

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

ΘΕΜΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ



Θέμα: Απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος

Επιμέλεια:

Οικονόμου Βασίλειος, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Α.Μ.: 03116501

Σταλίκας Σπυρίδων, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Α.Μ.: 02115015

Τσιτούρης Δημήτριος, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Α.Μ.: 02115024

Επίβλεψη:

Σωτήριος Καρέλλας, Αναπληρωτής Καθηγητής Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

Διονύσιος Γιαννακόπουλος, Ερευνητής ΕΚΕΤΑ, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός

Αθήνα, Ιούνιος 2019

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	4
2. Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας	6
2.1. Θερμική Παραγωγή Ισχύος.....	6
2.1.1. Λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής.....	7
2.1.2. Πετρελαϊκοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής	8
2.1.3. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου	9
2.1.4. Πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής	11
2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	13
2.2.1. Ηλιακή Ενέργεια	14
2.2.2. Αιολική Ενέργεια.....	16
2.2.3. Βιομάζα	20
2.2.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	24
3. Αποθήκευση Ενέργειας.....	27
3.1. Εισαγωγή.....	27
3.2. Power to power	28
3.2.1. Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές (Μπαταρίες)	28
3.2.2. Αντλησιοταμίευση	30
3.2.3. Αποθήκευση με συμπιεσμένο αέρα.....	32
3.2.4. Αποθήκευση με υγροποίηση αέρα.....	33
3.3. Power to Fuel	33
3.4. Power to Heat	34
4. Ελάττωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενεργειακής αναβάθμισης.....	36
5. Ρόλος δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας	38
5.1. Ανάπτυξη εγχώριου δικτύου	38

5.2.	Ανάπτυξη διασυνδέσεων με χώρες του εξωτερικού	39
6.	Προβλήματα και προκλήσεις που προκαλεί η απανθρακοποίηση	41
6.1.	Συνηθασμένα ρίσκα κάθε πηγής ενέργειας.....	41
6.2.	Διασφάλιση της ενεργειακής αυτονομίας.....	43
7.	Ο στόχος της απανθρακοποίησης στην Ελλάδα	46
7.1.	Η κατάσταση σήμερα στην Ελλάδα	46
7.2.	Μελλοντικοί Στόχοι Ελλάδας	48
7.3.	Παραδείγματα χωρών που έχουν επιτύχει μερική ή ολική απανθρακοποίηση	51
7.3.1.	Νορβηγία	51
7.3.2.	Δανία	52
7.3.3.	Γαλλία.....	54
8.	Συμπεράσματα.....	55
	Βιβλιογραφία	57

1. Εισαγωγή

Τα ορυκτά καύσιμα έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού και την αλματώδη πρόοδο της τεχνολογίας από την βιομηχανική επανάσταση και μετά. Η αρχή χρήσης των ορυκτών καυσίμων, του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, σήμανε και τον μετασχηματισμό της κοινωνίας καθώς πλέον υπήρχε η προοπτική της ανάπτυξης με μια νέα πηγή ενέργειας σε άφθονη ποσότητα και ανταγωνιστική σε οικονομικούς και περιβαλλοντικούς όρους. Όμως σήμερα, 400 χρόνια μετά η αλματώδης αύξηση της ζήτησης ενέργειας και η συνεχώς μεγαλύτερη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, έχει δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στον πλανήτη μας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων, έχει οδηγήσει σε κλιματική αλλαγή με σημαντική επίδραση στα οικοσυστήματα του πλανήτη τα οποία αναμένεται να ενταθούν εάν δεν υπάρξουν μέτρα αντιμετώπισης του. Επίσης η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την συνεχώς ταχύτερη εξόρυξη των καυσίμων αυτών, με αποτέλεσμα τόσο την μείωση των αποθεμάτων όσο και την σύνδεση τους με αύξηση των τιμών.

Από όλα τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η παραγωγή ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα παρά την πολύ μεγάλη συνεισφορά της στην εξέλιξη του πολιτισμού μας, δημιουργεί πολλά προβλήματα στον πλανήτη και θα πρέπει να υπάρξει άμεση αντιμετώπιση. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκαν τεχνολογίες για την αξιοποίηση άλλων πηγών ενέργειας όπως η πυρηνική, αλλά και των ανανεώσιμων πηγών όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, μορφές των οποίων ήταν ήδη σε χρήση πριν την αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων. Τα προηγμένα κράτη με πρώτη την Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσαν στόχους για την λεγόμενη απανθρακοποίηση δηλαδή την ολοένα και μικρότερη χρήση των ορυκτών καυσίμων ως πηγής ενέργειας με τελικό στόχο την πλήρη ανεξαρτητοποίηση της παραγωγής ενέργειας από τα καύσιμα αυτά και την καθολική χρήση άλλων πηγών ενέργειας.

Η διαδικασία αυτή όσο απαραίτητη είναι, παρουσιάζει πολλά και σημαντικά προβλήματα κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να έχει φανατικούς υπέρμαχους αλλά και πολλούς οι οποίοι υποστηρίζουν ότι είναι αδύνατη, πως η οικονομία οφείλει να εξακολουθεί να βασίζεται στα ορυκτά καύσιμα και ότι οι επιπτώσεις της εκτεταμένης χρήσης τους είναι αμελητέες μπροστά στις φυσικές μεταβολές και κλιματικές αλλαγές που παρουσιάζει ο πλανήτης από την φύση του.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα πραγματοποιηθεί μελέτη του τρόπου και των τεχνολογιών αξιοποίησης των ορυκτών καυσίμων καθώς των τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί και εξελίσσονται με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας καθώς

και τα πλεονεκτήματα αλλά και τα προβλήματα και τους προβληματισμούς που δημιουργούνται όσο η απανθρακοποίηση γίνεται ολοένα και περισσότερο αναγκαία.

2. Μέθοδοι παραγωγής ενέργειας

2.1. Θερμική Παραγωγή Ισχύος

Ο παλαιότερος και ακόμα και σήμερα πιο ευρέως χρησιμοποιημένος τρόπος για την παραγωγή ενέργειας, στην ηλεκτροπαραγωγή που είναι και το θέμα που εξετάζουμε, είναι η παραγωγή ενέργειας μέσω κύκλου νερού ατμού, με κύρια διαφοροποίηση στον καύσιμο το οποίο χρησιμοποιείται και τα αντίστοιχα τεχνολογικά στοιχεία που οδηγούν στην βελτιστοποίηση του βαθμού απόδοσης της κάθε τεχνολογίας. Τα εργοστάσια τα οποία λειτουργούν με στερεά καύσιμα και κύκλο νερού/ατμού επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης αλλά η απόκριση τους σε μεταβολές φορτίου ή ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου να συνδεθούν στο δίκτυο είναι μεγαλύτερος. Σημαντική είναι και η τεχνολογία με με μονάδες συνδυασμένου κύκλου με τη χρήση αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου. Παρόλα αυτά ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός θερμοηλεκτρικού εργοστασίου που χρησιμοποιεί κάποιο οργανικό καύσιμο είτε βιομάζα είναι της τάξης του 35 – 40%, ενώ σε κάποιες σύγχρονες μονάδες φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου μπορεί να φτάσει και το 60%. Στην περίπτωση των πυρηνικών εργοστασίων ο βαθμός απόδοσης του θερμοδυναμικού κύκλου είναι της τάξης του 35 – 40% όμως η ενέργεια που εκλύεται από την πυρηνική αντίδραση σε μορφή αξιοποιήσιμης θερμότητας αποτελεί ένα ποσοστό 0.7%, άρα ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξης του 0.3%. Παρόλα αυτά οι πυρηνικές είναι οι μονάδες οι οποίες παράγουν τα μεγαλύτερα ποσά ισχύος λόγω της εξαιρετικά μεγάλης θερμότητας που παράγεται κατά την πυρηνική αντίδραση.

Τα πλεονεκτήματα της παραγωγής ενέργειας μέσω θερμότητας είναι πολλά. Το κυριότερο από αυτά είναι η δυνατότητα ρύθμισης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ρυθμίζοντας την παροχή καυσίμου, αντίθετα με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια όπου η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται από μη ελεγχόμενες στοχαστικές μεταβλητές. Επίσης λόγω του γεγονότος ότι τα περισσότερα καύσιμα έχουν πολύ μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο μπορεί να παράγονται μεγάλα ποσά ισχύος σε εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν περιορισμένη έκταση.

Όμως η παραγωγή ενέργειας μέσω θερμότητας έχει σημαντικά μειονεκτήματα. Η καύση των οργανικών ενώσεων παράγει εκπομπές με χημικές ενώσεις επιβλαβείς για το περιβάλλον. Κυριότερο από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο ευθύνεται στον κυριότερο βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης παράγονται οξείδια του αζώτου ή του θείου τα οποία ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και επηρεάζουν τα οικοσυστήματα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο παγκοσμίως γίνεται προσπάθεια για τον περιορισμό της χρήσης των ορυκτών καυσίμων. Επίσης τα ορυκτά καύσιμα έχουν συγκεκριμένα αποθέματα και δεν

βρίσκονται σε αφθονία ούτε μπορούν να παραχθούν τεχνητά. Τέλος τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια λόγω του θερμοδυναμικού κύκλου με τον οποίο εργάζονται απορρίπτουν μεγάλα ποσά θερμότητας στο περιβάλλον τα οποία επηρεάζουν το κλίμα της περιοχής.

2.1.1.Λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής

Το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε στον κόσμο για την παραγωγή ατμού άρα κινητικής ενέργειας στις ατμομηχανές και εν συνεχεία ηλεκτρικής μέσω γεννητριών είναι ο λιγνίτης. Η δομή ενός λιγνιτικού εργοστασίου είναι η ακόλουθη. Ο λιγνίτης ο οποίος εξορύσσεται στα ανθρακωρυχεία επεξεργάζεται και καλιγεται σε λέβητα ο οποίος θερμαίνει νερό. Το υπέρθερμο νερό εκτελεί τον κύκλο Rankine.. Ο βαθμός απόδοσης ενός λιγνιτικού εργοστασίου κυμαίνεται στα ποσοστά της τάξης του 30 – 40%. Οι λιγνιτικές μονάδες ως μονάδες βάσης καλύπτουν ένα πολύ μεγάλο μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο σταθερά κυμαίνεται περίπου στο 40%. Ο κυριότερος λόγος που συμβαίνει αυτό παρά τις προσπάθειες για την μείωση της χρήσης του λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση κυρίως αλλά και σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες είναι ότι στις αναπτυσσόμενες η συνεχώς μεγαλύτερη αύξηση της ζήτησης σε ενέργεια καλύπτεται από επέκταση των λιγνιτικών τους μονάδων.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση του λιγνίτη ως καύσιμο είναι πολλά και σημαντικά. Ο λιγνίτης είναι ένα φθινό καύσιμο το οποίο υπάρχει σε πολλές χώρες του πλανήτη σε πολύ μεγάλα αποθέματα. Επιπλέον όπως σε όλες τις θερμικές μονάδες υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμίσει το ποσό της ενέργειας που παράγεται ρυθμίζοντας κατάλληλα την παροχή καυσίμου στον λέβητα όπου παράγεται ο ατμός που κινεί τους στροβίλους και τις γεννήτριες.

Τα μειονεκτήματα της εκτεταμένης παραγωγής ηλεκτρισμού από λιγνίτη είναι σημαντικά. Το κυριότερο πρόβλημα είναι ότι η καύση του λιγνίτη εκπέμπει στην ατμόσφαιρα υψηλές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα επιβαρύνοντας σημαντικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Επιπλέον παράγονται και άλλοι ρύποι όπως οξείδια του αζώτου και του θείου λόγω της καύσης προσμίξεων που υπάρχουν στον λιγνίτη. Η τέφρα που παραμένει από την καύση του λιγνίτη επίσης είναι ένα σημαντικό χημικό απόβλητο το οποίο πρέπει να αποτίθεται κατάλληλα ώστε να μην δημιουργεί ρύπανση στους χώρους απόθεσης του. Οι λιγνιτικές μονάδες έχουν το πρόβλημα επίσης της μικρής ευελιξίας και δυσκολίας παραλληλίας με το δίκτυο καθώς για να μειωθεί ή να αυξηθεί η παραγόμενη ενέργεια χρειάζεται σημαντικός χρόνος ενώ για τον παραλληλισμό μιας λιγνιτικής μονάδας με το δίκτυο απαιτούνται αρκετές ώρες. Τέλος λόγω του γεγονότος ότι η ψύξη των σταθμών αυτών γίνεται με νερό, στις τοποθεσίες απαιτείται σημαντική επάρκεια υδάτινων πόρων, ενώ δεν πρέπει να παραβλέπεται ότι τα ανθρακωρυχεία είναι τεράστιες εκτάσεις.

Στην Ελλάδα ο λιγνίτης είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού, αποτελώντας το μοναδικό σημαντικό ορυκτό εγχώριο καύσιμο, οπότε το κόστος είναι χαμηλό ενώ διασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή αυτονομία της χώρας με πολύ μεγάλη ασφάλεια καθώς το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι εισαγόμενα καύσιμα, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν στοχαστικότητα άρα είναι αδύνατο ένα κράτος να βασίζεται σε αυτές. Ανεκαθεν ο λιγνίτης ήταν η δεσπόζουσα πηγή ενέργειας μαζί με το πετρέλαιο με ποσοστά της τάξης του 40% έκαστο τις δεκαετίες του 60 και του 70 αρχικά και έπειτα από την πετρελαϊκή κρίση που σημειώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 70 το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας από λιγνίτη αυξήθηκε σταδιακά μέχρι και σε ποσοστό 70% στα τέλη της δεκαετίας του 80 και σταθεροποιήθηκε εκεί μέχρι το 2000. Έπειτα όμως λόγω της προσπάθειας για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς και των ολοένα και αυξανόμενων τιμών για τις εκπομπές αυτές, η χώρα στράφηκε σε άλλες πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας, με το φυσικό αέριο να κερδίζει πολύ σημαντικό μέρος της αγοράς και την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη έχει μειωθεί σήμερα στα ποσοστά της δεκαετίας του '60 δηλαδή στο 40%, το οποίο οφείλεται στον ισχυρο ανταγωνισμό από άλλες ενεργειακές πηγές.

2.1.2. Πετρελαϊκοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής

Το πετρέλαιο ήταν ένα από τα πρώτα ορυκτά καύσιμα και χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ενέργειας μέσω των μηχανών εσωτερικής καύσεως αλλά και της καύσης σε λέβητες. Το πετρέλαιο χρησιμοποιήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο παρελθόν όμως η χρήση του συνεχώς μειώνεται. Χαρακτηριστικό είναι ότι παγκοσμίως το 1971 παραγόταν το 21% της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του πετρελαίου, ποσοστό που σήμερα έχει μειωθεί στο 3.5%. Το πετρέλαιο σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για άλλους σκοπούς όπως την παραγωγή κίνησης στα οχήματα ή την παραγωγή θερμότητας στα συστήματα θέρμανσης των κτηρίων. Ο βαθμός απόδοσης των μεγάλων μηχανών εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με πετρέλαιο είναι της τάξης του 35 – 40%.

Το πλεονέκτημα που έχουν οι πετρελαϊκοί σταθμοί είναι η ταχύτατη απόκριση των μηχανών στην παραγωγή ισχύος. Λόγω του γεγονότος ότι η καύση γίνεται μέσα στην μηχανή η μεταβολή στην παροχή καυσίμου έχει ως αποτέλεσμα την άμεση ανταπόκριση αυτής και του καθορισμού της παραγόμενης ισχύος. Αυτή η ικανότητα τις καθιστά άμεσα ευέλικτες και ικανές να ανταπεξέλθουν στις μεταβολές του φορτίου ενώ και ο χρόνος που χρειάζεται για να παραλληλισθούν με το δίκτυο είναι πολύ μικρός. Επίσης οι μονάδες πετρελαίου έχουν το πλεονέκτημα της περιορισμένης απαίτησης διαθεσιμότητας υδάτινων πόρων για ψύξη σε

σύγκριση με τις υπόλοιπες θερμικές μονάδες. Τέλος το πλεονέκτημα που έχουν οι μηχανές πετρελαίου είναι ότι είναι οι μόνες που έχουν την δυνατότητα να είναι φορητές και μικρές σε μέγεθος άρα δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μικρών σταθμών για τροφοδότηση απομακρυσμένων περιοχών, αλλά ακόμη και στα κτήρια η τις εγκαταστάσεις που υπάρχει η ανάγκη ύπαρξης εφεδρικής τροφοδοσίας η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος πετρελαίου.

Τα μειονεκτήματα που έχει η χρήση του πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικά. Αρχικά το πετρέλαιο είναι ένα καύσιμο του οποίου τα αποθέματα μειώνονται ενώ και λόγω πολιτικών αντιπαραθέσεων οι τιμές αυξάνονται και υπάρχει έντονη μεταβολή στις τιμές τους. Ο βαθμός απόδοσης δεν είναι υψηλός καθώς δεν υπερβαίνει το 40% και η καύση πετρελαίου εκπέμπει ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα αλλά και άλλα οξείδια του αζώτου και του θείου. Ακόμη το πετρέλαιο είναι ένα καύσιμο του οποίου η μεταφορά είναι δύσκολη και ακριβή και η αποθήκευσή του απαιτεί είτε την κατασκευή μεγάλων δεξαμενών είτε τον πολύ τακτικό ανεφοδιασμό των μονάδων παράμετροι που αυξάνουν σημαντικά το κόστος.

Στην Ελλάδα η ΔΕΗ χρησιμοποιούσε το πετρέλαιο για παραγωγή έχοντας 4 πετρελαικές μονάδες στην ηπειρωτική Ελλάδα συνολικής ισχύος 730MW, αλλά κυρίως με μικρές τοπικές μονάδες στην κρήτη και τα νησιά τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας. Οι μονάδες της ηπειρωτικής Ελλάδας έχουν ήδη σταματήσει να λειτουργούν και διατερούνται σε κατάσταση εφεδρείας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, καθώς το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ήταν σημαντικά μεγάλο. Η διασύνδεση των νησιών και της Κρήτης με το δίκτυο προχωράει σταδιακά με σκοπό την κατάργηση των μικρών μονάδων στα νησιά και την τροφοδότηση από την ηπειρωτική Ελλάδα. Επίσης το πετρέλαιο στην Ελλάδα είναι ένα καύσιμο εισαγόμενο και σε περίπτωση έλλειψης πετρελαίου τα αποθέματα θα διατεθούν στον κλάδο των μεταφορών και όχι στην ηλεκτροπαραγωγή καθώς εκεί δεν υπάρχει άλλη εναλλακτική. Συμπέρασμα είναι ότι το πετρέλαιο σαν καύσιμο χάνει συνεχώς έδαφος στην ηλεκτροπαραγωγή τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο πλανήτη.

2.1.3. Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου

Το καύσιμο το οποίο κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά της ηλεκτροπαραγωγής είναι το φυσικό αέριο. Οι σταθμοί φυσικού αερίου παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα γι' αυτό και είτε στις χώρες που έχουν αποθέματα φυσικού αερίου είτε σε αυτές που το εισάγουν κατασκευάζονται συνεχώς σταθμοί φυσικού αερίου. Οι σταθμοί αυτοί στην μεγάλη τους πλειοψηφία εργάζονται με συνδυασμένο κύκλο αέρα και νερού ο οποίος

δίνει ταχεία απόκριση μεγάλη ευελιξία και υψηλό βαθμό απόδοσης. Οι σταθμοί αυτοί είναι είτε υδρόψυκτοι είτε αερόψυκτοι.

Τα πλεονεκτήματα των σταθμών φυσικού αερίου είναι πολλαπλά. Το φυσικό αέριο είναι ένα πολύ καλό ποιοτικά καύσιμο οπότε είναι το ορυκτό καύσιμο που εξάγει τους λιγότερους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα και η ποιότητα καύσης του είναι εξαιρετική και δεν εκλύει οξειδία του θείου. Για τον λόγο αυτό η απόσταση από τις αστικές ζώνες που έχει ένας σταθμός φυσικού αερίου επιτρέπεται να είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή των άλλων σταθμών παραγωγής. Οι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από όλους τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής λόγω της χρήσης συνδυασμένου κύκλου καθώς και της πολύ καλής καύσης και εκμετάλλευσης της θερμότητας που εκλύεται από την καύση του αερίου. Ένας σύγχρονος σταθμός φυσικού αερίου μπορεί να φτάσει αποδόσης της τάξης του 60 – 65% ποσοστό πολύ καλύτερο από τις τυπικές αποδόσεις της τάξης του 35 – 40%. Επίσης λόγω της χρήσης αεριοστροβίλου οι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν μεγάλη ευελιξία μπορούν πολύ γρήγορα να ρυθμίσουν την ισχύ που δίνουν στο δίκτυο καθώς και ο παραλληλισμός τους είναι πολύ γρήγορος σε σύγκριση με τις άλλες θερμικές μονάδες.

Τα μειονεκτήματα των σταθμών φυσικού αερίου και ο κυριότερος λόγος που ο ρυθμός εξάπλωσής τους έχει μειωθεί είναι ότι και αυτοί χρησιμοποιούν ένα ορυκτό καύσιμο άρα εκπέμπουν ρύπους συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή.

