

# Αγωνιστικά Ηλιακά Οχήματα: Στόχοι, Τεχνολογίες και η Ελληνική Πραγματικότητα

## **Λ. ΝΤΖΙΑΧΡΗΣΤΟΣ**

δρ Μηχανολόγος Μηχανικός Α. Π. Θ.

## **Α. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ**

Αναπληρωτής Καθηγητής Α. Π. Θ.

## **Κ. ΠΑΤΤΑΣ**

Καθηγητής Α. Π. Θ.

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή αγωνιστικών ηλιακών οχημάτων αποτελεί μια δημοφιλή επιστημονική και τεχνική δραστηριότητα για ερευνητικές ομάδες, τεχνολογικά ινστιτούτα και εκπαιδευτικά ιδρύματα στο εξωτερικό. Παρά τη φαινομενικά απλή αρχή λειτουργίας, τα ηλιακά οχήματα περικλείουν τεχνολογία αιχμής, ενώ ο έντονος ανταγωνισμός, που αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια, επιταχύνει τις τεχνολογικές εξελίξεις στην περιοχή.



*Εικόνα 1: Παράδειγμα ηλιακού αγωνιστικού οχήματος. Η φωτογραφία απεικονίζει το Honda Dream που κέρδισε το World Solar Challenge για δύο συνεχόμενες διοργανώσεις (1993 και 1996) διασχίζοντας με 2 άτομα απόσταση 3.000 km στο εσωτερικό της Αυστραλίας, κινούμενο με μέση ταχύτητα περίπου 90 km/h.*

Πλέον, τα ηλιακά οχήματα δεν αποτελούν απλά εφαρμογές συνδυασμού υπάρχουσας τεχνολογίας, αλλά πλατφόρμες ανάπτυξης νέων τεχνικών και μεθόδων παραγωγής, αποθήκευσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, οι επιδόσεις τους βελτιώνονται ραγδαία και τα χαρακτηριστικά τους εντυπωσιάζουν. Η Εικόνα 1 παρουσιάζει το παράδειγμα του Honda Dream, το οποίο, ήδη από το 1993, κατάφερε να μεταφέρει δύο επιβάτες σε διαδρομή 3.000 km με υψηλή μέση ταχύτητα χωρίς σταγόνα καυσίμου, αλλά με αποκλειστική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Η παρουσία των ελληνικών ερευνητικών και τεχνολογικών ομάδων στην περιοχή υπήρξε μέχρι πρότινος μηδαμινή. Και αυτό, δυστυχώς, σε μια χώρα με ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες για τη λειτουργία ηλιακών οχημάτων. Η απουσία του τεχνικού κόσμου της χώρας από την περιοχή θα πρέπει μάλλον να αναζητηθεί στο υψηλό κόστος που συνεπάγεται η κατασκευή τους και όχι στην απουσία της τεχνογνωσίας από τους Έλληνες τεχνικούς. Το κόστος αυξάνει δυσανάλογα, ειδικά αν στόχος είναι ο ανταγωνισμός ομάδων του εξωτερικού, σε ορισμένες από τις οποίες ο προϋπολογισμός είναι εντυπωσιακά υψηλός. Ενδεικτικά, οχήματα που χρησιμοποιούνται ως μέσα προβολής τεχνολογικών καινοτομιών μπορούν να υπερβούν σε κόστος τα μερικά εκατομμύρια ευρώ.

Πρόσφατα, με πρωτοβουλία της «Πολιτιστικής Ολυμπιάδας» αποφασίστηκε η διοργάνωση στη χώρα του πρώτου αγώνα ηλιακών οχημάτων με διεθνή συμμετοχή, προβολή και απήχηση. Η διοργάνωση της εκδήλωσης στην Ελλάδα και η παράλληλη διεξαγωγή ελληνικού διαγωνισμού σχεδίασης ηλιακού αγωνιστικού οχήματος υπό την επίβλεψη του ίδιου φορέα, κινητοποίησε έναν ικανό αριθμό ελληνικών τεχνικών ομάδων, που υπέβαλαν σχετικές μελέτες. Αποτέλεσε, δηλαδή, η πρωτοβουλία αυτή την απαρχή μιας έντονης δραστηριότητας, η οποία θα εμπεδωθεί με την κατασκευή ελληνικού ηλιακού αγωνιστικού οχήματος και τη συμμετοχή του σε αγώνες διεθνούς εμβέλειας. Η συμμετοχή και η ενδεχόμενη κατάταξη σε υψηλή θέση θα αναδείξει τις τεχνολογικές δυνατότητες της χώρας, ειδικά σε συνδυασμό με τη σχεδόν ταυτόχρονη διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων.

Με αφορμή τη νέα αυτή τεχνολογική κατεύθυνση που δημιουργείται, το παρόν άρθρο παρουσιάζει μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των ηλιακών οχημάτων και παρουσιάζει τους στόχους αυτών των προσπαθειών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται περιληπτικά οι τεχνολογίες, που εφαρμόζονται για την κατασκευή και τη διαχείριση της ενέργειας σε ηλιακά οχήματα. Τέλος, αναφερόμαστε στο τοπίο, που δημιουργείται στην Ελλάδα για το μέλλον των ηλιακών οχημάτων, και παρουσιάζουμε την πρόταση, που πρώτευσε στο Διαγωνισμό Σχεδίασης Ελληνικού Ηλιακού Οχήματος.

## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία των ηλιακών αγωνιστικών οχημάτων ξεκινάει το 1983, όταν οι Αυστραλοί *Hans Tholstrup* και *Larry Perkins* κατάφεραν να διανύσουν την απόσταση από το Σίδνεϊ στο Περθ, καλύπτοντας, δηλαδή, συνολικά μια απόσταση πάνω από 4.000 km μέσα σε 21 ημέρες με το όχημά τους *BP Quiet Achiever*, επιτυγχάνοντας μια μέση ταχύτητα 23 km/h. Το κατόρθωμα αυτό παρακίνησε και άλλες ομάδες να επιχειρήσουν αντίστοιχες προσπάθειες με την ομάδα του κολεγίου του *Crowder* να καταφέρνει το 1984 να διασχίσει την αμερικανική ήπειρο από την Καλιφόρνια έως τη Φλόριδα.

Οι πρωτοπόρες αυτές προσπάθειες οδήγησαν στη διοργάνωση του πρώτου διεθνούς αγώνα στην Αυστραλία το 1987 (World Solar Challenge) με 23 συμμετοχές από όλον τον κόσμο. Στον αγώνα των 3000 km κατάφεραν να τερματίσουν 6 οχήματα με το *Sunracer* της *General Motors* να καταλαμβάνει την πρώτη θέση με μέση ταχύτητα 67 km/h. Έκτοτε, ο αγώνας αυτός επαναλαμβάνεται κάθε τρία χρόνια και αποτελεί ένα συναρπαστικό γεγονός, καθώς δεν αποτελείται από ειδικές διαδρομές, αλλά τα οχήματα προσπαθούν να καλύψουν τη μεγάλη απόσταση στο μικρότερο δυνατό χρόνο. Η τελευταία εκδήλωση πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2003, όπου το Ολλανδικό *Nuna II* των πανεπιστημίων του *Delft* και *Rotterdam* κατέλαβε την πρώτη θέση, καλύπτοντας την απόσταση των 3.000 km σε σχεδόν 31 ώρες, κινούμενο, δηλαδή, με μέση ταχύτητα 97 km/h. Η ταχύτητα αυτή αποτελεί ρεκόρ όλων των εποχών και είναι πάνω από 4 φορές υψηλότερη της ταχύτητας, με την οποία οι *Tholstrup* και *Perkins* κινήθηκαν 20 χρόνια πριν.

Εκτός από το συγκεκριμένο αγώνα στην Αυστραλία, ο οποίος αποτελεί το διασημότερο γεγονός, παρόμοιοι αγώνες έχουν έως σήμερα πραγματοποιηθεί σε πολλές χώρες, στην Ευρώπη, την Αμερική και την Ιαπωνία. Από αυτούς ξεχώρισαν οι «Sunrayce», «Tour de Sol» και τελευταία ο «American Solar Challenge», οι οποίοι πραγματοποιούνται κάθε 1-2 χρόνια. Ο κάθε αγώνας έχει τα δικά του χαρακτηριστικά σε ό,τι αφορά τη διαδρομή, τους στόχους και τη στρατηγική. Κάποιοι αγώνες αποσκοπούν στη βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας και κάποιοι άλλοι στην επίτευξη μέγιστης ταχύτητας. Έτσι, τα χαρακτηριστικά του κάθε αγώνα καθορίζουν και την εξέλιξη των συμμετεχόντων οχημάτων. Παράλληλα, σε κάθε αγώνα δίδονται αυστηρές προδιαγραφές για τη σχεδίαση των οχημάτων, σε ό,τι αφορά τα ενεργειακά τους χαρακτηριστικά, με τις οποίες πρέπει να συμμορφώνονται όλοι οι αγωνιζόμενοι. Αδυναμία συμμόρφωσης επιφέρει και τον αποκλεισμό από τον αγώνα.

Σε κάθε περίπτωση, ο ανταγωνισμός που αναπτύσσεται για την προετοιμασία των οχημάτων και κατά τη διάρκεια των αγώνων επιταχύνει την τεχνολογική πρόοδο και την αξιοπιστία των προτεινόμενων λύσεων. Αναμφισβήτητα, επομένως, τα τεχνολογικά άλματα που πραγματοποιούνται στους τομείς των Φ/Β στοιχείων, ηλεκτρικών κινητήρων, συσσωρευτών και ηλεκτρονικών ισχύος οφείλονται και στη διεξαγωγή παρόμοιων αγώνων.

### **3. ΣΤΟΧΟΙ**

Η ανάπτυξη και κατασκευή ενός αγωνιστικού ηλιακού οχήματος εξυπηρετεί πολλούς στόχους, τόσο σε επιστημονικό όσο και σε εκπαιδευτικό επίπεδο. Παράλληλα, η συμμετοχή σε αγώνες ενισχύει την προσπάθεια και καθορίζει ένα χρονικό πλαίσιο για την ολοκλήρωσή της. Ωστόσο, η σχεδίαση ενός αγωνιστικού ηλιακού οχήματος δεν θα πρέπει να συγχέεται με την κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων για μαζική χρήση. Οι προτεραιότητες σε κάθε περίπτωση είναι διαφορετικές με αποτέλεσμα να αποτελούν περιοχές με έμμεση σύνδεση (π.χ. ανάπτυξη κοινών υποσυστημάτων) αλλά όχι άμεση, δηλαδή ο σχεδιασμός ενός αγωνιστικού ηλιακού οχήματος δεν προϋποθέτει δυνατότητα αξιοποίησής του για την εξυπηρέτηση αναγκών σε μαζική κλίμακα.

