωτερικές επιβαρύνσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες [30]:

A. στο κοινωνικό κόστος που αφορά σε βλαπτικές συνέπειες για την κοινωνία.

B. στο περιβαλλοντικό κόστος, που σχετίζεται με τη ρύπανση της φύσης.

Τέλος, στην απόσβεση του συνολικού οικονομικού κόστους μπορεί να συμβάλει η πρόοδος της τεχνολογίας και των καινοτόμων μεθόδων που εφαρμόζονται στις ΑΠΕ. Είναι γεγονός ότι το κόστος εγκατάστασης των ΑΠΕ είναι αρκετά υψηλό. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας δύναται να περιορίσει σημαντικά το λειτουργικό κόστος, οδηγώντας τους επιχειρηματίες σε ταχύτερη απόσβεση και μεγαλύτερα μακροπρόθεσμα κέρδη. Αυτό συνεπάγεται το χαμηλότερο κόστος του κύκλου ζωής.

Επιπροσθέτως, αναφορικά με τις εκτιμήσεις για το μέλλον της ενέργειας μέχρι το έτος 2050, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, το 2014, εκτιμά ότι σχεδόν το 50% της

παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο θα προέρχεται έως το 2050 από ΑΠΕ και κυρίως μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας [31].

Ταυτόχρονα, το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας, σε μελέτη του συμπεραίνει ότι η ενεργειακή απόδοση είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αυξημένη ζήτηση της ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται η περαιτέρω βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, ώστε να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση της ενέργειας. Στη βάση αυτή, η εκτίμηση του Παγκόσμιου Συμβουλίου Ενέργειας είναι ότι κατά το 2050, το ενεργειακό μείγμα θα συνεχίσει να αποτελείται από ορυκτά καύσιμα (λιγνίτη), αλλά με ισχυρή διείσδυση των ΑΠΕ, δεδομένου ότι έχουν δεσμευτεί οι περισσότερες χώρες να μειώσουν τους ρύπους του CO₂ [32].

Τέλος, η WWF επισημαίνει ότι είναι αναγκαία η πλήρης αξιοποίηση των ΑΠΕ έως το 2050 [33].

1.4 Το περιβαλλοντικό ζήτημα και η αντιμετώπισή του

Το περιβάλλον συνίσταται στο συνολικό πλήθος των εξωτερικών συνθηκών που περιβάλλουν ένα σύστημα, ένα οργανισμό, μια κοινότητα ή ένα αντικείμενο [34].

Ωστόσο, οι θεωρήσεις για το περιβάλλον και η διαρκής ανάπτυξη των προβληματισμών για την προστασία του πληθαίνουν και ενσωματώνουν πολύπλευρες διαστάσεις, δεδομένου ότι ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, η ανθρωπότητα βιώνει την έντονη και ραγδαία κλιματική αλλαγή [35].

Γι' αυτό το λόγο, τα κράτη έχουν θέσει σε προτεραιότητα την άμεση εφαρμογή μέτρων αναφορικά με την εκμετάλλευση και τη διαχείριση των ορυκτών πόρων, αλλά και την προσπάθεια μετριασμού της κατανάλωσής τους.

Στο πλαίσιο αυτό δίνουν κίνητρα για νέες επενδύσεις, προκειμένου η ανάπτυξη να επιτευχθεί εντός ενός ισχυρού και πιο αυστηρού θεσμικού πλαισίου στην αγορά με έμφαση στο περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι έχουν ήδη ενεργοποιηθεί μηχανισμοί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη περιοριστικοί παράγοντες που αφορούν

στην προστασία της φύσης, της χλωρίδας και της πανίδας, καθώς επίσης και κοινωνικοί ή οικονομικοί [36].

Συνεπώς, η ανθρωπότητα με την παράλληλη ανάπτυξη του πολιτισμού, οφείλει να προχωρήσει σε μία σειρά καταλυτικών δράσεων και ενεργειών που θα στοχεύουν στην περαιτέρω προστασία του περιβάλλοντος [37].

Άλλωστε είναι γεγονός ότι τα περιβαλλοντικά ζητήματα συνδέονται με τις κακές πρακτικές του ανθρώπου παρόλο που θεωρείται το πιο έλλογο ον στη γη. Δεν είναι τυχαίο που ο κορυφαίος Αυστριακός ζωολόγος, ηθολόγος και ορνιθολόγος, Konrad Lorenz, είχε αναφέρει ότι ο άνθρωπος είναι το μοναδικό ον που τείνει να αναιρέσει την ύπαρξή του, προκαλώντας την αυτοκαταστροφή του.

Υπό αυτήν την έννοια, τα κύρια ζητήματα του περιβάλλοντος αφορούν στην ρύπανση της ατμόσφαιρας, στη διάβρωση του εδάφους, αλλά και στην πείνα ή τον υποσιτισμό, κυρίως στις τριτοκοσμικές χώρες [36], [38].

Ακόμη, ένα άλλο ζήτημα που επιβαρύνει τελικώς το περιβάλλον αφορά στον έντονο υπερκαταναλωτισμό των ανεπτυγμένων κοινωνιών, με αποτέλεσμα οι ειδικοί να ζητούν την ένταξη ειδικών σχολικών προγραμμάτων που θα σχετίζονται με τους κινδύνους της υπερκατανάλωσης [39].

Έτσι, λοιπόν, βάσει των ανωτέρω, πρέπει να εδραιωθεί περαιτέρω στη συνείδηση της κοινωνίας πως το περιβάλλον κινδυνεύει και ήδη η φύση εμφανίζει σημάδια εκδίκησης με ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως έντονες καταιγίδες, τυφώνες, πλημμύρες, ακόμα και περιόδους αδικαιολόγητης ξηρασίας κλπ.

Στο πλαίσιο αυτό, η ανθρωπότητα φέρει την ευθύνη για την προστασία και τη διατήρηση του περιβάλλοντος, προκειμένου να προστατευτεί η ζωή και το μέλλον των επόμενων γενιών.

Γι' αυτό το λόγο, η μετάβαση προς την πράσινη και βιώσιμη ανάπτυξη, κυρίως σε ό,τι αφορά στον ενεργειακό τομέα θα πρέπει να γίνει ακόμη πιο γοργά και μάλιστα σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα, προτεραιότητα αποτελεί η ανάγκη για τη δραστική μείωση των εκπομπών του CO₂ και την παρέμβαση στην ενεργειακή

κατανάλωση, δεδομένου ότι ο ενεργειακός τομέας φέρει την ευθύνη για το 80% των εκπομπών ρυπογόνων αερίων.

Οι κυριότερες παθογένειες που αφορούν στο περιβάλλον είναι οι ακόλουθες:

- Ατμοσφαιρική ρύπανση και φαινόμενο του θερμοκηπίου: Οι εκπεμπόμενοι ρύποι επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η επικρατούσα επιστημονική θεώρηση που αφορά στους ρύπους, είναι ότι κατά την έκλυσή τους μπορούν να μοντελοποιηθούν όπως τα πλαστικά καλύμματα που τοποθετούνται στα θερμοκήπια, επιτρέποντας την είσοδο των ηλιακών ακτίνων και παρεμποδίζοντας την διαφυγή της θερμότητας. Έτσι, πρακτικά προκαλείται ένα θερμικό φράγμα που έχει εξαιρετικά δυσμενή επίδραση για το κλίμα.

Ταυτόχρονα, η αλλοίωση του το στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα, έχει ως συνέπεια την αδυναμία να προστατευτεί η Γη και όλα τα έμβια όντα από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Αναλυτικά, οι εκλυόμενοι στην ατμόσφαιρα χλωροφθοριούχοι άνθρακες που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο, όπως π.χ. το φρέον ή κάποια σπρέι, κατόπιν μιας σειράς χημικών αντιδράσεων, καταστρέφουν το όζον της ατμόσφαιρας. Αυτό συνεπάγεται την εύκολη διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας μέσω της ατμόσφαιρας προς τη γη, προκαλώντας ανεπανόρθωτες βιολογικές επιδράσεις.

Ακόμη, το λιώσιμο των πάγων στους πόλους της γης, απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα, η οποία το μελετά στενά, αποδίδοντάς το κατά κύριο λόγο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- Ρύπανση των υδάτων και τα απόβλητα: είναι η βασική αιτία που ευθύνεται για το 25% των θανάτων [40] και ορίζεται με ποικίλους τρόπους [41].

Πρόκειται για την διοχέτευση στο υδάτινο περιβάλλον ύλης ή ενέργειας - με άμεσο ή έμμεσο τρόπο - που έχουν επιβλαβή αποτελέσματα για τους οργανισμούς. Επομένως, θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία.

Ακόμη, αλλοιώνεται η ποιότητα του νερού, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται οι δυνατότητες για την αξιοποίησή του, ενώ παράλληλα υφίστανται σοβαρές

μεταβολές στα φυσικά, χημικά, αλλά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υδάτινων πόρων.

- Καταστροφή των δασών, εξαφάνιση στοιχείων βιοποικιλότητας και ειδογένεση: ένα μεγάλο μέρος από τα προϊόντα της φύσης κινδυνεύει τα προσεχή έτη να εξαφανιστεί εξαιτίας της παράλογης και αλαζονικής ανθρώπινης παρέμβασης. Η καταστροφή των δασών και η ερημοποίηση με την παράλληλη αστικοποίηση των περιοχών αποτελούν τις κύριες αιτίες για την εμφάνιση πλημμυρών και καταστροφών με συνέπεια εκτός από την απώλεια περιουσιών και την απώλεια ζώων.

Εντούτοις, μέσω της λεγόμενης ειδογένεσης, μπορούν να αντισταθμιστούν σοβαρά καταστροφικά φυσικά φαινόμενα. Συγκεκριμένα η ειδογένεση αφορά στην διαδικασία βάσει της οποίας, δύνανται να δημιουργηθούν νέα βιολογικά είδη σύμφωνα με ένα αρχικό και μοναδικό πατρικό είδος.

Βάσει όλων των ανωτέρω, κρίνονται ως επιτακτικές οι άμεσες περιβαλλοντικής προστασίας. Άλλωστε, από τη δεκαετία του '60 και με τη σύσταση οικολογικών κινήματων και ΜΚΟ για το περιβάλλον, έχει αναδειχθεί η αξία της οικολογίας και της αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Ακόμη, αναπτύχθηκαν οικολογικές έννοιες, όπως η κοινωνική οικολογία, ο οικοαναρχισμός, η πράσινη οικονομία με ήπιες μορφές ενέργειας κλπ., ενώ ήδη προωθείται η βιοκλιματική αρχιτεκτονική με παράλληλες δράσεις αναδάσωσης [42].

Έτσι, στην κατεύθυνση της οικολογίας και της παροχής προστασίας του περιβάλλοντος, οργανισμοί, φορείς, επιστήμονες και ερευνητές, αλλά και πολιτικές παρατάξεις οικολόγων παρακολουθούν στενά το ζήτημα του περιβάλλοντος, προτείνοντας διαρκώς νέες καινοτόμες λύσεις και ρηξικέλευθες δράσεις για τη δραστική αντιμετώπιση του κλίματος στον πλανήτη.

Ταυτόχρονα, μέσω διακρατικών συμφωνιών με χαρακτηριστικά πράσινης ανάπτυξης, προωθείται η χρήση των ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της πρόληψης της υπερθέρμανσης της γης και της παράλληλης διασφάλισης της απαιτούμενης σταθερότητας για την οικονομική ανάπτυξη των χωρών παγκοσμίως.

Ενδεικτικά, ανάμεσα στις κυριότερες διακρατικές συμφωνίες, είναι η σύμβαση του Ραμσάρ [43], η Οδηγία της ΕΕ για την προστασία των πτηνών (79/409/ΕΟΚ) [44] και για την προστασία των Οικοτόπων (92/43/ΕΟΚ) [45].

1.5 Οι κύριες πολιτικές για το περιβάλλον και οι ΑΠΕ

Τα κράτη βρίσκονται μπροστά σε ένα σταυροδρόμι με μια τεράστια πρόκληση αναφορικά με την απόφαση της ουσιαστικής υλοποίησης μέτρων και δράσεων για το περιβάλλον. Όλες οι ενέργειες θα πρέπει να έχουν κατεύθυνση προς την εξοικονόμηση ενέργειας και την ισόρροπη και πράσινη ανάπτυξη.

Με άλλα λόγια, η ενεργειακή στρατηγική των χωρών στηρίζεται στην αξιοποίηση της διάδοσης νέων ενεργειακών τεχνολογιών ΑΠΕ και την ταυτόχρονη ενίσχυση της επιχειρηματικότητας και της απασχόλησης.

Τα ανωτέρω δύνανται να επιτευχθούν μέσω της βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, καταλυτικό ρόλο θα παίξει η παρότρυνση από τις κυβερνήσεις μέσω οικονομικών κινήτρων ή και αντικινήτρων, προκειμένου να αλλάξει η καταναλωτική συμπεριφορά και στάση των πολιτών αναφορικά με τη ζήτηση και χρήση ηλεκτρικών συσκευών που έχουν μεγάλη κατανάλωση.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να εξοικονομείται η ενέργεια στα κτίρια. Γι' αυτό το λόγο ήδη εφαρμόζονται ευρωπαϊκά προγράμματα, όπου επιδοτείται η ενεργειακή αναβάθμιση όλων των κτιρίων και των κατοικιών που βελτιώνουν την ενεργειακή τους απόδοση και εγκαθιστούν τεχνολογίες ΑΠΕ.

Ακόμη, στον τομέα των μεταφορών έχει εκσυγχρονιστεί σημαντικά οι υποδομές και τα οχήματά τους, δεδομένου ότι έχουν ενσωματωθεί πράσινες τεχνολογίες και έχει προωθηθεί η αξιοποίηση μη συμβατικών καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο, τα βιοκαύσιμα κλπ.

Ωστόσο, κατόπιν της ανάλυσης της παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης της ενέργειας, καταδεικνύεται ότι πρέπει να καταβληθεί ιδιαίτερη προσπάθεια, προκειμένου να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν οι άξονες των ενεργειακών δράσεων και να επιτευχθούν οι βασικοί ενεργειακοί στόχοι. Ενδεικτικά ένας από

τους περιβαλλοντικούς στόχους των κρατών-μελών της ΕΕ αποτελεί η προσπάθεια συγκράτησης της αύξησης θερμοκρασίας στους 2°C έως το 2050.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι η ευρωπαϊκή πολιτική για την ενέργεια υποδεικνύει μεν τους στόχους μέσω οδηγιών, ωστόσο επιτρέπει στα κράτη - μέλη την ανάπτυξη ειδικών εθνικών στρατηγικών. Στο πλαίσιο αυτό, οι χώρες της Ευρώπης μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, έχουν προβεί σε έναν ξεχωριστό ενεργειακό σχεδιασμό, που λαμβάνει υπόψη του τις εξής παραμέτρους:

Α. Την ασφάλεια κατά τον ενεργειακό εφοδιασμό και τη διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος με την παράλληλα μέγιστη αξιοποίηση του εγχώριου ενεργειακού δυναμικού που παρέχουν οι ΑΠΕ.

Β. Την προστασία των καταναλωτών, διασφαλίζοντας να είναι η αγορά της ενέργειας διαρκώς λειτουργική.

Γ. Την προστασία του περιβάλλοντος με την μείωση εκπομπών αέριων ρύπων.

Δ. Τη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους του τομείς τελικής χρήσης.

Ε. Την παροχή πλέγματος προστασίας στις στρεβλώσεις που προκύπτουν από την ανταγωνιστικότητα στην ελληνική βιομηχανία.

Όλα τα ανωτέρω σημαίνουν ότι θα πρέπει το θεσμικό πλαίσιο να μην είναι άκαμπτο, διαθέτοντας πληρότητα. Επιπλέον επιβάλλεται η υλοποίηση σύγχρονων έργων υποδομών, καθώς επίσης και η απαρэгκλιτη λειτουργία των μηχανισμών ελέγχου της αγοράς και η βέλτιστη αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών ΑΠΕ.

Στην κατεύθυνση αυτή, τα κράτη μέλη, αναλαμβάνουν διαρκώς δράσεις ευαισθητοποίησης του κοινού, παρέχοντας στις κοινωνίες σχετικές πληροφορίες για τα αποτελέσματα της χρήσης των διαφόρων τεχνολογιών των ΑΠΕ. Ακόμη, εκπονούνται οικονομοτεχνικές και περιβαλλοντικές μελέτες, δεδομένου ότι είναι περιπλεγμένες σημαντικές και ποικίλες αλληλεπιδράσεις κατά την υλοποίηση των ΑΠΕ [46].

Επιπλέον, η επίτευξη μιας λειτουργικής εσωτερικής αγοράς ενέργειας αποτελεί

πρόκληση για τον εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό των χωρών, ώστε να εξασφαλίζεται η αξιόπιστη, προσιτή και επαρκής παροχή της ενέργειας και των ενεργειακών υπηρεσιών τόσο προς τους καταναλωτές όσο και για τις επιχειρήσεις. Αυτό συνεπάγεται την ανάγκη για την εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου εύρους ενεργειακών επιλογών με ταυτόχρονη την διατήρηση των τιμών σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά επίπεδα.

Πράγματι, η απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου έχει εφαρμοστεί κατά μεγάλο ποσοστό. Αναμένεται, λοιπόν, λόγω του ανταγωνισμού η πτώση στο κόστος της ενέργειας και φυσικά ο περιορισμός στρεβλώσεων ή μονοπωλιακών φαινομένων στην αγορά.

Συνεπώς, ο ρόλος των ΑΠΕ στην ασφάλεια και τον εφοδιασμό και στην διασφάλιση του θετικού εμπορικού ισοζυγίου με τις χώρες εξαγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου παίζει ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο για την ανάπτυξη της Ευρώπης. Ωστόσο, το κυριότερο γεγονός είναι ότι επιτυγχάνεται η ενεργειακή ανεξαρτησία των κρατών της ΕΕ.

Ταυτόχρονα, βάσει της συμφωνίας του ΠΟΕ σε σχέση με τις τεχνολογίες των πληροφοριών, δρομολογούνται νέες συμφωνίες ελεύθερων συναλλαγών στην περιβαλλοντική τεχνολογία, θεσπίζοντας την κατάργηση των δασμών στο εμπόριο της ενέργειας και στα προϊόντα που χαρακτηρίζονται ως φιλικά προϊόντα προς το περιβάλλον. Επίσης, οι εμπορικές συμφωνίες συχνά υπόκεινται σε διατάξεις αντιμετώπισης των ζητημάτων αποδάσωσης ή υποβάθμισης των δασών και παρέχονται κίνητρα ορθής διαχείρισης της γης και των υδάτινων πόρων, απαγορεύοντας την παράνομη υλοτομία και προωθώντας εθελοντικές συμφωνίες συνεργασίας.

Συνεπώς, τα κράτη, πρέπει να έχουν στενή συνεργασία μεταξύ τους για την ολοκληρωμένη εφαρμογή της ενεργειακής πολιτικής που έχει συναποφασιστεί και στην οποία σαφώς περιλαμβάνεται ο κλάδος των ΑΠΕ. Στο σημείο αυτό, η διεπιστημονική συνεργασία θα μπορούσε να συμβάλει στην προώθηση της έρευνας και της καινοτομίας και στην ταχύτερη υλοποίηση των ΑΠΕ [46].

Κεφάλαιο 2: Οι ΑΠΕ και η βιώσιμη Ανάπτυξη

2.1 Βιώσιμη ανάπτυξη και βιωσιμότητα

Έχει ήδη γίνει αναφορά στην έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Πρόκειται, ουσιαστικά για κοινωνικό ζήτημα που φέρει πολλαπλές διαστάσεις. Δίνει ώθηση στην θεσμική παρέμβαση των κυβερνήσεων για το περιβάλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει άμεση σχέση με την αξιοποίηση των ΑΠΕ [47].

Αρχικά, η βιώσιμη ανάπτυξη περιγράφηκε από τον ΟΗΕ και ο όρος της χρησιμοποιήθηκε ευρέως από διάφορους φορείς ή οργανισμούς διεισδύοντας σε κάθε τομέα της ζωής. Με την πάροδο των ετών, όλο και περισσότεροι ερευνητές ασχολήθηκαν με τη βιώσιμη ανάπτυξη σε πολλαπλά επίπεδα και κυρίως στις φυσικές και οικονομικές επιστήμες. Επιπροσθέτως, η έναρξη υλοποίησής της έγινε χάρη στις Περιβαλλοντικές ΜΚΟ [48].

Οι οικονομολόγοι, έχουν εντάξει την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης διερευνώντας παραμέτρους τόσο σε μακροοικονομικό όσο και μικροοικονομικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, μελετώνται οι αλληλεπιδράσεις και εξαρτήσεις ανάμεσα σε στοιχεία που συνδέονται με το περιβάλλον και την κοινωνία, δεδομένου ότι εξαιτίας του ακραίου νεοφιλελεύθερου μοντέλου για την οικονομική μεγέθυνση, έχει προκληθεί σε μεγάλο βαθμό η φυσική επιβάρυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να παραμελείται η διάσταση της κοινωνικής ανάπτυξης εφόσον η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί την πυξίδα για την προώθηση ουσιαστικών θεσμικών αλλαγών παγκοσμίως.

Οι οικονομολόγοι εκτιμούν την ανάπτυξη κυρίως σύμφωνα με το ΑΕΠ της κάθε χώρας. Συγκεκριμένα μετριέται η αύξηση της παραγωγής των αγαθών και υπηρεσιών. Εν συνεχεία εξετάζεται η μεγέθυνση του κατά κεφαλήν εισοδήματος, ώστε να προκύψει το συμπέρασμα αν τελικά βελτιώνεται η συνολική ευημερία της κοινωνίας οδηγώντας στην ανάπτυξη [49].

Πρέπει να υπογραμμισθεί ότι αρκετοί οικονομολόγοι θεωρούν ότι η βιώσιμη ανάπτυξη δεν σχετίζεται με την μεγέθυνση [50].

Εντούτοις, είναι σύνηθες το φαινόμενο να μην συνυπολογίζονται κατά την μέτρηση του ΑΕΠ κάποιοι σημαντικοί παράγοντες, όπως η ρύπανση, ο ελεύθερος χρόνος, η ασφάλεια κλπ., ενώ το κόστος των αποζημιώσεων εξαιτίας φυσικών ή οικολογικών καταστροφών συνεκτιμώνται με θετικό πρόσημο στο ΑΕΠ [49].

Ακριβώς για τους ανωτέρω λόγους, θα πρέπει να συνυπολογίζεται και η βιώσιμη ανάπτυξη, η οποία συνδέεται με την κάλυψη των σημερινών αναγκών της νέα γενιάς, αλλά και την διασφάλιση της κάλυψης των αναγκών των επόμενων γενεών [50].

Αναφορικά με την έννοια της βιωσιμότητας, συνδέεται με την πιθανότητα επιβίωσης του ανθρώπου και εν γένει των έμβιων όντων για όσο το δυνατόν πιο μεγάλο χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται και τη βιωσιμότητα των φυσικών πόρων.

Οι οικονομολόγοι έχουν κατηγοριοποιήσει με διαφορετικό τρόπο τη βιωσιμότητα και τη μεγέθυνση. Ωστόσο, οι εν λόγω έννοιες κινούνται σε παράλληλη κατεύθυνση μεταξύ τους κυρίως εφόσον διαπιστώνεται τεχνολογική πρόοδος και καινοτόμες ιδέες σε σχέση με την προστασία και διατήρηση της φύσης.

Στη βάση αυτή, θα πρέπει να προσδιορίζονται οι συνθήκες αξιοποίησης των μη ανανεώσιμων πόρων, προκειμένου να εξασφαλίζεται σταθερή η διατήρηση της κατανάλωσης.

Τέλος, η βιώσιμη ανάπτυξη δύναται να επεκτείνει την έννοια της ανάπτυξης περιλαμβάνοντας τόσο κοινωνικά όσο και περιβαλλοντικά ζητήματα. Αυτό σημαίνει ότι, πραγματικά δίνεται έμφαση στην εξασφάλιση των δυνατοτήτων των επόμενων γενεών [51].

Κατ' επέκταση, η βιώσιμη ανάπτυξη λειτουργεί ως παράγοντας εξισορρόπησης ανάμεσα στα οικονομικά συμφέροντα, αφού μπορεί να λάβει υπόψη της, τις επόμενες γενιές [52].

2.1.1 Οι πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης

Με την ολοκλήρωση του 5ου και 6ου Προγράμματος Δράσης για το Περιβάλλον και τη βιώσιμη Ανάπτυξη από την ΕΕ, ενσωματώθηκε και επίσημα το περιβάλλον με τη βιώσιμη ανάπτυξη. Πλέον, οι πολιτικές αποφάσεις συνεξετάζουν περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν. Έτσι, ορίστηκαν οι κάτωθι πυλώνες διασφάλισης της βιώσιμης ανάπτυξης στην κοινωνία [53]:

- **Κοινωνικός πυλώνας:** Αφορά στην υγεία και την ασφάλεια, καθώς επίσης και τη σχετική νομοθεσία. Ολοκληρώνει το πλαίσιο για το σεβασμό στην αξία του ατόμου, παρέχει ίσες ευκαιρίες προστατεύοντας τα ανθρώπινα δικαιώματα.
- **Πυλώνας βιωσιμότητας:** Σχετίζεται με την διερεύνηση των επιπτώσεων σε περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο και την εφαρμογή πλάνου, προκειμένου να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη μακροπρόθεσμα.
- **Περιβαλλοντικός πυλώνας:** Σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή και τη διαχείριση των κρίσεων. Συνδέεται με την αδειοδότηση και τη διαχείριση της βιοποικιλότητας, τα μέτρα για τη μείωση της εκπομπής των ρύπων στην ατμόσφαιρα και τη χρήση των χημικών ουσιών [54].
- **Οικονομικός πυλώνας:** Εξασφαλίζει την ισόρροπη, συνεπή και κερδοφόρα ανάπτυξη.
- **Πυλώνας οικολογικής οικονομίας:** Αφορά στην αποδοτικότητα των πόρων και στην ενεργειακή τους απόδοση. Διερευνά παγκόσμια ενεργειακά ζητήματα.

2.2 Ανακύκλωση και βιώσιμη ανάπτυξη

Ενδεχομένως το κυριότερο ζήτημα που αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος σχετίζεται με τη διαχείριση των απορριμμάτων και την ανακύκλωση των υλικών. Γι' αυτό το λόγο, η ΕΕ έχει θέσει στόχο να μειώσει την ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ έως το έτος 2050. Στην κατεύθυνση αυτή ενημερώνονται και ενθαρρύνονται οι πολίτες να προτιμούν που να φέρουν πιστοποιήσεις τόσο για την ενεργειακή κατανάλωση, εφόσον πρόκειται για ηλεκτρικές συσκευές (π.χ. πιστοποίηση EPEAT) όσο και εν γένει για την προστασία του περιβάλλοντος όντας

ανακυκλώσιμα. Στο πλαίσιο αυτό, οι εταιρείες που διαθέτουν στην αγορά ηλ. συσκευές θα πρέπει να συνάπτουν συμφωνίες με εταιρείες ανακύκλωσης για την ανακύκλωση των προϊόντων που διαθέτουν.

Με αυτόν τον τρόπο, παράγεται μικρότερη ποσότητα αποβλήτων, ενώ παράλληλα είναι ήδη εντοπισμένες ορισμένες επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες παράγονται.

Επιπλέον, γίνονται προσπάθειες για να προστατεύεται το έδαφος, τα ύδατα και ο υδροφόρος ορίζοντας, αλλά και τα δάση. Στο πλαίσιο αυτό, ανακηρύσσονται περιοχές ως προστατευμένες. Ενδεικτικά, το πρόγραμμα Natura 2000 για την προστασία δασών και υγροβιότοπων καλύπτει πάνω από το 10% της έκτασης των κρατών – μελών της ΕΕ [55].

Αναφορικά, με τα ύδατα, έχουν εξαγγελίσει μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων της μόλυνσης τόσο των υπόγειων όσο και των επιφανειακών υδάτων. Συγκεκριμένα, έχει μειωθεί δραστικά η χρήση των φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες, ενώ εφαρμόζονται συχνά σύγχρονοι βιολογικοί καθαρισμοί στα παράκτια ύδατα.

Ακόμη, μελετάται η ανάπτυξη νέων μεθόδων ένταξης των στόχων για το περιβάλλον σε στρατηγικές πολεοδομικού σχεδιασμού και χρήσεων γης στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης, Πρόκειται για την πολεοδομική βιώσιμη ανάπτυξη.

Οι Αρχές για την ανάπτυξη της αειφόρου αστικής ανάπτυξης είναι οι ακόλουθες [56]:

- Η αρχή της διαχείρισης του δομημένου χώρου,
- Η αρχή της ενοποίησης των πολιτικών,
- Η αρχή της οικοσυστημικής προσέγγισης,
- Η αρχή της συνεργασίας και της σύμπραξης.

Επιπλέον, ενδυναμώνονται οικονομικά οι πόλεις και επιμερίζονται τα οφέλη που προκύπτουν σύμφωνα με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών. Με αυτόν τον τρόπο καταπολεμώνται οι ανισότητες και ο κοινωνικός αποκλεισμός.

Παράλληλα, για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των αστικών κέντρων υπό την περιβαλλοντική σκοπιά γίνονται δράσεις συνεργασίας φορέων, οργανισμών και

περιβαλλοντικών οργανώσεων στις πόλεις, αναδεικνύοντας την φυσική και πολιτιστική τους κληρονομιά με την διοργάνωση διαφόρων πολιτιστικών δρόμων.

Τέλος, δίνεται έμφαση στις έννοιες της επικουρικότητας, της εταιρικής σχέσης, της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος, καθώς επίσης και της οικονομικής αυτονομίας, προκειμένου να εξασφαλίζεται η διατήρηση της υψηλής ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών και η ανταγωνιστικότητα στην αγορά [56].

2.3 Ανακύκλωση των υλικών και προστασία του περιβάλλοντος

Η οικονομική ανάπτυξη και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου έχουν συγκεκριμένα όρια. Αυτό σημαίνει σε πρακτικό επίπεδο, ότι δεν επαρκούν τα αποθέματα πρώτων υλών για τις ενεργειακές ανάγκες σύμφωνα με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες. Αυτό σημαίνει ότι η ανθρωπότητα είναι αντιμέτωπη με μια τεράστια κρίση και ταυτόχρονα πρόκληση. Είναι κοινά αποδεκτό ότι τελούν προς εξάντληση οι φυσικοί πόροι, ενώ παράλληλα έχει υποβαθμιστεί σημαντικά η ποιότητα ζωής, σε μια διαγραφόμενη μη αναστρέψιμη (κατά πολλούς) οικολογική κρίση. Αυτό σημαίνει ότι, όπως προαναφέρθηκε, οι κοινωνίες, προκειμένου να εξαλείψουν όλα τα αίτια της οικολογικής κρίσης, θα πρέπει να υλοποιήσουν αποτελεσματικές περιβαλλοντικές δράσεις και να χαράξουν μια νέα ηθική, αποβάλλοντας τον ατομικισμό και την απληστία.

Πιο συγκεκριμένα, στην αντιμετώπιση του ελλείμματος των πρώτων υλών και στη διαχείριση του οικοσυστήματος, το συμπέρασμα είναι ότι θα πρέπει να βελτιστοποιηθούν η τεχνικές της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Αυτό συνεπάγεται ότι για την προστασία του περιβάλλοντος θα πρέπει να εκσυγχρονιστεί περαιτέρω η διαχείριση των υλικών κατόπιν της χρησιμοποίησής τους. Για παράδειγμα θα πρέπει να εξελιχθούν οι μέθοδοι ανακύκλωσης όλων των υλικών μεταξύ των οποίων και των υλικών από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες κλπ.). Με άλλα λόγια, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για όλα τα υλικά, ώστε να μην μετατραπούν σε πεταμένα σκουπίδια σε ΧΥΤΑ επιβαρύνοντας το

περιβάλλον και σπαταλώντας άδικα εθνικούς πόρους.

Για τους ανωτέρω λόγους, η ανακύκλωση έχει μεγάλη σημασία διότι παρέχεται η δυνατότητα για την παραγωγή νέων χρήσιμων αγαθών για την ανθρώπινη δραστηριότητα, εξυπηρετώντας τόσο τους αρχικούς σκοπούς της παραγωγής τους, αλλά και ευρύτερους. Επομένως, με τη συστηματική συλλογή, διαλογή και επαναφορά του μεγαλύτερου ποσοστού υλικών καθίστανται χρήσιμα στον άνθρωπο και δεν καταλήγουν σε χώρους αποβλήτων [57].

Τα αστικά απορρίμματα αποτελούν κατάλοιπα της καθημερινής ανθρώπινης δραστηριότητας. Συλλέγονται, μεταφέρονται και διατίθενται με διάφορες μεθόδους. Στη βάση αυτή, η ανακύκλωση παρέχει την λύση για την αποφυγή εξάντλησης των πρώτων υλών και παράλληλα για την αποφυγή της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και λοιπών οικολογικών προβλημάτων που προκαλούνται από την αναγκαστική εξόρυξη πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, ενώ μειώνεται η κατανάλωση της ενέργειας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι το ποσοστό των υλικών που εξοικονομείται με την ανακύκλωση ξεπερνά το 95%.

Η επιβάρυνση στο περιβάλλον από τα απορρίμματα είναι ανυπολόγιστη. Αρκεί να αναλογιστεί κάποιος ότι στην Ελλάδα, των 10 εκ κατοίκων, παράγονται ετησίως πάνω από 5 εκ. τόνοι απορριμμάτων αποκλειστικά από τους κατοίκους χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι βιομηχανίες κλπ.

Ακόμη, κάθε χώρα έχει τη δυνατότητα να εξοικονομεί συνάλλαγμα χάρη στην έλλειψη της εξάρτησής της σε πρώτες ύλες από άλλες χώρες, δίνοντάς το περιθώριο ακόμη και εξαγωγής ορισμένων ανακτηθέντων υλικών. Παράλληλα, δημιουργούνται νέες θέσεις εξειδικευμένης εργασίας και σαφώς μεγαλώνουν οι επενδυτικές ευκαιρίες.

2.3.1 Ανακύκλωση υλικών από φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από υλικά που θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα για το περιβάλλον και συνεπώς για την υγεία. Η αντικατάσταση των

φωτοβολταϊκών συστημάτων απαιτείται περίπου κάθε τριάντα (30) χρόνια.

Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, η ΕΕ, εκδίδοντας σχετική οδηγία, το 2014 και η οποία ενσωματώθηκε στις εθνικές νομοθεσίες μετέβαλε τον ορισμό του παραγωγού - κατασκευαστή φωτοβολταϊκών συστημάτων, προκειμένου να μην υφίστανται διαφωνίες ή παρανοήσεις σχετικά με την υποχρέωση της συλλογής και ανακύκλωσης των παλιών ή κατεστραμμένων στοιχείων των φωτοβολταϊκών συστημάτων [58].

Επιπλέον, επιβλήθηκαν κανόνες για τα απόβλητα που προέρχονται από τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές και εν γένει τον εξοπλισμού, σύμφωνα με τους οποίους, τόσο οι προμηθευτές, όσο και οι παραγωγοί ή κατασκευαστές φωτοβολταϊκών συστημάτων φέρουν την υποχρέωση για τη διάθεση των παλαιών μονάδων σε ειδικές τοποθεσίες συλλογής και για τη διαβίβαση των ανακυκλούμενων εξαρτημάτων προς τη διαδικασία της ανακύκλωσης.

Σήμερα, με την πρόοδο της τεχνολογίας, ανακυκλώνεται άνω του 95% των δομικών στοιχείων των φωτοβολταϊκών συστημάτων και εν συνεχεία επαναχρησιμοποιούνται για την κατασκευή νέων μονάδων [59].

Αρχικά, γίνεται ο διαχωρισμός των ημιαγωγών από το γυαλί, καθιστώντας εφικτή την επαναχρησιμοποίησή τους. Ακόμη, διαχωρίζονται τα panels, τα ηλεκτρονικά στοιχεία και τα μέταλλα (αλουμίνιο, χαλκός, άργυρος κ.α.). Εν συνεχεία λαμβάνει χώρα ο λεπτομερής καθαρισμός τους, ώστε να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση και να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον το 95% των στοιχείων που αποτελούνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιστρέφουν τελικά ξανά για τη γραμμή παραγωγής μια νέας μονάδας φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ποσότητα των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών στοιχείων βαίνει αυξανόμενη, αλλά ότι ακόμη δεν έχει παρέλθει η διάρκεια των τριάντα (30) ετών για την αντικατάστασή τους, δεν έχει ακόμη ανακύψει το ζήτημα των αποβλήτων των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Μάλιστα, τα περισσότερα απόβλητα προέρχονται κατά βάση από αστοχία του υλικού ή λόγω φυσικών

καταστροφών (π.χ. έντονος παρατεταμένος παγετός ή χαλάζι). Επίσης, σπάνια συμβαίνουν ζημιές κατά τη μεταφορά ή την εγκατάστασή τους [60].

