

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εξωτερικές οικονομίες - Πρότυπα για την ανάλυση ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

## **1.1 Εξωτερικές οικονομίες & εξωτερικά κόστη**

### **Εισαγωγή**

Οι **εξωτερικές οικονομίες** είναι αποτέλεσμα της αρνητικής ή θετικής επιρροής των δραστηριοτήτων μιας ομάδας ατόμων στην ευημερία μιας άλλης ομάδας, η οποία δεν αποζημιώνεται για τη ζημιά που υφίσταται, ούτε πληρώνει για το όφελος που η ίδια αποκομίζει στην περίπτωση της θετικής επίδρασης.

Πιο συγκεκριμένα, οι κάτοικοι μιας περιοχής όπου φτιάχνεται μια μεγάλη δασική έκταση, δεν χρεώνεται για τη διαμόρφωση αυτή, παρόλο που αποκομίζει μεγάλα οφέλη για την υγεία και την αισθητική του. Αντίθετα, η ανάπτυξη μιας βιομηχανικής ζώνης κοντά σε κατοικήσιμη περιοχή, δεν αποζημιώνει τους κατοίκους που ζουν σε αυτή και καθημερινά επωμίζονται τους θορύβους και την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Οι εξωτερικές οικονομίες διακρίνονται ως εξής:

- Αναφορικά με την θετική ή όχι μεταβολή της ευημερίας:
  - Θετική εξωτερική οικονομία, δηλαδή εξωτερικό όφελος
  - Αρνητική εξωτερική οικονομία, δηλαδή εξωτερικό κόστος
- Αναφορικά με τη δυνατότητα μεταβίβασής τους στις τιμές:
  - Χρηματικές εξωτερικές οικονομίες
  - Τεχνολογικές εξωτερικές οικονομίες
- Αναφορικά στο είδος του αγαθού εκείνου που προκαλεί την αύξηση ή μείωση της ευημερίας:
  - Περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες
  - Μη περιβαλλοντικές εξωτερικές οικονομίες

Συνεπώς, τα **εξωτερικά κόστη**, αποτελούν την νομισματική έκφραση των κοινωνικών επιβαρύνσεων, όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω, και οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονται στον προϋπολογισμό και στις γενικότερες οικονομικές αναλύσεις των επενδυτών και των εκάστοτε κατασκευαστών. [1]

Κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχει μεγάλη διαρροή επικίνδυνων ουσιών (αιωρούμενων σωματιδίων, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> κλπ) στην ατμόσφαιρα. Το κόστος της ζημιάς αυτής στο περιβάλλον, δε συμπεριλαμβάνεται στις παραδοσιακές τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό σημαίνει πως, ενώ στις τιμές αυτές, συμπεριλαμβάνεται το κόστος καυσίμου, το κόστος συντήρησης, το λειτουργικό κόστος, το κόστος της επένδυσης, η ασφάλιση και οι φόροι, οι βλάβες που προκαλούνται στην ατμόσφαιρα και κατ' επέκταση στην ανθρώπινη υγεία, τις καλλιέργειες και τα κτίρια, δεν αποτελούν τμήμα του κόστους της ηλεκτροπαραγωγής.

Παρατηρείται, λοιπόν, πως το άτομο ή το στοιχείο που προσβάλλεται και υφίσταται τη ζημιά, δεν αποτελεί μέλος του λειτουργικού σώματος της εταιρίας, συνεπώς το κόστος που υφίσταται δεν συμπεριλαμβάνεται στην τιμή του ηλεκτρισμού.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί, ότι τα εξωτερικά κόστη, διακρίνονται σε 2 κατηγορίες: τα **περιβαλλοντικά** και τα **μη περιβαλλοντικά**.

- Τα **περιβαλλοντικά εξωτερικά κόστη** αφορούν στις επιπτώσεις που υφίσταται το φυσικό περιβάλλον, αλλά και στη γενικότερη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων.

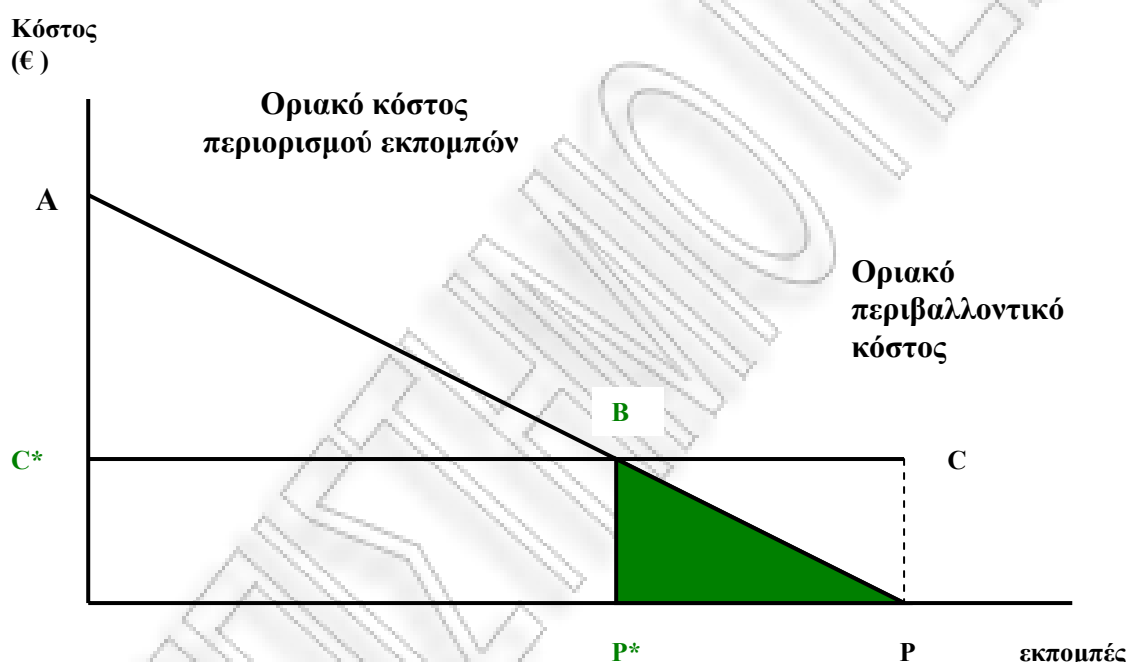
Τα περιβαλλοντικά κόστη που είναι αποτέλεσμα κυρίως της βιομηχανικής δραστηριότητας, διακρίνονται με τη σειρά τους σε πέντε υποκατηγορίες:

- Βλάβη στην ανθρώπινη υγεία
- Βλάβη στην ατμόσφαιρα, το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα
- Βλάβη στο δομημένο περιβάλλον
- Βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη επίδραση στην παραγωγικότητα
- Επίδραση στην εικόνα του φυσικού τοπίου.

- Τα **μη περιβαλλοντικά κόστη** αφορούν τη γενικότερη σταθερότητα ή μη της δομής και της εξέλιξης της αγοράς (διαμόρφωση τιμών, πληθωρισμός κλπ).

Οι παράμετροι που μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση του κοινωνικού κόστους που προκύπτει από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, είναι ο σχεδιασμός μιας αυστηρής κυβερνητικής πολιτικής, η εφαρμογή περιοριστικών διατάξεων, κανονιστικές τεχνολογικές διατάξεις (π.χ. η χρήση μιας τεχνολογίας που να μη ρυπαίνει το περιβάλλον), μια άμεση εσωτερίκευση του εξωτερικού κόστους σε φόρους ή δίνοντας αποζημιώσεις, καθώς επίσης και μια έντονη κοινωνική πίεση από τα άτομα

που πλήγονται από αυτή τη ζημιά. Στην περίπτωση, λοιπόν, που οι βιομηχανικές μονάδες (των οποίων η παραγωγική διαδικασία συντελεί στην αύξηση του επιπέδου των SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 στην ατμόσφαιρα) μειώσουν το επίπεδο εκπομπής των αερίων αυτών, δε θα τίθεται πλέον ζήτημα εξωτερικού κόστους, ούτε καν εξωτερικής οικονομίας, αρκεί βέβαια το επίπεδο αυτό να αποτελεί το βέλτιστο επίπεδο. Δηλαδή το επίπεδο εκείνο όπου το οριακό κόστος της μείωσης των εκπομπών είναι μεγαλύτερο από το οριακό κόστος που προκαλείται από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 1.1 Παρουσίαση του βέλτιστου επιπέδου μείωσης εκπομπών B [1]

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε το βέλτιστο σημείο όπου η ρύπανση είναι ανεκτή. Πιο συγκεκριμένα, το σημείο  $P^*$  αναφέρεται στο βέλτιστο επίπεδο εκπομπών.

Εάν κάποιος παράγει ρύπανση, χωρίς να λαμβάνει υπόψη του τη ζημιά που προκαλεί στην ατμόσφαιρα και τον κοινωνικό του περίγυρο, πρέπει να υποχρεωθεί να μειώσει τις εκπομπές αυτές. Πιο συγκεκριμένα, εάν παρήγαγε στην αρχή  $P$  εκπομπές, θα πρέπει τώρα να μειωθούν στο επίπεδο  $P^*$ . Δηλαδή, κόστος που αντιπροσωπεύεται στη συγκεκριμένη περίπτωση από το τρίγωνο  $P^*BP$  και όφελος που φαίνεται στο παραλληλόγραμμο  $P^*PCB$ . Στην περίπτωση που οι εκπομπές μειωθούν πέρα από το

σημείο  $P^*$ , επιβαρύνεται ο παραγωγός, εφόσον χωρίς να υπάρχει κοινωνικό κόστος, ο ίδιος επωμίζεται ένα μεγάλο κόστος.

Ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση του εξωτερικού κόστους, αποτελεί μια εξαιρετικά περίπλοκη διεργασία. Τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια αυτού του υπολογισμού είναι τα εξής:

- Λάθη κατά τον προσδιορισμό των επιπτώσεων στην υγεία και την ατμόσφαιρα
- Αδυναμία εξεύρεσης κατάλληλων οικονομικών δεικτών και εργαλείων για ακριβείς υπολογισμούς
- Προσαρμογή δεδομένων στην εκάστοτε τοποθεσία.

Γενικότερα, η έννοια του εξωτερικού κόστους, αποτελεί μια σημαντική πτυχή της σημερινής οικονομίας, εφόσον επηρεάζει άμεσα αλλά και έμμεσα την κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική ζωή μας. Υπολογίζοντας και προσπαθώντας να ισορροπήσουμε το επίπεδο των εκπομπών στα ανεκτά επίπεδα, καταφέρνουμε να βελτιώσουμε την ποιότητα της ζωής μας.

## 1.2 Το πρόγραμμα ExternE

### 1.2.1 Εισαγωγή

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή οι μεταφορές προκαλούν τις ουσιαστικές επιπτώσεις περιβαλλοντικής και ανθρώπινης υγείας, οι οποίες ποικίλλουν ευρέως, ανάλογα με το πώς και πού παρήχθη η ηλεκτρική ενέργεια. Η αξία των προκαλούμενων επιπτώσεων δεν είναι ως επί το πλείστον ενσωματωμένη στο σύστημα τιμολόγησης. Δανειζόμενη μια έννοια που υιοθετείται από τα οικονομικά, η πολιτική για το περιβάλλον ονομάζει αυτές τις δαπάνες που προέρχονται από τέτοιου είδους ζημιές: *εξωτερικές δαπάνες*. Από τις κοινωνικές αρχές της ευημερίας, η πολιτική πρέπει να εξασφαλίσει ότι οι τιμές απεικονίζουν τις συνολικές δαπάνες μιας δραστηριότητας, που ενσωματώνει το κόστος των ζημιών που προκαλούνται με τη χρησιμοποίηση των φόρων, των επιχορηγήσεων, ή άλλων οικονομικών οργάνων. Αυτή η «ενσωμάτωση» των εξωτερικών δαπανών είναι ουσιαστικά μια στρατηγική που αποβλέπει στο να επανισορροπήσει την κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση από καθαρά

οικονομική άποψη, οδηγώντας αναλόγως στη μεγαλύτερη δυνατή διατήρηση ενός υγιούς περιβάλλοντος.

Για να υποστηριχτεί αυτή η «ενσωμάτωση», πρέπει να υπολογιστούν πρώτα οι κοινωνικο-περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 15 ετών, έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στην ανάλυση των δαπανών περιβαλλοντικής ζημίας, ιδιαίτερα μέσω του (εξωτερικές δαπάνες της ενέργειας) ευρωπαϊκού ερευνητικού δικτύου "ExternE". Από το 1991, το πρόγραμμα ExternE έχει αναλάβει περισσότερες από 50 ερευνητικές ομάδες σε πάνω από 20 χώρες. Τα αποτελέσματα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι φυσικά, περιβαλλοντικά, και κοινωνικά σύνθετα και δύσκολο να υπολογιστούν, και να συμπεριλάβουν πολύ μεγάλες, και μερικές φορές τελικά ανυπολόγιστες, αβεβαιότητες (unpredictabilites). Παρόλα αυτά, το ExternE έχει γίνει μια διεθνώς αναγνωρισμένη πηγή για τη μέθοδο και τα αποτελέσματα της εκτίμησης εξωτερικών οικονομιών.

#### ***Το εξωτερικό κόστος & η χρήση τεχνολογίας***

Σημαντική παράμετρος της τεχνολογικής προόδου και πρωταρχικός μοχλός ανάπτυξης, σε κοινωνικό και ατομικό επίπεδο, είναι η ενέργεια. Η βιομηχανική παραγωγή, οι μεταφορές-μετακινήσεις, η ατομική (οικιακή) διαβίωση, η διασκέδαση και γενικά όλες οι πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας απαιτούν ενέργεια. Η άφθονη, φθηνή, εύκολα και ανελλιπώς διατιθέμενη ενέργεια αποτελεί εφελτήριο για ανάπτυξη και κοινωνική βελτίωση.

Έχει ωστόσο διαπιστωθεί ότι τα προβλήματα του περιβάλλοντος και η επαπειλούμενη κλιματική αλλαγή, σε γενικές γραμμές, είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη χρήση των ορυκτών καυσίμων, κατά την επιδίωξη της ανάπτυξης και της αναβάθμισης του βιοτικού επιπέδου. Είμαστε, δηλαδή, σε έναν φαύλο κύκλο, όπου η ανάπτυξη απαιτεί ενέργεια, η ενέργεια δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής και κατά συνέπεια αναστέλλεται η επιδιωκόμενη αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου.

Παρόλα αυτά η σχέση «ανάπτυξη και ενέργεια» και «περιβαλλοντικά προβλήματα» δεν είναι μονοσήμαντη. Αντίθετα, η σχέση αυτή αναπτύχθηκε στα πλαίσια του υπάρχοντος αναπτυξιακού-οικονομικού μοντέλου, κατά κύριο λόγο τον δέκατο ένατο και τον εικοστό αιώνα, με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Έτσι, η παραγωγή καθαρής ενέργειας, δηλαδή η παραγωγή ενέργειας με τρόπο που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον και κυρίως δεν δημιουργεί μη αναστρέψιμες επιπτώσεις σε αυτό, γίνεται

όλο και περισσότερο κρίσιμη παράμετρος για την ανθρώπινη ανάπτυξη και επιβίωση. Με τη σημερινή τεχνολογική γνώση, οι τρόποι για να επιτευχθεί αυτό είναι η εφαρμογή αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και η αξιοποίηση πιο καθαρών (π.χ. φυσικού αερίου) και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Θεωρούμε ότι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας δεν αποτελεί λύση, αφού είναι μεν καθαρή πηγή όσον αφορά στα αέρια του θερμοκηπίου, ενέχει όμως άλλου είδους σοβαρά προβλήματα τόσο κατά τη λειτουργία των εγκαταστάσεων, όσο και κατά την αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων μετά την απομάκρυνσή τους από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας. [2]

Η αύξηση του εξωτερικού κόστους, οδηγεί στην αναζήτηση νέων τεχνολογιών και σε περαιτέρω εξέλιξη και προόδου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής προκειμένου να υπάρξει φιλικότερος προς το περιβάλλον τρόπος παραγωγής ηλεκτρισμού. Ειδικότερα τα οφέλη που προκύπτουν από την δραστηριοποίηση για τη μείωση του εξωτερικού κόστους είναι:

#### **Στις αναπτωγμένες χώρες:**

- Οικονομικά οφέλη. Δημιουργείται ένα επενδυτικό κλίμα σε νέες τεχνολογίες που έχουν άμεσο ενδιαφέρον και για εγχώριες επενδύσεις, δημιουργώντας προϋποθέσεις για αυξημένη παραγωγή συστημάτων για τις τεχνολογίες αυτές.
- Κοινωνικά οφέλη. Εξασφαλίζεται η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε όλη την αλυσίδα μελέτης, ανάπτυξης, σχεδιασμού, παραγωγής και εγκατάστασης των τεχνολογιών αυτών.
- Πολιτικά οφέλη. Επιτρέπεται στις χώρες προέλευσης των επενδύσεων να ασκούν «περιβαλλοντική διπλωματία», ένα νέο πεδίο της διεθνούς διπλωματίας που αναπτύσσεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια.

#### **Στις αναπτυσσόμενες χώρες:**

- Αύξηση των επενδύσεων, εξασφάλιση εισροής κεφαλαίων και δημιουργία θέσεων εργασίας για το εγχώριο τεχνικό και εργατικό δυναμικό.
- Δημιουργία νέων εγκαταστάσεων για την παραγωγή πρόσθετης καθαρής ενέργειας που επιτρέπει στις εθνικές κυβερνήσεις ή στις τοπικές αρχές να επιτύχουν καλύτερες συνθήκες διαβίωσης των πολιτών τους με περιβαλλοντικά αποδεκτές συνθήκες.

- Μεταφορά τεχνολογίας και τεχνογνωσίας από τις αναπτυγμένες χώρες στις αναπτυσσόμενες και μάλιστα σε τεχνολογίες που δεν δημιουργούν προϋποθέσεις υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Για να λειτουργήσουν, όμως, όλα αυτά με τρόπο διαφανή και αποδοτικό πρέπει να εξασφαλιστεί η αποτίμηση και η «διακίνηση» του περιβαλλοντικού οφέλους που δημιουργείται από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Ως μέσο για την επίτευξη αυτών θεωρείται η λειτουργία του θεσμού των Πράσινων Πιστοποιητικών. Ο θεσμός αυτός προωθείται ανεξάρτητα από τη λειτουργία του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης, με στόχο να εξασφαλιστεί η μέγιστη ωφέλεια από την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων ΑΠΕ, με τη δημιουργία αγοράς για τη διακίνηση του περιβαλλοντικού οφέλους που θα αντιπροσωπεύουν τα Πράσινα Πιστοποιητικά. Τα πιστοποιητικά αυτά, στα πλαίσια της εμπορίας των ορίων εκπομπής, θα μπορούν να διακινηθούν εμπορικά σε διεθνές επίπεδο, με την αξία τους να προσδιορίζεται από τους κανόνες της ελεύθερης αγοράς. Στη νέα αυτή αγορά, ένα Πράσινο Πιστοποιητικό θα χρησιμοποιείται αντιπροσωπεύοντας την προστιθέμενη αξία ή το περιβαλλοντικό όφελος μιας προκαθορισμένης μονάδας ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ. Έτσι, μία εγκατάσταση ΑΠΕ θα μπορεί να έχει δύο πηγές κέρδους, πουλώντας εκτός από την παραγόμενη ενέργεια και τη μη εκπομπή ρύπων στον ίδιο αγοραστή ή σε άλλον, που ενδεχομένως ενδιαφέρεται μόνο για τις εκπομπές. [2]

### 1.2.2 Εκτίμηση του Εξωτερικού κόστους

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη πρόοδος στην ανάλυση του κόστους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, χάρη σε διάφορα ερευνητικά προγράμματα που αξιολογούν τα εξωτερικά κόστη της ενέργειας στην Ευρώπη, και ειδικότερα το πρόγραμμα ExternE που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αφορά στο εξωτερικό κόστος της ηλεκτροπαραγωγής και των μεταφορών. Αυτή η σημαντική σειρά μελετών πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 10 ετών με τη συμμετοχή ερευνητών από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ. Το πρόγραμμα είχε σκοπό να ποσοτικοποιήσει τις κοινωνικο-περιβαλλοντικές δαπάνες των διαφορετικών μορφών ηλεκτρικής παραγωγής (από ορυκτά καύσιμα, πυρηνική και ΑΠΕ) και μέσων μεταφοράς για τις χώρες της ΕΕ.. [3]

Ο στόχος του προγράμματος ExternE είναι να εκτιμηθούν οι εξωτερικές οικονομίες, δηλ. οι σημαντικότερες επιδράσεις των δραστηριοτήτων, που αναφέρονται στην παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας.

Το εξωτερικό κόστος, προκύπτει όταν ασκούνται κοινωνικές ή οικονομικές επιδράσεις μιας ομάδας προσώπων σε μια άλλη ομάδα και όταν δεν λογαριάζεται πλήρως εκείνος ο αντίκτυπος, ή δεν αντισταθμίζεται, από την πρώτη ομάδα. Κατά συνέπεια, ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει εκπομπές του SO<sub>2</sub>, προκαλώντας επιπτώσεις στα οικοδομικά υλικά ή την ανθρώπινη υγεία, προκαλεί τη δημιουργία ενός εξωτερικού κόστους. Αυτό συμβαίνει επειδή ο αντίκτυπος στους ιδιοκτήτες των κτιρίων ή σε εκείνους που υφίστανται τη ζημία στην υγεία τους δεν λαμβάνεται υπόψη από τον παραγωγό της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το παράδειγμα, οι περιβαλλοντικές δαπάνες είναι "εξωτερικές" επειδή, αν και είναι πραγματικές δαπάνες της κοινωνίας, ο ιδιοκτήτης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος δεν τις λαμβάνει υπόψη κατά τη λήψη των αποφάσεων.

Η σημασία του προγράμματος ExternE επομένως, βρίσκεται στο να εκτιμήσει τις εξωτερικές δαπάνες.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να ενσωματωθεί στις οικονομικές μας υποχρεώσεις το κόστος στο περιβάλλον και την υγεία. Μια δυνατότητα θα ήταν μέσω των οικολογικών φόρων, δηλ. με τη φορολόγηση των καυσίμων και των τεχνολογιών που δημιουργούν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, σύμφωνα με τις προκαλούμενες εξωτερικές δαπάνες. Παραδείγματος χάρι, εάν το εξωτερικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας (από τον άνθρακα) επρόκειτο να είναι στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας, μεταξύ 2 και 7 σεντς / kWh θα έπρεπε να προστεθεί στην τρέχουσα τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην πλειοψηφία των κρατών μελών της ΕΕ. Μια άλλη λύση θα ήταν να ενθαρρυνθούν ή να επιχορηγηθούν οι καθαρότερες τεχνολογίες αποφεύγοντας έτσι τις κοινωνικο-περιβαλλοντικές δαπάνες. Οι κοινοτικές οδηγίες προβλέπουν ρητά για την κρατική βοήθεια και την προστασία του περιβάλλοντος, να μπορούν να χορηγήσουν στα κράτη μέλη της ΕΕ τη λειτουργική υποστήριξη, που υπολογίζεται βάσει των εξωτερικών κοστών ευκαιρίας, σε νέες εγκαταστάσεις που θα παράγουν ανανεώσιμη ενέργεια. Εκτός από αυτή τη μέθοδο, σε πολλές άλλες ευρέως αποδεκτές μεθόδους αξιολόγησης όπως η ανάλυση κύκλου ζωής και η σύγκριση τεχνολογιών, τα ποσοτικά αποτελέσματα των εξωτερικών δαπανών είναι μια σημαντική συμβολή στα γενικά αποτελέσματα.



Μια άλλη εφαρμογή είναι η χρήση των εκτιμήσεων των εξωτερικών οικονομιών στην ανάλυση κόστους-οφέλους. Σε μια τέτοια ανάλυση οι δαπάνες που συνεπάγονται τα μέτρα μείωσης ενός ορισμένου περιβαλλοντικού προβλήματος συγκρίνονται με τα οφέλη, δηλ. την αποφευγμένη ζημία λόγω αυτής της μείωσης. Τα κόστη ευκαιρίας μπορούν έπειτα να υπολογιστούν με τις μεθόδους που ήδη έχουν περιγραφεί. [4]

### 1.2.3 Επιπτώσεις από τις εκπομπές των ρύπων

Ο ακόλουθος πίνακας δίνει μια γενικότερη επισκόπηση των επιπτώσεων στην υγεία και τα οικοσυστήματα που περιλαμβάνονται στην παρούσα ανάλυση. Οι κύριες κατηγορίες είναι η ανθρώπινη υγεία (θανάσιμα & μη θανάσιμα αποτελέσματα), οι αγροτικές καλλιέργειες και τα υλικά. Επιπλέον, οι επιπτώσεις που προκαλούνται με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου που υποκινείται από τα αέρια θερμοκηπίου, έχουν αξιολογηθεί σε ένα διεθνές επίπεδο στο ExternE.

**Πίνακας 1.2 Επιπτώσεις στην υγεία, τις καλλιέργειες και τα κτίρια [3]**

Κατηγορία επίπτωσης	Ρύπος/φορτίο	Αποτελέσματα
<b>Θνησιμότητα ανθρώπων</b>	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>	Μείωση της υπολογιζόμενης διάρκειας ζωής
	As, Cd, Cr, Ni Benzene, Benzo- [a]-pyrene 1,3-butadiene Diesel particles	Καρκίνοι
	Κίνδυνος ατυχήματος	Κίνδυνος μοιραίου περιστατικού από τα ατυχήματα στην κυκλοφορία και τους εργασιακούς χώρους
<b>Νοσηρότητα ανθρώπων</b>	PM <sub>10</sub> , O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub>	Εισαγωγή σε νοσοκομείο για αναπνευστικούς λόγους
	PM <sub>10</sub> , O <sub>3</sub>	Περιορισμένες ημέρες δραστηριότητας

	PM <sub>10</sub> , CO	Καρδιακή συμφόρηση
	Benzene, Benzo- [a]-pyrene 1,3-butadiene Μόρια πετρελαίου	Κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου (δεν οδηγεί σε άμεσο θάνατο)
	PM <sub>10</sub>	Εισαγωγή σε νοσοκομείο λόγω εγκεφαλοαγγειακών παθήσεων Περιπτώσεις χρόνιας βρογχίτιδας Περιπτώσεις χρόνιου βήχα στα παιδιά Βήχας σε ασθματικούς Χαμηλότερα αναπνευστικά συμπτώματα
	Pb	Νευροτοξικότητα (μείωση IQ)
	O <sub>3</sub>	Επιθέσεις άσθματος
	Θόρυβος	Μυοκαρδιακά εμφράγματα Στηθάγχη Υπέρταση Διαταραχές στον ύπνο
<b>Κτίρια</b>	SO <sub>2</sub> Οξινική απόθεση	Γήρανση του γαλβανισμένου χάλυβα, ασβεστόλιθος, κονίαμα, ψαμμίτης επίπτωση στο χρώμα (ψευδάργυρος στα κτίρια)
	Μόρια καύσης	Φθορά κτιρίων
<b>Εδαφος</b>	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Επιπτώσεις στην παραγωγή του σίτου, κριθαριού, σίκαλης, βρώμης, πατάτας, ζαχαρότευτλου
	O <sub>3</sub>	Μεταλλάξεις στην παραγωγή του σίτου, κριθαριού, σίκαλης, βρώμης, πατάτας, ρυζιού, καπνού, σπόρου ηλιανθων

## 1.2.4 Συμπέρασμα

Η προσέγγιση της Ζημιογόνου Συνάρτησης Επιπτώσεων (Impact Pathway approach) που αναπτύσσεται μέσα στη σειρά προγράμματος ExternE είναι ένας τρόπος να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενισχυτικό στοιχείο στη λήψη αποφάσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- προσδιορισμό της καταλληλότερης μορφής οικονομικών εργαλείων πολιτικής όπως οι οικολογικοί φόροι,
- εκτελώντας την ανάλυση κόστους - οφέλους για την αξιολόγηση των μέτρων ή των στρατηγικών για την προστασία του περιβάλλοντος
- προσδιορισμό των περιβαλλοντικών στόχων (π.χ. κατώτατα όρια ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπου οι ασημαντες δαπάνες ζημίας ταιριάζουν με τις ασημαντες δαπάνες αποφυγής),
- τον υπολογισμό αλλαγών της κατάστασης του περιβάλλοντος (πράσινη λογιστική),
- τη σύγκριση των κοινωνικών δαπανών των διαφορετικών τεχνολογιών, με τις εσωτερικές δαπάνες συμπεριλαμβάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος στην υγεία.

Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει, ότι οι αβεβαιότητες θα υπάρχουν και ότι ορισμένες υποθέσεις πρέπει να γίνουν - η μέθοδος δίνει την πολύτιμη υποστήριξη για τη λήψη απόφασης και για μια σειρά των αποτελεσμάτων, αλλά δεν αντικαθιστά τη διαδικασία λήψης απόφασης. Ακόμα, η μέθοδος είναι σε θέση να δώσει το εύρος ζώνης των πιθανών εκβάσεων των αποφάσεων. Επιπλέον, μια γενική εφαρμογή της μεθόδου θα οδηγούσε σε αποφάσεις, οι οποίες μπορεί να είναι διαφανέστερες. [5]

Η μέθοδος έχει ήδη χρησιμοποιηθεί εκτενώς για να υποστηρίξει τις αποφάσεις σχετικά με διάφορες οδηγίες ατμοσφαιρικής ποιότητας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (π.χ. η οδηγία όζοντος, η εθνική οδηγία εκπομπών, το σχέδιο οδηγίας για την μη-επικίνδυνη αποτέφρωση αποβλήτων, οδηγίες ατμοσφαιρικής ποιότητας στο κοβάλτιο και το βενζόλιο), του πρωτοκόλλου της οικονομικής επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη και διάφορων εθνικών δραστηριοτήτων. Η μεθοδολογία συνεχώς αναπτύσσεται. Στο τρέχον πρόγραμμα του ExternE, το "NewExt" (νέα στοιχεία για την αξιολόγηση του εξωτερικού κόστους από τις ενεργειακές τεχνολογίες) γίνεται μια έρευνα σε τρεις χώρες της Ευρώπης για να διευρύνει την εμπειρική βάση για τη

νομισματική αξιολόγηση των κινδύνων που μειώνουν την υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον, η προσέγγιση της Ζημιόγону Συνάρτησης Επιπτώσεων για τους διάφορους ρύπους στο νερό και το έδαφος συνεχώς αναπτύσσεται. Σε διάφορα άλλα προγράμματα της Ε.Ε. η μεθοδολογία επεκτείνεται στις εφαρμογές των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και των δραστηριοτήτων των μεταφορών συμπεριλαμβανομένης μιας λεπτομερούς ανάλυσης των επιδράσεων, των ατυχημάτων και της συμφόρησης θορύβου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Λογισμικά μοντέλα Ecosense & Risk Poll**

### **2.1 Εισαγωγή**

Η προσέγγιση της Ζημιογόνου Συνάρτησης Επιπτώσεων - και μαζί με αυτήν την προσέγγιση, το πρότυπο EcoSense, ένα ενσωματωμένο εργαλείο λογισμικού για την αξιολόγηση της διάχυσης της περιβαλλοντικής επίδρασης - αναπτύχθηκε μέσα στη σειρά προγράμματος ExternE και αντιπροσωπεύει τον πυρήνα της. Η αξιολόγηση της Ζημιογόνου Συνάρτησης Επιπτώσεων, είναι μια προσέγγιση στην οποία τα περιβαλλοντικά κέρδη και οι δαπάνες υπολογίζονται με την ακολουθία της Ζημιογόνου Συνάρτησης Επιπτώσεων από τις εκπομπές της πηγής μέσω των ποιοτικών αλλαγών του αέρα, του εδάφους και του νερού στις φυσικές επιδράσεις, πριν εκφραστούν σε νομισματικά κέρδη και δαπάνες. Η χρήση μιας τέτοιας λεπτομερούς «από κάτω προς τα επάνω» μεθοδολογίας – σε αντίθεση με τις προηγούμενες «από επάνω προς τα κάτω» προσεγγίσεις – είναι απαραίτητη, δεδομένου ότι οι εξωτερικές δαπάνες εξαρτώνται ιδιαίτερα από την εκάστοτε περιοχή (βλ. τοπικά αποτελέσματα των ρύπων) και οι ασήμαντες (και μη μέσες) δαπάνες είναι απαραίτητο να υπολογιστούν. Μια απεικόνιση των κύριων βημάτων της μεθοδολογίας της Ζημιογόνου Συνάρτησης Επιπτώσεων που εφαρμόζεται στις συνέπειες των μολυσματικών εκπομπών παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα 2.1. Δύο σενάρια εκπομπής απαιτούνται για κάθε υπολογισμό, ένα σενάριο αναφοράς και ένα σενάριο περίπτωσης. Η συγκέντρωση του υποβάθρου των ρύπων στο σενάριο αναφοράς είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τους ρύπους με τη μη γραμμική χημεία ή τις μη γραμμικές λειτουργίες έκθεσης-απόκρισης. Η κατ' εκτίμηση διαφορά στην προσομοιωμένη κατάσταση ατμοσφαιρικής ποιότητας μεταξύ της περίπτωσης και της κατάστασης αναφοράς, συνδυάζεται με τις λειτουργίες έκθεσης-απόκρισης (exposure-response functions) για να παράγει τις διαφορές στις φυσικές επιδράσεις στη δημόσια υγεία, τις συγκομιδές και το οικοδομικό υλικό. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι δεν είναι μόνο οι τοπικές επιπτώσεις αυτές που πρέπει να εξεταστούν αλλά και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που μετασχηματίζονται και μεταφέρονται καθώς και οι τεράστιες επιπτώσεις που διαμορφώνονται μακριά από την πηγή. Απαιτείται λοιπόν, τόσο η τοπική όσο και η πανευρωπαϊκή έρευνα.

Όσον αφορά τη διασπορά, με το πρόγραμμα NewExt, αναλύεται όχι μόνο η ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και η ρύπανση στο νερό και το έδαφος. Η ανθρώπινη έκθεση στα βαρέα μέταλλα και μερικές σημαντικές οργανικές ουσίες (π.χ. διοξίνες), που συσσωρεύονται στα διαμερίσματα του νερού και του εδάφους και οδηγούν σε μια σημαντική έκθεση μέσω της τροφικής αλυσίδας, αντιπροσωπεύεται στα περαιτέρω πρότυπα.

Σαν επόμενο βήμα μέσα στην προσέγγιση διαβάσεων, έκθεσης-απόκρισης τα πρότυπα χρησιμοποιούνται για να παράγουν τις φυσικές επιδράσεις βάσει αυτών των επιπέδων στοιχείων και της συγκέντρωσης των δεκτών των ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα πρότυπα έκθεσης-απόκρισης έχουν συνταχθεί και έχουν αναθεωρηθεί αυστηρά στο ExternE από ομάδες εμπειρογνομόνων.

Στο τελευταίο βήμα της προσέγγισης διαβάσεων, οι φυσικές επιδράσεις αξιολογούνται σε νομισματικούς όρους. Σύμφωνα με τη θεωρία της ευημερίας, οι επιπτώσεις αντιπροσωπεύουν τις απώλειες ευημερίας για τα άτομα.

Για μερικές από τις επιδράσεις (συγκομιδές και υλικά), οι τιμές αγοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις.

Εντούτοις, για τα μη εμπορεύσιμα αγαθά (ειδικά αυτά που προκαλούν τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία), η αξιολόγηση είναι δυνατή μόνο βάσει της προθυμίας να πληρώσουν (WTP) ή της προθυμίας να δεχτούν (WTA) την προσέγγιση που είναι βασισμένη στις μεμονωμένες προτιμήσεις. Οι νομισματικές τιμές που συστήνονται στο ExternE από την οικονομική ομάδα εμπειρογνομόνων έχουν προσδιοριστεί βάσει της άτυπης μετανάλυσης (στην περίπτωση των τιμών θνησιμότητας) και των πιο πρόσφατων εκτιμήσεων. Σε μερικές περιπτώσεις όπου η αβεβαιότητα είναι ακόμα μεγάλη, οι δαπάνες αποφυγής μπορούν να υπολογιστούν, π.χ. για τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα ως αποτέλεσμα της οξύτητας ή για τις σφαιρικές επιπτώσεις από τη θέρμανση. Για να ολοκληρωθεί το εξωτερικό πλαίσιο λογιστικής δαπανών για τα περιβαλλοντικά θέματα (οξύτητα και ευτροφισμός) που ακόμα δεν έχουν αντιμετωπιστεί κατάλληλα αλλά είναι η κύρια κατευθυντήρια δύναμη για την τρέχουσα πολιτική για το περιβάλλον, αναπτύσσεται και βελτιώνεται μια συμπληρωματική προσέγγιση για την αξιολόγηση τέτοιων επιδράσεων βασισμένων στην χρήση τυποποιημένων τιμών. Αυτή η διαδικασία παρεκκλίνει από το καθαρό οικονομικό παράδειγμα ευημερίας που ακολουθείται στο ExternE, αλλά επιτρέπει τον υπολογισμό των επιπτώσεων στην οικολογία σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, και συγκεκριμένα σε ό,τι αφορά τις επιδράσεις από τους ίδιους ρύπους στη δημόσια

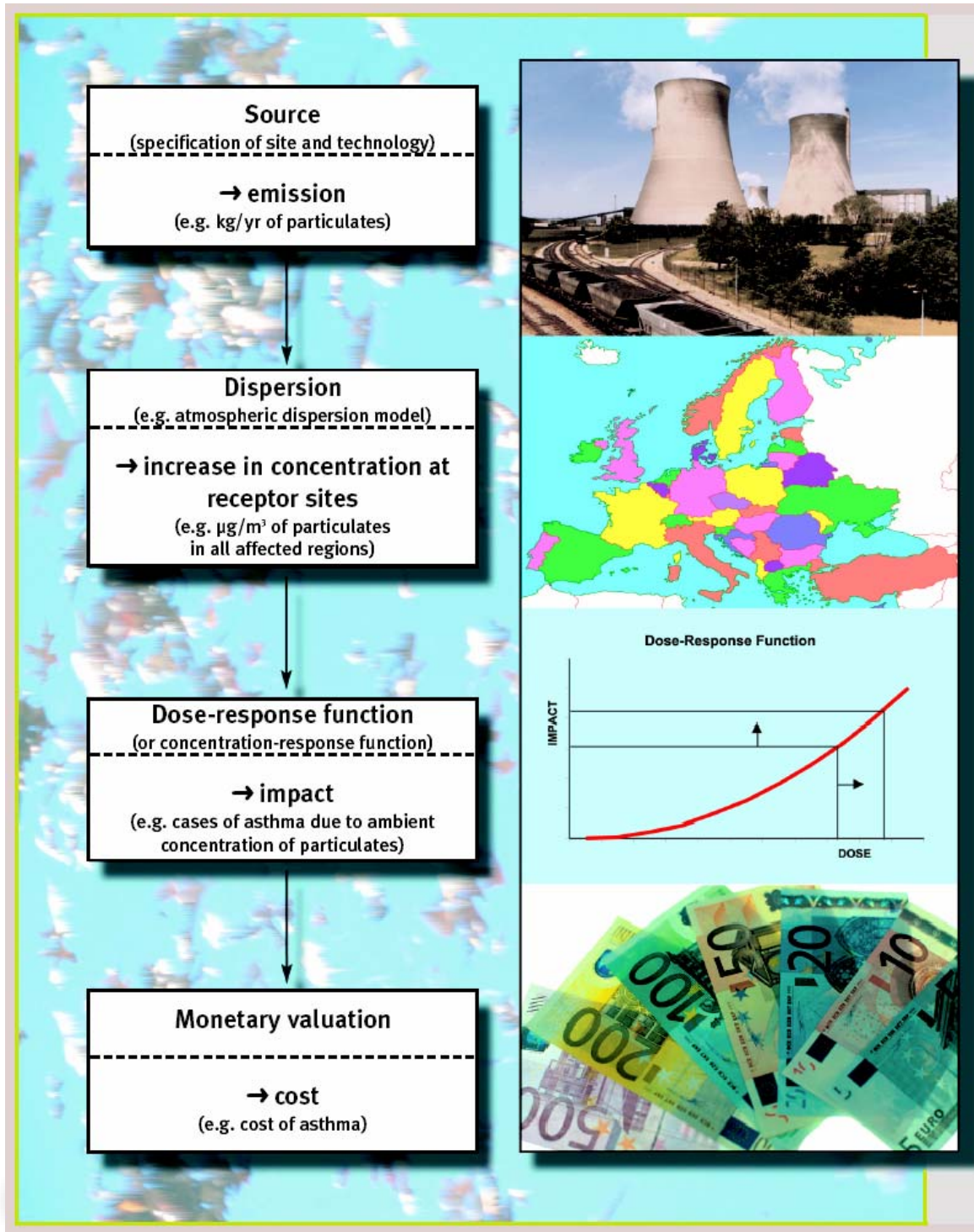
υγεία, τα υλικά και τις συγκομιδές. Η ένταξη αυτής της μεθοδολογίας και των στοιχείων στο υπάρχον εξωτερικό πλαίσιο δαπανών, είναι μια σημαντική επέκταση, δεδομένου ότι καλύπτει επίσης τις κατηγορίες αντίκτυπου που δεν θα μπορούσαν ειδιάλλως να εξεταστούν κατάλληλα στο ExternE.

Για να εκτελεστούν οι υπολογισμοί, χρησιμοποιείται ένα πακέτο λογισμικού αποκαλούμενο EcoSense. Το EcoSense παρέχει τα εναρμονισμένα πρότυπα αξιολόγησης της ατμοσφαιρικής ποιότητας και του αντίκτυπου μαζί με μια βάση δεδομένων που περιέχει τα σχετικά δεδομένα εισόδου για το σύνολο της Ευρώπης.

Γενικά, η ανάλυση δε γίνεται μόνο για τη λειτουργία της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, αλλά συμπεριλαμβάνονται και άλλα στάδια του κύκλου ζωής (π.χ. κατασκευή, αποσυναρμολόγηση, μεταφορά των υλικών και καύσιμα, κύκλος ζωής καυσίμων). [6]

## 2.2 Ο σκοπός του λογισμικού προγράμματος Ecosense

Το EcoSense αναπτύχθηκε για να αξιολογήσει τις επιδράσεις και τα αποτελέσματα της έκθεσης ανθρώπων, συγκομιδών, κτιρίων σε αερομεταφερόμενους ρύπους, δηλαδή τα προβλήματα στην υγεία, το έδαφος, τα οικοδομικά υλικά, τα δάση, και τα οικοσυστήματα. Αν και η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι βεβαίως μεταξύ των επιπτώσεων που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση, αυτή η κατηγορία αντίκτυπου δεν καλύπτεται από το EcoSense λόγω του πολύ διαφορετικού μηχανισμού και της φύσης του αντίκτυπου. Οι επιδράσεις στα επαγγελματικά ή δημόσια ατυχήματα, δεν συμπεριλαμβάνονται, επειδή ο προσδιορισμός της ποσότητας των επιδράσεων είναι βασισμένος στην αξιολόγηση των στατιστικών παρά στη διαμόρφωση των εκάστοτε επιπτώσεων.



Σχήμα 2.1 Λειτουργία του μοντέλου Ecosense [6]



### 2.3 Ανάπτυξη του Λογισμικού Μοντέλου Ecosense από το ExternE

Λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη σπουδαιότητα της διασυνοριακής και μακροχρόνιας μεταφοράς των αερομεταφερόμενων ρύπων, υπήρξε μια προφανής ανάγκη στο πρόγραμμα για τη δημιουργία μιας εναρμονισμένης πανευρωπαϊκής βάσης δεδομένων που να υποστηρίζει την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στην αρχή του προγράμματος ExternE, η μελέτη εστίασε το ενδιαφέρον της στην αξιολόγηση των επιδράσεων τοπικής κλίμακας, και ομάδες από διαφορετικές χώρες χρησιμοποίησαν τις διαθέσιμες σε κάθε χώρα, πηγές στοιχείων. Οι πηγές στοιχείων κάθε χώρας και το σύστημα που χρησιμοποιούσε δεν ήταν συμβατά κατά την επέκταση της ανάλυσης σε ευρωπαϊκή κλίμακα, έτσι ήταν λογικό να δημιουργηθεί μια κοινή πανευρωπαϊκή βάση δεδομένων με τη χρησιμοποίηση επίσημων πηγών όπως η EUROSTAT και έπειτα να διατεθεί σε όλες τις ομάδες του ExternE. Το επόμενο βήμα ήταν να εγκατασταθεί μια σύνδεση μεταξύ της βάσης δεδομένων και όλων των προτύπων που απαιτήθηκαν για την αξιολόγηση των εξωτερικών δαπανών, ώστε να εγγυηθούν μια εναρμονισμένη και τυποποιημένη εφαρμογή του θεωρητικού μεθοδολογικού πλαισίου. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη του προτύπου EcoSense.

Οι στόχοι για την ανάπτυξη EcoSense ήταν:

1. η παροχή ενός εργαλείου που να υποστηρίζει έναν τυποποιημένο υπολογισμό του κύκλου καυσίμων,
2. να ενσωματωθούν τα σχετικά πρότυπα σε ένα ενιαίο σύστημα,
3. η παροχή ενός περιεκτικού συνόλου σχετικών δεδομένων εισόδου για το σύνολο της Ευρώπης,
4. να επιτραπεί η διαφανής παρουσίαση των ενδιάμεσων και τελικών αποτελεσμάτων, και
5. να υποστηριχτεί μια εύκολη τροποποίηση των υποθέσεων για την ανάλυση ευαισθησίας.

Δεδομένου ότι η αξιολόγηση της υγείας και των περιβαλλοντικών επιδράσεων είναι ένας τομέας που κατέχει ένα μεγάλο αριθμό αβεβαιοτήτων και είναι γενικότερα αρκετά ελλιπής, η αυξανόμενη κατανόηση των φυσικών, χημικών και βιολογικών μηχανισμών δράσης, ήταν η απαίτηση για την ανάπτυξη του συστήματος EcoSense,

ώστε να επιτραπεί μια εύκολη και αξιόπιστη ολοκλήρωση νέων επιστημονικών συμπερασμάτων. Κατά συνέπεια, όλες οι ενότητες υπολογισμού (εκτός από το ISC-model) σχεδιάζονται με έναν τρόπο σαν να είναι *πρότυπο-διερμηνέας* παρά ένα απλό *πρότυπο*. Διαμορφώνονται οι προδιαγραφές όπως π.χ. οι χημικές εξισώσεις, οι συναρτήσεις δόσης-απόκρισης ή οι νομισματικές τιμές αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και μπορούν να τροποποιηθούν από το χρήστη. Αυτή η έννοια επιτρέπει την εύκολη τροποποίηση των πρότυπων παραμέτρων, και αποφεύγει τα προβλήματα στα συστήματα των «μαύρων κιβωτίων» που δίνουν την άδεια στο χρήστη να ακολουθήσει σταδιακά τα βήματα μέσω της ανάλυσης.

## 2.4 Μοντέλα μεταφοράς ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μεταφέρονται από τον αέρα και αραιώνονται από την ατμοσφαιρική αναταραχή που υφίσταται έως ότου κατατίθενται στο έδαφος είτε από τα ταραχώδη πρότυπα διάχυσης (ξηρά απόθεση) είτε πτώσης, για την ανάλυση ατμοσφαιρικής ρύπανσης (υγρή απόθεση). Μετά από την εκπομπή, μερικοί από αυτούς τους αρχικούς ρύπους συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα για να διαμορφωθούν οι δευτεροβάθμιοι ρύποι, όπως το θειικό οξύ ή το όζον. Η συγκεντρωμένη απελευθέρωση των μεγάλων ποσοτήτων ρύπων (κυρίως οξείδια), από τις ανυψωμένες πηγές του σημείου, αρκετά μέτρα επάνω από το έδαφος, οδηγεί σε συγκεκριμένη συμπεριφορά των εκπομπών στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτοί διαφέρουν και στη διασπορά και στη χημεία από τις διαδεδομένες εκπομπές που απελευθερώνονται κοντά στο επίγειο επίπεδο, παραδείγματος χάρη από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων και τα ιδιωτικά νοικοκυριά.

### 2.4.1 Διαχωρισμός ατμοσφαιρικών ρύπων στο Ecosense

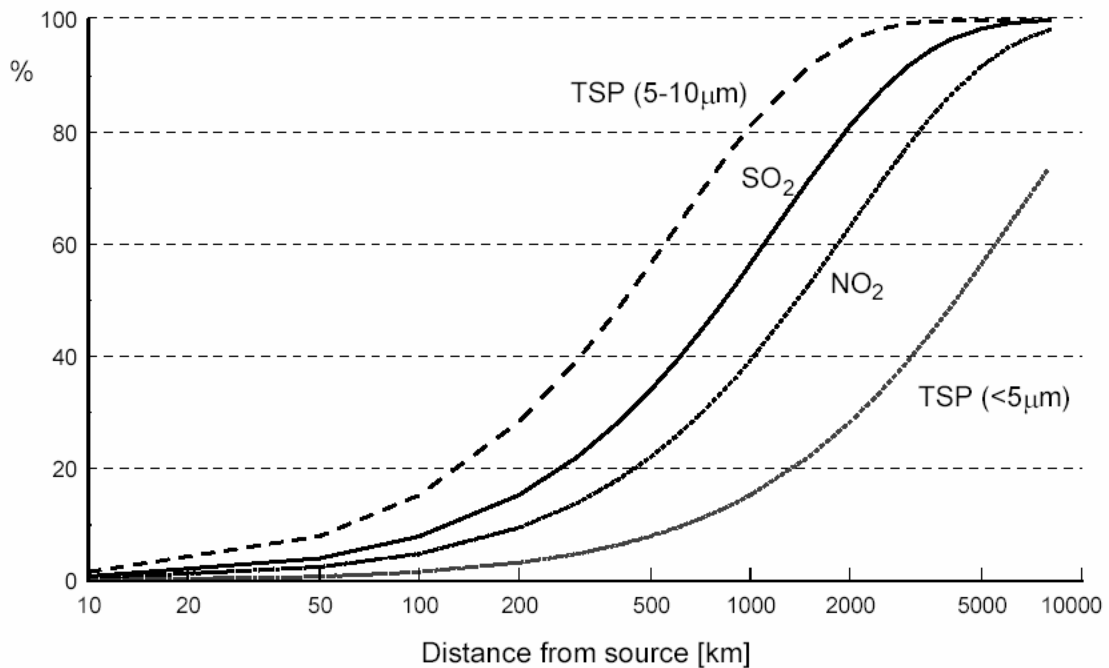
Η ατμοσφαιρική μεταφορά της μόλυνσης που επεξεργάζεται το πρόγραμμα, έχει διαμορφώσει έναν κύκλο απολιθωμένων καυσίμων, ο οποίος μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις ομάδες. Αυτοί είναι χωρισμένοι σύμφωνα με τα χημικά χαρακτηριστικά τους και τις ατμοσφαιρικές χημικές και φυσικές διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο σχηματισμό τους. Πιο συγκεκριμένα είναι οι εξής:

- Αρχικοί ρύποι που εκπέμπονται άμεσα από το σωρό. Αυτοί περιλαμβάνουν το τα μόρια καύσης και το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)
- Τα δευτεροβάθμια είδη θείου και αζώτου που διαμορφώθηκαν από τις αρχικές εκπομπές του SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>. Η ανάλυση αυτών των ενώσεων περιλαμβάνει τη διαμόρφωση της συγκέντρωσης των δευτεροβάθμιων μορίων στην ατμόσφαιρα και τις ξηρές και υγρές (όξινη βροχή) διαδικασίες απόθεσης
- Φωτοχημικά οξειδωτικά, όπως το όζον, που διαμορφώνεται στις ατμοσφαιρικές χημικές αντιδράσεις μεταξύ των υδρογονανθράκων και των οξειδίων του αζώτου, παρουσία του φωτός του ήλιου.

Για κάθε μια από τις ανωτέρω κατηγορίες, μπορεί να απαιτηθεί μια διαφορετική προσέγγιση διαμόρφωσης. Η πρώτη ομάδα, που περιλαμβάνει τους αρχικούς ρύπους, είναι σε ισχύ χημικά σταθερή στην περιοχή της εκπομπής. Κατά συνέπεια, οι συγκεντρώσεις τους μπορούν να προβλεφθούν χρησιμοποιώντας τα γκαουσιανά πρότυπα διασποράς. Αυτά τα πρότυπα υποθέτουν ότι οι εκπομπές της πηγής μεταφέρονται σε μια ευθεία γραμμή από τον αέρα, αναμιγνυόμενα με τον περιβάλλοντα αέρα και οριζόντια και κάθετα, για να παράγουν τις μολυσματικές συγκεντρώσεις με μια κανονική (ή γκαουσιανή) χωρική διασπορά. Εντούτοις, η χρήση αυτών των προτύπων περιορίζεται χαρακτηριστικά μέσα σε μια απόσταση 100 χλμ από την πηγή.

Σε μια από τις προηγούμενες εκθέσεις (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1995) υπολογίστηκε ότι η αξιολόγηση πέρα από μια σειρά 1000 χλμ ή περισσότερο ήταν απαραίτητη για να συλληφθεί το 80% ή περισσότερων των ζημιών που συνδέθηκαν με την εκπομπή NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, και των λεπτών μορίων (Διάγραμμα 2.4.1). Απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση για την αξιολόγηση της περιφερειακής μεταφοράς, καθώς οι χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα γίνονται πολύ σημαντικές. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους όξινους ρύπους. Για αυτήν την ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί ένα δέκτης προσανατολισμού (Lagrangian trajectory model). Τα αποτελέσματα από τα πρότυπα τροχιάς περιλαμβάνουν τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις και την απόθεση και των εκπεμπόμενων ειδών και των δευτεροβάθμιων ρύπων που διαμορφώνονται στην ατμόσφαιρα. [7]

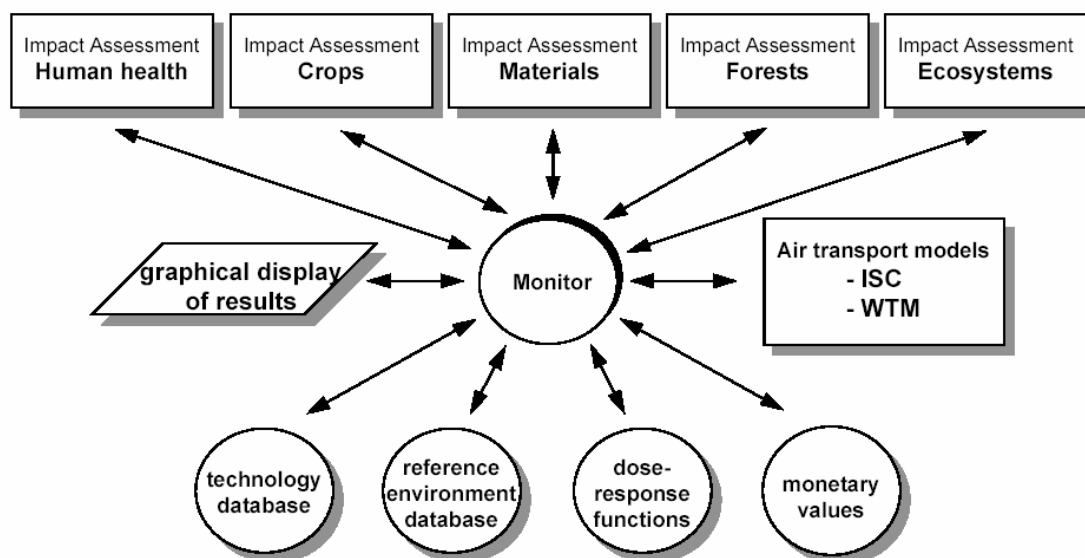
Τέλος, οι επιδράσεις του φωτοχημικού σχηματισμού από τις αρχικές εκπομπές πρέπει οπωσδήποτε να εξεταστούν. Η διαμόρφωση των αποτελεσμάτων στο σχηματισμό του όζοντος από τις εκπομπές σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι δύσκολη, και περιγράφεται ξεχωριστά.



**Διάγραμμα 2.2 Ποσοστό της συσσωρευτικής ζημίας που αναμένεται σε απόσταση από την πηγή εκπομπής. [7]**

## 2.5 Οι Ενότητες του Ecosense

Το σχήμα 2.5 παρουσιάζει τη δομή του προτύπου Ecosense. Όλα τα στοιχεία - δεδομένα εισόδου, ενδιάμεσα και τελικά αποτελέσματα - αποθηκεύονται σε ένα συγγενικό σύστημα βάσεων δεδομένων. Τα δύο πρότυπα ατμοσφαιρικής ποιότητας που ενσωματώνονται στο EcoSense είναι αυτόνομα και συνδέονται με το σύστημα. Υπάρχουν μεμονωμένα εκτελέσιμα προγράμματα για κάθε μια από τις διαβάσεις αντίκτυπου, οι οποίες χρησιμοποιούν κοινές βιβλιοθήκες. Οι παρακάτω παράγραφοι δίνουν μια πιο λεπτομερή περιγραφή των διαφορετικών ενότητων του EcoSense.



Σχήμα 2.3 Δομή του μοντέλου Ecosense [8]

### 2.5.1 Βάση δεδομένων Τεχνολογίας

Η βάση δεδομένων της Τεχνολογίας φυλάσσει ένα μικρό σύνολο τεχνικών στοιχείων περιγράφοντας την πηγή εκπομπής (εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας) που συσχετίζεται κυρίως με τη διαμόρφωση ατμοσφαιρικής ποιότητας, συμπεριλαμβάνων π.χ. των παραγόντων εκπομπής, των χαρακτηριστικών αερίου σωλήνων, της γεωμετρίας και των γεωγραφικών συντεταγμένων της περιοχής. [8]

### 2.5.2 Βάση δεδομένων αναφοράς

Η βάση δεδομένων αναφοράς είναι το βασικό στοιχείο της βάσης δεδομένων Ecosense, που παρέχει τα στοιχεία όσον αφορά τη διανομή των αποδεκτών, τη μετεωρολογία και τις προϋπάρχουσες συγκεντρώσεις ρύπων σε πανευρωπαϊκό κατάλογο εκπομπής. Όλες οι γεωγραφικές πληροφορίες οργανώνονται χρησιμοποιώντας το ισότιμο σύστημα EUROGRID, με την εισαγωγή των δεδομένων σε ισομεγέθη κελιά έκτασης 10.000 km<sup>2</sup> και 100 km<sup>2</sup> (Bonnefous και Despres, 1989), καλύπτοντας όλη την ΕΕ και τις ευρωπαϊκές, εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, χώρες.

Τα στοιχεία όσον αφορά τη διανομή πληθυσμών λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων της EUROSTAT REGIO, που ενημερώνεται εν μέρει χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από τις εθνικές στατιστικές. Οι κατάλογοι ποσοτικοποιούνται από την άποψη της εκτεθειμένης (υλικά) περιοχής από τις εκτιμήσεις των "προσωπογραφιών με βάση περιγραφές μαρτύρων οικοδόμησης" (αντιπροσωπευτικά κτήρια). Οι έρευνες για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στα κτήρια σε μερικές ευρωπαϊκές πόλεις χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθεί υπόψη η χρήση των διαφορετικών τύπων οικοδομικών υλικών στην Ευρώπη.

Οι κρίσιμοι χάρτες φορτίων για την απόθεση αζώτου είναι διαθέσιμοι για εννέα κατηγορίες διαφορετικών οικοσυστημάτων, από τη Μεσόγειο μέχρι πέρα από τις Άλπεις και τις περιοχές tundra.

Παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία σύμφωνα με τις διοικητικές μονάδες (π.χ. χώρα, κράτος) μετά από το σχέδιο ταξινόμησης NUTS της EUROSTAT. Το σύστημα μεταφέρει αυτόματα τα στοιχεία μεταξύ του συστήματος πλέγματος και των αντίστοιχων διοικητικών μονάδων. Τα πρότυπα για την ανάλυση ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτός από τα στοιχεία δεκτών και η βάση δεδομένων περιβάλλοντος αναφοράς παρέχουν στοιχεία για το σύνολο της Ευρώπης στο πλέγμα 10x10 χλμ, το οποίο απαιτείται για να τρέξει το γκαουσιανό μοντέλο, καθώς επίσης και τα μετεωρολογικά στοιχεία (πτώση, ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα) καθώς επίσης και ένας πανευρωπαϊκός κατάλογος εκπομπής για τα SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και NH<sub>3</sub> από EMEP 1990 που έχει μεταφερθεί στο EUROGRID-format. [7]

### 2.5.3 Συναρτήσεις έκθεσης – απόκρισης

Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει οποιοδήποτε πρότυπο έκθεση-απόκρισης ως μαθηματική έκφραση. Η καθορισμένη από το χρήστη λειτουργία αποθηκεύεται ως σειρά στη βάση δεδομένων, και ερμηνεύεται από την αντίστοιχη ενότητα αξιολόγησης του αντίκτυπου στο χρόνο εκτέλεσης. Όλες οι λειτουργίες έκθεσης-απόκρισης που συντάσσονται από τις διάφορες περιοχές του προγράμματος ExternE αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων.

