

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Καλδέλλης Ι., Σωτηράκη Κ.

Εργαστήριο Ηπίων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος

Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Πειραιά

Πόντου 58, 16777 Ελληνικό, Αθήνα

Τηλ. 9619972, Fax 5450962, sealab@gdias.teipir.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι νησιωτικές περιοχές της χώρας μας καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια με μικρής κλίμακας συμβατικούς Α.Σ.Π., το κόστος της παραγόμενης ενέργειας των οποίων είναι ιδιαίτερα υψηλό. Στα πλαίσια αυτά, διερευνάται η εξασφάλιση της ενεργειακής αυτάρκειας των μικρότερων νησιών με την ίδρυση και λειτουργία Αυτόνομων Φωτοβολταϊκών Σταθμών Παραγωγής. Αρχικά, επιχειρείται κατάλληλη διαστασιολόγηση ενός τέτοιου φωτοβολταϊκού συστήματος, ενώ μελετάται και η διοχέτευση της περίσσειας ενέργειας σε μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Ακολουθεί αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του συστήματος, καθώς και οικονομική ανάλυση, όπου αποδεικνύεται ότι το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από το προτεινόμενο Φ/Β σύστημα είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό των συμβατικών Α.Σ.Π.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στα πλαίσια της Ενωμένης Ευρώπης αναμένεται να επανακαθορίσει πλήρως τους οικονομικούς και τεχνολογικούς όρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα κράτη μέλη της Ε.Ε. και συνεπώς και στη χώρα μας. Σε αντίθεση όμως με τις περισσότερες χώρες της Ε.Ε., η χώρα μας αποτελείται και από ένα μεγάλο αριθμό νησιών, κυρίως στην περιοχή του Αιγαίου, τα οποία απέχουν σημαντικές αποστάσεις από την ηπειρωτική χώρα, καθιστώντας προβληματική τη διασύνδεσή τους με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο.



Σχήμα 1 : Κόστος παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Οι νησιωτικές αυτές περιοχές καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια με χρήση μεσαίας και μικρής κλίμακας Α.Σ.Π., οι οποίοι συνήθως τροφοδοτούνται από Μ.Ε.Κ. που τροφοδοτούνται με καύσιμο "Diesel" ή "Mazut". Λόγω του περιορισμένου μεγέθους των υπό μελέτη Α.Σ.Π. και των δυσκολιών μεταφοράς υγρών καυσίμων, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα υψηλό, σε σύγκριση με το οριακό κόστος λειτουργίας της ΔΕΗ. Αν μάλιστα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στα

μικρά νησιά του Αιγαίου, παρατηρούμε ότι το κόστος της παραγόμενης kWh είναι ιδιαίτερα υψηλό, σχήμα /1/, πλησιάζοντας σε ορισμένες περιπτώσεις και τις 500 δρχ/kWh.

Δεδομένης της εθνικής σπουδαιότητας αλλά και της κοινωνικής σημασίας του θέματος, είναι υποχρέωση όλων μας η ενίσχυση των τοπικών οικονομιών και η βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων των απομονωμένων νησιών του Αιγαίου. Για το σκοπό αυτό, διερευνάται στις περιοχές αυτές η δυνατότητα ίδρυσης και λειτουργίας Αυτόνομων Φωτοβολταϊκών Σταθμών παραγωγής ενέργειας με στόχο:

- α. Την επάρκεια ενέργειας και την κάλυψη ζήτησης ισχύος των νησιωτικών κοινοτήτων.
- β. Την ενίσχυση του επιπέδου ζωής των κατοίκων.
- γ. Την ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους της επένδυσης και του διαχρονικού κόστους συντήρησης και λειτουργίας

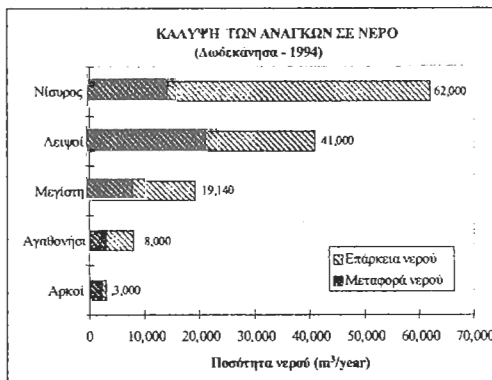
Η προσπάθεια αυτή έχει και στο παρελθόν απασχολήσει την Ελληνική Πολιτεία, η οποία μέσω Κοινοτικής χρηματοδότησης ανέθεσε στη ΔΕΗ να εγκαταστήσει ορισμένες αυτόνομες Φ/Β μονάδες σε μικρά νησιωτικά συμπλέγματα, όπως π.χ. στα Αντικύθηρα, στη Γαύδο, στους Αρκούς κ.λπ., βλέπε πίνακα Ι/.