Επιπλέον, παίζει ρόλο το νομοθετικό πλαίσιο, αλλά και τα δεδομένα της οικονομίας σε συνδυασμό με την πρόοδο των ερευνών αναφορικά με τις σύγχρονες μεθόδους ανακύκλωσης των panel τα οποία αποτελούνται είτε από κρυσταλλικό Si είτε από λεπτό υμένα.

Ο κύριος σκοπός είναι η αύξηση της απόδοσης της ανακύκλωσης και η περαιτέρω μείωση του ποσοστού των μη ανακυκλώσιμων υλικών. Σε αυτά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η αύξηση του λόγου του κόστους με την αποτελεσματικότητα, ώστε να παρέχεται η μέγιστη περιβαλλοντική προστασία [61].

Κάθε τεχνική ανακύκλωσης έχει να κάνει με τον τύπο του panel και το κόστος. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο πρέπει να ανακτώνται τα υλικά που είναι σπάνια και έχουν μεγάλο κόστος παραγωγής, καθώς επίσης και τα υλικά, τα οποία είναι επιβλαβή για το περιβάλλον.

Όπως προαναφέρθηκε, την αντικατάσταση των φωτοβολταϊκών panel την αναλαμβάνει η προμηθεύτρια εταιρία. Το ποσοστό των υλικών που δεν μπορεί να ανακυκλωθεί, δεσμεύεται και αναγκαστικά μεταφέρεται στους χώρους υγειονομικής ταφής. Το εν λόγω ποσοστό διαρκώς μικραίνει με την πάροδο των ετών και τείνει να είναι μικρότερο από 5%. Να σημειωθεί ότι με την εφαρμογή ορισμένων μεθόδων ανακύκλωσης, εξάγονται τα υλικά και ταυτόχρονα ανακτάται ενέργεια με τη βοήθεια της καύσης πολυμερών υλικών κλπ.

Οι τεχνολογίες ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων αναφέρονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μέθοδοι ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών υλικών [62].

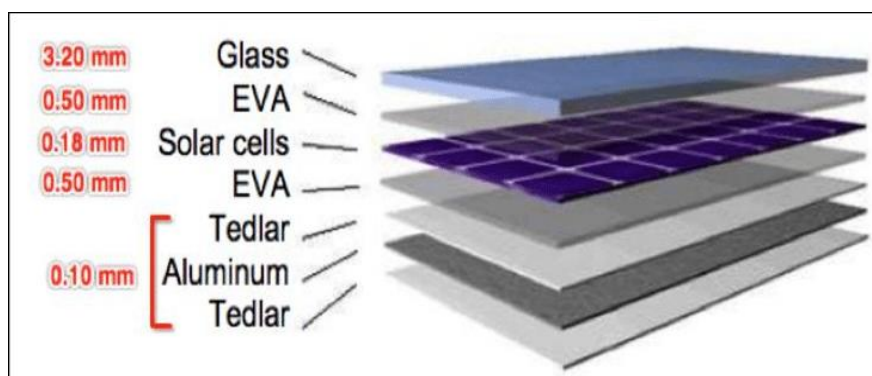
A/A	Τεχνική	Περιγραφή
1	Θερμική μέθοδος	Αποτεφρώνονται τα υλικά και υπόκεινται σε πυρόλυση και ψύξη.
2	Μηχανική μέθοδος	Γίνεται η σύνθλιψη των υλικών, η τριβή τους και ο

		<p>φυγόκεντρος διαχωρισμός τους σύμφωνα με την πυκνότητά τους.</p> <p>Κατόπιν, διεξάγεται η επίπλευση, η προσρόφηση και εν συνεχεία η καθίζηση.</p> <p>Το επόμενο στάδιο αποτελεί ο διαχωρισμός των μετάλλων, η κοπή και η χάραξη τους.</p>
3	Χημική μέθοδος	Τα στάδια επεξεργασίας περιλαμβάνουν διαλύτες και εν συνεχεία ακολουθεί η χημική χάραξη των υλικών.
4	Οπτική μέθοδος	Γίνεται χρήση lasers και πρόσπτωσης της ακτινοβολίας.

Να σημειωθεί ότι συχνά λαμβάνει χώρα ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεθόδων [61].

Κατά την ανακύκλωση φωτοβολταϊκών panel από κρυσταλλικό Si, γίνεται αρχικά η επιλογή των υλικών στα οποία συνίσταται το panel. Γίνεται ο διαχωρισμός του πλαισίου του αλουμινίου και αφαιρούνται όλα τα καλώδια, τα οποία απογυμνώνονται για να αφαιρεθεί ο χαλκός, καθώς επίσης και τα πλαστικά μέρη του κιβωτίου σύνδεσης.

Τα υλικά από αλουμίνιο με το χαλκό μεταφέρονται στα εργοστάσια ανακύκλωσης. Εν συνεχεία διαχωρίζονται οι στρώσεις των υπόλοιπων υλικών όπως π.χ. το γυαλί, το πολυμερικό film EVA κλπ. [59].



Εικόνα 9: Panel κρυσταλλικού Si [63].

Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει τον καθαρισμό του γυαλιού και των πλακιδίων του Si, τα οποία αφαιρούνται από την αντιανακλαστική επιφάνεια του panel. Τέλος, τα βασικά υλικά που προκύπτουν είναι το γυαλί, το πυρίτιο, το πλαστικό και διάφορα μέταλλα.

Στις εταιρίες ανακύκλωσης, εκτελούνται σχεδόν όλες οι τεχνικές ανακύκλωσης, προκειμένου να αυξάνουν κατά το δυνατόν το ποσοστό της ανακύκλωσης των υλικών και να ανακτώνται τα ακριβά υλικά. Μάλιστα, ορισμένες εταιρείες ανακύκλωσης δραστηριοποιούνται και στον τομέα της παραγωγής φωτοβολταϊκών συστημάτων μεγιστοποιώντας το κέρδος τους.

Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί ότι διεξάγονται έρευνες με σκοπό την βελτιστοποίηση του τρόπος αφαίρεσης του πλαισίου του panel και του κιβωτίου κατά το αρχικό στάδιο. Οι εν λόγω έρευνες συνδέονται με θερμικές, μηχανικές και χημικές μεθόδους ανακύκλωσης.

Στην μέθοδο ανακύκλωσης με θερμική επεξεργασία, εφαρμόζεται μια σύγχρονη τεχνολογία, η οποία περιέχει τα ακόλουθα στάδια:

A. αφαίρεση του αλουμινίου από το πλαίσιο,

B. Αφαίρεση του πίσω καλύμματος και

Γ. Καύση του film EVA.

Η ανωτέρω διαδικασία διεξάγεται αυτοματοποιημένα. Αναλυτικά, γίνεται η φόρτωση του panel και εν συνεχεία ανακτώνται όλα τα πολύτιμα υλικά του φωτοβολταϊκού συστήματος. Μετά την αφαίρεση του πλαισίου και την εξαγωγή του αλουμινίου, λαμβάνει χώρα η αφαίρεση του πίσω καλύμματος με τη χρήση ειδικής φρέζας, ώστε να μην καταστραφεί ο υαλοπίνακας λόγω της ιδιαίτερα υψηλής θερμοκρασίας.

Η ποσότητα του αλουμινίου ανακυκλώνεται και το κάλυμμα αποτελεί πλέον απόβλητο. Τα στρώματα του φιλμ που απομένουν οδηγούνται σε ειδικό κλίβανο, ο οποίος προθερμαίνεται σε θερμοκρασία 350°C. Κατόπιν, η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 500°C και μετά την πάροδο εύλογου χρόνου επαναρυθμίζεται στους 250°C. Έτσι γίνεται η καύση του film EVA. Η παραγόμενη θερμότητα από την καύση του ενθυλακωτικού film επιστρέφει στον κλίβανο.

Η μέθοδος αυτή ξεκίνησε σε ερευνητικό επίπεδο και πέρασε πλέον σε εμπορικό

στάδιο. Ακόμη, δύναται να εφαρμοστεί σε φωτοβολταϊκά panels άμορφου πυριτίου (Si) ή δισεληνοϊνδιούχου χαλκού. Σ' αυτήν την περίπτωση χαράσσονται τα ημιαγώγιμα υλικά, γίνεται ανάκτηση του γυαλιού και των πλακιδίων του Si. Ωστόσο, το μειονέκτημά της είναι ότι δεν ανακτώνται άλλα πολύτιμα μέταλλα, όπως π.χ. ο άργυρος [61]. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο επιλέγεται ο συνδυασμός με άλλες τεχνικές ανακύκλωσης, προκειμένου να ανακτάται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό εκ των υλικών.

Επιπροσθέτως, για την επίτευξη μείωσης του κόστους της ανακύκλωσης γίνονται έρευνες για την αναζήτηση νέων διαδικασιών ανάκτησης των πλακιδίων από Si και λοιπών μετάλλων (π.χ. άργυρο και χαλκό κλπ.). Βάσει των εν λόγω μελετών, αρχικά γίνεται η θραύση του γυαλιού και ύστερα η καύση των panels υπό υψηλή θερμοκρασία που φτάνει έως και τους 550°C. Με αυτό τον τρόπο ανακτώνται ευκολότερα τα πλακίδια του Si, τα οποία όταν υποστούν απόξυση είναι πλέον επαναχρησιμοποιήσιμα εμφανίζοντας ιδιαίτερα υψηλή απόδοση [61].

Άλλη μια μέθοδος θερμικής ανακύκλωσης των panels συνδέεται με το διαχωρισμό των στρωμάτων των υλικών. Κατόπιν γίνεται η χημική τους απόξυση και εν συνεχεία η μηχανική τους επεξεργασία. Αρχικά, θερμαίνεται το panel στους 480°C. Ανά ένα λεπτό αυξάνεται η θερμοκρασία κατά 15°C, με αποτέλεσμα να γίνεται βαθμιαία η ανάκτηση των πλακιδίων από Si. Εν συνεχεία, γίνεται η χημική απόξυση των πλακιδίων με την εφαρμογή νιτρικού οξέος και υδροξειδίου του Καλίου, προκειμένου να αφαιρείται ο άργυρος μαζί με το αλουμίνιο. Μέσω τριβής απομακρύνεται η επαφή p-n και η αντανάκλαστική επιφάνεια. Επιπλέον, αφαιρείται το οπίσθιο μέρος του φωτοβολταϊκού συστήματος με την εφαρμογή εκ νέου υδροξειδίου του Καλίου.

Τα ανακυκλωμένα πλακίδια από Si έχουν την ίδια απόδοση ακόμα και με τα καινούργια πλακίδια Si. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι τα πλακίδια από ανακύκλωση εμφανίζουν λέπτυνση στο πάχος τους. Ενώ το αρχικό πάχος ενός καινούργιου πλακιδίου είναι περίπου 200 μm, κατόπιν της ανωτέρω διεργασίας ανάκτησης, το πάχος το νέου πλακιδίου κατόπιν ανακύκλωσης, μειώνεται περίπου στα 180 μm [63], [106].

Επιπλέον, σε ερευνητικό επίπεδο, διεξάγονται πειράματα για την εφαρμογή ενός νέου είδους θερμικής μεθόδου στα panel που φέρουν οπίσθιο κάλυμμα πολυβινυλοφθοριδίου. Αρχικά θερμαίνεται το panel σε θερμοκρασία 330°C επί 30 λεπτά. Αυτό γίνεται, προκειμένου να διαχωριστεί το PVF από το υπόλοιπο panel. Κατόπιν, το EVA και το PVF υπόκεινται σε καύση σε θερμοκρασία της τάξης των 400°C για δύο ώρες. Έτσι γίνεται η ανάκτηση του γυαλιού, των πλακιδίων από πυρίτιο (Si) και των ταινιών του χαλκού. Η εν λόγω διαδικασία δεν διακόπτεται, αλλά συνεχίζεται με την απόξυση των πλακιδίων με τη χρήση διαφόρων ειδών οξέων, ώστε να απομακρυνθούν όσες ενώσεις παραμένουν και κρίνονται μη επιθυμητές.

Το υδροχλωρικό οξύ και το υπεροξείδιο του υδρογόνου βοηθούν στην απομάκρυνση του αλουμινίου. Το υδροφθορικό οξύ χρησιμοποιείται για να απομακρύνει την αντανάκλαστική επιφάνεια και τον άργυρο. Επίσης με τη χρήση του υδροξειδίου του νατρίου απομακρύνεται η δίοδος p-n και η μεταλλική επιφάνεια του οπίσθιου τμήματος του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Το μειονέκτημα της εν λόγω μεθόδου, είναι ότι εκλύονται τοξικά αέρια, λόγω της καύσης του PVF και EVA [61]. Γι' αυτό το λόγο, εφαρμόζεται και η μηχανική επεξεργασία, προκειμένου να απαλείφεται το μειονέκτημα αυτό και να επιτευχθεί να μην εκλύονται τα τοξικά καυσαερίων. Έτσι, λοιπόν, εταιρίες, όπως π.χ. η Mitsubishi, έχει αναπτύξει μία σύγχρονη μέθοδο ανακύκλωσης με μηχανική απόξυση, προκειμένου να επιτυγχάνει την ανάκτηση του γυαλιού χωρίς το ενθυλακωτικό φιλμ EVA. Το γυαλί που ανακτάται, χρησιμοποιείται με τη μορφή κόκκων γυαλιού. Τα υπόλοιπα στρώματα μεταφέρονται σε μεταλλουργείο, προκειμένου να υποστούν την κατάλληλη επεξεργάζονται. Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα, ο ρυθμός με τον οποίο ανακτάται το γυαλί είναι 1 panel/λεπτό [61].

Με την μηχανική απόξυση, έχει υιοθετηθεί για τα γυάλινα στρώματα και από άλλες εταιρείες, όπως η Toho Kasei Co. Ltd στην Κίνα. Αρχικά γίνεται η απόξυση του καλύμματος και εν συνεχεία του ενθυλακωτικού φιλμ EVA. Επίσης, αφαιρούνται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και τα ηλεκτρόδια του συστήματος.

Το οπίσθιο κάλυμμα είναι πλέον θρύμματα, τα οποία διαλύονται με κατάλληλο

υγρό- διαλύτη. Έτσι ανακτώνται και άλλα μέταλλα, πυρίτιο (Si), πολυμερή υλικά κλπ. Να σημειωθεί ότι ο κύριος στόχος της μεθόδου είναι η ανάκτηση του Si σε ποσοστό όσο το δυνατόν πιο υψηλής καθαρότητας. Ταυτόχρονα, το πολυμερές από το φιλμ ενθυλάκωσης, το οποίο εξάγεται, χρησιμοποιείται και ως καύσιμο. Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι η εν λόγω διαδικασία, θεωρείται χρονοβόρα, ενώ επίσης όσα υπολείμματα προκύπτουν από τη διάλυση, αποτελούν βιομηχανικά απόβλητα [61].

Έχουν αναπτυχθεί κι άλλες μέθοδοι, απομάκρυνσης του ενθυλακωτικού φιλμ από το γυαλί. Η επικρατέστερη είναι η εφαρμογή μιας λεπίδας ειδικά θερμαινόμενης. Ανάμεσα στις εταιρείες που εφαρμόζουν την εν λόγω μέθοδο είναι η Κινέζικη Hamada και η NPCGroup στην Ιαπωνία.

Η ανωτέρω μέθοδος σε πρώτο στάδιο προχωρά στην αφαίρεση του πλαισίου του αλουμινίου. Κατόπιν γίνεται η απόξυση του οπίσθιου καλύμματος. Συγκεκριμένα με τη χρήση ειδικά θερμαινόμενης λεπίδας γίνεται η αποκόλληση του στρώματος του γυαλιού από το ενθυλακωτικό film. Το γυαλί που εξάγεται προορίζεται για ανακύκλωση και τα άλλα στρώματα του panel υπόκεινται σε κατάλληλη χημική επεξεργασία, όπου γίνεται η ανάκτηση των υπολοίπων μετάλλων [61].

Μια άλλη σύγχρονη τεχνική ανακύκλωσης είναι ο αυτόματος τεμαχισμός. Τότε γίνεται η μηχανική αποσυναρμολόγηση του πλαισίου αλουμινίου και ο τεμαχισμός των υπολοίπων στρωμάτων. Η εν λόγω διαδικασία φθάνει στο τελικό της στάδιο, δεδομένου ότι λαμβάνει χώρα ο επιθυμητός διαχωρισμός του γυαλιού και η ανάκτηση όλων των απαραίτητων μετάλλων.

Η εν λόγω μέθοδος πραγματοποιήθηκε, αρχικά, σε ερευνητικό επίπεδο στο Πανεπιστήμιο Sapienza της Ιταλίας με τη χρηματοδότηση της ΕΕ. Πλέον εφαρμόζεται από αρκετές εταιρείες ανακύκλωσης. Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε panel άμορφου Si ή κρυσταλλικού πυριτίου και τελλουριούχου καδμίου [61].

Αναλυτικά, η διαδικασία έχει ως εξής: λαμβάνει χώρα ο θρυμματισμός του panel και συνθλίβεται με τη χρήση ενός διπλού ρότορα και μιας σφύρας άλεσης. Τα θρυμματισμένα κομμάτια, διαχωρίζονται και συλλέγονται ανάλογα με τη διάμετρό τους. Όσα έχουν διάμετρο άνω του 1 mm, καίγονται στους 650°C. Στη φάση αυτή

διαχωρίζονται τα πολυμερή. Ακόμη, όσα έχουν διάμετρο από 0.08 mm έως 1 mm, γίνεται η ανακτηση τους απευθείας ως γυαλί. Τα κομμάτια με διάμετρο μικρότερη από 0,08mm, υπόκεινται σε υδρομεταλλουργική διαδικασία και ανακτώνται τα επιθυμητά μέταλλα [61].

Επιπλέον, αναπτύσσονται διαρκώς και νέες τεχνικές και έρευνες που στοχεύουν στην ανάκτηση του γυαλιού με τον ταυτόχρονο διαχωρισμό των υπολοίπων φωτοβολταϊκών στοιχείων και άλλων πολυμερών, μέσω μιας κινητής μονάδας ανακύκλωσης. Στη διαδικασία αυτή, σε αρχικό στάδιο, λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση του πλαισίου του αλουμινίου, καθώς επίσης και του κιβωτίου σύνδεσης από το φωτοβολταϊκό panel. Εν συνεχεία γίνεται ο τεμαχισμός του με κατάλληλο μηχάνημα σε μικρά κομμάτια. Τα κομμάτια έχουν διατάσεις 100mmx100mm. Τα τεμάχια αυτά υπόκεινται σε θρυμματισμό σε ειδικό μύλο σε κοκκία με διάμετρο μικρότερης των 6 mm. Τα κοκκία περνούν από πλαίσιο με οπές που έχουν διάμετρο 6 mm.

Η εν λόγω διαδικασία επαναλαμβάνεται, προκειμένου να τα κοκκία να φτάσουν να έχουν διάμετρο τα 2 mm. Τελικά προκύπτουν τρία μεγέθη διαμέτρων: από 0,5mm έως 2 mm, όπου αποτελείται από πολυμερές και χαλκό που απομακρύνεται με έναν περιστρεφόμενο μαγνήτη, από 0,32mm έως 0,5 mm, όπου αποτελείται από γυαλί χαμηλής περιεκτικότητας Si και περίπου 0,32 mm, όπου αποτελείται από γυαλί υψηλής περιεκτικότητας Si.

Η εν λόγω τεχνική διακρίνεται από αρκετά πλεονεκτήματα, όπως μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις με εξαιρετικά ασήμαντες εκπομπές CO₂. Επιπλέον, εξοικονομούνται πόροι και μειώνεται σημαντικά το κόστος παραγωγής σε σχέση με τις τεχνικές των συμβατικών τεχνικών από τα βιομηχανικά εργοστάσια, ενώ εξοικονομείται χώρος, δεδομένου ότι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται αποθηκεύεται σε εμπορευματοκιβώτια.

Διαρκώς αναπτύσσονται νέες μέθοδοι ανακύκλωσης με ικανοποιητικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα η μέθοδος σύνθλιψης υπό συνθήκες μεγάλου ψύχους. Η εν λόγω τεχνική έχει αναπτυχθεί από την Κινεζική εταιρία ανακύκλωσης

Yingli Solar μαζί με επιστήμονες από διάφορα πανεπιστήμια της Κίνας. Η διαδικασία που ακολουθείται προσομοιάζει με την προηγούμενη μέθοδο που περιγράφηκε ανωτέρω. Το αρχικό της στάδιο αφορά στην απομάκρυνση του πλαισίου του αλουμινίου και του κιβωτίου σύνδεσης. Κατόπιν, εφαρμόζεται υγρό Άζωτο με αποτέλεσμα να ψύχονται τα υλικά και να θρυμματίζονται σε μικροσκοπικά σωματίδια. Αυτά τα σωματίδια διαχωρίζονται με ηλεκτροστατικό διαχωρισμό. Το ποσοστό ανακύκλωσης με την εν λόγω τεχνική προσεγγίζει το 90%. Ωστόσο το Si που εξάγεται εμφανίζει χαμηλή καθαρότητα και δεν είναι εύκολη η επαναχρησιμοποίησή του για την παραγωγή νέων φωτοβολταϊκών panel [62]. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι πρέπει να προχωρήσουν περαιτέρω οι έρευνες για τη βελτιστοποίηση αυτής της μεθόδου.

Αναφορικά με τις χημικές μεθόδους, ο διαχωρισμός των στρωμάτων των panel γίνεται με μεγάλη αποτελεσματικότητα. Όμως επιβαρύνουν το περιβάλλον, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό. Συγκεκριμένα τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν και τα επιβλαβή αέρια που εκλύονται επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον.

Συνεπώς, οι χρονοβόρες διεργασίες που απαιτούνται, προκειμένου να διαχωριστούν τα στρώματα του panel με χημικές μεθόδους κρίνεται ως ιδιαίτερα δύσκολη σε εφαρμογές ευρείας εμπορικής κλίμακας. Γι' αυτό κατά κύριο λόγο, η χρήση τους περιορίζεται κατά βάση σε μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας φωτοβολταϊκών panel εφαρμόζοντας τα απαραίτητα μέτρα για την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, η Ιαπωνική βιομηχανία Yokohama Oil & Fats έχει αναπτύξει και εφαρμόζει μία σύγχρονη υβριδική μέθοδο ανακύκλωσης. Συγκεκριμένα, γίνεται η εφαρμογή διαλύτη, προκειμένου να απομακρύνεται το ενθυλακωτικού φιλμ από τα λοιπά στρώματα των υλικών. Κατόπιν, απομακρύνονται το πλαίσιο του αλουμινίου και το κουτί σύνδεσης και το οπίσθιο κάλυμμα του φωτοβολταϊκού panel. Το γυαλί, το ενθυλακωτικό φιλμ και εν γένει τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, καθώς επίσης και τα ηλεκτρόδια διαχωρίζονται με τη βύθιση τους σε έναν ουδέτερο διαλύτη. Το γυαλί που προκύπτει είναι έτοιμο προς ανακύκλωση και δύναται ύστερα να επαναχρησιμοποιηθεί.

Αναφορικά με την ανάκτηση του φιλμ EVA, του Si και των ηλεκτροδίων, εξάγονται από τη σύνθλιψη και τη βύθιση των υλικών σε ειδικό αλκαλικό διαλύτη. Ο άργυρος ανακτάται με επιπλέον κατάλληλη επεξεργασία.

Το μεγάλο μειονέκτημα της εν λόγω μεθόδου είναι ότι αποτελεί μια ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία που μπορεί να αντισταθμιστεί από τους χρησιμοποιημένους διαλύτες που θεωρούνται φιλικό για το περιβάλλον σε σχέση με άλλους τύπους οργανικών διαλυτών ή οξέων [61].

Παράλληλα, διεξάγονται νέες έρευνες με χρήση οργανικών διαλυτών από τριχλωροαιθυλένιο, διχλωροβενζόλιο, βενζόλιο και τολουόλιο, όπου χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα υπέρηχοι για την διάλυση του φιλμ EVA. Βάσει των δοκιμών, το film διαλύεται πλήρως σε μία ώρα εφαρμόζοντας υπερήχους ισχύος της τάξης των 450 W και υπό συνθήκες θερμοκρασίας 70°C [64].

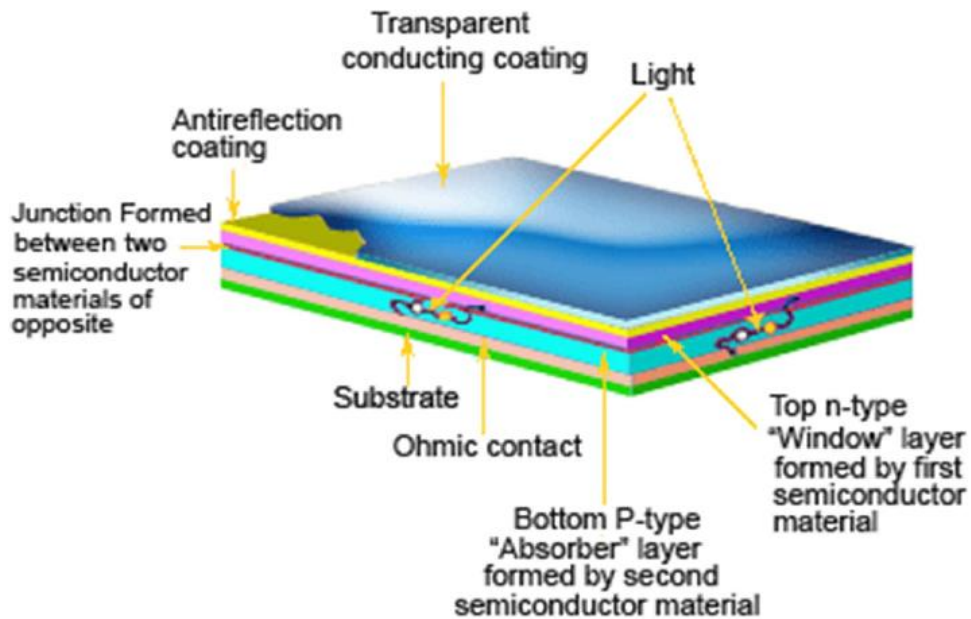
Αναφορικά με την ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών στοιχείων από λεπτό υμένιο, θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι δεν εμφανίζει την αναμενόμενη πρόοδο. Ωστόσο, στα φωτοβολταϊκά πλαίσια που περιέχουν τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), εμφανίζουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορούν να απορροφούν περίπου το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Αρκετές εταιρείες ασχολούνται με την εν λόγω επεξεργασία ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών panel από τελλουριούχο καδμίου (CdTe). Συγκεκριμένα εφαρμόζουν μηχανικές και χημικές μεθόδους. Ορισμένες από τις εταιρίες είναι η First Solar και η Krannich Solar.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα φωτοβολταϊκά panels που προορίζονται για ανακύκλωση πρέπει συσκευάζονται σε κατάλληλα κιβώτια τηρώντας συγκεκριμένες προδιαγραφές και προϋποθέσεις.

Συνήθως τα panel Si δεν πρέπει να είναι συσκευασμένα μαζί με panel από λεπτό υμένιο. Επιπλέον, στο ίδιο κιβώτιο υπάρχει η δυνατότητα της τοποθέτησης panel ίδιας τεχνολογίας.

Στην Εικόνα 10 φαίνεται η διαστρωμάτωση ενός panel λεπτού υμενίου.



Εικόνα 10: Panel λεπτού υμενίου [65].

Σε σχέση με τις θερμικές μεθόδους επεξεργασίας και ανακύκλωσης των panel, οι βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι κατά βάση:

- η αποτέφρωση,
- η πυρόλυση,
- η τήξη.

Στα panel από κρυσταλλικού Si και CIGS, η διαδικασία της ανακύκλωσης περιλαμβάνει την αφαίρεση του πλαισίου του αλουμινίου, την απομάκρυνση του οπίσθιου καλύμματος, την καύση της μεμβράνης EVA και τέλος την απόξυση των στρώσεων του panel τεχνολογίας CIS.

Αναφορικά με τη μεμβράνη EVA, η καύση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 450°C έως 500 °C. Έτσι προκύπτουν δύο γυάλινες πλάκες με τους ημιαγωγούς στο μπροστινό γυαλί, όταν πρόκειται για panel CdTe και στο πίσω γυαλί, εφόσον πρόκειται για panel CIS.

Η απόξυση του στρώματος CIGS από το γυαλί, γίνεται με μηχανικό τρόπο με την εφαρμογή συρμάτινου πλέγματος. Κατόπιν, τα μέταλλα που συλλέγονται από την επίστρωση CIGS, οδηγούνται για να ανακυκλωθούν.

Κατά τη μηχανική επεξεργασία είναι συχνή η εφαρμογή της μεθόδου του αυτόματου τεμαχισμού. Αρχικά γίνεται αποσυναρμολότητα των πλαισίων αλουμινίου με χειροκίνητο τρόπο και εν συνεχεία τεμαχίζονται τα στρώματα του panel, προκειμένου να γίνει ο διαχωρισμός του γυαλιού και να ανακτηθούν τα ζητούμενα μέταλλα. Η εν λόγω διαδικασία λαμβάνει χώρα σε panel τελλουριούχου καδμίου ή κρυσταλλικού Si ή άμορφου Si [61].

Ακόμη, αρκετές εταιρίες έχουν αναπτύξει μεθόδους ανακύκλωσης ακόμη πιο σπάνιων στοιχείων όπως το γάλλιο (Ga) και το ίνδιο (In) από panel CIGS. Η Αγγλική εταιρία Reclaim θεωρείται πρωτοπόρος στην εν λόγω τεχνική. Με την μέθοδο αυτή, τα panel CIGS υπόκεινται σε θρυμματισμό και διαχωρισμό. Τότε ανακτώνται ο προστατευτικός υαλοπίνακας, καθώς επίσης το γυάλινο υπόστρωμα, το οποίο καλύπτεται από την στρώση CIGS.

Το επόμενο βήμα αφορά στο ανακτώμενο γυαλί του υποστρώματος. Συγκεκριμένα, υποβάλλεται σε χημική επεξεργασία με τη χρήση θειικού οξέος και υπεροξειδίου του υδρογόνου, οπότε και ανακτώνται το Γάλλιο (Ga) και το Ίνδιο (In). Γενικά όλα τα μέταλλα που ανακτώνται υπόκεινται σε καθαρισμό και σε υδρομεταλλουργικές διεργασίες. Ακόμη, εξευγενίζονται κατόπιν πρόσθετης χημικής επεξεργασία.

Επιπροσθέτως, κατά την μηχανική επεξεργασία, έχει εισαχθεί μια καινοτόμος μέθοδος τεμαχισμού των panel με θερμαινόμενο κοπίδι. Μετά την αφαίρεση του πλαισίου αλουμινίου και του κουτιού σύνδεσης, εισάγεται το κοπίδι εισάγεται μεταξύ του προστατευτικού του υαλοπίνακα και του γυάλινου υποστρώματος και συλλέγεται το προστατευτικό κάλυμμα του υαλοπίνακα, στον οποίο παραμένουν υπολείμματα EVA. Ακόμη, γίνεται η συλλογή του γυάλινου υποστρώματος που σπάει και που περιλαμβάνει στρώσεις από CIGS, μολυβδαίνιο (Mo) και κάποια πολυμερή. Κατόπιν, οι δύο τύποι γυαλιού υπόκεινται σε χημική επεξεργασία, προκειμένου να ανακτηθεί καθαρό γυαλί και μέταλλα [61].

Η μέθοδος οπτικής επεξεργασίας αποτελεί μια ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο, σύμφωνα με τους κανόνες συμμόρφωσης της ΕΕ. Στο πλαίσιο αυτό, οι εταιρίες ανακύκλωσης διερευνούν τη δυνατότητα για την υιοθέτηση νέων μορφών

επεξεργασίας και ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών panel. Ενδεικτικά, η Γερμανική εταιρία Loser Chemie GmbH έχει αναπτύξει οπτικές μεθόδους διαχωρισμού του γυαλιού και των υπόλοιπων στοιχείων των panel.

Μετά την αφαίρεση και απομάκρυνση του αλουμινίου από το πλαίσιο, καθώς και των ακροδεκτών, τα panel μεταφέρονται σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο σύστημα οπτικής επεξεργασίας. Το σύστημα αυτό διαθέτει ακτίνες laser ή λαμπτήρες πυράκτωσης. Η διάρκεια της οπτικής επεξεργασίας είναι 60sec/panel. Σε panel τύπου CdTe ή/και CIGS είναι απαραίτητη η χημική επεξεργασία με τη χρήση μεθανοθειικού οξέος.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να επιτύχει την ανάκτηση του γυαλιού χωρίς να φέρει ιδιαίτερες φθορές. Ακόμη υφίσταται η δυνατότητα για το διαχωρισμό των μετάλλων στα ελάσματα και για την ανάκτησή τους με τη χρήση μεταλλουργικών μεθόδων. Ωστόσο, το πιο σημαντικό πλεονέκτημά της είναι η μηδενική επιβάρυνση του περιβάλλοντος [61].

2.3.2 Ανακύκλωση στοιχείων των ανεμογεννητριών

Στην κατεύθυνση της εξέλιξης και της προόδου των ΑΠΕ, θα πρέπει να τονιστεί ότι η αιολική ενέργεια θεωρείται ένα από τα κομβικά στοιχεία για την πολυπόθητη πρόοδο στον ενεργειακό τομέα και για την οικονομική πολιτική των κρατών.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, θεωρείται εξίσου σημαντική η πρόβλεψη για την ανακύκλωση των μερών των ανεμογεννητριών, τα οποία όταν απαιτείται η αντικατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, θα πρέπει ανακυκλώνονται.

Η διαχείριση των εποξειδικών και πολυεστερικών πλαστικών είναι μια ιδιαίτερη πρόκληση, δεδομένου ότι αποτυπώνει τη μέγιστη δυσκολία στα θέματα της ενέργειας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ΕΕ έχει προωθήσει ως την καταλληλότερη μέθοδο, την ανακύκλωση των πτερυγίων των ανεμογεννητριών, των προϊόντων ινών υάλου, των μετάλλων κλπ.. Επίσης, τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα και να μην καίγονται ή να θάβονται σε απομακρυσμένα μέρη.

Οι ίνες υάλου δύνανται να χρησιμοποιηθούν αφού θρυμματιστούν και διαχωριστούν ως υλικό πλήρωσης του υάλου ή των συνεκτικών μέσων. Όμως η εν λόγω διαδικασία διαχωρισμού κρίνεται ως ενεργοβόρα και αρκετά κοστοβόρα.

Σύμφωνα με έρευνες, τα υλικά των ανεμογεννητριών ανακυκλώνονται σε ποσοστό που ξεπερνά το 85% και κατόπιν επαναχρησιμοποιούνται.

Όταν έχει παρέλθει ο χρόνος ζωής των ανεμογεννητριών, αποσυναρμολογούνται, προκειμένου να γίνει η βέλτιστη διαχείριση των υλικών τους.

Κατά τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης γίνεται διαδοχικά η αντίστροφη σειρά από τη διαδικασία της κατασκευής των ανεμογεννητριών. Συγκεκριμένα, απομακρύνονται τα λιπαντικά έλαια και οι επικίνδυνες ουσίες από το ρότορα. Πρόκειται για υλικά που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Κατόπιν, αποσυνδέεται η γεννήτρια από το δίκτυο και αφαιρούνται αρκετά δομικά στοιχεία των γεννητριών, όπως τα πτερύγια, ο διακλαδωτής, η άτρακτος και ο πύργος. Επόμενο βήμα είναι ο διαχωρισμός των αποσυναρμολογημένων μερών της ανεμογεννήτριας βάσει του υλικού κατασκευής της και εν συνεχεία μεταφέρονται προς ανακύκλωση.

Αναφορικά με τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες, ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία αποσυναρμολόγησης με τις χερσαίες ανεμογεννήτριες. Φυσικά τα τμήματα που αφαιρούνται οδηγούνται στην ξηρά. Να σημειωθεί ότι το τμήμα θεμελίωσης τους που κείται στον πυθμένα της θάλασσας απομακρύνεται μερικώς [66]. Είναι φανερό, ότι κόστος αποσυναρμολόγησης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με το κόστος των χερσαίων ανεμογεννητριών. Προκειμένου να μειωθεί το κόστος, οι επιστήμονες διερευνούν νέες μεθόδους αποσυναρμολόγησης. Οι μέθοδοι ανακύκλωσης των υλικών που προκύπτουν από την αποσυναρμολόγηση των ανεμογεννητριών περιλαμβάνουν μια σειρά διαδικασιών που θα αναπτυχθούν στις επόμενες ενότητες.