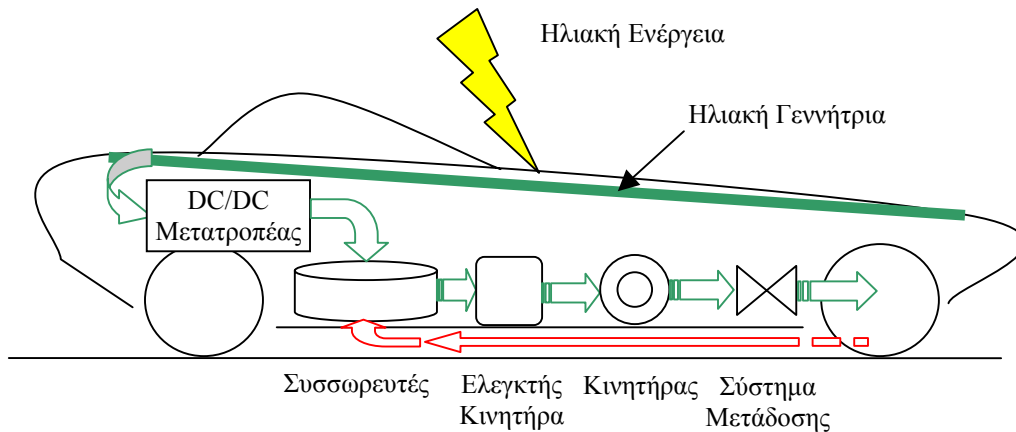
Περιληπτικά, η σχεδίαση ενός αγωνιστικού ηλιακού οχήματος και η οργάνωση συμμετοχής του σε έναν αγώνα αποσκοπεί στις ακόλουθες κατευθύνσεις:

1. Στην εκπαίδευση νέων μηχανικών μέσω της οργάνωσης, σχεδίασης, κατασκευής και υποστήριξης του οχήματος. Οι περισσότερες ομάδες αποτελούνται από δεκαμελείς έως εικοσαμελείς ομάδες φοιτητών και σπουδαστών της ανώτατης και μέσης εκπαίδευσης, οι οποίοι επιβλέπονται από τους καθηγητές τους. Η συμμετοχή του οχήματος στον αγώνα προϋποθέτει την εξεύρεση οικονομικής υποστήριξης, την ολοκλήρωση της μελέτης κατασκευής, τον ενεργειακό προϋπολογισμό και την κατασκευή του οχήματος. Ο αγώνας απαιτεί τη συγκρότηση αγωνιστικής ομάδας υποστήριξης για την επισκευή, συντήρηση και παρακολούθηση της πορείας του οχήματος. Όλες αυτές οι φάσεις αποτελούν μία συγκροτημένη προσπάθεια που βασίζεται στις αρχές εκπαίδευσης του Μηχανικού σήμερα, δηλαδή της κατασκευής Μηχανών με χαμηλό κόστος και υψηλή ποιότητα επιλέγοντας και ενσωματώνοντας τα τεχνολογικά στοιχεία που επιβάλλουν οι εν γένει περιορισμοί. Μάλιστα, η εφαρμογή αυτή πραγματοποιείται στην περιοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που αποκτούν συνεχώς μεγαλύτερη σημασία ειδικά στην ελληνική πραγματικότητα. Παράλληλα, ο νέος μηχανικός εξασκείται στο συντονισμό ομάδων εργασίας και στην επίβλεψη κατασκευών με δεδομένο χρονικό προγραμματισμό.
2. Στη βελτίωση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Ενώ η συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας στον τομέα των μεταφορών είναι ασήμαντη, ειδικά συγκρινόμενη με τη συνεισφορά της στον οικιακό τομέα και στην παραγωγή ενέργειας, ωστόσο οι περιορισμοί που τίθενται από την εφαρμογή Φ/Β στοιχείων σε αγωνιστικά οχήματα είναι ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον που προωθεί την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Συγκεκριμένα, ο περιορισμένος χώρος που διατίθεται σε ένα όχημα, απαιτεί τη χρήση στοιχείων υψηλού βαθμού απόδοσης. Επίσης, η ανάγκη συμπίεσης του βάρους του οχήματος και κατασκευής αεροδυναμικών σχημάτων, επιβάλλει χρήση λεπτών Φ/Β στοιχείων που να μπορούν να διαταχθούν σε διάφορες γεωμετρίες. Τέλος, οι δονήσεις και οι αντίξοες συνθήκες που προέρχονται από την κίνηση του οχήματος, απαιτούν στοιχεία και συνδέσεις υψηλής αξιοπιστίας. Επομένως, οι εταιρείες που παρέχουν τέτοια εξειδικευμένα προϊόντα, καλούνται να βελτιώνουν συνέχεια την απόδοση και την αξιοπιστία των προϊόντων τους για την εφαρμογή τους σε αγωνιστική χρήση.

3. Στη βελτίωση των υποσυστημάτων διαχείρισης ενέργειας και μετατροπής της σε κίνηση. Καθώς, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι καθοριστικής σημασίας για την πορεία του οχήματος στους αγώνες, η απόδοση κάθε υποσυστήματος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Στην έννοια υποσύστημα θα πρέπει να συμπεριλάβουμε τους συσσωρευτές, τον κινητήρα, τα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος, τα αεροδυναμικά καλύμματα του πλαισίου, τη μετάδοση κίνησης και τους τροχούς με το σύστημα πέδησης. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες και αποδεικνύεται ότι η διάκριση στον αγώνα προέρχεται μόνο όταν κάθε υποσύστημα είναι μελετημένο, ώστε να ελαχιστοποιεί τις απώλειες ενέργειας διατηρώντας, παράλληλα, μικρό βάρος και όγκο.
4. Στη μεταφορά γνώσης και στη διασύνδεση των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων με τον ιδιωτικό τομέα, μέσω της συμμετοχής προμηθευτών και χορηγών στην προσπάθεια. Αν και το όφελος για τον ιδιωτικό τομέα είναι προφανές σε κάθε τύπο αγώνα μέσω της προβολής χορηγών και προμηθευτών σε εξειδικευμένο κοινό, ωστόσο, ειδικά στους αγώνες ηλιακών οχημάτων όπου οι ομάδες είναι υψηλού επιστημονικού και τεχνολογικού επιπέδου, το όφελος επίσης συνίσταται στην απόκτηση τεχνογνωσίας, στην ανταλλαγή πληροφοριών και στην ανάπτυξη και διασύνδεση του τεχνικού κόσμου της χώρας.
5. Στην προβολή των δυνατοτήτων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην ευαισθητοποίηση της επιστημονικής κοινότητας αλλά και του ευρύτερου κοινού σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής προστασίας.

#### **4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

Τα αγωνιστικά ηλιακά οχήματα σήμερα ενσωματώνουν τεχνολογίες αιχμής οι οποίες –τις περισσότερες φορές– δεν είναι ορατές από την παράξενη, έως αστεία, εμφάνιση των οχημάτων αυτών. Ωστόσο, οι σημαντικοί περιορισμοί διαστάσεων, ενεργειακής αποθήκης και συνολικού βάρους που επιβάλλονται από τους διοργανωτές των αγώνων, καθώς και ο υψηλός ανταγωνισμός, επιβάλλουν τη χρήση υλικών και την ανάπτυξη συστημάτων υψηλού κόστους για την επίτευξη κάποιας διάκρισης στον αγώνα. Στην ενότητα αυτή αναφέρονται οι κύριες τεχνολογίες που εφαρμόζονται σήμερα.



Εικόνα 2: Σκαρίφημα ενεργειακής μετατροπής και μετάδοσης κίνησης ηλιακού αγωνιστικού οχήματος με δυνατότητα επαναφόρτισης συσσωρευτών στη διάρκεια της πέδησης.

Τα κύρια υποσυστήματα παραγωγής και μετάδοσης της ενέργειας ενός αγωνιστικού ηλιακού οχήματος παρουσιάζονται στην Εικόνα 2. Η ενέργεια του ήλιου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ηλιακής γεννήτριας που βρίσκεται στην πάνω επιφάνεια του οχήματος. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται με ένα μετατροπέα DC/DC στην απαιτούμενη τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Η συσσωρευμένη ενέργεια από τους συσσωρευτές οδηγείται στον κινητήρα μέσω ενός ελεγκτή που καθορίζει το ρυθμό περιστροφής και τη ροπή του κινητήρα. Τέλος, το σύστημα μετάδοσης μεταδίδει την ισχύ του κινητήρα στον τροχό. Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα μετατροπής της ενέργειας πέδησης σε ηλεκτρική ενέργεια για την επαναφόρτιση των συσσωρευτών (αναγέννηση), μέσω αντιστροφής της ροής ισχύος και της χρήσης του κινητήρα ως γεννήτριας. Ορισμένα από τα υποσυστήματα είναι δυνατόν να απουσιάζουν από συγκεκριμένες εφαρμογές, ανάλογα με το βαθμό εξέλιξης και το κόστος του οχήματος, όπως ο DC/DC converter και το σύστημα μετάδοσης (απευθείας σύνδεση του κινητήρα στον τροχό).

Συμπερασματικά, ένα ηλιακό όχημα είναι κατά βάση ένα ηλεκτρικό όχημα, όπου, όμως, η απαιτούμενη ενέργεια δεν παρέχεται με φόρτιση των συσσωρευτών από το δίκτυο, αλλά απευθείας από την ηλιακή γεννήτρια. Επομένως, ένα ηλιακό όχημα δεν καταναλώνει ενέργεια από καμιά άλλη πηγή, παρά μόνο αξιοποιεί απευθείας την ενέργεια του ήλιου για την κίνησή του. Για το λόγο αυτό, στα ηλιακά αγωνιστικά οχήματα απαγορεύεται η φόρτιση των συσσωρευτών από οποιαδήποτε άλλη πηγή εκτός από τη φέρουσα ηλιακή γεννήτρια.

#### 4.1. Ηλιακή γεννήτρια

Η ηλιακή γεννήτρια αποτελείται από εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες αυτοτελή Φ/Β στοιχεία, τα οποία είναι κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος. Στις αγωνιστικές κατασκευές δεν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένες Φ/Β συστοιχίες (πάνελς), διότι αυξάνουν το βάρος και περιορίζουν την εκμετάλλευση της ήδη περιορισμένης επιφάνειας στο όχημα. Το μέγεθος της ηλιακής γεννήτριας περιορίζεται ανάλογα με τον κανονισμό του κάθε αγώνα περίπου στα 8 m<sup>2</sup>.

Για την κατασκευή των Φ/Β στοιχείων το πιο διαδεδομένο υλικό είναι το πυρίτιο. Το κάθε στοιχείο αποτελείται από μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, το οποίο είναι ημιαγωγίμο υλικό. Για την αύξηση της αγωγιμότητας προκαλούνται στο πλέγμα του πυριτίου σφάλματα με την πρόσμιξη μετάλλων. Έτσι, όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπέσει πάνω στο Φ/Β στοιχείο, διαταράσσει τη δομή του πλέγματος και δημιουργεί ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία, με κατάλληλη σύνδεση των στοιχείων, παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα που φορτίζει τους συσσωρευτές.

Ο βαθμός απόδοσης της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας στα Φ/Β στοιχεία βρίσκεται στην περιοχή του 15-30% με εκθετικά αυξανόμενο κόστος όσο αυξάνει ο βαθμός απόδοσης. Η ονομαστική τιμή πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται ίση με 1.000 W/m<sup>2</sup> και αντιστοιχεί περίπου στην ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας που προσπίπτει σε ένα οριζόντιο επίπεδο το μεσημέρι μιας καλοκαιρινής ημέρας, όταν, δηλαδή, οι ακτίνες του ήλιου είναι σχεδόν κάθετες στην επιφάνεια της γης. Επομένως, ένα εμπορικό τετραγωνικό Φ/Β στοιχείο με ακμή 0.1 m θα παράγει περίπου 3 A στα 0.5 V αποδίδοντας ισχύ 1.5 W. Με συνδυασμό, επομένως, τέτοιων στοιχείων, μια ηλιακή γεννήτρια 8 m<sup>2</sup> μπορεί να αποδώσει 1.200 W, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την κίνηση του οχήματος.

