

«ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ; ΝΑΙ, ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!»: ΕΝΑ ΣΠΠΕ ΜΕ ΠΑΙΔΙΑ ΤΗΣ ΣΤ΄ ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ, ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΣΥΝΔΥΑΖΕΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

ΤΣΑΓΛΙΩΤΗΣ Ν.

9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, Διεύθυνση Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Νομού Ρεθύμνου
e-mail: ntsag@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτό το Σχολικό Πρόγραμμα Περιβαλλοντικό Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΣΠΠΕ) κινείται μέσα σε ένα πλαίσιο έμπρακτης ευαισθητοποίησης των παιδιών σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης με τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας, μέσα από πρακτικοβιωματικές διερευνήσεις και κατασκευές που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας απλά, καθημερινά υλικά. Στο εννοιολογικό κομμάτι του Προγράμματος συζητήθηκαν και αναλύθηκαν επιστημονικά, κοινωνικά και οικολογικά θέματα που σχετίζονται με την αειφορία και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Αυτά έγιναν με πλαίσιο αναφοράς την ενεργειακή κρίση και τις ήπιες μορφές ενέργειας, μέσα σε μια προσπάθεια συνδυασμού τυπικών και μη τυπικών προσεγγίσεων διδασκαλίας και μάθησης, οι οποίες περιλάμβαναν πειραματικές διερευνήσεις και σχέδια εργασίας (projects) με στόχο την κατανόηση πτυχών της ηλιακής ενέργειας και των χρήσεών της. Το πρακτικό κομμάτι του Προγράμματος εστιάστηκε σε κατασκευές τριών κυρίως ομάδων: α) ηλιακών θερμοσίφωνων, β) ηλιακών φούρνων και γ) παιχνιδιών με φωτοβολταϊκά στοιχεία και μικρούς κινητήρες. Τα παιδιά εργάστηκαν σε ζευγάρια και θα παρουσίασαν τις δουλειές τους στα μέλη της τοπικής εκπαιδευτικής κοινότητας, αλλά και της τοπικής κοινωνίας, στα πλαίσια μιας ανοικτής διήμερης εκδήλωσης στην αυλή του Σχολείου, σε ένα Πανηγύρι Επιστήμης και Περιβάλλοντος.

TSAGLIOTIS N.

e-mail: ntsag@edc.uoc.gr

ABSTRACT

This *Environmental Education School Program* moves within the framework of an active sensitization of children on issues of sustainable development with the use of alternative forms of energy. This is done through discussions, but mainly through practical and hands-on investigations and constructions that function with solar energy, using simple daily materials. At the conceptual level of the Program, scientific, social and ecological issues related to sustainable development and a viable energy future have been discussed and analyzed with children in class. This has been conducted within an approach on “energy crisis” and the alternative forms of energy, whereas experimental investigations took place during a teaching intervention together with the development of project work, in an attempt to combine formal and non-formal approaches of teaching and learning regarding aspects of solar energy and its uses. The practical part of Program focused on project constructions mainly from three groups: a) solar water heaters, b) solar cookers and c) toys with photovoltaic cells and small engines. The children worked in pairs and presented their project work to the members of the local educational community but also to the local public, in two-day open event at the school yard, in a *Science and Environmental Fair*.

Λέξεις κλειδιά: ηλιακή ενέργεια, τυπικές και μη τυπικές προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης, σχέδια εργασίας, ηλιακοί θερμοσίφωνες, ηλιακοί φούρνοι, παιχνίδια με φωτοβολταϊκά στοιχεία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται πτυχές ενός ΣΠΠΕ με θέμα «*Ηλιακή Ενέργεια; Ναι, ευχαριστώ!*» με παιδιά της Στ' τάξης του 9^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου, το οποίο διεξήχθη κατά την πρώτη χρονιά της εφαρμογής των ΣΠΠΕ, το σχολικό έτος 2002-2003. Συγκεκριμένα συμμετείχαν: μία τάξη 35 παιδιών, χωρισμένη σε 2 τμήματα, μια παιδαγωγική ομάδα με 2 εκπαιδευτικούς του Σχολείου και το συντονιστή, μία υποστηρικτική ομάδα αποτελούμενη από 3 φοιτήτριες και 1 φοιτητή του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης, ενώ συνεργάστηκε επίσης ένας πειραματικός φυσικός, Καθηγητής του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης. Η χρονική διάρκεια αυτού του ΣΠΠΕ ήταν το εξάμηνο από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2003. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του είναι ότι συνδυάζει τυπικές και μη τυπικές διδακτικές και μαθησιακές διαδικασίες. Έτσι, διαπλέκεται μια διδακτική παρέμβαση 10 ωρών και ένα «*Πανηγύρι Επιστήμης και Περιβάλλοντος*», ως τελική εκδήλωση του προγράμματος, όπου τα παιδιά παρουσίασαν σχέδια εργασίας (projects) σχετικά με εφαρμογές χρήσης της ηλιακής ενέργειας στην καθημερινή ζωή, τα οποία είχαν δουλέψει και ελέγξει τόσο κατά τη διάρκεια σχολικού χρόνου το πρωί όσο και σε απογευματινές συναντήσεις με το συντονιστή, την παιδαγωγική ομάδα και την ομάδα υποστήριξης (πρβλ. URL: < http://9dim-rethymn.reth.sch.gr/contents_gr/scilab/3rd_sci.fair.htm >).

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

1. Ερωτήματα και απορίες των παιδιών για τη διαχείριση της ενέργειας και την ενεργειακή κρίση της σύγχρονης εποχής που φτάνει μέχρι την πολεμική σύγκρουση. Το βασικό ερώτημα είναι εάν υπάρχει εναλλακτική λύση και ποια μπορεί να είναι αυτή.
2. Ερωτήματα των παιδιών για περιβαλλοντικά και οικολογικά προβλήματα που σχετίζονται με τη μόλυνση και το μέλλον του πλανήτη. Βασικό ερώτημα είναι εάν υπάρχουν βιώσιμες ενεργειακές λύσεις με οικολογική ευαισθησία, κοινωνική δικαιοσύνη και αειφορία στην οικονομική ανάπτυξη
3. Ανησυχίες των παιδιών για το πώς και με ποιους τρόπους θα μπορούσαν να συμβάλουν στη λύση των ενεργειακών προβλημάτων
4. Ανάγκες για έμπρακτες εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας και ιδιαίτερα ηλιακής ενέργειας, οι οποίες θα έπειθαν για τη χρήση τους πρώτα τα ίδια τα παιδιά και έπειτα το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο
5. Η οργάνωση μιας ανοιχτής εκδήλωσης που θα δίνει δυνατότητες και εναύσματα ευαισθητοποίησης και προβληματισμού για τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας και των εφαρμογών τους.

3. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Μέσα από αυτό το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα οι μαθητές και οι μαθήτριες αναμενόταν:

- να ενημερωθούν και να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης, αειφορίας και χρήσης ήπιων μορφών ενέργειας, με ένα αίσθημα κοινωνικής δικαιοσύνης, οικολογικής συνείδησης και οικονομικής ανάπτυξης με ανθρώπινο πρόσωπο
- να διαμορφώσουν θετική στάση για τις ήπιες μορφές ενέργειας και κυρίως για την ηλιακή ενέργεια και τη χρήση της στη σύγχρονη εποχή
- να κατανοήσουν θέματα που σχετίζονται με έννοιες και πτυχές της ηλιακής ενέργειας και την εφαρμογή τους στην πράξη
- να συνδέσουν τις εφαρμογές των ήπιων μορφών ενέργειας με την καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου και να συνειδητοποιήσουν τις εν δυνάμει διαφορές στην ποιότητα διαβίωσης σε ένα καθαρότερο και πιο πράσινο περιβάλλον
- να φτιάξουν δικές τους κατασκευές που να λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια και να αισθανθούν τη χαρά της δημιουργίας με πρακτικό αντίκρισμα
- να προβληματιστούν και να διευρύνουν τους ορίζοντές τους σχετικά με την εφαρμογή και επέκταση των κατασκευών τους σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο

- να προσεγγίσουν και να διακρίνουν τους περιορισμούς των κατασκευών τους και να προτείνουν λύσεις σε δικά τους αλλά και κατ' επέκταση σε παγκόσμια προβλήματα
- να εργαστούν ομαδικά και να βιώσουν έμπρακτα την υπεροχή της αλληλεγγύης και του συνεργατικού πνεύματος στην αναζήτηση της γνώσης και στη διαμόρφωση προσωπικοτήτων και στάσεων
- να έρθουν σε επαφή με τις νέες τεχνολογίες και την πληροφορική μέσα από την αναζήτηση και αξιοποίηση πληροφοριών και μέσα από σύγχρονες μορφές επικοινωνίας και διακίνησης ιδεών και απόψεων

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

1. Διερευνήσεις εννοιολογικών πτυχών της ηλιακής ενέργειας μέσα από τις διαδικασίες μιας σειράς διδακτικών παρεμβάσεων, με πειραματισμούς τόσο μέσα στο χώρο της τάξης όσο και έξω στην αυλή με επιτόπιες μελέτες. Οι διερευνήσεις έγιναν με συγκεκριμένα διδακτικά και μαθησιακά έργα, τα οποία μοιράστηκαν σε ομάδες των 2 ή 4 παιδιών και ερευνήθηκαν ξεχωριστά, ενώ στο τέλος γινόταν μια συνολική συζήτηση σε ολομέλεια της τάξης. Χρησιμοποιήθηκε επίσης χρόνος από τα δώρα του Προγράμματος του Υπ.Π.Ε.Π.Θ. «Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών και Δημιουργικών Δραστηριοτήτων», στο οποίο συμμετέχει το Σχολείο από τον πρώτο χρόνο της εφαρμογής του (2001-02).
2. Σχέδια εργασίας (projects) που ανέλαβαν τα παιδιά κατά ζευγάρια και είχαν θέμα την κατασκευή μιας εφαρμογής της ηλιακής ενέργειας (ηλιακούς θερμοσίφωνες, ηλιακούς φούρνους, παιχνίδια με φωτοβολταϊκά στοιχεία), καθώς επίσης και τη συλλογή πληροφοριών για το θέμα τους από ηλεκτρονικά και έντυπα μέσα.
3. Χρήση νέων τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας μέσα στο εργαστήριο πληροφορικής του Σχολείου για αναζήτηση στοιχείων και επικοινωνία με πρόσωπα και φορείς καθώς επίσης και για συγγραφή κειμένων και άλλου έντυπου υλικού
4. Συλλογή όλων των κατασκευών και των πληροφοριών σε μια ανοιχτή τελική εκδήλωση με εκπαιδευτικό χαρακτήρα τόσο για τα παιδιά που θα παρουσιάσουν τη δουλειά τους όσο και για τα μέλη της τοπικής κοινωνίας που θα έρθουν να ακούσουν και να δουν από κοντά έμπρακτες εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας στην καθημερινή ζωή.

5. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Το τυπικό μέρος της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας περιλάμβανε επιγραμματικά τα ακόλουθα στοιχεία:

- Πειραματικές διερευνήσεις στο εργαστήριο και στην αυλή
- Φύλλα εργασίας για την καταγραφή παρατηρήσεων μετρήσεων και συμπερασμάτων
- Συζήτηση πάνω σε κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικολογικά ζητήματα που αφορούσαν την ενέργεια και τη διαχείριση της μέσα σε πλαίσια βιώσιμης ανάπτυξης
- Διαμορφωτική αξιολόγηση της εκπαιδευτικής και μαθησιακής διαδικασίας (*σκιτσογραφίες εννοιών, χάρτες εννοιών, projects των παιδιών*)
- Ανάπτυξη και έλεγχος projects πάνω στην ηλιακή ενέργεια, που προετοιμάστηκαν για το «Πανηγύρι Επιστήμης και Περιβάλλοντος».

Στην εργασία αυτή εστιάζουμε κυρίως τις πειραματικές διερευνήσεις και την ανάπτυξη των σχεδίων εργασίας (projects), φωτίζοντας το συνδυασμό τυπικών και μη τυπικών μορφών της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας (πρβλ. Κολιόπουλος 2005).

