

ΤΟΓΙΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

« ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ »

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

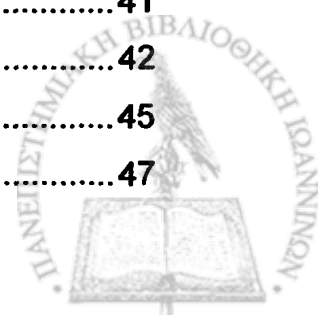
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2009



Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	3
Μονάδες μέτρησης.....	5
Συντομογραφίες.....	6
Εισαγωγή.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	8
1.1 Ορισμός Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.....	8
1.2 Σκοποί και στόχοι ΠΕ.....	10
1.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της ΠΕ	15
1.4 Διδακτικό μοντέλο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.....	16
1.5 Μελέτη στο πεδίο.....	19
1.6 Μέθοδος Project	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	26
2.1 Το ενεργειακό ζήτημα	26
2.2 Συμβατικά καύσιμα	27
2.2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2.2 Άνθρακας.....	28
2.2.3 Πετρέλαιο.....	30
2.2.4 Φυσικό αέριο.....	31
2.3 Εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις	34
2.3.1 Αποτελεσματική χρήση ενέργειας	35
2.3.2 Ανακύκλωση	35
2.3.3 Πυρηνική Ενέργεια.....	36
2.3.3.1 Εισαγωγή.....	36
2.3.3.2 Ραδιενεργός ακτινοβολία	37
2.3.3.3 Η πυρηνική ενέργεια ως λύση στο ενεργειακό ζήτημα	38
2.3.3.4 Σύγκριση πυρηνικής ενέργειας και άνθρακα	40
2.3.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	41
3.1.Εισαγωγή.....	41
3.2. Ορισμός και χαρακτηριστικά ΑΠΕ	42
3.2.1 Παράγοντες που οδήγησαν στην αναβίωση των ΑΠΕ.....	45
3.2.2 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ	47



3.3 Ηλιακή Ενέργεια.....	49
3.3.1 Ιστορική αναδρομή.....	49
3.3.2 Ηλιακή ενέργεια	50
3.3.3 Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας	52
3.3.4 Πλεονεκτήματα ηλιακής ενέργειας	54
3.3.5 Μειονεκτήματα ηλιακής ενέργειας	55
3.3.6 Φωτοβολταϊκά Συστήματα	56
3.3.6.1 Εισαγωγή.....	56
3.3.6.2 Λειτουργία Φ/β συστημάτων	57
3.3.6.3 Εγκατάσταση Φ/β	59
3.3.6.4 Χαρακτηριστικά των Φ/β συστημάτων	62
3.3.6.5 Κόστος λειτουργίας Φ/β	62
3.4 Αιολική ενέργεια.....	63
3.4.1 Εισαγωγή.....	63
3.4.2 Ιστορική αναδρομή.....	64
3.4.3 Ανεμογεννήτριες	66
3.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας	71
3.4.5 Οικονομικά μεγέθη των αιολικών εγκαταστάσεων	74
3.5 Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	75
3.5.1 Παλιρροιακή ενέργεια.....	81
3.5.2 Ωκεάνια θερμοηλεκτρική ενέργεια.....	82
3.5.3 Κυματική ενέργεια	82
3.6 Γεωθερμική ενέργεια.....	83
3.7 Ενέργεια από βιομάζα.....	89
3.7.1 Εισαγωγή.....	89
3.7.2 Τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΕΚΠΟΝΗΣΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ- ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ	
ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»	100
4.1 Ενδεικτικό μεθοδολογικό πλαίσιο ανάπτυξης προγράμματος.....	100
4.2 Σχεδιασμός – Υλοποίηση Περιβαλλοντικού Προγράμματος «Ανανεώσιμες	
Πηγές Ενέργειας»	102
Επίλογος.....	134
Βιβλιογραφία.....	136

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο εκπονείται ένα εκπαιδευτικό περιβαλλοντικό πρόγραμμα με θέμα «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» και συνιστά μια προσπάθεια πρακτικής εφαρμογής των θεωριών και των αρχών της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε, διότι η ενέργεια συνιστά ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, καθώς είναι άμεσα συνυφασμένη με το υπερκαταναλωτικό πρότυπο των σύγχρονων κοινωνιών και η κακή και μη αποτελεσματική χρήση της μπορεί να προκαλέσει πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι μέθοδοι που ενδείκνυνται για την εκπόνηση του εν λόγω προγράμματος είναι η μέθοδος Project και η Μελέτη στο Πεδίο. Η μέθοδος Project (βιωματική – συνεργατική μέθοδος) επιλέχθηκε, διότι έχει τη δυνατότητα ένταξης στο ωρολόγιο και αναλυτικό σχολικό πρόγραμμα και δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό όχι απλά να μεταδώσει γνώσεις αλλά να διδάξει τους μαθητές «πώς να μαθαίνουν».

Η μελέτη στο πεδίο δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να βγουν από τη σχολική αίθουσα και να ανακαλύψουν μόνοι τους τη γνώση. Οι μαθητές επισκέπτονται χώρους σχετικούς με το εκάστοτε θέμα μελέτης και έρευνάς τους και έρχονται σε άμεση επαφή με τα περιβαλλοντικά θέματα.

Στις μέρες μας το ενεργειακό ζήτημα έχει λάβει ανησυχητικές διαστάσεις. Η υπερκατανάλωση των ορυκτών μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και η επικείμενη εξάντλησή τους είναι απόρροια της έλλειψης περιβαλλοντικής συνείδησης, η οποία πρέπει να διαμορφώνεται από τα πρώτα στάδια ζωής του ανθρώπου.

Το Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» αποσκοπεί στην ενημέρωση των μαθητών για το ενεργειακό ζήτημα καθώς και στην διαμόρφωση θετικής στάσης προς τις εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις όπως είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επόπτη καθηγητή της μεταπτυχιακής διατριβής μου, Καθηγητή κ. Κατσίκη Απόστολο για την ουσιαστική καθοδήγησή του αλλά και την ηθική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια φοίτησής μου.

Ευχαριστίες, επίσης, οφείλω στη μητέρα μου, Τόγια Ελένη, εκπαιδευτικό και υπεύθυνη Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο Δημοτικό Σχολείο Αρχαίας Επιδαύρου, για τη σημαντική βοήθειά της και τις πολύτιμες συμβουλές της όσον αφορά τον τρόπο εκπόνησης ενός περιβαλλοντικού προγράμματος, καθώς και στον καθηγητή μου κ. Μαθόπουλο Δημήτρη για τη σημαντική συμβολή και βοήθειά του μέχρι σήμερα.

Κατά τη διαδικασία συγγραφής της εργασίας πολύτιμη ήταν η βοήθεια του αγαπημένου μου φίλου, Κολιανδρή Χρήστου, που του έδωσα μια καλή ευκαιρία να αξιοποιήσει τις γνώσεις του στους Η/Υ και τις ξένες γλώσσες.

Τέλος, τις θερμές ευχαριστίες μου οφείλω στους καλούς μου φίλους Τζομάκα Αλέξανδρο και Μποτέτσιου Ελένη, καθώς και στον πατέρα μου για τη συνεχή βοήθεια, ενθάρρυνση και υποστήριξη που μου προσφέρει σε κάθε μου προσπάθεια.

Μονάδες μέτρησης

Μήκους

1mm = 1 χιλιοστό

1m = 1 μέτρο

1 km = 1 χιλιόμετρο

Μάζας

1 gr = 1 γραμμάριο

1 kg = 1 χιλιόγραμμα = 1 κιλό

Ενέργειας

1J = 1 Joule

1 kW = 1 Kilowatt (κιλοβάτ) = 1000 Watt

1 Kwh = 1 Kilowatt – hour (κιλοβατώρα)

1 Gwh = 1 Gigawatt – hour (γιγαβατώρα)

1 Twh = 1 terrawatt – hour (τεραβατώρα)

1 MW = 1.000.000 Watt (μεγαβάτ)

1GW = 1.000.000.000 Watt (γιγαβάτ)

1 TW = 1.000.000.000.000 Watt (τεραβάτ)

Χρόνου

1 sec = 1 δευτερόλεπτο

Θορύβου

1 dB(A) = 1 ντεσιμπέλ

Θερμοκρασίας

1° C = 1 βαθμός Κελσίου

1 K = 1 βαθμός Kelvin (Κελβιν)

Συντομογραφίες

ΑΑ = Ατομικός Αριθμός.

Α/Γ = Ανεμογεννήτρια.

ΑΠΕ = Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

ΔΕΗ = Δημοτική Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.

ΔΟΕ = Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας.

ΕΕ = Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΗΠΑ = Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

FAO = Food and Agriculture Organization, Οργανισμός κάτω από την ομπρέλα των Ηνωμένων Εθνών που ασχολείται με την τροφή και την αγροτική παραγωγή σε παγκόσμια κλίμακα.

IUCN = World Conservation Union, Παγκόσμια Ένωση για την Προστασία της Φύσης.

ΚΑΠΕ = Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

ΠΑ = Περιβαλλοντική Αγωγή.

ΠΕ = Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

UNESCO = United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization.

Φ/β = Φωτοβολταϊκά.

ΧΥΤΑ = Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.

Εισαγωγή

Στις μέρες μας, κάθε άνθρωπος, από τον πιο απλό πολίτη ως τον πιο εξειδικευμένο επιστήμονα, είναι σε θέση να κατανοήσει σε μεγάλο βαθμό τις διάφορες μεταβολές που συμβαίνουν στη φυσιογνωμία του οικοσυστήματος «Πλανήτη Γη».

Οι επιπτώσεις των ανθρώπινων παρεμβάσεων στις φυσικές διεργασίες για την κάλυψη των αναγκών τους, δεν αποτυπώνονται μόνο στην ποιότητα της ανθρώπινης ζωής, αλλά επηρεάζουν και την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Το τροποποιημένο πλέον περιβάλλον δε συνάδει με την αρχή της αειφορίας, με αποτέλεσμα να υπονομεύει την πιθανότητα ποιοτικής διαβίωσης αλλά και επιβίωσης των επόμενων γενεών (Τσαμιτούκου – Σκαναβή, 2004).

Τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε σήμερα, όπως η πληθυσμιακή αύξηση, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η εξαφάνιση των φυτών και των ζώων, η καταστροφή της άγριας ζωής, η ρύπανση εδάφους και νερού και αέρα, αυξάνουν με ανησυχητικούς ρυθμούς. Καθώς ο αριθμός των ανθρώπων και κατ' επέκταση η χρήση φυσικών πόρων αυξάνονται δραστικά, δημιουργείται πρόβλημα με την ικανότητα της γης να διατηρήσει στη ζωή τα διάφορα είδη.

Η ουσιαστική λύση των περιβαλλοντικών προβλημάτων εντοπίζεται σε μια αλλαγή θέασης, από την ανθρωποκεντρική άποψη αντιμετώπισης του κόσμου, προς μια βιοκεντρική, όπου η ανθρωπότητα θα αναγνωρίζει ότι είναι πλέον επιτακτική ανάγκη να συμπορεύεται με τον πλανήτη, παρά να κυριαρχεί πάνω σε αυτόν. Επομένως, κρίνεται αναγκαία για τη βιωσιμότητα του πλανήτη, η διάδοση θεμελιωδών γνώσεων, η ριζική αλλαγή των κοινωνικών αντιλήψεων, νοοτροπιών, στάσεων και, το σημαντικότερο, των συμπεριφορών που συνέβαλλαν στη δημιουργία της περιβαλλοντικής κρίσης. Η διαμόρφωση τους πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε να λαμβάνουν πάντοτε υπόψη τον παράγοντα περιβάλλον, όχι σαν κάτι εξωτερικό και απομονωμένο από τον άνθρωπο, αλλά σαν καθοριστικό παράγοντα για την ανθρώπινη επιβίωση.

Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαίο πια, να επικρατήσει ένα παγκόσμιο ήθος, που θα οδηγήσει σε στάσεις και αξίες προσαρμοσμένες με τη θέση της ανθρωπότητας μέσα στη βιόσφαιρα.

Για να επικρατήσει ένα τέτοιο ήθος, σημαντικό ρόλο παίζει η μεταρρύθμιση εκπαιδευτικών διαδικασιών και συστημάτων. Μέσα από αυτή την ανάγκη για μια νέα αγωγή και εκπαίδευση, διαμορφώθηκε η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

Η ΠΕ υπάρχει από τότε που υπάρχει και ο άνθρωπος, διαφοροποιείται όμως μέσα στο χρόνο ανάλογα με τις φάσεις του ανθρώπινου πολιτισμού, τη γνώση και την αντίληψη που έχει ο άνθρωπος με το περιβάλλον και τη σχέση που το συνδέει με αυτό.

Στο πέρασμα του χρόνου η ΠΕ αποτέλεσε τμήμα πολλών τομέων γνώσης. Τα εκπαιδευτικά συστήματα περιλαμβάνουν στα εκπαιδευτικά προγράμματά τους γνωστικούς τομείς που σχετίζονται με τη θεώρηση του περιβάλλοντος ως αντικειμένου μάθησης και πεδίου εξερεύνησης. Η επεξεργασία των θεμάτων αυτών υλοποιείται στο πλαίσιο μαθημάτων που διδάσκονται σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Έτσι, η περιβαλλοντική γνώση αποκτάται μέσω της εμπειρίας, η οποία οικοδομείται μέσα στο περιβάλλον (Φλογαΐτη, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

1.1 Ορισμός Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) προήλθε μέσα από το διεθνές περιβαλλοντικό κίνημα που αναπτύχθηκε τις δεκαετίες του 1960-1970. Ο όρος Περιβαλλοντική Εκπαίδευση διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον Thomas Pritchard, σε διάσκεψη της Παγκόσμιας Ένωσης για τη Προστασία της Φύσης (IUCN) στο Παρίσι, το 1948 (Palmer, 1998).

Ο όρος Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στα ελληνικά αποτελεί ουσιαστικά μετάφραση του αγγλικού "Environmental Education". Ωστόσο, η σημασία της αγγλικής λέξης "education" δεν αποδίδεται πλήρως με την ελληνική λέξη «εκπαίδευση», αφού εμπεριέχει και άλλα στοιχεία, τα οποία στην ελληνική γλώσσα αποδίδονται με άλλες λέξεις όπως «παιδεία» ή «αγωγή» (Σοφούλης και Καραμπάτσα, 1992). Οι Bloom και Krathwohl (1991) διέκριναν δύο ομάδες

διδασκικών σκοπών: γνωστικούς (μετάδοση γνώσεων και δεξιοτήτων) και συναισθηματικούς (διαμόρφωση αξιών, στάσεων και συμπεριφορών). Η «εκπαίδευση» επιδιώκει την επίτευξη γνωστικών σκοπών, θεωρώντας πως οι συναισθηματικοί σκοποί θα προκύψουν από την επιτυχή μετάδοση γνώσεων και δεξιοτήτων, ενώ η «αγωγή» επιζητά τη διαμόρφωση συγκεκριμένων αξιών, στάσεων και συμπεριφορών (Ράπτης, 2000).

Επομένως, παρόλο που ο όρος που εμφανίζεται συχνότερα είναι εκείνος της ΠΕ, εννοείται ή θα έπρεπε να εννοείται εκείνος της Περιβαλλοντικής Αγωγής (Π.Α).

Το 1970, στη Νεβάδα, δίνεται ο ακόλουθος πρώτος ορισμός της ΠΕ, που αποτέλεσε και τη βάση για τους ορισμούς που επακολούθησαν: «*Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι η διαδικασία, που οδηγεί, με την αναγνώριση αξιών και τη διασφήνιση εννοιών, στην ανάπτυξη των ικανοτήτων και των στάσεων που είναι απαραίτητες για την κατανόηση και την εκτίμηση της συσχέτισης ανθρώπου, πολιτισμού και βιοφυσικού περιβάλλοντος. Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση συνεπάγεται, επίσης, άσκηση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τη διαμόρφωση ενός κώδικα συμπεριφοράς του κάθε ατόμου ξεχωριστά γύρω από τα προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του περιβάλλοντος*» (IUCN, 1970).

Το 1977, στην Τιφλίδα της Γεωργίας, όπου διευκρινίζονται οι έννοιες, οι στόχοι και οι αρχές της ΠΕ, δόθηκε ο ακόλουθος ορισμός: «*Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι μια διαδικασία διαμόρφωσης ενός παγκόσμιου πληθυσμού, που να είναι ενήμερος και να ενδιαφέρεται για το περιβάλλον και τα προβλήματα του και να έχει τη γνώση, τις δεξιότητες, τις στάσεις και τη διάθεση να εργάζεται ατομικά και συλλογικά, για την επίλυση τρεχόντων περιβαλλοντικών προβλημάτων και πρόληψη νέων*» (UNESCO, 1978).

Η ΠΕ προωθεί την ανάπτυξη σαφούς αντίληψης και ενδιαφέροντος για την οικονομική, πολιτική, κοινωνική και οικολογική αλληλεξάρτηση σε αστικές και αγροτικές περιοχές. Παρέχει σε κάθε άτομο δυνατότητα απόκτησης γνώσεων, αξιών, στάσεων, αφοσίωσης και δεξιοτήτων που χρειάζονται για να προστατεύσει το περιβάλλον. Συμβάλλει στη δημιουργία νέων προτύπων συμπεριφοράς ατόμων, ομάδων, κοινωνιών προς το περιβάλλον (Γεωργόπουλος και Τσαλίκη, 1993)

Η ΠΕ μπορεί να θεωρηθεί σαν μια σειρά σταδίων που ξεκινούν από την ευαισθητοποίηση και τελειώνουν στη δράση. Τα στάδια αυτά στην πράξη δεν είναι τόσο διακριτά όσο παρουσιάζονται στη θεωρία. Σύμφωνα με τον Correr, τα στάδια αυτά αλληλοσυνδέονται και έτσι μπορούμε να αρχίσουμε από οπουδήποτε (Κουλαΐδης και Μαραγγουδάκη, 1998)

1.2 Σκοποί και στόχοι ΠΕ

Η ΠΕ έχει ως στόχο να ευαισθητοποιήσει τους πολίτες και τις κοινωνικές ομάδες μέσω της γνώσης, ούτως ώστε να είναι σε θέση να δράσουν ατομικά και συλλογικά για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ειδικότερα, κεντρικός σκοπός της ΠΕ θεωρείται η διάπλαση «περιβαλλοντικά υπεύθυνων πολιτών και κοινωνικών ομάδων» που θα είναι σε θέση να παίξουν καταλυτικό ρόλο στη διασφάλιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ζωής γενικότερα. Αποσκοπεί, λοιπόν, στη διαμόρφωση πολιτών με οικολογική παιδεία και συνείδηση, ενεργούς στο κοινωνικό πεδίο. Οι οικολογικά υπεύθυνοι πολίτες, θα έχουν κατανοήσει τις λειτουργίες του περιβάλλοντος, θα ενδιαφέρονται για αυτό, θα συμμετέχουν ενεργά στην προστασία του και θα είναι σε θέση να προτείνουν λύσεις για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων (Φλογαΐτη, 1998).

Σήμερα, η γνώση, η τεχνολογία, οι αξίες και η ίδια η φύση διαφοροποιούνται, πολλές φορές ριζικά, στη διάρκεια μιας και μόνο ανθρώπινης ζωής. Ως εκ τούτου, η ΠΕ χρειάζεται να είναι συνεχής κινητοποιώντας όλες τις εκπαιδευτικές δομές ώστε να ξεπερνάει τα γεγονότα και να προλαμβάνει μελλοντικές καταστάσεις που απειλούν την ποιότητα του περιβάλλοντος και της ζωής.

Στις διασκέψεις του Βελιγραδίου τέθηκαν οι στόχοι της ΠΕ και στην Τιφλίδα αναλύθηκαν οι σκοποί, βασικές αρχές και τα χαρακτηριστικά της ΠΕ:

Στόχοι ΠΕ (Χάρτα Βελιγραδίου)

- **Συνειδητοποίηση:** Άτομα και κοινωνικές ομάδες κατανοούν:
 - Το περιβάλλον ως ενιαίο σύνολο
 - Τα προβλήματα του και
 - Τον καθοριστικό ρόλο του ανθρώπου στην επίλυση τους
- **Γνώση :** Άτομα και κοινωνικές ομάδες κατανοούν:
 - Το περιβάλλον στο σύνολο του
 - Τα προβλήματα του
 - Το ρόλο του ανθρώπου μέσα σε αυτό και
 - Την ευθύνη των ενεργειών του για αυτό.
- **Στάσεις** Άτομα και κοινωνικές ομάδες αποκτούν:
 - Κοινωνικές αξίες
 - Ζηηρό ενδιαφέρον και
 - Διάθεση για ενεργό συμμετοχή στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος.
- **Δεξιότητες:** Άτομα και κοινωνικές ομάδες αποκτούν:
 - Απαραίτητες δεξιότητες για επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- **Ικανότητα Αξιολόγησης:** Άτομα και κοινωνικές ομάδες αξιολογούν:
 - Περιβαλλοντικές παραμέτρους και
 - Εκπαιδευτικά προγράμματα ως προς οικολογικούς, πολιτικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς, αισθητικούς και εκπαιδευτικούς παράγοντες.

- **Συμμετοχή:** Άτομα και κοινωνικές ομάδες αναπτύσσουν:

- Αίσθηση ευθύνης απέναντι στο περιβάλλον

Και κατανοούν:

- Την επιτακτικότητα της δραστηριοποίησης για την επίλυση των προβλημάτων του.

Σκοποί ΠΕ (Διάσκεψη Τιφλίδας)

- Καλλιέργεια σαφούς κατανόησης και ενδιαφέροντος σχετικά με οικονομική, κοινωνική, πολιτική και οικολογική αλληλεξάρτηση στις αστικές και αγροτικές περιοχές.
- Δυνατότητα απόκτησης γνώσεων, αξιών, στάσεων, δέσμευσης και απαραίτητων ικανοτήτων για την προστασία και βελτίωση περιβάλλοντος, σε κάθε πολίτη.
- Δημιουργία νέων προτύπων συμπεριφοράς προς το περιβάλλον στα άτομα, στις ομάδες και την κοινωνία στο σύνολο της.

Βασικές Αρχές ΠΕ (Διακήρυξη Τιφλίδας)

Κάθε πρόγραμμα ΠΕ πρέπει:

- * Να θεωρεί το περιβάλλον στο σύνολο του φυσικό και ανθρωπογενές, τεχνολογικό και κοινωνικό (οικονομικό, πολιτικό, τεχνολογικό, ιστορικό-πολιτισμικό, ηθικό, αισθητικό)
- * Να αποτελεί συνεχή και δια βίου διαδικασία, που θα ξεκινά από την προσχολική ηλικία, θα συνεχίζεται σε όλα τα στάδια της σχολικής και εξωσχολικής εκπαίδευσης
- * Να υιοθετεί μια διεπιστημονική προσέγγιση, που χρησιμοποιώντας τις γνώσεις κάθε επιστημονικού τομέα να καθιστά δυνατή μια ολιστική και ισορροπημένη προοπτική σκοπιά
- * Να εξετάζει τα κύρια περιβαλλοντικά θέματα από τοπική, εθνική, περιφερειακή και διεθνή, ώστε οι μαθητές να εμβαθύνουν στις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε άλλες γεωγραφικές περιοχές
- * Να επικεντρώνεται στις τρέχουσες και μελλοντικές καταστάσεις του

περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη την ιστορική τους διάσταση

- * Να επιμένει στην αξία και αναγκαιότητα μιας τοπικής, εθνικής και διεθνούς συνεργασίας με στόχο την αποτροπή και την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- * Να μελετά συστηματικά τις περιβαλλοντικές πλευρές των σχεδίων ανάπτυξης και οικονομικής μεγέθυνσης
- * Να διευκολύνει τη συμμετοχή των διδασκομένων στον προγραμματισμό των μαθησιακών τους εμπειριών και να τους δίνει τη δυνατότητα να λαμβάνουν αποφάσεις και να αποδέχονται τις συνέπειες τους
- * Να συσχετίζει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τη γνώση, την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και την αποσαφήνιση των αξιών, απευθυνόμενη σε κάθε ηλικία, δίνοντας όμως ιδιαίτερη έμφαση στην ευαισθητοποίηση των νέων ως προς τα περιβαλλοντικά προβλήματα που εντοπίζονται στην κοινότητα τους
- * Να βοηθά τους διδασκόμενους να ανακαλύπτουν τα συμπτώματα και τις πραγματικές αιτίες των περιβαλλοντικών προβλημάτων
- * Να τονίζει την πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων και συνεπώς την ανάγκη ανάπτυξης κριτικής σκέψης και ικανοτήτων για την επίλυση προβλημάτων
- * Να χρησιμοποιεί τους διάφορους εκπαιδευτικούς χώρους και ευρεία ποικιλία εκπαιδευτικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία και τη μάθηση σχετικά με το περιβάλλον και από το περιβάλλον, με κατάλληλη έμφαση στις πρακτικές δραστηριότητες και τις προσωπικές εμπειρίες

Χαρακτηριστικά Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Διάσκεψη Τιφλίδας)

- Προσανατολισμός στη λύση των προβλημάτων
- Διεπιστημονική προσέγγιση
- Ενσωμάτωση της εκπαίδευσης στην κοινωνία ή το άνοιγμα του σχολείου στη ζωή.

- Διαρκής χαρακτήρας

(UNESCO, 1978)



Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ΠΕ είναι μια μορφή εκπαίδευσης, που δεν αρκείται στην απλή μετάδοση αποσπασματικών περιβαλλοντικών γνώσεων. Αντίθετα, θεωρεί το περιβάλλον ως ένα πολύπλευρο και πολυσύνθετο αλληλεπιδράν σύστημα και γι' αυτό υποστηρίζει ότι η ανάλυση, η κατανόηση και η ολοκληρωμένη αντίληψη των περιβαλλοντικών προβλημάτων, πρέπει να γίνεται με συνδυασμό διαφόρων επιστημονικών κλάδων. Επίσης, η επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων αποτελεί το καθοδηγητικό πλαίσιο της ΠΕ. Έτσι, οι εκπαιδευόμενοι, αφού συνειδητοποιήσουν το μέγεθος των περιβαλλοντικών προβλημάτων και τις αιτίες που τα προκαλούν, οδηγούνται στην διατύπωση προτάσεων που θα συντελούν στη λύση των προβλημάτων αυτών. Παράλληλα, ενισχύεται η συμμετοχή και η συνεργασία σε συλλογικές δράσεις, που στοχεύουν στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Για το σκοπό αυτό, σημαντικό στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι να επικεντρώνεται σε περιβαλλοντικά φαινόμενα που συνδέονται άμεσα με τη ζωή του εκπαιδευόμενου, είναι πιο οικεία σε αυτόν και θα του δώσουν τα κίνητρα εκείνα για να συμμετάσχει στη διαδικασία της ΠΕ.

Η μορφή της ΠΕ δεν παραμένει στάσιμη, αλλά παρακολουθεί και αφομοιώνει όλες τις κοινωνικές, οικονομικές, τεχνολογικές και πολιτισμικές αλλαγές που συμβαίνουν, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην είναι αποκομμένη από την ανθρώπινη ζωή, να έχει συνέχεια και να ανταποκρίνεται σε όλες τις περιβαλλοντικές προκλήσεις.

«Η ΠΕ αφενός μεν επαναπροσδιορίζει τις κατευθύνσεις της, το περιεχόμενο της, τις μεθόδους της, σύμφωνα με τη νέα κάθε φορά πραγματικότητα και τις καινούργιες ανάγκες και προβληματικές που διαμορφώνονται, αφετέρου δε να διασφαλίζει τη συνεχή εκπαίδευση των ατόμων στη διάρκεια της ζωής τους, κινητοποιώντας όλες τις εκπαιδευτικές δομές, τυπικές και άτυπες. Μόνο μ' αυτόν τον τρόπο η ΠΕ δεν θα ξεπερνιέται από τα γεγονότα, αλλά και θα προλαμβάνει μελλοντικές καταστάσεις που απειλούν την ποιότητα του περιβάλλοντος και της ζωής» (Φλογαΐτη, 1998).

Επομένως, η ΠΕ ξεπερνά τα στενά πλαίσια του επίσημου εκπαιδευτικού συστήματος, επεκτείνεται και σε άλλους κοινωνικούς και θεσμικούς φορείς, απευθύνεται στα μέλη όλων των επαγγελματικών κλάδων, με σκοπό την ανάπτυξη μιας υπεύθυνης περιβαλλοντικής συνείδησης.

1.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της ΠΕ

Οι λόγοι που εμποδίζουν τους εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν δραστηριότητες ΠΕ είναι οι ακόλουθοι:

1. Οργανωτικοί λόγοι, είναι αυτοί που σχετίζονται με ζητήματα οργάνωσης: έλλειψη χρόνου και χρημάτων, δυσκολίες μετακίνησης κλπ.

2. Εκπαιδευτικοί λόγοι, είναι αυτοί που σχετίζονται με το κατά πόσο οι ίδιοι εκπαιδευτικοί αισθάνονται προετοιμασμένοι για να εφαρμόσουν δραστηριότητες ΠΕ. Η σύντομη και ανεπαρκής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών όσον αφορά τη μεθοδολογία, τη φιλοσοφία και τους στόχους της ΠΕ (Γεωργόπουλος και Τσαλίκη, 1993).

3. Η συγκεντρωτική δομή του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος με το ταυτόσημο αναλυτικό πρόγραμμα για όλα τα σχολεία της χώρας.

4. Το αυστηρά καθορισμένο ωρολόγιο πρόγραμμα των διδασκόμενων μαθημάτων.

5. Το παραδοσιακό περιβάλλον που δημιουργούν συχνά οι ιεραρχικά ανώτεροι, οι οποίοι αντιμετωπίζουν αρκετές φορές με δυσπιστία την εισαγωγή των σχετικών με την ΠΕ νεωτερισμών (έξοδος από το σχολείο, αναδιάρθρωση του ωρολογίου και αναλυτικού προγράμματος, τη συμμετοχή γονέων και άλλων ειδικών), επειδή θεωρούν πως αυτοί οι νεωτερισμοί αποσυντονίζουν το σχολείο και δεν έχουν παιδαγωγική αξία.

6. Το υπερφορτωμένο ημερήσιο σχολικό πρόγραμμα κάνει πιο εξαντλητική την εκπόνηση κάποιου προγράμματος.

7. Το ανεπαρκές υλικό για την ΠΕ που υπάρχει σήμερα στην Ελλάδα.

8. Η σύντομη και ανεπαρκής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών όσον αφορά τη μεθοδολογία, τη φιλοσοφία και τους στόχους της ΠΕ.

9. Η έλλειψη γενικότερων αλλαγών στο χαρακτήρα του ελληνικού σχολείου με την εισαγωγή της ΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

10. Η μετατόπιση του ενδιαφέροντος (μετά τη διάσκεψη του Ρίο) από την ΠΕ στην εκπαίδευση για βιώσιμη ανάπτυξη (Γεωργόπουλος, 1998).

1.4 Διδακτικό μοντέλο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Στο πρώτο στάδιο υλοποίησης ενός προγράμματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης λαμβάνονται υπόψη οι ειδικοί αντικειμενικοί παιδαγωγικοί στόχοι του αναλυτικού προγράμματος για το εκάστοτε προς μελέτη θέμα.

Κατά τους Hungerford, Volk & Ramsey οι παιδαγωγικοί στόχοι της ΠΕ χωρίζονται σε τέσσερα επίπεδα:

- Η κατάκτηση βασικών οικολογικών γνώσεων,
- Η κατανόηση περιβαλλοντικών προβλημάτων,
- Η δραστηριοποίηση και αξιολόγηση των πιθανών λύσεων,
- Η ανάπτυξη ικανοτήτων περιβαλλοντικής δράσης.

Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο είναι και το πιο σημαντικό στην υλοποίηση του προγράμματος, πραγματοποιείται η αρχική αξιολόγηση που περιλαμβάνει την ευαισθητοποίηση των μαθητών, τον προβληματισμό τους, την ενημέρωση και την επιλογή του θέματος που θα μελετηθεί.

Στο στάδιο αυτό πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εμπειρίες, οι προσδοκίες, οι δεξιότητες, τα ενδιαφέροντα των μαθητών, το εκπαιδευτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί καθώς οι δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν. Το θέμα επιλέγεται με βάση την επικαιρότητα καθώς και τα ενδιαφέροντα εκπαιδευτικών και μαθητών. Το θέμα, λοιπόν, πρέπει να είναι ελκυστικό, να πηγάζει μέσα από τα ενδιαφέροντα των συμμετεχόντων και να έχει σχέση με το τοπικό ή το ευρύτερο περιβάλλον των μαθητών.

Ακολουθεί το στάδιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Σε αυτό το στάδιο καθορίζεται το περιεχόμενο, η μεθοδολογία και οι φάσεις εξέλιξης του προγράμματος. Οι φάσεις εξέλιξης ενός προγράμματος ΠΕ είναι οι ακόλουθες:

1 φάση: Επιλένονται οι μέθοδοι που θα κεντρίσουν το ενδιαφέρον των μαθητών και θα τους δώσουν τη δυνατότητα να εκφορσούν τις απόψεις τους και να προτείνουν τρόπους προσέγγισης και διερεύνησης των θεμάτων που θα μελετήσουν. Ο δάσκαλος μπορεί να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών προβάλλοντας στην τάξη slides, βιντεοταινίες, δείχνοντας τους αφίσες, φωτογραφίες ή ακόμα κάνοντας επισκέψεις. Όπως προαναφέρθηκε όταν τα θέματα αφορούν το άμεσο και το τοπικό περιβάλλον των μαθητών παρουσιάζεται μεναλύτερο ενδιαφέρον και μεναλύτερη ευαισθητοποίηση. Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο μπορεί ο εκπαιδευτικός να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών είναι η χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Υπάρχει πληθώρα εκπαιδευτικού λογισμικού και προγράμματα που αναφέρονται σε θέματα οικολογίας και περιβάλλοντος, που πολλά από αυτά παρουσιάζονται με τη μορφή περιβαλλοντικών παιχνιδιών. Ο Υπολογιστής δίνει τη δυνατότητα για συλλογή στοιχείων, δημιουργία βάσεων δεδομένων με περιβαλλοντικά θέματα, για παρουσίαση πληροφοριών υπό μορφή χαρτών, γραφημάτων, εικόνων και τρισδιάστατων παραστάσεων. Επίσης, μέσω του διαδικτύου μπορούν να αναζητηθούν όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται για το υπό μελέτη θέμα και μελετηθούν περιβαλλοντικά προβλήματα ευρείας κλίμακας που αφορούν όχι μόνο το εθνικό αλλά και πανκοσμίου επιπέδου.

