

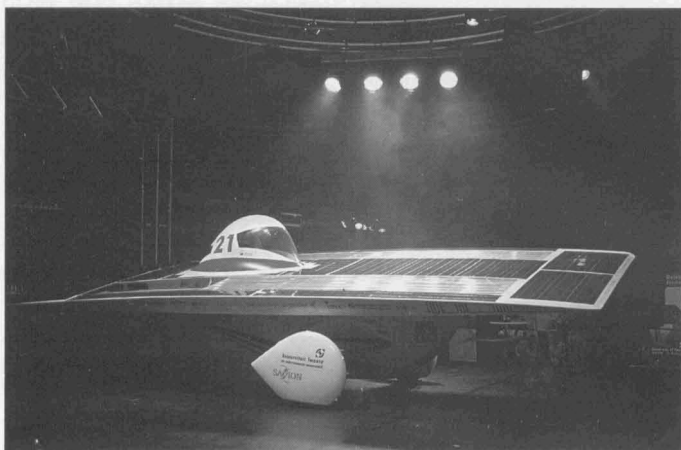
# Ηλιοαυτοκίνητο

## Ιδιοφυείς λύσεις κατά την σχεδίαση

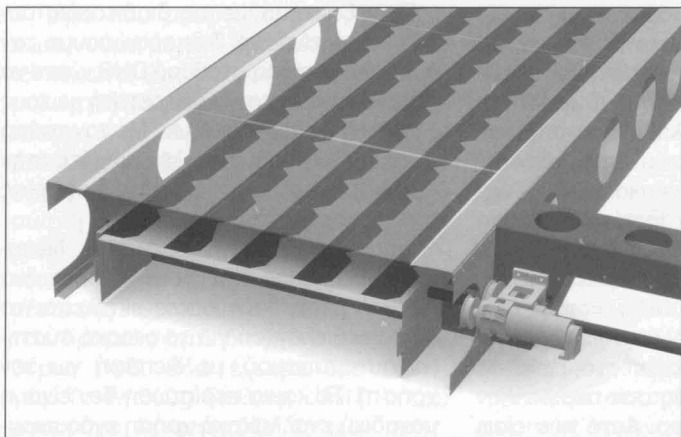
Από τον Elkin Coppoolse

Οι συμμετέχοντες στο Solar Team Twente για την κατασκευή του αυτοκινήτου με φωτοβολταϊκά, απασχολήθηκαν περίπου 40.000 ώρες για να υλοποιήσουν τις ιδέες τους, από τον Σεπτέμβριο του 2006 έως σήμερα. Έτσι ελπίζουν ότι θα κατακτήσουν μια καλή θέση στον αγώνα της Αυστραλίας. Η χρησιμοποίηση πλαισίων που στρέφονται προς τον ήλιο και οι φακοί Fresnel είναι από τα μεγάλα προτερήματα του αυτοκινήτου.

Οι διοργανωτές του αγώνα "World Solar Challenge" άλλαξαν τους κανόνες συμμετοχής για το 2007. Οι κυριότερες αλλαγές είναι η τελείως συγκεκριμένη επιφάνεια ( $6m^2$ ) την οποία πρέπει να καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία καθώς και το ότι ο οδηγός του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καθιστός στο



Σχήμα 1. Το Twente one με τα κινητά φωτοβολταϊκά στοιχεία του.



Σχήμα 2. Αναπαράσταση CAD που δείχνει την πρωτότυπη κατασκευή με τους φακούς Fresnel.

όχημα. Επίσης προστέθηκαν μερικά φανάρια σαν απολύτως αναγκαία και για λόγους ασφαλείας αφού τα οχήματα θα διανύσουν 3.000 χιλιόμετρα επί πέντε περίπου ημέρες σε κανονικό δρόμο.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι περισσότερες ομάδες έστρεψαν την προσοχή τους στην ελάττωση του βάρους των οχημάτων καθώς και στην αεροδυναμική κατασκευή του. Η ομάδα του Twente, εκτός των πάρα πάνω αναφερόμενων, προσπάθησε να αποκομίσει όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια από τον ήλιο. Έτσι η πρώτη ιδέα ήταν να μην στηριχθούν τα πλαίσια με τα φωτοβολταϊκά σταθερά πάνω στο σασί αλλά να ακολουθούν όσο είναι δυνατόν την τροχιά του ήλιου, οπότε θα κερδίσουν ισχύ από την προσπίπτουσα ακτινοβολία η οποία θα τείνει προς την κάθετο σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά. Προς τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται και οι φακοί Fresnel.

