

‘ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ’



ΓΕΝΙΤΣΑΡΗ Β. ΒΑΛΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΣ ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2005

ΜΠΣ: ‘Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων’

Ειδίκευση: ‘Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος’

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	3
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
1.3. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	12
Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	12
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	13
2.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ.....	14
2.3. ΣΥΜΒΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	17
2.4. ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ	19
2.4.1. ΣΥΜΒΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ	22
2.5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	27
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΕΣ	27
3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ	28
3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	32
3.2.1. ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ ΑΓΑΘΩΝ-.....	33
ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ.....	33
3.3. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΧΤΕΡΝΕ	36
3.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	36
3.3.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	38
3.3.3. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΖΗΜΙΟΓΟΝΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	47
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	47
4.1. ΜΟΝΤΕΛΟ ECOSENSE	48
4.1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	48
4.1.2. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ECOSENSE.....	49
4.1.3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ECOSENSE	51
4.2. ΜΟΝΤΕΛΟ RISKROLL	54
4.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	55
4.2.2. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ RISK POLL	55
4.2.3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ RISKROLL.....	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	66
ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	66
5.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	67
5.2. ΜΟΝΤΕΛΟ ECOSENSE	70
5.2.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	70
5.2.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	75
5.2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	77
5.2.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	79
5.2.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑ ΡΥΠΟ.....	82
5.2.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	84
5.3. ΜΟΝΤΕΛΟ RISKROLL	92
5.3.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	92
5.3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	93
5.3.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ECOSENSE-RISKROLL.....	94
5.3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	101
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
6.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	102
6.2. ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ –.....	105
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	120

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΧΗΜΑ 2. 1.: ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ-ΠΟΣΟΣΤΑ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ >50 ΑΤΟΜΑ.....	15
ΣΧΗΜΑ 2. 2: ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΘΗΝΑΣ-ΣΥΝΟΛΟΥ.[1].....	16
ΣΧΗΜΑ 2. 3: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (1990-1999).....	18
ΣΧΗΜΑ 2. 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ (2000-2002).....	19
ΣΧΗΜΑ 2. 5: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (1980-2010).[5]	21
ΣΧΗΜΑ 2. 6: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ (2000).[1]	22
ΣΧΗΜΑ 2. 7: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ (2002).....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΗΜΑ 3. 1: ΟΡΙΑΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΚΠΟΜΠΩΝ, ΟΡΙΑΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΖΗΜΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ.	30
ΣΧΗΜΑ 3. 2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ.....	31
ΣΧΗΜΑ 3. 3: ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ	34
ΣΧΗΜΑ 3. 4: ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ 'TOP-DOWN' ΑΝΑΛΥΣΗΣ	39
ΣΧΗΜΑ 3. 5: Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΖΗΜΙΟΓΟΝΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ.....	41
ΣΧΗΜΑ 3. 6: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	44
ΣΧΗΜΑ 3. 7: ΜΟΡΦΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΔΟΣΗΣ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΗΜΑ 4. 1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ECOSENSE.	51
ΣΧΗΜΑ 4. 2: ΚΑΡΤΕΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ (<i>STACK PARAMETERS</i>).....	60
ΣΧΗΜΑ 4. 3: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ.	61
ΣΧΗΜΑ 4. 4: ΚΑΡΤΕΛΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (<i>METEOROLOGICAL DATA</i>).....	61
ΣΧΗΜΑ 4. 5: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.	62
ΣΧΗΜΑ 4. 6: ΚΑΡΤΕΛΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ (<i>POLLUTANT INVENTORY</i>).	63
ΣΧΗΜΑ 4. 7: ΚΑΡΤΕΛΑ ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ (<i>RECEPTOR DATA</i>).....	64
ΣΧΗΜΑ 4. 8: ΚΑΡΤΕΛΑ ΧΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΑΞΙΩΝ (<i>MONETARY VALUES</i>).....	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΗΜΑ 5. 1: ΚΑΡΤΕΛΑ REFERENCE TECHNOLOGY DATABASE ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ.....	73
ΣΧΗΜΑ 5. 2: ΚΑΡΤΕΛΑ REFERENCE TECHNOLOGY DATABASE ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΟΥ.	73
ΣΧΗΜΑ 5. 3: ΚΑΡΤΕΛΑ REFERENCE TECHNOLOGY DATABASE ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ.....	74
ΣΧΗΜΑ 5. 4: ΚΑΡΤΕΛΑ REFERENCE TECHNOLOGY DATABASE ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΥΑΛΟΥΡΓΙΑΣ.	74
ΣΧΗΜΑ 5. 5: ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑ, ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ , ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ.	78
ΣΧΗΜΑ 5. 6: ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	79
ΣΧΗΜΑ 5. 7: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΤΟΠΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ.....	81
ΣΧΗΜΑ 5. 8: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ SO ₂	82
ΣΧΗΜΑ 5. 9: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ NO _x	83
ΣΧΗΜΑ 5. 10: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ PM ₁₀	84
ΣΧΗΜΑ 5. 11: ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.	87
ΣΧΗΜΑ 5. 12: ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑ, ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ , ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ).	88
ΣΧΗΜΑ 5. 13: ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ (ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ).....	89
ΣΧΗΜΑ 5. 14: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ SO ₂ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ).....	90
ΣΧΗΜΑ 5. 15: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ NO _x (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ).	91
ΣΧΗΜΑ 5. 16: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝΟ ΡΥΠΟΥ PM ₁₀ (ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ)....	91
ΣΧΗΜΑ 5. 17: ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ RISKROLL ΓΙΑ ΤΙΣ 4 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ.	93
ΣΧΗΜΑ 5. 18: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ EcoSENSE-RISKROLL.....	95

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 1: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ECOSense.....	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟ 0 ΕΩΣ 6 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 3: ΤΙΜΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ.	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 1: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ: ΖΑΧΑΡΗΣ, ΧΑΡΤΟΥ, ΣΙΔΗΡΟΥ, ΥΑΛΟΥΡΓΙΑ.	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 2: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ, ΧΑΡΤΟΥ, ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΥΑΛΟΥΡΓΙΑΣ.	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 3: ΤΙΜΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΩ CO ₂) ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ.	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 4: ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ € ΤΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ, ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΧΩΡΕΣ.	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 5: ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ €ΕΤΟΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ, ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 6.: ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ € ΤΗ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ, ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ).....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 7: ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 8: ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 9: ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑ, ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ , ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ).	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 10: ΤΙΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΦΘΙΝΟΥΣΑΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 11: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RiskPoll.	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 12: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΟΝΤΕΛΩΝ .94	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 13: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΟΥ).....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 14: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ).....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 15: ΜΕΓΙΣΤΕΣ, ΜΕΣΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΦΘΙΝΟΥΣΑΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 16: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΦΘΙΝΟΥΣΑΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ).....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 17: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΟΥ).....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 18: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΥΑΛΟΥΡΓΙΑΣ).....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 19: ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΟΥ).....	100

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., κατά το ακαδημαϊκό έτος 2005-2006 στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών: 'Οργάνωσης και Διοίκησης Βιομηχανικών Συστημάτων' του Ε.Μ.Π. και του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θεωρώ κάτι παραπάνω από υποχρέωση μου να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδιάς την εμπνεύστρια αυτής της προσπάθειας, την κυρία Δανάη Διακουλάκη, αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. του τμήματος Χημικών Μηχανικών, που μου εμπιστεύθηκε την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος, για την διαρκή καθοδήγηση και συμπαράστασή της καθώς και για την ουσιαστική συμβολή της στην εκπόνηση αυτής της εργασίας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κύριο Χρήστο Τουρκολιά, Διπλωματούχο Χημικό Μηχανικό-Ερευνητή για την σημαντική συμβολή του στην εφαρμογή των λογισμικών, το ενδιαφέρον που εκδήλωσε για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας καθώς και για την πολύ ουσιαστική συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφέρω και τον Κ. Σεβαστιανό Μοιρασγεντή, Δρ. Χημικό Μηχανικό, για τις συμβουλές του.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μου σπουδών και τη στενή μου φίλη και συνεργάτιδα στο μεταπτυχιακό κύκλο σπουδών μας κα Μουσούλη-Μαράβα Ευαγγέλια.

Αθήνα, Νοέμβριος 2005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίστηκε από την έντονη βιομηχανική ανάπτυξη και τη θεαματική άνοδο του βιοτικού επιπέδου για δισεκατομμύρια ανθρώπους, ως συνέπεια της διεύρυνσης της χρήσης ενέργειας. Ωστόσο, η παραγωγή και χρήση ενέργειας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αιτίες υποβάθμισης του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επηρεάζουν την ευημερία του κοινωνικού συνόλου, προκαλώντας οικονομικό κόστος το οποίο κατά κανόνα δεν αντικατοπτρίζεται στην τιμή των προϊόντων, με συνέπεια να αγνοούνται στη λήψη των ενεργειακών αποφάσεων και στη χάραξη ενεργειακής πολιτικής. Συνιστούν κατά συνέπεια, αρνητικές εξωτερικές οικονομίες. Βασική αιτία για την υποβάθμιση της περιβαλλοντικής ποιότητας στις σύγχρονες κοινωνίες αποτελεί η αδυναμία του ισχύοντος μηχανισμού της αγοράς να ενσωματώσει το περιβάλλον στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων, καθώς δεν πρόκειται για εμπορεύσιμο αγαθό. Προς αυτή την κατεύθυνση, τις τελευταίες δεκαετίες γίνονται προσπάθειες από περιβαλλοντικούς και οικονομικούς οργανισμούς να αποδοθούν χρηματικοί όροι σε αγαθά όπως η ανθρώπινη υγεία, τα φυσικά οικοσυστήματα, το κλίμα του πλανήτη, τα υλικά που μας περιβάλλουν και άλλοι παράγοντες που συνθέτουν στο σύνολό τους την κοινωνική ευημερία, προκειμένου να αναδειχθεί η σκοπιμότητα προώθησης και εφαρμογής έργων περιβαλλοντικής προστασίας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πρόγραμμα ExternE (Externalities of energy), που ξεκίνησε το 1991 από τη 12^η Διεύθυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε συνεργασία με το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α, και το οποίο χρησιμοποιεί την προσέγγιση της Σειριακής Ανάλυσης Επιπτώσεων (Impact Pathway Analysis). Στόχος του προγράμματος είναι η αποτίμηση των επιπτώσεων διαφόρων κύκλων καυσίμων, που σχετίζονται με την ηλεκτροπαραγωγή και τις μεταφορές και η οικονομική αξιολόγηση των δυσμενών τους επιπτώσεων στα φυσικά οικοσυστήματα, την αγροτική παραγωγή, την ανθρώπινη υγεία, τα οικοδομικά υλικά και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Θα ήταν, επομένως,

απαραίτητη τόσο η αναβάθμιση και η συμπλήρωση των πιθανών μεθοδολογικών κενών του προγράμματος ExternE όσο και η διεύρυνση των εφαρμογών του.

1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο του προγράμματος ExternE και τα κυριότερα αποτελέσματά του, μέσα στα οποία συγκαταλέγεται το μοντέλο EcoSense και επιχειρείται να επεκταθεί η εφαρμογή της Σειριακής Ανάλυσης Επιπτώσεων για την αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών που προκύπτουν από το βιομηχανικό τομέα τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Γίνεται, επίσης, παρουσίαση του μοντέλου RiskPoll προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματά του με αυτά του EcoSense και να χαρακτηριστεί ως προς την αξιοπιστία του. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση των επιπτώσεων των εκπεμπόμενων ρύπων από κάποιες μεγάλες ελληνικές βιομηχανικές μονάδες και η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών. Συγκεκριμένα εξετάζονται τέσσερις βιομηχανικές μονάδες. Η εκτίμηση των επιπτώσεων γίνεται μόνο για τις αέριες εκπομπές, καθώς αυτές είναι η σημαντικότερη πηγή εξωτερικών οικονομιών για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον, μέσω αναλύσεων ευαισθησίας, διαπιστώνεται η επίδραση που έχουν διάφορες παράμετροι στη διαμόρφωση των τελικών αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους. Τέλος, εξετάζεται η επίδραση της αντικατάστασης του υπάρχοντος καυσίμου των βιομηχανιών με ένα εναλλακτικό καύσιμο, το φυσικό αέριο, προβαίνοντας σε συγκρίσεις των αποτελεσμάτων με το συμβατικό καύσιμο.

1.3. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία είναι δομημένη ως εξής:

- **Κεφάλαιο 1^ο** : Γίνεται μία γενική εισαγωγή στο θέμα και μία συνοπτική παρουσίαση των θεμάτων που επεξεργάζεται η παρούσα διπλωματική.

- **Κεφάλαιο 2^ο** : Πραγματοποιείται μία περιγραφή του βιομηχανικού τομέα στη βάση στατιστικών στοιχείων, καθώς και η συμβολή του στην ενεργειακή κατανάλωση και την αέρια ρύπανση.
- **Κεφάλαιο 3^ο**: Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στη θεωρία της οικονομίας του περιβάλλοντος. Αναλύονται βασικές έννοιες για την κατανόηση της εργασίας και παρουσιάζονται οι μέθοδοι αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών. Επιπλέον παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο του προγράμματος ExternE.
- **Κεφάλαιο 4^ο** : Γίνεται αναλυτική περιγραφή των μοντέλων EcoSense και RiskPoll.
- **Κεφάλαιο 5^ο** : Εξετάζονται τέσσερις περιπτώσεις βιομηχανικών μονάδων στις οποίες υπολογίζεται το εξωτερικό κόστος τόσο με το μοντέλο EcoSense όσο και με το RiskPoll. Στο μοντέλο EcoSense γίνεται αποτίμηση των επιπτώσεων των αέριων ρύπων στην ανθρώπινη υγεία, τις καλλιέργειες και τα υλικά των κτιρίων και πραγματοποιείται αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων. Στο μοντέλο RiskPoll γίνεται αποτίμηση των επιπτώσεων των αέριων ρύπων μόνον στην ανθρώπινη υγεία.
- **Κεφάλαιο 6^ο**: Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο συνοψίζονται τα σημαντικότερα αποτελέσματα της μελέτης και υποδεικνύονται οι βασικές κατευθύνσεις και προτάσεις για την περαιτέρω συνέχιση της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο κλάδος της βιομηχανίας περιλαμβάνει ένα πλήθος μεταποιητικών δραστηριοτήτων, των οποίων η σχετική συμμετοχή στο σύνολο του βιομηχανικού προϊόντος διαφοροποιείται ανάλογα με τους πλουτοπαραγωγικούς πόρους κάθε χώρας, την τεχνολογική της ανάπτυξη, και άλλα συγκριτικά πλεονεκτήματα που διαθέτει. Επί σειρά ετών, η βιομηχανική ανάπτυξη θεωρείτο η βάση της οικονομικής μεγέθυνσης μίας χώρας αλλά και ταυτόχρονα, η κύρια αιτία περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Σήμερα όμως, το μερίδιο ευθύνης της βιομηχανίας στα περιβαλλοντικά προβλήματα –ιδιαίτερα στις χώρες της ΕΕ- εμφανίζεται σημαντικά περιορισμένο. Οι βασικές αιτίες αυτού του περιορισμού είναι η στροφή προς τον τομέα των υπηρεσιών και η μείωση της ίδιας της βιομηχανικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα των πλέον ενεργειοβόρων και ρυπογόνων κλάδων, με ταυτόχρονη ενίσχυση των κλάδων υψηλής τεχνολογίας και προστιθέμενης αξίας. Σημαντική όμως θεωρείται και η συμβολή των ρυθμιστικών πολιτικών προστασίας του περιβάλλοντος που επί πολλά χρόνια αποτελούσαν το βασικό εργαλείο αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων της βιομηχανίας. [1]

Ωστόσο, παρά τις παραπάνω προσπάθειες άμβλυνσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε ότι αφορά ποικίλες κατηγορίες περιβαλλοντικών πιέσεων η ευθύνη του βιομηχανικού τομέα παραμένει σοβαρή, έτσι ώστε η συνέχιση των προσπαθειών για τη βελτίωση της οικο-αποδοτικότητας της βιομηχανίας να θεωρείται επιβεβλημένη. Κεντρικό ρόλο αναμένεται να παίξουν νέα οικονομικά εργαλεία περιβαλλοντικής πολιτικής που στόχο έχουν να ενθαρρύνουν τους παραγωγούς να υιοθετήσουν πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον. Επιπλέον, η ενίσχυση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των βιομηχανικών επιχειρήσεων αναδεικνύεται στις μέρες μας ένα σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα που μπορεί να μεταφραστεί σε αύξηση της ανταγωνιστικότητάς τους, αλλά και σε δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.[1]

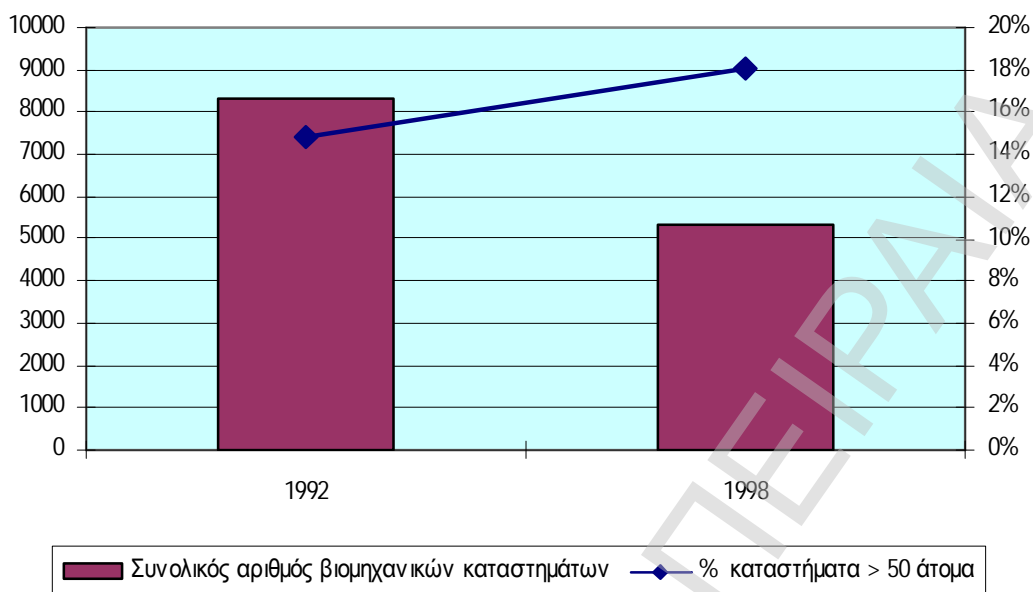
Έτσι, η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας επί δεκαετίες στηρίξει την αντιμετώπιση της βιομηχανικής ρύπανσης σε κανονιστικού τύπου πολιτικές, τα τελευταία χρόνια αναπροσανατολίζει τη στρατηγική της εισάγοντας νέα στοιχεία που είναι σε θέση να περιορίσουν ακόμη περισσότερο τη ρύπανση, χωρίς δυσανάλογη οικονομική επιβάρυνση.

Η μία κατεύθυνση αφορά την υιοθέτηση μίας ολοκληρωμένης αντίληψης στην αντιμετώπιση της ρύπανσης. Υλοποιείται με την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) 96/61/EC η οποία προβλέπει τη χρήση Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (BAT- Best Available Techniques) τόσο στην ίδια την παραγωγική διαδικασία, όσο και στη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η Οδηγία, καθορίζει μεταξύ άλλων την ενιαία διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης, την παρακολούθηση των εκπεμπόμενων ρύπων και τη διενέργεια απογραφής των βιομηχανικών ρύπων. Ισχύει ήδη για νέες εγκαταστάσεις, ενώ από το 2007 θα αρχίσει να εφαρμόζεται και στις υφιστάμενες μονάδες. Η άλλη κυρίαρχη κατεύθυνση αφορά στην αύξουσα χρήση ευέλικτων εργαλείων πολιτικής, όπως η εμπορία εκπομπών CO₂ που ήδη ισχύει στο Συμβούλιο Κορυφής της Κοπεγχάγης, και οι εθελοντικές συμφωνίες με ενώσεις βιομηχανικών κλάδων.[1]

Η Ελλάδα έχει αναπτύξει ένα ικανοποιητικό πλαίσιο κανονιστικών πολιτικών, πάσχει όμως ως προς την εφαρμογή ελεγκτικών μηχανισμών. Η Οδηγία IPPC βρίσκεται στην τελική φάση εφαρμογής, καθώς συμπληρώνονται και τα τελευταία εγχειρίδια Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών για τους κλάδους που συμπεριλαμβάνονται στις διατάξεις της. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια γινόμαστε μάρτυρες μιας στροφής των επιχειρήσεων στην κατεύθυνση της εφαρμογής Συστημάτων Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και Πιστοποίησης κατά ISO 14001.[1]

2.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των καταστημάτων που εντάσσονται στον κλάδο της μεταποίησης (απασχολώντας κατ' ελάχιστον 10 άτομα) σε συνδυασμό με το ποσοστό των καταστημάτων που απασχολούν περισσότερα από 50 άτομα. Η διαχρονική εξέλιξη των δύο αυτών μεγεθών πληροφορεί για την τάση συγκέντρωσης της βιομηχανικής παραγωγής, αντανακλώντας ταυτόχρονα και τη μείωση των πηγών περιβαλλοντικών πιέσεων.



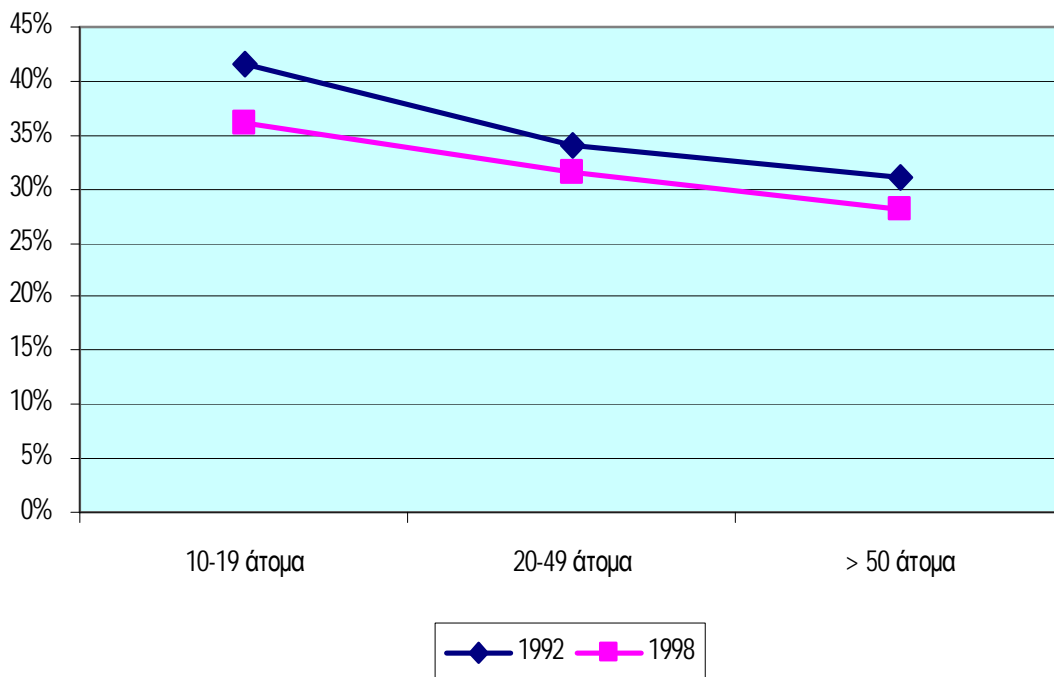
Σχήμα 2. 1.: Αριθμός καταστημάτων-Ποσοστά καταστημάτων με >50 άτομα.

Παρατηρούμε ότι μεταξύ 1992 και 1998 ο συνολικός αριθμός βιομηχανικών καταστημάτων μειώθηκε κατά 35%. Η μείωση αυτή δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη μείωση της βιομηχανικής παραγωγής η οποία στην ίδια περίοδο εμφανίζει μικρή μόνο μείωση (3-5%) με τάσεις ανάκαμψης μετά το 1996. Το 2002, ο αριθμός των βιομηχανικών μονάδων δεν ξεπερνάει τα 3850, παρουσιάζει δηλαδή μείωση κατά 55% από τα 1992 [2]. Όπως, φαίνεται και από το αυξανόμενο ποσοστό συμμετοχής των μεγάλων καταστημάτων (>50 ατόμων), η περίοδος χαρακτηρίζεται από τη συγκέντρωση της βιομηχανικής παραγωγής σε μεγαλύτερες μονάδες.

Γενικότερα συμπεραίνουμε ότι η βιομηχανική παραγωγή εμφανίζει τάσεις συγκέντρωσης, γεγονός που διευκολύνει την προσαρμογή της στις αυξημένες περιβαλλοντικές απαιτήσεις αλλά και τον έλεγχο εφαρμογής των περιβαλλοντικών πολιτικών.

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή καταστημάτων που βρίσκονται εντός των ορίων της ευρύτερης περιφέρειας Αθηνών στο συνολικό αριθμό βιομηχανικών καταστημάτων, ανά κατηγορία ταξινόμησης με βάση τον αριθμό των απασχολούμενων. Παίρνουμε πληροφορίες για το βαθμό στον οποίο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανικής δραστηριότητας επιβαρύνουν την ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη περιοχή της

πρωτεύουσας, προστιθέμενες στις επιπτώσεις άλλων πηγών και ειδικότερα των μεταφορών.
[1]



Σχήμα 2. 2: Ποσοστό βιομηχανικών καταστημάτων Αθήνας-συνόλου.[1]

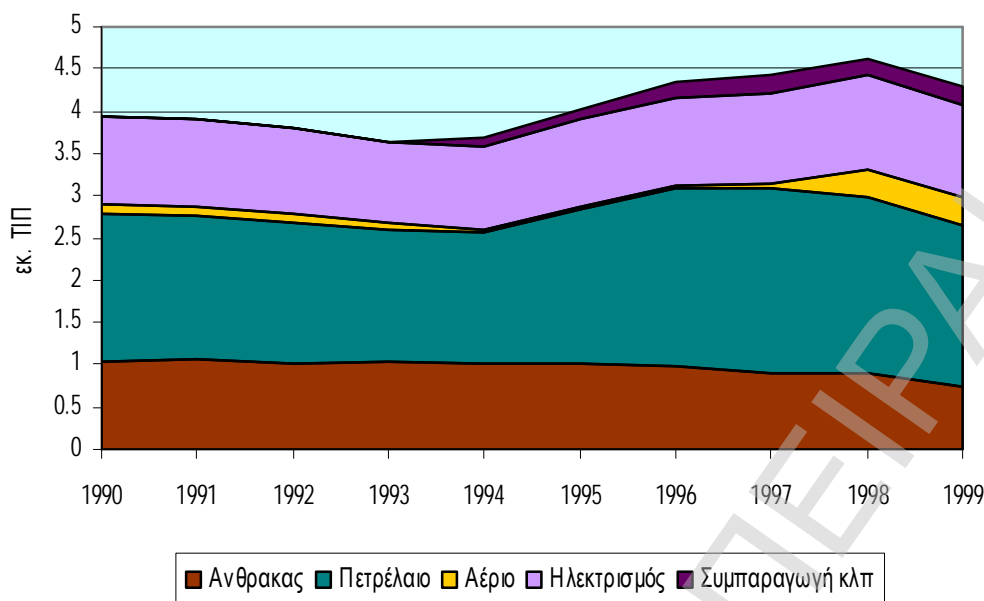
Το ένα τρίτο του συνολικού αριθμού βιομηχανικών μονάδων βρίσκεται συγκεντρωμένο γύρω από τη μεγάλη αγορά της πρωτεύουσας, ενώ για το νομό Αττικής, το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 45%. Το ποσοστό αυτό είναι υψηλότερο στην κατηγορία των μικρών καταστημάτων και περιορίζεται σε 27% στην περίπτωση μονάδων με περισσότερα από 50 άτομα. Σε όλες όμως τις κατηγορίες παρατηρείται μία αισθητή μείωση του ποσοστού στο διάστημα μεταξύ 1992 και 1998.

Γενικά, καταγράφεται μια σαφής τάση αποκέντρωσης της βιομηχανικής δραστηριότητας σε περιοχές εκτός της περιφέρειας πρωτεύουσας.

2.3. ΣΥΜΒΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

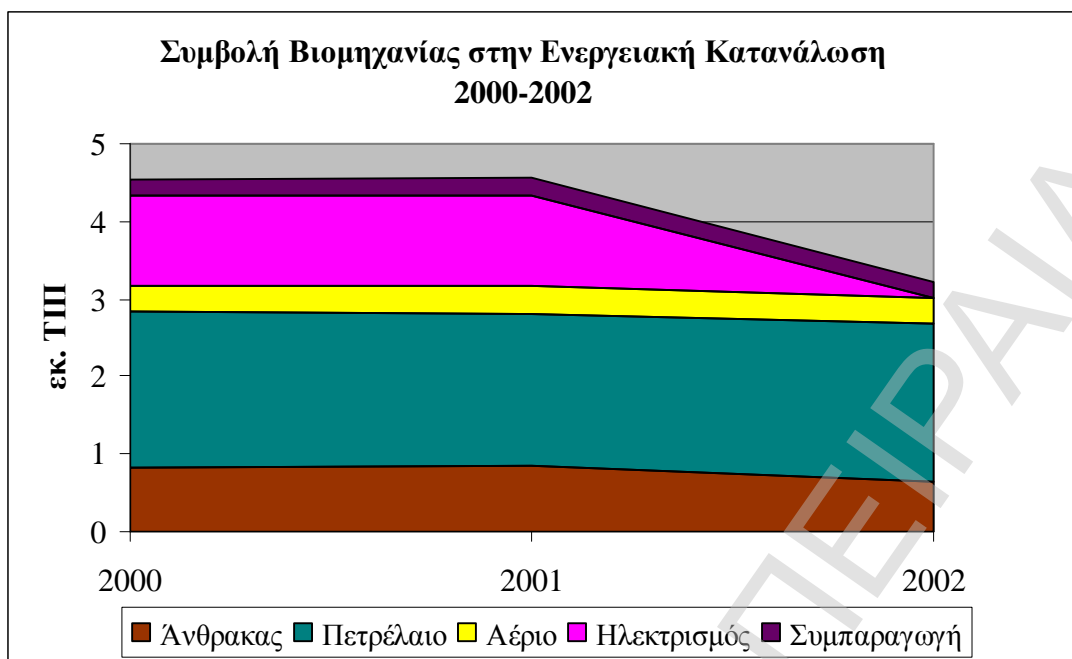
Η χρήση της ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο αυξήθηκε περίπου κατά 70% από το 1971 [3] και κατά πάσα πιθανότητα θα εξακολουθήσει να αυξάνεται σταθερά κατά τις επόμενες δεκαετίες. Σύμφωνα με το χειρότερο δυνατό ενδεχόμενο, έως το 2010 η συνολική κατανάλωση ενέργειας και οι αντίστοιχες εκπομπές CO₂, θα έχουν αυξηθεί κατά ποσοστό που θα υπερβαίνει το 40% συγκριτικά προς τα επίπεδα του 1990 [4]. Παρά τη συνεχιζόμενη μείωση της ενεργειακής έντασης στις περισσότερες από τις προηγμένες χώρες, η σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας παραμένει σταθερή [5]. Το κύριο πρόβλημα δεν είναι η χρήση της ενέργειας αλλά το γεγονός ότι η κύρια πηγή της είναι τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εξασφαλίζουν περίπου το 80% του ενεργειακού εμπορίου [3] ανά την υφήλιο, με σοβαρές επιπτώσεις στον αέρα, την ατμόσφαιρα και το κλίμα.

Στα σχήματα 2.3, 2.4 που ακολουθούν μπορεί κανείς να παρακολουθήσει τη σχετική εξέλιξη των ενεργειακών αναγκών της ελληνικής βιομηχανίας και τη σύνθεση του χρησιμοποιούμενου ενεργειακού μίγματος, ενώ παρέχονται πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του βασικού αυτού παράγοντα υποβάθμισης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. [1]



Σχήμα 2. 3: Ενεργειακή κατανάλωση ελληνικών βιομηχανικών μονάδων (1990-1999). [1]

Η ενεργειακή κατανάλωση στη βιομηχανία το έτος 1990 ανέρχεται στους 4 εκ. ΤΠΠ (τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), αντιπροσωπεύοντας το 21% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Μετά από μία πτωτική περίοδο που συνδέεται με τη συνολική κάμψη της βιομηχανικής παραγωγής ακολουθεί μία νέα ανοδική πορεία, με κορυφαία τιμή αυτή του 1998 (4.5 εκ. ΤΠΠ) έτσι ώστε στο τέλος της περασμένης δεκαετίας να καταγράφεται μια ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 10%. Παράλληλα, η σύνθεση του ενεργειακού μίγματος παραμένει σταθερή με έντονη την κυριαρχία των στερεών και υγρών καυσίμων. Μετά το 1998, εμφανίζονται τάσεις διαφοροποίησης λόγω της εισόδου του φυσικού αερίου.



