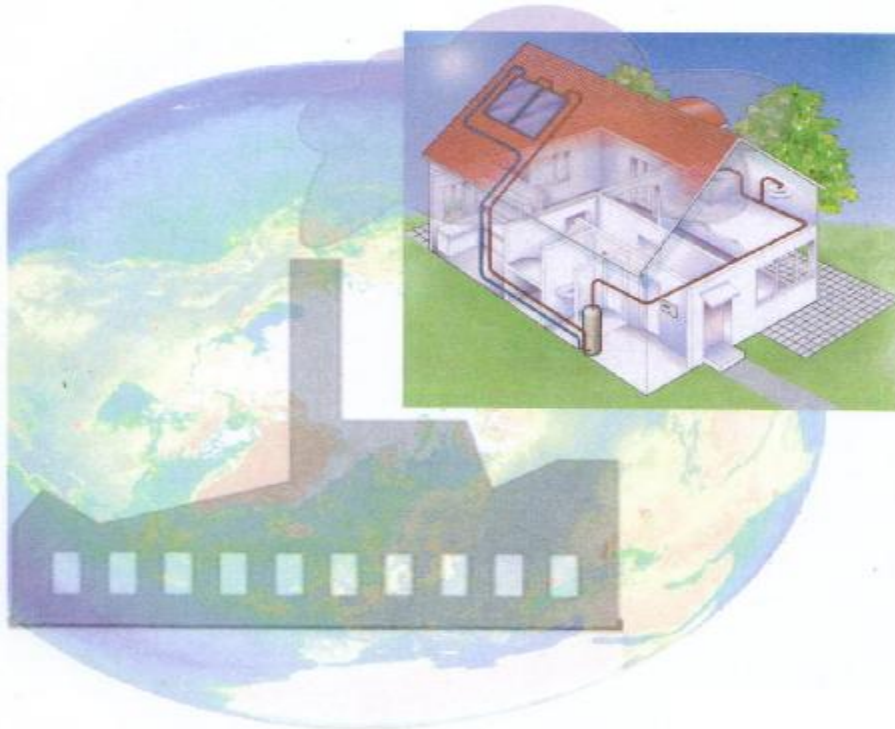




**Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**Αριθμός 1082**

**ΘΕΜΑ: Επιπτώσεις των ρύπων από συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παράδειγμα τροφοδοσίας οικίας με εναλλακτική μορφή ενέργειας.**



**ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:**  
**ΤΣΙΜΠΛΟΣΤΕΦΑΝΑΚΗΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**  
**ΚΟΥΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**  
**ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ**

**ΠΑΤΡΑ 2010**

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΜΕΡΟΣ Α.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	10
1.1. Ενέργεια .....	10
1.2. Μορφές ενέργειας .....	10
1.3. Πηγές ενέργειας - καύσιμα .....	17
1.4. Συμβατικά ή ορυκτά καύσιμα και περιβάλλον .....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	24
2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	24
2.2. Νέφος καπνομίχλης .....	26
2.3. Φωτοχημικό νέφος .....	28
2.3.1. Επιδράσεις του φωτοχημικού νέφους .....	29
2.4. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	
Εικόνα 2.4.1 .....	33
2.4.1. Το διοξείδιο του άνθρακα. ....	38

2.4.2. Το μεθάνιο.....	41
2.4.3. Οι χλωροφθοράνθρακες.....	42
2.4.4. Όζον της τροπόσφαιρας (O <sub>3</sub> ).....	42
2.4.5. Ιχναέρια με έμμεση επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου .....	44
2.5. Η «τρύπα» του όζοντος.....	55
2.6. Η όξινη βροχή .....	59
2.6.1. Σχηματισμός όξινης βροχής.....	63
2.6.2. Επιπτώσεις της όξινης βροχής στο περιβάλλον.....	66
2.7. Άλλοι ρύποι .....	72
2.7.1. Θερμική ρύπανση .....	73
2.7.2. Ηχορύπανση.....	73
2.8. Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως στο λεκανοπέδιο Αττικής.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	79
3.1. Το ενεργειακό πρόβλημα .....	79
3.2. Μείωση εκπομπών θερμότητας και ιχναερίων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	106

4.1.Εθνική και κοινοτική νομοθεσία για το περιβάλλον. ....	106
4.2 Νομοθεσία προστασίας του περιβάλλοντος στην Ελλάδα	110
4.3 Συνταγματικές διατάξεις .....	111
4.4 Η κοινοτική νομοθεσία για τη προστασία του περιβάλλοντος .....	113
4.5 Γένεση και ανάπτυξη της Κοινοτικής Πολιτικής για το Περιβάλλον .....	116
4.6 Συμπεράσματα.....	118
ΜΕΡΟΣ Β.....	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	122
5.1. Μελέτη αυτόνομου συστήματος για εξοχική κατοικία στην Αττική με τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας. ....	122
5.2. Αντλίες θερμότητας .....	123
5.2.1. Αρχή Λειτουργίας Αντλιών θερμότητας .....	126
5.3. Θέρμανση χώρου από την ηλιακή ακτινοβολία. ....	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	133
6.1. PV-Διάταξη.....	133
6.2. Υπολογισμός φορτίων.....	140
6.4. Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο.....	143

6.5. Χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος.....	145
6.6. Διόρθωση των τιμών των φορτίων λόγω απωλειών .....	147
6.7. Αρχικός προσδιορισμός της Ισχύος Αιχμής, $P_m$ ή $W_p$ ...	149
6.8. Επιλογή PV-πλαισίων. ....	150
7.8.1. Διόρθωση λόγω θερμοκρασίας λειτουργίας, $T_c$ , των PV-πλαισίων .....	151
6.9. Επιβεβαίωση.....	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....	160
7.1. Διαστασιολόγηση συσσωρευτών .....	160
7.1.1. Προσδιορισμός του φορτίου αποθήκευσης για $d=3$ ημέρες.....	161
7.2. Διορθώσεις στην τιμή των $A_h$ των συσσωρευτών.....	161
7.2.1. Προσδιορισμός του συντελεστή διόρθωσης λόγω ταχύτητας φόρτισης/εκφόρτισης.....	164
7.2.2. Προσδιορισμός του τύπου του συσσωρευτή.....	167
8.2.3. Οικονομική ανάλυση και σχετικά μεγέθη .....	171
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .....	179

8.1. Διαστασιολόγηση της βοηθητικής πηγής ενέργειας του υβριδικού συστήματος.....	179
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	183
9.1. Περιβαλλοντολογικά οφέλη φωτοβολταϊκού συστήματος	183
9.2. Σύγκριση ρύπων φωτοβολταϊκής εγκατάστασης οικίας με αντίστοιχη συμβατική (Δίκτυο).....	186
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	192
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	194

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σημερινή εποχή, έχει γίνει ιδιαίτερα αισθητό το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της μεγάλης ανάπτυξης της βιομηχανίας. Το θέμα αυτό έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις λόγω των σοβαρών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στους ανθρώπους. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί ένα φαινόμενο που οφείλεται στη ρύπανση. Συνέπεια αυτού είναι οι πλημμύρες λόγω των βροχοπτώσεων, το δριμύ ψύχος, οι ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού καθώς και ο δύσκολος διαχωρισμός των εποχών.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μια κατάσταση που προβληματίζει τους επιστήμονες, τους κυβερνήτες και τους πολίτες. Οι επιστήμονες προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν στην παραγωγή ενέργειας, τις ήπιες μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν αποβάλλουν ρύπους στο περιβάλλον. Αυτή τους η προσπάθεια όμως δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμη.

Έναυσμα για την εκπόνηση αυτής της μελέτης αποτέλεσε η προαναφερόμενη επικρατούσα κατάσταση και οι διαστάσεις που έχει λάβει το πρόβλημα.

Με την εργασία αυτή θέλαμε να ενημερώσουμε και να ευαισθητοποιήσουμε τους συμφοιτητές μας για το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για τον τρόπο που μπορεί να αντιμετωπιστεί, δηλαδή με τη χρησιμοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας στην καθημερινή μας ζωή.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες κοινωνίες του 21<sup>ου</sup> αιώνα ,οι οποίες ακμάζουν και εξελίσσονται διαρκώς κύριο μέλημα για την ανέλιξη και ευημερία τους υπήρξε η μαζική παραγωγή προϊόντων κάθε είδους, με το χαμηλότερο κόστος και την, χρησιμοποίηση διαφόρων πηγών ενέργειας.

Η χρησιμοποίηση όμως συμβατικών ή ορυκτών καυσίμων, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας προκάλεσε πληθώρα προβλημάτων στο οικοσύστημα και κατά συνέπεια και στους ανθρώπους.

Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία προκάλεσε την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, της όξινης βροχής καθώς και της τρύπας του όζοντος, στοιχεία που θα αναλυθούν εκτενέστερα στην εργασία.

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας είναι μια πολύ αξιόπιστη λύση στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά λίγο πολύ όλοι γνωρίζουμε τους μεγάλους κινδύνους που εγκυμονεί σε περιπτώσει μεγάλου πυρηνικού ατυχήματος και διαφυγής

ραδιενέργειας στο ευρύτερο περιβάλλον. Τα προαναφερθέντα φαινόμενα, θα είχαν αποφευχθεί ή θα ήταν τουλάχιστον ηπιότερα αν οι αρμόδιοι λάμβαναν κάποια μέτρα ασφαλείας για την εκπομπή των ρύπων και έκαναν μελέτες για την χρησιμοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας. Οι ήπιες μορφές ενέργειας αποτελούν καλή εναλλακτική λύση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρησιμοποίηση αυτών σε οικιακές εγκαταστάσεις μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμη και αποδοτική όπως θα φανεί και παρακάτω στην ανάλυση της εργασίας.

## **ΜΕΡΟΣ Α**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

#### **1.1. Ενέργεια**

Η λέξη ενέργεια είναι συνώνυμη με τη δράση, την κίνηση και τη ζωή και διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της. Η ενέργεια είναι το κάθε τι που σχετίζεται με κίνηση, δράση και εργασία, που παράγει δράση ή είναι αποτέλεσμα της δράσης.

#### **1.2. Μορφές ενέργειας**

Η ενέργεια είναι πολύμορφη και μεταβλητή, άφθαρτη σε απόλυτη τιμή όπως και η ύλη και εμφανίζεται με έξι βασικές μορφές: μηχανική, θερμική, χημική, ηλεκτρική, ακτινοβόλος και πυρηνική ενέργεια.

Η θερμότητα, το φως και οι ακτινοβολίες, ο ηλεκτρισμός, οι μαγνητικές δυνάμεις, η πυρηνική ενέργεια, η κινητική ενέργεια

και η χημική ενέργεια αποτελούν διαφορετικές μορφές ενέργειας, που μετατρέπονται η μία στην άλλη, αλλά και τελικά, σύμφωνα με το αξίωμα της αφθαρσίας της ενέργειας και της ύλης, το άθροισμα τους μέσα στο σύμπαν παραμένει το ίδιο. Η συσχέτιση της ύλης με την ενέργεια δίνεται από την κλασική εξίσωση του Αϊνστάιν:

$$E=m*c$$

όπου  $E$  = ενέργεια,  $m$  = μάζα και  $c$  = ταχύτητα φωτός.

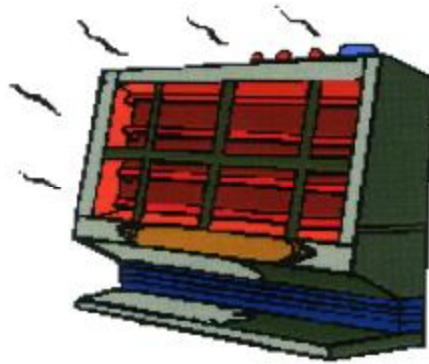
Η μετατροπή ελάχιστης μάζας σε ενέργεια ισοδυναμεί με έκλυση τεραστίων ποσών ενέργειας. Η εξίσωση αυτής της θεωρίας της σχετικότητας αποτέλεσε και την αρχή της πυρηνικής εποχής με όλες τις συνέπειες.

1) **Μηχανική ενέργεια**. Η ενέργεια που προκαλεί κίνηση χαρακτηρίζεται ως κινητική, όταν ένα αντικείμενο διαθέτει λόγω της θέσεώς του ενέργεια, αυτή



καλείται δυναμική ή δυναμική ή ενέργεια θέσεως. Η δύναμη της βαρύτητας π.χ. δημιουργεί συχνά δυναμική ενέργεια.

2) Θερμική ενέργεια. Είναι μια από τις συνηθισμένες μορφές ενέργειας. Η θερμότητα μπορεί να ορισθεί ως η ικανότητα να αυξηθεί η θερμοκρασία ή να μετατραπεί



η κατάσταση ενός σώματος (π.χ. από στερεό σε υγρό κ.λπ.). Δεν θα πρέπει να γίνεται σύγχυση ανάμεσα στη θερμότητα που είναι μορφή ενέργειας και στη θερμοκρασία που είναι μέτρο της εντάσεως της θερμικής ενέργειας.

Η μετατροπή της χημικής ενέργειας, που είναι αποθηκευμένη στους χημικούς δεσμούς των μορίων υπό λανθάνουσα μορφή π.χ. στο πετρέλαιο, τα φυσικά αέρια, τον άνθρακα, με την καύση μετασχηματίζεται σε θερμότητα που μπορεί να παράγει ατμό. Ο ατμός κινεί τη γεννήτρια και αυτή παράγει ηλεκτρική ενέργεια ή κινεί τα έμβολα ατμομηχανής. Η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από τα βάθη της γης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενεργειακή πηγή.

3) Χημική ενέργεια. Πρόκειται για την ενέργεια που αποθηκεύεται σε διάφορα υλικά συστήματα κατά το σχηματισμό τους, όπως π.χ. η ηλιακή ενέργεια που αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς των μορίων των υδατανθράκων κατά τη φωτοσύνθεση και κατ' επέκταση στα φυτικά



μέρη, τα τρόφιμα ή τα αποθέματα γαιανθράκων, πετρελαίου. Φυσικά πρόκειται για την ενέργεια που έχει συσσωρευτεί κατά τη δημιουργία της ουσίας από τα συστατικά της και ελευθερώνεται κατά τις διαδικασίες μετατροπής της ύλης.

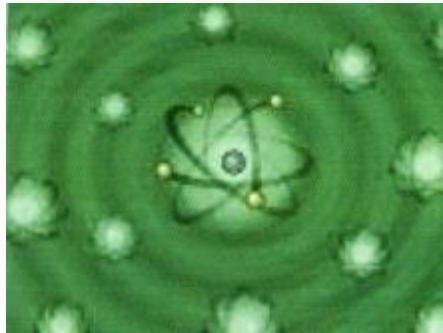
Η κατανάλωση τροφίμων και η μετατροπή της χημικής τους ενέργειας καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες όλων των ζωντανών οργανισμών σε θερμότητα, κίνηση. Αντίστοιχα η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση του πετρελαίου και του άνθρακα, αποτελεί την κυριότερη πηγή κινητήριας ή ηλεκτρικής ενέργειας για την ανθρωπότητα, προς το παρόν τουλάχιστον.

4) Ηλεκτρική ενέργεια. Είναι η πιο εύχρηστη μορφή ενέργειας, γιατί εύκολα μετατρέπεται σε όλες τις άλλες. Δημιουργείται όταν με οποιοδήποτε τρόπο δημιουργηθεί ροή ηλεκτρονίων,



κυρίως όταν ένα χάλκινο σύρμα (πηνίο) περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό ή ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το πρόβλημα είναι να δημιουργηθεί περιστροφή του πηνίου. Αυτό όμως μπορεί να επιτευχθεί είτε μηχανικώς π.χ. από την υδατόπτωση στην περίπτωση ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου ή από τον ατμό που δημιουργείται από την καύση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, λιγνίτης) ή ακόμα από την πυρηνική σχάση. Στην περίπτωση του θερμοηλεκτρικού σταθμού, ο ατμός είναι εκείνος που δημιουργεί την περιστροφή του ρότορα της ηλεκτρογεννήτριας (τουρμπίνας).

**5) Πυρηνική ενέργεια.** Είναι η μορφή που αξιοποιήθηκε σχετικά πρόσφατα, η πιο καταστρεπτική και η πιο ελπιδοφόρα συγχρόνως



μορφή ενέργειας. Δημιουργείται κατά δύο τρόπους:

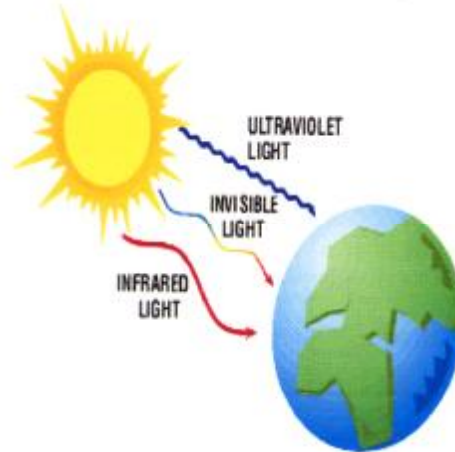
α) Πυρηνική σχάση. Όταν πυρήνες βαρέων ατόμων, δηλαδή ατόμων που έχουν στον πυρήνα τους μεγάλο αριθμό πρωτονίων και νετρονίων και εκπέμπουν ραδιενέργεια (όπως π.χ. ουρανίου, πλουτωνίου, θορίου) διασπώνται προς άλλα άτομα, ενώ συγχρόνως πολύ μικρό μέρος της μάζας τους μετατρέπεται σε ενέργεια.

β) Πυρηνική σύντηξη. Όταν άτομα ελαφρών στοιχείων, όπως π.χ. υδρογόνου (H) συντήκονται προς άτομα του αερίου στοιχείου ήλιου (He) με μετατροπή ελάχιστου ποσού μάζας σε ενέργεια όπως συμβαίνει στον ήλιο και τα άλλα αστέρια.



## 6) Ακτινοβόλος ενέργεια.

Πρόκειται κυρίως για το φως και τις διάφορες ακτινοβολίες που έρχονται από το σύμπαν. Είναι από τις πιο άφθονες μορφές ενέργειας, αλλά και τις πιο



δύσκολα αξιοποιήσιμες, αφού η μετατροπή τους σε άλλες μορφές δεν είναι εύκολη. Η λέξη φως αναφέρεται στην ακτινοβόλο ενέργεια. Όλα ανεξαιρέτως τα σώματα, όταν θερμανθούν σε υψηλές θερμοκρασίες και πυρακτωθούν, ακτινοβολούν φως. Ο ήλιος, η λάβα των ηφαιστείων, ο ηλεκτρικός λαμπτήρας, το αναμμένο κερί, η ηλεκτρική θερμάστρα, το αναμμένο τζάκι εκπέμπουν ακτινοβόλο ενέργεια. Το φως αποτελεί μορφή ενέργειας και αυτό φαίνεται από τα αποτελέσματα και τις χρήσεις του. Η φύση του φωτός είναι ηλεκτρομαγνητική, πρόκειται δηλαδή για ηλεκτρικά μαγνητικά πεδία που συνταξιδεύουν, διασχίζοντας το χώρο κάθετα το ένα

στο άλλο. Το μήκος κύματος και η συχνότητα μιας ακτινοβολίας είναι αντίστροφα ανάλογες:

$$\lambda=c/v$$

όπου  $\lambda$ = μήκος κύματος,  $v$ = συχνότητα και  $c$ =ταχύτητα του φωτός που είναι σταθερή ( $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec).

Η ποσότητα της φωτεινής ενέργειας ( $E$ ) εξαρτάται από τη συχνότητα της ακτινοβολίας ( $\nu$ ) πολλαπλασιαζόμενη επί τη σταθερά Plank ( $h$ )

$$E=h \cdot \nu$$

Έτσι γίνεται σαφές ότι οι ακτινοβολίες μικρού μήκους κύματος και επομένως υψηλής συχνότητας, π.χ. τα μικροκύματα, περιλαμβάνουν υψηλότερη ενέργεια και αντίστροφα.

### 1.3. Πηγές ενέργειας - καύσιμα

Όλες σχεδόν οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στη γη προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από την ενέργεια του ηλίου και περιλαμβάνουν τα συμβατικά ή ορυκτά καύσιμα ή όπως αλλιώς λέγονται, **εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας**

(πετρέλαιο, φυσικό αέριο, στερεά καύσιμα) καθώς και τις **ανανεώσιμες ή ήπιες πηγές ενέργειας**, όπως οι υδατοπτώσεις, η βιομάζα, η ηλιακή ενέργεια αφεαυτή, η αιολική ενέργεια κ.ά. Μόνο **η πυρηνική και η γεωθερμική** ενέργεια θεωρούνται ότι δεν σχετίζονται με την ενέργεια του ηλίου, είναι και οι δύο, όπως και τα συμβατικά καύσιμα, μη ανανεώσιμες.

#### **1.4. Συμβατικά ή ορυκτά καύσιμα και περιβάλλον**

Η εξόρυξη του άνθρακα στα ορυχεία ανοικτής τάφρου προκαλεί σοβαρή αλλοίωση του φυσικού χώρου, ενώ η ρύπανση του περιβάλλοντος από **διοξείδιο του θείου** και **νιτρώδεις ατμούς** είναι πολύ σοβαρότερη από αυτή που προκαλείται από **την καύση υδρογονανθράκων**. Γι' αυτό το λόγο ξοδεύονται σήμερα σημαντικά ποσά σε έρευνα για την προκάθαρση του άνθρακα κυρίως από το θείο πριν τη χρησιμοποίησή του. Εκτός όμως από τα γνωστά αυτά μειονεκτήματα, μεγιστοποιείται ακόμη περισσότερο το πρόβλημα αύξησης της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα

στην ατμόσφαιρα και αυξάνεται το ποσοστό των καρκινογόνων ουσιών. Κατά την καύση των υδρογονανθράκων (πετρελαιοειδών) παράγεται λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα απ' ό,τι κατά την καύση του άνθρακα.

Η ανοδική πορεία στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα όπως είναι φυσικό θα συνεχιστεί παράλληλα με την αύξηση του πληθυσμού, τους αναπτυξιακούς ρυθμούς και την αύξηση στην κατανάλωση των ενεργειακών πηγών, θα πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι τα συνθετικά υγρά καύσιμα από άνθρακα (Synfuels) δημιουργούν πολλαπλάσια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα απ' ό,τι το πετρέλαιο, λόγω της ενέργειας που απαιτείται να καταναλωθεί για την παρασκευή τους.

Αυξημένη όμως ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα σημαίνει αλλαγή του κλίματος και των μικροκλιμάτων της γης, διότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία, που κανονικά ανακλάται από την επιφάνεια της γης, με αποτέλεσμα τη βαθμιαία άνοδο της θερμοκρασίας (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Μια πηγή ενέργειας που δεν είναι μεν ανανεώσιμη, αλλά είναι άφθονη και ρυπαίνει λιγότερο απ' ό τι τα άλλα ορυκτά καύσιμα είναι το φυσικό αέριο. Εκτός από τις δυνατότητες άμεσης καύσης ή μεταφοράς υπάρχουν και σημαντικές προοπτικές μετατροπής του σε υγρούς υδρογονάνθρακες. Κλειδί αποτελεί η αποτελεσματική μετατροπή του μεθανίου σε μεθανόλη, με νέες καταλυτικές μεθόδους.

Το φυσικό αέριο είναι το πιο φιλικό προς το περιβάλλον από τα ορυκτά καύσιμα και μπορεί πλέον να υποκαταστήσει, με οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο, σχεδόν κάθε ενεργειακή πηγή που χρησιμοποιείται σήμερα (από τη βενζίνη στο αυτοκίνητο, μέχρι το μαζούτ ή τον άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή). Ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή, η απόδοση των μονάδων που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο είναι της τάξης του 50%, σε σύγκριση με απόδοση της τάξης του 30-35% για συμβατικούς θερμικούς σταθμούς.

Είναι προτιμότερο να αποφεύγουμε τη δημιουργία ρυπογόνων εκπομπών παρά να προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα αφού το δημιουργήσουμε. Η βιομηχανία κάνει μια

εκτεταμένη στροφή με στόχο την αντικατάσταση καυσίμων υψηλής ρυπογόνου απόδοσης (π.χ. άνθρακα, πετρέλαιο) από καύσιμα με σημαντικά μειωμένη ρυπογόνο απόδοση. Ένα τέτοιο καύσιμο είναι το φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο πρόκειται να αποτελέσει μια από τις πλέον δυναμικές πηγές ενέργειας του 21ου αιώνα, η χρήση του οποίου αναμένεται να πάρει μια σημαντικά πλεονεκτικότερη θέση από αυτή του πετρελαίου και του άνθρακα. Οι λόγοι είναι σαφείς:

Η τεχνολογία για τη μεταφορά και την αποθήκευση του έχει αναπτυχθεί ραγδαία και επαρκώς τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα να βρίσκεται διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες στα αστικά και βιομηχανικά κέντρα.

- Βρίσκεται σε μεγάλα αποθέματα στη φύση, πράγμα που το καθιστά μια φθηνή πρώτη ύλη.
- Η χρήση του για παραγωγή ενέργειας δημιουργεί ελάχιστα περιβαλλοντικά προβλήματα, συγκρινόμενη με τη χρήση των γαιανθράκων και του πετρελαίου.

- Οι τεχνολογίες για την αναβάθμιση του (τη μετατροπή του σε προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, π.χ. ανωτέρων υδρογονανθράκων, μεθανόλης, φορμαλδεΰδης κ.λ.π.) έχουν αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία 25 χρόνια.

Οι σημαντικότερες προσπάθειες αξιοποίησης του φυσικού αερίου άρχισαν μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και ενισχύθηκαν κατά τη δεύτερη (1979). Είναι σήμερα αποδεκτό ότι ο βιομηχανικός τομέας ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Οι νόμοι που έχουν θεσπιστεί για την προστασία του περιβάλλοντος επιβάλλουν στη βιομηχανία τη δαπάνη μεγάλων κονδυλίων για να ανταποκριθούν στις απαγορεύσεις. Συχνά οι δαπάνες αυτές είναι πολύ μεγάλες συγκρινόμενες με τη συνολική υπόλοιπη επένδυση. Έτσι, η χρήση του φυσικού αερίου που συνοδεύεται από έντονα μειωμένη ρυπογόνο δραστηριότητα, αποτελεί συχνά την ενδεικνυόμενη λύση.

Η χρήση του φυσικού αερίου χαρακτηρίζεται από μειωμένες εκπομπές **SO<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>**, **NO<sub>x</sub>** και άκαυστων υδρογονανθράκων και σωματιδίων, γεγονός που θα συμβάλει

σημαντικά στον περιορισμό της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι από μονάδες παραγωγής ενέργειας με την χρήση διαφόρων καυσίμων.

Η διείδυση του φυσικού αερίου στην παραγωγική διαδικασία της χώρας μας αναμένεται να έχει καταλυτικά αποτελέσματα στον τομέα προστασίας του περιβάλλοντος.

**Πίνακας 1.4.1**

<b>Καύσιμο</b>	<b>Σωματιδιακ οί ρύποι</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>H/C</b>
Άνθρακας	1,092	387	450	13	2
Μαζούτ	96	170	1,400	14	3
Ντήζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό αέριο	4	100	0.3	7	1

**Εκπεμπόμενοι ρύποι κατά τη καύση σε μονάδες  
σιτοπαραγωγής (mg/MJ)**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση**

Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από άζωτο (78% κ.ό.), οξυγόνο (21% κ.ό.), διοξείδιο του άνθρακα (0,03% κ.ό.), ευγενή αέρια (0,9% κ.ό) και πολλά άλλα στοιχεία και ενώσεις. Αν η σύσταση του μεταβληθεί ποιοτικά και ποσοτικά, τότε ο αέρας χαρακτηρίζεται ρυπασμένος. Η ατμοσφαιρική δηλαδή ρύπανση είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών ξένων με τα φυσιολογικά της συστατικά. Ρύπανση συνεπώς είναι η αλλοίωση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, που μπορεί να έχει βλαπτικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς, καθώς και στο υλικό και πολιτισμικό περιβάλλον.

Οι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές χαρακτηρίζονται ως πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρυπαντές προέρχονται κυρίως από την καύση των υγρών και στερεών ορυκτών καυσίμων. Περιλαμβάνουν τα αιωρούμενα σωματίδια, το μονοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου, το μόλυβδο,

τον άνθρακα κ.ά. Οι δευτερογενείς ρυπαντές προέρχονται από τους πρωτογενείς, οι οποίοι έχουν υποστεί μετασχηματισμό με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Περιλαμβάνουν το όζον, το νιτρικό υπεροξυακετύλιο, το θειικό αμμώνιο και μια σειρά από δευτερογενή προϊόντα. Όταν σε μια περιοχή επικρατούν το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια που εκπέμπονται από τη βιομηχανία και τις κεντρικές θερμάνσεις, μιλάμε για καπνομίχλη ή αιθαλομίχλη. Με την παρουσία του ηλιακού φωτός, οι πρωτογενείς αέριοι ρυπαντές δημιουργούν τη φωτοχημική ρύπανση που συνίσταται από δευτερογενείς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι συνήθως οι δύο τύποι νέφους, δηλαδή το νέφος καπνομίχλης και το φωτοχημικό νέφος, δεν υπάρχουν ανεξάρτητα, αλλά ότι συνυπάρχουν για κάποιο χρονικό διάστημα ή το ένα από τα δύο βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία. Άλλωστε το ένα είναι αναγωγικό και το άλλο οξειδωτικό. Το νέφος τελικά είναι το ορατό, αισθητό και οξυμένο αποτέλεσμα της μεγάλης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που

βρίσκεται σε σχετικά χαμηλό ύψος πάνω από την επιφάνεια της Γης.

## **2.2. Νέφος καπνομίχλης**

Ονομάζεται και καπνομίχλη τύπου Λονδίνου ή αιθαλομίχλη. Τα νέφη αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> και καπνού και έχουν αναγωγικές ιδιότητες. Καπνομίχλες δημιουργούνται σε περιοχές όπου υπάρχουν βιομηχανίες, όπου ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται κάρβουνο ή μαζούτ. Για να δημιουργηθεί νέφος καπνομίχλης, πρέπει να συντρέχουν οι δύο παρακάτω λόγοι:

- α) να επικρατεί άπνοια και ταυτόχρονη θερμοκρασιακή αναστροφή. Η θερμοκρασιακή αναστροφή είναι φαινόμενο κατά το οποίο συντελείται, κάτω από ειδικές μετεωρολογικές συνθήκες, συσσώρευση ρύπων στο ψυχρό στρώμα αέρα πάνω από το έδαφος,
- β) εκπομπή SO<sub>2</sub> και καπνού.

