



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ
ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΝΕΛΑΟΣ Π. ΜΙΚΕΔΗΣ

Επιβλέπων : Αναγνωστόπουλος Ιωάννης, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ.	
1.1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ: ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	7
1.2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	8
1.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	11
1.4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010.	13
1.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	15
1.6. ΤΑΣΕΙΣ / ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ – ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.	
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.	20
2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	23
2.3. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	25
2.4. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	26
2.5. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	31
2.6. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ.	
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.	44
3.2. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	44
3.3. ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	47
3.4. ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΟΥΝ ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ.	
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.	59
4.2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.	59
4.3. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΡΕΥΣΤΑ- ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ- ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.	62
4.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ- ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.	63
4.5. ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ- ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ.	65
4.6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.	68
4.7. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.	73

4.8. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ -ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.	76
4.9. ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.	78
4.10. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.	83
4.11. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ.	84
4.12. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.	88
4.13. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.	89
4.14. Η ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΜΟΝΟ ΟΦΕΛΗ?	91
4.15. ΑΛΛΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ- ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΗ.	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.	101
5.2. ΑΡΜΟΔΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	101
5.3. ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	109
5.4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	111
5.5. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	115
5.6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΙ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.	116
5.7. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	117
5.8. ΣΤΟΧΟΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΕ.	118
5.9. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.	119
5.10. ΕΦΕΔΡΕΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.	120
5.11. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.	129
5.12. ΘΕΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ.	131
5.13. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.	134
5.14. ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.	136
5.15. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΥΗΣ.	137
5.16. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	139
5.17. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ.	144
5.18. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	158

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ 165

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – REFERENCES 167

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στους τελευταίους δύο αιώνες, η ανάπτυξη σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας δημιούργησε την ανάγκη για ολοένα και περισσότερη παραγωγή ενέργειας. Το μοντέλο της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, δεν μπορεί να εγγυηθεί την αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος. Την τελευταία δεκαετία κρίνεται επιτακτική η χρήση άλλων μορφών ενέργειας περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον. Τη λύση δίνουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες πλέον κατέχουν σημαντική παρουσία στα ηλεκτρικά συστήματα παραγωγής ενέργειας, παγκοσμίως ενώ πολλές χώρες έχουν θέσει στόχους ώστε να αυξήσουν την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο, η αιολική ενέργεια, ως η πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών, μπορεί να βοηθήσει περισσότερο στην επίτευξη αυτών των στόχων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έχει θέσει στόχους για την ενεργειακή πολιτική της με μείωση της χρήσης των καυσίμων με άνθρακα και η Ελλάδα έχει νομοθετήσει για την επίτευξη των ενεργειακών της στόχων σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η μεγάλη παραγωγή αιολικής ενέργειας λόγω της στοχαστικής φύσης του ανέμου προσφέρει αβεβαιότητα στη λειτουργία των ηλεκτρικών συστημάτων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να διερευνηθούν οι τρόποι για την αξιόπιστη διείσδυση της στα ηλεκτρικά συστήματα.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της συνεργασίας αιολικής παραγωγής με σύστημα αντλησιοταμίευσης προκειμένου να διατηρηθεί η αξιοπιστία του συστήματος καθώς και να επιτευχθεί μεγάλη αιολική διείσδυση στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Στην εργασία γίνεται αναφορά σε σενάρια για την αξιόπιστη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα προκειμένου να επιτευχθούν οι ενεργειακοί της στόχοι για το έτος 2020.

Η εργασία ολοκληρώνεται με μια σύνοψη των συμπερασμάτων που προκύπτουν από διάφορες μελέτες που έχουν ήδη διεξαχθεί σχετικές με το θέμα.

ABSTRACT

At the last two centuries, the development in all human activities has stated the increasing demand of energy production. The strategy, in which the energy production was met, mainly from fossil fuels, didn't ensure the sustainable development and the environmental protection. At the last decade, the use of environment friendly technologies for energy production has become a necessity. The use of renewable energy sources (RES) for energy production has increased globally, with many countries to step up their efforts to replace fossil fuels by setting targets to increase renewable energy production. The wind power, the most developed technology of all RES, is expected to contribute the most in order to accomplish those targets.

European Union energy policies have clearly identified the beneficial use of RES and the target towards a decarbonised future and to enhance Europe's energy security, while Greece has recently set the rules in order to achieve its share of final energy consumption from RES. However the intermittent characteristic of the wind adds uncertainty at the operation of an electrical power system. These raise challenges for the integration of large amounts of wind power into electricity system.

The main purpose of this thesis is to describe the current situation regarding the impacts that wind power imposes to power systems as well as to describe possible solutions for the integration of large amounts of wind power in order to maintain grid stability and power system reliability. Moreover this thesis examines the potential synergies between wind power and the use of hydroelectric pumped storage as a method of electrical energy storage application. Since significant amount of wind power is planned to be installed at the Greek interconnected Power System, until 2020, it is also examined the possibility to install a pumped storage system at present installations (hydroelectric or other water storage facilities) for the integration of wind power.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η καταγραφή και η αναλυτική παρουσίαση των εξελίξεων στον τομέα της μεγάλης κλίμακας διείσδυση της αιολικής παραγωγής σε διασυνδεδεμένα ηλεκτρικά συστήματα, με υποστήριξη από υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς και η διερεύνηση δυνατότητας εφαρμογής της μεθόδου στην Ελλάδα. Η Ελλάδα έχει θέσει στόχους για το μίγμα της ηλεκτροπαραγωγής ώστε να ενσωματώσει ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) προκειμένου το έτος 2020 να επιτύχει 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος θα πρέπει να υπάρξει και εγκατάσταση μονάδων αποθήκευσης της ενέργειας

Η ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αιολική ενέργεια ως μια από τις πιο ανεπτυγμένες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας μπορεί να βοηθήσει σε αυτό τον τομέα.

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην παρούσα κατάσταση ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας καθώς και αναφέρονται στοιχεία για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας από υπεράκτια πάρκα.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα προβλήματα της διείσδυσης της αιολικής παραγωγής, ενώ στο 3^ο Κεφάλαιο περιγράφονται διάφορες λύσεις προκειμένου να επιτευχθεί μεγάλης κλίμακας αιολική διείσδυση με τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας.

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το σύστημα αντλησιοταμίευσης ως μια μορφή αποθήκευσης της ενέργειας ενώ στο 5^ο Κεφάλαιο καταγράφονται οι μελέτες που έχουν ήδη γίνει για την διείσδυση της μεγάλης αιολικής παραγωγής που προβλέπεται για την Ελλάδα σε συνεργασία με σύστημα αντλησιοταμίευσης.

Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια καταγραφή των συμπερασμάτων που προέκυψαν και προτείνονται θέματα για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α.

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

1.1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ: ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Οι τελευταίοι δύο αιώνες της παγκόσμιας ιστορίας χαρακτηρίστηκαν από μεγάλη ανάπτυξη σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ταχύτερη ανάπτυξη δημιούργησε την ανάγκη για περισσότερη παραγωγή ενέργειας προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της βιομηχανίας και της οικιακής κατανάλωσης. Η ανάγκη για ολοένα και μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, εξυπηρετήθηκε κυρίως με την εκμετάλλευση κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων, κατά κύριο λόγο πετρέλαιο και λιγνίτη.

Στην Ελλάδα, η περίοδος 1970-2007, εμφανίζει σημαντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία ικανοποιείται κυρίως από την καύση λιγνίτη, ενός καυσίμου το οποίο ενεργειακά είναι φτωχό αλλά και ρυπογόνο για το περιβάλλον, πλην όμως φθινό και εγχώριο. Η πολιτική αυτή ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις των καιρών, εξασφαλίζοντας χαμηλό κόστος στην παραγωγή ενέργειας καθώς και την ενεργειακή επάρκεια και ασφάλεια της χώρας.

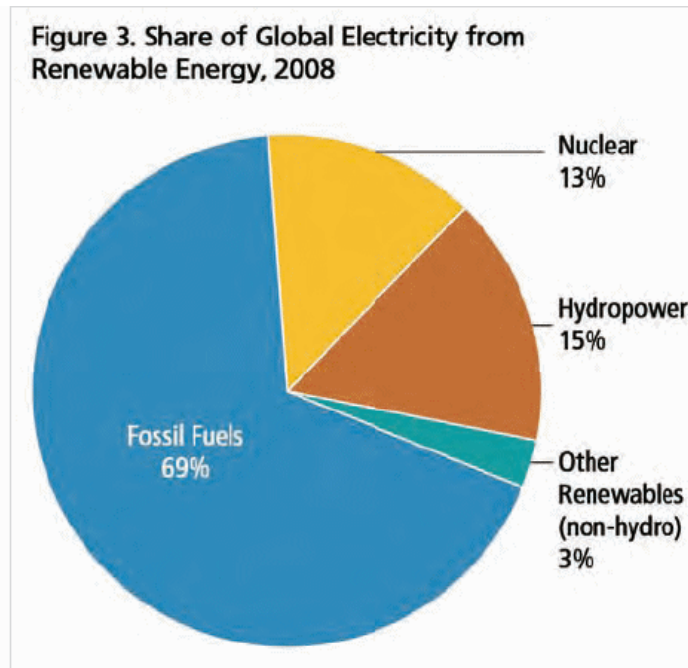
Την τελευταία δεκαετία όμως το μοντέλο ανάπτυξης αμφισβητείται ολοένα και περισσότερο λόγω της διαφαινόμενης αδυναμίας του να εγγυηθεί την αιεφόρο ανάπτυξη.

Η αλόγιστη χρήση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί, σύμφωνα με μελέτες, στην υπερθέρμανση του πλανήτη λόγω της έξαρσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έντεκα από τις δώδεκα θερμότερες χρονιές που καταγράφηκαν ποτέ ήταν μεταξύ του 1995 και 2006. Η υπερθέρμανση εκφράζεται με σημαντική αύξηση των περιόδων ξηρασίας, με ακραίους τυφώνες ή με καύσωνες. Ο κατάλογος των συνεπειών της υπερθέρμανσης είναι μεγάλος: άνοδος της στάθμης της θάλασσας, εξαφάνιση ειδών χλωρίδας και πανίδας, αυξημένη ερημοποίηση και έλλειψη αποθεμάτων νερού σε συνδυασμό με την απειλή της τήξης των παγετώνων και ένα νέο κύκλο οδυνηρότερων καταστροφών.

Τη λύση στα παραπάνω προβλήματα μπορεί να δώσει η συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Την τελευταία δεκαετία η χρήση και ανάπτυξη τεχνολογιών που αξιοποιούν Α.Π.Ε., έχει έντονα ανοδική τάση.

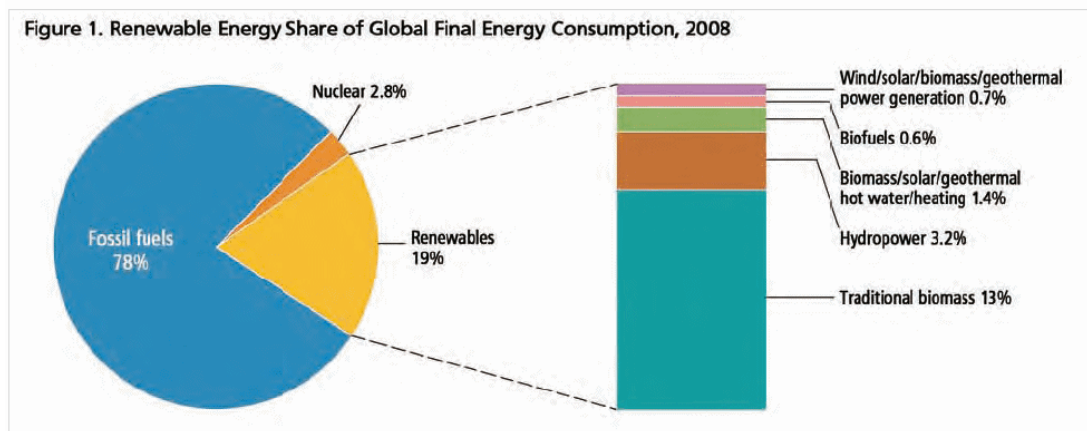
1.2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Οι Α.Π.Ε. κατέχουν εγκατεστημένη δυναμικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου 1.230GW, το έτος 2009, 7% πάνω από το έτος 2008. Η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ υπολογίζεται σε περίπου το ένα τέταρτο της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος (υπολογίζεται σε 4.800 GW το έτος 2009) και παρέχει το 18% της παγκόσμιας κατανάλωσης **(ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α1)**. {1}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α1 - {1}

Οι Α.Π.Ε. παρέχουν το 19% της παγκόσμιας τελικής κατανάλωσης, μέσα σε αυτές τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η καύση παραδοσιακής βιομάζας (πχ: ξυλεία) καθώς και οι νέες ανανεώσιμες πηγές (μικρά υδροηλεκτρικά, σύγχρονοι σταθμοί για βιομάζα, αιολική ενέργεια, φωτοβολταϊκοί σταθμοί, γεωθερμία και βιοκαύσιμα) **(ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α2)**. {1}



* In this report, global small hydropower data include plants of less than 10 MW in size. For further information on the treatment of hydropower in this report, see Endnote 2.

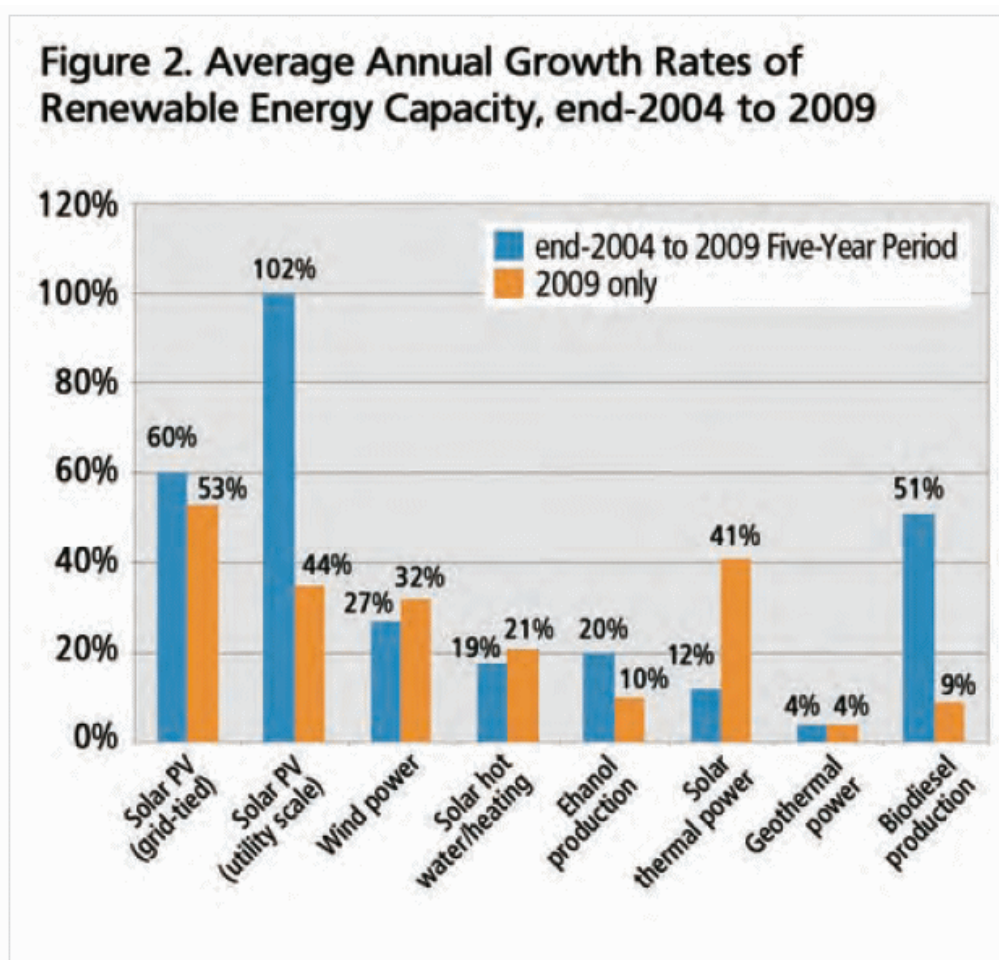
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α2 - {1}

Από αυτά το 19%, η παραδοσιακή βιομάζα που χρησιμοποιείται κυρίως για μαγείρεμα και θέρμανση αφορά το 13%, η ενέργεια από υδροηλεκτρικά αντιπροσωπεύει το 3,2%, ενώ οι υπόλοιπες Α.Π.Ε. υπολογίζονται στο 2,6% και αναπτύσσονται γοργά στις ανεπτυγμένες χώρες και στις αναπτυσσόμενες.

Οι Α.Π.Ε. αντικαθιστούν τα συμβατικά καύσιμα σε τέσσερις ξεχωριστές αγορές:

- Παραγωγή ενέργειας
- Θέρμανση χώρου και νερού
- Καύσιμα μεταφορών
- Υπηρεσίες ενέργειας εκτός δικτύου

Η δυναμικότητα των Α.Π.Ε. μεγαλώνει σε ποσοστό από 10% έως 60% κάθε χρόνο για πολλές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών από το τέλος του 2004 έως και το 2009. Για πολλές τεχνολογίες Α.Π.Ε. όπως η αιολική ενέργεια η ανάπτυξη επιταχύνθηκε το 2009 σε σχέση με άλλα χρόνια (**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α3**). {1}

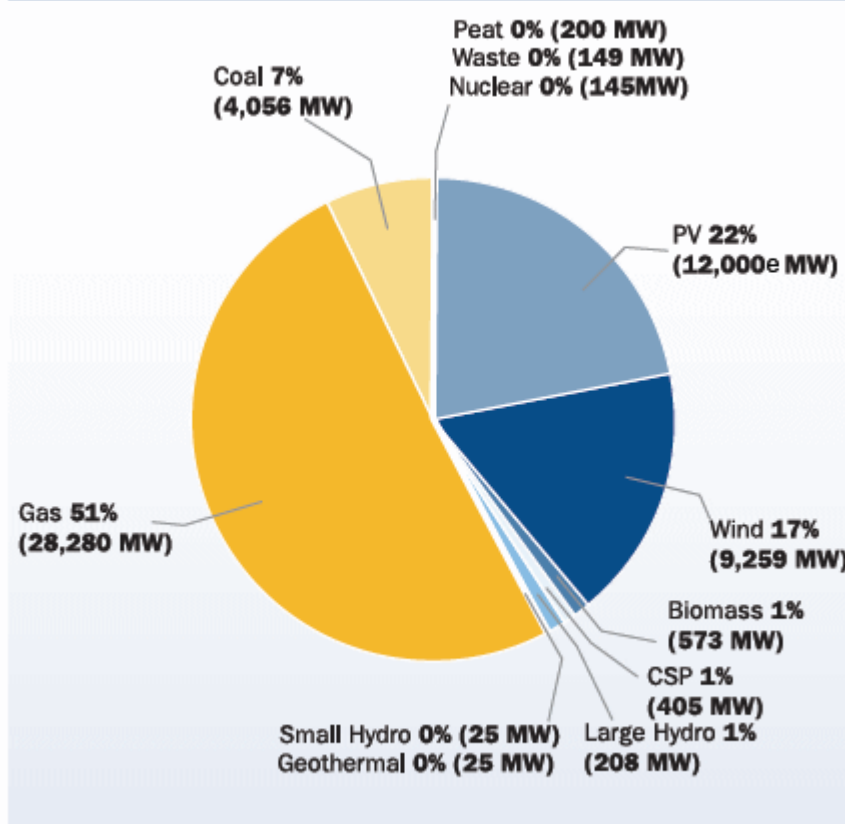


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α3 - {1}

Το 2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση εγκαταστάθηκε η μεγαλύτερη δυναμικότητα από Α.Π.Ε. από οποιαδήποτε άλλη χρονιά.

Με 22.645MW νέας δυναμικότητας, οι Α.Π.Ε. εκπροσωπούν το 41% των νέων εγκαταστάσεων. Αν και το μερίδιο των Α.Π.Ε. συρρικνώθηκε το 2010 λόγω των εγκαταστάσεων φυσικού αερίου, είναι ο πέμπτος χρόνος όπου οι Α.Π.Ε. εκπροσωπούν πάνω από το 40% των νέων εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α4). {2}

SHARE OF NEW POWER INSTALLATIONS IN EU FIGURE 1.3



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α4 - {2}

1.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Όσο αφορά την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το έτος 2010 είχαμε την εγκατάσταση:

- 9.259MW δυναμικότητας σε αιολικά πάρκα στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά το έτος 2010, 10% λιγότερο από τον προηγούμενο χρόνο,
- Τα αιολικά πάρκα αποτελούν το 16,7% των συνολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας.
- Περισσότερη δυναμικότητα από Α.Π.Ε. εγκαταστάθηκε κατά το έτος 2010 από οποιοδήποτε άλλο έτος, αύξηση 31% σε σύγκριση με το 2009.
- Οι εγκαταστάσεις από Α.Π.Ε. αποτελούν το 41% των νέων εγκαταστάσεων κατά το έτος 2010, 22.645MW από συνολικά 55.326MW νέας δυναμικότητας.
- Περισσότερη δυναμικότητα εγκαταστάθηκε το έτος 2010 από οποιαδήποτε άλλη χρονιά, αύξηση 102% λόγω τω αυξημένων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. και εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο {2}

Δεδομένα για τις εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας:

- Οι ετήσιες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας αυξάνονται σταθερά τα τελευταία 15 χρόνια από 814 MW το 1995 σε 9.259MW το 2010, μια ετήσια αύξηση της αγοράς της τάξης του 17,6%.
- Συνολικά έχουν εγκατασταθεί 84.074MW στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μια αύξηση στην εγκατεστημένη συνολική δυναμικότητα της τάξης του 12,2%.
- Η Γερμανία παραμένει η χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και ακολουθείται από την Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία και Αγγλία.
- Οι αυξανόμενες εγκαταστάσεις σε αναπτυσσόμενες αγορές της Ευρωπαϊκής Ένωσης – υπεράκτιες στην Βόρειο Ευρώπη και στη στεριά στην Νότιο-Ανατολική Ευρώπη (Ρουμανία, Πολωνία και Βουλγαρία) περιόρισαν την πτώση στις πλέον ώριμες αγορές της αγοράς αιολικής ενέργειας στην στεριά στην Γερμανία, Αγγλία και Ισπανία.
- Η αιολική δυναμικότητα που έχει εγκατασταθεί έως το τέλος του 2010 θα είναι ικανή να παράγει (σε ένα κανονικό χρόνο) 181TWh ηλεκτρισμού, που αναπαριστά το 5,3% της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος. {2}.

Οι παρακάτω τάσεις αναπτύσσονται στον τομέα των αιολικών πάρκων:

- Οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων κατέχουν ποσοστό 16,7% των νέων εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας το 2010, ο πρώτος χρόνος από το έτος 2007 όπου η κατασκευή αιολικών πάρκων δεν είχε το μεγαλύτερο ποσοστό από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία παραγωγής ενέργειας.
- Για μόνο δεύτερη χρονιά, από το έτος 1998, η Ευρωπαϊκή Ένωση εγκατέστησε περισσότερο λιγνιτικούς σταθμούς από αυτούς που κατήργησε, τονίζοντας σε όλη αυτή πορεία τον στόχο μείωσης 30% των εκπομπών αερίων που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου έως του έτος 2020.
- Ο τομέας ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης συνεχίζει την πορεία του μακριά από τα ορυκτά υγρά καύσιμα και πυρηνικά, τομείς παραγωγής ενέργειας για τους οποίους περισσότερες εγκαταστάσεις καταργούνται, παρά ξεκινούν τη λειτουργία τους.
- Η εγκατεστημένη ισχύς στη Ευρωπαϊκή Ένωση αυξήθηκε κατά 52.820MW σε 874.023MW με την αιολική παραγωγή να αυξάνει το μερίδιο της εγκατεστημένης ισχύος σε 84.074 MW (9,6%).{2}

Κατά το έτος 2010, 9.883MW αιολικής ισχύος εγκαταστάθηκαν σε όλη την Ευρώπη, με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης να συμμετέχουν με 9.259MW από το σύνολο. Αυτό αναπαριστά μια μείωση των ετήσιων εγκαταστάσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης της τάξης του 10% σε σχέση με το έτος 2009.

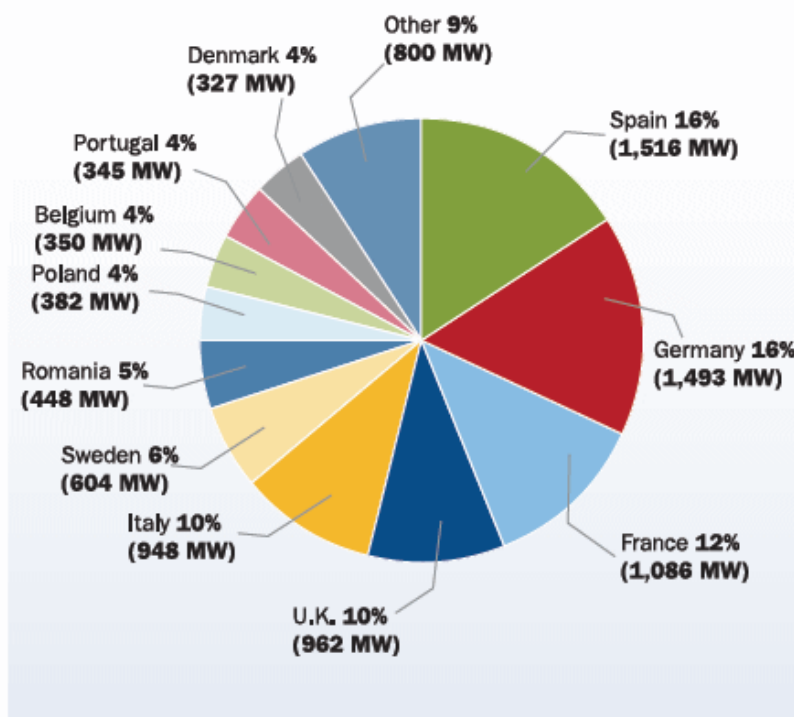
Από τα 9.259MW εγκατεστημένα στην Ευρωπαϊκή ένωση τα 8.377MW εγκαταστάθηκαν στη στεριά και τα 883 MW σε υπεράκτια πάρκα.

Το έτος 2010 οι επενδύσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσον αφορά τα αιολικά πάρκα ήταν 12,7 δις €. Τα αιολικά πάρκα στη στεριά προσέλκυσαν 10,1 δις € ενώ τα υπεράκτια αιολικά πάρκα 2,6 δις €.

Σε ετήσια βάση, το 2010, η Ισπανία ήταν η μεγαλύτερη αγορά σε νέες εγκαταστάσεις με 1516MW, συγκρινόμενη με τα 1493MW που εγκαταστάθηκαν στην Γερμανία. Η Γαλλία εγκατέστησε 1086MW ακολουθούμενη από την Αγγλία με 962 MW και την Ιταλία με 948 MW. Ισχυρή παρουσία είχαμε και από Σουηδία (604 MW), Ρουμανία (437 MW), Πολωνία (382 MW), Πορτογαλία (345 MW) και Βέλγιο (350 MW) με δύο νέα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να βρίσκονται μέσα στις 10 πρώτες θέσεις της αγοράς αιολικής ενέργειας.

Τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται στο **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α5**. {2}

**EU MEMBER STATE MARKET SHARES FOR NEW CAPACITY
INSTALLED DURING 2010. TOTAL 9,259 MW** **FIGURE 1.1**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α5 - {2}

1.4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010.

Οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας υπολογίστηκαν σε 16,7% των νέων εγκαταστάσεων το έτος 2010, η πρώτη χρονιά μετά το 2007 όπου η κατασκευή αιολικών πάρκων δεν είχε το μεγαλύτερο ποσοστό από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία παραγωγής ενέργειας.

Οι μονάδες με καύσιμο φυσικό αέριο τις προηγούμενες δύο χρονιές εγκατέστησαν λιγότερη δυναμικότητα από ότι τα αιολικά πάρκα. Το 2010 όμως οι μονάδες με καύσιμο φυσικό αέριο εγκατέστησαν την περισσότερη δυναμικότητα από οποιαδήποτε άλλη μορφή παραγωγής ενέργειας με 28GW (51% των συνολικών εγκαταστάσεων).

Φωτοβολταϊκοί σταθμοί εγκαταστάθηκαν 12GW (21,7% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος), ακολουθούμενη από τα αιολικά πάρκα με 9,3GW (16,7%) . Επιπλέον 4.056MW (7,3%) από λιγνιτικούς σταθμούς, 573MW (1%) από σταθμούς με καύσιμο βιομάζα.

Συνολικά το έτος 2010 ήταν ένας χρόνος ρεκόρ στην Ευρωπαϊκή Ένωση με 55,3GW ισχύς να έχει εγκατασταθεί, υπερδιπλάσια από τις εγκαταστάσεις του 2009 (102% αύξηση).

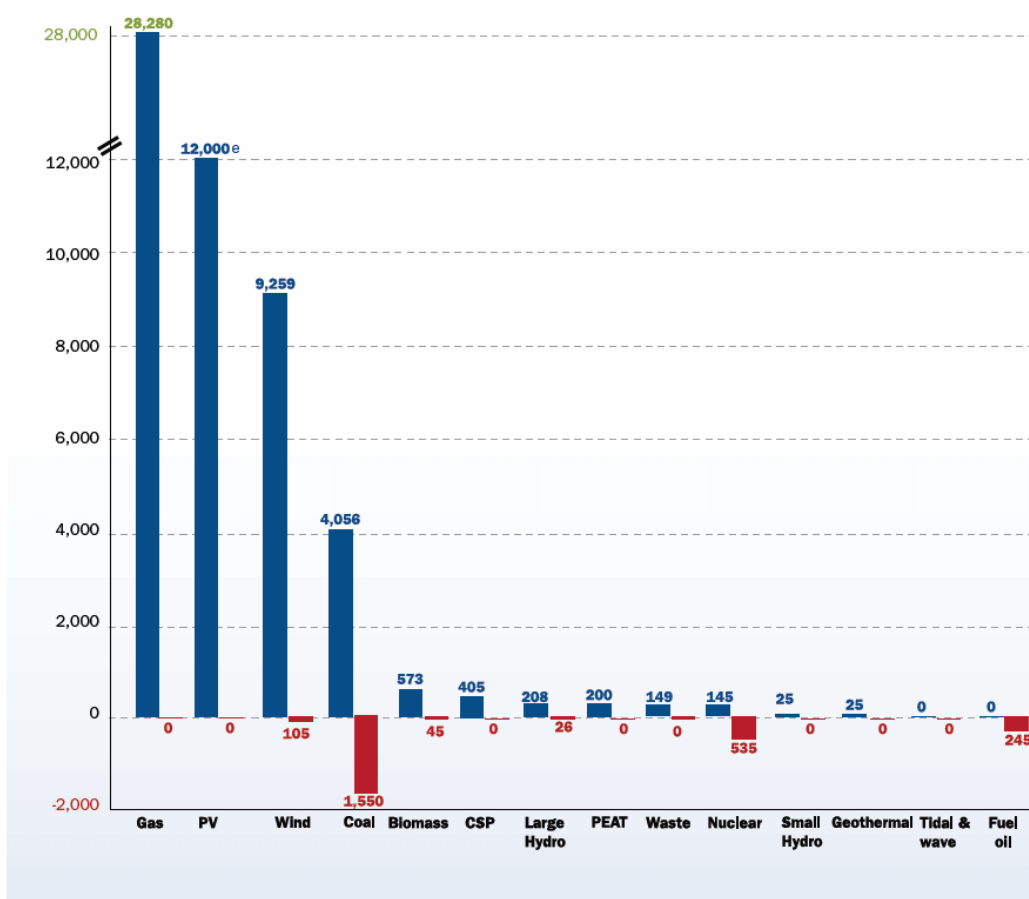
Κατά το έτος 2010, οι τομείς παραγωγής ενέργειας από πετρέλαιο και πυρηνικά κατήργησαν περισσότερή ισχύ από ότι εγκατέστησαν. Για τον τομέα του πετρελαίου κατήργησαν 245MW ενώ στον τομέα των πυρηνικών σταθμών 390MW.

Κατά το έτος 2010 ήταν η δεύτερη φορά από το έτος 1998 όπου οι λιγνιτικοί σταθμοί εγκατέστησαν νέα δυναμικότητα 4.056MW από δυναμικότητα που κατήργησαν (1550MW).

Τα παραπάνω δεδομένα φαίνονται στο **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α6. {2}**

NEW INSTALLED CAPACITY AND DECOMMISSIONED CAPACITY IN MW. TOTAL 52,820 MW

FIGURE 1.2



⁽⁴⁾ According to Platts PIE (January 2011) almost 30 GW of gas projects have been cancelled or suspended in recent years

⁽⁵⁾ In 2008 the net addition was only 16 MW

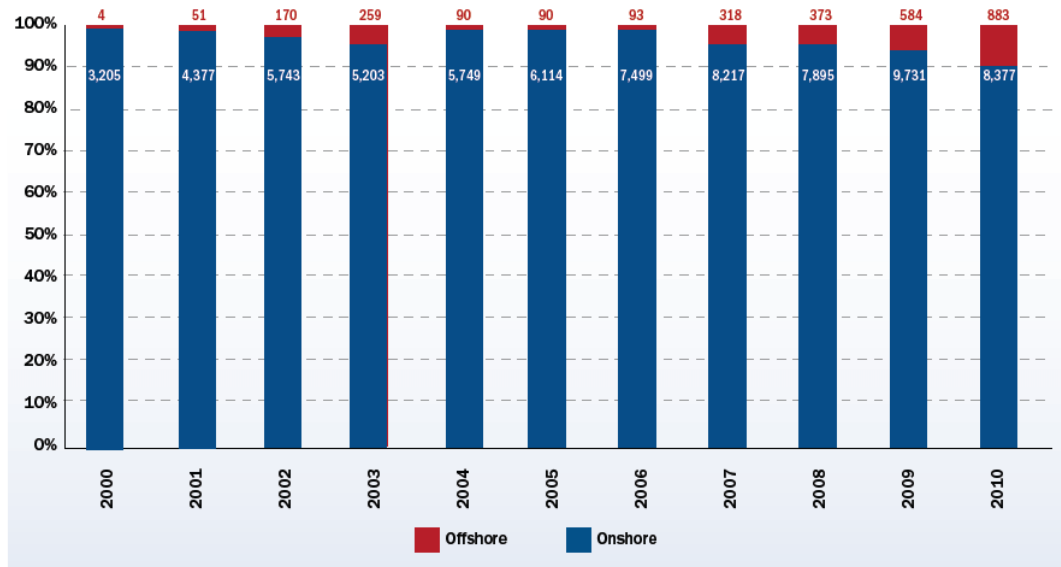
1.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Όσον αφορά την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων (offshore) είχαμε για το έτος 2010 στην Ευρώπη τα εξής χαρακτηριστικά:

- 308 νέες Ανεμογεννήτριες εγκαταστάθηκαν αξίας 2,6 δις € και συνδέθηκαν με το δίκτυο, με συνολική ονομαστική ισχύ 883MW κατά το έτος 2010, αύξηση 51% από τον προηγούμενο χρόνο (**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α7**).
- 8 υπεράκτια αιολικά πάρκα κατασκευάστηκαν και συνδέθηκαν στο δίκτυο, σε ένα αιολικό πάρκο έχει σχεδόν ολοκληρωθεί η σύνδεσή του με το δίκτυο, ενώ ακόμα ένα αιολικό πάρκο, αν και έχει κατασκευασθεί, δεν έχει συνδεθεί στο δίκτυο.
- Εργασίες στη θάλασσα ξεκίνησαν σε τέσσερα έργα, ενώ πρωταρχικές εργασίες κατασκευής σε ακόμη τέσσερα έργα ξεκίνησαν στη στεριά. {2}

OFFSHORE'S SHARE OF ANNUAL EU WIND POWER MARKET (MW)

FIGURE 3.4



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α7 – {2}

Τα δεδομένα της αγοράς υπεράκτιων αιολικών πάρκων έως σήμερα συγκεντρωτικά είναι:

- 1.136 ανεμογεννήτριες έχουν εγκατασταθεί και συνδεθεί με το δίκτυο, με συνολική ισχύ 2.946MW σε 45 αιολικά πάρκα σε εννέα χώρες στην Ευρώπη.
- Η εγκατεστημένη ισχύς των υπεράκτιων ανεμογεννητριών έως το τέλος του 2010 μπορεί σε ένα κανονικό χρόνο παράγει 11,5TWh
- Το μέσο μέγεθος ισχύος ανεμογεννήτριας είναι τα 3,2MW.

- Το 65% των θεμελίων είναι σε μονό πάσσαλο ενώ το 25% είναι σε θεμέλια με βαρύτητα, και 8% με τη μέθοδο jacket. {3}

Οι παρακάτω τάσεις αναπτύσσονται στον τομέα υπεράκτιων αιολικών πάρκων:

- Το μέσο μέγεθος ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου κατά το έτος 2010 ήταν 155,3MW ενώ το προηγούμενο έτος το μέσο μέγεθος ήταν 72,1MW.
- Το μέσο βάθος νερού κατά το οποίο υπήρξε εγκατάσταση υπεράκτιου αιολικού πάρκου κατά το έτος 2010 ήταν 17,4 μέτρα, δηλαδή 5,2 μέτρα βαθύτερα από το προηγούμενο έτος και αρκετά λιγότερο από το μέσο βάθος 25,5 μέτρα από τα αιολικά πάρκα που κατασκευάζονται αυτή τη στιγμή.
- Η μέση απόσταση του υπεράκτιου αιολικού πάρκου σε σχέση με την ακτή κατά το έτος 2010 ήταν 27,1 χιλιόμετρα, 12,7 χιλιόμετρα περισσότερο από το προηγούμενο έτος και αρκετά λιγότερο από τα 35,7 χιλιόμετρα από τη μέση απόσταση από τα αιολικά πάρκα που κατασκευάζονται αυτή τη στιγμή. {3}

Σημεία και δεδομένα της βιομηχανίας κατασκευής υπεράκτιων αιολικών πάρκων:

- Κατά το έτος 2010, 29 τύποι ανεμογεννητριών για υπεράκτια αιολικά πάρκα παρουσιάστηκαν από 21 κατασκευαστές. 44 νέοι τύποι ανεμογεννητριών ανακοινώθηκαν από 33 κατασκευαστές τα τελευταία δύο χρόνια.
- Οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές αναπτύσσουν πρωτότυπα μοντέλα ανεμογεννητριών ισχύος 6MW και 7MW και σχέδια για υπεράκτια πάρκα, ενώ οι υπόλοιποι κατασκευαστές κυρίως αναπτύσσουν μοντέλα ισχύος 5MW. {3}

1.6. ΤΑΣΕΙΣ / ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Παρά τη μεγάλη αύξηση και βελτίωση τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, η βιομηχανία αιολικής ενέργειας συνεχίζει προκειμένου να επιτύχει ακόμη καλύτερη απόδοση. Οι τοποθεσίες με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό έχουν ήδη καταλειφθεί και οι τοποθεσίες που είναι κατάλληλες μειώνονται διαρκώς, για αυτό το λόγο ο τομέας της αιολικής ενέργειας κινείται στην κατεύθυνση της αντικατάστασης των παλαιών και μικρών ανεμογεννητριών με νεότερες και μεγαλύτερης ισχύος. {4}

Για να επιτευχθεί καλή σχέση αποδοτικότητας – κόστους, το πρόγραμμα αντικατάστασης θεωρεί την εφαρμογή ψηλότερων στύλων ανεμογεννήτριας προκειμένου να εκμεταλλευτούν ανέμους σε υψηλότερο στρώμα και να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας. Στην πραγματικότητα σε ύψος πάνω από 100 μέτρα από το έδαφος, το στρώμα της ατμόσφαιρας είναι πολύ διαφορετικό σε σχέση με κοντά στο έδαφος και νέες έρευνες για το τυρβώδες περιβάλλον απαιτούνται. Έως τώρα η υψηλότερη ανεμογεννήτρια βρίσκεται στη Γερμανία με ύψος 160 μέτρα με ονομαστική ισχύ 2,5 MW με πύργο από δικτύωμα, μεταβλητών στροφών, διπλής έλικας ανεμογεννήτρια. Το πλεονέκτημα των πύργων από δικτυώματα είναι ότι είναι ελαφρύτεροι και φθηνότεροι.

Νέα σχέδια ανεμογεννητριών, πολύ μεγαλύτερου μεγέθους μελετώνται για εγκατάσταση υπεράκτια σε ρηχά ή βαθιά ύδατα, όπου το περιβάλλον είναι αρκετά διαφορετικό σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες στη στεριά. Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες είναι μεγαλύτερες (>3MW) από αυτές στην στεριά ώστε να ανταποδώσουν το αρχικό μεγαλύτερο κόστος κατασκευής. Αύξηση στο μέγεθος της ανεμογεννήτριας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους των θεμελίων της ανεμογεννήτριας, στο κόστος μεταφοράς, στο κόστος ανάρτησης της έλικας και της γεννήτριας καθώς οι καινοτομίες στο σχεδιασμό και τα υλικά κατασκευής θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω ώστε να μειωθούν τα σχετικά κόστη. {4}

Η ανάπτυξη ανεμογεννητριών πολλών MW με μόνιμους μαγνήτες με σύγχρονες γεννήτριες έχουν ισχυρό κίνητρο για εγκατάσταση σε υπεράκτια αιολικά πάρκα με τη μείωση στο κόστος και αύξηση της διαθεσιμότητας σπάνιων στη γη μόνιμων μαγνητών. Το υλικό του μόνιμου μαγνήτη έχει μια μαγνητική πυκνότητα παραπλήσια ενός ηλεκτρομαγνήτη, η οποία επιτυγχάνεται χωρίς την

επιπλέον μάζα, όγκο, και κόστος του τυλίγματος του χαλκού που απαιτείται για έναν ηλεκτρομαγνήτη. Με αυτό τον τρόπο έχουμε τη δημιουργία πολυπολικών (multi-pole) μικρών γεννητριών. Αυτές οι γεννήτριες είναι χωρίς ψύκτρες (brushless) και χωρίς μειωτήρα (gearless), σημαντικά χαρακτηριστικά για εφαρμογή σε υπεράκτια αιολικά πάρκα με πολλά οφέλη:

- A. Μειωμένες απώλειες,
- B. Αυξημένη αξιοπιστία,
- Γ. Χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

Καινοτομίες επίσης αναμένονται στην τεχνολογία μετατροπής της ισχύος. Κρίσιμα θέματα σχετικά με την μετατροπή της ισχύος από την παραγόμενη αιολική ενέργεια με ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών είναι να διατηρηθεί η υψηλή απόδοση σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων ανέμου. Συμβατικοί μετατροπείς δε έχουν βελτιστοποιηθεί για χρήση σε ανεμογεννήτριες με μεταβλητές στροφές. Οι μετατροπείς ισχύος επιτυγχάνουν την υψηλότερη απόδοση τους στην ονομαστική ισχύ (rated power). Παρουσιάζουν μικρή απόδοση σε μικρότερες ταχύτητες ανέμου, το οποίο σημαίνει μειωμένη παραγωγή ενέργειας. Νέοι μετατροπείς ισχύος μελετώνται για την επόμενη γενιά ανεμογεννητριών. Ρυθμιζόμενοι μετατροπείς ισχύος μπορούν να ανταπεξέλθουν στα θέματα της μεταβλητής ταχύτητας ανέμου. {4}

Η πρόοδος που συντελείται στα ηλεκτρονικά ισχύος θα επιτρέψουν τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών να αυξήσουν την συνολική τους απόδοση στην παροχή ηλεκτρικής ισχύος, αναδεικνύοντας ηλεκτρονικά συστήματα χρησιμοποιώντας silicon carbide (SiC), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους μετατροπείς αιολικής ενέργειας. Μετατροπείς ισχύος οι οποίοι βασίζονται στο silicon carbide μπορούν να επιτύχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος και πολύ χαμηλό βάρος. Η τεχνολογία του μετατροπέα με χρήση SiC σε σχέση με silicon είναι αποδοτικότερος και προσφέρει χαμηλότερο βάρος και όγκο ενώ δουλεύει σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο όχι μόνο κατά την παραγωγή ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά επίσης και στη λειτουργία του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιείται ευρέως καθώς ολοένα και περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εντάσσονται στα ηλεκτρικά δίκτυα παγκοσμίως. {4}

Οι εξελίξεις στον τομέα των υπεράκτιων ανεμογεννητριών θα πρέπει να έχει ως οδηγό την περαιτέρω προσαρμογή στο επικίνδυνο και εχθρικό περιβάλλον της θάλασσας. Με τελικό στόχο την μείωση του κόστους των εξόδων ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου, τα παρακάτω θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- Βελτίωση των συνθηκών πρόσβασης.
- Ανάπτυξη μεθόδων πρόσβασης λιγότερων ευαίσθητων σε μεγάλο κυματισμό και δυνατό άνεμο.
- Μείωση του χρόνου εργασίας εκτός στεριάς.
- Σχεδιασμό των ανεμογεννητριών για ελάττωση των συντηρήσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:
 - Μείωση του συνολικού αριθμού των εξαρτημάτων και απλότητα σχεδίου.
 - Σχεδιασμός της ανεμογεννήτριας σε τμήματα, το οποίο διευκολύνει την αντικατάσταση ελαττωματικών τμημάτων.
 - Χρήση τμημάτων με υψηλή αξιοπιστία.
 - Επανατοποθέτηση όλων των ηλεκτρικών τμημάτων σε ένα τμήμα της ανεμογεννήτριας στο οποίο να είναι ελεγχόμενες οι συνθήκες περιβάλλοντος.
 - Εφαρμογή τεχνολογίας για την αντιδιαβρωτική προστασία της ανεμογεννήτριας.
 - Ανάπτυξη συνθηκών προκειμένου για αποδοτική επιτήρηση δεδομένων και για απομακρυσμένο έλεγχο.
- Ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών για τη συντήρηση και την επισκευή.
- Ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης φιλοσοφίας σχεδιασμού ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου, όπου ο σχεδιασμός κάθε μίας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τους συνολικούς στόχους του αιολικού πάρκου και όχι μια απλή μεταφορά σχεδιασμού από αιολικά πάρκα που λειτουργούν στη στεριά. {5}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β
ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Ο τομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί σταθερά και με δυνατά βήματα. Το έτος 2009, ακόμα και εν μέσω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, τις χαμηλές τιμές πετρελαίου αλλά και την έλλειψη μιας διεθνούς συμφωνίας για τις κλιματικές αλλαγές, οι Α.Π.Ε. κατάφεραν να σταθούν στο ύψος των περιστάσεων.

Το 2009 οι διάφορες κυβερνήσεις επιτάχυναν τις προσπάθειες τους για να οδηγήσουν τις χώρες τους στην ανάκαμψη, έξω από την παγκόσμια ύφεση, μετατρέποντας την παραδοσιακή τους βιομηχανική παραγωγή όπου βρίσκονταν σε ύφεση, ώστε να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας. Αυτό το νέο δεδομένο, έδωσε περαιτέρω ώθηση στην ανάπτυξη των Α.Π.Ε. Από τις αρχές του 2010 περισσότερες από 100 χώρες είχαν κάποια πολιτική θέση ή στόχο σχετικά με την ανάπτυξη των τεχνολογιών Α.Π.Ε., συγκρινόμενο με τις 55 χώρες το έτος 2005.^{1}

Η Ευρώπη είναι αντιμέτωπη με τις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής, της εξάντλησης των εγχώριων πηγών ενέργειας, τα αυξημένα κόστη των καυσίμων και την απειλή της μη εγγυημένης παραγωγής ενέργειας. Τα επόμενα 12 χρόνια, ξεκινώντας από το έτος 2008, 332 GW νέας εγκατεστημένης ισχύος – 42% της έως σήμερα εγκατεστημένης ισχύος- χρειάζεται να εγκατασταθούν και να αντικατασταθούν μονάδες παραγωγής οι οποίες είναι στο τέλος του λειτουργικού τους χρόνου ζωής ώστε να καλύψουν την αναμενόμενη αύξηση στην κατανάλωση.

Τα επόμενα 12 χρόνια η Ευρωπαϊκή ένωση πρέπει να χρησιμοποιήσει την ευκαιρία που δημιουργήθηκε με τον μεγάλο μέγεθος της ισχύος που πρόκειται να εγκατασταθεί, ώστε να κατασκευάσει ένα νέο, σύγχρονο σύστημα παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. και ένα δίκτυο ικανό να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα και να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

δημιουργώντας εκατοντάδες χιλιάδες θέσεις εργασίας που σχετίζονται με την βιομηχανία ενέργειας. Το νέο σύστημα παραγωγής θα πρέπει να λειτουργεί από μια σωστά δομημένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην οποία οι επενδυτές, και όχι οι καταναλωτές, να είναι εκτεθειμένοι στο ρίσκο της τιμής καυσίμων αλλά και στο κόστος από την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. {6}

Η Οδηγία 2009 στοχεύει στο να αυξηθεί το μερίδιο των Α.Π.Ε. στην Ευρωπαϊκή Ένωση από 8,6% το 2005 στο 20% τα 2020. Το έτος 2007 το μερίδιο των Α.Π.Ε. είχε φτάσει το ποσοστό 9,9%. Από αυτό το σημείο και μετά μια αύξηση 0,65% ετησίως η Ευρωπαϊκή Ένωση θα φτάσει σε ποσοστό 18,35% σε ΑΠΕ. Η Ευρωπαϊκή επιτροπή όμως πήρε ένα φιλόδοξο ρίσκο και πρότεινε το στόχο του 20%. {6}

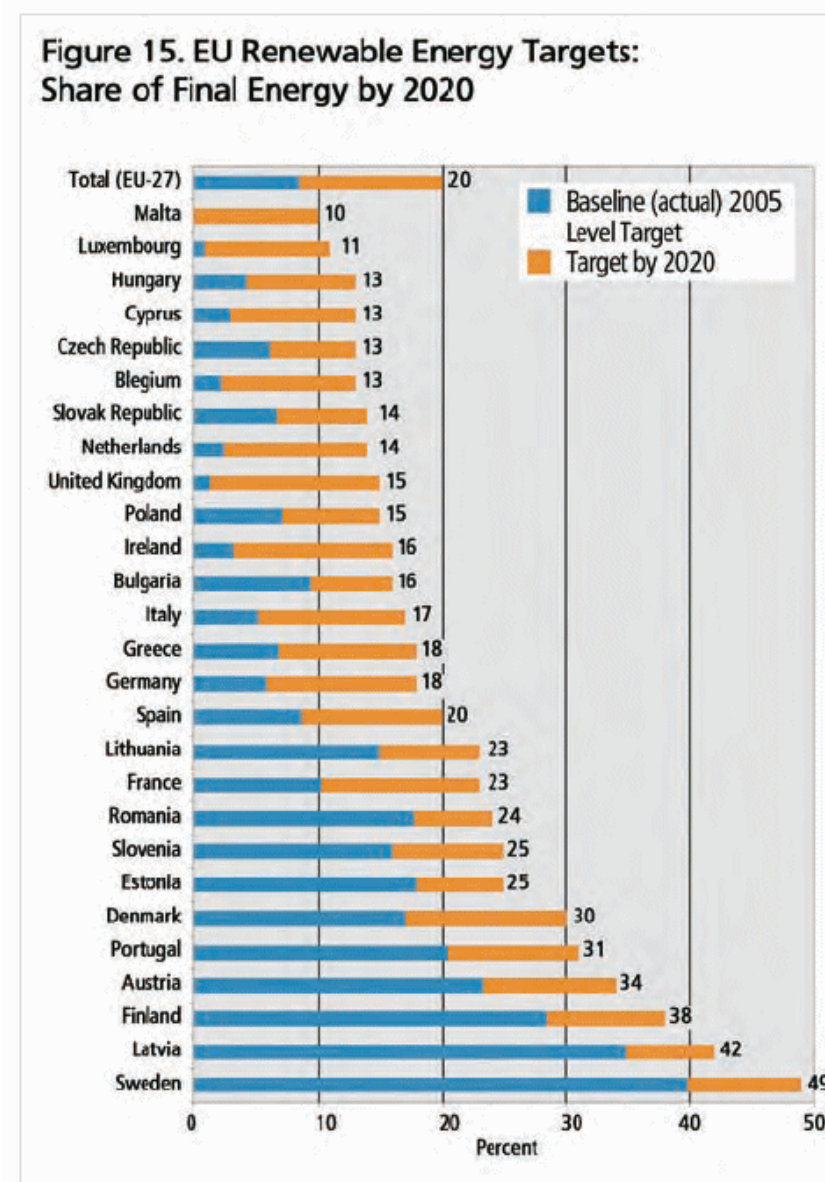
Υποστηριζόμενη από εθνικά νομοθετικά πλαίσια και η εφαρμογή / ανάληψη της Οδηγίας ΕΚ 2001 για την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., η αιολική παραγωγή έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο σημείο όπου το έτος 2008, περισσότερη δυναμικότητα αιολικών πάρκων είχε εγκατασταθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του λιγνίτη, φυσικού αερίου αλλά και της πυρηνικής ενέργειας. Από το έτος 2002 έως 2007 ο τομέας της αιολικής ενέργειας δημιούργησε περισσότερες από 60.000 νέες θέσεις εργασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το οποίο ισοδυναμεί με 33 νέες θέσεις εργασίας ανά ημέρα.

Ως η φθηνότερη μορφή παραγωγής ενέργειας από τις υπόλοιπες Α.Π.Ε., η αιολική παραγωγή αναμένεται να αποτελέσει τον οδηγό ώστε να επιτευχθεί ο στόχος του 34% μερίδιο από Α.Π.Ε. στην κατανάλωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με την Οδηγία του 2009. Ως αποτέλεσμα της, η EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA) τον Μάρτιο του 2009 αύξησε το στόχο του 2020 από 180GW σε 230GW περιλαμβάνοντας 40GW από υπεράκτια αιολικά πάρκα. Με αυτή την αναφορά η EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA) αύξησε τον στόχο για το έτος 2030 από 300GW στα 400GW εγκατεστημένης ισχύος. {6}

Έως το 2020, η περισσότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα προέρχεται από αιολικά πάρκα στη στεριά. Η Ευρώπη θα πρέπει βέβαια, να χρησιμοποιήσει την δεκαετία που έρχεται ώστε να

προετοιμαστεί για μια μεγάλης κλίμακας διείσδυση αιολικής παραγωγής από υπεράκτια αιολικά πάρκα. Είναι η ώρα να αρχίσουμε να υπολογίζουμε τα δίκτυα, όχι ως εθνικές κατασκευές, αλλά σαν Ευρωπαϊκές λεωφόρους της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δίκτυα θα πρέπει να εξελιχθούν και στη στεριά αλλά και υπεράκτια Όσο γρηγορότερα αναπτυχθούν τόσο γρηγορότερα θα υπάρξει μια εγχώρια εναλλακτική στον τομέα της ενέργειας, στην περίπτωση που οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων διακοπούν ή το κόστος τους γίνει υπερβολικά ακριβό, όπως συνέβη το 2008.**{6}**

Οι στόχοι για κάθε χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 2020 για τη συμμετοχή/ διείσδυση των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζονται στο παρακάτω **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β1.****{1}**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β1 - {1}

2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Οι υπάρχοντες στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας προβλέπουν μια αρκετά υψηλή διείσδυση της, σε αρκετές χώρες.