Αναφορικά με την ανακύκλωση των μετάλλων των ανεμογεννητριών, τα μέρη της ανεμογεννήτριας από χάλυβα είναι ο πυλώνας, το κιβώτιο ταχυτήτων και μέρος της ατράκτου. Ως γνωστόν, ο χάλυβας αποτελεί υλικό, όπου τα χαρακτηριστικά του επιτρέπουν την σχεδόν πλήρη ανακύκλωσή του. Επίσης το προκύπτων

ανακυκλωμένο υλικό έχει ισοδύναμη απόδοση με το αρχικό και δύναται να επαναχρησιμοποιηθεί κατόπιν της ανακύκλωσης του.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η μέθοδος της καμίνου με οξυγόνο και η τεχνική του κλιβάνου με ηλεκτρικό τόξο. Με τις διαδικασίες αυτές επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των προσμίξεων κατά το στάδιο της τήξης. Άλλωστε, στην καθαρότητα του προκύπτοντος χάλυβα, συνίσταται και η χρήση και ο σκοπός της επαναχρησιμοποίησης.

Η μέθοδος της καμίνου με οξυγόνο θεωρείται λιγότερο αποδοτική αναφορικά με τη δυνατότητα αφαίρεσης ορισμένων μη επιθυμητών στοιχείων. Προκειμένου αυτά να απομακρυνθούν, πρέπει να γίνονται νέες διεργασίες για την βελτίωση της χημικής σύστασης του τελικού προϊόντος. Ωστόσο οι εν λόγω διαδικασίες καθιστούν την συνολική μέθοδο εξαιρετικά δαπανηρή και χρονοβόρα [67].

Τα χάλκινα μέρη των ανεμογεννητριών είναι κατά βάση οι καλωδιώσεις, τα πηνία, και σε ένα ποσοστό υλικά από τις γεννήτριες και τα κιβώτια. Ο χαλκός θεωρείται μαλακό, εύπλαστο και όλκιμο μέταλλο με ιδιαίτερα υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η ανακύκλωσή του γίνεται εύκολα με το παραγόμενο προϊόν της ανακύκλωσης να ανέρχεται στο 90% της ονομαστικής τιμής του αρχικού χαλκού. Η ανακύκλωση χαλκού μεγάλης καθαρότητας περιλαμβάνει την τήξη του σε ειδικό κλίβανο ανόδου. Ο χαλκός μικρότερης καθαρότητας πρέπει να βυθίζεται σε διάλυμα από θειικό οξύ και ακολουθεί η τήξη σε κλίβανο τύπου Kaldor ή τύπου TSL.

Οι άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας είναι κατασκευασμένοι από χυτοσίδηρο. Ομοίως και μέρη της γεννήτριας, του συστήματος περιστροφής και του κιβωτίου ταχυτήτων ή του διακλαδωτή. Αυτό εξαρτάται από την κατασκευάστρια εταιρεία [66].

Αναφορικά με το χυτοσίδηρο, αποτελεί κράμα σιδήρου περιεκτικότητας σε άνθρακα (2%). Η θερμοκρασία τήξης είναι χαμηλή. Πρόκειται για ένα εύθραυστο υλικό σε σύγκριση με τον χάλυβα. Διαθέτει αντοχή στην φθορά και στην οξείδωση. Η διαδικασία ανακύκλωσης του μοιάζει με αυτή του χάλυβα. Επίσης, φέρει το μεγάλο πλεονέκτημα ως υλικό ότι υπάρχει η δυνατότητα για την κατ' επανάληψη

ανακύκλωσή χωρίς να υφίσταται επίδραση στις ιδιότητες και στα χαρακτηριστικά του.

Σε σχέση με τα τμήματα των ανεμογεννητριών από αλουμίνιο, είναι η άτρακτος και ο πυλώνας. Η διαδικασία της ανακύκλωσης αλουμινίου των ανεμογεννητριών δεν θεωρείται ενεργοβόρα ούτε δαπανηρή αν συγκριθεί με τη διαδικασία παραγωγής τους. Απαιτεί κατά 95% λιγότερη ενέργεια. Το γεγονός αυτό καθιστά το αλουμίνιο ως απόβλητο ιδιαίτερα μεγάλης αξίας. Το ποσοστό από προσμίξεις άλλων υλικών στη σύσταση του αλουμινίου είναι καθοριστικός παράγοντας για τον καθορισμό της διαδικασίας της ανακύκλωσης.

Εφόσον το αλουμίνιο δεν περιλαμβάνει προσμίξεις, ανακυκλώνεται κατ' επανάληψη χωρίς να υπάρχει αλλαγή στις αρχικές τους ιδιότητες. Σε περίπτωση που απαντώνται προσμίξεις, υφίσταται η ανάγκη προσθήκης καθαρού αλουμινίου, προκειμένου να αυξηθεί η καθαρότητα του παραγόμενου προϊόντος [68].

Σε σχέση με την ανακύκλωση των σύνθετων υλικών των ανεμογεννητριών, δεν έχει σημειωθεί αντίστοιχη πρόοδος και φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτιστοποίησης της. Ωστόσο, είναι αποδεκτό από τους ειδικούς ότι πρόκειται για μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία ανακύκλωσης σε σύγκριση με τις μεθόδους ανακύκλωσης των άλλων υλικών των ανεμογεννητριών.

Πιο αναλυτικά, τα μέρη των ανεμογεννητριών, τα οποία κατασκευάζονται από σύνθετα υλικά είναι τα πτερύγια, το hub και η άτρακτος. Αρχικά, γίνεται η αποσυναρμολόγηση τους και το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει την αφαίρεση τμημάτων τα οποία είχαν πριν αφαιρεθεί και το κόψιμό τους σε πιο μικρά κομμάτια. Αυτό γίνεται, προκειμένου να μεταφερθούν ευκολότερα για πιο εξειδικευμένη επεξεργασία.

Η επικρατέστερη μέθοδος κοπής γίνεται με τη χρήση δισκοπρίονου. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι δισκοπρίονων με πολλαπλά μεγέθη, όπως π.χ. φορητά ή υδραυλικά πριόνια με δίσκο κοπής διαμέτρου 2 μέτρων. Ακόμη, μπορεί να χρησιμοποιείται ο υδραυλικός κόφτης για τον τεμαχισμό των πτερυγίων. Επιπλέον, η μέθοδος της υδροκοπής, αποτελεί την κοπή με τη χρήση νερού υψηλής

πίεσης. Με την εν λόγω μέθοδο κόβονται διάφορα υλικά ή μέταλλα. Με την εφαρμογή της υδροκοπής, δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον, ενώ παράλληλα δεν απελευθερώνεται σκόνη. Επίσης, δεν παράγεται θόρυβος. Τέλος, με τη μέθοδο της συρματοκοπής, πραγματοποιείται η κοπή με τη χρήση αδαμαντοφόρου χαλύβδινου σύρματος που περιπλέκεται περιμετρικά των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας. Εντούτοις, ενώ η εν λόγω μέθοδος είναι φιλική προς το περιβάλλον, χαρακτηρίζεται ως χρονοβόρα.

Κατόπιν της κοπής των σύνθετων υλικών, γίνεται ο διαχωρισμός των υλικών από το μεταλλικό σκελετό. Κατόπιν μεταφέρονται σε ειδικές εγκαταστάσεις, προκειμένου να επεξεργαστούν επιπλέον.

Τα μεταλλικά στοιχεία μεταφέρονται κατόπιν διαλογής τους για να ανακυκλωθούν σε ειδικές μονάδες.

Αναφορικά με τα υλικά των πτερυγίων διακρίνονται σε εξωτερικά με υαλονήματα και επιστρώσεις από πολυεστερικά υλικά και εσωτερικά, από πολυμερή υλικά (πολυεστέρας, PVC και εποξειδικά ή θερμοπλαστικά υλικά με μεταλλικά μέρη από σίδηρο).

Κατά την διαχείριση των πτερυγίων αρχικά ακολουθείται η πρόληψη, η επαναχρησιμοποίηση και η δυνατότητα αλλαγής της χρήσης. Αυτό συμβαίνει, ώστε να περιορίζονται κατά το δυνατόν οι περιβαλλοντικές συνέπειες.

Πιο αναλυτικά, η πρόληψη λαμβάνει χώρα κατά τον αρχικό σχεδιασμό των πτερυγίων, ώστε να είναι μειωμένο το πλήθος των σύνθετων υλικών και να μπορούν αν αντικαθίστανται με άλλα ανακυκλώσιμα υλικά. Η επαναχρησιμοποίηση των υλικών συνδέεται με την επεκτασιμότητα του κύκλου ζωής των πτερυγίων χάρη στην τακτική συντήρηση και την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τους. Ακόμη, η αλλαγή στη χρήση τμημάτων των πτερυγίων μπορεί να γίνεται με την μορφή εξαρτημάτων σε άλλες κατασκευές.

Αν, ωστόσο, καμία από τις ανωτέρω λύσεις δεν είναι πρακτικά εφικτές, επιδιώκεται η ανακύκλωσή τους. Η ανακύκλωση περιλαμβάνει την χρήση ενέργειας, αλλά και

άλλων πόρων για τη μετατροπή των υλικών των πτερυγίων και την εκμετάλλευσή τους σε διαφορετική λειτουργική χρήση. Ακόμη, η ανάκτηση των στοιχείων συνδέεται με την αφαίρεσή τους, ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Ακόμη, μετατρέπονται τα υπολείμματα σε καύσιμο ή σε θερμική ενέργεια.

Τέλος, η λεγόμενη απόθεση αφορά στη διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται σε κατάλληλους χώρους, εφόσον υφίσταται η δυνατότητα αξιοποίησης σε συνδυασμό με τους ως άνω εναλλακτικούς τρόπους.

Ενδεικτικά, κατά την ανακύκλωση των πτερυγίων, ένα πτερύγιο με μήκος 40 μέτρα, ζυγίζει 7 τόνους, αποτελώντας το 10% της ανεμογεννήτριας. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά είναι εξαιρετικά δύσκολο να ανακυκλωθεί. Ακριβώς αυτός είναι και η κύρια αιτία, όπου υφίστανται αντιδράσεις αναφορικά με την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, εγείροντας ζητήματα και προβληματισμούς ως προς τη βιωσιμότητα της ανανεώσιμης αιολικής ενέργειας.

Ορισμένες φορές, τα πτερύγια, μπορούν να επισκευαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Εντούτοις, συνήθως δεν επαναχρησιμοποιούνται και δεν αποτεφρώνονται. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ενδεικτικά, στην Ευρώπη, μόνο η Γερμανία, η Αυστρία, η Ολλανδία και η Φινλανδία έχουν θεσμοθετήσει την απαγόρευση της υγειονομικής ταφής των πτερυγίων.

Το μεγάλο πρόβλημα είναι το γεγονός ότι επειδή ο αριθμός των πτερυγίων των ανεμογεννητριών εκτιμάται ότι θα τετραπλασιαστεί στην επόμενη δεκαπενταετία, είναι αντιληπτό ότι η ανακύκλωσή τους είναι αποτελεί κλάδο με εξαιρετικά σημαντική μελλοντική ανάπτυξη.

Βάσει της βιομηχανίας των αιολικών πηγών ενέργειας, η διάρκεια ζωής π.χ. ενός αιολικού πάρκου κυμαίνεται από 15 χρόνια έως 20 χρόνια. Το μέγεθος και το μήκος των νέων πτερυγίων των ανεμογεννητριών είναι διπλάσιο από αυτό πριν από 20 χρόνια έως 30 χρόνια, δεδομένου ότι φτάνουν ακόμη και στα 90 μέτρα [69].

Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό, δεδομένου ότι σε μακροπρόθεσμη βάση, ο αριθμός των παροπλισμένων πτερυγίων αναμένεται να είναι εξαιρετικά μεγάλος και ίσως μη διαχειρίσιμος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάγκη άμεσης αλλαγής με συνολικό τρόπο του συστήματος ανακύκλωσης, ώστε να δύναται να επιτυγχάνεται η πρόληψη σοβαρών περιβαλλοντικών ζητημάτων στο μέλλον [70].

Για τη διαδικασία επεξεργασίας του τσιμέντου, η Ένωση των Ευρωπαϊκών Βιομηχανιών που δραστηριοποιούνται στον τομέα των σύνθετων υλικών έχει προτείνει μία μέθοδο επεξεργασίας, όπου τα σύνθετα υλικά με γυάλινες ίνες μπορούν να καούν σε ειδικό κλίβανο παραγωγής τσιμέντου.

Τα υλικά υπόκεινται σε καύση για την παραγωγή ενέργειας. Η καύση τους γίνεται μαζί με άλλα καύσιμα που τροφοδοτούν με θερμότητα τους κλιβάνους. Οι παραμένουσες ίνες από γυαλί αναμιγνύονται με άλλα υλικά, με αποτέλεσμα την παραγωγή τσιμέντου. Η εν λόγω διαδικασία επικρατεί της αποτέφρωσης, δεδομένου ότι τα υλικά που προκύπτουν από την καύση των ινών γυαλιού και των υλικών πλήρωσης μπορούν να ανακυκλωθούν στο παραγόμενο τσιμέντο. Αντίθετα, στους αποτεφρωτήρες απομένουν με μορφή τέφρας [71].

Ακόμη, η μηχανική επεξεργασία είναι ενδεχομένως η πιο δημοφιλής μέθοδος ανακύκλωσης. Εμφανίζει μεγάλη αποτελεσματικότητα και δεν θεωρείται ενεργοβόρα ή κοστοβόρα. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημά της είναι η μειωμένη ποιότητα των ανακυκλώσιμων υλικών που χρησιμοποιούνται σε θερμοπλαστικές εφαρμογές.

Η μηχανική επεξεργασία των σύνθετων υλικών περιλαμβάνει τον τεμαχισμό σε διάφορα μεγέθη κομματιών ανάλογα με την δυνατότητα της κάθε εταιρείας ανακύκλωσης. Εν συνεχεία, τα υλικά υπόκεινται σε θρυμματισμό και άλεση, ενώ με τη χρήση συρμάτινων πλεγμάτων ή κόσκινων, το υλικό διαχωρίζεται σε ίνες και σε ρητίνες. Η διαδικασία αυτή μπορεί να καταστρέψει τις ίνες, οι οποίες πλέον δεν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σύνθετων υλικών.

Αναφορικά με τα ανακτώμενα υλικά, χρησιμοποιούνται ως υλικά πλήρωσης ή ενίσχυσης. Εντούτοις, η χρήση των υλικών πλήρωσης, δεν θεωρείται ακόμη

εμπορικά βιώσιμη εξαιτίας του πολύ χαμηλού κόστους τους.

Επιπλέον, μία άλλη χρήση των ανακτώμενων υλικών είναι ως καύσιμο, δεδομένου ότι πρόκειται για υλικά πλούσια σε οργανική ρητίνη [72].

Ακόμη, η πυρόλυση είναι η διαδικασία της θερμικής ανακύκλωσης. Από την παραγόμενη τέφρα ανακτώνται ίνες άνθρακα και πολυμερή πλέγματα υπό μορφή υδρογονανθράκων. Η εν λόγω μέθοδος ακόμα δεν έχει εφαρμοστεί στις βιομηχανίες αναφορικά με τις ίνες άνθρακα. Το γεγονός αυτό περιορίζει σημαντικά το εύρος της εφαρμογής της, δεδομένου ότι ελάχιστα σύνθετα υλικά μπορούν να ενισχυθούν από αυτές.

Η θερμοκρασία που λαμβάνει χώρα η πυρόλυση κυμαίνεται από 450°C έως 600°C. Η διακύμανση αυτή είναι συνάρτηση του ίδιου του υλικού και των συνθηκών πίεσης.

Τα υλικά που παράγονται από τη διαδικασία της πυρόλυσης αποτελούν έλαια, αέρια ή στερεά προϊόντα (π.χ. ίνες, υλικά πλήρωσης και τέφρα). Τα υλικά φυλάσσονται, προκειμένου να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Να σημειωθεί ότι η πυρόλυση λαμβάνει χώρα χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Αυτό γίνεται, προκειμένου να περιορίζεται το προϊόν της τέφρας. Οι μηχανικές ιδιότητες των ινών σχετίζονται με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, οι οποίες επικρατούν κατά την πρόοδο της πυρόλυσης.

Επιπροσθέτως, οι ίνες του γυαλιού συρρικνώνονται είτε μέσω θερμικών είτε χημικών διεργασιών. Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση της αντοχής τους, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολη η επαναχρησιμοποίησή τους. Επομένως, η πυρόλυση δεν είναι κατάλληλη για την ανακύκλωση ινών από γυαλί.

Ωστόσο, υφίστανται σύνθετα υλικά που αξιοποιούν τις ίνες του γυαλιού σε συνδυασμό με θερμοπλαστική ρητίνη. Τότε η μέθοδος της πυρόλυσης θεωρείται ως ιδιαίτερα αποτελεσματική σε χαμηλές θερμοκρασίες και οι ανακτημένες ίνες του γυαλιού εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλή ποιότητα.

Η ανακύκλωση των ινών άνθρακα και σχεδόν όλες οι μέθοδοι ανακύκλωσης οδηγούν τα σύνθετα υλικά με τη χρήση ενός ιμάντα που είναι τοποθετημένος στον

κλίβανο. Εκεί, παράλληλα, ελέγχεται η πίεση και η θερμοκρασία. Οι ίνες από άνθρακα που ανακτώνται διατηρούν τις μηχανικές τους ιδιότητες σε ποσοστό 90% και εφόσον υποστούν ειδικότερη επεξεργασία με τη χρήση κατάλληλων μηχανημάτων, μετατρέπονται σε pellet, σκόνη ή ακόμη και σε υφάσματα.

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι οι εγκαταστάσεις πυρόλυσης απαιτούν ιδιαίτερα μεγάλο κεφάλαιο και έχουν υψηλό κόστος λειτουργικών εξόδων συντήρησης του εξοπλισμού, ο οποίος χρησιμοποιείται. Επίσης, η διαδικασία κατακερματισμού γίνεται με ηλεκτρικό τρόπο και γι' αυτό το λόγο συνίσταται σε παλμούς υψηλής τάσης. Η μέθοδος αυτή καταφέρει να προκαλέσει το διαχωρισμό των ινών από τη συνολική μάζα των σωμάτων. Εντούτοις, παραμένει μια ενεργοβόρα διαδικασία, ενώ για να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος διαχωρισμός απαιτείται μεγάλο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε σχέση με τη μέθοδος της διαλυτόλυσης, γίνεται μέσω χημικής επεξεργασίας υπό δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Στην εν λόγω μέθοδο, οι ίνες και οι ρητίνες που ανακτώνται με τις τους ιδιότητές να παραμένουν αμετάβλητες. Όμως υπάρχει το μειονέκτημα ότι το κόστος αγοράς, λειτουργίας και συντήρησης των μηχανημάτων της μεθόδου είναι υψηλό, ενώ παράλληλα επιβαρύνεται το περιβάλλον.

Τέλος, η μέθοδος της αεριοποίησης δεν επιλέγεται συχνά, διότι τα ανακτώμενα υλικά είναι υποδεέστερα ποιοτικά.

2.4 Τα αποτελέσματα της ανακύκλωσης υλικών των ανεμογεννητριών και των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Στο δρόμο προς την απολιγνιτοποίηση και προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και σε αρχική φάση της περιβαλλοντικής ουδετερότητας [54], απαιτείται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που φέρει η ανακύκλωση των υλικών των ανεμογεννητριών και των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Για την αξιολόγηση της ανακύκλωσης των υλικών ΑΠΕ λαμβάνονται υπόψη

παράγοντες όπως είναι η ασφάλεια, η συγκέντρωση της προσφοράς υλικών, η μεταβλητότητα των τιμών, το κόστος της κάθε τεχνολογίας κλπ. [73].

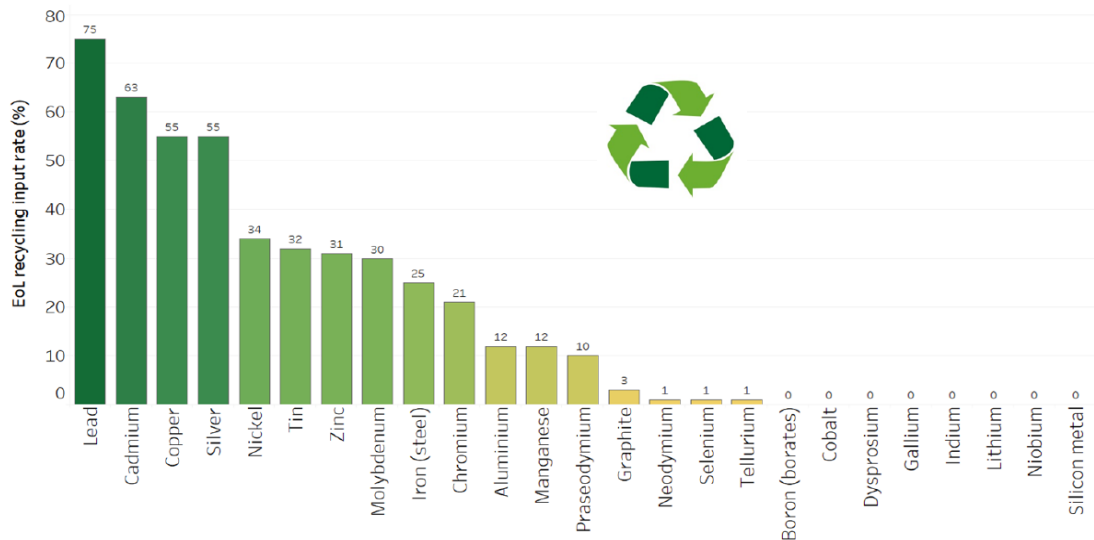
Όλοι αυτοί οι παράγοντες και σε συνδυασμό με την απόκριση και την ανθεκτικότητα της ΕΕ σε ενδεχόμενες μεταβολές στην παροχή υλικών, αναλύονται για τις ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά panel. Επίσης, γίνεται αναφορά στις μπαταρίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως σε ηλεκτρικές συσκευές, αλλά και στα φωτοβολταϊκά συστήματα και της ανεμογεννήτριες παίζοντας ρόλο κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης των υλικών τους.

Επιπλέον, εξετάζοντας όλα τα υλικά, εντοπίζονται προκλήσεις που μπορεί να συμβάλλουν στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των βιομηχανιών σε σχέση με την ανάπτυξη και την πρόοδο της τεχνολογίας.

Είναι σαφές, λοιπόν, ότι είναι επιτακτική ανάγκη η ενίσχυση όλων των επιχειρήσεων ανακύκλωσης για την προώθηση της έρευνας και της καινοτομίας, τη διαφοροποίηση του εφοδιασμού και την αύξηση της παραγωγής μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την εξόρυξη των πρωτογενών υλικών [73].

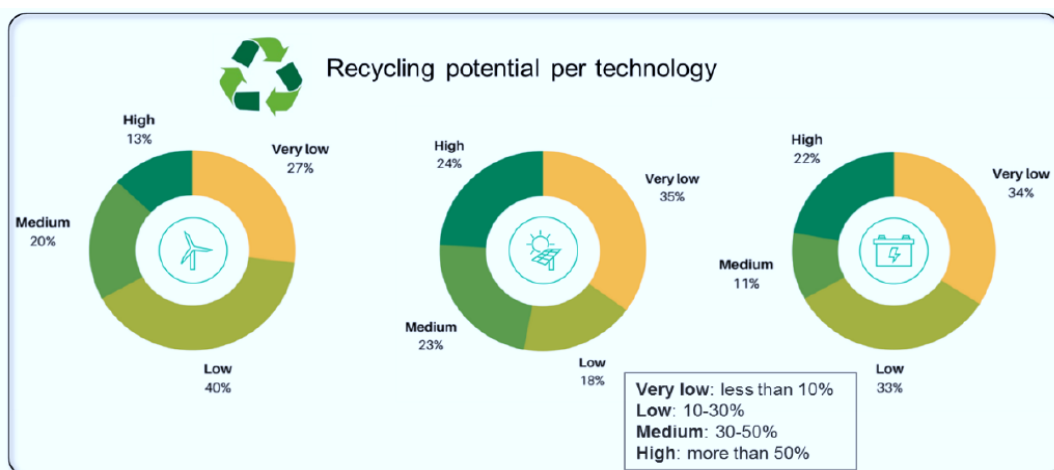
Το ποσοστό ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής των υλικών συνδέεται με το δείκτη EoL-IRR και χρησιμοποιείται ως μέτρο του δυναμικού της ανακύκλωσης ενός υλικού. Πρακτικά αναπαριστά το ποσοστό της ανακυκλωμένης δευτερεύουσας ροής των υλικών στη συνολική παραγωγή υλικού.

Για παράδειγμα, αν ο δείκτης EoL-IRR είναι 30%, το 30% του υλικού παραγωγής αποτελείται από ανακυκλωμένο υλικό στο τέλος του κύκλου της ζωής τους, ενώ το 70% αποτελεί πρωτογενές υλικό εξόρυξης. Στο Διάγραμμα 1, φαίνεται ο δείκτης EoL-IRR διαφόρων υλικών στις ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά panel και τις μπαταρίες.



Διάγραμμα 1: Δείκτης EoL-IRR υλικών σε αιολικά, φωτοβολταϊκά πάνελ και μπαταρίες [73].

Πάνω από το 30% των υλικών που χρησιμοποιούνται στις ανεμογεννήτριες, στα φωτοβολταϊκά panel και στις μπαταρίες εμφανίζουν δείκτη EoL-IRR κάτω από 10%. Το κλάσμα των υλικών, με υψηλό δυναμικό ανακύκλωσης (της τάξης του 50%) είναι μικρό και είναι στο 13% για την αιολική ενέργεια και στο 24% για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Εντούτοις, το δυναμικό ανακύκλωσης εκφρασμένο σε EoL-IRR για τα υλικά των ανεμογεννητριών, των panel και των μπαταρίες ιόντων Li+ θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλό.

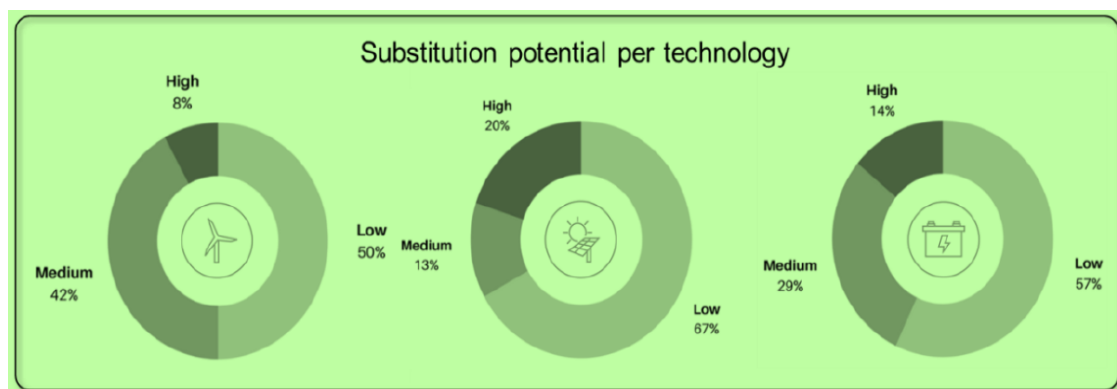


Διάγραμμα 2: Δυναμικό ανακύκλωσης σε EoL-IRR για ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά πάνελ και μπαταρίες [73].

Ακόμη, βάσει του καταλόγου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, με τίτλο: CRM 2017, το δυναμικό υποκατάστασης συνδέεται με την υποκατάσταση των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές [74]. Ο όρος της υποκατάστασης σχετίζεται με η βιώσιμη στρατηγική για την μετρίαση της ζήτησης κρίσιμων υλικών, προκειμένου να επιτυγχάνεται η μείωση της πίεσης για εφοδιασμό και να ανεξαρτητοποιούνται οι χώρες της ΕΕ την εισαγωγή τέτοιων υλικών.

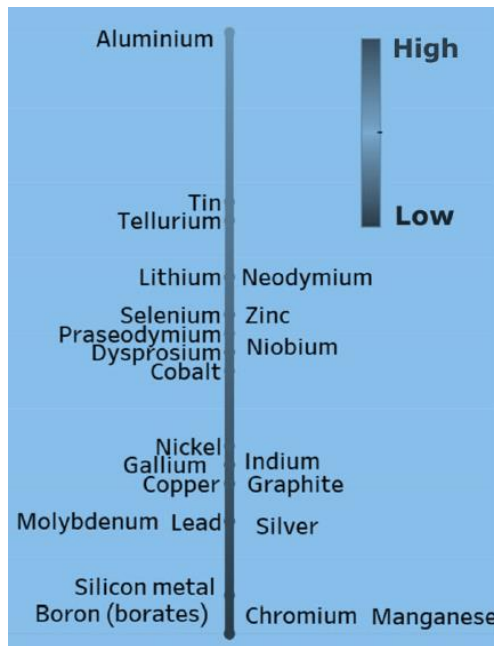
Περίπου το 50% των υλικών που υπάρχουν στις ανεμογεννήτριες φέρουν χαμηλό δυναμικό υποκατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι δεν υποκαθίστανται εύκολα.

Το δυναμικό αυξάνεται για τις μπαταρίες στο 57% και για τους συλλέκτες των φωτοβολταϊκών συστημάτων φτάνει στο 67%, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 3: Δυναμικό υποκατάστασης υλικών σε τεχνολογίες ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών πάνελ και μπαταριών [74].

Στην Εικόνα 11, επίσης, παριστάνεται διαγραμματικά η δυνατότητα αντικατάστασης των υλικών σε ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά panel και μπαταρίες.



Εικόνα 11: Δυνατότητα αντικατάστασης υλικών σε ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά πάνελ και μπαταρίες [74].

Είναι προφανές ότι η υποκατάσταση είναι καταλυτικής σημασίας σε μακροπρόθεσμη βάση. Κυρίως για το 2030 και ύστερα, εκτιμάται ότι θα απαιτηθεί η αντικατάσταση μεγάλου μέρους εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων και ανεμογεννητριών. Έτσι, η ανακύκλωση, θα αποτελέσει το αποτελεσματικότερο μέτρο για την μείωση της ενδεχόμενης αντιμετώπισης ελλείψεων υλικών. Επίσης, τόσο η ανακύκλωση όσο και η υποκατάσταση αποτελούν επιχειρηματικές ευκαιρίες για τις εταιρείες ανακύκλωσης, δεδομένου ότι παρέχουν οφέλη και κίνητρα που ευνοούν την οικονομική ανάπτυξη, ενώ δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας.

2.5 Η ενεργειακή αγορά και οι εκτιμήσεις για την εξέλιξή της

Ο τομέας της ενέργειας στην παγκόσμια αγορά έχει εξελιχθεί με αξιοσημείωτη πρόοδο. Προκειμένου να αναπτυχθεί στο πλαίσιο της πράσινης και βιώσιμης ανάπτυξης, η παραγωγή ηλεκτρισμού γίνεται όλο και περισσότερο μέσω της αξιοποίησης των ΑΠΕ.

Οι χώρες που πρωτοπορούν σε παγκόσμιο επίπεδο και έχουν δώσει ώθηση στην υλοποίηση των ΑΠΕ (π.χ. εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων) είναι η Κίνα, η Ιαπωνία, η Γερμανία, η Ισπανία και φυσικά οι ΗΠΑ.

Ενδεικτικά, με την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων επιτυγχάνεται μια εντυπωσιακή μείωση της εκπομπής CO₂. Πιο συγκεκριμένα, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος των 1KW, παράγει περίπου 1.500 kWh κάθε χρόνο. Αυτό ισοδυναμεί με μείωση της έκλυσης CO₂ κατά 1.600 Kg. Σε αντιστοιχία με δύο στρέμματα δασικής έκτασης.

Η μεγαλύτερη ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων καταγράφεται από το 2000 έως το 2007. Το 2004, η παγκόσμια παραγωγή είχε φτάσει στην παραγωγή ισχύος 1,2MW. Η αύξηση ήταν πάνω από 65% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Το ίδιο έτος, η Γερμανία κατέγραφε αύξηση κοντά στο 150%. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είχαν ήδη εγκατασταθεί έφταναν σε ισχύ τα 366 MW.

Το επόμενο έτος, σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγή σημείωνε νέο ρεκόρ στα 1,8MW. Η αύξηση προσέγγιζε το 45% σε σχέση με το 2004.

Το 2006 η ισχύς σε παγκόσμια κλίμακα είχε πλέον ξεπεράσει τα 2MW που σημαίνει ότι η νέα αύξηση ήταν στο 40% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά [75].

Στην ραγδαία εξέλιξη των ΑΠΕ, προσπάθησε να αποκτήσει το δικό της βηματισμό και η Ελλάδα [75].

Η προσπάθεια αφορούσε στην αξιοποίηση της εγχώριας καθαρής ενέργειας που έχει σε αφθονία. Επιπλέον, εντοπίστηκαν αρκετά πλεονεκτήματα για την στήριξη του τουρισμού και την υλοποίηση της πράσινης ανάπτυξης, με μέριμνα την προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, υλοποιούνται οι ΑΠΕ, στην κατεύθυνση της ενεργειακής ανεξάρτησης των νησιωτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο και την αντιμετώπιση του τεράστιου κόστους μεταφοράς του, ιδίως στα νησιά. Κατ' αυτόν τον τρόπο ενισχύθηκε σημαντικά το ηλεκτρικό δίκτυο κυρίως κατά τις ώρες των μεσημβρινών

αιχμών, ενώ μειώθηκαν οι απώλειες του δικτύου, παράγοντας ενέργεια στους τόπους της κατανάλωσης και ελαφρύνοντας τις γραμμές του δικτύου.

Παράλληλα, περιορίστηκε η ανάπτυξη καινούργιων σταθμών παραγωγής ρεύματος με τη χρήση συμβατικής τεχνολογίας, εξαλείφοντας τις πιθανότητες διακοπών ηλεκτροδότησης (blackout) εξαιτίας υπερφόρτωσης του δικτύου.

Αυτό σημαίνει ότι επιτεύχθηκε κυρίως στις ελληνικές νησιωτικές περιοχές, η σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και η διασφάλιση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με αποκεντρωμένη παραγωγή, ενώ παράλληλα στο πλαίσιο της συμφωνίας για αειφόρο και βιώσιμη ανάπτυξη, αυξήθηκε η ποιότητα της ζωής των κατοίκων, προστατεύοντας το περιβάλλον.

Επιπροσθέτως, ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η ανάπτυξη της ελληνικής βιομηχανίας στις ΑΠΕ δίνοντας ώθηση στην οικονομία στην προσπάθεια της κάλυψης των αναγκών της Ελληνικής αγοράς και στη δημιουργία ευκαιριών ακόμα και για εξαγωγικές δραστηριότητες.

Με το Νόμο 3498/2006 αναφορικά με την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ, δόθηκαν κίνητρα τόσο σε μεμονωμένα φυσικά πρόσωπα όσο και σε επιχειρηματίες για την υιοθέτηση συστημάτων ΑΠΕ [76]. Ενδεικτικά, οι επιχειρηματίες μπορούσαν διεκδικήσουν πρόσθετη επιδότηση έως και το 50% της αξίας ενός συστήματος ΑΠΕ, ενώ λάμβαναν επιδότηση επιτοκίου ή δανεισμού απολαμβάνοντας ευνοϊκά επιτόκια. Ακόμα, θεσπίστηκαν φοροελαφρύνσεις για τους οικιακούς καταναλωτές.

Ωστόσο, η ώθηση δόθηκε με την απλοποίηση των διαδικασιών αδειοδότησης για τα συστήματα των ΑΠΕ (κυρίως τα φωτοβολταϊκά).

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι είτε αυτόνομα (off-grid photovoltaic systems) είτε διασυνδεδεμένα στο δίκτυο (on-grid photovoltaic systems). Τα αυτόνομα συστήματα παράγουν ενέργεια χωρίς να υφίσταται διασύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ. Εφόσον υφίσταται περίσσειμα ενέργειας, αποθηκεύεται σε εγκατεστημένες συστοιχίες συσσωρευτών [76].

Στα διασυνδεδεμένα συστήματα δεν εγκαθίστανται και συσσωρευτές. Ακριβώς αυτή είναι η αιτία που συνδέονται με το δίκτυο ΔΕΗ. Με άλλα λόγια, τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα που δεν έχουν μπαταρίες, συνήθως διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια στο δίκτυο σύμφωνα με την προσυμφωνημένη αποζημίωση. Πρόκειται για τα συστήματα σταθερής εγγυημένης τιμής, δηλ. ταρίφας. Επιπλέον, υφίσταται η δυνατότητα του λεγόμενου ενεργειακού συμψηφισμού μεταξύ της παραγωγής και της κατανάλωσης. Πρόκειται για τα συστήματα αυτοπαραγωγής.

Είναι σαφές ότι τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, ουσιαστικά, αποτελούν επενδυτικό προϊόν ή μια εξαιρετική λύση για την επίτευξη εξοικονόμησης της ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται σημαντικό οικονομικού οφέλους με την προϋπόθεση να συνδέονται με το δίκτυο της ΔΕΗ [76].

