

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΔΟΝΟΥΣΑ**



Εκπόνηση: Παναγιώτης Μυσίρης

Επιβλέπων καθηγητής: Ευάγγελος Μπαλτάς

Αθήνα, Ιούλιος 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού προγράμματος «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στα πλαίσια της κατεύθυνσης «Υδρολογία και Περιβαλλοντική Διαχείριση Υδατικών Πόρων» υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Ευάγγελου Μπαλτά, ο οποίος διατύπωσε το αντικείμενο της εργασίας σύμφωνα με τα ειδικά μου ενδιαφέροντα. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να του εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου για την υπομονή και τη συνεχή του στήριξη και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες στον πρόεδρο της τοπικής κοινότητας για τις πολύτιμες πληροφορίες του, που μας βοήθησαν να έχουμε μια ορθή άποψη για την υπάρχουσα κατάσταση στη περιοχή μελέτης.

Τελειώνοντας, ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που ήταν πάντα δίπλα μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
SUMMARY.....	v
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενική αναφορά.....	2
1.2 Αντικείμενο της εργασίας.....	6
1.3 Διάρθρωση της εργασίας.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	8
2.1 Εισαγωγή στα υβριδικά συστήματα.....	9
2.2 Πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων.....	10
2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα υβριδικά συστήματα.....	12
2.4 Υβριδικά συστήματα υπό εφαρμογή.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ.....	26
3.1 Μέθοδοι αφαλάτωσης.....	27
3.2 Η αντίστροφη ώσμωση.....	28
3.3 Πηγές ενέργειας για αφαλάτωση.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΟΝΟΥΣΑΣ.....	48
4.1 Γεωγραφικά - μορφολογικά - κλιματικά στοιχεία - φυσικό περιβάλλον.....	49
4.2 Υποδομές.....	50
4.3 Οικονομική δραστηριότητα.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	57
5.1 Τεχνική περιγραφή του έργου.....	58

5.2 Εκτίμηση της ζήτησης για ύδρευση - άρδευση - ηλεκτρική ενέργεια.....	60
5.3 Μετατροπή των ανεμολογικών δεδομένων σε ηλεκτρική ενέργεια.....	65
5.4 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
6.1 Γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη.....	91
6.2 Συμπεράσματα από την προσομοίωση.....	92
6.3 Προτάσεις.....	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	95

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σωστή διαχείριση των αναγκών και των αποθεμάτων του νερού και της ηλεκτρικής ενέργειας παίζει καθοριστικό ρόλο, ιδιαίτερα στις νησιωτικές περιοχές, όπου η αειφορία είναι επιβεβλημένο να συνδυάζεται με:

1. Την αυτονομία στην κάλυψη των αναγκών και
2. Τους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης σε δυναμικούς τομείς της οικονομίας που εμφανίζουν μεγάλες προοπτικές

Η εξέταση ενός Υβριδικού έργου (ΥΒΕ) στη Δονούσα, ένα μικρό νησί των Κυκλάδων, για την παραγωγή υδροενέργειας αλλά και την κάλυψη χρήσεων νερού είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μπορεί να δώσει λύσεις σε οξύτατα προβλήματα όπως αυτά της λειψυδρίας ή της αστάθειας των τοπικών ηλεκτρικών δικτύων. Το έργο θα αποτελείται:

1. Μια ανεμογεννήτρια
2. Μια μονάδα αφαλάτωσης
3. Ένα Μικρό Υδροηλεκτρικό σταθμό (ΜΗΥΣ)
4. Ένα αντλιοστάσιο
5. Δυο δεξαμενές νερού

Η ανεμογεννήτρια θα ηλεκτροδοτεί τον οικισμό παρέχοντας το 30% της παραγόμενης ενέργειας απευθείας στο δίκτυο ενώ το υπόλοιπο 70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας (περίσσεια ενέργεια) θα μπορεί να διατίθεται για αφαλάτωση και άντληση. Το νερό της άνω δεξαμενής θα τροφοδοτεί ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, το οποίο με τη σειρά του θα καλύπτει τις ανάγκες της ζήτησης στο δίκτυο. Εάν δεν μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα τίθεται σε λειτουργία ο τοπικός σταθμός παραγωγής diesel έτσι ώστε να καλύπτεται η έλλειψη ενέργειας.

Αρχικά εξετάζεται η έννοια και η χρησιμότητα των υβριδικών σταθμών παραγωγής καθώς και ο τρόπος συλλειτουργίας με μια μονάδα αφαλάτωσης. Τα έργα αυτά δεν έχουν ακόμα ευρεία εφαρμογή, συνεπώς η εξέταση του θα μας δώσει πληροφορίες

γύρω από το πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης καθαρής ενέργειας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, προκειμένου να συντεθεί και να εκτελεστεί, με τον καλύτερο τρόπο και αναλόγως των διαθέσιμων στοιχείων για τη συγκεκριμένη περιοχή, ένα απλό μοντέλο προσομοίωσης. Το μοντέλο αναπαράστασης αναπτύχθηκε σε πρόγραμμα excel, αφού πρώτα εκτιμήθηκε η ζήτηση για ύδρευση και ηλεκτρική ενέργεια και μετατράπηκαν τα ανεμολογικά δεδομένα (ταχύτητες ανέμου) σε ηλεκτρική ενέργεια.

Εν κατακλείδι, η παραπάνω διαδικασία οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων γενικά για τη λειτουργία του συστήματος αλλά και σχετικά με την αποδοτικότητα του εν λόγω έργου ως προς την κάλυψη της ζήτησης για ύδρευση και ηλεκτρική ενέργεια.

SUMMARY

The proper management of the water demand and supply and electricity is the key issue, especially in the island areas, where sustainability has to be combined with:

- 1.** The autonomy and covering of water needs, and
- 2.** The fast rates of development in potential sectors of economy, where many projects are possible

The examination of a hybrid project in Donousa, a small island of the Cyclades, in order to produce hydropower and cover water demands is particularly important as it can provide solutions to acute problems, like as the water scarcity or the instability of local power grids. The project will consist of:

- 1.** A wind turbine
- 2.** A desalination plant
- 3.** A Small Hydroelectric Station
- 4.** A pumping station
- 5.** Two water reservoirs

The wind turbine will electrify the settlement providing 30% of the energy directly to the power grid while the remaining 70% of the generated wind power (excess energy) may be available for desalination and pumping. The water of the upper reservoir will supply a small hydroelectric station, which covers the needs of the local power grid. If the demand for electricity can't be ensured, the local diesel generating station will be operated in order to cover the lack of energy.

Firstly, the meaning and the utility of a hybrid project and the cooperation with a desalination plant is considered. These projects haven't yet been widely applied, so the consideration will give us the information about the very important question of storage and controlled distribution of the generated clean energy.

Then, the methodology is presented in order to synthesize and execute a simple simulation model in the best way based on the available data for the area. The representation model was developed to excel, before this, the demand for water and electricity was estimated and the wind data (wind speeds) was converted into electricity.

In conclusion, the above process leads to conclusions about the functioning of the system and the profitability of this project to cover the demand for water and electricity.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική αναφορά

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με τη διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας σε ολόκληρο τον κόσμο, οδηγούν στον περιορισμό ολοένα και περισσότερο των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων και των πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας. Από την άλλη, οι ρύποι που παράγονται από την καύση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων εντείνουν το πρόβλημα της ρύπανσης και οξύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο τίθεται επιτακτικά η ανάγκη για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου με την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολή των τιμών των ορυκτών καυσίμων οδηγεί στην ανάγκη για απεξάρτηση από τις συμβατικές μορφές ενέργειας και αντικατάσταση τους, ως επί το πλείστον, με αιολικές και υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Ιδιαίτερα στον νησιωτικό χώρο και κυρίως στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, στα οποία συναντάμε αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η διείσδυση και λειτουργία εγκαταστάσεων διαφόρων μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως είναι τα αιολικά πάρκα, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το λειτουργικό κόστος των συμβατικών μονάδων παραγωγής.

Ωστόσο, το επίπεδο αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά παραμένει ιδιαίτερα χαμηλό, παρά το υψηλό αιολικό τους δυναμικό, εξαιτίας των διάφορων προβλημάτων που εμφανίζουν τέτοιου είδους εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ξαφνικές μεταβολές με σημαντική μείωση ή αύξηση της παραγόμενης ισχύος των ανεμογεννητριών και η περιορισμένη δυνατότητά τους να ελέγχουν την

ισχύ τους καθιστούν αμφίβολο τον βαθμό αξιοπιστίας της λειτουργίας και απόδοσης τέτοιων εγκαταστάσεων στις απομακρυσμένες περιοχές. Παρόμοια προβλήματα παρουσιάζουν και οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Η εξάρτηση των ΑΠΕ από τα φυσικά φαινόμενα έχουν ως αποτέλεσμα την χρονική μεταβολή του ενεργειακού δυναμικού τους. Με τον κατάλληλο όμως τρόπο και την σχεδίαση της λειτουργίας αυτών, καθώς και με τον συνδυασμό τους με άλλες μορφές ενέργειας, προκειμένου να αποθηκεύεται η περίσσεια, είναι δυνατή η επίτευξη υψηλού βαθμού κάλυψης της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια σε περιοχές μη διασυνδεδεμένες με το δίκτυο διανομής της ηπειρωτικής χώρας.

Στα πλαίσια, λοιπόν, αυτής της προσπάθειας, ξεκίνησε η υλοποίηση Υβριδικών Ενεργειακών Έργων (ΥΒΕ). Στόχος τους είναι η παραγωγή ενέργειας που θα βασίζεται στο συνδυασμό διαφορετικών μορφών ΑΠΕ, όπως είναι η αιολική, η υδροηλεκτρική και άλλες, με αποθήκευση της περίσσειας ενέργειας με τη μέθοδο της αντλησιο - ταμίευσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου έργου στον Ελλαδικό χώρο αποτελεί το Υβριδικό Σύστημα της Ικάριας. Εκεί το Σύστημα Διαχείρισης φορτίων του έργου θα ελέγχει την ισχύ που προέρχεται από τις ΑΠΕ, την ισχύ του συμβατικού Σταθμού Παραγωγής, το φορτίο κατανάλωσης του νησιού, τα ανεμολογικά στοιχεία των αιολικών πάρκων, την στάθμη νερού στις λιμνοδεξαμενές, την ευστάθεια του ηλεκτρικού δικτύου και θα διατηρεί κάθε φορά τη μέγιστη δυνατή κάλυψη των φορτίων κατανάλωσης από ΑΠΕ.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να επισημάνουμε ότι τα έργα αυτού του είδους είναι πολύ λίγα στην Ευρώπη και επομένως η εξέλιξη της λειτουργίας τους θα δώσει μια αξιόπιστη απάντηση στο πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης καθαρής ενέργειας. Και φυσικά οφείλουμε να μην παραβλέπουμε το γεγονός ότι τα έργα αυτά αποτελούν φιλικές κατασκευές προς το περιβάλλον και δημιουργούν σημαντικές αναπτυξιακές ευκαιρίες σε μια εποχή που ολόκληρη η Ευρώπη, και ιδιαίτερα η χώρα μας, προσπαθεί να βγει από το σπιράλ της ύφεσης και να γίνει περισσότερο ενεργειακά αυτόνομη.

Εκτός όμως από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών εξίσου σημαντική είναι και η κάλυψη των αναγκών που σχετίζονται με την χρήση νερού (π.χ. ύδρευση). Δεν πρέπει να παραβλέπουμε το γεγονός ότι η Ελλάδα καθώς και ολόκληρος ο πλανήτης τα τελευταία χρόνια αντιμετωπίζουν ένα τεράστιο οικολογικό πρόβλημα, αυτό της απειλούμενης λειψυδρίας λόγω ελαχιστοποίησης των διαθέσιμων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Οι αιτίες που δημιουργήσαν και συνεχίζουν να οξύνουν το πρόβλημα αυτό αναφορικά είναι η έλλειψη σχεδιασμού, η κακή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων, η μόλυνση των υδροφορέων, η καταστροφή των δασών, η περιφρόνηση των φυσικών νόμων που διέπουν τον υδρολογικό κύκλο, η μείωση των βροχοπτώσεων λόγω κλιματικών αλλαγών, κ.ά.

Το πρόβλημα αυτό γίνεται ακόμα πιο οξύ στο νησιωτικό χώρο όπου οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες λόγω της μορφολογίας και η υφαλμύρωση των υπόγειων υδροφορέων ιδιαίτερα έντονη λόγω της υπεράντλησης. Η κατάσταση επιδεινώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, της ξηρασίας και της αυξημένης τουριστικής κίνησης. Η κατάσταση δεν είναι ίδια σε κάθε νησί. Πιο έντονα είναι τα προβλήματα στα άνυδρα νησιά των Κυκλάδων όπως είναι το Κουφονήσι, η Ηράκλεια, η Δονούσα, η Αμοργός κ.α. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη να βρεθεί μια βιώσιμη λύση που θα διευκολύνει τη ζωή των κατοίκων και θα επιτρέψει την ανάπτυξη των περιοχών αυτών. Η λύση στο σημαντικό πρόβλημα της λειψυδρίας είναι η μεταφορά του νερού, η κατασκευή φραγμάτων και η αφαλάτωση.

Η μεταφορά του νερού με πλοία υδροφόρες είναι σωτήρια λύση για μεγάλο πλήθος νησιών εδώ και πολλά χρόνια. Τα νησιά που υδροδοτούνται με πλωτά μέσα είναι η Αμοργός, τα Κουφονήσια, η Κίμωλος, η Ηρακλεία, η Σχοινούσα, η Φολέγανδρος, η Τήνος, η Σίκινος, η Θηρασιά, η Δονούσα, η Μήλος, το Αγαθονήσι, οι Λειψοί, η Μεγίστη, η Νίσυρος, η Πάτμος, η Σύμη, η Χάλκη, η Παλιόνησος και η Ψέριμος. Χαρακτηριστικό των τελευταίων χρόνων είναι ότι εκτός από τα προαναφερθέντα νησιά, λόγω της όξυνσης του προβλήματος, αναγκάζονται να συμπληρώσουν τις ανάγκες τους με μεταφορά νερού και μεγάλα νησιά όπως η Ίος και η Μήλος. Η λύση αυτή φαίνεται

σχετικά απλοϊκή καθώς δεν απαιτεί ιδιαίτερες υποδομές. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια δεξαμενή κατάλληλης χωρητικότητας η οποία θα μπορεί να δεχτεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού για να καλύψει ανάγκες των κατοίκων. Όσο απλή κι αν ακούγεται αυτή η λύση, έχει ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα που δεν είναι άλλο από το κόστος ανά κυβικό μέτρο του παρεχόμενου νερού το οποίο είναι ιδιαίτερα υψηλό (έως και 12 €/m³). Το νερό για την μεταφορά προέρχεται από την ΕΥΔΑΠ και τα πλοία μισθώνονται από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας. Συχνά, αυτή η κατάσταση μονοπωλίου και η ομηρία της τοπικής κοινωνίας από τους μεγαλοεπιχειρηματίες που εμπορεύονται το νερό δίνει την δυνατότητα στους τελευταίους να εκβιάζουν καταστάσεις με μόνο σκοπό την αύξηση των κερδών τους. Παρόλα ταύτα, θεωρείται μέχρι τις μέρες μας η μοναδική λύση στο πρόβλημα της λειψυδρίας των μικρών νησιών.

Η κατασκευή ενός φράγματος, έστω και μικρού, έχει υψηλό κόστος, απαιτεί πληθώρα υποδομών ενώ προκαλεί και σημαντική αλλοίωση στο περιβάλλον. Η λύση της κατασκευής των φραγμάτων χρησιμοποιείται για να εκμεταλλευτούμε το ανάγλυφο του εδάφους των νησιών, με τις έντονες κλίσεις και υψομετρικές διαφορές που προκαλεί δυσκολία στην κατακράτηση του νερού. Το έντονο ανάγλυφο του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα, ειδικά σε περιπτώσεις βροχοπτώσεων, σημαντικό ποσοστό του νερού να σχηματίζει χείμαρρους οι οποίοι κατευθύνονται ανεξέλεγκτοι προς την θάλασσα και δεν αξιοποιούνται κατάλληλα.

Η αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης των αλάτων από αλατούχα ύδατα τα οποία μπορεί να είναι είτε το αλμυρό νερό της θάλασσας είτε υφάλμυρο νερό από κάποια πηγή. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνουμε πόσιμο νερό ή νερό για άρδευση. Η συγκέντρωση του παραγόμενου νερού σε άλατα έχει να κάνει με την πηγή προέλευσης του νερού και την μέθοδο αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται. Η διαδικασία της αφαλάτωσης μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου έχει να κάνει με πολλές παραμέτρους όπως η τοποθεσία, οι ειδικές καταστάσεις κάθε περιοχής, η διαθεσιμότητα της ενέργειας, η προέλευση του νερού (αλμυρό ή υφάλμυρο) κτλ.

1.2 Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας είναι μια συνεκτική βιβλιογραφική παρουσίαση των Υβριδικών Έργων (ΥΒΕ) και της αφαλάτωσης καθώς και η αξιολόγηση ενός Υβριδικού Ενεργειακού Συστήματος στη Δονούσα, ένα μικρό νησί των Μικρών Κυκλάδων, το οποίο θα περιλαμβάνει μια ανεμογεννήτρια, δυο δεξαμενές, ένα ΜΥΗΣ με υδροστρόβιλο, ένα αντλιοστάσιο και μια μονάδα αφαλάτωσης προσομοιώνοντας την λειτουργία του συστήματος σύμφωνα με τους κανόνες και τους περιορισμούς που ορίζονται από τη μελέτη μας. Ζητούμενο της αναπαραστάσης είναι η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος αυτού και η συνεργασία των διάφορων μορφών ενέργειας που συμμετέχουν στην παραγωγή της επιθυμητής ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, σκοπός της προσομοίωσης είναι η εκτίμηση της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας αυτού του συστήματος ως προς την κάλυψη των αναγκών για χρήσεις νερού (ύδρευση και άρδευση) καθώς και τη παραγωγής υδροενέργειας.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Στο παρών κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο αντικείμενο και τους στόχους της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική βιβλιογραφική επισκόπηση που αφορά την έννοια και την χρησιμότητα των υβριδικών σταθμών παραγωγής και συγχρόνως η παρουσίαση των χαρακτηριστικών των διάφορων τύπων ενέργειας που συνεργάζονται σε τέτοιου είδους έργα. Τέλος, γίνεται μια ανασκόπηση των υβριδικών ενεργειακών έργων που έχουν κατασκευαστεί παγκοσμίως.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται μια σύντομη κατηγοριοποίηση των μεθόδων αφαλάτωσης και από αυτές περιγράφεται αναλυτικά μόνο η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης που είναι σαφέστατα η πιο διαδεδομένη στη χώρα μας και η οποία θα εξεταστεί στο πλαίσιο μελέτης αυτής της εργασίας. Κλείνοντας, γίνεται μια εκτενής βιβλιογραφική

ανασκόπηση στο συνδυασμό των συστημάτων αφαλάτωσης με συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης στη περιοχή μελέτης που είναι η Δονούσα, ένα νησί των Μικρών Κυκλάδων. Τα στοιχεία που εξετάζονται είναι γεωγραφικά, μορφολογικά, κλιματικά, υποδομές και τομείς οικονομίας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνεται η τεχνική περιγραφή των συνιστωσών του Υβριδικού Έργου καθώς και η εσωτερική λειτουργία του. Επιπρόσθετα, δημιουργούνται πίνακες της ζήτησης για ύδρευση και άρδευση καθώς και ο πίνακας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια γίνεται η μετατροπή των ανεμολογικών δεδομένων σε παραγόμενη ισχύ (kW) και εντέλει ενέργεια (kWh) και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την προσομοίωση.

Στο έκτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας έτσι όπως αυτά προέκυψαν μέσα από κάθε κεφάλαιο και δίνονται ερεθίσματα για περαιτέρω ανάλυση και ανάπτυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

2.1 Εισαγωγή στα υβριδικά συστήματα

Η απροσδιόριστη προσφορά ενέργειας, σε σχέση με τον χρόνο και την ποσότητα, των ΑΠΕ καθώς και η έντονη μεταβλητότητα που παρουσιάζει η τιμή των ορυκτών καυσίμων, εξαιτίας οικονομικών, πολιτικών και τεχνικών συνθηκών, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που αυτά προκαλούν, οδήγησε στην έρευνα και την ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων. Συγκεκριμένα, η έντονη διακύμανση τόσο της ηλιακής όσο και της αιολικής ενέργειας, που αποτελούν δύο από τις κυρίαρχες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δυσκολεύουν τεχνικά την απευθείας διάθεσή τους στο δίκτυο προς κατανάλωση, με αποτέλεσμα, για την καλύτερη αξιοποίησή τους, να απαιτείται η χρήση αποθηκευτικών μονάδων που σκοπεύουν να χρησιμοποιηθούν στα υβριδικά συστήματα.

Ο όρος Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας αφορά συστήματα όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής ή περισσότερα του ενός καύσιμα για την ίδια διάταξη, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με μία τουλάχιστον μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου καθώς και σύστημα διαχείρισης φορτίου. Με αυτήν την έννοια, τα υβριδικά συστήματα αποτελούν μία εναλλακτική επιλογή αντί των συμβατικών συστημάτων, τα οποία τυπικά βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (Βρετός, 2010).

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006 για τις ΑΠΕ ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

- 1.** Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.
- 2.** Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος

αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο υβριδικός σταθμός από το δίκτυο ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδο της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται τεχνολογία διαφορετική από αυτή των φωτοβολταϊκών, μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται, σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

3. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δε μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%.

2.2 Πλεονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα αποσκοπούν στην βέλτιστη αξιοποίηση της κάθε τεχνολογίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά κ.τ.λ.) και παρέχουν ενέργεια ικανοποιητικής ποιότητας προς απορρόφηση από το δίκτυο. Έτσι μπορούν να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα, καινούργια και ανεξάρτητα συστήματα μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας ή να ενταχθούν σε υπάρχουσες θερμικές μονάδες βασιζόμενες στο πετρέλαιο, μετά από τις απαραίτητες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

Τα υβριδικά συστήματα που περιέχουν τεχνολογία με καύσιμο λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση καυσίμου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθιστά τέτοια συστήματα πιο οικονομικά σε περιοχές απομακρυσμένες από το δίκτυο π.χ. αγροτικές περιοχές ή σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, δηλαδή ελληνικά νησιά που δεν συνδέονται με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας, όπου η σύνδεσή

τους με το ηλεκτρικό δίκτυο, η εγκατάσταση γραμμών διάθεσης ενέργειας ή η μεταφορά καυσίμου θεωρούνται αντικοινωνικές επιλογές. Επιπλέον, λόγω της υψηλής αποδοτικότητάς τους και της αξιοπιστίας τους, τέτοιου τύπου συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μία αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ή ακόμη και σε εξειδικευμένους καταναλωτές, όπως είναι οι τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί, οι νοσοκομειακές μονάδες και αλλού.

Φυσικά, δεν θα μπορούσε να παραληφθεί το πλεονέκτημα που εμφανίζουν τα υβριδικά έργα ως προς την ταχύτητα εγκατάστασης των τεχνολογιών, την σχετική σταθερότητα του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται σε τοπικό επίπεδο εξαρτώνται από την κατασκευή, την τοποθεσία και τη χρήση του εκάστοτε υβριδικού έργου. Συγκεκριμένα, το υπό μελέτη ΥΒΕ στη Δονούσα αναμένεται να έχει τα εξής οφέλη:

- 1.** Σημαντική προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί τους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες.
- 2.** Αποφυγή γενικών ή μερικών black-out στο νησί.
- 3.** Αύξηση της απασχόλησης στο νησί μέσα από την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.
- 4.** Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από την μείωση της λειτουργίας του τοπικού σταθμού παραγωγής.
- 5.** Εξασφάλιση των σημαντικών ποσοτήτων νερού για τους κατοίκους αλλά και τους επισκέπτες.

Από την άλλη πλευρά είναι πιθανή και η εμφάνιση κάποιων τεχνικών προβλημάτων κατά τη λειτουργία του ΥΒΕ τα οποία σχετίζονται τόσο με την αξιοπιστία της υδροαιολικής συνεργασίας (δηλαδή κατά πόσο ο υδροστρόβιλος έχει την απαιτούμενη ταχύτητα απόκρισης ώστε να παρακολουθεί πλήρως τις μεταβολές της αιολικής παραγωγής του ΥΒΣ) και της αντλιοαιολικής συνεργασίας και των επιπτώσεών τους στο σύστημα όσο και με τη πιθανή αισθητική αλλοίωση του φυσικού τοπίου από την

ανεμογεννήτρια και τις δεξαμενές. Ωστόσο γίνεται εύκολα αντιληπτό πόσο πολύ υπερτερούν τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου έργου.

2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα υβριδικά συστήματα

Αιολική ενέργεια

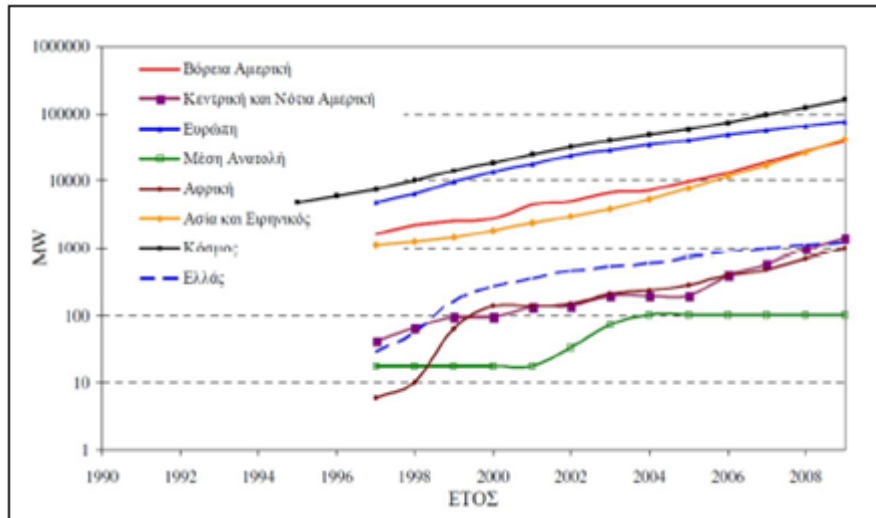
Η πρώτη χρήση αιολικής ενέργειας έγινε στη ναυσιπλοΐα, ενώ οι πρώτοι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν για άλεσμα δημητριακών και άντληση νερού. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας (οικονομικότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το ενδιαφέρον στράφηκε προς την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Ο πρώτος ανεμόμυλος για παραγωγή ηλεκτρισμού κατασκευάστηκε το 1888 στο Cleveland του Ohio (Η.Π.Α.) ισχύος 12 kW, ενώ σήμερα οι αιολικές μηχανές που κατασκευάζονται είναι της τάξης των 750 - 3.000 kW (Μαμάσης και Στεφανάκος, 2012).

Η στροφή αυτή προς την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού έγινε επειδή αποτελεί μια ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία είναι ανεξάρτητη από ορυκτά καύσιμα και φιλική στο περιβάλλον. Ακόμα η χρήση εξελιγμένης τεχνολογίας, η γρήγορη συναρμολόγηση και εγκατάσταση καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών (Α/Γ) που τις καθιστούν μια αρκετά ελκυστική και ανταγωνιστική επιλογή ανάμεσα στις υπόλοιπες ΑΠΕ.

Το κύριο μειονέκτημα από τη χρήση ανεμογεννητριών είναι η απρόβλεπτη και έντονη διακύμανση γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Υποδεέστερα αυτού είναι ο εκπεμπόμενος θόρυβος καθώς και η οπτική όχληση. Ωστόσο η εξέλιξη της τεχνολογίας βελτιώνει αρκετά τα δυο πρώτα προβλήματα πράγμα που όμως σημαίνει και μεγαλύτερο κόστος αγοράς. Όσον αφορά την οπτική όχληση, αποτελεί ένα καθαρά υποκειμενικό κριτήριο και εξαρτάται από την αισθητική του κάθε ανθρώπου. Τέλος, η πρόσκρουση πουλιών στις ανεμογεννήτριες

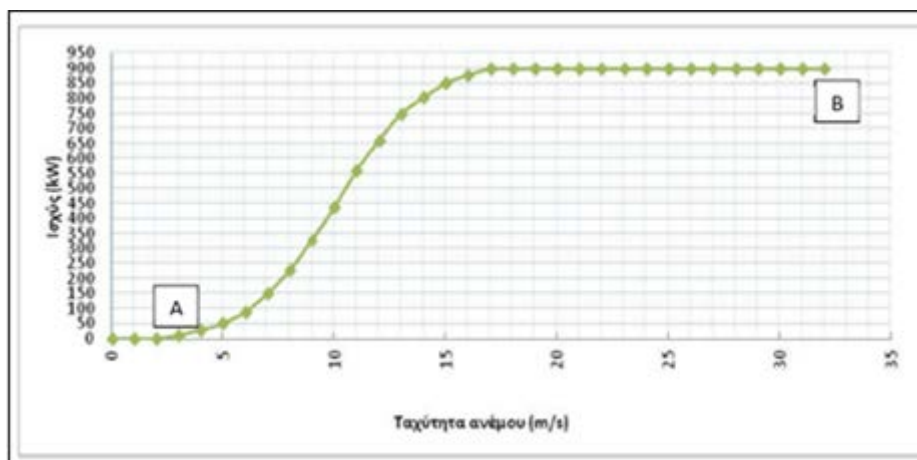
καλό είναι να λαμβάνεται υπόψη όταν πρόκειται για την εγκατάσταση αιολικών μηχανών σε προστατευόμενες περιοχές.

Η χρήση της αιολικής ενέργειας φαίνεται να παρουσιάζει μια αυξητική τάση παγκοσμίως.



Σχήμα 2.1: Χρονική εξέλιξη εγκατεστημένης αιολικής ισχύος (MW) σε διάφορες περιοχές (πηγή: Μαμάσης και Στεφανάκος, 2012)

Προκειμένου να υπολογιστεί η καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια χρειάζεται η καμπύλη ισχύος της, στην οποία δίνεται η σχέση ισχύος της ανεμογεννήτριας ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου.