Ήδη έχει υπάρξει μια ραγδαία αύξηση στην σύνδεση ανεμογεννητριών στο δίκτυο διανομής και μεταφοράς τα τελευταία χρόνια, και η αυξημένη διείσδυση καθιστά το δίκτυο περισσότερο «εξαρτημένο» από την αιολική παραγωγή.

Με τις ανεμογεννήτριες να έχουν φτάσει σε δυναμικότητα τα πολλά MW η κάθε μία, και με εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων οι οποίες πλησιάζουν σε δυναμικότητα την ισχύ συμβατικών μονάδων, μια βαθύτερη κατανόηση των επιπτώσεων με το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται.

Η μέση ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (E έτος) ενός αιολικού πάρκου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$E \text{ έτος} = P \text{ μέση} \times 8760 \text{ ώρες}$$

Όπου :

$$P \text{ μέση} = \eta \text{ μέση ωριαία αναμενόμενη παραγωγή ισχύος σε kW} \\ 8760: \text{ ώρες / έτος}$$

$$P \text{ μέση} = P \text{ εγκατεστημένη} \times \text{Capacity Factor}$$

Όπου :

$P \text{ εγκατεστημένη}$ = η εγκατεστημένη ισχύς του αιολικού πάρκου σε kW
Capacity Factor: ο συντελεστής χρησιμοποίησης ενός αιολικού πάρκου.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης Capacity Factor για την Ευρώπη είναι σε ποσοστό κοντά στο 21% αντί για παλαιότερους υπολογισμούς με 35%.{7}

Όπως έχουμε ήδη αναγνωρίσει από τα στατιστικά δεδομένα, η αιολική ενέργεια είναι η περισσότερο υποσχόμενη αλλά και ώριμη τεχνολογία παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. πέρα από τις τεχνολογίες με χρήση υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση της εγκατεστημένης δυναμικότητας σε αιολικά πάρκα έχει άμεση σχέση με την γρήγορη ανάπτυξη σε διάφορους τομείς

όπως στις γεννήτριες, υλικά πτερυγίων, αεροδυναμική, έλεγχο κιβωτίου και μετατροπείς ισχύος (power converters) ώστε επέτρεψαν την βελτίωση της απόδοσης αλλά και στην αύξηση της παραγόμενης ισχύος.

Τα είδη ανεμογεννητριών είναι δύο που κυριαρχούν στην αγορά,

α. Οι ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών (fixed speed) με την γεννήτρια, σταθερής συχνότητας, συνδεδεμένη κατευθείαν με το δίκτυο και

β. ανεμογεννήτρια μεταβλητών στροφών (variable speed) σταθερής συχνότητας, με ηλεκτρονικό μετατροπέα ισχύος (Power Electronic Converter PEC) συνδεδεμένο μεταξύ της γεννήτριας και του δικτύου. {4}

Η τεχνολογία της ανεμογεννήτριας σταθερών στροφών (καθώς και η τεχνολογία ημί- μεταβλητών στροφών) αποτελεί την πρώτη γενιά ανεμογεννητριών οι οποίες σταδιακά αντικαθίσταται από τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών με PEC.

Η τεχνολογία μεταβλητών στροφών με PEC προσφέρει πολύ καλύτερη ενσωμάτωση της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο αφού χρησιμοποιείται μια μέθοδος σύνδεσης όπως των συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και επίσης επιτυγχάνει υψηλότερο βαθμό χρησιμοποίησης. Οι ανεμογεννήτριες εξοπλισμένες με σύστημα μεταβλητών στροφών είναι εξοπλισμένες με έλεγχο βήματος (pitch control) το οποίο τους επιτρέπει να:

A. Βελτιώσουν την δυναμική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας.

B. Μειώνει τις τάσεις το συστήματος κίνησης.

Γ. Μερικώς αποσβήνει τις διακυμάνσεις μηχανικής ισχύος οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τις μεταβολές στην τάση

Δ. Περιορίζουν τη μηχανική ισχύ στον κεντρικό άξονα της ανεμογεννήτριας κατά τη διάρκεια βυθίσεως τάσης

Ε. Περιορίζουν τη μηχανική ισχύ στον κεντρικό άξονα της ανεμογεννήτριας για έλεγχο της ταχύτητας, με άμεσο αποτέλεσμα την ισχύ που εγχύεται στο δίκτυο στην μέγιστη ενεργό ισχύ που αντέχει η ανεμογεννήτρια. {4}

2.3. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Η αιολική ενέργεια ως μια πηγή παραγωγής ενέργειας έχει ειδικά χαρακτηριστικά μεταξύ των οποίων είναι η συνεχής μεταβολή της έντασης και διεύθυνσης του ανέμου και η δυσκολία στην πρόβλεψη των χαρακτηριστικών του ανέμου. Από αυτό προκύπτουν προκλήσεις όσον αφορά την ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα μιας και λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών δεν μπορεί να υπολογιστεί η ισχύς που μπορεί να αποδοθεί από ένα αιολικό πάρκο, συνήθως δυναμικότητας αρκετών MW. {8}

Η αιολική ενέργεια συχνά περιγράφεται ως διακοπτόμενη πηγή ενέργειας και για αυτό το λόγο αναξιόπιστη. Στην πραγματικότητα, σε επίπεδο ηλεκτρικού συστήματος, η αιολική παραγωγή δεν ξεκινάει και σταματάει σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα και έτσι ο όρος «διακοπτόμενη» οδηγεί σε λάθος συμπεράσματα. Η παραγωγή από ένα αιολικό πάρκο συνολικά ποικίλει όπως ακριβώς και ένα ηλεκτρικό σύστημα μεταξύ παραγωγής ενέργειας και κατανάλωσης. Από τη στιγμή που η αιολική παραγωγή εξαρτάται από τον άνεμο, η παραγωγή από κάθε μια ανεμογεννήτρια ποικίλει με το χρόνο υπό την επιρροή μετεωρολογικών φαινομένων. Αυτές οι διακυμάνσεις συμβαίνουν σε κλίμακα χρόνου από δευτερόλεπτα έως ώρες, ημέρες, μήνες ακόμη και χρόνια. Η κατανόηση και πρόβλεψη αυτών των διακυμάνσεων είναι απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχή και αποτελεσματική ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας.

Η παραγωγή όπως και η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλουν καθώς τα συστήματα παραγωγής ενέργειας επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Κάποιοι παράγοντες μπορούν να προβλεφθούν και άλλοι συμβαίνουν τυχαία, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό σύστημα θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανταπεξέλθει σε αυτούς τους παράγοντες με εργαλεία όπως ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση του τα συστήματα ελέγχου και οι διασυνδέσεις. Για παράδειγμα μια αλλαγή στον καιρό μπορεί να δημιουργήσει μια ανάγκη για περισσότερη κατανάλωση διότι ο πληθυσμός μπορεί να λειτουργήσει κλιματιστικές μονάδες, μπορεί να λειτουργήσει θερμαντικές μονάδες, φώτα κτλ. {8}

Από την πλευρά της παραγωγής της ενέργειας, όταν ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως πχ ένας σταθμός πυρηνικής ενέργειας, βγει εκτός λειτουργίας από κάποιο ατύχημα ή άλλο λόγο, αυτό συμβαίνει αμέσως

το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια πολλών εκατοντάδων MW. Στην αντίθετη περίπτωση, η αιολική ενέργεια δεν βγαίνει απευθείας εκτός συστήματος. Οι διακυμάνσεις είναι περισσότερο ομαλές διότι υπάρχουν δεκάδες, εκατοντάδες ή χιλιάδες μονάδες ανεμογεννητριών αντί για λίγες μεγάλες μονάδες, διευκολύνοντας τον Διαχειριστή του Συστήματος να προβλέψει και να οργανώσει τις αλλαγές στην παραγωγή. Ειδικά σε μεγάλα διασυνδεδεμένα δίκτυα υπάρχει μικρή συνολική επίπτωση εάν ο άνεμος σταματήσει σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η σημαντική αύξηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα, λόγω της φύσης της αιολικής ενέργειας έχει εγείρει προβλήματα στο Διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος.**{8}**

Η αιολική παραγωγή εισάγει στο σύστημα περισσότερη αβεβαιότητα στη λειτουργία του συστήματος, διότι είναι συνεχόμενα μεταβαλλόμενη και δύσκολη στην πρόβλεψη. Για να υπάρξει μια σωστή οργάνωση αυτής της αβεβαιότητας, υπάρχει ανάγκη για περισσότερη ευελιξία του συστήματος στους τομείς της:

- παραγωγής,
- κατανάλωσης,
- μεταφοράς.

Πόση παραπάνω ευελιξία χρειάζεται, εξαρτάται από το πόση ισχύ από ανεμογεννήτριες έχει ήδη εγκατασταθεί στην υπό εξέταση περιοχή και από την πόση ευελιξία ήδη υπάρχει στο υπό εξέταση ηλεκτρικό σύστημα.**{9}**.

2.4. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Οι μεγάλες εγκαταστάσεις αιολικής παραγωγής έχουν γίνει ένα αξιοπρόσεκτο κομμάτι του ηλεκτρικού διασυνδεδεμένου συστήματος σε πολλές χώρες. Η μεγάλη διείσδυση μπορεί να επιτευχθεί κάτω από δύο διαφορετικές συνθήκες:

1. Μεγάλα αιολικά πάρκα συνδεδεμένα με το δίκτυο μεταφοράς ή
2. Αρκετά μικρά αιολικά πάρκα να συνδέονται στο δίκτυο διανομής σε μια περιοχή του ηλεκτρικού συστήματος.

Για μια επιτυχή μεγάλης κλίμακας διείσδυση αιολικής παραγωγής, η βιομηχανία αιολικής ενέργειας θα πρέπει να αντιμετωπίσει προκλήσεις όσο αφορά:

1. Την απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Την ανανέωση και καινοτομίες των ηλεκτρικών δικτύων.
3. Την περιορισμένη προβλεψιμότητα του ανέμου.
4. Την ικανότητα επίτευξης συχνότητας και τάσης.

Απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Την τελευταία δεκαετία πολλές χώρες ξεκίνησαν διαδικασίες για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δίνοντας πρόσβαση σε ανεξάρτητους παραγωγούς στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Η διαδικασία αυτή ενισχύθηκε κι από την όλο και μεγαλύτερη παρουσία διεσπαρμένης παραγωγής από όλο και περισσότερους παραγωγούς καθώς και από την ανάγκη για διείσδυση τεχνολογιών Α.Π.Ε.. {4}

Καθώς η αγορά απελευθερώνεται οι ανεξάρτητοι καταναλωτές απέκτησαν το δικαίωμα να επιλέγουν τον προμηθευτή τους διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην προώθηση και ανάπτυξη της on line αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το νέο περιβάλλον της αγοράς ένα νέο μοντέλο συστήματος προβλέπεται το οποίο όχι μόνο θα απομακρύνει τα εμπόδια στην εγκατάσταση νέων τεχνολογιών αλλά το σύστημα θα είναι ικανό να αξιοποιήσει/ εκμεταλλευτεί τα πολλαπλά οφέλη από όλες τις εναλλακτικές πηγές παραγωγής ενέργειας.

Στο μελλοντικό ηλεκτρικό σύστημα τα δίκτυα διανομής θα γίνουν ενεργά και θα πρέπει να εξυπηρετούν ροές ενέργειας και προς τις δύο κατευθύνσεις. Καθώς τα δίκτυα διανομής θα γίνονται όλο και περισσότερο ενεργά θα μοιράζονται τις ευθύνες της μεταφοράς ενώ θα γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των δύο τομέων (διανομής - μεταφοράς). Η γνώση θα διανέμεται σε όλο το δίκτυο η οποία θα επιτρέπει την προσφορά τιμών σε πραγματικό χρόνο και σε on line επικύρωση των συμβολαίων μεταξύ των προμηθευτών ενέργειας και των καταναλωτών. Η αγορά της ενέργειας θα πρέπει να υποστηριχθεί από ένα σταθερό και διαφανές πλαίσιο λειτουργίας ώστε να προμηθεύονται οι καταναλωτές παροχή ρεύματος με υψηλή αξιοπιστία και απόδοση με πλήρη αξιοποίηση της χρήσης κεντρικών παραγωγών αλλά και μικρότερων διασκορπισμένων παραγωγών. {4}

Ανανέωση και καινοτομίες των ηλεκτρικών δικτύων.

Ένα από τα κύρια θέματα της διεύθυνσης της αιολικής ενέργειας έχει σχέση με τη τροποποίηση των υποδομών για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση της παραγωγής που συνδέεται στο δίκτυο, η διατηρούμενη μείωση επενδύσεων σε υποδομές τα τελευταία είκοσι χρόνια και πολλές φορές η αργοπορία στην έγκριση και εγκατάσταση νέων γραμμών μεταφοράς έχει διογκώσει σε σημαντικό βαθμό το πρόβλημα.

Οι υποδομές στον τομέα της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ αλλά και σε άλλα μέρη του κόσμου είναι στο τέλος της λειτουργικής τους ζωής και χρειάζονται ανανέωση, ενίσχυση και επέκταση.**{4}**

Επίσης ένας ακόμη λόγος για την κατασκευή γραμμών μεταφοράς, αφορά την ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο στοιχίζει όσο περίπου το ένα τρίτο της κατασκευής του πάρκου. Αντιστροφείς τάσεις (inverter) που βασίζονται σε HVDC (High Voltage Direct Current) μπορούν να συνδέσουν το υπεράκτιο πάρκο με το δίκτυο και να μεταφέρουν την ενέργεια σίγουρα και αποδοτικά στα κέντρα κατανάλωσης. Αυτή η νέα τεχνολογία δεν απαιτεί το υπεράκτιο AC (Alternate current) δίκτυο να έχει φορτιστεί προτού εκκινήσει από το μηδέν (black start capability). Στο απώτερο μέλλον, ένα Ευρωπαϊκό υπερδίκτυο προτείνεται να εξυπηρετεί μεγάλα ποσά αιολικής παραγωγής από υπεράκτια πάρκα ώστε να χρησιμοποιούνται για να αμβλύνουν την αιολική παραγωγή που παράγεται στην ενδοχώρα.

Από όλες τις προκλήσεις του ηλεκτρικού δικτύου το περισσότερο επείγον θέμα είναι η μείωση των περιορισμών/εμποδίων του δικτύου της μεταφοράς και η συσσώρευση (bottleneck). Η συσσώρευση είναι ένα σχετικά νέο πρόβλημα στον τομέα της αιολικής παραγωγής. Στις περιοχές όπου το σύστημα μεταφοράς δεν είναι σωστά διαστασιολογημένο ώστε να εξυπηρετήσει επιπλέον μεγάλης κλίμακας διεύθυνση, θα πρέπει να υπάρξει μέριμνα για διαχείριση της συσσώρευσης και παραβίαση των λειτουργικών περιορισμών. Μερικές εναλλακτικές για μεγάλης κλίμακας διεύθυνση σε περιοχές με συσσώρευση (bottleneck) είναι η ενίσχυση του δικτύου και η επέκταση, η συρρίκνωση/περιορισμός της αιολικής παραγωγής, και η ύπαρξη αποθήκευσης

της επιπλέον αιολικής παραγωγής. Η παραγωγή της αιολικής ενέργειας εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου ενώ οι ώρες λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας σε πλήρη ισχύ είναι μόνο 2.000-4.000 ώρες κάθε χρόνο το οποίο σημαίνει ότι οι ανεμογεννήτριες κατά το πλείστον λειτουργούν πολύ κάτω από την ονομαστική τους ισχύ (30%-40%) και η μέγιστη ισχύς δεν συμβαίνει απαραίτητα κατά τις περιόδους με ανεπαρκή δυναμικότητα μεταφοράς. Άρα η ενίσχυση ενός δικτύου με σκοπό να εξαλείψει το φαινόμενο συσσώρευσης δεν δικαιολογείται λαμβανομένου υπόψη φυσικά του κόστους για την ενίσχυση αυτή. Η συρρίκνωση/περιορισμός της αιολικής παραγωγής κατά τη διάρκεια φαινομένων συμφόρησης είναι μια λύση για μεγάλης κλίμακας διείσδυση αιολικής παραγωγής με μικρή ή καθόλου ενίσχυση του δικτύου. Το ρίσκο της συρρίκνωσης/περιορισμού φαίνεται ως ένα εμπόδιο προκειμένου να εξασφαλιστούν οι χρηματοδοτήσεις από την πώληση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας αλλά και για μελλοντικές επενδύσεις στην αιολική ενέργεια. Η συρρίκνωση/περιορισμός θα πρέπει να οργανωθεί σύμφωνα με τις αρχές του λιγότερου κόστους από την πλευρά ολόκληρου του συστήματος. Η τρίτη λύση είναι η συνεργασία της αιολικής ενέργειας με σταθμούς παραγωγής που υπάρχουν στην περιοχή ώστε να αποθηκευτεί η επιπλέον παραγωγή. Υδροηλεκτρικά έργα και αεριοστρόβιλοι έχουν τη δυνατότητα γρήγορης εκκίνησης αλλά και γρήγορης παραγωγής ώστε να δημιουργήσουν ένα βραχυπρόθεσμο πλάνο παραγωγής. Οι παραπάνω σταθμοί παραγωγής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για real time εξισορρόπηση σε περιοχές όπου μεγάλο μέρος της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από διακοπτόμενες πηγές όπως η αιολική ενέργεια. Όταν οι σταθμοί παραγωγής βρίσκονται μακριά από την περιοχή με τα αιολικά πάρκα, η ισορροπία του συστήματος μπορεί να βεβαιωθεί από την επέκταση του δικτύου αλλά και με διεθνείς διασυνδέσεις.

Γενικά τα μελλοντικά δίκτυα θα απαιτείται να είναι έξυπνα (smart grids), να αντέχουν σφάλματα και να αυτορυθμίζονται, να είναι δυναμικά και στατικά ελέγξιμα αλλά και ενεργειακά αποδοτικά. Νέες τεχνολογίες δικτύων όπου διευκολύνουν αυξημένες μεταφορές ενέργειας στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου ρύθμιση τάσης (voltage regulation), απόσβεση συστήματος και έλεγχος της ροής ενέργειας έχουν επιτευχθεί με τη χρήση FACTS (Flexible AC Transmission Systems).{4}

Η περιορισμένη προβλεψιμότητα του ανέμου.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η αιολική παραγωγή εξαρτάται από τον άνεμο, με αποτέλεσμα η παραγωγή από κάθε μια ανεμογεννήτρια να ποικίλει με το χρόνο εξαιτίας της επιρροής των μετεωρολογικών φαινομένων. Αυτές οι διακυμάνσεις συμβαίνουν σε κλίμακα χρόνου από δευτερόλεπτα έως ώρες, ημέρες, μήνες ακόμη και χρόνια.

Μελέτες έχουν δείξει για μια ανεξάρτητη ανεμογεννήτρια, η μεταβολή της ισχύος εξόδου είναι μικρή για κλίμακα χρόνου λίγων δευτερολέπτων, για ένα ανεξάρτητο αιολικό πάρκο, η μεταβολή στην ισχύ εξόδου είναι μικρή για κλίμακα χρόνου δέκα δευτερολέπτων, λόγω του μέσου όρου των ανεξάρτητων ανεμογεννητριών που αποτελούν το αιολικό πάρκο, και για αρκετά αιολικά πάρκα διασκορπισμένα σε μια μεγάλη έκταση, όπως ακριβώς σε ένα εθνικό δίκτυο, η μεταβολή στην ισχύ εξόδου είναι μικρή για κλίμακα χρόνου από λεπτά έως δεκάλεπτα. Η ενέργεια που παράγεται από ένα μεγάλο σε αριθμό ανεμογεννητριών ποικίλει σχετικά λιγότερο από την ενέργεια που παράγει μια συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια. {4}

Ικανότητα επίτευξης συχνότητας και τάσης.

Για να αυξηθεί η ασφάλεια στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, νέοι κώδικες όσον αφορά τη μεταφορά και διανομή διασαφηνίζουν τεχνικές απαιτήσεις όπως σε συνθήκες βύθισης τάσης (Fault Ride Through Capability) και ελέγχου συχνότητας (Frequency Control) από τα ηλεκτρικά συστήματα μετατροπών από τα αιολικά πάρκα. Ασφάλεια είναι η ικανότητα του συστήματος να παραμένει σε λειτουργία μετά από ξαφνικές διαταραχές που μπορεί να συμβούν (π.χ. βραχυκύκλωμα, απώλεια εξοπλισμού, κλπ). Περιλαμβάνει οποιοσδήποτε ενέργειες μπορούν να προκαλέσουν τέτοιες διαταραχές (θεομηνίες, ανθρώπινα σφάλματα κλπ).{4}{10}

Η συνθήκη βύθισης τάσης αναφέρεται στη δυνατότητα της ανεμογεννήτριας να παραμένει συνδεδεμένη στο ηλεκτρικό δίκτυο σε επίπεδα τάσης κάτω από το ονομαστικό. Ο ενεργός έλεγχος ισχύος είναι στενά συνδεδεμένος με τον έλεγχο συχνότητας και το αιολικό πάρκο θα πρέπει να έχει δυνατότητα ελέγχου της συχνότητας ώστε να μεταβάλει προς τα πάνω και κάτω, την ενεργό ισχύ εξόδου από το αιολικό πάρκο, σύμφωνα με τη συχνότητα και τα χαρακτηριστικά της

ηλεκτρικής ενεργείας όπως αυτά καθορίζονται από τον διαχειριστή του συστήματος.**{4}**

Όταν σε ένα ηλεκτρικό σύστημα προκληθεί μια ξαφνική αύξηση στην άεργο ισχύ, η επιπλέον ισχύς θα πρέπει να καλυφθεί από εφεδρεία από γεννήτριες και συσκευές αντιστάθμισης. Εάν τα αιολικά πάρκα ή άλλες μονάδες παραγωγής δεν είναι ικανές να αντέξουν τις βυθίσεις τάσης για κάποιο διάστημα, θα αποσυνδεθούν από το σύστημα και η άεργος ισχύς από τις γεννήτριες τους θα χαθεί, με αποτέλεσμα απόρριψη φορτίου ή και black out. Για να βεβαιωθεί η ανάκαμψη της τάσης από τις ανεμογεννήτριες θα πρέπει να παραμείνουν στο σύστημα και να παρέχουν την άεργο ισχύ αφού έχει ξεπεραστεί το ξαφνικό γεγονός. Οι κατασκευαστές ανεμογεννητριών για να επιτύχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, συνήθως απαιτείται αυξημένο κόστος εξαρτημάτων αλλά και τροποποιήσεις του υπάρχοντος ηλεκτρικού συστήματος της γεννήτριας.

Παρόλο ότι τα αιολικά πάρκα θεωρούνται, από κάποιους διαχειριστές του συστήματος, όπως κάθε άλλη πηγή παραγωγής ενέργειας, και για το λόγο αυτό ζητείται να συμμετάσχουν στο ηλεκτρικό σύστημα, η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας ζητά να βρεθεί μια οικονομικά αποδεκτή λύση κατά την οποία η πρωτεύουσα και δευτερεύουσα εφεδρεία να παρέχεται από συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας και με τα αιολικά πάρκα να παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες μόνο στις περιπτώσεις όπου περιορισμοί στις υπάρχουσες εφεδρείες προβλέπονται και η αντιστάθμιση άεργου ισχύος να παρέχεται από τις μονάδες FACTS (Flexible AC Transmission Systems) κατευθείαν στο δίκτυο μεταφοράς.

{4} (Ορισμοί για την πρωτεύουσα και δευτερεύουσα εφεδρεία θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο).

2.5. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Επιπτώσεις των σταθμών αιολικής παραγωγής στη μεταβατική ευστάθεια του συστήματος.

Μια από τις μεγάλες ανησυχίες σχετικά με την μεγάλη σε κλίμακα διείσδυση αιολικής παραγωγής αφορά την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος. Με τις μελέτες μεταβατικής ευστάθειας, ελέγχεται η ικανότητα του συστήματος να επανέλθει σε κανονική κατάσταση λειτουργίας μετά από μεγάλες και κρίσιμες διαταραχές όπως της απώλεια μονάδας παραγωγής ή σφαλμάτων σε γραμμές

μεταφοράς ή ζυγούς κρίσιμων Υποσταθμών ή Κέντρων Υψηλής Τάσης. Ελέγχεται επίσης εάν μετά τη διαταραχή οι γεννήτριες παραμένουν σε συγχρονισμό ή αποσυγχρονίζονται. {11}

Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα, τα μεγάλα αιολικά πάρκα θα πρέπει να είναι ικανά να αντέχουν διαταραχές του δικτύου, αλλά και να συμμετέχουν στον έλεγχο και τη σταθερότητα του συστήματος μετά από διάφορες διαταραχές. Σε προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκαν συσκευές ισοστάθμισης αλλά και προσεγγίσεις κατά τη λειτουργία ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ενσωμάτωση της ηλεκτρικής ενέργειας από τα αιολικά πάρκα.

Αξιολόγηση για διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα.

Υπάρχουν κάποια σημαντικά θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν διεξάγονται δυναμικές μελέτες για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα.

1. Δυναμική ανάλυση της ανεμογεννήτριας αλλά και του εξοπλισμού. Η ανάπτυξη καλής ποιότητας μοντέλων προσομοίωσης θα βοηθήσει τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και θα οδηγήσει σε μια καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων της αιολικής ενέργειας στα συστήματα μεταφοράς και επίσης θα βοηθήσει στην πρόληψη μεταβατικών φαινομένων.
2. Εργαλεία προσομοίωσης ώστε να διεξαχθούν μελέτες για να αξιολογηθεί η δυναμική επίπτωση υψηλής στάθμης αιολικής παραγωγής στο σύστημα.
3. Επικύρωση του μοντέλου ώστε να δώσει εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα της δυναμικής προσομοίωσης. {4}

A. Μοντέλα Προσομοίωσης αιολικής ενέργειας.

Δυναμικά μοντέλα προσομοίωσης της ανεμογεννήτριας είναι προγράμματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή βασισμένα σε μαθηματικές παραστάσεις που αναπαριστούν τη συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Τα μοντέλα των ανεμογεννητριών λαμβάνουν

υπόψη τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών και των συστημάτων ελέγχου των καθώς και κάθε σχετικού συστήματος ελέγχου ενός αιολικού πάρκου. Ο σκοπός του μοντέλου είναι επιτρέψει την αξιολόγηση της ποιότητας ισχύος (power quality), να επιτρέψει στρατηγικές ελέγχου και συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας κατά την κανονική της λειτουργία και σε περίπτωση σφαλμάτων στο δίκτυο. Τέλεια ποιότητα ισχύος σημαίνει ότι η τάση είναι συνεχής και ημιτονοειδής με σταθερό πλάτος και συχνότητα. {4}

Προκειμένου να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα από ένα αιολικό πάρκο, το μοντέλο θα πρέπει να αναπαραστήσει το πάρκο με όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβεια.

Τα αιολικά πάρκα παρουσιάζουν στατικά και δυναμικά χαρακτηριστικά τα οποία διαφέρουν πάρα πολύ από αυτά των άλλων συμβατικών πηγών παραγωγής ενέργειας και ως εκ τούτου δεν μπορούν να ταιριάζουν σε ήδη κατασκευασμένα μοντέλα προσομοίωσης. Τα περισσότερα τμήματα / εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας είναι παρόμοια με αυτά από συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, αλλά διαφέρουν στην εφαρμογή τους. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύστημα κίνησης έχει την περισσότερη επίδραση στις διακυμάνσεις της ισχύος, στην ποιότητα ισχύος και στην μεταβατική ευστάθεια. {4}

Για να ερευνηθούν οι επιπτώσεις της αιολικής παραγωγής στην ποιότητα και ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος κρίνεται επιτακτική η χρήση κατάλληλων μοντέλων προσομοίωσης ώστε να αναπαρασταθεί το αιολικό πάρκο και το ηλεκτρικό σύστημα. Βελτιωμένα μοντέλα προσομοίωσης ανεμογεννητριών και αιολικών πάρκων αποτελούν σημαντικό τμήμα στη συνολική λύση του προβλήματος που δημιουργεί η αυξημένη αιολική παραγωγή στο δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας έχει περιοριστεί από την έλλειψη κατάλληλων δυναμικών μοντέλων προσομοίωσης για χρήση σε μεταβατικά προγράμματα ευστάθειας. Η δημιουργία του κατάλληλου μοντέλου για ανάλυση της ευστάθειας είναι ένα από τα πλέον κρίσιμα κομμάτια στον τομέα της ανάλυσης του

ηλεκτρικού συστήματος. Ο αριθμός των διαφορετικών τεχνολογιών στις ανεμογεννήτριες αυξάνει την πολυπλοκότητα του προβλήματος προσομοίωσης. Μοντέλα με διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας έχουν αναπτυχθεί για διάφορες ανεμογεννήτριες.

Είναι γενικά αποδεκτό στην βιομηχανία της αιολικής ενέργειας και από τον τομέα της παραγωγής ενέργειας ότι όλοι οι τομείς της δυναμικής επίδρασης του ηλεκτρικού συστήματος και της αιολικής παραγωγής δεν έχουν ακόμη διερευνηθεί πλήρως, ενώ έρευνα χρειάζεται προκειμένου να βελτιωθούν τα δυναμικά μοντέλα για την τελευταία γενιά ανεμογεννητριών ώστε να μελετηθεί η δυναμική επίδραση μεταξύ αιολικής παραγωγής και συστήματος μεταφοράς και διανομής. {4}

B. Προγράμματα προσομοίωσης

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός εμπορικών πακέτων για τους Διαχειριστές των ηλεκτρικών συστημάτων ώστε να προσομοιωθεί η κατανάλωση, η σταθερότητα της τάσης η δυναμική και η διακοπτόμενη/μεταβατική συμπεριφορά των δικτύων. Τα πακέτα παρέχουν μια πλήρη βάση δεδομένων, των τύπων των ηλεκτρικών τμημάτων που μπορεί να υπάρχουν σε ένα δίκτυο. Το μοντέλο δικτύου και οι διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών εμπεριέχονται στην βάση δεδομένων.

Η προσομοίωση της αλληλεπίδρασης των ανεμογεννητριών με το δίκτυο, προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες με αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού κόστους διασύνδεσης. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της μηχανικής δομής της ανεμογεννήτριας και του ηλεκτρικού δικτύου κατά τη διάρκεια διαφορετικών καταστάσεων λειτουργίας της, επιτρέπει στους επενδυτές αλλά και στους τεχνικούς του διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος να εκτελέσουν τις απαραίτητες πρωταρχικές μελέτες προτού επενδύσουν και συνδεθούν οι ανεμογεννήτριες στο δίκτυο. {4}

Τα περισσότερα εμπορικά πακέτα για την ανάλυση του σχεδιασμού των ανεμογεννητριών για προσομοίωση της ενσωμάτωσης της αιολικής παραγωγής στο σύστημα παραγωγής είναι τα κάτωθι:

MATLAB/Simulink, SABER, PSS/E, PSLF, PSCAD/EMTDC, EMTP-RV, DigSILENT PowerFactory, SIMPOW & EUROSTAG.

Η ανάπτυξη των εργαλείων προσομοίωσης μπορεί να βοηθήσει τα μέγιστα τους Διαχειριστές των ηλεκτρικών συστημάτων, να αξιολογήσουν και να εγγυηθούν την αξιοπιστία, ποιότητα ισχύος και σταθερότητα του ηλεκτρικού συστήματος με την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. {4}

Γ. Διαδικασία Επικύρωσης του μοντέλου προσομοίωσης

Όλα τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε δυναμικές προσομοιώσεις θα πρέπει να επικυρωθούν ώστε να δώσουν εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα της δυναμικής προσομοίωσης.

Η προβλεπόμενη από την προσομοίωση συμπεριφορά ενός δυναμικού μοντέλου θα πρέπει να συγκριθεί με την πραγματική συμπεριφορά ενός πρότυπου μοντέλου ή σε εργαστηριακές συνθήκες ή εγκατεστημένο σε αιολικό πάρκο και συνδεδεμένο με το δίκτυο διανομής. Για τους σκοπούς επικύρωσης ο σταθμός παραγωγής του αιολικού πάρκου θα πρέπει να βεβαιώσει τα κατάλληλα test και οι μετρήσεις που θα προκύψουν θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του δυναμικού μοντέλου. {4}

Υπάρχουν υποχρεωτικά τέσσερις τύποι πληροφοριών για τη συμπεριφορά του μοντέλου:

1. Η συμπεριφορά που προβλέπεται από εμπορικό πακέτο προσομοίωσης.
2. Η συμπεριφορά που προβλέπεται από τους σχεδιαστές της ανεμογεννήτριας- το οποίο μοντέλο είναι συνήθως με περισσότερη λεπτομέρεια και περισσότερο σύνθετο
3. Η πραγματική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας σε συνθήκες εργαστηρίου και
4. Η πραγματική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας εγκατεστημένη στο αιολικό πάρκο και συνδεδεμένη στο δίκτυο. {4}

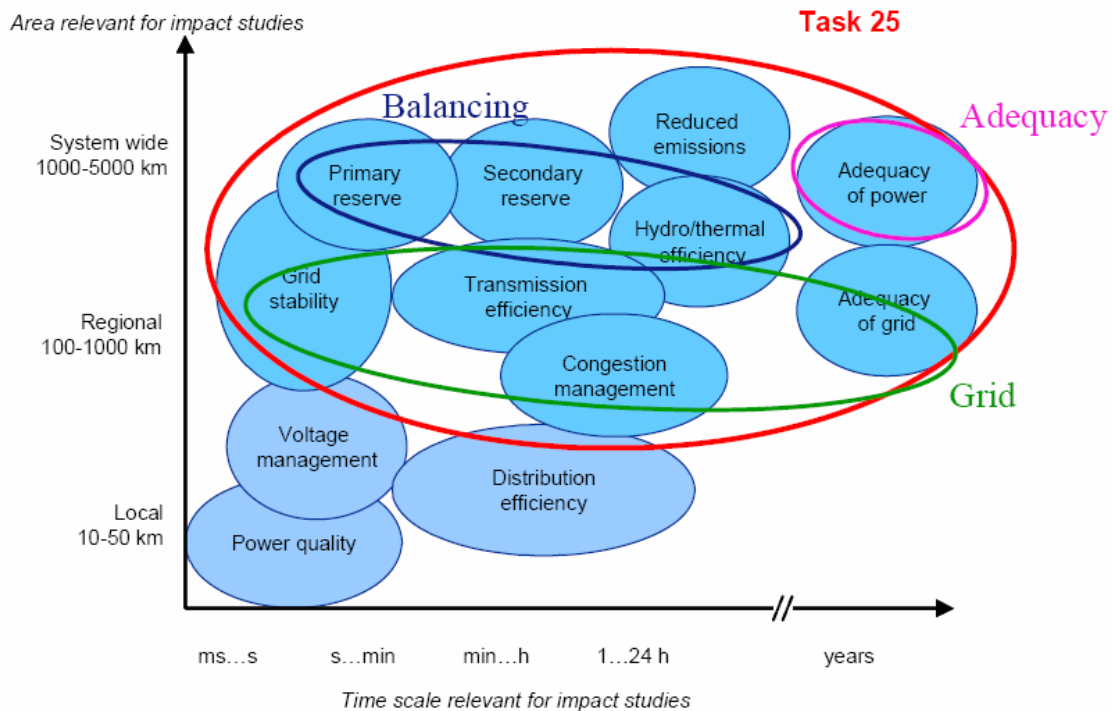
2.6. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Τα τελευταία χρόνια, διάφορες αναφορές έχουν εκδοθεί σε πολλές χώρες που ερευνούν τις επιπτώσεις της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο ηλεκτρικό σύστημα/δίκτυο της κάθε χώρας. Τα αποτελέσματα όμως για το κόστος ενσωμάτωσης της αιολικής παραγωγής διαφέρουν μεταξύ τους και παράλληλα οι συγκρίσεις είναι δύσκολο να γίνουν λόγω του διαφορετικού τρόπου υπολογισμού των δεδομένων και της χρήσης διαφορετικών υπολογιστικών εργαλείων καθώς και λόγω διαφορετικής ορολογίας και μεθοδολογίας με την οποία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Μια ομάδα έρευνας και ανάπτυξης (R&D) η οποία ονομάστηκε «Ομάδα σχεδιασμού και λειτουργίας δικτύων παραγωγής ενέργειας με έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας» δημιουργήθηκε μέσα στην «IEA IMPLEMENTING AGREEMENT ON THE CO-OPERATION IN THE RESEARCH, DEVELOPMENT & DEPLOYMENT OF WIND TURBINE SYSTEMS» το έτος 2006 με σκοπό να συλλέξει και να μοιράσει πληροφορίες που αποκτήθηκαν από εμπειρία αλλά και από τις μελέτες που έχουν γίνει έως σήμερα, αλλά ταυτόχρονα να παρέχει αναλύσεις και οδηγίες σε διάφορες μεθόδους. {9}

Η ομάδα ξεκίνησε κάνοντας μια αναφορά βασισμένη στις γνώσεις και στα αποτελέσματα που είχαν εξαχθεί μέχρι τότε ενώ η συγκεκριμένη αναφορά θα ολοκληρώνονταν δίδοντας οδηγίες στις προτεινόμενες μεθόδους προκειμένου να υπολογίσουν τις επιπτώσεις και το κόστος ενσωμάτωσης της αιολικής ενέργειας. Οι διάφορες συστάσεις θα ληφθούν υπόψη στη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη διείσδυση της αιολικής ενέργειας, το οποίο είναι και το ζητούμενο.

Σύμφωνα με την παραπάνω ομάδα η αιολική ενέργεια επιδρά τόσο στον τομέα της ασφάλειας, της αξιοπιστίας όσο και στην απόδοση ενός συστήματος παραγωγής ενέργειας. Από μελέτες προκύπτουν ότι οι επιπτώσεις διαφέρουν ενώ οι διάφορες κλίμακες χρόνου που χρησιμοποιούνται για την εύρεση των επιπτώσεων, συνήθως εμπριέχουν διαφορετικά μοντέλα υπολογισμού (αλλά και διαφορετικά δεδομένα). Επιπλέον, οι διάφορες μελέτες για τις επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας σε ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επικεντρώνονται σε τρεις τομείς ενδιαφέροντος: εξισορρόπηση συστήματος (balancing), επάρκεια ισχύος (adequacy) και δίκτυο μεταφοράς/διανομής (grid) (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β2). {9}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ B2 - {9}

Σε αυτή την διεθνή συνεργασία (IEA 25) τέθηκαν περισσότερα θέματα σχετικά με το κυρίως σύστημα και όχι τοπικά θέματα διασύνδεσης δικτύων όπως αυτό της ποιότητας της παρεχόμενης ισχύος.

Ως πρωτεύουσα εφεδρεία θεωρείται αυτή που ενεργοποιείται μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα (εφεδρεία ενεργοποιημένης συχνότητας, ρύθμιση) ενώ ως δευτερεύουσα εφεδρεία είναι αυτή που ενεργοποιείται μέσα σε χρόνο 10 -15 λεπτών (εφεδρεία λεπτού, εφεδρεία ροής/συνέχειας φορτίου). (εκτενής αναφορά για τις εφεδρείες θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο, σχετικά με το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα).

Εξισορρόπηση συστήματος: Απαιτείται αύξηση όσον αφορά στη διάθεση/κατανομή και χρήση των βραχυπρόθεσμων εφεδρειών (με κλίμακα χρόνου από λεπτό έως τριάντα λεπτά) και λόγω των επιπτώσεων της μεταβλητότητας του ανέμου και των σφαλμάτων πρόβλεψης στην απόδοση και στη δέσμευση ισχύος από συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής (με κλίμακα χρόνου: ώρες έως ημέρες). Οι απρόβλεπτες διακυμάνσεις της αιολικής παραγωγής σε μια μεγάλη περιοχή θα πρέπει να συνδυαστούν με οποιεσδήποτε άλλες μεταβολές που μπορεί να υπόκεινται στο σύστημα όπως οι απρόβλεπτες μεταβολές στην κατανάλωση. Οι διακυμάνσεις της αιολικής ενέργειας επιδρούν στον τρόπο

λειτουργίας της συμβατικής ισχύος και στο πως οι διακυμάνσεις και τα σφάλματα πρόβλεψης της αιολικής ενέργειας μεταβάλλουν τη δέσμευση μιας μονάδας παραγωγής. Η ανάλυση και η ανάπτυξη μεθόδων με σκοπό να συνεργασθεί η αιολική ενέργεια με τα υπάρχοντα εργαλεία σχεδιασμού/προγραμματισμού είναι αρκετά σημαντικές ώστε να εξαλειφθούν τυχόν αστάθειες/αβεβαιότητες από τις υπάρχουσες ευελιξίες του συστήματος κατά το μέγιστο δυνατό βαθμό. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν τις τεχνικές επιπτώσεις της αιολικής ενέργειας καθώς και το τεχνικό κόστος. {9}

Επάρκεια ισχύος: Πρόκειται για τη συνολική ισχύ που απαιτείται κατά την ώρα της υψηλής ζήτησης / αιχμής (με κλίμακα χρόνου: αρκετά χρόνια, και συσχέτιση με τις στατικές συνθήκες του συστήματος). Επάρκεια ισχύος είναι και η ικανότητα του Συστήματος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των πελατών του (ισχύς, ενέργεια) λαμβάνοντας υπόψη τις εξαναγκασμένες (τυχαίες) βλάβες και τις προγραμματισμένες διακοπές (συντηρήσεις) του εξοπλισμού του. {10}

Η εκτίμηση της απαιτούμενης ικανότητας παραγωγής περιλαμβάνει την κατανάλωση και τις ανάγκες των μονάδων παραγωγής για συντήρηση (δεδομένα αξιοπιστίας). Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της επάρκειας ισχύος περιλαμβάνουν, για παράδειγμα: την απώλεια της αναμενόμενης κατανάλωσης (Loss Of Load Expectation LOLE), την απώλεια της πιθανότητας εμφάνισης της κατανάλωσης (LOLP) και την απώλεια της αναμενόμενης παραγωγής (LOE). Το ζητούμενο είναι ο κατάλληλος προσδιορισμός της συνολικής εγγυημένης ισχύος (Capacity Credit) της αιολικής ενέργειας κατά τη στιγμή της υψηλής ζήτησης/αιχμής, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική διασπορά και τις διασυνδέσεις. {9}

Δίκτυο μεταφοράς / διανομής: Η επίδραση της αιολικής ενέργειας κατά τη μεταφορά εξαρτάται από τη θέση των αιολικών πάρκων σε σχέση με το κέντρο κατανάλωσης καθώς και από τη συσχέτιση της αιολικής παραγωγής με την κατανάλωση. Η αιολική παραγωγή επηρεάζει τη ροή ισχύος στο δίκτυο. Μπορεί να αλλάξει τη διεύθυνση της ροής και να μειώσει ή να αυξήσει τις απώλειες ισχύος και τα σημεία του δικτύου όπου παρατηρείται συσσώρευση (bottleneck). Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να τη μέγιστη δυνατή χρήση των υφιστάμενων γραμμών μεταφοράς όπως με την εκμετάλλευση on line δεδομένων (θερμοκρασία, φορτίο), FACTS (Flexible AC Transmission Systems) καθώς και με ένα κύκλωμα ελέγχου κατάστασης της ισχύος εξόδου από τα αιολικά πάρκα.

Παρόλα αυτά, η ενίσχυση του δικτύου μπορεί να κριθεί απαραίτητη ώστε να διατηρηθεί η μεταφορά επαρκής και ασφαλής. Όταν εξετάζεται η επάρκεια του δικτύου, απαιτείται σταθερή ροή κατανάλωσης και δυναμική ανάλυση ευστάθειας του συστήματος. Διαφορετικοί τύποι ανεμογεννητριών έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ελέγχου, με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικές δυνατότητες να υποστηρίξουν το σύστημα σε κανονική κατάσταση λειτουργίας αλλά και σε κατάσταση λειτουργίας υπό την παρουσία σφαλμάτων. Για λόγους ευστάθειας του συστήματος, οι ιδιότητες της λειτουργίας και του ελέγχου θα απαιτούνται από κάθε σταθμό παραγωγής αιολικής ενέργειας έως κάποιο επίπεδο, το οποίο θα εξαρτάται από την διείσδυση της αιολικής ενέργειας και την αρτιότητα του δικτύου. {9}

Οι περιπτώσεις που εξετάστηκαν από την «Ομάδα σχεδιασμού και λειτουργίας δικτύων παραγωγής ενέργειας με έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας», παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (ΠΙΝΑΚΑΣ Β1) {9}:

Region / case study	Κατανάλωση			Inter-connect. capacity MW	Αιολική ενέργεια					
	Peak MW	Min MW	TWh/a		2006	Highest studied		Highest penetration level		
					MW	MW	TWh /a	% of peak load	% of gross demand	% of (min load + interconn)
Denmark 2025	7200	2600	38	5190	3125	6500	20.2	90 %	53 %	83 %
Nordic 2004/VTT	67000	24000	385	3000*	4356	18000	46	27 %	12 %	67 %
Nordic+Germany/Greennet	155500	65600	977	6600	26603	57500	115	37 %	12 %	80 %
Finland	14800	5900	90	2280*	110	7300	16	52 %	18 %	89 %
Germany 2015 / DENA	77955	41000	552.3	10000*	20622	36000	77.2	46 %	14 %	71 %
Ireland / ESBNG	6500	2500	38.5	0	805	3500	10.5	54 %	27 %	140 %
Ireland / SEI	6900	2455	39.7	900*	805	1950	5.1	28 %	13 %	58 %
Ireland /All island	9600	3500	54	1000	900	6000	19	63 %	35 %	178 %
Netherlands	25200	9000	127	7350*	1746	10000	35	40 %	28 %	61 %
Mid Norway /Sintef	3780		21			1062	3.2	28 %	15 %	
Portugal	8800	4560	49.2	1000*	2150	5100	12.8	58 %	26 %	92 %
Spain 2011	53400	21500	246.2	2400*	15145	17500	46	33 %	19 %	73 %
Sweden	26000	13000	140	9730*	788	8000	20	31 %	14 %	35 %
UK	76000	24000	427	2000*	2389	38000	115	50 %	27 %	146 %
US Minnesota 2004	9933	3400	48.1	1500*	1300	1500	5.8	15 %	12 %	31 %
US Minnesota 2006	20000	8800	85		1300	6000	21	30 %	25 %	68 %
US New York	33000	12000	170	7000	430	3300	9.9	10 %	6 %	17 %
US Colorado	7000		36.3			1400	3.6	20 %	10 %	
US Pacificorp	10000					2000		20 %	8 %	
US California	64300	25000	304		2439	12500	34	19 %	11 %	
US Texas	65200	16000	317		4356	15000	54	23 %	17 %	

ΠΙΝΑΚΑΣ Β1 - {9}

Αποτελέσματα των περιπτώσεων που εξετάστηκαν:

Τα μεγάλα ποσά διείσδυσης της αιολικής ενέργειας έχουν διάφορες επιπτώσεις που θα πρέπει να ρυθμιστούν μέσω:

- A. της κατάλληλης διασύνδεσης των μονάδων παραγωγής
- B. της ενσωμάτωσης
- Γ. του σχεδιασμού μεταφοράς
- Δ. της λειτουργίας του συστήματος παραγωγής και της αγοράς. {9}

Το κόστος ενσωμάτωσης προκύπτει από την αύξηση του λειτουργικού κόστους εξισορρόπησης και από το κόστος επέκτασης δικτύου. Η τιμή του συντελεστή εγγυημένης ισχύος (Capacity Credit) της αιολικής ενέργειας πρέπει να είναι δεδομένη.

Ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος (Capacity Credit) αφορά μια οποιαδήποτε μονάδα παραγωγής ισχύος και έχει σχέση με την ικανότητα της μονάδας παραγωγής να αυξήσει την αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος που είναι συνδεδεμένη. Ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος (Capacity Credit) αποτελεί δείκτη αποδοτικότητας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και ο υπολογισμός του για κάθε μια μονάδα είναι σημαντικός για τον διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος που είναι υπεύθυνος για την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος. {12}

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η παραγόμενη ισχύς από αιολικά πάρκα μεταβάλλεται στοχαστικά με το χρόνο λόγω της εξάρτησης της από τις μετεωρολογικές συνθήκες με αποτέλεσμα η εγγυημένη ισχύς να μην είναι πάντοτε αξιόπιστη. Σε αντίθεση με το αιολικό πάρκο ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος σε μια συμβατική μονάδα είναι προσδιορισμένος με ακρίβεια διότι ανά πάσα στιγμή μπορεί να παράγει την επιθυμητή ισχύ. Γενικότερα θα μπορούσε να οριστεί ως εγγυημένη ισχύς μιας μονάδας Α.Π.Ε. η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς από συμβατικές μονάδες που υποκαθίσταται, υπό τον περιορισμό ότι δεν μειώνεται η αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος.

Ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος της μονάδας Α.Π.Ε. προκύπτει με αδιαστατοποίηση της εγγυημένης ισχύος (ELCC- Effective Load Carrying Capability) με την ονομαστική εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας. Στην περίπτωση που ο συντελεστής εγγυημένης ισχύος προκύπτει μεγαλύτερος του μηδενός, είναι σαφές ότι η λειτουργία ορισμένων συμβατικών μονάδων δεν είναι απαραίτητη

ώστε να καλυφθεί η κατανάλωση. Η πληροφορία αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τους φορείς σχεδιασμού της ενεργειακής στρατηγικής και για τον διαχειριστή του συστήματος καθώς αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την διαμόρφωση του μελλοντικού μίγματος της ηλεκτροπαραγωγής.

Η εγκατάσταση μιας μονάδας Α.Π.Ε. μπορεί να συνεισφέρει στην αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος, δηλαδή στη μείωση της πιθανότητας απώλειας φορτίου. Παραμένει όμως ένα ζήτημα κατά πόσο η παραγόμενη ισχύς από την μονάδα Α.Π.Ε., μπορεί να θεωρηθεί ως εγγυημένη. Εάν οι ώρες αιχμής ενός συστήματος, συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με την περίοδο της υψηλής αιολικής παραγωγής τότε η συνεισφορά της αιολικής ενέργειας σε παροχή εγγυημένης ισχύος είναι θετική, αφού τις ώρες υψηλής ζήτησης είναι περισσότερο πιθανό να συμβεί απώλεια φορτίου στο σύστημα. Απώλεια φορτίου σημαίνει ότι η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από τη δυνατότητα παραγωγής των διαθέσιμων μονάδων και επομένως ορισμένοι καταναλωτές πρέπει να αποσυνδεθούν. Η πιθανότητα απώλειας φορτίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά της ζήτησης, τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία των μονάδων παραγωγής, τον αριθμό των μονάδων κ.α. {12}

Οι μελέτες που έχουν γίνει δεν είναι εύκολο να συγκριθούν λόγω των διαφορετικών μεθόδων και δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί καθώς και λόγω των διαφορετικών παραδοχών όσον αφορά στις δυνατότητες των διασυνδέσεων.

Από τις εξεταζόμενες μελέτες, το λειτουργικό κόστος του συστήματος αυξάνεται περίπου κατά 1-4€/MWh. Πρόκειται δηλαδή για απώλεια της τάξης του 10% ή μικρότερη της χονδρικής τιμής πώλησης της αιολικής ενέργειας.

Η αύξηση της απαιτούμενης βραχυπρόθεσμης εφεδρείας έχει εκτιμηθεί να είναι μικρότερη του 4% της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος σε περίπτωση/σενάριο χαμηλής διείσδυσης και για ωριαία μεταβλητότητα του ανέμου, σε περίπου 5% για σφάλματα πρόβλεψης έως τέσσερις ώρες μπροστά, και για περίπου 10% για σφάλματα πρόβλεψης έως 24 ώρες μπροστά ώστε να εξισορροπηθούν με τη βραχυπρόθεσμη εφεδρεία.

Το κόστος της ενίσχυσης του δικτύου λόγω της αιολικής ενέργειας εξαρτάται από τη θέση των σταθμών παραγωγής της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τα κέντρα κατανάλωσης και το σχεδιασμό του δικτύου. Από τις εξεταζόμενες μελέτες το κόστος αυτό ποικίλει από 35€/kW σε 160€/kW. Το κόστος ενίσχυσης του δικτύου μπορεί να είναι υψηλό αλλά γίνεται άπαξ. Επίσης υπάρχουν διαφορές

στο πως το κόστος κατανέμεται στην αιολική παραγωγή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ενίσχυση του δικτύου γενικά θα πρέπει να είναι ανεξάρτητη από την επιλογή της μείωσης της αιολικής παραγωγής ή λειτουργία διαφορετικού είδους παραγωγής ενώ η βέλτιστη χρήση του δικτύου μεταφοράς μπορεί να συμβάλλει στην αναβολή της επένδυσης του δικτύου. {9}

Όμως εάν σχεδιάζεται να προστεθούν μεγάλες ποσότητες αιολικής ενέργειας στο σύστημα, συνήθως απαιτείται ενίσχυση και επέκταση του δικτύου. Βέβαια όταν κατασκευάζεται το δίκτυο από την αρχή για την προβλεπόμενη δυναμικότητα είναι συνήθως οικονομικά περισσότερο αποδοτικό από το να κατασκευασθεί σε διαφορετικές φάσεις. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, τα αιολικά πάρκα μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να μπορούν να ελέγχουν τις τυχόν βυθίσεις της τάσης και να συμμετέχουν στον έλεγχο της συχνότητας του δικτύου.

Το capacity value της αιολικής που μπορεί να διεισδύσει σε ένα δίκτυο μπορεί να φθάσει το 40% της εγκατεστημένης ισχύος, εάν η αιολική παραγωγή είναι υψηλή τις στιγμές της υψηλής ζήτησης/αιχμής, και 5% σε υψηλότερες διεισδύσεις και εάν τα χαρακτηριστικά του τοπικού ανέμου δεν μπορούν να συσχετίζονται με το προφίλ της κατανάλωσης. Έχοντας στο σύνολο μεγαλύτερη έκταση εγκατάστασης αιολικών πάρκων, μπορεί να αυξηθεί το ποσοστό διείσδυσης capacity value της αιολικής ενέργειας. {9}

Αρκετά σημεία τα οποία επηρεάζουν το ποσό της αιολικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματωθεί έχουν ήδη προσδιοριστεί. Η εξισορρόπηση μεγάλων εκτάσεων και η ενσωμάτωση μεγάλων εκτάσεων συμβάλλουν στη μείωση των διακυμάνσεων και των σφαλμάτων πρόβλεψης του ανέμου, όπως επίσης βοηθούν και στη χρήση ακόμη αποδοτικότερων (από πλευράς κόστους) μεθόδων εξισορρόπησης. Η λειτουργία του συστήματος και οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, βοηθούν ώστε να μειωθούν τα σφάλματα πρόβλεψης της αιολικής ενέργειας εάν λειτουργούν με κλίμακες χρόνου λιγότερο από ημέρα μπροστά. Το δίκτυο μεταφοράς είναι το κλειδί ώστε να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα των μεγάλων εκτάσεων καθώς και την εξισορρόπηση μεγάλων εκτάσεων.