Στην Ελλάδα οι σταθμοί παραγωγής με φυσικό αέριο ήταν οι τελευταίοι που κατασκευάστηκαν λόγω της πρόσφατης έλευσης του φυσικού αερίου στην χώρα τις τελευταίες δεκαετίες άρα είναι και οι πιο σύγχρονοι. Οι πρώτοι σταθμοί τέθηκαν σε λειτουργία στα τέλη της δεκατίας του 1990 ενώ το ποσοστό της ενέργειας που καλύπτεται από φυσικό αέριο συνεχώς και αυξάνεται. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ποσοστό ενέργειας παραγόμενη από φυσικό αέριο το 2000 ήταν 11% ενώ το 2015 έφτασε το 18%. Τόσο η ΔΕΗ όσο και οι ιδιώτες επενδύουν στους σταθμούς αυτούς λόγω του μειωμένου κόστους εκπομπών του θερμοκηπίου όσο και με σκοπό να αντικαταστήσουν το πετρέλαιο το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος. Η ΔΕΗ σε σταθμούς που λειτουργούσαν με πετρέλαιο όπως στο Λαύριο κατασκευάζει νέες μονάδες φυσικού αερίου, ενώ και ιδιωτικές μονάδες ολοένα και περισσότερο εισέρχονται στο δίκτυο.

2.1.4. Πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής

Οι πυρηνικοί σταθμοί είναι οι μονάδες με την μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής ισχύος. Όλοι οι πυρηνικοί σταθμοί έχουν ως λειτουργόν μέσο το νερό το οποίο θερμένεται από τον πυρηνικό αντιδραστήρα στον οποίο γίνεται η πυρηνική αντίδραση η οποία απελευθερώνει πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας. Σε έναν τυπικό πυρηνικό αντιδραστήρα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ο πυρήνας του αντιδραστήρα αποτελείται από 80 με 100 τόνους ουρανίου σε παραπάνω από 30.000 ράβδους καυσίμων. Αρχικά οι αντιδραστήρες αυτοί αναπτύχθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς και την παραγωγή πυρηνικών όπλων ωστόσο σύντομα χρησιμοποιήθηκαν και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Σήμερα υπάρχουν πάνω από 440 πυρηνικοί αντιδραστήρες σε 31 χώρες οι οποίοι καλύπτουν το 13 – 14% της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στον πλανήτη. Χώρες με παραγωγή πολύ μεγάλων ποσών ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια είναι οι ΗΠΑ, η Γαλλία, η Ιαπωνία, η Κίνα και η Ρωσία, ενώ και χώρες όπως η Ινδία ή η Τουρκία κατασκευάζουν ή έχουν ήδη κατασκευάσει τους πρώτους αντιδραστήρες και αναπτύσσουν έντονα πυρηνική τεχνολογία. Η ισχύς ενός πυρηνικού σταθμού για οικονομολογικούς λόγους πρέπει να είναι 2 – 3 GW. Η Ελλάδα μέχρι σήμερα δεν έχει αναπτύξει πυρηνική τεχνολογία ούτε έχει κατασκευάσει αντιδραστήρες ενώ δεν προβλέπεται να γίνει κάτι τέτοιο στα επόμενα χρόνια.

Όταν κατασκευάστηκαν τα πρώτα πυρηνικά εργοστάσια την δεκαετία του '50 οι πυρηνικοί επιστήμονες στις ΗΠΑ έλεγαν ότι θα καλύπτουν το 100% της ηλεκτροπαραγωγής και το κόστος θα είναι τόσο χαμηλό που δεν θα αξίζει να κοστολογείται. Όμως τα πυρηνικά εργοστάσια δεν εξαπλώθηκαν τόσο όσο προβλεπόταν τότε κυρίως για πολιτικούς λόγους καθώς ο φόβος ατυχήματος κυρίρευσε τους ανθρώπους επιβάλλοντας την πολιτική αυτή στην κυβερνήσεις. Πυρηνικά ατυχήματα μικρής κλίμακας έχουν συμβεί χωρίς σοβαρές επιπτώσεις, έχουν όμως συμβεί και 3 σημαντικά ατυχήματα, στο Three Mile Island το 1979, στο Τσερνομπίλ το 1986 και στην Φουκοσίμα το 2011. Τα δύο πρώτα οφείλονταν σε συνδυασμό σχεδιαστικών ατελειών του εξοπλισμού και λαθών των χειριστών, ενώ στην Φουκοσίμα ήταν αποτέλεσμα μιας πολύ μεγάλης φυσικής καταστροφής. Και τα 3 ατυχήματα κλόνισαν τον κλάδο της πυρηνικής τεχνολογίας, δείχνοντας τους πολύ μεγάλους κινδύνους που υπάρχουν όταν δεν γίνεται σωστός σχεδιασμός και τήρηση των κανονισμών ασφαλείας.

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει πολλά πλεονεκτήματα. Το κυριότερο είναι ότι τα ποσά ισχύος τα οποία παράγονται από τους πυρηνικούς σταθμούς είναι πολύ μεγάλα. Ένας κιλό ουρανίου μπορεί να παράξει την ενέργεια την οποία παράγουν 33 χιλιάδες τόνοι λιγνίτη. Επίσης ένας τυπικός πυρηνικός σταθμός αποδίδει όση ισχύ αποδίδουν 4 – 6 μεγάλοι θερμικοί σταθμοί παραγωγής και όσο 2000 – 3000 ανεμογεννήτριες. Άρα και οι εκτάσεις που δεσμεύουν τα εργοστάσια αυτά είναι πολύ λιγότερες από τους υπόλοιπους σταθμούς παραγωγής. Ένα άλλο πολύ μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν τα πυρηνικά εργοστάσια είναι ότι

δεν χρησιμοποιούν κάποιο κάυσιμο που να περιέχει άνθρακα άρα δεν εκπέμπουν καυσαέρια τα οποία περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα οπότε δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και επιπλέον δεν επιβαρύνονται από τέλη εκπομπής. Επίσης το κόστος κατασκευής ενός πυρηνικού σταθμού μπορεί να είναι υψηλό όμως είναι παρόμοιο με το κόστος κατασκευής ενός φράγματος και ενός υδροηλεκτρικού σταθμού ή ενός μεγάλου αιολικού πάρκου. Ακόμη οι πυρηνικές μονάδες μπορούν να λειτουργούν συνεχόμενα για 2-3 χρόνια χωρίς διακοπή για συντήρηση και θεωρούνται οι ιδανικές μονάδες για την αναλαβή του φορτίου βάση. Τα πυρηνικά καύσιμα υπάρχουν σε πολύ μεγάλη ποσότητα στην φύση και το κόστος τους είναι αμετάβλητο. Λόγω της μεγάλης ποσότητας ισχύος που παράγεται μειώνεται σημαντικά η χρήση των ορυκτών καυσίμων διατηρώντας χαμηλά το κόστος τους και παρατείνει την διάρκεια ζωής τους. Τέλος μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ η πρόοδος που έχει γίνει στην ασφάλεια των εγκαταστάσεων την εξέλιξη των αντιδραστήρων και των μηχανικών που εργάζονται στην πυρηνική τεχνολογία ο κίνδυνος ατυχήματος έχει σχεδόν μηδενιστεί. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι αντιδραστήρες τελευταίας γενιάς που κατασκευάζονται τα τελευταία χρόνια έχουν την δυνατότητα να διαχειριστούν μια πλήρη τήξη του πυρηνικού καυσίμου που περιέχουν χωρίς αυτό να διαφύγει εκτός του αντιδραστήρα.

Τα προβλήματα από την χρήση της πυρηνικής ενέργειας είναι επίσης σημαντικά. Αρχικά πάντα φοβίζει τον κόσμο ο κίνδυνος μεγάλου ατυχήματος και όταν αυτό συμβαίνει εκτάσεις ερημώνονται και μολύνονται για εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια απο ραδιενέργεια. Επίσης πάρα πολλοί σταθμοί είναι αρκετά παλιοί και χρησιμοποιούνται ακόμα. Χαρακτηριστικό είναι ότι στην Ρωσία σήμερα είναι ενεργοί 10 αντιδραστήρες τύπου RBMK-1000 σαν αυτόν που εξεράγη το 1986 στο Τσερνόμπιλ. Το κόστος κατασκευής είναι αρκετά μεγάλο αν και ισοσταθμίζεται από την ισχύ που παράγεται σε βάθος χρόνου. Επίσης μπορεί να μην εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα όμως η απόδοση των σταθμών είναι μικρή κάτι που έχει ως αποτέλεσμα πολύ μεγάλα ποσοστά θερμότητας να απορρίπτονται στο περιβάλλον οδηγώντας σε υπερθέρμανση των υδάτων πάνω στα οποία βασίζεται η λειτουργία του εργοστασίου. Οπότε μπορεί να μην συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου παίζουν όμως σημαντικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή και την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ακόμη οι πυρηνικές μονάδες είναι μονάδες που πρέπει να έχουν μεγάλη ισχύ άρα δεν είναι κατάλληλες για το δίκτυο κάθε χώρας καθώς και πρέπει να λειτουργούν χωρίς μεγάλες μεταβολές του φορτίου και να παράγουν σταθερά κάποια υψηλή ισχύ όσο είναι σε λειτουργία οπότε είναι σταθμοί με μικρή ευελιξία. Τέλος η πυρηνική αντίδραση παράγει κάποια τοξικά απόβλητα τα οποία πρέπει με προσοχή να εναποτεθούν σε κατάλληλες τοποθεσίες που δεν θα δημιουργήσουν επιπλέον μόλυνση.

Στην περίπτωση της Ελλάδας θα ήταν δυνατή η κατασκευή ενός πυρηνικού σταθμού ο οποίος θα περιόριζε πολύ σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την χρήση του λιγνίτη. Όμως η τοπική κοινωνία σίγουρα θα αντιδρούσε υπό τον φόβο ενός ατυχήματος. Ιδιαίτερη

εκπαίδευση και τεχνογνωσία στην Ελλάδα πάνω στους πυρηνικούς σταθμούς δεν υπάρχει οπότε η στελέχωση των μονάδων καθώς και η κατασκευή τους θα είναι σημαντικό πρόβλημα. Ακόμη το φορτίο του Ελληνικού ηλεκτρικού δικτύου είναι ιδιαίτερα μικρό και καθώς δεν υπάρχει στην χώρα βαριά βιομηχανία η καμπύλη διάρκειας φορτίου έχει πολύ απότομες μεταβολές και αλλαγές στην ζήτηση. Ενας πυρηνικός σταθμός πρέπει να παράγει σταθερά ποσότητα ισχύος και πολλές φορές η ζήτηση στην ηπειρωτική Ελλάδα είναι μικρότερη από το ελάχιστο που πρέπει να παράγει ένας σταθμός όταν βρίσκεται σε λειτουργία. Όσο ιδιαίτερα τα νησιά δεν είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας άρα δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν από τον πυρηνικό σταθμό τα οφέλη από την πιθανή κατασκευή πυρηνικού σταθμού είναι ακόμη μικρότερα. Τέλος η εισαγωγή μιας τόσο μεγάλης μονάδας θα δημιουργούσε θέμα ανταγωνισμού μειώνοντας το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας καθιστώντας πολλές επενδύσεις που έχουν γίνει απο ιδιώτες πανω στην παραγωγή με φυσικό αέριο ή ανανεώσιμες πηγές μη βιώσιμες.

2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(ΑΠΕ) είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που προέρχονται από φυσικές πηγές , όπως ο ήλιος, ο άνεμος και η ροή του νερού. Η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα και η γεωθερμία αποτελούν το σύνολο των ΑΠΕ που υπάρχουν. Συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους πόρους, κυρίως τα ορυκτά καύσιμα. Δεδομένου ότι η ηλεκτροπαραγωγή από τέτοιες πηγές είναι φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, η κοινή γνώμη γενικά συμφωνεί σε μια κατεύθυνση αξιοποίησης και περαιτέρω ανάπτυξής τους.

Οι ΑΠΕ αποτελούν εγχώριες πηγές και μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στην ενεργειακή αυτάρκεια σε εθνικό επίπεδο. Είναι πολύ σημαντικό για μια χώρα που ενδεχομένως δε διαθέτει κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, μπορεί να στραφεί σε ανανεώσιμες λύσεις και να εξασφαλίσει κατ' αυτόν τον τρόπο την ασφάλεια απέναντι στις ενεργειακές της ανάγκες δίχως να βασίζεται στην αγορά ενέργειας από εξωτερικούς παραγωγούς. Εξάλλου, οι μονάδες ΑΠΕ έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής. Άξιο αναφοράς είναι και το γεγονός ότι οι ΑΠΕ είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και αυτό οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις μονάδες ορυκτών καυσίμων που είναι συνήθως μεγάλης ισχύος, οπότε η ενέργεια παράγεται συγκεντρωτικά και τίθεται μετέπειτα το ζήτημα μεταφοράς της.

Καθοριστική είναι η συνεισφορά των ΑΠΕ και σε οικονομικό επίπεδο. Πρέπει να τονιστεί ότι οι μονάδες αυτές έχουν πολύ λειτουργικό κόστος, το οποίο δεν επηρεάζεται από διεθνείς

οικονομικές διακυμάνσεις, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με τις τιμές των συμβατικών καυσίμων. Όσον αφορά το τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμα οδηγούν σε ανάπτυξη και νέες θέσεις εργασίας τόσο στη διάρκεια της κατασκευής όσο και στη διάρκεια λειτουργίας τους. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι επενδύσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως «εντάσεως εργασίας» με πρόσκαιρο όμως χαρακτήρα, εναντι συμβατικών ορυκτών καυσίμων που η ένταση εργασίας είναι τοπικά μακροπρόθεσμη.

Υπάρχει, βέβαια, και μια μειοψηφία πολιτών που εναντιώνονται σε αυτήν την «πράσινη» κατεύθυνση. Οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι, παρά τη φιλικότητα προς το περιβάλλον κατά τη λειτουργία των ΑΠΕ, η κατασκευή φωτοβολταϊκών ή αιολικών παρκών, υδροηλεκτρικών έργων και λοιπών παρομοίων επενδύσεων αφήνει ένα σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα καθώς είναι αναγκαία η λειτουργία βαριάς βιομηχανίας για κατασκευή όλων των απαραίτητων συνιστωσών, αλλά και της μεταφοράς τους. Παράλληλα, στη μικρή διάρκεια κατασκευής των έργων εναντιώνεται η μακρά διάρκεια αδειοδότησής τους, ειδικά σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου η γραφειοκρατία καθυστερεί σημαντικά την πορεία ενός έργου. Τέλος, παρά τα χαμηλά κόστη λειτουργίας και τη δημιουργία θέσεων εργασίας, η κατασκευή έργων ΑΠΕ χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος και πολλές φορές χαμηλά κίνητρα, οπότε συχνά είναι δύσκολη η προσέλκυση επενδυτών.

Συνολικά οι ΑΠΕ χαρακτηρίζονται από μια σειρά πλεονεκτημάτων που προάγουν τη χρήση τους και τις καθιστούν ωφέλιμες παρά τις όποιες αντιδράσεις και δυσκολίες που ενδέχεται να φέρουν. Αυτός, άλλωστε, είναι και ο λόγος που η παγκόσμια κοινότητα στρέφεται προς αυτήν την προοπτική. Ειδικά στον ευρωπαϊκό χώρο, η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει αδιαλείπτως συμφωνίες που προάγουν την κατασκευή έργων ΑΠΕ δίνοντας κίνητρα στους επενδυτές και καθορίζει στόχους για τη μελλοντική συμβολή των ανανεώσιμων στο ενεργειακό μίγμα. Για παράδειγμα, οι υφιστάμενοι στόχοι προβλέπουν το 20% της συνολικά καταναλωμένης ενέργειας, αλλά και το 40% της ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές μέχρι το έτος 2020. Όλα τα παραπάνω γίνονται στα πλαίσια της πολιτικής για την κλιματική αλλαγή αλλά και της απεξάρτησης από τα ορυκτά και πυρηνικά καύσιμα.

2.2.1. Ηλιακή Ενέργεια

Πρόκειται για μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας κατά την οποία γίνεται εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία απορροφάται μέσω ηλιακών συλλεκτών και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια ή θερμότητα. Αποτελεί μια μεγάλη ελπίδα για την απανθοποίηση του ενεργειακού μίγματος ειδικά σε χώρες με υψηλή ηλιοφάνεια όπως είναι και η Ελλάδα. Τρεις είναι οι κύριες κατευθύνσεις στις οποίες αναπτύσσεται και εκμεταλλεύεται η ηλιακή ενέργεια.

Η μια είναι τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών, ενώ η δεύτερη είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να θερμαίνουν νερό και έτσι αποφεύγεται η σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας για τη συγκεκριμένη ανάγκη. Τελευταία είναι η ηλιακή αρχιτεκτονική, η οποία προβλέπει τη συμβολή της ηλιακής ενέργειας στη μείωση των αναγκών θέρμανσης αλλά και παθητικής ψύξης, με αποτέλεσμα και αυτή με τη σειρά της να περιορίζει τη σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση.

Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας έχει τα δικά της πλεονεκτήματα. Αρχικά, είναι μια χρήσιμη μορφή σε περιοχές απομακρυσμένες από το δίκτυο ή σε περιοχές με δίκτυο που υπολειτουργεί. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει στην κάλυψη αναγκών τέτοιων περιοχών. Επίσης είναι η μόνη μορφή ΑΠΕ που φέρει μηδαμινές αντιδράσεις. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της έλλειψης θορύβου αφού δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη σε ένα ηλιακό πάρκο εν αντιθέσει κυρίως με τις ανεμογεννήτριες, αλλά και τα υδροηλεκτρικά έργα. Εκτός από τη μηδαμινή ακουστική όχληση και η οπτική όχληση είναι περιορισμένη, αφενός γιατί οι ηλιακού συλλέκτες είναι πιο διακριτικά στοιχεία, αφετέρου επειδή τα μεγάλα ηλιακά πάρκα κατασκευάζονται σε απομακρυσμένες περιοχές. Στα θετικά προσμετράται και το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Η ραγδαία ανάπτυξη της τα τελευταία χρόνια και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών στο χώρο αυτό έχει οδηγήσει σε αξιόπιστες λύσεις που διατίθενται σε συμφέρουσες τιμές. Μάλιστα, το γεγονός ότι οι ηλιακές εγκαταστάσεις δεν έχουν κινούμενα μέρη επιτρέπει το μεγάλο χρόνο ζωής τους που είναι της τάξης των 30 ετών, ενώ παράλληλα μειώνει σημαντικά και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι για μικρές επενδύσεις της τάξεως των δεκάδων ή εκατοντάδων kW, η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας κρίνεται συμφέρουσα συγκριτικά με άλλες ΑΠΕ που αναπτύσσονται κυρίως σε μεγαλύτερη κλίμακα εγκατεστημένης ισχύος. Οι μικρές αυτές εφαρμογές(φωτοβολταϊκά σε στέγες, μικρά ηλιακά πάρκα) είναι διεσπαρμένες και βρίσκονται πολύ κοντά στην κατανάλωση, ενώ παραλληλίζονται ευκολότερα και στο δίκτυο χαμηλής(συνήθως) ή μέσης τάσης.

Φυσικά κάθε τεχνολογία έχει και τα αρνητικά της στοιχεία. Σημαντικό ζήτημα στο φωτοβολταϊκά είναι η δύσκολη προσαρμογή στο δίκτυο, διότι παράγουν συνεχές ρεύμα. Επομένως, είναι απαραίτητη η χρήση αντιστροφών(inverters), προκειμένου να μετατραπεί το συνεχές ρεύμα σε εναλασσόμενο και να απορροφηθεί από το δίκτυο. Οι inverters, αν και απαραίτητοι, αποτελούν το μοναδικό στοιχείο μια εγκατάστασης που διατίθεται σε υψηλό κόστος, σε σύγκριση βέβαια και με τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ανάγκη άμεσης απορρόφησης της ενέργειας από το δίκτυο, καθώς –ειδικά σε κεντρικές περιοχές– ο μόνος τρόπος αποθήκευσης της ενέργειας αυτής είναι οι μπαταρίες, μια τεχνολογία που είναι υπό ανάπτυξη και με τα σημερινά δεδομένα κοστίζουν

ακριβιά, απαιτούν μεγάλο χώρο και δεν αποθηκεύουν αρκετή ενέργεια δεδομένου του μεγέθους τους. Τέλος, η πρόβλεψη για τα παραγόμενα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια από τις πιο στοχαστικές μεθόδους λόγω της αδυναμίας να προσεγγιστεί η ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Έτσι, δεν μπορεί να στηριχθεί κανείς απόλυτα στο γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη εγκατεστημένη ηλιακή ισχύς.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που λόγω της γεωγραφικής της θέσης χαρακτηρίζεται από υψηλή ηλιοφάνεια ακόμα και κατά τη χειμερινή περίοδο. Θα περίμενε κανείς να καλύπτει μεγάλο ποσοστό των ενεργειακών της αναγκών με αυτή τη μορφή ενέργειας. Συγκεκριμένα, υπάρχουν 2652 MW φωτοβολταϊκών εγκατεστημένα και 3,300,000 m² ηλιακών συλλεκτών θέρμανσης νερού, τη στιγμή που στην ευρώπη συνολικά τα αντίστοιχα νούμερα αγγίζουν τα 121692 MW και 19,200,000 m² αντίστοιχα(στοιχεία 2018). Από τη συνολική εικόνα, η Ελλάδα έχει επιτύχει μια θετική πορεία αν συγκριθεί με άλλα ευρωπαϊκά κράτη, ωστόσο υπάρχουν πολλά περιθώρια περαιτέρω αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, δεδομένου ότι πρόκειται για μια χώρα με πολύ μεγαλύτερη ηλιοφάνεια συγκριτικά με το μεγαλύτερο μέρος της υπόλοιπης Ευρώπης.