**Πίνακας Ι :** Εγκατεστημένες Φ/Β μονάδες, ΔΕΗ

Τοποθεσία	Ισχύς (kWp)	Χρονολογία Εγκατάστασης
Κύθνος	100	1983
Γαύδος	20	1987
Αντικύθηρα	25	1987
Αρκοί	25	1988

Δυστυχώς, η πρώτη αυτή προσπάθεια δεν θεωρήθηκε επιτυχής, κυρίως λόγω του υψηλού της κόστους και της έλλειψης υποστήριξης των Φ/Β σταθμών, με αποτέλεσμα οι περισσότεροι σταθμοί σήμερα να υπολειτουργούν (Γαύδος, Κύθνος) ή να έχουν εγκαταλειφθεί (Αντικύθηρα, Αγ. Ρούμελη).

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται το ενδεχόμενο οι ενεργειακές ανάγκες ενός μικρού και απομονωμένου νησιού, ανάλογου αυτών του σχήματος Ι/1/, να καλυφθούν από μία ανανεώσιμη, φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή πηγή, όπως η Φ/Β ενέργεια. Παρά το γεγονός ότι η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της προτεινόμενης εγκατάστασης θα είναι ιδιαίτερα μικρή, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας αποδεικνύεται ότι είναι σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο ενός συμβατικού Α.Σ.Π. ανάλογου μεγέθους. Το γεγονός αυτό, καθιστά την εν λόγω επένδυση ελκυστική και τη Φ/Β τεχνολογία ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Εκτός της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του νησιού, που εγγυάται το Φ/Β σύστημα, παρέχεται η δυνατότητα παραγωγής σημαντικής ποσότητας πόσιμου νερού, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, με την αξιοποίηση της περισσειας ενέργειας σε μονάδα αφαλάτωσης.



**Σχήμα 2 :** Ετήσια κατανάλωση - μεταφορά νερού

Είναι γνωστό [1], [2] ότι τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου αντιμετωπίζουν έντονο πρόβλημα λιμνυδρίας που συνήθως καλύπτεται με τη μεταφορά νερού, σχήμα Ι/2/. Δεν πρέπει να αγνοείται ότι το κόστος μεταφοράς είναι ιδιαίτερα υψηλό και φθάνει τις 1780 δρχ/m<sup>3</sup> για τις Κυκλάδες και τις 775 δρχ/m<sup>3</sup> για τα Δωδεκάνησα. Επομένως, το πρόβλημα που δημιουργείται είναι σημαντικό και αφορά την ποιότητα ζωής των κατοίκων των νησιών του Αρχιπελάγους, που υποβαθμίζεται από την έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας και πόσιμου νερού.

## **2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της Φ/Β εγκατάστασης στη νήσο Γαύδο. Η Γαύδος είναι νησί του Λιβυκού Πελάγους και βρίσκεται 20 ναυτικά μίλια νότια της Κρήτης. Πρόκειται για το νοτιότερο άκρο της Ελλάδος, αλλά και ολόκληρης της Ευρώπης. Η έκτασή της είναι 30 τ.χλμ. και ο πληθυσμός της το χειμώνα περιορίζεται σε 50 περίπου κατοίκους, ενώ κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της αξιόλογης τουριστικής κίνησης, πλησιάζει τους 200.

Για την ολοκληρωμένη παρουσίαση της μελέτης ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα. Αρχικά περιγράφεται το υπάρχον ενεργειακό πρόβλημα του νησιού και η λύση που σήμερα έχει επιλεγεί για την αντιμετώπισή του. Ακολουθεί νέος υπολογισμός της κατανάλωσης και της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος του νησιού, ώστε να δημιουργηθούν τα δεδομένα βάσει των οποίων θα διατυπωθεί νέα πρόταση για βέλτιστο σχεδιασμό Φ/Β εγκατάστασης για την κάλυψη και των πρόσθετων ενεργειακών αναγκών. Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση της παραγόμενης από το Φ/Β σύστημα ενέργειας με την απαιτούμενη από την τοπική κοινωνία. Με δεδομένη την περίσσεια ενέργειας, προτείνεται η εκμετάλλευσή της για την παραγωγή πόσιμου νερού από αφαλάτωση. Τέλος, γίνεται οικονομική αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης, που καταλήγει σε ιδιαίτερα ενδιαφέροντα και χρήσιμα συμπεράσματα.