Το κόστος ενσωμάτωσης της αιολικής ενέργειας θα πρέπει να συγκριθεί με κάτι χειροπιαστό όπως το κόστος της υπάρχουσας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή τη χρηματιστηριακή αξία της αιολικής ενέργειας ή το κόστος ενσωμάτωσης άλλης μορφής πηγής ενέργειας. {9}

Πράγματι τα πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης της αιολικής ενέργειας αναμένεται να είναι αρκετά υψηλότερα από το κόστος. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο την εξοικονόμηση καυσίμων είναι σχεδόν ανάλογη με την παραγωγή αιολικής ενέργειας και μια τάξη μεγέθους υψηλότερη από το προβλεπόμενο κόστος εξισορρόπησης. Ένα άλλο πλεονέκτημα κατά την προσθήκη αιολικής ενέργειας στο σύστημα ισχύος είναι η μείωση του συνολικού λειτουργικού κόστους και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς ο άνεμος αντικαθιστά τα στερεά ορυκτά καύσιμα.

Για υψηλά επίπεδα διείσδυσης της αιολικής ενέργειας, θα πρέπει να εξετασθεί περισσότερο η βελτιστοποίηση του συστήματος. Πιθανόν να απαιτούνται τροποποιήσεις στη διάταξη και τη λειτουργία του συστήματος ώστε να μπορεί αυτό να δεχθεί υψηλότερα επίπεδα διείσδυσης αιολικής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει ανάγκη για αυξημένη ευελιξία στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για μεταφορά σε γειτονικές περιοχές, για διαχείριση της ζήτησης, ή για αποθήκευση (για παράδειγμα σε συστήματα αντλησιοταμίευσης ή θερμικά συστήματα ή μπαταρίες σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα). Η ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας θα πρέπει να εκτιμηθεί σε διεθνές επίπεδο ώστε να αναγνωρισθούν οι ανάγκες και τα οφέλη της διασύνδεσης μεταξύ των εθνικών δικτύων παροχής ενέργειας. {9}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι υπάρχει μεγάλη ανάγκη για να βρεθούν οι κατάλληλοι τρόποι ώστε να γίνει εφικτή η αποτελεσματική και αξιόπιστη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ηλεκτρικό σύστημα.

Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι προκειμένου να επιτευχθεί μεγάλη ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. και ειδικότερα της μεγαλύτερα υποσχόμενης τεχνολογίας Α.Π.Ε., της αιολικής ενέργειας.

3.2. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Τι είναι όμως ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας? Ο απλούστερος ορισμός ενός συστήματος αποθήκευσης είναι ότι αποτελεί ένα σύστημα ειδικά σχεδιασμένο το οποίο παραλαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, τη μετατρέπει σε κάποια μορφή η οποία είναι κατάλληλη για αποθήκευση και αργότερα την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια και με κάποιες απώλειες την μεταφέρει πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο.{13}

Για να αντιμετωπιστεί η μεταβλητότητα και η στοχαστική συμπεριφορά των περισσότερων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που πολλές φορές δεν είναι ικανές να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, η εφαρμογή συστημάτων αποθήκευσης της ενέργειας, αποτελεί επιτακτική ανάγκη (**ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Γ1**). Η χρήση των συστημάτων αποθήκευσης ως βοηθητικά συστήματα έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των υπάρχοντων μονάδων παραγωγής και την αποφυγή νέων εγκαταστάσεων.{14}

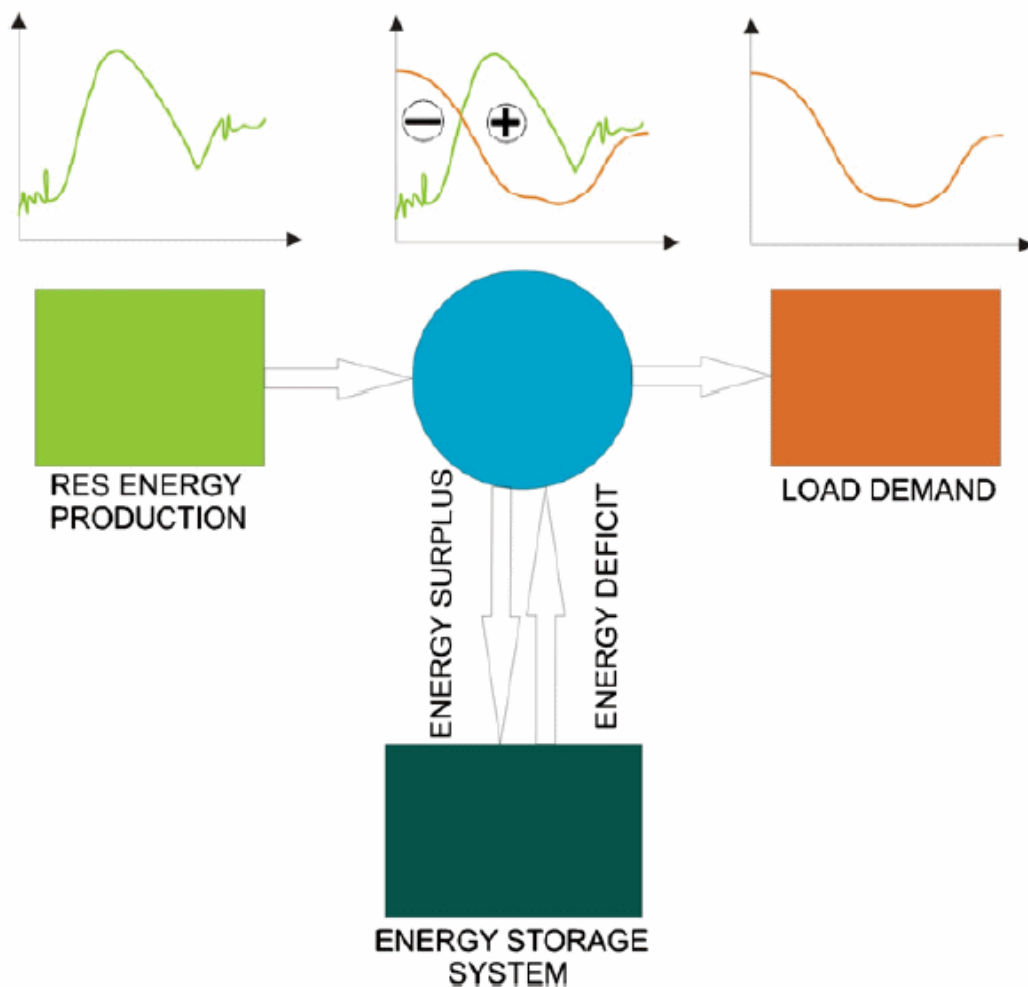


Fig. 1. Typical energy storage system configuration.

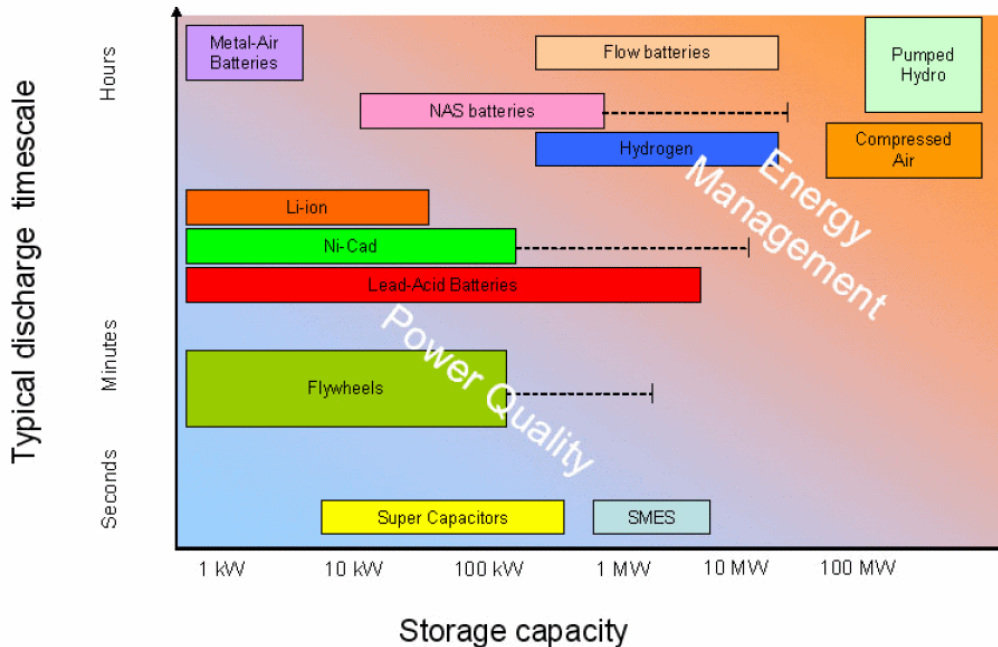
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Γ1 - {14}

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει ότι οι τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας είναι ένας τομέας που πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο, δεδομένου της χρήσης των στην ενεργειακή ασφάλεια καθώς επίσης και για τη μείωση των εκπομπών ρύπων διοξειδίου του άνθρακα.

Για το λόγο αυτό, πέρα από τον τομέα της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ασχοληθεί με την αποθήκευση της ενέργειας και στον τομέα των μεταφορών αφού έως σήμερα η εξάρτηση αυτού του τομέα από τα υγρά καύσιμα είναι μεγάλη. {15}

Στον τομέα της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να βοηθήσει εφαρμογές ποιότητας της ισχύος (power quality), ή άλλες εφαρμογές διαχείρισης ισχύος (power management) ή και τα δύο όπως δείχνει το παρακάτω διάγραμμα (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ1).{15}

Figure 1: Typical storage capacity versus discharge times for energy storage technologies



(Figure adapted from: Electricity Storage Association.)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ1 - {15}

Τα διάφορα δεδομένα των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας διαφέρουν κατά πολύ. Το δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, η δομή των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και ο τρόπος που λειτουργούν και ρυθμίζονται, αποτελούν στοιχεία κλειδιά για την αξία και τα οικονομικά οφέλη της κάθε μιας ξεχωριστά τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας.

Θα υπάρξει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση της αποθήκευσης ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα, το οποίο ποσό μείωσης όμως δύσκολα μπορεί να υπολογιστεί, με αποτέλεσμα να είναι επίσης δύσκολο να τεθεί σε μελέτες και να χρησιμοποιηθεί για λήψη αποφάσεων. {15}

Όμοια με τις οικονομικές αβεβαιότητες που περιγράψαμε παραπάνω αυτό οφείλεται στο ευρύ πεδίο των σεναρίων κάτω από τα οποία η τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας θα συμμετάσχει ώστε να έχουμε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Για κάποιες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας υπάρχουν περιορισμοί και όρια τα οποία αφορούν περιβαλλοντικά θέματα (όπως η χρήση μπαταριών με κάδμιο ή νικέλιο) αλλά σε γενικές γραμμές η εξέλιξη τους υπαγορεύεται από οδηγίες περί των περιβαλλοντικών θεμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. {15}

3.3. ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Η παρακάτω παράγραφος χωρίζει τις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, όπως φαίνονται στον επόμενο πίνακα- στους εξής κύριους τομείς:

- Εξελιγμένα συστήματα μπαταριών (Advanced Battery Systems)
- Αποθήκευση ρευστών (Fluid Storage)
- Μηχανικά συστήματα (Mechanical Systems)
- Ηλεκτρομαγνητικά συστήματα (Electro-magnetic Systems)
- Τεχνολογίες χρήσης υδρογόνου (Hydrogen)

Για τους παραπάνω τομείς, έχει δημιουργηθεί ο παρακάτω πίνακας (**Table 1**) -{15} σύμφωνα με τον οποίο υπάρχει επιγραμματικά η περιγραφή της κάθε μιας τεχνολογίας με τα κύρια χαρακτηριστικά της.

Για εφαρμογές ποιότητας ισχύος (Power Quality):

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο, *ποιότητα ισχύος* σημαίνει ότι η τάση είναι συνεχής και ημιτονοειδής με σταθερό πλάτος και συχνότητα. Η ποιότητα της τάσης πρέπει να εκπληρώνει απαιτήσεις που ορίζονται από διεθνείς κανονισμούς, ενώ οι ενοχλήσεις της τάσης χωρίζονται σε διακυμάνσεις τάσης, Flicker, διακοπές, περιοδικά φαινόμενα και αρμονικές διαταραχές

- Τεχνολογία με σφονδύλους (FLYWHEELS)
- Μπαταρίες Sodium-Sulphur
- Μαγνήτες Superconducting

Για εφαρμογές διαχείρισης ισχύος (Energy Management):

- Συστήματα με πεπιεσμένο αέρα (Compressed Air Energy Systems - CAES)
- Μπαταρίες ροής (Flow Batteries)
- Υδρογόνο (Hydrogen)

Table 1: Inventory of current energy storage technologies⁷

(Various Sources, including: US Department of Energy (EERE 2006); The INVESTIRE network (INVESTIRE, 2003); Energy Storage Association (ESA, 2007); UK Department of Trade and Industry (DTI, 2004; DTI, 2006); Baxter (2006))

Technology Type	System Energy Density	Efficiency of Recovery	Development	Deployment	Illustrative Economic Costs	Current Investment		Advantages	Disadvantages	Suitability for		
						EU	Rest of World			Energy Management	Power Quality	Transport
Advanced Battery Systems												
Super-capacitors	0.1 - 5 Wh/kg	85 - 98%	Developing	Widespread (small scale)	2002: 200-1000 (€/kW)	3.6M€ under Joule III FP4	Unknown	Long life cycle, high efficiency	Low energy density Toxic and corrosive compounds	✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Nickel Batteries	20 - 120 Wh/kg	60 - 91%	Available	Limited	200 - 750 (€/kWh)			High power and energy densities Good efficiency	NiCd: Cadmium highly toxic NiZn, NiMH and Na-NiCl ₂ require recycling	✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Lithium Batteries	80 - 150 Wh/kg	90 - 100%	Available	Growing for small scale applications	150 - 250 (€/kWh) [High energy, industrial application]	5M€ under FP6	US, Japan, Taiwan	High power and energy densities High efficiency	High cost Lithium oxides & salt require recycling Polymer solvents and carbon must be made inert	✓	✓✓✓	✓✓✓
Lead-Acid Batteries	25 - 45 Wh/kg	60 - 95%	Available	Widespread	50 - 150 (€/kWh)			Low capital cost	Lead requires recycling	✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Zinc-Bromine Flow Batteries	37 Wh/kg	75%	Early phase of commercialisation	Limited	2MWh battery (1.8m €)			High capacity	Low energy density	✓✓✓	✓✓	
Vanadium Flow Batteries		85%	Early phase of commercialisation	Limited	1280€ / kW			High capacity	Low energy density	✓✓✓	✓✓	

Technology Type	System Energy Density Wh/kg	Efficiency of Recovery	Development	Deployment	Illustrative Economic Costs	Current Investment		Advantages	Disadvantages	Suitability for		
						EU	Rest of World			Energy Management	Power Quality	Transport
Metal-Air Batteries	110 - 420 Wh/kg	~50%	Electrically rechargeable cells - developing	Limited (large scale)				High energy density Low cost. Environmentally benign	Poor electrical rechargeability Short recharge lifetime	✓✓✓	✓	✓
Sodium-Sulphur Batteries	150 - 240 Wh/kg	> 86%	Available	Mainly in Japan	170€/kWh	Japan		High power and energy densities High efficiency	High production costs. Na requires recycling	✓✓✓	✓✓	✓
Fluid Storage												
Pumped Hydro-Electric	N/A	75-85%	Available	Widespread - 90GW worldwide	140m - >680m € for a 1000MW plant	Limited	Limited	High capacity, relatively low cost per unit capacity	Disturbs local wildlife and water levels	✓✓✓	✓✓	✗
Compressed Air Energy Systems	N/A	80% (Alabama plant)	Available	Limited, one site in the USA and one in Germany	400€/kWh at plant in Alabama	Limited testing (Italy)	Planned 2.7GW plant (Norton Ohio)	High capacity, relatively low cost per unit capacity	Problematic in obtaining sites for use: Norton Ohio site is experiencing several legal proceedings	✓✓✓	✓✓	✗
Mechanical Systems												
Flywheels	30-100 Wh/kg	90%	Available		3000-10000 (€/kW)			High power	Low energy density	✓✓	✓✓✓	✓
Electro-Magnetic Systems												
Super-Conducting Magnets		97-98%	Developed up to 10MW, potential to increase this to 2000MW	In power quality applications, potential for diurnal storage	350€/kW		Japan, USA	High power	Health impacts for large scale sites	✓	✓✓✓	✗
Hydrogen												

Technology Type	System Energy Density	Efficiency of Recovery	Development	Deployment	Illustrative Economic Costs	Current Investment		Advantages	Disadvantages	Suitability for		
						EU	Rest of World			Energy Management	Power Quality	Transport
H ₂ Fuel Cell	N/A (System outputs <1kW - 3MW)	25 - 58%	Research/developing/ marketed	Limited	6,000 - 30,000 €/kWh	Hydrogen & fuel cell technology platform	Freedom CAR (USA)	Hydrogen can be stored long term Range of cell types for different applications	Expensive catalysts or processing often required	✓✓	✓✓	✓✓
H ₂ Internal Combustion Engine (ICE)	N/A	N/A	Developing	Limited		BMW	Ford / California			✓	✓	✓✓

Key to Table 1	
✓✓✓	Suitable
✓✓	Partially suitable
✓	Limited suitability
✗	Unsuited

Γενικά οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θα συνεισφέρουν στην Ευρωπαϊκή ενεργειακή ασφάλεια εάν μπορέσουν να καταστήσουν δυνατή την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – η εγκατάσταση των οποίων βαίνει αυξανόμενη όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο- στη ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας. Ο τρόπος με τον οποίο η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να βοηθήσει στην ενεργειακή ασφάλεια, εξαρτάται από τη φύση των ανανεώσιμων πηγών και την ανάπτυξη τους (μεγάλης ή μικρής κλίμακας) και στην αγορά ενέργειας στην οποία αναπτύχθηκαν. **{15}**

Η μεγάλη εξάπλωση των «διακοπτόμενων» ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγεί σε μια απαίτηση για εφεδρικές πηγές ισχύος για τις οποίες η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να αποτελέσει μια λύση. Η ανάπτυξη ενός εύρους τεχνολογιών, με καλή απόδοση κόστους- απόδοσης, ευέλικτων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είναι πολύ πιθανό να επιτρέψει την υλοποίηση των στόχων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ένα συνολικά μειωμένο κόστος και με αυξημένη ευελιξία δικτύου. Παρόλα αυτά, σε κλίμακα δικτύου, η αποθήκευση ενέργειας δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι τρόποι με τους οποίους λειτουργεί η Ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας το πώς ρυθμίζεται καθώς και η φύση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικά στοιχεία από τα οποία θα καθορισθεί το είδος της αποταμίευσης ενέργειας που θα βοηθήσει αποδοτικά στην ενεργειακή ασφάλεια και στη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων διοξειδίου του άνθρακα. Σήμερα η Ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας παραμένει διασπασμένη. Οι ασυνεπείς λειτουργικές και ρυθμιστικές προσεγγίσεις και οι διαφορετικές αγορές έχουν ποικίλες επιπτώσεις στα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Συγκεκριμένα υπάρχει μικρό κίνητρο για ενεργειακή αποθήκευση ώστε να εισαχθεί σε διάφορες Ευρωπαϊκές αγορές ενέργειας στις οποίες δεν υπάρχει απελευθέρωση του τομέα ενέργειας καθώς και διαφάνεια στις διαδικασίες. **{15}**

Στις 10 Ιανουαρίου 2007 η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε μια οδηγία για την στρατηγική της ενεργειακής πολιτικής λαμβάνοντας υπόψη διάφορα δεδομένα μετρήσεων και σχέδια ώστε να επιτευχθεί η ενεργειακή ασφάλεια και επάρκεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην πορεία για μια ασφαλή, αποδοτική και αειφόρο μορφή των ενεργειακών πηγών και χρήσης της ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Ένωση

δήλωσε ότι η αποθήκευση ενέργειας είναι μια μεγάλη «σπαζοκεφαλιά» και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα μελλοντικά συστήματα παραγωγής ενέργειας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύθηκαν σε επόμενο τεύχος (communication) που εκδόθηκε τον Νοέμβριο του 2007 «A EUROPEAN STRATEGIC ENERGY TECHNOLOGY PLAN (SET PLAN)» “TOWARDS A LOW CARBON FUTURE” COM 2007. Ως μια από τις Ευρωπαϊκές Βιομηχανικές αρχές σε αυτό το τεύχος (communication) πρότεινε την δημιουργία μιας αρχής για το Ευρωπαϊκό Ηλεκτρικό Δίκτυο, το οποίο θα επικεντρωθεί στην ανάπτυξη του «έξυπνου» ηλεκτρικού συστήματος (smart electricity system), το οποίο θα περιλαμβάνει συστήματα αποθήκευσης και τη δημιουργία Ευρωπαϊκού Κέντρου για την εφαρμογή ενός ερευνητικού προγράμματος για την ανάπτυξη του Ευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφοράς. **{15}**

Επιπρόσθετα, σαν κομμάτι του οράματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης το έτος 2050 να έχει σταματήσει η χρήση καυσίμων που περιέχουν άνθρακα, ένα από τα 7 σημεία κλειδιά για τα επόμενα 10 χρόνια έχει αναγνωρισθεί ως «επίτευξη καινοτομίας στον τομέα της απόδοσης των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας»

Το να βρεθούν λύσεις στις προκλήσεις των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, έχει αναγνωρισθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως σημαντικό συστατικό προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με τις οδηγίες της στον τομέα της ενέργειας. **{15}**

Ο λόγος για τον πρωταγωνιστικό ρόλο της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι διότι είναι ουσιαστικά συνδεδεμένη με τη φύση των περισσότερων μορφών παραγωγής ενέργειας με μηδενικές εκπομπές ρύπων και διαφέρουν από τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα που κυριαρχούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι παραδοσιακές μορφές παραγωγής ενέργειας αποθηκεύουν την ενέργεια στο σημείο παραγωγής με τη μορφή αποθήκης (πχ άνθρακας, δεξαμενές με υγρά καύσιμα, πυρηνικά καύσιμα ή νερό πίσω από φράγμα). Το δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος που υπάρχει σε όλες τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, απαιτεί η παραγωγή της ενέργειας να ακολουθεί πάντα την κατανάλωση σε κλίμακα χρόνου δευτερολέπτου. Ο κρίσιμος ρόλος του

ηλεκτρικού δικτύου και οι χειριστές του συστήματος μεταφοράς είναι να έχουν εφεδρείες ώστε να εξασφαλίσουν αυτή την ανωτέρω απαίτηση. Οι συνέπειες της αποτυχίας στα δίκτυα, ώστε να διασφαλίσουν την παραπάνω απαίτηση, μπορεί να είναι καταστροφικά με την μορφή ενός μπλάκ άουτ, χάσιμο βιομηχανικής παραγωγής αλλά και πιθανή απώλεια ζωής. **{15}**

Έως τώρα η παραδοσιακή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας βασιζόταν σε καύσιμα τα οποία πωλούνταν και γενικά εμπορεύονταν ως βασικό προϊόν/αγαθό τα οποία χρησιμοποιούνταν για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια ώστε να καλύψει την κατανάλωση. Η αποθήκευση είχε πάντοτε σημαντικό ρόλο στα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Το κάρβουνο, τα υγρά καύσιμα ή τα αέρια καύσιμα εμπορεύονταν με τρόπους όπως άλλα υλικά όπως τα διάφορα μέταλλα, ο καφές κτλ. Η φύση των συστημάτων παραγωγής ενέργειας εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι πρόσφατα είχε ως αποτέλεσμα να εμπορεύονται ως ειδικές περιπτώσεις. Η τάση προς την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει τις κυβερνήσεις να επανεξετάσουν αυτό το ειδικό καθεστώς στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και τώρα πλέον εμπορεύεται ως βασικό προϊόν/αγαθό όπως όλα τα άλλα το οποίο είναι κρίσιμο για την οικονομία κάθε χώρας.

Το μέλλον της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ελάχιστες ή μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι απαραίτητα διαφορετικό. Οι δύο περισσότερο επικρατούσες μορφές παραγωγής ενέργειας με ελάχιστες ή μηδενικές εκπομπές βασίζονται γύρω στις ανανεώσιμες πηγές και στην πυρηνική ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές (κυρίως η αιολική και η ηλιακή- φωτοβολταϊκά ως κύρια παραδείγματα) είναι όπως παρουσιάστηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο κατά μεγάλο ποσοστό διακοπτόμενες, ενώ η παραγωγή ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς γενικά σχεδιάζεται να λειτουργεί με σταθερή παραγωγή ισχύος. **{15}**

Ένα μελλοντικό σύστημα παραγωγής ενέργειας το οποίο να αποτελείται μόνο από μια πηγή παραγωγής ενέργειας ή σε μεγάλο ποσοστό από μια πηγή, είναι κατανοητό ότι δύσκολα μπορεί να καλύψει την θεμελιώδη απαίτηση που υπάρχει στα σύγχρονα συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος δηλαδή να ακολουθεί η παραγωγή ενέργειας την κατανάλωση.

Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα να αποθηκευτεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία έχει δημιουργηθεί από ανανεώσιμες πηγές με ελάχιστες ή μηδενικές εκπομπές διοξειδίου άνθρακα, με συνέπεια να μπορεί να εξασφαλισθεί η απαίτηση σύγχρονων συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να εμπορευθεί όπως άλλα βασικά προϊόντα/ αγαθά όπως το κάρβουνο και το υγρό ή αέρια καύσιμα. **{15}**

Πριν την ευρεία ανάπτυξη και χρήση των τεχνολογιών με ελάχιστες ή μηδενικές εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα – οι οποίες συνήθως είναι και λιγότερο «ευέλικτες», η αποταμίευση ηλεκτρικής ενέργειας με τη μορφή της αντλησιοταμίευσης και των σταθμών πεπιεσμένου αέρα αποτελούσαν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την οργάνωση της παραγωγής στους Διαχειριστές του συστήματος σε συνεργασία με τις παραδοσιακές (με χρήση ορυκτών καυσίμων) μονάδες για ισχύ κατά τις ώρες αιχμής και για εφεδρεία. Οι παραπάνω τεχνολογίες και οι υπηρεσίες στο σύστημα επιτρέπουν στους Διαχειριστές του δικτύου να οργανώσουν το σύστημα μέσα στην απαιτούμενη τάση και όρια συχνότητας ώστε συνεχώς να τηρείται το ζητούμενο ώστε η παραγωγή να ακολουθεί την κατανάλωση.

Χαρακτηριστικά των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας.

A. Πυκνότητα ενέργειας.

Το ποσό της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα βάρους (μέτρηση σε μονάδες Watt hours per kg, Wh/kg). Σε συνδυασμό με τον όγκο και βάρος της μονάδας αποθήκευσης, αυτός ο παράγοντας καθορίζει την ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αναλάβει και να αποδώσει. **{15}**

B. Χρόνος εκκένωσης/ εκροής/ εκφόρτωσης

Η περίοδος του χρόνου κατά την οποία μια τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας απελευθερώνει την αποθηκευμένη της ενέργεια. Ο χρόνος εκκένωσης έχει άμεση σχέση με τη ικανότητα παροχής ενέργειας της μονάδας αποθήκευσης (κατάταξη της ικανότητας παροχής σε μονάδα kW ή MW)

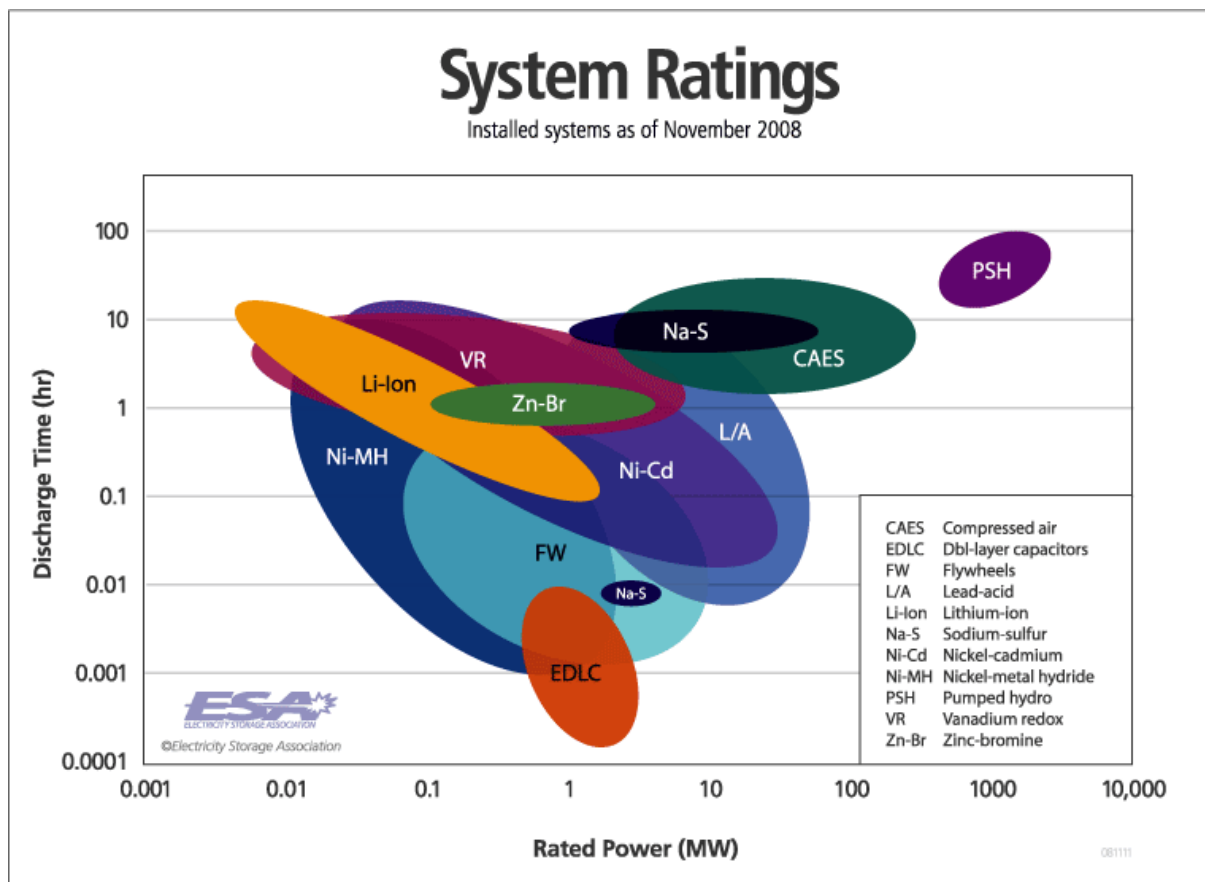
Η κατάταξη της ενέργειας (εκφρασμένη σε Kwh ή Mwh) είναι σημαντική ώστε να καθοριστεί το χρονικό διάστημα που μπορεί η μονάδα να παράσχει την

αποθηκευμένη της ενέργεια. Η ικανότητα παροχής της μονάδας (σε kW ή MW) είναι σημαντική ώστε να καθοριστεί πόση ενέργεια μπορεί να αποδοθεί σε συγκεκριμένο χρόνο. Για παράδειγμα μια συσκευή 100kWh με ικανότητα παροχής 20kW, μπορεί να παρέχει 20kW για πέντε ώρες (20kW x 5h=100kWh).

Το κόστος της αποθήκευσης ενέργειας συνήθως εκφράζεται σε όρους κόστος/ kWh ή κόστος/ kW. Μερικές μονάδες μπορεί να έχουν υψηλό κόστος ανά kWh αλλά σχετικά χαμηλότερο κόστος/kW ενώ άλλες μονάδες το αντίστροφο. Εξαρτάται από την εφαρμογή εάν η επιλεγμένη μονάδα αποθήκευσης είναι οικονομικά αποδεκτή. {15}

Αποθήκευση ενέργειας σε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας:

Η αποθήκευση ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο περιλαμβάνει διατάξεις κατάλληλες για εφαρμογές ποιότητας ισχύος, εφαρμογές οργάνωσης ενέργειας ή και τα δύο. Το παρακάτω σχήμα (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ2) παρουσιάζει αρκετές από τις διαθέσιμες τεχνολογίες συναρτήσει της ισχύος και του χρόνου εκφόρτωσης προκειμένου να δείξουν την καταλληλότητα τους σε ηλεκτρικά συστήματα. {16}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ2 - {16}

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας για το ηλεκτρικό δίκτυο είναι πολύ σημαντικές για να βελτιώσουν την απόδοση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο πρωταρχικός στόχος για την ανάπτυξη και εφαρμογή των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας είναι η δυναμική τους να παράγουν εφεδρεία ηλεκτρικής ισχύος τα οφέλη της οποίας είναι:

- Σταθεροποίηση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας: Τομέας στον οποίο μπορεί να βελτιωθεί με την εφαρμογή της αποθήκευσης ενέργειας με την αυξημένη διαφοροποίηση των πηγών παραγωγής ενέργειας αλλά και με την εγγυημένη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. {15}
- Σταθεροποίηση του δικτύου μεταφοράς και διανομής: Με την κατάλληλη διαχείριση της ισχύος είναι δυνατό να επιτευχθεί μείωση της λειτουργίας των συμβατικών μονάδων για τη λειτουργία εφεδρειών. Εφαρμογές ποιότητας ισχύος μπορούν να βοηθήσουν ώστε να αμβλύνουν αστοχίες και άλλες βραχυπρόθεσμες διαταραχές, μειώνοντας την απαίτηση για στρεφόμενη εφεδρεία. Μεγαλύτερης κλίμακας αποθήκευση ενέργειας θα μπορούσε να παρέχει εκκίνηση από το μηδέν (black start).
- Βελτιστοποίηση των διακοπτόμενων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας: Υπάρχει σχέση των διακοπτόμενων πηγών ενέργειας (όπως η αιολική ενέργεια) με την αποθήκευση ενέργειας, για παράδειγμα ή σε περίοδο χαμηλής κατανάλωσης, μπορεί να αποθηκευτεί η παραγόμενη ενέργεια και να αποδοθεί την περίοδο της υψηλής ζήτησης. {15}

Αποτελεί το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ των διακοπτόμενων πηγών ενέργειας και των ανά συσχέτιση τεχνολογιών αποθήκευσης, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε περιόδους χαμηλής ζήτησης μπορεί να μειωθεί η τρωτότητα της έλλειψης παροχής ενέργειας παρέχοντας τα μέσα ώστε να αποθηκευτεί η ενέργεια που περισσεύει και να αποδεδεσμευθεί κατά τις περιόδους της υψηλής ζήτησης. Βελτιώσεις στο πεδίο θα επιτρέψει στις διακοπτόμενες πηγές παραγωγής ενέργειας να αυξήσουν τις τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, κάνοντας την περισσότερο καταναεμημένη.

Ένας άλλος τομέας που έχει άμεση σχέση με τη αποθήκευση ενέργειας είναι η διαχείριση της κατανάλωσης (Demand Side Management-DSM) όπου ο

σκοπός της είναι να μειώσει την κατανάλωση κατά τις ώρες υψηλής ζήτησης και ώστε να καταναλωθεί τις ώρες χαμηλής ζήτησης. Ο συνδυασμός της αποταμίευσης ηλεκτρικής ενέργειας και οι μετρήσεις της ζήτησης, από τη μια πλευρά του προμηθευτή (αποθήκη ενέργειας) και από την άλλη πλευρά της κατανάλωσης (DSM), έχει τη δυνατότητα να επιτρέψει τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής αλλά και τις ΑΠΕ, να λειτουργήσουν σε ένα πιο αποδοτικό από πλευρά κόστους τρόπο. {15}

3.4. ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Πέρα από τις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας έχουν μελετηθεί και διάφοροι άλλοι τρόποι προκειμένου να αυξηθεί το ποσοστό της διείσδυσης των διαφόρων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα για την αιολική παραγωγή έχει μελετηθεί η διασπορά των αιολικών πάρκων σε μεγαλύτερη έκταση ή περιοχή. Διάφορες μελέτες έχουν αποδείξει ότι η ένταση των διακυμάνσεων της παραγόμενης ενέργειας από αιολικά πάρκα μπορεί να μειωθεί εάν τα αιολικά πάρκα είναι τοποθετημένα σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές ώστε να καλύπτονται από διαφορετικά μετεωρολογικά συστήματα καιρού. {17}

Έχοντας τοποθετήσει πολλές ανεμογεννήτριες σε μεγάλες γεωγραφικές εκτάσεις, ένας μεγάλος βαθμός βεβαιότητας ότι η απαιτούμενη ισχύς μπορεί να επιτευχθεί. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται όφελος χωρητικότητας (capacity benefit). Το όφελος χωρητικότητας αυξάνεται όσο εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών τοποθετούνται σε μεγαλύτερες εκτάσεις. Για παράδειγμα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μίας ημέρας χωρίς άνεμο σε περιοχή της Αγγλίας ή της Γερμανίας, αλλά είναι εξαιρετικά απίθανο να μην υπάρχει άνεμος σε όλη την Αγγλία ή σε όλη τη Γερμανία ή και στις δύο χώρες μαζί. Άρα αν υπάρχει το κατάλληλο δίκτυο μεταφοράς της ενέργειας, μπορεί πλήρως να εκμεταλλευθεί τον άνεμο μία χώρα ή και περισσότερες. {15}

Τέτοιο παράδειγμα είχε εξομοιωθεί για επτά διαφορετικές περιοχές στο Κεμπέκ του Καναδά. Τα οφέλη από αυτή την προσέγγιση είναι πολλαπλά:

- A. Μείωση του απαιτούμενου ποσού ισχύος για εφεδρεία.
- B. Μείωση πιθανοτήτων για μηδενική παραγωγή ενέργειας από αιολική πάρκα.

Παρόλα αυτά η προσέγγιση αυτή έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα: από τη στιγμή που τα καλύτερα σημεία για αιολική παραγωγή είναι συνήθως στην ίδια περιοχή, σημαίνει ότι κάποια αιολικά πάρκα θα πρέπει να αναπτυχθούν σε περιοχές με λιγότερο αιολικό δυναμικό, οι οποίες είναι και ακριβότερες για κάθε μια Κwh που παράγεται. Άρα στον πραγματικό κόσμο, η επιλογή είναι να διαλέξεις τις καλύτερες τοποθεσίες από αιολικό δυναμικό (λιγότερες σε αριθμό) με έντονες βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις στην αιολική παραγωγή ή διαφορετικές τοποθεσίες με λιγότερη αιολική παραγωγή αλλά με λιγότερες διακυμάνσεις. {17}

Ένα αιολικό πάρκο μπορεί να έχει διακύμανση ισχύος από ώρα σε ώρα της τάξης του 60% της εγκατεστημένης του ισχύος, ενώ σύμφωνα με GERMAN ISET RESEARCH INSTITUTE, η μέγιστη ωριαία διακύμανση της ισχύος σε μια περιοχή με 350MW εγκατεστημένα από αιολικά πάρκα, δεν υπερβαίνει το 20%. Σε μεγαλύτερη περιοχή όπως στο Σύστημα NORDEL το οποίο καλύπτει τέσσερις χώρες (Φιλανδία, Σουηδία, Νορβηγία και Ανατολική Δανία) η μεγαλύτερη ωριαία διακύμανση είναι λιγότερη από 10%. {8}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΜΕ ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΠΟΥ
ΠΑΡΕΧΟΥΝ ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Στο ανωτέρω κεφάλαιο έγινε μια σύντομη περιγραφή των συστημάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως την αιολική ενέργεια. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στη δυνατότητα της συνεργασίας της αιολικής ενέργειας και ενός συστήματος αποθήκευσης με ρευστά, και συγκεκριμένα με σύστημα αντλησιοταμίευσης. Η αντλησιοταμίευση (άντληση - ταμίευση) είναι μια τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας η οποία χρησιμοποιεί τις αρχές της υδροηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να αποδώσει ενέργεια καθώς και άλλες υπηρεσίες στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο. {18}

Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υδροηλεκτρική ενέργεια καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή. {18}

Η υδροηλεκτρική παραγωγή είναι πολύ στενά συνδεδεμένη αφενός με τη διαχείριση υδάτων και αφετέρου με την παραγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έχει ένα μοναδικό ρόλο να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξη μέσα σε ένα πλανήτη όπου το 1.6 δις ανθρώπων δεν έχουν δυνατότητα ηλεκτροδότησης και 1.1 δις ανθρώπων δεν έχουν επαρκή ποσότητα πόσιμου ύδατος.

Η σύσκεψη κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη (WORLD SUMMIT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT- WSSD) που έλαβε χώρα, στο Γιοχάνσμπουργκ το 2002 κατέληξε ότι η υδροηλεκτρική παραγωγή, ανεξαρτήτως μεγέθους, αποτελεί σημαντικό μοχλό για την αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο διεθνή ενεργειακό χάρτη. {19}

Οι πιέσεις για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και οι σοβαρές κλιματικές αλλαγές σε παγκόσμια κλίμακα επανέφεραν στην επικαιρότητα τα υδροηλεκτρικά έργα. Πολλές χώρες με μακρά παράδοση στην υδροηλεκτρική παραγωγή και με σημαντική ανάπτυξη του υδροδυναμικού τους σχεδιάζουν αναβαθμίσεις των λειτουργούντων ενώ καινούργια υδροηλεκτρικά έργα σχεδιάζονται με ταχύτατους ρυθμούς.

Τον Ιανουάριο του 2008 οργανώθηκε στις ΗΠΑ διημερίδα από το “ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI)” με θέμα της θέσης της Υδροηλεκτρικής ενέργειας σε ένα μέλλον με περιορισμούς στην κατανάλωση άνθρακα. {19}

Οι απόψεις που ακούστηκαν είχαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και αντιστακτούν τον γενικότερο προβληματισμό σε όλες τις χώρες του πλανήτη. Οι επιβαλλόμενες πλέον επιβαρύνσεις λόγω των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στις μονάδες με στέρεα καύσιμα, τις καθιστούν προοδευτικά μη συμφέρουσες. Η πολιτική αυτή των

επιβαρύνσεων λόγω εκπομπών, οδηγεί μοιραία σε συνολικά υψηλότερες τιμές πώλησης ενέργειας προς τον καταναλωτή, με αποτέλεσμα τα καθαρά κέρδη των μη ρυπογόνων μονάδων (κυρίως υδροηλεκτρικών και πυρηνικών σταθμών) να βελτιώνονται.

Σημαντικό συμπέρασμα της συνάντησης αυτής είναι ότι στο άμεσο μέλλον, μέχρι το 2012, ο βασικός δρόμος μείωσης των εκπομπών θα είναι η εγκατάσταση σταθμών φυσικού αερίου, συνδυασμένου κύκλου ή και ανοικτού τύπου, καθώς και πετρελαϊκών μονάδων. Εφόσον όμως οι επιβαρύνσεις λόγω εκπομπών παραμείνουν στα επίπεδα των USS10ton έως USS20ton, οι σταθμοί στερεών καυσίμων θα εξακολουθούν να αποδίδουν περισσότερα έσοδα σε σχέση με τους αντίστοιχους φυσικού αερίου και πετρελαίου.

Στο απώτερο μέλλον η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών προς το δυσμενέστερο, πιθανόν θα έχει επίδραση και στην απόδοση των υδροηλεκτρικών έργων, με αποτέλεσμα όλες οι προβλέψεις, κατά την άποψη ορισμένων συνέδρων, να οδηγούν τις χώρες του πλανήτη στην επιλογή πυρηνικών σταθμών. {19}

Η εκπρόσωπος της Καναδικής HYDRO QUEBEC, αρμόδια για την περιβαλλοντολογική στρατηγική της εταιρείας αντέτεινε τα εξής:

Με τα λειτουργούντα στον πλανήτη υδροηλεκτρικά έργα αποφεύγουμε εκπομπές 2,1 δις. τόνων CO₂ τον χρόνο, οι οποίες αντιστοιχούν με το σύνολο των ετησίως παραγομένων εκπομπών από όλα τα οχήματα στον πλανήτη.

Αν αξιοποιηθεί περαιτέρω το 80% του οικονομικά εναπομείναντός αξιοποιήσιμου υδροδυναμικού, θα αποφευχθούν πρόσθετες εκπομπές 7,0 δις τόνων CO₂ το χρόνο.

Οι δυσμενείς κλιματικές αλλαγές που αναμένονται στο μέλλον, επιβάλλουν την κατασκευή φραγμάτων και τη δημιουργία ταμιευτήρων καθόσον αναμένονται περίοδοι πλημμυρών, ακολουθούμενες από περιόδους ανομβρίας. Έτσι είναι σημαντικότερη η αναρρύθμιση των εισροών για την επιβίωση τόσο του ανθρώπου όσο και της χλωρίδας και πανίδας του πλανήτη. {19}

4.3. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΡΕΥΣΤΑ- ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ- ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

Σε αντίθεση με τους συμβατικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς, οι σταθμοί αποθήκευσης με άντληση (σταθμοί άντλησης-ταμίευσης ή αντλησιοταμίευσης) επαναχρησιμοποιούν το νερό.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός έργου αντλησιοταμίευσης παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω:

Τεχνική περίληψη: Το σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι η παλαιότερη και μια από τις εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Το σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας αποτελείται από δύο μεγάλες δεξαμενές σε διαφορετικά υψόμετρα για την αποθήκευση του ύδατος. Ηλεκτρική ενέργεια κατά την ώρα χαμηλής ζήτησης (ή από κάποια άλλη πηγή – το θέμα αυτό όμως θα αναλυθεί παρακάτω) χρησιμοποιείται για την άντληση ύδατος στην επάνω δεξαμενή η οποία μπορεί να ανακτηθεί όποτε αυτό χρειαστεί στη δεξαμενή που βρίσκεται στη χαμηλή στάθμη εκμεταλλεζόμενη τη διαφορά ύψους. Αυτή η ροή του ύδατος οδηγεί τους στρόβιλους όπως ένας σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας/ υδροηλεκτρικό έργο. {15}

Πυκνότητα ενέργειας & χρόνος απορροής: Η τεχνολογία αντλησιοταμίευσης μπορεί να αποδώσει αξιόπιστη ενέργεια σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, περίπου εντός ενός λεπτού.

Απόδοση ενέργειας: Η απόδοση ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης είναι μεταξύ του 75-85%.

Ανάπτυξη/ Κατάσταση εφαρμογής: Συνολικά η τεχνολογία είναι μία από τις πιο ώριμες τεχνολογίες στην αγορά και επιπλέον τεχνολογικές καινοτομίες είναι απίθανο να παρουσιαστούν. Η αντλησιοταμίευση είναι ο κύριος αντιπρόσωπος της τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο και χρησιμοποιείται από το 1890. {15}

Οικονομικά δεδομένα: Ένας παράγοντας που αποτελεί εμπόδιο στα έργα αντλησιοταμίευσης, είναι το μεγάλο αρχικό κόστος που χρειάζεται για την κατασκευή του έργου (αν και το κόστος κατασκευής εξαρτάται κυρίως από την μορφολογία του

εδάφους και άλλους παράγοντες). Για παράδειγμα ο σταθμός αντλησιοταμίευσης στο GOLDISTHAL της Γερμανίας κόστισε το έτος 2002, 700 εκατομμύρια δολάρια για ισχύ 1080MW (ESA 2007) (648.000€/MW).

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Τοποθεσίες οι οποίες είναι δυνατό να εγκατασταθούν έργα αντλησιοταμίευσης είναι περιορισμένες λόγω των άμεσων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα δημιουργήσουν η κατασκευή αυτών των έργων. Πολλές κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση έργων αντλησιοταμίευσης εμπεριέχουν κινδύνους για τοπικά οικοσυστήματα. {15}

4.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ- ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

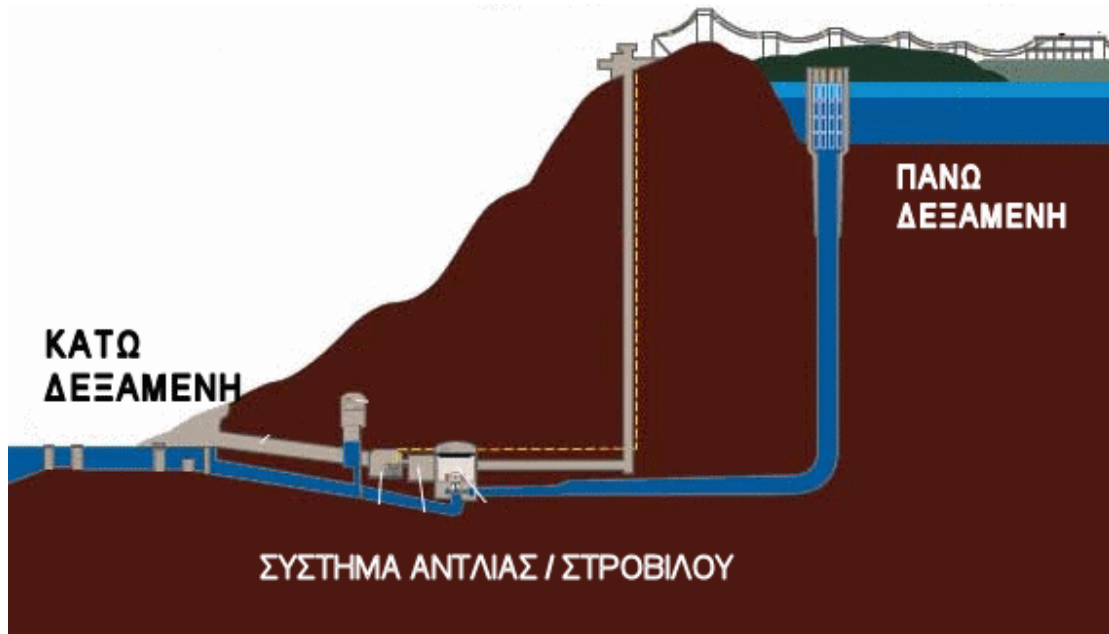
Σύμφωνα με η αντλησιοταμίευση ως μια μορφή παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιώντας τις εγκαταστάσεις ενός υδροηλεκτρικού έργου μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικουρικά από άλλους σταθμούς παραγωγής ενέργειας (κυρίως από ανανεώσιμες πηγές) για την εξισορρόπηση φορτίου (ισορροπία μεταξύ κατανάλωσης και παραγωγής). Είναι η μοναδική μέθοδος μεγάλης κλίμακας αποθήκευσης ενέργειας και η πιο ευρέως διαδεδομένη σήμερα.

Η βασική ιδέα λειτουργίας ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης απαιτεί:

- Μια αντλία ή ένα σύνολο παράλληλα συνδεδεμένων αντλιών
- Ένα υδροστρόβιλο ή ένα σύνολο παράλληλα συνδεδεμένων υδροστροβίλων
- Δύο δεξαμενές νερού οι οποίες βρίσκονται σε ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για την άντληση του νερού από την κάτω δεξαμενή προς την άνω.
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για την προσαγωγή του νερού από την άνω δεξαμενή προς την κάτω μέσω του υδροστροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.{13}

Το συγκρότημα λειτουργεί ως κινητήρας κατά τη διαδικασία μεταφοράς/ άντλησης νερού από τη δεξαμενή στη χαμηλή στάθμη στην δεξαμενή στην υψηλή στάθμη. Η ενέργεια αποθηκεύεται ως εν δυνάμει υδροηλεκτρική ενέργεια.

Όταν παραγωγή ενέργειας απαιτείται, το νερό επιστρέφει στην χαμηλής στάθμης δεξαμενή δια μέσου υδροστροβίλων οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με γεννήτριες. Σκαρίφημα της τεχνολογίας αντλησιοταμίευσης παρουσιάζεται παρακάτω (ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Δ1)



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Δ1

Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης μπορούν να κατασκευασθούν για οποιοδήποτε εύρος ισχύος με χωρητικότητα του ταμιευτήρα να περιορίζεται μόνο από το μέγεθος των δεξαμενών και με βαθμό απόδοσης για ένα κύκλο παραγωγής (άντλησης - παραγωγής) μεταξύ 75-85% (ESA2009).

Στη βασική του μορφή η αντλησιοταμίευση είναι μια ώριμη τεχνολογία που έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλη κλίμακα σε εμπορική μορφή με περισσότερα από 90GW εγκατεστημένα παγκοσμίως. {13}

Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για να αντληθεί ένας όγκος νερού V με πυκνότητα ρ σε υψόμετρο h με απόδοση η_p

$$E1 = \frac{\rho \times g \times h \times V}{3600 \times \eta_p} (Mwh)$$

Και η ενέργεια που ανακτάται με συντελεστή επανάκτησης η_g

$$E2 = \frac{\rho \times g \times h \times V \times \eta_g}{3600} (Mwh)$$

4.5. ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ- ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ.

Τα πρώτα έργα αντλησιοταμίευσης κατασκευάσθηκαν για τις κατασκευαστικές βιομηχανίες της Ιταλίας και Ελβετίας κατά το 1890 ώστε να καταστήσει δυνατό να αποθηκεύσουν την ενέργεια που παράγονταν κατά τις βραδινές ώρες ώστε να την χρησιμοποιήσουν κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου οι ανάγκες για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν μεγαλύτερες. {13}

Το πρώτο έργο αντλησιοταμίευσης χρησιμοποιούσε διαφορετικό συγκρότημα για την άντληση και διαφορετική μονάδα στρόβιλου. Κατά το έτος 1929 όπου ξεκινούσε τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού με αντλησιοταμίευση στο ROCKY RIVER, ΗΠΑ, ήταν πια αναγνωρισμένο ότι οι εγκατεστημένες αντλίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και ως στρόβιλοι με μειωμένη απόδοση. Την ίδια χρονική περίοδο η ανάπτυξη και οι σχεδιαστικές βελτιώσεις στον αναστρέψιμο στρόβιλο τύπου Francis τον κατέστησαν κατάλληλο για χρήση σε τέτοιο σύστημα αντλησιοταμίευσης και από την δεκαετία του 1950 ήταν η ξεκάθαρη λύση. {20}

Η ΗΠΑ, Ιαπωνία, Ιταλία, Γερμανία Γαλλία και Ισπανία είναι οι χώρες με την μεγαλύτερη εγκατεστημένη δυναμικότητα σε έργα αντλησιοταμίευσης παγκοσμίως συμπεριλαμβανομένου και των έργων υπό κατασκευή. Για χώρες όπου γεωλογικές συνθήκες του εδάφους και η τοπογραφία είναι κατάλληλες για έργα αντλησιοταμίευσης, ένα μέτρο για το μέγεθος της δυναμικότητας του συστήματος είναι το ποσοστό της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής που σχεδιάζεται να παρέχεται από το σύστημα αντλησιοταμίευσης.

