

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΜΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΤΙΤΛΟΣ:

**‘ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ’**

ΤΣΑΚΙΡΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2011

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΜΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΤΙΤΛΟΣ:

**‘ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΤΗ
ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ’**

ΤΣΑΚΙΡΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων: Νεκτάριος Παναγιώτης Επίκουρος Καθηγητής

Μέλη: Παπαφωτίου Μαρία Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Σαϊτάνης Κων/νος Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής.

Το θέμα της μεταπτυχιακής μελέτης ανατέθηκε από τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή Κ. Νεκτάριο Παναγιώτη τον οποίον θέλω να ευχαριστήσω θερμά για την βοήθεια του και την συμπαράσταση του καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας αλλά και της συγγραφής της μελέτης. Κυρίως όμως θα ήθελα να τον ευχαριστήσω που ήταν δίπλα μου σε οποιαδήποτε δυσκολία και αν παρουσιάστηκε και για την άψογη συνεργασία μας.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κ. Παπαφωτίου και τον Επίκουρο Καθηγητή Κ. Σαϊτάνη για την ανάγνωση, τις προτεινόμενες βελτιώσεις και την βαθμολόγηση της παρούσας μελέτης. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κ. Σαϊτάνη για την πολύτιμη βοήθεια του αλλά και την άψογη συνεργασία μας στην διεξαγωγή της παρούσας μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδερφό μου για την υποστήριξη αλλά και την συμπαράσταση τους. Επιπλέον ένα μεγάλο ευχαριστώ στην συγκάτοικο μου Νάνσυ για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
SUMMARY.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1. Αστικό τοπίο και μικρόκλιμα.....	3
1.1 Αέριοι ρύποι.....	6
1.1.1 Τύποι και μορφές.....	9
1.1.2 Πηγές αέριων ρύπων.....	15
1.1.3 Όρια αέριων ρύπων.....	19
1.1.4 Αποτελέσματα αέρια ρύπανσης.....	25
1.1.4. α) Επίδραση των αέριων ρύπων στην υγεία των ανθρώπων.....	25
1.1.4. β) Επίδραση των αέριων ρύπων στην ορατότητα.....	29
1.1.4. γ) Επίδραση των αέριων ρύπων στην βλάστηση.....	30
1.2 Ο ρόλος των φυτών στην αέρια ρύπανση.....	37
1.2.1 Αντοχή των φυτών στην αέρια ρύπανση.....	39
1.2.2 Ικανότητα των φυτών να δεσμεύουν αέριους ρύπους.....	42
1.2.3 Μορφολογία/ ανατομία/ φυσιολογία φυτών- ρόλος στην δέσμευση αέριων ρύπων	45
1.2.4 Περιβαλλοντική κατάληξη των δεσμευόμενων ρύπων από τα φυτά.....	50
1.3 Υφιστάμενη κατάσταση αέριων ρύπων στις υπό μελέτη περιοχές.....	51
1.3.1 Προσδιορισμών των περιοχών.....	51
1.3.2 Ανάλυση των περιοχών δειγματοληψίας.....	52
1.3.3 Αέριοι ρύποι στην περιοχή του Ασπρόπυργου.....	55
1.3.4 Αέριοι ρύποι στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.....	58
1.3.5 Αέριοι ρύποι στην Εθνική Οδό Αθηνών- Κορίνθου.....	60
2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ.....	61
2.1 Δειγματοληψία.....	61
2.2 Πειραματική διαδικασία.....	75
2.3 Στατιστική ανάλυση.....	87
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	88
3.1 Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης ανά φυτικό είδος.....	88
3.2 Θολότητα ανά φυτικό είδος.....	89

3.3	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης ανά τοποθεσία δειγματοληψίας.....	90
3.4	Θολότητα ανά τοποθεσία δειγματοληψίας.....	90
3.5	Συσχέτιση θολότητας και φυλλώδους σκόνης.....	91
3.6	Συγκράτηση ανά φυτικό είδος.....	93
3.6.1	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Ailanthus altissima</i> ’.....	93
3.6.1 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Ailanthus altissima</i> ’.....	93
3.6.1 B)	Θολότητα του ‘ <i>Ailanthus altissima</i> ’.....	94
3.6.2	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Buxus sempervirens</i> ’.....	94
3.6.2 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Buxus sempervirens</i> ’.....	94
3.6.2 B)	Θολότητα του ‘ <i>Buxus sempervirens</i> ’.....	95
3.6.3	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Ceratonia siliqua</i> ’.....	96
3.6.3 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Ceratonia siliqua</i> ’.....	96
3.6.3 B)	Θολότητα του ‘ <i>Ceratonia siliqua</i> ’.....	97
3.6.4	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Eucalyptus globulus</i> ’.....	98
3.6.4 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Eucalyptus globulus</i> ’.....	98
3.6.4 B)	Θολότητα του ‘ <i>Eucalyptus globulus</i> ’.....	99
3.6.5	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Eucalyptus rostrata</i> ’.....	100
3.6.5 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Eucalyptus rostrata</i> ’.....	100
3.6.5 B)	Θολότητα του ‘ <i>Eucalyptus rostrata</i> ’.....	101
3.6.6	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Koeleuteria paniculata</i> ’.....	102
3.6.6 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Koeleuteria paniculata</i> ’.....	102
3.6.6 B)	Θολότητα του ‘ <i>Koeleuteria paniculata</i> ’.....	103
3.6.7	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Laurus nobilis</i> ’.....	104
3.6.7 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Laurus nobilis</i> ’.....	104
3.6.7 B)	Θολότητα του ‘ <i>Laurus nobilis</i> ’.....	105
3.6.8	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Melia azedarach</i> ’.....	106
3.6.8 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Melia azedarach</i> ’.....	106
3.6.8 B)	Θολότητα του ‘ <i>Melia azedarach</i> ’.....	107
3.6.9	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Nerium oleander</i> ’.....	108
3.6.9 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Nerium oleander</i> ’.....	108
3.6.9 B)	Θολότητα του ‘ <i>Nerium oleander</i> ’.....	109
3.6.10	Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το ‘ <i>Olea europea</i> ’.....	110
3.6.10 A)	Συσσωρευση φυλλώδους σκόνης στο ‘ <i>Olea europea</i> ’.....	110
3.6.10 B)	Θολότητα του ‘ <i>Olea europea</i> ’.....	111

3.6.11 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Pinus brutia'</i>	112
3.6.11 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Pinus brutia'</i>	112
3.6.11 B) Θολότητα του <i>'Pinus brutia'</i>	113
3.6.12 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Pittosporum tobira'</i>	114
3.6.12 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Pittosporum tobira'</i>	114
3.6.12 B) Θολότητα του <i>'Pittosporum tobira'</i>	115
3.6.13 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Populus alba'</i>	116
3.6.13 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Populus alba'</i>	116
3.6.13 B) Θολότητα του <i>'Populus alba'</i>	117
3.6.14 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Populus canadensis'</i>	118
3.6.14 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Populus canadensis'</i>	118
3.6.14 B) Θολότητα του <i>'Populus canadensis'</i>	119
3.6.15 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Quercus ilex'</i>	120
3.6.15 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Quercus ilex'</i>	120
3.6.15 B) Θολότητα του <i>'Quercus ilex'</i>	121
3.6.16 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Robinia pseudoacacia'</i>	122
3.6.16 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Robinia pseudoacacia'</i>	122
3.6.16 B) Θολότητα του <i>'Robinia pseudoacacia'</i>	123
3.6.17 Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το <i>'Sophora japonica'</i>	124
3.6.17 A) Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στο <i>'Sophora japonica'</i>	124
3.6.17 B) Θολότητα του <i>'Sophora japonica'</i>	125
3.7 Σύγκριση περιοχών δειγματοληψίας.....	126
3.8 Αποτελέσματα μετρήσεων μορφολογίας φύλλων.....	128
3.9 Πολλαπλή παλινδρόμηση.....	131
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	136
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	142
ΔΙΕΘΝΗΣ.....	142
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	157
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	158

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιομηχανοποίηση και η αύξηση του πληθυσμού στις αστικές περιοχές έχουν ως αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη αυτών αλλά και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η αστική ρύπανση αποτελεί ένα σημαντικό και πολύπλοκο πρόβλημα, μέρος της οποίας είναι οι αέριοι ρύποι. Σύμφωνα με έρευνες σοβαρές είναι οι συνέπειες των αέριων ρύπων και ειδικότερα των αέριων μικροσωματιδίων (PM) στην υγεία του ανθρώπου. Οι κύριες πηγές των μικροσωματιδίων είναι: 1) **η βιομηχανία**, 2) **οι ανθρώπινες δραστηριότητες** και 3) **η κυκλοφορία των οχημάτων**. Η παρουσία του αστικού πρασίνου δρα ευεργετικά καθώς διαθέτει την ικανότητα απορρόφησης και δέσμευσης των αέριων ρύπων με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσής τους .

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει το ποσοστό συγκράτησης αέριων ρύπων από διάφορα καλλωπιστικά είδη με στόχο τη δημιουργία μίας βάσης δεδομένων η οποία θα υποστηρίξει τη χρήση κατάλληλων φυτών για τη μείωση της αέρια σωματιδιακής ρύπανσης. Για την πραγματοποίηση της μελέτης αυτής επιλέχθηκαν 3 σημεία δειγματοληψίας κατά τον μήνα Αύγουστο του 2010 σε περιοχές του νομού Αττικής που παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα αέριας ρύπανσης. Οι περιοχές δειγματοληψίας ήταν: Το **Θριάσιο Πεδίο** στον **Ασπρόπυργο**, η **Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου** και το **Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών**. Από τις περιοχές αυτές συλλέχθηκαν δείγματα φύλλων από διάφορα καλλωπιστικά είδη. Στην συνέχεια μετρήθηκε η φυλλώδης σκόνη σε κάθε δείγμα με 2 μεθόδους: α) **χρήση θολόμετρου**, β) **διήθηση διαλύματος σε κενό**.

Με βάση τα αποτελέσματα υπήρξαν διαφορές στην συγκράτηση της φυλλώδους σκόνης ανάλογα με το είδος του καλλωπιστικού φυτού που επιλέχθηκε αλλά και ανάλογα με την περιοχή δειγματοληψίας. Από τα φυτικά είδη που επιλέχθηκαν μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης εμφάνισε το *Buxus sempervirens* και το *Sophora japonica*, ενώ πολύ μικρή συγκράτηση εμφάνισαν το *Koelreuteria paniculata* και το *Populus canadensis*. Όσο αφορά την περιοχή δειγματοληψίας, η περιοχή της Εθνικής Οδού ήταν η περιοχή στην οποία τα επιλεγμένα φυτικά είδη παρουσίασαν τη μεγαλύτερη συσσώρευση φυλλώδους σκόνης. Τέλος παρατηρήθηκαν διαφορές στην συγκράτηση φυλλώδους σκόνης βάση των μορφολογικών και ανατομικών χαρακτηριστικών των επιλεγμένων φυτών. Τα

φυτικά είδη τα οποία είναι αειθαλή και έχουν στην φυλλική τους επιφάνεια τριχίδια παρατηρήθηκε ότι έχουν μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης σκόνης.

SUMMARY

The industrialization and the rapid growth of population in urban areas have resulted in the financial growth of these areas but also in the deterioration of the environment. Urban pollution is an important and complex problem part and includes the air pollutants. The most severe consequences of air pollutants and most particularly of the aerial micro-particles (PM) reflects on human health. These micro-particles originate from the **Industry, human activities, and Vehicular circulation**. The presence of urban plants is necessary for the amelioration of the air pollution due to their capacity to absorb and retain the air micro-particles onto their leaf surface (leaf-dust), thus reducing their concentration in the air.

The aim of the present project was to investigate the percentage of the retained airborne particles on the leaf surfaces of different urban and ornamental plants. Sampling was performed in August 2010 from three different areas that were chosen based on their intense air pollution problems.. The sampling areas included 1) **Triasion Pedio in Aspropyrgos**, 2) **The National Highway of Athens-Korinthos**, and 3) **The Agricultural University of Athens**. Leaf-samples were collected from different kinds of ornamental plants from the above-mentioned areas. The leaf-dust was measured either by **fog-meter** or by collecting the washed leaf-dust through **vacuum-filtering**.

Differences were observed concerning the retention of aerial dust based on the plant species and the sampled area. From the sampled plant species *Buxus sempervirens* and *Sophora japonica* retained the greatest amounts of dust, whereas *Koelreuteria paniculata* and *Populus canadensis* the lowest ones. In terms of the sampling area the National road (Athens-Korinthos) had the greatest concentration of leaf-dust. The observed differences of leaf- dust retention in-between plant species were correlated to the morphological and anatomical characteristics of plants since evergreens with leaf hair exhibited greater dust retention capacity.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΑΣΤΙΚΟ ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ

Το μέλλον των οικοσυστημάτων της γης εξαρτάται αυξανόμενα από τα πρότυπα της αστικής ανάπτυξης. Οι πόλεις αναπτύσσονται με μεγάλη ταχύτητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο αστικός πληθυσμός έχει πολλαπλασιαστεί περισσότερες από 10 φορές κατά την διάρκεια του τελευταίου αιώνα από 224 εκατομμύρια το 1990 σε 2.9 εκατομμύρια δισεκατομμύρια το 1999 (United Nations , 1999). Το 1900 μόνο 16 πόλεις είχαν πληθυσμό που ξεπερνούσε το 1 εκατομμύριο το 2000, 400 πόλεις το έχουν ξεπεράσει. Το 2030, περισσότερο από το 60% του εκτιμώμενου παγκόσμιου πληθυσμού θα μένει σε πόλεις.

Οι πόλεις διαφέρουν από τα άλλα οικοσυστήματα με πολλούς τρόπους (Terpi 1995; Sukopp, Numata, and Huber 1995; Niemala 1999). Διάφοροι περιβαντολόγοι περιέγραψαν την πόλη ως ένα ετερότροπο οικοσύστημα το οποίο εξαρτάται σημαντικά από τις μεγάλες εισροές τις ενέργειας και των υλικών και έχει τεράστια ικανότητα στο να απορροφά διάφορες εκπομπές και να τις σπαταλά (Odum 1963; Boyden et al. 1981; Collins et al., 2000). Συγκρίνοντας την με ένα φυσικό οικοσύστημα με ένα τυπικό ενεργειακό προϋπολογισμό που βρίσκεται μεταξύ 1.000 και 10.000 Kcal m⁻² ανά χρόνο, οι πόλεις καταναλώνουν πολύ μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας. Ο προϋπολογισμός ενός αστικού οικοσυστήματος σε μία βιομηχανική χώρα είναι μεταξύ 100.000- 300.000 Kcal m⁻² ανά χρόνο (Odum 1997). Επίσης, τα αστικά οικοσυστήματα διαφέρουν από τα φυσικά και στο μικρόκλιμα (τα αστικά μικροκλίματα είναι θερμότερα και έχουν μεγαλύτερη ατμοσφαιρική κατακρήμνιση), στην υδρολογία έχουν αυξανόμενη απορροή και στο έδαφος έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, οργανικών αποθεμάτων και άφθονο αριθμό γαιοσκωλήκων.

Τα αστικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από ένα σύστημα αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές και στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις δημιουργούν ένα σύμπλεγμα ανθρώπινης κυριαρχίας των τοπίων, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία των τοπικών και παγκόσμιων οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που προσφέρει στους ανθρώπους και στην υπόλοιπη ζωή στη γη. Τα μέρη της αστικής ανάπτυξης

απομόνωσαν και υποβάθμισαν τις συνθήκες της φύσης και απλοποίησαν και ομογενοποίησαν τη σύνθεση των ειδών. Τέλος διατάραξαν την ροή της ενέργειας και του θρεπτικού κύκλου. Οι αστικές περιοχές οικειοποίησαν ένα μεγάλο μερίδιο της φερόμενης χωρητικότητας της γης από άλλες περιοχές σε περιόδους εισροής και άγονων απορροών. Η αλλαγή στις οικολογικές συνθήκες που επιφέρουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στις αστικές περιοχές, εν τέλει επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και την ευεξία. Έτσι λοιπόν η αστική ανάπτυξη επηρεάζει τις χωρικές ετερογένειες του τοπίου π.χ. το πρότυπο παραλλαγής (στην κάλυψη της γης) και στη διάδοση της αναταραχής π.χ. εξαπλώσιμα είδη (Alberti, 2005).

Οι κοινωνιολόγοι αλλά και οι επιστήμονες της φύσης αναγνωρίζουν την ανάγκη να ερευνηθούν οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων και των περιβαλλοντικών διεργασιών στις βιομηχανικές περιοχές και οι περιγραφές των παραδοσιακών προσεγγίσεων που τέθηκαν για να ερευνηθούν οι αλληλεπιδράσεις των προηγούμενων ερευνών για την βιομηχανοποίηση. Η περιβαλλοντική έρευνα έχει την ευθύνη για τη μείωση των ανθρώπινων ευθυνών στις οικολογικές έρευνες στις βιομηχανικές περιοχές σε κάποιες συνολικές μεταβλητές, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού ή η πυκνότητα της ανοικοδόμησης, οι οποίες είναι αναμενόμενο να αλλάξουν με την απόσταση από το αστικό κέντρο (Alberti, 2005).

Η αστική ανάπτυξη αυξάνεται, όμως συνεχίζει να εξαρτάται από την φύση για την επιβίωση της. Οι πόλεις εξαρτώνται από τα εσωτερικά αστικά οικοσυστήματα. Αναλύοντας τα οφέλη του περιβάλλοντος τα οποία παράγονται από το οικοσύστημα εντός μίας αστικής περιοχής, παρατηρούμε ότι αυτά τα οφέλη αναφέρονται στα πλεονεκτήματα του πληθυσμού που προέρχονται από τα οικοσυστήματα. Έχουν ταυτοποιηθεί 7 διαφορετικά αστικά οικοσυστήματα: πράσινες ζώνες στους δρόμους, πάρκα πρασίνου, αστικά δάση, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, υδροβιότοποι, λίμνες/θάλασσες και χείμαρροι. Αυτά τα συστήματα προσφέρουν ένα μεγάλο εύρος πλεονεκτημάτων/υπηρεσιών. Σε έρευνα στην Στοκχόλμη επισημάνθηκαν 6 τοπικά και άμεσα οφέλη τα οποία είναι καθαρισμός του αέρα, αποστράγγιση των όμβριων υδάτων, επεξεργασία των αστικών λυμάτων και ψυχαγωγική και πολιτιστική ωφελιμότητα. Επισημαίνεται επίσης ότι τα οφέλη των τοπικών οικοσυστημάτων έχουν αξιόλογο αντίκτυπο στην ποιότητα της αστικής ζωής και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό των χρήσεων της γης (Bolund and Hunhammar, 1999).

Το αστικό πράσινο είναι ένα όφελος του οικοσυστήματος στο αστικό τοπίο το οποίο προσφέρει ένα πλήθος πλεονεκτημάτων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Χρήσιμο θα ήταν να ρίξουμε μια ματιά στην ιστορία και το ρόλο του αστικού πρασίνου. Το υπουργείο housing με το έγγραφο του «Δένδρα στην πόλη και στην κομόπολη» (Ministry of Housing, 1961) έδωσε μεγάλη σημασία στην συνειδητοποίηση του κοινού στην αύξηση των δένδρων στις αστικές περιοχές για να αλλάξει η ομορφιά τους και να εστιάσουν στο τοπίο και στην υγεία των ανθρώπων. Η συνειδητοποίηση αυτή αρχικά έγινε αντιληπτή από τους Βικτωριανούς, οι οποίοι τιθάσευσαν τα οικονομικά οφέλη των αστικών πάρκων και δένδρων στην μείωση των ωρών εργασίας που χάνονται από τις ασθένειες (Greehalgh and Worpole, 1995). Ενδιαφέρον είχε η χρήση πράσινων περιοχών στις πόλεις και γύρω από αυτές για τα οφέλη στην υγεία. Πηγαίνοντας στα αρχαία χρόνια διαπιστώνεται ότι τα ‘ανοιχτά’ μέρη χρησιμοποιούνταν για την αποτροπή της εξάπλωσης διαφόρων επιδημιών (Ministry of Housing, 1962).

Μέσα στην προηγούμενη περίοδο υπήρξαν πολλά άρθρα για την ανάγκη της αύξησης του αστικού πρασίνου στο αστικό περιβάλλον (Countryside Commision, 1987; DoE, 1990). Από τότε που τα τοπικά δάση δημιουργήθηκαν κοντά σε μεγάλες αστικές εκτάσεις, όπου η έμφαση δόθηκε στην ψυχαγωγία και στην ξεγνοιασιά. Επίσης η ανάπτυξη της ‘Τοπικής θεματολογίας 21’ αναγνώρισε την σημαντικότητα των αστικών δένδρων στην καλύτερευση της υγείας των κατοίκων και την ανάγκη των τοπικών αρχών να σχεδιάσουν μακροπρόθεσμες στρατηγικές για τη διαχείριση του αστικού πρασίνου (DoE, 1994). Στην Αγγλία το 10% περίπου της έκτασης της, είναι για αστική χρήση (DoE, 1994) εντός της οποίας υπάρχουν πολλά πάρκα, κήποι (ιδιωτικοί και δημόσιοι) και ανοιχτά μέρη. Ωστόσο, κάποια από αυτά τα μέρη είναι εγκαταλελειμμένα και κακοδιαχειρισμένα. Η ανάγκη της ανάπτυξης τους αναγνωρίζεται από το κράτος μέσω των επιχορηγήσεων που τους παρέχει (DoE, 1995b). Σήμερα υπάρχει η άποψη ότι η χρήση γης για αστικό πράσινο είναι μικρότερη (Arboricultural Association, 1996). Σήμερα υπάρχουν πολλές στρατηγικές για το αστικό πράσινο που έχουν ξεκινήσει να θέτονται σε εφαρμογή, με πρωταρχικό στόχο να καλυτερεύσουν την ποιότητα της αστικής ζωής.

Η πολυπλοκότητα του αστικού περιβάλλοντος επηρεάζει σημαντικά την εγκατάσταση και την διαχείριση της βλάστησης που φυτεύεται και μεγαλώνει σε αυτό (Federer, 1971). Οι 3 κατηγορίες του αστικού οικοσυστήματος στις οποίες μεγαλώνει και αναπτύσσεται η βλάστηση είναι οι εξής:

A) Περιοχές με επιφάνειες με μεγάλη ικανότητα εξάτμισης όπως πάρκα και φαρδύς δρόμοι στους οποίους υπάρχει πολύ ζέστη κατά την διάρκεια της ημέρας και δροσιά κατά την διάρκεια της νύχτας.

B) Περιοχές ανοιχτές προς τον ουρανό, όμως με έντονο το φαινόμενο της ξήρανσης όπως μεγάλες πλατείες και παρκινγκ αυτοκινήτων. Παρόμοια μικροκλίματα με το α) αλλά με μεγαλύτερη ξηρασία.

Γ) Περιοχές με κτίρια όπως στενοί δρόμοι και αυλές όπου υπάρχει δροσιά κατά την διάρκεια της ημέρας και ζέστη κατά την διάρκεια της νύχτας (Beckett, Freer- Smith and Taylor, 1997).

1.1 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων δηλαδή κάθε είδους ουσιών, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του (Γρηγοροπούλου, 2005). Η ρύπανση του περιβάλλοντος από την συσσώρευση αέριων ρύπων από την βιομηχανία επηρεάζει όλα τα συστατικά της φύσης: φυτά, ζώα, έδαφος (Libnik et al., 2003). Η ατμοσφαιρική ρύπανση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Καταρχήν εξαρτάται από την ένταση και το είδος των δραστηριοτήτων, αλλά επηρεάζεται έντονα από ένα πλήθος άλλων παραγόντων οι οποίοι εκφράζουν τις μετεωρολογικές συνθήκες, το είδος της πηγής ρύπανσης, την τοπογραφία, το είδος του ρύπου. Πιο αναλυτικά οι κυριότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι:

- **Επίδραση του ανέμου:** Ο ρυθμός που ανανεώνεται ο αέρας και κατά συνέπεια απομακρύνονται οι ρύποι και εξαρτάται από την ταχύτητα και την διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων.
- **Επίδραση της τοπογραφίας:** Η γεωμορφολογική διαμόρφωση καθορίζει τις τοπικές συνθήκες κίνησης του αέρα και δημιουργεί προϋποθέσεις αραίωσης ή συμπύκνωσης των ρύπων. Μια περιοχή που περικλείεται από βουνά ή έχει λόφους και ψηλά κτίρια έχει πολλά σημεία στασιμότητας του αέρα άρα και συσσώρευσης των ρύπων.

- **Η φύση του ρύπου:** Η φύση του ρύπου καθορίζει την ικανότητα του να διαχέεται και να διατηρεί τη χημική σταθερότητα του. Γενικά οι ρύποι διαχέονται σε μεγάλες αποστάσεις.

- **Χρονική διακύμανση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης:** Η ρύπανση μιας περιοχής παρουσιάζει ορισμένους κύκλους που αντανακλούν τις μεταβολές στις δραστηριότητες και στο μετεωρολογικό παράγοντα. Διακρίνονται σε:
 - **Ημερήσιος κύκλος:** Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες αστικές και βιομηχανικές και είναι μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της ημέρας σε σχέση με την διάρκεια της νύχτας και μάλιστα παρουσιάζουν συνήθως δύο αιχμές μία το πρωί και μία το απόγευμα. Ανάλογη διακύμανση παρουσιάζει η ατμοσφαιρική ρύπανση με εντονότερη ίσως πρωινή αιχμή λόγω αναλόγων, μετεωρολογικών συνθηκών π.χ. πρωινή θερμοκρασιακή αναστροφή.
 - **Εβδομαδιαίος κύκλος:** Η μείωση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κατά την διάρκεια του Σαββατοκύριακου επιφέρει μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
 - **Εποχιακός κύκλος:** Ο κύκλος αυτός συνδέεται συνήθως με τις επαναλαμβανόμενες μετεωρολογικές αλλαγές κατά την διάρκεια του έτους αφ' ενός και απ την τυχόν εποχιακή αύξηση ή μείωση των δραστηριοτήτων αφ' ετέρου (Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ).

Οι αέριοι ρύποι αποτελούν έναν από τους πιο γρήγορα αναπτυσσόμενους τύπους περιβαλλοντικής ρύπανσης (Wang et al., 2005). Ορίζοντας λοιπόν την έννοια των αέριων ρύπων, *αέριοι ρύποι νοούνται αέρια, αιωρούμενα υγρά (σταγονίδια, droplets) και αιωρούμενα σωματίδια (particles, PM)* (Γρηγοροπούλου, 2005). Η πτώση κατακρήμνισης ή πτώση συγκέντρωσης των αέριων σωματιδίων είναι ένας σημαντικός παράγοντας αν αναλογιστούμε την μοίρα και τις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Davis et al., 2001). Αυτό το ζήτημα περιλαμβάνει βαρέα

μέταλλα και άλλα στοιχεία τα οποία μπορούν έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (πχ καρκίνος, καρδιαγγειακές παθήσεις) αλλά και το περιβάλλον (Harrison and Yin, 2000; Qin and Oduyemi, 2003). Η ρύπανση από τα μικροσωματίδια ήταν πάντα ένα θέμα με μεγάλη σημασία λόγω των δυσμενών επιδράσεων που έχει στον πληθυσμό των ανθρώπων και των φυτών. Στο πιο πρόσφατο περιβαλλοντικό σενάριο, το πρόβλημα έχει αυξηθεί αρκετά (Kulshreshtha et al., 2009).

Παρόλο που η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν μπορεί να θεωρηθεί αποκλειστικό προνόμιο της σύγχρονης εποχής, μια σειρά από μεγάλα επεισόδια τις τελευταίες δεκαετίες μας υπενθύμισαν το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη ελέγχου της ποιότητας του αέρα που αναπνέουμε. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η πόλη Donora των Ηνωμένων Πολιτειών όπου κατά την διάρκεια ενός τετραήμερου επεισοδίου ρύπανσης σημειώθηκαν 20 θάνατοι και 6,000 ασθένειες οι οποίες συνδέθηκαν με την αέρια ρύπανση. Για να εκτιμηθεί σωστά το μέγεθος του προβλήματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι ο πληθυσμός της πόλης ήταν μόλις 14,000 κάτοικοι. Το μεγαλύτερο, όμως, επεισόδιο συνέβη στο Λονδίνο το 1952 όταν μια εβδομάδα υψηλών επιπέδων ρύπανσης είχε σαν αποτέλεσμα να συμβούν 4,000 «πλεονάζοντες» θάνατοι (σύγκριση των ρυθμών θανάτου πριν και μετά το επεισόδιο) οι οποίοι αποδόθηκαν στην ρύπανση (Μελάς, 1997). Όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα ρύπανσης έχει επικρατήσει στην καθομιλουμένη να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος». Αντίστοιχα στην Αγγλική γλώσσα μιλάμε για SMOG (*αιθαλομίχλη*). Η λέξη είναι σύνθετη και προέρχεται από τις λέξεις Smoke (αιθάλη) και fog (ομίχλη). Η βιομηχανική αιθαλομίχλη προκαλείται σχεδόν αποκλειστικά από την κατανάλωση καυσίμων υλών, ειδικά κάρβουνου, σε στάσιμες πηγές όπως είναι οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας και τα χυτήρια. Τα βασικά συστατικά της *βιομηχανικής αιθαλομίχλης* είναι τα οξείδια του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια. Συνδυάζεται συνήθως με υψηλή σχετική υγρασία και συχνά ονομάζεται και *Νέφος Αιθαλομίχλης*. Αντίθετα, η ατμοσφαιρική ρύπανση σε πολλές πόλεις προκαλείται από εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων τα οποία με την παρουσία του ηλιακού φωτός αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας την *φωτοχημική αιθαλομίχλη*. Αν και υπάρχει συμβολή από στάσιμες πηγές, η φωτοχημική αιθαλομίχλη συνδέεται κυρίως με εκπομπές από τροχοφόρα (Μελάς 1997).

1.1.1 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ

Οι αέριοι ρύποι απατώνται σε πολλούς τύπους και μορφές. Δύο είναι οι κύριες κατηγορίες που μπορούμε να τους εντάξουμε: α) *βάση της φύσης τους* και β) *βάση της δράσης τους*. Βάση της φύσης τους λοιπόν είναι:

- Οξиноί τύποι: **SO₂, NO_x, NH₃**
- Ενώσεις πρόδρομες του όζοντος: **NO_x, CH₄, CO, Non- Methane- Volatile Organic Compounds.**
- Πρωτογενή σωματίδια (**Primary Particles, PM₁₀, PM_{2.5}**)
- Ενώσεις πρόδρομες δευτερογενών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα: ανόργανες: **SO₂, NO_x, NH₃** και οργανικές **NMVOC**
- Τοξικοί τύποι: **Persistent Organic Pollutants, Heavy Metals.**
- Βάση της δράσης τους είναι:
- Δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία: όζον, σωματίδια, μόλυβδος, βενζόλιο και **SO₂, NO_x, CO.**
- Οξίνιση και ευτροφισμός νερών, εδαφών, οικοσυστημάτων: όζον, **SO₂, NO_x, NH₃**
- Βλάβες στην βλάστηση και στους καρπούς: ground and level ozone.
- Βλάβες σε υλικά και πολιτιστική κληρονομιά: όζον και όξινη βροχή
- Βλάβες στην υγεία από τοξικά: HMs, POPs (Γρηγοροπούλου, 2005).

Η Αμερικανική 'Environment Protection Agency' έχει κάνει διαχωρισμό για τους κυριότερους ρύπους και έχει χαρακτηρίσει 6 από αυτούς ως '*ρύπους κριτήρια*' λόγω της σημασίας τους στον σχηματισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τρόπο συνδυαστικό και στην στοιχειοθέτηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ως προβλήματος στο κάθε φορά χωρικό επίπεδο αναφοράς. Οι ρύποι 'κριτήρια' είναι:

- 1) **Αιωρούμενα σωματίδια (PM)**
- 2) **Διοξείδιο του θείου (SO₂)**

3) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

4) Υδρογονάνθρακες (HC)

5) Οξείδια του αζώτου (NO_x)

6) Μόλυβδος (Pb)

Βάση των καταγεγραμμένων ρύπων οι οποίοι εκλύονται στην ατμόσφαιρα της Αθήνας σύμφωνα πλέον με την επίσημη πηγή αναφοράς ή οποίοι είναι η ετήσια έκθεση της ΕΑΡΘ σωστό θα ήταν να καταγράψουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των ρύπων 'κριτήρια'.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM): Όσο αφορά τα μικροσωματίδια έχουμε α) τα πρωτογενή και β) τα δευτερογενή. Τα πρωτογενή είναι αυτά που εκπέμπονται απευθείας από την πηγή και τα δευτερογενή είναι αυτά που προέρχονται από την αλληλεπίδραση άλλων συστατικών για παράδειγμα νιτρικός σχηματισμός από την φώτο-οξείδωση των NO_x ή της συμπύκνωσης και της συσσωμάτωσης ιόντων τερπένης από την 'αντίδραση' των δένδρων (Street et al., 1996). Επίσης τα αέρια μικροσωματίδια μπορεί να είναι καύσιμα προϊόντα ή βίο-μολυντές ή υγροποιημένα αέρια (Siskos et al., 2006). Ο Cadle (1966) ανέφερε την ποικιλία των διαδικασιών μέσω των οποίων τα μικροσωματίδια είναι σχηματισμένα στην ατμόσφαιρα, κατατάσσοντας τες σε 5 κύριους μηχανισμούς: α) δημιουργία αερολύματος από την συμπύκνωση και την εξάχνωση του ατμού, β) παραγωγή καπνού, γ) χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα συμπεριλαμβανοντας και τα ίχνη γκαζιού, δ) μηχανική ανατάραξη της επιφάνειας της γης, σχηματιζόμενης σκόνης από μάζες εδάφους και κρυσταλλικών αλάτων πάνω από τους ωκεανούς και ε) σύμπηξη μικρών σωματιδίων σε μεγαλύτερα. Κάποιες από τις πιο σημαντικές ιδιότητες των μικροσωματιδίων είναι η κατανομή μάζας και μεγέθους μάζας, ο αριθμός κατανομής, η επιφάνεια περιοχής, το σχήμα κ.ά. Κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά παίζουν σημαντικό ρόλο στον επηρεασμό της δυναμικής των μικροσωματιδίων και κατά συνέπεια στην συμπεριφορά και στην μοίρα τους αλλά όσον αφορά στον άνθρωπο και στην ανθρώπινη αναπνευστική οδό. Βάση της αεροδυναμικής τους διαμέτρου τα αέρια μικροσωματίδια χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα ($d > 2.5 \mu\text{m}$) και λεπτόκοκκα ($d < 2.5 \mu\text{m}$) (Finlayson and Pittis, 2000; Golbeck, 1995). Κάποια μικροσωματίδια μπορούν να δράσουν ως μεταφορείς απορροφόμενων χημικών ή αερίων τα οποία μπορούν να γίνουν η 'σκανδάλη' όσο αφορά τις επιδράσεις τους στην υγεία του

ανθρώπου (Finlayson and Pittis, 2000; Golbeck, 1995). Η Ευρωπαϊκή Ένωση πρόσφατα έθεσε όρια για τις συγκεντρώσεις Pb σε PM_{10} μικροσωματίδια (EU Directive 1999/30/EC). Παρακάτω αναφέρονται εκτενέστερα τα όρια υγιεινής και ασφάλειας των αέριων ρύπων.

Μόλυβδος (Pb): Ο μόλυβδος αιωρείται στην ατμόσφαιρα με την μορφή λεπτών σωματιδίων, προέρχεται από την καύση βενζίνης στους κινητήρες αυτοκινήτων και από την βιομηχανία, όπου γίνεται η παραγωγή ή χρησιμοποιείται στην παραγωγή κραμάτων, χρωμάτων, συσσωρευτών, ειδών αγγειοπλαστικής κ.α. Ο μόλυβδος είναι ένα συσσωρευτικό δηλητήριο και υπολογίζεται ότι περίπου το 3% κατά βάρος των αιωρούμενων σωματιδίων στις μεγάλες πόλεις αποτελείται από άλατα μολύβδου (Nathanson, 2000).

Διοξείδιο του θείου (SO_2): Είναι ένα αέριο άχρωμο, με οξεία ερεθιστική οσμή και οξειδώνεται με φωτοχημική ή καταλυτική διαδικασία σε τριοξείδιο του θείου. Απορροφώντας την ατμοσφαιρική υγρασία σχηματίζοντας θειικό οξύ το οποίο είτε πέπτει στο έδαφος με την βροχή είτε προσροφάτε στα αιωρούμενα σωματίδια του αέρα σχηματίζοντας θειικά άλατα σε μορφή σωματιδίων. Η κυριότερη πηγή είναι τα καύσιμα αλλά εκπέμπονται και από τα ενεργοπαραγωγά εργοστάσια, αλλά και από διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες που απαιτούν καύσεις. Έτσι οι ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης για το SO_2 μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως με κριτήριο το είδος της δραστηριότητας: α) βιομηχανικές δραστηριότητες, β) εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γ) κεντρική θέρμανση, δ) μεταφορές (Αμπελιώτης, 2005).

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Είναι προϊόν των ατελών καύσεων οργανικών ουσιών, όταν είναι ανεπαρκής η τροφοδοσία σε οξυγόνο. Περιέχεται κυρίως στα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Επίσης παράγεται από μερικές βιομηχανικές δραστηριότητες. Η επικινδυνότητα του οφείλεται τόσο στην συγκέντρωση του όσο και στην διάρκεια παραμονής του στην ατμόσφαιρα. Η διάρκεια ζωής του είναι από ένα μήνα έως πολλούς μήνες όπου μετατρέπεται σε CO_2 . Λόγω της μικρής ταχύτητας διάχυσης, δημιουργεί προβλήματα κυρίως στην περιοχή στην οποία εκπέμπεται. Στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις CO_2 σχετίζονται με την κυκλοφορία και τις καιρικές συνθήκες. Είναι εξαιρετικά τοξικό (Chiras and Reganold, 2005).

Υδρογονάνθρακες (HC): Η κατηγορία περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ενώσεων που αποτελούνται από υδρογόνο και άνθρακα. Στην ατμόσφαιρα μιας πόλης υπάρχουν οι ελαφροί και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Οι ελαφροί υδρογονάνθρακες προέρχονται από την μεταφορά και την αποθήκευση υγρών καυσίμων από την διαρροή φυσικού αερίου από συστήματα διανομής, της δραστηριότητας που χρησιμοποιούν οι οργανικοί διαλύτες, τις βιομηχανίες πλαστικών, οι υδρογονάνθρακες σχηματίζονται από την ατελή καύση των υγρών καυσίμων, εκπέμπονται από τις εξατμίσεις των οχημάτων, απορροφώνται από τα αιωρούμενα σωματίδια και περιέχουν καρκινογόνες ουσίες (Αμπελιώτης, 2005). Οι ρύποι αυτοί έχουν μεγάλη σημασία, γιατί παίρνουν μέρος στις φωτοχημικές διαδικασίες της ατμόσφαιρας στο σχηματισμό υπεροξειδίων, αλδευδών κ.ά. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το βενζόλιο που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οξειδία αζώτου (NO_x): Περιλαμβάνουν το μονοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο και θεωρούνται από τα σπουδαιότερα στην ρύπανση. Το άζωτο αποτελεί το 79% του όγκου του αέρα που εισπνέουμε, ενώ σχηματίζει διάφορα οξειδία του αζώτου, κατά την καύση σε μηχανές εσωτερικής καύσης και σε κλιβάνους που καίγονται ορυκτά. Το 60% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου λαμβάνουν χώρα σε αστικές περιοχές. Παράγονται από οχήματα από τις καύσεις στην βιομηχανία. Τα οξειδία του αζώτου παίζουν ρόλο στην δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης. Επίσης θεωρείται ότι έχουν δευτερεύοντα ρόλο μετά τις ενώσεις θείου όσο αφορά στην συμβολή τους στην δημιουργία όξινης βροχής (Αμπελιώτης, 2005; Γεντεκάκης, 2003).

Φωτοχημικοί ρύποι (όζον, PAN): Τα οξειδωτικά χημικά εξετάζονται μαζί επειδή έχουν κοινές ιδιότητες, σχηματίζονται από τις ίδιες φωτοχημικές διαδικασίες ταυτόχρονα ανιχνεύονται με τις ίδιες μεθόδους. Στους ρύπους αυτούς περιλαμβάνονται το όζον, το διοξείδιο του αζώτου, το νιτρικό οξύ, οι αλδεύδες και οι οξειδωτικές ενώσεις.

Μια άλλη μορφή αέριας ρύπανσης είναι η **όξινη βροχή** η οποία αποτελεί ένα σοβαρό κίνδυνο για το περιβάλλον εδώ και πολλά χρόνια. Το νερό της βροχής είναι φυσικά όξινο λόγω της διάλυσης σε αυτό του διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Έτσι, απουσία αερίων ρύπων, η βροχή θα έπρεπε να έχει μια τιμή pH γύρω στο 5,6. Ωστόσο, από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, τα επίπεδα

του pH της βροχής έχουν σημειώσει σημαντική πτώση (μείωση της τιμής του pH αντιστοιχεί σε αύξηση της οξύτητας του νερού για μεταβολή του pH κατά μία μονάδα σημειώνεται δεκαπλάσια μεταβολή στην οξύτητα).

Υπεύθυνες για την αύξηση της οξύτητας είναι κυρίως οι εκπομπές διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία και τις μεταφορές. Τα εκπεμπόμενα αέρια διαλύονται στην υγρασία της ατμόσφαιρας ή στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, σχηματίζοντας τα αντίστοιχα οξέα (θειικό και νιτρικό οξύ), με αποτέλεσμα να αυξάνουν την οξύτητά τους. Υψηλές συγκεντρώσεις όξινης απόθεσης μπορούν να καταστρέψουν τα χερσαία και τα υδάτινα οικοσυστήματα αλλά και να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στα υλικά. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που συνοδεύουν την όξινη βροχή είναι η υπέρβαση των εθνικών συνόρων. Συχνά, οι χώρες που υφίστανται τις επιπτώσεις της όξινης βροχής δεν είναι εκείνες που παρήγαγαν την αρχική ρύπανση. Χαρακτηριστικά, αναφέρουμε ότι, το 95% των ποσοτήτων του θείου και του αζώτου που ρυπαίνει τα Νορβηγικά οικοσυστήματα προέρχεται από άλλες χώρες, κυρίως από τη Μεγάλη Βρετανία και τη Γερμανία (Μέλας, 1997).

Τα ατμοσφαιρικά αερολύματα γενικότερα παίζουν έναν καθοριστικό ρόλο στο κλίμα της γης μέσω της διασποράς και της απορρόφησης τόσο της ηλιακής όσο και της θερμικής ακτινοβολίας (άμεση συνέπεια), συνεπώς επηρεάζουν την ισορροπία την ακτινοβολίας αλλά και της ενέργειας και συμπεριφέρονται ως ένα σύννεφο νουκλεϊκής συμπύκνωσης (έμμεση συνέπεια), επηρεάζοντας το ανακλώμενο φως του σύννεφου αλλά και την διάρκεια ζωής του, τον βαθμό καθίζησης, και τον υδρολογικό κύκλο (Haywood and Boucher, 2000). Η μεγάλη προσπάθεια που δόθηκε από την επιστημονική κοινότητα εστίασε στην κλιματολογία αλλά και την μορφολογία των αέριων ρύπων και τα οπτικά στοιχεία που δόθηκαν αντικατοπτρίζουν την σημασία που έχουν οι αέριοι ρύποι στον έλεγχο του κλίματος της γης (Solomon, Qin, Manning et al., 2007).

Η μεσόγειος είναι μία περιοχή από τις πιο επηρεασμένες από αερολύματα σε όλο τον κόσμο (Barnaba, Gobbi, 2004). Εξαιτίας της ποικιλίας των περιοχών που περιβάλλουν την μεσογειακή λεκάνη, διαφορετικοί τύποι αερολυμάτων μπορούν να ανιχνευθούν και οι οποίοι έχουν δυναμική χρονική και χωρική κατανομή (Barnaba, Gobbi, 2004; Papadimas et al., 2006). Η σκόνη της ερήμου, από την έρημο Σαχάρα, τα ρυπογόνα αερολύματα που παράγονται από τα αστικά και βιομηχανικά κέντρα της Ηπειρωτικής και Δυτικής Μεσογείου αλλά και τα θαλάσσια αερολύματα που

υπάρχουν εκεί ή είναι μεταφερόμενα από τον Ατλαντικό και τέλος οι καπνοί βιομάζας που παράγονται από τις ετήσιες πυρκαγιές είναι οι κύριοι τύποι αερολυμάτων που υπάρχουν στην λεκάνη της Μεσογείου. Τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών έδειξαν ότι οι ρύποι που εκπέμπονται από την Δυτική Μεσόγειο αλλά και από το Αιγαίο Πέλαγος δεν είναι μία εύκολη υπόθεση εξαιτίας του γεγονότος ότι ένας μεγάλος αριθμός αερολυμάτων και πρόδρομων αερίων (συμπεριλαμβάνοντας οργανικά και μη οργανικά συστατικά) συνείσφερε σε αυτό. Τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών έδειξαν ότι οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη μεταφέρονται προς την Μεσόγειο (Feichter et al., 1996). Σε αντίθεση με αυτή την μακροπρόθεσμη μεταφορά, αυτή η ζώνη επηρεάζεται από την ρύπανση που προκαλούν οι τοπικές μητροπολιτικές περιοχές όπως η Αθήνα. Πιο συγκεκριμένα, στην Αθήνα 3 είναι κυρίως οι τύποι αερολυμάτων που αναμένεται να βρεθούν στην ατμόσφαιρα: α) ρύποι από τις τοπικές βιομηχανίες, τις ανθρώπινες δραστηριότητες ή τις ετήσιες πυρκαγιές των δασών β) θαλάσσια αερολύματα τα οποία δημιουργούνται από την επιφάνεια της θάλασσας μέσω του ανέμου και γ) σκόνη από την έρημο της Βόρειας Αφρικής. Εξαιτίας της διαφορετικής προέλευσης των ρύπων, αυτοί οι τύποι αερολυμάτων γενικά δείχνουν αξιόλογη διαφορά στα οπτικά και στα φυσιοχημικά τους χαρακτηριστικά (Kaufman et al., 2002).

