

Μια ήπια και ανεξάντλητη ηλεκτρική πηγή για το παρόν και για το μέλλον

του Κ. Καγκαράκη*

1. Ηλεκτροπαραγωγή, φυσικά αποθέματα και περιβάλλον

Στην Ελλάδα, το σύνολο ουσιαστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από θερμικούς σταθμούς, που λειτουργούν με καύση λιγνίτη (73%) ή πετρελαίου (18%) και από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (9%). Η κατασκευή και η λειτουργία συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής σαν τους παραπάνω, καθώς και ενδεχομένως άλλων αντιστοιχών, στηριζόμενων π.χ. στην καύση φυσικού αερίου ή στη χρήση πυρηνικής ενέργειας, συνεπάγεται σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις, που εκδηλώνονται σε διάφορες μορφές. Μια τέτοια προφανής επίπτωση είναι η εξάντληση φυσικών πόρων που θα έπρεπε να διατηρηθούν για την αντιμετώπιση άλλων ουσιαστικών μελλοντικών αναγκών της ανθρωπότητας, οι οποίες δεν φαίνεται ότι θα μπορούν να καλυφθούν από νέες πηγές. Π.χ. θα είναι λογικό, ένα μέρος από τα αποθέματα των ορυκτών υδρογονανθράκων να κρατηθεί για την παραγωγή πετροχημικών προϊόντων. Επίσης, είναι προφανές ότι η ενεργειακή εξάρτηση, δηλαδή η στήριξη της οικονομίας μιας χώρας σε εισαγόμενα καύσιμα, μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε οικονομική και πολιτική εξάρτηση.

Εξίσου όμως ή ίσως και περισσότερο σημαντικά είναι τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνοδεύουν την κατασκευή και τη λειτουργία των θερμικών, των πυρηνικών ή των υδροηλεκτρικών σταθμών, με κυριότερα, αντίστοιχα, την θερμική και χημική ρύπανση, την εκπομπή ραδιενεργού ακτινοβολίας και τη βίαιη παραμόρφωση του φυσικού τοπίου με ογκώδη οικοδομήματα (πύργοι ψύξης, υψηλές καπνοδόχοι), με τεχνητές λίμνες και με εκτροπές ποταμών. Αντίθετα, η ηλεκτροπαραγωγή με την αξιοποίηση της ενέργειας των ανέμων ή της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή εναλλακτικών, μη εξαντλήσιμων ενεργειακών πηγών που είναι ελεύθερα διαθέσιμες, έχει ήπια ή μηδενική επίδραση στο περιβάλλον. Παράλληλα, εξασφαλίζεται μια σειρά από γενικότερα πλεονεκτήματα, όπως είναι η τοπική ανάπτυξη και η αποκέντρωση, με την ανεξαρτοποίηση από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής και από το διεθνές εμπόριο των καυσίμων.

2. Η φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας

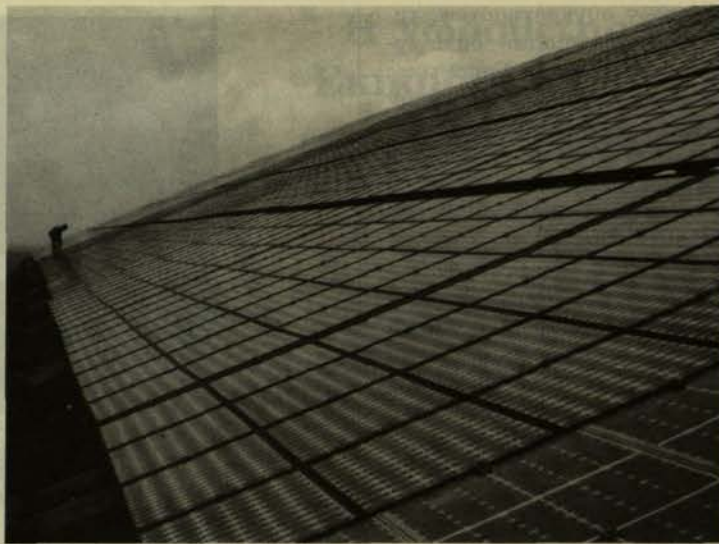
Από τις εναλλακτικές ηλεκτροπαραγωγικές μεθόδους, ειδικότερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια διότι χαρακτηρίζεται από ορισμένα μοναδικά προσόντα, που δεν συναντάμε σε καμία άλλη μέθοδο. Στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή στην άμεση εκδήλωση διαφοράς δυναμικού στις δύο πλευρές μίας κατάλληλης ημιαγωγικής διόδου, όταν δεχθεί φωτεινή ακτινοβολία, που προκαλείται από τον διαχωρισμό των ηλεκτρικών φορέων οι οποίοι δημιουργούνται από τα φωτόνια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, υπό την επίδραση του ενδογενούς ηλεκτροστατικού πεδίου της διόδου. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1839 από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Becquerel αλλά οι πρακτικές εφαρμογές του άρχισαν μόλις το 1955, και μάλιστα κατευθείαν στη διαστημική τεχνολογία, με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών γεννητριών στους τεχνητούς δορυφόρους.