2 φάση: Σε αυτό το στάδιο προγραμματοποιείται η οργάνωση του προγράμματος. Στην οργάνωση αυτή συμμετέχουν οι δάσκαλοι, οι μαθητές καθώς και οι γονείς. Επίσης, γίνεται καθορισμός του θέματος και των στρατηγικών, μεθόδων και δραστηριοτήτων που θα ακολουθηθούν.

3 φάση: Στο στάδιο αυτό γίνονται επισκέψεις στο πεδίο, δηλαδή προς το χώρο μελέτης. Οι μαθητές, λοιπόν, αφού χωριστούν σε ομάδες δράσης, βγαίνουν από το χώρο του σχολείου για να συλλέξουν τα στοιχεία που χρειάζονται (μέσω παρατήρησης, συνεντεύξεων, φωτογραφιών κ.α.) και να έλθουν σε άμεση επαφή με τον χώρο που θα μελετήσουν.

4 φάση: Αφού οι μαθητές συλλέξουν τις απαραίτητες πληροφορίες, τις επεξεργάζονται και τις συζητούν. Η κάθε περιβαλλοντική ομάδα, λοιπόν,

κατανόαει τις πληροφορίες, την ερευνητική διαδικασία που ακολούθησε, τα συμπεράσματα καθώς και τις προτάσεις της.

5 φάση: Παρουσίαση του προγράμματος- Αξιολόγηση. Η παρουσίαση του προγράμματος προαναυατοποιείται σε ανοιχτή εκδήλωση, όπου συμμετέχει όλη η μαθητική κοινότητα, οι νονείς και οι φορείς της τοπικής κοινωνίας. Γίνεται λοιπόν «άνοιγμα» του σχολείου προς την κοινωνία. Εδώ, ο εκπαιδευτικός καλείται να παίξει σημαντικό παιδαγωγικό ρόλο, γιατί πρέπει να ευθυνώσει και να ενθαρρύνει όσο το δυνατόν περισσότερα τα παιδιά να παρουσιάσουν τις ερναςίες και τις ιδέες τους. Πρέπει, λοιπόν, να τα ενισχύσει ψυχολογικά, ούτως ώστε να αναδείξει το καθένα τις κλίσεις του μέσα στην ομάδα, να προσφέρει συνεχή επιβεβαίωση και ηθική στήριξη.

Η παρουσίαση ενός περιβαλλοντικού προγράμματος πρέπει να περιλαμβάνει:

- ✓ Εισαγωγή στο θέμα της ερναςίας (με τι, και γιατί ασχολήθηκαν).
- ✓ Περιγραφή της μεθόδου που ακολουθήθηκε.
- ✓ Παρουσίαση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν.
- ✓ Συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν.
- ✓ Προτάσεις.
- ✓ Ευχαριστίες σε άτομα και φορείς που βοήθησαν.
- ✓ Βιβλιογραφία – πηγές που χρησιμοποίησαν.

Η Αξιολόγηση του προγράμματος θεωρείται πολύ σημαντική και πρέπει να γίνεται για να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή την καλή πορεία του προγράμματος.

Γιατί αξιολογούμε:

- ✓ Για να βελτιώσουμε και να ανανεώσουμε την εκπαιδευτική διαδικασία.
- ✓ Για να διερευνήσουμε στόχους- μεθόδους- προοπτικές.
- ✓ Για να σχεδιάσουμε την μελλοντική πορεία των προγραμμάτων μας.
- ✓ Για να βελτιώσουμε το μέλλον του θεσμού της ΠΕ.

Τι αξιολογούμε:

- ✓ Την επίτευξη των στόχων του προγράμματος.
- ✓ Την ποικιλία και την ποιότητα των γνώσεων που απέκτησαν οι μαθητές.
- ✓ Τη συμμετοχή και το ενδιαφέρον τους.
- ✓ Τη δυνατότητα επικοινωνίας και συνεργασίας.
- ✓ Τα συναισθήματα που αναπτύχθηκαν.
- ✓ Τη διαμόρφωση σωστής στάσης και συμπεριφοράς.

Με ποιο τρόπο αξιολογούμε:

- ✓ Με συζήτηση.
- ✓ Με ερωτηματολόγια.
- ✓ Με ατομικές και ομαδικές ερνασίες.
- ✓ Με την παρουσίαση της ερνασίας.
- ✓ Παίζοντας παιχνίδι ρόλων. θεατρική παράσταση.

Πότε αξιολογούμε:

- ✓ Στην αρχή του προγράμματος
- ✓ Ενδιάμεσα
- ✓ Στο τέλος (Χρυσανφίδης. 1996).

1.5 Μελέτη στο πεδίο

Οι μελέτες πεδίου (field trips / studies) αναφέρονται σε προσχεδιασμένες δραστηριότητες των μαθητών που πραγματοποιούνται σε μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία βρίσκονται έξω από τη συμβατική αίθουσα διδασκαλίας.

Πρόκειται για οργανωμένες από τους εκπαιδευτικούς μεταβάσεις των μαθητών σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το σχολείο ενώ κριτήριο για την επιλογή της τοποθεσίας προορισμού αποτελεί η πολιτιστική ή περιβαλλοντική αξία της και η ψυχανωνική δυνατότητα που προσφέρει. Οι στόχοι των σχολικών περιπάτων είναι ψυχανωνικοί. παιδαγωγικοί και

εκπαιδευτικοί και η απόφαση για την πραγματοποίησή τους λαμβάνεται από το σύλλογο των διδασκόντων σε ειδική συνεδρίαση.

Με δεδομένους τους στόχους των σχολικών περιπάτων και τα οριζόμενα από το θεσμικό πλαίσιο κριτήρια επιλογής της τοποθεσίας προορισμού είναι φανερό ότι μπορούν να αξιοποιηθούν για μελέτες πεδίου προς την κατεύθυνση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης τόσο σε σχέση με τα υλοποιούμενα προγράμματα στο σχολείο όσο και ανεξάρτητα από αυτά. Ιδιαίτερα όταν οι μαθητές δεν συμμετέχουν σε πρόγραμμα ΠΕ, τους δίνεται η ευκαιρία να ννωρίσουν περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες της περιοχής τους, να συνδυάσουν την ανασυχή με τη μάθηση, να έρθουν σε επαφή με προβλήματα, να αναζητήσουν λύσεις κ.ά. Σε κάθε περίπτωση μέσω της ερευνητικής διαδικασίας που λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο μιας μελέτης πεδίου αποκτούν νέες εμπειρίες και ννωσεις, αναπτύσσουν ικανότητες και διαμορφώνουν αξίες, στοιχεία απαραίτητα για την οικοδόμηση ενός αειφόρου μέλλοντος.

Η Παπαδημητρίου (2002) επισημαίνει την πρόσφατη ανανέωση του ενδιαφέροντος για τη χρήση του περιβάλλοντος στην εκπαιδευτική διαδικασία, η οποία «πέρα από την ευαισθητοποίηση σχετικά με το περιβάλλον, συνδέεται με προσδοκίες για την επίτευξη γενικότερων εκπαιδευτικών στόχων σε επίπεδο μάθησης και απόκτησης δεξιοτήτων, που δεν μπορούν να επιτευχθούν με παραδοσιακές προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης μέσα στην τάξη» (Παπαδημητρίου, 2002).

Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής στην ΠΕ είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματική όσον αφορά στην διασαφήνιση περιβαλλοντικών εννοιών, στην κατανόηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη διαμόρφωση θετικών στάσεων και συμπεριφορών απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η μελέτη στο πεδίο ενθαρρύνει τη μάθηση και βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες, να εντείνουν την παρατηρητικότητα και να χρησιμοποιούν όλες τους τις αισθήσεις.

1.6 Μέθοδος Project

Από όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην ΠΕ, η πιο διεπιστημονική, ολιστική και ολοκληρωμένη είναι η μέθοδος Project ή αλλιώς Βιωματική – Επικοινωνιακή διδασκαλία.

Η μέθοδος Project είναι ένας τρόπος ομαδικής διδασκαλίας στην οποία συμμετέχουν ενεργά εκπαιδευτικοί και παιδιά, ενώ η ίδια η διδασκαλία σχεδιάζεται από κοινού από τους συμμετέχοντες (Γεωργόπουλος και Τσαλίκη, 1993). Χαρακτηρίζεται από παιδοκεντρική διάθεση όπου η διδακτική ύλη δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά στηρίζεται στις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και τους προβληματισμούς των παιδιών. Στη μέθοδο Project πρωτεύοντα ρόλο παίζουν τα εσωτερικά κίνητρα και οι εσωτερικές ανάγκες των μαθητών.

Ο Frey (1986) αναφέρει ότι η μέθοδος αυτή είναι «μια ανοιχτή διαδικασία μάθησης, τα όρια και οι δυνατότητες της δεν είναι αυστηρά καθορισμένα, εξελίσσεται ανάλογα με την εκάστοτε κατάσταση και τα ενδιαφέροντα των συμμετεχόντων. Επειδή δεν έχει σταθερά όρια και μια συγκεκριμένη δομή καθίσταται δύσκολο να δοθεί σαφής ορισμός. Μόνο μέσα από τη βίωσή της μπορεί κανείς να καταλάβει μέχρι που φτάνουν τα όρια και οι δυνατότητές της».

Επίσης, σύμφωνα με τον Katz et al ως Project χαρακτηρίζεται εκείνο το κομμάτι του αναλυτικού προγράμματος που ενθαρρύνει τα παιδιά να εφαρμόσουν τις δεξιότητές του με ανεπίσημες, ανοιχτές δραστηριότητες που έχουν ως σκοπό τη βελτίωση της κατανόησής τους για τον κόσμο στον οποίο ζουν.

Εμφανίστηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στις ΗΠΑ και ύστερα από πολλά χρόνια αδιαφορίας για αυτή, επανεμφανίστηκε στα δυτικοευρωπαϊκά εκπαιδευτικά συστήματα (Μ. Βρετανία, Σουηδία, Δ. Γερμανία, Ολλανδία κλπ.) Στην Ελλάδα είναι η μέθοδος που κυρίως έχει χρησιμοποιηθεί στις εκπονήσεις περιβαλλοντικών προγραμμάτων από το 1982 και μετά.

Σύμφωνα με τη μέθοδο Project, η σχολική τάξη δεν πρέπει να είναι μια συμπαγής ομοιόμορφη ομάδα. Κάθε μαθητής αποτελεί ιδιαίτερη περίπτωση και χρειάζεται ειδική προσέγγιση.

Επίσης, στη σχολική τάξη θα πρέπει να υπάρχει ισότιμη επικοινωνιακή σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και εκπαιδευόμενου. Μέσα από την επικοινωνία

το παιδί εκφράζεται ελεύθερα, κατανοεί τον κόσμο και επικοινωνεί με τον κοινωνικό του περιβάλλον, αντιλαμβάνεται τις απόψεις των άλλων και τους γνωρίζει καλύτερα. Η επικοινωνία βοηθάει στην ανάπτυξη ομαδικού πνεύματος και στην προσπάθεια λήψης κοινών αποφάσεων.

Σύμφωνα με τη Βιωματική-Επικοινωνιακή μέθοδο η σχολική ζωή αποκτά τα εξής χαρακτηριστικά:

- ✓ Κινείται στο πλαίσιο των αναλυτικών προγραμμάτων, εφόσον η ίδια η ομάδα αναλαμβάνει να οριοθετήσει το πλαίσιο δράσης και να θέσει τους στόχους.
- ✓ Η σχολική ζωή ενδιαφέρεται άμεσα για γεγονότα και καταστάσεις της καθημερινότητας των παιδιών. Τα θέματα προκύπτουν είτε από τους ίδιους τους μαθητές είτε από προτάσεις του εκπαιδευτικού ως ισότιμου μέλους της επικοινωνιακής σχέσης.
- ✓ Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη διαμόρφωση της σχολικής ζωής, στην οργάνωση, στο σχεδιασμό, στη διεξαγωγή και στην αξιολόγηση του μαθήματος, ως τελικό αποτέλεσμα της μαθητοκεντρικής διάστασης του μαθήματος.
- ✓ Η μέθοδος Project δε βασίζεται στην παροχή έτοιμων λύσεων και αποτελεσμάτων αλλά στην καλλιέργεια της δημιουργικής και αυτόνομης σκέψης.
- ✓ Μέσα από ομαδοκεντρικές δραστηριότητες επιτυγχάνεται η καλλιέργεια πνεύματος συνεργατικότητας και δίνεται στο άτομο η ευκαιρία να βιώσει τη χαρά της από κοινού επίτευξης κάποιου στόχου.
- ✓ Η διδασκαλία είναι διαφοροποιημένη και προσαρμοσμένη στις ανάγκες και τις δεξιότητες του παιδιού, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στο καθένα να δείξει στην ομάδα τις ικανότητες του, να πιστέψει στον εαυτό του και να κερδίσει την εκτίμησή της.
- ✓ Γίνεται διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης, σε μια προσπάθεια σφαιρικής εξέτασης των αντικειμένων, των γεγονότων, των καταστάσεων, ενάντια στην πολυδιάσπαση και το βίαιο διαχωρισμό τομέων που από τη φύση τους πρέπει να συνυπάρχουν.
- ✓ Υπάρχει σύνδεση της σχολικής ζωής με την κοινωνική: το σχολείο αποτελεί μέρος της ευρύτερης κοινωνικής ομάδας και είναι αναγκαίο να υπάρχει αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στη σχολική και την κοινωνική



ζωή. Στη σχέση αυτή εντάσσεται και η παρουσία των γονέων στα σχολικά δρώμενα.

Ο Frey (1986) προτείνει δέκα φάσεις διεξαγωγής της διδασκαλίας με τη μέθοδο Project:

- 1 φάση: Ανακοίνωση ιδεών και θεμάτων από τους μαθητές.
- 2 φάση: Διευκρίνιση, επεξήγηση, διαλεύκανση των ιδεών και των θεμάτων.
- 3 φάση: Διερεύνηση και αξιολόγηση των επιθυμιών και των ενδιαφερόντων των μαθητών σε σχέση με τα θέματα.
- 4 φάση: Παρουσίαση και ομαδοποίηση των θεμάτων σε σχέση με τις επιθυμίες, τις ανάγκες και τα προβλήματα των μαθητών.
- 5 φάση: Αξιολόγηση των δεδομένων, συστηματοποίηση των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν στις προηγούμενες φάσεις.
- 6 φάση: Λήψη αποφάσεων σχετικά με το θέμα ή τα θέματα ενασχόλησης.
- 7 φάση: Σχεδιασμός της διεξαγωγής από τους μαθητές.
- 8 φάση: Υλοποίηση των σκοπών και των στόχων που τέθηκαν από τους μαθητές.
- 9 φάση: Καταγραφή των αποτελεσμάτων, των εμπειριών και των γνώσεων από την προηγηθείσα υλοποίηση.
- 10 φάση: Συλλογική αξιολόγηση του Project και ανατροφοδότηση (Frey, 1986).

Το πρώτο βήμα ενός προγράμματος είναι η επιλογή του προς μελέτη θέματος. Το θέμα πρέπει να είναι ελκυστικό και να πηγάζει μέσα από τα ενδιαφέροντα των παιδιών, να είναι οικείο προς τον εκπαιδευτικό, να σχετίζεται με την επικαιρότητα και να έχει περιεχόμενο που θα επιτρέψει την εύκολη πρόσβαση σε παιδαγωγικό υλικό (βασικό- εξειδικευμένο).

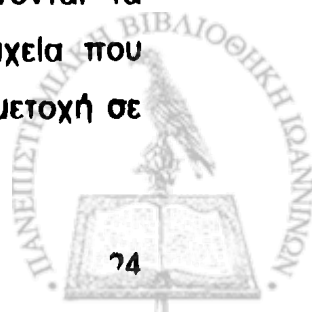
Ιδέες, αφορμές και ερεθίσματα για θέματα μπορεί να δοθούν είτε μέσα από το σχολικό είτε από το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον. Όλοι όσοι συμμετέχουν στη διεξαγωγή του προγράμματος έχουν δικαίωμα να προτείνουν κάποιο θέμα. Όλα τα θέματα που προτείνονται συζητούνται και αποφασίζεται από κοινού η επιλογή ενός από αυτά, αφού πρώτα διερευνηθούν οι δυνατότητες που προσφέρουν και οι δυσκολίες και οι περιορισμοί που μπαίνουν από αντικειμενικά εμπόδια (π.χ οικονομικά, βιβλιογραφία, προσέγγιση στο χώρο μελέτης κ.λ.π). Σημαντικό κριτήριο για

την επιλογή ενός θέματος είναι η σχέση που έχει με το τοπικό περιβάλλον. Έτσι μειώνονται οι αντικειμενικοί περιορισμοί (π.χ. ευκολότερα προσπελάσιμος ο χώρος μελέτης). Επιπλέον, το γεγονός αυτό κεντρίζει το ενδιαφέρον των παιδιών και προσφέρει δυνατότητες συνεργασίας του σχολείου με τους τοπικούς φορείς.

Από τη στιγμή που θα επιλεγεί το θέμα, αυτό εξετάζεται και συζητείται μέσα στην τάξη συνολικά ή κατά ομάδες, ώστε να διαπιστωθεί η υπάρχουσα γνώση για το θέμα και να δημιουργηθούν τα πρώτα ερωτηματικά. Η ανακάλυψη του θέματος μπορεί να ξεκινήσει στην τάξη και να συνεχιστεί με επισκέψεις στον προς μελέτη χώρο ή αντίστροφα.

Ήδη μέσα από αυτές τις πρώτες προσεγγίσεις προς το θέμα αρχίζει ο προβληματισμός για το πώς και από πού μπορούμε να μάθουμε περισσότερα, πράγμα που οδηγεί στη διερεύνηση των πηγών πληροφόρησης: άνθρωποι, περιβάλλον, έντυπο υλικό. Έτσι, ξεκινά η σημαντικότερη οργάνωση και σχεδιασμός των δραστηριοτήτων. Η συμμετοχή των παιδιών όχι μόνο στη διεκπεραίωση αλλά και στην οργάνωση της δουλειάς έχει ως στόχο την εξασφάλιση της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης εμπλοκής τους στο πρόγραμμα καθώς και την ανάπτυξη διαφόρων δεξιοτήτων.

Για την εκτέλεση του προγράμματος οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες με διαφορετικές δραστηριότητες. Οι ομάδες αυτοοργανώνονται, καθορίζουν τις εργασίες του καθενός, μοιράζουν αρμοδιότητες, συντάσσουν ερωτηματολόγια, αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, σχεδιάζουν δραστηριότητες, προτείνουν πηγές πληροφόρησης, παίρνουν συνεντεύξεις, συναντούν ειδικούς, επισκέπτονται τον προς μελέτη χώρο. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής της μελέτης είναι απαραίτητη η αλληλοενημέρωση των ομάδων ώστε να υπάρχει αλληλοπληροφόρηση και συνολική άποψη για την πορεία της δουλειάς. Αυτό αποτελεί και μια άτυπη, μερική αξιολόγηση που βοηθά από τη μια σε μια μερική σύνθεση της μέχρι τώρα μελέτης μέσα από την επεξεργασία του υλικού που υπάρχει μέχρι εκείνη τη στιγμή και από την άλλη διευκολύνει τον περαιτέρω προγραμματισμό. Ταυτόχρονα αρχίζουν να διατυπώνονται τα πρώτα συμπεράσματα, δίνεται δυνατότητα να ελεγχθούν τα στοιχεία που έχουν συλλεγεί και αρχίζει η διαμόρφωση των προτάσεων. Η συμμετοχή σε κάποια από τις ομάδες είναι προτιμότερο να είναι εθελοντική.



Αφού ολοκληρωθεί μια πρώτη διερεύνηση του προς μελέτη θέματος, γίνεται μια γενική συζήτηση στην τάξη ώστε να διατυπωθούν τα υποθέματα που έχουν προκύψει και να αποφασιστεί τι πρέπει να μελετηθεί αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Όταν ολοκληρωθεί η μελέτη γίνεται μια τελική σύνθεση όλων των στοιχείων, καταγράφονται τα τελικά συμπεράσματα, διατυπώνονται οι διαφορετικές απόψεις καθώς και οι απόψεις της ομάδας αν βέβαια έχει καταλήξει σε κάποιες και γίνονται οι τελικές προτάσεις. Τα συμπεράσματα και οι προτάσεις κοινοποιούνται είτε με επιστολές στους αρμόδιους φορείς είτε μέσα από εκδηλώσεις παρουσίασης του προγράμματος.

Η τελική παρουσίαση του προγράμματος δίνει την ευκαιρία στα παιδιά να κοινοποιήσουν επίσημα τα συμπεράσματά τους, να στηρίξουν τις απόψεις τους, να αναπτύξουν δεξιότητες και τρόπους έκφρασης για την αποτελεσματικότερη επικοινωνία τους με το κοινό και να αξιολογήσουν τη δουλειά τους. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς και στο κοινό να γνωρίσουν πως σκέφτονται, τι αισθάνονται και πως αντιμετωπίζουν τα παιδικά διάφορα προβλήματα καθώς και να αξιολογήσουν με τη σειρά τους το πρόγραμμα.

Η διάρκεια ενός τέτοιου προγράμματος εξαρτάται από το θέμα, την ηλικία των μαθητών, τις δυνατότητες ή τους περιορισμούς που θέτει το αναλυτικό πρόγραμμα και τους προς επίτευξη στόχους.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην ΠΕ εξαρτάται από την εκάστοτε συγκυρία. Δεν πρέπει λοιπόν να ακολουθείται τυφλά, αλλά να προσαρμόζεται στα δεδομένα τόπου και χρόνου, να συμπληρώνεται όταν κρίνεται αναγκαίο ή να παραλείπονται κάποια στάδια.

Μέχρι σήμερα έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου Project στα σχολικά περιβαλλοντικά προγράμματα. Οι έρευνες αυτές έχουν καταδείξει ότι όσοι μαθητές εργαστήκαν με αυτή τη μέθοδο:

- ✓ Έδειχναν ενδιαφέρον για συζήτηση,
- ✓ Ήταν περισσότερο αυθόρμητοι,
- ✓ Παρουσίασαν βελτίωση στον κοινωνικό και συναισθηματικό τομέα.

Αξίζει να σημειωθεί πως ιδιαίτερα βοηθούνται και βελτιώνεται η κατάσταση των αδύναμων μαθητών, των συνεσταλμένων αλλά και εκείνων που διακατέχονται από άγχος και ένταση (Χρυσafiδης, 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

2.1 Το ενεργειακό ζήτημα

Είναι γεγονός, ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς αυξάνονται αναλογικά με την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της γης και με την προσπάθεια του ανθρώπου για βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου.

Σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ), η παγκόσμια πρωτογενής ζήτηση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 60% περίπου μέχρι το 2030 και τα 2/3 της αύξησης αυτής θα προέλθουν από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Σύμφωνα με τις ίδιες εκτιμήσεις, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα διπλασιαστεί την ίδια περίοδο.

Τα κυριότερα προβλήματα που ταλανίζουν σήμερα την ανθρωπότητα όσον αφορά την αυξανόμενη απαίτηση για ενέργεια είναι:

- Η εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και της πυρηνικής ενέργειας, που τα τελευταία χρόνια ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κλιματικές συνθήκες και στις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου εν γένει. Είναι γεγονός, ότι αν συνεχιστεί η παραγωγή ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα με το ρυθμό των τελευταίων δεκαετιών, προβλέπεται αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 0,3 °C κάθε δεκαετία. Μεγάλο περιβαλλοντικό κόστος μπορούν, επίσης, να επιφέρουν η εξόρυξη και η μετατροπή των ορυκτών καυσίμων στην επιθυμητή μορφή ενέργειας. Οι εξορύξεις καταστρέφουν τοπία, η εκπομπή διοξειδίου του αζώτου και του θείου από τους ενεργειακούς σταθμούς προκαλεί όξινη βροχή, οι πετρελαιοκηλίδες υποβαθμίζουν παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα και υπάρχει ο κίνδυνος έκλυσης ραδιενέργειας από τους πυρηνικούς σταθμούς.

- Τα ορυκτά καύσιμα ανήκουν στους μη ανανεώσιμους και μη ανακυκλώσιμους ενεργειακούς πόρους. Επομένως ο χρόνος ζωής τους, δηλαδή το χρονικό διάστημα που θα μεσολαβήσει από σήμερα έως τη στιγμή που θα εξαντληθούν τα αποθέματά τους, συνιστά ένα θέμα ιδιαίτερης σπουδαιότητας. Τα ορυκτά καύσιμα εκτιμώνται σε 10 τρισεκατομμύρια ισοδύναμα βαρέλια πετρελαίου και σύμφωνα με υπολογισμούς θα διαρκέσουν 170 χρόνια ακόμη.

Προβλέπεται ότι η χρήση ορυκτών καυσίμων θα αυξηθεί με υψηλούς ρυθμούς, και μέχρι το 2030 θα εξακολουθήσουν να αποτελούν το 80% του ενεργειακού μείγματος όπως και σήμερα, παρόλο που κρίνεται αμφίβολη η ικανότητά τους να τροφοδοτήσουν μια τέτοια εντυπωσιακή αύξηση.

Το πρόβλημα έγκειται στο αν ο άνθρωπος θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες κυρίως με τα ορυκτά καύσιμα επιβαρύνοντας το περιβάλλον ή θα στραφεί στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων. Οι παγκόσμιες συνδιασκέψεις του Ρίο, του Κιότο και της Χάνης, δυστυχώς, δεν κατάφεραν να δώσουν ουσιαστική λύση στο ζήτημα αυτό.

2.2 Συμβατικά καύσιμα

2.2.1 Εισαγωγή

Ο προβληματισμός σχετικά με το πόσο θα διαρκέσουν ακόμη τα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ξεκίνησε ουσιαστικά μετά τη δημοσίευση μιας μελέτης του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης με θέμα τις αλλαγές που θα επιφέρουν στον πλανήτη η αλματώδης ανάπτυξη της βιομηχανίας, η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, η εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και η ρύπανση. Η μελέτη με τίτλο «τα όρια της ανάπτυξης» παρόλες τις αδυναμίες της κατέληξε σε ένα αδιαμφισβήτητο συμπέρασμα: *Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της βιομηχανίας γρήγορα θα γίνει αδύνατη πάνω στον πλανήτη μας που είναι πεπερασμένος. Για πόσο καιρό ακόμα θα διαρκέσει ο ορυκτός πλούτος του πλανήτη;*

Για την Ελλάδα, έχει υπολογιστεί πως τα αποθέματα λιγνίτη που βρίσκονται στη Δυτική Μακεδονία και στην Πελοπόννησο, θα διαρκέσουν 80 και 40

χρόνια αντιστοίχως. Αν ληφθούν υπόψη και τα πιθανά αποθέματα που δεν έχουν βρεθεί ακόμη, ο «χρόνος ζωής» του ελληνικού λιγνίτη παρατείνεται στα 130 και 47 χρόνια αντιστοίχως. Ο «χρόνος ζωής για το ουράνιο και το πετρέλαιο που βρίσκονται στη χώρα μας έχει υπολογιστεί σε 5 και 10 χρόνια αντιστοίχως.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπολογίζεται ότι η χρήση πετρελαίου από το μέσο άνθρωπο του πλανήτη θα μειωθεί από 4,5 βαρέλια το χρόνο που είναι σήμερα (24 στις ΗΠΑ, 12 στην Ευρώπη, 1 στις χώρες του Σαχέλ), σε 1,2 βαρέλια ανά άτομο το 2030. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού, στην αύξηση της τιμών, στη μείωση των αποθεμάτων και στη αύξηση μέτρων αντιρύπανσης (Γεωργόπουλος, 2005).

2.2.2 Άνθρακας

Οι ορυκτοί άνθρακες προέρχονται από εγκλεισμό φυτικών υλών (κορμοί δέντρων, κλαδιά και θραύσματά τους) σε στρώματα ή φακοειδή κοιτάσματα. Οι φυτικές ύλες μετατρέπονται σε τύρφη ύστερα από σήψη και συμπίεση κάτω από το έδαφος που προκαλούνται από κινήσεις του στερεού φλοιού της γης.

Κατά τη συμπίεση και θέρμανση της τύρφης απομακρύνονται πτητικές ουσίες, διοξείδιο του άνθρακα και υγρασία και ο ορυκτός άνθρακας γίνεται συμπαγής, στιλπνός, σκούρου χρώματος. Η ηλικία του λιγνίτη φτάνει ακόμα και το ένα εκατομμύριο χρόνια. Οι πλουσιότεροι σε άνθρακα ορυκτοί άνθρακες (ανθρακίτης) μπορεί να έχουν ηλικία 250 εκατομμυρίων ετών. Τα στρώματα των γαιανθράκων σχηματίστηκαν από πτώση δέντρων και σήψη τους επιτόπου. Άλλοι γαιάνθρακες σχηματίστηκαν μετά από μεταφορά των κορμών των δέντρων. Αυτό αποδεικνύεται από την παρουσία γαιωδών συστατικών μέσα στα στρώματα του άνθρακα (λάσπη ποταμών), απολιθωμάτων του θαλάσσιου βασιλείου και πολλών θραυσμάτων κορμών με την κορυφή προς τα κάτω. Η τύρφη σχηματίζεται και σήμερα με σήψη ξύλου, φύλλου κ.λ.π. λόγω της παρουσίας μικροοργανισμών σε έλη (τυρφώνες).

Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα.

Παρόλο που η μέθοδος αυτή έχει χαμηλό κόστος, επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό το περιβάλλον λόγω των τοξικών αερίων που εκπέμπονται (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου), τα οποία συμβάλουν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου και σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή.

Ο άνθρακας είναι ο πιο άφθονος από τα κυριότερα συμβατικά καύσιμα με χρόνο ζωής περίπου 400 χρόνια. Πάνω από το 60% των αποθεμάτων του βρίσκονται στις αναπτυσσόμενες χώρες, το 13% στην πρώην Σ. Ένωση και το 12% στις ΗΠΑ.

Τα αποθέματα άνθρακα αντλούνται είτε με επιφανειακή είτε με υπόγεια εξόρυξη. Οι εξορύξεις άνθρακα προκαλούν προβλήματα τόσο στην υγεία των εργατών όσο και στο περιβάλλον. Στις υπόγειες εξορύξεις, τουλάχιστον το 50% του άνθρακα πρέπει να μένει σε τέτοια θέση ούτως ώστε να υποστηρίξει τη στέγη του ορυχείου. Τα υπόγεια ορυχεία συχνά προκαλούν υποχώρηση του εδάφους και υπόγειες φωτιές.

Τα επιφανειακά ορυχεία άνθρακα μπορούν να καταστρέψουν ολοκληρωτικά τον περιβάλλοντα χώρο και να αλλοιώσουν από οικολογικής άποψης, καθώς καταστρέφονται δάση και ποτάμια ή ρέματα θάβονται κάτω από τα απόβλητα. Οι περιοχές αυτές μπορούν να μετατραπούν μόνιμα σε ερήμους. Επίσης, η διάβρωση και η διήθηση οξέων από το υποβαθμισμένο έδαφος προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις τόσο στα επιφανειακά νερά όσο και στους υπόγειους υδροφορείς της περιβάλλουσας περιοχής.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής άνθρακα χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού. Μετά την εξόρυξή, ο άνθρακας του μεταφέρεται σε μονάδες παραγωγής ενέργειας. Μια τέτοια μονάδα ισχύος 1000 MW χρησιμοποιεί 8000 τόνους άνθρακα την ημέρα. Η καύση αυτής της ποσότητας άνθρακα απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα 20000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και 800 τόνους διοξείδιο του θείου (Wright, 2005).

2.2.3 Πετρέλαιο

Κατά μια θεωρία, το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ατμό και ανθρακομεταλλικές ενώσεις σε μεγάλα βάθη της γης. Η θεωρία, όμως, που επικρατεί είναι η οργανική, δηλαδή ότι το πετρέλαιο προέρχεται από οργανισμούς φυτικούς και ζωικούς. Σε αυτή τη θεωρία συνηγορεί η παρουσία θειούχων και αζωτούχων οργανικών ενώσεων και προϊόντων αποσύνθεσης αίματος και χλωροφύλλης. Πολλά φυσικά πετρέλαια χρησιμοποιούνται σαν θρεπτικά υποστρώματα μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται για εμπλουτισμό κτηνοτροφών με λευκώματα (Βουτσινός, 2003).

Το πετρέλαιο είναι η υπ' αριθμόν μια ενεργειακή πηγή, καλύπτοντας το 35% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών και σχεδόν το μοναδικό καύσιμο που χρησιμοποιείται στις μεταφορές. Το 2005 η παραγωγή του ήταν κατά μέσο όρο 83,5 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα και ο ΔΟΕ προβλέπει ότι μέχρι το 2030 θα φτάσει τα 120 εκ. βαρέλια/ ημέρα.

Το πετρέλαιο ήταν ήδη γνωστό από την αρχαιότητα, ιστορικά όμως η βιομηχανική του παραγωγή και εκμετάλλευση άρχισε τον 19^ο αι. και ως πρώτη γεώτρηση αναφέρεται εκείνη της Πενσιλβάνια των ΗΠΑ το 1859. Οι εξελίξεις όσον αφορά τη ζήτηση πετρελαίου και πετρελαιοειδών υπήρξαν αλματώδεις και το 1974 η συμμετοχή του πετρελαίου στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανήλθε στο 48%. Μετά τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, που είχαν ως αποτέλεσμα την απότομη και μεγάλη αύξηση της τιμής του, οι αναπτυσσόμενες κυρίως χώρες υιοθέτησαν διάφορα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και μερίμνησαν για την ανάπτυξη άλλων πρωτογενών ενεργειακών πηγών, όπως είναι το ουράνιο - πλουτώνιο (πυρηνική ενέργεια) και οι λεγόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ήλιος, άνεμος, υδατοπτώσεις κ.λπ.), με στόχο τη μείωση της εξάρτησης της παγκόσμιας ενεργειακής αγοράς από το πετρέλαιο. Ωστόσο, το πετρέλαιο παραμένει μέχρι το 1996 συνιστούσε την κυριότερη πρωτογενή πηγή ενέργειας. Το 1990 η συμμετοχή του στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανήλθε στο 38,5% και το 1994 μειώθηκε στο 36% περίπου. Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου υπολογίζεται, σύμφωνα με στοιχεία του 1993, ότι ανέρχονται σε 135,710 δισεκατομμύρια τόνους, χωρίς να συνυπολογίζεται το πετρέλαιο που περιέχεται στην πισσούχα άμμο και τον πισσούχο σχιστόλιθο.

