

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ**  
**ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ»**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Χριστοπούλου Όλγα

**Παπαλέξης Αχιλλέας**

**Βόλος, 2016**

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	4
Abstract.....	4
1. Εισαγωγή .....	6
2. Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	8
2.1 Ο στόχος «20-20-20» .....	8
2.2. Χαρακτηρισμός των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	10
3. Νομοθεσία ΑΠΕ .....	12
3.1 Νομοθετικό πλαίσιο ΑΠΕ της Ελλάδας.....	13
4. Αιολική ενέργεια .....	16
4.1. Ανεμογεννήτριες.....	16
4.2. Επιπτώσεις ανεμογεννητριών στο περιβάλλον .....	18
4.3. Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	19
5. Ηλιακή ενέργεια και τεχνολογία φωτοβολταϊκών .....	24
5.1. Φωτοβολταϊκή συστοιχία .....	25
5.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα .....	26
5.3. Πλεονεκτήματα Φ/Β συστημάτων .....	26
5.4. Μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων .....	27
5.5. Φωτοβολταϊκή τεχνολογία στην Ελλάδα .....	27
6. Βιομάζα.....	31
6.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αξιοποίησης Βιομάζας. ....	31
6.2. Μέθοδοι μετατροπής της Βιομάζας σε ενέργεια.....	32
6.3. Βιομάζα: Δυναμικό και κατάσταση στην Ελλάδα .....	33
7. Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	36
7.1. Μικρά Υδροηλεκτρικά Συστήματα.....	36
7.2. Επιπτώσεις των ΜΥΗΣ στο περιβάλλον. ....	38
7.3. Δυναμικό και κατάσταση στην Ελλάδα .....	39
8. Γεωθερμία .....	42
8.1. Εκμετάλλευση της Γεωθερμικής ενέργειας.....	43
8.2. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα.....	44
9. Συμπεράσματα.....	46
10. Βιβλιογραφία.....	49

Διάγραμμα 1 - Εγκατεστημένα MW αιολικών εγκαταστάσεων ανά περιοχή .....	20
Διάγραμμα 2 - Συνολικά εγκατεστημένα MW αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα .....	22
Διάγραμμα 3 - Ετήσια και συνολική ισχύς εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών μονάδων από το 2007 ως το 2015 .....	29
Διάγραμμα 4 - Ποσοστά εγκατεστημένων Φ/Β για αυτόνομη χρήση και Φ/Β πάρκων.....	30
Διάγραμμα 5 - Εγκατεστημένη ισχύς ΜΥΗΣ στην Ελλάδα και παραγωγή ενέργειας ως το 2012.....	40
Διάγραμμα 6 - Εγκατεστημένη ισχύς για το 2013 και το 2016 .....	40
Διάγραμμα 7 - Εγκαταστάσεις σταθμών ΑΠΕ στο διασυνδεδεμένο σύστημα από το '03-'14 .....	46

## Δήλωση

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: 09/06/2017

Ονοματεπώνυμο: Παπαλέξης Αχιλλέας

Υπογραφή:

## Περίληψη

Στη σύγχρονη βιομηχανοποιημένη κοινωνία που ζούμε, οι απαιτήσεις για ενέργεια έχουν αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με το παρελθόν. Βασικές πηγές ενέργειας που αξιοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών είναι τα ορυκτά καύσιμα με πιο σημαντικά το πετρέλαιο και το λιγνίτη. Η τιμή των καυσίμων αυτών όμως είναι ιδιαίτερα υψηλή, δεν είναι ανανεώσιμα και προκαλούν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Για αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια η προσοχή έχει στραφεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την ενεργειακή πολιτική της έχει θέσει στόχους όσον αφορά τη χρήση των αυτών ως το 2020. Τέτοιες πηγές ενέργειας είναι η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική και η ενέργεια από τη βιομάζα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εφαρμόζονται στην Ελλάδα, και να αξιολογήσει την χρήση αυτών.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες, ηλιακή, αιολική, γεωθερμία, υδροηλεκτρική, βιομάζα, αξιολόγηση

## Abstract

In the modern industrialized society we live in, energy demands have increased significantly in relation to the past. The basic energy sources that are used for the coverage of these needs are fossil fuels, with oil and lignite being the most important of them. The price of these fuels though is high, they are not renewable, and they cause significant environmental problem. That's the reason that in recent years attention has been drawn towards renewable energy sources. European Union has drawn energy policies and has set targets concerning the use of them till 2020. Such energy sources are those that come from the wind, the sun, from biomass the geothermal energy and the hydroelectric energy. Objective of this paper is to present the renewable energy sources that find use in Greece, and evaluate the use of them



## 1. Εισαγωγή

Στη σύγχρονη κοινωνία που ζούμε, οι απαιτήσεις για ενέργεια έχουν αυξηθεί πάρα πολύ σε σχέση με το παρελθόν. Η θέρμανση κατοικιών, η παραγωγή αγαθών, ο τομέας των μεταφορών κτλ είναι μερικές από τις διαδικασίες που απαιτούνε κατανάλωση ενέργειας, και με τη πάροδο του χρόνου και την συνεχή ανάπτυξη της οικονομίας και του επιπέδου ευημερίας, οι απαιτήσεις για ενέργεια αυξάνονται. Μέχρι σήμερα, τα ορυκτά καύσιμα, που αποτελούν τις συμβατικές πηγές ενέργειας, παρέχουν το 85% με 90% της ενέργειας που απαιτείται. Όμως οι ορυκτοί αυτοί πόροι, με πιο σημαντικούς το πετρέλαιο και το λιγνίτη, δεν είναι ανανεώσιμοι, και τα αποθέματα τους αρχίζουν να εξαντλούνται. Ο υπολογισμός των αποθεμάτων πετρελαίου είναι δύσκολος και συχνά ανακριβής. Μερικοί γεωλόγοι πιστεύουν ότι το ποσοστό του πετρελαίου που θα μπορεί να ανακτηθεί, θα είναι 2.5 φορές μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που μπορούμε να ανακτήσουμε τώρα, εξαιτίας της ανακάλυψης νέων αποθεμάτων. Παρόλα αυτά η αυξημένη ζήτηση (υποθέτουμε 5% αύξηση στη ζήτηση το χρόνο) θα εξαλείψει τις πρόσθετες αυτές προμήθειες ως το 2038 (Chiras et al. 2009). Έχουμε φτάσει πλέον στο σημείο που η παραγωγή έχει πιάσει κορυφή και δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση.

Η εικόνα όσον αφορά τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι πιο θετική σε σχέση με αυτή του πετρελαίου. Ο υπολογισμός της απόλυτης παραγωγής, δηλαδή της ποσότητας φυσικού αερίου που θα ανακτηθεί από τη γη πριν τα αποθέματα τελειώσουν έχει πολλές εκδοχές. Σύμφωνα με τον Gerling και Rempel, η απόλυτη παραγωγή ισούται με 4,870 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια, ο οποίος είναι συντηρητικός υπολογισμός. Αυτοί οι δύο προέβλεψαν το 2003, ότι αν δεν ανακαλυφθούν νέα αποθέματα, αυτά που υπάρχουν ήδη θα τελειώσουν το 2067. Πιο σημαντικά, η παραγωγή θα πιάσει κορυφή το 2019, αν ο ρυθμός κατανάλωσης μείνει ίδιος. Από αυτό το σημείο και μετά η παραγωγή δεν θα μπορεί να ακολουθήσει τη ζήτηση.

Στην Ελλάδα, η πλειοψηφία των θερμοηλεκτρικών σταθμών χρησιμοποιούν ως καύσιμο λιγνίτη για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα κοιτάσματα λιγνίτη παρουσιάζουν αξιοσημείωτη γεωγραφική εξάπλωση στον ελληνικό χώρο, και

ισούνται περίπου με 4 δις τόνους, περίπου ίσα δηλαδή με 550 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου. Υπολογίζεται ότι τα αποθέματα αυτά επαρκούν για περισσότερο από 50 χρόνια, μέχρι οι εξορισθείσες ποσότητες δεν ξεπερνούν το 25% των συνολικών αποθεμάτων. (Κακογιάννης, 2012)

Εξαιτίας όμως της συνεχούς μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών πηγών ενέργειας, καθώς επίσης και των σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων (ατμοσφαιρική ρύπανση, φαινόμενο του θερμοκηπίου κτλ) που προκαλούνται από την αλόγιστη χρήση αυτών σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει στροφή στη προσπάθεια αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. «Με τον όρο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ή ήπιες μορφές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια χαρακτηρίζονται όλες οι πηγές που είναι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας και που ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης άρα είναι πρακτικά ανεξάντλητες. Στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας ανήκουν μεταξύ άλλων: η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η βιομάζα, η υδραυλική και η υδροκινητική ενέργεια (Καπλάνης, 2003).



## 2. Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια η Ευρώπη, έχει να κάνει με την ενέργεια. Η αύξηση των τιμών, καθώς επίσης και η αυξανόμενη εξάρτηση μας από την εισαγωγή ενέργειας, έχουν φέρει την Ευρώπη σε δύσκολη θέση, και απειλούν την οικονομία της. Η χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας προκαλούν τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, και τα τελευταία χρόνια γίνονται επενδύσεις ώστε να αποκτήσει τις απαραίτητες ενεργειακές υποδομές, με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, να αντιστρέψουν τη κατάσταση που έχει δημιουργηθεί όσον αφορά την κλιματική αλλαγή, και τη κάλυψη των μελλοντικών μας αναγκών.

Το 2014, όλες οι ενεργειακές πηγές μείωσαν τη παραγωγή τους, και η συνολική παραγωγή πρωτογενών πηγών ισοδυναμούσε με 770.7 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, που σημαίνει ότι είχαμε πτώση κατά 17% μέσα σε δέκα χρόνια. Η πτώση αυτή στις παραγωγή πρωτογενών πηγών δεν δημιούργησε πρόβλημα, καθώς αυξήθηκε το ποσοστό της ενέργειας που παράχθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2014 το 24% του ηλεκτρισμού που παράχθηκε προήλθε από μη συμβατικές πηγές. Αυτή η ανεπάρκεια που προκλήθηκε από τη πτώση της ηλεκτροπαραγωγής, αντιμετωπίστηκε μέσω της εισαγωγής ενέργειας. Το 2014, το 53.5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ, εισάχθηκε από μη Ευρωπαϊκές χώρες. Η ΕΕ εισήγαγε 881 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου περισσότερους από ό τι παρήγαγε. Οι περισσότερες εισαγωγές πετρελαίου προέρχονται από χώρες όπως το Ιράν, Ιράκ Σαουδική Αραβία, Ρωσία κτλ, ενώ το φυσικό αέριο προέρχεται κυρίως από τη Ρωσία, τη Νορβηγία και την Αλγερία. (Wierzbowski et al., 2017)

### 2.1 Ο στόχος «20-20-20»

Η Ευρωπαϊκή ένωση έχει ως σκοπό με την ενεργειακή πολιτική της τον ασφαλή ενεργειακό εφοδιασμό σε προσιτές τιμές. Η πολιτική αυτή έχει σχεδιαστεί με

βάση την εκπλήρωση των στόχων «20-20-20», οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν ως το 2020. Οι στόχοι αυτοί είναι οι εξής:

- Οι εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- Το 20% της ενέργειας που καταναλώνεται στην ΕΕ πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.
- Η ενεργειακή απόδοση στην ΕΕ πρέπει να βελτιωθεί κατά 20%

Η Ευρωπαϊκή ένωση έχει εκφράσει την επιθυμία της να μειώσει την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου κατά 30%, εφόσον και άλλες αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες με μεγάλο ποσοστό εκπομπής αερίων δεσμευτούν να κάνουν το ίδιο. Στόχος είναι, ως το 2050, να έχει επιτευχθεί μείωση των εκπομπών της τάξης του 80-95%, σε σχέση με τα ποσοστά του 1990 πετυχαίνοντας παράλληλα επαρκή ενεργειακό εφοδιασμό.

Ένας από τους κυριότερους στόχους για το 2020, είναι η ενεργειακή απόδοση, που αν επιτευχθεί συμβάλει στο να καταφέρει η ΕΕ να φέρει εις πέρας του μακροπρόθεσμους ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς στόχους. Είναι επίσης ο πιο οικονομικός τρόπος για την μείωση των εκπομπών, τη μεγαλύτερη ενεργειακή ασφάλεια και ανταγωνιστικότητα. Η πολιτική αυτή επικεντρώνεται στα δημόσια μέσα μεταφοράς και τον κατασκευαστικό κλάδο, καθώς οι τομείς αυτοί παρέχουν τις μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας (Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2012)

Σημαντικό ρόλο στην μείωση των επιβλαβών εκπομπών έχει παίξει η διείσδυση και συνεχώς αυξανόμενη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες έχουν κληθεί να αντικαταστήσουν κατά μεγάλο βαθμό τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Οι λόγοι που στρέψαμε τη προσοχή μας στις ΑΠΕ είναι η επιβάρυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω των αερίων εκπομπών, καθώς και η συνεχής αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Τα τελευταία χρόνια προωθούνται κίνητρα και νόμοι για την διευκόλυνση της διείσδυσης των ΑΠΕ στις διεθνείς αγορές. Οφέλη της κίνησης αυτής είναι η παραγωγή «καθαρής» ενέργειας, η δημιουργία θέσεων εργασίας, η αύξηση των εναλλακτικών λύσεων σε πηγές ενέργειας, και η μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Οι επενδύσεις στις ΑΠΕ

αυξάνονται ραγδαία κάθε χρόνο, όπως επίσης αυξάνονται και οι τιμές της εγκαταστημένης ισχύος ανά τεχνολογία.