#### 4.2. Μετατροπέας DC/DC

Ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και τις συνθήκες σκίασης της ηλιακής γεννήτριας, η ισχύς που παράγεται και η αποδιδόμενη τάση των Φ/Β στοιχείων μεταβάλλεται. Η μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς επιτυγχάνεται για μια συγκεκριμένη τιμή τάσης. Παράλληλα, η τάση των συσσωρευτών, προς τους οποίους παρέχεται η ηλεκτρική ισχύς, μεταβάλλεται ανάλογα με το επίπεδο φόρτισής τους. Επομένως, για τη βελτίωση



της απόδοσης της ισχύος της ηλιακής γεννήτριας στους συσσωρευτές, παρεμβάλλεται ο μετατροπέας τάσης, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί την τάση των συσσωρευτών και να ρυθμίζει κατάλληλα την τάση λειτουργίας των Φ/Β στοιχείων και τα επίπεδα μετατροπής της. Οι συσκευές αυτές καλούνται *Maximum Power Point Trackers (MPPT)* και βελτιώνουν σημαντικά τη συνολικά απόδοση του συστήματος ενέργειας.

#### **4.3. Συσσωρευτές**

Ουσιαστικά, ένα ηλιακό όχημα μπορεί να κινηθεί και χωρίς τη χρήση συσσωρευτών με απευθείας σύνδεση της ηλιακής γεννήτριας στον κινητήρα. Η χρήση συσσωρευτών, ωστόσο, προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά, επιτρέπει τη συσσώρευση ενέργειας, όταν το όχημα δεν οδηγείται. Η ενέργεια αυτή αυξάνει, αφενός την αυτονομία του οχήματος και αφετέρου τη μέση ισχύ που μπορεί να διατεθεί κατά την οδήγηση του οχήματος, ουσιαστικά βελτιώνοντας τις επιδόσεις του. Δευτερευόντως, η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς από τη διατιθέμενη από την ηλιακή γεννήτρια, π.χ. για κίνηση σε ανωφέρειες και υπό σκιά.

Τα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών που ενδιαφέρουν είναι κατ' αρχήν η ειδική ενεργειακή χωρητικότητά τους που εκφράζει τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα βάρους συσσωρευτών και τα χαρακτηριστικά αποφόρτισής τους (ελάχιστο όριο αποφόρτισης, επίδραση του ρυθμού αποφόρτισης στην χωρητικότητα κ.τ.λ.). Οι κανονισμοί επιτρέπουν διαφορετικούς τύπους συσσωρευτών, αλλά καθορίζουν το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ανά τύπο. Επομένως, η συνολική χωρητικότητα των συσσωρευτών διαφορετικού τύπου, που επιτρέπονται, παραμένει σχεδόν σταθερή αλλά μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα το κόστος και το βάρος των συσκευών κατά περίπτωση.

Η συζήτηση με λεπτομέρειες των διαφόρων τύπων συσσωρευτών ξεφεύγει από το πλαίσιο αυτής της παρουσίασης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οχήματα χαμηλού κόστους (π.χ. ομάδες μαθητών) χρησιμοποιούν συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, παρόμοιου τύπου με τους συσσωρευτές των επιβατηγών οχημάτων. Οι ακριβότερες κατασκευές πλέον χρησιμοποιούν συσσωρευτές λιθίου-ιόντων με ηλεκτρολύτη υγρό ή πολυμερούς gel. Σε σχέση με τους συμβατικούς συσσωρευτές μολύβδου-οξέος και για την ίδια χωρητικότητα ενέργειας, οι συσσωρευτές λιθίου-πολυμερούς εμφανίζονται έως και τέσσερις φορές ελαφρύτεροι, προσφέροντας, έτσι σημαντική, οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας.

#### 4.4. Κινητήρας/σύστημα μετάδοσης

Ο κινητήρας αποτελεί και την καρδιά του ηλιακού οχήματος. Λόγω του μικρού βάρους και της καλής αεροδυναμικής, τα αγωνιστικά ηλιακά οχήματα δεν απαιτούν κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 7-8 ίππων. Μεγαλύτερη ισχύς, δεν συνεισφέρει σημαντικά λόγω των περιορισμών στην παραγωγή και διάθεση ενέργειας, που επιβάλλουν η ηλιακή ενέργεια και οι συσσωρευτές αντίστοιχα, ενώ μεγαλύτερος κινητήρας θα προσέθετε επιπλέον βάρος στην κατασκευή.

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα από την πλειοψηφία των αγωνιστικών ομάδων είναι κινητήρες βασικά εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκυκλωμένου δρομέα. Στη μεγάλη τους πλειοψηφία οι κινητήρες αυτοί είναι σύγχρονοι, ενώ λιγότερες ομάδες χρησιμοποιούν και ασύγχρονους. Και στις δύο περιπτώσεις, η λειτουργία και η απόδοση του κινητήρα καθορίζεται από κατάλληλο ελεγκτή, ο οποίος διαμορφώνει το συνεχές ρεύμα που παρέχεται από τους συσσωρευτές σε εναλλασσόμενο για τη λειτουργία του κινητήρα ανάλογα με τις εντολές του οδηγού μέσω του επιταχυντήρα (γκάζι). Η ανάγκη για υψηλούς βαθμούς απόδοσης και χαμηλό βάρος έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη κινητήρων που επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης έως 95-98%, σε σύγκριση με το ~50% που εμφανίζουν οι αντίστοιχοι κινητήρες για οικιακή χρήση, που εξασφαλίζεται με τη χρήση σπάνιων γαιών για την κατασκευή του σταθερού μαγνήτη. Τελευταία, εμφανίστηκαν σύγχρονοι κινητήρες, οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα αυτόματης μεταβολής του διάκενου μεταξύ του στάτορα και του ρότορα ανάλογα με το σημείο λειτουργίας, ώστε να επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης σε μεγαλύτερο εύρος στροφών.

Η σύνδεση του κινητήρα με τον τροχό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω σταθερής σχέσης μετάδοσης ή κιβωτίου ταχυτήτων. Η σύγχρονη πρακτική, ωστόσο, είναι η τοποθέτηση κινητήρων που συνδέονται άμεσα με τον τροχό και όπου η κατάλληλη επιλογή μεγέθους τροχού οδηγεί στην αξιοποίηση όλου του φάσματος λειτουργίας του κινητήρα. Το πλεονέκτημα της απευθείας σύνδεσης είναι ότι δεν εμφανίζει τη συνήθη απώλεια ενέργειας στο σύστημα μετάδοσης.

#### 4.5. Αεροδυναμική απόδοση

Η επίδραση της αεροδυναμικής του οχήματος στις επιδόσεις του είναι καθοριστικής σημασίας. Για παράδειγμα, όταν το όχημα κινείται με 100 km/h, περίπου 75% της ισχύος που διαθέτει ο κινητήρας παρέχεται για να υπερνικηθεί η αντίσταση του αέρα και μόνο το 25% διατίθεται για την υπερνίκηση των τριβών. Η ανάγκη για μείωση του συντελεστή οπισθέλκουσας με παράλληλη διατήρηση της μεγάλης επιφάνειας, που αναγκαστικά καταλαμβάνει η ηλιακή γεννήτρια, είναι οι δύο λόγοι για την παράξενη μορφή των ηλιακών αγωνιστικών οχημάτων.

Η διατήρηση μικρής αεροδυναμικής αντίστασης επιτυγχάνεται με τη χρήση αεροδυναμικών σχημάτων (τύπου σταγόνας) και τη μείωση της μετωπικής επιφάνειας του οχήματος. Εκτός από τις γενικές αρχές, το όχημα θα πρέπει να έχει στενούς αρμούς στη διασύνδεση των στοιχείων του, λείες επιφάνειες, μικρές ανάγκες εξαερισμού κ.λπ. Χρησιμοποιώντας αυτές τις αρχές, η αεροδυναμική αντίσταση των ηλιακών αγωνιστικών οχημάτων διατηρείται ιδιαίτερα χαμηλή. Σήμερα, έχουν επιτευχθεί συντελεστές οπισθέλκουσας (cd) ηλιακών οχημάτων της τάξης του 0.10, σε σχέση με 0.26-0.32 που εμφανίζουν τα σύγχρονα επιβατηγά οχήματα. Αντίστοιχα, η μετωπική επιφάνεια περιορίζεται σε 0.7 m<sup>2</sup> έναντι περίπου 2 m<sup>2</sup> των επιβατηγών οχημάτων. Ως αποτέλεσμα, για κίνηση με τη ίδια ταχύτητα, τα ηλιακά αγωνιστικά οχήματα εμφανίζουν περίπου 8-10 φορές χαμηλότερη αεροδυναμική αντίσταση από συμβατικά επιβατηγά. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί παράγοντα σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας.



#### 4.6. Πλαίσιο και εξωτερικές επιφάνειες

Σε συνάρτηση και πάλι με το κόστος του οχήματος, η τεχνική κατασκευής του πλαισίου και των εξωτερικών επιφανειών μεταβάλλεται. Για την ελαχιστοποίηση του βάρους, οι κατασκευές υψηλού κόστους αναπτύσσουν πλαίσια μονοκόκ από συνθετικά υλικά (ίνες άνθρακα) με ενισχύσεις από κέβλαρ, νόμεξ ή μεταλλικά παρεμβύσματα. Ωστόσο, τα αναλογικά μικρά φορτία, που αναπτύσσονται στο πλαίσιο λόγω του περιορισμένου βάρους της κατασκευής, μπορούν να παραληφθούν και από ελαφρείς μεταλλικούς σκελετούς από αλουμίνιο ή χάλυβα. Το βάρος των πλαισίων ανέρχεται στην περιοχή των 30-40 kg. Αντίστοιχα, οι εξωτερικές επιφάνειες διαμορφώνονται από συνθετικά υλικά με βάση τις ίνες άνθρακα ή γυαλιού.

### 5. Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Ο αριθμός των ηλιακών αγωνιστικών οχημάτων σήμερα υπερβαίνει τις μερικές δεκάδες με τις περισσότερες συμμετοχές να προέρχονται από την Αμερική, την Αυστραλία και την Ιαπωνία. Οι ομάδες συνήθως αποτελούνται από προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές πανεπιστημίων, οι οποίοι υποστηρίζονται οικονομικά από τις χορηγίες ιδιωτικών φορέων, οι οποίοι ενίοτε συνεισφέρουν με προμήθεια συσκευών ή τεχνογνωσία στην κατασκευή των οχημάτων.

