

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ
ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ



ΜΕΛΕΤΗ

ΜΙΧΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

Δρ. ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, ΤΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει εκτενώς τον εξοπλισμό αντιμετώπισης των προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον τομέα της βιομηχανίας, καθώς και τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης στην ηλεκτροπαραγωγή. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τη μεταβολή της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, εξαιτίας των ρύπων. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ορυκτά καύσιμα στο σύνολό τους, τα οποία κατέχουν κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ενέργειας σε διεθνές επίπεδο. Επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου σχετικά με την κατανάλωση και τη γεωγραφική κατανομή. Το δεύτερο κεφάλαιο μελετά την ενεργειακή πολιτική και την ατμοσφαιρική ρύπανση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι γνωστό ότι οι οικιακές και βιομηχανικές δραστηριότητες κάνουν μεγάλη χρήση καυσίμων, οι οποίες προκαλούν την εκπομπή διοξειδίου του θείου (SO₂) που οφείλεται στην παρουσία ορισμένων ποσοτήτων θείου μέσα στα καύσιμα και σωματιδίων άνθρακα και υδρογονανθράκων. Όλα αυτά αποτελούν τοξικές ουσίες τόσο για την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον, όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Ακολούθως, το επόμενο κεφάλαιο δίνει έμφαση και αναλύει ορισμένες βασικές έννοιες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κάνοντας αναφορές στην ιστορική εξέλιξη, στη βιομηχανική αιθανόλη και στις πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων. Το τέταρτο κεφάλαιο επεξηγεί τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς αποτελεί σοβαρό υγειονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα, γιατί τα αέρια που τη ρυπαίνουν έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως την υπερθέρμανση της γης, αναπνευστικά προβλήματα και άλλα προβλήματα υγείας. Το τελευταίο κεφάλαιο εξετάζει διεξοδικά τις τεχνολογίες αντιρρύπανσης σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης.

ABSTRACT

This thesis analyzes extensively the equipment address the air pollution problems in industry and district heating systems in power generation. Air pollution is the change in the composition of air, because of pollutants. The first chapter presents the fossil fuels as a whole, which hold a dominant role in energy production internationally. Marked characteristics of oil and gas on consumption and geographical distribution are presented. The second chapter studies the energy policy and air pollution EU. It is known that domestic and industrial activities are heavy users of fuel, which cause the emission of sulfur dioxide (SO₂) due to the presence of certain amounts of sulfur in the fuel and particulate carbon and hydrocarbons. All these are toxic to both the atmosphere and the environment and to human health as well. Subsequently, the next chapter focuses and analyzes some basic concepts of air pollution, making references to the historical development, industrial ethanol and sources of atmospheric pollutants. The fourth chapter describes the problems of air pollution as a serious health, environmental, social and economic problem, because the gases to pollute have serious consequences such as global warming, respiratory problems and other health problems. The last chapter examines in detail the anti-pollution technologies in heating systems, giving the definition of central heating installation, describing the operation of the system.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	13
Εισαγωγή	13
1.1 Πετρέλαιο.....	16
1.2 Φυσικό Αέριο.....	18
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ & ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ Ε.Ε.....	21
Εισαγωγή	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.1 Διαμόρφωση Ενεργειακής Πολιτικής.....	22
2.2 Το Πρωτόκολλο του Κιότο	25
2.3 Comitee International du Batiment	27
2.4 Ατζέντα 21 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	27
2.5 Βιώσιμη Κατασκευή	28
2.6 Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ.....	29
2.7 Η Κοινοτική Οδηγία 2006/32/ΕΚ.....	30
2.8 Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο	31
2.8.1 Νόμος 3661/2008.....	32
2.8.2 Νόμος 3851/2010.....	33
2.8.3 Προεδρικό Διάταγμα 100/2010	33
2.8.4 Προεδρικό Διάταγμα 72/2010	33
2.8.5 Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/οικ.5825/2010	34
2.8.6 Υπουργική Απόφαση 17178/2010.....	34
2.9 Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής.....	36
3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	38
3.1 Μέση Σύσταση της Γήινης Ατμόσφαιρας.....	38

3.2	Ιστορική Εξέλιξη Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	39
3.3	Ορισμός Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	43
3.4	Βιομηχανική Αιθανόλη	44
3.5	Πηγές Ατμοσφαιρικών Ρύπων	44
3.6	Κύκλος Αέριων Ρύπων.....	46
3.7	Εκπομπές Ρύπων από Λέβητες και Εστίες Καύσης Βιομάζας.....	49
4	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	54
4.1	Αστική Ρύπανση.....	54
4.2	Βιομηχανική Ρύπανση.....	55
4.3	Προβλήματα Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης λόγω Μετεωρολογικών Μεταβλητών	59
4.3.1	Άνεμος	59
4.3.2	Θερμοκρασιακή Αναστροφή	60
4.3.3	Βροχόπτωση.....	62
4.4	Μαθηματικά Μοντέλα Πρόβλεψης.....	62
4.4.1	Ανάγκη Ύπαρξης Μοντέλων Βραχυπρόθεσμης Πρόγνωσης των Επιπέδων Οζοντος 63	
5	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	65
	Εισαγωγή	65
5.1	Ορισμός Εγκατάστασης Κεντρικής Θέρμανσης.....	66
5.2	Κυκλώνες	66
5.3	Σακκόφιλτρα	72
5.4	Ηλεκτροστατικά Φίλτρα	77
5.5	Πλυντρίδες	80
5.5.1	Πλυντρίδα με Πληρωτικά Υλικά.....	84
5.5.2	Πλυντρίδες με Στόμιο	86

5.6	Βαρυτικοί Συλλέκτες.....	87
5.7	Συλλέκτης Εκτροπής με Ανακυκλοφορία.....	87
5.8	Υγρά Φίλτρα	88
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	91
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2	Κατανάλωση M _{tue} (Ψωμάς, 2007).....	15
Πίνακας 3	Κατανάλωση ανά καύσιμο σε TWh (1M _{tue} =4.42 TWh) (Χρυσομαλλίδου, 2009).....	15
Πίνακας 4:	Απαιτούμενες επιμέρους μελέτες της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου.....	32
Πίνακας 5	Τεχνικές Οδηγίες TEE όπως ορίζονται από την Υ.Α. 17178/2010.....	35
Πίνακας 6	Μέση σύσταση της σημερινής γήινης ατμόσφαιρας.....	38
Πίνακας 7	Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία.....	40
Πίνακας 8	Εξέλιξη της απόδοσης των λεβήτων βιομάζας για την περίοδο 1982-2000 στην Αυστρία.....	52
Πίνακας 9	Διεργασίες που προκαλούν την ανθρωπογενή ρύπανση στην ατμόσφαιρα	54
Πίνακας 10	Είδη αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τις αστικές και κυρίως από τις βιομηχανικές πηγές (Platform European Construction Technology Vision 2030 & Strategic Research Agenda, 2005).....	57
Πίνακας 11	Χαρακτηριστικά όλων των τύπων μορφών κυκλώνα (Θωμά, 2005).....	69

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Κατανάλωση ανά κάτοικο	13
Εικόνα 2 Κατανάλωση πετρελαίου ανά κάτοικο το 2009 (τόνοι)	16
Εικόνα 3 Γεωγραφική κατανομή βεβαιωμένων αποθεμάτων για τα έτη 1989, 1999, 2009.....	17
Εικόνα 4 Βεβαιωμένα αποθέματα στο τέλος του 2009 (10^{12} m^3).....	19
Εικόνα 5 Γεωγραφική κατανομή βεβαιωμένων αποθεμάτων για τα έτη 1989, 1999, 2009.....	19
Εικόνα 6 Κατανάλωση Φυσικού αερίου (Μtoe).....	20
Εικόνα 7 Κατανάλωση φυσικού αερίου ανά κάτοικο 2009 (toe)	21
Εικόνα 8 Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα (2000) (Δημούδη, 2008).....	22
Εικόνα 9 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας τελικής χρήσης στην Ε.Ε. για κτίρια κατοικιών και εμπορικά κτίρια (1998)	25
Εικόνα 10 Η περιοχή του Pittsburgh στην Αγγλία, φωτογραφία της δεκαετίας του 1950.....	42
Εικόνα11 Αθήνα, Δεκέμβριος 2012.....	43
Εικόνα 12 Σχηματική περιγραφή των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων.....	48
Εικόνα 13 Εκπομπές καυσαερίων (γραμμάρια ανά ώρα) (Δημούδη, 2008).....	52
Εικόνα 14 Καμπύλες θερμοκρασίας-υψομέτρου χωρίς και με ύπαρξη θερμοκρασιακής αναστροφής.....	61
Εικόνα 15 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων	65
Εικόνα 16 Μονάδες αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων στο Άμστερνταμ και διεργασία πυρόλυσης.....	66
Εικόνα 17 Φυγόκεντρος διαχωριστής, κυκλώνας.....	67

Εικόνα 18 Κίνηση αέρα μέσα στον κυκλώνα	67
Εικόνα 19 Απεικόνιση τυπικού κυκλώνα κατακράτησης σωματιδιακής ύλης. Η μορφή της ροής.....	68
Εικόνα 20 Ανεστραμμένη, εφαιπτομενική, ελικοειδής μορφή κυκλώνα.....	69
Εικόνα 21 Κυκλώνες για απομάκρυνση της σκόνης.....	70
Εικόνα 22 Διατάξεις εν σειρά και εν παραλλήλω	70
Εικόνα 23 Σύστημα 25 κυκλώνων μικρής διαμέτρου	71
Εικόνα 24 Διάφορες κατηγορίες σακκόφιλτρων	72
Εικόνα 25 Multibagfilter	73
Εικόνα 26 Απορροφητικό συγκρότημα σακκόφιλτρων.....	76
Εικόνα 27 Ηλεκτροστατικά φίλτρα.....	77
Εικόνα 28 Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα χρησιμοποιούν την θεωρία του ηλεκτροστατικού φορτίου, η οποία περιγράφει την φόρτιση, με θετικό (περίσσια ηλεκτρονίων) ή αρνητικό (έλλειμμα ηλεκτρονίων) φορτίο, μιας επιφάνειας.	78
Εικόνα 29 Σχεδιάγραμμα γενικής λειτουργίας ηλεκτροστατικού φίλτρου	79
Εικόνα 30 Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος πλυντρίδας (Ζάνη, 2005).....	81
Εικόνα 31 Παράδειγμα συστήματος πλυντρίδας, δέσμευση σωματιδίων και όξινων αερίων	82
Εικόνα 32 Υπάρχει πληθώρα σχεδιασμών πλυντρίδων και συστημάτων πλυντρίδων. Στόχος του σχεδιασμού είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη επαφή μεταξύ του υγρού και του ρυπασμένου αέριου ρεύματος.....	83
Εικόνα 33 Μηχανισμοί σύλληψης σωματιδίων	83
Εικόνα 34 Οριζόντια πλυντρίδα με πληρωτικά υλικά (διασταυρούμενη ροή + ομορορή).....	84
Εικόνα 35 Στηρίγματα των πληρωτικών υλικών	85
Εικόνα 36 Πλυντρίδα με πληρωτικά υλικά σε διασταυρούμενη ροή	85
Εικόνα 37 Συστήματα κατανομής του νερού σε πλυντρίδες με πληρωτικά υλικά	86
Εικόνα 38 Σκαρίφημα πλυντρίδων με στόμιο	86

Εικόνα 39 Βαρυτικός συλλέκτης σωματιδιακής ύλης.....	87
Εικόνα 40 Συλλέκτης εκτροπής με ανακυκλοφορία.....	88
Εικόνα 41 Υγροί καθαριστές, εκπλυτές, πλημμυρίδες ή υγρά φίλτρα. (πάνω) Απλός τύπος, (κάτω) Με διαφράγματα πρόσκρουσης και εκτροπής της ροής.....	90

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει εκτενώς τον εξοπλισμό αντιμετώπισης των προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον τομέα της βιομηχανίας, καθώς και τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης στην ηλεκτροπαραγωγή. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τη μεταβολή της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, εξαιτίας των ρύπων.

Είναι γεγονός ότι η καταλυτική εξέλιξη της τεχνολογίας συμβάλλει στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, χωρίς ωστόσο να απουσιάζουν και σημαντικές συνέπειες στο περιβάλλον. Αυτές προσεγγίζουν κατά κύριο λόγο δύο διαστάσεις. Αρχικά, η μία διάσταση σχετίζεται με την απελευθέρωση ρύπων και κατάλοιπων στην επιφάνεια της γης (ξηρά, θάλασσα, υδροφόρος ορίζοντας) και στην ατμόσφαιρα από υποπροϊόντα καύσης. Αναμφίβολα, άμεσες είναι οι συνέπειες και στα έμβια όντα κάθε είδους του πλανήτη συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθώς και μακροπρόθεσμες με την αργή αλλά και σταθερή καταστροφή του όζοντος και το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η άλλη διάσταση είναι η κατασπατάληση των λιγοστών φυσικών πόρων (στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα) που μας δίνουν την συντριπτική πλειοψηφία της καταναλισκόμενης απαραίτητης ενέργειας σήμερα.

Το αισιόδοξο είναι ότι τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται μεγάλες και συντονισμένες προσπάθειες σε διεθνές και εθνικό επίπεδο (πρωτόκολλο Κιότο, ευρωπαϊκή νομοθεσία για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση ρύπων) χρησιμοποιώντας τρέχουσες ή επιδοτώντας μελέτες για σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις προκειμένου να μειωθεί η καταστροφή του ζωτικού μας χώρου. Μεγάλο κομμάτι της προσπάθειας αυτής σχετίζεται με τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας σε όλα τα επίπεδα (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία, θέρμανση – κλιματισμός – αερισμός, φωτισμός κτιρίων κλπ). Σαφέστατα, εκτός από τις κυβερνήσεις και τις εταιρίες, ο καθένας μπορεί να συμβάλει ενεργά σε αυτή την προσπάθεια με κάποιες απλές, καθημερινές ενέργειες που είναι γνωστές. Σχετικά με την εργασία, το περιεχόμενό της αναλύεται σε πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο εξετάζει τα ορυκτά καύσιμα στο σύνολό τους, τα οποία κατέχουν κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ενέργειας σε διεθνές επίπεδο. Επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου σχετικά με την κατανάλωση και τη γεωγραφική κατανομή. Το δεύτερο κεφάλαιο μελετά την ενεργειακή πολιτική και την ατμοσφαιρική ρύπανση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι γνωστό ότι οι οικιακές

και βιομηχανικές δραστηριότητες κάνουν μεγάλη χρήση καυσίμων, οι οποίες προκαλούν την εκπομπή διοξειδίου του θείου (SO₂) που οφείλεται στην παρουσία ορισμένων ποσοτήτων θείου μέσα στα καύσιμα και σωματιδίων άνθρακα και υδρογονανθράκων. Όλα αυτά αποτελούν τοξικές ουσίες τόσο για την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον, όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Ακολούθως, το επόμενο κεφάλαιο δίνει έμφαση και αναλύει ορισμένες βασικές έννοιες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κάνοντας αναφορές στην ιστορική εξέλιξη, στη βιομηχανική αιθανόλη και στις πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων. Το τέταρτο κεφάλαιο επεξηγεί τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς αποτελεί σοβαρό υγειονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα, γιατί τα αέρια που τη ρυπαίνουν έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως την υπερθέρμανση της γης, αναπνευστικά προβλήματα και άλλα προβλήματα υγείας. Το τελευταίο κεφάλαιο εξετάζει διεξοδικά τις τεχνολογίες αντιρρύπανσης σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης, δίνοντας τον ορισμό της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, περιγράφοντας τη λειτουργία του συστήματος.

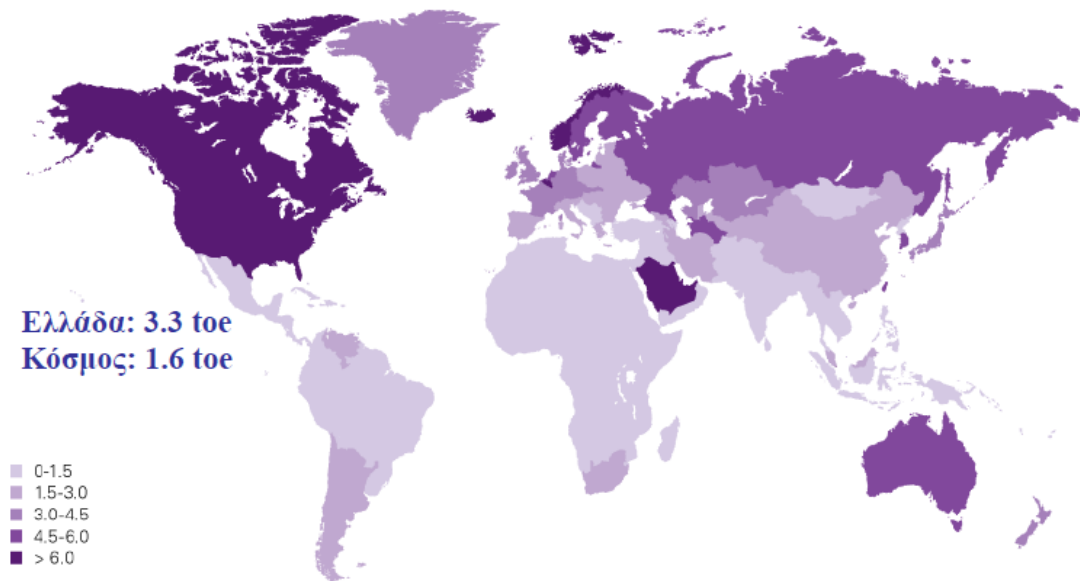
1. ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Εισαγωγή

Σήμερα, τα ορυκτά καύσιμα κυριαρχούν παγκοσμίως στην παραγωγή ενέργειας. Σύμφωνα με μελέτες της IEA (WorldEnergy Outlook), τα ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσουν να αποτελούν την κύρια ενεργειακή πηγή έως το 2030, σημειώνοντας μάλιστα αύξηση παραγωγής τους μεταξύ 1,5 - 2,5%. Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τους (Mann, 2005) τα ορυκτά καύσιμα είναι (Ψωμάς, 2007)

«Καύσιμα προερχόμενα από φυσικές πηγές όπως αναερόβια αποσύνθεση νεκρών θαμμένων οργανισμών. Η ηλικία των νεκρών οργανισμών που με την εναπόθεσή τους σχηματίζουν τα ορυκτά καύσιμα κυμαίνεται από μερικά εκατομμύρια μέχρι 650 εκατομμύρια χρόνια. Στα ορυκτά καύσιμα ανήκουν το κάρβουνο, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο».

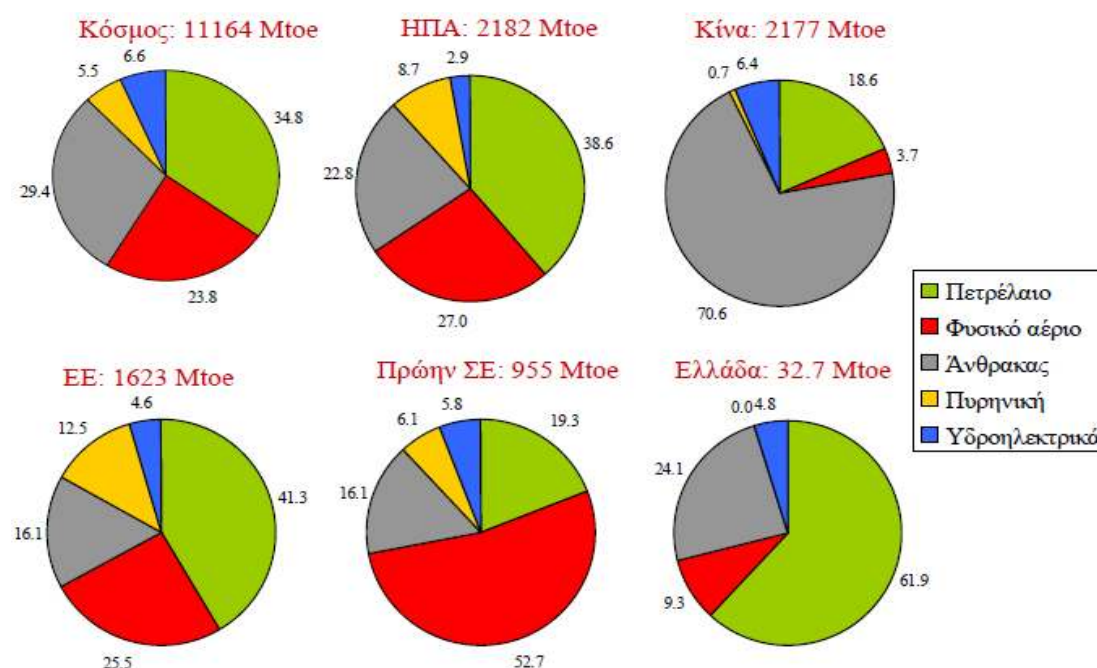
Τα υλικά των ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι ελαφρά αέρια όπως το μεθάνιο ή σκληρά στερεά σώματα όπως ο ανθρακίτης. Αυτά σχηματίζονται από αποθέσεις νεκρών θαλάσσιων οργανισμών, ζώων ή φυτών της ξηράς τα οποία εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις στο εσωτερικό της γης για εκατομμύρια χρόνια.



Εικόνα 1 Κατανάλωση ανά κάτοικο

Η τρέχουσα οικονομική, τεχνολογική και κοινωνική ανάπτυξη, έχει σαν αποτέλεσμα την αυξανόμενη ζήτηση, χρήση και εκμετάλλευση των ορυκτών. Η οικοδομική και η κατασκευαστική δραστηριότητα, η βιομηχανία, η αεροναυπηγική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ναυπηγική, η επίλυση πολλών περιβαλλοντικών ζητημάτων, οι τηλεπικοινωνίες, οι τεχνολογίες των ΑΠΕ στηρίζονται κύρια στις ορυκτές πρώτες ύλες, στη μεταποίησή τους και στην εκμετάλλευση των εξειδικευμένων φυσικοχημικών ιδιοτήτων ορισμένων ορυκτών. Είναι φανερό ότι οι ορυκτοί φυσικοί πόροι είναι απαραίτητη συνιστώσα για την βιωσιμότητα της οικονομικής ανάπτυξης και την ποιότητα ζωής, αλλά και ότι η διαθεσιμότητα τους είναι πολύτιμο αγαθό και ανεκτίμητη πλουτοπαραγωγική πηγή (Ψωμάς, 2007).

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας έπεσε το 2009 κατά 1.1% σε όλες τις περιοχές της γης. Αν και το πετρέλαιο παραμένει το κύριο καύσιμο (34.8 %) συνεχίζει να χάνει το μερίδιό του στην αγορά. Το μερίδιο του άνθρακα ήταν το μεγαλύτερο από το 1970.



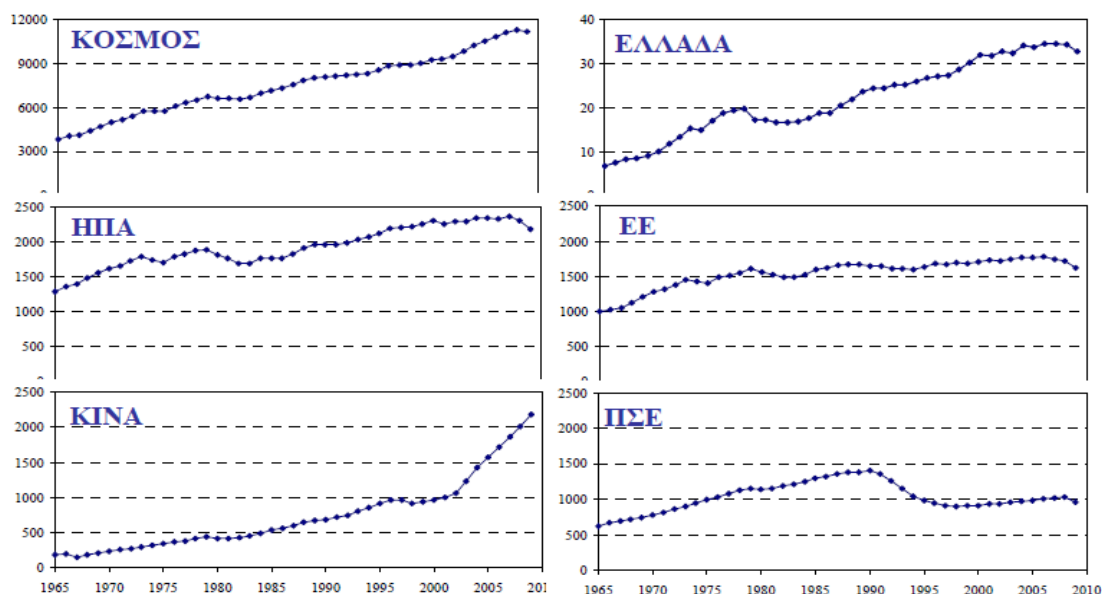
Πίνακας 1 Κατανάλωση ανά καύσιμο το 2009

2008	ΗΠΑ	ΚΙΝΑ	ΕΕ	ΠΣΕ	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΟΣΜΟΣ
Πετρέλαιο	3927	1681	3108	850	95	17500
Φυσικό αέριο	2650	323	1949	2405	17	12009
Γαιάνθρακας	2493	6214	1299	783	36	14524
Πυρηνική ενέργεια	849	68	940	265	0	2741
Υδροηλεκτρικά	257	585	323	234	4	3232
Σύνολο	10175	8872	7619	4538	152	50006
Ηλεκτρική ενέργεια	4325	3494	3362	1508	59	20336
Ηλεκτρική προς πρωτογενή	0.43	0.39	0.44	0.33	0.39	0.41

2009	ΗΠΑ	ΚΙΝΑ	ΕΕ	ΠΣΕ	ΕΛΛΑΔΑ	ΚΟΣΜΟΣ
Πετρέλαιο	3725	1788	2965	813	89	17156
Φυσικό αέριο	2602	353	1829	2224	13	11725
Γαιάνθρακας	2201	6794	1155	677	35	14488
Πυρηνική ενέργεια	841	70	895	259	0	2698
Υδροηλεκτρικά	275	616	327	245	7	3272
Σύνολο	9643	9621	7171	4218	145	49340
Ηλεκτρική ενέργεια	4150	3725	3182	1434	57	20094
Ηλεκτρική προς πρωτογενή	0.43	0.39	0.44	0.34	0.40	0.41

Πίνακας 1 Κατανάλωση Mtue (Ψωμάς, 2007)

Το πετρέλαιο είναι το κύριο καύσιμο σχεδόν σε όλες τις περιοχές. Το φυσικό αέριο έχει μεγάλο μερίδιο στην Ευρώπη ο Γαιάνθρακας στην Ασία, η υδροηλεκτρική στην Ν. Αμερική και η πυρηνική ενέργεια στην Ευρώπη και την Β. Αμερική (Ψωμάς, 2007).