Παγκοσμίως πολλές χώρες έχουν θέσει στόχους για τη χρήση ΑΠΕ. Πάνω από 80 χώρες σήμερα παράγουν αιολική ενέργεια. Η Ινδία και η Κίνα έχουν πλέον μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ σε αιολική ενέργεια, και βρίσκονται ανάμεσα σε πρωτοπόρες χώρες στη παγκόσμια κατάταξη, όπως είναι η Γερμανία, οι ΗΠΑ και η Ισπανία. (Ευρωπαϊκή επιτροπή, 2012)

Η Ευρωπαϊκή πολιτική για το 2030, είναι η συνέχεια του στόχου 20-20-20. Σύμφωνα με αυτή, τα αέρια του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν μειωθεί κατά 40% ως το 2030, κάτι το οποίο είναι πολύ πιθανό να επιτευχθεί. Προβλέπεται ότι μέχρι το 2020 θα έχουν μειωθεί κατά 32%, άρα δεν χρειάζεται να γίνουν σημαντικές επενδύσεις για να επιτευχθεί ο στόχος του 2030. Η μείωση των αερίων θερμοκηπίου συνδέετε άμεσα με την ανάπτυξη των ΑΠΕ, για να επιτευχθεί δηλαδή πρέπει να αυξηθεί το μερίδιο ΑΠΕ κατά 27%. Επίσης η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι ο πιο γρήγορος και πιο εύκολος τρόπος για να επιτευχθεί ενεργειακή ανεξαρτησία. Επενδύσεις σε αυτό το τομέα θα μειώσουν τα απαραίτητα έξοδα για εισαγόμενα αγαθά, θα βοηθήσουν στην εξέλιξη πρωτοποριακών τεχνολογιών και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Υπολογίζεται ότι το μερίδιο των ΑΠΕ στην ενεργειακή βιομηχανία πρόκειται να ξεπεράσει το 45% το 2030. (Wierzbowski et al., 2017)

## **2.2. Χαρακτηρισμός των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

Ανανεώσιμες είναι όλες οι πηγές ενέργειας των οποίων η ροή στο φυσικό περιβάλλον είναι συνεχής και ανανεούμενη με τον ίδιο ρυθμό που καταναλίσκονται. Η πρωτογενής πηγή των περισσότερων από αυτές είναι ο ήλιος, η βαρύτητα και η περιστροφή της γης. Οι κυριότερες πηγές που χρησιμοποιούνται σήμερα στις ΑΠΕ για τη παραγωγή ενέργειας είναι οι εξής:

- Η κινητική ενέργεια του ανέμου, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη χρήση ανεμογεννητριών. Η αιολική ενέργεια είναι η πλέον οικονομικά ανταγωνιστική διεθνώς από τις ΑΠΕ.

- Η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη χρήση των φωτοβολταϊκών. Είναι η πιο οικολογική ΑΠΕ, αλλά έχει μεγάλο κόστος εφαρμογής, παρόλο που εφαρμόζεται συνεχώς με αυξανόμενο ρυθμό.
- Η δυναμική και κινητική ενέργεια των υδάτινων ρευμάτων, που μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω υδροστρόβιλου και ηλεκτρογεννήτριας. Οι εγκαταστάσεις χωρίζονται σε Μικρά Υδροηλεκτρικά και Μεγάλα Υδροηλεκτρικά. Η τεχνολογία τους είναι ώριμη και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες, επειδή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ανταγωνιστική σε σχέση με την ηλεκτρική ενέργεια των συμβατικών πηγών.
- Η χημική ενέργεια που περιλαμβάνεται στη βιομάζα, τα οργανικά υλικά δηλαδή που προέρχονται από τα φυτά, τα βιομηχανικά, αγροτικά και οικιακά υπολείμματα, μετατρέπεται σε θερμική αρχικά και ένα μέρος της μετέπειτα σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας, ανάλογα με το είδος της βιομάζας που χρησιμοποιείται (γεωργικές καλλιέργειες, βιομηχανικά ή άλλα κατάλοιπα κτλ), συχνά καλύπτοντας και άλλες ανάγκες, όπως η απαλλαγή από τα σκουπίδια, η παραγωγή θερμότητας κτλ (Κακογιάννης, 2012).

Οι τεχνολογίες των ΑΠΕ αναπτύχθηκαν τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, και ενώ υπάρχει θεαματική εξέλιξη σε αυτές και το κόστος τους έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει υψηλό σε σχέση με τις συμβατικές πηγές, χωρίς όμως να έχουν τις αρνητικές επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον οι συμβατικές πηγές ενέργειας.

### 3. Νομοθεσία ΑΠΕ

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση των νομοθετικών πλαισίων τόσο της Ευρωπαϊκής ένωσης όσο και της Ελλάδος, όσον αφορά τις ΑΠΕ.

#### 3.1. Νομοθετικό πλαίσιο ΑΠΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**96/756 Πράσινη Βίβλος:** Οι στόχοι που θέτει και προωθεί η Πράσινη Βίβλος, είναι:

α) Ο διπλασιασμός του ποσοστού χρήσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό πλαίσιο της Ε.Ε. μέχρι το 2010 γύρω στο 12%.

β) Η ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ των κρατών - μελών σχετικά με τις ΑΠΕ.

γ) Η ενδυνάμωση των πολιτικών της Κοινότητας, σχετικά με την πρόοδο και την εξέλιξη των ΑΠΕ, που ενδιαφέρει και ως οικονομικό μέγεθος.

δ) Η παρακολούθηση της προόδου που συντελείται ως προς την επίτευξη των στόχων που θέτει η Πράσινη Βίβλος, σχετικά με τη συστηματικότερη χρήση των ΑΠΕ.  
(<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l27018&from=EL>)

**96/92/ΕΚ:** Βασικό πλαίσιο απελευθέρωσης της αγοράς  
([http://www.cres.gr/kape/pdf/nomiko\\_pl/FEK/1996\\_92\\_ek.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/nomiko_pl/FEK/1996_92_ek.pdf))

**97/599 Λευκή Βίβλος:** Αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο 12% της συνολικής ενέργειας ως το 2010, από το 5,4% του 1997. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31997D0599&from=EN>)

**2001/77/ΕΚ:** Αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο 22,1% της συνολικής ενέργειας  
(<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0077&from=EL>)

**2003/30/EK:** Σχετικά με την προώθηση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32003L0030&from=EL>)

**2006/32/EK:** Με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας κατά 9% για τα επόμενα 9 χρόνια, και υποχρέωση για τη δημιουργία σχεδίου με σκοπό την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0032&from=EL>)

**2009/28/EK:** Με σκοπό την επίτευξη υποχρεωτικού ποσοστού ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας ως το 2020 για κάθε μέλος της ΕΕ. (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EL>)

### 3.1 Νομοθετικό πλαίσιο ΑΠΕ της Ελλάδας

**N.2244/1994 (ΦΕΚ Α' 168):** Με τη ρύθμιση αυτή δίνεται η δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, λειτουργώντας ως ανεξάρτητοι παραγωγοί.

([http://www.desmie.gr/fileadmin/user\\_upload/Files/laws/NOMOS\\_2244\\_1994.pdf](http://www.desmie.gr/fileadmin/user_upload/Files/laws/NOMOS_2244_1994.pdf))

**N.2941/2001 (ΦΕΚ Α' 201):** Με τη ρύθμιση αυτή απλουστεύτηκε η διαδικασία αδειοδότησης έργων ΑΠΕ.

([http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/N.2941\\_2001.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/N.2941_2001.pdf))

**N.3010/2002 (ΦΕΚ Α' 91):** Με τη ρύθμιση αυτή καθορίστηκαν ποια έργα απαιτούν περιβαλλοντικές μελέτες και ποια η διαδικασία αδειοδότησης τους.

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=wPAncvEr3FQ%3D&tabid=330&language=el-GR>)

**N.3175/2003 (ΦΕΚ Α' 207):** Με τη ρύθμιση αυτή καθορίστηκε η ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού.

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=rgapQj34Nn8%3D&tabid=295&language=el-GR>)

**N.3423/2005 (ΦΕΚ Α' 304):** Με τη ρύθμιση αυτή καθορίστηκε η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην αγορά σε ποσοστό 5.75%, και καθορίστηκε η άδεια διάθεσης βιοκαυσίμων για επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται για την εμπορία τους.( <https://www.e-nomothesia.gr/kat-aytokinita/prateria-ugron-kausimon-kausima/n-3423-2005.html>)

**N.3426/2005 (ΦΕΚ Α' 309):** Με τη ρύθμιση αυτή επιτεύχθηκε η επιτάχυνση της διαδικασίας για την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.( <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=761nVejJQWw%3D&tabid=277&language=el-GR>)

**N.3468/2006 (ΦΕΚ Α' 129):** Με τη ρύθμιση αυτή προωθείται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και μονάδες Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).( [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129\(27-6-06\)\\_3468.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/129(27-6-06)_3468.pdf))

**N.3734/2009 (ΦΕΚ Α' 8):** Με τη ρύθμιση αυτή προωθήθηκε η συμπαράγωγή ενέργειας.( [http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/8\(28-1-09\)\\_3734.pdf](http://www.rae.gr/old/downloads/sub2/8(28-1-09)_3734.pdf))

**N.3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85):** Με τη ρύθμιση αυτή τέθηκε ως εθνικός στόχος το 20% της συνολικής ενέργειας να προέρχεται από τις ΑΠΕ, και έγιναν αλλαγές στη διαδικασία αδειοδότησης και τιμολόγησης έργων ΑΠΕ.

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=pnhppGnURds%3D>)

Η Ευρωπαϊκή οδηγία 2009/28/EK που εναρμονίστηκε στο ελληνικό δίκαιο με το Ν.3851/2010Ν αποτελεί ορόσημο για την Ευρωπαϊκή νομοθεσία καθώς θέτει ως στόχο, το 20% της συνολικής ενέργειας που θα έχει καταναλωθεί το 2020 να προέρχεται από ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένου ποσοστού 10% συμμετοχή στον τομέα μεταφορών. Επίσης προβλέπεται για πρώτη φορά η αξιοποίηση ΑΠΕ για όλες τις

ενεργειακές χρήσεις, όπως η ηλεκτροπαραγωγή, ψύξη/θέρμανση κτλ.. Για την Ελλάδα, ο στόχος αντιστοιχεί στο 18% της συνολικής ενέργειας που θα καταναλωθεί το 2020. (ΚΑΠΕ, Ετήσια έκθεση 2009)



#### 4. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που προέρχεται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η επιφάνεια της γης θερμαίνεται ανομοιόμορφα από τον ήλιο, δημιουργώντας ανέμους, δηλαδή μεγάλες ποσότητες αέρα ο οποίοι μετακινούνται από τη μία περιοχή στην άλλη. Ο άνεμος έχει τη δυνατότητα να κινεί ιστιοφόρα πλοία, ανεμοτροχούς κτλ, άρα καταλαβαίνουμε ότι η ενέργεια του είναι εκμεταλλεύσιμη, και παράγεται η αιολική ενέργεια.

Η αιολική ενέργεια ανήκει στις ήπιες μορφές ενέργειας, αποτελεί μία από τις καθαρές πηγές, καθώς δεν εκπέμπει ρύπους. Είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία ανανεώνεται συνεχώς, για αυτό και συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εάν υπήρχε η δυνατότητα να εκμεταλλευόμασταν το συνολικό παγκόσμιο αιολικό δυναμικό μέσα σε ένα χρόνο, η ενέργεια που θα παράγονταν στο χρόνο αυτό θα ήταν διπλάσια από αυτή που απαιτείται για τη κάλυψη των αναγκών της ανθρωπότητας μέσα στο ίδιο διάστημα. Παρόλα αυτά, η αιολική ενέργεια είναι μία ασταθής, ανεξέλεγκτη και χρονικά μεταβαλλόμενη μορφή ενέργειας, για αυτό και η δέσμευση της ενέργειας αυτής είναι μία πολύ δαπανηρή διαδικασία, και η σχεδίαση και λειτουργία μιας αποδοτικής και συνάμα οικονομικής ανεμογεννήτριας, απαιτεί πολύ δουλειά. Η τεχνολογική εξέλιξη όμως πλέον μας επιτρέπει την κατασκευή ανεμομηχανών υψηλής απόδοσης, και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας μειώνεται συνεχώς. (Κακογιάννης, 2012 )

##### 4.1. Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται με σκοπό να μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας περιστρέφονται από την ορμή του ανέμου, και αυτά με τη σειρά τους περιστρέφουν ένα μοτέρ που παράγει ρεύμα. Το παραγόμενο ρεύμα μπορεί να διοχετευτεί απευθείας στο κεντρικό δίκτυο, η να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές για μετέπειτα χρήση.

