

ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

Π. Χαβιαρόπουλος, Π. Βιώνης, Α. Δημούδη, Κ. Καρύτσας,
Γ. Λεμονής, Ν. Λυμπερόπουλος, Κ. Πανούτσου, Χ. Πρωτογερόπουλος
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
19^ο χλμ Λεωφόρου Μαραθώνος, 190 09 Πικέρμι
Τηλ. 6039900, fax 6039905, e-mail: tchaviar@cres.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ: Η γενική αυτή εισήγηση έρχεται να συμπληρώσει προγενέστερη εισήγηση του πρώτου συγγραφέα με παραπλήσιο αντικείμενο, η οποία παρουσιάστηκε στο πρώτο συνέδριο της Μονάδας Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων του ΕΜΠ πριν δύομισι χρόνια. Τότε είχαμε αναφερθεί στις πιο “ώριμες” τεχνολογίες των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) παρουσιάζοντας τη γενική τους εικόνα και τις τεχνολογικές τους τάσεις, καταλήγοντας στην εφαρμογή τους στη χώρα μας. Για να αποφύγουμε την επανάληψη, το κείμενο αυτό περιορίζεται στην παρουσίαση των τεχνικών δεδομένων που εντωμεταξύ διαφοροποιήθηκαν και εμπλουτίζεται με κάποια στοιχεία “μη-ώριμων” τεχνολογιών που συμπληρώνουν τη γενική εικόνα. Τέλος, προστέθηκε μια νέα θεματική με τον γενικό τίτλο “ΑΠΕ και υδρογόνο” εκτιμώντας ότι ο συνδυασμός αυτός θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα στο μέλλον.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο συνέδριο της Μονάδας Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων του ΕΜΠ που έγινε στην Αθήνα στα τέλη του 1998 επιχειρήσαμε να καταγράψουμε σε ένα γενικό άρθρο⁽¹⁾ το επίπεδο εξέλιξης των ωριμότερων τεχνολογιών ΑΠΕ. Είχαμε δώσει, τότε, ιδιαίτερη βαρύτητα στο τεχνικό αντικείμενο των τεχνολογιών, γνωρίζοντας ότι άλλα σημαντικά στοιχεία, που άπτονται θεμάτων αγοράς και πολιτικής, θα παρέχονταν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε παράλληλες εισηγήσεις, περισσότερο εντοπισμένες στα θέματα αυτά. Δύομισι χρόνια αργότερα αρκετά πράγματα έχουν διαφοροποιηθεί στο επίπεδο των τεχνολογικών εξελίξεων και, έτσι, θεωρήσαμε ότι θα ήταν χρήσιμο να επανέλθουμε με μια συμπληρωματική προς την αρχική εισήγηση, όπου θα καταγράψουμε τα νέα δεδομένα.

Στο άρθρο αυτό επισκεπτόμαστε και πάλι τις “κλασικότερες” τεχνολογίες μετατροπής της αιολικής ενέργειας, της βιομάζας, της γεωθερμικής και της ηλιακής ενέργειας. Στη βιομάζα η βαρύτητα μετατοπίζεται από την πρώτη ύλη στις - μεγάλες σε αριθμό- τεχνολογίες μετατροπής της. Αποφύγαμε μια νέα αναφορά στα μικρά υδροηλεκτρικά αφού οι πρόσφατες εξελίξεις της ώριμης αυτής τεχνολογίας είναι μάλλον περιορισμένες. Στην ηλιακή ενέργεια ξεχωρίζουμε την τεχνολογία της φωτοβολταϊκής μετατροπής από τις θερμικές τεχνολογίες στις οποίες προσθέτουμε κάποιες νέες χρήσεις. Προστέθηκε, επίσης, ένα νέο κεφάλαιο που αναφέρεται στην κυματική ενέργεια, αν και η αξιοποίηση του ανανεώσιμου αυτού πόρου είναι ακόμα μακριά από το στάδιο της εμπορικής εκμετάλλευσης. Τέλος, επιχειρούμε μια ματιά στο μέλλον εισάγοντας το κεφάλαιο “ΑΠΕ και Τεχνολογίες Υδρογόνου”. Αν και το υδρογόνο δεν αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ούτε καν πρωτογενές καύσιμο αφού απαιτείται ενέργεια για την παραγωγή του), εν τούτοις θεωρείται ότι σε συνδυασμό με τις ΑΠΕ θα παίξει σημαντικό ρόλο στα ενεργειακά δρώμενα 1) μεσοπρόθεσμα σαν μέσο αποθήκευσης ενέργειας και 2) μακροπρόθεσμα σαν καθαρό καύσιμο για αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και για τις μεταφορές.

Το άρθρο αυτό είναι προϊόν συνεργασίας επιστημόνων του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι οποίοι δραστηριοποιούνται σε θέματα εφαρμοσμένης έρευνας και ανάπτυξης στην γνωστική περιοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο σύνολο των τεχνολογιών που αναπτύσσονται παρακάτω το ΚΑΠΕ έχει αναπτύξει αξιόλογη δραστηριότητα στα δεκατρία χρόνια της ζωής του και έχει αποκτήσει σημαντική τεχνογνωσία μέσα από τη συστηματική του συμμετοχή σε σχετικά ερευνητικά προγράμματα και ανθρώπινα δίκτυα. Η τεχνογνωσία αυτή, σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό μεγάλης κλίμακας που διαθέτει και συνεχώς εξελίσσει επιτρέπει στο ΚΑΠΕ αφ’ ενός μεν να στηρίζει τον Εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό στον τομέα των ΑΠΕ, αφ’ εταίρου να υποστηρίζει τεχνικά την εσωτερική αγορά και να συνδράμει στην ανάπτυξη της Ελληνικής βιομηχανίας των ΑΠΕ που αποτελεί για εμάς το μεγάλο ζητούμενο.

2. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αρχή της νέας χλιετίας βρίσκει την αιολική ενέργεια να βαδίζει με γοργά βήματα προς την ωριμότητα, ενώ γίνεται πλέον αποδεκτό ότι είναι μια αποδεδειγμένη μορφή παραγωγής ενέργειας. Κυρίαρχο και καθοριστικό ρόλο στην εγκαθίδρυση της θέσης της αιολικής ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαετία έχει παίξει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό έχει επιτευχθεί αφενός μέσω μιας σειράς στρατηγικών αποφάσεων και κινήτρων και αφετέρου μέσω της έντονης υποστηρίξης δραστηριοτήτων έρευνας και ανάπτυξης, κάτι που αποτελεί κλειδί στην εμπορική επιτυχία της αιολικής ενέργειας, επιτυγχάνοντας τη μείωση του κόστους παραγωγής στην τάξη των 5 cEuro/kWh σε περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό. Τέλος, η ίδια σαφής υπεροχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταγράφεται επίσης σε επίπεδο κατασκευαστών Α/Γ οι οποίοι καλύπτουν το 90% της παγκόσμιας κατασκευαστικής δυναμικότητας.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως ανήλθε στα τέλη του 2000 στα 16,5 GW, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το ίδιο έτος ανήλθε σε περίπου 36 TWh, περίπου όση η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας. Η αύξηση σε εγκατεστημένη ισχύ είναι της τάξης του 20-30% ετησίως και η πρόβλεψη για την παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ το έτος 2010 αγγίζει τα 150 GW, ενώ για την Ευρώπη εκτιμάται στα 60 GW⁽²⁾. Η αιολική βιομηχανία αναπτύσσεται με γρηγορότερους ρυθμούς από αυτήν των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, ενώ

είναι εφάμιλλη αυτής της κινητής τηλεφωνίας⁽³⁾.

Οι περισσότεροι αναλυτές συμφωνούν ότι η αναμενόμενη τεχνολογική πρόοδος τα επόμενα έτη θα είναι μάλλον εξελικτική και όχι αλματώδης⁽⁴⁾. Σήμερα διατίθενται στην αγορά Α/Γ με μέγεθος 600 kW έως 2 MW για επίγειες εφαρμογές ενώ σχεδιάζονται και Α/Γ 2-5 MW για εφαρμογές υπεράκτιες (offshore). Η βόρεια Ευρώπη (Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μεγ. Βρετανία) κινούνται έντονα στην κατεύθυνση αυτή, κυρίως λόγω αντιδράσεων της κοινής γνώμης ιδιαίτερα σε περιοχές (Γερμανία-Δανία) όπου έχουν ήδη εγκατασταθεί πολλές Α/Γ στην ξηρά και τον ως εκ τούτου περιορισμό των διαθέσιμων περιοχών με καλό αιολικό δυναμικό⁽⁵⁾. Εκτιμάται ότι υπάρχει όριο στη δυνατότητα μείωσης του κόστους σε πολύ μεγάλα μεγέθη Α/Γ, το οποίο αντισταθμίζεται στις περιπτώσεις των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, όπου ούτως ή άλλως το κόστος της θεμελίωσης ανεβάζει το κόστος εγκατάστασης κατά 20-30%, το οποίο όμως αναμένεται να αντισταθμιστεί από τις καλύτερες ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές αυτές. Η νότια Ευρώπη, με εξαίρεση ίσως την Ιταλία, δεν ασχολείται με τις παράκτιες εγκαταστάσεις, αφού οι προτεινόμενες σήμερα λύσεις αναφέρονται σε νερά με μέγιστο βάθος της τάξης των 20 μέτρων. Πλωτά συστήματα Α/Γ είναι προς το παρόν εκτός πεδίου σκέψης λόγω πολύ υψηλού κόστους.