### Μεταβλητή κλίση των φωτοβολταϊκών

Τα αυτοκίνητα θα διατρέξουν την Αυστραλία από Βορά προς Νότο. Αυτό έδωσε την ιδέα στα πλαίσια να μεταβάλουν την κλίση τους κάθετα ως προς τον άξονα του αυτοκινήτου. Η όλη κατασκευή του σασί έπρεπε επομένως να προσαρμοσθεί και ως προς αυτό το σημείο.

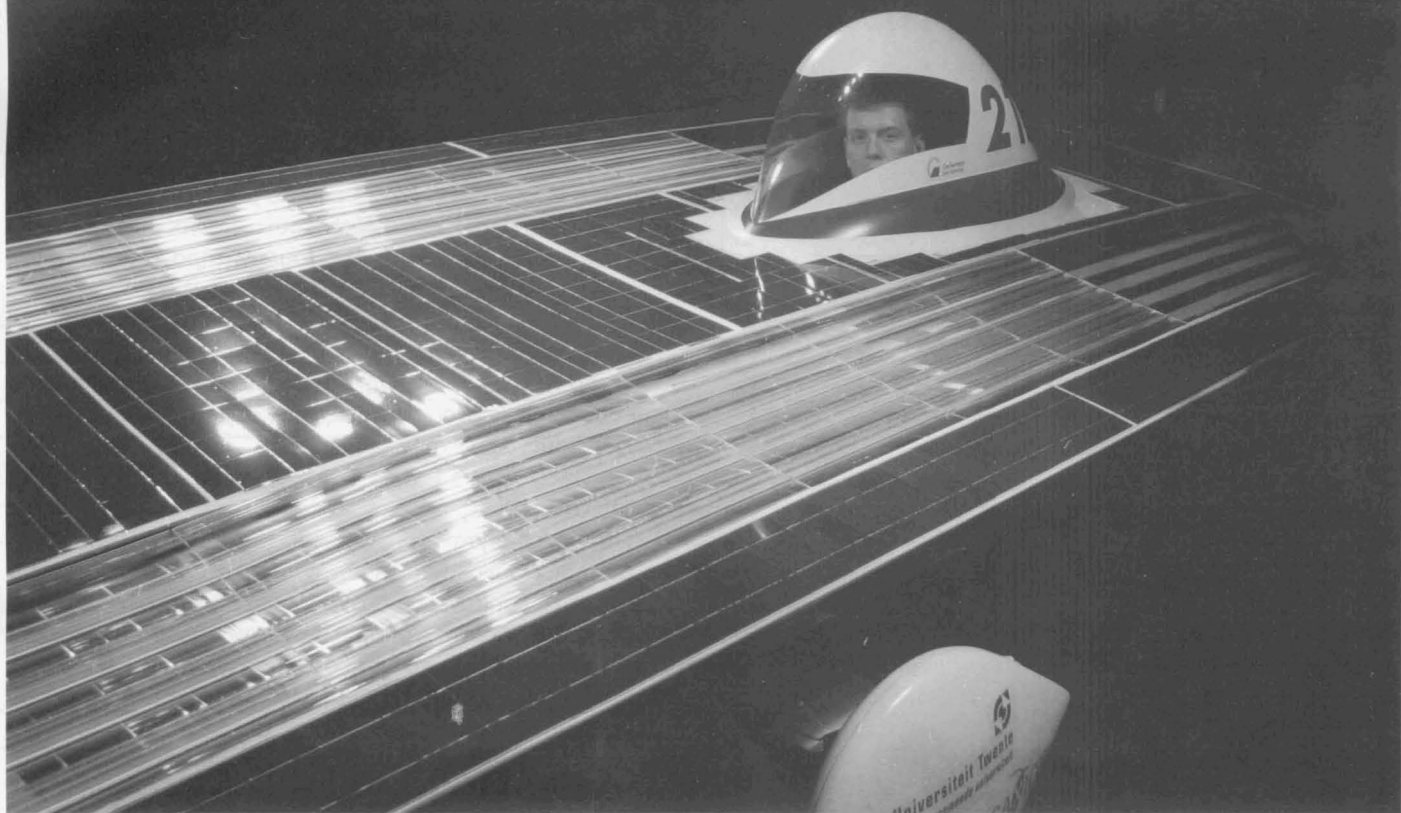
Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν κύλινδροι και έμβολα που με την βοήθεια του προγράμματος Ansys [3] έφεραν ένα πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Η κίνηση των πλαισίων προς τον ήλιο δεν καθορίζεται από τον οδηγό αλλά από τα δεδομένα τα οποία λαμβάνει ένας κινητήρας ο οποίος ελέγχεται με PWM (διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος). Η κλίση των πλαισίων καθορίζεται από έναν μηχανικό ο οποίος βρίσκεται στο αυτοκίνητο συνοδείας και ο οποίος αποστέλλει μέσω πομπού τα κατάλληλα δεδομένα.