Ο σχεδιασμός μιας ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει τη μελέτη για αεροδυναμική σχεδίαση η οποία είναι απαραίτητη για τη δέσμευση και μετατροπή της ενέργειας, και την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη η οποία είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό του πλέον αποδοτικού συστήματος.

Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δίπτερες, οι οποίες συναντώνται στις μηχανές μεγάλου μεγέθους, και σε τρίπτερες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Επίσης χωρίζονται σε αυτές οι οποίες έχουν οριζόντιο άξονα, και ο άξονας περιστρέφεται έτσι ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο, και σε αυτές που έχουν κατακόρυφο άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός. Η απόδοση των ανεμογεννητριών εξαρτάται από το μέγεθος τους και την ταχύτητα του ανέμου. Όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια, και η ταχύτητα του ανέμου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ισχύς.

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από τον δρομέα, ο οποίος αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, την ηλεκτρογεννήτρια, το σύστημα πέδης, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο χειρόφρενο, το σύστημα προσανατολισμού, έτσι ώστε να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου, τον πύργο πάνω στον οποίο στεγάζεται όλη η εγκατάσταση και τον ηλεκτρονικό πίνακα και πίνακα ελέγχου που παρακολουθεί και συντονίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

Γενικά, η σωστή μελέτη σχεδιασμού ενός συστήματος αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει τη μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου, έτσι ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη τοποθεσία, τον αεροδυναμικό σχεδιασμό έτσι ώστε να μετατρέπεται κατά τον αποδοτικότερο τρόπο η κινητική ενέργεια σε μηχανικό έργο, την εύρεση του καλύτερου τρόπου αντιμετώπισης των διακυμάνσεων της ενέργειας του ανέμου και τη μελέτη του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς αν απαιτείται.

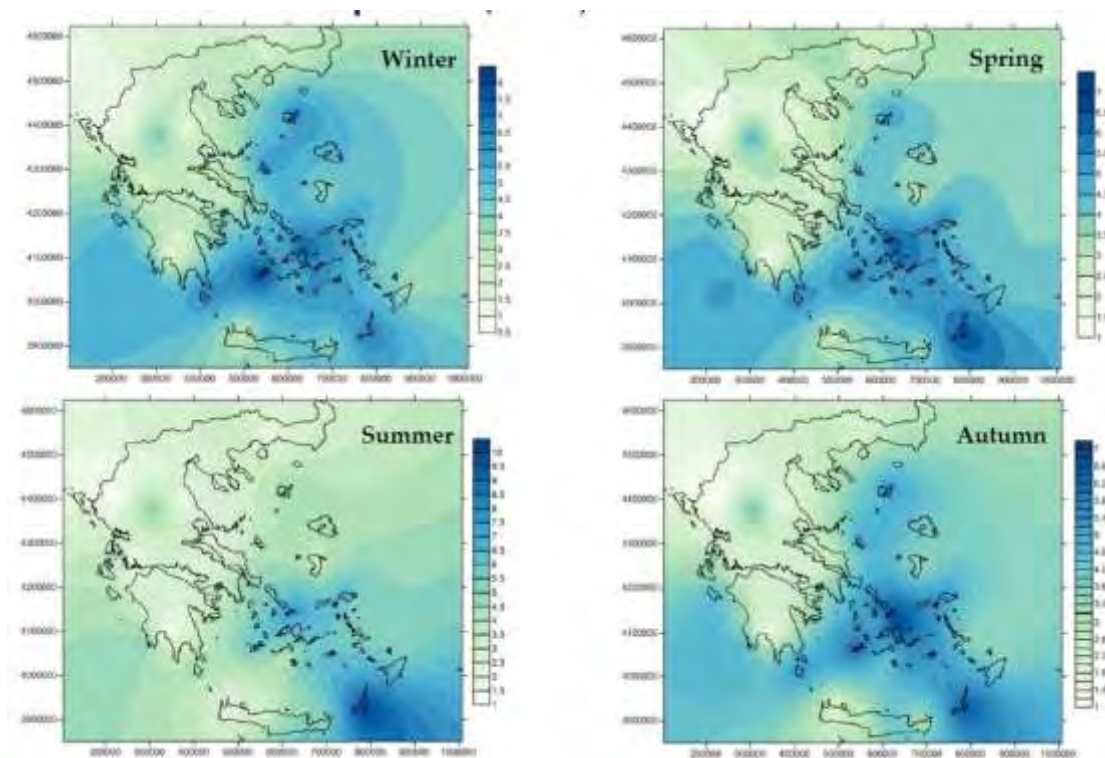
## 4.2. Επιπτώσεις ανεμογεννητριών στο περιβάλλον

Παρόλο που η αιολική ενέργεια συνεισφέρει όλο και περισσότερο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και αποτελεί μία από τις πιο καθαρές πηγές ενέργειας, καθώς δεν παράγει αέριους ρύπους, μπορεί να προκαλέσει και μερικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

- **Ηχορύπανση:** Οι ανεμογεννήτριες παράγουν δύο είδη ηχορύπανσης. Θόρυβος που παράγεται από την τουρμπίνα της ανεμογεννήτριας, και αεροδυναμικός θόρυβος που παράγεται από την αλληλεπίδραση των πτερυγίων με τον αέρα. Πρόσφατα, εξαιτίας της τεχνολογικής εξέλιξης, ο μηχανοκίνητος θόρυβος έχει μειωθεί δραστικά, με αποτέλεσμα να μην θεωρείται τόσο σημαντικός στην επίδραση του περιβάλλοντος όσο ο αεροδυναμικός θόρυβος. (Wang et Wang, 2015)
- **Θνησιμότητα πτηνών:** Αν και η αιολική ενέργεια γενικά θεωρείται περιβαλλοντικά φιλική, η ανάπτυξη των ανεμογεννητριών έχει συσχετιστεί με το θάνατο πτηνών που συγκρούονται με αυτές καθώς επίσης και με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις των αιολικών πάρκων. Τα τελευταία χρόνια, τα πτηνά και όλοι οι βιοτικοί παράγοντες λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των αιολικών πάρκων, με αποτέλεσμα να μειώνεται το ρίσκο σύγκρουσης τους με τις ανεμογεννήτριες. (Wang et Wang, 2015)
- **Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου:** Παρόλο που κατά τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν παράγονται αέρια θερμοκηπίου, κάποιες ποσότητες εκλύονται στην ατμόσφαιρα κυρίως κατά την ανέγερση των εγκαταστάσεων. (Wang et Wang, 2015)
- **Επιδράσεις στην επιφάνεια της γης:** Όταν οι ανεμογεννήτριες ξεκινούν τη λειτουργία τους, προκαλούν μικρής κλίμακας ταραχώδους ανέμους, οι οποίοι έχουν επίδραση στη θερμοκρασία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, αυτοί οι ταραχώδεις άνεμοι μειώνουν τη θερμοκρασία κοντά στο έδαφος, και την ανεβάζουν ψηλά, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας συμβαίνει το αντίθετο. Αυτές οι μεταβολές της θερμοκρασίας επηρεάζουν το σχηματισμό σύννεφων και αυτό έχει σαν συνέπεια να επηρεάζονται και οι βροχοπτώσεις στην περιοχή. (Wang et Wang, 2015)

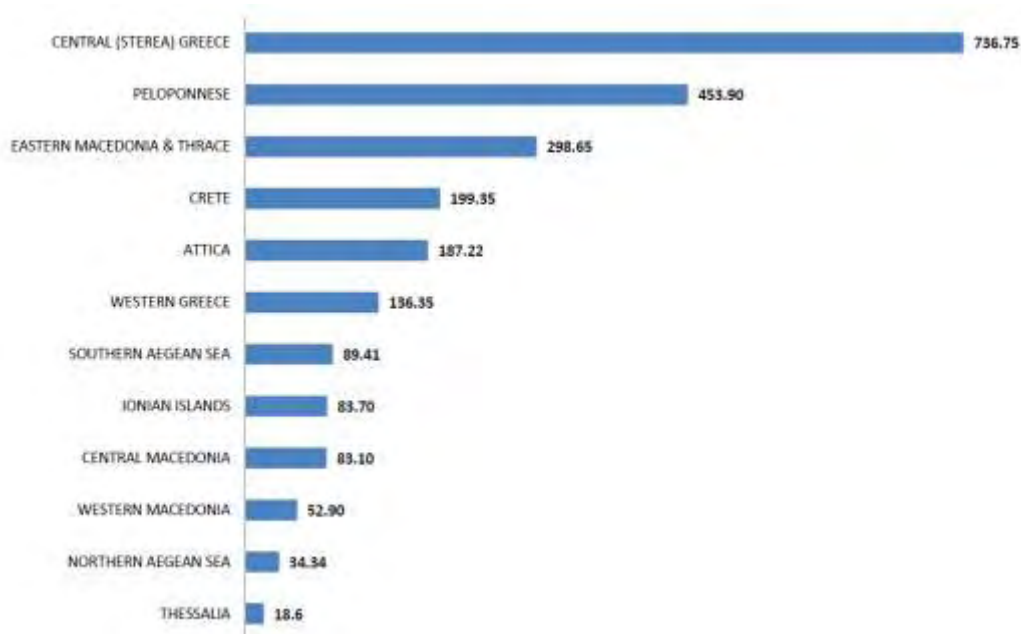
### 4.3. Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα κατέχει ένα από τα καλύτερα αιολικά δυναμικά στην Ευρώπη, αφού οι μέσοι τοπικοί άνεμοι στο ύψος των ανεμογεννητριών μπορούν να ξεπεράσουν τα 8-11 m/s κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, κυρίως στις παράλιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και τα νησιά του Αιγαίου, οι οποίες θεωρούνται οι πλέον πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Οι κυρίαρχοι άνεμοι στην Ελλάδα είναι βόρειοι, και πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του χειμώνα πνέουν βόρειοι, βορειοανατολικοί και βορειοδυτικοί άνεμοι που καλύπτουν το 45% της Ελλάδας (Pappa et al., 2014).



Εικόνα 1 - ταχύτητα ανέμων που πνέουν στην Ελλάδα (Pappa et al., 2014)

Δυστυχώς το μεγαλύτερο μέρος των αιολικών εγκαταστάσεων έχει συγκεντρωθεί σε περιορισμένες περιοχές, όπως η Πελοπόννησος και η Εύβοια, γιατί στις περιοχές αυτές υπάρχει ήδη ηλεκτρικό δίκτυο και οι κατάλληλες εγκαταστάσεις που απαιτούνται. (Kaldellis, 2003)



Διάγραμμα 1 - Εγκατεστημένα MW αιολικών εγκαταστάσεων ανά περιοχή (Πηγή: [https://energyexpress.gr/sites/default/files/media/2016\\_hwea\\_statistics\\_greece\\_12012017c.pdf](https://energyexpress.gr/sites/default/files/media/2016_hwea_statistics_greece_12012017c.pdf))

Μία από τις περιοχές που μπορεί να βοηθήσει στη περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, είναι η Κρήτη. Από το 1993 έχουν τεθεί σε λειτουργία 199.32 MW αιολικών πάρκων, τα οποία είτε είναι ιδιωτικά είτε ανήκουν στη ΔΕΗ. Εξαιτίας της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και της ηλεκτρικής ανεπάρκειας στα νησιά, η Κρήτη είναι μία από τις περιοχές που θα μπορούσε να συμβάλει στο δυναμικό ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τους ανέμους, με την εγκατάσταση περισσότερων MW αιολικών εγκαταστάσεων. Επίσης θετικό είναι το γεγονός, ότι περισσότερο από το 90% των κατοίκων της Κρήτης είναι θετικοί στην ιδέα εγκατάστασης νέων αιολικών πάρκων, και υποστηρικτές των ήδη υπάρχουσών εγκαταστάσεων (Kaldellis, 2003).

Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στη Πελοπόννησο, ειδικά στη περιοχή της Λακωνίας, όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός εγκατεστημένων αιολικών πάρκων. Για διάφορους λόγους (αντικρουόμενα πολιτικά συμφέροντα και συμφέροντα όσον αφορά τις χρήσεις γης) οι οποίοι δεν θα εξεταστούν σε αυτή την εργασία, οι ντόπιοι κάτοικοι, καθοδηγούμενοι από τις τοπικές αρχές, είναι αρνητικοί στην ύπαρξη αιολικών πάρκων στη περιοχή τους, καθώς και στην εγκατάσταση νέων (Kaldellis, 2003).

Στη περίπτωση της Εύβοιας, η οποία είναι μια περιοχή που πνέουν ισχυροί άνεμοι, οποιεσδήποτε αρνητικές αντιδράσεις σχετικά με τα ήδη υπάρχοντα αιολικά πάρκα και τα προγραμματισμένα προς εγκατάσταση, αντισταθμίστηκαν από το υψηλό ποσοστό αιολικής ενέργειας που παράχθηκε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. (Kaldellis, 2003)

Τέλος, υπάρχει και η περίπτωση των νησιών του Αιγαίου που περιέχουν εξαιρετικό αιολικό δυναμικό αλλά σε αυτά είναι εγκατεστημένα μικρά αιολικά πάρκα τα οποία δεν συμβάλλουν σημαντικά στην αιολική ανάπτυξη που οδεύει η Ελλάδα, εξαιτίας της μη ύπαρξης ηλεκτρικού δικτύου, και υπάρχει ενδιαφέρον για νέες εφαρμογές αιολικής ενέργειας σε συνδυασμό με συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης οι μόνιμοι κάτοικοι των νησιών αυτών δεν αντιδρούν αρνητικά στην ιδέα εγκατάστασης αιολικών πάρκων (Kaldellis, 2003).