2.2.2. Αιολική Ενέργεια

Εισαγωγή

Η ταχύτητα των ανέμων επηρεάζεται από το έδαφος και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του καθώς λόγω της σχετικής ταχύτητας του αέρα με την Γη αναπτύσσεται ένα οριακό στρώμα. Το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα εξαρτάται από το ποσο ομαλό είναι το έδαφος αλλά και από την ταχύτητα του ανέμου. Έτσι για ομαλό έδαφος και αδύναμο άνεμο μπορεί να είναι 200 μέτρα ενώ για ανώμαλη επιφάνεια και έντονο άνεμο 2000 μέτρα.

Ο αέρας λόγω της αυτής της κίνησης του στην ατμόσφαιρα της Γης έχει μία κινητική ενέργεια, ή όπως την ονομάζουμε, αιολική ενέργεια. Πρόκειται για μία ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που παρέχει δυναμικό για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για αυτό τον λόγο, οι αιολική ενέργεια παίζει καθοριστικό ρόλο στον στόχο απανθρακοποίησης του ενεργειακού μείγματος με σκοπό την βελτίωση του περιβάλλοντος.

Ιστορική εξέλιξη

Η αιολική ενέργεια αξιοποιείται από την αρχαιότητα με τους ανεμόμυλους αλλά και στην ιστιοπλοία. Η πρώτη ανεμογεννήτρια που σχεδιάστηκε για ηλεκτροπαραγωγή ήταν το 1897 στην Δανία. Οι ανεμογεννήτριες γνώρισαν μεγάλη τεχνολογική άνοδο κατά την διάρκεια του πρώτου και του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου που οι ανάγκες για ηλεκτροπαραγωγή ήταν

πολύ υψηλές. Πρόδρομος των σύγχρονων ανεμογεννητριών θεωρείται η smidth το 1940, πάλι απο την Δανία. Το 1980 με την πετρελαική κρίση επανήλθε η τεχνολογική ανάπτυξη των ανεμογεννητριών οι οποίες έφταναν πλέον τα μερικά kW. Εκ' τότε με το πέρας των χρόνων οι ανεμογεννήτριες γίνονται όλο και μεγαλύτερες σε μέγεθος και ισχύ αφού πλέον έχουμε ανεμογεννήτριες με διάμετρο μέχρι και 160 μέτρα με ονομαστική ισχύ μερικά MW.

Πρωτοπόρος στην εξέλιξη αυτή ήταν η Δανία, ενώ ακολούθησαν και υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι μέχρι το τέλος του 2017 περίπου 540GW είχαν εγκατασταθεί και λειτουργούσαν σε περισσότερες απο 80 χώρες. Από αυτά, τα 178,1GW ήταν εγκατεστημένα στην ευρωπαϊκή ένωση. Πλέον παρά την οικονομική κρίση στην ευρώπη οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας συνεχίζουν να αυξάνονται στο πλαίσιο της πολιτικής απανθρακοποίησης του ενεργειακού μείγματος.

Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στις μέρες μας γίνεται με την χρήση ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μέσω πτερυγίων εκμεταλλεύονται την κινητική ενέργεια του ανέμου και την μετατρέπουν αρχικά σε περιστροφική ενέργεια ατράκτου η οποία στην συνέχεια με την χρήση γεννήτριας μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Ανάλογα την περιοχή οι ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν είτε μόνες τους είτε πολλές μαζί, σχηματίζοντας αιολικά πάρκα. Τα αιολικά πάρκα είναι περιοχές στις οποίες λόγω του υψηλού αιολικού δυναμικού τους μπορούν να τοποθετηθούν πολλές ανεμογεννήτριες για υψηλότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως προαναφέρθηκε λόγω της σχετικής ταχύτητας αέρα - Γης και του ιξώδους του εδάφους δημιουργείται το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα. Για αυτό τον λόγο οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε μέρη με όσο τον δυνατό πιο ομαλό έδαφος και όχι σε πόλεις ή σε δάση που τα κτήρια και τα δέντρα επηρεάζουν την ταχύτητα του ανέμου.

Ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν τόσο στην στεριά (onshore), όσο και στην θάλασσα (offshore). Στην στεριά υπάρχει μεγαλύτερη ευκολία και μικρότερο κόστος επένδυσης για να εγκατασταθεί ένα αιολικό πάρκο. Από την άλλη στην θάλασσα το αιολικό δυναμικό είναι καλύτερο καθώς υπάρχει μικρότερη τραχύτητα μεταξύ αέρα και νερού και συνεπώς μικρότερο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα. Στις offshore εγκαταστάσεις οι ανεμογεννήτριες είτε τοποθετούνται πάνω σε πλωτήρες, οπότε πλέουν πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας είτε θεμελιώνονται μέσα στον βυθό της θάλασσας. Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος είναι πολύ μεγάλο.

Οι τύποι ανεμογεννητριών ποικίλουν και υπάρχουν δύο κύριες κατηγοριοποιήσεις. Η πρώτη αφορά τον αριθμό των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας. Έτσι μια ανεμογεννήτρια μπορεί να

είναι μονόπτερη δίπτερη, τρίπτερη, τετράπτερη ή πολύπτερη. Όσο αυξάνει ο αριθμός των πτερυγίων αυξάνεται και η απόδοση της ανεμογεννήτριας ωστόσο αυξάνεται και το κόστος. Βέλτιστο συνδυασμό βαθμού απόδοσης και κόστους φαίνεται να έχουν οι τρίπτερες ωστόσο πολύ είναι αυτοί που υποστηρίζουν και τις δίπτερες, κυρίως για υπεράκτια αιολικά πάρκα. Η άλλη κατηγοριοποίηση αφορά την διεύθυνση περιστροφής του άξονα της ανεμογεννήτριας. Συνεπώς μία ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα. Πιο διαδεδομένες είναι η οριζοντίου άξονα καθώς έχουν πιο υψηλή απόδοση, και μπορούν να εκμεταλλευτούν και ανέμους υψηλότερων ταχυτήτων. Κατακόρυφου άξονα ανεμογεννήτριες συναντάμε συνήθως εντός πόλεων καθώς παράγουν μικρότερο θόρυβο και είναι μικρότερου μεγέθους.

Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

1. Το βασικότερο πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι έχει ως “καυσιμο” τον αέρα και δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα αέρια του θερμοκηπίου ή άλλοι ρύποι κατά την διάρκεια της λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα αλλά και άλλων ρύπων εκλύονται τόσο κατά την διάρκεια παραγωγής των ανεμογεννητριών όσο και κατά την μεταφορά τους απο το μέρος παραγωγής τους στο μέρος τοποθέτησης και εγκατάστασης τους. Οι ποσότητες αυτές ωστόσο είναι μηδαμινές και θεωρούνται αμελητέες στο εύρος κύκλου ζωής των ανεμογεννητριών.
2. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει πλέον μειωθεί σημαντικά(3-5cents/kWh) και συναγωνίζεται αυτών των συμβατικών μονάδων.
3. Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι πολύ μικρό. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Πρώτον, δεν υπάρχει η ανάγκη για αγορά του καυσίμου καθώς ο άνεμος είναι άμεσα διαθέσιμος όταν επικρατούν οι καταλληλες κλιματολογικές συνθήκες αποκεντρωμένος και δωρεάν. Δεύτερον, οι ανεμογεννήτριες παθαίνουν σπάνια βλάβες και η συντήρησή τους είναι μικρή.
4. Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χώρων, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
5. Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
6. Πρόκειται πλέον για μία δοκιμασμένη τεχνολογία χωρίς με αξιοπιστία και χωρίς μεγάλο ρίσκο επένδυσης.
7. Οι ανεμογεννήτριες αυξάνουν την αξιοπιστία ενός ηλεκτρικού δικτύου.

Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας

- 1) Το κύριο μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η στοχαστικότητα που παρουσιάζει. Ο άνεμος δεν είναι διαθέσιμος ψοταν η ζήτηση το απαιτεί για να καλυφθούν οι ανάγκες και δέν μπορεί να αποθηκευθεί. Ακόμα, παρουσιάζονται διακυμάνσεις στην ένταση του ανέμου (συνεπώς και στην παραγωγή ενέργειας) κατά την διάρκεια μιας ημέρας και ενός χρόνου γενικότερα.
- 2) Ως ενέργεια έχει πολύ χαμηλή συγκέντρωση ισχύος, κυρίως λόγω της χαμηλής πυκνότητας του αέρα, συνεπώς απαιτούνται μεγάλες ανεμογεννήτριες και πολλές σε αριθμό για να παραχθούν σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3) Το γεγονός ότι είναι μεγάλες σε μέγεθος τις κάνει να έχουν έντονη οπτικοαισθητική επίδραση.
- 4) Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση. Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.
- 5) Ακόμα ένα μειονέκτημα είναι ότι προκειμένου να γίνει εγκατάσταση ανεμογεννητριών απαιτούνται χρονοβόρες έρευνες και μετρήσεις για την χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού μίας περιοχής.
- 6) Συνήθως υψηλό αιολικό δυναμικό έχουν απομακρυσμένες περιοχές ή νησιά, μακριά απο τις πόλεις με την υψηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι είναι απαραίτητη η ύπαρξη υποσταθμού και ο μετασχηματισμός της τάσης σε 20kV ώστε να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια.
- 7) Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν θάνατο ορισμένων πουλιών τα οποία πέφτουν πάνω σε αυτές.
- 8) Τέλος οι ανεμογεννήτριες προκαλούν θόρυβο, ωστόσο με την σημερινή τεχνολογία έχει μειωθεί σε πολύ υψηλό βαθμό συνεπώς θα μπορούσαμε να το συμπεριλάβουμε και στα πλεονεκτήματα.

Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα μέχρι το 1998 είχαν εγκατασταθεί μόνο 24MW απο την ΔΕΗ και 15MW από άλλους φορείς. Η κατάσταση σήμερα έχει αλλάξει ριζικά καθώς στο τέλος του 2018 η Ελλάδα είχε εγκατεστημένα αιολικά με συνολική ισχύ 2877MW. Ωστόσο, το ποσό αυτό είναι μόλις το 1,57% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στην Ευρώπη. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά

μικρό αν αναλογιστούμε ότι η χώρα διαθέτει μερικές απο τις καλύτερες περιοχές από άποψη αιολικού δυναμικού στην Ευρώπη.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην Ελλάδα για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας αφορά το ελληνικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού. Οι περιοχές με το καλύτερο και περισσότερο αιολικό δυναμικό είναι τα νησιά τα οποία ωστόσο δεν έχουν μεγάλες ανάγκες σε ηλεκτρισμό. Αυτό σε συνδυασμό με την μη ύπαρξη διασυνδέσεων μεταξύ των νησιών και της ηπειρωτικής χώρας αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την περαιτέρω επένδυση σε αιολική ενέργεια. Σε περίπτωση επιτυχημένης διασύνδεσης των νησιών η δυνατότητα για εγκατάσταση ανεμογεννητριών και αιολικών πάρκων θα είναι πολύ μεγαλύτερη. Έτσι το ποσοστό αιολικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού θα μπορεί να αυξηθεί.

Το τεχνολογικά εκμεταλλεύσιμο συνολικό αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα εκτιμάται σε 12.000MW για ταχύτητες ανέμου πάνω απο 6m/s. Αριθμός αρκετά υψηλός αν αναλογιστούμε ότι το 2018 η μέση ζήτηση ήταν μικρότερη απο 7000MW.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η αιολική ενέργεια είναι μία “καθαρή” μορφή ενέργειας η οποία μπορεί και πρέπει να παίζει καθοριστικό ρόλο στους στόχους για απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος στην Ελλάδα και την Ευρώπη γενικότερα. Η συνεισφορά της αιολικής ενέργειας πλέον επικεντρώνεται στο κομμάτι της ηλεκτροπαραγωγής. Ενδιαφέρων έχουν οι εκτιμήσεις για το αιολικό δυναμικό στον κόσμο. Το θεωρητικό δυναμικό ανέρχεται στα 6.000, το διαθέσιμο στα 640 ενώ το τεχνολογικά αξιοποιήσιμο στα 200exajoules σε βάθος έτους. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι το τεχνολογικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό είναι περίπου 1200MW, που είναι αρκετό για να καλύψει ολόκληρη την ηλεκτροπαραγωγή της χώρας. Τα κύρια προβλήματα είναι η στοχαστικότητα του ανέμου και το γεγονός ότι μπορεί να βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές. Το πρώτο θα μπορούσε ενδεχομένως να αντιμετωπιστεί μέσω εξεύρεσης τρόπων αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Το δεύτερο μέσω αποτελεσματικής διασύνδεσης των περιοχών και κυρίως των νησιών της χώρας. Σε περίπτωση που επιτευχθούν τα παραπάνω το ενεργειακό μείγμα τις χώρας θα μπορεί να αλλάξει ριζικά.

2.2.3. Βιομάζα

Εισαγωγή

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα, αφού περάσει από κατάλληλες διαδικασίες, μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμο είτε στερεής είτε υγρής είτε αέριας μορφής. Με το βιοκαύσιμο είναι δυνατό να παραχθεί βιοενέργεια, μέσω της διαδικασίας της καύσης. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι όπως σε κάθε άλλη περίπτωση καύσης, έτσι και κατά την καύση του βιοκαυσίμου, ανεξάρτητα την φάση στην οποία βρίσκεται (στερεή, υγρή, αέρια), παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Ωστόσο, το ποσό διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται είναι ίσο με το ποσό που θα εκλυόταν στο περιβάλλον εάν η βιομάζα ακολουθούσε την φυσική πορεία αποσύνθεσής της γιατί είναι ίσο με το διοξείδιο που έχει δεσμεύσει. Έτσι, η καύση βιοκαυσίμων θεωρείται ότι έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα και ότι δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντικός ωστόσο παράγοντας είναι και ο τρόπος μεταφοράς της βιομάζας. Η μεταφορά αυτή οδηγεί συνήθως στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από την καύση στους κινητήρες των μεταφορικών μέσων (φορτηγά, πλοία κλπ). Έτσι, εάν η προέλευση της βιομάζας είναι από μακρινές τοποθεσίες έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή εκπομπή διοξειδίου για την μεταφορά της.

Στερεά Βιοκαύσιμα

Ως στερεό βιοκαύσιμο μπορεί να θεωρηθεί και η πρώτη ύλη της βιομάζας (οπώς για παράδειγμα το ξύλο) . Ωστόσο, τις περισσότερες φορές η πρώτη ύλη βιομάζας υπόκεινται σε κατάλληλες επεξεργασίες προκειμένου να βελτιωθούν οι ενεργειακές ιδιότητές της. Οι πιο συνήθεις και απαραίτητες βελτιωτικές διαδικασίες είναι η συμπίεση της βιομάζας σε μορφή πέλετ (pelletizing) ή η κονιορτοποίηση της (pulverizing), η “φλογοξύρανση” της (torrefaction) και η θερμή πλύση της (washing).

Η συμπίεση της βιομάζας σε μορφή πέλετ έχει ως κύριο σκοπό της αύξηση της πυκνότητας με μείωση του όγκου και επομένως την άυξηση και της ενεργειακής της πυκνότητας. Έτσι για το

ίδιο ποσό ενέργειας χρειαζόμαστε λιγότερο όγκο βιοκαύσιμου κάτι που συναπάγει την ευκολότερη μεταφορά αλλά και αποθήκευση του. Στο ίδιο αποσκοπεί και η μέθοδος της κονιορτοποίησης που ουσιαστικά η συμπαγής βιομάζα μετατρέπεται σε κόκους.

Η “φλογοξύρανση” είναι μια θερμοδυναμική διαδικασία η οποία αποσκοπεί στην βελτίωση των ενεργειακών χαρακτηριστικών της βιομάζας. Το βιοκαύσιμο χάνει ποσότητα υγρασίας, ενώ αυξάνεται η περιεκτικότητα του σε άνθρακα και έτσι συνολικά αυξάνεται η ενεργειακή του πυκνότητα. Ακόμα, η βιομάζα γίνεται πιο εύκολη θρυμματίσιμη και το pelletizing γίνεται επίσης πιο εύκολο. Επιπρόσθετα, γίνεται πιο υδρόφοβη και επιβραδύνεται η φυσική διαδικασία της αποσύνθεσής της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται πολύ πιο εύκολη η αποθήκευσή της και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Τέλος, κάνει το βιοκαύσιμο πιο καλά ομογενοποιημένο. Όλα τα παραπάνω ευνοούν και την οικονομική αξιοποίηση της βιομάζας.

Η “πλύση” αποσκοπεί κυρίως στην μετατροπή της χημικής σύστασης της βιομάζας. Πιο σημαντική είναι η μείωση συστατικών όπως το χλώριο, το κάλιο και το θείο. Παράλληλα αυξάνεται και το ποσοστό του άνθρακα και η θερμογόνος δύναμη του βιοκαυσίμου. Η μείωση των παραπάνω συστατικών είναι απαραίτητη διότι κατά την καύση τους δημιουργούν προβλήματα τόσο στην εγκατάσταση (διάβρωση κλπ) όσο και στο περιβάλλον (ρύποι).

Με τις παραπάνω διαδικασίες αλλά και με άλλες η βιομάζα αποκτά καλές ιδιότητες που επιτρέπουν την καλή και αποδοτική καύση της. Η καύση στερεής βιομάζας μπορεί να γίνει με χρήση τεχνολογιών αντίστοιχες εκείνων που κάνουν καύση ορυκτών καυσίμων όπως για παράδειγμα σε λέβητες.

Αέρια Βιοκαύσιμα

Οι βασικοί τρόποι παραγωγής αέριων βιοκαυσίμων είναι δύο. Η αεριοποίηση (gasification) και η αναερόβια ζύμωση (anaerobic fermentation).

Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία από στερεό βιοκαύσιμο λαμβάνουμε αέριο. Αυτό γίνεται με καύση πλούσιου μείγματος βιοκαυσίμου (δηλαδή με μικρό λόγο ισοδυναμίας αέρα - καυσίμου) κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την ατελή καύση του. Προϊόντα της ατελούς καύσης είναι αέριες χημικές ενώσεις όπως CO, H₂, CH₄, C_xH_y, CO₂ και H₂O. Αυτές οι χημικές ενώσεις (εκτός από το διοξείδιο και το νερό) αν περισυλλεγούν μπορούν να αποτελέσουν αέριο βιοκαύσιμο καθώς μπορούν να καούν και να αποδώσουν επιπλέον ενέργεια. Ακόμα, είναι εφικτή η περαιτέρω αναβάθμιση του μονοξειδίου καθώς άμα το ενώσουμε με υδρόνο παράγεται επιπλέον μεθάνιο. Έτσι θα έχουμε αέριο πλούσιο σε μεθάνιο συνεπώς θα έχει ιδιότητες όμοιες με του φυσικού αερίου, αλλά θα προέρχεται από βιομάζα.

Το αέριο αυτό ονομάζεται SNG (substitute natural gas) και μπορεί να μεταφέρεται μέσα στους ήδη υπάρχον αγωγούς φυσικού αερίου. Βέβαια, πρέπει να τονισθεί ότι η διαδικασία της αεριοποίησης έχει αρκετές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν όπως η δημιουργία πίσσας που μπλοκάρει την ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Η αναερόβια ζύμωση είναι μία βιολογική διαδικασία κατά την οποία απόβλητα συλλέγονται και τοποθετούνται σε μεγάλους ζυμωτήρες με απουσία οξυγόνου. Εκεί με την βοήθεια μικροοργανισμών μπορούν να παραχθούν διάφορα αέρια βιοκαύσιμα, ανάλογα με το είδος των αποβλήτων. Οι συνθήκες μέσα στον ζυμωτήρα πρέπει να είναι συγκεκριμένες προκειμένου οι μικροοργανισμοί να ζήσουν και να λειτουργούν αποτελεσματικά. Τα αέρια αυτά όπως και με την μέθοδο της αεριοποίησης μπορούν να αναβαθμιστούν και να παράξουν SNG.

Η καύση αέριων βιοκαυσίμων μπορεί να πραγματοποιηθεί στις μηχανές που καίγονται και τα υπόλοιπα αέρια καύσιμα (πχ MEK).

Πλεονεκτήματα Βιομάζας

- a) Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας
- b) Μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα
- c) Πρόκειται -συνήθως- για εγχώριο καύσιμο άρα βοηθάει στην ενεργειακή ανεξαρτησία μίας χώρας.
- d) Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες, και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.
- e) Η παραγωγή ενέργειας είναι ελεγχόμενη και μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την ζήτηση.
- f) Η καύση τόσο αέριων όσο και στερεών βιοκαυσίμων μπορεί να γίνει σε ήδη υπάρχοντες εγκαταστάσεις είτε με την ανάμειξη τους με ορυκτά καύσιμα είτε με πλήρης μετασκευή των εγκαταστάσεων ώστε να κάνουν καύση μόνο βιοκαυσίμων.
- g) Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και στις μεταφορές και την θέρμανση.

- h) Οσον αφορά το SNG μπορεί να γίνει η μεταφορά του και η αποθήκευσή του μπορεί να γίνει με το υπάρχων δίκτυο φυσικού αερίου.