Στις περιοχές αυτές καθώς και στις ΗΠΑ όπου υπάρχει αρκετός διαθέσιμος αραιοκατοικημένος χώρος και που πολλές φορές χαρακτηρίζονται από το έντονο ανάγλυφο τους, εγκαθίστανται κυρίως μικρότερες μηχανές (μέχρι 600 kW-1.3 MW το πολύ). Ένας πρόσθετος λόγος για την εγκατάσταση μικρότερων Α/Γ σε περιοχές έντονου ανάγλυφου είναι τα προβλήματα μεταφοράς και ανέγερσης των μεγαλύτερων μονάδων. Σε ερευνητικό-επιδεικτικό επίπεδο διερευνούνται στις χώρες αυτές λύσεις για μεγαλύτερες μονάδες εξοπλισμένες με ειδικά υποσυστήματα (π.χ. αρθρωτά πτερύγια, αυτο-ανεγείρομενοι πύργοι, κλπ.)

Στο πεδίο της τεχνολογίας δεν παρατηρείται σαφής επικράτηση κάποιας συγκεκριμένης τεχνολογίας Α/Γ. Ειδικά για τις μεγάλες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιείται κυρίως έλεγχος μέσω αεροδυναμικής αποκόλλησης ή μέσω αλλαγής του βήματος των πτερυγίων. Ο τρόπος ελέγχου ο οποίος έχει απορριφθεί γενικά για τις μεγάλες Α/Γ είναι αυτός των σταθερών στροφών μεταβαλλόμενου βήματος. Αυτός ο συνδυασμός είχε ως αποτέλεσμα μεγάλα μεταβατικά φαινόμενα στην παραγόμενη ισχύ όταν παράμετρος ελέγχου ήταν η ισχύς⁽⁶⁾. Σε σχέση με την ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής η παλαιότερη αντίληψη για χρήση 2 διακριτών ταχυτήτων (για χαμηλές και υψηλές ταχύτητες αέρα), αντικαθίσταται από σχεδιασμούς που περιλαμβάνουν συνεχή μεταβολή της ταχύτητας της πτερωτής με ταυτόχρονη ανάπτυξη συστημάτων άμεσης οδήγησης (direct drive). Τα μερίδια τους στην αγορά δεν δείχνουν σαφείς τάσεις επικράτησης, παρατηρείται παρ' όλα αυτά μία στροφή ακόμη και από εταιρείες που παραδοσιακά κατασκευάζουν Α/Γ ελεγχόμενες με αεροδυναμική αποκόλληση στη διερεύνηση λύσεων με χρήση ενεργητικού ελέγχου των στροφών (variable speed) και του βήματος των πτερυγίων για καλύτερη εκμετάλλευση της ισχύος και τη βελτίωση της ποιότητας της, αλλά και ειδικά για τις μεγάλες μηχανές, για τον έλεγχο της ευστάθειας τους

(αεροελαστική ευστάθεια, ευστάθεια των συστημάτων ελέγχου κλπ.). Ο Πίνακας I που ακολουθεί παρουσιάζει τις τάσεις όπως αυτές καταγράφονται στις διαθέσιμες εμπορικές μονάδες των κατασκευαστών:

Παρ' όλο που στο ερευνητικό επίπεδο οι προσπάθειες για καλύτερη κατανόηση της φυσικής και των αρχών λειτουργίας συνεχίζονται (κυρίως αεροδυναμική-αεροελαστικότητα-σύνθετα υλικά) υπάρχει μία σαφής μετατόπιση του κέντρου βάρους των δραστηριοτήτων σε θέματα ενσωμάτωσης των Α/Γ στο ηλεκτρικό σύστημα, ιδιαίτερα σε περιοχές που η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στα τοπικά δίκτυα είναι ήδη υψηλή. Η δραστηριότητα εντοπίζεται σε θέματα πρόγνωσης της απόδοσης των αιολικών πάρκων, συστήματα ελέγχου & ασφάλειας, τηλεπαρακολούθησης, monitoring κλπ. (πληροφορική-τηλεπικοινωνίες).

Κατ/της	Τύπος	Έλεγχος ισχύος	Σχόλια
NEG-MICON	NM2000/72	Active stall	2 ταχύτητες
	NM1500C/64	Stall	2 ταχύτητες
VESTAS	V80-2 MW	Pitch & Var.speed	905-1915 RPM
	V66-1.65MW	Pitch & optislip	1500-1650 RPM
GAMESA	G52-850 kW	Pitch & Var.speed	900-11650 RPM
	G47-660 kW	Pitch & Var.speed	1200-1626 RPM
ENERCON	E66-1.8 MW	Pitch & Var.speed	10-22 RPM
	E58-1 MW	Pitch & Var.speed	10-24 RPM
ENRON	2 MW	Pitch & Var.speed	972-1803 RPM
	1.5 MW	Pitch & Var.speed	800-1440 RPM
BONUS	2MW	Active stall	2 ταχύτητες
	1.3 MW	Active stall	2 ταχύτητες
NORDEX	N80/2500 kW	Pitch & Var.speed	700-1303 RPM
	N60/1300 kW	Stall	2 ταχύτητες
DEWIND	D4-600 kW	Pitch & Var.speed	680-1327 RPM
	D6-1.25 MW	Pitch & Var.speed	700-1350 RPM

Πίνακας 1: Σύγχρονοι τύποι Α/Γ

Στην Ελλάδα ισχύουν όσα ειπώθηκαν παραπάνω για τη νότια Ευρώπη, ενώ το μεγάλο στοίχημα παραμένει η ενίσχυση του δικτύου στις περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και η συμπίεση του χρόνου που απαιτείται για να επιτευχθεί αυτό. Μετά την καταγραφή του αιολικού δυναμικού είναι ίσως σκόπιμο να διερευνηθεί η δυνατότητα εκμετάλλευσης και άλλων θέσεων στο ηπειρωτικό δίκτυο με χαμηλότερο δυναμικό. Η στροφή σε φθηνότερες μηχανές (κλάσης 3, για παράδειγμα), προσαρμοσμένες σε θέσεις εγκατάστασης των 6 – 6.5 m/s σε συνδυασμό με κατάλληλα σχήματα επιδοτήσεων αξίζει να διερευνηθεί. Οι κατασκευαστές Α/Γ τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ έχουν αρχίσει τη διάθεση στην αγορά μονάδων με διαφορετικές διαμέτρους πτερωτής και ύψη πύργων για την καλύτερη επιλογή τύπου ακόμη και για περιοχές με χαμηλό αιολικό δυναμικό. Στο μη-διασυνδεδεμένο νησιωτικό δίκτυο αναμένεται, επίσης, σημαντική δραστηριοποίηση ιδιαίτερα όσον αφορά την ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας με έμφαση σε

κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες π.χ. συνδυασμός με αφαλάτωση και το συνδυασμό της με κατάλληλα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μεσοπρόθεσμα τεχνολογίες υδρογόνου, κυψελίδες καυσίμου κλπ).

3. ΒΙΟΜΑΖΑ

Η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο κατά το έτος 1998 ήταν 52.3 Mtoe, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 68% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ⁽⁷⁾. Σήμερα, κύρια χρήση για τη βιομάζα αποτελεί η παραγωγή θερμότητας για την κάλυψη θερμικών αναγκών στον οικιακό και στο βιομηχανικό τομέα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παραγωγή θερμικής ενέργειας από βιομάζα, το 1998 ανήλθε σε ποσοστό 98% της συνολικής (EE15) αντίστοιχης παραγωγής από ΑΠΕ. Σημαντικές πρώτες ύλες βιομάζας που αξιοποιούνται είναι τα γεωργικά υπολείμματα αγρού (άχυρο σιτηρών), τα δασικά υπολείμματα, τα υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών και της βιομηχανίας ξύλου, τα στερεά δημοτικά απορρίμματα και τα απόβλητα. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο έμφαση εξακολουθεί να δίνεται στις τεχνολογίες συμπαραγωγής, κυρίως μικρής και μεσαίας κλίμακας, είτε με μικτή καύση βιομάζας (υπολειμμάτων, στερεών απορριμμάτων κι ενεργειακών καλλιεργειών) με ορυκτά καύσιμα είτε με τεχνολογίες αεριοποίησης. Ειδικότερα οι τεχνολογικές κατευθύνσεις ανά θεματική ενότητα συνοψίζονται παρακάτω:

Μικτή καύση βιομάζας. Η μικτή καύση βιομάζας με ορυκτά καύσιμα (άνθρακα, λιγνίτη) προωθείται σε μεγάλο βαθμό, στις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας, με άμεσο στόχο διείσδυσης 10% επί της συνολικής τροφοδοσίας (με βάση τη θερμογόνο δύναμη του μίγματος) ενώ προβλέπεται μελλοντική διείσδυση ως 35%.