Ένα μεγάλο ποσοστό του  $\text{SO}_2$  οξειδώνεται φωτοχημικά ή καταλυτικά προς  $\text{SO}_3$ , το οποίο σχηματίζει σταγονίδια  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Η παρουσία ομίχλης ευνοεί το σχηματισμό  $\text{H}_2\text{SO}_4$  και, επιπλέον, παρατείνει το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής. Έτσι, αυξάνει σημαντικά τις δυσμενείς επιπτώσεις του νέφους.

Οι καπνομίχλες είναι γνωστές από πολύ παλιά. Ιστορικά, αναφέρεται ότι η πρώτη απαγορευτική διάταξη σχετικά με τα νέφη αυτά εκδόθηκε στο Λονδίνο το 1300 μ.Χ. από το βασιλιά Εδουάρδο Α'. Στον 20ό αιώνα, το πρώτο σοβαρό επεισόδιο καπνομίχλης συνέβη στην κοιλάδα Meuse του Βελγίου (Δεκέμβριος 1930). Μια θερμοκρασιακή αναστροφή διάρκειας 5 ημερών προκάλεσε τη συσσώρευση  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  που εκπέμπονταν από τις βιομηχανίες της περιοχής. Αποτέλεσμα ήταν ο θάνατος 68 ατόμων. Τον Οκτώβριο του 1948, θερμοκρασιακή αναστροφή δημιούργησε νέφος  $\text{SO}_2$  καπνού στην πόλη Donora, κοντά στο Pittsburg των ΗΠΑ. Το νέφος προκάλεσε τον ξαφνικό θάνατο 20 ατόμων, ενώ μεγάλο τμήμα του πληθυσμού παρουσίασε συμπτώματα διαφόρων ασθενειών. Πολύ σοβαρότερο επεισόδιο καπνομίχλης έπληξε

το Λονδίνο το Δεκέμβριο του 1952. Μία θερμοκρασιακή αναστροφή διάρκειας 5 ημερών, προκάλεσε τη συσσώρευση SO<sub>2</sub> και καπνού, με αποτέλεσμα το θάνατο 3.900 ατόμων, περισσότερων από το συνήθη αριθμό για το μήνα αυτό.

### **2.3. Φωτοχημικό νέφος**

Το φωτοχημικό νέφος χαρακτηρίζεται από το φωτοχημικό σχηματισμό δευτερογενών ατμοσφαιρικών ρύπων με οξειδωτικές ιδιότητες, όπως είναι το O<sub>3</sub>, το NO<sub>2</sub>, το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN) κ.ά. Για να δημιουργηθεί φωτοχημικό νέφος σε μια περιοχή, πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- α) να επικρατεί άπνοια και ταυτόχρονη θερμοκρασιακή αναστροφή,
- β) εκπομπή πρωτογενών ρύπων, όπως υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου κ.ά.,
- γ) ηλιακή ακτινοβολία μεγάλης έντασης.

### **2.3.1. Επιδράσεις του φωτοχημικού νέφους**

Το χαρακτηριστικό της φωτοχημικής ρυπάνσεως είναι η παρουσία σημαντικών συγκεντρώσεων οξειδωτικών ουσιών, που επιδρούν στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων, καταστρέφουν τα υλικά και επηρεάζουν δυσμενώς τις φυτικές καλλιέργειες.

Στις κατοικημένες περιοχές τα οξειδωτικά της φωτοχημικής ρυπάνσεως ελαττώνουν την ορατότητα, προκαλούν ερεθισμό των ματιών και δάκρυα, αυξάνουν τις ασθματικές προσβολές μειώνουν την απόδοση των αθλητών και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καθίστανται επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων, μακροχρόνια δε προκαλούν καρκίνο του δέρματος ή και άλλες μορφές καρκίνου.

Ο κυριότερος αντιπρόσωπος των φωτοχημικών οξειδωτικών είναι το όζον και έχει μελετηθεί η επίδραση του στον άνθρωπο. Συγκεντρώσεις  $O_3$  στον αέρα μέχρι 0,2 ppm(parts per million) δεν είναι αισθητές. Συγκεντρώσεις  $O_3$  από 0,3 ppm προκαλούν ενοχλήσεις στη μύτη και στο φάρυγγα. Συγκεντρώσεις  $O_3$  από 1,0 έως 30 ppm για 2h προκαλούν

έντονη κόπωση και έλλειψη συντονισμού στις κινήσεις, όταν όμως η συγκέντρωση φθάσει τα 90 ppm, για την ίδια χρονική περίοδο, προκαλείται πνευμονικό οίδημα και θάνατος. Το θέμα του όζοντος και των οξειδωτικών αποτέλεσε το αντικείμενο πολλών μελετών με την ευκαιρία της διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων στο Los Angeles-California, USA, το 1984, όπου "γεννήθηκε" και υφίσταται σε έντονο βαθμό η φωτοχημική ρύπανση. Με τις μελέτες αυτές εκτιμήθηκε ότι με αυξανόμενες συγκεντρώσεις όζοντος ελαττώνονται οι αθλητικές επιδόσεις των αθλητών και καθορίστηκαν διάφορα επίπεδα συγκεντρώσεων με τα αντίστοιχα συμπτώματα των αθλητών και τα αναγκαία μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την προστασία της υγείας. Η υπηρεσία ρυπάνσεως του Los Angeles καθόρισε τρία στάδια συναγερμού για το όζον: Στάδιο I: Συγκεντρώσεις όζοντος (μεγαλύτερες των 0,200 ppm/h. Οι αθλητές εμφανίζουν αναπνευστικά προβλήματα. Στάδιο II: [O<sub>3</sub>] >0,350ppm/h οπότε οι αθλητές αισθάνονται, δυσκολίες και πρέπει να διακοπούν οι αγώνες και Στάδιο III: [O<sub>3</sub>],500 ppm/h

που είναι επικίνδυνες για τους ανθρώπους και ιδιαίτερα για τους αθλητές.

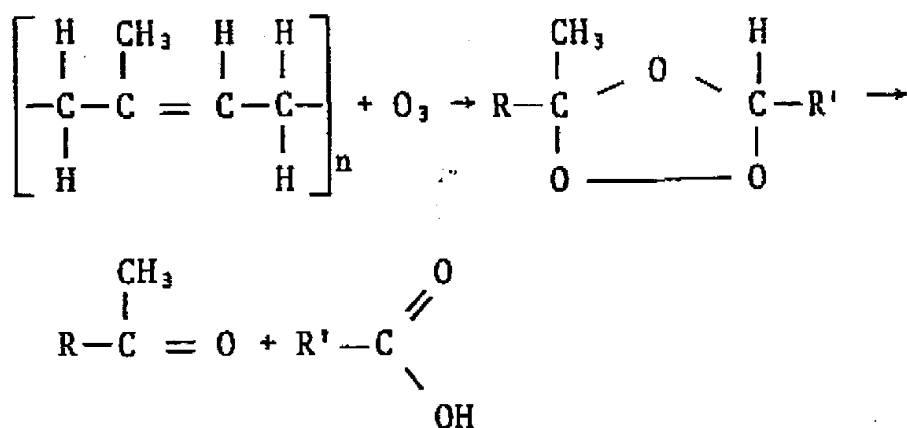
Στα ζώα, το όζον συμπεριφέρεται όπως η ιονίζουσα ακτινοβολία με την έννοια ότι υπάρχει η πιθανότητα παραγωγής ελευθέρων ριζών σε οποιαδήποτε συγκέντρωση όζοντος, και συνεπώς δεν είναι ασφαλές κανένα όριο συγκεντρώσεως. Η δράση του αποδίδεται στην επιταχυνόμενη ξήρανση και βλάβη των χρωματοσωμάτων. Παρατηρήθηκε σε εργαστηριακά πειραματόζωα ελάττωση αντιστάσεως σε ασθένειες παρουσία  $O_3$ .

Οι επιδράσεις των οξειδωτικών παρατηρήθηκαν σε φυτείες και καλλιέργειες μεγάλων εκτάσεων και τα δυσμενή αποτελέσματα ήταν είτε παραγωγή προϊόντων μειωμένης ποιότητας ή ποσότητας ή ολοκληρωτική καταστροφή που προκαλείται από τη πλήρη κατάρρευση των κυττάρων. Καταστροφή ευαίσθητων καλλιεργειών παρατηρήθηκε σε συγκεντρώσεις όζοντος  $60 \mu g/m^3$  (0.030 ppm) για 8h. Η καταστροφή φυτών από το PAN οφείλεται στην προσβολή της υποεπιφάνειας των φύλλων των φυτών. Σοβαρές αλλοιώσεις



ευαίσθητων φυτών παρατηρήθηκαν σε συγκέντρωση PAN 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,010 ppm) για 5 h. Η επίδραση του PAN αποδίδεται στην καταστροφή των σουλφυδριλικών ομάδων των ενζύμων, δρώντας είτε ως οξειδωτικό είτε ως αλκυλιωτικό μέσο. Επειδή τα φυτά είναι αρκετά ευαίσθητα στο PAN και το  $\text{O}_3$ , χρησιμεύουν ως ευαίσθητοι δείκτες της φωτοχημικής ρυπάνσεως παρατηρώντας την εμφάνιση των "τραυμάτων" στα φύλλα των φυτών.

Η χαρακτηριστικότερη επίδραση των οξειδωτικών ουσιών στα υλικά είναι η παλαίωση του ελαστικού (καουτσούκ), λόγω της οξειδωτικής διασπάσεως των διπλών δεσμών των ισοπρενίων (των δομικών μονάδων του φυσικού καουτσούκ):

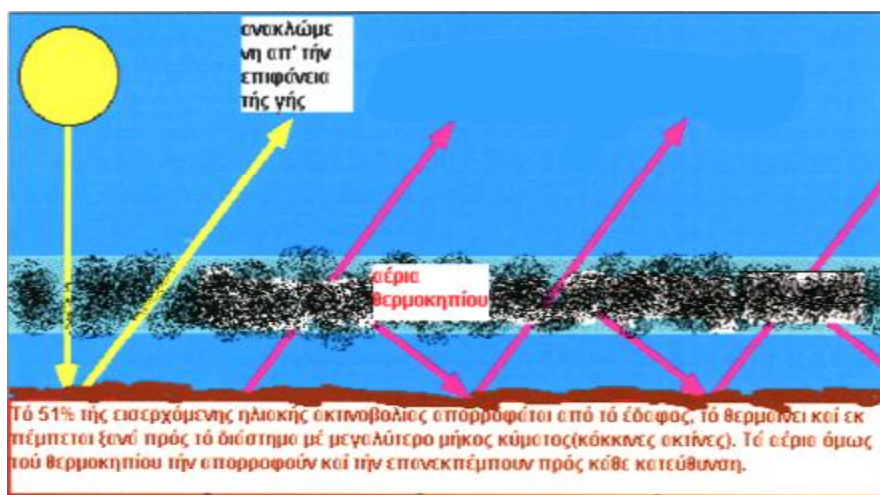


Για την ελάττωση της δυσμενούς αυτής δράσεως προστίθενται, κατά την παρασκευή των ελαστικών, αντιοζονοτικές ουσίες ή κεριά ή ακόμη χρησιμοποιούνται ελαστικά στα οποία η  $\text{CH}_3$  έχει αντικατασταθεί με  $\text{Cl}$  (αντιοζοντικά ελαστικά).

Επίσης τα φωτοχημικά οξειδωτικά αποχρωματίζουν τα διάφορα χρώματα και ελαττώνουν την ανθεκτικότητα των υφασμάτων, ιδιαίτερα των συνθετικών υφασμάτων σταθεράς ινός, βαμβακιού και πολυεστέρων.

## 2.4. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

### Εικόνα 2.4.1



Στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ορισμένοι ρύποι, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, ενεργούν όπως τα τζάμια σε ένα θερμοκήπιο. Επιτρέπουν δηλαδή την είσοδο των ηλιακών ακτινών στη γήινη ατμόσφαιρα και τη γη, αλλά εμποδίζουν την έξοδο της θερμότητας. Το θερμικό αυτό «φράγμα» θεωρείται ότι έχει αλλάξει το κλίμα της γης. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συνακόλουθα η μεταβολή του κλίματος έχει προστεθεί στα προβλήματα που απασχολούν τη διεθνή κοινότητα.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου υπήρχε πάντοτε ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων ορισμένων συστατικών της γήινης ατμόσφαιρας, αλλά σήμερα εμφανίζεται οξυμένο λόγω της εντατικοποίησης διαφόρων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Έτσι, τα βιομηχανικά και γεωργικά αέρια και κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα, που προέρχονται από καύσεις ορυκτών καυσίμων, έχουν δημιουργήσει στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ένα πυκνό «κάλυμμα», το οποίο επιτρέπει τη διέλευση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος). Ταυτόχρονα παγιδεύει, απορροφώντας κατά

την έξοδο της ένα μέρος της ανακλούμενης από τη γη προς το διάστημα υπέρυθρης ακτινοβολίας (μεγάλου μήκους κύματος). Το αποτέλεσμα αυτής της δράσης, κάτω από φυσικές συνθήκες και χωρίς την έκλυση των αερίων ανθρώπινης προέλευσης, ήταν ευεργετικό, γιατί κατακρατούσε θερμότητα η οποία αλλιώς θα έφευγε προς το διάστημα, διατηρώντας έτσι τη θερμοκρασία της γης κατά 30 βαθμούς Κελσίου μεγαλύτερη από ό,τι θα ήταν, αν δε λάμβανε χώρα το φαινόμενο. Σήμερα, με την αύξηση των συγκεντρώσεων των «θερμοκηπικών αερίων» στην ατμόσφαιρα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει ενισχυθεί, με αποτέλεσμα την συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Τον τελευταίο αιώνα και ειδικότερα στη δεκαετία του 1890, η μέση θερμοκρασία της γης ανερχόταν στους 14,6 βαθμούς Κελσίου και κατά τη δεκαετία του 1980 έφθασε στους 15,21, δηλαδή είχαμε μια μικρή αύξηση της μέσης πλανητικής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 0,6°C

Ο Φιλ Τζόουνς και οι συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της ανατολικής Αγγλίας μελετώντας εξονυχιστικά την

εικοσάχρονη περίοδο 1967-1986, διαπίστωσαν μια άνοδο της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά  $0,31^{\circ}\text{C}$  στο βόρειο ημισφαίριο και κατά  $0,23^{\circ}\text{C}$  στο νότιο ημισφαίριο. Με τους παρόντες ρυθμούς παραγωγής αερίων θερμοκηπίου, υπολογίζεται ότι ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη θα κυμαίνεται ανάμεσα στους 0,2 και 0,5 βαθμούς Κελσίου ανά δεκαετία. Γύρω στο 2100, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι από  $2^{\circ}$  έως  $5^{\circ}$  Κελσίου, ίση με εκείνη που χρειάστηκε 18.000 χρόνια στη φύση για να συμβεί.

Η αυξανόμενη θερμοκρασία θα έχει επιπτώσεις στο επίπεδο των θαλασσών, στη δημόσια υγεία, στις βροχοπτώσεις και στα φυσικά οικοσυστήματα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και ιδιαίτερα των πόλων είναι πολύ πιθανόν λόγω τήξης των πάγων των πόλων να έχει αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης των θαλασσών από 50 εκατοστά έως 2 μέτρα για μια μέση θερμοκρασιακή αύξηση γύρω στους  $2^{\circ}$ - $5^{\circ}\text{C}$ . Ο πλημμυρισμός των εκβολών των ποταμών καθώς και η αλάτωση του υδροφόρου ορίζοντα όλων των περιοχών που θα

πλημμυρίσουν θα είναι οι πρώτες συνέπειες αυτής της αύξησης της στάθμης της θάλασσας.

Όσον αφορά τη δημόσια υγεία, η θνησιμότητα που σχετίζεται με καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα θα αυξηθεί, ιδιαίτερα στα ηλικιωμένα άτομα κατά τη διάρκεια απότομων κυμάτων καύσωνα. Επίσης, πρέπει να αναμένονται αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή των ασθενειών που μεταδίδονται στον άνθρωπο από φορείς, όπως έντομα (π.χ. ελονοσία από τα κουνούπια).

Η άνοδος της θερμοκρασίας προς τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη θα έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση της ζώνης των βροχοπτώσεων από τον ισημερινό προς το βορρά, με ταυτόχρονη ερημοποίηση του κάτω τμήματος της εύκρατης ζώνης.

Όσον αφορά τα δάση, οι ξηρασίες θα είναι πιο έντονες, οι πυρκαγιές πιο εκτεταμένες και η δράση των παρασιτικών εντόμων πιο καταστρεπτική.

Τα κυριότερα ανθρωπογενούς προέλευσης αέρια που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι: το διοξείδιο

του άνθρακα, το μεθάνιο, οι χλωροφθοράνθρακες, το όζον της τροπόσφαιρας, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι πτητικές οργανικές ενώσεις και τα ιχναέρια του θείου.

#### **2.4.1. Το διοξείδιο του άνθρακα.**

Αυτό απορροφάται από τα φυτά, οπότε μαζί με το νερό, κατά τη φωτοσύνθεση, δημιουργούνται τα οργανικά συστατικά των φυτών. Στη συνέχεια, κατά την αναπνοή και την αποσύνθεση των οργανικών υλικών, το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται. Η επιβάρυνση όμως της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα δεν οφείλεται στις παραπάνω διεργασίες, αλλά στις ποικίλες δραστηριότητες του ανθρώπου.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το βασικότερο ιχναέριο του θερμοκηπίου. Αν και η γεωγραφική κατανομή των πηγών που το παράγουν και των αποδεκτών που το απορροφούν δεν είναι ομοιόμορφη, είναι σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένο σε όλη την τροπόσφαιρα της γης. Εκτός από την καύση των

συμβατικών καυσίμων (άνθρακας, πετρελαιοειδή κ.λπ.) για την παραγωγή ενέργειας, για την κίνηση των μεταφορικών μέσων, για τη θέρμανση, τα οποία είναι υπεύθυνα για το 50% των ανθρωπογενών εκπομπών του CO<sub>2</sub>. Τα 3/4 των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> προέρχονται από τις βιομηχανικές χώρες. Από στοιχεία του έτους 1988 που έχουμε στη διάθεση μας, η μέση παγκόσμια ετήσια εκπομπή CO<sub>2</sub> ανά κάτοικο ήταν 4,2 τόνοι. Οι ανά κάτοικο ετήσιες εκπομπές των κυριότερων αναπτυσσόμενων χωρών ήταν το 1988:

- ΗΠΑ- 22 τόνοι
- Σοβιετική Ένωση - 13 τόνοι
- Ιαπωνία - 9,3 τόνοι
- Ευρώπη - 9 τόνοι

Για να μπορεί να γίνει σύγκριση, αναφέρουμε τις ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά κάτοικο από τρεις χαρακτηριστικές μη αναπτυσσόμενες περιοχές:

- Κίνα 2,2 τόνοι
- Αφρική 1 τόνος
- Ασία πλην της Κίνας 0,9 τόνοι



Επειδή η ανάπτυξη είναι αναφαίρετο δικαίωμα όλων των λαών της γης, μπορούμε από τα παραπάνω στοιχεία να πάρουμε μια πρώτη γεύση για το μέγεθος της ρύπανσης που αναμένεται όταν οι λιγότερο αναπτυγμένες χώρες αναπτυχθούν και οι υποανάπτυκτες βελτιώσουν το βιοτικό τους επίπεδο, οπότε θα επιταχύνουν το ρυθμό της ανάπτυξης τους. Τα συμπεράσματα μας θα είναι ακόμα πιο απαισιόδοξα, όταν λάβουμε υπόψη μας ότι στις υπό ανάπτυξη και τις υποανάπτυκτες περιοχές ζει κάτι παραπάνω από τα 2/3 του πληθυσμού της γης και ότι 2,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν ακόμα ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτά που ισχύουν για το CO<sub>2</sub> ισχύουν σε μεγάλο βαθμό και για τα υπόλοιπα ιχναέρια. Οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται εξαρτώνται από το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται. 1 τόνος πετρελαίου (CH<sub>2</sub>) εκπέμπει 3142,8Kg CO<sub>2</sub> 1 τόνος άνθρακα (CH<sub>6</sub>) εκπέμπει 3616,4Kg CO<sub>2</sub> 1 m<sup>3</sup> αερίου (CH<sub>4</sub>) εκπέμπει 2,2Kg CO<sub>2</sub>.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα γίνεται με ρυθμό 1,5 ppm/έτος τα τελευταία

χρόνια. Αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1 ppm αντιστοιχεί σε είσοδο  $4,256 \cdot 10^{12}$  Kg διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση υγρών καυσίμων εξαρτώνται από το είδος του καυσίμου και την αναλογία ατόμων άνθρακα υδρογόνου του καυσίμου. Η χρήση καυσίμων που προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (βιομάζα) συμβάλλει θετικά στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

#### **2.4.2. Το μεθάνιο.**

Στη φύση απελευθερώνεται στα έλη, στους ορυζώνες, στους υγροτόπους και στο πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών. Οι απώλειές του από τα δίκτυα διανομής του φυσικού αερίου και τους εκτεταμένους ορυζώνες συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης του στην ατμόσφαιρα.

### **2.4.3. Οι χλωροφθοράνθρακες.**

Είναι συνθετικά αέρια που χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά συστήματα.

### **2.4.4. Όζον της τροπόσφαιρας (O<sub>3</sub>).**

Το όζον αποτελείται από 3 άτομα οξυγόνου και έχει πολύ διαφορετικές ιδιότητες από το οξυγόνο. Η σπουδαιότερη απ' αυτές είναι η μεγάλη δραστικότητα του, με αποτέλεσμα να έχει μικρή διάρκεια ζωής τόσο στην τροπόσφαιρα (2-3 μήνες) όσο και κοντά στο έδαφος (1-2 ημέρες). Για το λόγο αυτό δεν προλαβαίνει να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στην τροπόσφαιρα της γης. Αυτή η συμπεριφορά του όζοντος της τροπόσφαιρας σε συνδυασμό με τις ιδιότητές του ως αερίου του θερμοκηπίου έχει αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη θέρμανση διάφορων περιοχών της επιφάνειας της γης. Το όζον της τροπόσφαιρας δεν έχει φυσικές πηγές προέλευσης στη γη. Σχηματίζεται μέσα στην τροπόσφαιρα από τη φωτόλυση του NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, και των πτητικών οργανικών ενώσεων. Ένα μέρος του όζοντος της

τροπόσφαιρας προέρχεται από τη στρατόσφαιρα. Η μεταφορά γίνεται με την κίνηση των αερίων μαζών. Οι κινητήρες των οχημάτων δεν εκπέμπουν όζον αλλά οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) και μονοξείδιο του άνθρακα  $\text{CO}$  που συμμετέχουν στο σχηματισμό του όζοντος της τροπόσφαιρας. Οι πτητικοί υδρογονάνθρακες, που εκπέμπονται επίσης από τα οχήματα αλλά και από άλλες δραστηριότητες, αντιδρούν με τα οξειδία του αζώτου παρουσία του ηλιακού φωτός (φωτόλυση) και σχηματίζουν το όζον. Κατά τον ίδιο τρόπο συμβάλλουν στη δημιουργία του όζοντος οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με λιθάνθρακα και λιγνίτη.

Το όζον αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή αέριο ρύπο της τροπόσφαιρας και το κυριότερο συστατικό του φωτοχημικού νέφους.

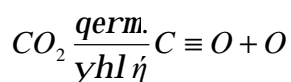
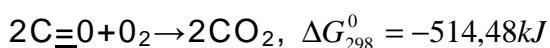
#### **2.4.5. Ιχναέρια με έμμεση επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου**

Παράλληλα με τα ιχναέρια, που γνωρίσαμε μέχρι τώρα τα οποία δρουν άμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και μερικά από αυτά στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας, έχουμε και άλλα που η δράση τους είναι έμμεση, επειδή αλλάζουν τη συγκέντρωση του όζοντος στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα, το οποίο με την σειρά του επηρεάζει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το ισοζύγιο της ακτινοβολίας. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των ιχναερίων είναι ότι η διάρκεια ζωής τους είναι περιορισμένη σε αντίθεση με τα κυρίως ιχναέρια που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα αέρια αυτά είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO) και (NO<sub>2</sub>) που τους έχει δοθεί η κοινή ονομασία (NO<sub>x</sub>), οι πτητικές οργανικές ενώσεις και τα ιχναέρια που περιέχουν θείο.

##### **α) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Είναι όμως ένα πολύ δραστικό δηλητήριο

και σε συγκεντρώσεις πάνω από 0,3% κ.ό. προκαλεί θάνατο μέσα σε διάστημα 30 λεπτών. Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι ένα ενδιάμεσο προϊόν της οξειδωσης του άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα και προέρχεται από ατελή καύση του άνθρακα ή ως προϊόν ατελών ζυμώσεων και μερικής οξειδωσης υδρογονανθράκων.



Σε οποιαδήποτε καύση ο άνθρακας, είτε σε μοριακή μορφή (υγρά καύσιμα, φυσικά αέρια), είτε σε στοιχειακή (γαιάνθρακες, λιγνίτης) πρώτα οξειδούται σε μονοξειδίο του άνθρακα, διότι η πρώτη αντίδραση είναι δέκα φορές ταχύτερη της δεύτερης. Λόγω της μεγάλης ισχύος του τριπλού δεσμού στο μόριο του CO, οι περισσότερες αντιδράσεις του μονοξειδίου του άνθρακα έχουν μεγάλες τιμές ενέργειας ενεργοποίησης,

καθιστώντας το σχηματισμό του διοξειδίου του άνθρακα σημαντικά δύσκολο και αργό. Αν δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα οξυγόνου για την πλήρη καύση, η μετατροπή του CO προς CO<sub>2</sub> θα είναι ελλιπής και θα παραμείνουν σημαντικές ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα. Αν τα αέρια καύσης παραμείνουν θερμά, μόνον προσωρινά, η μετατροπή πάλι του CO σε CO<sub>2</sub> δεν θα είναι πλήρης και ταχεία και παρουσία περίσσειας O<sub>2</sub>.

Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες το διοξείδιο του άνθρακα δίσταται σε μονοξείδιο του άνθρακα και σε ατομικό οξυγόνο (Τρίτη αντίδραση), και στην περίπτωση ταχείας ψύξεως το CO δεν μπορεί να ξαναοξειδωθεί ταχέως (δέκα φορές βραδύτερη), διότι δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος για να αποκατασταθεί ισορροπία με το CO<sub>2</sub>.

Το 60% της παγκόσμιας ετήσιας συνολικής παραγωγής CO, η οποία ξεπερνά τα 2,4 δισεκατομμύρια τόνους, προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και σε περιοχές με υψηλή ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η ατελής καύση του άνθρακα παρουσιάζει δύο σημαντικά

μειονεκτήματα: **α)** εκπομπή CO αντί του CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από την τέλεια καύση και **β)** μεγάλη απώλεια ενέργειας. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή των συνθηκών καύσης. Γενικά, η αύξηση της αναλογίας αέρα :

καύσιμου περιορίζει σημαντικά το σχηματισμό CO.

Το CO δεν είναι διαβρωτικό των υλικών. Δεν έχει δυσμενείς επιδράσεις στα ανώτερα φυτά, όταν αυτά βρίσκονται σε ατμόσφαιρα CO συγκεντρώσεως 115 mg.m<sup>-3</sup>, 25°C (100ppm) για μερικές εβδομάδες. Το CO όμως είναι τοξικό για τον άνθρωπο (και τα ζώα), σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 100ppm(v/v 115 mg.m<sup>-3</sup>, 25°C) επιφέρει το θάνατο. Η τοξική δράση του μονοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στη μεγάλη χημική συγγένεια που έχει με την αιμογλοβίνη (Hb) του αίματος. Η αιμογλοβίνη δρα ως μεταφορέας του οξυγόνου από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και του CO<sub>2</sub> από τα κύτταρα στους πνεύμονες. Έτσι η παρουσία του CO στον αέρα που εισπνέουμε περιορίζει την οξυγόνωση των κυττάρων, επειδή αντικαθιστά το οξυγόνο στην οξυαιμογλοβίνη (O<sub>2</sub>-Hb) και σχηματίζει την καρβοξυαιμογλοβίνη (CO-Hb).



Η ανοξαιμία, η οποία προκαλείται, εκδηλώνεται αρχικά στον εγκέφαλο με κεφαλαλγίες, ναυτίες κ.λπ. Με συνεχή έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις CO παρατηρείται ξαφνική απώλεια της συνείδησης χωρίς αναπνευστικές διαταραχές, η οποία συνεχιζόμενη προκαλεί το θάνατο.

**Πίνακας 2.4.5.1**

<b>[HbCO] στο αίμα, %*</b>	<b>Συμπτώματα</b>	<b>[CO] αέρα ppm</b>
<1,0*	• Κανένα σύμπτωμα	
1,0-2,0	• Πρώτα συμπτώματα στη συμπεριφορά	1<10
2,0-5,0	• Προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος, διαταραχές στην όραση και στις κινήσεις	10-30
>5,0	• Καρδιακές και πνευμονικές διαταραχές (καπνιστές 40 τσιγάρων)	31-60
10,0-80,0	• Πονοκέφαλος, κόπωση, κώμα, αδυναμία αναπνοής, θάνατος	61 - 3000

**Συσχέτιση της εκατοστιαίας περιεκτικότητας της καρβοξυαιμοσφαιρίνης στο αίμα με τα συμπτώματα δηλητηρίασεως του ατόμου.**

**β) Οξειδία του αζώτου (NO και NO<sub>2</sub>) = (NO\*)**

Τα οξειδία του αζώτου NO και NO<sub>2</sub> είναι πολύ δραστικές ενώσεις. Επειδή μέσα στην ατμόσφαιρα αποκαθίσταται μεταξύ τους φωτοχημικώς πολύ γρήγορα ισορροπία, τα θεωρούμε ως μία ένωση με το συμβολισμό NO<sub>x</sub>, οξειδία του αζώτου. Σε πολύ καθαρές αέριες μάζες της τροπόσφαιρας πάνω από τους ωκεανούς και τις θάλασσες παρατηρούνται πολύ μικρές συγκεντρώσεις, ενώ πάνω από κατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές, οι παρατηρούμενες συγκεντρώσεις είναι μεγάλες. Αυτό έχει σχέση με τη δραστικότητα του NO<sub>x</sub>, το οποίο αντιδρά πολύ γρήγορα και δεν προλαβαίνει να απομακρυνθεί από τις περιοχές παραγωγής του. Η μεγαλύτερη ποσότητα NO<sub>x</sub> προέρχεται από την καύση του άνθρακα, των πετρελαιοειδών.