## **3. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΓΑΥΔΟ**

Στο νησί, λόγω της μικρής ενεργειακής κατανάλωσης, δεν υπάρχει συμβατικός Α.Σ.Π. Για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια, έχει ήδη από το 1987 εγκατασταθεί από τη ΔΕΗ Φ/Β μονάδα ισχύος 20 kWp [3], με σημαντική ευρωπαϊκή χρηματοδότηση. Η υπάρχουσα Φ/Β γεννήτρια του συστήματος αποτελείται από 160 Φ/Β πλαίσια ονομαστικής ισχύος 125 W της εταιρίας "SIEMENS" και διαιρείται σε τέσσερις παράλληλες μονάδες των 5 kW. Ο ρυθμιστής φόρτισης της εγκατάστασης και ο αναστροφέας συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα είναι ισχύος 25 kW και 30 kVA αντίστοιχα, ενώ η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών του συστήματος ισούται με 1000 Ah. Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του συστήματος ανήλθε σε 94 εκατ. δρχ., με βάση τα ιστορικά στοιχεία. Η επένδυση χαρακτηρίζεται δαπανηρή, καθώς το αρχικό κόστος εγκατάστασης θεωρείται υψηλό.

## **4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΥΣΗ**

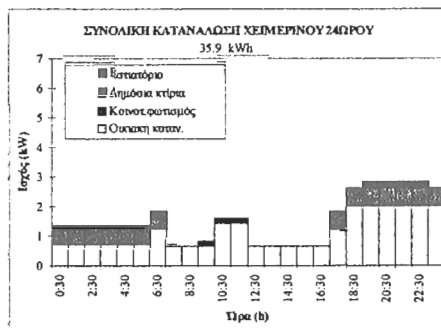
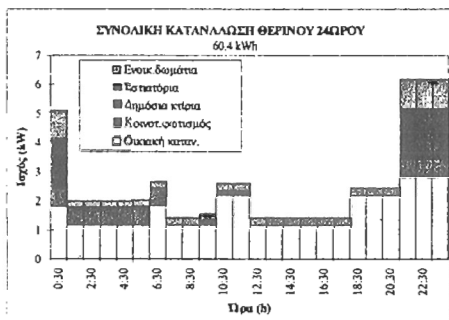
Σήμερα, λόγω των φθορών και της έλλειψης συντήρησης, η μονάδα υπολειπεται. Άλλωστε, η αρχική μελέτη στηρίχθηκε σε έναν ιδιαίτερα λιτό υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος, που προήλθε από μία συντηρητική εκτίμηση της ημερήσιας ενεργειακής κατανάλωσης του νησιού. Επιπλέον, ο υπολογισμός της παραγόμενης από το σύστημα ενέργειας, έγινε βάσει της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας για μία τυπική ημέρα κάθε μήνα. Για το λόγο αυτό γίνεται αντιληπτό ότι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι περιορισμένη. Κρίνεται επομένως σκόπιμο, αφενός να γίνει μία περισσότερο ρεαλιστική προσέγγιση του ενεργειακού φορτίου του νησιού, που να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της σύγχρονης ζωής, αφετέρου να χρησιμοποιηθούν λεπτομερέστερα στοιχεία ηλιακής ακτινοβολίας για το νησί. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται πρόβλεψη της αναμενόμενης μελλοντικής αύξησης της ζήτησης ενέργειας, ενώ χρησιμοποιείται η πειραματική μέση ημερήσια ακτινοβολία κάθε ημέρας ενός τυπικού έτους [4], ώστε να εξετασθεί η συμπεριφορά του Φ/Β συστήματος σε ημερήσια βάση. Λαμβάνοντας υπόψιν τα ανωτέρω, οδηγούμαστε στη διαστασιολόγηση ενός νέου Φ/Β συστήματος - απάντηση στον οικονομικό, κοινωνικό και πολιτισμικό μαρασμό του νησιού.