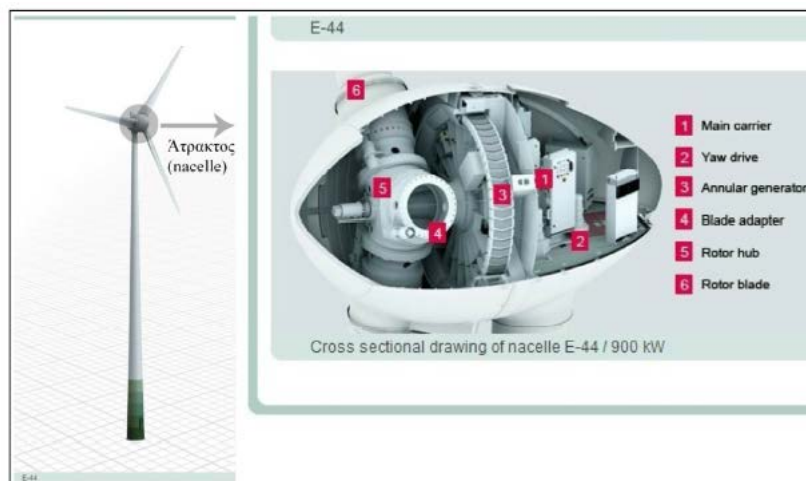


Σχήμα 2.2: Καμπύλη ισχύος - ταχύτητας ανέμου της Α/Γ Enercon E44 - 900 kW (πηγή: ΔΕΗ Α.Ε.)

Από την καμπύλη αυτή διακρίνουμε δύο χαρακτηριστικά σημεία: το A το οποίο παρουσιάζει την ταχύτητα που η γεννήτρια αρχίζει να παράγει ρεύμα και το B στο οποίο η ταχύτητα του ανέμου για την συγκεκριμένη A/Γ θεωρείται απαγορευτική για την περαιτέρω περιστροφή των πτερωτών, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος καταστροφής της A/Γ. Η καμπύλη ισχύος της εκάστοτε A/Γ παρέχεται από τον κατασκευαστή και συνήθως εκτιμάται εμπειρικά από μετρήσεις πεδίου, γι' αυτό και υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με την μέτρηση της ταχύτητας και την ποσότητα αέρα που εισέρχεται στην πτερωτή. Γενικά, ο βαθμός απόδοσης μιας A/Γ κυμαίνεται στο 35% της αναμενόμενης θεωρητικής ισχύος της.

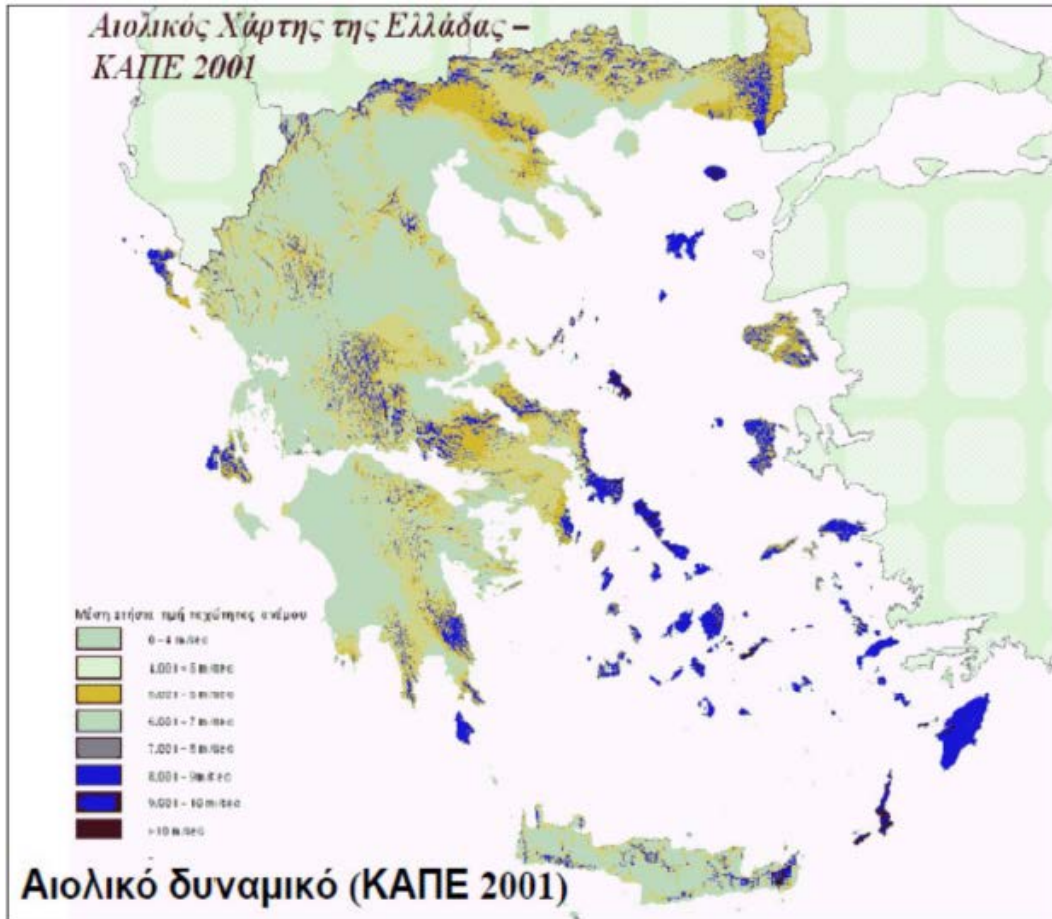
Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας είναι (Μπαλάρας, 2006):

1. Ο πύργος στήριξης πάνω στον οποίο τοποθετείται η άτρακτος και ο ρότορας. Είναι κυλινδρικής μορφής και συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα.
2. Ο θάλαμος ή αλλιώς η άτρακτος που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα που είναι ο κύριος άξονας, το σύστημα πέδησης (δισκόφρενο), το κιβώτιο ταχυτήτων, η ηλεκτρογεννήτρια και η διάταξη προσανατολισμού.
3. Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας που εξασφαλίζουν την ασφαλή λειτουργία της A/Γ σε όλες τις συνθήκες.
4. Τα πτερύγια.



Σχήμα 2.3: Αριστερά η εικόνα της ανεμογεννήτριας Enercon E44 - 900 kW και δεξιά τα μηχανικά υποσυστήματα της ατράκτου (πηγή: Μπαλάρας, 2006)

Ειδικότερα στην Ελλάδα, η προοπτική περαιτέρω διεξόδου των ανεμογεννητριών στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής είναι πολύ θετική λαμβάνοντας υπόψη και το αιολικό δυναμικό της χώρας, κυρίως στα νησιά του Αιγαίου.



Σχήμα 2.4: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας (μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε m/s) σύμφωνα με στοιχεία από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (πηγή: ΚΑΠΕ, 2001)

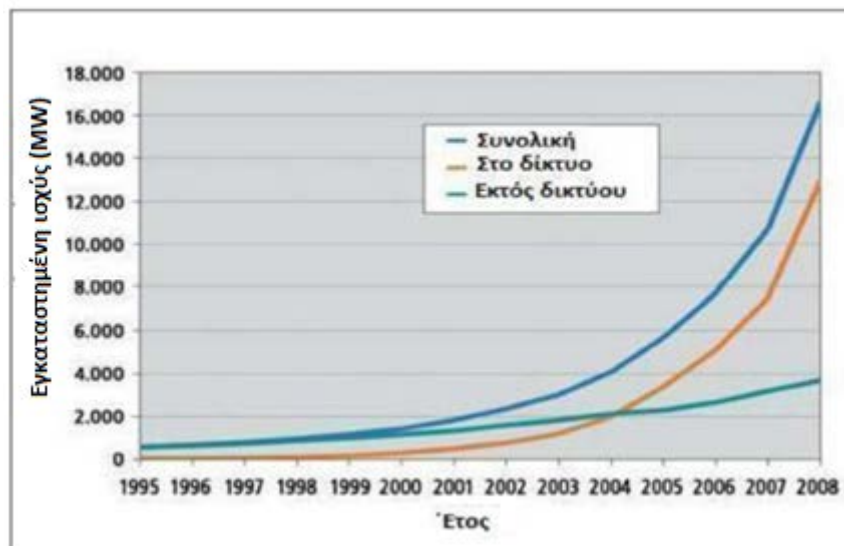
Ηλιακή ενέργεια - Φωτοβολταϊκό σύστημα

Τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι το ηλεκτρικό πλαίσιο ή αλλιώς φωτοβολταϊκό και το θερμικό πλαίσιο το οποίο αποκαλείται ηλιακός συλλέκτης ή ηλιακός θερμοσίφωνας. Οι ηλιακοί συλλέκτες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, η οποία έπειτα χρησιμοποιείται για την θέρμανση είτε νερού χρήσης είτε και χώρων. Βρίσκουν εφαρμογή ως ηλιακοί θερμοσίφωνες σε μεμονωμένες κατοικίες αλλά και σαν ηλιακοί φούρνοι και τμήματα

ηλιακών πύργων για την θέρμανση μεγάλων κτιρίων ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η τεχνολογία τους χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στην δεκαετία του '60 για την παραγωγή ενέργειας στις διαστημικές εφαρμογές. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν στην κάλυψη αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Βρίσκουν εφαρμογή στις στέγες ιδιωτικών κατοικιών καθώς και σε προσόψεις μεγάλων κτιρίων, συνδεδεμένα στο δίκτυο ή ακόμη ως μέρη υβριδικών συστημάτων.

Τα ηλεκτρικά πλαίσια δεν παράγουν ρύπους, έχουν μικρό κόστος συντήρησης ενώ είναι εύελικτα σε εφαρμογές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλης και μικρής κλίμακας συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στον αντίποδα, το κόστος εγκατάστασής τους είναι αρκετά υψηλό και παρουσιάζουν σχετικά μικρή απόδοση 13 έως 20%. Ωστόσο, μέσω των προγραμμάτων ανάπτυξης και προώθησης των ΑΠΕ που εφαρμόζονται, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει αυξηθεί παγκοσμίως.

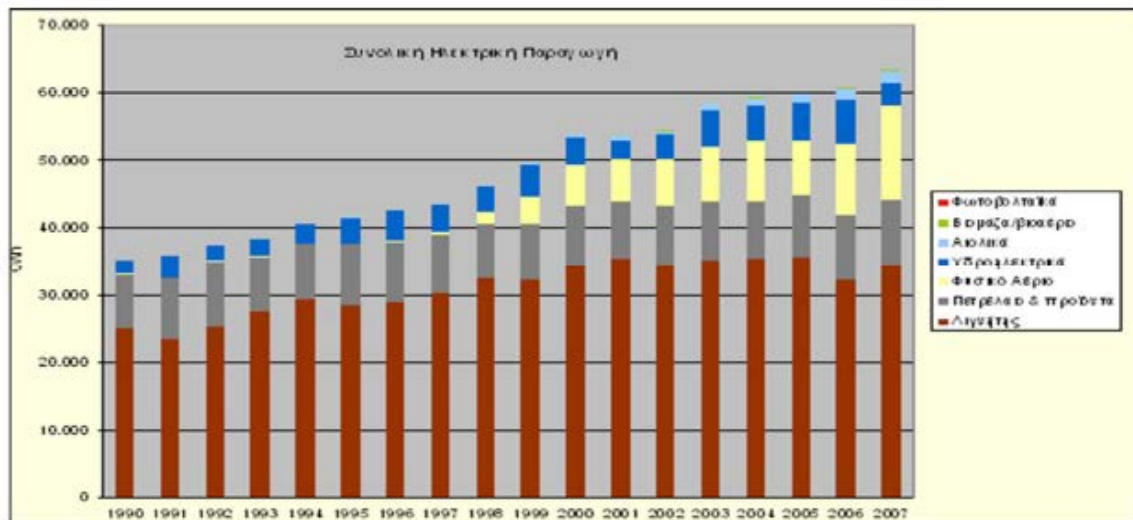


Σχήμα 2.5: Χρονική εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών (MW) παγκοσμίως (πηγή: Σαραφιανός και Σειραγάκης, 2009)

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Με την κατασκευή και την τεχνική εξέλιξη των υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ) επιτεύχθηκε η αξιόλογη αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας του νερού, το οποίο μέσω υδατοπτώσεων κινεί υδροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια που παράγεται παγκοσμίως εκτιμάται στις 3142 TWh δηλαδή το 16.6% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής που ανέρχεται στις 18930 TWh. Στην Ελλάδα, η εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύς συνεισφέρει στο 10.5% της συνολικής εγχώριας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

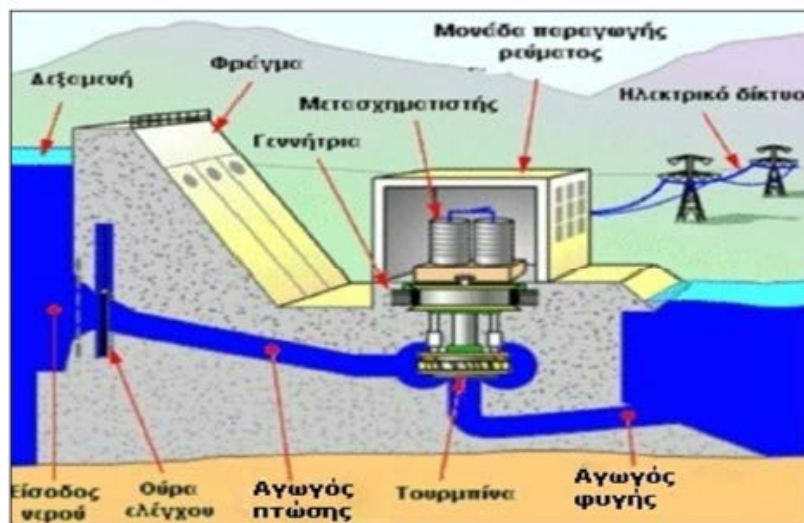


Σχήμα 2.6: Συνολική ηλεκτρική παραγωγή (GWh) στην Ελλάδα για την περίοδο 1990 - 2007 (πηγή: ΔΕΗ Α.Ε.)

Η κατασκευή υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εμφανίζεται να αποτελεί την προτιμότερη και ανταγωνιστικότερη επιλογή μεταξύ των υπόλοιπων υπάρχουσών τεχνολογιών ΑΠΕ, όταν η φύση το επιτρέπει, αφού παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργειακής απόδοσης (περίπου 85%) και παράγουν καλής ποιότητας ενέργεια χωρίς διακυμάνσεις. Σημαντική είναι επίσης και η δυνατότητα των ΥΗΕ να παραλαμβάνουν και να απορρίπτουν γρήγορα το φορτίο, με αποτέλεσμα την άμεση κάλυψη των αιχμών της ζήτησης. Φυσικά, η κατασκευή ενός υδροηλεκτρικού έργου μπορεί να συνεισφέρει και

στην ικανοποίηση άλλων αναγκών όπως η άρδευση, η ύδρευση, η αντιπλημμυρική προστασία, οι βιομηχανικές χρήσεις κ.α. Σημαντική, ακόμη, είναι και η δυνατότητα πολλών υδροηλεκτρικών να λειτουργούν αντιστρεπτά με το σύστημα άντλησης ταμίευσης καθώς και σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ. Τέλος, αν στα παραπάνω προστεθούν οι μηδενικές εκπομπές ρύπων και το πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης γίνεται κατανοητό γιατί τα ΥΗΕ κατατάσσονται πρώτα στη λίστα των ΑΠΕ. Ωστόσο, δεν θα μπορούσαν να παραβλεφθούν οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν αυτά τα ογκώδη έργα στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Δεν αποκλείεται επίσης κάποια από αυτά να προκαλούν και οπτική όχληση.

Οι κυριότερες συνιστώσες ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το φράγμα ή η δεξαμενή νερού που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την αύξηση του ύψους πτώσης του νερού, η περιοχή υδροληψίας, στην οποία απομακρύνονται τα ογκώδη απορρίμματα με την βοήθεια εσχάρων και επιτυγχάνεται η ομαλή είσοδος του νερού, ο αγωγός πτώσης που οδηγεί το νερό στους υδροστροβίλους, ο υδροηλεκτρικός σταθμός με όλο τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, ο αγωγός φυγής, που οδηγεί το εξερχόμενο νερό από τους υδροστροβίλους πίσω στο φυσικό περιβάλλον.

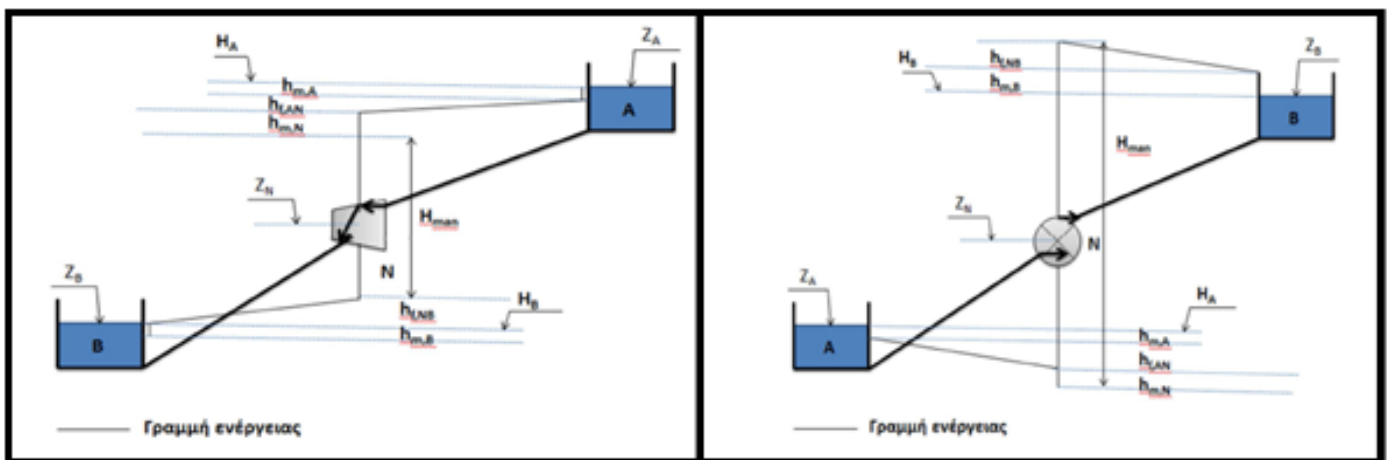


Σχήμα 2.7: Κύρια χαρακτηριστικά των Υδροηλεκτρικών Έργων (πηγή: www.allaboutenergy.gr)

Ο κυριότερος μηχανολογικός εξοπλισμός των υδραυλικών έργων είναι οι υδροστρόβιλοι και οι αντλίες. Ο υδροστρόβιλος απορροφά την υδραυλική ενέργεια του νερού προκειμένου να την μετατρέψει σε μηχανική ενέργεια κατά την περιστροφική του κίνηση και στη συνέχεια μέσω γεννητριών να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Αντίθετα, η αντλία προσδίδει μηχανική ενέργεια στην ροή του νερού έτσι ώστε να επιτευχθεί η ανοδική του πορεία και τελικά η άντλησή του (Στάμου, 2009).

Η ισχύς I (kW) που απαιτεί μια αντλία ή αποδίδει ένας υδροστρόβιλος υπολογίζεται από τις σχέσεις: $I = g * Q * H_{man} * \eta_t$ για υδροστρόβιλο και $I = (g * Q * H_{man}) / \eta_p$ για αντλία, όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας 9.81 m/s^2 , Q η παροχή στον αγωγό πτώσης (m^3/s), H_{man} το μανομετρικό ύψος της αντλίας ή του υδροστρόβιλου (m) και η_t , η_p οι συντελεστές βαθμού απόδοσης του υδροστρόβιλου που λαμβάνεται ίσος με 0.90 και της αντλίας με 0.69 αντίστοιχα.

Η εξίσωση ενέργειας για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους γράφεται ως εξής: $H_A + H_{man} = H_B + \Sigma h_{f(A-B)} + \Sigma h_{m(A-B)}$ για αντλία και $H_A = H_{man} + H_B + \Sigma h_{f(A-B)} + \Sigma h_{m(A-B)}$ για υδροστρόβιλο, όπου H_{man} το μανομετρικό ύψος της αντλίας ή του υδροστρόβιλου αντίστοιχα, H_A η στάθμη στην δεξαμενή Α, H_B η στάθμη στη δεξαμενή Β, $\Sigma h_{f(A-B)}$ το άθροισμα των γραμμικών απωλειών των σωλήνων και $\Sigma h_{m(A-B)}$ το άθροισμα των τοπικών απωλειών.



Σχήμα 2.8: Αριστερά η λειτουργία ενός υδροστρόβιλου και δεξιά μιας αντλίας (πηγή: Στάμου, 2009)

Οι τοπικές απώλειες υπολογίζονται ως ένα ποσοστό των γραμμικών απωλειών. Για την εκτίμηση των γραμμικών απωλειών (m) χρησιμοποιείται η εξίσωση Darcy - Weisbach, δηλαδή $h_f = f * (L / D) * (V^2 / 2 * g)$, όπου f ο συντελεστής τριβών Darcy που λαμβάνεται ίσος με 0.012, L το μήκος του αγωγού (m), D η διάμετρος του αγωγού (m), g η επιτάχυνση της βαρύτητας 9.81 m/s^2 και V η ταχύτητα του νερού στον αγωγό η οποία δίνεται από τη σχέση $V = Q_D / \pi * r^2$, όπου Q_D η παροχή σχεδιασμού του αγωγού (m^3/s) και r η ακτίνα του αγωγού (m).

2.4 Υβριδικά συστήματα υπό εφαρμογή

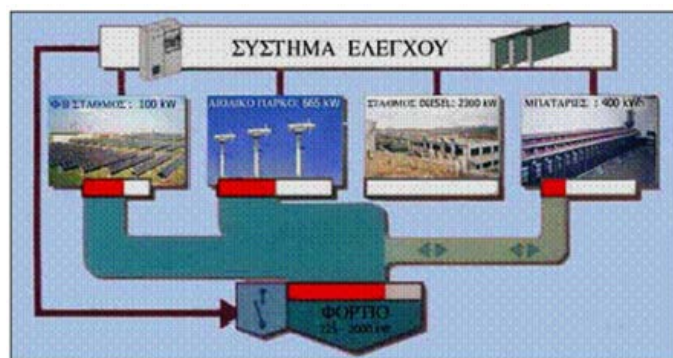
1. Μια κατηγορία υβριδικού συστήματος που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η σύνδεση ανεμογεννητριών με κυψέλες καυσίμου (ΚΚ) ή ντιζελογεννήτριες.

Η λειτουργία του συστήματος **A/Γ - ΚΚ** επιτυγχάνεται ως εξής. Η παραγόμενη αιολική ενέργεια παρέχεται απευθείας στο δίκτυο για την κάλυψη του φορτίου. Σε περίπτωση περίσσειας αιολικής ενέργειας, αυτή χρησιμοποιείται σε έναν ηλεκτρολύτη - reformer για την παραγωγή H_2 , το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται σε δεξαμενές υδρογόνου. Εναλλακτικά, η πλεονάζουσα αιολική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Εάν η παραγόμενη ενέργεια από τις A/Γ δεν επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης, οι ΚΚ μετατρέπουν το H_2 σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία συμπληρώνει το υπολειπόμενο φορτίο. Ένα τέτοιο σύστημα εφαρμόζεται από το έτος 2003 - 2004 στο νησί **Utsira** που βρίσκεται 20 km από τις δυτικές ακτές της Νορβηγίας με πληθυσμό 235 κατοίκους. Το νησί έχει ετήσια ζήτηση ενέργειας περίπου 3.5 GWh με αιχμή 900 kW. Μέχρι το 2008, το έργο κάλυπτε το φορτίο ζήτησης δέκα κατοικιών με αιχμή 50 kW και ετήσια κατανάλωση ενέργειας περίπου 200 MWh/έτος. Τα σημαντικότερα επιτεύγματα του έργου είναι η παροχή καλής ποιότητας ενέργειας, η συνεισφορά στις τοπικές δραστηριότητες και στον τουρισμό καθώς και η δυνατότητα για ενεργειακή αυτονομία για ένα αξιόλογο χρονικό διάστημα ανά έτος (Γεωργαντέας, 2011).

Στο συνδυασμού **A/Γ - ντιζελογεννήτριας**, η περίσσεια αιολική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες, οι οποίες συμπληρώνουν την διαθέσιμη από τις A/Γ ενέργεια για την

κάλυψη του φορτίου σε περίπτωση έλλειψης. Εάν η φόρτιση των μπαταριών και η δυνατή προσφερόμενη αιολική ενέργεια δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τότε μπαίνουν σε λειτουργία οι ντιζελογεννήτριες. Το σύστημα αυτό βρίσκει εφαρμογή από το 2002 στην κοινότητα **Wales** των 160 κατοίκων στην Αλάσκα. Από δοκιμές που έγιναν στην κοινότητα για 18 μέρες την περίοδο του Αυγούστου, οι Α/Γ σε συνδυασμό με τις μπαταρίες κάλυψαν το 41% της ζήτησης, ενώ το υπόλοιπο φορτίο καλύφθηκε από την συμβατική παραγωγή (Βρετός,2010).

2. Άλλη μια κατηγορία υβριδικού συστήματος είναι ο συνδυασμός **Α/Γ - Φ/Β με μπαταρίες και ντιζελογεννήτριες**. Αν η ζήτηση ενέργειας είναι μικρότερη από την παραγόμενη ενέργεια από τις Α/Γ, το πλεόνασμα της ενέργειας μαζί με αυτήν που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Εάν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφερόμενη ενέργεια των Α/Γ, τότε εκείνη που υπολείπεται καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά. Αν, παρ' όλα αυτά η ζήτηση συνεχίζει να μην καλύπτεται τότε μπαίνουν σε λειτουργία οι μπαταρίες αφού βέβαια είναι επαρκώς φορτισμένες. Στην περίπτωση που τίποτα από τα παραπάνω δεν αρκούν για να καλύψουν το απαιτούμενο φορτίο, η ενέργεια που χρειάζεται προσφέρεται από τις ντιζελογεννήτριες. Μια τέτοια εφαρμογή υβριδικού συστήματος συναντάται στο νησί της **Κύθνου** στην Ελλάδα και στο νησί **King** που βρίσκεται στον πορθμό Bass μεταξύ Αυστραλίας και Τασμανίας. Το εφαρμοζόμενο υβριδικό σύστημα και στα δύο νησιά συνέβαλε στην βελτίωση της ευστάθειας του δικτύου, της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας και στην σημαντική εξοικονόμηση κατανάλωσης καύσιμου (Βρετός, 2010).



Σχήμα 2.9: Κύρια χαρακτηριστικά υβριδικού συστήματος Κύθνου (πηγή: Βρετός, 2010)

3. Αξιόλογο επίσης είναι και το υβριδικό σύστημα με το οποίο καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες η **Ιερά Μονή Σίμωνος Πέτρας** στο Άγιο Όρος. Το σύστημα αυτό συνδυάζει την λειτουργία ενός **ΜΥΗΣ - Φ/Β και ντιζελογεννητριών**. Σε περίπτωση περίσσειας ενέργειας, η πλεονάζουσα ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα φωτοβολταϊκά ή ακόμα και η περίσσεια υδροηλεκτρικής αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Η αποθηκευμένη στις μπαταρίες ενέργεια αξιοποιείται τις ώρες που παρουσιάζεται έλλειμμα στην κάλυψη της ζήτησης. Εάν η προσφερόμενη υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια και η διαθέσιμη ενέργεια από τις μπαταρίες δεν είναι αρκετές για την κάλυψη της ζήτησης, τότε μπαίνουν σε λειτουργία οι ντιζελογεννήτριες. Σημαντικό, ωστόσο είναι το γεγονός ότι με τον συνδυασμό των πηγών αυτών, επιτεύχθηκε η ανεξαρτητοποίηση της Μονής από τις συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε βαθμό 85-90% για όλο το έτος (Μαμάσης, 2012).

4. Σημαντική επίσης είναι και η κατηγορία υβριδικού συστήματος που συνδυάζει την λειτουργία **Φ/Β - ντιζελογεννήτριες** καθώς η εφαρμογή του σε διάφορες μικρές επαρχιακές πόλεις στην Ελλάδα έχει επιδείξει αξιόλογα αποτελέσματα.

5. Άξιο επίσης αναφοράς είναι το νησί **Samsø**, που βρίσκεται στον κόλπο Kattegat στη Βόρεια θάλασσα και ανήκει στη Δανία, το οποίο κατάφερε να αποκτήσει ενεργειακή ανεξαρτησία από τις συμβατικές μορφές ενέργειας 100%, συνδυάζοντας **onshore και offshore αιολικά πάρκα, συστήματα τηλεθέρμανσης** εκμεταλλευόμενοι και τα **τοπικά αποθέματα βιομάζας** καθώς και **ηλιακούς συλλέκτες** (Ρίππη, 2013).

6. Η τεχνολογία **άντλησης - ταμίευσης**, που μπορεί να θεωρηθεί σαν κατηγορία υβριδικού συστήματος, συνδυάζει την συνεργασία δύο δεξαμενών κι έχει την δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας στον πάνω ταμιευτήρα τις ώρες μικρής ζήτησης μέσω άντλησης και την προσφορά της στο δίκτυο τις ώρες αιχμής. Συνήθως οι μονάδες μετατροπής της ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα συστήματα λειτουργούν αντιστρεπτά, παίζουν δηλαδή τον ρόλο του υδροστροβίλου και της αντλίας, όπως είναι οι υδροστρόβιλοι Francis. Η απόδοση του κύκλου εκτιμάται

περίπου στο 70% και γενικά εξαρτάται από τους βαθμούς απόδοσης του εκάστοτε εξοπλισμού καθώς και τις απώλειες των υπόλοιπων εγκαταστάσεων του έργου (Παπαντώνης, 2009). Συναντάται τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή λειτουργούν δύο έργα άντλησης ταμίευσης. Το πρώτο ξεκίνησε το 1979 στο νομό Ημαθίας, στην περιοχή **Σφηκιά**, στον ποταμό Αλιάκμονα. Αποτελείται από έναν υδροηλεκτρικό σταθμό εγκατεστημένης ισχύος 315 MW και τρεις υδροστροβίλους Francis αντιστρεπτής λειτουργίας. Το νερό αντλείται από τον κάτω ταμιευτήρα που βρίσκεται στα Ανώματα, στον πάνω ταμιευτήρα στη Σφηκιά κατά την διάρκεια της νύχτας και απελευθερώνεται τις ώρες αιχμής την ημέρα. Το δεύτερο ενεργειακό σύστημα άντλησης ταμίευσης περατώθηκε το 1998 στον ποταμό Νέστο, στην περιοχή **Θησαυρού** στο νομό Δράμας. Ομοίως με το υδροηλεκτρικό στη Σφηκιά, το έργο στο Θησαυρό αποτελείται από τρεις αντιστρέψιμες μονάδες Francis συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 381 MW και αντλεί το νερό από τον υποκείμενο ταμιευτήρα του υδροηλεκτρικού Πλατανόβρυσης (Μαμάσης και Στεφανάκος, 2012).