## 2.5.4 Νομισματικές τιμές

Η βάση δεδομένων παρέχει τις νομισματικές τιμές για τις περισσότερες από τις κατηγορίες αντίκτυπου μετά από συστάσεις της οικονομικής ομάδας αξιολόγησης του ExternE. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν εναλλακτικές τιμές για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση ευαισθησίας

## 2.5.5 Μοντέλα ατμοσφαιρικής ποιότητας

Για να καλύψει τους διαφορετικούς ρύπους και τις διαφορετικές κλίμακες, το Ecosense παρέχει δύο πρότυπα «μεταφορών μέσω του αέρα» που ενσωματώνονται στο σύστημα:

- Το βιομηχανικό σύνθετο πρότυπο πηγής (ISC) είναι ένα γκαουσιανό πρότυπο. Το ISC χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση μεταφορών των αρχικών ατμοσφαιρικών ρύπων (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TSP) σύμφωνα με μια τοπική κλίμακα.
- Το Windrose Trajectory Model (WTM) είναι ένα διαμορφώσιμο από τον χρήστη πρότυπο τροχιάς βασισμένο στην προσέγγιση Windrose του προτύπου τροχιάς Harwell που αναπτύσσεται στο εργαστήριο Harwell, UK (Derwent, Dollard, Metcalfe, 1988). Το WTM χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τη συγκέντρωση και την απόθεση των όξινων ειδών σε μια πανευρωπαϊκή κλίμακα. Όλα τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται για να τρέξουν το πρότυπο τροχιάς Windrose παρέχονται από τη βάση δεδομένων EcoSense. Ένα σύνολο συγκεκριμένων μετεωρολογικών στοιχείων των περιοχών πρέπει να προστεθεί από το χρήστη για να εκτελέσει την τοπική κλίμακα, διαμορφώνοντας και χρησιμοποιώντας το πρότυπο ISC. Οι τομείς συγκέντρωσης και απόθεσης που υπολογίζονται από τα πρότυπα ατμοσφαιρικής ποιότητας αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων του περιβάλλοντος αναφοράς. [7]

### 2.5.6 Ενότητες αξιολόγησης των επιπτώσεων

Οι ενότητες αξιολόγησης των επιπτώσεων υπολογίζουν τις φυσικές επιδράσεις και - όσο το δυνατόν τις περισσότερες - προκύπτουσες δαπάνες ζημίας με την εφαρμογή των λειτουργιών έκθεση-απόκρισης που επιλέγονται από το χρήστη σε κάθε μεμονωμένο «κελί», που λαμβάνει υπόψη τις πληροφορίες για τα επίπεδα διανομής και συγκέντρωσης δεκτών ατμοσφαιρικών ρύπων από τη βάση δεδομένων αναφοράς περιβάλλοντος. Οι ενότητες αξιολόγησης υποστηρίζουν τη λεπτομερή βαθμιαία ανάλυση για ένα ενιαίο σημείο καθώς επίσης και μια αυτοματοποιημένη ανάλυση συμπεριλαμβανομένης μιας σειράς κατηγοριών επιπτώσεων.

### 2.5.7 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Τα δεδομένα εισόδου καθώς επίσης και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν για τα διάφορα βήματα παρουσίασης των επιπτώσεων στην ανάλυση είτε με αριθμητικό είτε με γραφικό τρόπο. Γεωγραφικές πληροφορίες όπως η διανομή πληθυσμών ή η συγκέντρωση των ρύπων μπορούν να παρουσιαστούν σε χάρτες. Το EcoSense παράγει μια σχηματοποιημένη έκθεση με μια λεπτομερή τεκμηρίωση των τελικών αποτελεσμάτων που μπορούν να εισαχθούν σε ένα πρόγραμμα υπολογισμών σε λογιστικό φύλλο (spreadsheet).

## 2.6 Μοντελοποίηση Πρωτογενών Ρύπων και Όξινης απόθεσης

Με την αυξανόμενη απόσταση από το σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, τα μεγέθη εκπομπών οφείλονται στην κάθετη και οριζόντια ατμοσφαιρική διαταραχή. Έξω από την τοπική περιοχή (δηλ. στις αποστάσεις πέρα από 50 χλμ από την πηγή) μπορεί γενικά να υποτεθεί ότι οι ρύποι έχουν αναμιχθεί κάθετα σε όλο το ύψος του ατμοσφαιρικού στρώματος μίξης. Αντίθετα, οι χημικοί μετασχηματισμοί και οι διαδικασίες απόθεσης δεν μπορούν πλέον να αγνοηθούν σε αυτήν την περιφερειακή κλίμακα. Ο αποδοτικότερος τρόπος να αξιολογηθεί η ετήσια, περιφερειακή ρύπανση είναι μέσω των προτύπων που περιέχουν μια έκφραση της μεταφοράς αλλά και μιας λεπτομερούς έκφρασης των χημικών αντιδράσεων.



Με εξαίρεση το όζον, τα κύρια και σημαντικά είδη για τον περιφερειακό τρόπο υπολογισμού και αξιολόγησης είναι οι όξινοι ρύποι, που διαμορφώνονται από τις αρχικές εκπομπές του SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>. Και οι δύο ρύποι προκαλούν την όξινη απόθεση, η οποία έχει μελετηθεί στη Δυτική Ευρώπη κατά τη διάρκεια πολλών ετών. [7]

Οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται στη διαμόρφωση της όξινης απόθεσης περιλαμβάνουν:

- Εκπομπή των ρύπων
- Διασπορά
- Ατμοσφαιρική μεταφορά πέρα από τις περιφερειακές κλίμακες
- Χημικοί μετασχηματισμοί, ξηρές και υγρές διαδικασίες απόθεσης.

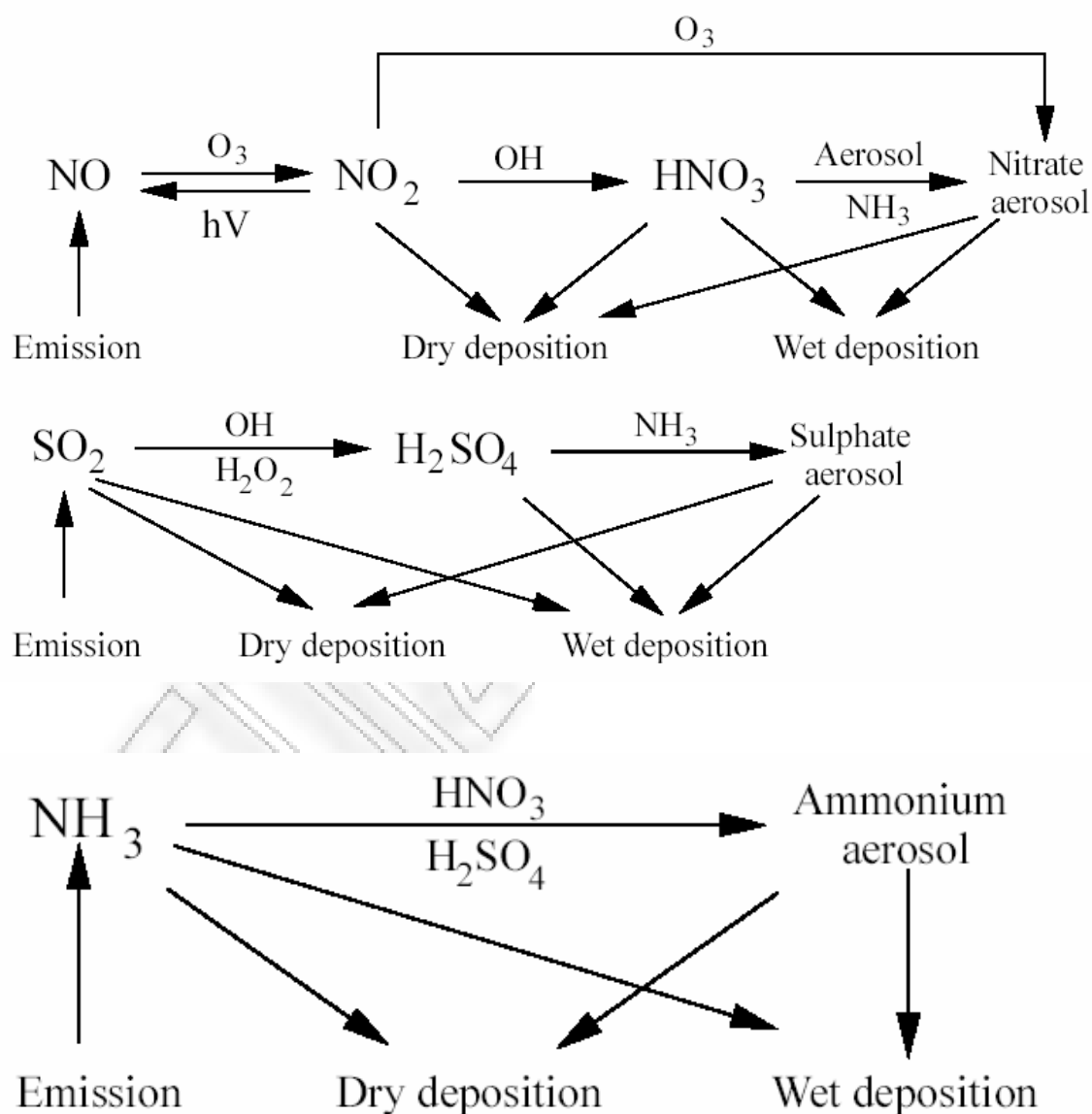
Διαφορετικοί τύποι προτύπων έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για να ερευνήσουν την όξινη απόθεση. Αυτοί περιλαμβάνουν τα πρότυπα πλέγματος, τα λαγκραντζιανά πρότυπα τροχιάς και τα στατιστικά πρότυπα. Τα λαγκραντζιανά πρότυπα, όπως το Windrose Trajectory Model που ενσωματώνεται στο EcoSense, εξετάζουν τα ρεύματα που κινούνται με την κατεύθυνση και την ταχύτητα του αέρα.

Έχει μελετηθεί γενικότερα η αναθεώρηση μερικών πτυχών των λαγκραντζιανών προτύπων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αυτών των προτύπων: εκείνοι που προσανατολίζονται προς την πηγή ρύπανσης και εκείνοι που είναι προσανατολισμένοι στον δείκτη. Στην πρώτη περίπτωση, η πηγή παρέχει μια αρχική μάζα ρύπου στο πρότυπο ρεύματος αέρα, το οποίο απομακρύνεται στη συνέχεια από την περιοχή εκπομπής.

Στη δεύτερη περίπτωση, οι κινήσεις αέρα πέρα από τις διάφορες πηγές εκπομπής φθάνουν μέχρι του δέκτης. Τα μοντέλα Lagrange επιτρέπουν το συνυπολογισμό μιας πιο λεπτομερούς χημείας από τα σχέδια, αλλά ο ρόλος της μίξης μεταξύ των ρευμάτων αέρα με διαφορετική προέλευση, δεν συμπεριλαμβάνεται. Τα αποτελέσματα της μεταφοράς του αέρα, που δίνουν οι διαφορετικές πορείες τροχιάς στα ρεύματα του αέρα και στα διαφορετικά επίπεδα στην ατμόσφαιρα, θεωρούνται σπάνια και ως κοινή υπόθεση γίνεται αποδεκτό ότι το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης είναι περιορισμένο στο στρώμα μίξης. Εντούτοις, τα λαγκραντζιανά πρότυπα έχουν αποδειχθεί χρήσιμα επειδή η ανάλυση ευαισθησίας στις προσωπικές συνεισφορές εκπομπής μπορεί να αξιολογηθεί γρήγορα.

Το WTM που χρησιμοποιήθηκε στο EcoSense για να υπολογίσει τη συγκέντρωση και την απόθεση των όξινων ειδών σε μια περιφερειακή κλίμακα αναπτύχθηκε αρχικά για τα ατμοσφαιρικά είδη αζώτου, και επεκτάθηκε για να συμπεριλάβει τα είδη θείου. Το

πρότυπο είναι προσανατολισμένο στο δέκτη. Είναι ένα μοντέλο Lagrange που χρησιμοποιεί ένα ρεύμα αέρα (κινούμενος με μια αντιπροσωπευτική ταχύτητα αέρα) σε ύψος 800μ με μια σταθερά. Τα αποτελέσματα επιτυγχάνονται σε κάθε σημείο δεκτών με την εξέταση της άφιξης 24 τροχιών που σταθμίζονται από τη συχνότητα του αέρα σε κάθε τομέα 15°. Οι πορείες τροχιάς υποτίθεται ότι είναι σύμφωνες με τις ευθείες γραμμές και αρχίζουν σε 96 ώρες από το σημείο δεκτών. Το χημικό σχέδιο του προτύπου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.4 Χημικές αντιδράσεις των στοιχείων sulphur και nitrogen που συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο Harwell Trajectory. [8]

Στο Ecosense, το πρότυπο εφαρμόζεται με τη βοήθεια από:

- ένα σύνολο παραμέτρων και χημικών εξισώσεων στη βάση δεδομένων EcoSense που καθορίζει το πρότυπο
- ένα πρότυπο διερμηνέα (wmi.exe)
- ένα σύνολο μετεωρολογικών δεδομένων εισόδου (ανεμολόγια και τομείς πτώσης) βάση δεδομένων περιβάλλοντος αναφοράς
- καταλόγους εκπομπής για τα NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> και την αμμωνία, τα οποία παρέχονται επίσης στην βάση δεδομένων
- πρόσθετες εκπομπές των εγκαταστάσεων από τη βάση δεδομένων [9]

## 2.7 Μέθοδοι υπολογισμού των ρύπων

Το Ecosense προκειμένου να υπολογίσει σωστά με βάση αξιόπιστα δεδομένα το εξωτερικό κόστος που προκαλούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι χρησιμοποιεί κάποιες στρατηγικές που βοηθούν στην κωδικοποίηση και τον άμεσο υπολογισμό των αποτελεσμάτων.

### 2.7.1 Παρουσίαση των σωματιδίων

Τα μόρια ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ένα σύνθετο μίγμα, που ποικίλλει σε μέγεθος και σύνθεση. Υπάρχουν πολύ ουσιαστικά επιδημιολογικά στοιχεία των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία της μοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης που είναι αρκετά ισχυρά, αλλά πολύ λιγότερο διαδεδομένα. Είναι επιδημιολογικά στοιχεία των χρόνιων επιπτώσεων στην υγεία. Επειδή η μοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση είναι περισσότερο ένα σύνθετο μίγμα παρά μια ενιαία ουσία, υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία στο πώς η μοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση εμφανίζεται στις διάφορες επιδημιολογικές μελέτες. Η ποικιλομορφία είναι ως ένα ορισμένο βαθμό μη σχεδιασμένη. Ποιοι ρύποι αξιολογούνται σε οποιαδήποτε μελέτη, και πώς αυτοί αντιπροσωπεύονται, εξαρτάται όχι μόνο από αυτό που οι ερευνητές θεωρούν ότι μπορεί να είναι σημαντικό αλλά και, σε ποια στοιχεία επικεντρώνονται συνήθως στο σημείο όπου πραγματοποιείται η μελέτη. Εντούτοις, λόγω της ποικιλομορφίας είναι

δυνατό να παρασχεθούν κάποιες λειτουργίες για τα μόρια που συντάσσονται σε μια ευρεία ποικιλία μορφών. [9]

Στην επιλογή που οι δείκτες των μορίων είναι πιο σχετικοί με το ExternE, έχουν ληφθεί υπόψη: οι επιπτώσεις στην υγεία από τα PM10, το SO<sub>2</sub>, τα NO<sub>x</sub>, το O<sub>3</sub> και το κοβάλτιο. Επίσης:

α. τα διεθνή επιδημιολογικά στοιχεία που συνδέουν τα διάφορα μέτρα μοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης με οξείες και χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία

β. σε τι αφορούν (τα στοιχεία αυτά) τη μοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη ειδικότερα και

γ. αυτό που είναι γνωστό για τη σχετική τοξικότητα των διάφορων ειδών εισπνεύσιμων μορίων, και σε τι αφορούν τα μόρια που εξετάζονται στο ExternE.

Διεθνώς, υπάρχουν πολλές μελέτες που παρουσιάζουν οξείες επιπτώσεις στην υγεία των μορίων που εκφράζονται ως PM10 (εισπνεύσιμα μόρια), ή ανεσταλμένα στο σύνολο μόρια (TSP). Στην Ευρώπη, πολλές μελέτες χρησιμοποιούν το μαύρο καπνό (BS).

Αν και η αιτιότητα των οξείων επιπτώσεων στην υγεία αλλά και αυτή των χρόνιων επιπτώσεων στην υγεία γίνεται τώρα ευρέως αποδεκτή, δεν υπάρχει κανένας καθιερωμένος μηχανισμός δράσης της μοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αντίστοιχα, υπάρχουν ισχυρά στοιχεία στη σχετική τοξικότητα των διάφορων ειδών εισπνεύσιμων (PM10) μορίων. Μπορεί επίσης η τοξικότητα των μορίων να είναι μεγαλύτερη σύμφωνα με την οξύτητά τους, και μικρότερη σύμφωνα με τη διαλυτότητά τους.

Τα μόρια που αφορούν το ExternE προέρχονται από δύο κύριες πηγές:

- αρχικές εκπομπές από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας
- αρχικές εκπομπές από τη μεταφορά θεικών αλάτων (από το SO<sub>2</sub>) και νιτρικών αλάτων (από NO<sub>x</sub>).

Στο ExternE το 1995, χρησιμοποιήθηκαν οι λειτουργίες του ER που εκφράστηκαν ως PM10 στην ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων όλων αυτών των πηγών. (Οι αρχικές εκπομπές από τη μεταφορά δεν συμπεριλήφθηκαν.)

Γενικότερα, δεν υπάρχει *a priori* κανένας λόγος για τον οποίο τα μόρια από αυτές τις διαφορετικές πηγές να πρέπει να έχουν την ίδια τοξικότητα γιατί υπάρχουν μερικές διαφορές μεταξύ των πηγών. Ειδικότερα, τα μόρια νιτρικών αλάτων είναι ιδιαίτερα διαλυτά, και τα μόρια που εκπέμπονται από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας μπορούν να είναι σχετικά αδρανή.

### 2.7.2 Παρουσίαση του όζοντος

Το ExternE το 1995 περιέλαβε ένα σύνολο λειτουργιών που συνδέουν το περιβαλλοντικό όζον με ένα ευρύ φάσμα σημείων επίπτωσης στην υγεία. Τα επιδημιολογικά στοιχεία εκείνη την περίοδο ήταν ισχυρά όσον αφορούσαν στα αποτελέσματα του όζοντος σε μερικές θέσεις, ειδικά στην Βόρεια και Κεντρική Αμερική (Καλιφόρνια, ΗΠΑ βορειοανατολικά ΗΠΑ/νοτιοανατολικός Καναδάς Πόλη του Μεξικού).

Τα αποτελέσματα από διάφορες μελέτες σχετικές με τις επιπτώσεις του όζοντος, έχουν επιβεβαιώσει μια σχέση του περιβαλλοντικού όζοντος με τις εισαγωγές σε νοσοκομείο (με μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας) στην Ευρώπη. Τα στοιχεία υποστηρίζουν έντονα την άποψη ότι οι οξείες επιπτώσεις του όζοντος στην υγεία μπορούν και πρέπει να ποσοτικοποιηθούν και ότι η κατ' εκτίμηση επίπτωση στην υγεία λόγω του όζοντος, πρέπει να προστεθεί σε εκείνοι των μορίων. [9]

### 2.7.3 Παρουσίαση του SO<sub>2</sub>

Στο ExternE το 1995, δεν ποσοτικοποιήθηκαν οποιεσδήποτε επιπτώσεις στην υγεία που συνδέθηκαν με το SO<sub>2</sub> ως αέριο. Αναγνωρίστηκε ότι αυτό ήταν μια δύσκολη απόφαση διότι τα στοιχεία εκείνη την περίοδο ήταν διφορούμενα. Εντούτοις ποσοτικοποιήθηκαν τα αποτελέσματα που συνδέθηκαν με τα θειικά άλατα. Τα περαιτέρω στοιχεία στις οξείες επιπτώσεις στην υγεία που συνδέονται με το SO<sub>2</sub> είναι πλέον διαθέσιμα, κυρίως από τις ευρωπαϊκές μελέτες Συνεπώς, είναι εύλογο να ειπωθεί ότι μια σχέση με την οξεία θνησιμότητα και τις εισαγωγές σε νοσοκομείο, είναι ευρέως καθιερωμένη. Έτσι είναι δυνατό, χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα αυτά, να παρασχεθούν οι λειτουργίες που συνδέουν το περιβαλλοντικό SO<sub>2</sub> με τα αυστηρότερα σημεία τέλματος της υγείας. [8,9]

Υπάρχει εντούτοις ακόμα μια σημαντική δυσκολία στην ερμηνεία για το εάν αυτές οι λειτουργίες αντιπροσωπεύουν μια σύνδεση που είναι αιτιατή. Η κύρια εναλλακτική άποψη είναι ότι το SO<sub>2</sub> σε αυτές τις μελέτες ενεργεί ως αναπλήρωση για άλλους ρύπους, ειδικά για τα λεπτά μόρια (π.χ. θειικά άλατα) που δεν ποσοτικοποιούνται πολύ καλά στις διαθέσιμες μετρήσεις για τη μελέτη μορίων.

Είναι σημαντικό για το ExternE να ποσοτικοποιηθούν οι αιτιώδεις σχέσεις, και όχι μόνο οι επιδημιολογικές ενώσεις. Έτσι υπάρχουν ακόμα μερικά σημαντικά εκκρεμή ζητήματα για το εάν πρέπει να ποσοτικοποιηθεί μια επίδραση στο SO<sub>2</sub>.

Στις μελέτες, το μέγεθος της προφανούς επίδρασης SO<sub>2</sub> δεν εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις των περιβαλλοντικών μορίων. Στα πλαίσια συνολικά των στοιχείων, συμπεριλαμβανομένου αυτού του αποτελέσματος, συστήνεται οι λειτουργίες για το SO<sub>2</sub> να χρησιμοποιούνται στις κύριες εφαρμογές του ExternE και ότι οι κατ' εκτίμηση επιδράσεις προστίθενται στα αποτελέσματα των μορίων και του όζοντος. Γενικότερα προτείνονται οι αναλύσεις ευαισθησίας οι οποίες αγνοούν την επίδραση του SO<sub>2</sub>.

#### 2.7.4 Παρουσίαση των NO<sub>x</sub>

Στο ExternE 1995, τα επιδημιολογικά στοιχεία σχετικά με τα NO<sub>x</sub> έχουν ήδη αξιολογηθεί. Μερικά έχουν αναφερθεί και σε πολλές μελέτες. Εντούτοις, το κύριο σκέλος των στοιχείων ήταν ότι τα προφανή αποτελέσματα των NO<sub>x</sub> ήταν περισσότερο κατανοητά αλλά όχι τόσο αιτιώδη, με αποτέλεσμα τα NO<sub>x</sub> να αντιμετωπίζονται ως μια αναπλήρωση για κάποιο μίγμα σχετικό με τη ρύπανση. Το ExternE 1995 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μια άμεση επίδραση των NO<sub>x</sub> δεν πρέπει να ποσοτικοποιηθεί. (Εμμεσα, τα NO<sub>x</sub> συνέβαλαν, ως πρόγονοι για τα νιτρικά άλατα και το όζον). Κάποιες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος ExternE, οδηγούν στη θετική συσχέτιση μεταξύ των NO<sub>x</sub> και της καθημερινής θνησιμότητας ή των εισαγωγών σε νοσοκομείο εξαιτίας αναπνευστικών προβλημάτων, σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Οι μελέτες εντούτοις υποστηρίζουν επίσης την άποψη ότι τα αποτελέσματα των NO<sub>x</sub> μπορούν να οφείλονται στα μόρια ή τουλάχιστον, να εξαρτώνται ιδιαίτερα από τα επίπεδα των μορίων. [8,9]

Pollutant	Land use category	Exposure duration	Level, $\mu\text{g m}^{-3}$ unless otherwise stated
NO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	All	Annual mean	30
		4 hour mean	95
O <sub>3</sub>	All	Annual	300 ppb.hours above 40 ppb baseline
SO <sub>2</sub>	Forests Natural vegetation	Annual and winter mean	15/20 <sup>2</sup>
		Annual and winter mean	15/20 <sup>2</sup>
	Crops	Annual and winter mean	30
	Cyanobacterial lichens	Annual mean	10
NH <sub>3</sub>	All	1 hour	3300
		1 day	270
		1 month	23
		1 year	8
Rain and cloud	Crops Bryophytes/ lichens	Growing season mean	1 mmol H <sup>+</sup> l <sup>-1</sup>
		1 hour (single episode)	3 mmol H <sup>+</sup> l <sup>-1</sup>
	Forests <sup>3</sup>	Annual total	600 mol H <sup>+</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>
		Time weighted annual mean <sup>4</sup>	0.3 mmol (H <sup>+</sup> or NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) l <sup>-1</sup> with 0.15mmol SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> l <sup>-1</sup>
		Annual mean	1 $\mu\text{g S m}^{-3}$ as particulate sulphate

<sup>1</sup> Critical level for NO<sub>2</sub> in combination with SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> at concentrations below their critical level.

<sup>2</sup> The lower figure is suggested for forests where the Effective Temperature Sum > 5°C is < 1000°C

<sup>3</sup> Undefined where Ca and Mg concentrations exceed H<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> concentrations.

<sup>4</sup> This mean to be applied where ground-level cloud persists for >10% of the time.

## Πίνακας 2.1 Κρίσιμο επίπεδο SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, και σύνθεση βροχής και σύννεφων από τη διάρκεια έκθεσης και τη χρήση εδάφους. [8]

### 2.8 Επιπτώσεις στην Υγεία

Οι επιπτώσεις που αφορούν στην υγεία είναι οι σημαντικότερες επιπτώσεις που υπολογίζονται από το πρόγραμμα Ecosense, συγκριτικά με τις επιπτώσεις στο έδαφος και τα κτίρια. Υπολογίζονται δε σύμφωνα με συναρτήσεις και μοντέλα που είναι ενσωματωμένα στο πρόγραμμα.

### 2.8.1 Συνάρτηση έκθεσης - απόκρισης και Οικονομική Αξιολόγηση

Ενώ υπάρχει μια γενική συναίνεση μεταξύ των εμπειρογνομόνων δημόσιας υγείας ότι η έκθεση στο όζον είναι επιβλαβής, είναι δύσκολο να καθιερωθούν κάποιες καθορισμένες ποσοτικές σχέσεις. Διάφορες λειτουργίες έκθεσης – απόκρισης, έχουν δημοσιευθεί τα τελευταία χρόνια για τη θνησιμότητα και για τα σημεία νοσηρότητας, όπως οι εισαγωγές σε νοσοκομείο και το άσθμα. Χαρακτηριστικά παρουσιάζονται ως γραμμικές λειτουργίες - ωριαίων ή οκταώρων - μέγιστων συγκεντρώσεων, δηλ. χωρίς να υπάρχει κατώτατο όριο. Σημειώνεται εδώ, ότι υπολογίζεται σε επίπεδο του ολόκληρου πληθυσμού, όχι των ατόμων ξεχωριστά. Λόγω των διαφορών μεταξύ των ατόμων είναι αρκετά πιθανό για την αποτελεσματική λειτουργία έκθεσης-απόκρισης ενός πληθυσμού να φανεί περίπου γραμμική σχέση ακόμα κι αν υπάρχουν μεγάλες μονάδες για κάποια άτομα - όπως εμφανίζεται στη θνησιμότητα από τα μόρια. Δεδομένου ότι ένα πιθανό σύνολο έκθεσης- απόκρισης λειτουργεί χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που συστήνονται από το πρόγραμμα ExternE και που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, και είναι βασισμένα στις μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις. Λόγω της γραμμικότητάς τους έχει εκφραστεί ως συντελεστής, ο αριθμός γεγονότων ανά άτομο ανά ppb ετησίως Για να μετατραπεί από ωριαία αιχμή συγκέντρωσης σε δωριαία αιχμή συγκέντρωσης, έχει πολλαπλασιαστεί με έναν παράγοντα 1,3, όπως προτείνεται από το μέσο όρο του πίνακα παρακάτω. Σημειώνεται εδώ ότι δε λαμβάνεται υπόψη η διαφορά μεταξύ δωριαίων και δώρων αιχμών συγκέντρωσης. [8]

**Πίνακας 2.2: Συνάρτηση Exposure-response slope  $c_0$  για το  $O_3$  και τις επιπτώσεις στην υγεία και το κόστος [8]**

	$c_0$ (cases per person·ppb·yr) <sup>a</sup>	ECU per case <sup>b</sup>	ECU/(yr·person·ppb)	%
Acute mortality (Sunyer et al 1996)	1.17E-05	82500 <sup>c</sup>	0.965	36%
HA Respiratory (Ponce de Leon 1996)	1.42E-05	6600	0.093	3%
RADs (Ostro et al 89)	1.95E-02	62	1.209	45%
Symptoms Days (Krupnick et al 90)	6.60E-02	6.3	0.416	15%
<b>Total ECU/(yr·person·ppb)</b>			<b>2.68</b>	<b>100%</b>

RAD = Restricted Activity Days, HA = Hospital Admission

<sup>a</sup> coefficients of Table 4.4 of EC (1995b) and updates (this report, Chapter 8), multiplied by 1.3

<sup>b</sup> from Table 4.3 of EC (1995b), except for acute mortality, see text below

<sup>c</sup> assuming average life span reduction of 9 months and value of 1 year of life lost = 110 kECU



## Ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων του Όζοντος

Για την οικονομική αξιολόγηση ο βασικός κανόνας είναι, να ακολουθηθεί η προτίμηση του ατόμου. Ως εκ τούτου κάποιος πρέπει να είναι πρόθυμος να πληρώσει (WTP: Willingness To Pay) για να αποφύγει την ασθένεια ή το θάνατο, παρά το κόστος της ασθένειας (COI: cost of illness) ή του ανθρώπινου κεφαλαίου. Δυστυχώς υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία WTP για τη νοσηρότητα, και ακόμη λιγότερο αβέβαια στοιχεία για το COI. Για τα αποτελέσματα της νοσηρότητας υιοθετούνται οι τιμές που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα ExternE, που παρουσιάζονται στον πίνακα παραπάνω και είναι βασισμένοι συνήθως στα στοιχεία COI από τις ΗΠΑ. Η δυνατότητα μεταβίβασης αυτών των τιμών εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι, φυσικά, αμφισβητήσιμη, ειδικά για τις χώρες με ένα πολύ χαμηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ. [8]

## 2.9 Εισαγωγή στο Λογισμικό Μοντέλο Risk Poll

Το μοντέλο Risk Poll διαφέρει σε πολλά σημεία από το Ecosense. Οι συναρτήσεις και τα μοντέλα που χρησιμοποιεί είναι διαφορετικά, με αποτέλεσμα να οδηγεί πολλές φορές και σε διαφορετικά αποτελέσματα. Επίσης, το Risk Poll παρουσιάζει πιο γενικά αποτελέσματα και δεν δίνει τη δυνατότητα της ευελιξίας στον χρήστη, να προβεί σε πολλές αλλαγές.

