



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Οικονομικές επιπτώσεις στο ΑΕΠ λόγω πρόωρων θανάτων, εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μελέτη της περίπτωσης της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών.**

**Premature deaths' economic impact on GDP due to air pollution. Study of the case of the greater Athens area.**

Στοιχεία φοιτητή

**ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

Αριθμός μητρώου

**18392015**

Επιβλέποντες καθηγητές

**Δρ. ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Καθηγητής)**

**ΝΤΟΥΡΟΥ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ (ΕΔΙΠ)**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024**

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδέκτη και βαθμολογήθηκε από την ακόλουθη τριμελή επιτροπή :

A/A	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Καθηγητής)	
2	ΝΤΟΥΡΟΥ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ (ΕΔΙΠ)	
3	ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΕΔΙΠ)	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Παπαχρήστος Θεόδωρος** , με αριθμό μητρώου 18392015, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο δηλών



**Παπαχρήστος Θεόδωρος**

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή .....	6
1.1 Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	6
1.2 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	6
1.2.1 Σύντομη περιγραφή .....	6
1.2.2 Πηγές του όζοντος στο περιβάλλον .....	6
1.2.3 Επιδράσεις του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον .....	7
1.3 Αιωρούμενα Σωματίδια (ΑΣ <sub>10</sub> -PM <sub>10</sub> ).....	7
1.3.1 Σύντομη περιγραφή .....	7
1.3.2 Πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων στο περιβάλλον.....	7
1.3.3 Επιδράσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον .....	8
1.4 Νομοθετικό πλαίσιο για την ποιότητα της ατμόσφαιρας.....	8
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Το λογισμικό AirQ+ .....	9
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : VSL-Economic Burden.....	9
3.1 Η έννοια του VSL και ο τρόπος υπολογισμού του κόστους.....	9
3.2 Μελέτες με βάση το VSL-Economic Burden .....	10
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Μεθοδολογία έρευνας.....	11
4.1 Περιοχή μελέτης.....	11
4.2 Συλλογή δεδομένων.....	12
4.2.1 Δεδομένα συγκεντρώσεων των ρύπων.....	12
4.2.2 Δημογραφικά στοιχεία περιοχής.....	14
4.2.3 Οικονομικά στοιχεία.....	17
4.3 Επεξεργασία δεδομένων .....	20
4.3.1 Στατική Επεξεργασία των υπερβάσεων των νομοθετημένων ορίων συγκέντρωσης των ρύπων.....	20
4.3.2 Μελέτη υπολογισμού επιπτώσεων ρύπων με τη χρήση του λογισμικού AirQ+ .....	38
4.3.2.1 Διαδικασία χρήσης του προγράμματος AirQ+ .....	38
4.3.2.2 Αποτελέσματα μετά από τη χρήση του λογισμικού AirQ+ .....	42
4.3.3 Υπολογισμός VSL-Οικονομική αξία μιας στατιστικής ζωής .....	43
4.3.4 Υπολογισμός Economic Burden-Οικονομικό Κόστος των πρόωρων θανάτων που προκαλούνται από τη ρύπανση PM <sub>10</sub> και O <sub>3</sub> .....	47
4.3.4.1 Σενάριο 1.....	48
4.3.4.2 Σενάριο 2.....	50
4.3.4.3 Σενάριο 3.....	52

Κεφάλαιο 5°: Αποτελέσματα και συζήτηση .....	53
5.1 Δήμος Αγίας Παρασκευής.....	54
5.2 Δήμος Αθηναίων.....	56
5.3 Δήμος Αμαρουσίου.....	58
5.4 Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης .....	60
5.5 Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων .....	62
5.6 Όλες οι περιοχές.....	63
Κεφάλαιο 6°: Γενικά Συμπεράσματα.....	67
Βιβλιογραφία/Πηγές.....	69

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή

### 1.1 Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

«Ατμοσφαιρική ρύπανση» ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε 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. Οι ουσίες αυτές αποτελούν τους λεγόμενους «ρύπους». Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση έχει επικρατήσει να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος». Το «Νέφος» παρουσιάζεται με δύο μορφές:

- Νέφος καπνομίχλης (ή τύπου Λονδίνου): σχηματίζεται όταν παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.
- Φωτοχημικό νέφος (ή τύπου Λος Άντζελες): παρουσιάζεται όταν παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, και δευτερογενών προϊόντων τους.

Για να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το πρόβλημα του νέφους πρέπει να γνωρίζουμε, πώς δημιουργείται, από τι αποτελείται, τι επιδράσεις δημιουργεί στο περιβάλλον, και τι μπορούν να κάνουν πολιτεία και κοινωνία για την καταπολέμησή του. [1]

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, μελετώνται το **όζον (O<sub>3</sub>)** και τα **αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10 μm (ΑΣ<sub>10</sub> ή PM<sub>10</sub>)**.

### 1.2 Όζον (O<sub>3</sub>)

#### 1.2.1 Σύντομη περιγραφή

Το όζον (O<sub>3</sub>) είναι ένα άχρωμο αέριο, με χαρακτηριστική οσμή και αποτελεί το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους στην επιφάνεια της γης (τροπόσφαιρα). Ωστόσο, στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα), το όζον έχει ευεργετικό ρόλο απορροφώντας τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. [1]

#### 1.2.2 Πηγές του όζοντος στο περιβάλλον

Το όζον σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) ως αποτέλεσμα αλυσίδας χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου υπό συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών. Πηγές των ρύπων που συντελούν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα

οχήματα, εργοστάσια, χωματερές, χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός, κλπ.. [1]

### 1.2.3 Επιδράσεις του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον

Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον όπου ζούμε. Προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, πιθανή επιδεικτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού και ερεθισμό των οφθαλμών. Το όζον είναι επίσης ο ρύπος με τις δυσμενέστερες επιδράσεις στα φυτά, μειώνει την παραγωγή στις αγροτικές καλλιέργειες και προκαλεί ζημιά στη δασική βλάστηση. [1]

## 1.3 Αιωρούμενα Σωματίδια (ΑΣ<sub>10</sub>-PM<sub>10</sub>)

### 1.3.1 Σύντομη περιγραφή

Τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10 μm (ΑΣ<sub>10</sub> ή PM<sub>10</sub>) αποτελούν υλικά σε στερεή ή υγρή φάση που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Είναι ικανά σε υψηλά επίπεδα να μεταβάλουν το μπλε χρώμα του ουρανού, λόγω σκέδασης, σε λευκό ή γκριζό. Προέρχονται κυρίως από ερήμους (Σαχάρα, Σαχελιανή ζώνη) και είναι καφεκόκκινης απόχρωσης. [1]

### 1.3.2 Πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων στο περιβάλλον

- Φυσικές πηγές: αερομεταφερόμενα σωματίδια φυσικής προέλευσης από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές (έρημος Σαχάρας, υποσαχάρια ζώνη), ηφαιστειακή δραστηριότητα, αιωρήματα από θάλασσα, σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος, γύρη. [1]
- Ανθρωπογενείς πηγές: βιομηχανικές δραστηριότητες, λιγνιτικοί σταθμοί, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, αποθήκευση και μεταφορά αδρανών υλικών και άλλων πρώτων υλών, οχήματα (κυρίως πετρελαιοκίνητα οχήματα και δίκυκλα), πυρκαγιές, καύση βιομάζας, αγροτικές δραστηριότητες (καύση γεωργικών υπολειμάτων), κατασκευαστικές εργασίες (οικοδομές, οδοστρώματα). Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου (πετρέλαιο), στη φθορά των ελαστικών, των υλικών πέδησης και του οδοστρώματος και στην επαναιώρηση λόγω κακής ποιότητας και πλημελούς καθαρισμού των οδοστρωμάτων. Μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια (δευτερογενή) δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις αερίων ρύπων. Τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να διαχωριστούν σε ανόργανα (αμμώνιο, νιτρικά και θειικά, έχοντας ως πρόδρομες ουσίες την αμμωνία, τα αζωτοξείδια και τα οξείδια του θείου) και οργανικά (έχοντας

ως πρόδρομους τους πτητικούς υδρογονάνθρακες). Με μια σειρά αντιδράσεων μπορούν να παραχθούν οργανικές ουσίες που είτε συσσωματώνονται και παράγουν νέα σωματίδια είτε συμπυκνώνονται πάνω σε υπάρχοντα σωματίδια. Η παραγωγή όζοντος σχετίζεται με παραγωγή δευτερογενών σωματιδίων.[1]

### 1.3.3 Επιδράσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον

Οι επιδράσεις στην υγεία εξαρτώνται πολύ από το μέγεθος των σωματιδίων και τη σύσταση τους. Όσο μικρότερα σε μέγεθος είναι τα σωματίδια τόσο βαθύτερα εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Τα μικρότερα από 10μm σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν, επίσης, φθορές στα υλικά και μειώνουν την ορατότητα. Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας, συνεισφέροντας στη δημιουργία νεφών ως πυρήνας συμπύκνωσης και επιδρούν στο κλίμα μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα.[1]

### 1.4 Νομοθετικό πλαίσιο για την ποιότητα της ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια (PM<sub>10</sub> και PM<sub>2,5</sub>), διοξείδιο του αζώτου, όζον, μονοξείδιο του άνθρακα, βενζόλιο, μόλυβδος, αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο, σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. [2]

Η νομοθεσία που καθορίζει τα όρια εκπομπών και τις απαιτήσεις για την παρακολούθηση και μείωση των ρύπων ανανεώνεται τακτικά για να συμμορφώνεται με τις τελευταίες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις.