Πιο συγκεκριμένα σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Αθήνας βρέθηκαν συγκεντρώσεις από ίχνη μετάλλων και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (**PAHs**) που ήταν απορροφημένα στο σύνολο των μικροσωματιδίων (**TSP**) αλλά και λεπτότερα κλάσματα αερίων μικροσωματιδίων (**PM**). Η Αθήνα είναι μία πόλη που χαρακτηρίζεται από υψηλή τοπική κυκλοφορία και είναι πυκνοκατοικημένη. Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο του καλοκαιριού του έτους 2003-2004. Τα πιο κοινά ίχνη μετάλλων στα μικροσωματίδια (**TSP**) και στα (**PM**) ήταν κλάσματα **Fe, Rb, Zn, Cu, Cr, V, Ni**, και **Cd** και οι συγκεντρώσεις τους ήταν παρόμοιες με τα επίπεδα που παρατηρήθηκαν σε αστικές περιοχές με υψηλή μόλυνση από την τοπική κυκλοφορία των οχημάτων και άλλων ανθρωπογενών εκπομπών. Συγκρίνοντας την Αθήνα με άλλες μεγάλες πόλεις, η Αθήνα έχει πολύ πιο υψηλά επίπεδα αερίων ρύπων, ειδικά κλασμάτων **PM₁₀** και **PM_{2.5}** τα οποία σχετίζονται με την ρύπανση από την κίνηση των οχημάτων (Valavanidis et al., 2006).

1.1.2 ΠΗΓΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αερίων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίσθηκαν. Αυτό οφείλεται βεβαίως στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:

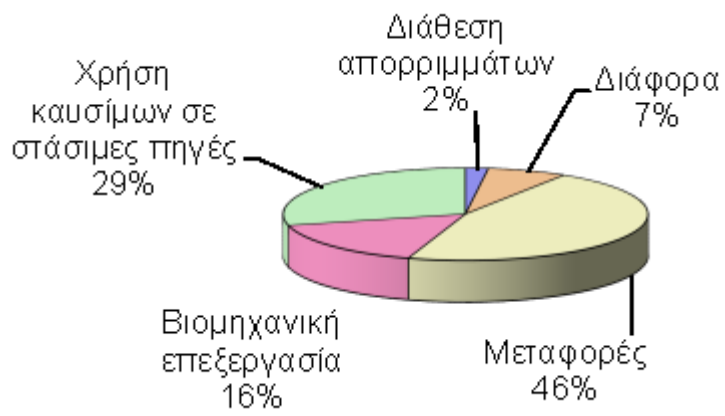
1. **Τα ηφαίστεια** (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο).
2. **Οι πυρκαγιές δασών** (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα).
3. **Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις** (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα).
4. **Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων** (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο).
5. **Η αποσάθρωση του εδάφους** (αιωρούμενα σωματίδια) (**Εικόνα 1, 2**).
6. **Τα φυτά και τα δέντρα** (κυρίως υδρογονάνθρακες).

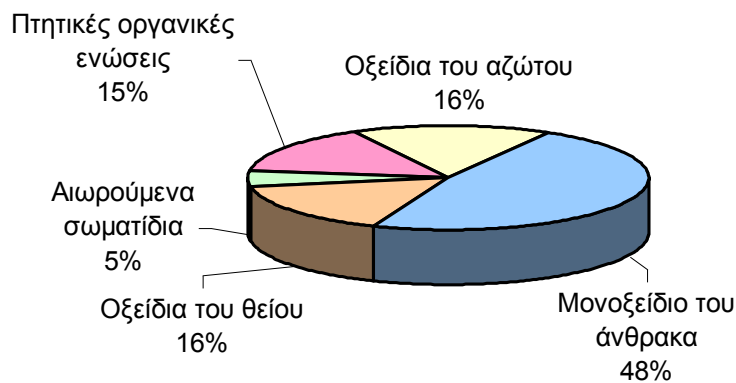
Η ανθρωπογενής ρύπανση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) **Κοινωνική** ονομάζεται η περιβάλλουσα ή εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση την οποία υφίσταται το σύνολο του πληθυσμού.
- 2) **Επαγγελματική** ονομάζεται η ρύπανση του εργασιακού περιβάλλοντος την οποία υφίστανται συγκεκριμένες ομάδες η κατηγορίες εργαζομένων.
- 3) **Προσωπική ρύπανση** (κάπνισμα, διάφορα σπρέι κ.ά.) (Μελλάς, 1997).



Εικόνα 1, 2. Αποσάθρωση του εδάφους από τον αέρα και έκρηξη ηφαιστείου.





Σχήμα 1. Κατανομή των ανθρωπογενών πηγών και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από αυτές στην ατμόσφαιρα.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι:

- **Βιομηχανικές πηγές (καύσεις, επεξεργασία).**
- **Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας.**
- **Μεταφορές.**
- **Κεντρική θέρμανση.**

Από την κατανομή των ανθρωπογενών εκπομπών των πρωτογενών ρύπων ανά κατηγορία πηγής (Σχ. 1) προκύπτει ότι οι μεταφορές και οι βιομηχανικές δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) είναι μαζί υπεύθυνες για ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των εκπομπών πρωτογενών ρύπων (Μέλλας, 1997).

Βάση της έκθεσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΕΑΡΘ) οι ανθρωπογενείς πηγές προέλευσης του κάθε ρύπου για την περιοχή της Αθήνας είναι:

Όζον (O₃): Το όζον σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα αλυσίδας χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων και οξειδίων του αζώτου υπό συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών. Πηγές των ρύπων που συντελούν στην δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, τα εργοστάσια, χωματερές, χημικά διαλυτικά κ.α.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Παράγεται κυρίως από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούν να βρεθούν σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες διαβάσεις, ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂): Η χρήση καυσίμων κυρίως σε αυτοκίνητα αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες ή σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής παράγει διοξείδιο του αζώτου. Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM): Ανθρωπογενείς πηγές: βιομηχανικές δραστηριότητες, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, εξορυκτικές δραστηριότητες, κατασκευαστικές/ οικοδομικές δραστηριότητες, οχήματα, πυρκαγιές, αγροτικές δραστηριότητες, άλλες καύσεις (κεντρικές θερμάνσεις), και ιδιαίτερα στο εσωτερικό περιβάλλον κάπνισμα και μαγείρεμα. Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου, στην φθορά των ελαστικών και στην επαναιώρηση. Μικρότερα σωματίδια δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις αέριων ρύπων. Οι αντιδράσεις αυτές επιταχύνονται παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών.

Διοξείδιο του θείου (SO₂): Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, βιομηχανίες, κεντρικές θερμάνσεις, διυλιστήρια πετρελαίου, χημικές βιομηχανίες, χημικές βιομηχανίες.

Μόλυβδος (Pb), Αρσενικό (As), Κάδμιο (Cd) και Νικέλιο (Ni): Είναι μέταλλα, τα οποία βρίσκονται στην ατμόσφαιρα σε αιωρούμενα σωματίδια είτε υπό στοιχειακή μορφή είτε υπό μορφή ενώσεων. Ανθρωπογενείς πηγές: ο μόλυβδος, εκπέμπεται κυρίως από τις εργασίες παραγωγής του, από την απόρριψη στο περιβάλλον προϊόντων που περιέχουν μόλυβδο και από την καύση των υγρών καυσίμων και ξύλων. Το αρσενικό εκπέμπεται κυρίως υπό την μορφή οξειδίων, από χυτήρια αρσενικού και από την καύση των καυσίμων. Παλαιότερα, η χρήση ζιζανιοκτόνων ήταν μία ακόμα πηγή. Το κάδμιο, εκπέμπεται από τις διαδικασίες παραγωγής μολύβδου, ψευδαργύρου, χαλκού, σιδήρου ή χάλυβα με την μορφή θειούχων ή θειικών αλάτων. Επίσης από την καύση καυσίμων υπό την μορφή οξειδίων ή υπό στοιχειακή μορφή και από την καύση απορριμμάτων υπό την μορφή χλωριούχων αλάτων. Το νικέλιο, εκπέμπεται από την καύση καυσίμων, από μεταλλουργικές

εργασίες παραγωγής νικελίου ή χάλυβα. Το νικέλιο από τις διεργασίες αυτές εκπέμπεται ως θειικό άλας ή υπό την μορφή οξειδίων. Χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία ως καταλύτης.

Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ): Είναι οργανικές χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο. Αποτελούνται από τρεις ή και περισσότερους συμπυκνωμένους βενζολικούς δακτυλίους και βρίσκονται κυρίως υπό την μορφή ατμών ή σωματιδίων. Η χαρακτηριστικότερη ένωση της κατηγορίας είναι το βενζοπυρένιο. Στις ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνονται η βιομηχανία, η θέρμανση στις οικίες όταν χρησιμοποιούνται ξύλα και κάρβουνο, και τα οχήματα.

Βενζόλιο (C₆H₆): Το βενζόλιο εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κύρια πηγή είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα, ιδιαίτερα εκείνα στα οποία δεν λειτουργεί σωστά ο καταλύτης, ενώ άλλες πηγές είναι η βιομηχανία, η διακίνηση καυσίμων και η οικιακή θέρμανση.

1.1.3 ΟΡΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Στην Αγγλία έχουν τεθεί κάποια όρια (AQS) όσο αφορά την ποιότητα του αέρα ξεκινώντας για τα μικροσωματίδια PM₁₀ από τον οργανισμό Expert Panel On Air Quality Standarts (EPAQS) με όριο τα 50 μm⁻³ εννοώντας τη συνεχή 24ωρη εκπομπή τους (DoE 1995a). Στην Αγγλία το όριο που δέχονται είναι αυτό που έχουν ως το χαμηλότερο όριο PM₁₀ κάτω από το οποίο θα μειωθούν οι επιδράσεις στην υγεία στην πλειονότητα του πληθυσμού. Ο οργανισμός αυτός επίσης πρότεινε ότι η στρατηγική του κράτους θα πρέπει να εστιάσει στην προσπάθεια να μούνε όρια στην αριθμό των ξεπερασμένων ορίων των ημερήσιων μετρήσεων και τον ετήσιο μέσο όρο συγκέντρωσης PM₁₀. Η ισχύς τέτοιων διατάξεων όπως είναι ο μέσος ημερήσιος παραμένει ένα αναπάντητο θέμα. Στα πορίσματα ενός Καναδικού άρθρου (Vedal, 1995) βρέθηκε ότι τα αντικείμενα της ποιότητας του αέρα τα οποία θέτονται σε απόλυτες καθημερινές μετρήσεις PM₁₀ μπορούν να μην υποστούν δυσμενείς επιδράσεις όσο αφορά στην υγεία των ανθρώπων. Αυτό συμβαίνει επειδή οι οξύς, μικρού μήκους αυξήσεις στα PM₁₀ μπορεί να είναι πιο επιβλαβείς για την υγεία σε σχέση με την παρατεταμένη περίοδο σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων. Αυτό αφορά

το αστικό περιβάλλον όπου πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων μπορούν να φτάσουν σε υψηλά επίπεδα τοπικά σε περιοχές και όχι για μόνιμο χρονική διάρκεια αλλά και χωρικά (Crox-Ford et al., 1996).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε όρια στην ποιότητα του αέρα όσο αφορά το Pb σε PM_{10} μικροσωματίδια και ενθάρρυνε τα μέλη της να παρέχουν δεδομένα σε σχέση με τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ (EU Directive 1999/30/EC). Επίσης η συνέταξε επίσημη οδηγία για τα όρια της ποιότητας του αέρα για τα αέρια μικροσωματίδια. Μέχρι πρόσφατα στις οδηγίες της περιλαμβάνονταν μόνο όρια για Bs (μαύρος καπνός) (Ministry Of Environment, Planning and Public Works, 2003). Η απόφαση του Υπουργείου Περιβάλλοντος έθεσε όρια για την λήψη μέτρων σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων που είχε θέσει το ίδιο το Υπουργείο. Βάση της απόφασης (11824/1993) το πρώτο στάδιο για την προειδοποίηση του πληθυσμού τέθηκε στα 250 mg m^{-3} σε 24ωρη βάση. Η απόφαση αυτή περιελάμβανε επίσης 2 ακόμα στάδια για την λήψη μέτρων στα 300 και 400 mg m^{-3} . Αυτή η απόφαση έληξε στις 1.1.2005 και ο νόμος τώρα περιλαμβάνει μόνο όρια για μικροσωματίδια PM_{10} που παράγονται εξαιτίας της εφαρμογής της οδηγίας 1999/30/EU. Τα όρια για τα μικροσωματίδια PM_{10} διορθώθηκαν στα $40 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ που εκφράστηκε ως μέση ετήσια μάζα συγκέντρωσης και στα $50 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ που εκφράστηκε ως μέση ημερήσια μάζα συγκέντρωσης. Βάση των νομικών οδηγιών/δεσμεύσεων, στην Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εγκαταστάθηκαν δίκτυα καταγραφής στις 2 κύριες πόλεις στην Αθήνα και στην Θεσσαλονίκη. Το δίκτυο καταγραφής της **Αθήνας** περιλαμβάνει **8 σταθμούς** για καταγραφή PM_{10} , **3 σταθμούς** για TSP και 3 σταθμούς για BS κυρίως για ιστορικούς λόγους. Στην **Θεσσαλονίκη** υπάρχουν **4 σταθμοί** για PM_{10} και **2** για TSP. Στην περιοχή της Αθήνας, βάση των αποτελεσμάτων για το έτος 2003, τα όρια της ποιότητας του αέρα για τα μικροσωματίδια PM_{10} εννοώντας τις ετήσιες συγκεντρώσεις μαζών υπέρβηκαν των ορίων σε 3 από τους 8 σταθμούς με τιμές συνόλου από $50 \mu\text{g m}^{-3}$ στα $59 \mu\text{g m}^{-3}$ αποδεικνύοντας ότι τα PM_{10} μικροσωματίδια αποτελούν μια σημαντική παράμετρο ρύπανσης για την Αθήνα (Siskos et al., 2006). Όσο αφορά τα μικροσωματίδια $PM_{2.5}$ και τα επίπεδα των μαζών των συγκεντρώσεων τους για την περίοδο 1999-2000, βρέθηκε ότι η μέση ετήσια τιμή τους υπέρβηκε το όριο των $15 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ που έθεσε η USEPA.

Σε μία άλλη έρευνα μελετήθηκε η παρουσία μικροσωματιδίων PM στο εσωτερικό αλλά και στο εξωτερικό μικρο-περιβάλλον του κέντρου της Αθήνας.

Ταυτόχρονες μετρήσεις εσωτερικά και εξωτερικά των σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2.5} διεξήχθησαν μέσω της χρήσης βαρυμετρικού και συνεχούς δείγματος κατά την διάρκεια της περιόδου Οκτώβριος-Νοέμβριος 2006. Βρέθηκε ότι η ημερήσια συγκέντρωση εξωτερικών PM₁₀ ξεπέρασε το 24ωρο όριο της τιμής της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά 84% κατά των ημερών που έγιναν οι μετρήσεις, ενώ αντίστοιχες συγκεντρώσεις PM_{2.5} ξεπέρασαν το 24ωρο όριο κατά 69%. Οι συγκεντρώσεις των PM₁₀ και PM_{2.5} έδειξαν αύξηση της βραχυπρόθεσμης μεταβλητότητας με το υψηλότερο σημείο συγκέντρωσης να είναι την κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και κατά τις ώρες αιχμής του απογεύματος και της νύχτας. Τα όρια των εσωτερικών συγκεντρώσεων φαίνεται να είναι επηρεασμένα από κυρίως από τον λόγο εσωτερικών προς εξωτερικών συγκεντρώσεων ο οποίος ήταν μεγαλύτερος της μονάδας καθ' όλη την διάρκεια των ημερών όπου οι εσωτερικές και εξωτερικές συγκεντρώσεις είχαν υψηλή συσχέτιση (Diariouli et al., 2008). Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένες συγκεντρώσεις στο κέντρο της Αθήνας, ακόμα και στα εσωτερικά μικροκλίματα χωρίς συγκεκριμένες εσωτερικές πηγές και δώσανε έμφαση στην ανάγκη για πιο λεπτομερέστερη έρευνα για την έκθεση του πληθυσμού της Αθήνας σε ρύπους όσον αφορά στην προστασία της υγείας του πληθυσμού (Diariouli et al., 2008).

Τα κύρια συμπεράσματα όλων των ερευνών στην ατμόσφαιρα της Αθήνας είναι:

- 1) Τα ανθρακώδη μέρη των αερολυμάτων περιλαμβάνουν κατά προσέγγιση το 50% της συνολικής μάζας των αερολυμάτων
- 2) Τα κύρια είδη των ιόντων στο κομμάτι των μη- οργανικών αερολυμάτων είναι τα αμμωνιακά σουλφίδια.
- 3) Υπάρχει μία εμφανής μείωση στις συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων κατά την διάρκεια των τελευταίων 20 χρόνων.
- 4) Στις μέρες μας, η επαναιωρούμενη σκόνη του δρόμου σε συνδυασμό με την κίνηση των οχημάτων, είναι μία σημαντική πηγή μετάλλων στην ατμόσφαιρα της Αθήνας.
- 5) Υπάρχει έλλειψη δεδομένων για το μέγεθος της κατανομής των μη- οργανικών συστατικών των αερολυμάτων (Siskos et al., 2006).

Στην χώρα μας όμως ισχύουν νομοθετημένα όρια για τους ρύπους διοξειδίου του θείου, καπνό, αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του αζώτου, μόλυβδο, όζον, μονοξείδιο του άνθρακα, βενζόλιο σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχει καθιερώσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και των οικοσυστημάτων. Μια σειρά οδηγιών έχουν εκδοθεί για τα όρια λήψης έκτακτων μέτρων. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

- **Οδηγία 1996/62/ΕΚ** για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- **Οδηγία 1999/30/ΕΚ** για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την (ΠΥΣ 34/30-5-2002, ΦΕΚ, 125/Α/5-6-2002).
- **Οδηγία 2000/69/ΕΚ** για τις οριακές τιμές του βενζολίου και του μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την (ΚΥΑ 9238/331, ΦΕΚ 405/Β/27-2-2005).
- **Οδηγία 2002/3/ΕΚ** σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την (ΚΥΑ 386338/2016, ΦΕΚ 1334/Β/21-9-2005).
- **Οδηγία 2004/107/ΕΚ** σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα.
- **Με την ΚΥΑ 11824/1993** θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται 'όρια έκτακτων μέτρων' για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών, αναμένεται αύξηση των τιμών της ρύπανσης. Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια έκτακτων μέτρων και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για τις συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τους επόμενες ή την επόμενη μέρα.
- **Για το μονοξείδιο του άνθρακα**, σύμφωνα με την οδηγία 2000/69/ΕΚ (Ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 9238/332/2004) δεν

προβλέπεται όριο συναγερμού. Με το άρθρο 13 της ΚΥΑ 9238/332/2004, οι διατάξεις ΚΥΑ 11824/1933 για την λήψη έκτακτων μέτρων που αναφέρονται στο CO καταργούνται.

- **Για τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10)** δεν προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία τόσο την ευρωπαϊκή όσο και την Ελληνική όριο συναγερμού. Τα επικαιροποιημένα όρια λήψης έκτακτων μέτρων που ισχύουν σήμερα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 1.**) (Εκθεση Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ-ΕΑΡΘ, 2006).

Βάση της αξιολόγησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Αθήνας για το έτος 2005 από το υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας Και Δημοσίων Έργων έχουμε τα εξής στοιχεία για τις υπερβάσεις των ορίων:

Από τις συγκρίσεις των συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων με τα ισχύοντα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας και τις οριακές ενδεικτικές τιμές που καθορίζονται στις Κοινοτικές Οδηγίες, προκύπτουν υπερβάσεις σε ορισμένους ρύπους. Αυτές οι υπερβάσεις καταγράφονται ως εξής:

- **Αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ10:** Τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν υπερβάσεις των ορίων της νέας οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην πλειονότητα των σημείων μέτρησης. Είναι από τους ρύπους για τους οποίους τέθηκαν πρόσφατα όρια σε επίπεδο Ε.Ε. και αποτελούν πρόβλημα για τα περισσότερα κράτη μέλη.
- **Διοξείδιο του θείου (SO₂):** Ο ρύπος αυτός παλαιότερα αποτελούσε πρόβλημα, έχει καταπολεμηθεί και δεν ξεπερνά τα όρια σε καμία θέση μέτρησης.
- **Διοξείδιο του αζώτου (NO₂):** Το διοξείδιο του αζώτου παρουσιάζει υπερβάσεις της ενδεικτικής μέσης ετήσιας τιμής και αν δεν μειωθούν οι τιμές τότε θα υπάρξει υπέρβαση και των ορίων που ισχύουν από 1-1-2010.
- **Όζον (O₃):** Για τον ρύπο αυτό το 2005 σημειώθηκε υπέρβαση για ένα μόνο οκτάωρο και σε ένα μόνο σταθμό μέτρησης του κέντρου της πόλης με έντονη κυκλοφορία.

- **Μόλυβδος (Pb):** Ο μόλυβδος βρίσκεται σε πολύ σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν αποτελεί πρόβλημα.
- **Βενζόλιο:** Για τον ρύπο αυτό δεν σημειώθηκε υπέρβαση της ενδεικτικής τιμής για το 2005. Αν δεν μειωθούν οι τιμές τότε θα υπάρξει υπέρβαση των ορίων που ισχύουν από 1-1-2010 βάση νέας οδηγίας.

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΌΡΙΟ
Διοξείδιο αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού 400 μg m⁻³ υπέρβαση της τιμής για 3 συνεχόμενες ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού 500μg m⁻³ υπέρβαση της τιμής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Όριο συναγερμού 240μg m⁻³ υπέρβαση της τιμής για 3 συνεχόμενες ώρες
Καπνός	24 ώρες	Στάδιο προειδοποίησης 240μg m⁻³ Α βαθμίδα μέτρων: 300μg/m ³ Β βαθμίδα μέτρων: 400μg m⁻³

Πίνακας 1. ΕΑΡΘ- Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2006

1.1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

1.1.4.α) ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης (αέριας) στην υγεία του ανθρώπου έχουν απασχολήσει το κοινό στα χρόνια μας και αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη και στην πρόταση πολλών μέτρων μείωσης της. (DoE, 1996b). Διάφοροι τύποι ασθενειών αναφέρεται ότι επιδεινώθηκαν από την ρύπανση η οποία είναι αυτή που προσβάλλει το καρδιαγγειακό και αναπνευστικό σύστημα. Όμως τα λιγότερο εμφανή αποτελέσματα από την εισπνοή μεγάλων συγκεντρώσεων σωματιδίων αποκαλύφθηκαν, όπως στην περίπτωση έκθεσης μικρών παιδιών σε υψηλές συγκεντρώσεις PM₁₀ στην Πολωνία, το αποτέλεσμα ήταν να μειωθεί το μέγεθος του κεφαλιού και του σώματος τους (Edwards, 1996). Ο Pope et al., (1995) παρατήρησε ένα μεγάλο σύνολο από πρόσφατες έρευνες που έδειχναν την σχέση μεταξύ αέριας ρύπανσης και επιδράσεων στην υγεία και κατέληξε στο ότι υπάρχει μία μεγάλη συμφωνία των στοιχείων που υποστηρίζουν μία άμεση σχέση επίδρασης. Οι μηχανισμοί στους οποίους υπόκεινται αυτή η σχέση είναι, ωστόσο, όχι και τόσο ξεκάθαρη, όπως βρέθηκε από τον Holgate (1996), ο οποίος τόνισε ότι ενώ δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία τα οποία να προτείνουν ότι τα μικροσωματίδια προκαλούν νέες περιπτώσεις άσθματος, όμως τα υψηλά ποσοστά τους αυξάνουν την νοσηρότητα και τον θάνατο (Pope et al., 2002). Αυτή η παρατήρηση έγινε αποδεκτή, το τμήμα υγείας (DoH, 1995) που υποστήριξε ότι τα πρόσφατα επίπεδα των μικροσωματιδίων στην Βρετανία δεν προκάλεσαν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το λεπτότερο κλάσμα του μεγέθους των μικροσωματιδίων είναι αυτό που επιδεινώνει μία ασθένεια. Αυτό το κλάσμα είναι ικανό να εισπνευστεί βαθύτερα στους πνεύμονες, προκαλώντας φατνιακή φλεγμονή (DoH, 1995b). Η χρήση μικροσωματιδίων PM_{2.5} σε αντίθεση, ή αντί για την χρήση μικροσωματιδίων PM₁₀, έχει προταθεί από το QUARG (1996) και τον Vedal (1995) ως περισσότερο κατάλληλα μικροσωματίδια όσον αφορά τις επιπτώσεις στην υγεία.

Συνεπώς μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες επιπτώσεων στην υγεία. Η μία αφορά οξείες και η άλλη χρόνιες επιδράσεις. Όταν μιλάμε για οξείες επιδράσεις εννοούμε απλά τις άμεσες, αυτές που εμφανίζονται σύντομα μετά από τη σχετική

έκθεση. Για οξείες επιδράσεις μιλάμε όταν μετά από ένα επεισόδιο ρύπανσης, την ίδια ή την επόμενη μέρα παρατηρούνται αυξημένες εισαγωγές εκτάκτων περιστατικών με καρδιοαναπνευστικά προβλήματα στα νοσοκομεία. Οι οξείες επιδράσεις σχετίζονται κυρίως με αναπνευστικά προβλήματα, όπως η αναπνευστική ανεπάρκεια, το άσθμα, η χρόνια βρογχίτιδα, αλλά τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι αφορούν και καρδιακά ή κυκλοφορικά νοσήματα. Τα σχετικά συμπτώματα εμφανίζονται με ένα εύρος σοβαρότητας και συνήθως σε άτομα με ήδη βεβαρημένο ιστορικό. Τα άτομα που εισάγονται στα έκτακτα περιστατικά μετά από επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης τείνουν δηλαδή να είναι αυτά με ήδη βεβαρημένη υγεία, όπως με άσθμα, βρογχίτιδα κ.ο.κ. Πέρα όμως από την επιδείνωση των συμπτωμάτων των ήδη βεβαρημένων στην υγεία τους, που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, υπάρχει ένα ερώτημα. Προκαλεί η ρύπανση του αέρα τέτοιου είδους νοσήματα σε υγιή άτομα; Τα άτομα τα οποία κατοικούν σε μια ρυπασμένη περιοχή και είναι υγιή, έχουν αυξημένο κίνδυνο να αναπτύξουν μακροχρόνια άσθμα, αναπνευστική ανεπάρκεια ή κυκλοφορικά προβλήματα λόγω της έκθεσης τους στη ρύπανση του αέρα; Αυτό το ερώτημα οδηγεί στο δεύτερο είδος επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης, αυτό που ονομάζουμε χρόνιες επιπτώσεις. Για προφανείς λόγους οι χρόνιες επιπτώσεις είναι πολύ πιο δύσκολο να μελετηθούν από ότι οι οξείες. Πάντως οι ενδείξεις από μακροχρόνιες ερευνητικές μελέτες φανερώνουν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση πράγματι έχει τέτοιου είδους χρόνιες επιπτώσεις, που αφορούν φαινόμενα όμοια με εκείνα που βλέπουμε ως οξείες επιπτώσεις, όπως την αναπνευστική ανεπάρκεια, το άσθμα, τη χρόνια βρογχίτιδα, και τα καρδιακά ή τα κυκλοφορικά νοσήματα. Κατά τα τελευταία χρόνια όμως εμφανίζονται ενδείξεις για πρόσθετα προβλήματα, όπως ο καρκίνος του πνεύμονα. Εδώ και χρόνια υπήρχαν ενδείξεις ότι παρατηρείται μεγαλύτερη συχνότητα καρκίνου του πνεύμονα στα άτομα που κατοικούν στα αστικά κέντρα παρά σ' αυτά που κατοικούν στην ύπαιθρο. Η παρατήρηση αυτή από μόνη της δεν αποδεικνύει ότι γι' αυτό ευθύνεται η ρύπανση του αέρα, αφού οι κάτοικοι των πόλεων γενικά έχουν διαφορετικό τρόπο ζωής απ' ότι οι κάτοικοι της υπαίθρου - διαφορετικό είδος διατροφής, διαφορετική εργασία κλπ. Όμως οι ερευνητικές ενδείξεις που αποδίδουν την ευθύνη στη ρύπανση του αέρα γι' αυτή την αυξημένη καρκινογένεση στον πνεύμονα μεταξύ των κατοίκων των αστικών κέντρων αυξάνονται (Κυρτόπουλος, 1999).

Τελευταία στην ερευνητική βιβλιογραφία εμφανίζονται επίσης εντελώς απροσδόκητα ευρήματα, όπως ενδείξεις ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να

οδηγεί σε ανωμαλίες στην ανάπτυξη του εμβρύου. Δηλαδή αν μια έγκυος γυναίκα εκτεθεί σε ψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια της κύησης μπορεί να έχουμε ως αποτέλεσμα κάποιες αποκλίσεις στην ομαλή ανάπτυξη του εμβρύου, όπως τη γέννηση παιδιών με βάρος ή μέγεθος κάτω του κανονικού. Αν και οι αποκλίσεις αυτές εκ πρώτης όψεως δεν είναι σοβαρές, ίσως έχουν μεγαλύτερη σημασία μακροπρόθεσμα, αφού είναι γνωστό ότι το βάρος ενός νεογνού αποτελεί δείκτη της μελλοντικής εξέλιξης της υγείας του ως ενήλικου ατόμου. Αν και τα σχετικά ευρήματα είναι πολύ πρόσφατα και αποτελούν ακόμα αντικείμενο έρευνας και επιβεβαίωσης, οι υπάρχουσες ενδείξεις συγκλίνουν μάλλον πειστικά. Τέλος, ανάλογες ενδείξεις έχουν επίσης αναφερθεί για επιδράσεις της αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη γονιμότητα, αφού έχει παρατηρηθεί ότι η ποιότητα του σπέρματος σε άτομα τα οποία ζουν σε ρυπασμένες περιοχές είναι μειωμένη κατ' αναλογία με τα επίπεδα της ρύπανσης στην οποία εκτίθενται (Κυρτόπουλος, 1999).

Κατηγοριοποιώντας τις επιδράσεις των αέριων ρύπων βάση τον τύπο κάθε ρύπου τότε προκύπτουν τα εξής:

Διοξείδιο του Θείου (SO₂): Είναι γνωστό ότι, σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις η εισπνοή διοξειδίου του θείου από ζώα και ανθρώπους προκαλεί σπασμούς των λείων μυών των βρογχίων. Σε λίγο υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρείται αυξημένη έκκριση βλέννας στους αεραγωγούς της μύτης, ενώ ακόμη υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν σοβαρούς ερεθισμούς του βλεννογόνου. Αυτές τις ερεθιστικές δράσεις του διοξειδίου του θείου επιδεινώνει ο ψυχρός καιρός. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, που σχετίζονται με το ηλιακό φως, την παρουσία ορισμένων μετάλλων ως καταλυτών και την συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου, το τελευταίο μετατρέπεται σε τριοξείδιο. Το αέριο αυτό είναι πολύ ερεθιστικό στον άνθρωπο. Το μίγμα αυτών των δύο αερίων, δηλαδή του διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου παρουσία υδρατμών σχηματίζει το θειικό οξύ (Συμεωνίδης, 2002).

Όζον (O₃): Το όζον έχει και αυτό ερεθιστική επίδραση στις αναπνευστικές οδούς με τη διαφορά ότι εισέρχεται στα βαθύτερα σημεία των πνευμόνων. Το όζον που βρίσκεται στον αέρα προέρχεται συνήθως από τη δράση των φωτοχημικών αντιδράσεων πάνω στα προϊόντα καύσης. Σε πειράματα που έχουν γίνει σε πειραματόζωα βρέθηκε ότι αν αυξηθούν οι συγκεντρώσεις όζοντος τότε είναι

δυνατόν να έχουμε πνευμονικό οίδημα. Επίσης είναι δυνατό να δημιουργηθούν στους βρόγχους ινώδεις διογκώσεις (Συμεωνίδης, 2002).

Μονοξείδιο άνθρακα(CO): Η δράση του αερίου αυτού είναι γνωστή από πολλά χρόνια και συνδέεται άμεσα με την αιμοσφαιρίνη (αιμογλοβίνη) του αίματος. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι βλαβερό διότι αφήνει λιγότερη αιμοσφαιρίνη που χρησιμεύει στη μεταφορά του οξυγόνου. Όταν μία σημαντική ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος τότε περιορίζεται η δέσμευση του οξυγόνου με αποτέλεσμα το οξυγόνο που εισέρχεται στους ιστούς να είναι λιγότερο. Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει οξύτερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Σε περιπτώσεις όπως της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου εμφανίζεται το "νέφος", οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται σημαντικά με συνέπεια τους συχνούς πονοκεφάλους. Οι περιπτώσεις αυτές γίνονται εντονότερες σε άτομα που έχουν κάποια αναιμία. Οι καπνιστές επίσης παρουσιάζουν αυξημένους πονοκεφάλους. Από τη φύση του το μονοξείδιο του άνθρακα δεν έχει αθροιστικές ιδιότητες, δηλαδή δεν συσσωρεύεται στα ανθρώπινα όργανα. Παρόλα αυτά η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να έχει δηλητηριώδη επίδραση (Συμεωνίδης, 2002).

Φθοριούχα: Οι φθοριούχες ενώσεις είναι μία ομάδα ενώσεων οι οποίες είναι δυνατόν να έχουν κάποια επίδραση στην ανθρώπινη υγεία εκεί όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι αρκετά υψηλές. Οι ενώσεις αυτές διακρίνονται σ' αυτές που είναι σχετικά διαλυτές στα ανθρώπινα υγρά και στις αδιάλυτες. Επίσης σ' αυτές που είναι πολύ ερεθιστικές και διαβρωτικές, όπως το υδροφθόριο και σ' αυτές που είναι αδρανείς. Κύριες πηγές εκπομπής των φθοριούχων ενώσεων είναι οι βιομηχανίες τεχνικών λιπασμάτων, η παραγωγή αλουμινίου και ορισμένοι τρόποι παραγωγής ειδικών χαλύβων. Εκπομπές επίσης παρατηρούνται και σε βιομηχανίες παραγωγής τούβλων ανάλογα με την σύνθεση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούν. Είναι γνωστό ότι οι φθοριούχες ενώσεις είναι χημικές δραστικές ενώσεις και γι' αυτό το λόγο είναι ερεθιστικές στις επιφάνειες του σώματος όταν αυτές εκτίθενται σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις. Παρόλα αυτά είναι ελάχιστα γνωστή η επίδραση των φθοριούχων ενώσεων οι οποίες απορροφώνται από το αίμα στους ανθρώπινους οργανισμούς που προέρχονται από την εισπνοή, αλλά είναι δυνατόν να επιδράσουν δυσμενώς σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος. Η δράση μικρών ποσοτήτων φθοριούχων αλάτων

που εισέρχονται στο σώμα δια της τροφής ή και πιθανόν δια της αναπνοής κατά την διάρκεια της ζωής του ανθρώπου, δεν προκαλούν δυσμενείς επιδράσεις και ως εκ τούτου οι ουσίες αυτές δεν θεωρούνται ρυπαντές (Συμεωνίδης, 2002).

Συγκεντρώνοντας λοιπόν τις σημαντικότερες επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και ιδιαίτερα σε συγκεκριμένες ευπαθής ομάδες τότε τα παρακάτω παραδείγματα είναι πολύ χαρακτηριστικά:

- 1) Το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με την αιμογλοβίνη και σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε ανωμαλίες της όρασης, κακή εκτίμηση του χώρου και του χρόνου και πιθανόν σε αναισθησία.
- 2) Το διοξείδιο του θείου επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων.
- 3) Κάποιες ενώσεις υδρογονανθράκων έχουν καρκινογόνο δράση.
- 4) Το όζον είναι εξαιρετικά τοξικό και έκθεση του ατόμου σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει ζάλη εμετούς κ.ά. (Μέλλας, 1997).

1.1.4 β) ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ

Ο ρόλος των μικροσωματιδίων στην μείωση της ορατότητας από τον σκεδασμό του φωτός είναι ένα αρχικό μέλημα στις περιοχές της Βόρειας Αμερικής και κυρίως στην ‘καπνισμένη’ γη της δυτικής ακτής. Μερικά μικροσωματίδια μπορούν επίσης να απορροφήσουν φως, όμως ο σκεδασμός έχει την μεγαλύτερη επίδραση στην ορατότητα (QUARG, 1996). Ο βαθμός στον οποίο γίνεται σκεδασμός του φωτός είναι συγκεκριμένος και εξαρτάται από την διάμετρο των μικροσωματιδίων και τον διαθλαστικό δείκτη. Το μέγεθος του εύρους των μικροσωματιδίων είναι αποτελεσματικό στο σκεδασμένο φως εάν βρίσκεται μεταξύ 0.1- 1.0 μm , από τότε που τα μικροσωματίδια έχουν διάμετρο κοντά στο μήκος κύματος του ορατού φωτός. Στο Λος Άντζελες, η καλοκαιρινή καπνιά ή νέφος μείωσε την ορατότητα όταν η φωτο-οξειδωση των SO_2 και NO_x παρήγαγε μικρές ποσότητες σουλφιδίων και νιτρικών μικροσωματιδίων. Αυτή η απορρόφηση υγρασίας από τον αέρα και η ανάπτυξη μέσα στον σκεδασμό των νουκλεικών του φωτός, παράγει νέφος. Αυτό συμβαίνει πιο δραστικά όταν η σχετική υγρασία υπερβεί το 67% (Boubel et al., 1994). Μια αναφορά του Farber et al., (1994) έδειξε ότι, εξαιτίας των μειώσεων

στις εκπομπές SO₂ στο Λος Άντζελες που επέβαλλε το Υπουργείο Προστασίας του Περιβάλλοντος, η ορατότητα είχε εν μέρει αυξηθεί. όμως αυτές οι μειώσεις είχαν ως αποτέλεσμα τα NO_x και η καπνιά από τη κίνηση του δρόμου να γίνουν τα επικρατέστερα συστατικά του νέφους που επικρατούσε στην περιοχή. Η εισαγωγή ενεργειών για καθαρό αέρα το 1956 και το 1968 στην Αγγλία μείωσαν τα επεισόδια παρόλο που δεν μειώθηκαν τόσο όσο στον Νότο όπου εκεί πιστεύεται ότι αυξήθηκαν φωτο-χημικά φαινόμενα που οδήγησαν σε μεγαλύτερη παραγωγή τοπικών δευτερογενών ρύπων κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (QUARG, 1996).

1.1.4 γ) ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Οι σχέσεις μεταξύ βλάστησης και ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι συμβιωτικές (δηλαδή 2 κατευθύνσεις). Η μεν ρύπανση του αέρα επηρεάζει κατά τρόπο βλαβερό τα φυτά ευθέως και εμμέσως ενώ κατά αντίρροπο, ωφέλιμο για τον άνθρωπο τρόπο, τα φυτά επίσης επηρεάζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ενώ δηλαδή τα δένδρα βλάπτονται από τους αέριους ρύπους ταυτόχρονα ως εκ φύσεως τους λειτουργούν ως φυσικά φίλτρα του αέρα-απορρυπαντές της ατμόσφαιρας βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα του αέρα. Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα δασικά οικοσυστήματα μπορεί να είναι από ευεργετικές έως και επιβλαβείς. Οι επιδράσεις αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό συγκέντρωσης: **χαμηλής, μέτριας και υψηλής** συγκέντρωσης ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και βλάστησης αποτυπώνεται εύστοχα στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 2.**) (Smith, 1974)

Πίνακας 2. Σχέση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και βλάστησης.

Συγκέντρωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης	Επιπτώσεις στην βλάστηση	Συνέπειες στο οικοσύστημα
Υψηλή	1)Βαρέα νοσηρότητα 2)Θνησιμότητα	1)Απλοποίηση, αυξημένη ικανότητα διάβρωσης, φθορά θρεπτικών στοιχείων, αλλαγμένο μικρόκλιμα και υδρολογία 2)Μειωμένη σταθερότητα
Μέση	1)Μειωμένη ανάπτυξη α)Μειωμένη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων i)Μείωση ρυθμού αποσύνθεσης οργανικών υπολειμμάτων ii)Απόπλυση με όξινη βροχή β)Ελάττωση φωτοσύνθεσης, ενίσχυση αναπνοής 2)Μειωμένη αναπαραγωγή α)Παρέμβαση στην γονιμότητα β)Ακανόνιστη ανάπτυξη γύρης, άνθους, σπόρου 3)Αυξημένη νοσηρότητα α)Προδιάθεση σε εντομολογία ή μικροβιακό σπρέι β)Ευθέως πρόκληση νόσου	1)Μειωμένη παραγωγικότητα, ελαττωμένη βιομάζα 2)Αλλαγή στην σύνθεση ειδών 3)Αυξημένη έκρηξη εντόμων, επιδημιών μείωση ρωμής
Χαμηλή	1)Δρα ως καταβόθρα για τους ρύπους 2)Χωρίς ή ελάχιστες	1)Οι ρύποι μετατρέπονται από ατμοσφαιρικούς σε οργανικούς ή διαθέσιμους θαλάμους θρεπτικών

	φυσιολογικές αλλαγές	ουσιών 2)Μη δυνάμενη να αποκαλυφθεί η επίδραση, λιπασματικό αποτέλεσμα
--	----------------------	------------------------------------------------------------------------

Τα αποτελέσματα της απόθεσης ρυπογόνων σωματιδίων πάνω σε κάποια είδη δέντρων φαίνονται στον **Πίνακα 3**. Από αυτόν τον πίνακα φαίνεται ότι οι ρύποι μπορούν να προκαλέσουν πληθώρα συνεπειών στην φυσιολογία των δέντρων. Τα βαρέα μέταλλα και άλλα τοξικά μικροσωματίδια έδειξαν μέσω της εναπόθεσης τους τις ζημιές που προκάλεσαν ακόμη και τον θάνατο σε κάποια είδη δένδρων (Kovacs et al., 1981; Kzimir et al., 1982; Blemeiss et al., 1985; Fatoki and Ayodele, 1991; Sturano et al., 1993; Singh et al., 1995, Alfrani et al., 1996). Αυτή η ζημιά έχει αναφερθεί κυρίως για να δείξει το αποτέλεσμα της φυτοτοξικότητας αυτών των ρύπων . Ωστόσο Ο Kulshreshtha et al., 1994, έχει διατυπώσει ότι η ενδεικτική πηγή της ζημιάς, μπορεί να είναι η δράση μέσω της τριβής της ταραγμένης εναπόθεσης των ρύπων, τα οποία δείχνουν να αυξάνουν τον σχηματισμό ιστού κάλου στις επιφάνειες των φύλλων. Με μία πιο εσωτερική ‘ματιά’ στην φυτοτοξικότητα από τα βαρέα μέταλλα, παρόλο που πολλές παρατηρήσεις βρέθηκαν στην βιβλιογραφία για τις συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων, στα δένδρα προκάλεσαν μικρά τοξικά προβλήματα (Lin and Schuepp, 1995).

Μεγάλα φορτία ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως αυτά που μπορούν να απαντηθούν κοντά σε ανεπίστρωτους δρόμους και λατομεία επιφανειακής εξόρυξης, έχουν ως αποτέλεσμα την απόφραξη των στομάτων μειώνοντας την ικανότητα της ανταλλαγής αερίων. Το αποτέλεσμα της κρούστας των σωματιδίων, η οποία σχηματίζεται στα φύλλα και στην φλούδα των ανώμαλων επιφανειών, είναι οι αλλαγές στις φυσιολογικές διεργασίες όπως το ‘σπάσιμο’ του μπουμπουκιού στην επικονίαση και προβλήματα στην αντανάκλαση/ απορρόφηση του φωτός (Brandt and Rhoades, 1973; Ricks and William, 1974; Fluckiger et al., 1979; Killiham and Wainwright, 1982; Farmer, 1993). Κάποιοι συγγραφείς επίσης αναφέρουν έναν αριθμό από έμμεσες επιδράσεις όπως την τάση των φυτών να προσβάλλονται από παθογόνα (Manning and Feder, 1980; Shkarada and Perevedentseva, 1991) και μεγάλου μήκους αλλοιώσεις της γενετικής δομής (Prus, Glowacki and Godzik, 1995). Αντίθετα, οι ρύποι έδειξαν να παράγουν θετική ανταπόκριση στην ανάπτυξη σε

ορισμένες περιπτώσεις (White and Turner, 1970; Brandt and Rhoades, 1973; McClenahan and Dochinger, 1981; Balsberg-Phllsson, 1989).

Πίνακας 3. Απόθεση αέριων σωματιδίων ρύπων σε κάποια φυτικά είδη.

Είδος	Πηγή Ρύπου	Επίδραση	Βιβλιογραφία
<i>Quercus ilex</i>	Κέντρο της πόλης, Ιταλία	Υψηλά ποσοστά Cu, Fe, Rb στα φύλλα	Alfani et al., 1996
<i>Betula pubescens</i>	Χυτήριο ορειχάλκου, Σουηδία	Αποχρωματισμός τμημάτων του δένδρου και ξήρανση	Balsberg-Pahlsson, 1989
<i>Pinus sylvestris</i>	Βιομηχανία, Ευρώπη	Κατακράτηση υδρο-καρβονικών στους νεκρούς ιστούς	Bradley 1994
<i>Ulmus glabra, Quercus robur, Acer platanoides</i>	Κέντρο πόλης, Φιλανδία	Αλλαγή στην διάταξη της δομής της επιφάνειας του φύλλου	Huttunen and Ruada, 1994
<i>Populus eurauricana, Platanus acerifolia, Robinia pseudoacacia</i>	Αστική και βιομηχανική ανάπτυξη, Βέλγιο	Ζημιές και θάνατος σε διάρκεια 10 ετών	Impens and Delcarte, 1979
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Εργασίες οπτάνθρακα, Αγγλία	Απόφραξη στοματίων, μείωση της αποσύνθεσης των φύλλων, αύξηση των σουλφιδίων στα φύλλα και αύξηση του pH στο έδαφος	Killhaum and Wainwright, 1982

Συγκεντρώνοντας τις επιπτώσεις των αέριων ρύπων στην βλάστηση ανά κατηγορία ρύπου έχουμε τα εξής:

Δράση διοξειδίου του θείου (SO₂): Τα ο SO₂ επιδρά στη φωτοσύνθεση αρτιφύτρων δασικών δένδρων και πιο συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί μείωση της ανάλογα με την συγκέντρωση του ρύπου και την χρονική διάρκεια της έκθεσης σε αυτόν (Smith, 1981). Τα συμπτώματα της προσβολής του SO₂ στα μονοκοτυλήδωνα παρουσιάζονται σε μορφή ανοιχτών στιγμάτων στα άκρα των φύλλων, σαν ξέπλυμα και πολλές φορές με κύρτωση τους. Στα δικοτυλήδωνα, σε οξείες καταστάσεις, παρατηρείται νέκρωση στα άκρα των φύλλων ή στους χώρους των νεύρων, τα φύλλα γίνονται κόκκινα, καφετιά ή κιτρινωπά και τελικά νεκρώνονται (Καϊλίδης, 1991; Smith, 1981). Στα πλατύφυλλα έχουμε περιφερειακή νέκρωση, όπως και νέκρωση στους χώρους μεταξύ των νεύρων και κηλίδες σαν ξεπλυμένες, ασπρουλές κιτρινωπές, καμιά φορά καφετιές ή και συσπείρωση φύλλων ενώ στα κωνοφόρα έχουμε κατά λωρίδες, νέκρωση στα άκρα των βελόνων (Linzon, 1965). Το SO₂ εισέρχεται στα φύλλα μέσω των στομάτων. Το SO₂ προκαλεί ορατά συμπτώματα με χαρακτηριστική τη χλώρωση του ιστού των φύλλων, ακόμη δε και μη ορατά συμπτώματα όπως πρόκληση διαταραχών στην αύξηση των φυτών. Στα κωνοφόρα παρατηρείται ξαφνική και ευρείας έκτασης χλώρωση των παλαιότερων βελόνων που συνοδεύεται από ορφνό αποχρωματισμό, ξήρανση και νέκρωση. Στα πλατύφυλλα παρουσιάζεται μία ελαφρά χλώρωση των κάτω επιφανειών των φύλλων (Stern, 1977).