Σχήμα 2. 4: Ενεργειακή κατανάλωση ελληνικών βιομηχανικών μονάδων (2000-2002).

Η πιο πρόσφατη καταγραφή [6] των ετών 2000-2002, δείχνει ότι η ενεργειακή κατανάλωση στη βιομηχανία το έτος 2000 ανερχόταν στους 4.5 εκ. ΤΠΠ, ενώ δύο χρόνια αργότερα περιορίστηκε στους 3.5 εκ. ΤΠΠ. Συμπεραίνεται, επομένως, ότι η ενεργειακή κατανάλωση στη βιομηχανία χαρακτηρίζεται από ελαφρά τάση μείωσης και απουσία αισθητής ποιοτικής διαφοροποίησης.

Οι τρεις περισσότερο ενεργειοβόροι κλάδοι της ελληνικής βιομηχανίας είναι η βασική μεταλλουργία, η χημική βιομηχανία και τα μη μεταλλικά ορυκτά, καθώς αντιπροσωπεύουν το 60% περίπου της ενεργειακής κατανάλωσης ενώ η συμμετοχή τους στη συνολική προστιθέμενη αξία της μεταποίησης δεν υπερβαίνει το 25%. Στη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας δεν παρατηρείται αξιόλογη μεταβολή των δύο αυτών μεριδίων.

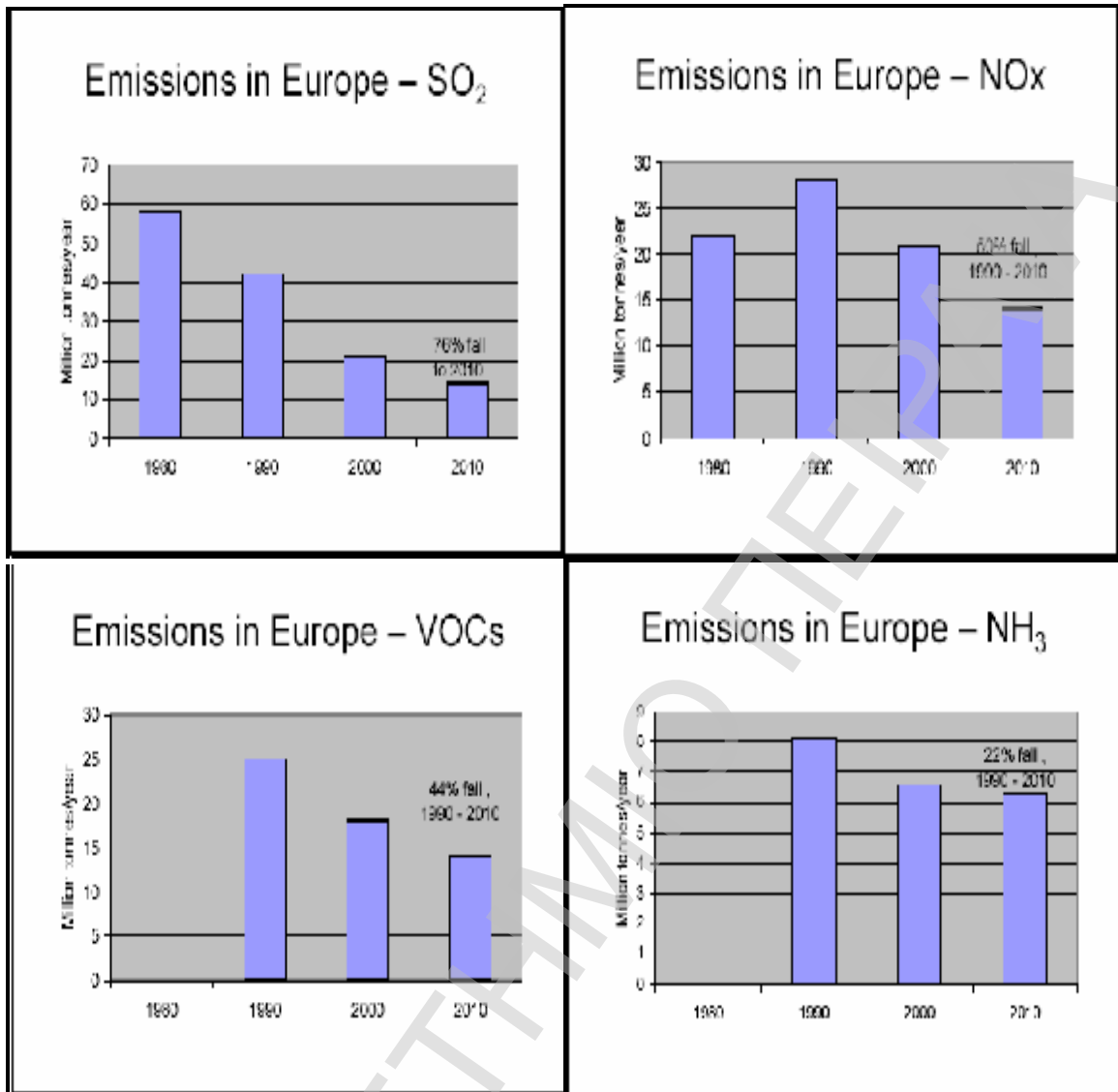
2.4. ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Οι αέριοι ρύποι, ανάλογα και με το ύψος του σημείου εκπομπής και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες διαχέονται σε μεγάλες αποστάσεις δημιουργώντας το φαινόμενο

της διασυνοριακής ρύπανσης. Η μεταφορά των αερίων ρύπων συνοδεύεται με χημικές και φωτοχημικές αντιδράσεις και δημιουργία δευτερογενών ρύπων, παράλληλα με την αραίωση της συγκέντρωσης τους στην ατμόσφαιρα και την εναπόθεση τους –υγρή ή ξηρή– στο έδαφος και τα οικοσυστήματα. Στο αστικό περιβάλλον, λόγω του πλήθους και του χαμηλού ύψους των σημείων εκπομπής, καθώς και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του μικροκλίματος και των τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών, η διάχυση των ρύπων είναι μικρότερη με συνέπεια να καταγράφονται πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων και να δημιουργούνται σοβαροί κίνδυνοι για τον εκτιθέμενο πληθυσμό.[1]

Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απ' ευθείας στην ατμόσφαιρα από τις διάφορες πηγές ρύπων. Τέτοιοι ρύποι είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου και οι υδρογονάνθρακες. Οι δευτερογενείς ρύποι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς μέσω χημικών αντιδράσεων στις οποίες μπορεί να συμμετέχουν η ηλιακή ενέργεια και η υγρασία. Τέτοιοι ρύποι είναι το μονοξείδιο του αζώτου και το όζον. Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι είναι: οξείδια του αζώτου και του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, μόλυβδος, υδρόθειο, χλώριο, υδρογονάνθρακες, στερεά σωματίδια.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται γραφικά οι εκπομπές ορισμένων αερίων ρύπων στην Ευρώπη, εκφρασμένοι σε χιλιάδες τόνους ανά έτος, από το 1980 έως την πρόβλεψη του 2010.



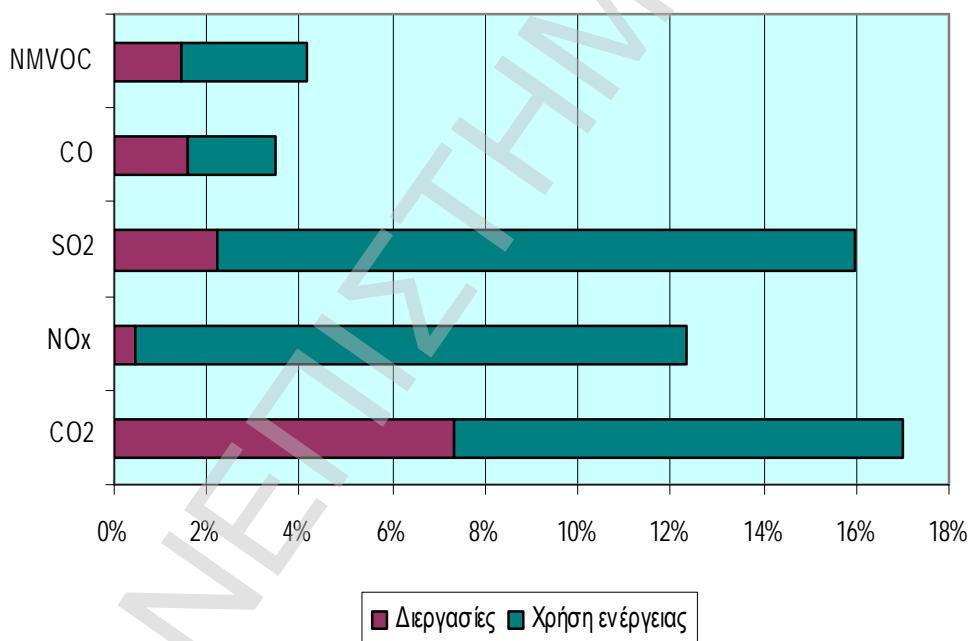
Σχήμα 2. 5: Εκπομπές κυριότερων ρύπων στην Ευρώπη (1980-2010).[5]

Παρατηρείται ότι τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μία φθίνουσα πορεία στις εκπομπές των αέριων ρύπων, με μεγαλύτερη αυτή των διοξειδίων του θείου, και η αντίστοιχη πρόβλεψη για το 2010 είναι ακόμα πιο αισιόδοξη. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια, στην αυστηρότερη νομοθεσία και την προσπάθεια συμμόρφωσης του κλάδου της βιομηχανίας, ο οποίος συντελεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην αέρια ρύπανση.

2.4.1. ΣΥΜΒΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

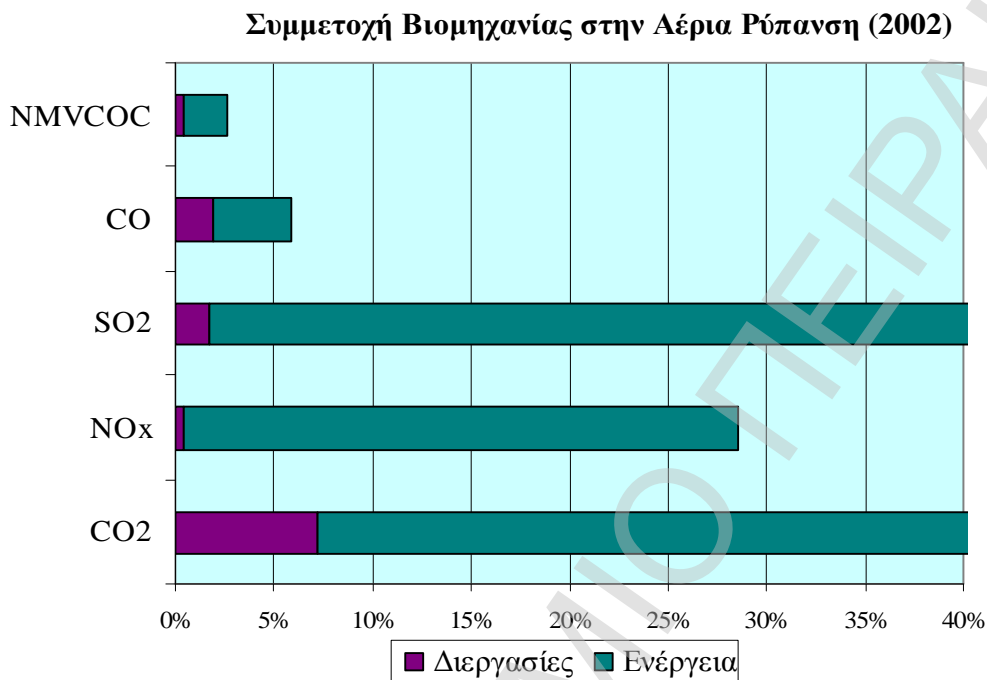
Μεγάλη είναι η συμμετοχή των βιομηχανικών μονάδων στην αέρια ρύπανση. Στο διάγραμμα που ακολουθεί διακρίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της βιομηχανικής παραγωγής στο σύνολο των εκπομπών ορισμένων αέριων ρύπων. Οι εκπομπές διακρίνονται σε αυτές που προέρχονται από την ίδια την παραγωγική διαδικασία και εκείνες που οφείλονται στη χρήση καυσίμων. Πληροφορούμαστε για το μερίδιο άμεσης ευθύνης του βιομηχανικού τομέα στο πρόβλημα της υποβάθμισης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος γεγονός που υποδεικνύει τις αναγκαίες κατευθύνσεις των μέτρων περιορισμού. Σημειώνεται ωστόσο, ότι ο βιομηχανικός τομέας χρεώνεται και ένα μερίδιο εκπομπών που προέρχονται από την ηλεκτροπαραγωγή, ανάλογο του ποσοστού συμμετοχής του ηλεκτρισμού στο ενεργειακό της μίγμα.

Συμμετοχή Βιομηχανίας στην Αέρια Ρύπανση (2000)



Σχήμα 2. 6: Συμμετοχή βιομηχανιών στην αέρια ρύπανση (2000).[1]

Μία πιο πρόσφατη έρευνα [6], τροποποιεί αρκετά το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζοντας αυξημένες τις εκπομπές CO₂ και μειωμένες τις υπόλοιπες εκπομπές από τη χρήση ενέργειας στη Βιομηχανία (βλ. Παράρτημα Ι, πίνακα Π7).



Σχήμα 2. 7: Συμμετοχή βιομηχανιών στην αέρια ρύπανση (2002).

Γενικά, τα παραπάνω διαγράμματα συμφωνούν στο γεγονός ότι το μερίδιο άμεσης ευθύνης της βιομηχανίας στις αέριες εκπομπές είναι υψηλότερο στην περίπτωση των εκπομπών CO₂, SO₂ και NO_x. Το μεγάλο ποσοστό συμμετοχής της παραγωγικής διαδικασίας στις εκπομπές CO₂ προέρχεται κυρίως από την τσιμεντοβιομηχανία λόγω της φύσης των πρώτων υλών και των ακολουθούμενων διεργασιών. Υψηλή συμμετοχή της παραγωγικής διαδικασίας καταγράφεται και στην περίπτωση των εκπομπών CO και NMVOC, το συνολικό τους μερίδιο όμως περιορίζεται κάτω του 5%. Έρευνες [6], απέδειξαν ότι από το έτος 1990 έως το 2002 οι εκπομπές CO₂ που οφείλονται στην κατανάλωση ενέργειας από τη βιομηχανία αυξήθηκαν κατά 22%, ενώ όλες οι υπόλοιπες εξεταζόμενες εκπομπές μειώθηκαν λόγω της μείωσης της παραγωγής που παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια.

Επομένως, η συμμετοχή του βιομηχανικού τομέα στις αέριες εκπομπές είναι σχετικά υψηλή, ενώ σημαντικό μερίδιο ευθύνης φέρει και η φύση της παραγωγικής διαδικασίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση των αερίων θερμοκηπίου.

2.5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Πρόδρομος του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα ήταν το Φωταέριο. Το διέθεσε στην αγορά, για πρώτη φορά το 1857, η Γαλλική Εταιρία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στον Δήμο Αθηναίων. Η Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο μέχρι το 1984. Τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Δωλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α.) και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1997. Το 1983 όμως, είναι η χρονιά που καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε Δημοσίας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και το 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την προμήθεια φυσικού αερίου. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την ρωσική Sojuzgazexport, σήμερα Gazexport, και με την Sonatrach της Αλγερίας. Το Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως θυγατρική εταιρία της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου, ενώ το Δεκέμβριο του 1997 ενσωματώνει στο δυναμικό της και το δίκτυο της ΔΕΦΑ. Σήμερα η ΔΕΠΑ έχει επιφορτιστεί με την ευθύνη μιας μεγάλης ενεργειακής επένδυσης, αναλαμβάνοντας την εισαγωγή, τη μεταφορά και την εκμετάλλευση του εθνικού συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα.[7]

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Πίνακας 2 1: Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/m [7]

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	H/C
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0,3	17	1

Το φυσικό αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης, σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους. Παρέχει το κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του ενεργειακού εξοπλισμού των μονάδων ενώ ενισχύει την παραγωγή ποιοτικά ανώτερων προϊόντων σε συγκεκριμένες βιομηχανίες.

Πρόκειται για τη φυσική ενεργειακή επιλογή για βιομηχανίες με άμεσες και έμμεσες θερμικές ανάγκες αλλά και η συμφέρουσα επιλογή στην παραγωγή αμμωνίας, βελτιώνοντας την ανταγωνιστική θέση των μονάδων. Η διαθεσιμότητα, η αποδοτικότητα και η εξοικονόμηση που προσφέρει η χρήση του φυσικού αερίου, καθιστούν χρήσιμη την υιοθέτηση του στη βιομηχανία

Συνοψίζοντας τα βασικά πλεονεκτήματα του Φυσικού Αερίου στον βιομηχανικό τομέα είναι [6]:

- Συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων.

- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΕΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Εξωτερική οικονομία προκύπτει όταν η δραστηριότητα μιας οικονομικής μονάδας (επιχείρηση, νοικοκυριό, άτομο) επιδρά θετικά ή αρνητικά στην ευημερία μιας άλλης μονάδας, χωρίς η τελευταία να πληρώνει για το όφελος που της αποδίδεται ή να αποζημιώνεται για τη ζημιά που υφίσταται [8].

Οι εξωτερικές οικονομίες διακρίνονται σε θετικές και αρνητικές. Παράδειγμα, θετικής εξωτερικής οικονομίας αποτελούν τα οφέλη που απολαμβάνουν οι κάτοικοι μιας περιοχής που αναβαθμίστηκε λόγω της δημιουργίας ενός πάρκου, η ενός σταθμού του μετρό, οι οποίοι δεν πληρώνουν για τη δυνατότητα αναψυχής που τους παρέχεται, την ευκολότερη μετακίνηση ή την αύξηση της αξίας των κατοικιών τους. Αντιθέτως, κάτοικοι που ζουν πλησίον βιομηχανικής περιοχής ή μιας χωματερής και υποφέρουν από αναπνευστικά προβλήματα αλλά και ελλοχεύει ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου δεν αποζημιώνονται από τις βιομηχανίες ή το κράτος αντίστοιχα, και αυτό συνιστά μια αρνητική εξωτερική οικονομία.

Οι αρνητικές εξωτερικές οικονομίες (**εξωτερικά κόστη**) αποτελούν νομισματική έκφραση των κοινωνικών επιβαρύνσεων που δεν έχουν συμπεριληφθεί στις οικονομικές αναλύσεις των επενδυτών και των κατασκευαστών. Ρύποι, όπως στερεά και τοξικά απόβλητα ή ουσίες που μολύνουν τον αέρα και το νερό ή ακόμα και ηχορύπανση, που απορρέουν από διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, δύναται να επιβάλλουν εξωτερικά κόστη [9].

Για παράδειγμα, από την ηλεκτροπαραγωγή προκαλούνται καταστροφές στο περιβάλλον των οποίων τα σχετικά κόστη (κόστος αντικατάστασης, απώλεια ευημερίας κ.α.) δεν υπολογίζονται από τους παραγωγούς ή τους καταναλωτές της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι παραδοσιακές τιμές ενέργειας εμπεριέχουν το κόστος επένδυσης, το λειτουργικό κόστος, το κόστος συντήρησης, το κόστος καυσίμων, τους φόρους και την ασφάλιση. Οι εξωτερικές οικονομίες αντικατοπτρίζουν τις ζημιές στην ανθρώπινη υγεία, στο περιβάλλον ή κατά πόσο είναι ασφαλής η εργασία και η ενεργειακή τροφοδοσία [8]. Οι ζημιές αυτές διαχέονται στην κοινωνία και αγνοούνται στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων του φορέα ή της δραστηριότητας που τις προκαλεί, ενώ δεν αντικατοπτρίζονται στην τιμή τους.

Τα εξωτερικά κόστη διακρίνονται σε [9]:

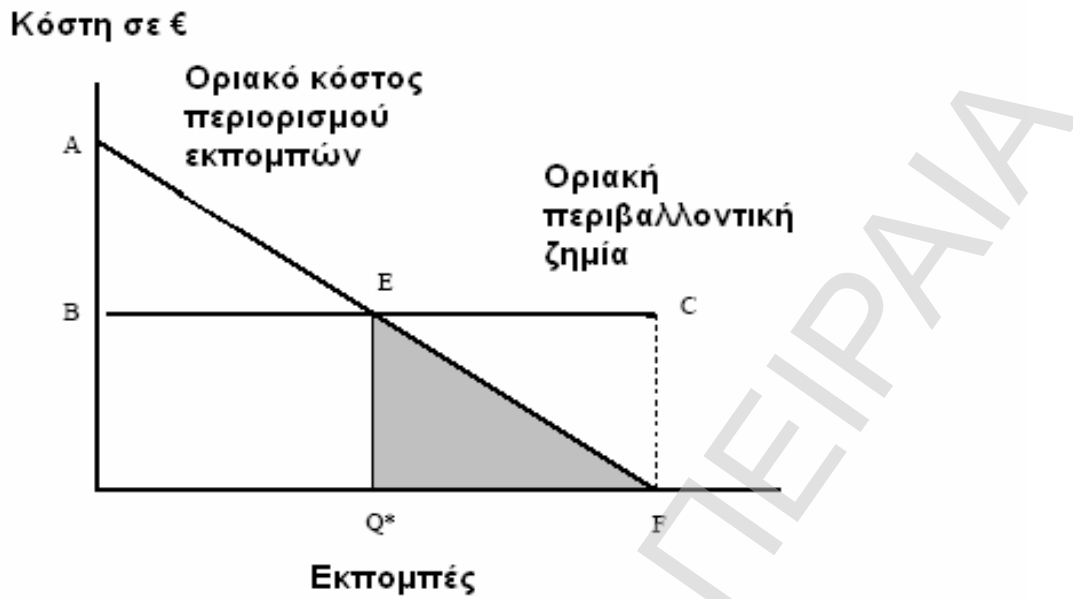
- **Περιβαλλοντικά εξωτερικά κόστη** τα οποία σχετίζονται με τις επιπτώσεις στην ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος και την εξαντλησιμότητα των φυσικών πόρων
- **Μη περιβαλλοντικά εξωτερικά κόστη** που έχουν να κάνουν με άλλης φύσεως μεταβολές της υφιστάμενης δομής της αγοράς (για παράδειγμα δημιουργία θέσεων εργασίας, μεταβολή στη σταθερότητα των τιμών κλπ.).

Στον όρο περιβαλλοντικά κόστη περιλαμβάνονται εσωτερικά και εξωτερικά κόστη. Τα περιβαλλοντικά κόστη προστασίας (environmental protection costs) συμπεριλαμβάνουν κόστη πρόληψης, διαθεσιμότητας, σχεδιασμού, ελέγχου, επιδιορθώσεις, αλλαγή σχεδίων που μπορούν να λάβουν χώρα σε εταιρίες, ομάδες ατόμων ή στην κυβέρνηση. Τα περιβαλλοντικά εξωτερικά κόστη μπορούν να ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες. Οι κυριότερες αφορούν την ανθρώπινη υγεία (θανατηφόρες και μη-θανατηφόρες συνέπειες), επιδράσεις στις καλλιέργειες και στα κτίρια. [10].

Έτσι έχουμε εξωτερικά κόστη από:

- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (θνησιμότητα, νοσηρότητα)
- Επιπτώσεις στα υλικά των κτιρίων
- Επιπτώσεις στις καλλιέργειες
- Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και στα οικοσυστήματα
- Επιδράσεις στην αισθητική του φυσικού τοπίου και την αναψυχή

Το ερώτημα που προκύπτει είναι 'τι γίνεται όταν μια παραγωγική μονάδα δράσει προς την κατεύθυνση μείωσης των εκπομπών της λόγω των επιπτώσεών τους;'. Κάτι τέτοιο, μπορεί να είναι αποτέλεσμα κοινωνικής πίεσης ή αυστηρής κυβερνητικής πολιτικής. Είναι αδύνατο να εξαλειφθούν τελείως οι εκπομπές και έτσι το πιθανότερο είναι ότι κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα συνεχίσουν να υπάρχουν. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία της θεωρίας της οικονομικής του περιβάλλοντος οι εκπομπές θα πρέπει να μειωθούν σε ένα βέλτιστο επίπεδο τέτοιο ώστε το οριακό κόστος της μείωσης των εκπομπών να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το οριακό κόστος της ζημίας που προκαλεί η ρύπανση τότε (σχήμα 3.1.).



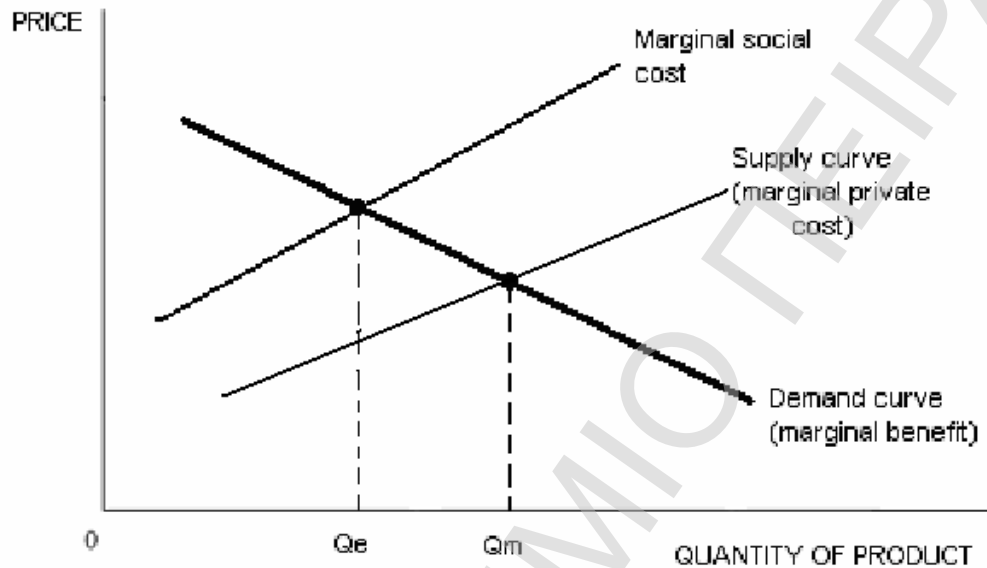
Σχήμα 3. 1: Οριακό κόστος περιορισμού εκπομπών, οριακή περιβαλλοντική ζημία και βέλτιστο επίπεδο εκπομπών.

Παρατηρούμε ότι το οριακό κόστος από τη μείωση των εκπομπών τείνει να αυξηθεί όσο οι εκπομπές ελαττώνονται. Στις συμβατικές περιπτώσεις, η πρόσθετη ή οριακή περιβαλλοντική ζημία αυξάνεται με το επίπεδο της ρύπανσης (τουλάχιστον μέχρι ενός σημείου. Στην πράξη το ακριβές σχήμα ποικίλει ανάλογα με τις επιπτώσεις στις οποίες αναφέρεται. Στο σχήμα εμφανίζεται η απλή περίπτωση όπου η καμπύλη είναι οριζόντια, κάτι που συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις επιπτώσεων, τουλάχιστον μεταξύ ορισμένων επιπέδων ρύπανσης. Οι παρακάτω αρχές βρίσκουν εφαρμογή σε οποιαδήποτε μορφή καμπύλης της οριακής περιβαλλοντικής ζημίας.

Το βέλτιστο επίπεδο εκπομπών παριστάνεται στο σχήμα από το σημείο Q^* . Αυτό μπορεί να αποδειχθεί αν λάβουμε υπόψη κάποιον που παράγει ρύπανση χωρίς έλεγχο και χωρίς κοινωνική υποχρέωση να μειώσει τις εκπομπές. Αν συνέβαινε κάτι τέτοιο οι εκπομπές θα ήταν στο επίπεδο F. Μείωση των εκπομπών στο σημείο Q^* θα συνδεόταν με το κόστος που παριστάνεται από το εμβαδόν του γραμμοσκιασμένου τμήματος FEQ^* . Ωστόσο, τα οφέλη αυτής της μείωσης υπολογίζονται από την μεγαλύτερη επιφάνεια $FCEQ^*$. Για περαιτέρω μείωση των εκπομπών κάτω από το επίπεδο Q^* , το οριακό κόστος μείωσης των εκπομπών

υπερβαίνει την οριακή περιβαλλοντική ζημία και τελικά επιβαρύνεται ο παραγωγός της ρύπανσης χωρίς αντίστοιχο κοινωνικό κόστος [9].

Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται ένα παράδειγμα αρνητικής εξωτερικότητας.



Σχήμα 3. 2: Επίδραση της αρνητικής εξωτερικής οικονομίας

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι λόγω της ύπαρξης εξωτερικού κόστους το οριακό κοινωνικό κόστος (Marginal Social Cost), υπερβαίνει το οριακό ιδιωτικό κόστος (Marginal Private Cost). Αρα, το επίπεδο παραγωγής Q_m που προκύπτει από την ισορροπία στην αγορά με βάση το ιδιωτικό κόστος είναι υψηλότερο από το κοινωνικά επιθυμητό επίπεδο Q_e . Η ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους στην τιμή θα οδηγούσε σε μείωση της παραγωγής και αύξηση της τιμής. Χωρίς την ύπαρξη εξωτερικοτήτων η ποσότητα ισορροπίας της αγοράς θα ταυτιζόταν με την κοινωνικά αποτελεσματική ποσότητα, δηλαδή $Q_m=Q_e$. [9]

3.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Το κόστος ευκαιρίας για την παροχή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας (ποσότητα X), ορίζεται σε σχέση με την αξία των ανεπαρκών πόρων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της ποσότητας X.

Στο βαθμό που η παραγωγή του αγαθού χρησιμοποιεί άμεσα ή έμμεσα μη εμπορεύσιμους περιβαλλοντικούς πόρους ή/και δημιουργεί επιπτώσεις –θετικές ή αρνητικές- σε μη εμπορεύσιμους περιβαλλοντικούς πόρους, είναι φανερό ότι το συνολικό κόστος ευκαιρίας του αγαθού πρέπει να ενσωματώνει και την αξία αυτών των πόρων. Επομένως, είναι απαραίτητη η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους ή οφέλους του αγαθού, έτσι ώστε το κόστος ευκαιρίας να αντανακλά το συνολικό κοινωνικό κόστος και να επιτυγχάνεται μία πιο αποτελεσματική χρήση των πόρων.

Το εξωτερικό κόστος που συνδέεται με τη χρήση ενός μη εμπορεύσιμου περιβαλλοντικού πόρου μπορεί να μετρηθεί σε όρους WTP (Willingness to Pay)/ WTA (Willingness to Accept) με τη βοήθεια ειδικών τεχνικών αποτίμησης. Η προσέγγιση WTP αναφέρεται στο ποσό που είναι διατεθειμένα τα άτομα να πληρώσουν για μια αλλαγή που προωθεί την ευημερία, ενώ η WTA προσδιορίζει το ποσό που είναι διατεθειμένα τα άτομα να λάβουν ως αποζημίωση για να επιτρέψουν να γίνει μια αλλαγή που οδηγεί σε μείωση της ευημερίας. Κανένα ειδικό βάρος δε δίνεται σε κάποια συγκεκριμένη ομάδα. Το συνολικό κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προκύπτει ως το άθροισμα της WTP ή WTA των ατόμων. Η έκφραση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε χρηματικούς όρους είναι ευρέως διαδεδομένη και συνεχώς αναπτύσσεται, ωστόσο, υπάρχουν ακόμη άνθρωποι που την αποδοκιμάζουν καθώς θεωρούν ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι "άδικη" εφόσον εστιάζει περισσότερο στην οικονομική κατάσταση των ατόμων και όχι στην κοινωνική ευημερία.

Το κύριο πλεονέκτημα της νομισματικής αποτίμησης της υγείας και του περιβάλλοντος είναι ότι επιτρέπει να συμπεριληφθούν αυτοί οι παράγοντες στη λήψη των αποφάσεων και στην ανάλυση κόστους-οφέλους [9, 11, 12].

