

Το υδρογόνο ως φορέας ενέργειας.

Η κλιμάκωση της ενεργειακής κρίσης το 1973 και 1978, κατ' αρχήν για το πετρέλαιο αλλά στη συνέχεια και για άλλους ενεργειακούς φορείς, προκάλεσε στη διεθνή ενεργειακή αγορά μία αναστάτωση και συγχρόνως, έναν έντονο προβληματισμό για την εξασφάλιση αερίων και υγρών καυσίμων, τα οποία εξαρτώνται από το δίκτυο διανομής και είναι ιδεώδη ως προς την ενεργειακή τους πυκνότητα και την ικανότητά τους να αποθηκεύονται. Από την άλλη πλευρά, το χρονικό σημείο στο οποίο οι υπάρχουσες πηγές ενέργειας και αυτές οι οποίες θα ανακαλυφθούν θα εξαντληθούν, αποτελεί ένα τόσο μακρινό μέλλον, ώστε θα μπορούσε να σκεφθεί κάποιος ότι η σημερινή γενιά, δεν θα ήταν ανάγκη να ενδιαφερθεί πλέον γι' αυτό. Αυτό θα ήταν λάθος διότι οι ορυκτοί ενεργειακοί φορείς δεν χρειάζεται να εξαντληθούν τελείως για να δημιουργηθεί κρίση, αρκεί τα αποθέματά τους να περιορισθούν, για να αυξηθούν οι τιμές τους σε ανεπίτρεπτα επίπεδα. Και εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι οι κανονισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος θα γίνονται συνεχώς και αυστηρότεροι, τότε πλέον οι συμβατικοί ενεργειακοί φορείς, θα καταλήξουν να χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία. Για την ανθρωπότητα τότε, τη λύση θα δώσουν η πυρηνική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια και η ενέργεια των υδατοπτώσεων. Μία κοινή τους ιδιότητα είναι ότι η χρησιμοποιούμενη πρωταρχική ενέργεια είναι ελεύθερη θείου και άνθρακα, ώστε να μη μολύνεται το περιβάλλον και επειδή στους πυρηνικούς και ηλιακούς σταθμούς δεν υπεισέρχεται η καύση, δεν παράγονται οξείδια του αζώτου. Είναι γνωστό ότι η εκτεταμένη χρήση της πυρηνικής ενέργειας και η ανάγκη ασφαλούς απόθεσης των αποβλήτων αλλά και η ευρεία χρήση της ηλιακής ενέργειας, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα υλικά, λόγω της πολύ μικρής ενεργειακής της πυκνότητας στην επιφάνεια της γης, παρουσιάζουν διαφορετικά οικολογικά προβλήματα, τα οποία μένουν να αντιμετωπισθούν.

Η πυρηνική και η ηλιακή ενέργεια έχουν το κοινό γνώρισμα ότι παράγουν

θερμότητα και ηλεκτρισμό, ως δευτερεύουσες μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να αποθηκευθούν ή να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις κατά τρόπο οικονομικό. Αυτό όμως αποτελεί το κατ' εξοχήν πλεονέκτημα στο υπάρχον παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα, το οποίο βασίζεται κυρίως, στα ορυκτά καύσιμα, στερεά, υγρά ή αέρια, τα οποία αποθηκεύονται ή και μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Εάν κάποτε η πυρηνική και κυρίως, η ηλιακή ενέργεια, πρέπει να καλύψουν τις ενεργειακές απαιτήσεις λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας των ορυκτών καυσίμων αλλά και λόγω της συνεχιζόμενης εκβιομηχανοποίησης των αναπτυσσόμενων χωρών, οι δύο αυτές πηγές ενέργειας, θα πρέπει να κριθούν ως προς την αποθηκευτική και μεταφορική τους ικανότητα, ιδιότητες τις οποίες έχουν σε εξαιρετικό βαθμό οι σημερινοί ενεργειακοί πόροι και τα κριτήρια αυτά ισχύουν ακόμη περισσότερο, εάν είναι επιθυμητή η διατήρηση της υφιστάμενης υποδομής για τη μεταφορά της ενέργειας, η οποία χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη συγκέντρωση της αγοράς στις βιομηχανικές χώρες. Η βασική αυτή προϋπόθεση, σχετίζεται άμεσα, τόσο με την ενεργειακή όσο και με την εθνική οικονομία, δεδομένου ότι, οι από χρόνια χρησιμοποιούμενες υποδομές, όπως το ηλεκτρικό αλλά και τα διάφορα άλλα δίκτυα διανομής της ενέργειας, αναπροσωπεύουν τεράστιες επενδύσεις αποδεδειγμένης αξίας.