Καύση βιομάζας. Υποσχόμενα πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας αποτελούν: α) η καύση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση υψηλής απόδοσης που μπορεί να αξιοποιήσει μεγάλο εύρος μίγματος καυσίμων περιεκτικότητας μέχρι και 60% σε υγρασία, β) η καύση κονιορτοποιημένης βιομάζας σε κεραμικούς αεριοστροβίλους, η οποία αναμένεται να γίνει εμπορική στο άμεσο μέλλον σε κλίμακα 100 – 500 kW. Κατά τη συγκεκριμένη καύση παράγεται θερμότητα ή/και πεπιεσμένος ατμός, ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή συμπαραγωγή και γ) η χρήση βιομάζας ως καυσίμου σε μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής σε περιοχές που η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε κοντινούς καταναλωτές, η οποία μπορεί να αποδειχθεί οικονομικά ελκυστική.

Αεριοποίηση. Διάφορες εφαρμογές αεριοποίησης βιομάζας έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκόσμια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με καύση σε λέβητες, μηχανές diesel, αεριοστροβίλους ή μηχανές δίδυμου καυσίμου μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων, της πίσσας και του νερού⁽⁸⁾. Σε βιομηχανική κλίμακα η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση και η επακόλουθη καύση του παραγόμενου αερίου σε τυπικό λέβητα φαίνεται να είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος χρήσης βιομάζας, καθώς δεν απαιτούνται σοβαρές μετατροπές στους τυπικούς λέβητες ούτε

καθαρισμός του αερίου (χαμηλό κόστος). Η συνδυασμένη καύση του αερίου με στερεά καύσιμα/κάρβουνο είναι επίσης επιτεύξιμη.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών αεριοποίησης βιομάζας και συνδυασμένου κύκλου και την ανάκτηση θερμότητας ανοίγει τον δρόμο στη ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα με υψηλές αποδόσεις. Αποδόσεις σε παραγωγή ηλεκτρισμού 35-45% θεωρούνται εφικτές ενώ με συμπαραγωγή επιπλέον απόδοση 30-50% μπορεί να επιτευχθεί με την μορφή ενθαλπίας χαμηλής θερμοκρασίας.

Τέλος η ανάπτυξη κυψελών καυσίμου επιτρέπουν την άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας του παραγόμενου αερίου σε ηλεκτρισμό χωρίς ενδιάμεση μετατροπή σε θερμότητα, αποφεύγοντας έτσι τη χαμηλή απόδοση του κύκλου Carnot και πετυχαίνοντας αποδόσεις της τάξης των 40-60%. Για κυψέλες που λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία είναι εφικτή η αύξηση της απόδοσης με ανάκτηση θερμότητας. Αν και οι κυψέλες καυσίμου φαίνονται επαρκείς για παραγωγή ηλεκτρισμού σε εφαρμογές μικρής κλίμακας απαιτείται περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη και μείωση του κόστους για την ευρύτερη χρήση τους.

Πυρόλυση: Τα τελευταία χρόνια η προσοχή έχει εστιαστεί στην παραγωγή πυρολυτικών λαδιών από βιομάζα, τα οποία είναι ευκολότερα στο χειρισμό και έχουν υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο (για τον ίδιο όγκο) από τη βιομάζα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμο σε λέβητες, μηχανές και στροβίλους. Ωστόσο τα λάδια έχουν κάποιες ανεπιθύμητες ιδιότητες, όπως χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, υψηλό ιξώδες και είναι ασταθή κατά τη θέρμανσή τους.

Η διεργασία της αστραπιαίας πυρόλυσης βιομάζας εξακολουθεί να βρίσκεται σε επιδεικτικό στάδιο, ενώ οι διεργασίες αναβάθμισης του παραγόμενου λαδιού είναι σε ερευνητικό στάδιο. Τα πυρολυτικά λάδια έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης και της άμεσης μεταφοράς όταν αυτό απαιτείται, σε αντίθεση με τα προϊόντα της καύσης και της αεριοποίησης. Αξίζει, επίσης, να τονισθεί ότι η διεργασία της πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάκτηση άλλων προϊόντων με υψηλή αξία, όπως διάφορα χημικά⁽⁸⁾.

Η μεγαλύτερη πυρολυτική μονάδα σε λειτουργία σήμερα είναι δυναμικότητας 2 τόνων/ώρα (B. Αμερική), αλλά υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή μονάδων ωριαίας δυναμικότητας 4-6 τόνων (ισοδύναμες με 6 – 10 MW_e).

Ταυτόχρονα αναπτύσσονται τεχνολογίες που συνδυάζουν την αεριοποίηση και την πυρόλυση με στόχο να άρουν τα τεχνολογικά εμπόδια της μιας τεχνολογίας αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα πλεονεκτήματα της άλλης. Η υδροπυρόλυση ξηρής βιομάζας λαμβάνει χώρα σε περιβάλλον υδρογόνου υπό πίεση γύρω στα 100 bar και με χρόνο παραμονής των ατμών της τάξης 1-30 δευτερολέπτων. Η απόδοση της διεργασίας δεν εξαρτάται τόσο πολύ από το χρόνο παραμονής των ατμών όσο η αντίστοιχη της αστραπιαίας πυρόλυσης. Το προϊόν έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο και είναι αναμίξιμο με τα προϊόντα πετρελαίου.

Υγρά βιοκαύσιμα: Η αγορά των υγρών βιοκαυσίμων (βιοντήζελ, βιοαιθανόλη) για τις μεταφορές έχει αρχίσει πλέον να διαμορφώνεται και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή βιοντήζελ στην Ευρώπη το 2000 εκτιμάται σε 500.000 τόνους κι η αντίστοιχη σε βιοαιθανόλη σε 190.000 τόνους⁽⁹⁾. Τα κύρια εμπόδια για τη μεγαλύτερη διείσδυση των τεχνολογιών παραγωγής βιοντήζελ στην αγορά είναι το υψηλό κόστος παραγωγής του και η έλλειψη υποστηρικτικών φορολογικών ρυθμίσεων.

Οι τεχνολογίες παραγωγής και διανομής βιοαιθανόλης από πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και άμυλο είναι ήδη εμπορικά “ώριμες”. Οι ανάλογες τεχνολογίες για την

αξιοποίηση των λιγνο-κυτταρινούχων υλικών αναμένεται να γίνουν εμπορικές σε μια δεκαετία. Και τα δύο υγρά βιοκαύσιμα που προαναφέρθηκαν δεν είναι οικονομικά ελκυστικά σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα. Η μείωση του κόστους παραγωγής τους αναμένεται να επιτευχθεί με τη βελτίωση των αποδόσεων των διεργασιών σε υγρό καύσιμο.

Ελληνικές συνθήκες: Στην Ελλάδα, η ενέργεια από βιομάζα αφορά κυρίως στην κάλυψη θερμικών αναγκών στον οικιακό τομέα, στη βιομηχανία ξύλου και στις γεωργικές βιομηχανίες (σύνολο 0,89 ΜΤΙΠ, ΚΑΠΕ 1999). Στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας, κατασκευάζονται μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 21 MW_e.

Κύριος παράγοντας για την περαιτέρω ανάπτυξη ανάλογων σχημάτων παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι η δημιουργία δικτύων συλλογής - διαχείρισης πολεομιάτων αγρού (βαμβακοστελέχη, στελέχη καλαμποκιού, κλαδοδέματα, κ.ά.). Με την πρόθεση τέτοιων δράσεων θα δημιουργηθούν συνθήκες σταθερής παροχής πρώτης ύλης με καθορισμένες προδιαγραφές, στους ενδιαφερόμενους τελικούς χρήστες (παραγωγή θερμικής ενέργειας, συμπαραγωγή, υγρά βιοκαύσιμα).

Λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας της χώρας μας και των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών που επικρατούν παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλία σε μορφές πρώτης ύλης βιομάζας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική ανάγκη την οργανωμένη αποτίμηση του δυναμικού της με άξονες την τεχνική, την κοινωνικο-οικονομική και την περιβαλλοντικά φιλική αξιοποίησή της, καθώς και την προτυποποίηση των κυριότερων ειδών ως καύσιμης ύλης με άμεσο αποτέλεσμα την ενίσχυση της εγχώριας βιομηχανίας κατασκευής λεβήτων.

Έμφαση επίσης πρέπει να δοθεί στη χρήση βιομάζας σε μικτή καύση με λιγνίτη στις υφιστάμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ. Ελκυστική προσέγγιση του θέματος αυτού αποτελεί μελλοντικά η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών στα υποβαθμισμένα εδάφη των λιγνιτωρυχείων για ανάπτυξη τοπίου κι η ακόλουθη ενεργειακή αξιοποίησή τους με το λιγνίτη.