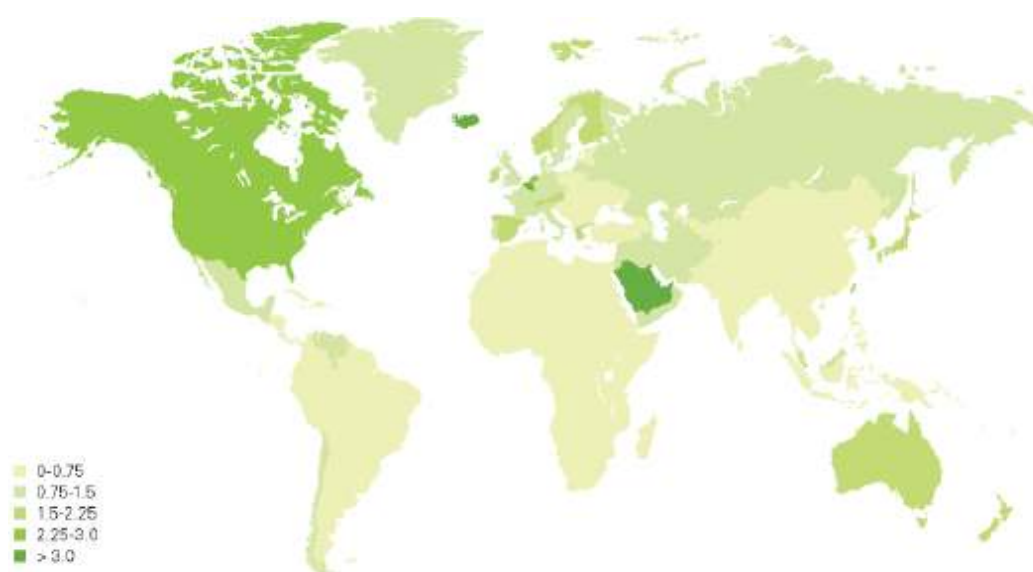


Πίνακας 2 Κατανάλωση ανά καύσιμο σε TWh (1Mtoe=4.42 TWh) (Χρυσομαλλίδου, 2009)

1.1 Πετρέλαιο

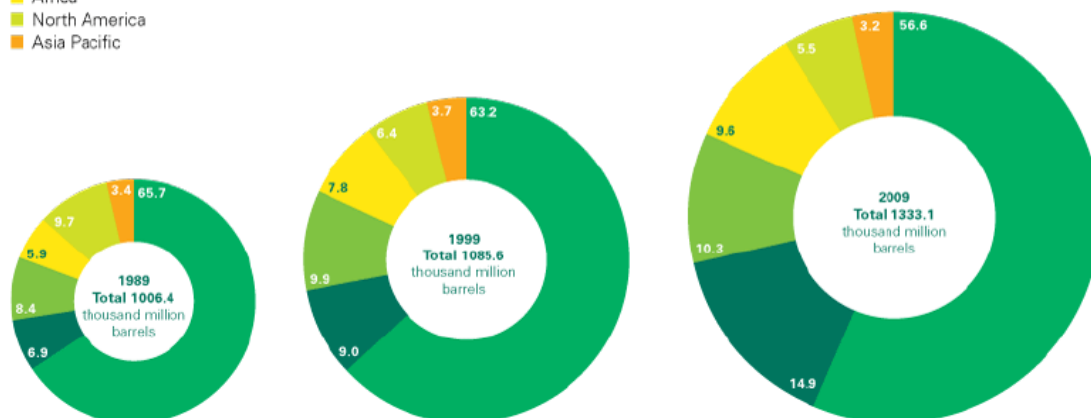
Πετρέλαιο (Petroleum) ονομάζεται μια μεγάλη ποικιλία υδρογονοκάρβων που περιλαμβάνει το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, την πίσσα και την παραφίνη(Χρυσομαλλίδου, 2009).

- Σχηματίστηκε από θαλάσσια φυτά που θάφτηκαν σε αποθέσεις ιζημάτων ειδικότερα σε λιμναίους βράχους που σχηματίστηκαν μέσα σε λίμνες και υγροτόπους.
- Οι σχηματισμοί στους οποίους βρίσκεται πετρέλαιο είναι παλαιότεροι από αυτούς του άνθρακα (ο παλαιότερος ανήκει στην Προκάμβρια εποχή- $1 \cdot 10^9$ έτη πριν).
- Η άσφαλτος χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα ως στεγανωτικό ενώ αργότερα επιφανειακά κοιτάσματα πετρελαίου χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμο.
- Η πρώτη συστηματική εκμετάλλευση κοιτασμάτων πετρελαίου έγινε στην Πενσυλβάνια των ΗΠΑ το 1859. Σήμερα είναι καταναμημένο σε όλες τις περιοχές του πλανήτη και ειδικότερα στις ηπειρωτικές περιοχές που κάποτε ήταν ωκεανοί. Εξορύσσεται ως αργό (crude) και μεταφέρεται σε διυλιστήρια για την παραγωγή πολλών προϊόντων αλλά κυρίως πετρελαίου (masoline, petrol), βενζίνης και diesel (Χρυσομαλλίδου, 2009).



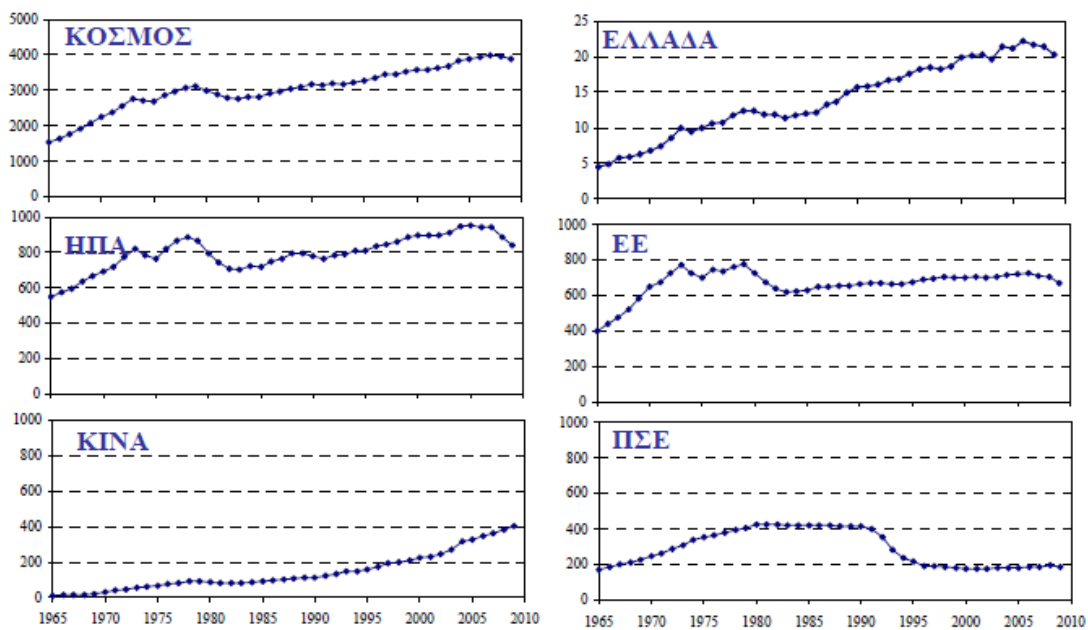
Εικόνα 2 Κατανάλωση πετρελαίου ανά κάτοικο το 2009 (τόνοι)

- Middle East
- S. & Cent. America
- Europe & Eurasia
- Africa
- North America
- Asia Pacific

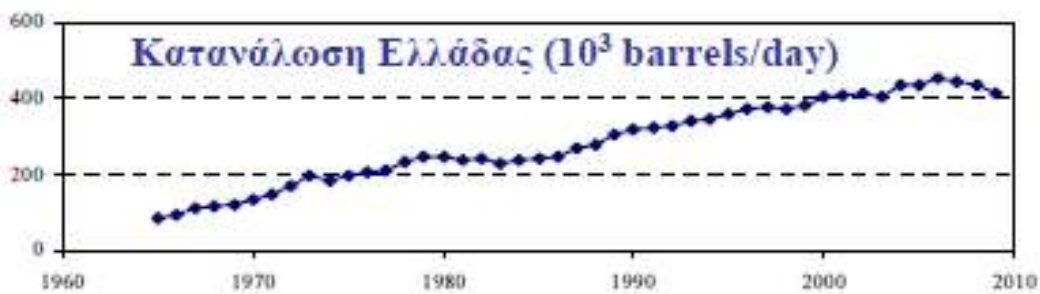


Εικόνα 3 Γεωγραφική κατανομή βεβαιωμένων αποθεμάτων για τα έτη 1989, 1999, 2009

Πετρέλαιο Κατανάλωση (Mt)



1 MB/day = 49.8 Mt/year



1.2 Φυσικό Αέριο

Το **φυσικό αέριο (naturalgas-NM)** είναι μείγμα υδρογονανθράκων και άλλων αερίων και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (85-95%). Η σύστασή του διαφέρει στα διάφορα κοιτάσματα. Το φυσικό αέριο βρίσκεται (Χρυσομαλλίδου, 2009):

(α) στο πάνω μέρος κοιτασμάτων πετρελαίου,

(β) διαλυμένο μέσα στο πετρέλαιο και

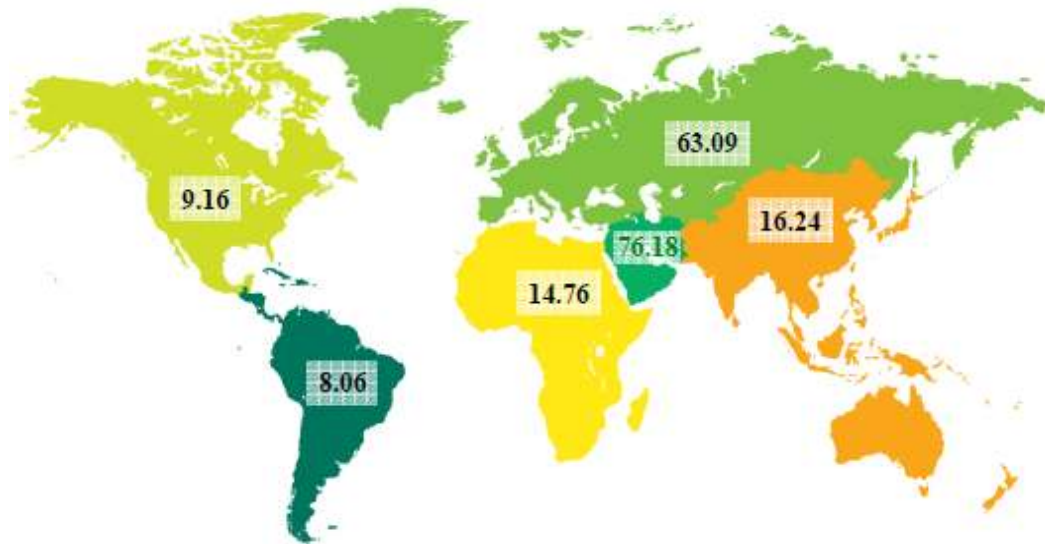
(γ) σε πολύ βαθιές αποθέσεις ανεξάρτητα από κοιτάσματα του πετρελαίου.

- Τα τελευταία προέρχονται από οργανικό υλικό συνήθως άνθρακα μετά από θερμική αποσύνθεση και φυσική αεριοποίηση του, στα βαθύτερα στρώματα όπου η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη.
- Τα πρώτα χρόνια εκμετάλλευσης του πετρελαίου η θερμική αξία του ‘συνοδούοντος’ αερίου δεν αξιοποιήθηκε εμπορικά.
- Η βιομηχανική επεξεργασία του άνθρακα δίνει αέριο που χρησιμοποιείται όπως και το φυσικό σε διάφορες εφαρμογές.
- Το φυσικό αέριο πολλές φορές υγροποιείται σε LNM (Liquefiednaturalgas) για ευκολία στην αποθήκευση και μεταφορά (Χρυσομαλλίδου, 2009).

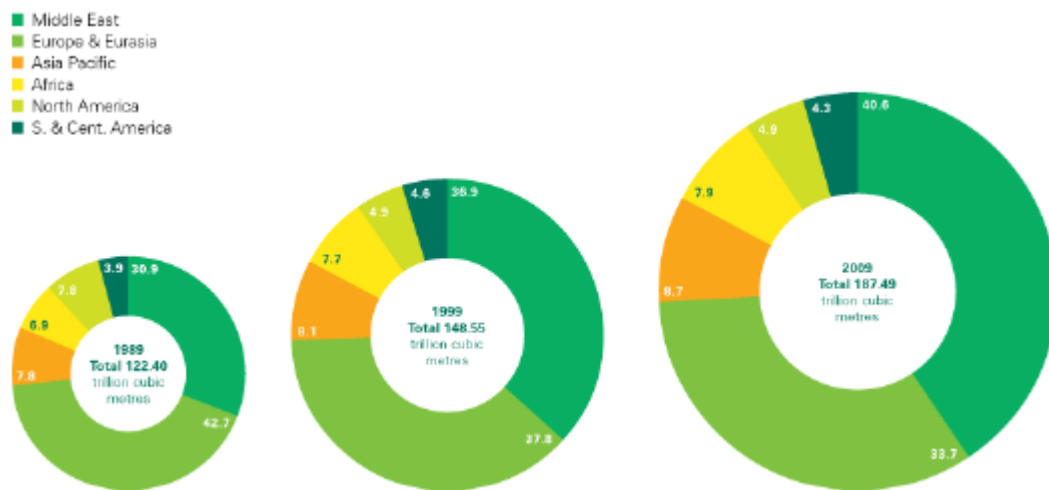
Το Φυσικό Αέριο είναι ένα μείγμα καυσίμων αερίων που βρίσκεται σε κοιλότητες του υπεδάφους, συνήθως μαζί με άλλα ορυκτά καύσιμα. Είναι μείγμα ενώσεων διαφόρων στοιχείων, με το μεθάνιο κυρίαρχο συστατικό. Πριν διατεθεί για χρήση υφίσταται μια επεξεργασία κατά την οποία διαχωρίζονται και κατακρατούνται ποικίλα ανεπιθύμητα συστατικά και ενώσεις από τη μάζα του.

Το τελικό προϊόν το οποίο συλλέγεται και μεταφέρεται με αγωγούς από τον τόπο εξόρυξης προς την τελική κατανάλωση, είναι απαλλαγμένο από υδρατμούς, από βαρύτερους του μεθανίου υδρογονάνθρακες, και άλλα στοιχεία και ενώσεις.

Υπάρχουν τεράστια καταμετρημένα αποθέματα Φυσικού Αερίου. Τα μεγαλύτερα είναι της Ρωσίας τα οποία φθάνουν στο ένα τρίτο περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων.(Χρυσομαλλίδου, 2009)



Εικόνα 4 Βεβαιωμένα αποθέματα στο τέλος του 2009 (10¹² m³)

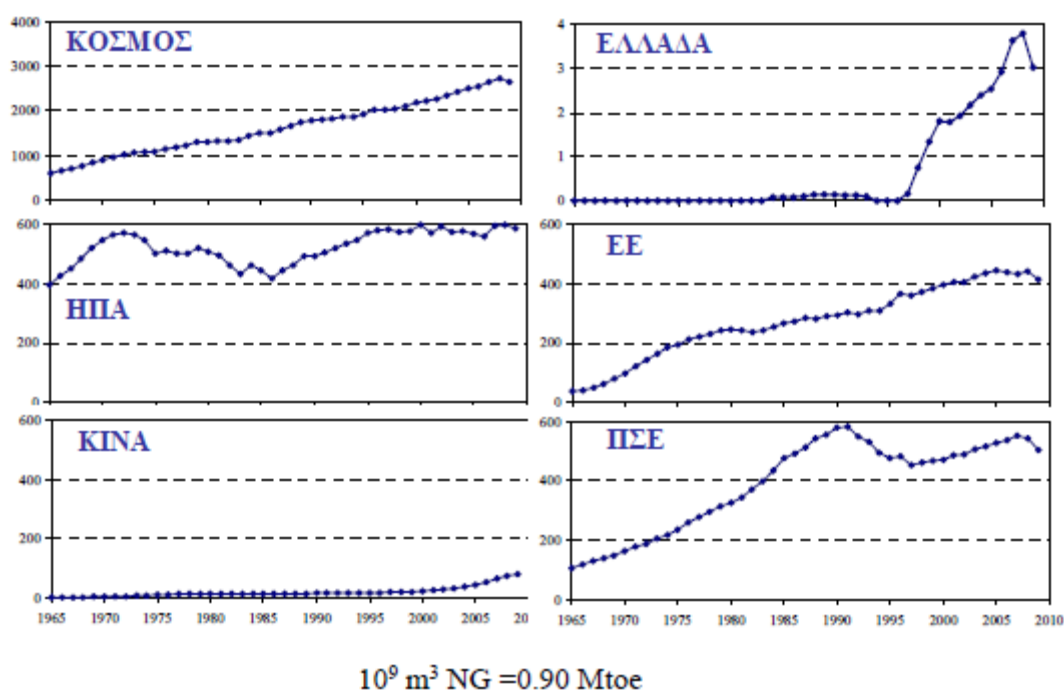


Εικόνα 5 Γεωγραφική κατανομή βεβαιωμένων αποθεμάτων για τα έτη 1989, 1999, 2009

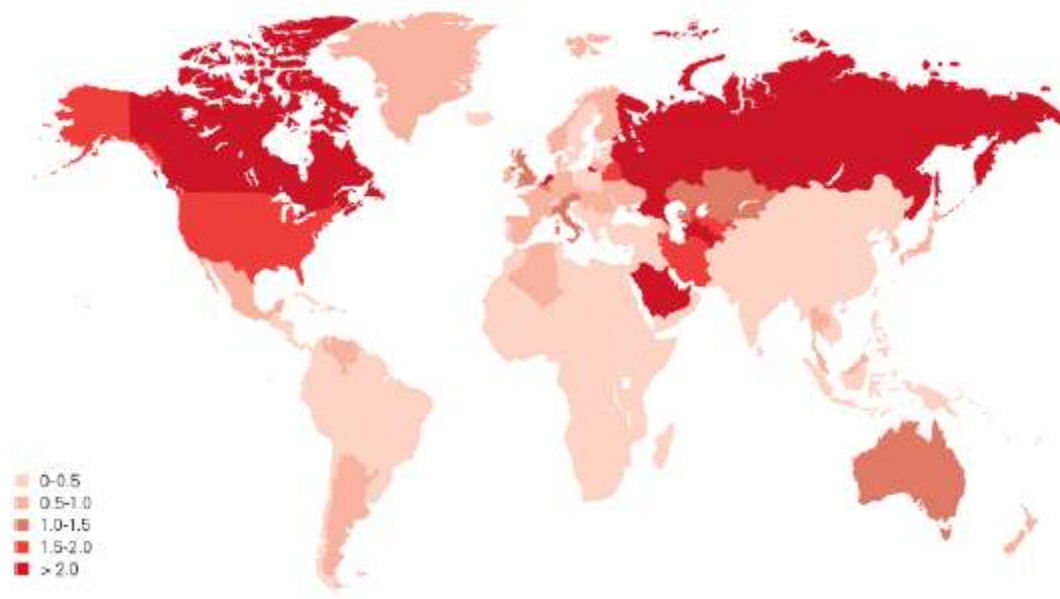
Άλλες μεγάλες ποσότητες βρίσκονται στο Ιράν, στο Κατάρ και στη Σαουδική Αραβία. Είναι αέριο του οποίου η σύσταση διαφέρει ανάλογα με το τόπο προέλευσής

του. Είναι ελαφρύτερο του αέρα και άοσμο, για λόγους όμως ανίχνευσης σε περίπτωση διαρροής προστίθεται σε αυτό ουσία η οποία του προσδίδει χαρακτηριστική οσμή.

Το Φυσικό Αέριο σήμερα είναι το πλέον περιζήτητο καύσιμο εξαιτίας της υψηλής θερμογόνου δύναμης, της μειωμένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της αποδοτικής του καύσης. Θεωρείται η καθαρότερη πηγή ενέργειας μετά τις Ανανεώσιμες, λόγω της ποιότητας της καύσης του και της χαμηλής περιεκτικότητας των καυσαερίων του σε ρυπογόνες ουσίες. Έχει πλέον επικρατήσει ως το κατεξοχήν καύσιμο των πόλεων που θέλουν να σέβονται το περιβάλλον και τους πολίτες τους. Βρίσκει ευρύτατη εφαρμογή στο σπίτι για το μαγείρεμα και τη θέρμανση νερού και χώρων, στον κτιριακό τομέα για την κεντρική θέρμανση, στις μεταφορές και στις συγκοινωνίες, στη βιοτεχνία, στη βιομηχανία και στην ηλεκτροπαραγωγή. Ειδικά στην ηλεκτροπαραγωγή τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μεγάλη διείσδυση του Φυσικού Αερίου. Με δεδομένο το δίκτυο μεταφοράς και διανομής εγκαθίστανται πολλές νέες μονάδες παγκόσμια, παράλληλα δε προγραμματίζεται η αντικατάσταση παλαιότερων ρυπογόνων μονάδων άλλων τεχνολογιών με Φ/Α.



Εικόνα 6 Κατανάλωση Φυσικού αερίου (Mtoe)



Εικόνα 7 Κατανάλωση φυσικού αερίου ανά κάτοικο 2009 (toe)

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ & ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ Ε.Ε.

Είναι γεγονός ότι οι περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές και διεθνείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο πιεστικές, οδηγώντας έτσι τη διεθνή κοινωνία και την Ευρωπαϊκή Ένωση στην αναζήτηση βασικών λύσεων για την καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, που δεν είναι άλλες από την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εξοικονόμηση ενέργειας.

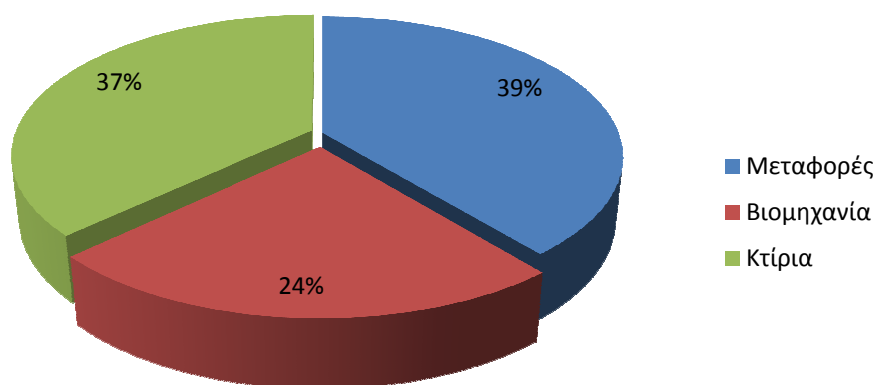
Σε εθνικό επίπεδο, η μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας των κατοικιών αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος. Συνδυαστικά με την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το πρόβλημα μπορεί να αμβλυνθεί.

Στην Ελλάδα η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα ελληνικά κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών

εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, ενός αερίου που ευθύνεται για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου στον πλανήτη. Όσον αφορά το βιομηχανικό τομέα, αν και η συνολική κατανάλωση ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ελαφριά κάμψη (κυρίως λόγω της ύφεσης σε ενεργοβόρους βιομηχανικούς κλάδους), η συνεισφορά του στην τελική κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντική (~ 25%).

Κατά συνέπεια, η ανάγκη για επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα απαιτεί ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο κινήτρων και κανονισμών ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, όπως και ένα ρεαλιστικό, εθνικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας, που θα αποσκοπούν στην βελτίωση της ποιότητας κατασκευής των κτιρίων και την ευαισθητοποίηση του χρήστη σε ενεργειακά θέματα.

Ένα σημαντικό βήμα για την καταπολέμηση της αλλαγής κλίματος είναι το πρωτόκολλο του Κιότο του 1997. Αυτό θέτει εθνικούς στόχους για τα κράτη μέλη του ΟΟΣΑ (Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας & Ανάπτυξης) να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά ένα ποσοστό 5,2% από τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2012 (Ρόκκου, 2010).



Εικόνα 8 Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα (2000) (Δημούδη, 2008)

2.1 Διαμόρφωση Ενεργειακής Πολιτικής

Πριν από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, η ενεργειακή απόδοση των επιμέρους τμημάτων του κελύφους των κτιρίων ποτέ δεν αποτέλεσε κρίσιμο και σημαντικό

παράγοντα στο σχεδιασμό των κτιρίων. Ωστόσο, η μέχρι το 1973 κατάσταση άλλαξε ριζικά με την ανάπτυξη και την εφαρμογή αρκετών προτύπων και κανονισμών, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης διάφορων στοιχείων του κτιριακού κελύφους. Έτσι, η μέχρι πρότινος τακτική, το κέλυφος των κτιρίων να σχεδιάζεται από τους αρχιτέκτονες μηχανικούς με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στην ικανοποίηση πολλών παραγόντων, κατασκευαστικών και αισθητικών, διαμορφώθηκε εκ νέου με τη βελτίωση ενεργειακής συμπεριφοράς του.

Στα 1974 εμφανίζονται, οι πρώτοι κανονισμοί θερμομόνωσης στις Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία) με στόχο μέσα από την σωστή θερμομόνωση κτηρίων την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην Ελλάδα, η επιβολή θερμομόνωσης στα νέα κτίρια ρυθμίστηκε για πρώτη φορά νομοθετικά στα τέλη της δεκαετίας του 80' (ΦΕΚ362/1979).

Με την πρόβλεψη για θερμομόνωση¹ στις κτιριακές κατασκευές λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο - ή αντίστροφα - και συγχρόνως δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάγκη για μια τέτοια πρόβλεψη δεν ήταν επιβεβλημένη, αφού οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος (τοιχοί, στέγη), η διάταξη των χώρων καθώς και η σύνθεση των όγκων των παραδοσιακών κτισμάτων, ήταν καθοριστικοί παράγοντες ρύθμισης της θερμομονωτικής ικανότητας, αλλά και της ροής θερμότητας.

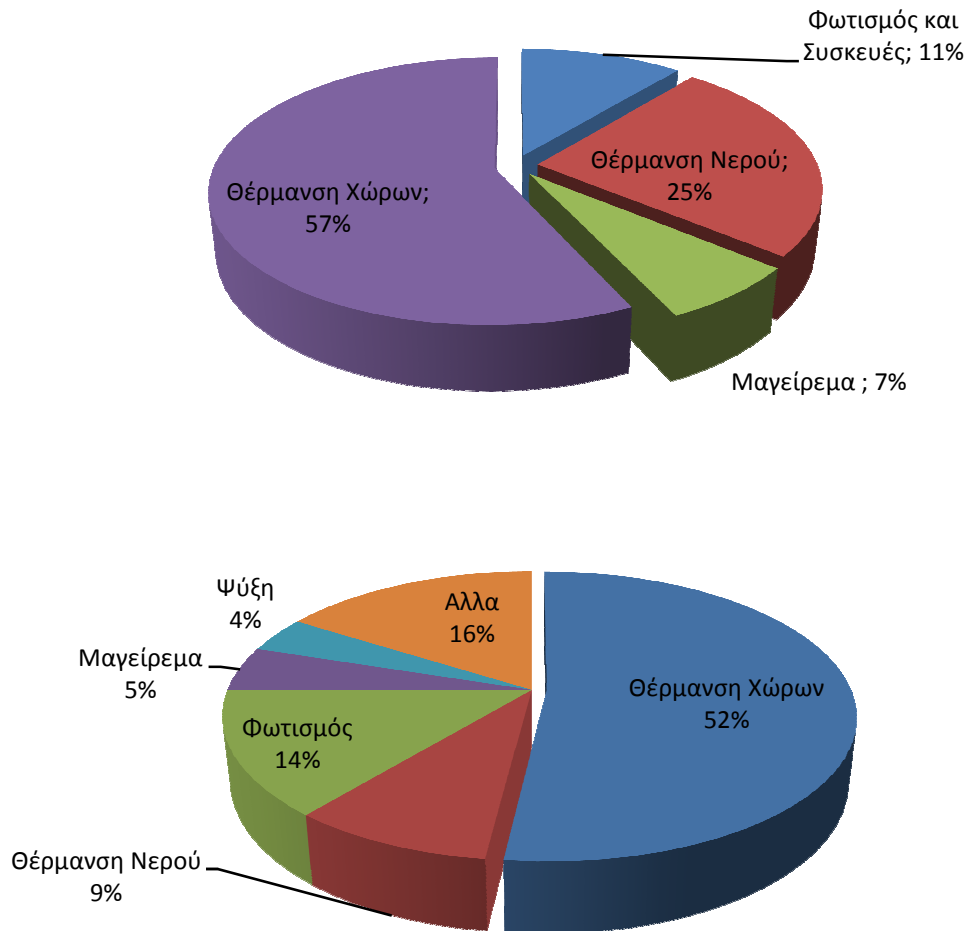
Αξιοσημείωτο είναι πως, σε αντίθεση με σήμερα και μολονότι τα βασικά υλικά κατασκευής ήταν κοινά, η τυπολογία οικισμών και κτισμάτων διαφοροποιούνταν από τόπο σε τόπο με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Επιπλέον, η ορθή ένταξη και προσανατολισμός των κτιρίων αυτών στο περιβάλλον, με τη σωστή

¹Σταδιακά στα μέσα της δεκαετίας του 80, η Ευρώπη ανακαλύπτει, και μια άλλη συνιστώσα πέρα από την θερμομόνωση, που είναι η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική. Αυτή μας διδάσκει, όχι μόνο να θερμομονώνουμε τα σπίτια, αλλά και να τα προσανατολίζουμε σωστά σε σχέση με τον ήλιο (χειμωνιάτικο και καλοκαιρινό) αλλά και με τους επικρατούντες ανέμους.