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που επεκτείνεται σε μια έκταση της τάξης των 130.000 km<sup>2</sup> και χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες ακτογραμμές περίπου 16.000 χιλιομέτρων, και την ύπαρξη περισσότερων από 3.000 νησιών, το μεγαλύτερο ποσοστό των οποίων βρίσκεται στο Αιγαίο πέλαγος. Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, δεν έχουν γίνει σημαντικές επενδύσεις για την εκμετάλλευση της ανανεώσιμης αιολικής ενέργειας, και αυτό οφείλεται κυρίως στην εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία αδειοδότησης, των ανώριμων επενδυτικών πλάνων και διάφορων άλλων κοινωνικών περιορισμών. (Vasileiou et al., 2017)



Διάγραμμα 2 - Συνολικά εγκατεστημένα MW αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (Πηγή: [https://energypress.gr/sites/default/files/media/2016\\_hwea\\_statistics\\_greece\\_12012017c.pdf](https://energypress.gr/sites/default/files/media/2016_hwea_statistics_greece_12012017c.pdf))

Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, πραγματοποιείται χρόνο με το χρόνο με σταθερό ρυθμό. Το πρώτο ξέσπασμα πραγματοποιήθηκε τη τριετία μέσα στο 1998-2000. Το 1998 υπήρχαν εγκατεστημένα 38.8 MW, και το 2000 φτάσαμε αισίως τα 237.1 MW. Για τα επόμενα δύο χρόνια η κατάσταση παρέμεινε «σταθερή», καθώς ανεβήκαμε στα 293 MW, και από κει και μετά υπάρχει σταθερή άνοδος, και έχουμε φτάσει πλέον το 2016 να υπάρχουνε εγκατεστημένα 2374.3 MW, και σκοπός είναι μέχρι το 2020, ο συνολικός αριθμός εγκατεστημένων MW να έχει αυξηθεί ακόμα περισσότερο.

Ο λόγος της ραγδαίας αυτής ανάπτυξης από το 1998-2016 οφείλεται εν μέρει στο ευνοϊκό και μακροπρόθεσμο νομικό πλαίσιο της Ελλάδας για τις ΑΠΕ το οποίο διασφαλίζει τις επενδύσεις στον κλάδο και έχει κερδίσει την εμπιστοσύνη μεγάλων επενδυτών. Εκτός από τους ντόπιους επενδυτές, παγκόσμιοι κολοσσοί δραστηριοποιούνται τα τελευταία 17 χρόνια, οι οποίοι έχουν επιτύχει στον χώρο, και προσβλέπουν στη συνέχιση της ανάπτυξης τους στο χώρο.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί προτεραιότητα στην Ελλάδα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αναπτυχθούν σε ανταγωνιστικές τιμές, και στόχος είναι η συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική παραγωγή ενέργειας να φτάσει το 40% μέχρι το 2020, και οι αιολική ενέργεια είναι μια μορφή με πλούσιο δυναμικό στην Ελλάδα,

για αυτό και πρέπει να συμβάλει το μέγιστο στους στόχους που έχουν τεθεί (Κακογιάννης, 2012).

Παρόλα αυτά όμως, ως το 2020 θα πρέπει να υπάρχουν εγκατεστημένα 7,500 MW αιολικών πάρκων, και στην Ελλάδα ως το 2016 εγκαταστάθηκαν 2374 MW. Παρόλο που οι τεχνολογίες αιολικής ενέργειας αναπτύσσονται χρόνο με τον χρόνο στην Ελλάδα, είμαστε πολύ πίσω ακόμα για να επιτύχουμε αυτό το στόχο, και υπάρχουν σχέδια για περεταίρω εξέλιξη στον τομέα αυτό. Για να το πετύχουμε αυτό, πρέπει να αποφύγουμε το πρόβλημα υπερφόρτωσης του δικτύου με τη δημιουργία νέων σταθμών υψηλής τάσης η και με την αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων, με σκοπό να αυξήσουμε την ήδη εγκατεστημένη χωρητικότητα, και να πιάσουμε τους στόχους ως το 2020 (Petrakopoulou, 2015).



## 5. Ηλιακή ενέργεια και τεχνολογία φωτοβολταϊκών

Ο ήλιος εκπέμπει ηλιακή ακτινοβολία στη γη, και της παρέχει ένα τεράστιο ποσό ενέργειας, το οποίο είναι 20.000 φορές μεγαλύτερο από την ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα σε ολόκληρο το πλανήτη. Το ηλιακό φως αποτελείται από σωματίδια, τα φωτόνια, τα οποία έχουν την ίδια ταχύτητα μεταξύ τους αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Τα φωτόνια, αν προσπέσουν σε υλικά, όπως είναι οι ημιαγωγοί, μπορεί να τα διαπεράσουν αλλά και να απορροφηθούν από αυτά. Αυτά που απορροφούνται είναι αυτά που περιέχουν τη μεγαλύτερη ενέργεια και μπορούν να προκαλέσουν την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σε κρυστάλλους πυριτίου, με αποτέλεσμα ένα φωτόνιο να διεισδύει σε ένα άτομο πυριτίου και να εκδιώκει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του. Με αυτό τον τρόπο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλωτών. Για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση των φωτοβολταϊκών, συνδέονται στις δύο πλευρές του ημιαγωγού εξωτερικοί ακροδέκτες και μια ηλεκτρική συσκευή. Τα ηλεκτρόνια μπαίνουν στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, παράγουν το αντίστοιχο έργο και συνεχίζουν προς την άλλη πλευρά για να ξανασυνδεθούν με τις οπές του. Νέα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται, καθώς προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία και έτσι συνεχίζεται η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Για πολύ μεγάλο διάστημα υπήρχε η πεποίθηση ότι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν λειτουργούν με σύννεφα αλλά μόνο με απόλυτη ηλιοφάνεια. Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει, καθώς ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο συνεχίζει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, απλά με μειωμένη απόδοση. Όπως επίσης αρκετά μειωμένη απόδοση έχει και σε περιόδους καύσωνα.

## 5.1. Φωτοβολταϊκή συστοιχία

Με τον όρο φωτοβολταϊκή συστοιχία εννοούμε όλα τα πλαίσια ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, την καλωδίωση, τις διόδους και τη βάση της συστοιχίας. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ομαδοποιούνται σε κυψέλες, οι κυψέλες σε φωτοβολταϊκά πλαίσια ή αλλιώς πάνελ και αυτά με τη σειρά τους διαμορφώνουν μία συστοιχία. Οι ηλιακές κυψέλες, για να προστατευθούν και να υποστηριχθούν τοποθετούνται μέσα σε ένα κέλυφος, το οποίο τις προστατεύει και τις μονώνει ηλεκτρικά. Φυσικά η επιλογή των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των ηλιακών κυψελών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και μετά από μελέτη, αφού πρέπει να μην εμποδίζεται το φως, να έχουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα, να είναι ανθεκτικά στα καιρικά φαινόμενα, να μην είναι μεγάλο το βάρος τους και πολλοί άλλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Τέλος, η λειτουργία ενός Φ/Β πάνελ ή μιας συστοιχίας επηρεάζεται από το περιβάλλον. Η τάση μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ το ρεύμα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η έκθεση στις ηλιακές ακτίνες.

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία των Φ/Β πάνελ ή συστοιχιών, είναι η τροχιά του ήλιου. Ένα πάνελ που είναι τοποθετημένο κάθετα στις ακτίνες του ήλιου, λαμβάνει πολύ περισσότερο φως από ένα που είναι κακά προσανατολισμένο προς τον ήλιο. Επομένως χρειάζεται μελέτη για την εύρεση της σωστής τοποθέτησης των πάνελ, γιατί η πορεία του ήλιου αλλάζει με την ώρα και την ημέρα του έτους. Υπάρχουν δύο κατηγορίες Φ/Β πλαισίων, τα σταθερά και αυτά που παρακολουθούν τη πορεία του ήλιου. Τα πρώτα είναι οικονομικότερα και εύκολα στη συντήρηση, όμως τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντικρίζουν τον ισημερινό υπό ορισμένη γωνία για αυτό και δεν παράγουν τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορούν να ρυθμίζονται χειροκίνητα, για να ακολουθούν τις εποχιακές αλλαγές αλλά και τις αλλαγές μέσα στη μέρα. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνεται ένα σημαντικό μέρος του φωτός και διπλασιάζεται η παραγωγή. Τα πάνελ που έχουν σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου αξιοποιούν το μέγιστο ποσοστό φωτός, αλλά έχουν και αρκετά υψηλότερο κόστος.

## 5.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα

Για την παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται η ύπαρξη πολλών Φ/Β συστοιχιών. Η ομαδοποίηση αυτή σχηματίζει τα λεγόμενα Φ/Β πάρκα. Σε αυτά η διάταξη γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης των Φ/Β γεννητριών. Για αυτό το λόγο τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές, με νότιο περίπου προσανατολισμό και αποφεύγοντας τη σκίαση μεταξύ τους.

Οι Φ/Β γεννήτριες παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης και ανάλογα με την εφαρμογή το ρεύμα αυτό χρησιμοποιείται απευθείας είτε μετατρέπεται σε ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης. Οι γεννήτριες συνδέονται και με άλλες ηλεκτρικές συσκευές, σχηματίζοντας τα Φ/Β συστήματα, τα οποία χωρίζονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα. Τα αυτόνομα Φ/Β χρησιμοποιούνται για εφαρμογές σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες και δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται καταναλώνεται εξ ολοκλήρου από το χρήστη, ενώ σε άλλες περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ισχύος. Τα αυτόνομα Φ/Β αποτελούνται από Φ/Β γεννήτριες, σύστημα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, ηλεκτρονικό ρυθμιστή φόρτισης και αντιστροφέα.

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται σε περιοχές που υπάρχει σύνδεση με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο και δεν απαιτούν καμία συσκευή αποθήκευσης της παραγόμενης ισχύος. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα αφού μειώνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής και λειτουργίας τους. Η ηλεκτροπαραγωγή σε αυτά τα συστήματα είτε πωλείται εξολοκλήρου στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, είτε καταναλώνεται ένα μέρος από το χρήστη και το υπόλοιπο πωλείται στο δίκτυο. Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα αποτελούνται από τις γεννήτριες, και από τα ηλεκτρονικά διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο.

## 5.3. Πλεονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, επειδή δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη

- Μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια
- Λειτουργούν αθόρυβα, καθαρά, χωρίς κατάλοιπα, αποφεύγοντας τη μόλυνση του περιβάλλοντος
- Λειτουργούν χωρίς κινητά μέρη, με ελάχιστη συντήρηση.
- Λειτουργούν χωρίς καύσιμα
- Λειτουργούν με νεφελώδη ουρανό
- Κατασκευάζονται από πυρίτιο, το οποίο υπάρχει άφθονο στη φύση
- Είναι εύχρηστα με μεγάλη διάρκεια ζωής και επεκτείνονται εύκολα
- Είναι αποδοτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Γρήγορη απόκριση σε ξαφνικές μεταβολές της ηλιοφάνειας
- Αν ένα κομμάτι υποστεί βλάβη, το σύστημα συνεχίζει τη λειτουργία του κανονικά μέχρι την αντικατάστασή του
- Είναι κατάλληλα για εγκατάσταση στις στέγες
- Είναι κατάλληλα για εφαρμογή όπου δεν υπάρχει ή δεν συμφέρει η επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου (Κακογιάννης, 2012)

#### 5.4. Μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

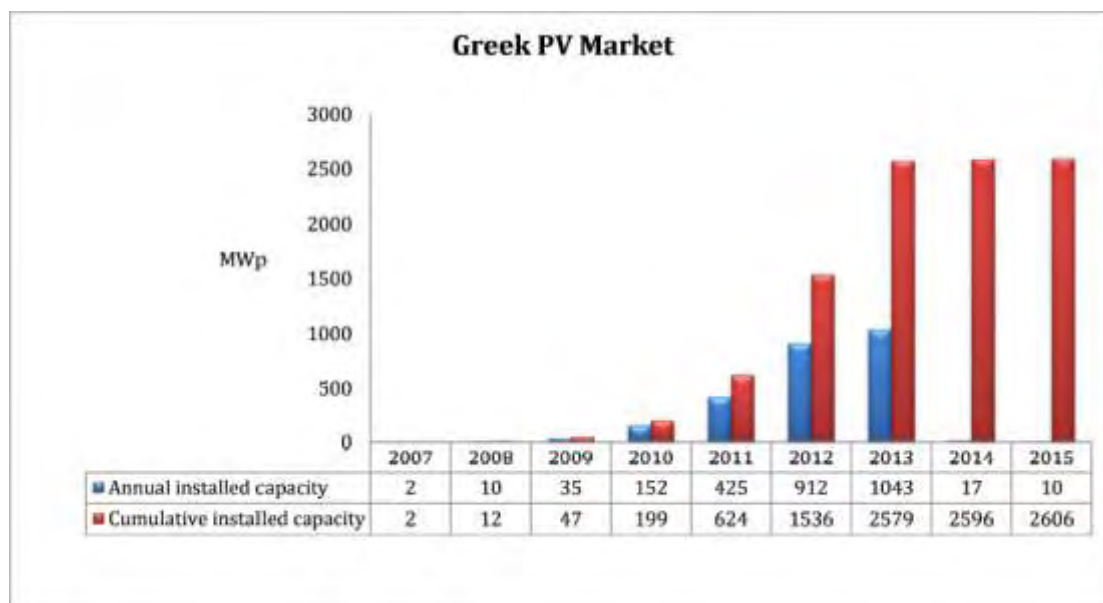
- Υψηλό κόστος αγοράς
- Απαραίτητος τακτικός καθαρισμός της επιφάνειας των Φ/Β πλαισίων για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης (Κακογιάννης, 2012)

#### 5.5. Φωτοβολταϊκή τεχνολογία στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες της Ευρώπης με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια. Βρίσκεται νοτιοανατολικά στη περιοχή της Μεσογείου με άφθονη και αξιόπιστη προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμα και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ολόκληρη η Ελληνική επικράτεια χαρακτηρίζεται από υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, και η ετήσια ηλιακή ενέργεια που μπορεί να παραχθεί ισούται με 1450-1800 kWh/m<sup>2</sup>. Το νότιο μέρος της Ελλάδας, κυρίως τα νησιά που βρίσκονται στο Αιγαίο πέλαγος,

χαρακτηρίζονται από τις υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ στη βόρεια Ελλάδα αναμένεται χαμηλότερη ακτινοβολία. Ενδιαφέρον είναι ότι η διακύμανση στο εποχικό ηλιακό δυναμικό, και η ανταπόκριση στις ηλεκτρικές απαιτήσεις της χώρας δεν παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση και είναι σταθερές, με υψηλότερες τιμές κατά τη καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες τιμές τους χειμωνιάτικους μήνες (Sagani et al., 2017).