Στην κλίμακα των επιδεικτικών έργων θεωρείται ότι πρέπει να προωθηθούν άμεσα εφαρμογές με αεριοποίηση καθώς και σχήματα εγκατάστασης, παραγωγής και διαχείρισης βιομάζας προερχόμενης από ενεργειακά φυτά (ετήσια και πολυετή).

4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Τα τελευταία 3 έτη (1997-1999) η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε διάφορες εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο. Αποτέλεσμα της ανάπτυξης αυτής είναι το ότι το 1999 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για ηλεκτροπαραγωγή με γεωθερμία υψηλής και μέσης ενθαλπία έφτανε τα 7.725 MW_e και η θερμική ισχύς τα 17.175 MW_{th}, αντιπροσωπεύοντας μία μέση ετήσια αύξηση της τάξεως του 5%⁽¹⁰⁾.

Η σημαντικότερη παράμετρος που συνετέλεσε στην παραπάνω ανάπτυξη είναι το σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής ενέργειας που παρουσιάζουν τα γεωθερμικά

έργα. Πιο συγκεκριμένα το κόστος παραγωγής ενέργειας μίας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής 25 MW_e με συντελεστή λειτουργίας 95% δεν ξεπερνά τα 40 Euro / MWh, δηλαδή τις 13.63 Δρχ/kWh ενώ, αντίστοιχα, το κόστος της ενέργειας μίας μονάδας θέρμανσης θερμοκηπίου (της τάξεως των 4 στρεμμάτων) με γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας και με συντελεστή λειτουργίας 15%-20% εκτιμάται στις 4 Δρχ/kWh_{th}⁽¹⁰⁾.

Αιχμή του δόρατος για την περαιτέρω αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αποτέλεσαν οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της αβαθούς γεωθερμίας με αντλίες θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες θερμότητας) και οι βελτιώσεις στις τεχνολογίες και μεθόδους ηλεκτροπαραγωγής με γεωθερμική ενέργεια (ανάπτυξη συστημάτων Hot Dry Rock, ηλεκτροπαραγωγή με οργανικούς κύκλους ORC ή KALINA). Οι εφαρμογές τεχνολογιών γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αναπτύχθηκαν σημαντικά σε μεγάλο αριθμό κρατών (ΗΠΑ, Σουηδία, Γερμανία, Τουρκία, Ελβετία κλπ.) ώστε το 1999 να αποτελούν πλέον το 14% της παγκοσμίου εγκατεστημένης ισχύος γεωθερμικής ενέργειας για θερμική χρήση⁽¹¹⁾.

Παράλληλα, αναπτύχθηκαν και διάφορες άλλες τεχνολογίες εφαρμογών, όπως αυτή που προώθησε η ΕΕ και το ΚΑΠΕ μέσω του προγράμματος THERMIE για αφαλάτωση νερού με θερμικό μέσο την γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, που αποτελεί παγκόσμια πρωτοτυπία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η αφαλάτωση είτε θαλασσινού νερού είτε του ίδιου του γεωθερμικού ρευστού (όταν η χημική του σύσταση το επιτρέπει) επιτυγχάνεται μέσω θερμικής απόσταξης σε κενό χρησιμοποιώντας πολυάριθμους θαλάμους (δράσεις) συνδεδεμένους εν σειρά και με μοναδική πηγή θερμικής ενέργειας την γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας. Οι θερμοκρασίες του γεωθερμικού ρευστού είναι της τάξης των 60 με 65°C ενώ οι θερμοκρασίες μέσα στους θαλάμους κυμαίνονται από 53 έως 55°C (για την πρώτη δράση) μέχρι τους 36 έως 38°C (για την τελευταία δράση). Το αφαλατωμένο νερό που παράγεται με αυτόν τον τρόπο είναι καθαρότατο (σχεδόν αποσταγμένο) με περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα της τάξης των 5-10 ppm. Το τελικό κόστος του νερού εκτιμάται σε 600 – 650 δρχ. ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου αφαλατωμένου νερού ενώ το κόστος παραγωγής ενέργειας εκτιμάται στις 4 με 4,5 Δρχ/ kWh_{th}.

Στην Ελλάδα θα αρχίσουν σύντομα να γίνονται αισθητά τα αποτελέσματα των προσπαθειών που έγιναν την τελευταία τριετία από το ΚΑΠΕ για την ανάπτυξη συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, για θέρμανση/ψύξη κτιρίων στο ΕΜΠ και στα Λεγραινά, τηλεθέρμανση και τηλεψύξη στο Λαγκαδά και αφαλάτωσης με γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, στην Κίμωλο και στην Μήλο. Τα παραπάνω έργα αποτελούν στο σύνολο τους καινοτόμα-επιδεικτικά έργα και υλοποιούνται στα πλαίσια των προγραμμάτων THERMIE ή, πιο πρόσφατα, του ENERGIE της Ε.Ε. (DG TREN). Με την ολοκλήρωση των έργων αυτών αναμένεται και ο υπερδιπλασιασμός της εγκατεστημένης ισχύος γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στην χώρα μας, αγγίζοντας τα 80 MW_{th}.

5. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ηλιακά θερμικά συστήματα :

Η εφαρμογή των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης είναι αρκετά διαδεδομένη, αν και η αγορά τους δεν έχει διεισδύσει με τους ίδιους ρυθμούς σε όλες τις χώρες της Ευρώπης. Ο ρυθμός πωλήσεων των ηλιακών συλλεκτών αυξήθηκε κατά 18% κατά την περίοδο 1994 μέχρι το 1999. Εντούτοις, για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα με

τη Λευκή Βίβλο για 100 εκατ. τ.μ. εγκαταστημένων ηλιακών συλλεκτών μέχρι το 2010, ο ετήσιος ρυθμός πωλήσεων θα πρέπει να διπλασιαστεί, φθάνοντας το 35 %⁽¹²⁾.

Για τις Μεσογειακές χώρες, η κατασκευή των ηλιακών συλλεκτών είναι πιο απλή συγκρινόμενη με εφαρμογές στις Β. Ευρωπαϊκές χώρες, όπου χρησιμοποιούνται επιλεκτικές επιφάνειες για την απορροφητική τους επιφάνεια, μεγαλύτερη συλλεκτική και αποθηκευτική επιφάνεια, τεχνικές αντιψύξης.

Τα συνδυασμένα συστήματα θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού αποκτούν περισσότερες εφαρμογές, ιδίως σε μεγάλα κτίρια. Αν και οι βασικές αρχές λειτουργίας τους είναι γνωστές, η επιτυχής εφαρμογή τους χρειάζεται συνεχή βελτίωση της συνδυασμένης λειτουργίας των συστημάτων και ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων ελέγχου για μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

Ο αριθμός των κλιματιζόμενων κτιρίων αυξάνει, με κυρίαρχα τα μεγάλα κτίρια του τριτογενή τομέα στις Β. Ευρωπαϊκές χώρες, ενώ στη Ν. Ευρώπη σημαντικό μερίδιο καταλαμβάνουν και τα κτίρια του οικιστικού τομέα. Σαν αποτέλεσμα, ο ηλιακός κλιματισμός αποκτά μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς οι ώρες αιχμής του ψυκτικού φορτίου και της μέγιστης θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα συμπίπτουν. Η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για ψύξη είτε νερού (κλειστό κύκλωμα) ή απευθείας του αέρα (ανοικτό κύκλωμα). Συστήματα απορρόφησης, (νερο/λίθιοχο βρώμιο ή αμμωνία) είναι εμπορικά διαθέσιμα (μεγαλύτερα των 100 kW) και τα συστήματα αυτά έχουν υψηλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες (> 160°C), η οποία μειώνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, τυπικές των θερμοκρασιών των επίπεδων συλλεκτών (80°C). Συστήματα προσρόφησης με στερεό απορροφητή είναι εμπορικά διαθέσιμα με συνδυασμό νερού και σιλικόνης. Αν και τα συστήματα αυτά μπορούν να δουλέψουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, (70°C) είναι σχετικά ογκώδη συστήματα, βαριά και ακριβά. Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού χρειάζονται περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας τους, ώστε να βελτιωθεί η απόδοση τους και να καταστούν οικονομικά πιο προσιτά.

Ένας άλλος τομέας εφαρμογών που αποκτά αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον, είναι τα συνδυασμένα συστήματα φωτοβολταϊκών και ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων.

Επίσης ένας άλλος τομέας εφαρμογών των επίπεδων κεντρικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού για βιομηχανική χρήση, όπου απαιτούνται σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες νερού (40-80°C). Οι κυριότεροι βιομηχανικοί κλάδοι στους οποίους παρουσιάζονται σημαντικές δυνατότητες θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι η βιομηχανία τροφίμων, βιομηχανίες ένδυσης, χημικές βιομηχανίες, ποτοποιία, αγροτικά προϊόντα⁽¹³⁾.