#### 4.1 Παρουσίαση των Ενεργειακών Αναγκών του Νησιού

Πίνακας II: Μέση Ημερήσια Κατανάλωση - Εγκατεστημένη Ισχύς

	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Κατανάλωση	35.9 kWh	60.4 kWh
Εγκατ. Ισχύς	46.4 kW	57.6 kW

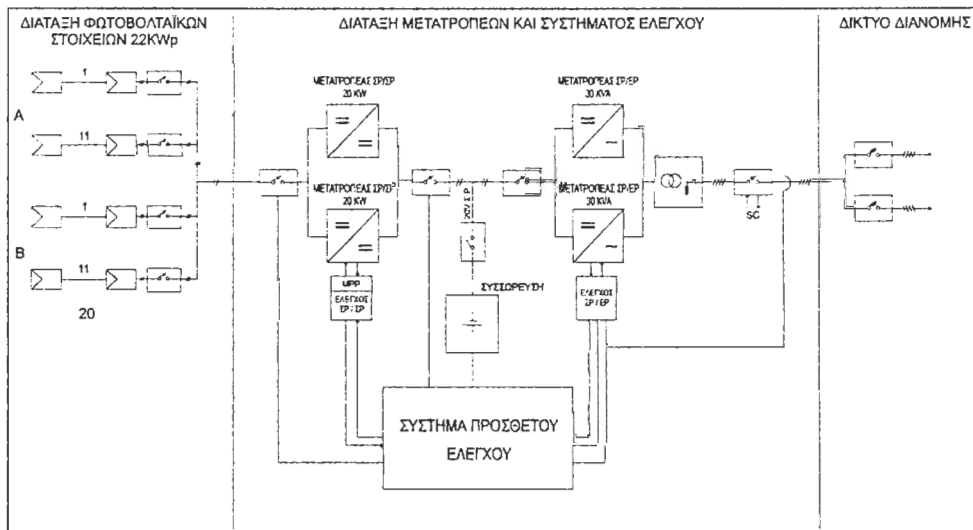
Η μέση ημερήσια κατανάλωση του νησιού και η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς υπολογίστηκε [2] τόσο κατά τη χειμερινή, όσο και κατά τη θερινή περίοδο και αναγράφεται στον πίνακα /II/, βλέπε και σχήμα /3/.



Σχήμα 3: Μέση ενεργειακή κατανάλωση χειμερινού - θερινού 24ώρου [2]

#### 4.2 Περιγραφή του Νέου Φ/Β Σταθμού

Βάσει των παραπάνω, η απαιτούμενη ισχύς αιχμής της Φ/Β εγκατάστασης προσδιορίστηκε στα 22.5 kWp [2]. Η Φ/Β γεννήτρια θα αποτελείται από 440 πλαίσια ισχύος 51 W. Για λόγους μεγαλύτερης ενεργειακής ασφάλειας, η Φ/Β εγκατάσταση συγκροτείται από 2 κύριες μονάδες, σε κάθε μία από τις οποίες τα πλαίσια τοποθετούνται σε 11 παράλληλες συστοιχίες των 20 πλαισίων εν σειρά, σχήμα /4/. Η ονομαστική τάση εξόδου της Φ/Β γεννήτριας είναι 240 V συνεχούς ρεύματος, η οποία μέσω δύο ρυθμιστών φόρτισης ισχύος 2x20 kW, σταθεροποιείται για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές είναι χωρητικότητας 1200 Ah, που αντιστοιχεί σε ενεργειακό περιεχόμενο 290 kWh και παρέχουν αυτονομία



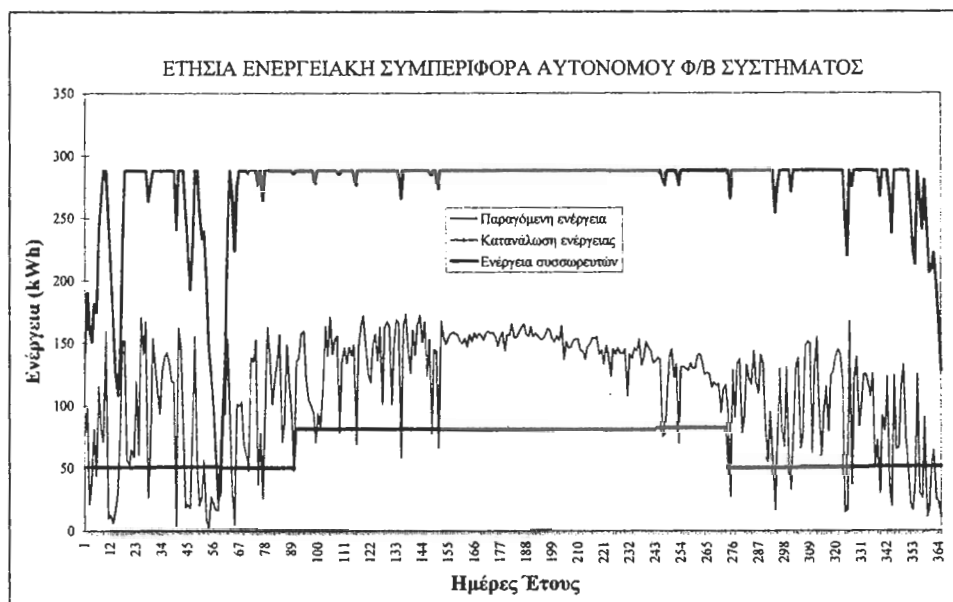
Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση Φ/Β εγκατάστασης Γαδού