διαμόρφωση χώρων και επιλογή υλικών κατασκευής, καθιστούσε επιτρεπτό τον επιθυμητό φωτισμό-ηλιασμό και παρείχε τη δυνατότητα φυσικού δροσισμού.

Δυστυχώς σύγχρονες αρχιτεκτονικές τάσεις που υιοθετήθηκαν στη χώρα μας τα προηγούμενα χρόνια αγνοούν σε μεγάλο βαθμό τον παράγοντα κλίμα, ήλιο κ.λπ. και στα πλαίσια ενός κακώς νοούμενου διεθνισμού δημιουργήθηκαν κτίρια απομακρυσμένα από την παράδοση, και των οποίων μιμήσεις συναντά κανείς σε τόπους με διαφορετικό εντελώς κλίμα. Με την πάροδο του χρόνου, οι κατασκευές έγιναν ελαφρότερες, περισσότερο σύνθετες και λιγότερο ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας η προστασία από τις θερμικές μεταβολές μεταβιβάστηκε στα διάφορα συστήματα ελέγχου του μικροκλίματος, όπως η κεντρική θέρμανση και ο κλιματισμός. Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών δεν αποτελούσε πρόβλημα μέχρι τη στιγμή που τα διαθέσιμα αποθέματα των συμβατικών καυσίμων – ουσιαστικά του πετρελαίου – μειώθηκαν και έπαψαν να είναι φτηνά. Επακόλουθο αυτού ήταν μια παγκόσμια προσπάθεια διαφύλαξης και ορθολογικής εκμετάλλευσης των αποθεμάτων ενέργειας και έτσι άρχισε να διαφαίνεται, μεταξύ άλλων, ο πρωτεύοντας ρόλος της θερμομόνωσης στο καίριο ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας (Υπηρεσία Ενέργειας, 2010, Σιούτα και Γιαννακούλης, 2010).



Εικόνα 9 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας τελικής χρήσης στην Ε.Ε. για κτίρια κατοικιών και εμπορικά κτίρια (1998)

2.2 Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Με βάση τις διαδικασίες που προβλέπονται από τη Σύμβαση, στην Τρίτη Σύνοδο των Συμβαλλομένων Μερών υιοθετήθηκε Πρωτόκολλο στη Σύμβαση, γνωστό ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Το Πρωτόκολλο στοχεύει σε συνολική μείωση των εκπομπών τουλάχιστον κατά 5% την πενταετία 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για την επίτευξή του, τα ανεπτυγμένα Κράτη - Μέρη του Πρωτοκόλλου καλούνται να εξασφαλίσουν ότι οι εκπομπές τους, για 6 συνολικά αέρια, δεν θα υπερβούν τα όρια που τους τίθενται με το Πρωτόκολλο αυτό, στο Παράρτημα Β. Το

Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ το 2005. Τα κύρια σημεία του Πρωτοκόλλου συνοψίζονται ως εξής (Σιούτα και Γιαννακούλης, 2010):

- ✓ Τα ανεπτυγμένα κράτη δεσμεύονται να μειώσουν τις συνολικές τους εκπομπές κατά τουλάχιστον 5%. Ο στόχος αυτός αναφέρεται σε έξι αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο).
- ✓ Ο στόχος κάθε κράτους πρέπει να επιτευχθεί την περίοδο 2008-2012.
- ✓ Δυνατότητα εκπλήρωσης των υποχρεώσεων από κοινού. Τα Κράτη δύνανται να δηλώσουν κοινή εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους, μέσω μιας συμφωνίας που θα συνάψουν, όπου θα καταγράφεται η υποχρέωση κάθε κράτους ως προς το επίπεδο των εκπομπών και η οποία πρέπει να κατατεθεί μαζί με το κείμενο επικύρωσης.
- ✓ Δυνατότητα εκπλήρωσης μέρους των υποχρεώσεων μέσω τριών ευέλικτων μηχανισμών. Το Πρωτόκολλο του Κιότο παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται η εκπλήρωση μέρους των υποχρεώσεων μέσω τριών μηχανισμών: από κοινού εφαρμογή, μηχανισμός "καθαρής" ανάπτυξης και εμπόριο εκπομπών. Η γενική προϋπόθεση είναι η εκπλήρωση των υποχρεώσεων μέσω των μηχανισμών αυτών να είναι συμπληρωματική των εθνικών δράσεων για την επίτευξη του στόχου.
- ✓ Υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων. Το Πρωτόκολλο δεσμεύει τα Κράτη-Μέρη του σε εφαρμογή ή υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων για την επίτευξη του στόχου του Πρωτοκόλλου, σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες κάθε κράτους. Περιλαμβάνει και ενδεικτικό κατάλογο συγκεκριμένων μέτρων που μπορούν να εφαρμοσθούν από τα Κράτη-Μέρη.
- ✓ Συνεκτίμηση αποδεκτών (καταβόθρες). Το Πρωτόκολλο περιλαμβάνει διατάξεις για την συνεκτίμηση των αποδεκτών (καταβόθρες), οι οποίες αν και χρειάζονται περαιτέρω μελέτη και διευκρινήσεις, παρέχουν κατ' αρχήν τη δυνατότητα συνυπολογισμού της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από τα δάση και τις καλλιεργούμενες γαίες στη μείωση των εκπομπών.
- ✓ Αυστηρό καθεστώς συμμόρφωσης. Το Πρωτόκολλο προβλέπει την εγκαθίδρυση ενός αυστηρού καθεστώτος συμμόρφωσης
- ✓ Δεν υπάρχουν ποσοτικοί στόχοι για αναπτυσσόμενες χώρες.

2.3 Comitee International du Batiment

Στην πορεία προς την Βιώσιμη Κατασκευή, η Comitee International du Batiment – International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), ως ο καθοδηγητικός διεθνής οργανισμός για τις ερευνητικές συνεργασίες στα κτίρια και τις κατασκευές, εστίασε τις δραστηριότητές της, κατά την περίοδο 1995 – 1998, στην Βιώσιμη Κατασκευή και είχε ως αποτέλεσμα το Παγκόσμιο Συνέδριο των Κατασκευών του 1998 στο Mavle της Σουηδίας να έχει θέμα «η κατασκευή και το περιβάλλον» (Σιούτα και Γιαννακούλης, 2010).

Στόχος του συνεδρίου ήταν να επιτευχθεί μια παγκόσμια συνεργασία για την χάραξη της πορείας προς μια μελλοντικά βιώσιμη κατασκευαστική βιομηχανία.

Από την συνεργασία μεταξύ πολλών διεθνών οργανισμών όπως RILEM, IEA, CERF, ISIAQ κλπ προέκυψε η κοινά αποδεκτή «Ατζέντα 21 για την Βιώσιμη Κατασκευή» (Πρόγραμμα Life, 2006; Platform, 2005).

2.4 Ατζέντα 21 για την Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η Ατζέντα 21 για τη Βιώσιμη Κατασκευή αποτελεί τον συνδυαστικό κρίκο και έναν παγκόσμιο μεσολαβητή μεταξύ των γενικών Ατζεντών που υπάρχουν, όπως η Έκθεση της Brundtland και η Habitat Ατζέντα, και των εθνικών ή τοπικών Ατζεντών για την κατασκευαστική βιομηχανία και το δομημένο περιβάλλον οι οποίες ισχύουν κατά τόπους ή είναι σε εξέλιξη (Σιούτα και Γιαννακούλης, 2010).

Η Ατζέντα 21 για τη Βιώσιμη Κατασκευή αποτελεί ένα θεμελιώδες πλαίσιο το οποίο ορίζει τους συνδυαστικούς κρίκους μεταξύ της παγκόσμιας θεωρίας για την βιώσιμη ανάπτυξη και της κατασκευαστικής βιομηχανίας, καθιστά ικανή την σύγκριση και τον συντονισμό των διαφόρων Ατζεντών τοπικού επιπέδου και δύναται να διασαφηνίσει λεπτομερή μέτρα που μπορούν να ανταποκριθούν κατάλληλα σε κάθε τοπικό πλαίσιο.

Οι βασικοί στόχοι της Ατζέντας 21 για τη Βιώσιμη Κατασκευή είναι η δημιουργία ενός παγκοσμίου πλαισίου και ορολογίας που θα προσθέσει αξία σε όλες τις εθνικές, τοπικές και υπο-τομεακές Ατζέντες, καθώς και η προώθηση της Έρευνας και Ανάπτυξης (R&D) (Platform, 2005).

2.5 Βιώσιμη Κατασκευή

Τις τελευταίες δυο δεκαετίες έχει κατά κοινή ομολογία παρατηρηθεί έντονο ενδιαφέρον για το περιβάλλον, ενώ τελευταία αυτό εκδηλώνεται όλο και πιο δυναμικά τόσο από κυβερνήσεις παγκοσμίως, όσο και από διάφορα κοινωνικά στρώματα, οργανώσεις κλπ.

Το οικουμενικό ενδιαφέρον για το περιβάλλον δεν άφησε αδιάφορους και τους διάφορους παραγωγικούς τομείς και βιομηχανίες όπως η κατασκευαστική βιομηχανία η οποία επιδιώκει την προσαρμογή της στις απαιτήσεις και αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης μέσω της Βιώσιμης Κατασκευής (Σιούτα, 2010).

Κάνοντας μια σύντομη αναδρομή στην κατασκευή διαπιστώνεται ότι ο ορισμός της Βιώσιμης Κατασκευής δεν έχει ακόμη αποσαφηνιστεί, ενώ η κατανόηση και ερμηνεία της έννοιας της βιώσιμης κατασκευής έχει υποστεί αρκετές μεταβολές με την πάροδο του χρόνου και ιδιαίτερα κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων.

Παρατηρείται ότι υπάρχουν πολύ διαφορετικές απόψεις και ερμηνείες για την Βιώσιμη Κατασκευή μεταξύ των διαφόρων χωρών. Οι διαφορές αυτές απορρέουν αφ' ενός μεν από τις κοινωνικές διαρθρώσεις και δομές των ίδιων των χωρών, αφετέρου δε από τις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των οικονομικά αναπτυγμένων χωρών, των εξελισσόμενων και των αναπτυσσόμενων χωρών (Μπαλικτσής, 2005).

Έτσι, στα πλαίσια της βιώσιμης κατασκευής δόθηκε αρχικά έμφαση στη διαχείριση των προς εξάντληση ή περιορισμένων φυσικών πόρων, κυρίως ενέργειας, και στη μείωση των επιδράσεων στο φυσικό περιβάλλον.

Στη συνέχεια δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση σε πιο τεχνικά θέματα όσον αφορά τις κατασκευές όπως υλικά, τα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής, η τεχνολογία της και ο ενεργειακός σχεδιασμός. Ιδιαίτερα στις οικονομικά αναπτυγμένες χώρες δόθηκε έμφαση στα βιώσιμα κτίρια μέσω του ολοκληρωμένου σχεδιασμού των κτιρίων, με την χρήση νέων τεχνολογιών και νέων προϊόντων (Μπαλικτσής, 2005).

Σήμερα έχει γίνει αποδεκτό ότι τα μη τεχνικά θέματα, τα λεγόμενα 'απλά' θέματα, είναι εξίσου σημαντικά για τη βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα των κατασκευών και θεωρείται απαραίτητο να δίνεται η ίδια προσοχή στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση. Επίσης, προσφάτως οι συνέπειες της κατασκευαστικής δραστηριότητας, του δομημένου περιβάλλοντος στον πολιτισμό και την πολιτιστική

κληρονομιά αντιμετωπίζονται ως θέματα ιδιαίτερα σημαντικά για την κατασκευαστική βιομηχανία (Σιούτα, 2010).

2.6 Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ

Στόχος της Οδηγίας 2002/91 είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους. Η οδηγία μεταξύ άλλων έχει στόχο τη θέσπιση απαιτήσεων που αφορούν (Μπαλικτσή, 2005):

- ✓ το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- ✓ την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων
- ✓ την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφισταμένων κτιρίων στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση
- ✓ την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων (έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης) και
- ✓ την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων και, επί πλέον, μια αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης των οποίων οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών (Μπαλικτσή, 2005).

Σύμφωνα με την Οδηγία, τα κράτη μέλη οφείλουν να εφαρμόσουν, σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο, μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων καθώς και να καθορίσουν απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης. Κατά τον καθορισμό των απαιτήσεων, τα κράτη μέλη δύνανται να κάνουν διάκριση μεταξύ νέων και υφισταμένων κτιρίων και διάφορων κατηγοριών κτιρίων. Στις απαιτήσεις πρέπει να συνεκτιμώνται οι γενικές απαιτήσεις εσωτερικών κλιματικών συνθηκών, προκειμένου να αποφεύγονται ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις όπως ο ανεπαρκής αερισμός, καθώς και οι τοπικές συνθήκες, η προβλεπόμενη χρήση και η ηλικία του κτιρίου. Οι απαιτήσεις θα πρέπει να αναθεωρούνται σε τακτά διαστήματα τα οποία

δεν υπερβαίνουν τα πέντε έτη και, εάν χρειαστεί, να ενημερώνονται προκειμένου να αντικατοπτρίζουν την τεχνική πρόοδο στον τομέα των κτιριακών κατασκευών.

Για τα νέα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1.000 τετραγωνικών μέτρων, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων, μελετάται και συνυπολογίζεται πριν από την έναρξη της ανέγερσης (Μπαλικτσίης, 2005).

Για τα υφιστάμενα κτίρια, όταν κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1000m² υφίστανται ριζική ανακαίνιση, προνοείται ότι η ενεργειακή απόδοσή τους θα πρέπει να αναβαθμίζεται ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.

Τέλος, η Οδηγία αναφέρεται στην τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού δεδομένης της μεγάλης συνεισφοράς των εγκαταστάσεων αυτών στη συνολική κατανάλωση του κτιρίου (Μπαλικτσίης, 2005).

2.7 Η Κοινοτική Οδηγία 2006/32/EK

Το 2006, θεσπίστηκε η οδηγία 2006/32/EK που σκοπός της είναι να ενισχυθεί η οικονομικώς αποτελεσματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση στα κράτη μέλη με:

- ✓ την παροχή των αναγκαίων ενδεικτικών στόχων καθώς και μηχανισμών, κινήτρων και θεσμικών, χρηματοδοτικών και νομικών πλαισίων για την άρση των υφιστάμενων φραγμών και ατελειών της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική τελική χρήση της ενέργειας,
- ✓ τη δημιουργία των συνθηκών για την ανάπτυξη και την προώθηση της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών και για την παροχή, στους τελικούς καταναλωτές, άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Τα κράτη μέλη θεσπίζουν και προσπαθούν να επιτύχουν εθνικό ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας 9% για ένατο έτος εφαρμογής της Οδηγίας, με τη βοήθεια ενεργειακών υπηρεσιών και άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν οικονομικώς αποδοτικά, εφικτά και εύλογα μέτρα που

αποσκοπούν να συμβάλλουν στην επίτευξη του στόχου αυτού. (N. Nument, 2004) Σύμφωνα με την ίδια οδηγία τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε ο δημόσιος τομέας να επιτελεί υποδειγματικό ρόλο. Πολλές δέσμες μέτρων που απορρέουν από την εν λόγω Οδηγία αφορούν τα κτίρια του δημοσίου τομέα, τα οποία πρέπει να αποτελούν πρότυπα για τους πολίτες όσον αφορά την ενεργειακή τους απόδοση (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2008).

2.8 Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο

Η Ελλάδα ήδη από τις αρχές τις δεκαετίας του 90 έχει δεσμευθεί για την προώθηση σχετικών θεσμικών διοικητικών και οργανωτικών μέτρων, καθώς και των ενεργειακά αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών. Η χώρα συμμετέχει σε συμφωνίες, διακηρύξεις και προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- ✓ Παγκόσμια διάσκεψη Ρίο,
- ✓ Ευρωπαϊκά προγράμματα SAVE, THERMIE ALTENER
- ✓ Εθνικό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΕΝΕΡΓΕΙΑ του Υπουργείου Ανάπτυξης στα πλαίσια του Β κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης,
- ✓ Σχέδιο Δράσης του ΥΠΕΧΩΔΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001,
- ✓ Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Νομοθετική Ρύθμιση Ν Φ.Ε.Κ. 125Δ/27-2-1998).

Στα πλαίσια αυτών των δεσμεύσεων έχει εκδοθεί ο κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων (ΦΕΚ 1526B/27.07.99) ο οποίος είναι ένας αναλυτικός κανονισμός για ενεργειακές επιθεωρήσεις σε κτίρια και στην βιομηχανία. Στα πλαίσια της μεταφοράς της κοινοτικής οδηγίας 91/2002/ΕΚ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων στην Ελληνική Νομοθεσία θα δημιουργηθεί και ο Κανονισμός για το Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών (Δημούδη, 2008).

Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης	ΤΕΥΧΟΣ Α Ενεργειακός σχεδιασμός κτιριακού κελύφους	ΤΕΥΧΟΣ Β Συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας στις Η/Μ εγκαταστάσεις			
		Μελέτη ενεργειακής αποδοτικότητας συστήματος θέρμανσης	Μελέτη ενεργειακής αποδοτικότητας συστήματος ψύξης (*)	Μελέτη ενεργειακής κατανάλωσης συστήματος παραγωγής ΖΝΧ	Μελέτη ενεργειακής κατανάλωσης συστήματος τεχνητού φωτισμού
Χρήση κτιρίου					
Γραφεία	✓	✓	✓		✓
Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας / Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης	✓	✓	✓		✓
Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης	✓	✓	✓		✓
Νοσοκομείο - Κλινική	✓	✓	✓	✓	✓
Διαγνωστικό κέντρο - Ιατρείο	✓	✓	✓	✓	✓
Ξενοδοχείο	✓	✓	✓	✓	✓
Εμπορικό κατάστημα	✓	✓	✓		✓
Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό γυμναστήριο	✓	✓	✓	✓	✓
Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό κολυμβητήριο	✓	✓	✓	✓	✓
Μονοκατοικία	✓	✓	✓	✓	
Πολυκατοικία	✓	✓	✓	✓	
Αεροδρόμιο	✓	✓	✓		✓

(*) Εάν εγκαθίσταται Η/Μ σύστημα ψύξης

Πίνακας 3: Απαιτούμενες επιμέρους μελέτες της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου

2.8.1 Νόμος 3661/2008

Ο νόμος 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» ενσωματώνει στο εθνικό μας δίκαιο την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Πεδίο εφαρμογής του νόμου αποτελούν τα κτίρια του τριτογενούς τομέα καθώς και τα κτίρια κατοικίας. Βασικότερες ρυθμίσεις του οποίου είναι (Νομοθετική Ρύθμιση Ν Φ.Ε.Κ. 125Δ/27-2-1998):

- ✓ Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m² που ανακαινίζονται ριζικά και υποχρέωση εκπόνησης μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
- ✓ Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) κτιρίου για όλα τα νέα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα καθώς και σε περίπτωση αγοραπωλησίας, μίσθωσης ή μεταβίβασης υφισταμένων.
- ✓ Τακτική επιθεώρηση Λεβήτων, Εγκαταστάσεων Θέρμανση, Ψύξης και Κλιματισμού.

2.8.2 Νόμος 3851/2010

Ο νόμος 3851/2010 με τίτλο *«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»* τροποποιεί ρυθμίσεις² του Νόμου 3661/2008.

Βασικότερη τροποποίηση αποτελεί η κατάργηση του ορίου των 1000 m² για την τήρηση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης υφισταμένων κτιρίων που ανακαινίζονται ριζικά. Επίσης, προστίθεται η υποχρέωση κάλυψης του 60% των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα, καθώς και η πρόβλεψη για κτίρια σχεδόν *«μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης»* (Νόμος 3661/2008 Ν Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίων, 2008).

2.8.3 Προεδρικό Διάταγμα 100/2010

Όπως δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ Α' 177/2010 το προεδρικό διάταγμα *«Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»* προβλέπει θέματα που σχετίζονται με τα απαιτούμενα προσόντα των Ενεργειακών Επιθεωρητών, τη διαδικασία εγγραφής στα σχετικά μητρώα, τις αμοιβές τους και τις κυρώσεις σε περίπτωση παραβάσεων.

2.8.4 Προεδρικό Διάταγμα 72/2010

Στο ΦΕΚ Α' 132/2010 δημοσιεύτηκε το προεδρικό διάταγμα *«Συγκρότηση, διοικητική-οργανωτική δομή και στελέχωση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ.)»*. Σύμφωνα με το προεδρικό διάταγμα συγκροτείται η δημόσια υπηρεσία ελέγχου του έργου των Ενεργειακών Επιθεωρητών (Νόμος 3661/2008 Ν Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίων, 2008).

² άρθρο 10

2.8.5 Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/οικ.5825/2010

Στο ΦΕΚ Β΄ 407/2010 δημοσιεύτηκε η Υπουργική Απόφαση «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.)». Βασικότερες ρυθμίσεις της υπουργικής απόφασης είναι:

- ✓ Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- ✓ Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- ✓ Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων.
- ✓ Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- ✓ Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
- ✓ Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

2.8.6 Υπουργική Απόφαση 17178/2010

«Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» (ΦΕΚ Β΄ 1387). Για την πλήρη εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. εγκρίνονται και ορίζονται υποχρεωτικές οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) (Δημούδη, 2009):

<p>T.O.T.E.E. 20701-1/2010 «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».</p>	<p>Η οδηγία καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων και δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου</p>
<p>T.O.T.E.E. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».</p>	<p>Η οδηγία καθοδηγεί τον επιθεωρητή για τον υπολογισμό των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών και στοιχείων του εξωτερικού κτιριακού κελύφους (τοίχοι, οροφές, κουφώματα, κ.τ.λ.</p>
<p>T.O.T.E.E. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».</p>	<p>Η οδηγία περιλαμβάνει τα κλιματικά δεδομένα (συνθήκες σχεδιασμού) για την διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ενός κτιρίου, καθώς και τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.τ.λ.) για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.</p>
<p>T.O.T.E.E. 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης, και εγκαταστάσεων κλιματισμού».</p>	<p>Η οδηγία καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και παραμέτρων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου καθώς και των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού. Δίνονται αναλυτικά τα έντυπα επιθεωρήσεων και επεξηγήσεις για την συμπλήρωσή τους</p>

Πίνακας 4 Τεχνικές Οδηγίες TEE όπως ορίζονται από την Υ.Α. 17178/2010 (Νόμος 3661/2008 Ν Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίων, 2008)

Προκειμένου να καταστεί ευχερέστερη η εφαρμογή των παραπάνω ρυθμίσεων, το Υ.Π.Ε.Κ.Α. προχώρησε στην έκδοση δύο σχετικών ερμηνευτικών εγκυκλίων (1603/4-10-2010 και 2279/22-12-2010).

2.9 Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής

Στην κορυφή της ιεραρχίας των προτεραιοτήτων σχετικά με την ενεργειακή πολιτική της ένωσης, για τις επόμενες δυο δεκαετίες, βρίσκονται οι υποδομές. Στόχος είναι η προώθηση της ενεργειακής ασφάλειας και ο μηδενισμός των πιθανοτήτων κάποιο από τα κράτη μέλη της ένωσης να μείνει απομονωμένο από τα διευρωπαϊκά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού απαιτείται αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων υποδομών και κατασκευή νέων διηπειρωτικών αγωγών (RjA, 2010).

Η Ε.Ε. οφείλει να ανταποκριθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα στις δεσμεύσεις της στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας. Για την εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές, στα κτίρια και στις παραγωγικές διαδικασίες έχει τεθεί ο στόχος του 20%. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊά Επιτροπο για ζητήματα της Κλιματικής Αλλαγής Connie Hedegaard, σε αυτό τον τομέα η Ε.Ε. απέτυχε να ανταποκριθεί στις δεσμεύσεις τις στο πλαίσιο του «κλιματικού και ενεργειακού πακέτου» του 2009. Σύμφωνα με την Επιτροπή: «Από την 1η Ιανουαρίου 2012, όλα τα κράτη μέλη θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν πρότυπα ενεργειακής απόδοσης, λαμβάνοντας υπ' όψιν τον πρωταρχικό στόχο της Ε.Ε. στις δημόσιες συμβάσεις που αφορούν δημόσια κτίρια και υπηρεσίες».

Παράλληλα, αναμένεται μια νέα πρόταση της Επιτροπής για ένα νέο «Σχέδιο Ενεργειακής Απόδοσης», με την οποία θα επανεξεταστεί η υλοποίηση του στόχου ενεργειακής απόδοσης της Ε.Ε. ως το 2013 και θα προβλέπεται η μελέτη περαιτέρω μέτρων, αν κριθούν απαραίτητα. Σημειώνουμε, εδώ, ότι το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στα κτίρια. Με τον εκσυγχρονισμό των ηλεκτρικών συσκευών, της θερμομόνωσης, των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και των εγκαταστάσεων εξαερισμού θα έχουμε σαφώς μικρότερη κατανάλωση ενέργειας αλλά και μικρότερη ρύπανση από τις εκπομπές του διοξειδίου άνθρακα (RjA R, 2010).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αλλά και το Συμβούλιο Υπουργών της Ε.Ε. έχουν θέσει τρεις άξονες-στόχους για την ενεργειακή πολιτική και στρατηγική:

- ✓ Ασφάλεια τροφοδοσίας της Ευρώπης
- ✓ Περιβάλλον (μείωση των επιπτώσεων από την καύση της ενέργειας)
- ✓ Ανταγωνιστικό κόστος της ενέργειας

3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

3.1 Μέση Σύσταση της Γήινης Ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα απέκτησε τη σημερινή της χημική σύσταση πριν από περίπου 0.5 δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά την τελευταία αυτή περίοδο η χημική σύσταση της ατμόσφαιρας πρέπει να έχει παρουσιάσει ασήμαντες μόνο μεταβολές. Ο Πίνακας 1.1 δείχνει τη σημερινή μέση σύσταση της ατμόσφαιρας της γης η οποία σε πρώτη προσέγγιση παραμένει ίδια για τα πρώτα περίπου 100 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης με εξαίρεση τους υδρατμούς με μέγιστο συγκέντρωσης στη τροπόσφαιρα και το όζον με μέγιστο στη στρατόσφαιρα (Ζάνη, 2008).

Κύρια Στοιχεία	Συγκέντρωση	Χρόνος Ζωής - Έτη
N ₂	0.781	1.6*10 ⁷
O ₂	0.209	9000
Ar	0.0093	4.5*10 ⁹
H ₂ O	0-0.04	5 ημέρες
CO ₂	370 ppmv	5 έτη
CH ₄	1700ppbv	10 έτη
H ₂	550 ppb	4 έτη
N ₂ O	320 ppb	150 έτη
CO	40-200 ppb	0,2 έτη
O ₃	20-100 ppb	0,05 έτη
C ₂ H ₆	1 ppb	0,2 έτη
SO ₂	0.1 ppb	5 ημέρες
NO ₂	0.1 ppb	5 ημέρες

Πίνακας 5 Μέση σύσταση της σημερινής γήινης ατμόσφαιρας

3.2 Ιστορική Εξέλιξη Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Ένας από τους βασικούς λόγους που ανάγκαζαν τις πρώτες φυλές σε μετακίνηση ήταν η δυσοσμία και η ρύπανση του περιβάλλοντα χώρου τους εξαιτίας των απορριμμάτων που δημιουργούσαν. Με την ανακάλυψη και χρήση της φωτιάς ο άνθρωπος άρχισε να ρυπαίνει του εσωτερικούς χώρους εγκατάστασης με τα προϊόντα της ατελούς καύσης. Αυτό το γεγονός οδήγησε στην ανακάλυψη της καμινάδας για να απομακρύνει τέτοια προϊόντα στους εξωτερικούς χώρους. Η χρήση βέβαια της καμινάδας μετατόπισε το πρόβλημα της ρύπανσης εσωτερικών χώρων προς την ρύπανση της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή και είχε σαν αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι καπνώδης.