Στο εξωτερικό βρίσκουν εφαρμογή στην περιοχή **Yamnashi - Ken** και στο νησί **Okinawa** της Ιαπωνίας. Το μεν πρώτο, έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1600 MW, αποτελείται από δύο ταμιευτήρες με υψομετρική διαφορά 685 m, ενώ ο σταθμός παραγωγής ενέργειας βρίσκεται 500 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το δεύτερο είναι το πρώτο έργο άντλησης ταμίευσης στον κόσμο που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό προς άντληση και έχει ισχύ μόλις 30 MW (Μαμάσης και Στεφανάκος, 2012).

Η ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας από τα αιολικά πάρκα για την αύξηση της διείσδυσής τους στο δίκτυο, καθιστούν την μέθοδο άντλησης - ταμίευσης αρκετά καλή επιλογή καθώς παρουσιάζει ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης για αποθήκευση μεγάλης ποσότητας ενέργειας.

7. Τέλος, πολύ σημαντικά είναι και τα υβριδικά συστήματα που συναντάμε τόσο στο νησί της Ικάριας όσο και στο νησί El Hierro.

Το πρώτο αξιοποιεί την παραγόμενη ενέργεια από **ΥΗΕ - Α/Γ και ντιζελογεννήτριες** και βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο καθώς είναι υπό κατασκευή. Περιλαμβάνει το αιολικό πάρκο (Α/Π) στην περιοχή του λόφου Στραβοκουνδούρα, αποτελούμενο από τρεις Α/Γ Enercon E44 - 900 kW η κάθε μία, το αντλιοστάσιο Κάτω Προεσπέρας που αποτελείται από 12 αντλίες ονομαστικής ισχύος 250 kW έκαστη, εκ των οποίων οι τέσσερις είναι εφεδρικές, δύο δεξαμενές και τον ταμιευτήρα Πεζίου, συνολικού όγκου 910000 m³ περίπου, η περίσσεια υδάτων του οποίου θα αξιοποιείται, και τις δύο μικρότερου μεγέθους δεξαμενές στην Προεσπέρα και Κάτω Προεσπέρα αντίστοιχα, με εκμεταλλεύσιμο όγκο νερών περίπου 80000 m³, που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες της αντλησιο - ταμίευσης για την απορρόφηση της αιολικής ενέργειας. Επίσης περιλαμβάνει τον Μικρό Υδροηλεκτρικό Σταθμό (ΜΥΗΣ) Προεσπέρας με έναν υδροστρόβιλο, τύπου Pelton, ισχύος 1.05 MW που θα αξιοποιεί μόνο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα Πεζίου (αφού πρώτα ικανοποιηθούν οι υποχρεώσεις για ύδρευση, οικολογική παροχή και άρδευση) και τον ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, με δύο υδροστρόβιλους, τύπου Pelton, ισχύος 2×1.55 MW, που θα αξιοποιεί τόσο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα όσο και τα νερά που προέρχονται από αντλησιο - ταμίευση. Στα προαναφερόμενα πρέπει να συμπεριλάβουμε τον τοπικό σταθμό παραγωγής Αγίου Κηρύκου (ΤΣΠ) και την ιδιωτική Α/Γ ΛΑΚΙΟΣ ΑΕ ονομαστικής ισχύος 600 kW, που βρίσκεται στο Περδίκι (ΔΕΗ Α.Ε.).

Το δεύτερο αποτελείται **Α/Γ - ΥΗΕ - Φ/Β και ηλιακούς συλλέκτες**. Οι πέντε ανεμογεννήτριες συνολικής παραγωγής 11.5 MW θα φροντίζουν για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπου 11000 κατοίκους, που είναι και ο συνολικός πληθυσμός του νησιού, σε έναν επιπρόσθετο αριθμό τουριστών καθώς και σε τρεις εγκαταστάσεις αφαλάτωσης που λειτουργούν. Το υδροηλεκτρικό έργο άντλησης - ταμίευσης θα αποθηκεύει την περίσσεια αιολικής ενέργειας, αντλώντας νερό σε ύψος 700 m, γεμίζοντας τον κρατήρα ενός αδρανοποιημένου ηφαιστείου. Σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης από το αιολικό πάρκο, το νερό θα απελευθερώνεται από τον κρατήρα παράγοντας έως και 11.3 MW ηλεκτρικής ενέργειας και γεμίζοντας κατά την απόθεσή του την τεχνητή δεξαμενή που έχει κατασκευαστεί στον πόδα του

ηφαιστείου. Στη συνέχεια, το νερό αντλείται από τη κάτω στην πάνω δεξαμενή όταν υπάρχει πλεονάζουσα αιολική ενέργεια. Το σύστημα αυτό αναμένεται να καλύπτει το 80% των ενεργειακών αναγκών του νησιού, ενώ το υπόλοιπο 20% προβλέπεται να καλύπτεται από ηλιακούς συλλέκτες και φωτοβολταϊκά, καθιστώντας έτσι το νησί ενεργειακά ανεξάρτητο από συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Φυσικά, οι υπάρχουσες ντιζελογεννήτριες θα συνεχίσουν την λειτουργία τους καλύπτοντας το υπολειπόμενο φορτίο ζήτησης σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης του συνολικού από τον συνδυασμό των παραπάνω τεχνολογιών (<http://efkozani.gr>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ

3.1 Μέθοδοι αφαλάτωσης

Κάνοντας μια γενική κατηγοριοποίηση των μεθόδων μπορούμε να πούμε ότι οι σημαντικότερες ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες (Βικιπαιδεία):

1. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από τις μεθόδους αφαλάτωσης που βασίζονται στην απόσταξη, στις οποίες το νερό αλλάζει τουλάχιστον δυο φορές φάση, καθώς περνάει από την υγρή στην αέρια φάση και αντίστροφα, μέχρις ότου να συμπυκνωθεί και πάλι σε υγρή μορφή. Ενδεικτικά, στις μεθόδους αφαλάτωσης με βάση την απόσταξη οι κυριότερες μέθοδοι είναι η απόσταξη πολλαπλής φάσης (MSF), η εξάτμιση πολλαπλής επίδρασης (MED/ME) και η συμπίεση του ατμού (VC).
2. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις μεθόδους όπου χρησιμοποιούνται μεμβράνες για τον διαχωρισμό του νερού από τα άλατα και τις διάφορες προσμίξεις. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούν διεργασίες μεμβράνης είναι η αντίστροφη ηλεκτροδιάλυση (ER), η αντίστροφη ώσμωση (RO), η μέθοδος νανοφιλτραρίσματος (NF) και η απόσταξη μέσω μεμβράνης (MD).

Οι μέθοδοι αφαλάτωσης, που βρήκαν ευρεία εφαρμογή, έχουν πλήρως δοκιμαστεί και κυκλοφορούν στο εμπόριο τα τελευταία 30 με 40 χρόνια είναι η εξάτμιση (απόσταξη), οι ιοντικές μέθοδοι και η αντίστροφη ώσμωση (μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πόσιμου νερού αξιοποιώντας την παραγόμενη ενέργεια από το Υβριδικό Έργο (ΥΒΕ) στα πλαίσια της εργασίας). Από τις παραπάνω μεθόδους η αντίστροφη ώσμωση (RO) βρίσκει τη μεγαλύτερη εφαρμογή λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ειδικής ενέργειας, της καταλληλότητας αυτών των συστημάτων για σύνδεση με Φ/Β ή ανεμογεννήτριες και της υψηλής παραγωγικότητας ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες αφαλάτωσης.

3.2 Η αντίστροφη ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια διαδικασία διαχωρισμού η οποία χρησιμοποιεί πίεση για να ωθήσει ένα διάλυμα μέσω μιας μεμβράνης η οποία κρατάει την διαλυμένη ουσία στην μια της πλευρά και επιτρέπει στον καθαρό, πλέον, διαλύτη να περάσει από την άλλη μεριά. Με άλλα λόγια, είναι μια διαδικασία που εξαναγκάζει τον διαλύτη που βρίσκεται σε μια περιοχή υψηλής συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας να περάσει, μέσα από μια μεμβράνη, σε μια περιοχή όπου η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας είναι πολύ πιο χαμηλή, ασκώντας μια πίεση η οποία είναι πιο μεγάλη από την ωσμωτική πίεση. Αυτή είναι η αντίστροφη διαδικασία από την ορθή ώσμωση η οποία είναι η φυσική κίνηση του διαλύτη μέσω μιας μεμβράνης από μια περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας σε μια περιοχή με υψηλή συγκέντρωση αυτής όταν δεν ασκείται καμία εξωτερική πίεση. Η μεμβράνη είναι ημιπερατή και είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να επιτρέπει την διέλευση του διαλύτη αλλά όχι και της διαλυμένης ουσίας και των όποιων προσμίξεων. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για την αντίστροφη ώσμωση έχουν πυκνό πλέγμα στο πολυμερές υλικό περίβλημα τους όπου και γίνεται κυρίως ο διαχωρισμός.

Για να γίνει ο διαχωρισμός σημαίνει ότι πρέπει να ασκηθεί υψηλή πίεση στην μεριά της υψηλής συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας, η οποία είναι της τάξης των 2 - 17 bar για υφάλμυρο νερό και 40 - 70 bar για θαλασσινό νερό, το οποίο έχει ωσμωτική πίεση 24 bar, η οποία και πρέπει να υπερκεραστεί. Στην διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης οι δυνάμεις που επηρεάζουν την κίνηση του νερού είναι δύο. Η πρώτη είναι η δύναμη λόγω της ωσμωτικής πίεσης που αναγκάζει τον διαλύτη να κινηθεί από την περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στην περιοχή με την υψηλή συγκέντρωση αυτής. Η δεύτερη είναι αντίθετη στην πρώτη, προκαλεί αντίθετη κίνηση του νερού και οφείλεται στην πίεση που επιβάλλουμε εμείς εξωτερικά. Ο σκοπός μας είναι να υπερσχύσει η δεύτερη δύναμη ώστε να προκύψει διαλύτης, δηλαδή νερό, απαλλαγμένος από την διαλυμένη ουσία, δηλαδή άλατα και προσμίξεις, και να επιτευχθεί η διαδικασία της αφαλάτωσης. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος για τον

οποίο η πίεση που επιβάλλουμε εξωτερικά πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του διαλύματος.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της αντίστροφης ώσμωσης, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για την επιλογή της για την αφαλάτωση, είναι ότι αποτελεί μια από τις λιγότερο ενεργοβόρες μεθόδους, γεγονός που κάνει το κόστος παραγωγής του νερού ακόμα πιο χαμηλό.

Η προεργασία είναι κρίσιμης σημασίας στην εξασφάλιση της καθαρότητας των μεμβρανών και γενικά στην καλή λειτουργία της μονάδας. Για αυτό τα αιωρούμενα σωματίδια απομακρύνονται με την μέθοδο της διήθησης. Συνήθως η διαδικασία καθαρισμού, πέρα από διήθηση, περιλαμβάνει και προσθήκη οξέος (ή κάποιας άλλης χημικής ουσίας) ώστε να αποτραπεί η καθίζηση αλάτων και η ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών. Τέλος, η προσθήκη χημικών γίνεται και με σκοπό να εξασφαλισθεί ένα σταθερό PH, που έχει καθορίσει ο κατασκευαστής της μεμβράνης.

Το σύστημα ΑΩ αποτελείται από πολλαπλά δοχεία πίεσης που είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Από τη στιγμή που η πτώση πίεσης σε ένα τέτοιο σύστημα είναι μικρή, η πυκνή άλμη έχει σημαντική ενεργειακή πίεση, η οποία αν ανακτηθεί μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα του συνολικού συστήματος.

Η αντίστροφη ώσμωση είναι και η μοναδική χρησιμοποιούμενη μέθοδος αφαλάτωσης στα Ελληνικά νησιά. Σήμερα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, λειτουργούν στην Ελλάδα περίπου 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική δυναμικότητα 35000 m³/ημέρα ενώ υπάρχουν και εκατοντάδες μικρότερες ιδιωτικές χρήσεις (ξενοδοχεία, βιομηχανίες, κατοικίες κ.τ.λ.). Οι σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης είναι στη Σύρο, στη Μύκονο και στη Χίο.

3.3 Πηγές ενέργειας για αφαλάτωση

Η παραγωγή πόσιμου νερού με την χρήση αφαλάτωσης είναι μια πολύ ελπιδοφόρα μέθοδος για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές, όμως, συνήθως είναι απομονωμένες, χωρίς να είναι εύκολη η πρόσβαση σε αυτές, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα, συχνά, να μην είναι εύκολη η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περιοχές αυτές συνήθως δεν είναι συνδεδεμένες σε κάποιο ισχυρό δίκτυο παροχής ενέργειας, όπως παραδείγματος χάριν τα ελληνικά νησιά που δεν είναι διασυνδεδεμένα με το Ηπειρωτικό δίκτυο παροχής ενέργειας της Ελλάδας, ή είναι συνδεδεμένες με ανίσχυρα και μικρής δυναμικότητας τοπικά δίκτυα τα οποία συνήθως τροφοδοτούνται από γεννήτριες diesel. Άρα η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μεθόδων αφαλάτωσης με συμβατικές πηγές ενέργειας είναι συχνά ανέφικτη, καθώς τα τοπικά δίκτυα παροχής ενέργειας είναι μικρής ισχύος και ήδη καταπονούνται υπερβολικά μη μπορώντας να ανταποκριθούν στα υπόλοιπα φορτία. Ακόμα και όταν υπάρχει η δυνατότητα να γίνει η παροχή ενέργειας, η λύση αυτή δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα καθώς οι πηγές ενέργειας που είναι διαθέσιμες είναι ακριβές, όπως το ντίζελ, σε αντίθεση με τον φθινό πλην πολύ ρυπογόνο λιγνίτη.

Στις περισσότερες από τις ξερές, ημιάνυδρες και απομακρυσμένες περιοχές το καθαρό νερό είναι πολύ δυσεύρετο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι περιοχές στη λεκάνη της Μεσογείου και στη Μέση Ανατολή. Εκεί οι μεγάλες πόλεις υποφέρουν από έλλειψη καλού ποιοτικά νερού, αλλά έχουν την τύχη να έχουν κοντά τους άφθονες πηγές αλμυρού νερού. Κατά την αφαλάτωση θαλασσινού νερού υπάρχει η τάση στην κατασκευή μεγάλων μονάδων καθώς είναι πιο οικονομικές και κατάλληλες για πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτήν την πρακτική δυστυχώς δεν μπορούν να την ακολουθήσουν οι φτωχότερες χώρες. Επίσης υπάρχουν και αραιοκατοικημένες περιοχές όπου ακόμα και η ηλεκτροδότηση είναι δύσκολη. Για αυτές τις περιοχές η αφαλάτωση με ΑΠΕ είναι η ιδανική λύση.

Συμβατικές πηγές ενέργειας

Οι λεγόμενες συμβατικές μορφές ενέργειας, οι οποίες κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα στις μεγάλες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης παρουσιάζουν συχνές και πολλές φορές σημαντικές αυξομειώσεις κόστους, κάτι που επηρεάζει άμεσα στην τιμή του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού. Επίσης η μεταφορά του αφαλατωμένου νερού μακριά από την περιοχή παραγωγής του μπορεί να αυξήσει σημαντικά την τιμή του. Αυτές οι συνθήκες καθιστούν αναγκαία, εκτός από ακραίες περιπτώσεις, την κατανάλωσή του νερού στην ευρύτερη περιοχή παραγωγής του, όπου κατά κανόνα πρέπει να διατίθεται και η ενέργεια για την τροφοδότηση της εγκατάστασης

Μία συμβατική μορφή ενέργειας για τροφοδοσία μιας μονάδας αφαλάτωσης είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή μπορεί να φτάσει σε οποιαδήποτε περιοχή καλυπτόμενη από δίκτυο, καθώς δεν δημιουργούνται ζητήματα με την απόσταση και την ποσότητα. Μία άλλη μορφή ενέργειας είναι η θερμότητα. Αυτή, σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια, πρέπει να διατίθεται επιτόπου, καθώς η μεταφορά της ακόμα και σε μικρές αποστάσεις είναι τελείως ασύμφορη.

Ένας άλλος τρόπος είναι η τροφοδοσία ενέργειας από πυρηνικό εργοστάσιο, όπως π.χ. με ατμό που παράγεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα. Ο συνδυασμός πυρηνικής ενέργειας - αφαλάτωσης είναι οικονομικός μόνο σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης. Ο Mutaz (2003) στην έρευνα που δημοσίευσε αναφέρεται στο συνδυασμό ενός πυρηνικού αντιδραστήρα και ενός υβριδικού συστήματος αφαλάτωσης που περιέχει ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) και ένα σύστημα πολλαπλής απόσταξης (MSF). Τα πειραματικά αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν πως αυτός ο συνδυασμός έχει αρκετά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Οι Nissan and Benzarti (2008) κάνουν μια συγκριτική μελέτη μεταξύ συστημάτων αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν σαν ενεργειακή πηγή ορυκτά καύσιμα και συστημάτων αφαλάτωσης που χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας πυρηνική ενέργεια, περιλαμβάνοντας και το περιβαλλοντικό κόστος. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει η έρευνα είναι πως το

κόστος αφαλάτωσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν πυρηνική ενέργεια είναι σαφώς μικρότερο του κόστους αφαλάτωσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα.

Ακόμα έχουμε και την απορριπτόμενη ενέργεια. Ερευνητικές εργασίες των Shin and Shih (2007) έδειξαν πως ποσότητες θερμικής ενέργειας που απορρίπτονται από χημικές και άλλες βιομηχανίες στο περιβάλλον ως νερό ψύξης είτε στην ατμόσφαιρα ως αέρας ψύξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αφαλάτωση υπό προϋποθέσεις. Τέτοιοι συνδυασμοί έχουν εφαρμοστεί (παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμότητα της απορριπτόμενης ενέργειας) σε βιομηχανίες για εξοικονόμηση ενέργειας και τη παραγωγή αφαλατωμένου νερού για χρήση στις εγκαταστάσεις. Ιδιαίτερα χρήσιμη απορριπτόμενη ενέργεια είναι των απαερίων των μηχανών Diesel και των αεροστροβίλων (Low and Tay (1991), Toelkes (1987) και Rautenbach and Arzt (1983)).

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πειραματικά αποτελέσματα ενός μικρού συστήματος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού αντίστροφης ώσμωσης εξοπλισμένο με υδραυλική μονάδα ανάκτησης ενέργειας, που είναι εγκατεστημένο στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και έχει σε συνεχή λειτουργία από τον Ιανουάριο του 2004. Έχει μια μέγιστη παραγωγή γλυκού νερού 2.6 m³/ημέρα χρησιμοποιώντας δύο μεμβράνες συνδεδεμένες σε σειρά. Το νερό τροφοδοσίας είναι ένα διάλυμα NaCl με μια ηλεκτρική αγωγιμότητα από 35 mS/cm, τυπικά ισοοσμωτικό με το νερό της θάλασσας. Η μόνη ηλεκτρική κατανάλωση αυτού του συστήματος είναι ένα συνεχούς ρεύματος χωρίς ψήκτρες κινητήρας ο οποίος τροφοδοτείται από μια μπαταρία 310 Ah. Η μετρημένη κατανάλωση συγκεκριμένης ενέργειας έφτασε μέχρι 3 kWh/m³, ενώ για άλλα μικρότερα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης θαλασσινού νερού χωρίς ανάκτηση ενέργειας αναφέρεται ειδική κατανάλωση ενέργειας 10 έως 20 kWh/m³. Η μετρημένη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας του σημερινού συστήματος το καθιστά κατάλληλο για τη μελλοντική σύζευξη με συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Ένα ελκυστικό κόστος παραγωγής νερού υπολογίστηκε να είναι 3.46 €/m³. Ενώ στην περίπτωση χρησιμοποίησης ηλεκτρικής

ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το κόστος παραγωγής φρέσκου νερού αναμένεται να είναι χαμηλότερο από το μεταφερόμενο (Papadakis et al., 2005).

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στο τομέα της αφαλάτωσης έχει επικεντρωθεί στο συνδυασμό των μονάδων αφαλάτωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ώστε να μειωθεί το ενεργειακό κόστος και συνεπώς το κόστος του αφαλατωμένου νερού. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να παράγουν θερμική ενέργεια (ηλιακοί συλλέκτες, γεωθερμία), ηλεκτρική ενέργεια (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες) και μηχανική ενέργεια (ανεμογεννήτριες). Όλες οι έρευνες έδειξαν πως όλα τα συστήματα αφαλάτωσης αντιμετωπίζουν προβλήματα όταν συνδέονται με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για τους εξής λόγους:

1. Τα συστήματα ΑΠΕ δεν έχουν συνεχή παροχή ενέργειας ώστε να ανταποκρίνονται ανά πάσα στιγμή στη ζήτηση ενέργειας.
2. Δεν είναι εύκολο η ενέργεια που παρέχουν τα συστήματα ΑΠΕ να αποθηκευτεί για την απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης της αφαλάτωσης.
3. Η τεχνολογία συλλογής ή σύζευξης δεν έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να παρέχει τη φθηνή ενέργεια σε χαμηλό κόστος.

Η ηλιακή θερμική ενέργεια είναι από τις πολλά υποσχόμενες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού και μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε ποικιλοτρόπως. Ένας τρόπος είναι με την χρήση της θερμικής ενέργειας όπου μπορούμε να έχουμε ένα σύστημα απόσταξης που θα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη και το αποστακτήριο ή από ένα ολοκληρωμένο σύστημα που τα περιλαμβάνει και τα δυο. Η πρώτη περίπτωση χαρακτηρίζεται έμμεση ηλιακή αφαλάτωση ενώ η δεύτερη ονομάζεται άμεση ηλιακή αφαλάτωση. Η έμμεση ηλιακή αφαλάτωση συνήθως γίνεται μέσω ενός εμπορικά διαθέσιμου ηλιακού συλλέκτη και μιας επίσης εμπορικά διαθέσιμης διάταξης αφαλάτωσης. Η πειραματική διάταξη καθώς και η θεωρητική περιγραφή έχουν παρουσιαστεί από τους Bradan and Al-

Tahaineh (2005), Mandhlopa and Johnstone (2009), Mamlook and Al-Rawajfeh (2008), Voropoulos et al. (2001) και η βασική τους αρχή στηρίζεται στην εξάτμιση του νερού και στη συμπύκνωση των υδρατμών, όπως συμβαίνει στο περιβάλλον.

Όσον αφορά τους ηλιακούς συλλέκτες, ο Rajvanshi (1980) σχεδίασε ένα ειδικό ηλιακό συλλέκτη που συνδέεται με μια εγκατάσταση απόσταξης πολλαπλής φάσης (MSF). Πέρα από αυτό, Hermann et al. (2000) αναφέρουν το σχεδιασμό και τη δοκιμή ενός αδιάβρωτου ηλιακού συλλέκτη για την καθοδήγηση μιας πολλαπλής διαδικασίας ύγρανσης. Η πιλοτική μονάδα εγκαταστάθηκε σε μια περιοχή στα νησιά Γκραν Κανάρια (Rommel et al., 2000).

Ειδικά σχέδια συσκευών απόσταξης που συνδέονται με ηλιακούς συλλέκτες παρουσιάζονται από τους Miyatake et al. (2001). Αυτοί δείχνουν ένα πρωτότυπο σχεδιασμένο αποστακτήριο για χρήση του ατμού που παράγεται κατά τη διαδικασία αφαλάτωσης ώστε να τροφοδοτηθεί μια άλλη διαδικασία. Επιπλέον, δεδομένου ότι η τυπική απόσταξη πολλαπλής φάσης (MSF) δεν δύναται να λειτουργεί σε συνδυασμό με οποιαδήποτε μεταβλητή πηγή θερμότητας, η εταιρεία ATLANTIS ανέπτυξε ένα προσαρμοσμένο σύστημα πολλαπλής απόσταξης (MSF) που καλείται Autoflash και μπορεί να συνδέεται με μια ηλιακή δεξαμενή (Szacsny et al., 1998).

Τέλος, ο Hoffman (1992) προτείνει μια ηλιακή δεξαμενή που τροφοδοτεί μια μονάδα εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης (MED) ως την πιο οικονομικά αποδοτική διαδικασία, η οποία μπορεί να ανταγωνιστεί τη χρήση των ορυκτών καυσίμων.

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να συλλεχθεί από μία διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι από τις πιο ώριμες και προχωρημένες στο χώρο των Α.Π.Ε. Ειδικότερα, για την αφαλάτωση, οι προσπάθειες που έχουν γίνει για τον συνδυασμό ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά με την διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης ήταν επιτυχείς και συνιστούν οικονομικά βιώσιμη και εμπορικά εκμεταλλεύσιμη λύση.

Το κύριο πρόβλημά της είναι το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Η απόσταση στην οποία η φωτοβολταϊκή ενέργεια είναι ανταγωνιστική με τις συμβατικές εξαρτάται από τη χωρητικότητα των μονάδων, την απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο και τη συγκέντρωση άλατος. Οι Thomson and Infield (2003) προσομοίωσαν και να εφάρμοσαν ένα Φ/Β σύστημα που τροφοδοτεί μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης (RO) με μεταβλητή ροή που είναι σε θέση να λειτουργεί χωρίς μπαταρίες σε μια περιοχή της Αφρικής (Ερυθραία). Εκτέλεσαν εργαστηριακές δοκιμές για την επικύρωση του μοντέλου και τον έλεγχο του συστήματος με μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια 2.4 kWp και παράγαγαν περίπου 3 m³/ημέρα.

Οι Contreras et al. (2008) αναφέρουν στη δημοσίευση τους τα πλεονεκτήματα της αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση (RO) χρησιμοποιώντας ενέργεια από φωτοβολταϊκά σε σχέση με την ηλιακή αφαλάτωση για τη περιοχή Baja στο Μεξικό. Επίσης σε αυτή τη δημοσίευση γίνεται και αναφορά της ανάγκης εξοπλισμού αυτών των συστημάτων με υποσυστήματα ανάκτησης ενέργειας.

Οι Thompson et al. (2001) παρουσίασαν ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) τροφοδοτούμενο από φωτοβολταϊκά χωρίς μπαταρίες. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε για να παράγει 3 m³ πόσιμο νερό την ημέρα ενώ οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως ένα σύστημα με κόστος κατασκευής 23055 λίρες μπορεί να παράγει κατά μέσο όρο 3.9 m³/ημέρα. Η ενεργειακή του κατανάλωση θα είναι περίπου 3.5 kWh/ημέρα. Αυτά τα στοιχεία ήταν πολύ ενθαρρυντικά για ένα σύστημα αφαλάτωσης τέτοιου μεγέθους. Το σύστημα αυτό λειτουργεί, όπως προαναφέραμε χωρίς συσσωρευτές, και είναι εξοπλισμένο με μονάδα ανάκτησης υδραυλικής ενέργειας της άλμης του, τύπου Clark rump. Το συνεχές ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο μέσω δύο αντιστροφών μεταβλητής συχνότητας οι οποίοι τροφοδοτούν απευθείας τους δύο κινητήρες του συστήματος. Τέλος το σύστημα είναι εξοπλισμένο με μία συσκευή ανίχνευσης σημείου μέγιστης ισχύος (MTTP).

Μια ακόμα ενδιαφέρουσα έρευνα και πολύ πρωτοποριακή για τη προηγούμενη δεκαετία, όσον αφορά το συνδυασμό φωτοβολταϊκών με συστήματα αφαλάτωσης, ήταν αυτή του Collangelo (1999). Σε αυτή την έρευνα εξετάστηκαν θεωρητικά πέντε διαφορετικοί τρόποι συνδυασμού φωτοβολταϊκών με συστήματα αντίστροφης ώσμωσης (RO). Τα αποτελέσματα αυτής της θεωρητικής μελέτης ήταν τα παρακάτω:

- 1.** Σύνδεση του συστήματος Φ/Β με μονάδα ΑΩ που λειτουργεί με εναλλασσόμενο ρεύμα. Οι απώλειες στην ενέργεια λόγω των συσσωρευτών και του αντιστροφέα σε αυτή τη περίπτωση είναι 15 - 30%.
- 2.** Σύνδεση του συστήματος Φ/Β με δύο παράλληλες μονάδες ΑΩ μέσω αντιστροφέα μεταβλητής συχνότητας. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίστηκε ως μη πρακτικό.
- 3.** Σύνδεση του συστήματος Φ/Β με συσσωρευτές και έπειτα με τη μονάδα ΑΩ που λειτουργεί με συνεχές ρεύμα. Πρόκειται για ένα απλό συνδυασμό που προσφέρει συνεχής παροχή ενέργειας στο σύστημα ΑΩ αλλά παραμένει η απώλεια ενέργειας λόγω των συσσωρευτών.
- 4.** Σύνδεση του συστήματος Φ/Β απευθείας με τη μονάδα ΑΩ χωρίς συσσωρευτές. Αυτός ο συνδυασμός είναι απλός, αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας λόγω των συσσωρευτών και μειώνεται το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Ωστόσο σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει το μειονέκτημα των μη σταθερών συνθηκών λειτουργίας της μονάδας ΑΩ.
- 5.** Απευθείας σύνδεση του Φ/Β συστήματος με ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος και παράλληλα συστήματα ΑΩ. Εδώ έχουμε υψηλό ποσοστό χρήσης της διαθέσιμης ηλεκτρικής ενέργειας από το Φ/Β σύστημα (76% με δύο συστήματα ΑΩ και 92% με τρία). Παρόλα αυτά, το σύστημα έχει υψηλό αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης καθώς και κόστος συντήρησης και λειτουργίας λόγω των δύο συστημάτων ΑΩ.

Οι Mohsen and Jaber (2001) εξέτασαν ένα Φ/Β σύστημα το οποίο τροφοδοτεί μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης για διάφορες περιοχές της Ιορδανίας και διαπίστωσαν ότι οι ετήσιες ποσότητες του παραγόμενου νερού κυμαίνονταν γύρω στα 320 m³. Το 65% του επεξεργασμένου νερού παράγεται κατά τους μήνες Απρίλιο έως Σεπτέμβριο, δηλαδή κατά τους ξηρότερους μήνες όπου οι ανάγκες είναι ιδιαίτερα

αυξημένες. Η μέση ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε μια οριζόντια επιφάνεια κυμαίνεται από 5 έως 7 kWh/m²/d, η οποία είναι μια από τις υψηλότερες στον κόσμο.