**Άνθρακας:** 0,91 - 2,74 g N/Kg

**Αέριο:** 0,61 - 3,01 g N/Kg

**Πετρέλαιο:** 1,49 - 2,98 g N/Kg.<sup>11</sup>

Τα οξειδία του αζώτου είναι αέρια ιδιαίτερα δραστικά, και παίρνουν μέρος στις αντιδράσεις που προκαλούν τη φωτοχημική ρύπανση. Με την προσθήκη νερού της βροχής μετατρέπονται σε νιτρώδες και νιτρικό οξύ, συμμετέχοντας έτσι στο φαινόμενο της όξινης βροχής που θα δούμε παρακάτω. Το οξειδίο του αζώτου (NO) είναι άχρωμο κι άοσμο αέριο, ενώ το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) είναι ερυθροκαστανόχρωμο και διαπεραστικής μυρωδιάς. Και τα δύο είναι τοξικές ουσίες. Από πειράματα στα ζώα προέκυψε ότι το NO<sub>2</sub> είναι τέσσερις φορές τοξικότερο από το NO. Θάνατοι ανθρώπων από NO δεν αναφέρθηκαν, αλλά υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος της οξειδωσης του προς NO<sub>2</sub>. Το NO<sub>2</sub>, που είναι τοξικό αέριο, προσβάλλει τους πνεύμονες και προκαλεί πνευμονικό οίδημα σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> μεγαλύτερες από 100 ppm(v/v) είναι θανατηφόρες για τα περισσότερα ζώα και το 90% των θανάτων προέρχεται από πνευμονικό οίδημα.

Στον πίνακα δίνεται η τοξική επίδραση του NO<sub>2</sub> στα ζώα (κουνέλια, ινδικά χοιρίδια, ποντίκια, γάτες).

Πίνακας 2.4.5.2

[NO <sub>2</sub> ], ppm	Θανατηφόρος χρόνος, min	θάνατοι, %
30	-	0
100	318	74
150	90	80
400	58	92
600	32	93
800	29	100
1000	19	100

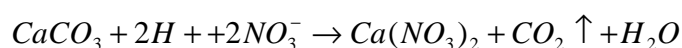
**Τοξική επίδραση του NO<sub>2</sub> στα ζώα.**

Για τον άνθρωπο η έκθεση του σε συγκεντρώσεις 50 -100 ppm NO<sub>2</sub> για ορισμένα λεπτά, μέχρι μια ώρα, προκαλεί έντονο ερεθισμό στους πνεύμονες που διαρκεί 6 έως 8 εβδομάδες, ενώ σε συγκεντρώσεις 150-200 ppm NO<sub>2</sub> προκαλεί, συνήθως το θάνατο.

Η επίδραση των NO<sub>x</sub> στα φυτά είναι σημαντική. Εργαστηριακά πειράματα που έγιναν σε ορισμένα φυτά, όπως το βαμβάκι, το φασόλι κ.α. έδειξαν ότι η έκθεση τους σ'

ατμόσφαιρα 1 ppm NO<sub>2</sub> για 48h προκάλεσε εμφάνιση κηλίδων στα φύλλα, ενώ έκθεση σε συγκεντρώσεις 3,5 ppm NO<sub>2</sub> για 2h προκάλεσε την εμφάνιση νεκρώσεων κατά κηλίδες στα φύλλα.

Το NO<sub>2</sub> μετασχηματίζεται στην ατμόσφαιρα σε HNO<sub>3</sub>, που είναι ισχυρό οξύ. Προκαλεί διάβρωση των μεταλλικών κατασκευών, καθώς και νιτροποίηση των μαρμάρων των μνημείων, με συνέπεια την αποσάθρωση τους.



Η καταστροφή των αρχαίων μνημείων οφείλεται στη συνδυασμένη δράση HNO<sub>3</sub> και H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, που σχηματίζονται στα αστικά κέντρα λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

### **γ) Πτητικές οργανικές ενώσεις ή VOC (=Volatile Organic Carbons)**

Πρόκειται κυρίως για ενώσεις που περιέχονται στα καύσιμα και στους διαλύτες. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφοροι αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες.

### **δ) Ιχναέρια που περιέχουν το στοιχείο θείο (S)**

Τα σπουδαιότερα ιχναέρια του θείου στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα είναι το διοξείδιο του θείου  $\text{SO}_2$ , το θειούχο διμεθύλιο, το υδρόθειο  $\text{H}_2\text{S}$  και το θειούχο καρβονύλιο. Οι ενώσεις αυτές παράγονται ως παραπροϊόντα διαφόρων δραστηριοτήτων και ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος της ανθρωπογενούς επιβάρυνσης προέρχεται από την καύση των διαφόρων καυσίμων. Τα ιχναέρια του θείου έχουν μικρή διάρκεια ζωής και διασπώνται φωτοχημικά στην τροπόσφαιρα πριν προλάβουν να φθάσουν στη στρατόσφαιρα. Οξειδώνονται αρχικά σε θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) και στη συνέχεια σχηματίζουν σωματίδια θειικού aerosol. Εξαιρεση αποτελεί το θειούχο καρβονύλιο (COS), το οποίο έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, και καταλήγει στη στρατόσφαιρα όπου σχηματίζει στρώμα aerosol σε ύψη 15-25 χιλιομέτρων. Τα ιχναέρια του θείου επιδρούν στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας.

Το  $\text{SO}_2$  είναι άχρωμο έχει διαπεραστική και ερεθιστική οσμή. Οι δυσμενείς επιδράσεις του  $\text{SO}_2$  εκδηλώνονται στην

υγεία του ανθρώπου, των ζώων στα φυτά, στα υλικά καθώς επίσης και στην ελάττωση της ορατότητας.

Στον πίνακα παρέχεται η επίδραση της συγκεντρώσεως του SO<sub>2</sub> στην υγεία του ανθρώπου. Το SO<sub>2</sub> προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα και ιδιαίτερα άτομα, που έχουν αναπνευστικά προβλήματα, υποφέρουν, όταν βρίσκονται σε περιβάλλον με σημαντικές συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> (περιπτώσεις με άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή).

**Πίνακας 2.4.5.3**

<b>[SO<sub>2</sub>], ppm*</b>	<b>Συμπτώματα</b>
3- 5	Αντιληπτή η οσμή
8-12	Ερεθισμοί στο φάρυγγα
20	Ερεθισμοί οφθαλμών, βήχας
50-100	Μέγιστη διάρκεια παραμονής 30 min
400-500	Επικίνδυνη, έστω και βραχεία έκθεση

**Επίδραση του SO<sub>2</sub> στην υγεία του ανθρώπου.**

Ορισμένες σοβαρές περιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως από SO<sub>2</sub>, που προκάλεσαν θανατηφόρα ατυχήματα είναι: Τον Δεκέμβριο του 1930 στην κοιλάδα Meuse River Valley του Βελγίου, παγιδεύτηκαν, λόγω θερμοκρασιακής αναστροφής, αερολύματα από καύση ανθράκων και προκάλεσαν το θάνατο 60 ατόμων και πολλών ζώων.

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε τον Οκτώβριο του 1948 στην Doura της Πενσυλβανίας (ΗΠΑ) , όπου το 40% του πληθυσμού είχε αναπνευστικά προβλήματα και πέθαναν 20 άτομα. Το θειικό οξύ αυξάνει τη διάβρωση του εδάφους και των κτιρίων, ενώ προσβάλλει και τα φυτά.

## **2.5. Η «τρύπα» του όζοντος**

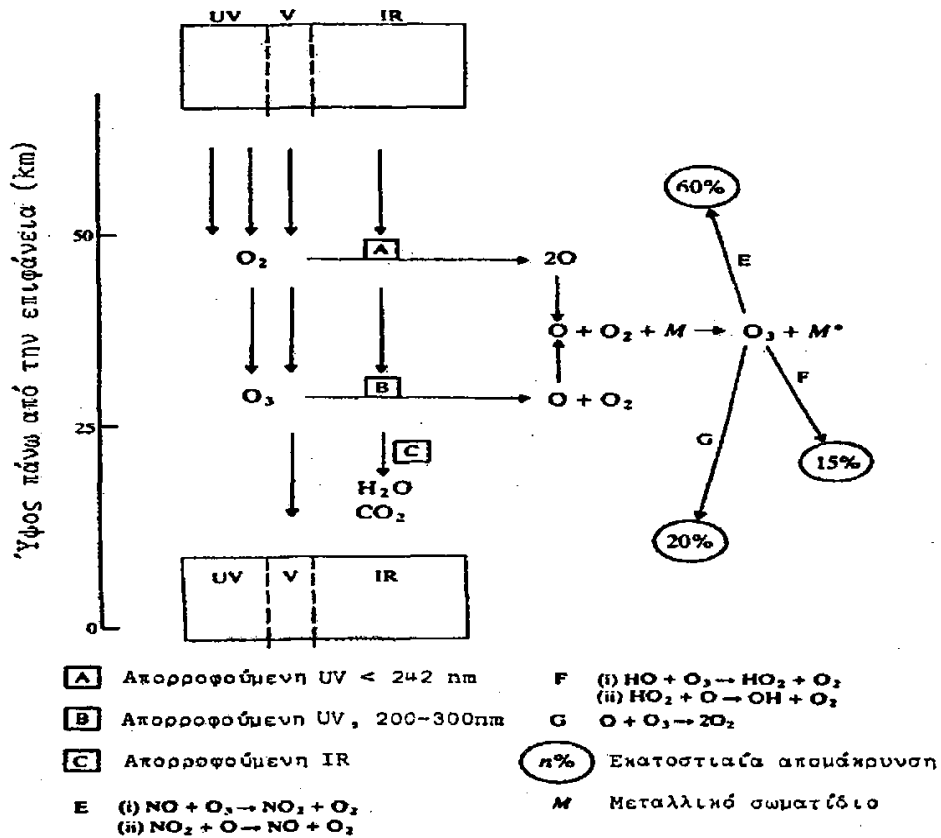
Το όζον είναι αέριο, μια μορφή «εμπλουτισμένου οξυγόνου» επικίνδυνη στην εισπνοή. Γι' αυτό και στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου παράγεται δευτερογενώς από τους αέριους ρύπους και την ηλιακή ακτινοβολία, αποτελεί επικίνδυνο φωτοχημικό ρυπαντή.



Αντίθετα, στη στρατόσφαιρα σε 20-30 χιλιόμετρα υψόμετρο από την επιφάνεια της γης, βρίσκεται το όζον που παίζει ευεργετικό ρόλο, λειτουργώντας ως προστατευτικό φίλτρο του πλανήτη απέναντι στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Όταν το μοριακό οξυγόνο στη στρατόσφαιρα βομβαρδιστεί με υπεριώδη ακτινοβολία, διασπάται σε δύο ελεύθερα άτομα. Εάν ένα από αυτά ενωθεί με ένα μόριο οξυγόνου, τότε προκύπτει το όζον, το οποίο είναι ασταθές. Έτσι, κατά τη διάρκεια αυτών των χημικών μεταβολών, συνεχώς απορροφάται υπεριώδης ακτινοβολία και συνεπώς η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στη γη «φιλτραρισμένη».

Πολλές φορές γίνεται σύγχυση ανάμεσα στο φυσικό στρατοσφαιρικό στρώμα του όζοντος και στο τροποσφαιρικό όζον. Το στρατοσφαιρικό όζον βρίσκεται σε απόσταση 20-30 χιλιόμετρα μακριά από την επιφάνεια της γης και λειτουργεί ως ασπίδα στην επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου.

Σχήμα 2.5.1



### Ηλιακή ακτινοβολία πάνω από την ατμόσφαιρα

Το τροποσφαιρικό όζον βρίσκεται σε ύψος 0-10 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης, προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και είναι ρυπασμένο.

Επειδή οι δύο αυτές συγκεντρώσεις του όζοντος δεν επικοινωνούν, μπορούμε να πούμε ότι το όζον το χρειαζόμαστε να βρίσκεται στη στρατόσφαιρα (όπου μειώνεται), αλλά δεν το θέλουμε στην τροπόσφαιρα (όπου περισσεύει).

Επίσης, οι χλωροφθοράνθρακες, υπήρξαν οι πρώτες χημικές ουσίες που ήταν η αιτία της καταστροφής της ισορροπίας του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Οι ουσίες αυτές χρησιμοποιούνται στα διαλυτικά της βιομηχανίας και σε συστήματα ψύξεως στα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως προς τις επιπτώσεις της μείωσης της στιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα, για κάθε ποσοστιαία μονάδα μείωσης της, αντιστοιχεί αύξηση κατά 2% των υπεριωδών ακτινών που φθάνουν στην επιφάνεια της γης. Οι επιπτώσεις από τη μείωση του στρώματος του στρατοσφαιρικού όζοντος θεωρείται ότι μπορεί να είναι ολέθριες στην ανθρώπινη υγεία, με αύξηση των κρουσμάτων καρκίνου του δέρματος και των κρουσμάτων καταρράκτη. Εξάλλου, οι υπεριώδεις ακτινοβολίες εξασθενούν το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπινου

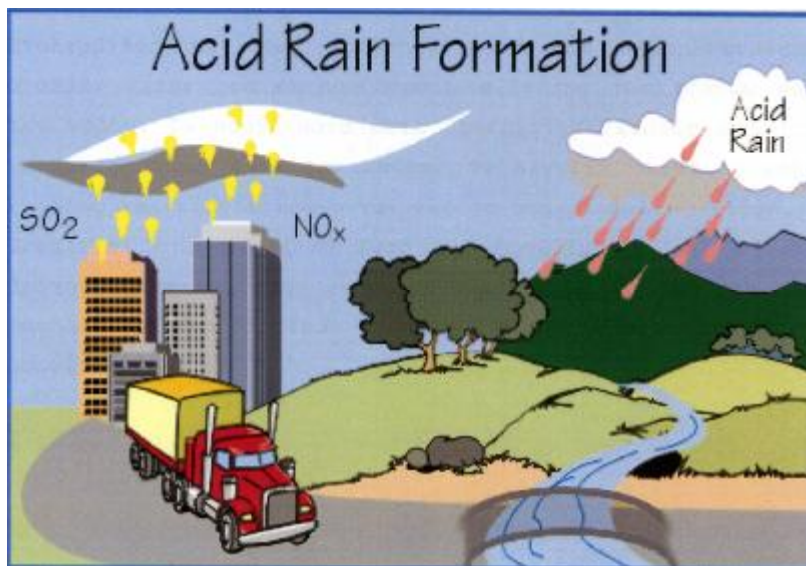
οργανισμού, με αποτέλεσμα αυτός να γίνεται περισσότερο ευάλωτος στις διάφορες λοιμώξεις. Οι συνέπειες της μείωσης του όζοντος είναι επίσης σοβαρές τόσο για τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων, όσο και για την κάλυψη των αναγκών διατροφής σε όλα τα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας. Έτσι, θεωρείται ότι μπορεί να μειωθεί η απόδοση των καλλιεργειών επειδή μπορεί να ανασταλεί ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης στα φυτά ή να μεταβληθεί η μορφολογία τους ή να μειωθεί η ανάπτυξη τους ή και να διαταραχθεί ο πολλαπλασιασμός τους. Βέβαια η υπερβολική έκθεση στον ήλιο ήταν ανέκαθεν επικίνδυνη. Σήμερα όμως με την ελάττωση του στρώματος του στρατοσφαιρικού όζοντος, αυξάνει ακόμα περισσότερο ο κίνδυνος για την υγεία και το περιβάλλον.

## **2.6. Η όξινη βροχή**

Στις ανεπτυγμένες χώρες, οι ποσότητες των αερίων ρύπων που εκλύονται από τις βιομηχανικές καύσεις ενώνονται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και μετατρέπονται σε

θειικό και νιτρικό οξύ. Ειδικά από τις καύσεις του μαζούτ και του ντίζελ πετρελαίου που έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε θείο, σχηματίζεται το διοξείδιο του θείου. Αυτό είναι χημικά πολύ ενεργό και σχηματίζει στην ατμόσφαιρα τριοξείδιο του θείου, το οποίο διαλυόμενο στη βροχή, στους ποταμούς και στις λίμνες μετατρέπεται σε θειικό οξύ ή σε άλατα του. Τα προϊόντα αυτά μαζί με τα οξείδια του αζώτου και το σχηματιζόμενο νιτρικό οξύ δημιουργούν την **όξινη βροχή**.

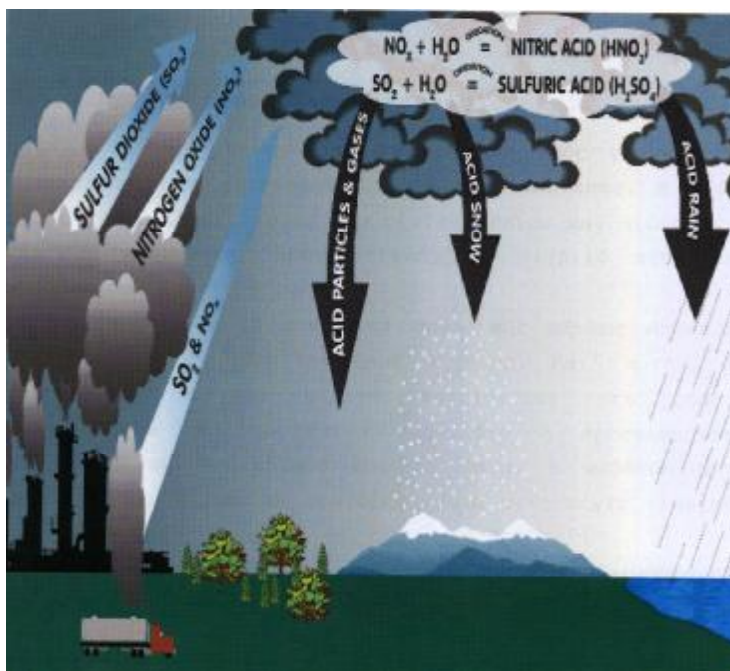
Εικόνα 2.6.1



Η όξινη βροχή ρυπαίνει τα νερά και το έδαφος, διαταράσσει τη γονιμότητα και την καρποφορία της χλωρίδας και καταστρέφει τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο ριζικό σύστημα των φυτών. Εκτός δηλαδή του ότι η όξινη βροχή είναι άμεσα τοξική για τα φυτά, έμμεσα αποδυναμώνει τους μηχανισμούς άμυνας τους απέναντι στις ξηρασίες, στους παγετούς, στα παράσιτα και στα έντομα. Οι πηγές της όξινης βροχής μπορεί να βρίσκονται σε μια χώρα και οι αποδέκτες της σε άλλη. Υπολογίζεται ότι από τους αέριους ρυπαντές που δημιουργούνται στη Μεγάλη Βρετανία, το 28% αυτών μεταφέρεται στη Σκανδιναβία. Η Ολλανδία και η Ιταλία δέχονται με την όξινη βροχή περισσότερους ρυπαντές από όσους παράγουν. Στην κεντρική Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία πολλές χιλιάδες δένδρα δασικών εκτάσεων έχουν καταστραφεί από την όξινη βροχή. Στη χώρα μας, αν και έχουν διαπιστωθεί και καταγραφεί μεμονωμένα φαινόμενα όξινης βροχής, στην Πάτρα, στα Ιωάννινα και στη Θεσσαλονίκη, απέχουμε πολύ από το να θεωρήσουμε ότι απειλούμαστε από την όξινη βροχή της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης. Οι περιοχές της

Πτολεμαΐδας και της Κοζάνης, λόγω των ατμοηλεκτρικών σταθμών έχουν τοπικά προβλήματα οξίνισης των εδαφών και των νερών. Τα προβλήματα αυτά προέρχονται κυρίως από την ιπτάμενη τέφρα κατά την καύση του λιγνίτη, είναι μικρής έντασης και εξουδετερώνονται από τα ασβεστολιθικά εδάφη, θεωρείται ότι η ριζική λύση του προβλήματος της όξινης βροχής βρίσκεται στην εφαρμογή του υγραερίου και της μεθανόλης ως εναλλακτικών καυσίμων ή στη χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας.

**Εικόνα 2.6.2**



Με τον όρο **όξινη βροχή** εννοούμε τη βροχή με ΡΗ χαμηλότερο του φυσιολογικού. Ως φυσιολογικό ΡΗ για την καθαρή βροχή θεωρείται η τιμή 5,6, η οποία αντιστοιχεί στο ΡΗ του αποσταγμένου νερού, που βρίσκεται σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Ανάλογος ορισμός ισχύει και για τα άλλα μετεωρικά κατακρημνίσματα (χιόνι, χαλάζι, ομίχλη).

Η πρώτη αναφορά στο φαινόμενο της όξινης βροχής έγινε το 1852 από τον Άγγλο χημικό R.A. Smith κατά τη μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Manchester της Αγγλίας. Το 1982, σε ειδική συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την οξίνιση του περιβάλλοντος, η όξινη βροχή αναγνωρίστηκε ως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα διασυνοριακής ρύπανσης.

### **2.6.1. Σχηματισμός όξινης βροχής**

Η όξινη βροχή αποτελεί το ένα σκέλος ενός γενικότερου φαινομένου, του φαινομένου της **όξινης απόθεσης**. Η όξινη απόθεση οφείλεται κυρίως στα οξείδια θείου και αζώτου, τα



οποία οξειδώνονται προς θειικό και νιτρικό οξύ στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος.

Υπολογίζεται ότι το μισό της συνολικής όξινης απόθεσης αντιπροσωπεύεται από την ξηρή απόθεση. Κατ' αυτήν, τα οξειδία θείου και αζώτου αποτίθενται στο έδαφος προσροφημένα σε αιωρούμενα σωματίδια ή προσροφούνται απευθείας από το έδαφος και τα φυτά. Η απόθεση αυτή παρατηρείται κυρίως σε περιοχές κοντά στις πηγές εκπομπής των οξειδίων.

Όσο περισσότερο παραμένουν τα οξειδία στην ατμόσφαιρα, τόσο πιο πιθανό είναι να υποστούν οξειδωση και να επανέλθουν στη γη ως οξέα διαλυμένα στο νερό της βροχής. Η υγρή αυτή απόθεση μπορεί να συμβεί ίσως και χιλιόμετρα μακριά από την πηγή εκπομπής των οξειδίων θείου και αζώτου. Πράγματι, όπως προαναφέραμε, κατά κανόνα, η όξινη βροχή δεν εμφανίζεται στις περιοχές όπου γίνεται η εκπομπή των πρόδρομων ενώσεων  $SO_2$  και  $NO_2$ , αλλά σε μακρινές περιοχές προς τις οποίες κατευθύνονται τα μέτωπα κακοκαιρίας. Η πιθανότητα να δεχθεί μια περιοχή όξινη βροχή εξαρτάται,

κυρίως, από την προέλευση και την τροχιά των αερίων μαζών που προκαλούν τις βροχές. Έτσι εξηγείται το μεγάλο ποσοστό όξινων βροχοπτώσεων στις Σκανδιναβικές χώρες και τον Καναδά, χώρες χωρίς σημαντικές εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου, αλλά αποδέκτες της οξύτητας που σχηματίζεται από τις εκπομπές της κεντροδυτικής Ευρώπης και των βορειοανατολικών ΗΠΑ, αντίστοιχα.

Στην Ελλάδα, κατά κανόνα, το μεγαλύτερο ποσοστό (35-45%) των βροχών προκαλείται από αέριες μάζες με δυτική-νοτιοδυτική προέλευση. Στην πορεία των αερίων αυτών μαζών δεν υπάρχουν σημαντικές πηγές εκπομπής  $\text{SO}_2$  και  $\text{NO}_x$  (Ισπανία, Ν. Ιταλία, Β. Αφρική). Γι' αυτό και οι βροχές αυτές εμφανίζουν, κατά κανόνα, ΡΗ παρόμοιο με εκείνο της «καθαρής» βροχής. Ένα εξίσου, μεγάλο ποσοστό (30-40%) βροχών έχουν νότια προέλευση (Αίγυπτο, Λιβύη). Οι βροχές αυτές χαρακτηρίζονται συνήθως από υψηλό ΡΗ (αλκαλικές) και σκόνη την οποία μεταφέρουν από τη Σαχάρα (λασποβροχές). Περίπου το 20-25% των βροχών έχει προέλευση την κεντρική Ευρώπη, όπου υπάρχουν σημαντικές πηγές εκπομπής  $\text{SO}_2$  και

NO<sub>x</sub>. Οι βροχές αυτές έχουν PH χαμηλότερο από εκείνο της «καθαρής» βροχής (ασθενώς όξινης βροχής). Τέλος, υπάρχουν και οι τοπικές βροχές, που μπορεί να είναι όξινες, ανάλογα με την παρουσία τοπικών πηγών εκπομπής και την επικράτηση συνθηκών που ευνοούν την οξειδωση των εκπεμπόμενων οξειδίων, π.χ. τοπικές βροχές που εκδηλώνονται μετά από παρατεταμένες περιόδους θερμοκρασιακών αναστροφών και έντονης.

### ***2.6.2. Επιπτώσεις της όξινης βροχής στο περιβάλλον***

Έχει διαπιστωθεί ότι το φαινόμενο της όξινης βροχής έχει επιπτώσεις σ' όλα σχεδόν τα συστατικά της βιόσφαιρας: το έδαφος, τα δάση, τις λίμνες και την υδροβία ζωή, τα διάφορα υλικά, τα κτίρια και τα μνημεία.

**Εικόνα 2.6.2.1**

Γενικά, το έδαφος αντιστέκεται καλύτερα στις επιπτώσεις της όξινης βροχής σε σχέση με τα ποτάμια και τις λίμνες. Η ευπάθεια του διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του, το είδος του βραχώδους υποστρώματος που καλύπτει, και τη χρήση στην οποία υποβάλλεται. Τα πιο ευπαθή εδάφη είναι αυτά που έχουν βραχώδες υπόστρωμα από γρανίτη, γνεύσιο ή χαλαζία. Η περιεκτικότητα των εδαφών αυτών σε ανθρακικό ασβέστιο είναι χαμηλή, επομένως η ικανότητα τους να εξουδετερώνουν τα

οξέα που δέχονται είναι μικρή. Τα δάση στις ΗΠΑ και τον Καναδά, τη Σουηδία, τη Γερμανία και γενικότερα την κεντρική Ευρώπη, παρουσιάζουν σημαντική ελάττωση της ετήσιας αύξησης τους. Ειδικότερα, το 5% των δασών της Γερμανίας, έχει νεκρωθεί, ενώ ένα ποσοστό 30-50% έχει υποστεί λιγότερο ή περισσότερο σοβαρές βλάβες. Από τα διάφορα δασοπονικά είδη, η ελάτη έχει υποστεί σε μεγαλύτερο βαθμό βλάβες και ακολουθούν κατά σειρά η πεύκη, η ερυθρελάτη και η οξυά. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες σχετικά με το πώς προκαλείται η καταστροφή των φυτών. Η θεωρία των βλαστών υποστηρίζει ότι αρχικά τα φύλλα των φυτών υφίστανται βλάβες από το όζον κι ότι οι βλάβες αυτές επιταχύνουν την απόπλυση θρεπτικών συστατικών. Η απόπλυση θρεπτικών συστατικών από τα φύλλα ενισχύεται από την οξύτητα της βροχής. Τα οξειδία του αζώτου παίζουν διπλό καταστροφικό ρόλο συμβάλλοντας στο σχηματισμό του όζοντος και συμμετέχοντας στην ελάττωση του ΡΗ της βροχής. Τα θειικά, εξάλλου, είναι κυρίως υπεύθυνα για αυτή την ελάττωση. Σύμφωνα με μια άλλη θεωρία, τη θεωρία των ριζών το λεπτό ριζικό σύστημα καταστρέφεται από το

χαμηλό PH του νερού, που διαποτίζει το χώμα. Έτσι, η πρόσληψη θρεπτικών συστατικών δεν γίνεται σε βαθμό ικανοποιητικό. Κυρίως υπεύθυνα γι' αυτό είναι τα θειικά, ενώ σημαντική θεωρείται κι η συμβολή των νιτρικών.

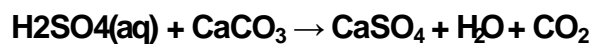
Ένα άλλο σημαντικό σημείο είναι ο ρόλος του αργιλίου. Έχει επισημανθεί ότι η απομάκρυνση ασβεστίου και μαγνησίου από το έδαφος, με ελάττωση του PH γύρω στο 4.0, μπορεί να προκαλέσει σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου  $Al^{3+}$  και  $Mn^{2+}$ . Τα ιόντα αυτά προκαλούν βλάβη στο λεπτό ριζικό σύστημα, με αποτέλεσμα τη νέκρωση του δέντρου.

Μια ευρύτερη θεώρηση του φαινομένου της καταστροφής των δασών αποτελεί η θεωρία της πολλαπλής έντασης. Σύμφωνα μ' αυτή, η συνολική επίδραση αέριων ρύπων κατά τις προηγούμενες δεκαετίες και ο συνδυασμός με διάφορα άλλα φαινόμενα, οδηγεί σε σημαντική ελάττωση της παραγωγής υδατανθράκων στα δασικά δένδρα. Τα δέντρα χάνουν την ζωτικότητα τους, οι ρίζες κι οι βλαστοί δεν αναπτύσσονται κανονικά και παρατηρείται μια αυξημένη προδιάθεση για

προσβολή από έντομα και μύκητες, καθώς και για καταστροφή από παγετό ή ξηρασία.

Οι λόγω ρύπανσης όξινες λίμνες δίνουν την εντύπωση «νεκρών» λιμνών. Στην πραγματικότητα έχουν ζωή, αλλά μια ζωή παράξενη και χωρίς ισορροπία. Τα περισσότερα ή όλα τα είδη ψαριών εξαφανίζονται, όπως επίσης και πολλά είδη ζωοπλαγκτόν. Σε  $\text{PH} < 4$ , μόνο ινώδη άλγη και μύκητες αναπτύσσονται στον πυθμένα.