**Πίνακας 1: Τεχνολογία και χαρακτηριστικά ηλιακών αγωνιστικών οχημάτων τελευταίας γενιάς.**

Όνομασία	Nuna II	Aurora 101
		
<b>Προέλευση</b>	Ολλανδία	Αυστραλία
<b>Ομάδα</b>	Πανεπιστήμια Delft και Rotterdam με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος	Μη κερδοσκοπική εταιρεία Aurora με χορηγίες ~30 μεγάλων ιδιωτικών εταιρειών
<b>Διαστάσεις οχήματος και αεροδυναμική</b>	M: 5.000 mm Π: 1.800 mm Υ: 970 mm Βάρος: 250 kg Συντ. οπισθέλκουσας: 0.1	M: 4.580 mm Π: 2.000 mm Υ: 1.000 mm Βάρος: 185 kg Συντ. οπισθέλκουσας: 0.1
<b>Πλαίσιο</b>	Μονοκόκ από ίνες άνθρακα με ενίσχυση κέβλαρ σε σημεία καταπόνησης	Σωληνωτό πλαίσιο από ράβδους ινών άνθρακα και εξωτερικές επιφάνειες από ίνες άνθρακα
<b>Ηλιακή γεννήτρια</b>	Φ/Β στοιχεία triple-junction GaAs απόδοσης ~26% της εταιρείας Emcore. Συνολική ισχύς ~2.1 kW	Κατά 40% Φ/Β στοιχεία triple junction GaAs απόδοσης ~26% και κατά 60% Φ/Β στοιχεία single junction GaAs απόδοσης 21%. Συνολική ισχύς ~1.6 kW
<b>Συσσωρευτές</b>	Λιθίου-ιόντων ενεργειακής χωρητικότητας 5 kWh	Λιθίου-πολυμερούς ενεργειακής χωρητικότητας 5 kWh
<b>Κινητήρας</b>	DC-Brushless, απόδοσης 97%. Βάρος 12 kg, απευθείας σύνδεση στον τροχό	DC-Brushless, 3.6 kW/1.060rpm, απόδοσης 98%. Βάρος 15 kg μαζί με τον τροχό

Ως δύο από τις πιο επιτυχημένες ομάδες σήμερα, θεωρούνται η Ολλανδική Nuon Solar Team, η οποία, με τη δεύτερη έκδοση του πρωτότυπου οχήματός της Nuna II, κατάφερε να πρωτεύσει στο World Solar Challenge το 2003 σπάζοντας τα ρεκόρ ταχύτητας των προηγούμενων διοργανώσεων. Αντίστοιχα, η Αυστραλιανή Aurora με το όχημά της Aurora 101 τερμάτισε πρώτη στον αγώνα SunRace 2003, ο οποίος, επίσης, οργανώνεται στην Αυστραλία. Και τα δύο οχήματα εφαρμόζουν λύσεις και υλικά που προέρχονται απευθείας από εφαρμογές στο διάστημα (δορυφόροι), όπως τα Φ/Β στοιχεία υψηλής απόδοσης, τα υλικά κατασκευής του πλαισίου και οι συσσωρευτές. Το κόστος ανάπτυξης και κατασκευής των οχημάτων αυτών εκτιμάται στην τάξη των μερικών εκατομμυρίων ευρώ και χρησιμοποιούνται ως πλατφόρμες ανάπτυξης και επίδειξης τεχνολογίας. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά των οχημάτων αυτών.

## **6. Ο ΑΓΩΝΑΣ «ΦΑΕΘΩΝ 2004»**

Το Υπουργείο Πολιτισμού, μέσω του Οργανισμού Προβολής Ελληνικού Πολιτισμού Α.Ε., πήρε την πρωτοβουλία διοργάνωσης διεθνούς αγώνα ηλιακών οχημάτων στην Ελλάδα με την Επωνυμία «Φαέθων 2004», στο πλαίσιο της «Πολιτιστικής Ολυμπιάδας». Είναι η πρώτη φορά στην ελληνική ιστορία που θα πραγματοποιηθεί αγώνας ηλιακών οχημάτων, εφάμιλλος με τις εκδηλώσεις στο εξωτερικό. Σύμφωνα με το δελτίο τύπου εξαγγελίας του αγώνα, η φιλοξενία μιας τέτοιας εκδήλωσης στην Ελλάδα δικαιολογείται καθώς «το Ολυμπιακό Ιδεώδες συνδέεται με το Ιδεώδες της αρμονικής συνύπαρξης του ανθρώπου και της Φύσης, που αποτελεί τη βάση της Ελληνικής Σκέψης». Στο ίδιο δελτίο τύπου, επίσης, τονίζεται η συμβολική διάσταση της εκδήλωσης που «αποδεικνύει ότι ο ήλιος, που ανάβει τη δάδα της Ολυμπιακής Φλόγας, μπορεί να προσφέρει ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που χρειάζονται οι ανθρώπινες δραστηριότητες». Τέλος, αναφέρουν οι οργανωτές της εκδήλωσης, ότι το μήνυμα που στέλνει στον κόσμο αυτή η εκδήλωση, μπορεί να απεικονισθεί στη σχέση:

***Ελληνική Σκέψη = Ανθρωποκεντρική Σκέψη = Ανθρώπινες Δράσεις σε  
αρμονία με τη Φύση***

Η εκδήλωση θα πραγματοποιηθεί το Μάιο του 2004 και αποτελείται από δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος αφορά έναν «Αγώνα Ταχύτητας», ο οποίος θα πραγματοποιηθεί στο

Αυτοκινητοδρόμιο Μεγάρων την 23η Μαΐου σύμφωνα με τους κανόνες της FIA για το Κύπελλο Εναλλακτικής Ενέργειας. Ο αγώνας αυτός αποτελείται από δύο ωριαία τμήματα, στα οποία τα οχήματα καλούνται να καλύψουν τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση, επιτρέποντας ενδιάμεσα τη φόρτιση των συσσωρευτών από την ηλιακή γεννήτρια τουλάχιστον για πέντε ώρες. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από πέντε ημερήσιες διαδρομές που καλύπτουν συνολική απόσταση 795 km. Οι διαδρομές αυτές διακρίνονται ως εξής:

- 24 Μαΐου: Διαδρομή 220 km με εκκίνηση από την Αθήνα και τερματισμό στο Πανεπιστήμιο της Πάτρας.
- 25 Μαΐου: Διαδρομή 125 km με εκκίνηση από την Πάτρα και τερματισμό στην Ολυμπία.
- 26 Μαΐου: Διαδρομή 130 km με εκκίνηση από την Ολυμπία και τερματισμό στο Αντίρριο.
- 27 Μαΐου: Διαδρομή 125 km με εκκίνηση από το Αντίρριο και τερματισμό στην Ιτέα.
- 28 Μαΐου: Διαδρομή 195 km με εκκίνηση από το Ιτέα και τερματισμό στην Αθήνα μέσω Δεσφίνας.

Κάθε ένα από τα δύο σκέλη προσμετράται ξεχωριστά στο Παγκόσμιο Κύπελλο Εναλλακτικής Ενέργειας της FIA για το 2004. Ενδιαφέρον για συμμετοχή στον αγώνα έχουν εκδηλώσει οι μεγαλύτερες ομάδες του εξωτερικού, συμπεριλαμβανομένων των Nuna II και Aurora 101, καθώς και ομάδες από την Αμερική, τον Καναδά, την Ιαπωνία και την υπόλοιπη Ευρώπη. Αναμένεται, λοιπόν, έντονος ανταγωνισμός αλλά και ιδιαίτερη προβολή του γεγονότος από τον ειδικό τύπο, εθνικά και διεθνώς, καθώς και από τα ηλεκτρονικά μέσα ενημέρωσης. Ειδικά, αφού η διεξαγωγή του εντάσσεται στο ευρύτερο πνεύμα των Ολυμπιακών Αγώνων. Το στοιχείο αυτό τονίζεται ιδιαίτερα και στα επίσημες ηλεκτρονικές διευθύνσεις των συμμετεχουσών ομάδων. Εν προκειμένω, η εκδήλωση θα αποτελέσει ένα σημαντικό μέσο προβολής των χορηγών και των ομάδων, αλλά ιδιαίτερα ανάδειξης της ευαισθησίας της Ελλάδας στην περιοχή εναλλακτικών πηγών ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος.

Η οργάνωση και η διεξαγωγή του αγώνα είναι ευθύνη του Ελληνικού Ινστιτούτου Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛΙΝΗΟ), της Ελληνικής Λέσχης Περιηγήσεων και Αυτοκινήτου (ΕΛΠΑ) και των Τεχνικών Εκδόσεων Α.Ε.

## 7. Ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Στο πλαίσιο διοργάνωσης της εκδήλωσης Φαέθων 2004, η Πολιτιστική Ολυμπιάδα διεξήγαγε παράλληλα διαγωνισμό Σχεδίασης Ελληνικού Ηλιακού Αγωνιστικού Οχήματος σύμφωνα με τις προδιαγραφές της FIA. Στόχο του διαγωνισμού αποτέλεσε η κινητοποίηση του ελληνικού επιστημονικού δυναμικού για τη σχεδίαση ενός ελληνικού οχήματος, το οποίο θα μπορέσει να συμμετάσχει στον αγώνα και να ανταγωνιστεί τις μεγάλες ομάδες του εξωτερικού. Ο διαγωνισμός προκηρύχθηκε στα μέσα Ιουλίου 2003 με λήξη το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους. Παρά το σύντομο χρονικό διάστημα που διατέθηκε, ένας σημαντικός αριθμός ερευνητικών ομάδων υπέβαλαν προτάσεις. Οι προτάσεις προήλθαν από τρία πανεπιστημιακά ιδρύματα, τρεις ομάδες τεχνολογικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και σχολών μέσης εκπαίδευσης καθώς και από δύο ιδιωτικούς ομίλους.

Οι οργανωτές συγκέντρωσαν τις προτάσεις, οι οποίες αξιολογήθηκαν από τριμελή επιτροπή με πρόεδρο τον καθηγητή του Ε.Μ.Π. Α. Κανάραχο και τους καθηγητές του Ε.Μ.Π. και του Α.Π.Θ. Σ. Μανιά και Κ. Μπουζάκη. Μετά την αξιολόγηση, η επιτροπή και πρότεινε για το πρώτο βραβείο το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και για το δεύτερο βραβείο το Πανεπιστήμιο Πατρών (Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών και Τμήμα Φυσικής). Επίσης, πρότεινε την ισότιμη απονομή τριών επαίνων στις ακόλουθες ομάδες εκπαιδευτικών ιδρυμάτων: α) Τ.Ε.Ι. Λάρισας-5<sup>ο</sup> Τ.Ε.Ε. Λάρισας, β) 1<sup>ο</sup> Τ.Ε.Ε. Δραπετσώνας-1<sup>ο</sup> Σ.Ε.Κ. Αγ. Παρασκευής-2<sup>ο</sup> Τ.Ε.Ε. Αιγάλεω-4<sup>ο</sup> Σ.Ε.Κ. Ν. Ιωνίας-6<sup>ο</sup> Σ.Ε.Κ. Χαϊδαρίου-Δ/νση β'βάθμιας εκπαίδευσης Χίου, γ) 1<sup>ο</sup> Τ.Ε.Ε. Γιαννιτσών.

Η βράβευση των ομάδων πραγματοποιήθηκε την Τρίτη 2 Δεκεμβρίου στο κέντρο «Αίγλη» του Ζαππειού με παρουσία του Υπουργού Πολιτισμού Ε. Βενιζέλου. Η εκδήλωση της βράβευσης περιελάμβανε ανοικτή προς το κοινό έκθεση παρουσίασης των υποβληθεισών προτάσεων και την απονομή των βραβείων. Στην εκδήλωση διαφάνηκε η πρόθεση όλων των βραβευμένων ομάδων να συμμετάσχουν στον αγώνα Φαέθων 2004. Επίσης, όμως, αναδείχθηκε ο προβληματισμός των ομάδων στην εξεύρεση οικονομικής υποστήριξης

της προσπάθειάς τους, η έλλειψη της οποίας αποτελεί τροχοπέδη στην κατασκευή των προτεινόμενων οχημάτων. Ο προβληματισμός αυξάνει καθώς το χρονικό περιθώριο μέχρι τη διεξαγωγή του αγώνα είναι σύντομο και δεν διευκολύνει την εξεύρεση χορηγών.

## **8. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

Οι μελέτες που υποβλήθηκαν στο διαγωνισμό αφορούσαν στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση ηλιακών οχημάτων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Διεθνούς Ομοσπονδίας Αυτοκινήτων (FIA) για την Κατηγορία I (Ηλιακά Αυτοκίνητα), Κλάση 2 (Βάρους <300 kg). Η σχεδίαση του οχήματος, που κατέλαβε την πρώτη θέση, έλαβε υπόψη τη δυνατότητα συμμετοχής και στα δύο σκέλη του αγώνα, δηλαδή, τόσο στον Αγώνα Αντοχής όσο και στον Αγώνα Ταχύτητας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κύρια στοιχεία της μελέτης σχεδίασης του οχήματος του Τμήματος Μηχανολόγων του Α.Π.Θ., που πρώτευσε στο διαγωνισμό.