Η Αυστρία έχει το υψηλότερο ποσοστό χρήσης των συστημάτων αντλησιοταμίευσης με 17% στο ηλεκτρικό της σύστημα. Η Αυστρία ακολουθείται από την Ελβετία, Ισπανία, Ιταλία και Ιαπωνία όλες με σχεδόν 10% χρήση των συστημάτων αντλησιοταμίευσης στο σύστημα τους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ΗΠΑ υπολείπεται με μόνο 2,5% της συνολικής της παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από αντλησιοταμίευση. Η Ιαπωνία έχει την μεγαλύτερη ανάπτυξη και το μεγαλύτερο εύρος χρήσης, όπου κάποια έργα αντλησιοταμίευσης να λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο. Η χρήση μονάδων μεταβλητών στροφών στην Ιαπωνία παρέχει ικανότητα ανύψωσης σε σχέση με το φορτίο κατά τη λειτουργία άντλησης και συνεισφέρει στην αποδοτική λειτουργία του συστήματος αντλησιοταμίευσης.

Στον παρακάτω πίνακα **(ΠΙΝΑΚΑΣ Δ1)** παρουσιάζονται έργα αντλησιοταμίευσης σε όλο τον κόσμο.

ΧΩΡΑ	ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ (MW)	ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (MW)
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	2564	TUMUT THREE (1500)
ΑΥΣΤΡΙΑ	2877	MALTA HAUPTSTUFE (730)
ΚΙΝΑ	4200	GUANGZHOU (2400)
ΓΑΛΛΙΑ	4520	GRAND MAISON (1070)
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	3803	GOLDISTHAL (1060)
ΙΝΔΙΑ	6894	SARDAR SAROVAR GUJARAT (1200)
ΙΤΑΛΙΑ	4244	CHIOTAS (1184)
ΙΑΠΩΝΙΑ	15606	KANNAGAWA (2700)
ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ	4700	YANGYANG (1000)
ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ	3000	INGULA (1332)
ΙΣΠΑΝΙΑ	3272	VILLARINO (SALAMANCA) (810)
ΕΛΒΕΤΙΑ	6000	CLEUSON DIXENCE VS (2099)
ΑΓΓΛΙΑ	2833	DINORWIG WALES (1728)
ΟΥΚΡΑΝΙΑ	5600	DNIESTR HPSP (2268)
ΗΠΑ	25000	BATH COUNTY, (LARGEST) (2710)

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ1 - {13}



TUMUT THREE, ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ



DINORWIG, ΟΥΑΛΙΑ



KANAGAWA, ΙΑΠΩΝΙΑ



GOLDISTHAL, ΓΕΡΜΑΝΙΑ

4.6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.

Τα έργα αντλησιοταμίευσης σχεδιάζονται για να αποδώσουν λειτουργίες ώστε να επιτύχουν τις πολλαπλές απαιτήσεις ενός Συστήματος.

Για έργα σε αναπτυσσόμενες χώρες η αντλησιοταμίευση χρησιμοποιείται πρωταρχικά για τα βασικά της πλεονεκτήματα ώστε να παρέχει ισχύ αιχμής - (αιχμή: υψηλότερη ζήτηση/ κατανάλωση της ημέρας) και οικονομική μετατροπή και αποθήκευση ενέργειας. Σε ήδη αναπτυγμένες χώρες με έντονη βιομηχανική παραγωγή, ο μοχλός στήριξης για την κατασκευή νέων έργων αντλησιοταμίευσης αφορά, σε πολλές περιπτώσεις, στα δυναμικά λειτουργικά οφέλη (επικουρικές υπηρεσίες - εφεδρείες) που δημιουργούνται από τη χρήση της.{13}

Περιβαλλοντική ευαισθησία.

Σήμερα οι περιβαλλοντικές απόψεις για όλα τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δέχονται σκληρές κριτικές και αντιμετωπίζονται με καχυποψία, έτσι τα έργα αντλησιοταμίευσης δεν αποτελούν εξαίρεση. Και ενώ το μέγεθος της ανησυχίας ποικίλει σε διαφορετικά μέρη του κόσμου, οι περιβαλλοντικές απόψεις ερευνώνται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και λαμβάνονται υπόψη στην σχεδίαση και λειτουργία ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης. Μερικά από τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι:

A. Σχεδιασμός κλειστών συστημάτων ώστε να απομονώνεται το έργο αντλησιοταμίευσης από γειτονικά ποτάμια ή ρέματα. Αυτό ελαττώνει τις επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού και αποκλείει επιπτώσεις στο θαλάσσιο πληθυσμό.

B. Χρήση υπόγειων σταθμών παραγωγής ενέργειας και σωληνώσεων προκειμένου να ελαττωθούν οι οπτικές οχλήσεις.

Γ. Μελέτη για τη χρήση υπόγειων δεξαμενών ώστε να μειωθούν περαιτέρω οι οπτικές οχλήσεις.

Δ. Εάν επιτρέπει η τοπογραφία, η εγκατάσταση ψυχαγωγικών ή άλλου είδους δραστηριοτήτων για το κοινωνικό σύνολο.

Αξιοπιστία & Διαθεσιμότητα.

Πέρα από την δεδομένη αξιοπιστία, τα έργα αντλησιοταμίευσης με αυξημένες υποχρεώσεις στο Σύστημα σχεδιάζονται για μεγάλη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα. Οι απαιτήσεις για την αξιοπιστία και διαθεσιμότητα έχουν επιπτώσεις στη ρύθμιση των δόσεων του νερού, στην επιλογή του εξοπλισμού, καθώς και στο σύστημα ελέγχου του σταθμού παραγωγής. Αρκετές συνθήκες λειτουργίας και συντήρησης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και ο εξοπλισμός επιλέγεται για να ελαχιστοποιηθούν οι αστοχίες. Επιπλέον οι σταθμοί παραγωγής είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο κατά τη μη λειτουργία ή κατά τη συντήρηση μιας μονάδας αντλίας/στροβίλου, να μην επηρεάζεται η λειτουργία των υπολοίπων μονάδων. Τα σύγχρονα έργα αντλησιοταμίευσης έχουν μελετηθεί και σχεδιασθεί για ετήσια διαθεσιμότητα 95% και επάνω (δηλαδή για μια αστοχία ανά έτος διάρκειας 2 εβδομάδων) και για αξιοπιστία 98% και επάνω.

Χωρητικότητα του ταμιευτήρα.

Ένα έργο αντλησιοταμίευσης πρέπει να έχει αρκετή χωρητικότητα αποταμίευσης ενέργειας για να υποστηρίζει την εγκατεστημένη του ισχύ και να παρέχει ευελιξία για την λειτουργία του και να συνδράμει στην αξιοπιστία του συστήματος.

Η λειτουργία ενός έργου αντλησιοταμίευσης ως ένα εργαλείο για οργάνωση του ηλεκτρικού συστήματος και ως πηγή αξιοπιστίας του συστήματος, δεν απαιτεί μεγάλη ενεργειακή αποταμίευση για τη λειτουργία του. Για παράδειγμα στο σταθμό του DINORWIG στην Βόρεια Ουαλία, ένας σύγχρονος σταθμός παραγωγής προσφέρει λειτουργίες οργάνωσης του συστήματος, έχει μια χωρητικότητα αποταμίευσης ίση με 5 ώρες λειτουργίας σε πλήρη λειτουργία. Για τα περισσότερα σύγχρονα έργα αντλησιοταμίευσης στην Ιαπωνία, η χωρητικότητα αποταμίευσης είναι ίση με έξι έως οκτώ ώρες πλήρους λειτουργίας. Σε πολλά έργα αντλησιοταμίευσης της Ιαπωνίας οι επάνω δεξαμενές σχεδιάζονται για μακροπρόθεσμα εποχιακή αποταμίευση και άδειασμα (*drawdown*).

Συνολικός βαθμός Απόδοσης.

Συνολικός βαθμός απόδοσης καλείται ο βαθμός απόδοσης ενός κύκλου του νερού, δηλαδή περιλαμβάνει την άντληση και την παραγωγή ενέργειας στον στρόβιλο και είναι το κλάσμα της παραγόμενης ενέργειας προς την ενέργεια που καταναλώνεται όταν το νερό αδειάσει και μετά επιστρέψει στο ίδιο επίπεδο έναρξης στην επάνω δεξαμενή. Αποδόσεις του εξοπλισμού, υδραυλικές απώλειες και λειτουργικές συνθήκες όλα τα παραπάνω επιδρούν στο συνολικό βαθμό απόδοσης ενός κύκλου. Λειτουργία σε μερικό φορτίο έχει ως αποτέλεσμα λιγότερες υδραυλικές απώλειες. Όμως λειτουργία σε μερικό φορτίο πιθανόν να έχει ως αποτέλεσμα τη λειτουργία της μονάδας αντλίας/στροβίλου σε σημεία λειτουργίας με χαμηλότερη απόδοση. {13}

Η απόδοση του κύκλου μπορεί να υπολογισθεί ή να εκτιμηθεί από τα δεδομένα του σταθμού αφού δεν ληφθούν υπόψη λειτουργίες που δεν αφορούν τη διαδικασία άντλησης ή παραγωγής, όπως η λειτουργία του συστήματος ψύξης. Η τιμή ενός πλήρους κύκλου είναι μεταξύ 70% -80%.

Οι κατασκευαστές εξοπλισμού συνεχώς πασχίζουν ώστε να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος αντλίας /στροβίλου, γεννήτριας /κινητήρα καθώς και άλλων τμημάτων και εξοπλισμού ώστε να συνεισφέρουν σε υψηλότερο βαθμό απόδοσης του συστήματος αντλίας/ στροβίλου και σε υψηλότερο συνολικό βαθμό απόδοσης. {13}

Τοποθεσία κοντά στην κατανάλωση.

Η τοποθέτηση ενός έργου αντλησιοταμίευσης κοντά σε ένα μεγάλο κέντρο κατανάλωσης ή σε μια πρωτεύουσα κράτους ίσως είναι δύσκολο. Όμως η κατασκευή επιπλέον γραμμών μεταφοράς σε μεγάλα κέντρα μπορεί να είναι ακόμα δυσκολότερο. Η λογική προτείνει ότι ένα έργο αντλησιοταμίευσης κοντά σε ένα μεγάλο κέντρο κατανάλωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποδοτικά ως ένα σύστημα οργάνωσης του συστήματος παραγωγής ενέργειας και να συνεισφέρει περισσότερα στην αξιοπιστία του συστήματος.

Με την ανάπτυξη των έργων αντλησιοταμίευσης με υπόγειες δεξαμενές χαμηλής στάθμης η τοποθέτηση έργων αντλησιοταμίευσης κοντά σε κέντρα κατανάλωσης δεν είναι μόνο πιθανή, αλλά αποτελεί και μεγάλη ελπίδα για το μέλλον.

Συστήματα μεταβλητών στροφών.

Η επιτυχής εισαγωγή μονάδων μεταβλητών στροφών, μονοβάθμιων, αναστρέψιμων έργων αντλησιοταμίευσης στην Ιαπωνία, πρόσθεσε μια νέα διάσταση

στην πολλαπλή χρησιμότητα των έργων αντλησιοταμίευσης. Στην Ιαπωνία αρκετά νέα έργα είναι εξοπλισμένα με μονάδες μεταβλητών στροφών και μερικά από τα ήδη λειτουργούντα θα εξοπλισθούν με αυτήν τη νέα τεχνολογία. Η αντικατάσταση αυτή θα οδηγήσει στην βελτίωση της απόδοσης του έργου στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σημαντικό κίνητρο για τη λειτουργία μονάδων μεταβλητών στροφών είναι η δυνατότητα να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης της λειτουργίας της μονάδας αντλίας/στροβίλου, δεδομένου ότι οι στροφές που αποδίδουν τη μέγιστη απόδοση είναι διαφορετικές κατά τη λειτουργία της αντλίας με τη λειτουργία του στροβίλου οι οποίες και αλλάζουν ανάλογα με το μανομετρικό ύψος. {20}

Μια μονάδα μεταβλητών στροφών μπορεί να μεταβάλει την διαθέσιμη ισχύ στην αντλία, ρυθμίζοντας την ταχύτητα σε μια συγκεκριμένη περιοχή ταχυτήτων. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, είναι δυνατό να παρέχεται ρύθμιση του φορτίου στην αντλία ή αυτόματος έλεγχος συχνότητας (Automatic Frequency Control AFC), κατά τη διάρκεια των ωρών χαμηλής ζήτησης, χρησιμοποιώντας το έργο αντλησιοταμίευσης για τη διαδικασία άντλησης. {13}

Επίσης με μία μονάδα μεταβλητών στροφών είναι πιθανό να λειτουργεί η μονάδα ακριβώς στο σημείο ιδανικής λειτουργίας ή κοντά σε αυτό, για κάποιο συγκεκριμένο μανομετρικό ύψος και με αυτόν τον τρόπο να επιτυγχάνεται υψηλότερη απόδοση σε σχέση με μια μονάδα μονής ταχύτητας.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση μονάδων μεταβλητών στροφών παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω:

- A. Μείωση των διακυμάνσεων του συστήματος παραγωγής ενέργειας.
- B. Ομαλή εκκίνηση της αντλίας
- Γ. Επέκταση του εύρους του μανομετρικού ύψους στο οποίο μπορεί να λειτουργήσει η μονάδα αντλίας/ στροβίλου κατά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας.
- Δ. Μια ενδιαφέρουσα χρήση είναι η χρήση διαγώνιας ροής (παράδειγμα αντλίας στροβίλου- τύπου DERIAZ).{13}

Το μέγιστο μανομετρικό ύψος λειτουργίας αυτών των μονάδων έχει αυξηθεί από τα 600 μέτρα πριν από περίπου δέκα χρόνια σε περισσότερα από 800 μέτρα σήμερα με τάση για ακόμη μεγαλύτερα μανομετρικά ύψη (για μονοβάθμιες αναστρέψιμες μονάδες). {13}

Γρήγορη έναρξη και Γρήγορη μεταβολή φορτίου κατά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας

Τα σύγχρονα έργα αντλησιοταμίευσης είναι σχεδιασμένα για γρήγορη εκκίνηση από την κατάσταση αδράνειας και για γρήγορη μεταβολή/ άνοδο στην κατάσταση της πλήρους ισχύος. Αυτή η ικανότητα απαιτείται από ένα έργο αντλησιοταμίευσης ώστε να παρέχει έλεγχο συχνότητας και να αντισταθμίσει αμέσως τη στιγμή της απώλειας άλλων πηγών παραγωγής ενέργειας ή γραμμών μεταφοράς.

Τυπικά χαρακτηριστικά επιδόσεων ενός σύγχρονου σταθμού αντλησιοταμίευσης δίνονται παρακάτω:

1. Από πλήρες σταμάτημα σε σύνδεση: 60-90 δευτερόλεπτα.
2. Από σύνδεση σε πλήρη λειτουργία παραγωγής: 5-15 δευτερόλεπτα.
3. Από ελεύθερη λειτουργία σε πλήρη λειτουργία παραγωγής: 5-15 δευτερόλεπτα.

Για παράδειγμα, το FFESTINIΟG έργο αντλησιοταμίευσης, στην Βόρειο Ουαλία έχει 4 στροβίλους οι οποίοι παράγουν 360MW μέσα σε 60 δευτερόλεπτα από τη στιγμή που δημιουργείται η ανάγκη για παραγωγή. {13}

Γρήγορη έναρξη και μεταβολή φορτίου κατά τη διαδικασία της άντλησης.

Τα σύγχρονα έργα αντλησιοταμίευσης, όπως τα μεγαλύτερα έργα εξοπλισμένα με μονάδες μεταβλητών στροφών στην Ιαπωνία, έχουν την δυνατότητα στο να ακολουθούν τις μεταβολές του φορτίου κατά τη διαδικασία της άντλησης.

Είτε εξοπλισμένα με μονάδες μεταβλητών στροφών ή όχι, οι σύγχρονες μονάδες αντλησιοταμίευσης σχεδιάζονται για γρήγορο ξεκίνημα στη διαδικασία της άντλησης και του φορτίου είναι σχεδιασμένα για γρήγορη εκκίνηση από την κατάσταση αδράνειας και για γρήγορη αύξηση/ άνοδο στην κατάσταση του πλήρους φορτίου.

Τυπικά χαρακτηριστικά επιδόσεων ενός σύγχρονου σταθμού αντλησιοταμίευσης δίνονται παρακάτω:

1. Από πλήρη σταμάτημα σε διαδικασία άντλησης: 6 λεπτά.
2. Από ελεύθερη λειτουργία σε πλήρη λειτουργία άντλησης: 60 δευτερόλεπτα. {13}

Σχεδιασμός για ένα μεγάλο αριθμό αλλαγών στην καθημερινή λειτουργία.

Τα σύγχρονα έργα αντλησιοταμίευσης σχεδιάζονται για πολλές αλλαγές καταστάσεως στην καθημερινή λειτουργία τους, καθώς ανταποκρίνονται στις ανάγκες

του συστήματος. Πέρα από τις λειτουργίες της άντλησης και της παραγωγής, υπάρχουν και οι εξής καταστάσεις λειτουργίας: συγχρονισμός με ελεύθερη λειτουργία, ελεύθερη λειτουργία κατά την άντληση αλλά και την παραγωγή. Καθώς το σύστημα αντλίας στροβίλου είναι σε ελεύθερη λειτουργία κατά την παραγωγή ή κατά την άντληση τότε το σύστημα λειτουργεί ως ρυθμιστής της τάσης.

Στο σταθμό DINORWIG STATION στη Βόρειο Ουαλία το οποίο λειτουργεί ώστε να ανταποκρίνεται για την ισορροπία του συστήματος και για άλλες λειτουργίες είχε σχεδιαστεί για μέσο όρο 40 αλλαγών κατάστασης ανά μονάδα αντλίας/στροβίλου την ημέρα και έχει αντιμετωπίσει έως και 80 αλλαγές κατάστασης ανά μονάδα αντλίας/στροβίλου την ημέρα. {13}

4.7. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.

Τα έργα αντλησιοταμίευσης όπως προαναφέρθηκε συνεισφέρουν στην οργάνωση άλλων πηγών παραγωγής ενέργειας, κυρίως ανανεώσιμων πηγών, με λειτουργίες που συνεισφέρουν στην αξιοπιστία του Συστήματος και την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρουν (επικουρικές υπηρεσίες- εφεδρείες) {13}

Η αντλησιοταμίευση είναι σήμερα μια αρκετά αναπτυγμένη και ώριμη τεχνολογία έτοιμη να συνδράμει στην ενσωμάτωση-διείσδυση των Α.Π.Ε. «Σήμερα η καλύτερη μορφή αποθήκευσης ενέργειας προκειμένου να εκμεταλλευτούμε μεγάλες ποσότητες ενέργειας είναι η αντλησιοταμίευση» είχε δηλώσει το Δεκέμβριο του 2009 ο Γραμματέας του Υπουργείου Ενέργειας Dr. Steven Koonin των ΗΠΑ.

Σήμερα υπάρχουν 90GW εγκατεστημένης ισχύος συστημάτων αντλησιοταμίευσης σε όλο τον κόσμο, έχοντας μερίδιο 3% της συνολικής παραγωγής ενέργειας (STORAGE TECHNOLOGIES 2009). Τα έργα αντλησιοταμίευσης αν και χαρακτηρίζονται από το μεγάλο κόστος κατασκευής είναι μέχρι σήμερα η πιο διαδεδομένη μορφή συστήματος αποταμίευσης ενέργειας με δυνατότητα αποθήκευσης χιλιάδων MW.

Στην Ιαπωνία τα έργα αντλησιοταμίευσης χρησιμοποιούνται με διάφορους τρόπους ώστε συνέχεια να διορθώνουν αστάθειες του συστήματος, να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του συστήματος και να προσφέρουν αποδοτική χρήση άλλων πηγών παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας καθώς και να βοηθήσουν στην εξισορρόπηση του φορτίου και να διατηρήσουν την ευστάθεια του συστήματος.

Αν και η κατανάλωση ενέργειας κατά τη διαδικασία της άντλησης, καθιστά το σταθμό αντλησιοταμίευσης καταναλωτή ενέργειας, το σύστημα αυξάνει τα έσοδα του πουλώντας περισσότερη ενέργεια κατά τις ώρες υψηλής ζήτησης όπου οι τιμές πώλησης της ενέργειας είναι οι υψηλότερες. {13}

Είναι δύσκολο να ετοιμαστεί μια λίστα των λειτουργιών και των υπηρεσιών ενός σταθμού αντλησιοταμίευσης. Η παρούσα αναφορά καλύπτει μόνο τις βασικές λειτουργίες ενός σύγχρονου σταθμού, οι οποίες αποτελούν και τα πλεονεκτήματά του.

Ικανότητα παραγωγής κατά την υψηλή ζήτηση (αιχμή).

Ένας σταθμός αντλησιοταμίευσης συνεισφέρει στην συνολική ικανότητα του συστήματος κατά την υψηλή ζήτηση. Εάν η ικανότητα ενός συστήματος παραγωγής ενέργειας δεν προέρχεται από έργο αντλησιοταμίευσης, τότε θα πρέπει να υπάρχει στο σύστημα σταθμός αεριοστρόβιλου με καύσιμο φυσικό αέριο ή παρόμοια τεχνολογία η οποία αυξάνει το κόστος παραγωγής ενέργειας. {13}

Παραγωγή κατά την υψηλή ζήτηση και κατανάλωση ενέργειας (άντληση) κατά τη χαμηλή ζήτηση.

Όπως έχουμε ήδη αναλύσει, έχουμε παραγωγή ενέργειας κατά την υψηλή ζήτηση. Τα έσοδα από την πώληση στην υψηλή ζήτηση έρχονται σε αντιπαράθεση με το κόστος από την άντληση του νερού, από την ίδια μονάδα αντλίας στροβίλου κατά τις ώρες της χαμηλής ζήτησης. Το κόστος άντλησης γίνεται με τιμή μονάδας ενέργειας κατά τη χαμηλή ζήτηση οπότε είναι και φθηνότερη.

Η λειτουργία συστήματος αντλησιοταμίευσης έχει ως αποτέλεσμα την εξισορρόπηση φορτίου με τα παρελκόμενα οφέλη στο ηλεκτρικό σύστημα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η μείωση του ελάχιστου φορτίου των θερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης. {13}

Ρύθμιση φορτίου / κατανάλωσης

Κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής, ένα έργο αντλησιοταμίευσης είναι κατάλληλο για να ακολουθεί συνεχώς η διαδικασία παραγωγής ενέργειας, την κατανάλωση. Ηλεκτρικά συστήματα τα οποία έχουν έργα αντλησιοταμίευσης στη διάθεση τους, τα χρησιμοποιούν για έλεγχο περιοχής σε κλίμακα χρόνου εντός ενός λεπτού, ρύθμιση φορτίου και έλεγχο συχνότητας. Αυτές οι χρήσεις είναι σχετικά σπουδαίες στα συστήματα παραγωγής ενέργειας με μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ σε

θερμικές μονάδες. Το πόσο σημαντική είναι η συμμετοχή της αντλησιοταμίευσης στο σύστημα εξαρτάται από το μείγμα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος ή τη δυνατότητα για διεθνείς συνδέσεις. {13}

Εφεδρεία πρωτεύουσα (άμεση) και δευτερεύουσα.

Τα κριτήρια για την κατάταξη της εφεδρείας πρωτεύουσας και δευτερεύουσας ποικίλει ανάλογα με το σύστημα που εξυπηρετεί. Γενικά μια πηγή πληροί την άμεση εφεδρεία εάν λειτουργεί σύγχρονα και μπορεί να φτάσει σε πλήρες φορτίο σε μικρό χρόνο δηλαδή για παράδειγμα μια μονάδα αντλησιοταμίευσης σε κατάσταση περιστροφής (κατά τη διαδικασία λειτουργίας του στροβίλου) έτοιμη να δεχθεί φορτίο ή να λειτουργεί σε μερικό φορτίο.

Οι δευτερεύουσες εφεδρείες είναι πηγές οι οποίες μπορούν να ενταχθούν στο σύστημα και να φορτιστούν γρήγορα, εντός πέντε ή δέκα λεπτών. Τα περισσότερα έργα αντλησιοταμίευσης σε κατάσταση παύσης (shutdown) με αρκετή ενέργεια αποθηκευμένη στην επάνω δεξαμενή.

Ροή φορτίου/ «Συνέχεια» φόρτισης

Σχεδόν κάθε σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτει σύστημα αντλησιοταμίευσης δίνει μεγάλη σημασία στις μεταβολές του φορτίου (παραλαβή και απόρριψη) καθώς και στην ικανότητα εναλλαγής φορτίων μεγάλης ισχύος. Με τον τρόπο αυτό δεν είναι αναγκαία η λειτουργία των παλαιών θερμικών μηχανών που κάλυπταν χαμηλές φορτίσεις/ καταναλώσεις. {13}

Ικανότητα εκκίνησης από το μηδέν (black -start)

Η ικανότητα εκκίνησης ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης χωρίς να είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο προσδίδει αξιοπιστία στο σύστημα αφού έχει τη δυνατότητα της επανεκκίνησης σε περίπτωση διαταραχής λόγω απώλειας του συστήματος μεταφοράς/μετάδοσης ή παραγωγής ενέργειας. {13}

Βελτίωση απόδοσης & μείωση του κόστους συντήρησης

Η λειτουργία ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης σε ώρες εκτός αιχμής έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της λειτουργίας των θερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας καθώς και τη μείωση των εναύσεων και σβέσεων. Αποτέλεσμα αυτών είναι η βελτίωση της απόδοσης καθώς και η μείωση του κόστους συντήρησης των θερμικών σταθμών. {13}

Πλεονεκτήματα συστήματος μεταφοράς/μετάδοσης

Η μονάδα αντλησιοταμίευσης παρέχει πολλά οφέλη όσον αφορά στο σύστημα μεταφοράς/μετάδοσης. Για παράδειγμα, αν βρίσκεται κοντά στο κέντρο καταναλώσεων μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη εφεδρεία που επιτρέπει την αποτελεσματικότερη χρήση του διασυνδεδεμένου συστήματος μετάδοσης. Επίσης η δυνατότητα ανακατανομής της ροής ενέργειας κάνει το σύστημα αντλησιοταμίευσης περισσότερο αξιόπιστο.

Μείωση εκπομπής ρύπων

Το σύστημα αντλησιοταμίευσης συνεισφέρει ουσιαστικά στη μείωση των ρύπων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Γενικότερα, συντελεί στο να χρησιμοποιούνται λιγότερο οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής με αποτέλεσμα να συμβαίνουν λιγότερες εναύσεις και σβέσεις και συνολικά να μειώνονται οι ρύποι που εκπέμπονται στο περιβάλλον. Επιπλέον, κατά τις ώρες της ημέρας που οι θερμοκρασίες είναι υψηλές το σύστημα αντλησιοταμίευσης αντισταθμίζοντας την παραγωγή μειώνει τους ρύπους που θα παραγότουσαν αν ήταν σε λειτουργία τα θερμικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.

Ευκολία στη λειτουργία του συστήματος

Η ύπαρξη μιας μονάδας αντλησιοταμίευσης σε ένα ηλεκτρικό σύστημα πλεονεκτεί λόγω της μεγάλης ευελιξίας της στις ξαφνικές αλλαγές φορτίου.

4.8. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.

Αν και η μέθοδος της αντλησιοταμίευσης έχει αρκετά οφέλη και οι λειτουργίες της βοηθούν στο σύστημα παραγωγής ενέργειας, παρόλα αυτά η τεχνολογία αυτή έχει και της δικές τις προκλήσεις και μειονεκτήματα. {13}

1. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα με δύο δεξαμενές, το έργο αντλησιοταμίευσης είναι ευάλωτο στις εισροές και εκροές του νερού από βροχοπτώσεις, εξατμίσεις, λιώσιμο πάγων κλπ.
2. Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης είναι επίσης ευάλωτο σε εποχιακές αλλά και μακροχρόνιες αλλαγές κλίματος όπως για παράδειγμα χρόνια ξηρασίας αλλά και ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών.

3. Η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι οικονομικά ανταγωνιστική αλλά οι κύριες δαπάνες της κατασκευής είναι ιδιαίτερα υψηλού κόστους. Ακόμη η καταλληλότητα της γεωγραφικής θέσης αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες. Οι κατασκευές που απαιτούνται για το έργο της αντλησιοταμίευσης είναι ογκώδεις ενώ οι διαθέσιμες περιοχές που μπορούν να υποδεχθούν τις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις είναι συχνά σε φυσικά τοπία που προστατεύονται και οι τοπικές κοινωνίες αντιδρούν σε τέτοιου είδους παρεμβάσεις.
4. Προκαλείται αισθητική υποβάθμιση του φυσικού τοπίου λόγω της εγκατάστασης. Επιπλέον, ο κακός σχεδιασμός της κατασκευής μπορεί να επιδράσει αρνητικά στη χλωρίδα και στην πανίδα της περιοχής.
5. Η απόδοση του συστήματος ενέργειας κυμαίνεται περίπου στο 70-82%
6. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικός σταθμός ενέργειας διότι έχει τη δυνατότητα παραγωγής για περιορισμένο αριθμό ωρών.
7. Λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες λόγω εξάτμισης του νερού που βρίσκεται στην επιφάνεια του ταμιευτήρα και τις απώλειες λόγω μετατροπής, περίπου 70% έως 80% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την άντληση του νερού στον άνω ταμιευτήρα μπορεί να επανακτηθεί.
8. Πρόκειται για ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας και δεν θα πρέπει να συγχέεται με σύστημα ανανεώσιμης ενέργειας.
9. Η επιλογή του έργου αντλησιοταμίευσης μειονεκτεί λόγω των περιβαλλοντικών περιορισμών και επιπλέον μειονεκτεί λόγω της απόστασης του έργου από τα κέντρα παραγωγής και κατανάλωσης.
10. Στο παρελθόν τα έργα αντλησιοταμίευσης χρησιμοποιούσαν το υπάρχον υδατικό σύστημα, προκαλώντας συχνά τη θνησιμότητα των ψαριών και υποβιβάζοντας την ποιότητα νερού. {13}

4.9. ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.

A. Λειτουργία μεταβλητών στροφών αναστρέψιμης αντλίας-στροβίλου

Υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον και ανάπτυξη προκειμένου να αυξηθεί η ισχύς και το μανομετρικό ύψος για τη λειτουργία των αναστρέψιμων αντλιών - στροβίλων για συστήματα που υπερβαίνουν τα 400MW με μανομετρικό ύψος μεγαλύτερο από 700 μέτρα. Ένα σημαντικό κίνητρο για τη λειτουργία με μεταβλητές στροφές είναι η αύξηση του βαθμού απόδοσης του συστήματος αντλίας- στροβίλου, αφού οι στροφές που αποδίδουν τη μεγαλύτερη απόδοση ήταν διαφορετικές ανάμεσα σε αντλία και στρόβιλο και μεταβάλλονται σε σχέση με το μανομετρικό ύψος. Η χρήση συγκροτήματος μεταβλητών στροφών μπορεί να αποτελεί ανάγκη για μονάδες που έχουν μεγάλη υψομετρική διαφορά στο μανομετρικό ύψος που κάθε φορά χρειάζεται να λειτουργήσουν.

Η δυνατότητα ελέγχου κατά τη διαδικασία της άντλησης είναι κρίσιμη αφού τα παραδοσιακά συγκροτήματα αντλίας – στροβίλου με σύγχρονες γεννήτριες είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο και λειτουργούν με σταθερές στροφές και με τις ίδιες στροφές λειτουργεί και η διαδικασία της άντλησης. Η λειτουργία με μεταβλητές στροφές έχει ισχυρό κίνητρο από την δυνατότητα να αποκτηθεί έλεγχος κατά τη διάρκεια της άντλησης όπως αν λειτουργεί ως στρόβιλος. Άλλο ένα όφελος της χρήσης μεταβλητών στροφών είναι ότι το επιτρεπτό εύρος λειτουργίας στη διαδικασία παραγωγής μπορεί να επεκταθεί και προβλήματα με υδραυλικό πλήγμα και άλλα δευτερεύοντα φαινόμενα στον στρόβιλο μπορούν ευκολότερα να ελεγχθούν.

Από την σκοπιά του ηλεκτρικού συστήματος η δυνατότητα ελέγχου της ισχύος κατά τη διαδικασία της άντλησης αποτελεί ένα σημαντικό όφελος που επιτυγχάνεται με τη χρήση μεταβλητών στροφών των συστημάτων αντλησιοταμίευσης. Το ηλεκτρονικό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει το χρόνο απόκρισης για έλεγχο ισχύος με τη χρήση αδράνειας της αντλίας –στροβίλου και του ηλεκτρικού κινητήρα και στη διάρκεια της άντλησης αλλά και της παραγωγής.. Ο γρήγορος χρόνος απόκρισης μπορεί να επιτρέψει την αντιστάθμιση των διακυμάνσεων στην ισχύ και ελαττώνοντας/ κόβοντας τις διακυμάνσεις/ ταλαντώσεις ισχύος και με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος.{20}

B. Συνεργασία με αιολικό πάρκο

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η παραγωγή ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο έχει βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις όσον αφορά την εγγυημένη παραγωγή ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται και άλλη μορφή παραγωγής ενέργειας μέσα στο Σύστημα, η οποία θα είναι ικανή ώστε γρήγορα να μεταβάλει την παραγωγή της.

Στην πραγματικότητα μόνο ελάχιστες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας μπορούν να το επιτύχουν. Για παράδειγμα οι λιγνιτικοί σταθμοί ή οι αεριοστρόβιλοι φυσικού αερίου μπορούν να λειτουργούν σε σημείο λειτουργίας χαμηλότερο από τη μέγιστη ή ονομαστική ισχύ τους, λειτουργώντας δηλαδή σε στρεφόμενη εφεδρεία ώστε να έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν την παραγωγή τους γρήγορα. Σύμφωνα με το RUTHERFORD APPLETON LABORATORY (ERU 11 Project) μια διείσδυση της αιολικής πάνω από 10% μπορεί να απαιτήσει τη χρήση υψηλότερων επιπέδων στρεφόμενης εφεδρείας (spinning reserve) από συμβατικούς σταθμούς και έτσι να μειώσει τα οφέλη από τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας. {17}

Επίσης η αιολική ενέργεια μπορεί να είναι άφθονα διαθέσιμη, ενώ δεν υπάρχει κατανάλωση, οπότε θα πρέπει να αποθηκευθεί ώστε να ενσωματωθεί την ώρα της ζήτησης.

Τα υδροηλεκτρικά έργα τα οποία μπορούν να παρέχουν ενέργεια κατά την ώρα αιχμής μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ιδανικό τρόπο ώστε να αποθηκεύσουν την ενέργεια και να την αποδώσουν όταν δεν υπάρχει άνεμος.

Χρησιμοποιώντας τις μετεωρολογικές προγνώσεις για τον άνεμο, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να προγραμματίσουν και να ρυθμίσουν την αποθήκευση νερού και την εκροή του ώστε να παρέχουν ενέργεια στο σύστημα απευθείας, λειτουργώντας σαν σταθμός παραγωγής ενέργειας κυρίως κατά την αιχμή. {21}

Γ. Χρήση υπόγειων γεωλογικών σχηματισμών

Τα έργα αντλησιοταμίευσης όπως προαναφέρθηκε νωρίτερα κατασκευάζονται για πάνω από 100 χρόνια και ακόμα και σήμερα το κυριότερο πρόβλημα είναι οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται να δημιουργηθούν ώστε να καταστεί δυνατή η λειτουργία τους.

Μια από τις πρόσφατες προτάσεις αφορά τη χρήση υπόγειων συστημάτων αντλησιοταμίευσης εκμεταλλευόμενοι γεωλογικές διαμορφώσεις που προϋπήρχαν ή από ανθρώπινα έργα τα οποία έπαυσαν τη λειτουργία τους όπως πχ παλαιά ορυχεία. Συγκεκριμένα στις ΗΠΑ έχει μελετηθεί για να κατασκευασθεί το EAGLE MOUNTAIN PROJECT, Καλιφόρνια, ΗΠΑ, ένα τυπικό έργο αντλησιοταμίευσης, το οποίο θα μετατρέπει την ενέργεια που παράγεται τις ώρες χαμηλής ζήτησης, θα την αποθηκεύει, και κατόπιν θα την αποδίδει σε περίοδο όπου η ενέργεια θα πωλείται ακριβά σε περίοδο αιχμής, σε συνεργασία με το δίκτυο. {22}

Η ονομαστική του ισχύς είναι 1300MW, η οποία μπορεί να επιτευχθεί από 4 αναστρέψιμες αντλίες – στροβίλους ισχύος 325MW η κάθε μία και για μέγιστο μανομετρικό ύψος 1572 πόδια . Η ελάχιστη ισχύς που θα παράγεται υπολογίζεται σε 950MW. Η επάνω και η κάτω δεξαμενή θα διαμορφωθούν σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις ορυχείου. Παρόλα αυτά θα δημιουργηθούν 2 μικρά φράγματα στην επάνω δεξαμενή προκειμένου να δημιουργηθεί ο απαιτούμενος όγκος της. Ο όγκος της επάνω δεξαμενής θα εξασφαλίζει στο έργο να λειτουργεί σε πλήρη δυναμικότητα για 9 ώρες κάθε μέρα για παραγωγή ενέργειας, ενώ η άντληση υπολογίζεται να διαρκεί 8 ώρες κατά τις νυχτερινές ώρες. Το νερό που θα βρίσκεται αποθηκευμένο στην επάνω δεξαμενή (17700acre feet) θα μπορεί να παρέχει περίπου 22.200.000kWh στην αιχμή ενέργεια η οποία μπορεί να παραχθεί σε οποιαδήποτε στιγμή της ζήτησης και σε οποιαδήποτε απώλεια άλλης μονάδας παραγωγής.

Το έργο βασίστηκε στα παρακάτω δεδομένα και υποθέσεις:

Δυναμικότητα Υδραυλικού έργου	11,600cfs
Παραγωγή στην αιχμή (on peak)	9 ώρες
Άντληση (off peak)	8 ώρες
Απόδοση κύκλου	0,75
Λόγος άντλησης/ εκροής	1,1
Αποθήκευση ενέργειας (ώρες)	18,5 ώρες

Η *περίοδος- κύκλος*- αποδοτικότητας συμβολίζει την απόδοση αντλιών και τις υδραυλικές απώλειες κατά τη διαδικασία της άντλησης και της παραγωγής του ενός κύκλου λειτουργίας. Η *περίοδος- κύκλος*- αποδοτικότητας εκφράζεται ως η ολική απόδοση του βαθμού απόδοσης της παραγωγής επί τον βαθμό απόδοσης της άντλησης. Για παράδειγμα εάν η ολική απόδοση παραγωγής είναι 85% και η ολική

απόδοση για την άντληση είναι 85%, τότε ο κύκλος απόδοσης είναι $0,85 \times 0,85 = 0,722$ ή 72,2%.{22}

Ο λόγος άντλησης προς την παραγωγή είναι το κλάσμα του μέσου όρου του φορτίου άντλησης προς του μέσου όρου της δυνατότητας παραγωγής. Αυτή η παράμετρος είναι χαρακτηριστική για τον σχεδιασμό της αντλίας – στροβίλου. Συνήθως το κλάσμα είναι μεταξύ 1,1 έως 1,2. Για το συγκεκριμένο έργο η παράμετρος αυτή είναι 1,1.

Η τυπική λειτουργία του έργου περιλαμβάνει το άδειασμα της δεξαμενής που βρίσκεται στο υψηλό σημείο δια μέσου των υδραυλικών συστημάτων και του στροβίλου, κατά τη διάρκεια της μεγάλης ζήτησης (peak demand) κάθε ημέρα, και το νερό αποθηκεύεται στη δεξαμενή που βρίσκεται στο χαμηλό σημείο. Το βράδυ, αντλείται το νερό από τη δεξαμενή χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλής ζήτησης (off peak) στην επάνω δεξαμενή. Τα σαββατοκύριακα, οποιαδήποτε ποσότητα νερού βρίσκεται στην κάτω δεξαμενή, αντλείται στην επάνω δεξαμενή χρησιμοποιώντας ομοίως ενέργεια χαμηλής ζήτησης (off peak).

Κοντά στην περιοχή υπάρχουν μεγάλα έργα για αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα. Πάνω από 2000MW εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά πάρκα έχουν κατασκευασθεί ήδη στην Καλιφόρνια, και ακόμα περισσότερα έργα ανανεώσιμων πηγών έχουν σχεδιαστεί. Συγκεκριμένα στην περιοχή SAN GIORGIO PASS υπάρχουν εγκατεστημένα 359MW από αιολικά πάρκα. Η περιοχή αυτή απέχει μόλις 100 μίλια από το EAGLE MOUNTAIN PROJECT. Επίσης σχεδιάζονται για εγκατάσταση 8 φωτοβολταϊκά πάρκα, ένα από τα οποία σε απόσταση μόλις 5 μιλίων από το EAGLE MOUNTAIN PROJECT, εγκατεστημένης ισχύος 1000MW. Με όλα αυτά τα έργα ανανεώσιμων πηγών γύρω από το EAGLE MOUNTAIN PROJECT, διερευνήθηκε και η συνεργασία τους. {22}

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη συνεργασία μεταξύ έργου αντλησιοταμίευσης και από μορφές ενέργειας που δεν έχουν σταθερή παροχή όπως κυρίως τα αιολικά πάρκα και δευτερεύοντος τα φωτοβολταϊκά. Η αιολική ενέργεια παράγεται όταν φυσάει ο άνεμος και αυτό πάντα δεν ανταποκρίνεται στη ζήτηση. Χρειάζεται έλεγχος της ισχύος αυτής τις στιγμές που υπάρχει άνεμος και όταν το δίκτυο δεν απορροφά την περίσσεια ισχύος, η ενέργεια αυτή θα πρέπει να αποθηκευτεί ώστε να μπορεί αποδοθεί αργότερα.

Στο «EAGLE MOUNTAIN PROJECT» η αντλησιοταμίευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως «μπαταρία» για τα γειτονικά αιολικά πάρκα αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την απόδοση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπρόσθετα, η παραγωγή ενέργειας από την αντλησιοταμίευση μπορεί άμεσα να ρυθμιστεί ώστε να προσαρμοστεί στη ζήτηση αυξάνοντας τη συνολική αξιοπιστία του συστήματος μεταφοράς. Οι δυνατότητες συνεργασίας θα ερευνηθούν με κάθε λεπτομέρεια κατά τη διαδικασία αδειοδότησης και θα εκτιμηθούν ώστε να ληφθούν υπόψη στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου. {22}

Δ. Χρήση της θάλασσας ως δεξαμενή χαμηλής στάθμης

Επίσης συστήματα που χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό και τη θάλασσα ως τη δεξαμενή στη χαμηλή στάθμη έχουν αναπτυχθεί και βρίσκονται ήδη σε λειτουργία (Fujihara, 1998). Πρόσφατα συστήματα αντλησιοταμίευσης με θάλασσα ως την επάνω δεξαμενή και τεχνητές λίμνες κάτω από τη στάθμη της θάλασσας έχουν προταθεί ως εναλλακτική διαμόρφωση (KEMA.2009). Ακόμα και συστήματα που χρησιμοποιούν φυσικές καταπακτές κάτω από τη στάθμη της θάλασσας για δεξαμενή χαμηλής στάθμης έχει επίσης προταθεί (Murakami,1995). Στα πλεονεκτήματα εντάσσεται πρωτίστως το γεγονός ότι αποφεύγονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή φράγματος σε ποταμό και η δυσκολία στην εξεύρεση κατάλληλων θέσεων για την κατασκευή έργων άντλησης ταμίευσης αφού το ρόλο του κάτω ταμιευτήρα ουσιαστικά αναλαμβάνει η θάλασσα. {20}

Η λύση αυτή είναι ιδιαίτερα ενδεδειγμένη για χώρες όπως η Ελλάδα που περιβάλλονται από θάλασσα και διαθέτουν πλήθος απόκρημνων ακτών.

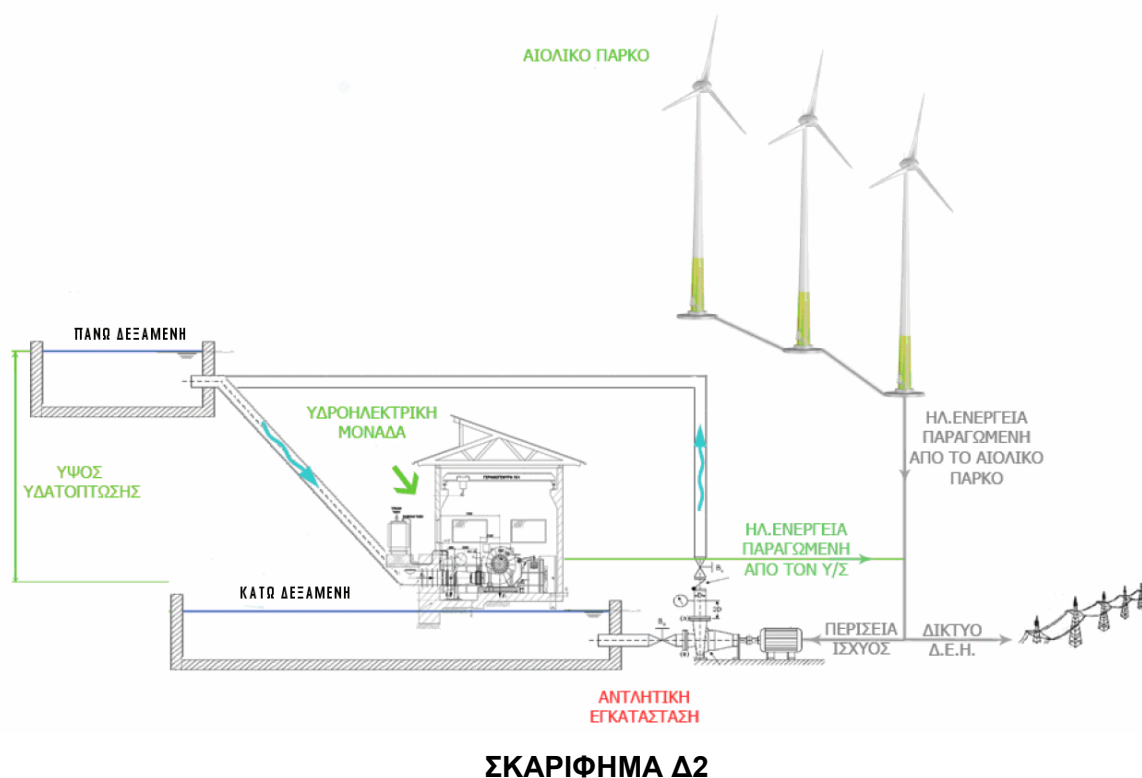
4.10. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ.

Σε ένα τυπικό υδροηλεκτρικό έργο μπορεί να προστεθεί αντλησιοταμίευση. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται η κατασκευή μιας δεξαμενής κατάντι του στροβίλου και η τοποθέτηση αντλίας /στροβίλου καθώς και οι σωληνώσεις. Όταν υπάρχει πλεόνασμα ισχύος στο δίκτυο (όταν για παράδειγμα αιολική ενέργεια είναι διαθέσιμη σε τέτοιο βαθμό που αντικαθιστά την λιγνιτική παραγωγή και/ ή την παραγωγή από φυσικό αέριο που βρίσκονται ήδη εντός δικτύου).

Η συνεργασία υδροηλεκτρικού έργου με δεξαμενή αποθήκευσης επίσης μπορεί να προσφέρει στην στρεφόμενη εφεδρεία ενός σύγχρονου ηλεκτρικού δικτύου, διότι είναι πολύ ευέλικτη τεχνολογία αλλά έχει και πολύ μικρό χρόνο ενεργοποίησης. Στις ΗΠΑ αν και η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει μικρό μερίδιο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συνήθως κατανέμεται για να απορροφήσει τις διακυμάνσεις στην κατανάλωση. Με αυτό τον τρόπο, η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ο πιο πιθανός τρόπος για να αντικαταστήσει και να συμπληρώσει την διακοπτόμενη φύση της αιολικής ενέργειας.

Η φιλοσοφία της λειτουργίας ενός συστήματος αντλιοσταμείωσης σε συνεργασία με αιολικό πάρκο είναι απλή. Η περίσσεια της ενέργειας που αντί να απορριφθεί, τροφοδοτεί το αντλητικό συγκρότημα το οποίο ανυψώνει το νερό από την κάτω δεξαμενή στην επάνω, δίνοντας τη δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας ως εν δυνάμει υδροηλεκτρική ενέργεια **(ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Δ2)**.

Οποιαδήποτε στιγμή στην οποία απαιτείται παραγωγή ενέργειας, το νερό από την επάνω δεξαμενή αφήνεται να επιστρέψει στην κάτω δεξαμενή δια μέσο υδροστροβίλων όπου παράγεται ενέργεια. {23}



4.11. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ.

Η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση. Για την αποδοτική λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σημαντικοί παράγοντες προκειμένου να αυξηθεί η αξία της παραγόμενης αλλά «διακοπτόμενης» αιολικής ενέργειας με σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας. Οι βασικοί παράγοντες όπως:

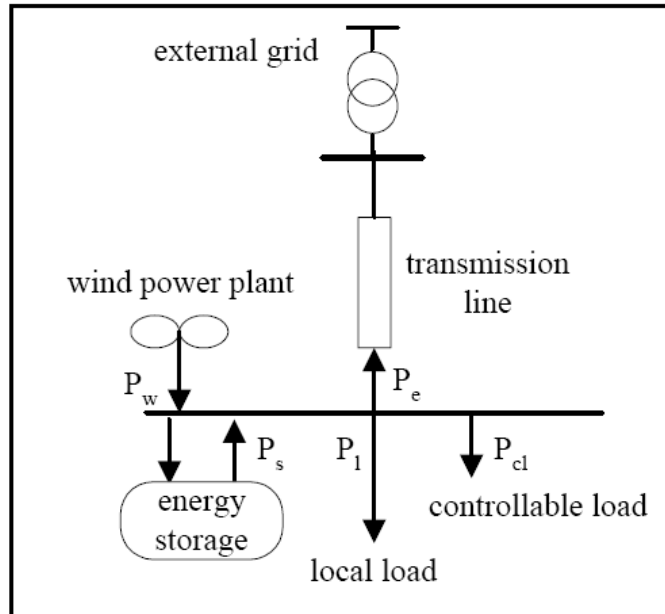
1. Οι μηχανισμοί της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας,
2. Περιορισμοί του δικτύου μεταφοράς,
3. Ακρίβεια πρόβλεψης της αιολικής παραγωγής

θα πρέπει πλήρως να διερευνηθούν ώστε να καθοριστούν τα οφέλη και οι περιορισμοί της τεχνολογίας της αποθήκευσης ενέργειας. {24}

Για το λόγο αυτό μία μέθοδος για τον προγραμματισμό και λειτουργία της διακοπτόμενης πηγής ενέργειας (αιολικής) στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει αναπτυχθεί. Ένας δυναμικός αλγόριθμος έχει δημιουργηθεί για να καθορίσει την ιδανική ποσότητα ενέργειας που θα διατίθεται στην αγορά για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς του δικτύου. Κατά τη λειτουργία, το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας χρησιμοποιείται για να αμβλύνει τις διακυμάνσεις της αιολικής παραγωγής με σκοπό την τήρηση του πλάνου παραγωγής από το αιολικό πάρκο.

Περιγραφή του συστήματος:

Το σύστημα περιλαμβάνει ένα αιολικό πάρκο και μια μονάδα αποθήκευσης της ενέργειας (**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ1**).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ1 - {24}

Παρουσιάζεται ένα σχηματικό διάγραμμα καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά των τμημάτων του συστήματος δηλαδή:

1. Αιολικό πάρκο (wind power plant)
2. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (energy storage)
3. Γραμμή μεταφοράς (transmission line)
4. Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας – Δίκτυο (external grid) {24}

Αιολικό πάρκο:

Η ισχύς που παράγεται από το αιολικό πάρκο υπολογίζεται από την καμπύλη ισχύος – ταχύτητας ανέμου. Υποτίθεται ότι όλες οι ανεμογεννήτριες είναι ίδιου μεγέθους και τύπου.

Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας:

Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας ορίζεται από την δυναμικότητα του, την απόδοση άντλησης, την απόδοση εκροής, την ισχύ κατά την άντληση και την ισχύ κατά την εκροή.

Γραμμή μεταφοράς:

Η γραμμή μεταφοράς λειτουργεί ως πηγή ενέργειας ή δεξαμενή, εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης. Η ενέργεια που μεταφέρεται στη γραμμή είναι η ενέργεια που ανταλλάσσετε με την αγορά. {24}

Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας:

Η λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι απλουστευμένη στο μοντέλο. Αφού το οριακό κόστος (marginal cost) της ενέργειας που παράγεται από το αιολικό πάρκο είναι μηδέν, θεωρείται ότι η αιολική ενέργεια πάντοτε πωλείται στην αγορά ενέργειας.

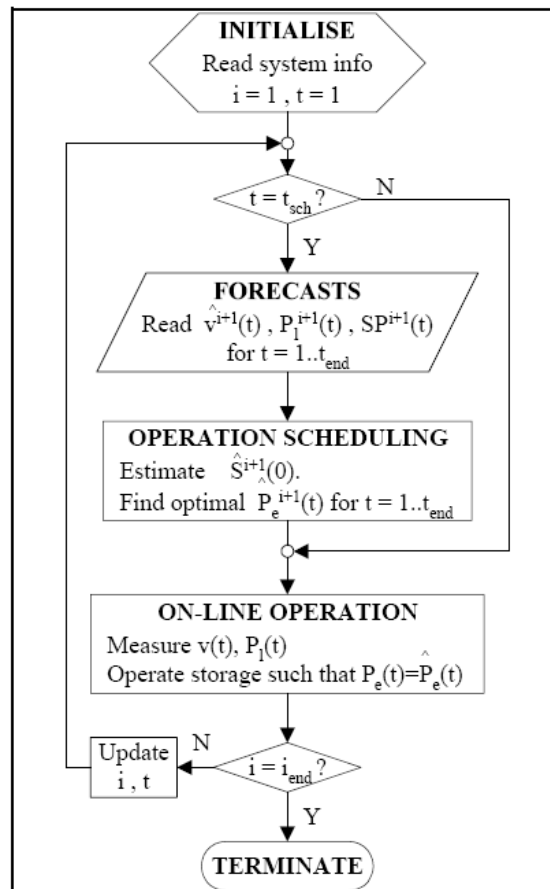
Στρατηγική λειτουργίας:

Η στρατηγική λειτουργίας του συστήματος αποτελείται από τρία μέρη:

1. Πρόβλεψη της αιολικής παραγωγής
2. Προγραμματισμός παραγωγής με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας
3. On-line λειτουργία της αποθήκευσης.