3.2.1. ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ ΑΓΑΘΩΝ- ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ

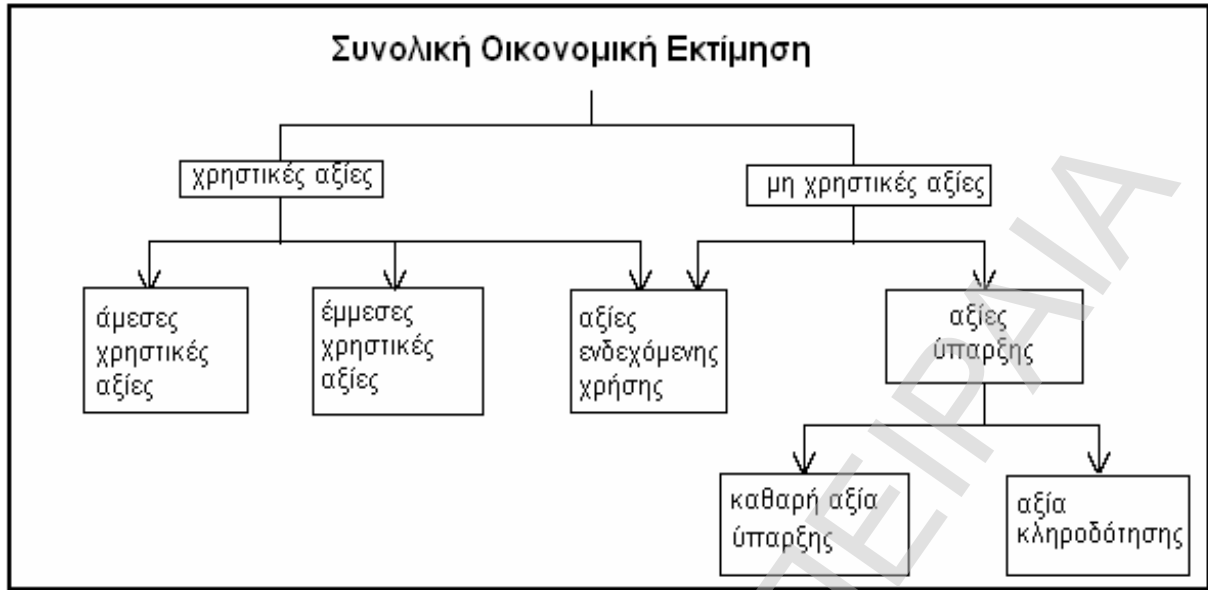
Εύλογα θα μπορούσε κανείς να αναρωτηθεί, *'πώς μπορεί η έννοια του εξωτερικού κόστους να συμπεριληφθεί στη λήψη αποφάσεων;'*

Οι εξωτερικότητες έχουν εφαρμοστεί ευρύτατα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην ανάπτυξη διαφόρων νομοθεσιών που περιέχουν τα παρακάτω:

- Επίπεδα συγκέντρωσης PM₁₀, SO₂, NO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα
- Επίπεδο συγκέντρωσης όζοντος
- Επίπεδα συγκέντρωσης CO και βενζενίου καθώς και των Cd, Cr, Hg και Ni
- Όρια εκπομπών εργοστασίων καύσης
- Όρια εκπομπών σε εθνικό επίπεδο των SO₂ NO_x, VOCs και NH₃
- Όρια εκπομπών από αποτεφρώσεις σκουπιδιών
- Αξιολόγηση επιλογών για τη διάθεση PVC

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ώστε να συνυπολογιστεί η αρνητική εξωτερικότητα στην υγεία και το περιβάλλον και έτσι να εσωτερικευθούν τα εξωτερικά κόστη στις τιμές των αγαθών. Για παράδειγμα μέσω φόρων, φορολογώντας καύσιμα και τεχνολογίες που είναι επιβλαβή με βάση τα εξωτερικά κόστη που προκαλούν. Η ύπαρξη εξωτερικού κόστους προϋποθέτει την διαφορά στη τιμή μεταξύ του κοινωνικού και του ιδιωτικού κόστους καθώς και στις τιμές των αντίστοιχων οφελών τους. Τα πρόστιμα που επιβάλλονται με σκοπό να εξαλείψουν τις αποκλίσεις μεταξύ των παραπάνω τιμών καλούνται διορθωτικοί φόροι ή Pigouvian taxes [13].

Το παρακάτω σχήμα περιγράφει τις συνιστώσες της οικονομικής αξίας των αγαθών [11].



Σχήμα 3. 3: Δομή της οικονομικής εκτίμησης

Η συνολική οικονομική αξία (Total Economic Value, TEV) ενός αγαθού διακρίνεται σε:

- ü **Χρηστικές αξίες**, (use values), οι οποίες χρησιμοποιείται όταν το άτομο κάνει χρήση του περιβάλλοντος. Οι χρηστικές αξίες υποδιαιρούνται σε άμεσες και έμμεσες.
- ü **Μη χρηστικές αξίες** (non use values), οι οποίες χρησιμοποιούνται όταν τα οφέλη ή τα κέρδη / απώλειες ευημερίας των ατόμων που προκύπτουν από περιβαλλοντικές αλλαγές δεν επηρεάζονται από το αν γίνεται άμεση ή έμμεση χρήση των πόρων ή του παρθένου περιβάλλοντος. Η κατηγορία αυτή υποδιαιρείται στις αξίες ενδεχόμενης χρήσης και στις αξίες ύπαρξης.

Οι **άμεσες** χρηστικές αξίες προκύπτουν από την χρήση ή την κατανάλωση αγαθών και είναι πραγματικές και μετρήσιμες. Για παράδειγμα στο περιβάλλον ενός ποταμού, η άμεση χρηστική αξία εξάγεται από το ψάρεμα. Οι **έμμεσες** χρηστικές αξίες προκύπτουν όταν η ευημερία ενός ατόμου επηρεάζεται από ό,τι συμβαίνει σε ένα άλλο πρόσωπο. Οι άμεσες αξίες διαφέρουν από τις έμμεσες για τον λόγο ότι η 'ποσότητα' κάθε υπηρεσίας είναι δύσκολο να οριστεί και τα είδη των υπηρεσιών δεν είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμα από τις υπάρχουσες αγορές. Η μέτρηση, επομένως, των έμμεσων χρηστικών αξιών είναι σχετικά δυσκολότερη της μέτρησης των άμεσων, ενώ, και οι δύο τιμές έχουν μία χρονική διάσταση: από μία περιβαλλοντική αλλαγή σήμερα, προκύπτουν τέτοιες τιμές και για το παρόν και για το μέλλον.

Κατηγορία μη χρηστικών αξιών, όπως αναφέρθηκε, είναι οι *αξίες ενδεχόμενης χρήσης* (option values) οι οποίες χρησιμοποιούνται όταν μια πράξη έχει μελλοντικό αντίκτυπο στα αποθέματα ή στην ποιότητα ενός περιβαλλοντικού αγαθού. Οι *αξίες ύπαρξης* είναι εγγενείς με την φύση, αντιπροσωπεύουν την αξία των ζωντανών οργανισμών υποστηρίζοντας την προστασία των ειδών υπό εξαφάνιση.

Η συνολική οικονομική αξία ενός πόρου, δηλαδή το άθροισμα των χρηστικών και μη χρηστικών αξιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα μέτρο όλων των τύπων αξιών, οι οποίοι απορρέουν από τις ανθρώπινες προτιμήσεις και χρήζουν οικονομικής ανάλυσης [9, 12, 13]. Υπάρχουν όμως επιπτώσεις οι οποίες δεν μπορεί να μετρηθούν με τις παραπάνω μεθόδους, όπως η αυξημένος κίνδυνος θανάτου ή η διαταραχή δραστηριοτήτων αναψυχής, εφόσον δεν υπάρχουν άμεσες τιμές της αγοράς. Έτσι χρησιμοποιούνται τεχνικές που χωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες :

- **Άμεσες Μέθοδοι**

Οι άμεσες μέθοδοι βασίζονται στην εξαγωγή των WTP/WTA με άμεσες ερωτήσεις και χωρίζεται σε δυο υποκατηγορίες: αυτές που χρησιμοποιούν πειραματικές και αυτές που κάνουν χρήση υποθετικών αγορών. Η τεχνική που ανήκει στην κατηγορία των άμεσων μεθόδων και εφαρμόζεται ευρύτατα, είναι η μέθοδος της Υποθετικής Αξιολόγησης (Contingent Valuation method, CVM). Πρόκειται για μια μέθοδο καταμέτρησης που βασίζεται σε ερωτηματολόγια για την εξαγωγή των WTP/WTA που μπορούν στη συνέχεια να συμπεριληφθούν στην ανάλυση κόστους-οφέλους. Χρησιμοποιεί ερωτήσεις υποθετικής φύσεως όπως: «τι ποσό είστε διατεθειμένος να πληρώσετε για να γίνει το X ή να εμποδίσετε το Y» έτσι ώστε να εκτιμηθεί η προθυμία των ανθρώπων να πληρώσουν, ή «τι ποσό είστε διατεθειμένος να λάβετε για να αποσυρθεί το A ή για να επιτρέψετε το B». Η ανομοιότητα μεταξύ των WTP/WTA υποδηλώνει ένα εγγενές πρόβλημα της οικονομικής αποτίμησης σε περιβαλλοντικά θέματα. Αντίθετα προς τις κοινές οικονομικές συναλλαγές όπως η αγορά ενός σπιτιού, η διαδικασία της κοστολόγησης του περιβάλλοντος περιλαμβάνει ηθική και φιλοσοφική ανάλυση [12]. Η μοναδική μέθοδος για τον υπολογισμό των μη χρηστικών αξιών είναι η Υποθετική Αξιολόγηση η οποία έχει ελεγχθεί και βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία 20 χρόνια. Λειτουργεί αποτελεσματικά όταν οι συνθήκες της αγοράς προσομοιώνονται επιτυχώς καθώς και όταν ο ερωτώμενος είναι σχετικά οικείος με το αντικείμενο που εκτιμάται [9, 11, 13, 14].

- **Έμμεσες Μέθοδοι**

Βασίζονται στην πραγματική συμπεριφορά των ατόμων κάνοντας χρήση των χρηματικών ροών που συνδέονται με τις επιπτώσεις. Έτσι η ζημιά εκτιμάται έμμεσα από μια σχέση μεταξύ της εξωτερικής οικονομίας και κάποιου αγαθού που διακινείται στην αγορά.

Οι παρακάτω μέθοδοι ανήκουν στην κατηγορία των έμμεσων μεθόδων. Η τεχνική του κόστους ταξιδιού (Travel Cost Method) αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους και είναι σημαντική στην εκτίμηση ψυχαγωγικών χαρακτηριστικών των περιβαλλοντικών πόρων όπως πάρκα και γραφικά τοπία. Το κόστος ταξιδιού αντιπροσωπεύει την τιμή που πληρώνεται για τη χρήση ενός μη εμπορεύσιμου αγαθού, όπως η αναψυχή. Για παράδειγμα ένα άτομο που έχει διαθέσει ένα χρηματικό ποσό για την επίσκεψη στο εθνικό πάρκο μπορεί να εκτιμήσει αν το κόστος της επίσκεψης ή τα οφέλη που αποκομίζει είναι μεγαλύτερης σημασίας και θα εκδηλώσει την προτίμηση του. Η WTP καθορίζεται από τα έξοδα που διατίθενται για ψυχαγωγία .

Μια δεύτερη μέθοδος είναι η προσέγγιση της Αξίας της Ιδιοκτησίας (Hedonic price method), κατά την οποία οι περιβαλλοντικές επιδράσεις, όπως μόλυνση, ηχορύπανση, αισθητικές επιδράσεις, απεικονίζονται στις τιμές ιδιοκτησιών. Για παράδειγμα, αν εξετάσουμε δυο πανομοιότυπα σπίτια ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά τους, θα βρούμε διαφορά στη τιμή τους λόγω διαφοράς τοποθεσίας. Η διαφορά θα είναι η WTP και οφείλεται στο γεγονός ότι το ένα σπίτι βρίσκεται σε περιοχή με μεγαλύτερο επίπεδο μόλυνσης ή ηχορύπανσης [8, 10, 12].

3.3.ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ EXTERNE

3.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μεγάλη πρόοδος στην ανάλυση των περιβαλλοντικών δαπανών και αυτό οφείλεται σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ύπαρξη διάφορων προγραμμάτων που αξιολογούν τα εξωτερικά κόστη της ενέργειας. Ειδικότερα στην Ευρώπη, μια σειρά έργων υποστηρίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, όπως το πρόγραμμα ExternE (Externalities of Energy, Εξωτερικότητες της ενέργειας). Σκοπός της έρευνας είναι η ποσοτικοποίηση του

κόστους έτσι ώστε να υλοποιηθούν ορθολογικές αποφάσεις και να επιτευχθεί μείωση του εξωτερικού κόστους.

Τα αποτελέσματα του ExternE αποτελούν την πιο εκτεταμένη διαθέσιμη συλλογή δεδομένων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια σειρά θεμάτων τα οποία περιλαμβάνουν:

- § Την εσωτερικοποίηση του εξωτερικού κόστους από την ενέργεια
- § Την ανάλυση κόστους-οφέλους στα μέτρα μείωσης του επιπέδου ρύπανσης
- § Συγκριτική εκτίμηση των ενεργειακών συστημάτων
- § Βελτιστοποίηση των διαδικασιών επιλογής τοποθεσίας

Η ανάλυση του κύκλου ζωής LCA [15], αποτέλεσε το "σημείο εκκίνησης" στην ανάπτυξη του προγράμματος ExternE και έχει την αφετηρία της στις αναλύσεις των ενεργειακών δικτύων που χρονολογούνται 20 χρόνια πριν. Η ανάλυση αυτή σε θεωρητικό επίπεδο βασίζεται σε μια λογιστική και ακριβή εκτίμηση των ενεργειακών ροών και των ροών της ύλης ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας. Η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων που απορρέουν από διαφορετικά προϊόντα με ίδιες λειτουργικές χρήσεις, για παράδειγμα ένα πλαστικό και ένα γυάλινο μπουκάλι. Η ανάλυση LCA δεν είναι αρκετά σαφής στον υπολογισμό των επιπτώσεων. Για παράδειγμα οι συντελεστές ταξινόμησης (classification factors) που έχουν οριστεί για κάθε ρύπο είναι ανεξάρτητες της περιοχής που βρίσκεται η πηγή εκπομπής [15]. Για την μόλυνση του αέρα οι συντελεστές έχουν υπολογιστεί με την παραδοχή της ομοιόμορφης ανάμειξης. Αυτό ισχύει για τα αέρια του θερμοκηπίου και άλλους ρύπους με μεγάλο χρόνο ζωής όπως NO_x, SO₂ και O₃. Το πρόγραμμα ExternE (Externalities of Energy) αναπτύχθηκε μέσα από το πρόγραμμα R&D Joule II και αποτέλεσε μια ενοποιημένη μεθοδολογία στην ποσοτικοποίηση των εξωτερικοτήτων από διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού. Ξεκίνησε ως EC-US Fuel Cycles Study το 1991 με τη συνεργασία του Υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. Από το 1993 έως το 1995 παρέμεινε σε ερευνητικό επίπεδο συνδέοντας περισσότερα από 40 ευρωπαϊκά ινστιτούτα από 9 χώρες. Έτσι το πρόγραμμα ExternE αποτέλεσε την πρώτη συστηματική προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί μια 'bottom-up' μεθοδολογία για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με ένα πλήθος κύκλων καυσίμων. Υπό την υποστήριξη του προγράμματος Joule III, το ερευνητικό πρόγραμμα συνεχίστηκε με σκοπό την πραγματοποίηση τριών πρωταρχικών στόχων:

1. την περαιτέρω ανάπτυξη του πυρήνα του ExternE και τον εκσυγχρονισμό της μεθοδολογίας
2. την υλοποίηση του ExternE σε εθνικό επίπεδο για την κάθε χώρα έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα σύνολο δεδομένων
3. την μεταφορά του προγράμματος για την εφαρμογή της μεθοδολογίας ExternE σε επιδράσεις σχετικές με την ενέργεια από την μεταφορά.

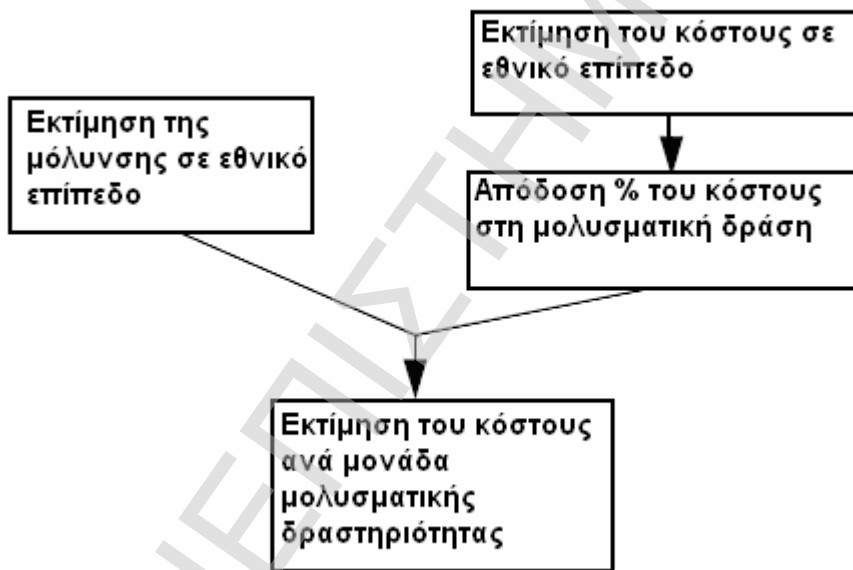
Κατά την 1^η φάση του προγράμματος, η προσοχή εστιάστηκε στον κύκλο του άνθρακα και τον πυρηνικό κύκλο, οι οποίοι θεωρούνται ότι προκαλούν τις σοβαρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εργασία συνεχίστηκε με μια 2η φάση του προγράμματος μέσα στα πλαίσια του προγράμματος JOULE II, όπου η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε όλους τους κύκλους καυσίμων. Το υπολογιστικό πρόγραμμα που σχεδιάστηκε για την παρουσίαση των δεδομένων και αποτελεσμάτων επιτρέπει την ανάλυση ευαισθησίας. Τον Ιανουάριο του 1996 ξεκίνησε η τρίτη φάση, με κύριους στόχους την εφαρμογή της μεθόδου σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών κύκλων ορυκτών, πυρηνικών και ανανεώσιμων καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή και την εξοικονόμηση ενέργειας, και μια σειρά Εθνικών Προγραμμάτων υλοποίησης για την εφαρμογή της μεθοδολογίας σε διάφορα σημεία αναφοράς μέσα στα όρια της Ευρώπης.

Στο πρόγραμμα εμπλέκονται περισσότερες από 30 ομάδες από ερευνητικά ιδρύματα και εταιρείες συμβούλων που προέρχονται από όλα σχεδόν τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μέχρι σήμερα έχουν ολοκληρωθεί τα υπολογιστικά πλαίσια για 12 κύκλους καυσίμων – άνθρακα, πυρηνική ενέργεια, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, λιγνίτη, τύρφη, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, φωτοβολταϊκή ενέργεια, βιομάζα και καύση αποβλήτων – και παρουσιάζονται σε μια σειρά κειμένων εργασίας [6, 9, 16].

3.3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το συνεχώς αναπτυσσόμενο σε παγκόσμιο επίπεδο ενδιαφέρον για το περιβάλλον οδήγησε σε διάφορες μελέτες στα τέλη του 1980 και τις αρχές του 1990 μέσω των οποίων έγινε εκτίμηση των εξωτερικότητων που συνδέονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τους κύκλους καυσίμων. Οι πιο διακεκριμένες είναι οι μελέτες των Hohmeyer (1988), Ottinger et al (Pace University, 1990) και Pearce et al (1992).

Ο Hohmeyer στη μελέτη του έκανε χρήση της "top-down" ανάλυσης η οποία χρησιμοποιεί συγκεντρωτικά στοιχεία, για παράδειγμα το εθνικό επίπεδο εκπομπών, για την εκτίμηση του κόστους ζημίας (damage cost) διαφόρων ρύπων. Η μεθοδολογία αυτή κυριάρχησε στις μελέτες που προηγήθηκαν του ExternE. Έχει σχετικά μικρές ανάγκες σε δεδομένα και μπορεί να δώσει λογικές εκτιμήσεις για το μέσο κόστος ζημιών. Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η χρήση συντελεστών τοξικότητας για τον προσδιορισμό εκπομπών δεδομένου ότι προέρχονται από κυβερνητικούς κανονισμούς που καθορίζουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μιας μονάδας και όχι από Συναρτήσεις Έκθεσης-Αντίδρασης (exposure-response Functions). Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει την "top-down" ανάλυση για την εκτίμηση της εξωτερικότητας. Η προσέγγιση αυτή δεν λαμβάνει υπόψη τις μεταβολές των επιπτώσεων που οφείλονται σε διαφορά τοποθεσίας και χρονικής στιγμής, ενώ αμελούνται οι επιδράσεις λόγω των αλλαγών στην πυκνότητα του πληθυσμού και των συγκεντρώσεων των ρυπαντών [16].



Σχήμα 3. 4: Γραφική απεικόνιση της 'top-down' ανάλυσης

Η ανάλυση 'bottom-up' – γνωστή και ως μέθοδος Ζημιογόνου Συνάρτησης (Damage Function Approach) ή Σειριακής Ανάλυσης Επιπτώσεων (Impact Pathway Analysis) – συνοδεύεται από το μοντέλο EcoSense, ένα ολοκληρωμένο λογισμικό εργαλείο(υπολογιστικό πακέτο) για την

εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος Externe και αποτελεί τον πυρήνα του. Η μέθοδος χρησιμοποιεί δεδομένα εκπομπών από συγκεκριμένες τεχνολογίες και τοποθεσίες τα οποία σε συνδυασμό με τα μοντέλα διασποράς και τις εκτενώς ελεγμένες Συναρτήσεις Δόσης – Αντίδρασης συμβάλλουν στην εκτίμηση των φυσικών επιπτώσεων των εκπομπών.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη και κόστη υπολογίζονται ακολουθώντας όλα τα στάδια από την πηγή των εκπομπών δια μέσου των ποιοτικών μεταβολών στον αέρα, το έδαφος και το νερό καταλήγοντας στις φυσικές επιπτώσεις, πριν εκφραστούν σε νομισματικούς όρους. Η συγκεκριμένη αναλυτική μεθοδολογία ξεπερνάει πολλές από τις αδυναμίες της μεθόδου της *Ζημιογόνου Συνάρτησης* και είναι η πιο άμεση και πιο σύμφωνη προσέγγιση σύμφωνα με την οικονομική θεωρία [16].

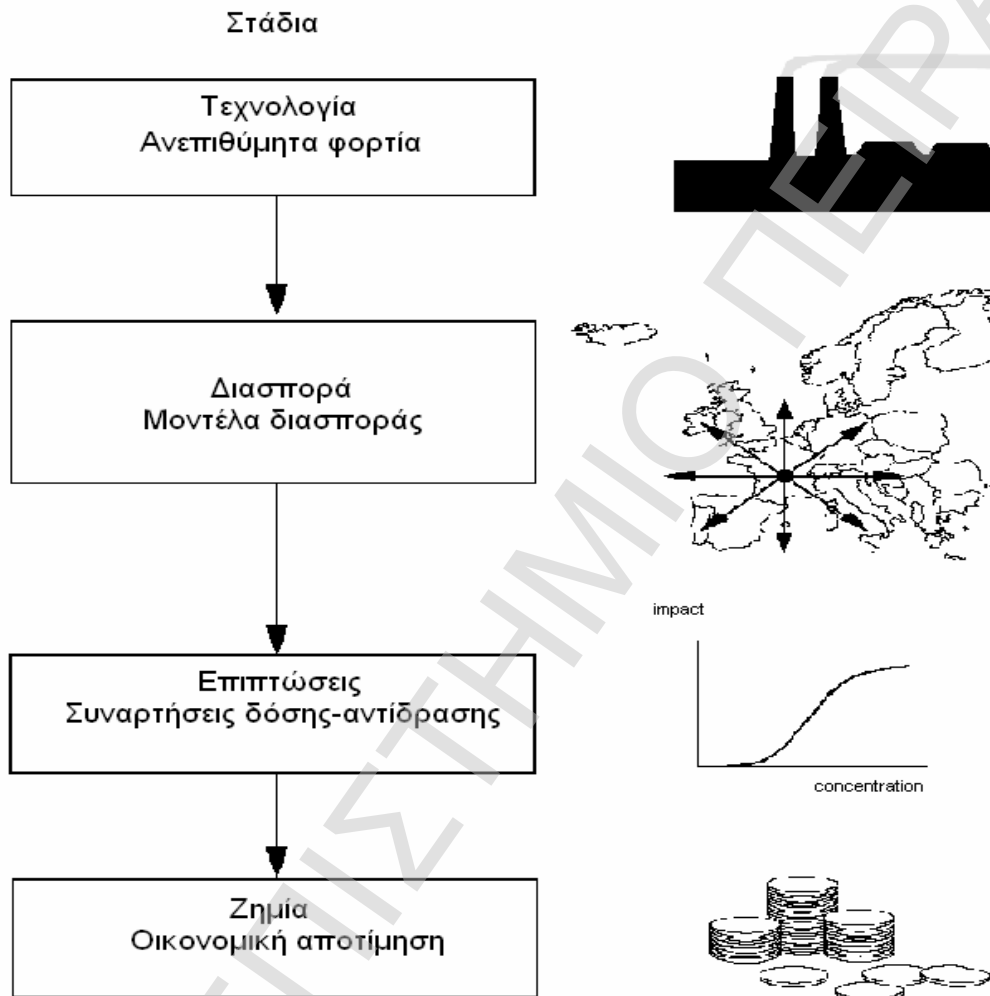
3.3.3. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΖΗΜΙΟΓΟΝΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ

Για κάθε υπολογισμό απαιτούνται δυο σενάρια εκπομπών (emission scenario), ένα σενάριο αναφοράς και ένα σενάριο μελέτης περίπτωσης (case scenario). Οι δεδομένες συγκεντρώσεις των ρύπων που παρατίθενται στο σενάριο αναφοράς αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τους ρύπους που διαθέτουν μη γραμμική χημική δομή ή μη γραμμικές Συναρτήσεις Δόσης-Αντίδρασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπολογίζονται μόνο οι επιπτώσεις σε τοπικό επίπεδο εφόσον οι αέριοι ρύποι μετατρέπονται μέσω χημικών αντιδράσεων και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο που έγινε η εκπομπή, προκαλώντας σημαντική ζημία [5].

Οι βασικές αρχές ανάπτυξης του προγράμματος ExternE είναι οι εξής [17]:

- η *διαφάνεια*, ο τρόπος εξαγωγής των αποτελεσμάτων είναι ακριβής και φανερός όπως επίσης και η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων και ο βαθμός που υπολογίζονται τα εξωτερικά κόστη
- η *συνέπεια* σε σχέση με τα όρια του συστήματος που εξετάζεται, ευνοώντας να γίνουν έγκυρες συγκρίσεις μεταξύ των διαφορετικών κύκλων καυσίμων και των επιπτώσεων
- η διεξαγωγή της ανάλυσης βασίζεται σε *οριακές τιμές* έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των σταδιακών επιδράσεων και των εξωτερικοτήτων

Τα βασικά βήματα της μεθοδολογίας (μέθοδος της ζημιογόνου συνάρτησης), περιγράφονται σχηματικά στο Σχήμα 3.4 και είναι τα εξής [9, 18]:



Σχήμα 3. 5: Η μέθοδος της Ζημιογόνου Συνάρτησης

- 1. Πηγή:** Πραγματοποιείται καθορισμός του περιβάλλοντος αναφοράς και της τεχνολογίας. Για τον καθορισμό της τεχνολογίας και του περιβάλλοντος αναφοράς πραγματοποιείται προσδιορισμός ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων και χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την υπό εξέταση τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής.

Η ανάλυση δεν περιορίζεται μόνο στο στάδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά επεκτείνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. [16, 17].

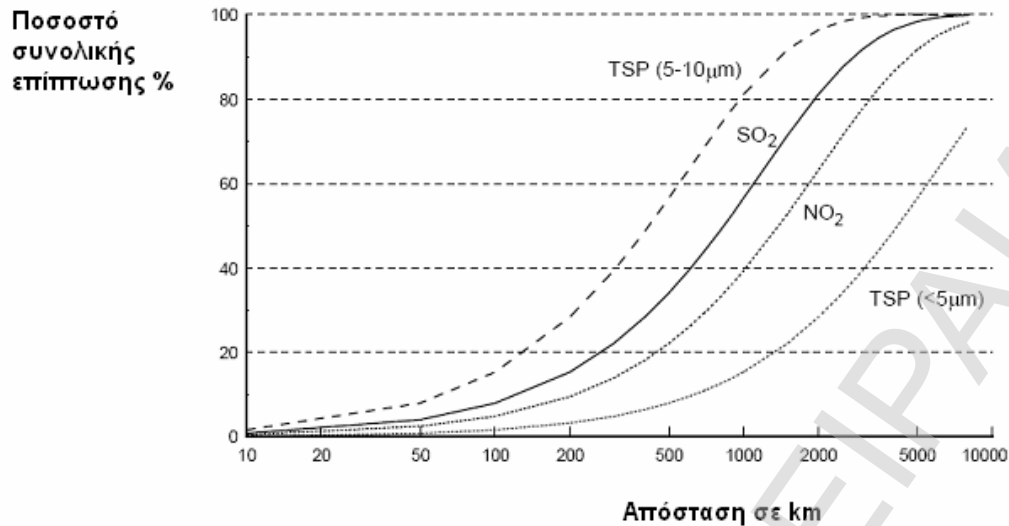
2. **Εκπομπή:** Αφορά τον καθορισμό των σχετικών τεχνολογιών και των εκπεμπόμενων φορτίων (π.χ. tons NO_x που εκπέμπονται ανά GWh που παράγεται). Για τον ποσοτικό προσδιορισμό φορτίων, η συλλογή των στοιχείων στο στάδιο παραγωγής είναι σχετικά εύκολη για τους αέριους ρύπους καθώς καταγράφονται αναλυτικά από τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δυσκολίες συλλογής είναι μεγαλύτερες για τα ιχνοστοιχεία, τα ραδιενεργά υλικά και για τα μη περιβαλλοντικά φορτία. Για τα συμβατικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής που αποτελούν τον κορμό του ελληνικού ενεργειακού συστήματος, τα σημαντικότερα φορτία αφορούν αέριους ρυπαντές όπως CO₂, SO₂, NO_x, CO, σωματίδια, οργανικές πτητικές ενώσεις, στερεά ή υγρά απόβλητα, παραγωγή θορύβου και θερμότητας καθώς και άλλες παραμέτρους όπως έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες ή σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, οπτική ενόχληση, κλπ. [16].
3. **Διασπορά:** Υπολογίζεται η αύξηση των συγκεντρώσεων ρύπων στις εκτεθειμένες περιοχές (π.χ. οριακή αύξηση O₃ σε μg/m³, χρησιμοποιώντας μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς και χημικές αντιδράσεις σχηματισμού O₃ από NO_x). Οι ρύποι μεταφέρονται με τον αέρα και διασπώνται από τις ατμοσφαιρικές αναταράξεις μέχρι να καταλήξουν στο έδαφος και το νερό μέσω της ξηρής εναπόθεσης (dry deposition) είτε της υγρής εναπόθεσης (wet deposition). Μετά την εκπομπή από την καμινάδα της μονάδας, μερικοί από τους βασικούς ρύπους μετέχουν σε χημικές αντιδράσεις σχηματίζοντας δευτερεύοντες ρύπους όπως θειικό οξύ και όζον. Έτσι, όσον αφορά το ExternE, η προσοχή επικεντρώνεται στην ατμοσφαιρική διασπορά, καθώς η διασπορά στο έδαφος είναι εξαιρετικά δύσκολο να μοντελοποιηθεί και δεν αναμένεται να οδηγήσει σε επιπτώσεις πρωτεύουσας σημασίας.

Οι μέθοδοι ατμοσφαιρικής διασποράς μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τα χημικά χαρακτηριστικά, τις χημικές και φυσικές διαδικασίες που παίρνουν μέρος :

- πρωτογενείς ρύποι που εκπέμπονται κατευθείαν από την καμινάδα και περιλαμβάνουν μόρια σωματιδίων και SO₂.

- δευτερογενείς μορφές θείου και αζώτου που έχουν σχηματιστεί από τις κύριες εκπομπές SO₂ και NO_x.
- φωτοχημικά οξειδωτικά μέσα, όπως το όζον, που έχουν σχηματιστεί μέσω χημικών αντιδράσεων μεταξύ H/C και NO_x που έχουν πραγματοποιηθεί στην ατμόσφαιρα παρουσία φωτός.