Η όξινη βροχή διαβρώνει τα δομικά υλικά (μάρμαρο, γρανίτη, ασβεστόλιθο κ.ά.), τα μέταλλα και αλλοιώνει τα χρώματα. Ιδιαίτερο πρόβλημα αποτελεί η καταστροφή που προκαλείται σε ιστορικής αξίας κτίρια και μνημεία. Η διάβρωση των μνημείων οφείλεται, κυρίως, σε αντιδράσεις οξέων - βάσεων που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια τους. Παρακάτω δίνεται η αντίδραση διάβρωσης του μαρμάρου από το  $\text{H}_2\text{SO}_4$  της όξινης βροχής:



Αποτέλεσμα της αντίδρασης αυτής είναι ο σχηματισμός επιφανειακά ενός στρώματος γύψου, που είναι περισσότερο

ευδιάλυτος, εύθραυστος και ογκώδης. Έτσι, απομακρύνεται εύκολα με το νερό της βροχής. Η διεργασία μετατροπής του  $\text{CaCO}_3$  σε γύψο ονομάζεται γυψοποίηση του μαρμάρου. Ανάλογη αντίδραση με το  $\text{CaCO}_3$  μπορεί να δώσει και το  $\text{HNO}_3$  της βροχής, αν και δεν έχει διαπιστωθεί η παρουσία κρυσταλλικού  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  στην επιφάνεια των μαρμάρων. Το  $\text{SO}_2$  αποτίθεται στις μαρμάρινες επιφάνειες είτε απευθείας, είτε προσροφημένο στα σωματίδια της επικαθήμενης σκόνης. Με την παρουσία υγρασίας, διαλύεται ταχύτατα και οξειδώνεται στην υγρή φάση με την καταλυτική επίδραση κατιόντων  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$  κ.ά. Αντίθετα, το  $\text{NO}_2$  έχει την τάση να οξειδώνεται στην αέρια φάση από το  $\text{O}_3$  και το σχηματιζόμενο  $\text{N}_2\text{O}_5$  διαλύεται, στη συνέχεια, στην υγρασία που περιβάλλει το μνημείο. Η διαδικασία σχηματισμού του  $\text{HNO}_3$  είναι πιο αργή από τη διαδικασία σχηματισμού ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Έτσι, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί το  $\text{HNO}_3$  να ξεπλένεται πριν αντιδράσει με το ανθρακικό ασβέστιο. Γενικά, η γυψοποίηση λαμβάνει χώρα με διαφορετική ταχύτητα στα διάφορα τμήματα των μνημείων, ανάλογα με το πορώδες του μαρμάρου, την ποσότητα της



σκόνης που επικάθεται, την κλίση της μαρμάρινης επιφάνειας και την έκθεση της στη βροχή.

Η όξινη απόθεση έχει προκαλέσει ανεπανόρθωτες καταστροφές στην πολιτιστική κληρονομιά πολλών χωρών (π.χ. τα μάρμαρα της Ακρόπολης στην Αθήνα, κτίρια και ναούς στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη κ.α.).

## **2.7. Άλλοι ρύποι**

Όπως είδαμε η πιο εμφανής ρύπανση είναι η χημική ρύπανση, δηλ. η εκπομπή τοξικών ουσιών στο περιβάλλον καθώς και η ραδιενεργός ακτινοβολία, που εκπέμπεται κυρίως από τις διάφορες διαδικασίες πυρηνικών αντιδράσεων. Δεν πρέπει όμως να υποτιμάται και η ρύπανση, η οποία υπό μορφή διαφόρων ενεργειακών μορφών εκπέμπεται κατά την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων ενεργειακής παραγωγής. Οι κυριότερες ενεργειακές μορφές ρυπάνσεως είναι η θερμική ακτινοβολία και η ηχητική ενέργεια.

### **2.7.1. Θερμική ρύπανση**

Η θερμική ρύπανση υπό μορφή εκλύσεως θερμικής ενέργειας έχει σημαντική επίδραση στη μεταβολή της θερμοκρασίας των υδάτων και του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος κοντά στον τόπο εκπομπής της ακτινοβολίας.

Ως παραδείγματα θερμικής ρυπάνσεως μπορεί να αναφερθούν οι τεράστιες απώλειες θερμικής ενέργειας κατά την χρησιμοποίηση των διαφόρων μορφών ενεργείας καθώς και κατά την διαδικασία παραγωγής προσιτής ενέργειας από άλλες μορφές ενέργειας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η οπή του όζοντος στην στρατόσφαιρα, ως αποτέλεσμα χημικής ρυπάνσεως, συντελούν στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και μπορούν να θεωρηθούν πηγές θερμικής ρυπάνσεως.

### **2.7.2. Ηχορύπανση**

Η ηχητική ή ακουστική ρύπανση ή ηχορύπανση προέρχεται από τη χρησιμοποίηση διαφόρων μηχανικών

εγκαταστάσεων, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών παντός τύπου, τα οποία αναφέρονται με το όνομα "ηχητικές πηγές". Ο προσδιορισμός του θορύβου από τις ποικίλες ηχητικές πηγές γίνεται με βάση διάφορα ακουστικά κριτήρια, τα οποία όταν τα ξεπερνούν οι πηγές κρίνονται ακατάλληλες ή επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου. Μονάδα μετρήσεως των θορύβων καθορίζεται το ντεσιμπέλ (dB). Το επιτρεπτό όριο των θορύβων για ακίνδυνη διαμονή καθορίστηκε στα 85 dB, για χρονική διάρκεια 8h.

Το θέμα της ηχορυπάνσεως, που διαταράσσει την ψυχική υγεία των ανθρώπων των πόλεων της μηχανοποιημένης κοινωνίας μας, είναι μεγάλο και αποτελεί το αντικείμενο της περιβαλλοντικής ακουστικής.

## **2.8. Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως στο Λεκανοπέδιο Αττικής.**

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως στη μείζονα περιοχή των Αθηνών άρχισε να εμφανίζεται την τελευταία εικοσαετία και συνδέεται άμεσα με την ταχεία οικονομική και ιδιαίτερα τη βιομηχανική ανάπτυξη και την ταυτόχρονη αύξηση του πληθυσμού της περιοχής. Έτσι:

Σήμερα καταναλώνονται 2,87 Mtn καύσιμα το χρόνο για το σύνολο των δραστηριοτήτων, που απαιτούν καύσεις. Εκπέμπονται, στην ατμόσφαιρα του λεκανοπεδίου Αθηνών 0,513 Mtn ρύπων ετησίως από τις τρεις βασικές πηγές ρυπάνσεως (οχήματα, βιομηχανία, κεντρική θέρμανση), όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί.

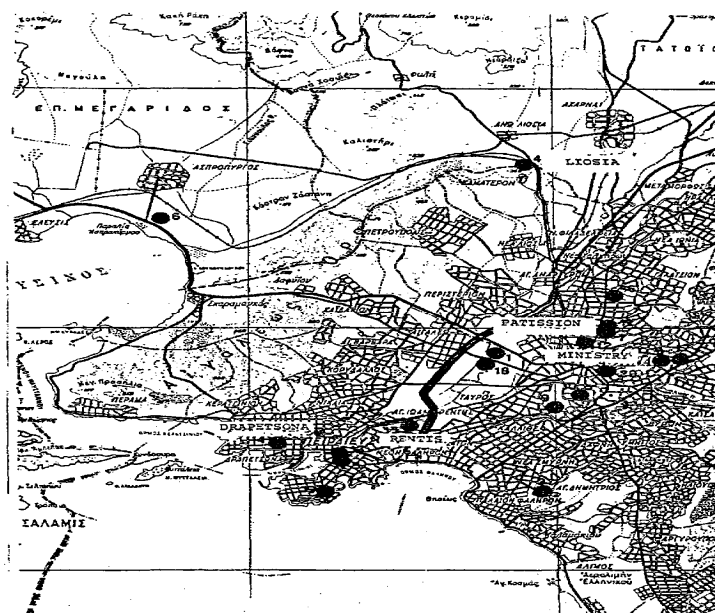
Πίνακας 2.8.1

Ρύπος Πηγή	Καπνός	Σωματίδ. TSP	Υδρ/κες HC <sub>s</sub>	Οξείδια αζώτου NO <sub>x</sub>	Διοξ/διο θείου SO <sub>2</sub>	Μονοξ. άνθρακα CO
Βενζινοκίνητα αυτοκίνητα	1.000	700	13.500	12.500	-	354.000
Πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα	1.200	300	2.000	10.800	2.400	15.000
Κεντρική θέρμανση	650	-	150	800	3.200	250
Βιομηχανία - Καύση	1.250	-	120	13.000	30.000	450
Βιομηχανική παραγωγική διαδικασία		16.800	11.800			250
Διακίνηση καυσίμων	-	-	3.300	-	-	-
Εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας Κερατσινίου	650		60	9.400	7.000	300
ΣΥΝΟΛΟ	4.750	17.800	30.930	46.500	42.600	370.250
ΣΥΝΟΛΟ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ:			5 1 3 . 0 2 3			

**Εκτιμώμενα φορτία εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων στο  
Λεκανοπέδιο των Αθηνών**

Η τοπογραφία και η μετεωρολογία στο λεκανοπέδιο της Αττικής είναι δυσμενής για τη διακίνηση και διάχυση των εκπεμπόμενων ρύπων. Έτσι η περιοχή περιορίζεται από όλες τις διευθύνσεις, εκτός της νότιας, από βουνά με υψόμετρα που κυμαίνονται, από 500 - 2.000m, πράγμα που ευνοεί τον εγκλωβισμό των ρύπων.

**Σχήμα 2.8.1**



**Χάρτης του λεκανοπεδίου Αττικής, όπου φαίνονται τα υψόμετρα των περιφερειακών βουνών καθώς και οι θέσεις των σταθμών παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως.**

Επίσης η μετεωρολογία της Αττικής χαρακτηρίζεται από σημαντικό ποσοστό εμφάνισης άπνοιας (ελάχιστη 4,2% στον Πειραιά). Κύριο δε χαρακτηριστικό είναι το σημαντικό ποσοστό εμφάνισης θερμοκρασιακών αναστροφών, δηλαδή μετεωρολογικών καταστάσεων που δεν επιτρέπουν ούτε την προς τα επάνω διάχυση των ρύπων. Σημαντικός δυσμενής παράγοντας για τη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης αποτελεί και η μεγάλη ηλιοφάνεια που παρατηρείται στην Αττική.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **3.1. Το ενεργειακό πρόβλημα**

Όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας, η εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών αποθεμάτων σε παγκόσμια κλίμακα είναι ήδη ορατός κίνδυνος. Η αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας μέχρι το 2020 υπολογίζεται ότι θα είναι τριπλάσια ή τετραπλάσια της σημερινής. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα είναι χαμηλή (το 1/3 περίπου των άλλων χωρών της ΕΟΚ και το 1/6 της ενεργειακής κατανάλωσης στις ΗΠΑ), με αυξητικές όμως τάσεις. Το ενεργειακό, λοιπόν, πρόβλημα στην Ελλάδα εμφανίζει δύο όψεις: την παγκόσμια, που συνδέεται με τη σημαντική εξάρτηση της χώρας από εξαντλούμενες πηγές ενέργειας, και την εθνική, που συνδέεται με την ανάγκη εξασφάλισης της απαιτούμενης ενεργειακής υποδομής που θα μειώνει κατά το δυνατό την ενεργειακή εξάρτηση. Στη διάρκεια της 60ετίας 1920-1980, το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας τροποποιήθηκε σημαντικά, ξεκινώντας το



1920 με αυτάρκεια (κυρίως βιομάζα) και καταλήγοντας το 1980 σε ενεργειακή εξάρτηση κατά 73%. Σε απόλυτους αριθμούς, η συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση εννεαπλασιάστηκε, ενώ η κατά κεφαλήν πρωτογενής αυξήθηκε 4,5 φορές. Η συμμετοχή της βιομάζας (καυσόξυλα, θάμνοι, ξυλάνθρακες) ήταν σε υψηλά επίπεδα το 1920 (97%), μειώθηκε το 1980 σημαντικά (περίπου 7%). Η υδραυλική ενέργεια ήταν και παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Η αιολική ενέργεια (ανεμοαντλίες, ανεμόμυλοι) εκπροσωπεί ένα μικρό ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης. Η ηλιακή ενέργεια βρίσκεται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα. Ξεκίνησε το 1967 με εγκαταστάσεις ηλιακής αφαλάτωσης θαλάσσιου νερού και από το 1974 επεκτάθηκε στους ηλιακούς θερμοσίφωνες. Οι (εγχώριοι) λιγνίτες το 1950 ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ενώ το 1980 έφτασαν το 18% της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης. Ο λιθάνθρακας και το κωκ (εισαγόμενα) αυξήθηκαν από το 1920 (10%) έως το 1930 (περίπου 25%) και στη συνέχεια μειώθηκαν σταθερά μέχρι το 1980 (2,5%). Τα πετρελαιοειδή (εισαγόμενα) από 7% το 1930 έφτασαν το 71% το 1980. Στον Πίνακα



Με το επίπεδο κατανάλωσης του 1979, τα γνωστά και πιθανά αποθέματα λιγνίτη και τύρφης θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες στερεών καυσίμων για περίπου 129 χρόνια, ενώ με μια ετήσια αύξηση κατανάλωσης στερεών καυσίμων κατά 2% ή 4% θα διαρκούσαν 71 ή 50 χρόνια αντίστοιχα. Σύμφωνα με το πρόσφατο πρόγραμμα ανάπτυξης της ΔΕΗ, το 78,4% της ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος βασίζεται σε στερεά καύσιμα. Συγκεκριμένα, οι λιγνιτικές μονάδες θα καλύψουν περίπου 1.500 Μ\W και ο εισαγόμενος λιθάνθρακας 600 Μ\W. Το φυσικό αέριο θα καλύψει 600MW και οι υδροηλεκτρικές μονάδες 560 Μ\W (στις οποίες θα προστεθούν και κάποια μικρά υδροηλεκτρικά έργα). Όσο για τις ήπιες μορφές ενέργειας, πρόκειται να καλύψουν 200 Μ\W. Ο ηλεκτροπαραγωγικός τομέας ήταν το 1980 υπεύθυνος για το 66% των εκπομπών SO<sub>2</sub> στην Ελλάδα, λόγω της χρήσης κακής ποιότητας εγχώριου λιγνίτη. Η παραγωγή λιγνίτη αναμένεται να αυξηθεί, με συνέπεια την αύξηση των εκπομπών σωματιδίων που θα προκύψουν από την καύση του. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τα εξαντλούμενα αποθέματα και οι συνεχείς

ανατιμήσεις υγρών ορυκτών καυσίμων καθώς και η τάση για ενεργειακή αυτάρκεια και αποκέντρωση προβάλλουν επιτακτική την επιλογή ανάπτυξης και χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας. Η Ελλάδα έχει όλες τις προϋποθέσεις για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες θα αποδώσουν μακροχρόνια οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Σε συνδυασμό με προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας, οι ήπιες μορφές ενέργειας φαίνεται να εξασφαλίζουν εθνική ενεργειακή αυτοδυναμία σε περίπτωση μελλοντικής ενεργειακής κρίσης.

### **3.2. Μείωση εκπομπών θερμότητας και ιχναερίων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν μεγάλο μέρος της παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα και να βοηθήσουν στον περιορισμό των ιχναερίων και στη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας (εκτός από τη βιομάζα) δεν εκπέμπουν καθόλου ιχναέρια στο περιβάλλον. Το μειονέκτημα τους είναι ότι το κόστος της παραγόμενης ενέργειας συγκριτικά με το κόστος της ενέργειας που παράγεται από συμβατικά καύσιμα είναι ακόμα μεγάλο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ήπιες μορφές ενέργειας (εκτός από την υδραυλική) δεν ερευνήθηκαν επαρκώς, επειδή οι τιμές του άνθρακα και του πετρελαίου ήταν χαμηλές. Επιπλέον, τα περιβαλλοντικά προβλήματα δεν ήταν ακόμα τόσο εμφανή ώστε να υπάρξει ο απαιτούμενος προβληματισμός. Οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 αφύπνισαν τις δυτικές κυβερνήσεις οι οποίες άρχισαν να διαθέτουν χρήματα για ερευνητικά προγράμματα. Με δεδομένα τα προβλήματα της ρύπανσης, οι ανεπτυγμένες χώρες εφαρμόζουν προγράμματα επιδοτήσεων και χρηματοδοτήσεων με πολύ ευνοϊκούς όρους σε ιδιωτικές ή κρατικές επιχειρήσεις για τη χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας, με μοναδικό στόχο να μειωθούν οι εκπομπές των ιχναερίων.

Οι γνωστότερες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είναι η υδραυλική, η ηλιακή, η αιολική, η βιομάζα, η παλιρροιακή, η ενέργεια των κυμάτων κ.ά.

**1. Υδραυλική ενέργεια.** Είναι η ενέργεια που απελευθερώνεται

από το νερό, όταν το αφήσουμε να τρέξει από μια υψηλότερη θέση σε μια άλλη θέση που βρίσκεται χαμηλότερα. Η ταχύτητα

του νερού με την

πτώση αυξάνει

και γίνεται τόσο

μεγαλύτερη στο

τέλος της

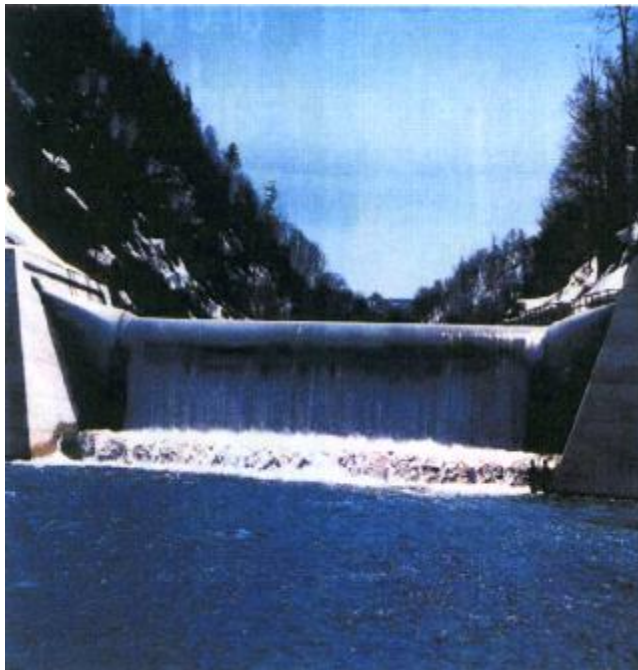
διαδρομής

(κάτω θέση) όσο

μεγαλύτερη είναι

χρόνια τη

χρησιμοποιούμε



σεων. Αυτή την αύξη

για την κίνηση μηχανών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Εκτός από την υψομετρική διαφορά, μεγάλη σημασία για την

παραγόμενη ποσότητα ενέργειας έχει και η ποσότητα του διαθέσιμου νερού. Για την εκμετάλλευση των νερών των ποταμών που την περίοδο των βροχών είναι πολλά αλλά καταλήγουν ανεκμετάλλευτα στη θάλασσα, κατασκευάζονται μεγάλα φράγματα στα οποία αποθηκεύονται, αφενός για να μην χυθούν ανεκμετάλλευτα στη θάλασσα και αφετέρου για να χρησιμοποιηθούν τις ημέρες και τις ώρες που τα έχουμε ανάγκη. Η κατασκευή ενός φράγματος αυξάνει επίσης τη φυσική υψομετρική διαφορά, επειδή σε ένα μεγάλο φράγμα η υψομετρική διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του νερού και του πυθμένα είναι μερικές δεκάδες μέτρα. Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται στην υδροηλεκτρική παραγωγή είναι οι υδροστρόβιλοι. Το κόστος των φραγμάτων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είναι μεγάλο. Για το λόγο αυτό, πριν προχωρήσει κάποιος στην κατασκευή ενός φράγματος, πρέπει να μελετήσει με πολύ μεγάλη προσοχή τα υδρολογικά στοιχεία, την αναμενόμενη παραγωγή, το κόστος του φράγματος και του εξοπλισμού, προκειμένου να καταλήξει σε σωστά συμπεράσματα ως προς την αποδοτικότητα της

επένδυσης. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλά μεγάλα φράγματα στη χώρα μας, επειδή κρίθηκαν αποδοτικά και βοηθούν με την παραγωγή τους στη μείωση των ιχναερίων. Με το νόμο 2244/94 περί ρυθμίσεως θεμάτων παραγωγής ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας, μπορούν πλέον και οι ιδιώτες να γίνουν παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας και να επιδοτηθούν.

## **2. Ηλιακή ενέργεια.**

Είναι η ενέργεια που παίρνουμε από τον ήλιο υπό μορφή θερμότητας ή κατευθείαν ως ηλεκτρική ενέργεια. Η



ενέργεια αυτή φθάνει μέχρι τη γη ως ηλιακή ακτινοβολία. Στη γη γίνεται αισθητή από τα αποτελέσματα της, ως φως, ως θερμότητα και ως υπεριώδης ακτινοβολία. Από τη συνολική ακτινοβολία που προσπίπτει στα εξωτερικά (ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας) ένα μέρος ανακλάται από τα νέφη προς το σύμπαν, ένα μέρος απορροφάται από την ατμόσφαιρα,



ένα τρίτο μέρος διασκορπίζεται από τα πυκνότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και τέλος ένα μεγάλο μέρος φθάνει απευθείας στη γη και ονομάζεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Εκτός από την άμεση ακτινοβολία, στη γη καταλήγει και η διάχυτη ακτινοβολία που προέρχεται απ' όλο το θόλο του ουρανού. Η διάχυτη ακτινοβολία είναι ένα μέρος της ακτινοβολίας που διασκορπίζεται στα πυκνότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Όταν η ακτινοβολία πέφτει στη γη, ένα μέρος της απορροφάται και ένα μέρος ανακλάται. Αποτελέσματα: αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους, του αέρα, εξάτμιση, φωτοσύνθεση στα φυτά κ.ά.

Τα μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας είναι ότι δεν είναι διαθέσιμη επί 24ώρου βάσεως ή όταν είναι συννεφιασμένος ο ουρανός. Τους χειμερινούς μήνες η διαθέσιμη ενέργεια είναι μειωμένη, επειδή οι ημέρες είναι μικρότερες, οπότε έχουμε λιγότερες ώρες ηλιοφάνειας, έχουμε περισσότερες νεφώσεις, οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν λοξότερα στην επιφάνεια της γης και έτσι μειώνεται η απόδοση. Η χώρα μας είναι σχετικά πολύ προνομιούχα τόσο από πλευράς γεωγραφικού πλάτους -Βορ.

Πλ. Μεταξύ 35° και 41°- όσο και από πλευράς ηλιοφάνειας. Αντίθετη με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας (ενέργειας) είναι η ζήτηση ενέργειας. Τη νύχτα και όταν υπάρχει συννεφιά χρειαζόμαστε περισσότερο φωτισμό και το χειμώνα χρειαζόμαστε θέρμανση και περισσότερες ώρες φωτισμό απ' ό,τι το καλοκαίρι. Ένας τρόπος για να έχουμε διαθέσιμη ενέργεια από τον ήλιο τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια είναι να αποθηκεύουμε την ηλιακή ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον ήλιο, αποθηκεύεται σε συσσωρευτές (μπαταρίες) και έτσι έχουμε τη νύχτα ηλεκτρικό ρεύμα. Η θερμική ενέργεια που παίρνουμε με τη θέρμανση του νερού, από τον ήλιο με τους ηλιακούς συλλέκτες μπορεί να αποθηκευθεί σε μεγάλες μονωμένες δεξαμενές ως ζεστό νερό και να χρησιμοποιηθεί ως ζεστό νερό χρήσεως ή για θέρμανση.

Δυνατότητες εφαρμογής υπάρχουν στις παρακάτω περιπτώσεις:

#### **1. Παθητική χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας - ενέργειας.**

Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική (υποβοήθηση θέρμανσης -ψύξης και φωτισμού κτιρίων, θερμοκήπια).

## **2. Ενεργητική χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας - ενέργειας.**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα συστήματα:

- α) παραγωγής ζεστού νερού χρήσης
- β) θέρμανσης
- γ) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- δ) ξήρανσης διαφόρων προϊόντων
- ε) αφαλάτωσης.

## **3. Παθητική χρήση της ηλιακής ενέργειας. Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική, θερμοκήπια**

Από τότε που ο άνθρωπος άρχισε να βελτιώνει το βιοτικό του επίπεδο και να ζει σε κατοικίες, εφάρμοσε ενσυνείδητα την παθητική χρήση της ηλιακής ενέργειας. Χρησιμοποίησε το σωστό προσανατολισμό των χώρων και έφτιαξε στις κατάλληλες θέσεις τα ανοίγματα (πόρτες και παράθυρα). Με τον τρόπο αυτό εκμεταλλεύθηκε τον ήλιο και απέφυγε τους ενοχλητικούς ανέμους της περιοχής του. Με το μεγάλο ύψος, συγκριτικά με τις σημερινές κατοικίες, που βρισκόταν η οροφή σε συνδυασμό και με τους χονδρούς τοίχους, επιτυγχανόταν

εσωτερικός δροσισμός, επειδή ο θερμός αέρας ανεβαίνει προς τα άνω και στο κάτω μέρος μπαίνει φρέσκος χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Παράλληλα με τις αυξημένες απαιτήσεις για βελτιωμένη θέρμανση και κλιματισμό, που ήλθε ως επακόλουθο της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου, αυξήθηκαν υπερβολικά οι καταναλώσεις ενέργειας στον οικιστικό τομέα με αντίστοιχη επιδείνωση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μετά τις διαπιστώσεις των τελευταίων ετών και τις αποφάσεις για μείωση των ιχναερίων, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική κερδίζει πάλι έδαφος, επειδή μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών των ιχναερίων. Παθητική χρήση της ηλιακής ενέργειας γίνεται και στα θερμοκήπια για γεωργικές καλλιέργειες.

Σχετικά με την Ενεργητική χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας – ενέργειας βλέπουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

α) Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης:

Αυτό γίνεται με τον ηλιακό θερμοσίφωνα, ο οποίος είναι ένα σύστημα που αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που είναι κατάλληλα συνδεδεμένοι με το αποθηκευτικό δοχείο ζεστού νερού.

β) Ηλιακά συστήματα για κεντρική θέρμανση:

Με τα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα του κλίματος και προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές των ιχναερίων, έχουν αναπτυχθεί υποβοηθητικά ηλιακά συστήματα κεντρικής θέρμανσης, τα οποία συνεισφέρουν στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων της κεντρικής θέρμανσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ηλιακών συλλεκτών. Η θέρμανση με ηλιακή ενέργεια είναι αποδοτικότερη όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία που θέλουμε να επιτύχουμε.

γ) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

Με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία, οι εκπομπές ιχναερίων είναι μηδενικές. Ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο μπορεί να παραχθεί με δύο κυρίως

τρόπους, α) με θερμικές ηλιακές εγκαταστάσεις και β) με φωτοβολταϊκή τεχνική.

- **Θερμικές ηλιακές εγκαταστάσεις**

Σ' αυτές η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια ατμοστρόβιλων. Ο ατμός που χρειάζονται οι ατμοστρόβιλοι για την κίνηση τους αντί να παράγεται από συμβατικά καύσιμα (άνθρακα, πετρέλαιο, αέριο) παράγεται από τον ήλιο. Οι επίπεδοι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας που χρησιμοποιούνται για το ζεστό νερό και τη θέρμανση δεν είναι κατάλληλοι γι' αυτές τις εγκαταστάσεις, επειδή δεν επιτυγχάνουν υψηλές θερμοκρασίες ατμού. Οι συλλέκτες που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι κοίλα παραβολικά κάτοπτρα με τα οποία επιτυγχάνονται υψηλές θερμοκρασίες ατμού, κατάλληλες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>4</sup>

- **Φωτοβολταϊκή τεχνική**

Η φωτοβολταϊκή τεχνική στηρίζεται στη μετατροπή της ενέργειας του φωτός απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Το σπουδαιότερο βασικό υλικό για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι

το πυρίτιο (Si), το οποίο είναι διαθέσιμο σε τεράστιες ποσότητες στη φύση ως οξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια αθόρυβα και χωρίς να υπάρχουν κινούμενα μέρη, όπως συμβαίνει με τους στρόβιλους και τις άλλες μηχανές ηλεκτροπαραγωγής. Υπάρχουν όμως πολλοί λόγοι για τους οποίους δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Οι σπουδαιότεροι είναι

- Ο βαθμός απόδοσής τους είναι μικρός.

Βαθμός απόδοσης είναι το πηλίκο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς τη φωτεινή ενέργεια που προσπίπτει πάνω στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν ξεπερνά το 20%.

- Το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλό.

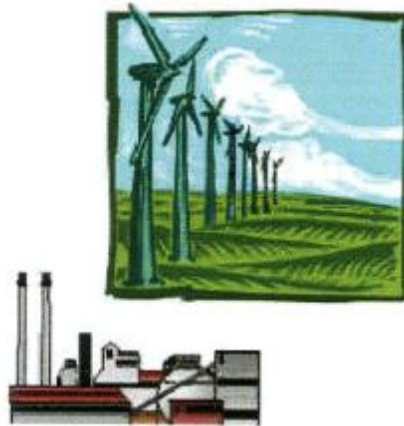
Οι έρευνες στον τομέα των φωτοβολταϊκών συνεχίζονται προς διάφορες κατευθύνσεις με στόχο τη μείωση του απαιτούμενου υλικού για την κατασκευή του φωτοβολταϊκού στοιχείου, (π.χ. πλάκες μικρότερου πάχους), τη μείωση του κόστους κατασκευής με την εφαρμογή εξελιγμένων μεθόδων κατεργασίας και την αύξηση του βαθμού αποδόσεώς τους. Η

φωτοβολταϊκή ηλεκτρική ενέργεια είναι φιλική προς το περιβάλλον, διότι δεν παράγει ιχναέρια ή άλλου είδους απόβλητα, δεν εκπέμπει θερμότητα στο περιβάλλον και παράγεται αθόρυβα.

### **3. Αιολική ενέργεια.** Αιολική

ονομάζεται η ενέργεια που περιέχει ο άνεμος. Οι άνεμοι είναι κινούμενες αέριες μάζες.

Η ενέργεια του ανέμου είναι τόσο μεγάλη όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του. Η αιολική



ενέργεια έχει πάρει το όνομα της από το θεό των ανέμων, τον Αίοιο, που λάτρευαν οι αρχαίοι Έλληνες. Η αιολική ενέργεια στην πραγματικότητα είναι μια δευτερεύουσα μορφή της ηλιακής ενέργειας, επειδή για να υπάρξει κίνηση του αέρα και δημιουργία ανέμου πρέπει κάποιες αέριες μάζες να ζεσταθούν, να γίνουν έτσι ελαφρύτερες, οπότε κινούνται ανοδικά. Τη θέση τους έρχονται να καταλάβουν ψυχρότερες μάζες αέρος από



γειτονικές περιοχές. Η κίνηση αυτή των αέριων μαζών δημιουργεί τους ανέμους. Στη θέση που εγκατέλειψαν οι θερμές μάζες αέρος, η βαρομετρική πίεση μειώνεται. Όσο μεγαλύτερη είναι η μείωση της βαρομετρικής πίεσης τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα των αέριων μαζών, δηλαδή του ανέμου, που έρχονται να κλείσουν το κενό.

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την αιολική ενέργεια εδώ και 3000 χρόνια για την κίνηση των πλοίων. Αργότερα χρησιμοποιήθηκε και σε άλλες δραστηριότητες, όπως για την άντληση νερού, για άλεση του σιταριού κ.α. Τα ερείπια πολλών ανεμόμυλων σε διάφορες περιοχές του κόσμου αλλά και στη χώρα μας μαρτυρούν το ρόλο που έπαιξε η αιολική ενέργεια στην ανάπτυξη της ανθρωπότητας.