Ο πατέρας της Ιατρικής ο Ιπποκράτης ήταν ο πρώτος που έγραψε για την συσχέτιση ανάμεσα σε επιδημικά φαινόμενα και τις καιρικές συνθήκες τον 4^ο π.χ. και ήταν ο πρώτος που χαρακτήρισε την υγιεινή των πόλεων ανάλογα με τον προσανατολισμό τους και τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες. Αυτές οι γνώσεις εμπλουτίστηκαν από την περίφημη Ιατρική σχολή της Αλεξάνδρειας (1ο π.χ.) και τον Βιτρούβιο ο οποίος έγραψε σχετικά με τον ορθό προσανατολισμό κτιρίων, δρόμων και πόλεων. Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας κάνει για πρώτη φορά αναφορά σχετικά με την βρωμιά από τις καπνισμένες καπνοδόχους στη Ρώμη το 61 μ.χ.

Μερικούς αιώνες αργότερα στα χρόνια του Μεσαίωνα και συγκεκριμένα το 1157 μ.χ. η σύζυγος του Βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκου II αναγκάζεται να μετακινηθεί λόγω αέριας ρύπανσης από την καύση κάρβουνου στο Κάστρο του Νότινχαμ.

Μετά από 116 χρόνια η καύση του άνθρακα στις ασβεστοκάμινους απαγορεύθηκε στο Λονδίνο ενώ το 1661 η ρύπανση του Λονδίνου ήταν σε τέτοιο βαθμό ώστε εκδόθηκε μία οδηγία για τον έλεγχο της ρύπανσης από το Βασιλιά της Αγγλίας Κάρολο II. Οι βασικές βιομηχανίες που σχετίζονταν με την παραγωγή αέριας ρύπανσης την εποχή πριν την βιομηχανική επανάσταση ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιία και η συντήρηση ζωικών προϊόντων. (Καλαπανίδου, 2003)

Η βιομηχανική επανάσταση τον 18^ο αιώνα οδήγησε στην εντατική χρήση του κάρβουνου κυρίως και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολύ μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα από τον καπνό και την στάχτη. Το βασικό πρόβλημα της αέρια ρύπανσης το 19^ο

αιώνα ήταν ο καπνός και η στάχτη από την καύση κάρβουνου ή πετρελαίου σε καυστήρες, σε φούρνους, σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, στα τρένα, πλοία και στις οικιακές εστίες θέρμανσης. Στην Αγγλία ήταν τόσο σημαντικό το πρόβλημα ώστε ακολουθήθηκαν στρατηγικές ελέγχου της ρύπανσης όπως επιβεβαιώνεται από την πρώτη Δράση Δημόσιας Υγείας το 1848 και τις επόμενες το 1866 και 1875. Στις Η.Π.Α. η στρατηγική ελέγχου των εκπομπών μαύρου καπνού ήταν ευθύνη της εκάστοτε επαρχίας (1880) και απευθύνονταν κυρίως σε βιομηχανικές πηγές και στις μεταφορές και όχι σε οικιακές πηγές ρύπων.

Χρονολογία	Τοποθεσία	Θύματα	Ασθενείς
1930	Βέλγιο	63	6000
1948	Δονόρα, Πα	20	6000
1948	Λονδίνο	700-800	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1950	Μεξικό	22	320
1952	Λονδίνο	4000	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1953	Νέα Υόρκη	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1956	Λονδίνο	1000	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1957	Λονδίνο	700-800	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1959	Λονδίνο	200-250	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1962	Λονδίνο	700	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1963	Λονδίνο	700	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1963	Νέα Υόρκη	200-400	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1966	Νέα Υόρκη	Δεν υπάρχουν στοιχεία	Δεν υπάρχουν στοιχεία
1966	Νέα Υόρκη	168	Δεν υπάρχουν στοιχεία

Πίνακας 6 Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

Την πρώτη περίοδο του 20ου αιώνα (1900-1925) μια βασική εξέλιξη ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα που μετέφερε τις εκπομπές καπνού και στάχτης από τον καυστήρα του εργοστασίου στον καυστήρα των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Βέβαια καθώς ο αριθμός των πόλεων και των εργοστασίων αυξάνονταν το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης οξυνόταν. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο Dr. Henry Antoine Des Voeux σε ένα άρθρο του το 1905 με τίτλο “Fogand Smoke” δηλαδή «Ομίχλη και Καπνός» σημειώνει ότι δεν χρειάζεται επιστημονική γνώση για να παρατηρήσει κάποιος ότι σε πολλές μεγάλες πόλεις υπάρχει καπνώδης ομίχλη που το ονόμασε “Smog” (δηλαδή Καπνομίχλη) από τον συνδυασμό των λέξεων “Smoke+Fog” (Εικόνα 10). Μια άλλη βασική εξέλιξη της πρώτης περιόδου του 20^{ου} αιώνα (1900-1925) ήταν η αντικατάσταση του άνθρακα από πετρέλαιο σε πολλές εφαρμογές αλλά κυρίως η ξαφνική αύξηση των αυτοκινήτων. (Ζάνη, 2008)

Κατά την περίοδο 1925-1950 εμφανίζονται σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης όπως στο Meuse Valley (Βέλγιο) το 1930 με 63 νεκρούς, Donora Pennsylvania (ΗΠΑ) το 1948 με 20 νεκρούς και Poza Rica (Μεξικό) το 1950 καθώς επίσης έχουμε και την εμφάνιση του φωτοχημικού νέφους στο Los Angeles της Καλιφόρνιας στη δεκαετία το 1940 όποτε και αρχίζει να εντατικοποιείται η επιστημονική έρευνα σε θέματα αέριας ρύπανσης. Βασικές τεχνολογικές αλλαγές αυτής της περιόδου (1925-1950) είναι η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου που οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και πετρελαίου στη οικιακή θέρμανση με πολύ καλά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η μείωση του μαύρου καπνού στο Pittsburgh και St. Louis των ΗΠΑ λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου.



Εικόνα 10 Η περιοχή του Pittsburgh στην Αγγλία, φωτογραφία της δεκαετίας του 1950

Το επεισόδιο ρύπανσης χαρακτηρίζονταν από υψηλά επίπεδα SO_2 και σωματιδίων υπό την παρουσία πυκνής χαμηλής ομίχλης με χαμηλή και ισχυρή θερμοκρασιακή αναστροφή. Σαν αποτέλεσμα η Αγγλία ακολούθησε τη δράση “Clean Air Act” για να μειώσει τις εκπομπές ρύπων αλλά ένα ακόμη σοβαρό επεισόδιο καπνομίχλης συνέβη το 1962 στο Λονδίνο με 700 νεκρούς. Κατά την διάρκεια της περιόδου 1950-1980 όλες σχεδόν οι Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία είχαν την εμπειρία σοβαρών προβλημάτων αέριας ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα αυτές οι χώρες να δράσουν για την δημιουργία εθνικής νομοθεσίας ελέγχου της αέριας ρύπανσης. Επίσης κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου τα αυτοκίνητα συνεχίζουν να αυξάνονται με μεγάλους ρυθμούς (Ζάνη, 2008).

Στην περίοδο 1950-1980 η επιστημονική και η τεχνολογική έρευνα στην Ευρώπη και Αμερική αυξάνονται εκθετικά. Το τεχνολογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην α) αέρια ρύπανση από τα αυτοκίνητα και τον έλεγχό της, β) την ρύπανση του SO_2 και τον έλεγχό της με την αποθείωση των καυσίμων και γ) στον έλεγχο των NO_x που παράγονται από διαδικασίες καύσης. Στο επιστημονική έρευνα αναπτύσσονται μαθηματικά μοντέλα και όργανα μέτρησης διαφόρων χημικών στοιχείων ενώ αρχίζουν να εγκαθίστανται οι πρώτες μονάδες παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα (RjA, 2009).

Μετά το 1980 γίνεται κατανοητό ότι το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης δεν είναι τοπικό αλλά επιδρά σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από την περιφερειακή κλίμακα έως την

ημισφαιρική και παγκόσμια κλίμακα και εντείνεται το ενδιαφέρον για α) το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω CO₂ και άλλων θερμοκηπιακών αερίων με μεγάλο χρόνο ζωής, β) την καταστροφή όζοντος στην στρατόσφαιρα λόγω αλογονούχων ενώσεων και γ) την περιφερειακή, διακρατική και διηπειρωτική μεταφορά αέριων ρύπων (όξινη βροχή, αύξηση του υποβάθρου τροποσφαιρικού όζοντος σε ημισφαιρική κλίμακα).



Εικόνα11 Αθήνα, Δεκέμβριος 2012

Αυτή την περίοδο έχουμε την εμφάνιση της οικολογικής και περιβαλλοντικής προσέγγισης από Οργανισμούς και Κυβερνήσεις κρατών ενώ για πρώτη φορά υπογράφονται παγκόσμιες συμφωνίες κρατών όπως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την αντιμετώπιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου (Ευθυμίουπουλος, 2005).

3.3 Ορισμός Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Ατμοσφαιρική Ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Κατά μια έννοια είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή

σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής πάνω στον πλανήτη.

Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε τέτοια επίπεδα, ώστε να δημιουργηθούν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα το φωτοχημικό νέφος (ή φωτοχημική αιθαλομίχλη) του Λος Άντζελες και η βιομηχανική αιθαλομίχλη (ή καπνομίχλη) του Λονδίνου (Ευθυμίουπουλος, 2005).

3.4 Βιομηχανική Αιθανόλη

Η βιομηχανική αιθαλομίχλη προκαλείται σχεδόν αποκλειστικά από την κατανάλωση καυσίμων υλών, ειδικά κάρβουνου, σε στάσιμες πηγές όπως είναι οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας και τα χυτήρια. Τα βασικά συστατικά της βιομηχανικής αιθαλομίχλης είναι τα οξείδια του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια και συνδυάζεται συνήθως με υψηλή σχετική υγρασία (Ευθυμίουπουλος, 2005).

3.5 Πηγές Ατμοσφαιρικών Ρύπων

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίσθηκαν. Αυτό οφείλεται στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Ως κύριες πηγές ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούμε να θεωρήσουμε:

- τα μέσα μεταφοράς,
- την οικιακή θέρμανση,
- τις διεργασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- τις ανεπιθύμητες καύσεις και
- τις βιομηχανικές καύσεις καυσίμων και γενικότερα τις υπόλοιπες βιομηχανικές εκπομπές.

Είναι δύσκολό να καθοριστεί το ποσοστό ευθύνης που αναλογεί σε κάθε μια από αυτές τις πηγές. Μια χονδρική κατανομή θα χρέωνε την συνεισφορά όλων των τύπων μηχανών εσωτερικής καύσης για την κίνηση των αυτοκινήτων στο 60% της συνολικής ετήσιας εκπομπής. Οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρουν κατά 10-15%, η οικιακή θέρμανση περίπου 10%, οι βιομηχανικές καύσεις και βιομηχανικές εκπομπές περίπου 20% και οι ανεπιθύμητες καύσεις περίπου 5%. Εφόσον η κοινωνία μας είναι εξελίξιμη, αυτά τα προσεγγιστικά ποσοστά δεν είναι σταθερά. Όσο κατασκευάζονται και διατίθενται περισσότερα αυτοκίνητα η συνεισφορά της αυτοκίνησης στην ατμοσφαιρική ρύπανση θα αυξάνεται.

Σε αυτές τις κύριες κατηγορίες εκπομπών έρχεται να προστεθεί ένας μεγάλος αριθμός από άλλες μικρότερες, που ενώ δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές, εντούτοις συνεισφέρουν στο συνολικό πρόβλημα. Μερικές από αυτές τις εκπομπές που θα άξιζε ίσως να σημειώσουμε σαν παραδείγματα είναι (Ευθυμιόπουλος, 2005):

- Τα σωματίδια ύλης που εκτινάσσονται από τα λάστιχα των οχημάτων κατά την κίνηση αλλά κυρίως κατά την πέδηση.
- Τα οργανικά συστατικά στα αρώματα και σε άλλα καλλυντικά προϊόντα που αναδύουν μεν ευχάριστες οσμές αλλά ταυτόχρονα συνεισφέρουν, κατά ένα μικρό ποσοστό στην ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Οι διαδικασίες κατασκευής δρόμων, οικοδομών και συγκροτημάτων συνεισφέρουν στην αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.
- Το κάπνισμα: τουλάχιστον το 50% των ανθρώπων καπνίζουν. Ο καπνός των τσιγάρων είναι σίγουρα μια πηγή μόλυνσης του αέρα ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους.
- Υδρόθειο και υδρογονάνθρακες από φυσικές πηγές, εκρήξεις ηφαιστείων, καθώς και η χρήση των συνηθισμένων αεροζόλ για ψεκασμό εκτάσεων ή απλά για φρεσκάρισμα του αέρα στο σαλόνι μας, συμβάλει στο συνολικό πρόβλημα.
- Η αποσύνθεση της βλάστησης στα δάση στα έλη, ακόμα και στην αυλή του σπιτιού συμβάλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Τόσο απλά πράγματα όπως η ναφθαλίνη που χρησιμοποιούμε για την συντήρηση των ρούχων ή το βάνιλιν μας στον δρόμο συνοδεύονται από εκπομπές ουσιών στην ατμόσφαιρα.

Μια πρόχειρη κατηγοριοποίηση των πρωτογενών ρύπων με σκοπό την ευχερέστερη αξιολόγηση του συνολικού προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, είναι η ακόλουθη:

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).
- Διοξείδιο του θείου (SO₂).
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂) και μονοξείδιο του αζώτου (NO).
- Υδρογονάνθρακες και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις.
- Αιωρούμενα σωματίδια

Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αφορούν συγκεκριμένους ρύπους, ενώ οι δύο τελευταίες περιλαμβάνουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό διαφορετικών ενώσεων και υλικών.

3.6 Κύκλος Αέριων Ρύπων

Για να παρακολουθήσουμε τα αποτελέσματα των ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης είναι σημαντικό να καταλάβουμε τον κύκλο των ρύπων που περιλαμβάνει την μεταφορά και διασπορά των ρύπων καθώς και οποιαδήποτε φυσικό ή χημικό μετασχηματισμό τους μεταξύ της πηγής και του αποδέκτη (Λεωντίδης, 2011).

Μεταφορά είναι ο μηχανισμός με τον οποίο μεταφέρεται η ρύπανση από μία πηγή σε ένα αποδέκτη. Ο άνεμος είναι το κύριο μέσο με το οποίο οι ρύποι μεταφέρονται. Στην απλούστερη περίπτωση ως μία σημειακή πηγή μπορούμε να θεωρήσουμε μία καμινάδα κάποιας βιομηχανικής μονάδας που ρυπαίνει την ατμόσφαιρα. Όμως κατά την διάρκεια της μεταφοράς ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα δεν παραμένει κυλινδρικού σχήματος της ίδιας διαμέτρου με την καμινάδα αλλά λόγω τύρβης και στροβίλων αναμειγνύεται στο χώρο με τον περιβάλλοντα αέρα και ο μηχανισμός αυτός χαρακτηρίζεται ως ατμοσφαιρική διάχυση. Η διάχυση έχει ως αποτέλεσμα ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα να εξαπλώνεται καθώς μεταφέρεται με τον άνεμο. Αυτές οι δύο διαδικασίες, η ανάμειξη λόγω τύρβης και η εξάπλωση του ρυπασμένου θυσάνου τείνουν να μειώσουν την αρχική πυκνότητα του καθώς απομακρύνεται από την πηγή και πλησιάζει τον αποδέκτη. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών το αποκαλούμε διασπορά. Με τον όρο

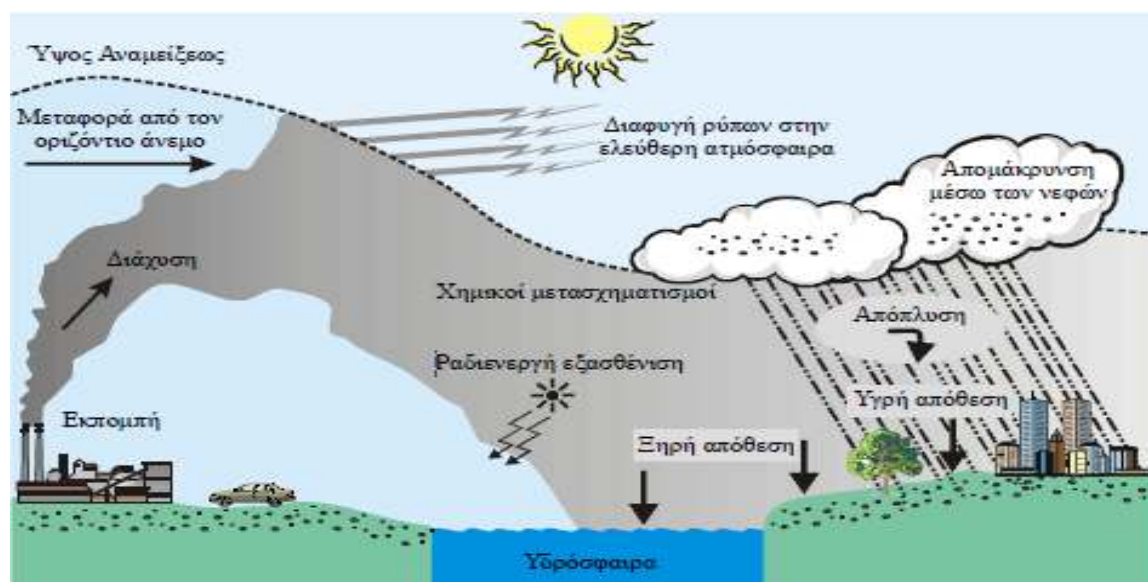
μετασχηματισμό ορίζουμε τη παραγωγή (ή καταστροφή) ενός δεδομένου στοιχείου διαμέσου φυσικών (π.χ. ξηρή και υγρή εναπόθεση) και χημικών (π.χ. χημικές αντιδράσεις) διαδικασιών. Γίνεται επομένως κατανοητό ότι ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία που εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες που δρουν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου όπως:

- τα μέσης και τοπικής κλίμακας συστήματα κυκλοφορίας που συνδέονται με τα συγκεκριμένα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ενός τόπου (π.χ. θαλάσσια αύρα, αύρα κοιλάδας, κατακόρυφη μεταφορά λόγω θέρμανσης στους πρόποδες ορεινών όγκων),
- την συνοπτική μετεωρολογική κατάσταση στην ατμόσφαιρα (π.χ. κυκλωνική ή αντικυκλωνική κατάσταση, μέτωπα, ταχύτητα του συνοπτικού ανέμου),
- την γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας για την κατανόηση της μεταφοράς ρύπων σε παγκόσμια κλίμακα,
- τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας και την σχετιζόμενη ένταση των στροβίλων που καθορίζουν την διάχυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα
- τον χρόνο ζωής των ρύπων που εξαρτάται από τον ρυθμό των φυσικών και χημικών μετασχηματισμών τους ή καταστροφής τους και,
- την χωρική κατανομή και την ένταση των πηγών ρύπανσης.

Το επόμενο σχήμα δείχνει σχηματικά τις διαδικασίες οι οποίες συντελούν στην διασπορά των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από μία καμινάδα και περιγράφονται ακολούθως. Σε πρώτη φάση οι αέριοι ρύποι όταν αφήνουν την καμινάδα είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια όταν φθάνουν στην κορυφή της καμινάδας έχει σαν αποτέλεσμα ο θύσανος να ανυψώνεται μέχρι ενός ορισμένου ύψους. Το ύψος αυτό είναι βέβαια υψηλότερο του φυσικού (κατασκευαστικού) ύψους της καμινάδας και ονομάζεται ενεργό ύψος της καμινάδας. Η διαφορά ανάμεσα στο φυσικό και στο ενεργό ύψος της καμινάδας ονομάζεται αρχική ανύψωση του θυσάνου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αρχική ανύψωση του θυσάνου έχει πολύ μεγάλη σημασία στην ποιότητα του αέρα της περιοχής γιατί μπορεί να αυξήσει το ενεργό ύψος της καμινάδας με ένα παράγοντα 2 έως 10 φορές το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη συγκέντρωση εδάφους είναι χονδρικά αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του

ενεργού ύψους εκπομπής, είναι φανερό ότι η ανύψωση του θυσάνου μπορεί, στη ακραία περίπτωση, να μειώσει τις συγκεντρώσεις εδάφους με ένα παράγοντα της τάξης του 100.

Ο καπνός μεταφέρεται μακριά από την πηγή από τον μέσο οριζόντιο άνεμο. Η οριζόντια μεταφορά αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ χαμηλή (άπνοια) οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και υπάρχει αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης επεισοδίου ρύπανσης σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα εκπομπών. Τέτοιες συνθήκες εμφανίζονται συνήθως κοντά στο κέντρο αντικυκλωνικών συστημάτων. Επίσης σε περιπτώσεις που ο θύσανος ρύπανσης βρεθεί πάνω από το ύψος που συντελούνται ισχυρές στροβιλώδεις κινήσεις (π.χ. στην ελεύθερη τροπόσφαιρα πάνω από το οριακό στρώμα ανάμειξης) τότε ο ρυπασμένος αέρας μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων.



Εικόνα 12 Σχηματική περιγραφή των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων

Παράλληλα, οι αναταρακτικές κινήσεις του αέρα (τυρβώδεις στρόβιλοι) είναι υπεύθυνες για την κατακόρυφη μεταφορά και την διαπλάτυνση του θυσάνου λόγω διάχυσης, με τελικό αποτέλεσμα την αραίωση. Η κλίμακα και η ένταση της αραίωσης εξαρτώνται από τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας. Σε συνθήκες ευστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μικρότερης κλίμακας και η κατακόρυφη διάχυση γίνεται αργά ενώ σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μεγαλύτεροι και η διάχυση πολύ έντονη. Η διάχυση των ρύπων γίνεται μέχρι ένα συγκεκριμένο

ύψος από την επιφάνεια της γης το οποίο ονομάζεται ύψος ανάμειξης. Το στρώμα το οποίο περιέχεται ανάμεσα στην επιφάνεια της γης και το ύψος ανάμειξης ονομάζεται στρώμα ανάμειξης.

Ένα μέρος της ρύπανσης είναι δυνατόν να διαφύγει από το στρώμα ανάμειξης στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η απουσία αναταρακτικών κινήσεων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα η διάχυση και η κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων να γίνεται με πολύ βραδύτερους ρυθμούς. Από την άλλη μεριά, οι αντίστοιχοι ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί είναι μεγαλύτερης χωρικής και χρονικής κλίμακας με αποτέλεσμα τα φαινόμενα να επηρεάζουν ευρύτερες περιοχές της γης.

Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα είναι ένα αποτελεσματικό εργαστήριο αντιδράσεων μέσα στο οποίο διοχετεύονται χημικά ενεργά συστατικά με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού καινούργιων ουσιών. Οι καινούργιες ουσίες παράγονται από αέρια και υγρά τα οποία αντιδρούν μεταξύ τους και με τα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι ρύποι οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι σε αντιδιαστολή με αυτούς που εκπέμπονται από τις πηγές οι οποίοι ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών στην ατμόσφαιρα είναι οι χημικές αντιδράσεις οξειδωσης, οι φωτοχημικές αντιδράσεις φωτόλυσης κάποιων στοιχείων και οι ετερογενείς αντιδράσεις πάνω σε νεφοσταγονίδια και αιωρούμενα σωματίδια.

3.7 Εκπομπές Ρύπων από Λέβητες και Εστίες Καύσης Βιομάζας

Η αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν ωθήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση να αναζητήσει νέους τρόπους για την ουσιαστική ανάπτυξη των διαφόρων μορφών βιομάζας, τόσο για παραγωγή θερμότητας, όσο και για ηλεκτροπαραγωγή αλλά και ως καύσιμο στις μεταφορές. Η σταθερή αυτή πολιτική δέσμευση εκφράστηκε επανειλημμένως τόσο στη Λευκή Βίβλο για τις ΑΠΕ (1997), όσο και στην οδηγία για τα βιοκαύσιμα (2003). Επειδή η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί ότι υπάρχει υστέρηση στη διεύθυνση των διαφόρων

τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας, σύντομα προτίθεται να προωθήσει οδηγία για την 'πράσινη θερμότητα', δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη των θερμικών εφαρμογών της βιομάζας. Μόνο έτσι θα γίνει άλλωστε εφικτή η επίτευξη του κοινοτικού στόχου για κάλυψη του 12% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της Ευρωπαϊκής Ένωσης από ΑΠΕ ως το 2010.

Το βασικό πλεονέκτημα των εφαρμογών βιομάζας, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, αέριο), πέραν του ανανεώσιμου χαρακτήρα τους, είναι πως είναι 'ουδέτερες' ως προς τις εκπομπές CO₂, δεν συμβάλλουν δηλαδή στην αποσταθεροποίηση του κλίματος, μιας και οι όποιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την καύση της βιομάζας 'ισοσκελίζονται' από ισοδύναμες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απορροφήθηκαν από τα φυτά.

Αυτό το κλιματικό πλεονέκτημα άλλωστε επικαλείται και το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που εγκρίθηκε από τη Βουλή (ΦΕΚ 58Α, 5-3-2003), και το οποίο προβλέπει ακόμη και τηλεθέρμανση οικισμών με χρήση κεντρικών καυστήρων βιομάζας (OPET Austria & Finland, 2001).

Ατυχώς όμως το ισχύον θεσμικό πλαίσιο δεν εναρμονίζεται πάντοτε με τις απαιτήσεις των καιρών και τη νέα νομοθεσία που αφορά τις κλιματικές αλλαγές και τις ΑΠΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Υ.Α. 103/1993/Β-369 που αφορά σταθερές εστίες καύσης για θέρμανση κτιρίων και νερού. Στο άρθρο 2, παρ. 1 της απόφασης αυτής προβλέπεται ότι *'στην περιοχή του ηπειρωτικού τμήματος του νομού Αττικής, στη Σαλαμίνα και στο νομό Θεσσαλονίκης εκτός της περιοχής δυτικά του Γαλλικού ποταμού, για τις εγκαταστάσεις του άρθρου 1 ταμώνα επιτρεπόμενα καύσιμα είναι το ντίζελ θέρμανσης, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά προδιαγραφές, και αέρια καύσιμα'*. Οι εν λόγω εγκαταστάσεις αφορούν:

α) εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης κτιρίων που χρησιμοποιούνται για κατοικίες, γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία ή άλλους παρεμφερείς σκοπούς.

β) εγκαταστάσεις θέρμανσης χώρων εργασίας βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων εφόσον όμως πρόκειται για ιδιαίτερες εστίες καύσης, αποκλειστικά για τη θέρμανση των χώρων αυτών.

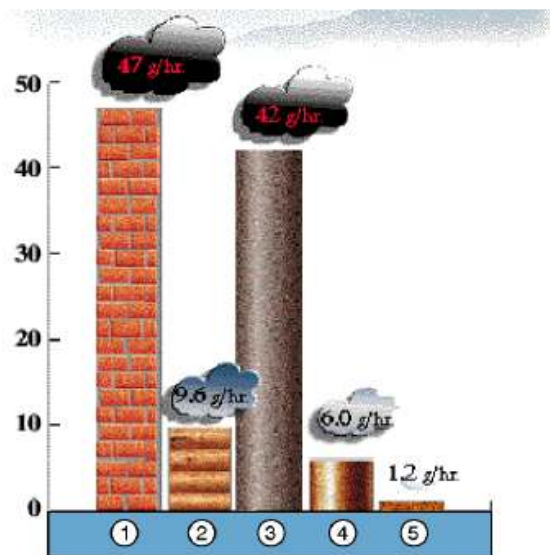
γ) Εγκαταστάσεις θέρμανσης νερού ή παραγωγής ατμού σε κτίρια ξενοδοχείων, νοσοκομείων, κλινικών, θεραπευτηρίων και λοιπών παρεμφερών χρήσεων σε δημόσια κολυμβητήρια, ιδιωτικές πισίνες και δημόσιες λουτρικές εγκαταστάσεις.