Καθεμία από τις παραπάνω κατηγορίες απαιτεί διαφορετικό μοντέλο διασποράς. Για παράδειγμα με το μοντέλο ατμοσφαιρικής διασποράς της δέσμης Gauss, οι συγκεντρώσεις των ρύπων της πρώτης κατηγορίας περιγράφονται από το αποτέλεσμα δύο κατανομών Gauss, μία για κάθετη διάδοση και μία για οριζόντια. Η χρήση του μοντέλου περιορίζεται σε αποστάσεις μικρής κλίμακας, μέχρι 100 km από την πηγή. Ένα σημαντικό θέμα που τίθεται είναι το βέλτιστο μέγεθος της γεωγραφικής περιοχής που θα εξετασθεί, ώστε να συμπεριληφθούν οι περισσότερες από τις επιπτώσεις. Έτσι η ανάλυση πρέπει να επεκταθεί σε απόσταση 1000 km ή περισσότερο για να αιχμαλωτιστεί το 80 με 90% των επιπτώσεων που των σωματιδίων, του SO₂ και NO_x. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται πώς αυξάνεται το ποσοστό επί των συνολικών επιπτώσεων των ρύπων SO₂, NO_x και των σωματιδίων με διάμετρο 5-10 μm και μικρότερη από 5 μm. Παρατηρούμε πως σε μικρές αποστάσεις από την πηγή εκπομπής (50-100 km) εμφανίζεται μόλις το 10% των συνολικών επιπτώσεων. Για εκτιμήσεις περιφερειακής κλίμακας, αποστάσεις πάνω από 1000 km όπου οι χημικές αντιδράσεις δεν μπορούν να αμεληθούν, οι περισσότεροι αναλυτές προτιμούν μοντέλα του πλέγματος του Euler ή τροχιάς του Lagrange όπως το μοντέλο τροχιάς Harwell το οποίο χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα και στο ExternE. Τα αποτελέσματα των μοντέλων τροχιάς περιλαμβάνουν ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις και εναποθέσεις των εκπεμπόμενων ουσιών και των δευτερογενών ρύπων που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα [16].



Σχήμα 3. 6: Εξέλιξη του ποσοστού επί της συνολικής επίπτωσης αερίων ρύπων σε σχέση με την απόσταση από την πηγή εκπομπής.

Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στο ExternE για να υπολογιστεί η διασπορά είναι [9, 14] :

- Ø Το Γκαουσιανό μοντέλο για εκτιμήσεις τοπικής κλίμακας και χημικά αδρανείς ρύπους, όπως σωματίδια.
- Ø Το Harwell Trajectory Model (HTM) για μελέτη της μεταφοράς και χημικής συμπεριφοράς εκπομπών θείου και αζώτου πάνω από την Μεγάλη Βρετανία.
- Ø Το Windrose Trajectory Model (WTM) για μελέτη της μεταφοράς και χημικής συμπεριφοράς εκπομπών θείου και αζώτου πάνω από την Ευρώπη.
- Ø Το μοντέλο μεταφοράς του European Monitoring and Evaluation Program (EMEP) για τις όξινες αποθέσεις, σε ευρωπαϊκή κλίμακα.
- Ø Το μοντέλο KAMM-RAIS για εκτίμηση των επιπτώσεων των εκπομπών στα επίπεδα του όζοντος σε κλίμακα 150 km.
- Ø Το μοντέλο STUGE για υπολογισμό της μέσης παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας εξαιτίας των αερίων του θερμοκηπίου.

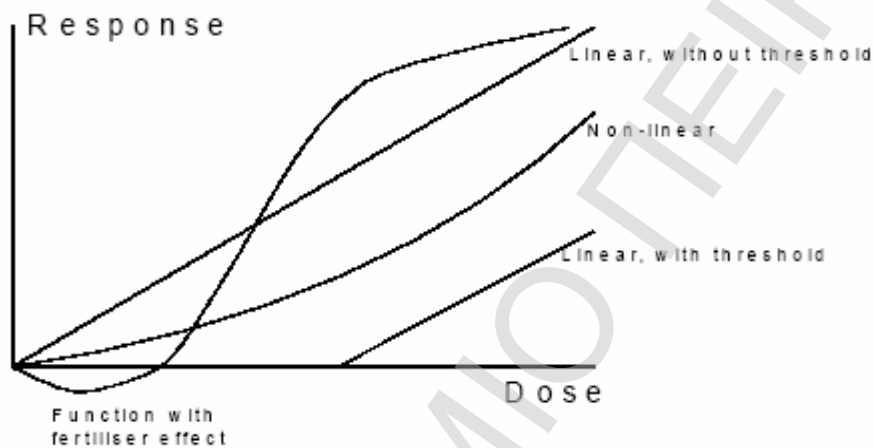
4. Επίπτωση: Γίνεται χαρακτηρισμός του πληθυσμού ή του αποδέκτη που εκτίθεται σε οριακή αύξηση της ρύπανσης, προσδιορισμός της κατάλληλης συνάρτησης δόσης-

αντίδρασης και τελικά εκτίμηση σε φυσικούς όρους της ζημιάς ή του οφέλους που υφίσταται ο αποδέκτης από τα ανεπιθύμητα ή ωφέλιμα φορτία. (π.χ. ο αριθμός περιπτώσεων εμφάνισης άσθματος εξαιτίας της αύξησης του O_3). Σε όλες τις αναλύσεις που διεξάγονται για την εκτίμηση των επιπτώσεων των ρύπων διαφόρων κύκλων καυσίμων είναι αναγκαία η μοντελοποίηση της διασποράς των ρύπων και η χρήση των συναρτήσεων δόσης-αντίδρασης. Ένα σημαντικό θέμα που τίθεται είναι η υπόθεση της μεταβίβασης τους από ένα περιβάλλον σε ένα άλλο. Για παράδειγμα, πολλές συναρτήσεις που αφορούν επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία προέρχονται από μελέτες που έχουν διεξαχθεί στην Αμερική με αποτέλεσμα να προκύπτει το ερώτημα αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την Ευρώπη. Μπορεί να υποτεθεί ότι θα υπάρξει μια απόκλιση λόγω του μεγάλου ποσοστού πληθυσμού που έχει προσβληθεί και της ακριβούς σύνθεσης του μείγματος των εκπεμπόμενων ρύπων κλπ. Η συνάρτηση δόσης-αντίδρασης είναι της μορφής:

$$Y=f(X)$$

και συσχετίζει τη μεταβολή Y που συμβαίνει σε έναν αποδέκτη με τη συγκέντρωση X ενός ρύπου που θεωρείται υπεύθυνος για τη μεταβολή αυτή. Για τις επιπτώσεις όπως οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην ανθρώπινη υγεία και τα δάση, είναι απαραίτητη η συλλογή δεδομένων από το αντίστοιχο πεδίο και όχι από έρευνα υπό συνθήκες ελεγχόμενης έκθεσης. Ένα από τα βασικά προβλήματα με την χρήση δεδομένων από πειραματικές έρευνες είναι ότι συχνά χρησιμοποιούνται πολύ μεγάλες δόσεις έτσι ώστε να προκύψουν αισθητές αντιδράσεις. Η εξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιώντας χαμηλότερα και πιο ρεαλιστικά επίπεδα παρουσιάζει πολλές σημαντικές αβεβαιότητες. Η απλούστερη λύση είναι μια γραμμική σχέση. Μια άλλη πιθανότητα είναι μια γραμμική σχέση με *κατώφλι αδιαφορίας* (threshold), δηλαδή ένα όριο κάτω από το οποίο υπάρχει μηδενική επίδραση. Τέτοια οριακά σημεία προκύπτουν όταν ένας οργανισμός έχει μηχανισμούς φυσικής επιδιόρθωσης που είναι σε θέση να προλαμβάνουν ή να αντιμετωπίζουν τις ζημιές μέχρι ενός ορίου. Σε περίπτωση που υπάρχει όριο η ανάλυση πρέπει να περιοριστεί στις γεωγραφικές περιοχές που έχουν συγκεντρώσεις πάνω από ένα όριο. Αν δεν υπάρχει όριο η ανάλυση πρέπει να επεκταθεί ενώ οι επιπτώσεις που θα προκύψουν θα είναι πολύ μεγαλύτερες.

Η πιθανότητα του 'fertilizer effect' αναφέρεται σε μικρές δόσεις. Στη συνάρτηση δόσης-αντίδρασης του NO_x αλλά και SO_2 για τις καλλιέργειες παρατηρήθηκε ότι αυτοί οι ρύποι σε μικρές δόσεις αυξάνουν την αποδοτικότητα. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται γραφικά πιθανές συμπεριφορές συναρτήσεων δόσης-αντίδρασης, σε μικρές δόσεις.



Σχήμα 3. 7: Μορφές συναρτήσεων δόσης-αντίδρασης.

Από το παραπάνω σχήμα (Σχήμα), παρατηρούμε ότι σε πολύ μεγάλες δόσεις ρύπων μπορεί να επέλθει κορεσμός ζημιών, οδηγώντας σε μια σιγμοειδή καμπύλη για τη συνάρτηση δόσης-αντίδρασης, όπως για παράδειγμα οι επιπτώσεις του όζοντος στις καλλιέργειες. Η μορφή κάθε συνάρτησης εξαρτάται από την περίπτωση στην οποία αναφέρεται και έτσι δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες που να μπορούν να εφαρμοστούν [16,17].

5. **Κόστος:** Πρόκειται για οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων (για παράδειγμα πολλαπλασιασμός με το κόστος ενός περιστατικού άσθματος δίνει το κόστος ζημίας). Το τελευταίο στάδιο της οικονομικής εκτίμησης είναι ο προσδιορισμός του κλάσματος των υπολογισθέντων ζημιών που δεν έχουν ήδη εσωτερικοποιηθεί (π.χ. από κυβερνητικούς κανονισμούς). Το αποτέλεσμα είναι το **εξωτερικό κόστος**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

4.1. ΜΟΝΤΕΛΟ ECOSENSE

4.1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά τη διαπίστωση της μεγάλης σπουδαιότητας της διασυνοριακής μεταφοράς των αέριων ρύπων σε μεγάλη κλίμακα, διαφάνηκε η ανάγκη για μία βάση δεδομένων που θα καλύπτει όλη την Ευρώπη και θα μπορεί να υποστηρίξει την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης.

Η υλοποίηση του λογισμικού συστήματος EcoSense, βασίστηκε στη μεθοδολογική προσέγγιση που αναπτύχθηκε κυρίως από το ερευνητικό πρόγραμμα ExternE (External Cost Energy) αλλά και τα GARP|| και GREENSENSE που χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το EcoSense είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σύστημα για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, που αναπτύχθηκε για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων και επακόλουθων από τα εξωτερικά κόστη λόγω των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στα πλαίσια της προώθησης της έρευνας και των δυνατοτήτων του μοντέλου, αυτό χρησιμοποιήθηκε και για περιπτώσεις άλλων βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Το μοντέλο EcoSense αναπτύχθηκε έχοντας τους εξής στόχους:

- Να παρέχει ένα βοηθητικό εργαλείο για τον τυποποιημένο υπολογισμό των εξωτερικών οικονομικών που συνδέονται με τους κύκλους καυσίμου,
- Να παρέχει ένα πλήρες σύνολο σχετικών δεδομένων για το σύνολο της Ευρώπης,
- Να διευκολύνει την παρουσίαση ενδιάμεσων και τελικών αποτελεσμάτων με διαφάνεια,
- Να παρέχει τη δυνατότητα εύκολης τροποποίησης των υποθέσεων, όταν πρόκειται για ανάλυση ευαισθησίας.

Το EcoSense δημιουργήθηκε, επομένως, για να υποστηρίξει την αποτίμηση των κύριων επιβαρύνσεων που προκύπτουν από την έκθεση σε αέριους ρύπους και συγκεκριμένα να αποτιμήσει τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τις καλλιέργειες, τα υλικά, τα δάση και τα

οικοσυστήματα. Ωστόσο, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι μία από τις κυριότερες επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης, η επιβάρυνση αυτή δεν καλύπτεται από το μοντέλο, δεδομένης της ιδιαιτερότητας των μηχανισμών και του παγκόσμιου χαρακτήρα της. Επίσης, δε συμπεριλαμβάνονται επιπτώσεις πρωτεύουσας σημασίας, όπως εργατικά ατυχήματα, καθώς η ποσοτικοποίηση τους βασίζεται σε στατιστικές εκτιμήσεις. Η 2^η έκδοση του EcoSense, την οποία και χρησιμοποιήσαμε, καλύπτει 13 ρύπους, συμπεριλαμβανομένων κλασσικών ρύπων, όπως SO₂, NO_x, CO, σωματίδια, καθώς και τα πιο σημαντικά βαρέα μέταλλα και υδρογονάνθρακες.

Καθώς η αποτίμηση των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον είναι ένας τομέας που ενέχει μεγάλες αβεβαιότητες και η κατανόηση των φυσικών, χημικών και βιολογικών μηχανισμών, με τους οποίους συνδέεται, αυξάνεται μέρα με την ημέρα, μία σημαντική απαίτηση κατά την ανάπτυξη του EcoSense ήταν αυτό να επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση στο σύστημα νέων επιστημονικών ευρημάτων. Ως αποτέλεσμα όλη η συναρτησιακή υποδομή του μοντέλου είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να χαρακτηρίζεται περισσότερο ως ένα ερευνητικό μοντέλο παρά ως ένα απλό μοντέλο. Χαρακτηριστικά, όπως χημικές ενώσεις, συναρτήσεις δόσης-αντίδρασης ή χρηματικές τιμές, αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και μπορούν να τροποποιηθούν από το χρήστη [19].

4.1.2. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ECOSENSE

Οι κύριες υπομονάδες του συστήματος EcoSense 4.0, που χρησιμοποιήθηκε, είναι:

- 1 Μια βάση δεδομένων του συστήματος που αποτελείται από διάφορες άλλες υπομονάδες.
- 2 Μοντέλα αέριας μεταφοράς:
 - Το Industrial Source Complex Model (ISC) είναι ένα Γκαουσιανό μοντέλο που αναπτύχθηκε από τον US-EPA. Χρησιμοποιείται για μεταφορά σε τοπική κλίμακα (100km x 100km γύρω από την περιοχή των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας) αερίων ρύπων (SO₂, NO_x, σωματίδια)
 - Το Windrose Trajectory Model (WTM) είναι τροποποιήσιμο από το χρήστη μοντέλο τροχιάς βασισμένο στην προσέγγιση του Harwell Trajectory Model που αναπτύχθηκε στο Harwell Laboratory, UK. Για τις εφαρμογές τρέχουσας

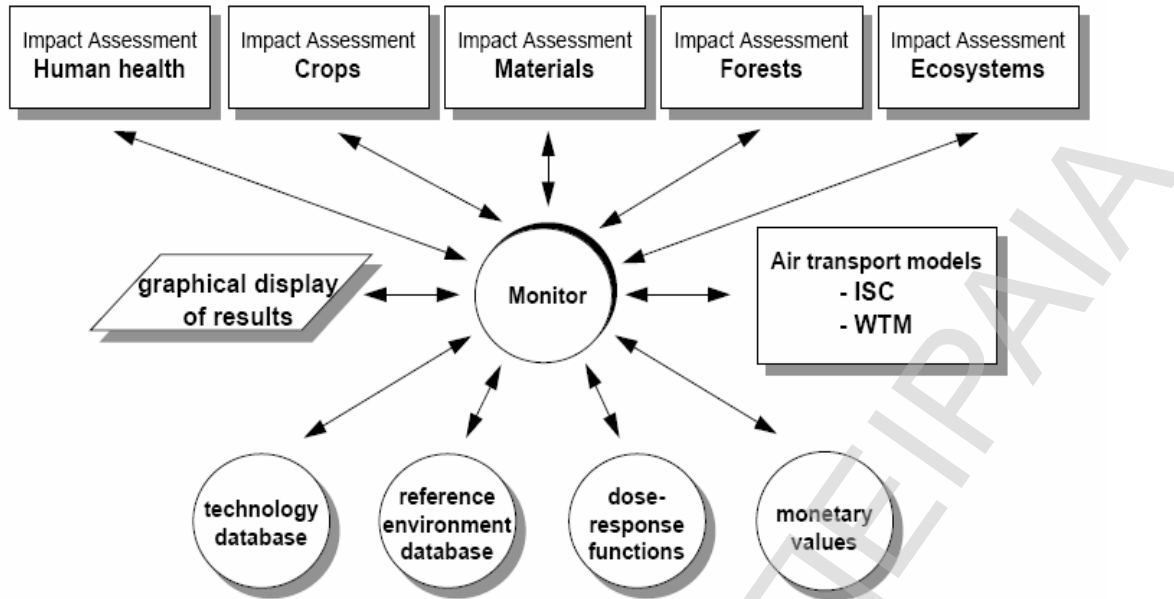
χρήσης, το WTM διαμορφώνεται ώστε να προσομοιάζει στην ατμοσφαιρική χημεία του Harwell Trajectory Model. Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της όξινης συγκέντρωσης και εναπόθεσης σε ευρωπαϊκή κλίμακα.

- Το Source-ReceptorOzone Model (SROM) το οποίο είναι ένα μοντέλο περιφερειακής κλίμακας που βασίζεται στη σχέση πηγής-δέκτη και των χωρών του πλέγματος και αναλύεται μέσα από έναν μεγάλο αριθμό 'τρεξιμάτων' του μοντέλου Eulerian (EMEP).

Οι επιπτώσεις που συνδέονται με δευτερογενείς ρύπους (π.χ. θειικά ή νιτρικά αερολύματα, όξινα απόθεση, όζον) αναλύονται μόνο σε περιφερειακή κλίμακα καθώς το Γκαουσιανό μοντέλο τοπικής κλίμακας δεν περιλαμβάνει μηχανισμούς χημικών αντιδράσεων. Οι πρωτογενείς ρύποι εξετάζονται από τα μοντέλα τοπικής κλίμακας [19, 20].

- 3 Υπομονάδες αποτίμησης επιπτώσεων
- 4 Εργαλεία για την αξιολόγηση και παρουσίαση αποτελεσμάτων.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η βασική δομή του λογισμικού [20]



Σχήμα 4. 1: Σχηματική αναπαράσταση της δομής του μοντέλου EcoSense.

4.1.3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ECOSENSE

Στο μοντέλο EcoSense απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων προκειμένου να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιεί είναι:

1. Τεχνολογική βάση αναφοράς

Αυτή η βάση δεδομένων, (*Reference Technology Database*), περιλαμβάνει ένα μικρό σύνολο δεδομένων που περιγράφουν την πηγή εκπομπών (εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας) και συνδέονται με ατμοσφαιρικά μοντέλα, περιλαμβανομένων π.χ. συντελεστών εκπομπών, γεωμετρίας καπνοδόχων και γεωγραφικών συντεταγμένων της περιοχής [19]. Πρόκειται ουσιαστικά, για τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης και χαρακτηρίζουν την εγκατάσταση που τον ενδιαφέρει. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4. 1: Τεχνολογική βάση αναφοράς του μοντέλου EcoSense.

Χαρακτηριστικά	Μονάδες
Δυναμικότητα μονάδας	MW
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	MW
Ωρες ετήσιας λειτουργίας	h
Εκπομπές SO ₂	mg/Nm ³
Εκπομπές NO _x	mg/Nm ³
Εκπομπές PM10	mg/Nm ³
Παροχή καυσαερίων	Nm ³ /h
Θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων	° K
Ύψος καπνοδόχου	m
Διάμετρος καπνοδόχου	m
Ανεμομετρικό ύψος	m
Γεωγραφικό πλάτος	degree (°)
Γεωγραφικό μήκος	degree (°)
Υψομετρική απόσταση	m

2. Γεωγραφική βάση αναφοράς

Η γεωγραφική βάση αναφοράς, (*Reference Environment Database*), παρέχει δεδομένα για την κατανομή των πληθυσμών, μετεωρολογία (ταχύτητα του ανέμου, κατεύθυνση του ανέμου, ατμοσφαιρική καθίζηση) και έναν κατάλογο απογεγραμμένων εκπομπών σε ευρωπαϊκή κλίμακα. Όλες οι γεωγραφικές πληροφορίες έχουν οργανωθεί σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων EUROGRID, που ορίζει ισοδύναμη περιοχή σχεδίασης κελιών της τάξης των 10000 km² και 100 km², καλύπτοντας τόσο τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και τα ευρωπαϊκά κράτη μη μέλη.

Τα δεδομένα κατανομής πληθυσμού και γεωργικής παραγωγής προέρχονται από τη βάση δεδομένων EUROSTAT REGIO και σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν ανανεωθεί σύμφωνα με εθνικές στατιστικές.

Ποσοτικά στοιχεία για τα δομικά υλικά υπάρχουν σε όρους εκτιθέμενης επιφάνειας από εκτιμήσεις αντιπροσωπευτικών κτιρίων. Μελέτες των υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια ορισμένων ευρωπαϊκών πόλεων έχουν χρησιμοποιηθεί για να ληφθεί υπόψη η χρήση διαφορετικών δομικών υλικών στην Ευρώπη.

Χάρτες κρίσιμων φορτίων απόθεσης αζώτου είναι διαθέσιμοι για εννέα τάξεις διαφορετικών οικοσυστημάτων, από τους μεσογειακούς θάμνους μέχρι τα βοσκοτόπια των Άλπεων και την τούνδρα. Για την υλοποίηση της πρόσβασης σε δεδομένα αποδεκτών των εκπομπών, όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται σύμφωνα με τις διοικητικές μονάδες (π.χ. χώρα, πολιτεία) ακολουθώντας την ταξινόμηση του EUROSTAT NUTS. Το σύστημα δηλαδή μεταφέρει αυτομάτως τα δεδομένα ανάμεσα στο σύστημα και τις αντίστοιχες διοικητικές μονάδες. Πέρα από τα δεδομένα των αποδεκτών, η γεωγραφική βάση αναφοράς παρέχει υψομετρικά δεδομένα για το σύνολο της Ευρώπης και μετεωρολογικά δεδομένα και έναν ευρύ κατάλογο ευρωπαϊκών εκπομπών SO₂, NO_x και NH₃ από το EMEP 1990, που έχει μεταφερθεί στη διάταξη EUROGRID [16, 19].

3. Συναρτήσεις Δόσης-Αντίδρασης

Χρησιμοποιώντας μια επιφάνεια αλληλεπίδρασης, ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να ορίσει οποιοδήποτε μοντέλο δόσης-αντίδρασης με μια μαθηματική έκφραση, η οποία αποθηκεύεται στην βάση δεδομένων και ανακαλείται κατά την αποτίμηση των επιπτώσεων. Όλες οι συναρτήσεις, (*Exposure-Response Functions*), που έχουν συνταχθεί από ειδικούς διαφόρων ειδικοτήτων του ExternE Maintenance Project είναι αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων [19].

4. Χρηματικές Αξίες

Οι νομισματικές αξίες, (*Monetary Values*), μπορούν να προσδιοριστούν μόνο για τις κατηγορίες των επιπτώσεων των οποίων οι συναρτήσεις δόσης αντίδρασης έχουν οριστεί. Σε μερικές περιπτώσεις δίδονται εναλλακτικές τιμές για να μπορεί ο χρήστης να πραγματοποιήσει ανάλυση ευαισθησίας [19].

5. Αποτίμηση Επιπτώσεων

Τα μοντέλα αποτίμησης επιπτώσεων μπορούν να υποστηρίξουν μια ανάλυση βήμα προς βήμα καθώς επίσης και μια περισσότερο αυτοματοποιημένη ανάλυση περιλαμβάνοντας ένα σύνολο κατηγοριών επιπτώσεων. Τα μοντέλα υπολογίζουν τις φυσικές επιπτώσεις και –όσο αυτό είναι δυνατό– του περιβαλλοντικού κόστους που προκύπτει, εφαρμόζοντας τις συναρτήσεις της δόσης - αντίδρασης που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη σε κάθε κομμάτι της προς ανάλυση περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες κατανομής πληθυσμών και επιπέδων συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων που παρέχονται από τη γεωγραφική βάση αναφοράς [19].

6. Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων

Οι μορφές μέσω των οποίων μπορούν να παρουσιαστούν τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα στα διάφορα σημεία της Σειριακής Ανάλυσης Επιπτώσεων, είναι η αριθμητική και η γραφική μορφή. Οι γεωγραφικές πληροφορίες, όπως η κατανομή πληθυσμού ή οι συγκεντρώσεις των ρύπων μπορούν να παρουσιαστούν σε χάρτες. Το EcoSense παράγει μια μορφοποιημένη έκθεση με λεπτομερή αναφορά των τελικών αποτελεσμάτων που μπορεί να εισαχθεί σε πρόγραμμα λογιστικού φύλλου.

4.2. ΜΟΝΤΕΛΟ RISK POLL

4.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μοντέλο Risk Poll (ver 1.051, Αύγουστος 2004) αποτελείται από μία ακολουθία διαφόρων προγραμμάτων για την αποτίμηση επιπτώσεων, σχεδιασμένα να αποτιμούν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον από τις εκπομπές 'κλασσικών' ρύπων, SO₂, NO_x, CO, PM₁₀, και των τοξικών μετάλλων (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) στην ατμόσφαιρα. Η ανάλυση είναι σταθερής κατάστασης. Ο σκοπός του προγράμματος είναι να αποκτηθεί μία ακριβής και όσο το δυνατόν πιο απλοποιημένη διαδικασία προσέγγισης των επιπτώσεων. Οι συνολικές επιπτώσεις λαμβάνονται ως άθροισμα των επιπτώσεων σε τοπικό και περιφερειακό εύρος.

Στο RiskPoll η περιοχή ανάλυσης ορίζεται ως το μέγεθος της περιοχής που εκτιμάται ότι θα εμφανιστεί το 95% των αναμενόμενων επιπτώσεων. Η ακτίνα των επιπτώσεων είναι συνήθως από 500 έως 1000 km από την πηγή εκπομπής [21]. Θα μπορούσε να αναρωτηθεί κανείς πόσο μακριά από την πηγή θα πρέπει να γίνουν οι υπολογισμοί, έτσι ώστε να συμπεριλάβουμε το 95% των συνολικών επιπτώσεων. Στην πραγματικότητα οι ρύποι διασκορπίζονται και μακρύτερα των 1000 km από την πηγή, όμως πέρα από αυτήν την απόσταση η συνεισφορά στις συνολικές επιπτώσεις των δεκτών των πρωτογενών εκπεμπόμενων ρύπων θεωρείται αμελητέα. Για τους δευτερογενείς ρύπους (σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μέσω χημικών μετασχηματισμών των πρωτογενών) η ακτίνα επίδρασης είναι από 1000-1200 km.

Δεδομένα συγκεντρώσεων σε τοπική κλίμακα δίνονται για ενδεικτικούς λόγους. Πολύπλοκες συνθήκες γεωγραφικών περιοχών και τοπικές αποθέσεις ρύπων δε χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στη συγκεκριμένη έκδοση του λογισμικού, αλλά η διευθέτηση των αποτελεσμάτων αναφέρεται και μπορεί να υλοποιηθεί εκτός του λογισμικού. Διαδικασίες για καλύτερη εκτίμηση των τοπικών συγκεντρώσεων θα υπάρξουν σε μελλοντικές εκδόσεις του λογισμικού. [21]

4.2.2. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ RISK POLL

Οι δέκτες των επιπτώσεων περιλαμβάνουν την ανθρώπινη υγεία, τις γεωργικές καλλιέργειες και τα δομικά υλικά. Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία από τους κλασσικούς ρύπους, χρησιμοποιείται η εντολή 'classical', από τους τοξικούς ρύπους η εντολή 'toxic' ενώ για τον υπολογισμό των επιπτώσεων στις καλλιέργειες και τα υλικά η εντολή

'agrimat'. Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση της εντολής 'classical' και υπολογίστηκαν οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τους: SO₂, NO_x, CO, PM₁₀.

Η εντολή 'classical' διαθέτει τρία μοντέλα υπολογισμού των επιπτώσεων: το QUERI, το RUWM, Robust Unoform World Model, και το URBAN.

- RUWM, Robust Unoform World Model

Πρόκειται για εκτίμηση πρωτογενών ρύπων. Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

1. Σταθερό ποσοστό εκπομπής
2. Ομοιόμορφες τοπικές και περιφερειακές κατανομές πληθυσμών
3. Σταθερή ταχύτητα μείωσης
4. Γραμμικές συναρτήσεις συγκέντρωσης- απόκρισης
5. Επίπεδη έκταση
6. Αμελητέο ποσοστό απόθεσης σε τοπική κλίμακα
7. Ομοιόμορφη κατανομή ανέμων
8. Μετεωρολογικές στατιστικές τοπικής κλίμακας.

Εδώ οι τοπικές και περιφερειακές περιοχές αντιμετωπίζονται χωριστά ενώ οι παράμετροι της καπνοδόχου και οι μετεωρολογικές στατιστικές τοπικής κλίμακας ενσωματώνονται στην μοντέλου URBAN (βλ. παρακάτω) μοναδική εξαίρεση ότι η κατανομή των δεκτών είναι ομοιόμορφη γύρω από την πηγή. Η μεταφορά ρύπων για τις αστικές και αγροτικές περιοχές διαμορφώνονται χρησιμοποιώντας ένα απλοποιημένο Γκαουσιανό μοντέλο. Οι επιπτώσεις σε περιφερειακή κλίμακα βασίζονται στην ανάλυση SUWM [21].

Οι δαπάνες του SUWM υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\text{SUWM Damage Cost} = (\text{Emission} * \text{Receptor} * \text{CRF} / \text{Depletion Velocity}) * \text{Unit Cost}$$

Όπου:

Receptor είναι η πυκνότητα πληθυσμού υποθέτοντας μια συνολική επιφάνεια οριοθετημένη από ένα κύκλο ακτίνας 500-1000 km από το κέντρο της πηγής εκπομπής.

Depletion Velocity είναι η ταχύτητα μείωσης.

CRF είναι οι συναρτήσεις συγκέντρωσης- απόκρισης και αποτελούν καθορισμένες συναρτήσεις από επιδημιολογικές μελέτες και πρέπει να εισαχθούν ως δεδομένα.

Τα *Unit Costs* χρησιμοποιούνται για τη νομισματική επεξεργασία.

- QUERI

Περιλαμβάνει εκτίμηση πρωτογενών ρύπων. Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

1. Σταθερό ποσοστό εκπομπής
2. Ομοιόμορφες περιφερειακές κατανομές πληθυσμών
3. Σταθερή ταχύτητα μείωσης
4. Γραμμικές συναρτήσεις συγκέντρωσης- απόκρισης, χωρίς κατώτατα όρια.
5. Επίπεδη έκταση
6. Αμελητέο ποσοστό απόθεσης σε τοπική κλίμακα

Αξιολόγηση του κόστους ζημίας: Οι 'basic', 'intermediate' εκτιμήσεις είναι ημιεμπειρικές λύσεις. Έχουμε τη σχέση:

$$\text{QUERI Damage Cost} = \text{SUWM Damage Cost} * C_f$$

Ο παράγοντας κλιμάκωσης C_f εξαρτάται από την περιγραφή του χαρακτήρα της περιοχής (αγροτική ή αστική), την αναλογία τοπικής-περιφερειακής πυκνότητας πληθυσμού και τις παραμέτρους της πηγής (ύψος καπνοδόχου κτλ).

Τα ελάχιστα δεδομένα για την basic εκτίμηση περιλαμβάνουν το χαρακτηρισμό της περιοχής και την περιφερειακή πυκνότητα πληθυσμού. Η intermediate αξιολόγηση απαιτεί την εισαγωγή της πυκνότητας του πληθυσμού σε τοπική κλίμακα και το ύψος της

καπνοδόχου της πηγής. Οι χαρακτηρισμοί των περιοχών από 0 έως 6 ανάλογα με τον πληθυσμό δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4. 2: Χαρακτηρισμοί περιοχών από 0 έως 6 ανάλογα με τον πληθυσμό [21].