Σύμφωνα με την **Οδηγία 2008/50/ΕΚ** για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11) , τα νομοθετημένα όρια συγκεντρώσεων των ρύπων που μελετώνται στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία (O<sub>3</sub> και PM<sub>10</sub>), είναι τα εξής:

Για το O<sub>3</sub>:

Ο μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος κυλιόμενου 8ώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα **120 μg/m<sup>3</sup>** για περισσότερες από 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο, σε διάστημα 3 διαδοχικών ετών.[3]



Για τα  $PM_{10}$ :

- Ημερήσιο όριο: Η μέση ημερήσια συγκέντρωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ανά  $\text{m}^3$  αέρα (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), με περιθώριο ανοχής 50%. Αυτό το όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται πάνω από 35 φορές κατά τη διάρκεια ενός έτους.
- Ετήσιο όριο: Η μέση ετήσια συγκέντρωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , με περιθώριο ανοχής 20%. [3]

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Το λογισμικό AirQ+

Το AirQ+ είναι ένα εργαλείο λογισμικού που αποσκοπεί στην ποσοτικοποίηση της επιβάρυνσης και των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των ανθρώπων. Αναπτύχθηκε από το Περιφερειακό Γραφείο του ΠΟΥ για την Ευρώπη. Περιλαμβάνει μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι κύριες μεθοδολογίες χρησιμοποιούν στοιχεία, τα οποία δημιουργούνται από επιδημιολογικές μελέτες σειράς, που δείχνουν μια συσχέτιση μεταξύ του μέσου όρου μακροπρόθεσμων επιπέδων συγκέντρωσης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την επικινδυνότητα θνησιμότητας στους εκτεθειμένους πληθυσμούς. Η αξιολόγηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ενισχύει την αξιολόγηση των συνεπειών των πολιτικών και παρεμβάσεων που θεσμοποιούνται, που έχουν σκοπό την καταπολέμηση της ρύπανσης, ή υποθετικών σεναρίων. [4]

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: VSL-Economic Burden

### 3.1 Η έννοια του VSL και ο τρόπος υπολογισμού του κόστους

Για να ποσοτικοποιηθεί η αξία μιας στατιστικής ζωής πρόωρης θνησιμότητας (VSL) που σχετίζεται με έναν παράγοντα κινδύνου (π.χ. ατμοσφαιρική ρύπανση, παχυσαρκία, κατανάλωση αλκοόλ), χρησιμοποιείται η προσέγγιση που αναπτύχθηκε από τον ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) [5]. Για να βρεθεί η οικονομική επιρροή των θανάτων που προκαλούνται από έκθεση στους ρύπους  $PM_{10}$  και  $O_3$  στην υπό μελέτη περιοχή, την χρονική περίοδο 2001-2019, χρησιμοποιούνται οι εξής εξισώσεις:

$$VSL_{\text{changing}} = VSL_{2005} * (Y_c/Y_{2005})^\beta * (1 + \% \Delta P + \% \Delta Y)^\beta \quad (1)$$

$$Economic\ Burden = VSL_{\text{changing}} * M \quad (2)$$

Ως **VSL (value of statistical life)** θεωρείται η προθυμία των πολιτών να πληρώσουν (willingness to pay-WTP) προκειμένου να μειωθούν τα ποσοστά θανάτων σε διάφορες πτυχές της καθημερινότητάς τους. Στην περίπτωση που μελετάται, υπολογίζεται  $VSL_{\text{changing}}$ , καθώς για τον υπολογισμό του θεωρούμε το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή, των υπό μελέτη περιοχών, ως μεταβαλλόμενα μεγέθη. [5]

Το μέγεθος  $VSL_{2005}$  παίρνεται ως τιμή βάση των υπολογισμών και σύμφωνα με την μελέτη του ΟΟΣΑ ισούται με **3 εκατ. \$**. Με την τότε αναλογία μεταξύ € και \$, η τιμή  $VSL_{2005}$  ισούται με **2,43 εκατ. €**. [7]

Ως  $Y_c$  ορίζεται το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της κάθε περιοχής που μελετάται, για κάθε έτος που μελετάται. Ο δείκτης  $c$  συμβολίζει το υπό μελέτη έτος.

Το μέγεθος  $Y_{2005}$  είναι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της χώρας, στην παρούσα διπλωματική εργασία της Ελλάδας, για το έτος 2005. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, η τιμή  $Y_{2005}$  ισούται με **18134 €**. [8]

Ως  $\% \Delta P$  και  $\% \Delta Y$  παρουσιάζονται οι ετήσιες ποσοστιαίες μεταβολές του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή και του κατά κεφαλήν ΑΕΠ αντίστοιχα.

Ο συντελεστής  $\beta$  συμβολίζει την εισοδηματική ελαστικότητα του μεγέθους  $VSL$  και παίρνεται ως σταθερή τιμή που ισούται με **0,8**.

Ως **Economic Burden** παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος που προκύπτει από την πρόωρη θνησιμότητα που προκαλείται από την έκθεση στους ρύπους  $PM_{10}$  και  $O_3$  στην υπό μελέτη περιοχή.

Το μέγεθος  $M$  αντιπροσωπεύει τους εκτιμώμενους αριθμούς θανάτων που προκύπτουν από την έκθεση στους ρύπους  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στις υπό μελέτη περιοχές, ανά 100000 κατοίκους.

### 3.2 Μελέτες με βάση το VSL

Οι οικονομικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία στην Ελλάδα έχουν μελετηθεί με βάση την αξία της στατιστικής ζωής ( $VSL$ ) από Psitaki K et al και Petrou et al. [6]. Συγκεκριμένα, στην μελέτη εκείνη, έχει εκτιμηθεί το οικονομικό κόστος που προκύπτει από την πρόωρη θνησιμότητα που συνδέεται με την έκθεση σε μικροσωματίδια ( $PM_{2.5}$ ) και όζον ( $O_3$ ) σε επίπεδο εδάφους σε όλη την Ελλάδα κατά την περίοδο 2004-2019. Η συνολική οικονομική επιβάρυνση στην Ελλάδα που αποδίδεται στην πρόωρη θνησιμότητα λόγω έκθεσης σε  $PM_{2.5}$  και  $O_3$  για την περίοδο των 16 ετών εκτιμήθηκε σε 66,34 δισ. ευρώ. Σύμφωνα με τις μελέτες για όλη την Νομαρχία Αττικής το οικονομικό κόστος που προκύπτει από την πρόωρη θνησιμότητα που συνδέεται με την έκθεση σε  $PM_{2.5}$  και  $O_3$  κυμαίνεται από 1 έως 4 δισ ευρώ για την περίοδο 2004-2019.

Επίσης, στην μελέτη των Panteli et al [9], ερευνήθηκε το οικονομικό κόστος της κακής υγείας λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή  $VSL$  με τον συνολικό αριθμό των θανάτων που οφείλονται στην έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση, το οικονομικό κόστος της θνησιμότητας στην Ελλάδα λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτιμήθηκε σε 6,48 δισ. ευρώ το 2019 ή, ισοδύναμα, σε 3,46 % του ΑΕΠ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εκτίμηση του Economic Burden με τη προσέγγιση  $VSL$  είναι σημαντικά ψηλή γιατί αφορά τις απώλειες της αγοράς που οφείλονται στο διαφυγόν εισόδημα από την πρόωρη θνησιμότητα λόγω της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση. [9]

Το υψηλό οικονομικό κόστος της πρόωρης θνησιμότητας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιβεβαιώνεται και από την έκδοση της Παγκόσμιας Τράπεζας η οποία υπολογίζει ότι το 2013 μόνον οι πρόωροι θάνατοι εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κόστισαν στην παγκόσμια οικονομία περίπου 225 δισ. δολάρια από χαμένες εργατοώρες [10].

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Μεθοδολογία έρευνας

### 4.1 Περιοχή μελέτης

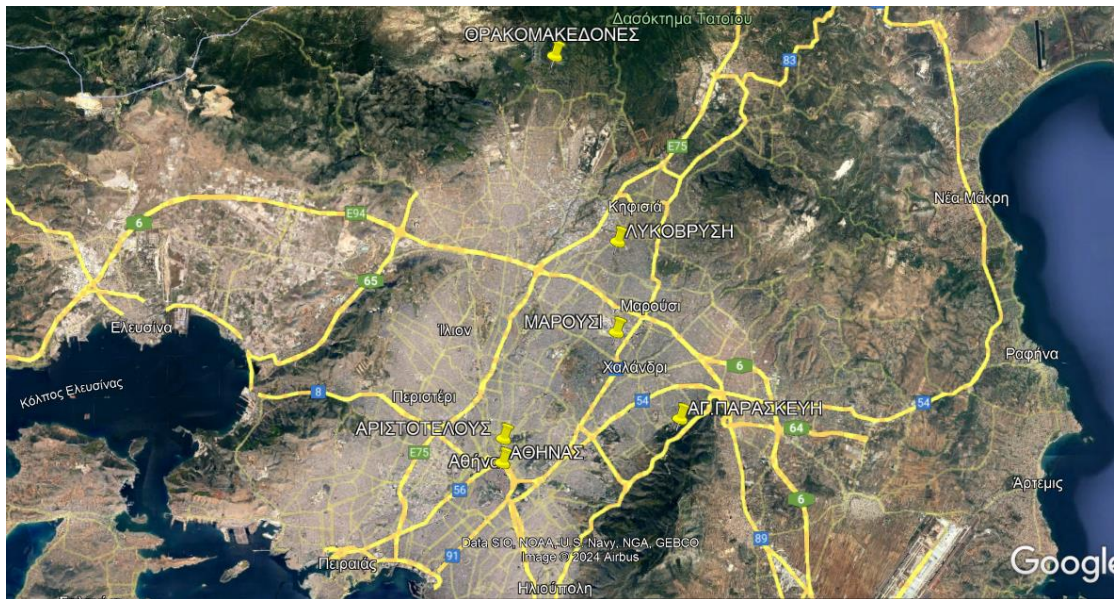
Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η ατμοσφαιρική ρύπανση στην **ευρύτερη περιοχή των Αθηνών**, με κύριο στόχο τον υπολογισμό του οικονομικού κόστους που απορρέει από την πρόωρη θνησιμότητα λόγω της ρύπανσης. Συγκεκριμένα, οι περιοχές της Αττικής που παρουσιάζονται είναι οι: **Κεντρικός Τομέας Αθηνών**, **Βόρειος Τομέας Αθηνών** και **Ανατολική Αττική**. Οι Δήμοι και Δημοτικές Ενότητες όπου βρίσκονται οι σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, από τους οποίους αξιοποιούνται οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, είναι οι: **Δήμος Αθηναίων**, **Δήμος Αμαρουσίου**, **Δήμος Αγίας Παρασκευής**, **Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης** και **Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων**.

Οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από όπου παίρνονται τα δεδομένα συγκεντρώσεων των ρύπων PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub> είναι οι εξής:

*Πίνακας 1: Οι σταθμοί μέτρησης της ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, από όπου αξιοποιούνται δεδομένα για την συγκεκριμένη μελέτη.[1]*

Όνομα	Σταθμός					Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι	
	Θέση				Υψόμετρο (m -asl)		PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>
	WGS84		ΕΓΣΑ87					
Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y (m)					
ΑΘΗΝΑΣ (ATH)	23,726845	37,978204	475861	4203144	75	Αστικός- Κυκλοφορίας		v
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ (ARI)	23,727617	37,988066	475932	4204238	75	Αστικός- Κυκλοφορίας	v	
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ (LYK)	23,788986	38,067793	481341	4213070	234	Περιαστικός- Υποβάθρου	v	v
ΜΑΡΟΥΣΙ (MAR)	23,787372	38,030837	481190	4208970	170	Αστικός- Υποβάθρου	v	v
ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (AGP)	23,819421	37,995110	483995	4205000	290	Περιαστικός- Υποβάθρου	v	v
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ (THR)	23,758195	38,143521	478662	4221479	550	Περιαστικός- Υποβάθρου	v	v

Τα σημεία όπου βρίσκονται οι σταθμοί μέτρησης της ρύπανσης φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 1: Οι σταθμοί μέτρησης της ρύπανσης σημειωμένοι στον χάρτη.

## 4.2 Συλλογή δεδομένων

### 4.2.1 Δεδομένα συγκεντρώσεων των ρύπων

Για την επιτυχή εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής, είναι απαραίτητη η γνώση των επιπέδων των συγκεντρώσεων των 2 υπό μελέτη ρύπων,  $PM_{10}$  και  $O_3$ , που αντιστοιχούν στην χρονική περίοδο που μελετάται. Τα δεδομένα αυτά αντλούνται από τις Ετήσιες Εκθέσεις της Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, που δημοσιεύονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και παρουσιάζονται παρακάτω. [11]

Πίνακας 2: Μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του ρύπου  $PM_{10}$  ( $\mu gr/m^3$ ) στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

Έτος	AGP	ATH	LYK	MAR	THR
2001	47	55	60	55	31
2002	38	55	62	70	34
2003	37	56	59	39	32
2004	39	58	63	29	33
2005	41	53	53	46	32
2006	34	57	59	48	27
2007	28	52	55	48	21
2008	28	57	55	48	27
2009	26	49	43	43	30
2010	28	49	39	41	37
2011	23	42	30	42	30
2012	23	31	37	31	27
2013	26	40	42	35	29
2014	21	34	30	30	0
2015	21	41	32	33	21
2016	22	41	29	32	21
2017	17	36	25	26	16
2018	19	36	27	29	20
2019	18	36	27	28	18

Πίνακας 3: Μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του ρύπου  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ) στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

Έτος	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	93	34	49	55	89
2002	93	40	52	58	94
2003	97	53	49	57	89
2004	89	39	50	56	90
2005	86	34	59	60	83
2006	81	32	58	59	82
2007	63	28	59	60	79
2008	75	30	58	74	84
2009	85	33	61	62	84
2010	85	33	61	56	88
2011	92	36	68	66	88
2012	85	38	70	72	94
2013	83	37	65	66	97
2014	57	34	63	60	74
2015	83	35	69	64	89
2016	86	37	62	55	91
2017	86	41	64	65	95
2018	83	41	65	64	96
2019	81	32	67	64	91

#### 4.2.2 Δημογραφικά στοιχεία περιοχής

Σημαντικά δεδομένα για την εκπόνηση της μελέτης αποτελούν και τα δημογραφικά στοιχεία της περιοχής που μελετάται. Συγκεκριμένα, με βάση στοιχεία που αντλούνται από την ΕΛΣΤΑΤ [12], οι πληθυσμοί των Δήμων και των Δημοτικών Ενοτήτων όπου βρίσκονται οι σταθμοί μέτρησης της ρύπανσης είναι (προσεγγιστικά) οι εξής:

- Δήμος Αγίας Παρασκευής: 60000 κάτοικοι,
- Δήμος Αθηναίων: 664000 κάτοικοι,
- Δήμος Αμαρουσίου: 73000 κάτοικοι,
- Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης: 10000 κάτοικοι,
- Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων: 6200 κάτοικοι.

Επιπρόσθετα, χρειάζεται να γνωστοποιηθούν οι αριθμοί των θανάτων μόνιμων κατοίκων των υπό μελέτη περιοχών, που προκλήθηκαν από προβλήματα στο αναπνευστικό και στο κυκλοφορικό σύστημα. Αυτά τα στοιχεία αντλούνται από την ΕΛΣΤΑΤ [13] και παρουσιάζονται παρακάτω.

*Πίνακας 4: Αριθμός των θανάτων από προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

<b>Θάνατοι αναπνευστικού</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>
2001	24	765	41	6	0
2002	36	811	46	5	2
2003	29	842	49	1	3
2004	31	732	51	3	2
2005	21	824	45	7	0
2006	38	840	54	4	1
2007	38	980	75	5	2
2008	52	989	55	5	2
2009	46	861	63	6	2
2010	45	827	70	4	3
2011	39	798	49	8	5
2012	53	902	63	3	2
2013	72	846	68	5	3
2014	74	934	100	10	5
2015	67	1135	91	7	7
2016	57	1055	82	13	2
2017	74	985	94	11	4
2018	58	862	80	12	4
2019	63	967	85	12	3

*Πίνακας 5: Αριθμός των θανάτων από προβλήματα του κυκλοφορικού συστήματος στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

<b>Θάνατοι κυκλοφορικού</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>
2001	207	3925	271	22	12
2002	185	3778	255	25	3
2003	194	3881	273	21	14
2004	190	3819	249	26	6
2005	180	3688	258	23	11
2006	154	3640	253	34	14
2007	177	3765	226	23	14
2008	192	3427	244	25	8
2009	188	3249	248	25	18
2010	180	3263	231	29	12
2011	183	3328	206	34	9
2012	189	3443	219	32	10
2013	174	3039	230	30	14
2014	180	2787	240	32	13
2015	187	3040	235	22	10
2016	192	2881	228	23	10
2017	221	2947	275	26	16
2018	192	2821	247	31	8
2019	202	2883	250	27	11



Πίνακας 6: Αριθμός των θανάτων από προβλήματα του αναπνευστικού και του κυκλοφορικού συστήματος στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

Σύνολο θανάτων	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	231	4690	312	28	12
2002	221	4589	301	30	5
2003	223	4723	322	22	17
2004	221	4551	300	29	8
2005	201	4512	303	30	11
2006	192	4480	307	38	15
2007	215	4745	301	28	16
2008	244	4416	299	30	10
2009	234	4110	311	31	20
2010	225	4090	301	33	15
2011	222	4126	255	42	14
2012	242	4345	282	35	12
2013	246	3885	298	35	17
2014	254	3721	340	42	18
2015	254	4175	326	29	17
2016	249	3936	310	36	12
2017	295	3932	369	37	20
2018	250	3683	327	43	12
2019	265	3850	335	39	14

#### 4.2.3 Οικονομικά στοιχεία

Στην προσπάθεια εύρεσης των οικονομικών επιπτώσεων της πρόωρης θνησιμότητας λόγω της ρύπανσης, είναι απαραίτητη η γνώση κάποιων οικονομικών μεγεθών. Αυτά τα οικονομικά μεγέθη, τα οποία τονίζονται και στο κεφάλαιο 3, είναι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της κάθε περιοχής (Δήμου και Δημοτικής Ενότητας) που μελετάται ( $Y_c$ ), το κατά κεφαλήν ΑΕΠ όλης της χώρας για το έτος 2005 ( $Y_{2005}$ ) και οι ετήσιες ποσοστιαίες μεταβολές του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή ( $\%_{\Delta}P$ ) και του κατά κεφαλήν ΑΕΠ ( $\%_{\Delta}Y$ ). Τα μεγέθη  $Y_c$ ,  $\%_{\Delta}P$ ,  $\%_{\Delta}Y$  βρίσκονται για κάθε έτος της χρονικής περιόδου 2001 έως 2019. Τα μεγέθη  $Y_c$ ,  $Y_{2005}$  και  $\%_{\Delta}P$  εντοπίζονται στη βάση δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ [8,14]. Για τον υπολογισμό των ετήσιων τιμών της ποσοστιαίας μεταβολής του κατά κεφαλήν ΑΕΠ ( $\%_{\Delta}Y$ ) των υπό μελέτη περιοχών, εκτελείται η παρακάτω εξίσωση:

$$\%_{\Delta}Y = \frac{Y_c - Y_{c-1}}{Y_{c-1}} \times 100\% \quad (3)$$

Τα προαναφερθέντα στοιχεία, παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 7: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών (Δήμος Αθηναίων) τη χρονική περίοδο 2001-2019.

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)
2000	16514		
2001	17701	7,2%	3,4%
2002	19310	9,1%	3,6%
2003	21012	8,8%	3,5%
2004	23026	9,6%	2,9%
2005	23735	3,1%	3,5%
2006	26234	10,5%	3,2%
2007	28096	7,1%	2,9%
2008	29215	4,0%	4,2%
2009	28992	-0,8%	1,2%
2010	36075	24,4%	4,7%
2011	33083	-8,3%	3,3%
2012	31023	-6,2%	1,5%
2013	30547	-1,5%	-0,9%
2014	31029	1,6%	-1,3%
2015	31231	0,7%	-1,7%
2016	31577	1,1%	-0,8%
2017	32507	2,9%	1,1%
2018	33084	1,8%	0,6%
2019	33843	2,3%	0,3%

*Πίνακας 8: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή στον Βόρειο Τομέα Αθηνών (Δήμος Αμαρουσίου, Δήμος Αγίας Παρασκευής, Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης) τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)
2000	16514		
2001	17701	7,2%	3,4%
2002	19310	9,1%	3,6%
2003	21012	8,8%	3,5%
2004	23026	9,6%	2,9%
2005	23735	3,1%	3,5%
2006	26234	10,5%	3,2%
2007	28096	7,1%	2,9%
2008	29215	4,0%	4,2%
2009	28992	-0,8%	1,2%
2010	30281	4,4%	4,7%
2011	28021	-7,5%	3,3%
2012	26485	-5,5%	1,5%
2013	25849	-2,4%	-0,9%
2014	25917	0,3%	-1,3%
2015	25977	0,2%	-1,7%
2016	26003	0,1%	-0,8%
2017	26759	2,9%	1,1%
2018	26757	0,0%	0,6%
2019	28014	4,7%	0,3%

Πίνακας 9: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή στην Ανατολική Αττική (Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων) τη χρονική περίοδο 2001-2019.