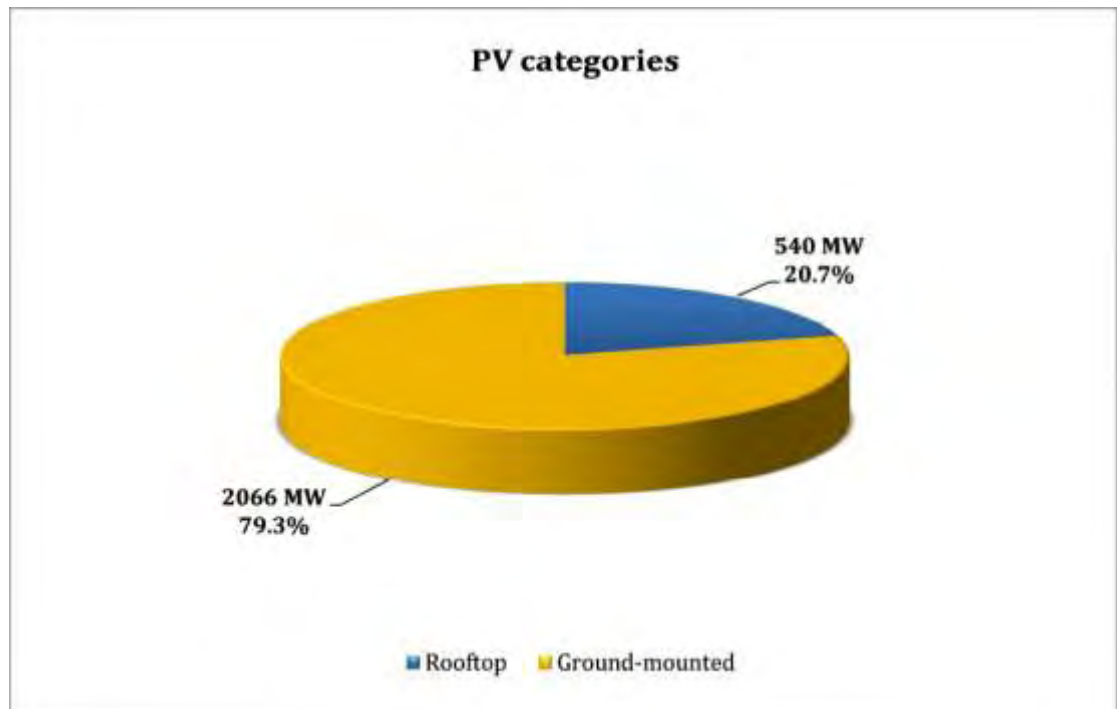
Η χρήση των Φ/Β στην Ελλάδα ξεκίνησε τη δεκαετία του '90. Μετά από δύο δεκαετίες αργής ανάπτυξης, εξαιτίας των χαμηλών τιμών πώλησης της ενέργειας, των προβλημάτων στην ενεργειακή αγορά, της κακής νομοθεσίας και της έλλειψης κινήτρων, το 2006 ήταν εγκατεστημένα 6.7 MW, κυρίως από αυτόνομα συστήματα. Τον Ιούνιο του 2006, το Υπουργείο Ανάπτυξης προώθησε μία νέα σειρά κινήτρων, όπως η αύξηση της τιμής πώλησης για την ανάπτυξη των ΑΠΕ και για να προσελκύσει επενδυτές για την εγκατάσταση τόσο μικρών Φ/Β συστημάτων στις ταράτσες των σπιτιών, όσο και μεγάλων Φ/Β πάρκων. Αυτό είχε αποτέλεσμα την άνθιση της Ελληνικής Φ/Β αγοράς τα τελευταία χρόνια. Στο έτος 2013, εγκαταστάθηκαν 1043 MW (το 9,5% από τα 11GW που εγκατασταθήκαν στην Ευρώπη) που αποτελεί τιμή ρεκόρ, φτάνοντας τα 2579 MW στο σύνολο, δηλαδή το 3,2% των συνολικών GW που είναι εγκατεστημένα στην Ευρώπη (81.5 GW). Τη χρονιά εκείνη παράχθηκαν 3649 GWh. Το 2014, η Ελλάδα έπιασε νέα τιμή ρεκόρ, καθώς ήταν εγκατεστημένα 2596 MW, από τα οποία τα 14% ήταν εγκατεστημένα σε ταράτσες σπιτιών.



Διάγραμμα 3 - Ετήσια και συνολική ισχύς εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών μονάδων από το 2007 ως το 2015 (Πηγή:

[http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th\\_Conference\\_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf](http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th_Conference_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf))

Η Ελληνική αγορά έχει τεράστιες δυνατότητες εξαιτίας της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας σε όλη τη χώρα. Υπήρχαν σχέδια για την εγκατάσταση 3 GW ακόμα, και η Ελλάδα θα μπορούσε να παίξει μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών. Παρόλα αυτά, η έναρξη της οικονομικής κρίσης, η σκληρή ύφεση, οι αυξήσεις στη τιμή πώλησης, οι αναδρομικές φορολογήσεις και οι καθυστερήσεις στις πληρωμές των καταναλωτών είχαν σαν αποτέλεσμα το πάγωμα της αγοράς, και την παύση εγκατάστασης μεγάλων εγκαταστάσεων (Gaglia et al., 2016).



Διάγραμμα 4 - Ποσοστά εγκατεστημένων Φ/Β για αυτόνομη χρήση και Φ/Β πάρκων (Πηγή: [http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th\\_Conference\\_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf](http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th_Conference_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf))

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη και τα Φ/Β που είναι εγκατεστημένα στα νησιά για αυτόνομη χρήση, υπάρχουνε συστήματα ισχύος 2,6 GW. Το φαινόμενο της παύσης της ανάπτυξης των Φ/Β δεν είναι αποκλειστικά Ελληνικό, αλλά Ευρωπαϊκό. Τα παραδείγματα που αναφέραμε παραπάνω που είχαν σαν αποτέλεσμα αυτή τη πτώση ισχύουν για όλη την Ευρώπη. Τυπικό παράδειγμα οι αγορές της Ισπανίας και της Ιταλίας που κάποτε ήταν πρωτοπόροι στο ρυθμό εγκατάστασης Φ/Β. Η ΕΕ αναζητά νέα νομικά πλαίσια που βασίζεται σε φορολογικά οφέλη και στην αύξηση των τιμών πώλησης για να αναγεννηθεί το ενδιαφέρον των επενδυτών για την ηλιακή ενέργεια (Kyritsis et al., 2017).

## 6. Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει οργανική – βιολογική προέλευση. Εμπεριέχει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται έμμεσα ή άμεσα από το φυτικό κόσμο, δηλαδή φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα και ενεργειακές καλλιέργειες (φυτά που καλλιεργούνται με μοναδικό σκοπό τη παραγωγή βιομάζας με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή, κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση των προϊόντων αυτών, καθώς και μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών που έχουν οργανική προέλευση.

Η βιομάζα είναι μια μορφή ενέργειας που έχει δεσμευτεί και αποθηκευτεί από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση. Είναι μια ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας, και η οποία μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων.

### 6.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αξιοποίησης Βιομάζας.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για τη παραγωγή ενέργειας έχει κάποια περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά πλεονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται στα εξής. Με τη χρήση της συμβάλουμε στην αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλείται από την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα κατά την καύση ορυκτών πόρων. Κατά την αξιοποίηση της βιομάζας εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο όμως δεσμεύεται ξανά από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, και με αυτό τον τρόπο δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου. Επίσης, δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του Θείου, καθώς η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι αμελητέα. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από άλλες χώρες. Τέλος, η βιομάζα συμβάλλει στην



περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας, καθώς εξασφαλίζει νέες θέσεις εργασίας και συγκρατεί τον αγροτικό πληθυσμό στις γεωργικές περιοχές.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας όμως έχει και κάποια μειονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται στα εξής. Ο μεγάλος όγκος της παραγόμενης βιομάζας και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, που έχει σαν αποτέλεσμα την αναγκαία επεξεργασία της, η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευση της, οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της, και τέλος η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της (πηγή: ΚΑΠΕ, 2009).

## 6.2. Μέθοδοι μετατροπής της Βιομάζας σε ενέργεια

Υπάρχουν ποικίλες τεχνολογίες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού, βιοαερίου και υγρών βιοκαυσίμων από τη βιομάζα, και μπορούν να εφαρμοσθούν σε οικιακή, κοινοτική και βιομηχανική κλίμακα. Οι τεχνολογίες αυτές διαχωρίζονται σύμφωνα με τη διαδικασία επεξεργασίας η το τελικό προϊόν που παράγεται:

- **Καύση:** Αποτελεί τη πιο συνηθισμένη μέθοδο παραγωγής ενέργειας από τη βιομάζα, με σκοπό τη δημιουργία θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέθοδος αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη σε ψυχρότερα κλίματα και οι τελευταίες εξελίξεις είχαν σαν αποτέλεσμα βελτιωμένων συστημάτων θέρμανσης με μεγαλύτερη αποδοτικότητα.
- **Αεριοποίηση:** Εύφλεκτο αέριο μπορεί να παραχθεί από τη βιομάζα μέσα από μία θερμοχημική διαδικασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αεριοποίηση και συμβαίνει σε συνθήκες χωρίς επαρκή οξυγόνο για τη πραγματοποίηση πλήρους καύσης, αλλά με αρκετό οξυγόνο για τη μετατροπή της στερεής βιομάζας σε αεριούχο καύσιμο.
- **Αναερόβια χώνευση:** Καύσιμο αέριο μπορεί επίσης να παραχθεί από τη βιομάζα μέσω βιολογικών διαδικασιών χαμηλής θερμοκρασίας, που ονομάζονται αναερόβια χώνευση. Βιοαέριο είναι οι κοινή ονομασία του αερίου που παράγεται είτε σε συγκεκριμένους αναερόβιους χωνευτές ή σε ΧΥΤΑ συλλέγοντας το φυσικά παραγόμενο μεθάνιο.

- **Βιοκαύσιμα:** Τα βιοκαύσιμα είναι προϊόντα της μετατροπής της βιομάζας σε πιο συμβατικές μορφές ενέργειας, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αντικαταστήσουν τα βασισμένα σε πετρέλαιο καύσιμα στο τομέα των μεταφορών (Herzog et al.).

### 6.3. Βιομάζα: Δυναμικό και κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου.

Το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό της εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι

καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής .

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας. Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του μίσχανθου, του ευκαλύπτου και της ψευδοακακίας (πηγή: ΚΑΠΕ, 2009).