Κωδικός περιοχής	Ορισμός
0	Αγροτική περιοχή
1	Αστική περιοχή (κοντά σε μικρή πόλη)
2	Αστική περιοχή (κοντά σε μεσαία πόλη)
3	Αστική περιοχή (κοντά σε μεγάλη πόλη)
4	Περιοχή που βρίσκεται μεταξύ 15 και 25 km από το κέντρο μεγάλης πόλης
5	Περιοχή που βρίσκεται μεταξύ 25 και 40 km από το κέντρο μεγάλης πόλης
6	Περιοχή που βρίσκεται μακρύτερα από 40 km από το κέντρο μεγάλης πόλης

Η περιβαλλοντική ρύπανση σε τοπική κλίμακα διαμορφώνεται από μια Γκαουσιανή καμπύλη χρησιμοποιώντας τα ωριαία καιρικά στοιχεία για ένα ολόκληρο έτος. Τα μετεωρολογικά δεδομένα περιλαμβάνουν την ταχύτητα του αέρα και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι επιπτώσεις σε τοπική κλίμακα καθορίζονται χρησιμοποιώντας κατανομή πληθυσμού 5X5 km, ενώ οι περιφερειακές επιπτώσεις υπολογίζονται με το μοντέλο SUWM.

Η εξίσωση δαπανών ζημίας για τον best αλγόριθμο είναι:

$$\text{QUERI Damage Cost (best)} = \sum_j \Delta C_j * \text{Receptor} * \text{CRF} * \text{Unit Cost} + \text{Regional Cost}$$

$$\text{Regional Cost} = \text{SUWM Damage Cost} * \exp(-t/\tau)$$

$$1 < j < 400$$

Το ΔC_j είναι η διαφορά συγκέντρωσης επάνω από το υπάρχον υπόβαθρο στη θέση j (j : αριθμός κελιών που υποδιαιρείται η τοπική περιοχή), ενώ ο Receptor_j είναι ο αριθμός των ανθρώπων στη θέση j .

- URBAN

Περιλαμβάνει εκτίμηση πρωτογενών ρύπων. Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

1. Αστική εκπομπή με σταθερό ποσοστό εκπομπής (κωδικός περιοχής 1,2,3)
2. 5*5 κατανομή τοπικού πληθυσμού
3. Ομοιόμορφες περιφερειακές κατανομές πληθυσμών
4. Σταθερή ταχύτητα μείωσης
5. Γραμμικές συναρτήσεις συγκέντρωσης- απόκρισης, χωρίς κατώτατα όρια.
6. Επίπεδη έκταση
7. Αμελητέο ποσοστό απόθεσης σε τοπική κλίμακα
8. Ομοιόμορφη κατανομή ανέμων
9. Μετεωρολογικές στατιστικές τοπικής κλίμακας

Αξιολόγηση του κόστους ζημίας: Χρησιμοποιείται ένα απλοποιημένο Γκαουσιανό μοντέλο μεταφοράς, για να υπολογίσει τις τοπικές συγκεντρώσεις μιας αστικής πηγής. Το μοντέλο URBAN χρησιμοποιεί μέσες μετεωρολογικές τιμές και προϋποθέτει μια σταθερή

συχνότητα κατεύθυνσης αέρα. Οι επιπτώσεις σε τοπική κλίμακα καθορίζονται χρησιμοποιώντας κατανομή πληθυσμού 5X5 km, ενώ οι περιφερειακές επιπτώσεις υπολογίζονται με το μοντέλο SUWM.

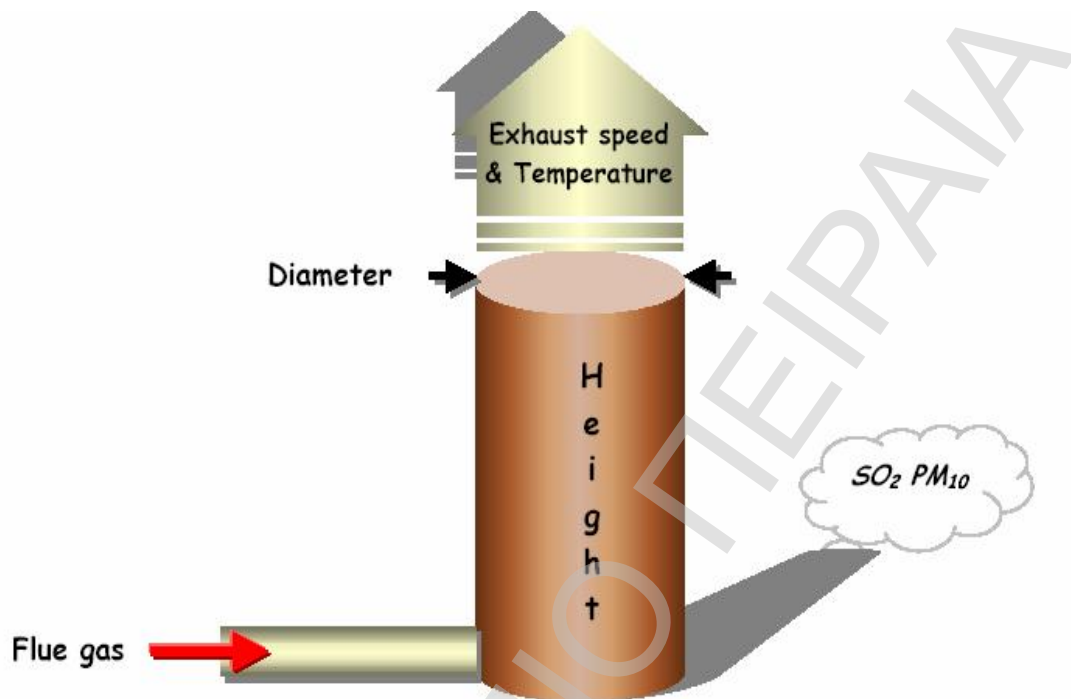
4.2.3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ RISKPOLL

Στο μοντέλο RiskPoll, στην εντολή 'Classical', η οποία αφορά τους κλασσικούς ρύπους όπως αναφέρθηκε, τα τρία μοντέλα : 'URBAN', 'RUWM', 'QUERI' έχουν την ακόλουθη βάση δεδομένων.

- 1. Χαρακτηριστικά Καπνοδόχου.** Στην καρτέλα αυτή συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά της καπνοδόχου της βιομηχανικής εγκατάστασης, καθώς επίσης και οι γεωγραφικές συντεταγμένες της ('source coordination'). Στην καρτέλα αυτή, εισάγεται και ο χαρακτηριστικός αριθμός από 0 έως 6, όπως είδαμε παραπάνω, στην εντολή 'source location'. Εδώ εισάγονται ακόμα στοιχεία που αφορούν τη θερμοκρασία και τη ταχύτητα των αερίων ('flue gas temperature', 'flue gas velocity').

Σχήμα 4. 2: Καρτέλα Χαρακτηριστικών Καπνοδόχου (*Stack Parameters*)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ζητούμενα χαρακτηριστικά της καπνοδόχου.

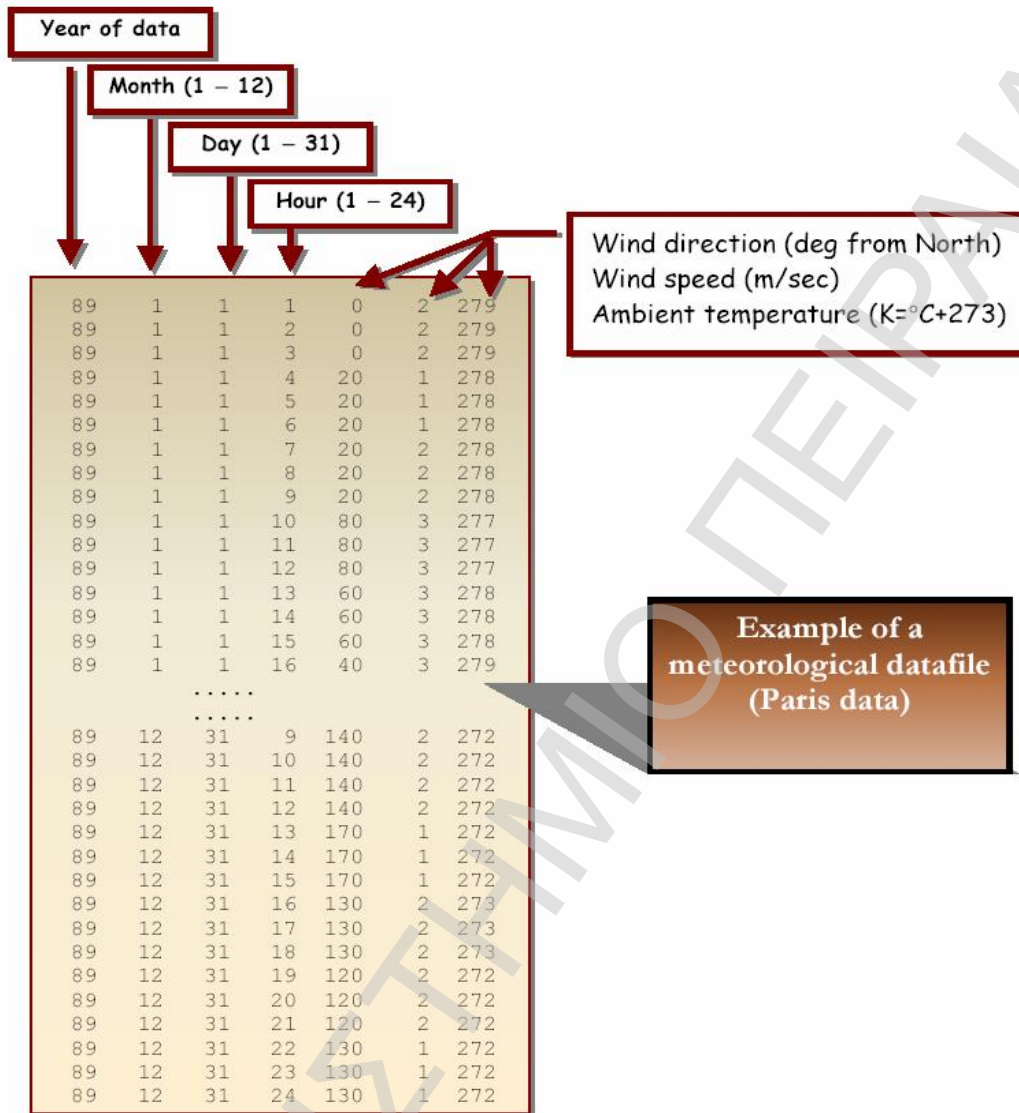


Σχήμα 4. 3: Χαρακτηριστικά καπνοδόχου.

2. **Μετεωρολογικά Δεδομένα.** Στην καρτέλα αυτή (σχήμα 4.4), εισάγονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής τα οποία τα μοντέλο χρησιμοποιεί από ένα μετεωρολογικό database (βλ. σχήμα 4.5).

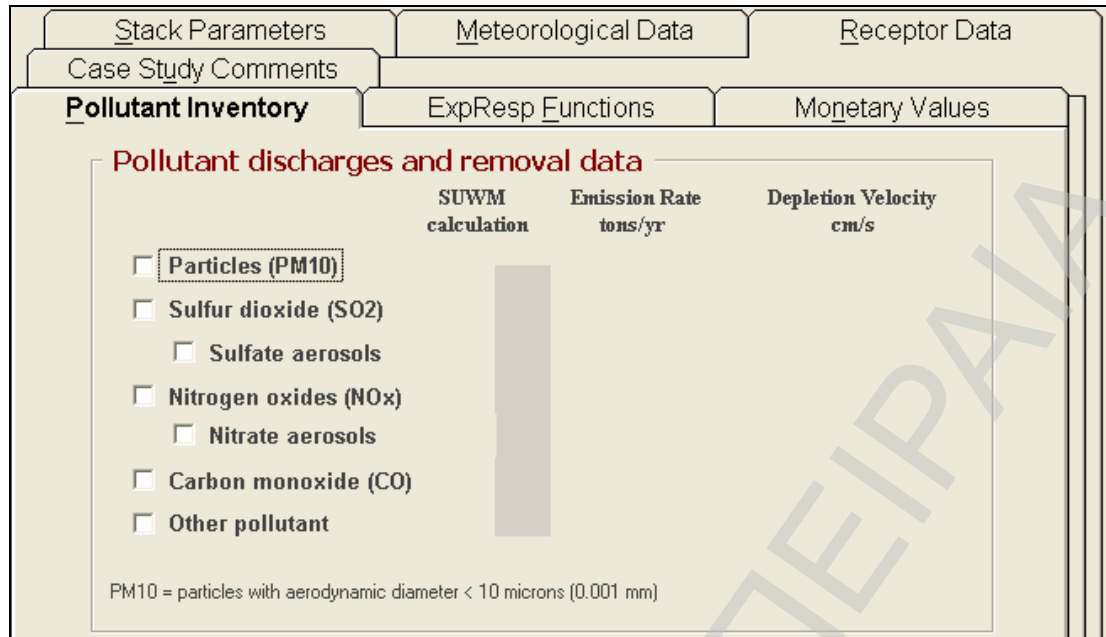
The screenshot shows a software interface for entering meteorological data. It features several tabs: 'Case Study Comments', 'Pollutant Inventory', 'ExpResp Functions', 'Monetary Values', 'Stack Parameters', 'Meteorological Data' (which is the active tab), and 'Receptor Data'. Under the 'Meteorological Data' tab, there is a section titled 'Weather statistics'. Within this section, there are three options: a checked checkbox for 'I have NO meteo data', and two unchecked checkboxes for 'Local weather data (Optional)', specifically 'I have detailed meteo data' and 'I have statistical weather data'.

Σχήμα 4. 4: Καρτέλα Μετεωρολογικών Δεδομένων (*Meteorological Data*).



Σχήμα 4. 5: Παράδειγμα χρήσης μετεωρολογικής βάσης δεδομένων.

- Κατάλογος Αέριων Ρύπων.** Γίνεται εισαγωγή των τιμών των συγκεντρώσεων για κάθε ρύπο. Για κάθε ένα ρύπο απαιτούνται δύο τιμές: ο ρυθμός παροχής (emission rate) και η ταχύτητα φθίνουσας διασποράς (depletion velocity)(σχήμα 4.6).



Σχήμα 4. 6: Καρτέλα Αέριων Ρύπων (*Pollutant Inventory*).

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των ταχυτήτων φθίνουσας διασποράς για την Ευρώπη, την ΝΑ Ασία, τις Η.Π.Α. και τη Ν. Αμερική [21].

Πίνακας 4. 3: Τιμές ταχύτητας φθίνουσας διασποράς αέριων ρύπων.

	Europe	SE Asia	USA	S. America
PM ₁₀	0.67-0.87	0.53-1.83	1.00	1.13-2.86
SO ₂	0.73-0.89	0.49-1.16		0.84-2.08
NO _x	1.05-1.47	0.65-2.35		0.40-2.26
Sulfate	1.73-1.98	0.76-2.27		3.11-4.76
Nitrate	0.76-1.29	0.67-1.17		1.04-3.00

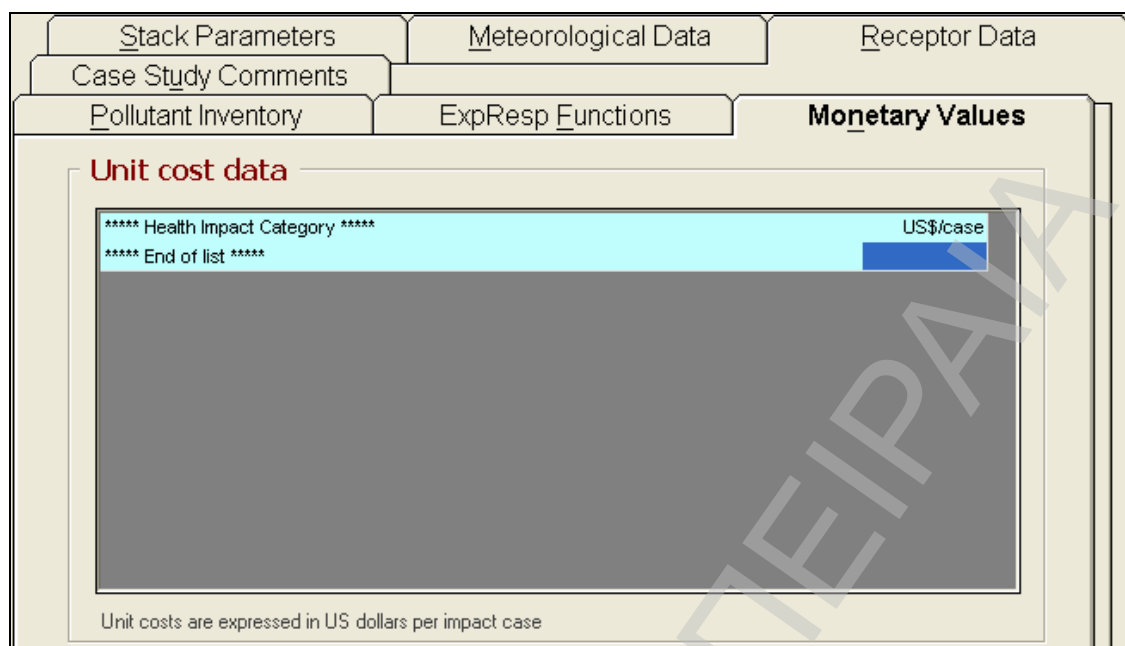
4. Αποδέκτες.

Γίνεται εισαγωγή δεδομένων που αφορούν τον πληθυσμό της υπό εξέτασης περιοχής. Απαιτείται η εισαγωγή του 'περιφερειακού πληθυσμού' σε άτομα/km² ενώ για το τοπικό πληθυσμό δεν είναι απαραίτητη η εισαγωγή δεδομένων (σχήμα 4.7).

Σχήμα 4. 7: Καρτέλα Αποδεκτών (*Receptor Data*)

5. Χρηματικές Αξίες

Στην καρτέλα αυτή εισάγονται οι τιμές (εξωτερικό κόστος) για κάθε μία από τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία οι οποίες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την ηλικία και τη σοβαρότητα της ασθένειας.(σχήμα 4.8)



Σχήμα 4. 8: Καρτέλα Χρηματικών Αξιών (*Monetary Values*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

5.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Οι βιομηχανικές μονάδες που εξετάστηκαν ήταν οι ακόλουθες:

- Βιομηχανία Ζάχαρης, στη Βέροια
- Βιομηχανία Χάρτου, στην Αθήνα
- Βιομηχανία Υαλουργίας, στη Χαλκίδα
- Βιομηχανία Σιδήρου, στη Θεσσαλονίκη

Το μεθοδολογικό εργαλείο που επιστρατεύτηκε στην προσπάθεια υπολογισμού και ανάλυσης του εξωτερικού κόστους των παραπάνω βιομηχανικών μονάδων, είναι το μοντέλο EcoSense. Το παραπάνω μοντέλο έχει σχεδιαστεί για την εκτίμηση εξωτερικού κόστους που προκύπτει από τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να βοηθήσουν στην ανάλυση του εξωτερικού κόστους μέσα στα πλαίσια του προγράμματος ExternE. Κάποιος θα μπορούσε να αναρωτηθεί αν αυτό είναι κατάλληλο για την αποτίμηση του εξωτερικού κόστους σε βιομηχανικές μονάδες. Κάτι τέτοιο μπορεί να θεωρηθεί επιτρεπτό λόγω των ακόλουθων παρατηρήσεων:

- Οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη βιομηχανία όπως SO₂, NO_x, TSP είναι ίδιοι με αυτούς των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.
- Οι πηγές εκπομπής είναι και για τα δύο είδη των μονάδων σημειακές (καπνοδόχοι)

Επομένως, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση του βιομηχανικού τομέα.

Ωστόσο, τα δεδομένα της τεχνολογικής βάσης αναφοράς του μοντέλου, αναφέρονται στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Έτσι, για τη μελέτη κάθε βιομηχανικής μονάδας, τα στοιχεία που τις χαρακτηρίζουν, τα οποία αφορούν στην ετήσια κατανάλωση του καυσίμου και στην ετήσια παραγωγή ποσότητας προϊόντων, πρέπει να μετατραπούν έτσι ώστε να είναι συμβατά με τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου EcoSense. Η δυναμικότητα της βιομηχανίας, που αποτελεί στοιχείο εισόδου του μοντέλου, προκύπτει διαιρώντας την συνολική παραγωγή με τις ώρες ετήσιας λειτουργίας της. Στις μετατροπές αυτές κάναμε την παραδοχή ότι ένας τόνος προϊόντος (εκροή της βιομηχανίας) αντιστοιχεί σε μια MWh (εκροή της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας).

Συγκεκριμένα, προβήκαμε σε μετατροπές των αποτελεσμάτων που αποτυπώνονται στο report του μοντέλου ώστε να εξάγαμε περαιτέρω αποτελέσματα που αφορούσαν:

1. Το εξωτερικό κόστος.

Υπολογίστηκε το ετήσιο εξωτερικό κόστος και το εξωτερικό κόστος ανά κιλό προϊόντος, το οποίο προκύπτει από την διαίρεση του ετήσιου εξωτερικού κόστους (€έτος) με την συνολική δυναμικότητα της μονάδας. Επίσης, προβήκαμε σε σύγκριση του εξωτερικού κόστους με το ιδιωτικό κόστος μιας παραγωγικής μονάδας και το εξωτερικό κόστος λόγω εκπομπών CO₂

2. Την Ανάλυση των επιπτώσεων.

Αναλύθηκαν οι επιπτώσεις που οφείλονται στο εξωτερικό κόστος, παρουσιάζοντας το ποσοστά συμμετοχής στο συνολικό εξωτερικό κόστος του κόστους των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία (θνησιμότητα και νοσηρότητα), στις καλλιέργειες και στα υλικά.

3. Τη γεωγραφική κατανομή.

Παρουσιάστηκαν οι διαφορές των αποτελεσμάτων ανάμεσα στο περιφερειακό επίπεδο, που αφορά όλες τις χώρες της Ευρώπης και το τοπικό, που αφορά τις περιοχές που βρίσκονται σε ακτίνα 50 χιλιομέτρων από την πηγή. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις κατανομές των επιπτώσεων στις εξής περιοχές:

- στην Ελλάδα,
- στις περιοχές γύρω από την πηγή (τοπικό επίπεδο), και
- στις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης.

4. Την ανάλυση των ποσοστών συνεισφοράς των εκπεμπόμενων ρύπων

Για να υπολογιστεί η συνεισφορά των εκπεμπόμενων ρύπων (SO₂, NO_x, αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀) σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, διαιρέσαμε τη μερική ζημία που προκαλεί κάθε ρύπος σε έναν αποδέκτη με το συνολικό εξωτερικό κόστος που αφορά τον αποδέκτη και προκύπτει από το σύνολο των ρύπων.

5. Την ανάλυση ευαισθησίας.

Προκειμένου να εξετασθεί η επίδραση του καύσιμου στα αποτελέσματα εξωτερικού κόστους προβήκαμε σε αναλύσεις ευαισθησίας. Συγκεκριμένα, κατά την μελέτη των βιομηχανιών, πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου, όπου αυτό χρησιμοποιείται, με ένα εναλλακτικό καύσιμο, αυτό του φυσικού αερίου.

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται το εξωτερικό κόστος των παραπάνω τεσσάρων βιομηχανιών όπως υπολογίστηκε και με το μοντέλο RiskPoll, πραγματοποιώντας μία διερεύνηση του κατά πόσο τα αποτελέσματα που προκύπτουν συγκλίνουν σε αυτά που υπολογίστηκαν αναλυτικά χρησιμοποιώντας το μοντέλο EcoSense.

5.2. MONTEAO ECOSENSE

5.2.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Τα δεδομένα των υπό εξέταση Βιομηχανιών συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί και αφορούν στο ύψος της παραγωγής, τις ώρες λειτουργίας ημερησίως, τις εκπομπές ρύπων, την ταχύτητα των αερίων καθώς και τη θερμοκρασία, τα στοιχεία της καμινάδας τις γεωγραφικές συντεταγμένες και τη συνολική κατανάλωση καυσίμου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

Πίνακας 5. 1: Δεδομένα εισόδου των υπό εξέταση Βιομηχανικών Μονάδων: Ζάχαρης, Χάρτου, Σιδηρού, Υαλουργία.

Στοιχεία Βιομηχανικής Μονάδας	Τιμή Εισόδου				Μονάδες
	Βιομηχανίες				
	Ζάχαρης	Χάρτου	Σιδηρού	Υαλουργίας	
Δυναμικότητα Μονάδας:	21.04	11.67	40.63	3.75	(tn προϊόντος/h)
Ώρες ετήσιας λειτουργίας:	2160	8568	7920	8760	(h)
Εκπομπές SO ₂ :	413.82	750.75	0.0198	475.18	(mg/NM3)
Σταθμισμένος παράγοντας εκπομπής SO ₂ :	-			9.99	
Εκπομπές NO _x :	130.06	235.95	2.57	211.03	(mg/NM3)
Σταθμισμένος παράγοντας εκπομπής NO _x :	-	-	-	4,44	
Εκπομπές PM ₁₀ :	21.93	39.79	0.26	25.64	(mg/NM3)
Σταθμισμένος παράγοντας εκπομπής PM ₁₀ :	-	-	-	0.54	
Παροχή καυσαερίων:	130000	37000	700000	22000	(NM3/h)
Θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων:	453	523	323	453	(°K)
Ύψος καπνοδόχου:	63	20	30	25	(m)
Διάμετρος καπνοδόχου:	2.9	1.45	4.3	1	(m)
Ανεμομετρικό ύψος:	10	10	10	10	(m)
Γεωγραφικό πλάτος	41.08	37.58	40.31	38.41	
Γεωγραφικό μήκος:	23.55	23.32	22.58	23.3	
Υψομετρική Απόσταση:	32	40	4	31	(m)

Συνολική Δυναμικότητα	45450	99960	321750	32850	τη προϊόντος/ έτος
Συνολική κατανάλωση καυσίμου :	8300	17000	11700000	6132	τη καυσίμου/ έτος
Μαζούτ	8300	17000	-	3027.75	
Φυσικό Αέριο	-	-	11700000	-	
Υγραέριο	-	-	-	9159.75	

Η Βιομηχανία Υαλουργίας που εξετάστηκε χρησιμοποιεί ως καύσιμο της μαζούτ και υγραέριο σε ποσοστά 66.95% και 33.05% αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας σταθμισμένος παράγων εκπομπών καυσαερίων, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, με βάση τα ποσοστά συμμετοχής του κάθε καυσίμου.

Το μοντέλο Ecosense υπολογίζει τα εξωτερικά κόστη της βιομηχανικής εγκατάστασης με βάση τα δεδομένα τα οποία εισάγονται στην καρτέλα Referense Technology Database. Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι παραπάνω καρτέλες όπως εμφανίζονται στο μοντέλο, συμπληρωμένες με τα δεδομένα από τον παραπάνω πίνακα για κάθε μία βιομηχανική μονάδα.

EcoSense - Reference Technology Database

Facility:

Gross Electricity Production	<input type="text" value="21.04"/>	MW
Electricity Sent Out	<input type="text" value="21.04"/>	MW
Full Load Hours per Year	<input type="text" value="2160"/>	h
SO ₂ Emissions	<input type="text" value="413.82"/>	mg/Nm ³
NO _x Emissions	<input type="text" value="130.06"/>	mg/Nm ³
PM ₁₀ Emissions	<input type="text" value="21.93"/>	mg/Nm ³
Micropollutants	<input type="text" value="As"/>	microgram/Nm ³
Flue Gas Volume	<input type="text" value="130000"/>	Nm ³ /h
Flue Gas Temperature	<input type="text" value="453"/>	K
Stack Height	<input type="text" value="63"/>	m
Stack Diameter	<input type="text" value="2.9"/>	m
Anemometer Height	<input type="text" value="10"/>	m
Geographical Latitude (decimal)	<input type="text" value="41.08"/>	degree
Geographical Longitude (decimal)	<input type="text" value="23.55"/>	degree
Elevation at Site	<input type="text" value="32"/>	m

OK
Reset
Cancel

Σχήμα 5. 1: Καρτέλα Reference Technology Database για την υπό εξέταση Βιομηχανία Ζάχαρης

EcoSense - Reference Technology Database

Facility:

Gross Electricity Production	<input type="text" value="11.67"/>	MW
Electricity Sent Out	<input type="text" value="11.67"/>	MW
Full Load Hours per Year	<input type="text" value="8568"/>	h
SO ₂ Emissions	<input type="text" value="750.75"/>	mg/Nm ³
NO _x Emissions	<input type="text" value="235.95"/>	mg/Nm ³
PM ₁₀ Emissions	<input type="text" value="39.79"/>	mg/Nm ³
Micropollutants	<input type="text" value="As"/>	microgram/Nm ³
Flue Gas Volume	<input type="text" value="37000"/>	Nm ³ /h
Flue Gas Temperature	<input type="text" value="523"/>	K
Stack Height	<input type="text" value="20"/>	m
Stack Diameter	<input type="text" value="1.45"/>	m
Anemometer Height	<input type="text" value="10"/>	m
Geographical Latitude (decimal)	<input type="text" value="37.58"/>	degree
Geographical Longitude (decimal)	<input type="text" value="23.32"/>	degree
Elevation at Site	<input type="text" value="40"/>	m

OK
Reset
Cancel

Σχήμα 5. 2: Καρτέλα Reference Technology Database για την υπό εξέταση Βιομηχανία Χάρτου.

The screenshot shows the 'EcoSense - Reference Technology Database' window with the 'Facility' set to 'Iron Industry'. The data fields are as follows:

Parameter	Value	Unit
Gross Electricity Production	40.63	MW
Electricity Sent Out	40.63	MW
Full Load Hours per Year	7920	h
SO2 Emissions	0.02	mg/Nm ³
NOx Emissions	2.57	mg/Nm ³
PM10 Emissions	0.26	mg/Nm ³
Micropollutants (As)		microgram/Nm ³
Flue Gas Volume	700000	Nm ³ /h
Flue Gas Temperature	323	K
Stack Height	30	m
Stack Diameter	4.3	m
Anemometer Height	10	m
Geographical Latitude (decimal)	40.31	degree
Geographical Longitude (decimal)	22.58	degree
Elevation at Site	4	m

Buttons: OK, Reset, Cancel

Σχήμα 5. 3: Καρτέλα Reference Technology Database για την υπό εξέταση Βιομηχανία Σιδήρου.

The screenshot shows the 'EcoSense - Reference Technology Database' window with the 'Facility' set to 'Glass Industry'. The data fields are as follows:

Parameter	Value	Unit
Gross Electricity Production	3.75	MW
Electricity Sent Out	3.75	MW
Full Load Hours per Year	8760	h
SO2 Emissions	475.18	mg/Nm ³
NOx Emissions	211.03	mg/Nm ³
PM10 Emissions	25.64	mg/Nm ³
Micropollutants (As)		microgram/Nm ³
Flue Gas Volume	22000	Nm ³ /h
Flue Gas Temperature	453	K
Stack Height	25	m
Stack Diameter	1	m
Anemometer Height	10	m
Geographical Latitude (decimal)	38.41	degree
Geographical Longitude (decimal)	23.3	degree
Elevation at Site	31	m

Buttons: OK, Reset, Cancel

Σχήμα 5. 4: Καρτέλα Reference Technology Database για την υπό εξέταση Βιομηχανία Υαλοφυγίας.

5.2.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Με βάση τα δεδομένα που εισάγονται για τις εξεταζόμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, το μοντέλο Ecosense υπολογίζει τα εξωτερικά κόστη της βιομηχανικής μονάδας που αφορούν τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη νοσηρότητα και θνησιμότητα, τις καλλιέργειες και τα υλικά από τις εκπομπές θεικών και νιτρικών οξέων, τα αιωρούμενα σωματίδια και το όζον. Έτσι, υπολογίζεται το συνολικό εξωτερικό κόστος, αθροίζοντας τα επιμέρους κόστη που αφορούν, στην παρούσα μελέτη, τις επιπτώσεις των θεικών, νιτρικών οξέων και των αιωρούμενων σωματιδίων από την ανθρώπινη υγεία, τις καλλιέργειες και τα υλικά.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται αναλυτικά με περαιτέρω πληροφορίες για κάθε μία βιομηχανική μονάδα ξεχωριστά στα παράρτημα 1.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα εξωτερικά κόστη εκφρασμένα σε € τη προϊόντος και σε € έτος για τις, κατά σειρά: Βιομηχανία Ζάχαρης, Χάρτου, Σιδήρου και Υαλουργίας.

Πίνακας 5. 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξωτερικού κόστους Βιομηχανία Ζάχαρης, Χάρτου, Σιδήρου και Υαλουργίας.