Ο χρόνος ζωής του πετρελαίου εκτιμάται στα 40 χρόνια περίπου αν οι ποσότητες άντλησής του έμεναν σταθερές στα επίπεδα του 1989. Το 86% των γνωστών αποθεμάτων του βρίσκονται στις αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ το 65% στη Μέση Ανατολή. Οι χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα είναι η Σαουδική Αραβία (250 εκατομμύρια βαρέλια), το Ιράκ (100 εκ. β.), το Κουβέιτ (95 εκ.β.) και η Περσία (90 εκ. β.).

Η μέγιστη παραγωγή πετρελαίου που έχει καταγραφεί ποτέ στον πλανήτη μας έλαβε χώρα τον Ιούλιο του 2006 όταν αντλήθηκαν κατά μέσο όρο 86,13 εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα. Τον Ιούνιο του 2007 το αντίστοιχο νούμερο ήταν 84,28 εκατομμύρια. Παρά την απότομη πτώση του Ιουνίου οι ειδικοί εκτιμούν πως η παραγωγή θα παραμείνει σχετικά σταθερή μέχρι το 2009. Μετά όμως θα αρχίσει σταδιακά να μειώνεται. Είναι γεγονός, λοιπόν, ότι από εδώ και στο εξής κάθε χρόνο τα αποθέματα πετρελαίου θα μειώνονται. Η αισιόδοξη άποψη, που θέλει την ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων πετρελαίου ως λύση του προβλήματος αρχίζει να εγκαταλείπεται, καθώς η χρονιά που ανακαλύφθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα κοιτασμάτων πετρελαίου ήταν το 1965. Από τα μέσα της δεκαετίας του 80 και μετά καταναλώνεται ετησίως περισσότερο πετρέλαιο απ' όσο ανακαλύπτεται σε νέα σημεία της γης και οι ελπίδες για ανεύρεση νέων αποθεμάτων ελαχιστοποιούνται.

2.2.4 Φυσικό αέριο

Κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών το φυσικό αέριο ήταν η γρηγορότερα αυξανόμενη ενεργειακά ορυκτή πηγή, με ιδιαίτερη συμμετοχή στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο ΔΟΕ προβλέπει ότι θα υπερβεί την κατανάλωση άνθρακα το 2010 και θα καλύψει το ¼ των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών το 2030.

Οι μειούμενες τιμές του φυσικού αερίου και το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ποιότητα του περιβάλλοντος, συνετέλεσαν ώστε τα μισά εργοστάσια στις ΗΠΑ να λειτουργούν με φυσικό αέριο, ενώ πριν μια δεκαετία οι περισσότερες ενεργοπαραγωγές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούσαν άνθρακα ή ουράνιο. (Γεωργοπουλος, 2005). Το φυσικό αέριο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό 80-

95%. αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, και μικρή ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα, ήλιου, αζώτου και θειικού οξέως.

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με το σχηματισμό του πετρελαίου και μεταφέρεται προς τους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όπως είναι, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας.

Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Παραδείγματα τέτοιων αγωγών είναι οι αγωγοί της Βόρειας Αμερικής, που εκτείνονται από το Τέξας και τη Λουιζιάνα μέχρι τη βορειοανατολική ακτή και από την Αλμπέρτα ως τον Ατλαντικό. Αγωγοί επίσης εκτείνονται από τη Σιβηρία μέχρι την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Οι έρευνες για πετρέλαιο έχουν αποκαλύψει την ύπαρξη μεγάλων κοιτασμάτων αερίου στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Αλάσκα και αλλού. Η μεταφορά από τέτοιες περιοχές γίνεται με πλοία. Το αέριο υγροποιείται στους 160° C και μεταφέρεται, όπως το πετρέλαιο, με δεξαμενόπλοια ειδικά κατασκευασμένα για τον σκοπό αυτό. Ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση. Το ειδικό βάρος του υγρού αερίου είναι σχετικά χαμηλό (περίπου 0,55).

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται με ποικίλους τρόπους:

- Αποτελεί βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή υδρογόνου.
- Ως καύσιμο οχημάτων (οικολογικά οχήματα). Το 2005, οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό οικολογικών οχημάτων ήταν η Αργεντινή, η Βραζιλία, το Πακιστάν, η Ιταλία, το Ιράν και οι Η.Π.Α.
- Οικιακή χρήση (μαγειρική, θέρμανση κ.α.)
- Άλλες χρήσεις (παραγωγή γυαλιού, υφασμάτων, ατσαλιού, πλαστικών, ειδών χρωματισμού και άλλων προϊόντων)

Η χρήση φυσικού αερίου θα αυξάνεται συνεχώς σε σχέση με τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα λόγω:

1. της βελτίωσης των τεχνολογιών για την ανακάλυψη και την παραγωγή του
2. της συνεχούς παροχής καυσίμου, γεγονός που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων.
3. μειωμένων εκπομπών επιβλαβών προϊόντων καύσης ανά μονάδα ενέργειας σε σχέση με τα άλλα συμβατικά καύσιμα. Κατά την καύση του δεν εκλύονται αιωρούμενα σωματίδια και διοξείδιο του θείου.
4. της ευχέρειας χειρισμού και ελέγχου
5. δημιουργίας νέων εφαρμογών φυσικού αερίου όπως καύσιμα κίνησης για μεταφορές.
4. χαμηλότερου λειτουργικού κόστους διαχείρισης και συντήρησης σε σχέση με τις υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. Σαν καύσιμο αυτοκινήτου το φυσικό αέριο πλεονεκτεί της βενζίνης οικονομικά (κοστίζει το 1/3 της τιμής της βενζίνης) (Ristignen and Kraushaar, 1999).



Λόγω των γεωλογικών ομοιοτήτων, το φυσικό αέριο ακολουθεί την ίδια δυναμική ελάττωσης των αποθεμάτων όπως το πετρέλαιο και κατά συνέπεια παρόμοιους κύκλους ανακάλυψης και παραγωγής. Τα αποθέματα φυσικού αερίου σήμερα είναι αρκετά για να υποστηρίξουν διπλάσιες ποσότητες χρησιμοποίησής του σε παγκόσμια κλίματα για τα επόμενα 20 με 30 χρόνια.

Τα αποθέματα συμβατικού φυσικού αερίου υπολογίζονται σε 10000 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια, 90% των οποίων έχουν ήδη ανακαλυφθεί. Συνολικά οι εκτιμώμενοι πόροι του φυσικού αερίου είναι ισοδύναμοι με 2230 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου. Με βάση αυτά τα δεδομένα η παραγωγή φυσικού αερίου θα φτάσει το μέγιστό της περίπου το 2030 σε μια τιμή περίπου 140 τρις. κ. πόδια το χρόνο.

Τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου βρίσκονται στην πρώην Σ. Ένωση, η οποία, ελέγχει το 38% της παγκόσμιας ποσότητάς του. Υπολογίζεται πως ο χρόνος ζωής του είναι περίπου 39 χρόνια για τις βιομηχανοποιημένες χώρες και 155 χρόνια για τις αναπτυσσόμενες χώρες, λόγω του χαμηλού ρυθμού εκμετάλλευσής του. Το φυσικό αέριο λόγω των μειωμένων εκλύσεων διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα, φαίνεται να είναι η γέφυρα μεταξύ του σημερινού ενεργειακού μοντέλου που βασίζεται στη χρήση άνθρακα, πετρελαίου και ουρανίου και του μελλοντικού ενεργειακού μοντέλου που θα βασίζεται στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ωστόσο, έχουν εκφραστεί αρκετά πειστικά επιχειρήματα που αντιτίθενται στην παραπάνω θέση.

Τα επιχειρήματα αυτά είναι τα εξής:

1. ο άνθρακας που περιέχεται στο φυσικό αέριο αρκεί για να εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου,
2. το μεθάνιο (που είναι ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα) που εκλύεται κατά την παραγωγή και μεταφορά του φυσικού αερίου μπορεί να καταστήσει το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο ισοδύναμα ως προς τη επίδραση τους στις κλιματικές αλλαγές,
3. οι τεράστιες επενδύσεις για την ανάπτυξη της εκμετάλλευσής του θα παραγκωνίσουν την έρευνα για την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ήπιες μορφές ενέργειας, δεσμεύοντας τις ενεργειακές επιλογές για τα επόμενα 20-30 χρόνια (Γεωργόπουλος, 2005).

2.3 Εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις

Οι κυριότερες ενεργειακές κατευθύνσεις που προτείνονται ως εναλλακτικές λύσεις για το πρόβλημα της επικείμενης εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων καθώς και της ρύπανση του περιβάλλοντος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω αποτελεσματικότερης χρήσης της, η ανακύκλωση, η χρήση πυρηνικής ενέργειας και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

2.3.1 Αποτελεσματική χρήση ενέργειας

Λέγοντας αποτελεσματική χρήση ενέργειας εννοείται η ικανοποίηση των ίδιων ενεργειακών αναγκών (φωτισμός, θέρμανση, ψύξη, μεταφορές) με τη χρήση λιγότερης ενέργειας. Η αποτελεσματική χρήση ενέργειας έχει βοηθά στην εξοικονόμηση χρημάτων, στη μείωση της ρύπανσης, στην εξοικονόμηση μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, στη μείωση των κοινωνικών συγκρούσεων που δημιουργούνται όσον αφορά στην επιλογή θέσεων για εγκατάσταση πυρηνικών, ανθρακικών, πετρελαϊκών σταθμών και υδροηλεκτρικών φραγμάτων, στην ενεργειακή και κατ' επέκταση οικονομική αυτονομία των χωρών που δε μπορούν να εισάγουν ενεργειακούς πόρους.

Αποτελεσματική χρήση ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές, στη βιομηχανία και στα κτίρια.

2.3.2 Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση είναι μια διαδικασία μέσω της οποίας δίνεται παράταση στο χρόνο ζωής διαφόρων πρώτων υλών με αποτέλεσμα να προτείνεται ως λύση για την επικείμενη εξάντληση των φυσικών πόρων.

Με τον όρο ανακύκλωση εννοείται η επαναχρησιμοποίηση διαφόρων υλικών όπως χαρτί, γυαλί, μέταλλα, πλαστικό μετά την αρχική χρήση τους. Η επαναχρησιμοποίηση των υλικών μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές.

Η επαναχρησιμοποίηση των υλικών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του όγκου των στερεών απορριμμάτων και κατ' επέκταση τη μείωση του αριθμού των χωματερών. Εκτός αυτού, η ανακύκλωση συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, δηλαδή στην εξοικονόμηση μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων όπως πετρέλαιο και άνθρακας και επομένως λιγότερη ρύπανση, καθώς και στην εξοικονόμηση άλλων φυσικών πόρων όπως νερό και ξύλο.

2.3.3 Πυρηνική Ενέργεια

2.3.3.1 Εισαγωγή

Πυρηνική ενέργεια ή Ατομική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι, δηλαδή, η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλεισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες.

Το βαρύτερο άτομο που βρίσκεται στη φύση, το ουράνιο, αποτελείται από δύο ισότοπα: το ουράνιο – 238 (σε αναλογία > 99%) και το ουράνιο -235 (σε αναλογία < 1%). Το ουράνιο – 238 είναι το λιγότερο σταθερό από τα δύο ισότοπα και σε αυτό οφείλεται η διαδικασία της σχάσης, η οποία λαμβάνει χώρα ως εξής: νετρόνια βομβαρδίζουν τον πυρήνα του ουρανίου – 238 και τον σπάνε σε δύο άνισα κομμάτια (σχάση). Τότε μπορούν να παραχθούν τουλάχιστον άλλα δύο νετρόνια τα οποία κινούνται με μεγάλες ταχύτητες και αν το επιτρέψουν οι συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν σχάση σε γειτονικούς πυρήνες ουρανίου-235. Από τις νέες σχάσεις απελευθερώνονται νέα νετρόνια που απομακρυνόμενα μπορούν να προκαλέσουν νέες σχάσεις κ.ο.κ. Η αλυσιδωτή αυτή αντίδραση αν συνεχιστεί ανεξέλεγκτα μπορεί να προκαλέσει πυρηνική έκρηξη, αν ελεγχθεί έχουμε την «ελεγχόμενη σχάση» που πραγματοποιείται κατά τη λειτουργία πυρηνικών αντιδραστήρων (Γεωργόπουλος, 2005).

Η σύντηξη είναι η αντίθετη διαδικασία από τη σχάση : δύο ελαφριοί πυρήνες συντήκονται προς ένα βαρύτερο απελευθερώνοντας μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Η διαδικασία αυτή δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη εμπορικά, ενώ το μεγαλύτερο μειονέκτημά της είναι η απαίτηση θερμοκρασίας 50 εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου. Αντιδραστήρες για παραγωγή ενέργειας με σύντηξη ελαφρών πυρήνων, δεν προβλέπονται πριν από τα μέσα του επόμενου αιώνα.



Η πρώτη εργαστηριακή πυρηνική σχάση επιτεύχθηκε από τους φυσικούς Ότο Χαν και Λίζα Μάιτνερ, το 1938 στο Βερολίνο. Οι δυο τους "βομβάρδισαν" ουράνιο με νετρόνια, σε μια προσπάθεια να το μετατρέψουν στο άγνωστο τότε στοιχείο με ατομικό αριθμό 93 (το ουράνιο έχει Α.Α. 92 και η προσθήκη στον πυρήνα του ενός νετρονίου θα έπρεπε, όπως είχε ήδη διαπιστωθεί ότι συνέβαινε με ελαφρύτερα στοιχεία, να το μετασχηματίσει σε ένα νέο στοιχείο με ένα πρωτόνιο παραπάνω). Το παραγόμενο, όμως, στοιχείο είχε ιδιότητες πολύ διαφορετικές από τις αναμενόμενες (για ένα βαρύ στοιχείο με Α.Α. 93), γεγονός ανεξήγητο για τους δύο επιστήμονες.

Γύρω στο 1985, 375 πυρηνικοί αντιδραστήρες (100 στις ΗΠΑ, 51 στην πρώην Σ. Ένωση, 33 στην Ιαπωνία, 150 στην Ευρώπη) παρήγαγαν το 4% του παγκοσμίως παραγόμενου ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με προβλέψεις της εποχής, μέχρι το 2000 οι πυρηνικοί αντιδραστήρες θα έφταναν σε τέτοιο αριθμό που θα μπορούσαν να παράγουν το 50% του παγκοσμίως παραγόμενου ηλεκτρισμού.

Σήμερα, λειτουργούν σε όλο τον κόσμο 441 πυρηνικοί αντιδραστήρες και 32 βρίσκονται υπό κατασκευή. Η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την πυρηνική ενέργεια έχει αυξηθεί κατά 2,5% ανά έτος σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία. Η πυρηνική ενέργεια σήμερα παράγει περίπου το 17% του παγκόσμιου ηλεκτρισμού (23% στις χώρες με πυρηνικές μονάδες). Η Γαλλία και η Ιαπωνία παράγουν το 75% του ηλεκτρισμού τους από πυρηνική ενέργεια και σκοπεύουν να το αυξήσουν στο 80%. Επιπλέον, η μη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες, καθιστούσε την πυρηνική ενέργεια, από κάποιους, λύση για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το έτος 1973 η χρήση πυρηνικής ενέργειας παγκοσμίως ήταν 0,9% και το έτος 2000 αυξήθηκε σε 6,8%.

2.3.3.2 Ραδιενεργός ακτινοβολία

Η σχάση συνοδεύεται από έκλυση ενέργειας, τη ραδιενέργεια. Η επικινδυνότητα της ραδιενεργού ακτινοβολίας έγκειται στη δυνατότητα που έχει να προκαλεί ιονισμό στα άτομα οποιουδήποτε υλικού που διαπερνά. Αυτό σημαίνει ότι η ραδιενέργεια μπορεί να αλλάξει τη θέση των ηλεκτρονίων

που περιστρέφονται γύρω από έναν πυρήνα, τα οποία αποτελούν στοιχεία σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν μόρια. Έτσι, τα ηλεκτρόνια όταν συγκρουστούν με ραδιενεργά σωμάτια, παύουν να δίνουν σταθερότητα στα κύτταρα με αποτέλεσμα τα τελευταία να καταρρέουν και να πεθαίνουν. Σε περίπτωση που η ενέργεια της ιοντίζουσας ακτινοβολίας δεν προξενήσει το θάνατο του κυττάρου, μπορεί να προκληθεί αλλαγή στο γενετικό του κώδικα, μετατρέπεται δηλαδή σε καρκινικό κύτταρο.

Υπάρχουν πολλές χαρακτηριστικές επιπτώσεις από την έκθεση σε μεγάλης έντασης ακτινοβολία όπως: το υπεροξύ ακτινικό σύνδρομο, το γαστρεντερικό σύνδρομο, το σύνδρομο του αιμοποιητικού συστήματος και η ακτινική πνευμονίτιδα. Υπάρχουν και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης σε ραδιενεργό ακτινοβολία όπως: καρκίνος, λευχαιμία και κληρονομικές ανωμαλίες (μεταλλάξεις και χρωμοσωματικές αλλοιώσεις).

2.3.3.3 Η πυρηνική ενέργεια ως λύση στο ενεργειακό ζήτημα

Παρόλο που η πυρηνική ενέργεια στις δεκαετίες του '60 και του '70 πρόβαλλε σαν ενεργειακή πανάκεια για τον ανεπτυγμένο κόσμο, κρίνεται ανέτοιμη, αναξιόπιστη και ακατάλληλη για να μπορέσει να υποκαταστήσει τα παραδοσιακά καύσιμα. Οι λόγοι είναι οι ακόλουθοι:

- Τα δυο σοβαρά ατυχήματα στο Τσέρνομπιλ τον Απρίλη του 1986 και στο Three Mile Island το 1979. Το πρώτο πυρηνικό ατύχημα με διαρροή ραδιενέργειας συνέβη στον Καναδά, το 1952. Ήταν ωστόσο μικρής κλίμακας και δεν προκάλεσε θύματα ή αξιόλογη ρύπανση. Από τότε έχουν καταγραφεί τουλάχιστον 25 μικρής ή μεσαίας σημασίας ατυχήματα και ένα σοβαρό, αυτό στο Τσέρνομπιλ στις 26 Απριλίου 1986 (ΕΣΣΔ, τώρα Ουκρανία). Το 1964 ένας αμερικανικός δορυφόρος εφοδιασμένος με πλουτώνιο 238 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν κατόρθωσε να μπει στην προγραμματισμένη τροχιά και κατά την επάνοδό του στη Γη καταστράφηκε απελευθερώνοντας στην ατμόσφαιρα αρκετή ραδιενέργεια ώστε να μετρηθεί με τα μέσα της εποχής.

Στις 28 Μαρτίου του 1979 ο πυρηνικός σταθμός Three Mile Island στην πόλη Χάρισμπουργκ της Πενσιλβανία καταστράφηκε μερικώς ως αποτέλεσμα μιας σειράς σφαλμάτων μηχανικής και ανθρώπινης φύσεως και ελαττωματικού σχεδιασμού. Η καταστροφή αυτή είχε ως αποτέλεσμα τεράστιες ποσότητες ραδιενέργειας να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, δε σημειώθηκαν προσβολές από τη ραδιενέργεια και θάνατοι στους 300000 κατοίκους της πόλης, διότι η κατάσταση τέθηκε υπό έλεγχο και η καταστροφή δεν ήταν ολοκληρωτική. Ο αντιδραστήρας είχε υποστεί τέτοια βλάβη και η ραδιενέργεια στο εσωτερικό του σταθμού ήταν τόσο μεγάλη που η αποκατάστασή του κόστισε όσο η κατασκευή ενός νέου πυρηνικού σταθμού.

- **Οι αστρονομικές αυξήσεις των εξόδων για την κατασκευή αντιδραστήρων.** Αύξηση των εξόδων κατασκευής και αύξηση των επιτοκίων δανεισμού απέτρεψαν τις κατασκευαστικές εταιρείες από αιτήσεις δανείων ύψους δύο ή τριών δις δολαρίων που χρειάζονται για την εγκατάσταση ενός πυρηνικού αντιδραστήρων. Οι επισκευές βλαβών είναι, επίσης, δαπανηρές και το κόστος μετά το πέρας της λειτουργίας του αντιδραστήρα πολύ μεγάλο (ταφή κάτω από τσιμέντο, αποσυναρμολόγηση και ταφή επιμέρους υλικών κ.λ.π.).
- **Η αποτυχία εύρεσης αποδεκτών τρόπων και τόπων εναπόθεσης και διαφύλαξης των πυρηνικών αποβλήτων.** Τα πυρηνικά απόβλητα συνιστούν ένα ανεπίλυτο πρόβλημα για την πυρηνική βιομηχανία. Ο βαθμός επικινδυνότητας των αποβλήτων εξαρτάται από το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο τα ραδιενεργά υλικά σταματούν να ακτινοβολούν. Σαν μέτρο του χρόνου που χρειάζεται ένα ραδιενεργό υλικό για να μεταβληθεί σε ανενεργό έχει προταθεί ο χρόνος ημιζωής του, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται να περάσει, ώστε η ποσότητα ενός ραδιενεργού υλικού να μειωθεί κατά 50%. Επίσης, η αποσυναρμολόγηση των πυρηνικών αντιδραστήρων αφενός έχει

τεράστιο κόστος, αφετέρου παράγει πολλά ραδιενεργά απόβλητα χαμηλής ακτινοβολίας.

- **Η αυξανόμενη δυσπιστία της παγκόσμιας κοινής γνώμης.** Ομάδες πολιτών αμφισβητούν την επάρκεια των προδιαγραφών ασφάλειας και ζητούν περισσότερες πληροφορίες για τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας χαμηλής έντασης.

2.3.3.4 Σύγκριση πυρηνικής ενέργειας και άνθρακα

Είναι γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια έχει κάποια περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας. Συγκρίνοντας έναν πυρηνικό σταθμό 1000 μεγαβάτ με έναν ενεργειακό σταθμό καύσης άνθρακα της ίδιας ισχύος σε χρονικό διάστημα ενός έτους, παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- **Απαιτήσεις σε καύσιμα.** Ο σταθμός άνθρακα καταναλώνει 2-3 εκατομμύρια τόνους άνθρακα. Αν αυτή η ποσότητα προέρχεται από επιφανειακές εξορύξεις προκύπτουν κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα. Όταν όμως προέρχεται από υπόγειες εξορύξεις προκαλούνται σοβαρά προβλήματα υγείας στους ανθρώπους και υπάρχει κίνδυνος θανατηφόρων ατυχημάτων. Οι πυρηνικοί σταθμοί χρειάζονται 30 τόνους εμπλουτισμένου ουρανίου, το οποίο προέρχεται από εξόρυξη 75.000 τόνων ορυκτού, με πολύ μικρότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η παραγωγή ενέργειας από τη σχάση 0,5 Kg ουρανίου ισοδυναμεί με την καύση 50 τόνων άνθρακα.
- **Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.** Ο σταθμός άνθρακα απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα 7 εκ. τόνους CO₂. Ο πυρηνικός σταθμός δεν παράγει καθόλου CO₂.
- **Διοξείδιο του θείου και άλλες εκπομπές.** Ο σταθμός άνθρακα απελευθερώνει 300000 τόνους SO₂ και άλλους ρυπαντές της ατμόσφαιρας που προκαλούν την όξινη βροχή. Από πυρηνικούς σταθμούς δεν εκλύονται αέρια που προκαλούν όξινη βροχή.

- **Ραδιενέργεια.** Ο σταθμός άνθρακα εκπέμπει 100 φορές περισσότερη ραδιενέργεια από τον πυρηνικό σταθμό, διότι ο άνθρακας περιέχει ραδιενεργά στοιχεία (ουράνιο, θόριο).
- **Ατυχήματα.** Το σοβαρότερο που μπορεί να συμβεί σε ένα σταθμό καύσης άνθρακα είναι θανατηφόρα ατυχήματα εργατών και πυρκαγιές. Στους πυρηνικούς σταθμούς τα ατυχήματα μπορεί να είναι από κάποιες εκπομπές ραδιενέργειας μέχρι καταστροφικές εκπομπές ραδιενέργειας που μπορεί να προκαλέσουν ασθένειες, θάνατο, καρκίνο και πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα (Wright, 2005).

2.3.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι μορφές ενέργειας οι οποίες προέρχονται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το επιφανειακό νερό, η βιομάζα και η γεωθερμία. Οι εν λόγω μορφές ενέργειας είναι φιλικές προς το περιβάλλον καθώς με τη χρήση τους δεν απελευθερώνονται ρυπογόνες ουσίες, και συντελούν στην εξοικονόμηση των αποθεμάτων των εξαντλήσιμων ορυκτών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) συνιστούν μια από τις σπουδαιότερες και αποτελεσματικότερες εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις, που προς το παρόν διαφαίνεται ότι η χρήση τους θα περιορίσει δραστικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα και την εξάντληση των συμβατικών καυσίμων. Αν και η τεχνολογία έχει κάνει σημαντικά βήματα προς τον τομέα αυτό, η εφαρμογή των ΑΠΕ βρίσκεται σε πρώιμο ακόμη στάδιο. Παρά τις τεράστιες ποσότητες ενέργειας που είναι διαθέσιμες από τις ΑΠ, η συλλογή και η χρήση αυτής της ενέργειας με οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο δεν είναι απλή και εύκολη υπόθεση (Wright, 2005).

Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν και πρέπει να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη.

Στη Ελλάδα, οι συνθήκες για την αξιοποίηση αυτών των πηγών ενέργειας είναι ιδανικές, λόγω της σημαντικής ηλιοφάνειας, του αιολικού δυναμικού που υπάρχει, ιδιαίτερα στα νησιά, αλλά και του υδάτινου δυναμικού στις ορεινές περιοχές. Η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

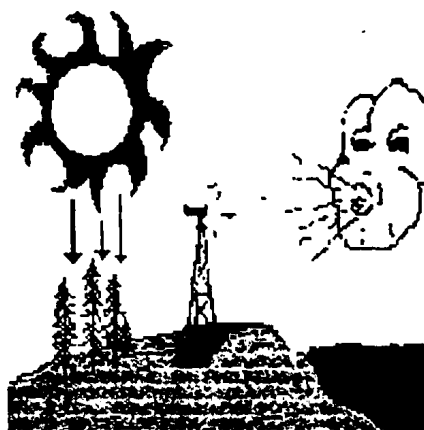
Από το 1973 ξεκίνησαν οι πρώτες έρευνες για αναζήτηση περιοχών κατάλληλων για εκμετάλλευση του γεωθερμικού τους δυναμικού. Από το 1977, το ενδιαφέρον εστιάστηκε στην καταγραφή των ηλιακών και ανεμολογικών χαρακτηριστικών του νησιωτικού ελλαδικού χώρου (Γεωργόπουλος, 2005).

3.2 Ορισμός και χαρακτηριστικά ΑΠΕ

Οι «ήπιες μορφές ενέργειας» ή «ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» ή «νέες πηγές ενέργειας» είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προσφέρουν έναν εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η ηλιακή ακτινοβολία, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Τα αποθέματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ανανεώνονται φυσικά για αυτό και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες.

Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά αυτών των μορφών ενέργειας:

1. για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις



παραδοσιακές πηγές ενέργειας, αλλά η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας που λαμβάνει χώρα στη φύση.

2. πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Οι ΑΠΕ είναι οι ακόλουθες:

- Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Ενέργεια από βιομάζα
- Γεωθερμική ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται ουσιαστικά στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια από τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια «συσκευασμένη» κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται από τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια είναι καταχρηστικά ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Οι ΑΠΕ ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές και ήταν ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή. Σήμερα όμως, λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και παρόλο που αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, προετοιμάζεται το έδαφος για περαιτέρω αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας μειώνεται συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια. Ιδιαίτερα, η αιολική, η

υδροηλεκτρική ενέργεια αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται επί ίσοις όροις τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας (ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 8% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ΑΠΕ κυρίως βιομάζα και υδροηλεκτρικά).

Από την ολική ηλεκτρική ενέργεια, η υδροηλεκτρική καταλαμβάνει το 83%, η βιομάζα το 13%, η γεωθερμική το 3%, η αιολική το 0,8% και η ηλιακή το 0,3%. Στην ΕΕ η συμβολή των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια αντιπροσωπεύει το 10,8% της συνολικής παραγωγής ενέργειας (Stenøns and Verhe, 2004).

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους quo στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Κάποιες ΑΠΕ χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία έχει και μεγαλύτερη οικονομική αξία από τη θερμική ενέργεια. Σε αυτές ανήκουν η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική, τα φωτοβολταϊκά, η παλιρροιακή, και η ενέργεια των κυμάτων. Η βιομάζα, η γεωθερμία και τα ηλιακά συστήματα μπορούν να παράγουν και ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνο όταν υπάρχει ηλιοφάνεια. Σε αντίθετη περίπτωση, σημειώνεται σημαντική μείωση της ηλιακής έκθεσης σε σχέση με τις ηλιόλουστες μέρες. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να αποθηκεύεται ή να αναμιγνύεται σε ένα δίκτυο διανομής με άλλες πηγές ενέργειας για να είναι χρήσιμη σε μια βιομηχανική κοινωνία. Η υδροηλεκτρική ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμική ενέργεια έχουν αποθηκευτικές δυνατότητες, που τους επιτρέπουν να δώσουν ενέργεια όταν χρειάζεται, όπως οι παραδοσιακές πηγές.

3.2.1 Παράγοντες που οδήγησαν στην αναβίωση των ΑΠΕ

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν μεγάλη παράδοση. Πολύ πριν ανακαλυφθούν τα συμβατικά καύσιμα, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τις ΑΠΕ για να καλύψει τις ανάγκες του (κατασκευές, ένδυση και ενέργεια). Ο άνεμος και το νερό χρησιμοποιούντο ως πηγές ενέργειας στη γεωργία και το ξύλο και η τύρφη ήταν συνήθεις πηγές θερμικής ενέργειας. Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας αυξήθηκαν οι απαιτήσεις σε ενέργεια και ταυτόχρονα αυξήθηκε η χρήση άνθρακα και πετρελαίου και εμφάνιση της πυρηνικής ενέργειας τη δεκαετία του 50` αύξησε περισσότερο την αγορά ενέργειας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 ως αποτέλεσμα κυρίως των πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση παραδοσιακών πηγών ενέργειας.

Ειδικότερα, οι κρίσιμότεροι παράγοντες που οδήγησαν στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ είναι οι εξής:

1. το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας: οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979-80, οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να αναθεωρήσουν την απόλυτη εξάρτηση τους από τα ορυκτά καύσιμα, και ιδιαίτερα το πετρέλαιο. Οι χώρες-προμηθευτές -κατά κύριο λόγο τα κράτη της Αραβικής Χερσονήσου και του Περσικού Κόλπου- δεν ήταν ποτέ απολύτως αξιόπιστοι σύμμαχοι της Δύσης. Η τελευταία τριακονταετία στην περιοχή, με την άνοδο του ισλαμικού φονταμενταλισμού που είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά της, έχει εντείνει περαιτέρω την ενεργειακή ανασφάλεια των ανεπτυγμένων χωρών σχετικά με τις μη ανανεώσιμες πηγές.
2. το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αναχθεί σε κορυφαία προτεραιότητα της διεθνούς κοινότητας. Ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων

Αποτέλεσμα της ανησυχίας για τη φύση και τις επιπτώσεις της χρήσης ενέργειας στο περιβάλλον ήταν το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1997, το οποίο είχε μεγάλη επίδραση στην παρούσα βιοενεργειακή πολιτική και θα επηρεάσει και τις μελλοντικές πολιτικές. Οι ΑΠΕ προφέρουν τη δυνατότητα να μειωθούν τα αέρια του θερμοκηπίου με το να σταματούν τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Σήμερα το 80% των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων οφείλεται στη χρήση ενέργειας. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, η Ε.Ε. πρέπει να μειώσει τις εκπομπές 6 αερίων του θερμοκηπίου σε 8% κάτω από το επίπεδο του 1990 μέχρι τη χρονική περίοδο 2008-2012. Οι ΑΠΕ παίζουν σημαντικό ρόλο στο να επιτευχθεί αυτή η συμφωνία, από τότε που οι διαδικασίες μετατροπής των ΑΠΕ έχουν ως αποτέλεσμα εκπομπές μικρότερων ποσοτήτων ρυπαντών όπως CO_2 , SO_2 , και NO_x .

Άλλο παράδειγμα μιας μεθόδου οικονομικά συμφέρουσας για τη μείωση των εκπομπών CO_2 στο μέλλον, είναι να αντικατασταθεί η παραγωγή ενέργειας που στηρίζεται στο κάρβουνο με την παραγωγή ηλεκτρισμού με θερμότητα από βιομάζα. Τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια βιοκαύσιμα έχουν την ικανότητα να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα σχεδόν σε κάθε εφαρμογή εάν είναι εγγυημένη η βιώσιμη παραγωγή και η αποδοτική μετατροπή. Σήμερα οι σημαντικότερες πηγές των βιοκαυσίμων προέρχονται από δάση και γεωργικά προϊόντα.

Αν οι βιολογικές πηγές συμπεριληφθούν στις εθνικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η βιομάζα θα προσφέρει μια μεγάλη δυνατότητα αποθήκευσης για μεγάλο χρονικό διάστημα άνθρακα σε δάση ή σε προϊόντα ξυλείας. Η βιομάζα μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα μέρος κλειστού κύκλου του άνθρακα (Stevens and Verhe, 2004).

Άλλες εξίσου σημαντικές αιτίες που οδήγησαν στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι:

1. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση των εξαντλήσιμων πηγών ενέργειας.
2. Η μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο.

3.Η αύξηση του κόστους των συμβατικών καυσίμων, κυρίως του πετρελαίου (προβλέψεις έδειξαν ότι οι τιμή του πετρελαίου θα έφτανε στις ΗΠΑ το 1980 τα 35 -50 δολάρια το βυτίο).

4.Η αύξηση της ανεργίας που σήμερα υπολογίζεται σε 8% του ενεργού πληθυσμού στην Ελλάδα, μπορεί εν μέρει να αντιμετωπιστεί με την αξιοποίηση των ΑΠΕ διότι συνεπάγεται μια αύξηση της απασχόλησης κατά 2 έως 18 φορές, συγκριτικά με τις εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας.

5.Η διάθεση μέρους του πληθυσμού για μια ζωή με μεγαλύτερη ασφάλεια, για αυτάρκεια ενεργειακή και αυτοδιάθεση όσον αφορά τις ενεργειακές επιλογές (Γεωργόπουλος, 2005).