τριών ημερών στο νησί. Το συνεχές ρεύμα, προερχόμενο από τη Φ/Β γεννήτρια ή από τους συσσωρευτές, μετατρέπεται σε τριφασικό εναλλασσόμενο μέσω δύο παράλληλων αντιστροφικών συνολικής δυναμικότητας 60 kVA, μέγεθος που καθορίζεται από την εγκατεστημένη ισχύ του νησιού.

Η επιλογή δύο ανεξάρτητων διατάξεων στηρίζεται στην προσπάθεια μέγιστης ενεργειακής αυτονομίας [5] ενός απομονωμένου νησιού, καθώς η επιλογή μοναδικής διάταξης ίδιας συνολικής ισχύος περιορίζει μεν το κόστος εγκατάστασης, όμως σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης θα έθετε εκτός λειτουργίας όλο το ηλεκτρικό σύστημα, με αποτέλεσμα να διακόπτεται πλήρως η τροφοδοσία του νησιού. Η επιλογή αυτή γίνεται επιτακτικότερη δεδομένου ότι η μελέτη αναφέρεται σε απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποδομή ούτε και το αρμόδιο προσωπικό για την άμεση αποκατάσταση οποιαδήποτε προβλήματος παρουσιαστεί. Συνεπώς, για να αποφευχθούν παρόμοιες καταστάσεις, οδηγούμαστε στην εγκατάσταση δύο ρυθμιστών φόρτισης και δύο αντιστροφικών, με σκοπό την εναλλαξιμότητα αυτών, δηλαδή σε κάθε περίπτωση τη μερική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων.

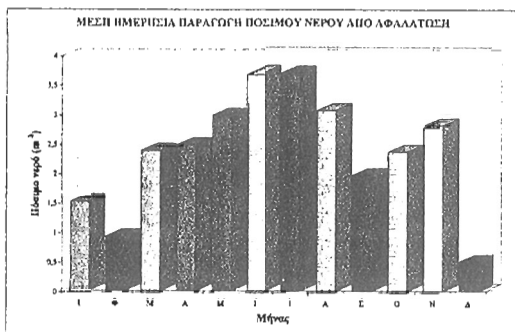
## 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μελετώντας την ενεργειακή συμπεριφορά του συστήματος για κάθε ημέρα ενός τυπικού έτους, διαπιστώνουμε ότι η παραγόμενη ενέργεια από το προτεινόμενο Φ/Β σύστημα καλύπτει πλήρως τη ζήτηση, ενώ όταν αυτή δεν επαρκεί, το έλλειμμα καλύπτεται ικανοποιητικά από την αποθηκευμένη στους συσσωρευτές ενέργεια, σχήμα /5/. Κατά τους θερμότερους θερινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο), παρατηρείται σημαντικό ημερήσιο πλεόνασμα ενέργειας, που κατά μέσο όρο ξεπερνά τις 70 kWh/ανά ημέρα.



Σχήμα 5: Παραγωγή – κατανάλωση - αποθήκευση ενέργειας του Φ/Β συστήματος της Γαύδος

Στις περιπτώσεις απομονωμένων μικρών νησιών, όπως η Γαύδος, με ιδιαίτερα αναπτυξιακά προβλήματα δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση η μη εκμετάλλευση της διαθέσιμης ενέργειας. Αποτελεί συνεπώς ουσιαστική κίνηση προόδου η διάθεση της περίσσειας ενέργειας για την τόνωση των υδάτινων αποθεμάτων της τοπικής κοινωνίας με τη χρήση αφαλάτωσης.