Δράση οξειδίων του αζώτου (NO_x): Τα οξείδια εισέρχονται στο φυτό μέσω των στομάτων των φύλλων. Τα βιομηχανικά αποτελέσματα του μονοξειδίου και του διοξειδίου του αζώτου είναι διαφορετικά και υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το πιο είναι πιο τοξικό. Αρχικά συμπτώματα εμφανίζονται μερικές φορές σαν δακτύλιοι από άσπρα σημάδια κοντά στην βάση των βελόνων των κωνοφόρων. Σε σοβαρότερες προσβολές εμφανίζεται γενικό ξάσπρισμα στην επιφάνεια των βελόνων που οδηγεί στην σταδιακή νέκρωση τους. Πολύ σοβαρές προσβολές από NO₂ προκαλούν ταχεία νέκρωση των παλαιότερων βελόνων, από την κορυφή προς την βάση και γενική χλώρωση των νεότερων βελόνων (Οικονόμου, 1989). Εκτεταμένη έκθεση στα οξείδια του αζώτου προκαλεί πρόωρη γήρανση και αποκοπή των φύλλων (Stern, 1977). Σε μεγάλες συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών προκαλούνται καφετιές νεκρώσεις στον περίγυρο των φύλλων.

Δράση όζον (O₃): Το όζον αποτελεί απειλή για την παραγωγικότητα των φυτών και για την υγεία των οικοσυστημάτων καθώς και την σταθερότητα τους (Laurence, 1998), θεωρείται δε ένας από τους επικινδυνότερους ρύπους για τα δάση της Νοτίου Ευρώπης (Bussotti and Ferreti, 1998). Οι ιδανικές συνθήκες για τον σχηματισμό όζοντος είναι τα ξηρά και υγρά κλίματα και οι πυκνοκατοικημένες περιοχές (Gusten et al., 1988) όπως η Αθήνα. Το όζον είναι ένας ρύπος που ενέχεται για φυτοτοξικές βλάβες στην βλάστηση (Krupa and Manning, 1988; Karnosky et al., 2006). Εξ' αιτίας αυτού του φυτοτοξικού ρύπου έχουν παρατηρηθεί σε πολλά μέρη της Ευρώπης, πολλά και ποικίλα φυτοτοξικά αποτελέσματα τα οποία περιλαμβάνουν ορατά συμπτώματα βλαβών σε πολλά σε πολλά ενδημικά είδη φυτών (Bussotti and Ferretti, 1998; VanderHeyden et al., 2001; Novak et al., 2003). Τα δένδρα αποκρίνονται αρχικά στο όζον όταν αυτό εισέρχεται στα φύλλα μέσω των στομάτων τους, δηλαδή τα μικρά ανοίγματα στις επιφάνειες των φύλλων μέσω των οποίων πραγματοποιείται ανταλλαγή αερίων. Μέσα στο φύλλο, το όζον μετασχηματίζεται, παράγοντας ποικίλες ενώσεις που καταστρέφουν τα κύτταρα. Η δράση του όζοντος, συνεπάγεται θάνατο του κυττάρου μέσα σε λίγες ώρες ή ημέρες από την έκθεση των φυτών στον ρύπο και εκφράζεται με πολλαπλά στίγματα, λεύκανση και νέκρωση. Στα πλατύφυλλα οι κύριες βλάβες εμφανίζονται ως χλώρωση, νέκρωση και στίγματα στην άνω επιφάνεια των φύλλων που μπορεί να είναι κιτρινόμαυρο ή μαύρο σε όλη την επιφάνεια του ή σε ορισμένες περιοχές του εμφανίζονται ως ξεχωριστές οργανικές βλάβες (Οικονόμου, 1987). Στα κωνοφόρα τα πιο χαρακτηριστικά συμπτώματα βλαβών από το όζον είναι κηλίδες χλωρωτικές και κάψιμο των άκρων των βελόνων (Stern, 1977).

Δράση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO): Το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί βλάβες στα φυτά οι οποίες παρουσιάζονται ως επιμήκυνση φυτικών μερών, κιτρίνισμα και πτώση φύλλων, καθώς και έκπτυξη πλάγιων κλάδων (Καϊλίδης, 1991).

Δράση αιωρούμενων σωματιδίων (PM): Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να προκαλέσουν μία σειρά από βλάβες στη φυσιολογία της βλάστησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι βλάβες αυτές εξαρτώνται από την χημική σύσταση των σωματιδίων. Βαρέα μέταλλα και άλλα τοξικά σωματίδια έχουν γίνει η αιτία για την πρόκληση βλαβών και έχουν οδηγήσει στο θάνατο μερικά είδη φυτών ως αποτέλεσμα της φυτοτοξικότητάς τους. Τα βαριά φορτία των σωματιδίων, μπορούν επίσης να

οδηγήσουν στη μειωμένη μετάδοση φωτός στους χλωροπλάστες και στο κλείσιμο των στομάτων, μειώνοντας την ανταλλαγή αερίων Μπορούν επίσης να προκαλέσουν διαταραχές σε άλλες φυσιολογικές λειτουργίες όπως ανθοφορία και γονιμοποίηση. Επίσης έχουν αναφερθεί (Beckett et al., 1998) έμμεσα αποτελέσματα σε δένδρα, που προκαλούνται από τη απόθεση σωματιδίων όπως προδιάθεση για προσβολές από παθογόνα και η μακροπρόθεσμη αλλαγή της γενετικής τους σύστασης.

Δράση από φθορίδια: Από τα αιωρούμενα σωματίδια τα φθορίδια θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβή για την βλάστηση. Βλάβες από φθορίδια αποτελούν συνήθως τοπικό πρόβλημα γιατί οι ρύποι απελευθερώνονται κοντά στο έδαφος αφενός και αφ' ετέρου απορροφώνται ή προσρροφώνται από τα κτίρια, το έδαφος και την βλάστηση (Bussoti and Ferreti, 1998). Τα συμπτώματα γενικά εμφανίζονται ως χλωρωτικές ή νεκρωτικές περιοχές στην περίμετρο των φύλλων. Στα πλατύφυλλα οι βλάβες εκδηλώνονται ως χλώρωση ποικίλης σοβαρότητας, νέκρωση ή και τα δύο (Smith, 1981).

Δράση από υδρογονάνθρακες (HC): Τα συμπτώματα που επιφέρει η έκθεση των δένδρων σε υδρογονάνθρακες είναι η κύρτωση των βλαστών και φύλλων, παραμόρφωση φύλλων, νέκρωση και πτώση φύλλων, χωρίς να προηγηθεί μάρανση (Καϊλίδης, 1991).

Δράση όξινη βροχή: Η όξινη βροχή κατά του Park (1987), επηρεάζει αρνητικά το έδαφος είτε παίρνοντας, μαζί τα θρεπτικά συστατικά που δε θα μπορούσε να αφαιρέσει χωρίς την παρουσία των οξέων είτε συμμετέχοντας σε χημικές αντιδράσεις κατά τις οποίες τα οξέα απελευθερώνουν συστατικά δηλητηριώδη όχι μόνο τα δένδρα αλλά και για οποιοδήποτε είδους βλάστηση πιο συγκεκριμένα:

- Προκαλεί οξύνιση του επιφανειακού στρώματος
- Προκαλεί αλλαγές στην οργανική ζωή του
- Επιβραδύνει την αποσύνθεση των οργανικών υλών
- Αποπλένει θρεπτικά συστατικά όπως ασβέστιο, κάλιο, μαγνήσιο
- Βλάπτει τα λεπτά και μικρά ριζίδια των φυτικών οργανισμών

- Κινητοποιεί ιόντα βαρέων δηλητηριωδών μετάλλων όπως μόλυβδος, υδράργυρος κ. α.

1.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Είναι γνωστό σε όλους πως τα φυτά με τους φωτοχημικούς μηχανισμούς που διαθέτουν συνιστούν φωτοσυνθετικούς αυτότροφους οργανισμούς, που με το φύλλωμά τους δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και μετατρέπουν τα ανόργανα στοιχεία σε χημικά παράγωγα. Με καθοριστική ουσία τη χλωροφύλλη, που βρίσκεται στους χλωροπλάστες – τα πράσινα μέρη του φυτού – και διαμέσου των στομάτων των φύλλων, λαμβάνει χώρα η διακίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τρόπο ώστε το παραγόμενο οξυγόνο, που παράγεται με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, να διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα, αφού προηγουμένως το εισερχόμενο με τον αέρα CO₂ έχει δεσμευθεί και συνενωθεί με το υπάρχον στα φύλλα νερό (οπότε πέρα από το οξυγόνο παράγονται και σάκχαρα) σύμφωνα με την εξίσωση της φωτοσύνθεσης: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ενεργ.} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Αντίθετα κατά την διάρκεια της νύχτας και μέσω της διαδικασίας της αναπνοής συμβαίνει η αντίστροφη διαδικασία, σε ότι αφορά τα αέρια, οπότε ενώ το ατμοσφαιρικό οξυγόνο δεσμεύεται, αποδίδεται διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σύμφωνα με τη σχέση: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{απελευθέρωση ενέργειας}$. Γενικά το τελικό ισοζύγιο σε ότι αφορά το παραγόμενο οξυγόνο κατά την ημέρα και το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα κατά τη νύχτα έχει θετικό πρόσημο ως προς το οξυγόνο, το οποίο πλεονεκτεί και συνεπώς δρα αθροιστικά στο παραγόμενο και διοχετευόμενο οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Έχει υπολογισθεί πως το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται και αποδίδεται στην ατμόσφαιρα από ένα φυτό με την αναπνοή είναι μόλις το 1/3 με 1/5 αυτού που το φυτό δεσμεύει και καταναλώνει κατά την φωτοσύνθεση (Κασσιός, 2005) .

Πρώτο λοιπόν, άμεσο και ευεργετικό πλεονέκτημα από την παρουσία βλαστήσεως και γενικότερα των φυτών στην πόλη, είναι η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και η απελευθέρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Πάνω σε αυτές τις

διαφορές παραγωγής οξυγόνου και δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα στηρίζεται η ζωή του ανθρώπου. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος για το ρόλο του φυτικού κόσμου θα πρέπει να υπολογισθεί ότι η διοχέτευση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα από τα φυτά των τροπικών δασών συμβάλλει κατά 55% στην αύξηση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως το πράσινο φύλλωμα ενός ώριμου δένδρου π.χ. πλατάνι παράγει με τους μηχανισμούς της αναπνοής και της διαπνοής 1,7 kg οξυγόνου την ώρα. Ένα στρέμμα με 100 δένδρα μπορεί να διοχετεύσει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170 kg h⁻¹ την ώρα (Κασσίος, 2005).

Τα φυτά είναι γενικότερα αποδεκτό ότι μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα. Το θέμα αυτό έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες εδώ και πολλά χρόνια και έχουν γίνει πολλές έρευνες οι οποίες αποδεικνύουν την βελτίωση της ποιότητας τους αέρα μέσω των φυτών ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη αέρια ρύπανση.

Είναι ήδη γνωστό ότι τα δένδρα βελτιώνουν την ποιότητα του αστικού αέρα (Freer-Smith et al., 1997). Η βλάστηση είναι ένας αποτελεσματικός δείκτης της γενικής συγκράτησης της αέριας ρύπανσης, και το αποτέλεσμα αυτού παρατηρήθηκε σε ένα μέσο διάστημα χρόνου το οποίο είναι πιο αξιόπιστο από την άμεση εξακρίβωση της ρύπανσης στον αέρα σε ένα μικρό διάστημα. Παρόλο που ένας μεγάλος αριθμός δένδρων και θάμνων εξακριβώθηκε και χρησιμοποιήθηκε ως φίλτρα σκόνης για να ελεγχθεί η αύξηση της, τα χαρακτηριστικά των φύλλων τους μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν ως ένα εργαλείο για την εκτίμηση του περιβάλλοντος (Kosiba, 2008).

Η παρουσία δένδρων σε ένα αστικό περιβάλλον μπορεί κατά έναν τρόπο να αποδείξει την ποιότητα του αέρα μέσω ενίσχυσης της απορρόφησης των ρύπων κοντά σε αυτοκινητόδρομους και αγροτικές εκτάσεις (McPherson et al., 1994; Beckett et al., 2000; Freer-Smith et al., 2005; Smith, 1971, Raupach et al., 2001).

Μία έρευνα από τους Impens and Delcarte (1979) έδειξε ότι η παρεμπόδιση/αναχαίτιση των αέριων σωματιδίων από την βλάστηση είναι ιδιαίτερα μεγάλη για δένδρα που βρίσκονται σε δρόμους, εξαιτίας της γειτνίασης τους με μεγάλης έντασης κυκλοφορία. Η έρευνα τους αναγνώρισε τη σημαντικότητα της εγκατάστασης αστικών δένδρων έτσι ώστε να δημιουργηθούν φίλτρα σκόνης στις πόλεις. Επίσης συνειδητοποίησαν ότι στις περιοχές με μεγάλες συγκεντρώσεις αέριας ρύπανσης, συνήθως σε κεντρικά σημεία αυτών, υπήρχαν δένδρα που ήταν πιο αποδοτικά στην χρήση τους ως αστικό πράσινο. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό

εξηγείται εν μέρει μέσω της εχθρότητας των οικοσυστημάτων αυτών στα δένδρα με παράγοντες όπως χαμηλή εδαφική γονιμότητα, φτωχή υγρασία, συμπίεση και βανδαλισμός εκτός βέβαια από την φτωχή ποιότητα του αέρα που επηρέασαν την επιβίωσή τους. Οι Madders and Lawrence (1981) παρέθεσαν ότι αυτοί οι τύποι πίεσης μπορούν να επιδεινώσουν την επίδραση της αέριας ρύπανσης στα αστικά δένδρα και έτσι καταγράφεται η ανάγκη κατάλληλου σχεδιασμού, επιλογής ειδών, κατάλληλη τοποθέτηση φυτών για τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης. Αναφέρεται επίσης ότι η πιο αποτελεσματική χρήση των δένδρων ως φίλτρα αέριων ρύπων επιτυγχάνεται όταν η φύτευση γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή του, σχηματίζοντας μία ασπίδα γύρω του (Beckett, Freer-Smith, Taylor, 1997).

Έτσι λοιπόν τα δένδρα αλλά και η βλάστηση γενικότερα ,πέρα από το γεγονός ότι επιδρά σημαντικά στην ποιότητα του αέρα, έχει και έναν πολύ βασικό ρόλο να δεσμεύει/απορροφά διάφορους τύπους αέριας ρύπανσης. Η ικανότητα των φυτών να δεσμεύουν αέριους ρύπους παρουσιάζεται εκτενώς παρακάτω.

1.2.1 ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Το 1972 ο Levitt παρατηρώντας τα φαινόμενα καταπόνησης που παρατηρούνται στα φυτά οδηγήθηκε στην ανάλυση της αντοχής των φυτών στην αέρια ρύπανση. Η αντοχή των φυτών στην αέρια ρύπανση είναι επίπτωση δύο γενικών μηχανισμών: 1) αποφυγή καταπόνησης από τους αέριους ρύπους και 2) ανεκτικότητα στην καταπόνηση αυτή. Η ανεκτικότητα στην καταπόνηση υποδιαιρείται περαιτέρω σε τάση αποφυγής και σε τάση ανεκτικότητας. Πολλοί από τους περιβαλλοντικούς, φυσιολογικούς και μορφολογικούς παράγοντες αναγνωρίζονται ως αντίδραση της επιτυχίας των φυτών στην αέρια ρύπανση και συζητούνται για να χρησιμοποιηθούν σε αυτή την οργάνωση.

Οι μελέτες για την αντίδραση της βλάστησης σε σχέση με την καταπόνηση που προκαλεί η αέρια ρύπανση έχουν αλλάξει δίνοντας έμφαση από απλές περιγραφές των συμπτωμάτων σε φυσιολογικές περιγραφές και οικολογικές επιπτώσεις (Smith 1974, Mudd and Kozlowski 1975; Mansfield, 1976).

Η φυσιολογική ανάλυση των αποτελεσμάτων της ρύπανσης έχει επικεντρωθεί σε έμμεσες και άμεσες αλλαγές στις φυσιολογικές δομές και διεργασίες των φυτών και τα αποτελέσματα έχουν δείξει μεγάλο εύρος το οποίο ποικίλει από αλλαγές στην

οργανική φυσιολογία έως την κυτταρική βιοχημεία. Ο κοινός στόχος όλων των ερευνών είναι η απόπειρα να καταλάβουμε πως τα φυτά και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την ευπάθεια της βλάστησης στην αέρια ρύπανση.

Ένα οργανόγραμμα για την ανάλυση της αντίδρασης της βλάστησης σε κάθε περιβαλλοντικό στρες παρουσιάζεται από την μελέτη του Levitt (1972) που αφορά το φαινόμενο αυτό στα φυτά. Οι δικές του ιδέες έχουν εφαρμογή σε μελέτες της αντίδρασης των φυτών σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, συνθήκες μάρανσης, χαμηλές θερμοκρασίες (Levitt, 1972), τοξικότητα βαρέων μετάλλων (Ernst, 1976) και αντίσταση του διοξειδίου του θείου σε λειχήνες (Türk, Wirth and Lange, 1974). Η ανάλυση του είναι εφαρμόσιμη και στην αντίδραση των αγγείων των φυτών στην αέρια ρύπανση (Garsea and Read, 1977b). Αυτή η προσέγγιση μας δίνει ένα ενδεδειγμένο λογικό πλαίσιο εναλλακτικών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την ευαισθησία του φυλλώματος στην αέρια ρύπανση.

Ο Levitt (1972) αποδίδει την καταπόνηση σαν έναν περιβαλλοντικό παράγοντα με την δυνατότητα να ελίσσεται από τα φυτά σε μία επιζήμια φυσική ή χημική αλλαγή. Αυτή η αλλαγή μπορεί να είναι είτε **ελαστική** είτε **πλαστική**. Η αντίδραση των φυτών στο στρες είναι απόρροια δύο πιθανών μηχανισμών. Ο ένας είναι η αποφυγή της καταπόνησης ή η ανεκτικότητα στην καταπόνηση. Στην πρώτη περίπτωση το φυτό απομακρύνει μερικώς ή ολικώς το σύνολο του περιβαλλοντικής καταπόνησης και συνεπώς αποφεύγει την συγκεκριμένη καταπόνηση η οποία προκαλείται από το στρες. Στην δεύτερη περίπτωση το φυτό μπορεί να βιώσει εσωτερικά την καταπόνηση αλλά όχι την εξουθενωτική επίδραση της εξασθένισης. Η αντοχή του στρες όπως παρουσιάζεται από τον Levitt (1972) σαν αντίδραση διαμέσου της δυνατότητας των φυτών να φτάσουν σε μία αμφίδρομη θερμοδυναμική ισορροπία μαζί με το στρες χωρίς να θανατωθούν. Η αντοχή του στρες μπορεί να υποκατηγορηριοποιηθεί σε 'νέα' ανεκτικότητα και 'νέα' αποφυγή. Η 'νέα' ανεκτικότητα προκαλεί φθορά στην ομαλή δράση του φυτού αλλά το φυτό επιβιώνει σαν αποτέλεσμα της αποκατάστασης ή της ανταποδοτικής διαδικασίας η οποία θέτει τέλος στα αποτελέσματα του στρες. Στην νέα αποφυγή το φυτό δεν παρουσιάζει μορφολογικές ή περιβαλλοντικές ζημιές ακόμα και το στρες λειτουργεί αεροδυναμικά.

Σε συμφωνία με τον Levitt (1972) η αέρια ρύπανση στην βλάστηση ορίζεται ως η παραμονή στην ατμόσφαιρα μίας δόσης μόλυνσης ικανής να δημιουργήσει μια χημική ή φυσική επίδραση στο φυτό. Οι αέριοι ρύποι πρέπει να εισέλθουν

(τρυπήσουν) το εσωτερικό του φύλλου για να προκαλέσουν φθορά και η επιμονή του δεν οδηγεί απαραίτητα σε καταστροφή του φύλλου. Αν το μόλυσμα αφαιρεθεί από το φύλλο τα φυτά αποφεύγουν και την καταπόνηση. Όταν η μεταφορά μολύσματος στο φύλλο πραγματοποιηθεί η αντίδραση του φύλλου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες: 1) την εσωτερική συγκέντρωση του μολύσματος και βιοχημικό επίπεδο της ανεκτικότητας του μολύσματος ή των τοξικών παραγόντων (Malhondra and Hocking, 1976). Αν η εσωτερική συγκέντρωση ξεπεράσει το εσωτερικά θερμοθετημένο επίπεδο του φυτού η ζημιά στο φυτό είναι δεδομένη. Μία ελαστική επίδραση είναι επιστρεφόμενη ωστόσο συνεχής ελαστική επίδραση μπορεί να δημιουργήσει μία ανεπίστρεπτη πλαστική επίδραση. Διαφορετικά όργανα του φυτού μπορεί να διαφέρουν στα ειδικά τους επίπεδα βιοχημικής ικανότητας (Malhondra, 1977), άρα η ίδια συγκέντρωση σε αέρια μόλυνση μέσα στο φυτό μπορεί να διαφέρει στα όρια κάθε οργάνου. Αυτός ο μηχανισμός αντίδρασης λέγεται '*strain*' αποφυγή. Το στρες απορροφάται από το φύλλο αλλά το δυναμικό αποτέλεσμα δεν περιορίζεται. Η '*strain*' ανεκτικότητα είναι ο άλλος μηχανισμός που προκαλεί εξασθένηση του στρες της ανεκτικότητας.

Για τα αστικά δένδρα, τα κρίσιμα φορτία μπορούν να παρατηρηθούν ως το ποσοστό συγκέντρωσης ενός ρύπου το οποίο μπορεί να επιφέρει φυσικές ζημιές. O Farner το 1995 μελέτησε τα κρίσιμα αυτά φορτία των φυτών για μία μεγάλη ποικιλία ρύπων περιλαμβάνοντας και μικροσωματίδια. Ο Carborn (1965) εξακρίβωσε τους μηχανισμούς εκείνους μέσω των οποίων κάποια είδη δένδρων είναι ικανά να αποφύγουν την ζημιά, ειδικότερα από τα μικροσωματίδια. Αυτοί οι μηχανισμοί περιελάμβαναν μεταβολή του χρόνου 'σπασίματος' του μπουμπουκιού ή της πτώσης των φύλλων και την ικανότητα να παράγουν νέους βλαστούς όταν αυτοί τραυματιστούν. Εξαιτίας αυτών και άλλων φυσιολογικών μηχανισμών, κάποια δένδρα είναι πιο ικανά να επιβιώσουν σε συνθήκες νέφους και αέριας ρύπανσης γενικότερα όπως υποστήριξαν οι Mitchell and Jobling (1984).

1.2.2 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΝΑ ΔΕΣΜΕΥΟΥΝ ΡΥΠΟΥΣ

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι καλλιέργειες μπορούν να απορροφήσουν και να μειώσουν με επιτυχία τους αέριους ρύπους μέσω της συγκράτησης των αέριων ρύπων που υπάρχουν πάνω στα φύλλα (φυλλώδη σκόνη) (Freer- Smith et al., 1997; Prusty et al., 2005). Η ικανότητα διατήρησης σκόνης από τα φύλλα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τους διαφορετικούς τύπους της κόμης των δένδρων, από την πυκνότητα των φύλλων καθώς επικρατούν οι κατάλληλες μετεωρολογικές συνθήκες (Freer- Smith et al., 1997; Zhao et al., 2002).

Η ποσότητα της φυλλώδους σκόνης είναι ενδεικτική. Για παράδειγμα, το ποσοστό συγκράτησης σκόνης από ένα πευκόδασος έχει εκτιμηθεί ότι είναι $36.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (Feng, 1992). Σε άλλη έρευνα, η υπήνεμη ζώνη, η οποία αποτελείται από δένδρα, έδειξε συγκράτηση σκόνης ποσοστού 38.9-46.1% (Zhou et al., 2002). Έρευνα από 8 αστικές περιοχές του Πεκίνου το 1995 περιελάμβανε ότι η βλάστηση στην περιοχή από 1939 ha μπορούσε να μετακινήσει 2170 t σκόνης (Zhou et al., 2002). Το ποσοστό συγκράτησης σκόνης από δενδρώδη βλάστηση μετρήθηκε σε 8600 t yr^{-1} σε περιοχή που βρίσκονταν στην πόλη Zhengzhou (Zhao et al., 2002).

Οι έρευνες επικεντρώθηκαν πάνω σε περιοχές μέτριας κλίμακας στην Νότια Κίνα. Μεγαλύτερης κλίμακας έρευνες για φυλλώδη σκόνη και για τα στοιχεία που δεσμεύονται στην περιοχή της Βόρειας Κίνας ήταν λιγότερες στον αριθμό. Πρόσφατες έρευνες προσδιόρισαν τις συγκεντρώσεις μετάλλων και σουλφιδίων στην φυλλώδη σκόνη των φύλλων σε ποικιλία δένδρων στην πόλη Huizhou, μια τυπική αστική συστάδα στην γρήγορα αναπτυσσόμενη περιοχή Pearl Delta River της επαρχίας Guangdong στην νοτιανατολική Κίνα.

Κάποιες άλλες έρευνες που εξέτασαν την ικανότητα της βλάστησης, κυρίως των δένδρων, να δεσμεύουν αέριους ρύπους συμπεριελάμβαναν ίχνη ραδιενεργών στοιχείων, γύρης και σπόρων, αλάτων και ιζημάτων (Zulfacar, 1975; Smith and Staskawicz, 1977; Smith, 1990; McPherson and Nowak, 1993). Μία έρευνα έδειξε ότι, η ατμοσφαιρική ρύπανση πάνω από δασώσεις εκτάσεις, μπορεί είναι 75% χαμηλότερη από ότι είναι σε περιοχές χωρίς βλάστηση (Rotschke, 1937). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η βλάστηση λειτουργεί ως φίλτρο προκαλώντας τα μικροσωματίδια να συσσωρευτούν στην επιφάνεια βλάστησης μέσω της δημιουργίας ιζήματος, ενσφήνωσης ή καθίζησης. Τα δένδρα στις αστικές περιοχές έδειξαν να

συλλέγουν σκόνη στην φυλλική επιφάνεια και στα τριχίδια ακόμα και πάνω σε αυτά που υπήρχε μηκυλιακή υφή μύκητα (Smith and Staskawicz, 1977).

Η συσσώρευση από αέριους ρύπους και μικροσωματίδια και η παρεμπόδιση τους είναι μεγαλύτερη στα δάση παρά στην μικρή βλάστηση (Fowler et al., 1989; Bunzl et al., 1989). Έχει παρατηρηθεί ότι τα φύλλα και τα εκτεθειμένα μέρη του φυτού γενικά λειτουργούν ως διαρκείς απορροφητές σε ένα ρυπασμένο περιβάλλον (Samal and Santra, 2002). Η ικανότητα δέσμευσης της σκόνης από τα φυτά εξαρτάται από τη γεωμετρία της επιφάνειας, τη φυλλοταξία και τα ειδικά χαρακτηριστικά των φύλλων όπως τριχίδια όπως, το ύψος και το σχήμα της κόμης των δένδρων. Η απομάκρυνση των μικροσωματιδίων μέσω των φυτών από τον αέρα έχει τρεις έννοιες: *συγκεκριμένη απορρόφηση από τα δένδρα, κατάθεση των μικροσωματιδίων και αερολύματα πάνω από την φυλλώδη επιφάνεια και η πτώση των μικροσωματιδίων σε υπήνεμη θέση της βλάστησης λόγω των κινήσεων του αέρα* (Tewari, 1994; Rawat and Banerjee, 1996). Οι μίσχοι των φύλλων είναι πιο αποδοτικοί δεσμευτές μικροσωματιδίων από ότι είναι οι ταξιανθίες (Ingold, 1971).

Πολλοί από τους μηχανισμούς δέσμευσης των σωματιδίων πάνω από στις φυσικές επιφάνειες έχουν κατανοηθεί και διαλευκανθεί μέσω μελετών για σωματίδια μεγέθους 1-50 μm και έχουν καταγραφεί στα άρθρα των Chamberlain (1967) και Ingold (1971). Βασικά, τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν απορροφηθεί στις φυσικές επιφάνειες μέσω 3 διεργασιών: α) δημιουργία ιζήματος υπό την επίδραση της βαρύτητας, β) ενσφήνωση υπό την επίδραση των στροβιλιζόμενων ρευμάτων, και γ) απορρόφηση μέσω της επίδρασης της ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης. Η ιζηματοποίηση συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση των αιωρούμενων σωματιδίων στις ανώτερες επιφάνειες των φυτών και είναι σημαντικό για τα μεγάλα σωματίδια. Η ταχύτητα ιζηματοποίησης διαφέρει ανάλογα της πυκνότητας, του σχήματος κ.α. του σωματιδίου. Η ενσφήνωση συμβαίνει όταν η παρελθοντική κίνηση του αέρα αποτελεί εμπόδιο το οποίο οδηγεί σε δυνατό άνεμο, όμως η κίνηση των σωματιδίων στον αέρα τους οδηγεί στο να συνεχίσουν και να 'χτυπήσουν' το εμπόδιο. Η αποδοτικότητα της συλλογής μέσω της ενσφήνωσης αυξάνει μέσω της μείωσης της διαμέτρου της συλλογής εμποδίου και αυξάνει την διάμετρο του σωματιδίου. Ο Chamberlain (1967) πρότεινε ότι η ενσφήνωση είναι η πρωταρχική έννοια της απορρόφησης εάν: 1) το μέγεθος του αέριου 10 μm και μεγαλύτερο 2) το μέγεθος του 'εμποδίου' είναι μεγαλύτερο από εκατοστά ή λιγότερα 3) η προσέγγιση της ταχύτητας είναι m/sec ή παραπάνω 4) η επιφάνεια συλλογής είναι υγρή,

κολλώδης, τριχωτή ή με άλλα λόγια έχει την ικανότητα συγκράτησης. Ο Ingold (1971) παρουσίασε δεδομένα που αποδείκνυαν ότι οι μίσχοι των φύλλων είναι πιο αποτελεσματικοί δεσμευτές σωματιδίων από άλλους κλαδίσκους του φυλλώδους ελάσματος. Για σωματίδια με διάσταση 1-5μm η ενσφήνωση δεν είναι εφικτή και η παρεμπόδιση από τα τριχίδια της βλάστησης που είναι πιθανώς ο πιο εφικτός μηχανισμός συγκράτησης. Η ικανότητα του ξεπλύματος των σωματιδίων μέσω της βροχής είναι πιο μεγάλη για σωματίδια 20-30μm στο μέγεθος. Η συγκράτηση σωματιδίων μικρότερα των 5μm μετά από δυνατή βροχή είναι σχεδόν αδύνατη. Η μετακίνηση σωματιδίων μέσω στοματικών 'σωλήνων' έχει προταθεί, όμως η ικανότητα του δεν είναι ξεκάθαρη. Η τελευταία διαδικασία μπορεί να συμπεριλαμβάνει σωματίδια μικρότερης διαμέτρου από 1μm.

Η υπόθεση ότι τα φυτά είναι σημαντικοί παγιδευτές σωματιδίων στηρίχθηκε από στοιχεία τα οποία προήλθαν από έρευνες οι οποίες είχαν να κάνουν με ραδιενεργά, ίχνη στοιχείων, γύρη, σπόρους, άλατα, κατακρήμνιση, σκόνη και μη συγκεκριμένα σωματίδια.

Έρευνες για ίχνη στοιχείων οδήγησαν στην άκρη του βιομηχανικού δρόμου και το αστικό περιβάλλον απέδειξαν την εντυπωσιακή επιβάρυνση από μικροσωματίδια βαρέων μετάλλων τα οποία μπόρεσαν να συσσωρευτούν στην επιφάνεια της βλάστησης. Στην περίπτωση του μολύβδου σε οικοσύστημα παρόδιου τοπίου, για παράδειγμα η αύξηση της επιβάρυνσης από μολύβδο στα φυτά, κατά κύριο λόγο στην επικάθηση στην επιφάνεια μπορεί να ήταν 5-20, 50-200 και 100-200 φορές μεγαλύτερη από το μη παρόδιο τοπίο (Smith, 1976a). Ο Smith (1974) εκτίμησε ότι τα φύλλα και οι κλάδοι τρεχούμενης βλάστησης των 30cm διαμέτρου του αστικού Σφενδάμου απομάκρυναν από την ατμόσφαιρα 60, 140, 5800 και 820mg Καδμίου, Χλωρίου, Μολύβδου και Νικελίου ειδικά κατά την διάρκεια της ενός έτους αναπτυξιακής σεζόν ετών . Σε έρευνα 25 ετών η ανάπτυξη της λευκής Πεύκης σε παρακείμενο δρόμο κυκλοφορίας, ο Heickel και Hankin (1976) κατέληξαν ότι τα κλαδιά συγκρατούν μικροσωματίδια μολύβδου πιο αποτελεσματικά από ότι οι βελόνες.

Η εναρμονισμένη αύξηση της διαπνοής που συμβαίνει συχνά σε φυτικά είδη που δείχνουν υψηλή αγωγιμότητα στομάτων (προφανώς εξαρτάται από το ειδικό μέγεθος και την ειδική πυκνότητα των στομάτων) μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα με την οποία παγιδεύονται οι ρύποι από τις επιφάνειες των φύλλων. Ο Tang (1991) παρέθεσε ότι αυτός ο μηχανισμός δουλεύει με την παγίδευση ρύπων

στην μεμβράνη της παραγόμενης υγρασίας από την διαδικασία της διαπνοής. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερος σωστό για υδροδιαλυτούς και νιτρικούς ρύπους. Πολύ λεπτοί ρύποι-σωματίδια μπορούν να συμπεριφερθούν σαν αέριοι ρύποι μέσω της δράσης υγρού Brownian (Chamberlain and Little, 1981). Μέσω αυτού του μηχανισμού, τέτοια μικροσωματίδια μπορούν να παγιδευτούν από τέτοιες επιφάνειες της εσωτερικής κοιλότητας των στομάτων, όπως παρατήρησε ο Thompson et al., (1984).

Ο προσδιορισμός των οφελών από τα αστικά δένδρα στην αποβολή της αέριας ρύπανσης από μικροσωματίδια μετρήθηκε από τον McPherson et al., (1994) ο οποίος υποστήριξε ότι τα δένδρα στο Σικάγο απέβαλλαν κατά προσέγγιση 234t PM₁₀ το 1991, βελτιώνοντας την μέση ημερήσια ποιότητα αέρα κατά 0,4%.

Σε μία άλλη έρευνα 100 στρέμματα αστικού – περιαστικού πρασίνου (π.χ. οξιάς) κατακρατούν 4 τόνους σκόνης, ετησίως, η οποία αποπλένεται στο έδαφος σαν οργανική ουσία. Σε έρευνα που έγινε στην Ρωσία αναφορικά με τις συγκεντρώσεις των αέριων ατμοσφαιρικών ρύπων, προέκυψε το αποτέλεσμα πως υπάρχει σημαντική μείωση τους όταν αυτοί διέρχονται από χώρους αστικού πρασίνου: Συγκέντρωση SO₂ 0,27 mg m⁻³ σε απόσταση 1000 μέτρων από το σημείο εκπομπής, μειώνεται στα 0,14 mg m⁻³ στα 1500 μέτρα χωρίς πράσινο και 0,08 mg m⁻³ στα 1500 μέτρα με ύπαρξη πράσινης ζώνης 500 μέτρων. Δηλ. παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου κατά 50%. Αντίστοιχα για τα οξείδια του αζώτου στα 1000 μέτρα από το σημείο εκπομπής η συγκέντρωση είναι 0,22 mg m⁻³, στα 1500 μέτρα χωρίς πράσινο 0,13 mg m⁻³ και σε πράσινη ζώνη 500 μέτρων στα 1500 μέτρα από το σημείο εκπομπής η συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου μειώνεται στα 0,07 mg m⁻³ μείωση 50% σε σχέση με την συγκέντρωση στα 1500 από το σημείο εκπομπής χωρίς την ύπαρξη ζώνης πρασίνου (Κασσιός, 1983).

1.2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ/ ΑΝΑΤΟΜΙΑ/ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ- ΡΟΛΟΣ ΣΤΗΝ ΔΕΥΣΜΕΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Η αστική πράσινη ζώνη αποτελείται από φυτά που δεσμεύουν σκόνη τα οποία πρέπει να αναπτυχθούν από τότε που αποδείχτηκε ότι τα φυτά μπορούν και είναι βιολογικά φίλτρα.

Έχει παρατηρηθεί ότι κάποια φυτικά είδη έχουν καλύτερη ικανότητα στην αποβολή της ρύπανσης, η συνολική συμβολή στην αποβολή ρύπανσης βασίζεται στο μέγεθος της κόμης του φυτού, στην ηλικία του και σε άλλους μετεωρολογικούς αλλά και μορφολογικούς παράγοντες. Υπάρχει μία αρνητική συσχέτιση μεταξύ των φυτικών ειδών με υψηλή ολική επιφάνεια και της ικανότητας αποβολής της ρύπανσης. Είδη με μικρότερη ολική επιφάνεια μπορούν ίσως να κάνουν καλύτερα το έργο τους (αποβολή ρύπανσης). Ωστόσο, η μορφολογία των φύλλων έχει βρεθεί ότι παίζει τον κύριο ρόλο στην δέσμευση σκόνης. Επίσης η τοποθεσία των στομάτων στα φύλλα παίζει και αυτή σπουδαίο ρόλο στην καλύτερη ικανότητα παγίδευσης σκόνης από τα φύλλα. Η ικανότητα διαγωγιμότητας και φωτοσύνθεσης δικτύου των στομάτων αλλά και η διαπνοή, προσφέρουν περισσότερη παγίδευση σκόνης. Όσο αφορά την μορφολογία των φύλλων, τα φυτικά είδη με βαθιά κανάλια στα φύλλα και πυκνές τρίχες στην επιφάνεια, προσφέρουν μεγαλύτερη ικανότητα στην παγίδευση της σκόνης (Jahan, Zafar Iqbal, 1992).

Έτσι λοιπόν τα δένδρα μπορούν να είναι ειδικά φίλτρα αέριων σωματιδίων εξαιτίας του μεγάλου τους μεγέθους, της μεγάλης επιφάνειας των φύλλων και των κλάδων και ειδικά της τριχοειδής και ανώμαλης επιφάνειας (Smith, Staskawitz, 1977). Ο Pye (1987) χαρακτήρισε τα αέρια σωματίδια ως ένα δυνατό 'άνεμο' οποίος είναι έτοιμος να συγκρουστεί με επιφάνειες με ηλεκτρισμό, σε επιφάνειες με υγρασία και πάνω σε επιφάνειες με αδρότητα.

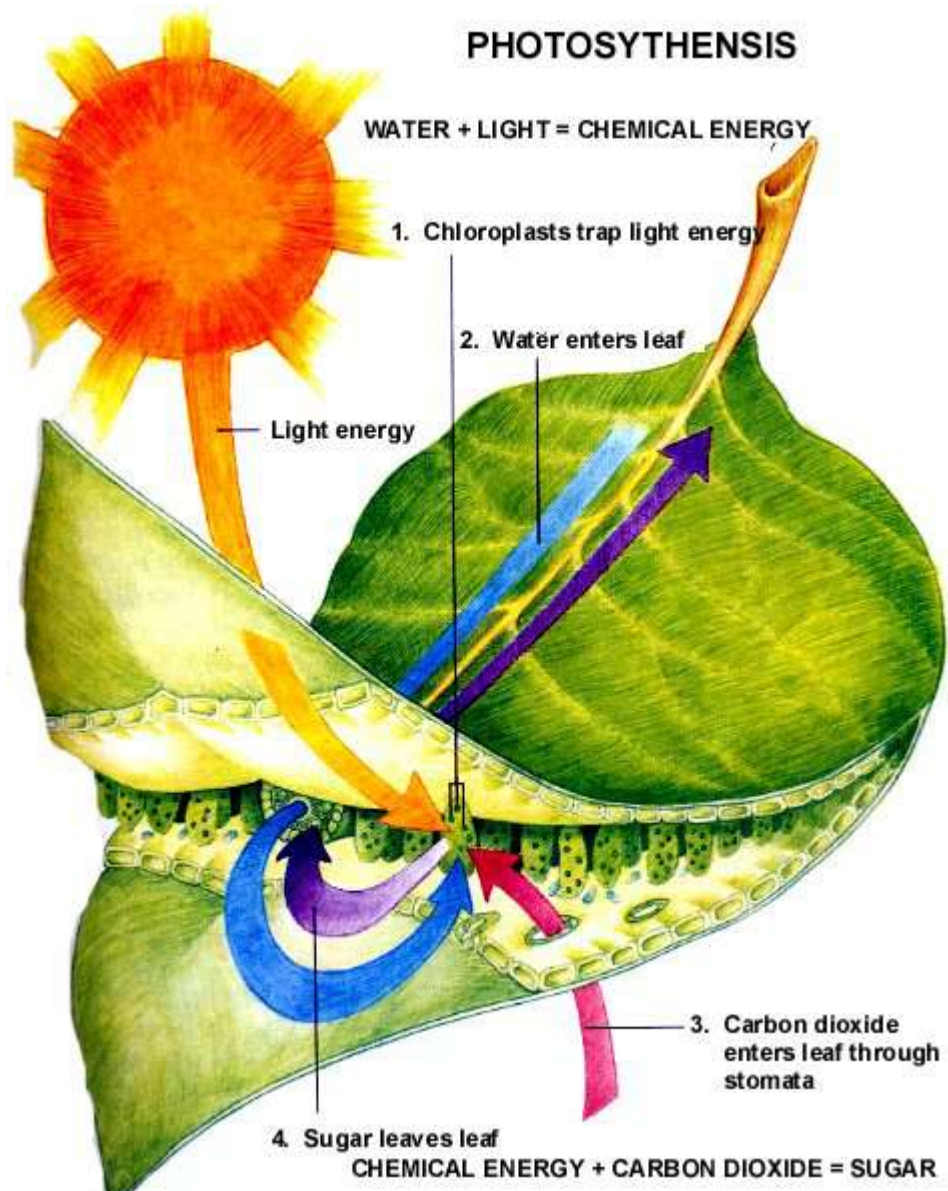
Γενικά η ευαισθησία της αναρρόφησης αέριων σωματιδίων από τα δένδρα αυξάνεται εάν η επιφάνεια των φύλλων και των φλοιών είναι αδρής και κολλώδης. Οι παραλλαγές στην δομή και στην μικρό-αδρότητα ενός φύλλου επηρεάζουν τα 'σχέδια' της εναπόθεσης ρύπων. Ο Burkhardt et al., (1995) βρήκε ότι στην έκθεση των κωνοφόρων σε πολύ μικρούς ρύπους (= 0.5μm) σε ένα δίκτυο ανέμου, η εναπόθεση ήταν πολύ μεγαλύτερη στην περιφέρεια των στομάτων των βελόνων. Για πολύ μεγάλους ρύπους φαίνεται ότι όσο αυξάνεται η κολλώτητα των επιφανειών τόσο μεγαλύτερη είναι η εναπόθεση μικροσωματιδίων ενώ για μικρότερα μικροσωματίδια η αδρότητα των επιφανειών έχει μεγαλύτερη επίδραση στην εναπόθεση (Chamberlain, 1975).