Οι Karellas et al. (2010) εξέτασαν ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει ένα Φ/Β σύστημα με μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης στο νησί της Χάλκης και από την ανάλυση τους προέκυψαν:

1. Η τεχνολογία αυτή παρέχει πόσιμο νερό σε άνυδρες περιοχές με κόστος 10.17 €/m³, που δυνητικά μπορεί να μειωθεί σε 9.33 €/m³, ενώ σήμερα το νερό μεταφέρεται με κόστος 8.35 €/m³. Ωστόσο, η παρούσα κατάσταση δεν λαμβάνει υπόψη περιβαλλοντικές πτυχές (ρύπανση που προκαλείται από τα πλοία κατά τη μεταφορά) καθώς και καθυστερήσεις παράδοσης.
2. Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως ένα ενδιάμεσο επενδυτικό έργο το οποίο μπορεί να παρέχει μια ποσότητα νερού περίπου 83000 m³ ανά έτος ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες στη περιοχή εγκατάστασης.
3. Εάν το κόστος του νερού είναι κάτω από 8.35 €/m³ η προβλεπόμενη αφαλάτωση μπορεί να είναι ανταγωνιστική σε ορισμένα χρηματοοικονομικά πλαίσια.

Εκτός από τις παραπάνω ερευνητικές εφαρμογές συνδυασμού συστημάτων αφαλάτωσης με Φ/Β στο πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε και κάποιες εμπορικές εφαρμογές παγκοσμίως.

Πίνακας 3.1: Συστήματα αφαλάτωσης με Φ/Β (πηγή: Ράπτης, 2012)

Τόπος εγκατάστασης	Νερό τροφοδοσίας	Εγκατεστημένη ισχύς (kWp)	Δυναμικότητα παραγωγής (m ³ /h)	Τεχνολογία
Αίγυπτος - El-Ham rawein	Υφάλμυρο	20	10	RO
Ιταλία - Lampedusa	Θαλασσινό	100	5	RO
Ισπανία - Almeria	Θαλασσινό	23.5	2.5	RO
Ινδία - Rajasthan state	Υφάλμυρο	0.45	0.04	ED
Ιαπωνία - Nagasaki	Υφάλμυρο	65	8	ED

Η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει λύση, ειδικά για τις παράκτιες περιοχές, στις οποίες συνήθως το αιολικό δυναμικό είναι αυξημένο. Το αιολικό δυναμικό θεωρείται κατάλληλο αν η μέση τιμή της ταχύτητας τους ανέμου είναι πάνω από 5 m/s. Στις περιοχές αυτές η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αφαλάτωση όσο και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων. Οι νέες τεχνολογίες για ανεμογεννήτριες μικρού και μεσαίου μεγέθους προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία και χαμηλό κόστος επένδυσης. Σε σύγκριση με την λύση των φωτοβολταϊκών η αιολική ενέργεια είναι πιο συμφέρουσα από οικονομικής άποψης, ενώ απαιτείται και πολύ μικρότερη έκταση για την εγκατάσταση του εξοπλισμού.

Οι Miranda and Infield (2002) παρουσίασαν μια εργασία στην οποία εξέτασαν την απευθείας σύνδεση ανεμογεννήτριας ισχύος 2.2 kW με σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) δυναμικότητας 3 m³/ημέρα. Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν πως το σύστημα επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου και για αυτό υπήρχε ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα διαχείρισης της ενέργειας.

Στην Ισπανία και συγκεκριμένα στα Κανάρια νησιά εγκαταστάθηκε σύστημα αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας 200 m³/ημέρα συνδεδεμένο με ανεμογεννήτριες αλλά και διασυνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο (Vassel, 1992). Αυτή η διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο έλυσε το πρόβλημα της αστάθειας της ανεμογεννήτριας. Επίσης στην Ισπανία έχει εγκατασταθεί υβριδικό σύστημα με ανεμογεννήτρια 225 kW και γεννήτρια ντίζελ που τροφοδοτεί ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας 56 m³/ημέρα (Gonzales, 1993).

Οι Carta et al. (2002) περιγράφουν το σχεδιασμό και τις επιχειρησιακές στρατηγικές ενός πρωτότυπου συστήματος αφαλάτωσης που προορίζεται να τροφοδοτείται αποκλειστικά από την αιολική ενέργεια στα Κανάρια νησιά. Πρόκειται για ένα καινοτόμο σχέδιο το οποίο διαφέρει ριζικά από άλλα προτεινόμενα ή υλοποιημένα έργα αφαλάτωσης που τροφοδοτούνται από ηλιακούς συλλέκτες ή Α/Π στο ότι το

σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια συμπεριφέρεται σαν ένας μικρός σταθμός ικανός να παράγει ένα δίκτυο παρόμοιο με τα συμβατικά, χωρίς την ανάγκη να χρησιμοποιούνται συστήματα ντίζελ ή μπαταρίες για την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται. Άλλα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν το έργο αυτό είναι το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος η οποία με το σύστημα σχεδιασμού και ελέγχου που έχει αναπτυχθεί θα μπορούσε εύκολα να επεκταθεί. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν επιβεβαίωσαν μια από τα υποθέσεις που είχαν καθοριστεί σε προηγούμενες θεωρητικές μελέτες, δηλαδή τη σκοπιμότητα της αυτόνομης λειτουργίας των αιολικών πάρκων, απομονωμένη από συμβατικά ενεργειακά δίκτυα και συνδεδεμένη με διαφορετικές τεχνολογίες αφαλάτωσης.

Εξετάζοντας το νησί Άγιο Βικέντιο στο Πράσινο Ακρωτήριο οι Segurado et al. (2009) συμπέραναν:

- 1.** Η μεγιστοποίηση της αφαλάτωσης από τον άνεμο οδηγεί σε ένα ποσοστό του αφαλατωμένου νερού που παράγεται από την αιολική ενέργεια περίπου 50% στο 2020.
- 2.** Η μεγιστοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα προμήθειας ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα τη διείσδυση περίπου 33% αυτών των τεχνολογιών, με ένα μεγάλο μέρος από τον αέρα και μια πολύ μικρότερη συνεισφορά από υδροηλεκτρική ενέργεια.
- 3.** Αν επιτρέπεται ένα ποσοστό διείσδυσης μιας ωριαίας διαλείπουσας ενέργειας 100% τότε το ποσοστό του αφαλατωμένου νερού που παράγεται από αιολική ενέργεια μπορεί να φτάσει έως και το 75% το 2020 με αντίστοιχη περίπου διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα της ηλεκτροδότησης.

Ακόμη, οι ανεμογεννήτριες μπορούν να συνδυαστούν με συστήματα ηλεκτροδιάλυσης αλλά για αφαλάτωση μόνο υφάλμυρου νερού, όπως αναφέρει ο Vesa (2001).

Οι Habali and Saleh (1994) παρουσίασαν μελέτη για μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης υφάλμυρου νερού που τροφοδοτείται από αιολική ενέργεια σε

μα περιοχή της Ιορδανίας. Ανέφεραν ότι το κόστος προϊόντος είναι χαμηλότερο από όταν χρησιμοποιούνται συμβατικοί κινητήρες ντίζελ.

Τέλος, σύμφωνα με έρευνα των Platikow (1999) και Coutelle (1991) μπορεί να επιτευχθεί και ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με συστήματα επανασυμπίεσης ατμών αφού εκτός της θερμικής ενέργειας χρειάζεται και ηλεκτρική στη λειτουργία τους.

Εκτός από τις παραπάνω ερευνητικές εφαρμογές συνδυασμού συστημάτων αφαλάτωσης με Α/Γ στο πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε και κάποιες εμπορικές εφαρμογές παγκοσμίως.

Πίνακας 3.2: Συστήματα αφαλάτωσης με Α/Γ (πηγή: Ράπτης, 2012)

Τόπος εγκατάστασης	Νερό τροφοδοσίας	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Δυναμικότητα παραγωγής (m ³ /h)	Τεχνολογία
Γερμανία - Suderoog	Θαλασσινό	6	0.25 - 4	RO
Ελλάδα - Therasia	Θαλασσινό	15	0.2	RO
Ισπανία - Fuernteventura	Θαλασσινό	225	2.4	RO
Γαλλία - Pasific Islands	Υφάλμυρο	4	0.5	RO
Γερμανία - Island of Helgoland	Θαλασσινό	1200	40	RO

Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά του ανέμου και του ηλίου καθιστούν την χρήση υβριδικών συστημάτων μία υποσχόμενη εναλλακτική. Καθώς η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο κατά τη διάρκεια μίας ηλιόλουστης μέρας, η αιολική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις. Όπως είναι φυσικό, είναι αναμενόμενη η χρήση τους σε περιοχές με ηλιοφάνεια και επαρκές αιολικό δυναμικό, όπως είναι τα νησιά των Κυκλάδων και τα Δωδεκάνησα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδυασμού συστήματος αντίστροφης ώσμωσης (RO) και υβριδικού συστήματος το οποίο αποτελείται από Φ/Β και Α/Γ είναι η διάταξη που εγκαταστάθηκε στο Λαύριο από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το 2004.

Πρόκειται για ένα υπό λειτουργία σύστημα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας 3.1 m³/ημέρα, το οποίο λαμβάνει ισχύ από υβριδικό σύστημα Α/Γ ισχύος 900 W και Φ/Β ισχύος 3.96 kW. Επίσης το σύστημα αυτό διαθέτει μια τράπεζα μπαταριών 1800 Ah/100h και δύο μετατροπείς με 1.5 και 4 kW ονομαστική δύναμη (Tzen et al., 2007).

Επίσης σε αυτή τη κατηγορία ανήκει και η Υδριάδα, η πρώτη παγκοσμίως πλωτή μονάδα αφαλάτωσης, τροφοδοτούμενη αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε εξ' ολοκλήρου στην Ελλάδα. Έχει τεθεί σε λειτουργία από το καλοκαίρι του 2007, στο νησί της Ηρακλείας. Η υλοποίηση του έργου διήρκεσε 4 χρόνια και κόστισε περί τα 2.800.000 €. Τα βασικά της μέρη είναι τα εξής:

- 1.** Ενσωματωμένη ανεμογεννήτρια για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας αφαλάτωσης του θαλάσσιου ύδατος. Πρόκειται για ανεμογεννήτρια, με ρυθμιζόμενη γωνία πτερυγίων, μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής και δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας.
- 2.** Φωτοβολταϊκά στοιχεία, για επικουρική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, αν αυτό χρειαστεί. Στους τρεις ορόφους του πλωτήρα, είναι εγκατεστημένα η μονάδα αντίστροφης ώσμωσης, το κέντρο ελέγχου για τοπική και απομακρυσμένη λειτουργία, και η δεξαμενή αποθήκευσης του πόσιμου νερού.

Η συγκεκριμένη μονάδα μπορεί να αποδώσει περίπου 70 m³/ημέρα πόσιμο νερό, αρκετό για 300 άτομα (Νικητάκος, 2008).

Τέλος, και στο εξωτερικό έχουν τοποθετηθεί τέτοια συστήματα. Το Κέντρο Cadarache στη Γαλλία σχεδίασε μια μονάδα που εγκαταστάθηκε το 1980 στη πόλη Borj - Cedria στη Τυνησία (Maurel, 1991). Το σύστημα αποτελείται από ένα συμπαγή ηλιακό αποστακτήριο 0.1 m³/ημέρα, μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης 0.25 m³/h και μια μονάδα εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης 4 g/l υφάλμυρου νερού. Το ενεργειακό σύστημα αποτελείται από ένα Φ/Β πεδίο 4 kW και δυο Α/Γ. Το κέντρο ερευνών της Γερμανίας (GKSS) εγκατέστησε, δυο μονάδες αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης (RO)

που τροφοδοτούνται από μια Α/Γ 6 kW και μια Φ/Β γεννήτρια 2 kW, στο βόρειο τμήμα του Μεξικού αλλά και σε ένα μικρό νησί των Γερμανικών ακτών της Βόρειας Θάλασσας (Petersen et al., 1981).

Η χρήση της βιομάζας για αφαλάτωση δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική καθώς τα οργανικά υπολείμματα δεν είναι συνήθως διαθέσιμα σε άνυδρες περιοχές ενώ η παραγωγή τους απαιτεί πιο πολύ νερό από ότι η αφαλάτωση που θα προκύψει με την χρήση τους. Επίσης, η οικονομική απόδοση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν την βιομάζα ως μέσο για παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται και από την απόσταση του τόπου παραγωγής της βιομάζας από τον τόπο κατανάλωσης της. Γενικά, η οικονομικά αποδεκτή αξιοποίηση της βιομάζας είναι μια δύσκολη υπόθεση καθώς τα προβλήματα που εγείρονται είναι πάρα πολλά. Έχουν γίνει διάφορες έρευνες και μελέτες όπως η μελέτη για τη πόλη του Σαν Ντιέγκο στη Καλιφόρνια η οποία υπολόγιζε πως από τη καύση των σκουπιδιών της πόλης θα υπήρχε παραγωγή ατμού χαμηλού κόστους και χαμηλού μεν θερμικού περιεχομένου αρκετά όμως υψηλού για τη παραγωγή 120000 m³/ημέρα αφαλατωμένου νερού με κόστος 0.1 ευρώ/m³.

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αφαλάτωση με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και αποτελεί πολύ καλή λύση και για την Ελλάδα καθώς στα εδάφη της βρίσκονται πάρα πολλές πηγές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στον ελληνικό χώρο είναι η Μήλος, στα εδάφη της οποίας έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, είτε σε πειραματικό επίπεδο είτε πιο προχωρημένες.

Η γεωθερμική ενέργεια συνδέεται άμεσα με τις μονάδες αφαλάτωσης με τρεις διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με το τύπο της πηγής όπως αναφέρεται στην έρευνα των Bougouecha and Dhahbi (2003):

1. Εάν οι γεωθερμικές πηγές περιέχουν στη μεγαλύτερη τους αναλογία ατμό υπό πίεση, ο ατμός συμπυκνώνεται, παράγοντας κατευθείαν αφαλατωμένο συμπύκνωμα.

2. Όταν η πηγή εκλύει μίγμα νερού και ατμού τότε αρχικά εκτονώνεται κατάλληλα για τη παραγωγή από τη μία ατμού, που διοχετεύεται σε ατμοστρόβιλο και από την άλλη θερμής άλμης που τροφοδοτείται στον εξατμιστήρα της αφαλάτωσης.

3. Γεωθερμικά μίγματα όπου το υγρό βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη αναλογία από τον ατμό χρησιμοποιούνται σε εξατμιστήρες πολλαπλών βαθμίδων ή εκτονώσεων ανάλογα με την ενθαλπία της άλμης.

Μια άλλη μορφή ενέργειας από τους ωκεανούς είναι η κινητική ενέργεια από τα κύματα των παλιρροιακών φαινομένων και η εκμετάλλευση της για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα τροφοδοτήσει συστήματα αντίστροφης ώσμωσης όπως παρουσιάζεται στην μελέτη του Sharmila et al. (2003). Αυτή η ενέργεια είναι αποτέλεσμα της διαφοράς θερμοκρασίας των επιφανειακών στρωμάτων των ωκεανών (θερμότερα) με τα παρακάτω στρώματα (ψυχρότερα). Η διαφορά αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει κατάλληλους στροβίλους και να δώσει ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης τα θερμά ύδατα μπορούν να βράσουν σ' ένα θάλαμο υπό κενό και στη συνέχεια να συμπυκνωθούν εξαιτίας των κρύων υδάτων. Γενικά πάντως η εκμετάλλευση αυτής της μορφής ενέργειας είναι πολύ ακριβή γεγονός που αποτρέπει τη χρήση της στις διαδικασίες αφαλάτωσης.

Συνοψίζοντας, η ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται στην αφαλάτωση είναι ο ηλεκτρισμός και η θερμότητα. Για να επιλέξει κάποιος μια συγκεκριμένη μέθοδο πρέπει να λάβει υπόψη του:

- 1.** Την ποιότητα του νερού τροφοδοσίας (θαλασσινό, υφάλμυρο).
- 2.** Την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου νερού.
- 3.** Το κόστος επένδυσης.
- 4.** Τη διαθεσιμότητα χώρου.
- 5.** Τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις διαθέσιμες μορφές ενέργειας.
- 6.** Τη διαθεσιμότητα και την εμπειρία του προσωπικού.

Πίνακας 3.3: Σύγκριση μεθόδων αφαλάτωσης

Μέθοδος	Νερό τροφοδοσίας	Μορφή ενέργειας	Παραγωγή προϊόντος (m ³ /ημέρα)	Τύπος ενέργειας	Κατανάλωση ενέργειας	Κόστος εγκατάστασης (€/m ³ /ημέρα)
MSF	Θαλασσινό	Θερμική	1000 έως 60000	Θερμική - ηλεκτρική	290 kJ/kg 4 - 22 kWh/m ³	1000 έως 2000
MED	Θαλασσινό	Θερμική	500 έως 20000	Θερμική - ηλεκτρική	270 kJ/kg 2.5 - 17 kWh/m ³	850 ως 1750
VC	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	25 έως 2500	Ηλεκτρική	8 - 15 kWh/m ³	1000 έως 2350
SWRO	Θαλασσινό	Ηλεκτρική	0.4 έως 70000	Ηλεκτρική	< 5 kWh/m ³ ή > 3kWh/m ³ με ανάκτηση ενέργειας	650 έως 4400
BWRO	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	2.5 έως 50000	Ηλεκτρική	0.5 - 3 kWh/m ³	300 έως 2000
ED	Υφάλμυρο	Ηλεκτρική	15 έως 50000	Ηλεκτρική	1.5 - 4 kWh/m ³	1000 έως 5000

Εκτός από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, οι μονάδες που χρησιμοποιούν τεχνολογίες απόσταξης πολλαπλής φάσης (MSF), εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης (MED) και συμπίεσης του ατμού (VC) χρησιμοποιούν και θερμική ενέργεια για θέρμανση του νερού τροφοδοσίας. Εξαιτίας της χαμηλής απόδοσης της μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό, υπάρχει ένα υψηλό ενεργειακό πέναλτι αν η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του νερού τροφοδοσίας. Γενικά πάντως οι ανάγκες σε ενέργεια των μονάδων αφαλάτωσης είναι πάρα πολύ υψηλές, με ενδεικτικές τιμές 15 kWh/m³ για τις μονάδες συμπίεσης ατμού (VC) ή καταναλώσεις που μπορεί να ξεπερνούν τις 20 kWh/m³ για μονάδες απόσταξης πολλαπλής φάσης (MSF).

Αντίθετα, η ενεργειακή κατανάλωση στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, η οποία έχει γενικά επικρατήσει στην αφαλάτωση του υφάλμυρου αλλά και του θαλασσινού νερού λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους της, ανέρχεται περίπου στις 2.5 kWh/m³ σε μεγάλες μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού όπου χρησιμοποιούνται συστήματα ανάκτησης ενέργειας (energy recovery devices). Για τις μονάδες που δεν κάνουν χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι της τάξεως των 5 - 8 kWh/m³.

Μια παράμετρος εξίσου σημαντική με την ενέργεια είναι και το κόστος του νερού αφαλάτωσης. Οι Karagiannis and Soldatos (2007) ταξινόμησαν ένα μεγάλο αριθμό δημοσιεύσεων που σχετίζονταν με το μοναδιαίο κόστος του αφαλατωμένου νερού και η παρουσίαση τους φαίνεται παρακάτω:

1. Κόστος νερού αφαλάτωσης με βάση το είδος του νερού τροφοδοσίας

Σύμφωνα με το Κογκρέσο των ΗΠΑ (1988), για υφάλμυρο νερό, το μοναδιαίο κόστος αφαλάτωσης με τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης (RO) κυμαινόταν από 0.26 έως 0.35 €/m³, και για θαλασσινό νερό, το οποίο περιέχει δεκαπλάσιο αριθμό ρυπαντών, η αντίστροφη ώσμωση (RO) έχει μοναδιαίο κόστος που κυμαίνεται από 1.26 €/m³ έως 2.84 €/m³. Ωστόσο, άλλοι αναφέρουν ότι το τρέχον κόστος για υφάλμυρο νερό κυμαίνεται από 0.06 έως 0.07 €/m³ και για θαλασσινό νερό από 0.40 έως 0.56 €/m³, συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαιουχικών και λειτουργικών δαπανών. Η διακύμανση είναι εύλογη και αντικατοπτρίζει τις οικονομίες κλίμακας λόγω του μεγέθους των εγκαταστάσεων.

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση Τεχνολογίας Μεμβρανών (AMTA, 2003), για υφάλμυρο νερό το κόστος αφαλάτωσης κυμαίνεται μεταξύ 0.30 και 0.60 €/m³, και για θαλασσινό νερό ποικίλλει μεταξύ 0.60 και 1.60 €/m³.

Για την αφαλάτωση υφάλμυρου νερού κυρίως χρησιμοποιείται η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης (RO), η οποία είναι η πιο οικονομική. Ωστόσο, μερικές φορές χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι, όπως για παράδειγμα στη Κίμωλο όπου η μέθοδος εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης (MED) εκμεταλλεύεται τη γεωθερμική ενέργεια του νησιού για την παραγωγή 80 m³/ημέρα με κόστος 2.00 €/m³ (Tzen, 2006).

Τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) στο υφάλμυρο νερό επηρεάζουν το κόστος του παραγόμενου αφαλατωμένου νερού. Έτσι στην Ιορδανία για υφάλμυρο νερό συγκέντρωσης 2300 ppm το κόστος είναι 0.21 €/m³ ενώ στη Φλόριντα για υφάλμυρο νερό συγκέντρωσης 5000 ppm το κόστος είναι 0.22 €/m³ (Avlonitis, 2002).

Όταν χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το κόστος μπορεί να φθάσει τα 8.26 €/m³ (Tzen, 2006).

Ωστόσο, τα μεγάλα συστήματα αφαλάτωσης σε πολλές χώρες, όπως είναι η Κίνα ή άλλες στη Μέση Ανατολή, όπου η ημερήσια παραγωγή μπορεί να φτάσει ακόμη και 500000 m³ χρησιμοποιούν κυρίως μεθόδους θερμικής αφαλάτωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κόστος του γλυκού νερού που παράγεται κυμαίνεται μεταξύ 0.40 και 0.80 €/m³. Στα μεσαία συστήματα (12000 - 60000 m³/ημέρα) η διακύμανση του κόστους είναι μεταξύ 0.35 έως 1.30 €/m³. Στα μικρά συστήματα (έως 5000 m³/ημέρα) το κόστος αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού κυμαίνεται μεταξύ 0.56 με 3.15 €/m³.

2. Κόστος νερού αφαλάτωσης με βάση το τύπο της χρησιμοποιούμενης ενέργειας

Εύκολα μπορεί να γίνει κατανοητό ότι το κόστος νερού που παράγεται από τα συστήματα αφαλάτωσης με χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρισμός) είναι πολύ χαμηλότερο. Για τα συστήματα υφάλμυρου νερού με συμβατικές πηγές ενέργειας το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 0.21 και 1.06 €/m³, όταν χρησιμοποιούνται πολύ μικρές μονάδες. Ομοίως, μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού έχουν ένα κόστος που κυμαίνεται μεταξύ 0.35 και 2.7 €/m³. Για μονάδες με ημερήσια παραγωγή μικρότερη από 3 m³ το κόστος μπορεί να αυξηθεί περίπου σε 5.50 €/m³.

Στον αντίποδα οι Kaldellis et al. (2004) μελέτησαν το κόστος παραγωγής αφαλατωμένου νερού για τα απομακρυσμένα νησιά με τη χρήση ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή) και τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης (RO) και σύμφωνα με τα αποτελέσματα το μέγιστο κόστος παραγωγής νερού ήταν μικρότερο από 2.5 €/m³ για εγκαταστάσεις μεσαίας δυναμικότητας και όχι περισσότερο από 3.5 €/m³ σε πολύ μικρά συστήματα.

Για αυτόνομα αιολικά συστήματα που τροφοδοτούν μονάδες αφαλάτωσης το κόστος του γλυκού νερού που παράγεται μπορεί να είναι τόσο χαμηλό όσο 1 €/m³ (Voivontas et al., 2003), αλλά μπορεί να φθάσει και τα 5 €/m³ (Tzen, 2006). Ωστόσο, για μια μονάδα με Α/Γ και ένα σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) με χωρητικότητα 52500 m³/ημέρα, το κόστος μπορεί να είναι χαμηλότερο από 1 €/m³ (Manoli et al., 2004). Όταν οι ανεμογεννήτριες συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος ποικίλλει μεταξύ 1.40 και 2.18 €/m³ για τα συστήματα με χαμηλή χωρητικότητα περίπου 1000 m³/ημέρα (Kershman et al., 2005, Voivontas et al., 2001, Zejli et al.,

2004). Οι Kershman et al. (2005) παρουσίασαν μια περίπτωση με ένα αιολικό σύστημα τροφοδοτούμενο με πετρελαιοκινητήρα και το τοπικό δίκτυο όπου κατά μέσο όρο το κόστος αφαλάτωσης ήταν 2.31 €/m^3 .

Όταν χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μονάδες αφαλάτωσης, το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 3.14 και 10.32 €/m^3 (Tzen, 2006, Mohamed and Papadakis, 2004, Voivontas et al., 2001). Οι Fiorenza et al. (2003) ισχυρίζονται ότι το κόστος παραγωγής νερού, για ένα Φ/Β σύστημα με μια μονάδα αντίστροφης ώσμωσης (RO) χωρητικότητα $5000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, είναι 1.6 €/m^3 , παρόμοιο με αυτό ενός ηλιακού θερμικού συστήματος με μια μονάδα εξάτμισης πολλαπλής επίδρασης (MEE) και περίπου 2.5 φορές υψηλότερο από αυτό ενός συμβατικού συστήματος. Για μια μικρή μονάδα των $300 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, που χρησιμοποιεί ταυτόχρονα αιολική και συμβατική ηλεκτρική ενέργεια, οι Kershman et al. (2005) εκτιμούν ότι το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 1.89 και 2.76 €/m^3 και όταν το ενεργειακό σύστημα χρησιμοποιεί συγχρόνως μια γεννήτρια ντίζελ το κόστος είναι 2.23 €/m^3 .

3. Κόστος νερού αφαλάτωσης για τις διάφορες μεθόδους αφαλάτωσης

Το κόστος αφαλατωμένου νερού μονάδων αντίστροφης ώσμωσης (RO) εκτιμάται μεταξύ 0.44 και 2 €/m^3 για εγκαταστάσεις χωρητικότητας $1000 - 100000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, ενώ όσο αφορά μονάδες απόσταξης πολλαπλής φάσης (MSF) κυμαίνεται μεταξύ 0.56 έως 2 €/m^3 για εγκαταστάσεις χωρητικότητας $10000 - 100000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ (Turek and Dydo, 2003).

Οι Fiorenza et al. (2003) υποστηρίζουν ότι η μέση τυπική χωρητικότητα και το αντίστοιχο κόστος για τεχνολογίες αφαλάτωσης στον κόσμο ήταν: α) απόσταξη πολλαπλής φάσης (MSF) $25.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και 0.88 €/m^3 , β) εξάτμιση πολλαπλής επίδρασης (MED) $10.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και 0.64 €/m^3 , γ) συμπύεση του ατμού (VC) $3000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ και 0.56 €/m^3 και δ) αντίστροφη ώσμωση (RO) $6000 \text{ m}^3/\text{d}$ και 0.56 €/m^3 .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΟΝΟΥΣΑΣ

4. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΟΝΟΥΣΑΣ

4.1 Γεωγραφικά - μορφολογικά - κλιματικά στοιχεία - φυσικό περιβάλλον

Γεωγραφικά στοιχεία

Η Δονούσα ανήκει στις Μικρές Κυκλάδες, βρίσκεται ανατολικά της Νάξου και βόρεια της Αμοργού (που μαζί αποτελούν τα ακραία ανατολικά νησιά των Κυκλάδων). Απέχει 24 ν. μίλια από το λιμάνι της Νάξου και 127 από το λιμάνι του Πειραιά.

Μορφολογικά στοιχεία

Η έκτασή της είναι 13.4 km². Έχει σχήμα ακανόνιστο και μήκος ακτών 34.7 km. Εμφανίζει χαρακτήρα ημιορεινού νησιού με κύριες μορφολογικές εξάρσεις τα υψώματα Βάρδια (385μ) και Πάπας (383μ) στα κεντρικά - ανατολικά. Μορφολογικά το ανάγλυφο του νησιού μπορεί να χωρισθεί σε δύο τμήματα: το δυτικό που είναι σχετικά ομαλό και βρίσκεται το μοναδικό λιμάνι του νησιού και στο ανατολικό που είναι έντονο. Οι ακτές του νησιού είναι κρημνώδεις και βραχώδεις με μεγάλες κλίσεις. Το υπέδαφος είναι πλούσιο σε μεταλλεύματα και πετρώματα και μέχρι το 1950 λειτουργούσαν ορυχεία σιδήρου, χαλκού και αλουμινίου.

Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της είναι θαλάσσιο Μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από το χαμηλό θερμομετρικό εύρος, τον ήπιο χειμώνα και το παρατεταμένο ξηρό και δροσερό καλοκαίρι. Το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι περιορισμένο και από τα χαμηλότερα της Ελλάδας (περίπου 310mm). Οι Κυκλάδες, γενικότερα, χαρακτηρίζονται από τον μεγαλύτερο αριθμό αίθριων ημερών κατά την διάρκεια του έτους, και οι μικρές Κυκλάδες από τον μεγαλύτερο. Άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της περιοχής είναι ότι είναι ανεμόπληκτη, με ετήσιους ισχυρούς έως σφοδρούς ανέμους (συνήθως Ιούνιο - Σεπτέμβρη) κυρίως βόρειας διεύθυνσης, αλλά και με ξαφνικούς, μικρής διάρκειας, που

φτάνουν την δύναμη ισχυρής θύελλας. Η θέση της (βορειοανατολικό σημείο των Κυκλάδων) ευνοεί την ένταση αυτών των φαινομένων και για αυτό είναι γνωστή σαν το ανεμοδαρμένο νησί.

Φυσικό περιβάλλον

Η Δονούσα έχει χαρακτηριστεί από την επιστημονική κοινότητα ως μικρό νησί με ποικιλία μεσογειακών οικοσυστημάτων και καταγράφεται στην κατηγορία βιότοπος CORINE με κωδικό A00060029. Αποτελεί πολύ σημαντική περιοχή για μεταναστευτικά πουλιά, ενδημικά είδη και θαλάσσια ζωή. Στα δάση - φυσικές περιοχές της Δονούσας περιλαμβάνονται εκτάσεις με θάμνους, χορτολίβαδα, ποολίβαδα και σκληρόφυλλη βλάστηση. Στις αγροτικές περιοχές περιλαμβάνονται ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις και αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Δασικής Υπηρεσίας πάνω από το μισό της αγροτικής έκτασης έχει εγκαταλειφθεί.