Η διδακτική παρέμβαση των 10 ωρών είχε ως στόχο τη διαμόρφωση και ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης πτυχών και χρήσεων της ηλιακής ενέργειας σε καθημερινές περιστάσεις, κυρίως μέσα από τρεις ομάδες εφαρμογών: ηλιακούς θερμοσίφωνες, ηλιακούς φούρνους και ηλιακά παιχνίδια (αυτοκινητάκια και μικρά σκάφη που κινούνταν με φωτοβολταϊκά στοιχεία και μικρούς κινητήρες). Διαπραγματεύτηκαν ζητήματα όπως “*ενέργεια από τον ήλιο*”, “*θερμότητα και φως από τον ήλιο*”, “*το φαινόμενο του θερμοκηπίου*”, “*ηλεκτρισμός από τον ήλιο*” (φωτοβολταϊκά στοιχεία), *ενεργειακή αλλαγή-μετατροπές ενέργειας και ενεργειακή υποβάθμιση και κάποιες νύξεις για διατήρηση ενέργειας* (πρβλ. Global Solar Partners 2000a & 2000b, Gurley &

Larson 1992; NEF 1991). Επιπλέον, κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικολογικά ζητήματα που συζητήθηκαν στην τάξη, αφορούσαν κυρίως την ενεργειακή κρίση μέσα σε ένα πλαίσιο βιώσιμης ανάπτυξης, πολιτικές στη χρήση και τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, πολιτισμικούς παράγοντες που επηρεάζουν, βοηθούν ή αντιστέκονται στην εξάπλωση των εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας κλπ. (πρβλ. Narayanaswamy 2001, Hayden 2001).

Μέσα στα πλαίσια της διδακτικής παρέμβασης διεξήχθησαν πειράματα που αφορούσαν τη “*θέρμανση του νερού από τον ήλιο*”, τα παιδιά αρχικά μελέτησαν τη θέρμανση του νερού σε αλουμινοδοχεία διαφόρων διαστάσεων, τα οποία άφηναν με νερό για αρκετή ώρα στον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα, σύγκριναν ζεύγη ίδιων διαστάσεων αλουμινοδοχείων με ίδια ποσότητα νερού μέσα τους, τα οποία είχαν αφήσει στον ήλιο για συγκεκριμένο χρόνο. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις το ένα ήταν εσωτερικά μαυρισμένο με μπογιά. Ένα δεύτερο πείραμα που έκαναν ήταν “*το λιώσιμο των πάγων*”, όπου έβαλαν παγάκια πάνω στην επιφάνεια μαύρων και άσπρων χαρτονιών A_4 και τα άφησαν στον ήλιο για να λιώσουν, διερευνώντας σε ποια περίπτωση θα έλιωνε πιο γρήγορα το παγάκι. Έπειτα, δοκίμασαν και άλλα χρώματα χαρτονιού και κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους. Τα παιδιά φαίνεται να είχαν την ιδέα ότι το μαύρο ή τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, αλλά με αυτές τις διερευνήσεις άρχισαν να σκέφτονται πώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν αυτή την αρχή στη θέρμανση του νερού με τον ήλιο (πρβλ. Tsagliotis, 2004a).

Ακολούθησαν πειράματα με “*μοντέλα θερμοκηπίων*” φτιαγμένα από ίδιες χαρτόκουτες με καπάκια. Είχαν αφαιρεθεί πλαίσια χαρτονιού από τις γύρω πλευρές των κουτιών και είχαν αντικατασταθεί από πλαστικό, Plexiglas ή τζάμι. Τα παιδιά μελέτησαν την απόδοση αυτών των “*μοντέλων θερμοκηπίων*” μετρώντας την αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους, όταν τα άφηναν στον ήλιο για μια συγκεκριμένη περίοδο χρόνου. Το “*φαινόμενο του θερμοκηπίου*” μελετήθηκε στην τάξη και εξετάστηκαν οι επιδράσεις του στη θέρμανση αλλά και την υπερθέρμανση του πλανήτη καθώς επίσης και στις κλιματικές αλλαγές. Επιπλέον, εξετάστηκαν γεφυρωτικές αναλογίες που σχετίζονταν με το φαινόμενο του θερμοκηπίου στο μικρο-επίπεδο των κατασκευών-μοντέλων που είχαμε φτιάξει και το μακρο-επίπεδο του πλανήτη. Έτσι, τα *αέρια του θερμοκηπίου* γεφυρώθηκαν αναλογικά με τα πλαστικά ή τα γυάλινα πλαίσια των μοντέλων των θερμοκηπίων και η επίδραση που έχουν στην “*παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας*” και στην αύξηση της θερμοκρασίας συζητήθηκε σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις. Μια άλλη ομάδα πειραμάτων είχε να κάνει με τα “*θερμά κουτιά*”, που στην πραγματικότητα ήταν χαρτόκουτες, καλυμμένες με πλαστική μεμβράνη, Plexiglas, ή τζάμι στο επάνω μέρος τους, με διαφόρων χρωμάτων χαρτόνια τοποθετημένα εσωτερικά στον πάτο τους και αλουμινόχαρτο στις εσωτερικές πλευρές τους. Τα αφήναμε στον ήλιο και μελετούσαμε τη συμπεριφορά τους. Παρόμοια, συζητήθηκαν στην τάξη πτυχές της τεχνητής δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου μέσα σε ένα ηλιακό φούρνο, σε μια προσπάθεια να κατανοήσουμε βαθύτερα πώς λειτουργούν οι ηλιακοί φούρνοι (πρβλ. Tsagliotis 2004a).