Μειονεκτήματα Βιομάζας

- a. Τα βιοκαύσιμα έχουν μικρότερη ενεργειακή απόδοση και χημικές ιδιότητες σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.
- b. Απαιτούνται διεργασίες για την βελτίωση της ποιότητας τους.
- c. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία.
- d. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- e. Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- f. Υψηλότερο κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.
- g. Υψηλή περιβαλλοντική όχληση και ατμοσφαιρική ρύπανση όταν χρησιμοποιείται σε παλαιάς τεχνολογίας εγκαταστάσεις

Βιομάζα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το δυναμικό της βιομάζας απο αγροτικά και δασικά υπολείμματα είναι εξαιρετικά μεγάλο. Εκτιμάται συνολικά σε 12000 ktoe που ισοδυναμεί με το 50% της σημερινής ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Το μεγαλύτερο δυναμικό εντοπίζεται στις περιοχές των μεγάλων καλλιεργιών στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα. Αν σε αυτό και το δυναμικό που προκύπτει απο την δυνατότητα αξιοποίησης ενεργειακών καλλιεργιών αντιλαμβάνεται κανείς ότι οι δυνατότητες εκμετάλλευσης της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς είναι τεράστιες. Ωστόσο οι ρυθμοί ανάπτυξης τεχνολογιών εκμετάλλευσης βιομάζας στην Ελλάδα είναι πάρα πολύ μικροί και έχει ως αποτέλεσμα το 2018 η εγκατεστημένη ισχύς βιοενέργειας να είναι μόλις 85MW.

2.2.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια μορφή ΑΠΕ, η οποία έχει πολλαπλά οφέλη για την ανθρωπότητα. Το σπουδαιότερο είναι ότι παράγεται ενέργεια δίχως να δημιουργούνται απόβλητα, δίχως να ρυπαίνει το περιβάλλον κατά τη λειτουργία των έργων και δίχως να αυξάνεται η θερμοκρασία των υδάτων, όπως έχει διαπιστωθεί μέχρι σήμερα. Επίσης, οι

εγκαταστάσεις αυτές χαρακτηρίζονται από μεγάλη ειδική ισχύ(παραγόμενη ισχύς προς βάρος εξοπλισμού) και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής· της τάξεως των 30 έως 50 ετών, ενώ ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός σπάνια χρειάζεται ανανέωση αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι οι υδροστρόβιλοι είναι στιβαρές και ως επί το πλείστον αξιόπιστες μηχανές. Αυτό συνεπάγεται και χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Ένα άλλο σπουδαίο σημείο είναι ότι σε μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση, ο χειριστής δύναται να καθορίσει την παρεχόμενη ισχύ ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες, ενώ μια τέτοια εγκατάσταση είναι και ευέλικτη, δηλαδή παραλληλίζεται εύκολα στο δίκτυο.

Σημαντική είναι η συνεισφορά των υδροηλεκτρικών έργων και στο επίπεδο μιας τοπικής κοινωνίας. Αρχικά, η υδραυλική ενέργεια συχνά είναι διαθέσιμη σε περιοχές δύσβατες και απομακρυσμένες και αυτό απαιτεί την ανάπτυξη έργων υποδομής, όπως είναι οι δρόμοι και οι γέφυρες. Παράλληλα, η ανάπτυξη ενός υδροηλεκτρικού δεν αποσκοπεί αποκλειστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα και σε λύσεις άρδευσης και ύδρευσης, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει και στη ρύθμιση πλημμυρικών φαινομένων, προστατεύοντας έτσι την τοπική περιοχή. Τέλος, υπάρχουν και κάποια παράπλευρα οφέλη τα οποία δεν αποτελούν στόχους του έργου, αλλά οφείλονται στη δημιουργία φραγμάτων και τεχνητών λιμνών που τα συνοδεύει. Τέτοια οφέλη είναι η αλιεία, αλλά και η αναψυχή και οι τουριστικές δραστηριότητες, δεδομένου ότι οι παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον δεν είναι έντονες και αυτές οι τεχνητές λίμνες συχνά αποδεικνύονται να είναι σημεία ενδιαφέροντος. Συνολικά, δημιουργούνται και νέες θέσεις εργασίας, τόσο λόγω των παράπλευρων κερδών όσο και για τη λειτουργία του έργου που απαιτεί κάποιους υπαλλήλους για την εύρυθμη λειτουργία του.

Τα υδροηλεκτρικά έργα έχουν δυνατότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες της ζήτησης σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με τα υπόλοιπα ανανεώσιμα. Λεπτομερέστερα, υπάρχει η τεχνογνωσία για τη δημιουργία αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών. Στα έργα αυτά, ο υδροστρόβιλος αντικαθίσταται από μια αναστρέψιμη μηχανή, η οποία μπορεί φυσικά να λειτουργεί ως υδροστρόβιλος, αλλά και ως αντλία. Στις περιπτώσεις όπου η ζήτηση καλύπτεται από άλλες πηγές ενέργειας, η μηχανή λειτουργεί ως αντλία και με αυτόν τον τρόπο οδηγεί νερό στον άνω ταμιευτήρα όπου και αποθηκεύεται. Έτσι, σε περιόδους όπου η ζήτηση αυξάνεται και δεν καλύπτεται από άλλες πηγές, το υδροηλεκτρικό έργο αποτελεί μια μονάδα αιχμής, καθώς η μηχανή λειτουργεί ως υδροστρόβιλος και το αποθηκευμένο νερό του άνω ταμιευτήρα δίνει την ενέργεια που είναι απαραίτητη για την κάλυψη της αιχμής αυτής. Γίνεται επομένως αντιληπτό, ότι μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να αποτελέσει αποθήκη ενέργειας.

Φυσικά, πάντα υπάρχουν αντιδράσεις και διαφωνίες για κάποιες αρνητικές επιδράσεις που ενδέχεται να φέρει ένα τέτοιο έργο. Αδιαμφισβήτητα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των υδροηλεκτρικών δεν είναι αμελητέο. Αυτό συμβαίνει διότι, απαιτείται κατασκευή και

μεταφορά ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και πολλές φορές έργα υποδομής που απαιτούν μεγάλες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον. Αρνητική επιρροή ασκείται και στον υδροφόρο ορίζοντα, καθώς είναι συχνό φαινόμενο ο εγκλωβισμός ψαριών σε επιμέρους τμήματα της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης. Οι οργανισμοί που εγκλωβίζονται πολλές φορές δεν μπορούν να επιβιώσουν, ειδικά στην περίπτωση που πλησιάσουν τον υδροστρόβιλο. Άλλη μια πτυχή αντιπαράθεσης αποτελεί το κατά πόσο είναι εφικτό να βασίζεται η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε ένα υδροηλεκτρικό έργο. Όσοι υποστηρίζουν ότι αυτό είναι ανέφικτο, θεωρούν ότι ενδέχεται να υπάρχουν περίοδοι ξηρασίας μελλοντικά, με συνέπεια την υπολειτουργία του έργου.

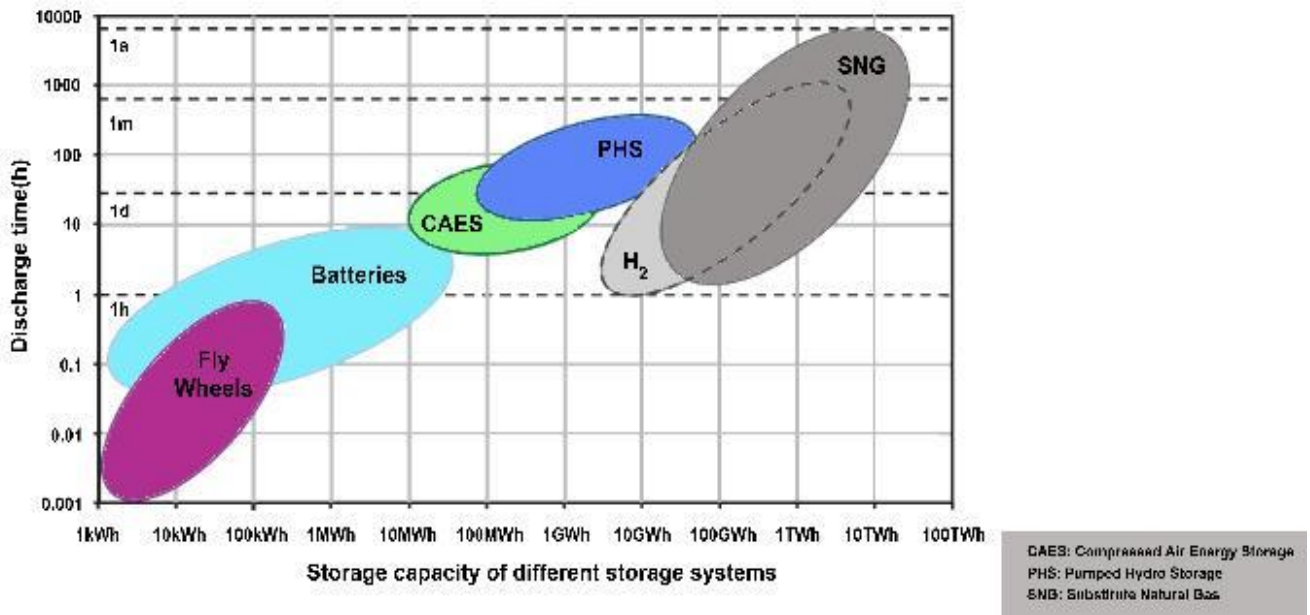
Γίνεται αντιληπτό ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να προσφέρει μεγάλη βοήθεια στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και μάλιστα είναι μια μορφή ενέργειας που δύναται να αποθηκευτεί. Βέβαια, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι πλέον δεν υπάρχουν πολλά κατάλληλα μέρη με υψομετρική διαφορά ροής νερού, καθώς τα περισσότερα από αυτά έχουν ήδη εκμεταλλευτεί. Σε κάθε περίπτωση, είναι πάντα σημαντικό για το ενεργειακό σύστημα να προστίθενται νέα υδροηλεκτρικά, σε περιπτώσεις βέβαια που δεν πραγματοποιούνται μεγάλες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Στην Ελλάδα το ενδιαφέρον έχει στραφεί προς τα μικρά(έως 10 MW) υδροηλεκτρικά έργα, καθώς χαρακτηρίζονται από μικρότερο κόστος και ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά καιρούς έχουν πραγματοποιηθεί και μεγαλύτερα έργα, τα οποία ωστόσο χρειάζονται μέχρι και 20 χρόνια για να αδειοδοτηθούν, οπότε οι περισσότεροι επενδυτές δεν κινούνται στην κατεύθυνση αυτή. Συνολικά, στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ισχύς αγγίζει τα 3060 MW και καλύπτει το 28% της ισχύος των συμβατικών σταθμών. Ετησίως παράγονται περίπου 5000 GWh που οδηγούν σε κάλυψη περίπου 9-10% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην Ελλάδα υπάρχουν και δύο αναστρέψιμοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Ο ένας είναι στη Σφηκιά Ημαθίας(ισχύος 315 MW) και ο δεύτερος στο Θησαυρό Δράμας(ισχύος 384 MW).

3. Αποθήκευση Ενέργειας

3.1. Εισαγωγή

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος είναι η αποθήκευση ενέργειας. Όπως προαναφέρθηκε, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - άλλες περισσότερο, άλλες λιγότερο - έχουν στοχαστική παραγωγή ενέργειας και όχι ελεγχόμενη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές φορές να έχουμε υψηλή παραγωγή ενέργειας και χαμηλή ζήτηση ή το ανάποδο. Έτσι, επιτακτική προβάλλει η ανάγκη αποθήκευσης, ώστε η περίσσεια ενέργειας που παράγεται όταν έχουμε υψηλή παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές να παρέχεται όταν έχουμε υψηλότερη ζήτηση. Οι σύγχρονες τεχνολογίες μπορούν να χωριστούν είτε με βάση την χρονική κλίμακα που μπορεί να γίνεται η αποφόρτιση σε ημερήσια, εβδομαδιαία και εποχιακή είτε με την μορφή ενέργειας με την οποία γίνεται η αποθήκευση σε Power to Power, Power to Heat και Power to Gas. Παρακάτω παρατίθεται μία εικόνα που δείχνει τις τεχνολογίες με την αποθηκευτική τους ικανότητα αλλά και τον χρόνο αποφόρτισης που μπορεί να έχουν



Με τις τεχνολογίες Power to Power η αποθήκευση γίνεται με μετροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας. Με τις Power to Heat η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται με την μορφή θερμότητας. Στην περίπτωση Power to Gas η ενέργεια μετατρέπεται σε καύσιμο.

Αξίζει να τονισθεί στις μέρες μας και ειδικά στην Ελλάδα, επειδή η εγκατεστημένη ισχύς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μικρή, δεν είναι συχνό το φαινόμενο περίσσειας ενέργειας από τις πηγές αυτές. Έτσι, η επένδυση σε τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας δεν είναι ακόμα οικονομικά αποδοτικές και συμφέρουσες. Για το λόγο αυτό δεν βλέπουμε πολλές επενδύσεις στον τομέα αυτό. Ωστόσο, προκειμένου να γίνει οικονομικά αποδοτική, μία εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας εκτός από την αποθήκευση τις στιγμές περίσσειας ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές μπορεί να λειτουργεί και ως εξής. Να καταναλώνει ενέργεια από το δίκτυο, της στιγμές που το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλό και να παράγει και να πουλάει την ενέργεια πίσω στο δίκτυο όταν η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι, ανεξάρτητα της τεχνολογίας αποθήκευσης η παραγόμενη ενέργεια είναι μικρότερη από την καταναλισκόμενη οπότε ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης είναι μικρότερος της μονάδας. Έτσι προκειμένου να έχει νόημα η παραπάνω διαδικασία θα πρέπει ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης να είναι αρκετά υψηλός. Συνεπώς δεν ενδείκνυνται όλες οι τεχνολογίες να λειτουργούν με τον παραπάνω τρόπο. Έτσι, προκειμένου να φτάσουμε σε ένα απανθρακοποιημένο ενεργειακό μείγμα θα πρέπει να γίνει ταυτόχρονη εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με μονάδες αποθήκευσης ώστε να υπάρχει οικονομική αποδοτικότητα και βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων.

3.2. Power to power

3.2.1. Ηλεκτρικοί Συσσωρευτές (Μπαταρίες)

Ο κυριότερος και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος τρόπος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι μπαταρίες. Μέσα σε μια μπαταρία βρίσκεται αποθηκευμένη χημική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Μια μπαταρία αποτελείται από 3 μέρη, την άνοδο, την κάθοδο και τον ηλεκτρολύτη. Η άνοδος έχει θετικό δυναμικό, η κάθοδος αρνητικό ενώ ο ηλεκτρολύτης τα απομονώνει μεταξύ τους. Όταν συνδεθούν αγωγίμα τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο μετακινούνται στην άνοδο δημιουργώντας ηλεκτρικό ρεύμα. Εκεί δημιουργούνται ιόντα τα οποία εναποτίθενται στον ηλεκτρολύτη. Η ενέργεια που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία είναι περιορισμένη. Πολλές μπαταρίες όπως για παράδειγμα οι αλκαλικές όταν αποφορτιστούν

είναι ακατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση. Υπάρχουν όμως και επαναφορτιζόμενες μπαταρίες οι οποίες όταν συνδεθούν σε μια εξωτερική πηγή τάσης επαναφορτίζονται, δηλαδή ηλεκτρόνια να μετακινηθούν από την άνοδο προς την κάθοδο. Όμως σε κάθε κύκλο φόρτισης η ενέργεια που αποθηκεύεται είναι λιγότερη από αυτή στον προηγούμενο κύκλο και έτσι οι μπαταρίες έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής που μετράται σε αριθμό κύκλων φόρτισης μέχρι η ενέργεια που μπορεί να αποθηκεύσει είναι τόσο λίγη που την καθιστά άχρηστη. Στα πλαίσια της μελέτης θα γίνει αναφορά μόνο στις επαναφορτιζόμενες καθώς αυτές έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως μονάδες αποθήκευσης και χρήσης σημαντικών ποσών ενέργειας.

Σήμερα οι μπαταρίες έχουν πολύ μεγάλες εφαρμογές. Σε όλες τις διατάξεις και συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια και δεν υπάρχει η δυνατότητα ενσύρματης σύνδεσης με κάποιο ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιείται μπαταρία. Η ενέργειά της χρησιμοποιείται είτε με την μορφή συνεχούς τάσης σε ηλεκτρονικές εφαρμογές η μικρές κινητήριες διατάξεις, είτε με την μορφή εναλασσόμενης μέσω της χρήσης αντιστροφών όταν πρόκειται να ενταχθούν σαν μονάδες παραγωγής ενέργειας στο δίκτυο είτε σε εφαρμογές κίνησης που απαιτείται εναλασσόμενη πηγή τάσης.

Οι κυριότεροι τύποι επαναφορτιζόμενης μπαταρίας που χρησιμοποιούνται είναι οι ιόντων λιθίου, οι μολύβδου οξέος και οι νικελίου – υβριδίου μετάλλου. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης αποθηκευτικής ικανότητας σε σχετικά μικρό χώρο και βάρος. Αντέχουν έναν μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης ενώ η δεν παρουσιάζουν σχεδόν καθόλου απώλεια ενέργειας όταν δεν χρησιμοποιούνται λόγω εσωτερικής εκφόρτισης. Έχουν σημαντικά μειονεκτήματα με κυριότερο το υψηλό κόστος τους και το γεγονός ότι είναι επικίνδυνες σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερθέρμανσης να εκραγούν. Για τους λόγους αυτούς δεν χρησιμοποιούνται για μεγάλη αποθήκευση ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά κυρίως σε μικρές ηλεκτρονικές συσκευές που χρειαζόμαστε πολύ μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης ενώ κερδίζουν συνεχώς έδαφος στην ηλεκτροκίνηση λόγω της ικανότητάς τους να αποθηκεύουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε λίγο βάρος, κάτι που στις μεταφορές είναι αναγκαίο. Οι μπαταρίες νικελίου – υβριδίου μετάλλου έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι φθηνότερες από τις ιόντων λιθίου και έχουν αντίστοιχη ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας σε μικρό χώρο και βάρος. Έχουν όμως το μειονέκτημα της μικρότερης διάρκειας ζωής άρα λιγότερων κύκλων φόρτισης καθώς και ότι παρουσιάζουν εσωτερική εκφόρτιση όταν χρησιμοποιούνται. Γι αυτό τον λόγο δεν χρησιμοποιούνται σε αποθήκευση μεγάλων ποσών ενέργειας αλλά κυρίως σαν μικρές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες για ηλεκτρονικές συσκευές. Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος αντίθετα έχουν πολύ μικρότερο κόστος, αρκετά μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα όμως είναι πολύ μεγαλύτερες και έχουν αυξημένο βάρος από τις παραπάνω κατηγορίες. Δεν παρουσιάζουν σημαντική εσωτερική εκφόρτιση, ενώ αντέχουν έναν πολύ μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης, μικρότερο όμως από αυτών των ιόντων λιθίου με

την προϋπόθεση όμως ότι δεν θα εκφορτιστούν πλήρως καθώς αυτή είναι μια κατάσταση που τις καταπονεί σημαντικά και μπορεί να τις καταστρέψει. Τέλος έχουν το μειονέκτημα ότι δεν είναι οικολογικές καθώς περιέχουν μόλυβδο ο οποίος είναι τοξικός, έτσι στο τέλος της διάρκειας ζωής τους πρέπει να ανακυκλώνονται αλλιώς μολύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Οι μπαταρίες αυτές χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας σε όλα τα συμβατικά μεταφορικά μέσα καθώς χρησιμοποιούνται στην εκκίνηση των μηχανών εσωτερικής καύσης και εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία των ηλεκτρονικών συστημάτων του οχήματος, σαν πηγή ενέργειας για έκτακτες περιπτώσεις όπως διακοπές ηλεκτροδότησης αλλά και για την αποθήκευση ενέργειας σε μονάδες φωτοβολταϊκών για να επιτευχθεί η ομαλή ένταξη τους στο δίκτυο μέσω αντιστροφέων καθώς και για την αποθήκευση πλεονάζουσας ενέργειας όταν η ζήτηση είναι μικρότερη από αυτή την οποία μπορούν να παράξουν τα φωτοβολταϊκά.

Συνοψίζοντας οι μπαταρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση σημαντικών ποσών ενέργειας από πλεονάζουσα παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όμως δεν είναι η βέλτιστη λύση καθώς οι μπαταρίες λιθίου που είναι πιο οικολογικές και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής είναι πιο ακριβές. Οι μπαταρίες μολύβδου – οξέος έχουν μεγάλο βάρος και το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα είναι σημαντικό, ενώ και η διάρκεια ζωής τους είναι μικρότερη όμως χρησιμοποιούνται λόγω μικρότερου κόστους. Στον τομέα των μπαταριών λιθίου γίνεται μεγάλη προσπάθεια να μειωθεί το κόστος και να αναπτυχθούν περαιτέρω λόγω της αναγκαιότητάς τους στα ηλεκτρικά οχήματα οπότε θα μπορούσε μελλοντικά να βελτιώσει την αποθηκευτική ικανότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όμως την δεδομένη στιγμή η αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρίες μολύβδου δεν η καλύτερη λύση.

3.2.2. Αντλησιοταμίευση

Η αντλησιοταμίευση είναι μια από τις πρώτες μεθόδους αποθήκευσης και διαχείρισης ενέργειας που έχουν παρατηρηθεί. Η τεχνολογία της χαρακτηρίζεται από μεγάλη τεχνική και οικονομική αξιοπιστία, είναι απόλυτα φιλική με το περιβάλλον και εύκολα εγκαταστάσιμη σε περιοχές που η τοπογραφία και η διαθεσιμότητα νερού τα επιτρέπει. Αυτοί είναι και οι λόγοι στους οποίους η αντλησιοταμίευση βασίστηκε και αναπτύσσεται μέχρι τη σημερινή εποχή.

Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου έργου είναι η μεταφορά νερού μεταξύ δεξαμενών με υψομετρική διαφορά. Συγκεκριμένα, το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (θερμοηλεκτρικές μονάδες και ΑΠΕ) τροφοδοτεί τις αντλίες τις ώρες χαμηλής ζήτησης διατηρώντας ένα καλό βαθμό απόδοσης στις θερμικές μονάδες και απορροφώντας την περίσσεια ενέργεια των ΑΠΕ(ιδίως των αιολικών) οπότε αυτή εμφανίζεται. Έτσι οι αντλίες ανεβάζουν το νερό από τη δεξαμενή υδροληψίας (κάτω δεξαμενή) στη δεξαμενή ταμίευσης

(πάνω δεξαμενή) αποθηκεύοντας δυναμική ενέργεια λόγω της υψηλής στάθμης του νερού. Το αποθηκευμένο νερό, κατά την πτώση του, παράγει ενέργεια μέσω του υδροστροβίλου όταν υπάρχει η ανάγκη αυτή και καταλήγει πίσω στη δεξαμενή υδροληψίας, καλύπτοντας έτσι ένα ποσοστό της ζήτησης στις ώρες αιχμής. Σημειώνεται ότι αντί για ζεύγος αντλίας – υδροστροβίλου είναι δυνατό να εγκατασταθούν και αναστρέψιμες μηχανές μεταξύ των δεξαμενών, δηλαδή μηχανές που έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν άλλοτε ως αντλίες και άλλοτε ως υδροστροβίλοι. Φυσικά, η απόφαση για το αν μια αναστρέψιμη μηχανή είναι συμφέρουσα εναπόκειται στην τεχνικο-οικονομική μελέτη του έργου.

Οι μονάδες αντλησιοταμίευσης είναι σημαντικές για το ενεργειακό σύστημα. Αρχικά, ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας, είναι δυνατό να εξομαλύνουν τη ζήτηση, περιορίζοντας τις αιχμές, δεδομένου ότι μέρος των αιχμών θα καλύπτεται από την παραγόμενη αυτή ενέργεια. Ταυτόχρονα, η περίσσεια ενέργειας αποδίδεται στις αντλίες και επομένως η ηλεκτροπαραγωγή έχει πάντα όφελος. Έμμεσα, είναι δυνατό να αυξηθεί και η διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα, καθώς η ενέργεια αντί να απορρίπτεται, θα αποθηκεύεται. Αυτές οι εξελίξεις μακροχρόνια βελτιώνουν το ενεργειακό μίγμα, αφενός διότι η αντλησιοταμίευση είναι μια «πράσινη» μορφή ενέργειας, αφετέρου γιατί αυξάνεται η διείσδυση των ΑΠΕ. Ένα παράπλευρο όφελος είναι και η μείωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς παύει να υπάρχει αχρησιμοποίητη παραγόμενη ενέργεια.

Γίνεται αντιληπτό ότι για την κατασκευή ενός έργου αντλησιοταμίευσης απαιτείται μια κατάλληλη τοπογραφία, δηλαδή η γεωμορφία του εδάφους πρέπει να είναι τέτοια που να περιλαμβάνει μια περιοχή με σημαντικό υψόμετρο σε μικρή απόσταση από μια περιοχή με αρκετά χαμηλότερο υψόμετρο. Οι κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση τέτοιων έργων σπανίζουν, ειδικά στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης. Στην Ελλάδα, ωστόσο υπάρχει μια έντονη γεωμορφία η οποία επιτρέπει κάποιες εγκαταστάσεις. Άλλωστε υπάρχουν και τα έργα στη Σφηκιά Ημαθίας και στο Θησαυρό Δράμας συνολικής ισχύος 699 MW που ανήκουν στη ΔΕΗ. Για την ηπειρωτική χώρα αδιαμφισβήτητα υπάρχει ανάγκη περισσότερων μονάδων αποθήκευσης όπως είναι η αντλησιοταμίευση και έχουν πραγματοποιηθεί νέες μελέτες και σχέδια, ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχει ευρεθεί μια περιοχή τόσο κατάλληλη, ώστε να αξίζει σε οικονομικούς όρους μια τέτοια επένδυση. Σε κάθε περίπτωση ακόμα και τα υπάρχοντα εγκατεστημένα 699 MW αποτελούν το 3.27% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος (21.4 GW) στην Ελλάδα, ποσοστό όχι αμελητέο αν αναλογιστεί κανείς ότι πρόκειται για 2 μόνο έργα.

Μια ενδιαφέρουσα πρόταση αποτελεί μια μελέτη του οργανισμού WWF, ο οποίος προτείνει την αντικατάσταση της λιγνιτικής μονάδας Πτολεμαΐδα 5 με ένα υβριδικό πάρκο ηλιακής και αιολικής ενέργειας που θα συνοδεύεται από ένα έργο αντλησιοταμίευσης. Ο οργανισμός αυτός υποστηρίζει ότι η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας μέσω της αντλησιοταμίευσης θα βοηθήσει τις τοπικά εγκατεστημένες ΑΠΕ να λειτουργήσουν ως φορτίο βάσης δεδομένου ότι

θα ελαχιστοποιηθεί η στοχαστικότητα τους και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο μιας λιγνιτικής μονάδας.

Εκτός από την ηπειρωτική χώρα, η αντλησιοταμίευση στην Ελλάδα μπορεί να αποβεί καθοριστική για πολλά νησιά. Το πρόβλημα με τη νησιωτική χώρα είναι ότι δεν υπάρχουν διασυνδέσεις, λόγω του μεγάλου πλήθους νησιών. Μάλιστα, η ολοκλήρωση των έργων διασυνδέσεων δεν προβλέπονται στο άμεσο μέλλον(με εξαίρεση την Κρήτη), καθώς τα νησιά δεν έχουν μεγάλες καταναλώσεις ώστε να είναι άμεση η ανάγκη για μια διασύνδεση. Έτσι, τα νησιά αυτά διαθέτουν αυτόνομες θερμικές μονάδες ή ΑΠΕ προκειμένου να καλύπτεται η ζήτηση. Ένα έργο αντλησιοταμίευσης θα έδινε τη δυνατότητα σε τέτοιες περιοχές να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα τις αιχμές της ζήτησης και να προσαρμόζονται στις ανάγκες τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ικαρία, στην οποία πολύ πρόσφατα(Ιούνιος 2019) ξεκίνησαν να λειτουργούν 2 έργα αντλησιοταμίευσης συνολική ισχύος 4.2 MW, τα οποία κατασκευάστηκαν για να εκμεταλλεύεται η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό δυναμικό του νησιού, πρόκειται δηλαδή για ένα υβριδικό πάρκο. Με την προσθήκη αυτή, αναμένεται το ποσοστό των ΑΠΕ στο δίκτυο της Ικαρίας να φτάσει το 50% και μάλιστα πρόκειται για μια επικερδή επένδυση. Αυτή η εφαρμογή είναι πρωτοπόρα για τον ελληνικό νησιωτικό χώρο και είναι σημαντικό να διερευνηθούν ανάλογα έργα και σε άλλα νησιά.

3.2.3.Αποθήκευση με συμπιεσμένο αέρα

Αποθήκευση ενέργειας είναι εφικτό να γίνει χρήση συμπιεσμένου αέρα. Όταν η παραγωγή γίνει μεγαλύτερη της ζήτησης, η περίσσεια ενέργειας καταναλώνεται σε μεγάλους συμπιεστές αέρα. Ο συμπιεσμένος αέρας αποθηκεύεται σε μεγάλες δεξαμενές, συνήθως υπογείως καθώς ο όγκος τους πρέπει να είναι πολύ μεγάλος για να έχουν μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα. Ακόμα, ο αέρας φτάνει σε υψηλές πιέσεις (πχ 70-100bar) συνεπώς προκειμένου να μην υπάρχουν διαρροές απαιτούνται γερά τοιχώματα απο ειδικά υλικά. Όταν η ζήτηση αυξηθεί και ξεπεράσει την παραγωγή, ο συμπιεσμένος αέρας οδηγείται σε εκτονωτές, συνήθως αεριοστροβίλους οι οποίοι είναι συνδεδεμένα με μία γεννήτρια και παράγουν το έλλειμμα ισχύος. Συνήθως μία εγκατάσταση έχει συμπιεστή και στρόβιλο υψηλής και χαμηλής πίεσης αντίστοιχα. Επειδή κατά την διάρκεια της συμπίεσης του αέρα, αυξάνεται και η θερμοκρασία του, απαιτείται η ψύξη του μετά την έξοδο απο τους συμπιεστές. Αντίστοιχα, προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση της εγκατάστασης ο αέρας προθερμαίνεται πριν την είσοδό του στους στρόβιλους. Η προθέρμανση αυτή μπορεί να γίνει είτε με την καύση φυσικού αερίου, είτε με την αξιοποίηση της θερμότητας που εκλύει κατά την ψύξη του. Η δεύτερη περίπτωση φυσικά και είναι ιδανική και θεωρούμε ότι το σύστημα αποθήκευσης λειτουργεί αδιαβατικά και ο

βαθμός απόδοσης μπορεί να φτάσει μέχρι και 70%. Η αποθηκευτική ικανότητα φτάνει μέχρι και 1GWh για χρονική διάρκεια αποφόρτισης μερικές ημέρες.

3.2.4.Αποθήκευση με υγροποίηση αέρα

Αντίστοιχης λογικής με την αποθήκευση με συμπιεσμένο αέρα, είναι και η αποθήκευση με την υγροποίηση αέρα. Στις περιπτώσεις που έχουμε παραγωγή υψηλότερη από την ζήτηση, καταναλώνεται η περίσσεια ενέργειας με σκοπό την υγροποίηση του αέρα σε χαμηλή πίεση. Ο υγρός αέρας αποθηκεύεται σε δεξαμενές μέχρις ότου χρειαστούμε την ενέργεια. Όταν γίνει αυτό, μέσω αντλίας αυξάνεται η πίεση του, θερμαίνεται και εξατμίζεται. Έπειτα οδηγείται σε στρόβιλο όπου και παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Σε αντίθεση με την περίπτωση συμπίεσης του αέρα, λόγω χαμηλής πίεσης και της υγροποίησης, η αποθήκευση γίνεται πιο εύκολη καθώς απαιτείται μικρότερος όγκος και δεν υπάρχει έντονο πρόβλημα διαρροών. Ωστόσο, είναι σχεδόν απαραίτητη η καύση ποσότητας φυσικού αερίου προκειμένου να θερμανθεί ο αέρας κατά την φάση της αποτόνωσης. Έτσι ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος, της τάξης 50-60%. Η αποθηκευτική ικανότητα είναι μεγάλη (μερικές GWh) και ο χρόνος αποφόρτισης λίγους μήνες.

3.3. Power to Fuel

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αποθήκευση με μορφή καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα η περίσσεια ενέργειας που έχουμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης είτε για την ένωση υδρογόνου με διοξείδιο του άνθρακα, ώστε να παραχθεί μεθάνιο σύμφωνα με την χημική εξίσωση του Sabatier. Τόσο το υδρογόνο όσο και το μεθάνιο αποτελούν πολύτιμα καύσιμα τα οποία μπορούν μάλιστα να μεταφερθούν μέσω των υπάρχοντων αγωγών φυσικού αερίου. Και τα δύο καύσιμα μπορούν να καούν και να παράξουν ενέργεια. Το υδρογόνο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε κυψέλες καυσίμων αντί να καεί. Με την καύση του μεθανίου, στα καυσαέρια θα υπάρχει διοξείδιο του άνθρακα. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε το μεθάνιο δημιουργήθηκε με την χρήση διοξειδίου. Έτσι η καύση είναι ουδέτερη ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Με την μέθοδο αυτή μπορούν να αποθηκευτούν τεράστια ποσά ενέργειας (μερικές TWh) και η αποφόρτιση να γίνεται για έναν χρόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί ο μόνος περιορισμός είναι η αποθήκευση του καυσίμου, η οποία μπορεί να γίνει στις ήδη υπάρχουσες δεξαμενές φυσικού αερίου. Η καύση επίσης μπορεί να γίνει σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Το μεγάλο αρνητικό αυτής της μεθόδου είναι ο πολύ μικρός βαθμός απόδοσης. Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε καύσιμο έχει

ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, της τάξης του 60-70%. Ωστόσο, έχουμε μεγάλη πτώση της απόδοσης κατά το στάδιο που ξαναγίνεται η καύση για να παράξουμε ηλεκτρική ενέργεια. Ο βαθμός απόδοσης στο στάδιο αυτό περιορίζεται από τον ιδανικό θερμοδυναμικό κύκλο Carnot και είναι πολύ μικρός, τάξης 40%. Έτσι ο συνολικός βαθμός απόδοσης της αποθηκευτικής εγκατάστασης ανέρχεται περίπου 30-35%. Για τον λόγο αυτό η μέθοδος της αποθήκευσης μέσω της παραγωγής καυσίμου δεν έχει μεγάλη οικονομική αποδοτικότητα. Ωστόσο αντί για ηλεκτροπαραγωγή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή καυσίμου που στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί στις μεταφορές (πχ αυτοκίνητα), όπου ο βαθμός απόδοσης ήταν έτσι και αλλιώς χαμηλός.

3.4. Power to Heat

Πρόκειται για μια πρωτοεμφανιζόμενη μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας. Βασίζεται στην ανάγκη πολλών κατοικιών για θέρμανση κατά περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά και στις ανάγκες των βιομηχανιών για θερμότητα καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Επομένως, είναι εφικτό, πλέον, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία θα διανέμεται προς κάλυψη των αναγκών αυτών, δίχως να σπαταλάται στον ίδιο βαθμό άλλη πηγή ενέργειας για το σκοπό αυτό.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μέσω των οποίων δύναται να αποθηκευτεί θερμότητα. Ο πρώτος τρόπος αφορά την αποθήκευση της αισθητής θερμότητας, η οποία πραγματοποιείται μέσω διαφόρων υλικών(νερό, έδαφος, δομικά υλικά) τα οποία την αποθηκεύουν μέσω μεταβολής της θερμοκρασίας τους. Κάτι ανάλογο παρατηρείται εδώ και πολλά χρόνια στα κτίρια, όπου τα δομικά υλικά αποθηκεύουν θερμότητα και καθυστερούν τις μεταβολές της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου. Ο δεύτερος τρόπος αποθήκευσης αποσκοπεί στην εκμετάλλευση της λανθάνουσας θερμότητας. Πραγματοποιείται με αλλαγή φάσης μιας ουσίας(νερό σε ατμό, ανόργανα άλατα από υγρή σε αέρια μορφή). Χαρακτηρίζεται από μεγάλη πυκνότητα αποθήκευσης ενέργειας, δηλαδή επιτυγχάνει υψηλή συγκέντρωση θερμότητας. Η τελευταία μέθοδος αποθήκευσης γίνεται με την πραγματοποίηση θερμοχημικών αντιδράσεων. Συγκεκριμένα, η θερμότητα χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν ενδόθερμες αμφίδρομες αντιδράσεις και έτσι αποθηκεύεται ενέργεια σε μορφή χημικού δυναμικού. Με τη μέθοδο αυτή δεν αποθηκεύεται άμεσα θερμότητα, αλλά εκμεταλλεύεται έμμεσα και τελικά αποθηκεύεται σε μορφή χημικής ενέργειας. Σε περιπτώσεις ζήτησης, πραγματοποιούνται οι αντίστοιχες εξώθερμες αντιδράσεις(δεδομένου ότι είναι αμφίδρομες) και έτσι αποβάλλεται θερμότητα που μπορεί να εκμεταλλευτεί. Πρόκειται για τον αποτελεσματικότερο τρόπο αποθήκευσης ενέργειας, καθώς μπορούν εύκολα να αποθηκευτούν μεγάλες ποσότητες σε

μικρό χώρο, ωστόσο η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται ακόμα τεχνολογικά και δεν έχει φτάσει τα επιθυμητά επίπεδα.

Τέτοιες λύσεις δεν παρατηρούνται σήμερα στην ελληνική πραγματικότητα, ωστόσο είναι ένας ρεαλιστικός στόχος ενδεχομένως για την κάλυψη των αναγκών σε θερμότητα μικρών περιοχών ή κοινοτήτων. Άλλωστε, με την τεχνολογία των αντλιών θερμότητας να έχει προχωρήσει, είναι εύκολο πλέον να διανεμηθεί η αποθηκευόμενη θερμότητα σε κατοικίες και βιομηχανίες, σε περίπτωση πάντα που δεν διασχίζονται μεγάλες αποστάσεις ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές θερμικές απώλειες.

4. Ελάττωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενεργειακής αναβάθμισης

Η απανθρακοποίηση του ενεργειακού μίγματος στην Ελλάδα είναι δεδομένα δύσκολο να πραγματοποιηθεί στο άμεσο μέλλον, λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας σε σύγκριση με αυτή που παράγεται από ήπιες μορφές. Είναι επομένως σημαντικό να διερευνηθεί το κατά πόσο είναι δυνατό να μειωθεί αυτή η κατανάλωση ενέργειας. Μάλιστα, η χώρα έχει θέσει ξεκάθαρους στόχους που περιλαμβάνουν όρια στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και συγκεκριμένα να περιοριστεί στα 25 Mtoe τη δεκαετία 2021-2030, τη στιγμή που μόνο το έτος 2016 η κατανάλωση άγγιξε τα 4.31 Mtoe. Για την πραγματοποίηση των στόχων έχει καθοριστεί μια σειρά ενεργειών.

Αρχικά, προβλέπεται ενεργειακή αναβάθμιση στα δημόσια και ιδιωτικά κτίρια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα δημόσια νοσοκομεία όπου ήδη πραγματοποιούνται ενεργειακές αναβαθμίσεις από το έτος 2011. Παράλληλα, η απαραίτητη πλέον χορήγηση ενεργειακών πιστοποιητικών έχει ωθήσει και πολλούς ιδιώτες προς το σκοπό αυτό, ενώ το κράτος και η ευρωπαϊκή ένωση στηρίζουν και χρηματοδοτούν προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης για ιδιώτες, όπως είναι το «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ». Επίσης τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά τους προκειμένου να αδειοδοτούνται. Σημαντική συνεισφορά προς αυτήν την κατεύθυνση μπορεί να έχει η αλλαγή των λαμπτήρων. Συγκεκριμένα, οι λάμπες LED έχουν 90% λιγότερη κατανάλωση από τις πυρακτώσεως και 60% λιγότερη από τις λάμπες οικονομίας. Ανάλογες αλλαγές λαμπτήρων μπορούν να γίνουν στον οδοφωτισμό, όπου η αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων ατμών νατρίου υψηλής πίεσης με LED θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση της τάξης του 50%. Γίνεται αντιληπτό πόση ενέργεια μπορεί να εξοικονομηθεί αν υπάρξουν μαζικές αλλαγές στον οδοφωτισμό.

Μία ακόμη παράμετρος είναι οι καταναλώσεις στη βιομηχανία. Παρόλο που η Ελλάδα είναι μια χώρα που δε διαθέτει βαριά βιομηχανία, πολλές εγκαταστάσεις δεν λειτουργούν σε ικανοποιητικό επίπεδο όσον αφορά την ενεργειακή τους συμπεριφορά. Και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν ανάλογα προγράμματα όπως το «ΠΡΑΣΙΝΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ», μέσω των οποίων διερευνούνται αλλαγές που περιορίζουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και προωθούν την ανανέωση του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων. Σε κάθε περίπτωση, το κράτος μπορεί να δώσει επιπλέον κίνητρα προκειμένου να ευθυγραμμιστούν οι καταναλώσεις της βιομηχανίας με τους ανάλογους στόχους. Τέλος, με την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων που θα επέλθει τα επόμενα χρόνια, θα είναι εφικτό να ελέγχεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η κατανάλωση και έτσι θα είναι εφικτή η

αποφυγή της σπατάλης ενέργειας τόσο στις κατοικίες όσο και στα δημόσια κτίρια και τις επιχειρήσεις.

Οι παραπάνω διαδικασίες αν εφαρμοστούν σωστά και καθολικά πράγματι θα μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και έτσι η απανθρακοποίηση θα είναι ένας ρεαλιστικός στόχος. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι δεν είναι δεδομένη η επίτευξη των στόχων αυτών. Άλλωστε ενδέχεται μελλοντικά να υπάρξουν εξελίξεις που θα αυξήσουν την κατανάλωση, όπως για παράδειγμα η αύξηση του πλυθισμού ή η έντονη ανάπτυξη της βιομηχανίας μετά την οικονομική κρίση, ενώ υπάρχει πάντα και ο κίνδυνος να μην ικανοποιηθούν οι στόχοι που τέθηκαν αν δεν εφαρμοστούν τα ανάλογα μέτρα. Επομένως, η απανθρακοποίηση δεν πρέπει να παραμεριστεί ούτε να βασιστεί στην ελάττωση της κατανάλωσης ενέργειας καθώς δεν πρόκειται για κάτι που θα συμβεί απαραίτητα.