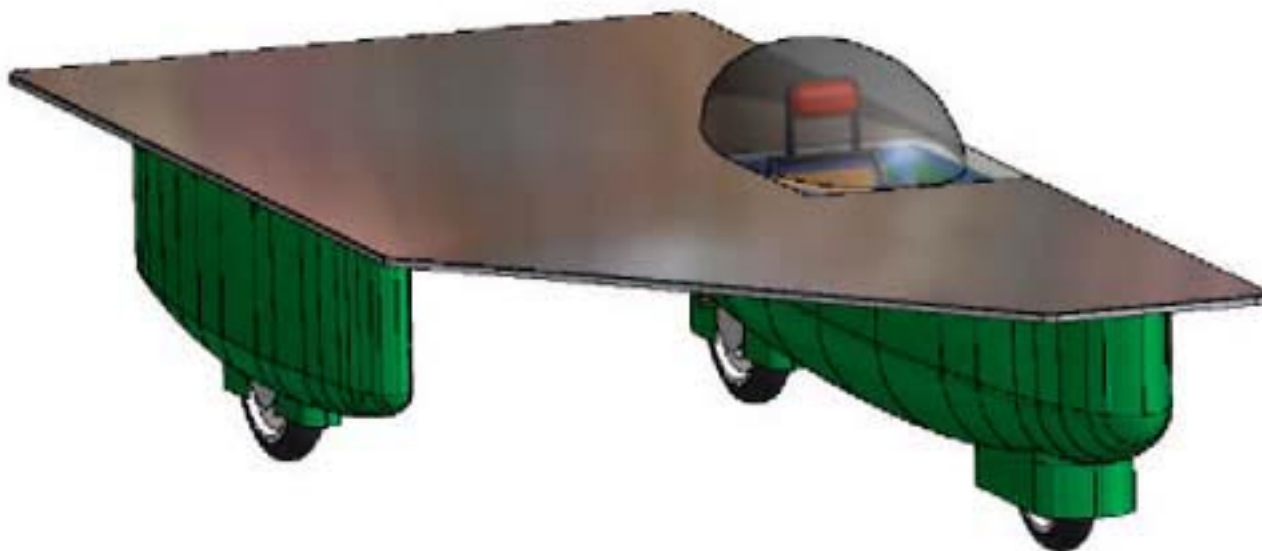
Στόχο της ομάδας σχεδίασης αποτέλεσε η μελέτη ενός οχήματος, το οποίο θα μπορέσει να κατασκευαστεί στο σύντομο χρονικό διάστημα που απομένει έως το Μάιο του 2004. Επίσης, η συγκράτηση του κόστους κατασκευής με την αποφυγή χρήσης εξωτικών υλικών και συσκευών αποτέλεσε δεύτερο κύριο κριτήριο στις σχεδιαστικές επιλογές. Για το λόγο αυτό, η ομάδα προσανατολίστηκε στην εφαρμογή τυποποιημένων μεθόδων και τη χρήση μη εξειδικευμένων συγκροτημάτων. Παρά τους περιορισμούς, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην επίτευξη υψηλών επιδόσεων για τη διάκριση στον αγώνα.

### **8.1. Μορφή και χαρακτηριστικά οχήματος**

Το όνομα του πρωτοτύπου είναι «HELIOS 2004» και μια προοπτική του άποψη δίδεται στην Εικόνα 3. Το όχημα φέρει τρεις τροχούς και επίπεδη επιφάνεια για την ηλιακή γεννήτρια. Οι δύο τροχοί (κινητήριος και κατευθυντήριος) και η θέση του οδηγού βρίσκονται εντός ενός κατακόρυφου φορέα και ο τρίτος τροχός και οι συσσωρευτές σε δεύτερο κατακόρυφο φορέα, αντίστοιχης γεωμετρίας.

Η ανάγκη μικρής μετωπικής επιφάνειας οδήγησε στην υιοθέτηση κατακόρυφων φορέων όγκου για τον οδηγό και τους τροχούς και σε οριζόντιο επίπεδο φορέα για τη διαμόρφωση της κατάλληλης επιφάνειας για τα Φ/Β στοιχεία. Η μορφή αυτή πλεονεκτεί έναντι αυτής της μορφής «χελώνας», διότι για τις ίδιες απαιτήσεις χώρου σε κατακόρυφους φο-





Εικόνα 3: Προοπτική απεικόνιση του πρωτοτύπου Helios 2004.

ρείς παρουσιάζει τη μικρότερη μετωπική επιφάνεια. Επίσης, με κατάλληλη διαμόρφωση της θέσης των τροχών (εμπρός, πίσω, πλάγια) μικραίνει ακόμη περισσότερο η μετωπική επιφάνεια, ο οδηγός έχει απλή / σύντομη πρόσβαση στο μέσο, αριστερά (ή δεξιά) και παρέχεται επίσης η δυνατότητα σημαντικής μείωσης του συντελεστή αντίστασης αέρα  $c_d$ . Επιπλέον, οι κατακόρυφοι φορείς παρουσιάζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της άριστης ευστάθειας πορείας.

Τέλος, η επιλογή κατακόρυφων φορέων διευκολύνει στην προμήθεια από την αγορά πλήρων συστημάτων ανάρτησης, εμπρός, πίσω και πλάγια, από τα διατιθέμενα σε ελαφρές μοτοσικλέτες κυβισμού μεγέθους  $250 \text{ cm}^3$ .

Προκειμένου να επιτευχθεί η μικρότερη δυνατή αντίσταση αέρα, επελέγη για τους κατακόρυφους όγκους η αεροτομή NACA 0012-64 με καμπύλη διαμόρφωση της κάτω επιφάνειας. Για τη μέτρηση του αεροδυναμικού συντελεστή κατασκευάστηκε πρωτότυπο σε κλίμακα 1:10 το οποίο μετρήθηκε σε αεροδυναμική σήραγγα του Εργαστηρίου Μηχανικής Ρευστών του Α.Π.Θ. Για το μοντέλο προέκυψε συντελεστής οπισθέλκουσας  $c_d = 0.22$ . Συνεπώς, για το όχημα σε κλίμακα 1:1 προκύπτει μετωπική επιφάνεια  $A = 0.71 \text{ m}^2$  και όπου το γινόμενο, γνωστό ως αεροδυναμικός συντελεστής  $A \times c_d = 0.16 \text{ m}^2$ , αποτελεί μία από τις μικρότερες τιμές για ηλιακά οχήματα αυτής της κατηγορίας.

Για την κατασκευή του πλαισίου του HELIOS 2004 επιλέγονται κοιλοδοκοί διατομής  $25 \times 25 \text{ mm}^2$  και  $50 \times 50 \text{ mm}^2$  πάχους  $0.8 \text{ mm}$  από ανοξείδωτο χάλυβα 1.4401 ( $316 \times 5$

CrNiMo 18 10) με όριο θραύσεως  $550 \text{ N/mm}^2$ , όριο ροής  $210 \text{ N/mm}^2$  και επιτρεπόμενο ημιεύρος για εναλλασσόμενη καταπόνηση  $160 \text{ N/mm}^2$ . Οι κοιλοδοκοί συγκολλούνται μεταξύ τους και σχηματίζουν ένα δικτύωμα, πάνω στο οποίο στερεώνονται όλα τα εξαρτήματα και οι συσκευές που απαρτίζουν το όχημα (ανάρτηση, Φ/Β στοιχεία, ηλεκτροκινητήρας, συσσωρευτές).

Η μελέτη και ο έλεγχος αντοχής πραγματοποιήθηκε επιλύνοντας το δικτύωμα ως πλαίσιο αποτελούμενο από 88 κόμβους και 140 δοκούς. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων υπολογίστηκε η μέγιστη συνισταμένη ορθή τάση στα άκρα και στο μέσο της δοκού. Οι δοκοί προσομοιάστηκαν με πεπερασμένα στοιχεία τύπου BEAM 4 (ANSYS 5.7) με έξι βαθμούς ελευθερίας ανά κόμβο. Οι κόμβοι του δικτύωματος θεωρήθηκαν στερεοί, δηλαδή ότι έχουν τη δυνατότητα να παραλαμβάνουν και ροπές. Το πλαίσιο θεωρήθηκε ότι στηρίζεται στα σημεία όπου συνδέονται οι αναρτήσεις. Στους κόμβους του φορέα αυτού κατανεμήθηκαν τα φορτία που προκύπτουν από τη μάζα του ίδιου του πλαισίου, του οδηγού και όλων των εξαρτημάτων που στηρίζονται στο πλαίσιο, όταν το όχημα επιβραδύνεται με μέγιστη επιβράδυνση  $1 \text{ g}$ . Προκειμένου να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι τα φορτία αυτά μεταβάλλονται χρονικά, έγινε η υπόθεση, ότι είναι εναλλασσόμενα. Η μεγαλύτερη καταπόνηση υπολογίστηκε  $116 \text{ N/mm}^2$ . Λαμβάνοντας υπόψη ότι το επιτρεπόμενο ημιεύρος για εναλλασσόμενη καταπόνηση είναι περίπου  $160 \text{ N/mm}^2$ , προκύπτει συντελεστής ασφάλειας 1.36 για τη δυσμενέστερη θέση. Επομένως, το πλαίσιο λειτουργεί στην περιοχή της δυναμικής αντοχής, έχει, δηλαδή, θεωρητικά άπειρη διάρκεια ζωής.

Για την ανάρτηση και το σύστημα πέδησης του οχήματος χρησιμοποιούνται έτοιμα εξαρτήματα από μοτοσικλέτα  $250 \text{ cm}^3$ . Με την επιλογή αυτή, αφενός μεν μειώνεται το κόστος μελέτης και κατασκευής, αφετέρου δε εξασφαλίζεται η απαραίτητη αξιοπιστία, διότι χρησιμοποιούνται εξαρτήματα που έχουν μελετηθεί για μεγαλύτερες καταπονήσεις και κατασκευάζονται εν σειρά.

Τέλος, για το σύστημα διεύθυνσης χρησιμοποιείται έμμεσο κυκλικό τιμόνι με σύστημα κοχλία-περικοχλίου που δρα στο ψαλίδι του εμπρόσθιου τροχού.

## 8.2. Επιλογή συσκευών

### 8.2.1. Φ/Β στοιχεία

Οι μεγάλες εταιρείες ενέργειας που εμπορεύονται Φ/Β συστήματα (Shell, BP κ.λπ.), διαθέτουν κυρίως έτοιμες συστοιχίες (πάνελς) και όχι Φ/Β στοιχεία για εξειδικευμένες χρήσεις. Στην κατασκευή αγωνιστικού οχήματος κυρίαρχο ρόλο παίζει η δυνατότητα ελεύθερης διαμόρφωσης της γεωμετρίας της ηλιακής γεννήτριας, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με κατά βούληση συνδυασμό αυτοτελών Φ/Β στοιχείων. Ένα επιπλέον κριτήριο είναι η διατήρηση χαμηλού βάρους.