Καθώς οι διαφορετικές χρήσεις ηλιακών συλλεκτών απαιτούν και διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας του ρευστού, περαιτέρω έρευνα χρειάζεται για υλικά τόσο της απορροφητικής όσο και της διαφανής επιφάνειας τους για βελτίωση της απόδοσης και αισθητικής εμφάνισής τους. Έρευνα για νέα υλικά, μεγάλης θερμικής αποθήκευσης, θα διευρύνει τις εφαρμογές τους και θα επιμηκύνει το χρόνο

λειτουργίας αυτών των συστημάτων. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κυκλοφορητών (circulation pumps) είναι ένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η έρευνα για ανάπτυξη και τεκμηρίωση μεθόδων ελέγχου της αξιοπιστίας και συμπεριφοράς των υλικών και των ολοκληρωμένων συστημάτων τόσο στο χρόνο καθώς επίσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών των υλικών. Ανακεφαλαιώνοντας τις διαφορετικές τεχνολογίες, θα πρέπει να επισημανθεί ότι είναι απαραίτητες νέες μεθοδολογίες ελέγχου της απόδοσης, τόσο της στιγμιαίας όσο και στη διάρκεια του χρόνου, ώστε τα διαφορετικά προϊόντα και συστήματα να γίνουν αξιόπιστα και να διεισδύσουν περισσότερο στην αγορά. Επιπλέον περισσότερες πιλοτικές και παιδεικτικές εφαρμογές θα βοηθήσουν στην ταχύτερη διάδοση των συστημάτων και μείωση του κόστους τους.

Η χρήση συλλεκτών παραβολικής σκάφης για θερμικές εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλότερες θερμοκρασίες νερού (80-200°C), αποτελεί ένα αντικείμενο περαιτέρω έρευνας⁽¹⁴⁾. Ερευνητική δουλειά γίνεται και για την ανάπτυξη μικρών/μεσαίων συστημάτων συλλεκτών παραβολικής σκάφης που να είναι οικονομικά ανταγωνιστικά των αντίστοιχων εφαρμογών επίπεδων συλλεκτών και συλλεκτών κενού. Για το σκοπό αυτό διερευνώνται λύσεις για ελαφροβαρείς κατασκευές που να μπορούν να προσαρμοστούν στην οροφή των κτιρίων, με αντοχή στα φορτία του ανέμου, συστήματα που να προσαρμόζονται εύκολα στις διαφορετικές ανάγκες θερμικών φορτίων των αντίστοιχων εφαρμογών, και βεβαίως τη συνδυασμένη χρήση αυτών των συστημάτων με βοηθητικά θερμικά συστήματα.

Μία άλλη εφαρμογή των ηλιακών συλλεκτών είναι οι συλλέκτες αέρα, για τη προθέρμανση του αέρα και απευθείας χρήση στο χώρο ή σε συνδυασμό με το σύστημα θέρμανσης⁽¹⁵⁾.

Ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

Η πιο ώριμη τεχνολογία ηλιακών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι συλλέκτες παραβολικής σκάφης, οι οποίοι έχουν δοκιμαστεί σε διαφορετικά μεγέθη πεδίων από τις αρχές της δεκαετίας του '80, με μεγαλύτερη εμπορική εφαρμογή στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ (354 MW_e)⁽¹⁶⁾.

Το σχέδιο δράσης της Λευκής Βίβλου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, θέτει σα στόχο ότι τουλάχιστον 1 GWe ηλιακών συστημάτων θα πρέπει να εγκατασταθούν στην Ευρώπη μέχρι το 2010. Για να επιτευχθεί αυτό το σενάριο, 25 έως 30 εμπορικές εφαρμογές θερμικών ηλιακών συστημάτων, μεγέθους 30 - 50 MW_e το κάθε ένα, θα πρέπει να κατασκευαστούν στη Ν. Ευρώπη. Στην Ισπανία, έχει εγκριθεί ένα σχέδιο προώθησης των ηλιακών θερμικών συστημάτων, το οποίο προβλέπει την εγκατάσταση τουλάχιστον 200 MW_e μέχρι το 2010, με ετήσια παραγωγή 413 GW_e.

Η ποιότητα και απόδοση αυτών των συστημάτων συνεχώς βελτιώνεται, επιτυγχάνοντας μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησής τους. Τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η παραγωγή τέτοιων συλλεκτών και στην Ευρώπη. Σήμερα, τα συστήματα αυτά κυρίως λειτουργούν για κάλυψη των φορτίων αιχμής αλλά η έρευνα συνεχίζεται για μελλοντικά ηλιακά, αυτόνομα συστήματα με συνδυασμό αποθήκης θερμότητας. Συστήματα που προορίζονται για μελλοντικές εφαρμογές είναι τα υβριδικά συστήματα με ηλιακή συμμετοχή περίπου 10-50%.

Επιπλέον, η έρευνα επικεντρώνεται :

- Στη χρήση ρευστών που θα πετυχαίνουν υψηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον έρευνα γίνεται για την απευθείας παραγωγή ατμού στο εστιακό σωλήνα του συλλέκτη.

- Στην ανάπτυξη και δοκιμή μεγαλύτερης ανθεκτικότητας υλικών κατασκευής του εστιακού σωλήνα του ρευστού.
- Βελτιωμένο σχεδιασμό για μεγαλύτερη αντοχή σε ισχυρούς ανέμους.
- Υλικά θερμικής αποθήκευσης υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλού κόστους, καθώς και
- Βελτιστοποίηση των μηχανισμών παρακολούθησης του ήλιου.

Αναμένεται ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τα θερμικά ηλιακά συστήματα θα μειωθεί από τη σημερινή τιμή των 14-20 Euro/kWhe, σε 5-6 Euro/kWhe.

Συστήματα με κεντρική συλλεκτική μονάδα, ο ηλιακός πύργος, είναι ακόμη σε πειραματικό και πιλοτικό επίπεδο εφαρμογής. Το ίδιο ισχύει και για τα συστήματα ηλιακού δίσκου.

6. ΗΛΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της 25-ετούς συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης στη Φ/Β τεχνολογία οδήγησαν στη μεγάλη ανάπτυξη της αγοράς Φ/Β συστημάτων που παρατηρείται τα τελευταία 10 χρόνια. Το γεγονός ότι το κόστος των πρώτων υλών για χρήση σε γεννήτριες μειώθηκε κατά 1000 φορές τα τελευταία 30 χρόνια δείχνει ότι υπάρχει η δυνατότητα για επιπλέον μείωση του κόστους παραγωγής. Αυτό, σε συνδυασμό με την τεχνολογική βελτιστοποίηση, δίνει μια δυναμική για ανάπτυξη των Φ/Β συστημάτων σε επίπεδα κόστους συγκρίσιμα με συμβατικές σημερινές τεχνολογίες μέσα στα επόμενα 15-20 χρόνια.

Από το 1980 έως το 1995, η βιομηχανία Φ/Β αύξησε τις πωλήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο σε ποσοστό 15% έως 20% κάθε χρόνο. Το 1995, η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ήταν 80 MWp ενώ το έτος 1999 ανήλθε σε 200 MWp, δηλαδή η μέση ετήσια αύξηση, την τελευταία πενταετία, ήταν 26%. Τη στιγμή αυτή, η παγκόσμια δυνατότητα παραγωγής Φ/Β γεννητριών υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 280MWp ανά έτος. Λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς ανάπτυξης που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η δυναμικότητα αυτό θα έχει χρησιμοποιηθεί, το αργότερο, έως το τέλος του έτους 2001⁽¹⁷⁾.

Οι κύριες κατευθύνσεις, οι οποίες εξελίσσονται για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των Φ/Β και την εξάπλωση των εφαρμογών έχουν ως ακολούθως:

- Μείωση κόστους παραγωγής.
- Ανάπτυξη μηχανημάτων παραγωγής Φ/Β στοιχείων και πλαισίων ειδικά σχεδιασμένων για τη Φ/Β τεχνολογία.
- Αναβάθμιση και βελτίωση των μεθόδων απόθεσης υλικού για την τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin films).
- Εξασφάλιση πρώτων υλών.
- Αύξηση της αξιοπιστίας και οικονομικότητας των υποσυστημάτων (ηλεκτρονικά ισχύος, μπαταρίες, κλπ.)
- Ανάπτυξη διεθνών μεθόδων πιστοποίησης και ποιοτικού ελέγχου.
- Έμφαση στην αναβάθμιση της τεχνολογίας 3^{ης} γενιάς Φ/Β στοιχείων.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγή Φ/Β γεννητριών ανά τεχνολογία για το έτος 1998 είχε ως εξής:

Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο:	43.30%
Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο:	42.20%
Αμορφο Πυρίτιο:	13.00%
EFG:	1.35%
CdTe:	0.14%
CIS:	0.01%

Πίνακας 2: Παραγωγή Φ/Β γεννητριών (1998)

Κρυσταλλικό Πυρίτιο: Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις αναφέρονται στις προσπάθειες που γίνονται για τη μείωση της ανακλαστικότητας σε επίπεδα μικρότερα του 10% που ισχύει σήμερα. Το σύνθετο αντιανακλαστικό υλικό που χρησιμοποιείται στην επιφάνεια ενός Φ/Β στοιχείου είναι το TiO₂. Ορισμένοι κατασκευαστές προσανατολίζονται στη χρησιμοποίηση του υλικού Si₃N₄ ενώ γίνεται έρευνα για την εφαρμοσιμότητα και καταλληλότητα μεθόδων επάλθητων καλύψεων διαφορετικών υλικών και παχών ώστε να μειωθεί η ανακλαστικότητα ακόμη περισσότερο, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης της Φ/Β γεννήτριας.

Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο Φ/Β πλαίσια των 350 φωτοβολταϊκών στοιχείων (cells) διαστάσεων 10cm×10cm, που αντιστοιχούν σε ισχύ τάξης μεγέθους 490Wp και καταλαμβάνουν επιφάνεια 4.2 m². Επίσης, ειδικά για εφαρμογές σε κτίρια (προσόψεις, σκιάστρα, προκατασκευασμένες στέγες για οικίες, κλπ.), διατίθενται στο εμπόριο Φ/Β γεννήτριες διαστάσεων έως και 6.5 m². Το τρέχον εμπορικό κόστος των Φ/Β γεννητριών τεχνολογίας κρυσταλλικού πυριτίου είναι τάξης μεγέθους 3 Euro/Wp.

Αμορφο Πυρίτιο, a-Si: Η εξέλιξη στην παραγωγή Φ/Β γεννητριών a-Si αφορά την κατασκευή πλαισίων έως και 50Wp. Επίσης, έχει επιτευχθεί η μείωση της γήρανσης του υλικού και έχουν μετρηθεί σταθεροποιημένες αποδόσεις 10,2% για πλαίσιο διαστάσεων 30cm×30cm. Τα πλαίσια που βρίσκονται στο εμπόριο σήμερα έχουν σταθεροποιημένη απόδοση που κυμαίνεται σε επίπεδα 5% έως 6%. Διαφαίνεται ότι η αγορά Φ/Β γεννητριών a-Si βρίσκεται κυρίως σε χαμηλής ισχύος φορητές συσκευές και σε εφαρμογές σε προσόψεις κτιρίων ως εναλλακτικές κατασκευές στη θέση συμβατικών υλικών υψηλού κόστους, π.χ. διπλά υαλοπετάσματα κλπ.

Άλλες Τεχνολογίες Φ/Β: Διεθνώς παρατηρείται έντονη ερευνητική δραστηριότητα στις τεχνολογίες Φ/Β λεπτών υμενίων. Οι ερευνητικοί στόχοι αναφέρονται σε σταθερής απόδοσης προϊόντα με κόστος διάθεσης μικρότερο του \$1.0/Wp. Τα πρώτα Φ/Β πλαίσια Δισελινιούχου Ινδικού Χαλκού (CIS) διατίθενται στο εμπόριο από το 1999 σε τιμές τάξης μεγέθους 8 Euro/Wp για πλαίσια 40Wp, με απόδοση περίπου 9%. Νέες μονάδες κατασκευής CIS Φ/Β γεννητριών διαμορφώνονται αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη. Ειδικά μηχανήματα απαιτούνται για την παραγωγή Φ/Β τύπου CuInSe₂ και CdTe. Τα υλικά αυτά έχουν καλά στοιχεία απόδοσης και σταθερότητας αλλά υπάρχουν προβλήματα όταν αφορά την ομοιογένεια, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την αξιοπιστία. Πρόσφατα, μια γερμανική εταιρεία κατασκεύασε εργοστάσιο παραγωγής πλαισίων τεχνολογίας CdTe, δυναμικότητας 10MWp ανά έτος. Τα Φ/Β πλαίσια αναμένεται να είναι εμπορικά διαθέσιμα μέσα στο 2001.

Ηλεκτρονικά Συστήματα και Μετατροπείς Ισχύος: Από πλευράς τεχνολογίας, διαφαίνεται ότι οι σχετικά μικροί μετατροπείς ισχύος

εν σειρά (string inverters), μεγέθους 1kWp έως 5 kWp πρόκειται να επικρατήσουν των μεγάλων μονάδων άνω των 50 kW στα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα. Αυτό, διότι, το κόστος των μικρών μετατροπών είναι ήδη αρκετά προσιτό και έχει τάσεις μείωσης λόγω της αύξησης της παγκόσμιας αγοράς. Επίσης, η βελτίωση της αξιοπιστίας και κυρίως η χρηστικότητα, όσον αφορά τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης μιας Φ/Β εγκατάστασης χωρίς αλλαγή των βασικών μονάδων λειτουργίας, κάνουν τους μικρούς μετατροπείς ισχύος τεχνολογικά ελκυστικούς για το βέλτιστο σχεδιασμό μιας Φ/Β εγκατάστασης. Στόχος, στη βελτίωση των προϊόντων αυτών, είναι η οριακή αύξηση του βαθμού απόδοσης σε επίπεδα μεγαλύτερα του 95% και η αύξηση του χρόνου ζωής στα 10 τουλάχιστον χρόνια. Επίσης, λόγω της μαζικής παραγωγής, αναμένεται μείωση του κόστους στο άμεσο μέλλον.

Αποθήκευση Ενέργειας: Οι συσσωρευτές για Φ/Β εφαρμογές αποτελούν βελτιστοποιημένες κατασκευές σε σχέση με συμβατικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, κυρίως όσον αφορά τη χαμηλή εσωτερική αντίσταση, τη μεγάλη αντοχή σε κύκλους και βαθιές εκφορτίσεις και την αποφυγή στρωμάτωσης του ηλεκτρολύτη με εξαναγκασμένη ροή. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς στα αυτόνομα Φ/Β συστήματα διότι συνδυάζουν καλό χρόνο ζωής με ικανοποιητικό κόστος αρχικής επένδυσης. Σε συγκεκριμένες εφαρμογές όπου η προσβασιμότητα και επισκεψιμότητα είναι δύσκολη, χρησιμοποιούνται μπαταρίες τύπου VRLA, μηδενικών απαιτήσεων συντήρησης και πλήρωσης υγρών ηλεκτρολύτη.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα: Στην Ευρώπη, το κόστος για ένα μικρό αυτόνομο Φ/Β σύστημα τάξης μεγέθους 50Wp, συμπεριλαμβανομένων της αποθήκευσης ενέργειας και των ηλεκτρονικών ισχύος, ανέρχεται σε 8 έως 10 Euro/Wp. Αντίστοιχα, σε ευρωπαϊκές εφαρμογές, το μέσο κόστος για ένα εγκατεστημένο διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα ισχύος 3kWp υπολογίζεται σε 13500 Euro, δηλαδή μεταξύ 4 και 5 Euro/Wp. Το κόστος ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω για τους παρακάτω λόγους:

- Αύξηση ανταγωνιστικότητας, βελτίωση τεχνολογίας και κατασκευή νέων σύγχρονων εργοστασίων παραγωγής Φ/Β γεννητριών δυνατότητας έως 100MW ανά έτος
- Θεωρώντας την πρόσφατη αύξηση του 25% της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β από το 1998 έως το 2000 και ακολουθώντας αυτό το ρυθμό αύξησης, υπολογίζεται ότι έως το έτος 2010, η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β θα είναι δεκαπλάσια της σημερινής. Σε αρκετές χώρες, η εξασφάλιση της αγοράς Φ/Β επιτυγχάνεται από τα Εθνικά Προγράμματα, όπως π.χ. Γερμανίας (1995) – 1.000 στέγες, κατασκευάστηκαν 2250 συστήματα, Ιαπωνία – 70.000 Φ/Β στέγες σε διάστημα 10 ετών, Ολλανδία – Πρόγραμμα 10 MWp για εφαρμογές στον οικιακό τομέα, Ιταλία – Πρόγραμμα 10.000 Φ/Β συστημάτων, ΗΠΑ – Πρόγραμμα για 1.000.000 Φ/Β στέγες, Ευρωπαϊκή Ένωση – 300.000 Φ/Β συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια, Γερμανία (1999) – 100.000 Φ/Β στέγες με επιδότηση ενέργειας 0,99 DM/kWh και χαμηλότοκο δανεισμό, Ισπανία – επιδότηση ενέργειας 0,40 Euro/kWh, Βέλγιο – κρατική επιδότηση 50% για διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα με επιπλέον 20%

επιδότηση από την εταιρεία ηλεκτρισμού.

- Η βελτίωση των γραμμών παραγωγής Φ/Β γεννητριών με μηχανήματα κοπής ειδικά κατασκευασμένα για Φ/Β και όχι προσαρμοσμένα από τις υφιστάμενες τεχνολογίες κατασκευής και επεξεργασίας ημιαγωγών. Η τάση είναι για κατασκευή μεγαλύτερων και λεπτότερων Φ/Β στοιχείων (cells).