Βιομηχανίες	Εξωτερικό Κόστος: €έτος
Ζάχαρης	388452
Χάρτου	667700
Σιδήρου	58142
Υαλουργίας	293000

Παρατηρείται ότι οι Βιομηχανίες: Ζάχαρης, Χάρτου και Υαλουργίας έχουν της ίδιας τάξης μεγέθους εξωτερικό κόστος με μεγαλύτερο αυτό της Βιομηχανίας Χάρτου, ενώ ακολουθούν κατά σειρά η Βιομηχανία Ζάχαρης και η Βιομηχανία Υαλουργίας. Η διαβάθμιση των τριών

αυτών βιομηχανικών μονάδων οφείλεται στην αντίστοιχη διαβάθμιση της ποσότητας καυσίμου και της δυναμικότητας της κάθε μονάδας. Η Βιομηχανία Σιδήρου, ωστόσο, έχει πολύ μικρότερο εξωτερικό κόστος παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιεί πολύ μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμου και έχει πολύ μεγαλύτερη δυναμικότητα γεγονός που υποδηλώνει σωστή ενεργειακή κατανομή.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τιμών του εξωτερικού κόστους που υπολογίζει το μοντέλο με αυτές του ιδιωτικού κόστους καθώς επίσης και με το εξωτερικό κόστος που οφείλεται στις εκπομπές CO₂.

Προκειμένου να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος που προκύπτει από τις εκπομπές CO₂, διαιρέσαμε το συνολικά κιλά προϊόντος που παράγει του εργοστασίου με το γινόμενο των συνολικών κιλών CO₂ και της τιμής αυτού ανά τόνο η οποία είναι ίση με 18 €. Το ιδιωτικό κόστος υπολογίστηκε από μία μέση τιμή του συνόλου των προϊόντων που παράγει το κάθε εργοστάσιο. Για εργοστάσιο ζάχαρης η τιμή αυτή βρέθηκε ίση με 0.62 € ανά κιλό προϊόντος, για το εργοστάσιο χάρτου ίση με 2.1 € ανά κιλό προϊόντος, για το σιδήρου 0.4 € ανά κιλό προϊόντος, ενώ τέλος για το υαλουργίας βρέθηκε να κυμαίνεται από 5 έως 10 € ανά κιλό προϊόντος (πίνακας 5.3).

Έτσι στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται σε μορφή ιστογράμματος το ποσοστό που καταλαμβάνει κάθε ένα από τα: Ιδιωτικό κόστος, Εξωτερικό κόστος ECO, Εξωτερικό κόστος λόγω CO₂ για όλες τις βιομηχανίες που εξετάσαμε και για τις διάφορες τιμές ιδιωτικού κόστους της Βιομηχανίας Υαλουργίας εφόσον αυτή κυμαίνεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Πίνακας 5. 3: Τιμές εξωτερικού κόστους (μοντέλου και λόγω CO₂) και Ιδιωτικού κόστους.

Βιομηχανίες	Ιδιωτικό Κόστος (€ tn προϊόντος)	Εξωτερικό Κόστος (€ tn προϊόντος)	
		Άμεσο	Λόγω CO ₂
Ζάχαρης	620	8.5	10
Χάρτου	2100	6.9	9.4
Σιδήρου	400	0.2	1.3
Υαλουργίας	5000-10000	8.9	15.24

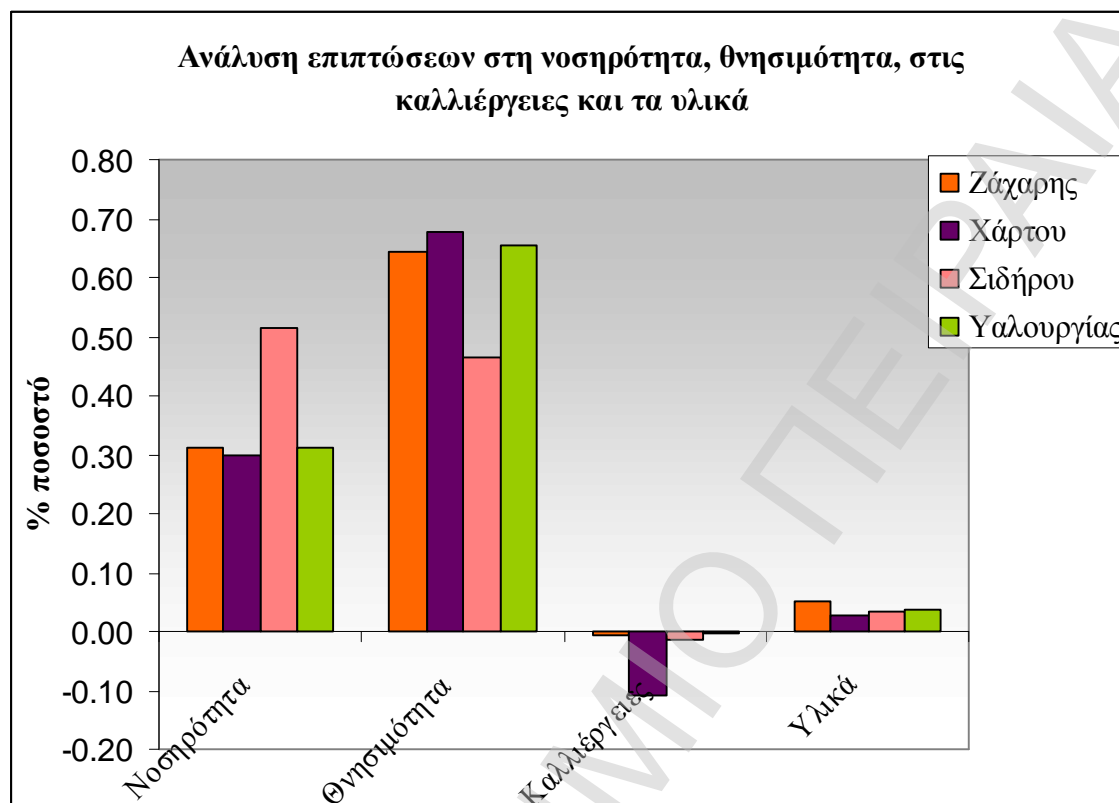
Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι σε όλες τις μελέτες περίπτωσης, το άμεσο εξωτερικό κόστος που υπολογίζει το μοντέλο EcoSense είναι πολλές φορές μικρότερο από το ιδιωτικό κόστος. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της Βιομηχανίας της Ζάχαρης το άμεσο εξωτερικό κόστος αποτελεί το 1.4% του ιδιωτικού κόστους, στη Βιομηχανία Χάρτου το 0.33%, στη Βιομηχανία Σιδήρου μόλις το 0.05% του ιδιωτικού κόστους, ενώ τέλος στην περίπτωση της Βιομηχανίας Υαλουργίας κυμαίνεται από 0.1% έως 0.2%. Στην περίπτωση της Βιομηχανίας Ζάχαρης, της Βιομηχανίας Σιδήρου και της Χάρτου, το ιδιωτικό κόστος είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από το εξωτερικό κόστος λόγω των διοξειδίων του άνθρακα, ενώ στην περίπτωση της Βιομηχανίας Υαλουργίας το εξωτερικό κόστος λόγω των διοξειδίων του άνθρακα είναι συγκρίσιμο μέγεθος με το ιδιωτικό κόστος για όλες τις τιμές αυτό κυμαίνεται.

Όσον αφορά το άμεσο εξωτερικό κόστος που υπολογίζει το μοντέλο, προκύπτει ότι στη Βιομηχανία Υαλουργίας αντιστοιχεί η υψηλότερη τιμή και στη Βιομηχανία Σιδήρου η χαμηλότερη. Το παραπάνω συμπέρασμα μπορεί να ερμηνευτεί από το καύσιμο που χρησιμοποιεί η κάθε βιομηχανική μονάδα καθώς και από τις εκπομπές των αερίων (βλ. πίνακα). Συγκεκριμένα οι τρεις Βιομηχανίες: Ζάχαρης, Χάρτου και Υαλουργίας χρησιμοποιούν μαζούτ ως καύσιμο (η Βιομηχανία Υαλουργίας χρησιμοποιεί μίγμα μαζούτ και υγραέριο) ενώ η Βιομηχανία Σιδήρου χρησιμοποιεί φυσικό αέριο. Αντίστοιχα και εκπομπές των αερίων SO₂, NO_x, PM₁₀ είναι πολύ μικρότερες στην περίπτωση της Βιομηχανίας Σιδήρου ενώ στη Βιομηχανία Χάρτου οι υψηλότερες. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη διάχυση των αερίων στην ατμόσφαιρα και επομένως τις επιπτώσεις και το εξωτερικό κόστος είναι το ύψος της καπνοδόχου όπου στην περίπτωση της βιομηχανικής μονάδας Χάρτου είναι το μικρότερο. Επίσης, η Βιομηχανία Χάρτου είναι η μόνη που έχει τις εγκαταστάσεις της στο κέντρο της Αθήνας, γεγονός που συμβάλλει στην αυξημένη τιμή των αερίων ρύπων και συνεπώς και του εξωτερικού κόστους.

5.2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των παραπάνω συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους που υπολόγισε το μοντέλο για την κάθε βιομηχανία, που αφορούν στην

ανθρώπινη υγεία, θνησιμότητα και νοσηρότητα, στις καλλιέργειες και στα υλικά. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα παραπάνω ποσοστά.

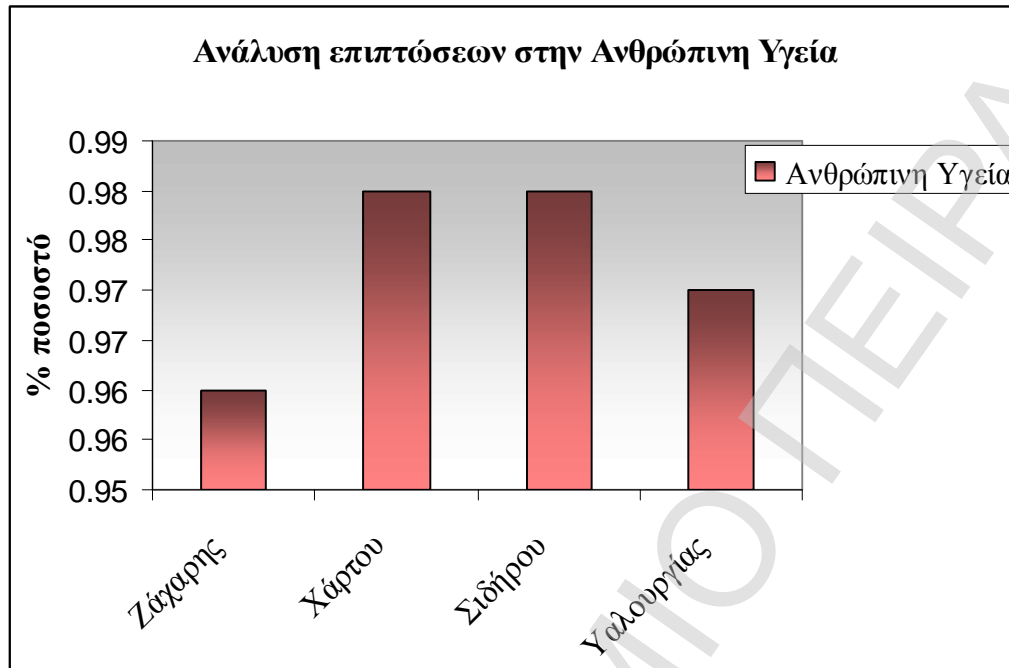


Σχήμα 5. 5: Ποσοστά επιπτώσεων στη θνησιμότητα, νοσηρότητα, στις καλλιέργειες, στα υλικά.

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σε όλες τις μελέτες-περίπτωσης, εκτός από τη Βιομηχανία Σιδήρου, καταλαμβάνει η χρόνια θνησιμότητα και ακολουθεί η νοσηρότητα με υψηλά ποσοστά και οι επιπτώσεις στα υλικά με μικρά ποσοστά. Στην περίπτωση της Βιομηχανίας Σιδήρου το μεγαλύτερο ποσοστό των επιπτώσεων αντιστοιχεί στην ανθρώπινη νοσηρότητα και ακολουθεί η θνησιμότητα. Το μοντέλο υπολογίζει και τις επιπτώσεις στις καλλιέργειες. Ωστόσο, στις καλλιέργειες οι επιπτώσεις είναι θετικές (αρνητικό ποσοστό).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ποσοστό που αφορά την ανθρώπινη υγεία συνολικά, το οποίο προκύπτει αθροίζοντας τις επιπτώσεις στη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα, είναι πολύ υψηλό. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της Βιομηχανίας Ζάχαρης πλησιάζει το 96 % του συνόλου των επιπτώσεων, στη Βιομηχανία Χάρτου και Σιδήρου αγγίζει το 98%, ενώ στη

Βιομηχανία Υαλοουργίας το 97% (σχ 5.6.). Το μεγαλύτερο, δηλαδή, μέρος του κοινωνικού κόστους της ρύπανσης, σε όλες τις περιπτώσεις, αποδίδεται στις επιβαρύνσεις της ανθρώπινης υγείας.



Σχήμα 5. 6: Ποσοστά επιπτώσεων στη ανθρώπινη υγεία

5.2.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το μοντέλο EcoSense χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των βιομηχανικών μονάδων σε ένα ευρύτερο περιφερειακό επίπεδο και σε τοπικό γύρω από το κάθε εργοστάσιο. Ωστόσο, λόγω της τοποθεσίας των βιομηχανικών συγκροτημάτων της Ζάχαρης και του Σιδήρου, στη Βέροια και στη Θεσσαλονίκη αντίστοιχα, εκτός, δηλαδή, της ευρύτερης περιοχής της Αττικής για την οποία διαθέτουμε μετεωρολογικά δεδομένα, πραγματοποιήθηκε χρήση του μοντέλου μόνο σε περιφερειακό επίπεδο.

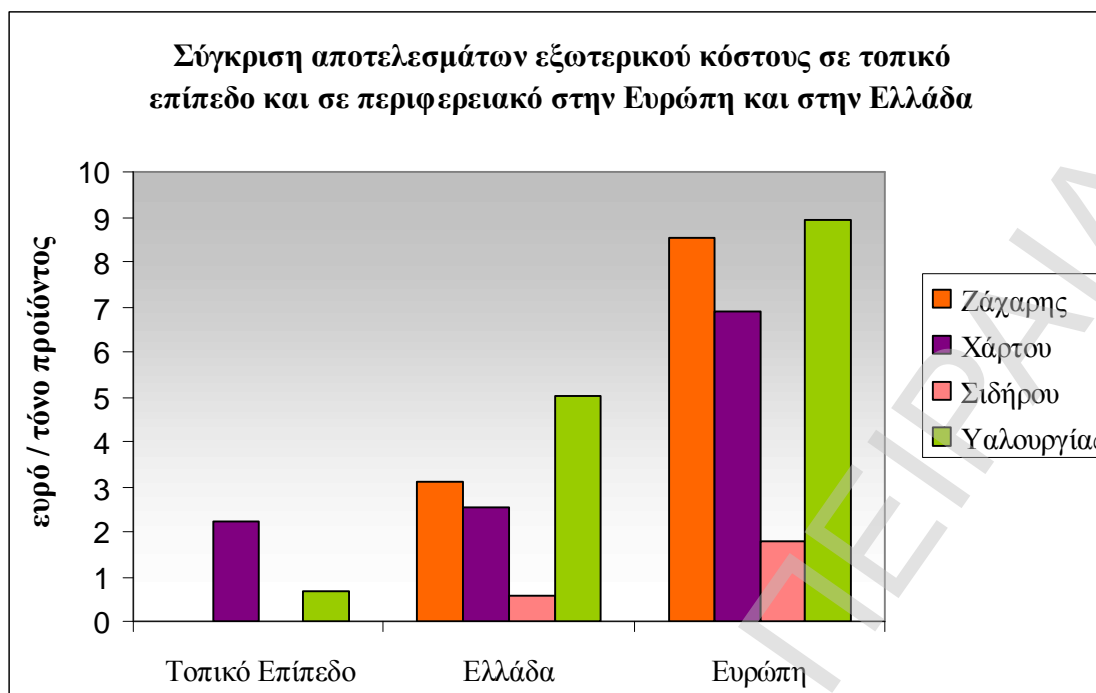
Στους πίνακες 5.4, 5.5 που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα εξωτερικά κόστη σε περιφερειακό επίπεδο για την περίπτωση της Ελλάδας και για τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες, σε περιφερειακό επίπεδο και σε τοπικό επίπεδο για τις γύρω από την πηγή περιοχές, εκφρασμένα σε € τη προϊόντος και σε € έτος.

Πίνακας 5. 4: Εξωτερικό κόστος σε € τη προϊόντος σε τοπικό επίπεδο, στην Ελλάδα και στις υπόλοιπες χώρες.

Βιομηχανίες	Εξωτερικό Κόστος (€ τη προϊόντος)		
	Τοπικό Επίπεδο	Ελλάδα	Σύνολο
Ζάχαρης	-	3.1	8.6
Χάρτου	2.2	2.5	6.9
Σιδήρου	-	0.6	0.2
Υαλουργίας	0.7	5	8.9

Πίνακας 5. 5: Εξωτερικό κόστος σε €έτος σε τοπικό επίπεδο, στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

Βιομηχανίες	Εξωτερικό Κόστος (€ γρ)		
	Τοπικό Επίπεδο	Ελλάδα	Ευρώπη
Ζάχαρης	-	142400	388452
Χάρτου	219900	253900	667700
Σιδήρου	-	1935	58142
Υαλουργίας	21500	166000	293000



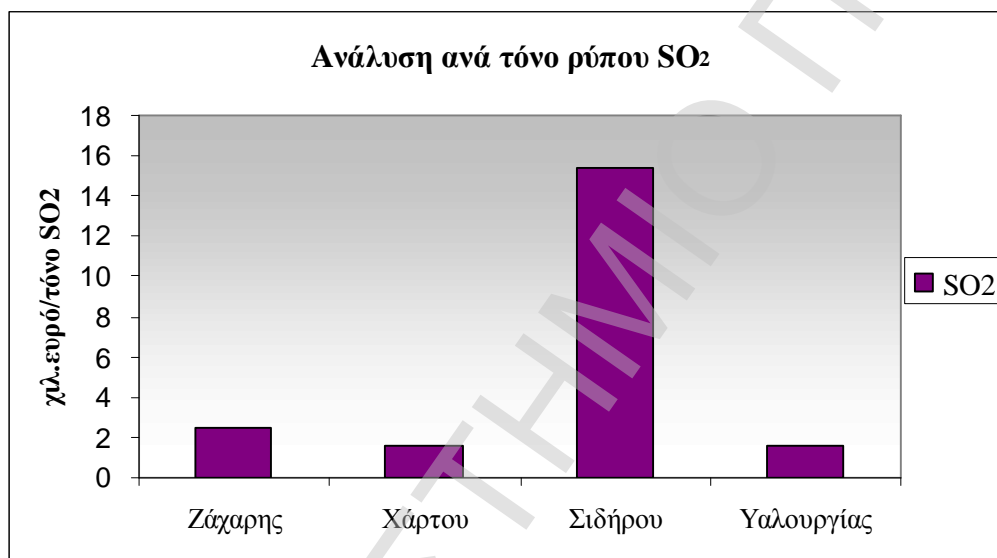
Σχήμα 5. 7: Απεικόνιση ποσοστών εξωτερικού κόστους Ελλάδας, Τοπικού Επιπέδου και Υπόλοιπων χωρών της Ευρώπης.

Στην περίπτωση της Βιομηχανίας Ζάχαρης το ποσοστό που αντιστοιχεί στο εξωτερικό κόστος για την Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης ανέρχεται στο 30.58%, ενώ της Βιομηχανίας Χάρτου φτάνει στο 37% και από αυτό το 87% επηρεάζει τις περιοχές σε ακτίνα 50 χιλιομέτρων. Το ποσοστό, που αντιστοιχεί στο εξωτερικό κόστος της Βιομηχανίας Υαλουργίας για την Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης ανέρχεται στο 36 % και αυτό που επηρεάζει τις γύρω από το εργοστάσιο περιοχές ανέρχεται στο 13% του συνολικού της Ελλάδας, ενώ, τέλος, το αντίστοιχο ποσοστό για τη Βιομηχανία Σιδήρου ανέρχεται στο 30.22 % .

Παρατηρείται, επομένως, ένα ισχυρό ποσοστό κατά το οποίο οι συγκεκριμένες βιομηχανικές μονάδες επηρεάζουν τη χώρα μας γεγονός αναμενόμενο εφόσον οι αέριοι ρύποι, υπεύθυνοι για τη δημιουργία εξωτερικού κόστους, διαχέονται στην ατμόσφαιρα και επηρεάζουν εντονότερα τις περιοχές που βρίσκονται κοντά στην πηγή εκπομπής τους.

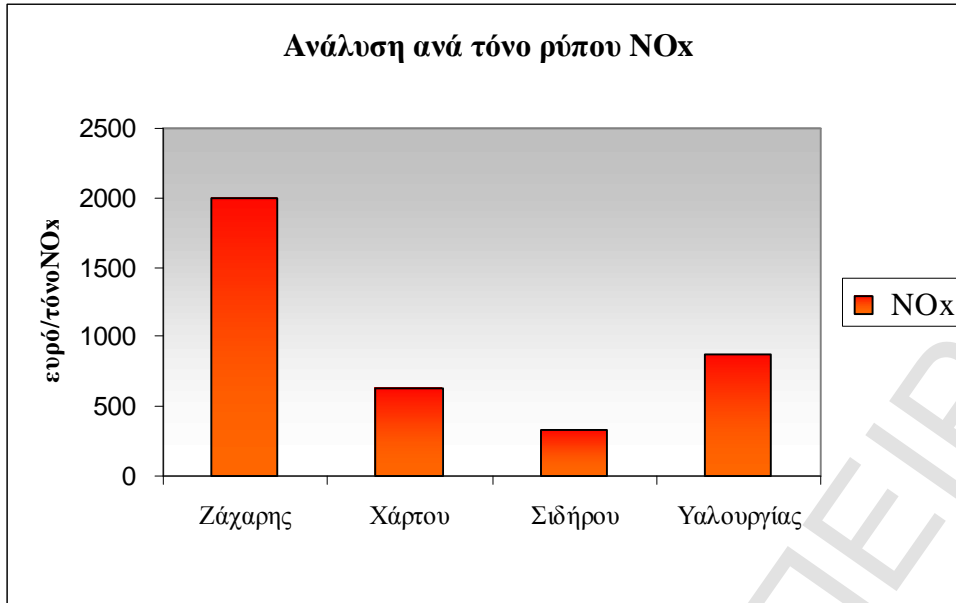
5.25. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑ ΡΥΠΟ

Από τις τιμές εξωτερικού κόστους που υπολόγισε το μοντέλο, προβήκαμε σε υπολογισμούς για να βρούμε το εξωτερικό κόστος ανά τόνο ρύπου: SO_2 , NO_x και PM_{10} . Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται γραφικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του μοντέλου EcoSense για την κάθε βιομηχανία. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται σε έναν ενιαίο πίνακα για το σύνολο των ρύπων.



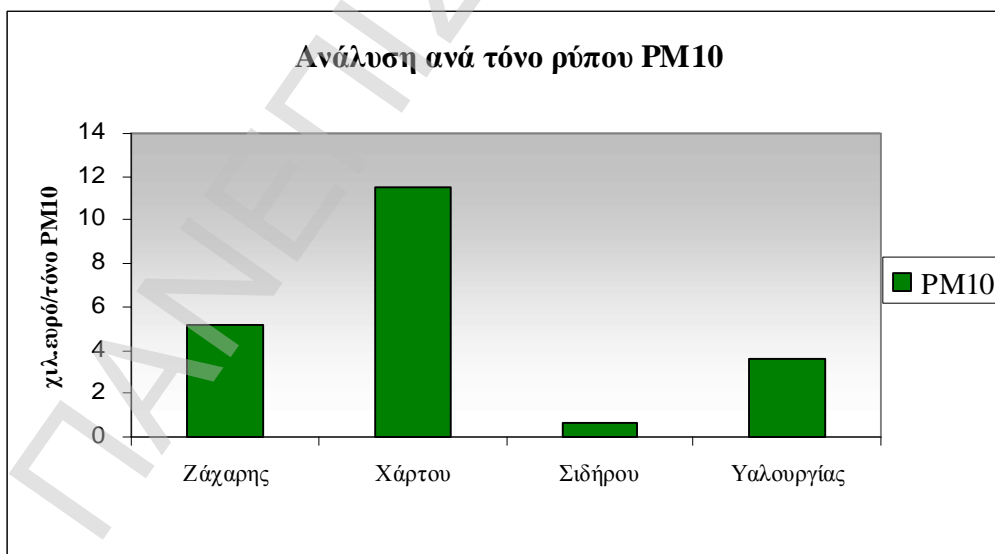
Βιομηχανίες	€/τόνο SO_2
Ζάχαρης	2444
Χάρτου	1589
Σιδήρου	15378
Υαλουργίας	1619

Σχήμα 5. 8: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου SO_2 .



Βιομηχανίες	€/ τόνο NOx
Ζάχαρης	1996.61
Χάρτου	637.47
Σιδήρου	329.72
Υαλουργίας	870.01

Σχήμα 5. 9: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου NOx.



Βιομηχανίες	€/τόνο PM ₁₀
Ζάχαρης	5120.33
Χάρτου	11509.64
Σιδήρου	598.51
Υαλουργίας	3639.14

Σχήμα 5. 10: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου PM₁₀.

Στην περίπτωση της ανάλυσης ανά τόνο SO₂, πρώτη σε ποσοστό έρχεται η Βιομηχανία Σιδήρου και ακολουθούν οι: Ζάχαρης, Υαλουργίας και τελευταία η Χάρτου. Στην ανάλυση ανά τόνο NO_x, υψηλότερες τιμές δίνει η Βιομηχανία Ζάχαρης και ακολουθούν οι: Υαλουργίας, χάρτου και Σιδήρου. Τέλος, η ανάλυση ανά τόνο PM₁₀ δείχνει ότι η βιομηχανική μονάδα παραγωγής χαρτιού έχει την υψηλότερη τιμή και ακολουθούν με μεγάλη διαφορά οι Βιομηχανίες Ζάχαρης και Υαλουργίας και τελευταία η Σιδήρου.

5.2.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Οι Βιομηχανίες Ζάχαρης και Χάρτου, που εξετάστηκαν, χρησιμοποιεί ως καύσιμο το μαζούτ ενώ η Βιομηχανία Υαλουργίας λειτουργεί με υγραέριο και μαζούτ. Η Βιομηχανία Σιδήρου, ωστόσο, χρησιμοποιεί ένα εναλλακτικό καύσιμο το φυσικό αέριο. Στα πλαίσια της προώθησης της έρευνας στις δυνατότητες του μοντέλου, έγινε αντικατάσταση, όπου αυτό χρησιμοποιούνταν, του υπάρχοντος συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο, προκειμένου να διαπιστώσουμε πόσο σημαντικές είναι οι αλλαγές στα αποτελέσματα του εξωτερικού κόστους.

Στα δεδομένα εισόδου του μοντέλου αντικαταστάθηκε η τιμή των SO₂, NO_x, PM₁₀ : που υπολογίστηκε από την αντιστοιχία του νέου καυσίμου με το μαζούτ με βάση τη θερμογόνο δύναμη αυτών. Τα αποτελέσματα του EcoSense φαίνονται στους πίνακες (,) και στα σχήματα (έως) που ακολουθούν.

Στον πίνακα 5 που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα εξωτερικά κόστη των βιομηχανικών μονάδων που προέκυψαν, μετά την αντικατάσταση του υπάρχοντος καυσίμου με φυσικό αέριο εκφρασμένα σε €/τη προϊόντος, σε τοπικό επίπεδο, στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

Πίνακας 5. 6.: Εξωτερικό κόστος σε € tn σε τοπικό επίπεδο, στην Ελλάδα και στην Ευρώπη (χρήση φυσικού αερίου).

Βιομηχανίες	Εξωτερικό Κόστος (€ tn προϊόντος)		
	Τοπικό Επίπεδο	Ελλάδα	Ευρώπη
Ζάχαρης	-	0.305	1.21
Χάρτου	0.234	0.367	0.946
Υαλουργίας	0.139	0.464	1.54

Από το παραπάνω σχήμα, παρατηρούμε ότι το ποσοστό που αντιστοιχεί στο εξωτερικό κόστος της Βιομηχανίας Ζάχαρης για την Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης ανέρχεται στο 25,22 % εμφανώς μειωμένο πάνω από 5 ποσοστιαίες μονάδες , της Βιομηχανίας Χάρτου φτάνει το 39% σε σχέση με 37% που ήταν με το συμβατικό καύσιμο και από αυτό μόλις το 63.8% επηρεάζει τις περιοχές σε ακτίνα 50 χιλιομέτρων, ενώ πριν ήταν 87%. Το ποσοστό, που αντιστοιχεί στο εξωτερικό κόστος της Βιομηχανίας Υαλουργίας για την Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης ανέρχεται στο 30 % ,πριν ήταν 36%, και αυτό που επηρεάζει τις γύρω από το εργοστάσιο περιοχές ανέρχεται στο 30% αυξημένο κατά 17 ποσοστιαίες μονάδες σε σχέση με το συμβατικό καύσιμο.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει το άμεσο εξωτερικό κόστος που προέκυψε με την αντικατάσταση του συμβατικού υπάρχοντος καυσίμου.

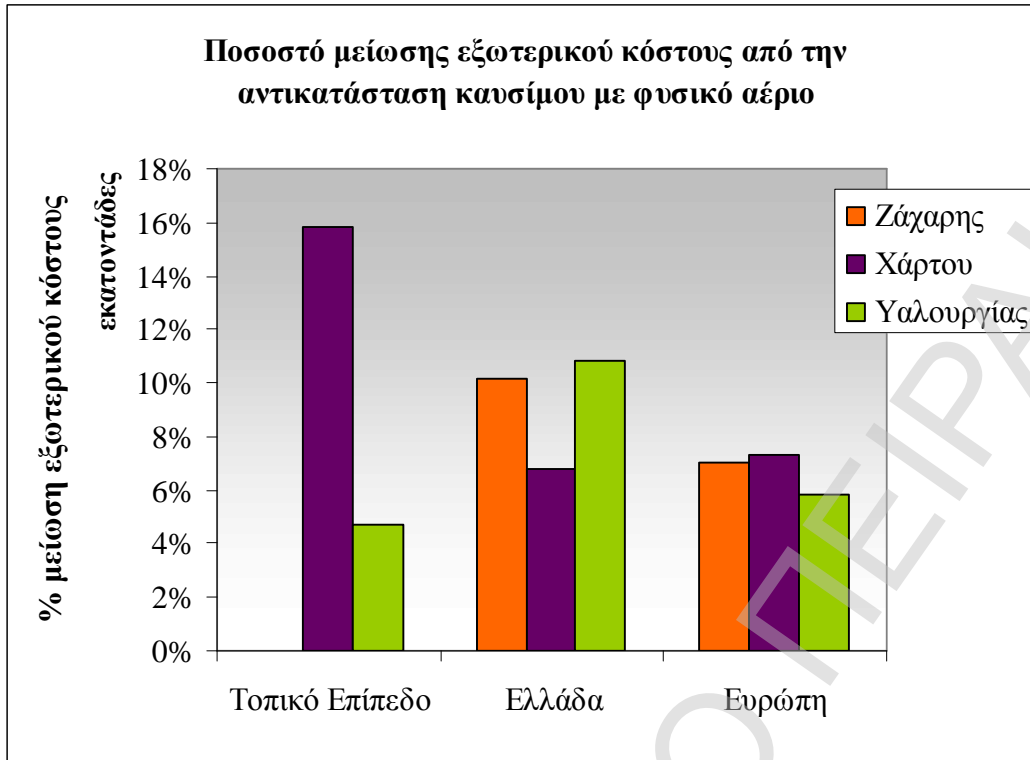
Πίνακας 5. 7: Εξωτερικό κόστος Βιομηχανιών πριν και μετά την αντικατάσταση του υπάρχοντος καυσίμου με φυσικό αέριο.

Βιομηχανίες	Εξωτερικό Κόστος (€ τη προϊόντος)	
	Συμβατικό Καύσιμο	Φυσικό Αέριο
Ζάχαρης	8.5	1.21
Χάρτου	6.9	0.95
Υαλουργίας	8.9	1.54

Στον πίνακα 5, διακρίνουμε και το ποσοστό της μείωσης ή αύξησης του εξωτερικού κόστους σε σχέση με την περίπτωση του συμβατικού καυσίμου.

Πίνακας 5. 8: Ποσοστό μείωσης εξωτερικού κόστους που προκύπτει από την αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο.