Θα μπορούσε να ισχυρισθεί κάποιος ότι, οι αποθηκευτικές μονάδες και οι

μονάδες μεταφοράς οι οποίες τις συνδέουν, ίσως χάσουν τη σημασία τους, εάν κατασκευασθούν νέες μονάδες παραγωγής ενέργειας, ακολουθώντας τη χρονικά και τοπικά μεταβαλλόμενη ζήτηση, όπως συμβαίνει με επιτυχία στην κεντρική Ευρώπη. Αυτό είναι δυνατόν για την πυρηνική ενέργεια. Τα ηλιακά όμως ενεργειακά εργοστάσια, θα πρέπει να λειτουργήσουν σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια, 30° έως 40° B/N, στις οποίες η ηλιακή ενέργεια και η διάρκεια της ηλιοφάνειας, είναι δύο με τρεις φορές υψηλότερες, απ' ό,τι στις βιομηχανικές ζώνες του βορείου ημισφαιρίου. Εάν συνεπώς οι ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας πρόκειται να καλύψουν μέρος των ενεργειακών αναγκών και σε μεγάλες αποστάσεις, αυτό θα καταστεί δυνατόν, μόνο με τη βοήθεια ενός ενεργειακού φορέα, ο οποίος εμφανίζει υψηλή απόδοση, ικανότητα αποθήκευσης και δυνατότητα μεταφοράς: του υδρογόνου.

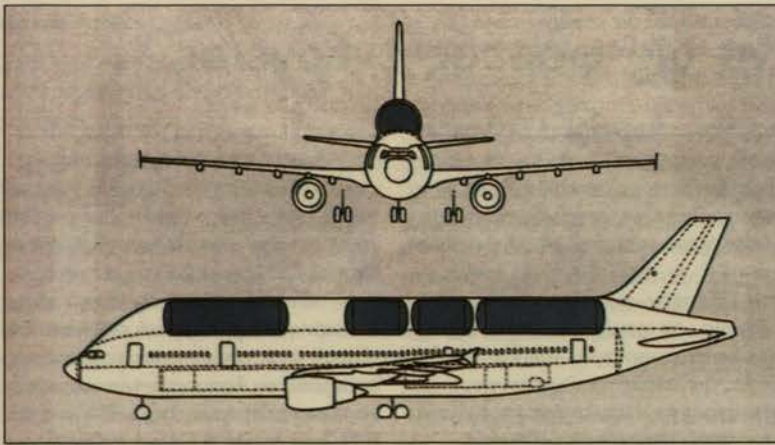
Το υδρογόνο το οποίο παράγεται με ηλεκτρόλυση σε ηλιακούς ηλεκτρικούς σταθμούς, μεταφέρεται ως υγρό ή αέριο με αγωγούς ή άλλα μεταφορικά μέσα στους τόπους κατανάλωσης, με το ήδη υπάρχον δίκτυο διανομής.

Χρησιμοποιείται ως αέριο για την παραγωγή θερμότητας και σε γρήγη κατάσταση, για την κίνηση και σε κάθε περίπτωση, παράγωγο της καύσης είναι το νερό. Τα ενεργειακά δίκτυα θα διασυνδεθούν: το υπάρχον δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και ένα νέο δίκτυο για το υδρογόνο, με βάση το υφιστάμενο δίκτυο διανομής του φυσικού αερίου, θα συνδεθούν μεταξύ τους και



Αυτόματη πλήρωση τεπόζητου αυτοκινήτου με καύσιμο υγρό υδρογόνο.

του
Ξενοφώντα
Κ. Κακάτσιου
αναπλ. Καθηγητή
Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών Ε.Μ.Π.