### 2.9.1 Μοντέλα υπολογισμού των επιπτώσεων στο Risk Poll

Από τους "απλουστευμένους" υπολογισμούς, ο περιπλοκότερος είναι η καλύτερη εκτίμηση του προτύπου QUERI. Αυτός ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί ένα γκαουσιανό μοντέλο για την πρόβλεψη των τοπικών αλλαγών στην ατμοσφαιρική ρύπανση. [10] Τα μετεωρολογικά στοιχεία περιλαμβάνουν τις ωριαίες τιμές για την ταχύτητα του αέρα, την κατεύθυνση του αέρα και την περιβαλλοντική θερμοκρασία. Εάν είναι γνωστά, τα στοιχεία για την κατηγορία σταθερότητας Pasquill και η μίξη του ύψους στρώματος (στρώμα αντιστροφής) μπορούν να εισαχθούν άμεσα στο πρότυπο ως τμήμα του συνόλου δεδομένων εισαγωγής των μετεωρολογικών τιμών, διαφορετικά το QUERI θα υπολογίσει αυτές τις παραμέτρους με τη βοήθεια των μετρημένων στοιχείων ταχύτητας αέρα και του ύψους του ήλιου (ή έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία) που υπολογίζονται βάσει των συντεταγμένων της πηγής (οι περαιτέρω

λεπτομέρειες βρίσκονται στο gerort). Οι τοπικοί υπολογισμοί αντικτύπου βασίζονται σε 5 επί 5 χλμ διανομής πληθυσμών, η αγροτική ανάλυση μεταφοράς των ρύπων Α πραγματοποιείται όταν η περιοχή ID είναι ίση με 0, 4, 5 ή 6, διαφορετικά υποτίθεται ότι υπάρχει αστική διασπορά.

Η περιφερειακή εκτίμηση αντικτύπου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το μοντέλο SUWM. Προκειμένου να αποφευχθεί ο διπλός υπολογισμός του τοπικού αντικτύπου, η εκτίμηση SUWM μειώνεται από την τοπική συμβολή του SUWM. Η περιφερειακή εκτίμηση προσεγγίζεται από τη χρήση εκθετικής συνάρτησης, με μια χρονική σταθερά  $\tau$  σχετική με το ύψος στρώματος μίξης  $h_{mix}$  και την ταχύτητα μείωσης  $k$  ( $\tau = h_{mix} / k$ ). Το  $\tau$  μπορεί να κυμανθεί μεταξύ μερικών ωρών ή μερικών ημερών. Μια ενδεικτική σειρά είναι 20 έως 30 ώρες. Οι χαρακτηριστικές εκτιμήσεις του τοπικού αντικτύπου SUWM ποικίλλουν μεταξύ 10% και 20% της συνολικής εκτίμησης.

Για τους περιφερειακούς υπολογισμούς, η ενιαία σημαντικότερη παράμετρος είναι η ταχύτητα φθίνουσας διασποράς (depletion velocity), η οποία αποτελεί τη μετατροπή των ρύπων από υγρή και ξηρή εναπόθεση και χημική μεταροπή, σε άλλα αιωρούμενα είδη. Η ταχύτητα φθίνουσας διασποράς υπολογίζεται πολλάκις χρησιμοποιώντας μια μη γραμμική ανάλυση οπισθοδρόμησης των συγκεντρώσεων με την απόσταση του αέρα. Οι λεπτομέρειες αναφέρονται στο gerort μαζί με τις εκτιμήσεις των ταχυτήτων φθίνουσας διασποράς για τις διαφορετικές θέσεις των περιοχών σε όλο τον κόσμο.

Για τους δευτεροβάθμιους ρύπους, οι δαπάνες αντικτύπου υπολογίζονται χρησιμοποιώντας το μοντέλο SUWM. Επειδή αυτοί οι ρύποι διαμορφώνουν στον αέρα διάφορες δεκάδες των χιλιομέτρων από την πηγή, τα τοπικά επίπεδα έκθεσης (περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις) και οι τοπικές συλλογικές δόσεις είναι σχετικά χαμηλά έναντι των παρόμοιων εκτιμήσεων για τους αρχικούς ρύπους. Επομένως, οι κίνδυνοι υγείας ανά περιοχή είναι γενικά μικροί, και μπορούν να αποτελέσουν μόνο ένα μικρό ποσοστό της συνολικής εκτίμησης αντικτύπου. Όλα τα απλουστευμένα πρότυπα χρησιμοποιούν τη διατύπωση SUWM για τον υπολογισμό των κινδύνων υγείας από την έκθεση στα αερολύματα.

Οι υπόλοιποι δύο αλγόριθμοι στο πρότυπο QUERI, οι βασικές και οι μεσες εκτιμήσεις, είναι ημι-εμπειρικές αξιολογήσεις των επιπτώσεων. Και στις δύο προσεγγίσεις, ο σκοπός είναι "να ρυθμιστεί" η εκτίμηση επιπτώσεων SUWM με τη βοήθεια των παραγόντων ταξινόμησης που εξαρτώνται από την ταυτότητα περιοχών, την αναλογία του τοπικού, σε περιφερειακή πυκνότητα, πληθυσμού και τις παραμέτρους της πηγής (π.χ., ύψος καμινάδας). Αυτοί οι παράγοντες έχουν συνταχθεί

για διάφορες θέσεις "αναφοράς" σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η μεταφορά των ευρωπαϊκών αποτελεσμάτων σε άλλες θέσεις ολοκληρώνεται με τη χρησιμοποίηση του συντελεστή  $C_{ST}$  μεταφοράς περιοχών. Αυτή η παράμετρος λαμβάνει υπόψη τις τοπικές και περιφερειακές διαφορές πυκνότητας πληθυσμών μεταξύ της νέας περιοχής και της ευρωπαϊκής θέσης αναφοράς. Μόνο οι ενδιάμεσοι υπολογισμοί εκτιμούν τις αλλαγές στην πηγή. Τα βασικά αποτελέσματα εκτίμησης είναι κατάλληλα για ένα ύψος καμινάδας που φτάνει τα 100 μέτρα.

Ο καλύτερος αλγόριθμος του προτύπου URBAN είναι παρόμοιος με την καλύτερη εκτίμηση QUERI. Και τα 2 πρότυπα χρησιμοποιούν ένα γκαουσιανό μοντέλο για τις τοπικές συγκεντρώσεις και τον ίδιο τρόπο για τους περιφερειακούς υπολογισμούς. Αλλά υπάρχει μια σημαντική διάκριση. Το μοντέλο URBAN χρησιμοποιεί περισσότερο στατιστικούς μέσους όρους παρά τις ωριαίες μετεωρολογικές τιμές, για να υπολογίσει τις τοπικές συγκεντρώσεις σε μια αστική πηγή. Επιπλέον, η διασπορά του ανέμου είναι ομοιόμορφη, δηλ., όλες οι κατευθύνσεις αέρα είναι εξίσου πιθανές και η ταχύτητα αέρα είναι σταθερή. Όλες οι άλλες παράμετροι εισαγωγής είναι ίδιες, π.χ. διανομή τοπικών πληθυσμών (5 επί 5 χλμ) και περιφερειακή πυκνότητα πληθυσμών.

Το κύριο μειονέκτημα του Simple Uniform World Model (απλού ομοιόμορφου παγκόσμιου προτύπου) είναι ότι οι λεπτομέρειες σε τοπικό επίπεδο, αγνοούνται στην ανάλυση και ως εκ τούτου, οι εκτιμήσεις δεν γίνονται για μια συγκεκριμένη περιοχή. Αλλά για τους αρχικούς ρύπους, οι τοπικοί απολογισμοί αντικτύπου για ένα σημαντικό ποσοστό συνολικής ζημιάς κοστίζουν αρκετά εάν η πηγή βρίσκεται κοντά σε μια εποικημένη περιοχή. Η Robust Uniform World Model (RUWM) - καλύτερη εκτίμηση - βελτιώνεται επάνω στο SUWM με τη λήψη της τοπικής πυκνότητας αποδέκτη, των παραμέτρων της καμινάδας και των καιρικών συνθηκών κοντά στην πηγή. Αυτό επιτρέπει τη μεταβλητότητα και την εξάρτηση των περιοχών από το ύψος της καμινάδας στην πηγή. [11]

Σε αντίθεση με τις ημι-εμπειρικές προσεγγίσεις στο QUERI, οι υπολογισμοί σε RUWM είναι αναλυτικές λύσεις κλειστού τύπου για ορισμένες κατανομές καιρικών συνθηκών και πληθυσμών. Μια "απλουστευμένη" έκφραση για το γκαουσιανό πρότυπο μοντέλων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ρύπων σε τοπική κλίμακα. Όπως το πρότυπο URBAN, το RUWM χρησιμοποιεί τους στατιστικούς μέσους όρους ως δεδομένα εισόδου για τις τοπικές καιρικές συνθήκες και υποθέτει μια ομοιόμορφη

διασπορά ανέμου για την πηγή. Αν και οι τοπικές και περιφερειακές περιοχές αντιμετωπίζονται χωριστά (π.χ. τα διαφορετικά πρότυπα μεταφοράς της ρύπανσης, χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τις συγκεντρώσεις), οι ομοιόμορφες κατανομές πληθυσμών υποτίθεται ότι ανήκουν σε κάθε τομέα.

### 2.9.1.1 Το μοντέλο SUWM (Simple Uniform World Model)

Κύριες υποθέσεις:

- (i) σταθερό ποσοστό εκπομπής,
- (ii) ομοιόμορφη κατανομή πληθυσμών,
- (iii) ομοιόμορφες ατμοσφαιρικές παράμετροι μεταφορών (δηλ., σταθερή ταχύτητα μείωσης)
- (iv) γραμμικότητα, καμία λειτουργία απόκρισης συγκέντρωσης κατώτατων ορίων (CRF: Concentration Response Function).

Αξιολόγηση των δαπανών ζημίας: Ο προϋπολογισμός δαπανών SUWM υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$SUWM \text{ Damage cost} = \frac{Emission \times Receptor \times CRF}{Depletion \text{ velocity}} \times Unit \text{ cost}$$

Ο δέκτης είναι η πυκνότητα πληθυσμών υποθέτοντας μια συνολική περιοχή επιφάνειας (έδαφος & νερό) που ορίζεται από έναν κύκλο με την ακτίνα μεταξύ 500 και 1000 χλμ και τη θέση πηγής εκπομπής (0.0). Οι ταχύτητες μείωσης, CRFs και τα κόστη μονάδας συνοψίζονται στο report του RiskPoll. Το γενικό κόστος είναι το ποσό των μεμονωμένων δαπανών υγείας. Οι δαπάνες για τους δευτεροβάθμιους ρύπους υπολογίζονται πάντα χρησιμοποιώντας το μοντέλο SUWM. [11]

Για τους αρχικούς ρύπους, η τοπική επίπτωση SUWM υπολογίζεται σε μια ακτίνα  $R_0$  (που συνήθως, λαμβάνεται μέχρι τα 50 χλμ ή τα 56 χλμ για μια ισοδύναμη έκταση 10.000 χλμ<sup>2</sup>) και προσεγγίζεται από τη σχέση:

$$\frac{SUWM \text{ Local Damage cost}}{SUWM \text{ Damage cost}} = 1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right); \quad t = \frac{R_o}{U}$$

t = ο χρόνος διέλευσης των ρύπων από την καμινάδα

U = ταχύτητα αέρα (κυμαίνεται στα: 2-4 m/s)

R<sub>o</sub> = χρόνος ατμοσφαιρικής εναπόθεσης (R<sub>o</sub> = ύψος καμινάδας / ταχύτητα μείωσης).

Μια χαρακτηριστική σειρά για το R<sub>o</sub> είναι 20 έως 30 ώρες. Οι δευτεροβάθμιες μολυσματικές επιδράσεις είναι γενικά μικρές. [11]

### 2.9.1.2 Το μοντέλο QUERI

(Βασική, μέση και καλύτερη εκτίμηση για τους αρχικούς ρύπους)

Κύριες υποθέσεις:

- (i) σταθερό ποσοστό εκπομπής,
- (ii) ομοιόμορφος περιφερειακός πληθυσμός,
- (iii) σταθερή ταχύτητα μείωσης,
- (iv) γραμμικότητα, κανένα κατώτατο όριο CRF,
- (v) επίπεδη έκταση και
- (vi) αμελητέα τοπική απόθεση.

Αξιολόγηση των δαπανών ζημίας: Οι βασικές και ενδιάμεσες εκτιμήσεις είναι ημι-εμπειρικές λύσεις. Η συνάρτηση ζημίας δίνεται από τη σχέση:

$$QUERI \text{ Damage cost} = SUWM \text{ Damage cost} \times C_f \text{ (Basic or Intermediate).}$$

Ο παράγοντας C<sub>f</sub> είναι μια συνάρτηση τιμών της ταυτότητας περιοχών της πηγής, των τοπικών και περιφερειακών πληθυσμών πυκνότητας, και των μεταβλητών των καμινάδων (παράμετροι ροής ύψους και εξάτμισης καμινάδων στην πηγή). Οι τιμές για το C<sub>f</sub> έχουν υπολογιστεί για διάφορες θέσεις σε ολόκληρη την Ευρώπη [Spadaro 1999]. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να εφαρμοστούν και σε έναν άλλον τόπο και στη συνέχεια να βοηθήσουν στη σύγκριση των τοπικών και περιφερειακών πυκνοτήτων πληθυσμών μεταξύ της ευρωπαϊκής περιοχής αναφοράς και της νέας

θέσης. Ο συντελεστής  $C_{ST}$  της «περιοχής μεταφοράς» χρησιμοποιείται για αυτόν το λόγο. [11]

Τα ελάχιστα δεδομένα εισόδου για τη βασική εκτίμηση περιλαμβάνουν την ταυτότητα των περιοχών και την περιφερειακή πυκνότητα πληθυσμών. Εκτός από τις βασικές εισαγωγές, η ενδιάμεση αξιολόγηση απαιτεί την πυκνότητα των τοπικών πληθυσμών και το ύψος των καμινάδων πηγής. Οι ορισμοί της ταυτότητας των περιοχών δίνονται κατωτέρω μαζί με τις "γενικές" οδηγίες για την επιλογή μιας ταυτότητας βασισμένης στην αναλογία του τοπικού, σε περιφερειακή πυκνότητα,  $Pop\_ratio$  πληθυσμού.

<i>Site ID</i>	<i>Definition</i>	<i>Pop_ratio</i>
0	Αγροτική πηγή	2
1	Αστική πηγή (κοντά στη μικρή πόλη)	6
2	Αστική πηγή (κοντά στη μέση πόλη)	10
3	Αστική πηγή (στενή μεγάλη πόλη)	> 10
4	Πηγή που βρίσκεται μεταξύ 15 και 25 χλμ από το κέντρο μεγάλης πόλης	
5	Πηγή που βρίσκεται μεταξύ 25 και 40 χλμ από το κέντρο μεγάλης πόλης	
6	Πηγή που βρίσκεται περισσότερο από 40 χλμ από το κέντρο μεγάλης πόλης	

Για μια καλύτερη εκτίμηση, η περιβαλλοντική ρύπανση διαμορφώνεται σε τοπική κλίμακα από ένα γκαουσιανό μοντέλο χρησιμοποιώντας τα ωριαία κλιματολογικά στοιχεία για ένα ολόκληρο έτος. Οι μετεωρολογικές μεταβλητές περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά: την ταχύτητα αέρα, την κατεύθυνση αέρα και την περιβαλλοντική θερμοκρασία. Οι τοπικές επιδράσεις εξάγονται με τη χρησιμοποίηση κελιών διαστάσεων 5 επί 5 χλμ διανομής πληθυσμών, ενώ ο περιφερειακός αντίκτυπος βασίζεται στην αξιολόγηση SUWM, που μειώνεται από τον τοπικό προϋπολογισμό δαπανών ζημίας SUWM για να αποφευχθεί ο διπλός υπολογισμός του τοπικού αντικτύπου. Η εξίσωση δαπανών ζημίας είναι:

$$QUERI \text{ Damage cost (Best)} = \sum_j \Delta C_j \times Receptor_j \times CRF \times Unit \text{ cost} + Regional \text{ cost}$$
$$Regional \text{ cost} = SUWM \text{ Damage cost} \times \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right)$$

$\Delta C_j$  = η αύξηση συγκέντρωσης επάνω στο υπάρχον υπόβαθρο στη θέση j (Gaussian plume assessment)

$Receptor_j$  = ο αριθμός ανθρώπων στη θέση j.

Ο δείκτης j κυμαίνεται από 1 έως 400, το οποίο είναι ο αριθμός κυττάρων στον οποίο η τοπική περιοχή υποδιαιρείται.

Μια αγροτική ανάλυση διασποράς πραγματοποιείται για το Site ID = 0, 4, 5 or 6, εκτιμώντας ότι για το Site ID = 1, 2 or 3 εκτελείται μια αστική ανάλυση. [11]

### 2.9.1.3 Το μοντέλο URBAN

(Καλύτερη εκτίμηση για τους αρχικούς ρύπους)

Κύριες υποθέσεις:

- (i) αστική πηγή με ένα σταθερό ποσοστό εκπομπής (το Site ID = 1, 2 ή 3),
- (ii) κελιά διαστάσεων 5 επί 5 χλμ διανομής τοπικών πληθυσμών,
- (iii) ομοιόμορφος περιφερειακός πληθυσμός,
- (iv) σταθερή ταχύτητα μείωσης,
- (v) γραμμικότητα, κανένα κατώτατο όριο CRF,
- (vi) επίπεδη έκταση,
- (vii) αμελητέο τοπικό ποσοστό απόθεσης,
- (viii) ομοιόμορφη διανομή και
- (ix) ανεμολόγια = τα τοπικά μετεωρολογικά στοιχεία.

Αξιολόγηση των δαπανών ζημίας: Ένα "απλουστευμένο" γκαουσιανό πρότυπο μεταφορών χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τις τοπικές συγκεντρώσεις για μια αστική πηγή. Το μοντέλο URBAN χρησιμοποιεί τον μέσο όρο των μετεωρολογικών τιμών και υποθέτει μια σταθερή συχνότητα κατεύθυνσης αέρα. Όπως συμβαίνει και στην καλύτερη εκτίμηση στο πρότυπο QUERI, ένα κελί διαστάσεων 5 επί 5 χλμ,

διανομής τοπικών πληθυσμών χρησιμοποιείται για υπολογισμούς του επιπτώσεων σε τοπική κλίμακα και υπολογίζεται το περιφερειακό κόστος επιπτώσεων χρησιμοποιώντας το μοντέλο SUWM. [11]

#### 2.9.1.4 Το μοντέλο RUWM

(Καλύτερη εκτίμηση για τους αρχικούς ρύπους)

Κύριες υποθέσεις:

- (i) σταθερό ποσοστό εκπομπής,
- (ii) ομοιόμορφες τοπικές και περιφερειακές διανομές πληθυσμών,
- (iii) σταθερή ταχύτητα μείωσης,
- (iv) γραμμικότητα, κανένα κατώτατο όριο CRF,
- (v) επίπεδη έκταση,
- (vi) αμελητέο τοπικό ποσοστό απόθεσης,
- (vii) ομοιόμορφη κατανομή ανεμολογίων και
- (viii) μέσες τοπικές μετεωρολογικές στατιστικές.

Αξιολόγηση των δαπανών ζημίας: Σε αντίθεση με το SUWM, η καλύτερη εκτίμηση του RUWM διαφέρει σε δύο σημαντικά σημεία:

- (1) οι τοπικές και περιφερειακές περιοχές αντιμετωπίζονται ξεχωριστά, με τις ομοιόμορφες διανομές πληθυσμών πέρα από κάθε περιοχή, και
- (2) οι παράμετροι των καμινάδων και οι τοπικές μετεωρολογικές στατιστικές ενσωματώνονται στην ανάλυση αντικτύπου.

Ο στόχος RUWM παραμένει μια closed-form αναλυτική λύση της λειτουργίας της ζημίας.

Η τοπική αξιολόγηση είναι παρόμοια με αυτή του προτύπου URBAN, με τη μόνη εξαίρεση ότι η κατανομή των δεκτών είναι ομοιόμορφη στην πηγή. Η μεταφορά των ρύπων για τις αγροτικές και αστικές πηγές διαμορφώνεται χρησιμοποιώντας ένα "απλουστευμένο" γκαουσιανό μοντέλο. Οι περιφερειακές επιπτώσεις είναι βασισμένες στην ανάλυση SUWM, όπως περιγράφονται προηγουμένως για το QUERI και τις καλύτερες εκτιμήσεις URBAN. [11]



## 2.9.2 Εκπόνηση μιας περιπτώσιολογικής μελέτης στο λογισμικό του RiskPoll

### 1) Επιλογή ενός μοντέλου αξιολόγησης

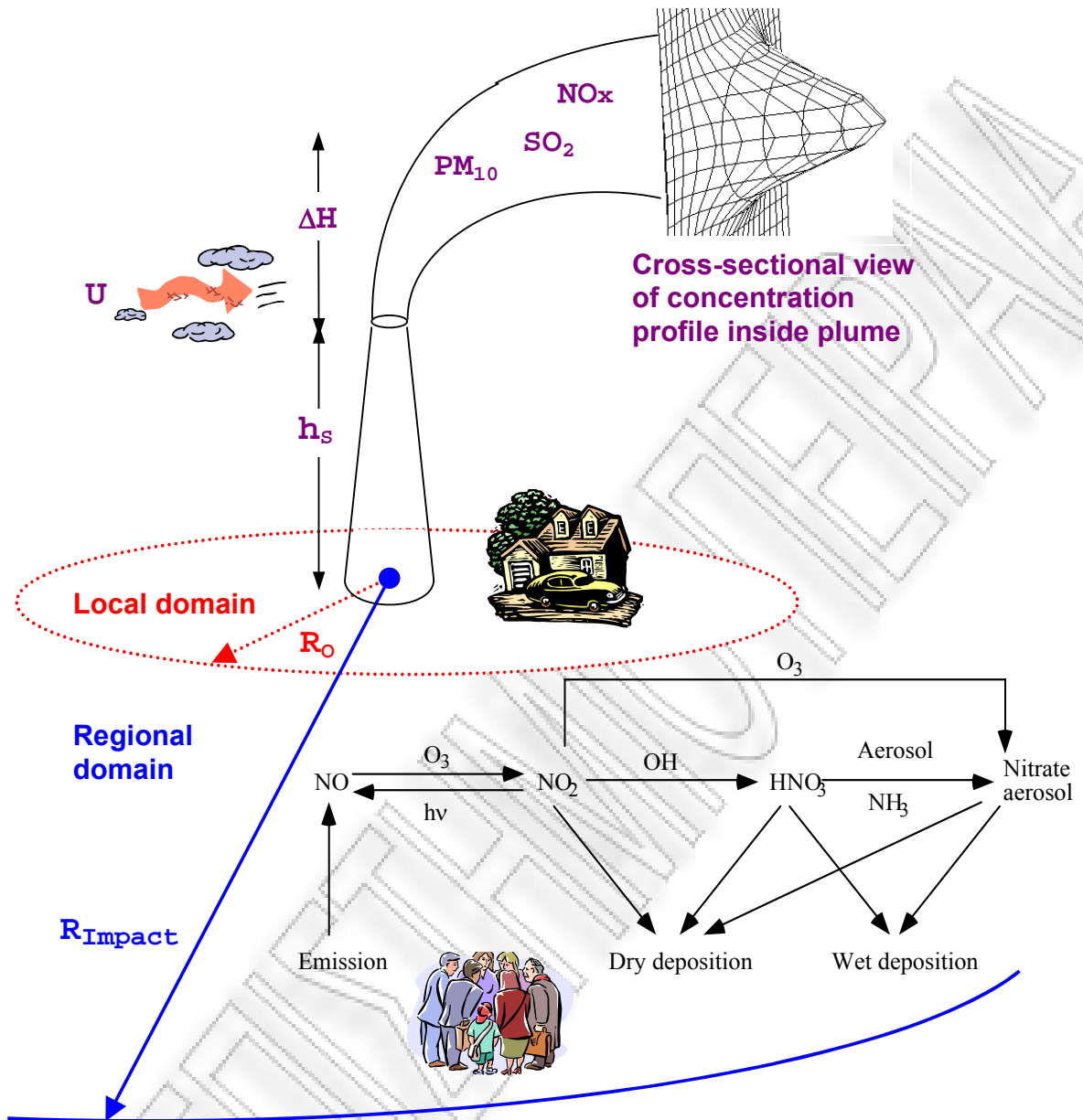
Επιλογή του QUERI, RUWM ή URBAN για να εκτιμηθούν οι κίνδυνοι υγείας από την αερομεταφερόμενη ρύπανση.

### 2) Διευκρίνιση των δεδομένων εισόδου

Οι ελάχιστες απαιτήσεις στοιχείων ή τα κύρια δεδομένα εισόδου αποτελούνται από τις συντεταγμένες της πηγής (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος), τη θέση πηγής (αστική ή αγροτική περιοχή), την περιφερειακή πυκνότητα πληθυσμών, το ποσοστό εκπομπής των ρύπων και την ταχύτητα μείωσης, και έναν κατάλογο λειτουργιών έκθεσης-απόκρισης. Η οικονομική αποτίμηση των εκτιμήσεων αντικτύπου είναι προαιρετική.

Άλλα προαιρετικά στοιχεία περιλαμβάνουν: *τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες* (τις στατιστικές ή ωριαία στοιχεία) και *στατιστικές τοπικών πληθυσμών* (πυκνότητα ή ανάλυση σε 5 επί 5 χλμ). Ο τοπικός παράγοντας στην περιοχή που βρίσκεται πιο κοντά στην πηγή, αντιστοιχεί χαρακτηριστικά σε έναν κύκλο ακτίνας 50 χλμ (ή 56 χλμ για μια περιοχή 10.000 χλμ<sup>2</sup>). Ο περιφερειακός τομέας εκτείνεται σε 1000άδες χλμ από την πηγή. [11,12]

Παρακάτω παρουσιάζεται μια γραφική απεικόνιση του στόχου διαμόρφωσης για κάθε πρότυπο αξιολόγησης του κινδύνου που περιλαμβάνεται στο RiskPoll.



$U$  = Wind speed  
 $h_s$  = Stack height  
 $\Delta H$  = Plume rise

Σχήμα 2.5 Γραφική απεικόνιση της διαμόρφωσης του στόχου [11]

### 3) Υπολογισμός των επιπτώσεων

Πριν συνεχιστούν οι υπολογισμοί πρέπει να σωθούν τα δεδομένα. Για να υπολογιστούν οι επιπτώσεις πρέπει να επιλεγεί «Calculate» και έπειτα η επιλογή «Estimate impacts/damages». [11,12]

### 4) Αποτελέσματα αναθεώρησης

Τα δεδομένα εξόδου συνοψίζονται στην οθόνη με συνοπτικό σχήμα. Περισσότερες πληροφορίες για μια ιδιαίτερη κατηγορία επιπτώσεων στην υγεία είναι διαθέσιμες επιλέγοντας την τελευταία στήλη της εν λόγω σειράς. Οι πρόσθετες πληροφορίες περιλαμβάνουν:

- (α) μια κατά προσέγγιση εκτίμηση της διακοπής των επιπτώσεων σύμφωνα με τις τοπικές και περιφερειακές κλίμακες,
- (β) δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς, και
- (γ) τις προτάσεις για τις αναλύσεις ευαισθησίας.

Ένα αντίγραφο των αποτελεσμάτων (επιδράσεις, δαπάνες ζημίας και τοπικά σχεδιαγράμματα συγκέντρωσης αέρα) μπορεί να σωθεί στο δίσκο, να τυπωθεί, να εξαχθεί σε Excel, ή να επιδειχθεί με γραφική μορφή στην οθόνη (συνολικές δαπάνες ή δαπάνες ανά kg με τη μορφή του ρύπου). [11,12]

### 5) Εκτέλεση των αναλύσεων ευαισθησίας

Για να πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις ευαισθησίας, πρέπει να επιλεγεί από το μενού επιλογών το Calculate και να γίνει επιλογή του στοιχείου που θέλει ο χρήστης να αντικαταστήσει από τη λίστα επιλογών (Sensitivity analysis). Για να γίνει μια αλλαγή, γίνεται επιλογή της αξίας της παραμέτρου και γίνεται νέα εισαγωγή. Μόλις γίνουν όλες οι αλλαγές στα δεδομένα περιπτώσιολογικής μελέτης (όντας βέβαιοι ότι έχει σωθεί το νέο σύνολο δεδομένων εισαγωγής πριν την έξοδο από το RiskPoll), το CTRL-J υπολογίζει εκ νέου τις επιδράσεις / δαπάνες. Τα προηγούμενα και τρέχοντα αποτελέσματα των επιπτώσεων μπορούν να συγκριθούν με την επιλογή «Current vs. Previous results» από το μενού επιλογών «Calculate». [12]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής & η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε.**

### **3.1 Η Ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα**

#### **3.1.1 Γενικά για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ**

Η ΔΕΗ εξασφαλίζει την επάρκεια της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια με την αξιοποίηση 34 μεγάλων θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών και τριών αιολικών πάρκων του διασυνδεδεμένου συστήματος της ηπειρωτικής χώρας, καθώς και 58 αυτόνομων σταθμών Κρήτης, Ρόδου και λοιπών νησιών μας (33 θερμικοί, 2 υδροηλεκτρικοί, 18 αιολικά πάρκα και 5 φωτοβολταϊκοί σταθμοί).



Τα τελευταία χρόνια η Επιχείρηση, πέραν της δημιουργίας νέων θερμικών (λιγνιτικών, πετρελαϊκών, φυσικού αερίου) και υδροηλεκτρικών σταθμών, στρέφεται και προς την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας (άνεμος, ήλιος, γεωθερμία). [13]

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 96 συνολικά σταθμών της ΔΕΗ ανέρχεται σήμερα στα 12.224 MW.