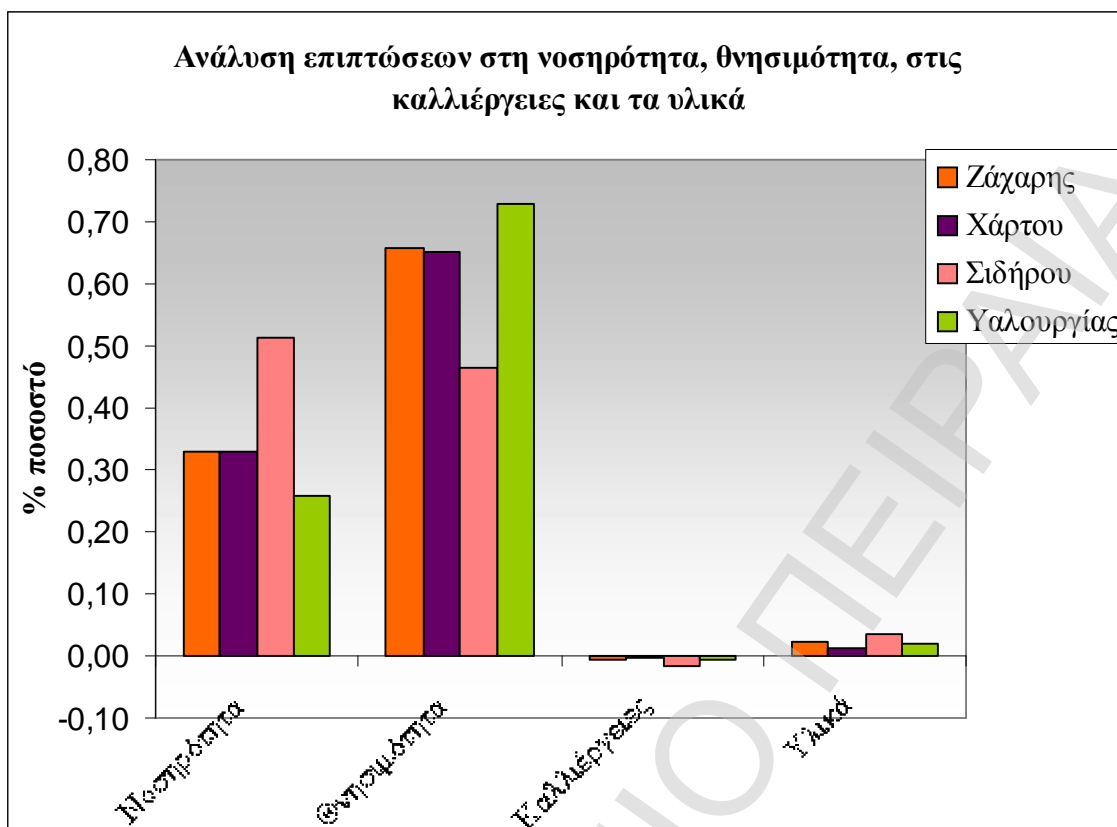
Βιομηχανίες	Ποσοστό μείωσης		
	Τοπικό Επίπεδο	Ελλάδα	Ευρώπη
Ζάχαρης	-	1016%	702%
Χάρτου	1583%	681%	729%
Υαλουργίας	469.8%	1086%	579.2%



Σχήμα 5. 11: Ποσοστό μείωσης εξωτερικού κόστους που προκύπτει από την αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο.

Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη μείωση στο εξωτερικό κόστος που προκύπτει από την αντικατάσταση του υπάρχοντος καυσίμου αντιστοιχεί στη βιομηχανική μονάδα της Υαλουργίας και της Ζάχαρης με ποσοστό που ξεπερνά ακόμα και το 1000% στην περίπτωση της επιρροής στην Ελλάδα καθώς και της Βιομηχανίας Χάρτου σε τοπικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό καθιστά την αντικατάσταση και των τριών μελετών-περίπτωσης απαραίτητη.

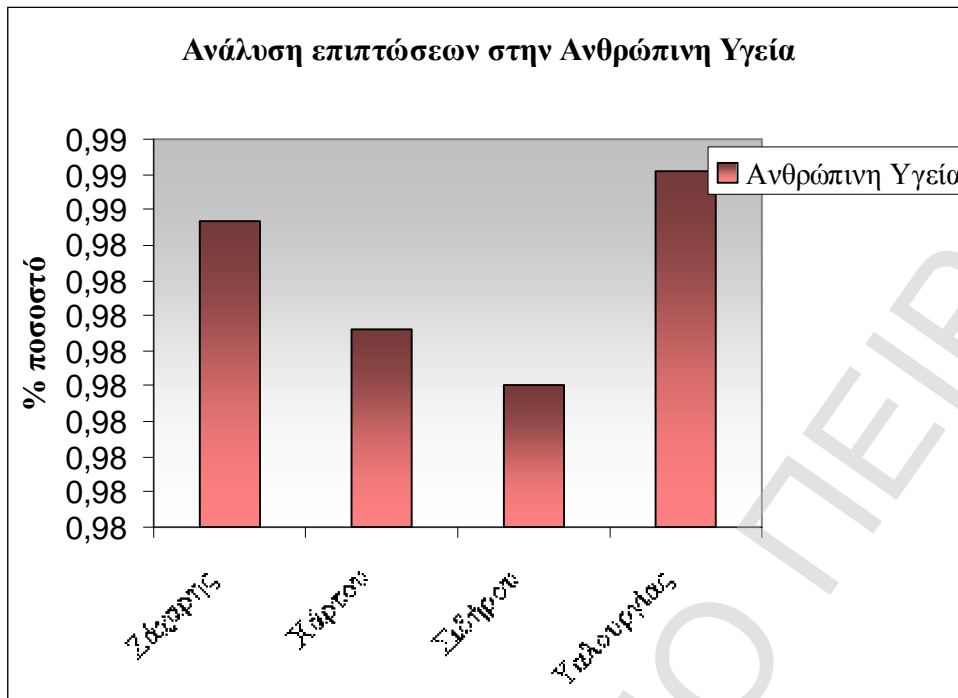
Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των παραπάνω συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων που αφορούν στην ανθρώπινη υγεία, θνησιμότητα και νοσηρότητα, στις καλλιέργειες και στα υλικά, τα οποία μπορεί να παρατηρήσει κανείς στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 5. 12: Ποσοστά επιπτώσεων στη θνησιμότητα, νοσηρότητα, στις καλλιέργειες , στα υλικά (χρήση φυσικού αερίου).

Πίνακας 5. 9: Ποσοστά επιπτώσεων στη θνησιμότητα, νοσηρότητα, στις καλλιέργειες , στα υλικά (χρήση φυσικού αερίου).

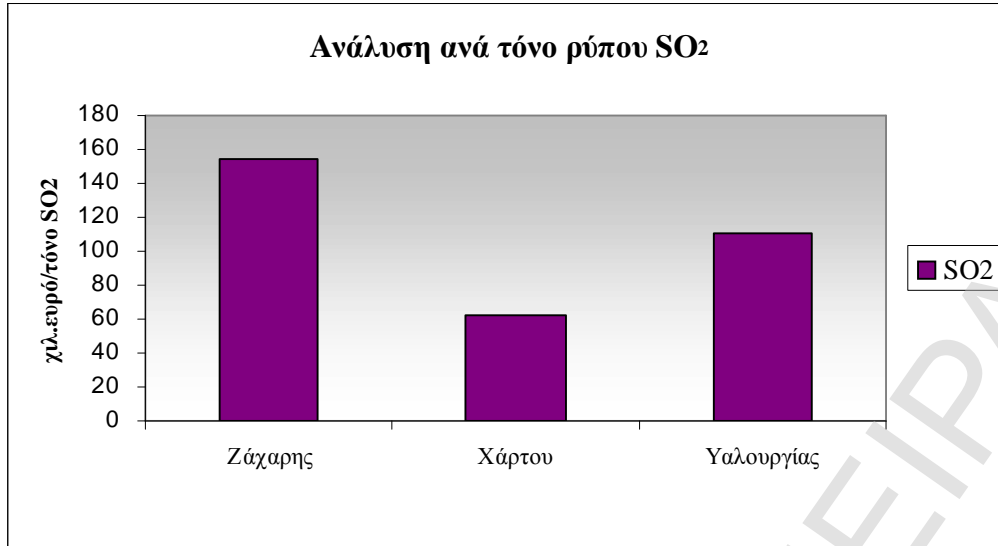
Βιομηχανίες	Νοσηρότητα	Θνησιμότητα	Καλλιέργειες	Υλικά
Ζάχαρης	32,77%	65,70%	-0,59%	2,32%
Χάρτου	33,01%	65,15%	-0,32%	1,16%
Υαλουργίας	25,86%	72,75%	-0,54%	1,92%



Σχήμα 5. 13: Ποσοστά επιπτώσεων στη ανθρώπινη υγεία (χρήση φυσικού αερίου).

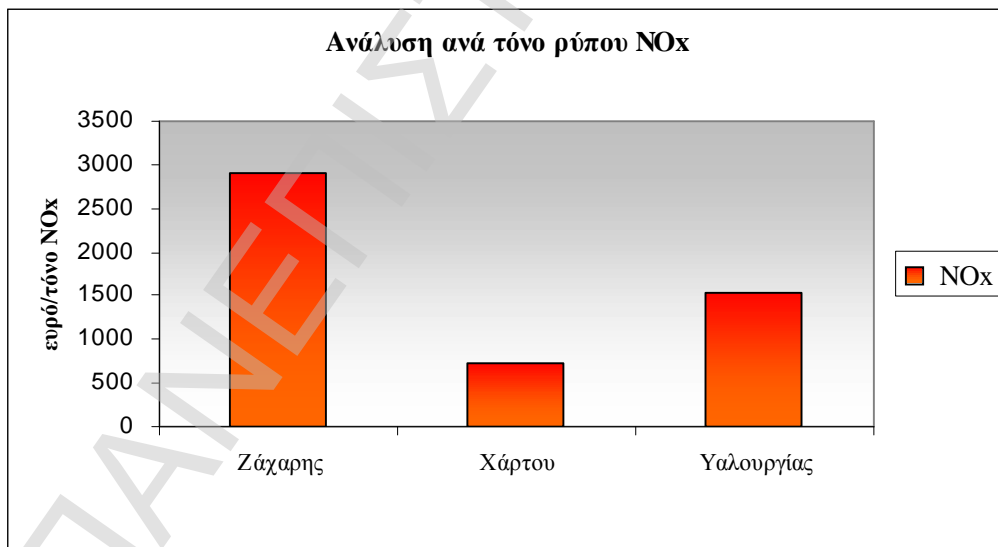
Παρατηρούμε ότι και στην περίπτωση αντικατάστασης του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο τη μεγαλύτερη μερίδα των επιπτώσεων καταλαμβάνει η χρόνια θνησιμότητα, ακολουθεί η νοσηρότητα και τα υλικά. Το μοντέλο υπολογίζει και τις επιπτώσεις στις καλλιέργειες. Ωστόσο, στις καλλιέργειες οι επιπτώσεις είναι και πάλι θετικές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ποσοστό που αφορά την ανθρώπινη υγεία πλησιάζει, στην περίπτωση της Βιομηχανίας Ζάχαρης το 98,5% του συνόλου των επιπτώσεων από 96 % που ήταν πριν, στη Βιομηχανία Χάρτου το 98%, όπως και πριν την αντικατάσταση του καυσίμου, και στην Υαλοτεχνίας το 99% αυξημένο κατά 2 ποσοστιαίες μονάδες. Το μεγαλύτερο δηλαδή, μέρος του κοινωνικού κόστους της ρύπανσης αποδίδεται ενισχυμένο στις επιβαρύνσεις της ανθρώπινης υγείας.

Η ανάλυση ανά τόνο ρύπου, ωστόσο, διαφοροποιεί αρκετά τα προηγούμενα αποτελέσματα των βιομηχανιών που χρησιμοποιούσαν συμβατικό καύσιμο (σχήμα 5.14, 5.15, 5.16)



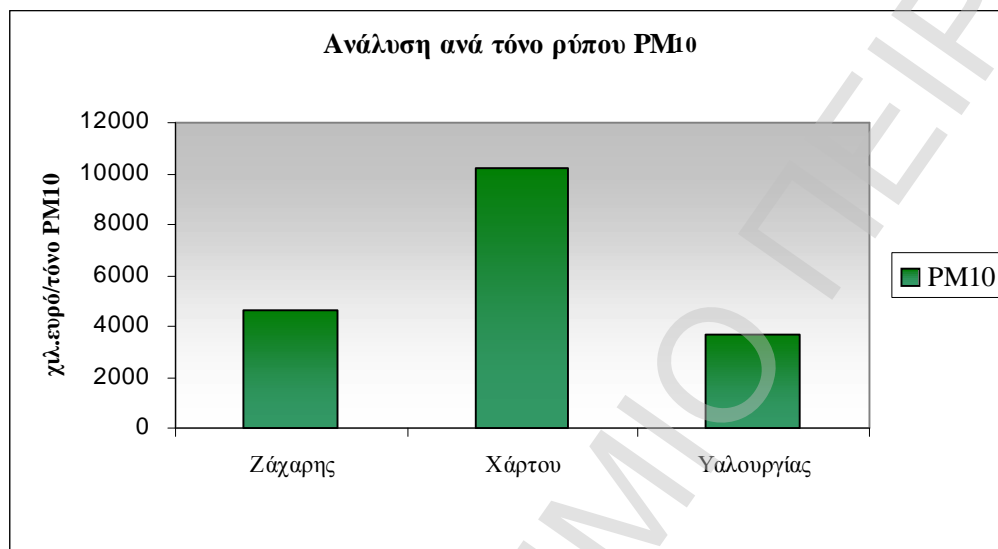
Βιομηχανίες	χλ.€/τόνο SO ₂
Ζάχαρης	154.48
Χάρτου	62.753
Υαλουργίας	110.006

Σχήμα 5. 14: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου SO₂ (φυσικό αέριο).



Βιομηχανίες	€/τόνο NOx
Ζάχαρης	2915.51
Χάρτου	726
Υαλουργίας	1541

Σχήμα 5. 15: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου NOx (φυσικό αέριο).



Βιομηχανίες	€/τόνο PM10
Ζάχαρης	4625.29
Χάρτου	10172.55
Υαλουργίας	3648

Σχήμα 5. 16: Ανάλυση επιπτώσεων ανά τόνο ρύπου PM₁₀ (χρήση φυσικού αερίου).

5.3. ΜΟΝΤΕΛΟ RISK POLL

5.3.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στις υπό εξέταση βιομηχανικές μονάδες εισάγαμε τα δεδομένα που απαιτούσε το μοντέλο. Αυτά αφορούσαν (βλ. αναλυτικότερα 4.2), όπως και στην περίπτωση του μοντέλου EcoSense, γεωγραφικές συντεταγμένες και χαρακτηριστικά καμινάδας, μετεωρολογικά δεδομένα, συγκεντρώσεις ρύπων, στοιχεία της περιοχής και κατανομής πληθυσμού, και τέλος τιμές των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Τα επιπλέον στοιχεία σε σχέση με το μοντέλο EcoSense είναι ότι απαιτούνταν εισαγωγή της ταχύτητας φθίνουσας διασποράς των αερίων η οποία ήταν ορισμένη για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα [21] και φαίνεται στον πίνακα 5.10 καθώς και στοιχεία κατανομής πληθυσμού. Για τις βιομηχανίες στην περιοχή της Αθήνας η απαιτούμενη τιμή της κατανομής πληθυσμού, ήταν ίση με 44 per/km² ενώ για την περιοχή της Θεσσαλονίκης 70 per/km².

Πίνακας 5. 10: Τιμές ταχύτητας φθίνουσας διασποράς αερίων ρύπων για την Ευρώπη.

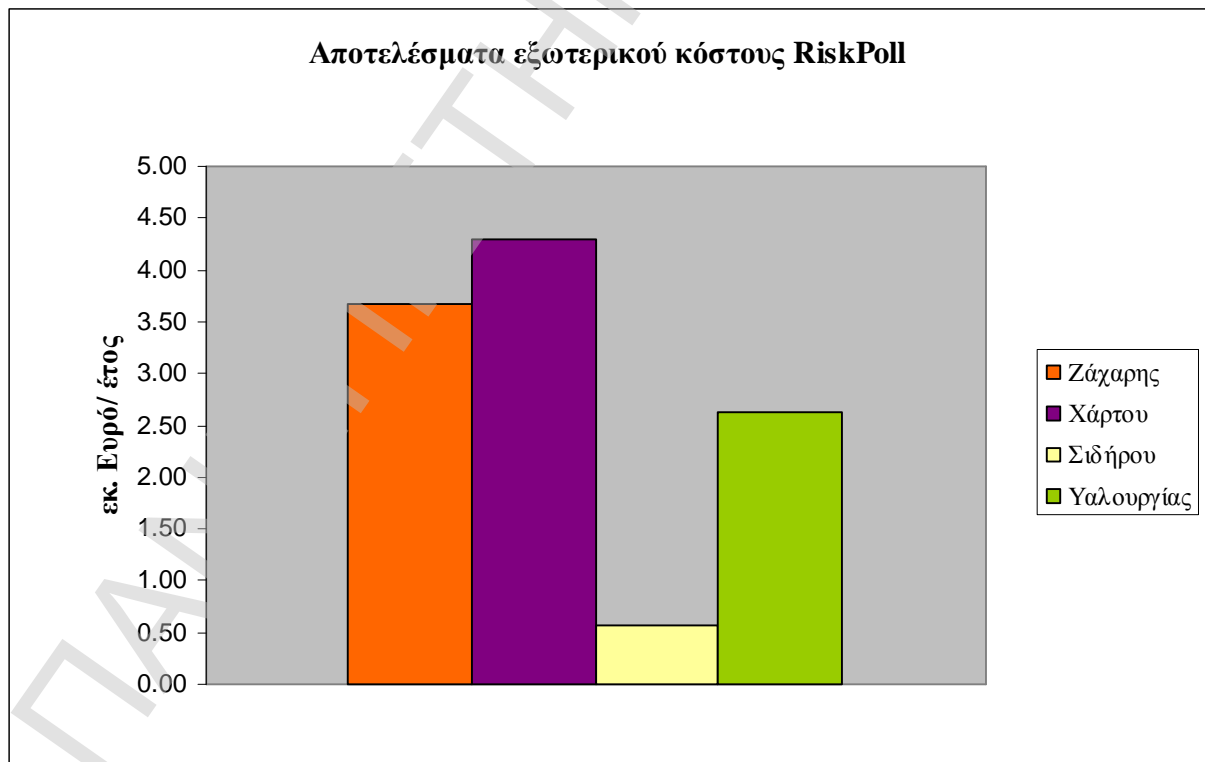
Αέριο Ρύποι	Ταχύτητα Φθίνουσας Διασποράς (cm/s)
SO ₂	0.73 - 0.89
Sulfates aerosols	1.73 - 1.98
NOx	1.05 - 1.47
Nitrates aerosols	0.76 - 1.29
PM ₁₀	0.67 - 0.87

5.3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Κατόπιν επεξεργασίας των τιμών που εμφανίζονται στο Report του μοντέλου, υπολογίστηκε το συνολικό εξωτερικό κόστος σε € έτος. Τα αποτελέσματα για τις 4 βιομηχανίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ το σχήμα απεικονίζει και γραφικά τις τιμές αυτές.

Πίνακας 5. 11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξωτερικού κόστους βιομηχανιών με τη χρήση του μοντέλου RiskPoll.

Βιομηχανίες	Αποτελέσματα εξωτερικού κόστους εκ.€yr
Ζάχαρης	3,67
Χάρτου	4,30
Σιδήρου	0.57
Υαλουργίας	2,62



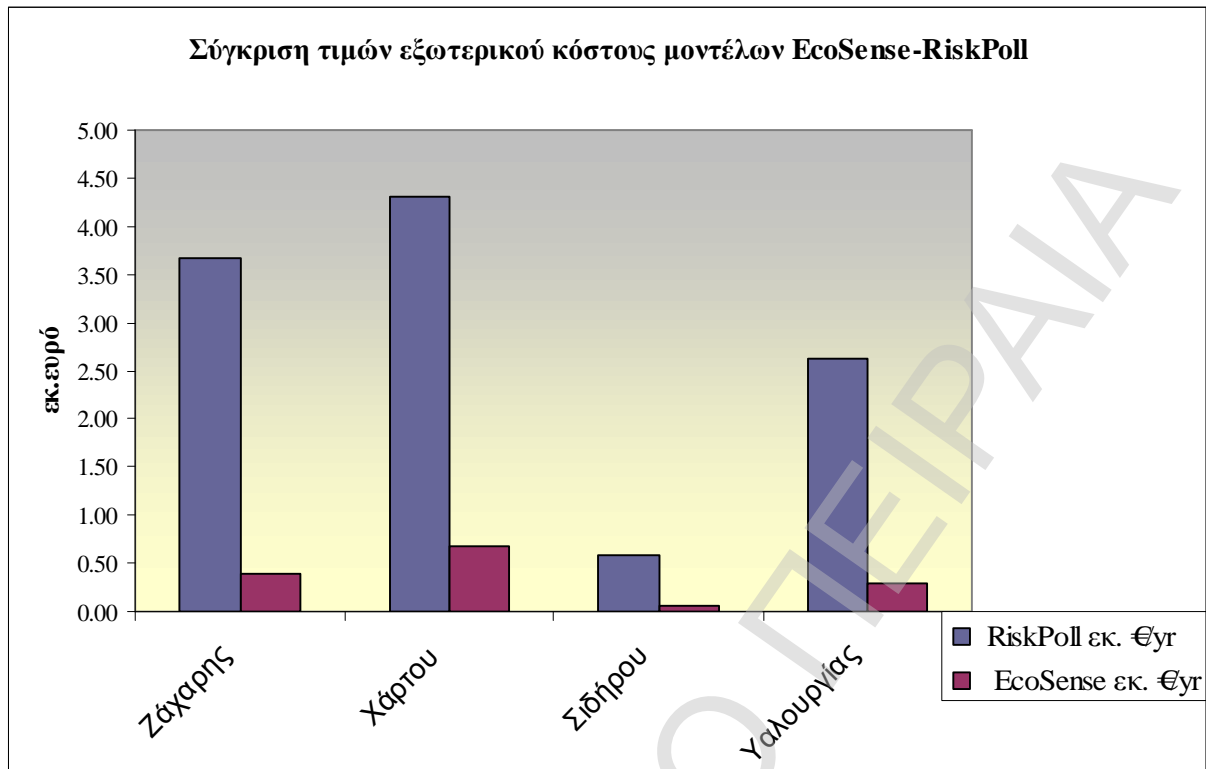
Σχήμα 5. 17: Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων εξωτερικού κόστους RiskPoll για τις 4 βιομηχανίες.

5.3.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ECOSENSE-RISK POLL

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους των δύο μοντέλων για τις βιομηχανίες που εξετάστηκαν. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει όλα τα αποτελέσματα, ενώ το σχήμα απεικονίζει γραφικά τη μορφή τους σε ιστόγραμμα.

Πίνακας 5. 12: Συγκριτικά αποτελέσματα εξωτερικού κόστους των δύο μοντέλων

Βιομηχανίες	Αποτελέσματα εξωτερικού κόστους RiskPoll εκ. €yr	Αποτελέσματα εξωτερικού κόστους EcoSense εκ. €yr
Ζάχαρης	3.67	0.388
Χάρτου	4.30	0.668
Σιδήρου	0.57	0.0581
Υαλουργίας	2.62	0.293



Σχήμα 5. 18: Συγκριτικά αποτελέσματα εξωτερικού κόστους μοντέλων EcoSense-RiskPoll.

Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι το μοντέλο RiskPoll δίνει πολύ μεγαλύτερες τιμές για το εξωτερικό κόστος από ό,τι το μοντέλο EcoSense. Το μοντέλο EcoSense, εξάλλου, έχει υποστεί αρκετές επεξεργασίες έτσι ώστε να παρέχει αποτελέσματα που να συγκλίνουν περισσότερο στο ιδιωτικό κόστος.

5.3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Το μοντέλο RiskPoll επιτρέπει την τροποποίηση των αποτελεσμάτων άμεσα από το report των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας την επιλογή sensitivity analysis. Συγκεκριμένα για κάποιες βιομηχανίες πράξαμε τις ακόλουθες αναλύσεις ευαισθησίας:

- **Ανάλυση ευαισθησίας ως προς την κατανομή πληθυσμού**

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση ως προς την κατανομή του πληθυσμού για μία Βιομηχανία στην περιοχή της Αθήνας και για μία της Θεσσαλονίκης.

- **Βιομηχανία Χάρτου**

Όπως περιγράφηκε η Βιομηχανία Χάρτου βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας για την οποία ισχύει κατανομή πληθυσμού: 44 άτομα/km². Πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για κατανομές πληθυσμού αυξημένες κατά 20% και 35% από την παραπάνω τιμή, δηλαδή για κατανομές πληθυσμού: 53 άτομα/km² και 60 άτομα/km², αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 5. 13: Ανάλυση ευαισθησίας κατανομής πληθυσμού στην Αθήνα (Βιομηχανία Χάρτου).

Κατανομή Πληθυσμού (άτομα/km ²)	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Χάρτου (εκ. Έτος)
44	5.38
53	5.69
60	6

Ü Βιομηχανία Ζάχαρης

Η Βιομηχανία Ζάχαρης βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης για την οποία ισχύει κατανομή πληθυσμού: 70 άτομα/km². Πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για κατανομές πληθυσμού αυξημένες κατά 20% και 35% από την παραπάνω τιμή, δηλαδή για κατανομές πληθυσμού: 84 άτομα/km² και 100 άτομα/km², αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5. 14: Ανάλυση ευαισθησίας κατανομής πληθυσμού στη Θεσσαλονίκη (Βιομηχανία Ζάχαρης).

Κατανομή Πληθυσμού (άτομα/km ²)	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Ζάχαρης (εκ. Έτος)
70	4.59
84	5.56
100	6.7

Παρατηρούμε ότι, τόσο στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης όσο και στην Αθήνα, αυξανόμενη της κατανομής του πληθυσμού αυξάνεται και το εξωτερικό κόστος.

- **Ανάλυση ευαισθησίας ως προς την ταχύτητα φθίνουσας διασποράς των αερίων ρύπων**

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.6.1. οι τιμές της ταχύτητας φθίνουσας διασποράς (depletion velocity) κυμαίνονται από μία ανώτατη ως μία κατώτατη τιμή (βλ. πίνακα 5.1). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για τη Βιομηχανία Σιδήρου για τρεις τιμές ταχυτήτων φθίνουσας διασποράς: την ανώτερη, την κατώτερη και τη μέση (πίνακες)

Πίνακας 5. 15: Μέγιστες, Μέσες και Ελάχιστες τιμές ταχυτήτων φθίνουσας διασποράς.

Χαρακτηρισμός Τιμής	Ταχύτητα μείωσης (cm/s)	
Μέγιστη	SO ₂	0.89
	Sulfates aerosols	1.98
	NO _x	1.47
	Nitrates aerosols	1.29
	PM ₁₀	0.87
Μέση	SO ₂	0.81
	Sulfates aerosols	1.85
	NO _x	1.21
	Nitrates aerosols	1.02
	PM ₁₀	0.72
Ελάχιστη	SO ₂	0.73
	Sulfates aerosols	1.73
	NO _x	1.05
	Nitrates aerosols	0.76
	PM ₁₀	0.67

Πίνακας 5. 16: Ανάλυση ευαισθησίας ταχύτητας φθίνουσας διασποράς (Βιομηχανία Σιδήρου).

Ταχύτητα φθίνουσας διασποράς	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Σιδήρου (εκ. Έτος)
Μέγιστη τιμή	0.51
Μέση τιμή	0.57
Ελάχιστη τιμή	0.66

Διαπιστώνουμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα φθίνουσας διασποράς των αερίων τόσο μικρότερο είναι το εξωτερικό κόστος της Βιομηχανίας γεγονός αναμενόμενο εφόσον με μικρότερη ταχύτητα ρύπων προκύπτουν πιο περιορισμένες επιπτώσεις και επομένως μικρότερο εξωτερικό κόστος.

- **Ανάλυση ως προς την ύπαρξη μετεωρολογικών δεδομένων**

Û Βιομηχανία Χάρτου

Για τη Βιομηχανία Χάρτου πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας και ως προς την ύπαρξη μετεωρολογικών δεδομένων σε διάφορες κατανομές πληθυσμού. Το μοντέλο αφήνει στην επιλογή μας τη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων. Υπήρχαν περιπτώσεις στις οποίες δε διαθέταμε μετεωρολογικά στοιχεία, στην περίπτωση της Βιομηχανίας Χάρτου και της Υαλουργίας, ωστόσο, όπου λόγω της τοποθεσίας τους στην Αθήνα διαθέταμε πλήρη στοιχεία, 'τρέξαμε' το μοντέλο με και χωρίς μετεωρολογικά στοιχεία για να παρατηρήσουμε τις μεταβολές

Πίνακας 5. 17: Ανάλυση ευαισθησίας μετεωρολογικών δεδομένων (Βιομηχανία Χάρτου)..

Κατανομή Πληθυσμού (άτομα/km ²)	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Χάρτου (εκ. Έτος) Πλήρη Μετεωρολογικά Στοιχεία	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Χάρτου (εκ. Έτος) Χωρίς Μετεωρολογικά Στοιχεία
44	5.38	5.35
53	5.69	5.65
60	6	5.96

Πίνακας 5. 18: Ανάλυση ευαισθησίας μετεωρολογικών δεδομένων (Βιομηχανία Υαλουργίας)

Κατανομή Πληθυσμού (άτομα/km ²)	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Υαλουργίας (εκ. Έτος) Πλήρη Μετεωρολογικά Στοιχεία	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Υαλουργίας (εκ. Έτος) Χωρίς Μετεωρολογικά Στοιχεία
44	3.38	3.38

Παρατηρούμε, ότι η χρήση των μετεωρολογικών δεδομένων τροποποιεί από ελάχιστα (περίπτωση Βιομηχανίας Χάρτου) έως καθόλου (Βιομηχανία Υαλουργίας) τα αποτελέσματα.

- **Ανάλυση ως προς το μοντέλο**

Τέλος, πραγματοποιήσαμε χρήση και των τριών μοντέλων RUWM, URBAN, QUERI που διαθέτει το RiskPoll.

• Βιομηχανία Υαλουργίας

Πίνακας 5. 19: Ανάλυση με χρήση διαφορετικών μοντέλων (Βιομηχανία Χάρτου).

Μοντέλο	Εξωτερικό κόστος Βιομηχανίας Υαλουργίας (εκ. Έτος)
QUERI	3.28
RUWM	3.28
URBAN	3.28

Τα μοντέλα QUERI και RUWM, URBAN επομένως, δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα εφόσον χρησιμοποίησαν την ίδια κατανομή πληθυσμού λόγω της φύσεως και των απαιτήσεων του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

6.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά τον υπολογισμό και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των δύο μοντέλων, EcoSense και RiskPoll, τα οποία εφαρμόστηκαν στις Βιομηχανίες: Ζάχαρης, Χάρτου, Σιδήρου και Υαλουργίας διεξήχθησαν ορισμένα αξιόλογα συμπεράσματα:

- Από τη χρήση του μοντέλου EcoSense παρατηρήθηκε ότι οι Βιομηχανίες: Ζάχαρης, Χάρτου και Υαλουργίας έχουν της ίδιας τάξης μεγέθους εξωτερικό κόστος με μεγαλύτερο αυτό της Βιομηχανίας Χάρτου, ενώ η Βιομηχανία Σιδήρου έχει πολύ μικρότερο εξωτερικό κόστος. Το παραπάνω συμπέρασμα ερμηνεύτηκε από το καύσιμο που χρησιμοποιεί η κάθε βιομηχανική μονάδα, τις εκπομπές των αερίων και τη γεωμετρία της καμινάδας.
- Σε όλες τις μελέτες περίπτωσης, το άμεσο εξωτερικό κόστος που υπολόγισε το μοντέλο EcoSense βιομηχανιών ήταν κατά πολύ μικρότερο από το ιδιωτικό κόστος των προϊόντων.
- Από την ανάλυση των επιπτώσεων που προέκυψαν από το μοντέλο EcoSense διαπιστώθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σε όλες τις μελέτες-περίπτωσης, εκτός από τη Βιομηχανία Σιδήρου, καταλάμβανε η χρόνια θνησιμότητα ενώ ακολουθούσαν η νοσηρότητα με υψηλά ποσοστά και οι επιπτώσεις στα υλικά με μικρά ποσοστά. Στην περίπτωση της Βιομηχανίας Σιδήρου το μεγαλύτερο ποσοστό των επιπτώσεων αντιστοιχούσε στην ανθρώπινη νοσηρότητα ενώ ακολουθούσε η θνησιμότητα. Στις καλλιέργειες, ωστόσο, οι επιπτώσεις ήταν θετικές.
- Αξιοσημείωτο ήταν το γεγονός ότι το ποσοστό που αφορούσε στην ανθρώπινη υγεία ήταν πολύ υψηλό. Το μεγαλύτερο, δηλαδή, μέρος του κοινωνικού κόστους της ρύπανσης, σε όλες τις περιπτώσεις, αποδόθηκε στις επιβαρύνσεις της ανθρώπινης υγείας.