4.2 Υποδομές

Μεταφορές

Το οδικό δίκτυο του νησιού χαρακτηρίζεται φτωχό. Η κύρια ασφαλτοστρωμένη οδός που υφίσταται στο νησί είναι η οδός που ενώνει τους οικισμούς του νησιού. Δεν υπάρχουν μέσα μαζικής μεταφοράς δεδομένου ότι οι μετακινήσεις του μόνιμου πληθυσμού δεν υποστηρίζουν τέτοια λειτουργία. Εξυπηρετούνται με Ι.Χ. αυτοκίνητα και το καλοκαίρι οι επισκέπτες του νησιού εξυπηρετούνται από δύο ιδιωτικά μέσα και μια βάρκα. Ελάχιστοι επισκέπτες έρχονται με αυτοκίνητο και κάποιοι με μηχανές. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει πρατήριο βενζίνης στο νησί και οι κάτοικοι που διαθέτουν οχήματα προμηθεύονται με δοχεία καύσιμα από το Κουφονήσι. Η ακτοπλοϊκή σύνδεση εξυπηρετείται από το λιμάνι στον Σταυρό με δρομολόγια των πλοίων από το λιμάνι του Πειραιά, της Σύρου και της Αμοργού. Υπάρχει ένα διεθνών προδιαγραφών ελικοδρόμιο,

στον οικισμό του Σταυρού, κοντά στο λιμάνι το οποίο λειτουργεί σε 24ωρη βάση για την αερομεταφορά έκτακτων περιστατικών.

Υδρευση - υδροδότηση

Στον οικισμό Δονούσα (Σταυρός) υπάρχουν δύο γεωτρήσεις από τις οποίες με αγωγό γεμίζει μικρή δεξαμενή όπου τροφοδοτούνται επτά βρύσες πόσιμου νερού διάσπαρτες στον οικισμό. Το δίκτυο που καλύπτει τις κατοικίες του οικισμού, τροφοδοτείται από μεγάλη δεξαμενή (1200 m³), η οποία γεμίζει με αγωγό από υδροφόρο πλοίο το οποίο μεταφέρει νερό από το Λαύριο Αττικής, συχνότερα το καλοκαίρι και 5 - 6 φορές το υπόλοιπο έτος.

Στον οικισμό Μερσίνη υπάρχει πηγή με τρεχούμενο νερό, σε απόσταση περίπου 200 μέτρα νότια του οικισμού και σε υψόμετρο 120 μέτρων, με σημαντική παροχή κατά τους χειμερινούς μήνες μετά από βροχοπτώσεις. Απ' αυτό το νερό γεμίζει δεξαμενή και με πιεστικό μηχανισμό και επιφανειακό σωλήνα στέλνεται σε δεξαμενή πάνω από τον οικισμό και από εκεί με φυσική ροή στις αυλές των σπιτιών.

Στον οικισμό Μεσαριά υπάρχει γεώτρηση βάθους 200 m και δεξαμενή 100 m³ με δίκτυο διανομής.

Στην Καλοταρίτιστα υπάρχει δεξαμενή που γεμίζει με βρόχινο νερό και η υδροληψία γίνεται με δοχεία. Τα τελευταία δυο χρόνια μεταφέρεται νερό με βυτίο (φορτωμένο σε καϊκι) από Κουφονήσι και Νάξο, ώστε να καλυφθούν εν μέρει κάποιες ανάγκες. Έχει προταθεί από την τοπική αυτοδιοίκηση να επεκταθεί το δίκτυο της Μεσαριάς ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες και αυτού του οικισμού.

Τέλος, αναμένεται να ολοκληρωθούν οι εργασίες εγκατάστασης μονάδας αφαλάτωσης δυναμικότητας 150 m³/ημέρα στον οικισμό Σταυρό.

Άρδευση

Στην Δονούσα δεν υπάρχει καμιά δημοτική υδροληψία που να διατίθεται για γεωργική χρήση. Όλα τα πηγάδια είναι ιδιωτικά και σύμφωνα με αναφορές των κατοίκων το νερό είναι υφάλμυρο. Στον Σταυρό αναπτύσσονται αρκετοί φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες με στάθμες που κυμαίνονται από - 1.8 m έως - 8.00 m. Στην Μεσαριά αναπτύσσεται μικρής δυναμικότητας υδροφορία. Από την πηγή που βρίσκεται στο Μερσίни ποτίζεται μικρή καλλιεργημένη έκταση με κηπευτικά και οπωροφόρα με αυτοσχέδιο αρδευτικό σύστημα (χωμάτινα αυλάκια) των γεωργών. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού φεύγει στην θάλασσα. Δεν έχει επιχειρηθεί μέχρι στιγμής αξιοποίηση της πηγής επειδή η ποσότητα του νερού το καλοκαίρι είναι μικρή ενώ το χειμώνα που η παροχή είναι σημαντικά μεγαλύτερη δεν υπάρχουν ανάγκες ύδρευσης - άρδευσης (σε γεωλογική - υδρογεωλογική μελέτη του 2000 προτάθηκε η υδρομάστευση της πηγής κατά τους χειμερινούς μήνες). Κλείνοντας οφείλουμε να αναφέρουμε ότι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες μέτριας έως μεγάλης δυναμικότητας αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού μέσα στα μάρμαρα. Βασικό όμως πρόβλημα εκμετάλλευσής τους αποτελεί η άμεση επικοινωνία με την θάλασσα με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση.

Τηλεπικοινωνίες

Υπάρχει υπέργειο (υπόγειο στον Σταυρό) δίκτυο του Ο.Τ.Ε. που φτάνει σε όλους τους οικισμούς. Στον οικισμό Σταυρό υπάρχουν άμεσες συνδέσεις (γύρω στις 100). Στους λοιπούς οικισμούς εφαρμόζεται σύνδεση μέσω τηλεφωνικών κέντρων - κεραιών (συνδέσεις με ειδικές διατάξεις). Η κινητή τηλεφωνία εξυπηρετείται από όλα τα δίκτυα χωρίς να υπάρχει κανενός εγκατεστημένη κεραία στο νησί.

Ηλεκτρική Ενέργεια

Στην Δονούσα υπάρχει εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, εγκατεστημένης ισχύος $\cong 500$ kW, με καύσιμο diesel. Δίκτυο ηλεκτροφωτισμού υπάρχει σε όλους τους οικισμούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε θέση κοντά στο Μερσίни υπάρχει ιδιωτική

κατοικία ενεργειακά αυτόνομη (με μικρή ανεμογεννήτρια και ηλιακά κάτοπτρα). Γενικά το νησί διαθέτει συγκριτικά πλεονεκτήματα στον τομέα των ΑΠΕ λόγω κλιματικών συνθηκών. Μέχρι σήμερα το δυναμικό του είναι αναξιοποίητο. Οι τουριστικές εγκαταστάσεις δεν αξιοποιούν τη σύγχρονη τεχνολογία για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Αποχέτευση - απορρίμματα

Οι περισσότερες κατοικίες και εγκαταστάσεις έχουν βόθρους που κατασκευάστηκαν ως στεγανοί. Έχει δρομολογηθεί από την ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε έργο τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων και διάθεσης αποκλειστικά για τις ανάγκες του οικισμού Σταυρός (η επαναδιάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων έχει προβλεφθεί να γίνεται σε έκταση 70 στρεμμάτων με αυτοφυή βλάστηση). Για τους λοιπούς οικισμούς δεν υπάρχει κάποιος σχεδιασμός. Στο ΒΔ τμήμα του νησιού υπάρχει χώρος απόθεσης απορριμμάτων. Η συλλογή γίνεται με απορριμματοφόρο που περνά το καλοκαίρι κάθε μέρα στον Σταυρό και δύο φορές την εβδομάδα στους άλλους οικισμούς. Τον χειμώνα δύο φορές την εβδομάδα στον Σταυρό και μία στους άλλους.

4.3 Οικονομική δραστηριότητα

Η Δονούσα είναι νησί της Περιφερειακής Ενότητας Νάξου και αποτελεί Δημοτική Ενότητα του Δήμου Νάξου & Μικρών Κυκλάδων. Αποτελείται από ένα Δημοτικό Διαμέρισμα που σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ περιλαμβάνει:

1. Τη νήσο Δονούσα με τους τέσσερις οικισμούς Δονούσα(Σταυρός), Καλοταρίτισσα, Μερσίνη και Χαραυγή (Μεσαριά).
2. Τις νησίδες Αγία Παρασκευή, Μαχαίρες, Σκυλονήσι και Στρογγυλή που δεν έχουν σήμερα μόνιμο πληθυσμό.

Ο μόνιμος πληθυσμός της σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 167 κατοίκους και οι οποίοι δραστηριοποιούνται στους παραγωγικούς τομείς που φαίνεται παρακάτω.

Πρωτογενής τομέας

Συνδυάζοντας τα στοιχεία του ΟΠΕΚΕΠΕ με τα στοιχεία που περιέχονται στην ετήσια γεωργική έρευνα του Τμήματος Αγροτικής Οικονομίας Νάξου και της Δασικής Υπηρεσίας διαπιστώνεται ότι ο πρωτογενής τομέας τις δύο τελευταίες δεκαετίες διαδραματίζει μεν σημαντικό ρόλο στην οικονομία της Δονούσας δεν εξασκείται όμως επαγγελματικά. Αποσκοπεί αποκλειστικά στην αυτοκατανάλωση ή στην περιορισμένη τοπική κατανάλωση (π.χ. υπάρχει μόνο ένας επαγγελματίας ελαιοπαραγωγός). Στα περισσότερα σπίτια υπάρχει έκταση με κηπευτικά και λίγα οπωροφόρα που καλύπτουν τις ανάγκες της οικογένειας και μερικές φορές διατίθενται και στα εστιατόρια που διαθέτουν οι ίδιοι οι παραγωγοί. Η κτηνοτροφία στο νησί είναι περιορισμένη, παρόλο ότι υπάρχει διαθέσιμη έκταση κατάλληλης αυτοφυούς βλάστησης. Δεν εκτρέφονται βοοειδή και πρόβατα (ούτε και στο παρελθόν) παρά μόνον αίγες. Όλα τα παραγόμενα προϊόντα (κρέας, ξινομυζήθρα και σκληρό τυρί) διατίθενται αποκλειστικά στο νησί και στους εποχιακούς επισκέπτες. Η μελισσοκομία εξασκείται ερασιτεχνικά (από αναφορές περίπου 100 ευρωπαϊκές κυψέλες από 3 - 4 μελισσοκόμους) παρόλο που υπάρχει διαθέσιμη έκταση με πλούσια αυτοφυή βλάστηση (κυρίως θυμάρι - ρείκι). Στην Δονούσα απασχολούνται 2 ψαράδες ενεργά με δύο μικρά αλιευτικά σκάφη και επιπλέον έχουν δοθεί άδειες για πέντε ερασιτεχνικά αλιευτικά σκάφη τα οποία εξασκούν συστηματική αλιεία και συμμετέχουν σχεδόν όλοι οι άντρες του νησιού. Τα αλιεύματα διατίθενται στην τοπική αγορά ή για αυτοκατανάλωση.

Τριτογενής τομέας

Το εξαιρετικό φυσικό τοπίο της Δονούσας, το χαρακτηριστικό οικιστικό περιβάλλον των οικισμών, οι παραλίες στον Σταυρό και στην Καλοταρίτισσα αλλά και το πλήθος των μικρών σε όλη σχεδόν την περίμετρο του νησιού, το πολιτισμικό περιβάλλον και κυρίως ο ήρεμος ρυθμός ζωής είναι τα ισχυρά στοιχεία που ευνοούν την προσέλκυση των επισκεπτών.

Σήμερα λειτουργούν 12 επιχειρήσεις που συνολικά διαθέτουν 480 κλίνες που καταγράφονται ως ενοικιαζόμενα δωμάτια. Τα καταλύματα αυτά έχουν δομηθεί έτσι ώστε να πλησιάζουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική του νησιού. Στην εστίαση καταγράφονται 10 επιχειρήσεις στις οποίες προσφέρεται φαγητό, καφές και ποτό.

Η τουριστική δραστηριότητα ανήκει στους Δονουσιώτες. Η αιχμή της τουριστικής περιόδου εντοπίζεται τον Αύγουστο όπου οι περισσότεροι επισκέπτες είναι κυρίως Έλληνες και Ευρωπαίοι αλλοδαποί. Οι Δονουσιώτες που παραθερίζουν στο νησί έχουν σχεδόν όλοι δικές τους κατοικίες όπου φιλοξενούν συγγενείς και φίλους. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια σημαντική επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου, δηλαδή ξεκινά από τον Μάη και αυξάνεται σταδιακά έως τον Σεπτέμβριο. Στις αρχές και στο τέλος της θερινής περιόδου οι επισκέπτες είναι Γερμανοί φυσιοδίφες, περιπατητές και έρχονται ή μεμονωμένα ή σε μικρές ομάδες. Επιπλέον η Δονούσα σε αντίθεση με τις άλλες μικρές Κυκλάδες, έχει γίνει ο παράδεισος για τους φανατικούς του ελεύθερου camping. Σε δύο πανέμορφες παραλίες, που βρίσκονται ανατολικά της πρωτεύουσας, συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής κίνησης του νησιού, που υπολογίζεται σε 600 - 800 άτομα ημερησίως κατά την τουριστική περίοδο (Ιούλιος - 20 Αυγούστου). Συνολικά ο αριθμός των τουριστών που διαμένουν στο νησί στην αιχμή της τουριστικής περιόδου κυμαίνεται γύρω στις 2500 σύμφωνα με τα στοιχεία της τοπικής κοινότητας. Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει τη διακύμανση του πληθυσμού σε μηνιαία βάση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Πίνακας 4.1: Μηνιαία διακύμανση του πληθυσμού

Μήνας	Πληθυσμός
Ιανουάριος	180
Φεβρουάριος	180
Μάρτιος	180
Απρίλιος	180
Μάιος	500
Ιούνιος	900
Ιούλιος	2500
Αύγουστος	2500

Σεπτέμβριος	600
Οκτώβριος	180
Νοέμβριος	180
Δεκέμβριος	180

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες ανάπτυξης στο νησί και σε αυτό αποσκοπεί και η μελέτη μας που επιδιώκει να εξετάσει εάν δύναται ένα υβριδικό έργο (ΥΒΕ) να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ενέργεια αλλά και να καλύψει τις ανάγκες ύδρευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Τεχνική περιγραφή του έργου

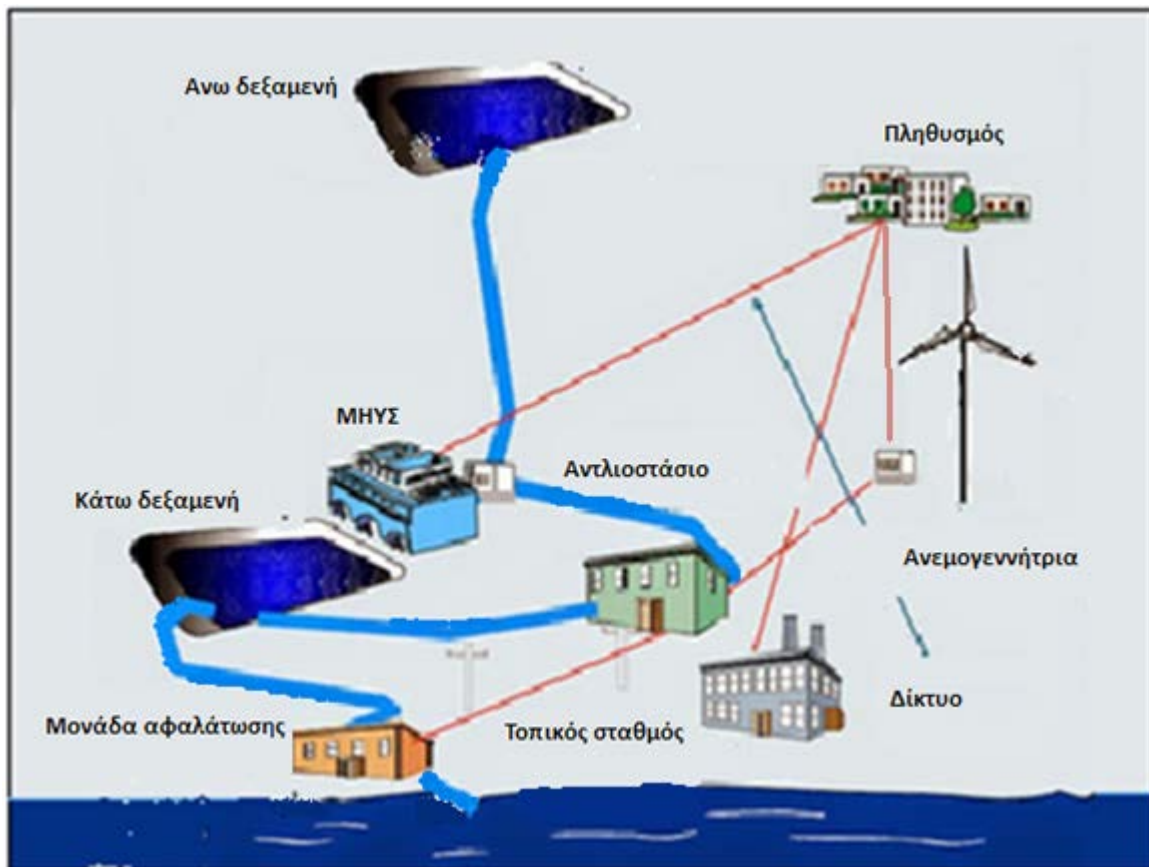
Με δεδομένο ότι η μεταφορά νερού αλλά και η παραγωγή ενέργειας από το τοπικό σταθμό παραγωγής diesel έχει πολύ υψηλό κόστος, στα πλαίσια αυτής της εργασίας εξετάζουμε τη λειτουργία ενός υβριδικού αιολικού - υδροηλεκτρικού έργου, στο οποίο μια ανεμογεννήτρια (Α/Γ) **900 kW** θα ηλεκτροδοτεί μια μονάδα αφαλάτωσης και ένα αντλητικό σταθμό **300 kW** προκειμένου είτε το νερό που παράγεται (πόσιμο νερό) είτε θαλασσινό νερό να αντλείται από μια κάτω δεξαμενή για να γεμίζει μια άνω δεξαμενή. Στη συνέχεια από τη δεξαμενή το νερό θα τροφοδοτεί ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο **500 kW**, το οποίο με τη σειρά του θα καλύπτει τις ανάγκες της ζήτησης στο δίκτυο.



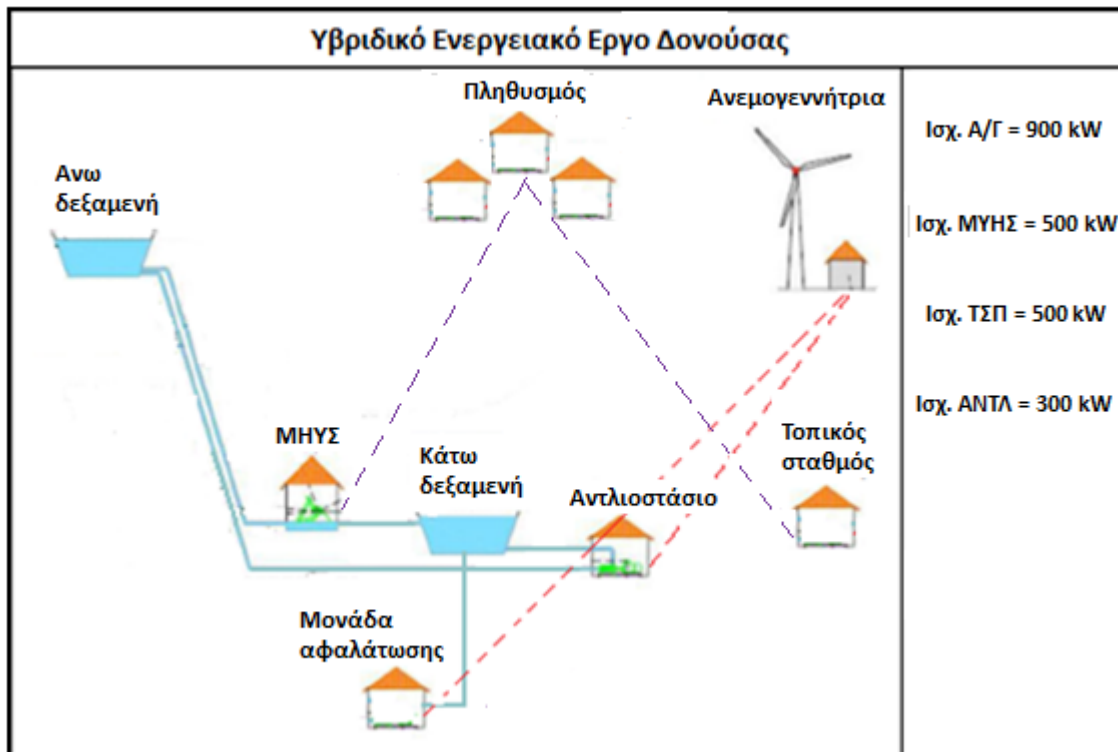
Σχήμα 5.1: Χάρτης της Δονούσας

Στο χάρτη που προηγήθηκε μπορούμε να διακρίνουμε τους επιμέρους οικισμούς που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στο μοβ κύκλο διακρίνεται ο μεγαλύτερος οικισμός του νησιού όπου θα κατασκευαστεί και το τεχνικό έργο.

Στα σχήματα που ακολουθούν βλέπουμε την παρουσίαση του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Δονούσας, έτσι όπως αυτό προκύπτει από το σχεδιασμό μας.



Σχήμα 5.2: Σχηματική παρουσίαση ΥΒΕ



Σχήμα 5.3: Εσωτερική διαμόρφωση του ΥΒΕ συμπεριλαμβανομένου του τοπικού σταθμού diesel

Ο τρόπος λειτουργίας του ΥΒΕ παρουσιάζεται παρακάτω αναλυτικά μέσα από τη δημιουργία τεσσάρων σεναρίων στη συνέχεια του κεφαλαίου.

5.2 Εκτίμηση της ζήτησης για ύδρευση - άρδευση - ηλεκτρική ενέργεια

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια εκτίμηση των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης καθώς και του προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις πληροφορίες της τοπικής κοινότητας αλλά και δεδομένων που στηρίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία και σε έρευνες των ελληνικών αρχών (ΕΛΣΤΑΤ, ΟΠΕΚΕΠΕ κ.λπ.).

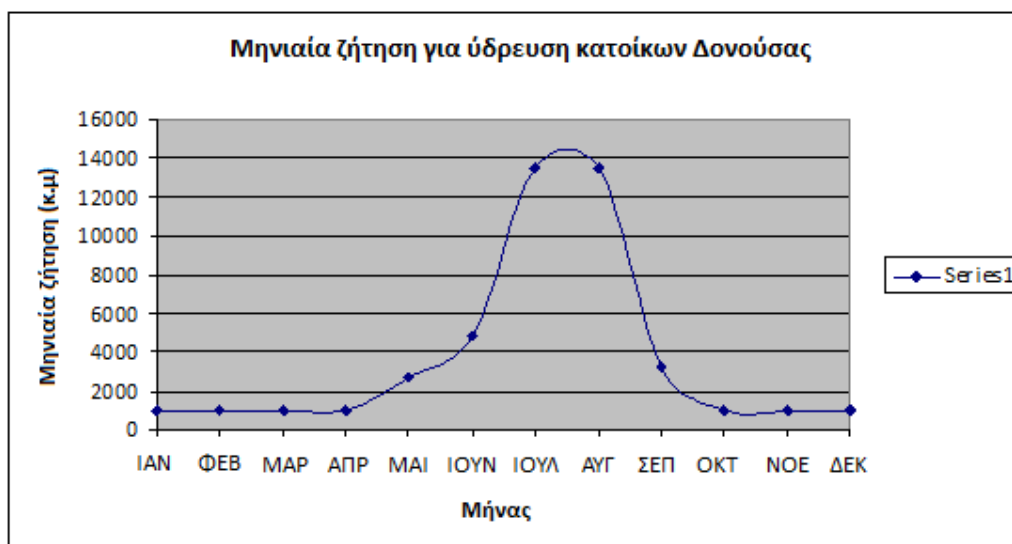
Ύδρευση

Οι ανάγκες για ύδρευση - υδροδότηση των κατοίκων της Δονούσας σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση προσδιορίστηκαν με έμμεσο τρόπο, δηλαδή από τον αριθμό των κατοίκων και τη μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ($0.18 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$), και τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.1: Ανάγκες ύδρευσης σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση

Μήνας	Πληθυσμός	Ημερήσια ζήτηση (m ³)	Μηνιαία ζήτηση (m ³)
Ιανουάριος	180	32,4	972
Φεβρουάριος	180	32,4	972
Μάρτιος	180	32,4	972
Απρίλιος	180	32,4	972
Μάιος	500	90	2700
Ιούνιος	900	162	4860
Ιούλιος	2500	450	13500
Αύγουστος	2500	450	13500
Σεπτέμβριος	600	108	3240
Οκτώβριος	180	32,4	972
Νοέμβριος	180	32,4	972
Δεκέμβριος	180	32,4	972
Συνολική ετήσια ζήτηση (m³)			44604

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η διακύμανση της ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους. Όπως είναι εύλογο κατά τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα Ιούλιο - Αύγουστο όπου η τουριστική κίνηση είναι στην αιχμή της παρουσιάζονται οι μέγιστες ανάγκες. Με βάσει αυτές θα γίνει και ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση στη συνέχεια.



Σχήμα 5.4: Μηνιαία ζήτηση για ύδρευση κατοίκων Δονούσας

Άρδευση

Οι χρήσεις γης έτσι όπως καταγράφηκαν από τη Ελληνική Στατιστική Αρχή κατά την περίοδο 1999 - 2000 για τη Δονούσα φαίνονται στο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.2: Χρήσεις γης Δονούσας - Κυκλάδων - Περιφέρειας (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

	Σύνολο εκτάσεων (στρ.)	Καλλιεργούμενες αγροανάπαυσης (στρ.)	Βοσκότοποι (στρ.)	Δάση (στρ.)	Εκτάσεις με νερά (στρ.)	Εκτάσεις οικισμών (στρ.)	Άλλες εκτάσεις (στρ.)
Δονούσα	13800	900	1900	7400	0	100	3500
Κυκλάδες	2599400	836100	789005	690004	3000	33007	246700
Περιφέρεια	5316500	1602000	1309900	1890900	16100	86000	411600

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε την έκταση που καταλαμβάνει κάθε καλλιέργεια στο νησί της Δονούσας.

Πίνακας 5.3: Έκταση ανά καλλιέργεια (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Περιγραφή	Έκταση (στρ.)
Σιτηρά	150
Αμπέλια	25
Ζωοτροφές	5
Κηπευτικά	70
Παραδοσιακοί ελαιώνες	15
Σύνολο	265

Ο παραπάνω πίνακας προέρχεται από δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ που έχουν αναθεωρηθεί από πληροφορίες των ντόπιων.

Οι αρδευτικές ανάγκες ($m^3/στρ/μήμα$) ανά κατηγορία καλλιεργειών φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί και ο οποίος αποτελεί προσαρμογή της Υπουργικής απόφασης που δημοσιεύθηκε στις 2 Ιουνίου 1989 στη εφημερίδα της κυβέρνησης (ΦΕΚ, Β 428). Κατά τους φθινοπωρινούς (Οκτώβριο - Νοέμβριο) και χειμερινούς (Δεκέμβριο - Ιανουάριο - Φεβρουάριο) μήνες θεωρήσαμε μηδενικές αρδευτικές ανάγκες αφού η καλλιεργητική περίοδος εκτείνεται από Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο.

Πίνακας 5.4: Αρδευτικές ανάγκες ανά καλλιέργεια

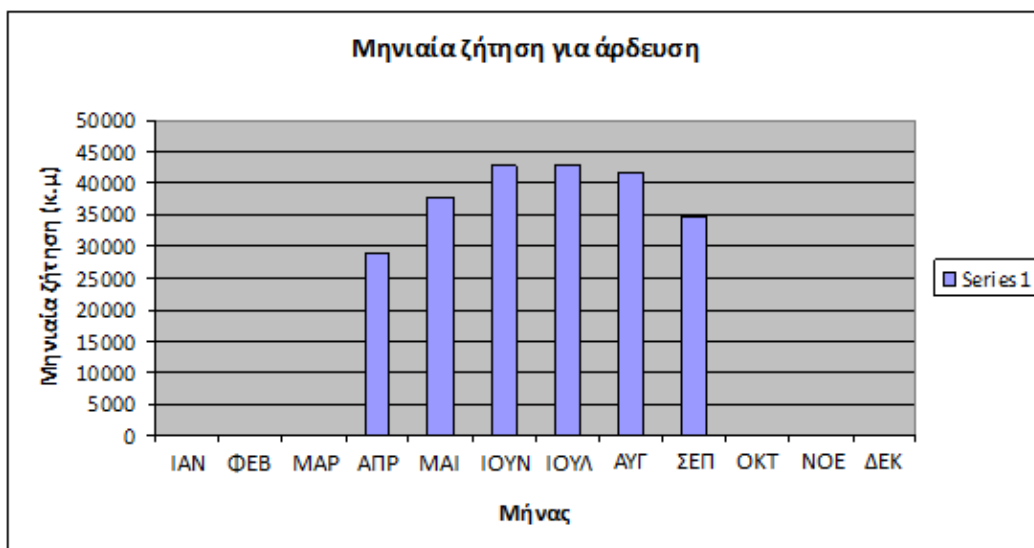
Αρδευτικές ανάγκες (m ³ /στρ/μήνα)					
Μήνας	Κηπευτικά	Ελαιώνες	Σιτηρά	Αμπέλια	Ζωοτροφές
ΙΑΝ	0	0	0	0	0
ΦΕΒ	0	0	0	0	0
ΜΑΡ	0	0	0	0	0
ΑΠΡ	100	85	120	85	135
ΜΑΙ	125	105	160	105	175
ΙΟΥΝ	145	120	180	120	195
ΙΟΥΛ	145	120	180	120	195
ΑΥΓ	140	115	175	115	190
ΣΕΠ	110	95	150	95	160
ΟΚΤ	0	0	0	0	0
ΝΟΕ	0	0	0	0	0
ΔΕΚ	0	0	0	0	0

Οι ανάγκες για άρδευση σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση προσδιορίστηκαν με έμμεσο τρόπο, δηλαδή από την έκταση κάθε καλλιέργειας και τις αρδευτικές της απαιτήσεις. Στο πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα.