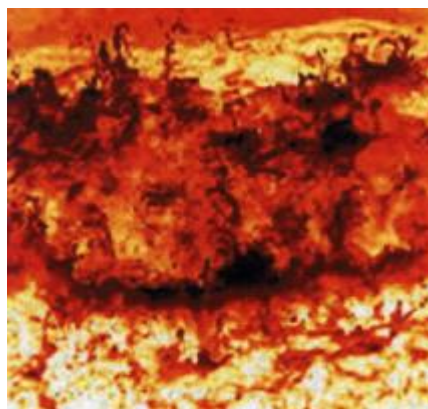
Η αιολική ενέργεια εγκαταλείφθηκε, επειδή οι νέες τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν (ατμομηχανές, μηχανές ντίζελ, βενζίνης και οι ηλεκτρικές μηχανές) ήταν πιο εύχρηστες, αποδοτικότερες και ανεξάρτητες από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Επίσης τα προβλήματα του περιβάλλοντος δεν απασχόλησαν για μεγάλες χρονικές περιόδους τους κατοίκους

της γης, διότι δεν είχαν γίνει αντιληπτά ή τουλάχιστον δεν ήταν τόσο έντονα όσο τα τελευταία χρόνια. Εκείνο όμως που αφύπνισε πραγματικά τη διεθνή κοινότητα ήταν οι πετρελαϊκές κρίσεις που ανέβασαν τις τιμές του πετρελαίου στα ύψη. Η σημερινή τεχνολογία των αιολικών μηχανών που μελετούνται και κατασκευάζονται με επιστημονικά και πειραματικά δεδομένα έχει επιτύχει να βελτιώσει κατά πολύ τις αποδόσεις τους. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι ότι πρόκειται για ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με μηδενική εκπομπή ιχναερίων. Εάν λοιπόν θέλουμε να βοηθήσουμε το περιβάλλον που ζούμε, το οποίο σήμερα κινδυνεύει όσο ποτέ άλλοτε, δεν πρέπει να διστάζουμε να τη χρησιμοποιούμε. Σήμερα, οι αιολικές μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Λειτουργούν διασυνδεδεμένες με τα τοπικά ή εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα. Είναι όμως δυνατή η λειτουργία τους και σε συνεργασία με μηχανές ντίζελ, μικρά υδροηλεκτρικά ή φωτοβολταϊκά. Μερικοί μάλιστα τύποι μικρών ανεμογεννητριών είναι κατασκευασμένοι για να

λειτουργούν τελείως ανεξάρτητα, τροφοδοτώντας τις καταναλώσεις.

#### **4. Γεωθερμία.**

Γενικά, γεωθερμία είναι η θερμική ενέργεια που περιέχεται στην μάζα της γης. Ειδικότερα όμως, όταν μιλάμε για γεωθερμία, εννοούμε τη θερμική ενέργεια



του φλοιού της γης και την ενέργεια της λάβας των ηφαιστείων η οποία ως γνωστό δεν προέρχεται από το φλοιό. Εκτός από τη λάβα, άλλες ενδείξεις από τις οποίες γίνεται αντιληπτή η γεωθερμική ενέργεια είναι οι θερμές πηγές, τα θερμά αέρια και οι θερμοπίδακες που συναντούμε σε διάφορες περιοχές της γης. Η θερμική ενέργεια του φλοιού της γης προέρχεται από τη διάπυρη μάζα του εσωτερικού της που βρίσκεται σε υγρή ή ημιυγρή κατάσταση κάτω από το φλοιό της και έχει πάχος 15-16 χιλιόμετρα. Η θερμοκρασία που επικρατεί στη διάπυρη μάζα είναι μερικές χιλιάδες °C. Η θερμότητα της γης προέρχεται από

την αρχική θερμότητα που περιείχε η διάπυρη μάζα κατά τον αρχικό σχηματισμό της, αλλά και από τη θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη ραδιενεργό διάσπαση των ατόμων του ουρανίου, του θορίου και του κοβαλτίου που περιέχονται σ' αυτή. Λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών του εσωτερικού της γης, υπάρχει συνεχής ροή θερμότητας προς το φλοιό της. Κάθε 30 μέτρα βάθος, η θερμοκρασία του φλοιού ανεβαίνει κατά 1°C. Αυτό σημαίνει ότι για να εκμεταλλευτεί κανείς τη θερμότητα της γης πρέπει να προχωρήσει σε μεγάλα βάθη. Η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από τις πηγές και τους θερμοπίδακες ονομάζεται υδρογεωθερμική ενέργεια. Τις θερμές πηγές τις χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για θερμά ιαματικά λουτρά, επειδή το νερό τους περιέχει διαλυμένες διάφορες ενώσεις και στοιχεία που έχουν ιαματικές ιδιότητες. Στην πόλη Reykjavík της Ισλανδίας σχεδόν ολόκληρη η θερμική ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση προέρχεται από τη γεωθερμία.

Η γεωθερμία χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές όπου υπάρχει πολύ μεγάλο γεωθερμικό δυναμικό. Προϋπόθεση για τη χρησιμοποίησή του

ατμού που προέρχεται από ένα γεωθερμικό πεδίο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η θερμοκρασία του να ξεπερνά τους 130°C.

Η γεωθερμία δεν είναι ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Τη συμπεριλαμβάνουμε στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, επειδή το γεωθερμικό δυναμικό θεωρείται ανεξάντλητο λόγω των τεράστιων αποθεμάτων θερμότητας που περιέχει το εσωτερικό της γης.

Εκεί όπου, από πλευράς χαρακτηριστικών μεγεθών του γεωθερμικού πεδίου (θερμοκρασία, παροχή) είναι δυνατό, γίνεται συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, η οποία χρησιμοποιείται για θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων και αντιπαγετική προστασία καλλιεργειών που βρίσκονται σε περιοχές με δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες. Στην Ελλάδα, το γεωθερμικό δυναμικό δεν χρησιμοποιείται ακόμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά για την εκμετάλλευση της θερμότητας σε διάφορες χρήσεις, όπως θερμοκήπια και αντιπαγετική προστασία καλλιεργειών. Η γεωθερμία είναι μια εναλλακτική μορφή ενέργειας που όταν τη χρησιμοποιούμε

βοηθάει στην εξοικονόμηση καυσίμων και στη μείωση των ιχναερίων, πλην όμως πρέπει να παραδεχθούμε ότι δημιουργεί κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα προβλήματα όμως αυτά είναι με σωστή μελέτη και κατασκευή των εγκαταστάσεων, αντιμετωπίσιμα. Ο ατμός και το νερό του γεωθερμικού πεδίου μετά την εκμετάλλευση της θερμότητας τους στις εγκαταστάσεις, όταν ελευθερώνονται χωρίς επεξεργασία στην ατμόσφαιρα ή τους υγρούς αποδέκτες, επιβαρύνουν το περιβάλλον, επειδή πάντοτε περιέχουν προσμίξεις που ρυπαίνουν και βλάπτουν. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις, το νερό επιστρέφει ξανά στη γη για να θερμανθεί και να μεταφέρει νέα ποσότητα θερμότητας στην εγκατάσταση. Στην περίπτωση αυτή δεν ελευθερώνει τίποτα το βλαβερό στο περιβάλλον. Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετά γεωθερμικά πεδία ιδίως χαμηλής θερμοκρασίας (χαμηλής ενθαλπίας) και γίνονται μελέτες για την εκμετάλλευση τους. Τα σπουδαιότερα γεωθερμικά πεδία που είναι γνωστά στον ελληνικό χώρο και είναι συνήθως θέσεις με θερμές πηγές ή θερμά αέρια έχουν θερμοκρασία από 30-100°C.

### **5. Παλίρροια.** Η

παλίρροια είναι ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο κάθε 12 περίπου ώρες αλλάζει το ύψος της στάθμης της



θάλασσας. Η απόσυρση του νερού ονομάζεται άμπωτης και η επιστροφή του πλημμυρίδα. Η παλίρροια προκαλείται από την αλληλεπίδραση της παγκόσμιας έλξης του συστήματος Γη - Σελήνη - Ήλιος. Τόσο κατά τη μείωση όσο και κατά την αύξηση της στάθμης, μεγάλες μάζες νερού μετακινούνται. Το νερό κατά την κίνηση του προς την μια ή την άλλη κατεύθυνση μεταφέρει ενέργεια την οποία μπορούμε να εκμεταλλευτούμε με κατάλληλες εγκαταστάσεις. Έτσι, π.χ. εάν κλείσουμε με φράγμα την είσοδο ενός κόλπου και εγκαταστήσουμε εκεί

υδροστροβίλους μπορούμε να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια. Τη ροή του νερού την εκμεταλλευόμαστε και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η παλιρροιακή ενέργεια είναι ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Η παλίρροια δεν έχει σ' όλα τα μέρη της γης την ίδια ένταση. Για το λόγο αυτό δεν είναι παντού εκμεταλλεύσιμη. Στην Ελλάδα, η γνωστότερη περιοχή που υπάρχει παλίρροια είναι ο Ευβοϊκός κόλπος. Δεν μας είναι όμως γνωστό εάν το παλιρροιακό δυναμικό είναι εκμεταλλεύσιμο.

**6. Ενέργεια των κυμάτων.** Τα κύματα τα οποία δημιουργούνται από τους ανέμους απορροφούν μέρος της ενέργειας τους, την οποία μεταφέρουν ως δυναμική και ως κινητική ενέργεια. Με κατάλληλες εγκαταστάσεις κοντά στις ακτές



είναι δυνατό να εκμεταλλευτούμε αυτή την ενέργεια. Μέχρι τώρα



έχουν γίνει ελάχιστες μικρές πειραματικές εγκαταστάσεις. Στη χώρα μας δεν υπάρχει καμία πρακτική εφαρμογή παρά μόνο μερικές μελέτες.

### **8. Βιομάζα.**

Η ενεργειακή χρήση της φυτικής βιομάζας άρχισε από τότε που ανακαλύφθηκε η φωτιά. Εδώ και χιλιάδες χρόνια



χρησιμοποιούνται οι κορμοί, οι κώνοι, τα κλαδιά, οι θάμνοι ως πηγή ενέργειας για θέρμανση, μαγείρεμα, κατεργασία και τήξη μετάλλων. Η χρησιμοποίησή τους συνεχίζεται και καλύπτει σήμερα το 7-10% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Η φυτική βιομάζα προέρχεται από τα φυτά τα οποία την παράγουν με φωτοσύνθεση. Το κάθε φυτό καταναλώνει διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σχηματίζει ενώσεις του

άνθρακα, κυρίως υδατάνθρακες. Αν και κατά την καύση της βιομάζας εκπέμπουμε διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>, στην ατμόσφαιρα δεν αυξάνουμε το CO<sub>2</sub>, επειδή η βιομάζα, για να δημιουργηθεί με τη φωτοσύνθεση, απορρόφησε CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα για το σχηματισμό των υδατανθράκων. Το CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα είναι τόσο όσο αυτό που πήρε το φυτό από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία αυτής της ποσότητας της βιομάζας που κάψαμε. Για το λόγο αυτό, η βιομάζα θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, με την προϋπόθεση ότι η βιομάζα που κάηκε θα αντικατασταθεί με την παραγωγή νέας. Εάν οι περιοχές, όπου κάηκε η βιομάζα, δοθούν για άλλη χρήση, τότε το CO<sub>2</sub> που προήλθε από την καύση της βιομάζας παραμένει στην ατμόσφαιρα και επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **4.1.Εθνική και κοινοτική νομοθεσία για το περιβάλλον.**

Το πρόβλημα της προστασίας του περιβάλλοντος έχει παγκόσμια διάσταση. Είναι ένα από τα μεγάλα προβλήματα της εποχής μας. Δεν είναι βέβαια καινούργιο, με την έννοια ότι πάντοτε οι ενέργειες του ανθρώπου, άμεσα ή έμμεσα, είχαν κάποιο αντίκτυπο στον φυσικό χώρο που τον περιβάλλει. Σήμερα όμως, όπως δείχνουν τα πράγματα, η υποβάθμιση και καταστροφή του περιβάλλοντος αποτελούν μια εκτεταμένη και γεμάτη κινδύνους πραγματικότητα. Και τούτο γιατί, ασφαλώς και η φύση έχει τα όριά της. Δεν είναι δυνατόν να ανέχεται επ' αόριστον, χωρίς επιζήμιες συνέπειες, οποιοσδήποτε επιβαρύνσεις. Οι αλόγιστες παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον, η καταχρηστική χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση του φυσικού πλούτου οδηγούν, αν όχι αμέσως, μεσοπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα σε ολέθριες συνέπειες. Υποβαθμίζονται,

καταστρέφονται ή εξαφανίζονται πρωταρχικά για τη ζωή αγαθά, θεωρούμενα μέχρι προ τίνος ανεξάντλητα ή αναλλοίωτα, όπως το καθαρό νερό, ο καθαρός αέρας, τα τοπία, τα ζώα, τα φυτά. Μεταβάλλονται, σε αρνητική κατεύθυνση, οι κλιματολογικές συνθήκες, υπονομεύεται η διατροφή μας, απειλείται πολύπλευρα η υγεία μας, εμποδίζεται ή διαστρέφεται η φυσιολογική ανάπτυξη του ψυχικού μας κόσμου. Η συνειδητοποίηση των παραπάνω κινδύνων συντελέστηκε με αργό ρυθμό. Αρχίσαμε να μιλάμε για το περιβάλλον, για τους κινδύνους που το απειλούν, για την ανάγκη προστασίας του εδώ και τρεις δεκαετίες περίπου. Προηγούμενα, ακόμη και ο όρος "Περιβάλλον" με την έννοια που χρησιμοποιείται σήμερα, ήταν άγνωστος στο ευρύ κοινό. Ορισμένες μεγάλες καταστροφές, ορισμένα συνταρακτικά γεγονότα επιτάχυναν την αφύπνιση. Δεν άργησε να αναγνωρισθεί ότι υπήρχε άκρως επιτακτική ανάγκη να ληφθούν μέτρα και μάλιστα μέτρα συντονισμένα σε ευρύτερη διεθνή ή και παγκόσμια κλίμακα. Γιατί είναι φανερό ότι το φυσικό περιβάλλον είναι ενιαίο και

αδιαίρετο. Η φύση δεν έχει στεγανά. Η ρύπανση ή η υποβάθμιση του περιβάλλοντος δεν γνωρίζουν εθνικά σύνορα.

Η αναγνώριση της οικουμενικότητας του προβλήματος σημειώθηκε με μια παγκόσμια συνάντηση για το περιβάλλον που πραγματοποίησε ο Ο.Η.Ε στη Στοκχόλμη, τον Ιούνιο του 1972. Σκοπός της συνδιάσκεψης αυτής ήταν ο καθορισμός μορφών συλλογικής δράσης για την προστασία του περιβάλλοντος και η κινητοποίηση όλων των δυνάμεων προς την κατεύθυνση αυτή. Στο προοίμιο της Διακήρυξης που ακολούθησε, τη γνωστή ως Διακήρυξη της Στοκχόλμης, υπογραμμίζονται ο επείγων χαρακτήρας, το μέγεθος και οι δυσκολίες του στόχου, δηλώνεται όμως η απόλυτη εμπιστοσύνη στην επιστήμη και την τεχνική, παράγοντες που μπορούν να βοηθήσουν τον άνθρωπο στην προσπάθεια του για βελτίωση και προστασία του περιβάλλοντος.

Η Διακήρυξη της Στοκχόλμης δεν είναι ένα κείμενο υποχρεωτικό, νομικά δεσμευτικό. Πρόκειται για μια πράξη αφύπνισης της παγκόσμιας συνείδησης και αναπροσανατολισμού της, ένα πρόγραμμα που θέτει κοινά

πλαίσια δράσης και υιοθετεί ορισμένες αρχές. Οι αρχές αυτές οφείλουν να εμπνέουν τους λαούς του κόσμου στον αγώνα τους για την προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι μεταξύ άλλων η Διακήρυξη της Στοκχόλμης ορίζει: "Ο άνθρωπος έχει ένα θεμελιώδες δικαίωμα στην ελευθερία, στην ισότητα και σε συνθήκες ζωής ικανοποιητικές, σ' ένα περιβάλλον του οποίου η ποιότητα του επιτρέπει να ζει με αξιοπρέπεια και ευημερία, αλλά από την άλλη πλευρά οφείλει να προστατεύει και να βελτιώνει το περιβάλλον για το δικό του συμφέρον αλλά και για το συμφέρον των απογόνων του...".

Η πρώτη αυτή Συνδιάσκεψη του Ο.Η.Ε έδωσε μια γενικότερη ώθηση τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ακολούθησαν μια σειρά από Διεθνείς Συμβάσεις και αρκετές εθνικές νομοθετικές πράξεις για την προστασία του Περιβάλλοντος. Ενδεικτικά, αναφέρονται η Σύμβαση των Παρισίων (1972) για την προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής κληρονομιάς, η Σύμβαση της Ουάσιγκτον (1973) για την προστασία των απειλούμενων ειδών πανίδας και χλωρίδας, η Τελική Πράξη του Ελσίνκι (1975) για

την ασφάλεια και τη συνεργασία στην Ευρώπη, η Σύμβαση της Βαρκελώνης (1976) για την προστασία της Μεσογείου κ.ά. Σε εθνικό επίπεδο, αρκετές χώρες εμφανίζουν θεσμικές και εξειδικευμένες νομοθετικές ρυθμίσεις για το περιβάλλον όπως π.χ. η Γαλλία, η Σουηδία, η Ιαπωνία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Ρουμανία, η Ουγγαρία κ.ά.

#### **4.2 Νομοθεσία προστασίας του περιβάλλοντος στην**

##### **Ελλάδα**

Στη δεκαετία του '70, στην Ελλάδα - όπως και σε άλλες χώρες υπό την πίεση προβλημάτων που είχαν αρχίσει να κάνουν αισθητή την παρουσία τους (π.χ. ατμοσφαιρική ρύπανση-νέφος της Αθήνας, ρύπανση της θάλασσας κ.ά) και υπό την επίδραση, ασφαλώς, της γενικότερης ανά τον κόσμο κινητοποίησης για την προστασία του περιβάλλοντος που εκδηλώθηκε εκείνη την εποχή (π.χ. Α' Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον, Στοκχόλμη 1972), είδαν το φως ορισμένες

ειδικές νομικές διατάξεις που αντιμετωπίζουν ευθέως το πρόβλημα.

#### **4.3 Συνταγματικές διατάξεις**

Το ισχύον Σύνταγμα (1975) περιλαμβάνει διατάξεις που αναφέρονται σαφώς στο θέμα του περιβάλλοντος. Έτσι, σύμφωνα με το άρθρο 24 παρ. 1 αυτού, η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους. Για τη διαφύλαξη του το Κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα.

Στη χώρα μας, πριν από το Σύνταγμα του 1975, οι συνταγματικές διατάξεις δεν αναφέρονταν ρητά στο πρόβλημα της προστασίας του περιβάλλοντος. Μόνο με τρόπο έμμεσο μπορούσαν να θεωρηθούν ότι ρύθμιζαν τα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος, ιδίως δια μέσου των διατάξεων που αναφέρονταν στην προστασία της ζωής του ανθρώπου, της προσωπικότητας και της υγείας του. Επανερχόμενοι στο ισχύον Σύνταγμα του 1975, παρατηρούμε ότι τούτο



προστατεύει τόσο το φυσικό όσο και πολιτιστικό περιβάλλον. Πέρα από τη γενική ρήτρα της πρώτης παραγράφου, το άρθρο 24, με τις διατάξεις παραγράφων που ακολουθούν, αναφέρεται ειδικότερα στην προστασία των δασών και δασικών εν γένει εκτάσεων, περιλαμβάνει διατάξεις σχετικές με την χωροταξική αναδιάρθρωση και την πολεοδομική ανάπτυξη της χώρας και διατάξεις για την προστασία των μνημείων, των παραδοσιακών περιοχών και των παραδοσιακών στοιχείων. Η θέσπιση της συνταγματικής προστασίας του περιβάλλοντος είναι πολύ σημαντική: Ο συνταγματικός νομοθέτης αναγνωρίζει ρητά ότι η προστασία του περιβάλλοντος είναι ένα ζωτικό πρόβλημα της κοινωνίας και της εποχής μας και πρέπει να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά. Το άρθρο 24 του Συντάγματος γίνεται έτσι η αφετηρία για την προστασία του περιβάλλοντος και λειτουργεί ως επιταγή προς το κοινό νομοθέτη να διαμορφώσει, με τη σειρά του, ένα σύστημα ειδικών κανόνων δικαίου, ικανών να προστατεύουν το ελληνικό Περιβάλλον.

#### **4.4 Η κοινοτική νομοθεσία για τη προστασία του περιβάλλοντος**

Η ιδρυτική της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας (Ε.Ο.Κ) Συνθήκη (Ρώμη 1957) δεν προέβλεπε ρητά Κοινοτική Πολιτική για το Περιβάλλον, όπως συνέβαινε σε άλλους τομείς και συγκεκριμένα στο εμπόριο, στη γεωργία, στις μεταφορές και στον κοινωνικό τομέα.

Η εξήγηση γι' αυτήν την "απουσία" βρίσκεται στο γεγονός ότι την εποχή εκείνη δηλ. στη δεκαετία του '50, η έννοια της "περιβαλλοντικής πολιτικής" ή "της προστασίας του περιβάλλοντος" όπως την εννοούμε σήμερα, δεν υφίστατο. Μόνο με τρόπο έμμεσο μπορούσε να συναχθεί ο σύνδεσμος με μία πολιτική περιβάλλοντος. Έτσι από το γεγονός ότι η ιδρυτική πράξη της Ε.Ο.Κ. καθορίζει ως έναν από τους κύριους σκοπούς της: "τη διαρκή βελτίωση των συνθηκών ζωής και εργασίας των λαών της...", η Κοινότητα έχει την υποχρέωση να επιδιώκει και εξασφαλίζει στους πολίτες της, το καλλίτερο δυνατό περιβάλλον εργασίας και ζωής, δηλ. καθαρό αέρα και νερό, καθαρή τροφή, δυνατότητα πρόσβασης σε ένα υγιεινό

περιβάλλον. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο η Κοινότητα - υπό το Κράτος της ιδρυτικής πράξης - αναμείχθηκε στα περιβαλλοντικά πράγματα, είναι οικονομικής φύσεως. Οι διαφορές μεταξύ των εθνικών νομοθεσιών για το περιβάλλον θα ήταν δυνατό να επηρεάσουν την καλή λειτουργία της Κοινής Αγοράς με τη δημιουργία ανισοτήτων και στρεβλώσεων στον ανταγωνισμό και τεχνικών εμποδίων στη διεξαγωγή του εμπορίου στο εσωτερικό της. Τέλος, ένας άλλος λόγος που επέτρεψε αλλά και κατέστησε αναγκαία την ενασχόληση της Κοινότητας με τις περιβαλλοντικές πολιτικές απορρέει τόσο από τη φύση της Κοινότητας όσο και από τον χαρακτήρα των περιβαλλοντικών προβλημάτων: Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, ως έκφραση στην πράξη της ενότητας και της συνεργασίας μεταξύ Ευρωπαϊκών Εθνών, όφειλε να διαδραματίσει ένα ενεργητικό ρόλο στην αντιμετώπιση προβλημάτων που από τη φύση της ξεπερνούν τα εθνικά σύνορα των Κρατών. Στο πλαίσιο αυτό, η Κοινοτική νομοθεσία προστασίας του περιβάλλοντος έχει μία ιδιαίτερη αξία, καθώς επιδιώκει αλλά και συμβάλλει τα μέγιστα στην εναρμόνιση αλλά και στην εξέλιξη των νομοθεσιών των

Κρατών - μελών. Αυτή η ευρύτερη Κοινοτική διάσταση καθιστά την Κοινότητα ιδιαίτερα αποτελεσματική και σε πιο εκτεταμένο διεθνές πεδίο. Η διεθνής αυτή δράση της εκδηλώνεται, κατ' αρχήν, με την ενεργητική συμμετοχή της σε πολυάριθμες διεθνείς Συνθήκες στις οποίες έχει καταστεί από νομική άποψη συμβαλλόμενο μέρος. Οι Συνθήκες αυτές αφορούν κυρίως τη ρύπανση των νερών αλλά επίσης, σε μικρότερο βαθμό, τη ρύπανση του αέρα και την προστασία της πανίδας και της χλωρίδας. Παρουσιάζουν είτε ένα Παγκόσμιο χαρακτήρα, όπως η Συνθήκη της Βιέννης του 1985 για την προστασία της στοιβάδας του όζοντος ή όπως η Συνθήκη της Ουάσιγκτον του 1973 για την προστασία των απειλούμενων ειδών πανίδας και χλωρίδας, είτε ένα περιφερειακό χαρακτήρα καθώς αφορούν χώρες κάποιας γεωγραφικής ζώνης (π.χ. Μεσόγειος, Ατλαντικός, Βόρεια θάλασσα κ.λ.π.).

Εκτός από τη συμμετοχή της σε πολυάριθμες διεθνείς συμβάσεις, η Κοινότητα συνήψε σταθερές σχέσεις με ορισμένες τρίτες χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, η Ελβετία κ.ά. Είναι επίσης παρούσα σε μια σειρά διεθνών

οργανισμών που ασχολούνται με θέματα περιβάλλοντος όπως το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον (PNUME), η Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη ομοίως του Ο.Η.Ε., ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης κ.ά. Τέλος η Κοινότητα συνήψε πολυάριθμες συμφωνίες τεχνικής και επιστημονικής συνεργασίας στον τομέα της έρευνας για το περιβάλλον με ορισμένες τρίτες χώρες της Δυτικής Ευρώπης , καθώς επίσης συμφωνίες τεχνικής συνεργασίας που έχουν και πτυχές περιβαλλοντικές με ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες, όπως π.χ. με την Αίγυπτο, την Κίνα κ.ά.

#### **4.5 Γένεση και ανάπτυξη της Κοινοτικής Πολιτικής για το Περιβάλλον**

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υιοθέτησε, για πρώτη φορά, μία επίσημη Πολιτική για το Περιβάλλον, 15 χρόνια μετά την υπογραφή της Συνθήκης της Ρώμης (1957) κατά τη Συνάντηση

Κορυφής των αρχηγών Κρατών και Κυβερνήσεων της Κοινότητας στο Παρίσι, το έτος 1972.

Μέσα σε κλίμα σχετικής ευημερίας και σταθερότητας, οι Ευρωπαίοι ηγέτες, κατά τη συνάντησή τους αυτή, έκριναν ότι η οικονομική ανάπτυξη θα πρέπει να καταλήγει επίσης και σε βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής και ότι για το σκοπό αυτό επιβάλλεται να δοθεί μία ιδιαίτερη προσοχή στο περιβάλλον. Κάλεσαν δε τα Κοινοτικά Όργανα να καταρτίσουν ένα πρώτο πρόγραμμα περιβαλλοντικής δράσης. Ακολούθησαν και άλλα τέτοια προγράμματα, το καθένα απ' αυτά καλύπτει, συνήθως, μία χρονική περίοδο 5 ετών. Έτσι, έχουμε:

- Το Πρώτο Πρόγραμμα Δράσης (1973-1976)
- Το Δεύτερο Πρόγραμμα Δράσης (1977-1981)
- Το Τρίτο Πρόγραμμα Δράσης (1982-1986)
- Το Τέταρτο Πρόγραμμα Δράσης (1987-1992)
- Το Πέμπτο Πρόγραμμα Δράσης (1993-2000).

Τα Προγράμματα Δράσης για το Περιβάλλον καθορίζουν και περιγράφουν το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται από την Κοινότητα στον τομέα της προστασίας του Περιβάλλοντος. Αποτελούν τα σημεία αναφοράς της Κοινοτικής Πολιτικής για το Περιβάλλον. Υιοθετούνται από το Συμβούλιο των Υπουργών ύστερα από πρόταση της Επιτροπής

#### **4.6 Συμπεράσματα**

Η προστασία του περιβάλλοντος, που συμβαδίζει με την ποιοτική και ελεγχόμενη ανάπτυξη (βιώσιμη ανάπτυξη), αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την επιβίωση του ανθρώπου, τόσο σε ένα δεδομένο εθνικό χώρο όσο και σε παγκόσμια κλίμακα.

Λόγω της κρισιμότητας και του οικουμενικού χαρακτήρα του προβλήματος και χάρις στην ολοένα και αυξανόμενη συνειδητοποίηση των κινδύνων που απορρέουν από την υποβάθμιση και καταστροφή του περιβάλλοντος, αναπτύσσονται τόσο στις κατ' ιδίαν χώρες όσο και στο πλαίσιο

διεθνικών κοινοτήτων ή και ακόμη ευρύτερα, σε παγκόσμια κλίμακα, πολύπλευρες δράσεις για την προστασία του.

Το δίκαιο, σε στενή σύνδεση και αλληλεξάρτηση με τις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία, προσπαθεί να συμβάλλει στην προστασία της φύσης και των φυσικών πόρων, να συνεισφέρει στον αγώνα κατά των ποικίλων μορφών ρύπανσης και υποβάθμισης του περιβάλλοντος και να ενισχύσει τις προσπάθειες για την εξασφάλιση ποιότητας ζωής. Αν στις αρχές της δεκαετίας του '70, το δίκαιο του Περιβάλλοντος, ως ξεχωριστός κλάδος του δικαίου, πραγματοποιούσε τα πρώτα του βήματα, σήμερα πλέον μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει ενηλικιωθεί τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν χρειάζονται προσπάθειες για περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωσή του. Κενά και αδυναμίες υπάρχουν. Επιβάλλεται π.χ. να ενισχυθεί περισσότερο η προληπτική πτυχή της σύγχρονης περιβαλλοντικής νομοθεσίας και να διασφαλιστεί, με κατάλληλους θεσμούς, η αποτελεσματικότερη εφαρμογή της.



Από την άποψη της συντελούμενης προόδου στον επίμαχο τομέα, αξιομνημόνευτο είναι το έργο που παράγεται στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σημειώνονται εξελίξεις: θεσμικές πραγματοποιήσεις, νέοι στόχοι, ιδέες και πολιτικές, πλούσια νομοθετική παραγωγή. Η σημασία τους για τα Κράτη - μέλη της Ένωσης είναι καθοριστική: οι επιτυχίες αυτές οδηγούν στην προώθηση της εναρμόνισης αλλά και εξέλιξης των εσωτερικών τους νομοθεσιών. Η χώρα μας, ως Κράτος - μέλος της Ένωσης, οφείλει να αξιοποιήσει επωφελώς τις προσφερόμενες δυνατότητες.