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα με ταρίφα γίνεται συμψηφισμός σε € και όχι σε kWh όπως στα συστήματα net metering. Αναλαμβάνουν τη διοχέτευση του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο, με όφελος την προσυμφωνημένη αποζημίωση.

Η πρώτη χρονιά που τα διασυνδεδεμένα συστήματα έφτασαν σε αξιοσημείωτη ισχύ 1,69 MW ήταν το 2007. Τότε καταλάμβαναν το 68% και πλέον υπερτερούσαν σαφώς έναντι των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος 0,785 MW. Για να γίνει αντιληπτό το άλμα, το 2005, τα διασυνδεδεμένα συστήματα καλύπτουν μόλις το 26%, με τα αυτόνομα συστήματα να καταλαμβάνουν το 74%.

Παράλληλα, την περίοδο 2016 - 2019, αυξήθηκε η ισχύς κατά 45%, στα 8,6 GW. Οι εκτιμήσεις για νέες αυξήσεις μετά το έτος 2020 ήταν αισιόδοξες. Εντούτοις, η πανδημία του COVID-19 ανέστειλε την ανάπτυξη [106].

Είναι προφανές ότι οι ΑΠΕ εξελίσσονται παρά τα εμπόδια που ανακύπτουν παγκοσμίως. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, ανακοινώνονται σε καθημερινή βάση νέοι επιχειρηματικοί στόχοι παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ από τις εκάστοτε κυβερνήσεις των χωρών, οι οποίοι ανακοινώνουν διθυραμβικά την πορεία προς την απολιγνιτοποίηση των κρατών με τους ενεργειακούς ομίλους να επενδύουν με επιθετικό management σε φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες. Αυτό

που απομένει, λοιπόν, είναι να επιτευχθεί και όφελος προς τους καταναλωτές μέσω της υιοθέτησης των ΑΠΕ, με την αναμενόμενη πτώση των τιμών.

Η Ελλάδα είναι μια ενεργειακά ευλογημένη χώρα με μεγάλης διάρκειας ηλιοφάνειας και ισχυρούς ανέμους στις θαλάσσιες περιοχές και τις ηπειρωτικές περιοχές. Ο ήλιος, ο άνεμος σε συνδυασμό με τα ποτάμια είναι σε θέση να προσδώσουν στη χώρα πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία, καθιστώντας την ακόμα και παραγωγό-εξαγωγέα ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο, η τρέχουσα περίοδος υλοποίησης έργων ΑΠΕ έχει απαγκιστρωθεί σημαντικά από παλαιότερες κρατικές επιδοτήσεις. Κατά βάση συνδέεται με την ιδιοκατανάλωση της παραγόμενης ενέργειας στη στιγμή της παραγωγής της ή στην αποθήκευσής της [94].

Επιπροσθέτως, η θέση της Ελλάδας γεωστρατηγικά μπορεί να συνδυαστεί με τη σύναψη διεθνών συνεργασιών με χώρες - υπερδυνάμεις, όπως το Ισραήλ, δίνοντας στην Ελλάδα κομβικό ρόλο στον ενεργειακό χάρτη των Βαλκανίων και της Ανατολικής Μεσογείου. Με άλλα λόγια, η τεράστια διαθεσιμότητα αιολικής, υδροηλεκτρικής, γεωθερμικής, ηλιακής, ηλιοθερμικής, ενέργειας από βιομάζα μαζί με έργα μεγάλης κλίμακας που, όπως οι αγωγοί Αερίου TAP-IGB-EastMEd, EuroAsia Interconnector και η αναζήτηση και ανάπτυξη συστημάτων αξιοποίησης των υδρογονανθράκων, θα αναβαθμίσουν το ρόλο της Ελλάδας στον ενεργειακό τομέα, προσφέροντας επενδυτικές ευκαιρίες και αυξάνοντας τις θέσεις εργασίας. Έτσι, η Ελλάδα μετεξελίσσεται σε μια κομβική Ευρωπαϊκή πύλη διέλευσης του φυσικού αερίου, του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου. Μέσω των ανωτέρω μεγάλων έργων και χάρη στην αξιοποίηση των κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου, αναμένεται να αποτελέσει παράγοντα σημαντικό στην Μεσόγειο και την Ευρώπη. Αυτό σημαίνει ότι ήδη η Ελλάδα συνδέει ενεργειακά την Ανατολή με τη Δύση και σχετίζεται με εναλλακτικά μέσα ασφάλειας και εφοδιασμού μέσω των υπεράκτιων (offshore) αποθεμάτων της Μεσογείου [77].

Ενδεικτικά, τα πιο πρόσφατα και ιδιαίτερα επιτυχημένα επενδυτικά παραδείγματα στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα [77]:

- Η Αμερικάνικη Third Point Gas εισήλθε στο μετοχικό κεφάλαιο της Energan Oil & Gas (Ελληνική εταιρία παραγωγής και εξερεύνησης πετρελαίων και αερίου) μέσω εισφοράς κεφαλαίου της τάξης των 60 εκατομμυρίων δολαρίων.
- Η Κινεζική Shenhua προχώρησε σε συμφωνία συνεργασίας με την Copelouzos Group με αντικείμενο την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ και την αναβάθμιση λιγνιτικών μονάδων παραγωγής, σε ένα επενδυτικό πλάνο αξίας 3 δισ. ευρώ
- Η κινεζική China State Grid εξαγόρασε το 24% του ΑΔΜΗΕ με τίμημα €320 εκατ.
- Το Καναδέζικο επενδυτικό ταμείο Fairfax Holdings, έχει γίνει ο τρίτος μεγαλύτερος μέτοχος του Ελληνικού ενεργειακού ομίλου «Μυτιληναίος», αποκτώντας ποσοστό 5% στο μετοχικό κεφάλαιο, αξίας περίπου 30 εκατομμυρίων ευρώ.
- Η Αμερικάνικη York Capital Management ανακοίνωσε επενδύσεις της τάξης των 100 εκατομμυρίων ευρώ, αποκτώντας 10% συμμετοχή στον Ελληνικό ενεργειακό όμιλο ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ.
- Η κοινοπραξία «SENFLUGA Energy Infrastructure Holdings S.A.» των εταιρειών Snam S.p.A., Enagás Internacional S.L.U. και Fluxys S.A. απέκτησε το 66% του μετοχικού κεφαλαίου του ΔΕΣΦΑ έναντι συνολικού τιμήματος 535 εκατ. ευρώ.
- ΕΛΠΕ: Επενδύσεις 1,7 δισ. στις ΑΠΕ στη 10ετία

Βάσει του δομικού μετασχηματισμού του εν λόγω ομίλου και σύμφωνα με τη δημιουργία εταιρείας Holding, θα αποτελέσει ομπρέλα για τις θυγατρικές, προκειμένου να σχεδιαστεί το αναπτυξιακό πλάνο με τίτλο Vision 2025.

Στην κορυφή θα βρίσκεται εταιρεία Holding, η οποία θα περιλαμβάνει υπό την ομπρέλα της την ΕΛΠΕ Διύλιση, την ΕΚΟ, για τη λιανική εμπορία πετρελαιοειδών, την Eiredison, για την παραγωγή και εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας και την ΕΛΠΕ Ανανεώσιμες [78].

Ο εν λόγω δομικός μετασχηματισμός, θα αποτελέσει έναν από τους 5 πυλώνες του Vision 2025, αποσκοπώντας στην εξασφάλιση νέων χρηματοδοτικών ροών, την βέλτιστη εταιρική διακυβέρνηση και τη σύμπραξη με νέους εταίρους σε

εξειδικευμένους τομείς, ευθυγραμμισμένη με τη γενικότερη νέα στρατηγική ανάπτυξης [78].

Συγκεκριμένα, ο βασικός πυλώνας του Vision 2025 είναι η στρατηγική προσαρμογή της ΕΛΠΕ με τους δείκτες ESG και η μείωση των εκπομπών ρύπων κατά 50% έως το 2030. Έτσι θα επιτευχθεί η απανθρακοποίηση της δραστηριότητας της διύλισης και θα αναπτυχθούν οι ΑΠΕ κατά 20%.

Ειδικότερα, εκτιμάται ότι στην επόμενη 10ετία θα επενδυθούν 1,7 δισ. ευρώ για έργα ΑΠΕ, με εγκατεστημένη ισχύ έως το 2030 στα 2 GW [78].

- Έγκριση από την Κομισιόν για την ενίσχυση με 250 εκατ. ευρώ για το έργο αποθήκευσης ενέργειας στην Αμφιλοχία

Το πλάνο είναι, η υποστηριζόμενη εγκατάσταση αποθήκευσης να έχει δυναμικότητα 680 MW και να συνδέεται απευθείας με γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης. Στο πλαίσιο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εγκρίνει σύμφωνα με τους κανόνες της ΕΕ και αναφορικά με τις κρατικές ενισχύσεις τη στήριξη της κατασκευής και της λειτουργίας εγκατάστασης αποθήκευσης υδροηλεκτρικής ενέργειας μέσω άντλησης στην Αμφιλοχία της Ελλάδας.

Η χρηματοδότηση των εν λόγω μέτρων θα γίνει κατά ένα ποσοστό από τον Μηχανισμό Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας (ΜΑΑ), μετά τη θετική αξιολόγηση του ελληνικού σχεδίου ανάκαμψης και ανθεκτικότητας από την Επιτροπή και την έγκρισή του από το Συμβούλιο.

Πρόκειται για ένα σημαντικό άλμα έργων αποθήκευσης ενέργειας, που αντιμετωπίζουν το ζήτημα της στοχαστικότητας των ΑΠΕ συμβάλλοντας στην κατακόρυφη μείωση των τιμών της ενέργειας.

Η εν λόγω ενίσχυση πρόκειται να λάβει τη μορφή επενδυτικής επιχορήγησης ύψους 250 εκατ. ευρώ και ετήσιας στήριξης, η οποία θα χρηματοδοτείται από ειδική εισφορά προς τους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να συμπληρωθούν τα έσοδα της αγοράς και να επιτευχθεί το αποδεκτό ποσοστό για την απόδοση της επένδυσης. Η εν λόγω υποστηριζόμενη εγκατάσταση αποθήκευσης

(δυναμικότητας 680MW) θα συνδέεται απευθείας με γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης.

Ταυτόχρονα, με τη στήριξη της λειτουργίας των υφιστάμενων μονάδων ΑΠΕ και με τη διευκόλυνση της δημιουργίας νέων, το εν λόγω έργο θα συμβάλει στην ομαλή και αποτελεσματική μετάβαση του ελληνικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής σε καθαρές ΑΠΕ, βάσει του κεντρικού στόχου της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για την απεξάρτηση από το λιγνίτη.

Έτσι, λοιπόν, το έργο για την αντλησιοταμίευση στην Αμφιλοχία θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμο αναφορικά με την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ και την απανθρακοποίηση της ελληνικής οικονομίας. Πρόκειται για επένδυση που αναμένεται να συμβάλλει στην επάρκεια ισχύος και την ασφάλεια εφοδιασμού του ηλεκτρικού συστήματος. Επιπλέον, θα αποτελέσει τον κύριο πυλώνα για την περιφερειακή ανάπτυξη δημιουργώντας περίπου 1.200 νέες θέσεις εργασίας κατά τη διάρκεια κατασκευής και περίπου 120 στη φάση λειτουργίας. Αυτό συνεπάγεται τη δημιουργία παραγωγικών συνθηκών για την αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού με υψηλή εξειδίκευση [54].

- Έγκριση 1,4 δισ. ευρώ από την Κομισιόν για ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα ελληνικά νησιά

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εγκρίνει σχέδιο ύψους 1,4 δισ. ευρώ για την ανάπτυξη ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα νησιά στην Ελλάδα, σύμφωνα με τους κανόνες της ΕΕ για τις κρατικές ενισχύσεις. Το εν λόγω σχέδιο υποστηρίζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υβριδικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι εν λόγω σταθμοί παράγουν και αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια βάσεις της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, περίπου το 80% της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά παράγεται σήμερα με diesel και πετρέλαιο.

Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι τα δίκτυα είναι κορεσμένα, η προσθήκη νέων εγκαταστάσεων αποθήκευσης σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ κρίνεται ως απαραίτητη, προκειμένου να αυξηθεί το μερίδιο των ΑΠΕ στο

σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας σε 47 νησιά, συμπεριλαμβανομένης και της Κρήτης [79].

Τα 47 εμπλεκόμενα νησιά, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης, θα καλύπτονται από το καθεστώς μέχρι την τελική σύνδεσή τους με την ηπειρωτική Ελλάδα. Άλλωστε στην Κρήτη υφίσταται η άμεση ανάγκη για την προσθήκη περισσότερης δυναμικότητας ΑΠΕ, εξαιτίας των ενδεχόμενων κινδύνων έλλειψης εφοδιασμού.

Συνολικά, μέσω του εν λόγω μέτρου, η Ελλάδα ευελπιστεί να στηρίξει 264MW νέας δυναμικότητας ΑΠΕ έως το τέλος του 2026.

Επίσης, να αναφερθεί ότι η Επιτροπή έχει αξιολογήσει το εν λόγω μέτρο βάσει των κανόνων της ΕΕ για τις κρατικές ενισχύσεις, ιδίως των κατευθυντήριων γραμμών του 2014 για τις κρατικές ενισχύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και της ενέργειας («ΕΕΑΓ») και διαπίστωσε ότι η ενίσχυση είναι αναλογική και περιορίζεται στο ελάχιστο απαραίτητο. Στην πλειονότητα των νησιών, οι δικαιούχοι της ενίσχυσης θα επιλεγούν βάσει διαγωνιστικής διαδικασίας [80].

Εντούτοις, πρέπει να αναφερθεί ότι η παραμένουσα εξάρτηση των κρατών από την εισαγωγή ενέργειας, περιλαμβάνει κατά βάση το αδιύλιστο πετρέλαιο και άλλα προϊόντα πετρελαίου, αλλά και φυσικό αέριο του οποίου η τιμή κατά την τρέχουσα περίοδο έχει σημειώσει άνοδο. Η εν λόγω αύξηση συνδέεται με την τιμή του πετρελαίου στις παγκόσμιες αγορές, παρόλο που κυρίως οι φόροι είναι η αιτία για την συγκράτηση των τιμών σε υψηλά επίπεδα. Αναλυτικά, για πρώτη φορά από τον Οκτώβριο του 2018, η τιμή του Brent έχει ξεπεράσει τα 80\$ το βαρέλι. ενώ το αργό σκαρφάλωσε στα 76\$. Με άλλα λόγια έχουν αυξηθεί πάνω από 50%.

Η οικονομική ανάκαμψη, ενώ κατά κάποιο τρόπο ενισχύθηκε με την προώθηση των εμβολίων κατά του Covid-19, αλλά και τη χαλάρωση των περιοριστικών μέτρων, εξηγούν αυτήν την τάση. Ακόμη, η τιμή του μαύρου χρυσού αυξάνεται εξαιτίας της ανόδου του φυσικού αερίου, δεδομένου ότι η οικονομία επιστρέφει προς το πετρέλαιο για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Αναφορικά με το φυσικό αέριο, υφίστανται πολλαπλοί παράγοντες που αιτιολογούν την αύξηση των τιμών. Συγκεκριμένα, διαφαίνεται η ισχυρή ανάκαμψη του στην παγκόσμια οικονομία, η μεγάλη ζήτηση τόσο στην Ασία όσο και στην Ευρώπη και παράλληλα τα ιδιαίτερα χαμηλά αποθέματα σε συνδυασμό με την αδυναμία της Νορβηγίας και της Ρωσίας να προχωρήσουν σε αύξηση των παραδόσεών τους. Κατά συνέπεια, οι τιμές νομοτελειακά είναι σε τροχιά εκτόξευσης.

Το εν λόγω ανησυχητικό φαινόμενο είναι παγκόσμιο. Στις ΗΠΑ, οι τιμές του φυσικού αερίου έχουν σχεδόν διπλασιαστεί, ενώ παράλληλα είναι γνωστό ότι η Ασία και η Λατινική Αμερική, η Ευρώπη, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ισπανία και η Ιταλία, που εξαρτώνται από το φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, επηρεάζονται περισσότερο. Ακόμη, η Γαλλία, η οποία εισάγει το 99% της κατανάλωσης φυσικού αερίου, πλήττεται σημαντικά από τις διακυμάνσεις των τιμών στις ευρωπαϊκές και παγκόσμιες αγορές. Παρά το γεγονός ότι η Γαλλία παράγει ενέργεια από τα πυρηνικά της εργοστάσια, δεν κατάφερε να γλιτώσει από την αύξηση των τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος, εξαιτίας της εφαρμογής του ευρωπαϊκού μηχανισμού τιμολόγησης.

Ομοίως και στην Ελλάδα οι επιπτώσεις είναι αντίστοιχες, παρόλο που αρχικά η είσοδος του φυσικού αερίου για τελική κατανάλωση παρουσιάζει ιδιαίτερη δυναμική μέσω της αυξανόμενης συμμετοχής των μονάδων φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή κατόπιν της εισαγωγής των σχετικών χρεώσεων εκπομπής ρύπων CO₂ [77].

Είναι προφανές ότι ο αντίκτυπος στις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά είναι αρνητικός. Οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας έχουν άμεσες επιπτώσεις και για τις επιχειρήσεις με συνέπεια την αύξηση του κόστους παραγωγής, το οποίο μεταβιβάζεται ανισοβαρώς προς τους καταναλωτές. Δεν είναι λίγοι οι επιχειρηματίες που αναφέρουν ότι ενδέχεται να αποφασιστούν περικοπές στον επενδυτικό τους προϋπολογισμό ακόμα και για το έτος 2022 [81].

Στη βάση αυτή η βελτιστοποίηση του ενεργειακού μίγματος που συνδέεται με τη μείωση της παραγόμενης από ορυκτά καύσιμα ενέργειας και την αύξηση αυτής από

ΑΠΕ πρέπει να ωθηθεί εκ νέου βάσει της αναθεωρημένης πολιτικής της ΕΕ για την πράσινη ανάπτυξη και αναφορικά με τη σύνθεση του ενεργειακού μίγματος έως το 2030. Συγκεκριμένα, ο στόχος της ΕΕ είναι να φτάσουν συνολικά οι ΑΠΕ στο 35%. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η Ελλάδα επιταχύνει ένα εθνικό στρατηγικό πλάνο αποκρατικοποιήσεων της ΔΕΗ, του ΔΕΔΔΗΕ, της ΔΕΠΑ και των ΕΛΠΕ, ενώ ταυτόχρονα, σύμφωνα με την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου, αλλά και το διαχωρισμό της παραγωγής από τον εφοδιασμό από τα δίκτυα μεταφοράς, αναμένεται να συμπιεστούν τις τιμές σε όφελος των καταναλωτών.

Τέλος, η Ελλάδα, δύναται παράλληλα να βελτιώσει περαιτέρω την ενεργειακή απόδοση και να επιτύχει εξοικονόμηση στο κόστος με την εφαρμογή σύγχρονων και καινοτόμων τεχνολογιών, όπως είναι π.χ. τα έξυπνα δίκτυα (smart grids) με τα εγκατεστημένα συστήματα έξυπνων μετρητών (net metering), ο φωτισμός LED σε δημόσια κτίρια, δρόμους και κατοικίες, τα βιοκλιματικά και ενεργειακά κτίρια μεγάλης ενεργειακής απόδοσης. Παράλληλα, αναπτύσσονται πρωτοβουλίες από τον ΑΔΜΗΕ για την ανάπτυξη νέων ενεργειακών υποδομών, όπως η σύνδεση των ελληνικών νησιών με το συνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 3: Φωτοβολταϊκά συστήματα

3.1 Περιγραφή των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται από τα θερμικά ηλιακά συστήματα σε θερμότητα. Τα θερμικά συστήματα διαχωρίζονται ανάλογα με την παραγόμενη θερμοκρασία ως εξής [82]:

A. Σε συστήματα παραγωγής χαμηλών θερμοκρασιών (<80°C)

B. Σε συστήματα παραγωγής μεσαίων θερμοκρασιών (80 - 200°C)

Γ. Σε συστήματα παραγωγής υψηλών θερμοκρασιών (>200°C).

Ενδεικτικό παράδειγμα συστήματος παραγωγής χαμηλών θερμοκρασιών είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Ηλιακός θερμοσίφοντας: Σύστημα χαμηλών θερμοκρασιών [83].

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χαμηλών θερμοκρασιών αποτελούνται από τα εξής δομικά στοιχεία [82]:

- **Το τμήμα συλλογής:** η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ηλιοδιαπερατή επιφάνεια και απορροφάται από την επιφάνεια συλλογής που έχει μεγάλο συντελεστή απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Ανάλογα με την θερμοχωρητικότητα της,

η ενέργεια αποθηκεύεται είτε εντός της επιφάνειας. Ακόμη, δύναται να μεταφερθεί στο τμήμα αποθήκευσης του θερμικού συστήματος, το οποίο είναι μεγάλης θερμοχωρητικότητας.

- **Το τμήμα διανομής και διαχείρισης της ενέργειας:** συμβάλλει στην ανάκτηση της αποθηκευμένης ενέργειας και στη διαχείρισή της. Συνίσταται στο σύστημα ελέγχου (θερμοστάτης ή μικροεπεξεργαστής) και στο σύστημα διανομής. Αναφορικά με τη διανομή της ενέργειας, γίνεται με φυσικές διαδικασίες (π.χ. μέσω ακτινοβολίας, ή με συσκευές εξαναγκασμένης μεταφοράς, όπως είναι οι κυκλοφορητές και οι αντλίες).

- **Το συλλέκτη ενέργειας:** αποτελεί τον εναλλάκτη της θερμότητας, ο οποίος αναλαμβάνει την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική.

Μια άλλη διάκριση είναι η εξής [84]:

- **Σε ηλιακά συστήματα τύπου tracking.** Πρόκειται για συστήματα που διαθέτουν ένα βασικό επίπεδο συλλέκτη με πλευρικούς ανακλαστήρες και κυλινδρικούς συλλέκτες,

- **Σε ηλιακά συστήματα τύπου non tracking.** Πρόκειται για συστήματα με παραβολικά, ανακλαστήρες Fresnel, παραβολοειδή και ηλιοστάτες.

Στα ανωτέρω συστήματα, το μέσο θέρμανσης είναι το νερό ή ο αέρας.

Μια άλλη ταξινόμηση των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι ως εξής [84]:

- **Ενεργητικά συστήματα:** η συλλογή, αποθήκευση και διανομή της ενέργειας λαμβάνει χώρα με βοηθητικές συσκευές (κυκλοφορητές, αντλίες κ.α.), ώστε να μπορεί να μεταφερθεί ή να αποθηκευτεί το θερμαινόμενο ρευστό.

- **Παθητικά συστήματα:** σε αντίθεση με τα ενεργητικά συστήματα, η συλλογή, αποθήκευση και διανομή της ενέργειας δεν γίνεται με τη βοήθεια συσκευών. Στα παθητικά θερμικά ηλιακά συστήματα ανήκουν π.χ. τα παράθυρα με διπλά τζάμια ή οι μονωμένοι τοίχοι. Άλλες σχετικές εφαρμογές είναι ο λεγόμενος μαζικός τοίχος, ο τοίχος του Trombe και ο τοίχος με νερό.

- **Υβριδικά συστήματα:** είναι συστήματα που συνδυάζουν χαρακτηριστικά τόσο των παθητικών όσο και των ενεργητικών συστημάτων.

Επίσης, εφαρμόζονται και οι πύργοι ισχύος. Οι πύργοι αξιοποιούν μια σειρά ηλιοστατών, προκειμένου να εστιάσουν την ηλιακή ακτινοβολία σε έναν κεντρικό δέκτη. Το ρευστό (ειδικό συνθετικό λάδι ή ακόμα ειδικό αλάτι) θερμαίνεται υπό υψηλή θερμοκρασία (550°C). Κατόπιν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω στροβίλων [84].

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ένας πύργος ισχύος.



Εικόνα 13: Ο μεγαλύτερος πύργος ισχύος του κόσμου στο Ισραήλ [85].

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη σε ένα πύργο ισχύος είναι τα ακόλουθα [84]:

- Μέγιστη ηλεκτρική ισχύς
- Ηλιοστατικό Πεδίο
- Ύψος Πύργου
- Αποθήκευση Θερμότητας
- Συμβατική Καύση

- Παραγωγή Ενέργειας
- Έκταση της Γης.

Στην Εικόνα 14 φαίνεται ένα φωτοβολταϊκό πάρκο - μαμούθ με μισό εκατομμύριο πάνελ, στο Μαρόκο.



Εικόνα 14: Φωτοβολταϊκό πάρκο - μαμούθ με μισό εκατομμύριο πάνελ, στο Μαρόκο [86].

Τα παραβολικά συστήματα τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα προς τον άξονα μεταξύ Ανατολής και Δύσης [84]. Στην Εικόνα 15 φαίνεται ένα παραβολικό σύστημα.



Εικόνα 15: Παραβολικό σύστημα [87].

Στον Πίνακα 2 γίνεται σύγκριση ανάμεσα στους πύργους ισχύος και στους παραβολικούς συλλέκτες τύπου σκάφης.

Πίνακας 2: Κύρια χαρακτηριστικά των παραβολικών συλλεκτών και των ηλιακών πύργων [84].

Περιγραφή	Παραβολικοί συλλέκτες τύπου σκάφης	Ηλιακός Πύργος
	Συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας σε σωλήνες	Συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας σε αποδέκτη
Θερμοκρασία Λειτουργίας	350 – 400 °C	> 550°C
Απόδοση	14 – 16 %	15 – 18 %
Μέγεθος Μονάδας	30 MWe – 200 MWe	10 MWe – 100 MWe
Κόστος ενέργειας (έτος 2008)	0,221 \$/kWh	0,251 \$/kWh
Κόστος ενέργειας (έτος 2020)	0,05 – 0,08 \$/kWh	0,04 – 0,08 \$/kWh
Πλεονεκτήματα	Αποδεδειγμένη Τεχνολογία	Υψηλές Θερμοκρασίες

Τέλος, οι επίπεδοι συλλέκτες διαθέτουν τα εξής δομικά στοιχεία [84]:

- 1. Απορροφητική πλάκα:** πρόκειται για μεταλλική μαύρη πλάκα με πάχος έως 2 εκατοστά.
- 2. Σωλήνες ροής του νερού:** εφάπτονται με την απορροφητική πλάκα για τη βέλτιστη μετάδοση θερμότητας.
- 3. Ηλιοδιαπερατή κάλυψη:** η κάλυψη είναι κατασκευασμένη από γυαλί.
- 4. Μονωμένο πλαίσιο:** πρόκειται για ένα πλαίσιο για την τοποθέτηση των τμημάτων.

3.2 Εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (π.χ. σε μια κατοικία) πρέπει να διεξάγεται μελέτη αναφορικά με την ηλεκτροδότηση της κατοικίας. Με άλλα λόγια εξετάζεται η περιοχή που βρίσκεται η οικοδομή ή η κατοικία που πρόκειται να εγκατασταθεί το σύστημα.

Επίσης, υπολογίζεται το εμβαδόν της κατοικίας που θα ηλεκτροδοτείται μέσω του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Κατόπιν μελετώνται τα γεωγραφικά δεδομένα της περιοχής (το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και το υψόμετρό της).

Σύμφωνα με τον Κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (ΦΕΚ 407/9.4.2010), έχουν δημιουργηθεί στην Ελλάδα τέσσερις ζώνες περιοχών, ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί σε κάθε περιοχή. Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με τις βαθμομέρες θέρμανσης [88].

Αναφορικά με την επιλογή της κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, είναι γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε επιφάνειες που βρίσκονται υπό κλίση. Οι επιφάνειες έχουν σταθερό προσανατολισμό ή τυχαίο προσανατολισμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο υπολογισμός της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται με την εφαρμογή συγκεκριμένων μαθηματικών μοντέλων που μετρούν την ακτινοβολία του ήλιου κάνοντας αναφορά στο οριζόντιο επίπεδο περιοχής. Ακόμη, υπολογίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τροχιάς του ήλιου.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στις επιφάνειες είναι συνάρτηση της κλίσης της κάθε επιφάνειας και του προσανατολισμού της. Ακόμη, συναρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και το μήκος της περιοχής.

Επιπροσθέτως, παίζει σημαντικό ρόλο ο βαθμός καθαρότητας του ορίζοντα, τα φυσικά ή τα τεχνητά εμπόδια που υφίστανται περίξ της επιφάνειας πρόσπτωσης (π.χ. βουνά, φυτά, δέντρα, πολυκατοικίες, δημόσια κτίρια κλπ.).

Βάσει των ανωτέρω, τα φωτοβολταϊκά panel πρέπει να τοποθετούνται με τη βέλτιστη γωνία κλίσης σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ώστε να δέχονται την μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία και επομένως να έχουν την μέγιστη απόδοση.

Αξιοποιώντας εξειδικευμένα Συστήματα Φωτοβολταϊκών Γεωγραφικών Πληροφοριών (Photovoltaic Geographical Information System - PVGIS), προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ηλιακή προσπίπτουσα ακτινοβολία στα panel είναι υπό μεγάλη ποικιλία κλίσεων. Ακόμη, η μέση ημερήσια θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο. Να σημειωθεί ότι η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία γίνεται μέγιστη ένταση κυρίως κατά τις μεσημεριανές ώρες κάθε εποχή [89], [90].

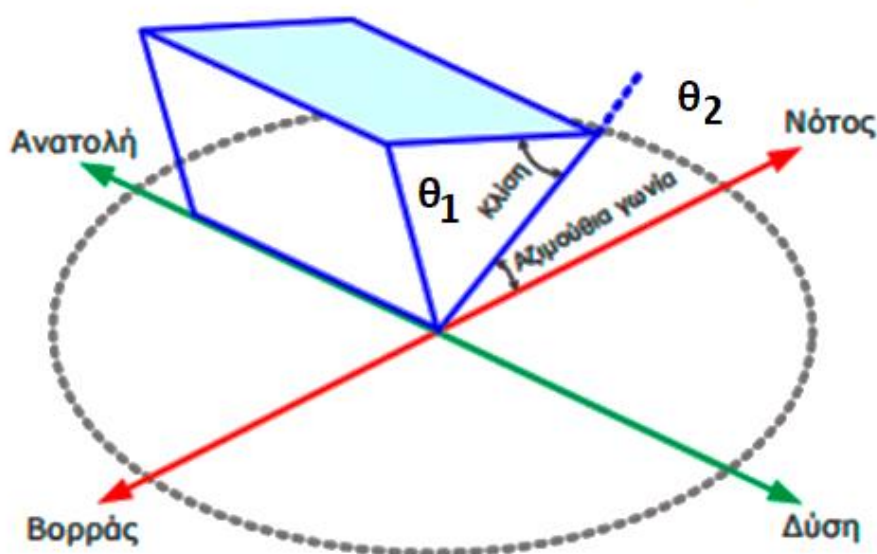
Ο κάθε μήνας με τις αντίστοιχες ώρες ηλιοφάνειας, τη μέση θερμοκρασία, τη μέση νέφωση, τις ημέρες με βροχή, τις ημέρες με χιόνι, τις ημέρες με ομίχλη, την ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.

Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία συνίσταται στην άμεση που δεν σκεδάζεται κατά τη διάδοσή της στην ατμόσφαιρα και εξαρτάται την ηλιακή απόκλιση, το ηλιακό ύψος, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το υψόμετρο του τόπου, την κλίση της προσπίπτουσας επιφάνειας, καθώς επίσης, στον βαθμό απορρόφησης και διάχυσης που υφίσταται εντός της ατμόσφαιρας. Επίσης, αποτελείται από τη διάχυτη συνιστώσα, η οποία σχετίζεται με το ποσό της ακτινοβολίας, το οποίο φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους αφού ανακλαστεί ή σκεδαστεί στην ατμόσφαιρα ή στην επιφάνεια της Γης. Η διάχυτη ακτινοβολία είναι συνάρτηση του ηλιακού ύψους, του υψόμετρο της περιοχής, της φύσης του εδάφους. Επίσης παίζουν ρόλο τα νέφη και η παρουσία παραγόντων σκέδασης στην ατμόσφαιρα.

Ο υπολογισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο είναι γνωστή.

Η Ελλάδα φέρει ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό που ξεπερνά τα 1.800 kWh/m² κάθε χρόνο.

Η θέση του ήλιου και ο προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών panels σε σχέση με την επιφάνεια της γης, περιγράφονται με την γωνία, θ_1 του συλλέκτη και την αζιμούθια γωνία του συλλέκτη, θ_2 . Η θ_1 είναι ουσιαστικά η γωνία ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα. Η θ_2 είναι η γωνία πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και του τοπικού μεσημβρινού βορρά-νότου (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο [91].

Αναφορικά με την επιλογή των φωτοβολταϊκών panel ελέγχονται τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Φυσικά παίζει ρόλο και η τιμή του panel, καθώς επίσης τα έτη εγγύησης του κατασκευαστή και το κύρος που φέρει η εταιρεία εγκατάστασης για την τελική επιλογή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά για τα panels που πρέπει να εξετάζονται είναι τα ακόλουθα:

- Τύπος Κυψελών

- Ονομαστική Ισχύς
- Ελάχιστη Εγγύηση Ισχύος
- Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος
- Ρεύμα Βραχυκύκλωσης
- Μέγιστη Τάση Ισχύος
- Μέγιστο Ρεύμα Ισχύος
- Μέγιστη Τάση Συστήματος DC
- Αντοχή Ασφάλειας
- Αποδοτικότητα Κυψέλης

Επίσης, αποφασίζεται για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να συνδεθούν τα panels.

Οι τρόποι είναι οι εξής:

- Παράλληλα: συνδέονται μεταξύ τους οι θετικοί πόλοι σε έναν κοινό θετικό πόλο και οι αρνητικοί πόλοι σε έναν κοινό αρνητικό πόλο, με αποτέλεσμα η συνολική χωρητικότητα του συστήματος να ισούται με το άθροισμα των επιμέρους χωρητικότητων των συσσωρευτών.

- Σε σειρά: Γίνεται η σύνδεση του θετικού πόλου του ενός συσσωρευτή με τον αρνητικό πόλο του άλλου. Η συνολική χωρητικότητα της συστοιχίας ισούται με τη χωρητικότητα του ενός συσσωρευτή και η τάση της συστοιχίας ισούται με το άθροισμα των επιμέρους ονομαστικών τάσεων των συσσωρευτών.

- Με μικτό τρόπο (παράλληλα και σε σειρά): Γίνεται ένας συνδυασμός σύνδεσης των panel παράλληλα και σε σειρά. Η συστοιχία των panel που συνδέονται σε σειρά, καλείται string. Τα string συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή όσο το δυνατόν μεγαλύτερης τάσης από ένα panel. Επίσης, αναφορικά με τη συνολική τάση της συστοιχίας, εξαρτάται από το πλήθος των panel που συνδέονται σε σειρά καθώς και το συνολικό ρεύμα που εξαρτάται από το πλήθος των string. Η ολική ισχύς υπολογίζεται από το γινόμενο του συνολικού πλήθους των panel (σε σειρά και παράλληλα) επί την ισχύ του panel σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

Επιπλέον, υφίστανται αρκετοί τύποι μπαταριών όπως:

- Lead-acid-batteries (μπαταρίες μολύβδου-οξέος)
- Nickel-cadmium batteries (μπαταρίες νικελίου-καδμίου)
- Nickel metal hydride batteries (μπαταρίες νικελίου-σιδήρου)
- Lithium ion batteries (μπαταρίες ιόντων λιθίου).

Ανάλογα με τις απαιτήσεις και το διαθέσιμο οικονομικό budget, επιλέγεται η κατάλληλη. Γενικά, οι πιο συνηθισμένες θεωρούνται οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος για τη χρήση τους στα φωτοβολταϊκά συστήματα, δεδομένου ότι είναι οικονομικές, μεγάλης απόδοσης και έχουν την ικανότητα χειρισμού μεγάλων, αλλά και μικρών ρευμάτων φόρτισης υψηλής απόδοσης.

Κατά την επιλογή των συσσωρευτών, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τάσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι: 12V, 24V ή 48V.

Η τάση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών ισούται με την τάση των συσσωρευτών, καθώς επίσης και με την τάση εισόδου του μετατροπέα.

Με γνώμονα τα χαρακτηριστικά των κατασκευαστών, επιλέγονται οι κατάλληλοι συσσωρευτές με συνολική τάση εξόδου συνήθως στα 24V.

Εν συνεχεία υπολογίζεται η ημερήσια ισχύς των συσσωρευτών, η οποία πρέπει να υπερβαίνει σημαντικά τις ημερήσιες ανάγκες του κτιρίου.

Επιπλέον, με το σκοπό την εξασφάλιση πλήρους αυτονομίας, μπορεί να επιλεγεί και η εφεδρική γεννήτρια, συνδεδεμένη στην είσοδο του αντιστροφέα (inverter).