5. Ρόλος δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Μια πολύ σημαντική παράμετρος για την επίτευξη των στόχων της απανθρακοποίησης είναι το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Παίζει σημαντικό ρόλο, διότι η συνεχής βελτίωση και επέκτασή του επιτρέπει αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα. Παράλληλα, η ανάπτυξη διασυνδέσεων με χώρες του εξωτερικού είναι εξίσου σημαντική ώστε να απορροφάται αλλά και να αποδίδεται ηλεκτρική ενέργεια όταν μια χώρα έχει έλλειμμα και μια έτερη έχει περίσσεια. Με αυτόν τον τρόπο, μακροχρόνια ελαττώνεται η ενέργεια από συμβατικές μονάδες, δεδομένου ότι εκμεταλλεύεται εξολοκλήρου η παραγόμενη ενέργεια από τις ΑΠΕ είτε για την κάλυψη των αναγκών της ίδιας της χώρας είτε για την κάλυψη των αναγκών μιας γειτονικής μέσω της διασύνδεσης.

Το δίκτυο διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος βρίσκεται σε αξιόλογο επίπεδο, αλλά οι προσπάθειες επέκτασής του είναι συνεχείς και μάλιστα η Ελλάδα αναμένεται να χρηματοδοτήσει με 562.500.000 € τα έργα αυτά μεταξύ 2021 και 2030. Στη χώρα μας παρουσιάζεται ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα όσον αφορά την περαιτέρω ανάπτυξή του δικτύου· πρόκειται για τα πολλά νησιά που υπάρχουν. Μόνο τα νησιά του Ιονίου και η Άνδρος συνδέονται μέσω υψηλής τάσης, ενώ υπάρχουν και νησιά που συνδέονται με μέση τάση, όπως οι Σποράδες, η Θάσος, η Σαμοθράκη και τα Κύθηρα. Η διασύνδεση και των υπολοίπων νησιών με την ηπειρωτική χώρα είναι χρονοβόρα, αλλά και κοστοβόρα. Σε αυτό το σημείο επικεντρώνονται οι νέες προσπάθειες για ανάπτυξη του δικτύου.

5.1. Ανάπτυξη εγχώριου δικτύου

Σημαντικότερο βάρος στο ελληνικό δίκτυο είναι το νησί της Κρήτης, καθώς πρόκειται για ένα μεγάλο σε έκταση και πληθυσμό νησί, στο οποίο η έλλειψη διασυνδέσεων επιδρά στην αδιάκοπη λειτουργία πετρελαϊκών μονάδων και στην αναστολή επενδύσεων ΑΠΕ λόγω μη απορρόφησής της ενέργειάς τους από το τοπικό νησιωτικό δίκτυο. Ωστόσο, προβλέπονται ήδη έργα διασύνδεσης και μάλιστα αναμένεται στα τέλη του 2020 να ολοκληρωθεί η πρώτη διασύνδεση (υποβρύχια γραμμή AC 150 kV), ενώ μέχρι το 2023 προβλέπεται και νέα γραμμή DC υψηλής τάσης, με το τέλος της οποίας θα δύναται να μεταφερθεί ενέργεια από την ηπειρωτική χώρα που θα καλύπτει εξολοκλήρου τη ζήτηση του νησιού.

Παράλληλα με την Κρήτη γίνονται και έργα διασύνδεσης των Κυκλάδων. Η Σύρος έχει ήδη διασυνδεθεί με το Λαύριο, ενώ προβλέπονται διασυνδέσεις και μεταξύ των νησιών στις Κυκλάδες που αναμένεται να ολοκληρωθούν εντός του 2020. Εκτός από τα παραπάνω, έχουν γίνει οικονομικές μελέτες για ενδεχόμενες διασυνδέσεις νησιών του Αιγαίου μεταξύ τους και

ένα προσιτό έργο θεωρείται ότι είναι η διασύνδεση με υψηλή τάση των νησιών της Σερίφου, της Μήλου, της Θήρας και της Φολέγανδρου με γραμμύ υψηλής τάσης.

Τα Δωδεκάνησα και τα νησιά του βορείου Αιγαίου αναμένεται να διασυνδεθούν τελευταία με το υπόλοιπο σύστημα και με βάση του στόχους της χώρας αυτό προβλέπεται να γίνει το 2029 και το 2031 αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι τα προαναφερόμενα έργα αποσκοπούν κατά κύριο λόγο στην τροφοδότηση των νησιών με ηλεκτρική ενέργεια από λιγνιτικούς σταθμούς και σταθμούς φυσικού αερίου της ηπειρωτικής χώρας, καθώς αυτή η λύση είναι συμφέρουσα οικονομικά σε σύγκριση με την καύση πετρελαίου στα ίδια τα νησιά. Μέσω όλων των διασυνδέσεων νησιωτικής – ηπειρωτικής χώρας, το υπουργείο ενέργειας προβλέπει μείωση 71% στη χρήση πετρελαίου για ηλεκτροπαραγωγή το έτος 2030. Εκτός από την άμεση αυτή αλλαγή, έμμεσα και μακροχρόνια αυτές οι διασυνδέσεις θα επιδράσουν ευεργετικά στην αξιοποίηση και την περαιτέρω ανάπτυξη ΑΠΕ λόγω μεγαλύτερης δυνατότητας διείσδυσής τους.

5.2. Ανάπτυξη διασυνδέσεων με χώρες του εξωτερικού

Το μοναδικό έργο το οποίο βρίσκεται υπό κατασκευή είναι μια νέα διασύνδεση AC 400 kV με τη Βουλγαρία και έχει ορίζοντα ολοκλήρωσης το 2023. Πρόκειται για μια χώρα με υψηλή ηλεκτροπαραγωγή δεδομένου και του πυρηνικού δυναμικού της, οπότε αυτή η διασύνδεση θα οφελήσει ιδιαίτερα την Ελλάδα.

Όσον αφορά τις διασυνδέσεις με την Αλβανία, η υπάρχουσα γραμμή των 150 kV υπολειτουργεί λόγω προβλημάτων στο αλβανικό δίκτυο. Ωστόσο, η γειτονική χώρα αναπτύσσει το δίκτυό της γρήγορα τα τελευταία χρόνια, οπότε η συγκεκριμένη γραμμή σύντομα θα επαναλειτουργήσει ικανοποιητικά. Σε αυτή τη βάση έχουν γίνει σκέψεις αναβάθμισης της συγκεκριμένης γραμμής ώστε να μεταφέρεται περισσότερη ενέργεια, αλλά τίποτα δεν έχει οριστικοποιηθεί.

Μία ενδιαφέρουσα διασύνδεση που βρίσκεται υπό σχεδιασμό είναι μεταξύ Ελλάδας, Κύπρου και Ισραήλ. Ήδη σχεδιάζεται το πρώτο στάδιο που αφορά τη διασύνδεση Ελλάδας – Κύπρου με γραμμή DC και αναμένεται να αρχίσει εντός διετίας η κατασκευή του.

Τέλος, μελετάται και με τη συνεισφορά της ευρωπαϊκής ένωσης η αναβάθμιση των διασυνδέσεων με τη Βόρεια Μακεδονία που θα επιτρέψει μετέπειτα τη συνολική διασύνδεση και με χώρες της κεντρικής Ευρώπης.

Μέσω όλων των παραπάνω διασυνδέσεων θα αυξηθεί σημαντικά η διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο και έτσι θα έχουν γίνει σημαντικά βήματα για την επίτευξη της απανθρακοποίησης.

6. Προβλήματα και προκλήσεις που προκαλεί η απανθρακοποίηση

6.1. Συνηφασμένα ρίσκα κάθε πηγής ενέργειας

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω ο στόχος της μεγάλης κλίμακας απανθρακοποίησης δημιουργεί σοβαρούς προβληματισμούς για τον τρόπο και τα πεδία εφαρμογής της. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι το μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας μέσω ορυκτών καυσίμων είναι ότι είναι πλήρως ρυθμιζόμενη παραγωγή ισχύος. Οι συμβατικές μονάδες επίσης παρουσιάζουν σε πολλές των τεχνολογικών λύσεων μεγάλη ικανότητα ευελιξίας και προσαρμογής τους στο φορτίο και τέλος απαιτείται μικρότερη χρήση πρώτων υλών για την κατασκευή των μονάδων ανα παραγόμενη ενέργεια. Σε όλους αυτούς τους τομείς υπερτερούν σημαντικά οι συμβατικές μονάδες έναντι των ανανεώσιμων. Τα ρίσκα των συμβατικών πηγών είναι ελάχιστα διότι οι τεχνολογίες εξωρύξης, αποθήκευσης και αξιοποίησης έχουν τελειοποιηθεί. Τα ατυχήματα κατά την εξώρυξη όπως πυρκαγιές ή διαρροές σε πετρελαιοπηγές είναι περιορισμένα. Το ρίσκο στην περίπτωση της Ελλάδας είναι ότι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι πλήρως εισαγόμενα οπότε δημιουργείται ο προβληματισμός από την μεγάλη εξάρτηση που υπάρχει από τις διεθνείς αγορές.

Αρχικά η καλύτερη πηγή ισχύος από τις ανανεώσιμες είναι η υδροηλεκτρική. Δεδομένου ότι έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι η παραγωγή ισχύος είναι πλήρως ρυθμιζόμενη δεν υστερούν καθόλου έναντι των συμβατικών με καλή ευελιξία και δυνατότητα γρήγορης προσαρμογής στις μεταβολές του φορτίου. Όμως δεν είναι δυνατή η πλήρης απανθρακοποίηση με χρήση μόνο υδροηλεκτρικής ενέργειας καθώς στην Ελλάδα το υδροηλεκτρικό δυναμικό δεν είναι μεγάλο και έχει αξιοποιηθεί ήδη τμήμα του. Επίσης υπάρχει και ο προβληματισμός ότι χώρες που βασίζονται κυρίως στην υδροηλεκτρική ενέργεια θα αντιμετωπίσουν σοβαρό πρόβλημα σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας όπου το δυναμικό θα μειωθεί σημαντικά. Τέλος η κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών και φραγμάτων έχει πολύ σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η πυρηνική ενέργεια θα μπορούσε να αποτελέσει μια λύση στην απανθρακοποίηση. Μπορεί να μην είναι η πιο οικολογική μορφή ενέργειας όμως είναι σίγουρα πιο καθαρή από τα ορυκτά καύσιμα καθώς δεν εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα. Η περιεκτικότητα σε ενέργεια των καυσίμων είναι τεράστια, πολύ μεγαλύτερη από των ορυκτών καυσίμων άρα οι μονάδες παράγουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ απαιτώντας λιγότερες υποδομές. Τα ρίσκα όμως είναι μεγάλα. Πάντα υπάρχει ο κίνδυνος σοβαρού ατυχήματος που δημιουργεί την πρόκληση κατασκευής όλο και ασφαλέστερων αντιδραστήρων οι οποίοι θα μπορούν να διαχειριστούν

μια τήξη του αντιδραστήρα χωρίς επιπτώσεις. Η μεγαλύτερη πρόκληση θα ήταν η βελτίωση της τεχνολογίας των αντιδραστήρων σύντηξης οι οποίοι είναι πλήρως ασφαλείς καθώς δεν χρησιμοποιούν ουράνιο σαν καύσιμο αλλά υδρογόνο και ήλιο τα οποία είναι πλήρως φιλικά προς το περιβάλλον, όμως δεν χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας σήμερα καθώς η κατασκευή τους και το κόστος λειτουργίας τους λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και των δυσκολιών στην ψύξη τους καθιστά ασύμφορους. Το κυριότερο όμως πρόβλημα των πυρηνικών σταθμών είναι η δυσκολία που έχουν στην διαχείριση φορτίων. Σε χώρες που το βασικό φορτίο είναι περιορισμένο οι πυρηνικοί σταθμοί δεν είναι κατάλληλοι καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα διακεκομμένης χρήσης τους αλλά πρέπει να δουλεύουν με όσο γίνεται πιο σταθερό φορτίο.

Οι σταθμοί βιομάζας σαν λειτουργία είναι οι πιο κοντινοί στους συμβατικούς. Εργάζονται με τον ίδιο θερμοδυναμικό κύκλο, η μόνη διαφορά είναι το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Έτσι έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τους θερμικούς σταθμούς όσον αφορά την ικανότητα ρύθμισης παροχής ισχύος, όμως έχουν ένα σημαντικότερο μειονέκτημα, το καύσιμο τους για να παραχθεί χρειάζεται πολύ μεγάλη ποσότητα πρώτης ύλης οπότε η παραγωγή τους είναι πολύ διεσπαρμένη. Άρα απαιτούνται πολλές μονάδες οι οποίες παράγουν μικρή ισχύ. Επίσης η εκτεταμένη καλλιέργεια φυτών τα οποία θα μπορούσαν να παράξουν βιοκαύσιμα όπως το βιοντιζελ που χρησιμοποιείται σε ορισμένες εφαρμογές μεταφορών έχει επίσης χαμηλή περιεκτικότητα άρα θα δέσμευε μεγάλες εκτάσεις για την καλλιέργεια τους.

Τις μεγαλύτερες διαφορές από τους συμβατικούς σταθμούς έχουν οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες. Λόγω της πολύ μεγάλης τους στοχαστικότητας και εξάρτησης τους από τα καιρικά φαινόμενα παράγουν ενέργεια μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες δηλαδή όταν υπάρχει ηλιοφάνεια και άνεμος, και η ενέργειά τους μεταβάλλεται συνεχώς οπότε η ένταξη τους στο δίκτυο είναι δύσκολη και απαιτεί ακριβό εξοπλισμό όπως μεγάλες μπαταρίες, σταθεροποιητές τάσης και αντιστροφείς. Λόγω του ότι η παροχή ισχύος τους συνεχώς μεταβάλλεται δημιουργούν πρόβλημα στις υπόλοιπες μονάδες οι οποίες πρέπει να κάνουν πιο απαιτητική ρύθμιση ισχύος καθώς πέρα από τις μεταβολές του φορτίου πρέπει να ρυθμιστεί και η μεταβολή της παροχής των πηγών αυτών. Το πρόβλημα που δημιουργείται στους θερμικούς σταθμούς είναι σημαντικό και πολυσύνθετο. Αρχικά οι θερμικές μονάδες πλέον κατασκευάζονται με βασικό κριτήριο την ευελιξία τους και όχι τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης ενώ οι παλιότερες λόγω της ανάγκης σε ευελιξία δεν λειτουργούν στον υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Επιπλέον λόγω του γεγονότος ότι η παραγωγή από ανανεώσιμες πρέπει να αξιοποιείται την στιγμή που παράγεται, τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια όταν υπάρχει μεγάλη παραγωγή από ανανεώσιμες εργάζονται σε χαμηλότερο φορτίο από το ονομαστικό άρα σε μικρότερο βαθμό απόδοσης. Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι ότι καθώς η λειτουργία των θερμικών μονάδων κάτω από ένα ελάχιστο φορτίο είναι αδύνατη όταν υπάρχει μεγάλη παραγωγή από αιολική και ηλεκτρική ενέργεια, δηλαδή

τις ώρες της ημέρας, πολλοί θερμικοί σταθμοί βγαίνουν εκτός παραγωγής και την νύχτα είναι απαραίτητη η επανένταξη τους.. Σε μονάδες φυσικού αερίου ή πετρελαίου το διάστημα αυτό κυμαίνεται από 30 μέχρι 90 λεπτά ανάλογα με το πόση ώρα είναι εκτός της παραγωγής. Στους λιγνιτικούς σταθμούς το διάστημα αυτό είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Οπότε συνέπεια όλων των παραπάνω είναι η μη καλή αξιοποίηση της ενέργειας των καυσίμων πολλές φορές σε βαθμό να παράγεται μεν ενέργεια από ανανεώσιμες αλλά να χρησιμοποιείται πολύ σημαντική ποσότητα καυσίμου για να καλύψει απώλειες ισχύος. Ακόμη οι ανανεώσιμες ιδίως οι ανεμογεννήτριες έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και απαιτούν δέσμευση σημαντικών εκτάσεων για την αξιοποίησή τους καθώς και αρκετές πρώτες ύλες για να κατασκευαστούν. Τέλος ένα ρίσκο το οποίο έχουν ο ήλιος και ο αέρας ως πηγές ενέργειας είναι ότι σε περίπτωση κάποιου ακραίου καιρικού φαινομένου δηλαδή μιας πολύ μεγάλης άπνοιας ή ενός ηφαιστειακού χειμώνα όπως αυτός που παρατηρήθηκε το 1815 από την έκρηξη του ηφαιστείου της Ταμόρα στην Ινδονησία, υπάρχει ο κίνδυνος να μην είναι διαθέσιμη η πηγή για μεγάλο διάστημα δημιουργώντας ενεργειακή κρίση σε κράτη που βασίζονται σε αυτή και δεν έχουν εφεδρείες.

Όλα τα παραπάνω δημιουργούν σοβαρούς προβληματισμούς και σε δίκτυα τα οποία συνηπάρχουν όλες οι πηγές που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς η καθεμία έχει διαφορετικές συνθήκες ιδανικής λειτουργίας και ικανότητες παραγωγής και η συνεργασία τους δεν είναι πάντα η ευκολότερη και δημιουργούν προβλήματα η μια στην άλλη. Είναι λοιπόν μεγάλη η πρόκληση να βρεθούν τρόποι να μετριάσουν τα προβλήματα που δημιουργεί η μαζική διασύνδεση ανανεώσιμων πηγών ώστε να γίνει η απανθρακοποίηση πιο εφικτή.

6.2. Διασφάλιση της ενεργειακής αυτονομίας

Ένα πολύ σημαντικό θέμα για όλα τα κράτη είναι η διασφάλιση της ενεργειακής τους αυτονομίας. Κάθε κράτος, το οποίο εισάγει μεγάλα ποσά ενέργειας είτε με την μορφή ηλεκτρικής μέσω διασυνδέσεων είτε συνηθέστερα με την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων πάντα είναι ευάλωτες στις μεταβολές των τιμών της αγοράς ή πιθανά εμπάργκο των παραγωγών κρατών. Ειδικά σε χώρες οι οποίες δεν έχουν πολύ καλές σχέσεις με τις γειτονικές τους, και βρίσκονται σε περιοχές στις οποίες η κατάσταση είναι πολιτικά ευμετάβλητη είναι απαραίτητο για κάθε χώρα να έχει ενεργειακή ασφάλεια. Όπως γίνεται αντιληπτό λοιπόν για την Ελλάδα η οποία βρίσκεται στην σημαντικά γεωπολιτική λεκάνη της μεσογείου και οι σχέσεις με τα συνορεύοντα κράτη δεν είναι πάντα οι καλύτερες η διασφάλιση της αυτονομίας είναι πολύ σημαντική.

Το μοναδικό ορυκτό καύσιμο εγχώριας παραγωγής της Ελλάδας είναι ο λιγνίτης. Η Ελλάδα έχει την δυνατότητα πλήρους κάλυψης των ενεργειακών της αναγκών από λιγνίτη. Χαρακτηριστικό

είναι ότι το έτος 2017 η Ελλάδα ήταν η 10^η παγκοσμίως χώρα σε παραγωγή λιγνίτη. Το πρόβλημα είναι ότι ο λιγνίτης είναι το καύσιμο με τις μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και στα πλαίσια της απανθρακοποίησης είναι το πρώτο καύσιμο του οποίου η χρήση πρέπει να μειωθεί και αν είναι δυνατόν να εξαλειφθεί. Επιπλέον τα δικαιώματα εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου γίνονται ακριβότερα οπότε η παραγωγή μέσω λιγνίτη γίνεται συνεχώς ακριβότερη. Οπότε δημιουργείται το πρόβλημα ότι το κλείσιμο ολοένα και περισσότερων λιγνιτικών μονάδων μπορεί να βοηθάει τον στόχο της απανθρακοποίησης αυξάνει όμως σημαντικά την εξάρτηση από τις εισαγωγές των υπόλοιπων καυσίμων.

Το πετρέλαιο είναι μια από τις κυριότερες πηγές ενέργειας, και το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι οι συνεχείς διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου στις οποίες η χώρα δεν έχει άλλη επιλογή από το να προσαρμοστεί. Αλλωστε το πετρέλαιο έχει σχεδόν πλήρως σταματήσει να χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας στην Ελλάδα για ηλεκτροπαραγωγή με εξαίρεση το μη διασυνδεδεμένο σύστημα, άρα σε μια περίπτωση έλλειψης πετρελαίου το μεγαλύτερο πρόβλημα θα είχε ο κλάδος των μεταφορών που στηρίζεται αποκλειστικά σε πετρελαϊκά προϊόντα και το μη διασυνδεδεμένο σύστημα το οποίο δεν έχει άλλη εγκατεστημένη πηγή εκτός από κάποιες ανανεώσιμες, οι οποίες όμως δεν μπορούν να καλύψουν πάντα την ζήτηση λόγω της στοχαστικότητας ενώ δεν υπάρχει και καμία δυνατότητα αποθήκευσης καθώς δεν έχουν κατασκευασθεί εγκαταστάσεις. Το διασυνδεδεμένο σύστημα δεν έχει σημαντική παραγωγή από πετρέλαιο οπότε δεν θα υπήρχε πρόβλημα.