Στο παρόν μοντέλο, θεωρείται ότι η πρόβλεψη της κατανάλωσης και η τρέχουσα τιμή έχουν 100% επιτυχία.

Ένα λογικό διάγραμμα του αλγόριθμου παρουσιάζεται παρακάτω (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ2):



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ2 - {24}

Από το πρόγραμμα προσομοίωσης εξάγονται συμπεράσματα για τις συνέπειες του μεγέθους των δεξαμενών αντλησιοταμίευσης καθώς και της ακρίβειας της πρόγνωσης του ανέμου στην λειτουργία του συστήματος καθώς και στα οικονομικά δεδομένα του έργου.

Η προσομοίωση σε case study δείχνει ότι με κατάλληλη διαστασιολόγηση της μονάδας αποθήκευσης ενέργειας, οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να αποκτήσουν πλεονέκτημα από τη διακύμανση της τιμής σε μια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα να αυξήσουν την αξία της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο. {24}

4.12. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Όταν ένα αιολικό πάρκο συνεργάζεται με ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης, σημαντικά πλεονεκτήματα μπορούν να επιτευχθούν:

1. Κατά την ώρα της χαμηλής κατανάλωσης, η αιολική ενέργεια που θα παραγόταν θα απορριπτόταν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αντληθεί νερό στην επάνω δεξαμενή από την κάτω και να απελευθερωθεί όταν απαιτείται η παραγωγή ενέργειας.
2. Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας τις ώρες υψηλής ζήτησης ή σε παροχή επικουρικών υπηρεσιών (θα γίνει αναφορά παρακάτω).
3. Όταν υπάρχει μεταβλητή χρέωση, είναι πιθανό να επιτύχει σημαντικά οικονομικά οφέλη αποφασίζοντας το ιδανικό πρόγραμμα για λειτουργία του συστήματος αντλίας - στροβίλου.
4. Δεδομένου ότι η τιμή των καυσίμων και η οριακή τιμή του συστήματος αυξάνονται συνεχώς, η λειτουργία του έργου αντλησιοταμίευσης όντας ανεξάρτητη από την τιμή του καύσιμου, μπορεί να έχει ανταγωνιστική τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.
5. Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει ότι υπάρχει σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. {25}

Το κύριο μειονέκτημα ενός έργου αντλησιοταμίευσης είναι οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται να δημιουργηθούν ώστε να καταστεί δυνατή η λειτουργία του βάσει του σχεδιασμού.

Υπάρχουν πολλές προκλήσεις σε ένα έργο αντλησιοταμίευσης. Πέρα από το αυξημένο κόστος κατασκευής, η καταλληλότητα της γεωγραφικής θέσης με την απαιτούμενη διαφορά σε ύψος μεταξύ των δεξαμενών αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία του έργου. Οι κατασκευές που απαιτούνται για το έργο της αντλησιοταμίευσης είναι ογκώδεις ενώ οι διαθέσιμες περιοχές που μπορούν να υποδεχθούν τις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις είναι συχνά σε φυσικά τοπία που προστατεύονται και οι τοπικές κοινωνίες αντιδρούν σε τέτοιου είδους παρεμβάσεις. Προκαλείται αισθητική υποβάθμιση του φυσικού τοπίου λόγω της εγκατάστασης. Επιπλέον, ο κακός σχεδιασμός της κατασκευής μπορεί να επιδράσει αρνητικά στη χλωρίδα και στην πανίδα της περιοχής.

4.13. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.

Για τη λειτουργία ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης σε συνεργασία με αιολικό πάρκο στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι απαραίτητα υπολογιστικά εργαλεία προσομοίωσης προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το κέρδος του αιολικού πάρκου από τη χρήση του συστήματος αντλησιοταμίευσης.

Για τον καθορισμό της καθημερινής λειτουργίας του συστήματος αντλησιοταμίευσης, απαιτείται η λύση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης. Από τη λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης είναι δυνατό να καθοριστεί η ωριαία λειτουργία του συστήματος, τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, του στροβίλου ή της αντλίας με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί το μεγαλύτερο λειτουργικό όφελος/κέρδος.

Ένα ακόμη όφελος της επίλυσης του προβλήματος βελτιστοποίησης για τη λειτουργία του έργου αντλησιοταμίευσης, αφορά το σχεδιασμό της υδραυλικής εγκατάστασης αλλά και των εξαρτημάτων και την επιλογή του εξοπλισμού. {26}

Σε συγκεκριμένη αγορά ενέργειας, Πορτογαλία, τα απαραίτητα δεδομένα προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα βελτιστοποίησης ενός έργου αντλησιοταμίευσης σε συνεργασία με αιολικό πάρκο περιλαμβάνουν:

1. Καμπύλη της προβλεπόμενης αιολικής παραγωγής.
2. Καμπύλη της ελάχιστης απαίτησης που θα πρέπει να καλυφθεί.
3. Καμπύλη της μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος που θα ανταλλαχθεί με το σύστημα.
4. Καμπύλη της τρέχουσας τιμής ενέργειας για πώληση στο δίκτυο.
5. Κόστος λειτουργίας αντλίας. {26}

Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για να παρέχουν προβλέψεις για τη διαθέσιμη ισχύ του ανέμου για μέσο- βραχυπρόθεσμες προβλέψεις. Στην πραγματικότητα οι τεχνικές πρόβλεψης έχουν φτάσει σε ικανοποιητικό σημείο ωριμότητας.

Μερικές προσεγγίσεις είναι σημαντικές για την αναγνώριση της κατάλληλης/ βέλτιστης στρατηγικής για τη λειτουργία του συστήματος. Χρησιμοποιώντας τις προβλέψεις του ανέμου, τη χαρακτηριστική της ανεμογεννήτριας και τη διαθεσιμότητα της γεννήτριας, η καμπύλη παραγωγής της ανεμογεννήτριας μπορεί να αποκτηθεί.

Σε μερικές περιπτώσεις η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στην επάνω δεξαμενή επιτρέπει την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας όταν δεν υπάρχει παραγωγή από το αιολικό πάρκο. Για το λόγο αυτό είναι σημαντική η καμπύλη της ελάχιστης κατανάλωσης που θα πρέπει να καλυφτεί. Όμοια, λόγω περιορισμών στο δίκτυο μεταφοράς δεν είναι δυνατή η διείσδυση όλης της αιολικής παραγωγής οπότε απαιτείται να είναι δεδομένη η καμπύλη της μέγιστης διείσδυσης.

Επίσης χρειάζεται να είναι γνωστή η τιμή πώλησης της ενέργειας- Σε μερικές χώρες όπως η Πορτογαλία η τιμή της ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο είναι σταθερή, ενώ σε άλλες χώρες δίνεται από τιμή της τρέχουσας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.{26}

Σε άλλη περίπτωση στην Ισπανία, δύο μέθοδοι για τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου εξετάστηκαν προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος του ρίσκου από την μη επίτευξη της προβλεπόμενης παραγωγής ενέργειας στην αγορά. Η αγορά ενημερώνεται μια μέρα νωρίτερα για την προβλεπόμενη παραγωγή, από έναν παραγωγό αιολικής ενέργειας. Για μη επίτευξη της προβλεπόμενης παραγωγής, λόγω της στοχαστικότητας του ανέμου, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλει πρόστιμα.

Δύο μέθοδοι αναλύθηκαν για την παραγωγή της επόμενης ημέρας, προκειμένου να εξεταστεί ποιά μέθοδος αποφέρει το μεγαλύτερο όφελος (κέρδος μείον πρόστιμα):

- A. Μια στατιστική μέθοδος πιθανοτήτων και
- B. Η συνεργασία υδροηλεκτρικού έργου.

Επιπλέον δυο υποθέσεις της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας εξετάστηκαν:

1. Μια δημοπρασία την ημέρα,
2. Αρκετές δημοπρασίες την ημέρα.

Και για τις δύο μεθόδους A, B έγιναν οι κατάλληλες μαθηματικές παραστάσεις και λύθηκε ως πρόβλημα βελτιστοποίησης.{27}

4.14 Η ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΜΟΝΟ ΟΦΕΛΗ?

Στον Καναδά, Quebec, έχουν γίνει μελέτες/ σενάρια για διείσδυση αιολικής παραγωγής για να καλύψει αύξηση της κατανάλωσης σε ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας με 537MW εγκατεστημένα από υδροηλεκτρικούς σταθμούς και 2,77TWh το χρόνο.

Οι προσομοιώσεις έδειξαν ότι η είσοδος ενός αιολικού πάρκου, σε τοποθεσία με υψηλό αιολικό δυναμικό προσφέρει ελάχιστα στο σύστημα υπό την έννοια της δυναμικότητας/ισχύος. Εάν ο συνδυασμός αιολικής και υδροηλεκτρικής πρέπει να παρέχει τις ίδιες υπηρεσίες όμοιες με ένα σενάριο αμιγώς υδροηλεκτρικό, τότε το αιολικό πάρκο απαιτεί παραπάνω αποθηκευτική χωρητικότητα από τον υδροηλεκτρικό σταθμό. Με δεδομένα από το έτος 1990, ένας νέος υδροηλεκτρικός σταθμός 56MW θα ήταν αρκετός για να καλύψει την αύξηση στη ζήτηση, ενώ για την ίδια αύξηση στην κατανάλωση θα χρειαζόταν 98MW εγκατεστημένα αιολικής ενέργειας και πρόσθετα 48MW χωρητικότητα του υδροηλεκτρικού σταθμού (για αύξηση της δυναμικότητας του υπάρχοντος σταθμού). {17}

Το ερώτημα σε αυτή την περίπτωση είναι:

Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αυτό συμβαίνει και στα μεγάλα συστήματα?

Η απάντηση είναι ότι υπάρχουν δύο αντίλογοι στο παραπάνω συμπέρασμα

A. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι σε ένα Σύστημα ώστε να παραχθούν οι απαραίτητες υπηρεσίες προκειμένου να ενσωματωθεί αποτελεσματικά η παραγόμενη αιολική ενέργεια και όχι μόνο από υδροηλεκτρικό έργο.

B. Το επίπεδο της διείσδυσης της αιολικής 11% στα σενάρια ήταν υψηλό για το συγκεκριμένο Σύστημα.

Η μελέτη με διάφορα σενάρια προσομοιώσεων καταλήγει ότι:

Δεν είναι σωστή η προσέγγιση ότι η αιολική ενέργεια προσφέρει στο υδροηλεκτρικό έργο τη δυνατότητα να κρατήσει νερό στους ταμιευτήρες και να οργανώσει την παραγωγή του, διότι η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν είναι η μοναδική διαθέσιμη επιλογή ενέργειας. Εάν υπήρχε μια επένδυση σε αιολική ενέργεια, θα έπρεπε να συγκριθεί με άλλα έργα με παρόμοιο κόστος. Για παράδειγμα στο Quebec, κάθε επένδυση στην αιολική ενέργεια θα πρέπει να συγκρίνεται με έργα υδροηλεκτρικά ή αεριοστρόβιλους φυσικού αερίου. {17}

Εάν θεωρούμε έργα υδροηλεκτρικά σε σύγκριση με αιολικά θα πρέπει να συμπεριλάβουμε και το επιπλέον κόστος χωρητικότητας, η οποία είναι απαραίτητη για να προσφέρει το ίδιο επίπεδο υπηρεσίας. Επιπλέον οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις για την κατασκευή της επιπλέον χωρητικότητας θα πρέπει να θεωρηθεί ως τμήμα της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας.

Εάν η αιολική ενέργεια πρόκειται να αναπτυχθεί σε ένα Σύστημα όπου η εναλλακτική είναι πετρέλαιο ή λιγνιτικοί σταθμοί η θεώρηση για την ανάπτυξη της αιολικής θα πρέπει να περιλαμβάνει τις επιπτώσεις σε αυτούς τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας λόγω της επιπλέον στρεφόμενης εφεδρείας στην απόδοση των σταθμών. {17}

Έχοντας ήδη αναλύσει την κατάσταση στο ηλεκτρικό δίκτυο μετά την ευρεία ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τα οφέλη από τη χρήση συστημάτων αντλησιοταμίευσης για αποθήκευση ενέργειας, αρκετές ερωτήσεις εγείρονται σχετικά με διάφορα θέματα τεχνικά αλλά και οικονομικά.

Ποια εφαρμογή ή υπηρεσία της τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας είναι περισσότερο χρήσιμη αλλά και απαραίτητη σε ένα σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο? Πως μπορεί να βρεθεί μια κατάλληλη σχέση απόδοσης αλλά και τιμής ώστε να υπάρξει ανάπτυξη της τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας? Πόση ενέργεια από αποθήκευση μπορεί να ενσωματώσει ένα σύγχρονο δίκτυο?

Οι περισσότερες μελέτες που έχουν γίνει για τη διεύθυνση της αιολικής ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τα κόστη που η αιολική παραγωγή θέτει στο δίκτυο. Τα κόστη αφορούν στο να διατηρηθεί η δυνατότητα και η στρεφόμενη εφεδρεία, κυρίως σε θερμικούς σταθμούς στην περίπτωση όπου το αιολικό πάρκο σταματήσει να παράγει ενέργεια. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι σταθμοί παραγωγής θα πρέπει να είναι έτοιμοι να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια τη στιγμή όπου δεν υπάρχει άνεμος και άρα έχει σταματήσει η παραγωγή από το αιολικό πάρκο. Εάν η εφεδρεία παράγεται από λιγνιτικούς σταθμούς, για παράδειγμα, απαιτείται ο σταθμός να λειτουργεί συνεχόμενα (και πιθανώς με ένα τμήμα της δυναμικότητας του) καταναλώνοντας καύσιμο του οποίου η ενέργεια δεν μεταφέρεται στο δίκτυο. Η απόδοση του σταθμού, χρησιμοποιώντας μόνο τμήμα της δυναμικότητας του, είναι μειωμένη τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα, διότι ο θερμικός σταθμός λειτουργεί κάτω από το ιδανικό σημείο λειτουργίας του, οδηγώντας σε υψηλό κόστος παραγωγής και αυξημένες εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα. {21}

Εάν η εφεδρεία παρέχεται από σταθμό παραγωγής που χρησιμοποιείται για την κάλυψη της ζήτησης αιχμής όπως ανοικτού κύκλου αεριοστρόβιλος ή γεννήτρια με καύσιμο πετρέλαιο, συχνότερα σταματήματα και εναύσεις λόγω της μεταβλητότητας του ανέμου προσθέτουν επίσης κόστος στη λειτουργία του συστήματος. Οι σταθμοί παραγωγής τείνουν να είναι αναποτελεσματικοί (με βαθμό απόδοσης κάτω από 30%) το οποίο οδηγεί δε υψηλή κατανάλωση καυσίμου και αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συγκρινόμενες με μονάδες παραγωγής της βάσης.

Στη μελέτη που παρουσιάζεται παρακάτω, μελετάται η συνολική οικονομική επίπτωση της διείσδυσης της αιολικής παραγωγής και διερευνώνται οι συμβιβασμοί από την διείσδυση της αιολικής παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα αλλά και υπολογίζονται τα κόστη από την μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα. {21}

Για να επιλυθεί το ανωτέρω πρόβλημα, κατασκευάστηκε ένα μη γραμμικό πρόγραμμα βελτιστοποίησης με περιορισμούς που λαμβάνει υπόψη θερμικούς σταθμούς παραγωγής, υδροηλεκτρικά έργα, αιολική ενέργεια αλλά και σύστημα αντλησιοταμίευσης με σκοπό την εύρεση της καλύτερης δυνατής κατανομής των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη οργάνωση των όγκων νερού των δεξαμενών και των εκροών τους σε ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης.

Το πρόγραμμα- μοντέλο χρησιμοποιείται για να μπορέσει να παρέχει καλή κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των διαφορετικών τύπων παραγωγής ενέργειας αλλά και της χωρητικότητας των δεξαμενών της αντλησιοταμίευσης, σε διαφορετικά σενάρια διείσδυσης της αιολικής παραγωγής και να καθοριστεί πως διαφορετικοί παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζεται να αλλάξουν το πρόγραμμα λειτουργίας τους προκειμένου να αμβλύνουν τις επιπτώσεις από την αιολική διείσδυση. {21}

Τρία σενάρια αιολικής διείσδυσης εξετάστηκαν, για το δίκτυο της ALBERTA, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

Σενάριο βάσης (χωρίς αιολική διείσδυση): Σε αυτό το σενάριο η ενέργεια παράγεται από τρεις παραγωγούς- λιγνιτική μονάδα ισχύος 4700MW, συνδυασμένος κύκλος με καύσιμο φυσικό αέριο ισχύος 4000MW, και από υδροηλεκτρικό έργο 1000MW. Η λιγνιτική μονάδα καθώς και ο σταθμός με καύσιμο φυσικό αέριο είναι μονάδες βάσης. Επιπρόσθετα για να ικανοποιηθεί η αιχμή σε οποιαδήποτε ώρα, υπάρχει η περίπτωση να υπάρχει νέα μονάδα (ΜΕΚ με πετρέλαιο ή αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου) σε περίπτωση όπου η ενέργεια από το υδροηλεκτρικό έργο δεν αρκεί να ικανοποιήσει την αιχμή . Όταν η νέα μονάδα απαιτείται να μπει στο σύστημα ενεργοποιείται από μέσα από το μοντέλο. {21}

Σενάριο ήπιο (με αιολική διείσδυση): Ανεμογεννήτριες εισάγονται για να αντικαταστήσουν 1000MW από το λιγνιτικό σταθμό. Για να επιτευχθεί αυτό περισσότερη εγκατεστημένη ισχύ σε αιολικό πάρκο απαιτείται, λόγω της διακοπτόμενης φύσης της αιολικής ενέργειας, μόνο ένα ποσοστό 36% της μέγιστης ονομαστικής μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να διατεθεί στο δίκτυο, με αποτέλεσμα για να αντικατασταθούν 1000MW λιγνιτικού απαιτούνται περίπου 2800MW αιολικού πάρκου, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ένα επίπεδο διείσδυσης 32% (ανοιγμένο στην αιχμή). Στην περίπτωση των δύο αιολικών πάρκων, θα υπήρχε απαίτηση για 1478 ανεμογεννήτριες, 778 με ονομαστική ισχύ 1,8MW και 700 με ονομαστική ισχύ 2,0MW. Επιπροσθέτως, με την εισαγωγή της αιολικής ενέργειας, έγινε αξιολόγηση για την ανάγκη της εισαγωγής της νέας μονάδας για να καλύψει την αιχμή της ζήτησης στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει άνεμος και η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να καλύψει το φορτίο. {21}

Σενάριο υψηλής αιολικής διείσδυσης: Ένα δεύτερο σενάριο με διείσδυση αιολικής παραγωγής αντικαθιστά 2000MW από το λιγνιτικό σταθμό. Σε αυτή την περίπτωση, διπλασιάζεται η ισχύς από αιολικά σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο δηλαδή 5600MW απαιτούνται (1556 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 1,8MW και 1400 ανεμογεννήτριες με ονομαστική ισχύς 2,0MW) το οποίο έχει ως αποτέλεσμα διείσδυση αιολικής κατά 64% .Όπως και στο προηγούμενο σενάριο, έγινε αξιολόγηση για την ανάγκη της εισαγωγής της νέας μονάδας για να καλύψει την αιχμή της ζήτησης στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει άνεμος και η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να καλύψει το φορτίο. {21}

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω:

1. ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΟ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Στα σενάρια με δύο αιολικά πάρκα, ο λιγνιτικός σταθμός παρέχει ισχύς για τη βάση και λειτουργεί με την πλήρη δυναμικότητα του όλο το χρονικό διάστημα. Στο σενάριο υψηλής διεύθυνσης όμως η γεννήτρια του λιγνιτικού σταθμού απαιτείται να μεταβάλλει πάνω και κάτω την παραγωγή ισχύος ώστε να λειτουργεί με μερικό φορτίο αρκετές φορές μέσα σε ένα χρόνο. Αυτό αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου καθώς η απόδοση καυσίμου μειώνεται καθώς ο λιγνιτικός σταθμός λειτουργεί με μερικό φορτίο παρά κοντά στην πλήρη λειτουργία. {21}

Η παρουσία της μη κατανεμημένης αιολικής ενεργείας έχει το μεγαλύτερο επίπτωση στο σταθμό με συνδυασμένο κύκλο φυσικού αερίου. Λόγω της διακοπτόμενης φύσης της αιολικής η γεννήτρια του σταθμού συνδυασμένου κύκλου πρέπει να ρυθμίζεται συνέχεια. Στην περίπτωση ενός αιολικού πάρκου, τα αποτελέσματα στο σταθμό συνδυασμένου κύκλου αποκαλύπτει ότι ο σταθμός σβήνει 34 φορές κατά το ήπιο σενάριο και 209 φορές κατά την υψηλή διεύθυνση. Ο σταθμός συνδυασμένου κύκλου λειτουργεί συχνότερα όταν η αιολική παραγωγή είναι μοιρασμένη σε δύο πάρκα σε διαφορετικές περιοχές- σβήνει 4 φορές όλο το χρόνο στο ήπιο σενάριο διεύθυνσης και 29 φορές κατά την υψηλή διεύθυνση.

Σαν αποτέλεσμα παρέχει αρκετά παραπάνω ηλεκτρική παραγωγή συγκρινόμενο με ένα αιολικό πάρκο (27,1TWh αντί 24,8TWh όλο το χρόνο κατά το ήπιο σενάριο). Ο λόγος που ο σταθμός συνδυασμένου κύκλου λειτουργεί συχνότερα στην περίπτωση των δύο διαφορετικών αιολικών πάρκων είναι ότι η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι λίγο μικρότερη από αυτήν του ενός αιολικού πάρκου, αν και η μεταβλητότητα και η διακοπτόμενη λειτουργία του ανέμου είναι μειωμένη. Όπως στην περίπτωση του λιγνιτικού σταθμού, κάθε αύξηση στην συχνότητα ρύθμισης του σταθμού συνδυασμένου κύκλου αυξάνει το κόστος διότι γίνεται μη αποδοτική χρήση του καυσίμου και τα κόστη συντήρησης από απρογραμματίστα κλεισίματα τα οποία ίσως και να απαιτούν επανασχεδιασμό της λειτουργίας του σταθμού συνδυασμένου κύκλου. Τέτοια κόστη δεν ελήφθησαν υπόψη σε αυτή την ανάλυση. {21}

2. ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗΝ ΑΙΧΜΗ.

Στο βασικό σενάριο ο λιγνιτικός σταθμός παρέχει ισχύ για τη βάση, ενώ η απαίτηση για μέση και υψηλή ζήτηση καλύπτεται από τον συνδυασμένου κύκλου και το υδροηλεκτρικό αντίστοιχα. Στα σενάρια όπου έχουμε διεύθυνση αιολική, η

ενέργεια που παράγεται από τις προηγούμενες μονάδες μπορεί να μην είναι αρκετή για να εξισορροπή –οφσεί- τις επιπτώσεις στο δίκτυο που παρέχει η διακοπτόμενη λειτουργία του ανέμου. Για το λόγο αυτό η νέα μονάδα θα πρέπει να συνεργαστεί στο δίκτυο. Η ισχύς της νέας μονάδας εξαρτάται από επίπεδο της αιολικής διεύθυνσης. Στο ήπιο σενάριο με δύο αιολικά πάρκα, μια μονάδα ισχύος 379MW απαιτείται ενώ στο σενάριο της υψηλής διεύθυνσης μια μονάδα 1423MW απαιτείται. Η νέα μονάδα θα λειτουργεί για πολύ περιορισμένο χρόνο κατά τη διάρκεια του έτους- λιγότερο από 1% του χρόνου (μόνο 15ώρες) στο ήπιο σενάριο, και 10% του χρόνου (813ώρες) στο σενάριο υψηλής διεύθυνσης. Στην περίπτωση ενός αιολικού πάρκου η απαιτούμενη δυναμικότητα της νέας μονάδας είναι μεγαλύτερη 867MW και 1876MW στο ήπιο σενάριο και στο υψηλής διεύθυνσης αντίστοιχα, ενώ ο νέος σταθμός αιχμής λειτουργεί μόνο λίγο περισσότερες ώρες την ημέρα από όσες είχε υπολογιστεί για δύο αιολικά πάρκα. {21}

3. ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.

Το κόστος της διεύθυνσης της αιολική ενέργειας χωρίζεται σε δύο τμήματα:

1. Το απευθείας κόστος της παραγωγής αιολικής ενέργειας (για παράδειγμα το κόστος των νέων ανεμογεννητριών) και
2. Το κόστος (ή τα οφέλη) που επιβάλλονται στο δίκτυο – η αλλαγή σχετικά με το κόστος στο βασικό σενάριο, παράγοντας ηλεκτρισμό από λιγνίτη, φυσικό αέριο ή άλλες πηγές ενέργειας στην αιχμή.

Όπως φαίνεται στον **(ΠΙΝΑΚΑ Δ1)** το κόστος επένδυσης σχετικά με τις ανεμογεννήτριες είναι το μεγαλύτερο συστατικό του κόστους, αλλά τα κόστη που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας στην αιχμή, είναι σχετικά και ανεβαίνουν μαζί με το επίπεδο αιολικής διείσδυσης.

	Σενάριο ενός αιολικού πάρκου		Σενάριο δύο αιολικών πάρκων	
	Ήπιο σενάριο	Σενάριο υψηλής διείσδυσης	Ήπιο σενάριο	Σενάριο υψηλής διείσδυσης
Δυναμικότητα σταθμού φυσικού αερίου (αιχμής) Νέα μονάδα (MW)	867	1876	379	1423
Επένδυση στην παραγωγή αιολικής ενέργειας (\$ εκατομμύρια το έτος)	429,4	858,8	434,8	869,6
Αιολική διείσδυση (%)	14,6	27,9	10,3	20,6
<i>Κόστη επιβαλλόμενα στο δίκτυο (αρνητικές τιμές σημαίνουν εισόδημα), \$ εκατομμύρια το χρόνο</i>				
Παραγωγή λιγνίτη	-167,3	-334,6	-167,3	-334,6
Παραγωγή φυσικού αερίου	14,6	27,9	10,3	20,6
Νέα Παραγωγή στη αιχμή	57,5	157,1	25,2	113,9
Καθαρό κόστος της αιολικής διείσδυσης	322,5	687,5	406,4	876,9
Κόστος παραγωγής από αιολική ενέργεια \$/MWh	36,82	39,23	63,05	68,01
<i>Μείωση εκπομπών CO2</i>				
Εξοικονόμηση CO2 (Mt CO2)	7,985	15,678	7,045	13,910
Κόστος ανά τόνο CO2, (\$ / t CO2)	40,39	43,83	57,69	63,04

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ1 – Αποτέλεσμα της αιολικής παραγωγής όσο αφορά τα κόστη που επιβάλλονται στο δίκτυο και στις λιγότερες εκπομπές CO2. {21}

Στο ήπιο σενάριο με ένα αιολικό πάρκο το κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην αιχμή είναι το 15% της επένδυσης σε ανεμογεννήτριες ενώ το ποσοστό ανεβαίνει στο 29% στο σενάριο υψηλής διείσδυσης. Στην περίπτωση δύο αιολικών πάρκων, το ποσοστό παραμένει κάτω από 3%. Συνολικά το κόστος της αιολικής ενέργειας καταλήγει μεταξύ \$37 - \$68 ανά MWh της ενέργειας που παράγεται από αιολικά, με το κόστος σε μεγάλο βαθμό να σχετίζεται με τη

διαθεσιμότητα του ανέμου παρά από την εγκατεστημένη δυναμικότητα του αιολικού πάρκου.

Ένας βασικός λόγος για να εγκατασταθούν αιολικά πάρκα αφορά τη μείωση των εκπομπών CO₂. Για να αξιολογηθεί το κόστος μετριασμού του CO₂ το μοντέλο προσομοίωσης εντοπίζει τις ωριαίες εκπομπές CO₂ όλων των μορφών παραγωγής ενέργειας στα διαφορετικά σενάρια. Για ένα αιολικό πάρκο το κόστος μείωσης εκπομπών CO₂ είναι 40\$ τον τόνο CO₂ στο ήπιο σενάριο και \$44 τον τόνο CO₂ στο σενάριο υψηλής διείσδυσης. Στο σενάριο με δύο αιολικά πάρκα οι αντίστοιχες τιμές είναι 58\$ και 63\$ για κάθε τόνο CO₂. Οι παραπάνω τιμές δεν υπολογίζουν το κόστος που σχετίζεται με τη διακοπτόμενη λειτουργία των γεννητριών με ορυκτά καύσιμα είτε την αύξηση των εκπομπών CO₂ όταν οι σταθμοί λειτουργούν με μέρος της δυναμικότητας τους. Γενικά οι εκτιμήσεις κόστους που παρέχονται μπορούν να θεωρηθούν ως το χαμηλότερο όριο για την εκτίμηση του κόστους της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας. {21}

4. ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Είναι γενικά παραδεκτό ότι όταν μια μορφή παραγωγής ενέργειας όπως η αιολική όπου η φύση της είναι διακοπτόμενη και στοχαστική η οποία βρίσκεται συνδεδεμένη στο δίκτυο, η αποθήκευση ύδατος είναι ευεργετική γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει όταν δεν υπάρχει άνεμος ή η ζήτηση είναι μεγάλη. Στο υπό εξέταση σύστημα, οι υπάρχουσες υποδομές μπορούν να προσφέρουν οφέλη αποθήκευσης, αλλά δεν είναι αρκετό ώστε να αποφευχθούν οι ανάγκες για επιπλέον παραγωγή από ορυκτά καύσιμα (867MW στο ήπιο σενάριο και 1876MW στο σενάριο υψηλής διείσδυσης σε ένα αιολικό πάρκο).

Υπάρχουν 3 τρόποι για να βελτιωθούν τα οφέλη της αποταμίευσης έτσι ώστε η ανάγκη για επιπλέον παραγωγή από ορυκτά καύσιμα να μετριασθεί:

1. Να αυξηθεί η δυναμικότητα των υδροηλεκτρικών προσθέτοντας επιπλέον στροβίλους. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αντιμετωπίσει την υψηλή ζήτηση και τις διακυμάνσεις στην κατανάλωση (αφού ληφθεί υπόψη η αιολική παραγωγή). Όμως μπορεί να μην υπάρχει αρκετή ποσότητα νερού στο φράγμα ώστε να επιτύχει αυτόν το σκοπό.
2. Να αυξηθεί η δυναμικότητα του φράγματος αν και αυτό μπορεί να είναι αδύνατο ή οικονομικά πολύ δαπανηρό.
3. Εγκατάσταση συστήματος αντλησιοταμίευσης.

Το κόστος για την πραγματοποίηση των παραπάνω εναλλακτικών, εξαρτώνται από το χώρο/ σταθμό και άρα δεν είναι δόκιμο να εξαχθούν συμπεράσματα.

Εξετάστηκαν σενάρια με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας και αντλησιοταμίευσης, ώστε να δούμε σε ποιο σενάριο απαιτείται νέα μονάδα για να καλύψει την αιχμή της ζήτησης.

Από την ανάλυση των σεναρίων εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Αυξάνοντας την ικανότητα του υδροηλεκτρικού έργου προσθέτοντας στροβίλους, το μέγεθος της νέας μονάδας για την αιχμή μειώνεται. Μια μείωση της εγκατεστημένης μονάδας αιχμής συνεπάγεται λιγότερα κόστη λειτουργίας.
2. Αυξάνοντας τον όγκο της επάνω δεξαμενής, μειώνει τη χρήση της νέας μονάδας αιχμής (λιγότερη ενέργεια αποδίδει στο σύστημα σε ένα χρόνο). Μειώνοντας τη χρήση της μονάδας αιχμής μειώνονται τα μεταβλητά λειτουργικά κόστη.
3. Με την προσθήκη αντλησιοταμίευσης έχει ένα αποτέλεσμα παρόμοιο με την αύξηση του όγκου της επάνω δεξαμενής. Η επιλογή εξαρτάται από το κόστος και από άλλους περιορισμούς. {21}

4.15. ΑΛΛΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ- ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΗ.

Υπάρχουν μελέτες οι οποίες έχουν γίνει για την ενσωμάτωση της αιολικής παραγωγής μόνο με την λειτουργία/συνεργασία υδροηλεκτρικού σταθμού, χωρίς πρόσθετη αποθήκευση ενέργειας σε δεξαμενές (αντλησιοταμίευση) προκειμένου να υπάρξει παραγωγή σταθερής ισχύος. Ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνεχώς συνδυάζει την παραγωγή αιολικής ενέργειας με την παραγωγή ενέργειας από το υδροηλεκτρικό έργο με σκοπό να εξασφαλιστεί σταθερή ισχύς.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διαγράμματα με την ισχύ που παράγεται από το αιολικό πάρκο σε κλίμακα χρόνου συνήθως ωρών για χρονικό διάστημα πχ ενός μηνός. Τα διαγράμματα αυτά δείχνουν τις διακυμάνσεις της αιολικής ενέργειας με αποτέλεσμα να χρειάζεται το υδροηλεκτρικό έργο να παράγει την υπόλοιπη ενέργεια που υπολείπεται από το αιολικό πάρκο δηλαδή η παραγωγή ενέργειας από το αιολικό πάρκο συμπληρώνεται από την ενέργεια που παράγεται από το υδροηλεκτρικό έργο. Η κλίμακα χρόνου των διαγραμμάτων μπορεί να αλλάξει από ώρες σε λεπτά.

Είναι προφανές ότι η αιολική ενέργεια έχει βραχυπρόθεσμες μεταβολές και διακυμάνσεις και η ενέργεια από το υδροηλεκτρικό έργο εξισορροπεί αυτές τις διακυμάνσεις. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια από το υδροηλεκτρικό έργο θα πρέπει να αυξάνει ή να ελαττώνει την παραγωγή ενέργειας πολύ γρήγορα προκειμένου να παρέχεται σταθερή ισχύς.

Συνήθως οι μελέτες που έχουν γίνει σε τέτοια συστήματα αφορούν ως επί το πλείστον μικρούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Για παράδειγμα η ανωτέρω περιγραφείσα μεθοδολογία αναπτύσσεται για τον υδροηλεκτρικό σταθμό "PRESIDENTE BENITO JUAREZ" στο Μεξικό, σε συνεργασία με ένα υποθετικό αιολικό πάρκο. Η ισχύς που θα μπορούσε να αποδώσει το σύστημα (αιολικό - υδροηλεκτρικό), ήταν 20MW, έχοντας εγκαταστήσει αιολικό πάρκο ισχύος 20,4MW και υδροηλεκτρικό έργο ισχύος 20MW. {28}

Αναλύθηκαν οι επιδόσεις του σταθμού ανάλογα με διαφορετικές τιμές βαθμών χρήσης αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας, λαμβανομένου υπόψη τους μήνες των βροχοπτώσεων αλλά και τους μήνες με υψηλή αιολική παραγωγή. Και οι δύο παράμετροι επηρεάζουν τον συντελεστή χρησιμοποίησης (capacity factor) κάθε μιας τεχνολογίας.

Μεταξύ των κυριότερων παραμέτρων που επιδρούν στο βαθμό χρήσης και στις δύο μορφές παραγωγής ενέργειας, που επιδρούν και στην συνολική επίδοση του σταθμού, αναγνωρίστηκαν οι κάτωθι:

1. Διαθεσιμότητα του ανέμου.
2. Την επίδοση των ανεμογεννητριών
3. Διαθεσιμότητα εν δυνάμει υδροηλεκτρικής ενέργειας (εξαρτάται από τον όγκο νερού στον αποταμιευτήρα του υδροηλεκτρικού έργου).
4. Την επίδοση των στροβίλων. {28}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Για το σύνολο των μελών της Ευρωπαϊκής ένωσης μέχρι το 2020 προβλέπεται:

- A) 20% μείωση των εκπομπών του αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την οδηγία 2009/29/ΕΚ
- B) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το έτος σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- Γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Η Ελληνική Κυβέρνηση με την ψήφιση του Ν.3851/2010/04.06.2010 (ΦΕΚ85Α) έχει υιοθετήσει στόχο 20% για τις ΑΠΕ που εξειδικεύεται σε 40% στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% στις θερμικές ΑΠΕ και 10% στα βιοκαύσιμα.

Αυτό ο στόχος θα επιτευχθεί από συνδυασμό μέτρων για την ενεργειακή απόδοση και από τη μεγάλη διείσδυση τεχνολογιών ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στη θέρμανση και στον τομέα των μεταφορών. {29}

5.2. ΑΡΜΟΔΙΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Ο καθ' ύλη αρμόδιος φορέας του ελληνικού κράτους για το σχεδιασμό και την άσκηση της ενεργειακής πολιτικής και την τήρηση των εθνικών δεσμεύσεων είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ). Η αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου για τις ΑΠΕ είναι η Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, που υπάγεται στη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας του τομέα Ενέργειας και Φυσικών Πόρων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι φορείς, που εμπλέκονται στην πορεία ανάπτυξης, υλοποίησης και λειτουργίας των αιολικών πάρκων, των υδροηλεκτρικών έργων και των ΑΠΕ γενικότερα. {18}

Μέχρι πρόσφατα η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ελέγχονταν από τον μοναδικό παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, τη ΔΕΗ. Με τις διατάξεις του Ν.2773/1999 (ΦΕΚ286Α) «Απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας -Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» δόθηκε η δυνατότητα σε ιδιώτες να επενδύσουν στην αγορά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Με τον ανωτέρω Νόμο, επίσης ορίστηκαν τα παρακάτω (άρθρο 2 του Ν.2773/1999 (ΦΕΚ286Α)):

Δραστηριότητα Ηλεκτρικής Ενέργειας: είναι καθεμία από τις επιχειρηματικές δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς, διανομής ή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Για την άσκηση Δραστηριότητας Ηλεκτρικής Ενέργειας απαιτείται Άδεια.

Η άσκηση Δραστηριότητας Ηλεκτρικής Ενέργειας τελεί υπό την εποπτεία του Κράτους στο πλαίσιο του μακροχρόνιου σχεδιασμού της Χώρας.

Ο μακροχρόνιος ενεργειακός σχεδιασμός αποσκοπεί στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, στην προστασία του περιβάλλοντος, στην ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη, στην παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα της εθνικής οικονομίας και την επίτευξη υγιούς ανταγωνισμού με στόχο τη μείωση του κόστους ενέργειας για το σύνολο των χρηστών και καταναλωτών.

Οι επιχειρήσεις που ασκούν δραστηριότητα Ηλεκτρικής Ενέργειας υποχρεούνται μεταξύ των άλλων να τηρούν τις αρχές της ίσης μεταχείρισης και να λειτουργούν και να παρέχουν τις υπηρεσίες τους με σκοπό την επίτευξη ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, με την επιφύλαξη της τήρησης των υποχρεώσεων παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

Επικουρικές Υπηρεσίες: είναι οι αναγκαίες υπηρεσίες για τη λειτουργία του Συστήματος ή του Δικτύου και ιδίως η παροχή αέργου ισχύος, η ρύθμιση της συχνότητας και η παρακολούθηση της διακύμανσης του φορτίου.

Θεσμοθετείται **Κώδικας Διαχείρισης του Συστήματος και Κώδικας Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας** μέσω του οποίου καθορίζονται οι τεχνικοί και οικονομικοί κανόνες που διέπουν τις εμπορικές συμφωνίες μεταξύ διαχειριστή

συστήματος και κατόχων αδειών και ρυθμίζονται διαδικασίες και τρόπος υπολογισμού της Οριακής Τιμής Συστήματος.

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας ανήκει αποκλειστικά στη Δ.Ε.Η. η οποία υποχρεούται στην ανάπτυξη, τη συντήρηση και τη διατήρηση της λειτουργικής και τεχνικής του αρτιότητας, σύμφωνα με τον προγραμματισμό και της οδηγίες του Διαχειριστή του Συστήματος. Η ΔΕΗ μετατρέπεται σε ανώνυμη εταιρεία και ονομάζεται Κυρία και Διαχειρίστρια του Δικτύου.

Δίκτυο είναι το δίκτυο διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας της ΔΕΗ πού είναι εγκατεστημένο στην ελληνική επικράτεια, το οποίο αποτελείται από γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης και εγκαταστάσεις διανομής ΗΕ, καθώς και από γραμμές και εγκαταστάσεις υψηλής τάσης που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο αυτό.

Σύστημα είναι οι γραμμές υψηλής τάσης, οι εγκατεστημένες στην ελληνική επικράτεια διασυνδέσεις και όλες οι εγκαταστάσεις, εξοπλισμός και εγκαταστάσεις ελέγχου που απαιτούνται για την ομαλή, ασφαλή και αδιάλειπτη διακίνηση ηλεκτρικής ενέργειας από έναν σταθμό παραγωγής σε έναν υποσταθμό, από έναν υποσταθμό σε έναν άλλο ή προς ή από οποιαδήποτε διασύνδεση.

Διασύνδεση είναι οι γραμμές, οι εγκαταστάσεις και οι μετρητές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του Συστήματος από ή προς την ελληνική επικράτεια.

Οριακή Τιμή Συστήματος: είναι η πιο υψηλή προσφερθείσα τιμή παραγωγής της ενεργού ισχύος που εντάσσεται στο Σύστημα σε δεδομένη χρονική περίοδο.

Με τον ίδιο Νόμο συστάθηκε η **Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας)** και ο **Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).**

Προκειμένου να κατανοήσουμε την κατάσταση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ώστε να μπορέσουμε να έχουμε μια ικανοποιητική εικόνα, θα πρέπει να αναλύσουμε διεξοδικά τα παραπάνω.

Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).

Μετά από μια μακρά περίοδο αναζητήσεων, προετοιμασίας, μελετών και οργανωτικών βημάτων τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, δημιουργείται βαθμιαία ελεύθερη αγορά και στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό θα επιτρέψει σε πελάτες να επιλέγουν τον προμηθευτή τους και σε νέους παραγωγούς να ανταγωνιστούν τη ΔΕΗ, που σήμερα είναι ο μόνος παραγωγός. Πρόκειται για μια επανάσταση στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας, που παραδοσιακά κυριαρχούνταν διεθνώς από μονοπώλια και απόλυτη ρύθμιση. Οι αλλαγές αυτές είναι για τη χώρα μας πρωτόγνωρες αλλά και διεθνώς η εμπειρία από την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι μεγάλη.

Στην Ελλάδα ο Νόμος 2773/99 αποτελεί το βασικό θεσμικό υπόβαθρο. Έχει επίσης δημιουργηθεί η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και η Ανώνυμη Εταιρεία ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ή Διαχειριστής του Συστήματος ή ΔΕΣΜΗΕ), η εταιρεία που διαχειρίζεται το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πρόκειται για τους δύο βασικούς φορείς λειτουργίας της απελευθερωμένης αγοράς.

Είναι σημαντικό να διευκρινιστούν οι ρόλοι των διαφόρων φορέων μια και εδώ και 50 χρόνια γνωρίζουμε μόνο τη ΔΕΗ και μάλιστα πολύ συχνά εξακολουθεί να συγχέεται η ΔΕΗ Α.Ε. με τον ΔΕΣΜΗΕ και ο ΔΕΣΜΗΕ με την ΡΑΕ.

Η ΡΑΕ είναι μια ανεξάρτητη αρχή που φροντίζει, εισηγείται και προωθεί την ύπαρξη συνθηκών ίσων ευκαιριών, και υγιούς ανταγωνισμού και παρέχει την άδεια λειτουργίας σε παραγωγούς, προμηθευτές και λοιπούς φορείς της αγοράς.

Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι μια εταιρεία που έχει διπλό ρόλο:

Ο ένας ρόλος είναι αυτός που ασκούσε η ΔΕΗ σε σχέση με το Σύστημα Μεταφοράς: φροντίζει να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ισορροπία παραγωγής και κατανάλωσης και η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται κατά τρόπο αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό.

Ο δεύτερος ρόλος του ΔΕΣΜΗΕ είναι να εκκαθαρίζει την αγορά, να λειτουργεί σαν ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε ημέρα ποιός οφείλει σε ποιόν. Ο ΔΕΣΜΗΕ δεν εμπορεύεται ηλεκτρική ενέργεια και ότι βασικές συναλλακτικές σχέσεις είναι διμερείς μεταξύ παραγωγών/προμηθευτών και των πελατών τους.

Η ΔΕΗ είναι μία μόνο από τις πολλές εταιρείες που θα λειτουργούν στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας.

Για να χρησιμοποιήσουμε ένα οικείο ανάλογο, η ΔΕΗ είναι μια εισηγμένη εταιρεία, ο ΔΕΣΜΗΕ είναι το Χρηματιστήριο και η ΡΑΕ είναι η Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς.

Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι ανώνυμη εταιρεία που ανήκει κατά 51% στο δημόσιο και κατά 49% στις εταιρείες παραγωγής που υπάρχουν στην Ελλάδα. Αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ σήμερα κατέχει αυτό το 49% αλλά το ποσοστό της θα μειώνεται δίνοντας χώρο στους όποιους νέους παραγωγούς εμφανιστούν. Η Εταιρεία έχει σήμερα περί τα 160 άτομα (τα οποία θα διπλασιαστούν στην πλήρη ανάπτυξη της) και ετήσιο προϋπολογισμό περίπου 15 εκατομμύρια €.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος έχει την ευθύνη μιας σειράς διαδικασιών:

Η ενέργεια που παράγεται, διακινείται και καταναλώνεται πρέπει να μετράται κατά τρόπο αξιόπιστο, ακριβή και μη αμφισβητούμενο από τους παράγοντες της αγοράς. Ένα μετρητικό σύστημα, επίσημα πιστοποιημένο, είναι μια πρώτη διαδικασία της ευθύνης του Διαχειριστή του Συστήματος.

Μια δεύτερη διαδικασία, που αποτελεί και την καρδιά του Συστήματος είναι η Κατανομή Φορτίου. Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποθηκεύεται και επομένως θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να παράγεται ακριβώς όση καταναλώνεται. Η Κατανομή Φορτίου λοιπόν είναι αυτή που υπαγορεύει το ποιός σταθμός θα παράγει και πόσο. Παράλληλα η Κατανομή Φορτίου στους σταθμούς γίνεται έτσι ώστε να διατηρούνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει (συχνότητα, τάση κλπ), να υπάρχει ελάχιστο κόστος λειτουργίας και να υπάρχει σεβασμός των διμερών εμπορικών σχέσεων πελάτη-προμηθευτή.

Για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του Συστήματος και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή, ο Διαχειριστής του Συστήματος χρειάζεται ειδικές, επικουρικές λεγόμενες υπηρεσίες, δυνατότητα ειδικών ρυθμίσεων κλπ που θα αγοράζει με διαφανείς διαδικασίες από τους παραγωγούς της αγοράς, σε πρώτη φάση από τη ΔΕΗ.

Μια διαδικασία απολύτως συναρτημένη με την απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι η εκκαθάριση, το ποιός οφείλει σε ποιόν. Για την Ελληνική αγορά έχει επιλεγεί ένα σύστημα διμερών βασικά εμπορικών σχέσεων, δηλαδή μεταξύ καταναλωτή και προμηθευτή-παραγωγού. Ο Διαχειριστής του Συστήματος δεν παρεμβαίνει στα διμερή αυτά συμβόλαια τα οποία είναι στην απόλυτη δικαιοδοσία των συμβαλλόμενων μερών. Όμως κατά την καθημερινή λειτουργία για διάφορους λόγους η παραγωγή ενός προμηθευτή δεν αντιστοιχεί απολύτως στην κατανάλωση ενός πελάτη. Αυτή η απόκλιση μετράται και τιμολογείται από το Διαχειριστή του Συστήματος ο οποίος υπαγορεύει σε κάθε ελλειμματικό παραγωγό το τί θα πληρώσει μέσω του Διαχειριστή του Συστήματος σε κάποιον άλλο, πλεονασματικό παραγωγό. Η διαδικασία αυτή λέγεται εκκαθάριση της αγοράς και γίνεται με τρόπο που να ενθαρρύνεται η οικονομική λειτουργία του Συστήματος.

Μια άλλη πολύ βασική λειτουργία του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η συντήρηση του συστήματος και η περαιτέρω ανάπτυξή του για να υποδεχθεί νέους παραγωγούς και νέους πελάτες. Η συντήρηση αυτή θα γίνεται επαμοιβή από την ΔΕΗ ενώ οι επεκτάσεις χρεώνονται με βάση πολύ συγκεκριμένους κανόνες που περιλαμβάνονται στους κώδικες.

Τέλος, στα καθήκοντα του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η υποστήριξη και περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς και η ενημέρωση των ενδιαφερομένων. Ο Διαχειριστής του Συστήματος κάνει προβλέψεις για τις ανάγκες του συστήματος, σε βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση, δημοσιεύει εκτιμήσεις, εισηγείται βελτιώσεις στους κανόνες της αγοράς και διαχείρισης του Συστήματος και εξασφαλίζει μια υψηλού βαθμού διαφάνεια στη λειτουργία της αγοράς, στη διαχείριση του Συστήματος και στην ίδια τη λειτουργία της εταιρίας. Ουσιαστικά, κάθε ενέργεια του Διαχειριστή του Συστήματος γίνεται μέσω του διαδικτύου και φαίνεται στο διαδίκτυο.

Στόχος του ΔΕΣΜΗΕ είναι να εξασφαλίσει μια αξιόπιστη και αμερόληπτη λειτουργία του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας αλλά και της αγοράς που στηρίζεται σε αυτό έτσι ώστε οι νέοι παραγωγοί, οι επιλέγοντες πελάτες αλλά και όλοι οι καταναλωτές να διαθέτουν την παραδοσιακή αξιοπιστία του Συστήματος που 50 χρόνια τώρα υπηρετεί την Ελλάδα, πλαισιωμένη με τη διαφάνεια και αμεροληψία που απαιτούν οι κανόνες της νέας αγοράς. {30}

Υποχρεώσεις του διαχειριστή σχετικά με τις Επικουρικές Υπηρεσίες.

Ο διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση των Επικουρικών Υπηρεσιών Συστήματος. Για το σκοπό αυτό:

- α) εποπτεύει την ικανότητα των Κατανεμόμενων Μονάδων να παρέχουν Επικουρικές Υπηρεσίες σύμφωνα με τα δηλωμένα Χαρακτηριστικά τους
- β) εφαρμόζει τις διατάξεις σχετικά με τις εξαιρέσεις και τις τεχνικές πληροφορίες των Κατανεμόμενων Μονάδων για παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών και

Ο διαχειριστής εξασφαλίζει ότι όλες οι απαραίτητες Επικουρικές Υπηρεσίες είναι διαθέσιμες για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του Συστήματος. Για το σκοπό αυτό εποπτεύει το σύνολο των διαθέσιμων και παρεχόμενων Επικουρικών Υπηρεσιών ανά Περίοδο Κατανομής και ανά υπηρεσία.

Ο προγραμματισμός και η διαχείριση των Επικουρικών Υπηρεσιών διενεργούνται από τον Διαχειριστή με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνολικές δαπάνες από την ζήτηση της απαιτούμενης ποσότητας αυτών των υπηρεσιών. Ο καθορισμός των απαιτήσεων και οι όροι των Επικουρικών Υπηρεσιών καλύπτονται στο Εγχειρίδιο Λειτουργίας της Αγοράς.

ΡΑΕ (ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ).

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), συγκροτήθηκε τον Ιούλιο του 2000, αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή η οποία παρακολουθεί την αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτή αναπτύσσεται και λειτουργεί στην Ελλάδα αλλά και σε σχέση με τις ξένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ΡΑΕ συστήθηκε με το νόμο [2773/22-12-99](#), ο οποίος τροποποιήθηκε με το άρθρο 5 του νόμου 2837/2000, είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες στον τομέα της ενέργειας. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας με την [Κοινοτική Οδηγία 96/92](#) και συνδυάζεται με την πολιτική του εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών στην Ελλάδα.

Ο ρόλος της ΡΑΕ δεν είναι ελεγκτικός ή δικαστικός. Σκοπός της ΡΑΕ είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά με σκοπό να εξυπηρετηθεί σε τελευταία ανάλυση καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής (ιδιώτης και επιχείρηση) αλλά και να επιζήσει βρίσκοντας νέες ευκαιρίες η μικρή και μεσαία επιχείρηση, η οποία είναι φορέας ανάπτυξης και απασχόλησης. Θα παρακολουθεί και θα εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις. Θα πληροφορεί και θα βοηθάει τους επενδυτές και τους καταναλωτές.

Σκοπός της ΡΑΕ επίσης, είναι να εξασφαλίσει με θεσμικό τρόπο συμβατό με τους μηχανισμούς της απελευθερωμένης αγοράς, τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημοσίου συμφέροντος. Τέτοιοι στόχοι είναι η επαρκής, αξιόπιστη και ισότιμη τροφοδοσία όλων των καταναλωτών, η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας, το περιβάλλον, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι νέες τεχνολογίες, η αποτελεσματική χρήση και προμήθεια ενέργειας και η εξασφάλιση επαρκούς υποδομής για την ενέργεια. Η ενσωμάτωση στην αγορά αυτών των μεγάλων ζητημάτων της ενεργειακής πολιτικής είναι ίσως το δυσκολότερο έργο της ΡΑΕ. Απαιτείται η επίτευξη λεπτής ισορροπίας, χρησιμοποιώντας όλα τα εργαλεία που είναι συμβατά με τους μηχανισμούς της

αγοράς, όπως οι χρεώσεις στη μεταφορά ενέργειας για λόγους δημοσίου συμφέροντος, το εμπόριο άδειών ρύπανσης, το εμπόριο προθεσμιακών παραγώγων και συμβολαίων, οι όροι στην αδειοδότηση, το εμπόριο «πράσινου» ηλεκτρισμού, κλπ.

Η ΡΑΕ αναλαμβάνει επίσης διεθνείς συνεργασίες τόσο με τις χώρες των Βαλκανίων και της Ευρασίας, όσο και στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου θα συντελεσθούν μεγάλες θεσμικές αλλαγές με στόχο την ενιαία ανταγωνιστική εσωτερική αγορά ενέργειας. Η ΡΑΕ φιλοδοξεί να αναπτύξει τους ίδιους μηχανισμούς στα πλαίσια της Βαλκανικής Αγοράς Ενέργειας στην οποία η Ελλάδα δίνει μεγάλη προτεραιότητα.