Οι γεννήτριες είναι diesel ή βενζίνης και έχει σκοπό να καλύπτει το μέγιστο φορτίο του οικήματος ανά ημέρα, παρέχοντας τη δυνατότητα της παράλληλης φόρτισης των συσσωρευτών. Επιπλέον, η ισχύς της ταυτόχρονης λειτουργίας καθορίζει και το μέγεθος και συνεπώς το κόστος του inverter.

Οι αντιστροφείς χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τα συστήματα που συνδέονται. Είτε προορίζονται για συστήματα διασυνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ, όπου δεν υπάρχει εφεδρική γραμμή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

σε διακοπές ρεύματος, είτε για αυτόνομα συστήματα που συνδέονται στους συσσωρευτές και μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας σε εναλλασσόμενο.

Ακόμη, ο ρυθμιστής φόρτισης ελέγχει το ρυθμό φόρτισης των συσσωρευτών ή ακόμα περιορίζει το ρυθμό του ρεύματος εξόδου από τους συσσωρευτές κατά την εκφόρτιση. Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται πιθανή υπερφόρτιση τους ή υπερτάσεις και παρέχεται ασφάλεια στο σύστημα, αποφεύγοντας ενδεχόμενες υπερθερμάνσεις. Επιπλέον, οι σύγχρονοι ρυθμιστές φόρτισης τύπου PWM και MPPT δύνανται να προσαρμόζουν το επίπεδο της φόρτισης στο επίπεδο των συσσωρευτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η φόρτιση να διεξάγεται με την μέγιστη δυνατή χωρητικότητα.

Επιπροσθέτως, είναι εξαιρετικής σημασίας ο υπολογισμός της διατομής των καλωδίων στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Έτσι διασφαλίζεται η μέγιστη απόδοση του συστήματος και η παροχή της όσο το δυνατόν καλύτερης ασφάλειας στους κατοίκους του σπιτιού.

Ως γνωστόν, τα φωτοβολταϊκά panels παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα με αδιάλειπτο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν πιθανότητες πρόκλησης πυρκαγιάς. Γι' αυτό, το λόγο και οι εγκαταστάτες οφείλουν να μεριμνούν για την ταυτόχρονη εγκατάσταση συστημάτων πυρόσβεσης.

Ο τύπος του κάθε καλωδίου που επιλέγεται για τα φωτοβολταϊκά panel έχει διπλή μόνωση και πρέπει να είναι κατασκευασμένος από κατάλληλα υλικά που δεν φλέγονται. Ακόμη, πρέπει να είναι αντιτρωκτικά. Πρέπει να είναι γαλβανισμένα, για την προστασία τους από οξειδώσεις και ανθεκτικά στον ήλιο. Οι τεχνικοί φροντίζουν να επιλέγουν καλώδια για να αντέχουν σε θερμοκρασίες έως και 70 °C.

Επίσης, τα καλώδια του κλάδου των συσσωρευτών, δηλ. στη διασύνδεση μεταξύ ρυθμιστή - αντιστροφέα πρέπει να είναι άκαυστα, να αποτρέπουν την προώθηση της φλόγας και σαφώς να έχουν την σωστή διατομή, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD384.

Επιπλέον, οι αντίστοιχες ασφάλειες πρέπει να επιλέγονται βάσει του ΕΛΟΤ HD384 με την επιλογή να γίνεται βάσει του ρεύματος (αν είναι ac ή dc) [92].

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι παίζει ρόλο στη διατομή αγωγών και η επίδραση της θερμοκρασίας. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από 30°C, επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς λειτουργίας των μονωμένων αγωγών λαμβάνεται μικρότερη βάσει συγκεκριμένου συντελεστή που προκύπτει από τη συσχέτιση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος με το ποσοστό μείωσης της μέγιστης έντασης του ρεύματος των αγωγών.

Ακόμα, όταν οι ενεργοί αγωγοί εντός του ίδιου σωλήνα ή του ίδιου καλωδίου είναι παραπάνω από τρεις, η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης των αγωγών μειώνεται. (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Συντελεστής επίδρασης αριθμού αγωγών στη διατομή αγωγών

Πλήθος ενεργών αγωγών στο ίδιο καλώδιο	Ποσοστό μείωσης της μέγιστης έντασης του ρεύματος των αγωγών	Συντελεστής
4 έως 6	80%	0,8
7 έως 9	70%	0,7

Αναφορικά με τη διατομή ουδέτερου αγωγού και γείωσης, σε μονοφασικές γραμμές, ο αγωγός του ουδέτερου είναι ίδιας διατομής με τον αγωγό της φάσης. Ομοίως και για τη γείωση. Ακόμη, σε τριφασικές γραμμές, ο αγωγός του ουδέτερου προκύπτει από τιμή του πίνακα σύμφωνα με τον ΚΕΗΕ που ορίζει ότι για τη διατομή του αγωγού γείωσης ισχύουν τα ίδια με την περίπτωση του ουδέτερου αγωγού ή της γείωσης σε σχέση με τη διατομή των φάσεων σε τριφασική γραμμή [82].

Πίνακας 4: Αντιστοιχία διατομής αγωγού και διατομής ουδέτερου ή γείωσης

Διατομή αγωγού (mm ²)	Διατομή ουδέτερου αγωγού ή γείωσης μέσα σε σωλήνα ή καλώδιο (mm ²)

1,5	1,5
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	240

Τέλος, σχεδιάζεται το σχέδιο του γενικού πίνακα και των υποπινάκων μονοφασικής και τριφασικής διανομής στον οποίο συνδέεται και μονοφασικός αντιστροφέας ή τριφασικός, ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Στην Ελλάδα, ο ενεργειακός συμψηφισμός προβλέπεται από το Νόμο 4513/2018 - ΦΕΚ 9Α/23/1/2018. Το net meternig αποτελεί το εργαλείο προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης στα συστήματα ΑΠΕ, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, δεδομένου ότι επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει

ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεων του. Ακόμη υφίσταται η δυνατότητα για την αξιοποίηση του δικτύου της ΔΕΗ με σκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγει.

Με τους έξυπνους μετρητές επιτυγχάνεται η ταυτόχρονα η χρέωση και πίστωση των καταναλωτών, αφού υπολογίζεται η διαφορά ανάμεσα στην παραγόμενη και την καταναλισκόμενη ενέργεια στην ίδια χρονική περίοδο. Εφόσον διαπιστωθεί περίσσειμα ενέργειας, πιστώνεται λογιστικά η ενέργεια. Αντίθετα, εφόσον η ενέργεια που απορροφάται είναι μικρότερη από αυτήν που διοχετεύεται, η πίστωση γίνεται στον επόμενο λογαριασμό με τη μορφή πρόσθετης εξερχόμενης ενέργειας [93].

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, ώστε να γίνει αντιληπτή η αξία ή όχι εγκατάστασης ενός συστήματος.

- *Παράδειγμα 1: Πάρκο φωτοβολταϊκών συστημάτων 500kWp:* Ας υποθεθεί ότι πρόκειται να κατασκευαστεί φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 500kWp. Το κόστος κατασκευής είναι της τάξης των 300.000€. Παράγει περίπου 800.000kWh ανά έτος. Αποδίδει με περίπου 6 λεπτά/kwh το ποσό των 50.000€ ανά έτος προ φόρων.

Τα στοιχεία που πρέπει να προσεχθούν είναι σε γενικές γραμμές τα εξής [94]:

- Για το πάρκο απαιτείται οικόπεδο από 6 έως 8 στρέμματα.
- Το οικόπεδο δεν πρέπει να είναι δασικό και να μην πρόκειται για γη που καλλιεργείται και φυσικά να μην βρίσκεται σε περιοχή αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, προστατευμένη (Natura) κλπ.
- Απαιτείται να υφίσταται διαθέσιμο δίκτυο (υφίσταται κορεσμός των γραμμών του δημοσίου δικτύου και παράλληλα αρκετές αιτήσεις για εγκατάσταση νέων πάρκων, γεγονός που καθιστά την εύρεση ενός αγροτεμαχίου που να έχει διαθεσιμότητα δικτύου ένα αρκετά δυσεπίλυτο γρίφο). Το δίκτυο πρέπει να είναι κοντά, προκειμένου, το κόστος διασύνδεσης να είναι όσο το δυνατόν πιο χαμηλό.

- Κατά τον υπολογισμό της απόσβεσης και της απόδοσης της επένδυσης, θα πρέπει να συνυπολογίζονται οι φόροι, οι εισφορές, το ετήσιο κόστος συντήρησης και οι ενδεχόμενες βλάβες βάσει της συχνότητας.

- Η διερεύνηση της χρονικής διάρκειας της αδειοδότησης σε σχέση με την ταρίφα που παρέχεται θα πρέπει να είναι προσεκτική. Ενδεικτικά, η αλλαγή στην ταρίφα θεωρείται συχνή. Ωστόσο η διάρκεια της αδειοδότησης είναι μεγάλη, έως και 18 μήνες.

- Είναι απαραίτητη η ενδελεχής εξέταση των όρων δανειοδότησης. Είθισται, οι επενδυτές να πρέπει να διαθέσουν έως και το 30% των κεφαλαίων τους.

- Η επιλογή ποιοτικού και αξιόπιστου εξοπλισμού, ώστε να μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης βλαβών και όσο το δυνατόν πιο χαμηλής ταρίφας.

- Με δεδομένη την αδειοδότηση του έργου πρέπει να έχει εξασφαλιστεί η έγκαιρη παράδοση των φωτοβολταϊκών panel, δεδομένου ότι η ζήτηση ενδέχεται να είναι υψηλή, με συνέπεια την σημαντική καθυστέρηση της παράδοσης και εγκατάστασής τους.

- Γενικά τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα θεωρούνται πιο οικονομικά ανά kWp, χάρη στην οικονομία κλίμακας. Εντούτοις απαιτείται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, διότι, όπως προαναφέρθηκε, αλλάζουν οι ταρίφες [94].

Ακόμη, σε σχέση με τα οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα, το κόστος δεν ξεπερνά τα 13.000€, ενώ η ετήσια απόδοση είναι περίπου 1200€ ανά έτος χωρίς να υπόκειται σε καμία φορολογία. Γι' αυτό και στην Ελλάδα εισήχθησαν νομοθετικά το 2015 και εξαπλώθηκαν ταχύτατα κατά βάση σε ενεργοβόρες και μεγάλου εμβαδού μονοκατοικίες. Επιπλέον, είναι αρκετές οι επιχειρήσεις (κατά βάση ξενοδοχειακές), που έχουν μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες προχώρησαν στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων [94].

Ο συμψηφισμός γίνεται ετήσια και το όριο ισχύος για οικιακούς καταναλωτές είναι τα 20kWp. Για τις επιχειρήσεις ισχύει το μισό της συμφωνημένης ισχύος έως 500kWp. Ωστόσο το γεγονός αυτό διαφοροποιείται ανά περιοχή. Επιπροσθέτως,

επιτρέπεται η αποθήκευση ενέργειας σε εγκατεστημένους συσσωρευτές, καθώς επίσης και ο συμψηφισμός της ενέργειας απομακρυσμένων εγκαταστάσεων σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. για τους αγρότες). Κατά τον συμψηφισμό της ενέργειας με το σχήμα της αυτοπαραγωγής, συνυπολογίζονται, πέραν του κόστους κάθε kWh και μέρος των τελών, όπως π.χ το τέλος του δικτύου. Αναλόγως της εφαρμογής, το κέρδος ανά kWh που δύναται να έχει ο χρήστης κυμαίνεται από 10 έως 12 λεπτά/kWh με κερδισμένους τους χρήστες που κάνουν χρήση περισσότερης ενέργειας τη στιγμή, όπου παράγεται. Με άλλα λόγια, μειώνονται τα τέλη χρήσης του δικτύου εφόσον η κατανάλωση γίνεται την στιγμή της παραγωγής [94].

Τέλος, αναφορικά με την διαδικασία αδειοδότησης, θεωρείται απλή. Χρονικά δεν διαρκεί πάνω από 2 έως 3 μήνες. Ωστόσο, η βασική προϋπόθεση εκκίνησης είναι η εξασφάλιση της νομιμότητας, η έγκριση των απαιτούμενων αδειών κλπ. [94].

- *Παράδειγμα 2: Net Metering σε κατοικίες:* Ας υποτεθεί ότι μία κατοικία των 80τμ έχει μέση ετήσια κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα από 3.000kWh έως 4.000kWh. Στην περίπτωση που ο ιδιοκτήτης, επιλέξει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος αυτοπαραγωγής με ισχύ από 2 έως 3kWp. Τότε απαιτείται να επενδυθούν τουλάχιστον 4.000€ έως 5.000€, ώστε να πετύχει κέρδος της τάξης των 400€ ανά έτος. Αυτό σημαίνει ότι ωθείται η απόσβεση της επένδυσής του χρονικά πέραν των 10 ετών [94].

Προκύπτει, λοιπόν, ότι η εν λόγω επένδυση θεωρείται με μεγάλο ρίσκο και δεν είναι απολύτως συμφέρουσα. Το μικρό μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος δύναται να αυξήσει το κόστος ανά εγκατεστημένο kWp, δεδομένου ότι πολλά κόστη είναι ανελαστικά, όπως π.χ. τα τέλη της ΔΕΗ, οι πίνακες, το καλώδιο της παροχής, ο μετρητής με το modem του και εν γένει η μελέτη και εγκατάσταση [94].

Ακόμη, ας υποτεθεί ότι μία μονοκατοικία έχει επιφάνεια από 150τμ έως 250τμ. Επίσης διαθέτει πισίνα και αντλία θερμότητας. Η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κυμαίνεται από 20.000kWh έως 22000kWh. Τότε το φωτοβολταϊκό σύστημα που πρέπει να εγκατασταθεί θα πρέπει να έχει ισχύ έως και 15kWp. Το κόστος του μπορεί να προσεγγίσει τα 19.000€.

Τελικά, μπορεί να εξοικονομηθούν περίπου 3.000€, με αποτέλεσμα η απόσβεση της επένδυσης να είναι χρονικά κοντά στην 5ετία. Η απόδοση θα είναι της τάξης του 20% επί του αρχικού κεφαλαίου [94].

- *Παράδειγμα 3: Ξενοδοχειακή επιχείρηση σε σύνδεση με τη ΔΕΗ:* Έστω ότι μία ξενοδοχειακή επιχείρηση έχει ετήσια κατανάλωση 90.000kWh. Το φωτοβολταϊκό σύστημα θα πρέπει να έχει ισχύ 60kWp. Το κόστος του είναι πάνω από 50.000€. Αν ληφθεί υπόψη η έκπτωση του ΦΠΑ και οι αποσβέσεις των παγίων του συστήματος ως δαπάνη της επιχείρησης, η απόσβεση εκτιμάται ότι θα γίνει χρονικά σε λιγότερο από 5 έτη [94].

- *Παράδειγμα 4: Μικρή κατοικία χωρίς σύνδεση με το δίκτυο:* Έστω μία μικρή εξοχική κατοικία που δεν έχει πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο. Οι λόγοι είναι είτε οικονομικοί είτε πολεοδομικοί. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα να επιλεγεί από τους ιδιοκτήτες η ενεργειακή ανεξαρτησία του σπιτιού.

Οι βασικές ενεργειακές ανάγκες αφορούν σε γενικές γραμμές στη λειτουργία του ψυγείου, στον φωτισμό, στην τηλεόραση, στο ραδιόφωνο, τον ανεμιστήρα, τον ηλ. υπολογιστή κλπ. [94].

Προκειμένου να εξαχθούν από 4kWh έως 5kWh κατά τους θερινούς μήνες χρειάζονται τουλάχιστον φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος των 800Wp. Επιδιώκοντας την ελάχιστη δυνατή αυτονομία έως δύο ημερών, απαιτούνται, στα 24V περίπου 250-300Ah χωρητικότητα μπαταρίας. Ακόμη, ένας αντιστροφέας των 1200VA είναι επαρκής ακόμη και για την ταυτόχρονη τροφοδότηση όλων των ανωτέρω ηλεκτρικών φορτίων.

Για την προμήθεια των υλικών και για την εγκατάσταση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, το κόστος εκτιμάται ότι δεν θα ξεπερνά τα 3.000€.

Αυτό σημαίνει ότι το κόστος είναι ιδιαίτερα χαμηλό, προκειμένου να τροφοδοτηθούν οι βασικές ηλεκτρικές ανάγκες της εξοχικής κατοικίας [94].

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα αποτελούν μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση. Εκτός από τα σημαντικά

περιβαλλοντικά οφέλη, ο κάθε χρήστης δύναται να κερδίσει από τον ήλιο τόσο χρήματα όσο και άνεση. Με άλλα λόγια, αν κάποιος επιθυμεί να απολαμβάνει ηλεκτρικό ρεύμα με αυτονομία από τη ΔΕΗ, δηλ. χωρίς να υφίσταται σύνδεση με το δίκτυο, τότε η βέλτιστη επιλογή είναι τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες. Ακόμη, αν ένα κτίριο εμφανίζει μεγάλη ενεργειακές ανάγκες, η τοποθέτηση συστήματος net metering, δύναται να μειώσει το κόστος στο λογαριασμό του ρεύματος μέχρι και 60% [94].

Τέλος, αν κάποιος επιθυμεί να κάνει επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα δύναται να επιλέξει να προχωρήσει στην εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού «ταρίφας» στη στέγη του ή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Το κέρδος που προκύπτει κυμαίνεται πάνω από 12% έως 14% εκ της αρχικής επένδυσης [94].

3.3 Φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα

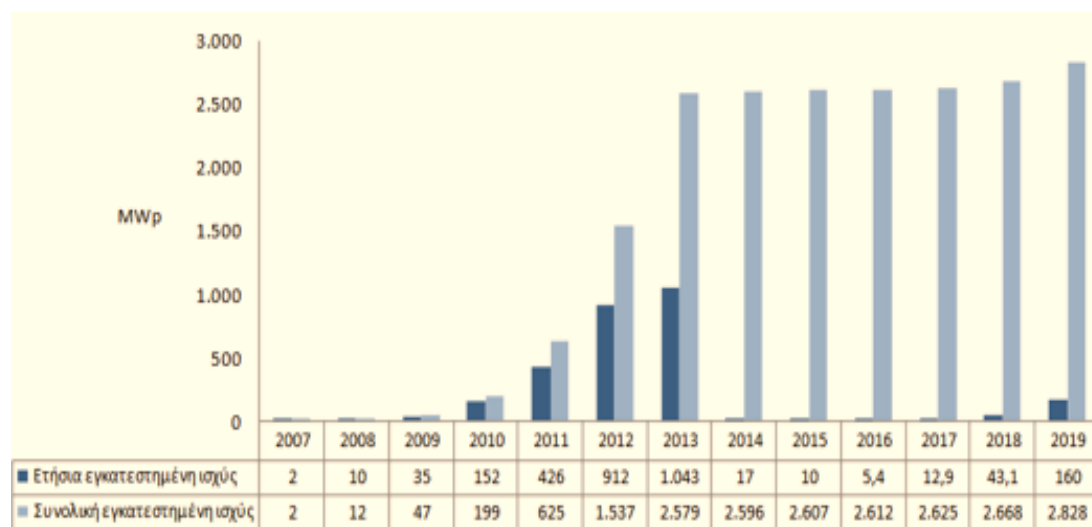
Στην Ελλάδα, το έτος 2019, η αγορά της ενέργειας εμφάνισε μια ιδιαίτερη κινητικότητα και σημάδια ανάκαμψης, φτάνοντας σε μεγέθη παραγωγής της τάξης των εκατοντάδων MW σε ετήσια βάση. Η αγορά των συστημάτων αυτοπαραγωγής παρουσίασε αύξηση κατά 3% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Ωστόσο, παραμένει σε επίπεδα χαμηλά αν αναλογιστεί κανείς το τεράστιο δυναμικό της χώρας. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν καλύψει το 7% των αναγκών της Ελλάδας, φέρνοντάς την στην 4^η θέση παγκοσμίως αναφορικά με τη συμβολή των φωτοβολταϊκών συστημάτων στη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα Διασυνδεδεμένα συστήματα από κατά το έτος 2019 και παρεχόμενη ισχύς φαίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Διασυνδεδεμένα συστήματα και ισχύς [95].

Διασυνδεδεμένα συστήματα	MWp
Νέα εγκατεστημένη ισχύς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2019	160
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών έως και το 2019	2.828

Η πορεία της αγοράς των φωτοβολταϊκών συστημάτων, στην Ελλάδα, την περίοδο 2007-2019 φαίνεται στο Διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4: Η πορεία της ελληνικής αγοράς στα φωτοβολταϊκά συστήματα (2007 - 2019) [95].

Επίσης σύμφωνα με τον Πίνακα 6, εντός του 2019 συνδέθηκαν 246 φωτοβολταϊκά πάρκα, 362 συστήματα net metering και 17 φωτοβολταϊκά συστήματα ειδικού προγράμματος.

Πίνακας 6: Νέες εγκαταστάσεις εντός του 2019 [95].

Νέες εγκαταστάσεις εντός του 2019	Πλήθος συστημάτων	Ισχύς (MWp)
Φωτοβολταϊκά πάρκα	246	150,29
Φωτοβολταϊκά Net metering	362	9,57
Φωτοβολταϊκά ειδικού προγράμματος (λήξη στις 31.12.2019)	17	0,16
ΣΥΝΟΛΟ	625	160,02

Για το έτος 2019, οι νέες εγκαταστάσεις φαίνονται ανά κατηγορία τάσης σύνδεσης (Πίνακας 7).

Πίνακας 7: Νέες εγκαταστάσεις ανά κατηγορία τάσης σύνδεσης (2019) [95].

Νέες εγκαταστάσεις που συνδέθηκαν		Εντός του 2019	
		Πλήθος συστημάτων	Ισχύς (MWp)
Χαμηλή Τάση	Φωτοβολταϊκά πάρκα	38	3,61
	Φωτοβολταϊκά ειδικού προγράμματος (λήξη στις 31.12.2019)	17	0,16
	Φωτοβολταϊκά Net metering	344	4,98
	Σύνολο	399	8,76
Μέση Τάση	Φωτοβολταϊκά πάρκα	208	146,68
	Φωτοβολταϊκά Net metering	18	4,59
	Σύνολο	226	151,27
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		625	160

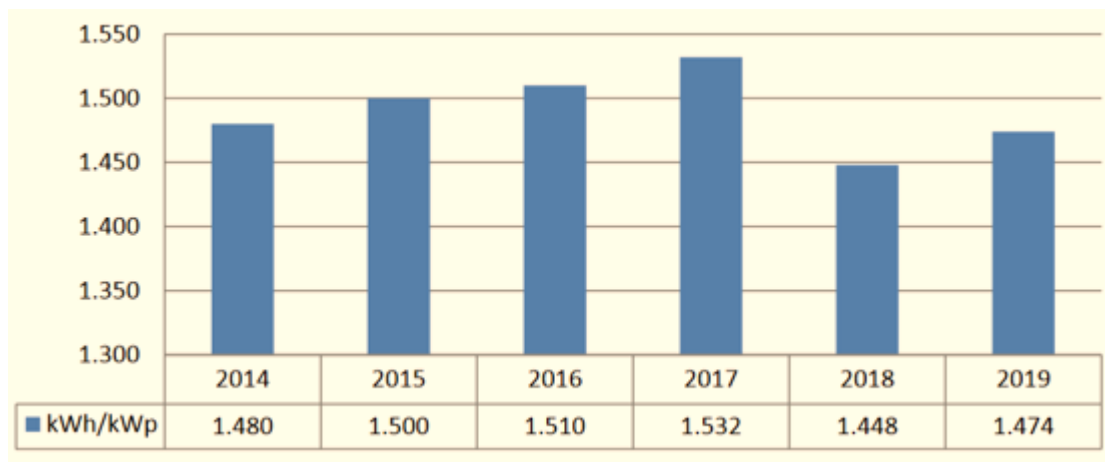
Η πρόοδος των συστημάτων αυτοπαραγωγής από το 2015 έως το 2019 φαίνεται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Συστήματα αυτοπαραγωγής ενεργειακού συμφητισμού [95].

Έτος	Αριθμός νέων λειτουργούντων συστημάτων αυτοπαραγωγής	Ισχύς (kWp)	Μέση ισχύς ανά σύστημα (kWp)
2015	116	1.821	15,7
2016	447	5.686	12,7
2017	360	6.490	18,0

2018	420	9.281	22,1
2019	362	9.570	26,4
Σύνολο	1.705	32.848	19,3

Επιπλέον, ο εκτιμώμενος μέσος όρος ενεργειακής απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων κατά την περίοδο 2014 - 2019 φαίνεται στο Διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 5: Ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκών συστημάτων (2014-2019) [95].

Στα τέλη του 2019, υπολογίζεται ότι εγκαταστάθηκαν 2.828 MWp φωτοβολταϊκά συστήματα από τα οποία τα 2.255 MWp είναι επί εδάφους, ενώ τα υπόλοιπα σε στέγες κτιρίων [95]. Το γεγονός αυτό οδήγησε την ελληνική οικονομία, να διατηρήσει περίπου 9.000 ισοδύναμες θέσεις πλήρους απασχόλησης.

Προβάλλοντας τα φωτοβολταϊκά πλαίσια των 2.255 MWp σε ένα οριζόντιο επίπεδο, καλύπτονται 12.600 στρέμματα, όση έκταση καλύπτει περίπου ο Δήμος Νεάπολης-Συκεών στη Θεσσαλονίκη. Ωστόσο, η συνολική έκταση αν περιληφθούν και τα διάκενα ανάμεσα στις φωτοβολταϊκές συστοιχίες, αλλά και την περιμετρική απόσταση ασφαλείας είναι της τάξης των 40.000 στρεμμάτων, δηλ. όσο η έκταση του Δήμου Αθηναίων [95].

Υπολογίζεται ότι το 2019, παράχθηκε ισχύς σε kWh που προσέγγιζε τις 3,962 TWh από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά. Αυτό σημαίνει ότι απαιτήθηκαν 451.650 m³

νερού για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών, όσο δηλαδή καταναλώνουν ετησίως 4.670 νοικοκυριά [95].

Στις θετικές περιβαλλοντικές επιδόσεις, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά το 2019 αποσόβησε την έκλυση περίπου 3,72 εκατ. τόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα [95].

Στη βάση αυτή Ελλάδα στην κυριολεξία σε φάση διαρκούς ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων. Τη δεδομένη στιγμή, υφίσταται μια πληθώρα πάρκων σε όλη την Ελλάδα που είτε βρίσκονται σε φάση κατασκευής, είτε αδειοδότησης ή ακόμα και σε έναρξης λειτουργίας.

Η Ελλάδα, λοιπόν, έχει μετατραπεί σε μια εστία φωτοβολταϊκών, δεδομένου ότι το ιδιαίτερα ευνοϊκό κλίμα, αλλά και η γεωγραφική της θέση με την παράλληλη ευρύτερη στροφή παγκοσμίως στις ΑΠΕ την καθιστούν τον ιδανικό προορισμό για τέτοιου είδους επενδύσεις.

Ενδεικτικά, η Τράπεζα Πειραιώς, έχει ανακοινώσει ότι χρηματοδοτεί την National Energy Holdings. Πρόκειται για ένα διεθνή επενδυτή στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την κατασκευή πέντε φωτοβολταϊκών πάρκων, συνολικής δυναμικότητας 24 MW. Η National Energy Holdings διαθέτει χρηματοδότηση εξ Αμερικής, δραστηριοποιούμενη στην ανάπτυξη, κατασκευή και λειτουργία έργων ΑΠΕ. Τα κύρια έργα της αφορούν σε φωτοβολταϊκά πάρκα και ανεμογεννήτριες. Πρόκειται για την πρώτη μεγάλη επένδυση στην κεντρική Ελλάδα.

Παράλληλα, σε φάση είτε κατασκευής είτε αδειοδότησης ή έναρξης λειτουργίας, βρίσκονται κι άλλα πάρκα σε όλη την επικράτεια. Ενδεικτικά, η ΔΕΗ έχει πλάνο την άμεση αξιοποίηση δύο φωτοβολταϊκών πάρκων μεγάλης κλίμακας τις περιοχές της Μεγαλόπολης και της Πτολεμαΐδας. Είναι γνωστό ότι οι εν λόγω περιοχές είναι σε φάση απολιγνιτοποίησης. Η ΔΕΗ, στο πλαίσιο της μετάβασης στην πράσινη ενέργεια, κινείται γοργά προς την αύξηση του μεριδίου της στις ΑΠΕ, από 2% στο 20% έως το 2022. Κατ' αυτόν τον τρόπο, συνάπτει συνεργασίες, ξεκινώντας τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών.

Παρόμοια κατεύθυνση έχουν λάβει και τα Ελληνικά Πετρέλαια. Πρόκειται για μια νέα εποχή - ορόσημο που δίνει ώθηση σε μεγάλες αλλαγές αναφορικά με τον τρόπο παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας με μέριμνα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Συγκεκριμένα, στις αρχές του 2020, ο Όμιλος υπέγραψε συμφωνία εξαγοράς χαρτοφυλακίου φωτοβολταϊκών έργων σε τελικό στάδιο αδειοδότησης, στην περιοχή της Κοζάνης, από τη Γερμανική εταιρεία ανάπτυξης και κατασκευής έργων ΑΠΕ, JUWI. Το έργο, συνολικής ισχύος 204 MW, αποτελεί από τα μεγαλύτερα έργα ΑΠΕ στην Ελλάδα και είναι ανάμεσα στα 5 μεγαλύτερα Φ/Β πάρκα στην Ευρώπη. Υπολογίζεται ότι θα παράγει ενέργεια 300 GWh ετησίως, ικανή να εξασφαλίσει την παροχή καθαρής ενέργειας μηδενικών εκπομπών για 75.000 νοικοκυριά, με ετήσιο όφελος σε επίπεδο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα 300.000 τόνων. Η συνολική επένδυση ανέρχεται στα 130 εκατ. ευρώ και, σύμφωνα με την εταιρεία, έχει σημαντικό όφελος για την οικονομία ιδιαίτερα στην περιοχή της Δ. Μακεδονίας.

Σημαντική παρουσία στον τομέα των ΑΠΕ έχει επίσης η Τέρνα Ενεργειακή αλλά και ο Όμιλος Ελλάκτωρ (μέσω της θυγατρικής του BIOSAR), εταιρείες οι οποίες έχουν χρόνια εμπειρίας στη συγκεκριμένη αγορά.

Η εταιρία Τέρνα τη δεδομένη περίοδο έχει σε λειτουργία τρία φωτοβολταϊκά πάρκα (δύο στην Αττική και ένα στην Αιτωλοακαρνανία). Ταυτόχρονα είναι σε φάση αδειοδότησης έργα με συνολική ισχύ 493 MW. Μάλιστα, προσφάτως, η εταιρεία Τέρνα Ενεργειακή μειοδότησε στο διαγωνισμό του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για το έργο «Υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ στο νησί του Αγ. Ευστρατίου», που περιλαμβάνει την κατασκευή φωτοβολταϊκού σταθμού.

Η εταιρία Biosar, βρίσκεται στη φάση της υλοποίησης έργων που η συνολική εγκατεστημένη ισχύς εκτιμάται να ξεπεράσει τα 2,7GWp μέχρι το τέλος του 2020. Η εν λόγω εταιρεία δραστηριοποιείται ενεργά με τις θυγατρικές της εταιρείες και σε άλλες χώρες, όπως η Αγγλία, η Ιταλία, η Ολλανδία, η Βουλγαρία και η Ρουμανία. Ακόμα έχει κάνει αισθητή την παρουσία της και σε πιο μακρινές αγορές, όπως αυτές

των ΗΠΑ ή της Λατινικής Αμερικής και της Αυστραλίας. Σε σχέση με την Ελλάδα, έχει υλοποιήσει το φωτοβολταϊκό πάρκο του Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών, καθώς και το πάρκο της Σκάλας Λακωνίας.

Κατά την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων, επενδύουν και αρκετοί πάροχοι ενέργειας με παράδειγμα την γνωστή Eunice Trading. Ο εν λόγω Όμιλος Ενέργειας διαθέτει εν λειτουργία τόσο αιολικά όσο και φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα, ενώ είναι σε στάδιο αδειοδότησης κι άλλα έργα με παροχή συνολικής ισχύος γύρω στα 650MW. Η Eunice Trading έχει καταταχθεί στην κορυφή της ελληνικής ενεργειακής αγοράς, παρέχοντας πλήρως πράσινη και καθαρή ηλεκτρική ενέργεια μέσω ΑΠΕ [95].

Οι επιχειρηματικές κινήσεις είναι αρκετές στην Ελλάδα με την πρόθεση επένδυσης μεγάλων ποσών. Ενδεικτικά το Ισραήλ βρίσκεται σε διαπραγματεύσεις για την δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα με στόχο την ανάπτυξη της πράσινης και βιώσιμης ανάπτυξης και φυσικά την μείωση των ρύπων και την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το έτος 2050.

Επιπλέον, έχει ήδη συναφθεί συμφωνία μεταξύ της ελληνικής εταιρείας Resinvest και τον Όμιλο Reden Hellas για φωτοβολταϊκών έργων συνολικής ισχύος περίπου 174MW.

Η Res Invest θεωρείται μια από τις κορυφαίες ελληνικές ενεργειακές εταιρείες με εξειδίκευση στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

Η συμφωνία περιλαμβάνει την εξαγορά εκ μέρους της Reden Hellas των 4 εταιρειών, οι οποίες κατέχουν τις σχετικές βεβαιώσεις παραγωγής για την κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κεντρική Μακεδονία.

Τα εν λόγω έργα έχουν σχεδιαστεί και αδειοδοτηθεί από τη Res Invest ξεκινώντας από τη φάση του greenfield. Πλέον βρίσκονται στη διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Σύμφωνα με τις συμβάσεις ανάμεσα στις εταιρείες, η Res Invest αναλαμβάνει τη συνολική τη μελέτη, τον τεχνικό σχεδιασμό, την αδειοδότηση, την εξασφάλιση της

απαιτούμενης γης τόσο για τους σταθμούς παραγωγής, όσο και για τη διασύνδεση με το Σύστημα μεταφοράς ενέργειας.

Η Res Invest είναι κορυφαία ελληνική ενεργειακή εταιρεία με εξειδίκευση στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ) και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Ακόμη, βάσει άλλων δημοσιευμάτων, είναι σε προχωρημένα στάδια οι συμφωνίες για τουλάχιστον πέντε (5) γιγάντιες επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά πάρκα. Αυτό σημαίνει ότι η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια είναι πλέον γεγονός για την Ελλάδα.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της αγοράς, οι επενδύσεις θα ξεπεράσουν σε προϋπολογισμό τα 2 δισεκατομμύρια ευρώ και πρόκειται να αποδώσουν άνω των 2,5 GW σε ενέργεια. Τα έργα αφορούν κυρίως στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων, με στόχο να επιταχύνουν την απολιγνιτοποίηση της χώρας έως το 2025.

Είναι σαφές, λοιπόν, ότι κατά βάση τα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι αυτά που κερδίζουν την μερίδα του λέοντος στις κατασκευές, δεδομένου ότι προσελκύουν το ενδιαφέρον μεγάλων επενδυτών του κλάδου της ενέργειας.

Πιο αναλυτικά, τα έργα είναι ήδη ενταγμένα σε καθεστώς στρατηγικών επενδύσεων, αναμένοντας να μετατρέψουν ολοκληρωτικά τον ενεργειακό χάρτη της χώρας.

Οι επενδύσεις είναι οι εξής:

- Επένδυση της εταιρείας Ενιπέας

Η εταιρία Ενιπέας παρουσιάζει το project της με τον τίτλο: “Ανάπτυξη Φ/Β 700 MW”. Το πλάνο της εταιρείας είναι η κατασκευή πάρκου συνολικής ισχύος 700 MW με συνολικό προϋπολογισμό τα 350 εκατομμύρια ευρώ. Η τοποθεσία που θα υλοποιηθεί είναι η Θεσσαλία και ειδικότερα η περιοχή Σκοπιά και η Καλλιθέα στα Φάρσαλα.

- Επενδύσεις της εταιρείας Καρατζής

Σχεδιάζεται να κατασκευάσει μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Έχουν οριστικοποιηθεί δύο έργα της Hive Energy στην περιοχή του Δομοκού, με ισχύ 40MW και 100MW, αντίστοιχα.

Η κατασκευή των δύο έργων έχει ήδη ξεκινήσει από το Δεκέμβριο του 2019 και έχει λάβει η εταιρεία την άδεια εγκατάστασης. Πρόκειται για έργα που αποτελούν τμήμα χαρτοφυλακίου 280MW, το οποίο έχει εισέλθει σε διαδικασία fast track ως κομβική στρατηγική επένδυση της εταιρείας.