Τα παιδιά πειραματίστηκαν ακόμη με “*φωτοβολταϊκά στοιχεία*” φτιαγμένα από άμορφη και πολυκρυσταλλική σιλικόνη. Άρχισαν με το να μετρούν τους κύκλους που έκανε μια τελεία η οποία ήταν ζωγραφισμένη πάνω σε ένα χαρτονένιο κυκλικό δίσκο σε χρόνο ενός λεπτού. Το κομμάτι αυτό χαρτονιού ήταν κολλημένο πάνω στον άξονα ενός μικρού κινητήρα που κινούνταν με ενέργεια από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο. Πειραματίστηκαν τοποθετώντας τα φωτοβολταϊκά στοιχεία υπό διάφορες γωνίες έναντι των “*ακτινών του ήλιου*”, προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοση του κινητήρα. Πολλά παιδιά πίστευαν ότι το φωτοβολταϊκό στοιχείο δουλεύει περίπου όπως και ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Αυτό σημαίνει ότι η ιδέα τους, που φαίνεται να πηγάζει από μια πιο προσφιλή εμπειρία με τους ηλιακούς θερμοσίφωνες, ήταν ότι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παρήγαγαν ηλιακή ενέργεια μόνο και μόνο γιατί ζεσταινόταν από τον ήλιο (πρβλ. Tsagliotis 2004a). Προκαλέσαμε αυτή την ιδέα βάζοντας φωτοβολταϊκά στοιχεία μέσα σε αδιάφανα δοχεία και κατσαρόλες με καπάκια αφήνοντάς τα στον ήλιο για κάμποση ώρα. Η θερμοκρασία μέσα στα δοχεία με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυξήθηκε, αλλά ποτέ δεν παράχθηκε ηλεκτρισμός και έτσι ο κυκλικός χαρτονένιος δίσκος, που ήταν κολλημένος στον άξονα του μικρού κινητήρα, ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με το φωτοβολταϊκό στοιχείο, δεν περιστρεφόταν. Έτσι, έφτασαν στο συμπέρασμα ότι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία επηρεάζονταν από το “*φως του ήλιου*” και παρατήρησαν ακόμα ότι μπορούσαν να σταματήσουν την κίνηση των ηλιακών παιχνιδιών που

κατασκεύαζαν απλά σκιάζοντας τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Πειραματίστηκαν περαιτέρω με διάφανες μεμβράνες (σελοφάν) διαφόρων χρωμάτων, αλλά επίσης και με αδιάφανα υλικά, που τα έβαζαν πάνω από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και μελετούσαν κατά πόσο επηρεάζουν την απόδοσή τους. Επιπλέον, χρησιμοποίησαν χαρτόνια που είχαν πάνω τους κολλημένο αλουμινόχαρτο όπως οι ανακλαστήρες γύρω από τους ηλιακούς φούρνους και παρατήρησαν ότι το ανακλώμενο φως πάνω στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών στοιχείων, αύξανε λίγο την απόδοσή τους. Ισχυρίστηκαν ότι ήταν μια ιδέα που πήραν από τους ανακλαστήρες των ηλιακών φούρνων, η οποία μπορούσε να έχει περαιτέρω εφαρμογές (πρβλ. Tsagliotis 2004a).

Το ενδιαφέρον με τα πειράματα και τα projects της ηλιακής ενέργειας είναι ότι, για τις περισσότερες περιπτώσεις, αρκεί να τα αφήσουμε μόνα τους εκτεθειμένα στον ήλιο για κάμποση ώρα (βλ. DOE 1995, Daley 1998). Αυτό μας παρέχει άνεση χρόνου για να συνεχίσουμε κανονικά το μάθημά μας ή οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα και έπειτα να πάμε να ελέγξουμε τα πειράματα ή τις κατασκευές μας κατά τη διάρκεια ενός σχολικού διαλείμματος ή στο τέλος μιας περιόδου διδασκαλίας και έπειτα να επιστρέψουμε για περαιτέρω συζήτηση στην τάξη και ούτω καθ' εξής (βλ. Centre for Alternative Technology, 1997, 1999, 2000a, 2001). Τα παιδιά φάνηκε να συναρπάζονται με την ιδέα ότι μπορούσαν κάθε τόσο να ελέγχουν τα πειράματα που ήταν σε εξέλιξη και τις κατασκευές τους, καταγράφοντας τις μετρήσεις ή/και τις παρατηρήσεις τους.

6. ΔΡΑΣΕΙΣ - ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Καθώς αναπτύσσονταν οι κατασκευές των ηλιακών θερμοσιφώνων, των ηλιακών φούρνων και των ηλιακών παιχνιδιών από τα σχέδια εργασίας (projects) των παιδιών κατά τις απογευματινές συναντήσεις, τα φέρναμε και τα ελέγαμε στα πρωινά μαθήματα έξω στην αυλή του σχολείου και συζητούσαμε με τα παιδιά προτάσεις για τη βελτίωσή τους. Τα παιδιά είχαν χωριστεί και δούλευαν σε ζευγάρια. Κάθε ζευγάρι είχε αναλάβει να επεξεργαστεί και να ετοιμάσει ένα σχέδιο εργασίας (project), το οποίο ήταν ενταγμένο σε μια από τις τρεις ομάδες εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας που έχουν αναφερθεί. Απώτερος στόχος ήταν να παρουσιαστούν όλες οι εργασίες και οι κατασκευές στην τελική εκδήλωση του ΣΠΠΕ, σε ένα «Πανηγύρι Επιστήμης και Περιβάλλοντος». Η εκδήλωση αυτή έγινε στις 9 & 10 Ιουνίου 2003, στην αυλή του Σχολείου και την παρακολούθησαν πάνω από 800 επισκέπτες, μαθητές και εκπαιδευτικοί καθώς και πολίτες του Ρεθύμνου και εντάσσεται μέσα στα πλαίσια μιας προσέγγισης του σχολείου που ανοίγεται στην τοπική κοινωνία και συνεισφέρει στη δια βίου εκπαίδευσή της (πρβλ. Tsagliotis, 2004b).

Ένα «Πανηγύρι της Επιστήμης» φαίνεται να είναι μια μη τυπική διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης, η οποία μπορεί ενδεχομένως να συνοφανθεί ανάμεσα σε διδακτικές ακολουθίες ή διδακτικές παρεμβάσεις, διευρύνοντας κατά μία έννοια τους ορίζοντες των τυπικών διαδικασιών διδασκαλίας και μάθησης. Ένα «Πανηγύρι της Επιστήμης» στοχεύει κυρίως στην ανάπτυξη των θετικών πρακτικών και των στάσεων των παιδιών, μέσα σε ένα πλαίσιο πρακτικών δραστηριοτήτων και διερεύνησης στις επιστήμες. Φυσικά, αυτό δεν σημαίνει ότι το εννοιολογικό πλαίσιο των ιδεών των παιδιών αγνοείται ή παραμελείται. Αντίθετα, φαίνεται να εξετάζεται σε σημαντικό βαθμό και να διαμορφώνεται σε βάθος.