Η απόφαση αυτή αποκλείει δηλαδή τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης με βιομάζα στις δύο μεγάλες αστικές περιοχές, όπου κατοικεί ο μισός περίπου πληθυσμός της χώρας. Η απόφαση αυτή ελήφθη το 1993 λόγω *‘της ανάγκης μείωσης των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και λήψης των αναγκαίων για το σκοπό αυτό προληπτικών μέτρων’*. Ο αποκλεισμός των εφαρμογών βιομάζας έγινε λοιπόν για περιβαλλοντικούς λόγους, μιας και την εποχή εκείνη, τα διαθέσιμα συστήματα βιομάζας χαρακτηρίζονταν από σχετικά υψηλές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων. Από τότε βέβαια, τα τεχνολογικά δεδομένα έχουν αλλάξει δραστικά και σήμερα πλέον παρέχονται τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας με αισθητά μικρότερες εκπομπές, επιβάλλοντας παράλληλα και μία αναθεώρηση του παλαιότερου καθεστώτος που διέπει τις σταθερές εστίες καύσης (Intergovernmental Working Group on Residential Wood Combustion, 2002).

Είναι χαρακτηριστικό ότι το πέρασμα από συμβατικές εστίες καύσης βιομάζας σε σύγχρονα πιστοποιημένα συστήματα την τελευταία δεκαετία είχε ως αποτέλεσμα να μειωθούν δραστικά οι εκκλύμενοι ρύποι. Στον Καναδά, για παράδειγμα, μία πιστοποιημένη θερμάστρα βιομάζας εκλύει 94% λιγότερα μικροσωματίδια, 80% λιγότερους πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOC) και 85% λιγότερους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) σε σχέση με μία συμβατική ξυλόσομπα. Στη Δανία, ένας σύγχρονος λέβητας με καύσιμο συσσωματώματα ξύλου (pellets) εκλύει κατά μέσο όρο 25 φορές λιγότερα μικροσωματίδια σε σχέση με ένα παλιό συμβατικό λέβητα βιομάζας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την εξέλιξη της βελτίωσης της απόδοσης των λεβήτων βιομάζας και τη συνακόλουθη μείωση της έκλυσης μονοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 1982-2000 στην Αυστρία (Illerup & Nielsen, 2004).

	Καυσόξυλα		Θρύμματα ξύλου		Pellets	
	Ονομαστικό φορτίο	Μερικό φορτίο	Ονομαστικό φορτίο	Μερικό φορτίο	Ονομαστικό φορτίο	Μερικό φορτίο
Απόδοση %	1982	61	57	64	-	-
	1990	80	76	81	-	-
	2000	90	91	91	91	89
CO (μ/m ³)	1982	11,4	16	9,4	-	-
	1990	2,3	5	1	-	-
	2000	0,2	-	0,1	0,1	0,3

Πίνακας 7 Εξέλιξη της απόδοσης των λεβήτων βιομάζας για την περίοδο 1982-2000 στην Αυστρία



- ① Τζάκι με κούτσουρα ② Τζάκι με επεξεργασμένο ξύλο ③ Παραδοσιακή Ξυλόσομπα
 ④ Μοντέρνα Ξυλόσομπα ⑤ Λέβητας με pellets

Εικόνα 13 Εκπομπές καυσαερίων (γραμμάρια ανά ώρα) (Δημούδη, 2008)

Οι τεχνολογίες καύσης βιομάζας στον κτιριακό τομέα δεν είναι όλες το ίδιο αποδοτικές, ούτε εκλύουν τους ίδιους ρύπους. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να τις κατατάξουμε σε τζάκια (ανοιχτές εστίες καύσης με απόδοση 10% ή ‘ενεργειακά’ τζάκια-λέβητες με απόδοση 50-70%), σε ξυλόσομπες (με απόδοση 40-85% ανάλογα με το καύσιμο και την τεχνολογία) και κεντρικούς λέβητες (με καύσιμο ξύλα, θρύμματα [woodchips] ή συσσωματώματα ξύλου [pellets], με αποδόσεις από 55% έως και 95%).

Ένας σύγχρονος λέβητας με καύσιμο pellets, εκλύει περίπου 30 φορές λιγότερα σωματίδια απ’ ότι ένα παραδοσιακό ατομικό τζάκι, ανά μονάδα βάρους καυσίμου. Το στοιχείο αυτό καταδεικνύει την αναγκαιότητα αλλαγής της ισχύουσας στην Ελλάδα νομοθεσίας, η οποία ενώ επιτρέπει την κατασκευή και λειτουργία τζακιών με χαμηλό συντελεστή απόδοσης (~10%) απαγορεύει (σε Αττική και Θεσσαλονίκη) τη λειτουργία κεντρικών συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα (με συντελεστές απόδοσης 90-95%). Κι όμως, μια πολυκατοικία 30 διαμερισμάτων που θερμαίνεται από ένα κεντρικό λέβητα ο οποίος καίει pellets, εκλύει τα ίδια μικροσωματίδια με ένα απλό τζάκι, το οποίο θερμαίνει απλώς ένα δωμάτιο.

Φυσικά, στα περιβαλλοντικά επιχειρήματα δεν πρέπει ποτέ να ξεχνάμε τη σημαντικότερη συμβολή της βιομάζας στην αποτροπή των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και στην καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών (Life Project, 2006).

4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Αέριοι ρύποι είναι οι ρύποι εκείνοι που βρίσκονται σε αέρια φάση και ο χώρος απόρριψής τους είναι η ατμόσφαιρα. Κατηγοριοποιούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την πηγή εκπομπής τους Φυσικές διεργασίες (βιολογικές δραστηριότητες, ηφαίστεια, πυρκαγιές, κ.α.) είτε ως Ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, αυτοκίνητα, κ.α.). Πέραν αυτής της κατηγοριοποίησης μπορούν να διακριθούν και ως αστικοί και βιομηχανικοί ρύποι. Στο κεφάλαιο θα εστιάσουμε στην δεύτερη κατηγοριοποίηση των αέριων ρύπων, στις παραμέτρους που επηρεάζουν την έξαρση τους και τα προβλήματα που δημιουργούν (Life Project, 2006).

ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	ΣΚΟΠΟΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ
Καύση	Θέρμανση, μεταφορές, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	Αιωρούμενα σωματίδια, καπνός, CO, SO ₂ , NO _x , υδρογονάνθρακες κ.α.
Εξάτμιση	Βιομηχανικές εφαρμογές	Αέριοι ρύποι (υδρογονάνθρακες, υδρόθειο, πτητικές οργανικές ενώσεις, κ.α.)
Τριβή	Βιομηχανικές εφαρμογές, αστικές δραστηριότητες	Αιωρούμενα σωματίδια, καπνός, CO, SO ₂ , NO _x , υδρογονάνθρακες κ.α.

Πίνακας 8 Διεργασίες που προκαλούν την ανθρωπογενή ρύπανση στην ατμόσφαιρα

4.1 Αστική Ρύπανση

Η υπερβολική συγκέντρωση του Ελληνικού πληθυσμού στα δύο μεγάλα αστικά κέντρα και ο βιαστικός και πρόχειρος σχεδιασμός τους είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία δυο σύγχρονων μεγαλουπόλεων όπου η ποιότητα ζωής αντί να βελτιωθεί υποβαθμίστηκε και φτάσαμε σήμερα να μιλάμε για προβλήματα και να ψάχνουμε λύσεις για την καλύτερευση της ποιότητας της ζωής μας. Ένα από αυτά τα προβλήματα που χρήζει άμεσης λύσης είναι η περιβαλλοντική υποβάθμιση των αστικών κέντρων και συγκεκριμένα η ρύπανση του αστικού περιβάλλοντος από επικίνδυνους ρύπους. Οι ρύποι αποτελούν την κυριότερη αιτία υποβάθμισης της ζωής

μας στην πόλη και αυτό γιατί κυρίως υπονομεύουν την ανθρώπινη υγεία και έχουν ευρύτερες κοινωνικές επιπτώσεις.

Η αστική ρύπανση οφείλεται στην κυκλοφορία, την κεντρική θέρμανση και τη βιομηχανία. Η κυκλοφορία αποτελεί την σημαντικότερη πηγή. Στην περίπτωση της Αθήνας η ένταση του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιτείνεται από τους εξής παράγοντες (Life Project, 2006):

- Αστικοποίηση³
- Έλλειψη πρασίνου
- Μεταφορά σωματιδιακής ρύπανσης από μεγάλες αποστάσεις
- Ετήσια γήρανση του στόλου του αυτοκινήτου
- Αύξηση του πλήθους των Ι.Χ.
- Αύξηση της κατανάλωσης των καυσίμων

4.2 Βιομηχανική Ρύπανση

Ο τεχνικοοικονομικά αριστοποιημένος έλεγχος των κλασικών ατμοσφαιρικών ρύπων (διοξειδίου του θείου (SO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), οργανικών πτητικών ενώσεων (VOCs) και σωματιδίων (συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων) από τις (μεγάλες) βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ιδίως του ενεργειακού τομέα, έμμεσα μπορεί να περιορίσει τη συμβολή των εγκαταστάσεων στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Με ποιους τρόπους;

- Με τη βελτίωση της εν γένει ενεργειακής απόδοσης των εγκαταστάσεων και της συνακόλουθης εξοικονόμησης καυσίμων,

Οι οικονομικές μεταβολές στην περιφέρεια κατά τη μεταπολεμική περίοδο οδήγησαν μεγάλο μέρος του πληθυσμού των αγροτικών περιοχών προς τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από την μείωση του πρωτογενούς τομέα, αύξηση του δευτερογενούς και στην συνέχεια του τριτογενούς τομέα, τη μαζική μετακίνηση πληθυσμού από τις αγροτικές προς τις αστικές περιοχές και την θεαματική αύξηση της αστικοποίησης. Η οικονομική αυτή πόλωση ευνόησε κυρίως τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα, την Αθήνα και την Θεσσαλονίκη, που αύξησαν τον πληθυσμό τους σε σχέση με την περιφέρεια. Συγκεκριμένα, την περίοδο 1961-2001, ο πληθυσμός τους αυξήθηκε κατά 82% και 93% αντίστοιχα. Η Αθήνα συγκέντρωνε το 35% του πληθυσμού της χώρας σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ενώ υπολογίζεται ότι ο πραγματικός αριθμός μπορεί να ξεπερνά το 40% του συνολικού πληθυσμού και το 42% του αστικού πληθυσμού. Πρόκειται για φαινόμενο που δεν παρατηρείται σε άλλη χώρα στην Ευρώπη.

- με την κατανάλωση καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον, που πρακτικά σημαίνει κατανάλωση φυσικού αερίου/υγραερίου, αντί ντίζελ, αντί μαζούτ, αντί στερεών καυσίμων
- με τη αξιοποίηση και χρήση εξελιγμένων παραγωγικών διαδικασιών που από τη φύση τους περιορίζουν τις εκπομπές ρύπων

Ουσιαστικά τα προαναφερόμενα αποτελούν τις δυνατότητες που προσφέρονται για τις μικρότερου μεγέθους δραστηριότητες που γενικά δυσκολεύονται να διαθέσουν σημαντικά κονδύλια για την εγκατάσταση αποδοτικού, αλλά και χρηματικά δαπανηρού, αντιρρυπαντικού εξοπλισμού (εξαίρεση αποτελεί η εγκατάσταση εξοπλισμού χαμηλής απόδοσης (ενδεικτικά, κυκλώνες) (LifeProject, 2006).

Για τις εγκαταστάσεις μεγαλύτερου μεγέθους ο περιορισμός των εκπομπών ρύπων μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στο ρεύμα των απαερίων/ καυσαερίων (ψεκασμός υγρού ή στερεού χημικού αντιδραστηρίου, χρήση απορροφητικών υλικών (ενδεικτικά, ενεργός άνθρακας), μετακαυστήρες, πλυντρίδες, (πολυ)κυκλώνες, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα), αν και σε αυτή την περίπτωση προκαλείται (μικρή) αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία του αντιρρυπαντικού εξοπλισμού.

Με βάση και τα εθνικά στοιχεία για το 2004 της Εκθεσης EPER-2 του 2006 και της απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (www.eionet.europa.eu/cdr) οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις

με τη σημαντικότερη, αθροιστικά, συμβολή στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) της χώρας (συνολικά 104,6 εκατομμύρια τόνοι για το 2004, οι 74,4 από τον βιομηχανικό τομέα) ουσιαστικά ανήκουν στους κλάδους της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (51,1%), της παραγωγής τσιμέντου και μη μεταλλικών ορυκτών (10,6%), των διυλιστηρίων (3,2%) και της μεταλλουργίας (1,9%).

Ιδιαίτερα για τις εκπομπές CO₂ από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εντάσσονται στο Εθνικό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου, οι κλάδοι με τις αναλογικά μεγαλύτερες εκπομπές (με βάση τα κατανεμημένα δικαιώματα εκπομπών για την περίοδο 2005-07, ανερχόμενα σε 71,3 εκατομμύρια τόνους) είναι αυτοί της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (73,1% του συνόλου), της

παραγωγής τσιμέντου (15,5%), των διυλιστηρίων (4,8%), της παραγωγής μη μεταλλικών ορυκτών (2,4%) και της μεταλλουργίας(2,3%) (Life Project, 2006).

Παραγωγή ενέργειας	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Διοξείδιο του θείου (SO ₂), Οξείδια του αζώτου (NO _x), Υδρογονάνθρακες (HC), Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs), Σωματίδια(τέφρα, βαρέα μέταλλα).
Μεταφορές	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Διοξείδιο του θείου (SO ₂), Οξείδια του αζώτου (NO _x), Υδρογονάνθρακες (HC), Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs), Σωματίδια(τέφρα, βαρέα μέταλλα).
Βιομηχανίες	Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Οξείδια του αζώτου (NO _x), Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs), Διοξείδιο του θείου (SO ₂), Σωματίδια(τέφρα, βαρέα μέταλλα), Χλωροφθοράνθρακες (CFC).
Διαδικασίες καύσεων	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Διοξείδιο του θείου (SO ₂), Οξείδια του αζώτου (NO _x), Υδρογονάνθρακες (HC), Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs), Σωματίδια(τέφρα, βαρέα μέταλλα).
Στερεά και υγρά απορρίμματα	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Υδρόθειο (H ₂ S), Αμμωνία (NH ₃), Μεθάνιο (CH ₄), Σωματίδια.
Κατασκευαστικά έργα	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂), Οξείδια του αζώτου (NO _x), Υδρογονάνθρακες (HC), Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOCs), Σωματίδια, Σκόνη.

Πίνακας 9 Είδη αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τις αστικές και κυρίως από τις βιομηχανικές πηγές (Platform European Construction Technology Vision 2030 & Strategic Research Agenda, 2005)

Αναφορικά με τους κλασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους και τις εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στις διατάξεις της Οδηγίας 2008/1/EK (IPPCD για τον ολοκληρωμένο έλεγχο και την πρόληψη της βιομηχανικής ρύπανσης), οι κλάδοι με τις αναλογικά

μεγαλύτερες εκπομπές είναι (Απόφαση 2000/479/EK), (Platform European Construction Technology Vision 2030 & Strategic Research Agenda, 2005):

- για το SO₂ (συνολικά 548,3 χιλιάδες τόνοι για το 2004) αυτοί της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (71,1% των εθνικών εκπομπών), των διυλιστηρίων (4,9%) και της μεταλλουργίας (3,1%).
- για τα NO_x (συνολικά 359,4 χιλιάδες τόνοι για το 2004) αυτοί της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (32,6%), της παραγωγής τσιμέντου και μη μεταλλικών ορυκτών (7,2%) και των διυλιστηρίων (1,2%).
- για τα VOCs (συνολικά 327,9 χιλιάδες τόνοι για το 2004) αυτός των διυλιστηρίων (2,5%)
- για τα σωματίδια είναι αυτοί της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (38.900 τόνοι για το 2004), της παραγωγής τσιμέντου και μη μεταλλικών ορυκτών (1.900 τόνοι) και της μεταλλουργίας (700 τόνοι).

Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι ο κλάδος με τις αναλογικά μεγαλύτερες εκπομπές στην ατμόσφαιρα είναι αυτός της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (λογικά αναμενόμενο δεδομένης και της μη χρήσης πυρηνικής ενέργειας στη χώρα) και συνεπώς αποτελεί, κατ' αρχήν, αυτόν στον οποίο πρέπει να επικεντρωθούν οι προσπάθειες περιορισμού των εκπομπών, ιδίως του SO₂ και των σωματιδίων.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '90 ξεκίνησε στη χώρα μας η χρήση του φυσικού αερίου στον άξονα Θεσσαλονίκη-Αθήνα με προεκτάσεις προς τη Θράκη και με την προοπτική επέκτασής του έως την Πελοπόννησο, ενώ εξαγγέλθηκε και η χρήση του αερίου και στη νήσο Κρήτη.

Πρόκειται για εξελίξεις που παράλληλα με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οδηγούν και σε δραστική μείωση των εκπομπών σωματιδίων και SO₂ από τις εγκαταστάσεις που υποκαθιστούν άλλα καύσιμα (στερεά, υγρά) με φυσικό αέριο (Platform European Construction Technology Vision 2030 & Strategic Research Agenda, 2005).

4.3 Προβλήματα Πρόβλεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης λόγω Μετεωρολογικών Μεταβλητών

Στην Αθήνα λειτουργούν από το 1993 8 αυτόματοι σταθμοί μέτρησης οι θέσεις καθώς και 3 ημιαυτόματοι. Κάθε σταθμός καταγράφει και κάποιες μετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία.

Οι μετεωρολογικές μεταβλητές επηρεάζουν την εξέλιξη των φωτοχημικών ρύπων. Οι σημαντικότερες από αυτές καθ' υπόδειξη των εμπειρογνομώνων του ΠΕΡΠΙΑ έχουν συγκεντρωθεί και επεξεργαστεί ώστε να είναι κατάλληλες να ενσωματωθούν μαζί με τα υπόλοιπα δεδομένα των ρύπων που προέρχονται από τους κατά τόπους σταθμούς μέτρησης του ΠΕΡΠΙΑ. Τα δεδομένα όλων των μετεωρολογικών μεγεθών έχουν προέλθει από τα αρχεία προβλέψεων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, το δίκτυο μετρήσεων των σταθμών του ΠΕΡΠΙΑ, και τις μετρήσεις του τοπικού μετεωρολογικού σταθμού στο Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι κύριες ευρετικές παράμετροι ανά μετεωρολογική μεταβλητή (Platform European Construction Technology Vision 2030 & Strategic Research Agenda, 2005).

4.3.1 Άνεμος

Η διασπορά των ρύπων επηρεάζεται περισσότερο από την οριζόντια ταχύτητα του ανέμου παρά από οποιονδήποτε άλλον μετεωρολογικό παράγοντα. Η συγκέντρωση σε δοσμένο σημείο του χώρου ενός ρύπου που εκπέμπεται από σημειακή πηγή, είναι αντίστροφα ανάλογη της ταχύτητας του ρύπου, ταχύτητας που οφείλει την ύπαρξή της στην οριζόντια συνιστώσα του ανέμου. Αυτή η σχέση συγκέντρωσης - ταχύτητας δεν ισχύει στις οριακές περιπτώσεις όταν είτε η ταχύτητα είναι μηδέν, είτε η ταχύτητα είναι πολύ μεγάλη. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχουν φαινόμενα κατακόρυφης διάχυσης του ρύπου, κατακρήμνισης, μετάλλαξης που μειώνουν τη συγκέντρωση. Στη δεύτερη περίπτωση στην περίπτωση δυνατού ανέμου με καθοδική κάθετη διεύθυνση, οι ρύποι που εξέρχονται από καμινάδες πέφτουν στο έδαφος αμέσως μετά την έξοδό τους δημιουργώντας οξυμένα προβλήματα κοντά στην πηγή. Επίσης στην

περίπτωση αυτή δημιουργείται επαναιώρηση μέρους των καθιζανόντων σωματιδίων αυξάνοντας τη συγκέντρωσή τους στον αέρα (καπνός).

Από την κατακόρυφη συνιστώσα του ανέμου ενδιαφέρον παρουσιάζει η φορά της. Αν αυτή είναι ανοδική, η ρύπανση διαχέεται σε ανώτερα στρώματα και μειώνονται οι συγκεντρώσεις του ρύπου στο έδαφος. Το αντίστροφο συμβαίνει όταν η ταχύτητα είναι καθοδική. Ειδικά μέσα στις πόλεις τα ρεύματα του αέρα που επικρατούν είναι ανοδικά και αυτό γιατί η ανθρώπινη δραστηριότητα μέσα σε αυτές δημιουργεί ένα θερμότερο στρώμα αέρα στο επίπεδο και στα όρια της απ' ότι πάνω και γύρω από αυτή, ένα φαινόμενο που είναι γνωστό ως θερμική νήσος (heat island effect).

4.3.2 Θερμοκρασιακή Αναστροφή

Κάτω από κανονικές συνθήκες, η συνάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με το υψόμετρο, μέσα στα όρια της τροπόσφαιρας που εκτείνεται μέχρι τα δέκα χιλιόμετρα ύψος, αποτυπώνεται από μια ευθεία με αρνητική κλίση. Όσο δηλαδή αυξάνεται το ύψος, μειώνεται η θερμοκρασία (Αξαρχλή, 2007).

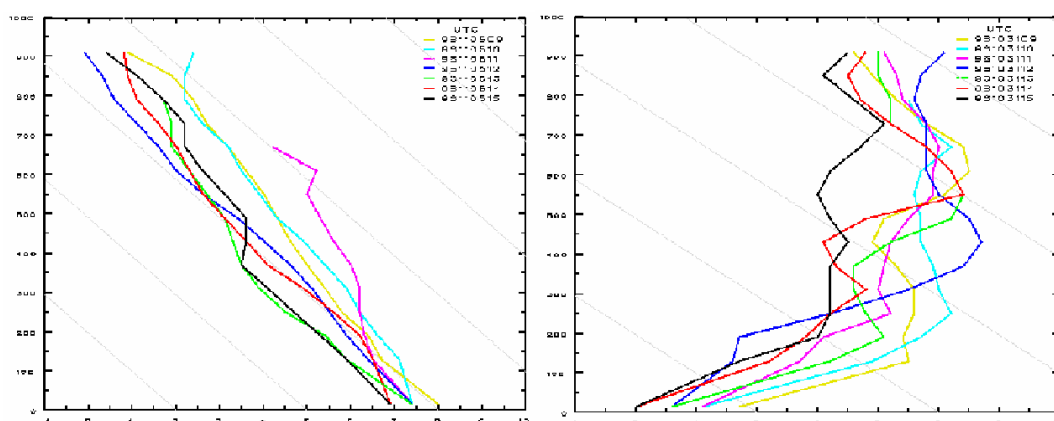
Σε συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής η προηγούμενη σχέση διαταράσσεται, και ένα θερμό στρώμα αέρα βρίσκεται πάνω από ένα ψυχρότερο με τέτοιο τρόπο που η επιστρωμάτωση λειτουργεί ως σκέπαστρο παγιδεύοντας τους ρύπους σε ένα στενό στρώμα κοντά στο έδαφος.

Πάνω από ανοικτές πεδιάδες κατά τη διάρκεια αίθριου καιρού, υπάρχει ένας ημερήσιος μετεωρολογικός κύκλος. Τη νύχτα, ο αέρας κοντά στο έδαφος ψύχεται γρηγορότερα απ' ότι ο αέρας σε ένα ύψος μερικών εκατοντάδων μέτρων πάνω από το επίπεδο του εδάφους, δημιουργώντας μια θερμοκρασιακή αναστροφή (μια αύξηση της θερμοκρασίας σε ύψος). Μια τυχαία μετακινούμενη φυσαλίδα αέρα γρήγορα φτάνει σε θερμότερα στρώματα και αρχίζει να βυθίζεται. Η αναστροφή πιέζει την κάθετη διαστρωμάτωση του αέρα, και το αποτέλεσμα είναι η συγκέντρωση όλων των αέριων ρύπων σε ένα στρώμα. Η αναστροφή επίσης μειώνει την ταχύτητα του ανέμου κοντά στο έδαφος ενώ ταυτόχρονα εμφανίζεται μια "εκτονωτική" επιτάχυνση στα ανώτερα στρώματα. Η διασπορά των ρυπαντών που απελευθερώνονται μέσα στο στρώμα της αναστροφής είναι για αυτό το λόγο ελαχιστοποιημένη λόγω του φτωχού

οριζόντιου εξαερισμού στο επίπεδο των ρύπων και λόγω της φτωχής κατακόρυφης διαστρωμάτωσης (Αξαρλή, 2007).

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο αέρας κοντά στο έδαφος ζεσταίνεται γρηγορότερα από τον αέρα σε ύψος μερικών εκατοντάδων μέτρων. Με την ίδια συλλογιστική που αναπτύχθηκε παραπάνω, μία τυχαία ανοδικά κινούμενη φυσαλίδα αέρα παραμένει θερμότερη από τον περιβάλλοντα αέρα μέχρι ένα σημαντικό ύψος (μερικές φορές μέχρι μερικά χιλιόμετρα πάνω από θερμές ξηρές περιοχές). Συμπερασματικά η θερμοκρασιακή αναστροφή προκαλεί αύξηση στις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων, ειδικά όταν την ίδια στιγμή δεν πνέουν άνεμοι, και όσο το επίπεδο της αναστροφής είναι χαμηλότερο, η πιθανότητα επεισοδίου αυξάνεται. Στην επόμενη εικόνα δίνεται ένα παράδειγμα του φαινομένου της θερμοκρασιακής αναστροφής (Αξαρλή, 2007).

Στις γραφικές παραστάσεις στον οριζόντιο άξονα διαβαθμίζεται η θερμοκρασία ενώ στον κάθετο το υψόμετρο από την επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 14 Καμπύλες θερμοκρασίας-υψομέτρου χωρίς και με ύπαρξη θερμοκρασιακής αναστροφής

Στην αριστερή παράσταση απεικονίζεται ένα πρωινό χωρίς θερμοκρασιακή αναστροφή, ενώ στη δεξιά με σχετικά έντονη θερμοκρασιακή αναστροφή. Οι διάφορες αποχρώσεις του γκρι αντικατοπτρίζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με το υψόμετρο, για διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια ενός πρωινού (Αξαρλή, 2007).

4.3.3 Βροχόπτωση

Η βροχή όταν είναι έντονη, κατακρημνίζει τους αέριους και τους σωματιδιακούς ρύπους και εκμηδενίζει σχεδόν τις συγκεντρώσεις τους στον αέρα. Τα στοιχεία του ΠΕΡΠΙΑ για τα έτη 1990 - 1991 δείχνουν ότι μόνο σε σταθμούς με πολλές και ισχυρές τοπικές πηγές (π.χ. στο σταθμό Πατησίων σε ώρα μεγάλης κίνησης) η συγκέντρωση των ρύπων διατηρείται σχεδόν αμετάβλητη (Αξαρλή, 2007).

Υπάρχουν δύο πηγές δεδομένων για τη βροχόπτωση, μία που αφορά στην καταγραφή στο δελτίο πρόβλεψης της ΕΜΥ και μία που αφορά σε καταγεγραμμένο ύψος και διάρκεια βροχόπτωσης από τα αρχεία του Αστεροσκοπείου.