### Οι φακοί Fresnel

Οι φακοί Fresnel είναι ειδικοί φακοί τους οποίους μπορούμε να βρούμε και στους προβολείς διαφανειών (overhead).

Οι φακοί της ομάδας του Twente διαφέρουν από τους κανονικούς επειδή η εστία στους δεν είναι ένα σημείο αλλά μια λωρίδα. Ο κανονισμός του World Solar Challenge ορίζει μια επιφάνεια φωτοβολταϊκών  $6m^2$ , που με τους φακούς Fresnel φθάνουμε σε μια ισοδύναμη ισχύ που αντιστοιχεί στα  $7,5m^2$ .



Δυστυχώς σε κάποιες ώρες οι εστίες δεν ευρίσκονται πάνω στα φωτοβολταικά αλλά εκτός αυτών. Για τον λόγο αυτό κατασκευάστηκε ένα σύστημα ώστε τα στοιχεία να κινούνται κάτω από τους φακούς με την βοήθεια ενός ατέρμονα κοχλία που περιστρέφεται από έναν κινητήρα.

Με την βοήθεια μιας σειράς φωτοδιόδιδων ένας μικροελεγκτής προσδιορίζει σε ποια θέση υπάρχει η μεγαλύτερη φωτεινή ένταση. Ένας ελεγκτής τύπου PID δίνει εντολή στον κινητήρα ώστε τα στοιχεία να μετακινηθούν στην κατάλληλη θέση. Το σύστημα εργάζεται τελείως αυτόματα. Αυτή η τεχνική έχει δηλωθεί για την απόκτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας από την ομάδα του Twente.

## Οι ημιαγωγοί

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι τύπου GaAs (Γάλλιο Αρσενίδιο) τα οποία έχουν μία πολύ καλή απόδοση που φθάνει πάνω από το 27%.

Τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά σε κάθε πλαίσιο. Εάν σε κάποιο στοιχείο έχει πέσει η απόδοση του που σημαίνει λιγότερο ρεύμα τότε όλο το πλαίσιο αποδίδει λιγότερο ρεύμα. Το χειρότερο είναι όταν ένα στοιχείο καταστραφεί οπότε έχουμε διακοπή ρεύματος. Για να αποφευχθούν αυτά έχει συνδεθεί παράλληλα σε κάθε στοιχείο μια διόδος.

Για να έχουμε την καλύτερη απόδοση ενέργειας των φωτοβολταικών στοιχείων έχει καθορισθεί το λεγόμενο σύστημα σημείου μέγιστης απόδοσης ισχύος (MPPT Maximum Power Point Tracker).

Αυτό το σημείο μας δίνει κάθε φορά την καλύτερη σχέση

μεταξύ ρεύματος και τάσης από τα στοιχεία.

Εάν π.χ. έχουμε από τα στοιχεία μεγάλη τάση και ελάχιστο ρεύμα η ισχύς που αποδίδεται είναι πολύ μικρή. Στην αντίθετη περίπτωση όταν το φορτίο χρειάζεται πολύ ρεύμα τότε η τάση πέφτει σημαντικά οπότε πάλι η ισχύς είναι μικρή. Η βέλτιστη απόδοση είναι επομένως κάπου στην μέση.