Αεροπλάνο του μέλλοντος, με καύσιμο υγρό υδρογόνο.

με τις εγκαταστάσεις ηλεκτρόλυσης και στοιχείων καυσίμου. Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού, θα παράγουν επιπλέον θερμότητα για χρήση σε περιφερειακό επίπεδο και υγρό και αέριο υδρογόνο. Το υποπροϊόν οξυγόνο, θα μπορούσε να αφαιρεθεί ελεύθερο στην ατμόσφαιρα ή να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό υγρών αποβλήτων αλλά και σε άλλες χημικές διεργασίες. Θα μπορούσε επιπλέον, να χρησιμοποιηθεί και ως οξειδωτικό για την καύση του υδρογόνου, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία των μοναδικών παραγώγων, τα οποία συνδέονται με το ενεργειακό σύστημα του υδρογόνου και μολύνουν την ατμόσφαιρα: των NO_x . Η ισχύς αυτής της πρότασης, εξαρτάται μόνο από την οικονομική της βιωσιμότητα. Υδρογόνο παραγόμενο με αιολική ενέργεια, θα μπορούσε να προστεθεί στη συνολική παραγωγή, περιφερειακά.

Οι τεχνολογίες οι οποίες ήδη υπάρχουν για τη χρησιμοποίηση του υδρογόνου, πρέπει να βελτιωθούν. Τα δίκτυα φωταερίου της προηγούμενης γενιάς, περιείχαν έως 60% υδρογόνο σε μέτριες πιέσεις, στο τέλος της δεκαετίας του '50 πέταξε ένα αεροπλάνο B-57, χρησιμοποιώντας υδρογόνο υπό πίεση με ήλιο-πειράματα με οχήματα και καύσιμο υγρό υδρογόνο γίνονται από αρκετά χρόνια: το υδρογόνο είναι αναγκαίο στατιστικά στην υγροποίηση των λιθανθράκων και στις διαστημικές πτήσεις: ένας αγωγός μήκους 200 χιλιομέτρων για αέριο υδρογόνο, είναι σε χρήση στην περιοχή του Ρούρ στη Γερμανία από αρκετές δεκαετίες, χωρίς ατυχήματα, ενώ ο πιο μεγάλος αγωγός στον κόσμο

για την μεταφορά υγρού υδρογόνου / οξυγόνου, έχει κατασκευασθεί στην Αμερική, για τον εφοδιασμό με καύσιμα του διαστημικού λεωφορείου στο ακρωτήριο Κέννεντυ. Δεξαμενόπλοια για τη μεταφορά φυσικού αερίου, σε αέρια ή υγρή κατάσταση, των οποίων οι δεξαμενές φέρουν πολύ καλή μόνωση, χρησιμοποιούνται από αρκετά χρόνια, ώστε η εμπειρία αυτή, θα ήταν δυνατόν να αξιοποιηθεί και για τη μεταφορά του υδρογόνου. Η τελευταία λέξη της τεχνολογίας, είναι η κατασκευή αγωγών μήκους χιλιάδων χιλιομέτρων, για τη μεταφορά του φυσικού αερίου: ο πρώτος υποβρύχιος αγωγός στη Μεσόγειο σε βάθος 600 μέτρων, είναι σε χρήση από το 1984. Υπάρχει συνεπώς, αρκετή εμπειρία, η οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί μελλοντικά στη μεταφορά του υδρογόνου.

Κάθε ενεργειακός φορέας, εμφανίζει τα δικά του προβλήματα ασφαλείας. Ορισμένα από αυτά τα οποία έχουν σχέση με τα ορυκτά καύσιμα είναι όμοια ενώ άλλα εξαρτώνται και από το είδος του φορέα, όπως είναι π.χ. η ατομική ενέργεια. Οι βιομηχανικές χώρες οι οποίες διαθέτουν εμπειρία πάνω από δύο αιώνες σχετικά με την ενεργειακή τεχνολογία και τη χρήση εν γένει της ενέργειας, έχουν επεξεργασθεί κανονισμούς και έχουν εκδώσει προδιαγραφές, για την αντιμετώπιση και την πρόληψη ατυχημάτων, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες περαιτέρω κλιμάκωσής τους σε καταστροφές και οι κανονισμοί αυτοί συμπληρώνονται συνεχώς, καθώς αυξάνονται οι σχετικές γνώσεις.