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)
2000	16514		
2001	17701	7,2%	3,4%
2002	19310	9,1%	3,6%
2003	21012	8,8%	3,5%
2004	23026	9,6%	2,9%
2005	23735	3,1%	3,5%
2006	26234	10,5%	3,2%
2007	28096	7,1%	2,9%
2008	29215	4,0%	4,2%
2009	28992	-0,8%	1,2%
2010	25310	-12,7%	4,7%
2011	23101	-8,7%	3,3%
2012	20232	-12,4%	1,5%
2013	18936	-6,4%	-0,9%
2014	18135	-4,2%	-1,3%
2015	18066	-0,4%	-1,7%
2016	17751	-1,7%	-0,8%
2017	17627	-0,7%	1,1%
2018	17923	1,7%	0,6%
2019	17958	0,2%	0,3%

### 4.3 Επεξεργασία δεδομένων

#### 4.3.1 Στατική Επεξεργασία των υπερβάσεων των νομοθετημένων ορίων συγκέντρωσης των ρύπων

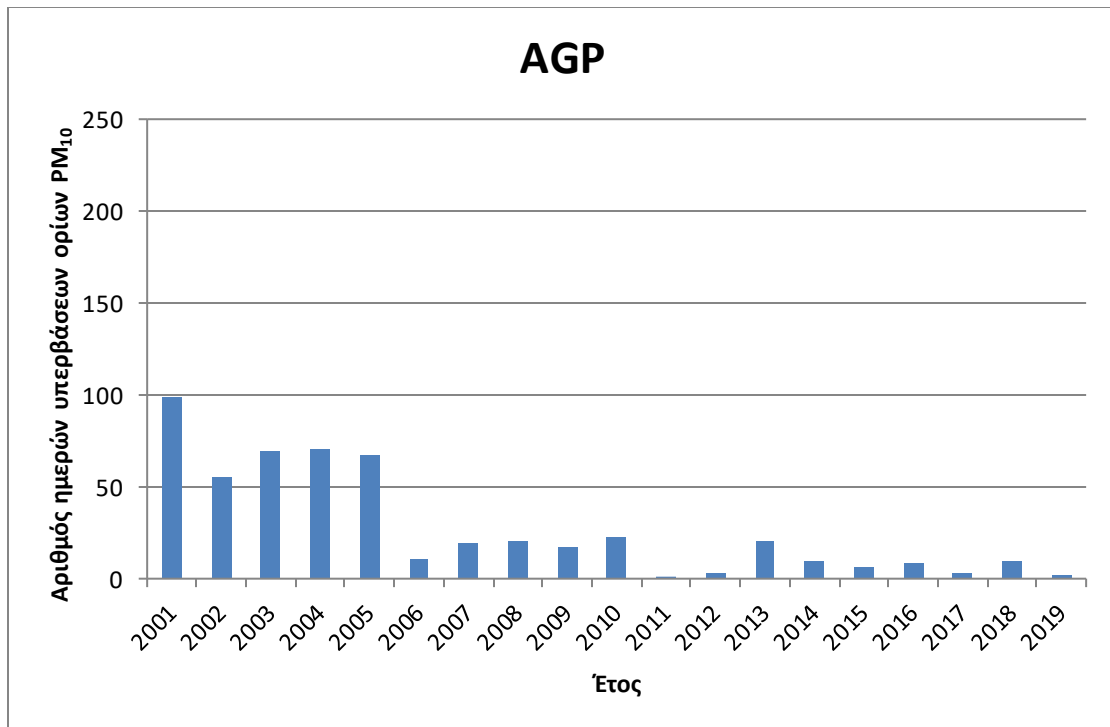
Στο κεφάλαιο 4.2.1, παρουσιάζονται σε πίνακες οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των 2 υπό μελέτη ρύπων, PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>. Από τις τιμές των συγκεντρώσεων, μπορεί να γίνει μια εκτίμηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας της κάθε υπό μελέτης περιοχής, κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που μελετάται. Όμως, μέσω της μελέτης των υπερβάσεων των θεσμοθετημένων ορίων κατά τη διάρκεια των ετών 2001 με 2019, μπορεί να ενισχυθεί στην εκτίμηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας καθώς και την ευκολότερη κατανόηση της

επικινδυνότητας των ρύπων στις υπό μελέτη περιοχές. Τα δεδομένα των ρύπων για την εκτίμηση των υπερβάσεων των ορίων των συγκεντρώσεων αντλούνται από τις Εκθέσεις της Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, που δημοσιεύονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και παρουσιάζονται παρακάτω [11]. Πρώτα επεξεργάζονται τα δεδομένα που αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια ( $PM_{10}$ ) και ύστερα τα δεδομένα που αφορούν το όζον ( $O_3$ ).

*Πίνακας 10: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων  $PM_{10}$ , στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

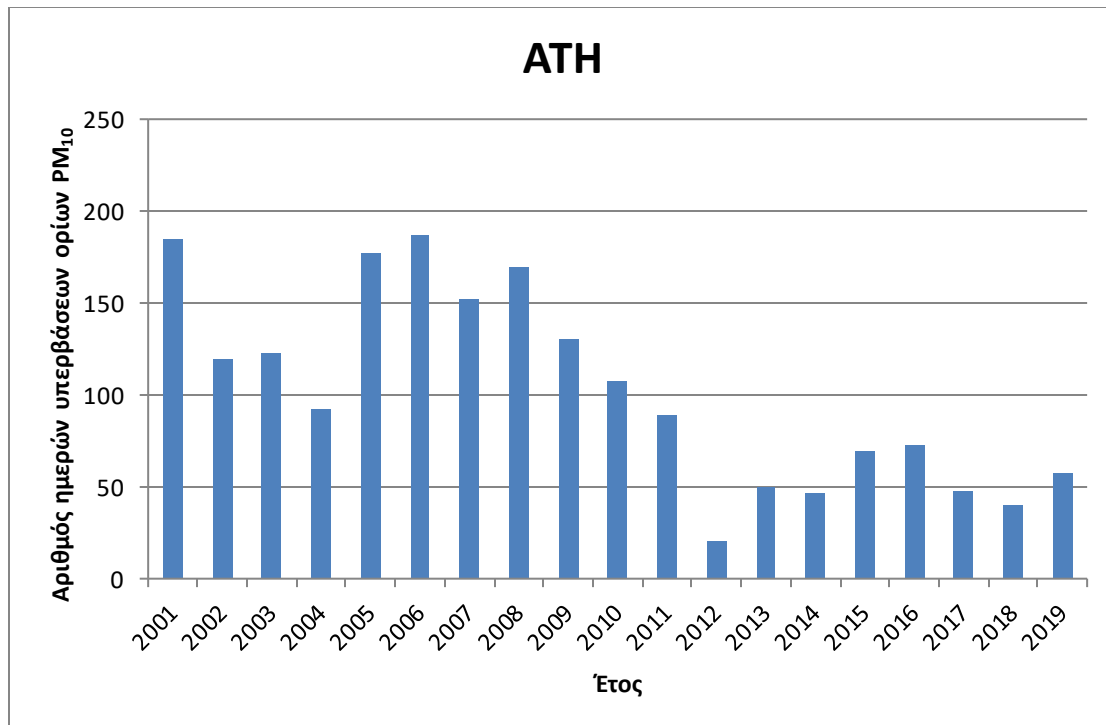
Έτος	AGP	ATH	LYK	MAR	THR
2001	99	185	223	200	36
2002	55	120	195	108	36
2003	69	123	169	9	37
2004	71	92	223	54	36
2005	67	177	126	110	25
2006	11	187	166	115	11
2007	19	152	186	143	10
2008	20	170	150	132	23
2009	17	130	88	71	23
2010	23	108	63	70	50
2011	1	89	27	86	18
2012	3	21	42	17	8
2013	20	50	73	45	18
2014	10	47	29	20	0
2015	6	69	28	39	4
2016	9	73	20	36	10
2017	3	48	10	24	3
2018	10	40	17	27	12
2019	2	58	12	22	6
<b>Σύνολο</b>	<b>515</b>	<b>1939</b>	<b>1847</b>	<b>1328</b>	<b>366</b>

Στη συνέχεια, απεικονίζονται τα παραπάνω δεδομένα σε διαγράμματα.