Η καθαρή παραγωγή το 2003 έφτασε τις 52,2 TWh. [13]

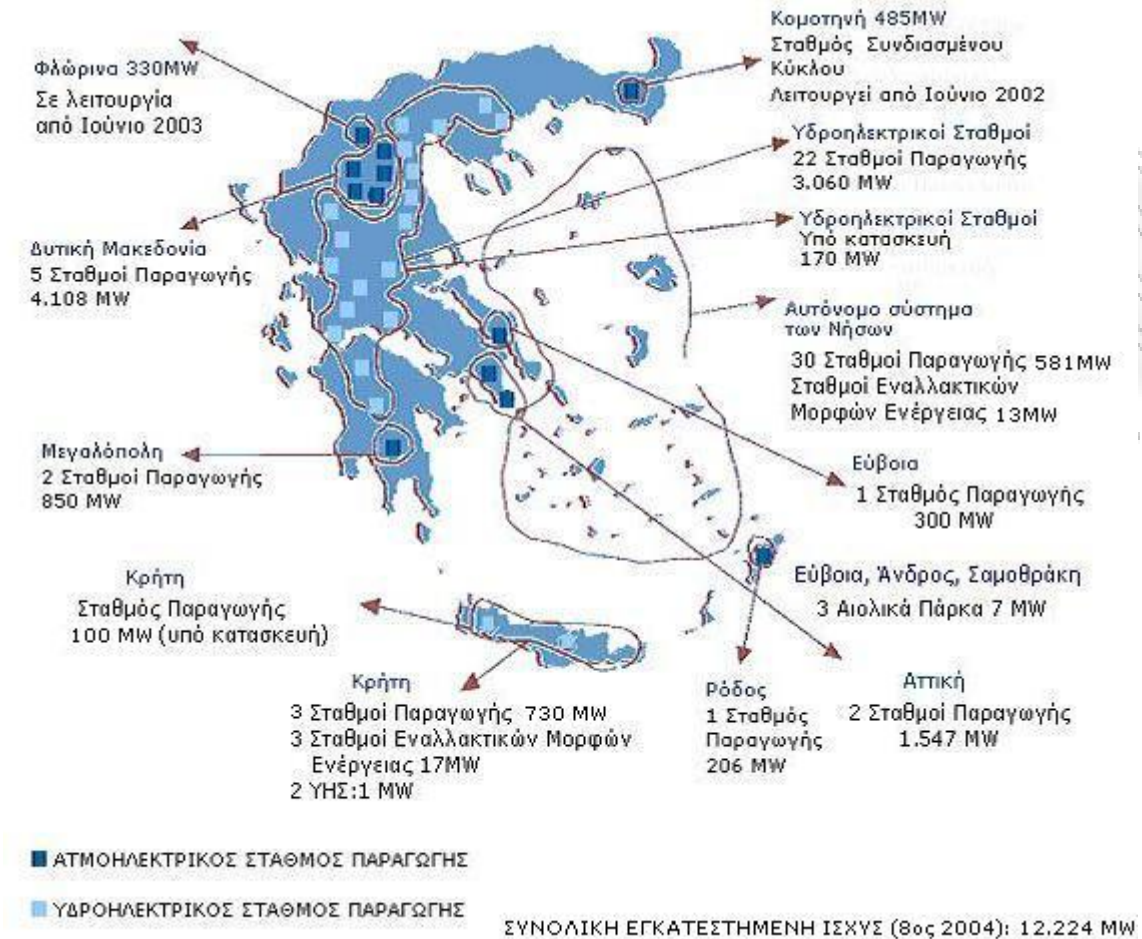
Πιο συνοπτικά στοιχεία για την εγκατεστημένη ισχύ των σταθμών της ΔΕΗ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας: 3.1: Εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών της ΔΕΗ [13]

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΗ Α.Ε. (31/12/2003)							
	ΘΗΣ				ΥΗΣ**	ΑΠΕ***	ΣΥΝΟΛΟ
	Λιγνιτικές Μονάδες	Πετρελαϊκές Μονάδες	Μονάδες Φυσικού Αερίου	Σύνολο ΘΗΣ*			
Διασυνδεδεμένο	5.287	750	1.581	7.618	3.060	7	10.685
Κρήτη, Ρόδος & λοιπά αυτόνομα νησιά	-	1.422	-	1.422	1	30	1.453
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>9.040</b>				<b>3.061</b>	<b>37</b>	<b>12.138</b>

\*Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί, \*\* Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, \*\*\* Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Παρακάτω παρουσιάζεται και ο αναλυτικός χάρτης των σταθμών της ΔΕΗ, όπου φαίνονται και οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή των δεδομένων τους στα λογισμικά προγράμματα Ecosense 4.0 και Risk Poll.



**Εικόνα 3.1: Αναλυτικός χάρτης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ [13]**

Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής της ηπειρωτικής χώρας με τα προς αυτό διασυνδεδεμένα νησιά και τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής της Κρήτης, της Ρόδου και των υπολοίπων μικρότερων νησιών. Αποτελείται από θερμικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς επίσης και από ένα μικρό ποσοστό μονάδων, οι οποίες χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [14]

Στη Βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία, (Πτολεμαΐδα, Καρδιά, Άγιος Δημήτριος, Αμύνταιο) βρίσκεται το κυριότερο ενεργειακό - λιγνιτικό κέντρο της χώρας. Αποτελείται από 17 λιγνιτικές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4.050 MW. Το νότιο ενεργειακό - λιγνιτικό κέντρο βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου κοντά στη πόλη της Μεγαλόπολης και αποτελείται από τέσσερις μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 850 MW.



Μονάδα Η/Π στον Αγ. Δημήτριο

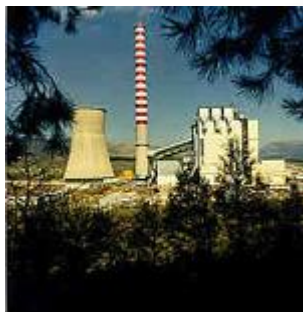


Μονάδα Η/Π στο Αμύνταιον



Μονάδα Η/Π στο Λαύριο

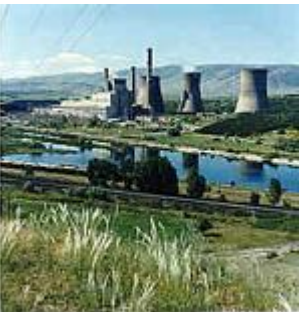
Ένας από τους θερμικούς σταθμούς της Κεντρικής Ελλάδας βρίσκεται στο Λαύριο και αποτελείται από δύο πετρελαϊκές μονάδες ισχύος 450 MW. Υπάρχουν επίσης και από δύο μονάδες συνδυασμένου κύκλου, το "Μικρό Λαύριο" εγκατεστημένης ισχύος 177 MW, που έχει τη δυνατότητα καύσης φυσικού αερίου ή πετρελαίου και εντάχθηκε στο σύστημα το 1996, και το "Μεγάλο Λαύριο" εγκατεστημένης ισχύος 570 MW, που εντάχθηκε στο σύστημα το 1999.



Μονάδα Η/Π στην Μεγαλόπολη



Μονάδα Η/Π στην Καρδιά



Μονάδα Η/Π στην Πτολεμαίδα



Μονάδα Η/Π στα Χανιά

Τέλος, στη νησιωτική Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Κρήτη, υπάρχουν σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο.

Συγκεκριμένα, οι σταθμοί που μας ενδιαφέρουν εν προκειμένω είναι 2 στα Χανιά και ένας στο Ηράκλειο.

### 3.1.2 Σύνθεση ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα

#### Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου για το 1990, στην Ελλάδα

[15]

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ														
ΠΗΓΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	εκπομπές CO <sub>2</sub>	Διασπορά CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs(1)		PFCs(1)		SF <sub>6</sub>		NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
					P	A	P	A	P	A				
	(Gg)				Αντιστοιχία CO <sub>2</sub> (equivalent) (Gg)						(Gg)			
<b>Εκπομπές σε εθνικό επίπεδο &amp; διασπορά τους</b>	<b>84,292.07</b>	<b>0.00</b>	<b>428.28</b>	<b>45.63</b>	<b>0.00</b>	<b>935.06</b>	<b>0.00</b>	<b>257.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>287.98</b>	<b>1,271.31</b>	<b>257.26</b>	<b>491.07</b>
<b>1. Ενέργεια</b>	<b>76,471.07</b>		<b>69.07</b>	<b>9.89</b>							<b>283.70</b>	<b>1,171.14</b>	<b>190.94</b>	<b>481.98</b>
A. Παραγωγή καυσίμων Γενική προσέγγιση	76,371.88													
Προσέγγιση ανά τομέα	76,471.07		15.03	9.89							283.34	1,170.95	174.91	475.47
1. Βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας	43,301.99		0.35	5.74							59.63	36.49	5.15	300.23
2. Βιομηχανίες κατασκευών	9,792.28		1.49	1.56							34.40	16.63	4.88	114.95
3. Μεταφορές	15,355.37		5.09	0.63							142.30	894.62	143.88	38.69
4. Άλλοι τομείς	8,021.42		8.10	1.96							47.01	223.21	21.00	21.60
5. Άλλα	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
B. Εκπομπές καυσίμων	0.00		54.04	0.00							0.36	0.19	16.03	6.51
1. Στερεά καύσιμα	0.00		52.16	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
2. Πετρέλαιο & φυσικό αέριο	0.00		1.89	0.00							0.36	0.19	16.03	6.51
<b>2. Βιομηχανική Διαδικασία</b>	<b>6,177.08</b>		<b>0.00</b>	<b>2.30</b>	<b>0.00</b>	<b>935.06</b>	<b>0.00</b>	<b>257.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.68</b>	<b>22.90</b>	<b>9.48</b>	<b>9.10</b>
A. Ορυκτά προϊόντα	5,470.58		0.00	0.00							0.00	0.00	0.22	3.08
B. Χημική βιομηχανία	469.54		0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	2.47	1.68	3.62
C. Παραγωγή μετάλλων	236.96		0.00	0.00				257.62		0.00	0.32	20.20	0.00	2.13
D. Άλλου είδους παραγωγή	0.00										0.06	0.22	7.58	0.27
E. Παραγωγή halocarbons και SF <sub>6</sub>						935.06		0.00	0.00					
F. Κατανάλωση halocarbons και SF <sub>6</sub>					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				



G.Άλλα	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>3. Διαλύτες και άλλες χρήσεις προϊόντων</b>	<b>170.32</b>			<b>0.00</b>								<b>56.84</b>	
<b>4. Γεωργία</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>169.93</b>	<b>32.34</b>						<b>1.15</b>	<b>26.44</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
A.Εσωτερική ζύμωση			141.70										
B.Διαχείριση λιπάσματος			23.66	0.97								0.00	
C.Καλλιέργεια ρυζιού			3.29									0.00	
D.Καλλιεργήσιμα εδάφη			0.00	31.34								0.00	
E.Κάψιμο γεωργικών υπολειμμάτων			1.29	0.03						1.15	26.44	0.00	
F.Άλλα			0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	
<b>5. Αλλαγή χρήσης του εδάφους και δασονομία</b>	<b>1,473.59</b>	<b>0.00</b>	<b>5.72</b>	<b>0.04</b>						<b>1.46</b>	<b>50.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
A.Αλλαγές στο δάσος και άλλα ξύλινα αποθέματα βιομάζα	18.35	0.00											
B.Μετατροπή δασών και λιβαδιών	1,455.24		5.72	0.04						1.46	50.83		
C.Άλλα	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00		
<b>6. Απόβλητα</b>	<b>0.00</b>		<b>183.55</b>	<b>1.06</b>						<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
A.Υγρά απόβλητα και εναπόθεσή τους στο έδαφος	0.00		133.84								0.00	0.00	
B.Χειρισμός υγρών αποβλήτων			49.71	1.06						0.00	0.00	0.00	
C.Αποτέφρωση αποβλήτων	0.00		0.00	0.00						NE	NE	NE	NE
D.Άλλα	0.00		0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Σημειώσεις:</b>													
<b>Διεθνής αποθήκευση</b>	<b>10,475.30</b>		<b>0.80</b>	<b>0.29</b>						<b>198.85</b>	<b>21.99</b>	<b>6.53</b>	<b>148.37</b>
Αεροπορία	2,447.55		0.02	0.09						13.59	2.95	0.35	0.90
Ναυτικό	8,027.75		0.77	0.21						185.26	19.04	6.18	147.47
<b>Πολύπλευρες διαδικασίες</b>	<b>NO</b>		<b>NO</b>	<b>NO</b>						<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη βιομάζα</b>	<b>2,473.61</b>												

P = Δυναμικές εκπομπές βασισμένες στην προσέγγιση Tier 1 των οδηγιών του IPCC.  
A = Πραγματικές εκπομπές βασισμένες στην προσέγγιση Tier 1 των οδηγιών του IPCC

Οι σημειώσεις δεν συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών.

## Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου για το 2000, στην Ελλάδα

[15]

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ														
ΠΗΓΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	εκπομπές CO <sub>2</sub>	Διασπορά CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs(1)		PFCs(1)		SF <sub>6</sub>		NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
					P	A	P	A	P	A				
	(Gg)				Αντιστοιχία CO <sub>2</sub> (equivalent) (Gg)						(Gg)			
<b>Εκπομπές σε εθνικό επίπεδο &amp; διασπορά τους</b>	<b>107,598.92</b>	<b>0.00</b>	<b>543.57</b>	<b>46.75</b>	<b>0.00</b>	<b>4,281.02</b>	<b>0.00</b>	<b>148.38</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>318.60</b>	<b>1,505.89</b>	<b>290.57</b>	<b>490.16</b>
<b>1. Ενέργεια</b>	<b>95,802.69</b>		<b>94.71</b>	<b>12.24</b>							<b>311.38</b>	<b>1,295.66</b>	<b>236.64</b>	<b>481.58</b>
A. Παραγωγή καυσίμων Γενική προσέγγιση	94,447.87													
Προσέγγιση ανά τομέα	95,802.69		21.76	12.24							310.88	1,295.39	215.90	472.91
1. Βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας	55,058.21		0.45	7.11							75.22	46.08	6.15	363.68
2. Βιομηχανίες κατασκευών	10,414.70		3.62	1.57							37.78	24.42	8.87	66.42
3. Μεταφορές	19,303.45		7.40	1.23							151.01	958.81	177.08	23.95
4. Άλλοι τομείς	11,026.32		10.28	2.33							46.86	266.08	23.81	18.87
5. Άλλα	0.00		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
B. Εκπομπές καυσίμων	0.00		72.95	0.00							0.50	0.27	20.74	8.67
1. Στερεά καύσιμα	0.00		64.21	0.00							0.00	0.00	0.00	0.00
2. Πετρέλαιο & φυσικό αέριο	0.00		8.74	0.00							0.50	0.27	20.74	8.67
<b>2. Βιομηχανική Διαδικασία</b>	<b>7,481.39</b>		<b>0.00</b>	<b>1.83</b>	<b>0.00</b>	<b>4,281.02</b>	<b>0.00</b>	<b>148.38</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.42</b>	<b>22.11</b>	<b>4.67</b>	<b>8.58</b>
A. Ορυκτά προϊόντα	7,223.96		0.00	0.00							0.00	0.00	0.00	3.95
B. Χημική βιομηχανία	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. Παραγωγή μετάλλων	257.43		0.00	0.00				148.38		0.00	0.35	21.95	0.00	2.31
D. Άλλου είδους παραγωγή	0.00										0.04	0.16	4.44	0.20
E. Παραγωγή halocarbons και SF <sub>6</sub>						3,744.00		0.00		0.00				
F. Κατανάλωση halocarbons και SF <sub>6</sub>					0.00	537.02	0.00	0.00	0.00	0.00				
G. Άλλα	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
<b>3. Διαλύτες και άλλες χρήσεις προϊόντων</b>	<b>145.10</b>			<b>0.00</b>									<b>49.26</b>	
<b>4. Γεωργία</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>171.40</b>	<b>31.33</b>							<b>1.21</b>	<b>28.29</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
A. Εσωτερική ζύμωση			142.68											
B. Διαχείριση λιπάσματος			23.36	0.94									0.00	
C. Καλλιέργεια ρυζιού			3.98										0.00	

D. Καλλιεργήσιμα εδάφη			0.00	30.36							0.00	
E. Κάψιμο γεωργικών υπολειμμάτων			1.39	0.03					1.21	28.29	0.00	
F. Άλλα			0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	
<b>5. Αλλαγή χρήσης του εδάφους και δασονομία</b>	<b>4,169.74</b>	<b>0.00</b>	<b>17.91</b>	<b>0.13</b>					<b>4.59</b>	<b>159.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
A. Αλλαγές στο δάσος και άλλα ξύλινα αποθέματα βιομάζα	0.00	-185.41										
B. Μετατροπή δασών και λιβαδιών	4,556.82		17.91	0.13					4.59	159.83		
C. Άλλα	0.00	-201.67										
<b>6. Απόβλητα</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		
A. Υγρά απόβλητα και εναπόθεσή τους στο έδαφος	<b>0.00</b>		<b>259.55</b>	<b>1.22</b>					<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
B. Χειρισμός υγρών αποβλήτων	0.00		227.42							0.00	0.00	
C. Αποτέφρωση αποβλήτων			32.13	1.22					0.00	0.00	0.00	
D. Άλλα	0.00		0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Σημειώσεις:</b>												
<b>Διεθνής αποθήκευση</b>	<b>13,857.13</b>		<b>1.13</b>	<b>0.38</b>					<b>278.33</b>	<b>31.29</b>	<b>9.19</b>	<b>206.86</b>
Αεροπορία	2,497.95		0.04	0.09					15.68	4.29	0.44	1.00
Ναυτικό	11,359.18		1.09	0.29					262.66	27.00	8.76	205.86
<b>Πολύπλευρες διαδικασίες</b>	<b>NO</b>		<b>NO</b>	<b>NO</b>					<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη βιομάζα</b>	<b>4,089.08</b>											

P = Δυναμικές εκπομπές βασισμένες στην προσέγγιση Tier 1 των οδηγιών του IPCC.

A = Πραγματικές εκπομπές βασισμένες στην προσέγγιση Tier 1 των οδηγιών του IPCC

Οι σημειώσεις δεν συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών.

### 3.2 Το Περιβάλλον και η Ευρωπαϊκή Ένωση

Η πολιτική της ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα του περιβάλλοντος αποσκοπεί στη διαφύλαξη, την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος καθώς και στην προστασία της υγείας του ανθρώπου. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται επίσης στη σώφρονα και ορθολογική αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Τέλος, συμβάλλει στην προαγωγή, σε διεθνές επίπεδο, μέτρων για την αντιμετώπιση των περιφερειακών ή παγκοσμίων προβλημάτων περιβάλλοντος (άρθρο 174, τ έως άρθρο 130 Ρ της συνθήκης ΕΚ).

Κατά τη διαμόρφωση της παραπάνω πολιτικής εφαρμόζονται ποικίλες διαδικασίες λήψης αποφάσεων ανάλογα με τους τομείς τους οποίους αφορούν οι θεσπιζόμενες διατάξεις. Εν προκειμένω, το Συμβούλιο με στόχο την επίτευξη των απαριθμούμενων στόχων:

- αποφασίζει ομόφωνα και μετά από διαβουλεύσεις (απλή γνώμη) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής και της Επιτροπής των Περιφερειών, εφόσον το θέμα αφορά φορολογικές ή χωροταξικές διατάξεις, ο χειρισμός των υδάτινων πηγών, ή ακόμη διατάξεις σχετικά με τη χρήση γης (εξαιρουμένης της διαχείρισης των αποβλήτων) ή εφόσον το θέμα επηρεάζει ουσιαστικά τις επιλογές κράτους μέλους για θέματα ενέργειας (άρθρο 175, παράγραφος 2).
- αποφασίζει σύμφωνα με τη διαδικασία της συναπόφασης και κατόπιν διαβούλευσης με την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών, για τις περιπτώσεις έγκρισης προγραμμάτων δράσης γενικού χαρακτήρα ορίζοντας τους στόχους που επιβάλλεται να επιτευχθούν κατά προτεραιότητα.

Η έννοια της "αειφόρου ανάπτυξης" συμπεριλήφθηκε στους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη Συνθήκη του Άμστερνταμ και η ενσωμάτωση της προστασίας του περιβάλλοντος ενισχύθηκε στις άλλες κοινοτικές πολιτικές ιδίως στο πλαίσιο της εσωτερικής αγοράς (άρθρα 2 και 6 της συνθήκης ΕΚ).

Τα κράτη μέλη διευκολύνονται επειδή τους παρέχεται η δυνατότητα να εφαρμόζουν αυστηρότερα των εναρμονισθέντων πρότυπα. Τα εν λόγω αυστηρότερα πρότυπα πρέπει να συμφωνούν με τις διατάξεις της συνθήκης και να ανακοινώνονται στην Επιτροπή. [16]

Η πολιτική περιβάλλοντος βασίζεται στην αρχή της προφύλαξης και της προληπτικής δράσης, της ανάληψης διορθωτικών ενεργειών για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στην πηγή τους και την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει".

### ***Αειφόρος ανάπτυξη***

Η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης αναφέρεται στην οικονομική αύξηση που δύναται να αντιμετωπίσει τις ανάγκες των κοινωνιών μας ως προς την ευμάρεια βραχυ-, μέσο- και μακροπρόθεσμα. Εν προκειμένω προϋποτίθεται ότι η ανάπτυξη πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος δίχως να υποθηκεύονται οι προοπτικές ανάπτυξης των μελλοντικών γενεών.

Η αρχή της ενσωμάτωσης των περιβαλλοντικών θεμάτων στον ορισμό και την υλοποίηση των άλλων πολιτικών, που είναι καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης, επιβεβαιώθηκε με τη Συνθήκη του Μάαστριχ.

Το 1998, η Σύνοδος Κορυφής του Κάρντιφ έθεσε τα θεμέλια για συντονισμένη δράση σε κοινοτικό επίπεδο όσον αφορά την ολοκλήρωση των εν λόγω περιβαλλοντικών θεμάτων. Στο πλαίσιο αυτό, η Επιτροπή υπέβαλε σειρά ανακοινώσεων σχετικά με την ένταξη του περιβάλλοντος σε πολιτικές όπως οι πολιτικές ενέργειας, μεταφορών, γεωργίας, εσωτερικής αγοράς, ανάπτυξης, βιομηχανίας, αλιείας και η οικονομική πολιτική. Ορισμένα Συμβούλια παρουσίασαν επίσης στρατηγικές ένταξης του περιβάλλοντος στις πολιτικές της αρμοδιότητάς τους. [17]

Τον Μάιο του 2001, εγκρίθηκε στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπέρ της αειφόρου ανάπτυξης στην οποία προσέδωσε εξωτερική διάσταση η παγκόσμια εταιρική σχέση για την αειφόρο ανάπτυξη που ενέκρινε η Επιτροπή το 2002.

Κατά τη διάρκεια της Παγκόσμιας Συνόδου Κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο Γιοχάνεσμπουργκ κατά τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο του 2002,

εγκρίθηκαν νέοι στόχοι, προγράμματα εργασίας και χρονοδιαγράμματα στον τομέα του νερού, των αλιευτικών πόρων, των ωκεανών, των χημικών προϊόντων, της βιοποικιλότητας, της ενέργειας, των μεθόδων παραγωγής και της αειφόρου κατανάλωσης καθώς και των στρατηγικών για την αειφόρο ανάπτυξη. Όσον αφορά την Ένωση δεσμεύτηκε να επιτύχει στόχους που υπερβαίνουν τους αντιστοίχως καθορισθέντες στο Γιοχάνεσμπουργκ από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες. [17]

Με την είσοδο σε ισχύ της νέας Ευρωπαϊκής Επιτροπής τον Νοέμβριο του 2004 η Ένωση αποφάσισε να προχωρήσει σε μία αναθεώρηση της στρατηγικής αειφόρου ανάπτυξης, ώστε να λάβει υπόψη της τις πολυάριθμες αλλαγές που συνέβησαν από την έγκριση της το 2001. [13]

### **Ενέργεια**

Σκοπός της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ο εγγυημένος εφοδιασμός σε ενέργεια με ασφάλεια, χαμηλό κόστος και χωρίς κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. [18]

Οι ιδρυτικές συνθήκες των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων δεν προέβλεπαν αρχικά κοινοτική πολιτική στον τομέα της ενέργειας. Στα πρώτα βήματα της οικοδόμησης της ενωμένης Ευρώπης δημιουργήθηκαν θεσμικά πλαίσια για τον άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια:

- το 1951, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα Άνθρακα και Χάλυβα (ΕΚΑΧ), της οποίας η ιδρυτική συνθήκη έπαυσε να ισχύει στις 31 Δεκεμβρίου 2002
- το 1957, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα Ατομικής Ενέργειας (ΕΚΑΕ ή Ευρατόμ).

Οι συνθήκες που ακολούθησαν δεν προβλέπουν ειδική νομική βάση για την κοινοτική ενεργειακή πολιτική, η οποία εξακολουθεί να βασίζεται στη συνθήκη ΕΚΑΕ, καθώς και σε ορισμένες διατάξεις των κεφαλαίων "Εσωτερική αγορά" και "Περιβάλλον".

Οι συνθήκες που επικρατούν σήμερα στον τομέα της ενέργειας φέρνουν την Ευρωπαϊκή Ένωση αντιμέτωπη με νέες προκλήσεις: την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου και ηλεκτρικής

ενέργειας, τον περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την εγγύηση της πυρηνικής ασφάλειας.

Για να αντεπεξέλθει σ' αυτές τις νέες προκλήσεις, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει μέτρα που στοχεύουν στη διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού, αντιμετωπίζοντας την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου από πολιτικά ασταθείς περιφέρειες, στον επανακαθορισμό των προτεραιοτήτων όσον αφορά την πυρηνική ενέργεια, λαμβάνοντας κυρίως υπόψη τους κινδύνους ατυχημάτων και το πρόβλημα της διάθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων, και στη στήριξη της αειφόρου ανάπτυξης.

Με το νέο πρόγραμμα δράσης "Ευφυής ενέργεια για την Ευρώπη" (2003-2006), η Επιτροπή προτείνει να ενισχυθεί η στήριξη από την Ένωση, της προώθησης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (ALTENER) και της ενεργειακής αποδοτικότητας (SAVE), με παράλληλη αλλαγή κατεύθυνσης της διεθνούς δράσης, ώστε να προσανατολιστεί προς τις δύο αυτές προτεραιότητες (COOPENER). [13,18]

### 3.2.1 Το Πρωτόκολλο του Κυότο

Το Πρωτόκολλο του Κυότο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών (η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του Κράτους τον Απρίλιο του 1994). Στόχος της Σύμβασης είναι "η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες". [19]

Λίγα χρόνια μετά, και συγκεκριμένα το 1997, καθορίστηκε στα πλαίσια της Σύμβασης αυτής ένα σημαντικό νομικό εργαλείο για τον έλεγχο των εκπομπών, γνωστό και ως Πρωτόκολλο του Κυότο. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κυότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο **2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990**. Το Πρωτόκολλο προβλέπει τον εξής καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα: [19]

Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Για να γίνει το Πρωτόκολλο διεθνής δεσμευτικός νόμος, πρέπει να επικυρωθεί από ένα ορισμένο αριθμό χωρών. Παρά τη δεδηλωμένη πρόθεση των ΗΠΑ να μη συμμετέχουν στη διεθνή αυτή συμφωνία, πολλές χώρες έχουν ήδη επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κυότο. Η Ελλάδα, μαζί με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Για να αποκτήσει ουσιαστική ισχύ το Πρωτόκολλο απαιτείται πλέον μόνο η επικύρωσή του από τη Ρωσία, η οποία έχει κάθε λόγο να το πράξει, αφού αναμένεται να έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη από την κίνηση αυτή. [20]

#### **Περιεχόμενο του Πρωτοκόλλου**

Το Πρωτόκολλο του Κυότο αφορά τις εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου:

- του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
- του μεθανίου (CH<sub>4</sub>)
- του μονοξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O)
- των υδροφθορανθράκων (HFC)
- των υπερφθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC)
- του εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>).



Συνιστά ένα σημαντικό βήμα στην καταπολέμηση της θέρμανσης του πλανήτη, επειδή περιλαμβάνει δεσμευτικούς και ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού και μείωσης των αερίων θερμοκηπίου. [21]

Συνολικά, τα μέρη στο παράρτημα Ι της Σύμβασης-πλαίσιο δεσμεύονται να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 5%, τουλάχιστον, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, την περίοδο 2008-2012. Το Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου περιέχει αριθμητικές δεσμεύσεις τις οποίες αναλαμβάνουν τα Μέρη.

Τα κράτη μέλη της Ένωσης οφείλουν συλλογικά να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% μεταξύ 2008 και 2012.

Για την περίοδο που προηγείται του 2008, οι συμβαλλόμενοι δεσμεύονται στην επίτευξη προόδου όσον αφορά την υλοποίηση των δεσμεύσεών τους το αργότερο το 2005 και στην ανά πάσα στιγμή προσκόμιση των σχετικών αποδείξεων. [22]

Το έτος 1995 μπορεί να θεωρηθεί, από τους συμβαλλόμενους που το επιθυμούν, ως έτος αναφοράς για τις εκπομπές HFC, PFC και SF<sub>6</sub>.

Για την επίτευξη των εν λόγω στόχων, το Πρωτόκολλο προτείνει μια σειρά μέσων:

- ενίσχυση ή θέσπιση εθνικών πολιτικών μείωσης των εκπομπών (αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, προώθηση των αειφόρων μορφών γεωργίας, ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.)
- συνεργασία με τα άλλα συμβαλλόμενα μέρη (ανταλλαγή πείρας ή πληροφοριών, συντονισμός των εθνικών πολιτικών με στόχο την αποτελεσματικότητα μέσω μηχανισμών συνεργασίας, όπως άδειες εκπομπής, από κοινού εφαρμογή και κατάλληλος μηχανισμός ανάπτυξης).

Το αργότερο ένα έτος πριν από την πρώτη περίοδο δέσμευσης, οι συμβαλλόμενοι θεσπίζουν ένα εθνικό σύστημα υπολογισμού των ανθρωπογενών εκπομπών από τις πηγές, καθώς και της απορρόφησης, από τις καταβόθρες, όλων των αερίων του θερμοκηπίου που δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.

Προβλέπεται έλεγχος των δεσμεύσεων το αργότερο μέχρι το 2005, για τη δεύτερη περίοδο των δεσμεύσεων. [23]

### 3.3 Συμπέρασμα

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η Ελλάδα, σύμφωνα με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και για να υλοποιήσει τους στόχους που αποβλέπουν στην εγχώρια αντιμετώπιση των ρύπων και στη δημιουργία μιας ατμοσφαιρικής ισορροπίας, είναι απαραίτητο να αξιολογήσει επαρκώς τα εξωτερικά κόστη που παράγονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το Πρωτόκολλο του Κυότο, αλλά και οι σοβαρές επιπτώσεις που προκαλούν οι αέριοι ρύποι από την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα, προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις όχι μόνο στην ίδια την Ελλάδα, αλλά και στις γύρω χώρες.