4.4 Μαθηματικά Μοντέλα Πρόβλεψης

Μοντέλα ποιότητας ατμόσφαιρας είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια μεγάλου αριθμού εφαρμογών.²⁵ Πρώτα απ' όλα, η παρακολούθηση της ποιότητας αέρα μπορεί να υποστηριχθεί αποτελεσματικά με μοντέλα. Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες τα μοντέλα χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της περιβαλλοντικής αδειοδότησης βιομηχανικών μονάδων ή άλλων έργων μείζονος σημασίας. Με δεδομένη την αυξανόμενη συχνότητα “επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης”, δηλαδή υπερβάσεων των θεσμοθετημένων ορίων ποιότητας της ατμόσφαιρας, γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη *βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης* των επιπέδων των ρύπων. Με τον τρόπο αυτό, θα καταστεί δυνατή η λήψη μέτρων αποφυγής των επεισοδίων καθώς και η πληροφόρηση του κοινού ώστε να μειωθεί η έκθεσή του στα αυξημένα αυτά επίπεδα. Μέχρι πρόσφατα, στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις η πρόγνωση αυτή ήταν εμπειρική, αλλά το τελευταίο διάστημα η χρήση υπολογιστικών εργαλείων, κυρίως στατιστικών αλλά και προγνωστικών μοντέλων, επεκτείνεται όλο και περισσότερο καθώς δίνει πληρέστερες και πιο αξιόπιστες προγνώσεις. Ο ρόλος των μοντέλων ποιότητας ατμόσφαιρας όσον αφορά στην πληροφόρηση των πολιτών αναμένεται να αυξηθεί. Ο κυριότερος στόχος είναι να προσφέρεται συνεχής πληροφόρηση στο κοινό για την ποιότητα του αέρα και για πιθανά επεισόδια ρύπανσης. Ένα άλλο σημαντικό πεδίο εφαρμογής μοντέλων ποιότητας ατμόσφαιρας είναι η *διαχείριση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος*, δεδομένου ότι συχνά πρέπει να προβλεφθεί το αποτέλεσμα των μέτρων αντιρρύπανσης, τα μοντέλα είναι στην περίπτωση αυτή προφανώς το πιο κατάλληλο εργαλείο. Σε αυτό το πλαίσιο, μοντέλα

ποιότητας ατμόσφαιρας χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε συνδυασμό με μοντέλα για άλλους τομείς (π.χ. έδαφος, νερό αλλά και εκπομπές ρύπων), οδηγώντας στις λεγόμενες συνολικές προσεγγίσεις (Μπουρτσαλάς κ.α., 2011).

4.4.1 Ανάγκη Ύπαρξης Μοντέλων Βραχυπρόθεσμης Πρόγνωσης των Επιπέδων Όζοντος

Στα πλαίσια της στρατηγικής αντιρρύπανσης θεσπίζονται διάφορα μέτρα με στόχο τη μείωση των εκπομπών πρωτογενών ρύπων ώστε να μην παρατηρούνται υπερβάσεις των ορίων ποιότητας της ατμόσφαιρας. Τα μέτρα αυτά εντάσσονται σε δύο κατηγορίες με βάση τη χρονική κλίμακα στην οποία αναφέρονται (Μπουρτσαλάς κ.α., 2011):

- σε επεμβάσεις μακροπρόθεσμου χαρακτήρα που συνίστανται σε μέτρα διαρθρωτικού τύπου (π.χ. σωστός χωροταξικός σχεδιασμός, κίνητρα για υιοθέτηση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών, βελτίωση μέσων μαζικής κυκλοφορίας, χρήση βελτιωμένων καυσίμων) και αποσκοπούν στη μόνιμη και σταθερή μείωση των επιπέδων ρύπανσης στο μήκος του χρόνου και
- σε βραχυπρόθεσμες επεμβάσεις (π.χ. επιβολή περιορισμών στην κυκλοφορία των οχημάτων, στη βιομηχανική δραστηριότητα ή στις οικιακές καύσεις κλπ.) με στόχο την αποφυγή επικειμένων επεισοδίων ρύπανσης και υπερβάσεων ορίων ποιότητας της ατμόσφαιρας.

Στα πλαίσια της βραχυπρόθεσμης πολιτικής αντιρρύπανσης, προκύπτει επιτακτικά η ανάγκη αξιόπιστης βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης των επιπέδων των διαφόρων ρύπων ώστε να είναι δυνατή η έγκαιρη λήψη μέτρων καταστολής ή αποφυγής τους. Γενικότερα, η βραχυπρόθεσμη πρόγνωση των επιπέδων ρύπανσης αποσκοπεί²⁵ στα εξής:

- Να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του κοινού για πληροφόρηση.
- Να οδηγήσει στη μείωση της έκθεσης του πληθυσμού στα αυξημένα επίπεδα
- ρύπανσης.

- Να προειδοποιήσει τις αρχές, τη βιομηχανία και το κοινό ώστε να λάβουν μέτρα περιορισμού των εκπομπών.
- Να αυξήσει τη δημόσια υποστήριξη στη λήψη μέτρων είτε βραχυπρόθεσμων είτε πιο μακροπρόθεσμου ή διαρθρωτικού χαρακτήρα, τα οποία τις περισσότερες φορές έχουν κοινωνικό και οικονομικό κόστος.

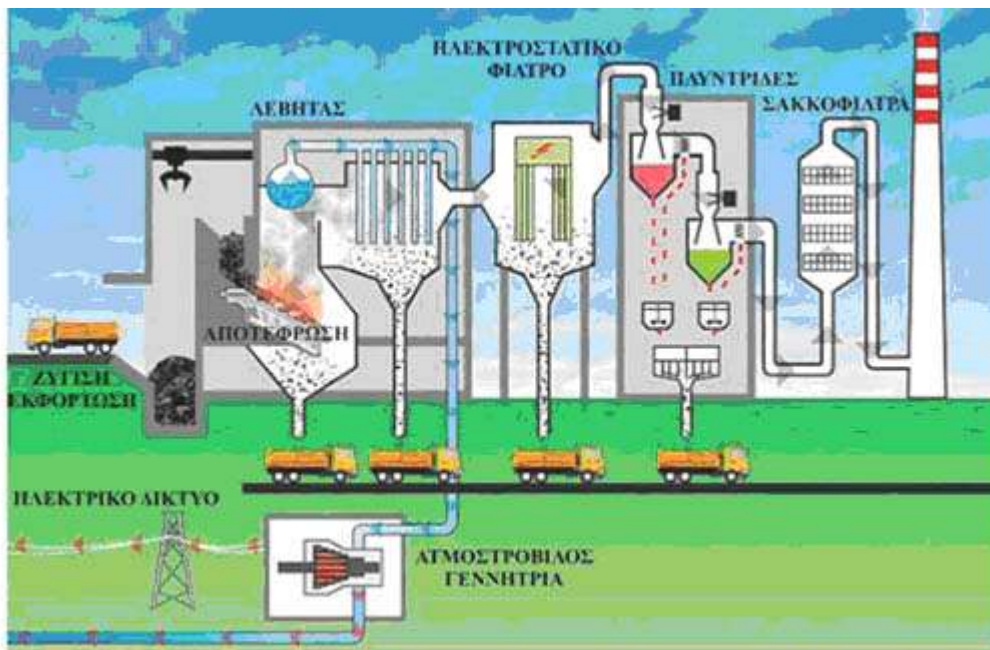
Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτείται αξιόπιστη και έγκαιρη πληροφόρηση. Οι πρώτοι δύο στόχοι έχουν ανάγκη η πληροφορία να είναι διαθέσιμη σε σχεδόν πραγματικό χρόνο ή ένα 24ωρο νωρίτερα. Ο χρόνος που απαιτείται για την προετοιμασία και επιβολή εκτάκτων μέτρων καταστολής επεισοδίων ρύπανσης είναι τουλάχιστον ένα 24ωρο (Μπουρτσαλάς κ.α., 2011).

5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα εξετάζονται οι κύριες τεχνολογίες αντιρρύπανσης και ελέγχου της αέριας ρύπανσης, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την απομάκρυνση σωματιδίων και αέριων ρύπων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία την ηλεκτροπαραγωγή και άλλους συναφείς κλάδους, οι οποίες είναι οι επιμέρους :

- Κυκλώνες
- Σακκόφιλτρα
- Υγρά φίλτρα
- Πλυντρίδες - Οι πλυντρίδες
- Ηλεκτροστατικά φίλτρα



Εικόνα 15 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων

5.1 Ορισμός Εγκατάστασης Κεντρικής Θέρμανσης

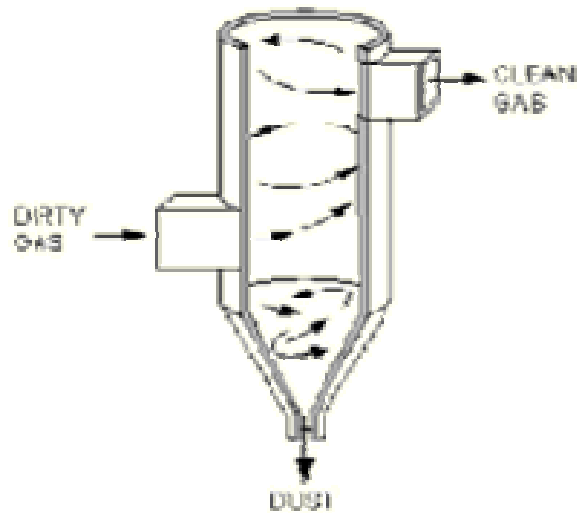
Ως εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης ορίζεται το σύνολο των συσκευών, κατασκευών, διατάξεων, μηχανισμών που εμπεριέχει θερμική ενέργεια από μία πηγή και την κατανέμει σε διάφορους χώρους προκειμένου να καλύψει απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον και να διατηρήσει την θερμοκρασία αυτών των χώρων σε επιθυμητά επίπεδα. Περιλαμβάνει συνήθως τον λέβητα όπου διατίθεται ενέργεια από την καύση πετρελαίου ή αερίου, το σύστημα διανομής αντλίες και σωληνώσεις μεταφοράς ζεστού νερού – φορέα της θερμότητας, τα θερμαντικά σώματα, το σύστημα προσαγωγής και αποθήκευσης του καυσίμου, τον καυστήρα, το δίκτυο απαγωγής των καυσαερίων, το χώρο του λεβητοστασίου, τα συστήματα ρύθμισης και αυτοματοποίησης της εγκατάστασης και το σύστημα ασφαλούς λειτουργίας (Θωμά, 2005).



Εικόνα 16 Μονάδες αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων στο Άμστερνταμ και διεργασία πυρόλυσης

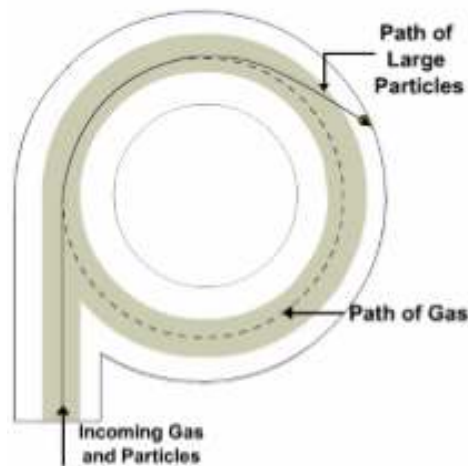
5.2 Κυκλώνες

Οι κυκλώνες είναι ευρύτατα διαδεδομένοι και οι σχεδιασμός τους δεν έχει αλλάξει τα τελευταία 60 χρόνια. Είναι οικονομικοί, χωρίς κινούμενα μέρη και χαρακτηρίζονται από την αντοχή τους σε σκληρές συνθήκες λειτουργίας.



Εικόνα 17 Φυγόκεντρος διαχωριστής, κυκλώνας

Η φυγόκεντρική ψευδό-δύναμη είναι σημαντικά ψηλότερη από την δύναμη της βαρύτητας. Το φορτισμένο με σωματίδια αέριο ρεύμα εισέρχεται εφαπτομενικά κοντά (συνήθως) στην κορυφή του κυκλώνα. Το αέριο περιστρέφεται μέσα στον κυκλώνα λόγω της φυγόκεντρης δύναμη τα σωματίδια προσκρούουν στα τοιχώματα και η βαρύτητα οδηγεί με περιστροφή στον πυθμένα.(Θωμά, 2005)



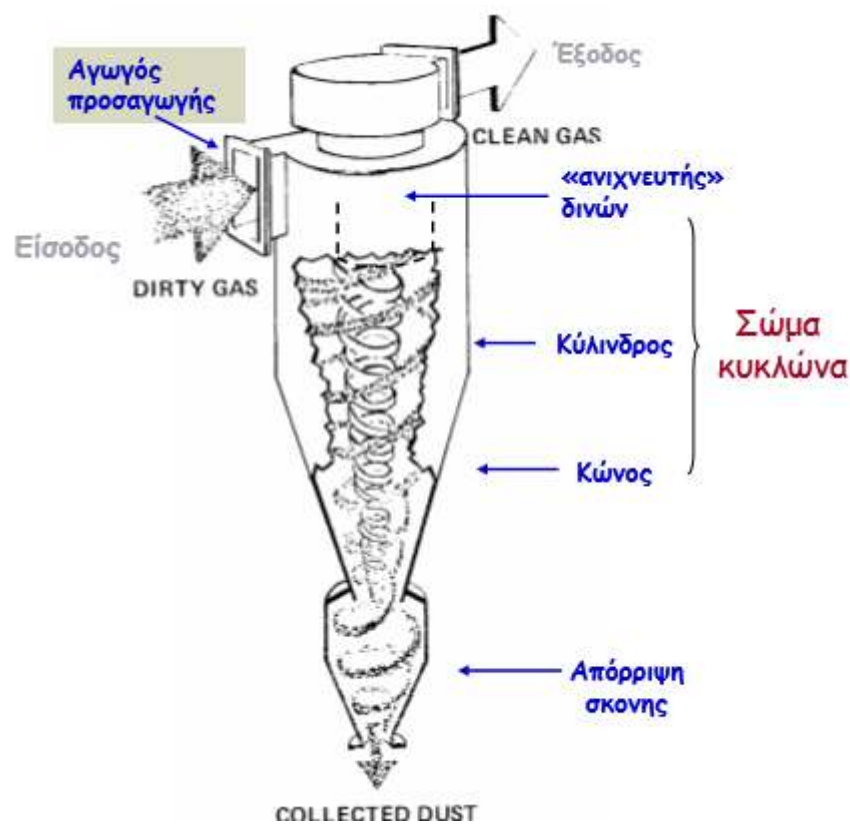
Εικόνα 18 Κίνηση αέρα μέσα στον κυκλώνα

Μεγαλύτερη θερμοκρασία εισόδου οδηγεί σε μεγαλύτερη ταχύτητα εισόδου (καλύτερη απόδοση), αλλά και αύξηση του ιξώδους του αέρα (χειρότερη απόδοση, και σε μεγαλύτερη πτώση πίεσης. Στα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας καταγράφονται:

- Το μικρό κόστος κατασκευής
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης (λόγω της απουσίας κινούμενων μερών)
- Δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλές θερμοκρασίες
- Διάθεση των σωματιδίων σε ξηρή μορφή

Αντίστοιχα η τεχνολογία χαρακτηρίζεται από τα εξής μειονεκτήματα

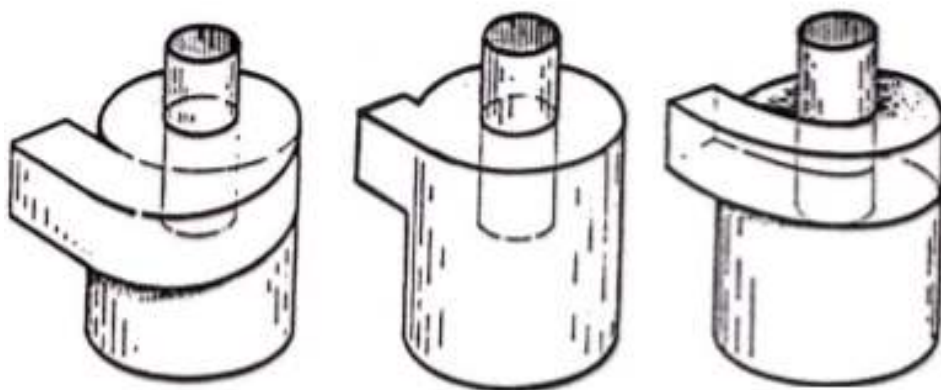
- Υψηλό κόστος λειτουργίας (υψηλή πτώση πίεσης)
- χαμηλές αποδόσεις για $d < 10\mu\text{m}$



Εικόνα 19 Απεικόνιση τυπικού κυκλώνα κατακράτησης σωματιδιακής ύλης. Η μορφή της ροής

Στο εμπόριο συναντώνται τρία είδη κυκλώνα ανάλογα με την μορφή του :

- Ανεστραμμένη μορφή
- Εφαπτομενική μορφή
- Ελικοειδής μορφή



Εικόνα 20 Ανεστραμμένη, εφαπτομενική, ελικοειδής μορφή κυκλώνα

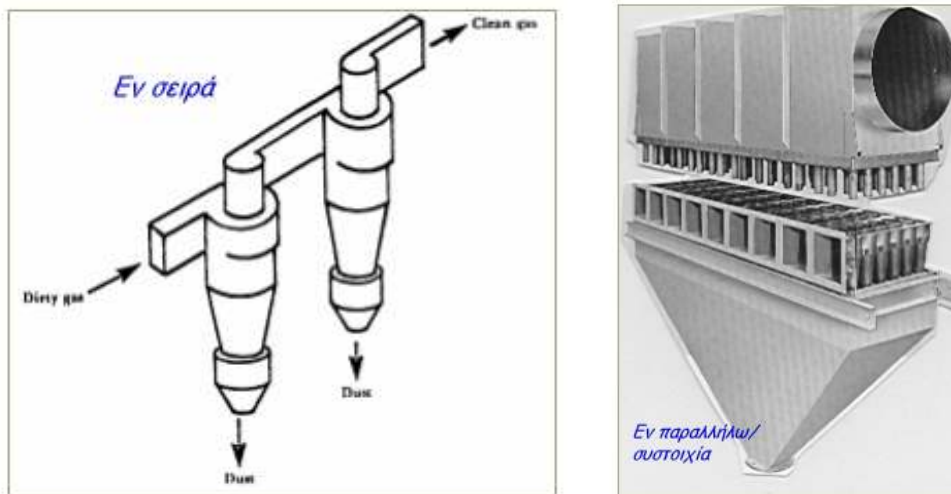
Εφαπτομενική	Ελικοειδής	Ανεστραμμένη
Απλός σχεδιασμός και κατασκευή	Δίνει εφαπτομενική ταχύτητα στο αέριο	Επιτρέπει να εισέλθει το αέριο με την ελάχιστη τύρβη και χαμηλή πτώση πίεσης
Χαμηλό κόστος	Σχετικά περίπλοκος σχεδιασμός	Υψηλότερη απόδοση από την εφαπτομενική είσοδο
Χαμηλή απόδοση	Υψηλότερο κόστος	Μεγαλύτερες συσκευές - κόστος
Σχετικά υψηλή πτώση πίεσης		

Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά όλων των τύπων μορφών κυκλώνα (Θωμά, 2005)



Εικόνα 21 Κυκλώνες για απομάκρυνση της σκόνης

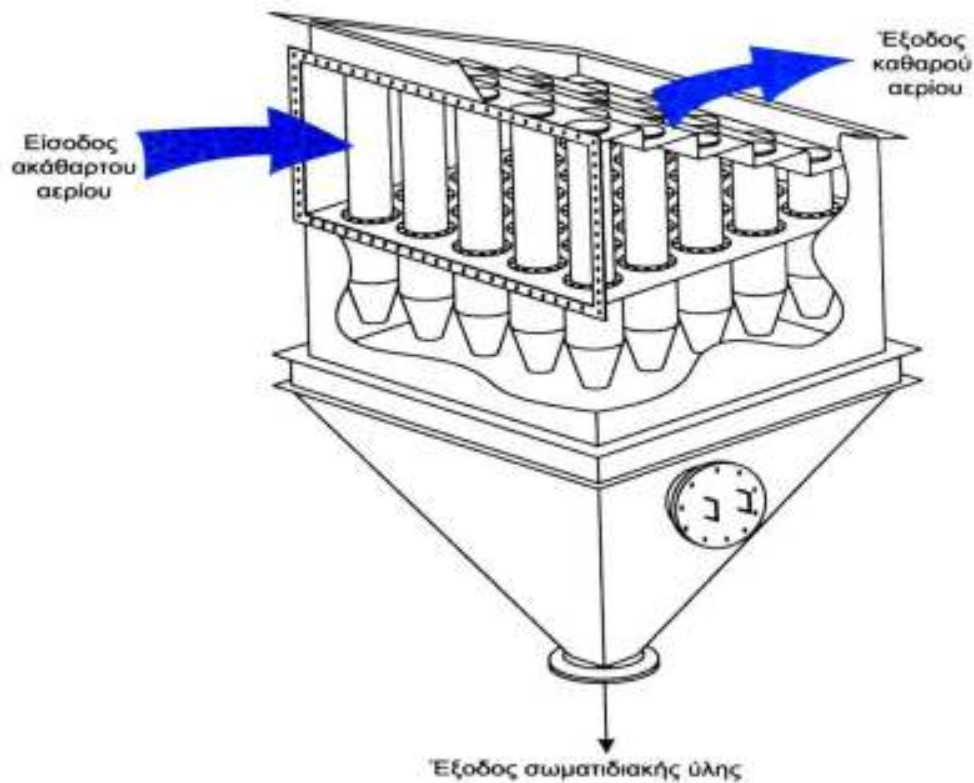
Αναφορικά με την τοποθέτηση των κυκλώνων διακρίνεται η τοποθέτησή τους είτε εν σειρά είτε εν παραλλήλω συστοιχία.



Εικόνα 22 Διατάξεις εν σειρά και εν παραλλήλω

Σχετικά με την απόδοσή τους οι κυκλώνες συμπεριφέρονται εξαιρετικά καθώς προσεγγίζει το 100%, μειούμενη απότομα από κάποιο μέγεθος σωματιδίων και κάτω, το οποίο ποικίλει ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κυκλώνα (μέγεθος, τύπος, κλπ) και τα λειτουργικά της προς επεξεργασία ροής. Για κάθε τύπο κυκλώνα είναι διαθέσιμα διαγράμματα απόδοσης έναντι του μεγέθους των σωματιδίων που βοηθούν στην επιλογή (Θωμά, 2005).

Όσον αναφορά την απώλεια ενέργειας αναφερθεί πως οι περισσότεροι κυκλώνες λειτουργούν σε ταχύτητες εισόδου 15m/s-20m/s. Η απαιτούμενη ενέργεια, λόγω πτώσης πίεσης (απώλεια ενέργειας ροής), για τη διακίνηση του αέριου ρεύματος σε αυτές τις ταχύτητες είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας εισόδου. Όταν εισάγουμε ατμοσφαιρικό αέρα, η απώλεια θα είναι μεταξύ 100-150 mm στήλης H₂O. Αυτή η απώλεια εκφράζεται ως διαφορά στατικής πίεσης (πτώση πίεσης) ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο. Σε αέρια υψηλότερων θερμοκρασιών και χαμηλότερης πυκνότητας παρουσιάζονται χαμηλότερες απώλειες.



Εικόνα 23 Σύστημα 25 κυκλώνων μικρής διαμέτρου

5.3 Σακκόφιλτρα

Τα σακκόφιλτρα είναι μονάδες αποκονίωσης που βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις, όπως για αποκονίωση στις πτώσεις από μεταφορικές ταινίες, στη πλήρωση SILOS με πνευματική μεταφορά, σε κόσκινα, σε αναβατόρια, στην πλήρωση σάκων με τσιμέντο, στις αμμοβολές κ.α.

Αυτό που έχει κυριαρχήσει στην φίλτραση υγρών (κυρίως νερού) για βιομηχανικές εφαρμογές για την απομάκρυνση φερτών υλών (σωματίδια, χρώμα, λάσπη, σκουριά κτλ), είναι τα σακκόφιλτρα (bagfilters). Τα σακκόφιλτρα είναι υφασμάτινοι συλλέκτες, που έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογές με ένα επιθυμητό ρυθμό διήθησης από 1 έως 1000 μικρά (συνήθως χρησιμοποιούνται στα 100 έως 200 μικρά). Το σακκόφιλτρο λειτουργεί με παρόμοια αρχή με αυτή της μικροδιήθησης.



Εικόνα 24 Διάφορες κατηγορίες σακκόφιλτρων

Το υγρό καθαρίζεται με το πέρασμά του από μικρούς, διαπερατούς πόρους. Τα φίλτρα αυτά χρησιμοποιούνται προκειμένου να επεξεργαστούν μεγάλες ποσότητες νερού, με χαμηλό κόστος.

Το μήκος των σάκκων και το υλικό κατασκευής τους καθορίζει την ικανότητα κατακράτησης των σωματιδίων. Κατά περίπτωση, υπάρχει η δυνατότητα καθαρισμού τους (με πεπιεσμένο αέρα ή νερό). Μεγαλύτερα συστήματα μπορούν να καθαρίσουν πάνω από 500 m³/h (multibagfilters).



Εικόνα 25 Multibagfilter

Υπάρχουν ειδικές σακούλες για διάφορες χημικές ουσίες (οξέα, λάδια, αλκάλια κ.α). Το υλικό κατασκευής του φίλτρου μπορεί να είναι νάιλον, πολυπροπυλένιο, πολυεστέρας ή πορώδης μεμβράνη (PTFE).

Τα σακκόφιλτρα αποτελούν συσκευές για τη συλλογή των εκατομμυρίων τόνων των σωματιδίων, τα οποία παράγονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Ο σχεδιασμός και η αξιοπιστία των σακκόφιλτρων εξασφαλίζουν τη μείωση της σκόνης που απελευθερώνεται σε επίπεδα μικρής σημασίας.

Τα Σακκόφιλτρα επιτυγχάνουν μεγάλες αποδόσεις αποκονίωσης, με συγκεντρώσεις εξόδου 5-15 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ ή και χαμηλότερες, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκονίωση όλων των πηγών σκόνης σε ένα εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου, περιλαμβανομένου και του ΠΚ, σε συνδυασμό με εναλλάκτες θερμότητας, χωρίς να επηρεάζονται από διακυμάνσεις των παραμέτρων της διεργασίας έψησης και των α. υλών. Επιτυγχάνουν επίσης και μείωση των συγκεντρώσεων διοξεινών και μετάλλων, ειδικά στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά καύσιμα, λόγω της επιπλέον απορρόφησης που υφίστανται οι ρύποι αυτοί που συσσωρεύεται πάνω στο ύφασμα. Για τους παραπάνω λόγους και με την ανάπτυξη νέων υφασμάτων ανθεκτικών σε υψηλές θερμοκρασίες τα σακκόφιλτρα κερδίζουν -έδαφος έναντι των ηλεκτροστατικών φίλτρων στις νέες μονάδες.

Όσον αφορά τα ψυγεία κλίνκερ, η συνολική απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων δεν είναι πολύ μικρότερη από την απόδοση των σακκόφιλτρων (παλμικής διαβίβασης αέρα καθαρισμού (pulsejet) σε συνδυασμό με εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα. Πάντως, οι περισσότερες νέες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν σακκόφιλτρα με εναλλάκτη θερμότητας. Ανάλογα με την ποιότητα του σάκου που χρησιμοποιείται από το φίλτρο παλμικής διαβίβασης, το μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα που προηγείται του φίλτρου είναι σχεδιασμένο να ψύχει τον αέρα σε θερμοκρασίες κάτω από 120-180°C. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν Σ/Φ παλμικής διαβίβασης αέρα για την αποκονίωση των απαερίων του μύλου τσιμέντου. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα δεν χρησιμοποιούνται πλέον σε αυτή τη φάση της διεργασίας, ενώ σε πολλές παλαιές εγκαταστάσεις έχουν αντικατασταθεί με Σ/Φ. Εξαιτίας της χαμηλής θερμοκρασίας των απαερίων από αυτή τη μονάδα, δεν απαιτείται προετοιμασία του αέρα.

Γενικά, μπορεί να λεχθεί ότι, τόσο τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, όσο και τα σακκόφιλτρα έχουν μεγάλη απόδοση σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια ιδιαίτερων συνθηκών, όπως υψηλών συγκεντρώσεων CO (CO trips), έναρξη ή διακοπή της λειτουργίας του κλιβάνου, ή κατά την αλλαγή από τη σύνθετη λειτουργία (ανοιχτός ο μύλος φαρίνας -> χαμηλή θερμοκρασία λόγω αραιώσης) σε άμεση λειτουργία (κλειστός ο μύλος φαρίνας -> υψηλή θερμοκρασία), η απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων μπορεί να μειωθεί σημαντικά, ενώ η απόδοση των Σ/Φ δεν επηρεάζεται. Έτσι, τα σακκόφιλτρα έχουν συνολικά μεγαλύτερη απόδοση, εφόσον συντηρούνται κανονικά και οι σάκοι αντικαθίστανται συχνά. Το μειονέκτημα

είναι ότι οι απορριπτόμενοι σάκοι αποτελούν απόβλητο και πρέπει να αποτίθενται σύμφωνα με τους ισχύοντες εθνικούς κανονισμούς. Εξαιτίας της ύπαρξης περιορισμού για τη μέγιστη θερμοκρασία των σωματιδίων στα σακκόφιλτρα και εξαιτίας της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σωματιδίων στα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα απαέρια χρειάζονται κάποια προετοιμασία πριν οδηγηθούν στα φίλτρα. Αυτή η προετοιμασία γίνεται είτε με τον ψεκασμό νερού σε ειδικούς πύργους, ή με ψύξη με αέρα σε ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας, ή με προσθήκη φρέσκου αέρα (αραίωση και αύξηση παροχής προς αποκονίωση). Το συνολικό κόστος ανά τόνο κλίνκερ που προέρχεται από την αποκονίωση συνήθως ευνοεί τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, αν απαιτείται περιεκτικότητα σε σκόνη πάνω από 30 mg/Nm^3 .