Στην Ελληνική επικράτεια η βιομάζα καλύπτει το 0,2% της συνολικής ενέργειας ή το 4% της ανανεώσιμης ενέργειας, και παρά το γεγονός ότι τα δάση καλύπτουν το 26.5% της χώρας, η συμβολή των δασών στη παραγωγή βιομάζας είναι πολύ μικρή, και υπάρχουν ανεξερεύνητες ποσότητες δασικής βιομάζας που μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχοντας θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια (Manolis et al., 2016)

Το 2007 υπήρχαν στην Ελλάδα εγκατεστημένα 24,6 MW και υπήρχαν σχέδια για άλλα 58 MW, Οι βιομηχανίες άρχισαν να εξετάζουν την αναερόβια χώνευση για παραγωγή ενέργειας για πρώτη φορά. Έκτοτε όμως δεν έγιναν σημαντικά βήματα προς την ανάπτυξη. Η Ελλάδα βρίσκεται πολύ χαμηλά στη λίστα παραγωγής ενέργειας και θερμότητας από τη βιομάζα στο παρόν, σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες που έχουν αναπτυχθεί δραματικά. Υπάρχει υψηλό δυναμικό που δεν έχει ακόμα εξερευνηθεί και υπάρχουν τεχνικοί και μη τεχνικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της βιομάζας στην Ελλάδα που έχουν να κάνουν με γραφειοκρατικές διαδικασίες, και εμποδίζουν την εμπορική ανάπτυξη (Panoutsou, 2008)

Σύμφωνα με στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ το 2017 οι ενεργές μονάδες είναι μόλις 10 με μέγιστη ισχύ 45MW. Η αναλογία παραγωγής ενέργειας και ηλεκτρισμού από βιομάζα υπολείπεται του ευρωπαϊκού μέσου όρου. Το παραγόμενο προϊόν μάλιστα είναι ιδίως το βιοαέριο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης στη βιομηχανία ή για την παραγωγή θερμότητας. Γι' αυτό και οι μονάδες λειτουργούν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις που διαθέτουν απόβλητα ως πρώτη ύλη

για βιοαέριο. Απουσιάζουν όμως μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού από βιομάζα είτε από ανακυκλώσιμα υλικά είτε από καθαρή -γεωργική- βιομάζα, δηλαδή από αγροτικά υπολείμματα. Το Υπουργείο Ενέργειας παρέχει την υψηλότερη τιμή πώλησης στην κατηγορία παραγωγής πράσινου ηλεκτρισμού στην περίπτωση της βιομάζας. Η τιμή για κάθε παραγόμενο κιλοβάτ από βιομάζα είναι μακράν η πιο ενισχυμένη στις ανανεώσιμες.

Η απουσία της εκμετάλλευσης της βιομάζας ως ενέργειας ή πηγής ηλεκτρισμού στην χώρα μας δεν έχει μόνο μία αιτία. Το βασικό πρόβλημα ωστόσο είναι ότι οι βασικές πηγές της πρώτης ύλης δηλαδή ανακυκλώσιμα προϊόντα και γεωργικά υπολείμματα ή και απόβλητα, , δεν συγκεντρώνονται οργανωμένα για να αξιοποιηθούν. Αν και η πρώτη ύλη της βιομάζας αφθονεί απουσιάζει το οργανωμένο πλαίσιο αξιοποίησης της. Η έλλειψη οργάνωσης και το ακατάλληλο επαρχιακό οδικό δίκτυο της χώρας δεν ενθαρρύνουν την αξιοποίηση της βιομάζας. Η μεταφορά της γίνεται ακόμα πιο ακριβή εξαιτίας του κακού οδικού δικτύου.

## 7. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια βασίζεται στον κύκλο του νερού. Όταν βρέχει ή χιονίζει στα βουνά, δηλαδή σε οποιοδήποτε ύψος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, το νερό αντιπροσωπεύει βαρυτική ενέργεια. Όταν το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, ποτάμια και χείμαρρους, η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη ενέργεια περιέχει. Για να είναι η ενέργεια αυτή συλλέξιμη και αξιοποιήσιμη, χρησιμοποιούμε ένα σωλήνα από τον οποίο περνάει ένα μέρος ή και όλο το νερό, και οδηγείται υπό πίεση σε έναν υδροτροχό ή στροβιλοτροχό, έτσι ώστε το νερό που θα πέσει στα πτερύγια να προκαλέσει κίνηση του τροχού και να παραχθεί μηχανική ενέργεια. Σήμερα, με τη τεχνολογία να έχει αναπτυχθεί ραγδαία, ο στρόβιλος συνδέεται με μια γεννήτρια για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα υδροηλεκτρικά συστήματα χωρίζονται σε Μικρής και Μεγάλης κλίμακας, όμως τα μεγάλης κλίμακας δεν ανήκουν στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επειδή προκαλούν κάποιες σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα χρησιμοποιούν ταμιευτήρες οι οποίοι εγκαθίστανται σε περιοχές φυσικών ρευμάτων και μειώνουν το οξυγόνο του νερού. Δημιουργούν λίμνες αδρανούς ύδατος, οπότε αποτελούν αφιλόξενο περιβάλλον για τα ενδημικά είδη ψαριών, προκαλούν εναλλασσόμενες περιόδους λειψυδρίας ακολουθούμενους από ορμητικούς κυματισμούς που διαβρώνουν το έδαφος. Για αυτό το λόγο θα ασχοληθούμε με τα Μικρά Υδροηλεκτρικά συστήματα (Κακογιάννης, 2012).

### 7.1. Μικρά Υδροηλεκτρικά Συστήματα

Τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ) είναι συστήματα συνεχούς ροής, δεν περιλαμβάνουν σημαντική συλλογή νερού, για αυτό για την υλοποίησή τους δεν απαιτείται η κατασκευή φραγμάτων ή ταμιευτήρων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν συστήματα με εγκατεστημένη ισχύ 2,5 – 25 MW, αλλά γενικώς μιλάμε για συστήματα τα οποία είναι κυρίως ως 10 mw. Παράγουνε μια από τις πιο ήπιες μορφές

ενέργεια περιβαλλοντικά, αφού βασίζονται στη χρήση μιας μη ρυπογόνου ανανεώσιμης πηγής, και απαιτούνται ελάχιστες επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

Η επιλογή της θέσης ενός υδροηλεκτρικού έργου εξαρτάται από τις τιμές ύψους πτώσης και της παροχής, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη βροχόπτωση, τη ροή των ρευμάτων, καθώς και τη γεωλογία της περιοχής. Για την επιλογή της θέσης γίνεται μια προκαταρκτική μελέτη που περιλαμβάνει το καθορισμό του δυναμικού παραγωγής, την εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος, και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών περιορισμών. Τα Μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα μπορούν να είναι είτε μεγάλου, είτε μικρού ύψους πτώσης. Τα μεγάλα ύψους πτώσης συμφέρουν περισσότερο στην εφαρμογή τους, καθώς για την ίδια παραγωγή ισχύος απαιτούνται λιγότερες υδραυλικές κατασκευές.

Τα ΜΥΗΣ αποτελούνται από ένα στόμιο εισόδου που κατευθύνει το νερό υπό ελεγχόμενες συνθήκες προς τον αγωγό πτώσης, κανάλια που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού προς τη περιοχή υδροληψίας, αγωγό πτώσης που μεταφέρει το νερό στο στρόβιλο, και το αυλάκι απαγωγής, το οποίο είναι ένα μικρό κανάλι που επιστρέφει το νερό στο ποτάμι αφού περάσει από το στρόβιλο. Ο στρόβιλος είναι μια περιστρεφόμενη μηχανή που μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική, και μαζί με τη γεννήτρια που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και το κιβώτιο ταχυτήτων και τον εξοπλισμό ελέγχου, που κατά ένα μεγάλο ποσοστό αυτοματοποιεί τη διαδικασία, αποτελούν τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των ΜΥΗΣ (Irena, 2012).

Οι καινούριες εγκαταστάσεις ΜΥΗΣ παράγουν σχετικά ακριβή ηλεκτρική ενέργεια, καθώς το υψηλό κόστος εγκατάστασης και τα υψηλά αρχικά κεφάλαια αποσβένονται μετά από πολλά χρόνια. Σε παλιότερες εγκαταστάσεις που έχουν αποσβέσει το αρχικό κόστος, η παραγόμενη ενέργεια είναι λιγότερο δαπανηρή, καθώς τα έξοδα πλέον έχουν να κάνουν με σποραδικές συντηρήσεις και αντικαταστήσεις εξοπλισμού που έχει φθαρεί. Από όλες τις κατηγορίες ΜΥΗΣ που υπάρχουν, τα υδροηλεκτρικά μεγάλου ύψους πτώσης είναι τα λιγότερο δαπανηρά, αφού όσο μεγαλύτερο το ύψος πτώσης, τόσο μικρότερη η ποσότητα νερού που απαιτείται για συγκεκριμένη ποσότητα ισχύος. Όμως τα υδροηλεκτρικά μεγάλου ύψους πτώσης πρέπει να εγκατασταθούν σε ορεινές περιοχές, που δεν υπάρχει

μεγάλη μάζα πληθυσμού, με αποτέλεσμα να μην απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Παρόλο λοιπόν που τα υδροηλεκτρικά μεγάλου ύψους πτώσης είναι πιο οικονομικά, η μεταφορά της ενέργειας σε αστικά κέντρα αυξάνει το κόστος και αποδυναμώνει το πλεονέκτημα αυτό. Επομένως τα ΜΥΗΣ μικρού ύψους πτώσης είναι ένα πεδίο που μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη του υδροηλεκτρισμού, αν και υπάρχουν αρκετές περιοχές που μπορούν να αξιοποιήσουν υδροηλεκτρικά μεγάλου ύψους πτώσης (Κακογιάννης, 2012).

Βέβαια τα υδροηλεκτρικά συστήματα παραγωγής ενέργειας μειονεκτούν σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ και η υποστήριξη που παρέχεται είναι μικρότερη, επειδή δεν υποστηρίζονται από πολλά επιδοτούμενα προγράμματα. Παρόλο που υπάρχει τεράστιο δυναμικό παγκοσμίως για την αξιοποίησή τους, τα αρχικά υψηλά κόστη αποθαρρύνουν τους επενδυτές που δεν τα θεωρούν ελκυστικά, και υπάρχουν και θεσμικά εμπόδια που δυσκολεύουν την απόκτηση άδειας απόληψης νερού από τους ποταμούς.

## **7.2. Επιπτώσεις των ΜΥΗΣ στο περιβάλλον.**

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, τα ΜΥΗΣ είναι συστήματα συνεχούς ροής, και αποθηκεύεται ελάχιστο ή καθόλου νερό. Επομένως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζουν τα Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Συστήματα απουσιάζουν εδώ πέρα. Παρόλα αυτά έχουν κάποιες μικρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στις περιπτώσεις που η ροή του ποταμού αποσπάται και επιστρέφει μετέπειτα, το σημείο αυτό του ποταμού μπορεί να ξηραθεί και να φαίνεται δυσάρεστο στην όψη. Τα τελευταία χρόνια τα νέα συστήματα επιτρέπουν μια ποσότητα νερού να παρακάμπτει το στρόβιλο. Αυτό δεν είναι δυνατό να συμβεί κατά τις περιόδους χαμηλής ροής. Επίσης άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εγκατάσταση ενός ΜΥΗΣ είναι η αποφυγή δημιουργίας προβλημάτων στα ψάρια και στην χλωρίδα και πανίδα των ποταμών, η οξυγόνωση του νερού, η διατάραξη ή αποσάθρωση της κοίτης του ποταμού, ο θόρυβος του ηλεκτρικού εξοπλισμού και η γενική εμφάνιση της εγκατάστασης. Παρόλα αυτά, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν

μπορούν να αντιμετωπιστούν με κατάλληλες τεχνικές, και για αυτό το λόγο τα ΜΥΗΣ ανήκουν στις πιο αξιόπιστες και μη επιβλαβείς καθαρές πηγές ενέργειας.

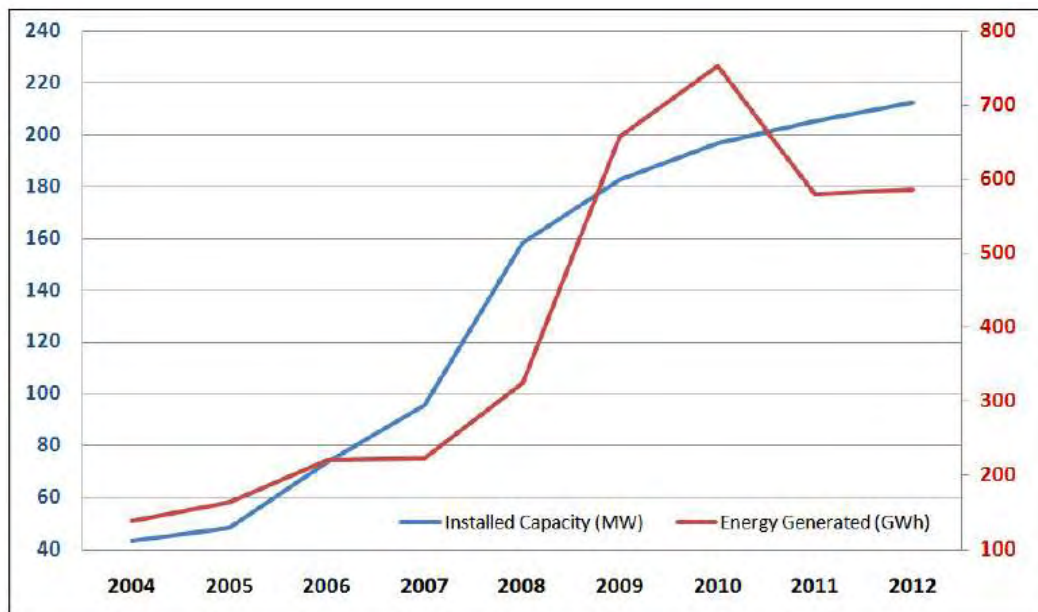
### 7.3. Δυναμικό και κατάσταση στην Ελλάδα

Η κυρίως χώρα της Ελλάδος, και κυρίως η δυτική πλευρά, κατέχει σημαντικό δυναμικό υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μέχρι τώρα δεν έχει εξετασθεί ενδελεχώς. Αυτό το γεγονός καθώς και το ότι οι τοπικές κοινωνίες αντιδρούν στην εγκατάσταση Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Συστημάτων μας οδηγεί να σκεφτούμε ότι τα ΜΥΗΣ δημιουργούν ελκυστικές ευκαιρίες για την αξιοποίηση του υδροδυναμικού. Η τοπογραφική και κλιματολογική κατάσταση στην Ελλάδα, καθώς και το υψηλό ποσοστό βροχοπτώσεων συνηγορούν σε αυτό. Πρέπει ακόμα να επισημάνουμε ότι μεγάλος αριθμός ποταμών διασχίζουν την κυρίως χώρα της Ελλάδας και χύνονται στο Αιγαίο πέλαγος, με πιο σημαντικά από αυτά τον Έβρο, Νέστο, Αχελώο, Πηνειό και πολλούς άλλους. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να συμβάλει σημαντικά έτσι ώστε η Ελλάδα να φτάσει τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή επιτροπή έτσι ώστε το 21% της ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Ο πρώτος σταθμός ΜΥΗΣ στην Ελλάδα εγκαταστάθηκε στη Γιάφκο, κοντά στη Πάτρα το 1927, και συνεχίζει και λειτουργεί ως και σήμερα. Στόχος της Ελλάδας είναι ως το 2020 να είναι εγκατεστημένα 350 MW για να καταφέρει να φτάσει τους στόχους της Ευρωπαϊκής επιτροπής. Παρόλα αυτά όμως παρατηρούμε ότι από το 2008 και μετά δεν έχουν εγκατασταθεί πολλές καινούριες μονάδες ΜΥΗΣ (Malesios et al., 2010).