Έτσι λοιπόν οι διαφορετικοί τύποι φύλλων έχουν διαφορές στις πλευρές/όψεις των επιφανειών τους. Κάποιοι τύποι φύλλων έχουν μεγαλύτερη 'ακαμψία' επιφάνειας ή αδρότητα από άλλους τύπους φύλλων, αυτό το γεγονός επηρεάζει την ικανότητα απορρόφησης αέριων σωματιδίων. Τα κολλώδη φύλλα είναι καλύτερα στην

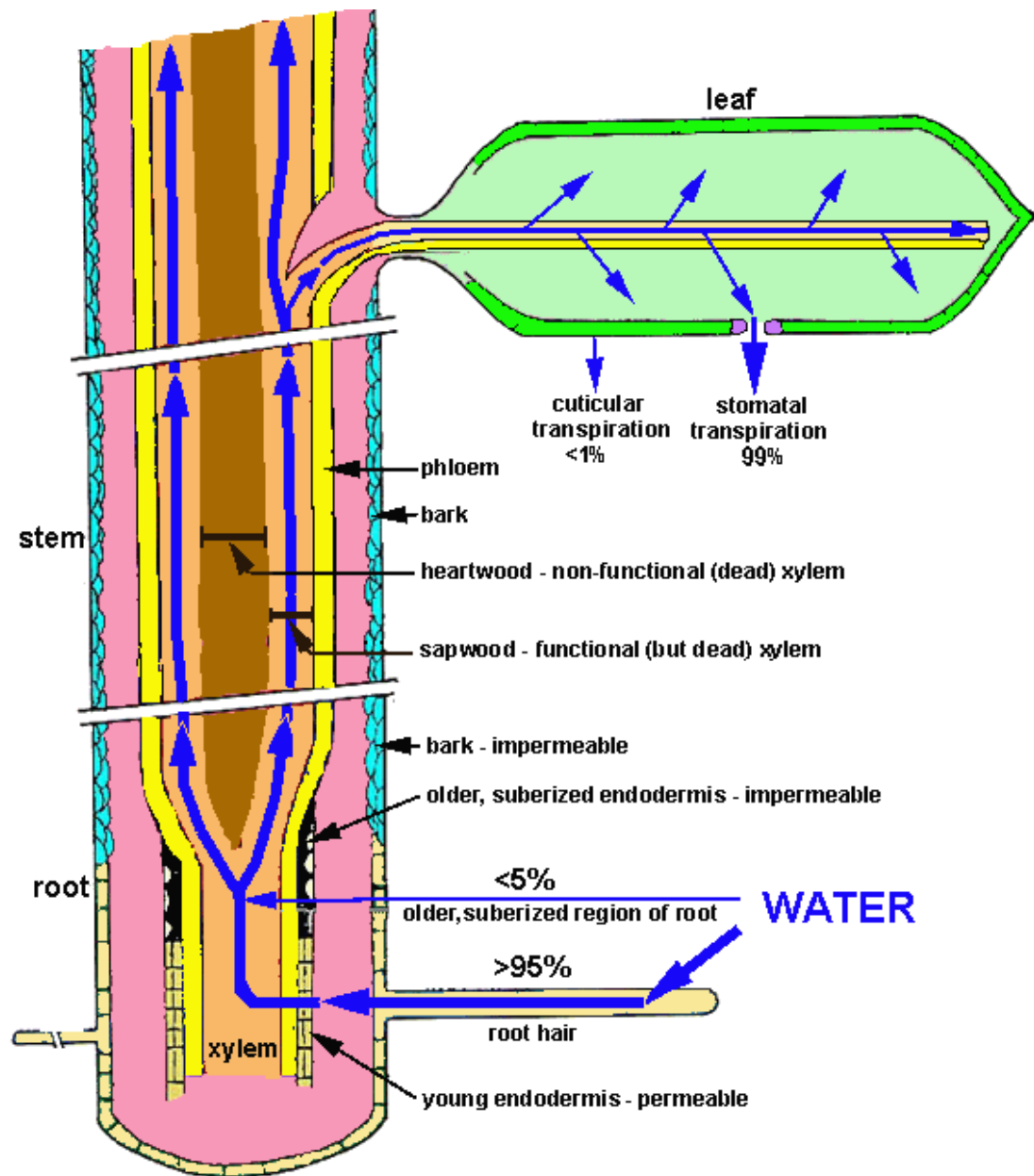
απορρόφηση σκόνης από άλλους τύπους φύλλων. Οι ακόλουθες λειτουργίες του φύλλου βοηθούν άμεσα ή έμμεσα στην ικανότητα πρόσληψης αέριας σκόνης (Rhyto Report, Chapter II):

- 1) **Φωτοσύνθεση**
- 2) **Διαπνοή**
- 3) **Μετακίνηση ύδατος και δροσισμός**
- 4) **‘Αποκοπή’ (εποχιακή αλλαγή φυλλώματος στα φυλλοβόλα είδη) και ο θρεπτικός κύκλος και η σπατάλη αποβολής.**

Υπάρχουν 2 φυσιολογικοί μηχανισμοί, οι οποίοι ελέγχονται από την ανατομία και την μορφολογία του φύλλου, οι οποίοι βοηθούν στην ικανότητα απορρόφησης σκόνης από τα φυτά: 1) **Η φωτοσύνθεση (Εικόνα 3.)**, 2) **Η διαπνοή (Εικόνα 4):** Η απορρόφηση σκόνης από τα φύλλα/τα φυτά εξαρτάται από τις συνθήκες υγρασίας πάνω και γύρω από την επιφάνεια του φύλλου. Η κατάσταση της υγρασίας στην επιφάνεια εξαρτάται από τον βαθμό υγρασίας του φυτού.



Εικόνα 3 . Διαδικασία φωτοσύνθεσης.



Εικόνα 4 . Διαδικασία διαπνοής.

Συμπερασματικά το θέμα της αναχαίτισης-συσσώρευσης των αέριων σωματιδίων από τα διάφορα φυτικά είδη όσο αφορά την ανατομία αλλά και την μορφολογία των φυτών εξαρτάται από (Varshny and Mithra, 1993; Levy, 2003);

- 1) Την εσωτερική απόσταση των φύλλων μέσα στην κόμη του φυτού.
- 2) Το μήκος του μίσχου των φύλλων.
- 3) Η επιφάνεια του φύλλου.
- 4) Ο προσανατολισμός.
- 5) Τα 'περίγραμμα' του φύλλου.
- 6) Η 'αναδίπλωση' και η 'ταξινόμηση' των φύλλων στην κόμη του φυτού.
- 7) Η πυκνότητα των τριχιδίων στην επιφάνεια του φύλλου.
- 8) Ο τύπος των τριχιδίων αλλά και το μήκους τους.
- 9) Το ανάγλυφο της επιφάνειας.

1.2.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΛΗΞΗ ΤΩΝ ΔΕΣΜΕΥΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΦΥΤΑ

Τα φυτά όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω λειτουργούν ως 'φίλτρα' διαφόρων αέριων ρύπων και αυτό έχει ως συνέπεια την βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Τα φυτά- φίλτρα όμως έχουν και μία άλλη ιδιότητα η οποία είναι η μεταφορά των αέριων ρύπων από την ατμόσφαιρα στην βιόσφαιρα. Η μεταφορά των ρύπων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος ονομάζεται απόθεση. Γενικά ξεχωρίζουμε τρεις διαφορετικούς τύπους απόθεσης:

I. **Καθίζηση** ονομάζεται η πτώση λόγω βαρύτητας των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων.

II. **Ξηρή απόθεση** υφίστανται τα μικρά σωματίδια και οι αέριες ενώσεις τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα και τα οποία κατακρατούνται, όταν έρθουν σε επαφή, από την υποκείμενη επιφάνεια

III. **Υγρή απόθεση** λαμβάνει χώρα σε περίπτωση υετού οπότε μπορούν να συμβεί κάποιο από τα παρακάτω ενδεχόμενα: Είτε σάρωση των ρύπων οι οποίοι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα από την βροχή ή το χιόνι (απόπλυση) είτε πρόσληψη των ρύπων σε ένα προηγούμενο στάδιο από τα μικρά σταγονίδια του νέφους, τα οποία αργότερα

ενώνονται μεταξύ τους φτιάχνοντας σταγόνες βροχής. Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ σημαντικό όταν μελετάμε τους αέριους ρύπους και τις επιπτώσεις τους να ξεχωρίσουμε από την μία την αέρια ρύπανση και τις επιπτώσεις της και από την άλλη την αποτιθέμενη ρύπανση με τις αντίστοιχες επιπτώσεις. Ο λόγος για τον οποίο είναι τόσο σημαντικός αυτός ο διαχωρισμός είναι ότι η κλίμακα των δύο φαινομένων είναι πολύ διαφορετική. Οι απευθείας επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης είναι περισσότερο τοπικό πρόβλημα και οι επιδράσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες στις περιοχές κοντά στην πηγή της ρύπανσης. Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της απόθεσης εξαπλώνεται σε πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα (Μέλλας, 1997).

1.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

1.3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Οι περιοχές δειγματοληψίας της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής μελέτης ήταν: **1) Ασπρόπυργος (Θριάσιο Πεδίο), 2) Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και 3) Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου.** Οι περιοχές αυτές επιλέχθηκαν λόγω της αυξημένης αέριας ρύπανσης τους (παραιτέρω ανάλυση παρακάτω). Ο Ασπρόπυργος είναι περιοχή με έντονη βιομηχανία και αντιπροσωπεύει τις περιοχές που πλήττονται από βιομηχανική ρύπανση. Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας και αντιπροσωπεύει τις περιοχές με αστική ρύπανση και τέλος η Εθνική Οδό Αθηνών- Κορίνθου που αντιπροσωπεύει τις περιοχές με έντονο το πρόβλημα από την ρύπανση που προκαλεί η κίνηση των οχημάτων.

1.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω κάθε μία από τις περιοχές δειγματοληψίας δεν επιλέχθηκε τυχαία αλλά επιλέχθηκε βάση των 3 κυρίων πηγών της αέριας ρύπανσης δηλαδή βιομηχανία, κυκλοφορία οχημάτων και το αστικό κέντρο μιας πόλης.

Όπως αναλύθηκε διεξοδικά πιο πάνω η βιομηχανία αποτελεί μία από βασικές πηγές αέριας ρύπανσης. Έτσι λοιπόν η περιοχή του Ασπρόπυργου είναι ένα κατάλληλο παράδειγμα περιοχής με βιομηχανική ρύπανση. Ο Ασπρόπυργος (**Εικόνα 5, 6.**) βρίσκεται 20 km από την Αθήνα, σχεδόν στο κέντρο του Θριάσιου Πεδίου και διασχίζεται από τον οδικό άξονα Αθηνών - Κορίνθου. Η εγκατάσταση μικρών και μεγάλων βιομηχανιών από τη δεκαετία του '60 μετέτρεψαν τον Ασπρόπυργο σε βιομηχανική πόλη, η οποία ταυτόχρονα υποδέχτηκε μεγάλο μέρος μεταναστών από το εσωτερικό αλλά και από το εξωτερικό. Κύριες βιομηχανίες στον Ασπρόπυργο είναι τα διυλιστήρια πετρελαίου, τα χαλυβουργεία, οι τσιμεντοβιομηχανίες και τέλος η βιομηχανία πυρομαχικών. Κατά την απογραφή του 2001 ο Δήμος αριθμούσε 27.741 κατοίκους, αριθμός σχεδόν διπλάσιος από την απογραφή του 1991, καθιστώντας τον πρώτο σε πληθυσμό δήμο της Δυτικής Αττικής.



Εικόνα 5. Ασπρόπυργος.



Εικόνα 6. Περιοχή δειγματοληψίας από το Google earth.

Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο αντιπροσωπεύει τις περιοχές όπου η ρύπανση προέρχεται από την αστικοποίηση. Δηλαδή βρίσκεται στον πυρήνα- κέντρο της Αθήνας όπου έχουμε υψηλά ποσοστά αέρια ρύπανσης. Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**Εικόνα 7, 8.**) βρίσκεται στη δυτική Αττική, στην περιοχή του Βοτανικού, σε μια κατάφυτη έκταση τριακοσίων περίπου στρεμμάτων, εκατέρωθεν της Ιεράς Οδού, λίγα μόλις λεπτά από το κέντρο της Αθήνας, στην καρδιά του ιστορικού Ελαιώνα. Στα δεκαέξι συγκροτήματα που διαθέτει, στεγάζονται σαράντα ένα άρτια εξοπλισμένα εργαστήρια, σύγχρονη βιβλιοθήκη, αίθουσες ηλεκτρονικών υπολογιστών, υποδειγματικές γεωργικές εγκαταστάσεις (δενδροκομείο, αμπελώνας, αγρός με φυτικές συλλογές, ανθοκομείο, θερμοκήπια, βουστάσιο, προβατοστάσιο, πτηνοτροφείο, γαλακτοκομείο, δεξαμενές υδατοκαλλιεργειών, μονάδα παραγωγής κομπόστ, γεωργικό μουσείο, φοιτητική εστία, γυμναστήριο, γήπεδα αθλοπαιδιών κ.α.



Εικόνα 7. Άποψη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Εικόνα 8. Άποψη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών από το Google earth.

Η Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου αποτελεί το τελευταίο μέρος δειγματοληψίας. Το μέρος από αντιπροσωπεύει με τον καλύτερο τρόπο τις περιοχές με έντονο το πρόβλημα ρύπανσης από την κυκλοφορία των οχημάτων.

1.3.3 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η περιοχή του Ασπρόπυργου είναι μία περιοχή με έντονη βιομηχανία και επομένως με έντονο το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης. Έρευνα που έλαβε χώρα εκεί κατά την χρονική περίοδο 1986-2006 Μας έδωσε πολλά και συνάμα σημαντικά στοιχεία για την κατάσταση που επικρατεί εκεί. Το Θριάσιο Πεδίο είναι μία περιοχή από τις πιο βιομηχανικές στην Ελλάδα. Οι έντονες βιομηχανικές δραστηριότητες, η κυκλοφορία του δρόμου και η απότομα ανεπτυγμένη δραστηριότητα του λιμανιού της Ελευσίνας είναι οι κύριοι λόγοι που παρατηρείται στην περιοχή αυτή υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Για αυτό τον λόγο ερευνήθηκε η χρονική και χωρική κατανομή 3 αέριων ρύπων (**SO**, **NO**, **O**). Τα δεδομένα πάρθηκαν από την υπηρεσία ελέγχου ρύπανσης, από τον οργανισμό Environment Quality Of Thriassion Plain, από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και την υπηρεσία περιβάλλοντος

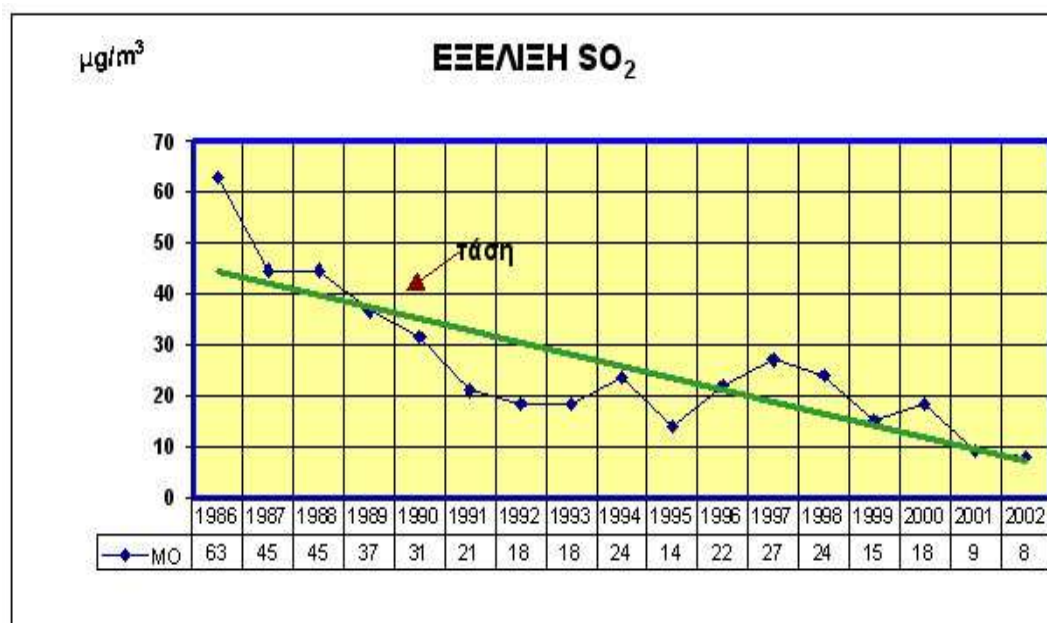
της κοινότητας Ασπροπύργου και αφορούσαν μέσες ετήσιες τιμές. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι, κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων, υπάρχει μία σαφής καλυτέρευση παρατηρώντας τις συγκεντρώσεις SO. Αυτό συμβαίνει λόγω της αλλαγής των ορυκτών καυσίμων με φυσικό αέριο. Σε αντίθεση με αυτό όμως, οι συγκεντρώσεις NO και O δεν μεταβλήθηκαν με τον χρόνο, ως αποτέλεσμα της ενδεικτικής εκπομπής NO από την αύξηση της κυκλοφορίας και των υφιστάμενων μετεωρολογικών συνθηκών που είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης (Mavrakis, et al.,2008).

Σε μία άλλη έρευνα που έγινε στο Θρίασιο Πεδίο, οι συνολικές συγκεντρώσεις **Pb**, **Cd** και **SO₄⁻²** σε δείγματα εδάφους που συλλέχθηκαν από την περιοχή, βρέθηκαν να είναι αντίστοιχα 207, 6-34, και 2-20 φορές πιο υψηλά από δείγματα επιφάνειας εδάφους από άλλα μέρη δειγματοληψίας μακριά από βιομηχανίες. Σε συνολικές συγκεντρώσεις **Pb**, **Cd**, **Zn** και **S** σε δείγματα από φύλλα ελιάς στην ίδια περιοχή βρέθηκαν αντίστοιχα 4-40,3-10, 3-9, 2-6 και 17-21 φορές υψηλότερα ποσοστά από άλλα δείγματα φύλλων ελιάς από αγροτικές περιοχές (Nakos, 2007). Σύμφωνα με τις μετρήσεις των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Αναπτυξιακού Συνδέσμου από το 1986 μέχρι το 2002 ήταν οι εξής: Συνολικές Εκπομπές Ρύπων (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Συνολικές εκπομπές ρύπων σε τόνους/έτος.

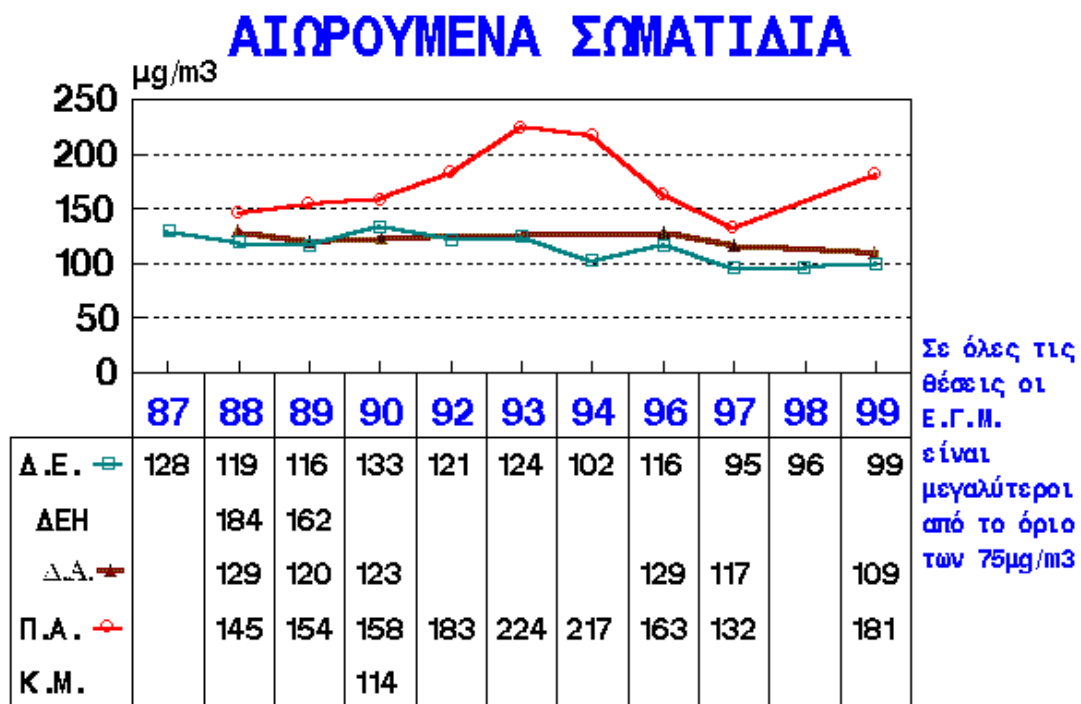
	Αιωρ.Σωματ.	NO_x	SO₂	Υδρο/κες
Βιομηχανία	<i>17835,0</i>	<i>3354,0</i>	<i>8523,0</i>	<i>4911,0</i>
Αυτοκίνητο	<i>31,3</i>	<i>726,4</i>	<i>58,1</i>	<i>1586,6</i>
Σύνολο	<i>17866,3</i>	<i>4080,4</i>	<i>8581,1</i>	<i>6498,6</i>
Βιομηχανία/ Σύνολο %	<i>99,8</i>	<i>82,2</i>	<i>99,3</i>	<i>75,6</i>

Οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου, όπως φαίνεται από το σχετικό διάγραμμα, έχουν μειωθεί σημαντικά. Μάλιστα βρίσκονται σαφώς κάτω από τα όρια της (αυστηρής) Οδηγίας 99/30 της Ε.Ε. (**Διάγραμμα 1**)



Διάγραμμα 1. Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του SO₂.

Οι συγκεντρώσεις των συνολικών αιωρούμενων σωματιδίων (σχετικό διάγραμμα) (**Διάγραμμα 2.**) στην περιοχή Ελευσίνας (Δ.Ε.) (έχοντας μειωθεί σε σχέση με τη δεκαετία 1975-85) παρουσιάζουν σταθερότητα, εξακολουθώντας όμως να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Στην περιοχή Παραλίας Ασπροπύργου (Π.Α.) παρουσίασαν σημαντική αύξηση την περίοδο 1993-1994 και στη συνέχεια εμφάνισαν μείωση. Το 60% περίπου των αιωρούμενων σωματιδίων στο Θριάσιο Πεδίο έχουν μέγεθος μικρότερο από 3μm , ενώ το 80% μικρότερο από 10μm (λόγω του μικρού μεγέθους, ένα μέρος των σωματιδίων φτάνει μέχρι τους πνεύμονες, μεταφέροντας εκεί διάφορα επιβλαβή για την υγεία συστατικά).



Διάγραμμα 2. Συνολικά αιωρούμενα σωματίδια.

1.3.4 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΟ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών βρίσκεται ουσιαστικά στο κέντρο της Αθήνας, αυτό έχει συνέπεια να έχει επιβαρυνμένο περιβάλλον λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων, της βιομηχανίας αλλά και των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης.

Η κλιματολογική ανάλυση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων στην Αθήνα, παρουσιάστηκε για την περίοδο 1987- 1997, από τότε που το τοπικό δίκτυο μέτρησης της αέριας ρύπανσης άρχισε να λειτουργεί μέσω του

Υπουργείου Περιβάλλοντος. Τα επίπεδα συγκεντρώσεων των ρύπων που εξετάστηκαν ήταν το μονοξείδιο του άνθρακα (**CO**), τα οξείδια του αζώτου (**NO_x**), το διοξείδιο του θείου (**SO₂**) και ο μαύρος καπνός (**BS**) στους πιο ρυπογόνους σταθμούς της Αθήνας (σταθμός Πατησίων, σταθμός Αθηνών και σταθμός Πειραιά). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν τον χειμώνα και πιο χαμηλές κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Οι υψηλότερες μειώσεις στις συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στον σταθμό Πατησίων όπου η σύγκριση μεταξύ των περιόδων 1988- 1990 και 1995- 1997 έδωσαν 52%, 34%, 26% και 20% μειωμένες συγκεντρώσεις για το **SO₂**, **CO**, **NO_x** και τον μαύρο καπνό αντίστοιχα. Αυτή η μείωση της ρύπανσης ,κατά την περίοδο 1990- 1994 , οφείλεται κυρίως στην αντικατάσταση της παλιάς τεχνολογίας βενζινοκίνητων οχημάτων και της μείωσης των θεικών περιεχομένων στο πετρέλαιο και αυτή φαίνεται να είναι η αιτία της βελτίωσης του αέρα στην Αθήνα κατά τα τελευταία χρόνια (Kalabokas, Viras, Repapis, 1999).

Στην πιο πρόσφατη έκθεση (2008) για ατμοσφαιρική ρύπανση στο κέντρο της Αθήνας το Υπουργείο Περιβάλλοντος και συγκεκριμένα η διεύθυνση της ΕΑΡΘ παρέθεσε τα εξής: οι πρωτογενείς ρύποι (**CO**, **NO**, **SO₂**), παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους μήνες του χειμώνα. Αυτό οφείλεται για μεν το **SO₂** στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, για δε το **CO** στη μεγαλύτερη κυκλοφορία που παρατηρείται τους χειμερινούς μήνες και τις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (ξεκίνημα με κρύα μηχανή). Το βενζόλιο αν και πτητικός υδρογονάνθρακας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές το χειμώνα, για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν για το **CO**, ενώ το καλοκαίρι παρουσιάζονται χαμηλότερες τιμές γιατί, εκτός από τη μειωμένη κυκλοφορία, μέρος του βενζολίου καταστρέφεται λόγω συμμετοχής του στις φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι δευτερογενείς ρύποι όζον (**O₃**) και διοξείδιο του αζώτου (**NO₂**) παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τη θερινή περίοδο του έτους. Σαφή μηνιαία μεταβολή δεν παρουσιάζουν και οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (**ΑΣ₁₀**, **ΑΣ_{2.5}**), λόγω των διαφόρων πηγών τους. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης των δευτερογενών ρύπων και κυρίως του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια των μηνών αυτών, δεδομένου ότι αυτοί οι ρύποι σχηματίζονται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία. Μεγαλύτερες τιμές για τους

πρωτογενείς ρύπους **CO**, **SO₂**, **NO** και βενζόλιο παρουσιάζονται γενικά το πρωί (8-10) και το βράδυ (9-11). Αυτό οφείλεται στο ότι αφ' ενός μεν, τις ώρες αυτές επικρατούν ευνοϊκές για τη συσσώρευση των ατμοσφαιρικών ρύπων μετεωρολογικές συνθήκες, αφ' ετέρου δε, συμπίπτουν χρονικά οι ώρες λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης και οι αιχμές κυκλοφορίας. Για το διοξείδιο του αζώτου, **NO₂**, οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται τις πρωινές ώρες 10-11, δηλαδή παρουσιάζουν κάποια χρονική υστέρηση που είναι απαραίτητη για το σχηματισμό τους, ενώ για το **O₃** το ημερήσιο μέγιστο εμφανίζεται τις μεταμεσημβρινές ώρες, όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει το μέγιστο.

1.3.5 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗΝ ΕΘΝΙΚΗ ΟΔΟ ΑΘΗΝΩΝ- ΚΟΡΙΝΘΟΥ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η Εθνική Οδό είναι μία περιοχή όπου η κύρια πηγή της αέριας ρύπανσης της είναι η έντονη κυκλοφορία των οχημάτων. Σε πρόσφατη έρευνα που έγινε βρέθηκαν συγκεντρώσεις **Pt** και **Pd** σε δείγματα ανώτερου εδάφους στην πλευρά του δρόμου κατά τον μήνα Μάιο του 2003. Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 3 σημεία (αστικό τοπίο, προάστιο και δρόμος υψηλής κυκλοφορίας) στην περιοχή της Αθήνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις των 'κλασσικών' **Pb**, **Cu**, **Zn**, **Fe** και **Ca** και των 'καινούριων' **Pt**, **Pd** στοιχείων που σχετίζονται με την κυκλοφορία και βρίσκονται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους σε δρόμους υψηλής κυκλοφορίας και σε αντιπροσωπευτικούς αστικούς δρόμους στην Αθήνα. Στα δείγματα στους δρόμους υψηλής κυκλοφορίας η μέση συγκέντρωση **Pt** και **Pd** ήταν 141.1 και 125.9 ng/q αντίστοιχα, ενώ στα δείγματα στους αστικούς δρόμους ήταν 35% χαμηλότερες οι συγκεντρώσεις. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν μια αυξανόμενη συσσώρευση **Pt** και **Pd** στα ανώτερα στρώματα κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας ως αποτέλεσμα της σταδιακής αύξησης της χρήσης οχημάτων με καταλυτικούς μετατροπείς. Είναι ξεκάθαρο ότι τα ανώτερα στρώματα του εδάφους από τις περιοχές με υψηλή κυκλοφορία και τους αστικούς δρόμους επηρεάζονται από την υψηλή ταχύτητα των οχημάτων και έχουν υψηλές συγκεντρώσεις **Pt** και **Pd** συγκρινόμενες με αυτές από τις περιοχές των προαστίων και τις αγροτικές περιοχές (Riga-Karandrinou, Saitanis and Arapis, 2005).

Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι που υπάρχουν σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας όπως η Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου είναι οι εξής:

- 1) **Αέρια σωματίδια (PM)**
- 2) **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**
- 3) **Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)**
- 4) **Αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs)**
- 5) **VOCs**

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 4 και 5 Αυγούστου το 2010 (4 Αυγούστου στον Ασπρόπυργο και στην Εθνική Οδό και 5 Αυγούστου στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Ο Αύγουστος επιλέχθηκε λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν. Οι υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η έλλειψη βροχής ήταν ιδανικές συνθήκες για την μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης. Η τελευταία βροχόπτωση στην περιοχή της Αθήνας καταγράφηκε στις 29 Ιουνίου το 2010 οπότε υπήρχε μία αρκετά μεγάλη περίοδος ξηρασίας προ της δειγματοληψίας η οποία επέτρεψε τη συσσώρευση και επικάλυψη των αέριων ρύπων στην κόμη των δένδρων και θάμνων καθώς μετά από βροχή έχουμε 'ξέπλυμα' της σκόνης που έχει συσσωρευτεί στα φυτά και επομένως δεν μπορούμε να έχουμε αποτελέσματα όσο

αφορά την συγκράτηση αέριων σωματιδίων από τα φυτά. Οι ρύποι συχνά διαχέονται ξανά προς στην ατμόσφαιρα μέσω του ξεπλύματος τους από την βροχή ή από δυνατό άνεμο ή πέφτουν στο έδαφος μαζί με τα φύλλα. Οπότε συμπεραίνουμε ότι η δειγματοληψία για να έχει αποτελέσματα θα πρέπει να έχει προηγηθεί περίοδος χωρίς βροχές ή δυνατούς ανέμους όπως και έγινε στην συγκεκριμένη μεταπτυχιακή μελέτη.

Η δειγματοληψία όπως αναφέρθηκε και παραπάνω πραγματοποιήθηκε σε 3 τοποθεσίες:

- 1) **Ασπρόπυργος (Θρίασιο Πεδίο):** Περιοχή με έντονο το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης λόγω των πολλών βιομηχανιών που υπάρχουν εκεί αλλά και με έντονη κυκλοφοριακή ροή (**Εικόνα 9, 10, 11**).
- 2) **Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών:** Περιοχή η οποία αντιμετωπίζει προβλήματα αέριας ρύπανσης λόγω της τοποθεσίας της (κέντρο της πόλης) από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης (κυκλοφορία οχημάτων, κεντρική θέρμανση, ανθρώπινες εργασίες) (**Εικόνα 12, 13, 14**)
- 3) **Εθνική Οδός Αθηνών- Κορίνθου:** Περιοχή με έντονη κυκλοφορία οχημάτων και επομένως έντονο το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης (**Εικόνα 15, 16, 17**).



Εικόνα 9. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην περιοχή του Ασπρόπυργου.



Εικόνα 10. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην περιοχή του Ασπρόπυργου.



Εικόνα 11. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην περιοχή του Ασπρόπυργου.



Εικόνα 12. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Εικόνα 13. Ενδεικτική φωτογραφία από την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Εικόνα 14. Ενδεικτική φωτογραφία από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.



Εικόνα 15. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου.



Εικόνα 16. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην Εθνική Οδό Αθηνών- Κορίνθου.



Εικόνα 17. Ενδεικτική φωτογραφία από την δειγματοληψία στην Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου.

Τον Ιούνιο πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στον χώρο του Θριάσιου Πεδίου αλλά και στην Εθνική Οδό Αθηνών- Κορίνθου για να καταγραφούν τα είδη βλάστησης που υπάρχουν εκεί και βάση της βιβλιογραφίας να επιλεγθούν τα καλλωπιστικά είδη φυτών από τα οποία θα γινόταν η δειγματοληψία. Για την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν αντιμετωπίστηκε αυτό το πρόβλημα όπου υπάρχει μεγάλη ποικιλία καλλωπιστικών ειδών.

Πρώτο βήμα δειγματοληψίας: Βάση των ειδών που καταγράφηκαν στις 3 περιοχές δειγματοληψίας αλλά και της βιβλιογραφίας για τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν σε παρόμοια πειράματα για την ικανότητα δέσμευσης αέριας ρύπανσης από τα φυτά, έγινε η εξής επιλογή ανά περιοχή δειγματοληψίας (**Πίνακας 5. Πίνακας 6. Πίνακας 7.**):

Πίνακας 5. Επιλεγόμενα φυτικά είδη από την περιοχή του Ασπροπύργου

ΛΑΤΙΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
<i>Buxus sempervirens</i>	Πυξάρι
<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουπιά
<i>Eucalyptus globules</i>	Ευκάλυπτος
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Κελρεουτέρια ή Κελρετόρια
<i>Laurus nobilis</i>	Δάφνη του Απόλλωνα
<i>Melia azedarach</i>	Μελιά
<i>Nerium oleander</i>	Πικροδάφνη
<i>Olea europea</i>	Ελιά
<i>Pinus brutia</i>	Πεύκη η τραχεία
<i>Pittosporum tobira</i>	Αγγελική
<i>Populus Canadensis</i>	Λεύκη η αργυρόφυλλη
<i>Quercus ilex</i>	Αριά
<i>Sophora japonica</i>	Σοφόρα

Πίνακας 6. Επιλεγόμενα φυτικά είδη από την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΛΑΤΙΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
<i>Ailanthus altissima</i>	Βρωμοκαρυδιά
<i>Buxus sempervirens</i>	Πυξάρι
<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουπιά
<i>Eucalyptus rostrata</i>	Ευκάλυπτος
<i>Eucalyptus globules</i>	Ευκάλυπτος
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Κελρεουτέρια ή Κελρετόρια
<i>Laurus nobilis</i>	Δάφνη του Απόλλωνα
<i>Melia azedarach</i>	Μελιά
<i>Nerium oleander</i>	Πικροδάφνη
<i>Olea europea</i>	Ελιά

<i>Pittosporum tobira</i>	Πυξάρι
<i>Quercus ilex</i>	Αριά
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Ρομπίνια
<i>Sophora japonica</i>	Σοφόρα

Πίνακας 7. Επιλεγόμενα φυτικά είδη από την Εθνική Οδό Αθηνών –Κορίνθου.

ΛΑΤΙΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
<i>Ailantus altissima</i>	Βρωμοκαρυδιά
<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουπιά
<i>Eucalyptus rostrata</i>	Ευκάλυπτος
<i>Laurus nobilis</i>	Δάφνη του Απόλλωνα
<i>Nerium oleander</i>	Πικροδάφνη
<i>Olea europea</i>	Ελιά
<i>Pittosporum tobira</i>	Πυξάρι
<i>Populus alba</i>	Άσπρη λεύκα

Από τα παραπάνω είδη φυτών πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία.

Από κάθε είδος πήραμε συνολικά **2 αντιπροσωπευτικά δείγματα**, δηλαδή από συγκεκριμένο ύψος και περιμετρικά της κόμης του φυτού. Υπήρχαν όμως και είδη από τα οποία πήραμε **1 αντιπροσωπευτικό δείγμα** και ένας είδος από το οποίο πήραμε **4 προσανατολισμένα δείγματα**. Τα φυτικά είδη από τα οποία πήραμε **1 αντιπροσωπευτικό δείγμα** είναι: *Eucalyptus globulus*, *Laurus nobilis* και *Sophora japonica* από την περιοχή του Ασπρόπυργου. *Olea europea* και *Pittosporum tobira* από την περιοχή της Εθνικής Οδού. *Ailanthus altissima*, *Eucalyptus globules* και *Robinia pseudoacacia* από την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το φυτικό είδος από το οποίο πήραμε **4 προσανατολισμένα δείγματα** είναι : το *Ceratonis siliqua* από την περιοχή του Ασπρόπυργου.

Με τους όρους **αντιπροσωπευτικό δείγμα** και **προσανατολισμένο δείγμα** εννοούμε:

Αντιπροσωπευτικό δείγμα: Φύλλα από ύψος 3m για δένδρα και από ύψος 1m για θάμνους. Τα δείγματα αυτά περιλαμβάνουν φύλλα από όλες τις πλευρές του φυτού (δηλαδή περιμετρικά της κόμης).

Προσανατολισμένο δείγμα: Φύλλα από ύψος 3m. Κάθε δείγμα έχει φύλλα από ένα προσανατολισμό, δηλαδή βορράς, νότος, ανατολή και δύση.

Δεύτερο βήμα δειγματοληψίας: Τα δείγματα κόπηκαν με κλαδευτικό ψαλίδι. Συγκεκριμένα κόψαμε κλαδιά στα οποία υπήρχαν τα φύλλα που χρησιμοποιήσαμε για την συλλογή της ρυπογόνου σκόνης. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν προσεκτικά σε μεγάλες σακούλες στις οποίες αναγραφόταν το φυτικό είδος, η τοποθεσία δειγματοληψίας και στα προσανατολισμένα δείγματα ο προσανατολισμός. Στόχος ήταν η προσεκτική και ομαλή μετακίνηση των δειγμάτων έτσι ώστε να μην προκληθεί απώλεια της φυλλώδους σκόνης κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Κατά την συγκομιδή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε σκάλα και ηλεκτρονικό μέτρο για να μπορέσουμε να πάρουμε τα δείγματα από συγκεκριμένο ύψος (3m από το έδαφος για τα δένδρα και 1m για τους θάμνους).

Τρίτο βήμα δειγματοληψίας: Μετά το τέλος της δειγματοληψίας οι σακούλες με τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου και τοποθετήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους των 0°C για να διατηρηθούν τα δείγματα χωρίς να μαραθούν κατά την διάρκεια της ανάλυσης τους.

2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Μετά την συλλογή των δειγμάτων και την τοποθέτηση τους σε ψυκτικό θάλαμο ξεκίνησε η πειραματική διαδικασία στο εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου που ως στόχο είχε την μέτρηση της φυλλώδους σκόνη στα φυτικά είδη που επιλέχθηκαν και να διερευνηθούν οι διαφορές στην συγκράτηση σκόνης μεταξύ των ειδών αλλά και μεταξύ των τριών τοποθεσιών της δειγματοληψίας.

Η φυλλώδης σκόνη η οποία εμπεριέχει όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή διάφορους τύπους αέριων ρύπων μετρήθηκε με 2 μεθόδους:

- 1) **Θολόμετρο:** Μηχάνημα το οποίο μετράει την θολότητα σε διάλυμα 1ml (Εικόνα 18).
- 2) **Διήθηση σε κενό:** Πραγματοποιείται διήθηση διαλύματος σε κενό αέρος (Εικόνα 19).



Εικόνα 18. Θολόμετρο.



Εικόνα 19. Διήθηση σε κενό.

Πρώτο βήμα πειραματικής διαδικασίας: Από κάθε δείγμα ξεχωρίστηκαν και κόπηκαν τα φύλλα με κλαδευτικό ψαλίδι. Τα υπόλοιπα μέρη όπως κλαδιά απομακρύνθηκαν διότι στόχος μας ήταν να καταγραφεί η συγκράτηση σκόνης από τα φύλλα κάθε φυτικού είδους που επιλέχθηκε. Η κοπή των φύλλων έγινε με ιδιαίτερη προσοχή για να μην υπάρχει απώλεια της σκόνης. Στην συνέχεια ζυγίστηκε και καταγράφηκε το ξηρό βάρος και ο αριθμός φύλλων κάθε δείγματος.

Δεύτερο βήμα πειραματικής διαδικασίας: Στην συνέχεια κάθε δείγμα φύλλων ‘ξεσκονίστηκε’ σε αποσταγμένο νερό. Δηλαδή κάθε φύλλο δείγματος βουρτσίστηκε και από τις δύο επιφάνειες με πινέλο από φυσική τρίχα σε γυάλινο δοχείο ζέσης. Χρησιμοποιήσαμε φυσικής τρίχας πινέλο για να αποφευχθεί ο στατικός ηλεκτρισμός Έτσι λοιπόν ένα-ένα φύλλο κάθε δείγματος βουρτσίστηκε με προσοχή μέσα σε γυάλινο ποτήρι ζέσης. Το βούρτσισμα της σκόνης βοήθησε το ‘ξέπλυμα’ με αποσταγμένο νερό. Κάθε δείγμα δημιούργησε ένα διάλυμα σκόνης-αποσταγμένου

νερού 200 ml. Στην συνέχεια κάθε ένα διάλυμα μπήκε στην διαδικασία της ανάλυσης από τις 2 μεθόδους.

- 1) Θολόμετρο:** Το διάλυμα που δημιουργήθηκε μετά το βούρτσισμα της σκόνης των φύλλων κάθε δείγματος τοποθετήθηκε σε αναδευτήρα για 10 min έτσι ώστε το διάλυμα να έχει ομοιόμορφη κατανομή σκόνης-αποσταγμένου νερού. Σε περίπτωση που δεν αναδεύαμε το διάλυμα θα είχαμε δημιουργία ιζήματος πράγμα το οποίο δεν θα μας επέτρεπε την μέτρηση της θολότητας. Μετά το πέρας των 10 min πήραμε με την βοήθεια μίας σύριγγας, 1 mL διαλύματος. Το διάλυμα αυτό τοποθετήθηκε στο ειδικό φιαλίδιο του θολόμετρου (**Εικόνα 20.**) για την μέτρηση της θολότητας του. Στην συνέχεια τοποθετήσαμε το φιαλίδιο στο θολόμετρο και μετά από 1min εμφανίστηκε στην οθόνη του η τιμή μέτρησης της θολότητας του διαλύματος. Για κάθε ένα δείγμα πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις θολότητας και υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών. Μετά από κάθε επανάληψη μέτρησης το φιαλίδιο αλλά και η σύριγγα καθαρίζονταν με αποσταγμένο νερό έτσι ώστε να μην υπάρξουν υπολείμματα από κάθε μέτρηση. Ο μέσος όρος θολότητας κάθε δείγματος καταγράφηκε.
- 2) Διήθηση:** Το διάλυμα των 200 mL σκόνης-αποσταγμένου νερού κάθε δείγματος μετά την μέτρηση της θολότητας του διηθήθηκε σε κενό αέρος. Στην μέθοδο διήθησης σε κενό χρησιμοποιήσαμε: **1 μεταλλική αντλία δημιουργίας κενού (Εικόνα 21.), 1 κωνική φιάλη Büchner (Εικόνα 22.), 1 πορσελάνινο ηθμό (Εικόνα 23), 1 λάστιχο προσαρμογής του ηθμού στην κωνική φιάλη, 1 απλό λάστιχο ένωσης κωνικής φιάλης και αντλίας (Εικόνα 24) και διηθητικά χαρτιά 0.20mm.** Η διαδικασία της διήθησης ήταν η εξής: Αφού προσαρμόστηκε η αντλία στην βρύση του εργαστηρίου και ενώθηκε μέσω του λάστιχου με την κωνική φιάλη Büchner, τοποθετήθηκε ο πορσελάνινος ηθμός στην κωνική φιάλη και μέσα σε αυτόν το διηθητικό χαρτί. Ανοίγοντας την βρύση δημιουργήθηκαν συνθήκες κενού αέρος. Το διάλυμα σκόνης-αποσταγμένου νερού (200 mL) κάθε δείγματος διηθήθηκε. **Πριν και μετά** την διήθηση (**Εικόνα 25, 26, 27.**), ζυγίστηκε και καταγράφηκε το ξηρό βάρος κάθε διηθητικού χαρτιού μετά από 24h ξήρανση σε 70°C στο ξηραντήριο του εργαστηρίου. Στην συνέχεια

αφαιρέθηκε το βάρος του διηθητικού χαρτιού κάθε δείγματος πριν την διήθηση από το βάρος του διηθητικού χαρτιού μετά την διήθηση και καταγράφηκαν τα βάρη που αντιπροσωπεύανε την συγκράτηση σκόνης κάθε δείγματος.



Εικόνα 20. Ειδικό φιαλίδιο θολόμετρου, η σύριγγα που χρησιμοποιήσαμε και το πανάκι καθαρισμού του φιαλιδίου.



Εικόνα 21. Μεταλλική αντλία δημιουργίας κενού αέρος.



Εικόνα 22. Κωνική φιάλη Bühner.



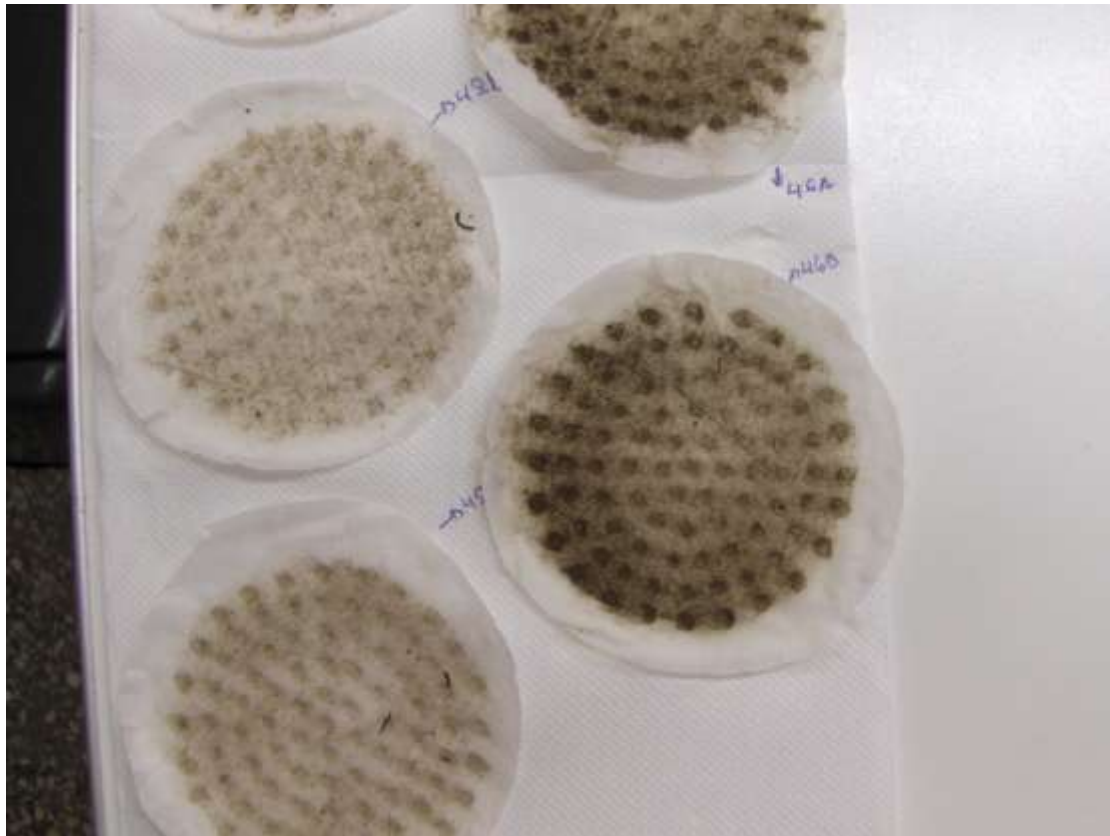
Εικόνα 23. Πορσελάνινος ηθμός.