3.2.2 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης ΑΠΕ είναι τα εξής:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

- Συμβολή στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους
- Συμβολή στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των 6 αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στην ατμόσφαιρα
- Συνεισφορά στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο
- Αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας
- Δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.)
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Συνεισφορά στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Τα βασικά μειονεκτήματα της χρήσης των ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Για αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.

- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ισχύεις απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους,
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμη υψηλό.

Οι ΑΠΕ δεν είναι απολύτως αβλαβείς για το περιβάλλον και δε διατίθενται σε άπειρες ποσότητες. Οι ηλιακοί συλλέκτες απαιτούν μεγάλες εκτάσεις, οι πολλές ανεμογεννήτριες δημιουργούν αισθητική ρύπανση και είναι επικίνδυνες για τα αποδημητικά πουλιά, τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια πλημμυρίζουν περιοχές που προηγουμένως κατοικούνταν ή καλλιεργούνταν. Η ενέργεια από βιομάζα μπορεί να είναι τόσο βιώσιμη όσο και η γεωργική πρακτική μέσω της οποίας παράγεται. Όλες οι ΑΠΕ μπορεί να χρησιμοποιούνται επ' άπειρον αλλά με πολύ συγκεκριμένο ρυθμό. Δε μπορούν να υποστηρίξουν οποιοδήποτε μέγεθος πληθυσμού ούτε κοινωνίες που παρουσιάζουν παράλογη πληθυσμιακή έξαρση. Ωστόσο μπορούν να παρέχουν την ενεργειακή βάση για μια μελλοντική βιώσιμη κοινωνία.

3.3 Ηλιακή Ενέργεια



3.3.1 Ιστορική αναδρομή

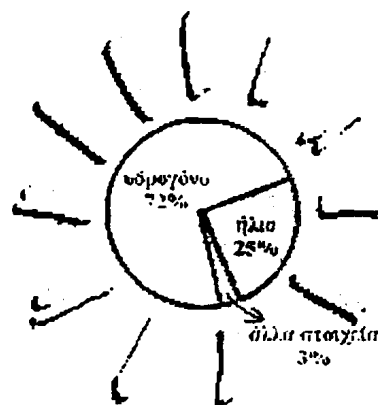
Η πρώτη αναφορά ενεργητικής χρήσης της ηλιακής ενέργειας αφορά τον Αρχιμήδη, ο οποίος το 212 π.Χ. χρησιμοποίησε «ηλιακά κάτοπτρα» για να καταστρέψει το στόλο των Ρωμαίων στις Συρακούσες. Αν και το γεγονός αυτό αμφισβητείται ιστορικά, η φήμη του σηματοδοτεί την ιστορία της ηλιακής ενέργειας.

Το 1515, ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι σχεδίασε ένα παραβολικό ηλιακό κάτοπτρο για βιομηχανική χρήση και συγκεκριμένα για βαφεία υφασμάτων. Το 1700, ο Αντουάν Λαβουαζιέ κατασκεύασε έναν ηλιακό φούρνο που ανέπτυσσε θερμοκρασίες πάνω από 1780 βαθμούς Κελσίου και μπορούσε να λιώσει την πλατίνα. Το 1767, ο Ελβετός Οράτιος ντε Σοσούρ ανακάλυψε τον πρώτο επίπεδο ηλιακό συλλέκτη και είκοσι χρόνια μετά ο Βρετανός Τσαρλς Τέλιερ τον τελειοποίησε. Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Εντμόν Μπεκερέλ ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, κατά το οποίο ορισμένα υλικά παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτεθούν στο φως του ήλιου. Το 1866, ο Γάλλος μαθηματικός Αύγουστος Μουσού, με χρηματοδότηση από τον Ναπολέοντα τον Τρίτο κατασκεύασε μια μηχανή που μετέτρεπε την ηλιακή ακτινοβολία σε μηχανική ενέργεια. Το 1880, ο Αμερικανός Τζον Έρικσον σχεδίασε μια ηλιοθερμική μηχανή, μπροστά στην οποία η μηχανή του Μουσού «έμοιαζε με παιχνίδι» όπως συνήθιζε να λέει ο εφευρέτης.

Η πρώτη εταιρεία ηλιακών (The Solar Motor Co) άνοιξε το 1900 από τον Ομπρέ Ενέας στη Βοστώνη. Το 1954, τα εργαστήρια Bell κατασκεύασαν το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο που παρήγαγε ηλεκτρικό ρεύμα από τον ήλιο και το οποίο συνεχίζει να λειτουργεί έως σήμερα.

3.3.2 Ηλιακή ενέργεια

Ο Ήλιος είναι απλανής αστέρας μέσου μεγέθους που λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών των στοιχείων που τον συνθέτουν, μεταξύ των οποίων και το υδρογόνο, τα μόρια αλλά και τα άτομά τους βρίσκονται σε μια κατάσταση «νέφους» θετικών και αρνητικών φορτίων ή κατάσταση πλάσματος, όπως ονομάστηκε.



Είναι γνωστό ότι ο ήλιος συνιστά τη βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο και αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τη θερμική και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου με χρήση μηχανικών μέσων για τη

συλλογή, αποθήκευση και διανομή της. Οι τεχνολογίες του ήλιου, λοιπόν, χρησιμοποιούν την ενέργεια του ήλιου και το φως για να παράγουν θερμότητα, φωτισμό, ζεστό νερό, ηλεκτρισμό ακόμα και ψύξη για κατοικίες, επιχειρήσεις και βιομηχανίες.



Η ηλιακή ενέργεια δημιουργείται με θερμοπυρηνική τήξη στον ήλιο. Φτάνει στη Γη με την ακτινοβολία και εισέρχεται στην κορυφή της ατμόσφαιρας με $1,370 \text{ Watt/m}^2$, την *ηλιακή σταθερά*. Η ενέργεια αυτή κυμαίνεται από την υπεριώδη ακτινοβολία στην ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία. Περίπου το μισό αυτής της ενέργειας φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Το 30% ανακλάται και το 20% απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Έτσι, όλη η ηλιακή ακτινοβολία μεταφέρει στην επιφάνεια της γης περίπου 700 Watt/m^2 , όταν ο ήλιος βρίσκεται ακριβώς πάνω από τη γη. Σε αυτή την περίπτωση ο ήλιος διανέμει 700 megawatts σε μια περιοχή 1.000 km^2 .

Το συνολικό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη γη είναι τεράστιο και ξεπερνάει κατά πολύ τις παγκόσμιες ανάγκες σε ενέργεια (10000 φορές περισσότερη από αυτή που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους) (Γεωργόπουλος, 2005). Η ενέργεια που δίνει η ηλιακή ακτινοβολία για 40 λεπτά ισοδυναμεί με την ενέργεια από την χρήση συμβατικών καυσίμων για ένα χρόνο (Wright, 2005).

Επίσης, η χρήση της ηλιακής ενέργειας δεν αλλάζει την ενεργειακή ισορροπία της βιόσφαιρας. Η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την επιφάνεια του νερού ή του εδάφους, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και τελικά χάνεται στο περιβάλλον. Ακόμα και το ποσοστό που απορροφάται από τη βλάστηση και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση και πάλι μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, καθώς διάφοροι καταναλωτές διασπούν την τροφή.

Εκτός του ότι η ηλιακή ενέργεια είναι μια άφθονη και ανεξάντλητη πηγή, είναι επίσης διακεγχημένη (ευρέως διασκορπισμένη) και αλλάζει ανάλογα την εποχή, το γεωγραφικό πλάτος και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Το κυριότερο πρόβλημα που εντοπίζεται στη χρήση ηλιακής ενέργειας είναι το να πάρει κανείς μια διασκορπισμένη και ασυνεχή πηγή και να την συγκεντρώσει για διάφορες χρήσεις (πχ ως καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, για κίνηση οχημάτων, για ηλεκτρισμό κ.α). Επιπλέον, τι γίνεται όταν ο ήλιος δεν ακτινοβολεί; Η υπερπήδηση των εμποδίων αυτών, όπως η



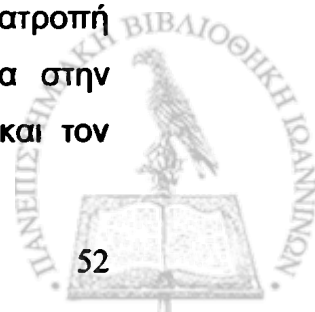
συλλογή, η μετατροπή και η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας, συνιστούν μια πολυδάπανη διαδικασία.

Είναι γεγονός, ότι τα φυσικά οικοσυστήματα έχουν τη ικανότητα να διευθετούν αυτά τα προβλήματα. Συγκεκριμένα, τα φύλλα των φυτών είναι εξαιρετικοί ηλιακοί συλλέκτες, συλλέγοντας το φως από μια ευρεία περιοχή. Με τη βοήθεια της χλωροφύλλης, κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετατρέπουν και αποθηκεύουν το φως του ήλιου το οποίο τελικά μετατρέπεται σε χημική ενέργεια. Τότε η φυτική βιομάζα προμηθεύει με «καύσιμα» το υπόλοιπο οικοσύστημα.

3.3.3 Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας

Σήμερα, αξιοποιούμε με πολλούς τρόπους την ευεργετική δράση της ηλιακής ακτινοβολίας:

1. **Με την παραγωγή ηλεκτρισμού από αυτήν.** Με την απευθείας, δηλαδή, μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, ειδικής σύνθεσης κρύσταλλοι με κύριο συστατικό το πυρίτιο, οι οποίοι ονομάζονται φωτοβολταϊκά κύτταρα (1954) μετατρέπουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Το εγχείρημα παρόλο που είναι εφικτό από τεχνολογικής άποψης, το οικονομικό κόστος του δε φαίνεται να είναι ανταγωνιστικό προς το κόστος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τα συμβατικά ενεργειακά εργοστάσια. Ωστόσο η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία των φωτοβολταϊκών βελτιώνεται συνεχώς, ενώ ταυτόχρονα το κόστος τους μειώνεται, ώστε πολύ γρήγορα η χρήση τους να γίνει μαζική.
2. **Με τη χρήση παθητικών συστημάτων θέρμανσης.** Τα συστήματα αυτά είναι κατασκευές στις οποίες η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται άμεσα σε θερμότητα στο μέρος στο οποίο συλλέγεται. Η μετατροπή αυτή βασίζεται κυρίως σε αρχιτεκτονικά στοιχεία ενταγμένα στην οικοδομή, την ανάλογη κτιριοδομική μελέτη και τη διάταξη και τον



προσανατολισμό των ηλιακών οικοδομών στο χώρο, τα οποία και συνιστούν την επονομαζόμενη ηλιακή αρχιτεκτονική. Αυτός ο τρόπος οικοδόμησης κατοικιών δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα, δεν έχει σημαντικό κόστος, δεν επηρεάζει αρνητικά την αισθητική του σπιτιού και εξοικονομεί μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες (πετρέλαιο) το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση. Η ηλιακή αρχιτεκτονική βασίζεται στα ανοίγματα και το γενικότερο προσανατολισμό του σπιτιού προς το νότο. Η διάταξη που έχει γίνει ευρύτερα γνωστή είναι ο τοίχος Trombe (Γάλλος μηχανολόγος) ο οποίος αποτελείται από τσιμέντο ή πέτρα πάχους μεγαλύτερου των κανονικών τοίχων, έχει νότιο προσανατολισμό, είναι σκούρου χρώματος και καλύπτεται από μια γυάλινη επιφάνεια. Όταν ο τοίχος αυτός εκτίθεται στον ήλιο, αποθηκεύει θερμότητα (παρόμοια λειτουργία με θερμοκήπιο) ενώ δύο οπές του τοίχου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα που ζεσταίνεται από την επαφή του με τον τοίχο Trombe προς το σπίτι και του ψυχρού αέρα του σπιτιού προς τον τοίχο Trombe για να θερμανθεί. Η ανακύκλωση αυτή του αέρα εξασφαλίζει και τη θέρμανση του σπιτιού. Οι αρχιτέκτονες συνεχίζουν τις έρευνές τους πάνω στην κατεύθυνση αποτελεσματικότερης αποθήκευσης θερμότητας, ώστε να επαρκεί και για μεγάλες χρονικές περιόδους, χρησιμοποιώντας το νερό που είναι μεγάλης θερμοχωρητικότητας.

3. **Με τη χρήση ενεργητικών συστημάτων θέρμανσης.** Τα συστήματα αυτά είναι στοιχεία που συλλέγουν ηλιακή ενέργεια, αλλά είναι ξένα προς την οικοδομή στην οποία εγκαθίστανται. Παραδείγματα ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ηλιακοί συλλέκτες που εγκατεστημένοι στη στέγη κτιρίου, ζεσταίνουν νερό το οποίο μια αντλία αποθηκεύει σε μια δεξαμενή και το οποίο μπορεί εν συνεχεία να τροφοδοτήσει χώρους που χρειάζονται θέρμανση. Ηλιακοί θερμοσίφωνες, ηλιακοί φούρνοι και ηλιακές γεννήτριες είναι επίσης ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Το πλεονέκτημα των παθητικών σε σχέση με τα ενεργητικά συστήματα είναι οι φθηνότερες εγκαταστάσεις (Γεωργόπουλος, 2005).

Όλη η εγκατεστημένη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών ήταν περίπου 8000000 m² στα τέλη του 90` και η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας υπολογίστηκε σε περίπου 320ktoe, και καταλάμβανε το 0,4% των ΑΠΕ στην ΕΕ (Ristignen and Kraushaar, 1999).

Η Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια, προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 KWh/m². Η επιφάνεια των εγκαταστημένων συλλεκτών στη χώρα μας ανέρχεται περίπου σε 2.000.000 m². Η τιμή αυτή αποτελεί ποσοστό 50% περίπου, της επιφάνειας συλλεκτών εγκατεστημένων σε ολόκληρη την Ευρώπη. Οι συλλέκτες αυτοί, κυρίως αφορούν σε μικρά οικιακά συστήματα.

3.3.4 Πλεονεκτήματα ηλιακής ενέργειας

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για να στραφεί κανείς στην ηλιακή ενέργεια:

- **Αξιοπιστία:** Συνιστά μια καθ' όλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία.
- **Αποκέντρωση:** η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου (που στην Ελλάδα φτάνουν κατά μέσο όρο το 12%).
- **Αυτονομία:** Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους. το 70% των ενεργειακών πόρων που καταναλώνει, τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.
- **Ανάπτυξη:** Η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς θα αυξήσει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών.
- **Θέσεις εργασίας:** Ήδη πάνω από 3.500 άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ελλάδα. Η περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς συνεπάγεται νέες θέσεις εργασίας σε μια καθαρή τεχνολογία.
- **Ευκολία:** Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη.

- **Εξοικονόμηση χρημάτων:** Για τον απλό καταναλωτή, ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η πιο απλή και συμφέρουσα λύση για να περικόψει τους λογαριασμούς ρεύματος. Το μέσο ετήσιο κέρδος του μπορεί να φτάσει έως 100 ευρώ περίπου.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Για την Ελλάδα, η εξοικονόμηση που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί θερμοσίφωνες εξοικονομούν ήδη 1,1 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο, όση ενέργεια παράγει δηλαδή ένας συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 200 μεγαβάτ. Χωρίς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα των νησιών που θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.
- **Προστασία περιβάλλοντος:** Αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- **Κλιματικές αλλαγές:** Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Ένα τυπικό θερμοσιφωνικό σύστημα για οικιακή χρήση παράγει στην Ελλάδα ετησίως 840-1.080 κιλοβατώρες και αποσοβεί την έκλυση 925-1.200 κιλών CO₂ το χρόνο, όσο δηλαδή θα απορροφούσε 1,5 στρέμμα δάσους.

3.3.5 Μειονεκτήματα ηλιακής ενέργειας

Η χρήση ηλιακής ενέργειας παρόλο που συνιστά μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα.

Πρώτον, οι διαθέσιμες τεχνολογίες είναι πιο ακριβές από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, παρόλο που το κόστος συνεχώς μειώνεται. Δεύτερον, η ηλιακή ενέργεια λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και έτσι απαιτεί μια εφεδρική πηγή ενέργειας ή μια μπαταρία αποθήκευσης για χρήση τη

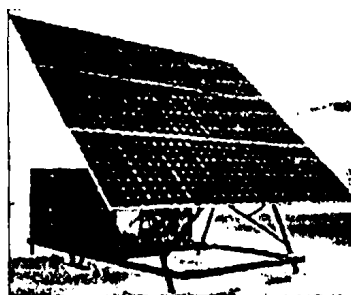
νύχτα. Επίσης, σε πολλές περιοχές, το κλίμα δεν έχει τόση ηλιοφάνεια για να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Ο ήλιος παρέχει ενέργεια μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά το 70% των αναγκών για ηλεκτρισμό λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν λειτουργούν βιομηχανίες, γραφεία και καταστήματα. Έτσι, οι υποστηρικτές της ηλιακής ενέργειας διαφωνούν ότι τα αποθέματα μπορούν ακόμα να επιτευχθούν με τη χρήση ηλιακών μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και εξακολουθούν να βασίζοντα στις συμβατικές πηγές ενέργειας κατά τη νύχτα. Όλη η ηλιακή ενέργεια που μπορεί να δημιουργηθεί και επόμενα 20 και πλέον χρόνια μπορεί να ικανοποιήσει όλες τις ενεργειακές ανάγκες κατά τη διάρκεια της μέρας, αφήνοντας τα παραδοσιακά καύσιμα να ικανοποιήσουν τις ανάγκες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συγκεκριμένα, η απαιτήσεις για κλιματιστικά, τα οποία μετά την ψύξη, είναι οι δεύτεροι μεγαλύτεροι καταναλωτές ενέργειας, ταιριάζει στην ενέργεια από φωτοβολταϊκά. Επιπλέον, τα κλιματιστικά που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα ηλεκτρικά συστήματα, και έτσι δεν υπάρχει ο κίνδυνος κόστους που θα χρειαζόταν για να ενώσουμε τα δύο συστήματα.

3.3.6 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

3.3.6.1 Εισαγωγή

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1839 αλλά το πρώτο ηλιακό ηλεκτρικό στοιχείο κατασκευάστηκε το 1954 στα εργαστήρια Μπέλ στις Ηνωμένες Πολιτείες για διαστημικές εφαρμογές.



Καθώς το κόστος των Φ/β πλαισίων συνεχίζει να μειώνεται, όλο και περισσότερα είδη εφαρμογών με Φ/β συστήματα γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικά, έναντι της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας.

Παράλληλα, η αυξανόμενη ευαισθησία της κοινής γνώμης, λόγω των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής και χρήσης ενέργειας, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των Φ/β συστημάτων, τα καθιστούν μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες ενεργειακές τεχνολογίες. Το σοβαρότερο εμπόδιο, αυτή τη στιγμή, για τη διείσδυση σε μεγάλη κλίμακα των Φ/β θεωρείται το κόστος.

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις, σε σχέση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των Φ/β συστημάτων.

Στις προϋποθέσεις αυτές περιλαμβάνονται:

- Τα υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας
- Το πλήθος νησιωτικών κυρίως περιοχών, μη συνδεδεμένων με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Με χρηματοδότηση της ΕΕ, η ΔΕΗ εγκατέστησε Φ/β εγκαταστάσεις στην Κύθνο το 1988, με ισχύ 100 KW καλύπτοντας το 6 % των αναγκών του νησιού, στην Αγία Ρουμέλη της Κρήτης το 1982 με ισχύ 50 KW και στα νησιά Γαύδος, Αρκιοί και Αντικύθηρα. Επίσης, η οικοδόμηση του ηλιακού χωριού στην Πεύκη Αττικής συνιστά ένα από τα πιο φιλόδοξα προγράμματα εφαρμογής ηλιακής ενέργειας στη χώρα μας (Γεωργόπουλος, 2005).

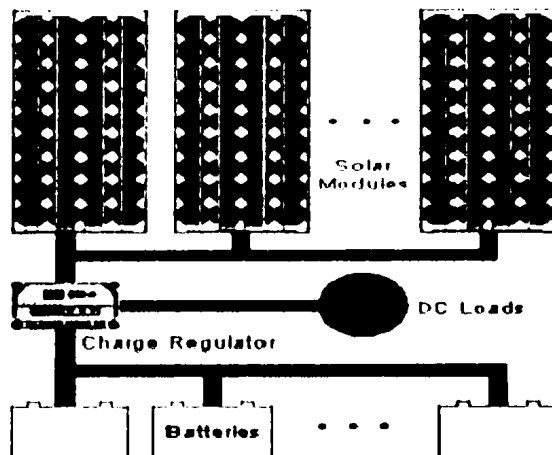
Παρόλα αυτά, η Ελλάδα εμφανίζεται σε μία από τις χαμηλότερες θέσεις μεταξύ των χωρών μελών του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας από πλευράς εγκατεστημένων Φ/β συστημάτων.

3.3.6.2 Λειτουργία Φ/β συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και παρ' όλη την απλή τους εμφάνιση είναι πολύ υψηλής τεχνολογίας και αποτελούνται από σύνθετα υλικά (Wright, 2005).

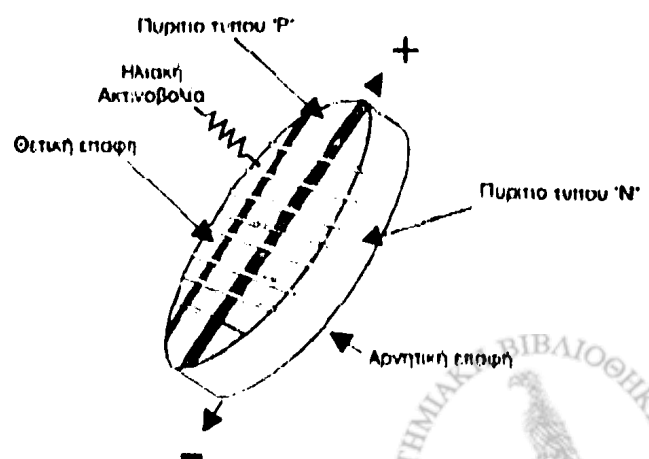
Ένα τυπικό Φ/β σύστημα αποτελείται από:

- Το Φ/β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη)
- το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες)
- τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/β συστοιχία.



Μία τυπική συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Υπάρχουν π.χ. τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, και τα άμορφα. Τα τελευταία έχουν χαμηλότερη απόδοση αλλά είναι φθηνότερα. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη.

Τα Φ/β πλαίσια αποτελούνται από κατάλληλα επεξεργασμένους δίσκους πυριτίου (ηλιακά κελί = solar cells) που βρίσκονται ερμητικά σφραγισμένοι μέσα σε πλαστική ύλη για να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες (π.χ. υγρασία). Η μπροστινή όψη του πλαισίου προστατεύεται από ανθεκτικό



γυαλί. Η κατασκευή αυτή, που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 mm, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου, όπως στους υαλοπίνακες των κτιρίων.

Ένα ηλιακό κελί, που ονομάζεται φωτοβολταϊκό ή Φ/β κελί, μοιάζει με ένα δισκίο με ένα καλώδιο συνδεδεμένο στην κορυφή και ένα στη βάση. Καθώς το φως το ήλιου πέφτει στο δισκίο, δημιουργεί μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος σχεδόν ισοδύναμη με αυτήν που εκπέμπει η μπαταρία ενός φακού. Τα κελιά παράγουν περίπου 1 βολτ ενέργειας · 40 Φ/β κελιά, όταν ενωθούν σχηματίζουν ένα σύστημα, το οποίο μπορεί να παράγει ενέργεια για να δώσει φως σε μια ηλεκτρική λάμπα. (Wright, 2005) Χρησιμοποιούνται επίσης σε κομπιουτεράκια και ρολόγια και παράγουν ενέργεια για δορυφόρους, ηλεκτρικά φώτα και διάφορες οικιακές συσκευές όπως ραδιόφωνα (Ristignen and Kraushaar, 1999).

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό ισχύος 1 κιλοβάτ (kW) παράγει κατά μέσο όρο 1.200-1.500 κιλοβατώρες το χρόνο (ανάλογα με την ηλιοφάνεια της περιοχής) και αποτρέπει κατά μέσο όρο κάθε χρόνο την έκλυση 1.450 kg διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν 2 στρέμματα δάσους.

3.3.6.3 Εγκατάσταση Φ/β

Ένας τρόπος εγκατάστασης των Φ/β είναι το σταθερό μοντάρισμα των Φ/β, με κατάλληλη κατεύθυνση και φυσικά με την προϋπόθεση ότι η προσαρμογή γίνεται κάτω από την κατάλληλη γωνία ροτής.

Τα πλεονεκτήματα για αυτού του είδους την εγκατάσταση είναι τα εξής:

- Εύκολο και ολιγοδάπανο μοντάρισμα με το μικρότερο κόστος.
- Καλή μηχανική σταθερότητα της εγκατάστασης ακόμα και κάτω από ισχυρούς ανέμους.
- Ποικιλία δυνατοτήτων για μια αισθητικά ικανοποιητική ενσωμάτωση στις υφιστάμενες κτιριακές δομές.

Ένας άλλος τρόπος εγκατάστασης των Φ/β είναι το κινούμενο μοντάρισμα. Η απόδοση των Φ/β σε ενέργεια μπορεί να βελτιωθεί με την κατάλληλη κατεύθυνση τους προς τον ήλιο και μάλιστα παρατηρείται μεγαλύτερη

βελτίωση όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της ευθείας ακτινοβολίας στο σύνολο της ακτινοβολίας. Τεχνικά, η συνεχής στροφή προς τον ήλιο απαιτεί μια σταθερή κατασκευή με κίνηση και ρύθμιση της κατεύθυνσης.

Αυτό, βέβαια, συνδέεται πάντα με μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με το σταθερό μοντάρισμα, αλλά και με την κατανάλωση πρόσθετου ρεύματος. Η διεξαγωγή με δύο άξονες λειτουργεί με δύο προωστήρες, ώστε να προσαρμοστεί και η κατεύθυνση (δηλ. η περιστροφή γύρω από κάθετο άξονα) και η κλίση (ροπή γύρω από οριζόντιο άξονα) των Φ/β στη θέση του ήλιου και να φέρει την καλύτερη δυνατή απόδοση.

Η ηλιακή ακτινοβολία πάνω στην ηλιακή γεννήτρια ενισχύεται, κατά κύριο λόγο και με έναν καθρέφτη, δηλαδή μέσω της συγκέντρωσης του ηλιακού φωτός. Βέβαια η χρήση ανακλαστήρων έχει νόημα μόνο στην κινούμενη εγκατάσταση.

Όταν η ύπαρξη ευθείας (άμεσης) ακτινοβολίας είναι μεγάλη, δηλαδή κυρίως το καλοκαίρι, παράγεται πολύ ρεύμα, ενώ όταν είναι χαμηλή η ακτινοβολία με μεγάλο ποσοστό σε διάχυτη ακτινοβολία το χειμώνα, δεν επιτυγχάνεται η πρόσθετη απόδοση.

Η ενσωμάτωση των Φ/β πλαισίων στα κτίρια μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη. Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού τα Φ/β πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά στοιχεία για την κάλυψη της οροφής, για την επένδυση της πρόσοψης ή και ως σκίαστρα. Το νέο αυτό στοιχείο στην αρχιτεκτονική, θα μπορούσε να οδηγήσει σε πρωτότυπες λύσεις για την εμφάνιση των κτιρίων.

Για την κατάλληλη τοποθέτηση ενός ηλιακού συστήματος, υπολογίζεται πρώτα το μέγεθος της γεννήτριας ρεύματος, ανάλογα με την υφιστάμενη ανάγκη για ενέργεια σε κάθε περίπτωση. Το ηλιακό σύστημα θα πρέπει να προμηθεύει ενέργεια σε επαρκή ποσότητα, ώστε να καλύπτει το ρεύμα που καταναλώνουν στη διάρκεια της ημέρας λάμπες, συσκευές, καθώς επίσης και την ενέργεια που καταναλώνει η ίδια η εγκατάσταση.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων και υπάρχουν δύο τρόποι να τα χρησιμοποιήσει κανείς: ανεξάρτητα από το δίκτυο της ΔΕΗ ή σε συνεργασία με αυτό.

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί λοιπόν ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.

Εναλλακτικά, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή, καταναλώνει κανείς ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π.χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν λείπει κανείς.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής - UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά, υποκαθιστώντας άλλα παραδοσιακά υλικά (π.χ. κεραμοσκεπές ή υαλοστάσια σε προσόψεις). Κατ' αυτό τον τρόπο εξοικονομούνται χρήματα και φυσικοί πόροι. Στην περίπτωση μάλιστα των υαλοστασίων σε προσόψεις εμπορικών κτιρίων, διατίθενται σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμψιμότητας (low-e), τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με ένα κτίριο με συμβατικά υαλοστάσια.

3.3.6.4 Χαρακτηριστικά των Φ/β συστημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/β συστημάτων που τα διακρίνουν από άλλες ΑΠΕ είναι:

- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ σε επίπεδο μερικών δεκάδων Watt ή και MW.
- Είναι εύχρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές
- Υψηλό κόστος επένδυσης
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές

3.3.6.5 Κόστος λειτουργίας Φ/β

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη, όπου και να βρίσκεται αυτός είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/β συστημάτων. Το κόστος των Φ/β πλαισίων είναι σήμερα το μεγαλύτερο μειονέκτημα των Φ/β συστημάτων.

Όμως, πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν σήμερα αρκετοί χρήστες για τους οποίους το Φ/β σύστημα είναι η πλέον ενδεδειγμένη οικονομική λύση. Πρέπει να τονιστεί ότι η Φ/β τεχνολογία, όπως άλλωστε και οι περισσότερες τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που κάνουν δύσκολη τη σύγκριση της με τις συμβατικές τεχνολογίες π.χ :Δεν



υπάρχει σαφής τρόπος αποτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους των συμβατικών τεχνολογιών. Το κόστος της ενέργειας από Φ/β συστήματα εξαρτάται πολύ από το κόστος του χρήματος.

Δεδομένου ότι στην Ελλάδα η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι περίπου 1800 KWh ανά τετραγωνικό μέτρο το έτος, ένα Φ/β σύστημα 3 KWp εγκατεστημένο σε οροφή κατοικίας στη Κρήτη θα μπορούσε να παρέχει 4700 KWh/έτος, όση περίπου και η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας τετραμελούς οικογένειας. Το κόστος ενός αυτόνομου οικιακού συστήματος με αποθήκευση σε μπαταρίες, είναι της τάξης των 7000 με 9000 ευρώ/ KWp συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ.

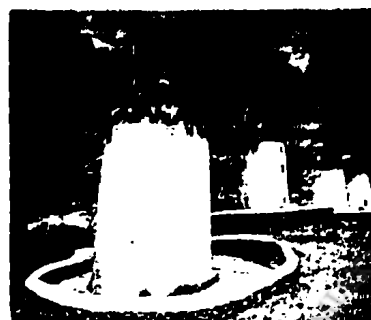
Επίσης από υπολογισμούς του ΚΑΠΕ φαίνεται ότι το επιπεδοποιημένο κόστος ενέργειας από Φ/β κυμαίνεται, από 0.40 ευρώ/KWh (διασυνδεδεμένο σύστημα) έως 0,70 ευρώ/KWh (Αυτόνομο σύστημα AC) για Φ/β συστήματα τάξεως μεγέθους λίγων KWp.

Φωτοβολταϊκά (διασυνδεδεμένα στο δίκτυο)	7000-8500 €/kW
Αυτόνομα φωτοβολταϊκά	10000-11000 €/kW

3.4 Αιολική ενέργεια

3.4.1 Εισαγωγή

Η αιολική ενέργεια είναι ακόμα μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον και πρακτικά ανεξάντλητη. Είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αέριων μαζών της ατμόσφαιρας και συνιστά μια έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα, δημιουργείται από την κίνηση αέριων μαζών την οποία επιβάλλει η διαφορά πίεσης και



θερμοκρασίας που επικρατεί στην ατμόσφαιρα λόγω διαφορετικής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας (Πάντης, 1989).

Ο άνεμος είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν. Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια και προστατεύει τον πλανήτη, καθώς αποφεύγονται οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που αποσταθεροποιούν το παγκόσμιο κλίμα.

Ο άνεμος, όμως, είναι μια ανεξέλεγκτη και χρονικά μεταβαλλόμενη σε όλες της τις παραμέτρους πηγή ενέργειας. Η δέσμευση και χρησιμοποίηση της ενέργειας αυτής, είναι ως εκ τούτου μια πολύ δαπανηρή διαδικασία. Η σχεδίαση και η κατασκευή μιας αποδοτικής και παράλληλα οικονομικής ανεμομηχανής δεν είναι εύκολη δουλειά. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες ανεμομηχανές (που η επιστημονική ονομασία τους είναι «συστήματα μετατροπής» της αιολικής ενέργειας, ή πιο απλά «ανεμοκινητήρες», ή όταν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια «ανεμογεννήτριες», χρησιμοποιώντας τα πρόσφατα επιτεύγματα στην τεχνολογία των υλικών, στη μηχανολογία, στην ηλεκτρονική και στην αεροδυναμική, έχουν ανεβάσει σε υψηλά επίπεδα την απόδοσή τους, μειώνοντας συνεχώς το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια είναι από τις πιο γνωστές και τις πιο παλιές μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία των ανεμόμυλων με την βοήθεια των οποίων η ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, ήταν αρκετά γνωστή από αιώνες. Είναι ακόμα γνωστό, ότι οι αρχαίοι Έλληνες ανέπτυξαν τους πολιτισμούς τους βασισμένοι στη δύναμη του ανέμου, ο οποίος κινούσε τα πλοία με τα οποία έκαναν το εμπόριο στον τότε γνωστό κόσμο. Σήμερα, στη γενική τους μορφή οι ανεμοκινητήρες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε άλλες πιο χρήσιμες μορφές ενέργειας, όπως θερμική, ηλεκτρική και φυσικά μηχανική.

3.4.2 Ιστορική αναδρομή

Οι πρώτοι ανεμόμυλοι δημιουργήθηκαν για την άλεση σιτηρών και την άντληση νερού. Οι πρώτοι γνωστοί ανεμόμυλοι κατακόρυφου άξονα εντοπίστηκαν στην Περσία το 500-900 μ.Χ. Οι Κινέζοι διεκδικούν επίσης την πατρότητα αυτής της τεχνολογίας, ισχυριζόμενοι ότι την κατέχουν εδώ και



2000 χρόνια, αν και οι πρώτες επιβεβαιωμένες αναφορές αφορούν μόλις το 1219 μ.Χ.