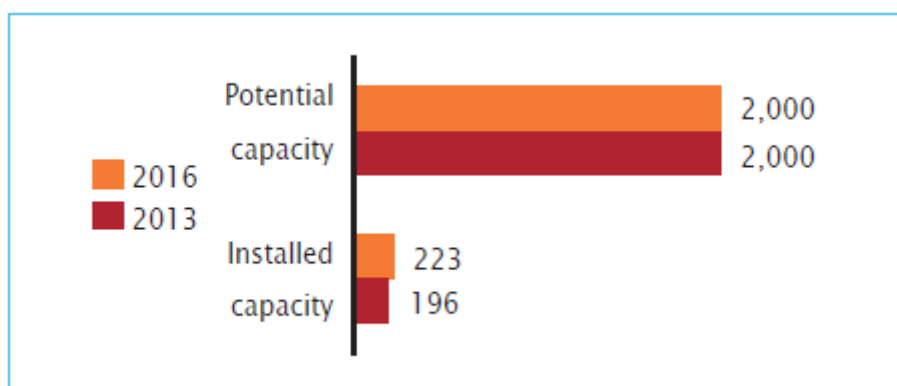
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη χωρητικότητα ΜΥΗΣ στην Ελλάδα από το 2004 ως το 2012, και παρόλο που παρατηρούμε ότι υπάρχει συνεχής αύξηση, από το 2008 και μετά ο ρυθμός ανάπτυξης φθίνει. Παρόλο που το μέσο κόστος παραγωγής στην Ελλάδα είναι μικρό, η διασύνδεση με το κεντρικό δίκτυο μεγαλώνει το κόστος, καθώς οι περισσότερες περιοχές που μπορούν να εγκατασταθούν ΜΥΗΣ στην Ελλάδα είναι απομακρυσμένες (Kougias et al., 2014).





Διάγραμμα 5 - Εγκατεστημένη ισχύς ΜΥΗΣ στην Ελλάδα και παραγωγή ενέργειας ως το 2012 (Kougias et al., 2014)

Δύο είναι οι παράγοντες που έχουν συμβάλει στη μείωση της εγκατάστασης ΜΥΗΣ στην Ελλάδα. Ο πρώτος και ο πιο σημαντικός έχει να κάνει με τη γραφειοκρατία που απαιτείται με αποτέλεσμα η διαδικασία για να πάρουν οι επενδυτές τη σχετική άδεια εγκατάστασης να παίρνει και ως τρία χρόνια. Ο δεύτερος έχει να κάνει με το γεγονός ότι η Ελλάδα δεν έχει εθνικό πλάνο για την διαχείριση των υδάτων. Πολλές κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ΜΥΗΣ παραμένουν ανεξερεύνητες καθώς η Ελληνική πολιτεία δεν έχει σαφή πολιτική για τα ύδατα και δεν γνωρίζει το πλήρες δυναμικό.



Διάγραμμα 6 - Εγκατεστημένη ισχύς για το 2013 και το 2016 (UNIDO, 2017)

Το 2016 η εγκατεστημένη ισχύς ΜΥΗΣ στην Ελλάδα έφτασε τα 223 MW, αυξήθηκε δηλαδή κατά 14% από τα 196 MW του 2013, ενώ το δυναμικό παραμένει το ίδιο στα 2,000 MW. Το 2014 παράχθηκαν 0,7 TWh από ΜΥΗΣ, μόλις 0.04 MW παραπάνω από το 2009, πού παράχθηκαν 0,66 MW. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν 230 μονάδες ΜΥΗΣ με συνολικά εγκατεστημένη ισχύ 223 MW.

Το μεγαλύτερο μέρος του υδάτινου δυναμικού βρίσκεται στη Δυτική – Βορειοδυτική μεριά της κυρίως χώρας, με αποτέλεσμα και οι περισσότερες μονάδες ΜΥΗΣ να είναι εγκατεστημένες εκεί, κυρίως στη κεντρική Μακεδονία, στην Ήπειρο και στη δυτική Ελλάδα γενικώς. Με το στόχο για το 2020 να είναι στα 350 MW, υπάρχει ένας αριθμός έργων που είτε έχουν εγκριθεί ή αναμένουν έγκριση. Παρόλα αυτά όμως εκτιμάται ότι το 2020 θα είναι εγκατεστημένα 250 MW, πολύ κάτω από το στόχο της ΕΕ (UNIDO, 2017).

## 8. Γεωθερμία

Ως γεωθερμική ενέργεια ορίζεται η φυσική θερμική ενέργεια που πηγάζει από το εσωτερικό της γης και κάνει εμφάνιση στην επιφάνεια με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Αν συμβαίνει αυτό σε κάποια περιοχή, σημαίνει ότι υπάρχει υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες του εσωτερικού της γης, και είναι μια ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που βρίσκει εφαρμογή στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και σε εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Ο πλανήτης γη είναι ένας πλανήτης ο οποίος είναι θερμός στο εσωτερικό του, και η φυσική ραδιενέργεια των πετρωμάτων της συντηρεί τις υψηλές αυτές θερμοκρασίες.

Το βρόχινο νερό διεισδύει στα βαθύτερα στρώματα της γης, θερμαίνεται και αποκτά ξανά ανοδική πορεία, ενώ το ψυχρότερο νερό συνεχίζει τη καθοδική του πτώση. Ως γεωθερμικά ρευστά ορίζουμε τα ρευστά εκείνα των οποίων η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 25 °C, και η γεωθερμική ενέργεια κατατάσσεται σε υψηλής θερμοκρασίας όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μεγαλύτερη ή ίση των 90 °C, και χαμηλής θερμοκρασίας όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών βρίσκεται ανάμεσα στους 25 °C με 90 °C.

Σε πολλές περιπτώσεις τα θερμικά ρευστά για να αντληθούν χρειάζεται γεώτρηση, η οποία γίνεται με ειδικά μηχανήματα που ονομάζονται γεωτρήπανα. Αυτή είναι μια διαδικασία η οποία πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς το ποσοστό του ρευστού που αντλείται πρέπει να ανανεωθεί φυσικά. Αυτή η φυσική ανανέωση γίνεται με ρευστά που προέρχονται από βροχές ποτάμια ή λίμνες. Σε πολλές περιπτώσεις, όταν αντλούνται μεγάλες ποσότητες γεωθερμικού υγρού γίνεται και μια δεύτερη γεώτρηση, από την οποία γίνεται επανέγχυση νέου ρευστού έτσι ώστε να διατηρείται η κατάλληλη ποσότητα νερού στον ταμιευτήρα, και να είναι μειωμένος ο κίνδυνος εξάντλησης του.

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας έχει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς με τη σωστή χρήση της επιτρέπεται η χρήση άλλων συμβατικών πηγών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, σε εφαρμογές που είναι χρησιμότερες και καταλληλότερες. Τρανταχτά παραδείγματα είναι ο τομέας των μεταφορών και των βιομηχανιών που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί κάποιο άλλο είδος ενέργειας, παρά μόνο

το πετρέλαιο. Επίσης συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των ρύπων που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και άλλων ρύπων, αφού η έκλυση αυτών κατά την ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμικές πηγές είναι ελάχιστη.

Παρόλα όμως τα οφέλη που παρουσιάζει η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, μπορεί να προκαλέσει και κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας των αλάτων και χημικών ενώσεων και στοιχείων που υπάρχουν στα γεωθερμικά ρευστά και των δύσοσμων αερίων που εντοπίζονται στους ταμιευτήρες, επιβαρύνοντας αρνητικά το περιβάλλον. Με τη σημερινή τεχνολογική ανάπτυξη όμως είναι προβλήματα που είναι αρκετά εύκολο να αντιμετωπιστούν.

### 8.1. Εκμετάλλευση της Γεωθερμικής ενέργειας

Σημαντικό ρόλο στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας παίζει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών, και για να αξιοποιηθεί πρέπει οι γεωτρήσεις να γίνονται σε βάθος μικρότερο των 3 km, και αν είναι ευνοϊκό το περιβάλλον και σε βάθος 6 km (όσο αυξάνεται το βάθος, τόσο αυξάνεται το κόστος των γεωτρήσεων) , το πορώδες των ταμιευτήρων και η διαπερατότητα να είναι υψηλά ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή θερμού νερού, και τέλος, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να βρίσκονται κοντά στις πηγές, καθώς τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν να μεταφερθούν για λίγες δεκάδες χιλιόμετρα προς την επιφάνεια μέσω σωληνώσεων.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μία από τις βασικές εφαρμογές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Είναι άκρως ανταγωνιστική μορφή ενέργειας που μπορεί να αντικαταστήσει το πετρέλαιο και τις άλλες συμβατικές μορφές ενέργειας. Έχει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη, αλλά το γεγονός ότι οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρού μεγέθους και μπορούν να κατασκευαστούν ταχύτερα από άλλες κατατάσσει τη γεωθερμική ενέργεια ως μία από τις πιο ενδιαφέρουσες λύσεις ηλεκτροπαραγωγής.

Πέρα όμως από την ηλεκτροπαραγωγή, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε θερμικές εφαρμογές. Οι σημερινές γεωθερμικές πηγές παρέχουν θερμική ενέργεια φθηνότερη από τα συμβατικά καύσιμα. Κύριες θερμικές

εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, η θέρμανση οικισμών, καθώς και η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με σκοπό τη δημιουργία πόσιμου νερού, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα ελληνικά νησιά, καθώς μειώνει το ήδη μεγάλο κόστος για τη μεταφορά του.

## 8.2. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

Η κατάσταση στην Ελλάδα όσον αφορά τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ευνοϊκή και μερικές φορές ιδανική. Ως τώρα έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν γεωθερμικές πηγές υψηλής ενθαλπίας στα νησιά της Μύλου και της Νίσηρου, και γεωθερμικές πηγές μεσαίας ενθαλπίας στη βόρεια Ελλάδα και σε μερικά νησιά του Αιγαίου. Ενώ υπάρχει μεγάλη ανάγκη για μείωση της εξάρτησης από ενεργειακές εισαγωγές, η χώρα μας συνεχίζει να εισάγει για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των μη διασυνδεδεμένων νησιών που έχουν γεωθερμικό δυναμικό.