Πρόσφατες ερευνητικές δραστηριότητες σε επίπεδο φωτοβολταϊκού συστήματος αφορούν μεθόδους και τεχνικές ενσωμάτωσης των Φ/Β σε κτίρια και προσαρμογής σε ηλεκτρικά δίκτυα. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην τεχνική αρτιότητα των Φ/Β εγκαταστάσεων σε ασθενή ηλεκτρικά δίκτυα, όπως π.χ. νησιωτικές περιοχές. Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού των Φ/Β και υβριδικών συστημάτων για την μείωση του αρχικού κόστους εγκατάστασης, εξετάζεται η αύξηση της απόδοσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος, η διαθεσιμότητα της ισχύος όταν απαιτείται και η οικονομικότητα της εγκατάστασης, δηλ. η βελτίωση του χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης. Στα πλαίσια αυτά, αναπτύσσονται ερευνητικές δραστηριότητες ανάπτυξης συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου τελευταίας γενιάς, τα οποία είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των Φ/Β και υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία και διαχείριση ενέργειας των συστημάτων αυτών.

7. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο θαλάσσιος κυματισμός είναι, όπως όλες οι μορφές ΑΠΕ, ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Παρουσιάζει μεταξύ των ΑΠΕ την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και ευλόγως θεωρείται από τις πλέον αποδοτικές ΑΠΕ για ηλεκτροδότηση παράκτιων περιοχών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα υψηλότερα εκμεταλλεύσιμα “αποθέματα” κυματικού δυναμικού εμφανίζονται στις Ευρωπαϊκές χώρες που βρέχονται από τον Ατλαντικό (Ιρλανδία, Μ. Βρετανία, Πορτογαλία, Νορβηγία, Δανία κ.ά.), με μέσες τιμές κυματικής ενέργειας, η οποία σε ορισμένες περιοχές ξεπερνάει τα 70-80 kW/m σε ετήσια βάση. Συνολικά, το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό κατά μήκος των ακτών των κρατών μελών της Ε.Ε. εκτιμάται σε συνολικά 320-330 GW. Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες με αξιοποιήσιμους πόρους Κυματικής Ενέργειας, και, σύμφωνα με πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα, η περιοχή του Αιγαίου Πελάγους παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα κυματικού δυναμικού στην Μεσόγειο, ενέργεια, η οποία μέχρι σήμερα παραμένει ανεκμετάλλευτη.

Η συστηματική έρευνα στον τομέα εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '70, μετά την μεγάλη πετρελαϊκή κρίση. Η έρευνα αυτή έχει οδηγήσει ανά τον κόσμο σε πληθώρα κατασκευών, συσκευών και συστημάτων μετατροπής της ενέργειας του θαλάσσιου κυματισμού σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική ενέργεια, για τις οποίες έχουν εκδοθεί συνολικά πάνω από 1300 διπλώματα ευρεσιτεχνίας.

Αν και η συστηματική έρευνα στον τομέα εκμετάλλευσης κυματικής ενέργειας έχει ξεκινήσει από 25-ετίας περίπου, εν τούτοις καμία τεχνολογία μετατροπής κυματικής ενέργειας δεν έχει περιέλθει σε στάδιο μαζικής βιομηχανικής εκμετάλλευσης, μέχρι στιγμής. Τούτο οφείλεται κυρίως στο αντίξοο περιβάλλον, στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι διάφορες τεχνολογίες, και τις τεράστιες καταπονήσεις, οι οποίες παρουσιάζονται σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων. Έτσι, στο παρελθόν, ορισμένα πιλοτικά προγράμματα είχαν άδοχο τέλος, με ολοκληρωτική ή σχεδόν ολοκληρωτική καταστροφή των εγκαταστάσεων, και – δυστυχώς – σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξαν και ανθρώπινα θύματα (Toftesfallen Νορβηγίας 1991).

Παρά τις αντίξοες συνθήκες λειτουργίας, για ορισμένες τεχνολογίες, οι αρχικές κατασκευαστικές ατέλειες έχουν σήμερα βελτιωθεί αποτελεσματικά. Οι πειραματικές δοκιμές πρωτοτύπων κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας έχουν ολοκληρωθεί με επιτυχία, και έχει ξεκινήσει η εγκατάσταση παραγωγικών μονάδων εγκατεστημένης ισχύος της τάξης των 1-2 MW_e για ηλεκτροδότηση παράκτιων περιοχών. Για τις επικρατέστερες τεχνολογίες κυματικής ενέργειας το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος έχει μειωθεί σημαντικά στα επίπεδα των 6-9 cEuro/kWh (περ. 20–30.5 δρχ/kWh), αναμένεται δε περαιτέρω μείωση του κόστους αυτού. Το γεγονός αυτό κάνει τις τεχνολογίες αυτές οικονομικά σύμφωρες και διανοίγει προοπτικές βιομηχανικής εκμετάλλευσής τους στο εγγύς μέλλον.

Στην Ελλάδα οι δραστηριότητες που σχετίζονται άμεσα με την εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή αφορούν κυρίως Πανεπιστημιακού επιπέδου έρευνα στα ΑΕΙ^{(18), (19)}, καθώς και μεμονωμένες δραστηριότητες διαφόρων ιδιωτών. Μεγάλη συνάφεια παρουσιάζουν παραπλήσιες δραστηριότητες των ΑΕΙ, κυρίως του τμήματος Ναυπηγών του ΕΜΠ και του ΕΚΘΕ, για την μοντελοποίηση ή την μέτρηση του κυματικού κλίματος σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Τέλος, αξιολογείται η παρουσία του ΚΑΠΕ στον χώρο⁽²⁰⁾, με ενεργό συμμετοχή σε ευρωπαϊκά προγράμματα E&TA, οργάνωση συνεδρίων, εξέταση και προώθηση ελληνικών ευρεσιτεχνιών κ.ά.

8. ΑΠΕ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ⁽²¹⁾

Θέματα ασφάλειας εφοδιασμού καυσίμων αφ' ενός αλλά και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την χρήση ορυκτών καυσίμων αφ' ετέρου, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μακροπρόθεσμα ο ηλεκτρισμός και το υδρογόνο θα αποτελούν τους βασικούς ενεργειακούς φορείς. Ο συνδυασμός τους δύναται να ικανοποιήσει όλες τις ανάγκες των καταναλωτών ενέργειας, όπου ο ηλεκτρισμός θα διατηρήσει τα πεδία εφαρμογών στα οποία ήδη κυριαρχεί (φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, πληροφορική) και το υδρογόνο θα κυριαρχήσει στους τομείς που εξυπηρετούνται από τα υγρά καύσιμα (θέρμανση, μεταφορές).

Οι ιδιότητες του υδρογόνου⁽²²⁾ το καθιστούν εξαιρετικό καύσιμο. Έχει την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (33 kWh/kg, Φ.Α. 13,9 kWh/kg), λόγω όμως της χαμηλής πυκνότητάς του (0.09 kg/Nm³, αέρας 1.3 kg/m³) έχει χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα όγκου (3 kWh/Nm³, Φ.Α. 10,5 kWh/Nm³). Το υδρογόνο καίγεται στον αέρα σε συγκεντρώσεις μεταξύ 4 και 75% κατ' όγκο (Φ.Α. μεταξύ 5 και 15%) ενώ τα όρια έκρηξης του είναι μεταξύ 13 και 65% (Φ.Α. 6 και 14%). Ο συντελεστής διάχυσης του υδρογόνου είναι 4 φορές μεγαλύτερος από αυτόν του Φ.Α., πλεονεκτεί επομένως του Φ.Α. (όσον αφορά την ασφάλεια) σε εξωτερικούς ή καλά αεριζόμενους χώρους, μειονεκτεί όμως σε κλειστούς χώρους. Μακροπρόθεσμα προβλέπεται ότι τόσο ο ηλεκτρισμός όσο και το υδρογόνο θα προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από τις ΑΠΕ. Μεσοπρόθεσμα το υδρογόνο σε συνδυασμό με κυψελίδες καυσίμου θα αποτελέσει μέσο αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, επιτρέποντας την μεγαλύτερη διείσδυση τους σε τοπικά δίκτυα. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι όμως,

θα πρέπει να γίνει πρόοδος στις τεχνολογίες παραγωγής, αποθήκευσης και χρήσης υδρογόνου.

Όσον αφορά την παραγωγή υδρογόνου, τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ΑΠΕ που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια δύνανται να παράγουν υδρογόνο μέσα από μία συσκευή ηλεκτρόλυσης. Έτσι η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική ενέργεια, το υδάτινο δυναμικό και η κυματική ενέργεια δύνανται να παράγουν ηλεκτρολυτικό υδρογόνο μέσα από συσκευές που λειτουργούν υπό πίεση (5 έως 30 bar), κατάλληλες για λειτουργία με μεταβαλλόμενες συνθήκες εισόδου, αντίστοιχες δηλαδή με αυτές που παράγουν οι ΑΠΕ. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης ΑΠΕ και παραγωγής υδρογόνου βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο. Εκτιμάται ότι το κόστος παραγωγής υδρογόνου από μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα είναι περίπου 70 δρχ/Nm³ και από αιολική ενέργεια 150 δρχ/Nm³. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το δίκτυο είναι 90 δρχ/Nm³, με αναμόρφωση υδρογονανθράκων σε διωλιστήρια είναι περίπου 30 δρχ/Nm³, με εξαερίωση ανθράκων 80 δρχ/Nm³.