Παρ' όλα αυτά, ποτέ δεν κατέστη δυνατόν να αποφευχθούν τελείως οι

εκρήξεις των αερίων, οι καταστροφές στα ορυχεία και τα ατυχήματα στα πυρηνικά εργοστάσια, ακόμη και τα τελευταία χρόνια. Μόνο σχετικά πρόσφατα, πριν από λίγα χρόνια, άρχισε να αποδίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην αυξανόμενη σοβαρότητα μακροχρόνιων δυσμενών επιπτώσεων από τα ατυχήματα αυτά, στον άνθρωπο και στη φύση. Έχει διαπιστωθεί σε παγκόσμια κλίμακα ότι, η σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον έχει έντονο το στοιχείο της εμπειρικότητας και εάν σε κάποιο πεδίο υπήρξε αμφιβολία, η πρόοδος στον οικονομικό, βιομηχανικό και γεωργικό τομέα, είχαν πάντοτε την προτεραιότητα έναντι της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μόνο πρόσφατα λαμβάνεται σχετική μέριμνα, με τη χρήση των αποβιωμένων καυσίμων και των συσκευιών, για την μείωση των NO_x και αναμένεται, στο μέλλον οι οικολογικές αυτές παρεμβάσεις, να ενταθούν σε όλους τους τομείς των ενεργειακών επιχειρήσεων.

Ο ενεργειακός φορέας του μέλλοντος, το υδρογόνο, είναι πολύ πιθανόν να συναντήσει στην αρχή πολλά εμπόδια: θα υπάρξουν χωρίς αμφιβολία διακρίσεις στη διάδοση της χρήσης του και το τίμημα το οποίο θα κληθεί να καταβάλει η ανθρωπότητα, θα απαιτήσει θυσίες. Είναι όμως παγκοίμως γνωστό ότι, οι οικολογικές του ιδιότητες είναι σαφείς, διαχρονικές και αναμφισβήτητες. Το υδρογόνο το οποίο παράγεται με ηλεκτρόλυση, δεν περιέχει άνθρακα, θείο κλπ., τα οποία θα επάβρυναν το περιβάλλον και από τη χρήση του, δεν παράγονται μονοξειδίου ή διοξειδίου του άνθρακα, παρά μόνον εάν για την καύση του, χρησιμοποιηθεί ατμοσφαιρικός αέρας και η ποσότητα και το είδος των παραγόμενων NO_x εξαρτώνται από τον έλεγχο, ο οποίος επιβάλλεται κατά τη διάρκεια της καύσης. Το ηλεκτρολυτικό υδρογόνο παράγεται από το νερό και καίγεται σε νερό και το νερό το οποίο για την παραγωγή αφαιρείται από τον φυσικό του κύκλο στη γη, επιστρέφει σ' αυτόν, ως παράγωγο της καύσης. Βέβαια και το υδρογόνο εμφανίζει από την άλλη πλευρά τους δικούς του κινδύνους και μεταξύ αυτών οι πολέμοι του προβάλλον, τη χαμηλή ενέργεια, η οποία απαιτείται για την ανάφλεξη του και την τάση του να εκρήγνυται σε κλειστούς χώρους. Ακόμη υπενθυμίζουν το ατύχημα με το