Κάτω από 20 mg/Nm^3 το κόστος είναι χαμηλότερο για τα σακκόφιλτρα παλμικής διαβίβασης αέρα. Αυτός είναι μόνο ένας γενικός κανόνας, ενώ μπορεί να διαφέρει από εφαρμογή σε εφαρμογή. Οι λόγοι που είναι χαμηλότερο το κόστος των ηλεκτροστατικών φίλτρων για πάνω από 30 mg/Nm^3 είναι κυρίως η χαμηλή πτώση πίεσης πάνω στο φίλτρο και το χαμηλό κόστος συντήρησης.

Για την περαιτέρω μείωση της περιεκτικότητας σε σκόνη του καθαρού αερίου μέχρι τα 20 mg/Nm^3 , η επιφάνεια συλλογής και η απαιτούμενη ισχύς αυξάνονται εκθετικά. Για τη σύγκριση ενός συστήματος αποκονίωσης με ένα άλλο, όλος ο επιπλέον εξοπλισμός (προετοιμασία των απαερίων, τα φίλτρα και οι ανεμιστήρες των φίλτρων) θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα σακκόφιλτρα έχουν πολύ μεγάλη απόδοση σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια ιδιαίτερων συνθηκών, όπως υψηλών συγκεντρώσεων CO (CO trips), έναρξη ή διακοπή της λειτουργίας του κλιβάνου, ή κατά την αλλαγή από τη σύνθετη λειτουργία (ανοιχτός ο μύλος φαρίνας -> χαμηλή θερμοκρασία λόγω αραίωσης) σε άμεση λειτουργία (κλειστός ο μύλος φαρίνας -> υψηλή θερμοκρασία), η απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων μπορεί να μειωθεί σημαντικά, ενώ η απόδοση των σακκόφίλτρων δεν επηρεάζεται. Για την αποφυγή δημιουργίας σκόνης από διάφορα σημεία της διεργασίας (π.χ. την μετάβαση υλικού από το ένα μεταφορικό σύστημα σε άλλο), μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες που είναι συνδεδεμένοι με σακκόφιλτρα για την άντληση και τον καθαρισμό του αέρα. Το υλικό που συλλέγεται από αυτήν την διεργασία θα πρέπει να

ανακυκλώνεται. Για την αποκονίωση των σταθερών εκπομπών χρησιμοποιούνται οι εξής εγκαταστάσεις αποκονίωσης με σακκόφιλτρα :

- Σε όλες τις εγκαταστάσεις θραύσης α. υλών
- Σε όλες τις εγκαταστάσεις ομογενοποίησης και αποθήκευσης φαρίνας
- Σε όλες τις βοηθητικές εγκαταστάσεις μύλων τσιμέντου
- Στις εγκαταστάσεις άλεσης τσιμέντου (MT)
- Σε όλες τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, συσκευασίας και διακίνησης τσιμέντου·
- Σε όλες τις εγκαταστάσεις άλεσης στερεών καυσίμων

Είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι τα σακκόφιλτρα ανήκουν στις συσκευές για τη συλλογή εκατομμυρίων τόνων των σωματιδίων, τα οποία παράγονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες.



Εικόνα 26 Απορροφητικό συγκρότημα σακκόφιλτρων

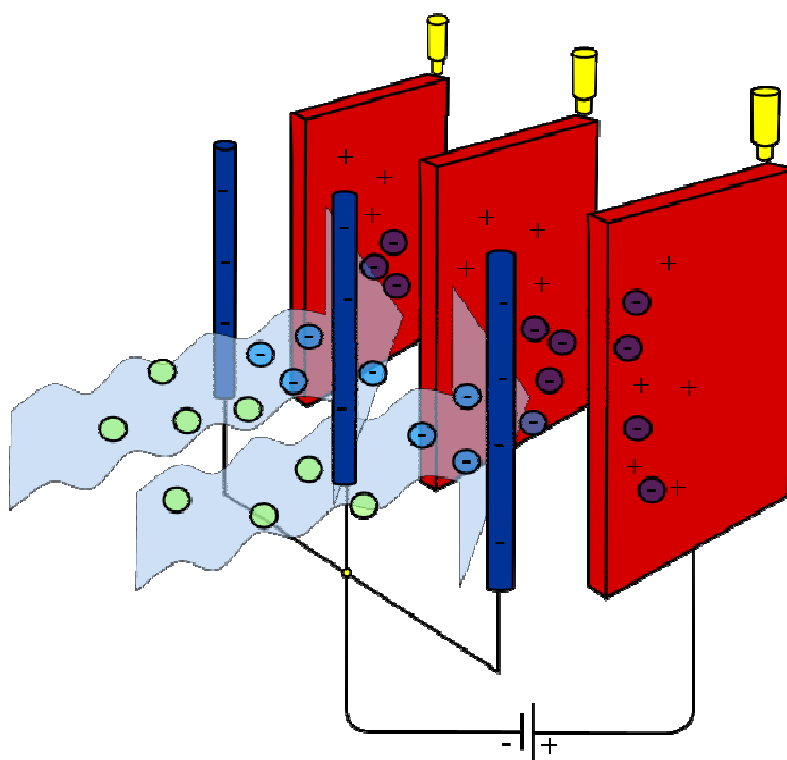
5.4 Ηλεκτροστατικά Φίλτρα

Γενικά, μπορεί να λεχθεί ότι, τόσο τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, όσο και τα σακκόφιλτρα έχουν μεγάλη απόδοση σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια ιδιαίτερων συνθηκών, όπως υψηλών συγκεντρώσεων CO (CO trips), έναρξη ή διακοπή της λειτουργίας του κλιβάνου, ή κατά την αλλαγή από τη σύνθετη λειτουργία (ανοιχτός ο μύλος φαρίνας -> χαμηλή θερμοκρασία λόγω αραίωσης) σε άμεση λειτουργία (κλειστός ο μύλος φαρίνας -> υψηλή θερμοκρασία), η απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων μπορεί να μειωθεί σημαντικά, ενώ η απόδοση των σακκόφιλτρων δεν επηρεάζεται. Έτσι, τα σακκόφιλτρα έχουν συνολικά μεγαλύτερη απόδοση, εφόσον συντηρούνται κανονικά και οι σάκοι αντικαθίστανται συχνά. Το μειονέκτημα είναι ότι οι απορριπτόμενοι σάκοι αποτελούν απόβλητο και πρέπει να αποτίθενται σύμφωνα με τους ισχύοντες εθνικούς κανονισμούς. Εξαιτίας της ύπαρξης περιορισμού για τη μέγιστη θερμοκρασία των σωματιδίων στα σακκόφιλτρα και εξαιτίας της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σωματιδίων στα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα απαέρια χρειάζονται κάποια προετοιμασία πριν οδηγηθούν στα φίλτρα. Αυτή η προετοιμασία γίνεται είτε με τον ψεκασμό νερού σε ειδικούς πύργους, ή με ψύξη με αέρα σε ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας, ή με προσθήκη (Παπαδόπουλος κ.α., 2009).



Εικόνα 27 Ηλεκτροστατικά φίλτρα

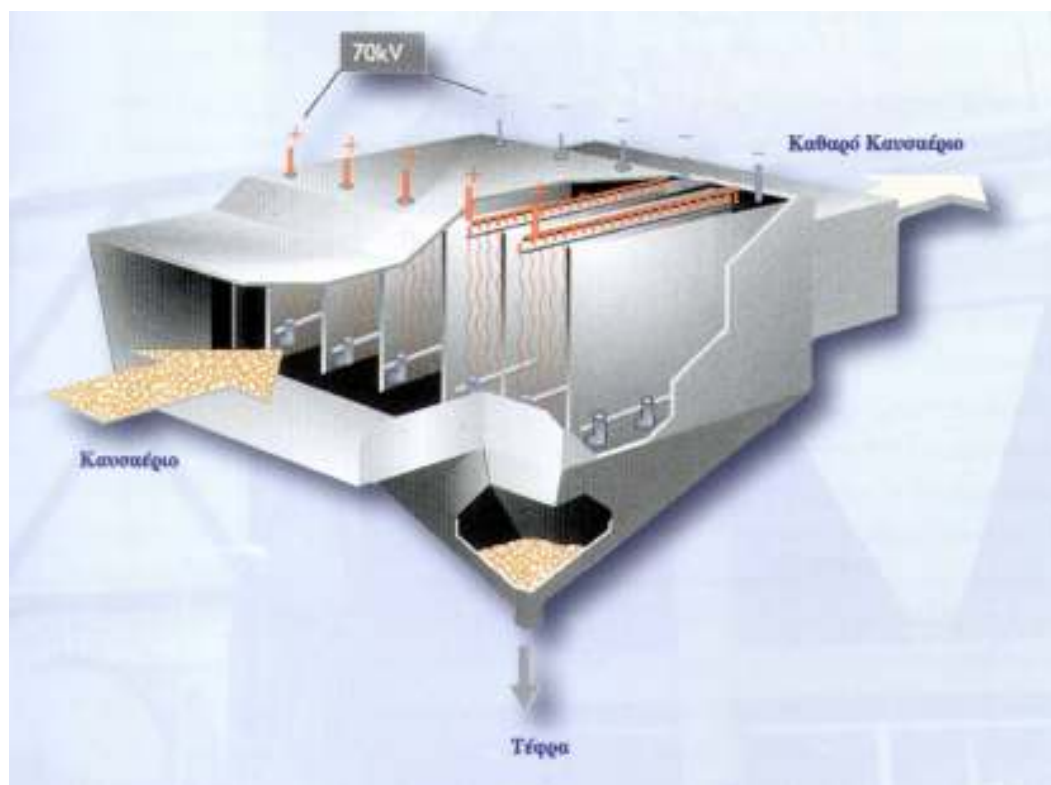
Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα είναι πλάκες οι οποίες διαρρέονται από συνεχές ρεύμα υψηλής τάσεως. Έτσι, τα σωματίδια της τέφρας, περνώντας ανάμεσα από αυτές τις πλάκες ιονίζονται και προσκολλώνται πάνω τους απ' όπου περισυλλέγονται με διάφορες μεθόδους (ταλάντωση, με σφυριά κλπ). Στη συνέχεια συλλέγονται και αποτίθενται σε ιδιαίτερο χώρο. Προκειμένου η διαδικασία αυτή να λειτουργεί απρόσκοπτα και να συλλέγει την προβλεπόμενη ποσότητα τέφρας, απαιτείται αξιόπιστη ανέγερση των συστημάτων, ιδιαίτερα δε σε ευπαθή σημεία όπως τα τμήματα μεταξύ των χοανών πτώσεως-αποκομιδής, η φρέσκου αέρα (αραίωση και αύξηση παροχής προς αποκονίωση) (Παπαδόπουλος κ.α., 2009)



Εικόνα 28 Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα χρησιμοποιούν την θεωρία του ηλεκτροστατικού φορτίου, η οποία περιγράφει την φόρτιση, με θετικό (περίσσεια ηλεκτρονίων) ή αρνητικό (έλλειμμα ηλεκτρονίων) φορτίο, μιας επιφάνειας.

Παρόλα αυτά, το ηλεκτροστατικό φίλτρο για να λειτουργήσει απαιτεί κατάλληλα προ-φίλτρα τα οποία θα συγκρατήσουν την μεγαλύτερη ποσότητα των αερομεταφερόμενων σωματιδίων (Ζάνη, 2005).

Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα ελέγχουν τη σωματιδιακή ύλη στις βιομηχανίες, των οποίων η απόδοση είναι πολύ υψηλή. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, ή ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστήρες, αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '50-'60, με σκοπό τη χρήση τους στην παραγωγή τσιμέντου στους κλιβάνους. Η λειτουργία τους βασίζεται στη φόρτιση των σωματιδίων και τη συλλογή αυτών πάνω σε κατάλληλα ηλεκτρόδια. Η εφαρμοζόμενη τάση κυμαίνεται μεταξύ 50-100 KV. Ο διαχωρισμός των αιωρούμενων σωματιδίων λαμβάνει χώρα σε πέντε στάδια, δηλαδή, το σχηματισμό ηλεκτρικής εκκένωσης, τον ιονισμό των αερίων, τη φόρτιση των σωματιδίων, τη διακίνηση των φορτισμένων σωματιδίων και την απόθεση αυτών πάνω στα ηλεκτρόδια συλλογής. Η απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων μπορεί να μειωθεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, όπως την εκκίνηση ή τη διακοπή λειτουργίας του κλιβάνου, την εμφάνιση μεγίστων συγκεντρώσεων CO κ.λπ. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα είναι εύκολο να συντηρηθούν, αν και η on-line συντήρηση δεν είναι δυνατή. Το βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι η χαμηλή πτώση πίεσης και κατά συνέπεια η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας στους ανεμιστήρες, όπως και η δυνατότητά τους να λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 400°C) (Ζάνη, 2005).



Εικόνα 29 Σχεδιάγραμμα γενικής λειτουργίας ηλεκτροστατικού φίλτρου

Άλλα πλεονεκτήματα είναι ο διαχωρισμός των λεπτών από τους χονδρούς κόκκους στο φίλτρο για την αποτελεσματική εκκένωση των ανακυκλοφορούντων υλικών και η σταθερή πτώση πίεσης που επιτρέπει υψηλό ρυθμό παραγωγής κλίνκερ. Καλά σχεδιασμένα ηλεκτροστατικά φίλτρα μπορούν να ελαττώσουν τη συγκέντρωση σκόνης στα απαέρια μέχρι 5-15 $\mu\text{m}/\text{Nm}^3$ (ανάλογα με τη σύσταση των πρώτων υλών). Θα πρέπει πάντως εδώ να σημειωθεί το γεγονός ότι τα ηλεκτροστατικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται στα ψυγεία κλίνκερ και τους μύλους τσιμέντου μπορούν εύκολα να επιτύχουν και να διατηρήσουν τα ανωτέρω αναφερθέντα επίπεδα εκπομπών, λόγω του ότι αποκονιώνουν απαέρια διεργασιών σχετικά σταθερών και ομαλών, που παράγουν σκόνες με τυποποιημένη κοκκομετρική σύνθεση που επιτρέπει τη λεπτομερή τους ρύθμιση.

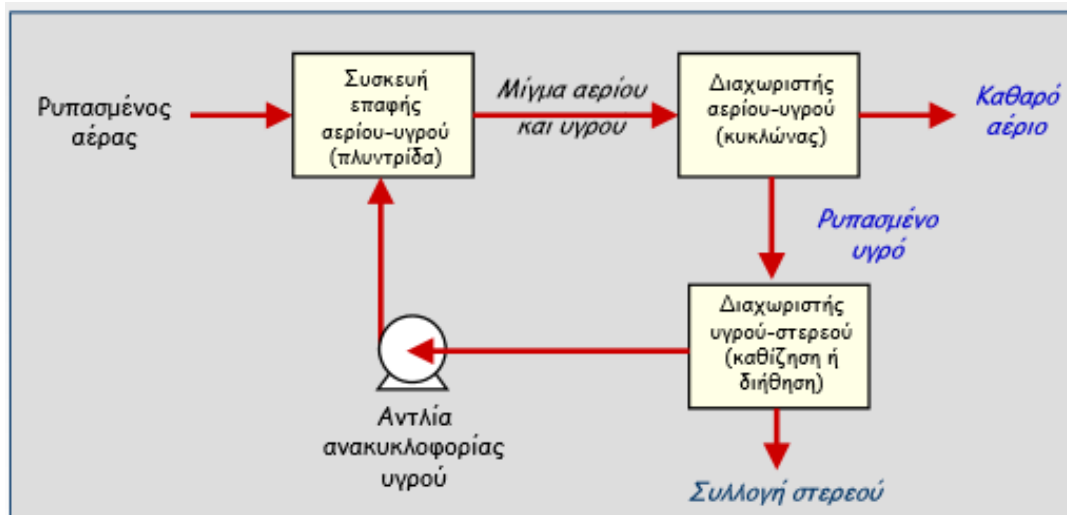
Έτσι, παρά την υπερδιαστασιολόγησή τους, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αυτά συχνά πετυχαίνουν στην καθημερινή χρήση χαμηλότερες αποδόσεις από τις αποδόσεις σχεδιασμού. Ο σχεδιασμός των ηλεκτροστατικών φίλτρων σε διακριτούς θαλάμους, επιτρέπει επίσης να μπορούν να γίνουν βελτιώσεις σε υπάρχοντα παλιά ηλεκτροστατικά φίλτρα (με προσθήκη επιπλέον θαλάμων), χωρίς να απαιτείται συνολική αντικατάσταση. Πολλά παραδείγματα αναβάθμισης ηλεκτροστατικών φίλτρων υπάρχουν στην Ευρώπη, ενώ αντίστοιχα προγράμματα υπάρχουν και στην Ελλάδα (Ζάνη, 2005).

5.5 Πλυντρίδες

Οι πλυντρίδες είναι οι κύριες κατασκευές για τον έλεγχο αέριων εκπομπών και ειδικά των όξινων αερίων. Ανήκουν σε μία ευρεία ομάδα συσκευών ελέγχου της αέριας ρύπανσης, που χρησιμοποιούνται βασικά για την απομάκρυνση σωματιδίων και/ή αέριων ρύπων από βιομηχανικά απαέρια. Παραδοσιακά οι πλυντρίδες αναφέρονται σε συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης που χρησιμοποιούν μια υγρή φάση για να απομακρύνουν ανεπιθύμητους ρύπους από ένα αέρια ρεύμα. Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος πλυντρίδας :

- Αγωγοί και σύστημα ανεμιστήρα
- (Προαιρετικό) σύστημα κορεσμού
- Δοχείο πλυντρίδας

- Αποτροπέας σταγονιδίων
- Αντλητικό σύστημα
- Επεξεργασία υγρών
- Καπνοδόχος



Εικόνα 30 Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος πλυντρίδας (Ζάνη, 2005)

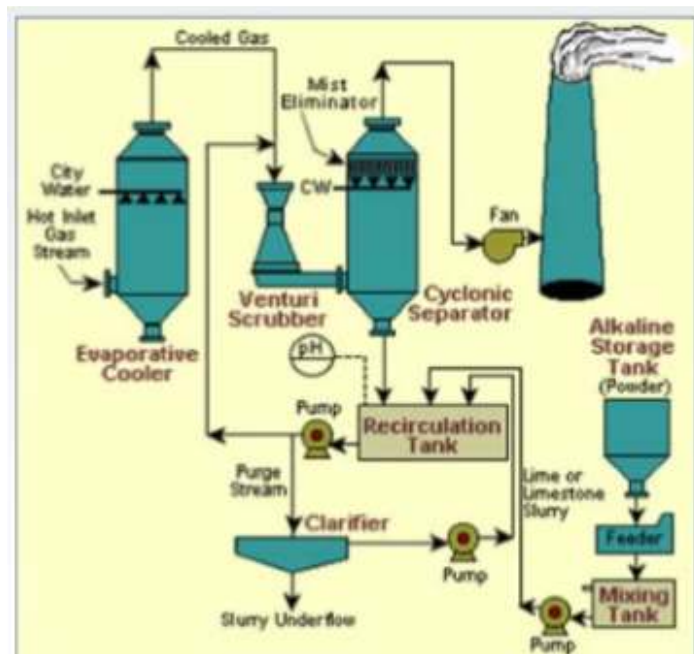
Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση πλυντρίδων είναι :

- Μικρές απαιτήσεις σε χώρο. Οι πλυντρίδες μειώνουν συγχρόνως τη θερμοκρασία (ψύξη) και τον όγκο των αερίων. Για το λόγο αυτό οι αγωγοί και οι ανεμιστήρες κατόπιν της συσκευής είναι μικρότερα και με μικρότερο κόστος.
- Δεν δημιουργούνται δευτερογενείς πηγές σκόνης. Όταν συλληφθούν τα σωματίδια στο υγρό δεν μπορούν να «αποδράσουν».
- Επεξεργάζονται αέρια σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία. Δεν υπάρχουν περιορισμοί στη θερμοκρασία και προβλήματα συμπύκνωσης όπως στα σακκόφιλτρα και στα ηλεκτροστατικά φίλτρα (ESP).
- Ελαχιστοποίηση των κινδύνων φωτιάς και εκρήξεων Πολλές ξηρές σκόνες γίνονται εύφλεκτες.
- Δυνατότητα ελέγχου συγχρόνως σωματιδιακών και αέριων ρύπων, αλλά και νεφελώματα σταγονιδίων.

- Ο βαθμός απόδοσης μπορεί να μεταβάλλεται.

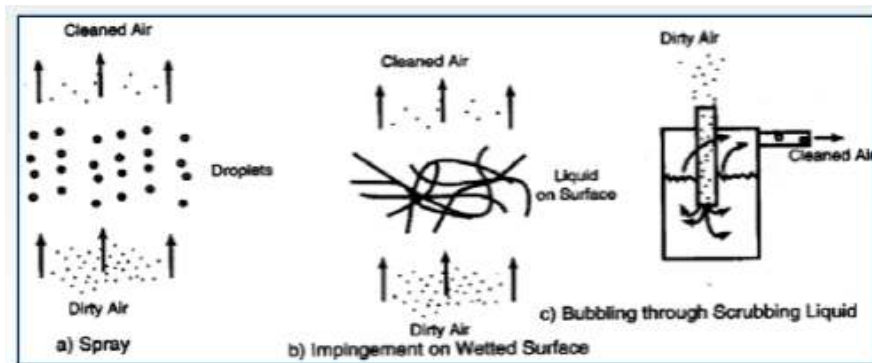
Τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση πλυντρίδων είναι (Ζάνη, 2005) :

- Προβλήματα διάβρωσης Τα διαλυμένα αέρια στο νερό μπορούν να το καταστήσουν άκρως διαβρωτικό.
- Απαιτείται σωστή επιλογή υλικών. Απαίτηση για υψηλή ισχύ. Υψηλή απόδοση επιτυγχάνεται μόνο σε συνθήκες υψηλής πτώσης πίεσης που οδηγούν σε υψηλότερο λειτουργικό κόστος.
- Προβλήματα διάθεσης του νερού Μπορεί να χρειάζονται δεξαμενές καθίζησης και διαυγαστήρες λάσπης.
- Δύσκολη ανάκτηση του σωματιδιακού προϊόντος Η αφύγρανση και η ξήρανση της λάσπης από την πλυντρίδα κάνει την επανάχρηση της σκόνης δαπανηρή και προβληματική.
- Η διάθεση της λάσπης πιθανόν να είναι δαπανηρή
- Μικροκλιματικά προβλήματα Τα κορεσμένα σε νερό απαέρια από την καπνοδόχο μπορεί να δημιουργούν ένα υγρό, ορατό «πλούμιο» (plume) προκαλώντας τοπικά μετεωρολογικά προβλήματα.



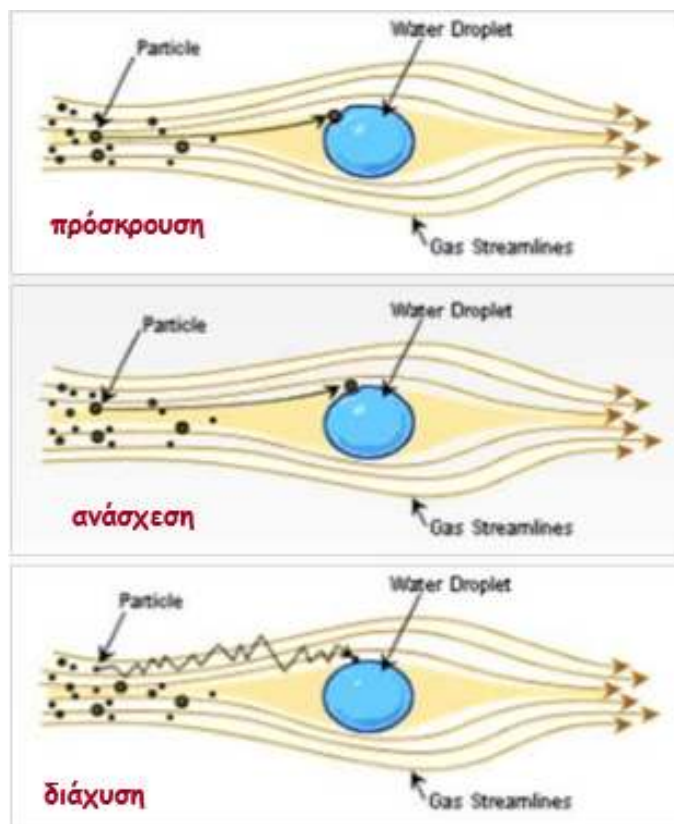
Εικόνα 31 Παράδειγμα συστήματος πλυντρίδας, δέσμευση σωματιδίων και όξινων αερίων

Σε μία υγρή πλυντρίδα το ρυπασμένο αέριο ρεύμα φέρεται σε επαφή με το μέσο έκπλυσης με ψεκασμό υγρού, με τη διέλευση του μέσω από μία υγρή φάση, με πρόσκρουση σε υγρή επιφάνεια.



Εικόνα 32 Υπάρχει πληθώρα σχεδιασμών πλυντρίδων και συστημάτων πλυντρίδων. Στόχος του σχεδιασμού είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη επαφή μεταξύ του υγρού και του ρυπασμένου αέριου ρεύματος.

Οι κύριοι μηχανισμοί σύλληψης των σωματιδίων στα σταγονίδια είναι με πρόσκρουση, διάχυση και με ανάσχεση.

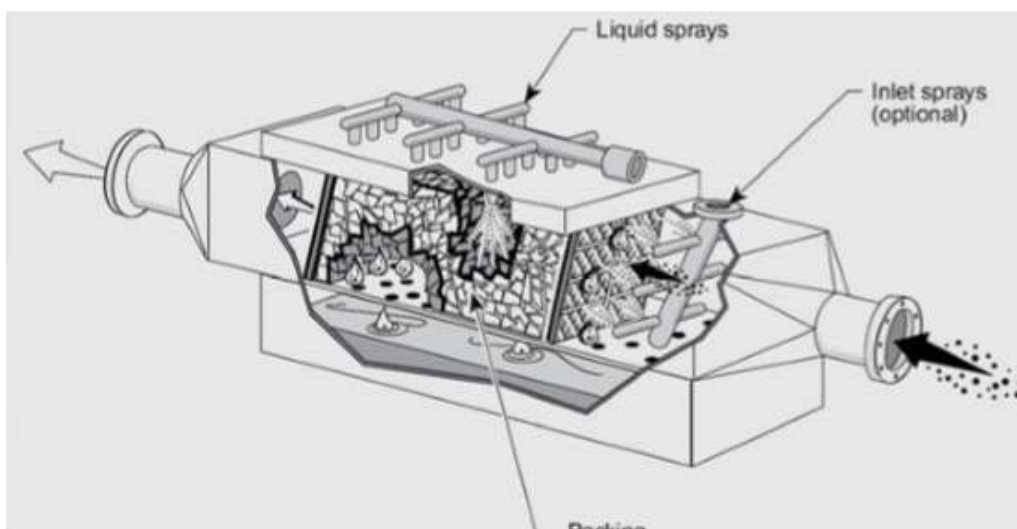


Εικόνα 33 Μηχανισμοί σύλληψης σωματιδίων

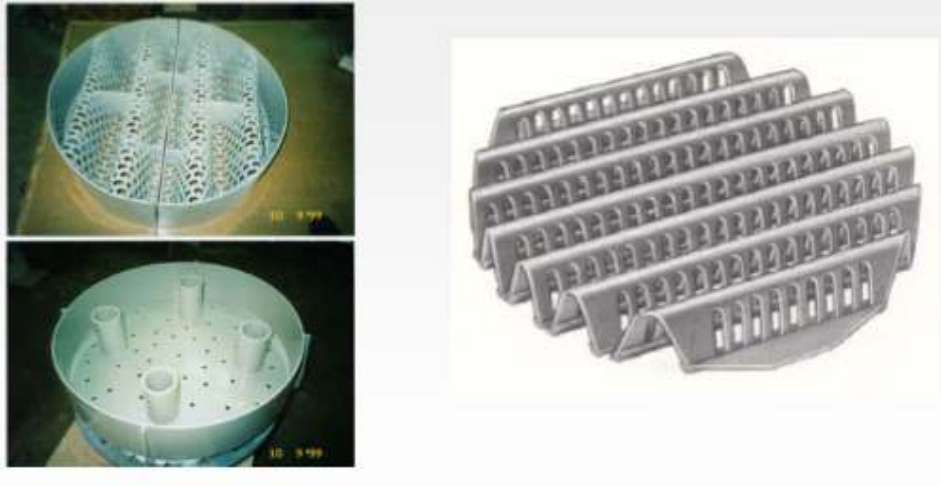
5.5.1 Πλυντρίδα με Πληρωτικά Υλικά

Οι πλυντρίδες με πληρωτικά υλικά

- Χρησιμοποιούνται κυρίως για την απομάκρυνση αέριων ρύπων.
- Μπορούν να κατασκευαστούν από ειδικά μέταλλα, fiberglass reinforced plastic (FRP) ή θερμοπλαστικά (π.χ. PVC, PP)
- Απαίτηση σε νερό (χαμηλή) : 0,1-0,5 kg νερό ανά m³αερίου. Πτώση πίεσης: 0,25-2,0 kPa
- Βαθμοί απόδοσης: ~97% για σωματίδια μεγαλύτερα από 1 μm.
- Πληρωτικό υλικό από PP, PP-G, Teflon, η ανοξείδωτο χάλυβα σε διάφορα σχήματα.