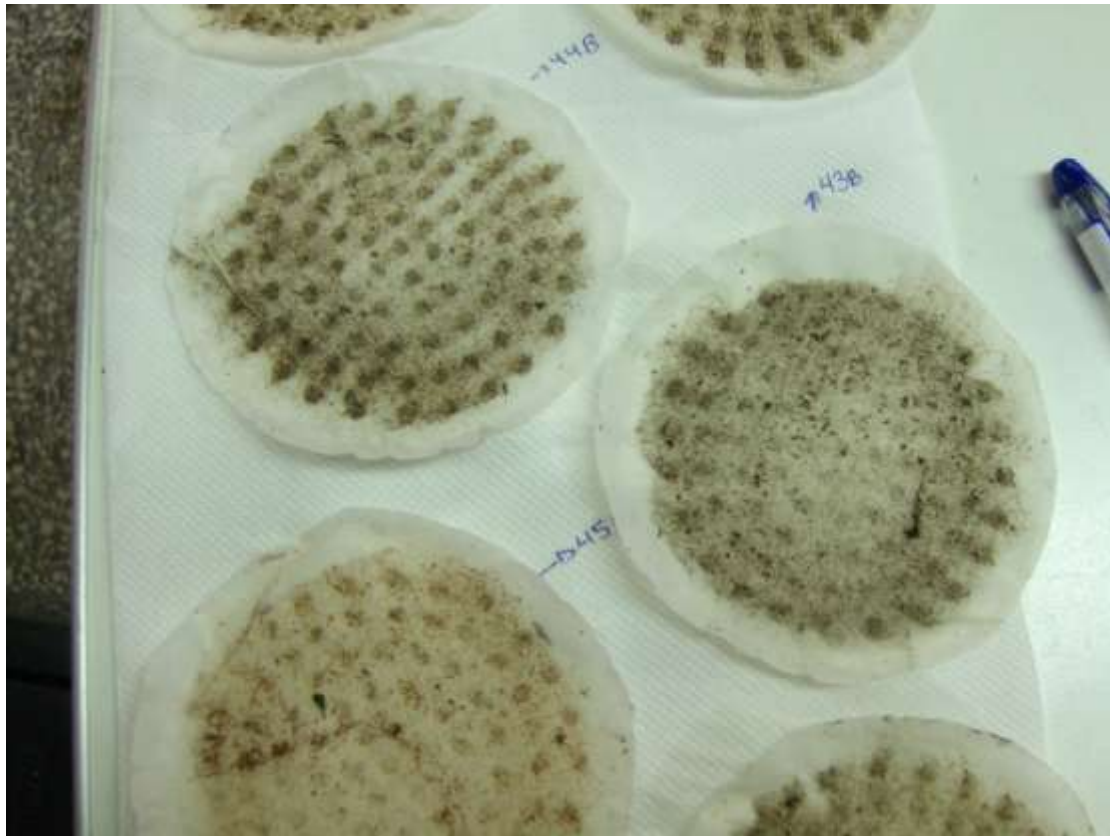
Εικόνα 24. Λάστιχο ένωσης αντλίας- κωνικής φιάλης.



Εικόνα 25. Διηθητικό χαρτί με συγκράτηση σκόνης μετά από την διήθηση σε κενό.



Εικόνα 26. Διηθητικό χαρτί με συγκράτηση σκόνης μετά από την διήθηση σε κενό.



Εικόνα 27. Διηθητικό χαρτί με συγκράτηση σκόνης μετά από την διήθηση σε κενό.

Τρίτο βήμα πειραματικής διαδικασίας: Μετά το πέρας της ανάλυσης των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων κάθε δείγματος. Το κάθε δείγμα φύλλων μετατράπηκε σε φωτογραφία μέσω scanner και στην συνέχεια μέσω προγράμματος μέτρησης της επιφάνειας και άλλων παραμέτρων μετρήθηκαν και καταγράφηκαν τα εξής για κάθε δείγμα:

- 1) η συνολική επιφάνεια των φύλλων.
- 2) η συνολική περίμετρος των φύλλων.
- 3) το συνολικό πλάτος των φύλλων.
- 4) η μέση περίμετρος των φύλλων.
- 5) το μέσο πλάτος των φύλλων.
- 6) το κέντρο βάρους στον άξονα x των φύλλων.
- 7) το κέντρο βάρους στον άξονα y των φύλλων.

Τέταρτο βήμα δειγματοληψίας: Από κάθε δείγμα φύλλων πήραμε ένα φύλλο το οποίο τοποθετήσαμε σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Μέσου του μικροσκοπίου παρατηρήσαμε τα μορφολογικά χαρακτηριστικά κάθε φυτικού είδους που χρησιμοποιήσαμε στην συγκεκριμένη μελέτη. Βάση διαφόρων ερευνών όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή τα ανατομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων παίζουν σημαντικό ρόλο στο ποσοστό συγκράτησης της αέριας ρύπανσης. Έτσι παρατηρήσαμε τα εξής χαρακτηριστικά τα οποία έχουν άμεση επίδραση στην συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από τα φύλλα:

- 1) η επιφάνεια του φύλλου (λείο ή τραχύ)
- 2) η ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια του φύλλου.

Στην συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν και καταγράφηκαν τα φυτικά είδη βάση αυτών των 2 παραμέτρων.

Πέμπτο βήμα δειγματοληψίας: Τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε ήταν η μέτρηση της κλίσης των φύλλων κάθε φυτικού είδους. Με την βοήθεια ενός μοιρογνωμονίου και ενός αλφαδιού μετρήθηκε η κλίση των φύλλων κάθε φυτικού είδους που χρησιμοποιήθηκε στην μεταπτυχιακή μελέτη μας . Έτσι καταγράφηκε η κλίση των φύλλων κάθε είδους, παράγοντας ο οποίος μπορεί να επηρεάσει την συγκράτηση σκόνης κάθε είδους.

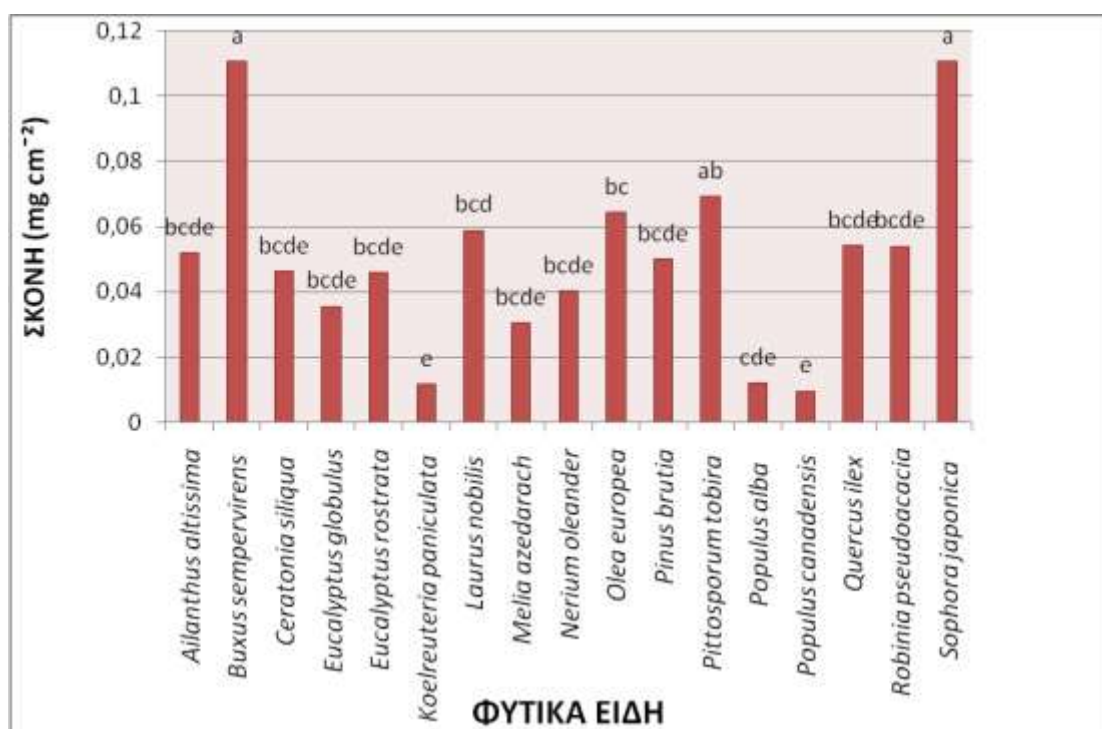
2.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Statgraphics. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με την μέθοδο της ανάλυσης παραλλακτικότητας ANOVA (One-way ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0.05$. Τέλος πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση παραλλακτικότητας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ

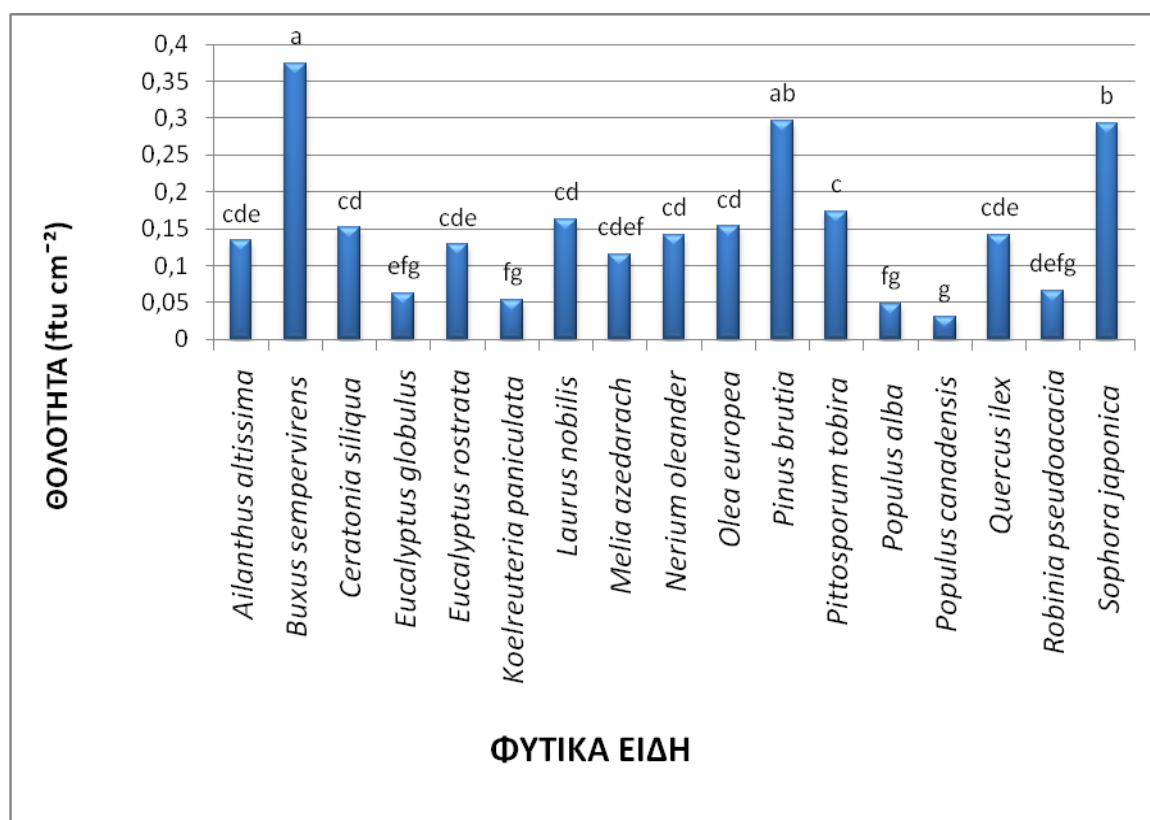
Το *Buxus sempervirens* και το *Sophora japonica* ήταν τα είδη τα οποία είχαν τη μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης ενώ την μικρότερη είχαν τα είδη *Populus canadensis* και *Koelreuteria paniculata* (Διάγραμμα 1). Αρκετά υψηλή συγκράτηση σκόνης παρατηρήθηκε και στα είδη *Pittosporum tobira* και *Olea europea*. Αρκετά χαμηλή συγκράτηση φυλλώδους σκόνης συγκράτησε το *Populus alba*, ενώ τα υπόλοιπα είδη συγκράτησαν μέτρια ποσότητα φυλλώδους σκόνης.



Διάγραμμα 1. Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) για κάθε φυτικό είδος. Οι μέσοι όροι περιλαμβάνουν όλες τις τοποθεσίες από τις οποίες πάρθηκε δείγμα για κάθε φυτό.

3.2 ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ

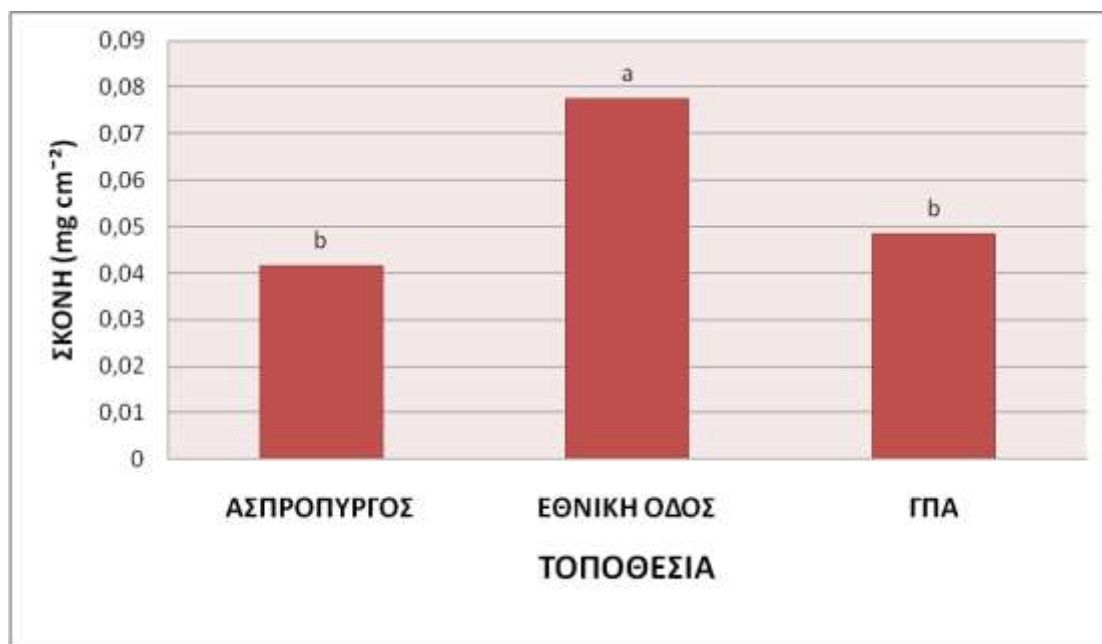
Το *Buxus sempervirens* είχε την μεγαλύτερη θολότητα σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα φυτικά είδη, ενώ επίσης υψηλές τιμές θολότητας έδειξαν τα είδη *Pinus brutia* και *Sophora japonica* (Διάγραμμα 2). Αντίθετα τη μικρότερη θολότητα είχε το *Populus canadensis*. Επίσης χαμηλές τιμές θολότητας παρατηρήθηκαν στο *Populus alba*, *Eucalyptus globulus* και στο *Koelreuteria paniculata*. Τα υπόλοιπα φυτικά είδη εμφάνισαν μέτρια θολότητα.



Διάγραμμα 2. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από πλύση του φυλλώματος. Οι μέσοι όροι περιλαμβάνουν όλες τις τοποθεσίες από τις οποίες πάρθηκε δείγμα για κάθε φυτό.

3.3 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

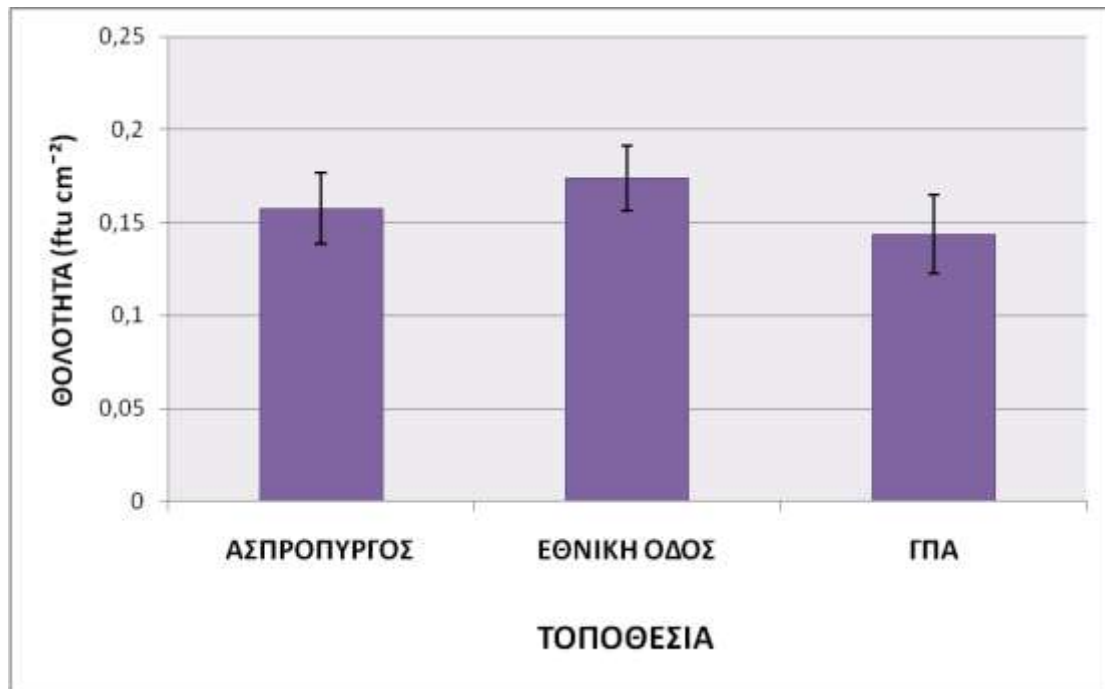
Η μεγαλύτερη συσκόρευση φυλλώδους σκόνης από όλα τα φυτικά είδη του πειράματος παρατηρήθηκε στην Εθνική Οδό, ενώ μικρότερη στον Ασπρόπυργο και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3. Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) ανά τοποθεσία δειγματοληψίας.

3.4 ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΑΝΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

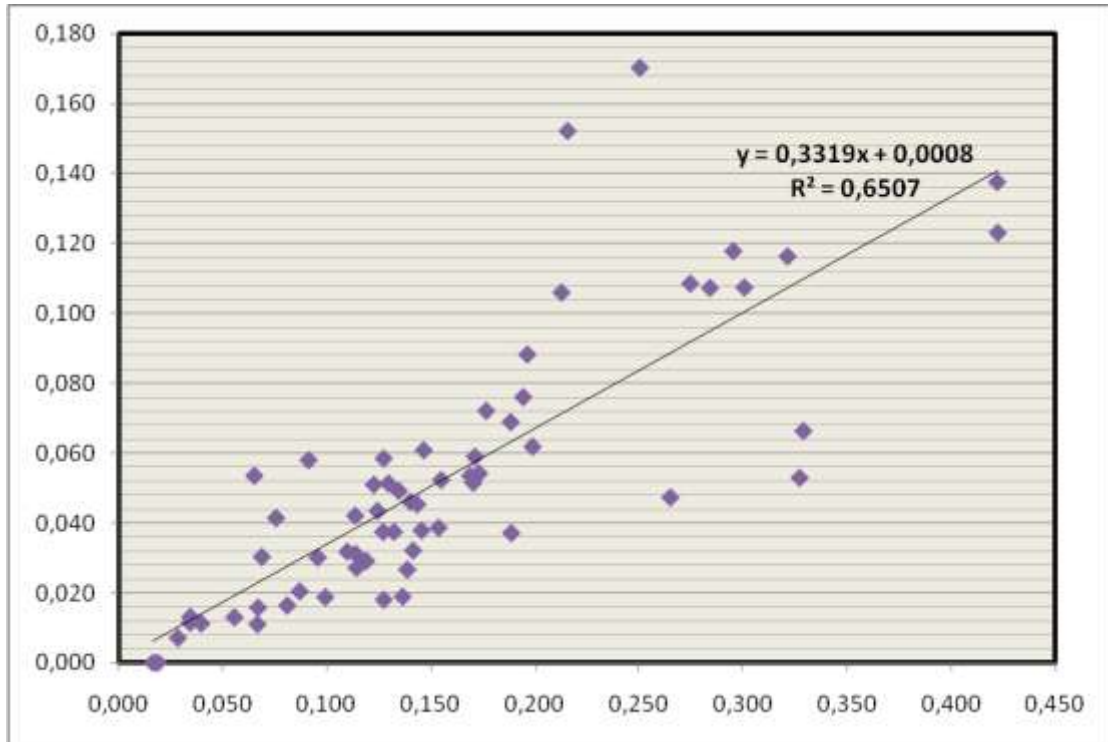
Η θολότητα που προέκυψε από την πλύση των δειγμάτων της περιοχής της Εθνικής Οδού φαίνεται να είναι παρόμοια και για τις 3 τοποθεσίες (Διάγραμμα 4).



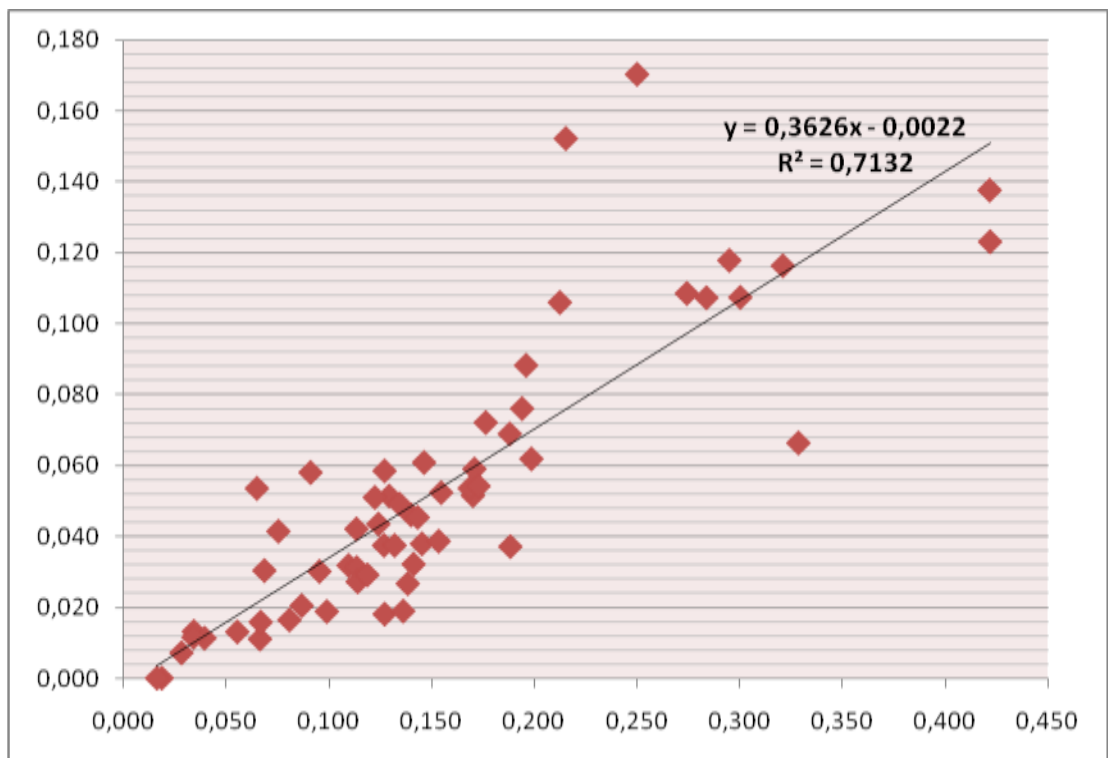
Διάγραμμα 4. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος των δειγμάτων ανά περιοχή δειγματοληψίας.

3.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΘΟΛΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ

Παρατηρήθηκε συσχέτιση της θολότητας και της φυλλώδους σκόνης (**Διάγραμμα 5**) όμως υπήρξαν κάποια είδη στα οποία υπήρξε μεγάλη διαφορά ανάμεσα στην θολότητα και στην σκόνη επικάλυψης αέριων σωματιδίων. Το *Pinus brutia* είναι το είδος στο οποίο παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη διαφορά στην σχέση ανάμεσα στη θολότητα και στη φυλλώδη σκόνη. Στο **Διάγραμμα 6** παρουσιάζεται η γραμμή παλινδρόμησης αφού πρώτα εξαιρέθηκαν οι τιμές της θολότητας και της φυλλώδους σκόνης του είδους *Pinus brutia*.



Διάγραμμα 5. Γραμμή παλινδρόμησης για την φυλλώδη σκόνη και την θολότητα του διαλύματος πλύσης του φυλλώματος.



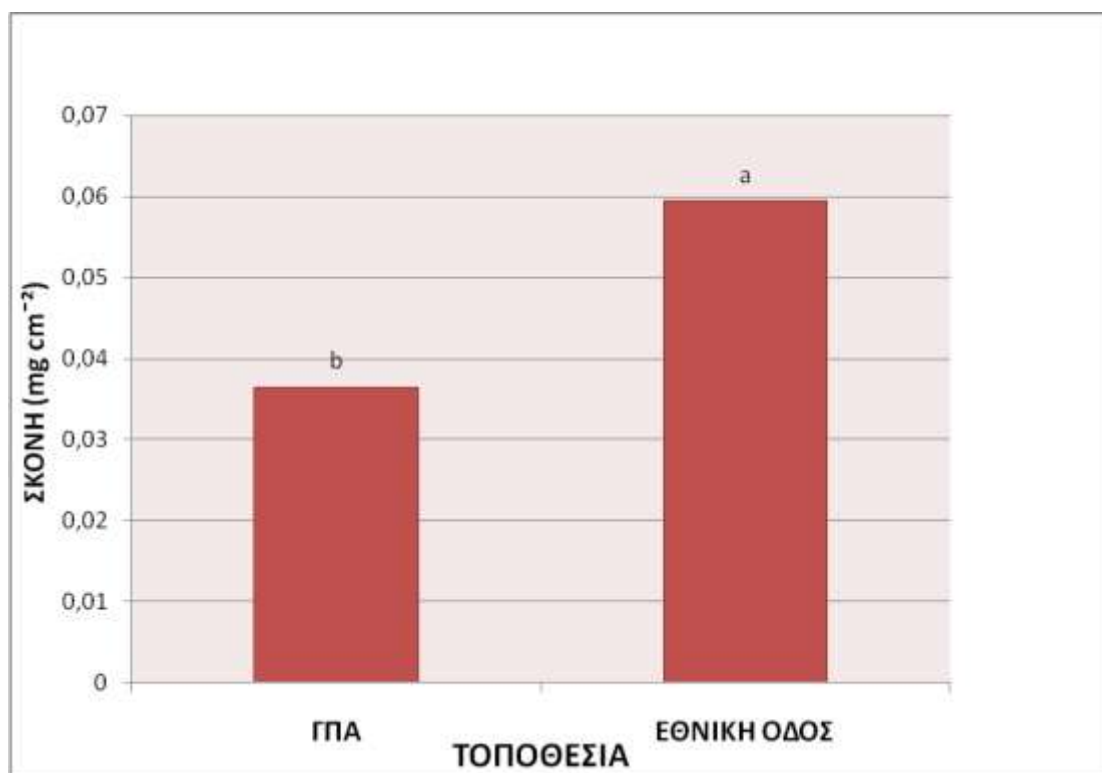
Διάγραμμα 6. Γραμμή παλινδρόμησης για την φυλλώδη σκόνη και την θολότητα πλύσης του φυλλώματος εξαιρώντας το είδος *Pinus brutia* (σε κύκλο).

3.6 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ

3.6.1 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Ailanthus altissima*’

3.6.1 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Ailanthus altissima*’

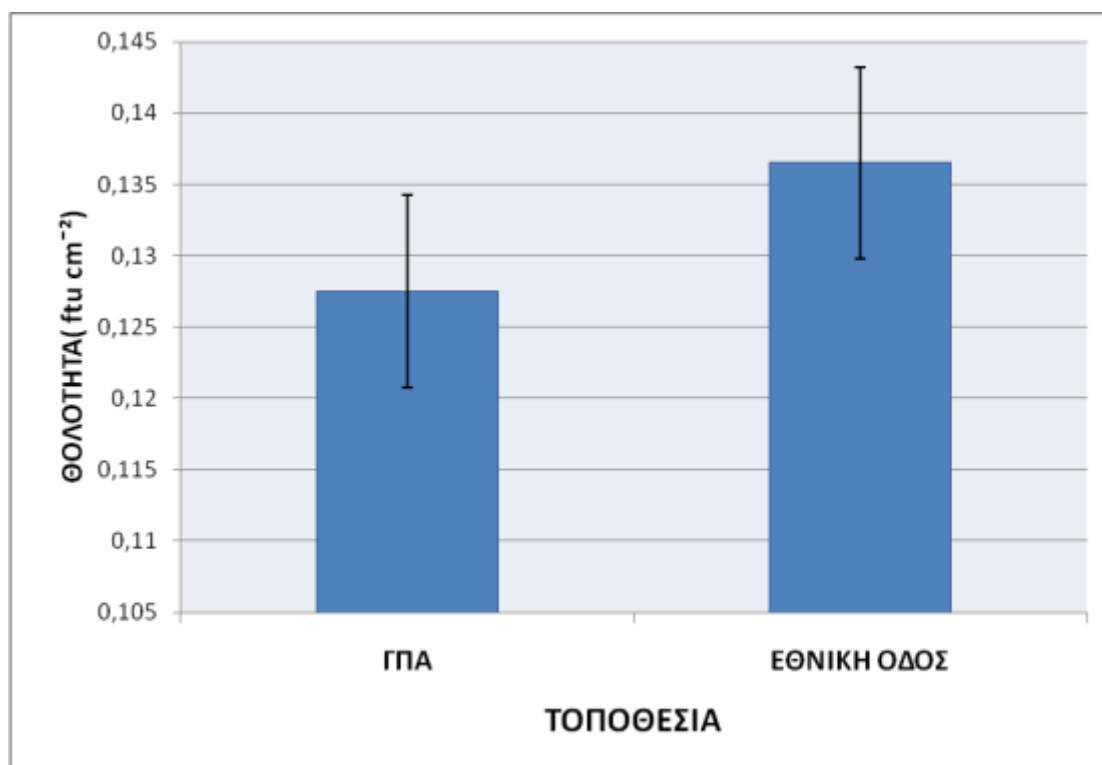
Δείγματα για το συγκεκριμένο φυτικό είδος συλλέχθηκαν μόνο από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και Εθνική Οδός) (Διάγραμμα 7). Το είδος αυτό είχε μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης στην Εθνική Οδό, ενώ μικρότερη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.



Διάγραμμα 7. Συσσώρευση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) στο φυτικό είδος *Ailanthus altissima* στις περιοχές δειγματοληψίας: Γεωπονικό Πανεπιστημίο και Εθνική Οδός.

3.6.1 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Ailanthus altissima*’

Το συγκεκριμένο φυτικό είδος συλλέχθηκε μόνο από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και Εθνική Οδός) (Διάγραμμα 8). Από την στατιστική ανάλυση δεν προέκυψαν σημαντικές στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις 2 περιοχές δειγματοληψίας.

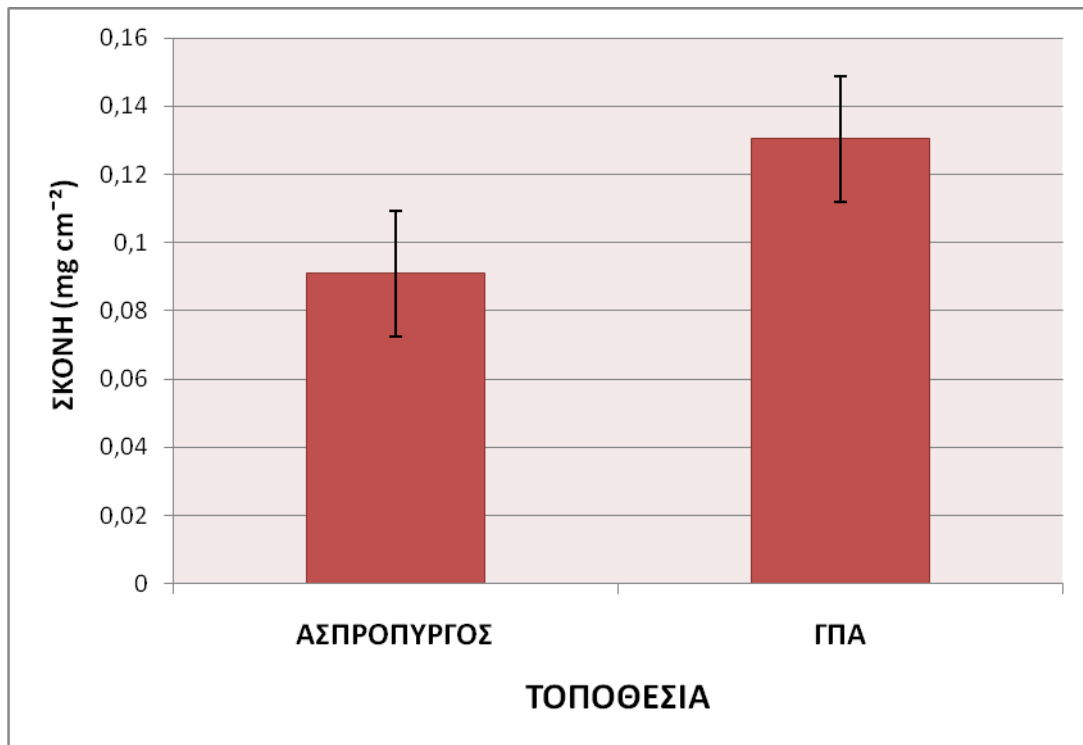


Διάγραμμα 8. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του *Ailanthus altissima* στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και στην Εθνική Οδό.

3.6.2 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Buxus sempervirens*’

3.6.2 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Buxus sempervirens*’

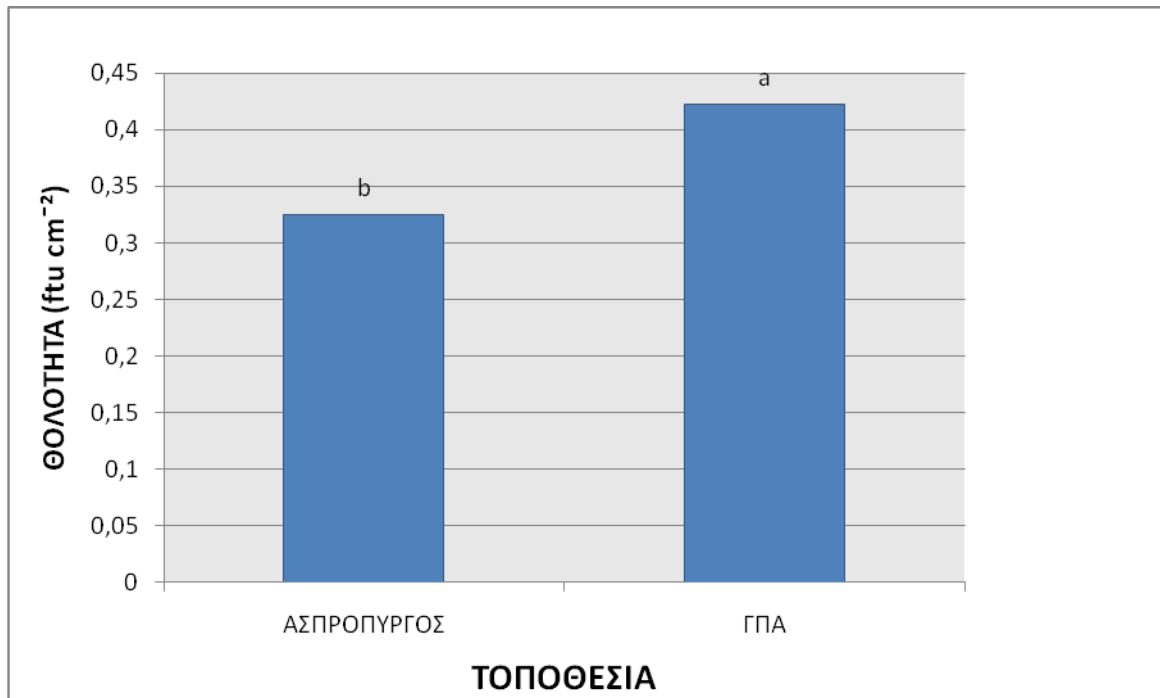
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας από τον Ασπρόπυργο και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Διάγραμμα 9). Από την στατιστική ανάλυση δεν προέκυψαν σημαντικές στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις 2 περιοχές δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 9. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Buxus sempervirens* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.2 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Buxus sempervirens*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας από την περιοχή του Ασπρόπυργου και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**Διάγραμμα 10**). Η θολότητα του διαλύματος που προήλθε από την πλύση του φυλλώματος του είδους αυτού ήταν μεγαλύτερη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο σε σχέση με αυτή του Ασπρόπυργου.

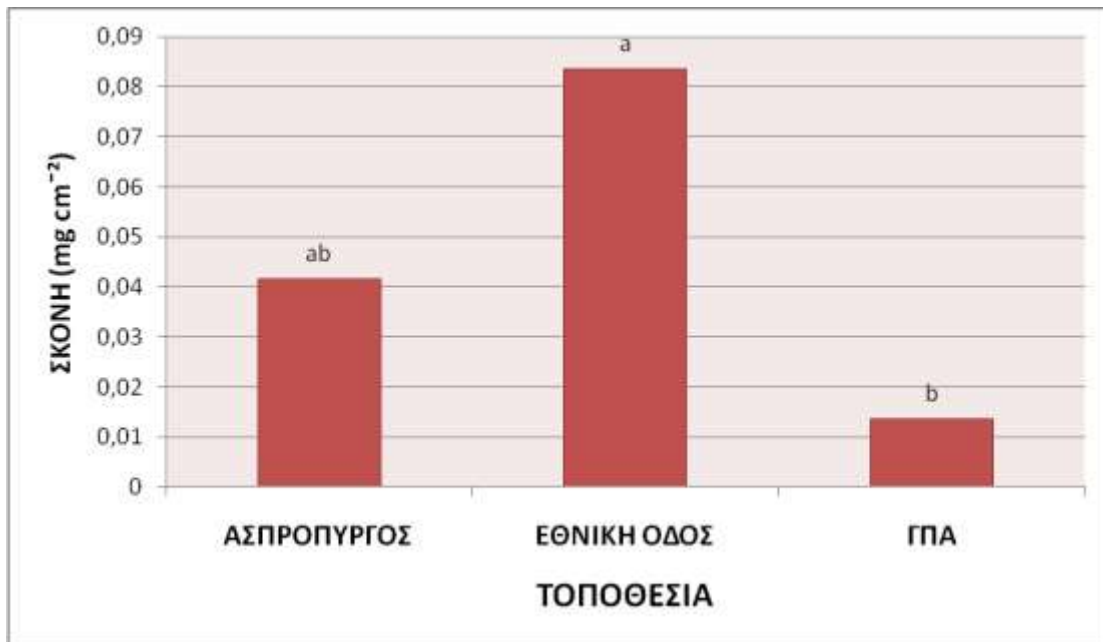


Διάγραμμα 10. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του *Buxus sempervirens* στον Ασπρόπυργο και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.3 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Ceratonia siliqua*’

3.6.3 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Ceratonia siliqua*’

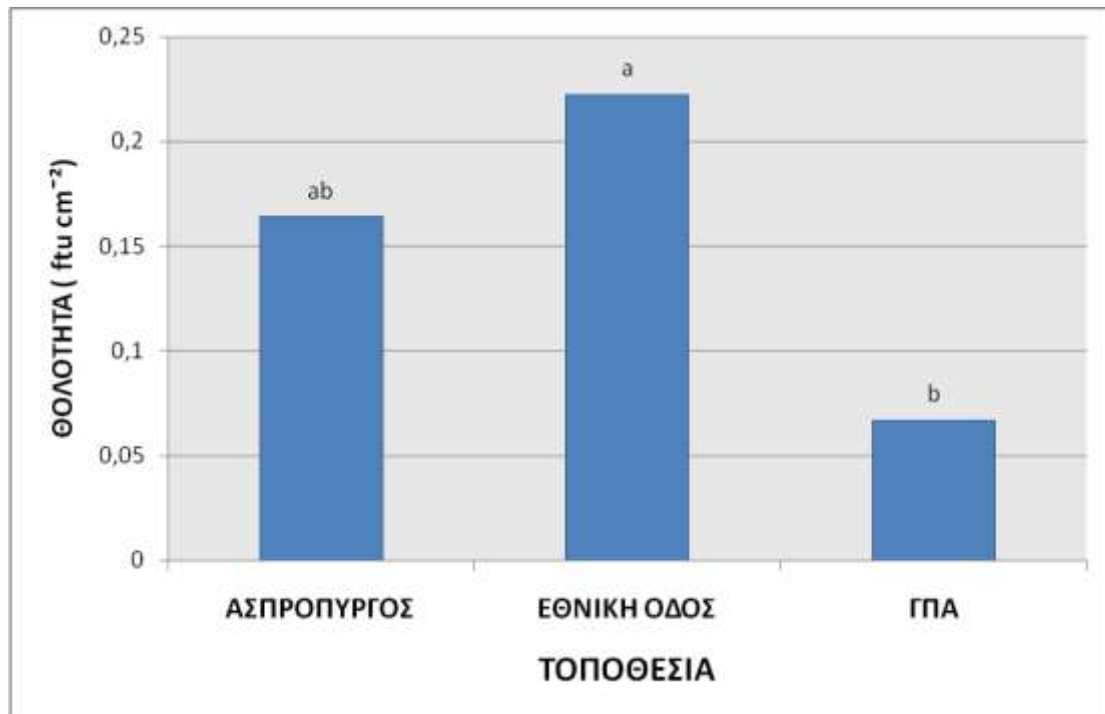
Το συγκεκριμένο φυτικό είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (Διάγραμμα 11). Το είδος αυτό είχε μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης στην Εθνική Οδό ενώ μικρότερη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Στην περιοχή του Ασπρόπυργου το είδος παρουσίασε μέτρια συγκράτηση.



Διάγραμμα 11. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Ceratonia siliqua* στον Ασπρόπυργο, στην Εθνική Οδό και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.3 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Ceratonia siliqua*’

Το συγκεκριμένο φυτικό είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (Διάγραμμα 12). Η θολότητα του διαλύματος που προέκυψε από την πλύση του φυλλώματος του είδους αυτού ήταν μεγαλύτερη στην περιοχή της Εθνικής Οδού ενώ μικρότερη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Στον Ασπρόπυργο ήταν μέτρια ελαφρώς πιο μικρή από την τιμή της Εθνικής Οδού.

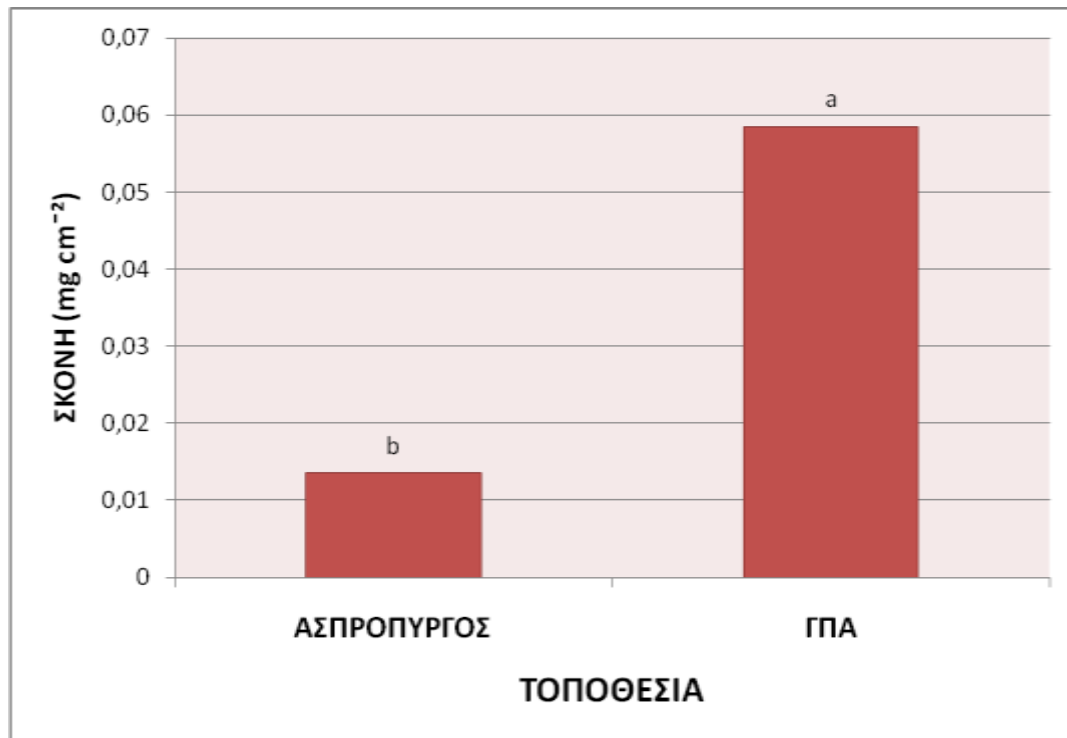


Διάγραμμα 12. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Ceratonia siliqua* στις περιοχές Ασπρόπυργο, Εθνική Οδό και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.4 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Eucalyptus globulus*’

3.6.4 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Eucalyptus globulus*’

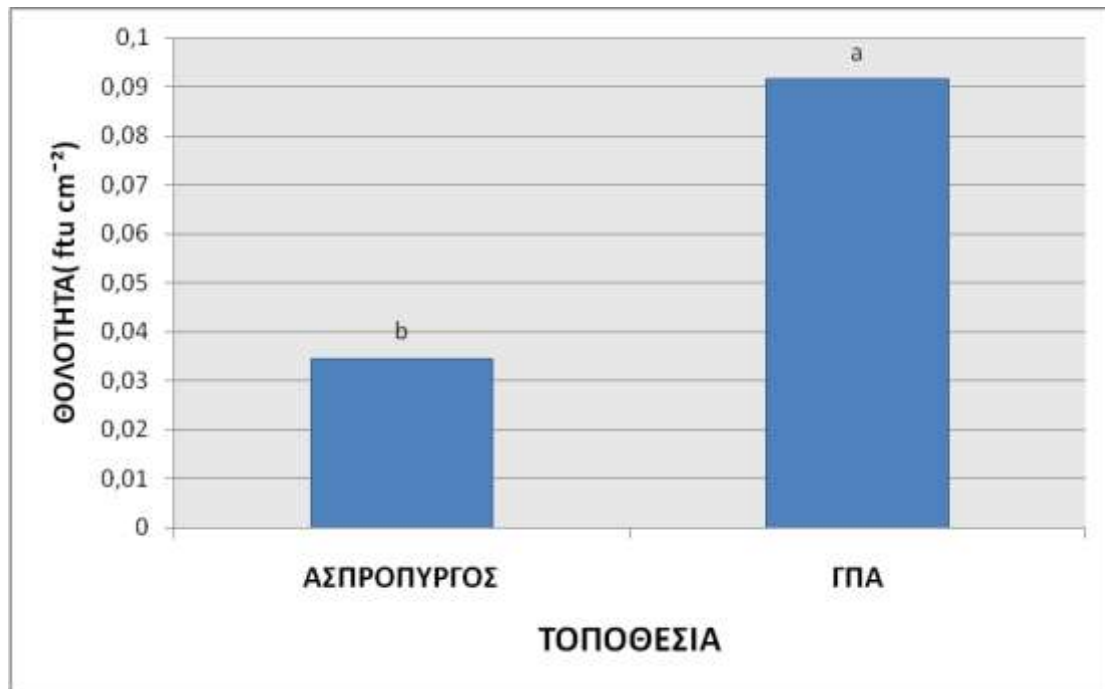
Το φυτικό αυτό είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (**Διάγραμμα 13**). Συμπεραίνουμε ότι το συγκεκριμένο είδος είχε μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο σε σχέση με τον Ασπρόπυργο που είχε μικρότερη.