Πίνακας 5.5: Ανάγκες άρδευσης σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση

Μήνας	Ημερήσια ζήτηση (m ³)	Μηνιαία ζήτηση (m ³)
Ιανουάριος	0	0
Φεβρουάριος	0	0
Μάρτιος	0	0
Απρίλιος	969	29075
Μάιος	1261	37825
Ιούνιος	1431	42925
Ιούλιος	1431	42925
Αύγουστος	1387	41600
Σεπτέμβριος	1160	34800
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	0	0
Δεκέμβριος	0	0
Συνολική ετήσια ζήτηση (m³)		229150

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διακύμανση της ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους.



Σχήμα 5.5: Μηνιαία ζήτηση για άρδευση

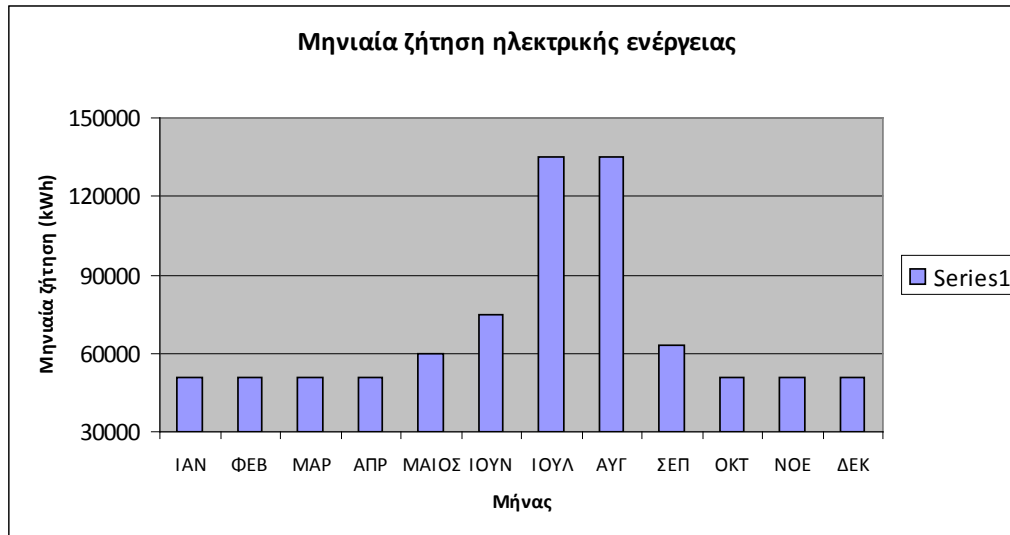
Ηλεκτρική ενέργεια

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση προσδιορίστηκε σύμφωνα με τα στοιχεία που μας δόθηκαν από τον υπεύθυνο της ΔΕΗ και τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.6: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση

Μήνας	Ημερήσια ζήτηση (kWh)	Μηνιαία ζήτηση (kWh)
Ιανουάριος	1700	51000
Φεβρουάριος	1700	51000
Μάρτιος	1700	51000
Απρίλιος	1700	51000
Μάιος	2000	60000
Ιούνιος	2500	75000
Ιούλιος	4500	135000
Αύγουστος	4500	135000
Σεπτέμβριος	2100	63000
Οκτώβριος	1700	51000
Νοέμβριος	1700	51000
Δεκέμβριος	1700	51000
Συνολική ετήσια ζήτηση (kWh)		825000

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η διακύμανση της ζήτησης κατά τη διάρκεια ενός έτους. Όπως είναι εύλογο κατά τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα Ιούλιο - Αύγουστο όπου η τουριστική κίνηση είναι στην αιχμή της παρουσιάζονται οι μέγιστες ανάγκες.

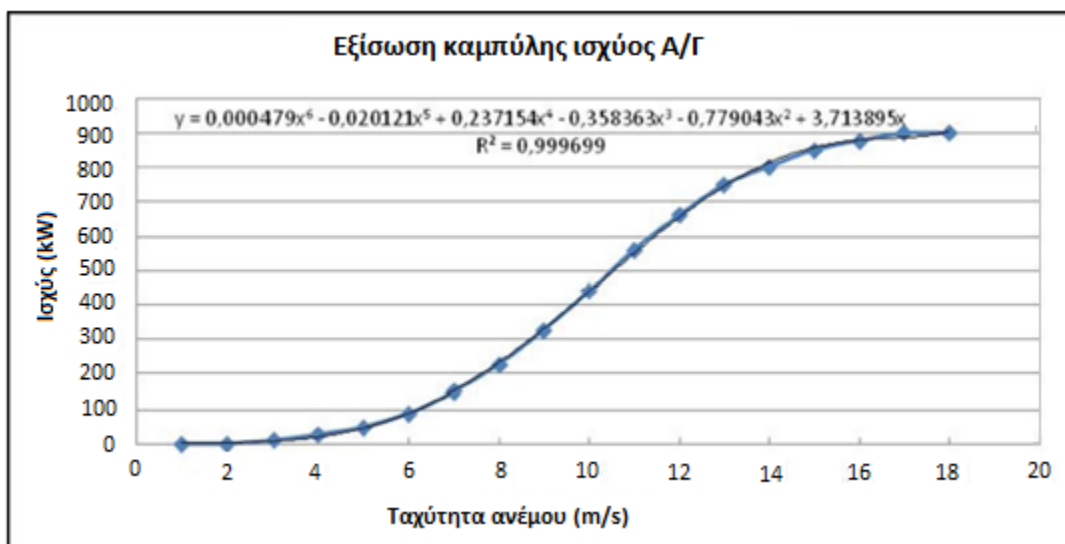


Σχήμα 5.6: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

5.3 Μετατροπή των ανεμολογικών δεδομένων σε ηλεκτρική ενέργεια

Οι ταχύτητες του ανέμου που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την προσομοίωση προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), είναι σε ημερήσια βάση και αφορούν μετρήσεις σε γειτονικά νησιά (Νάξος, Πάρος, Μύκονος, Ικάρια κ.α.) την περίοδο 1990 - 2012 ως επί το πλείστον. Αρχικά πρέπει να γίνει μετατροπή της μονάδας μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου που χρησιμοποιεί η ΕΜΥ, δηλαδή από knots σε m/s. Στη συνέχεια από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ο πίνακας ταχυτήτων.

Προκειμένου να υπολογιστεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ χρησιμοποιείται η καμπύλη ισχύος. Συγκεκριμένα, στην προσπάθεια να εκτιμηθεί μια ικανοποιητική εξίσωση που να δίνει τη τιμή της ισχύος σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου, στο κυρτό τμήμα της καμπύλης ισχύος προσαρμόστηκε μια πολυωνυμική εξίσωση 6^{ου} βαθμού, όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 5.7: Εξίσωση του κυρτού τμήματος της καμπύλης ισχύος της Α/Γ Emercon E44 - 900 kW

Συνεπώς, η σχέση που δίνει την ισχύ P (kW) της ανεμογεννήτριας του Υβριδικού έργου (ΥΒΕ) είναι:

$$P = \begin{cases} 0, & u \leq 2 \\ 0.000479 * u^6 - 0.020121 * u^5 + 0.237154 * u^4 - 0.358363 * u^3 - 0.779043 * u^2 + 3.713895 * u, & 2 < u < 17 \\ 900, & u \geq 17 \end{cases}$$

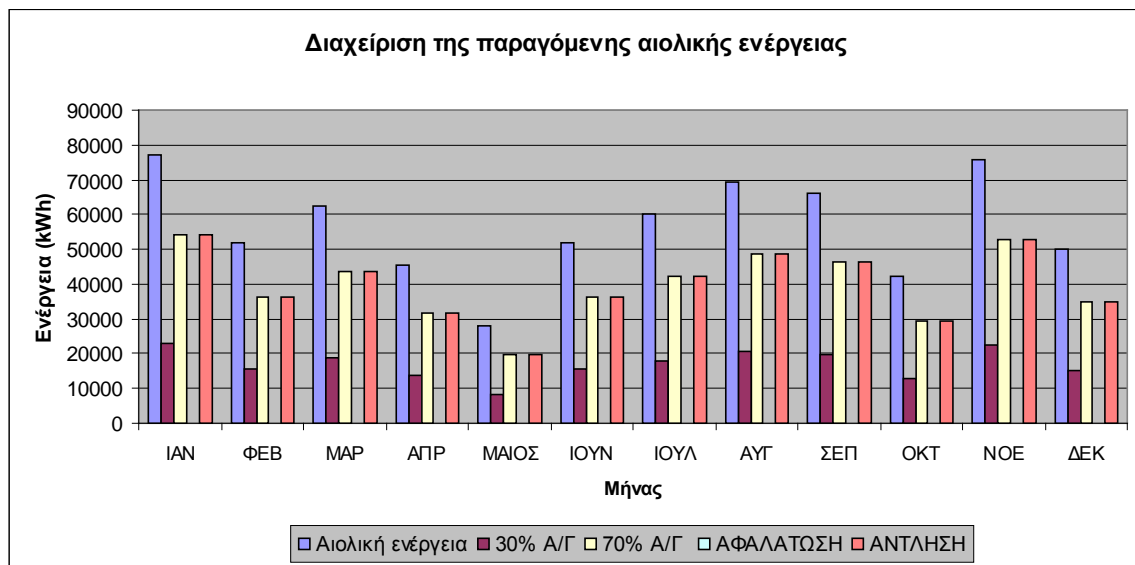
όπου u (m/s) η ταχύτητα του ανέμου. Στη συνέχεια η ισχύς που προσδιορίζεται πολλαπλασιάζεται με το χρόνο και έτσι βρίσκουμε την ημερήσια παραγωγή ενέργειας. Αυτή την ενέργεια έχουμε να διαχειριστούμε και να αποφασίσουμε πώς θα την μοιράσουμε μεταξύ της μονάδας αφαλάτωσης και του αντλιοστασίου με σκοπό να αυξήσουμε τα οφέλη από τη λειτουργία του Υβριδικού έργου.

5.4 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης

Με σκοπό τον έλεγχο της απόκρισης του υβριδικού συστήματος και του βαθμού αξιοπιστίας του ως προς την απαιτούμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και ύδρευσης, μελετήθηκαν διάφορα σενάρια λειτουργίας.

Αρχικά, το **πρώτο σενάριο** που εξετάστηκε αφορούσε στην κάλυψη αποκλειστικά της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και για την υλοποίηση του ακολουθήθηκαν οι παρακάτω παραδοχές.

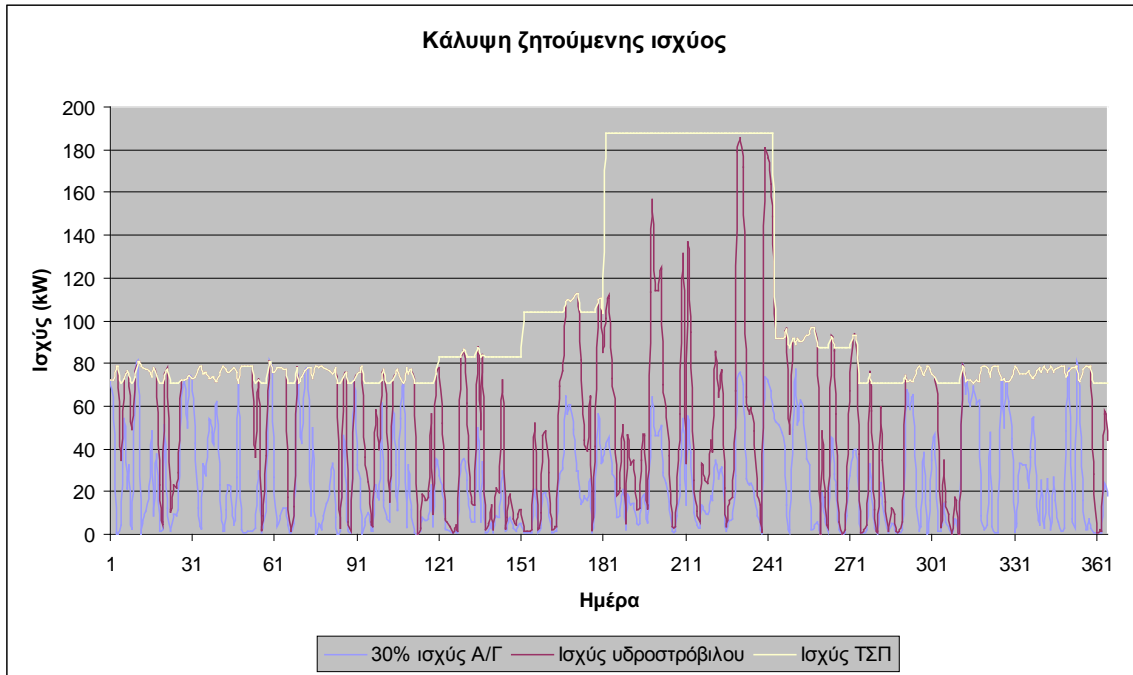
1. Το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο
2. Το υπόλοιπο 70% διατίθεται για την άντληση θαλασσινού νερού ($H_{\text{man}}=40\text{m}$), το οποίο ελευθερώνεται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
3. Δεν θέτω σε λειτουργία τον τοπικό σταθμό παραγωγής diesel, όταν μπορώ να καλύψω τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση στο δίκτυο του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη ενέργεια από το ΜΥΗΣ



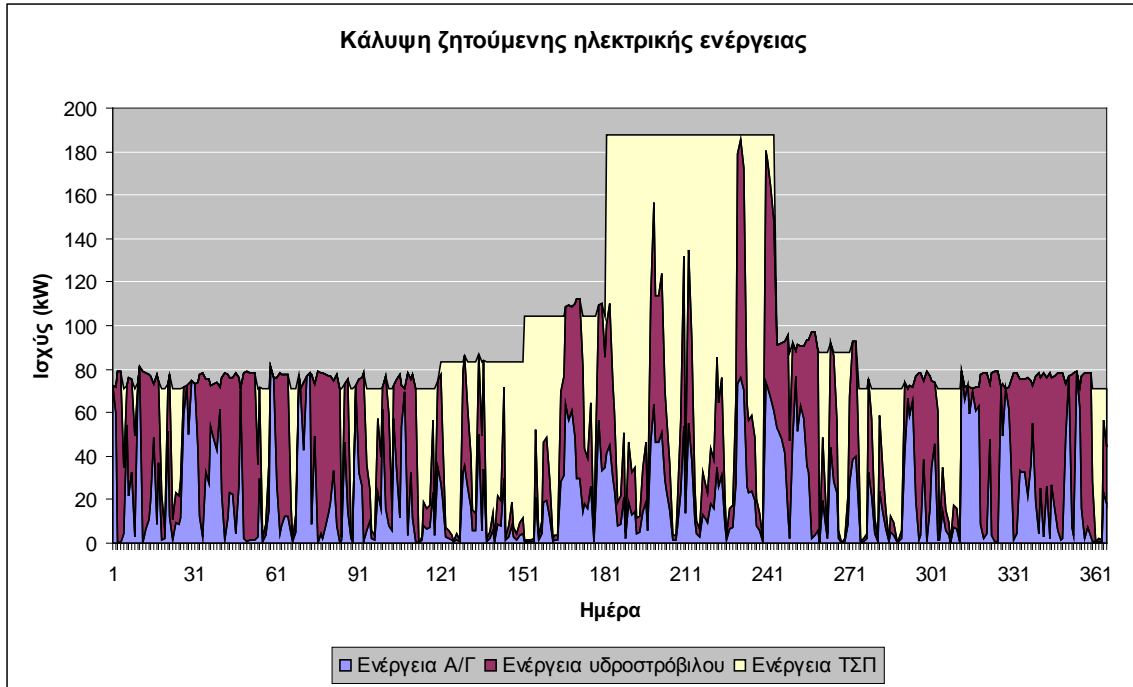
Σχήμα 5.8: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο

δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.

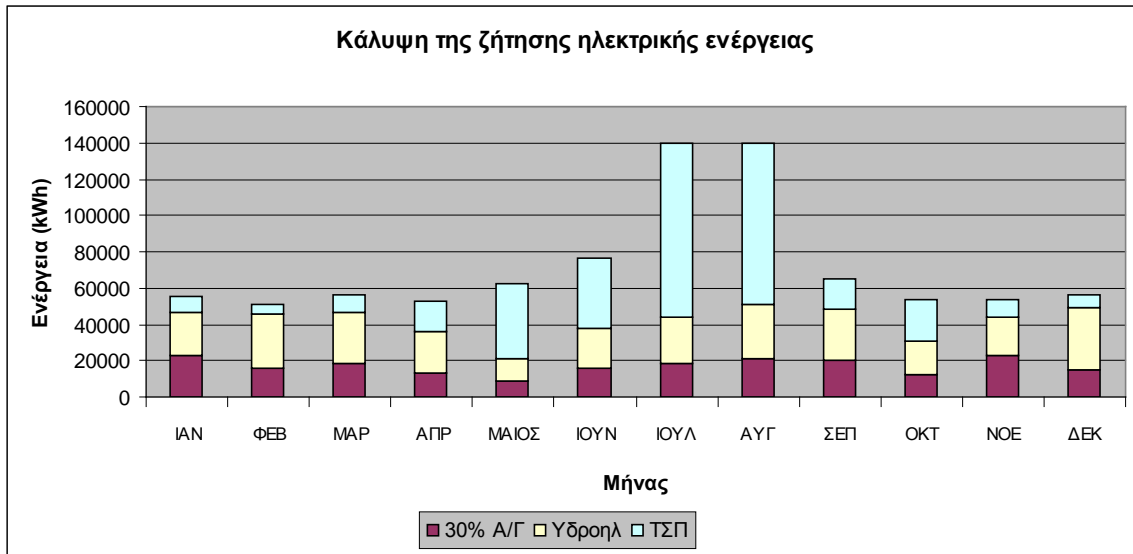


Σχήμα 5.9: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ισχύος



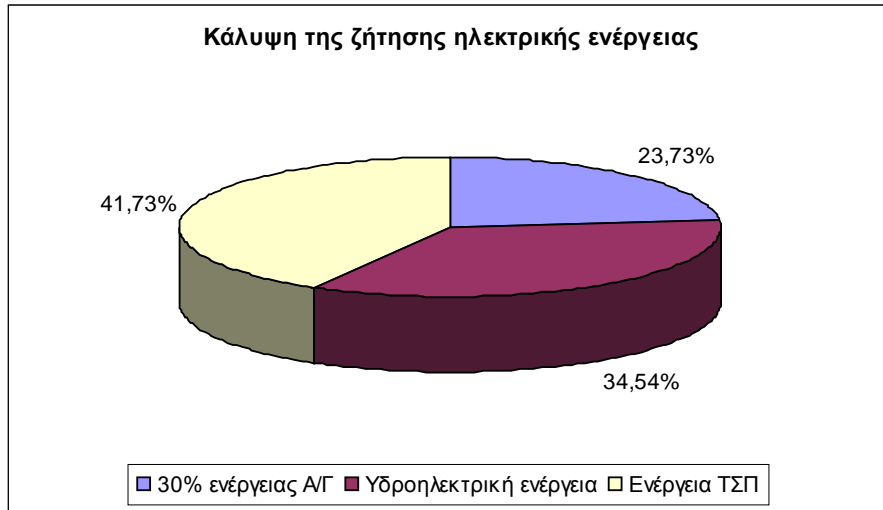
Σχήμα 5.10: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Το επόμενο διάγραμμα δείχνει πως γίνεται η κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση.



Σχήμα 5.11: Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση

Το επόμενο διάγραμμα μας δείχνει πόσο περιορίστηκε η χρήση του ΤΣΠ, η μείωση του οποίου προσεγγίζει το 60% καθώς και τη συμμετοχή κάθε μιας από τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



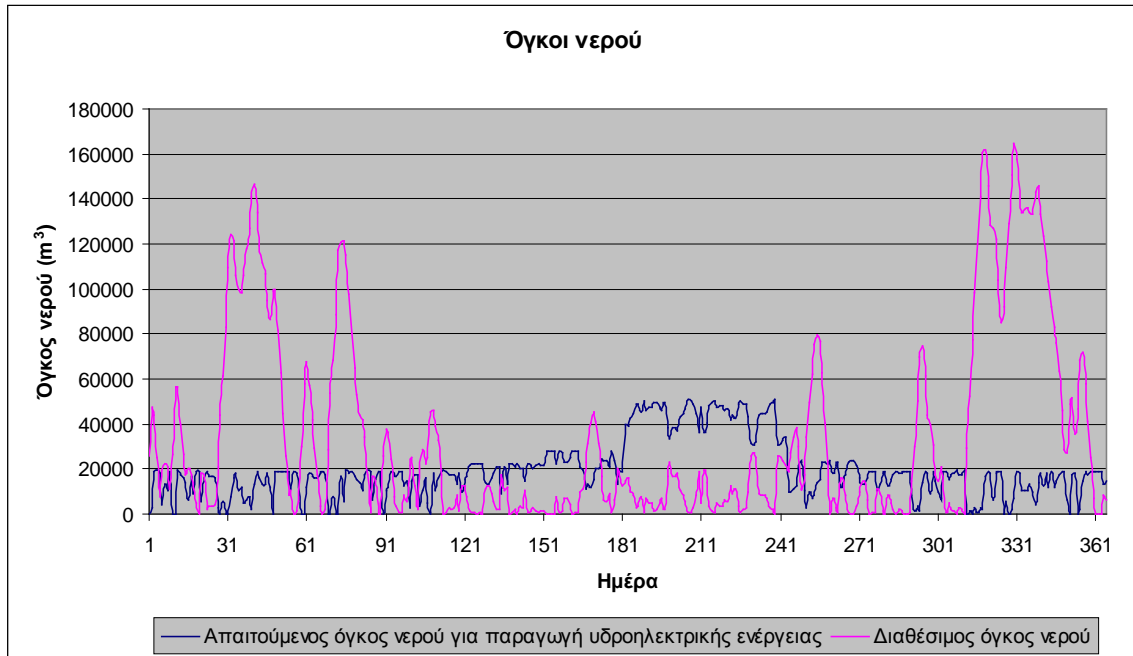
Σχήμα 5.12: Ποσοστό συμβολής στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση

Το επόμενο διάγραμμα δείχνει τι διακινδύνευση εάν δεν υπήρχε ο ΤΣΠ, δηλαδή τον αριθμό των ημερών (190 από τις 365) που η Α/Γ μαζί τον ΜΥΗΣ δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 5.13: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια σε ετήσια βάση

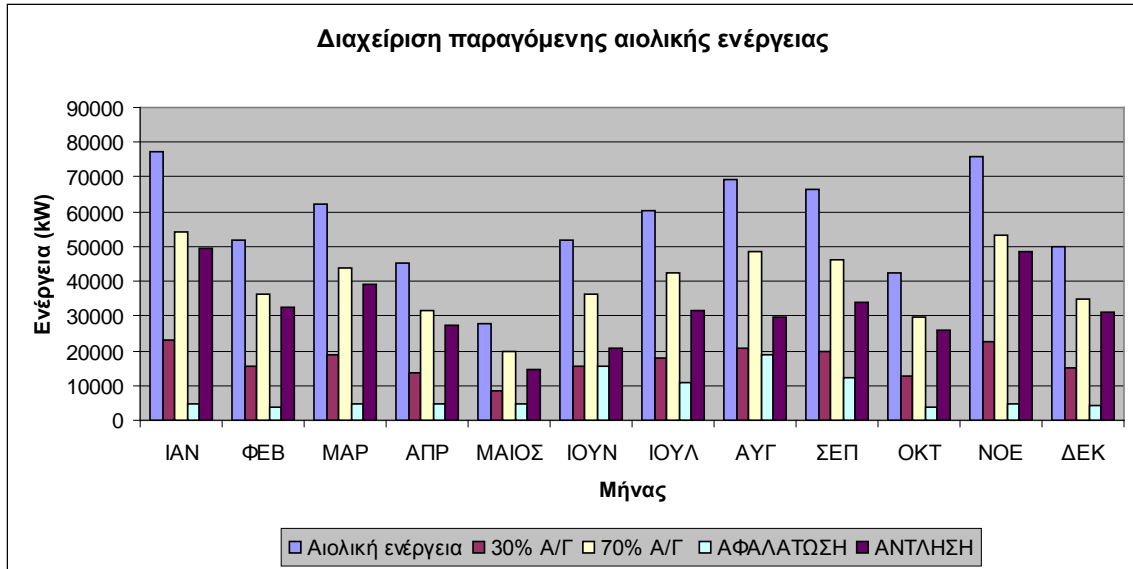
Το τελευταίο διάγραμμα για το πρώτο σενάριο δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με το διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που υπολείπονταν ήταν αυτές που ετίθεντο σε λειτουργία ο τοπικός σταθμός παραγωγής.



Σχήμα 5.14: Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας

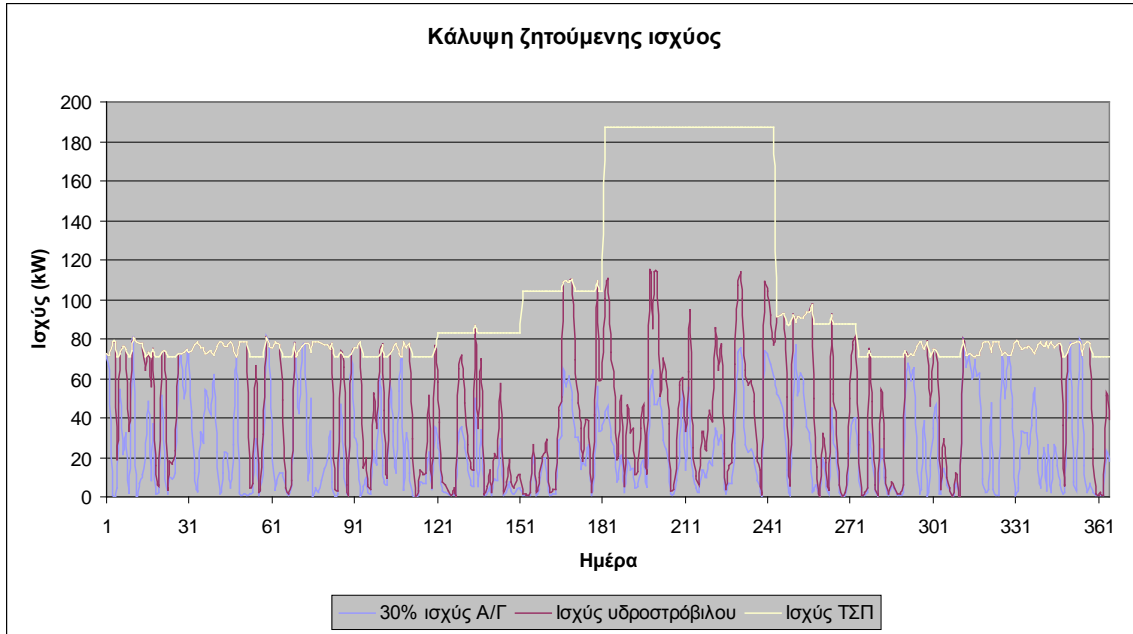
Το **δεύτερο σενάριο** που εξετάστηκε αφορούσε στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και ενός μέρος των αναγκών για ύδρευση και για την υλοποίηση του ακολουθήθηκαν οι παρακάτω παραδοχές.

1. Το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο
2. Το υπόλοιπο 70% διατίθεται για την άντληση θαλασσινού νερού ($H_{\text{man}}=40\text{m}$), το οποίο ελευθερώνεται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και για αφαλάτωση και άντληση του παραγόμενου γλυκού νερού ($H_{\text{man}}=40\text{m}$), το οποίο ελευθερώνεται για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης
3. Δεν θέτω σε λειτουργία τον τοπικό σταθμό παραγωγής diesel, όταν μπορώ να καλύψω τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση στο δίκτυο του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη ενέργεια από το ΜΥΗΣ

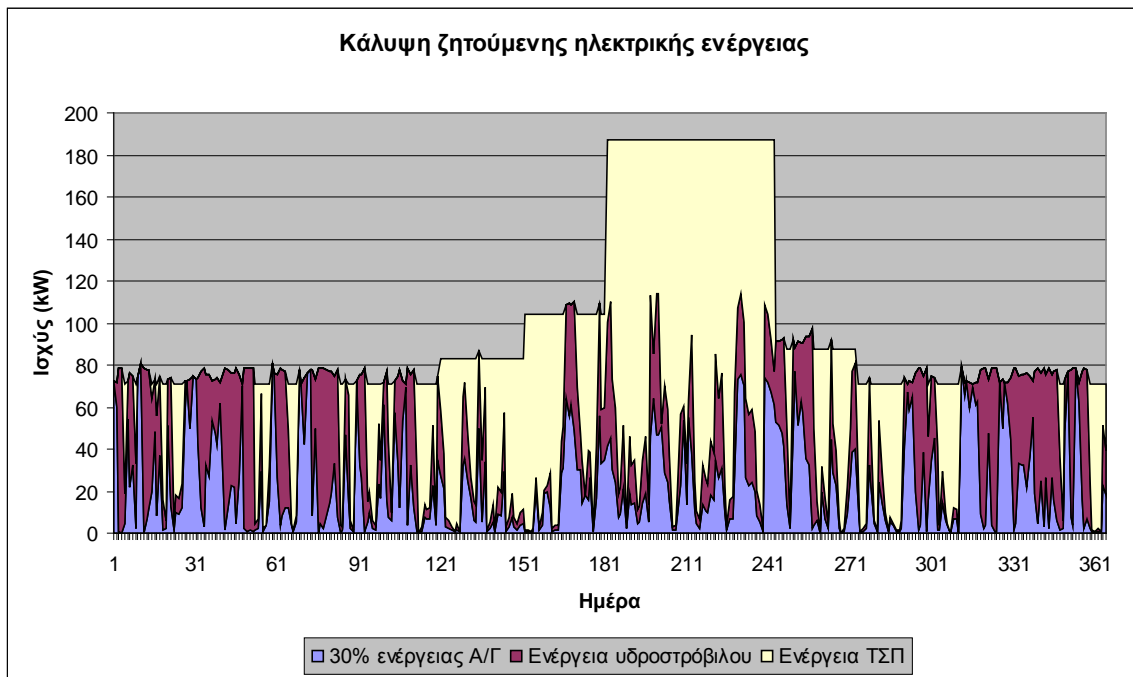


Σχήμα 5.15: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.