"Hindenburg" το 1937 στο Lakehurst στο Ν.Ι., 60 και πλέον χρόνια μετά το γεγονός. Πρέπει όμως εδώ να επιστημονηθεί ότι, οι ιδιότητες τις οποίες εμφανίζει το υδρογόνο κατά την καύση, ότι δηλ. το αέριο καίγεται και η θερμότητα μεταφέρεται προς τα επάνω χωρίς οι φλόγες να εξαπλώνονται και προς άλλες κατευθύνσεις, επέτρεψαν τότε, από τους 97 ανθρώπους, να σωθούν 62. Επιπλέον, η ταχεία διάχυση του υδρογόνου στην ατμόσφαιρα και η υψηλή ταχύτητα καύσης, μειώνουν σημαντικά τον κίνδυνο των εκρήξεων. Γεγονός πάντως είναι ότι, πρέπει με εργαστηριακές έρευνες και λεπτομερή ανάλυση όλων των πιθανών παραμέτρων ασφαλείας για ο,τιδήποτε, έστω και στον ελάχιστο βαθμό, θα ήταν δυνατόν να συμβεί, κατά την καθημερινή χρήση του υδρογόνου ως ενεργειακού φορέα, να προβλεφθούν τα απαραίτητα μέτρα και οι υπάρχοντες κανονισμοί ασφαλείας, να ενημερώνονται συνεχώς, ώστε οι πιθανότητες ατυχημάτων να ελαχιστοποιηθούν. Στόχος της τεχνολογίας και των διαδικασιών ασφαλείας πρέπει να είναι, η ανάπτυξη μεθόδων ασφαλείας για τους ενεργειακούς φορείς, με τους οποίους εκατομμύρια ανθρώπων έρχονται καθημερινά σε επαφή και οι μηχανικοί αλλά και όσοι ασχολούνται με τα θέματα αυτά, θα πρέπει να γνωρίζουν τα πρότυπα ασφαλείας κάθε ενεργειακού φορέα και να ελέγχουν, ως προς την τήρησή τους, τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, όπως π.χ. στην περίπτωση των πυρηνικών σταθμών.

Πολλά πράγματα από το υδρογόνο είναι σήμερα κατανοητά, μένουν όμως και πολλά άλλα να ερευνηθούν και το πεδίο προς αυτή την κατεύθυνση είναι ελεύθερο. Άλλωστε, κανένας ενεργειακός φορέας δεν είναι ασφαλέστερος από τους άλλους αλλά καθένας, εμπεριέχει τους δικούς του κινδύνους, οι οποίοι πάντοτε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Είναι η οικονομία του υδρογόνου φαντασία ή ένας τολμηρός οραματισμός; Είναι μία πρώιμη προσδοκία ή μία αναπόφευκτη εξέλιξη; Πάντως, ότι και εάν είναι, τα πραγματικά τεχνικά και επιστημονικά αποτελέσματα όλων των τελευταίων χρόνων, δείχνουν πως η ανθρώπινη γνώση για το υδρογόνο ως ενεργειακού φορέα, οικοδομείται σταδιακά και ότι από το υπάρχον μωσαϊκό,

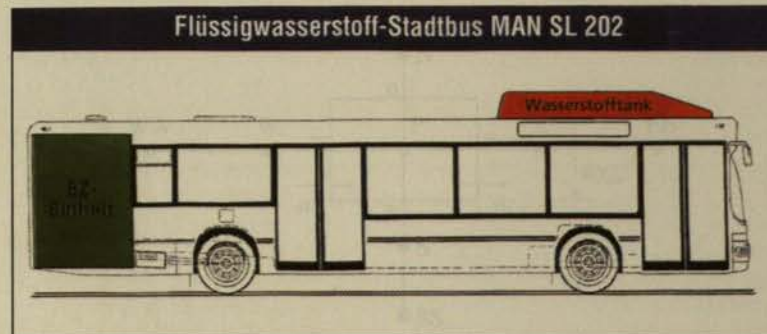
λίγα μόνο στοιχεία λείπουν ακόμη. Τα λειτουργικά παραδείγματα της τεχνολογίας του υδρογόνου, τα οποία έχουν αναφερθεί και η ανάπτυξή του, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη, επιτρέπουν το συμπέρασμα ότι, συνεχώς και περισσότερες εφαρμογές θα υλοποιούνται, έως ότου, η τελική εικόνα ολοκληρωθεί, μετά από κάποιες δεκαετίες.