Ρητή νομική πρόβλεψη μιας Κοινοτικής Πολιτικής Περιβάλλοντος έχουμε 30 χρόνια αργότερα (1987) με τις τροποποιήσεις της Συνθήκης της Ρώμης που είναι γνωστές ως Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (άρθρο 25). Εν τούτοις, περισσότερες από 100 θεσμικές πράξεις, κυρίως Οδηγίες, υιοθετήθηκαν κατά τη διάρκεια 15 ετών (1972- 1987) αφότου οι Ευρωπαίοι ηγέτες (Παρίσι 1972) έκαναν τα πρώτα δοκιμαστικά βήματα προς τη χάραξη μιας τέτοιας πολιτικής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση - λαμβάνει τριών ειδών νομοθετικά μέτρα για την προστασία του

περιβάλλοντος: Οδηγίες, Κανονισμούς και Αποφάσεις. Το νομοθετικό αυτό "οπλοστάσιο" αποτελείται κυρίως από Οδηγίες, ενώ ο αριθμός των Κανονισμών και Αποφάσεων είναι μικρός. Με τις Οδηγίες παρέχεται στην Ε.Ε. η δυνατότητα να καθορίζει στόχους, πρότυπα και υποχρεώσεις που πρέπει να εκφραστούν σε εσωτερική νομοθεσία των Κρατών - μελών, μέσα σε ορισμένη προθεσμία. Οι Κανονισμοί είναι άμεσα δεσμευτικοί και εφαρμόζονται άμεσα από τα Κράτη-μέλη. Δεν απαιτείται δηλ. η λήψη νομοθετικών μέτρων για την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών προς αυτούς. Οι Αποφάσεις είναι άμεσα δεσμευτικές για τα Κράτη-μέλη και συνήθως αφορούν την κύρωση από την Ε.Ε. Διεθνών Συμβάσεων και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ της Ένωσης και των Κρατών-μελών.

## **ΜΕΡΟΣ Β**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

#### **5.1. Μελέτη αυτόνομου συστήματος για εξοχική κατοικία στην Αττική με τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.**

Η κατοικία μας είναι περίπου 150m<sup>2</sup> και βρίσκεται στο χώρο του λεκανοπεδίου Αττικής. Για το ζεστό νερό η λύση που υιοθετήθηκε ήταν συστήματα ηλιακών συλλεκτών, για την θέρμανση ήταν οι αντλίες θερμότητας, ενώ όλες οι άλλες ηλεκτρικές συσκευές/καταναλωτές θα τροφοδοτούνται από ένα αυτόνομο PV-σύστημα που θα εγκατασταθεί στην οροφή.

## 5.2. Αντλίες θερμότητας

Η Αντλία θερμότητας, είναι μια μηχανή μέσω της οποίας ένα ρευστό υφίσταται θερμοδυναμικό κύκλο και μεταφέρει ποσό θερμότητας από μια περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας σε μία άλλη περιοχή μεγαλύτερης.

Επειδή η μηχανή αυτή προκαλεί ροή θερμότητας από χαμηλή  $T$  σε υψηλή, δηλαδή αντίθετα από αυτήν που αυθόρμητα ρέει η θερμότητα, για αυτό απαιτείται να δοθεί στη μηχανή ενέργεια,  $W$ .

Ο συντελεστής αποδοτικότητας, COP, ορίζεται ως ο λόγος της θερμότητας  $Q_1$  που θα αποδοθεί στο χώρο, για να τον θερμάνει, προς το ποσό της ενέργειας,  $W$ , που απαιτήθηκε για να λειτουργήσει η μηχανή.

Σύμφωνα με το 1<sup>ο</sup> Θερμοδυναμικό Αξίωμα το ποσό  $Q_1$  που ισούται με το ποσό θερμότητας  $Q_2$ , που το ρευστό παρέλαβε από ένα χώρο ή από ένα άλλο ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας, συν την ενέργεια που κατεβλήθη στην μηχανή για να λειτουργήσει, είναι:

$$Q_1 = Q_2 + W \quad (2.1)$$

Επομένως,

$$(COP)_h = Q_1/W = (Q_2 + W)/W = 1 + Q_2/W > 1 \quad (2.2)$$

$(COP)_h$  :είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της αντλίας θερμότητας για θέρμανση.

Βέβαια, η ίδια μηχανή, αντλία θερμότητας, που χρησιμοποιείται για να θερμάνει ένα χώρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απαγάγει θερμότητα  $Q_2$  από αυτόν, δηλ. για να τον ψύξει.

Για το λόγο αυτό - το ρευστό θα πρέπει να εκτελέσει ένα θερμοδυναμικό κύκλο αντίστροφης φοράς.

Στην περίπτωση αυτή (ψύξη), ο συντελεστής (βαθμός) αποδοτικότητας  $(COP)_c$  ορίζεται ως ο λόγος:

$$(COP)_c = Q_2/W = (Q_1 - W)/W = Q_1/W - 1 \quad (2.3)$$

Από τις δυο ανωτέρω σχέσεις καταλήγουμε στο ότι:

$$(\text{COP})_h - (\text{COP})_c = 1 \quad (2.4)$$

Αντίστοιχα, οι συντελεστές  $(\text{COP})_h$  και  $(\text{COP})_c$  για ένα ρευστό που υφίσταται έναν αντιστρεπτό ιδανικό κύκλο Carnot δίνονται από τις σχέσεις:

$$(\text{COP})_{\text{max},h} = T_h / (T_h - T_1) \quad (2.5)$$

$$(\text{COP})_{\text{max},c} = T_1 / (T_h - T_1) \quad (2.6)$$

$T_h$ : η υψηλή θερμοκρασία στην οποία αποδίδεται το ποσό θερμότητας  $Q_1$

$T_1$ : η χαμηλή θερμοκρασία του χώρου από την οποία απάγεται η θερμότητα  $Q_2$ .

Γενικά, οι Αντλίες Θερμότητας όπως είπαμε είναι μηχανές που βασίζονται σε θερμοδυναμικό κύκλο που υφίσταται ένα ρευστό ή μείγμα δύο ενώσεων, π.χ.  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ , ενεργοποιημένος άνθρακας (C) & Αλκοόλη, Li ή BR &  $\text{H}_2\text{O}$  και κατά τον οποίο

ποσό θερμότητας  $Q_1$ , λαμβάνεται από ένα χώρο και αποδίδεται ένα ποσόν  $Q_2$  σε άλλο χώρο, με καταβολή μηχανικού έργου  $W$ , κατά τον κύκλο αυτόν.

### **5.2.1. Αρχή Λειτουργίας Αντλιών Θερμότητας**

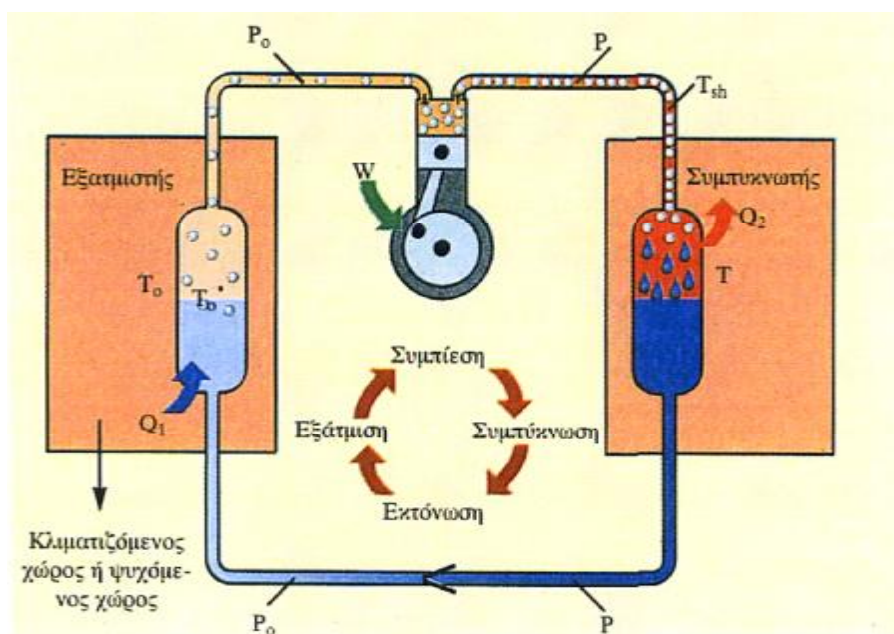
Ένα θεμελιώδες κριτήριο για το εάν οι αντλίες θερμότητας είναι συγκρίσιμες με άλλα συστήματα θέρμανσης στη βάση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών καυσαερίων, είναι ο (κρίσιμος) ετήσιος συντελεστής αποδοτικότητας που οι αντλίες θερμότητας πρέπει να επιτύχουν για να αποδειχθούν ανώτερες από τις μηχανές που λειτουργούν με πετρέλαιο ή φυσικό αέριο ή άλλα καύσιμα.

Υπολογισμοί δείχνουν ότι ο ετήσιος συντελεστής αποδοτικότητας, COP, πρέπει να υπερβεί το 2.4 που επιτυγχάνουν οι μηχανές Diesel και το 2.7 που επιτυγχάνουν τα συστήματα θέρμανσης με φυσικό αέριο. Όπως είπαμε προηγουμένως, ο (κρίσιμος) ετήσιος συντελεστής αποδοτικότητας ορίζεται ως ο λόγος της θερμότητας  $Q_2$  που

αποβάλλεται από τον Συμπυκνωτή, εντός ενός έτους, προς την καταναλισκόμενη ενέργεια,  $W$ , από τον Συμπιεστή μέσα σε ένα έτος. Είναι δηλαδή ο λόγος της υποβαλλόμενης θερμότητας,  $Q_2$ , προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια  $W$ .

Ακόμα και αν ληφθούν υπ' όψιν οι απώλειες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση των αντλιών θερμότητας με  $COP > 3.3$  είναι οικολογικά αποδοτική. Μάλιστα, οι σύγχρονες αντλίες θερμότητας φθάνουν ένα ετήσιο συντελεστή άνω του 4.0.

**Σχήμα 5.2.1.1**



**Αρχή Λειτουργίας Αντλιών θερμότητας**



**P<sub>0</sub>**: Χαμηλή πίεση του ρευστού στον εξατμιστή, από τη βαλβίδα εκτόνωσης μέχρι και την είσοδο στον Συμπιεστή.

**P**: Διαδρομή υψηλής πίεσης από την έξοδο του Συμπιεστή μέχρι και τη βαλβίδα διαστολής.

**T<sub>0</sub>**: Θερμοκρασία του (κλιματιζόμενου) χώρου. Αυτό μπορεί να είναι το έδαφος, ή το νερό ή ο αέρας που περιβάλλει τον εξατμιστή. Από το μέσο αυτό το ρευστό απομακρύνει το ποσό θερμότητας, Q<sub>1</sub>. Συγκεκριμένα, το ρευστό κατά τη διεργασία της εξάτμισης του παραλαμβάνει το ποσό της θερμικής ενέργειας Q<sub>1</sub> από το περιβάλλον του εξατμιστή που είναι το έδαφος ή ένας χώρος προς ψύξη / κλιματισμό.

**T**: Θερμοκρασία του μέσου, που συνήθως είναι το νερό της κεντρικής θέρμανσης το οποίο περιβάλλει το συμπυκνωτή. Είναι το μέσον το οποίο δέχεται τελικά την θερμότητα Q<sub>2</sub>.

**T<sub>0</sub>\***: Σημείο βρασμού του εργαζόμενου ρευστού στον εξατμιστή σε πίεση P<sub>0</sub>.

**T<sub>SH</sub>**: Θερμοκρασία του υπερθερμανθέντος εργαζόμενου ρευστού, ακριβώς μετά τον συμπιεστή.

**Q<sub>1</sub>:** Θερμότητα που λαμβάνει ο εξατμιστής ή ισοδύναμα ποσό θερμότητας που απομακρύνεται από το περιβάλλον του εξατμιστή.

**Q<sub>2</sub>:** Θερμότητα που αποβάλλεται από το ρευστό στον συμπυκνωτή.

### 5.3. Θέρμανση χώρου από την ηλιακή ακτινοβολία.

Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει την πρακτική χρήση αντλίας θερμότητας στην κατοικία μας.

**Σχήμα 5.3.1**

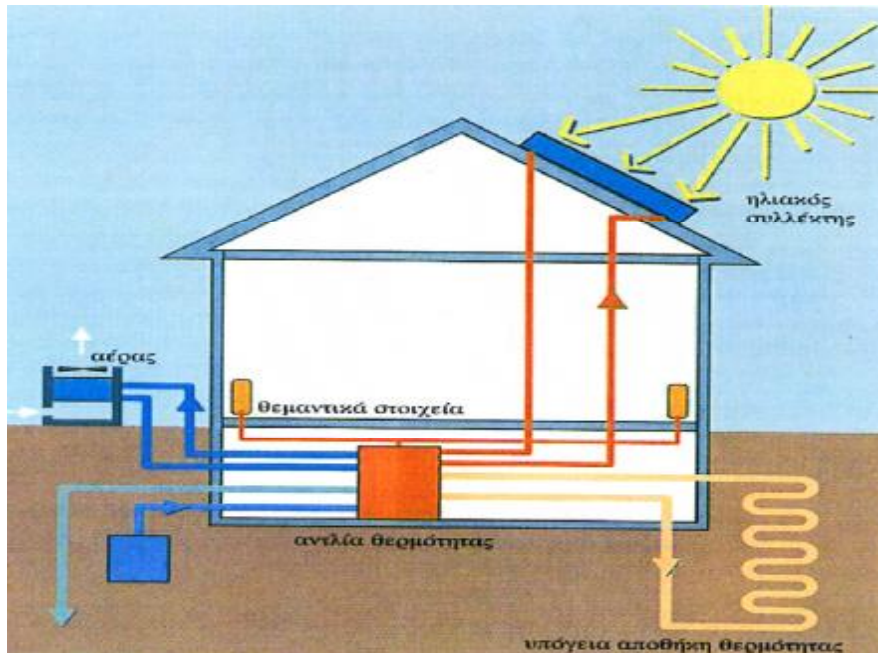


Στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης της οικίας μας χρησιμοποιούμε αντλία θερμότητας και ένα εναλλακτή θερμότητας στο έδαφος, ο οποίος προσφέρει στην αντλία θερμότητας υψηλότερη θερμοκρασία (λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του εδάφους) για τη λειτουργία της. Με την τακτική αυτή χρήσης της αντλίας θερμότητας εξοικονομείται σημαντικό ποσό ενέργειας.

Έτσι επιτυγχάνουμε θέρμανση του εσωτερικού χώρου εγκαθιστώντας σωλήνες στο εσωτερικό του πατώματος του σπιτιού. Επίσης για καλύτερη απόδοση μπορούμε να εγκαταστήσουμε και θερμαντικά σώματα στα διάφορα δωμάτια της οικίας όπως δείχνει και το παρακάτω σχήμα. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Νερό από πηγάδια
- Αέρα από το περιβάλλον
- Υπόγεια αποθήκευση θερμότητας

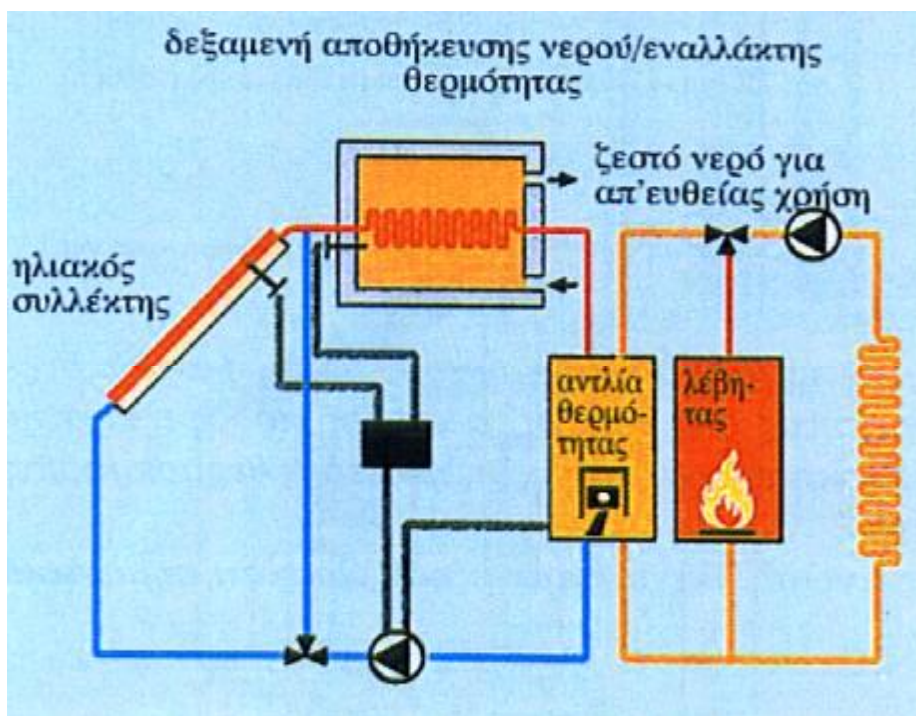
Σχήμα 5.3.2



Τα παραπάνω μπορούν να επιλεγούν ανάλογα με τον σχεδιασμό τον ηλιακού συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του χώρου. Χρησιμοποιώντας νερό λοιπόν για την θέρμανση των χώρων της οικίας το όφελος είναι διπλό διότι το ζεστό νερό που παράγεται μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε και για προσωπική μας χρήση. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τέτοιο σύστημα συνδεδεμένο με τη κεντρική θέρμανση για θέρμανση και ζεστό νερό οποιαδήποτε στιγμή. Έτσι πετυχαίνουμε μείωση της

κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων και συνεισφορά στην μείωση των CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>.

Σχήμα 5.3.3



Σύστημα ηλιακού συλλέκτη για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρου συνδεδεμένο με την κεντρική θέρμανση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **6.1. PV-Διάταξη**

Για τις υπόλοιπες καταναλώσεις του σπιτιού θα χρησιμοποιήσουμε τη φωτοβολταϊκή τεχνική και θα επιχειρήσουμε μια διαστασιολόγηση της PV-διάταξης που θα εγκατασταθεί.

Η PV-συστοιχία θα έχει κλίση  $\beta=45^\circ$  ως προς το οριζόντιο και θα βλέπει νότια.

Αντί άλλου υλικού π.χ. κεραμίδια, η στέγη θα καλύπτεται με PV-πλαίσια όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.

**Εικόνα 6.1.1**

Τα βασικά φορτία και η ζήτηση πρώτης προτεραιότητας για την κατοικία που θα πρέπει να καλύπτει το PV-σύστημα μας φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.1

Κατανάλωση	Εγκατεστημένη Ισχύς (W) (1)	Μέσος Ημερήσιος χρόνος λειτουργίας (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλωση Wb/day (3)=(2)x(1) του μήνα	Μέση μηνιαία κατανάλωση Wh/mo (4)=(3)xημέρες	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5)=(4)x12
Φωτισμός φθορισμού τύπου 16 σημεία X 15W	240W	2h	480Wh	14.4kWh	170kWh
TV έγχρωμη 24"	~100W	1h	100Wh	3kWh	36kWh
TV έγχρωμη 17"	~40W	5h	200Wh	6kWh	72kWh
Video	~30W	1h	30Wh	1kWh	12kWh
Απορροφητήρας κουζίνα:	~70W	0.4h	30Wh	1kWh	12kWh
Ανεμιστήρας	~50W	1.4h	70Wh	2kWh	24kWh
Κυκλοφορητής ζεστού νερού	~70W	2h	140Wh	4kWh	48kWh



Προσωπικός υπολογιστής με εκτυπωτή	~180W	0.55h	100Wh	3kWh	36kWh
Ηλεκτρικό ψυγείο δίπορτο, με καταψύκτη	~150W	9.3h	1400Wh	42kWh	500kWh
Πλυντήριο	500 W	0.5h	250Wh	7.5kWh	90kWh
Ηλεκτρική σκούπα	800 W	0.1h	80Wh	7.5kWh	28.2kWh
Ηλεκτρική κουζίνα	3700 W	0.4h	1480Wh	50kWh	540kWh
Ηλεκτρικό σίδερο	1100W	0.3h	1100x0,3x 50%= 165Wh	165Whx3 0.5 5kWh	60kWh
Φούρνος	2600W	0.5h	2600x0.5h x25%= 325 Wh	9.8kWh	117.6kWh
Κλιματιστικό ανά Δωμάτιο	860W	10h Καλοκαίρι	10d/μήνα το	86kWh	1032kWh
Σύνολο	1049W			199.7 kWh	2770.6km

Με την χρήση του παραπάνω πίνακα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το ημερήσιο φορτίο είναι ίσο με 2500Wh, ή 2.5kWh/day.

Το φορτίο αυτό απαιτείται υπό μορφή AC και DC ως εξής:

**α. Φορτία DC**

1000Wh/day

**β. Φορτία AC**

1500Wh/day

Τα στατιστικά δεδομένα: τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας, των τιμών του PSH (Peak Solar Hours), δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

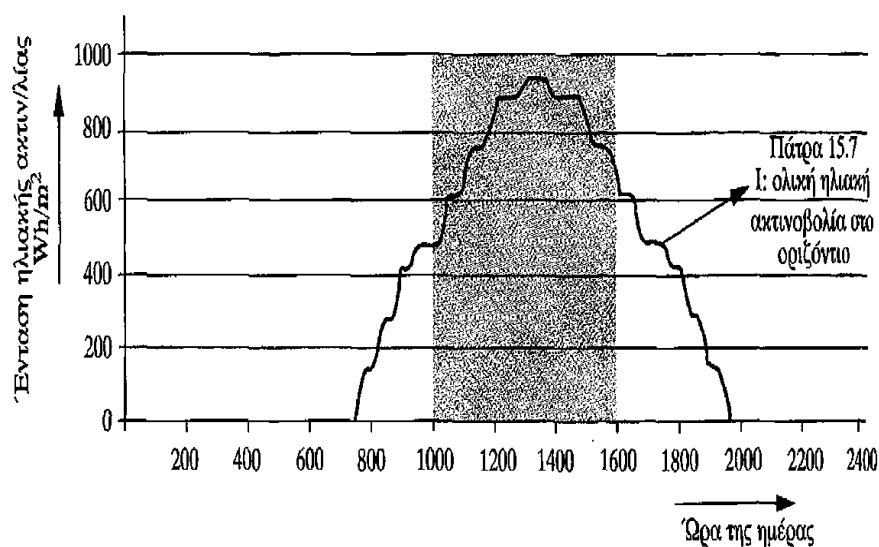
Πίνακας 6.1.2

Μήνας	R Συντελεστής μετατροπής ακτινοβο- λίας από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο 45° (1)	Αρι- θμός ημερών κάθε μήνα (2)	$I_T \times 10^3$ kWh Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινο- βολία στις 45° (3)	Μέση Ημερήσια Ακτινο- βολία (kWh/m <sup>2</sup> ) σε επίπεδο 45° (3):(2)*	PSH h	Μέση Μηνιαία Θερμο- κρασία Περιβάλ- -λοντος C°
Ι	1.655	31	95	3.06	3.06	10.5
Φ	1.38	28	104	3.71	3.71	11.6
Μ	1.16	31	128	4.13	4.13	12.9
Α	0.965	30	144	4.80	4.80	17.1
Μ	0.845	31	162	5.22	5.22	21.9
Ι	0.79	30	163	5.43	5.43	26.6
Ι	0.81	31	179	5.77	5.77	29.3
Α	0.92	31	188	6.06	6.06	29.2
Σ	1.105	30	167	5.57	5.57	25.3
Ο	1.355	31	142	4.58	4.58	20.0
Ν	1.61	30	115	3.83	3.83	16.3
Δ	1.70	31	94	3.03	3.03	12.5
Ετήσιος Μ.Ο.				4.60 kWh/m <sup>2</sup>	4.60 h	20°C

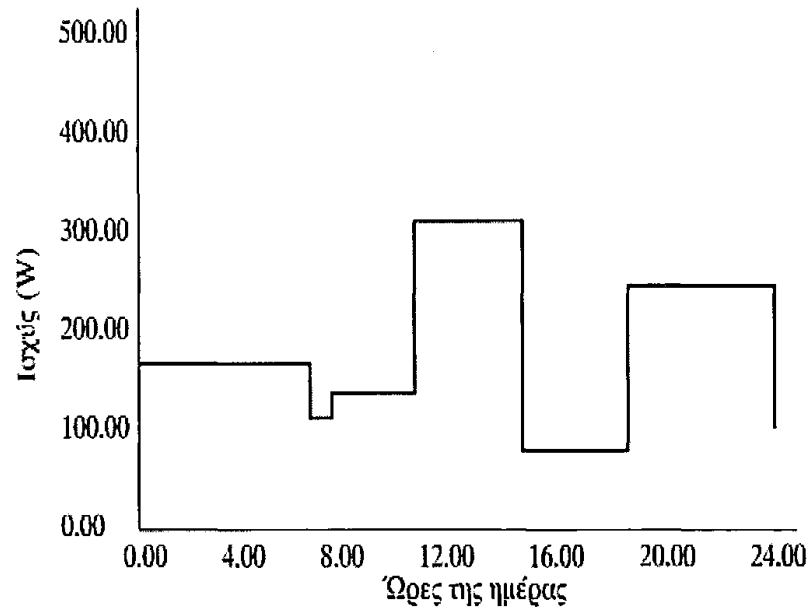
Τιμές ακτινοβολίας σε επίπεδο με κλίση  $\beta=45^\circ$ . Τιμή PSH ανά μήνα και θερμοκρασία περιβάλλοντος για την Αττική

**Σημείωση:** Το PSH είναι ένας αριθμός που εκφράζεται σε ώρες, και αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια πρόσπτωσης, ακτινοβολίας στο PV-πλαίσιο έντασης,  $I_T = 1000 \text{ (W/m}^2\text{)}$  η οποία θα παρήγε το ίδιο αποτέλεσμα, δηλ. θα έδινε ποσό ηλεκτρικής ενέργειας στο φορτίο  $R_L$ , ίσο με αυτό που δίνει το PV-πλαίσιο για την πραγματική χρονική κατανομή της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό όπως δείχνει το σχήμα που ακολουθεί.

**Σχήμα 6.1.1**



Σχήμα 6.1.2

**Υπολογισμός της ημερήσιας κατανομής των φορτίων****6.2. Υπολογισμός φορτίων**

Στο σχήμα παραπάνω είναι η χρονική κατανομή των φορτίων μιας κατοικίας κατά την διάρκεια μιας ημέρας.

Από την μορφή της ημερήσιας κατανάλωσης των φορτίων, μπορούμε να εκτιμήσουμε ότι π.χ. ότι το 40% των φορτίων, ή το  $2500\text{Wh} \times 0.4 = 1000\text{Wh}$  καλύπτονται απ' ευθείας κατά την

διάρκεια της ημέρας οπότε και η PV-γεννήτρια παρέχει την ισχύ απ' ευθείας στα φορτία, ενώ το 60%, ή  $2500 \times 0.6=1500\text{Wh}$ , θα καλυφθεί μέσω συσσωρευτών.

Με αυτά τα δεδομένα και βάσει της αρχικής εκτίμησης προκύπτει:

**Φορτία DC:**

Άμεση κάλυψη από PV-γεννήτρια:  $0.4 \times 1000\text{Wh}=400\text{Wh/day}$ .

Έμμεση κάλυψη από συσσωρευτές:  $0.6 \times 1000\text{Wh}=600\text{Wh/day}$ .

**Φορτία AC:**

άμεση κάλυψη των φορτίων από την PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα

**DC/AC:  $0.4 \times 1500\text{Wh}=600\text{Wh/day}$ .**

Έμμεση κάλυψη μέσω συσσωρευτών και του αντιστροφέα

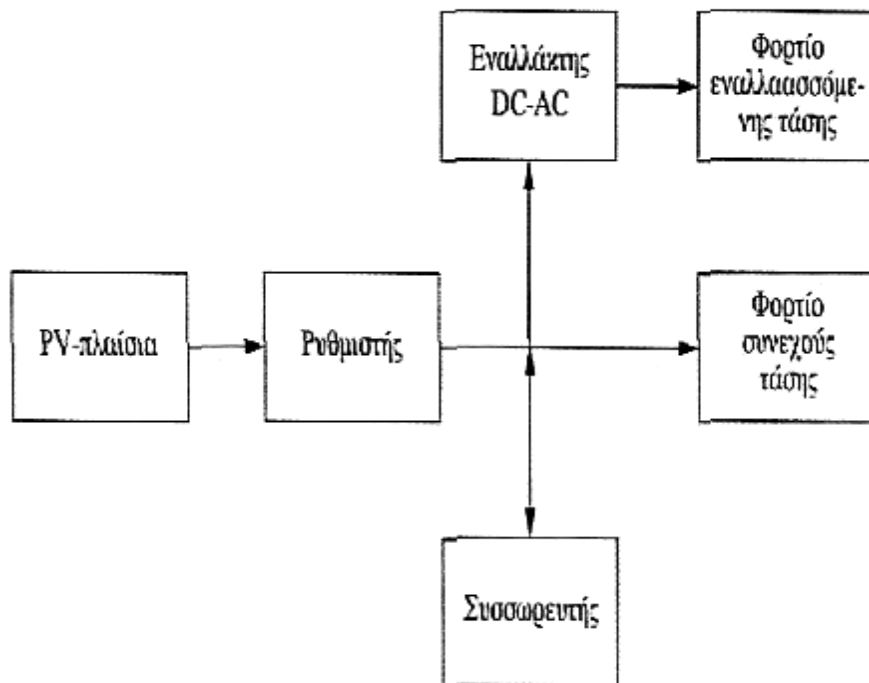
**DC/AC:  $0.6 \times 1500\text{Wh}=900\text{Wh/day}$ .**

Επομένως, το σύνολο θα είναι: **2500Wh/day**

### 6.3. Γενική τοπολογία PV-συστήματος

Τα ανωτέρω βήματα της μελέτης μας οδηγούν ήδη στη γενική τοπολογία της PV-εγκατάστασης, όπως δείχνει το σχήμα.

Σχήμα 6.3.1



**Σχηματικό διάγραμμα του PV-συστήματος αποτελούμενο από ένα ρυθμιστή τάσης, συσσωρευτές και έναν εναλλάκτη συνεχούς / εναλλασσόμενου ρεύματος.**

#### **6.4. Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο**

Η κλίση των PV-πλαισίων είναι  $45^\circ$  και τα PV-πλαίσια "βλέπουν" νότια όπως είπαμε και στην εισαγωγή μας. Θα πρέπει να υπολογίζουμε επακριβώς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στα PV-πλαίσια, καθώς και το PSH για την συγκεκριμένη κλίση. Οι τιμές αυτές θα μας βοηθήσουν καθώς όπως θα δούμε και στο τέλος του προβλήματος αυτού θα μπορέσουμε να εξοικονομήσουμε PV-πλαίσια και συνεπώς να βελτιώσουμε το όφελος έναντι του κόστους σε ένα τέτοιο έργο. Από τα δεδομένα αυτά και από τον πίνακα που ακολουθεί για την Αττική, η μέση ετήσια τιμή του (PSH) είναι 4.61h. Οι μηνιαίες τιμές του (PSH) προσδιορίζονται αναλυτικά από τις τιμές του πίνακα.