Διάγραμμα 13. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Eucalyptus globulus* στον Ασπρόπυργο και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.4 Β)ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ '*Eucalyptus globulus*'

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από τις εξής περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Βάση του διαγράμματος συμπεραίνεται ότι στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο το είδος αυτό είχε μεγαλύτερη θολότητα σε σχέση με την περιοχή του Ασπρόπυργου.

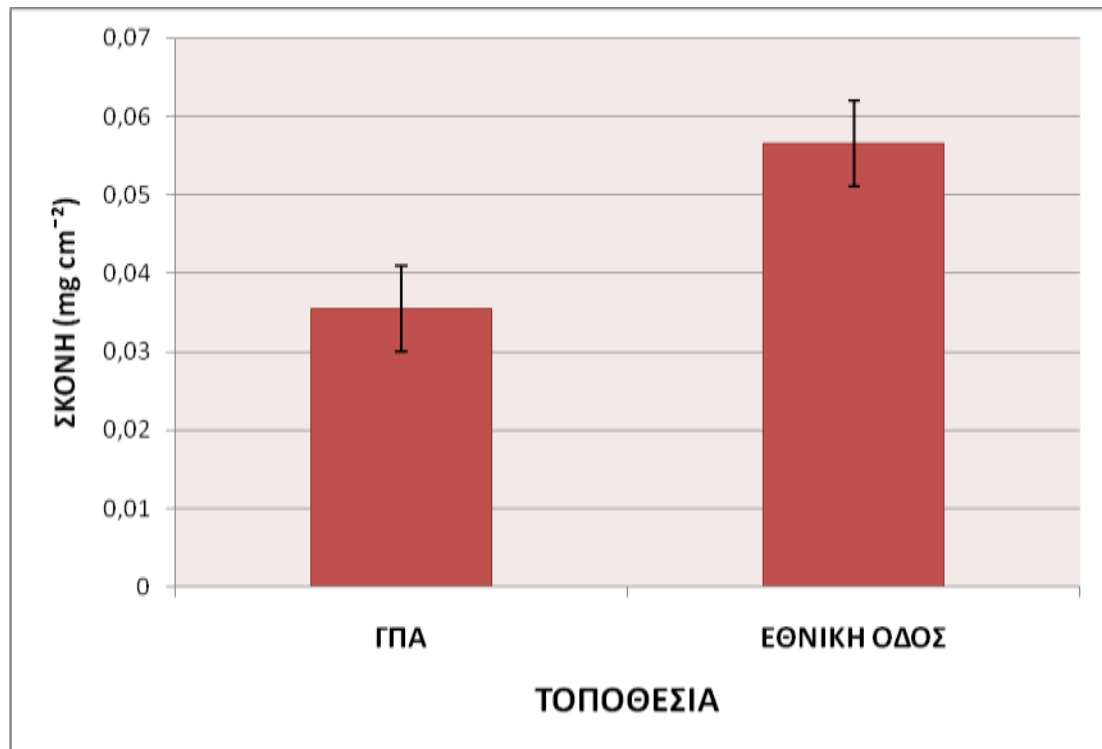


Διάγραμμα 14. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του *Eucalyptus globulus* στον Ασπρόπυργο και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.5 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Eucalyptus rostrata*’

3.6.5 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Eucalyptus rostrata*’

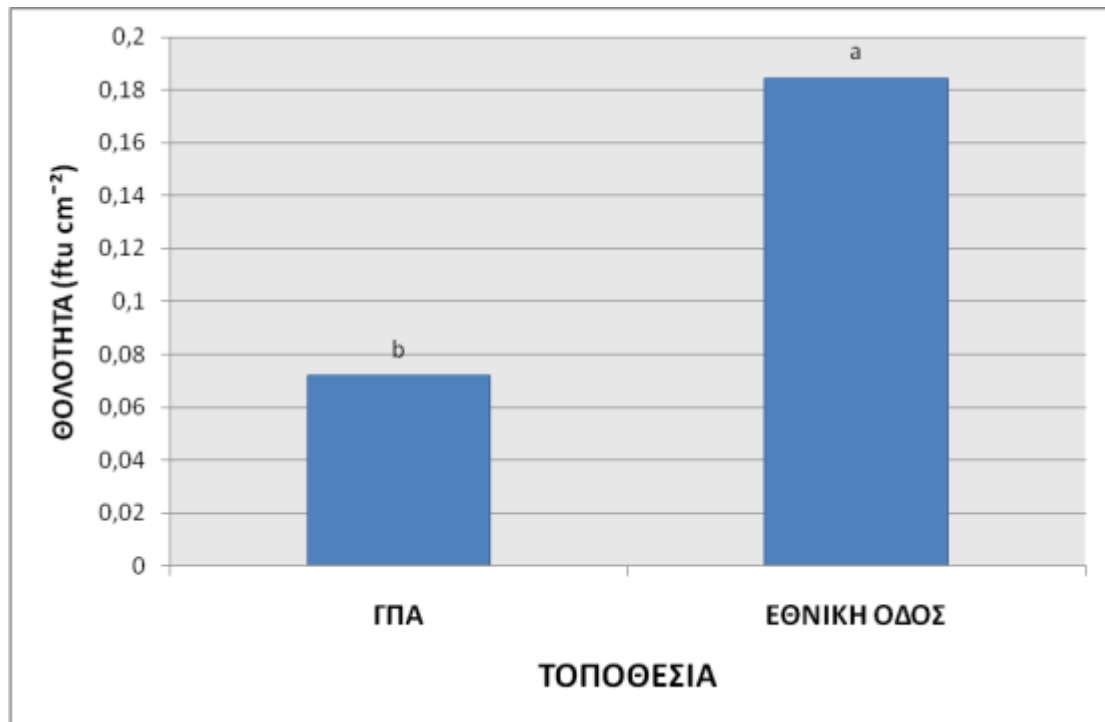
Οι περιοχές που συλλέχθηκε το συγκεκριμένο είδος είναι οι εξής: Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (**Διάγραμμα 15**). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν σημαντικές στατιστικές διαφορές ανάμεσα στην συγκράτηση φυλλώδους σκόνης του συγκεκριμένου είδους στις 2 αυτές περιοχές.



Διάγραμμα 15. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Eucalyptus rostrata* στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και στην Εθνική Οδό.

3.6.5 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΟΥ ‘*Eucalyptus rostrata*’

Οι περιοχές που συλλέχθηκε το συγκεκριμένο είδος είναι οι εξής: Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Μεγαλύτερη θολότητα διαλύματος (**Διάγραμμα 16**) που προέκυψε από την πλύση του φυλλώματος του συγκεκριμένου είδους είχε η περιοχή της Εθνικής Οδού ενώ μικρότερη παρατηρήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

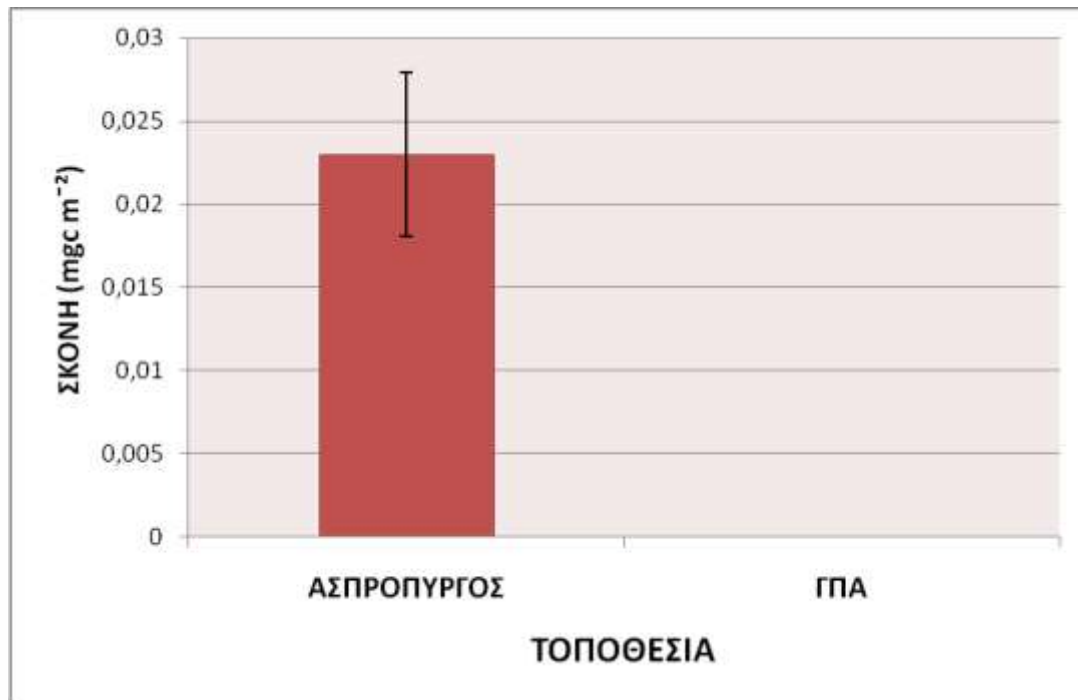


Διάγραμμα 16. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Eucalyptus rostrata* στις περιοχές δειγματοληψίας: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και Εθνική Οδό.

3.6.6 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Koeleuteria paniculata*’

3.6.6 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Koeleuteria paniculata*’

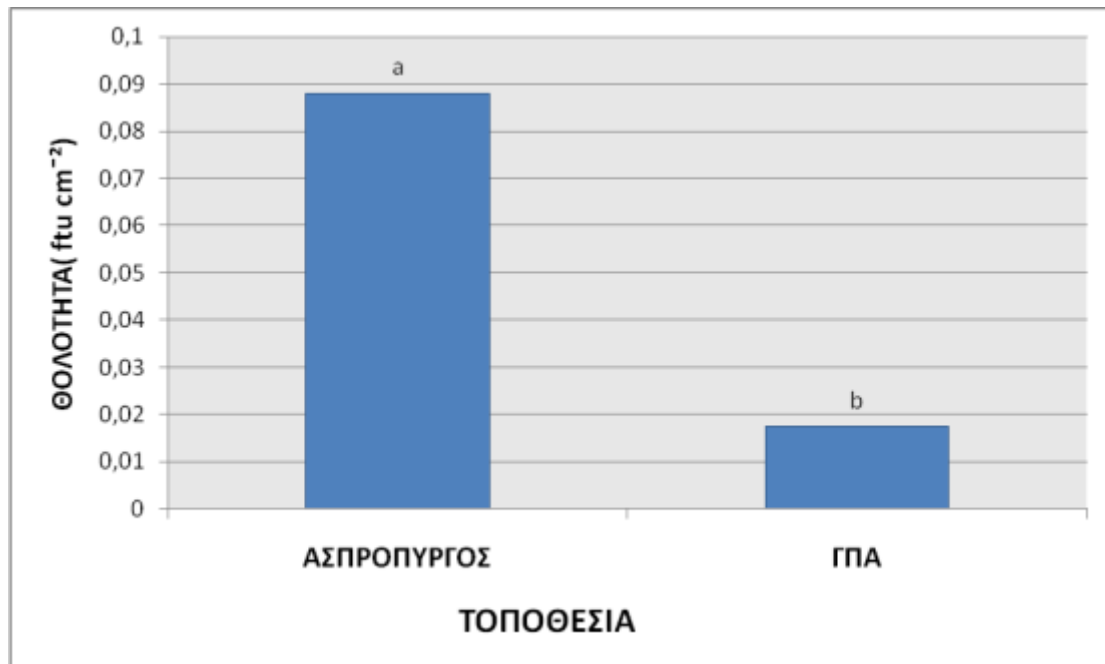
Οι περιοχές που συλλέχθηκε το συγκεκριμένο είδος είναι οι εξής: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Η συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το είδος αυτό ήταν μηδενική στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο (**Διάγραμμα 17**), επομένως συγκράτηση σκόνης παρατηρήθηκε μόνο στην περιοχή του Ασπρόπυργου.



Διάγραμμα 17. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm^{-2}) από το φυτικό είδος *Koeleuteria paniculata* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργο και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.6 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Koeleuteria paniculata*’

Οι περιοχές που συλλέχθηκε το συγκεκριμένο είδος είναι οι εξής: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Η Μεγαλύτερη θολότητα διαλύματος του είδους αυτού παρατηρήθηκε στην περιοχή του Ασπρόπυργου (**Διάγραμμα 18**) ενώ η μικρότερη στην περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου.

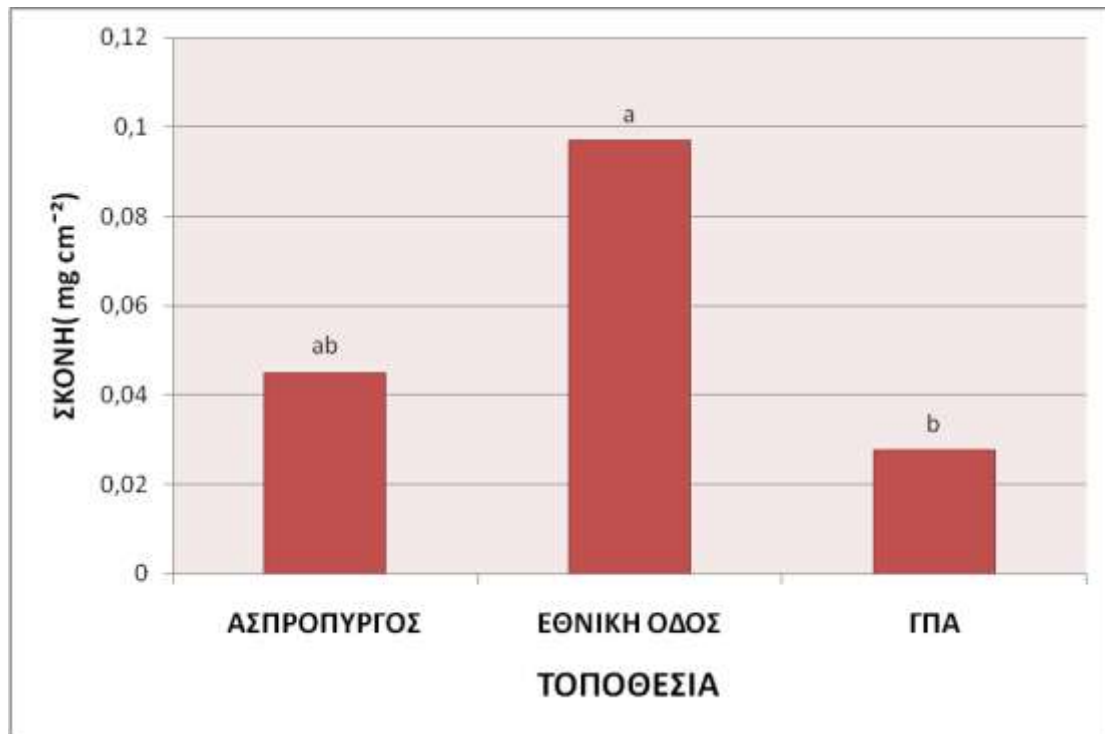


Διάγραμμα 18. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Koeleuteria paniculata* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργο και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.7 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Laurus nobilis*’

3.6.7 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Laurus nobilis*’

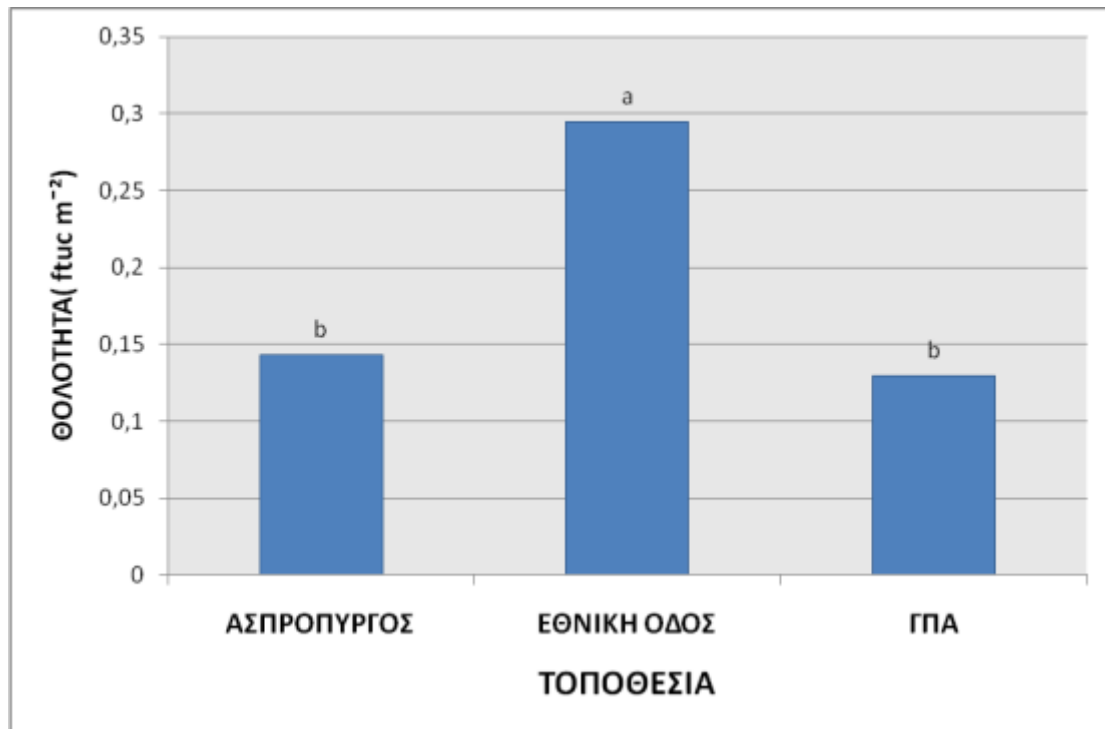
Το φυτικό αυτό είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Η μεγαλύτερη συγκράτηση σκόνης από το είδος αυτό παρατηρήθηκε στην περιοχή της Εθνικής Οδού, ενώ η μικρότερη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο (**Διάγραμμα 19**). Μέτρια συγκράτηση σημειώθηκε στον Ασπρόπυργο.



Διάγραμμα 19. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm^{-2}) από το φυτικό είδος *Laurus nobilis* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.7 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ '*Laurus nobilis*'

Το φυτικό αυτό είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Η μεγαλύτερη θολότητα του είδους αυτού παρατηρήθηκε στην Εθνική Οδό (**Διάγραμμα 20**), ενώ η μικρότερη στον Ασπρόπυργο και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

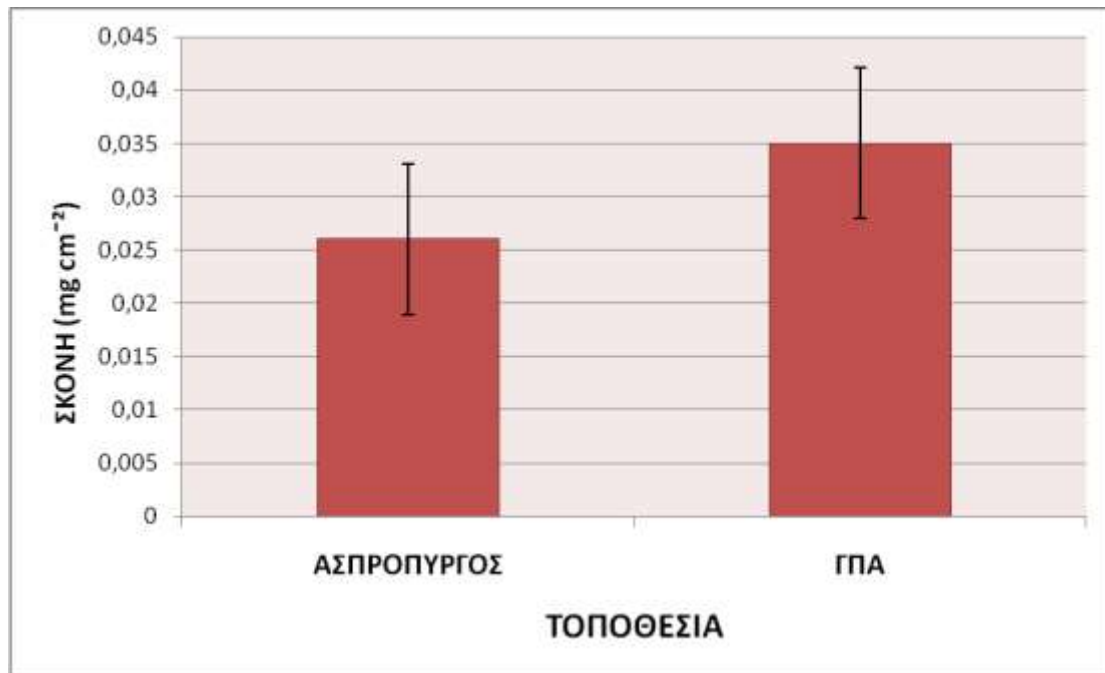


Διάγραμμα 20. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Laurus nobilis* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.8 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Melia azedarach*’

3.6.8 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Melia azedarach*’

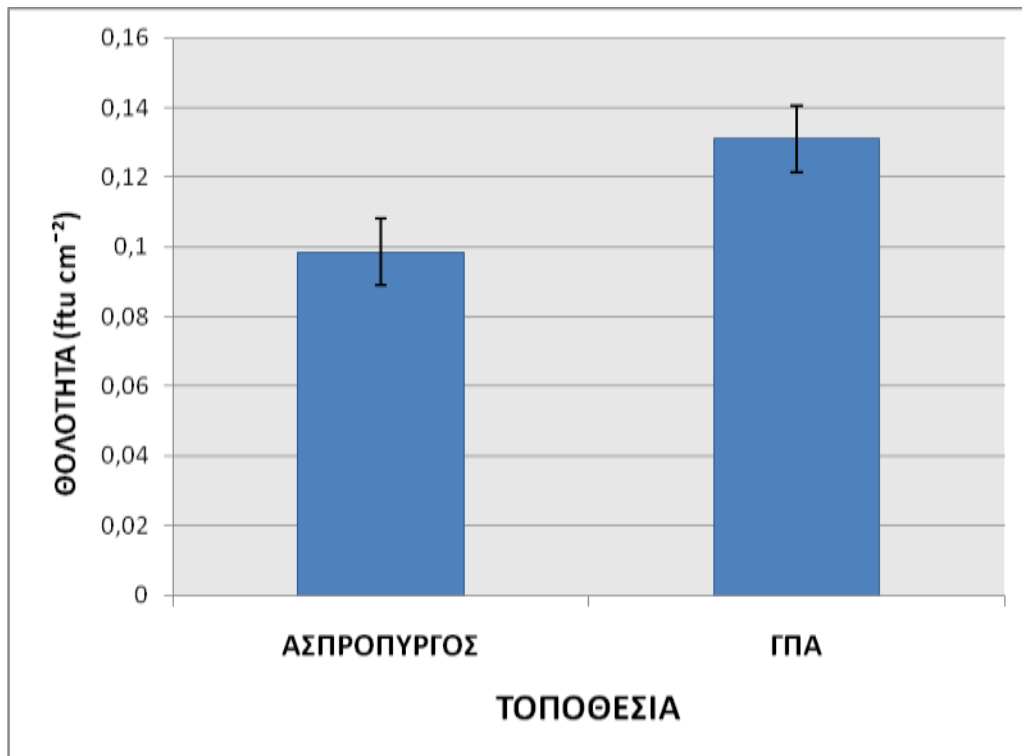
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (Διάγραμμα 21). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά ανάμεσα στις 2 τοποθεσίες.



Διάγραμμα 21. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Melia azedarach* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.8 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ '*Melia azedarach*'

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (**Διάγραμμα 22**). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις 2 περιοχές.

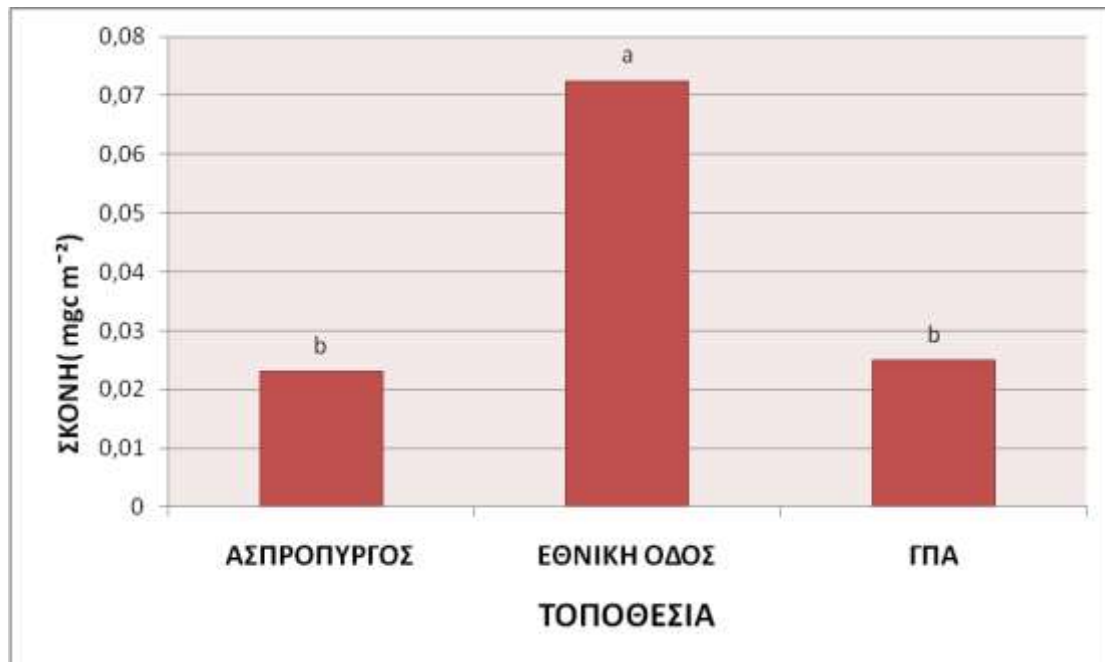


Διάγραμμα 22. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Melia azedarach* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.9 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Nerium oleander*’

3.6.9 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Nerium oleander*’

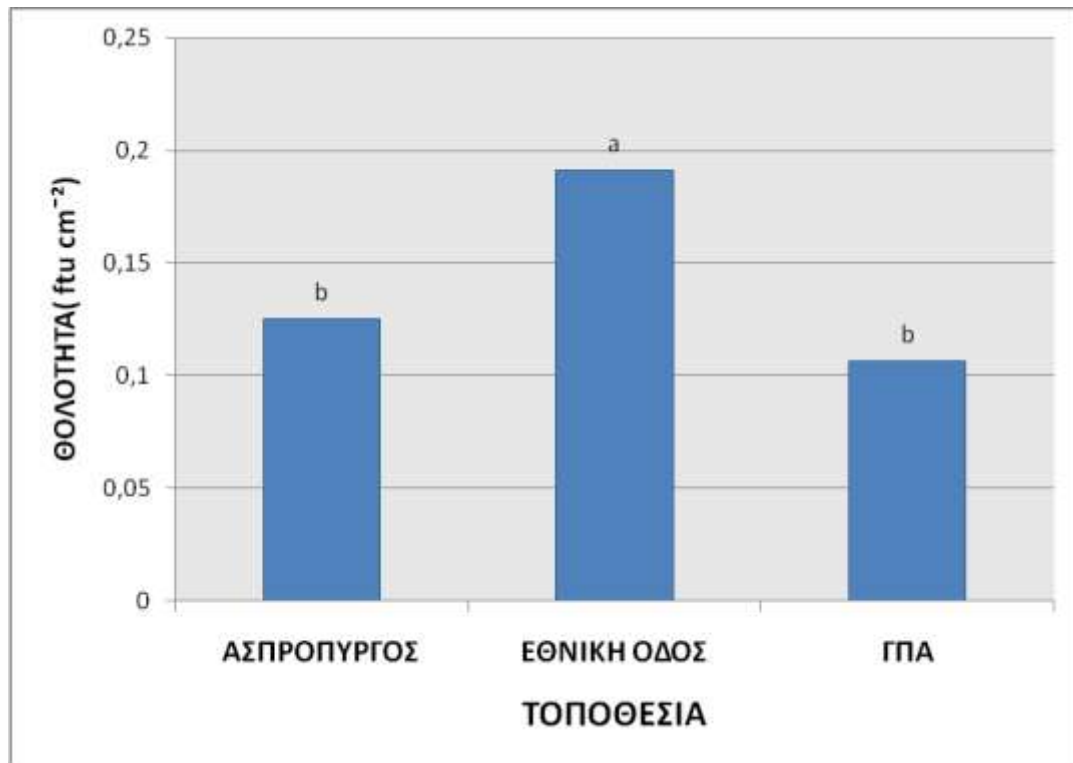
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Η μεγαλύτερη συγκράτηση σκόνης (**Διάγραμμα 23**) από το συγκεκριμένο είδος παρατηρήθηκε στην Εθνική Οδό, ενώ ο Ασπρόπυργος και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο είχαν μικρή ποσότητα φυλλώδους σκόνης.



Διάγραμμα 23. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm^{-2}) από το φυτικό είδος *Nerium oleander* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδό και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.9 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΥΤΙΚΟΥ ΕΙΔΟΥΣ '*Nerium oleander*'

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Η μεγαλύτερη θολότητα παρατηρήθηκε στην περιοχή της Εθνικής Οδού (**Διάγραμμα 24**), ενώ ο Ασπρόπυργος και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο είχαν παρόμοια θολότητα.

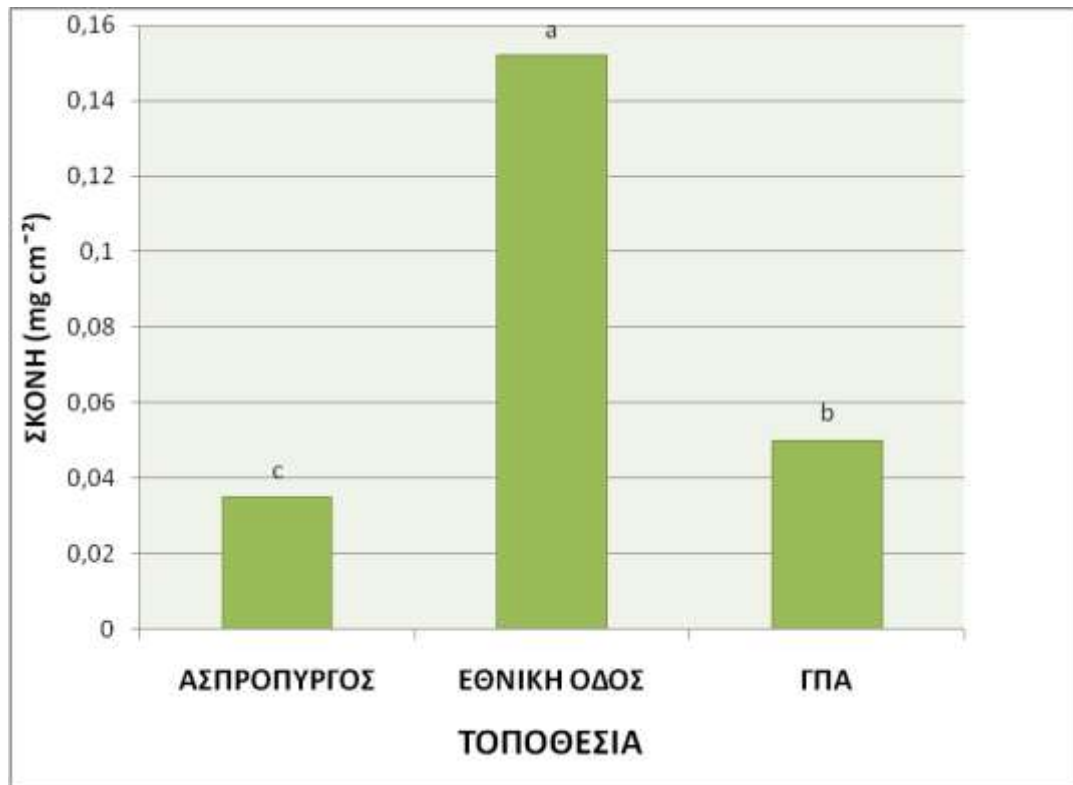


Διάγραμμα 24. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Nerium oleander* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.10 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Olea europea*’

3.4.10 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Olea europea*’

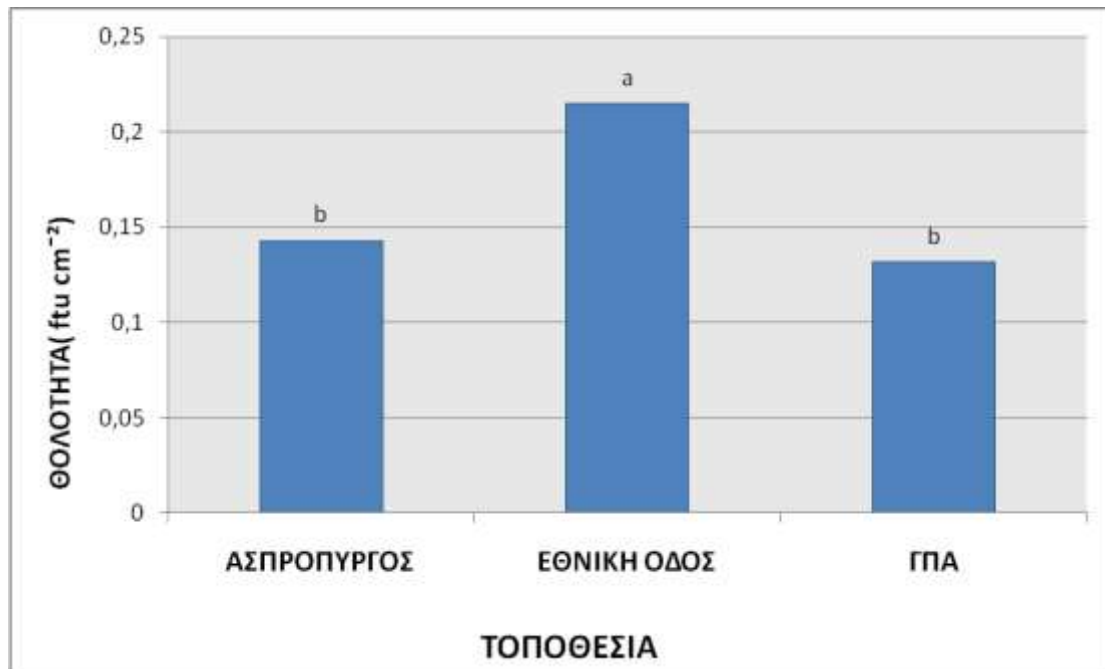
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Η μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το είδος αυτό παρατηρήθηκε στην περιοχή της Εθνικής Οδού, ενώ η μικρότερη στον Ασπρόπυργο (**Διάγραμμα 25**). Μέτρια ποσότητα συγκρατημένης σκόνης εμφάνισε το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.



Διάγραμμα 25. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Olea europaea* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.10 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Olea europaea*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Μεγαλύτερη θολότητα για το είδος αυτό παρατηρήθηκε στην περιοχή της Εθνική Οδού (**Διάγραμμα 26**), ενώ ο Ασπρόπυργος και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο παρουσίασαν παρόμοια θολότητα.

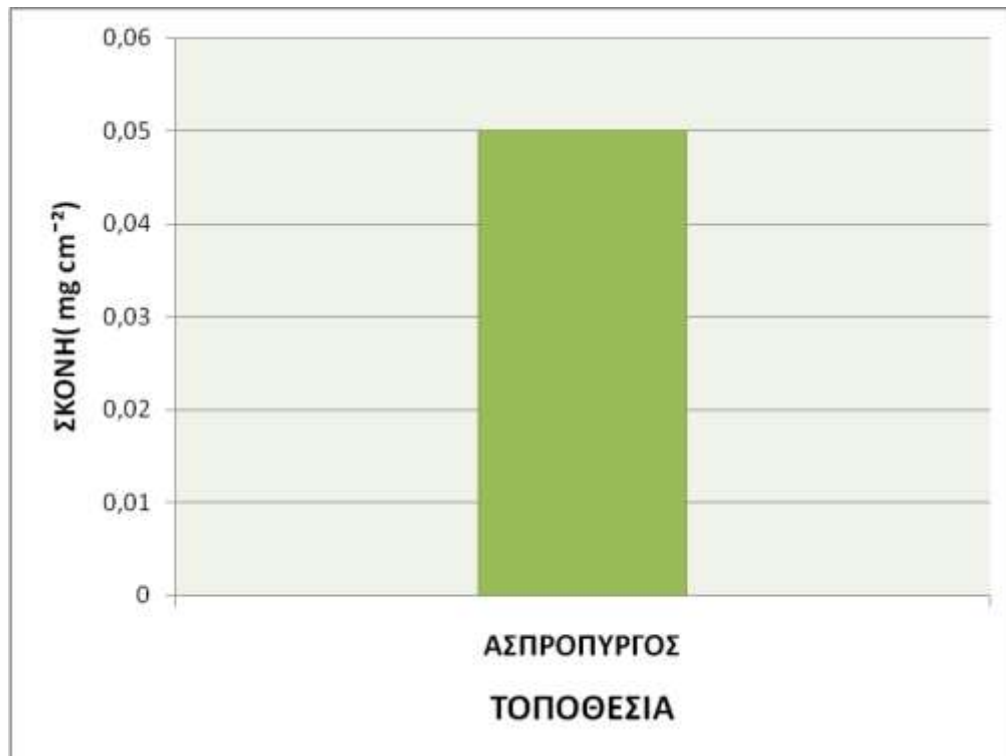


Διάγραμμα 26. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Olea europaea* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.11 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ '*Pinus brutia*'

3.6.11 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ '*Pinus brutia*'

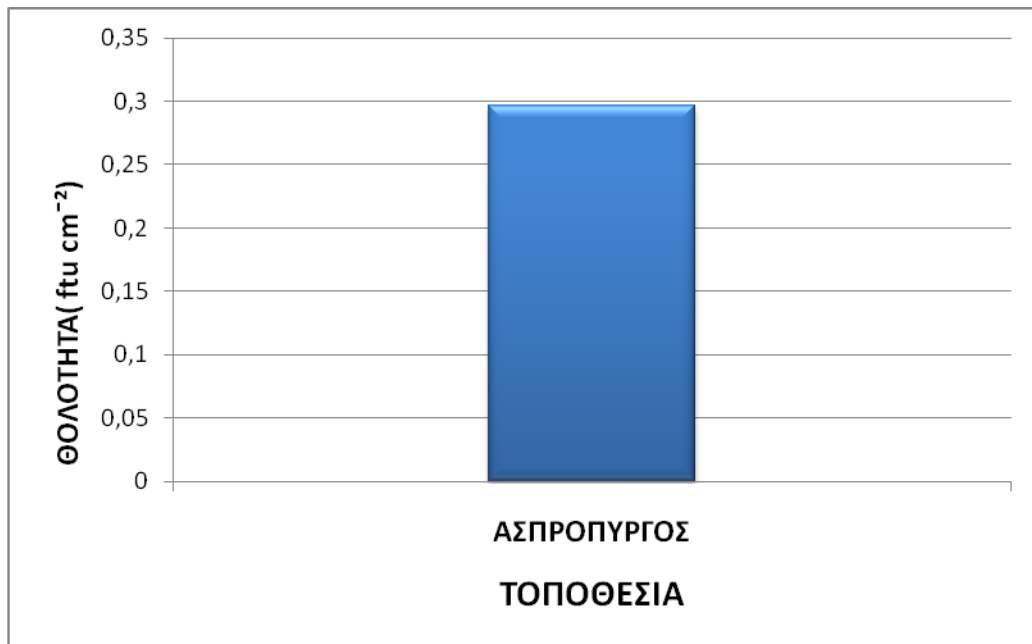
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Ασπρόπυργου (**Διάγραμμα 27**). Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τη συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παρά μόνο να παρατηρήσουμε την συγκράτηση που εμφανισε στην περιοχή αυτή.



Διάγραμμα 27. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm^{-2}) από το φυτικό είδος *Pinus brutia*.

3.6.11 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ '*Pinus brutia*'

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Ασπρόπυργου (**Διάγραμμα 28**). Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παρα μόνο να παρατηρήσουμε την θολότητα που εμφάνισε στην περιοχή αυτή.

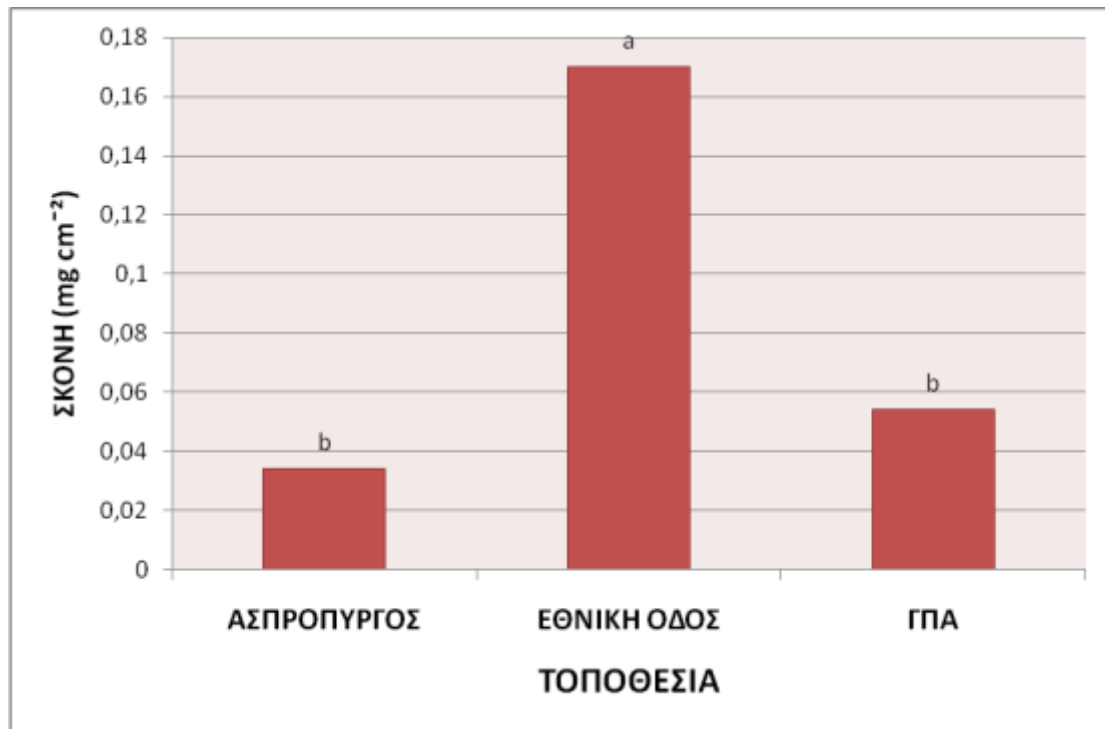


Διάγραμμα 28. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Pinus brutia* στην περιοχή του Ασπρόπυργου.

3.6.12 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ '*Pittosporum tobira*'

3.6.12 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ '*Pittosporum tobira*'

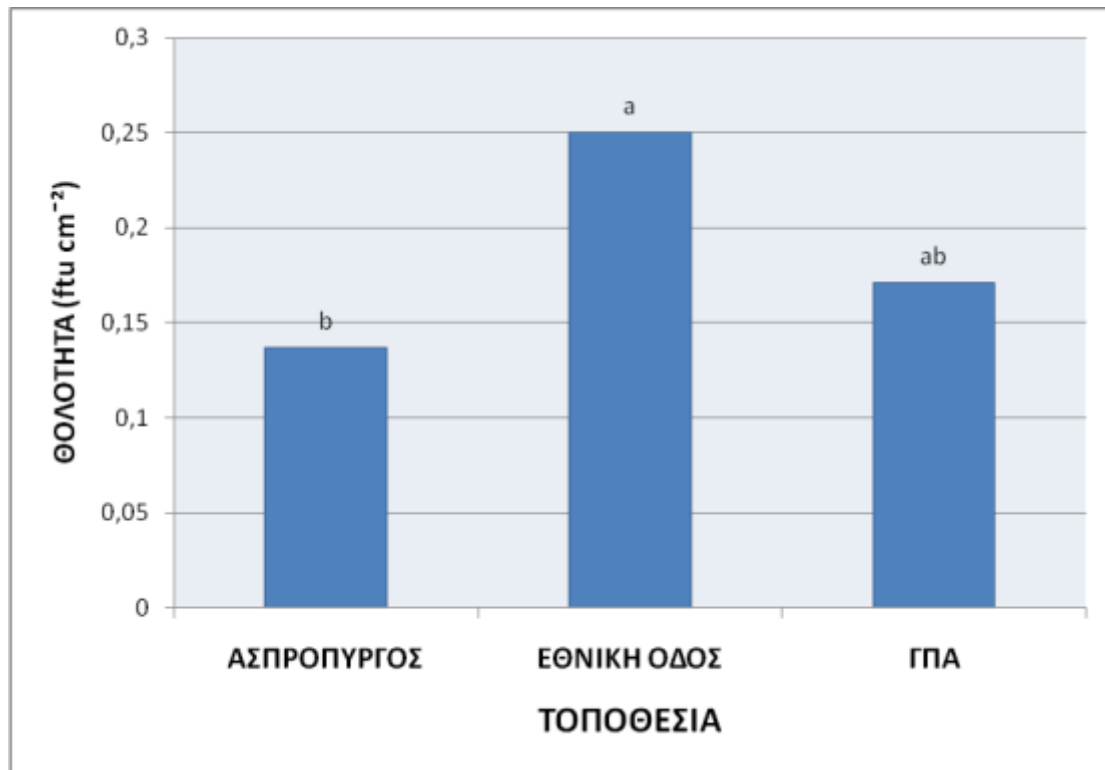
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Την μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης την είχε στην περιοχή της Εθνικής Οδού (**Διάγραμμα 29**), ενώ ο Ασπρόπυργος και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο είχαν παρόμοια ποσότητα συγκρατημένης φυλλώδους σκόνης στο συγκεκριμένο είδος.