Αν και η κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου προϋποθέτει κάποιες βασικές γνώσεις φυσικής, χημείας και ηλεκτρονικής, η πρακτική εφαρμογή του είναι εξαιρετικά απλή. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες αποτελούνται από ηλιακά κύτταρα, δηλαδή από δίσκους πυριτίου διαμορφωμένους σε διόδους, που δέχονται την



Στο μέλλον, με την εξάπλωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, θα βλέπουμε όλο και συχνότερα το εξοχικό τοπίο σε οικολογικά φιλική συνύπαρξη με τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

(*) Ο Κ. Καγκαράκης είναι Καθηγητής του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Πολυτεχνείου.



Η ηλεκτρική ισχύς που παράγει ο εικονιζόμενος φωτοβολταϊκός σταθμός (με συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 4000 τετρ. μέτρων) το μεσημέρι μιάς ηλιόλουστης καλοκαιρινής μέρας είναι περίπου 300 KW. Η αντίστοιχη ετήσια ηλεκτροπαραγωγή του 0,1 GWh είναι βέβαια πολύ μικρή σε σύγκριση με την ηλεκτρική κατανάλωση της Ελλάδας (περίπου 30.000 GWh) αλλά κανείς δεν υποστήριξε ποτέ ότι η φωτοβολταϊκή ενέργεια θα μπορούσε ή θα πρέπει να καλύψει το σύνολο των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν κατευθείαν σε ηλεκτρική ενέργεια, χωρίς την παρεμβολή άλλων διεργασιών. Έτσι, η λειτουργία τους δεν συνεπάγεται καμμία ρύπανση (ατμοσφαιρική ή υδάτινη) ή άλλη ενόχληση ή επιβάρυνση (ηχητική, θερμική, αισθητική) για το περιβάλλον, ούτε δημιουργεί απόβλητα ή άχρηστα παραπροϊόντα. Επίσης, λόγω της σπονδυλωτής τους συγκρότησης, είναι εύκολη η συνεχής προσαρμογή των φωτοβολταϊκών γεννητριών στις εξελισσόμενες ανάγκες της κατανάλωσης, με μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος τους ώστε να ικανοποιούν τη ζήτηση π.χ. ενός φωτιστικού σώματος ή μιάς απομονωμένης κατοικίας ή ενός μικρού συγκροτήματος κατοικιών ή ενός ολόκληρου οικισμού. Επειδή, μάλιστα, στις φωτοβολταϊκές γεννήτριες δεν υπάρχουν κινούμενα μηχανικά εξαρτήματα ούτε ροή ρευστών, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι απαλλαγμένες από σχεδόν κάθε ανάγκη επίβλεψης, συντήρησης και επισκευής που αποτελεί σπουδαίο πλεονέκτημα για απομονωμένες εγκαταστάσεις της ορεινής ή της νησιωτικής υπαίθρου. Ως προς το προφανές πρόβλημα του ετεροχρονισμού μεταξύ της διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας, η αντιμετώπισή του γίνεται αναγκαστικά με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικών συσσωρευτών ή με άλλα συστήματα αποθήκευσης και μετατροπής της ενέργειας.