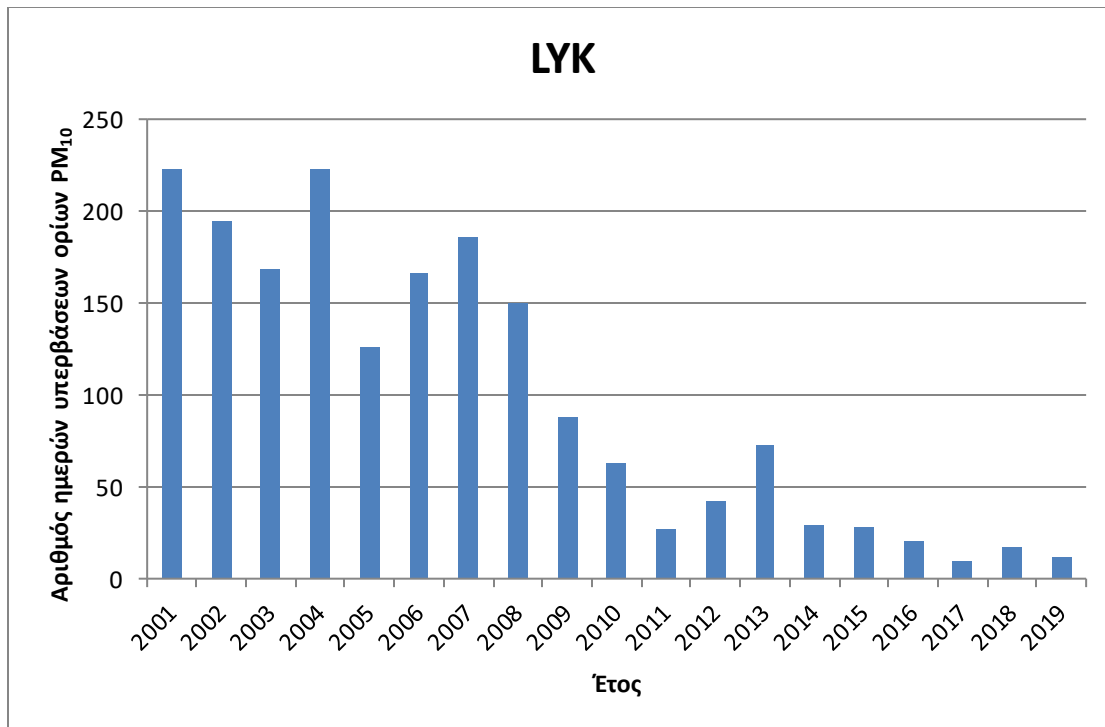
*Σχήμα 2 : Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στο δήμο Αγίας Παρασκευής, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής δεν παρατηρείται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους. Οι περισσότερες υπερβάσεις, σε αριθμό 99, σημειώθηκαν το έτος 2001. Ακολούθως, παρατηρείται μείωση των υπερβάσεων τα έτη 2002-2005, με τον αριθμό ανά έτος να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 55 και 67. Αισθητή μείωση ακολουθεί το 2006 με 11 υπερβάσεις και μέχρι το 2010 οι υπερβάσεις φτάνουν τις 23 (το ίδιο έτος). Επιπλέον μείωση φαίνεται τα έτη 2011 και 2012, με μόλις 1 και 3 υπερβάσεις αντίστοιχα. Εμφανίζεται αύξηση των υπερβάσεων το 2013 με 20, ενώ από το 2014 έως το 2019 οι υπερβάσεις κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 2 και 10. Σε γενικές γραμμές, μείωση υπερβάσεων παρατηρείται από το 2006 και μετά, με πολύ έντονη μείωση τα έτη 2011 και 2012, δηλαδή λίγο μετά την αρχή της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα, και διακυμάνσεις σε χαμηλά επίπεδα από το 2013 και μετά.



*Σχήμα 3: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στο δήμο Αθηναίων, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

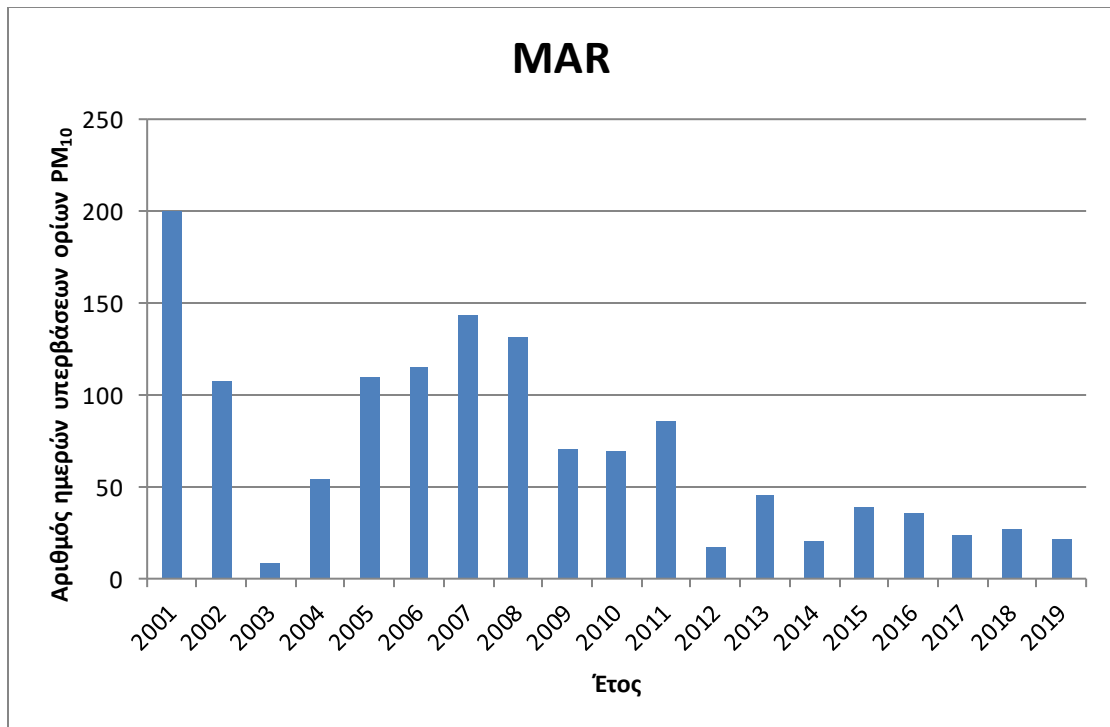
**Παρατηρήσεις:** Στο Δήμο Αθηναίων παρατηρείται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 187 το 2006, ενώ υψηλός είναι και ο αριθμός των υπερβάσεων το 1ο έτος που μελετάται, το 2001, με 185 υπερβάσεις. Ακολουθεί αισθητή μείωση το 2002 με 120 υπερβάσεις, ενώ περαιτέρω μείωση φαίνεται το 2004 με 92 υπερβάσεις. Εν συνεχεία, οι υπερβάσεις αυξάνονται σημαντικά το 2005 με τον αριθμό να φτάνει τις 177. Τα έτη 2006 έως 2008 οι τιμές των υπερβάσεων κυμαίνονται μεταξύ τις 187 και τις 152. Ακολουθεί μειωτική τάση από το 2009 και μετά, με «αποκορύφωμα» το 2012, οπότε οι υπερβάσεις φτάνουν μόλις τις 21. Τα επόμενα έτη της μελέτης, οι υπερβάσεις ανά έτος κυμαίνονται μεταξύ των 73 και 40. Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται μείωση των υπερβάσεων από το 2009, οπότε αρχίζει και η οικονομική κρίση στην Ελλάδα, και μετά, ενώ ειδικά από το 2012 και μετά τα επίπεδα των υπερβάσεων φαίνονται πολύ μειωμένα σε σχέση με τα έτη 2001 έως 2009.



*Σχήμα 4: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στη δημοτική ενότητα Λυκόβρυσσης, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

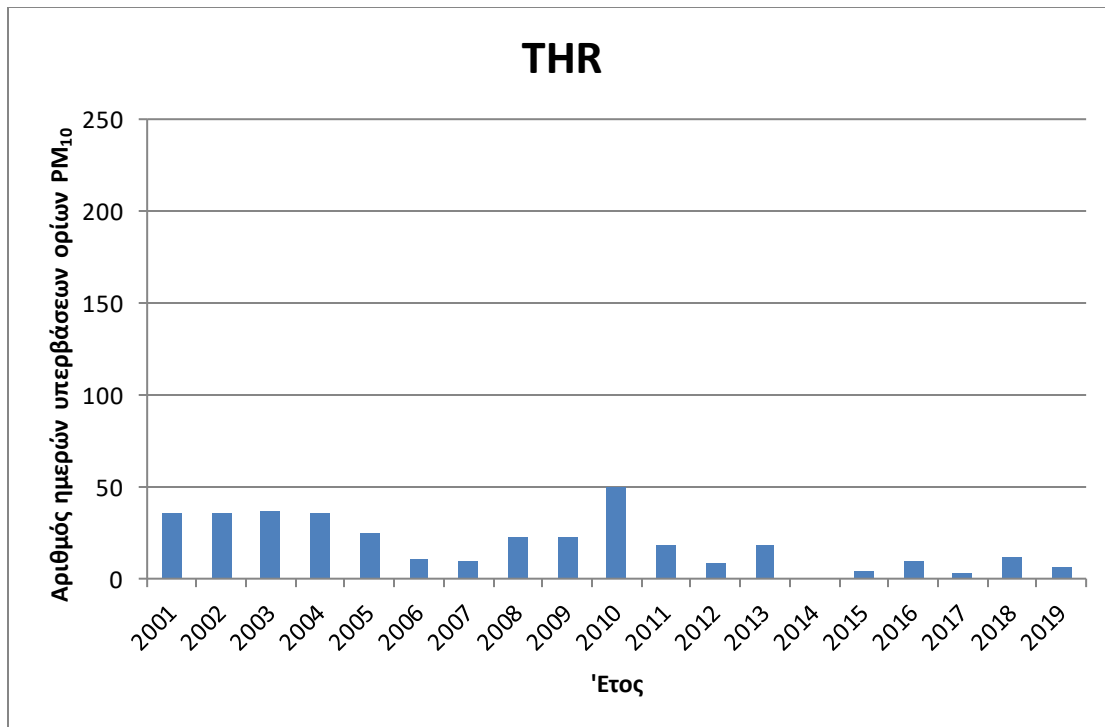
**Παρατηρήσεις:** Η Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσσης παρουσιάζει μεγαλύτερο αριθμό υπερβάσεων σε σχέση με τις άλλες περιοχές. Συγκεκριμένα το 2001 και το 2004 σημειώθηκαν 223 υπερβάσεις. Στα μεταξύ έτη, 2002 και 2003, τα επίπεδα υπερβάσεων παραμένουν υψηλά, με 195 και 169 αντίστοιχα. Μεγάλη μείωση φαίνεται το 2005, με 126, ενώ οι υπερβάσεις ακολουθούν αυξητική τάση έως το 2007, όποτε παρατηρούνται 186 υπερβάσεις. Παρατηρείται μείωση το 2008 με 150 υπερβάσεις, ενώ ακολουθεί σημαντική μείωση το 2009 με 88 υπερβάσεις. Η μειωτική τάση συνεχίζεται έως το 2011, όποτε φαίνονται 27 υπερβάσεις. Ακολουθεί σύντομη αυξητική τάση έως το 2013, με 73 υπερβάσεις, ενώ από το 2014 έως το 2019 ξανά μειώνεται ο αριθμός των υπερβάσεων, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 29 και 10. Σε γενικές γραμμές, οι υπερβάσεις κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα τα πρώτα έτη της μελέτης, δηλαδή από το 2001 έως το 2008, περίοδο που κατασκευαζόταν η Αττική Οδός, ενώ από το 2009 (αρχή οικονομικής κρίσης) και μετά, με πιο έντονα από το 2014 και μετά, παρατηρείται πολύ μεγάλη μείωση των υπερβάσεων.