Σχήμα 6 : Ημερήσια παραγωγή νερού

Από αντίστοιχες μελέτες, η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή πόσιμου νερού με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης εκτιμάται σε 20 kWh/m<sup>3</sup> [6]. Επομένως, η ποσότητα "καθαρού" νερού που μπορεί να παραχθεί με την αξιοποίηση της περίσσειας ενέργειας από τη Φ/Β εγκατάσταση κυμαίνεται μεταξύ 3 και 3.5 m<sup>3</sup> ημερησίως κατά τους θερινούς μήνες, σχήμα /6/, οπότε και παρατηρείται σημαντική αύξηση του πληθυσμού του νησιού.

## 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

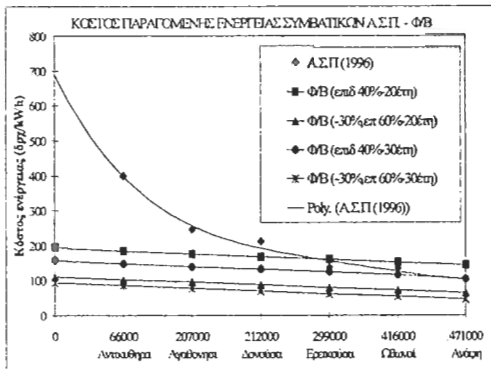
Μετά από έρευνα αγοράς [2], το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης της Φ/Β μονάδας ανέρχεται σε 134 εκατ. δρχ. Το μεγαλύτερο τμήμα του κόστους οφείλεται στην αγορά των Φ/Β πλαισίων, των διατάξεων διαχείρισης της ενέργειας και των απαραίτητων συσσωρευτών [7]. Ο αρχικός αυτός προϋπολογισμός χαρακτηρίζεται υψηλός, περίπου 6,000,000 δρχ ανά εγκατεστημένο kW. Για λόγους ρεαλιστικότερης και ασφαλέστερης ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν τιμές λιανικής πώλησης των διαφόρων εταιριών, οπότε παρουσιάζεται το μέγιστο κόστος της επένδυσης. Σε ανάλογες περιπτώσεις είναι δυνατή η απαίτηση υποβολής προσφορών από τις διάφορες εταιρίες με στόχο την επίτευξη ευνοϊκότερου διακανονισμού, που αναμένεται να επιφέρει σημαντική μείωση του αρχικού κόστους. Επιπλέον, υπάρχει η περίπτωση ένα μέρος των δαπανών (κυρίως εγκατάστασης) να καλυφθεί με πρωτοβουλία των κατοίκων του νησιού, είτε με τη μορφή χρηματικής δωρεάς, είτε με την εθελοντική τους εργασία. Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι δυνατή η συρρίκνωση του αρχικού κόστους κατά 10, 20 ή και 30 %, δηλαδή εξοικονόμηση αρχικού κεφαλαίου έως και 40 εκατ.δρχ.

Επειδή η συγκεκριμένη επένδυση αφορά αφ' ενός μεν την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ σε μια υπό ανάπτυξη περιοχή, αφ' ετέρου δε παρέχει την προοπτική εξέλιξης και ευημερίας μέσω του έργου, εντάσσεται στους στόχους πολλών εγχώριων ή ευρωπαϊκών προγραμμάτων χρηματοδότησης. Επομένως, υπάρχει δυνατότητα επιδότησης από 40 % έως και 60 % του αρχικού κόστους της επένδυσης.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα ανωτέρω, υπολογίσθηκε το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από τη Φ/Β εγκατάσταση, για κάθε συνδυασμό περιπτώσεων πιθανής έκπτωσης του αρχικού προϋπολογισμού και αναμενόμενης επιδότησης, με δεδομένο χρόνο ωφέλιμης ζωής της αρχικής επένδυσης τα 15, 20 και 30 έτη λειτουργίας, Πίνακας /III/.

Πίνακας III : Κόστος παραγόμενης ενέργειας (δρχ/kWh) του προτεινόμενου Φ/Β σταθμού

Απόσβεση	Κόστος ενέργειας (δρχ/kWh)											
	15 έτη				20 έτη				30 έτη			
Έκπτωση %	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
Επιδότηση												
40 %	217	195	174	152	187	168	149	131	151	136	121	106
60 %	171	154	137	120	151	136	121	105	125	113	100	88

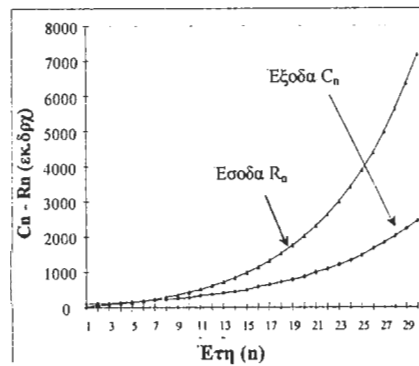


Σχήμα 7: Διάγραμμα κόστους παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β σταθμούς και από Α.Σ.Π. ανάλογης κλίμακας