Συνεπώς, η Δ.Ε.Η. και γενικότερα οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, με την προτροπή του κράτους, είναι απαραίτητο να οδηγηθούν σε περιβαλλοντικά φιλικότερες τεχνολογίες, ώστε να αποφευχθεί η ολοένα και μεγαλύτερη αύξηση του εξωτερικού κόστους, και να μειωθούν κατά μεγάλο μέρος οι βλαβερές συνέπειες στον άνθρωπο αλλά και στο έδαφος και τα κτίρια.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εκτίμηση εξωτερικού κόστους**

### **4.1 Μονάδες Ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιήθηκαν στα λογισμικά προγράμματα Ecosense 4.0 & Risk Poll**

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μονάδες που εξετάστηκαν για τον προσδιορισμό του εξωτερικού τους κόστους με τη βοήθεια των λογισμικών Ecosense 4.0 και Risk Poll. Παρουσιάζεται η κωδική τους ονομασία, το καύσιμο που χρησιμοποιούν και η ισχύς τους:

**Πίνακας: 4.3**

<b>Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής</b>	<b>Καύσιμο</b>	<b>Ισχύς (MW)</b>
<i>Aer_Ch_2</i>	<i>ντίζελ</i>	<b>58,3</b>
<i>AHS Lavriou 1</i>	<i>ντίζελ</i>	<b>150</b>
<i>Megalo Lavrio</i>	<i>φυσικό αέριο</i>	<b>560</b>
<i>Amyntaion II</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>Chania3 power plant</i>	<i>ντίζελ</i>	<b>36</b>
<i>Iraklio3 power plant</i>	<i>ντίζελ</i>	<b>25</b>
<i>Kardia IV</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>Megalopoli III</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>Megalopoli 4</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>Megalopoli Apotheiws</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>Ptolemais IV</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>300</b>
<i>St Dimitrios IV</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>310</b>
<i>St Dimitrios V</i>	<i>λιγνίτης</i>	<b>366,5</b>

Η συλλογή των δεδομένων έγινε από τη ιστοσελίδα του ExternE , καθώς και από την ιστοσελίδα της Δ.Ε.Η. και από μελέτες που αφορούν τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα και τη συμβολή τους στην αύξηση των εκπομπών αερίων και συνεπώς τη συμμετοχή τους στον τομέα των εξωτερικών οικονομιών.

Τα μετεωρολογικά στοιχεία, τα οποία ήταν απαραίτητα για την εξαγωγή συμπερασμάτων λήφθηκαν από ειδική μελέτη που αφορούσε τα μετεωρολογικά στοιχεία της Αττικής και ήταν κατά τέτοιο τρόπο προσαρμοσμένα, ώστε να εισάγονται απευθείας στο λογισμικό πρόγραμμα.

Για να εισαχθεί στο λογισμικό ο πληθυσμός εκείνος, ο οποίος πλήττεται από τις εκπομπές των αερίων που εξάγουν οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατά τη λειτουργία τους, χρησιμοποιήθηκε ως βάση η έκταση και ο αριθμός των κατοίκων της κάθε περιοχής όπου βρίσκεται η αντίστοιχη μονάδα.

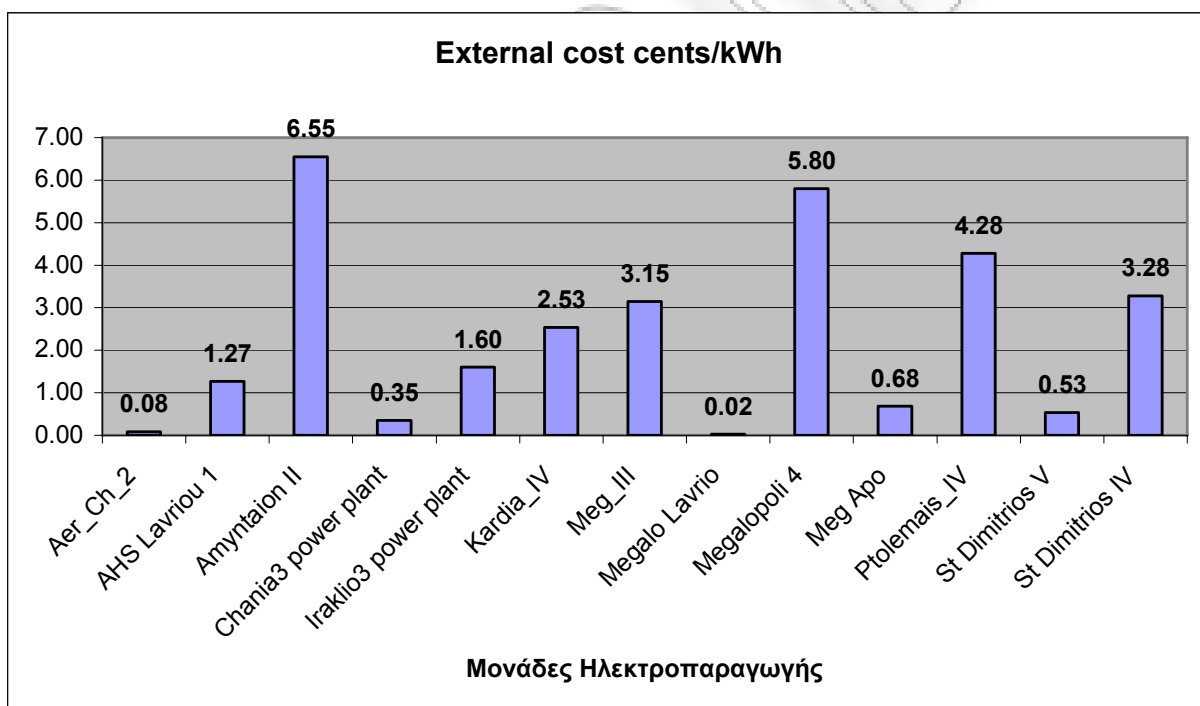
## **4.2 Προσδιορισμός εξωτερικού κόστους με το λογισμικό πρόγραμμα Ecosense 4.0**

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τα δύο λογισμικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν. Με στόχο την ομαλή και ακριβή εξαγωγή συμπερασμάτων, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή διαγραμμάτων. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνονται άμεσα εύστοχες παρατηρήσεις και δίδονται συνοπτικές και αξιόπιστες πληροφορίες.

#### 4.2.1 Το εξωτερικό κόστος εκφρασμένο σε cents/kWh

Το πρόγραμμα Ecosense 4.0 παρουσιάζει στο φύλλο αναφοράς του, το εξωτερικό κόστος σε cents / kWh, με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η εξαγωγή συμπερασμάτων που να αφορούν στο εξωτερικό κόστος που αντιστοιχεί στην παραγωγή κάθε επιπλέον kWh.

Στο διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω είναι εμφανή τα ποσοστά που συμβάλλουν περισσότερο στην αύξηση του εξωτερικού κόστους και που κατά συνέπεια οδηγούν σε αυξήσεις γενικότερα στην οικονομία του ηλεκτρισμού.



Διάγραμμα 4.2.1: Εξωτερικό κόστος σε cents/kWh

Η μονάδα Αμύνταιον ΙΙ, ενώ έχει μηδενική σχεδόν συμμετοχή στις επιπτώσεις στα κτίρια σε σχέση με τις άλλες μονάδες, φαίνεται να έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά και στους 2 τομείς (ανθρώπινης υγείας) που πλήττονται από τις εκπομπές των SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> και που ανεβάζουν το εξωτερικό κόστος. Συγκεκριμένα, σε ποσό 1,97 cents/kWh στις ασθένειες στον άνθρωπο, σε ποσό 4,12 cents/kWh στη θνησιμότητα του ανθρώπου, γεγονός άκρως ανησυχητικό το οποίο παραπέμπει σε μεγάλη κινητοποίηση και εφαρμογή σκληρών οικονομικών μέτρων. Επίσης, όσον

αφορά στις επιπτώσεις του εδάφους και το πώς αυτές θα συμβάλλουν στην αύξηση του external cost στην οικονομία, το ποσό ανέρχεται σε 0,02 cents/kWh. Τέλος, όσον αφορά στην αύξηση του εξωτερικού κόστους λόγω των επιπτώσεων στα κτίρια, αυτό φτάνει περίπου στα 0,44 cents/kWh.

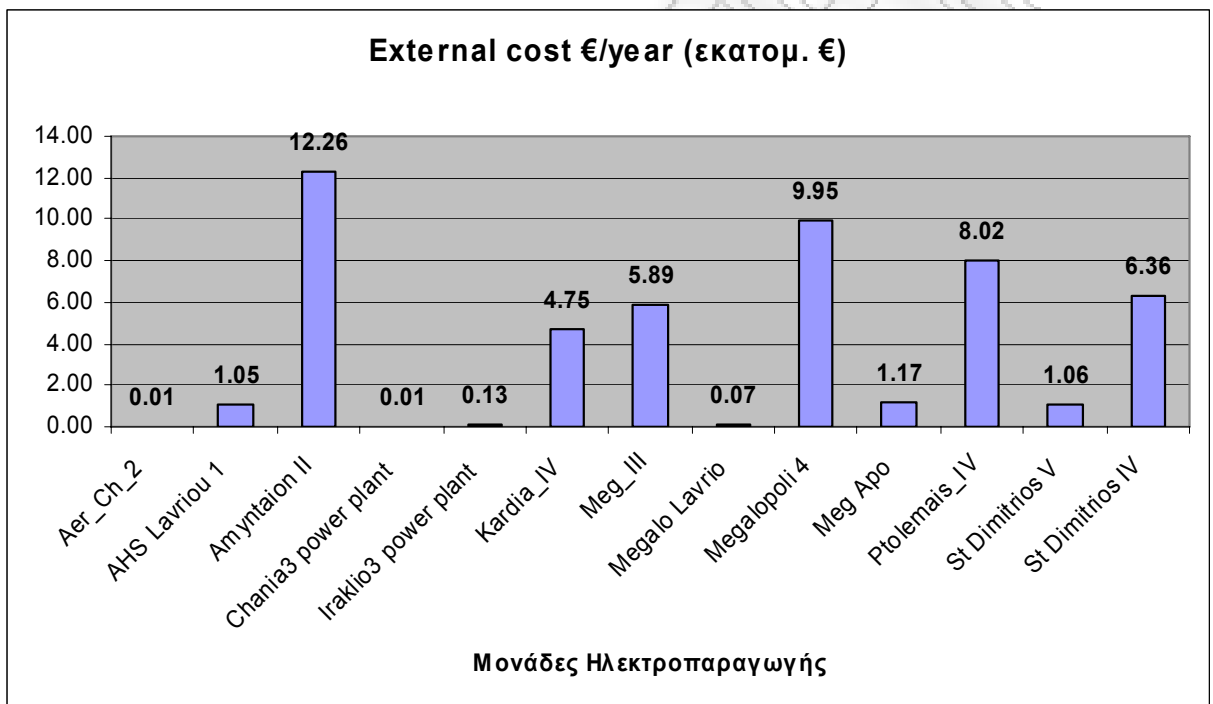
Σε αντίθεση με τα παραπάνω, το Μεγάλο Λαύριο με ποσό 0,02 cents/kWh στον παράγοντα της ασθeneσιμότητας και ποσό 0,01 cents/kWh στον τομέα της θνησιμότητας, δεν αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του εξωτερικού κόστους. Το ίδιο ισχύει και για τη μονάδα Χανιά2 που έχει θετική συμβολή στο έδαφος και συνεπώς αρνητική συμβολή στην αύξηση του εξωτερικού κόστους.

Γενικότερα, παρατηρούμε μεγάλες διαφοροποιήσεις μονάδων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή, όπως είναι οι μονάδες της Πτολεμαΐδας IV και του Αγ. Δημητρίου V, γεγονός που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Επίσης, στις 2 μονάδες της Μεγαλόπολης: Μεγαλόπολη 4 και της μονάδας της αποθείωσης στη Μεγαλόπολη η διαφορά είναι αισθητή και αξίζει να την επισημάνουμε, εφόσον φαίνεται ότι η αποθείωση «παράγει» πολύ μικρότερο εξωτερικό κόστος σε σχέση με την απλή μονάδα της Μεγαλόπολης, άρα φαίνεται ότι η τεχνολογία παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην ποσότητα εκπομπής των ρύπων και κατά συνέπεια στην αύξηση ή μείωση του εξωτερικού κόστους.

#### 4.2.2 Ετήσιο εξωτερικό κόστος

Σε αντιστοιχία με το προηγούμενο διάγραμμα, έρχεται να δώσει σημαντικά αποτελέσματα το παρακάτω διάγραμμα που προκύπτει συναρτήσει του εξωτερικού κόστους σε €/year και της δυναμικότητας της κάθε μονάδας.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, οι μονάδες με τη μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή συμβάλλουν κατά πολύ περισσότερο στην αύξηση του εξωτερικού κόστους.



**Διάγραμμα 4.2.2:** Εξωτερικό κόστος σε εκατομ. €/year

Όπως φάνηκε στο διάγραμμα που προηγήθηκε, έτσι και στην παρούσα περίπτωση που το εξωτερικό κόστος εκφράζεται σε €/ year, τη μεγαλύτερη ζημία αποφέρει η μονάδα Αμύνταιον II, που αυτή τη φορά κατέχει την πρώτη θέση σε όλους τους τομείς.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την ασθενησιμότητα, το κόστος ανέρχεται σε 3.700.000 €/year. Στη συνέχεια για την θνησιμότητα το μέγεθος ανεβαίνει περίπου στα 8.000.000 €/year, γεγονός που αποδεικνύει ακόμη μια φορά (όπως και στην περίπτωση του υπολογισμού του εξωτερικού κόστους σε €/kWh), ότι η συμβολή της συγκεκριμένης μονάδας στη θνησιμότητα των ανθρώπων, βασιζόμενοι πάντα

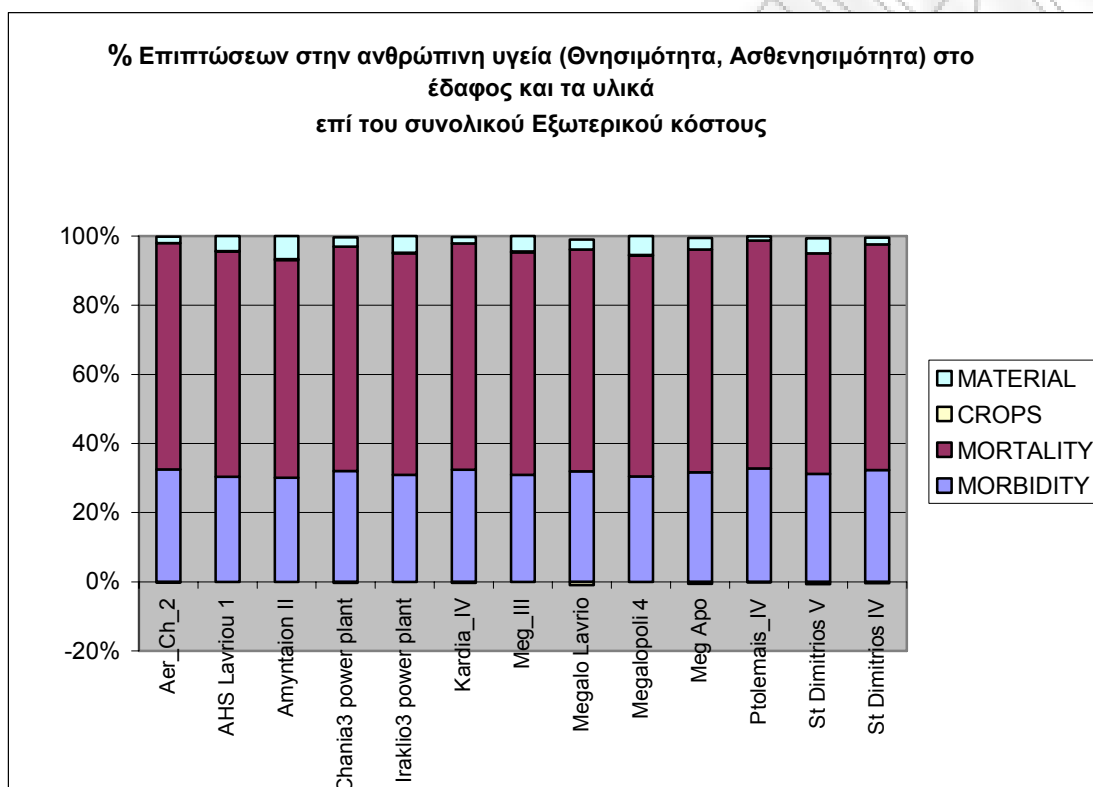
στα αποτελέσματα του Ecosense 4.0, είναι αρκετά ανησυχητική. Η χρηματική αποτίμηση του εξωτερικού κόστους ανά έτος, δε μειώνεται πολύ στον τομέα του εδάφους και των κτιρίων. Σε αντιστοιχία 30.000 €/year και 800.000 €/year, προστίθεται ακόμη ένας σοβαρός κίνδυνος για το περιβάλλον και φυσικά ανεβαίνει κατά μεγάλο ποσοστό το κόστος στις εξωτερικές οικονομίες.

Το μικρότερο μέγεθος κόστους στην ανθρώπινη υγεία (morbidity & mortality) κατέχει η μονάδα Χανιά 2, η οποία δεν αυξάνει παρά μόνο κατά 2.000 €/year και 4.000 €/year, αντίστοιχα το εξωτερικό κόστος. Η ίδια μονάδα κατέχει το μικρότερο μέγεθος κόστους (100 €/year) και στον τομέα της επίπτωσης στα κτίρια. Επίσης, ο σταθμός του Αγίου Δημητρίου IV, συμβάλλει θετικά στον τομέα του εδάφους και για το λόγο αυτό αποτελεί αρνητική συμβολή (-27.000 €/year) στην αύξηση του εξωτερικού κόστους.



### 4.2.3 Ανάλυση Εξωτερικού Κόστους σε κατηγορίες επιπτώσεων

Είναι πολύ σημαντικό να εξεταστούν τα ποσοστά που κατέχει κάθε μία μεταβλητή (mortality, morbidity, crops, materials) του προγράμματος Ecosense 4.0 στο συνολικό εξωτερικό κόστος.



**Διάγραμμα 4.2.3:** Ποσοστά morbidity, mortality, crops & material στο εξωτερικό κόστος

Είναι φανερό ότι η πρώτη μεταβλητή που «πλήττεται» από τα εκπεμπόμενα αέρια των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι η θνησιμότητα. Γεγονός ανησυχητικό αλλά ταυτόχρονα σημαντικό κίνητρο το οποίο μας ωθεί στο να κινητοποιηθούμε ως προς τη μείωση των εκπομπών για να προστατεύσουμε την ανθρώπινη ζωή.

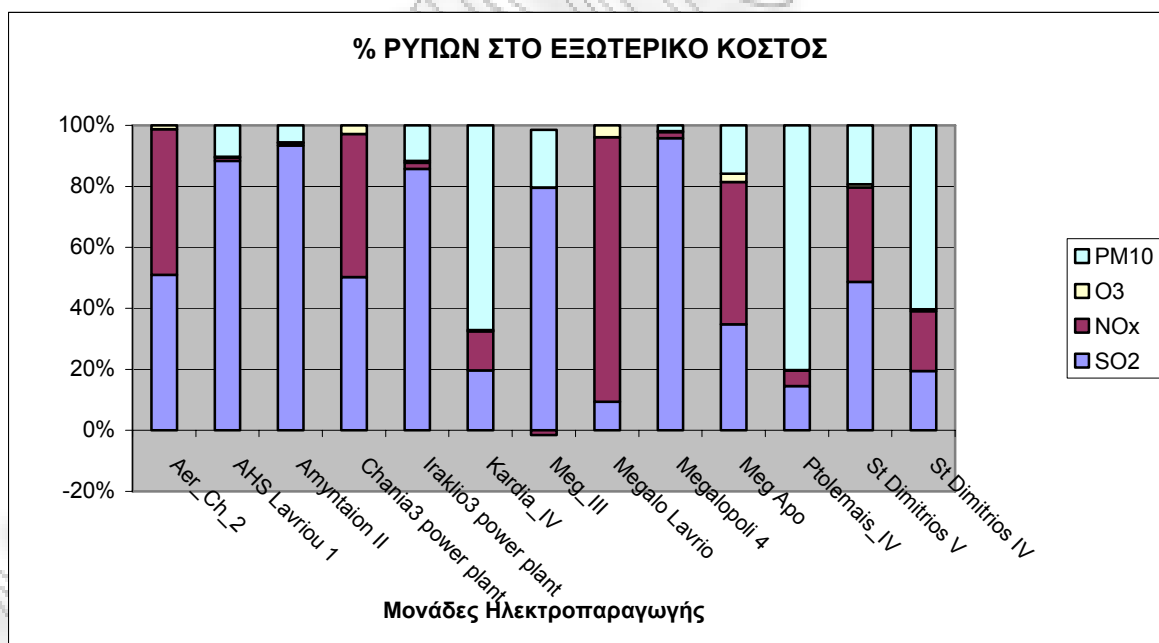
Στο διάγραμμα διακρίνεται ότι η μονάδα Πτολεμαΐδα 4 έχει τη μεγαλύτερη επίπτωση στους σημαντικότερους παράγοντες που αφορούν τον άνθρωπο. Σε ποσοστά 32,76% και 65,95% αντίστοιχα (θνησιμότητα & ασθενισιμότητα), κατέχει την πρώτη θέση σε επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία συγκριτικά με τις υπόλοιπες μονάδες.

Στη συνέχεια, όσον αφορά στα αρνητικά αποτελέσματα που υφίστανται οι καλλιέργειες, ιδιαίτερη συμβολή έχει σε ποσοστό 0,24% ο σταθμός της Μεγαλόπολης 4. Όμως, το ποσοστό αυτό θεωρείται αρκετά μικρό, όποτε δεν αποτελεί σημαντική επίπτωση στο θέμα του εδάφους.

Παρατηρούμε, λοιπόν, γενικότερα ότι οι σοβαρότερες επιπτώσεις αφορούν στον άνθρωπο (σε ποσοστά περίπου: 95%-98%), ενώ το έδαφος και τα κτίρια έχουν αμελητέες ζημιές εξαιτίας των εκπομπών των ρύπων SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και PM10.

#### 4.2.4 Ποσοστιαία συμμετοχή ρύπων στο συνολικό εξωτερικό κόστος

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η ποσοστιαία συμβολή των ρύπων (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και PM10) στο συνολικό εξωτερικό κόστος.



Διάγραμμα 4.2.4: Ποσοστά ρύπων στο εξωτερικό κόστος

Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό του SO<sub>2</sub> στο συνολικό εξωτερικό κόστος, εάν συγκρίνουμε όλες τις μονάδες μεταξύ τους, το κατέχει ο σταθμός Μεγαλόπολη 4 (95,82%). Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα ο σταθμός αυτός έχει ελάχιστες εκπομπές NO<sub>x</sub> και PM10, ενώ έχει ελάχιστες έως και

μηδενικές εκπομπές όζοντος. Ο σταθμός της Μεγαλόπολης 4, καίει λιγνίτη, με άμεση συνέπεια να προκαλούνται σημαντικές ποσότητες εκπομπής διοξειδίου του θείου. Σε αντίθεση με τη Μεγαλόπολη, η μονάδα του Μεγάλου Λαυρίου (9,36%) που καίει φυσικό αέριο έχει ελάχιστη και συγκριτικά, σχεδόν ανεπαίσθητη συμβολή στην εκπομπή του αερίου SO<sub>2</sub>.

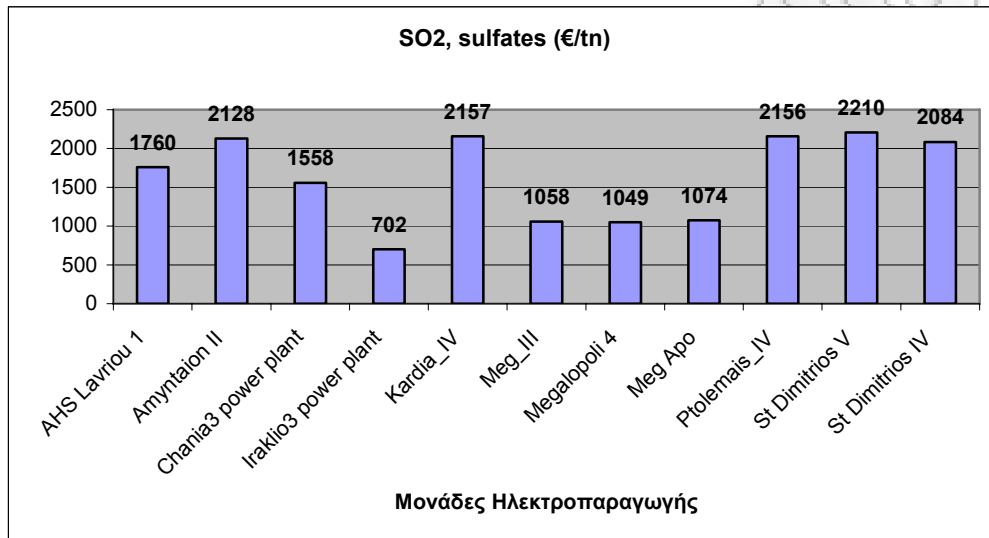
Οι εκπομπές NO<sub>x</sub>, εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό τους ως προς το external cost στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής Μεγάλο Λαύριο (86,81%). Ο σταθμός αυτός χρησιμοποιεί ως καύσιμο το φυσικό αέριο με αποτέλεσμα οι εκπομπές NO<sub>x</sub> να υπερβαίνουν κατά πολύ τις εκπομπές των υπολοίπων αερίων και να συμβάλλουν καθοριστικά στην αύξηση του συνολικού εξωτερικού κόστους. Ο σταθμός της Πτολεμαΐδας, σε σύγκριση με το Μεγάλο Λαύριο, έχει ελάχιστο ποσοστό εκπομπών NO<sub>x</sub> (5,10%) στο συνολικό εξωτερικό κόστος εφόσον καίει λιγνίτη, καύσιμο το οποίο προκαλεί μικρές έως και ελάχιστες εκπομπές NO<sub>x</sub>.

Μεγάλη συμβολή των PM<sub>10</sub> στο συνολικό εξωτερικό κόστος φαίνεται να έχει η μονάδα Πτολεμαΐδα IV (80,24%). Η συγκεκριμένη μονάδα είναι αρκετά παλιά μονάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες, συνεπώς συμβάλλει κατά μεγάλο μέρος στην αύξηση των εκπομπών PM<sub>10</sub>. Το ίδιο ισχύει και για τη μονάδα της Καρδιάς IV. Η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής των Χανίων (Aer\_Ch\_2), παρουσιάζει μηδενικές εκπομπές PM<sub>10</sub>, λόγω του ότι το πετρέλαιο που χρησιμοποιούν, παράγει περισσότερο εκπομπές SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>.

Τέλος, οι εκπομπές του όζοντος συμβάλλουν ελάχιστα στην αύξηση του external cost εφόσον όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, την πρώτη θέση με 2,79% κατέχει η μονάδα Χανιά3 με μικρή διαφορά από τον σταθμό της αποθείωσης στη Μεγαλόπολη που έχει ποσοστό 2,74%. Οι υπόλοιποι σταθμοί εκτός του Μεγάλου Λαυρίου έχουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές όζοντος. Παρατηρείται, λοιπόν, πως οι μονάδες με καύσιμα το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, έχουν κάποιο σημαντικό, συγκριτικά με τις άλλες, ποσοστό συμβολής στην αύξηση του εξωτερικού κόστους.

#### 4.2.5 Εξωτερικό κόστος ανά μονάδα ρύπου

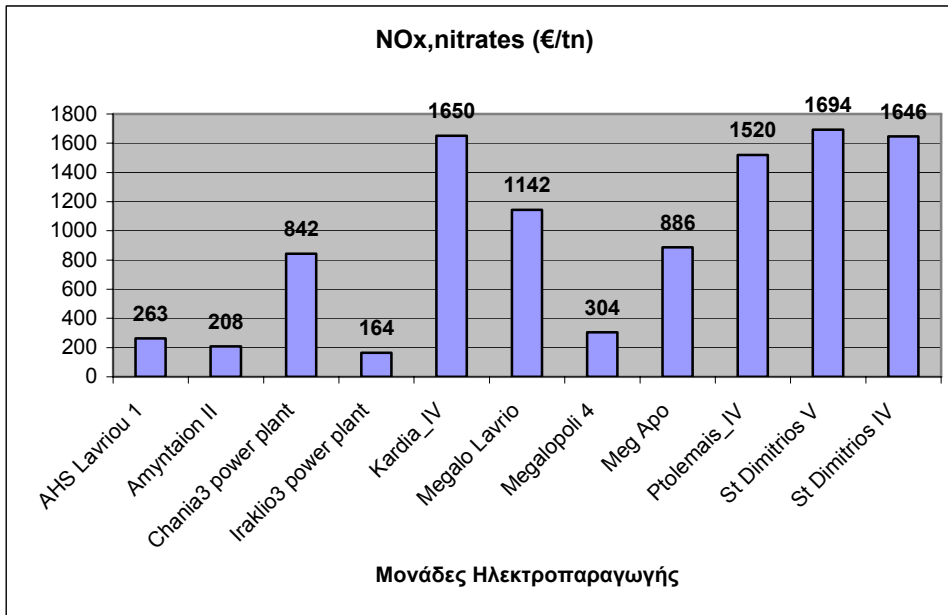
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής δεν συμπεριλαμβάνεται η μονάδα των Χανίων 2 (Aer\_Ch\_2), η οποία έχει μικρό βαθμό αξιοπιστίας λόγω χαμηλού αριθμού εκπεμπόμενων ρύπων.



Διάγραμμα 4.2.5.1 : Εξωτερικό κόστος SO<sub>2</sub> και sulfates σε €/tn

Η μονάδα του Ηρακλείου στην Κρήτη (Iraklio3 power plant) δείχνει να έχει το μικρότερο εξωτερικό κόστος (περίπου 700 €/tn). Συνεπώς φαίνεται ότι συγκριτικά με τη μονάδα των Χανίων, που προαναφέρθηκε, δε δημιουργεί ιδιαίτερη ζημία στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία από τις εκπομπές SO<sub>2</sub> και sulfates.