Τα παιδιά προσεγγίζουν ένα συγκεκριμένο θέμα, που έχει ως αφετηρία τα ερωτήματα και τα ενδιαφέροντά τους, σε μία προσπάθεια να εξεταστούν τα συγκεκριμένα προβλήματα ή/και καθημερινές περιστάσεις, μέσα από μια επιστημονικής διερεύνηση για βαθύτερη γνώση και κατανόηση. Αναπτύσσουν τις εργασίες τους (projects) συνεργατικά σε ζευγάρια ή μικρές ομάδες, ενώ οι δάσκαλοι διευκολύνουν τις διαδικασίες διερεύνησης και τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων. Συνήθως διευκολύνουν στην ανεύρεση και διαθεσιμότητα ποικίλων υλικών που χρησιμοποιούν για να εργαστούν τα παιδιά. Το τελικό προϊόν του Πανηγυριού της Επιστήμης είναι μια ανοικτή έκθεση των εργασιών των παιδιών, όπου οι πειραματικές διερευνήσεις ή/και οι κατασκευές τους παρουσιάζονται στο κοινό και κρίνονται, απονέμοντας συνήθως βραβεία και διακρίσεις (βλ. Fredericks & Asimov 1990, Van Cleave 2000, Κολιόπουλος 2005).

Καταγράφοντας ενδεικτικά πτυχές της διαδικασίας κατασκευής των *ηλιακών θερμοσιφώνων* που παρουσιάσαμε στο Πανηγύρι μας θα λέγαμε ότι προσπαθήσαμε να χρησιμοποιήσουμε ή να ανακυκλώσουμε με δεύτερη χρήση απλά υλικά όπως: χαρτόνι κυματιστό, χαρτόνι συσκευασίας, αλουμινόχαρτο, άσπρη κόλλα, τζάμι ή ζελατίνη, μαύρο λάστιχο ποτίσματος μισής ίντσας, μαύρη

μπογιά, πλαστικά μπιτόνια για ντεπόζιτα νερού, χρησιμοποιημένα πλαστικά μπουκάλια αναψυκτικών και σκληρό μπλε φελιζόλ για κατασκευή πλαισίων ηλιακού συλλέκτη, το οποίο όμως φαίνεται ότι δε λειτούργησε αποτελεσματικά σε δύο περιπτώσεις. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες που κατασκευάστηκαν ήταν οι ακόλουθοι (πρβλ. ενδεικτικά **Φωτ. 1 & 2**):

- κατασκευή "κλασικού" ηλιακού θερμοσίφωνα με οριζόντια και κάθετη διάταξη λαστίχων
- κατασκευή ηλιακού θερμοσίφωνα με διάταξη λαστίχου σε σχήμα "σερπαντίνας"
- κατασκευή ηλιακού θερμοσίφωνα με διάταξη λαστίχου σε σχήμα "σαλίγκαρου"
- κατασκευή ενός μοντέλου ηλιακού θερμοσίφωνα με σωληνάκι σε σχήμα σαλίγκαρου
- κατασκευή ηλιακού θερμοσίφωνα με πλαστικά μπουκάλια και διάταξη λαστίχου σε σχήμα "σερπαντίνας"



Φωτ. 1: Ο έλεγχος του ηλιακού θερμοσίφωνα με διάταξη λαστίχων σε σχήμα «σερπαντίνας», που κατασκευάστηκε από μαλακό μαύρο λάστιχο, που ήταν μέσα στον ηλιακό συλλέκτη και με ένα πλαστικό μπιτόνι για ντεπόζιτο.



Φωτ. 2: Τελική του ηλιακού θερμοσίφωνα με διάταξη λαστίχων σε σχήμα «σερπαντίνας» στο Πανηγύρι μας, με βελτιωτικές κατασκευαστικές και εικαστικές παρεμβάσεις.

Οι **ηλιακοί φούρνοι** ήταν η δεύτερη ομάδα κατασκευών για το Πανηγύρι. Οι ηλιακοί φούρνοι από δύο χαρτόκουτες είναι οι πιο απλοί και φτηνοί που μπορεί να κατασκευάσει κανείς. Όμως, μπορούν να μαγειρέψουν το φαγητό μας σε θερμοκρασία μέχρι και 150 °C. Αποτελούνται από ένα εξωτερικό και ένα εσωτερικό κουτί με μόνωση ανάμεσά τους και ένα καπάκι καλυμμένο με γυαλί ή πλαστικό, το οποίο εγκλωβίζει την **ηλιακή ενέργεια** δημιουργώντας το **φαινόμενο του θερμοκηπίου** μέσα στο φούρνο. Το ορατό φως εύκολα περνά μέσα από το τζάμι και απορροφάται ή ανακλάται από τα σώματα που βρίσκονται στο εσωτερικό του φούρνου. Η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα μαύρα μαγειρικά σκεύη που χρησιμοποιούμε και από μια μαύρη μεταλλική βάση που τοποθετούμε στο κάτω μέρος του εσωτερικού κουτιού, μετατρέπεται κατά ένα μέρος σε θερμική ενέργεια. Τα σώματα αυτά εκπέμπουν κατά κανόνα υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία, κατά 50% περίπου, εγκλωβίζεται μέσα στο φούρνο, με τη βοήθεια του τζαμιού. Το ανακλώμενο φως από τα τοιχώματα του εσωτερικού του φούρνου είτε απορροφάται από άλλα υλικά είτε διαπερνά και πάλι το τζάμι προς τα έξω. Τοποθετώντας ένα διπλό τζάμι έχουμε λιγότερες απώλειες ενέργειας και ανεβάζουμε σημαντικά την απόδοση του φούρνου. Για να αυξήσουμε την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μπορούμε να τοποθετήσουμε ανακλαστήρες, χρησιμοποιώντας ένα ασφαλές και αποδοτικό ανακλαστικό υλικό όπως αλουμινοχαρτό ή λεπτά φύλλα αλουμινίου. Πρέπει να προσέχουμε τα μάτια μας από τις ανακλάσεις των πολύ γυαλιστερών υλικών (π.χ. ανοξείδωτα μέταλλα ή καθρέπτες), γιατί μπορεί να μας βλάψουν. Εάν όμως φοράμε γυαλιά ηλίου

και κοιτάζουμε τους φούρνους από τα πλάγια, προστατευόμαστε σε σημαντικό βαθμό και δε διατρέχουμε κίνδυνο.