Από τις διάφορες επιλογές που εξετάστηκαν, επιλέγονται Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου με ονομαστικό βαθμό απόδοσης 20%, της εταιρείας SunPower (A-300). Τα στοιχεία αυτά αυξάνουν το βαθμό απόδοσης με εκμετάλλευση όλης της εμπρόσθιας επιφάνειάς τους καθώς τα ηλεκτρόδια διαφορετικής πολικότητας εξάγονται στην πίσω επιφάνεια του στοιχείου. Η επιλογή Φ/Β στοιχείων πυριτίου έναντι της χρήσης στοιχείων διπλής ή τριπλής ένωσης (double, triple junction), που χρησιμοποιούνται σήμερα από τις μεγάλες ομάδες του εξωτερικού, έγινε για τη συγκράτηση του κόστους της κατασκευής. Ενδεικτικά, το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο στοιχείων διπλής και τριπλής ένωσης ανέρχεται σε 10 και 200 φορές αντίστοιχα το κόστος στοιχείων πυριτίου, εξασφαλίζοντας μόνο 10% έως 50% αντίστοιχα καλύτερους βαθμούς απόδοσης. Προφανώς, η σχέση κόστους/απόδοσης στοιχείων πυριτίου είναι η βέλτιστη.

### 8.2.2. Συσσωρευτές

Η επιλογή των συσσωρευτών καθορίζεται αποκλειστικά από την ανάγκη διατήρησης χαμηλού βάρους της κατασκευής, καθώς οι κανονισμοί επιτρέπουν συσσωρευτές διαφορετικών τύπων αλλά ίδιας ενεργειακής χωρητικότητας. Οι δύο επικρατέστερες τεχνολογίες είναι οι συσσωρευτές Λιθίου-Ιόντων, όπου ο ηλεκτρολύτης βρίσκεται, είτε στη μορφή υγρού υπό πίεση είτε πολυμερούς gel. Η δεύτερη λύση πλεονεκτεί της πρώτης στην πυκνότητα ενέργειας και στην ασφάλεια που παρέχει, ενώ η πρώτη πλεονεκτεί λόγω του μικρότερου κόστους. Και πάλι με κριτήρια κόστους/απόδοσης αλλά και με παράμετρο το διαθέσιμο βάρος, επιλέγονται συσσωρευτές Λιθίου-Ιόντων με υγρό ηλεκτρολύτη.

### 8.2.3. Κινητήρας

Τέλος, η επιλογή του κινητήρα, που αποτελεί την καρδιά του οχήματος, είναι μεγάλης σημασίας και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία, τις επιδόσεις άρα και την κατάταξη του οχήματος. Ιστορικά, η αρχή της ηλεκτροκίνησης των επιβατικών αυτοκινήτων ως πρωτοτύπων από όλες σχεδόν τις μεγάλες εταιρίες κατασκευής αυτοκινήτων, τοποθετείται στη δεκαετία 1970, όπου η καλύτερη λύση περιελάμβανε κινητήρες DC σειράς με εκκίνηση/ρύθμιση DC-converter. Όμως, η λύση αυτή έχει το μειονέκτημα του μικρού βαθμού απόδοσης του κινητήρα σε μεγάλη περιοχή της ροπής και των στροφών.

Γενικά, από τη μελέτη των επιλογών των διαφόρων ομάδων, που έχουν κατασκευάσει και λειτουργήσει ηλιακά οχήματα, παρατηρούμε ότι όλοι έχουν στραφεί σε χρήση κινητήρα ψευδο-DC (DC-brushless), ο οποίος είναι ουσιαστικά κινητήρας σύγχρονος AC, που οδηγείται με κατάλληλο ελεγκτή διαμόρφωσης του συνεχούς ρεύματος. Οι κινητήρες αυτοί εφαρμόζονται και με μεταβολή του διάκενου του μαγνητικού πεδίου, ώστε να προσφέρουν υψηλή ροπή σε μεγάλο πεδίο στροφών με καλό βαθμό απόδοσης. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με τον τροχό. Γενικά, διαφαίνεται ότι οι κινητήρες αυτοί (που κατασκευάζονται προς το παρόν μόνο από μία εταιρεία) έχουν τύχει ιδιαίτερης θετικής αποδοχής από τις ομάδες, αφού αποτελούν μια έτοιμη και προσαρμοσμένη λύση στις ανάγκες των ηλιακών οχημάτων. Ως μειονέκτημα ασφαλώς και πάλι παρουσιάζεται το ιδιαίτερα υψηλό κόστος των εξειδικευμένων αυτών κινητήρων, καθώς και η μικρή δυνατότητα της ομάδας να επέμβει στα χαρακτηριστικά του.

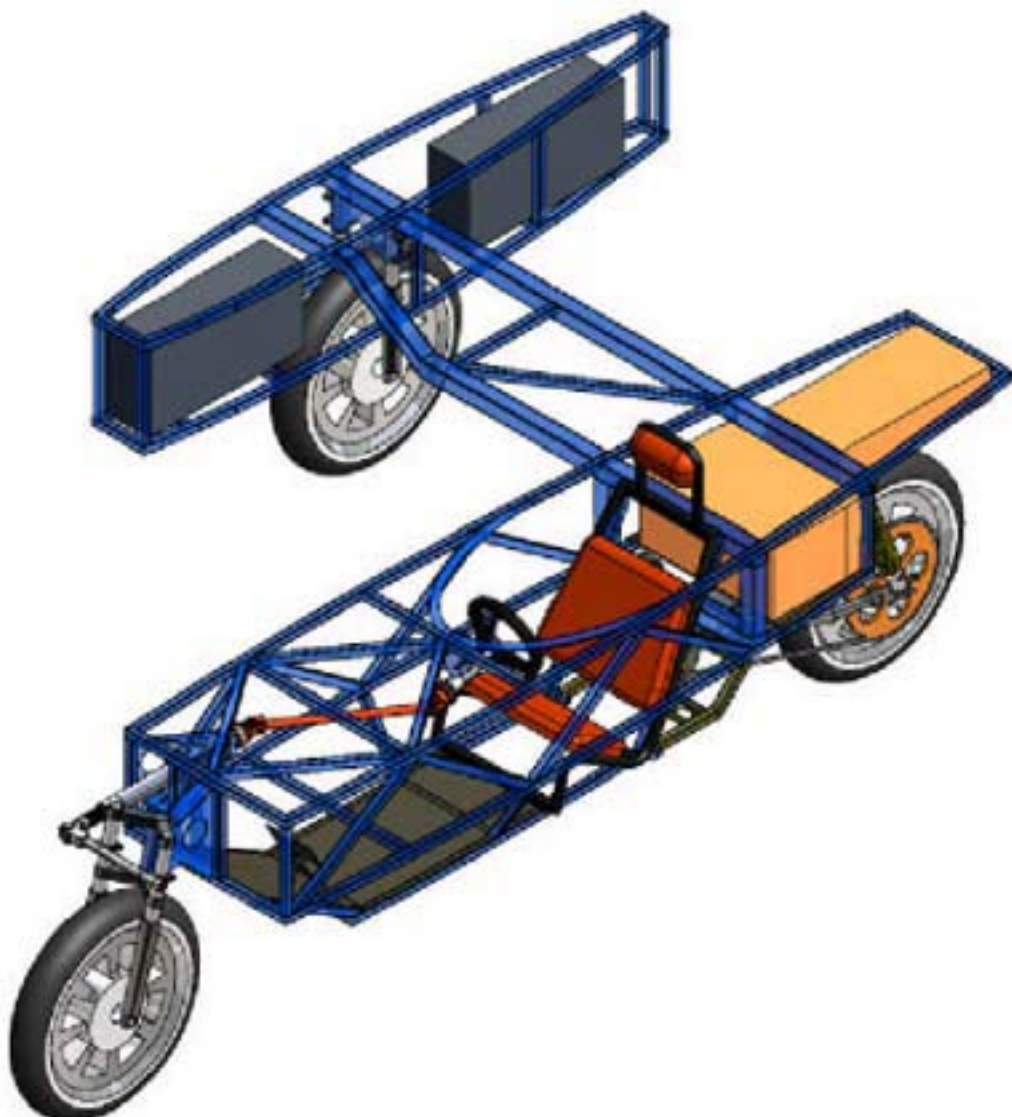
Αντίστοιχα χαρακτηριστικά είναι, όμως, δυνατόν να επιτευχθούν με τη χρήση κοινού κινητήρα επαγωγής AC βραχυκυκλωμένου δρομέα με υποστήριξη από τριφασικό ελεγκτή στροφών (Inverter) για τη ρύθμιση και εκκίνηση και με χαρακτηριστικά όπως απαιτεί κάθε φορά η εξειδικευμένη χρήση. Η εν λόγω λύση έχει το πλεονέκτημα ότι διπλασιάζει τουλάχιστον την περιοχή στροφών του κινητήρα, δίδει χαρακτηριστική ροπής που ανταποκρίνεται τόσο σε ανάβαση/εκκίνηση με μέγιστη κλίση 18%, όπως επιβάλλουν οι κανονισμοί, επιτρέπει ανάπτυξη ταχύτητας πορείας άνω των 120 km/h και συμπιέζει σημαντικά το κόστος. Επίσης, επιτρέπει την ανάκτηση ενέργειας σε κάθε πέδηση, ενώ ο βαθμός απόδοσης σε ολόκληρη την κρίσιμη περιοχή παραμένει καλύτερος από 85%.

Παράλληλα, η ρύθμιση και ο έλεγχος του κινητήρα παρέχει σημαντική τεχνογνωσία στην ίδια την ομάδα, ενώ επιτρέπει και την επιλογή σεναρίων κίνησης ανάλογα με τις συνθήκες δρόμου. Ως μειονεκτήματα παρουσιάζονται τα υψηλότερο βάρος της κατασκευής και η ανάγκη ύπαρξης συστήματος μετάδοσης για τη σύνδεση με τον τροχό.