Παράλληλα, τέσσερις (4) νέες βεβαιώσεις παραγωγού για φωτοβολταϊκά πάρκα συνολικής ισχύος 170 MW είναι σε φάση μεταβίβασης προς την Intrakat από την Γαία Άνεμος, κατόπιν της απαιτούμενης έγκρισης της ΡΑΕ. Αφορά στην εξέλιξη που τέθηκε σε τροχιά υλοποίησης κατόπιν της συγχώνευσης των δύο εταιρειών. Να σημειωθεί ότι η εταιρία Γαία Άνεμος έχει απορροφηθεί από την Intrakat.

Είναι, λοιπόν, αντιληπτό ότι γίνονται διαρκείς διεργασίες, συμμαχίες συγχωνεύσεις ανάμεσα στις εταιρίες παραγωγής ενέργειας, προκειμένου να επιτευχθεί η υλοποίηση μεγάλων έργων.

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι η εταιρία Γαία Άνεμος διαθέτει τεράστια εμπειρία και τεχνογνωσία στον κλάδο των ΑΠΕ, δεδομένου ότι διαθέτει άδειες παραγωγής ενέργειας από αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα συνολικής δυναμικότητας περίπου 1,1 GW. Οι εν λόγω βεβαιώσεις παραγωγού αφορούν σε τρία (3) φωτοβολταϊκά πάρκα με ισχύ 20 MW το καθένα για την περιοχή του Αμύνταιου Φλώρινας, καθώς και ένα πάρκο με ισχύ 110 MW στην περιοχή της Πτολεμαΐδας. Οι εν λόγω βεβαιώσεις έχουν αποκτηθεί από την εταιρία Γαία Άνεμος πριν ένα χρόνο και κατόπιν αίτησης της εταιρείας στη ΡΑΕ το Σεπτέμβριο του τρέχοντος έτους, τροποποιούνται και περνούν στην Intrakat.

Βάσει των ανωτέρω και σύμφωνα με εκτιμητές πνέει άνεμος ευρύτερης ενεργειακής αλλαγής στην Ανατολική Μεσόγειο.

Συγκεκριμένα, με την ανακάλυψη σημαντικών αποθεμάτων φυσικού αερίου κάτω από τον βυθό της Ανατολικής Μεσογείου τη δεκαετία του 2000 και στις αρχές της δεκαετίας του 2010 εμφανίστηκε ως χρυσή ευκαιρία για την εμφάνιση της Μεσογείου στην ΕΕ και τον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη, καθώς και για την περιφερειακή οικονομική συνεργασία [96].

Εντούτοις, η κατανάλωση φυσικού αερίου αναμένεται να μειωθεί απότομα μετά το 2030 εντός της ΕΕ, τα αποθέματα φυσικού αερίου της Ανατολικής Μεσογείου δεν είναι πλέον πιθανό να αναδειχθούν ως μετατροπείς του παιχνιδιού στην ενεργειακή γεωπολιτική της ΕΕ.

Ωστόσο, υφίσταται ένα άλλο πεδίο όπου η Ανατολική Μεσόγειος δύναται να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στον μετασχηματισμό της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής, δίνοντας μια νέα διάσταση στην ενεργειακή γεωπολιτική της Ανατολικής Μεσογείου [96].

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία έχει μεταμορφώσει τη συζήτηση για τη νομισματοποίηση των φυσικών πόρων με αρνητικό κλίμα. Ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύεται να καταστήσει ουδέτερη το κλίμα έως το 2050, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να περιοριστούν αποφασιστικά, επηρεάζοντας τη χρήση υδρογονανθράκων, συμπεριλαμβανομένου του φυσικού αερίου.

Η εν λόγω εξέλιξη φέρνει μπροστά την μεγάλη ευκαιρία για την ανάπτυξη οικονομικής συνεργασίας στη Μεσόγειο, με επίκεντρο την ανάπτυξη υποδομών για την παραγωγή, αποθήκευση και μεταφορά ανανεώσιμης ενέργειας προς την Ευρώπη.

Συνεπώς, απαιτείται ισχυρή πολιτική βούληση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, προκειμένου να διατηρηθεί ο πλανήτης βιώσιμος. Στο πλαίσιο αυτό η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία αναδεικνύεται ως μια νέα ιστορική ευκαιρία συνεργασίας για μια περιοχή με πολλές περιφερειακές συγκρούσεις καθώς και με πολλές απραγματοποίητες δυνατότητες [54], [96].

Κεφάλαιο 4: Ανεμογεννήτριες

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τις ανεμογεννήτριες

Η αιολική ενέργεια (ο άνεμος) φέρει κινητική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη χρήση των ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες διαθέτουν κατάλληλα πτερύγια με ειδικά σχεδιασμένα συστήματα μετάδοσης, καθώς επίσης και γεννήτριες υψηλής απόδοσης.

Οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος έχουν εφαρμογή π.χ. για τη φόρτιση των μπαταριών. Οι ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος συνδέονται συνήθως απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ωστόσο, μπορούν να είναι εγκατεστημένες, ώστε να τροφοδοτούν απευθείας αυτόνομα συστήματα σε μεμονωμένα δίκτυα.

Η δημιουργία αιολικών πάρκων που συνίσταται σε ένα μεγάλο αριθμό ανεμογεννητριών έχει ως σκοπό την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγόμενη ισχύς είναι εξαιρετικά υψηλή, έχει αυξηθεί κατά πολύ το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων αιολικών πάρκων, προκειμένου τα κράτη να μειώσουν την εξάρτησή τους από συμβατικές μορφές ενέργειας και παράλληλα να αυξηθούν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη με την ταυτόχρονη κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών.

Ακριβώς γι' αυτό το λόγο δημιουργούνται επιπλέον και υπεράκτια αιολικά πάρκα σε πολλές χώρες. Φαίνεται ότι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα θα αποτελέσουν το μέλλον της αιολικής ενέργειας.

4.2 Η δομή των ανεμογεννητριών

Τα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελούνται οι ανεμογεννήτριες είναι τα εξής:

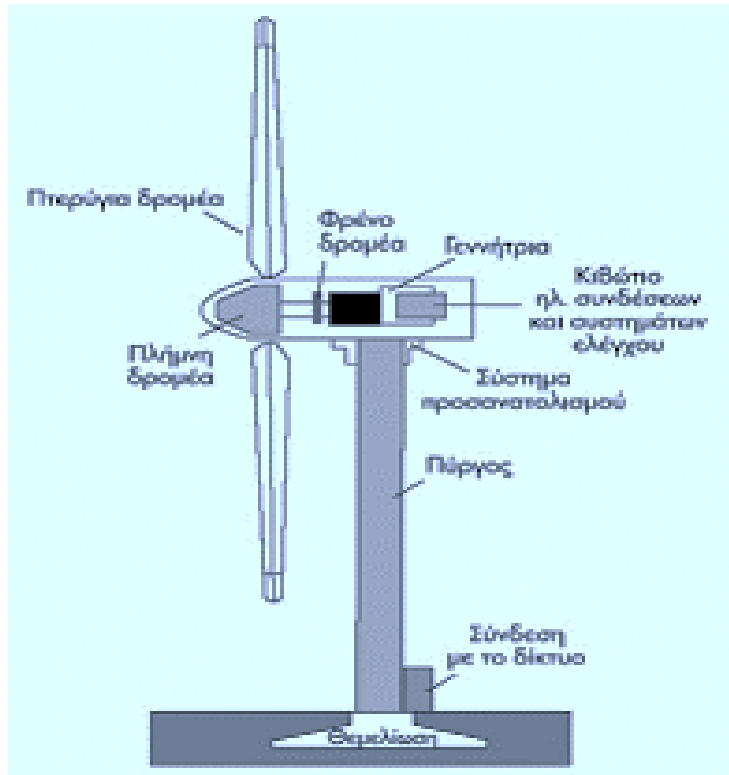
A. Ρότορας (δρομέας): συνίσταται στο διακλαδωτή, τα πτερύγια και το σύστημα ελέγχου των πτερυγίων.

- Διακλαδωτής: είναι ένα εξάρτημα σφαιρικό. Περιστρέφεται έχοντας τοποθετημένα πάνω του τα πτερύγια. Η τοποθέτησή του γίνεται στο άκρο του άξονα, προκειμένου

να μεταφέρει την κίνηση περιστροφής στο εσωτερικό της ατράκτου.

- Σύστημα ελέγχου πτερυγίων - ελεγκτής: πρόκειται για το σύστημα, το οποίο επιτρέπει την περιστροφή των πτερυγίων περιμετρικά του άξονα. Ο σκοπός του είναι να ελέγχει την ταχύτητα του ρότορα, παρέχοντας τη δυνατότητα ελέγχου της ανεμογεννήτριας βάσει της ταχύτητας του αέρα. Πρακτικά, ρυθμίζει τη λειτουργία ή ακόμα και ενεργοποιεί την παύση της ανεμογεννήτριας. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η προστασία της γεννήτριας από πιθανά ακραία καιρικά φαινόμενα με ακραίους ανέμους. Επιπλέον, επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της όταν ο άνεμος είναι ασθενής. Με άλλα λόγια, το σύστημα ελέγχου των πτερυγίων παρακολουθεί την κατάσταση της ανεμογεννήτριας ελέγχοντας τον μηχανισμό περιστροφής της. Έτσι, ο ρότορας μπορεί να περιστρέφεται αποδίδοντας συγκεκριμένη ισχύ.

- Πτερύγια: Στα πτερύγια προσπίπτει ο άνεμος. Με την πρόσπτωση του ανέμου ενεργοποιείται η ανεμογεννήτρια. Η αρχή λειτουργία της στηρίζεται στην λεγόμενη άντωση. Τα πτερύγια είναι συνήθως τρία ή δυο. Ανάλογα με τα πτερύγια καθορίζεται η δυναμική του ρότορα. Το υλικό κατασκευής τους είναι ενισχυμένος πολυεστέρας. Το μήκος τους καθορίζεται από την ονομαστική ισχύ της ανεμογεννήτριας και το περιβάλλον της περιοχής που εγκαθίσταται. Επίσης, αποτελούνται από δύο τμήματα: της χαμηλής και της υψηλής πίεσης. Τα εν λόγω τμήματα συνθέτουν το κέλυφος της ανεμογεννήτριας, το οποίο διαθέτει επίστρωση πολυαιθυλενίου ή πολυουρεθάνης, προκειμένου να παρέχεται προστασία. Ο ρότορας έχει βάρος άνω των 100 τόνων με διάμετρο πάνω από 120m. Οι εν λόγω διαστάσεις αντιστοιχούν σε ανεμογεννήτρια που αποδίδει ισχύ 5MW.



Εικόνα 17: Δομικά στοιχεία ανεμογεννητριών [97].



Εικόνα 18: Πτερύγια ανεμογεννητριών [98].

Β. Σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αποτελείται από:

- το κιβώτιο ταχυτήτων: Από το κιβώτιο ταχυτήτων μεταφέρεται η κίνηση από τον άξονα χαμηλής ταχύτητας προς τον άξονα υψηλής ταχύτητας. Μετατρέπει τη

συχνότητα της ενέργειας, η οποία παράγεται από τον ρότορα, προκειμένου να είναι η κατάλληλη για το ηλεκτρικό δίκτυο.

Τα γρανάζια είναι κατάλληλα τοποθετημένα για να συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας, αυξάνοντας την ταχύτητα περιστροφής από περίπου 0,5Hz στα 50-60 Hz, που αποτελεί τη συχνότητα του δικτύου. Το κιβώτιο των ταχυτήτων παίζει μεγάλο ρόλο στο συνολικό βάρος και τελικά το κόστος της ανεμογεννήτριας. Ακόμη, είναι το εξάρτημα, στο οποίο βασίζεται η απόδοση της ισχύος της γεννήτριας.

- τον άξονα χαμηλής ταχύτητας (συχνότητας): μεταφέρει την περιστροφική κίνηση από τον ρότορα προς το εσωτερικό της ατράκτου και την μετάδοσή της στον άξονα υψηλής ταχύτητας μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Υφίσταται ιδιαίτερα ισχυρή μηχανική καταπόνηση λόγω της ανάπτυξης ροπών. Γι' αυτό το λόγο, κατά τον σχεδιασμό του πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διάρκεια ζωής και η αντοχή του και πιστοποιούνται μέσω κατάλληλων δοκιμών.

- τον άξονα υψηλής ταχύτητας (συχνότητας): Μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων συνδέεται με τον άξονα χαμηλής ταχύτητας. Μεταφέρει την κίνηση στην γεννήτρια, ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

Γ. Σύστημα πέδησης: είναι τοποθετημένο για την μείωση της ταχύτητας περιστροφής του ρότορα υπό ενδεχόμενες ακραίες συνθήκες, όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Ακόμη, μπορεί να ακινητοποιεί την ανεμογεννήτρια όταν εμφανίζεται κάποια βλάβη ή όταν απαιτούνται να γίνουν εργασίες συντήρησης και επισκευής. Το σύστημα πέδησης είναι τοποθετημένο στον κύριο άξονα και πριν το κιβώτιο ταχυτήτων. Σε ορισμένες γεννήτριες τοποθετείται στον άξονα υψηλής ταχύτητας μετά το κιβώτιο ταχυτήτων.

Δ. Σύστημα προσανατολισμού. Περιλαμβάνει:

- το ανεμόμετρο: αξιοποιείται για την μέτρηση της έντασης του ανέμου και την μετάδοση σχετικών πληροφοριών στον ελεγκτή.

- το σύστημα περιστροφής: τοποθετείται στην κορυφή του πύργου. Αποτελείται από τον κατακόρυφο άξονα και γρανάζια, ώστε να συνδέεται με την άτρακτο. Το σύστημα ενεργοποιείται με αισθητήρες ανίχνευσης της κατεύθυνσης του αέρα, προκειμένου η άτρακτος να προσανατολίζεται βάσει αυτού. Το σύστημα περιστροφής μπαίνει σε λειτουργία χάρη στην ύπαρξη του κινητήρα περιστροφής.

- τον ανεμοδείκτη: χρησιμοποιείται για την μέτρηση της κατεύθυνσης του ανέμου. Επικοινωνεί με το σύστημα περιστροφής, προκειμένου να προσανατολίζεται κατάλληλα η άτρακτος.

Ε. Γεννήτρια: είναι η καρδιά της ανεμογεννήτριας. Μετατρέπει την κινητική ενέργεια λόγω του ανέμου σε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πρέπει να είναι συμβατή με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη σύνδεση της ανεμογεννήτριας με το ηλεκτρικό δίκτυο. Στα μη συνδεδεμένα ηλεκτρικά δίκτυα, το ρεύμα που παράγεται δύναται να αποθηκεύεται και να φορτίζει τους συσσωρευτές. Οι κινητήρες είναι είτε επαγωγικοί με σταθερές ή μεταβλητές στροφές διπλής τροφοδοσίας είτε σύγχρονοι με μεταβλητές στροφές.

ΣΤ. Άτρακτος: περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, την ηλεκτρογεννήτρια, το σύστημα πέδησης, το σύστημα προσανατολισμού και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αποτελείται από μεταλλικό πλαίσιο με πλαστικό περίβλημα, το οποίο είναι ενισχυμένο με ίνες γυαλιού ή άνθρακα (GFRP/CFRP). Για την ελάττωση του βάρους χρησιμοποιούνται μόνιμοι μαγνήτες [71].

Ζ. Πύργος: είναι ο κορμός της ανεμογεννήτριας. Πάνω στον πύργο στηρίζεται ο ρότορας και η άτρακτος. Αποτελείται από χάλυβα. Ένας πύργος μπορεί να είναι είτε σωληνωτός είτε δικτυωτός. Με το χάλυβα απορροφώνται οι κραδασμοί που προκαλούνται από τον ρότορα, ενώ θεωρείται ιδιαίτερα ανθεκτικός στις μηχανικές καταπονήσεις.

Αναφορικά με το βάρος ενός πύργου π.χ. παροχής ισχύος 5 MW, φτάνει έως και 250 τόνους. Για ανεμογεννήτρια ισχύος 10 MW, το βάρος του μπορεί να προσεγγίσει τους 600 τόνους.

Για την απόδοση της ανεμογεννήτριας παίζει ρόλο το ύψος του πύργου. Όσο πιο μεγάλο είναι το ύψος του, τόσο πιο μεγάλα ποσά αιολικής ενέργειας δύναται να δεσμεύσει ο ρότορας. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη παραγόμενη ενέργεια. Σύμφωνα με την ισχύ της ανεμογεννήτριας, το ύψος ενός πύργου ξεκινά από τα 70 μέτρα και φτάνει τα 120 μέτρα.

Επιπλέον, το ύψος ενός πύργου εξαρτάται από το μέγεθος των πτερυγίων. Όσο μεγαλύτερο είναι, τόσο αυξάνεται και το κόστος θεμελίωσης και κατασκευής.

Τέλος, στις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι δυνάμεις, οι οποίες ασκούνται από τα θαλάσσια κύματα ή ρεύματα, καθώς επίσης

και η πίεση του νερού σύμφωνα με το βάθος που έχει η εγκατάσταση.

Η. Θεμελίωση: αφορά στη στήριξη του όγκου της ανεμογεννήτριας, αλλά και τη μεταφορά των δυνάμεων, οι οποίες επιδρούν πάνω της.

Η θεμελίωση καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της συνολικής κατασκευής, ήτοι το 60 έως 80% επί του συνόλου των χερσαίων ανεμογεννητριών. Ο σχεδιασμός της συναρτάται από την μορφολογία του εδάφους, καθώς επίσης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Πρόκειται για οπλισμένο σκυρόδεμα που στο κέντρο του φέρει μια ειδική κατασκευή από χάλυβα, προκειμένου να αγκυρώνεται ο πύργος. Η ποσότητα των υλικών είναι από 3% έως 6% χάλυβας και από 94% έως 97% σκυρόδεμα.

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες [42], [99]:

- Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα: ο δρομέας είναι τύπου έλικας και είναι είναι τοποθετημένος παράλληλα με την διεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.
- Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα: ο δρομέας είναι σταθερός, ευρισκόμενος κάθετα προς την επιφάνεια του εδάφους.

Οι ανεμογεννήτριες διαφοροποιούνται, επίσης, μεταξύ τους ανάλογα με το πλήθος των πτερυγίων ή των λεπίδων τους, όπου βάσει του σχήματός τους και της γωνίας που σχηματίζουν με την κατεύθυνση του ανέμου, προσδιορίζουν την αεροδυναμική της ανεμογεννήτριας.

Τέλος, η πλειοψηφία των ανεμογεννητριών είναι οριζόντιου άξονα, Περιλαμβάνουν συνήθως τρία πτερύγια. Η απόδοσή τους ξεκινά από ορισμένες εκατοντάδες Watt και φτάνει στην τάξη των MW. Βάσει της ισχύος που παρέχει η κάθε ανεμογεννήτρια, καθορίζονται και οι διαστάσεις της. Όσο πιο μεγάλη ισχύ αποδίδουν, τόσο αυξάνεται η διάσταση του ύψους, αλλά και του δρομέα. Γενικά, μια μέσης ισχύος ανεμογεννήτρια (π.χ. των 2MW) ζυγίζει περίπου 70 τόνους και μια γεννήτρια ισχύος 10 MW ζυγίζει περί τους 400 τόνους.

4.3 Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών

Όπως προαναφέρθηκε η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών έχει σκοπό την

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συχνά, μάλιστα, αποτελούν συστήματα εφεδρικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Μπορεί να είναι είτε συνδεδεμένες απευθείας με το ηλεκτρικό δίκτυο είτε όχι. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να παρέχουν πλήρη αυτονομία. Επιπλέον, αναφορικά με τα αιολικά πάρκα, τα οποία κατασκευάζονται διακρίνονται σε μικρής κλίμακας ή μεγάλης κλίμακας [84].

Δεδομένου ότι η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών στηρίζεται στον άνεμο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο άνεμος εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα και η απόδοση των συστημάτων των ανεμογεννητριών να εμφανίζει διακυμάνσεις. Γι' αυτό το λόγο γίνεται η χρήση της υδροηλεκτρικής δεξαμενής, ως εναλλακτικής μορφής ενέργειας [42]. Οι υδροηλεκτρικές δεξαμενές αποθηκεύουν ενέργεια, ώστε να επιτυγχάνεται η εξισορρόπηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο [82].

Η αποθηκευμένη ενέργεια στις υδροηλεκτρικές δεξαμενές είναι δυναμική. Ο τρόπος με τον οποίο αξιοποιείται η δυναμική ενέργεια έχει ως εξής: γίνεται η τοποθέτηση δύο δεξαμενών σε διαφορετικά ύψη μαζί με μια υδροηλεκτρική αντλία. Με την αντλία αντλείται το νερό όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Με άλλα λόγια, η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει σκοπό να αντισταθμίζει τις ενδεχόμενες ελλείψεις λόγω της πιθανής συχνής απουσίας της αιολικής ενέργειας [84].

Όπως κάθε διάνυσμα, έτσι και το διάνυσμα της ταχύτητας του ανέμου έχει μέτρο (ένταση) και κατεύθυνση ή αλλιώς φορά. Τόσο η ταχύτητα όσο και η κατεύθυνση του ανέμου είναι συνάρτηση παραγόντων, όπως η γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία, το πεδίο πίεσης κλπ.. Επιπλέον, παίζουν ρόλο και τοπικοί παράγοντες, όπως είναι το ανάγλυφο της περιοχής (βουνά, πεδιάδες, κοιλάδες κλπ.), η ύπαρξη θάλασσας κοκ.

Αναφορικά με τη γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία, συνδέεται σημαντικά με την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και στην περιστροφή του πλανήτη.

Ακόμη, η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του ισημερινού και των πόλων παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία αερίων μαζών και ρευμάτων, με συνέπεια να υφίστανται και αυξομειώσεις στην ηλιακή ακτινοβολία. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται το φαινόμενο της συνεχούς κίνησης των αερίων μαζών από τους

πόλους προς τον ισημερινό. Πρόκειται για ψυχρές επιφανειακές μάζες αέρα. Επίσης γίνεται και το αντίστροφο, δηλαδή η κίνηση θερμών αερίων μαζών.

Επιπλέον, η περιστροφή της γης προκαλεί την κίνηση των ψυχρών επιφανειακών μαζών προς τα Δυτικά, καθώς επίσης και θερμών αερίων μαζών σε μεγαλύτερο ύψος προς τα Ανατολικά, ενώ η ανομοιομορφία της θερμικής συμπεριφοράς και της ψύξης μεταξύ ξηράς και θάλασσας, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ζωνών διαφορετικής θερμοκρασίας και πεδίων στατικής πίεσης.

Επιπροσθέτως, ο συνδυασμός της προσλαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα και την γη με την ανομοιομορφία του γήινου αναγλύφου και την περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της έχει ως αποτέλεσμα εκ νέου την κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα. Συγκεκριμένα, οι δυνάμεις που καθορίζουν την κίνηση του αέρα είναι οι ακόλουθες σύμφωνα με τον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Δυνάμεις που καθορίζουν την κίνηση του αέρα [100], [101].

Α/Α	Δύναμη	Περιγραφή
1	Βαροβαθμίδα	Η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε γεωγραφική απόσταση μίας μοίρας
2	Coriolis	Στρέφει τα αντικείμενα που κινούνται στο Βόρειο ημισφαίριο προς τα δεξιά. Δίνεται από τον τύπο: $F=2\omega\sin\varphi$ (ω : γωνιακή ταχύτητα και φ : γεωγραφικό πλάτος)
3	Τριβής	Η τριβή δρα πάντα αντίθετα από τη διεύθυνση της κίνησης και οφείλεται στο ανάγλυφο της επιφάνειας της γης

Στην Εικόνα 19 φαίνονται οι άνεμοι στην επιφάνεια της γης που οδηγούν στη δημιουργία παγκόσμιων ζωνών ανέμων.



Εικόνα 19: Τα συστήματα των ανέμων [102].

Όλα τα ανωτέρω, αναφέρθηκαν, προκειμένου να γίνει κατανοητή η σημασία για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά βάση οι εξής παράγοντες [84]:

- Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου
- Οι αναταράξεις που επικρατούν στην υπό εξέταση περιοχή,
- Ο στροβιλισμός του ανέμου,
- Η κατανομή του ανέμου, δηλ. πώς μεταβάλλεται με βάση το ύψος η ταχύτητα του ανέμου.

Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι λεγόμενες ριπές του ανέμου που αποτελούν την εξαιρετικά μικρής διάρκειας (της τάξης των 15 έως 20 sec) απότομη αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Σύμφωνα με τον κανόνα των κατασκευαστών, οι ριπές του ανέμου δεν πρέπει να ξεπερνούν σε ταχύτητα τα 9 έως 10 m/sec.

Οι ριπές του αέρα θα πρέπει να υπολογίζονται στην περιοχή της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, διότι η συχνότητα εμφάνισής τους επιδρούν στην κόπωση της πτερωτής τους και εν γένει στη φθορά τους. Εφόσον, έχουν διάρκεια μεγαλύτερη των 30 sec στην περιοχή, θα πρέπει να υφίσταται μέριμνα, ώστε να διακόπτεται η λειτουργία της αιολικής μηχανής.

Ακόμη, η διεύθυνση του ανέμου, ορίζεται ως το σημείο του ορίζοντα από το οποίο φυσά ο άνεμος σε σχέση με την θέση που γίνεται η μέτρηση.

Τέλος, ένα χαρακτηριστικό που επιδρά στον άνεμο είναι η τραχύτητα του εδάφους. Τα μεγέθη που συνδέονται με την τραχύτητα του εδάφους είναι το λεγόμενο μήκος της τραχύτητας και η κλάση της τραχύτητας του. Το μήκος τραχύτητας μεταβάλλεται σύμφωνα με την εποχή και ορίζεται για επιφάνειες με ομοιόμορφη κατανομή στοιχείων τραχύτητας, ενώ επηρεάζεται από την πυκνότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών [100].

Επίσης, ο στροβιλισμός του αέρα αποτελεί την ανατάραξη του αέρα λόγω της ύπαρξης μιας σειράς διαφορετικών χαρακτηριστικών που έχει η επιφάνεια του εδάφους. Ενδεικτικά, τα βουνά που αποτελούν εμπόδια στο έδαφος, δύνανται να δημιουργούν οργανωμένους στροβίλους που επιδρούν στην παρεχόμενη ισχύ από τον άνεμο, αλλά και επηρεάζουν σημαντικά την εγκατάσταση του αιολικού συστήματος.

Αντίστοιχα, στα υπεράκτια αιολικά πάρκα εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιες περιοχές. Έτσι αυξάνεται η δυνατότητα παραγωγής της αιολικής ενέργειας σε όσες χώρες διαθέτουν θάλασσα, όπως η Ελλάδα [103].

Σε παγκόσμια κλίμακα, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτια αιολικά πάρκα δεν φαίνεται να είναι ακόμη ιδιαίτερα υψηλή συγκριτικά με την ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες που είναι εγκατεστημένες στην ξηρά. Να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η Ευρώπη διαθέτει πάνω από το 90% της παγκόσμιας εγκατεστημένης υπεράκτιας αιολικής ισχύος [104].

Στην Εικόνα 20 φαίνεται ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο



Εικόνα 20: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο [105].

Στη βάση αυτή, η ΕΕ κινείται στην κατεύθυνση της αύξησης της απόδοσης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων κατά 25 φορές έως το 2050. Όθηση της δίνει ο στόχος να συγκρατηθεί η ραγδαία κλιματική αλλαγή [35]. Συγκεκριμένα, τα κράτη της ΕΕ έχουν σχεδιάσει και υλοποιούν έργα με σκοπό την παραγωγή ενέργειας της τάξης των 60GW με υπεράκτια αιολικά πάρκα έως το 2030, ενώ θέτει τις βάσεις για περαιτέρω υλοποίηση έργων που θα παρέχουν ισχύ έως και 300GW μέχρι το 2050. Αναμένεται, οι επενδύσεις να προσεγγίσουν τα 800 δισ. ευρώ [108].

Παράλληλα, η βιομηχανία σημειώνει μεγάλη πρόοδο παρόλο που πράγματι βρίσκεται σε αρχικά βήματα προς την κατεύθυνση της μείωσης του κόστους εγκατάστασης και της ανάπτυξης σύγχρονων και καινοτόμων τεχνολογιών [109].

Σύμφωνα με το σύνδεσμο WindEurope, ήδη από το 2016, οι επενδύσεις στον τομέα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη εμφάνισαν σημαντικά αύξηση κατά 39% σε σύγκριση με το 2015 [110].

Από το 2015, η μισή ισχύς έχει ήδη εγκατασταθεί στη Μεγάλη Βρετανία, ενώ η το υπόλοιπο μέρος έχει εγκατασταθεί στη Γερμανία, το Βέλγιο, τη Δανία και τη Φινλανδία.

Ακόμη, συναντάμε δυναμικά θαλάσσια αιολικά πάρκα στη Βόρεια Θάλασσα.

Συνολικά υφίστανται υπεράκτια αιολικά πάρκα σε ένδεκα (11) ευρωπαϊκές χώρες. Το συνολικό τους πλήθος ξεπερνά τα 84 υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Ωστόσο, σύμφωνα με ειδικούς και παρά την ομολογουμένως ραγδαία ανάπτυξη της εν λόγω τεχνολογίας στην Ευρώπη, το τρέχον pipeline των έργων δεν φαίνεται ότι επαρκεί, κινδυνεύοντας η Ευρώπη να φθίνει ανταγωνιστικά παγκοσμίως στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.

Η νομοθεσία για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, στην Ελλάδα συνδέεται με τους Νόμους 3468/2006 και 3851/2010) [111], [117].

Ωστόσο, δεν υφίστανται ακόμα εγκατεστημένα υπεράκτια αιολικά πάρκα, δεδομένου ότι η εν λόγω τεχνολογία είναι ακόμα καινούργια και επιπλέον οι θάλασσες στην Ελλάδα είναι κατά πλειοψηφία με μεγάλα βάθη που λειτουργούν αποτρεπτικά. Οι περιοχές που έχουν επιλεγεί σε αρχική φάση από το αρμόδιο Υπουργείο αφορούν σε θαλάσσιες περιοχές του Αγίου Ευστρατίου, την Αλεξανδρούπολη, την Κάρπαθο, την Κέρκυρα, τη Θάσο, το Κρουονέρι, την Κύμη, την Λήμνο, τη Λευκάδα, τη Σαμοθράκη και την θαλάσσια περιοχή της Ροδόπης με την ονομασία Φανάρι [109].

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα και οι άλλοι τύποι αξιοποίησης του θαλάσσιου ενεργειακού δυναμικού, συμβάλλουν με τη σειρά τους στη μείωση των εκπομπών CO₂ και άλλων ρυπογόνων αερίων [109].

Ωστόσο, εμφανίζουν ορισμένα μειονεκτήματα. Ενδεικτικά, τα εν λόγω πάρκα θεωρούνται αρκετά θορυβώδη. Επιπλέον, κατά την κατασκευή ή αποσυναρμολόγηση τους, προκύπτουν συχνά αρνητικές επιπτώσεις που επηρεάζουν τελικώς τη βιοποικιλότητα. Παράλληλα, ανακύπτουν ζητήματα στην ναυτιλία, καθώς επίσης και την αλιεία, δεδομένου ότι τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, όπως είναι φυσικό, δεσμεύουν σημαντικό θαλάσσιο χώρο. Ακόμη, το κόστος εγκατάστασής τους είναι σε γενικές γραμμές αυξημένο σε σύγκριση με αυτό των αιολικών πάρκων ξηράς, ενώ υφίστανται τεχνικοί περιορισμοί αναφορικά με την παρεχόμενη αιολική ισχύ, η οποία εγκαθίσταται σε μη διασυνδεδεμένα νησιά [109]. Τέλος, ορισμένες μελέτες αναφέρουν ότι η ύπαρξη αιολικών πάρκων δύναται να βλάψει και τον τουρισμό, που ειδικά στην Ελλάδα είναι ο βασικός μοχλός για την ανάπτυξη της οικονομίας. Αυτό συμβαίνει, διότι αναγκαστικά η εγκατάστασή τους προκαλούν αναδιαμόρφωση στο τοπίο [109].

4.3.1 Παράδειγμα προϋπολογισμού εγκατάστασης ενός μέσου αιολικού πάρκου

Έστω ότι πρόκειται να υλοποιηθεί η κατασκευή Αιολικού Πάρκου έκτασης 2.000m^2 με ισχύ 6 MW . Πρόκειται για ένα πάρκο μεσαίας κλίμακας.

Τότε, το κόστος για την ενοικίαση του μέρους, θα είναι περίπου 700€/m^2 το χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι για την έκταση 2.000m^2 , το συνολικό κόστος θα είναι $1.400.000\text{€}$ σε ετήσια βάση.

Ακόμη, το κόστος διάνοιξης του δρόμου, της διαμόρφωσης του οικοπέδου και οι λοιπές οι εκσκαφές, καθώς επίσης και η αγορά, μεταφορά και τοποθέτηση των βάσεων των πυλώνων, εκτιμάται ότι κοστίζει 392.250€ .

Για την αγορά δύο ανεμογεννητριών των 3MW η καθεμιά, το κόστος είναι $4.950.000\text{€}$.

Επίσης, για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση, δηλ. την εγκατάσταση των πινάκων, των καλωδιώσεων, των ασφαλειών και των διακοπών κοκ, καθώς και την τοποθέτηση του υποσταθμού, το κόστος θα είναι 117.250€ .

Στα αιολικά πάρκα εγκαθίστανται και μετεωρολογικοί σταθμοί. Ένα μέσο κόστος είναι 10.000€ .

Επιπλέον, η αμοιβή για τους εργάτες και τους μηχανικούς είναι περίπου 17.000€

Το συνολικό ποσό για την εγκατάσταση του εν λόγω αιολικού πάρκου με ισχύ 6 MW είναι $5.500.500\text{€}$.

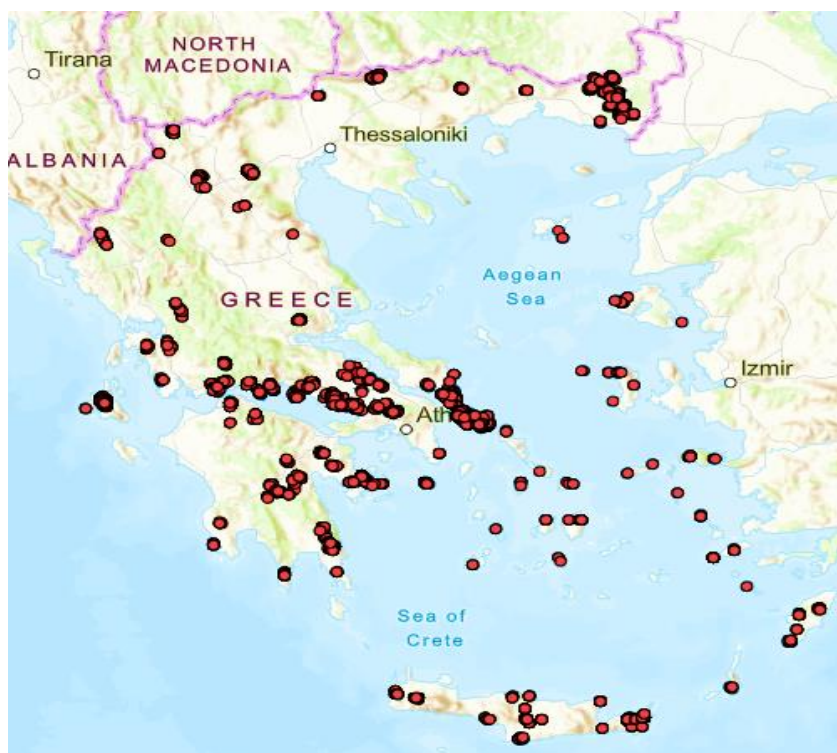
Η καμπύλη της ισχύος σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου της ανεμογεννήτριας γίνεται σύμφωνα με την εφαρμογή μαθηματικού τύπου που δίνεται από τον κατασκευαστή της ανεμογεννήτριας και υπολογίζεται με αυτόν η απόδοση του πάρκου. Ακόμη, υπάρχουν ειδικοί αλγόριθμοι πρόβλεψης της παραγωγής σύμφωνα με τις ταχύτητες του ανέμου.

Αν υποθεθεί ότι, σύμφωνα με τους υπολογισμούς, η παραγωγή θα φτάνει τα 20.000 MWh ετησίως, και ότι το κόστος που πληρώνει η εταιρία παραγωγής ενέργειας είναι $0,09\text{ €/kWh}$, τα έσοδα προ φόρων από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας φτάνουν τα $1,9\text{ εκ. €}$. Συνεπάγεται, λοιπόν, ότι η απόσβεση της επένδυσης θα επιτευχθεί εντός των 4 έως 5 ετών [84].