*Σχήμα 5: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στο δήμο Αμαρουσίου, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στο Δήμο Αμαρουσίου παρατηρείται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 200 το 2001. Δεν καταγράφεται ξανά τόσο μεγάλος αριθμός υπερβάσεων σε ένα έτος στα υπόλοιπα υπό μελέτη έτη. Παρατηρείται μεγάλη πτώση τα έτη 2002 και 2003, με 108 και 9 υπερβάσεις αντίστοιχα. Ακολουθεί αύξηση το 2004, με 54 υπερβάσεις, ενώ τα έτη 2005 με 2008, οι αριθμοί των υπερβάσεων κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 110 και 143. Από το 2009 φαίνεται αισθητή μείωση, με 71 υπερβάσεις, και μέχρι το 2011 οι αριθμοί κυμαίνονται ως τις 86. Το 2012 παρατηρείται περαιτέρω μείωση, με μόλις 17 υπερβάσεις. Από το 2013 έως το 2019, οι υπερβάσεις κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 45 και 20. Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται ξεκάθαρη μείωση στις υπερβάσεις από το 2009, πάλι αρχή της οικονομικής κρίσης, και μετά και ειδικότερα από το 2011 και μετά. Μεγάλη εξαίρεση αποτελούν οι υπερβάσεις το 2003, όπου δεν ακολουθούν καθόλου την τάση των κοντινών ετών, ήταν όμως μια χρονιά πριν τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004.



*Σχήμα 6: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στη δημοτική ενότητα Θρακομακεδόνων, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στην Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων σημειώνονται μικρά επίπεδα υπερβάσεων όλα τα υπό μελέτη έτη, με μέγιστο αριθμό υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους τις 50 το 2010. Από το 2001 μέχρι το 2004, οι τιμές υπερβάσεων κυμαίνονται στις τιμές από 36 έως 37. Ακολουθεί πτωτική τάση τα έτη 2005, 2006 και 2007, με 25, 11 και 10 υπερβάσεις αντίστοιχα. Παρατηρείται αύξηση τα έτη 2008 με 2009 και περαιτέρω αύξηση το 2010, όπου έχουμε τον μέγιστο αριθμό υπερβάσεων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ακολουθεί αισθητή μείωση τα επόμενα έτη, με διακυμάνσεις μεταξύ των 8 και 18 υπερβάσεων ανά έτος, τα έτη 2011 έως 2013. Τέλος, ακολουθεί και άλλη μείωση, με τις υπερβάσεις τα έτη 2014 με 2019 να κυμαίνονται μεταξύ των 3 και 12. Σε γενικές γραμμές, στη συγκεκριμένη περιοχή οι συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> δεν υπερβαίνουν πολύ το όριο, με μικρό μέγιστο αριθμό υπερβάσεων ανά έτος. Ακόμη και με αυτά τα δεδομένα, παρατηρείται μείωση στις υπερβάσεις από το 2011 και μετά, σε σχέση με τα έτη πριν το 2010.

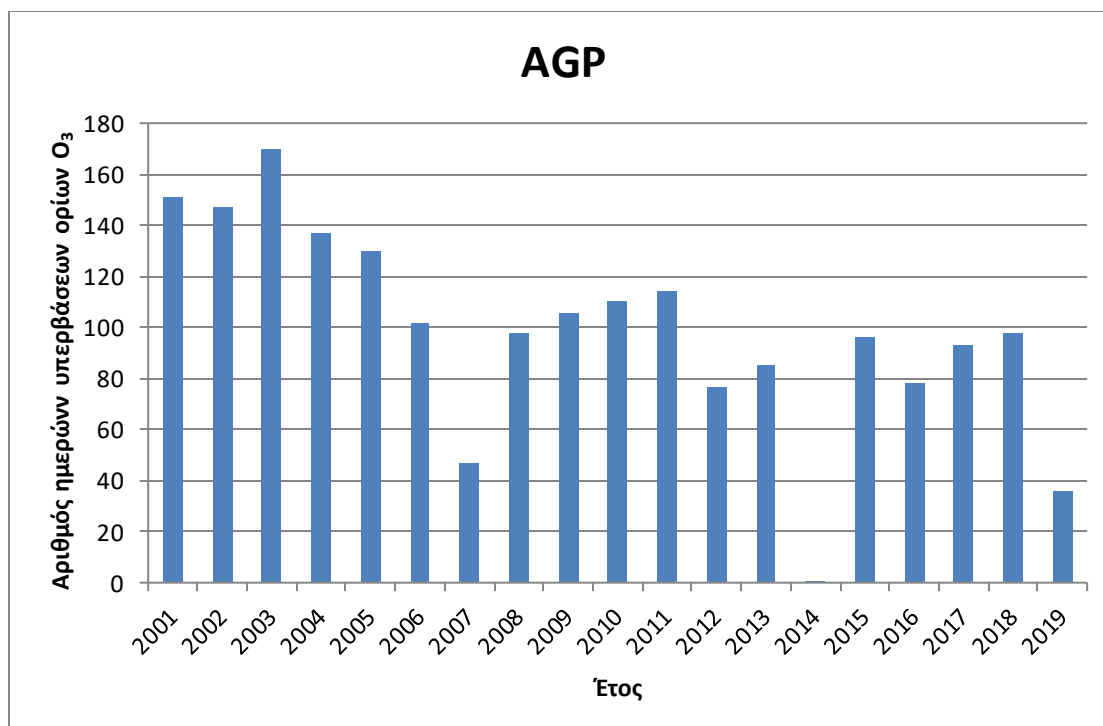
**Συνολικά σχόλια και παρατηρήσεις:** Παρατηρείται σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές μια γενική μειωτική τάση στον αριθμό των υπερβάσεων των ορίων συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>. Στους περισσότερους σταθμούς, αυτή η μείωση ξεκινάει με την αρχή της οικονομικής κρίσης, δηλαδή τα έτη 2009 με 2010. Εξαίρεση αποτελεί η Αγία Παρασκευή, όπου η γενικότερη μείωση παρατηρείται αρχικά το 2006, το 2011 φαίνεται όμως περαιτέρω μείωση που δεν αυξομειώνεται ιδιαίτερα έως και το 2019. Ο μέγιστος αριθμός υπερβάσεων σε ένα έτος παρατηρείται στη Λυκόβρυση με 223 τα έτη 2001 και 2004, ενώ ο μικρότερος παρατηρείται στους Θρακομακεδόνες το 2010 με 50. Οι περισσότερες συνολικά υπερβάσεις

παρατηρούνται στον δήμο Αθηναίων, ενώ ακολουθεί η Λυκόβρυση, το Μαρούσι, η Αγία Παρασκευή, ενώ οι λιγότερες παρουσιάζονται στους Θρακομακεδόνες.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα δεδομένα για το όζον (O<sub>3</sub>), αρχικά σε πίνακα και ύστερα σε διαγράμματα.

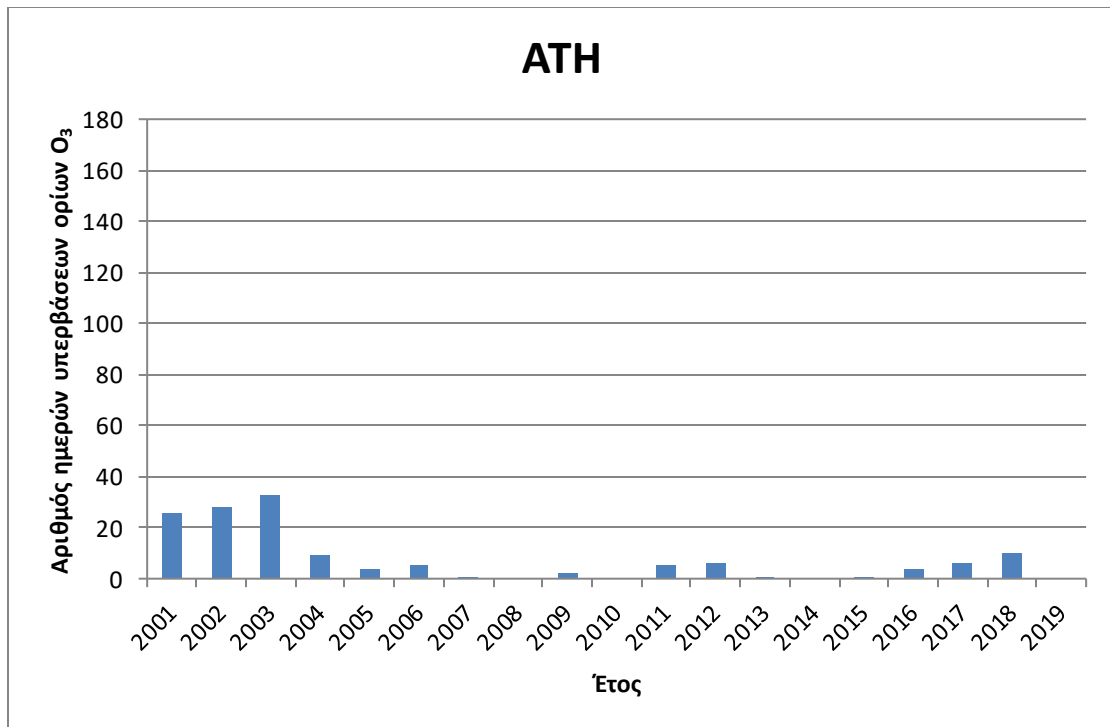
*Πίνακας 11: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub>, στις υπό μελέτη περιοχές, τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