- Όσον αφορά τη γεωγραφική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα αποτελέσματα του μοντέλου EcoSense διαπιστώθηκε ότι κατά ένα ισχυρό ποσοστό, της τάξης του 30%, οι συγκεκριμένες βιομηχανικές μονάδες επηρεάζουν τη χώρα μας.

- Κατά την αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Û Στην περίπτωση της Βιομηχανίας Υαλουργίας και της Ζάχαρης η μείωση από την αντικατάσταση του υπάρχοντος καυσίμου ξεπερνά σε ποσοστό ακόμα και το 1000% στην περίπτωση της επιρροής στην Ελλάδα, καθώς και στην περίπτωση της Βιομηχανίας Χάρτου σε τοπικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό καθιστά την αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου απαραίτητη.
 - Û Το μεγαλύτερο μέρος του κοινωνικού κόστους της ρύπανσης αποδόθηκε, ενισχυμένο σε σχέση με την περίπτωση του συμβατικού καυσίμου, στις επιβαρύνσεις της ανθρώπινης υγείας.

- Το μοντέλο RiskPoll έδωσε πολύ μεγαλύτερες τιμές για το εξωτερικό κόστος από ό,τι το μοντέλο EcoSense. Το μοντέλο EcoSense κρίνεται πιο ρεαλιστικό και αξιόπιστο.

- Από την ανάλυση ευαισθησίας στο μοντέλο RiskPoll, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:
 - Û Τόσο στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης όσο και στην Αθήνα, αυξανόμενης της κατανομής του πληθυσμού αυξάνεται και το εξωτερικό κόστος.
 - Û Η ταχύτητα μείωσης των αερίων μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα του εξωτερικού κόστους της κάθε βιομηχανίας.

- ü Η χρήση των μετεωρολογικών δεδομένων τροποποιεί από ελάχιστα (περίπτωση Βιομηχανίας Χάρτου) έως καθόλου (Βιομηχανία Υαλουργίας) τα αποτελέσματα.
- ü Τα μοντέλα QUERI και RUWM, URBAN έδωσαν το ίδιο αποτέλεσμα εφόσον χρησιμοποίησαν την ίδια κατανομή πληθυσμού.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

6.2. ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΈΡΕΥΝΑ –

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι ενδιαφέροντα καθώς δίνουν μια εικόνα για τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που συνδέονται με τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων στην Ελλάδα. Παρά το γεγονός ότι τα εξωτερικά κόστη που υπολογίστηκαν είναι πολύ μικρά σε σχέση με τα ιδιωτικά στο σύνολο της βιομηχανίας γίνονται υπολογίσιμα γεγονός που καθιστά επιβεβλημένη, σε κάθε περίπτωση, την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθούν.

Όπως προέκυψε από την παρούσα μελέτη, η αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου με φυσικό αέριο, επιτυγχάνει μείωση στις τιμές του εξωτερικού κόστους. Η διεύρυνση, επομένως, του φυσικού αερίου στον κλάδο της βιομηχανίας πρέπει να προχωρήσει πιο γρήγορα και αποτελεσματικά.

Ωστόσο, υπάρχει ένα πλήθος θεμάτων, τα οποία είτε δεν εξετάστηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής, είτε η περαιτέρω διερεύνηση τους χρήζει επιστημονικού ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, επισημαίνουμε:

1. Μοντέλο EcoSense

- Η βάση δεδομένων του μοντέλου EcoSense περιλαμβάνει στοιχεία που σχετίζονται με κατανομές πληθυσμού, μετεωρολογικά δεδομένα κ.α. από την στατιστική υπηρεσία EUROSTAT της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα οποία αφορούν στο έτος 1990 (ή και νωρίτερα). Συνιστάται, επομένως, η ανανέωση της βάσης δεδομένων με πιο πρόσφατα στοιχεία.
- Τα αποτελέσματα για το εξωτερικό κόστος των ελληνικών βιομηχανικών μονάδων θα μπορούσαν να επιβεβαιωθούν με χρήση και άλλων μοντέλων σαν το EcoSense όπως το EXMOD της μελέτης της νέας Υόρκης ή το Pathways. Αν και αναμένονται διαφορές, εξαιτίας των διαφοροποιήσεων στις συναρτήσεις δόσης-αντίδρασης και στα ατμοσφαιρικά μοντέλα, θεωρείται ότι η βασική διαπίστωση ως προς την σοβαρότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης θα παραμείνει ως έχει.

- ü Έντονο ενδιαφέρον θα είχε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους ως προς τους επιμέρους κλάδους βιομηχανικής δραστηριότητας. Κάτι τέτοιο θα υποδείκνυε πιο ξεκάθαρα τους κλάδους εκείνους στους οποίους είναι επιτακτική η ανάγκη για στροφή προς πιο φιλικές προς το περιβάλλον μορφές ενέργειας αλλά και αυτούς που δεν απειλούν άμεσα το περιβάλλον και τον άνθρωπο που ζει μέσα σ' αυτό.

2. Μοντέλο RiskPoll

- ü Γενικά, η εφαρμογή του μοντέλου RiskPoll βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο. Συνιστώνται βελτιώσεις στην εισαγωγή δεδομένων, προσαρμογή σε ακριβέστερα μετεωρολογικά δεδομένα.
- ü Τα αποτελέσματά του έδωσαν πολύ υψηλότερα εξωτερικά κόστη από τα αντίστοιχα του μοντέλου EcoSense χωρίς όμως να μπορούμε να απαντήσουμε στο ποιες τιμές τελικά είναι οι αποδεκτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]: Περιβαλλοντικά Σήματα, Σχέδιο Έκθεσης Δεικτών Αειφορίας-Ελλάδα 2003
- [3]: IEA, 2001
- [4]: EIA, 2000. ΠΑΣΑ & WEC 1998
- [8]: Joseph E. Stiglitz , Third Edition, « ECONOMICS of the PUBLIC SECTOR» (W.W.Norton & Company, NEW YORK/LONDON).
- [9]: European Commission, DGXII, Science, Research and Development (1995a), ExternE: Externalities of Energy, Volume 1, Summary, EUR 16520 EN, European Commission, Luxembourg.
- [11]: Economic Valuation of Environmental Impacts and External Costs (A. Markandya, R. Boyd, UK)
- [12]: Sundqvist, T. (2000), "Electricity Externality Studies: Do the Numbers Make Sense?", Lulea University of Technology.
- [13]: Jonathan M. Harris, «Environmental and Natural Resource ECONOMICS» (A Contemporary Approach)
- [14]: Μοιρασγεντής, Σ. (1998), «Το Εξωτερικό Κόστος της Ηλεκτροπαραγωγής: Αποτίμηση και Επιπτώσεις στον Ενεργειακό Σχεδιασμό», Διδ. Διατριβή, Ε.Μ.Π.
- [15]: Heijungs et al (1992), Lindfors et al (1995), 'Life cycle analysis'
- [17]: External Costs of Electricity Generation in Greece (December 1997)
- [18]: Διακουλάκη, Δ., Μοιρασγεντής, Σ., Τζιαντζή, Μ. (2001), «Ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Επιπτώσεις στο Κοινωνικό Κόστος της Ηλεκτροπαραγωγής», Ε.Μ.Π.

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

- [2]: www.statistics.gr
- [5]: <http://europa.eu.int/eurlex/en/com/pdf/2002/act0595en01/2.pdf>
- [6]: http://www.climate.noa.gr/Emissions/CC_emissions.htm
- [7]: www.depa.gr
- [10]: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo_en.html (pdf externpr)
- [16]: http://www.energia.gr/meleti_icap/kefl.php(vol.7)
- [19]: ExternE-The ExternE Homepage: <http://externe.jrc.es>

[20]: EcoSense 4, User's Manual University of Stuttgart 2004: <http://www.ier.uni-stuttgart.de>

[21]: RiskPoll User's Manual Spadaro 2004

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

Πίνακας Π1: Συγκεντρώσεις αέριων ρύπων σε διάφορους σταθμούς.

Σταθμοί	Ρύποι(1) ανά m ³ ατμοσφαιρικού αέρα (σε μικρογραμμάρια(2))						
	Καπνός	Διοξείδιο του θείου SO ₂	Διοξείδιο του αζώτου NO ₂	Όζον O ₃	Μονοξείδιο του άνθρακα CO	Αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ₁₀	
<i>Οδού Πατησίων</i>							
2003	Μεγίστη	137	274	317	125	15,5	.
	Μέση	46	43	83	20	2,9	.
	Διάμεση	42	38	80	12	2,5	.
2004	Μεγίστη	188	380	342	98	17,6	.
	Μέση	54	21	88	17	2,9	.
	Διάμεση	51	17	84	10	2,5	.
<i>Οδού Αριστοτέλους</i>							
2003	Μεγίστη	164	172	226	.	.	456
	Μέση	39	7	69	.	.	56
	Διάμεση	34	5	68	.	.	50
2004	Μεγίστη	205	300	224	.	.	955
	Μέση	41	17	70	.	.	58
	Διάμεση	29	12	69	.	.	50
<i>Περιστερίου</i>							
2003	Μεγίστη	103	227	283	257	7,2	.
	Μέση	24	15	44	62	0,7	.
	Διάμεση	19	10	38	58	0,5	.
2004	Μεγίστη	.	206	250	198	7,3	.
	Μέση	.	18	49	54	0,8	.
	Διάμεση	.	11	45	54	0,5	.
<i>Πειραιά</i>							
2003	Μεγίστη	.	331	258	262	8,7	405
	Μέση	.	31	54	53	1,3	54
	Διάμεση	.	23	52	42	1,1	47
2004	Μεγίστη	.	236	200	143	9,3	954
	Μέση	.	13	64	25	1,1	56
	Διάμεση	.	8	64	20	0,8	48
<i>Ν. Σμύρνης</i>							
2003	Μεγίστη	75	213	242	297	15,3	.
	Μέση	19	22	46	71	0,9	.
	Διάμεση	17	15	36	67	0,6	.
2004	Μεγίστη	79	266	281	198	12,7	.
	Μέση	20	17	43	39	0,9	.
	Διάμεση	16	8	34	35	0,5	.

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων έργων.

(1) Ο καπνός υπολογίζεται σε 24ωρη βάση, ενώ οι υπόλοιποι ρύποι σε ωριαία.

(2) Όλες οι τιμές είναι σε μικρογραμμάρια ρύπου ανά κυβικό μέτρο αέρα (μg/m³), εκτός του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του οποίου οι τιμές είναι σε χιλιοστογραμμάρια ρύπου ανά κυβικό μέτρο αέρα (mg/m³).

Πίνακας Π2: Βασικά οικονομικά μεγέθη στο σύνολο βιομηχανίας κατά Νομό

	1981	1991	1999	2000	2001
Παραγωγή (χιλ. τόνοι):					
Βωξίτης	3.249	2.165	1.873	1.818	1.903
Λιγνίτης	27.304	52.083	61.828	63.948	66.621
Λευκόλιθος (μαγνη- σίτης)	817	560	.	.	.

Πίνακας Π3: ΕΤΟΣ 2002, Βασικά οικονομικά μεγέθη (κατά κλάδο βιομηχανίας)

Αξίες σε ευρώ

ΝΟΜΟΣ	ΑΡ. ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΟΙΒΩΝ	ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ	ΠΩΛΗΣΕΙΣ
ΑΤΤΙΚΗΣ	1.687	100.216	1.857.996.919	11.803.579.502	4.794.244.770	10.251.525.222
ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ	23	1.101	14.417.396	147.528.251	61.963.175	138.658.441
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	36	1.170	12.660.841	108.163.064	40.901.804	102.696.077
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	12	374	4.806.933	41.884.962	25.669.248	38.653.371
ΑΡΤΑΣ	9	451	5.743.821	40.135.964	17.410.452	37.922.238
ΑΧΑΪΑΣ	114	5.757	103.230.752	775.915.440	395.039.467	721.904.825
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	135	15.126	326.308.811	3.139.196.323	1.133.579.849	2.687.722.296
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	6	151	1.408.182	11.362.274	3.309.057	11.306.738
ΔΡΑΜΑΣ	31	2.148	28.598.913	125.631.402	55.774.097	111.544.883
ΔΩΔ/ΝΗΣΟΥ	22	705	11.302.482	55.277.079	23.369.987	52.397.346
ΕΒΡΟΥ	36	1.718	26.707.547	253.009.674	78.164.811	238.863.684
ΕΥΒΟΙΑΣ	73	7.512	134.581.884	906.816.001	367.353.453	790.523.602
ΗΛΕΙΑΣ	23	890	12.080.565	70.801.033	32.402.067	68.851.409
ΗΜΑΘΙΑΣ	54	4.219	55.806.584	483.449.422	140.718.555	480.408.324
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	73	2.713	39.314.226	263.124.375	109.865.520	242.873.340
ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	4	61	1.043.729	3.611.789	2.262.909	1.651.699
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	631	32.398	527.268.092	3.993.684.308	1.433.443.345	3.651.510.596
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	32	2.649	38.069.181	328.832.909	81.802.674	292.683.747
ΚΑΒΑΛΑΣ	54	2.736	48.018.569	252.593.992	108.157.033	238.491.873
ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	21	443	4.739.036	46.564.505	14.125.552	46.429.143
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	14	461	5.031.648	47.834.730	10.701.749	43.412.485
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	7	154	2.425.923	9.821.789	2.827.631	9.737.455
ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	4	138	1.476.450	14.765.788	7.323.630	14.721.651
ΚΙΛΚΙΣ	52	4.491	60.552.483	485.692.222	172.113.734	451.119.133
ΚΟΖΑΝΗΣ	20	1.008	12.706.287	46.888.339	23.771.077	29.061.229
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	54	4.705	93.853.562	1.861.332.533	414.517.968	1.709.691.548
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	13	1.098	19.790.962	91.210.990	54.891.600	56.288.920
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	7	202	2.758.181	28.782.209	6.388.618	21.340.529
ΛΑΡΙΣΗΣ	104	7.062	91.093.134	584.214.529	219.614.024	549.021.994
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	10	285	3.333.893	23.547.463	8.450.888	23.032.839
ΛΕΣΒΟΥ	12	236	3.645.085	22.195.936	10.863.604	21.680.454
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	73	5.687	106.741.607	1.186.162.435	432.803.695	975.054.460
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	23	1.013	16.475.032	153.489.683	77.074.958	147.216.080
ΞΑΝΘΗΣ	45	4.852	68.130.522	419.382.625	161.962.759	399.416.672
ΠΕΛΛΗΣ	33	2.247	29.147.167	229.029.281	85.641.938	225.384.399
ΠΙΕΡΙΑΣ	25	1.006	10.992.688	86.056.805	28.016.614	74.949.968
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	11	744	10.445.717	66.483.716	23.522.771	65.980.384
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	12	834	9.416.957	80.704.495	34.347.923	75.251.225
ΡΟΔΟΠΗΣ	44	2.649	35.334.507	268.215.251	93.894.764	253.015.140
ΣΑΜΟΥ	3	109	1.896.260	14.897.919	5.447.171	14.266.132
ΣΕΡΡΩΝ	38	1.626	19.096.285	122.959.417	46.760.617	112.126.086
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	41	1.325	15.763.772	149.694.683	48.456.865	148.001.212
ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	56	4.244	67.967.242	564.527.633	182.314.376	514.313.256
ΦΛΩΡΙΝΗΣ	3	64	937.404	9.234.628	2.098.482	9.138.824
ΦΩΚΙΔΟΣ	7	159	2.233.079	9.337.279	2.554.031	8.822.548
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	12	656	9.452.942	75.503.234	31.272.464	72.375.469
ΧΑΝΙΩΝ	19	630	9.184.629	61.466.124	23.849.049	59.908.544
ΧΙΟΥ	5	134	1.840.277	14.229.449	6.154.994	14.503.442
ΣΥΝΟΛΟ	3.823	230.357	3.965.828.158	29.578.823.454	11.137.195.819	26.305.450.932

Τα στοιχεία αφορούν βιομηχανικά καταστήματα με απασχόληση πάνω από 10 άτομα.

Πίνακας Π4: ΕΤΟΣ 2002, Βασικά οικονομικά μεγέθη (κατά κλάδο βιομηχανίας)

Αξίες σε ευρώ

ΚΛΑΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΛΑΔΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑΛΟΓΩΝ	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ	ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΡΕΚΛΗΓΩΝ
15	Βιομηχανία τροφίμων και ποτών	758	4.004.015.069	2.950.600.399	6.419.709.039	492.531.090
16	Παραγωγή προϊόντων καπνού	11	148.269.763	166.872.669	285.107.607	10.422.011
17	Παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών υλών	272	794.076.008	563.039.207	1.101.096.053	90.554.392
18	Κατασκευή ειδών ένδυσης, παπουτσιών και βαφί γυναικείων	308	530.413.159	306.447.035	922.341.372	34.584.241
19	Κατασκευή και διατμ. κατασκευή ειδών τριχώμα (μπουρνούκιών), τραπεζιών, ειδών υφαντικής, ειδών υφαντιστικής και υφασμάτων	96	113.323.415	87.651.456	165.434.856	7.181.002
20	Βιομηχανία ξύλου και κατασκευή προϊόντων από ξύλο και φελδέ - εκτός από τα έπιπλα, κατασκευή ειδών καλαθοποιίας και σπασπαστικής	100	224.128.017	126.959.100	323.581.609	86.638.935
21	Κατασκευή χρηματοπλά, χρημάτων και προϊόντων από χαρτί	107	498.566.760	314.521.250	715.819.341	48.289.817
22	Εικόνας, εκτυπώσεις και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων (όπως συρραφής ήχου και ταινίες και μαγνηταιγραφική)	214	481.879.065	828.817.058	723.238.888	153.068.684
23	Παραγωγή αποθήματα (γάλα, προϊόντων διάλυσης μαρμαρίνου και πυρηνικών καυσίμων	11	3.057.766.500	580.940.662	4.230.618.120	51.053.566
24	Καταγωγή χημικών ουσιών και προϊόντων	242	1.215.932.063	912.488.638	1.981.980.418	180.142.685
25	Κατασκευή προϊόντων από ελαστικό (καουτσούκ) και πλαστικής ύλης	203	516.273.925	383.883.774	862.006.727	100.926.342
26	Κατασκευή άλλων προϊόντων από μη μεταλλικά ορυκτά	370	1.196.069.461	1.014.341.167	2.104.066.932	194.130.031
27	Παραγωγή βελόνων μπιλάκι	111	2.447.279.021	791.896.039	2.951.379.676	194.223.359
28	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων, με εξαίρεση τα μηχανήματα και το αέριο εξοπλισμού	283	628.447.593	488.081.384	932.871.943	82.481.870
29	Κατασκευή μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού π.μ.	200	447.119.471	394.796.565	663.105.471	47.076.014
31	Κατασκευή ηλεκτρικών μηχανών και συσκευών μ.α.κ.	93	370.559.910	193.525.112	509.970.096	40.505.251
32	Κατασκευή εξοπλισμού και συσκευών ραδιοφωνίας, τηλεόρασης, και επικοινωνιών	19	238.667.018	448.690.688	377.006.601	39.235.483
33	Κατασκευή οπτικών οργάνων - ακριβείας και οπτικών οργάνων - κατασκευή φακών και διόπτρες	17	41.906.387	29.034.835	63.486.067	2.344.667
34	Κατασκευή αυτοκινήτων, οχημάτων, κατασκευή ομοεικουμενων και ημι-ομοεικουμενων οχημάτων	33	121.119.360	76.355.555	162.654.495	21.151.355
35	Κατασκευή βελόνων, εξοπλισμού, μηχανημάτων	76	296.541.371	730.676.616	476.974.990	33.733.325
36	Κατασκευή επίπλων, λοιπών βιομηχανικών μ.α.κ.	203	191.043.579	207.191.977	364.571.615	43.611.987
30+37	Κατασκευή μηχανών γραφείου και ηλεκτρονικών υπολογιστών - Αποκρίκωση	6	7.805.432	1.797.058	9.086.026	1.588.395
ΣΥΝΟΛΟ		3.923	16.441.627.635	11.107.196.829	26.305.450.932	1.097.047.452

Τα στοιχεία αφορούν βιομηχανικά καταστήματα με απασχόληση πάνω από 10 άτομα.

Πίνακας Π15: Ετήσιες (2000) εκπομπές ρύπων ,στην Ελλάδα, ανά κατηγορία.

SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES														
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ emissions	CO ₂ removals	CH ₄	N ₂ O	HFCs(1)		PFCs(1)		SF ₆		NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
					P	A	P	A	P	A				
	(Gg)				CO ₂ equivalent (Gg)						(Gg)			
Total National Emissions and Removals	107,598.92	0.00	543.57	46.75	0.00	4,281.02	0.00	148.38	0.00	0.00	318.60	1,505.89	290.57	490.16
1. Energy	95,802.69		94.71	12.24							311.38	1,295.66	236.64	481.58
A. Fuel Combustion Reference Approach	94,447.87													
Sectoral Approach	95,802.69		21.76	12.24							310.88	1,295.39	215.90	472.91
1. Energy Industries	55,058.21		0.45	7.11							75.22	46.08	6.15	363.68
2. Manufacturing Industries and Construction	10,414.70		3.62	1.57							37.78	24.42	8.87	66.42
3. Transport	19,303.45		7.40	1.23							151.01	958.81	177.08	23.95
4. Other Sectors	11,026.32		10.28	2.33							46.86	266.08	23.81	18.87
5. Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
B. Fugitive Emissions from Fuels	0.00		72.95	0.00							0.50	0.27	20.74	8.67
1. Solid Fuels	0.00		64.21	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
2. Oil and Natural Gas	0.00		8.74	0.00							0.50	0.27	20.74	8.67
2. Industrial Processes	7,481.39		0.00	1.83	0.00	4,281.02	0.00	148.38	0.00	0.00	1.42	22.11	4.67	8.58
A. Mineral Products	7,223.96		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	3.95
B. Chemical Industry	0.00		0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.23	2.12
C. Metal Production	257.43		0.00	0.00				148.38		0.00	0.35	21.95	0.00	2.31
D. Other Production	0.00										0.04	0.16	4.44	0.20
E. Production of Halocarbons and SF ₆						3,744.00		0.00		0.00				
F. Consumption of Halocarbons and SF ₆					0.00	537.02	0.00	0.00	0.00	0.00				
G. Other	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Solvent and Other Product Use	145.10			0.00									49.26	
4. Agriculture	0.00	0.00	171.40	31.33							1.21	28.29	0.00	0.00
A. Enteric Fermentation			142.68											

B.Manure Management			23.36	0.94									0.00	
C.Rice Cultivation			3.98										0.00	
D.Agricultural Soils			0.00	30.36									0.00	
E.Prescribed Burning of Savannas			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
F.Field Burning of Agricultural Residues			1.39	0.03							1.21	28.29	0.00	
G.Other			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
5. Land-Use Change and Forestry	4,169.74	0.00	17.91	0.13							4.59	159.83	0.00	0.00
A.Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks	0.00	-185.41												
B.Forest and Grassland Conversion	4,556.82		17.91	0.13							4.59	159.83		
C.Abandonment of Managed Lands	0.00	0.00												
D.CO ₂ Emissions and Removals from Soil	0.00	-201.67												
E.Other	0.00	0.00	0.00	0.00							0.00	0.00		
6. Waste	0.00		259.55	1.22							0.00	0.00	0.00	0.00
A.Solid Waste Disposal on Land	0.00		227.42									0.00	0.00	
B.Wastewater Handling			32.13	1.22							0.00	0.00	0.00	
C.Waste Incineration	0.00		0.00	0.00							NE	NE	NE	NE
D.Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
7. Other (please specify)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Memo Items:														
International Bunkers	13,857.13		1.13	0.38							278.33	31.29	9.19	206.86
Aviation	2,497.95		0.04	0.09							15.68	4.29	0.44	1.00
Marine	11,359.18		1.09	0.29							262.66	27.00	8.76	205.86
Multilateral Operations	NO		NO	NO							NO	NO	NO	NO
CO ₂ Emissions from Biomass	4,089.08													
P = Potential emissions based on Tier 1 approach of the IPCC Guidelines.														
A = Actual emissions based on Tier 2 approach of the IPCC Guidelines.														
Memo items are not included in the national totals.														

Πίνακας Π6: Ετήσιες (2001) εκπομπές ρύπων ,στην Ελλάδα, ανά κατηγορία.

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ emissions	CO ₂ removals	CH ₄	N ₂ O	HFCs(1)		PFCs(1)		SF ₆		NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
					P	A	P	A	P	A				
					(Gg)				CO ₂ equivalent (Gg)					
Total National Emissions and Removals	105,506.20	1,295.06	533.67	45.14	0.00	3,844.91	0.00	91.37	0.00	0.00	321.04	1,206.70	270.15	498.10
1. Energy	97,862.16		97.57	12.63							317.74	1,133.33	216.68	489.68
A.Fuel Combustion Reference Approach	97,823.04													
Sectoral Approach	97,862.16		22.28	12.63							317.31	1,133.10	196.17	481.75
1.Energy Industries	55,570.39		0.45	7.18							83.37	46.91	6.31	368.04
2.Manufacturing Industries and Construction	10,435.59		4.01	1.59							39.49	28.70	9.38	64.91
3.Transport	19,967.48		7.53	1.41							146.22	792.34	156.62	28.32
4.Other Sectors	11,888.70		10.29	2.45							48.22	265.14	23.86	20.47
5.Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
B.Fugitive Emissions from Fuels	0.00		75.29	0.00							0.43	0.23	20.51	7.93
1.Solid Fuels	0.00		66.68	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
2.Oil and Natural Gas	0.00		8.62	0.00							0.43	0.23	20.51	7.93
2. Industrial Processes	7,489.48		0.00	1.83	0.00	3,844.91	0.00	91.37	0.00	0.00	1.42	22.03	1.16	8.42
A.Mineral Products	7,231.91		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	3.96
B.Chemical Industry	0.00		0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.23	1.96
C.Metal Production	257.56		0.00	0.00				91.37		0.00	0.35	21.87	0.00	2.30
D.Other Production	0.00										0.04	0.16	0.93	0.20
E.Production of Halocarbons and SF ₆						3,181.46		0.00		0.00				
F.Consumption of Halocarbons and SF ₆					0.00	663.44	0.00	0.00	0.00	0.00				
G.Other	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Solvent and Other Product Use	154.57			0.00									52.31	
4. Agriculture	0.00	0.00	171.69	29.45							1.18	27.38	0.00	0.00
A.Enteric Fermentation			142.86											
B.Manure Management			23.35	0.94									0.00	
C.Rice Cultivation			4.13										0.00	
D.Agricultural Soils			0.00	28.48									0.00	
E.Prescribed Burning of Savannas			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
F.Field Burning of Agricultural Residues			1.35	0.03							1.18	27.38	0.00	

G.Other			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
5. Land-Use Change and Forestry	0.00	1,295.06	2.64	0.02							0.69	23.96	0.00	0.00
A.Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks	0.00	-1,795.73												
B.Forest and Grassland Conversion	670.08		2.64	0.02							0.69	23.96		
C.Abandonment of Managed Lands	0.00	0.00												
D.CO ₂ Emissions and Removals from Soil	0.00	-169.40												
E.Other	0.00	0.00	0.00	0.00							0.00	0.00		
6. Waste	0.00		261.77	1.21							0.00	0.00	0.00	0.00
A.Solid Waste Disposal on Land	0.00		240.42									0.00	0.00	
B.Wastewater Handling			21.35	1.21							0.00	0.00	0.00	
C.Waste Incineration	0.00		0.00	0.00							NE	NE	NE	NE
D.Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
7. Other (please specify)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Memo Items:														
International Bunkers	13,351.48		1.10	0.37							270.09	30.42	8.93	208.70
Aviation	2,321.55		0.04	0.09							14.85	4.19	0.42	0.94
Marine	11,029.93		1.06	0.28							255.24	26.23	8.51	207.76
Multilateral Operations	NO		NO	NO							NO	NO	NO	NO
CO ₂ Emissions from Biomass	4,217.80													
P = Potential emissions based on Tier 1 approach of the IPCC Guidelines. A = Actual emissions based on Tier 2 approach of the IPCC Guidelines.														
Memo items are not included in the national totals.														

Πίνακας Π7: Ετήσιες (2002) εκπομπές ρύπων ,στην Ελλάδα, ανά κατηγορία.

SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES														
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂ emissions	CO ₂ removals	CH ₄	N ₂ O	HFCs(1)		PFCs(1)		SF ₆		NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
					P	A	P	A	P	A				
(Gg)			CO ₂ equivalent (Gg)						(Gg)					
Total National	105,503.83	-1,891.79	544.76	45.04	0.00	3,998.56	0.00	88.32	0.00	0.00	317.76	1,169.53	267.58	508.66

Emissions and Removals														
1. Energy	97,811.58		102.32	12.65							315.01	1,115.59	213.90	500.19
A.Fuel Combustion Reference Approach	97,211.80													
Sectoral Approach	97,811.58		22.39	12.65							314.50	1,115.32	192.37	491.48
1.Energy Industries	55,109.20		0.45	7.12							89.33	46.30	6.04	383.32
2.Manufacturing Industries and Construction	10,142.85		3.97	1.50							37.05	30.08	9.58	62.24
3.Transport	20,298.77		7.61	1.54							139.64	770.86	152.87	24.66
4.Other Sectors	12,260.75		10.35	2.50							48.48	268.07	23.88	21.26
5.Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
B.Fugitive Emissions from Fuels	0.00		79.93	0.00							0.51	0.27	21.53	8.71
1.Solid Fuels	0.00		70.82	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
2.Oil and Natural Gas	0.00		9.11	0.00							0.51	0.27	21.53	8.71
2. Industrial Processes	7,537.05		0.00	1.83	0.00	3,998.56	0.00	88.32	0.00	0.00	1.43	22.29	1.16	8.47
A.Mineral Products	7,276.60		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	3.99
B.Chemical Industry	0.00		0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.23	1.96
C.Metal Production	260.45		0.00	0.00			88.32		0.00		0.35	22.13	0.00	2.33
D.Other Production	0.00										0.04	0.16	0.93	0.20
E.Production of Halocarbons and SF ₆						3,194.57		0.00		0.00				
F.Consumption of Halocarbons and SF ₆					0.00	803.99	0.00	0.00	0.00	0.00				
G.Other	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Solvent and Other Product Use	155.20			0.00									52.52	
4. Agriculture	0.00	0.00	172.32	29.36							1.23	28.20	0.00	0.00
A.Enteric Fermentation			143.06											
B.Manure Management			23.34	0.93										0.00
C.Rice Cultivation			4.55											0.00
D.Agricultural Soils			0.00	28.39										0.00
E.Prescribed Burning of Savannas			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
F.Field Burning of Agricultural Residues			1.38	0.04							1.23	28.20	0.00	
G.Other			0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	
5. Land-Use Change and Forestry	0.00	-1,891.79	0.38	0.00							0.10	3.46	0.00	0.00
A.Changes in	0.00	-1,735.23												

Forest and Other Woody Biomass Stocks														
B. Forest and Grassland Conversion	97.55		0.38	0.00							0.10	3.46		
C. Abandonment of Managed Lands	0.00	0.00												
D. CO ₂ Emissions and Removals from Soil	0.00	-254.10												
E. Other	0.00	0.00	0.00	0.00							0.00	0.00		
6. Waste	0.00		269.74	1.21							0.00	0.00	0.00	0.00
A. Solid Waste Disposal on Land	0.00		251.18									0.00	0.00	
B. Wastewater Handling			18.55	1.21							0.00	0.00	0.00	
C. Waste Incineration	0.00		0.00	0.00							NE	NE	NE	NE
D. Other	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
7. Other (please specify)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Memo Items:														
International Bunkers	12,214.71		0.99	0.34							243.12	27.54	8.03	186.81
Aviation	2,321.55		0.04	0.09							14.66	4.06	0.41	0.93
Marine	9,893.16		0.95	0.25							228.46	23.48	7.62	185.88
Multilateral Operations	NO		NO	NO							NO	NO	NO	NO
CO₂ Emissions from Biomass	4,217.80													
P = Potential emissions based on Tier 1 approach of the IPCC Guidelines. A = Actual emissions based on Tier 2 approach of the IPCC Guidelines. Memo items are not included in the national totals.														

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