4.4 Τα έργα των ανεμογεννητριών στην Ελλάδα

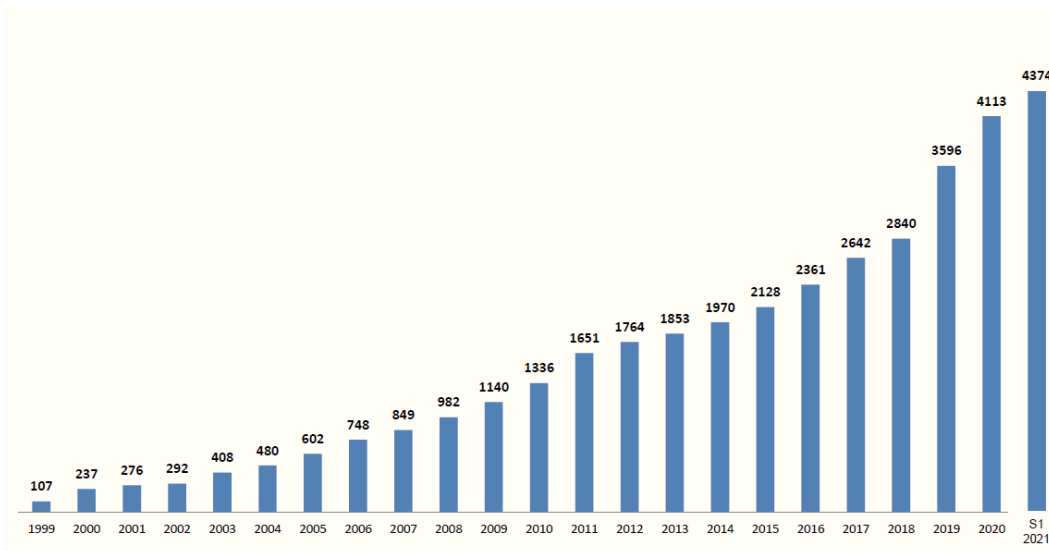
Η Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας παρέχει στο site της (<https://eletaen.gr/>) ένα χάρτη με τα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα σε συνδυασμό με μια εξαιρετική βάση δεδομένων με στοιχεία που αντλούνται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).

Στην Εικόνα 4.6, φαίνεται ο σχετικός χάρτης με τα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα. Σήμερα, ο αριθμός των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών είναι 2.720, χωρίς να συνυπολογίζεται ο σχεδιασμός για την υλοποίηση νέων επίγειων αιολικών πάρκων, αλλά και η πρόθεση εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων.



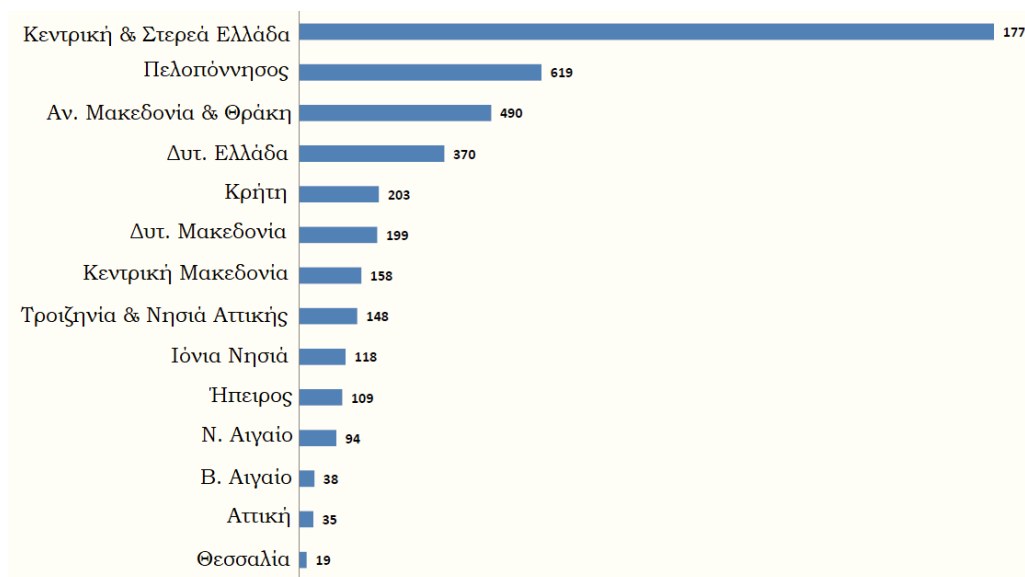
Εικόνα 21: Χάρτης της Ελλάδας με τα Αιολικά πάρκα [112].

Επίσης, στο Διάγραμμα 6 παριστάνεται η συνολική παρεχόμενη ισχύς ξεκινώντας από το 1999 και φτάνοντας στο σήμερα.



Διάγραμμα 6: Συνολική ισχύς στο δίκτυο (σε MW) (1999-2021) [113].

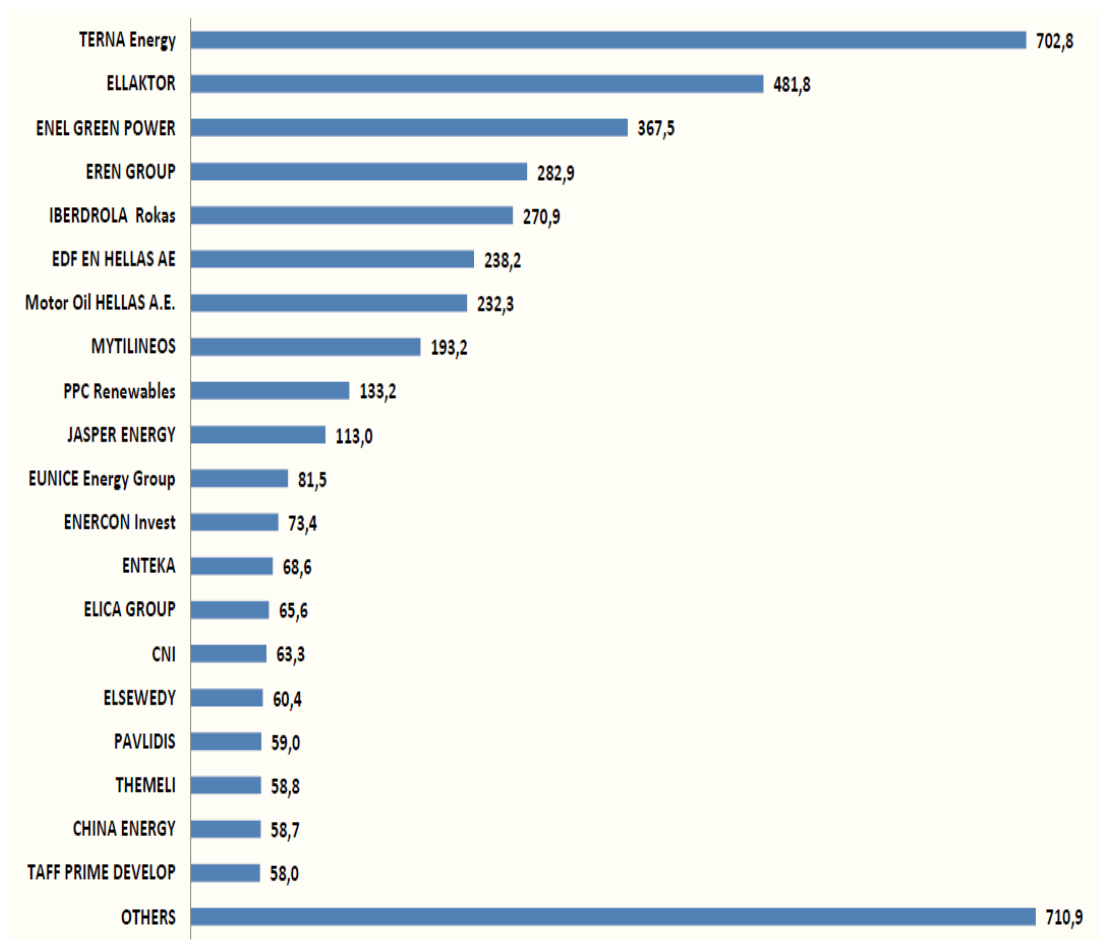
Στο Διάγραμμα 7 παριστάνεται η ισχύς σε MW ανά περιοχή.



Διάγραμμα 7: Ισχύς ανά περιοχή της Ελλάδας (σε MW) [113].

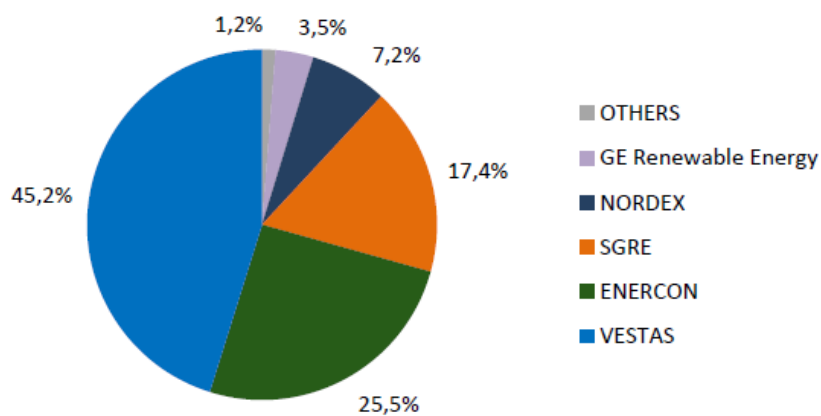
Είναι γεγονός ότι δραστηριοποιείται ένα μεγάλο πλήθος εταιρειών ή κοινοπραξιών στο πεδίο της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Αναφορικά με τις εταιρείες ενέργειας που δραστηριοποιούνται, οι είκοσι (20) κορυφαίες εταιρίες σε σχέση με την παραγωγή αιολικής ενέργειας αναφέρονται στο Διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8: Οι 20 εταιρείες με την μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας [113].

Στο Διάγραμμα 9 φαίνεται το μερίδιο των εταιρειών αιολικής ενέργειας στην αγορά.



Διάγραμμα 9: Μερίδιο στην αγορά από τις εταιρείες Αιολικής Ενέργειας [113].

Επίσης αναφορικά με τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, μελετάται στην Ελλάδα το παράδειγμα της Νορβηγίας. Συγκεκριμένα διερευνάται η μέθοδος με την οποία συνδύασε τη βιομηχανία φυσικού αερίου και πετρελαίου με τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, καθώς και την επιτυχή δέσμευση και αποθήκευση CO₂. Το εν λόγω project με τίτλο: «Ανασκόπηση του Μετασχηματισμού της Νορβηγικής Βιομηχανίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου κατά την Ενεργειακή Μετάβαση και η εφαρμογή της στην Ελλάδα», διενεργείται από την Ελληνική Διαχειριστική Εταιρία Υδρογονανθράκων (ΕΔΕΥ) σε συνεργασία με Νορβηγούς επιστήμονες. Τη χρηματοδότηση του project την παρέχει ο Χρηματοδοτικός Μηχανισμός του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ) στην Ελλάδα με την ονομασία EEA Grants.

Πρακτικά, ο στόχος του project είναι να καταγραφούν οι καλές πρακτικές από τις συμπράξεις που έχουν ήδη γίνει στην Νορβηγία, προκειμένου να εξαχθούν για την Ελλάδα χρήσιμα συμπεράσματα για την επιτυχημένη ανάπτυξη έργων ενεργειακής μετάβασης, χωρίς να αποκλείεται η ανάπτυξη νέων ενεργειακών κλάδων. Παράλληλα διερευνώνται οι προϋποθέσεις αναθέρμανσης των ερευνών για τον εντοπισμό των κοιτασμάτων φυσικού αερίου στις ελληνικές θάλασσες.

Σύμφωνα με τη μελέτη, η Ελλάδα, ως παράκτια χώρα και διαθέτοντας ένα εξαιρετικά ανεπτυγμένο ναυτιλιακό κλάδο, θα μπορούσε να στηριχθεί στο Νορβηγικό μοντέλο και να αναπτύξει τον υπεράκτιο κλάδο CCS και να προχωρήσει στη δημιουργία ενός δικτύου μεταφοράς CO₂ μέσω της διάθεσης πλοίων στη Μεσόγειο. Με άλλα λόγια μπορεί να επιδιώξει και να καταφέρει να αναδειχθεί σε κόμβο δέσμευσης και αποθήκευσης, παρέχοντας λύσεις στις γειτονικές της βιομηχανικές χώρες της Βόρειας Ευρώπης.

Ένα άλλο εξαχθέν πόρισμα, είναι το γεγονός ότι, όπως η Νορβηγία υπέδειξε την Αρχή Ασφάλειας του Κλάδου Πετρελαίου (Petroleum Safety Authority) ως τον εποπτικό φορέα ανάπτυξης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, χάρη στους ισχυρούς δεσμούς που αναπτύχθηκαν μεταξύ του upstream και των offshore αιολικών, αντίστοιχο μοντέλο θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην Ελλάδα.

Απόδειξη για τις συμπράξεις μεταξύ του upstream και των νέων ενεργειακών δραστηριοτήτων, αποτελεί το γεγονός ότι τα πρώτα υπεράκτια αιολικά πάρκα δημιουργήθηκαν για την ηλεκτροδότηση θαλάσσιων πλατφορμών εξόρυξης φυσικού αερίου. Ακόμη, δεδομένου ότι οι υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης αερίου εφαρμόζουν παρόμοια τεχνολογία με αυτή των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η πλειοψηφία των υπεράκτιων αιολικών, έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί από εταιρείες, οι οποίες προέρχονται από τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Επιπλέον, σύμφωνα με τους Νορβηγούς ερευνητές, οι νέοι ενεργειακοί κλάδοι, δυνητικά θα παίξουν μεγάλο ρόλο στην επίτευξη του στόχου για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, αποκομίζοντας επίσης θετικό οικονομικό πρόσημο. Η απόδειξη φαίνεται από το γεγονός ήδη χρηματοδοτείται με 3 δισ. δολάρια το πρώτο project μεγάλης κλίμακας αναφορικά με τη δέσμευση εκπομπών CO₂ από βιομηχανίες και την αποθήκευσή τους σε έναν υποθαλάσσιο γεωλογικό σχηματισμό.

Γι' αυτό το λόγο εκτιμάται ότι η Ελλάδα και η Κύπρος, μπορούν να δημιουργήσουν υπεράκτια αιολικά, όπου με τη δέσμευση και αποθήκευση του CO₂, θα μπορούν να ενισχύσουν παράλληλα τις αναπτυξιακές προοπτικές των οικονομιών τους.

Ενδεικτικά, εκτιμάται ότι εφόσον η Ελλάδα αποκτήσει προβάδισμα στην ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων, σε σχέση με τους ανταγωνιστές της στη Μεσόγειο (Ισπανία και Πορτογαλία), θα κατορθώσει να αποτελέσει την πρώτη χώρα που θα διαθέτει εφοδιαστική αλυσίδα για τον απαραίτητο εξοπλισμό, εξάγοντας παράλληλα τεχνογνωσία και προϊόντα στα γειτονικά της κράτη.

Η προοπτική της, λοιπόν, είναι να εξελιχθεί σε περιφερειακό τεχνολογικό hub για αυτή την αναδυόμενη τεχνολογία ΑΠΕ.

Πρακτικά, αυτό που επιδιώκεται είναι να επιτευχθεί στην Ελλάδα αυτό που συμβαίνει κατά κόρον και διεθνώς, όπου οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο upstream συνδυάζουν τη δραστηριότητα αυτή με τα υπεράκτια αιολικά.

Ένα σημαντικός λόγος είναι ότι οι δύο δραστηριότητες είναι αλληλοσυμπληρούμενες επιχειρηματικά. Με άλλα λόγια, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δύνανται να έχουν μικρό επενδυτικό ρίσκο και παράλληλα μικρή απόδοση κεφαλαίων. Ακόμη, οι έρευνες π.χ. για υδρογονάνθρακες αποτελούν μεγάλο ρίσκο, αλλά με μεγάλη δυνητική απόδοση.

Κατ' αυτόν ο στόχος πρέπει να είναι να μεταλαμπαδευτούν στην Ελλάδα οι κατάλληλες πρακτικές, οι οποίες θα δημιουργήσουν τις συνθήκες υλοποίησης στη χώρα μας επενδυτικών σχεδίων, σε όλο το εύρος των υπεράκτιων έργων, δηλ. από υπεράκτια αιολικά πάρκα έως και την εξόρυξη αερίου σε θαλάσσιες γεωτρήσεις. Εφόσον, ευοδωθούν τα εν λόγω σχέδια, θα συμβάλλουν στο να αναπτυχθεί και η εγχώρια τεχνολογία ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων, και θα μειωθεί σημαντικά το κόστος του upstream στις ελληνικές θάλασσες [114].

Ωστόσο, θα πρέπει τα αρμόδια νομοθετικά σώματα να προχωρήσουν μεταρρυθμίσεις σε τέσσερα επίπεδα:

- Ενίσχυση του θαλάσσιου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας
- Κατάρτιση σχεδίου δράσης για την υπεράκτια αιολικής ενέργειας
- Απλοποίηση και συντόμευση της αδειοδοτικής διαδικασίας για τους διαγωνισμούς των υπεράκτιων αιολικών πάρκων
- Παροχή κινήτρων και πόρων για την μετάβαση στην πλήρη απανθρακοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής.

Ακόμη, η υπεράκτια αιολική ενέργεια δύναται να συμβάλει στη βιομηχανική αλλαγή ευρείας κλίμακας. Στην κατεύθυνση αυτή, υφίσταται η ανάγκη τομών και μεταρρυθμίσεων, οι οποίες θα επιταχύνουν τις επενδύσεις. Αυτό σημαίνει ότι σε αντίθετη περίπτωση, το ρίσκο θα αποτελεί κίνδυνο αναφορικά με το μετασχηματισμό της βιομηχανίας [115].

Έτσι, λοιπόν, έχει επισημανθεί από την πολιτεία ότι εκτός από την επένδυση στο φυσικό αέριο, είναι απαραίτητη για την Ελλάδα σε μεσοπρόθεσμη βάση η ανάπτυξη πρωτοβουλιών δημιουργίας υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

Πράγματι, η πολιτεία, όπως έχει προαναφερθεί, ήδη εφαρμόζει ένα φιλόδοξο σχέδιο για την απολιγνιτοποίηση. Το σχέδιο συνίσταται στην απόσυρση όλων των τωρινών λιγνιτικών μονάδων μέχρι το 2023 και στην απόσυρση κάθε λιγνιτικής παραγωγής ως το 2028.

Προκειμένου να αντισταθμιστεί η ευρεία θερμική ισχύς, είναι σαφής η προσπάθεια να βασιστούμε σε νέες προσθήκες ΑΠΕ, όπως τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Στην κατεύθυνση αυτή όλες οι χώρες έχουν αυξήσει σημαντικά την εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ. Αναφορικά με την Ελλάδα, στα πλάνα της είναι να διπλασιάσει εν γένει την ισχύ των αιολικών και φωτοβολταϊκών συστημάτων ως το 2030 με τις ΑΠΕ να φτάνουν το 64% της ηλεκτροπαραγωγής.

Γι' αυτό το λόγο και η Κομισιόν έχει ήδη εγκρίνει νέα οικονομική στήριξη των ΑΠΕ για την περίοδο 2021-25 με κίνητρα ύψους 2,27 δις. ευρώ για την εγκατάσταση 4,2GW νέων ΑΠΕ.

Επίσης, άλλα 2GW αιολικών ανακοινώθηκαν πρόσφατα από την πολιτεία ως στόχος για το 2030.

Βάσει των ανωτέρω, η Ελλάδα θα συνεχίσει να βασίζεται στην αιολική ενέργεια (χερσαία και υπεράκτια), ως πυλώνα για την ενεργειακή της μετάβαση αυτή τη δεκαετία.

Επιπλέον, η Ελλάδα φιλοδοξεί να εισάγει ανανεώσιμη ενέργεια από περιοχές όπως η Αφρική, ενώ μια άλλη διάσταση στο όραμα των ΑΠΕ είναι η συμφωνία με την Αίγυπτο για την υποθαλάσσια διασύνδεσή της [116].

Συμπεράσματα

Στα 295 δισ. ευρώ υπολογίζονται οι απαιτούμενες επενδύσεις έως το 2050, προκειμένου η Ελλάδα να προσεγγίσει τον ευρωπαϊκό στόχο για κλιματική ουδετερότητα στα επόμενα τριάντα χρόνια. Αυτό προκύπτει από μελέτη της Ομάδας Ενεργειακού Σχεδιασμού & Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, η οποία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου South East Europe Energy Transition Dialogue (SEE-ETD) που χρηματοδοτείται από το Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Η επιστημονική ομάδα των ερευνητών του Αστεροσκοπείου Δρ. Έλενα Γεωργοπούλου, Δρ. Σεβαστιανός Μοιρασγεντής και Δρ. Γιάννης Σαραφίδης, σε συνεργασία με τον καθηγητή Δημήτρη Λάλα και τον εξωτερικό επιστημονικό συνεργάτη Νίκο Γάκη, επεξεργάστηκαν διάφορα σενάρια και εξειδίκευσαν τις απαιτούμενες επενδύσεις των 295 δισ. ευρώ ως εξής:

- Εάν η Ελλάδα συνεχίσει στην κατεύθυνση των επενδύσεων της τελευταίας δεκαετίας (Business as usual), προβλέπονται για την επόμενη τριακονταετία επενδύσεις 135 δισ. ευρώ προκειμένου να συγκρατηθεί η τελική ζήτηση ενέργειας (δηλαδή επενδύσεις σε ενεργειακή αναβάθμιση κτιριακού τομέα, στις μεταφορές κλπ) και 48 δισ. ευρώ στον τομέα της ενεργειακής προσφοράς (ηλεκτροπαραγωγή, δίκτυα κλπ)
- Εάν ληφθεί υπόψη όμως η παράμετρος των δεσμεύσεων του υπό αναθεώρηση ΕΣΕΚ (Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα) θα πρέπει να προστεθούν άλλα 46 δισ. ευρώ στις επενδύσεις για τον περιορισμό της ενεργειακής ζήτησης και 8 δισ. ευρώ σε εκείνες που αφορούν στην τελική ενεργειακή προσφορά.
- Τα απαιτούμενα επενδυτικά κονδύλια αυξάνονται, έτι περαιτέρω, εάν ως στόχος συγκράτησης της αύξησης της θερμοκρασίας τεθούν οι 2 βαθμοί Κελσίου (8 δισ. ευρώ και 18 δισ. ευρώ για επενδύσεις στον τομέα της ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς αντίστοιχα) ή ο πιο φιλόδοξος του 1.5 βαθμού Κελσίου (16 δισ. ευρώ και 16 δισ. ευρώ αντίστοιχα). [119]

Η κρίση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας αποδεικνύει ότι η εξάρτηση των χωρών από τα ορυκτά καύσιμα εκθέτει τα νοικοκυριά σε υψηλούς και ιδιαίτερα ευμετάβλητους λογαριασμούς ενέργειας.

Επιπλέον, οι αρνητικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή φαίνεται ότι είναι διαρκώς εντονότερες ιδιαίτερα για τα φτωχά και ευάλωτα νοικοκυριά. Τα γεγονότα αυτά υπενθυμίζουν στους κυβερνώντες την αδήριτη ανάγκη για άμεση και δίκαιη μετάβαση σε ένα νέο ενεργειακό μοντέλο. Πρόκειται για ένα νέο ενεργειακό σύστημα, που θα τροφοδοτείται πλήρως από ΑΠΕ πετυχαίνοντας υψηλούς στόχους ενεργειακής απόδοσης και εδραιώνοντας την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ο έντονος προβληματισμός ότι στο νέο πρόγραμμα Ελλάδα 2.0, δεν περιλαμβάνονται σχετικές επιδοτούμενες επενδύσεις αναφορικά με την ελληνική βιομηχανία παραγωγής εξαρτημάτων και συστημάτων για έργα ΑΠΕ. Εφόσον υπήρχαν, θα επέτρεπαν στην ελληνική βιομηχανία να διαδραματίσει νέο υποστηρικτικό ρόλο στην κατασκευή έργων ΑΠΕ, να αναπτυχθεί και να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας. Εντούτοις, πρέπει η ενέργεια να τεθεί στο επίκεντρο, δεδομένου ότι οι ενεργειακές επενδύσεις δύνανται να θέσουν τα θεμέλια της επιτάχυνσης της ενεργειακής μετάβασης με έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρισμού και για την αποθήκευση της ενέργειας.

Επιπροσθέτως, απαιτείται να δοθούν μεγάλα ποσά και κίνητρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας. Αυτό γίνεται στην Ελλάδα, για παράδειγμα, μέσω του προγράμματος Εξοικονομώ.

Ακόμη, εκτιμάται ότι μέσω της χρηματοδότησης μέσω του Μηχανισμού Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, η Ελλάδα, με μοχλό την ενέργεια, θα προσπαθήσει να εξέλθει από την οικονομική κρίση και την κρίση της πανδημίας και να γίνει ένας ισχυρός ενεργειακός παίκτης στη Μεσόγειο και την Ευρώπη. εταξύ των έργων που θα αντλήσουν κονδύλια από το ελληνικό Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας (ΕΣΑΑ), διακρίνονται τα έργα ανάπτυξης και εκσυγχρονισμού των δικτύων ηλεκτρισμού, τα

οποία σε συνδυασμό με την αποθήκευση ενέργειας, δύνανται να οδηγήσουν σε ένα όσο το δυνατόν πιο ανθεκτικό σύστημα στήριξης της ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, θεωρείται κομβικό σημείο η ένταξη στο ελληνικό Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας του νέου θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού καθώς και του χωροταξικού των ΑΠΕ, προκειμένου να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες, όπως π.χ. τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, οι οποίες θα μπορέσουν να αξιοποιήσουν το τεράστιο αιολικό δυναμικό της ελληνικής θαλάσσιας επικράτειας. Ακόμη, είναι καθοριστικής σημασίας η στήριξη της βιωσιμότητας του ειδικού λογαριασμού ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί η αποκατάσταση των παλαιών ορυχείων λιγνίτη στη Δυτική Μακεδονία και τη Μεγαλόπολη και να αξιοποιηθούν οι εκτάσεις με αναπροσαρμογή των χρήσεων γης και τη δημιουργία οργανωμένων υποδοχέων δραστηριοτήτων.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι επιβάλλεται η πρόβλεψη άντλησης κονδυλίων για την ανάπτυξη τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης του CO₂. Άλλωστε είναι γνωστό ότι θεωρείται μία πολλά υποσχόμενη τεχνολογία και κυρίως στις περιοχές που απολιγνιτοποιούνται. Έτσι, κρίνεται ως σημαντικότερη η διάθεση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων κονδυλίων, προκειμένου να επιτευχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας και να υλοποιηθούν τα σχέδια της πολιτείας για την περαιτέρω ανάπτυξη όλων των ΑΠΕ.

Σε όλες αυτές τις δράσεις, προστίθεται και ο τομέας της ηλεκτροκίνησης, καθώς επίσης και η ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης. Συγκεκριμένα, προβλέπεται ένα σημαντικό ποσό για τις συγκοινωνίες (ηλεκτρικά αστικά λεωφορεία, ηλεκτρικά ταξί κλπ.) και τους φορτιστές.

Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι η Ελλάδα, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας έχει όλο το δυναμικό, ώστε να συμβάλει μαζί με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες τους στόχους της ΕΕ για την ουδετερότητα του κλίματος μέχρι το 2050 και να περιοριστούν οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αξιοποιήσει τη γεωστρατηγική της θέση κάνοντας επιπλέον χρήση υδρογονανθράκων, συμπεριλαμβανομένου του φυσικού

αερίου, αλλά και παράλληλα αξιοποιώντας τόσο το ηλιακό όσο και το αιολικό της δυναμικό προς την κατεύθυνση της απολιγνιτοποίησης και ενεργειακής της απεξάρτησης της από το λιγνίτη.

Η δεκαετία 2030-2040, θα πρέπει να αποτελεί μια δεκαετία επιλογής των τότε ώριμων τεχνολογικών λύσεων για υιοθέτηση, αλλά και συνέχισης των επιτυχημένων πολιτικών και μέτρων που θα συνεισφέρουν στην επίτευξη των στόχων του έτους 2050, με ακόμη μεγαλύτερη ένταση και ρυθμό εφαρμογής. Πρέπει να επισημανθεί ότι το έτος 2030, το ελληνικό ενεργειακό σύστημα θα είναι ένα εντελώς νέο σύστημα και θα έχει επιτευχθεί μια ριζική αναδιάρθρωση του με έμφαση στις ΑΠΕ, στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, στην τελική χρήση, στην ενεργειακή ανακαίνιση ενός μεγάλου αριθμού κτιρίων, στην ενίσχυση και ανάπτυξη των ενεργειακών υποδομών, καθώς και στην πλήρη απένταξη του λιγνίτη από το εγχώριο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, η οποία θα έχει ήδη επιτευχθεί νωρίτερα. Η μετάβαση προς ένα σύστημα ηλεκτροπαραγωγής που θα είναι σε μεγάλο βαθμό αποκεντρωμένο, βασιζόμενο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα απαιτήσει ένα ευφυέστερο και ευέλικτο σύστημα, το οποίο θα βασίζεται στη συμμετοχή των καταναλωτών, στην αυξημένη διασυνδεσιμότητα, στη μεγαλύτερη συμμετοχή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας διαφορετικού μεγέθους και τεχνολογιών, στη σύζευξη των ενεργειακών κλάδων και τομέων, στην ανταπόκριση από την πλευρά της ζήτησης και στην ψηφιοποιημένη διαχείριση. Επίσης, αυτή η ενεργειακή μετάβαση θα επηρεάσει ένα ευρύτερο σύνολο εθνικών και Ευρωπαϊκών πολιτικών, με στόχο την επίτευξη μιας κοινωνικά δίκαιης ενεργειακής και κλιματικής μετάβασης και με αποδοτικό από πλευράς κόστους τρόπο για το σύνολο της οικονομίας και της κοινωνίας. Βασική συνιστώσα στο σχεδιασμό αποτελεί η μετάβαση αυτή να υλοποιηθεί με κοινωνικά δίκαιο τρόπο και να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας της χώρας. Η επιδίωξη αυτή απαιτεί κοινή δράση σε στρατηγικούς τομείς, όπως την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την καθαρή, ασφαλή και συνδεδεμένη κινητικότητα, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, τον εξηλεκτρισμό και τη σύζευξη των τομέων, την ανταγωνιστική βιομηχανία και την κυκλική οικονομία, τις υποδομές και τις διασυνδέσεις, τη βιοοικονομία, καθώς και την αξιοποίηση φυσικών καταβολών άνθρακα και

τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα για την αντιμετώπιση, όπου αυτό απαιτείται, των εναπομεινουσών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι νέες ενεργειακές τεχνολογίες ή ακόμη και καύσιμα που θα είναι διαθέσιμα με ανταγωνιστικούς όρους αγοράς, αποτελούν, σε κάθε περίπτωση, μια τεχνική προϋπόθεση για την περίοδο μετά το έτος 2030, η οποία θα κρίνει τελικά και τους σχετικούς ρυθμούς μετάβασης προς το έτος 2050 και την έμφαση που θα δοθεί ανά περίοδο ως προς την επίτευξη συγκεκριμένων ενδιάμεσων στόχων

Τα εκτιμώμενα οφέλη από τη μετάβαση σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το έτος 2050, είναι μεταξύ άλλων:

- η παραγωγική ανασυγκρότηση της χώρας στην κατεύθυνση καθαρών και σύγχρονων τεχνολογιών που ενισχύουν την κυκλική οικονομία, η οποία θα αξιοποιήσει μια σειρά προηγμένων λύσεων και θα διαμορφώσει νέα επιχειρηματικά μοντέλα. ο μετριασμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και η προώθηση μιας βιώσιμης βιοοικονομίας, με περαιτέρω αύξηση της παραγωγικότητας.
- η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας και της βιομηχανίας, μέσω της έρευνας και της καινοτομίας, με στόχο μια ψηφιοποιημένη, κυκλική οικονομία που εξασφαλίζει υψηλής ποιότητας θέσεις εργασίας και διατηρήσιμη ανάπτυξη στην Ευρώπη, δημιουργώντας παράλληλα συνέργειες με άλλες περιβαλλοντικές προκλήσεις.

Υπό το πρίσμα αυτό, η στήριξη του στόχου μιας κλιματικά ουδέτερης οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το 2050 αποτελεί στρατηγική επιλογή της χώρας ώστε να επιτευχθούν οι κεντρικοί περιβαλλοντικοί στόχοι προς όφελος της κοινωνίας και να διασφαλιστεί ένα βιώσιμο και αειφόρο μέλλον για όλους μας. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει όμως να αναπτυχθούν και οι κατάλληλες πολιτικές στήριξης σε Ενωσιακό επίπεδο, με δίκαιη κατανομή των προσπαθειών και των πόρων των χρηματοδοτικών εργαλείων, αναδεικνύοντας τις ιδιαιτερότητες σε επίπεδο κρατών μελών τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και οικονομίας, ώστε τα παραγωγικά, οικονομικά και αναπτυξιακά οφέλη να είναι κοινά για όλους. Στην Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050 (ΜΣ50) αναλύονται σενάρια για την εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος και

το πρότυπο κατανάλωσης στους τελικούς τομείς, με απώτερο στόχο την μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το έτος 2050 χωρίς να παρουσιάζονται συγκεκριμένα εξειδικευμένα μέτρα. Τα εν λόγω σενάρια θα αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω συζήτησης και επεξεργασίας στο μέλλον, ώστε να επιλεγούν και τα κατάλληλα μέτρα πολιτικής και αντίστοιχες τεχνολογίες που θα αλλάξουν το μοντέλο λειτουργίας του συστήματος κατανάλωσης και παραγωγής.

Η πορεία προς την κλιματικά ουδέτερη οικονομία απαιτεί εξάλειψη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε όλους τους τομείς. Ο στόχος στα σχετικά σενάρια τίθεται σε μείωση των εκπομπών κατά 95% το έτος 2050, συγκριτικά με τα επίπεδα εκπομπών του έτους 1990. Οι στόχοι αυτοί συμβάλλουν στη διατήρηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τον 1.5 βαθμό Κελσίου στο δεύτερο ήμισυ του αιώνα. Στην περίπτωση που υιοθετηθεί στόχος για θερμοκρασία κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου, οι στόχοι για τη μείωση των εκπομπών το έτος 2050 μπορούν να περιορισθούν στο 85% κάτω από τα επίπεδα του έτους 1990. Για τους σκοπούς της ανάλυσης, μελετήθηκε σενάριο συνέχισης των πολιτικών ΕΣΕΚ στην περίοδο 2030-2050 με πιο μεγάλη ένταση και έκταση (σενάριο ΕΣΕΚ-2050) χωρίς να προστεθούν νέες πολιτικές καινοτόμου χαρακτήρα. Καταδείχθηκε από την ανάλυση ότι οι βασικές αυτές πολιτικές είναι αδιαμφισβήτητης αξίας, με κριτήρια κόστους-οφέλους για όλους τους καταναλωτές και το σύστημα της ενέργειας. Κατά συνέπεια οι βασικές πολιτικές αυτές θεωρούνται ότι εφαρμόζονται σε όλα τα σενάρια και είναι στην ουσία το εφελκυστικό για την ανάπτυξη επιπλέον παρεμβάσεων. Αυτές είναι αναγκαίες, γιατί η ανάλυση έδειξε ότι παρά την εντατική και εκτεταμένη εφαρμογή τους, οι βασικές πολιτικές δεν επαρκούν για να επιτευχθούν οι κλιματικοί στόχοι μείωσης των εκπομπών για τα σενάρια των 2 βαθμών Κελσίου και ακόμα περισσότερο για τα σενάρια του 1.5 βαθμού. Χρειάζονται καινοτόμες παρεμβάσεις, καινοτόμες τεχνολογίες που δεν είναι πλήρως ώριμες σήμερα σε βιομηχανικό επίπεδο, αλλά και πρακτικές καθώς και συμπεριφορές που είναι διαφορετικές από τις συμβατικές προσεγγίσεις. Τα σενάρια σχεδιάστηκαν με τρόπο ώστε να εξερευνήσουν τις δυνατότητες, τα οφέλη και το κόστος των επιπλέον παρεμβάσεων διακρίνοντας δύο διαφορετικές προτεραιότητες, η μία δίδοντας βάρος στην εφαρμογή τεχνολογιών και πρακτικών βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε

ακραίο βαθμό σε όλους τους τομείς και η άλλη που μετριάζει την ακραία εφαρμογή αποδοτικότητας και εξηλεκτρισμού αλλά αναπτύσσει κλιματικά ουδέτερα καύσιμα για την υποκατάσταση των μικρών ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων που αλλιώς θα παρέμεναν σε χρήση μακροχρόνια. Τα διαφορετικά αυτά σενάρια μελετήθηκαν και για τις δύο περιπτώσεις κλιματικών στόχων, δηλαδή τη μείωση των εκπομπών κατά 85% και τη μείωση κατά 95% το 2050 από τα επίπεδα του 1990. Τα σενάρια του 95% είναι πολύ απαιτητικά σχετικά με τη μείωση των εκπομπών σε όλους τους τομείς. Ιδιαίτερα ανελαστικές είναι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου εκτός διοξειδίου άνθρακα, δηλαδή σε γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες κυρίως, καθώς και οι εκπομπές διοξειδίου άνθρακα από βιομηχανικές διεργασίες εκτός καύσης ορυκτών καυσίμων. Για τον σχεδόν μηδενισμό του ισοζυγίου εκπομπών θα είναι απαραίτητη η επίτευξη αρνητικών εκπομπών διοξειδίου άνθρακα, ώστε να αντισταθμίζονται οι θετικές εκπομπές που δεν είναι δυνατόν να εξαιρεθούν. Για το σκοπό αυτό, γίνεται δεκτή η υπόθεση ότι εφαρμόζεται η τεχνική της δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου άνθρακα σε περιορισμένη έκταση όμως. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνονται αρνητικές εκπομπές μέσω δέσμευσης εκπομπών από καύση βιομάζας στη ηλεκτροπαραγωγή, δεσμεύονται εκπομπές βιομηχανικών διεργασιών αλλά και από τον αέρα και το βιομεθάνιο, ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί το διοξείδιο άνθρακα στη σύνθεση κλιματικά ουδέτερων υδρογονανθράκων για αέριο, καύσιμα και πρώτες ύλες της χημικής βιομηχανίας. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται στα σενάρια που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών κατά 95% το 2050.