Στην πρώτη μεταβατική φάση της απανθρακοποίησης ο λιγνίτης υποκαθίσταται από φυσικό αέριο λόγω των μειωμένων εκπομπών, της καλύτερης απόδοσης και της μεγαλύτερης ευελιξίας που παρουσιάζουν οι μονάδες φυσικού αερίου. Το πρόβλημα είναι ότι το φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο εισαγόμενο και η Ρωσία έχει ουσιαστικά το μονοπώλιο του οπότε οικονομίες που βασίζονται έντονα στο φυσικό αέριο πάντα εξαρτώνται από τις διαθέσεις της Ρωσίας.. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο Ιανουάριος του 2017 που εξαιτίας της διαμάχης Ρωσίας και της Ουκρανίας, η Ρωσία σταμάτησε την παροχή φυσικού αερίου με συνέπεια την διακοπή τροφοδοσίας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αποτέλεσμα στην Ελλάδα να υπάρξει πολύ σημαντικό πρόβλημα και η έλλειψη ενέργειας να καλυφθεί μέσω των υδροηλεκτρικών τα οποία τότε αύξησαν την παραγωγή τους καθώς υπήρχε και αντίστοιχη διαθεσιμότητα, από την εγκατάσταση υδροποιημένου φυσικού αερίου στην Ρεβυθούσα και την χρήση μονάδων πετρελαίου και λιγνίτη, αλλά κυριότερα μέσω λιγνιτικών και πετρελαϊκών μονάδων οι οποίες βγήκαν από καθεστώς εφεδρείας και συνείσφεραν σημαντικά ποσά ενέργειας. Το τελευταίο είχε σαν αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση του κόστους παραγωγής λόγω της χρήσης πετρελαίου και αρκετά αυξημένες εκπομπές λόγω αύξησης χρήσης του λιγνίτη. Επιπλέον η τιμή του φυσικού αερίου παρουσιάζει μεταβολές, ενώ μέχρι πρόσφατα η τιμή του ήταν διασυνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου και η χώρα είναι αναγκασμένη να προσαρμοστεί σε αυτή. Όμως μελλοντικά η κατάσταση αναμένεται να βελτιωθεί καθώς

δημιουργούνται κι άλλες αγορές φυσικού αερίου όπως το Αζερμπαϊτζάν συμφερόντων διαφορετικών από την Ρωσία άρα η αγορά δεν θα είναι τόσο μονοπωλιακή στην εγχώρια αγορά προσθετοντας ευελιξία στην ήδη υπάρχουσα από την λειτουργία του τερματικού σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου στην Ρεβουθούσα. Επίσης στην Ελλάδα σχεδιάζεται να κατασκευαστεί δεξαμενή αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού με πολύ μεγάλη χωρητικότητα στην Αλεξανδρούπολη και αγωγών από τους οποίους θα τροφοδοτούνται και άλλες χώρες των βαλκανίων και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κάτι που θα κάνει την Ελλάδα σημαντικό κόμβο διανομής του καυσίμου. Άρα το μέλλον φαίνεται πιο αισιόδοξο οπότε η χώρα θα έχει πολύ μεγαλύτερα αποθέματα και εναλλακτικές.

Πολύ σημαντικό ρόλο μελλοντικά στην διασφάλιση της αυτονομίας θα έχουν και οι ανανεώσιμες πηγές. Το πρόβλημα είναι ότι λόγω της πολύ έντονης στοχαστικότητας τους καμία χώρα δεν μπορεί να στηριχθεί σε αυτές για να λύσει το πρόβλημα της ανεξαρτησίας χωρίς να έχει τις απαραίτητες διασυνδέσεις και ικανότητα αποθήκευσης σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Γίνεται λοιπόν αντιληπτή η σημαντικότητα πραγματοποίησης τέτοιων έργων σε οποιοδήποτε κράτος θέλει ταυτόχρονα και να πετύχει απανθρακοποίηση μέσω της στροφής σε ανανεώσιμες πηγές χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την αυτονομία της και χωρίς να αναγκάζεται να κρατάει σε κατάσταση εφεδρείας τις συμβατικές μονάδες. Για την Ελλάδα μάλιστα οι ανανεώσιμες πηγές και η απανθρακοποίηση μελλοντικά θα συμβάλλει στην βελτίωση της αυτονομίας καθώς έχει πολύ σημαντικό αιολικό και ηλιακό δυναμικό άρα μεγαλύτερη ικανότητα εγχώριας παραγωγής η οποία θα μειώσει τις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς ειδικά το φυσικό αέριο στο άμεσο μέλλον θα χρησιμοποιηθεί ολοένα και πιο έντονα για την παραγωγή ενέργειας και υποκατάστασης του λιγνίτη.

Συνοψίζοντας λοιπόν το πρόβλημα της ενεργειακής ανεξαρτησίας δεν μπορεί να σταθεί εμπόδιο στην απανθρακοποίηση. Μπορεί ο λιγνίτης να είναι το μοναδικό εγχώριο παραγόμενο καύσιμο όμως η χώρα έχει μεγάλη ικανότητα εγχώριας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές οι οποίες πρέπει να αξιοποιηθούν. Στην μεταβατική περίοδο που το φυσικό αέριο αντικαθιστά το πετρέλαιο και τον λιγνίτη η ενεργειακή εξάρτηση αυξάνεται οπότε πρέπει να κρατηθούν κάποιες μονάδες κυρίως λιγνιτικές αλλά και πετρελαίου σε κατάσταση εφεδρείας σε περίπτωση έλειψης φυσικού αερίου όμως το διάστημα αυτό δεν θα είναι σημαντικό καθώς η μεγαλύτερη απανθρακοποίηση και αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών θα οδηγήσει σε καλύτερη αυτονομία.

7. Ο στόχος της απανθρακοποίησης στην Ελλάδα

7.1. Η κατάσταση σήμερα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η κύρια πηγή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο για το διασυνδεδεμένο σύστημα και το πετρέλαιο για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Τα τελευταία χρόνια επιτεύχθηκε αύξηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) , ενώ σημαντικό μερίδιο καταλαμβάνουν και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Στο διασυνδεδεμένο σύστημα εκτελούνται αγοροπωλησίες ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με τον προγραμματισμό παραγωγής και την ζήτηση. Για το διασυνδεδεμένο σύστημα το πρώτο εξάμηνο του 2018 (από Ιανουάριο μέχρι και Ιούνιο), σύμφωνα με τον λειτουργό αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΛΑΓΗΕ) η κάλυψη της ζήτησης έγινε ως εξής:

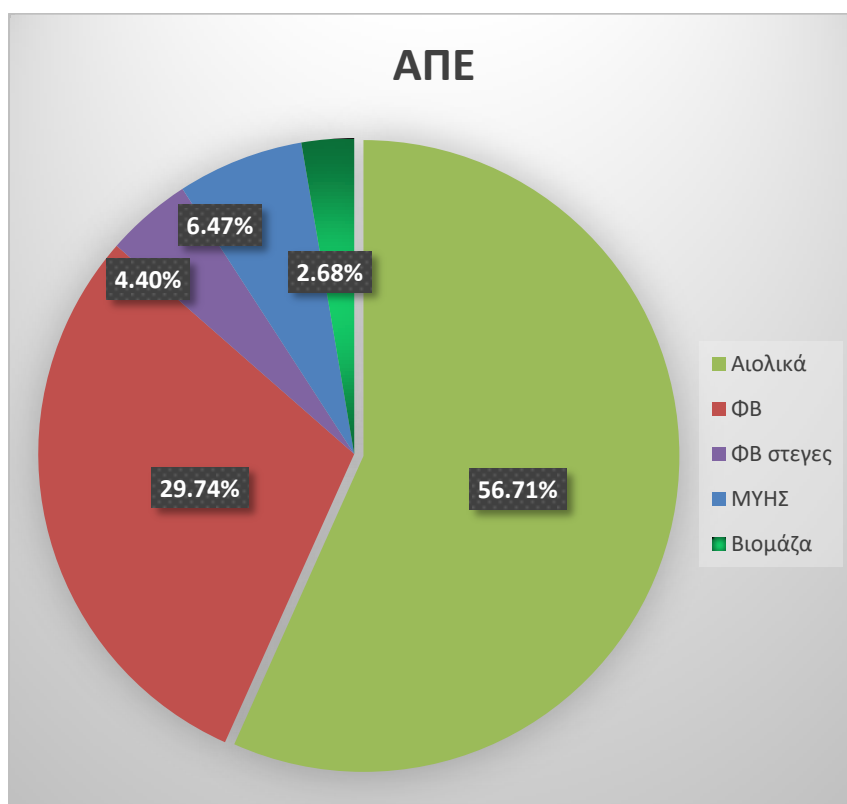
	Ενέργεια (GWh)	Ποσοστό
ΑΠΕ	4929,145	19,96%
Υδροηλεκτρικά	2877,148	11,65%
Φυσικό Αέριο	6573,326	26,62%
Λιγνιτικά	6818,76	27,62%
Διασυνδέσεις	3491,753	14,14%
Σύνολο	24690,132	100,00%



Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύμφωνα με τον ΛΑΓΗΕ στο σύνολο της χώρας (διασυνδεδεμένο σύστημα και μη) για το έτος 2018 κατανεμήθηκαν όπως φαίνεται παρακάτω.

	Ισχύς (ΜWεγκ)	Παραγόμενη Ενέργεια (GWh)	Ποσοστό
Αιολικά	2860,49	6300,26	56,709%
Φωτοβολταικά	2269,6	3304,45	29,743%
Φωτοβολταικά στέγες	375,04	488,75	4,399%
ΜΥΗΣ	239,77	718,45	6,467%
Βιομάζα	83,15	297,97	2,682%
Σύνολο	5828,05	11109,88	100%

Η δεύτερη στήλη του πίνακα δείχνει την συνολική εγκατεστημένη ισχύ στο τέλος του 2018. Με τον όρο ΜΥΗΣ εννοούνται οι Μικροί ΥδροΗλεκτρικοί Σταθμοί.



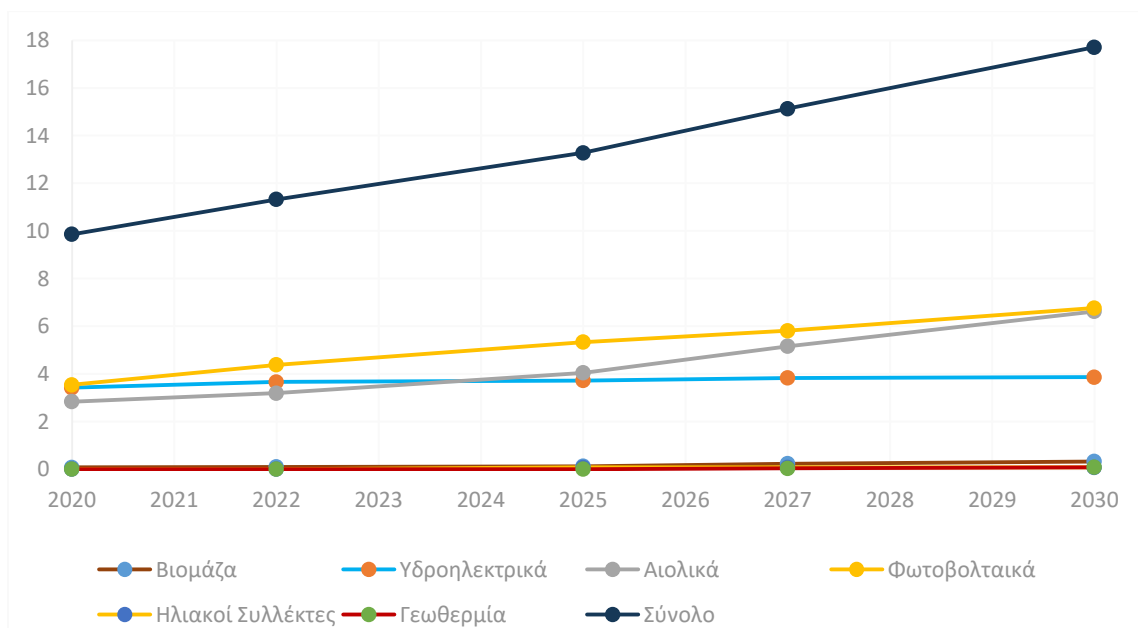
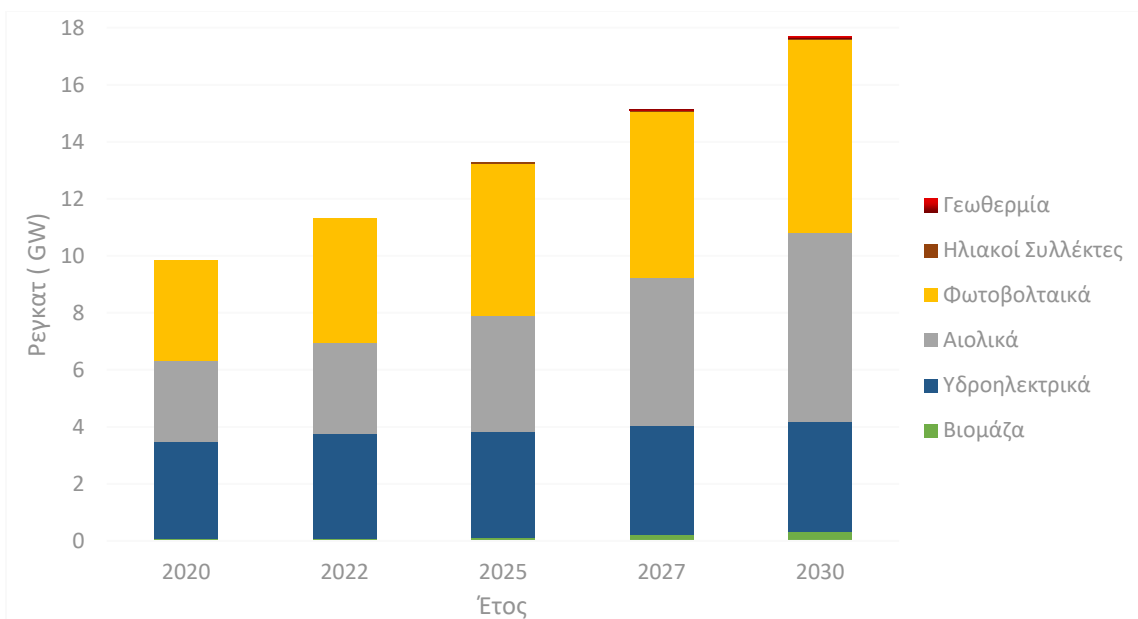
7.2. Μελλοντικοί Στόχοι Ελλάδας

Η Ελλάδα προκειμένου να συμβάλει και αυτή στην μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έχει ορίσει συγκεκριμένους στόχους. Αυτοί οι στόχοι αποσκοπούν στην εν μέρη απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος. Συγκεκριμένα το έτος 2030, θέλουμε να επιτύχουμε 31% διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύνολο του ενεργειακού μείγματος της χώρας. Το ποσοστό αυτό μοιράζεται σε 32,3% σε θέρμανση και ψύξη, 56,4% σε ηλεκτροπαραγωγή και 20% στις μεταφορές. Στην παρούσα εργασία, δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο κομμάτι της ηλεκτροπαραγωγής για αυτό τον λόγο θα εξετασθούν περαιτέρω οι στόχοι στον τομέα αυτό. Η αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι λογικό, δεν θα γίνει απότομα αλλά σταδιακά, ως εξής:

2020	2022	2025	2027	2030
29,1%	34,6%	41,2%	48,7%	56,4%

Προκειμένου να επιτευχθούν τα παραπάνω νούμερα έχει μελετηθεί αναλυτικά πόση θα πρέπει να είναι η εγκατάσταση κάθε μοφής ΑΠΕ ξεχωριστά. Έτσι, έχουμε τα παρακάτω:

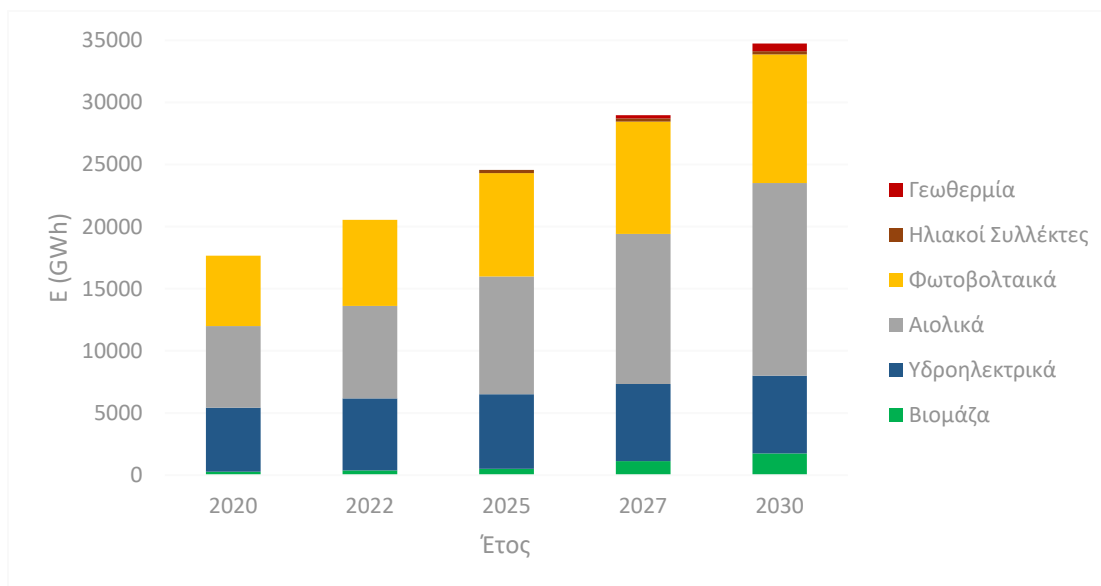
Εγκατεστημένη Ισχύς (GW)	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα	0,07	0,09	0,12	0,23	0,32
Υδροηλεκτρικά	3,42	3,66	3,72	3,83	3,86
Αιολικά Πάρκα	2,83	3,19	4,04	5,16	6,62
Φωτοβολταικά	3,54	4,38	5,33	5,81	6,76
Ηλιακοί Συλλέκτες	0	0	0,07	0,07	0,07
Γεωθερμία	0	0	0	0,03	0,08
Σύνολο	9,86	11,32	13,28	15,13	17,71



Παρατηρούμε ότι τα υδροηλεκτρικά έργα παραμένουν σχεδόν σταθερά, κάτι αναμενόμενο καθώς έχουν υψηλές γεωμορφολογικές απαιτήσεις, και τα περισσότερα μέρη στην Ελλάδα που τις πληρούν έχουν εκμεταλλευθεί. Αντίθετα, μεγάλη αύξηση έχουμε στα αιολικά πάρκα και τα φωτοβολταικά τα οποία παίζουν τον καθοριστικότερο ρόλο στην διεύθυνση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή.

Η συνολική ενέργεια που αναμένεται να παράγεται από τις παραπάνω εγκαταστάσεις έχει επίσης εκτιμηθεί:

Παραγόμενη Ενέργεια (GWh)	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα	269	383	518	1122	1736
Υδροηλεκτρικά	5152	5789	5983	6207	6269
Αιολικά Πάρκα	6575	7450	9491	12094	15508
Φωτοβολταικά	5655	6916	8319	9020	10342
Ηλιακοί Συλλέκτες	0	0	257	258	260
Γεωθερμία	0	0	0	252	631
Σύνολο	17651	20538	24568	28953	34746



Παρατηρούμε ότι η ενέργεια που εκτιμάται ότι θα παράγεται από τα αιολικά πάρκα είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των φωτοβολταϊκών παρότι η εγκατεστημένη ισχύς είναι σχεδόν ίδια. Αυτό συμβαίνει διότι τα αιολικά έχουν σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό εκμεταλλευσιμότητας.

Για να γίνει τόσο μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή θα πρέπει να γίνουν και οι κατάλληλες διασυνδέσεις με τα νησιά. Οι στόχοι όσον αφορά τα έργα των διασυνδέσεων έχουν παρουσιαστεί στην αντίστοιχη ενότητα.

Στο διάστημα αυτό (2019-2030) προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι θα πρέπει να γίνουν και οι ανάλογες επενδύσεις. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται ότι σε κάθε τομέα πρέπει να επενδυθούν τα παρακάτω ποσά.