Πίνακας 6.4.1

Μήνας	Μέση Μηνιαία Ηλιακή Ακτινοβολία στις 45° στην Αθήνα(kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση Μηνιαία θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)
Ιανουάριος	95	10,5
Φεβρουάριος	104	11.6
Μάρτιος	128	12.9
Απρίλιο	144	17.1
Μάιος	162	21.9
Ιούνιος	163	26.6
Ιούλιος	179	29.3
Αύγουστος	188	29.2
Σεπτέμβριος	167	25.3
Οκτώβριος	142	20.0
Νοέμβριος	115	16.3
Δεκέμβριος	94	12.5
Ετήσιο Σύνολο	1.681 kWh/m <sup>2</sup>	

**Τιμές Μέσης Μηνιαίας Ηλιακής Ακτινοβολίας στην περιοχή της Αθήνας που προσπίπτει σε PV-πλαίσιο με κλίση 45° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος**

### 6.5. Χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος

Με βάση το δεδομένο ότι η μέση ετήσια τιμή του (PSH)=4.61h και ότι τα φορτία δεν είναι κρίσιμα, η περίοδος αυτοδυναμίας,  $d$ , προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$d_{cr} = -1.9 \times (PSH)_{min} + 18.3 \text{ (days)} \quad (6.5.1)$$

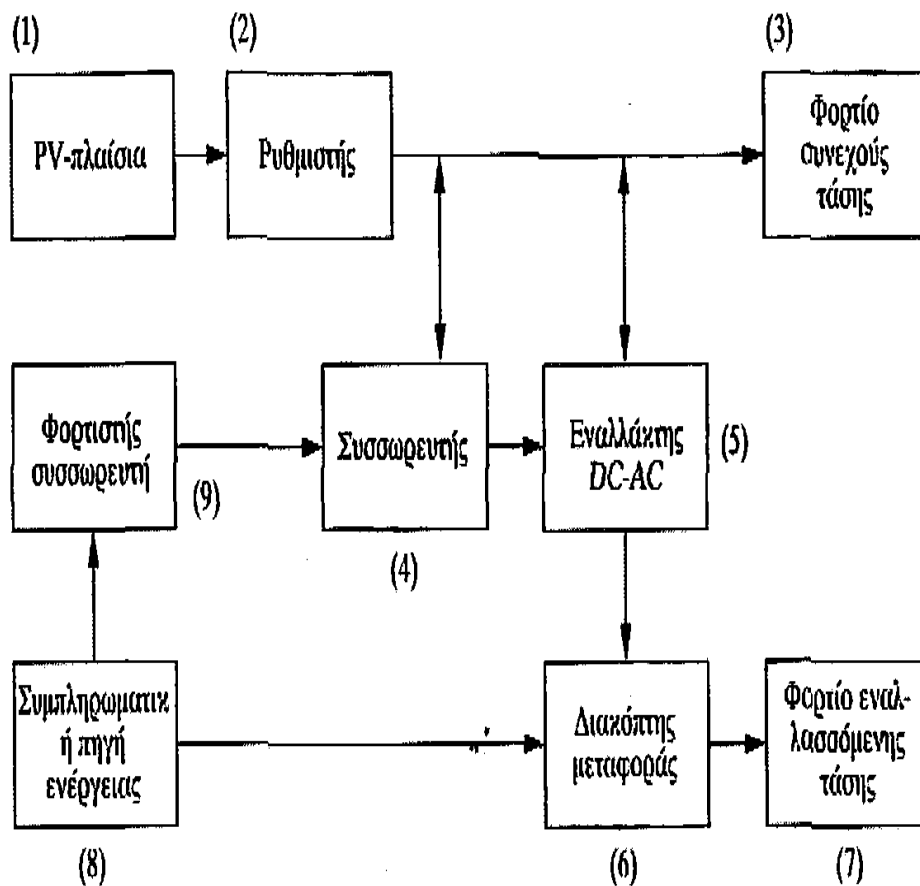
$$d_{n-cr} = -0.48 \times (PSH) + 4.58 \text{ (days)} \quad (6.5.2)$$

$$d_{n-cr} = -0.48 \times 3.03 + 4.58 = 3 \text{ days}$$

Η απόφαση αυτή που πήραμε περί μη κρίσιμων φορτίων συνεπάγεται ότι υπάρχει πιθανότητα για κάποιες ώρες το PV-σύστημα να τεθεί εκτός λειτουργίας.

Έτσι οδηγούμαστε στη λύση μιας συμπληρωματικής πηγής ενέργειας για την περίπτωση όπου θέλουμε να έχουμε πάντοτε τους καταναλωτές σε λειτουργία και η νέα τοπολογία, είναι αυτή που παρουσιάζει το σχήμα:

Σχήμα 6.5.1



Σχηματικό διάγραμμα ενός PV-συστήματος με ένα ρυθμιστή τάσης συσσωρευτές, έναν εναλλάκτη συνεχούς/εναλλασσομένου, μια συμπληρωματική πηγή ενέργειας και έναν ελεγκτή φόρτισης των συσσωρευτών

## **6.6. Διόρθωση των τιμών των φορτίων λόγω απωλειών**

Τα φορτία (DC, AC) όπως προσδιορίστηκαν πρέπει να διορθωθούν λόγω των απωλειών, ώστε να χρησιμοποιηθούν οι διορθωμένες τιμές στη μέθοδο διαστασιολόγησης της PV-γεννήτριας.

Οι απώλειες ομαδοποιούνται, συμφωνά και με τα προηγούμενα τοπολογικά διαγράμματα, ως εξής:

### **Φορτία DC:**

Απώλεια 5% στις καλωδιώσεις για τα φορτία που εξυπηρετούνται απ' ευθείας από την PV-γεννήτρια.

Για τα φορτία που εξυπηρετούνται μέσω των συσσωρευτών 5% απώλειες στον ελεγκτή φόρτισης και στις καλωδιώσεις και απώλειες 20% λόγω της απόδοσης των συσσωρευτών δηλαδή απόδοση 80% (φόρτιση-εκφόρτιση, γήρανση, κ.λπ.).

### **Παρατήρηση:**

Στο σημείο αυτό γίνεται αντιληπτό, πώς οι συσσωρευτές επηρεάζουν και τις διαστάσεις της PV-γεννήτριας.

**Φορτία AC:**

που εξυπηρετούνται απ' ευθείας από την PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC, υφίστανται απώλεια 5% στις καλωδιώσεις και 15% στον αντιστροφέα.

**Φορτία AC:**

που εξυπηρετούνται μέσω του συσσωρευτή και του αντιστροφέα υφίστανται απώλειες: 5%, 20% λόγω των κύκλων φορτίσεων-εκφορτίσεων (απόδοση συσσωρευτή 80%) και 15% απώλειες στον αντιστροφέα (απόδοση 85%).

Σύμφωνα με τα ανωτέρω τα ενεργειακά φορτία που πραγματικά πρέπει να αποδώσει η PV-γεννήτρια για να φθάσουν στους καταναλωτές όπως απαιτείται και προβλέπεται είναι:

**Πίνακας 6.6.1**

DC δρόμος 1.2.3	400x1.05=420Wh
DC δρόμος 1.2.4.3	600x1.25=750Wh
AC δρόμος 1.2.5.6.7	600x1.20=720Wh
AC δρόμος 1.2.4.5.6.7	900x1.40=1260Wh
Σύνολο: 3150Wh=3.15kWh	
αντί της αρχικής προσέγγισης 2500Wh=2.50kWh	

**6.7. Αρχικός προσδιορισμός της Ισχύος Αιχμής,  $P_m$  ή  $W_p$ .**

Η ισχύς αιχμής της PV-γεννήτριας προσδιορίζεται άμεσα από την σχέση:

$P_m=3150Wh / (PSH)_m=3150Wh/4.61h=683W_p$  μέση ετήσια ισχύς αιχμής.

### 6.8. Επιλογή PV-πλαισίων.

Τα PV-πλαίσια που μετά από έρευνα της αγοράς επελέγησαν βάσει: του κόστους, των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους, της άμεσης παράδοσης, της εγγύησης κ.λπ., είναι της εταιρείας Siemens το μοντέλο SM55 και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

#### 36 κυψελίδες εν σειρά

$i_{sc}= 3.45A$	ρεύμα βραχυκυκλώσεως
$i_m= 3.15A$	ρεύμα υπό φορτίο
$V_m=17.4volts$	τάση υπό φορτίο
$V_{oc}=21.7volts$	τάση ανοιχτού κυκλώματος
$P_m=54.8=55W_p$	ισχύς αιχμής

σε συνθήκες STC (Standard Test Conditions), δηλαδή ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο PV-πλαίσιο  $10^3W/m^2$  και σε θερμοκρασία PV-πλαισίου  $25^{\circ}C$ .

Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει διόρθωση στην ισχύ που αποδίδουν τα PV-πλαίσια, επειδή θα λειτουργούν υπό υψηλότερη θερμοκρασία.

### **7.8.1. Διόρθωση λόγω θερμοκρασίας λειτουργίας, $T_c$ , των PV-πλαισίων**

Για τα PV-πλαίσια που επελέγησαν, η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας του PV-πλαισίου (NOCT=Normal-Operating Cell Temperature), δίδεται ότι είναι ίση με 46°C. Αυτή η τιμή NOCT, ορίζεται ως η θερμοκρασία ενός PV-στοιχείου που λειτουργεί υπό τις εξής συνθήκες ανοικτού κυκλώματος:

Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία:

800W/m<sup>2</sup> θερμοκρασία περιβάλλοντος:

20°C Ταχύτητα ανέμου: > 1 m/sec

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας  $T_c$  του PV-στοιχείου, συνήθως, υποθέτουμε ότι ισχύει η αναλογική σχέση, βάσει των συνθηκών που ορίστηκαν προηγουμένως



$$\frac{T_c - T_a}{NOCT - 20^\circ C} = \frac{I_T}{0.8 kW / m^2} \quad (6.8.1.1)$$

η θερμοκρασία λειτουργίας,  $T_c$ , των PV-πλαισίων θα προσδιορισθεί ως εξής:

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20^\circ}{0.8 \frac{kW}{m^2}} \times I_T (kW/m^2) = T_a + \frac{46^\circ C - 20^\circ C}{0.8 \frac{kW}{m^2}} \times I_T = T_a + \frac{26^\circ C}{0.8 \frac{kW}{m^2}} \times 1.0 \frac{kW}{m^2} = T_a + 32.5^\circ C$$

Η θερμοκρασία  $T_a$  θα ληφθεί ως η μέση θερμοκρασία της ημέρας που για κάθε μέρα δίνεται από τους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 6.8.1.1**

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο Ιερά- πετρα Ρόδος Σητεία Χανιά	Αθήνα Καλα- μάτα Νάξος Σάμος Σύρος	Αργοστόλι Κόρινθος Μυτιλήνη Πάτρα Χίος	Αρτα Κέρκυρα Λαμία Λήμνος	Θεσσαλο- νίκη Καβάλα Κατερίνη Λάρισα	Ιωάννινα Κομοτηνή Κόνιτσα Σέρρες

**Κατάταξη των κυριότερων πόλεων σε ζώνες με βάση την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.**

Πίνακας 6.8.1.2

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Θ	Ν	Δ	Μ.Ο
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

## Μέση θερμοκρασία αέρα 24ώρου

Όπως βλέπουμε για τον Αύγουστο η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_{a,Au}=27^{\circ}\text{C}$ . Τότε σύμφωνα με τα ανωτέρω:

$$T_{c,Au}=32.5+27 = 60^{\circ}\text{C}$$

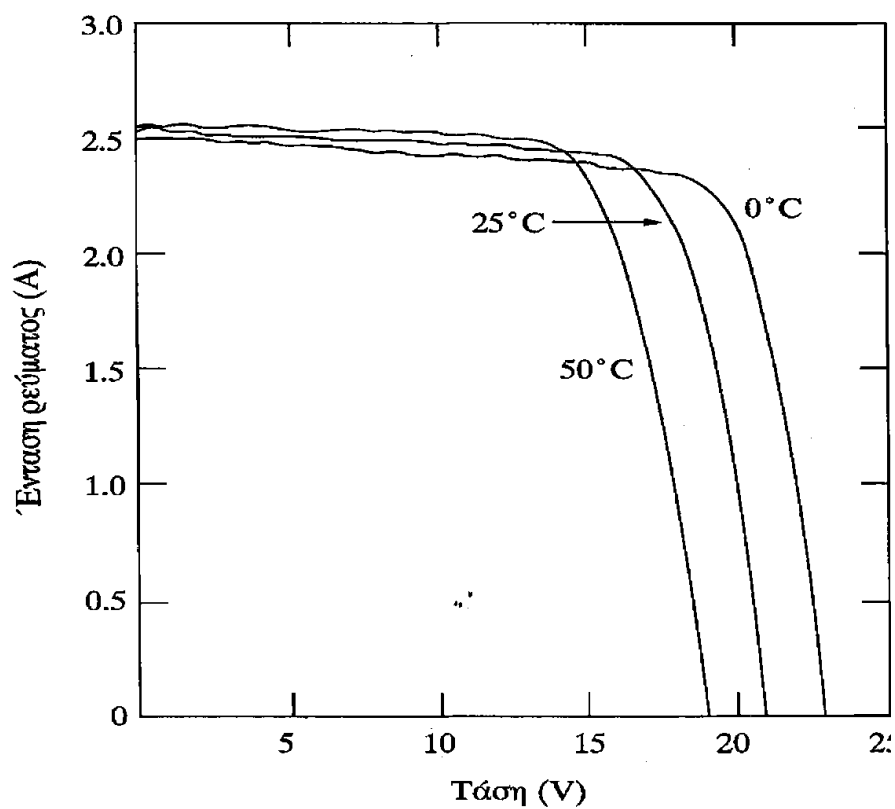
Για την θερμοκρασία αυτή υπολογίζουμε τα μεγέθη  $i_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $FF$  και τελικά την ισχύ  $P_m$  που αποδίδουν τα PV-πλαίσια υπό τις νέες συνθήκες.

Εξετάζουμε το PV-πλαίσιο των  $55W_p$ , το οποίο έχει 36 PV-κυψελίδες εν σειρά.

α. Το  $i_{sc}=3.45\text{A}$ . επηρεάζεται ελάχιστα από την θερμοκρασία και για λόγους ευκολίας υποθέτουμε ότι δεν επηρεάζεται.

Ωστόσο, η  $v_{oc}$  επηρεάζεται αρκετά σε αλλαγές της θερμοκρασίας όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

**Σχήμα 6.8.1.1**



**Οικογένεια χαρακτηριστικών ενός PV-στοιχείου για  
διάφορες θερμοκρασίες του.**

Ισχύει ότι η μεταβολή της  $V_{oc}$  συναρτήσει της  $T_c$  (θερμοκρασία περιβάλλοντος) δίνεται από την παράγωγο  $dV_{oc}/dT$  που για ένα PV-στοιχείο ισούται με  $-2.3 \times 10^{-3} \text{ V}/^\circ\text{C}$ . Επομένως όταν η θερμοκρασία ενός PV-στοιχείου αυξηθεί κατά  $1^\circ\text{C}$  τότε το  $V_{oc}$  ελαττώνεται κατά  $0.0023\text{V}$ . Όταν έχουμε  $n_s$  PV-στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά τότε ισχύει  $dV_{oc}/dT = -2.3 \times 10^{-3} n_s \text{ V}/^\circ\text{C}$ . Με βάση τα παραπάνω έχουμε λοιπόν

$$\frac{dV}{dT} = \frac{V - V_{ref}}{T - T_{ref}} \quad (6.8.1.2)$$

Με  $V_{ref} = V_{oc}$  για θερμοκρασία  $25^\circ\text{C}$  Αντικαθιστούμε και λύνουμε ως προς  $V_{oc}$ .

β.  $V_{oc} = 21.7 \text{ Volts} - 36 \times 0.0023 \text{ Volts}/^\circ\text{C} \times (61 - 25)^\circ\text{C} = 18.8 \text{ Volts}$ .

γ. Τον συντελεστή πλήρωσης του PV-πλασιού (FF) τον υπολογίζουμε από την παρακάτω σχέση:

$$FF = \frac{i_m \times V_m}{i_{sc} \times V_{oc}} \quad (6.8.1.3)$$

Οπότε  $FF=0.735$

δ. Η  $P_m$  για συνθήκες  $I_T = 10^3 \text{W/m}^2$  και  $T_C=60^\circ\text{C}$  υπολογίζεται βάσει των ανωτέρω τιμών  $i_{sc}$ ,  $V_{oc}$  και

$$FF: P_m(10^3 \text{W/m}^2, T_C=60^\circ\text{C}) = 3.45 \times 18.8 \text{Volts} \times 0.735 = 47.65 \text{W}$$

Ο αριθμός των PV-πλαισίων του τύπου που επελέγησαν, μετά και την διόρθωση της αποδιδόμενης από αυτά ισχύος λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας από την **NOCT** προσδιορίζεται ως εξής:

$$N_{pv} = \frac{P_m}{P_{m,pv}} = \frac{683 \text{W}_p}{47.65 \text{W}_p} = 14.3 \quad (6.8.1.4)$$

### 14.3 PV-πλαίσια.

Ενώ, εάν δεν λαμβάναμε υπ' όψη την επίδραση της θερμοκρασίας το αποτέλεσμα θα ήταν **683W<sub>p</sub>/55W<sub>p</sub>=12.4PV-**

πλαίσια. Τούτη η διαφορά θα μπορούσε να προκαλέσει αναξιόπιστο αποτέλεσμα.

Βέβαια, ο αριθμός των PV-πλαισίων θα πρέπει να είναι ακέραιος και η συνδεσμολογία τους τέτοια, ώστε να ικανοποιούν και άλλες προϋποθέσεις που θα εξετασθούν στη συνέχεια. Ο πλησιέστερος προς τα άνω ακέραιος τον οποίο αποδεχόμαστε είναι  $N_{pv}= 15$  PV-πλαίσια.

Επειδή οι απώλειες λόγω μεταφοράς θα πρέπει να παραμείνουν μικρές, εξετάζεται η περίπτωση να μεταφέρεται η ισχύς της PV-γεννήτριας στον μετατροπέα DC/AC υπό τάση 48Volts ή 120Volts τιμή η οποία συνιστάται για εγκαταστάσεις άνω των 2.5kWp, όπως δείχνει ο Πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 6.8.1.3

Ισχύς Αιχμής PV-γεννητριας	Φορτίο Μετατροπέα DC/AC (kW)	Συνολικό φορτίο (kWh/day)	Τάση εισόδου στον DC/AC μετατροπία (Volts)
< από 0.4 kWp	Μικρότερο από 1	Μικρότερο από 1.5	12 Volts
0.4-1.0 kWp	2,5 ή μικρότερο	Μικρότερο από 5.0	24 Volts
1.0-2.5 kWp	5.0 ή μικρότερο	5.0-12.0	48 Volts
>από 5.0 kWp	Μεγαλύτερο από 5.0	12.0-25.0	120 Volts

**Οδηγίες για αυτόνομους μετατροπείς συνεχούς-εναλλασσομένου (DC/AC) ρεύματος.**

Αν  $V_s=48\text{Volts}$ , τότε ο αριθμός των PV-πλαισίων, εν σειρά, θα πρέπει να είναι:

$$(N_{p,s})48V = \frac{48\text{Volts}}{17.4\text{Volts}} = 2.76$$

ή τελικά  $(N_{p,s})=3$  PV-πλαίσια εν σειρά.

Τότε, ο ολικός αριθμός των παράλληλων σειρών,  $(N_p)_p$ , θα είναι:  $N_{pv}/(N_p)_s=15/3 =5$ ,  $N_{pp}=5$  σειρές PV-πλαισίων, εν παραλλήλω με την κάθε σειρά να έχει 3 PV-πλαίσια.

## 6.9. Επιβεβαίωση

Προηγουμένως προσδιορίστηκε ο αριθμός  $N_{pv}=15$  PV-πλαίσια. Δηλαδή, 15 PV-πλαίσια  $\times 47.65W_p=715W_p$  σε σύγκριση με τα  $683W_p$  μέση ετήσια ισχύ αιχμής που υπολογίσαμε. Η διαφορά είναι ικανή να καλύψει και μια επί πλέον πτώση ισχύος λόγω αυξημένης θερμοκρασίας ή την επιπλέον απαιτούμενη ισχύ στα φορτία κατά τον χειμώνα σε ημέρα με σχετική συννεφιά, χωρίς την ανάγκη βαθιάς εκφόρτισης των συσσωρευτών. Τα ίδια και σε καλύτερο βαθμό ισχύουν αν προχωρήσουμε στην ανάλυση για την περίπτωση των 16 PV-πλαισίων.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **7.1. Διαστασιολόγηση συσσωρευτών**

Παίρνοντας υπόψη μας τις σχέσεις (6.5.1) και (6.5.2) και το σκεπτικό περί κρίσιμων και μη-κρίσιμων φορτίων. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι επειδή τα φορτία μας τα θεωρούμε μη-κρίσιμα, και καθώς θα ενσωματώσουμε συμπληρωματική συμβατική πηγή ενέργειας στο σύστημα, το σύστημα των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει τόση χωρητικότητα ώστε να δίνει ενεργειακή αυτοδυναμία 3 ημερών, δηλ.  $d=3$  ημέρες.

**7.1.1. Προσδιορισμός του φορτίου αποθήκευσης για  $d=3$  ημέρες.**

Το πρόβλημα, καθώς υπολογίσαμε, απαιτεί κάλυψη ημερήσιου φορτίου ενέργειας 2.5kWh το οποίο θα μεταφέρεται υπό τάση 48Volts. Επομένως:

$$\frac{2500Wh / day \times 3days}{48Volts} = 156.25Ah$$

Δηλ. 52.08Ah/day

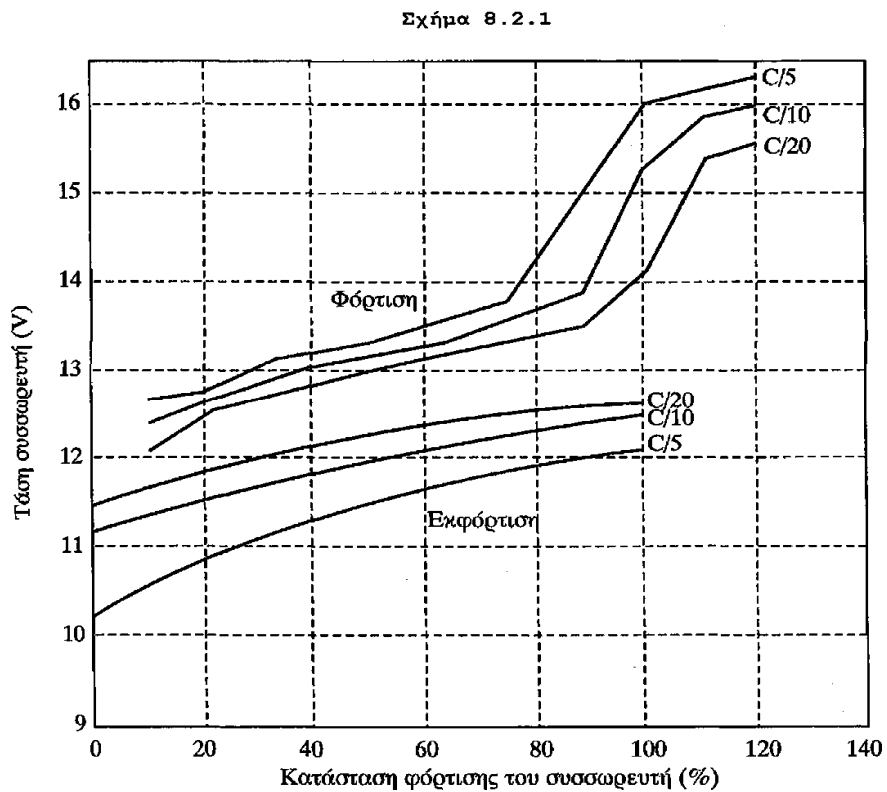
**7.2. Διορθώσεις στην τιμή των Ah των συσσωρευτών.**

Όμως η θερμοκρασία των συσσωρευτών επηρεάζει την απόδοσή τους. Γενικότερα, η ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή αναφέρεται για θερμοκρασία περιβάλλοντος 27°C. Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της χωρητικότητας (Ah), ενώ αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την ελαφρά αύξηση της χωρητικότητας (Ah) σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_{b,T} = C/C_0 = 0.00575 \times T + 0.54 \quad \text{όπου } T \text{ σε } F \quad (7.2.1)$$

Όπως επίσης και η ταχύτητα φόρτισης/εκφόρτισης επηρεάζει την χωρητικότητα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

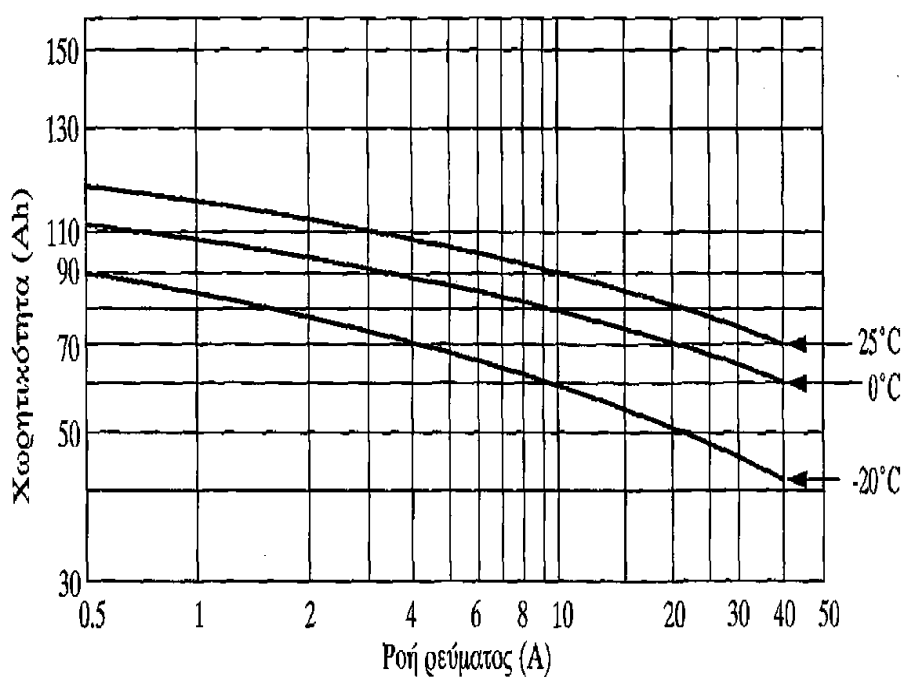
**Σχήμα 7.2.1**



**Συντελεστής διόρθωσης της χωρητικότητας ενός συσσωρευτή συναρτήσει της θερμοκρασίας για διάφορους ρυθμούς εκφόρτισης.**

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η μεταβολή της χωρητικότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και του ρυθμού εκφόρτισης.

**Σχήμα 7.2.2**



**Διάγραμμα που δείχνει την μεταβολή της χωρητικότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και του ρυθμού εκφόρτισης.**

### **7.2.1. Προσδιορισμός του συντελεστή διόρθωσης λόγω ταχύτητας φόρτισης/εκφόρτισης**

Εάν προβλέπεται, από την ανάλυση των φορτίων, ότι κατά την εκφόρτιση των συσσωρευτών προς τα φορτία, ο ρυθμός εκφόρτισης θα υπερβεί αυτόν που συνιστά ο κατασκευαστής, για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 10', τότε θα πρέπει να εισαγάγουμε διόρθωση στην χωρητικότητα των συσσωρευτών.

Εάν π.χ. ο ρυθμός εκφόρτισης φθάσει τα 30A και ο συνιστώμενος από τον κατασκευαστή είναι 20A, τότε:

$$f_{b,cd}=20A/30A=0.6 \quad (7.2.1.1)$$

Ομοίως, εάν ο ρυθμός φόρτισης υπερβαίνει τον συνιστώμενο, ενεργούμε ως ακολούθως:

α. Υπολογίζουμε την διορθωμένη χωρητικότητα των συσσωρευτών από την σχέση:

$$C_r = \frac{C(Ah/day)}{f_{b,T} \times f_{b,ch} \times DOD} \quad (7.2.1.2)$$

και για αυτοδυναμία d ημερών από την σχέση:

$$C_r = \frac{C(Ah/day) \times d(days)}{f_{b,T} \times f_{b,ch} \times DOD} \quad (7.2.1.3)$$

δηλαδή, λαμβάνουμε υπ' όψιν την επίδραση της θερμοκρασίας, και του ρυθμού φόρτισης-εκφόρτισης για να προσδιορίσουμε την διορθωμένη τιμή της χωρητικότητας,  $C_r$ .

β. Εάν ο ρυθμός φόρτισης των συσσωρευτών από την PV-γεννήτρια πολλαπλασιασθεί επί 10h, και δώσει τιμή Ah υψηλότερη αυτής που δίνει η παραπάνω σχέση, τούτο συνεπάγεται ότι η PV-γεννήτρια φορτίζει τους συσσωρευτές σε λιγότερο από 10h, που είναι η κανονική περίοδος φόρτισης του συσσωρευτή.

Στην περίπτωση αυτήν, η τιμή των Ah για τους συσσωρευτές είναι το γινόμενο:

$$(i_{ch} \times 10)Ah \quad (7.2.1.4)$$

Στη μελέτη μας σύμφωνα με την διαστασιολόγηση της PV-γεννήτριας που επιχειρήσαμε έχουμε 5 σειρές PV-πλαισίων, εν παραλλήλω. Επομένως, το ρεύμα φόρτισης θα είναι ίσο με:

$$i = i_m \text{ (το ρεύμα κάθε σειράς)} \times 5 \text{ σειρές} = 3.15Ah \times 5 = 15.75^A$$

επίσης βάση της (8.2.1.4) ισχύει:

$$(i_{ch} \times 10h)Ah = 15.75A \times 10h = 157.5Ah$$

Επίσης, τη διορθωμένη χωρητικότητα του συσσωρευτή μπορούμε να την υπολογίσουμε ως εξής:

$$C_r = \frac{52.08 \frac{Ah}{day} \times 3days}{1 \times 1 \times 0.8} = 195.3Ah$$

Επομένως, σύμφωνα με τα ανωτέρω, η τιμή της  $C_r$  θα είναι 195.3Ah, με την προϋπόθεση ότι ο ρυθμός φόρτισης δεν υπερβαίνει αυτόν που συνιστά ο κατασκευαστής για τον τύπο που θα επιλέξουμε.