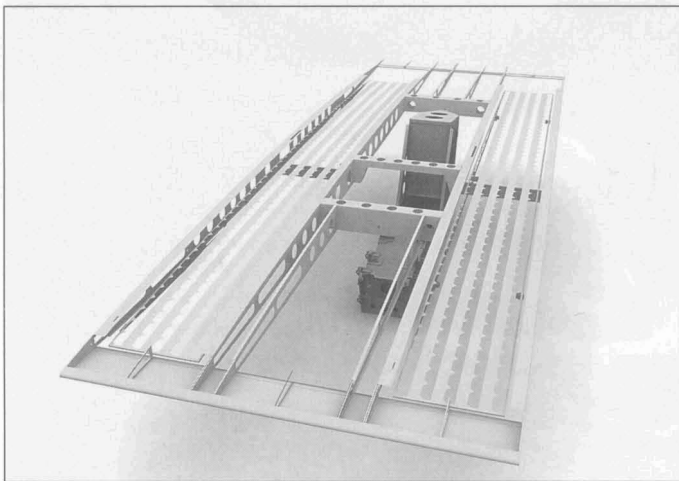
Ένα άλλο πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της εκκίνησης. Όλα τα κυκλώματα στο αυτοκίνητο έχουν μεγάλους πυκνωτές για να καταστέλλουν τα παράσιτα. Όταν τα κυκλώματα έπρεπε να συνδεθούν στην μπαταρία τότε υπήρχε μια πολύ μεγάλη ροή ρεύματος με αποτέλεσμα να λειώνουν οι επαφές του διακόπτη οπότε ήταν αδύνατο να σταματήσει το αυτοκίνητο.

Η λύση ήταν μια αντίσταση σε σειρά, (όπως και για την προστασία των ηχείων) η οποία φορτίζει με λιγότερο ρεύμα τους πυκνωτές και η οποία αποσυνδέεται όταν έχουν φορτισθεί πλήρως.

## Οι μπαταρίες

Οι μπαταρίες του αυτοκινήτου είναι λιθίου πολυμερούς και αποθηκεύουν ενέργεια 5KWh. Επειδή οι κυψέλες των μπαταριών είναι συνδεδεμένες σε σειρά εμφανίζεται ο κίνδυνος κάποια από αυτές να βγει εκτός ισορροπίας εμφανίζοντας διαφορετική κατάσταση φόρτισης, που σημαίνει διαφορετική τάση και διαφορετική αντίσταση.

Αυτό με την σειρά του σημαίνει περιορισμό του ρεύματος που μπορεί να έχει σαν επακόλουθο μερικές μπαταρίες να φορτίζονται αντίθετα.



Σχήμα 3. Το σασσί του Twente one.

## Γενικά χαρακτηριστικά

- Η ισχύς που χρειάζεται ένα ηλιακό αυτοκίνητο για να κινηθεί με ταχύτητα 130 χιλ. την ώρα αντιστοιχεί σε αυτήν μιας ηλεκτρικής σκούπας.
- Αν την μετατρέψουμε σε ιπποδύναμη αυτή είναι 2,5 HP (Ps).
- Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο χρειάζεται 1.500 μέτρα καλωδίων, το αυτοκίνητο του Twente μόνο 100 μέτρα. Το αυτοκίνητο του Twente (Twente one) έχει εγκατεστημένους 29 "υπολογιστές", μεταξύ αυτών ένα "υπολογιστή" στο ταμπλό, έναν για την διαχείριση των μπαταριών, κάποιους μικροελεγκτές κ.λ.π.
- Οι μπαταρίες του οχήματος αντιστοιχούν σε 2.200 μπαταρίες κινητών.



Σχήμα 4. Το Solar team του Twente με την τεχνολογία των κινητών φωτοβολταϊκών του ελπίζει να είναι ανάμεσα στους νικητές του αγώνα της Αυστραλίας.

Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης μπορεί να είναι ανάφλεξη ή και έκρηξη (κάποιοι θα θυμούνται κάποια κινητά που είχαν εκραγεί πριν από μερικά χρόνια).

Για να μην υπάρξουν τέτοιες καταστάσεις κατασκευάστηκε ένα σύστημα επιτήρησης (BMS Battery Management System) το οποίο δίνει συναγερμό όταν η τάση από κάποια κυψέλη είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την κανονική.