Μετά από μία μακρά περίοδο ανάπαυλας στην παγκόσμια αγορά της ενέργειας, άρχισαν να εμφανίζονται δικαιιμένοι στις τιμές των καυσίμων, οι οποίες μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, σταθεροποιήθηκαν κάπως και σε όχι ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα. Αν και δεν υπάρχουν ακόμη προβλήματα στην εξασφάλιση των απαιτούμενων ενεργειακών πόρων, η συσσώρευση επιστημονικών γνώσεων με τη βοήθεια της εφαρμοσμένης έρευνας και τα παρεμφερή αναπτυξιακά προγράμματα, δεν πρέπει να εξαρτώνται από την εικόνα της αγοράς. Το αντίθετο, μια "αντικυκλική" προσανατολισμένη επιστημονική λύση, προετοιμάζεται στους καλούς καιρούς, για τις κρίσιμες περιόδους. Διότι κάθε πιθανή προοπτική για τη χρήση ενός ενεργειακού φορέα, ακολούθησε μια περίοδος προσαρμογής διάρκειας αρκετών δεκαετιών. Αυτό έγινε πριν δύο αιώνες με τον άνθρακα, αργότερα με το πετρέλαιο και σήμερα, με την πυρηνική ενέργεια, η οποία, ενώ άρχισε να αναπτύσσεται πριν από αρκετές δεκαετίες, όταν λειτουργήσει οι υπό κατασκευή πυρηνικοί σταθμοί στην κεντρική Ευρώπη, περί το 1990, η πυρηνική ενέργεια κάλυπτε, περίπου, το 12% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της περιοχής.

Η λειτουργία των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας ή των σταθμών

υδρογόνου, δεν είναι απαραίτητο να ακολουθήσει τον ίδιο ή παρεμφερές δρόμο. Ένα όμως πράγμα είναι προφανές: Με βάση την εμπειρία η οποία έχει αποκτηθεί από την εισαγωγή των συμβατικών ενεργειακών φορέων, η ηλιακή ενέργεια και το υδρογόνο είναι ακόμη στα αρχικά στάδια της ιστορικής τους ανάπτυξης και μένουν μπροστά αρκετές δεκαετίες εντατικής εφαρμοσμένης έρευνας και προσαρμογής της ενεργειακής οικονομίας και της αγοράς.

Η ηλιακή ενέργεια σε παγκόσμια κλίμακα, με το υδρογόνο ως εμπορικό αγαθό, απασχολούν από κοινού τους τομείς ερευνας, ως εξαρτώμενα το ένα από το άλλο: οι ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, απαιτούν ενσωματωμένους ηλεκτρολύτες και υδροπομπές για την παραγωγή και την υδροποίηση του "ηλιακού ενεργειακού φορέα" υδρογόνο. Το μη "ορυκτό" υδρογόνο, προϋποθέτει ηλεκτρική ενέργεια και μάλιστα, ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακά εργοστάσια. Τα πρώτα ηλιακά εργοστάσια, μπορούν να κατασκευασθούν και να λειτουργήσουν, σε συνεργασία μιας ενεργειακά πτωχής αλλά τεχνολογικά πλούσιας χώρας της Ευρώπης και μιας πτωχής χώρας, η οποία όμως βρίσκεται στην "ηλιακή ζώνη" του κόσμου. Μία χώρα της Μέσης Ανατολής, θα ήταν δυνατόν να προτιμηθεί διότι ηλεκτρολυτικό υδρογόνο παραγόμενο από μη ορυκτές πηγές, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία των υδρογονανθράκων, καθόσον η μεγάλη ηλιοφάνεια και η ύπαρξη αποθεμάτων υδρογονανθράκων, συνυπάρχουν σε λίγες περιοχές στη γη. Η σταδιακά αυξανόμενη εισαγωγή ενός νέου ενεργειακού φορέα, του υδρογόνου, σε ένα ήδη από δεκαετίες υπάρχον σύστημα



Λεωφορείο, το οποίο χρησιμοποιεί καύσιμο υγρό υδρογόνο.

παραγωγής και διανομής ενέργειας, φαίνεται να υπόκειται πολλά. Διότι εκτός των άλλων, θα συνεισέφερε και στη διατήρηση του παγκοσμίου ενεργειακού συστήματος και των καθιερωμένων οδών μεταφοράς ενέργειας, από τις χώρες παραγωγής στις χώρες κατανάλωσης. Παράλληλα, θα αποτελούσε και έναν σταθεροποιητικό παράγοντα στις εμπορικές σχέσεις μεταξύ των χωρών, οι οποίες εξάγουν βιομηχανικά και ενδεχομένως, αγροτικά προϊόντα και εκείνων, οι οποίες εξάγουν ενέργεια.