Διάγραμμα 29. Συγκράτηση φυλλάδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Pittosporum tobira* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.12 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Pittosporum tobira*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Μεγαλύτερη θολότητα είχε στην Εθνική Οδό (**Διάγραμμα 30**), ενώ μικρότερη στον Ασπρόπυργο. Μέτρια θολότητα παρατηρήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

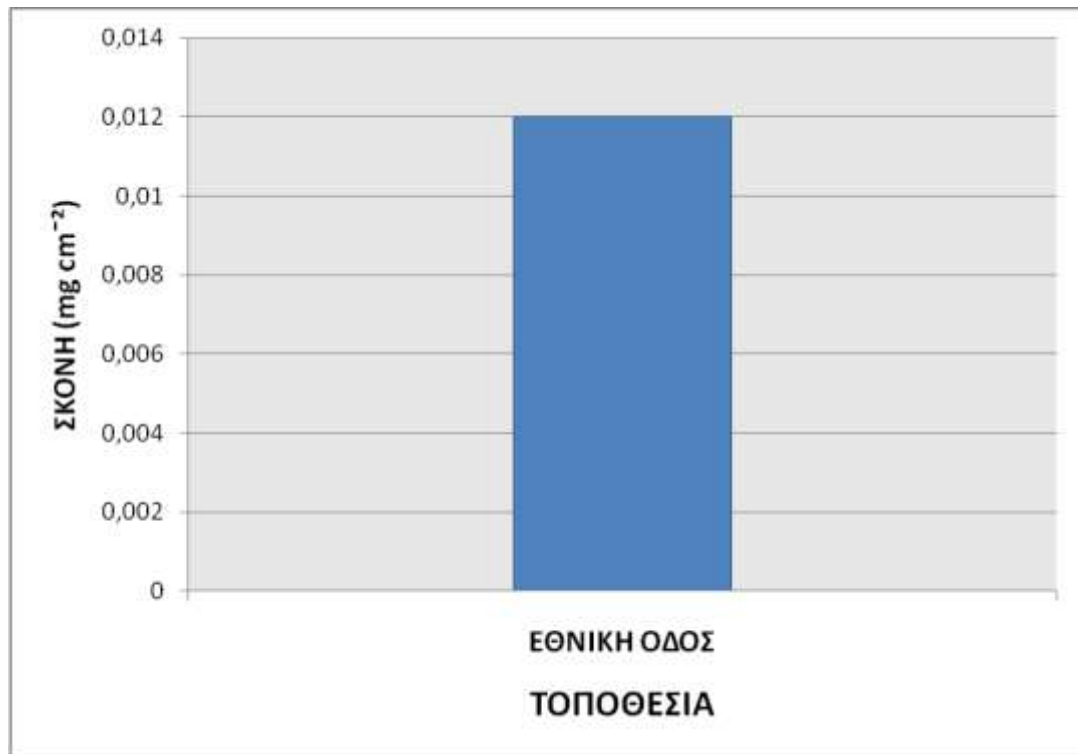


Διάγραμμα 30. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Pittosporum tobira* στις περιοχές δειγματοληψίας: Ασπρόπυργος, Εθνική Οδός και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

3.6.13 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Populus alba*’

3.6.13 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Populus alba*’

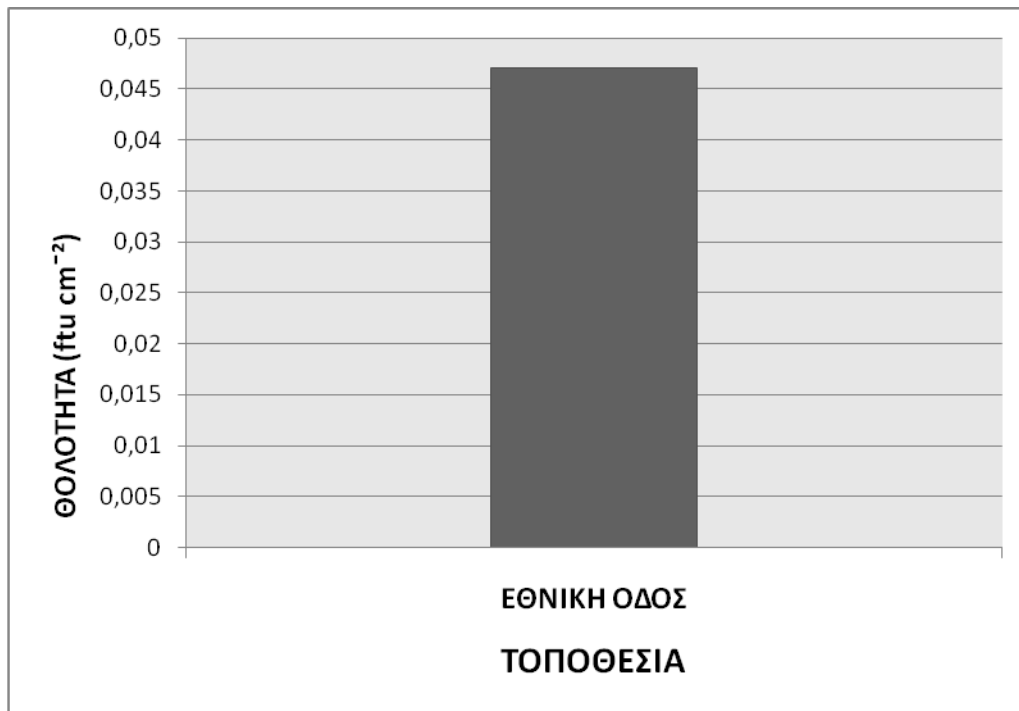
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή της Εθνικής Οδού. Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παραμόνο να παρατηρήσουμε την συγκράτηση σκόνης του είδους στην συγκεκριμένη περιοχή (**Διάγραμμα 31**).



Διάγραμμα 31. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικού είδους *Populus alba* στην Εθνική Οδό.

3.4.13 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Populus alba*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή της *Εθνικής Οδού* (**Διάγραμμα 32**). Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας.

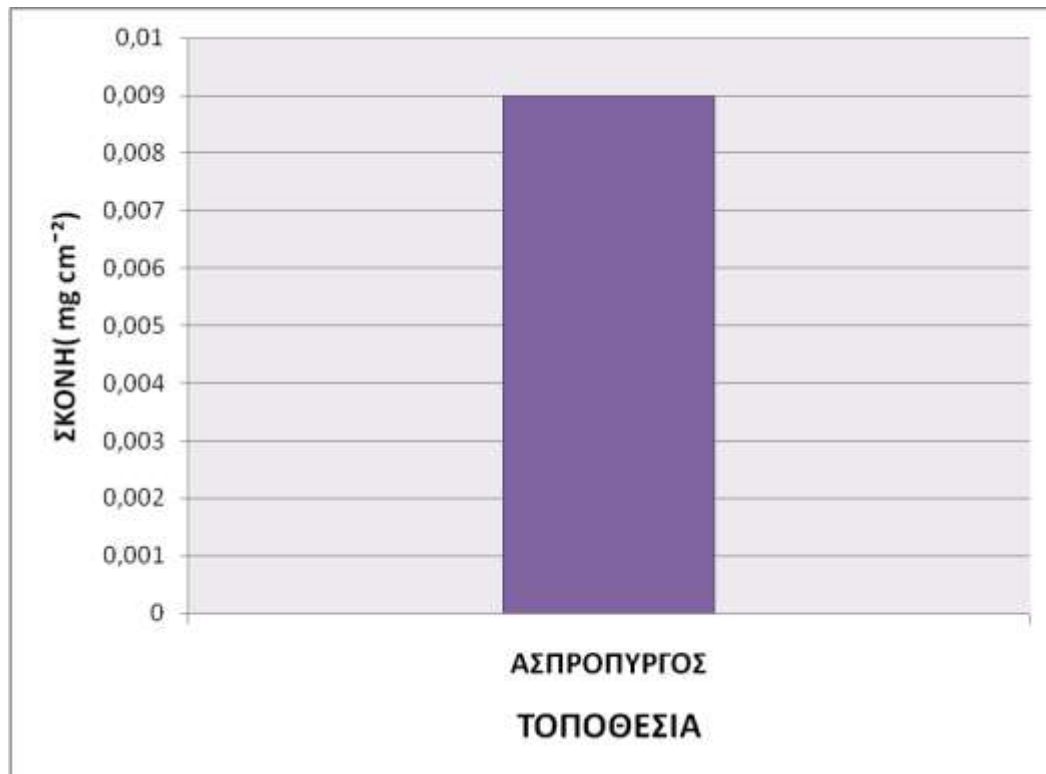


Διάγραμμα 32. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Populus alba* στην περιοχή της Εθνικής Οδού.

3.6.14 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ '*Populus canadensis*'

3.6.14 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ '*Populus canadensis*'

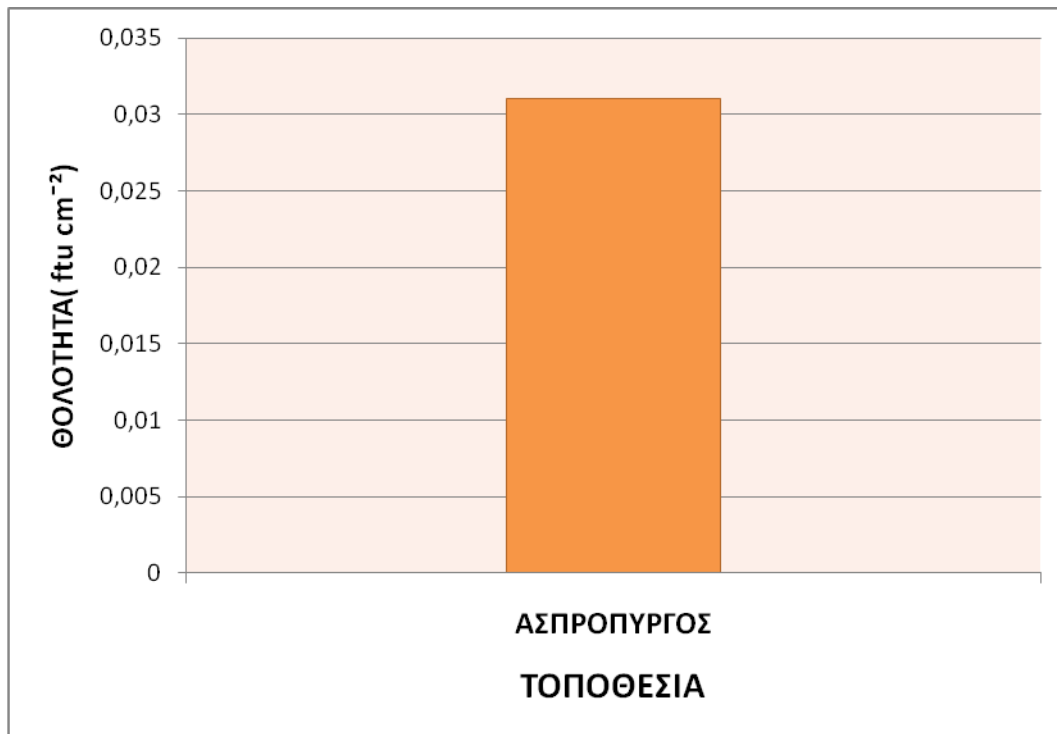
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Ασπρόπυργου. Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παραμόνο να παρατηρήσουμε την συγκράτηση σκόνης που είχε στην περιοχή αυτή (**Διάγραμμα 33**).



Διάγραμμα 33. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm^{-2}) από το φυτικό είδος *Populus canadensis* στην περιοχή του Ασπρόπυργου.

3.6.14 B) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Populus canadensis*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Ασπρόπυργου. Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την θολότητα του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παραμόνο να παρατηρήσουμε την θολότητα που είχε στην συγκεκριμένη περιοχή (**Διάγραμμα 34**).

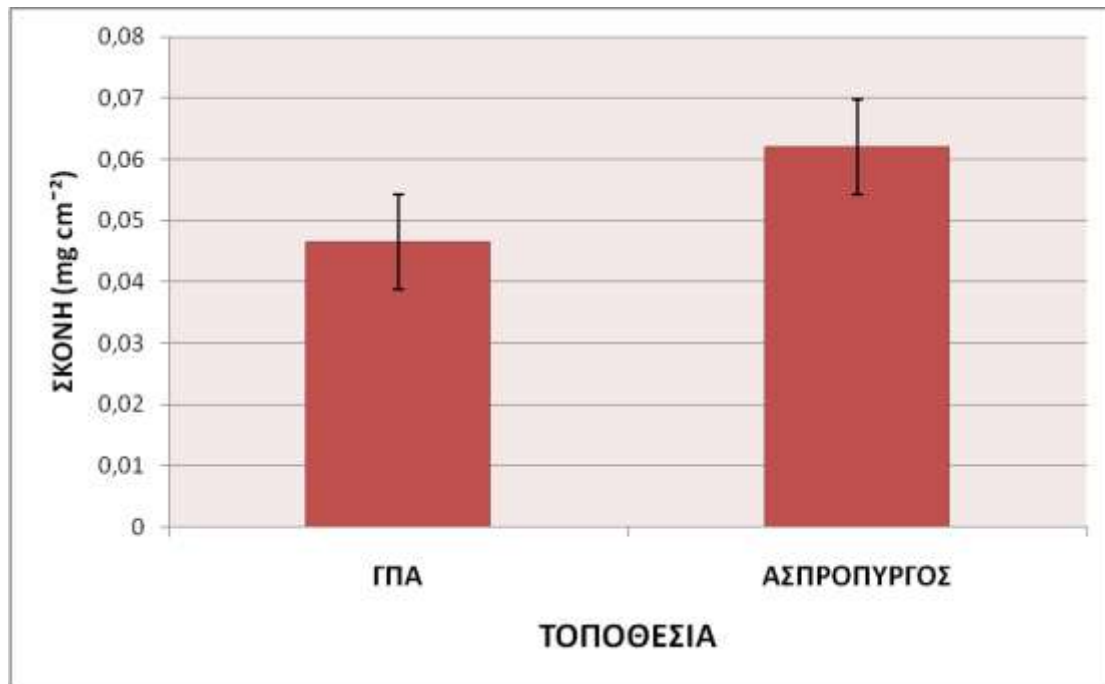


Διάγραμμα 34. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Populus canadensis* στην περιοχή του Ασπροπύργου.

3.6.15 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Quercus ilex*’

3.6.15 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Quercus ilex*’

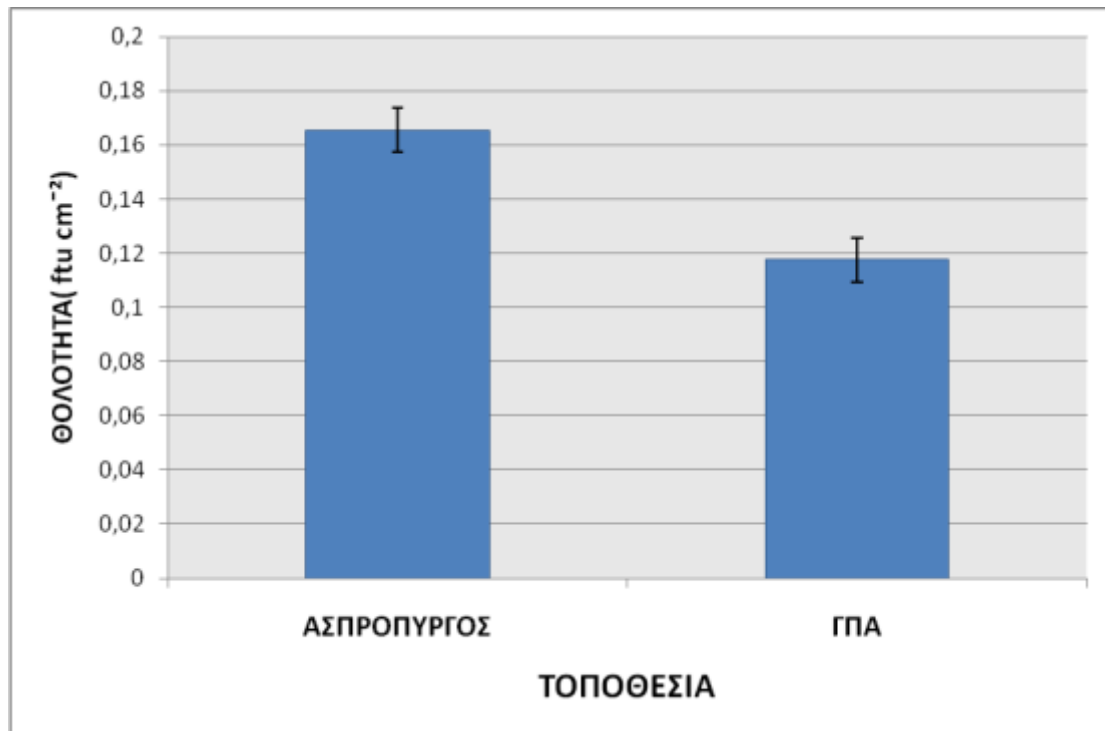
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις 2 περιοχές.



Διάγραμμα 35. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Quercus ilex* στην περιοχή του Ασπρόπυργου και στο Γεωπονικού Πανεπιστημίου.

3.6.15 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Quercus ilex*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (Διάγραμμα 36). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψε στατιστική διαφορά μεταξύ των 2 περιοχών.

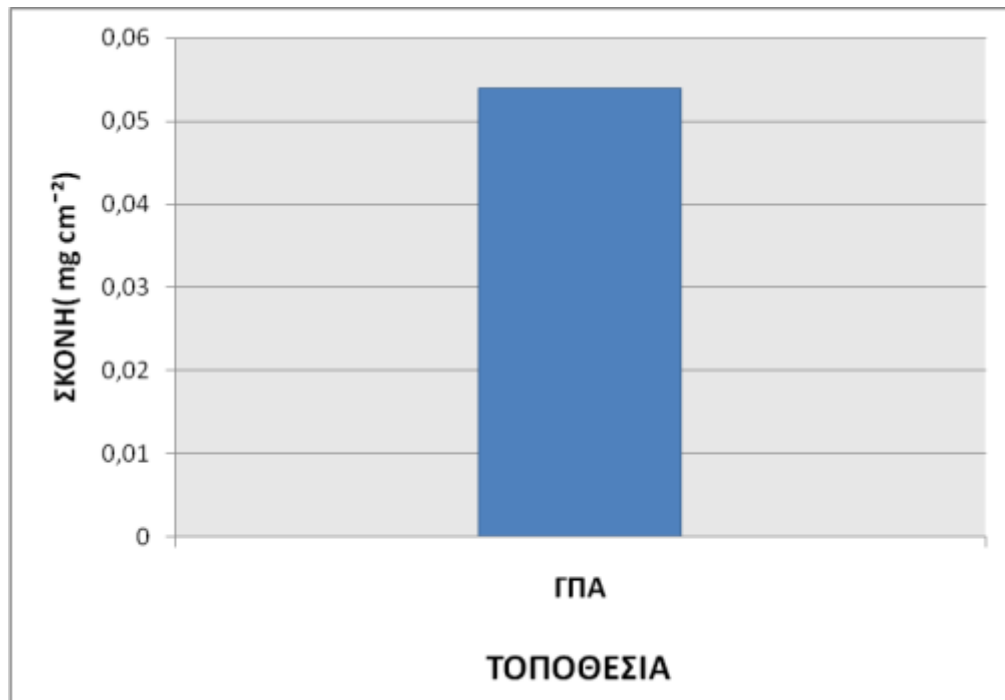


Διάγραμμα 36. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Quercus ilex* στην περιοχή του Ασπροπύργου και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

3.6.16 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Robinia pseudoacacia*’

3.6.16 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Robinia pseudoacacia*’

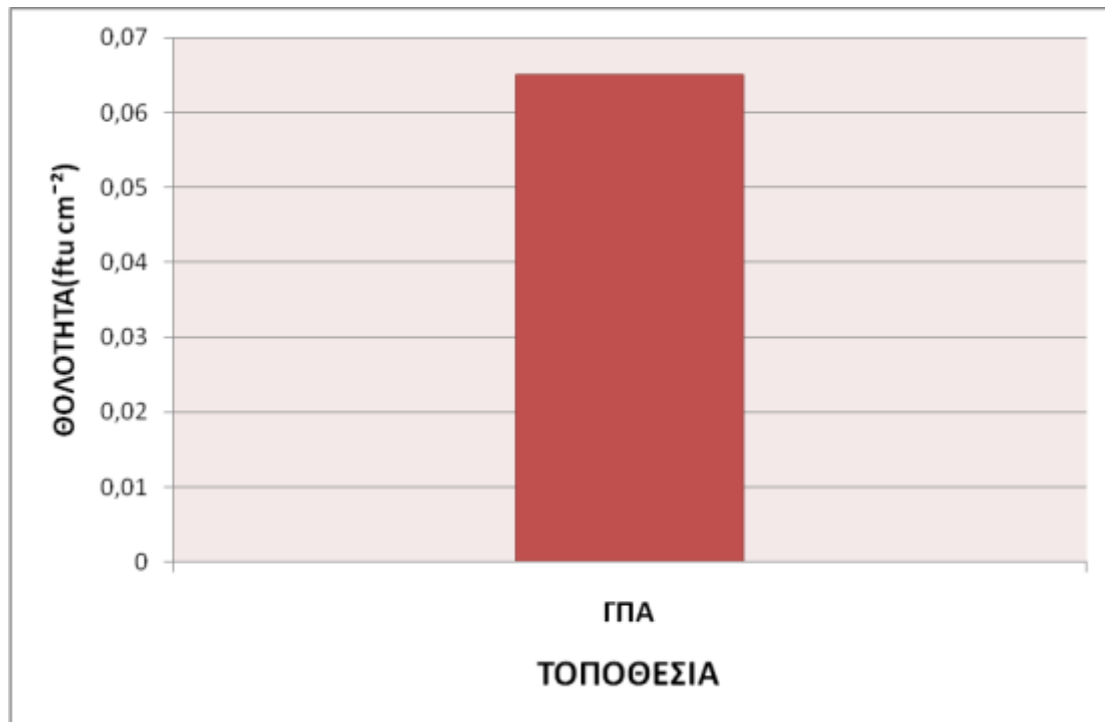
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την συγκράτηση σκόνης του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παραμόνο να παρατηρήσουμε την συγκράτηση σκόνης από το είδος αυτό στην συγκεκριμένη περιοχή (**Διάγραμμα 37**).



Διάγραμμα 37. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Robinia pseudoacacia* στην περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

3.6.16 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Robinia pseudoacacia*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε μόνο από την περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οπότε δεν μπορούμε να συγκρίνουμε την θολότητα του συγκεκριμένου είδους ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας παραμόνο να παρατηρήσουμε την θολότητα του είδους αυτού στην συγκεκριμένη περιοχή(**Διάγραμμα 38**).

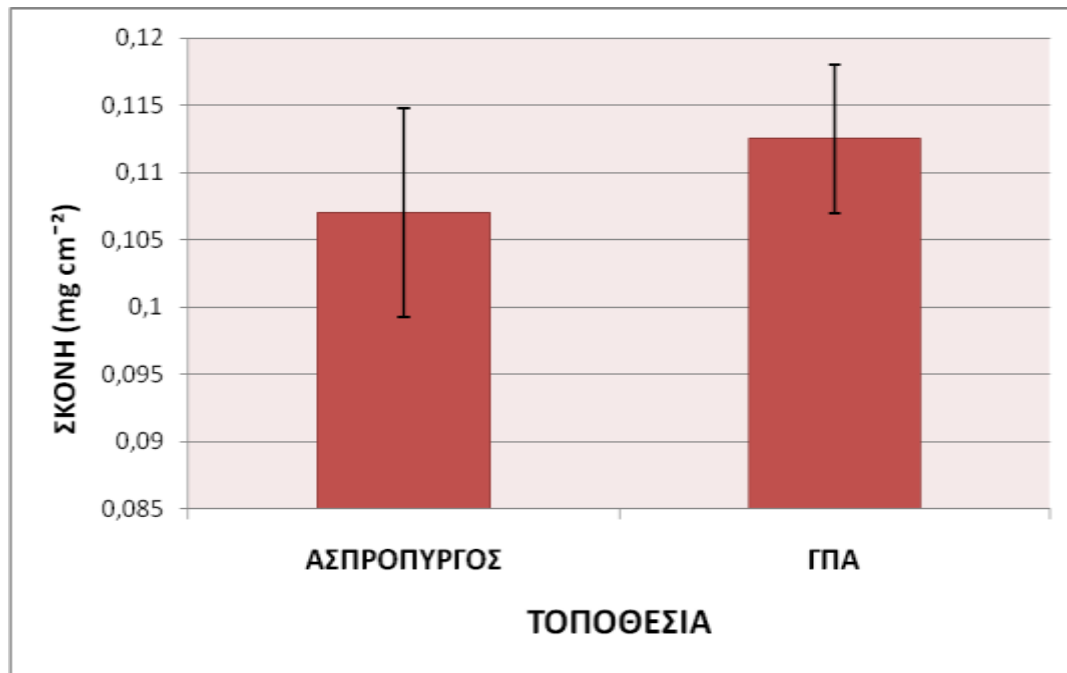


Διάγραμμα 38. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Robinia pseudoacacia* στην περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

3.6.17 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ‘*Sophora japonica*’

3.4.17 Α) ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΦΥΛΛΩΔΟΥΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΟ ‘*Sophora japonica*’

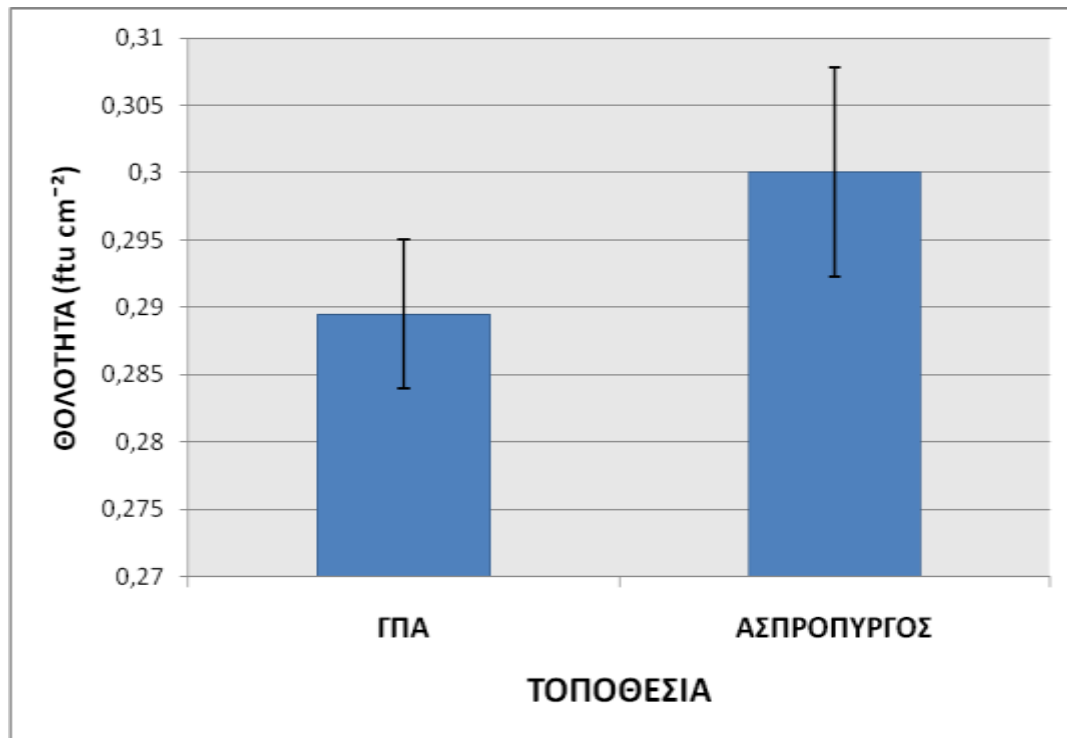
Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από τις 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργο και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (**Διάγραμμα 39**). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις 2 περιοχές.



Διάγραμμα 39. Συγκράτηση φυλλώδους σκόνης (mg cm⁻²) από το φυτικό είδος *Sophora japonica* στην περιοχή του Ασπρόπυργου και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

3.6.17 Β) ΘΟΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ‘*Sophora japonica*’

Το συγκεκριμένο είδος συλλέχθηκε από τις 2 περιοχές δειγματοληψίας (Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο) (**Διάγραμμα 30**). Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικές διαφορές μεταξύ των 2 περιοχών.



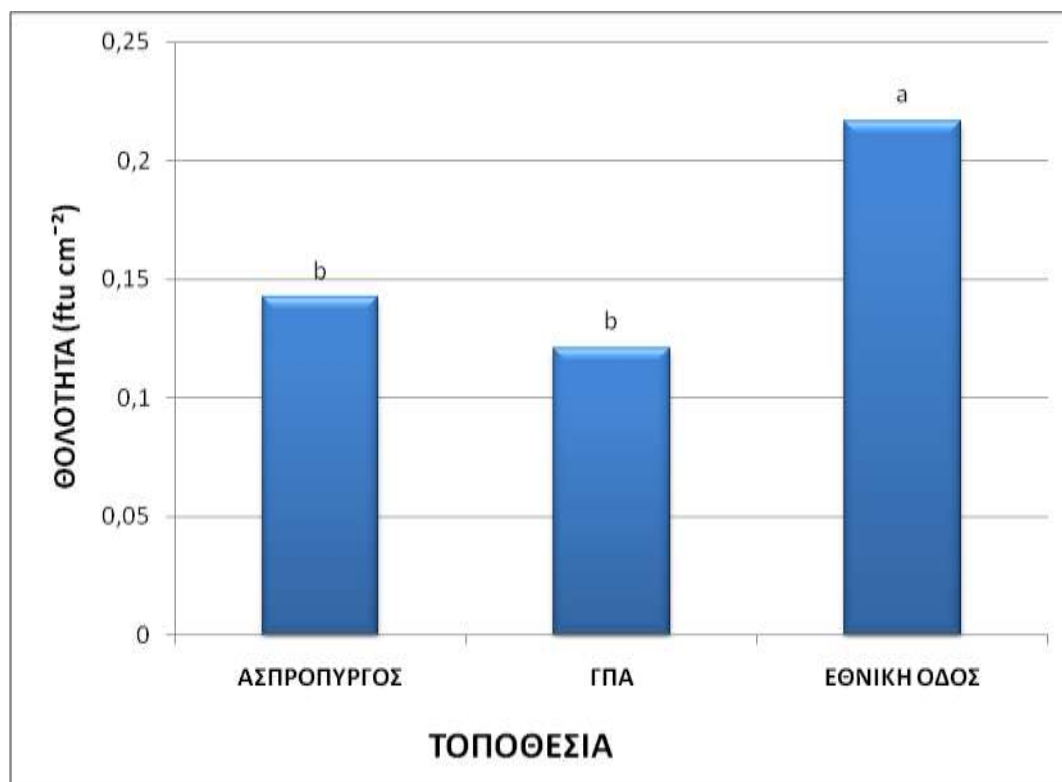
Διάγραμμα 40. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προεχόμενη από την πλύση του φυλλώματος του φυτικού είδους *Sophora japonica* στην περιοχή του Ασπρόπυργου και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

3.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι περιοχές που επιλέχθηκαν για την δειγματοληψία ήταν 3 (Ασπρόπυργος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και Εθνική Οδός). Κάποια από τα είδη δεν συλλέχθηκαν από όλες τις περιοχές αλλά μόνο από κάποιες. Παρόλα αυτά υπήρχαν είδη που συλλέχθηκαν και από τις 3 αυτές περιοχές. Στα είδη αυτά λοιπόν μετρήθηκε η συγκράτηση φυλλώδους σκόνης με τις 2 μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε (θολόμετρο και διήθηση) και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα. Σκοπός ήταν η σύγκριση μεταξύ των τοποθεσιών αλλά και των ειδών αυτών ως προς τη συγκράτηση της φυλλώδους σκόνης. Προχωρώντας στην στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών αρχικά δημιουργήθηκε ένα πολυπαραγοντικό πειραματικό σχέδιο και η αλληλεπίδραση ήταν σημαντική οπότε διεξήχθη στατιστική ανάλυση μονοπαραγοντικών πειραματικών σχεδίων. Τα μονοπαραγοντικά σχέδια αφορούσαν το φυτικό είδος και τη συγκράτηση σκόνης με

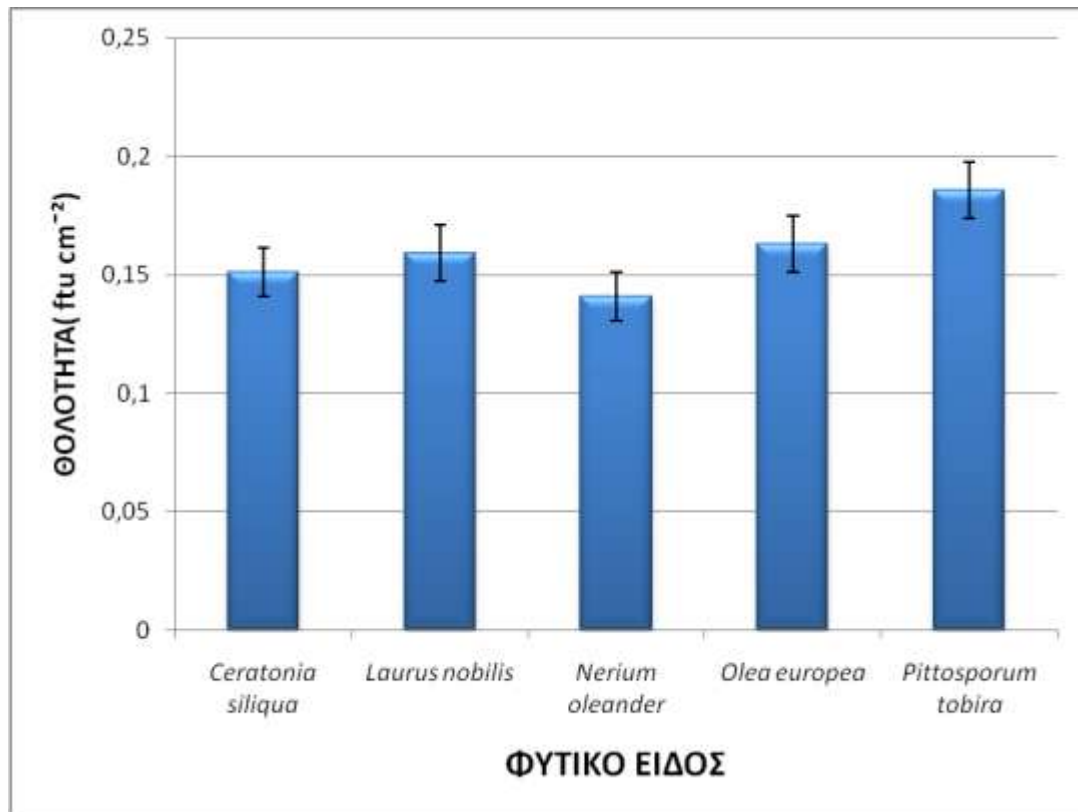
τις 2 μεθόδους στις 3 τοποθεσίες δειγματοληψίας. Με την μέθοδο της διήθησης δεν υπήρξε αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών και της τοποθεσίας οπότε δεν δημιουργήθηκε διάγραμμα αλληλεπίδρασης της συγκρατημένης σκόνης με τις τοποθεσίες δειγματοληψίας. Αντίθετα με την μέθοδο του θολόμετρου υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των φυτικών ειδών και της τοποθεσίας και γι αυτό τον λόγο δημιουργήθηκε διάγραμμα αλληλεπίδρασης της θολότητας με τις τοποθεσίες δειγματοληψίας.

Στο παρακάτω διάγραμμα (**Διάγραμμα 41**) παρουσιάζονται οι 3 τοποθεσίες δειγματοληψίας και η θολότητα των ειδών στις τοποθεσίες αυτές. Η περιοχή της Εθνικής Οδού είχε τη μεγαλύτερη θολότητα στα φυτικά αυτά είδη ενώ η περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και του Ασπρόπυργου είχαν τη μικρότερη.



Διάγραμμα 41. Θολότητα διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος των φυτικών ειδών που βρίσκονται και στις 3 περιοχές δειγματοληψίας.

Στο παρακάτω διάγραμμα (**Διάγραμμα 42**) παρουσιάζονται τα φυτικά είδη που υπάρχουν και στις 3 τοποθεσίες δειγματοληψίας και η θολότητα τους. Τα είδη αυτά είναι: *Ceratonia siliqua*, *Laurus nobilis*, *Nerium oleander*, *Olea europea* και *Pittosporum tobira*. Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στα φυτικά είδη και στην θολότητα τους.



Διάγραμμα 42. Θολότητα του διαλύματος (ftu cm⁻²) προερχόμενη από την πλύση του φυλλώματος των φυτικών ειδών *Ceratonia siliqua*, *Laurus nobilis*, *Nerium oleander*, *Olea europea* και *Pittosporum tobira*.

3.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΛΛΩΝ

Προκειμένου να διεξαχθεί πολυπραγοντική ανάλυση καταγράφηκαν : α) η επιφάνεια του φύλλου κατά πόσο είναι λεία ή τραχεία και β) η ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια του φύλλου (**Πίνακας 8.**). Γ) η κλίση των φύλλων (**Πίνακας 9.**)

Πίνακας 8. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτικών ειδών (επιφάνεια 0=λεία, 5=τραχεία και τριχίδια 0=λίγα και 5=πολλά)

<u>ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ</u>	<u>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΛΕΙΑ- ΤΡΑΧΕΙΑ (0-5)</u>	<u>ΤΡΙΧΙΔΙΑ ΛΙΓΑ- ΠΟΛΛΑ (0-5)</u>
<i>Ailanthus altissima</i>	4	3
<i>Buxus sempervirens</i>	2	0
<i>Ceratonia siliqua</i>	3	0
<i>Eucalyptus globulus</i>	1	0
<i>Eucalyptus rostrata</i>	1	0
<i>Koelreuteria paniculata</i>	1	0
<i>Laurus nobilis</i>	3	2
<i>Melia azedarach</i>	1	0
<i>Nerium oleander</i>	4	0
<i>Olea europea</i>	5	4
<i>Pinus brutia</i>	(κωνοφόρο)	(κωνοφόρο)
<i>Pittosporum tobira</i>	1	0
<i>Populus alba</i>	5	0
<i>Populus canadensis</i>	5	0
<i>Quercus ilex</i>	3	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	2
<i>Sophora japonica</i>	4	3

Πίνακας 9. Κλίση φυτικών ειδών.

<u>ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ</u>	<u>ΚΛΙΣΗ ΦΥΛΛΩΝ (90°- (-20°))</u>
<i>Ailanthus altissima</i>	12
<i>Buxus sempervirens</i>	66
<i>Ceratonia siliqua</i>	-5
<i>Eucalyptus globulus</i>	-18
<i>Eucalyptus rostrata</i>	-19
<i>Koelreuteria paniculata</i>	41
<i>Laurus nobilis</i>	19
<i>Melia azedarach</i>	33
<i>Nerium oleander</i>	67
<i>Olea europea</i>	40
<i>Pinus brutia</i>	ΚΩΝΟΦΟΡΟ
<i>Pittosporum tobira</i>	18
<i>Populus alba</i>	12
<i>Populus canadensis</i>	12
<i>Quercus ilex</i>	12
<i>Robinia pseudoacacia</i>	63
<i>Sophora japonica</i>	18

Βάση του Πίνακα 8 μπορούμε να σχηματίσουμε μία πλήρη εικόνα για την επιφάνεια των φύλλων των φυτικών ειδών του πειράματος. Όσον αφορά την τραχύτητα της επιφάνειας των φύλλων των φυτικών ειδών, μπορούμε να τα κατατάξουμε από αυτά που είχαν αδρή επιφάνεια σε αυτά που είχαν λεία , ως εξής: *Olea europea, Populus alba, Populus canadensis*>*Ailanthus altissima, Nerium oleander, Sophora japonica*> *Ceratonia siliqua, Laurus nobilis, Quercus ilex*>*Robinia pseudoacacia*>*Buxus sempervirens*>*Eucalyptus globulus, Eucalyptus rostrata, Koelreuteria paniculata, Melia azedarach, Pittosporum tobira*. Όσο αφορά την ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια τους μπορούμε να τα κατατάξουμε από αυτά που είχαν πολλά τριχίδια σε αυτά που είχαν λίγα τριχίδια, ως εξής: *Olea europea*>*Sophora japonica, Ailanthus altissima*>*Robinia pseudoacacia, Laurus nobilis*. Όλα τα υπόλοιπα είδη δεν διαπιστώθηκε να έχουν τριχίδια στην επιφάνεια τους.

3.9 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης μεταξύ των εξής παραγόντων: φυλλώδης σκόνη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων (**Dust per area X100**), ειδική φυλλική βιομάζα (**Βάρος φύλλου/επιφάνεια φύλλου**) (**LeafSpecMass**), κλίση φύλλων (**Slope**), ανάγλυφο επιφάνειας φύλλων (**SurfType 1-5**), ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων (**Hair 1-5**), μέσο μέγεθος φύλλου (**LeafSize**) (**Πίνακας 10.**). Αρχικά ως εξαρτημένη μεταβλητή τέθηκε η φυλλώδης σκόνη.

Πίνακας 10. Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης. Beta= **standardized regression coefficients**, B= **raw regression coefficients**

Regression Summary						
Dependent Variable: DustPerAreaX1000						
R= 0.56891026						
R ² = 0.32365888						
Adjusted R ² = 0.26103470						
F(5,54)=5.1683 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(54)	p-level
Intercept			0.010917	0.017475	0.62473	0.534780
LeafSpecMass	0.517113	0.138118	1.233032	0.329337	3.74398	0.000441
LeafSize	0.017232	0.137983	0.000065	0.000517	0.12488	0.901081
Slope	-0.053089	0.125864	-0.000078	0.000186	-0.42180	0.674849
SurfType1-5	-0.220334	0.145651	-0.005826	0.003852	-1.51275	0.136175
Hair1-5	0.365571	0.140037	0.010045	0.003848	2.61054	0.011676

Η πολλαπλή αυτή ανάλυση δείχνει να υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ της συγκράτησης φυλλώδους σκόνης ανά μονάδα επιφανείας και της ειδικής φυλλικής βιομάζας καθώς επίσης και της ύπαρξης τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων. Μη σημαντικές ως μεταβλητές φαίνεται να είναι από την ανάλυση η κλίση των φύλλων

και το μέσο μέγεθος του φύλλου και η επιφάνεια του φύλλου. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε και πάλι πολλαπλή ανάλυση χωρίς τους παράγοντες που έδειξαν να μην διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο δηλαδή της κλίσης των φύλλων αλλά και του μέσου μέγεθος των φύλλων (**Πίνακας 11.**)

Πίνακας 11. Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης

Regression Summary for Dependent Variable: DustPerAreaX1000 (Spreadsheet4.sta)						
R= 0.56651900						
R ² = 0.32094377						
Adjusted R ² = 0.28456576						
F(3,56)=8.8225						
p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(56)	p-level
Intercept			0.012806	0.012091	1.05915	0.294079
LeafSpecMass	0.487893	0.110792	1.163358	0.264178	4.40369	0.000048
SurfType1-5	-0.225040	0.133869	-0.005951	0.003540	-1.68104	0.098325
Hair1-5	0.363339	0.133216	0.009983	0.003660	2.72744	0.008508

Πάλι διακρίνεται η σημαντική σχέση μεταξύ της συγκράτησης φυλλώδους σκόνης και της φυλλικής βιομάζας και της ύπαρξης τριχιδίων.

Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση η οποία αυτή τη φορά όμως ως εξαρτημένη μεταβλητή τέθηκε η θολότητα των διαλυμάτων που προέκυψε από το ξέπλυμα των φύλλων κάθε δείγματος (**Πίνακας 12.**).

Πίνακας 12. Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την θολότητα του διαλύματος που προέκυψε από το ξέπλυμα του φυλλώματος κάθε δείγματος.

Regression Summary

Dependent Variable: TurbPerArea

R= 0.73626479

R²= 0.54208584

Adjusted R²= 0.49968638

F(5,54)=12.785 p

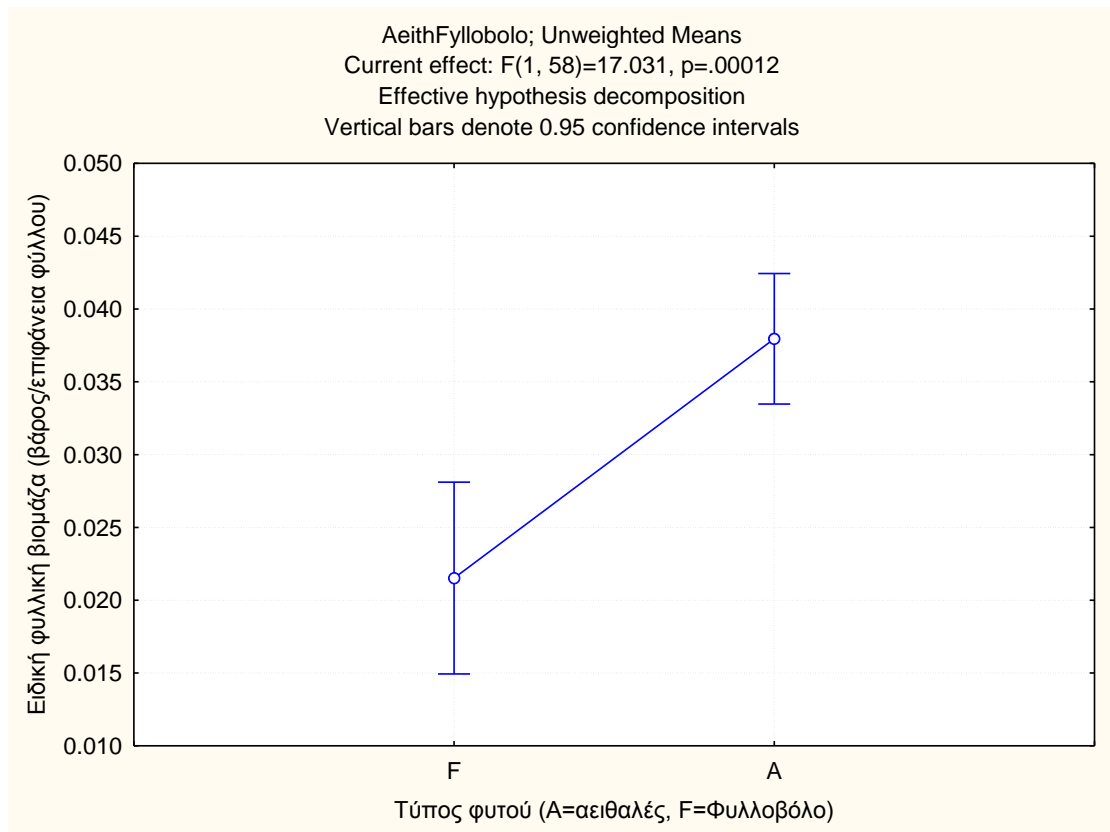
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(54)	p-level
Intercept			0.022572	0.033489	0.67402	0.503171
LeafSpecMass	0.727900	0.113648	4.042266	0.631123	6.40488	0.000000
LeafSize	0.039571	0.113536	0.000345	0.000991	0.34853	0.728797
Slope	0.024393	0.103564	0.000084	0.000356	0.23554	0.814682
SurfType1-5	-0.235843	0.119846	-0.014525	0.007381	-1.96788	0.054226
Hair1-5	0.249597	0.115226	0.015972	0.007374	2.16615	0.034733

Στον Πίνακα 12 φαίνεται η σημαντική σχέση της θολότητας με την ειδική φυλλική βιομάζα αλλά και με την ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων. Οι μεταβλητές της κλίσης των φύλλων και του μέσου μέγεθος του φύλλου δεν φαίνεται να επηρεάζουν την θολότητα. Στον **Πίνακα 13** επαναλήφθηκε η πολλαπλή ανάλυση αυτή την φορά χωρίς τις μεταβλητές που ήταν μη σημαντικές δηλαδή την κλίση των φύλλων και το μέσο μέγεθος των φύλλων.