Η προώθηση της δημιουργίας [Προθεσμιακής Αγοράς Ενέργειας](#) είναι ένας από τους πρώτους στόχους της ΡΑΕ με σκοπό και την περιφερειακή αγορά αλλά και την εξομάλυνση των απότομων διακυμάνσεων των τιμών και τις οικονομίες που αυτή θα επιφέρει ώστε να εξυπηρετηθούν οικονομικότερα οι καταναλωτές αλλά και να μειωθεί ο κίνδυνος που αναλαμβάνουν οι προμηθευτές ενέργειας.

Τέλος, με το γνωστό ως 3ο ενεργειακό πακέτο, και ειδικότερα από το Μάρτιο του 2011, η ΡΑΕ θα έχει κυρίως αποφασιστικές αρμοδιότητες και σημαντικότερη συνεργασία με τους λοιπούς Ρυθμιστές και Διαχειριστές, θα ενισχυθεί δε περαιτέρω η οικονομική και διοικητική της αυτοτέλεια.

5.3. ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύμφωνα με την ΥΑ με αρ. Δ5-ΗΛΒ/οικ. 8311/ 17.05.2005 «Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας» (ΦΕΚ655Β) έχουμε την θέσπιση του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (ΗΕΠ)

Σκοπός του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (ΗΕΠ) είναι η ελαχιστοποίηση της συνολικής δαπάνης για τη εξυπηρέτηση του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε ημέρα κατανομής υπό όρους καλής και ασφαλούς λειτουργίας του Συστήματος και διασφάλισης επαρκών εφεδρειών μέσω της αντιπαραβολής του συνολικά αιτούμενου φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο προκύπτει από τις Δηλώσεις Φορτίου με τις οικονομικές Προσφορές Έγχυσης ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και μέσω του Προγράμματος ΗΕΠ .

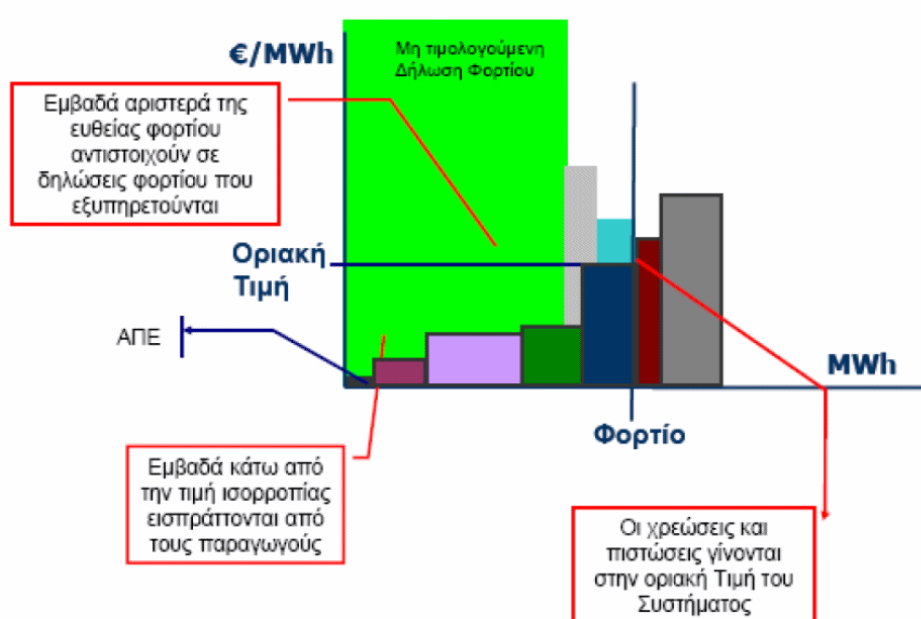
Ως ημέρα κατανομής ορίζεται το χρονικό διάστημα των 24 ωρών που συμπίπτει με μια ημερολογιακή ημέρα. Ως περίοδος κατανομής ορίζεται μια ώρα της ημέρας κατανομής {31}

Η επίλυση του ΗΕΠ προσδιορίζει τον τρόπο λειτουργίας κάθε μονάδας για κάθε ώρα της ημέρας κατανομής, με βάση της ώρα προς ώρα προσφορές των διάφορων μονάδων παραγωγής προκειμένου να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει για την ικανοποίηση του φορτίου των αναγκών σε επικουρικές υπηρεσίες αλλά και των περιορισμών του συστήματος μεταφοράς.{32}

Η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται βάση της Οριακής Τιμής του Συστήματος (ΟΤΣ), ο υπολογισμός της οποίας αποτελεί το τελευταίο στάδιο του ΗΕΠ. Ο Διαχειριστής του Συστήματος, αφού συγκεντρώσει όλες τις προσφορές έγχυσης των διαφορετικών παραγωγών, αθροίζει την ισχύ που μπορεί να παρέχει η κάθε μονάδα παραγωγής ξεκινώντας από αυτήν με τη χαμηλότερη προσφορά. Στην συνέχεια, προστίθεται η μονάδα με την αμέσως μεγαλύτερη προσφορά και η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου καλυφθεί το προβλεπόμενο φορτίο. Η παραγωγή που προέρχεται από Α.Π.Ε. και η υποχρεωτική παραγωγή των Υδροηλεκτρικών Σταθμών εισάγονται πάντα πρώτες στη διάταξη, διότι ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. απαιτεί την υποχρεωτική απορρόφηση αυτής της ενέργειας, ανεξάρτητα από την τιμή στην οποία προσφέρεται.

Η τιμή της τελευταίας μονάδας που εντάσσεται στο Σύστημα, στην οποία εκκαθαρίζεται η αγορά ενέργειας του ΗΕΠ ονομάζεται Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ). Η τιμή αυτή ουσιαστικά αποτελεί την τιμή με την οποία οι προμηθευτές αγοράζουν την ενέργεια που αναμένουν ότι θα απορροφηθεί από το σύστημα αλλά και η τιμή με την οποία θα πληρωθούν οι παραγωγοί που παρείχαν ενέργεια στο σύστημα. {32} {33}

Ένα τυπικό διάγραμμα (**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε1**) που περιγράφει τη διαδικασία του ΗΕΠ είναι το εξής:



Υπολογισμός της Οριακής Τιμής Συστήματος

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε1- {33}

Ορισμένες ποσότητες εγχεόμενης ενέργειας στο σύστημα προσφέρονται σε μηδενική τιμή ώστε να είναι βέβαιη η παραγωγή και έγχυσή τους στο σύστημα.

Αυτές οι προσφορές ονομάζονται Μη Τιμολογούμενες Προσφορές (ΜΤΠ) και συνήθως είναι ποσότητες ενέργειας από ΑΠΕ, Υποχρεωτική παραγωγή από Υδροηλεκτρικά, Τεχνικά Ελάχιστα θερμικών μονάδων (οι μεγάλες θερμικές μονάδες - κυρίως οι ατμοστροβιλικές- του Ελληνικού Συστήματος δεν μπορούν να παράγουν με ευσταθή λειτουργία κάτω από ένα όριο ισχύος) & εισαγωγές. {32} ,{34}

Στη συνέχεια ο Διαχειριστής του συστήματος καταρτίζει το σχετικό πρόγραμμα κατανομής του φορτίου στις μονάδες του Συστήματος και με βάση το πρόγραμμα αυτό εκδίδει τις εντολές για παραγωγή ενέργειας και την παροχή των αναγκαίων επικουρικών υπηρεσιών από τις μονάδες παραγωγής. Για κάθε μονάδα παραγωγής και για κάθε ωριαία περίοδο κατανομής, οι ποσότητες ενέργειας (MWh) που θα έπρεπε να παράγει κάθε μονάδα, σύμφωνα με τις εντολές κατανομής, οι ποσότητες ενέργειας (MWh) που πράγματι παρήχθησαν, όπως καταγράφονται στους αντίστοιχους μετρητές ενέργειας και οι ποσότητες των επικουρικών υπηρεσιών (MW) που παρέχονται από κάθε μονάδα όπως καταγράφονται από το Σύστημα ελέγχου Ενέργειας του Διαχειριστή του Συστήματος. {32}

5.4. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

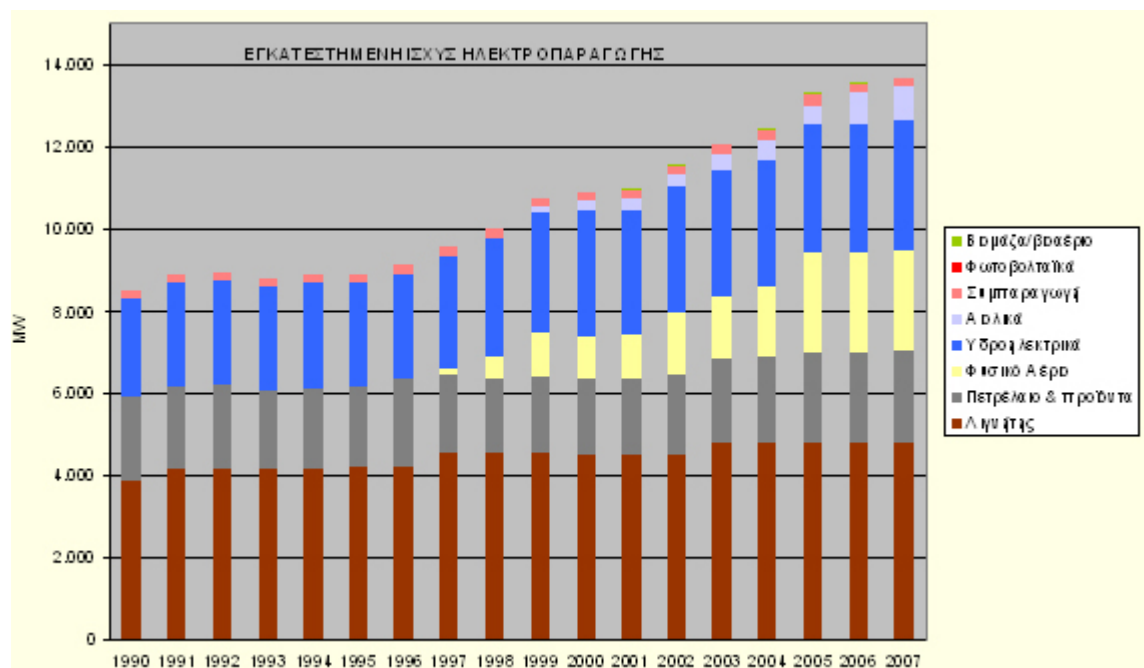
Όπως γνωρίζουμε η ηλεκτροπαραγωγή κατατάσσεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- η Ηλεκτροπαραγωγή από Συμβατικά καύσιμα, η οποία χρησιμοποιεί σαν πηγή ενέργειας ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, τα οποία έχουν σχηματιστεί σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και βρίσκονται αποθηκευμένα στο υπέδαφος, σε μικρότερα ή μεγαλύτερα βάθη σε πεπερασμένες, μη ανανεώσιμες ποσότητες
- η Ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η οποία αντίθετα με την πρώτη, χρησιμοποιεί πηγές διαχρονικές, που δεν εξαντλούν περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα. Η Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ήλιο και τα φυσικά φαινόμενα και κατά συνέπεια εξαρτάται από την περιοδικότητα ή την στοχαστικότητα αυτών των φαινομένων. {18}

Κάθε χώρα έχει επιλέξει το δικό της μείγμα Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής. Το μείγμα αυτό διαφέρει από χώρα σε χώρα γιατί καθορίζεται από παράγοντες όπως:

- οι διαθέσιμοι εγχώριοι Ενεργειακοί Πόροι
- οι Διεθνείς Συγκυρίες & η Ενεργειακή Πολιτική
- οι γεωλογικές, γεωφυσικές, γεωγραφικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες.

Για την Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροπαραγωγής απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε1). {18}



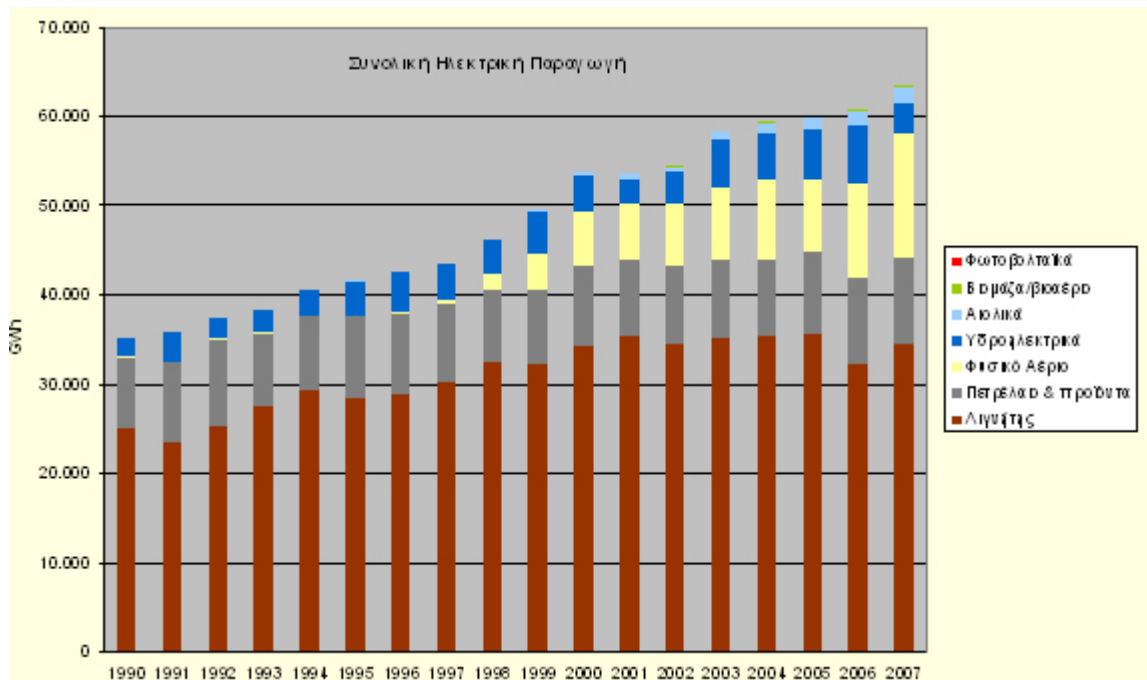
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε1 - {18}

Παρατηρώντας το γράφημα της εξέλιξης της εγκατεστημένης ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα από το 1990 μέχρι και το 2007, διαπιστώνουμε τα εξής:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό της εγκατεστημένης ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος είναι βασισμένο στον λιγνίτη, διότι είναι εγχώριο προϊόν και βρίσκεται σε αφθονία σε πολλά κοιτάσματα στην ηπειρωτική Ελλάδα
- Το σταθερό, σχετικά μεγάλο ποσοστό της εγκατεστημένης ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος που βασίζεται στο πετρέλαιο και τα προϊόντα του, και αυτό κύρια λόγω του μεγάλου πλήθους των ελληνικών νησιών και των δυσκολιών διασύνδεσής τους
- Το σταθερό ποσοστό υδροηλεκτρικών εγκατεστημένων μονάδων, οι οποίες για την κατασκευή τους απαιτούν τεράστιες περιβαλλοντικές παρεμβάσεις για δημιουργία φραγμάτων και υδατικών ταμιευτήρων
- Την πρώτη εμφάνιση και τη σταδιακή αύξηση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Φυσικού Αερίου μετά την κατασκευή του αγωγού μεταφοράς του Φ/Α στη χώρα μας

- Τη μικρή αλλά συνεχή αύξηση των εγκατεστημένων μονάδων αιολικής ενέργειας και τη σηματοδότηση της νέας εποχής για τη διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή

Στην Ελλάδα η Συνολική Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια προέρχεται όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε2).{18}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ε2 - {18}

Παρατηρώντας το γράφημα της εξέλιξης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα από το 1990 μέχρι και το 2007, διαπιστώνουμε τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Την αυξανόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου, η οποία απεικονίζει την οικονομική ανάπτυξη της εποχής αυτής και την αντανάκλασή της στην αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το μεγάλο μερίδιο της ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη αλλά και την ετήσια ποσοστιαία μείωση ως προς την ετήσια συνολική παραγωγή.
- Την ετήσια παραγόμενη από πετρέλαιο Η/Ε, τη διατήρησή της σαν ποσότητα με την πάροδο του χρόνου και τη μείωσή της ως ποσοστού επί της ετήσιας παραγωγής με την πάροδο του χρόνου

- Την είσοδο του φυσικού αερίου στο μείγμα της παραγόμενης Η/Ε στην Ελλάδα και την ετήσια σταδιακή αύξηση της παραγόμενης από αυτό Η/Ε λόγω της εγκατάστασης νέων Σταθμών Παραγωγής τεχνολογίας Φ/Α
- Την παραγόμενη από υδροηλεκτρικούς σταθμούς Η/Ε, με την διευκρίνιση ότι οι εμφανείς αυξομειώσεις απεικονίζουν τις ετήσιες βροχοπτώσεις των περιοχών εγκατάστασης των σταθμών
- Την βαθμιαία αύξηση της παραγόμενης από Ανανεώσιμες Πηγές Η/Ε τα τελευταία χρόνια και την διεύρυνση των Α.Π.Ε. στην Ηλεκτροπαραγωγή. {18}

5.5. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι υφιστάμενοι θερμικοί σταθμοί παραγωγής.^{11}

Πιν. III: Υφιστάμενοι Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής Συνδεδεμένοι στο Σύστημα

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤΕ-ΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
Λιγνιτικές μονάδες				
ΔΕΗ	Άγ. Δημήτριος	Άγ. Δημήτριος I, II	2x300	2x274
		Άγ. Δημήτριος III, IV	2x310	2x283
		Άγ. Δημήτριος V	375	342
ΔΕΗ	Αμόνταιο	Αμόνταιο I, II	2x300	2x273
ΔΕΗ	Καρδιά	Καρδιά I-II	2x300	2x275
		Καρδιά III-V	2x306	2x280
ΔΕΗ	Λιπτόλ (Πτολεμαίδα)	Λιπτόλ I	10	8
		Λιπτόλ II	33	30
ΔΕΗ	Μεγαλόπολη I	Μεγαλόπολη I, II	2x125	2x113
		Μεγαλόπολη III	300	255
ΔΕΗ	Μεγαλόπολη II	Μεγαλόπολη IV	300	256
ΔΕΗ	Μελίτη	Μελίτη	330	289
ΔΕΗ	Πτολεμαίδα	Πτολεμαίδα I	70	64
		Πτολεμαίδα II, III	2x125	2x116
		Πτολεμαίδα IV	300	274
Σύνολο ισχύος λιγνιτικών μονάδων			5250	4746
Πετρελαϊκές μονάδες				
ΔΕΗ	Αλιβέρι	Αλιβέρι III, IV	2x150	2x144
ΔΕΗ	Λαύριο	Λαύριο I	130	123
		Λαύριο II	300	287
Σύνολο ισχύος πετρελαϊκών μονάδων			730	698
Μονάδες συνδυσμένου κύκλου (ΜΣΚ)				
ΔΕΗ	Κομοτηνή	Κομοτηνή	484,6	476,3
ΔΕΗ	Λαύριο	Λαύριο III (μικρή ΜΣΚ)	176,5	173,4
		Λαύριο IV (μεγάλη ΜΣΚ)	560	550,2
		Λαύριο V (νέα ΜΣΚ)	385,3	377,7
Ενεργειακή Θεσ.	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	ΕΝΘΕΣ	390	389,4
Σύνολο ισχύος μονάδων συνδυσμένου κύκλου			1996,4	1967
Μονάδες φυσικού αερίου ανοικτού κύκλου				
ΔΕΗ	Άγ. Γεώργιος	Άγ. Γεώργιος VIII	160	151
ΔΕΗ		Άγ. Γεώργιος IX	200	188
ΗΡΩΝ Θερμο-ηλεκτρική	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	Αεριοστροβιλικές μονάδες ανοικτού κύκλου	147,8	147,8
Σύνολο ισχύος μονάδων φυσικού αερίου			507,8	486,8
Μονάδες συμπαραγωγής σε σταθμούς συνολικής ισχύος τουλάχιστον 50 MW				
ΕΛΠΕ	ΕΛΠΕ/Εγκαταστάσεις Ασπροπόργου		50	50
ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ	ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ/Άγ. Θεόδωροι		66,1	66,1
Σύνολο ισχύος λοιπών Θερμοηλεκτρικών Σταθμών			116,1	116,1
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ			8600,3	8013,9

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε1 - {11}

5.6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΙ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι υφιστάμενοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής {11}

Πιν. IV: Υφιστάμενοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής Συνδεδεμένοι στο Σύστημα*

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤΕ-ΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΔΕΗ	Άγρας	Άγρας I, II	2x25	2x25
ΔΕΗ	Ασώματα	Ασώματα I, II	2x54	2x54
ΔΕΗ	Εδεσσαίος	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	Θησαυρός	Θησαυρός I-III	3x128	3x128
ΔΕΗ	Καστράκι	Καστράκι I-IV	4x80	4x80
ΔΕΗ	Κρεμαστά	Κρεμαστά I-IV	4x109,3	4x109,3
ΔΕΗ	Λάδωνας	Λάδωνας I, II	2x35	2x35
ΔΕΗ	Πηγές Αώου	Πηγές Αώου I, II	2x105	2x105
ΔΕΗ	Πλαστήρας	Πλαστήρας I-III	3x43,3	3x43,3
ΔΕΗ	Πλατανόβρυση	Πλατανόβρυση I, II	2x58	2x58
ΔΕΗ	Πολύφυτο	Πολύφυτο I-III	3x125	3x125
ΔΕΗ	Πουρνάρι I	Πουρνάρι I, I-III	3x100	3x100
ΔΕΗ	Πουρνάρι II	Πουρνάρι II, I-II	2x16	2x16
		Πουρνάρι II, III	1,6	1,6
ΔΕΗ	Στράτος	Στράτος I, II	2x75	2x75
ΔΕΗ	Σφηκιά	Σφηκιά I-III	3x105	3x105
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ			3017,7	3017,7

* Δεν αναφέρονται οι Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί που υπάγονται στις διατάξεις του Άρθρου 9 του Ν. 3468/06

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε2 - {11}

5.7. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Από το ενημερωτικό δελτίο ΑΠΕ του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το μήνα Δεκέμβριο 2010 είχαμε τα παρακάτω δεδομένα:

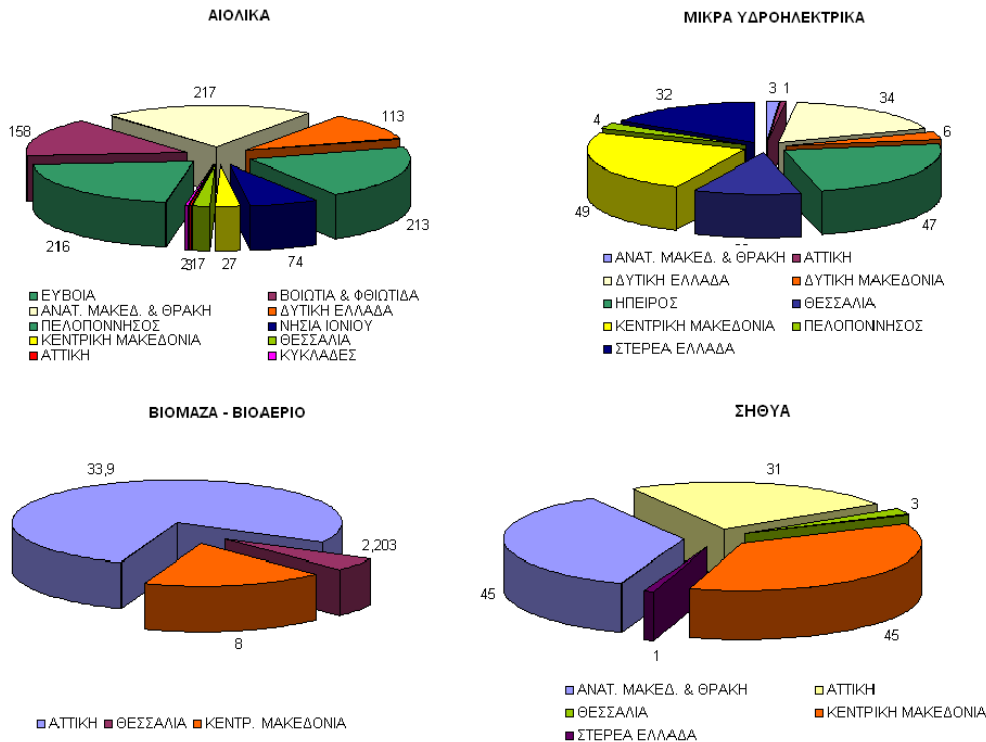
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 2010
(Άρθρο 9 Ν.3468/2006)

Μήνας	Αιολικά		Υδροηλεκτρικά		Βιοαέριο-Βιομάζα		Σύνολο	
	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	231.075	922,61	80.996	182,61	15.700	40,80	327.771	1.146,01
Φεβρουάριος	197.363	940,61	81.403	182,61	14.184	40,80	292.950	1.164,01
Μάρτιος	179.761	940,61	91.192	182,61	16.086	40,80	287.039	1.164,01
Απρίλιος	179.989	940,61	80.844	183,97	16.033	40,80	276.866	1.165,37
Μάιος	104.659	940,61	71.231	183,97	16.823	40,80	192.713	1.165,37
Ιούνιος	105.918	940,61	51.661	183,97	16.573	40,80	174.152	1.165,37
Ιούλιος	139.247	940,61	41.604	183,97	16.271	40,80	197.122	1.165,37
Αύγουστος	148.824	963,39	32.565	185,12	16.524	40,80	197.914	1.189,30
Σεπτέμβριος	148.964	983,19	32.458	185,12	16.017	40,80	197.438	1.209,10
Οκτώβριος	162.048	1003,19	53.154	192,21	16.801	40,80	232.002	1.236,20
Νοέμβριος	220.747	1005,89	63.586	194,52	16.477	40,80	300.810	1.241,21
Δεκέμβριος	243.084	1039,09	72.803	196,83	16.444	41,05	332.330	1.276,97
	2.061.678		753.497		193.933		3.009.109	

ΔΕΣΜΗΕ/ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010

2010
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (MW) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Άρθρο 9 Ν.3468/2006)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2



ΔΕΣΜΗΕ/ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε3 - {35}

5.8. ΣΤΟΧΟΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΕ

Με την Απόφαση με Αριθ. Α.Υ/Φ1/οι.19598/11.10.2010 (ΦΕΚ1630Β) έγινε γνωστή η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία ΑΠΕ και κατηγορία παραγωγού και η κατανομή της με χρονικό ορίζοντα τα έτη 2014 έως 2020. {36}

Η επιδιωκόμενη αναλογία φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

	2014	2020
Υδροηλεκτρικά	3700	4650
Μικρά (0-15MW)	300	350
Μεγάλα (>15MW)	3400	4300
Φωτοβολταϊκά	1500	2200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της παρ. 6 του άρθ. 15 του ν.3851/2010	500	750
Λοιπές Εγκαταστάσεις	1000	1450
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων θαλασσίων)	4000	7500
Βιομάζα	200	350

Πίνακας 1. Όρια εγκατεστημένης ισχύος (MW) ανά τεχνολογία Α.Π.Ε. και κατηγορία παραγωγού.

Γίνεται αντιληπτό ότι θα πρέπει να εγκατασταθούν περί τα 4000MW αιολικής ισχύος έως το έτος 2014 και συνολικά 7500MW έως το έτος 2020 (1039MW αιολικής ισχύος είναι ήδη εγκατεστημένα έως Δεκέμβριο 2010 όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο).{36}

5.9. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Το σύστημα μεταφοράς αποτελείται από το ηλεκτρικό σύστημα του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και των διασυνδεδεμένων με αυτό νησιών στα επίπεδα υψηλής (66kV & 150kV) και υπερυψηλής τάσης (400kV). {11}

Κύριο χαρακτηριστικό του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος είναι η μεγάλη συγκέντρωση σταθμών παραγωγής στο βόρειο τμήμα της χώρας (Δυτική Μακεδονία) ενώ το κέντρο κατανάλωσης βρίσκεται στο Νότο (περιοχή Αττικής). Δεδομένου ότι και οι διεθνείς διασυνδέσεις με Βουλγαρία και ΠΓΔΜ είναι στο Βορρά, υπάρχει μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίων.

Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ισχύος κατά τον άξονα Βορά – Νότου η οποία εξυπηρετείται κυρίως από έναν κεντρικό κορμό 400kV αποτελούμενο από τρεις γραμμές μεταφοράς 400kV διπλού κυκλώματος.

Οι γραμμές αυτές συνδέουν το κύριο κέντρο παραγωγής (Δυτική Μακεδονία) με τα Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) που βρίσκονται γύρω από την ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας. Η μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης είχε οδηγήσει στο παρελθόν σε σημαντικά προβλήματα τάσεων. Στην κατεύθυνση αντιμετώπισης του προβλήματος, έχουν ληφθεί κατάλληλα μέτρα, όπως η ένταξη νέων μονάδων παραγωγής στο Νότιο Σύστημα αναμένεται να διαφοροποιήσει σημαντικά αυτή την ανισορροπία στο μέλλον.

Το ιστορικό στιγμιαίο μέγιστο της αιχμής φορτίου για το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανήλθε σε 10.610MW την 23 Ιουλίου 2007. Το Σύστημα αντεπεξήλθε επιτυχώς στις αυξημένες απαιτήσεις της ζήτησης, διατηρώντας πολύ καλά επίπεδα ποιότητας ισχύος και τάσεως.

Από τον Οκτώβριο του 2004 το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το σύγχρονο διασυνδεδεμένο Σύστημα του ENTSO-E (EUROPEAN NETWORK OF TRANSMISSION SYSTEM OPERATORS FOR ELECTRICITY). {11}

5.10. ΕΦΕΔΡΕΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και καταναλώνεται σε “τρέχοντα” χρόνο καθώς δεν υπάρχει κάποιο είδος αποθήκευσης της για χρήση της στο μέλλον. Για να διατηρείται η αξιοπιστία του συστήματος λοιπόν, θα πρέπει να διατηρείται μία διαρκής και σταθερή ισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, παρά τον σωστό προγραμματισμό, πολλές φορές παρατηρείται αδυναμία για την κάλυψη του φορτίου είτε λόγω διακοπής της λειτουργίας μίας μονάδας που είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, είτε λόγω βλάβης σε κάποιο σημείο του δικτύου μεταφοράς, είτε λόγω αυξημένου φορτίου. {37}

Ένας τρόπος για να εξασφαλίσουμε αυτή την ενεργειακή ισορροπία είναι να διατηρούμε την ισχύ που μπορούν να παράγουν οι γεννήτριες σε υψηλότερα επίπεδα από αυτά της κατανάλωσης, έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε διαταραχή που απειλεί την ευστάθεια του. Αυτή η επιπρόσθετη ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος που έχουν τη δυνατότητα να παράγουν οι γεννήτριες ονομάζεται λειτουργική εφεδρεία.

Το ποσό της απαιτούμενης εφεδρείας που θα πρέπει να διατηρεί το σύστημα χρήζει αντικείμενο πολλών μελετών. Το ποσό της εφεδρείας είναι αρκετά σημαντικό ώστε να αποφασίσει ο Διαχειριστής το ποσό της εφεδρείας που πρέπει να κρατηθεί εξαρτάται από την κρίση του διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς αφού θα πρέπει να συνυπολογίσει τον κίνδυνο απωλειών. Συνήθως, η απόφαση αυτή σχετίζεται με την αξιοπιστία του συστήματος και το κόστος με το οποίο επιβαρύνεται το σύστημα για να κρατήσει αυτή την επιπλέον εφεδρεία. {37}

Ο κίνδυνος απωλειών φορτίου λόγω της ανεπαρκούς παραγωγής μπορεί να μειωθεί διατηρώντας μεγαλύτερο αριθμό γεννητριών διασυνδεδεμένων με το σύστημα αυξάνοντας έτσι τη παραγωγή της λειτουργικής εφεδρείας. Ωστόσο, ταυτόχρονα αυξάνεται και το λειτουργικό κόστος και μία υπερεκτίμηση για το μέγεθος της εφεδρείας, θα επιδράσει αρνητικά στο λογαριασμό του καταναλωτή. Αντίθετα, μία υποτίμηση του μεγέθους της εφεδρείας που πρέπει να διατηρηθεί θα οδηγήσει το δίκτυο σε προβλήματα ευστάθειας και ασφάλειας. Συνεπώς, ένας οικονομικός και αποδοτικός προσδιορισμός για την κατανομή της εφεδρείας θα πρέπει να συνδυάζει τα πλεονεκτήματα που επιφέρει η αύξηση της εφεδρείας στην αξιοπιστία του συστήματος με το μειονέκτημα του υψηλότερου λειτουργικού κόστους. {37}

Για να κατανοήσουμε τα οφέλη και τις λειτουργίες ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης θα πρέπει να αναφερθούμε στις Επικουρικές Υπηρεσίες ενός Διασυνδεδεμένου Συστήματος.

Επικουρικές Υπηρεσίες (ΕΥ)

Επικουρικές Υπηρεσίες είναι οι υπηρεσίες που απαιτούνται για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του Συστήματος Μεταφοράς από τα σημεία έγχυσης στα σημεία κατανάλωσης και για την διασφάλιση της ποιότητας παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές. {38}

Τα είδη των Επικουρικών Υπηρεσιών είναι τα ακόλουθα:

1. Πρωτεύουσα Ρύθμιση και Εφεδρεία (Πρωτεύων έλεγχος) ,
2. Δευτερεύουσα Ρύθμιση και Εύρος (Δευτερεύων έλεγχος),
3. Τριτεύουσα Ρύθμιση και Στρεφόμενη Εφεδρεία,
4. Τριτεύουσα Μη Στρεφόμενη Εφεδρεία,
5. Στατή Εφεδρεία,
6. Ρύθμιση Τάσης,
7. Επανεκκίνηση του Συστήματος

Λειτουργική εφεδρεία: η επιπρόσθετη ενεργός ισχύς εξόδου (MW) που απαιτείται από τις μονάδες παραγωγής ή από τη μείωση της ζήτησης και η οποία πρέπει να διατίθεται κατά τη λειτουργία σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να διορθώνει οποιαδήποτε ενδεχόμενη απόκλιση της συχνότητας του ηλεκτρικού συστήματος. Περιλαμβάνει την Πρωτεύουσα λειτουργική εφεδρεία, την Δευτερεύουσα λειτουργική εφεδρεία και την Τριτεύουσα λειτουργική εφεδρεία. {37}

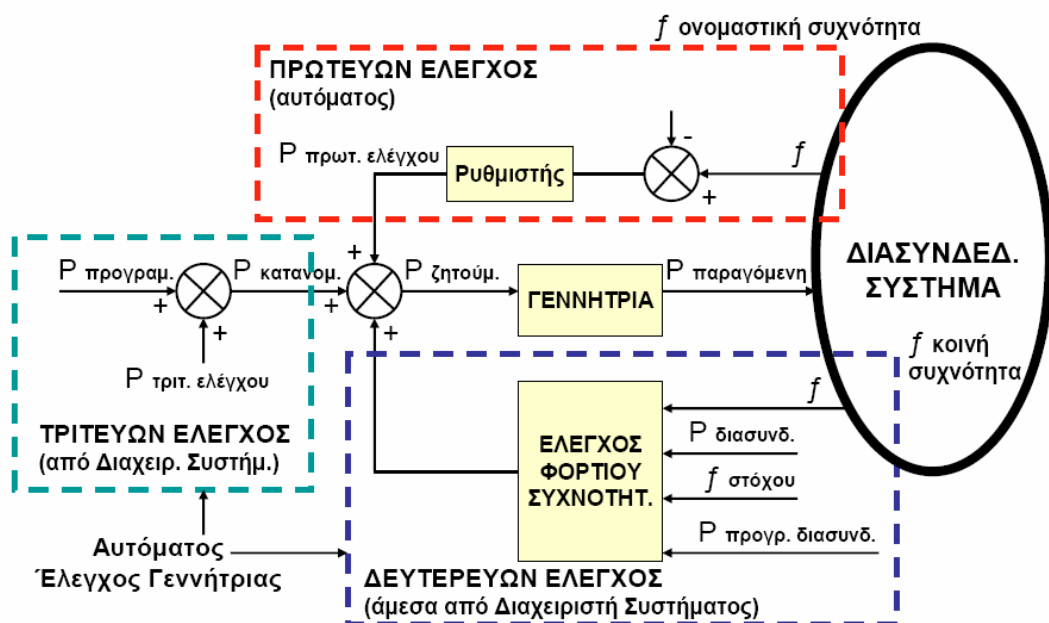
Η ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης είναι πρωταρχικές τελείως απαραίτητες ανάγκες για τη λειτουργία του Διασυνδεδεμένου Συστήματος.

Οι επί μέρους Επικουρικές Υπηρεσίες υπό στοιχεία (1) έως (4) αναφέρονται συνοπτικά ως Επικουρικές Υπηρεσίες Ρύθμισης Συχνότητας και Ενεργού Ισχύος και ο αναλυτικός ορισμός τους γίνεται στον πρώτο κανονισμό (Policy 1: Load Frequency Control and Performance) της UCTE. {38}

Εφεδρεία Ισχύος είναι η διαθέσιμη Ισχύς από τις μονάδες που παρέχουν Επικουρικές Υπηρεσίες (Ε.Υ) ώστε με χρήση αυτής της Ισχύος, ανάλογα με την ανάγκη να γίνεται αντίστοιχα η Πρωτεύουσα, η Δευτερεύουσα και η Τριτεύουσα ρύθμιση συχνότητας του Διασυνδεδεμένου Δικτύου. {38}

Το παρακάτω σχήμα (ΣΧΗΜΑ Ε3) χωρίς να ληφθεί υπόψη η ρύθμιση συχνότητας με δράσεις από τη πλευρά της ζήτησης της ενέργειας εξηγεί τα παραπάνω.

**ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΟΥ ΤΥΠΙΚΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
ΓΙΑ ΤΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ**



ΣΧΗΜΑ Ε3 - {38}

1. Πρωτεύουσα Ρύθμιση και Εφεδρεία

Ως Πρωτεύουσα Ρύθμιση Συστήματος ορίζεται η συλλογική αυτόματη διορθωτική αντίδραση των Μονάδων Παραγωγής και των Φορτίων στις αποκλίσεις της πραγματικής συχνότητας του συστήματος από τη συχνότητα αναφοράς, με την οποία επιδιώκεται να εξισορροπηθεί η συνολική παραγωγή με τη συνολική απορρόφηση ενέργειας και η σταθεροποίηση της συχνότητας εντός τριάντα (30) δευτερολέπτων από την εκδήλωση της διαταραχής συχνότητας. Η ρύθμιση μπορεί

να μην αποκαταστήσει τη συχνότητα στα επίπεδα της συχνότητας αναφοράς. Ειδικότερα, η αυτόματη διορθωτική αντίδραση είναι το αποτέλεσμα της αυτόματης ρύθμισης της ενεργού ισχύος εξόδου των Μονάδων ανάλογα με τον στατισμό του ρυθμιστή φορτίου. Το φορτίο αντιδρά στις μεταβολές της συχνότητας αυτό-ρυθμιζόμενο. {39}

Η Εφεδρεία Πρωτεύουσας Ρύθμισης είναι η μεταβολή της παραγόμενης Ενεργού Ισχύος Μονάδας ως αυτόματη αντίδραση του ρυθμιστή στροφών της, έτσι ώστε να λάβει χώρα η Πρωτεύουσα Ρύθμιση Συστήματος, για μια απόκλιση συχνότητας από τη συχνότητα αναφοράς ίση με ± 200 mHz. Η μεταβολή της Ενεργού Ισχύος Μονάδας πρέπει να λαμβάνει χώρα εντός τριάντα (30) δευτερολέπτων από την εκδήλωση της διαταραχής της συχνότητας και το επίπεδο παραγωγής Ενεργού Ισχύος Μονάδας πρέπει να διατηρείται, ανάλογα με την τιμή της απόκλισης της συχνότητας, τουλάχιστον για δεκαπέντε (15) λεπτά.

Ως Πρωτεύουσα Εφεδρεία Συστήματος ορίζεται η συλλογική συνεισφορά των Μονάδων του Συστήματος σε Εφεδρεία Πρωτεύουσας Ρύθμισης, ώστε, συν -επικουρούμενη από τα Φορτία που συμμετέχουν στην Επικουρική Υπηρεσία, να λαμβάνει χώρα η Πρωτεύουσα Ρύθμιση Συστήματος.

Το ελάχιστο επίπεδο παροχής Πρωτεύουσας Εφεδρείας για κάθε Control Block του διασυνδεδεμένου συστήματος της UCTE υπολογίζεται με βάση την καθαρή ετήσια παραγωγή του και την θέσπιση του κανόνα της μη μεταβολής της συχνότητας της UCTE περισσότερο από ± 200 mHz σε περιπτώσεις συμβάντων 3000MW (απώλεια παραγωγής ή φορτίου). {39}

2. Δευτερεύουσα Ρύθμιση και Εύρος

Η Δευτερεύουσα Ρύθμιση Συστήματος (LFC: Load Frequency Control) διαχειρίζεται την απόκλιση μεταξύ Παραγωγής και Κατανάλωσης (Ζήτησης) εντός ενός Control Block καθώς επίσης και την Συχνότητα του Συστήματος εντός του Διασυνδεδεμένου Συγχρόνου Συστήματος της UCTE. {39}

Η Δευτερεύουσα Ρύθμιση Συστήματος χρησιμοποιεί το κεντρικά εγκατεστημένο σύστημα της Αυτόματης Ρύθμισης Παραγωγής (AGC: Automatic Generation Control) για την συνεχή αποστολή εντολών (set points), με τις οποίες τηλε-ρυθμίζεται η παραγωγή ενεργού ισχύος μίας μονάδας παραγωγής, σε χρονικά πλαίσια από δέκα (10) δευτερόλεπτα έως δεκαπέντε (15) λεπτά από την

εκδήλωση της διαταραχής. Η ρύθμιση αυτή επιδιώκει την ελαχιστοποίηση του Σφάλματος Ρύθμισης Περιοχής (ACE: Area Control Error), το όριο ανοχής του οποίου καθορίζεται από τον ΔΕΣΜΗΕ.

Ως ACE (MW) ορίζεται το αποτέλεσμα ενός συμβάντος εντός ενός Control Block και είναι το άθροισμα της απόκλισης των προγραμμάτων ανταλλαγών (P_0) από τις μετρήσεις (P) δια μέσου των διασυνδέσεων του Control Block ($\Delta P = P - P_0$) και του σφάλματος συχνότητας ($K * \Delta f$), ήτοι:

$$ACE = \Delta P + K * \Delta f.$$

Ο συντελεστής K [MW/Hz] για κάθε Control Block του διασυνδεδεμένου συστήματος της UCTE υπολογίζεται ετησίως με βάση την καθαρή ετήσια παραγωγή του και την θεώρηση της συνολικής χαρακτηριστικής Φορτίου– Συχνότητας του διασυνδεδεμένου συστήματος της UCTE (τιμή για το 2009: 26.700 MW/Hz). {39}

Το εύρος Δευτερεύουσας Ρύθμισης (θετική και αρνητική εφεδρεία) είναι το περιθώριο της μεταβολής της ενεργού ισχύος μίας μονάδας παραγωγής όταν αυτή συμμετέχει στην Αυτόματη Ρύθμιση Παραγωγής και ορίζεται ως η διαφορά $LFC_{max} - LFC_{min}$, είναι δηλαδή το εύρος μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης παραγόμενης ενεργού ισχύος μονάδας που λειτουργεί υπό τον έλεγχο του AGC. {39}

Η θετική ή αρνητική Εφεδρεία Δευτερεύουσας Ρύθμισης είναι τα περιθώρια αύξησης ή μείωσης αντίστοιχα της παραγόμενης ενεργού ισχύος μίας μονάδας λαμβάνοντας υπόψη το τρέχον επίπεδο της παραγόμενης ενεργού ισχύος.

Το εύρος Δευτερεύουσας Ρύθμισης Συστήματος είναι η συνολική συνεισφορά των μονάδων που συμμετέχουν στην ρύθμιση στο εύρος Δευτερεύουσας Ρύθμισης.

Το ελάχιστο μέγεθος της Δευτερεύουσας Εφεδρείας που πρέπει να διατηρεί ο Διαχειριστής του Συστήματος για την ασφαλή λειτουργία του καθορίζεται με βάση κανόνες που περιγράφονται αναλυτικά στο Policy 1 (Load Frequency Control and Performance) της UCTE, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τις ιδιαιτερότητες ή την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος. {39}

Η αριθμητική τιμή του Αναμενόμενου Ρυθμού μεταβολής παραγωγής υπό Αυτόματη Ρύθμιση Παραγωγής (ΑΡΠ) ανά τεχνολογία Μονάδων καθορίζεται από τη ΡΑΕ μετά

από εισήγηση του Διαχειριστή του Συστήματος, ετησίως και πριν την έναρξη του χρόνου ισχύος τους, για έκαστη από τις εξής τεχνολογίες Μονάδων:

α) λιγνιτικές μονάδες,
β) ατμοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο Πετρέλαιο ή Φυσικό Αέριο,
γ) ανθρακικές μονάδες,
δ) αεριοστροβιλικές μονάδες φυσικού αερίου μη συνδυασμένου κύκλου και μονάδες Μηχανών Εσωτερικής Καύσεως,

ε) μονάδες φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου και στ) υδροηλεκτρικές μονάδες. Οι αριθμητικές τιμές του Αναμενόμενου Ρυθμού μεταβολής παραγωγής υπό ΑΡΠ ανά τεχνολογία μονάδων αντανακλούν το βέλτιστο ρυθμό που δύνανται να επιτύχουν μονάδες παραγωγής της αντίστοιχης τεχνολογίας οι οποίες είναι πλήρως εφοδιασμένες με τον απαιτούμενο εξοπλισμό, και υπό συνθήκες καλής συντήρησης και λειτουργίας.

Για τον καθορισμό του ρυθμού μεταβολής παραγωγής υπό ΑΡΠ (MW/λεπτό), Διαχειριστής διεξάγει μετρήσεις που συνίστανται σε αποστολή εντολών (set points) προς τις μονάδες με βήματα 50MW και μέτρηση της απόκρισης τους μετά από ένα (1) λεπτό. Ο μέσος όρος των μετρούμενων ρυθμών (MW/λεπτό) συνιστά τον ρυθμό μεταβολής παραγωγής υπό ΑΡΠ. {39}

3. Τριτεύουσα Ρύθμιση και Εφεδρεία

Η Τριτεύουσα Ρύθμιση χρησιμοποιεί την Τριτεύουσα Εφεδρεία που ενεργοποιείται από τον Διαχειριστή του Συστήματος σε περίπτωση παράτασης της ενεργοποίησης της Δευτερεύουσας Ρύθμισης αλλά και σαν συμπλήρωμα της Δευτερεύουσας Εφεδρείας μετά από συμβάντα μεγαλύτερης κλίμακας που χρειάζονται επαναφορά της συχνότητας του συστήματος. Κυρίως χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση του επίπεδου της Δευτερεύουσας Εφεδρείας Συστήματος που είχε μεταβληθεί ως συνέπεια της λειτουργίας της Δευτερεύουσας Ρύθμισης Συστήματος. {39}

Η ρύθμιση αφορά στην μεταβολή της ενεργού ισχύος των μονάδων παραγωγής που ο ΔΕΣΜΗΕ εντέλει με σχετική Εντολή Κατανομής, βασισμένης στο κριτήριο της ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους έγχυσης ενέργειας στο

Σύστημα. Η Εντολή Κατανομής μεταδίδεται μέσω της Αυτόματης Ρύθμισης Παραγωγής (ΑΡΠ), εάν η μονάδα είναι συνδεδεμένη στο σύστημα ΑΡΠ.

Η Εφεδρεία Τριτεύουσας Ρύθμισης είναι το περιθώριο της αύξησης της παραγόμενης ενεργού ισχύος μονάδας μεταξύ ενενήντα (90) δευτερολέπτων και δεκαπέντε (15) λεπτών μετά από τη σχετική Εντολή Κατανομής. Η Τριτεύουσα Εφεδρεία Συστήματος είναι η συλλογική συνεισφορά όλων των μονάδων στην Εφεδρεία Τριτεύουσας Ρύθμισης. {39}

Το ελάχιστο μέγεθος της Τριτεύουσας Εφεδρείας που πρέπει να διατηρεί ο Διαχειριστής του Συστήματος για την ασφαλή λειτουργία του καθορίζεται με βάση κανόνες που περιγράφονται αναλυτικά στο Policy 1 (Load Frequency Control and Performance) της UCTE λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τις ιδιαιτερότητες ή την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος.

4. Στρεφόμενη Εφεδρεία

Ως Τριτεύουσα Στρεφόμενη Εφεδρεία Μονάδος ορίζεται η Εφεδρεία Τριτεύουσας Ρύθμισης Μονάδας, η οποία είναι συγχρονισμένη στο Σύστημα.

5. Μη Στρεφόμενη Εφεδρεία

Ως Τριτεύουσα Μη Στρεφόμενη Εφεδρεία Μονάδος ορίζεται η Εφεδρεία Τριτεύουσας Ρύθμισης Μονάδας, η οποία δεν είναι συγχρονισμένη στο Σύστημα.

6. Στατή Εφεδρεία

Ως Στατή Εφεδρεία Μονάδος ορίζεται η μέγιστη ποσότητα ενεργού ισχύος που μπορεί να διατεθεί στο Σύστημα από μια μη συνδεδεμένη μονάδα παραγωγής, εντός μιας χρονικής περιόδου από είκοσι (20) λεπτά έως τέσσερις (4) ώρες μετά την έκδοση μιας Εντολής Κατανομής συγχρονισμού, όπως αυτό το μέγεθος ορίζεται στα Δηλωμένα Χαρακτηριστικά της Μονάδας.

Ως Στατή Εφεδρεία Συστήματος ορίζεται το άθροισμα των Στατών Εφεδρειών όλων των μονάδων παραγωγής, οι οποίες έχουν προγραμματιστεί ή μπορούν να προγραμματισθούν για να παρέχουν τέτοια υπηρεσία για κάθε Περίοδο Κατανομής. Ο προγραμματισμός για την παροχή αυτής της υπηρεσίας διενεργείται από τον ΔΕΣΜΗΕ προκειμένου να γίνεται δυνατή η Ρύθμιση Ενεργού Ισχύος και Συχνότητας ενόψει απρόβλεπτων διαταραχών της ισορροπίας φορτίου του Συστήματος σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια μιας Ημέρας Κατανομής.

7. Ρύθμιση Τάσης

Η Ρύθμιση της Τάσης του Συστήματος αποσκοπεί στην διατήρηση της τάσης του Συστήματος μέσα στα όρια κανονικής λειτουργίας. Για αυτό τον σκοπό απαιτείται να υπάρχει ικανοποιητική στατική και δυναμική εφεδρεία άεργου ισχύος.

Η Ρύθμιση Τάσης Συστήματος επιτυγχάνεται με ευθύνη του ΔΕΣΜΗΕ με χρήση των ακόλουθων μέσων:

1. Χρήση στοιχείων του Συστήματος, και ιδίως με την αλλαγή της θέσης των μεταγωγών των αυτομετασχηματιστών του Συστήματος (tap changers), τη διακοπή ή ενεργοποίηση γραμμών ή καλωδίων, τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων αντιστάθμισης ή άλλων συστημάτων παραγωγής άεργου ισχύος (σύγχρονοι πυκνωτές), την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση αυτεπαγωγών και πυκνωτών 150 KV.
2. Σε συνεργασία με τον Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των συστοιχιών πυκνωτών στους υποσταθμούς μέσης τάσης.
3. Αλλαγή θέσης των μεταγωγών των μετασχηματιστών των μονάδων και επέμβαση επί των ρυθμιστών διέγερσης τους.
4. Ρύθμιση της παραγωγής άεργου ισχύος των μονάδων τοπικά ή κεντρικά, χειροκίνητα ή αυτόματα.

Ως Επικουρική Υπηρεσία Ρύθμισης Τάσης νοείται το σύνολο των υπηρεσιών που παρέχονται εντός του πλαισίου των ανωτέρω σημείων (3) και (4).

8. Επανεκκίνηση του συστήματος

Η Επικουρική Υπηρεσία Επανεκκίνησης του Συστήματος είναι η υπηρεσία που παρέχεται από τις μονάδες παραγωγής (που χαρακτηρίζονται σαν Μονάδες Επανεκκίνησης) μετά από μια γενική ή μερική διακοπή της λειτουργίας του Συστήματος. Συνίσταται στη δυνατότητα αυτών των μονάδων να εκκινούν χωρίς

εξωτερική τροφοδότηση και να εγχέουν ενέργεια στο σύστημα εντός μίας (1) ώρας για θερμική μονάδα ή εντός δεκαπέντε (15) λεπτών για υδροηλεκτρική μονάδα.

Στην πράξη οι υδροηλεκτρικές μονάδες είναι πολύ χρήσιμες στη παροχή αυτής της Επικουρικής Υπηρεσίας αφού ο χρόνος για να συγχρονίσουν και να εγχύσουν ενέργεια στο εκτός λειτουργίας Σύστημα είναι πολύ μικρότερος των (15) λεπτών (3 έως 7 λεπτά).{38}

Επικουρικές Υπηρεσίες	Ενεργοποίηση	Διατήρηση Εφεδρείας και Εύρος της
Πρωτεύουσα Ρύθμιση και Εφεδρεία Ενεργού Ισχύος	Τοπικά αυτόματα για $\Delta f \geq \pm 200$ mHz Σταθεροποίηση Συχνότητας και εξάντληση της εφεδρείας σε 30 δευτ.	Τουλάχιστον 15 λεπτά Εύρος 3% της πλήρους Ισχύος Μονάδας
Δευτερεύουσα Ρύθμιση και Εφεδρεία	Κεντρική Λειτουργία τηλερρύθμισης από τον Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ) Εκδηλώνεται σε χρόνο 10 δευτ. Εξάντληση της Εφεδρείας σε 15 λ.	Εύρος 40% της πλήρους Ισχύος Μονάδας
Τριτεύουσα Ρύθμιση Συστήματος και Στρεφόμενη Εφεδρεία	Από τον Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ) με περιοδικότητα λίγων λεπτών, για την αποκατάσταση του εύρους της δευτερεύουσας εφεδρείας Εξάντληση της εφεδρείας σε 90 δευτ. έως 15 λεπτά	Εύρος 10% της πλήρους Ισχύος Μονάδας
Τριτεύουσα Μη Στρεφόμενη Εφεδρεία (Μη συγχρονισμένη Μονάδα)	Όπως στην προηγούμενη περίπτωση	Εύρος = Τεχν. Ελάχ. Μονάδας + 25% της πλήρους Ισχύος Μονάδας
Στατή Εφεδρεία (Μη συγχρονισμένη Μονάδα)	Όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά με εξάντλησή της σε χρόνο 20 λ. έως 4 ώρες	Εύρος = Τεχν. Ελάχ. Μονάδας + 25% της πλήρους Ισχύος Μονάδας
Επανεκκίνηση Συστήματος	Έγχυση Ενέργειας σε 15 λ. για ΥΗΣ και σε 60 λ. για άλλες Μονάδες	

Πίνακας Ανακεφαλαιωτικός των Χαρακτηριστικών των Επικουρικών Υπηρεσιών

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε4 - {38}

5.11. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σε αντίθεση με μία συμβατική γεννήτρια, η αδρανειακή αντίδραση μίας Ανεμογεννήτριας που μπορεί να παράγει το ίδιο ποσό ενέργειας με μια συμβατική γεννήτρια, αποτελεί έναν αστάθμητο παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας. {37}

Σε χρονικές περιόδους όπου έχουμε μεγαλύτερη αιολική διεύδυση, λόγω ύπαρξης ανέμου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία του συστήματος, απαιτείται να κρατείται μεγαλύτερη ποσότητα Λειτουργικής Εφεδρείας για να αντισταθμίζεται η μικρότερη αδράνεια των γεννητριών. Αυτό συμβαίνει επειδή όσο αυξάνεται ο αριθμός των Ανεμογεννητριών που αντικαθιστούν τις συμβατικές γεννήτριες, τόσο μειώνεται ο αντίστοιχος αριθμός των γεννητριών που μοιράζονται το φορτίο για την παραγωγή της Λειτουργικής Εφεδρείας.