Οι ΑΠΕ και τα συστήματα για την αγορά και τα δίκτυα είναι μεταξύ των βασικών πολιτικών με τη μεγαλύτερη σημασία και για το λόγο αυτό περιλαμβάνονται σε όλα τα σενάρια. Η βιο-οικονομία επίσης αποτελεί προτεραιότητα στο πλαίσιο των βασικών πολιτικών. Η ανάπτυξή της μπορεί να έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη για την οικονομία και την απασχόληση αφού βασίζεται σε εγχώρια προστιθέμενη αξία τόσο στην παραγωγή όσο και στην βιομηχανική μετατροπή της βιομάζας σε ενεργειακά προϊόντα. Η προοπτική είναι η βιομηχανική οργάνωση με μεγάλες αποδόσεις κλίμακας, τόσο στην παραγωγή, όσο και στην εφοδιαστική αλυσίδα και τα εργοστάσια χημικής μετατροπής. Στο πλαίσιο της μακροχρόνιας στρατηγικής, προτεραιότητα έχουν το βιοαέριο και τα προηγμένα βιοκαύσιμα. Το βιοαέριο

παραγόμενο σε μεγάλη κλίμακα και αναμορφωμένο σε βιομεθάνιο αποτελεί φθηνή, πρακτική και άμεσης εφαρμογής λύση για τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος του διανεμόμενου αερίου. Αποτελεί επίσης τον πρόδρομο για την ανάμειξη στο μέλλον κλιματικά ουδέτερου υδρογόνου και μεθανίου στα δίκτυα αερίου. Τα βιοκαύσιμα προηγμένης γενιάς, πλήρως υποκαταστάσιμα των ορυκτών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών, είναι τεχνολογικά και οικονομικά εφικτά σε ορατό μέλλον. Η πρώτη ύλη βιομάζας θα βασίζεται σε ενεργειακές καλλιέργειες δένδρων και φυτών ξυλώδους υφής και η μετατροπή τους σε βιοκαύσιμα θα γίνεται σε βιο-διυλιστήρια με τεχνολογίες παρόμοιες των διυλιστηρίων πετρελαίου. Η προοπτική της βιο-οικονομίας είναι θεμελιώδους σημασίας αλλά περιορίζεται από τη διαθέσιμη πρώτη ύλη βιομάζας. Κατάλληλες πολιτικές θα πρέπει να αναπτύσσουν το εγχώριο αυτό δυναμικό και να επιτύχουν οργάνωση της γεωργικής παραγωγής σε βιομηχανική κλίμακα. Η μετάβαση και ο ριζικός μετασχηματισμός του συστήματος ώστε να προσεγγίσει την κλιματικά ουδέτερη οικονομία το 2050 είναι μεγάλης εντάσεως κεφαλαίου αλλά συνοδεύονται με μείωση του συνολικού κόστους των ενεργειακών υπηρεσιών για τους τελικούς καταναλωτές ως ποσοστό του εισοδήματός τους και της προστιθέμενης αξίας στη βιομηχανία και στις υπηρεσίες. Οι συνολικές επενδυτικές δαπάνες είναι μεγάλες αλλά οδηγούν σε μείωση του λειτουργικού κόστους και του κόστους για ενεργειακά προϊόντα με αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος εξυπηρέτησης κεφαλαίων να αντισταθμίζεται από την πτώση του μεταβλητού κόστους. Η συνέργεια ΑΠΕ, αποθήκευσης και υδρογόνου είναι επωφελής για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με τη βιομηχανική ωρίμανση των σχετικών τεχνολογιών στο μέλλον. Η παραγωγή μπαταριών σε μεγάλη κλίμακα και με προηγμένες τεχνολογίες αναμένεται να συνεχίσει και να επιτείνει την πτωτική πορεία του κόστους τους, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να γίνει η οικονομικότερη επιλογή περί το 2030 και πολύ περισσότερο μετά το 2030, παράλληλα με την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Το μεγάλο οικονομικό όφελος για τους καταναλωτές προκύπτει από τις επενδύσεις σε εξοικονόμηση ενέργειας και την αγορά προηγμένων ενεργειακά συσκευών. 70 Στο πλαίσιο αυτό, η βιομηχανία θα έχει μείωση του κόστους της ενέργειας, τόσο στην ηλεκτρική ενέργεια όσο και συνολικά, χάρη επίσης και στην εξοικονόμηση και στον εξηλεκτρισμό, ενώ ταυτόχρονα θα μειώνεται το

ανθρακικό της αποτύπωμα, άμεσα και έμμεσα. Οι μεγάλες επενδύσεις σε ΑΠΕ, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, βιο-οικονομία, δίκτυα, συσκευές και οχήματα μπορούν να αποτελέσουν ευκαιρία ανάπτυξης της εγχώριας παραγωγής τόσο από παραδοσιακές βιομηχανίες που υπάρχουν στην Ελλάδα όσο και μέσω ανάπτυξης νέων επιχειρήσεων και μεταποίησης για καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες. Η βιομηχανική ανάπτυξη ευνοείται από τις προοπτικές μεγέθυνσης της εγχώριας ζήτησης για την πραγματοποίηση των ενεργειακών επενδύσεων που προβλέπει η στρατηγική, ενώ ταυτόχρονα δεν επιβαρύνεται η ανταγωνιστικότητα αφού μειώνεται το συνολικό ενεργειακό κόστος [119].

Βιβλιογραφία

- [1] Ν. Ανδρίτσος, “Ενέργεια και Περιβάλλον, Κεφάλαιο 1: Ενέργεια: Ορισμοί, Μορφές και Χρήσεις”, *Διδακτικές σημειώσεις*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2008. Διαθέσιμο στο: http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita_1.pdf [Ανακτήθηκε στις 05.12.21]
- [2] Δ. Κολιόπουλος, “Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της Ενέργειας”, *Διδακτορική Διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 215, 1997.
- [3] J.L. Doménech, D. Gil-Pérez, A. Gras-Martí, J. Guisasola, J. Martínez-Torregrosa, J. Salinas, R. Trumper, P. Valdés & A. Vilches, “Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation”, *Science & Education*, 16, 1, pp. 43-64, 2007.
- [4] R. Duit, “Understanding energy as a conserved quantity”, Remarks on the article by R.U. Sexl. *Eur.J.Sci.Educ.*, 3(3), pp. 291-301, 1981.
- [5] R. Lancor, “Using metaphor theory to examine conceptions of energy in Biology”, Chemistry and Physics, *Science & Education*, Advance Online Publication, 2012. doi: 10.1007/s11191-012-9535-8
- [6] E. Hecht, “Energy and Change”, *The Physics Teacher*, 45, pp. 88 – 91, 2007.
- [7] R. Lerman, “Energy is not the ability to do work”, *The Physics Teacher* 11, 15, 1973. <https://doi.org/10.1119/1.2349846>.
- [8] R. Sexl, “Some observations concerning the teaching of the energy concept”, *European Journal of Science Education*, 3 (3), p.p. 285 – 289, 1981.
- [9] Π. Κουμαράς, “Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι, Τι διδάσκουμε για την ενέργεια;” *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 5, 2014. Διαθέσιμο στο:

<https://dmargaris.files.wordpress.com/2018/09/koumaras-39-46.pdf> [Ανακτήθηκε στις 06.12.21]

[10] Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπασίμπα, *Φυσική Γ' Γυμνασίου*, Υπουργείο Π

παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Εκδόσεις Διόφαντος, 2015.

[11] energypress.gr, “Οι ΑΠΕ βασικός παράγοντας για ένα ευρωπαϊκό μέλλον με χαμηλές εκπομπές CO₂”, 2016. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/oi-ape-vasikos-paragontas-gia-ena-eyropaiko-mellon-me-hamiles-ekpompes-co2>

[Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[12] windexchange.energy.gov, “What Is Wind Power?”. Διαθέσιμο στο: <https://windexchange.energy.gov/what-is-wind> [Τελευταία πρόσβαση στις 09.12.21]

[13] news.gr, “Οι ΑΠΕ είναι βασικός μοχλός της παραγωγής ενέργειας και θα γίνουν ακόμα περισσότερο”, 2020. Διαθέσιμο στο: <https://www.news.gr/oikonomia/article/2357738/i-ape-ine-vasikos-mochlos-tis-paragogis-energias-ke-tha-ginoun-akoma-perissotero.html> [Τελευταία πρόσβαση στις 09.12.21]

[14] M. Simão & H.M. Ramos, “Hybrid Pumped Hydro Storage Energy Solutions towards Wind and PV Integration: Improvement on Flexibility, Reliability and Energy Costs”, *Water* 12, no. 9: 2457, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12092457>. Διαθέσιμο στο: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/9/2457#cite> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[15] renovablesverdes.com, “Τι είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια”. Διαθέσιμο στο: <https://www.renovablesverdes.com/el/que-es-la-energia-hidroelectrica/> [Τελευταία πρόσβαση στις 09.12.21]

[16] B. Bhandari, S.R. Poudel, K.T. Lee, S.H. Ahn, "Mathematical modeling of hybrid renewable energy system: A review on small hydro-solar-wind power generation", *Int. J. Precis. Eng. Manuf. Technol*, 1, pp. 157–173, 2014.

[17] US Energy Information Administration - Independent Statistics & Analysis, "Solar explained Solar thermal power plants", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-thermal-power-plants.php> [Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[18] solaraccess.com, "Unlocking sun energy". Διαθέσιμο στο: <https://solaraccess.com/> [Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[19] Γ. Φραντζής, "Βιομάζα: η απεριόριστη ενέργεια που βρίσκεται γύρω μας", 2020. Διαθέσιμο στο: <https://www.maxmag.gr/tehnologia/viomaza-i-aperioristi-energeia-rov-vrisketai-gyro-mas/> [Τελευταία πρόσβαση στις 06.12.21]

[20] allaboutenergy, "Περιβάλλον & Διαχείριση Ενέργειας: Βιομάζα". Διαθέσιμο στο: <http://www.allaboutenergy.gr/Biomaza.html> [Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[21] energypress.gr, "Γεωθερμία στην Ελλάδα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας", 2019. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/geothermia-stin-ellada-os-ananeosimi-pigi-energeias> [Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[22] US Energy Information Administration - Independent Statistics & Analysis, "Geothermal explained", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[23] Γ. Τσιλιγκιρίδης, "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας", *Διδακτικές Σημειώσεις*, ΑΠΘ, Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Ενεργειακός Τομέας, Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, 2017. Διαθέσιμο στο: http://users.auth.gr/tsil/01_Εκπαιδευτικά/02.ΑΠΕ/ΑΠΕ-00_ΕΞΩΦΥΛΛΟ-ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ_2017.pdf [Ανακτήθηκε στις 11.12.21]

- [24] Μ. Παναγιωτόπουλος, “Πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις συστημάτων αξιοποίησης Κυματικής Ενέργειας”, Προώθηση της εισαγωγής ενέργειας από θαλάσσιο κυματισμό στην, Ευρωπαϊκή αγορά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, waveplam, ΚΑΠΕ (CRES), *Intelligent Europe*, 2010. Διαθέσιμο στο: <http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/waveplam/2.%20Panagiotopoulos%2021.10.2010.pdf> [Ανακτήθηκε στις 05.12.21]
- [25] b2green.gr, “ Στο Βελβεντό ο πρώτος αυτοδιαχειριζόμενος υδροηλεκτρικός σταθμός στην Ελλάδα”, 2017. Διαθέσιμο στο: <https://www.b2green.gr/el/post/44265/sto-velvento-o-protos-aftodiacheirizomenos-ydroilektrikos-stathmos-stin-ellada> [Τελευταία πρόσβαση στις 08.12.21]
- [26] Μ. Gilbert, *Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Επιμέλεια Γεώργιος Παπαδάκης, Εκδόσεις Πεδίο, 2016.
- [27] Ι. Γελεγένης & Π. Αξαόπουλος, *Πηγές ενέργειας*, Εκδόσεις Σύγχρονη εκδοτική, 2005.
- [28] Ι. Κυριτσάκη, *Το ευρωπαϊκό ένταλμα σύλληψης και η αρχή του διπλού αξιόπινου*, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2009.
- [29] Μ. Kumar, “Wind Solar Hybrid Renewable Energy System: Social, Economic, and Environmental Impacts of Renewable Energy Resources”, *Wind Solar Hybrid Renewable Energy System*, Chapter 2, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.89494. Διαθέσιμο στο: <https://www.intechopen.com/chapters/70874> [Ανακτήθηκε στις 10.12.21]
- [30] C. Diamantopoulou, S. Karaoglanoglou, G. Koukios, “Biomass Cost Index: mapping biomass-to-biohydrogen feedstock costs by a new approach”, *Bioresour. Technol.* 102 2641-50, 2011.
- [31] IPIECA, “2021-2024 United Nations Environment Programme & strategy”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.ipieca.org/resources/awareness-briefing/ipieca-2021-2024-strategy/> [Ανακτήθηκε στις 08.12.21]

[32] World Energy Council, “World Energy Resources - 2013 Survey”, 2013. Διαθέσιμο στο:

https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf [Ανακτήθηκε στις 07.12.21]

[33] WWF, “WWF Annual Review 2011”, 2011. Διαθέσιμο στο: <https://wwf.panda.org/?unewsid=203885> [Τελευταία πρόσβαση στις 08.12.21]

[34] F. Roose, “La pensee écologiste, Bruxelles”, De Boeck Universite, 1991.

[35] Σ. Τσιούρης & Μ. Ανανιάδου – Τζημοπούλου, *Κλιματική Αλλαγή, Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Εκδόσεις Ζήτη, 2009.

[36] Ε. Φλογαΐτη, *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα, 1998.

[37] Αθ. Δηλανάς, *21ος Αιώνας – Προβληματισμοί για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, Ενημέρωση μέτρα προστασίας*, Εκδόσεις Σταμούλη, 1999.

[38] Ε. Φλογαΐτη, *Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία*, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα, 2006.

[39] Εφημερίδα Καθημερινή, “Υπερκατανάλωση και δυστυχία”, Επιμέλεια και μετάφραση άρθρου της Εφημερίδας Guardian, 2003. Διαθέσιμο στο: <https://www.kathimerini.gr/world/162345/yperkatanalosi-kai-dystychia/> [Τελευταία πρόσβαση στις 08.12.21]

[40] CNN, “ΟΗΕ: Η ρύπανση ευθύνεται για το 25% των θανάτων παγκοσμίως”, 2019. Διαθέσιμο στο: <https://www.cnn.gr/perivallon/story/169226/ohe-h-rypansi-eythynetai-gia-to-25-ton-thanaton-pagkosmios> [Τελευταία πρόσβαση στις 11.12.21]

[41] Ch. Woodford, “Water pollution: An introduction to causes, effects, solutions”, 2020. Διαθέσιμο στο: <https://www.explainthatstuff.com/waterpollution.html> [Τελευταία πρόσβαση στις 07.12.21]

[42] Γ. Παπαϊωάννου, *Ήπιες μορφές ενέργειας*, Εκδόσεις Ίων, 2009.

[43] ramsar.org, “The Convention on Wetlands and its mission”, 2016. Διαθέσιμο στο: <https://www.ramsar.org/> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[44] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, “Οδηγία 79/409/ΕΟΚ περί της διατηρήσεως των αγρίων πτηνών (ΕΕ αριθ. L 103 της 25. 4. 1979, σ. 1)” 1979. Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:01979L0409-19940720&from=EN> [Ανακτήθηκε στις 10.12.21]

[45] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, “Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας (ΕΕ L 206 της 22.7.1992, σ. 7)”, 1992. Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:01992L0043-20070101&from=EN> [Ανακτήθηκε στις 10.12.21]

[46] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, “Σχετικά με τις σημερινές προκλήσεις και ευκαιρίες όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ευρωπαϊκή εσωτερική αγορά ενέργειας (2012/2259(INI))”, 2013. Διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2013-0135+0+DOC+XML+V0//EL> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[47] M.S. Salvarli & H. Salvarli, “For Sustainable Development: Future Trends in Renewable Energy and Enabling Technologies”, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91842. Διαθέσιμο στο: <https://www.intechopen.com/chapters/71531> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[48] J. Tainter, “A Framework for Sustainability”, *World Futures*, pp. 213, 2003.

[49] P.S. Dasgupta, & K.G. Maler, “Net national product, wealth, and social well-being”, *Environment and Development Economics*, Vol. 5, pp. 69–93, 2000.

[50] J. Ehrenfeld, *Sustainability by Design: A Subversive Strategy for Transforming Our Consumer Culture*, Yale University Press, 2009.

- [51] Α. Παπανδρέου & Ε. Σαρτζετάκης, “Βιώσιμη Ανάπτυξη: Οικονομική Επιστήμη και Διεθνές Θεσμικό Πλαίσιο”, *Αγορά χωρίς σύνορα*, τόμος 8 (2), 2002. Διαθέσιμο στο: <https://eleftherovima.files.wordpress.com/2011/07/ceb2ceb9cf8ecf83ceb9cebcbce7-7-ceb1cebdceaccf80cf84cf85cebeceb7-cf80ceb1cf80ceb1cebdceb4cf81ceadcebfcf85.pdf> [Ανακτήθηκε στις 29.05.21]
- [52] M. Sanwal, “Trends in Global Environmental Governance: The Emergence of a Mutual Supportiveness Approach to Achieve Sustainable Development”, *Global Environmental Politics*, vol. 4, pp. 16-22, 2004.
- [53] Ρ. Μητούλα, Ο.-Ε. Αστάρα, Π. Καλδής, “Βιώσιμη ανάπτυξη - Έννοιες, Διεθνείς & Ευρωπαϊκές Σχέσεις”, Rosili. Παρουσίαση Γεώργιου Μπέκα, Πολιτικού Μηχανικού (BEng., MEng), 2008. Ανάκτηση από: <https://slideplayer.gr/slide/2031714/> [Ανακτήθηκε στις 16.12.21]
- [54] ΟΤ.γρ, “Κομισιόν – Εγκρίθηκε ενίσχυση 250 εκατ. ευρώ για το έργο αποθήκευσης ενέργειας στην Αμφιλοχία”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.ot.gr/2021/12/20/energeia/komision-egkrithike-enisxysi-250-ekat-eyro-gia-to-ergo-apothikeysis-energeias-stin-amfiloxia/> [Τελευταία πρόσβαση στις 21.12.21]
- [55] Ι. Στεφάνου, Ρ. Μητούλα, Χρ. Κακλέας, “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Οι εφαρμογές, η υφιστάμενη πρακτική τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι οικονομικές παράμετροι, τα νομικά, τεχνολογικά και διοικητικά εμπόδια”, *Περιοδικό Επιθεώρηση Αποκέντρωσης Τοπικής Αυτοδιοίκησης και Περιφερειακής Ανάπτυξης*, τεύχος 23, σελ. 22-32, Αθήνα, 2001.
- [56] Ρ. Μητούλα, “Οι επιπτώσεις της Ευρωπαϊκής Ενοποίησης στη φυσιογνωμία της ελληνικής πόλης”, *Διδακτορική Διατριβή*, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2000.
- [57] Ι. Καλδέλλης, & Α. Κονδύλη, *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη*, Τόμος Β', Σταμούλη, Αθήνα, 2005.

[58] sunblog.gr, “Υποχρεωτική η ανακύκλωση των Φωτοβολταϊκών από το 2014”, 2014. Διαθέσιμο στο: <http://www.sunblog.org/eidiseis/2012/09/υποχρεωτική-η-ανακύκλωση-των-7471.html> [Ανακτήθηκε στις 18.12.21]

[59] D. Kang, T. White, & A. Thomson, “PV Module Recycling: Mining Australian Rooftops”, *Solar Research Conference: Asia-Pacific Solar Research at Brisbane*, 2015. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/286920613_PV_Module_Recycling_Mining_Australian_Rooftops [Ανακτήθηκε στις 17.12.21]

[60] European Council, “Waste management and recycling: new rules adopted by the Council”, 2018. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2018/05/22/waste-management-and-recycling-council-adopts-new-rules/> [Ανακτήθηκε στις 17.12.21]

[61] K. Komoto & J.S Lee, “End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies”, Report IEA PVPS Task 12, *International Energy Agency Power Systems Programme*, 2018.

[62] K. Sander, S. Schilling, J. Reinschmidt, K. Wambach, S. Schlenker, A. Müller, J. Springer, D. Fouquet, A. Jelitte, G. Stryi-Hipp, & T. Chrometzka, “Study on the Development of a Take Back and Recovery System for Photovoltaic Products”, *Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek*, Hamburg, 2007.

[63] M. Paggi, M. Corrado & M.A. Rodriguez, “A multi-physics and multi-scale numerical approach to microcracking and power-loss in photovoltaic modules”, *Composite Structures*, vol. 95, pp. 630-638, 2013.

[64] J. Tao & S. Yu, “Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 141, pp.108-124, 2015.

[65] M. Askari, V. Mirzaei Mahmoud Abadi, M. Mirhabibi, “Types of Solar Cells and Application”, *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5), pp. 94-113, 2015. DOI: 10.11648/j.ajop.20150305.17.

- [66] S. Karavida, "Waste Management of End-of-Service Wind Turbines", Aalborg University, 2015. Διαθέσιμο στο: https://projekter.aau.dk/projekter/files/213319772/Waste_management_of_end_of_service_wind_turbines.pdf [Ανακτήθηκε στις 02.12.2021]
- [67] European Commission, "Study on photovoltaic panels supplementing the impact assessment for a recast of the WEEE directive", *Bio Intelligence Service*, Paris, 2011.
- [68] United Nations Environment Program, "Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure", *A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel*, Paris, 2013.
- [69] Μ. Βενέτη, "Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων", 2020. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/m-veneti-anakyklosi-fotovoltaikon-kai-aiolikon-parkon> [Τελευταία πρόσβαση στις 13.12.21]
- [70] Μ. Pinna, "Ανακύκλωση πτερυγίων ανεμογεννητριών: Η αχίλλειος πτέρνα της αιολικής ενέργειας", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://gr.euronews.com/2021/06/25/anakiklosi-pterigion-anemogennitriion-i-axilleios-pterna-tis-aiolikis-energeias> [Τελευταία πρόσβαση στις 11.12.21]
- [71] N. Andersen, "Wind Turbine End-of-Life: Characterisation of Waste Material", University of Gävle, 2015.
- [72] S. Job, "Composite Recycling: Summary of recent research and development", *Composite Recycling-Materials KTN Report*, 2010.
- [73] C. Pavel & D. Blagoeva, "Materials impact on the EU's competitiveness of the renewable energy, storage and e-mobility sectors: Wind power, solar photovoltaic and battery technologies", EUR 28774 EN, *Publications Office of the European Union*, Luxembourg, 2017. doi:10.2760/83521. Διαθέσιμο στο: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC108356> [Ανακτήθηκε στις 17.12.21]

[74] European Commission, "Study on the review of the list of Critical Raw Materials", *Publications Office of the European Union*, Luxembourg, 2017.

[75] Κέντρο Ανανεώσιμο Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), "Πηγές Χρηματοδότησης & Οικονομικά Κίνητρα Ενεργειακών Επενδύσεων". Διαθέσιμο στο: http://www.cres.gr/kape/epixeiriseis_ependites.htm [Τελευταία πρόσβαση στις 20.12.21]

[76] Π. Καραϊσας, "Φωτοβολταϊκά συστήματα και ΑΠΕ", *Εκπαιδευτικό Υλικό Τεχνικής Επαγγελματικής Κατάρτισης*, Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων, Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδας, 2014. Διαθέσιμο στο: https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika_systimata.pdf [Ανακτήθηκε στις 27.12.21]

[77] www.enterprisegreece.gov.gr, "Ενέργεια: Επενδύοντας στον Ελληνικό Ενεργειακό Κλάδο". Διαθέσιμο στο: <https://www.enterprisegreece.gov.gr/ependyste-sthn-ellada/kladoi-aixmhs/energeia> [Τελευταία πρόσβαση στις 28.12.21]

[78] Α. Καλαϊτζόγλου, "ΕΛΠΕ: Επενδύσεις 1,7 δισ. στις ΑΠΕ στη 10ετία", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.euro2day.gr/news/enterprises/article/2080865/elpe-ependyseis-17-dis-stis-ape-sth-10etia.html> [Τελευταία πρόσβαση στις 15.12.21]

[79] naftemporiki.gr, "Κομισιόν: «Ναι» σε σχέδιο 1,4 δισ. ευρώ για ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα ελληνικά νησιά", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.naftemporiki.gr/story/1814588/komision-nai-se-sxedio-14-dis-euro-gia-ilektriki-energeia-apo-ape-se-mi-diasundedemena-ellinika-nisia> [Τελευταία πρόσβαση στις 22.12.21]

[80] infognomonpolitics.gr, "Κομισιόν: «Ναι» σε σχέδιο 1,4 δισ. ευρώ για ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα ελληνικά νησιά", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://infognomonpolitics.gr/2021/12/komision-nai-se-schedio-14-dis-evro-gia-ilektriki-energeia-apo-ape-se-mi-diasyndedemena-ellinika-nisia/> [Τελευταία πρόσβαση στις 24.12.21]

[81] naftemporiki.gr, “Ενέργεια: Πέντε ερωτήσεις και απαντήσεις για την δραματική αύξηση των τιμών”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://m.naftemporiki.gr/story/1782103/energeia-pente-erotiseis-kai-apantiseis-gia-tin-dramatiki-auksisi-ton-timon> [Τελευταία πρόσβαση στις 27.12.21]

[82] Β. Μπιτζιώνης, *Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2014.

[83] volton.gr, “Ηλιακός θερμοσίφωνας – Οφέλη κι εξοικονόμηση ρεύματος”, 2020. Διαθέσιμο στο: <https://volton.gr/iliakos-thermosifonas-ofeli-exikonomisi/> [Τελευταία πρόσβαση στις 17.12.21]

[84] Ε. Αμανατίδης, “Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας”, Έκδοση: 1.0, Πάτρα, 2014. Διαθέσιμο στο: <https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2123/> [Ανακτήθηκε στις 27.12.21]

[85] naftemporiki.gr, “Το Ισραήλ κατασκευάζει τον μεγαλύτερο ηλιακό «πύργο» του κόσμου”, 2017. Διαθέσιμο στο: <https://m.naftemporiki.gr/story/1190618> [Τελευταία πρόσβαση στις 13.12.21]

[86] greenagenda.gr, “Μαρόκο: Φωτοβολταϊκό πάρκο - μαμούθ με μισό εκατομμύριο πάνελ”, 2016. Διαθέσιμο στο: <http://greenagenda.gr/27954/> [Τελευταία πρόσβαση στις 13.12.21]

[87] Β. Παπαναγιώτου, “ Παραβολικά κάτοπτρα - το ηλιοθερμικό σύστημα για τη Μεσόγειο”, 2011. Διαθέσιμο στο: <https://www.dw.com/el/παραβολικά-κάτοπτρα-το-ηλιοθερμικό-σύστημα-για-τη-μεσόγειο/a-15271086> [Τελευταία πρόσβαση στις 10.12.21]

[88] Α. Ματζαράκης & Χ. Μπαλαφούτης, “Γεωγραφική Κατανομή Βαθμομερών Θέρμανσης στον Ελληνικό Χώρο για Ενεργειακή Χρήση” *6th Hellenic Conference in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, 2018.

[89] cres.gr, “Σταθμός: Κοζάνη”. Διαθέσιμο στο: <http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/kozani.htm> [Ανακτήθηκε στις 10.12.21]

[90] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, “Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010”, *Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών*, Α΄ Έκδοση. Διαθέσιμο στο <https://www.helapco.gr/ims/file/installers/totee-klimatika.pdf> [Ανακτήθηκε στις 17.12.21]

[91] 1ο Γυμνάσιο Αγ. Ιωάννη Ρέντη, “ Πως επηρεάζει η γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του φωτός, σχετικά με την κάθετο της επιφάνειας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, την ενεργειακή απόδοση ενός ηλιακού σπιτιού”, 2016. Διαθέσιμο στο: http://users.sch.gr/irantousis/06_TEXNOLOGIA_G_TAKSIS/04_grapti_ergasia_/13_iliak%CE%BF_spiti.pdf [Ανακτήθηκε στις 16.12.21]

[92] Ν. Κιμουλάκης, *Κτιριακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ανάλυση προτύπου ΕΛΟΤ HD384*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2012.

[93] Mesaritis, “Net Metering”. Διαθέσιμο στο: https://renewables.messaritis.gr/ypiresies/net-metering/?gclid=CjwKCAiAi_D_BRApEiwASslbJyyKtVvZBtiz_NHzO8nw8QzJbHelZu7ho6LZg1xXWBFXazrCL7p4LRoCW-gQAvD_BwE [Ανακτήθηκε στις 24.12.21]

[94] Μ. Πέτσιος, “Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα - Η ΜΡ ENERGY σας συμβουλεύει πώς θα βγείτε κερδισμένοι και τί να προσέξετε”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.skai.gr/news/technology/ta-fotovoltaika-stin-ellada-pos-tha-vgeite-kerdismenoi-kai-ti-na-proseksete> [Τελευταία πρόσβαση στις 24.12.21]

[95] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), “Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2019”, 2020. Διαθέσιμο στο: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2019_2Apr2020.pdf [Ανακτήθηκε στις 01.12.21]

[96] Ι. Γρηγοριάδης & Χ. Λεβογιάννης, “Άνεμοι αλλαγής στην Ανατολική Μεσόγειο: Ανάμεσα στους υδρογονάνθρακες και τη γεωπολιτική των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://www.eliamer.gr/publication/άνεμοι-αλλαγής-στην-ανατολική-μεσόγει/> [Τελευταία πρόσβαση στις 29.12.21]

[97] Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, “Μικρές Ανεμογεννήτριες – Εφαρμογές στον οικιακό τομέα”. Διαθέσιμο στο: <https://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Small%20Wind%20Turbines%20for%20households%20-%20CEA.pdf> [Ανακτήθηκε στις 15.12.21]

[98] M. M. Bomgardner & A. Scott “Recycling renewables”, 2018. Διαθέσιμο στο: <https://cen.acs.org/energy/renewables/Recycling-renewables/96/i15> [Τελευταία πρόσβαση στις 19.12.21]

[99] Κ. Μπαλάρας, Α. Αργυρίου, Φ. Καραγιάννης, *Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας*, Εκδόσεις Τεκδοτική, 2006.

[100] B. Sorensen, “Renewable Energy Physics”, *Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*, 5th Edition, Elsevier, 2017.

[101] Π. Κατσαφάδος, “Αρχές Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας”, *Διαλέξεις (7&8)*, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2019. Διαθέσιμο στο: https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/GEO102/Διαλέξεις/Meteoclimate.Lect-07_08.pdf [Ανακτήθηκε στις 23.12.21]

[102] 5^ο Δημοτικό Σχολείο Πύργου Ηλείας, “Ο Άνεμος: Αέριες Μάζες – Μέτωπα”. Διαθέσιμο στο: <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/wind1.htm> [Τελευταία πρόσβαση στις 19.12.21]

[103] Ελληνική Ένωση Προστασίας Θαλασσιού Περιβάλλοντος (HELMERA), “Υπεράκτια αιολικά πάρκα”. Διαθέσιμο στο: <http://www.helmeracadets.gr/files/ΥperaktiaAiolikaParka.pdf> [Τελευταία πρόσβαση στις 27.12.21]

[104] Δ. Χατζημπίρος, “Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών”, *6ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Εργαστήριο Λιμενικών Έργων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σελ.4 παρ.2, 2014.

[105] naftikachronika “Υπεράκτια αιολικά πάρκα: Οι προβλέψεις της ΕΕ”, 2020. Διαθέσιμο στο: <https://www.naftikachronika.gr/2020/11/20/yperaktia-aiolika-parka-oi-vlepseis-tis-ee/> [Τελευταία πρόσβαση στις 24.12.21]

[106] S. Park, Y. Ji, H. Park, K. Lee, H. Park, B. Beck, H. Shin, W. Holzapfel, “Evaluation of functional properties of lactobacillus isolated from Korean white kimchi”, 2016. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/303019620_Park_et_al_2016_Evaluation_of_functional_properties_of_lactobacillus_isolated_from_Korean_white_kimchi [Ανακτήθηκε στις 18.12.21]

[107] Θ. Παναγούλης, “Από 1η Μαΐου 2021 η σταθερή ταρίφα 63 €/MWh για τα 500άρια φωτοβολταϊκά εκτός διαγωνισμών – Τι ισχύει για αγροτικά και ενεργειακές κοινότητες”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/apo-1i-maiou-2021-i-statheri-tarifa-63-eumwh-gia-ta-500aria-fotovoltaika-ektos-diagonismon-ti> [Τελευταία πρόσβαση στις 24.12.21]

[108] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, “Ε & Α: Στρατηγική για το υδρογόνο για μια κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη”, 2020. Διαθέσιμο στο: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_20_1257 [Τελευταία πρόσβαση στις 26.12.21]

[109] Ε. Καλαφάτη, “Θαλάσσιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, *Ευρωπαϊκό Κέντρο Αριστείας Jean Monnet*, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2017.

[110] WindEurope, “The European offshore wind industry: Key trends and statistics 2016”, 2016.

[111] Νόμος 3468/2006. Διαθέσιμος στο: <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/11708/nomos-3468-2006> [Τελευταία πρόσβαση στις 28.12.21]

[112] eletaen.gr, “ Δελτίο Τύπου: Ο χάρτης της αιολικής ενέργειας από την ΕΛΕΤΑΕΝ”, 2021. Διαθέσιμο στο: <https://eletaen.gr/deltio-tyπου-o-hartis-tis-aiolikis-energeias/> [Τελευταία πρόσβαση στις 20.21.21]

[113] HWEA, "Wind Energy Statistics 2021", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-21-H1-HWEA-Statistics-Greece-.pdf> [Ανακτήθηκε στις 18.12.21]

[114] energypress.gr, "ΕΔΕΥ: Υπεράκτια αιολικά και αποθήκευση CO2 υποψήφιοι «καταλύτες» για ενίσχυση του upstream – Μελέτη με τη Νορβηγία για μεταφορά τεχνολογίας", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/edey-yperaktia-aiolika-kai-apothikeysi-co2-ypopsifioi-katalytes-gia-enishysi-toy-upstream> [Τελευταία πρόσβαση στις 28.12.21]

[115] energypress.gr, Σουηδία: Με προϋποθέσεις... καθοριστικός ο ρόλος των "offshore" αιολικών στο μίγμα της χώρας", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/soyidia-me-proyprotheseis-kathoristikos-o-rolos-ton-offshore-aiolikon-sto-migma-tis-horas> [Τελευταία πρόσβαση στις 28.12.21]

[116] energypress.gr, "Σδούκου: Ξεχωριστό σχήμα στήριξης για τα θαλάσσια αιολικά θα κοινοποιηθεί στην Κομισιόν το α' τρίμηνο του 2022 - Σχεδιάζουμε πρόγραμμα repowering για παλιά πάρκα", 2021. Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/sdogkoy-xehoristo-shima-stirixis-gia-ta-thalassia-aiolika-tha-koinoiitheistin-komision> [Τελευταία πρόσβαση στις 29.12.21]

[117] Νόμος 3851/2010. Διαθέσιμος στο: <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/55724/nomos-3851-2010> [Τελευταία πρόσβαση στις 28.12.21]

[118] Ελλάδα: 295 δισ. ευρώ επενδύσεων για κλιματικά ουδέτερη οικονομία το 2050 <https://www.ot.gr/2021/05/19/green/klimatiki-allagi/ellada-295-dis-eyro-ependyseon-gia-klimatika-oudeteri-oikonomia-to-2050/>

[119] ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΟ 2050 : https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_gr_el.pdf