Το ηλιακό αυτοκίνητο χρησιμοποιεί "αναγεννητική πέδηση" αυτό σημαίνει ότι αντί η ενέργεια κατά το φρενάρισμα να καταναλώνεται στα φρένα (φερμουί) σε μορφή θερμότητας, να επιστρέφει πίσω στις μπαταρίες. Τούτο γίνεται δυνατό με την μετατροπή της της λειτουργίας του κινητήρα του οχήματος σε γεννήτρια.

Για να αποφευχθεί τυχόν υπερθέρμανση των μπαταριών υπάρχει ένας ανεμιστήρας ο οποίος παίρνει εντολή από ένα θερμίστορ NTC ο οποίος ανήκει στο σύστημα BMS. Μέσω του ίδιου συστήματος έχουμε ένδειξη εάν οι μπαταρίες είναι πλήρως φορτισμένες ή έχουν εκφορτισθεί.

## Επικοινωνίες

Για την επιτήρηση του οχήματος υπάρχουν 200 αισθητήρες οι οποίοι συνδέονται με έναν δίαυλο CAN. Μερικά από τα σήματα τα λαμβάνει ο οδηγός σε μια οθόνη. Όλα τα σήματα όμως μεταδίδονται ασύρματα στο αυτοκίνητο συνοδείας, όπου αυτός που έχει το γενικό πρόσταγμα αφού αναλύσει την κατάσταση θα δώσει εντολή στον οδηγό για τους κατάλληλους χειρισμούς. Μερικές από τις μετρήσεις αφορούν την θερμοκρασία των ελαστικών μέσω υπερύθρων αισθητήρων, την θερμοκρασία των κυψελών, την φόρτιση των ελατηρίων, τα δεδομένα του κινητήρα μέσω του μικροελεγκτή και άλλα.

Για την διαχείριση όλων αυτών των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το σύστημα CRONOS της IMS [4]. Αυτό διαθέτει τις αναγκαίες εισόδους και εξόδους οι οποίες διαβάζονται αλλά και ελέγχονται μέσω DSP. Πολλοί υπολογισμοί μπορούν να προγραμματιστούν και πολλές παράμετροι μπορούν να ζητηθούν ασύρματα από το συνοδευτικό όχημα. Ο έχων το γενικό πρόσταγμα μπορεί από αυτές να καθορίσει την καλύτερη δυνατή λειτουργία του οχήματος.

## Ταχύτητα

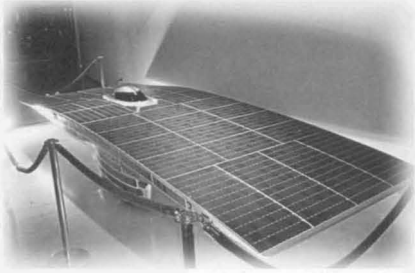

Ο κινητήρας του οχήματος έχει ισχύ 6KW με σταθερή ροπή σχεδόν σε όλες τις στροφές και είναι "CSIRO Surface" [5] και μπορεί να φθάσει σε απόδοση το εντυπωσιακό 98%. Ο κινητήρας που χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο όχημα ήταν από την MME Motors με απόδοση 94%. Ο τελευταίος θα χρησιμοποιηθεί σαν ρεζέρβα επειδή έχει αποδείξει ήδη τις ικανότητές του. Ο κινητήρας τοποθετείται απευθείας πάνω στον πίσω άξονα για να μην υπάρχουν απώλειες κατά την μετάδοση της κίνησης από άξονα σε άξονα.

Ο κινητήρας της CSIRO αποτελείται από ένα πηνίο, δύο δακτυλιοειδείς μαγνήτες και έναν αισθητήρα Hall πάνω σε μία μικροσκοπική πλακέτα. Η προσαρμογή του όλου συστήματος κίνησης στο όχημα είχε περισσότερες δυσκολίες από ότι κάποιος φαντάζεται.