Ωστόσο οι πιο γνωστές εικόνες ανεμόμυλων είναι αυτές του οροπεδίου Λασιθίου στην Κρήτη (τέλη 19^{ου} αι.) και οι ανεμόμυλοι της Ολλανδίας(1930).

Η πρώτη χρήση σχετικά μεγάλης ανεμογεννήτριας για παραγωγή ηλεκτρισμού έγινε στο Οχάιο των ΗΠΑ το 1888 από τον Τσαρλς Μπρους, ενώ η πρώτη σοβαρή βιομηχανική παραγωγή ανεμογεννητριών ξεκίνησε στη Ρωσία το 1931.

Τα χρόνια που ακολούθησαν μετά την πρώτη ενεργειακή κρίση του 1973, η Καλιφόρνια υπήρξε πρωτοπόρος στη εγκατάσταση αιολικών πάρκων, για να ακολουθήσουν τα επόμενα χρόνια οι Δανοί, οι Γερμανοί και οι Ισπανοί, που σήμερα έχουν τη μερίδα του λέοντος στην αιολική βιομηχανία.

Η πρώτη μεγάλη ανεμογεννήτρια, γνωστή ως Smith -Putman σχεδιάσθηκε και εγκαταστάθηκε στις ΗΠΑ. Η σχεδίαση της άρχισε στα τέλη της δεκαετίας του '30 και οι δοκιμές της έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του '40. Η ισχύς της ήταν 1250 KW και είχε δύο πτερύγια από χάλυβα με διάμετρο περιστροφής 53 μέτρα, τοποθετημένα σε έναν πύργο ύψους 33,5 μέτρων

Δείγμα της αλματώδους προόδου που σημειώθηκε είναι η κατασκευή μεταξύ 1973 και 1982 γεννητριών ισχύος που άρχιζε από 100 KW και έφτανε μέχρι 4 MW στις ΗΠΑ, Γερμανία, Σουηδία, Βρετανία. Μεγάλο ρόλο την πρόοδο αυτή έπαιξε το γεγονός πως, αυξανόμενου του μεγέθους των συστημάτων αυτών μειωνόταν το κόστος ανά KW εγκατεστημένης ισχύος, το δε ελάχιστο φάνηκε να επιτυγχάνεται για μεγέθη 2-3 MW (Γεωργόπουλος, 1996). Οι δημοσκοπήσεις σε ευρωπαϊκές χώρες, όπως Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία έδειξαν ότι το 70% του πληθυσμού προτιμά την παραγωγή και χρήση αιολικής ενέργειας. Η Δανία κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή. Το παραγόμενο αιολικό δυναμικό στη Δανία το 1998 ήταν 1200 MW και το ίδιο έτος οι Δανοί κατασκευαστές κατείχαν το 50% της παγκόσμιας αγοράς σε ανεμογεννήτριες.

Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι το δεύτερο καλύτερο στην Ευρώπη μετά το Ηνωμένο Βασίλειο. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας ανέρχεται σε 44 TWh/ έτος (αναλογεί σε εγκατεστημένη ισχύ περί τα 22 GW) και υπερκαλύπτει τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα που είναι 41 TWh/έτος.



Η Ελλάδα κατέχει τη 10^η θέση παγκοσμίως όσον αφορά το ρυθμό ανάπτυξης αιολικών πάρκων (31% για το έτος 2001-2002). Η εγκατεστημένη αιολική ισχύς στην Ελλάδα ανέρχεται σε 276 MW εκ των οποίων τα 36,5 MW ανήκουν στην ΔΕΗ και τα υπόλοιπα σε ιδιώτες.

3.4.3 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ)



Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Η ποσότητα της ενέργειας που αναπτύσσεται είναι αποτέλεσμα της πυκνότητας και της ταχύτητας του ανέμου (Stevens and Verhe, 2004).

Η μελέτη ενός συστήματος ανεμογεννήτριας (Α/Γ), περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και τη μελέτη εφαρμογής, στην οποία περιλαμβάνονται η μηχανολογική μελέτη και σχεδίαση, η μελέτη του ηλεκτρολογικού συστήματος και τα ηλεκτρολογικά συστήματα ελέγχου και ασφαλείας. Η αεροδυναμική σχεδίαση αποτελεί προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ενός συστήματος δέσμευσης και μετατροπής της ενέργειας του ανέμου, ενώ η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη είναι το αμέσως επόμενο και αναγκαίο στάδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, κατά τον αποδοτικότερο και πλέον συμφέροντα τεchnοοικονομικό τρόπο

Μια ανεμογεννήτρια έχει τα εξής κύρια μέρη :

1. **Τον πύργο:** Είναι κυλινδρικής μορφής κατασκευασμένος από χάλυβα και συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα. Είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε γήπεδα και εθνικούς δρόμους.

2. Τον θάλαμο που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα (κύριος άξονας, σύστημα πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και ηλεκτρογεννήτρια) :

- Ο κύριος άξονας με το σύστημα πέδησης (φρένα) είναι παρόμοιος με τον άξονα των τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα.
- Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι παρόμοιας κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου.
- Η ηλεκτρογεννήτρια είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη ή με τις γεννήτριες που έχουμε στα εξοχικά μας.

3. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών και «φροντίζουν» για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες.

4. Τα πτερύγια είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες), παρόμοια με αυτά που κατασκευάζονται τα ιστιοπλοϊκά σκάφη και είναι ανθεκτικά σε μεγάλες καταπονήσεις.

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας Α/Γ, τα οποία είναι συνδεδεμένα με έναν περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα από το κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής, ο οποίος κινεί τη γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της. Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 15 Kph για να μπορεί να παραχθεί ηλεκτρισμός.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες συνιστούν κατάλληλη και βιώσιμη λύση για περιοχές οι οποίες δεν έχουν πρόσβαση σε δίκτυο. Όπως και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. τα φωτοβολταϊκά), μικρές ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτόνομα ή υβριδικά συστήματα για



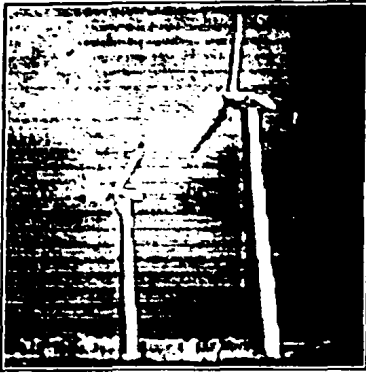
παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ μικρά οικιακά και εμπορικά συστήματα μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο τροφοδοτώντας το με περίσσεια πράσινης ενέργειας και παρέχοντας ένα συμπληρωματικό εισόδημα στον ιδιοκτήτη τους.

Η χρήση μιας μικρής ανεμογεννήτριας έναντι μιας ηλεκτρογεννήτριας βοηθά στην αποφυγή έκλυσης περίπου 2 Kg διοξειδίου του άνθρακα για κάθε κιλοβατώρα.

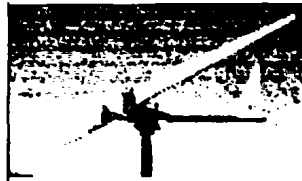
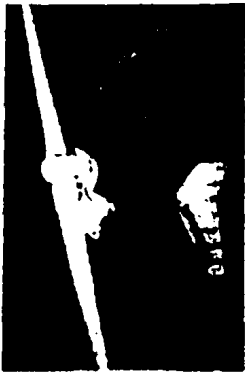
Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δίπτερες και τρίπτερες. Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο απ' αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους. Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με μικρές Α/Γ δυναμικότητας 20 ως 75 KW. Σήμερα χρησιμοποιούνται Α/Γ δυναμικότητας 200 ως 2.000 KW.

Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου. Στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Αν. Στερεά Ελλάδα οι μέσες ταχύτητες ανέμου είναι 6 - 7 m/sec, με αποτέλεσμα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό, γι' αυτό παρατηρείται πληθώρα έργων εκμετάλλευσης στις περιοχές αυτές.

Η κατασκευή μηχανών της τάξεως Μεγαβάτ δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα.



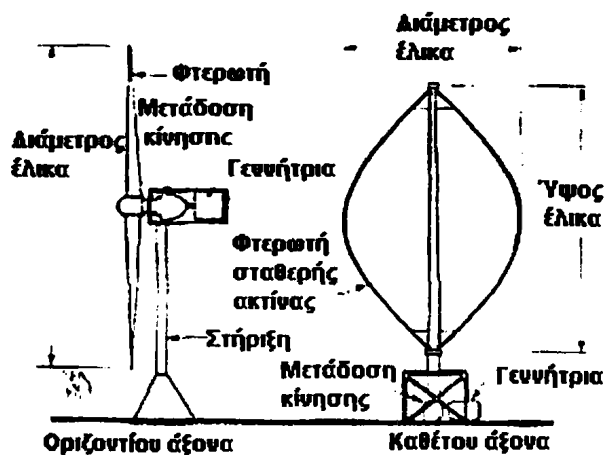
Τρίπτερες ανεμογεννήτριες



Δίπτερες ανεμογεννήτριες

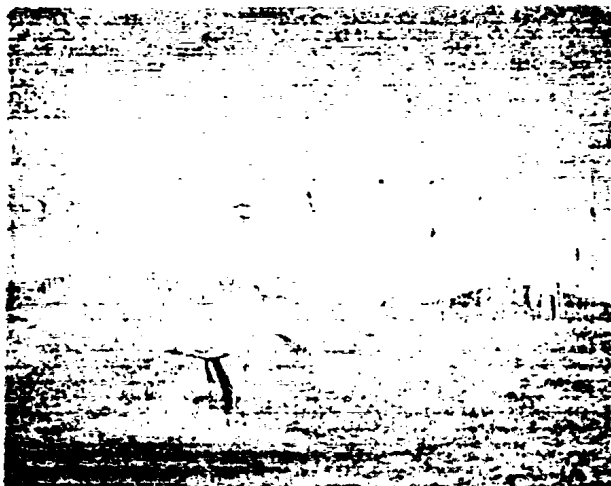
Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε 2 βασικές κατηγορίες:

1. τις ανεμογεννήτριες με **οριζόντιο άξονα**, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο
2. τις ανεμογεννήτριες με **κατακόρυφο άξονα** που παραμένει σταθερός



Ανεμογεννήτριες

Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους μπορεί να ξεπερνά τα 500 KW και μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Έτσι μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, που ονομάζεται **αιολικό πάρκο**, μπορεί να λειτουργήσει σαν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας για τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις. Ως απαραίτητο εξάρτημα λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο, θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε και τον μετασχηματιστή μετατροπής της χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο μετασχηματιστής είναι συνήθως εγκατεστημένος δίπλα στην ανεμογεννήτρια και δεν διαφέρει κατασκευαστικά από τους μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι πάνω στους στύλους της ΔΕΗ και μάλιστα συνήθως λίγα μέτρα από τα σπίτια μας.

3.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας

Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν, και η αιολική ενέργεια συνιστά μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή.

Η συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού θα συμβάλει σημαντικά:

- στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη
- στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και ασφάλειας, γεγονός πολύ σημαντικό για την Ελλάδα και την Ευρώπη γενικότερα,
- σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτρέπεται η εκπομπή 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων. 1 MW αιολικής ενέργειας καλύπτει τις ανάγκες περίπου 350 οικιακών καταναλωτών ή 1000 ατόμων και εξοικονομεί περίπου 300 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Επίσης, κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς,
- στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας,
- στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο μεγαβάτ αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.

Ωστόσο, η χρήση αιολικής ενέργειας παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Πρώτον, είναι μια ασυνεχής πηγή, επομένως παρουσιάζονται προβλήματα στην αποθήκευση. Δεύτερον, η αιολική ενέργεια προκαλεί και κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα ήσσονος σημασίας:

1. Ένα από τα ουσιαστικότερα προβλήματα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί, είναι η ηχορύπανση. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

- **Μηχανικός**, που προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.)
- **Αεροδυναμικός**, που προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι εκπέμπουν λίγο θόρυβο συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να εγκαθίσταται σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από την κατοικημένη περιοχή και σε τέτοια απόσταση οι ανεμογεννήτριες σύγχρονων προδιαγραφών δεν αποτελούν πηγή ηχητικής όχλησης. Σε απόσταση 40 μέτρων από μία ανεμογεννήτρια η στάθμη θορύβου είναι 50-60 dB(A). Σε απόσταση 200 μέτρων, μειώνεται στα 44 dB(A). Συγκριτικά, ο θόρυβος στο εσωτερικό αυτοκινήτου είναι περίπου 80 dB(A), στο εσωτερικό οικίας 50 dB(A) και σε υπνοδωμάτιο 30 dB(A). Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

2. Είναι γεγονός, ότι η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω

αντανakλάσεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

3. Η αισθητική ρύπανση συνιστά ακόμη ένα μειονέκτημα των ανεμογεννητριών. Ωστόσο το θέμα της οπτικής όχλησης από ένα αιολικό πάρκο έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Από έρευνες προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (π.χ. λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το πρώτο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τύπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσής τους στο τοπίο.

4. Οι Α/Γ είναι επικίνδυνες για τα μη ενδημικά πουλιά, για αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε περιοχές με αποδημητικά πουλιά ή κοντά σε ενδιαίτηματα ειδών υπό εξαφάνιση, όπως ο κόνδορας (Wright, 2005)

Ωστόσο, διάφορες μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Αγγλία έδειξαν ότι στον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνον 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW), ενώ αντίστοιχα 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (καθότι είναι σχεδόν «αόρατες» για τα πουλιά). Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει



να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Οι επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες, αφενός είναι άμεσα ορατές και αφετέρου είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν με σωστή αντιμετώπιση και προσχεδιασμό. Αντίθετα, οι επιπτώσεις της θερμικής ή πυρηνικής παραγωγής ενέργειας αργούν να φανούν, είναι μακροπρόθεσμες και η προσπάθεια και κόστος που θα δαπανηθούν είναι αδύνατον να ελαχιστοποιηθούν. Από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή ανανεώσιμης και «καθαρής» ενέργειας είναι σήμερα η αιολική. Αυτή μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αποτροπή των κλιματικών αλλαγών προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη (Μπινόπουλος και Χαβιαρόπουλος, 2008).

3.4.5 Οικονομικά μεγέθη των αιολικών εγκαταστάσεων

Καθώς η αξιοπιστία και η αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών έχει βελτιωθεί, το κόστος της παραγωγής ηλεκτρισμού από τον άνεμο έχει μειωθεί. Τα αιολικά πάρκα, περιοχές με πολλές χιλιάδες τέτοιες γεννήτριες, παράγουν τώρα ενέργεια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον με κόστος που είναι συγκρίσιμο με τις παραδοσιακές πηγές (Wright, 2005)

Ενδεικτικό κόστος επένδυσης σε αιολικά για μεγάλες επενδύσεις είναι 1000 €/KW ενώ για οικιακή κατανάλωση οι μικρές ανεμογεννήτριες κοστίζουν 2000-4000 €/KW.

Το κόστος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των αιολικών σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες είναι:

ΑΙΟΛΙΚΑ: 0,03–0,12 ευρώ ανά Kwh

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: 0,03–0,05 ευρώ ανά Kwh

ΛΙΓΝΙΤΗΣ: 0,04–0,05 ευρώ ανά Kwh

ΠΥΡΗΝΙΚΑ: 0,06–0,08 ευρώ ανά Kwh

Η διακύμανση του κόστους παραγωγής των αιολικών οφείλεται στις διαφορετικές συνθήκες εγκατάστασης του κάθε έργου, ταχύτητα ανέμου στη

θέση εγκατάστασης, κόστος κατασκευής ηλεκτρικού δικτύου, ευκολία πρόσβασης κ.λ.π.) Στις καλύτερες θέσεις, το κόστος παραγωγής των αιολικών είναι συγκρίσιμο (ή και χαμηλότερο) εκείνου των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Το «εξωτερικό» κόστος (περιβαλλοντικό, κοινωνικό κ.λ.π) των παραπάνω τεχνολογιών, όπως υπολογίστηκε (σε λεπτά του ευρώ) από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα EXTEREN – Ε είναι:

ΑΙΟΛΙΚΑ: 0,025-0,25 λεπτά ανά KW

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ: 1,00-4,00 λεπτά ανά KW

ΛΙΓΝΙΤΗΣ: 2,00-15,0 λεπτά ανά KW

ΠΥΡΗΝΙΚΑ: 0,20-0,60 λεπτά ανά KW

3.5 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Όπως οι περισσότερες ΑΠΕ έτσι και η υδροηλεκτρική ενέργεια συνιστά μια έμμεση μορφή ηλιακής ενέργειας. Το νερό κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα



υδροηλεκτρικά έργα (υδατοταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με ηλεκτρικό δίκτυο. Στα υδροηλεκτρικά έργα, η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ και περιστρέφει τουρμπίνες, δημιουργώντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Εν αντιθέσει με τη χρήση ορυκτών καυσίμων, το νερό δεν εξαντλείται κατά την

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς (ΚΠΕΚ, 2007).

Οι υδατοταμιευτήρες κατασκευάζονται μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση. Συνήθως, η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει το 1/5 των ετήσιων αναγκών σε ηλεκτρισμό παγκοσμίως. Στη χώρα μας, ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών αναγκών.

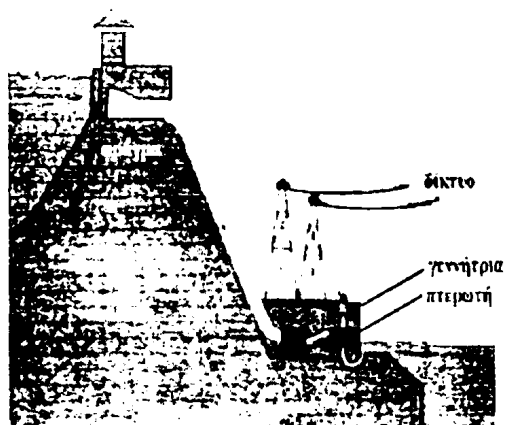
Η υδροηλεκτρική ενέργεια διακρίνεται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η μικρή κλίμακας υδροηλεκτρική ενέργεια διαφέρει σημαντικά από τη μεγάλης κλίμακας όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο άμεσο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων για τη συγκέντρωση νερού περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον οικοσύστημα.

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα, δηλαδή με δυναμικό λιγότερο των 30MW, θεωρούνται "πράσινα" και είναι ανανεώσιμες πηγές, ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς «καθαρά».

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, όπως προαναφέρθηκε, παράγεται από την κίνηση της μάζας του νερού: ρέματα, άνοδος και πτώση της στάθμης του νερού λόγω ηλιακής και σεληνιακής βαρυτικής έλξης, κυματική ενέργεια και ενέργεια από θαλάσσια ρεύματα.

Διάφορες μορφές υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Αποθήκευση νερού σε δεξαμενές. Ένα μεγάλο σύστημα υδροηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί ένα φράγμα για να αποθηκεύσει το νερό των ποταμών σε μια δεξαμενή. Το νερό μπορεί να απελευθερωθεί είτε για να ικανοποιήσει ανάγκες για ηλεκτρισμό είτε για να διατηρήσει ένα σταθερό επίπεδο στη δεξαμενή.



- Αλλαγή κατεύθυνσης. Μια ευκολία που δίνουν τα αυλάκια ενός ποταμού μέσω της δημιουργίας καναλιών ή υδατοφράχτη. Ίσως να μη χρειαστεί η χρήση δεξαμενής.
- Σύστημα υδατοφρακτών. Όταν η ανάγκη για ηλεκτρισμό είναι χαμηλή, η δυνατότητα αποθήκευσης στις αντλίες αποθηκεύει το νερό με την άντληση από μια χαμηλότερη δεξαμενή σε μια ψηλότερη δεξαμενή. Σε περιόδους με μεγάλες ανάγκες για ηλεκτρισμό, το νερό απελευθερώνεται ξανά στη χαμηλότερη δεξαμενή να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η δεύτερη ΑΠΕ στην ΕΕ, όσον αφορά την πρωτογενή παραγωγή ενέργειας και στο τέλος του 1990 υπολογίζεται στο 32% όλων των ΑΠΕ.

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι υδροηλεκτρικές δεξαμενές έχουν παραγωγική ικανότητα 713.000 MW, με προσθήκη 50000 από δεξαμενές σε στάδιο κατασκευής ή σχεδιασμού. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγει το 17% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως και είναι μακράν η πιο κοινή ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται (Wright, 2005).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια καλύπτει στις μέρες μας σε παγκόσμιο επίπεδο το 1/5 της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Τα μικρά έργα καλύπτουν με καλύτερο τρόπο τις ανάγκες ενεργειοδοσίας χωρίς να προκαλούν κοινωνικά και οικολογικά προβλήματα. Όσο μεγαλύτερα είναι τα φράγματα τόσο



μεγαλύτερες είναι και οι εκτάσεις που θα κατακλυστούν με νερό. Το ίδιο μεγάλες θα είναι και οι ποσότητες των φερτών υλικών που θα παγιδευτούν εκεί, στερώντας τα κατάντι των ποταμών από τη «λιπαντική» τους επίδραση, αλλά και ο πληθυσμός που θα αναγκαστεί να εγκαταλείψει τα σπίτια του.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αντιπροσωπεύουν στην Ελλάδα στις μέρες μας μόνο το 25% του εκμεταλλεύσιμου (τεχνικά και οικονομικά) δυναμικού της. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ικανοποίηση της ζήτησης ηλεκτρικού κατά τις ώρες αιχμής (10π.μ – 2μ.μ, 7μ.μ – 10μ.μ). Η ζήτηση ηλεκτρισμού κατά τις υπόλοιπες ώρες ικανοποιείται από τους ανθρακικούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Κατά τις ώρες αιχμής, σταδιακά συνδέονται οι υδροηλεκτρικές μονάδες με το ηλεκτρικό δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας, ώστε να αντιμετωπιστεί η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρισμού. Είναι σημαντική η συνεισφορά των σταθμών αυτών στη μείωση της ρύπανσης (μικρότερη ποσότητα συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς) και στην εξοικονόμηση συναλλάγματος που θα δινόταν για την εισαγωγή πετρελαίου, ενώ κάποιοι από αυτούς εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς. Για παράδειγμα ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Στράτου στον ποταμό Αχελώο, ισχύος 170 MW, κόστισε 35 δις δραχμές αλλά εξοικονομεί συνάλλαγμα 2 δις το χρόνο, το οποίο θα ξοδευόταν για την αγορά πετρελαίου. Επίσης, πίσω από αυτό το φράγμα η τεχνητή λίμνη που έχει δημιουργηθεί εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού προσφέρεται για άρδευση, ύδρευση, τουρισμό, ψυχαγωγία, ναυταθλητισμό.

Η αξιοποίηση ενέργειας από σταθμούς μικρής δυναμικότητας, οδηγεί στην ανάπτυξη ορεινών απομονωμένων περιοχών και στην οικονομικότερη ηλεκτρισμού χωρίς τις απώλειες λόγω μεταφοράς του.

Σε αντίθεση με τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα, τα μεγάλης κλίμακας μπορεί να προκαλέσουν ιδιαίτερα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα. Επίσης, τα μεγάλα φράγματα συνιστούν ίσως τη σημαντικότερη ανθρωπογενή αιτία πρόκλησης σεισμών (Γεωργόπουλος, 2005).

Ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι βασικά μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον καθώς δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, όταν τη χρησιμοποιούμε μέσω υδροηλεκτρικών δεξαμενών, προκαλεί κάποια οικολογικά, κοινωνικά και πολιτιστικά προβλήματα:

1. Η δεξαμενή δημιουργεί πίσω από τον υδροφράκτη αναπόφευκτα υπερχειλίσσεις σε αγροτόπους και βιοτόπους και ίσως σε πόλεις και περιοχές ιστορικής, αρχαιολογικής και πολιτιστικής αξίας.
2. Οι υδροφράκτες και οι τεράστιες δεξαμενές που δημιουργούνται πίσω από αυτούς, συχνά εκτοπίζουν αγροτικούς πληθυσμούς. Τα τελευταία 50 χρόνια, περίπου 40 με 50 εκατομμύρια ανθρώπων αναγκάστηκαν να μετακινηθούν για να αντιμετωπίσουν την αύξηση της στάθμης του νερού στις δεξαμενές.
3. Οι υδροφράκτες εμποδίζουν ή αποτρέπουν τη μετανάστευση των ψαριών, ακόμα και όταν παρέχονται βαθμιδωτές λιμνούλες (ιχθυόσκαλες). Ομοσπονδιακές εκτιμήσεις δείχνουν ότι τα ενδιαφέροντα των ψαριών στην πλειοψηφία τους υποφέρουν από τα εθνικά ποτάμια εξαιτίας των υδροφρακτών. Το ψάρεμα σολομού έχει επηρεαστεί πολύ.
4. Η αλλαγή από το κρύο νερό του ποταμού στο ζεστό νερό της δεξαμενής έχει απρόσμενες οικολογικές επιπτώσεις. Μπορούν να αναπτυχθούν παρασιτικοί οργανισμοί που προκαλούν διάφορες ασθένειες. Η δεξαμενή δημιουργεί επίσης αυξημένη υγρασία στην ευρεία περιοχή, και τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας βλάπτουν τα αρχαία μνημεία.
5. Οικολογικές επιπτώσεις συμβαίνουν επίσης και κάτω από τη δεξαμενή. Επειδή η ροή του νερού ρυθμίζεται σύμφωνα με τις ενεργειακές ανάγκες, οι δεξαμενές καταστρέφουν τα υπόγεια ρεύματα. Το νερό μπορεί από εκεί που είναι έτοιμο να πλημμυρίσει να στερεύει και πάλι να πλημμυρίζει στη διάρκεια μιας μέρας. Επηρεάζονται επίσης και άλλοι οικολογικοί παράγοντες, επειδή τα ιζήματα με θρεπτικά συστατικά καθιζάνουν στη δεξαμενή, με αποτέλεσμα να καταλήγουν στα ποτάμια μικρότερες ποσότητες θρεπτικών από τις κανονικές (Wright, 2005).

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος)
- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός.
- Δεν παράγει CO₂ και δεν ρυπαίνει την ατμόσφαιρα, εκτός ίσως από μια τοπική αύξηση σε υδρατμούς και κάποιες θερμοκρασιακές επιδράσεις, χρήση δεν προκαλεί ηχορύπανση και δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, πυρκαγιάς ή εκπομπής επιβλαβών ουσιών.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, πλήρωση ταμιευτήρων με φερτές ύλες, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά.). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων (ΚΠΕΚ, 2007).

5)

3.5.1 Παλιρροιακή ενέργεια

Μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας οφείλεται στις παλίρροιες των ωκεανών, δηλαδή στην άνοδο και την πτώση του νερού που λαμβάνει χώρα δύο φορές την ημέρα και είναι αποτέλεσμα της βαρυτικής έλξης της σελήνης και του ηλίου.

Οι κατάλληλες περιοχές όπου το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο είναι εκείνες με γεωγραφικά πλάτη 50 μέχρι 60 μοίρες. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η θέση της σελήνης αλλάζει σε μια περίοδο 24 ωρών και 50 λεπτών. Έτσι, στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος δεν επιτυγχάνουμε σταθερότητα στη διάρκεια της ημέρας, διότι έχουμε μια διαφορά 50 λεπτών (Βουτσινός, 2003).

Η τεχνική της εκμετάλλευσης της παλιρροιακής ενέργειας βασίζεται στη δημιουργία φράγματος σε έναν κόλπο, στο οποίο έχουν τοποθετηθεί τουρμπίνες. Όταν ανεβαίνει η στάθμη, το νερό συγκρατείται στο φράγμα από όπου όταν κατεβαίνει η στάθμη έχουμε εκροή μέσω των τουρμπινών και παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Σε περίπου 30 περιοχές στον κόσμο, η τοπογραφία της ακτογραμμής επιτρέπει τη δημιουργία παλιρροιών άνω 6 μέτρων. Στη Γαλλία και τον Καναδά – που είναι δύο από αυτές τις περιοχές – έχουν εγκατασταθεί μεγάλες μονάδες παραγωγής παλιρροιακής ενέργειας. Η μονή περιοχή στη Νότιο Αμερική που πληρεί τις προδιαγραφές για παραγωγή παλιρροιακής ενέργειας είναι ο κόλπος Φάντι.

Η παλιρροιακή ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας με μηδενική εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, η παραγωγή παλιρροιακής ενέργειας προκαλεί και κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα: το φράγμα μπορεί να οδηγήσει στη συσσώρευση ιζημάτων, εμποδίζει τη μετακίνηση των ψαριών και άλλων οργανισμών, παρεμποδίζει τη ναυσιπλοΐα και αναμιγνύει το αλμυρό και το γλυκό νερό στις εκβολές των ποταμών (Wright, 2005).

3.5.2 Ωκεάνια θερμοηλεκτρική ενέργεια

Στους περισσότερους ωκεανούς στον κόσμο, υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας της τάξεως των 20°C , μεταξύ του επιφανειακού νερού που θερμαίνεται από τον ήλιο και του νερού σε μεγαλύτερα βάθη, το οποίο είναι ψυχρότερο. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας που καλείται ωκεάνια θερμοηλεκτρική ενέργεια.

Η τεχνολογία παραγωγής ωκεάνιας θερμοηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τη χρήση του θερμού επιφανειακού νερού για τη θέρμανση και την εξάτμιση ενός υγρού με χαμηλό σημείο βρασμού όπως η αμμωνία. Η αυξημένη πίεση του υγρού που εξατμίζεται ενεργοποιεί γεννήτριες για παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο ατμός της αμμωνίας όταν βγαίνει από τις τουρμπίνες μπορεί να ξανασυμπυκνωθεί από ψυχρό νερό το οποίο αντλείται από βάθος 100 μέτρων και η διαδικασία να επαναληφθεί.

3.5.3 Κυματική ενέργεια

Την ενέργεια των κυμάτων μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε με τη βοήθεια στροβίλων, όπως συμβαίνει με την ενέργεια των παλιρροιών και των υδατοπτώσεων.

Με την κίνηση των αερίων μαζών πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας προκαλείται μετακίνηση υδάτινων μαζών στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα να προκαλείται κίνηση του θαλάσσιου νερού μέχρι κάποιου βάθους. Το βάθος εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου. Έτσι, με την απορρόφηση μέρους της κινητικής ενέργειας του ανέμου, το νερό της επιφάνειας κινείται. Η ρυθμική αυτή κίνηση καλείται κυματισμός.

Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρή (μέχρι 1m/sec) δεν προκαλείται κυματισμός. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου, το νερό απορροφά μέρος από την ταχύτητα του ανέμου και την αποδίδει τμηματικά, με συνεχή μεταφορά της στις γειτονικές μάζες νερού, δημιουργώντας τον κυματισμό. Έτσι, η ενέργεια μεταφέρεται με τα κύματα με μικρές απώλειες, γεγονός που καθιστά τα κύματα μια εξαιρετική πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο.

Η εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας γίνεται με πλωτήρες που ανέρχονται και κατέρχονται σε κάθε πέρασμα κύματος. Οι πλωτήρες είναι συνδεδεμένοι με εγκαταστάσεις στη γειτονική ακτή που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Η εν λόγω μέθοδος είναι πειραματική ή αφορά πολύ μικρές μονάδες σε λίγες χώρες (πχ ΗΠΑ, Γαλλία).

Άλλες μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι:

- Ακίνητοι πλωτήρες που παίρνουν το νερό από τις κορυφές των κυμάτων που το οδηγούν στην έξοδο μέσα από υδροστροβίλους που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα.
- Χρήση κωνικών εισόδων στην ακτή, στις οποίες εισρέουν οι κορυφές των κυμάτων και ακολούθως το νερό εξάγεται μέσω υδροστροβίλων (Βούτσινος, 2003).

3.6 Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμία καλείται το φαινόμενο μεταφοράς θερμότητας (με θερμοκρασία 50 - 300⁰ C), μέσω γεωθερμικού ρευστού (σε μορφή ζεστού νερού ή φυσικού ατμού) από το εσωτερικό της γήινης σφαίρας (σε βάθος από 100m έως 100 km) προς την επιφάνεια της γης μετά από κατάλληλες τεχνικές εργασίες (π.χ. γεωτρήσεις).



Οι επιστήμονες υπολογίζουν ότι η Γη σχηματίστηκε πριν από 5 δις έτη, από τη σκόνη και τα αέρια που αποτελούσαν το πρωτογενές ηλιακό σύστημα. Καθώς η νέα γη ωρίμαζε, η θερμότητα από την πρόσκρουση της ύλης που έπεφτε στην επιφάνειά της, προκαλούσε πρόσθετη τήξη. Τα βαρύτερα υλικά μέταλλα (πχ σίδηρος, χαλκός) βυθίζονταν στον πυρήνα της, ενώ τα ελαφρότερα βραχώδη υλικά σχημάτιζαν το μανδύα και το φλοιό της. Φυσικά, τα χημικά ραδιενεργά στοιχεία, όπως ορισμένες μορφές ουρανίου, θορίου κ.α. συγκεντρώθηκαν στο φλοιό της Γης με αποτέλεσμα η αποσύνθεσή τους να απελευθερώνει θερμότητα. Έτσι η θερμότητα της γης είναι αποτέλεσμα τόσο

της αρχικής θερμότητας των αερίων που τη συνέστησαν, όσο και της αποσύνθεσης των ραδιενεργών στοιχείων στη διάρκεια της ιστορικής ανάπτυξής της επί 4.5 δις έτη (Πάντης, 1989).

Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, τα οποία δημιουργούν τα αποθέματα ενέργειας που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στον πλανήτη, συνιστούν τα υπολείμματα της βιομάζας που σχηματίστηκαν εκατομμύρια χρόνια πριν, στα οποία έχει αποθηκευτεί ηλιακή ενέργεια στο οργανικό υλικό. Τα ορυκτά καύσιμα είναι η πιο εύκολη και φθηνή εκμεταλλεύσιμη μορφή ενέργειας και χρησιμοποιείται από τη βιομηχανική τεχνολογία. Ωστόσο, η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο θερμό εσωτερικό της γης, έχει πολύ μεγαλύτερη σπουδαιότητα, αν και είναι ακόμα σχεδόν απρόσιτη. (Ristignen and Kraushaar, 1999).