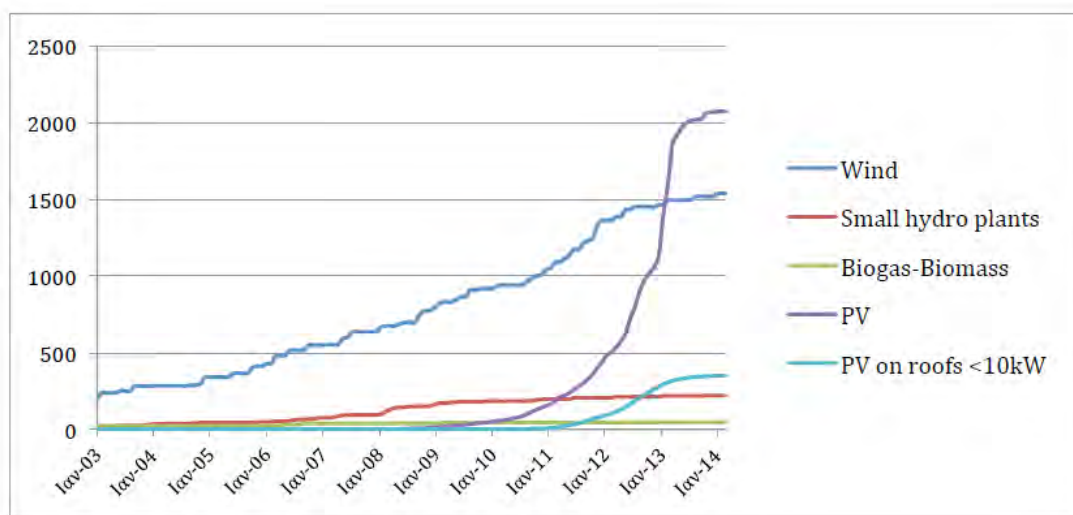
Όσον αφορά τους ταμιευτήρες χαμηλής ενθαλπίας που βρίσκονται σε βάθη οικονομικά βιώσιμα, μικρότερα των 500 μέτρων, υπάρχουνε πάρα πολλοί στην Ελλάδα. Υπολογίζεται ότι το δυναμικό τους είναι περίπου ίσο με 100 MW, μόνο το 9% αυτού αξιοποιείται, και από το 2013 ως το 2016 δεν έχουν γίνει καθόλου κινήσεις για την εξερεύνηση του δυναμικού. (Papachristou et al., 2016)

Τέλος στην Ελλάδα δεν παράγεται καθόλου ηλεκτρική ενέργεια από γεωθερμικές πηγές, αλλά υπάρχουν προοπτικές για το μέλλον στη Μύλο και Νίσυρο, που υπάρχουν ταμιευτήρες υψηλής ενθαλπίας, καθώς επίσης στη Κίμολο, στη Λέσβο, στα Μέθανα και στον Ακροπόταμο, που είναι περιοχές με υπό εξερεύνηση του γεωθερμικού δυναμικού τους, για την εγκατάσταση μονάδων 5-8 MW με σκοπό τη συμπαραγωγή ενέργειας και θερμότητας. Προς το παρόν στη χώρα μας η γεωθερμικές πηγές αξιοποιούνται μόνο σε θερμικές εφαρμογές, όπως είναι η πηγές λουτροθεραπείας, η θέρμανση θερμοκηπίων, η θέρμανση εδάφους, η θέρμανση

οικισμών και η χρήση τους για την αφυδάτωση αγροτικών προϊόντων. (Lund et al., 2015)

## 9. Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη της εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ΑΠΕ στην Ελλάδα, από το 2003 ως το 2014 φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 7 - Εγκαταστάσεις σταθμών ΑΠΕ στο διασυνδεδεμένο σύστημα από το '03-'14 (Πηγή: Petrakopoulou, 2015)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη μορφή βιομάζας και ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα για πολλά χρόνια. Οι ανεμογεννήτριες τέθηκαν σε λειτουργία τις τελευταίες δύο δεκαετίες, και η χρήση ενέργειας από υδροηλεκτρικά, βιομάζα και φωτοβολταϊκά πιο πρόσφατα. Η ηλεκτρική ενέργεια από ανεμογεννήτριες, υδροηλεκτρικούς σταθμούς και σταθμούς βιομάζας αυξήθηκε σταθερά μέσα στα χρόνια, με την αιολική ενέργεια να είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία. Οι τεχνολογίες φωτοβολταϊκών, από τη πρώτη τους εφαρμογή το 2008, αυξήθηκαν ραγδαία ως τα μέσα του 2013. Τα οικιακά φωτοβολταϊκά, που εγκαθίστανται στις ταράτσες των σπιτιών έγιναν πιο δημοφιλή το 2010. Πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από τα φωτοβολταϊκά που εγκαταστάθηκαν στο διασυνδεδεμένο σύστημα, 25 MW φωτοβολταϊκών στις ταράτσες σπιτιών σε νησιά που δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα. (Petrakopoulou, 2015).

Η αύξηση των φωτοβολταϊκών μειώθηκε λόγω των καινούριων κυβερνητικών ρυθμίσεων που λήφθηκαν, επειδή η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από αυτά, έφτασε/ξεπέρασε του προγραμματισμένους στόχους. Η κυβέρνηση αύξησε τη τιμή

της ηλεκτρικής ενέργειας που δίνεται στο σύστημα. Αυτό αποθάρρυνε νέες φωτοβολταϊκές επενδύσεις, ενώ τα πιο σκληρά μέτρα που λήφθηκαν με το νόμο 4254/2014 πάγωσαν τελείως οποιεσδήποτε νέες επενδύσεις στη τεχνολογία αυτή. Η ΕΕ πρέπει να αναζητήσει νέα νομικά πλαίσια που να βασίζονται σε φορολογικά οφέλη και στην αύξηση των τιμών πώλησης για να αναγεννηθεί το ενδιαφέρον των επενδυτών για την ηλιακή ενέργεια

Ο μίνιμουμ στόχος της Ελλάδας για την συνεισφορά των ΑΠΕ είναι μέχρι το 2020 να φτάσει το 20%. Είχε τεθεί ο στόχος να υπάρχουν εγκατεστημένα 2.200 MW φωτοβολταϊκών, ο οποίος έχει σχεδόν επιτευχθεί από το 2016. Από την άλλη πλευρά όμως, ως το 2020 θα πρέπει να υπάρχουν εγκατεστημένα 7,500 MW αιολικών πάρκων, και στην Ελλάδα ως το 2016 εγκαταστάθηκαν 2374 MW. Παρόλο που οι τεχνολογίες αιολικής ενέργειας αναπτύσσονται χρόνο με τον χρόνο στην Ελλάδα, είμαστε πολύ πίσω ακόμα για να ακολουθήσουμε τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και υπάρχουν σχέδια για περεταίρω εξέλιξη στον τομέα. Για να το πετύχουμε αυτό, πρέπει να αποφύγουμε το πρόβλημα υπερφόρτωσης του δικτύου με τη δημιουργία νέων σταθμών υψηλής τάσης η και με την αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων, με σκοπό να αυξήσουμε την ήδη εγκατεστημένη χωρητικότητα, και να πιάσουμε τους στόχους ως το 2020 .

Η Ελληνική κυβέρνηση πρέπει να αναλάβει πρωτοβουλίες. Πέρα από την αιολική ενέργεια η οποία αναπτύσσεται συνεχώς αλλά όχι τόσο ώστε να βρισκόμαστε εντός στόχων, και την ηλιακή ενέργεια η οποία εξελίχθηκε ραγδαία μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, δεν υπάρχουν τα κατάλληλα κίνητρα για την αξιοποίηση των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών. Η ενέργεια από βιομάζα, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η γεωθερμική ενέργεια βρίσκονται σε εμβρυικό στάδιο. Η Ελληνική πολιτεία δεν δίνει τα κατάλληλα κίνητρα σε επενδυτές για την ανάπτυξη αυτών των μορφών ενέργειας. Ζούμε σε μια χώρα η οποία έχει υψηλό δυναμικό βιομάζας, το οποίο δεν αξιοποιείται εξαιτίας της χρονοβόρας γραφειοκρατίας που απαιτείται. Ακόμα, πρέπει να βρει τρόπο συλλογής των γεωργικών υπολειμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή ενέργειας, και να γίνει αναβάθμιση του οδικού δικτύου για την μεταφορά αυτών, γιατί είναι ένα από τα αγκάθια που δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη της ενέργειας από βιομάζα. Εν έτη 2017, η ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμικούς ταμειυτήρες είναι μηδαμινή και οι αρχές της χώρας μας δεν γνωρίζουν καν το πλήρες



υδραυλικό δυναμικό, ενώ θα μπορούσαν να συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή. Βέβαια η οικονομική κρίση και η σκληρή ύφεση που επικρατεί στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια είναι ένας σημαντικός λόγος που συμβαίνει αυτό. Σαν χώρα έχουμε πολλές ελλείψεις στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρόλο που διαθέτουμε από τα μεγαλύτερα δυναμικά παγκοσμίως για κάθε μία μορφή από αυτές., και το πιο λογικό είναι ότι δεν θα καταφέρουμε να πιάσουμε τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση ως το 2020.

## 10. Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωση βιβλιογραφία

Chiras, D.D and Reganold, J.P. (2009) “ Natural resources conservation”, Washington: Benjamin Cummings

Gaglia, A. and Lykoudis, S. and Argiriou, A. and Balaras, C. and Dialynas, E. (2017) “Energy efficiency of PV panels under real outdoor conditions – An experimental assessment in Athens, Greece”, *Renewable energy*, 101, pp 236-243

Herzog, A. and Lipman, T. and Kammen, D. "Renewable energy sources", California: Berkeley

International renewable energy agency (2012) “Hydropower” in Irena, *RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES*, Irena working paper

Kaldellis, J.K. (2005) “Social attitude towards wind energy applications in Greece”, *Energy Policy* , 33 pp 595-602

Kougias, I. and Patsialis, A. and Zafirakou, A. and Theodossiou, N. (2014) “Exploring the potential of energy recovery using micro hydropower systems in water supply systems”, *Water unity journal*, 7, pp 25-33

Kyritsis, A. and Voglitis, D. and Papanikolaou, N. and Tselepis, S. and Christodoulou, C. and Gonos, I. and Kalogirou, S.A. (2017) “Evolution of PV systems in Greece and review of applicable solutions for higher penetration levels”, *Renewable energy*, 109, pp 487-409

Lund, J. and Boyd, T. (2016) “Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review”, *Geothermics*, 60, pp 66-93

Malesios, C. and Arabatzis, G. (2010) “Small hydropower stations in Greece: The local people’s attitudes in a mountainous prefecture”, *Renewable and sustainable energy reviews*, 14, pp 2492-2510

Manolis, E. and Zagas, T. and Poravou, C. and Zagas, D. (2016) “Biomass assessment for sustainable bioenergy utilization in a Mediterranean forest ecosystem in northwest Greece”, *Ecological engineering*, 91, pp 537-544

Panoutsou, C. (2008) “Bioenergy in Greece: Policies, diffusion framework and stakeholder interactions”, *Energy policy*, 36, pp 3674-3685

Papachristou, M. and Mendrinou, D. and Dalampakis, P. and Arvanitis, A. and Karytsas, C. and Andritsos, N. (2016) “Geothermal Energy Use, Country Update for Greece”, paper presented at European geothermal congress, 19-24 sept 2016, Strasbourg

Sagani, A. and Mihelis, J. and Dedoussis, V. (2017) “Techno-economic analysis and life-cycle environmental impacts of small-scale building-integrated PV systems in Greece”, *Energy and Buildings*, 139, pp 277-290

Vaileiou, M. and Loukogeorgaki, E. and Vagiona, D. (2017) “GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, pp 745-757

Wang, S. and Wang, S. (2015) “Impacts of wind energy on environment: A review”, *Renewable and sustainable energy reviews*, 49, pp 437-443

Wierzbowski, M. and Filipiak, I. and Lyzwa, W. (2017) “Polish energy policy 2050 – An instrument to develop a diversified and sustainable electricity generation mix in coal-based energy system”, *Renewable and sustainable energy reviews*, 74, pp 51-70

## Ελληνική βιβλιογραφία

Κακογιάννης, Ν. (2012) “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Νέες τεχνολογίες και ωρίμανση των υπάρχοντων”, Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Καπλάνης, Σ. (2003) “Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας”, Αθήνα: Ίων

Κεντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (2009) “Ετήσια έκθεση”, Αθήνα: Υ.ΠΕ.ΚΑ.

## Διαδικτυακές πηγές

Ευρωπαϊκή επιτροπή (2012), “Μια αειφόρος, ασφαλής και προσιτή ενέργεια για τους Ευρωπαίους. Available at: [www.europa.eu](http://www.europa.eu) [Last access 13/04/17]

Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, “Βιομάζα”. Available at: [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf) [www.europa.eu](http://www.europa.eu) [Last access 12/05/17]

Pappa, I. (2014), “Spatial and temporal variability of wind speed and energy over Greece”, Available at: [https://www.researchgate.net/publication/277309670\\_Spatial\\_and\\_temporal\\_variability\\_of\\_wind\\_speed\\_and\\_energy\\_over\\_Greece](https://www.researchgate.net/publication/277309670_Spatial_and_temporal_variability_of_wind_speed_and_energy_over_Greece) [Last access 23/01/17]

HWEA Wind Energy Statistics – 2016, Available at: [https://energypress.gr/sites/default/files/media/2016\\_hwea\\_statistics\\_greece\\_12012017c.pdf](https://energypress.gr/sites/default/files/media/2016_hwea_statistics_greece_12012017c.pdf) [Last access: 17/03/17]

Petrakopoulou, I. (2015 “Energy statistics and renewable energy potential of Greece – identification of the case study” Available at: <http://www.genergis.eu/wordpress01/wp-content/uploads/2015/06/StatisticsOfGreece1.pdf> [Last access: 10/03/17]

Stamou, I. (2016) “Green investments: RES in Greece” Available at:  
[http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th\\_Conference\\_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf](http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/images/9th_Conference_2016/Presentations/S2/Stamou-Green-Investment-Perspectives-Forum-RES.pdf) [Last access: 26/02/2017]

World Small Hydropower Development Report 2016 Available at:  
[http://www.smallhydropowerworld.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/WSHPDR-2016-ES-FPP-2.pdf](http://www.smallhydropowerworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR-2016-ES-FPP-2.pdf) [Last access: 11/04/17]