Τομέας	Εκτίμηση συνολικών επενδύσεων το διάστημα 2020-2030 σε εκατομμύρια ευρώ
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απο ΑΠΕ	8500
Υποδομές ηλεκτρικού συστήματος	5500
Νέες συμβατικές μονάδες παραγωγής και βελτίωση των υπαρχόντων	1900
Βελτίωση του δικτύου διανομής	3300
Διασυνοριακοί σωλήνες φυσικού αερίου	2200
Δίκτυο και αποθήκευση φυσικού αερίου	2000
Έρευνα και καινοτομία	800
Ενεργειακή αποδοτικότητα	9000
Επενδύσεις στα διυληστήρια	1500
Σύνολο	34700

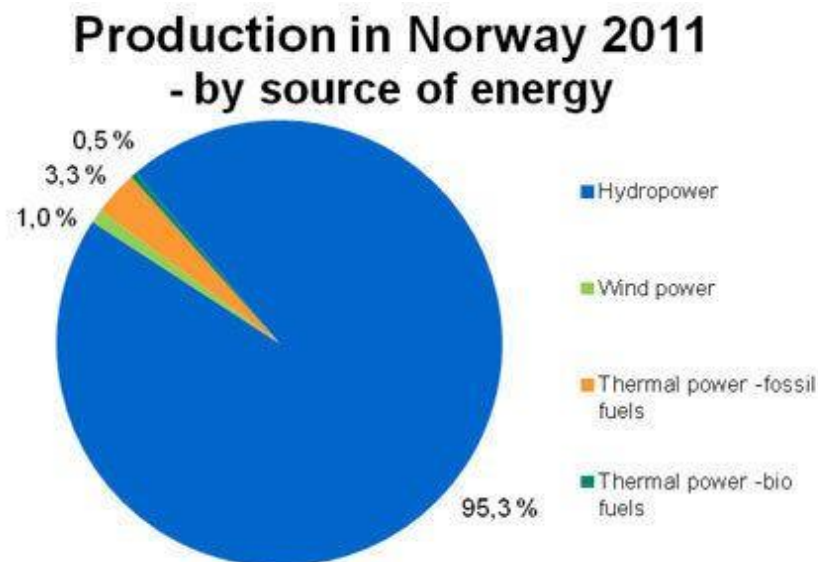
7.3. Παραδείγματα χωρών που έχουν επιτύχει μερική ή ολική απανθρακοποίηση

7.3.1. Νορβηγία

Η Νορβηγία είναι μια χώρα η οποία έχει επιτύχει την πλήρη απανθρακοποίηση πολύ νωρίτερα από την θέσπιση των στόχων για αυτή. Πρακτικά η παραγωγή ενέργειας δεν βασιζόταν ποτέ στα ορυκτά καύσιμα και είχε επιτύχει την εξολοκλήρου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικές μονάδες, παρόλο που είναι μια χώρα με πολύ πλούσια κοιτάσματα πετρελαίου. Στο δίκτυο της υπάρχουν ελάχιστες μονάδες πετρελαίου οι οποίες βρίσκονται σε κατάσταση εφεδρείας για να καλύψουν πιθανές πολύ μεγάλες ζητήσεις ενέργειας. Τα

τελευταία χρόνια στηρίζεται στην υδροηλεκτρική παραγωγή της και έχει μια πολύ μικρή χρησιμοποίηση και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενώ οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν αντικατασταθεί με μονάδες φυσικού αερίου λόγω του μικρότερου κόστους καυσίμου, παρόλο που η συνεισφορά των σταθμών αυτών στην παραγόμενη ενέργεια δεν ξεπερνάει το 2% ετησίως Αποτελώντας ένα ενεργειακό μοντέλο παράδειγμα προς μίμηση.

Το υδροηλεκτρικό δυναμικό της Νορβηγίας όμως στο οποίο έχει στηριχθεί η ανεξαρτησία από τα ορυκτά καύσιμα δεν υφίσταται σε άλλες χώρες στην έκταση αυτή. Η χώρα αυτή είναι σχετικά μικρή με μόλις 5 εκατομμύρια κατοίκους, μεγάλες ορεινές εκτάσεις και εκτεταμένες χιονοπτώσεις κατά τους χειμερινούς μήνες οι οποίοι τροφοδοτούν τα ποτάμια και τις λίμνες και υποστηρίζουν με επάρκεια τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια τα οποία καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες της χώρας. Ελάχιστες χώρες έχουν ανάλογη γεωγραφία και αντίστοιχο υδροηλεκτρικό δυναμικό με παραδείγματα την Ισλανδία, η οποία βέβαια έχει και πολύ σημαντική παραγωγή από γεωθερμία λόγω των ηφαιστειών, και την Αλβανία.

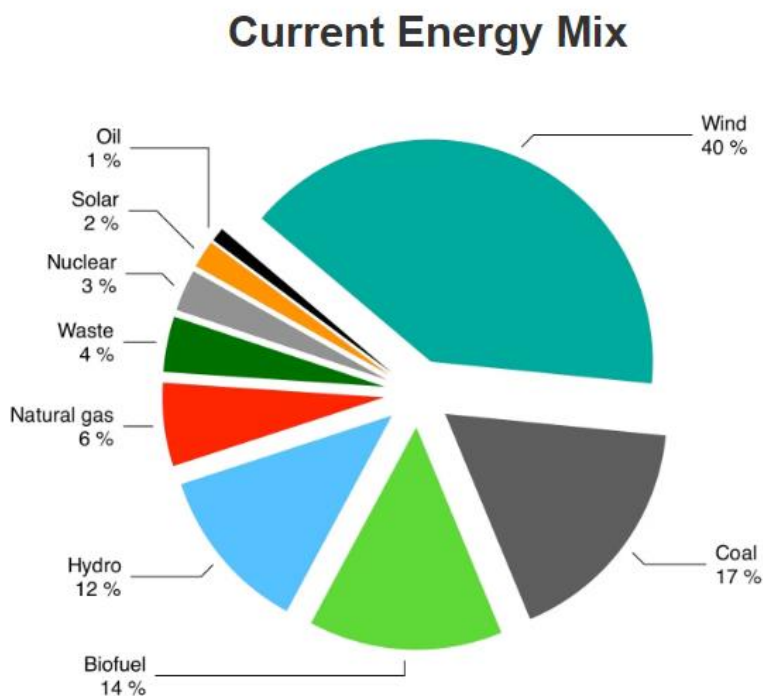


7.3.2. Δανία

Η Δανία είναι μια χώρα η οποία ναι μεν δεν έχει πετύχει την πλήρη απανθρακοποίηση όμως έχει κάνει πολύ σημαντικά βήματα προς αυτή την κατεύθυνση. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ το 1971 η παραγωγή ηλεκτρισμού βασιζόταν κατά 81% σε πετρέλαιο και κατά 19% σε λιγνίτη, το 1984 μετά την διεθνή πετρελαϊκή κρίση το ποσοστό ανήλθε σε 95% παραγωγή από λιγνίτη

και 5% από πετρέλαιο, από τα μέσα της δεκαετίας του 90 ανέπτυξε σε πολύ μεγάλο βαθμό τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φτάνοντας στο αξιοζήλευτο ποσοστό 68% από ανανεώσιμες πηγές χωρίς υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς δεν διαθέτει υδροηλεκτρικό δυναμικό, και μόλις 22% σε παραγωγή από ορυκτά καύσιμα, κυρίως λιγνίτη και φυσικό αέριο. Είναι μια χώρα η οποία έχει κάνει σημαντική πρόοδο και στοχεύει σύντομα στην πλήρη απανθρακοποίηση.

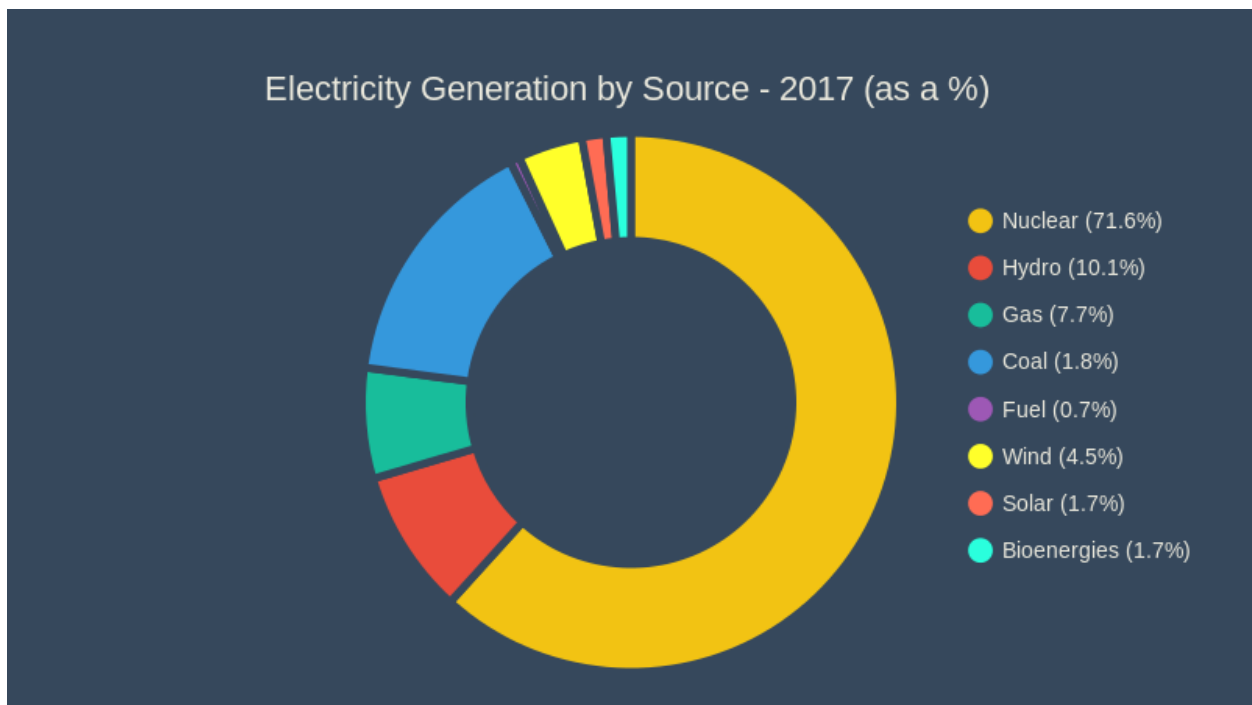
Η Δανία όμως είναι και μια χώρα με δίκτυο ισχυρά διασυνδεδεμένο με αυτά της βόρειας Ευρώπης και της Σκανδιναβίας και έτσι το πρόβλημα της μεγάλης στοχαστικότητας που έχουν οι ανανεώσιμες πηγές, καθώς σε περίπτωση χαμηλής παραγωγής και υψηλής ζήτησης αντιμετωπίζεται είτε με την δυνατότητα εισαγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας από χωρες υψηλού δυναμικού όπως η Σουηδία και η Νορβηγία, είτε από πυρηνική ενέργεια από την Σουηδία λύνοντας έτσι το πολύ σημαντικό θέμα της ενεργειακής ασφάλειας. Αντίστοιχη περίπτωση είναι και η Γερμανία η οποία έχει αποφασίσει το σταδιακό κλείσιμο όλων των πυρηνικών μονάδων αλλά και την μεγάλη μείωση της παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη, όμως έχει εφεδρείες στην Πολωνία, μια χώρα της οποίας η παραγωγή ενέργειας βασίζεται σε ποσοστό της τάξης του 80% στον λιγνίτη.



7.3.3.Γαλλία

Άλλο ένα παράδειγμα χώρας η οποία έχει ανεξαρτητοποιηθεί από τα ορυκτά καύσιμα είναι η Γαλλία. Μέσω της κατασκευής πυρηνικών σταθμών παραγωγής έχει επιτύχει την κάλυψη του μεγαλύτερου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών της. Η παραγωγή ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς το 2017 ανήλθε στο 72% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας, το 10% προήλθε από υδροηλεκτρικές μονάδες, περίπου 9% από ορυκτά καύσιμα με το φυσικό αέριο να δεσπόζει σε ποσοστό 7.7%. Το υπόλοιπο ποσοστό καλύφθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε ποσοστό 10% από υδροηλεκτρικές και 8% από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες.

Η άλλη όψη του νομίσματος είναι ότι η τόσο εκτεταμένη χρήση πυρηνικής ενέργειας δεν θεωρείται η πιο ενδεδειγμένη λύση. Η πυρηνική ενέργεια παρόλο που δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αποτελεί στοιχείο έντονης συζήτησης ως προς την ασφάλεια και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της.



8. Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από όλες τις προηγούμενες ενότητες η απανθρακοποίηση είναι αναγκαίο να προχωρήσει αλλά ταυτόχρονα αποτελεί ένα εγχείρημα με πολλές δυσκολίες και προκλήσεις που πρέπει να εξετασθούν. Τα κυριότερα προβλήματα είναι η διασφάλιση της ενεργειακής αυτονομίας, η δυσκολία αποθήκευσης σημαντικών ποσών ενέργειας και η περαιτέρω ανάπτυξη του δικτύου μέσω διασυνδέσεων. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και την όλο και αυξανόμενη απανθρακοποίηση απαιτούνται συγκεκριμένα έργα και περαιτέρω ανάπτυξη τεχνολογιών που θα κάνουν την απανθρακοποίηση εφικτή.

Η σημαντικότερη ενέργεια είναι η βελτίωση του εγχώριου δικτύου μέσω της κατασκευής διασυνδέσεων καθώς είναι αναγκαία για να αυξηθεί η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών για δύο λόγους: Πρώτον το δυναμικό των μη διασυνδεδεμένων νησιών είναι υψηλότερο από τις ανάγκες τους οπότε δεν αξιοποιείται πλήρως, ενώ μέσω διασυνδέσεων θα μπορούσε να εκμεταλλευθεί από την ηπειρωτική χώρα και δεύτερον διότι μέσω των διασυνδέσεων είναι δυνατή η τροφοδότηση από ανανεώσιμες πηγές ή μονάδες φυσικού αερίου του μη διασυνδεδεμένου συστήματος όταν η τοπική παραγωγή από ανανεώσιμες δεν καλύπτει τις ανάγκες. Αποτέλεσμα είναι η εξομάλυνση της συνολικής παραγωγής από ανανεώσιμες καθώς και επίσης της παύσης χρήσης του πετρελαίου ως πηγή ενέργειας.

Το επόμενο αναγκαίο βήμα είναι η περαιτέρω ανάπτυξη έργων αποθήκευσης ενέργειας, τα οποία βρίσκονται βέβαια σε αρκετά πρώιμο στάδιο τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο πλανήτη και αποτελούν αντικείμενο τεχνολογικής έρευνας. Η πιο ώριμη τεχνολογικά λύση άρα και η πιο ευραίως χρησιμοποιούμενη είναι η αντλησιοταμίευση η οποία οστώσο χαρακτηρίζεται από υψηλές απαιτήσεις στην γεωμορφολογία του εδάφους. Στην Ελλάδα το δυναμικό αποθήκευσης με αυτή την μέθοδο είναι περιορισμένο. Συνεπώς οι άμεσες επενδύσεις πρέπει να επικεντρωθούν σε αποθήκευση ενέργειας με μορφή θερμότητας ή με αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα. Αναμένεται τα επόμενα χρόνια η βελτίωση τόσο αυτών όσο και των υπολοίπων τεχνολογιών αποθήκευσης οπότε πρέπει να πραγματοποιηθούν και οι ανάλογες επενδύσεις οι οποίες θα καταστήσουν εφικτή την αποθήκευση σημαντικών ποσών ενέργειας.

Δίχως τα παραπάνω βήματα η δυνατότητα εγκατάστασης περισσότερων ανανεώσιμων πηγών είναι σημαντικά περιορισμένη δεδομένου ότι η έλλειψη διασυνδέσεων και αποθήκευσης περιορίζει την αξιοποίησή τους. Γίνεται εύκολα αντιληπτό λοιπόν ότι, η εγκατάσταση νέων απε πρέπει να διεξάγεται παράλληλα με έργα διασύνδεσης και αποθήκευσης ενέργειας ώστε αμφότερες οι επενδύσεις να είναι οικονομικά συμφέρουσες άρα και ελκυστικές.

Εκτός από τις τεχνολογικές προκλήσεις απαραίτητη είναι η επίλυση κοινωνικοπολιτικών προβλημάτων. Σε πολιτικό επίπεδο είναι απαραίτητη η καλή συνεργασία με τις γειτονικές χώρες και την Ευρώπη γενικότερα, για την εύρυθμη λειτουργία και αξιοποίηση των διασυνδέσεων. Η παραπάνω συναλλαγή ενέργειας θα πρέπει να γίνεται με κριτήριο την κάλυψη των αναγκών κάθε κράτους και τον κοινό στόχο της απανθρακοποίησης δίχως να χρησιμοποιείται σαν μέσο επιβολής. Σε κοινωνικό επίπεδο υπάρχει πληθώρα αντιδράσεων έναντι στα έργα ανανεώσιμων πηγών, καθώς είναι στην φύση του ανθρώπου η εναντίωση σε μεγάλες αλλαγές. Είναι σημαντική η ενημέρωση των πολιτών ώστε να εξαλειφθούν οι φόβοι και να υπάρξει ευαισθητοποίηση και κατανόηση της σπουδαιότητας τέτοιων έργων και την σημαντικότητα του στόχου της απανθρακοποίησης. Παράλληλα υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός εργαζόμενων στον τομέα των ορυκτών καυσίμων οι οποίοι ανησυχούν ότι θα καταργηθούν οι θέσεις εργασίας τους και θα οδηγηθούν στην ανεργία. Το κράτος είναι αναγκαίο να μεριμνήσει για το μέλλον των ανθρώπων αυτών

Τελικό συμπέρασμα είναι ότι η απανθρακοποίηση δεν μπορεί να γίνει ακαριαία τόσο για κοινωνικοπολιτικούς όσο και κυριότερα για τεχνολογικούς λόγους. Έτσι είναι απαραίτητο ένα χρονικό διάστημα προκειμένου ο στόχος της πλήρους απανθρακοποίησης να γίνει πιο ρεαλιστικός και οικονομικά εφικτός.

Στο μεσοδιάστημα αυτό είναι απαραίτητο να γίνει σύντομα η κατάργηση των πετρελαϊκών μονάδων και η σταδιακή αντικατάσταση των λιγνιτικών με μονάδες φυσικού αερίου. Φυσικά δεν πρόκειται για απανθρακοποίηση αλλά το φυσικό αέριο εκπέμπει σημαντικά λιγότερους ρύπους και είναι καταλληλότερο για συνύπαρξη με ανανεώσιμες πηγές λόγω της ευελιξίας του.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ελλάδα κατ' επέκταση κινούνται στα πλαίσια αυτά και έχουν επιτύχει αξιόλογη πρόοδο όσον αφορά την απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος. Η πρόοδος αυτή αναμένεται να είναι μεγαλύτερη τα επόμενα χρόνια αφενός λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και αφετέρου λόγω των σημαντικών κονδυλίων που διατίθενται για τον σκοπό αυτό. Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι οδηγούμαστε σε ένα ολοένα και περισσότερο απανθρακοποιημένο ενεργειακό μείγμα και μπορεί ο στόχος της ολικής απανθρακοποίησης να φαντάζει μακρινός παραμένει όμως εφικτός.

Βιβλιογραφία

- ΠΑΠΑΝΤΩΝΗΣ Ε. Δ., ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΑΘΗΝΑ 2016, Εκδόσεις ΤΣΟΤΡΑΣ
- ΖΕΡΒΟΣ Α., Ανανεώσιμη Πηγές Ενέργειας, ΑΘΗΝΑ 2018, Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ
- ΜΠΕΡΓΕΛΕΣ Γ., ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ, ΑΘΗΝΑ 2005, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ
- ΚΑΚΑΡΑΣ Ε., ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ, ΑΘΗΝΑ 2009, Εκδόσεις ΦΟΥΝΤΑΣ
- YUNUS A. CENGEL, MICHEL A. BOLES, Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική για μηχανικούς, 7η έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
- Ν. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, Ενέργεια και Ηλεκτροπαραγωγή από την Πυρηνική Τεχνολογία (διαφάνειες μαθήματος Περιβάλλον και ανάπτυξη), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ΑΘΗΝΑ 2018
- ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Ι., Εισαγωγή στα μικρά υδροηλεκτρικά(διαφάνειες μαθήματος υδροηλεκτρικής ενέργειας), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 2019
- ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ Χ., Φωτοβολταϊκά Συστήματα(διαφάνειες μαθήματος νέων και ανανεωσίμων πηγών ενέργειας), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 2018
- ΚΑΚΑΡΑΣ Ε., Energy storage(presentation of Thermal Energy Conversion II course), Mechanical Engineering School NTUA, ATHENS 2019
- ΚΑΡΕΛΛΑΣ Σ., Energy production from biomass(presentation of Thermal Energy Conversion II course), Mechanical Engineering School NTUA, ATHENS 2019
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN, ΑΘΗΝΑ 2019
- WWF, Καθαρές εναλλακτικές στην Πτολεμαΐδα V - Εναλλακτικές λύσεις στη σχεδιαζόμενη μονάδα της ΔΕΗ Πτολεμαΐδα V, 2015, πηγή: www.wwf.gr
- ΑΣΑΛΟΥΜΙΔΗΣ Κ., ΠΡΑΣΣΟΣ Σ., ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ-Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ενέργειας(ΑΠΕ, λιγνίτης, φυσικό αέριο), 2018, πηγή: www.alcyon.gr
- ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ Ι. Γ., Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. και η συμβολή τους στην κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών της Χώρας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, πηγή: <http://portal.tee.gr>
- ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ energypress, Αύριο εγκαινιάζεται το υβριδικό-"μπαταρία" της ΔΕΗ στην Ικαρία που χρησιμοποιεί τον άνεμο και το νερό, 2019, πηγή: www.energypress.gr

HANNAH RITCHIE AND MAX ROSER, Energy Production & Changing Energy Sources, πηγή: <https://ourworldindata.org/>

Production of lignite coal, πηγή: <https://knoema.com>

SCHMIDT-ROHR, KLAUS(2018). "How Batteries Store and Release Energy: Explaining Basic Electrochemistry". Journal of Chemical Education. 95 (10): 1801–1810

Diesel power plant (Principle, Component, Layout, Applications), πηγή: <https://www.top-ee.com>

MARSHALL BRAIN, ROBERT LAMB & PATRICK J. KIGER, How Nuclear Power Works, πηγή: <https://science.howstuffworks.com>

ALEXANDER C KAUFMAN, The Secret Behind Norway's Electric Car Revolution. Πηγή: <https://www.huffpost.com>

France's Overall Energy Mix, πηγή: <https://www.planete-energies.com>

JESPER BERGGREEN, In The Danish Elections, Everybody Is Fighting About Who Is Greener, But Does It Matter? Πηγή: <https://cleantechnica.com>

ENERGY STORAGE ASSOCIATION, Compressed Air Energy Storage (CAES), πηγή: www.energystorage.org

ENERGY STORAGE ASSOCIATION, Liquid Air Energy Storage (LAES), πηγή: www.energystorage.org

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY OF U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, Compressed Air Energy Storage, πηγή: www.caes.pnnl.gov