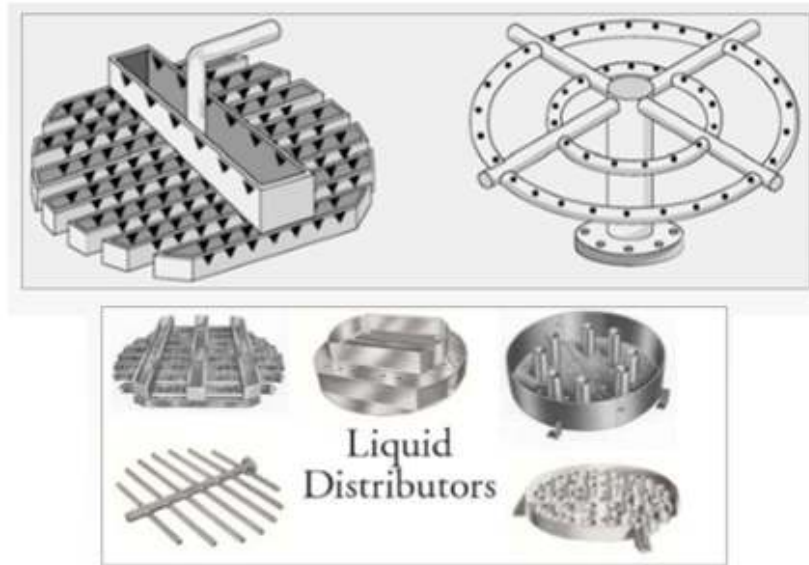
Εικόνα 34 Οριζόντια πλυντρίδα με πληρωτικά υλικά (διασταυρούμενη ροή + ομορορή)



Εικόνα 35 Στηρίγματα των πληρωτικών υλικών



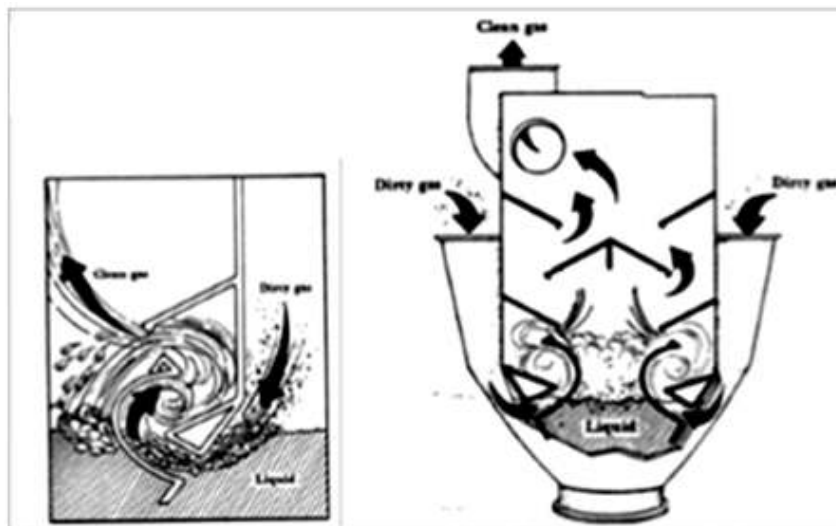
Εικόνα 36 Πλυντρίδα με πληρωτικά υλικά σε διασταυρούμενη ροή



Εικόνα 37 Συστήματα κατανομής του νερού σε πλυντρίδες με πληρωτικά υλικά

5.5.2 Πλυντρίδες με Στόμιο

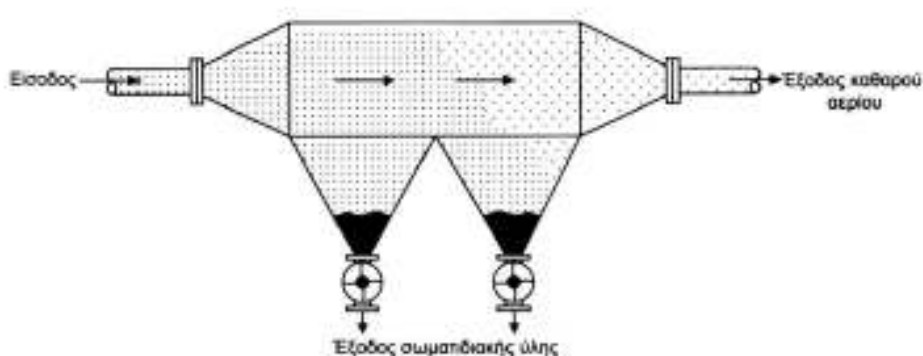
Τα σωματίδια ή το μίγμα σωματιδίων-σταγονιδίων προσκρούει στην υγρή επιφάνεια και εν συνεχεία σε ανακλαστήρες. Απαίτηση σε νερό (χαμηλή):~ 0,2 kg νερό ανά m³αερίου. Πτώση πίεσης:0,20-0,40 kPa Βαθμοί απόδοσης:~90% για σωματίδια μεγαλύτερα από 2 μm.



Εικόνα 38 Σκαρίφημα πλυντρίδων με στόμιο

5.6 Βαρυτικοί Συλλέκτες

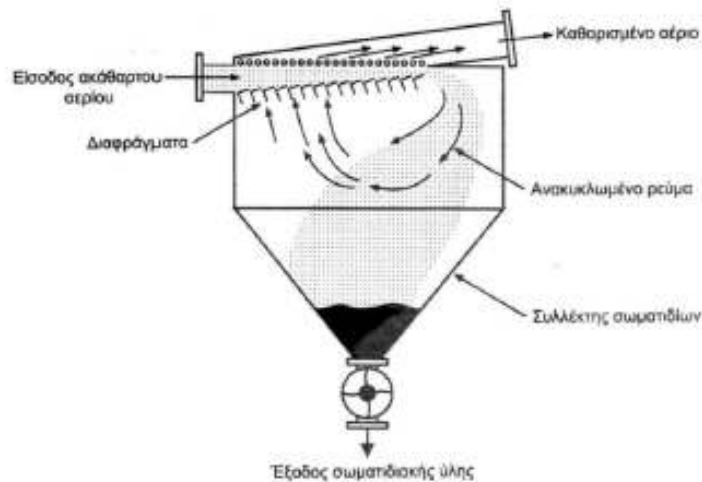
Στους βαρυτικούς συλλέκτες υποβαθμίζεται η ταχύτητα του αερίου λόγω αύξησης της διαμέτρου από την οποία διέρχεται το ρεύμα της εκπομπής σε ταχύτητα ευνοϊκή και σε συνδυασμό με τον απαραίτητο χρόνο παραμονής στο θάλαμο προκαλείται καθίζηση της βαρύτερης (από τα αέριο) σωματιδιακής ύλης, αλλά και μόνο υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η σωματιδιακή ύλη συγκεντρώνεται μέσα σε χοάνες από όπου απομακρύνεται περιοδικά. Οι ταχύτητες καθίζησης κυμαίνονται από 20-200 m/min (Ρόκκου και Τσιούτρα, 2010).



Εικόνα 39 Βαρυτικός συλλέκτης σωματιδιακής ύλης

5.7 Συλλέκτης Εκτροπής με Ανακυκλοφορία

Το σχήμα απεικονίζει έναν συλλέκτη εκτροπής, όπου το ρεύμα της εκπομπής για να καθαριστεί από τη σωματιδιακή ύλη εισάγεται με μεγάλη ταχύτητα σε οριζόντιο εκτροπέα αποτελούμενο από οπές που απέχουν περίπου 1,5 cm μεταξύ τους. Το εισερχόμενο στον συλλέκτη ακάθαρτο αέριο ρεύμα, για να περάσει ανάμεσα από τις οπές και να φθάσει στο θάλαμο της εξόδου πρέπει να κάνει μία ξαφνική, υψηλής ταχύτητας εκτροπή. Τα αέρια συστατικά του ρεύματος, έχοντας χαμηλό ειδικό βάρος δέχονται μικρότερη φυγόκεντρο



Εικόνα 40 Συλλέκτης εκτροπής με ανακυκλοφορία

5.8 Υγρά Φίλτρα

Οι εκπλυτές (υγρά φίλτρα) χρησιμοποιούν ένα υγρό, συνήθως νερό, για να παγιδεύσουν και να απομακρύνουν σωματιδιακή ύλη, ή και ευδιάλυτα αέρια, από ένα ρέον ρεύμα. Το υγρό εισέρχεται σε ένα ειδικό θάλαμο υπό μορφή ψεκασμού. Η επόμενη εικόνα απεικονίζει έναν από τους πιο απλούς εκπλυτές, μία βαρυτική εγκατάσταση θαλάμου έκπλυσης με ψεκαστήρες στην οποία το αέριο εμφυσείται και πλένεται με το ψεκαζόμενο νερό που θα απομακρύνει τη σκόνη υπό μορφή λάσπης, στη δεξαμενή λάσπης.

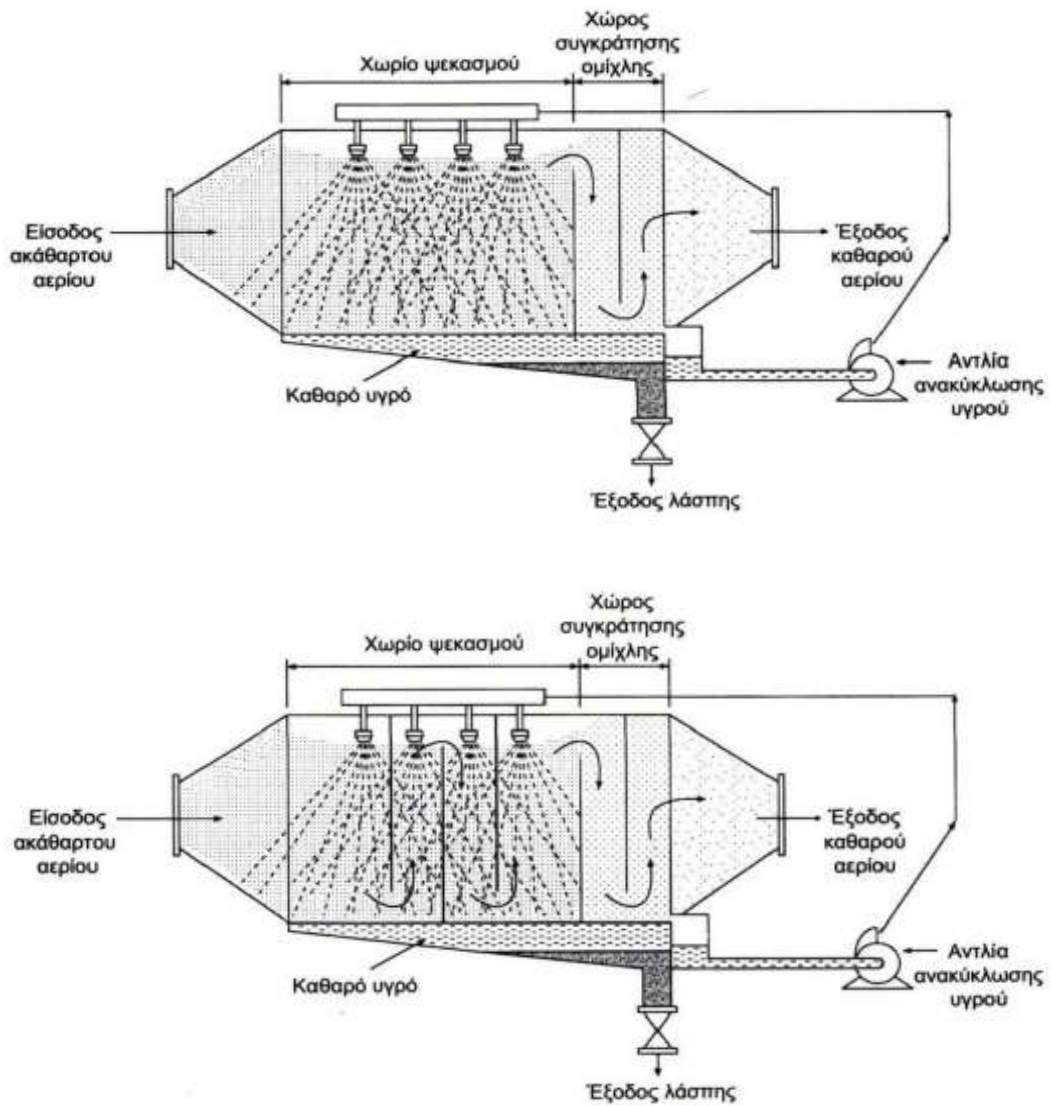
Το ακάθαρτο αέριο επιβραδύνεται στο στόμιο εισόδου, περνάει μέσα από τη δίνη που προκαλείται από τη δύναμη των ψεκαστήρων, διέρχεται από τον τομέα απομάκρυνσης της ομίχλης (χώρος κατακράτησης υγρών σταγονιδίων) και τέλος επιταχύνεται στο στόμιο εξόδου για να ανακτήσει ξανά την ταχύτητα εισόδου.

Η απομάκρυνση των σωματιδίων ύλης επιτυγχάνεται κυρίως με τη σύγκρουση ανάμεσα σε ένα σωματίδιο και μία σταγόνα υγρού που έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση του πρώτου από το δεύτερο. Η συλλογή των σωματιδίων από τα σταγονίδια του υγρού προκαλείται από τους ακόλουθους φυσικοχημικούς μηχανισμούς (Ρόκκου και Τσιούτρα, 2010):

- Πρόσκρουση των μεγαλύτερων σωματιδίων σκόνης στις σταγόνες.
- Σύλληψη λόγω διάχυσης των λεπτών σωματιδίων.
- Ηλεκτροστατικές δυνάμεις.
- Θερμικές κλίσεις.
- Συμπύκνωση υγρασίας σε σωματίδια.

Οι εν λόγω μηχανισμοί έχουν ως αποτέλεσμα το σωματίδιο, δεσμευμένο πλέον από μία σταγόνα νερού, να γίνεται μεγαλύτερο και βαρύτερο. Αυτή η αύξηση στο μέγεθος και το βάρος, βοηθά στη διαδικασία συλλογής και απομάκρυνσης των σωματιδίων μέσω δυνάμεων βαρύτητας, αδράνειας ή φυγόκεντρων δυνάμεων, ανάλογα με τον τρόπο σχεδιασμού και λειτουργίας του υγρού φίλτρου. Οι σταγόνες λιμνάζουν στον πυθμένα απελευθερώνοντας τη σκόνη, η οποία, έχοντας μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό, καθιζάνει και σχηματίζει λάσπη που περιοδικά αντλείται (Παπαδόπουλος κ.α., 2009).

Κατά την έξοδο των αερίων ειδικός σχεδιασμός μπορεί να συνδυάσει τις δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας ώστε τα σταγονίδια να προσκρούουν στην επιφάνεια του λιμνάζοντος υγρού και να απομακρυνθεί κατά το δυνατόν η ομίχλη που διαφεύγει από το θάλαμο ψεκασμού. Το υγρό, αφού καθαριστεί ευχερώς ώστε να αποφευχθούν προβλήματα διάβρωσης των εγκαταστάσεων, μπορεί να ανακυκλωθεί. Ο θάλαμος ψεκασμού μπορεί να περιέχει και διαφράγματα πρόσκρουσης και εκτροπής της ροής που αυξάνουν την απόδοση του υγρού φίλτρου. Έχει αναπτυχθεί μια μεγάλη ποικιλία υγρών φίλτρων (εκπλυτών) που συνδυάζουν το σχέδιο του κυκλώνα από ταυτόχρονο ψεκασμό ή τη χρήση διαβρεχόμενων σακκόφιλτρων μέσα στον θάλαμο ψεκασμού (Ρόκκου και Τσιούτρα, 2010).



Εικόνα 41 Υγροί καθαριστές, εκπλυτές, πλημμυρίδες ή υγρά φίλτρα. (πάνω) Απλός τύπος, (κάτω) Με διαφράγματα πρόσκρουσης και εκτροπής της ροής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέλυσε τον εξοπλισμό αντιμετώπισης των προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον τομέα της βιομηχανίας, καθώς και τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης στην ηλεκτροπαραγωγή.

Τα συστήματα φιλτραρίσματος για βιομηχανικές εφαρμογές πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργούν επί 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο και να αντιμετωπίζουν ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες σωματιδίων και ρύπων λειτουργώντας αποτελεσματικά, και παράλληλα να ελαχιστοποιούν το κόστος για την βιομηχανία.

Οι κύριες τεχνολογίες αντιρρύπανσης και ελέγχου της αέριας ρύπανσης, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την απομάκρυνση σωματιδίων και αέριων ρύπων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία την ηλεκτροπαραγωγή και άλλους συναφείς κλάδους, παρουσιάζονται ως εξής :

Οι κυκλώνες ως σύστημα φιλτραρίσματος είναι ευρύτατα διαδεδομένοι και οι σχεδιασμός τους δεν έχει αλλάξει τα τελευταία 60 χρόνια. Είναι οικονομικοί, χωρίς κινούμενα μέρη και χαρακτηρίζονται από την αντοχή τους σε σκληρές συνθήκες λειτουργίας.

Τα σακκόφιλτρα είναι μονάδες αποκονίωσης που βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις, όπως για αποκονίωση στις πτώσεις από μεταφορικές ταινίες, στη πλήρωση SILOS με πνευματική μεταφορά, σε κόσκινα, σε αναβατόρια, στην πλήρωση σάκων με τσιμέντο, στις αμμοβολές κ.α.

Στην συνέχεια εξετάστηκαν τα ηλεκτροστατικά φίλτρα τα οποία είναι πλάκες που διαρρέονται από συνεχές ρεύμα υψηλής τάσεως. Έτσι, τα σωματίδια της τέφρας, περνώντας ανάμεσα από αυτές τις πλάκες ιονίζονται και προσκολλώνται πάνω τους απ' όπου περισυλλέγονται με διάφορες μεθόδους (ταλάντωση, με σφυριά κλπ). Στη συνέχεια συλλέγονται και αποτίθενται σε ιδιαίτερο χώρο. Προκειμένου η διαδικασία αυτή να λειτουργεί απρόσκοπτα και να συλλέγει την προβλεπόμενη ποσότητα τέφρας, απαιτείται αξιόπιστη ανέγερση των συστημάτων, ιδιαίτερα δε σε ευπαθή σημεία όπως τα τμήματα μεταξύ των χοανών πτώσεως-αποκομιδής ή φρέσκου αέρα (αραίωση και αύξηση παροχής προς αποκονίωση).

Μια ακόμα τεχνική που εξετάστηκε είναι οι πλυντρίδες. Οι πλυντρίδες είναι οι κύριες κατασκευές για τον έλεγχο αέριων εκπομπών και ειδικά των όξινων αερίων. Ανήκουν

σε μία ευρεία ομάδα συσκευών ελέγχου της αέριας ρύπανσης, που χρησιμοποιούνται βασικά για την απομάκρυνση σωματιδίων και/ή αέριων ρύπων από βιομηχανικά απαέρια. Παραδοσιακά οι πλυντρίδες αναφέρονται σε συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης που χρησιμοποιούν μια υγρή φάση για να απομακρύνουν ανεπιθύμητους ρύπους από ένα αέρια ρεύμα.

Τέλος τα υγρά φίλτρα χρησιμοποιούν ένα υγρό, συνήθως νερό, για να παγιδεύσουν και να απομακρύνουν σωματιδιακή ύλη, ή και ευδιάλυτα αέρια, από ένα ρέον ρεύμα. Το υγρό εισέρχεται σε ένα ειδικό θάλαμο υπό μορφή ψεκασμού. Η επόμενη εικόνα απεικονίζει έναν από τους πιο απλούς εκπλυτές, μία βαρυτική εγκατάσταση θαλάμου έκπλυσης με ψεκαστήρες στην οποία το αέριο εμφυσεύεται και πλένεται με το ψεκαζόμενο νερό που θα απομακρύνει τη σκόνη υπό μορφή λάσπης, στη δεξαμενή λάσπης.

Το ακάθαρτο αέριο επιβραδύνεται στο στόμιο εισόδου, περνάει μέσα από τη δίνη που προκαλείται από τη δύναμη των ψεκαστήρων, διέρχεται από τον τομέα απομάκρυνσης της ομίχλης (χώρος κατακράτησης υγρών σταγονιδίων) και τέλος επιταχύνεται στο στόμιο εξόδου για να ανακτήσει ξανά την ταχύτητα εισόδου.

Η απομάκρυνση των σωματιδίων ύλης επιτυγχάνεται κυρίως με τη σύγκρουση ανάμεσα σε ένα σωματίδιο και μία σταγόνα υγρού που έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση του πρώτου από το δεύτερο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Illerup J.B. & Nielsen M.I., (2004).** Improved PM Emissions Inventory for Residential Wood Combustion. - Lago Maggiore, Italy.
- Intergovernmental Working Group on Residential Wood Combustion Discussion Document ,(2002).** Options to Reduce Emissions from Residential Wood Burning Appliances.
- Life Project L,(2006).** Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων - Προτάσεις Θεσμικών Ρυθμίσεων για την Προώθηση των Αειφόρων Κτιρίων σε Ελλάδα και Κύπρο : Sustainable Construction.
- Nugent N, (2004).** Πολιτική και Διακυβέρνηση στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- OPET Austria & Finland O, (2001).** Modern wood furnaces in Austria.
- Paul Mann Lisa Mahaman, and Mark B. Mordon, (2005).** Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields / επιμ. Meologists American Association of Petroleum. - Tulsa, Okla.
- Platform European Construction Technology, (2005).** Vision 2030 & Strategic Research Agenda – Focus Area Materials.
- RjA R, (2009).** Μελέτη Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον απο την Κατασκευή και Λειτουργία Τερματικού Σταθμού Αποθήκευσης Πετρωμάτων στο Βασιλικό - Αθήνα : Pair Qualitylink Ltd.
- Αξαρχή, (2007).** Παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Υπολογισμοί και συστήματα ελέγχου της απόδοσης. - Θεσσαλονίκη : Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. σελ. 8.
- Αργυρόπουλος Γ., (1990).** Η αξιοποίηση των ήπιων πηγών ενέργειας. - Αθήνα : Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης.
- Δημούδη Α., (2008).** Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων. - Θράκη : Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης - Πολυτεχνική Σχολή - Τμήμα Μηχανολόγων Περιβάλλοντος - Εργαστήριο Περιβαλλοντικού και Ενεργειακού Σχεδιασμού.
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (2002)**
<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>.
- Ευθυμίου Η., (2005).** Κτίριο και Περιβάλλον. - Αθήνα : Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

- Ζάνη Π., (2008).** Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας. - Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Θωμά Π., (2005).** Διαχείριση Στερεών Απορριμάτων στο Δήμο Πατρών. - Αθήνα : Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας. - σσ. 23-65.
- Ιακωβίδης Κ., Μαθιουδάκης Γ., Μετινίδου Μ., (2008).** Ο ρόλος των Οργανισμών Τυποποίησης – ΕΛΟΤ: Ορισμοί και έννοιες – Αρχές – Αρμοδιότητες έκδοσης και έγκρισης. - [s.l.] : ΤΕΕ.
- Καλαπανίδου Η. Κ., (2003).** Περιβαλλοντική Πρόβλεψη με Μέθοδους Μηχανικής Μάθησης. - Αθήνα : Διδακτορική Διατριβή.
- Λάζαρη Ε., (2002).** Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής. - Αθήνα : ΚΑΠΕ.
- Λάζαρη Ε., (2004).** Ενέργεια και κτίριο στην Ελλάδα: Υφιστάμενη Κατάσταση, Τάσεις και Τεχνολογικές Προοπτικές. - Αθήνα : Τμήμα Κτιρίων , Διεύθυνση Εξοικονόμησης Ενέργειας , ΚΑΠΕ.
- Λεωντίδης Ν. Α., (2011).** Κοινωνικοοικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιομηχανικών Χοιροτροφείων - Υπολογισμός Αποστάσεων Απομόνωσης σε Μεσογειακά Οικοσυστήματα. - Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μάλλιαρης, (1994).** Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες. - [s.l.] : Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- Μπαλικτσής Η., (2005).** Κατεδάφιση με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών τεσσάρων γεφυρών του Αυτοκινητοδρόμου Ελευσίνα – Κόρινθος – Πάτρα. - Αθήνα : [s.n.].
- Μπουρτσάλας Α., Θέμελης Ν., Καλογήρου Ε., (2011).** Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος . - Columbia : Earth Engineering Center.
- Νομοθέτική Ρύθμιση Ν., (1998).** Φ.Ε.Κ. 125Δ/27-2.
- Νόμος 3661/2008 Ν., (2008).** Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίων.
- Παπαδόπουλος Δ. Αραμπατζής Γ., Ασημακόπουλος Δ., (2009).** Εκτίμηση Ποιότητας Αέρα σε Τραχύ Έδαφος κάτω απο Συνθήκες Μεταβλητού Ανέμου και Συντελεστών Διάχυσης. - Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Πρακτικά Ημερίδας Π, (2006).** Εξοικονόμηση Ενέργειας. - Αθήνα : Ακαδημία Αθηνών - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Πρόγραμμα Life II, (2006).** Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο.
- Ρόκκου Α., Τσιούτρα Σ., (2010).** Σύγκριση Αιολικού Πάρκου & Πυρηνικού Σταθμού . - Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Σιούτα Ν., Γιαννακούλης Α., (2010).** Περιβάλλον, Κατασκευή, ΣΠΔ και Βιώσιμη Κατασκευή, Πρώτη Εφαρμογή του EMAS στην Κατασκευή της Ελλάδας. - [s.l.] : ΑΚΤΩΡ.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, (2001).** Γενικά Μέτρα Ασφαλείας για τις Επιφανειακές Εκσκαφές. - Αθήνα : [s.n.].
- Υπηρεσία Ενέργειας, (2010).** Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων. - Αθήνα : Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.
- Χρυσομαλλίδου Ν., (2009).** Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα. - Αθήνα : Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.
- Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουντάκη Κ., (2008).** Αειφόρος Ανάπτυξη Ελεύθερων Χώρων σε Αστικό Περιβάλλον. - Θεσσαλονίκη : Α.Π.Θ..
- Ψωμάς Σ., (2007).** Προτεινόμενες προδιαγραφές για εκπομπές ρύπων από λέβητες και εστίες καύσης βιομάζας. - Αθήνα.