Ένα χαρακτηριστικό αλλά και διασκεδαστικό γεγονός, που δείχνει την ευκολία και το αδάπανο της παραγωγής της φωτοβολταϊκής ενέργειας, είναι η δυσπιστία με την οποία πολλοί επιστήμονες της εποχής αντιμετώπισαν τον Αμερικανό Φυσικό Charles Fritts, όταν ανακοίνωσε το 1886 ότι πέτυχε τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος με τη φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας. Την προ-Πλανκική εκείνη

εποχή, θεωρήθηκε ότι μια τέτοια άποψη παραβίαζε την ιερή αρχή της διατήρησης της ενέργειας αφού η παραγόμενη ενέργεια ήταν σαν να είχε προέλθει εκ του μηδενός!

Σήμερα, ύστερα από τη δικαίωση του Fritts και των άλλων πρωτοπόρων της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, αναγνωρίζεται γενικά ότι το μόνο ουσιαστικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το κόστος της κατασκευής των φωτοβολταϊκών γεννητριών, που για τις περισσότερες εφαρμογές, τις καθιστά αντιοικονομικές σε σύγκριση με τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και τους μεγάλους συμβατικούς σταθμούς. Υπάρχουν όμως βέβαιες ελπίδες ότι στο προσεχές μέλλον, με τη χρησιμοποίηση φθηνότερων ημιαγωγών και με την εξέλιξη των ηλεκτρικών συσσωρευτών, το κόστος της φωτοβολταϊκής ενέργειας θα μειώνεται συνεχώς και θα φτάσει σε ανταγωνιστικά επίπεδα για πάρα πολλές εφαρμογές, ώστε να καλύπτει ένα μεγάλο μέρος από τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας.

3. Εφαρμογές και δυνατότητες στην Ελλάδα

Λόγω της πλεονεκτικής της γεωγραφικής θέσης, της μορφολογίας και των κλιματολογικών συνθηκών, η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τη διάδοση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, ώστε να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια που να συμβάλει σε αξιόλογο βαθμό στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Ήδη λειτουργούν ή βρίσκονται στο τελευταίο στάδιο κατασκευής αρκετοί φωτοβολταϊκοί σταθμοί ισχύος 20 ως 100 KW, για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων νησιωτικών οικισμών (Κύθνος, Αγία Ρουμέλη, Αρκοί, Γαύδος, Αντικύθηρα). Επίσης λειτουργούν 300 περίπου άλλες μικρότερες φωτοβολταϊκές γεννήτριες για την τροφοδότηση εξοχικών

κατοικιών, φάρων, αντλητικών συγκροτημάτων, τηλεπικοινωνιών αναμεταδοτών, συστημάτων συναγερμού και διατάξεων φόρτισης συσσωρευτών. Σημαντικές περιοχές φωτοβολταϊκών εφαρμογών που να μπορούν να ανταγωνιστούν οικονομικά τις συμβατικές και τις άλλες εναλλακτικές ηλεκτρικές πηγές είναι επίσης η σηματοδότηση οδικών και σιδηροδρομικών διασταυρώσεων, ο εξοπλισμός των αλιευτικών σκαφών και των σκαφών αναψυχής (ιδίως στα ιστιοφόρα για την τροφοδότηση των ασυρμάτων τους), η λειτουργία μετεωρολογικών σταθμών, η καθοδική προστασία υπογειών σωληνώσεων και μεταλλικών κατασκευών, η αφαλάτωση του θαλασσινού και του υφάλμυρου νερού για την παραγωγή πόσιμου νερού, ο αερισμός αποθηκών αγροτικών προϊόντων κλπ. Τα περιθώρια είναι πολύ μεγάλα και η επινόηση νέων εφαρμογών αποτελεί ένα ενδιαφέρον πεδίο εξάσκησης της φαντασίας και της τεχνολογικής γνώσης. Μια προφανής πρόκληση είναι η δυνατότητα αξιοποίησης της φωτοβολταϊκής ενέργειας για την κίνηση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου του αύριο, που αποτελεί μια ιδανική λύση για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις.