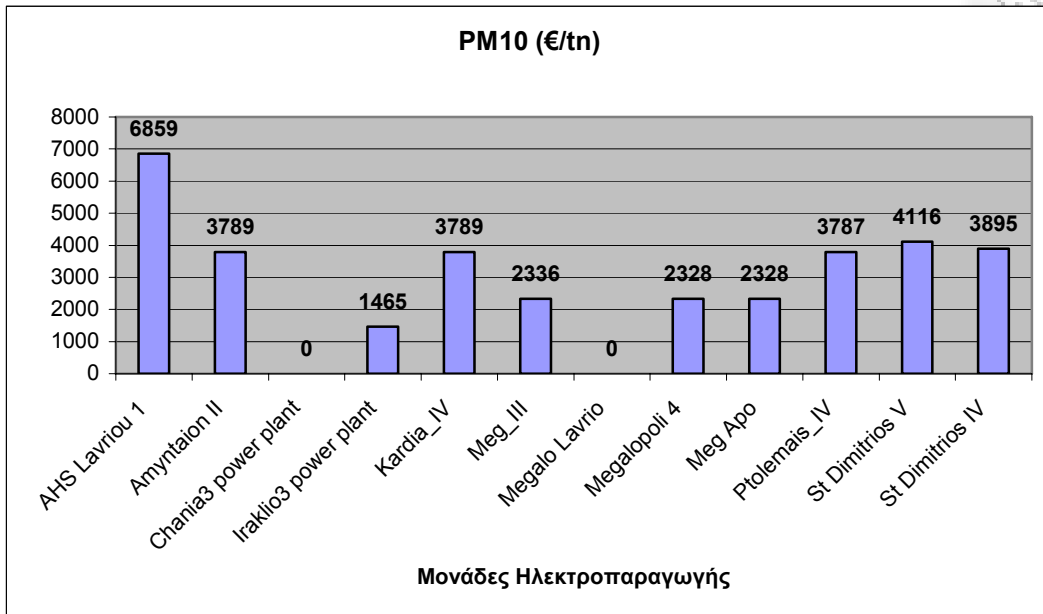
Το μεγάλο μέγεθος των εκπομπών NO<sub>x</sub> και nitrates της μονάδας Χανιά 2, την αποκλείει και πάλι από το διάγραμμα υπολογισμού του εξωτερικού κόστους των NO<sub>x</sub> και nitrates.



**Διάγραμμα 4.2.5.2:** Εξωτερικό κόστος NOx και nitrates σε €/tn

Από την άλλη, λόγω του ότι η μονάδα της Μεγαλόπολης III κατέχει αρνητική θέση στην αύξηση του κόστους και αυτό τη χαρακτηρίζει ως μονάδα που συμβάλλει θετικά στην ατμόσφαιρα από τις εκπομπές των NOx και nitrates, δεν συμπεριλαμβάνεται στο παραπάνω διάγραμμα. Η συμμετοχή της στο διάγραμμα θα έδινε μια εικόνα αντιφατική σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες. Θεωρήθηκε, λοιπόν, λογικό να αποφευχθεί μια τέτοια σύγκριση μεταξύ αυτής της μονάδας και των υπολοίπων.

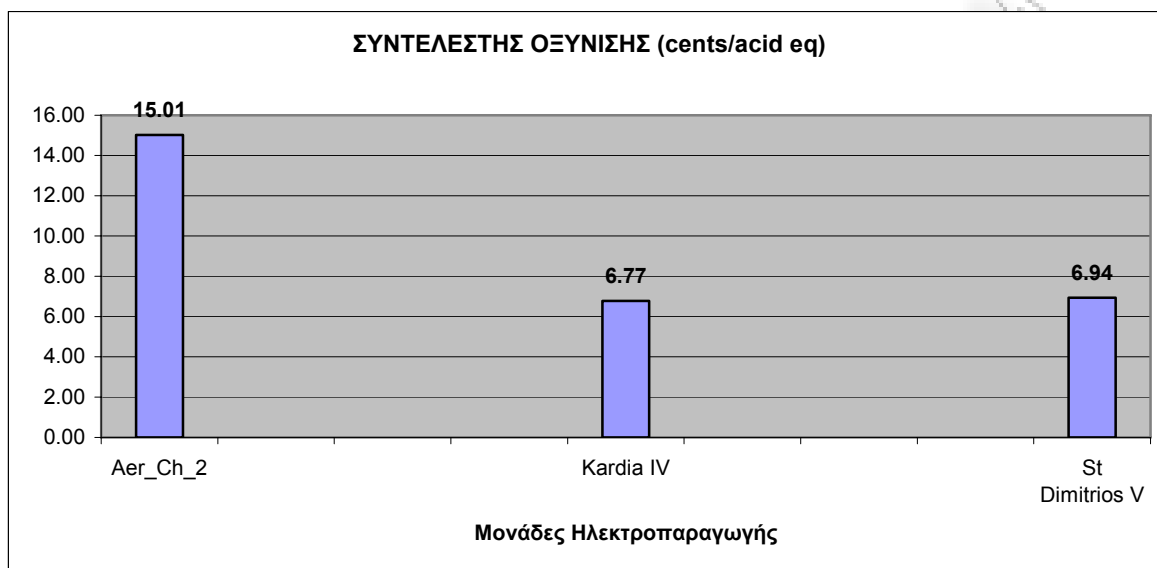
Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους που αφορά στις εκπομπές των PM10 ανά τόνο, έχει η μονάδα AHS Lavriou 1 και ανέρχεται στα περίπου 7.000 €/tn. Το μέγεθος αυτό αυξάνει κατά μεγάλο μέρος τα μεγέθη των εξωτερικών οικονομιών που αφορούν στην ηλεκτροπαραγωγή και εκφράζει παράλληλα τη σημαντική συμβολή των εκπομπών PM10 στο συνολικό εξωτερικό κόστος.



**Διάγραμμα 4.2.5.3:** Εξωτερικό κόστος PM10 σε €/tn

Αντίθετα, ο σταθμός των Χανίων 2 (Aer\_Ch\_2) έχει μηδενική συμμετοχή στην αύξηση του εξωτερικού κόστους, γεγονός τον αποκλείει επίσης από το παραπάνω διάγραμμα, ώστε να υπάρχει μια πιο ομαλή κατανομή του εξωτερικού κόστους των υπόλοιπων στο διάγραμμα.

## 4.2.6 Εξωτερικό κόστος ανά ισοδύναμη μονάδα όξινου ρύπου



**Διάγραμμα 4.2.6:** Συντελεστής οξύνισης για τις μονάδες Aer\_Ch\_2, Kardia IV και St Dimitrios V

Ο συντελεστής οξύνισης παρουσιάζει τη συνολική ποσότητα των εκπομπών SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, αφού υπολογιστούν με βάση τους συντελεστές τους και μετά τη μετατροπή τους σε acid eq/MWh, εκφράζονται πλέον σε cents/acid eq, ώστε να είναι οικονομικά ερμηνεύσιμοι και συγκρίσιμοι.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως ο υπολογισμός του συντελεστή οξύνισης βασίστηκε σε δημοσιευμένη μεθοδολογία η οποία χρησιμοποιήθηκε για να αντικατασταθεί η αδυναμία του Ecosense στις μεγάλες διαφορές που παρουσιάζει όσον αφορά στις μεγάλες διαφορές σε συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>.

Όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω διάγραμμα, τον μεγαλύτερο acidification factor παρουσιάζει η μονάδα των Χανίων, συγκεκριμένα 15,01 cents/acid eq, σε αντίθεση με τη μονάδα της Καρδιάς (6,77 cents/acid eq) και τη μονάδα του Αγίου Δημητρίου (6,94 cents/acid eq).

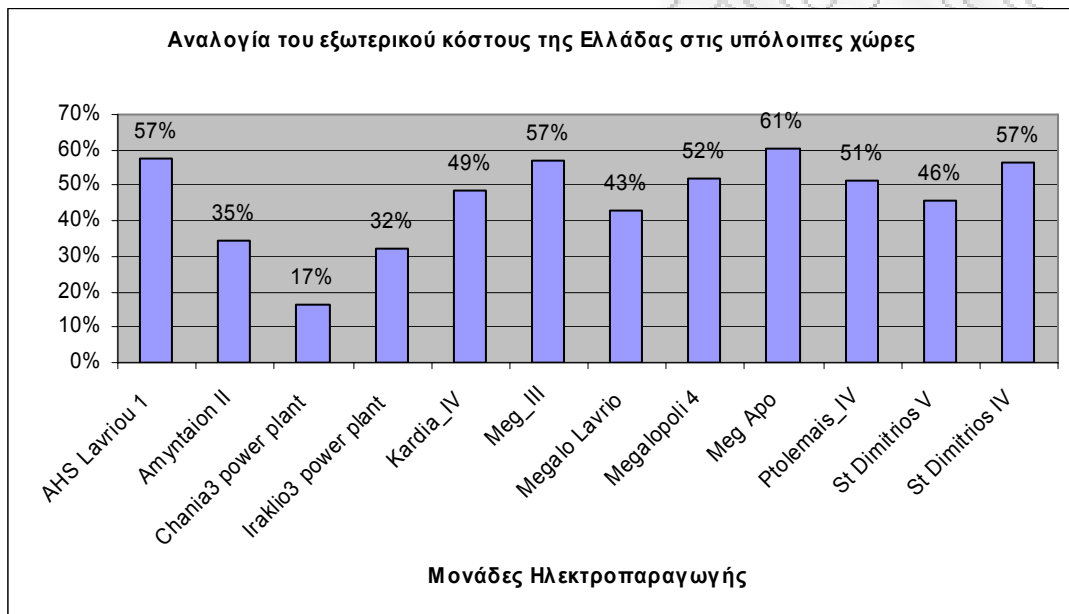
Το φαινόμενο αυτό εξηγείται και από τα **Διαγράμματα 4.2.5.1** και **4.2.5.2**, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό (σε cents/tn) των όξινων εκπομπών (SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>) κατείχε με μεγάλη διαφορά η μονάδα των Χανίων.

Είναι επόμενο, κατά συνέπεια να χαρακτηριστεί η μονάδα αυτή ως ιδιαίτερα επικίνδυνη όσον αφορά στις εκπομπές των ρύπων της και τη μετάδοση αυτών στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια στους ανθρώπους, το έδαφος και τα κτίρια γύρω μας.

#### 4.2.7 Γεωγραφική ανάλυση

Σημαντικό είναι να αναφερθεί η αναλογία που έχει το εξωτερικό κόστος που επωμίζεται η Ελλάδα, από τη λειτουργία των υπό μελέτη σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, στο εξωτερικό κόστος που επωμίζονται τελικά οι υπόλοιπες χώρες από τη λειτουργία των ίδιων σταθμών.

Το διάγραμμα 4.2.7 συντελεί στο να δοθεί μια συνοπτική και ουσιαστική εικόνα σε σχέση με την αναλογία που προαναφέρθηκε.



**Διάγραμμα 4.2.7:** Ποσοστό του εξωτερικού κόστους της Ελλάδας στο σύνολο του εξωτερικού κόστους

Είναι, λοιπόν, ευδιάκριτο, ότι η μονάδα της αποθείωσης στη Μεγαλόπολη έχει το μεγαλύτερο ποσοστό εξωτερικού κόστους στην Ελλάδα σε σχέση με τις άλλες χώρες. Το ποσοστό αυτό φτάνει μέχρι το 60,62%. Δηλαδή, περισσότερο από το μισό του εξωτερικού κόστους που προκαλεί η μονάδα αυτή, το επωμίζεται η Ελλάδα. Ενώ στη συνέχεια ακολουθεί το ποσοστό του Ατμοηλεκτρικού Σταθμού του Λαυρίου 1 (57,43%), το οποίο δεν απέχει πολύ από το ποσοστό της μονάδας αποθείωσης στη Μεγαλόπολη.

(Η μονάδα των Χανίων 2 δεν συμπεριλαμβάνεται στο διάγραμμα, διότι παρουσιάζει πλασματικό ποσοστό σε σχέση με την ποσότητα των εκπομπών που παράγει).



### 4.3 Παρουσίαση – ερμηνεία – αξιολόγηση αποτελεσμάτων στο λογισμικό πρόγραμμα Risk Poll

#### 4.3.1 Σύγκριση προγραμμάτων Ecosense 4.0 & Risk Poll

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζεται η έντονη διαφορά αποτελεσμάτων ανάμεσα στα δύο προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί το εξωτερικό κόστος των προαναφερθέντων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Είναι εμφανές ότι το Risk Poll παρουσιάζει έντονα μεγαλύτερο εξωτερικό κόστος σε σχέση με αυτό του Ecosense 4.0

**Πίνακας: 4.3.1:** Εξωτερικό κόστος στα Ecosense 4.0 - Risk Poll (εκατομ. €/year)

	<b>ECOSENSE 4.0</b>	<b>RISK POLL</b>
<b>Aer_Ch_2</b>	0.01	0.16
<b>AHS Lavriou 1</b>	1.01	99.68
<b>Amyntaion II</b>	11.42	1642.17
<b>Chania3 power plant</b>	0.01	1.04
<b>Iraklio3 power plant</b>	0.12	38.66
<b>Kardia_IV</b>	4.67	1112.89
<b>Meg_III</b>	5.61	1078.47
<b>Megalo Lavrio</b>	0.07	4.67
<b>Megalopoli 4</b>	9.38	152.03
<b>Meg Apo</b>	1.14	169.47
<b>Ptolemais_IV</b>	7.93	2419.50
<b>St Dimitrios V</b>	1.02	151.02
<b>St Dimitrios IV</b>	6.26	1369.98

Σημαντικό είναι εδώ να αναφερθεί, ότι το Risk Poll αναφέρεται μόνο στο εξωτερικό κόστος που αφορά στην ανθρώπινη υγεία, ενώ το Ecosense 4.0 υπολογίζει και την επίπτωση που υφίστανται το έδαφος και τα κτίρια. Συνεπώς, στη δεύτερη περίπτωση το κόστος επιμερίζεται σε περισσότερους παράγοντες, οπότε δεν είναι το ίδιο, όσο θα επωμιζόταν μόνο ο ανθρώπινος πληθυσμός. Άρα, είναι λογικό το Risk Poll να υπολογίζει ένα αρκετά μεγαλύτερο κόστος από αυτό του Ecosense 4.0 και κατά συνέπεια να αυξάνει το μέγεθος των εξωτερικών οικονομικών.

#### 4.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας - Διαφορετικά σενάρια πυκνότητας πληθυσμού

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα 2 μονάδων ηλεκτροπαραγωγής (Ηράκλειο 3 & Καρδιά IV) έγινε μια ανάλυση ευαισθησίας, όσον αφορά στη μεταβολή του πληθυσμού. Όπως είναι γνωστό, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός του πληθυσμού, τόσο περισσότερο επιμερίζονται σε περισσότερα άτομα οι επιπτώσεις των εκπεμπόμενων ρύπων στην ανθρώπινη υγεία. Το Ηράκλειο 3, είχε με τη μέθοδο υπολογισμού του πληθυσμού που έχει αναφερθεί σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, πληθυσμό 44 άτομα/χλμ και η Καρδιά IV είχε 70 άτομα/χλμ.



**Διάγραμμα 4.3.2:** Σύγκριση αρχικού πληθυσμού με εναλλακτικό σενάριο πληθυσμού

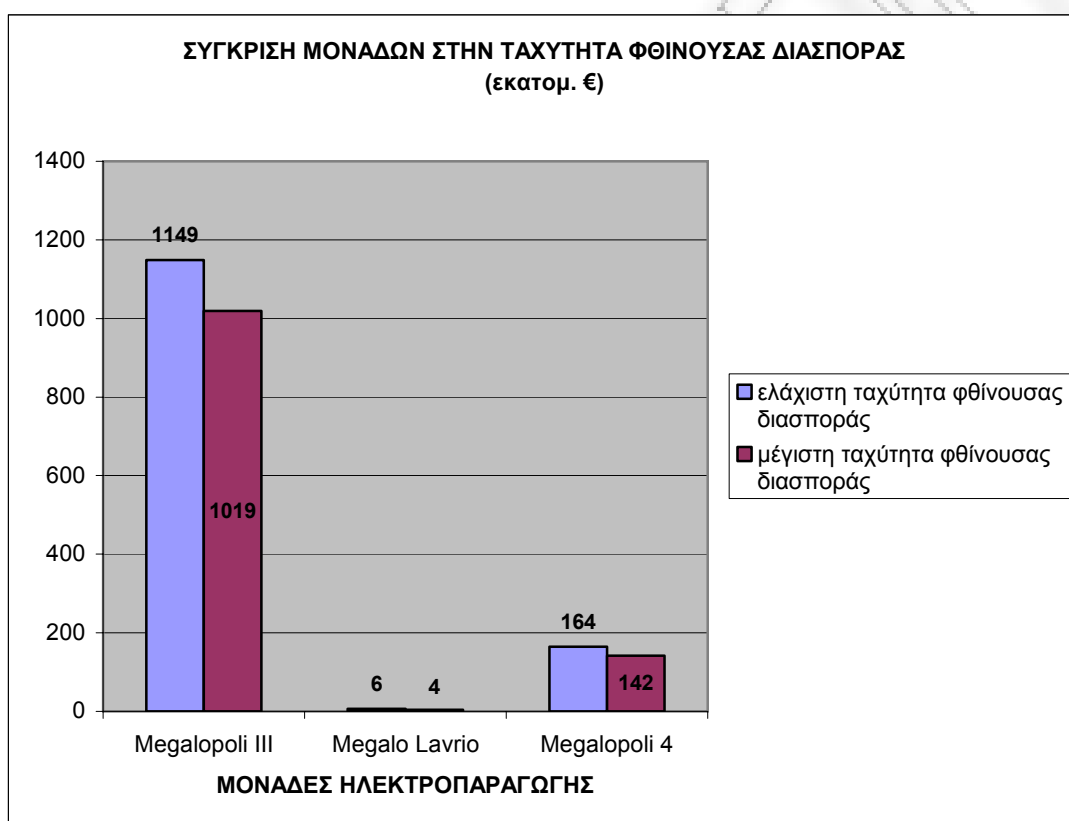
Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας, αντικαταστάθηκε ο αριθμός του πληθυσμού στα 53 άτομα/χλμ στο Ηράκλειο (από 44 άτομα/χλμ που ήταν η αρχική υπόθεση στο Ηράκλειο) και στα 80 άτομα/χλμ στην Καρδιά (από 70

άτομα/χλμ που ήταν η αρχική υπόθεση στην Καρδιά). Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, φαίνονται στο παραπάνω διάγραμμα.

Παρατηρείται ότι η διαφορά δεν είναι μεγάλη στον αρχικό και στον εναλλακτικό πληθυσμό. Παρόλαυτά, το εξωτερικό κόστος αυξάνεται, έστω και κατά ένα μικρό ποσοστό. Συγκεκριμένα για τη μονάδα Ηράκλειο 3, η διαφορά ανέρχεται περίπου στα 8,19E+06€/year ενώ στη μονάδα της Καρδιάς IV στα 2,00E+08€/year. Το φαινόμενο αυτό της διαφοράς οφείλεται στο ότι η μονάδα της Καρδιάς καίει λιγνίτη που αποβάλλει περισσότερους ρύπους, ενώ η μονάδα του Ηρακλείου καίει πετρέλαιο.

### 4.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας - Διαφορετικές ταχύτητες διασποράς

Το depletion velocity χαρακτηρίζει το ρυθμό μετακίνησης των ατμοσφαιρικών ρύπων. Στη συγκεκριμένη ανάλυση ευαισθησίας, χρησιμοποιήθηκαν οι μεγαλύτερες και οι μικρότερες τιμές, όπως δίνονται στο αρχείο του Risk Poll. Η ανάλυση αυτή εφαρμόστηκε σε 3 μονάδες και συγκεκριμένα στη Μεγαλόπολη III, το Μεγάλο Λαύριο και τη Μεγαλόπολη 4.



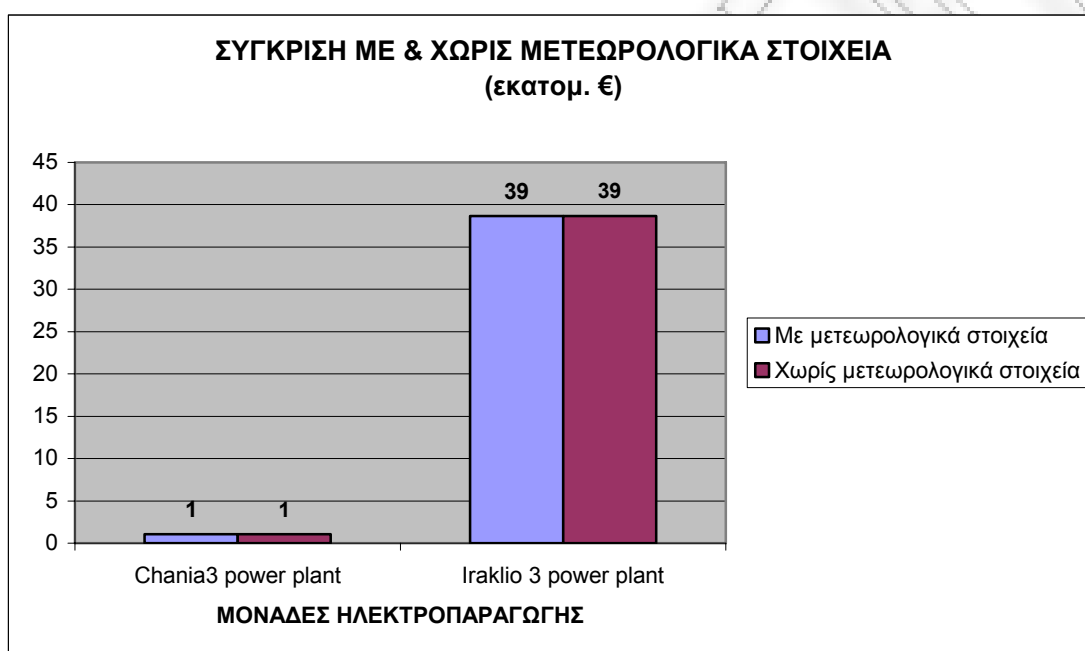
**Διάγραμμα 4.3.3:** Σύγκριση ελάχιστης & μέγιστης ταχύτητας φθίνουσας διασποράς

Στις 3 μονάδες, παρατηρείται, όπως είναι φυσικό, ότι η αντικατάσταση με τη μέγιστη τιμή της ταχύτητας φθίνουσας διασποράς, μειώνει το εξωτερικό κόστος. Στη μονάδα της Μεγαλόπολης III το εξωτερικό κόστος μειώθηκε κατά  $1,29E+08$  €/year, στο σταθμό Μεγάλο Λαύριο κατά  $2,49E+06$  €/year και τέλος στη Μεγαλόπολη 4 κατά  $2,25E+07$  €/year.

Φαίνεται, λοιπόν, ότι η μεγαλύτερη ταχύτητας φθίνουσας διασποράς μειώνει τα ποσά των εξωτερικών οικονομικών.

#### 4.3.4 Ανάλυση ευαισθησίας - Επίδραση μετεωρολογικών δεδομένων

Μια αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι ότι το πρόγραμμα Risk Poll, δεν επηρεάζεται από την εισαγωγή ή όχι των μετεωρολογικών δεδομένων. Αυτό διαπιστώνεται και στη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε σε 2 μονάδες (Χανιά 3 και Ηράκλειο 3), όπου το πρόγραμμα έτρεξε με και χωρίς μετεωρολογικά στοιχεία και τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια.

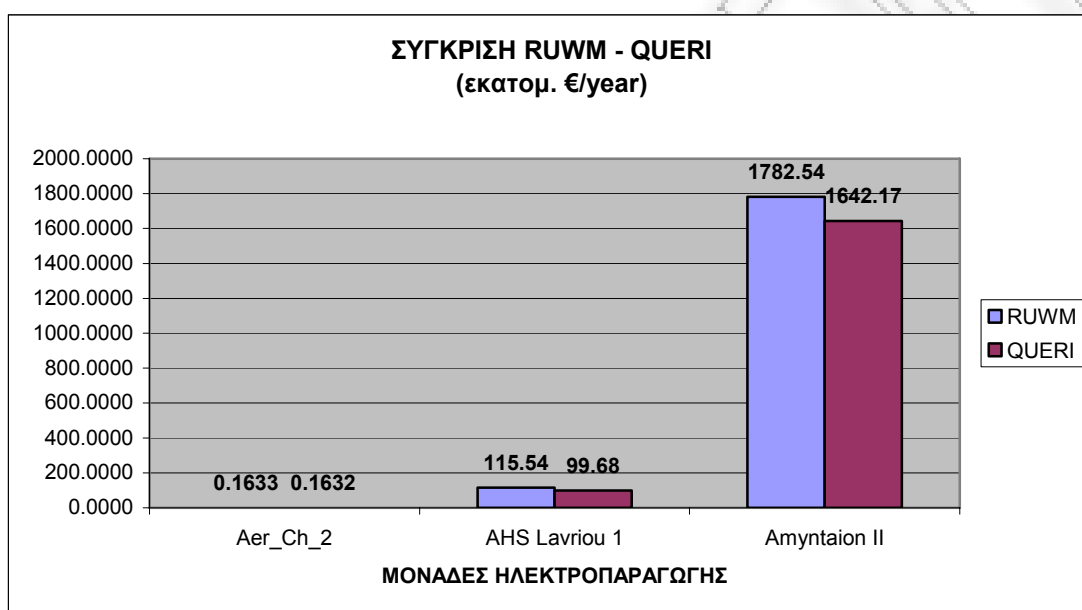


**Διάγραμμα 4.3.4:** Σύγκριση με & χωρίς μετεωρολογικά δεδομένα

Τα παραπάνω συμπεράσματα φαίνονται πιο συνοπτικά στο διάγραμμα:4.3.4, και για τους 2 σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

### 4.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας - Σύγκριση μοντέλων RUWM & QUERI

Μια επίσης σημαντική ανάλυση ευαισθησίας, αφορά στη διαφορά των 2 μοντέλων από τα οποία αποτελείται το λογισμικό πρόγραμμα Risk Poll. Το RUWM χρησιμοποιεί 3 αλγόριθμους, ενώ το QUERI χρησιμοποιεί δύο. Βέβαια, τα 2 μοντέλα θεωρούνται ισάξια.



**Διάγραμμα 4.3.5:** Σύγκριση μοντέλων RUWM & QUERI

Βάζοντας τα ίδια δεδομένα των 3 μονάδων (Χανιά 2, Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Λαυρίου 1 & Αμύνταιον ΙΙ) στα 2 διαφορετικά αυτά μοντέλα, παρατηρήθηκε ότι το μοντέλο QUERI εμφανίζει μικρότερο εξωτερικό κόστος, σχέση με τα αποτελέσματα του RUWM.

**Πίνακας 4.3.5:** Αποτελέσματα των μοντέλων RUWM & QUERI στους σταθμούς Χανιά 2, Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Λαυρίου 1 & Αμύνταιον ΙΙ

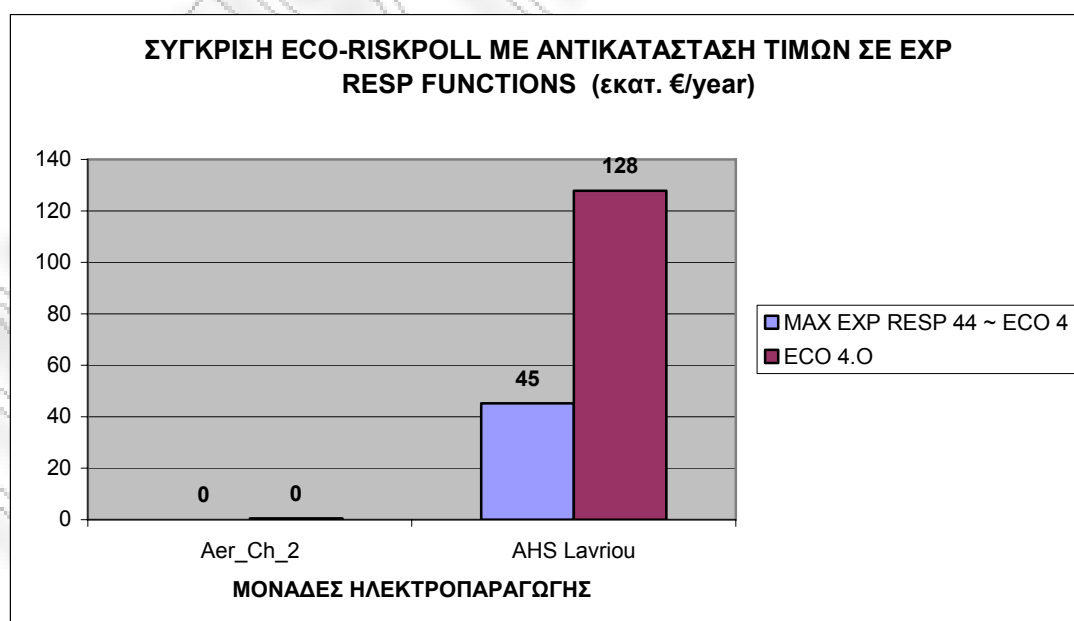
	RUWM	QUERI
<b>Aer_Ch_2</b>	1.63E+05 €/year	1.63E+05 €/year
<b>AHS Lavriou 1</b>	1.16E+08 €/year	9.97E+07 €/year
<b>Amyntaion II</b>	1.78E+09 €/year	1.64E+09 €/year

Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή το RUWM, δεν είναι τόσο αναλυτικό ως μοντέλο, οπότε δεν υπολογίζει επακριβώς, με βάση όλες τις παραμέτρους το εξωτερικό κόστος, με αποτέλεσμα να γίνεται ένας σχετικός υπολογισμός του εξωτερικού κόστους. Αντίθετα το QUERI, με τη χρησιμοποίηση των 3 αλγορίθμων, υπολογίζει επακριβώς το εξωτερικό κόστος κάθε μονάδας.

#### 4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ecosense 4.0 & Risk Poll

##### 4.4.1 Ανάλυση ευαισθησίας - Μεταβολές των βασικών συναρτήσεων έκθεσης (Αντικατάσταση των βασικών συναρτήσεων έκθεσης - απόκρισης του Risk Poll με αυτές του Ecosense 4.0)

Μια πολύ σημαντική και αξιόλογη παρατήρηση, έχει ως κύριο συμπέρασμα τα αποτελέσματα από την αντικατάσταση των κυριότερων συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό εξωτερικού κόστους στο Risk Poll με τις αντίστοιχες του Ecosense 4.0.