Αγωγοί μεταφοράς, συμπεστές και διάφορες μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, συστήματα αυτοματισμών, διυλιστήρια και τεχνολογία πλωτών εξεδρών για εξόρυξη φυσικού αερίου ή πετρελαίου, είναι μερικά παραδείγματα από το παρελθόν και το παρόν, των οποίων η χρήση προεκτείνεται και στο απώτερο μέλλον: ηλιακά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, ηλεκτρολυτικά εργοστάσια για την παραγωγή του ηλιακού υδρογόνου, συσκευές υγραποίησης και δεξαμενόπλοια με ψυκτικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ψύξης σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, για την συντήρηση και την μεταφορά του υγρού υδρογόνου.

Ως προς την εμετάλλευση της ηλια-

κής ενέργειας, υπάρχουν πολλές αντιρροήσεις: καταρχήν, η ηλιακή ενέργεια έχει μικρή ενεργειακή πυκνότητα, η δέσμευσή της απαιτεί μεγάλες εκτάσεις γης και η χρήση της είναι έντασης υλικών. Επιπλέον, τα ηλιακά εργοστάσια ενέργειας, χρειάζονται περισσότερο χρόνο για την απόσβεση των κεφαλαίων τα οποία έχουν επενδυθεί. Από την άλλη όμως πλευρά, η σχεδίαση και η κατασκευή εγκαταστάσεων, για την εμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με ικανοποιητικούς βαθμούς απόδοσης αποτελεί μία ιδιαίτερη πρόκληση για τους μηχανικούς. Τα υλικά υπάρχουν και συνεπώς, η κατασκευή δεν θα ήταν ιδιαίτερο πρόβλημα για μία προηγμένη βιομηχανικά χώρα, ενώ η απαραίτητη γη για τις ηλιακές εφαρμογές είναι διαθέσιμη σε μεγάλες εκτάσεις, κυρίως, σε άγονες περιοχές, οι οποίες έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια και έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Τέλος, οι απαραίτητες επενδύσεις για την εισαγωγή του μελλοντικού ενεργειακού φορέα, του ηλιακού υδρογόνου, δεν υπερβαίνουν τα κεφάλαια, τα οποία διατίθενται σήμερα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Είναι σημαντική η διαπίστωση ότι, το ηλιακό υδρογόνο, θα συντελέσει στη διατήρηση του υπάρχοντος συστήματος διαχείρισης της ενέργειας. Αυτό όμως έχει

και ευκαιρίες αλλά και κινδύνους. Διότι θα επιτρέψει μία σταδιακή κατάργηση των διαφορών βορρά-νότου, μεταξύ των ανεπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών, θα βοηθήσει στην οικονομική συνεργασία τους και θα δημιουργήσει ευκαιρίες, για την σταθεροποίηση του εμπορίου μεταξύ των χωρών, οι οποίες παράγουν ενέργεια και των βιομηχανικών χωρών. Ο αριθμός και η έκταση των περιοχών παραγωγής ηλιακού υδρογόνου, είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες, οι οποίες παράγουν φυσικό αέριο και πετρέλαιο.

Οι κίνδυνοι, αν υπάρχουν, εντοπίζονται στην συνεχιζόμενη ενεργειακή εξάρτηση των βιομηχανικών χωρών και στη χρονική διάρκεια, η οποία απαιτείται, για την ανάπτυξη του νέου ενεργειακού φορέα και η οποία πιθανόν να ανέλθει σε δεκαετίες και όχι σε χρόνια. Διότι οι συνιστώσες ενός ενεργειακού συστήματος, με βάση το υδρογόνο, πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω, ώστε οι αποδόσεις να είναι υψηλότερες και οι τιμές παραγωγής χαμηλότερες. Και μία τελική σκέψη: εάν το όραμα παραγωγής της ηλιακής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα, πρόκειται να γίνει πραγματικότητα, αυτό θα πρέπει να συσχετισθεί, με μη ορυκτό υδρογόνο.