Α.Σ.Π., ακόμα και στην περίπτωση χαμηλής επιδότησης ( $\cong 40\%$ ) και με μόλις 20 έτη ωφέλιμο χρόνο λειτουργίας του Φ/Β σταθμού. Στις περιπτώσεις που ο ωφέλιμος χρόνος ζωής της Φ/Β εγκατάστασης εξισωθεί με τη διεθνώς αποδεκτή τιμή των 30 ετών, ή επιτευχθεί ικανοποιητική συμπίεση [8] του αρχικού κόστους εγκατάστασης (έως 30%), η επιλογή του Φ/Β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πλεονεκτεί από πλευράς κόστους παραγόμενης ενέργειας έναντι σημαντικά μεγαλύτερων Α.Σ.Π., που υπερβαίνουν την ετήσια παραγωγή των 500 MWh, χωρίς ταυτόχρονα να επιβαρύνει το περιβάλλον και το κοινωνικό σύνολο, [9]. Τέλος, σε κάθε περίπτωση το εκτιμώμενο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την προτεινόμενη Φ/Β εγκατάσταση κυμαίνεται μεταξύ των 88 και των 217 δρχ/kWh.

Από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της Φ/Β εγκατάστασης της Γαύδου, η παραγωγή ενέργειας είναι περίπου 45,000 kWh ανά έτος. Το αντίστοιχο κόστος της ενέργειας, εάν αυτή παρήγεται από συμβατικό Α.Σ.Π, θα ήταν περίπου 450 δρχ/kWh. Εάν υπήρχε συνεπώς η δυνατότητα η ενέργεια από τη Φ/Β εγκατάσταση να πωλείται από ανεξάρτητο ιδιώτη παραγωγό σε τιμή ανταγωνιστική του τοπικού κόστους του Α.Σ.Π. της ΔΕΗ, π.χ. 400 δρχ/kWh, για τις δύο ακραίες περιπτώσεις κόστους των 217 δρχ/kWh και των 88 δρχ/kWh, θα είχαμε ποσοστό κέρδους επί της τιμής, από 45 έως και 78%. Παράλληλα, με τιμή πώλησης της ενέργειας ίση με 400 δρχ/kWh και επιδότηση της αρχικής εγκατάστασης ίσης με 40%, η απόσβεση της επένδυσης θα επιτυγχάνετο στα 5.5 έτη λειτουργίας της Φ/Β εγκατάστασης, σχήμα 8/.

Στο σχήμα 7/ παρουσιάζεται το κόστος της παραγόμενης Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας για επιλεγμένες περιπτώσεις του Πίνακα 11/ και για Φ/Β εγκαταστάσεις ανάλογοι μεγέθους (ελαφρά μεγαλύτερες) με αυτήν της Γαύδου. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με το αντίστοιχο κόστος λειτουργίας των υφιστάμενων μικρών Α.Σ.Π. Από τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι για ετήσια ενεργειακή κατανάλωση έως και 230,000 kWh η χρήση Φ/Β σταθμού παραγωγής πλεονεκτεί από πλευράς κόστους παραγόμενης ενέργειας έναντι της λειτουργίας τοπικών



Σχήμα 8: Οικονομική συμπεριφορά Φ/Β επένδυσης

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βασικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης μελέτης δημιουργίας ενός αυτόνομου Φ/Β σταθμού, που θα μπορούσε να αποτελέσει πρότυπο για το σχεδιασμό ανάλογων επενδύσεων σε αρκετά νησιά του Αιγαίου. Έχοντας ως βάση αναφοράς προηγούμενη μελέτη για το υπάρχον Φ/Β σύστημα της νήσου Γαύδου, προτάθηκαν αξιολογές βελτιώσεις και ελήφθησαν υπόψη σημαντικές δυνατότητες, που είχαν αρχικά αγνοηθεί. Η προτεινόμενη ισχύς αιχμής της νέας Φ/Β εγκατάστασης δεν διαφέρει

πολύ από αυτήν της αρχικής μελέτης, καθώς αυξήθηκε από 20 σε 22 kWp. Αντιθέτως, η διαθέσιμη ενέργεια προκύπτει σαφώς μεγαλύτερη, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες. Παράλληλα, εκτιμήθηκε ότι απαιτούνται περισσότερες διατάξεις διαχείρισης, με διπλάσια δυναμικότητα και μεγαλύτερες δυνατότητες αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Συνεπώς, η αναθεωρημένη εγκατάσταση καλύπτει πλέον με απόλυτη αξιοπιστία τις ενεργειακές ανάγκες του νησιού. Τέλος, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε και στην προοπτική εκμετάλλευσης της περίσσειας ενέργειας για παραγωγή πόσιμου νερού με τη μέθοδο της αφαλάτωσης.