Πίνακας 13. Πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την θολότητα του διαλύματος που προέκυψε από το ξέπλυμα του φυλλώματος κάθε δείγματος.

Regression Summary for Dependent Variable:						
TurbPerArea (Spreadsheet4.sta)						
R= 0.73537704						
R ² = 0.54077939						
Adjusted R ² = 0.51617829						
F(3,56)=21.982 p						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(56)	p-level
Intercept			0.030594	0.023156	1.32121	0.191805
LeafSpecMass	0.716376	0.091110	3.978273	0.505963	7.86277	0.000000
SurfType1-5	-0.219050	0.110088	-0.013490	0.006780	-1.98978	0.051507
Hair1-5	0.238707	0.109551	0.015275	0.007010	2.17896	0.033558

Συμπερασματικά από την πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ της φυλλώδους σκόνης αλλά και της θολότητας με την ειδική φυλλική βιομάζα. Αυτή η σημαντική σχέση προκύπτει από την κατηγορία που ανήκει κάθε φυτικό είδος δηλαδή αν είναι φυλλοβόλο ή αειθαλές. Τα αειθαλή φυτικά είδη έχουν μεγαλύτερη ειδική φυλλική βιομάζα και επομένως συγκρατούν φυλλώδη σκόνη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό το συμπέρασμα επιβεβαιώνεται από το παρακάτω διάγραμμα (**Διάγραμμα 43.**). Τέλος από την πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης φαίνεται η σημαντική σχέση μεταξύ της συγκράτησης φυλλώδους σκόνης και της ύπαρξης τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων καθώς η ύπαρξη τριχιδίων ενισχύει την συγκράτηση φυλλώδους σκόνης.



Διάγραμμα 43. Σχέση μεταξύ ειδικής φυλλικής βιομάζας και τύπου φυτικού είδους (Φυλλοβόλο- Αειθαλής).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Έχει παρατηρηθεί ότι τα φύλλα και γενικά τα εκτεθειμένα μέρη του φυτού λειτουργούν ως διαρκής απορροφητές σε ένα ρυπασμένο περιβάλλον (Samal and Santra, 2002). Η παρουσία δέντρων σε ένα αστικό περιβάλλον μπορεί κατά αυτόν τον τρόπο να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα μέσω της ενίσχυσης της αναρρόφησης των αέριων ρύπων και των αέριων μικροσωματιδίων (PM) (McPherson et al., 1994; Beckett et al., 1998; 2000; Freer-Smith et al., 2005) κοντά σε αυτοκινητόδρομους (Smith, 1971) και σε αγροτικές εκτάσεις (Raupach et al., 2001). Τα δέντρα συμπεριφέρονται ως μία ‘καταβόθρα’ για τους αέριους ρύπους μειώνοντας τη συγκέντρωσή τους στον αέρα.

Έρευνες έχουν δείξει ότι τα αέρια μικροσωματίδια απορροφώνται πιο εύκολα από τα φύλλα όταν αυτά έχουν τραχεία επιφάνεια, τριχίδια, αυλακώσεις και κολλώδεις ουσίες (Qin et al., 2008). Επίσης μέσω διαφόρων ερευνών αποδεικνύεται η σημαντική διακύμανση στη συσσώρευση φυλλώδους σκόνης σε διαφορετικά φυτικά είδη και σε διαφορετικές εποχές του χρόνου (Prajapati and Tripathi, 2008). Έρευνα στην Κίνα έδειξε ότι υπάρχει διαφορά στη συγκράτηση αέριων σωματιδίων ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκονται τα φυτικά είδη που λειτουργούν ως δεσμευτές της αέριας ρύπανσης (Qin et al., 2008).

Με βάση τα αποτελέσματα που παρατέθηκαν παραπάνω η συγκράτηση της φυλλώδους σκόνης διαφοροποιήθηκε ανάμεσα στις περιοχές δειγματοληψίας αλλά και ανάμεσα στα φυτικά είδη που επιλέχθηκαν για τη συγκεκριμένη μελέτη. Επίσης στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 2 μέθοδοι μέτρησης της φυλλώδους σκόνης (θολόμετρο και διήθηση) μεταξύ των οποίων υπήρξε συσχέτιση στα περισσότερα φυτικά είδη. Δηλαδή και οι 2 μέθοδοι έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα με κάποιες εξαιρέσεις όπως το είδος *Pinus brutia* στο οποίο οι 2 μέθοδοι συμφωνούσαν αλλά όχι με την εξίσωση που καθόριζε τη συσχέτιση των 2 παραγόντων στα άλλα φυτικά είδη. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι το είδος αυτό είναι κωνοφόρο και μάλιστα το μόνο κωνοφόρο ανάμεσα στα επιλεγμένα φυτικά είδη του πειράματος και προφανώς οι μελιτώδεις εκκρίσεις του διαφοροποίησαν την μέτρηση του θολόμετρου από την μέτρηση της διήθησης.

Οι περιοχές δειγματοληψίας παρουσίασαν διαφορές στη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης στα επιλεγμένα φυτικά είδη. Η περιοχή με τη μεγαλύτερη

συσσώρευση φυλλώδους σκόνης ήταν η περιοχή της Εθνικής Οδού, ενώ οι άλλες 2 περιοχές δειγματοληψίας (Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και Ασπρόπυργος) είχαν ελάχιστη διαφορά μεταξύ τους, ενώ είχαν πολύ χαμηλότερη συσσώρευση σκόνης σε σχέση με την Εθνική Οδό. Αυτή η διαπίστωση έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα των Qin et al., (2008) όπου οι περιοχές που επιλέχθηκαν για την δειγματοληψία ήταν οι εξής: βιομηχανική περιοχή, εμπορική-ταχείας κυκλοφορίας περιοχή και αστική περιοχή στην Κίνα. Κάτι ανάλογο δηλαδή με τις περιοχές που επιλέχθηκαν στην δική μας έρευνα. Στην έρευνα στην Κίνα των Qin et al., (2008) οι περιοχές αυτές κατατάχθηκαν από αυτήν με την μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης σε αυτήν με την μικρότερη με την εξής σειρά: **βιομηχανική περιοχή > εμπορική-ταχείας κυκλοφορίας > αστική περιοχή**. Στην έρευνα αυτή οι περιοχές δειγματοληψίας είχαν την εξής συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από το σύνολο των φυτικών ειδών που αναλύθηκαν: **βιομηχανική περιοχή**= 3.771g m^{-2} , **εμπορική-ταχείας κυκλοφορίας**= 2.883g m^{-2} και στην **αστική περιοχή**= 2.822g m^{-2} . Η διαφορά λοιπόν ανάμεσα στις 2 έρευνες προέκυψε προφανώς από τις διαφορές που υπάρχουν στις 2 χώρες (Ελλάδα- Κίνα). Όπως είναι γνωστό η Κίνα είναι μία χώρα η οποία έχει βαριά βιομηχανία σε σχέση με την βιομηχανία της Ελλάδας οπότε είναι επόμενο η συσσώρευση φυλλώδους σκόνης να είναι μεγαλύτερη στην βιομηχανική περιοχή της Κίνας σε σχέση με την βιομηχανική περιοχή του Ασπρόπυργου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ορισμένα φυτικά είδη συλλέχθηκαν μόνο από 2 περιοχές ή ακόμη και μόνο 1. Σε αυτές τις περιπτώσεις συγκρίθηκε η συσσώρευση φυλλώδους σκόνης μόνο σε 2 περιοχές ή στην περίπτωση της 1 περιοχής έγινε απλά μία παρατήρηση όσον αφορά την συμπεριφορά του συγκεκριμένου φυτικού είδους στην συγκράτηση σκόνης. Από τα αποτελέσματα σε αυτές τις περιπτώσεις συμπεράναμε και πάλι ότι η περιοχή της Εθνικής Οδού είχε τη μεγαλύτερη συσσώρευση φυλλώδους σκόνης συγκριτικά είτε με τον Ασπρόπυργο είτε με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών . Στις περιπτώσεις όπου συγκρίθηκαν οι περιοχές του Ασπρόπυργου με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών είχαμε στο σύνολο των φυτικών ειδών παρόμοια αποτελέσματα. Δηλαδή στο 50% αυτών μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης είχε ο Ασπρόπυργος και στο υπόλοιπο 50% μεγαλύτερη συγκράτηση είχε το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αυτός ήταν και ο λόγος που αυτές οι 2 περιοχές στο σύνολο των φυτικών ειδών και από τις 3 περιοχές δειγματοληψίας είχαν ελάχιστη διαφορά μεταξύ τους. Έτσι λοιπόν οι περιοχές

Ασπρόπυργος και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών ουσιαστικά δεν διαφέρουν στην συσσώρευση φυλλώδους σκόνης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα φυτικά είδη που συλλέχθηκαν από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο δεν ήταν είδη τα οποία βρίσκονται κοντά στον οδικό άξονα της Ιεράς οδού αλλά είδη που βρίσκονται στον ‘πυρήνα’ του Πανεπιστημίου έτσι ώστε να μην υπάρξει επηρεασμός από την κίνηση της λεωφόρου.

Οι διαφορές που σημειώθηκαν μεταξύ των φυτικών ειδών στην συγκράτηση φυλλώδους σκόνης ήταν σημαντικές συγκρίνοντας όλα τα φυτικά είδη από όλες τις περιοχές και με τις 2 μεθόδους μέτρησης. Βάση της μεθόδου του θολόμετρου τα φυτικά είδη κατατάσσονται από αυτό με την μεγαλύτερη συγκράτηση σκόνης σε αυτό με την μικρότερη στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 14.**)

Πίνακας 14 . Κατάταξη φυτικών ειδών με βάση την θολότητα από την μεγαλύτερη στην μικρότερη.

ΦΥΤΙΚΑ ΕΙΔΗ
<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Pinus brutia</i>
<i>Sophora japonica</i>
<i>Pittosporum tobira</i>
<i>Ceratonia siliqua, Laurus nobilis, Nerium oleander, Olea europea</i>
<i>Ailantus altissima. Eucalyptus rostrata, Quercus ilex</i>
<i>Melia azedarach</i>
<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Eucalyptus globules</i>
<i>Koelreuteria paniculata, Populus alba</i>
<i>Populus Canadensis</i>

Η ίδια σειρά διαφοροποιείται ως εξής (**Πίνακας 15.**) βάση της μεθόδου της διήθησης.

Πίνακας 15. Κατάταξη φυτικών ειδών με βάση την φυλλώδη σκόνη από την μεγαλύτερη στην μικρότερη συγκράτηση.

ΦΥΤΙΚΑ ΕΙΔΗ
<i>Buxus sempervirens, Sophora japonica</i>
<i>Pittosporum tobira</i>
<i>Olea europea</i>
<i>Laurus nobilis</i>
<i>Ailanthus altissima, Ceratonia siliqua, Eucalyptus globulus, Eucalyptus rostrata, Nerium oleander, Melia azedarach, Pinus brudia, Quercus ilex, Robinia pseudoacacia</i>
<i>Populus alba</i>
<i>Koelreuteria paniculata</i>
<i>Populus Canadensis</i>

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των 2 μεθόδων μέτρησης της φυλλώδους σκόνης παρατηρούμε ότι η σειρά κατάταξη των φυτικών ειδών δεν διαφοροποιήθηκε ιδιαίτερα. Τα φυτικά είδη *Buxus sempervirens* και *Sophora japonica* ήταν αυτά τα οποία συγκράτησαν την μεγαλύτερη ποσότητα φυλλώδους σκόνης ενώ τα είδη *Populus canadensis*, *Populus alba* και *Koelreuteria paniculata* ήταν αυτά με την μικρότερη συγκράτηση.

Η συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από ένα φυτικό είδος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι αναλύθηκαν λεπτομερώς πιο πάνω. Ο Han et al., (2002) υποστήριξαν ότι τα φύλλα με μικρότερο μέγεθος και με τραχεία επιφάνεια μπορούν να συγκρατήσουν περισσότερη σκόνη από φύλλα μεγαλύτερου μεγέθους και λείας επιφάνειας. Στην μελέτη μας μετρήθηκε το μέγεθος της επιφάνειας κάθε φυτικού είδους που χρησιμοποιήθηκε και το μέσο μέγεθος φύλλου κάθε είδους. Επίσης έγιναν παρατηρήσεις όσον αφορά την επιφάνεια των φύλλων των ειδών που χρησιμοποιήθηκαν. Με την βοήθεια στερεοσκοπίου παρατηρήθηκε ο βαθμός τραχύτητας των φύλλων αλλά και η ύπαρξη τριχιδίων. Βάση των αποτελεσμάτων σημαντικό ρόλο στην συγκράτηση φυλλώδους σκόνης είχε η ειδική φυλλική βιομάζα (βάρος φύλλου/επιφάνεια φύλλου) κάθε φυτικού είδους. Αυτό το συμπέρασμα εξηγείται από το γεγονός ότι τα αειθαλή φυτά έχουν μεγαλύτερη φυλλική βιομάζα σε σχέση με τα φυλλοβόλα αυτό το οποίο οδηγεί στην συγκράτηση σκόνης για

μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η ύπαρξη τριχιδίων στην επιφάνεια των φύλλων έχει ως συνέπεια τη συγκράτηση περισσότερη σκόνης. Αυτό το συμπέρασμα αποδείχτηκε μέσω των αποτελεσμάτων που είχαμε. Όμως η άποψη άλλων ερευνητών που αναφέρθηκε παραπάνω ότι όσο πιο τραχεία είναι η επιφάνεια του φύλλου τόσο περισσότερη σκόνη μπορεί να συγκρατήσει δεν επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης καθώς υπάρχει οριακά μη σημαντική αρνητική συσχέτιση των 2 αυτών παραγόντων. Η εξήγηση που μπορούμε να δώσουμε για αυτή την διαφοροποίηση είναι ότι το κατά πόσο είναι τραχεία ή λεία είναι μία επιφάνεια φύλλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υποκειμενικότητα του κάθε παρατηρητή. Η κλίση των φύλλων και το μέσο μέγεθος φύλλου αποδείχθηκαν ότι δεν επηρεάζουν την συγκράτηση της φυλλώδους σκόνης.

Τα γενικά συμπεράσματα της μελέτης μας συγκεντρώνονται στα εξής:

- 1) Οι 2 μέθοδοι μέτρησης της φυλλώδους σκόνης που χρησιμοποιήθηκαν συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους.
- 2) Η περιοχή με την μεγαλύτερη συσσώρευση φυλλώδους σκόνης στα επιλεγμένα φυτικά είδη του πειράματος ήταν η περιοχή της Εθνικής Οδού Αθηνών-Κορίνθου. Ο Ασπρόπυργος και η περιοχή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου ακολούθησαν με ελάχιστη διαφορά μεταξύ τους.
- 3) Το φυτικό είδος με την μεγαλύτερη συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από όλα τα επιλεγμένα είδη του πειράματος, από όλες τις περιοχές δειγματοληψίας και με τις 2 μεθόδους μέτρησης είναι το *Buxus sempervirens* ενώ αυτό με την μικρότερη συγκράτηση είναι το *Populus canadensis*.
- 4) Η ειδική φυλλική βιομάζα και η ύπαρξη τριχιδίων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την συγκράτηση φυλλώδους σκόνης από ένα φυτικό είδος.
- 5) Η κλίση των φύλλων στην κόμη ενός φυτικού είδους αλλά και το μέσο μέγεθος του φύλλου δεν συσχετίζεται με την ικανότητα του φυτού να συγκρατεί φυλλώδη σκόνη.

Μέσα λοιπόν από αυτή την μεταπτυχιακή μελέτη μπορούμε να κατανοήσουμε τελικά πόσο σημαντική είναι η βλάστηση για την ζωή του ανθρώπου γενικότερα. Από τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν έγινε κατανοητό το γεγονός ότι πολλά από τα καλλωπιστικά είδη αποτελούν πολύ καλούς ‘απορροφητές’ αέριας ρύπανσης. Τα είδη που χρησιμοποιηθήκαν στην μελέτη είναι κοινά είδη που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην αρχιτεκτονική τοπίου. Έτσι λοιπόν ο σχεδιασμός φύτευσης μίας περιοχής εκτός των κριτήριων της αρχιτεκτονικής τοπίου μπορεί να χρησιμοποιεί και το κριτήριο της απορρόφησης αέριας ρύπανσης. Μέσα λοιπόν από έναν ορθό σχεδιασμό θα μπορεί μία περιοχή πέρα από τα γνωστά οφέλη της βλάστησης να παρέχει στον άνθρωπο καθαρότερο περιβάλλον. Στις μέρες είναι πολύ σημαντικό να προστατεύουμε το περιβάλλον αλλά και να προωθούμε έναν πιο φιλικό τρόπο ζωής προς αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΙΕΘΝΗΣ

Arboricultural Association, 1996. *Quality Street: The Use of Trees in the Urban Landscape*. Conference proceedings, Arboricultural Association, Ramsey.

Alberti, M. 2005. *The effects of urban patterns on Ecosystems Function*. *International Regional Science Review*, No: 2, pp: 168-192.

Alfani, A., Maista, G., Iaviena, P., Rutigliana, F. A., Bartoli, G., 1996. *Leaf contamination by atmospheric pollutants as assessed by elemental analysis of leaf tissue, leaf surface deposit and Soil*. *Journal of Plant Physiology*. No. 148, pp: 245-248.

Balsberg- Pahlsson, A. M., 1989. *Effects of heavy metal and SO₂ pollution on the concentrations of carbohydrates and nitrogen in tree leaves*. *Canadian Journal of Botany*. No. 67, pp: 2106- 2113.

F. Barnaba, F., and Gobbi, G. P., 2004. “*Aerosol seasonal variability over the Mediterranean region and relative impact of maritime, continental and Saharan dust particles over the basin from MODIS data in the year 2001,*” *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 4, No. 9-10, pp. 2367–2391

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., and Taylor, G., 1998. *Urban Woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution*. *Environmental Pollution*, No. 99, pp: 347-360.

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., Taylor, G. 1997. *Urban Woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution*. *Environment Pollution*, No: 99, pp: 347-360.

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., Taylor, G., 2000. *Particulate capture by urban trees: Effect of species and windspeed.* Glob. Change Biol. No. 6, pp: 995- 1003.

Bleweiss, G., Werker, E., Peleg, M., 1985. *Air- pollution effects on Cedrum Libani trees- a case study.* Environmental Consevation. No. 12, pp: 70- 73.

Bolund, P., Hunhammar, S., 1999. *Ecosystem services in urban areas.* Ecological Economies, Vol. 22, pp: 293- 301.

Boubel, R. W., Fox, D. L., Turner, D.B., Stern, A. C., 1994. *Fundamentals of Air Pollution.* Academic Press, San Diego.

Boyden, S., S. Millar, K., Newcombe, and O'Neil, B. 1981. *The ecology of a city and its people: The case of Hong Kong.* Canderra: Australian National University Press.

Brandley, D., 1994. *Christmas trees provide pollution solution.* New Scientist. No. 144, pp: 1957- 1958.

Brandt, C. J., Rhoades, R. W., 1973. *Effects on limestone dust accumulation on lateral growth of forest trees.* Environmental Pollution, No. 4, pp: 207-213.

Bunzl, K., Schimmack, W., Kreutzer, K., and Scierl, R., 1989. *Interception and retention of Chernobul- derived ¹³⁴, ¹³⁷ Cs and ¹⁰⁰ Ru in aspruce stand.* Sci. Total Environment. No. 78, pp: 77- 87.

Burkhardt, J., Peters, K., Crossley, A., 1995. *The presence of structural surface waxes on coniferus needles affects the pattern of dry deposition of fine particles.* Journal of Experimental Botany, No. 46, pp: 823-831.

Bussoti, F. and Ferrett, M., 1998. *Air pollution, forest condition and forest decline in Southern Europe: an overview.* Environment pollution, No. 101, pp: 49-65

Candle, R. D., 1966. *Particles in the Atmosphere and space*. Reinhold Publishing Corporation, New York.

Carborn, J. M., 1965. *Shelterbelts and Windbreaks*. Faber and Fader, London.

Chamberlain A. C., 1967. *Deposition of particles to natural surfaces*. P. H. Gregory and J. L. Monteith, EDS. Airborne microbes, 17th Symp. Soc. Gen. Microbiol., pp: 138- 164. Cambridge University Press, London.

Chamberlain, A. C., 1975. *The movement of particles in plant communities In: Monteith, J. L., (Ed). Vegetation and the Atmosphere, Vol. 1. Academic Press, London, pp:155- 203.*

Chamberlain, A. C., Little, P., 1981. *Transport and capture of particles by vegetation*. In: Grace, J., Ford, G., Jarvis, P. G., (Eds). Plants and their atmospheric Environment. Blackwell, London, pp: 147-173.

Chiras, D. D., and Reganold, J. P., 2005. *Natural Resource Conservation*. Ninth Edition. Editions Prentice Hall, New Jersey.

Colbeck, I., 1995. *Particle emission from outdoor and indoor sources*: in: Th. Kouimtzis, C. Samara (eds). Airborne Particle Matter, The Handbook of Enviromental Chemistry, Vol. 4, Berlin: Sringer-Verlag.

Collins, J. P., Kinzig, A., Grimm, N. B., Fagan, W. F., Hope, D., Wu, J. 2000. *A new urban ecology American Scientist*. No: 88, pp: 25-416.

Countryside Commission, 1987. *Forestry in the Countryside*. Countryside Commission, Cheltenham.

Croxford, B., Penn. A., Hilier, B., 1996. Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. Science of the Total Environment, No. 190, pp: 3-9.

Davis, A.P., Shokouhian, M., Ni, S., 2001. *Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from species sources.* Chemosphere No. 44 pp: 997–1009.

Department of Environment (DoE), 1990. *This Common Inheritance: a summary of the white paper on the Environment,* Cmmd 1200. HMSO, London.

Department of Environment (DoE), 1996. *People, Parks and Cities: a Guide to Current Good Practice in Urban Parks.* HMSO, London.

Department of the Environment (DoE), 1990. *This common Inheritance: A Summary of the White Paper on the Environment,* Cmmd 1200. HMSO, London.

Department of the Environment (DoE), 1994. *Sustainable Development: the UK Strategy,* Cmmd 2426. HMSO, London.

Department of the Environment (DoE), 1995a. *Expert Panel on Air Quality Standards: Particles.* HMSO, London.

Department of the Environment (DoE), 1995b. *Biodiversity: the UK Steering Group Report.* (Vol. 1, Meeting the Rio Challenge: Vol. 2, Action plans.) HMSO, London.

Department of the Health (DoH), 1995a. *Committee on the Medical effects of Air Pollution: Health effects of Non- biological particles.* HMSO, London.

Diapouli, E., Chaloulakou, A., Spyrelis, E., 2008. *Indoor and Outdoor PM concentrations at a residential Environment, in the Athens area.* Global Nest Journal, Vol. 10, No:2, pp: 201-208.

Edwards, R., 1996. *Smog blights babies in the womb.* New scientist, Issue. 152, No. 4.

Ernest, W., 1976. *Physiological and Biochemical aspects of metal tolerance.* In: *Effects of Air Pollutants on Plants* (Ed. By T. A. Mansfield). Pp: 115. Cambridge University Press, New York.

EU Directive 1999/30/EC; 1999. *Council directive reading to limit values for sulfur dioxide and oxide of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air off.* J. Eur. Comm. L. 63/50.

Farber, R. J., Welsing, P. R., Rozzi, C., 1994. *PM_{2.5} and ozone control strategy to improve visibility in the Los Angeles basin.* *Atmospheric Environment*, No. 28, pp: 3277-3283.

Farmer, A. M., 1995. *Reducing the impact of Air Pollution on the National Environment.* Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Farmer, AM., 1993. *The effects of dust on vegetation- a review.* *Environmental Pollution*. No. 79, pp: 63-75.

Fatoki, O. S., Ayodele, E. J., 1991. Zinc and copper levels in tree barks as indicators of atmospheric pollution. *Environment International*. No. 13, pp: 369-373.

Feicter, J., Kjellstrom, E., Rodche, H., Dentener, F., Lelevelt, J., and Roelofs, G. J., 1996. ‘*Simulation of the tropospheric sulfur cycle in a global climate model,* ‘ *Atmospheric Environment*, Vol. 30, No. 10- 11, pp: 1693- 1707.

Federer, C. A., 1971. *Effects of trees in modifying urban microclimate.* In: *Preceedings of the Symposium on the Role of Trees in the South's Urban Environment.* US Department of Agricultural and Forest Service. pp: 23-29

Feng, C. Q., 1992. *The Research of Greening Environment.* Environmental Science Press of China, Beijing, pp: 23- 54.

Finlayson-Pittis, B. J., Pittis, J. N. Jr., 2000. *Upper and Lower atmosphere,* Press Publications.

Fluckiger, W., Oertli, J. J., Fluckiger, H., 1979. *Relationship between stomatal diffusive resistance and various applied particle sizes on leaf surfaces.* Zeitschrift der Pflanzenphysiol. No. 91, pp: 173- 175.

Fowler, D., Cape, J. N., and Usworth, M. H., 1989. *Deposition of atmospheric pollutants on forests.* Philos. Trans. R. Soc. London, No. 324, pp: 247- 265.

Freer-Smith, P. H., Beckett, K. P., Taylor, G., 2005. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoids x trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and *Cupressocyparis leylandii* for coarse, Fine and ultrafine particles in the urban environment. Environmental Pollution. No. 133, pp: 157- 167.

Freer-Smith, P. H., Hollowat, S., Goodman, A., 1997. *The uptake of particulates by urban woodland: site description and particulate composition.* Environment Pollution No. 95, pp: 27-35.

Garsed, S. G., & Read, D. J., 1977b. *The uptake and metabolism of ³²SO₂ in plants of differing sensitivity to sulphur dioxide.* Atmospheric Pollution. No. 13, pp: 173.

Greenhalgh, L., Worpole, K., 1995. *Park Life: Urban Parks and Social Renewal.* Comedia and Demos, Gloucester and London.

Gusten, H., Heiurich, G., Critas, J., Klasing, L., Rustic, B., Lalas, D. P., Petrakis, M., 1988. *Photochemical formation and transport of ozone in Athens, Greece.* Atmospheric Environment No. 22, pp: 1855-1869.

Han, Y., Li, J.Y., Guo, L.S., 2002. *Patterns of green area in residential districts.* J. Beijing Forestry U 24 (4), pp: 102–106.

Harrison, R. M., Yin, J. X., 2000. *Particulate matter in the atmosphere: Which particle abilities are important for its effects on health?* Sci. Total. Environment, No. 249, pp: 85- 101.

Heichel, G. H., Hankin, L., 1976. *Roadside coniferous windbreaks as sinks for Vehicular lead emissions.* J. Air Pollution. Cont. Assoc. No. 26, pp: 767- 770.

Holgate, S., 1996. *Air quality and Health: is there an association with asthma?* Proceedings from the 63rd National Society For Clean Air Environment Protection Conference and Exhibition. National Society for Clean Air, Brighton.

Huttunen, S., Ruonala, K., 1994. *Comparisons of leaf surface structures of elm, oak, and maple in urban and rural trees.* In: Abstracts from the Thirty- ninth Annual Meeting of the Scandinavian Society for Electron Microscopy. Journal of Ultra structure and Molecular Structure Research. No. 94, pp: 280.

Impens, R. A., Delcarte, E., 1979. *Survey of urban trees in Brussels Belgium.* Journal of Arboriculture. No. 5, pp: 169-176.

Ingold, C. T., 1971. *Fungal spores.* Clarendon Press, Oxford. pp: 302.

Jahan, S., Zafar-Iqbal, M., 1992. *Morphological and anatomical studies of leaves of different plants affected by motor vehicles exhaust.* Environmental Science. Journal of Islamic Academy of Sciences: S: 1, pp: 21- 23.

Kaufman, Y. J., Tanre, D., and Boucher, O., 2002. *A satellite view of aerosols in the climate system.* Nature, Vol. 419, No. 6903, pp: 215- 223.

Kalabokas, P. D., Viras, L. G., Repanis, C. C., 1999. *Analysis of the 11- years report (1987- 1997) of air pollution measurements in Athens, Greece.* Part. 1: Primary air Pollutants. Global Nest: the Int. J. Vol 1, No. 3, pp: 157- 167.

Karmosky, D. f., Skelly, J. M., Percy, K. E., and Chappelka, A. H., 2006. *Perspectives regarding 50 years of research on effects of tropospheric ozone air pollution on US forest.* Environmental Pollution, XX, pp: 1-18.

Kazimir, J., Clarke, B., Brebnan, E., 1982. *Trees indicate decreased lead pollution along New Jersey highways. Journal of the Air Pollution Control Association.* No. 32, pp: 957-958.

Killham, K., Wainwright, M., 1982. *Determination of the extent of air pollution contamination of woodland ecosystem sited downwind of coking works. Environmental Technology, Letters,* No. 3, pp: 75- 78.

Kosiba, P., 2008. *Variability of morphometric traits in small- leaved linden (Tilia cordata Mill.) under the influence of air pollution, Acta Soc. Bot. Pollution,* No. 77 (2), pp: 125-137.

Kovacs, M., Podani, J., Klincsek, P., Jörök, K., Dinka, P., 1981. *Element composition of the leaves of some deciduous trees and biological indication of heavy metals in the urban- industrial environment. Acta. Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae.* No: 27, pp: 43-52.

Krupa, S. V., and Manning, W. J., 1998. *Atmospheric Ozone: Formation and Effects on vegetation. Environmental Pollution,* No. 50, pp: 101- 137.

Kulshreshtha, A. R., Srivastava, P. K., Rai, A., Mohanty, C. S., 2009. *Leaf surface structure alterations due to particulate pollution in some common plants. Springer Science, Environmentalist,* No. 30, pp: 18- 23.

Kulshreshtha, K., Faroqui, A., Srivastava, K., Singh, K. J., Ahmad, K. J., Behl, H. M., 1994. *Effect of exhaust pollution on cuticular and epidermal features of Lantana camara L. and Syzygium cuminiil L: (Skeels). Journal of Environmental Science and Health,* No. A29, pp: 301- 308.

Laurence, J. A., 1998. *Ecological effects of ozone: integrating exposure and response with ecosystem dynamics and fuction. Environment Science & Policy,* No. 1, pp: 179-184.

Lenitt, J., 1972. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York.

Levy, R. C., Remer, L. A., Tanr' e, D., 2003. "Evaluation of the moderate-resolution imaging spectroradiometer (MODIS) retrievals of dust aerosol over the ocean during PRIDE," *Journal of Geophysical Research D*, vol. 108, No. 19, pp. 10.1–10.13,.

Libnik, V., Pensa, M., and Ratsep, A., 2003. *Air Pollution zones and harmful pollution levels of alkaline dust for plants*. *Water, Air, and Soil Pollution*, No. 3, pp: 193- 203.

Lin, Z. Q., Schuepp, P. H., 1995. *Trace metal contamination in and on balsam fir (Abies balsanea (L) Mill:) foliage in Southern Quebec, Canada*, *Water, Air and Soil Pollution*. No. 81, pp: 175-191.

Linzon, S. N., 1965. *Sulfur dioxide injury to trees in the vicinity of petroleum refineries*. *Forest Chronicle*, No. 41, pp: 245-247.

Madders, M., Lawrence, M. I. G., 1981. *The role of woodland in the air pollution control*. *Quarterly Journal of Forestry*. No. 76, pp: 147- 173.

Malhontra, S. S., 1977. *Effects of aqueous sulfur dioxide on chlorophyll destruction in Pinus contorta*, *New Phytology*, No. 78, pp: 101.

Malhotra, S. S., & Hocking, D., 1976. *Biochemical and Cytological effects of sulfur dioxide on Plant metabolism*. *New Phytology*. No. 76, pp: 227.

Manning, W.J., Feder, W.A., 1980. *Biomonitoring Air Pollutants With Plants*. Applied Science Publishers, London.

Mansfield, T. A., (Ed) 1976. *Effects of Air Pollutants on Plants*, Cambridge University Press, New York.

Mavrakis, A., Lykoudis, S., Christides, A., Dasaklis, S., Tasopoulos, A., Theocharatos, G., Kyvelou, S., Verouti, E., 2008. *Air quality levels in a closed industrialized basin (Thriassion Plain, Greece).* Fresenius Environmental Bulletin. Vol.17, No. 4, pp: 443- 453.

McClenahan, J. R., Dochinger, L.S., 1981. *The seeding growth and leaf element accumulation in open- top chambers near an urban- industrial area.* Canadian Journal of forest Research II, pp: 274- 280.

McPherson, E. G., Nowak, D. J., 1993. *Value of urban greenspace for air quality improvement: Lincoln Park, Chicago,* Arborist News, No. 2 (6), pp: 30-32.

McPherson, E. G., Nowak, D. J., Rowntree, R. E., 1994. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project.* USDA General Technical Report Ne- 186.

Ministry of Environment Planning and Public Works, 2003. *Directorate of Air pollution and Noise Control.* Annual report an atmospheric pollution for Athens basin.

Ministry Of Housing and Local Government, 1961. *Trees in Town and City.* HMSO, London.

Ministry of Housing and Local Government, 1962. *The Green Belts.* HMSO, London.

Mitcell, A., Jobling, I., 1984. *Decorative Trees for Country, Town and Garden,* HMSO, London.

Mudd, I. B., & Kozlowski, T. T., (Eds) 1975. *Responces of Plants to Air Pollution.* Academic Press, New York.

Nakos, G., 2007. *Plant and Soil.* Vol. 66, No. 2, pp: 271- 277.

Nathanson, T. A., 2000. *Basic Environment technology: water, supply, waste management and pollution control.* Third Edition. Editions Prentice Hall, New Jersey.

Niemala, J. 1999. Ecology and Urban planning. *Biodiversity and Conservation*, No: 8, pp: 31-119.

Novak, K., Skell, J. M., Schaub, M., Krauchi, N., Hug, C., Landolt, W., and Bleuler, P., 2003. *Ozone air pollution and foliar injury development on native plants of Switzerland.* *Environmental Pollution*, No. 125, pp: 41-52.

Odum, E. P. 1963. *Ecology:* New York: Holt, Rinehart and Winston.

Odum, E. P. 1997. *Ecology: A bridge between science and society.* Sunderland, NA: Sinauer.

Papadimas, C. D., Hatzianastasiou, N., Mihalopoulos, N., Vardanas, L., 2006. *Spatial and temporal variability in aerosol properties over the Meditteranean basin based on 6-year (2000-2006) MODIS data,* *Journal of Geophysical Research D*, Vol. No. 113.

Park, C. C., 1987. *Acid rain: rhetonic and reality.* Edition Methuen & Co. Ltd, USA.

Pope, C. A., III, Bates, D. V., Raizenne, M. E., 1995. *Health effects of particulate air pollution: time for reassessment?* *Environment Health Perspectives.* No. 103, pp: 472-480.

Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E., Krewski, D., Kazuhika, I., and Thurston, G. D., 2002. *Lung- cancer, cardiopulmonary mortality and long term exposure to fine particulate air pollution.* *American Medical Association*, No. 2, pp: 1132- 1141.

Prajapati, S. K., and Tripathi, B. D., 2008. *Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution.* *Ennironment Quality*, No. 37, pp: 865- 870.

Prus-Glomacki, W., Godzik, S. T., 1995. *Genetic structure of Picea abies trees tolerant and sensitive to industrial pollution.* *Silvae Genetica.* No. 44, pp: 62- 65.

Prusty, B. A. K., Mishra, P. C., Azzez, P. A., 2005. *Dust accumulation and leaf pigment concentration in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India.* *Ecotoxicol. Environ.* No. 37, pp: 93- 104.

Pye, K., 1987. *Aeolian Dust and Dust Deposits.* Cambridge University Press, Cambridge.

Qin, Y., Oduyemi, K., 2003. *Chemical composition of atmospheric aerosol in Dundee, UK,* *Atmospheric Environment,* No. 37, pp: 93- 104.

Qiu, Y., Guan, D., Song, W., Huang, K., 2008. *Capture of heavy metals and sulfur by foliar dust in Huizhou, Guangdong Province, China,* Elsevier Ltd, No. 75, pp: 227-452.

QUARG- Quality of Urban Air Review Group, 1996. *Airborne particulate matter in the United Kingdom: third report of the quality of urban air review group.* Department of Environment, London, UK.

Raupach, M.R., Woods, N., Dorr, G., Leys, G. F., and Cleugh, H. A., 2001. *The entrapment of particles by windbreaks.* *Atmos. Environ.* No: 35, pp: 3373–3383.

Rawat, J.S., and Banerjee, S. P., 1996. *Urban forestry for improvement of environment.* *J. Energy Environ. Monit.* No: 12, pp: 109–116.

Ricks, G. R., Williams, R. J. H., 1974. *Effects of atmospheric pollution on deciduous woodland part 2: Effects of particulate matter upon stomatal diffusions resistance in leaves of Quercus petraea (Mattuscka) Leibl.* *Environmental Pollution,* No. 6, pp: 87-109.

Riga-Karandinos, A. M., Saitanis, C. J., and Arapis, G., 2005. *First study of anthropogenic platinum group elements in Roadside top- soils in Athens, Greece.* Water, Air and Soil Pollution, Spriger.

Rotschke, M., 1937. *Underuchungen uber die meteorology der staubatma sphere.* Veroff. Geoph. I. Leipzig, No. 11, pp: 1- 78. Reported in Geiger R. (1965). *The Climate Near the Ground*, pp: 367. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Samal, A. K., and Santra, S. C., 2002. *Ind. J. Environ. Health*, No. 44, pp: 71- 76.

Shkaraba, E. M., Perevedentseva, L. G., 1991. *Coursortium of forest plants and fungi under conditions of industrial pollution.* *Soviet Journal of Ecology*. No. 22, pp: 350- 354.

Singh, N., Yunus, M., Srivastava, K., Singh, S. N., Pandey, V., Misra, J., Ahmod, K. J., 1995. *Monitoring of auto exhaust pollution by roadside plant.* *Environmental Monitoring and Assessment*. No. 34, pp: 13- 25.

Siskos, P. A., Bakeas, B., Thomaidis, N. S., 2006. Chapter I: *Chemical Characterization of airborne Particles.* *Environment Research*, 2006, Nova Science, Publishers. Inc.

Smith, W. H., 1971. *Lead contamination of roadside white pine.* *Science*, No. 17, pp: 195- 198.

Smith, W. H., 1974. *Air pollution- effects on the structure and function of the temperate forest ecosystem.* *Environmental Pollution*, No. 6, pp: 111-129.

Smith, W. H., 1976a. *Lead contamination of roadside ecosystem.* *J. Air Pollution. Assoc.* No. 26, pp: 753- 766.

Smith, W. H., 1981. *Air pollution and forests.* Springer- Verlang, New York.

Smith, W. H., 1990. *Air pollution and forest: Interactions between Air Contaminants and forest Ecosystems*, Springer, New York. 2nd Edition, pp: 147- 180.

Smith, W. H., and Staskawicz, B. J., 1977. Removal of atmospheric particles by leaves and twigs of urban: some preliminary observations and assessment of research needs. *Environmental Mon. No. 1*, pp: 317- 330.

Smith, W. H., Staskawicz, B. J., and Harkov, R. S., 1977. Trace- metal leaf pollutants and Urban tree phylloplane pathogens. *Phytopathology*.

Solomon, S., Qin, D., and Maning, M., 2007. *Climate change: The physical science basis- summary for policymakers*, Climate Change.

Stern, A. C., 1977. *Air pollution. Third edition*. Vol. II. The effects of air pollution. Academic Press, New York.

Street, R. A., Duckham, S. C., Hewitt, V. N., 1996. Laboratory and Field Studies of biogenic volatile organic compound emission from Sitka spruce (*Picea sitchensis* Bong) in the United Kingdom. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, No. 101, pp: 22799-22806.

Sturano, A., Parvoli, G., Doretti, L., 1993. Plane tree bark as a passive sampler polycyclic aromatic hydrocarbons in an urban environment. *Journal of Chromatography*. No. 643, pp: 435- 438.

Sukopp, H., Numata, M., and Huber, A., eds. 1995. *Urban ecology as the basis for urban planning*. The Hague, the Netherlands: SPB Academic.

Tewari, D.N. 1994. *Urban forestry*. *Ind. For.* No. pp: 647–657.

Thompson, J. R., Mueller, P. W., Flückiger, W., Rutter, A. J., 1984. The effect of dust on photosynthesis and its significance for roadside plants. *Environmental Pollution*. No. 34, pp: 171- 190.

Tong, S. T. Y., 1991. *The retention of copper and lead particulate matter in plant foliage and forest soil* *Environment International*. No. 17, pp: 31-37.

Trepl, L. 1995. Towards a theory of urban biocoenoses: *In Urban Ecology as the basis for urban planning*, ed.H. Supopp, M. Numata, and A. Huber, pp. 3-21. The Hague, the Netherlands: SPB Academic.

Türk, R., Wirth, V., & Lange, O. I., 1974. *CO₂- gaswechseluntersuchungen zur SO₂- resistenz von flecten*. *Oecologia* (Berlin), No. 15, pp: 33.

United Nations, 1999. *The State Of World Population 1999- 6 Billion: A Time For Choises*. New York: United Nations Population Fund.

Vader Heyden, D., Skelly, J. D., Innes, J., Zhang, J., Landolt, W., and Bleuler, P., 2001. *Ozone exposure thresholds and foliar injury on forest plants in Switzerland*. *Environmental Pollution*, III, pp: 321- 331.

Valavanidis, A., Fiotakis, K., Vlachopoulou, T., Bakeas, E. B., Triantafillaki, S., Paraskevopoulou, V., Dassenakis, M., 2006. *Characterization of atmospheric particles, particle bound transition metal and polycyclic aromatic hydrocarbons of urban air in the centre of Athens (Greece)*. *Science Birect*, Vol. 65, Issue. 5, pp: 760-768.

Varshnay, C. K., and Mitra, I., 1993. *Importance of hedges in improving urban air quality*. *Landscape and urban Plann*. No. 25, pp: 75- 83.

Vedal, S., 1995. *Health effects of Inhalable particles: Implications for British Columbia*. Ministry of Environment, Land and Parks, British Columbia.

Wang, S. L., Zhang, Y. M., Zhang, L. J., Yu., 2005. *Interaction of urban air pollution among cities in Zhujang Delta, China* *Environment Science*, No. 25, pp: 133- 137.

White, E. J., Turner, F., 1970. *A method of estimating income of nutrients in a catch of airborne particles by a woodland canopy.* Journal of Applied Ecology. No. 7, pp: 441- 461.

Zhao, Y., Li, S. R., Yan, Z. P., 2002. *The effects of Greenland on absorbed dust and its assessment method.* J. Huazhong, Agr. U, No. 21, pp: 582- 586.

Zhon, Z. X., Shao, T. Y., Wang, P. C., 2002. *The spatial structures and the dust retention effects of green land types in the work- shop district of Wuhan Iron and Steel Company.* Acta Ecologica Sinica,. No. 22 (12), pp: 2036- 2040.

Zulfacar, A., 1975. *Vegetation and urban environment.* J. Urban planning Dev. Div. Proc. Amwer. Soc. Civil Eng. No. 101, pp: 21- 33.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αμπελιώτης, Κ., 2000. Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στην Βιώσιμη Ανάπτυξη. (mineo).

Γεντεκάκης, Ι., 2003. *Ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιπτώσεις, Έλεγχος & Εναλλακτικές Τεχνολογίες.* Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Γρηγοροπούλου, Ε., 2005. *Διαχείριση Βιομηχανικών Αποβλήτων.* ΔΠΜΣ, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων.

Καϊλίδης, Δ. Σ., 1991. *Ρύπανση φυσικού περιβάλλοντος.* Δεύτερη έκδοση. Εκδόσεις Χριστοδουλάκη, Θεσσαλονίκη.

Κασσιός, Κ., 1983. *‘ Αστικό πράσινο- δημιουργία-προστασία και συμβολή στην ποιότητα ζωής’* Η ρύπανση στο περιβάλλον μας. Αθήνα.

Κασσιός, Κ., 2005. *Η απορρυπαντική συμβολή του Αστικού Πρασίνου στην ατμόσφαιρα της Πόλης.* Ημερίδα. Ποιότητα της ατμόσφαιρας στις αστικές περιοχές – νέα δεδομένα και προοπτικές. Αθήνα.

Κυρτόπουλος, Σ., 1999. *Ρύπανση του αέρα και υγεία.* Ινστιτούτο Βιολογικών Ερευνών κ' Βιοτεχνολογίας. Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών.

Μέλας, Δ., 1997. *Διασπορά Αέριων Ρύπων.* Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 52.

Οικονόμου, Α., 1989. *Συμπτώματα κακής ανάπτυξης δασικών φυτών λόγω επίδρασης ατμοσφαιρικών ρυπαντών, έλλειψης ορισμένων θρεπτικών στοιχείων και ξηρασίας.* Αυτοτελής έκδοση ΕΘΙΑΓΕ/Ι.Μ.Δ.Ο & Τ.Δ.Π., Αθήνα.

Συμεωνίδης, Κ., 2002. *Αέριοι ρυπαντές.*

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.minenv.gr/> (ΕΑΡΘ 2006).

<http://www.aspropyrgos.gr>

<http://www.aua.gr>