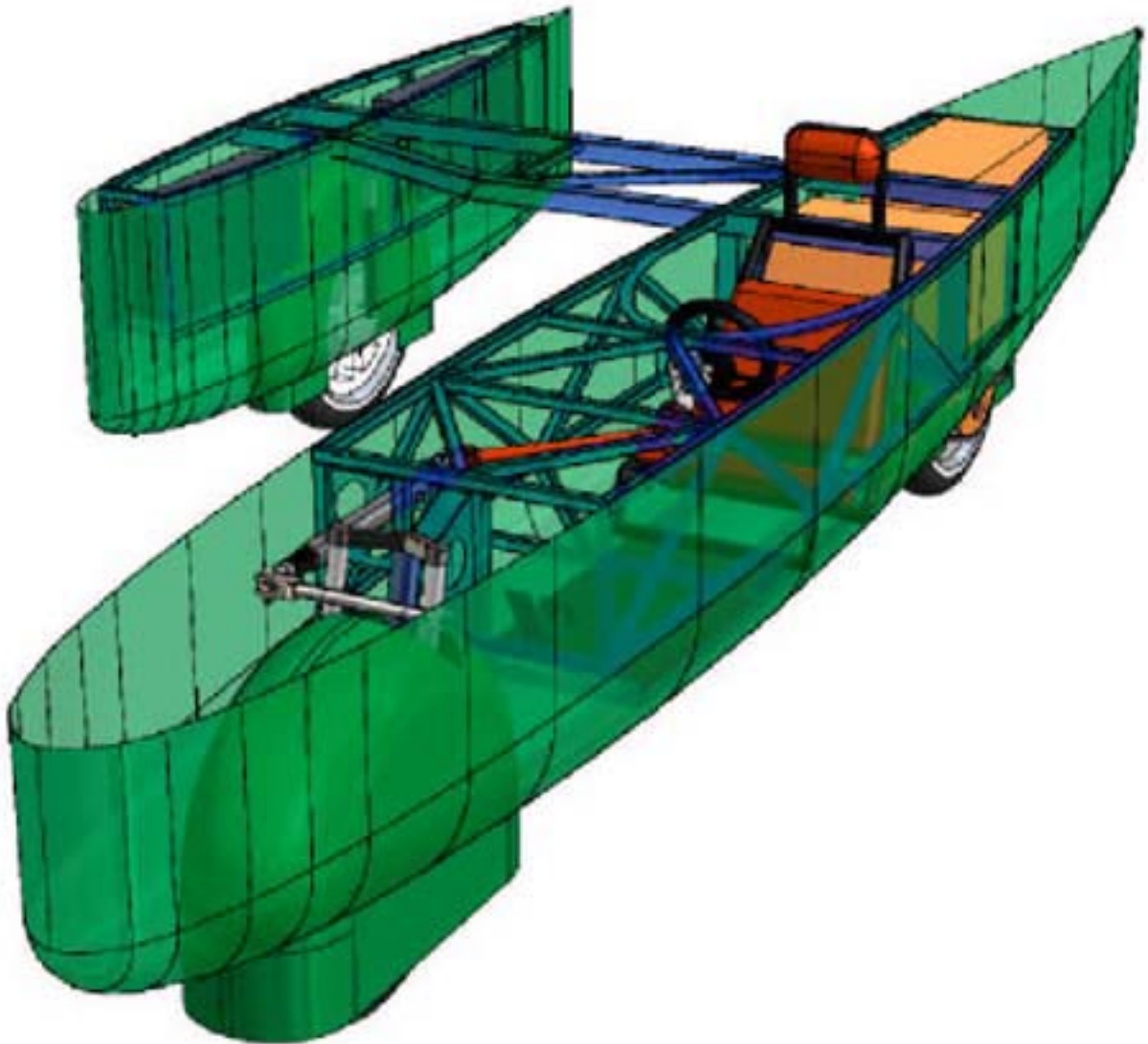
Σύμφωνα με το σκεπτικό αυτό, επιλέγεται κινητήρας Siemens διπολικός, τριφασικός, 50 Hz AC, ονομαστικής ισχύος 4 kW. Με επιλογή άλλης κατάλληλης συχνότητας μέσω του Inverter, ο κινητήρας αυτός είναι δυνατό να υπερφορτισθεί μέχρι 6 kW.

### 8.3. Χωροταξία υποσυστημάτων οχήματος

Η διάταξη των υποσυστημάτων του οχήματος εντός του πλαισίου παρουσιάζεται στην εποπτική Εικόνα 4, από την οποία απουσιάζει η ηλιακή γεννήτρια και οι εξωτερικές επιφάνειες του οχήματος για να φανούν τα εσωτερικά υποσυστήματα.



Εικόνα 4: Μορφή και χωροταξία υποσυστημάτων ηλιακού οχήματος Helios 2004.



*Εικόνα 5: Ακτινογραφία οχήματος Helios 2004 με την αφαίρεση της ηλιακής γεννήτριας.*

Επίσης, η Εικόνα 5 παρουσιάζει την ακτινογραφία του οχήματος με την προσθήκη των εξωτερικών επιφανειών και την αφαίρεση της ηλιακής γεννήτριας. Το όχημα αποτελείται από δύο κυάθια τα οποία σχηματίζουν τους δύο κατακόρυφους φορείς. Στο μικρότερο κυάθιο τοποθετούνται οι συσσωρευτές και η ανάρτηση του πλαϊνού τροχού. Στο μεγαλύτερο κυάθιο βρίσκεται η θέση του οδηγού, οι ηλεκτρικές/ηλεκτρονικές συσκευές, το σύστημα διεύθυνσης και ο κινητήρας. Ο οπίσθιος τροχός του κυρίου κυαθίου παίρνει κίνηση από τον κινητήρα, ενώ, αντίστοιχα, ο εμπρόσθιος τροχός είναι ο κατευθυντήριος. Με τη μορφή αυτή και τη συγκεκριμένη χωροταξία, υπολογίζεται βάρος οχήματος 220 kg.

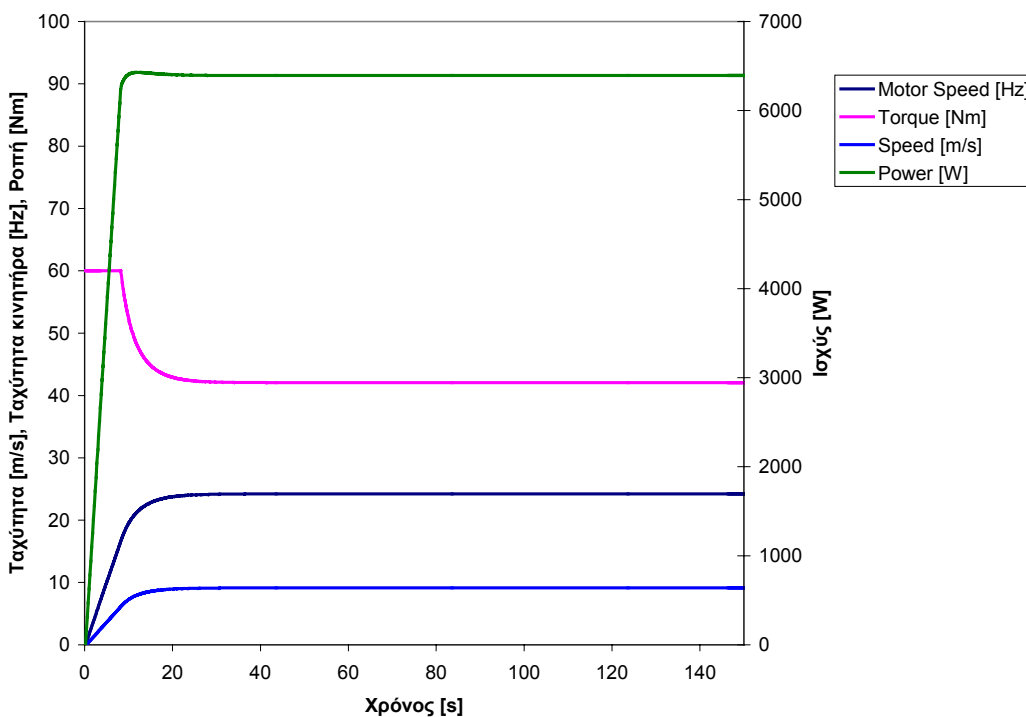
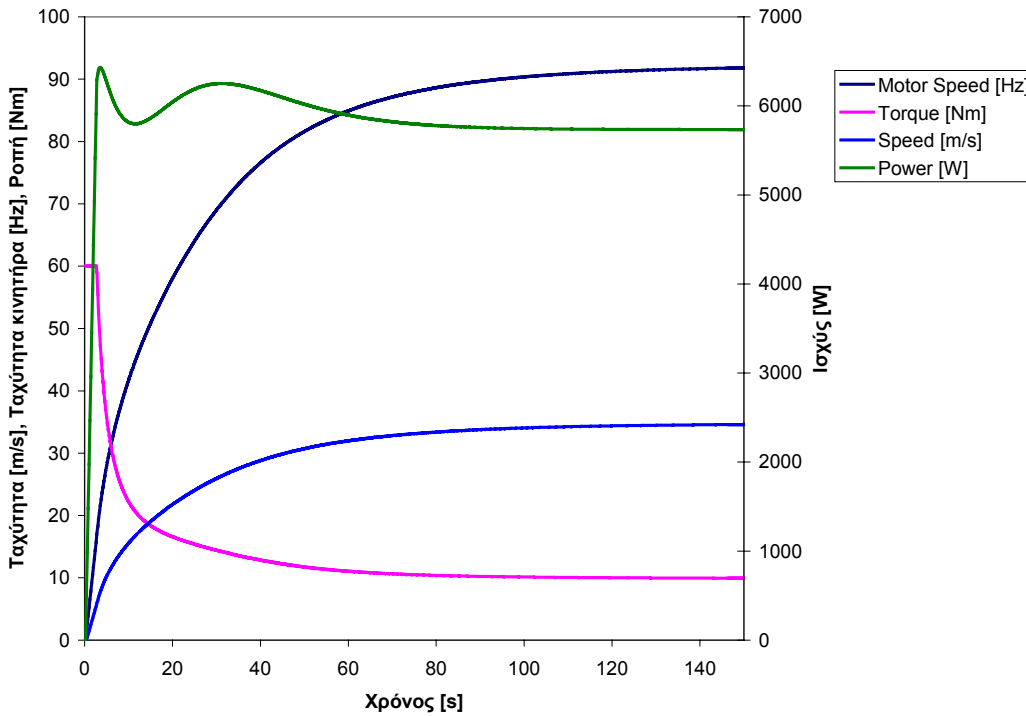
#### 8.4. Ενεργειακή συμπεριφορά και επιδόσεις οχήματος

Για τον ενεργειακό προϋπολογισμό του οχήματος και τον προϋπολογισμό των επιδόσεών του, αναπτύχθηκε κώδικας ηλεκτρονικού υπολογιστή, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά κίνησης στον αγώνα αντοχής και στον αγώνα ταχύτητας και αντίστοιχα τα χαρακτηριστικά του οχήματος. Έτσι, υπολογίζεται η κατανάλωση ισχύος με βάση τις δυνάμεις αεροδυναμικής αντίστασης, τριβής κύλισης και τις αδρανειακές και βαρυτικές δυνάμεις με χρονικό βήμα 2 s για το σύνολο των 795 km της διαδρομής. Η κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη τους βαθμούς απόδοσης όλων των υποσυστημάτων του οχήματος. Αντίστοιχα, υπολογίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή γεννήτρια για τη διανυόμενη απόσταση δεχόμενοι δύο σενάρια έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, για ηλιόλουστη και συννεφιασμένη διαδρομή.

Στόχος της ενεργειακής ανάλυσης είναι να υπολογιστεί η διατιθέμενη ενέργεια στους συσσωρευτές ως συνάρτηση του χρόνου για κάθε διαδρομή. Το μέγεθος αυτό δείχνει κατά πόσο το όχημα είναι δυνατό να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις κίνησης του αγώνα και αποτελεί το βασικό κριτήριο χάραξης της στρατηγικής του ράλι. Επίσης, ο προϋπολογισμός των επιδόσεων παρέχει μια κατευθυντήρια γραμμή για τις ικανότητες κατάταξης του οχήματος.

Σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς αυτούς, η Εικόνα 6 παρέχει τις επιδόσεις του οχήματος σε επίπεδο και κεκλιμένο οδόστρωμα 18%, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της FIA. Από την Εικόνα 6α παρουσιάζεται ότι το όχημα επιταχύνει από 0-100 km/h σε 36 s, και η μέγιστη ταχύτητα του σε επίπεδο δρόμο είναι 124 km/h. Από την εικόνα 6β προκύπτει ότι το όχημα μπορεί να εκκινήσει σε δρόμο με κλίση 18% και να επιτύχει μέγιστη ταχύτητα 32 km/h.