Ο προϋπολογισμός του κόστους της επένδυσης θεωρείται αρκετά υψηλός, κάτι που χαρακτηρίζει γενικότερα τη Φ/Β τεχνολογία, αλλά και τη γεωγραφική ιδιομορφία της νήσου Γαύδου. Εκτιμάται, βέβαια, ότι το αρχικό κόστος είναι δυνατό να περιοριστεί. Επιπλέον, ανάλογα έργα είναι επιδοτούμενα από τους αρμόδιους φορείς. Πιστεύεται, λοιπόν, ότι η συγκεκριμένη επένδυση είναι απόλυτα προσιτή από πλευράς κόστους και τεχνολογίας. Το αναμενόμενο κόστος ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σταθμό είναι σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο των συμβατικών αυτόνομων σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού, που λειτουργούν σε παρόμοιες της νήσου Γαύδου συνθήκες. Βασικό πλεονέκτημα της λειτουργίας της αυτόνομης Φ/Β μονάδος είναι η ενεργειακή αυτόρκεια του νησιού με σεβασμό στο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη άνεση στη ζωή των κατοίκων και συντελεί στη δημιουργία υποδομής για επιπλέον αναπτυξιακά έργα, που θα αναδείξουν την περιοχή και θα την οδηγήσουν στην εξέλιξη και στην ευημερία.

Συνοψίζοντας, μέσα από τη μελέτη της συγκεκριμένης Φ/Β μονάδος αποδεικνύεται ότι η Φ/Β μετατροπή αποτελεί μία αξιόπιστη και αποτελεσματική μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς υπερβολικό κόστος για αντίστοιχες περιοχές της χώρας μας. Η υιοθέτησή της επομένως για την αντιμετώπιση της έλλειψης ενέργειας σε ευαίσθητες και απομονωμένες περιοχές θα συμβάλλει αποφασιστικά στη σταδιακή αντικατάσταση της χρήσης των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα αποθέματα είναι περιορισμένα, από αστείρευτες πηγές ενέργειας, χωρίς σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] HELIODYNAMI LTD - Energy & Environmental Research and Applications, 1995, "Small Wind Desalination Market Potential in the Aegean Sea Greek Islands", Athens,
- [2] Σωτηράκη Κ., Καλδέλλης Ι., 1998, "Μελέτη Ανανεώσιμου Ενεργειακού Σταθμού Φωτοβολταϊκής Βάσης", Πτυχιακή εργασία, D-16, Εργαστήριο Ηπίων Μορφών Ενέργειας, ΤΕΙ Πειραιά.
- [3] Chadjivasiliadis J., Betzios G., 1994, "Gavdos Photovoltaic Demonstration Project", Public Power Corporation - Direction of Alternative Energy Forms.
- [4] Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, 1980-85, "Μετρήσεις για την Αξιοποίηση του Ηλιακού και του Αιολικού Δυναμικού της Ελλάδας", ΔΕΗ-ΔΕΜΕ, Αθήνα.
- [5] Καλδέλλης Ι., Καλαμπαλίκης Αθ., Καπετανιάς Π., 1998, "Σχεδιασμός-Μελέτη Λειτουργίας Αυτόνομης Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης για Απομονωμένο Καταναλωτή", Εθνικό Συνέδριο για την Εφαρμογή των ΑΠΕ, ΕΜΠ-RENEC, (Ίδρυμα Ευγενίδου), Αθήνα.
- [6] APAS Project Contract Reference, 1997, "Wind Powered Desalination for Small Coastal and Island Communities in Mediterranean Regions", APAS - RENA - CT 94 00 55, Italy.
- [7] Commission of European Communities, DG XVII, 1994, "Photovoltaic Technologies and their Future Potential", A Thermie Programme Action.
- [8] Commission of European Communities, DG XVII, 1994, "The European Renewable Energy Study up to 2010, Annex 1: Technology Profiles", ISBN 92-826-6951-3, Brussels - Luxembourg.
- [9] Kaldellis J., 1996, "Social Costs and Benefits Related to the Soft Energy Applications", International Conference on Protection and Restoration on the Environment III, Chania.