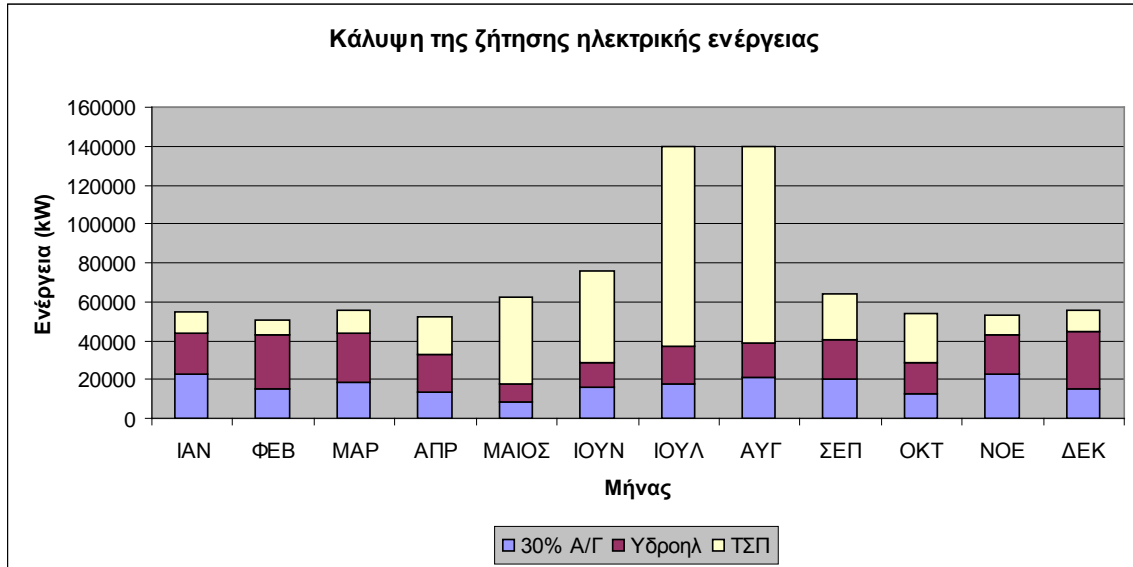


Σχήμα 5.16: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ισχύος



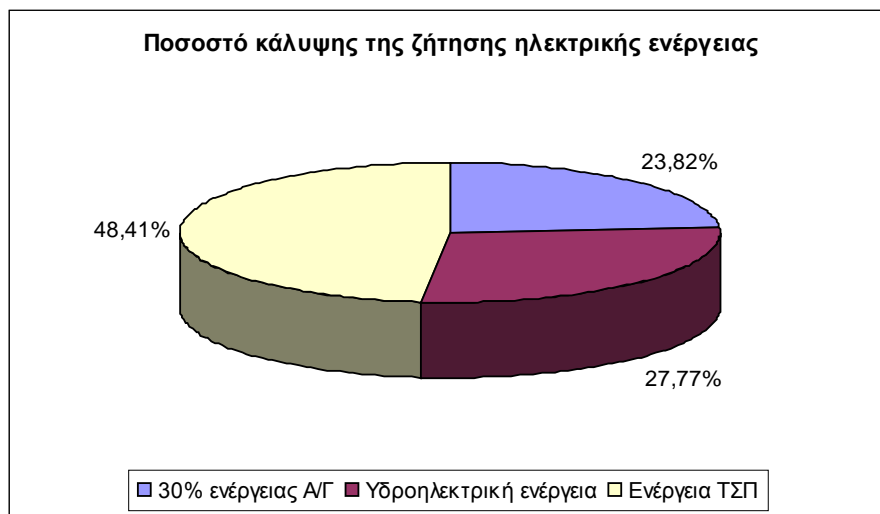
Σχήμα 5.17: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Το επόμενο διάγραμμα δείχνει πως γίνεται η κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση.



Σχήμα 5.18: Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση

Το επόμενο διάγραμμα μας δείχνει πόσο περιορίστηκε η χρήση του ΤΣΠ, η μείωση του οποίου προσεγγίζει το 52% και τη συμβολή κάθε μιας από τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



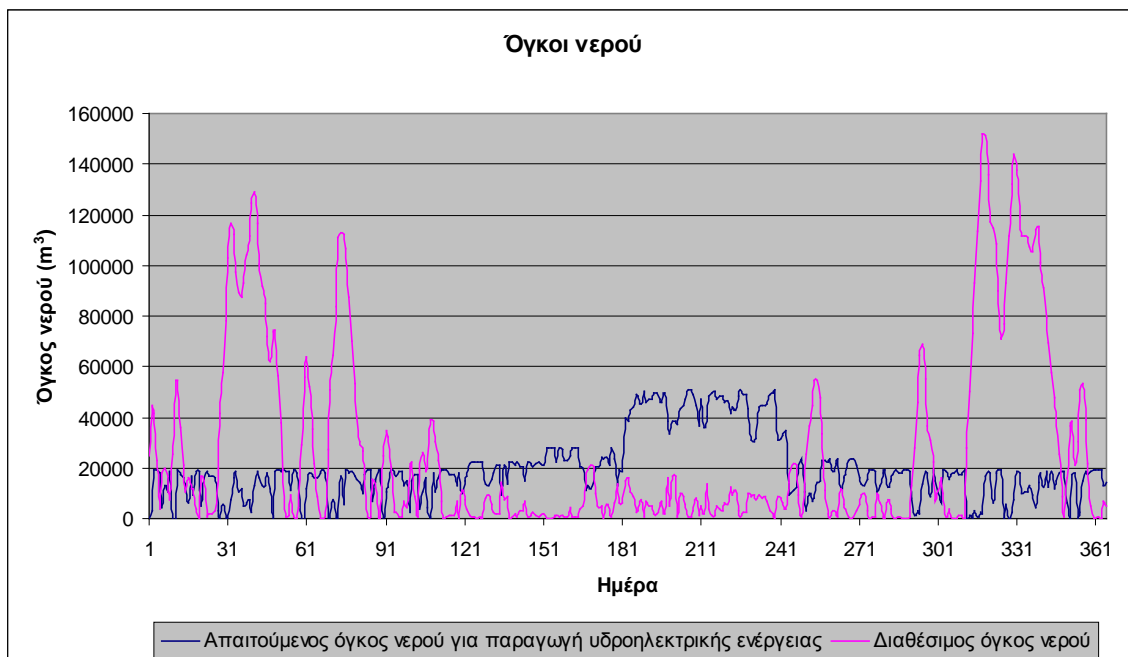
Σχήμα 5.19: Ποσοστό συμβολής στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση

Το επόμενο διάγραμμα δείχνει τη διακινδύνευση εάν δεν υπήρχε ο ΤΣΠ, δηλαδή τον αριθμό των ημερών (210 από τις 365) που η Α/Γ μαζί τον ΜΥΗΣ δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



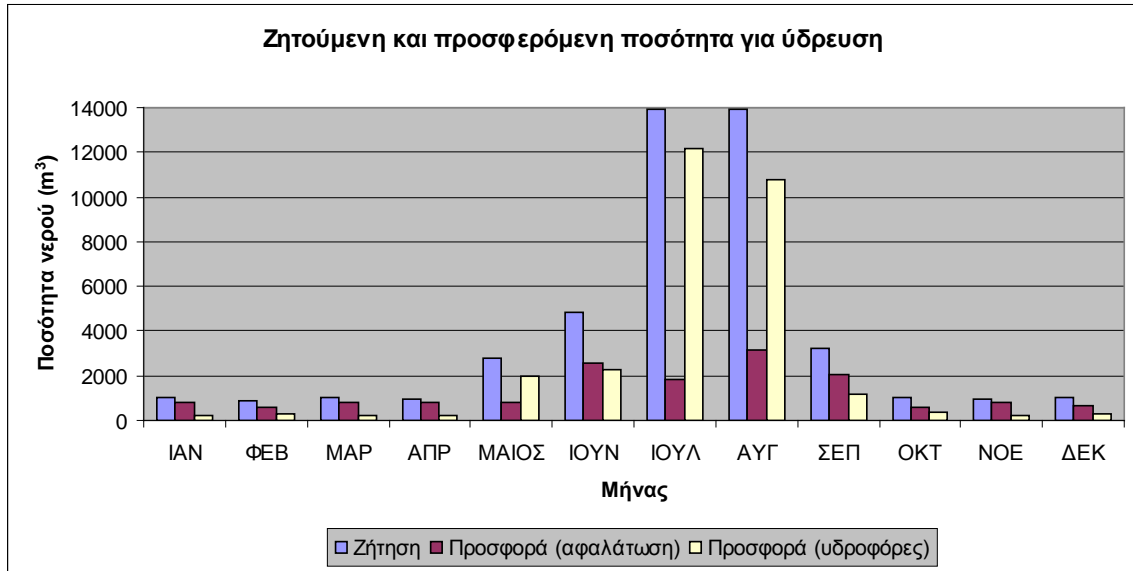
Σχήμα 5.20: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια σε ετήσια βάση

Το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με το διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που υπολείπονταν ήταν αυτές που ετίθεντο σε λειτουργία ο τοπικός σταθμός παραγωγής.



Σχήμα 5.21: Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας

Το ακόλουθο διάγραμμα μας δείχνει τη ζήτηση για ύδρευση σε σχέση με τη προσφερόμενη ποσότητα.



Σχήμα 5.22: Ζητούμενη και προσφερόμενη ποσότητα για ύδρευση σε μηνιαία βάση

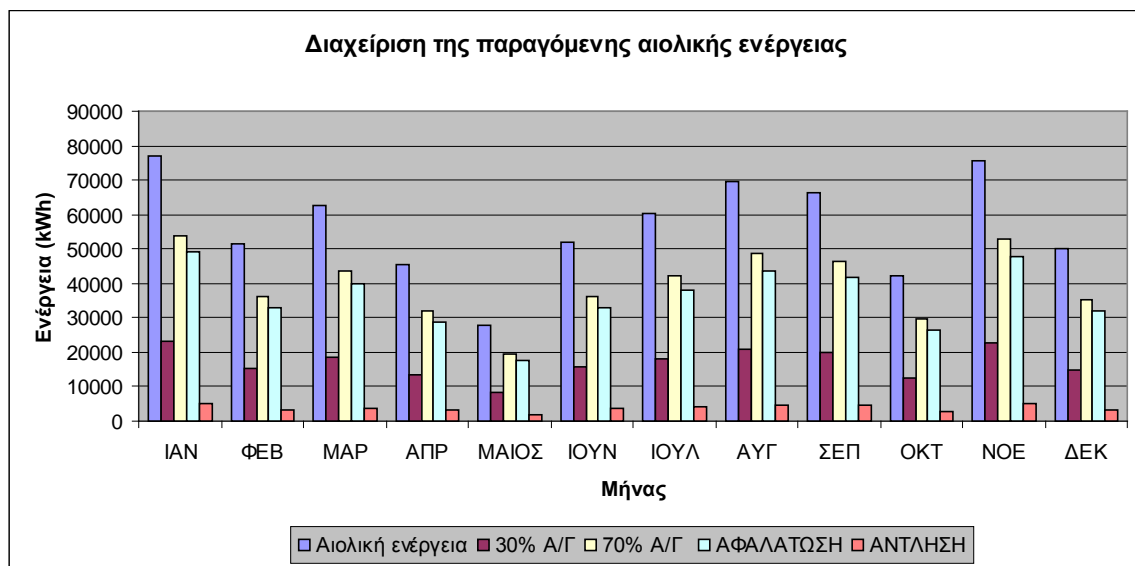
Το τελευταίο διάγραμμα του δεύτερου σεναρίου δείχνει την διακινδύνευση εάν δεν μεταφέρονταν νερό με πλοία - υδροφόρες, δηλαδή των αριθμό των ημερών (155 από τις 365) που το αφαλατωμένο νερό δεν μπορεί να κάλυψη τις ανάγκες για ύδρευση.



Σχήμα 5.23: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση σε ετήσια βάση

Το **τρίτο σενάριο** που εξετάστηκε αφορούσε στην πλήρη κάλυψη των αναγκών για ύδρευση και ενός μέρος της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια και για την υλοποίηση του ακολουθήθηκαν οι παρακάτω παραδοχές.

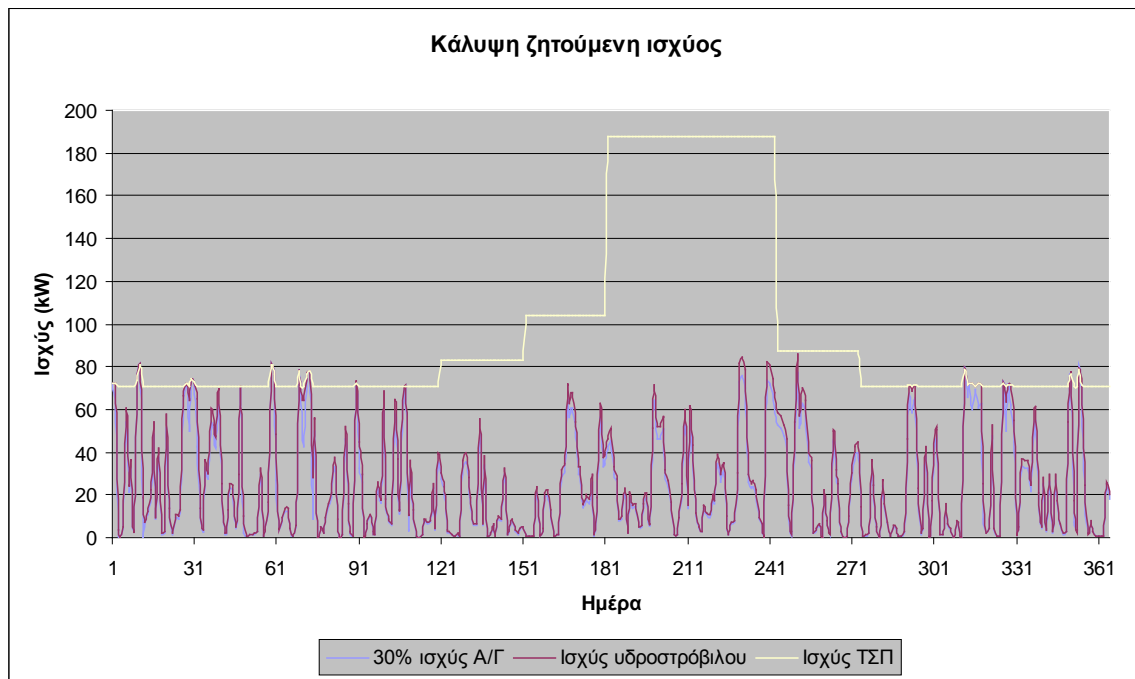
1. Το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο
2. Το υπόλοιπο 70% διατίθεται για την άντληση θαλασσινού νερού ($H_{man}=40m$), το οποίο ελευθερώνεται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και για αφαλάτωση και άντληση του παραγόμενου γλυκού νερού ($H_{man}=40m$), το οποίο ελευθερώνεται για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης
3. Δεν θέτω σε λειτουργία τον τοπικό σταθμό παραγωγής diesel, όταν μπορώ να καλύψω τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση στο δίκτυο του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη ενέργεια από το ΜΥΗΣ



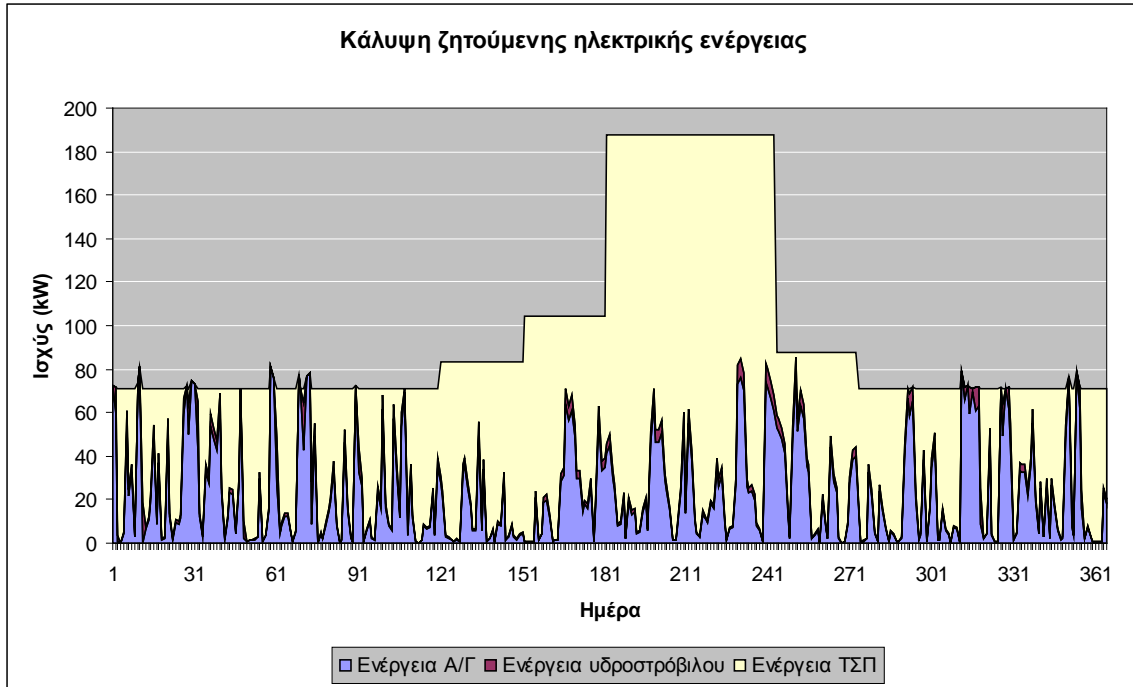
Σχήμα 5.24: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της

ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.

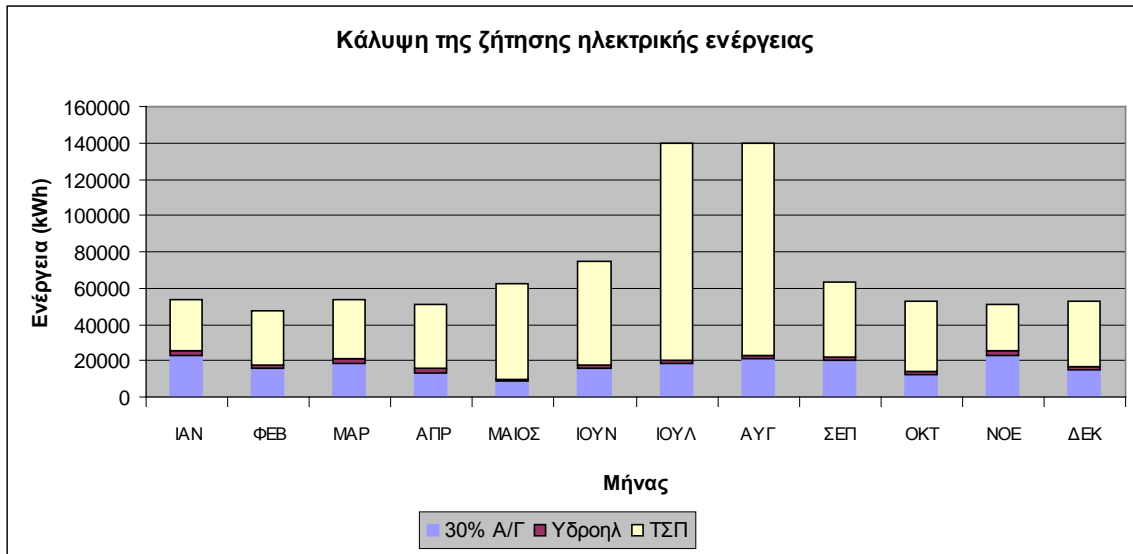


Σχήμα 5.25: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ισχύος



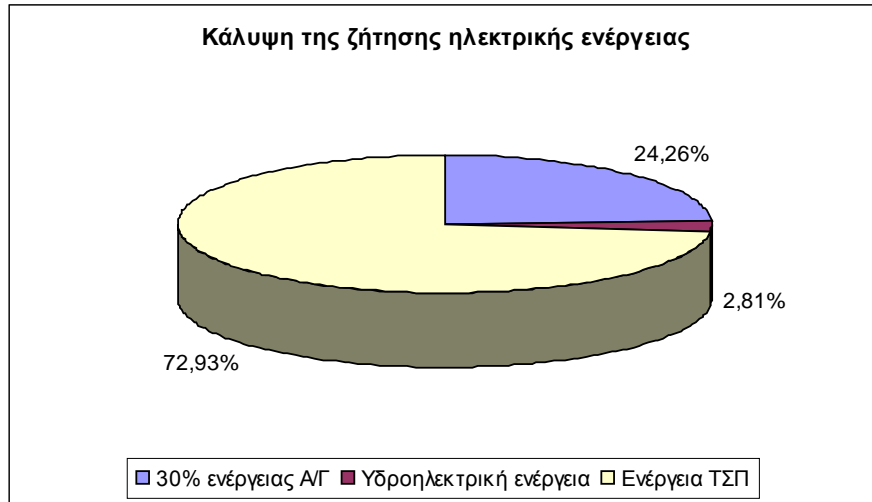
Σχήμα 5.26: Κάλυψη της ετήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει πως γίνεται η κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση.



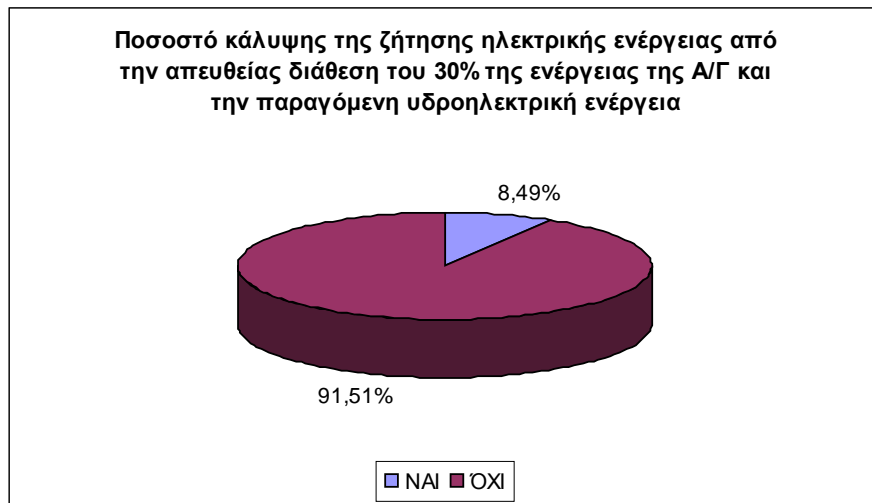
Σχήμα 5.27: Κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση

Το επόμενο διάγραμμα μας δείχνει πόσο περιορίστηκε η χρήση του ΤΣΠ, η μείωση του οποίου προσεγγίζει το 30% και τη συμβολή κάθε μιας από τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



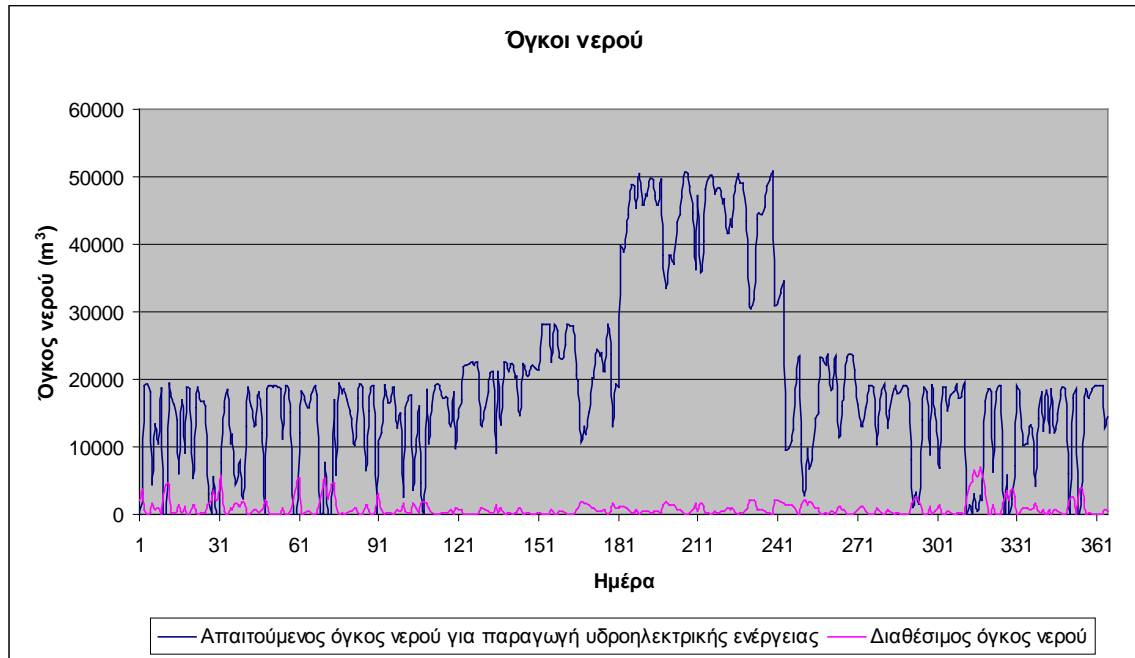
Σχήμα 5.28: Ποσοστό συμβολής στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση

Το επόμενο διάγραμμα δείχνει τη διακινδύνευση εάν δεν υπήρχε ο ΤΣΠ, δηλαδή τον αριθμό των ημερών (334 από τις 365) που η Α/Γ μαζί τον ΜΥΗΣ δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 5.29: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια σε ετήσια βάση

Το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει τον απαιτούμενο όγκο νερού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με το διαθέσιμο όγκο νερού. Τις ημέρες που υπολείπονταν ήταν αυτές που ετίθεντο σε λειτουργία ο τοπικός σταθμός παραγωγής.



Σχήμα 5.30: Απαιτούμενος και διαθέσιμος όγκος νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας

Το τελευταίο διάγραμμα του τρίτου σεναρίου δείχνει την κάλυψη της ζήτησης για ύδρευση από αφαλατωμένο νερό.

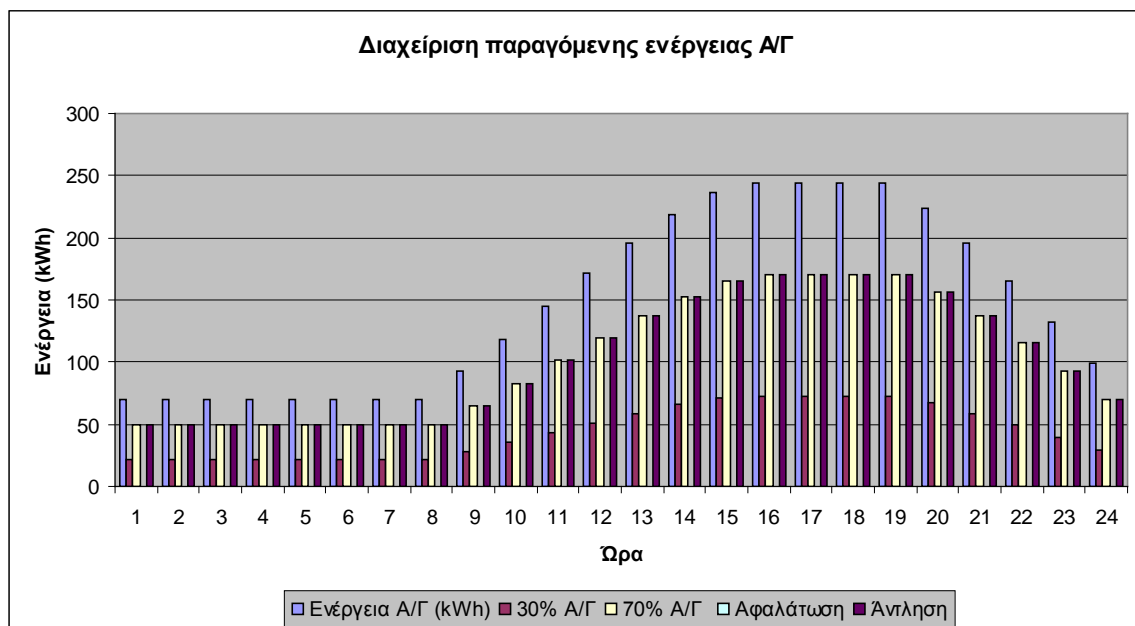


Σχήμα 5.31: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση σε ετήσια βάση

Με δεδομένο ότι δεν είχαμε στη διάθεση μας δεδομένα σε ωριαία βάση (ταχύτητες ανέμου) που θα καθιστούσαν ακριβέστερη και ορθότερη την προσομοίωση μας, αποφασίσαμε να εξετάσουμε την λειτουργία αυτού του συστήματος με βάση μια τυπική ημέρα του Αυγούστου, όπου τόσο η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και η ζήτηση για ύδρευση είναι οι μέγιστες. Για το σκοπό αυτό υλοποιήσαμε το **τέταρτο σενάριο (τελευταίο)** με τις εξής παραδοχές.

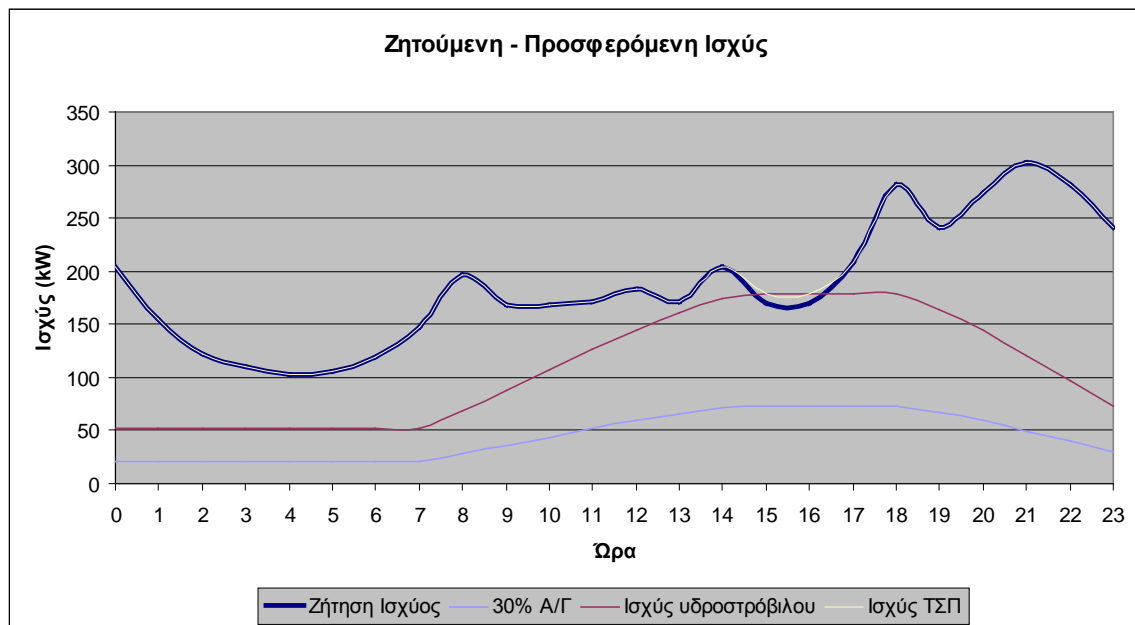
1. Το 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας διατίθεται απευθείας στο δίκτυο
2. Το υπόλοιπο 70% διατίθεται για την άντληση θαλασσινού νερού ($H_{man}=40m$), το οποίο ελευθερώνεται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και για αφαλάτωση και άντληση του παραγόμενου γλυκού νερού ($H_{man}=40m$), το οποίο ελευθερώνεται για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης
3. Δεν θέτω σε λειτουργία τον τοπικό σταθμό παραγωγής diesel, όταν μπορώ να καλύψω τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την απευθείας διάθεση στο δίκτυο του 30% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας και την παραγόμενη ενέργεια από το ΜΥΗΣ

1^η παραδοχή: Το ποσοστό της περίσσειας ενέργειας (70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας) διατίθεται ως εξής: 0% για αφαλάτωση και 100% για άντληση.