Το εσωτερικό της γης αποτελείται από ένα πυρήνα, από ρευστό υλικό σε θερμοκρασία 4.000°C , που εκτείνεται σε απόσταση λίγο μεγαλύτερη από την ακτίνα της γης και περιβάλλεται από ένα μανδύα από ασχημάτιστο υλικό. Η εξωτερική μεριά του μανδύα καλύπτεται από ένα στρώμα από στερεό υλικό, πάχους μεταξύ 5 και 35Km. Στο εξωτερικό στρώμα του μανδύα υπάρχει ροή θερμότητας από το εσωτερικό της γης προς το εξωτερικό, περίπου 50 MW/m^2 που συνοδεύεται από βαθμιαία αύξηση θερμοκρασίας 30 K/Km (Ristignen and Kraushaar, 1999)



Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150°C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες $100 - 150^{\circ}\text{C}$), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100°C).

Οι χαμηλές πηγές ενθαλπίας ($50-150^{\circ}\text{C}$) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς θέρμανσης: περιφερειακή θέρμανση, κηπουρική (φυτοκομική) και χρήσεις αναψυχής όπως θέρμανση πισίνας. Μεσαίες και μεγάλες πηγές ενθαλπίας ($>150^{\circ}\text{C}$) χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρισμού (Stevens and Verhe, 2004).

Σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες κάτω από την επιφάνεια της γης είναι υψηλότερες και τα υπόγεια ρευστά είναι πιο κοντά στην επιφάνεια, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας γίνεται με πιο οικονομικό τρόπο.

Τέτοιες περιοχές βρίσκονται συνήθως στα όρια των τεκτονικών πλακών της γης, κοντά σε ενεργά ή πρόσφατα ανενεργά ηφαίστεια, σε θερμοπίδακες κ.α. Παρουσιάζεται λοιπόν το φαινόμενο, σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα, διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε τυχόν υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής. Τα νερά θερμαίνονται και κυκλοφορούν μέσα στα πετρώματα φθάνοντας σε πολλές περιπτώσεις μέχρι την επιφάνεια, αφού προηγουμένως έχουν εμπλουτιστεί με άλατα των πετρωμάτων (θερμές πηγές, ατμίδες), ενώ άλλες φορές τα νερά εγκλωβίζονται σε μη υδατοπερατά πετρώματα και αποκτούν θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 350 Κ.

Το πρόβλημα με την ανάπτυξη οικονομικής γεωθερμικής πηγής είναι το ίδιο με την ανάπτυξη πηγής πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μια ποσότητα θερμού νερού υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να βρίσκεται σε τέτοιο βάθος που να είναι προσβάσιμο μόνο με γεώτρηση και πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ούτως ώστε να εφοδιάσει με την απαιτούμενη θερμότητα για μια περίοδο 40 χρόνων και πάνω.

Είναι γνωστή η αύξουσα θερμοκρασιακή μεταβολή που σχετίζεται με το βάθος των επιφανειακών πετρωμάτων της γης. Κατά μέσο όρο είναι ίση με 3° C για κάθε 100 μέτρα. Η μεταβολή αυτή ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα. Στα λεγόμενα γεωθερμικά πεδία, η γεωθερμική βαθμίδα έχει τιμές από 5° C μέχρι και 14° C κάθε για κάθε 100 μέτρα.

Σε αυτές τις περιοχές είναι και οικονομικά πιο συμφέρουσα η εκμετάλλευση της γεωθερμίας. Συνήθως γίνεται γεώτρηση που επιτρέπει σε θερμό νερό και ατμό να ανέβει μέχρι την επιφάνεια της γης. Εκεί, ανάλογα με το βάθος από το οποίο φτάνει το νερό (και άρα και της θερμοκρασίας του), μπορεί να



χρησιμοποιηθεί είτε για απευθείας παραγωγή ηλεκτρισμού (ο ατμός κάνει ατμοστρόβιλο και αυτός με τη σειρά του γεννήτρια) είτε διοχετεύεται σε

σωληνώσεις για θέρμανση κατοικιών. Επίσης το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γεωργικές χρήσεις (θερμοκήπια, ξηραντήρια), για κτηνοτροφικές χρήσεις (θέρμανση ορνιθοτροφιών, εκκολαπτήριων, βουστασίων), για θέρμανση νερού ιχθυοκαλλιεργειών, στη γεωργική βιομηχανία (παστερίωση) και για αφαλάτωση νερού (Γεωργόπουλος, 2005).

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί ένα φυσικό εγχώριο πλούτο και ως εκ τούτου η εντατική της έρευνα και αξιοποίηση είναι πολλαπλά ωφέλιμη και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερο αναπτυξιακό χαρακτήρα σε τοπικό και σε εθνικό επίπεδο.

Η απαιτούμενη τεχνολογία για την εκμετάλλευση της γεωθερμίας που εμπεριέχεται σε ρευστά είναι πλέον δοκιμασμένη σε ευρεία κλίμακα. Το κάθε γεωθερμικό πεδίο, όμως, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες και απαιτεί εξειδικευμένες μελέτες για τη βέλτιστη τεχνικά και οικονομικά εκμετάλλευσή του. Όσον αφορά όμως την εκμετάλλευση της γεωθερμίας που εμπεριέχεται στα θερμά ξηρά πετρώματα και των σε εξέλιξη ηφαιστειών, η τεχνολογία δεν έδωσε ακόμα πρακτικά αποδεκτές λύσεις. Οι αβεβαιότητες και τα συναφή επενδυτικά ρίσκα που συνδέονται με τον προσδιορισμό και τη σωστή εκτίμηση της υπόγειας ενεργειακής πηγής (γεωθερμικός ταμιευτήρας), αποτελούν δύσκολα προβλήματα που ξεπερνιούνται όμως διαρκώς ευκολότερα χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας και στη συσσώρευση γνώσεων.

Η παραγωγή ενέργειας από τη γεωθερμία ήταν στα τέλη του 1990 περίπου 4000 GWh. Λόγω της υψηλής ενθαλπίας των γεωθερμικών πηγών, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμική ενέργεια παρατηρείται σχεδόν αποκλειστικά στην Ιταλία (Stevens and Verhe, 2004).

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας παγκοσμίως αναπτύχθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια, ενώ οι προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ακόμα και με τις σημερινές χαμηλές τιμές του πετρελαίου. Το μεγαλύτερο



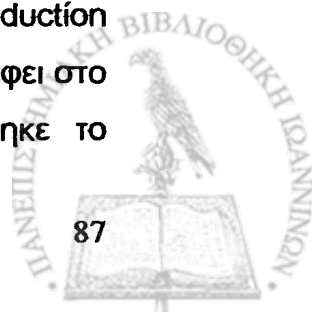
γεωθερμικό έργο παγκόσμια βρίσκεται στα Geysers στη Β.Καλιφόρνια.

Η εγκατεστημένη ισχύς του υπερβαίνει τα 1.300 MW που αναμένεται να διπλασιαστεί στο τέλος του αιώνα. Ήδη η παραγωγή καλύπτει το 6% της ηλεκτρικής ενέργειας της Β.Καλιφόρνιας. Οι έρευνες για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα άρχισαν το 1970 και μέχρι το 1980 αφορούσαν μόνο στις περιοχές που είχαν καταρχήν ενδιαφέρον για την υψηλή ενθαλπία. Στην Ελλάδα υπάρχει ένα από τα ισχυρότερα γεωθερμικά πεδία του κόσμου ισχύος 750 MW. Στη Μήλο και Νίσυρο είχαν αρχίσει πειραματισμοί για την εκμετάλλευσή του, δεδομένου ότι τα γεωθερμικά ρευστά σε βάθος 1000-1500 μέτρων φτάνουν τους 400 ° C (Γεωργόπουλος, 2005).

Εκτός από τα γεωθερμικά πεδία που εντοπίστηκαν στη Μήλο και στη Νίσυρο, προέκυψαν πολλά ή λιγότερα στοιχεία για πιθανά πεδία στην Κίμωλο, Πολύαιγο, Σαντορίνη, Κω και Λέσβο. Μερικές από τις παραπάνω περιοχές ίσως αποδειχθεί ότι δεν έχουν σε οικονομικά βάθη, γεωθερμικά ρευστά υψηλής αλλά μόνο μέσης ενθαλπίας, όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αποδειχτεί συμφέρουσα σε μερικές περιπτώσεις

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση. Οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων. Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους η γεωθερμία έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η βιομηχανία τροφίμων και οι ιχθυοκαλλιέργειες. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημόσιων και εμπορικών κτιρίων. Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού.

Το πρόβλημα που ανέκυψε και έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της διάθεσης του γεωθερμικού ρευστού μετά τη χρήση του λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άλατα. Αυτό αντιμετωπίστηκε με τη διάνοιξη και δεύτερης γεώτρησης. Το νερό εξέρχεται από τη μια γεώτρηση (production well) και, αφού αφαιρεθεί από αυτό η περιεχόμενη θερμότητα, επιστρέφει στο έδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης (injection well). Αφού λύθηκε το



πρόβλημα, ο δρόμος ήταν ανοικτός για την αξιοποίηση της λεκάνης του Παρισιού. Σημαντική ανάπτυξη σημειώθηκε στα επόμενα χρόνια, με αποτέλεσμα σε 200.000 κατοικίες που καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες από τη γεωθερμική ενέργεια να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 200.000 τόννων ισοδύναμου πετρελαίου ετησίως. Το 1986, με την πτώση της τιμής του πετρελαίου, μειώθηκαν και οι ρυθμοί ανάπτυξης της γεωθερμίας. Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, για τηλεθέρμανση κτιρίων. Η παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση κατοικιών με την εκμετάλλευση της κανονικής γεωθερμικής βαθμίδας (70 °C στα 2.000 μέτρα) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο Παρίσι. Στην Ισλανδία το 50% των κτιρίων θερμαίνεται με τη χρήση ζεστού νερού.

Σήμερα είναι εγκατεστημένες ανά τον κόσμο εγκαταστάσεις συνολικής γεωθερμικής ισχύος 5600 MW. Το Ελ Σαλβαδόρ παράγει το 40% του ηλεκτρισμού του από τη γεωθερμία, η Νικαράγουα 28% και η Κένυα 11%. Η Ισλανδία, η Ινδονησία και η Ιαπωνία είναι επίσης χώρες με τεράστια γεωθερμικά πεδία (Γεωργόπουλος, 2005).

Για μεγάλες επενδύσεις το κόστος για ηλεκτροπαραγωγή με γεωθερμία ανέρχεται στα 1500-3000 €/KW, ενώ για οικιακή κατανάλωση το κόστος για γεωθερμικό κλιματισμό είναι 60-100 €/τ.μ (10000 € για μια μέση κατοικία).

Η γεωθερμία είναι ίσως η λιγότερο ήπια από τις ήπιες μορφές ενέργειας δεδομένων των προβλημάτων «βαριάς» τεχνολογίας για γεωτρήσεις, των υγρών και αερίων που συνοδεύουν τα ρευστά (υδρόθειο, αρσενικό, βόριο, αμμωνία), των προβλημάτων που σχετίζονται με τη διάθεση των καταλοίπων, της θερμικής ρύπανσης και της καταστροφής του τοπίου από τις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσής της.

3.7 Ενέργεια από βιομάζα

3.7.1 Εισαγωγή

Η πιο γνωστή και παλαιότερη από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η βιομάζα. Η χρήση της ανάγεται στην εποχή που ο άνθρωπος δάμασε τη φωτιά. Ωστόσο, χρειάστηκαν πολλά χρόνια για να μπορέσει να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ μόλις το 1984.



Γενικά μετά την ενεργειακή κρίση του 1973, η βιομάζα άρχισε να παίζει όλο και σημαντικότερο ρόλο στην κάλυψη των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Σήμερα θεωρείται ότι είναι μία σπουδαία πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει στην ενεργειακή επάρκεια μετά την εξάντληση των αποθεμάτων του αργού πετρελαίου, του ορυκτού άνθρακα και του φυσικού αερίου.

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε είδους συσσώρευση ζωντανών κυττάρων, δηλαδή το σύνολο της ύλης που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Κάποια από αυτά τα ζωντανά κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν τη χημική ενέργεια που έχουν αποθηκευμένη και προέρχεται συνήθως από την ηλιακή ενέργεια (Γεωργόπουλος, 2005). Ως εκ τούτου η βιομάζα είναι μια άλλη μορφή ηλιακής ενέργειας.

Η ενέργεια της βιομάζας, λοιπόν, συνιστά την αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας, η οποία δεσμεύεται αρχικά από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης και εν συνεχεία μετατρέπεται σε χημική ενέργεια που αποταμιεύεται στις νεογέννητες οργανικές ουσίες και μέσα στους ιστούς των φυτών.

Κάθε χρόνο στη γη παράγονται μέσω της φωτοσύνθεσης 200 δισεκατομμύρια τόνοι βιομάζας που αντιστοιχούν σε 100 δισεκατομμύρια τόνους πετρελαίου. Η ποσότητα αυτή είναι δεκαπλάσια από την παγκόσμια

ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, μόνο το 3 % αυτού του δυναμικού αξιοποιείται.

Η βιομάζα, όπως προαναφέρθηκε, περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το ζωικό ή το φυτικό κόσμο, όπως:

- φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα (π.χ. δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες (φυτείες που προορίζονται για παραγωγή ενέργειας),
- υποπροϊόντα και κατάλοιπα της δασικής (υπολείμματα ξυλείας), αγροτικής (γεωργία και κτηνοτροφία) και αλιευτικής παραγωγής,
- υποπροϊόντα της βιομηχανίας (από επεξεργασία τροφίμων ή οργανικών υλών) αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Σήμερα υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες αδιάθετων γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων που, μαζί με τα οικιακά απορρίμματα, την κτηνοτροφική κοπριά και τις ενεργειακές καλλιέργειες επαρκούν για να καλύψουν το σύνολο των θερμικών και ενεργειακών μας αναγκών, με την προϋπόθεση ότι είναι δυνατή η αξιοποίησή τους σε όλες τις ενεργειακές περιπτώσεις.

Οι χώρες που καταναλώνουν ενέργεια που προέρχεται από βιομάζα, σε σημαντικές αναλογίες, είναι εκείνες, που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης λ.χ. στην Αφρική 65% της ενέργειας προέρχεται από βιομάζα, στην Ινδία το 50% και στη Λατινική Αμερική το 45%. Στην Ελλάδα η ενέργεια από βιομάζα χρησιμοποιείται περιορισμένα.

Για μεγάλες επενδύσεις το κόστος για ηλεκτροπαραγωγή με βιομάζα ανέρχεται στα 1500-2000 €/kW ενώ για παραγωγή θερμότητας από βιομάζα σε 750 €/kWth. Για οικιακή κατανάλωση ένα ατομικό σύστημα θέρμανσης με βιομάζα στοιχίζει 500-3000 €, ενώ ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης με βιομάζα κοστίζει 3800-15000 €.

Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO₂ και ως εκ τούτου δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του CO₂ που απελευθερώνονται κατά την καύση της έχουν ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημίδουργία της βιομάζας.

Στα μειονεκτήματα της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα αναφέρονται το κόστος συλλογής και επεξεργασίας των υλικών, καθώς και το μικρό ενεργειακό περιεχόμενο σε σχέση με ίση μάζα καύσιμου απολιθωμάτων.

3.7.2 Τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας

Όπως επισημάνθηκε παραπάνω, η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.

Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, με βασικές πρώτες ύλες το νερό και το CO_2 , που αφθονούν στη φύση. Όσον αφορά την ενέργεια, αυτή προέρχεται από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO_2 σε υδατάνθρακες.

Οι αντιδράσεις αυτές συνοδεύονται από έκλυση O_2 με παράλληλη μείωση της περιεκτικότητας του κυττάρου σε CO_2 .

Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή η βιομάζα. Για να φτάσουμε πάντως στο στάδιο αυτό, πρέπει να συνυπάρξουν και άλλοι παράγοντες, όπως τα ανόργανα στοιχεία, που απορροφούν οι ρίζες από το έδαφος καθώς και οι κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες για κάθε είδος φυτού. Από τη στιγμή που η βιομάζα αυτή έχει σχηματιστεί, μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε πλέον σαν πηγή ενέργειας.

Με την καύση των φυτών και τη σύγχρονη τεχνολογία, η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως:

1. καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας,
2. πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαερίου ή φυσικού αερίου, το οποίο αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας,
3. πρώτη ύλη για παραγωγή αιθανόλης και βιοντήζελ για μηχανές εσωτερικής καύσης.

Η μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμη μορφή ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Η επιλογή του καταλληλότερου τρόπου, εξαρτάται από τη σύνθεση της βιομάζας, το επιθυμητό προϊόν (ηλεκτρισμός, αέριο, θερμότητα, υγρό καύσιμο) και τη διαθεσιμότητα και αποτελεσματικότητα της επιλεγμένης τεχνολογίας.

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) ή σε βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- τη σχέση C/N και την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων
- την ώρα της συλλογής.

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση $C/N < 30$ και υγρασία $> 50\%$.

Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

1. Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα),
2. Η απευθείας καύση,
3. Η αεριοποίηση

Απευθείας καύση

Μια τυπική διαδικασία απόσπασης ενέργειας από βιομάζα είναι η καύση του ξύλου και κάποιων άλλων ειδών που μπορούν μετατρεπόμενα να χρησιμοποιηθούν σαν πηγές ενέργειας όπως: είδη γεωργικών καλλιεργειών (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα, αραβόσιτος), υπολείμματα από φρούτα, λαχανικά, το άχυρο και άχρηστα οργανικά υλικά.

Τα είδη γεωργικών καλλιεργειών που προαναφέρθηκαν είναι τα λεγόμενα ενεργειακά φυτά, τα οποία με κατάλληλη επεξεργασία των καρπών τους μπορεί να παραχθεί καύσιμο για κινητήρες. Διακρίνονται σε ζαχαρούχα (ζαχαροκάλαμα, ζαχαρότευτλα), ελαιούχα (σόγια, λινάρι, ηλίανθος, βαμβάκι, κοκκοφοίνικας, αραχίδα), αμυλούχα (πατάτες, καλαμπόκι, σιτηρά, μανιόκα).

Στις μέρες μας, η καύση του ξύλου συνιστά την ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδο παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Δυστυχώς 1,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι καταναλώνουν για καύση με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή με την οποία μπορεί να αναπαραχθεί. Το γεγονός αυτό έχει αρνητικές συνέπειες. Ο FAO προβλέπει πως αν εξακολουθήσει η ίδια τάση μέχρι το τέλος του αιώνα, η έλλειψη καύσιμου ξύλου για επιπλέον 1 δισεκατομμύριο ανθρώπους θα είναι αναπόφευκτη. Χωρίς εναλλακτικές πηγές ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό, με όλο και μεγαλύτερο το κόστος του ξύλου, η υγεία και η διατροφή του πληθυσμού θα επηρεαστεί σε σοβαρό βαθμό (Γεωργόπουλος, 2005).

Έχει αναφερθεί επίσης η θέρμανση ολόκληρου χωριού (Νυμφασία, κοντά στην Τρίπολη) με τη βοήθεια λεβητοστάσιου που βρίσκεται σε κεντρική θέση και το οποίο διανέμει θερμό νερό μέσω υπόγειου δικτύου που φτάνει στα σπίτια των καταναλωτών και κυκλοφορεί μέσα σε θερμαντικά σώματα. Αυτό το σύστημα θέρμανσης καλείται τηλεθέρμανση. Ως καύσιμη ύλη



χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου, προερχόμενα από τεμαχισμό υποπροϊόντων και υπολειμμάτων υλοτομίας από τα γύρω δάση.

Μια άλλη αξιοποιήσιμη ενεργειακά μορφή βιομάζας της Ελλάδας είναι το πυρηνόξυλο. Προέρχεται από τους ελαιοπυρήνες, οι οποίοι μετά την παραλαβή του ελαιόλαδου στα ελαιουργεία, μεταφέρονται στα πυρηνελαιουργεία όπου με εκχύλιση αποδίδουν το πυρηνέλαιο. Οι ελαιοπυρήνες μετά την αφαίρεση του πυρηνελαίου αποτελούν το πυρηνόξυλο. Συνήθως, το σημαντικότερο μέρος του καταναλώνεται εντός των πυρηνελαιουργείων για να καλύψει τις ενεργειακές τους ανάγκες. Το υπόλοιπο διατίθεται στην αγορά και χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε κεντρικές θερμάνσεις, φούρνους, θερμοκήπια, βιοτεχνίες.

Αεριοποίηση

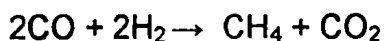
Ο όρος αεριοποίηση καλύπτει ένα εύρος διεργασιών κατά τις οποίες ένα στερεό καύσιμο αντιδρά με θερμό ατμό και αέρα ή οξυγόνο για να παράγει αέριο καύσιμο. Υπάρχουν πολλά είδη αεριοποιητών, με λειτουργικές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες έως πάνω από 1000 βαθμούς Κελσίου. Το αέριο που προκύπτει είναι ένα μείγμα με κύρια συστατικά το μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο, μαζί με διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο, σε αναλογίες που εξαρτώνται από τις συνθήκες της διεργασίας και από το εάν χρησιμοποιείται αέρας ή οξυγόνο.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την αναγέννηση του ενδιαφέροντος για την αεριοποίηση της βιομάζας τα τελευταία χρόνια, αν και δεν είναι καινούρια διαδικασία. Πρώτον, μπορεί να παράγει ένα καύσιμο το οποίο είναι πολύ πιο καθαρό από την αρχική βιομάζα, καθώς ανεπιθύμητοι χημικοί ρυπαντές απομακρύνονται κατά τη διαδικασία, μαζί με αδρανές υλικό το οποίο παράγει σωματίδια (καπνό) όταν καίγεται. Δεύτερον, ένα αέριο είναι καύσιμο ευπροσάρμοστο και πολλαπλών χρήσεων. Εκτός από άμεση καύση, το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή κινητήρες αερίου (Boyle, 1996)

Ένας αεριοποιητής που χρησιμοποιεί οξυγόνο αντί αέρα μπορεί να παράγει ένα αέριο που αποτελείται κυρίως από H_2 , CO και CO_2 . Η απομάκρυνση του



CO₂ αφήνει ένα μείγμα που ονομάζεται συνθετικό αέριο, από το οποίο μπορεί να συντεθεί οποιοσδήποτε υδρογονάνθρακας. Η αντίδραση του H₂ και του CO είναι ένας τρόπος να παραχθεί καθαρό μεθάνιο, για παράδειγμα:



Άλλο ένα πιθανό προϊόν είναι η μεθανόλη (CH₃OH), ένας υγρός υδρογονάνθρακας με ενεργειακή πυκνότητα 23 GJ ανά τόνο. Η παραγωγή μεθανόλης με αυτόν τον τρόπο περιλαμβάνει μια σειρά πολύπλοκων διεργασιών με υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις και ακριβές εγκαταστάσεις που μπορεί να αναρωτηθεί κανείς πού έγκειται το ενδιαφέρον. Η απάντηση βρίσκεται στο προϊόν: η μεθανόλη είναι ένα αγαθό μεγάλης αξίας, ένα υγρό καύσιμο το οποίο είναι υποκατάστατο της βενζίνης. Προς το παρόν η παραγωγή μεθανόλης με τη χρήση συνθετικού αερίου από τη βιομάζα δεν είναι μια εμπορική πρόταση, αλλά η τεχνολογία ήδη υπάρχει, και έχει αναπτυχθεί για τη χρήση με κάρβουνο ως πρώτη ύλη – σαν προφύλαξη των χωρών που είναι πλούσιες σε κάρβουνο όταν απειλούνται τα αποθέματά τους.

Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι η πιο απλή και η πιο παλιά μέθοδος επεξεργασίας ενός καυσίμου με σκοπό τη βελτίωσή του. Η τυπική πυρόλυση περιλαμβάνει τη θέρμανση του αρχικού υλικού σχεδόν απουσία αέρα, συνήθως στους 300-500 °C, έως το πτητικό υλικό να απομακρυνθεί. Αυτό που μένει τότε είναι το κάρβουνο, ένα καύσιμο το οποίο έχει σχεδόν τη διπλάσια ενέργεια από το αρχικό και καίγεται σε πολύ υψηλότερη θερμοκρασία. Για πολλούς αιώνες και ακόμα και σήμερα, το κάρβουνο παράγεται με πυρόλυση του ξύλου. Ανάλογα με το περιεχόμενο υγρασίας και την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας, 4-10 τόνοι ξύλου απαιτούνται για να παράγουν έναν τόνο κάρβουνου, και αν δεν έχει γίνει προσπάθεια να συλλεγεί το πτητικό υλικό, το κάρβουνο φτάνει το κόστος των 2/3 του περιεχομένου της αρχικής ενέργειας.

Με πιο σύνθετες τεχνικές πυρόλυσης, τα πτητικά μπορούν να συλλεχθούν, και η προσεκτική επιλογή της θερμοκρασίας -κατά την οποία λαμβάνει χώρα η επεξεργασία- επιτρέπει τον έλεγχο της σύνθεσής τους. Το υγρό προϊόν έχει



τις ίδιες δυνατότητες με το πετρέλαιο, αλλά είναι ρυπασμένο με οξέα και πρέπει να υποστεί επεξεργασία πριν τη χρήση.

Η γρήγορη πυρόλυση του φυτικού υλικού, όπως ξύλο και κέλυφος καρυδιού, σε θερμοκρασίες 800-900 °C, αφήνουν το 10% του υλικού σαν στερεό κάρβουνο και μετατρέπουν το 60% σε αέριο πλούσιο σε υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα. Αυτό καθιστά τη γρήγορη πυρόλυση έναν ανταγωνιστή της τυπικής αεριοποίησης, αλλά όπως και η τελευταία, πρέπει να αναπτυχθεί σαν μια επεξεργασία βιομάζας σε εμπορική κλίμακα.

Προς το παρόν, η τυπική πυρόλυση θεωρείται η πιο ελκυστική τεχνολογία. Η σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες σημαίνουν λιγότερες εκπομπές ρυπαντών από ότι σε πλήρη καύση, δίνοντας στην πυρόλυση ένα περιβαλλοντικό πλεονέκτημα.

Βιοχημικές διεργασίες παραγωγής βιομάζας:

1. Αερόβια ζύμωση
2. Αναερόβια ζύμωση

Αναερόβια ζύμωση - Βιοαέριο

Η αναερόβια ζύμωση, όπως και η πυρόλυση, πραγματοποιείται απουσία αέρα, αλλά σε αυτήν την περίπτωση η αποικοδόμηση πραγματοποιείται με βακτηριακή δράση αντί για υψηλές θερμοκρασίες. Είναι μια διεργασία η οποία λαμβάνει χώρα σχεδόν σε κάθε βιολογικό υλικό, αλλά ευνοείται από τη ζέση, την υγρασία και τις αναερόβιες συνθήκες. Πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο κατά την αποσύνθεση της βλάστησης στον βυθό μια λίμνης, παράγοντας βαλτώδες αέριο που βγαίνει με φυσαλίδες στην επιφάνεια.

Έχουν αρχίσει έρευνες και για την αναερόβια ζύμωση των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων προς παραγωγή μεθανίου, τα οποία είναι ιδιαίτερα βεβαρημένα από άποψη ρυπαντικού οργανικού φορτίου.

Το βιοαέριο είναι το προϊόν της αναερόβια ζύμωσης οργανικού υλικού (στερεό ή υγρό), και παράγεται από απόβλητα, κοπριάς ζώων και οικιακά απορρίμματα που θάβονται σε χωματερές. που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το βιοαέριο είναι ένα μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Παράγεται σε μεγάλες ποσότητες σε ΧΥΤΑ, και συνιστά πολύ ισχυρό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Οι χωματερές και οι μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, παράγουν βιοαέριο, που μπορεί να συλλεγεί και να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροπαραγωγή. Στη χώρα μας τέτοιες μονάδες είναι εγκατεστημένες στη Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Χανιά και Ψυτάλλεια Αττικής με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 8000 KW, ενώ το 12% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας έχει ως πηγή τη βιομάζα.

Η λεπτομερής χημεία της παραγωγής βιοαερίου είναι πολύπλοκη, αλλά δείχνει ότι ένας ανάμικτος πληθυσμός βακτηρίων διασπά το οργανικό υλικό σε ζάχαρα και μετά σε διάφορα οξέα τα οποία αποσυντίθενται για να παράγουν το τελικό αέριο, αφήνοντας ένα αδρανές υπόλειμμα του οποίου η σύνθεση εξαρτάται από το είδος του συστήματος και την πρώτη ύλη (Boyle, 1996).

Στην Κίνα χρησιμοποιούνται ανθρώπινα και ζωικά απορρίμματα για την παραγωγή βιοαερίου (μείγμα μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα), το οποίο χρησιμοποιείται σαν καύσιμο. Στην Ελλάδα υπάρχουν δυνατότητες εκμετάλλευσης βιοαερίου που παράγεται από τις χωματερές των Ανω Λιωσίων (Αθήνα) και Ταγαράδων (Θεσ/νικη). Στο κοντινό μέλλον, ίσως βιομηχανίες και βιοτεχνίες γειτονικές προς τις χωματερές αυτές να καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες με βιοαέριο.

Στο τέλος του 1990, η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο ανήλθε περίπου σε 65000 TJ ετησίως στην ΕΕ, που προήλθε από τη λυματολάσπη και τις χωματερές. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ήταν 3200M GWh, κυρίως από τα αέρια των χωματερών ενώ η παραγωγή θερμότητας ανήλθε περίπου σε 18000 TJ.

Βιοκαύσιμα

Υπάρχουν δύο κατηγορίες βιοκαυσίμων: τα στερεά και τα υγρά βιοκαύσιμα. Τα στερεά βιοκαύσιμα είναι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας στερεάς μορφής βιολογικής προέλευσης. Διαχωρίζονται από τα στερεά συμβατικά καύσιμα, τα οποία έχουν επίσης βιολογική προέλευση αλλά δεν είναι ανανεώσιμα. Τα στερεά βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν: το ξύλο, το άχυρο, τα οργανικά απόβλητα κ.α.

Τα υγρά βιοκαύσιμα είναι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας υγρής μορφής και προέρχονται από μετατροπή οργανικού υλικού. Τα υγρά βιοκαύσιμα είναι καύσιμα μεταφοράς, κυρίως βιοντήζελ και βιοαιθανόλη τα οποία προέρχονται από γεωργικά υπολείμματα και άλλες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από υγρά βιοκαύσιμα αυξήθηκε στα 17000 TJ στα τέλη του 1990 στην ΕΕ. Η Γαλλία, η Γερμανία και η Αυστρία είναι οι πιο σημαντικοί συνεργάτες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις του συνθετικού αερίου, είδαμε πώς μια αλκοόλη (μεθανόλη) μπορεί να παραχθεί από βιομάζα με μια σειρά πολύπλοκων χημικών διεργασιών. Φυσικά υπάρχουν και άλλοι τρόποι για να παράγουμε αλκοόλη από βιομάζα πχ δημιουργία κρασιού. Η ζύμωση είναι μια αναερόβια βιολογική διαδικασία κατά την οποία τα ζάχαρα μετατρέπονται σε αλκοόλη με τη δράση μικροοργανισμών, κυρίως ενζύμων. Η αλκοόλη που προκύπτει είναι η αιθανόλη αντί για μεθανόλη, αλλά μπορεί και αυτή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης, είτε άμεσα σε κατάλληλα τροποποιημένες μηχανές ή ως προσθετικό της βενζίνης. Η αιθανόλη μπορεί να αντικαταστήσει τη βενζίνη και πετρέλαιο ντήζελ στα αυτοκίνητα και άλλα μέσα μεταφοράς.

Η αξία κάθε τύπου βιομάζας που χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη για τη ζύμωση εξαρτάται από την ευκολία που μπορεί να μετατραπεί σε σάκχαρο. Η πιο γνωστή πηγή αιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο ή η μελάσα που μένει αφού εξαχθεί ο χυμός του ζαχαροκάλαμου. Άλλα φυτά των οποίων ο κύριος υδρογονάνθρακας είναι το άμυλο (πατάτες, καλαμπόκι κ.α) απαιτούν κάποια διαδικασία για να μετατρέψουν το άμυλο σε ζάχαρο. Ακόμα και το ξύλο μπορεί να αποτελέσει πρώτη ύλη, αλλά ο υδρογονάνθρακός του, η κυτταρίνη,



είναι ανθεκτική στη διάσπαση σε ζάχαρα, με οξέα ή ένζυμα, κάνοντας έτσι τη διαδικασία πιο πολύπλοκη.

Το υγρό που προκύπτει από τη ζύμωση περιέχει μόνο 10% αιθανόλη, η οποία πρέπει να διυλιστεί πριν χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Το περιεχόμενο ενέργειας του τελικού προϊόντος είναι 30 GJ t^{-1} ή 24 GJ m^{-3} . Η πλήρης διαδικασία απαιτεί μια σημαντική ποσότητα θερμότητας, η οποία συνήθως προέρχεται από τα υπολείμματα καλλιεργείων. Η απώλεια ενέργειας κατά τη ζύμωση είναι μεγάλη, αλλά αντισταθμίζεται με την εύκολη χρήση και μεταφορά του υγρού καυσίμου καθώς και με το συγκριτικά χαμηλό κόστος τεχνολογίας.

Παρόλο που η τιμή της βιοαιθανόλης δε συγκρίνεται ακόμη και με ορυκτά καύσιμα (η παραγωγή αιθανόλης είναι σχεδόν διπλάσια σε κόστος από τη βενζίνη), η χρήση κυτταρίνης και ημι-κυτταρίνης για την παραγωγή ζυμωμένων ζαχάρων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της τιμής, ούτως ώστε να γίνει ανταγωνιστική. Η άποψη αυτή είναι μια πραγματική πρόκληση για την έρευνα των ανανεώσιμων πηγών.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης αιθανόλης έναντι των συμβατικών καυσίμων είναι τα ακόλουθα:

- Σχετικά χαμηλότερη τοξικότητα σε σχέση με τη βενζίνη
- Το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται από την καύση αιθανόλης δεν έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον
- Μπορεί να προστεθεί στη βενζίνη (5-10%) και να χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητα χωρίς καμία αλλαγή στη μηχανή.

Σήμερα, είναι επίσης πιθανό να αντικαταστήσουμε τουλάχιστον το 5% των ορυκτών καυσίμων με αιθανόλη στα οχήματα χωρίς κανένα επιπλέον κόστος, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της εκπομπής CO_2 στην ατμόσφαιρα (Stevens and Verhe, 2004).