Οι Ανεμογεννήτριες δεν παρέχουν εφεδρεία αφού συνήθως λειτουργούν υπό τη μέγιστη τους ισχύ για δεδομένη ταχύτητα του ανέμου καθώς σε αυτή την κατάσταση το οριακό κόστος της αιολικής ενέργειας είναι μικρότερο. {37}

Έτσι, όταν γίνεται ο σχεδιασμός για την Λειτουργική Εφεδρεία δεν συνηθίζεται να συμπεριλαμβάνεται εφεδρεία που να προέρχεται από την αιολική παραγωγή, λόγω του αυξημένου ρίσκου που εμπεριέχει η τυχαία κατανομή του ανέμου. Καθώς λοιπόν η παραγόμενη ισχύς των Ανεμογεννητριών είναι δύσκολο να προβλεφθεί, ο Διαχειριστής του Συστήματος θα πρέπει να διατηρεί επιπρόσθετη ποσότητα εφεδρείας, και άρα περισσότερη ισχύ από συμβατικές γεννήτριες διασυνδεδεμένες με το σύστημα, για να αντισταθμίσει τις απώλειες όταν η παραγωγή από την αιολική παραγωγή είναι λιγότερη από τα προβλεπόμενα όρια.

Αντίθετα, όταν έχουμε μεγαλύτερη αιολική παραγωγή από την αναμενόμενη, και με την προϋπόθεση ότι, για λόγους οικονομίας, αυτή απορροφάται από το σύστημα, τότε θα πρέπει ο Διαχειριστής να αποσυνδέει ισχύ από συμβατικές γεννήτριες από το δίκτυο. {37}

Ωστόσο, για λόγους ασφαλείας ο Διαχειριστής θα πρέπει να διατηρεί πάντα ένα συγκεκριμένο αριθμό συμβατικών γεννητριών στο σύστημα, έστω και αν αυτές λειτουργούν στην ελάχιστη τιμή της παραγωγής τους,

προκειμένου να διασφαλίζεται η αξιοπιστία του συστήματος. Στην περίπτωση λοιπόν, που στο σύστημα είναι διασυνδεδεμένος ο ελάχιστος αριθμός συμβατικών γεννητριών και έχουμε περαιτέρω αύξηση του ανέμου, τότε θα πρέπει να απορρίψουμε αιολική παραγωγή αποσυνδέοντας κάποιες από τις ανεμογεννήτριες.

Επιπλέον, ένα ακόμη μειονέκτημα των Α/Γ είναι ότι κατά τη διάρκεια μίας ισχυρής διαταραχής της συχνότητας, είναι πιθανό να τις αποσυνδέσουμε από το σύστημα για να προστατέψουμε τον εξοπλισμό τους. Αυτή η ιδιομορφία της αιολικής παραγωγής μπορεί να έχει πολύ αρνητικό αντίκτυπο στην αξιοπιστία του συστήματος είναι ένας ακόμη λόγος που οδηγεί στην ανάγκη για αύξηση της λειτουργικής εφεδρείας. Συμπερασματικά, καθώς αυξάνεται η αιολική διείσδυση στο σύστημα, αυξάνεται και η μεταβλητότητα της αιολικής παραγωγής καθιστώντας το σύστημα ευάλωτο σε κάποια ισχυρή διαταραχή της συχνότητας. Θα πρέπει λοιπόν να θεσπιστούν κάποιοι κανόνες ως προς τον ελάχιστο αριθμό των συμβατικών γεννητριών που θα πρέπει να παραμένουν διασυνδεδεμένες με το δίκτυο, όπως επίσης και για το μέγεθος της απαιτούμενης εφεδρείας η οποία θα παρέχεται από αυτές, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια και η ευστάθεια του συστήματος {37}

5.12. ΘΕΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

Για την εκτίμηση της αιολικής παραγωγής στην Ελλάδα, έχουν καταρτιστεί χάρτες με το αιολικό δυναμικό. Σύμφωνα με την ΥΑ με αρ.49828/03.12.08(ΦΕΚ2464Β) «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού», οι περιοχές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ).{40}

Αναλυτικότερα:

1. Οι Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) είναι αυτές της ηπειρωτικής χώρας που διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών (ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης ανεμογεννητριών κ.λπ.) και προσφέρονται για την επίτευξη χωροταξικών στόχων, όπως ελεγχόμενη συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων. Στις περιοχές αυτές προσδιορίζεται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, αποκαλούμενη και «φέρουσα ικανότητα». Από τα στοιχεία της μελέτης προέκυψαν τρεις βασικές Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ):

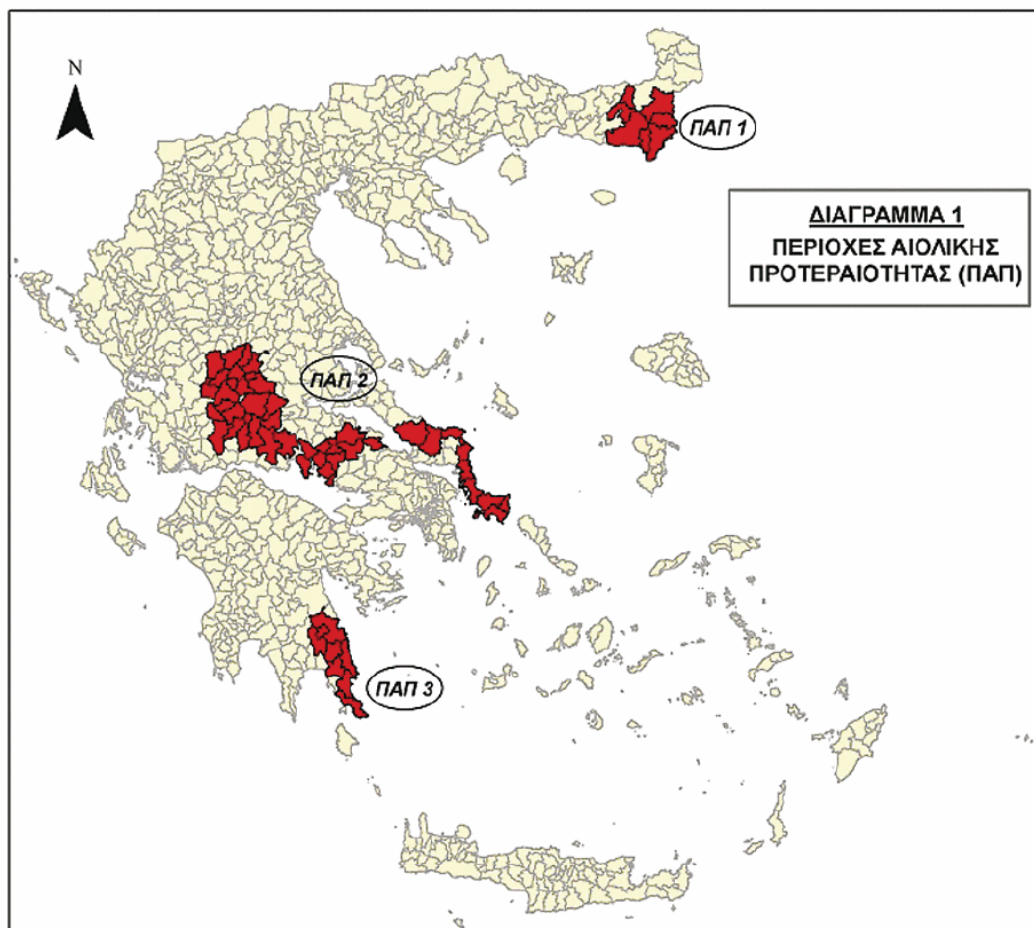
* Η ΠΑΠ 1 στη Βόρειο Ελλάδα, στους νομούς Έβρου και Ροδόπης, στην οποία προβλέπεται ότι μπορούν να εγκατασταθούν 480 τυπικές ανεμογεννήτριες, δηλαδή 960 MW. («τυπική ανεμογεννήτρια» είναι αυτή που έχει διάμετρο πτερωτής 85 μ. και παράγει ισχύ 2 MW.)

* Η ΠΑΠ 2 στην Κεντρική Ελλάδα, στους νομούς Καρδίτσας, Αιτωλοακαρνανίας, Ευρυτανίας, Φωκίδας, Φθιώτιδας, Βοιωτίας, και Εύβοιας, στην οποία προβλέπεται ότι μπορούν να εγκατασταθούν 1.619 τυπικές ανεμογεννήτριες, δηλαδή 3.238 MW.

* Η ΠΑΠ 3 στην Πελοπόννησο, στους νομούς Λακωνίας και Αρκαδίας, στην οποία προβλέπεται ότι μπορούν να εγκατασταθούν 438 τυπικές ανεμογεννήτριες, δηλαδή 876 MW.

2. Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) ορίζονται αντίστοιχα ομάδες ή επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων ΟΤΑ της ηπειρωτικής χώρας, καθώς και μεμονωμένες θέσεις οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά διαθέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό και, για το λόγο αυτό, προσφέρονται για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. {40}

Στο ίδιο ΦΕΚ έχει προβλεφθεί και η δυνατότητα εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων καθώς και η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων σε ακατοίκητες νησίδες, εφόσον αυτές δεν εμπίπτουν σε περιοχές αποκλεισμού. Ο χάρτης αυτός παρουσιάζεται παρακάτω (ΣΧΗΜΑ Ε2): {40}



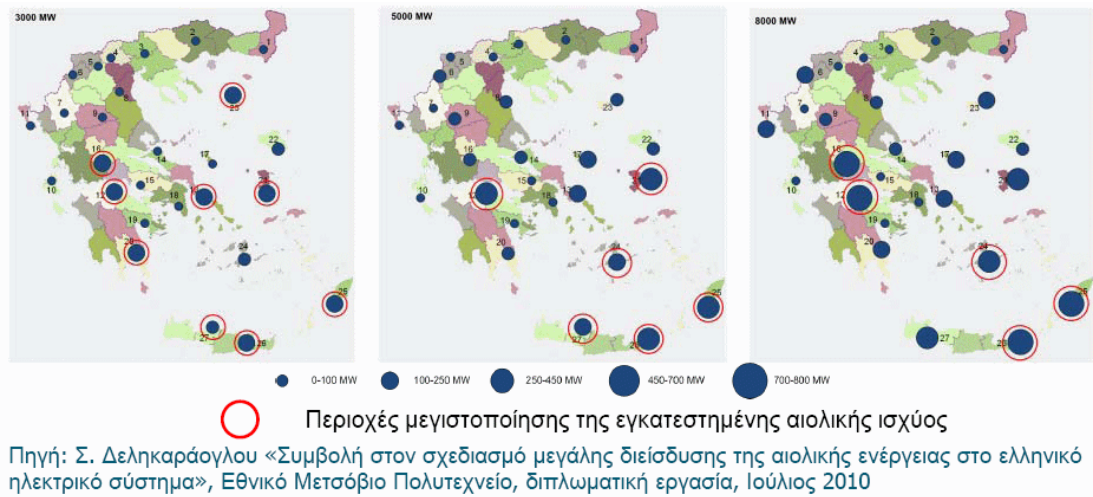
ΣΧΗΜΑ Ε2 - {40}

Μελέτη έχει ήδη γίνει, από κ. Στέφανο Δεληκάρογλου για περιοχές στην Ελλάδα όπου θα μπορούσαν να μεγιστοποιήσουν την εγκατεστημένη αιολική ισχύ με κριτήρια τη μεγιστοποίηση της απορρόφησης αιολικής ισχύος και της εγγυημένης ισχύος για κάθε ένα σενάριο συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων από τα παρακάτω:

α: 3000MW,

β: 5000MW και

γ: 8000MW.



ΣΧΗΜΑ Ε3 - {12}

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται στο **ΣΧΗΜΑ Ε3. {12}**

Παρατηρούμε ότι υπάρχει σημαντικό αιολικό δυναμικό και στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (νησιά Κρήτη, Ρόδος, Παροναξία), το οποίο λόγω της μη διασύνδεσής του και της μη ύπαρξης υβριδικών συστημάτων για την αποθήκευση της ενέργειας, υπάρχει περίπτωση να μην μπορεί να απορροφηθεί.

5.12. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

- Οι ΥΗΣ με ταμιευτήρα και εφόσον ο αγωγός προσαγωγής προς τον στρόβιλο δεν είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην είναι μεγάλη η αδράνεια των μετακινούμενων υδάτινων μαζών, μπορούν να ανταποκριθούν με επιτυχία στη παροχή Δευτερεύουσας και Τριτεύουσας Ρύθμισης και Στρεφόμενης Εφεδρείας γιατί έχουν κατάλληλο ρυθμό αύξησης της φόρτισής τους (Υ.Η.Σ. Κρεμαστών, Καστρακίου, Θησαυρού, Αώου, Πουρναρίου). {38}
- Παρέχουν επίσης Τριτεύουσα Μη Στρεφόμενη Εφεδρεία και Στατή Εφεδρεία (Μονάδα μη συγχρονισμένη) σε ελάχιστο χρόνο έως (5) λεπτά, λόγω των χαρακτηριστικών τους με λίγα βοηθητικά μηχανήματα μονάδας και με λιγότερους τεχνικούς περιορισμούς σε σχέση με θερμικές μονάδες.
- Μέχρι να λειτουργήσουν στο Ε. Δ. Σ. οι τέσσερις μονάδες συνδυασμένου κύκλου με φυσικό αέριο, (Κομοτηνής, Λαυρίου 3-4-5), οι Υ.Η.Σ. είχαν αποκλειστικά την παροχή της επικουρικής υπηρεσίας Επανεκκίνησης του Συστήματος. Υπάρχει μόνιμη Οδηγία Ταχείας Επανατροφοδότησης του Δικτύου μετά από γενική ή μερική διακοπή. Σύμφωνα με την Οδηγία, συγκεκριμένοι ΥΗΣ εκκινούν πρώτοι σε μικρό χρόνο και τροφοδοτούν την Εσωτερική Υπηρεσία (Βοηθητικά Μηχανήματα) των Ατμοηλεκτρικών Σταθμών (ΑΗΣ) λιγνιτικών, ώστε να μπορέσουν να στρέψουν και να συγχρονίσουν. Επίσης και οι υπόλοιποι ΥΗΣ γρήγορα στρέφουν μέχρι τις στροφές της εν κενώ πορείας και αναμένουν εντολές προς συγχρονισμό. Βέβαια και οι αεριοστρόβιλοι Ανοικτού Κύκλου συμβάλλουν στην επανεκκίνηση του Συστήματος.
- Οι αναστρέψιμης λειτουργίας ΥΗΣ όταν λειτουργούν ως Αντλίες-Σύγχρονοι Κινητήρες μπορούν να συνεισφέρουν στην αύξηση της Στρεφόμενης Εφεδρείας με ακαριαία απόζευξη τους από το δίκτυο, στη συνέχεια δε αν χρειασθεί ξεκινούν σαν Υδροστρόβιλοι –Σύγχρονες Γεννήτριες και συγχρονίζονται σε πολύ μικρό χρόνο στο Σύστημα (ΥΗΣ Θησαυρού (3,5) λεπτά – ΥΗΣ Σφηκιάς (3) λεπτά). Επίσης στηρίζουν τη λειτουργία των θερμικών σταθμών όταν αυτοί λειτουργούν στα Τεχνικά τους Ελάχιστα και η αντίστοιχη ζήτηση από το Δίκτυο, είναι μικρότερη της παραγωγής τους. {38}
- Οι ΥΗΣ παρέχουν επίσης επικουρική υπηρεσία ρύθμισης Τάσης στο Σύστημα και έτσι συμβάλλουν στην ευστάθεια του Δικτύου. Σε ακραία ηλεκτρικά σημεία του Συστήματος (αντένα) επίσης ενισχύουν την τάση (ΥΗΣ Π. Αώου), ιδίως κατά τη θερινή περίοδο όπου λόγω της υψηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μειώνεται η τάση.

Όμως η στήριξη της τάσης από τις μονάδες παραγωγής έχει το επακόλουθο να μην είναι δυνατή η πλήρης φόρτισή τους, με αποτέλεσμα να προκύπτει ένα κόστος ευκαιρίας.

- Οι ΥΗΣ κατά την λειτουργία τους ως Σύγχρονοι Κινητήρες (Σύγχρονοι Πυκνωτές, s.c) μπορούν να ρυθμίζουν την τάση με κατανάλωση ενέργειας από το δίκτυο 1÷3 MWh την ώρα ανά Μονάδα. Επίσης κατά τη μείωση της ονομαστικής συχνότητας f του δικτύου αυτόματα ή χειροκίνητα μετάγονται προς λειτουργία Γεννήτριας-Υδροστρόβιλου σε (5) δευτερόλεπτα όπως στον ΥΗΣ Πουρναρίου. Κατά την αύξηση της συχνότητας όμως δεν μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση της παραγωγής γιατί εκείνη τη στιγμή λειτουργούν ως Κινητήρες. {38}

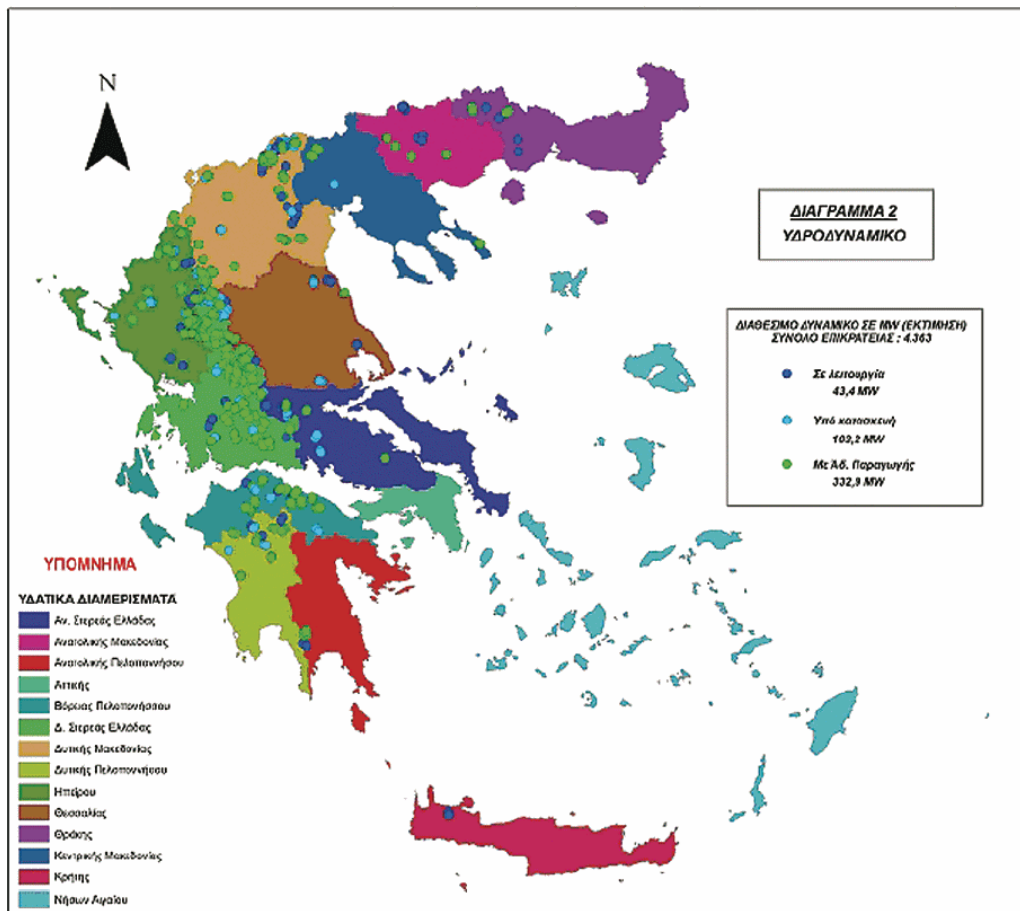
- Κατά τις μεταμεσονύκτιες και πολύ πρωινές ώρες που έχουν αποσυνδεθεί οι καταναλωτές από το Δίκτυο, τότε υπερισχύει συγκριτικά η χωρητική συμπεριφορά των Γραμμών Μεταφοράς Υψηλής Τάσης και Υπέρ Υψηλής Τάσης. Αυτό προκαλεί υπερβολικές αυξήσεις της τάσης, που είναι ανεπίτρεπτο. Με κατάλληλη υποδιέγερση του Σύγχρονου Κινητήρα, η Μονάδα αποκτά επαγωγική συμπεριφορά και αντισταθμίζει τη χωρητική συμπεριφορά των Γραμμών Μεταφοράς και έτσι διατηρείται η τάση στα ανεκτά επίπεδα.

- Οι Λιγνιτικοί ΑΗΣ συνήθως είναι πλήρως φορτισμένοι κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας γιατί από αυτούς παράγεται το μεγαλύτερο ποσοστό της Ενέργειας που απαιτεί το Δίκτυο, με βαθμούς απόδοσης πολύ καλούς και μικρότερες εκπομπές αερίων. Έτσι μειώνεται το κόστος παραγωγής τους δεδομένου ότι έχουν μόνο κόστος εξόρυξης του λιγνίτη. Επομένως δεν μπορούν λόγω των ανωτέρω να παρέχουν εφεδρείες και λοιπές Επικουρικές Υπηρεσίες εκτός της ρύθμισης Τάσης.

Αντίστοιχα ισχύουν και για τις Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου με φυσικό αέριο, ως γνωστό εισαγόμενο καύσιμο, στις οποίες το τμήμα Αεριοστρόβιλου μπορεί να παρέχει Επικουρικές Υπηρεσίες αλλά με δαπανηρό τρόπο λόγω του καυσίμου τους και λόγω της αναγκαστικής λειτουργίας με χαμηλή φόρτιση (κακός βαθμός απόδοσης) ώστε να παρέχουν Εφεδρεία. {38}

5.14. ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Στην ίδια ΥΑ με αρ.49828/03.12.08(ΦΕΚ2464Β) «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού», δίνεται χάρτης για το διαθέσιμο υδροδυναμικό δυναμικό (**ΣΧΗΜΑ Ε4**).



ΣΧΗΜΑ Ε4 - {40}

Από το χάρτη γίνεται φανερό ότι η μεγάλο υδροδυναμικό δυναμικό βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της χώρας.

Έχοντας υπόψη τους δύο χάρτες, αλλά και τη μελέτη του Σ. Δεληκάρογλου, παρατηρούμε ότι στο δυτικό τμήμα της χώρας υπάρχει κατάλληλο υδροδυναμικό αλλά και αιολικό δυναμικό (ΠΑΠ2) και σύμφωνα με μελέτη Σ. Δεληκάρογλου, είναι δυνατή η εγκατάσταση εγκαταστάσεων 700-800MW .

5.15. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΥΗΣ.

Το νερό αποτελεί φυσικό πόρο, η αξία του οποίου και η σπουδαιότητα συνεχώς αυξάνεται για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ η διαθεσιμότητα του δεν είναι πάντα εξασφαλισμένη. Η διαχείριση του συνεπώς θα πρέπει να στοχεύει στην ορθολογική χρήση του με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών με τον βέλτιστο και πιο αποδοτικό τρόπο. {41}

Η Ελλάδα κατά το πλείστον ορεινή χώρα (με ποσοστό πάνω από 80%) συγκεντρώνει τα περισσότερα βουνά στο βορειοδυτικό μέρος το οποίο ως επί το πλείστον, προσφέρεται για υδροηλεκτρική ανάπτυξη.

- Το ετήσιο θεωρητικό υδροδυναμικό της ανέρχεται σε περίπου 80Twh.
- Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό φτάνει τις 12Twh.
- Μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί περίπου το 40%. {41}

Την περίοδο 1950 – 1975 κατασκευάσθηκαν οκτώ μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (Άγρας, Λάδωνας, Λούρος, Ταυρωπός/Πλαστήρας, Κρεμαστά, Καστράκι, Εδεσσαίος και Πολύφυτο) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος: 1410MW.

Την περίοδο 1976-σήμερα κατασκευάσθηκαν 8 μεγάλοι και 3 μικροί ΥΗΣ (Πουρνάρι I και II, Σφηκιά, Ανώματα, Στράτος I, Στράτος II, Πηγές Αώου, Θησαυρός, Πλατανόβρυση, Γκίωνα και Μακροχώρι) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος: 1630MW. {41}

Οι ΥΗΣ ως εγκαταστάσεις πολλαπλού σκοπού συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών του Συστήματος. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Μονάδων παραγωγής της ΔΕΗ στο ΕΔΣ ανέρχεται σε 11612MW από την οποία οι Υδροηλεκτρικοί σταθμοί διαθέτουν 360MW δηλαδή το 26,5% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς της ΔΕΗ ΑΕ.

Η μέση ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ καλύπτει περίπου το 9% της παραγόμενης ενέργειας από το παραγωγικό δυναμικό της ΔΕΗ ΑΕ. Η ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ εξαρτάται από την υδραυλικότητα του έτους. Με στοιχεία των τελευταίων ετών η ετήσια παραγωγή κυμαίνεται από 3150GWh έως 6230GWh δηλαδή συμμετοχή από 6% έως 13%.{41}

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους ΥΗΣ έχει τα εξής χαρακτηριστικά τα οποία της προσδίδουν ιδιαίτερη αξία στο Εθνικό Σύστημα.:

1. Η ισχύς των ΥΗΣ είναι ευέλικτη και εντάσσεται γρήγορα στο Σύστημα. Η αναφερόμενη ιδιότητα καθιστά πολύτιμη τη συμβολή της στην κάλυψη αιχμών φορτίου σε περιόδους αυξημένης ζήτησης με την αντίστοιχη ενέργεια να αποτελεί ενέργεια υψηλής οικονομικής αξίας. Να σημειωθεί ότι η ένταξη μιας μονάδας ΥΗΣ στο σύστημα απαιτεί λίγα λεπτά από ακινησία ώστε να παραλάβει το πλήρες φορτίο. Έτσι οι ΥΗΣ παρέχουν εφεδρεία ισχύος που αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Αυτή η ευελιξία και η ικανότητα σε γρήγορες αυξομειώσεις του φορτίου τις καθιστά χρήσιμες στην παροχή των επικουρικών υπηρεσιών. Δηλαδή στη συμβολή τους στη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του συστήματος (συχνότητα, τάση) ώστε να εξασφαλίζεται η ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη», καθαρή χωρίς ρύπους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μέση παραγωγή 5000GWh ανά έτος από ΥΗΣ υποκαθιστά εκπομπές ρύπων CO₂ της τάξης των 3-8 εκατομμυρίων τόνων ανάλογα με το τύπο καυσίμου. {41}

3. Στην Ελλάδα λειτουργούν δύο υδροηλεκτρικοί σταθμοί άντλησης ταμίευσης. Είναι οι ΥΗΣ (Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί) Σφηκιάς (Αλιάκμονα) και Θησαυρού (Νέστου) με εγκατεστημένη ισχύ 315 MW και 381 MW αντίστοιχα σε σύνολο 3060 MW εγκατεστημένης ισχύος από όλα τα υδροηλεκτρικά έργα στη χώρα μας.

Στην Ε.Ε. οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί άντλησης ταμίευσης έχουν εγκατεστημένη ισχύ 32 GW έναντι 188 GW όλων των υδροηλεκτρικών σταθμών ανά τον κόσμο.

5.16. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι προκλήσεις στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΕΔΣ) είναι αρκετές.

Η συνολική ενεργειακή κατάσταση της χώρας μας χαρακτηρίζεται εδώ και πολλά χρόνια ως:

α) πολυεξαρτημένη, λόγω του μεγάλου ποσοστού που κατέχουν τα εισαγόμενα καύσιμα (κυρίως πετρέλαιο και φυσικό αέριο), που ανέρχονται στο 70% περίπου έναντι του 50% της Ε.Ε.,

β) πολύσπάταλη, λόγω του χαμηλού δείκτη ενεργειακής απόδοσης (περίπου 65%), αρκετά χαμηλότερου από τον αντίστοιχο μέσο Κοινοτικό δείκτη (71%),

γ) πολύρυπογόνος, λόγω των υψηλών εκπομπών CO₂, κύρια από τη χρήση λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή και βέβαια του πετρελαίου. {42}

Στο ΕΔΣ υπάρχει μεγάλη συμμετοχή από λιγνιτικές μονάδες, ενώ η δυναμικότητα υδροηλεκτρικών μονάδων είναι περιορισμένη. Από το 2013 σταδιακά, θα αυξάνεται ο περιορισμός των συνολικών εκπομπών και οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα αγοράζουν σε δημοπρασία το σύνολο των δικαιωμάτων που θα χρειάζονται.

Αν η δομή της ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας παραμείνει η ίδια με σήμερα θα πρέπει από το έτος 2013 και μετά να καταβάλλονται περίπου 2,2δισ € το χρόνο για αγορά δικαιωμάτων εκπομπών της ηλεκτροπαραγωγής άρα επιπλέον κόστος περίπου 35€/MWh, το οποίο σημαίνει επιβάρυνση στις τιμές του ρεύματος. {43}

Επίσης υπάρχουν περιορισμένες διασυνδέσεις με την υπόλοιπη Ευρώπη (ΣΧΗΜΑ Ε5) και άρα το ΕΔΣ είναι λιγότερο ευέλικτο στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. {11}, {44}



Σχηματικό Διάγραμμα των Διασυνδεδεμένων Συστημάτων της Βαλκανικής

ΣΧΗΜΑ Ε5 - {11}

Πέρα από τα διάφορα προβλήματα του ΕΔΣ που αφορούν τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν γίνει και αναφορές για το σύστημα μεταφοράς και διανομής.

Τα προβλήματα αναφέρονται σε :

- Έλλειψη υποδομών σε περιοχές με κατάλληλο αιολικό δυναμικό (μη διασυνδεδεμένο σύστημα).
- Καθυστέρηση έργων ενίσχυσης και επέκτασης του συστήματος, κορεσμός δικτύων.
- Ασάφεια ως προς το όριο ευστάθειας του Συστήματος.
- Δέσμευση ηλεκτρικού χώρου με ανεκτέλεστες προσφορές σύνδεσης (4400MW)
- Περιορισμοί και προβλήματα στις διαδικασίες και τις προδιαγραφές των έργων σύνδεσης. {43}

Ο σημερινός σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπει την υποβολή προσφορών εκ μέρους των παραγωγών, εκτός αυτών για την έγχυση ενέργειας και για την παροχή πρωτεύουσας και δευτερεύουσας εφεδρείας. Το πρόγραμμα ΗΕΠ καταρτίζεται από την επίλυση του προβλήματος ΗΕΠ, όπου βελτιστοποιούνται ταυτόχρονα το κόστος της ζήτησης ενέργειας και αναγκών εφεδρείας για όλο το 24ωρο με βάσει τις άνω προσφορές των παραγωγών. {45}

Με έγγραφο της η ΡΑΕ τον Αύγουστο του 2008 ζήτησε να συζητηθεί η ανάγκη εισαγωγής αγοράς για την παροχή τριτεύουσας εφεδρείας. Γενικά οι μονάδες που παρέχουν τριτεύουσα εφεδρεία είναι:

A. Μονάδες που έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα ΗΕΠ για την έγχυση ενέργειας αλλά για μέρος μόνο της καθαρής ισχύος τους,

B. Αιχμιακές μονάδες (αεροστροβιλικές μονάδες με κύριο χαρακτηριστικό εντός 20 λεπτών από το συγχρονισμό της μονάδας να είναι δυνατό να αποδοθεί η πλήρης ισχύς της μονάδας όπως περιγράφεται στο Άρθρο 275§6 του ΚΔΣ& ΣΗΕ)

Γ. Υδροηλεκτρικές μονάδες

Δ. μονάδες που εντάσσονται στο Πρόγραμμα ΗΕΠ αποκλειστικά για την παροχή τριτεύουσας εφεδρείας. {45}

Η παραπάνω σειρά αποτελεί και την οικονομικά βέλτιστη παροχής της τριτεύουσας εφεδρείας με τις αιχμιακές μονάδες να προηγούνται των υδροηλεκτρικών λόγω ενεργειακών περιορισμών των τελευταίων ιδιαίτερα σε περιόδους όπου τα υδατικά τους αποθέματα βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα.

Όμως στην πράξη, καθώς στο Σύστημα στην Ελλάδα διαθέτει μόνο μια αιχμιακή μονάδα (έτος 2008) και ιδίως όταν τα υδατικά αποθέματα των υδροηλεκτρικών μονάδων βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα, η ανωτέρω οικονομική σειρά ανατρέπεται, με αποτέλεσμα να εντάσσονται υποχρεωτικά στο Σύστημα οι μονάδες της (Δ) κατηγορίας. Το γεγονός αυτό επιβαρύνει σημαντικά το κόστος λειτουργίας του Συστήματος, καθώς οι συγκεκριμένες μονάδες καλούνται να λειτουργήσουν όλο το 24ωρο στο τεχνικό τους ελάχιστο για να παράσχουν τη συγκεκριμένη υπηρεσία.

Η ανωτέρω αναποτελεσματική λειτουργία μπορεί να διορθωθεί μόνο με την είσοδο νέων αιχμιακών μονάδων στο Σύστημα. Δεδομένου όμως ότι οι μονάδες αυτές προβλέπεται να λειτουργούν περί τις 100-150 ώρες ισοδύναμης ισχύος ανά έτος και λαμβάνοντας υπόψη το ύψος της Διοικητικά Οριζόμενης Ανώτατης Τιμής Μέγιστης Προσφοράς Ενέργειας, τα έσοδα τους από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

δεν επαρκούν για την κάλυψη του κεφαλαιουχικού τους κόστους. Επομένως κρίνεται αναγκαία η πρόβλεψη ενός επιπλέον κινήτρου για την είσοδο αυτών των μονάδων.

Το κενό αυτό στοχεύει να καλύψει η προτεινόμενη από τη ΡΑΕ εισαγωγή της αγοράς (γρήγορης) τριτεύουσας εφεδρείας. Κύριος σκοπός της είναι η παροχή πρόσθετων κινήτρων για την κατασκευή αιχμιακών μονάδων μέσω της δυνατότητας συμμετοχής τους σε αυτή. {45}

Στην αγορά αυτή θα συμμετάσχουν όλες οι κατανεμόμενες μονάδες, όμως μόνο οι αιχμιακές και οι υδροηλεκτρικές θα μπορούν να υποβάλλουν μη μηδενικές προσφορές για την παροχή τριτεύουσας εφεδρείας.

Ως αποτέλεσμα της εισαγωγής αυτής της αγοράς αναμένεται:

(α) Τις περιόδους κατανομής που η στρεφόμενη εφεδρεία επαρκεί να καλύψει τις ανάγκες τριτεύουσας εφεδρείας, καμιά επιπλέον μονάδα δεν θα καλείται να παράσχει τη σχετική υπηρεσία και η τιμή αυτής θα είναι μηδέν.

(β) Τις περιόδους κατανομής που η στρεφόμενη εφεδρεία δεν επαρκεί να καλύψει τις ανάγκες τριτεύουσας εφεδρείας, τις υπολοιπούμενες ανάγκες τριτεύουσας θα καλύπτουν οι υπόλοιπες μονάδες (κυρίως αιχμιακές και υδροηλεκτρικές) ανάλογα με το κατώτατο όριο προσφοράς των υδροηλεκτρικών και το επίπεδο ανταγωνισμού των αιχμιακών μονάδων, το οποίο θα εξαρτάται από το πλήθος τους. Σε αυτές τις περιόδους όλες οι μονάδες που εντάχθηκαν στο πρόγραμμα ΗΕΠ για την παροχή τριτεύουσας, συμπεριλαμβανομένου των μονάδων που παρέχουν στρεφόμενη εφεδρεία, εισπράττουν την τιμή της τριτεύουσας. {45}

Από την σκοπιά του ΔΕΣΜΗΕ, η άποψη του προέδρου κ. Μιχ. Παπαδόπουλου, είναι ότι δεν χρειάζονται άμεσα αιχμιακές μονάδες, καθώς η διείσδυση των ΑΠΕ θα παραμείνει περιορισμένη τουλάχιστον στα επόμενα δύο –τρία χρόνια, αλλά απαιτείται να περάσουμε μελλοντικά και σε ένα νέο μοντέλο κατασκευής των συγκεκριμένων μονάδων.

Ο πρόεδρος του ΔΕΣΜΗΕ κ. Παπαδόπουλος υπερθεματίζει για τα υβριδικά πάρκα που θα μπορούσαν να λειτουργούν ως αιχμιακές μονάδες, αντί των θερμικών μονάδων και υποστηρίζει ότι θα πρέπει να αυξηθεί η ποσότητα των έργων αντλησιοταμίευσης τα οποία λόγω του μεγάλου χρόνου ολοκλήρωσης, θα πρέπει να σχεδιαστούν έγκαιρα. {46}

Για το ΕΔΣ προβλέπονται τα παρακάτω για το μίγμα παραγωγής:

- Οι λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής θα εκσυγχρονιστούν χρησιμοποιώντας CCS ready (Carbon Capture & Storage) τεχνολογία, καθώς και τεχνολογίες εκμετάλλευσης καταλοίπων για μείωση εκπομπών CO₂ καθώς και τη σταδιακή κατάργηση λιγότερων αποδοτικών και ρυπογόνων μονάδων.
- Μεγάλης κλίμακας σταθμοί Α.Π. Ε, κυρίως αιολικά πάρκα και μεγάλα υδροηλεκτρικά και CSP plants (Concentrated Solar Power) μαζί με μεσαίου/ μικρού μεγέθους σταθμούς Α.Π.Ε (φωτοβολταϊκοί σταθμοί, μικρά ΥΗΣ, γεωθερμικοί σταθμοί).
- Νέοι σταθμοί αντλησιοταμίευσης, οι οποίοι θα λειτουργήσουν για την αξιοπιστία του συστήματος.
- Επιπλέον σταθμοί συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο.
- Σταθμοί CHP (Combined Heat and Power) Συμπαγωγής Θερμότητας και ισχύος

Επίσης προβλέπεται η ανάπτυξη και χρήση έξυπνων δικτύων (smart grids) μαζί με προηγμένα συστήματα ελέγχου και επικοινωνιών, προκειμένου να ελαττωθούν οι απώλειες και να βελτιωθεί η οργάνωση της κατανάλωσης

5.17. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ.

Διάφορες μελέτες έχουν γίνει ώστε να υπολογιστούν οι επιπτώσεις από τη μεγάλη διείσδυση αιολικής ενέργειας στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο σύστημα (ΕΔΣ). Οι μελέτες αυτές βασίζονται σε προσομοιώσεις του ΕΔΣ με διάφορες παραδοχές ή σενάρια όσον αφορά την εγκατεστημένη αιολική παραγωγή. Από τις προσομοιώσεις μπορούν να βγουν συμπεράσματα σχετικά με την αιολική παραγωγή που θα μπορούσε να απορροφηθεί στο ΕΔΣ, προκειμένου το Σύστημα να παραμείνει αξιόπιστο.

Οι μελέτες αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

ΜΕΛΕΤΗ 1

Σύμφωνα με προσομοίωση του ΕΔΣ, προκειμένου να ενσωματωθεί η κατάλληλη ποσότητα της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, διεξήχθη με την ανάπτυξη κατάλληλης και αποδοτικής μεθοδολογίας, θεωρώντας τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των διαφόρων τύπων των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκονται στην Ελλάδα, όπως {47}:

1. Συμβατικοί θερμικοί σταθμοί με καύσιμο λιγνίτη, φυσικό αέριο και πετρέλαιο.
2. Συμπαραγωγικοί σταθμοί μεγάλης και μικρής ισχύος.
3. Σταθμοί που χρησιμοποιούν διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως:
 - a. Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί σταθμοί
 - b. Μικροί Υδροηλεκτρικοί σταθμοί
 - c. Αιολικά πάρκα
 - d. Σταθμοί με καύσιμο βιομάζα
 - e. Φωτοβολταϊκοί σταθμοί.

Για την προσομοίωση υπολογίσθηκαν οι κατάλληλοι δείκτες οι οποίοι θα ποσοτικοποιούν την αξιοπιστία λειτουργίας και τη λειτουργική απόδοση των Συστημάτων Ηλεκτρικής ενέργειας. {47}

Η προσομοίωση της λειτουργίας έγινε για κάθε μια ώρα του ημερολογιακού έτους (8760 ώρες) λαμβάνοντας υπόψη τους παρακάτω παράγοντες:

1. Λειτουργία μονάδων παραγωγής όλων των τύπων των σταθμών παραγωγής (βλάβες, επισκευές).
2. Παραγόμενη ισχύς των αιολικών πάρκων (ταχύτητα ανέμου).

3. Εισροές υδάτων (βροχοπτώσεις) στους ταμειυτήρες των Υδροηλεκτρικών σταθμών και λειτουργία των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων.
4. Αβεβαιότητα της πρόβλεψης ζήτησης φορτίου (ωριαία διακύμανση).
5. Εφαρμογή κανόνων λειτουργίας της ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ένταξη μονάδων παραγωγής).
6. Εφαρμογή κριτηρίων αξιοπιστίας λειτουργίας Συστήματος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μοντελοποίησης του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, πέρα από τα δεδομένα του Ελληνικού αιολικού δυναμικού και της συμμόρφωσης με τους κανόνες της Ελληνικής αγοράς, περιλαμβάνουν τα παρακάτω δεδομένα (σενάριο για έτος 2012):

1. Ζήτηση φορτίου στην αιχμή και ελάχιστη ζήτηση φορτίου.
2. Την μέγιστη παραγόμενη ισχύ των σταθμών παραγωγής και από μονάδες ΑΠΕ εκτός των αιολικών πάρκων.
3. Τα χαρακτηριστικά των σταθμών παραγωγής.
4. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λειτουργίας κάθε μιας από τις μονάδες παραγωγής.

Η προσομοίωση περιλαμβάνει διάφορα σενάρια καθώς και διαφορετικές παραδοχές, για παράδειγμα έχει μελετηθεί:

1. Πέντε σενάρια αιολικής διεύθυνσης με εγκατεστημένη ισχύ από 3.000MW έως 5.500MW,
2. Τρεις διαφορετικοί τύποι υδρολογικού έτους (υγρό, μέσο, ξηρό).

Τα σενάρια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα **(ΠΙΝΑΚΑΣ Ε5)**:



Σενάρια Ανάλυσης

Σενάριο	3000 MW	4000 MW	4500 MW	5000 MW	5500 MW
ΕΓΚ. ΙΣΧΥΣ (MW)	2971,94	3971,69	4577,94	4945,79	5447,34
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	199	254	249	307	296
ΑΝΕΜΟΓΕΝ.	2956	3711	3687	4425	3986

- ΣΕΝΑΡΙΟ 3000 MW: Βασικό σενάριο
- ΣΕΝΑΡΙΟ 4000 MW: Σενάριο 3000 MW + 999,75 MW (55 αιολικά πάρκα)
- ΣΕΝΑΡΙΟ 4500 MW: Σενάριο 3000 MW + 1606 MW (50 αιολικά πάρκα)
- ΣΕΝΑΡΙΟ 5000 MW: Σενάριο 4000 MW + 974,1 MW (53 αιολικά πάρκα)
- ΣΕΝΑΡΙΟ 5500 MW: [Σενάριο 3000 MW - 683,4 MW (35 αιολικά πάρκα)] + (50 αιολικά πάρκα Σεναρίου 4500 MW) + 1552,8 MW (82 αιολικά πάρκα)

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε5 – {47}

Οι θερμικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν και επιγραμματικά τα χαρακτηριστικά τους:

1. Ατμοστρόβιλοι με καύσιμο λιγνίτη ή άλλο στερεό καύσιμο (κωδικός Α)

Πολύ μικρό κόστος παραγωγής

Τροφοδοτούν φορτίο βάσης

Πολύ μικρός αριθμός σβέσεων λειτουργίας

Ελάχιστη παραγόμενη ισχύς: 50% μέγιστης

Συνολική Μέγιστη Παραγόμενη Ισχύς: 4582MW

2. Ατμοστρόβιλοι με καύσιμο Φυσικό αέριο ή πετρέλαιο (κωδικός Β).

Αυξημένο κόστος παραγωγής

Μικρός αριθμός σβέσεων λειτουργίας

Περιορισμένη περίοδος λειτουργίας – απόσυρση

Ελάχιστη παραγόμενη ισχύς: 35% μέγιστης

Συνολική μέγιστη παραγόμενη ισχύς: 340MW

3. Σταθμοί παραγωγής συνδυασμένου κύκλου (κωδικός Γ).

Ταχεία μεταβολή παραγόμενης ισχύος

Δυνατότητα κατασκευής σταθμών με ένα ατμοστρόβιλο (ST) και ένα ή περισσότερους αεριοστρόβιλους (GT).

Σβέσεις λειτουργίας: Περιορισμένος αριθμός – επιπτώσεις στη συντήρηση και διαθεσιμότητα

Ελάχιστη παραγόμενη ισχύς: 60% Μέγιστης (1GT + 1ST)

35% Μέγιστης – άλλες περιπτώσεις

Συνολική μέγιστη παραγόμενη ισχύς: 3948MW

4. Συμπαγωγικοί σταθμοί παραγωγής συνδυασμένου κύκλου (κωδικός Δ).

Συνεχής λειτουργία με πολύ μικρό αριθμό σβέσεων λειτουργίας

Τροφοδότηση θερμικού φορτίου – ελάχιστη παραγόμενη ισχύς: 60% Μέγιστης

Χρησιμοποίηση δύο ή περισσοτέρων αεριοστρόβιλων

Συνολική μέγιστη παραγόμενη ισχύς: 330MW

5. Αεριοστρόβιλοι, μηχανές εσωτερικής καύσης (κωδικός Ε).

Ευέλικτες μονάδες παραγωγής.

Πολύ μεγάλο κόστος παραγωγής.

Τροφοδότηση αιχμών ζήτησης φορτίου και καταστάσεων κινδύνου συστήματος.

Μεγάλος αριθμός εκκινήσεων και σβέσεων λειτουργίας που επηρεάζουν τη συντήρηση και τη διαθεσιμότητα τους.

Πιθανότητα αποτυχημένης εκκίνησης λειτουργίας.

Μικρός συνολικός ετήσιος χρόνος λειτουργίας.

Ελάχιστη παραγόμενη ισχύς: 10% μέγιστης

Συνολική μέγιστη παραγόμενη ισχύς: 750MW

Μονάδες Ρύθμισης: Συγκεκριμένοι σταθμοί παραγωγής συνδυασμένου κύκλου (κωδικός Γ) με ισοκατανομή της απαιτούμενης ισχύος ρύθμισης.

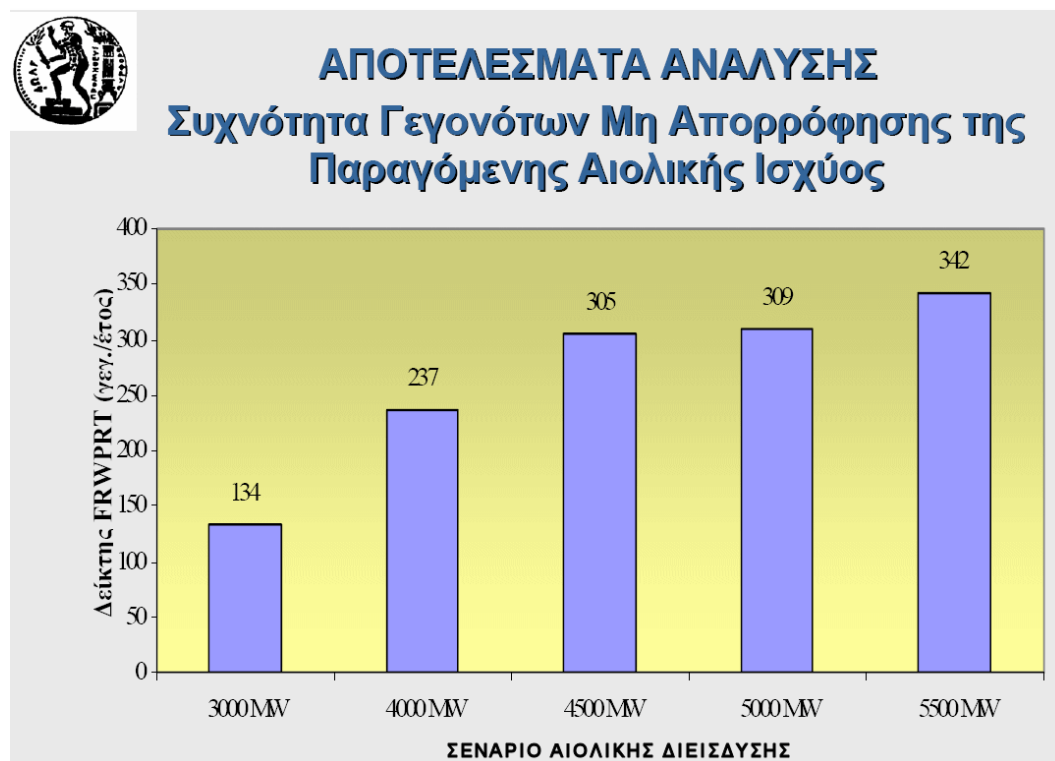
Έχοντας ορισθεί τα κριτήρια αξιοπιστίας, και τα σενάρια διείσδυσης της αιολικής ενέργειας, η προσομοίωση μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Τα τεχνικά αίτια που προκαλούν τη μη απορρόφηση της παραγόμενης Ισχύος από αιολικά πάρκα, σύμφωνα με τη μελέτη είναι:

1. Αφορά τη συνολική παραγόμενη ισχύ των μονάδων παραγωγής του συστήματος που πρέπει να λειτουργούν υποχρεωτικά (τεχνικά ελάχιστα, υποχρεωτική λειτουργία).

2. Αφορά την επιπρόσθετη παραγόμενη ισχύ των μονάδων ρύθμισης σύμφωνα με το σχετικό κριτήριο αξιοπιστίας 4 (ισχύς κατάλληλων θερμικών σταθμών παραγωγής που είναι διαθέσιμη για μείωση σε γεγονότα ξαφνικής αύξησης της παραγόμενης ισχύος των αιολικών πάρκων δηλαδή της αρνητικής στρεφόμενης εφεδρείας).
3. Αφορά τις απαιτήσεις της στρεφόμενης εφεδρείας του συστήματος σύμφωνα με τα κριτήρια αξιοπιστίας 1 ή 2 και 3 (κριτήριο αξιοπιστίας 1: Διαθέσιμη στρεφόμενη εφεδρεία που καθορίζεται από την παραγόμενη ισχύ εξόδου της μονάδας παραγωγής με τη μέγιστη τιμή- κριτήριο αξιοπιστίας 2: Διαθέσιμη στρεφόμενη εφεδρεία που καθορίζεται από μια σταθερή τιμή ισχύος- κριτήριο αξιοπιστίας 3: Διαθέσιμη στρεφόμενη εφεδρεία που αφορά τα γεγονότα ξαφνικής μείωσης της παραγόμενης ισχύος των αιολικών πάρκων).
4. Αφορά τις ξαφνικές μεταβολές της παραγόμενης ισχύος από αιολικά πάρκα (όρια μεταβολών).
5. Αφορά την ασφάλεια λειτουργίας των Συστημάτων Ηλεκτρικής ενέργειας με την εφαρμογή ενός λειτουργικού ορίου της μέγιστης επιτρεπόμενης στάθμης αιολικής διείσδυσης (Δεν εφαρμόζεται στο ελληνικό διασυνδεδεμένο Σύστημα Ηλεκτρικής ενέργειας μόνο σε νησιά).