Τέλος, επειδή  $C_r > i_{ch} \times 10h = 157.5Ah$ , δεχόμαστε ότι η χωρητικότητα του συσσωρευτή είναι 195.3Ah και δεν επιφέρουμε άλλη διόρθωση.

### **7.2.2. Προσδιορισμός του τύπου του συσσωρευτή**

Ο τύπος αυτός θα προσδιορισθεί ως η βέλτιστη λύση που θα καλύπτει προδιαγραφές αλλά και προϋποθέσεις, όπως εκτίθενται στην συνέχεια:

α. Η συνολική χωρητικότητα, που στην περίπτωση μας είναι 195.3Ah, περίπου 200Ah.

β. Η τάση υπό την οποία το φορτίο αποδίδεται στους καταναλωτές μέσω του μετατροπέα DC/AC ή απευθείας. Στην περίπτωση μας είναι 48Volts.

γ. Επίσης θα πρέπει ο τύπος του συσσωρευτή να ικανοποιεί την προϋπόθεση για την τιμή του βάθους εκφόρτισης DOD(Depth of Discharge). Εάν, δηλαδή το DOD θα έχει αντίστοιχα τιμή 0.8 ή 0.2 ή 0.5 κλπ. Σε εφαρμογές όπου τα φορτία-καταναλωτές θεωρούνται κρίσιμα, για να αυξήσουμε το χρόνο ζωής του συσσωρευτή προτιμούνται συσσωρευτές με  $DOD > 0.20$ .

δ. Η απόφαση να χρησιμοποιήσουμε περισσότερους συσσωρευτές, μικρούς σε όγκο, βάρος αλλά και χωρητικότητα, αντί ενός ή δυο μεγάλων συσσωρευτών, έστω και αν το κόστος



στην δεύτερη περίπτωση είναι μικρότερο, δεν είναι ήσσονος σημασίας.

Η απόφαση θα εξαρτηθεί από την ευκολία συντήρησης των συσσωρευτών και την διάθεσή τους ανά πάσα στιγμή στην αγορά. Επίσης, πρέπει να εξετασθεί η περίπτωση όπου, εάν ένας συσσωρευτής "βγει εκτός", τότε, εάν το σύστημα αποτελείται από πολλούς (μικρούς) συσσωρευτές, το PV-σύστημα δεν θα υποστεί πλήγμα, αλλά θα λειτουργεί πρόσκαιρα με μικρότερη, χωρητικότητα αποθήκευσης, έναντι της περίπτωσης 1 ή 2 μεγάλων συσσωρευτών.

ε. Από την πραγματική αξία των συσσωρευτών λαμβανομένου υπ' όψιν του αριθμού κύκλων ζωής, του χρόνου ζωής κ.λ.π. Μετά από όλα αυτά προχωρούμε στην τελική φάση επιλογής του τύπου των συσσωρευτών και της συνδεσμολογίας τους. Ο Πίνακας παρακάτω παρουσιάζει στοιχεία χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων συσσωρευτών για τα PV-συστήματα.

Πίνακας 7.2.2.1

<b>α. GNB Absolyte με:</b>				
C(Ah)	V (Volts)	DOD	Κύκλος φόρτισης/εκφόρτισης	Χρόνος ζωής (έτη)
42	6	0.5	1000	2.7
59	12	0.8	1000	2.7
202	12	0.8	3000	8.0
<b>β. Exide Tubular Modular με:</b>				
C(Ah)	V (Volts)	DOD	Κύκλος φόρτισης/εκφόρτισης	Χρόνος ζωής (έτη)
192	12	0.15	4100	10
<b>γ. Delco-Remy Photovoltaic με:</b>				
C(Ah)	V (Volts)	DOD	Κύκλος φόρτισης/εκφόρτισης	Χρόνος ζωής (έτη)
105	12	0.20	850	2.3
<b>δ. Globe με:</b>				
C(Ah)	V (Volts)	DOD	Κύκλος φόρτισης/εκφόρτισης	Χρόνος ζωής (έτη)
80	12	0.8	250	<1

Από τους ανωτέρω διαθέσιμους τύπους συσσωρευτών αυτός με χαρακτηριστικά:

**C=59Ah, V=12Volts, DOD=0.8**

Ικανοποιεί τους ανωτέρω συνδυασμούς προϋποθέσεων καθώς απαιτούνται 4 συσσωρευτές αυτού του τύπου εν σειρά  $12\text{volts}\times 4=48$  Volts για φόρτιση/εκφόρτιση μέσω αντιστροφέα DC/AC.

Επίσης, με 4 συσσωρευτές εν παραλλήλω επιτυγχάνουμε συνολική χωρητικότητα  $4\times 59\text{Ah}=236\text{Ah}$  που ακριβώς υπερκαλύπτει τα 195.3Ah.

Αντίθετα, οι άλλοι, τύποι έχουν μεγάλη χωρητικότητα π.χ. 192Ah ή 202Ah ακόμα και 105Ah και η ολική απαιτούμενη χωρητικότητα των 195.3Ah καλύπτεται από 1 ή 2 τέτοιου τύπου συσσωρευτές που σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Πίνακα (8.2.2.1) δίδουν τάση 12 Volts, αλλά έχουν χαμηλό DOD.

Αν η λύση αυτή προκριθεί τότε απαιτούνται DC/DC μετατροπείς ώστε η τάση των 12Volts ή 24Volts να ανυψωθεί σε 48Volts.

### 8.2.3. Οικονομική ανάλυση και σχετικά μεγέθη

Ωστόσο, ένα μεγάλο ζήτημα που θα πρέπει να εξετάσουμε, συν τοις άλλοις, είναι αυτό της Παρούσας Αξίας (Π.Α.) των συσσωρευτών, αφού λάβουμε υπ' όψιν μας και την διάρκεια ζωής τους, αλλά και τον κύκλο φορτίσεων/εκφορτίσεων. Η Π.Α. θα υπολογισθεί ως εξής:

α. Έστω ότι ο δείκτης πληθωρισμού,  $\pi$ , είναι 2% και  $\beta$ . ότι ένα κεφάλαιο  $A_0$  το οποίο είναι αναγκαίο για την προμήθεια ενός αγαθού π.χ. PV-πλαισίων, συσσωρευτών κλπ μπορεί να τοκισθεί με επιτόκιο  $\varepsilon\%$ .

γ. Έστω ότι το αγαθό κοστίζει  $N_0$  δραχμές τον χρόνο που αποφασίζεται η εγκατάσταση του PV-συγκροτήματος.

Προφανώς:  $A_0=N_0$ . Ωστόσο, αν το κεφάλαιο  $A_0$  τοκισθεί, τότε μετά από  $n$  έτη θα γίνει:

$$A(n)=A_0(1+\varepsilon)^n \quad (7.2.3.1)$$

ενώ, το κόστος του αγαθού μετά από  $n$  έτη θα απαιτεί ποσό για να αγορασθεί ίσο με:

$$N(n)=N_0(1+\pi)^n \quad (7.2.3.2)$$

όπου  $\pi$  είναι ο πληθωρισμός

δ. Βέβαια, συμφωνά με την ορολογία της αγοραστικής δύναμης καταλαβαίνουμε ότι εάν με  $A_0$ , δραχμές αγοράζουμε σήμερα αντικείμενα αξίας  $N_0$  δραχμών τούτο δεν θα ισχύει μετά από την πάροδο  $n$  ετών, δηλαδή:

$$A_n \neq N_n \quad (7.2.3.3)$$

ε. Προφανώς ισχύει η θέση ότι, εάν η δαπάνη για την προμήθεια ενός αντικειμένου αυξάνει με ρυθμό μεγαλύτερο της αύξησης του κεφαλαίου (επιτόκιο  $\varepsilon\%$ ) τότε πρέπει η αγορά να γίνει άμεσα.

Ωστόσο, το αντίστροφο δεν είναι ισοδύναμο, γιατί εάν κάποιος περιμένει να αυξηθεί το κεφάλαιο για να αγοράσει το αντικείμενο π.χ. PV-πλαίσια, συσσωρευτές κλπ, τότε πιθανόν αυτά να μην είναι στην διάθεση της αγοράς όποτε το αποφασίσει, αλλά να έχουν αντικατασταθεί από άλλα νέα είδη ή τύπους.

στ. Με αυτά τα δεδομένα ορίζουμε τον συντελεστή παρούσας αξίας  $c_n$  ως τον λόγο των  $A(n)/N(n)$ :

$$cv = \frac{A(n)}{N(n)} = \left( \frac{1+p}{1+e} \right)^n \quad (7.2.3.4)$$

που βοηθά στον προσδιορισμό της Π.Α. σε σημερινές τιμές  $\gamma$   $L$  α αγορά αντικειμένων (π.χ. συσσωρευτών), η χρόνια αργότερα π.χ.  $n=2,3,4$ , όπου δηλ. θα πρέπει να αγοραστούν (νέοι) συσσωρευτές λόγω πέρατος της ζωής τους.  $\xi$ . Η πραγματική αξία σε σημερινές τιμές δίνεται από την σχέση:

$$\text{Π.Α.} = cv \times N_0 \quad (7.2.3.5)$$

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε να συγκρίνουμε δυο λύσεις με τις επιλογές συσσωρευτών που ικανοποιούν τις τεχνικές απαιτήσεις-προδιαγραφές που είδαμε προηγουμένως.

### **1η λύση:**

Ας θεωρήσουμε ότι η 1η λύση έδωσε 4 συσσωρευτές των 59Ah, που έχουν χρόνο ζωής 2.7 έτη ο καθένας.

Ας υποθέσουμε κόστος ανά συσσωρευτή 150 Euro.

**2η λύση:**

Ας θεωρήσουμε ότι η 2η λύση έδωσε 1 συσσωρευτή των 200Ah και με χρόνο ζωής 8 έτη. Ας υποθέσουμε ως κόστος του συσσωρευτή τα 850 Ευρο.

Επειδή η εγκατάσταση θα έχει διάρκεια ζωής τα 15-20 χρόνια, ας θεωρήσουμε για λόγους απλούστευσης τα 16 χρόνια για να γίνουν ευκολότερα οι υπολογισμοί. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου θα αντικαταστήσουμε 5 φορές τους συσσωρευτές των 59Ah και μια μόνο φορά αυτόν των 200Ah.

Η.Π.Α αγοράς των συσσωρευτών με 2.7 χρόνια ζωής, και αυτή των συσσωρευτών (2η λύση) με 8 χρόνια ζωής και με την υπόθεση ότι ο πληθωρισμός είναι 2% και με ένα επενδυτικό επιτόκιο περίπου 10%, θα υπολογισθεί ως ακολούθως.

Από την σχέση ο συντελεστής Π.Α.,  $cn$  ισούται με:

$$cn = (1+0.02)/(1+0.1) = 0.92727$$

Λαμβάνουμε  $n=2.7, 5.4, 8.1, 10.8, 13.5$  χρόνια **(1η Λύση)**

$n=8$  χρόνια **(2η Λύση)**

**Σημείωση:**

Οι αριθμοί δείχνουν τους χρόνους κατά τους οποίους θα γίνουν οι αντικαταστάσεις των συσσωρευτών των δυο ανωτέρω τύπων.

Υπολογίζουμε την τιμή  $cn^n$  και στην συνέχεια την παρούσα αξία (Π.Α) αγοράς των συσσωρευτών για τις τιμές του,  $n$ , που αναφέρονται ανωτέρω, με βάση τις σχέσεις (7.2.3.4) και (7.2.3.5)

$N_0$  είναι η τιμή της αγοράς των συσσωρευτών το χρόνο της μελέτης.

Έστω ότι  $N_0=150$  Euro ανά συσσωρευτή των 5UAh και  $N_0=850$  Euro ανά συσσωρευτή των 200Ah.

Μετά τα ανωτέρω προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας για την οικονομική σύγκριση της αγοράς των συσσωρευτών.



Πίνακας 8.2.3.1

	50M	200Ah
Αρχική αγορά	4 x 150 Euro=600 Euro	1x850 Euro=850Euro
2.7 χρόνια	600 Euro x $cv^n=456$ Euro	
5.4 χρόνια	600 Euro x $cv^n=399$ Euro	
8.1 χρόνια	600 Euro x $cv^n=325$ Euro	465 Euro
10.8 χρόνια	600 Euro x $cv^n=265$ Euro	
13.5 χρόνια	600 Euro x $cv^n=216$ Euro	
<b>Σύνολο</b>	<b>2294 Euro</b>	<b>1315 Euro</b>

**Συμπέρασμα:**

Είναι προφανές ότι η αγορά ενός μόνο μεγάλης χωρητικότητας συσσωρευτή ο οποίος να ικανοποιεί και τα τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνεται να είναι οικονομικότερη. Οικονομικότερη είναι βέβαια και από την άποψη ότι και η συντήρηση των 4 τεμαχίων είναι ακριβότερη από αυτή του ενός, αλλά και οι συνδέσεις περισσότερες και προφανώς μεγαλύτερη και η πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων. Τέλος, δεν είναι

ευκαταφρόνητο το υψηλότερο κόστος των καλωδιώσεων με τους 4 συσσωρευτές.

Ωστόσο έχοντας υιοθετήσει την εγκατάσταση ενός μόνο συσσωρευτή, τότε μια πιθανή δυσλειτουργία ή εμφάνιση κάποιου προβλήματος, θα επηρεάσει την όλη PV-εγκατάσταση σε κρίσιμο βαθμό.

#### **Διερεύνηση:**

Η ανάλυση αυτή που παρουσιάσαμε βέβαια και ιδιαίτερα η 2η λύση βασίζεται σε μια αδιερεύνητη υπόθεση:

Ότι δηλαδή είναι δυνατόν να λειτουργήσει το σύστημα αποθήκευσης με έναν μόνο συσσωρευτή, έστω και αν αυτός καλύπτει την απαίτηση της χωρητικότητας, των 200Ah έναντι των 191Ah;

Μήπως υπάρχουν και άλλες απαιτήσεις που πρέπει να πληρή ο συσσωρευτής ή καλύτερα το σύστημα των συσσωρευτών; Εάν επί παραδείγματι η τάση στα άκρα των συσσωρευτών θα πρέπει να είναι 48 Volts, τότε για τον συσσωρευτή του τύπου GNB Absolute απαιτούνται 4 μονάδες

εν σειρά όπως, ενώ στην οικονομοτεχνική ανάλυση λάβαμε μόνο μια μονάδα αυτού του τύπου.

Επομένως, στην ανάλυση που ακολουθήσαμε κάναμε λάθος με το να υπολογίσουμε την αξία για ένα μόνο συσσωρευτή, ενώ απαιτούνται τέσσερις.

Συνεπώς οι τιμές στην δεύτερη λύση του ανωτέρω Πίνακα θα πρέπει να τετραπλασιαστούν και κατά συνέπεια η οικονομικότερη τελικά λύση είναι αυτή των μικρότερων, 50Ah, συσσωρευτών.

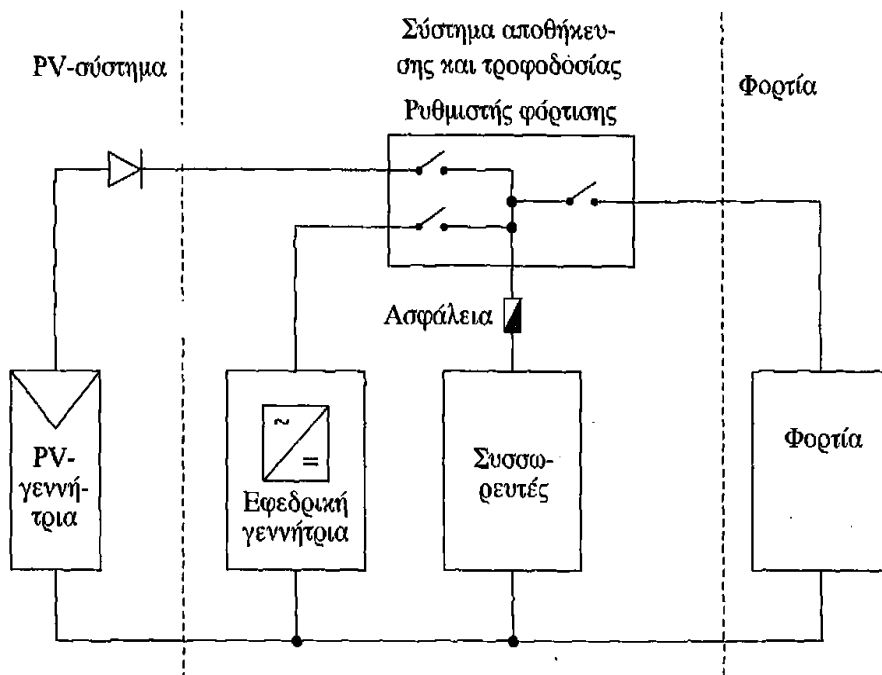
Τελικά, για μια πλήρη οικονομοτεχνική ανάλυση π.χ. L.C.C. (LIFE Cycle Cost). Ανάλυση, απαιτείται η γνώση όχι μόνο του τύπου των συσσωρευτών αλλά και η λεπτομερής συνδεσμολογία ολόκληρης της διάταξης, ώστε να προχωρήσει κανείς σε οικονομική σύγκριση των τεχνικών λύσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8.1. Διαστασιολόγηση της βοηθητικής πηγής ενέργειας του υβριδικού συστήματος

Η υβριδική PV-διάταξη όπως αυτή του σχήματος

**Σχήμα 8.1.1**



όπου μια γεννήτρια π.χ. Diesel χρησιμοποιείται για την φόρτιση των συσσωρευτών όταν αυτό επιβάλλεται. Είναι προφανές ότι ο ρυθμός φόρτισης, δηλ. το  $i_{ch}$ , θα γίνεται με ταχύτητα το πολύ C/10. Για να επιτευχθεί μάλιστα ένας υψηλός βαθμός απόδοσης μιας diesel-γεννήτρια θα πρέπει αυτή με το ρεύμα αυτό,  $i_{ch}$ , να λειτουργεί στο 80-90% της ονομαστικής τιμής της ισχύος της. Επομένως, απαιτούνται τα ακόλουθα βήματα για την διαστασιολόγηση της γεννήτριας diesel.

### **Βήμα 1ο**

Προσδιορισμός του C/10, από την χωρητικότητα του συστήματος αποθήκευσης της ενέργειας.

Το σύστημα αποθήκευσης μας αποτελείται από 4 σειρές των 4 συσσωρευτών με χαρακτηριστικά: C=59Ah, V=12 Volts, DOD=0.8.

Πέραν των διορθώσεων που πρέπει να υπεισέλθουν στην χωρητικότητα, είναι πολύ σημαντικό να προσδιορισθεί η διαθέσιμη χωρητικότητα λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας

π.χ. η διαθέσιμη χωρητικότητα είναι μικρότερη τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους θερινούς.

Επειδή, έχουμε 4 σειρές συσσωρευτών των 59Ah, τότε το ρεύμα φόρτισης με ρυθμό C/10 που θα πρέπει να δίδει η γεννήτρια diesel ισούται με:

$$4 \times 5.9 \text{ A} = 23.6\text{A}$$

### **Βήμα 2ο**

Το σύστημα των συσσωρευτών πρέπει να δώσει ισχύ P στην έξοδο του ώστε να καλύψει τα φορτία.

Ωστόσο, η φόρτιση του έχει απόδοση περί τα 80%, η ισχύς φόρτισης μέσω της γεννήτριας diesel θα ισούται με:  $i \chi V$   
 $\chi 1.2 = 23.6\text{A} \times 4 \text{ 8Volts}$  (που είναι η τάση μεταφοράς της ισχύος)  
 $\chi 1.2 = 1359.4\text{W}$

**Βήμα 3ο**

Ωστόσο, επειδή η γεννήτρια diesel έχει απόδοση περί τα 80-90%, όπως είπαμε προηγουμένως, για τούτο η ισχύς εξόδου της θα πρέπει να είναι:  **$P_{0,D}=1359.4W: 0.9 = 1510.5W$**

**Παρατήρηση:**

Σε μια πλήρη διαστασιολόγηση πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο η απόδοση της φόρτισης/εκφόρτισης των συσσωρευτών, όσο και οι απώλειες στα καλώδια.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

### **9.1. Περιβαλλοντολογικά οφέλη φωτοβολταϊκου συστήματος.**

Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται κατά μεγάλο ποσοστό από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ως γνωστόν, το σημαντικότερο “αέριο του θερμοκηπίου” που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη.

Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται μηδαμινές εκπομπές επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.



Τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Τα φωτοβολταϊκά εγγυώνται:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση
- δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές)

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου).

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

### **9.2. Σύγκριση ρύπων φωτοβολταϊκής εγκατάστασης οικίας με αντίστοιχη συμβατική (Δίκτυο)**

Η επιλογή του συστήματος μας έχει μηδαμινούς ρύπους σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα(σύνδεση με το Δίκτυο). Οι μοναδικοί ρύποι στο συγκεκριμένο σύστημα είναι όταν τεθεί σε λειτουργία η εφεδρική πηγή( diesel-γεννήτρια).

Η λειτουργία της θα γίνει αν και μόνο ξεπεραστεί ο χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος. Το φορτίο αποθήκευσης μιας ημέρας για να φορτιστούν οι συσσωρευτές είναι 52,08 Ah.

Η συγκεκριμένη diesel-γεννήτρια 1,5 KW αποδίδει :

$$P = V * I \Rightarrow I = P / V \Rightarrow I = 1500 / 230 = \mathbf{6.5 A}$$

Επειδή το σύστημα μας για να φορτίσει τις μπαταριές χρειάζεται επιπλέον έναν Μ/Σ (230-48V) με βαθμό απόδοσης 0,9 και μια ανορθωτική γέφυρα με βαθμό απόδοσης 0,9 τότε στην έξοδο της γέφυρας θα έχω :

$$6,5 A * 0,9 * 0,9 = \mathbf{5,26 A}$$

Ο χρόνος λειτουργίας της diesel-γεννήτριας για να καλύψει το φορτίο αποθήκευσης που αναφέραμε παραπάνω θα είναι :

$$52,08 Ah / 5.26 A \approx \mathbf{10 \Omega ρες}$$

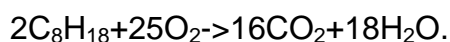
Μια diesel-γεννήτρια 1,5 kw όπως στην εγκατάσταση μας, από τα χαρακτηριστικά της καίει περίπου 1 lt καύσιμου ανά 1 ώρα λειτουργίας.

Σε περίπτωση που τεθεί σε λειτουργία το εφεδρικό σύστημα θα χρειαστεί να δουλέψει 10 ώρες όπως αναφέραμε

παραπάνω. Σε αυτές τις 10 ώρες θα έχουμε κατανάλωση καυσίμου 10 lt. Για αυτήν την κατανάλωση θέλουμε να υπολογίσουμε το ποσό των ρύπων.

Το πετρέλαιο θεωρούμε πως είναι κατά βάση οκτάνιο  $C_8H_{18}$ .

**Πλήρης καύση (85%):**



**Ατελής καύση(15%):**



Οπότε ανά 1 mol Πετρελαίου (δηλαδή 114 gr) προκύπτει  $0,85 \cdot 16/2 + 0,15 \cdot 6 = 7,7$  mol  $CO_2$  ή 340gr  $CO_2$  και  $0,15 \cdot 2 = 0,3$  mol CO ή 8,4 gr.

Αυτό σημαίνει, με βάση την πυκνότητα του Οκτανίου,(0,7gr/ml) πως από κάθε λίτρο προκύπτουν  $700/114 \cdot 340$  gr  $CO_2$  και  $700/114 \cdot 8,4$ gr CO. Δηλαδή :

**2,1 kg/lt  $CO_2$  και 51,6gr/lt CO.**

Και για να το βγάλουμε σε κιλοβατώρες είναι διά 11,9 kWh/lt (η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου), δηλαδή:

**0,1764 kg/kWh  $CO_2$  και 4,33gr/kWh CO.**

Αφού λοιπόν γνωρίζουμε τους ρύπους που εκπέμπει 1 lt πετρελαίου μπορούμε στη συγκεκριμένη εφαρμογή που καταναλώνουμε 10 lt να υπολογίζουμε τους ρύπους.

**Για 10 ώρες:**

- **Co<sub>2</sub> = 21 kg**
- **Co = 516 gr**

Αυτοί θα είναι και οι μοναδικοί ρύποι στην περίπτωση που θα χρειαστεί να λειτουργήσει η γεννήτρια μας.

Στην περίπτωση που η κατοικία μας ήταν διασυνδεδεμένη στο Δίκτυο της ΔΕΗ χωρίς να τροφοδοτείται από εναλλακτικό σύστημα ενέργειας θα εκλύονταν ποσά ρύπων προερχόμενα από το δίκτυο παραγωγής.

Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί τα εξής καύσιμα:

- λιγνίτης (75%)
- μαζούτ (10%)
- diesel (0%)
- φυσικό αέριο (5%)
- Υδροηλεκτρικά (10%)

Στην Ελλάδα, για κάθε KWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στο ηπειρωτικό σύστημα εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα:

- 0,850 Kg CO<sub>2</sub>
- 0,0155 Kg SO<sub>2</sub>
- 0,012Kg NO<sub>x</sub>

και άλλοι αέριοι ρύποι όπως τα αιωρούμενα σωματίδια.

Η μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση της οικία μας είναι 2,5 KW. Οπότε συγκεκριμένα εκλύονται οι παρακάτω ρύποι:

- **2,125 Kg CO<sub>2</sub>**
- **0,039 Kg SO<sub>2</sub>**
- **0,03 Kg NO<sub>x</sub>**

Όπως είναι αντιληπτό η ρύπανση τόσο από το εφεδρικό σύστημα τόσο και από το διασυνδεδεμένο δίκτυο της ΔΕΗ είναι μεγάλη.

Κάθε kwh που παράγεται από φωτοβολταϊκά συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,12 Kg CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Ένα kw φωτοβολταϊκών παράγει κατά μέσο όρο στην Ελλάδα 1300kwh

το χρόνο οπότε αποτρέπεται η έκλυση 1450kg CO<sub>2</sub>. Συνεπώς με τα 5,44MW αποφεύγεται η έκλυση 7,92\*10<sup>6</sup> kg CO<sub>2</sub>.



## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Στη σημερινή εποχή, ευτυχώς, έχουν αρχίσει να γίνονται κάποιες ενέργειες για να αντιμετωπιστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η ρύπανση που ήταν αισθητή στην Αθήνα , υπό το νέφος καπνομίχλης, πριν από μερικά χρόνια, έχει περιοριστεί αρκετά. Παγκοσμίως, έχουν ληφθεί κάποια μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος, χωρίς όμως να έχει δοθεί ακόμη αποτελεσματική λύση.

Όπως φαίνεται από τη μελέτη αυτή και από άλλες εργασίες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς, η λύση του προβλήματος θα ήταν η χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες δεν αποβάλλουν ρύπους στο περιβάλλον. Το πρόβλημα είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστεί στις πραγματικές του διαστάσεις. Επιτακτική ανάγκη αποτελεί η άμεση κινητοποίηση των κρατικών μηχανισμών σε όλο τον κόσμο και η αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τα καλύτερα δυνατά μέσα και με συντονισμένες κινήσεις. Οι αρμόδιοι πρέπει να δώσουν οριστική λύση στο πρόβλημα , από το οποίο

κινδυνεύει τελικά , η ζωή στον πλανήτη μας. Εν κατακλείδι, αναγκαία είναι η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση του κοινού για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον έτσι ώστε να συμβάλλει και αυτό με οποιονδήποτε τρόπο στον περιορισμό της.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μιχαήλ Ν. Τσατήρης : Ενέργεια & περιβάλλον. Εκδόσεις: Γιώργος Δαρδανός 1<sup>η</sup> έκδοση 2002.
2. Σ.Ν. Καπλάνης : Ήπιες μορφές ενέργειας I - Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Εκδόσεις: ΙΩΝ 2003.
3. Σ.Ν. Καπλάνης : Ήπιες μορφές ενέργειας III - Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Εκδόσεις: ΙΩΝ 2004.
4. Αλέξανδρος Σ. Αλεξάκης : Φύση και πολιτισμός-Ηλιακή ενέργεια. Εκδόσεις: Μιχ. Σιδέρη.
5. Αλέξανδρος Σ. Αλεξάκης : Φύση και πολιτισμός-Αιολική ενέργεια. Εκδόσεις: Μιχ. Σιδέρη.
6. Παναγιώτη Α. Σίσκου - Μιχαήλ Ι. Σκούλου : Περιβαλλοντική χημεία I. Εκδόσεις: Σ. Αθανασόπουλος - Σ. Παπαδάμης & ΣΙΑ Ε.Ε. 1992.
7. Περιοδικό Ecotec : Τεύχος Νο6 Νοέμβριος 2005
8. Περιοδικό NATIONAL GEOGRAPHIC : Τεύχος Αύγουστος 2005.
9. <http://www.elinyae.gr/Perivallon/BAME/Eisigiseis/Eisigisi%202/eis-2-xrysostomidhs.html>

10. [http://dept.physics.upenn.edu/~uqlabs/videol01\\_150.ht](http://dept.physics.upenn.edu/~uqlabs/videol01_150.ht)
11. <http://ga.water.usgs.gov/edu/acidrain.html>
12. <http://www.epa.gov/maia/html/acid-rain.html>
13. <http://www.hydrogen.asn.au/Australian-Solar-Energy.htm>
14. <http://13tee-thess.thess.sch.gr/SOLAR/biomaza.htm>
15. [http://www.genersys-ireland.com/solar\\_energy.php](http://www.genersys-ireland.com/solar_energy.php)
16. <http://www.cres.gr/kape/datainfo/statistics.htm>
17. <http://13gym-irakl.ira.sch.gr/ipiesmorfes.htm>
18. <http://www.solar4power.com/solar-power-sizing.html>
19. <http://utopia.duth.gr/~ss9327/indexl.html>
20. [http://dept.physics.upenn.edu/~uqlabs/videol01\\_150.ht](http://dept.physics.upenn.edu/~uqlabs/videol01_150.ht)
21. <http://www.uwsp.edu>
22. <http://www.g-m-tech.com/>
23. [http://www.hydrogen.asn.au/Australian-Solar-Energy, htm](http://www.hydrogen.asn.au/Australian-Solar-Energy.htm)
24. [http://www.genersys-ireland.com/solar\\_energy.php](http://www.genersys-ireland.com/solar_energy.php)
25. <http://www.epa.gov/maia/html/acid-rain.html>
26. <http://www.dec.state.ny.us/website/dar/ood/aciddep.html>
27. [http://www.e3mlab.ntua.gr/epm/b6\\_course.htm](http://www.e3mlab.ntua.gr/epm/b6_course.htm)

**28.** <http://www.envedu.gr/Documents/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC%20%20%CE%88%CE%BD%CE%B1%CF%82%20%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82.pdf>

**29.** <http://www.istame-apapandreou.gr/files/pdf/ape.pdf>