Για το Πανηγύρι μας κατασκευάσαμε **ηλιακούς φούρνους** που ήταν κυρίως δύο κατηγοριών:

- φούρνοι από δύο χαρτόκουτες με καπάκι και χωρίς καπάκι, όπως περιγράψαμε παραπάνω
- ανοιχτοί φούρνοι με όρθια πλαίσια ανακλαστήρων, κυρίως πτυσσόμενοι, με μια δική μας πατέντα συναρμολόγησης

Χρησιμοποιήσαμε κυρίως απλά υλικά και ανακυκλώσαμε κάποια με δεύτερη χρήση όπως: χαρτόκουτες, χαρτόνι συσκευασίας, αλουμινόχαρτο, άσπρη κόλλα, αλουμινοταινία και χαρτοταινία, τζάμι, κομμάτια τσόχας κ.ά. (πρβλ. ενδεικτικά **Φωτ. 3 & 4**)



Φωτ. 3: Ηλιακοί φούρνοι από χαρτόκουτες, όπως παρουσιάστηκαν στο Πανηγύρι, ψήνοντας μπισκότα και κέικ για τα παιδιά και τους επισκέπτες σε θερμοκρασίες από 110 έως 120 °C.



Φωτ. 4: Ένας ανοικτός ηλιακός φούρνος με όρθια πλαίσια ανακλαστήρων, όπως παρουσιάστηκε στο Πανηγύρι από αυτό το ζευγάρι παιδιών, ενώ ψήνει κουλουράκια που έπειτα μοιράστηκαν στους παρευρισκόμενους.

Αξίζει να δούμε με περισσότερες λεπτομέρειες την κατασκευή των **ηλιακών παιχνιδιών** (ηλιακά αυτοκινητάκια και ηλιακά σκάφη) προκειμένου να αντιληφθούμε την αυθεντικότητα των προβλημάτων που καλούνταν να επιλύσουν δάσκαλοι και παιδιά. Η προετοιμασία, το ψάξιμο και οι πειραματισμοί για την κατασκευή των μικρών ηλιακών **αυτοκινήτων-μοντέλων** μας πήραν αρκετό χρόνο. Είχαμε να μάθουμε πολλά πράγματα για το τι είδους υλικό θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε στην κατασκευή του **σασί** των αυτοκινήτων, δηλαδή της βασικής πλακέτας ή του "σώματος" του αυτοκινήτου. Χρησιμοποιήσαμε υλικά όπως: κυματιστό χαρτόνι, λεπτό νοβοπάν, κόντρα πλακέ, μάλσα, μακετόχαρτο, πλεξιγκλάς, φελιζόλ, αλλά και χάρτινα κουτιά από γάλα ή ακόμα πλαστικά μπουκάλια από διάφορες συσκευασίες.

Οι **ρόδες** θα πρέπει να είναι ελαφριές, καλοφτιαγμένες και καλά προσαρμοσμένες πάνω στους άξονες για να προχωράει "ίσια" το ηλιακό μας αυτοκινητάκι. Χρησιμοποιήσαμε **άξονες** ξύλινους και μεταλλικούς με σπείρωμα ή χωρίς, με διάφορες διαμέτρους και μήκη, ανάλογα με τις ρόδες που προσαρμόζαμε κάθε φορά. Οι ξύλινοι άξονες είχαν συνήθως περισσότερες τριβές μέσα στα αυτοσχέδια "σωληνάκια" όπου περιστρέφονταν και συχνά στράβωναν ελαφρά δημιουργώντας προβλήματα στην κίνηση. Οι μεταλλικοί άξονες με σπείρωμα παρείχαν ευκολίες στην προσαρμογή των τροχών, ειδικά εκείνων που ήταν φτιαγμένοι από συνθετικό καουτσούκ ή ακόμα και των πλαστικών. Δημιουργούσαν, όμως, αρκετές τριβές μέσα στα πλαστικά "σωληνάκια" που περιστρέφονταν, τα οποία ήταν κολλημένα πάνω στο σασί του αυτοκινήτου. Τελικά καταλήξαμε σε λείους, κυλινδρικούς, μεταλλικούς άξονες, οι οποίοι περιστρέφονταν μέσα σε σκληρά πλαστικά σωληνάκια με εσωτερική διάμετρο 1-2 χιλιοστά μεγαλύτερη από την εξωτερική διάμετρο των αξόνων. Επιπλέον, με την προσθήκη λαδιού οι τριβές μειώθηκαν σημαντικά.

Οι μικροί **ηλεκτρικοί κινητήρες** (μοτεράκια) θα έπρεπε να είναι χαμηλών τριβών (ηλιακά μοτεράκια) και κατά προτίμηση με χαμηλές στροφές και μεγάλες ροπές, αν και τα πράγματα μπορούν να διορθωθούν (ή και να χειροτερέψουν) με ένα κατάλληλο σύστημα μεταφοράς της κίνησης από τον άξονα του κινητήρα στον άξονα των τροχών. Ένα μεγάλο πρόβλημα που κληθήκαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν η μεταφορά της κίνησης από τον άξονα του μοτέρ στον άξονα των τροχών. Επιχειρήσαμε μεταφορά κίνησης με 3 διαφορετικούς τρόπους: α) με ένα μικρό και ένα μεγάλο γρανάτζι, β) με ένα γρανάτζι και ένα ατέρμονα κοχλία και γ) με μία μικρή, μια μεγάλη τροχαλία και ένα λαστιχάκι. Στην πρώτη περίπτωση, η μεταφορά της κίνησης από τον