Ευνοϊκή επίδραση για την ευρύτερη διάδοση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αναμένεται ότι θα έχει η γενικότερη εφαρμογή του Νόμου 1559/1985, που επιτρέπει στους ιδιώτες και στην τοπική αυτοδιοίκηση να αποκτούν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Συγχρόνως, για την ενθάρρυνση της εξοικονόμησης της ενέργειας, ο Νόμος επιβάλλει στη Δ.Ε.Η. να αγοράζει την ενδεχόμενη περίσσεια της ιδιοπαραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σε τιμές αντίστοιχες με το δικό της επιτόμιο κόστος παραγωγής. Έτσι, σε πολλές περιοχές, όπως π.χ. στα μικρά νησιά, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα της Δ.Ε.Η. παράγεται σε δαπανηρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τους ιδιοπαραγωγούς θα πρέπει να είναι αρκετά υψηλή. Επομένως, η απόσβεση της δαπάνης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων θα μπορεί να γίνεται σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα και, γενικότερα οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις να αποτελούν μια ευεργετική αλλά και συμφέρουσα επένδυση.

Παράλληλα, ειδικότερα για τα περισσότερα ελληνικά νησιά, είναι ιδιαίτερα σημαντικές οι προοπτικές για μικτές (υβριδικές) εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών (με την προσθήκη ίσως ενός μικρού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ως εφεδρία ασφαλείας), που αξιοποιώντας τόσο την ηλιακή όσο και την αιολική ενέργεια, θα αλληλοσυμπληρώνουν την ηλεκτροπαραγωγή τους ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες που θα επικρατούν: Ευνοϊκές για τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια τις μέρες με ήλιο και ευνοϊκές για την ανεμογεννήτρια τις μέρες με άνεμο.

4. Δραστηριότητες στο Ε.Μ. Πολυτεχνείο

Για την εκπαίδευση των φοιτητών του στα θέματα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, στο Τμήμα Ηλεκτρο-



Το κατόστρωμα της θαλαμηγού στερήθηκε ένα μικρό μέρος από τον ήλιο και τον χώρο του, όσο αντιστοιχεί σε δύο πολυθρόνες ηλιοθεραπείας, για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Όμως, ο ασύρματος και οι άλλες ηλεκτρικές συσκευές του σκάφους απέκτησαν μια αξιόπιστη, αδιάπνη, ακίνδυνη, αθόρυβη και μη ρυπαίνουσα τροφοδοτική πηγή.

λόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου διδάσκεται ήδη από το 1982 ένα αντίστοιχο μάθημα επιλογής στο 7ο εξάμηνο, που συνοδεύεται με πτωτότυπες εργαστηριακές ασκήσεις για την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, τη συγκρότηση γεννητριών και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους, με προσομοίωση των πρακτικών συνθηκών. Επίσης, στο Εργαστήριο Ηλεκτροτεχνικών Υλικών του Τομέα Ηλεκτροεπιστήμης, δίνεται η ευκαιρία σε πολλούς προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές να εκτελούν ανεξάρτητες, διπλωματικές ή διδακτορικές εργασίες πάνω σε θέματα φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και έρευνας ή να συμμετέχουν σε αντίστοιχα προγράμματα. Πολλές από τις εργασίες αυτές, που αφορούν κυρίως στον σχεδιασμό, στην κατασκευή, στον έλεγχο και στην αξιολόγηση φωτοβολταϊκών συστημάτων, έχουν στη συνέχεια ανακοινωθεί σε ελληνικά και διεθνή συνέδρια, προβάλλοντας την ουσιαστική παρουσία του ιδρύματος αλλά και της χώρας στην περιοχή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Εξάλλου, ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στη διατήρηση επαφής με κρατικές υπηρεσίες, οργανισμούς και βιομηχανίες για τη συνεργασία σε ερευνητικά και αναπτυξιακά προγράμματα με αξιοποίηση φωτοβολταϊκών εφαρμογών. Στις δραστηριότητες αυτές συμμετέχει και ο καθηγητής Ι. Αβαριτσιώτης του Τομέα Πληροφορικής, καθώς και άλλα μέλη του ΔΕΠ του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Το αντικείμενο είναι μεγάλο και προσφέρεται για πολύπλευρη απασχόληση. Άλλωστε, γενικότερα στο Ε.Μ. Πολυτεχνείο, η μελέτη και η χρησιμοποίηση της φωτοβολταϊκής ενέργειας αποτέλεσαν επίσης από μακρού ερευνητικό ενδιαφέρον και του Τομέα Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων του Τμήματος Χημικών Μηχανικών.