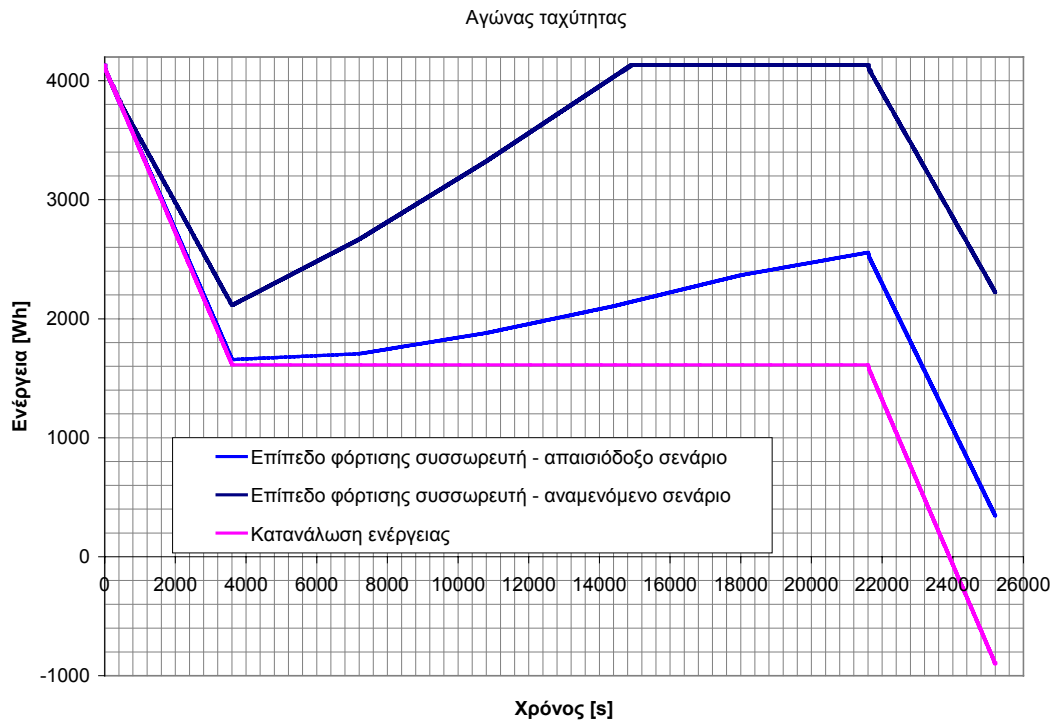
Σε ό,τι αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά του οχήματος, προκύπτει ότι ακόμα και στην περίπτωση νεφώσεων στη διάρκεια του αγώνα αντοχής, το επίπεδο ενεργειακού αποθέματος στους συσσωρευτές δεν μειώνεται πλέον του 25 % της συνολικής τους χωρητικότητας. Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε με τη θεώρηση ότι η κάθε διαδρομή εκτελείται το πολύ στο μισό χρόνο (4 ώρες) απ' ό,τι προβλέπει ο κανονισμός. Για την περίπτωση του Αγώνα Ταχύτητας, η Εικόνα 7 παρουσιάζει τη διακύμανση του ενεργειακού αποθέ-



Εικόνα 6: (α) Χαρακτηριστικά λειτουργίας οχήματος κατά τη μέγιστη επιτάχυνση σε επίπεδη οδό, (β) Χαρακτηριστικά λειτουργίας για μέγιστη επιτάχυνση υπό κλίση 18%.

ματος στη διάρκεια των δύο φάσεων του αγώνα και για τρεις περιπτώσεις έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, που αντιστοιχούν στην καλύτερη, χειρότερη και μια μέση ημέρα του Μαΐου στην περιοχή. Όπως προκύπτει από την εικόνα, το ενεργειακό απόθεμα μειώνεται περίπου στο 30-40% μετά την πρώτη ώρα του αγώνα. Ανάλογα με τις συνθήκες έντασης





Εικόνα 7: Ενεργειακή ανάλυση στη διάρκεια του αγώνα ταχύτητας για διαφορετικά σενάρια έντασης ηλιακής ακτινοβολίας.

ήλιου οι συσσωρευτές επαναφορτίζονται στη διάρκεια των πέντε ωρών ενδιάμεσου διαλείμματος και το όχημα συνεχίζει για την εκτέλεση του απογευματινού ωριαίου αγώνα. Από την εικόνα προκύπτει ότι η ενέργεια δεν επαρκεί μόνο στην περίπτωση εμφάνισης της χειρότερης (πλήρως συννεφιασμένης) ημέρας. Σε μια τέτοια περίπτωση, η ομάδα θα λάβει την απόφαση να μειώσει την ταχύτητα του οχήματος για την εξοικονόμηση ενέργειας.

### 8.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά και σύγκριση με ομάδες του εξωτερικού

Με βάση τις επιλογές συσκευών και μεγεθών, αεροδυναμικών μετρήσεων και ενεργειακής ανάλυσης του οχήματος, προέκυψαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Πίνακα 2. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές της κατηγορίας I, κλάσης II της FIA.

Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά και σύγκριση με τα χαρακτηριστικά οχημάτων του εξωτερικού, προκύπτει ότι η σχεδιασμένη της προτεινόμενης ελληνικής προσέγγισης βρίσκεται σε ιδιαίτερα ανταγωνιστικό επίπεδο. Τα προτερήματα της πρότασης είναι η χρήση κατακόρυφων φορέων που περιορίζουν σημαντικά τη μετωπική επιφάνεια, παρέχουν κανονική θέση οδήγησης στον οδηγό και επιτρέπουν τη χρήση έτοιμων συστη-

μάτων ανάρτησης από δίτροχα. Η χρήση ολοκληρωμένων συστημάτων ανάρτησης μόνο ως πλεονέκτημα μπορεί να χαρακτηριστεί για την οδήγηση του οχήματος στο δύσκολο επαρχιωτικό ελληνικό δίκτυο. Επίσης, η επίπεδη επιφάνεια της ηλιακής γεννήτριας επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

**Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλιακού οχήματος Helios 2004.**

1	Ύψος	1.130 m
2	Μήκος	4.910 m
3	Πλάτος	1.800 m
4	Μετατρόχιο	1.350 m
5	Μεταξόνιο	2.437 m
6	Βάρος	220 Kg (χωρίς οδηγό)
7	Τροχοί	3 (εμπρός 1 κατευθυντήριος, πίσω 1 κινητήριος, 1πλάγιος)
8	Εξωτερικές επιφάνειες	Υφασμα ανθρακονημάτων-ρητίνη
9	Φ/Β	6.9 m <sup>2</sup> απόδοσης min 20%
10	Συσσωρευτές	Li-ion 29.4 Kg 100.8 V
11	Θέσεις	1
12	Πλαίσιο	Κοιλοδοκοί ανοξειδωτοι
13	Φρένα εμπρός και πλάγια	Υδραυλικά
14	Φρένα πίσω	Υδραυλικά ανεξάρτητα
15	Χειρόφρενο	Στον πίσω τροχό
16	Ανάρτηση εμπρός και πλάγια	Μπουκάλες με ελατήρια και αμορτισέρ
17	Ανάρτηση πίσω	Διχάλα με ελατήρια και αμορτισέρ
18	Σύστημα διεύθυνσης	Τιμόνι κυκλικό έμμεσο με αξονικό κοχλία πέντε αρχών
19	Ισχύς ηλιακής γεννήτριας	1.34 kW
20	Ισχύς ηλεκτροκινητήρα/inverter	6 kW/10 kW
21	Συντελεστής οπισθέλκουσας	0.22
22	Μετωπική επιφάνεια	0.71 m <sup>2</sup>
23	Αεροδυναμικός συντελεστής	0.22X0.71 = 0.156 m <sup>2</sup>
24	Μέγιστη ταχύτητα (επίπεδη οδός)	124 km/h
	Μέγιστη ταχύτητα (κλίση 18%)	32 km/h

Οι ακριβότερες από τις ξένες προτάσεις χρησιμοποιούν Φ/Β στοιχεία και κινητήρες υψηλότερων βαθμών απόδοσης, ενώ η αεροδυναμική αντίσταση σε ορισμένα οχήματα είναι ακόμα χαμηλότερη από την ελληνική πρόταση. Σημαντικό είναι, επίσης, το πλεονέκτημα των ομάδων λόγω συσσωρευμένης εμπειρίας στη συμμετοχή αγώνων που βελτιώνει τη στρατηγική, τη συνεργασία και την υποστήριξη του οχήματος. Αρχικά, επο-

μένως, οχήματα αυτής της κλάσης προσφέρουν ενεργειακά πλεονεκτήματα και εμπειρία συμμετοχής σε αγώνες. Ωστόσο, η βελτιστοποίησή τους έχει πραγματοποιηθεί κυρίως για αγώνες επίπεδου οδοστρώματος με μικρές μεταβολές ταχύτητας και μεγάλες αποστάσεις, όπου η ενεργειακή οικονομία είναι η σημαντικότερη παράμετρος. Είναι χαρακτηριστικό, ότι υπάρχουν οχήματα με σταθερές στηρίξεις τροχών στο πλαίσιο χωρίς σύστημα ανάρτησης. Επομένως, η απόδοσή τους στα χαρακτηριστικά του «Φαέθων 2004», που περιλαμβάνει κλειστές στροφές, μεταβολές κλίσεων και ανώμαλο οδόστρωμα είναι αμφισβητήσιμη. Εκτιμάται, ότι η αντοχή και η αξιοπιστία θα είναι καθοριστικής σημασίας για τον αγώνα.

## **9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

Με την ευκαιρία της διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων στην Αθήνα το 2004, η Πολιτιστική Ολυμπιάδα ανέλαβε την πρωτοβουλία διοργάνωσης διεθνούς αγώνα ηλιακών οχημάτων στην Ελλάδα για πρώτη φορά το 2004 με την επωνυμία «Φαέθων 2004». Παράλληλα, διοργάνωσε Πανελλήνιο Διαγωνισμό Σχεδίασης Ηλιακού Αυτοκινήτου με την προοπτική της ελληνικής συμμετοχής στον αγώνα. Στο διαγωνισμό πρώτευσε η ομάδα του Τμήματος Μηχανολόγων του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, που προτίθεται να κατασκευάσει το προτεινόμενο όχημα με την εξασφάλιση της κατάλληλης χρηματοδότησης, το οποίο εκτιμάται ότι θα έχει σημαντικές πιθανότητες διάκρισης στον αγώνα.

Παράλληλα, η δραστηριότητα αυτή κινητοποίησε αντίστοιχες ερευνητικές ομάδες στην Ελλάδα και έθεσε το θεμέλιο λίθο σε μια περιοχή με έντονο ελληνικό ενδιαφέρον, λόγω των ευνοϊκών κλιματολογικών συνθηκών στη χώρα. Η κατάλληλη υποστήριξη της κατεύθυνσης αυτής θα μπορέσει να επιφέρει καρπούς, τόσο στο στενό πλαίσιο διάκρισης στους αγώνες με όφελος την προβολή της χώρας και την αναγνώριση των επιστημονικών της δυνατοτήτων όσο και στην ουσιαστική εμπλοκή των ελληνικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και ινστιτούτων στις εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών για την εξοικονόμηση ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος. Στην κατεύθυνση αυτή, η συμπάρασταση και υποστήριξη του συνόλου της ελληνικής τεχνολογικής και τεχνικής κοινότητας είναι επιβεβλημένη.

## 10. ΠΗΓΕΣ

Α.Π.Θ., 2003. Φάκελος Μελέτης στο Διαγωνισμό της Οργάνωσης Φαέθων 2004 για τη σχεδίαση Ελληνικού Ηλιακού Αυτοκινήτου, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ήλιος 2004, Επίσημη ιστοσελίδα <http://lat.eng.auth.gr/helios2004/>

Φαέθων 2004, Επίσημη ιστοσελίδα διοργάνωσης, <http://www.phaethon2004.org/gr/>

American Solar Challenge, 2003. Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.formulasun.org/asc/>

Aurora, 2003. Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.aurorasolarcar.com/>

Dell-Winston Solar Challenge, 2003. The History of Solar Car Racing, Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.winstonsolar.org/race/history.html>.

World Solar Challenge, 2003. Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.wsc.org.au/>

Nuna II, 2003. Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.nuonsolarteam.com/>