Αντίστοιχα για την βιομάζα, δύναται να παραχθεί υδρογόνο μέσω ηλεκτρόλυσης, από ηλεκτρική ενέργεια που θα παραχθεί από καύση βιομάζας ή βιοαερίου. Επίσης δύναται να παραχθεί υδρογόνο από αναμόρφωση βιοαερίου, ή αντίστροφα να εμπλουτιστεί κάποιο βιοκαύσιμο με υδρογόνο μέσω υδροπύρξης.

Όσον αφορά την αποθήκευση του υδρογόνου, η οποία θεωρείται η αχίλλειος πτέρνα του, αυτή σε αέρια μορφή γίνεται σε δεξαμενές των 50 bar ή σε κυλίνδρους των 200 – 300 bar. Σε υγρή μορφή αποθηκεύεται στους 20°K και 4 bar. Η έρευνα κατευθύνεται σε νέα σύνθετα υλικά για τις δεξαμενές, καθώς και σε τεχνολογίες αποθήκευσης υδριδίου του μετάλλου (το υδρογόνο ενώνεται με κράματα μετάλλων) που είναι πολύ ασφαλείς αλλά έχουν μεγάλο βάρος.

Τέλος όσον αφορά την ενεργειακή χρήση του υδρογόνου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτικό καύσιμο σε πλήθος τροποποιημένων τεχνολογιών καύσης με εφαρμογή στις μεταφορές ή στα κτίρια. Τέτοιες τεχνολογίες είναι οι καταλυτικοί καυστήρες, οι λέβητες αερίου, οι αεριοστρόβιλοι ή οι ΜΕΚ, όπου όμως λόγω των υψηλών θερμοκρασιών καύσης παράγονται και οξειδία του Αζώτου. Οι κυψελίδες καυσίμου είναι μία νέα σχετικά τεχνολογία που επιτρέπει μέσω ηλεκτροχημικής αντίδρασης την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από υδρογόνο και οξυγόνο (ή αέρα) με μόνα υποπροϊόντα θερμότητα και νερό. Ο βαθμός απόδοσης των κυψελίδων καυσίμου κυμαίνεται από 40-70% και η θερμοκρασία λειτουργίας από 80 έως 1000°C, ανάλογα με τον τύπο.

Οι κυψελίδες καυσίμου, όταν θα είναι εμπορικά διαθέσιμες, θα αποτελούν την πλέον κατάλληλη τεχνολογία για μεσοπρόθεσμη αποθήκευση της ενέργειας από ΑΠΕ, μέσα από την καθαρή επαναμετατροπή του υδρογόνου σε ηλεκτρική ενέργεια, ικανοποιώντας αντίστοιχη ζήτηση όταν η εκάστοτε ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν είναι διαθέσιμη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο άρθρο αυτό επιχειρήθηκε μια σύντομη αναδρομή στις πρόσφατες εξελίξεις των τεχνολογιών ΑΠΕ. Αν θελήσουμε να συνοψίσουμε την κατάσταση με μια πρόταση ανά τεχνολογία θα λέγαμε τα εξής:

- Στα αιολικά ζήσαμε τα τελευταία χρόνια μια έντονη εξέλιξη σε παγκόσμια κλίμακα με ρυθμούς ανάπτυξης της τάξης του 30% σε ετήσια βάση, η τεχνολογία είναι αξιόπιστη αν και κάποια τεχνικά ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα ιδιαίτερα για τις μεγάλες ανεμογεννήτριες.
- Η βιομάζα παρά τις τεράστιες προοπτικές της δεν έχει ακόμα αξιοποιηθεί κατάλληλα, η σύγκραση και η αεριοποίηση της με συμπαραγωγή αποτελούν, μεσοπρόθεσμα, τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες μετατροπής.
- Η αξιοποίηση της γεωθερμίας μέσης-χαμηλής ενθαλπίας δίνει νέα πνοή στον ανανεώσιμο αυτό πόρο
- Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα για ηλεκτροπαραγωγή απέχουν, ακόμα, από το στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης παρά τις τεράστιες επενδύσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια στην έρευνα και στην ανάπτυξη τους
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα εξακολουθούν και παραμένουν ακριβά, έντονη δραστηριότητα αναπτύσσεται στις τεχνολογίες λεπτού υμένα. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στα κτίρια αποτελεί βασικό άξονα προτεραιότητας.
- Η αξιοποίηση της ενέργειας των κυμάτων βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό - επιδεικτικό στάδιο
- Ο συνδυασμός των τεχνολογιών ΑΠΕ και υδρογόνου είναι πολλά υποσχόμενος, μεσοπρόθεσμα σαν τεχνική αποθήκευσης ενέργειας για την αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων σε μικρά απομονωμένα δίκτυα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Π.Κ.Χαβιάρη, “Τεχνολογίες ΑΠΕ και η Εφαρμογή τους στην Ελλάδα”, RENES: Εθνικό Συνέδριο “Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Εθνικές Προτεραιότητες και Ευρωπαϊκή Στρατηγική”, Αθήνα 30/10-2/11/98.
- [2] EWEA Press Release, WIND ENERGY TARGETS INCREASED BY 50%, 11th October 2000.
- [3] “Developing a New generation of Sustainable Energy Technologies: Long-term R&D Needs”, Report on a Workshop of the Renewable Energy Working Party (REWP) of the IEA, October 11, 2000, Paris, France.
- [4] Brian Parsons, “Grid-Connected Wind Energy Technology: Progress and Prospects”, National Wind Technology Center, National Renewable Energy Laboratory, NREL/CP-500-25692, 1998.
- [5] J.Beurskens, P.H.Jensen, “Wind Energy”, Position paper, EUREC Agency, to appear.
- [6] “Wind Energy – The Facts”, Vol. 1, Technology, European Commission, Directorate General for Energy.
- [7] “Agricultural and Forestry Biomass Network Phase V.” Bioenergy in EU. 2000. Final Report.
- [8] European Commission. 1998. “Biomass Conversion Technologies. Achievements and prospects for heat and power generation” Directorate General for Science, Research and Development. EUR 18029.
- [9] “NTB Network for the non- technical barriers of liquid biofuels. Phase IV.” 2000. Final Report.
- [10] EurObsres’ER “Barometer of Geothermal Energy”, Systemes Solaires, No 139, pp 34-43, 2000.
- [11] “Geothermal Implementing Agreement–GIA”, Proceedings-Minutes of the 4th EXCO Meeting-Annual Report, IEA-OECD, Paris, 1999.
- [12] Stryi-Hipp G. “The European Solar Thermal Market”. 5th Intern. Symposium, Sept., Gleisdorf (Austria), 2000.
- [13] Karagiorgas M., Botzios A., Tsoutsos T., Mavrogianis I., Travassaros K., Lopez G., Nunes P., Stryi-Hipp G. “PROCESOL 2000 - Solar Thermal Process Heating in Industrial Application - A Stimulation Plan”. Altener XVII/4.1030/Z/98-205, 2000.
- [14] Hennecke K., Hoffschmidt B., Meinecke W., Blanco M., Zervos A. “Solar Thermal Process Heat”. EUREC-Agency Position Paper, to appear.
- [15] Hastings R. “Solar Air Systems - Built Examples”. IEA-Solar Heating and Cooling Programme. James & James Ltd, 1999.
- [16] Becker M., Meinecke W., Geyer, M. Trieb F., Blanco M., Romeo M., Ferriere A. “Solar Thermal Power Plants”. EUREC-Agency Position Paper, to appear.
- [17] H. Ossenbrink, “The Future for Renewable Energy” Future Research and Development in Photovoltaics, EUREC Agency Position Paper, Outlook and Roadmap 2000, to appear.
- [18] Cavaleri, L., Athanassoulis, G.A., Barstow, S., “Eurowaves: a user-friendly approach to the evaluation of nearshore wave conditions”, 9th (1999) International Offshore and Polar Engineering Conference and Exhibition, ISOPE 99, June 1999, Brest, France
- [19] Mavrakos, S.A., McIver, P., “Comparison of Methods for computing hydrodynamic characteristics of arrays of wave power devices”, Applied Ocean Research, 19, 1997
- [20] Chatzilakos, C., Lemonis, G. “Economically efficient floating device for wave power conversion into electricity”, 4th European Wave Energy Conference, 2000, Aalborg, Denmark
- [21] Α. Ζαχαρίου, Ν. Λυμπερόπουλος, “Το υδρογόνο σαν ενεργειακός φορέας”, Εσωτερική έκθεση, ΚΑΠΕ, Νοέμβριος 2000
- [22] D. Hart, “Hydrogen Power – the commercial future of the ultimate fuel”, Financial Times Energy Publishing, ISBN 1 85334 760 4, London 1997