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (ΠΙΝΑΚΕΣ Ε6-Ε8):

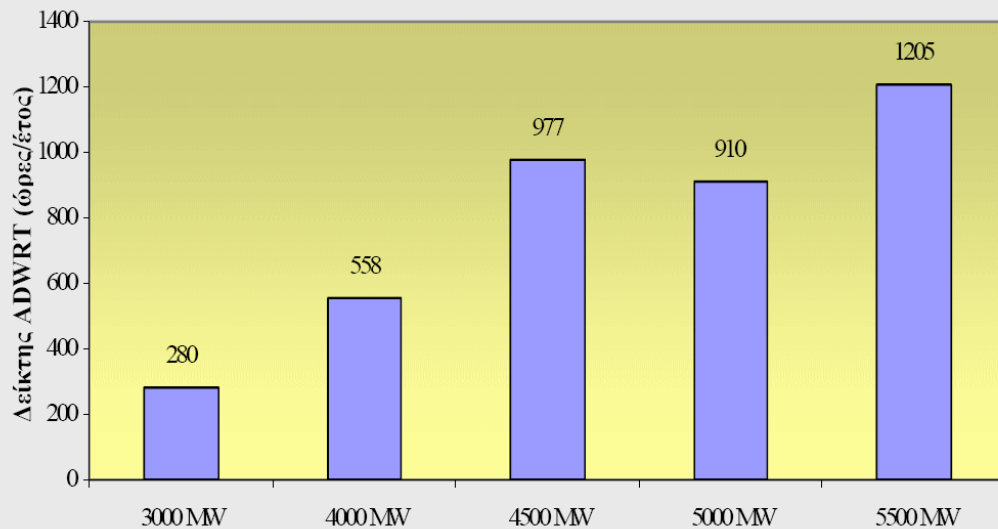


ΠΙΝΑΚΑΣ Ε6 – {47}



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ετήσια Διάρκεια Γεγονότων Μη Απορρόφησης της Παραγόμενης Αιολικής Ισχύος

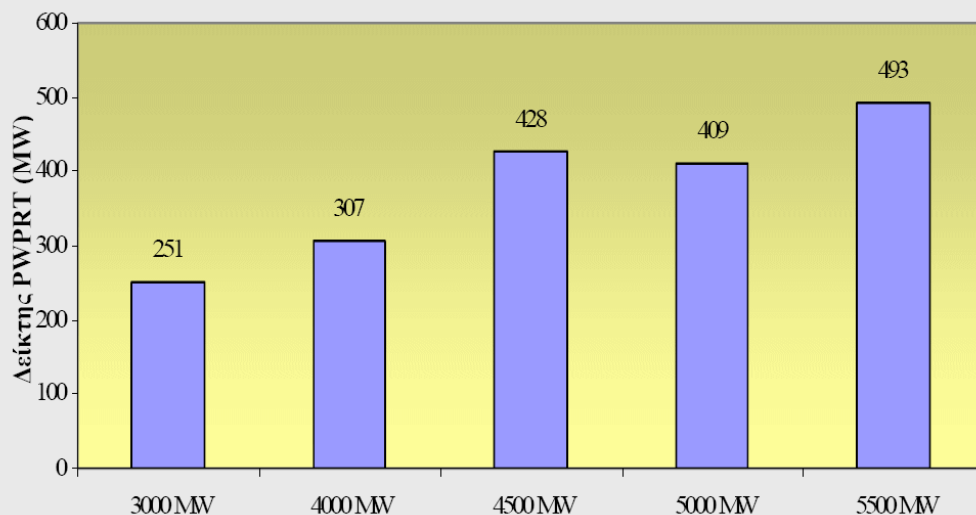


ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μέση Μη Απορροφούμενη Ισχύς των Αιολικών Πάρκων

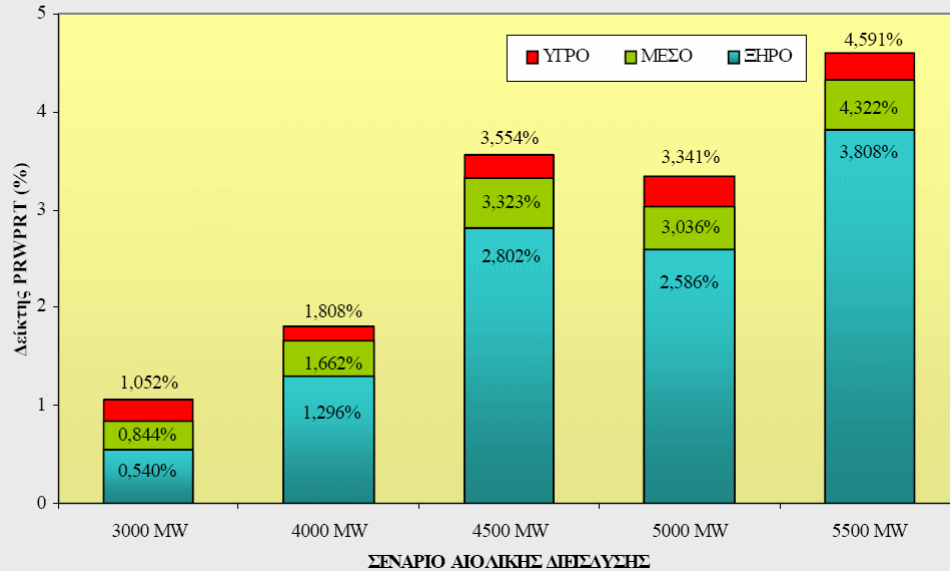


ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ

ΠΙΝΑΚΕΣ Ε7 - {47}

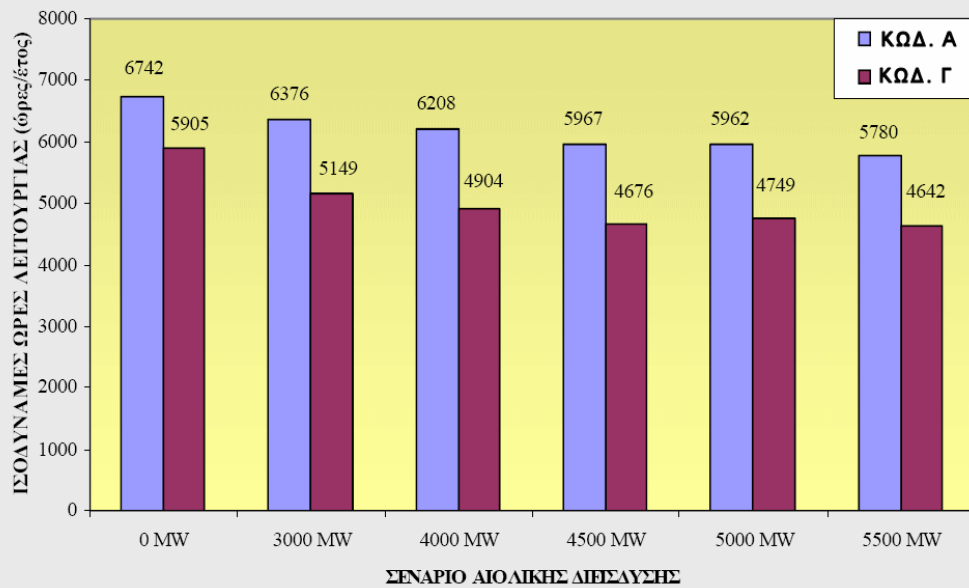


Ετήσια Μη Απορροφούμενη Ενέργεια των Αιολικών Πάρκων για διαφορετικούς τύπους υδρολογικού έτους (% παραγόμενης ενέργειας)



ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ισοδύναμες Ώρες Λειτουργίας Λιγνιτικών Σταθμών (Κωδικός Α) και Σταθμών Συνδυασμένου Κύκλου (Κωδικός Γ)



ΠΙΝΑΚΕΣ Ε8 - {47}

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η συνεισφορά της αιολικής παραγωγής στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος κυμαίνεται από 12,6% έως 20,1%. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ΑΠΕ η αντίστοιχη συνεισφορά κυμαίνεται από 20,8% έως 28,2%.
2. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια των αιολικών πάρκων απορροφάται από το σύστημα σχεδόν ολοκληρωτικά σε κάθε σενάριο (μη απορροφούμενη ενέργεια μεταξύ 0,8% και 4,3% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας).
3. Ο τύπος του υδρολογικού έτους επηρεάζει τα αποτελέσματα αλλά οι σχετικές επιπτώσεις μειώνονται με την αύξηση της αιολικής διείσδυσης.
4. Η αντλησιοταμίευση αποτελεί μια εναλλακτική λύση (αποθήκευση ενέργειας) για την απορρόφηση της παραγόμενης ισχύος των αιολικών πάρκων η οποία δεν μπορεί να απορροφηθεί λόγω των περιορισμών της λειτουργίας του συστήματος. Επιπρόσθετες νομοθετικές ρυθμίσεις και κατάλληλα επενδυτικά σχέδια απαιτούνται για τη βέλτιστη χρησιμοποίηση της.
5. Σημαντική μείωση των ισοδύναμων ωρών λειτουργίας των λιγνιτικών σταθμών (από 6400 ώρες/έτος έως 5800 ώρες /έτος) και των σταθμών συνδυασμένου κύκλου (από 5200ώρες/έτος έως 4600 ώρες /έτος).
6. Ανάγκη χρησιμοποίησης σταθμών συνδυασμένου κύκλου με δύο ή περισσότερους αεριοστρόβιλους.
7. Ανάγκη εκπόνησης πιο εμπειριστατωμένης μελέτης για τις επιπτώσεις της λειτουργίας των θερμικών σταθμών με ευέλικτες μονάδες παραγωγής.
8. Η ταυτόχρονη αιολική διείσδυση 2460MW επαρκεί για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων που αφορούν την ασφάλεια λειτουργίας

{48} Αξιοπιστία Λειτουργίας των σύγχρονων Συστημάτων Ηλεκτρικής ενέργειας –Συμβολή των Υ/Σ παραγωγής, ΤΕΕ ΗΠΕΙΡΟΥ 20-21 Μαρτίου 2009, Ιωάννινα- Ε. ΔΙΑΛΥΝΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ 2

Πέρα από την προσομοίωση του ΕΔΣ, που αναπτύχθηκε παραπάνω, έχει γίνει και άλλη ανάλυση ενεργειακών σεναρίων διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ στο Ενεργειακό Σύστημα και Επίτευξης των Εθνικών στόχων του 2020 με χρήση μοντέλων MARKAL, ENPEP, WASP,COST. {48}

Οι βασικές προσδιοριστικές παράμετροι για την κατάρτιση των σεναρίων ήταν η εξέλιξη της οικονομικής δραστηριότητας στη χώρα, η εξέλιξη των διεθνών τιμών καυσίμων, τα εναλλακτικά επίπεδα χρήσης του λιγνίτη, η επίδραση των τεχνολογιών Α.Π.Ε. στη διείσδυση τους και η επίδραση των διασυνδέσεων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Έχουν καταρτιστεί δύο ομάδες σεναρίων με κύρια στοιχεία διαφοροποίησης:

A) τη χρήση ενεργειακών μοντέλων διαφορετικής φιλοσοφίας (συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται το MARKAL που είναι μοντέλο bottom up και το ENEP που είναι ένα υβριδικό μοντέλο έχοντας ξεκινήσει από μια προσέγγιση top down)

B) Διαφορετικά επίπεδα αξιοποίησης του λιγνίτη στο ηλεκτρικό μίγμα την περίοδο μετά το 2015. {48}

Η ποσοτική ανάλυση της πρώτης ομάδας σεναρίων γίνεται με τη βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων MARKAL, WASP IV και COST.

Το μοντέλο MARKAL είναι ένα bottom up, demand driven, ενεργειακό μοντέλο βελτιστοποίησης που περιγράφει το σύνολο του ενεργειακού τομέα της χώρας και με δεδομένες υποθέσεις για την εξέλιξη των μακροοικονομικών στοιχείων της χώρας, των διεθνών τιμών ενέργειας, και των διαθέσιμων ενεργειακών τεχνολογιών, προσδιορίζει το συνδυασμό ελάχιστου κόστους τεχνολογιών και καυσίμων που εξυπηρετεί την ζήτηση δεδομένης ωφέλιμης ενέργειας υπό περιορισμούς, όπως για παράδειγμα το επίπεδο διείσδυσης των ΑΠΕ, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον ενεργειακό τομέα κλπ. Έτσι είναι τελικά δυνατή η ταυτόχρονη αξιολόγηση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών πολιτικών στους τομείς προσφοράς και ζήτησης ενέργειας.

Για την λεπτομερέστερη ανάλυση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, χρησιμοποιείται το μοντέλο WASP. Με το μοντέλο WASP προσδιορίζεται το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής ελάχιστου κόστους που εξυπηρετεί την αναμενόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος και που ταυτόχρονα εξασφαλίζει την οικονομική βιωσιμότητα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος χρησιμοποιείται το μοντέλο COST για τη χρονολογική προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής. Με το μοντέλο αυτό, προσδιορίζεται η φόρτιση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή συνεργασία των σταθμών Α.Π.Ε. με τους θερμικούς σταθμούς. {48}

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το Σενάριο Αναφοράς και το Σενάριο Επίτευξης στόχων.

Πίνακας 2.2.5: Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού και εισαγωγές για το Σενάριο Αναφοράς

Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού (GWh) από:	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	29021	24005	20278	16022	15676
Πετρελαϊκά Προϊόντα	8362	4529	2054	1976	1240
Φ. Αέριο	12861	20655	27894	44497	43454
Βιομάζα/Βιοαέριο	255	205	205	538	761
Υ/Η	4989	5563	6399	6409	6412
Αιολικά	3129	8632	14384	16973	19563
Φ/Β	242	540	920	1270	1621
Γεωθερμία	0	0	49	49	1226
Καθαρές Εισαγωγές	2778	0	0	0	0
Σύνολο	61636	64129	72183	87734	89953

Πίνακας 2.2.6: Εγκατεστημένη Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής για το Σενάριο Αναφοράς,

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (MW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2146	1310	1268	1280	1280
Φ. Αέριο	3456	6085	7610	11874	11895
Βιομάζα/Βιοαέριο	60	50	50	125	175
Υ/Η	3237	3589	4486	4486	4486
Αιολικά	1327	3781	6250	7375	8500
Φ/Β	184	411	700	967	1233
Γεωθερμία	0	0	8	8	200
Σύνολο	15230	19217	23734	28409	30064

Πίνακας 2.2.7: Εκπομπές CO₂ από τον Ενεργειακό Τομέα και τις διεργασίες της βιομηχανίας τσιμέντων στο σενάριο αναφοράς,

Mtons CO ₂	2010	2015	2020	2025	2030
Ηλεκτροπαραγωγή	51	43	36	34	32
Ενέργεια	105	102	99	100	100
Συνολικά Ενέργεια και Βιομ. Τσιμέντων	113	111	108	109	109

Πίνακας 2.2.8: Επενδύσεις Ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο Αναφοράς

Εκ. Ευρώ (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Σύνολο 2010-2020
Λιγνιτικά	0	0	0	0	0	0	0	1200	900	0	0	2100
Φ. Αερίου	298	626	896	584	6	2	177	5	4	419	335	3353
Πετρελαίου	10	9	9	18	10	10	22	28	28	28	28	200
Μεγάλα Υ/Η	0	346	304	0	0	0	0	0	0	0	0	650
Μικρά Υ/Η	30	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	55
Αντλητικά Υ/Η	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1672	0	1672
Φ/Β	356	191	179	168	156	144	139	133	127	121	116	1830
Αιολικά	180	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	5476
Γεωθερμία	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18
Βιομάζα/Βιοαέριο	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Σύνολο	898	1701	1918	1299	701	686	868	1921	1589	2770	1026	15378
<i>Εκ των οποίων ΑΠΕ</i>	<i>561</i>	<i>1066</i>	<i>1013</i>	<i>697</i>	<i>686</i>	<i>674</i>	<i>668</i>	<i>663</i>	<i>657</i>	<i>2323</i>	<i>663</i>	<i>9670</i>

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε9– {48}

Πίνακας 2.3.5: Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού και εισαγωγές για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρισμού (GWh) από:	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	29021	21364	16329	13801	13091
Πετρελαϊκά Προϊόντα	8362	3641	1545	687	893
Φ. Αέριο	12861	18721	21618	25552	26932
Βιομάζα/Βιοαέριο	255	505	1258	1527	1337
Υ/Η	4989	5685	6575	6609	6602
Αιολικά	3129	9674	16797	19597	22397
Φ/Β	242	1668	2891	4161	5037
Θερμικά Ηλιακά	0	86	714	1086	1458
Γεωθερμία	0	123	736	2085	2381
Καθαρές Εισαγωγές	2778	0	0	0	0
Σύνολο	61636	61467	68464	75106	80127

Πίνακας 2.3.6: Εγκατεστημένη Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής για το Σενάριο Εκπλήρωσης των Στόχων

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (MW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2146	1381	1378	1378	1325
Φ. Αέριο	3456	5909	7312	8412	9259
Βιομάζα/Βιοαέριο	60	120	250	370	500
Υ/Η	3237	3615	4531	4531	4531
Αιολικά	1327	4303	7500	8750	10000
Φ/Β	184	1270	2200	3167	3833
Θερμικά Ηλιακά	0	30	250	380	510
Γεωθερμία	0	20	120	340	400
Σύνολο	15236	20640	26903	29623	32653

Πίνακας 2.3.7: Εκπομπές CO₂ από τον Ενεργειακό Τομέα και τις διεργασίες της βιομηχανίας τσιμέντων στο σενάριο εκπλήρωσης στόχων.

Mtons	2010	2015	2020	2025	2030
Ηλεκτροπαραγωγή	51	38	27	23	23
Ενέργεια	105	93	84	79	78
Συνολικά Ενέργεια και Τσιμέντα	113	102	93	88	87

Πίνακας 2.3.8: Ετήσιες Επενδύσεις Ηλεκτροπαραγωγής στο Σενάριο επίτευξης των στόχων.

Εκ. Ευρώ (2005)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Σύνολο 2010-2020
Λιγνιτικά	0	0	0	0	0	0	0	1200	900	0	0	2100
Φ. Αερίου	298	626	815	605	51	36	208	16	6	250	400	3311
Πετρελαίου	10	13	14	14	15	16	31	33	35	34	34	249
Μεγάλα Υ/Η	0	0	346	304	0	0	0	0	0	0	0	650
Μικρά Υ/Η	30	11	11	4	18	11	11	11	0	22	11	137
Αντλητικά Υ/Η	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1672	0	1672
Φ/Β	356	573	539	714	664	615	447	428	409	391	372	5508
Θερμικά Ηλιακά	0	0	0	0	0	137	363	135	134	220	131	1120
Αιολικά	180	626	626	626	626	611	630	660	660	660	810	6710
Γεωθερμία	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	220	264
Βιομάζα/Βιοαέριο	25	0	25	25	50	50	70	60	60	60	105	530
Σύνολο	898	1848	2376	2291	1467	1476	1758	2542	2204	3308	2083	22252
<i>εκ των οποίων ΑΠΕ</i>	<i>561</i>	<i>1198</i>	<i>1536</i>	<i>1668</i>	<i>1384</i>	<i>1413</i>	<i>1509</i>	<i>1282</i>	<i>1262</i>	<i>3003</i>	<i>1638</i>	<i>16455</i>

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε10– {48}

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με το σενάριο αναφοράς η τελική συνεισφορά Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 14,17% με μη επίτευξη του δεσμευτικού εθνικού στόχου σύμφωνα με την 2009/28/ΕΚ. Η εκτίμηση διείσδυσης σύμφωνα με το σενάριο εκπλήρωσης των στόχων οδηγεί σε τελική συνεισφορά 20,4% των ΑΠε στην τελική κατανάλωση ενέργειας (40% στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε θέρμανση και ψύξη και 10% στις μεταφορές) και ικανοποιεί τόσο τον εθνικό στόχο όσο και τον δεσμευτικό σύμφωνα με την 28/2009/ΕΚ.

Παρατηρούμε, μεταξύ άλλων, ότι στον πίνακα 2.3.6 – σενάριο επίτευξης στόχων- ότι θα απαιτηθεί η εγκατάσταση 7500MW αιολικών πάρκων.

Από πίνακα 2.3.8 γίνεται σαφές ότι και στα δύο σενάρια (σενάριο αναφοράς και σενάριο επίτευξης στόχων) προβλέπουν την εγκατάσταση Αντλητικών Υδροηλεκτρικών έργων το έτος 2019 με εκτίμηση της επένδυσης στα 1672 εκατομμύρια €. {48}

ΜΕΛΕΤΗ 3

Επίσης για το θέμα της διερεύνησης της δυνατότητας εγκατάστασης συστημάτων αντλησιοταμίευσης έχει γίνει προσομοίωση του ΕΔΣ με 3 διαφορετικά σενάρια εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά πάρκα και φωτοβολταικά. {44}

Τα τρία σενάρια παρουσιάζονται παρακάτω:

	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΑ (MW)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ (MW)
ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	1000	100
1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ	3000	500
2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ	5000	1000
3 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ	8000	2000

Η μελέτη περιλαμβάνει ιδανική προσομοίωση (μη δυναμική χωρίς απρόοπτα)

Οι παραδοχές της προσομοίωσης περιλαμβάνουν:

- Επιλογή λιγνιτικών με βάση προβλεπόμενη ελάχιστη ζήτηση προσεχών 2 εβδομάδων.
- Επιλογή μονάδων αιχμής με βάση την προβλεπόμενη διακύμανση φορτίου και παραγωγής ΑΠΕ.

Περιορισμοί στην απορρόφηση αιολικής ενέργειας λόγω τεχνικών ελαχίστων συμβατικών σταθμών και μέγιστης στιγμιαίας διείσδυσης αιολικών. {44}

Στα σενάρια ελέχθησαν και τα ποσά της περίσσειας ενέργειας ετησίως:

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΤΗΣΙΩΣ (TWh)
1° ΣΕΝΑΡΙΟ	0,072TWh
2° ΣΕΝΑΡΙΟ	0,69 TWh
3° ΣΕΝΑΡΙΟ	2,5 TWh

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα γίνεται φανερό ότι θα πρέπει να υπάρξει σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (αντλησιοταμίευση) ειδικά για το σενάριο 2 και σενάριο 3, ισχύος 1000MW. Επίσης για αιολική εγκατεστημένη ισχύ από 5000MW έως 8000MW, θα απαιτηθεί και άντληση και με χρήση των λιγνιτικών σταθμών. {44}

5.18. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Για τη δυνατότητα κατασκευής έργων αποταμίευσης ενέργειας μέσω άντλησης (αντλησιοταμίευση) σε περιοχές του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει γίνει μελέτη από τον Ι. Στεφανάκο, πολιτικό μηχανικό, λέκτορα του ΕΜΠ, σε χρηματοδότηση από τη ΡΑΕ.

Σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας προσθήκης συγκροτημάτων άντλησης - ταμίευσης παραγωγής σε υπάρχοντες ταμιευτήρες Υδροηλεκτρικών έργων ή σε υπάρχοντες ταμιευτήρες άλλων χρήσεων.

Κύριος στόχος για την μελέτη αυτή ήταν η διευκόλυνση της μαζικής παραπέρα διείσδυσης Αιολικής ενέργειας στο Ελληνικό διασυνδεδεμένο Σύστημα.

Το πρόγραμμα είχε χωριστεί σε τρεις φάσεις ανάλογα με το είδος του έργου:

ΦΑΣΗ Α- υδροηλεκτρικά έργα σε σειρά.

ΦΑΣΗ Β- μεμονωμένα υδροηλεκτρικά έργα.

ΦΑΣΗ Γ- Λοιποί μεγάλοι ταμιευτήρες άλλων χρήσεων σε συνδυασμό με δεύτερο άνω ή κάτω ταμιευτήρα.

Το πρόγραμμα βρίσκεται σήμερα, στη ΦΑΣΗ Β.

ΦΑΣΗ Α

Οι ταμιευτήρες στην Ελλάδα με ύψος φράγματος μεγαλύτερο των 15μέτρων ή με όγκο ταμιευτήρα μεγαλύτερο 3hm³ είναι:

Υπάρχουν 145 ταμιευτήρες στο σύνολο της χώρας, από τους οποίους οι 110 είναι στην ηπειρωτική χώρα και τα διασυνδεδεμένα νησιά, ενώ υπάρχουν 36 με ταμιευτήρα > 3 hm³. {49}

Στους παρακάτω πίνακες αναλύονται οι 36 ταμιευτήρες:

36 Ταμιευτήρες για Αντλητικά (1)

(με όγκο ταμιευτήρα > 3 hm³)

α/α	Όνομα φράγματος (ταμιευτήρα)	Φάση έργου	Όνομα ποταμού	Νομός	Τύπος φράγματος	Ύψος φράγματος (m)	Όγκος φράγματος (x 1000m ³)	Όγκος ταμιευτήρα (hm ³)	Επιφάνεια ταμιευτήρα (x 1000m ²)	Σκοπός (Εγκ. Ισχύος ΥΗΕ)	Κύριος έργου
1	Αγ. Βαρβάρα	υ (2007)	Αλιάκιονας	Ημαθίας	TE	20.1	1,000	3.0	900	HISR (0.92 MW)	ΔΕΗ
2	Αγιονέρι	ε	χ. Ελασσόνας	Λάρισας	ER	48.0	542	16.0		I	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
3	Αρτζάν-Αμάτοβο	ε	άντληση από περιμετρική τάφρο "Αγιάκ"	Κιλκίς	TE	8,2 + τάφρος στεγανότητας	1,800	9.0	1,660	I	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
4	Αστερίου	ε	Παραπεύρος	Αχαΐας	TE	75.0	6,600	44.0		S	ΥΠΕΧΩΔΕ (ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ)
5	Ασώματα	υ (1985)	Αλιάκιονας	Ημαθίας	TE	52.0	1,450	10.0	2,600	HI (108 MW)	ΔΕΗ
6	Γρατινή	υ (2002)		Ροδόπης	TE	53.0	1,682	12.8	982	S, υδροδότηση ΑΗΣ Κομοτηνής	ΔΕΗ
7	Γυρτώνη	ε	Πηνειός	Λάρισας	PG	15.0	36	5.0	1,300	I	ΥΠΕΧΩΔΕ
8	Εύηνος	υ (2001)	Εύηνος	Αιτωλοακαρνανίας	TE	126.0	14,000	113.0		S	ΕΥΔΑΠ
9	Θησαυρός	υ (1996)	Νέστος	Δράμας	ER	172.0	12,000	565.0	20,000	HIC (381 MW)	ΔΕΗ
10	Ιασίου	ε	χ. Ιασίου	Ροδόπης	ER	52.5	1,390	23.2		I	Περίφερα Α. Μακεδονίας & Θράκης
11	Γαρίωνας	ε	Αλιάκιονας	Κοζάνης	TE	130.0	8,800	412.0	18,000	HSI (156+2 MW)	ΔΕΗ
12	Καλύβα-Κομαρών	ε	Ρέμα Καλύβα	Έβρου	TE	38.5	750	8.5	633	I	Περίφερα Α. Μακεδονίας & Θράκης
13	Καστράκι	υ (1969)	Αχελώος	Αιτωλοακαρνανίας	TE	96.0	5,218	53.0	24,200	HIS (320 MW)	ΔΕΗ
14	Κρεμαστά	υ (1965)	Αχελώος	Ευρυτανίας & Αιτωλοακαρνανίας	TE	165.0	8,170	2,805.0	80,600	H (437 MW)	ΔΕΗ
15	Λάδωνας	υ (1955)	Λάδωνας	Αρκαδίας	PG	56.0	34	46.2	4,000	H (70 MW)	ΔΕΗ
16	Λευκόγεια	υ (1994)	χ. Μυλόριμα & Κρυονέρι	Δράμας	TE	41.0	835	12.0	1,192	SI	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
17	Μαραθώνα	υ (1931)	Χαράραος	Αττικής	PG	63.0	179	41.0		S	ΕΥΔΑΠ

36 Ταμιευτήρες για Αντλητικά (2)

(με όγκο ταμιευτήρα >3 hm³)

α/α	Όνομα φράγματος (ταμιευτήρα)	Φάση έργου	Όνομα ποταμού	Νομός	Τύπος φράγματος	Υψος φράγματος (m)	Όγκος φράγματος (x.1000m ³)	Όγκος ταμιευτήρα (hm ³)	Επιφάνεια ταμιευτήρα (x.1000m ²)	Σκοπός (Ε/κ. Ισχύς ΥΗΕ)	Κύριος έργο
18	Μαριμαρά	ε	Ακροπόταμος	Καβάλας	ER	45.0	500	5.0		I	Νομαρχία ΔΕΒ
19	Μεσοχώρα	ε	Αγελώος	Τρικάλων	CFRD	150.0	5.000	228.0	7.800	H (160 MW)	ΔΕΗ
20	Μόρφος	υ (1981)	Μόρφος		TE	125.0	17.000	722.0		SI	ΕΥΔΑΠ
21	Πασιδιά	ε	χ. Γεροπόταμος	Φλωρίνης	ER	67.0	3.500	14.0		I & υφύξη ΑΗΣ Μελίτης (0.5 MW)	ΔΕΗ
22	Πηγές Αώου	υ (1989)	Αώος	Ιωαννίνων	ER	78.0	3.000	145.0	11.500	H (210 MW)	ΔΕΗ
23	Πηγετός Ηλείας	υ	Πηγετός	Ηλείας	TE	53.0	11.600	380.0		I	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
24	Πλατανόβρυση	υ (1998)	Νέστος	Δράμας	RCC	95.0	450	12.0	3.300	HI (108 MW)	ΔΕΗ
25	Πολύφωτο	υ (1974)	Αλιάκιμονας	Κοζάνης	ER	112.0	3.459	1.020.0	74.000	HISC (375 MW)	ΔΕΗ
26	Πουρνάρι	υ (1981)	Αραχθός	Αρτας	TE	87.0	9.000	303.0	20.600	H (300MW)	ΔΕΗ
27	Πουρνάρι II	υ (1998)	Αραχθός	Αρτας	TE	15.0	700	3.6	650	αναρρυθμιστή HI (33.6 MW)	ΔΕΗ
28	Πραμόριτσα	υ (2007)	Πραμόριτσα	Κοζάνης	ER	57.0	630	5.6	296	SHI	ΔΤΥ Νομαρχίας
29	Σμυκοβο	υ (1996)	Σοφοδίτης	Καρδίτσας	ER	104.0	3.000	137.0		I (H) (10 MW)	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
30	Στράτος	υ (1988)	Αγελώος	Αιτωλοακαρνανίας	TE	26.0	2.800	11.0	8.400	HI (150 MW)	ΔΕΗ

36 Ταμιευτήρες για Αντλητικά (3)

(με όγκο ταμιευτήρα > 3 hm³)

α/α	Όνομα φράγματος (ταμιευτήρα)	Φάση έργου	Όνομα ποταμού	Νομός	Τύπος φράγματος	Υψος φράγματος (m)	Όγκος φράγματος (x 1000m ³)	Όγκος ταμιευτήρα (hm ³)	Επιφάνεια ταμιευτήρα (x 1000m ²)	Σκοπός (Εγκ. Ισχύς, ΥΗΕ)	Κύριος έργο
31	Συκιά	ς	Αχελώος	Τρικάλων-Καρδίτσας-Αρτας	TE	170.0	12.400	502.0	12.800	HI (126.5 MW)	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
32	Σφιριά	υ (1985)	Αλιάκμονας	Ημαθίας	ER	82.0	1.620	18.0	4.300	H (315 MW)	ΔΕΗ
33	Γάβα	ς		Αρκαδίας				12.0			ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
34	Γαυροπός	υ (1975)	Γαυροπός (Αχελώος)	Καρδίτσας	VA	83.0	100	300.0	25.200	HISR (130 MW)	ΔΕΗ
35	Τριανταφυλλιά	ς	χ. Τριανταφυλλιάς	Φλωρίνης	ER	75.0	2.700	10.1	486	IS	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
36	Φενεός (Δόξα Φανερά)	υ (1996)	χ. Δόξα	Κορινθίας	TE	56.0	683	5.2	509	I	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.

3 hm³ <= V < 5 hm³

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Έτος κατασκευής: το έτος ολοκλήρωσης του φράγματος

Υψος φράγματος: το μέγιστο ύψος του φράγματος από τη θεμελίωση ως τη στέγη

Όγκος ταμιευτήρα: ο όγκος του ταμιευτήρα του φράγματος στην ΑΣΛ (με **κόκκινο** ο σφελέμιος όγκος)

Φάση Έργου:

ς (under construction): υπό κατασκευή

υ (in use): σε φάση λειτουργίας

Τύπος Φράγματος:

ER (rockfill): λιθόρριπτο

TE (earthfill): χοιμάτινο

PG (gravity): βαρύτητας

VA (arch): τοξοτό

MV (multi arch): τοξοτό πολλαπλής κάμπυλότητας

RCC (roller compacted concrete): κολιφορμιμένου σκυροδέματος

CFRD (concrete faced rockfill dam): λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος

CB (buttress): αντηριαστό

MS (masonry): λιθόδοτο

FSHD (face symmetrical hardfill dam): ασύμμετρο επιχώματος

Σκοπός:

C (Flood Control): αντιλημυρτική προστασία

F (Fire control): αντιτυρτική προστασία

G (Groundwater recharge): εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα

H (hydropower): ηλεκτροπαραγωγή

I (Irrigation): άρδευση

N (Navigation): ναυσιπλοία

R (Recreation): αναψυχή

S (Water Supply): ύδρευση

T (Tailings): φράγμα τελμάτων

Τύπος υπερχειλίτη

L: υπερχειλιτής (χωρίς θυροφράγματα)

V: εκχειλιτής (με θυροφράγματα)

Κατά την Α΄ φάση εξετάστηκαν τα Υδροηλεκτρικά Έργα σε σειρά, τα οποία προσφέρουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Α. Γίνεται αξιοποίηση ήδη λειτουργούντων Υδροηλεκτρικών Έργων.
- Β. Στα έργα αυτά υπάρχει ο άνω και κάτω ταμιευτήρας.
- Γ. Υπάρχει ήδη σταθμός παραγωγής αλλά θα πρέπει να κατασκευαστεί αντλιοστάσιο.
- Δ. Γίνεται χρήση και αξιοποίηση εκκενωτών πυθμένα, αγωγών προσαγωγής και υδροληψιών.
- Ε. Οι παρεμβάσεις είναι ελάχιστες.
- ΣΤ. Βελτίωση λειτουργίας υπάρχοντων έργων. {49}

Σύμφωνα με την μελέτη, επτά (7) ήδη υπάρχοντα υδροηλεκτρικά έργα αξίζει να μελετηθούν περαιτέρω για διερεύνηση της δυνατότητας αντλιοσταμείωσης:

1	ΠΟΥΡΝΑΡΙ II	ΠΟΥΡΝΑΡΙ
2	ΣΤΡΑΤΟΣ	ΚΑΣΤΡΑΚΙ
3	ΚΑΣΤΡΑΚΙ	ΚΡΕΜΑΣΤΑ
4	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	ΑΣΩΜΑΤΑ
5	ΑΣΩΜΑΤΑ	ΣΦΗΚΙΑ
6	ΤΕΜΕΝΟΣ	ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ
7	ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ	ΘΗΣΑΥΡΟΣ

Μετά από μελέτη για την ισχύ που θα μπορούσαν κάθε ένα από αυτά να αποδώσει και μετά από μελέτη για το κόστος κατασκευής αντλιοστασίου, η μελέτη καταλήγει στον παρακάτω πίνακα (**ΠΙΝΑΚΑΣ Ε11**):

Στοιχεία Αντλιοστασίων

Φάση Α': Υδροηλεκτρικά Έργα σε σειρά

ΑΝΑΝΤΗ ΕΡΓΟ	ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ (MW)	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ MW ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (€)
ΠΟΥΡΝΑΡΙ	40,2	18.860.000	469.000
ΚΡΕΜΑΣΤΑ	135,3	60.330.000	446.000
ΚΑΣΤΡΑΚΙ Α	81,6	37.150.000	455.000
ΚΑΣΤΡΑΚΙ Β	116,6	46.550.000	399.000
ΣΦΗΚΙΑ	22,4	10.430.000	466.000
ΑΣΩΜΑΤΑ	11,0	13.260.000	1.205.000
ΘΗΣΑΥΡΟΣ	50,4	38.720.000	768.000
ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ	21,8	17.270.000	792.000

Αθήνα, 2010

Συνέδριο ΤΕΕ για την Ενέργεια, 8-10 Μαρτίου

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε11 – {49}

Τα συμπεράσματα από την μελέτη για τα υδροηλεκτρικά έργα σε σειρά, προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα αντλησιοταμίευσης, δίνονται παρακάτω:

- Α. Συνολικά επτά (7) αντλητικά συγκροτήματα μπορούν να κατασκευασθούν από τα υπάρχοντα Υδροηλεκτρικά σε σειρά.
- Β. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς: 400MW
- Γ. Μέσο κόστος εγκατάστασης: 520.000€/MW.
- Δ. Και τα επτά αντλιοστάσια χωροθετούνται σε άμεση γειτνίαση ή στην ευρύτερη περιοχή των ήδη σε λειτουργία υδροηλεκτρικών.
- Ε. Οι καταθλιπτικοί αγωγοί άντλησης και οι κατασκευές εκφόρτισης είναι στο μεγαλύτερο τμήμα τους υπόγειοι και αξιοποιούν ήδη υπάρχουσες κατασκευές (εκκενωτές πυθμένα, σήραγγες εκτροπής και υδροληψίες).
- ΣΤ. Δεν θα υπάρξουν κατά την κατασκευή νέες πρόσθετες, σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέραν αυτών που αντιμετωπίστηκαν κατά την κατασκευή των ήδη σε λειτουργία έργων.
- Ζ. Η προσθήκη των παραπάνω αντλητικών συγκροτημάτων όχι μόνο δεν δυσκολεύουν τη λειτουργία των υπάρχοντων υδροηλεκτρικών της ΔΕΗ αλλά σε μερικές περιπτώσεις βελτιώνουν σημαντικά και τη λειτουργικότητα υφιστάμενων κατασκευών τους.

Η. Στους εκκενωτές πυθμένα των υδροηλεκτρικών έργων Πουρναρίου, Ασωμάτων και Θησαυρού μεταφέρεται ο μηχανισμός ελέγχου της ροής τους σε ανοιχτό χώρο εκτός των σηράγγων.

Θ. Κατά συνέπεια, αναμένεται να υπάρξει και πρόσθετο πέραν του καθαρά οικονομικού ενδιαφέρον της ΔΕΗ για την υλοποίηση των υπόψη αντλητικών συγκροτημάτων. {49}

ΦΑΣΗ Β

Εξετάστηκαν μεμονωμένα υδροηλεκτρικά έργα. Τα έργα αυτά έχουν τα παρακάτω κύρια χαρακτηριστικά:

1. Αξιοποίηση ενός ήδη λειτουργούντος ταμιευτήρα ως κάτω ταμιευτήρα άντλησης.
2. Θα πρέπει να κατασκευαστεί άνω ταμιευτήρας ή δεξαμενή.
3. Δεν έχουμε χρήση του υπάρχοντος σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας-ελάχιστη επίδραση στη λειτουργία του υπάρχοντος έργου.
4. Γίνονται παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον του έργου.
5. Θα πρέπει να κατασκευαστούν οι εγκαταστάσεις του αναστρέψιμου έργου. {49}

Τα μεμονωμένα υδροηλεκτρικά έργα χωρίζονται ανάλογα με τις εγκαταστάσεις τους σε:

- Έργα με άνω ταμιευτήρα.
- Έργα με άνω δεξαμενή.
- Έργα με κάτω ταμιευτήρα που έχει μικρή διακύμανση στάθμης.

Συγκεκριμένα για τα μεμονωμένα Υδροηλεκτρικά έργα γίνεται αναφορά στο Καστράκι διότι με την προγραμματιζόμενη προσθήκη ανατρεπόμενων θυροφραγμάτων στον υπερχειλιστή, μπορεί να υποστηρίξει πολλά αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα (πρόταση για επτά) συνολικού ωφέλιμου όγκου $12,2 \times 10^6$.

Επίσης γίνεται αναφοράς στο Πουρνάρι II διότι με την προσθήκη θυροφραγμάτων στον υπερχειλιστή θα μπορεί να υποστηρίξει αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα (πρόταση για δύο) συνολικού ωφέλιμου όγκου $2,8 \times 10^6$.

Στον παρακάτω πίνακα **(ΠΙΝΑΚΑΣ Ε12)**, συνοψίζονται τα στοιχεία για τα μεμονωμένα υδροηλεκτρικά έργα:

Στοιχεία Αναστρέψιμων Φάση Β': Μειονωμένα ΥΗΕ

Υπάρχον Κατάντη Έργο	Ονομασία Αναστρέψιμου Έργου	Είδος Άνω Ταμειυτήρα	$V_{ωφ}$ ($\times 10^6 m^3$)	H_{max} γεωμετρ. (m)	Q (m^3/s)	Ισχύς (άντλησης) (MW)	Συνολικό Κόστος (εκατ. €)	Μοναδιαίο Κόστος (€/MW)
Καστράκι	Αλευράδα	Ταμειυτήρας	5,000	198	115	272	166	610
	Σομπόρεμα	Ταμειυτήρας	2,000	288	46	153	91	595
	Τσουγκάρια	Δεξαμενή	0,420	224	20	52	47	904
	Φίλος	Δεξαμενή	0,488	484	23	131	91	695
	Δαιμονοπύργια	Ταμειυτήρας	1,980	226	46	124		
	Πετούλια	Ταμειυτήρας	1,900	238	44	124		
	Μέγας Κάμπος	Δεξαμενή	0,360	373	17	74		
Στράτος	Σιόλου	Δεξαμενή	0,36'0	241	11	32		
Σφηκιά	Μικρή Σάντα	Δεξαμενή	0,330	504	15	89	65	730
	Αγ. Παρασκευή	Δεξαμενή	0,336	434	17	84	60	714
Ασώματα	Πολύδενδρο	Δεξαμενή	0,465	369	22	92	65	707
	Πουρνάρι II	Συκαμινέα	Ταμειυτήρας	2,000	150	46	85	
Πλατανόβρυση	Γραμμενίτσα	Δεξαμενή	0,783	156	37	68		
	Λεπποκαρυές	Δεξαμενή	0,121	323	5,6	20		
Τέμενος	Άρπα	Δεξαμενή	0,110	203	5,1	12		

Αθήνα, 2010

Συνέδριο ΤΕΕ για την Ενέργεια, 8-10 Μαρτίου

47

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε12 – {49}

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον Πίνακα, συμπεραίνουμε ότι μπορούν να εγκατασταθούν:

- Δεκαπέντε (15) αναστρέψιμα συγκροτήματα
- Συνολική Εγκατεστημένη ισχύ: περί τα 1400MW

Μέσο κόστος εγκατεστημένης ισχύος: 710.000€/MW {49}

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των δύο φάσεων, έχουμε:

a. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΣΕ ΣΕΙΡΑ:

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ: **400MW** ΚΟΣΤΟΣ: **520.000€/MW**

b. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ:

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ: **1400MW**, ΚΟΣΤΟΣ: **710.000€/MW**

Αφού ολοκληρωθεί και η Γ φάση, θα είναι εφικτή η εύρεση της οικονομικότερης επιλογής για την εγκατάσταση των συστημάτων αντλησιοταμίευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ: **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της συνεργασίας αιολικής παραγωγής με σύστημα αντλησιοταμίευσης προκειμένου να διατηρηθεί η αξιοπιστία του συστήματος καθώς και να επιτευχθεί μεγάλη αιολική διείσδυση στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Στην εργασία γίνεται αναφορά σε σενάρια για την αξιόπιστη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα προκειμένου να επιτευχθούν οι ενεργειακοί της στόχοι για το έτος 2020.

Η προβλεπόμενη εγκατάσταση Α.Π.Ε. σύμφωνα με τον Ν.3851/2010 για την επίτευξη των στόχων 20-20-20 θα έχει επιπτώσεις στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Η φύση των Α.Π.Ε. και κυρίως των αιολικών πάρκων (λόγω της μεταβλητότητας του ανέμου) τα οποία προβλέπεται να εγκατασταθούν (7500MW έως το έτος 2020), θα απαιτήσει νέες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, βελτίωση και εκσυγχρονισμό των υπάρχουσών εγκαταστάσεων στη μεταφορά και διανομή αλλά και εγκαταστάσεις αποθήκευσης της ενέργειας, ώστε το Σύστημα να παραμείνει αξιόπιστο.

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να απορροφηθεί η παραγόμενη ισχύ των αιολικών πάρκων στις ώρες χαμηλής ζήτησης η οποία δεν μπορεί να απορροφηθεί λόγω των περιορισμών της λειτουργίας του Συστήματος με συμβατικούς σταθμούς (τεχνικά ελάχιστα κτλ). Από τους διαφορετικούς τύπους αποθήκευσης ενέργειας, καταλληλότερος για τα χαρακτηριστικά του ΕΔΣ (και γενικά για μεγάλης κλίμακας αποθήκευση ενέργειας και όχι σε μικρά αυτόνομα συστήματα) είναι η αντλησιοταμίευση.

Από διάφορες προσομοιώσεις του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος και σύμφωνα με το μίγμα παραγωγής (επιδικώμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος) ανά τεχνολογία ΑΠΕ που περιγράφεται στην Α.Υ/Φ1/οι.19598/11.10.2010 (ΦΕΚ1630Β) εξάγεται το συμπέρασμα ότι θα πρέπει να αυξηθεί η εγκατεστημένη ισχύς ευέλικτων (λόγο της γρήγορης σύνδεσης τους με το Σύστημα) κυρίως αεριοστροβιλικών με καύσιμο φυσικό αέριο και υδροηλεκτρικών μονάδων αλλά και συστημάτων αντλησιοταμίευσης στο Σύστημα.

Τα έργα αντλησιοταμίευσης μπορούν να συνεισφέρουν πολλαπλά στον ενεργειακό τομέα της χώρας παρέχοντας:

- Ενέργεια κατά την αιχμή, αντικαθιστώντας ακριβές σε κόστος μονάδες που ενεργοποιούνται στην αιχμή όπως αεροστροβλικές με καύσιμο φυσικό αέριο. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να γίνουν επιπρόσθετες νομοθετικές ρυθμίσεις για τη βέλτιστη χρήση των συστημάτων αντλησιοταμίευσης.
- Παρέχοντας επικουρικές υπηρεσίες στο Σύστημα προκειμένου να παραμείνει αξιόπιστο (πρωτεύουσα, δευτερεύουσα αλλά και τριτεύουσα εφεδρεία).

Για την Ελλάδα, συστήματα αντλησιοταμίευσης θα μπορούσαν να εγκατασταθούν σε:

- υδροηλεκτρικά έργα σε σειρά.
- μεμονωμένα υδροηλεκτρικά έργα.
- Μεγάλους ταμιευτήρες άλλων χρήσεων σε συνδυασμό με δεύτερο άνω ή κάτω ταμιευτήρα.

Για την ενσωμάτωση της αιολικής παραγωγής, επιτακτική κρίνεται και η διασύνδεση των νησιών προκειμένου να γίνει εκμεταλλεύσιμο το αιολικό δυναμικό τους, ειδικά από τη στιγμή που οι θέσεις με υψηλό δυναμικό στην Ηπειρωτική χώρα εξαντλούνται.

Επίσης θα πρέπει να υπάρξει και ανάπτυξη των διασυνδέσεων με τις γύρω χώρες προκειμένου να γίνει το Σύστημα περισσότερο ευέλικτο και λιγότερο εξαρτημένο .

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα:

- ❖ Μελέτη για την πλέον βέλτιστη τεchnο-οικονομική λύση εγκατάστασης συστημάτων αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα.
- ❖ Η μελέτη για την δημιουργία υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο ΕΔΣ.
- ❖ Την μελέτη για τη δημιουργία συστήματος αντλησιοταμίευσης με δεξαμενή χαμηλής στάθμης τη θάλασσα.
- ❖ Μελέτη για τη διασύνδεση των νησιών προκειμένου να εκμεταλλευθεί το υψηλό αιολικό δυναμικό τους μιας και οι θέσεις με υψηλό αιολικό δυναμικό στο ΕΔΣ λιγοστεύουν.
- ❖ Μελέτη προκειμένου να αναλυθούν οι δυνατότητες των διεθνών διασυνδέσεων σε συνδυασμό με την αποθήκευση ενέργειας με αντλησιοταμίευση.

BIBΛIOΓPAΦIA / REFERENCES

- {1} RENEWABLES 2010- GLOBAL STATUS REPORT.
- {2} WIND IN POWER- 2010 EUROPEAN STATISTICS.EWEA, FEBRUARY 2011.
- {3} THE EUROPEAN OFFSHORE WIND INDUSTRY KEY TRENDS & STATISTICS 2010. EWEA, JANUARY 2011.
- {4} R.P.S. LEO, T. DEGNER, F.L.M.ANTUNES. AN OVERVIEW ON THE INTEGRATION OF LARGE SCALE WIND POWER INTO THE ELECTRIC MARKET.
- {5} G.J.W. van BUSSEL, A.R. HENDERSON. DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. STATE OF THE ART & TECHNOLOGY TRENDS FOR OFFSHORE WIND ENERGY: OPERATION AND MAINTENANCE ISSUES.
- {6} PURE POWER FULL REPORT-WIND ENERGY TARGETS FOR 2020 & 2030. EWEA, 2009 UPDATE.
- {7} NICOLAS BOCCARD. CAPACITY FACTOR OF WIND POWER- REALIZED VALUES VS ESTIMATES.OCTOBER 2008.
- {8} ΑΡΘΡΟ ΑΡΘΡ. ΖΕΡΒΟΣ.LARGE SCALE INTEGRATION OF WIND ENERGY INTO ELECTRICITY GRIDS. <http://www.gwec.net/index.php?id=146>
- {9} B.PARSONS & E.ELA. NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY,USA. IMPACTS OF LARGE AMOUNTS OF WIND POWER ON DESIGN AND OPERATION OF POWER SYSTEMS; RESULTS OF IEA COLLABORATION. JUNE 2008.
- {10} ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΔΙΑΛΥΝΑΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ: ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΣΥΜΒΟΛΗ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ. ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ ΤΕΕ & ΤΕΕ ΤΜ. ΗΠΕΙΡΟΥ: 20-21 ΜΑΡΤΙΟΥ 2009, ΙΩΑΝΝΙΝΑ
- {11} ΔΕΣΜΗΕ. ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ 2010-2014,
- {12} ΔΕΛΗΚΑΡΑΟΓΛΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΣ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ

ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.
ΙΟΥΛΙΟΣ 2010.

{13} ELECTRICAL ENERGY STORAGE-LARGE SCALE

{14} J.K.KALDELLIS, D.ZAFIRAKIS. OPTIMUM ENERGY STORAGE TECHNIQUES FOR THE IMPROVEMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES-BASED ELECTRICITY GENERATION ECONOMIC EFFICIENCY.ENERGY 32 (2007) 2295-2305.

{15} EUROPEAN PARLIAMENT. POLICY DEPARTMENT ECONOMIC & SCIENTIFIC POLICY. OUTLOOK OF ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES.07-2007.

{16} <http://www.nextgenpe.com/article/Adding-value-to-the-grid/>

{17} CAMILLE BELANGER, LUC. GAGNON. ADDING WIND ENERGY TO HYDROPOWER,ENERGY POLICY 30 (2002) 1279-1284.

{18} www.ypeka.gr.

{19} ΓΙΟΥΛΑ ΤΣΙΚΝΑΚΟΥ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ: Υδροηλεκτρικά έργα και αιεφόρος ανάπτυξη- Στρατηγικές, μύθοι και πραγματικότητα. 1^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ, ΛΑΡΙΣΑ 13-15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2008.

{20} JON ARE SUUL, NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY, NORWAY, VARIABLE SPEED PUMPED STORAGE HYDROPOWER PLANTS FOR INTEGRATION OF WIND POWER IN ISOLATED POWER SYSTEMS.

{21} LILIANA E. BENITEZ, PABLO C. BENITEZ, G. CORNELIS Van KOOTEN. THE ECONOMICS OF WIND POWER WITH ENERGY STORAGE. ENERGY ECONOMICS 30 (2008) 1973-1989.

{22} EAGLE MOUNTAIN PUMPED STORAGE PROJECT. PRE-APPLICATION DOCUMENT, VOLUME 1, PUBLIC INFORMATION. JANUARY 2008

{23} CHRISTINE SCHOPPE. WIND AND PUMPED-HYDRO POWER STORAGE: DETERMINING OPTIMAL COMMITMENT POLICIES WITH KNOWLEDGE

GRADIENT NON PARAMETRIC ESTIMATION. PRINCETON UNIVERSITY. JUNE 2010.

{24} KORPAS MAGNUS, HILDRUM RAGNE, HOLEN ARNE, OPERATION & SIZING OF ENERGY STORAGE FOR WIND POWER PLANTS IN A MARKET SYSTEM. 14thPSCC, SEVILLA 24-28 JUNE 2002.

{25} F.VIEIRA, H.M.RAMOS. HYBRID SOLUTION & PUMP STORAGE OPTIMIZATION IN WATER SUPPLY SYSTEMS EFFICIENCY: A CASE STUDY. ENERGY POLICY 36 (2008) 4142-4148.

{26} EDGARDO D. CASTRONUOVO, JOAO A. PECAS LOPES. OPTIMAL OPERATION & HYDRO STORAGE SIZING OF A WIND – HYDRO POWER PLANT. ELECTRICAL POWER AND ENERGY SYSTEMS 26 (2004) 771-778.

{27} JORGE MARQUEZ ANGARITA, JULIO GARSIA USAOLA. COMBINING HYDRO GENERATION& WIND ENERGY BIDDINGS & OPERATION ON ELECTRICITY SPOT MARKETS. ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH 77 (2007) 393-400.

{28} O.A.JARAMILLO, M.A. BORJA, J.M.HUACUZ. USING HYDROPOWER TO COMPLEMENT WIND ENERGY: A HYBRID SYSTEM TO PROVIDE FIRM POWER.. RENEWABLE ENERGY 29 (2004) 1887-1909.

{29} ΥΠΕΚΑ: ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

{30} www.desmie.gr

{31} ΑΡΘΡΟ 11& 12 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 της ΥΑ με αρ. Δ5-ΗΛ/Β/οικ. 8311/ 17.05.2005 «Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας» (ΦΕΚ655B).

{32} ΡΟΚΚΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΤΣΙΟΥΤΡΑ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ & ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ,2010.

{33} ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ι. ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΗΣ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΡΙΑΚΗΣ ΤΙΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΙΜΩΝ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009.

{34} ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 της ΥΑ με αρ. Δ5-Η/Β/οικ. 8311/ 17.05.2005 «Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας» (ΦΕΚ655B).

{35} ΔΕΣΜΗΕ. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΣΗΘΥΑ. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΔΕΛΤΙΟ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010

{36} Υπουργική Απόφαση Φ1/οικ.19598/11.10.2010 (ΦΕΚ1630B).

{37} ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ Σ. ΒΙΟΛΑΡΗΣ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗΣ ΕΦΕΔΡΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΗΕ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ 2008.

{38} ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΖΙΖΑΣ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ: Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ. ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ ΤΕΕ & ΤΕΕ ΤΜ. ΗΠΕΙΡΟΥ: 20-21 ΜΑΡΤΙΟΥ 2009, ΙΩΑΝΝΙΝΑ.

{39} ΔΕΣΜΗΕ : ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ, Έκδοση 1.0, 11 Μαρτίου 2010.

{40} ΥΑ με αρ.49828/03.12.08 (ΦΕΚ2464B).

{41} Ι.Γ.ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ: ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΔΕΗ ΑΕ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ. 1^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ, ΛΑΡΙΣΑ 13-15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2008.

{42} ΑΘ. ΚΑΚΑΛΗΣ, ΤΕΕ ΤΜΗΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ: Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.

ΣΥΝΕΔΡΙΟ «ΕΝΕΡΓΕΙΑ : ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΙΚΟΝΑ –ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ»
ΑΘΗΝΑ, 8-10 ΜΑΡΙΟΥ 2010.

{43} ΚΩΝ/ΝΟΣ ΚΑΤΩΠΗΣ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010.

{44} Γ. ΚΑΡΑΛΗΣ. ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ
ΑΠΕ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ. ENERTECH, 22 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2010.

{45} ΡΑΕ, ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗ: ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ & ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΡΙΤΕΥΟΥΣΑΣ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΗΕΠ, 05 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2008.

{46} ΑΡΘΡΟ ΔΕΣΜΗΕ (<http://www.inews.gr/37/desmie-ochi-se-aichmiakes-monades-tora.htm>).

{47} ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΔΙΑΛΥΝΑΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ
ΣΤΑΘΜΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ ΤΕΕ & ΤΕΕ
ΤΜ. ΕΥΒΟΙΑΣ: 10-11 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2009, ΧΑΛΚΙΔΑ.

{48} ΕΠΙΤΡΟΠΗ 20-20-20: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΤΩΝ
ΕΘΝΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΟΥ 2020 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ MARKAL,
ENPER,WASP,COST.

{49} Ι. Π. ΣΤΕΦΑΝΑΚΟΣ – Ε.Ε. ΡΑΜΠΙΑΣ. ΕΜΠ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ 62/2423
«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ», ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΕΕ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΑΘΗΝΑ, 8-10 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010.