Έτος	AGP	ATH	LYK	MAR	THR
2001	151	26	43	40	85
2002	147	28	76	48	126
2003	170	33	67	27	96
2004	137	9	56	32	116
2005	130	4	99	56	103
2006	102	5	45	67	105
2007	47	1	88	64	65
2008	98	0	146	79	64
2009	106	2	60	62	56
2010	110	0	19	56	77
2011	114	5	46	48	65
2012	77	6	81	45	114
2013	85	1	68	23	115
2014	1	0	46	2	21
2015	96	1	42	63	94
2016	78	4	16	51	93
2017	93	6	59	66	97
2018	98	10	44	29	123
2019	36	0	33	33	99
<b>Σύνολο</b>	<b>1876</b>	<b>141</b>	<b>1134</b>	<b>891</b>	<b>1714</b>



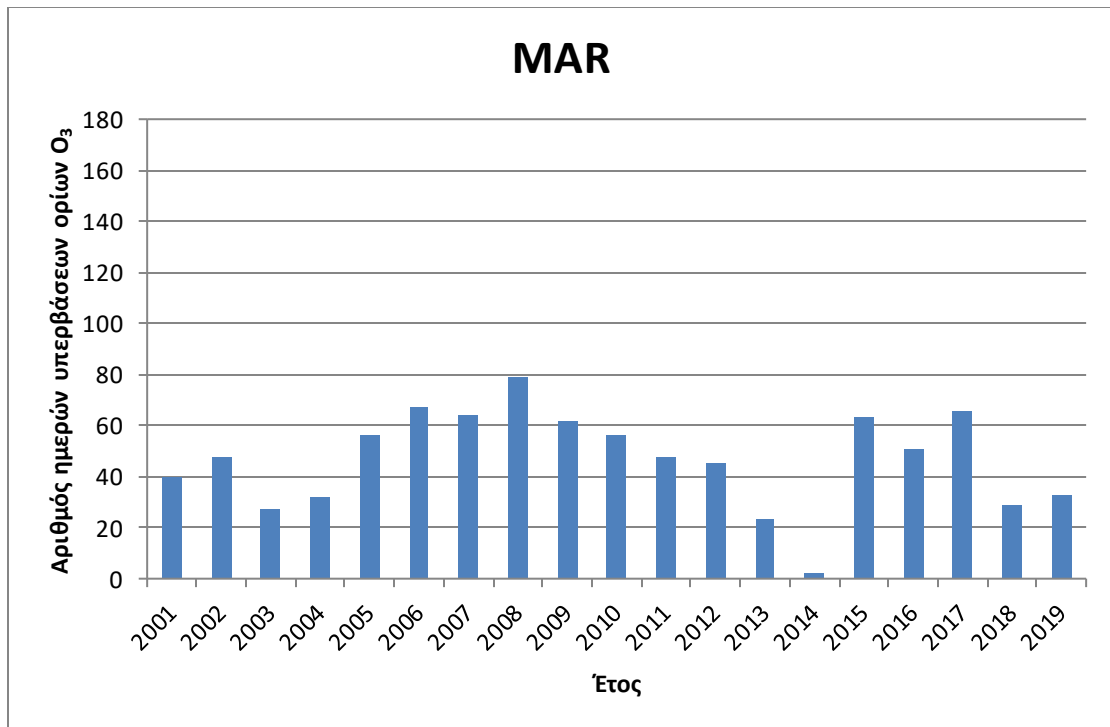
*Σχήμα 7: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> στο δήμο Αγίας Παρασκευής, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στην Αγία Παρασκευή καταγράφεται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 170 το 2003. Τα έτη που προηγούνται, 2001 και 2002, οι υπερβάσεις κυμαίνονται στις 151 και 147 αντίστοιχα. Από το 2004 έως το 2006 ακολουθεί σταδιακή μείωση των τιμών, από τις 137 στις 102, ενώ το 2007 φαίνεται ξαφνική μείωση στις 47. Ακολουθεί αισθητή αύξηση στις 98 υπερβάσεις το 2008, με σταδιακή αυξητική τάση έως το 2011 με 114 υπερβάσεις. Παρατηρείται μείωση τα έτη 2012 κι 2013, με 77 και 85 υπερβάσεις αντίστοιχα. Το 2014 δεν σημειώνεται καμία υπέρβαση, ενώ τα έτη 2015 με 2018 οι υπερβάσεις κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 78 και 98. Τέλος, παρατηρείται μεγάλη μείωση το 2019, με μόλις 36 υπερβάσεις. Σε γενικές γραμμές, τα υψηλότερα επίπεδα υπερβάσεων παρατηρούνται τα έτη 2001 με 2005, με εμφανή μείωση την περίοδο 2006 έως 2011 και περαιτέρω μείωση από το 2012 και μετά.



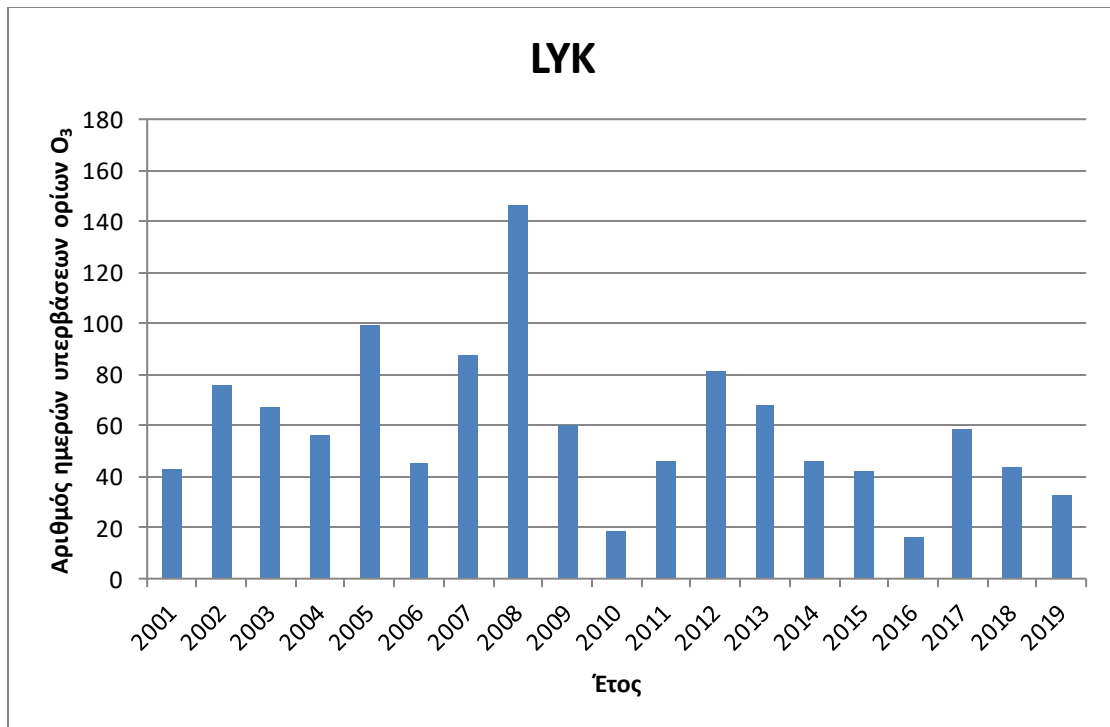
*Σχήμα 8: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> στο δήμο Αθηναίων, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στο Δήμο Αθηναίων παρατηρείται πολύ μικρός μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με μόλις 33 το 2003. Από το 2001 έως το 2003 σημειώνεται σταδιακή αυξητική τάση, με τις υπερβάσεις να κυμαίνονται μεταξύ των 26 και 33 ανά έτος. Από το 2004 και μετά οι υπερβάσεις μειώνονται αρκετά, χωρίς να περνούν τις 10 ξανά για κάποιο υπό μελέτη έτος. Ιδιαίτερα χαμηλές υπερβάσεις παρατηρούνται τα έτη 2007 έως 2010 (το πολύ 2 υπερβάσεις ανά έτος, αν υπάρχουν), 2013 έως 2015 (το πολύ 1 υπέρβαση ανά έτος) και το 2019, οπότε δεν παρατηρείται υπέρβαση. Σε γενικές γραμμές οι συγκεντρώσεις του όζοντος είναι χαμηλές, με αποτέλεσμα να μην καταγράφονται και πολλές υπερβάσεις των θεσμοθετημένων ορίων.



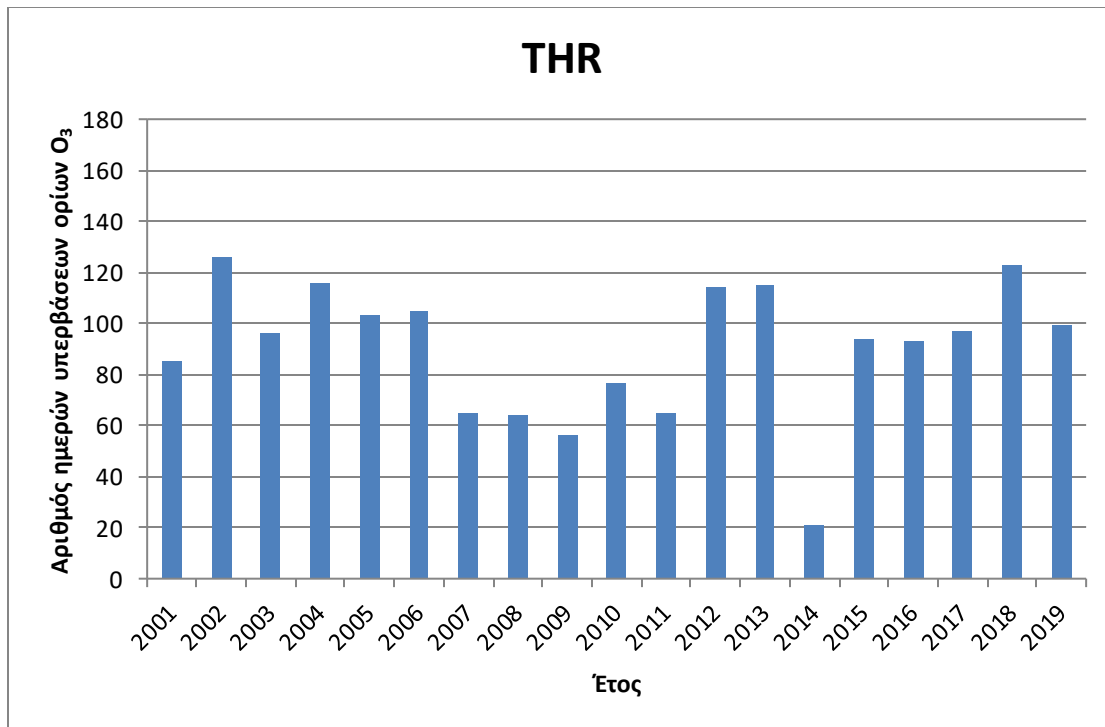
*Σχήμα 9: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> στο δήμο Αμαρουσίου, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στον Δήμο Αμαρουσίου καταγράφεται σχετικά χαμηλός μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 79 το 2008. Τα πρώτα έτη της μελέτης, 2001 με 2002, οι υπερβάσεις κυμαίνονται στις 40 και 48 αντίστοιχα, ενώ ακολουθεί ελαφρά μείωση τα έτη 2003 και 2004, με 27 και 32 αντίστοιχα. Ακολουθεί αυξητική τάση από το 2005 έως το 2008, με τις υπερβάσεις να κυμαίνονται μεταξύ των 56 και 79 ανά έτος. Στη συνέχεια, τα έτη 2009 με 2012, δηλαδή τα πρώτα χρόνια της κρίσης, παρατηρείται ελαφρά μειωτική τάση στις υπερβάσεις ανά έτος, από 62 έως 45. Το 2013 φαίνεται πιο έντονη μείωση με 23 υπερβάσεις, ενώ το 2014 μειώνονται περαιτέρω με μόλις 2. Τα έτη 2015 με 2017 αυξάνονται οι υπερβάσεις, με 51 έως και 66 ανά έτος, ενώ τελικά ξανά μειώνονται την περίοδο 2018-2019 σε 29 και 33 υπερβάσεις αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές, οι υπερβάσεις αυξάνονται τα έτη 2005 με 2008, ενώ με την αρχή της οικονομικής χρήσης μειώνονται και εκτός από την περίοδο 2015-2017, παραμένουν σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι τα χρόνια πριν.