άξονα του μοτέρ με ένα μικρό γρανάζι στον άξονα των τροχών με ένα μεγαλύτερο γρανάζι ήταν σχετικά επιτυχής και τα αυτοκινητάκια κινούνταν με ευκολία σε λείες επιφάνειες, όπως επάνω σε ένα τραπέζι ή στο μαρμάρινο σκαλοπάτι της εξωτερικής σκάλας του Σχολείου. Όταν όμως τα βάζαμε πάνω στην άσφαλτο της αυλής, τότε είτε κινούνταν με μεγάλη δυσκολία είτε παρέμεναν ακίνητα. Η δεύτερη περίπτωση με τον ατέρμονα κοχλία προσαρμοσμένο στον άξονα περιστροφής του μοτέρ και ένα γρανάζι επάνω στον άξονα των τροχών φαίνεται να είχε τα περισσότερα προβλήματα, μια και ουσιαστικά δεν καταφέραμε να έχουμε κίνηση στα μικρά μας οχήματα. Συνεπώς, η ιδέα αυτή για τη μεταφορά της κίνησης εγκαταλείφθηκε νωρίς. Στην τρίτη περίπτωση είχαμε μια διάταξη με μια μικρή τροχαλία προσαρμοσμένη πάνω στον άξονα του μοτέρ και μια μεγαλύτερη τροχαλία (τετραπλάσια σε διάμετρο και άνω), προσαρμοσμένη επάνω στον άξονα των τροχών, η οποία συνδεόταν με τη μικρή τροχαλία με ένα λαστιχάκι. Μεταφερόταν, έτσι, η κίνηση από τον άξονα του μοτέρ στον άξονα των τροχών συνεχόμενα και αδιάλειπτα, με αποτέλεσμα να έχουμε την καλύτερη κίνηση από όλες τις παραπάνω περιπτώσεις. Τα αυτοκινητάκια μας κινούνταν ακόμα και πάνω στην ανηφορική επιφάνεια της ασφάλτου της αυλής χωρίς πρόβλημα και αρκετά γρήγορα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν ελαφριά και να αποδίδουν αρκετά ώστε να παρέχουν το ηλεκτρικό ρεύμα που χρειαζόταν για να λειτουργήσουν τα μοτεράκια. Αρχικά επιχειρήσαμε να χρησιμοποιήσουμε 3 φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφης σιλκόνης (κινεζικής προέλευσης) των 0,45 Volt/400mA συνδεδεμένα σε σειρά, αλλά ήταν αρκετά βαριά και το όχημά μας κινούνταν μόνο εάν κρατούσαμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο χέρι μας και δεν τα στηρίζαμε επάνω στο αυτοκινητάκι. Τελικά χρησιμοποιήσαμε πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (γερμανικής προέλευσης) των 2 Volt/400mA, τα οποία είχαν περίπου το ίδιο βάρος όσο 1 από τα προηγούμενα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφης σιλκόνης. Συνεπώς, ήταν πολύ ελαφρύτερα για την κατασκευή μας, ενώ συγχρόνως απέδιδαν περίπου όσο 4 συνδεδεμένα στη σειρά από τα προηγούμενα.

Όπως είναι γνωστό, η σύνθεση είναι πάντοτε κάτι παραπάνω από το άθροισμα των επί μέρους κομματιών και έτσι χρειάστηκε αρκετή δουλειά στη συναρμολόγηση όλων των παραπάνω, μέχρι να πάρουμε το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα. Για να κολλήσουμε τα διάφορα μέρη των αυτοκινήτων μας χρησιμοποιήσαμε κυρίως θερμοσιλικόνη με πιστόλι θερμοκόλλησης, που κολλά γρήγορα και σταθερά, ενώ επίσης ξεκολλά σχετικά εύκολα με λίγο ζέσταμα, για τη διόρθωση των λαθών μας. Έτσι κολλήσαμε τα πλαστικά σωληνάκια ή "μακαρόνια" στο κάτω μέρος των σασί των οχημάτων μας, μέσα στα οποία πέρασαν οι άξονες με τις ρόδες, καθώς επίσης και τα μοτεράκια επάνω στα σασί, χωρίς να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε αντίστοιχες βάσεις στήριξης. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία φροντίσαμε να τα σφηνώνουμε επάνω στο σασί σε αυτοσχέδιες "θήκες" που κατασκευάζαμε κυρίως από μακετόχαρτο και ξυλάκια, για να μπεινοβγαίνουν εύκολα και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες κατασκευές. Κατασκευάσαμε καλώδια με κροκοδειλάκια για να ενώσουμε τις ακίδες των μοτέρ με εκείνες των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τέλος, βάψαμε τα αυτοκινητάκια μας χρησιμοποιώντας απλές ακριλικές μπόγιες (πρβλ. ενδεικτικά Φωτ. 5 & 6).



Φωτ. 5: Παιδιά επισκέπτες εισάγονται στα «ηλιακά αυτοκινητάκια» από ένα παιδί του Πανηγυριού, που τους εξηγεί πώς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να ειδοθούν ως ενεργειακοί μετατροπείς.



Φωτ. 6: Τα παιδιά παρακολουθούν και παίζουν με τα «ηλιακά σκάφη» που πλέουν στη μικρή «λιμνούλα» που είχαμε κατασκευάσει για το Πανηγύρι μας.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΣΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Φαίνεται ότι κεντρίστηκε και να ενεργοποιήθηκε το ενδιαφέρον των παιδιών μέσα από τη συμμετοχή τους σε μια προσπάθεια να δημιουργήσουν λειτουργικά μοντέλα εφαρμογών ηλιακής ενέργειας. Ίσως η ουσία και η εκπαιδευτική αξία του όλου εγχειρήματος να είναι αυτή η ιδιαίτερη εμπρόθετη δραστηριότητα, όπου τα παιδιά εμπλέκονται ενεργά σε ένα σχέδιο εργασίας (project), το οποίο θεωρούν δικό τους, και αισθάνονται μια εσωτερική δέσμευση να το ολοκληρώσουν μέσα σε ένα πλαίσιο προσωπικής και συλλογικής δημιουργίας και συμβολής.

Αυτή η δέσμευση βρίσκεται στο σκληρό πυρήνα ενός τέτοιου Προγράμματος το οποίο συνδυάζει τυπικές και μη τυπικές διδακτικές και μαθησιακές διαδικασίες, ενώ φαίνεται να διεγείρει πολλά από εκείνα τα εννοιολογικά, επικοινωνιακά και εφευρετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που συγκροτούν ένα ευρύτερο πλαίσιο της "επιστημονικής γνώσης πάνω στη δράση" με δραστηριότητες βασισμένες πάνω σε αυθεντικά προβλήματα και καθημερινές περιστάσεις.