**Διάγραμμα 4.4.1:** Αντικατάσταση των βασικών exp resp functions του Risk Poll με αυτές του Ecosense 4.0

Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε σε 2 σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Χανιά 2 & Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Λαυρίου 1) και για τις 2 κυριότερες συναρτήσεις έκθεσης – απόκρισης. Και στις 2 περιπτώσεις φαίνεται και στο διάγραμμα ότι το εξωτερικό κόστος που προκύπτει από την αντικατάσταση στο Risk Poll με συναρτήσεις του Ecosense 4.0, είναι κατά πολύ μικρότερο από αυτό το καθεαυτό που προκύπτει από το Ecosense 4.0. Πιο αναλυτικά, τα αποτελέσματα φαίνονται και στον πίνακα 4.4.1:

**Πίνακας: 4.4.1:** Αποτελέσματα από την αντικατάσταση των συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης του Risk Poll με αυτές του Ecosense 4.0 – σύγκριση με αυτές του Ecosense 4.0 (εκατ. €/year)

	<b>MAX EXP RESP POP44 ~ ECO 4</b>	<b>ECO 4.0</b>
<b>Aer_Ch_2</b>	0.02 εκατ. €/year	0.46 εκατ. €/year
<b>AHS Lavriou</b>	45.17 εκατ. €/year	127.86 εκατ. €/year

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε εδώ ότι η σύγκριση των συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης δεν είναι εξ ολοκλήρου ρεαλιστική. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει περίπτωση να αναφερόμαστε σε μια συνάρτηση έκθεσης – απόκρισης του Ecosense 4.0, η οποία (αντίστοιχη) στο Risk Poll να έχει μεγαλύτερη συνεισφορά στο συνολικό εξωτερικό κόστος από την αντίστοιχη συνεισφορά που έχει η ίδια συνάρτηση στο Ecosense.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα**

### **5.1 Συμπεράσματα από την χρήση των λογισμικών Ecosense 4.0 και Risk Poll**

#### **5.1.1 Αποτελέσματα από το Ecosense 4.0**

Το λογισμικό πρόγραμμα Ecosense 4.0, ήταν ένα πολύ σημαντικό εργαλείο, το οποίο βοήθησε στο να γίνει μια συνολική αλλά και ξεχωριστή για κάθε μονάδα εκτίμηση του συνολικού εξωτερικού κόστους που προκαλεί από τη λειτουργία της. Συνεπώς, συνέβαλε στο να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για το σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής.

Συνοπτικά, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη χρήση του Ecosense 4.0, περιγράφονται παρακάτω:

#### **1. Σύγκριση με βάση το εξωτερικό κόστος εκφρασμένο σε €/kWh**

- η μονάδα Αμύνταιον II, φαίνεται να έχει τα μεγαλύτερα ποσοστά και στους 2 τομείς (ανθρώπινης υγείας) που πλήττονται από τις εκπομπές των SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 και που ανεβάζουν το εξωτερικό κόστος.
- το Μεγάλο Λαύριο δεν αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του εξωτερικού κόστους. Επίσης, το ίδιο ισχύει και για τη μονάδα Χανιά 2 (με θετική συμβολή στο έδαφος).

#### **2. Σύγκριση με βάση το εξωτερικό κόστος εκφρασμένο σε €/year**

- τη μεγαλύτερη ζημία αποφέρει η μονάδα Αμύνταιον II, όπως και στην παραπάνω περίπτωση
- το μικρότερο μέγεθος κόστους στην ανθρώπινη υγεία (morbidity & mortality) και στα κτίρια, κατέχει η μονάδα Χανιά 2
- Ο Άγιος Δημήτριος IV, συμβάλλει θετικά στον τομέα του εδάφους.

### 3. Σύγκριση με βάση τα ποσοστά της θνησιμότητας, επιδημιολογίας, καλλιεργείων και κτιρίων στο συνολικό εξωτερικό κόστος

- η μονάδα της Πτολεμαΐδας 4 έχει τη μεγαλύτερη επίπτωση στη θνησιμότητα, σε ποσοστό 32,76% και 65,95% αντίστοιχα για τις morbidity & mortality.
- στις επιπτώσεις που αφορούν στις καλλιέργειες και γενικότερα στο έδαφος ιδιαίτερη συμβολή έχει σε ποσοστό 0,24% ο σταθμός της Μεγαλόπολης 4. Το ποσοστό αυτό δεν θεωρείται ιδιαίτερα αξιόλογο, οπότε δε λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για τις επιπτώσεις που υφίσταται το έδαφος.
- το Αμύνταιον II με ποσοστό 6,63%, συμβάλλει στις αρνητικές επιπτώσεις που υφίστανται τα κτίρια, αλλά όπως προαναφέρθηκε για το έδαφος, το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μικρό.
- ο σταθμός του Αγίου Δημητρίου V, δεν συμμετέχει σχεδόν καθόλου (0,00000104%) στις επιπτώσεις που προαναφέρθηκαν, με αποτέλεσμα να μη συμβάλλει στην αύξηση του εξωτερικού κόστους.

### 4. Σύγκριση με βάση το ποσοστό των εκπομπών SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>

- το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών του SO<sub>2</sub> στο συνολικό εξωτερικό κόστος, το κατέχει ο σταθμός Μεγαλόπολη 4 (95,82%) ενώ η Μεγαλόπολη και η μονάδα του Μεγάλου Λαυρίου (9,36%) που καίει φυσικό αέριο έχει ελάχιστη και συγκριτικά, σχεδόν ανεπαίσθητη συμβολή στην εκπομπή του αερίου SO<sub>2</sub>
- το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών του SO<sub>2</sub> το κατέχει το Μεγάλο Λαύριο (86,81%) ενώ το μικρότερο ποσοστό ανήκει στη μονάδα της Πτολεμαΐδας με ποσοστό 5,10%.
- μεγάλη συμβολή των PM<sub>10</sub> στο συνολικό εξωτερικό κόστος φαίνεται να έχει η μονάδα της Πτολεμαΐδας IV (80,24%) ενώ η μονάδα Χανιά 2 παρουσιάζει αρκετά μικρότερο ποσοστό σε σχέση με αυτό της Πτολεμαΐδας V.
- την πρώτη θέση στις εκπομπές όζοντος, με ποσοστό 2,79% κατέχει η μονάδα Χανιά 3 ενώ μηδενικές εκπομπές όζοντος έχουν όλες οι μονάδες εκτός της Μεγαλόπολης και του Μεγάλου Λαυρίου.

**5. Σύγκριση με βάση το εξωτερικό κόστος των SO<sub>2</sub> και sulfates εκφρασμένο σε €/tn**

- Οι μονάδες του Αμύνταιον, της Καρδιάς, της Πτολεμαΐδας IV και οι δύο μονάδες του Αγίου Δημητρίου εμφανίζουν παρόμοια ποσοστά εκπομπών SO<sub>2</sub>.
- η μονάδα Ηράκλειο 3 έχει το μικρότερο εξωτερικό κόστος (700 €/tn) από τις εκπομπές SO<sub>2</sub> και sulfates.

**6. Σύγκριση με βάση το εξωτερικό κόστος των NO<sub>x</sub> και nitrates εκφρασμένο σε €/tn**

- Οι μονάδες του της Καρδιάς, της Πτολεμαΐδος IV και του Αγίου Δημητρίου εμφανίζουν παρόμοια ποσοστά εκπομπών NO<sub>x</sub>.
- η μονάδα του Ηρακλείου 3 κατέχει τη χαμηλότερη θέση στην αύξηση του κόστους λόγω των εκπομπών NO<sub>x</sub> και nitrates.

**7. Σύγκριση με βάση το εξωτερικό κόστος των PM10 εκφρασμένο σε €/tn**

- το μεγαλύτερο μέρος του κόστους που αφορά στις εκπομπές των PM10 ανά τόνο, έχει η μονάδα του Ατμοηλεκτρικού Σταθμού Λαυρίου 1 (6,86E+03 €).
- οι σταθμοί: Χανιά 3 και Μεγάλο Λαύριο, έχουν μηδενική συμμετοχή στην αύξηση του εξωτερικού κόστους, λόγω εκπομπών PM10.

**8. Συντελεστής οξύνισης (Σύγκριση ανάμεσα στις μονάδες: Χανιά 2, Καρδιά IV και Αγ. Δημήτριος V)**

- το μεγαλύτερο μέρος του συντελεστή οξύνισης παρουσιάζει η μονάδα Χανιά 2, (0,15 €/acid e-q).
- Η μονάδα της Καρδιάς (0,068 €/acid e-q) και η μονάδα του Αγίου Δημητρίου (0,069 €/acid e-q) έχουν αισθητά μικρότερα ποσοστά συντελεστή οξύνισης.

## 9. Γεωγραφική Ανάλυση

- μονάδα της αποθείωσης στη Μεγαλόπολη έχει το μεγαλύτερο ποσοστό (60,62%) εξωτερικού κόστους στην Ελλάδα σε σχέση με τις άλλες χώρες.
- μικρότερη αναλογία κατέχει η μονάδα των Χανίων, που ανέρχεται μόλις στο 5,57% (ανησυχητικό ως αποτέλεσμα επειδή είναι μια μονάδα που παρουσιάζει ποικιλία ανωμαλιών στα αποτελέσματά της).

Συμπερασματικά, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η χρήση νέων τεχνολογιών πιο φιλικών προς το περιβάλλον, όπως η τεχνολογία της αποθείωσης που χρησιμοποιείται σε μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής στη Μεγαλόπολη, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του εξωτερικού κόστους και στην συντήρηση της ατμόσφαιρας σε φυσιολογικά επίπεδα.

Παλιές μονάδες όπως αυτές της Πτολεμαΐδας και της Καρδιάς επιβαρύνουν σημαντικά την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να είναι αποδεκτή η λύση της κατάργησής τους, προκειμένου να μειωθεί το σύνολο των εκεπεμπόμενων ρύπων και η κατ' επέκταση μείωση των επιπτώσεων που αυτοί προκαλούν στην ανθρώπινη υγεία, το έδαφος ακόμα και τα κτίρια, άρα και η μείωση του συνολικού εξωτερικού κόστους.

### 5.1.2 Αποτελέσματα από το Risk Poll

Το Risk Poll, αν και παρουσιάζει αρκετές διαφοροποιήσεις σχετικά με το Ecosense 4.0, στον τομέα υπολογισμού του εξωτερικού κόστους, συντελεί ως ένα εργαλείο σύγκρισης και περαιτέρω κατανόησης, όσον αφορά στην εκτίμηση του συνολικού εξωτερικού κόστους και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει την ευρύτερη οικονομική πορεία της κοινωνίας σε σχέση με το περιβάλλον.

Σύμφωνα με κάποιες συγκρίσεις και μετατροπές, αλλά και με σημαντικές αναλύσεις ευαισθησίας, εξάχθηκαν κάποια ουσιαστικά συμπεράσματα:

**1. Με βάση τη σύγκριση αρχικού πληθυσμού με εναλλακτικό σενάριο πληθυσμού στις μονάδες Ηράκλειο 3 & Καρδιά IV**

- η μονάδα της Καρδιάς (2,00E+08€/year) παρουσιάζει μεγαλύτερο εξωτερικό κόστος σε σχέση με τη μονάδα του Ηρακλείου (8,19E +06€/year), παρόλο που η μονάδα Καρδιά IV, έχει μεγαλύτερο πληθυσμό (70) συνεπώς θα έπρεπε να γίνεται επιμερισμός των ζημιών στα περισσότερα άτομα. Εφόσον, ο πληθυσμός που χρησιμοποιήθηκε για τη μονάδα του Ηρακλείου (population = 44) αυξήθηκε αναλογικά στην ανάλυση ευαισθησίας, χωρίς να ξεπεράσει τον πληθυσμό της Καρδιάς (population = 80), στην ανάλυση ευαισθησίας.
- τα παραπάνω εξηγούνται, εάν επικεντρωθούμε στο καύσιμο που χρησιμοποιεί κάθε μονάδα από τις παραπάνω. Η μονάδα της Καρδιάς καίει λιγνίτη που αποβάλλει περισσότερους ρύπους, ενώ η μονάδα του Ηρακλείου καίει πετρέλαιο.

**2. Με βάση τη σύγκριση ελάχιστου και μέγιστου ρυθμού μετακίνησης ρύπων στις μονάδες Μεγαλόπολη III, Μεγάλο Λαύριο και Μεγαλόπολη 4**

- για όλες τις παραπάνω μονάδες ισχύει ότι η αντικατάσταση με τη μέγιστη τιμή της μετακίνησης ρύπων, μειώνει το εξωτερικό κόστος
- συμπέρασμα είναι ότι η μεγαλύτερη διασπορά της μεταφοράς των ρύπων μειώνει τα ποσά των εξωτερικών οικονομιών.

**3. Με βάση τη σύγκριση αποτελεσμάτων με και χωρίς μετεωρολογικά δεδομένα στις μονάδες Χανιά 3 και Ηράκλειο 3**

- Δεν προκλήθηκε κάποια αλλαγή στα αποτελέσματα των δύο αναλύσεων.

#### **4. Με βάση τη σύγκριση μοντέλων RUWM & QUERI στις μονάδες Χανιά2, Ατμοηλεκτρικό Σταθμό Λαυρίου 1 & Αμύνταιον II**

- η μονάδα των Χανίων δεν παρουσίασε κάποια μεταβολή στα αποτελέσματα και με τα δύο μοντέλα.
- η μονάδα Ατμοηλεκτρικού Σταθμού Λαυρίου 1 σημείωσε μια σημαντική μείωση από 1,16 E+08 €/year σε 9,97 E+07 €/year.
- η μονάδα Αμύνταιον II, παρουσίασε, επίσης, μείωση και συγκεκριμένα από 1.78E+09 €/year σε 1.64E+09 €/year.

#### **5.1.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ecosense 4.0 & Risk Poll**

##### **1. Αντικατάσταση των βασικών συναρτήσεων έκθεσης - απόκρισης του Risk Poll με αυτές του Ecosense 4.0, στις μονάδες Χανιά2 & Ατμοηλεκτρικού Σταθμού Λαυρίου 1**

- και στις δύο περιπτώσεις, τα αποτελέσματα του εξωτερικού κόστους από το Ecosense 4.0 σε σχέση με το Risk Poll, εμφανίζονται πιο υψηλά.
- το Ecosense 4.0, ως λογισμικό είναι πιο αναλυτικό και αποτελείται από περισσότερες παραμέτρους που ίσως το Risk Poll δε δύναται να υπολογίσει. Η αντικατάσταση των σημαντικότερων exposure response functions του Risk Poll με αυτές του Ecosense 4.0, είναι φυσικό να αυξάνουν το εξωτερικό κόστος του Risk Poll, εφόσον μεταβάλλεται το baseline του Risk Poll και αρχίζει πλέον να υπολογίζει με τον ίδιο τρόπο διαφορετικά και πιο αναλυτικά δεδομένα, όπως είναι αυτά του Ecosense 4.0.

**2. Σύγκριση των αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους στο Ecosense 4.0 με τα αποτελέσματα του Risk Poll (σε €/tn)**

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα συγκρίσιμα αποτελέσματα του συνολικού εξωτερικού κόστους από την εφαρμογή του Ecosense 4.0 και του Risk Poll.

	<b>ECOSENSE 4.0</b>	<b>RISK POLL</b>
<b>Aer_Ch_2</b>	6.12E+03	1.63E+05
<b>AHS Lavriou 1</b>	1.01E+06	9.97E+07
<b>Amyntaion II</b>	1.14E+07	1.64E+09
<b>Chania3 power plant</b>	1.03E+04	1.04E+06
<b>Iraklio3 power plant</b>	1.25E+05	3.87E+07
<b>Kardia_IV</b>	4.67E+06	1.11E+09
<b>Meg_III</b>	5.61E+06	1.08E+09
<b>Megalo Lavrio</b>	6.61E+04	4.67E+06
<b>Megalopoli 4</b>	9.38E+06	1.52E+08
<b>Meg Apo</b>	1.14E+06	1.69E+08
<b>Ptolemais_IV</b>	7.93E+06	2.42E+09
<b>St Dimitrios V</b>	1.02E+06	1.51E+08
<b>St Dimitrios IV</b>	6.26E+06	1.37E+09

Είναι φανερό πως το εξωτερικό κόστος του Ecosense 4.0, είναι κατά τάξεις μεγέθους μικρότερο από αυτό του Risk Poll. Αυτό συμβαίνει διότι το Risk Poll, κάνει πιο γενικευμένους υπολογισμούς με βάση τα μοντέλα του, ενώ Ecosense 4.0 υπολογίζει περισσότερο αναλυτικά και εξειδικευμένα τις παραμέτρους που αφορούν τις εκπομπές των ρύπων και κατ' επέκταση τη μεταβολή του εξωτερικού κόστους.

## 5.2 Οι επιπτώσεις των εκπεμπόμενων ρύπων από τις μονάδες της ηλεκτροπαραγωγής και η «μεταφορά» τους στο εξωτερικό κόστος

Οι εξωτερικές δαπάνες ορίζονται ως εκείνες που υφίστανται σε σχέση με την υγεία και το περιβάλλον. Είναι ποσοτικά προσδιορίσιμες αλλά δεν συμπεριλαμβάνονται στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή και επομένως αυτές που γίνονται κατά πολύ ανεκτές από την κοινωνία. Περιλαμβάνουν ιδιαίτερα τα αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία, την παραγωγή συγκομιδών και τα κτίρια, καθώς επίσης και την επαγγελματική ασθένεια και τα ατυχήματα. Τα στοιχεία του 2001 απέκλεισαν τα αποτελέσματα που υφίστανται τα οικοσυστήματα καθώς και τον αντίκτυπο της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, αλλά αυτά συμπεριλαμβάνονται τώρα (παρά τον υψηλό βαθμό αβεβαιότητας) για να ποσοτικοποιηθούν και να αξιολογηθούν το εξωτερικό κόστος.

Η μεθοδολογία μετρά τις εκπομπές, τη διασπορά και τον τελευταίο αντίκτυπό τους. Τα πρότυπα έκθεση-απόκρισης οδηγούν στην αξιολόγηση των φυσικών επιδράσεων σε νομισματικούς όρους.

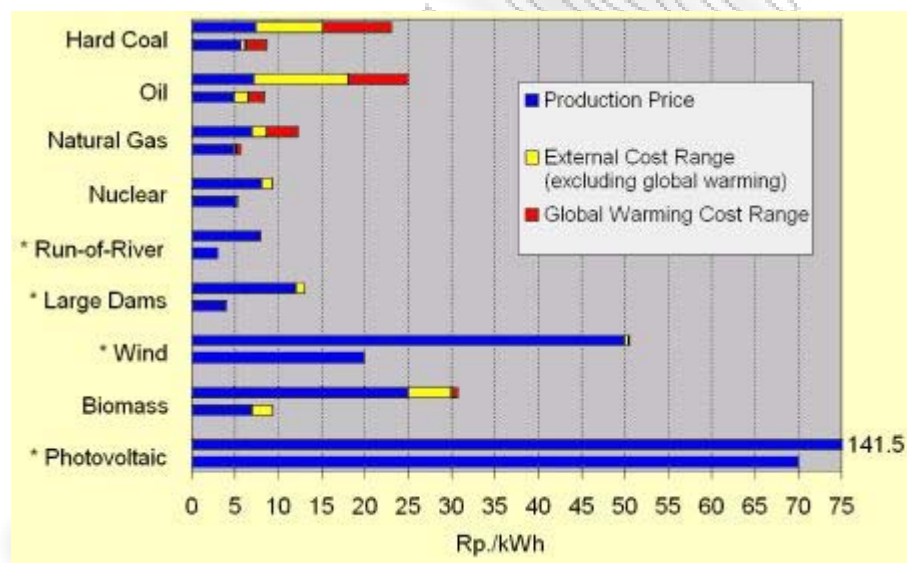
Το κόστος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ χωρίς τις εξωτερικές δαπάνες υπολογίζεται κατά μέσο όρο περίπου 4 σεντς/kWh. Εάν αυτές οι εξωτερικές δαπάνες συμπεριλήφθηκαν στην πραγματικότητα, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνθρακα θα διπλασιαζόταν και αυτή με τη σειρά της θα αύξανε περίπου 30% από το φυσικό αέριο.

Προτείνονται δύο τρόποι για την αντιμετώπιση του εξωτερικού κόστους: **φορολόγηση των δαπανών** ή **επιχορήγηση των εναλλακτικών τρόπων παραγωγής**. Λόγω της δυσκολίας φορολόγησης στο πλαίσιο της ΕΕ, ευνοείται η επιχορήγηση. Οι οδηγίες της ΕΕ, που δημοσιεύονται τον Φεβρουάριο του 2001, ενθαρρύνουν τα κράτη μέλη για να επιχορηγήσουν τις "νέες εγκαταστάσεις παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βάσει του εξωτερικού κόστους ευκαιρίας", μέχρι 5 c/kWh. Εντούτοις, αυτή η παροχή δεν επεκτείνεται στην πυρηνική ενέργεια, παρά τα συγκρίσιμα εξωτερικά κόστη ευκαιρίας. Οι χώρες μέλη της ΕΕ έχουν δεσμευτεί να παράγουν ανανεώσιμες ενέργειες και να παρέχουν 12% της συνολικής ενέργειας και 22% της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2010, ένας στόχος όμως, που φαίνεται απίθανο να εκπληρωθεί.



Σε σύνδεση με τα παραπάνω, είναι αξιοσημείωτο να αναφερθούν οι σημαντικές κρατικές επιχορηγήσεις στη βιομηχανία άνθρακα στην ΕΕ, που ανέρχονται σε 6.874 εκατομμύρια € ή την 190 € ανά τόνο το 2000. Αυτό περιλαμβάνει τη λειτουργική υποστήριξη, "ενίσχυση για τη μείωση της δραστηριότητας". Η Γερμανία μόνο, είναι πολιτικά δεσμευμένη να καταργήσει σταδιακά την πυρηνική ενέργεια και εν τω μεταξύ να βρει τους νέους τρόπους να φορολογηθεί. Συγκεκριμένα, επιχορηγήθηκαν 4598 εκατομμύρια € στον άνθρακα το 2000! Γίνεται ιδιαίτερη προσπάθεια για την εύρεση των τρόπων να επεκταθούν αυτές οι επιχορηγήσεις πέρα από τα μέσα του 2002. [24]

Μια άλλη ευρωπαϊκή έρευνα για την ηλεκτροπαραγωγή και τις εξωτερικές δαπάνες, συγκεκριμένα στην Ελβετία (το πρόγραμμα GaBE), έχει γίνει από το Paul Scherrer Institut και δείχνει ότι οι δαπάνες ζημίας από τα καύσιμα κυμαίνονται από 10% έως 350% των δαπανών παραγωγής, ενώ για την πυρηνική ενέργεια είναι πολύ μικρότερες.



**Διάγραμμα: 5.2.1** Αποτελέσματα έρευνας στην Ελβετία για την ηλεκτροπαραγωγή & το εξωτερικό κόστος. [24]

Το διάγραμμα που παρουσιάζεται παραπάνω, δείχνει αναλυτικά τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για την Ελβετία. Πιο συγκεκριμένα, οι διπλές μπάρες παρουσιάζουν

τη διακύμανση των τιμών για τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Ελβετίας (Rp = cents SFR).

### ***Δημόσια Υγεία***

Το 1997, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) παρουσίασε δύο εκτιμήσεις, 2,7 ή 3 εκατομμύριο θανάτων που εμφανίζονται κάθε έτος ως αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στην τελευταία εκτίμηση: 2.8 εκατομμύριο θάνατοι οφείλονταν εκθέσεις σε εσωτερικούς χώρους και 200.000 στην υπαίθρια έκθεση.

Η χαμηλότερη εκτίμηση περιέλαβε 1,85 εκατομμύριο θανάτους από την αγροτική εσωτερική ρύπανση, 363.000 από την αστική εσωτερική ρύπανση και 511.000 από την αστική περιβαλλοντική ρύπανση. Η έκθεση του WHO επισημαίνει ότι αυτά τα αποτελέσματα αποτελούν περίπου το 6% όλων των θανάτων, και η αβεβαιότητα των εκτιμήσεων σημαίνει ότι η σειρά πρέπει να ληφθεί από 1,4 έως 6 εκατομμύριο θάνατοι ετησίως, οι οποίοι αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση. [25]

### ***Εκπομπές κύκλου ζωής του CO<sub>2</sub>***

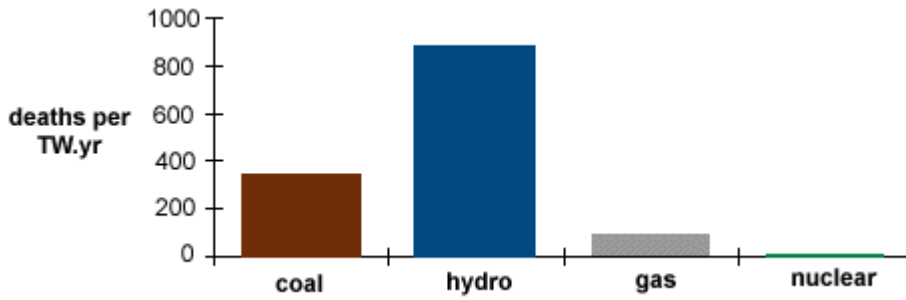
Με βάση όσα στοιχεία έχουν ήδη δημοσιευτεί στη Σκανδιναβία και το Japan's Central Research Institute of the Electric Power Industry, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι υπάρχουν σημαντικά στοιχεία των εκπομπών κύκλου ζωής του διοξειδίου του άνθρακα για διάφορες τεχνολογίες παραγωγής. Η σουηδική έρευνα Vattenfall έχει δημοσιεύσει έναν απολογισμό των μελετών κύκλου ζωής βασισμένων στα τελευταία έτη. Τα στοιχεία που έδειξε η έρευνα έχουν ως εξής:

**Πίνακας 5.2.1** Αποτελέσματα της σουηδικής έρευνας για τις εκπομπές του κύκλου ζωής του CO<sub>2</sub> [25]

g/kWh CO <sub>2</sub>	Japan	Sweden	Finland
coal	975	980	894
gas thermal	608	1170 (peak, reserve)	-
gas combined cycle	519	450	472
solar photovoltaic	53	50	95
wind	29	5.5	14
nuclear	22	6	10-26
hydro	11	3	-

#### *Ατυχήματα που σχετίζονται με την ενέργεια*

Μια μελέτη του Νοεμβρίου 1998 από το Paul Scherrer Institut στην Ελβετία, εξετάζει άλλες πτυχές των εξωτερικών δαπανών. Μια έκθεση 400 σελίδων ανατέθηκε από το Swiss Federal Office of Energy, και επιστά την προσοχή σε στοιχεία που αφορούν 4290 ατυχήματα που προκλήθηκαν από γεγονότα που σχετίζονταν με την ενέργεια. Τα 1943 από αυτά κρίθηκαν ως πολύ σοβαρά και με βάση αυτά συγκρίθηκαν οι διαφορετικές πηγές ενέργειας. Εξετάστηκαν πάνω από 15.000 μοιραία περιστατικά σχετικά με το πετρέλαιο, πάνω από 8.000 σχετικά με τον άνθρακα και 5.000 που σχετίζονται με έργα hydro - σύνολο, περίπου επτά World Trade Centres. Επισημαίνεται ότι η πλήρης λογιστική των δαπανών, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών και εξωτερικών δαπανών, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τον προγραμματισμό της χρησιμότητας της ηλεκτρικής ενέργειας, εν τούτοις αυτό δεν συμβαίνει σε οποιαδήποτε τυποποιημένη βάση, και χωρίς ιδιαίτερη πρακτική δυσκολία στην ανάθεση των συγκεκριμένων δαπανών. [26]



Διάγραμμα 5.2.2 Θάνατοι/TW.έτος [26]

Στην περίοδο από το 1975 και μετέπειτα, περίπου 30 προκαλούμενα από την ενέργεια ατυχήματα, με τουλάχιστον πέντε μοιραία περιστατικά εμφανίζονταν κάθε έτος.

Εξετάζοντας μόνο τους θανάτους και συγκρίνοντας τους ανά Terawatt/year, ο άνθρακας έχει 342, τα hydro 883, το αέριο 85 και η πυρηνική ενέργεια μόνο 8 (/TWe.yr). (Η πυρηνική ενέργεια παράγει περίπου 2500 TWh ετησίως, ως εκ τούτου αυτοί οι 8 θάνατοι θα επιμερίζονταν σε πάνω από 3,5 έτη κατά τη διάρκεια της παροχής ποσοστού 16% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αναμένονται 342 θάνατοι από άνθρακα κάθε 19 μήνες για να κερδίσουμε μόλις έναν διπλασιασμό στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.) Από την άποψη του αριθμού άμεσων θανάτων ανά γεγονός (deaths per event) από το 1969 ως το 1996, το hydro ξεχωρίζει με περίπου 550 θανάτους έναντι του άνθρακα που ανέρχεται σε περίπου 40 θανάτους.

### 5.3 Συμπέρασμα

Είναι σημαντικό και αποτελεί επιτακτική ανάγκη να ληφθούν κάποια άμεσα και αποτελεσματικά μέτρα για την «εσωτερικευση» του εξωτερικού κόστους στη φορολογία και γενικότερα στην κοινωνία των ανθρώπων.

Τα αποτελέσματα των ερευνών που προαναφέρθηκαν, αλλά και πολυάριθμων άλλων που έχουν πραγματοποιήσει οι Οργανισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την ζωή και τον πλανήτη μας. Οι θάνατοι λόγω αυξημένων εκπεμπόμενων ρύπων, οι ζημιές στις καλλιέργειες και στον υδροφόρο ορίζοντα, αλλά και οι φθορές των κτιρίων, αυξάνονται ολοένα και περισσότερο και μας καλούν να δραστηριοποιηθούμε και να επιζητήσουμε δραστικές λύσεις. Οι λύσεις αυτές πρέπει να αφορούν τα εξής:

- νομισματική αξιολόγηση του κινδύνου θνησιμότητας
- αξιολόγηση της οξύνισης και του ευτροφισμού (εμπλουτισμός του περιβάλλοντος στις θρεπτικές ουσίες με συνέπεια τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα) στο οικοσύστημα και τη βιοποικιλότητα
- αποτελέσματα που προκύπτουν από το γεγονός ότι διάφορα μέρη του περιβάλλοντος (αέρας/νερό/έδαφος) μπορούν να βλαφθούν
- αποτελέσματα σημαντικών ατυχημάτων στις μη πυρηνικές αλυσίδες καυσίμων (όπως οι διαρροές πετρελαίου).

Εάν ληφθούν σοβαρά υπόψη όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία και υπογραμμιστεί η σημασία της διατήρησης του περιβάλλοντος σε αξιοπρεπή επίπεδα, θα υπάρξει μια βελτίωση και μια συνεχής συντήρηση της ισορροπίας στην ατμόσφαιρα καθώς και μια μείωση των ανθρώπινων ατυχημάτων που προκαλούνται από ενεργειακές πηγές.

Κατά συνέπεια η υιοθέτηση οποιασδήποτε πολιτικής που να λαμβάνει υπόψη τις εξωτερικές δαπάνες της ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει μια πολύ ευεργετική επίδραση στις προοπτικές για μια ισχυρή αναβίωση της ενέργειας, του περιβάλλοντος και της κοινωνίας.