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των κινητήρων αλκοόλης είναι ότι εκπέμπουν λιγότερους ρύπους από τους βενζινοκινητήρες. Αυτό το πρόγραμμα βρίσκει κάποια εφαρμογή στη Βραζιλία, όπου χρησιμοποιείται το ζαχαροκάλαμο σαν πρώτη ύλη και στις ΗΠΑ, όπου χρησιμοποιείται το καλαμπόκι. Η αιθανόλη στο μέλλον, ίσως να σταματήσει να παράγεται από το όλο και πολυτιμότερο καλαμπόκι και να εξάγεται από αγροτικά και δασικά υπολείμματα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΕΚΠΟΝΗΣΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

4.1 Ενδεικτικό μεθοδολογικό πλαίσιο ανάπτυξης προγράμματος

- **Επιλογή θέματος :** Η επιλογή του θέματος συναποφασίζεται από τους μαθητές και εκπαιδευτικούς και αφορά στο τοπικό, εθνικό και στη συνέχεια παγκόσμιο περιβάλλον.
- **Διατύπωση στόχων:** Οι στόχοι είναι γνωστικοί, επιστημονικοί, κοινωνικοί, αισθητικοί, αυτομορφωτικοί και στάσεις ζωής. Η διατύπωση των στόχων οφείλει να οδηγεί σε μετρήσιμα αποτελέσματα
- **Χρονοδιάγραμμα:** Το χρονοδιάγραμμα εξαρτάται από το θέμα του προγράμματος το οποίο διαρκεί τέσσερις έως εννέα μήνες.
- **Μεθοδολογική προσέγγιση:** Η μεθοδολογική προσέγγιση και η επιλογή των άλλων διδακτικών στρατηγικών εξαρτάται από το θέμα.
- **Διδακτικές Ενέργειες:** Οι διδακτικές ενέργειες που επιλέγονται βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους στόχους που τέθηκαν και μπορεί να είναι :
 - Κατασκευή εννοιολογικού χάρτη / χάρτη ιδεών/εννοιών
 - Άντληση πληροφοριών/στοιχείων από πηγές πληροφόρησης
 - Κατασκευή οργάνων, λήψη μετρήσεων και οργάνωση αρχείων
 - Σύνταξη ερωτηματολογίου ή ημιδομημένης συνέντευξης
 - Επίσκεψη στην εν λόγω περιοχή και συγκέντρωση στοιχείων.
 - Διεξαγωγή πειραμάτων και εργαστηριακών ασκήσεων
 - Η ανταλλαγή πληροφοριών με άλλους μαθητές άλλων σχολείων (Θεματικά Δίκτυα ΠΕ)

- Επιστολές σε τοπικούς φορείς, υπηρεσίες, οργανώσεις, κ.ά.
- **Σύνθεση της εργασίας:** Η σύνθεση της εργασίας περιλαμβάνει:
 - Οργάνωση και επεξεργασία των πληροφοριών και του έντυπου υλικού, των μετρήσεων και των άλλων στοιχείων σε πίνακες, διαγράμματα, ιστογράμματα, κολάζ, κ.ά.
 - Συγγραφή σεναρίου στο οποίο να αναφέρονται οι δραστηριότητες, οι ενέργειες και οι εμπειρίες από το όλο πρόγραμμα.
 - Επισήμανση των αρνητικών συνεπειών της παρέμβασης του ανθρώπου, λήψη μέτρων, προγραμματισμός περαιτέρω δράσεων, κ.ά.
 - **Παρουσίαση της εργασίας:** Καθορισμός ημέρας που θα γίνεται η παρουσίαση όλων των καινοτόμων δράσεων.
 - **Αξιολόγηση:** Η αξιολόγηση του προγράμματος γίνεται από επιτροπή που συγκροτείται από το σύλλογο των διδασκόντων, αντιπροσώπους μαθητών, σύλλογο γονέων και κηδεμόνων, μέλη τοπικής αυτοδιοίκησης.
 - **Κοινοποίηση:** Οι ομάδες περιλαμβάνουν την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων /πορισμάτων της εργασίας.

4.2 Σχεδιασμός – Υλοποίηση Περιβαλλοντικού Προγράμματος «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»

ΤΙΤΛΟΣ: ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΘΕΜΑ: «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»
ΣΚΟΠΟΣ: ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΣΤΟΧΟΙ: ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΡΑΣΕΩΝ: 1 ΝΟΕΜΒΡΙΗ -31 ΜΑΗ

Στοιχεία συμμετεχόντων μαθητών

ΤΑΞΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
Ε'	25

Κριτήρια επιλογής θέματος

Ένα ζήτημα κλασικό στη μελέτη περιβάλλοντος αποτελεί η Ενέργεια. Η ενέργεια απαραίτητη στον άνθρωπο για άμεση και έμμεση κατανάλωση, συνδέεται άμεσα με το περιβάλλον και η παραγωγή της επηρεάζει τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι φυσικοί πόροι.

Η ενέργεια σήμερα βρίσκεται στο επίκεντρο του κοινωνικού, οικονομικού και πολιτικού ενδιαφέροντος και συνιστά την κινητήρια δύναμη του πολιτισμού, όλων των επιτευγμάτων αλλά και των καταστροφών που έχει προκαλέσει ο άνθρωπος στον πλανήτη μας.

Κάποιες πηγές ενέργειας, όπως τα συμβατικά καύσιμα βρίσκονται σε περιορισμένες ποσότητες και κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Επίσης, η εκμετάλλευση αυτών των Μη Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας προκαλεί έκλυση ρύπων, ενώ η αξιοποίησή τους απαιτεί την ανάπτυξη ειδικής τεχνολογίας. Αντίθετα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι μορφές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον και ο ρυθμός κατανάλωσής τους δεν επηρεάζει τα αποθέματά τους (Miller, 1999).

Το ενεργειακό πρόβλημα ως ζήτημα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης έχει δύο διαστάσεις. Η πρώτη αφορά στην υπερκατανάλωση ενέργειας και στην ανάγκη περιορισμού της μέσα από δράσεις και πρακτικές, που σχετίζονται με την αρχή της αειφορίας προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα της εξάντλησής των μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και της ρύπανσης του πλανήτη. Η δεύτερη αφορά στη χρήση ΑΠΕ και στην εξοικείωση του καταναλωτή με αυτές.



Η αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών σε σχέση με την αειφορική χρήση ενέργειας, καθώς και η αναγνώριση της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας ως ζητούμενη λύση στο ενεργειακό και οικολογικό πρόβλημα, αποτέλεσαν τα κριτήρια επιλογής του προγράμματος «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας».

Το προσφερόμενο πρόγραμμα αποτελεί θετική συμβολή στην κατεύθυνση της συνειδητοποίησης του προβλήματος, της ευαισθητοποίησης των

μαθητών, αλλά και ευρύτερα της κοινωνίας και προβάλλει πιθανές λύσεις, όσον αφορά τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.

Γενικός στόχος– Υποθέματα – Περιεχόμενο:

Γενικός στόχος: Γνωριμία των μαθητών με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Υποθέματα:

1. Ηλιακή ενέργεια
2. Αιολική ενέργεια
3. Γεωθερμική ενέργεια
4. Ενέργεια του νερού
5. Ενέργεια βιομάζας

Περιεχόμενο

- Γνωριμία με την ενέργεια, το πιο διαδεδομένο αλλά και το πιο απρόσιτο στις αισθήσεις μας μέγεθος.
- Οι μορφές ενέργειας: ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες.
- Επιδίωξη να διαπιστωθεί πώς η ενέργεια συνοδεύει κάθε μεταβολή στον κόσμο μας, από την πιο απλή ως την πιο πολύπλοκη.
- Προσδιορισμός του ενεργειακού ζητήματος.
- Εκτίμηση των επιπτώσεων.
- Πρόταση λύσεων και ανάληψη δράσης.

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Το πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» κινείται σε έναν αμιγώς μαθητοκεντρικό άξονα, για την υποστήριξη εκπαιδευτικών προτεραιοτήτων με τους ακόλουθους στόχους:



- Ενημέρωση για το σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα.
- Κατανόηση ότι η αλόγιστη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδήγησε σε ενεργειακή κρίση και σε τεράστια επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Ενημέρωση για τη φύση και το μέγεθος των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκύπτουν από τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας.
- Συνειδητοποίηση του κίνδυνου που διατρέχει η ζωή στον πλανήτη, αν δε βρεθούν άμεσα λύσεις για τα περιβαλλοντικά προβλήματα από τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας.
- Κατανόηση της απειλητικής διάστασης της πυρηνικής ενέργειας.



- Ενημέρωση για την ύπαρξη διαθέσιμων προς χρήση ενεργειακών πηγών, ανανεώσιμων και καθαρών, οι οποίες μπορούν να υποκαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα με αποτελεσματικό τρόπο. Γνωριμία με τις

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

- Γνωριμία με τα μέσα και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ΑΠΕ, ώστε μελλοντικά να συμβάλλουν στη λύση του ενεργειακού προβλήματος και να αναστρέψουν την βεβαρημένη κατάσταση του περιβάλλοντος.
- Γνωριμία με νέες τεχνολογίες, βασισμένες στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Διαμόρφωση θετικών στάσεων και συμπεριφορών απέναντι στη έλλογη χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας σε ατομικό, εθνικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο.

- Απόκτηση της απαιτούμενης γνώσης, έτσι ώστε να συμβάλλουν στο σχεδιασμό ενός βιώσιμου μέλλοντος, όπου η ζωή δε θα υπονομεύεται από την αλόγιστη χρήση ενέργειας.



- Άσκηση στην άντληση και συγκέντρωση πληροφοριών μέσα από τις φυσικές επιστήμες, το διαδίκτυο κ.λ.π.
- Ανακάλυψη της χρήσης ενέργειας από τις αρχές της ιστορίας της ανθρωπότητας (μυϊκή ενέργεια ανθρώπων και ζώων)
- Εμπέδωση εννοιών μέσω των πειραμάτων, μέσω των διδακτικών επισκέψεων (μελέτη στο πεδίο) σε χώρους εφαρμογής μορφών ενέργειας: νερόμυλους, ανεμόμυλους, υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, φωτοβολταϊκά πάρκα, αιολικά πάρκα κ.λ.π.
- Εμπλουτισμός λεξιλογίου
- Συλλογή εικόνων και φωτογραφιών
- Ανάπτυξη ομαδικότητας, καλλιέργεια συνεργασίας
- Εξάσκηση σε κατασκευές με απλά υλικά
- Να καλλιεργήσουν ελεύθερη έκφραση και να αναπτύξουν κριτική σκέψη.

Συνεργασία:

- Με τους εκπαιδευτικούς ειδικοτήτων της τάξης
- Με το Δήμο
- Με την ΕΥΔΑΠ
- Με το Σύλλογο Γονέων
- Με τη ΔΕΗ

Πεδία σύνδεσης με τα προγράμματα σπουδών των αντίστοιχων γνωστικών αντικειμένων

Εμπλεκόμενα μαθήματα :

- Φυσικές επιστήμες
- Γλώσσα
- Μαθηματικά
- Μελέτη Περιβάλλοντος
- Εικαστικά
- Ιστορία-Μυθολογία
- Θεατρική Αγωγή
- Πληροφορική

Στο εργαστήριο Η/Υ οι μαθητές μπορούν μέσω του διαδικτύου να μάθουν να αναζητούν πληροφορίες για το αντικείμενο της έρευνάς τους. Εκτός αυτού, τους δίνεται η δυνατότητα να γνωρίσουν το περιβάλλον του λογισμικού δημιουργίας παρουσιάσεων και να εξοικειωθούν με τη μέθοδο παρουσίασης των εργασιών τους με ψηφιακό τρόπο, και να προετοιμάσουν μόνοι τους την παρουσίαση για τη σχολική εκδήλωση στο τέλος του προγράμματος.

Στο πλαίσιο της Θεατρικής Αγωγής μπορεί να πραγματοποιηθεί παιχνίδι ρόλων. Το παιχνίδι μπορεί να διαδραματιστεί στο χώρο του σχολικού θεάτρου αποσκοπεί στη δημιουργία θετικότερου κλίματος μεταξύ των μαθητών αλλά και μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού καθώς και στην ένταξη των μαθητών με έμμεσο τρόπο στον προβληματισμό σχετικά με το θέμα του προγράμματος.

Οι μαθητές σχηματίζουν ένα κύκλο και αφού αναφέρουν το όνομά τους ενημερώνουν την ομάδα για την αγαπημένη τους ασχολία και για το τι θεωρούν σαν περιβαλλοντικό πρόβλημα στην περιοχή τους αλλά και στον πλανήτη.

Στη συνέχεια, μπορεί να προβληθεί η ελληνική ταινία «Μια θεία γεμάτη ενέργεια» η οποία με ένα έξυπνο τρόπο προβάλλει τη σπάταλη χρήση των ενεργειακών πόρων, τη ρύπανση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Σκοπός της προβολής της ταινίας είναι να ευαισθητοποιήσει και να προβληματίσει τους μαθητές.

Μετά την προβολή ακολουθεί συζήτηση και οι μαθητές καλούνται να αποφασίσουν για το αν θα ασχοληθούν με το θέμα.

Μεθοδολογία Υλοποίησης:

- Βιωματική Μέθοδος (Project)
- Μελέτη στο πεδίο

Αναλυτικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης - Προγραμματισμός

- Καταμερισμός εργασίας (οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες εργασίας)
- Σχηματισμός: πέντε ομάδες των τριών μαθητών και δύο ομάδες των πέντε μαθητών
- Αντιστοίχιση ομάδων με υποθέματα. Οι μαθητές, αφού χωριστούν σε ομάδες, αναλαμβάνουν να ασχοληθούν με μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας και ξεκινούν τη βιβλιογραφική έρευνα.
- Παρουσίαση υλικού και πληροφοριών κάθε ομάδας στην τάξη κάθε Παρασκευή.
- Παρουσίαση εργασιών σε εκδήλωση που θα πραγματοποιηθεί στο τέλος του προγράμματος.

Δραστηριότητες στην τάξη:

Εκτός από τις ομαδικές εργασίες των μαθητών με θέμα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ταυτόχρονα πραγματοποιούνται δραστηριότητες σχετικά με τις ΑΠΕ καθώς και με την εξοικονόμηση ενέργειας, ούτως ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις ή να εμπεδώσουν τις ήδη αποκτηθείσες γνώσεις, εφαρμόζοντας στην πράξη όσα έμαθαν και να αναπτύξουν ικανότητες και δεξιότητες.

Τέτοιες δραστηριότητες είναι:

- Δημιουργία γωνιάς έκθεσης φωτογραφικού υλικού και πληροφοριών
- Κατασκευές σχετικά με το θέμα (φτιάχνουν ανεμόμυλο, απλό φακό, ανεμογεννήτρια, φράγμα, υδροηλεκτρικό εργοστάσιο κ.α.).
- Δημιουργία εντύπων που προτρέπουν τον καθένα να κάνει ανακύκλωση για εξοικονόμηση ενέργειας και προτείνουν απλούς τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας.
- Δημιουργία πίνακα με τις ανανεώσιμες και μη ενέργειες, τις θετικές και αρνητικές τους πλευρές.
- Δημιουργία τετραδίου του μαθητή.
- Διεξαγωγή πειραμάτων με θέμα τις ΑΠΕ.
- Δραστηριότητες με θέμα την εξοικονόμηση ενέργειας και τις μορφές ενέργειας.
- Περιβαλλοντικά παιχνίδια.
- Προβολή ταινιών.
- Αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο.
- Παιχνίδι ρόλων.

Ενδεικτικές δραστηριότητες

1. Αξιοποίηση της ενέργειας του νερού.

A. Υδροστρόβιλος – Υδροηλεκτρικός κινητήρας

Όργανα και Υλικά

1. Ορθοστάτης με ράβδο 1 μ. και περιστρεφόμενο σύνδεσμο
2. Δύο ορθοστάτες
3. Γυάλινο χωνί
4. Γυάλινος σωλήνας με ακροφύσιο
5. Δακτύλιος μεταλλικός με στέλεχος
6. Λαστιχένιος σωλήνας 50 εκ.
7. Λεκάνη με νερό
8. Ράβδος μεταλλική ή βελόνα πλεξίματος περίπου 60 εκ.
9. Γυάλινο ποτήρι
10. Πηνίο απλό
11. Υδροτροχός πρόχειρος
12. Δύο καλώδια συνδέσεως
13. Γαλβανόμετρο του μηδενός σε πηνίο
14. Μαγνήτης (πεταλοειδής – ραβδόμορφος)
15. Ταινία (χάρτινη) κολλητική

Ενέργειες – Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

α. Μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική. Υδροστρόβιλος

1. α. Περνάμε τον υδροτροχό στη μεταλλική ράβδο (ή στη βελόνα) και τον στερεώνουμε με την κολλητική ταινία, ώστε να γυρίζει μαζί με τον άξονα.

β. Στερεώνουμε στο ίδιο ύψος των δύο ορθοστατών τους συνδέσμους και περνάμε από τις οπές τους τον άξονα του υδροτροχού (ο άξονας πρέπει να γυρίζει ελεύθερα), βάζοντας κάτω από τον υδροτροχό τη λεκάνη.

γ. Συγκρατούμε στο πάνω μέρος της ράβδου το μεταλλικό δακτύλιο με το σύνδεσμο.

δ. Συνδέουμε στο ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα το γυάλινο χωνί και στο άλλο το γυάλινο σωλήνα με το ακροφύσιο.

ε. Συγκρατούμε το χωνί με το μεταλλικό δακτύλιο και το ακροφύσιο με τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο, έτσι ώστε η ροή από το ακροφύσιο να βρίσκει τον υδροτροχό.

2. Χύνουμε με το ποτήρι νερό στο χωνί.

➤ Ο υδροτροχός περιστρέφεται μαζί με τον άξονα. Η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική.

Β. Μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική. Υδροηλεκτρικός κινητήρας.

1. Στερεώνουμε στο άκρο του άξονα, με τη βοήθεια της κολλητικής ταινίας, έναν πεταλοειδή (ή ραβδόμορφο) μαγνήτη και πλησιάζουμε στο μαγνήτη το, ώστε να κινείται μέσα σε αυτό ο μαγνήτης.

2. συνδέουμε, με τα δύο καλώδια συνδέσεως, το πηνίο με το γαλβανόμετρο και χύνουμε νερό στο χωνί.

- Το γαλβανόμετρο παρουσιάζει απόκλιση. Τον αγωγό διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Η κίνηση του μαγνήτη κοντά στον αγωγό δημιουργεί στα άκρα του αγωγού διαφορά δυναμικού και, επομένως, ηλεκτρικό φορτίο.
- Η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται, με τη βοήθεια των υδροτροχών, σε κινητική και ηλεκτρική ενέργεια.

Μεθοδολογικές υποδείξεις

1. Εδώ πρόκειται για κατασκευές με τις οποίες οι μαθητές θα επιβεβαιώσουν γνώσεις και εμπειρίες τους. Ο δάσκαλος είναι ανάγκη να δώσει οδηγίες, προκειμένου οι μαθητές, με ομαδική εργασία, να κάνουν τις σχετικές κατασκευές και τους ανάλογους πειραματισμούς.
2. Η προσοχή των μαθητών θα επικεντρωθεί στις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και ηλεκτρική.

2. Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας

Ανεμοκινητήρας- Ανεμογεννήτρια

Όργανα και Υλικά

1. Δύο ορθοστάτες
2. Χάρτινος ανεμόμυλος
3. Βελόνα ή χοντρό σύρμα
4. Μαγνήτης (ραβδόμορφος)
5. Δύο καλώδια σύνδεσης
6. Γαλβανόμετρο μηδενός σε πηνίο
7. Πηνίο (πρόχειρο) με καλώδιο περιελίξεως
8. Γυάλινος σωλήνας
9. Κολλητική ταινία

Ενέργειες – Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

1. α. Περνάμε στο κέντρο του ανεμόμυλου τη βελόνα και τη στερεώνουμε με την κολλητική ταινία, ώστε να περιστρέφεται μαζί με τον ανεμόμυλο.
β. Στερεώνουμε τους συνδέσμους στους ορθοστάτες – στο ίδιο – ύψος και περνάμε στις οπές τους τον άξονα του ανεμόμυλου.

2. Φυσάμε τον ανεμόμυλο, χρησιμοποιώντας το γυάλινο σωλήνα, πρώτα με μικρή και στη συνέχεια με μεγάλη ένταση.
 - Η ενέργεια του ανέμου κινεί τον ανεμοκινητήρα με μικρή ή μεγάλη ταχύτητα, αντίστοιχα. Η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.
 3. Στερεώνουμε στο ένα άκρο του άξονα το μαγνήτη, με τη βοήθεια της κολλητικής ταινίας, πλησιάζουμε στο μαγνήτη το πρόχειρο πηνίο και το συνδέουμε με το πηνίο του γαλβανόμετρου, χρησιμοποιώντας δύο καλώδια συνδέσεως.
 4. Φυσάμε, με το γυάλινο σωλήνα, τον ανεμοκινητήρα.
 - Το γαλβανόμετρο παρουσιάζει απόκλιση. Τον αγωγό διατρέχει ηλεκτρικό ρεύμα, λόγω της κίνησης του μαγνήτη μέσα στο πηνίο. Η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και η κινητική σε ηλεκτρική.
- Η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και ηλεκτρική ενέργεια και έχει πολλές εφαρμογές.

3. Μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε κινητική

Λειτουργία ατμοστρόβιλων δράσεως και αντιδράσεως

Όργανα και υλικά

1. Ορθοστάτης
2. Λύχνος υγραερίου
3. Δοκιμαστικός (ή μεταλλικός) σωλήνας
4. Λαβίδα μεταλλική
5. Πώμα χωρίς οπή
6. Πώμα μιας οπής
7. Ακροφύσιο σε γωνία
8. Φτερωτός δίσκος (χάρτινος-πλαστικός-μεταλλικός)

9. Ατμοστρόβιλος αντιδράσεως

Ενέργειες – Αποτελέσματα, Συμπεράσματα

1. Στερεώνουμε στο σύνδεσμο του ορθοστάτη τη μεταλλική λαβίδα και στη λαβίδα στο δοκιμαστικό (ή μεταλλικό) σωλήνα.
 2. Γεμίζουμε το σωλήνα, κατά το $\frac{1}{4}$ περίπου, με νερό, πωματίζουμε και θερμαίνουμε μέχρι βρασμού.
 3. Το πώμα σε λίγο εκπνάζεται με δύναμη. Το φαινόμενο οφείλεται στη δύναμη των ατμών μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα.
 4. Περνάμε στην οπή του πώματος την άκρη του σωλήνα του ακροφύσιου, πωματίζουμε το δοκιμαστικό σωλήνα και συνεχίζουμε το βρασμό, τοποθετώντας εμπρός από το ακροφύσιο το χάρτινο μύλο.
 5. Ο ατμός βγαίνει από με δύναμη από το ακροφύσιο, χτυπάει τα πτερύγια του δίσκου και τον θέτει σε κίνηση.
 6. Ρίχνουμε στον ατμοστρόβιλο λίγο νερό, πωματίζουμε με το πώμα που φέρει τα ειδικά ακροφύσια και θερμαίνουμε μέχρι βρασμού.
- Ο ατμός, καθώς βγαίνει με ορμή από τα ακροφύσια αντίθετης φοράς, προκαλεί της περιστροφική κίνηση του ατμοστρόβιλου.
- Ο ατμός περιέχει ενέργεια. Η θερμική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε κινητική, με τη βοήθεια μηχανών.

4. Ο κύκλος του νερού σε μικρογραφία

Υλικά:

- ✓ Ένα πυρέξ
- ✓ Το σκέπασμα του πυρέξ (γυάλινο). Αντί για το σκέπασμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πλαστική μεμβράνη που τυλίγουμε τα τρόφιμα και ένα κομμάτι συρμάτινο πλέγμα.



- ✓ Ζεστό νερό
- ✓ Παγάκια
- ✓ 2 βαζάκια από χοντρό γυαλί
- ✓ Λίγο χρώμα και ένα μικρό φυτό
- ✓ Ένα βαρύ αντικείμενο (πέτρα, βαρύδι)

Πειραματική διαδικασία

Βάζουμε μέσα στο πυρέξ το πολύ ζεστό νερό, ώστε να βγαίνουν ατμοί. Διαλύουμε αρκετό αλάτι μέσα στο νερό, ώστε όταν το δοκιμάζουμε να είναι αλμυρό. Βάζουμε στη μέση το γυάλινο βαζάκι με το χρώμα, τις πέτρες και το φυτό. Φροντίζουμε το βαζάκι να έχει αρκετό βάρος, για να μην το καλύπτει το νερό. Σκεπάζουμε το πυρέξ με το καπάκι του. Αν δεν έχει καπάκι το σκεπάζουμε με την πλαστική μεμβράνη και από πάνω τοποθετούμε το συρμάτινο πλέγμα. Βάζουμε επάνω στο σκέπασμα (ή το πλέγμα) ένα άλλο βαζάκι με παγάκια. Αντί για το βαζάκι με παγάκια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πλαστικό σακουλάκι με παγάκια.

Το νερό «των ωκεανών» εξατμίζεται και στη συνέχεια οι ατμοί του νερού υγροποιούνται και ποτίζουν το φυτό.

Το αλμυρό νερό στο πυρέξ αναπαριστά τους ωκεανούς. Το βαζάκι με το φυτό αναπαριστά ένα χερσαίο οικοσύστημα. Το ρόλο της θερμής πηγής που έχουμε ζεστάνει το νερό, στις πραγματικές συνθήκες τον παίζει ο ήλιος, ο οποίος παρέχει την ενέργεια για να πραγματοποιηθεί ο κύκλος του νερού στη φύση. Οι ατμοί υγροποιούνται στην εσωτερική πλευρά του σκεπάσματος (σύννεφα), σταγόνες πέφτουν (βροχή) στο νερό και στο βαζάκι. Δοκιμάζουμε αυτές τις σταγόνες. Είναι αλμυρές; εξατμίζεται μόνο το νερό και όχι το αλάτι, όπως συμβαίνει και με τη βροχή.

5. Εξοικονόμηση ενέργειας

Διάρκεια: 1 ώρα

Υλικά: Μολύβια, σημειωματάρια

Περιγραφή

Ο δάσκαλος εισάγει τους μαθητές στο σύγχρονο ενεργειακό πρόβλημα και εν συνεχεία συζητά μαζί με ποίους τρόπους μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια (οικονομία στο νερό, το ηλεκτρικό ρεύμα, τη βενζίνη, οικονομία στα υλικά καθημερινής χρήσης κ.α. Κάθε φορά που πετάμε κάτι, πετάμε μαζί του και την ενέργεια που χρειάστηκε για να κατασκευαστεί).

Έπειτα, ο δάσκαλος βοηθά τους μαθητές να φτιάξουν ένα κατάλογο από πράγματα που σπαταλούν ή που πετάνε συχνά στο σπίτι τους. Ο κατάλογος αυτός είναι δυνατόν να περιλαμβάνει προϊόντα όπως τροφές, χαρτί, παιχνίδια, η και νερό, ηλεκτρική ενέργεια κλπ.)

Οι μαθητές βάσει του καταλόγου συντάσσουν έναν πίνακα και σημειώνουν κάθε μέρα επί μια εβδομάδα που και πώς εξοικονόμησαν ενέργεια. Στο τέλος της εβδομάδας συζητούν τις εμπειρίες που απέκτησαν.

Τέλος, μπορούν να δημιουργήσουν ένα δεκάλογο με απλούς τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας και να τα μοιράσουν στο κοινό την ημέρα της παρουσίασης του προγράμματος. Ο δεκάλογος μπορεί να έχει την ακόλουθη μορφή:

1. Περιορίζουμε την ενέργεια που χρειαζόμαστε για να θερμάνουμε το σπίτι μας.
2. Το χειμώνα κλείνουμε τα παράθυρα στους χώρους που θερμαίνουμε για να μη ρέει η θερμότητα στο περιβάλλον.
3. Χρησιμοποιούμε το μάτι της κουζίνας ανάλογα με το μέγεθος του μαγειρικού σκεύους.
4. Χρησιμοποιούμε ηλιακό θερμοσίφωνα και όχι ηλεκτρικό.
5. Κλείνουμε τη βρύση όταν βουρτσίζουμε τα δόντια μας για να μη σπαταλάμε νερό.

6. Κάνουμε ντους αντί για μπάνιο στη μπανιέρα.
7. Δεν αφήνουμε τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φώτα ανοιχτά όταν λείπουμε από το δωμάτιο.
8. Δεν αφήνουμε την πόρτα του ψυγείου ανοιχτή.
9. Χρησιμοποιούμε όποτε μπορούμε το ποδήλατο αντί για το αυτοκίνητο.
10. Πλένουμε στο πλυντήριο σε όσο το δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία ρούχα λιγότερο λερωμένα

6. Περιβαλλοντικά μαθηματικά – Εξοικονόμηση χαρτιού στη σχολική τάξη

Σε αυτού του είδους τις δραστηριότητες υπάρχει σύνδεση ανάμεσα στα μαθηματικά και τα διάφορα περιβαλλοντικά θέματα. Κάθε δραστηριότητα περιλαμβάνει συλλογή στοιχείων, απεικόνισή του σε γραφήματα και ερμηνεία. Για αυτό το λόγο παρέχει ευκαιρίες για αναγνώριση και τη λύση προβλημάτων και δίνει ιδέες που ο κάθε μαθητής μπορεί να μοιραστεί με τους συμμαθητές του και τα μέλη της οικογένειάς του. Οι περισσότεροι μαθητές θέλουν να κάνουν συμμετέχουν ενεργά στη διάσωση του πλανήτη, και αυτές οι δραστηριότητες τους βοηθούν να το κατορθώσουν.

Περιεχόμενο μαθήματος

Στη δραστηριότητα «χαρτί της τάξης» οι μαθητές θα:

- Θα συγκεντρώσουν πληροφορίες για τη χρήση του χαρτιού για ένα διάστημα πάνω από κάποιες μέρες.
- Θα κάνουν γραφήματα των δεδομένων και θα ερμηνεύσουν της πληροφορίες που θα βρουν στα γραφήματα.
- Θα χρησιμοποιήσουν τα στοιχεία για μελλοντικό σχεδιασμό.



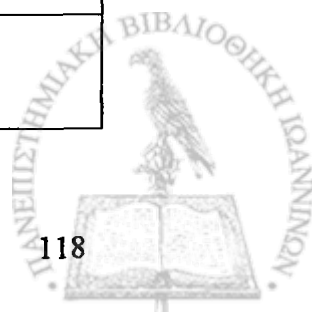
Χαρτί της τάξης

Οι μαθητές συμμετέχουν σε μια δραστηριότητα στην οποία ερευνούν στοιχεία σε σχέση με ανακυκλώσιμα υλικά και αναπτύσσουν σχέδια για να βοηθήσουν το περιβάλλον. Αυτή η δραστηριότητα απαιτεί οι μαθητές να παρακολουθήσουν την πορεία χρήσης του δικού τους χαρτιού για μια εβδομάδα και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματά τους με συνεργάτες. Αφού μελετήσουν τις πληροφορίες χρήσης του χαρτιού, οι μαθητές θα είναι έτοιμοι να συζητήσουν ιδέες και τρόπους για να εξοικονομήσουν χαρτί στην τάξη.

Εκπαιδευτικό σχέδιο

Η χρήση χαρτιού συνιστά αναπόσπαστο κομμάτι της σχολικής ζωής. Ζητάμε από τους μαθητές να καταγράψουν πάνω στο φύλλο δραστηριότητας που τους μοιράζεται στην αρχή της σχολικής εβδομάδας, τις προβλέψεις τους για τον αριθμό των κομματιών χαρτιού που χρησιμοποιεί ο καθένας κατά τη διάρκεια της μέρας και τους βοηθάμε να δώσουν ημερομηνία σε κάθε καταχώρηση. Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν το φύλλο δραστηριότητας διαθέσιμο κατά τη διάρκεια της μέρας και να σημειώνουν κάθε φορά που χρησιμοποιούν ένα φύλλο χαρτιού. Ο μαθητής καλείται αφού προβλέψει πόσα φύλλα χαρτί θα χρησιμοποιήσει για τις πέντε σχολικές μέρες της εβδομάδας, να καταγράψει τον πραγματικό αριθμό των φύλλων χαρτιού που χρησιμοποίησε κάθε μέρα στο φυλλάδιο δραστηριότητας «Χαρτί της τάξης».

Ημέρα	Προβλεπόμενος αριθμών φύλλων χαρτιού που χρησιμοποιήθηκε	Πραγματικός αριθμών φύλλων χαρτιού που χρησιμοποιήθηκε

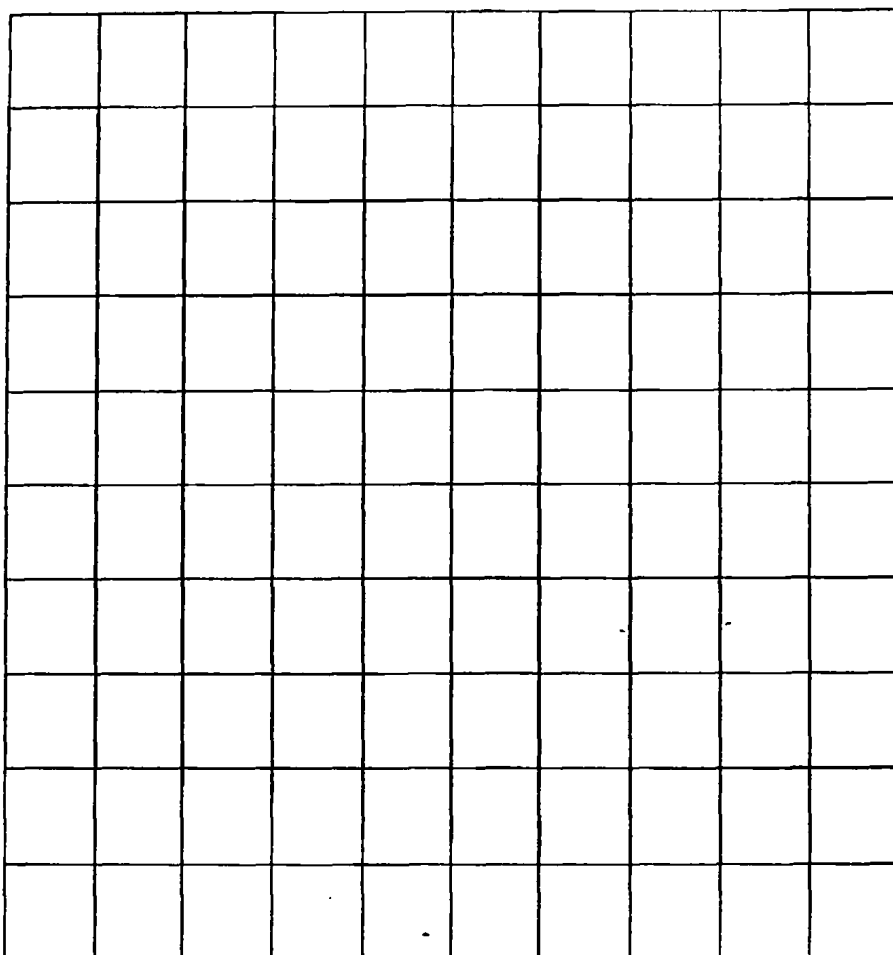


Στο τέλος της μέρας, καταμετρούν τις φορές που χρησιμοποίησαν το χαρτί και καταγράφουν τα δεδομένα. Κάθε μέρα για τις επόμενες 4 μέρες, οι μαθητές επαναλαμβάνουν τις προηγούμενες οδηγίες. Ίσως να θέλουν να μελετήσουν τους υπολογισμούς τους σε σχέση με τα αποτελέσματα των προηγούμενων ημερών.