Παρά την κριτική και τις προβλέψεις σκεπτικιστών ότι η ηλιακή ενέργεια δεν θα «τρέξει» ποτέ τον κόσμο, τουλάχιστον όχι μέσα σε ένα άμεσο «ρόδινο» ηλιακό μέλλον (βλ. Hayden, 2001), τα παιδιά που συμμετείχαν στο πανηγύρι της επιστήμης, και ίσως μερικοί από τους επισκέπτες, φαίνεται να ευαισθητοποιήθηκαν ιδιαίτερα για τις διαθέσιμες εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας με ιδιοκατασκευές και απλά υλικά, είδαν κάποιες από αυτές να δουλεύουν στην πράξη και αντιλήφθηκαν μερικούς από τους περιορισμούς τους και τη συζητήσιμη ή αμφισβητήσιμη δυναμική τους εξέλιξη.

Σημειώνεται επίσης ότι αυτό το ΣΠΠΕ αποτέλεσε τη βάση για τη συγκρότηση πρότασης Σχεδίου Comenius 1.1 με συντονισμό του 9^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου και με σύμπραξη σχολείων από 6 Ευρωπαϊκές χώρες (Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Μάλτα, Ελλάδα και Κύπρος), με θέμα «*Ηλιακή Ενέργεια: Ενημέρωση & Δράση*», το οποίο ευελπιστούμε ότι θα εγκριθεί και θα αρχίσει να τρέχει από τον προσεχή Σεπτέμβριο 2005, με βάθος τριετίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bernard, R. (1999), *La Cuisson Solaire Facile*, Editions Jouvence.
2. Centre for Alternative Technology (CAT) (1997), *Teacher's Guide to Renewable Energy Projects: Solar Heating*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
3. Centre for Alternative Technology (CAT) (1999), *Teaching about Energy: Practical Activities for 7-11 olds*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
4. Centre for Alternative Technology (CAT) (2000a), *A pupil's Guide to Solar Power*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
5. Centre for Alternative Technology (CAT) (2000b), *Tapping the sun: A guide to water solar heating*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
6. Centre for Alternative Technology (CAT) (2001), *Teacher's Guide to Solar Electricity Projects*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
7. Daley, M. (1998), *Amazing sun fun activities*, New York: McGraw-Hill.
8. Department of Energy (DOE) (1995), *Solar Energy Science Projects*, USA. Available at URL: < <http://www.eia.doe.gov/energy> >.
9. Fredericks, A. D. & Asimov, I. (1990), *The complete science fair handbook*. Illinois: Good Year Books.
10. Global Solar Partners (2000a) *Energy for the 21st Century: Solar exchange Unit*. Published by the Association for Science Education, Hatfield: U.K., URL: < <http://www.solarpartners.org/plans.html> >.
11. Global Solar Partners (2000b), *Energy for the 21st Century: Study Notes and Activities (Ages 11-16)*. Published by the Association for Science Education, Hatfield: U.K., URL: < <http://www.solarpartners.org/plans.html> >.
12. Gurley, H. & Larson, B. (1992), *Sunlight Works: Solar Science Educational Activities for Children*, Arizona: SunLight Works.
13. Halacy, B. & Halacy, D. (1992), *Cooking with the sun: How to build and use solar cookers*, Lafayette: Morning Sun Press.
14. Halacy, B. & Halacy, D. (1997), *Solar StoveTop Cooker*, Lafayette: Morning Sun Press.
15. Hayden, H.C. (2001) *The Solar Fraud: Why solar energy won't run the world*, Vales Lake Publishing, LCC.

16. Institute for the Diversification and Saving of Energy (IDEA) (2000), *Renewable Energy for Europe: Campaign for Take-Off*, European Commission, printed in Spain. URL: < www.idae.es >.
17. Kerr, B.P. (1991) *The expanding world of solar box cookers*. ISBN: 096326740X. URL: < <http://www.accessone.com/~sbcn/kerr.htm> >.
18. Kofalk, H. (1995), *Solar Cooking*, Summertown: Book Publishing Company.
19. Komp, R. (2001) (3rd Edition.), *Practical Photovoltaics: Electricity from Solar Cells*, Michigan: AATEC publications.
20. Narayanaswamy, S. (2001). *Making the Most of Sunshine: A Handbook of Solar Energy for the Common Man*, New Delhi: Vikas.
21. National Energy Foundation (NEF) (1991), *Science projects in renewable energy and energy efficiency*, Salt Lake City: USA.
22. National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2001), So ... *You Want to Build a Model Solar Car*. Available at URL: < <http://www.nrel.gov/education/student/natjss.html> >.
23. Radabaugh, J. (1998). *Heaven's Flame: A Guide to Solar Cookers*, Ashland: Home Power Publishing.
24. Technology for Life (eds.) (1998), *Something new under the sun: Manual for solar box cookers - How to build and use them*, Helsinki, Finland. URL: < <http://www.kaapeli.fi/~tep/man/manual.html> >.
25. Todd, J.J. & Miller, S. (2001), Performance Testing of Cardboard Solar Box Cookers. Paper presented at the "Women Leaders on Uptake of Renewable Energy Technology Seminar", Murdoch University, Perth, Western Australia, 27 June-4 July. URL: < <http://acre.murdoch.edu.au/unep/frameset.htm> >.
26. Trimby, P. (1999), *Solar Water Heating: A DIY Guide*, Devon: Southgate Publishers Ltd.
27. Tsagliotis, N. (2004a), Conceptual change in the teaching and learning of solar energy with 6th grade primary school children in Greece. Paper presented at the "4th EARLI European Symposium on Conceptual Change: Philosophical, Historical, Psychological and Educational Approaches", Delphi, Greece, May 19-22.
28. Tsagliotis, N. (2004b), A science fair on solar energy with 6th grade primary school children in Greece. Paper presented at the 1st International Conference on "Hands-on Science: Teaching and Learning Science in the XXI Century", Faculty of Computer and Information Science, University of Ljubljana, Slovenia, 5th - 9th July. (URL: < <http://www.hsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/section.html#physics> >) [Project "Hands-on Science" contract number 110157-CP-1-2003-1-PT-COMENIUS-C3].
29. Van Cleave, J. (2000), *Guide to more of the Best Science Fair Projects*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
30. Κολιόπουλος, Δ. (2005), *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Μεταίχμιο.