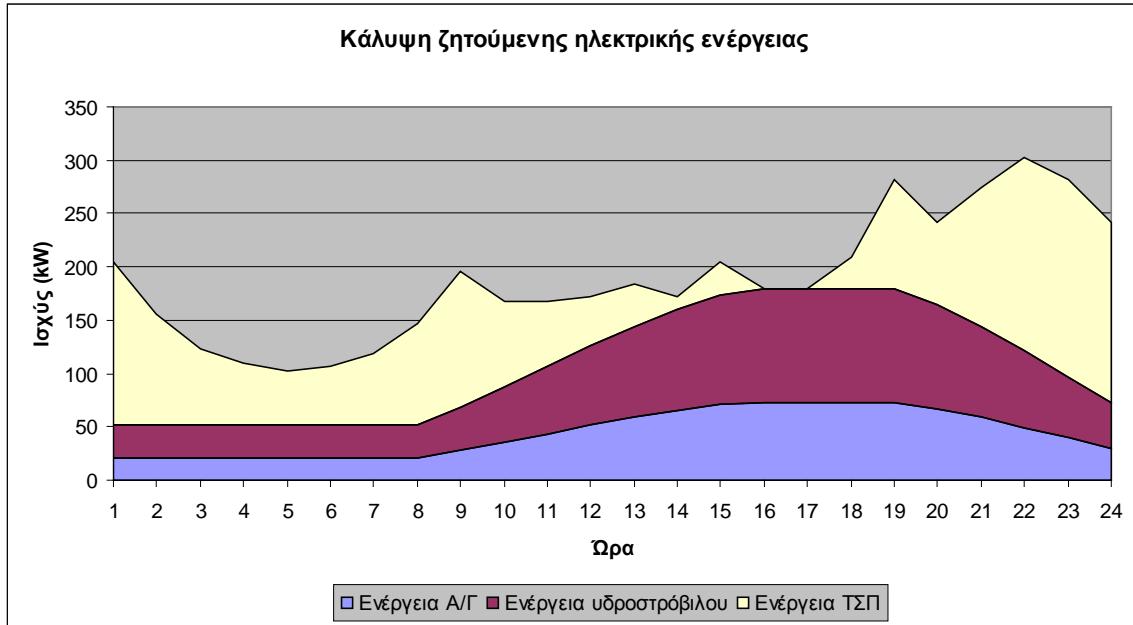


Σχήμα 5.32: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.

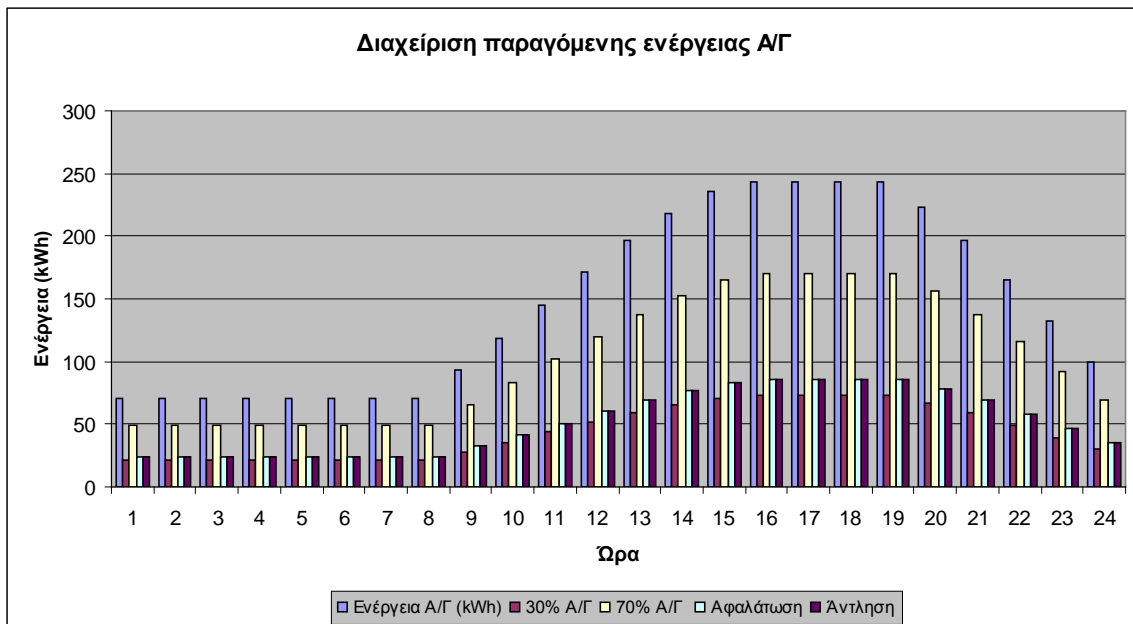


Σχήμα 5.33: Ζητούμενη και προσφερόμενη ισχύς



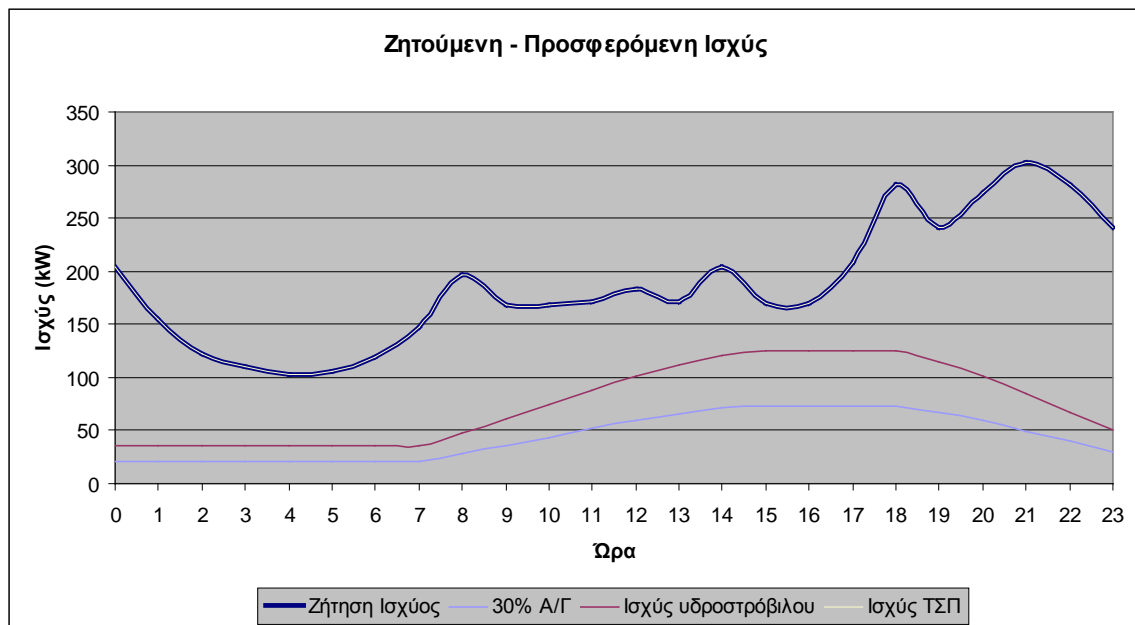
Σχήμα 5.34: Κάλυψη της ημερήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

2^η παραδοχή: Το ποσοστό της περίσσειας ενέργειας (70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας) διατίθεται ως εξής: 50% για αφαλάτωση και 50% για άντληση.

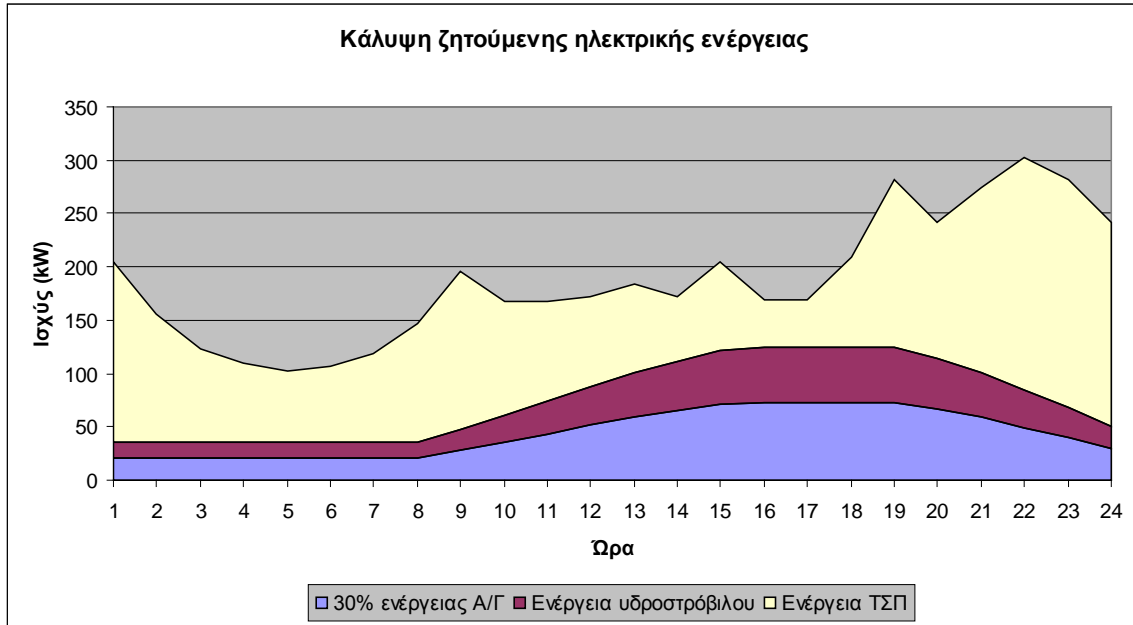


Σχήμα 5.35: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.



Σχήμα 5.36: Ζητούμενη και προσφερόμενη ισχύς



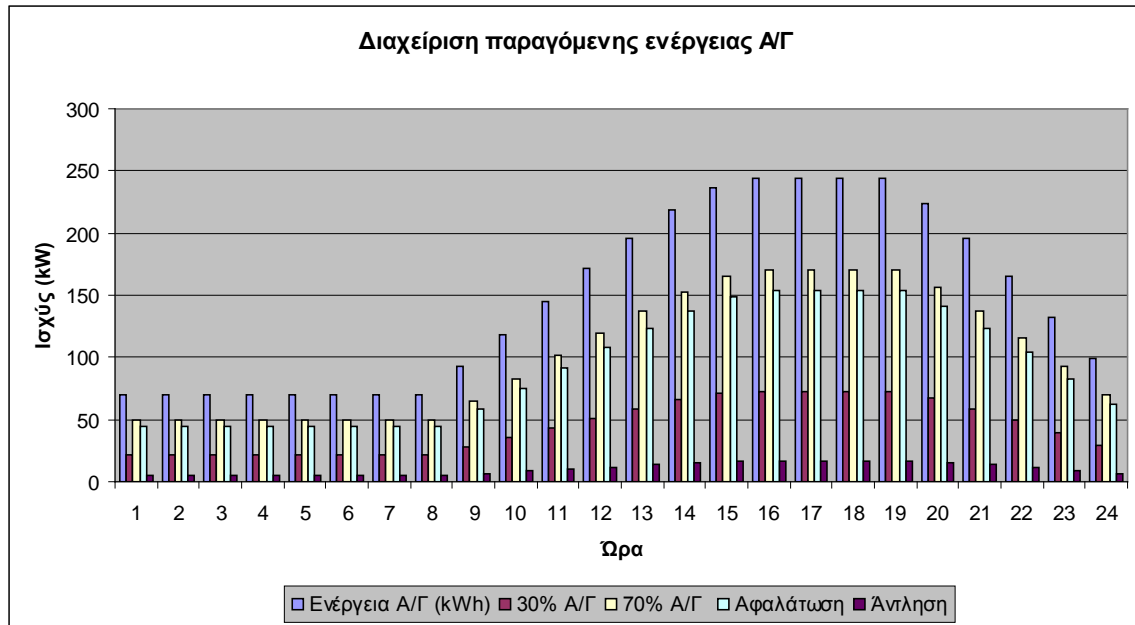
Σχήμα 5.37: Κάλυψη της ημερήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Το τελευταίο διάγραμμα της 2^{ης} παραδοχής μας δείχνει την κάλυψη της ζήτησης για ύδρευση.



Σχήμα 5.38: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση

3^η παραδοχή: Το ποσοστό της περίσσειας ενέργειας (70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας) διατίθεται ως εξής: 90% για αφαλάτωση και 10% για άντληση.

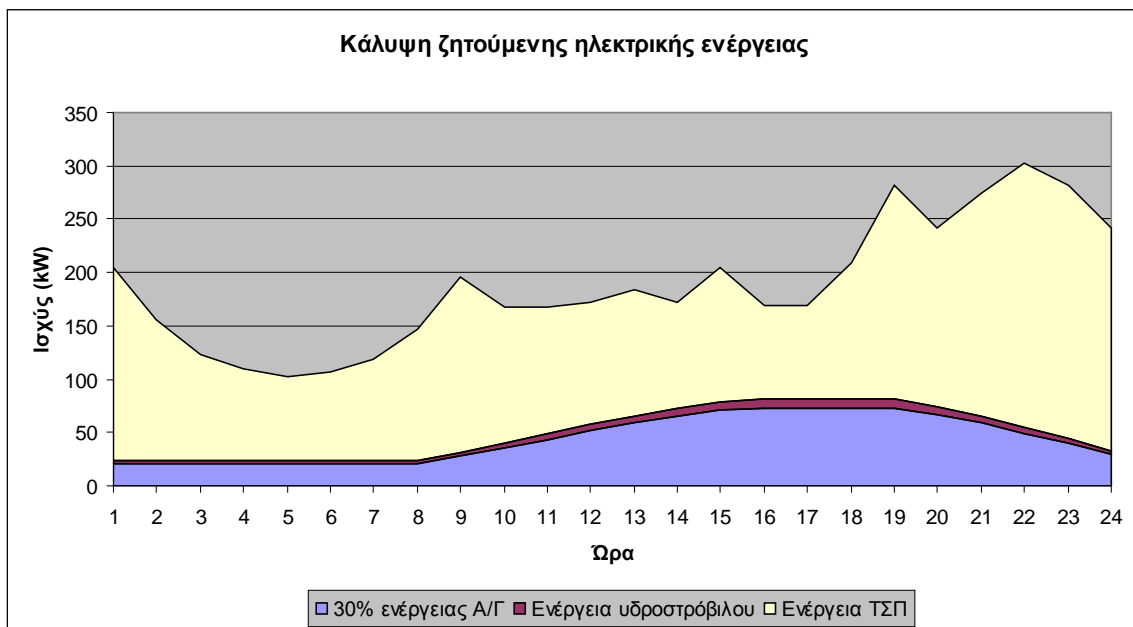


Σχήμα 5.39: Διαχείριση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν την συνεισφορά, στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κάθε μιας από τις 3 πηγές ενέργειας που διαθέτουμε (Α/Γ, ΜΥΗΣ, τοπικός σταθμός παραγωγής diesel (ΤΣΠ)). Η μπλε γραμμή μας δείχνει την απευθείας διαθέσιμη ισχύ από την Α/Γ στο δίκτυο. Η κόκκινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο και της ισχύος του ΜΥΗΣ. Η κίτρινη γραμμή είναι το άθροισμα της απευθείας διαθέσιμης ισχύος της Α/Γ στο δίκτυο, της ισχύος του ΜΥΗΣ και της ισχύος του ΤΣΠ. Συνεπώς, το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την κόκκινη γραμμή είναι η ενέργεια που διατίθεται απευθείας από την Α/Γ στο δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, το εμβαδόν μεταξύ της μπλε και κόκκινης γραμμής είναι η συμβολή του ΜΥΗΣ για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, το εμβαδόν μεταξύ της κόκκινης και κίτρινης γραμμής είναι η παραγόμενη ενέργεια από τον ΤΣΠ.

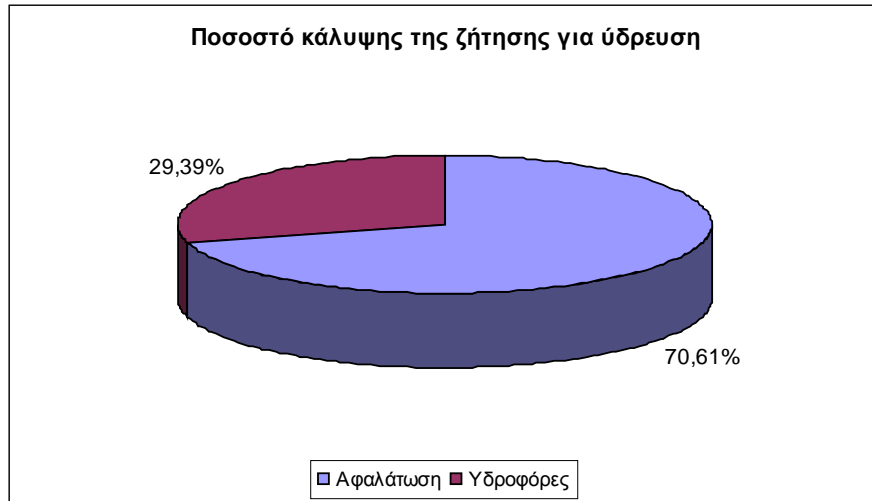


Σχήμα 5.40: Ζητούμενη και προσφερόμενη ισχύς



Σχήμα 5.41: Κάλυψη της ημερήσιας ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Το τελευταίο διάγραμμα της 3^{ης} παραδοχής μας δείχνει την κάλυψη της ζήτησης για ύδρευση.



Σχήμα 5.42: Ποσοστό κάλυψης της ζήτησης για ύδρευση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη

Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε κάποια γενικά συμπεράσματα έτσι όπως αυτά προκύπτουν από τη συνολική μελέτη, η παρουσίαση των οποίων ακολουθεί τη δομή των κεφαλαίων.

1. Η απροσδιόριστη προσφορά ενέργειας, σε σχέση με τον χρόνο και την ποσότητα, των ΑΠΕ καθώς και η έντονη μεταβλητότητα που παρουσιάζει η τιμή των ορυκτών καυσίμων, εξαιτίας οικονομικών, πολιτικών και τεχνικών συνθηκών, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που αυτά προκαλούν, οδήγησε στην έρευνα και την ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων.

2. Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα, καινούργια και ανεξάρτητα συστήματα μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας ή να ενταχθούν σε υπάρχουσες θερμικές μονάδες βασιζόμενες στο πετρέλαιο, μετά από τις απαραίτητες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

3. Τα υβριδικά έργα εμφανίζουν πλεονέκτημα ως προς την ταχύτητα εγκατάστασης των τεχνολογιών, την σχετική σταθερότητα του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον.

4. Οι μέθοδοι αφαλάτωσης, που βρήκαν ευρεία εφαρμογή, έχουν πλήρως δοκιμαστεί και κυκλοφορούν στο εμπόριο τα τελευταία 30 με 40 χρόνια είναι η εξάτμιση (απόσταξη), οι ιοντικές μέθοδοι και η αντίστροφη ώσμωση.

5. Η αντίστροφη ώσμωση (RO) βρίσκει τη μεγαλύτερη εφαρμογή λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ειδικής ενέργειας, της καταλληλότητας αυτών των συστημάτων για σύνδεση με Φ/Β ή ανεμογεννήτριες και της υψηλής παραγωγικότητας ποσοτήτων αφαλατωμένου νερού σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες αφαλάτωσης.

6. Στις μεθόδους αφαλάτωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

7. Στη Δονούσα, οι δραστηριότητες των κατοίκων σχετίζονται με τον πρωτογενή και τον τριτογενή τομέα παραγωγής, το κλίμα είναι Μεσογειακό με πολύ χαμηλές

βροχοπτώσεις και σφοδρούς ανέμους, η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης γίνεται με πλοία - υδροφόρες, και τέλος η ηλεκτρική ενέργεια στο νησί προέρχεται από τον τοπικό σταθμό παραγωγής diesel.

6.2 Συμπεράσματα από την προσομοίωση

Τα συμπεράσματα έτσι όπως προέκυψαν από την προσομοίωση μέσα από τα σενάρια τα οποία υλοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα.

- 1.** Από τα σχήματα 5.10 και 5.11, τα οποία απεικονίζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 1^{ου} σεναρίου, βλέπουμε ότι τους 4 μήνες της τουριστικής κίνησης αυξάνεται η χρήση του τοπικού σταθμού παραγωγής.
- 2.** Από το σχήμα 5.12, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 1^{ου} σεναρίου, διαπιστώνουμε μια μείωση, 60% σε ετήσια βάση, της χρήσης του τοπικού σταθμού παραγωγής diesel για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών.
- 3.** Από το σχήμα 5.13, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 1^{ου} σεναρίου, προκύπτει η διακινδύνευση (δηλαδή, να μην μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ και το ΜΥΗΣ εάν δεν υπήρχε θεωρητικά ο τοπικός σταθμός παραγωγής) που είναι 52%.
- 4.** Από το σχήμα 5.15, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 1^{ου} σεναρίου, βλέπουμε ότι η ενέργεια που διατίθεται για αφαλάτωση είναι μηδενική, συνεπώς η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης γίνεται με μεταφορά νερού από πλοία - υδροφόρες.
- 5.** Από τα σχήματα 5.17 και 5.18, τα οποία απεικονίζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 2^{ου} σεναρίου, βλέπουμε ότι τους 4 μήνες της τουριστικής κίνησης αυξάνεται η χρήση του τοπικού σταθμού παραγωγής, δηλαδή επαληθεύεται πάλι το παραπάνω συμπέρασμα.
- 6.** Από το σχήμα 5.19, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 2^{ου} σεναρίου, διαπιστώνουμε μια μείωση, 50% σε ετήσια βάση, της χρήσης του τοπικού σταθμού παραγωγής diesel για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών.

- 7.** Από το σχήμα 5.20, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 2^{ου} σεναρίου, προκύπτει η διακινδύνευση (δηλαδή, να μην μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ και το ΜΥΗΣ εάν δεν υπήρχε θεωρητικά ο τοπικός σταθμός παραγωγής) που είναι 57.5%.
- 8.** Από τα σχήματα 5.22 και 5.23, τα οποία απεικονίζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 2^{ου} σεναρίου, προκύπτει ότι η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης από αφαλατωμένο νερό σε ετήσια βάση προσεγγίζει το 58% και μόνο κατά τους μήνες της τουριστικής αιχμής (Ιούλιος - Αύγουστος) το ποσοστό κάλυψης των αναγκών ύδρευσης που προέρχεται από τη μεταφορά νερού με πλοία - υδροφόρες είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της αφαλάτωσης.
- 9.** Από τα σχήματα 5.26, 5.27 και 5.28, τα οποία απεικονίζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 3^{ου} σεναρίου, προκύπτει ότι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών γίνεται αποκλειστικά από την Α/Γ και τον τοπικό σταθμό παραγωγής.
- 10.** Από το σχήμα 5.29, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 3^{ου} σεναρίου, προκύπτει η διακινδύνευση (δηλαδή, να μην μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την Α/Γ και το ΜΥΗΣ εάν δεν υπήρχε θεωρητικά ο τοπικός σταθμός παραγωγής) που είναι 91.5%.
- 11.** Από το σχήμα 5.31, το οποίο απεικονίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 3^{ου} σεναρίου, διαπιστώνουμε ότι η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης γίνεται αποκλειστικά από αφαλατωμένο νερό.
- 12.** Από τα σχήματα που απεικονίζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του 4^{ου} σεναρίου, διαπιστώνουμε ότι ο τρόπος με τον οποίο αποφασίζουμε να μοιράσουμε την περίσσεια αιολική ενέργεια (70% της παραγόμενης αιολικής ενέργειας) μεταξύ άντλησης και αφαλάτωσης τροποποιεί αντίστοιχα και τα αποτελέσματα. Δηλαδή, όταν αυξάνουμε την ενέργεια άντλησης (1^η παραδοχή), αυξάνεται η παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και μειώνεται η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης από αφαλατωμένο νερό. Αντίθετα, όταν αυξάνεται η ενέργεια αφαλάτωσης, μειώνεται η παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και αυξάνεται η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης από αφαλατωμένο νερό.

6.3 Προτάσεις

Οι προτάσεις που δίνονται παρακάτω αποσκοπούν στην βελτίωση του μοντέλου προσομοίωσης και προέκυψαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης του.

- 1.** Η ύπαρξη περισσότερων και ακριβέστερων δεδομένων που σχετίζονται με τις ανάγκες ύδρευσης και τη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2.** Τα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου θα έπρεπε να ήταν σε ωριαία βάση και να αφορούσαν την περιοχή μελέτης και όχι γειτονικά νησιά.
- 3.** Η αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων θα έπρεπε να γινόταν και με οικονομικά κριτήρια έτσι ώστε να δούμε ποιος είναι ο συμφερότερος τρόπος λειτουργίας του Υβριδικού έργου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αυλωνίτης, Σ. Α., Εισαγωγή στην τεχνολογία νερού και αφαλάτωσης, Εκδόσεις "ΙΩΝ", Αθήνα, 2006.

Βικιπαιδεία.

Βρεττός, Ε., Ενεργειακή Προσομοίωση και Βέλτιστη Διαστασιολόγηση Υβριδικού Συστήματος ΑΠΕ - Συσσωρευτών - Υδρογόνου, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2010.

Γεωργαντέας, Ν., Σχεδιασμός, Περιβαλλοντική και Οικονομική Ανάλυση Υβριδικού Συστήματος Αιολικής, Ηλιακής Ενέργειας και Diesel για την Ενεργειακή Αυτονομία των Νησιών. Η Περίπτωση της Αστυπάλαιας, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2011.

ΔΑΥΕ - ΔΕΗ ΑΕ, Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, Αθήνα, 2006.

ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ, Υβριδικό Ενεργειακό Έργο Ικαρίας, Αθήνα, 2012.

Δεληγιάννη, Ε. και Μπελεσιώτης, Β., Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης, Αθήνα, 1995.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας, Εργαστήριο Οργάνωσης Παραγωγής, Αφαλάτωση Νερού, Poster Energy Desalination, 2009.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ)

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Μαμάσης, Ν. και Στεφανάκος, Ι., Σημειώσεις στην Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Σχολή Πολιτικών Μηχανικών - Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2012.

Μπαλάρας, Κ., Α. Αργυρίου και Φ. Καραγιάννης, Συμβατικές & ήπιες μορφές ενέργειας, Εκδόσεις ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2006.

Νικητάκος, Ν., Ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Θαλάσσιο Περιβάλλον, 2008.

Παπαευθυμίου, Σ., Συμβολή στην Ανάλυση Υβριδικών Αιολικών - Αντλησιοταμιευτικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2012.

Παπαντώνης, Δ., Νέες προοπτικές για την Ανάπτυξη της αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα, Τεχνολογία και Τεχνολογικοί Περιορισμοί, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009.

Πασίσης, Β. Ι., Αφαλάτωση νερού με χρήση Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2011.

Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Γενική διεύθυνση περιφερειακής αγροτικής οικονομίας και κτηνιατρικής, Επιχειρησιακό σχέδιο αγροτικής ανάπτυξης 2014 - 2020 Δονούσας.

Ράπτης, Δ., Μελέτη αφαλάτωσης με μικρές μονάδες. Ειδικά με αυτόνομη μονάδα αντίστροφης ώσμωσης και χρήση ΑΠΕ, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2012.

Ριζόπουλος, Γ., Πλωτή αιολική μονάδα αφαλάτωσης: λύση για τα άνυδρα νησιά, Νοέμβριος 2007.

Ρίππη, Α., Μαθηματική προσομοίωση υβριδικών συστημάτων. Το σύστημα της Ικάριας, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2013.

Στάμου, Α., Εφαρμοσμένη Υδραυλική, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2009.

Σαραφιανός, Δ. και Μ. Σειραγάκης, Τεχνοοικονομική μελέτη και σύγκριση υβριδικών συστημάτων. Εφαρμογή σε αυτόνομη κατοικία., Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 2009.

E. Mathioulakis, V. Belessiotis, E. Delyannis, Desalination by using alternative energy: Review and state - of - the - art, Desalination 203 (2007) 346 - 365.

Essam Sh. Mohamed, G. Papadakis, E. Mathioulakis, V. Belessiotis, The effect of hydraulic energy recovery in a small sea water reverse osmosis desalination system; experimental and economical evaluation, Desalination 184 (2005) 241 - 246.

Ioannis C. Karagiannis, Petros G. Soldatos, Water desalination cost literature: review and assessment, Desalination 223 (2008) 448 - 456.

J.K. Kaldellis, K.A. Kavadias, E. Kondili, Renewable energy desalination plants for the Greek islands - technical and economic considerations, Desalination 170 (2004) 187 - 203.

Jose A. Carta, Jaime Gonzalez, Vicente Subiela, The SDAWES project: an ambitious R&D prototype for wind powered desalination, Desalination 161 (2004) 33 - 48.

Lourdes Garcia - Rodriguez, Renewable energy applications in desalination: state of the art, Solar Energy 75 (2003) 381 - 393.

Mahmoud Shatat, Mark Worall, Saffa Riffat, Economic study for an affordable small scale solar water desalination System in remote and semi-arid region, Renewable and Sustainable Energy Reviews 25 (2013) 543 - 551.

M. Thompson, M. Miranda, Battery less photovoltaic reverse - osmosis desalination system, 2001.

Raquel Segurado, Goran Krajacic, Neven Duic, Luis Alves, Increasing the penetration of renewable energy resources in S. Vicente, Cape Verde, Applied Energy 88 (2011) 466 - 472.

Sotirios Karellas, Konstantinos Terzis, Dimitrios Manolakos, Investigation of an autonomous hybrid solar thermal ORC - PV RO desalination system. The Chalki island case, Renewable Energy 36 (2011) 583 - 590.