Όταν ολοκληρωθεί η συλλογή δεδομένων, οι μαθητές θα πρέπει να δημιουργήσουν ένα γράφημα με γραμμές στο φύλλο δραστηριότητας σαν έναν τρόπο να δείξουν τα δεδομένα.

Στο γράφημα θα απεικονίζεται ο πραγματικός αριθμός χαρτιού που χρησιμοποίησε ο μαθητής ανά ημέρα (και όχι με τον αριθμό χαρτιού που προέβλεπε ότι θα ξοδέψει ανά ημέρα).

Χρήση χαρτιού στην τάξη



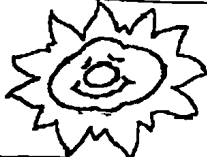
Αφού δημιουργηθεί το γράφημα, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στα παρακάτω ερωτήματα:

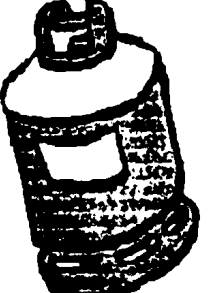
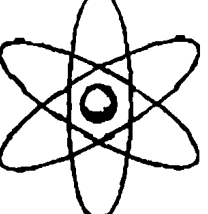
1. Τι δείχνει το γράφημα που δημιουργήσατε για τη χρήση χαρτιού στην τάξη;
2. Σας εξέπληξαν τα αποτελέσματα;
3. Πιστεύεται ότι χρησιμοποιείται πολύ χαρτί;
4. Πώς επηρεάζει η άσκοπη χρήση χαρτιού το περιβάλλον;
5. Πώς επηρεάζει η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων το περιβάλλον και τη ζωή του ανθρώπου;
6. Πώς μπορούμε να εξοικονομήσουμε;
7. Πώς μπορούμε να εξοικονομήσουμε μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους;

7. Δημιουργία πίνακα με τις ανανεώσιμες και μη ενέργειες, τις θετικές και αρνητικές τους πλευρές

Οι μαθητές, αφού αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις για τα συμβατικά καύσιμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορούν να δημιουργήσουν ένα πίνακα στον οποίο θα αναφέρουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μορφών ενέργειας. Ο πίνακας αυτός μπορεί να έχει τις ακόλουθες μορφές:

ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

	Πηγές Ενέργειας	Θετικές πλευρές	Αρνητικές πλευρές
	Ήλιος	Μηδέν εκπομπές Ανανεωσιμότητα Επάρκεια	Αστάθεια Ακριβή τεχνολογία (εκτός από τη θέρμανση)
	Άνεμος	Μηδέν εκπομπές Ανανεωσιμότητα Επάρκεια	Δεσμεύει εκτεταμένες περιοχές Προβλήματα συντήρησης
	Βιοκαύσιμα	Ελάχιστες εκπομπές Ανανεωσιμότητα	Μεταφορά βιομάζας Χρήση νερού στην παραγωγή βιομάζας. Πιθανές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα
	Υδατοπτώσεις	Μηδέν εκπομπές Δωρεάν πρώτη ύλη	Χαμηλό λειτουργικό κόστος Υψηλό κόστος κατασκευής Επιπτώσεις στο τοπίο Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα
	Ανθρακας	Σταθερότητα Επάρκεια στην αγορά	Υψηλές εκπομπές CO ₂ , SO ₂ Μη ανανεώσιμη πηγή Συσώρευση υπολειμμάτων
	Πετρέλαιο	Αναπτυγμένη τεχνολογία Εξαιρετικά ευέλικτο	Περιορισμένη διαθεσιμότητα Κόστος μεταφοράς

		καύσιμο	ιδιαίτερα όταν μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις Μη ανανεώσιμη πηγή. Εύφλεκτο Υψηλές εκπομπές CO ₂ , NO _x
	Φυσικό αέριο	Σχετικά "φιλικό" προς το περιβάλλον Καύσιμο υψηλής ενεργειακής αξίας με εύκολο χειρισμό	Περιορισμένη διαθεσιμότητα Σχετική ρύπανση. Μη ανανεώσιμη πηγή. Εκτεταμένο δίκτυο διανομής Εκπομπές CO ₂
	Πυρηνική ενέργεια	Αφθονία πρώτης ύλης Μεταφορά πρώτων υλών	Απόβλητα Κίνδυνος εξάπλωσης πυρηνικών όπλων Ραδιενέργεια από λειτουργία και ατυχήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΟΡΥΚΤΟΙ ΑΝΘΡΑΚΕΣ
Τα αποθέματα αυτής της ενεργειακής πηγής είναι αρκετά για τα επόμενα 200 χρόνια.			
Η χρήση αυτής της πηγής ενέργειας ρυπαίνει λιγότερο από τις άλλες δύο.			
Δημιουργήθηκε από ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς πριν εκατομμύρια χρόνια.			
Καλύπτει το 40% του Πλανήτη μας σε ενέργεια.			

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται κυρίως από αυτήν την πηγή ενέργειας.			
Όταν καίγεται, παράγει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι με την καύση των άλλων δύο.			
Οι μεγαλύτερες ποσότητες προέρχονται από τη Μέση Ανατολή.			
Πριν χρησιμοποιηθεί, το επεξεργαζόμαστε σε ειδικές εγκαταστάσεις.			
Η χρήση αυτής της πηγής ενέργειας στη χώρα μας ξεκίνησε πριν από μερικά χρόνια.			
Κατά τη μεταφορά του μπορεί να συμβούν ατυχήματα, που προκαλούν σημαντική ρύπανση του περιβάλλοντος.			
Δημιουργήθηκε από φυτά, που καταπλακώθηκαν από το έδαφος πριν από εκατομμύρια χρόνια.			
Η εξόρυξή του αλλοιώνει το φυσικό περιβάλλον, καθώς τεράστιες εκτάσεις μοιάζουν με ερημικό τοπίο.			
Έχει μεγαλύτερη θερμαντική αξία από τις άλλες δύο.			

8. Ανανεώσιμοι και μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι

Ποιοι από τους παρακάτω φυσικούς πόρους είναι ανανεώσιμοι και ποιοι όχι:

δέντρα

φυσικό αέριο

χαλκός

νερό

πετρέλαιο

κάρβουνο

χόρτα

ουράνιο

αέρας

σιδηρομεταλλεύματα

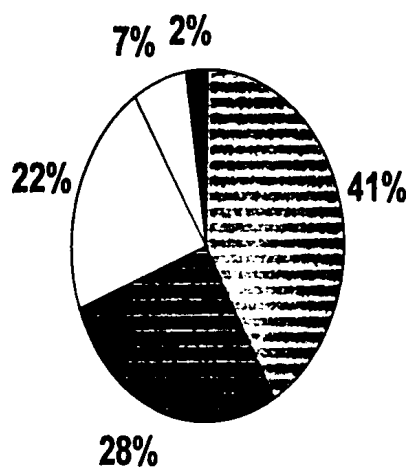
Ανανεώσιμοι πόροι

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Μη ανανεώσιμοι πόροι

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Κατανάλωση ενέργειας



- ☒ Πετρέλαιο 41%
- ☒ Ανθρακας 28%
- ☐ Φυσ. αέριο 22%
- ☐ Υδροδυναμική 7%
- ☒ Πυρηνική 2%

Ποιες επιπτώσεις στο περιβάλλον έχει ο παραπάνω τρόπος κατανομής στην κατανάλωση ενέργειας;

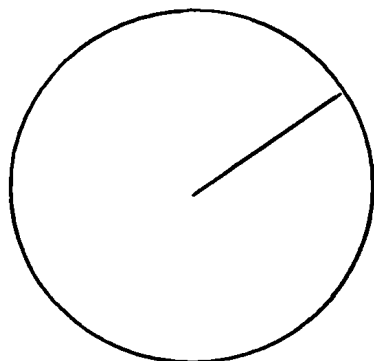
.....

.....

.....

.....

Μπορείς να προβλέψεις τη μελλοντική κατανάλωση ενέργειας;
Σχεδίασέ την στον παρακάτω κύκλο.



Γιατί;
Δικαιολόγησε τη δική σου κατανομή με λίγες λέξεις
για καθεμία ξεχωριστά.

.....

.....

.....

.....

10. Εξοικονόμηση ενέργειας στο σπίτι

Ο μαθητής καλείται να απαντήσει στις παρακάτω ερωτήσεις για να ανακαλύψει τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας στο σπίτι. Δίπλα σε κάθε ερώτηση πρέπει να βάλει ένα V στο Ναι ή στο Όχι.

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Έχετε διπλά τζάμια στα παράθυρα;		
Το ψυγείο κάνει κανονικά απόψυξη;		

Σβήνετε τα φώτα όταν δεν τα χρειάζεστε;		
Είναι οι καταρόλες στο ίδιο μέγεθος με τα μάτια της κουζίνας;		
Έχει ο θερμοσίφωνας χρονοδιακόπτη;		
Το πλυντήριο χρησιμοποιείται μόνο όταν τα άπλυτα γεμίζουν τον κάδο;		
Έχετε ηλιακό θερμοσίφωνα;		
Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε λάμπες μικρότερης ισχύος;		
Συντηρείται συχνά ο καυστήρας και ο λέβητας;		
Κλείνεις την τηλεόραση, τον υπολογιστή, κ.λ.π. αφού τα χρησιμοποιήσεις;		
Είναι όλα τα παραθυρόφυλλα κλειστά το βράδυ;		
Είναι ο θερμοστάτης στο θερμοσίφωνα ρυθμισμένος στους 60 °C ;		
Η κεντρική θέρμανση είναι ρυθμισμένη περίπου στους 20 °C;		
Υπάρχουν αεροστάτες στις πόρτες και τα παράθυρα;		
Η σοφίτα, ο φωταγωγός, οι αχρηστευμένες καμινάδες είναι καλά κλεισμένα;		
Κάνεις συχνότερα ντους από ότι μπάνιο σε γεμάτη μπανιέρα;		

* Αν τα Ναι είναι περισσότερα από τα Όχι τότε είσαι στο σωστό δρόμο. Αλλιώς προσπάθησε περισσότερο.

11. Εκπαιδευτικό – Περιβαλλοντικό παιχνίδι

Η δραστηριότητα αυτή είναι μια διασκευή του «Εκπαιδευτικού Παιχνιδιού Διαχείρισης Φυσικών Πόρων» (Γεωργόπουλος και Τσαλίκη, 2003). Το παιχνίδι αναφέρεται στη διαχείριση των φυσικών πόρων και βάζει τα παιδιά να συμμετέχουν νοερά σε ένα υποθετικό σενάριο διαχείρισης κάποιου φυσικού πόρου (πχ πετρέλαιο, κάρβουνο κ.λ.π.) φυσικός αυτός πόρος αναπαρίσταται στο παιχνίδι με ένα δοχείο που περιέχει 100 φασόλια. Το δοχείο αντιπροσωπεύει τη γη, η οποία διαθέτει στους ανθρώπους τον πόρο

και σε ορισμένη μονάδα του χρόνου τον αναπληρώνει, προσθέτοντας κάθε φορά το μισό αριθμό των καρπών που έχει απομείνει.

Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες, δύο των δέκα και μια των πέντε ατόμων. Η ομάδα των 5 παιδιών, αφού ενημερωθεί για τις λεπτομέρειες, αναλαμβάνει έργο. Οι άλλες δύο ομάδες παίζουν εναλλάξ.

Την πρώτη φορά δεν εξηγούμε στα παιδιά τη λογική του παιχνιδιού, παρά μόνο ότι μπορούν να αντλήσουν μέχρι 5 μονάδες του πόρου αυτού στην κάθε μονάδα του χρόνου (η οποία μπορεί να αναφέρεται σε χρονικές περιόδους, που εκτείνονται από ένα χρόνο μέχρι και αιώνες, ανάλογα με το παράδειγμα που θα επιλεγεί).

Το παιχνίδι έχει ως εξής:

Οι πρώτοι δέκα μαθητές απομακρύνονται 30 μέτρα από το δοχείο και μόλις δοθεί το παράγγελμα από το δάσκαλο τρέχουν και αφού πάρουν τους καρπούς από το δοχείο, επιστρέφουν στη θέση τους, τοποθετώντας τους στο δικό τους ποτήρι. Στη συνέχεια, οι βοηθοί κάνουν τη διαδικασία της αναπλήρωσης και ακολουθεί ο δεύτερος κύκλος, με τον αγώνα δρόμου, την περισυλλογή, την επιστροφή στη βάση κ.ο.κ.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα παιδιά θα τρέξουν γρήγορα και θα πάρουν σε κάθε γύρο το μέγιστο αριθμό των καρπών που μπορούν (πολλές φορές τα παιδιά παίρνουν και περισσότερους, πράγμα που συμβαίνει και στην πραγματικότητα όταν το νομικό πλαίσιο και οι συγκυρίες το επιτρέπουν) με αποτέλεσμα τα αποθέματα να ελαττώνονται και μετά από μερικούς κύκλους να μην επαρκούν για τη συνέχιση του παιχνιδιού.

Στη συνέχεια, ακολουθεί διάλειμμα κατά το οποίο γίνεται συζήτηση για την πορεία του παιχνιδιού, δίνονται ορισμένες οικολογικές πληροφορίες και αναλύεται διεξοδικά το αναπτυξιακό μοντέλο και η αειφορική προσέγγιση των πραγμάτων.

Μετά συμμετέχει η δεύτερη ομάδα, η οποία αναμένεται σε κάθε κύκλο να παίρνει από ένα καρπό – πόρο, από το φόβο της εξάντλησης του προηγούμενου σεναρίου, με αποτέλεσμα μετά από μερικούς γύρους να προταθεί η διακοπή του παιχνιδιού γιατί τα αποθέματα θα γίνουν υπερβολικά (μπορεί να φτάσουν και τα 1000 φασόλια). Τότε εξηγείται στα παιδιά, ότι αν υπήρχε η δυνατότητα, με το μοντέλο αυτό, θα μπορούσαμε να παίζουμε επ

άπειρον, οπότε και εμείς να εξασφαλίζουμε αυτά ακριβώς που χρειαζόμαστε, αλλά και οι φυσικοί πόροι να βρίσκονται σε αφθονία.

12. Η σχολική αυλή και η εξοικονόμηση ενέργειας

Τα κυριότερα προβλήματα που παρατηρούνται στα σχολικά κτίρια είναι ότι δεν επικρατούν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης και ότι υπάρχει υψηλή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό. Τα προβλήματα αυτά θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν ή να μετριαστούν με μια σειρά επεμβάσεων που θα βασίζονται στην εφαρμογή βιοκλιματικών αρχών. Η διαμόρφωση της σχολικής αυλής με τέτοιο τρόπο ώστε να εξοικονομείται ενέργεια θα μπορούσε να αποτελέσει αφορμή για συζήτηση και προβληματισμό, στο πλαίσιο του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού προγράμματος.

Περιβάλλον χώρος – σχολική αυλή

Το κτίριο επηρεάζει και επηρεάζεται από το περιβάλλον. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παρατηρήσουμε τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου και να προσδιορίσουμε τόσο την τοποθέτηση όσο και τα χαρακτηριστικά του, όπως:

- Ο προσανατολισμός που έχει το κτίριο και ο τρόπος με τον οποίο προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία σε αυτό.
- Η περιοχή (ύπαιθρος ή αστικό περιβάλλον).
- Η γειτνίαση με άλλα κτίρια ή με ανοιχτούς χώρους πχ πλατείες.
- Η μορφολογία του εδάφους (επίπεδη περιοχή, ύψωμα, πλαγιά βουνού κ.ά.).
- Η ύπαρξη ή όχι βλάστησης

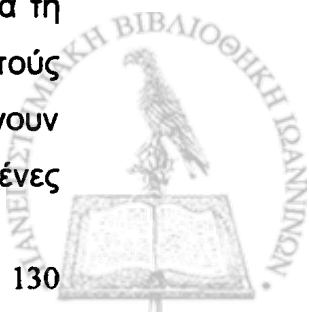
Γίνεται, λοιπόν έλεγχος για το εάν είναι τοποθετημένο με τρόπο που να αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των φυσικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος χώρου. Για παράδειγμα, το κτίριο εφόσον τοποθετείται σωστά μπορεί να παίξει ρόλο «ανεμοφράχτη» και να προστατεύει τον αύλειο χώρο από τους βόρειους ανέμους. Ρόλο ανεμοφράχτη για το κτίριο μπορούν να παίξουν ψηλά αειθαλή δέντρα ή άλλα στοιχεία (κτίρια, λόφοι κ.α.) ή κατάλληλη φύτευση.

Η βελτίωση του μικροκλίματος συνίσταται στη δημιουργία συνθηκών προστασίας του κτιρίου από το κρύο το χειμώνα – άρα περιορισμό των απωλειών θερμότητας και των δαπανών θέρμανσης – το δε καλοκαίρι με τη σκίαση και το φυσικό δροσισμό, περιορισμό των ηλιακών θερμικών κερδών και άρα περιορισμό των δαπανών ψύξης.

Είναι σημαντικό να επωφελούμαστε από την ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και να προστατευόμαστε από αυτή το καλοκαίρι.

Για τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος συντελούν πολλοί παράγοντες:

- Επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών και της θέσης φύτευσης. Τοποθετούνται στον αύλειο χώρο φυτά ελληνικής φύσης, προσαρμοσμένα στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής του σχολείου και άρα με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης, συμβάλλοντας καθοριστικά τόσο στη βελτίωση της θερμοκρασίας όσο και στη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.
- Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού του κτιρίου και της αυλής επιτρέπει – με συγκεκριμένα μέτρα – την προστασία του κτιρίου. Η προστασία από τους βόρειους ψυχρούς ανέμους επιτυγχάνεται είτε με ανεμοφράχτες είτε με κατάλληλα αειθαλή φυτά. Επίσης, φυτεύουμε φυλλοβόλα φυτά (κυρίως στις νότιες και νοτιοδυτικές όψεις του κτιρίου), που εξασφαλίζουν προστασία (σκίαση) τους ζεστούς μήνες, ενώ αφήνουν το χειμώνα τον ήλιο να ζεστάνει το κτίριο. Δέντρα, θάμνοι, φυτά εδαφοκάλυψης και γενικότερα η βλάστηση σκιάζουν το έδαφος και δροσίζουν τον αέρα. Συμβάλλουν, επίσης, στο δροσισμό τη θερινή περίοδο με τη λειτουργία της διαπνοής.
- Τα υλικά επίστρωσης της σχολικής αυλής και η διαμόρφωσή της, επηρεάζουν θετικά το μικροκλίμα. Η δημιουργία φυσικών συνθηκών και η επιλογή φυσικών υλικών όπως πέτρα, ξύλο, χαλίκι, χώμα, χορτάρι, σε αντίθεση με το τσιμέντο, το μέταλλο, ενιαίες πλάκες κ.λ.π. α) αποτρέπουν τις υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από την απορρόφηση και αντανάκλαση θερμότητας και β) συντελούν στη διοχέτευση και απορρόφηση του νερού της βροχής με αποτέλεσμα τη δημιουργία πιο ευχάριστου χώρου. Η ύπαρξη νερού τους ζεστούς μήνες, σε συνδυασμό με την κατάλληλη φύτευση, μειώνουν τουλάχιστον κατά 2 - 3 °C την εξωτερική θερμοκρασία. Οι φυτεμένες



ταράτσες, επίσης, αποτελούν μια «έξυπνη» και όμορφη λύση, διότι θερμομονώνουν το κτίριο και το εναρμονίζουν με το φυσικό περιβάλλον.

- Προτίμηση σε ανοιχτόχρωμα χρώματα για το βάψιμο των τοίχων, διότι έχουν υψηλό συντελεστή ανάκλασης και περιορίζουν τα θερμικά κέρδη. Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες είναι πιο φωτεινές και τις αισθανόμαστε πιο δροσερές (Μάναλης, 1997).

Επισκέψεις (Δραστηριότητες στο πεδίο)

Ταυτόχρονα με την εκπόνηση των εργασιών, μπορεί να γίνει και η μελέτη στο πεδίο, δηλαδή διάφορες επισκέψεις προκειμένου να καταστεί εφικτή η γνωριμία με τις αντίστοιχες τεχνολογικές προσεγγίσεις, όπως:

- Επίσκεψη σε υδρόμυλο ή υδροηλεκτρικό εργοστάσιο
- Επίσκεψη σε αιολικό πάρκο
- Παρακολούθηση αγώνων ιστιοπλοΐας
- Επίσκεψη σε πρατήριο καυσίμων
- Επίσκεψη στο κέντρο ΓΑΙΑ (Αττική)
- Επίσκεψη σε εργοστάσιο της ΔΕΗ
- Επίσκεψη σε κατάστημα που πουλάει μπαταρίες

Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση για τη διερεύνηση των αποκτημένων γνώσεων μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της χαρτογράφησης εννοιών, ενώ η αξιολόγηση του ίδιου του προγράμματος μπορεί να γίνει με συζήτηση μέσα στην τάξη, με ερωτηματολόγιο προς τους μαθητές και ημιδομημένο δελτίο συνέντευξης προς τον εκπαιδευτικό. Η αξιολόγηση του προγράμματος πραγματοποιείται, επίσης, από τις ομαδικές εργασίες και την παρουσίασή τους στο κοινό.

Αφού μελετηθούν και αναλυθούν τα στοιχεία, εξάγονται συμπεράσματα για το ποιες δραστηριότητες άρεσαν περισσότερο στους μαθητές (ταινίες, πειράματα, περιβαλλοντικό παιχνίδι, εργαστήριο Η/Υ, επισκέψεις, κατασκευές, ομαδική εργασία κ.λ.π), σε ποιες συμμετείχαν περισσότερο, τι δεξιότητες και γνώσεις απέκτησαν και αν ανέπτυξαν ομαδικό πνεύμα.

Επίσης, συμπεραίνουμε κατά πόσο τους ενδιέφερε τελικά το θέμα αλλά και με ποια άλλα περιβαλλοντικά θέματα θα ήθελαν να ασχοληθούν μελλοντικά.

Παρουσίαση προγράμματος – «Άνοιγμα» του σχολείου στην κοινωνία

Η παρουσίαση του προγράμματος πραγματοποιείται σε ανοιχτή εκδήλωση, όπου συμμετέχει όλη η μαθητική κοινότητα, οι γονείς και οι φορείς της τοπικής κοινωνίας. Εκτός από την παρουσίαση του προγράμματος, μπορεί να πραγματοποιηθεί έκθεση των κατασκευών των μαθητών και διανομή ενημερωτικών φυλλαδίων (ανακύκλωση, δεκάλογος εξοικονόμησης ενέργειας κ.α.).

Ο εκπαιδευτικός, σε αυτή τη φάση, εμπνέει και ενθαρρύνει τους μαθητές για να παρουσιάσουν τις εργασίες, τις ιδέες και τις προτάσεις τους.

Επιδιωκόμενα αποτελέσματα μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος:

- Να γνωρίζουν οι μαθητές όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να ξέρουν τους τρόπους εφαρμογής τους.
- Να διακρίνουν τα θετικά και τα αρνητικά των πηγών ενέργειας.
- Να έχουν κατανοήσει σε ποιες περιοχές της Ελλάδας μπορούν να τοποθετηθούν ανεμογεννήτριες.
- Να γνωρίζουν που υπάρχουν υδροηλεκτρικά εργοστάσια στην Ελλάδα αλλά και που οι σημαντικότερες πετρελαιοπαραγωγές περιοχές.
- Να έχουν εμπεδώσει πως ο ηλεκτρισμός είναι μια πολύτιμη, αλλά και επικίνδυνη ενέργεια.
- Να γνωρίζουν ποιες χώρες έχουν πλούσια αποθέματα συμβατικών καυσίμων.
- Να γνωρίζουν τρόπους ελέγχου των καυσίμων, αλλά και την τιμή κάθε είδους καυσίμου.
- Να έχουν κατανοήσει τη σπουδαιότητα της ανακύκλωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Να παρατηρούν, να συλλέγουν και να καταγράφουν πληροφορίες και να πειραματίζονται.

Επίλογος

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι ένα νέο εκπαιδευτικό σύστημα ικανό να διαμορφώσει συνειδητούς πολίτες με γνώσεις, ευαισθησίες, φαντασία και επίγνωση των σχέσεων που τους συνδέουν με το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, έτοιμους να προτείνουν λύσεις και να συμμετέχουν στη λήψη και την εκτέλεση αποφάσεων όσον αφορά την πρόληψη και την προστασία του περιβάλλοντος (Δεληγιώργη, 1999).

Η ΠΕ αποσκοπεί στο να μάθει τα παιδιά να παρατηρούν, χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους, να αναγνωρίζουν αξίες, να κατανοούν έννοιες, να αναπτύσσουν ικανότητες, δεξιότητες και ομαδικό πνεύμα. Επίσης, οι μαθητές συγκεντρώνουν πληροφορίες και υλικό, καταγράφουν παρατηρήσεις, βγάζουν συμπεράσματα, συζητούν και μαθαίνουν να παίρνουν αποφάσεις και να προβλέπουν μελλοντικές καταστάσεις.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της ΠΕ είναι ότι ο μαθητής δεν περιορίζεται στο χώρο του σχολείου, αλλά έχει τη δυνατότητα να έρχεται σε επαφή με την κοινωνία, της οποίας μελλοντικά θα γίνει ενεργό μέλος.

Το ενδιαφέρον για την ΠΕ βρίσκεται στην αλλαγή της στάσης του δασκάλου -που απλώς μεταδότης γνώσεων γίνεται σύμβουλος και καθοδηγητής- και στη χρήση σύγχρονων παιδαγωγικών μεθόδων (μαθητοκεντρικές μέθοδοι).

Τα περιβαλλοντικά προγράμματα έχουν σαφή παιδαγωγικό χαρακτήρα. Μέσα από αυτά τα παιδιά αντιλαμβάνονται ότι η γνώση δεν κατακτιέται μόνο μέσα από τα βιβλία, μόνο στο χώρο του σχολείου, μόνο στο ωρολόγιο και αναλυτικό πρόγραμμα. Κατανοούν πως η γνώση είναι διάχυτη γύρω μας (στη φύση, στη γειτονιά κ.α.), αρκεί να κοιτάξουν από μια άλλη οπτική γωνία, από μια άλλη πλευρά έρευνας και εμβάθυνσης.

Η περιβαλλοντική αφύπνιση είναι απαραίτητη από τα πρώτα στάδια της εκπαίδευσης. Η σημερινή πραγματικότητα, όσον αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα, απαιτεί την άμεση εφαρμογή των περιβαλλοντικών προγραμμάτων, αρχίζοντας από τις μικρές ηλικίες.

Με το περιβαλλοντικό πρόγραμμα «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», ο μαθητής πρέπει να συνειδητοποιήσει τις απειλητικές διαστάσεις του ενεργειακού προβλήματος: *τα ορυκτά καύσιμα, κυρίως το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, δε θα διαρκέσουν πολύ και κάθε χρήση των ορυκτών καυσίμων*



παράγει ρυπαντές και αυξάνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, εντείνοντας τις ήδη σοβαρές κλιματικές αλλαγές από την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Μετά το πέρας του προγράμματος, ο μαθητής θα πρέπει να γνωρίζει ότι ανανεώσιμη ενέργεια σημαίνει βιώσιμη ενέργεια και να έχει αναπτύξει θετικές στάσεις και συμπεριφορές απέναντι στην αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών λύσεων. Με αυτόν τον τρόπο θα διαμορφώσει οικολογική συνείδηση, ευαισθησία και υπευθυνότητα, και θα αποκτήσει τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για να συμμετέχει ενεργά στην λήψη μέτρων, όσον αφορά την πρόληψη και την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων προτιμάται η πρακτική από τη θεωρητική προσέγγιση, δηλαδή «μαθαίνω πράττοντας». Έχει αναφερθεί, πως οι άνθρωποι μαθαίνουν περισσότερο πράττοντας, όσο περισσότερες αισθήσεις χρησιμοποιούν.

Αναγνωρίζεται γενικά πως οι άνθρωποι συγκρατούν:

- 10% από αυτά που ακούν
- 30% από αυτά που διαβάζουν
- 50% από αυτά που βλέπουν
- 90% από αυτά που κάνουν

Εφόσον οι εκπαιδευτικοί είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή του αναλυτικού προγράμματος στην τάξη και αποτελούν παράδειγμα για τους μαθητές, κρίνεται αναγκαίο να είναι άρτια εκπαιδευμένοι ως προς τους σκοπούς, τους στόχους, τις αρχές και τις μεθοδολογίες της ΠΕ. Μόνο με αυτόν τον τρόπο η συμπεριφορά τους μπορεί να αντανακλά θετικές αξίες για το περιβάλλον που με τη σειρά τους θα ενθαρρύνουν παρόμοιες στάσεις και συμπεριφορές των μαθητών.

Βιβλιογραφία

- Αποστολάκης, Ε., κ.συν. (2008). *Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Βούτσινος, Γ., κ.συν. (2003). *Διαχείριση Φυσικών Πόρων*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Boyle, G. (1996). *Renewable Energy, Power for a Sustainable Future*. London: The open University.
- Γεωργόπουλος, Α. (2005). *Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γεωργόπουλος, Α. (1998). *Η προβληματική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*. Αθήνα: Στοχαστής.
- Γεωργόπουλος, Α., & Τσαλίκη, Ε. (1998). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Αρχές-Φιλοσοφία, Μεθοδολογία, Παιχνίδια & Ασκήσεις*. Αθήνα: Gutenberg.
- Δεληγιώργη, Δ. (1999). *Περιβαλλοντικός Έλεγχος και Σχεδιασμός*. Επιδοτούμενο πρόγραμμα κατάρτισης εργαζομένων στο περ/κό πρόγραμμα Management. Αθήνα.
- Fay, J., & Colomb, D. (2002). *Energy and the Environment*. Oxford: Oxford University Press.
- Frey, K. (1986). *Η μέθοδος Project. Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη*. Θεσσαλονίκη: Κυριακίδης.
- IUCN. (1970). *International Working Meeting on Environmental Education in the School Curriculum*. Carson City. Nevada. USA.
- Κανδήλης, Π. (1993). *Τα Φυσικά στο Δημοτικό Σχολείο, Πειράματα*. εκδ. 3^η. Αθήνα.
- ΚΑΠΕ. (1996). *Οδηγίες για Θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία*. Αθήνα.
- Κουλαΐδης, Β., και Μαραγγουδάκη, Ε. (1998). *Δραστηριότητες Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*.
- Κέντρο Περ/κής Εκπαίδευσης Καστοριάς (ΚΠΕΚ). (2007). *Πρόγραμμα Περ/κής Εκπαίδευσης «Ενέργεια και Περιβάλλον»*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο:

<http://www.kpe-kastor.kas.sch.gr/kpe/online/energeia/index.htm>
(18/9/2008).

Μάναλης, Π. (1997). *Ο ρόλος της σχολικής αυλής στην εξοικονόμηση ενέργειας – Αφορμή για Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*, περιοδικό «Η φύση». τεύχος 78.

Miller, T.J.R. (1999). *Βιώνοντας το Περιβάλλον*, 9^η έκδοση, Ιων, Αθήνα.

Μπινόπουλος, Ε., & Χαβιαρόπουλος, Ρ. (2008). *Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων : "Μύθος και πραγματικότητα"*. ΚΑΠΕ. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο:

http://eolikiparkokoronou.blogspot.com/2008/12/blog-post_19.html
(20/04/2009).

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με Υλικά Καθημερινής Χρήσης*. ΟΕΔΒ. Αθήνα.

Palmer, J. (1998). *Environmental Education in the 21st Century*, Routledge

Πάντης, Γ. (1989). *Πηγές Ενέργειας*. Ιωάννινα: τυπογ. Παν/μιου Ιωαννίνων.

Παπαδημητρίου, Β. (1998). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο σχολείο*. Αθήνα: τυπωθείτω Δαρδάνος.

Παπαδημητρίου, Β. (2002). *Η χρήση του περιβάλλοντος στην εκπαιδευτική διαδικασία και οι «πρακτικές θεωρίες» των εκπαιδευτικών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Ράπτης, Ν. (2000). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Αγωγή, Το Θεωρητικό Πλαίσιο των Επιλογών*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Ristinen, R., & Kraushaar, J. (1999). *Energy and the Environment*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Σοφούλης, Κ.Μ., & Καραμπάτσα, Α. (1992). «Το θεωρητικό-νοηματικό υπόβαθρο της πολιτικής για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Αγωγή».

Stevens, C., & Verhe, R. (2004). *Renewable Bioresources, Scope and Modification for Non-food Applications*. Great Britain: MPG Books Ltd, Cornwall.

Τσαμπούκου – Σκαναβή, Κ., (2004), *Περιβάλλον και Κοινωνία, Μια σχέση σε αδιάκοπη εξέλιξη*. Αθήνα: Καλειδοσκόπιο.

UNESCO. (1978). *Final Report Intergovernmental Conference on Environmental Education*.



Wright, T. R. (2005). *Environmental Science, toward a sustainable future*,
Pearson education.

Φλογαΐτη, Ε. (1993). *Προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*. Αθήνα:
Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις.

Φλογαΐτη, Ε. (1998). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα

Χρυσοφίδης, Κ. (1996). *Βιωματική – Επικοινωνιακή Διδασκαλία. Η Εισαγωγή
της μεθόδου Project στο Σχολείο*. Παιδαγωγική σειρά. Αθήνα: Gutenberg.

Πηγές στο διαδίκτυο

<http://www.buildings.gr>

<http://www.physics4u.gr>

<http://www.oikipa.gr>

<http://www.ape.chania.teicrete.gr/ape/index.htm>

<http://www.news.pathfinder.gr/ecology/greenpeace.htm>

<http://www.el.wikipedia.org>

<http://www.blogs.in.gr>