## Το Twente one και οι άλλοι

Στα δύο μας άρθρα περιγράψαμε σε γενικές γραμμές το όχημα που κατασκευάστηκε από την ομάδα του πολυτεχνείου του Twente. Υπάρχουν όμως και αρκετοί ανταγωνιστές με τις δικές τους ιδέες οι οι οποίοι προσπαθούν και αυτοί να κα-

## Σύγκριση δυο οχημάτων

	Nuna4	Twente One
		
Διαστάσεις	472 x 168 x 110 cm	500 x 180 x 140 cm
Βάρος (χωρίς οδηγό)	< 190 kg	< 230 kg
Τροχοί	3	3
Ιδιαιτερότητες	Πολύ ελαφριά κατασκευή	Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παρακολουθούν τον ήλιο Ενίσχυση με φακούς Fresnel
Ταχύτητα	Δεν έχει δωδεί	Περίπου 75 έως 90 km/h Μέγιστη 120 km/h
Φωτοβολταϊκά στοιχεία	2318 GaAs στοιχεία τριπλής επαφής Απόδοση >26%	2073 GaAs στοιχεία τριπλής επαφής Απόδοση > 27%
Κινητήρας	Ηλεκτροκινητήρας απευθείας στην ρόδα Biel/CSIRO Απόδοση 97-99%	Ηλεκτροκινητήρας απευθείας στην ρόδα CSIRO/NGM Απόδοση 95-99%
Τιμόνι	Τιμόνι από ίνες άνθρακα	Τιμόνι από αλουμίνιο μέγεθος ενός DVD
Σκελετός	Ίνες από άνθρακα και Twaron εσωματωμένο κάθισμα	Ίνες από άνθρακα (σώμα), κάθισμα από αλουμίνιο, δοκοί κίνησης χρώμιο-μολυβδένιο-χάλυβας
Αναρτήσεις	Αναρτήσεις εμπρός τροχών: Διπλοί βραχίονες -A από ίνες άνθρακα και αλουμίνιο. Αμορτισέρ από ίνες άνθρακα, ζάντες αλουμινίου, κεραμικά ρουλεμάν. Αναρτήσεις πίσω τροχού: οριζόντιο ψαλίδι από ίνες άνθρακα, σύνδεσμοι αλουμινίου	Αναρτήσεις εμπρός τροχών: διπλοί βραχίονες A από χρώμιο μολυβδένιο-χάλυβας, οριζόντια αμορτισέρ, ζάντες αλουμινίου, κεραμικά ρουλεμάν Αναρτήσεις πίσω τροχών: βραχίονας οδήγησης από χρώμιο μολυβδένιο-χάλυβας
Ελαστικά	Michelin Solar Radial 16" (slicks)	Bridgestone/Maxxis radial 14" (slicks)
Φρένα	Εμπρός: ελαφρά ειδικά δισκόφρενα με τακάκια Brembo Πίσω: αναγεννητική πέδηση μέσω του κινητήρα	Εμπρός: δισκόφρενα Πίσω: αναγεννητική πέδηση μέσω του κινητήρα
Αντίσταση αέρα	έξι φορές μικρότερη από ένα κανονικό αυτοκίνητο	5 φορές μικρότερη από ένα κανονικό αυτοκίνητο
Τηλεμετρία	Σύνδεση WiFi με το αυτοκίνητο συνοδείας	Ασύρματη σύνδεση με το αυτοκίνητο συνοδείας

τακτήσουν μία από τις πρώτες θέσεις. Μια από τις ομάδες προέρχεται από το πολυτεχνείο του Delft και αυτή από την Ολλανδία, με ένα όχημα που το ονομάζει Nuna4. Η σύγκριση των γενικών χαρακτηριστικών φαίνεται στον πίνακα.

Ας ελπίσουμε ότι αυτός ο συναγωνισμός θα φέρει σε κάποια χρόνια τα αποτελέσματα που όλοι επιθυμούμε, δηλαδή την απαλλαγή από τους υδατάνθρακες (πετρέλαιο και αέριο) και από τους εκπεμπόμενους ρύπους.

Το ζητούμενο είναι πάντα η κατασκευή μπαταριών μικρού βάρους αλλά μεγάλης χωρητικότητας και η βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών. Ας μην ξεχνάμε και τα πρώτα αυ-

τοκίνητα, που όταν συγκρινόταν με τις άμαξες με άλογα ήταν πολύ κατώτερα και ως προς την ταχύτητα και ως προς την αξιοπιστία και ως προς τις ανέσεις. (070468)

### web Links

- [1] [www.wsc.org.au](http://www.wsc.org.au)
- [2] [www.solarteam.nl](http://www.solarteam.nl)
- [3] [www.ansys.com](http://www.ansys.com)
- [4] <http://www.imcdata-berlin.de/en/>
- [5] [www.csiro.au](http://www.csiro.au)