*Σχήμα 10: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> στη δημοτική ενότητα Λυκόβρυσης, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στην Λυκόβρυση παρατηρείται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 146 το 2008. Τα έτη που προηγούνται σημειώνονται πολλές διακυμάνσεις στις υπερβάσεις (43 με 99), χωρίς να ακολουθείται κάποια ιδιαίτερη αυξητική ή μειωτική τάση, όμως διαφαίνεται μία γενικότερη αύξηση από το 2001 έως το 2008. Από το 2009 (αρχή της κρίσης) και μετά διαφαίνεται γενική μείωση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, πάλι όμως υπάρχουν πολλές διακυμάνσεις (16 με 81 υπερβάσεις).



*Σχήμα 11: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> στη δημοτική ενότητα Θρακομακεδόνων, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

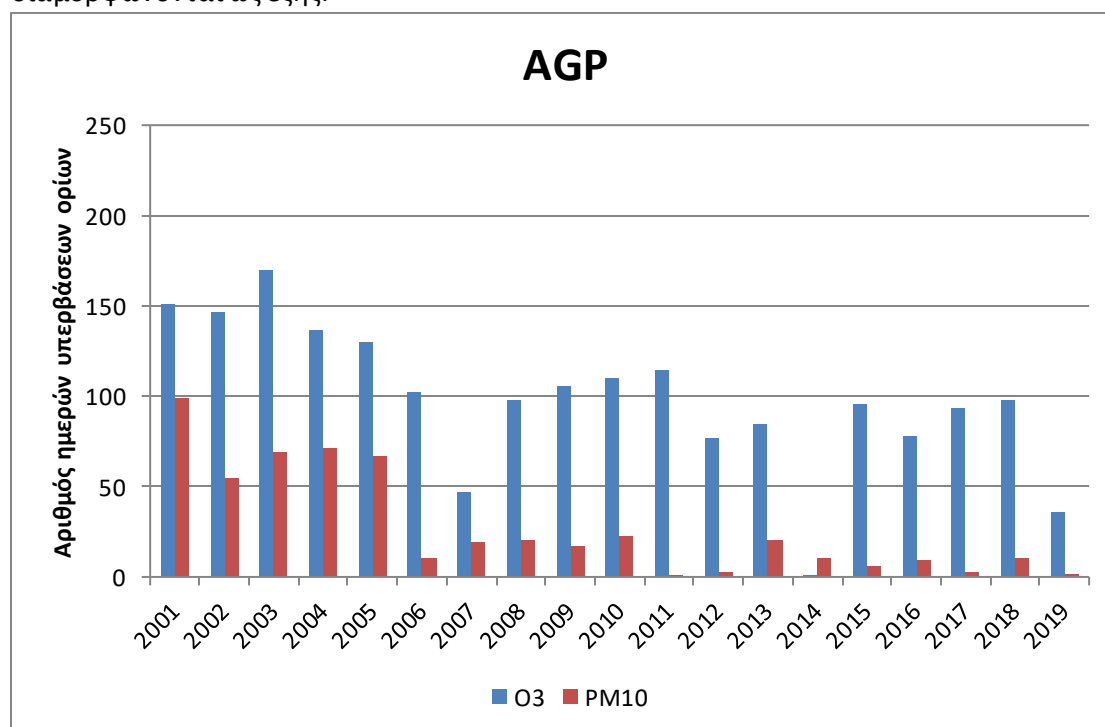
**Παρατηρήσεις:** Στη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων παρατηρείται μεγάλος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, με 126 το 2002. Τα έτη 2002 έως 2006, 2012 με 2013 και 2015 έως 2019 παρατηρούνται αυξημένες υπερβάσεις, με διακυμάνσεις μεταξύ των 93 και 126. Το 2001 παρατηρούνται 85 υπερβάσεις, ενώ περίοδο μειωμένων υπερβάσεων αποτελούν τα έτη 2007 έως 2011, με διακυμάνσεις μεταξύ των 56 και 77. Το 2014 παρατηρούνται οι λιγότερες υπερβάσεις, με μόλις 21, αριθμός που δεν ακολουθεί την γενικότερη αυξημένη τάση της περιόδου από το 2012 και μετά. Σε γενικές γραμμές, δεν ακολουθείται κάποια γενική αυξητική ή μειωτική τάση στις υπερβάσεις, παρά μόνο μια ελαφρά μείωση την περίοδο 2007 έως 2011. Γενικά στην Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων οι υπερβάσεις είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με το κέντρο της Αθήνας. Αυτό συμβαίνει επειδή η θαλάσσια αύρα που πνέει εγκλωβίζει το O<sub>3</sub> στους πρόποδες της Πάρνηθας. Στο βόρειο τμήμα του λεκανοπεδίου της Αθήνας, σχηματίζεται μια ζώνη σύγκλισης μεταξύ της θαλάσσιας αύρας από τον Σαρωνικό κόλπο, της βόρειας συνοπτικής ροής και μιας ροής θαλάσσιας αύρας από τα ανατολικά της χερσονήσου της Αττικής, συμβάλλοντας έτσι στην ιδιαίτερα υψηλή συγκέντρωση O<sub>3</sub> στη βόρεια πλευρά της Αττικής και για αυτό στους Θρακομακεδόνες οι υπερβάσεις είναι πολύ περισσότερες [15].

**Συνολικά σχόλια και παρατηρήσεις:** Οι μέγιστοι αριθμοί υπερβάσεων παρατηρούνται πάντα είτε τα πρώτα χρόνια της μελέτης (2002-2003), είτε ακριβώς πριν την αρχή της οικονομικής κρίσης (2008). Αυτό δείχνει μια γενική μειωτική τάση στις υπερβάσεις από τότε και μετά, με εξαίρεση την περιοχή των Θρακομακεδόνων, όπου τα επίπεδα υπερβάσεων παραμένουν



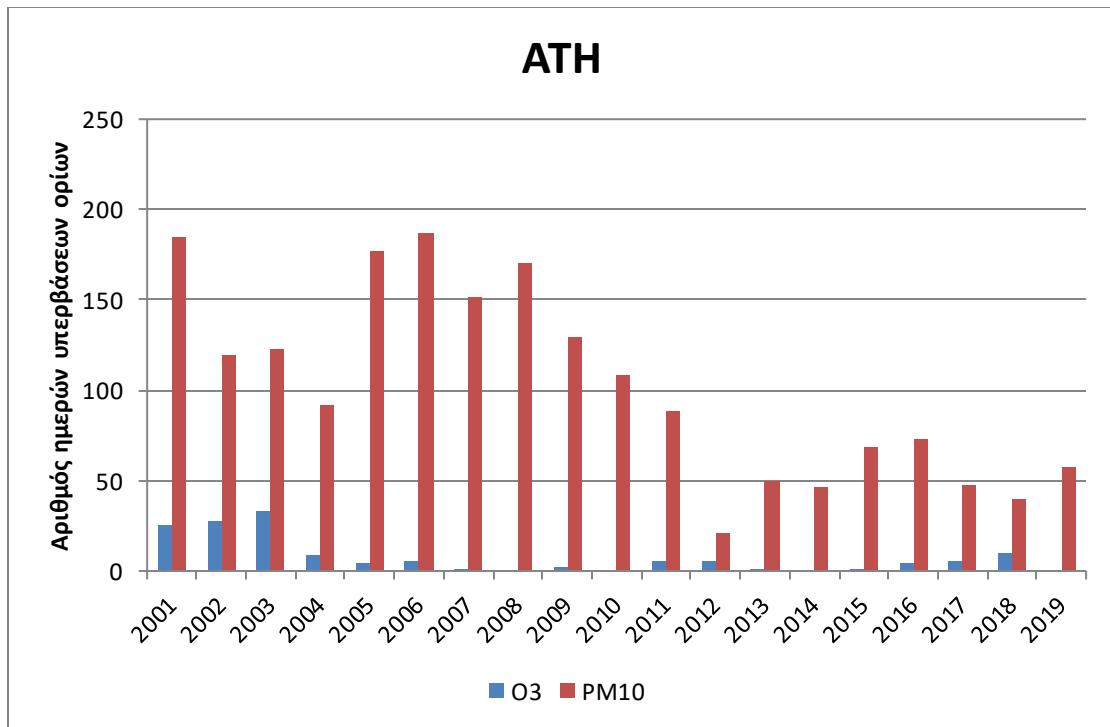
αρκετά αυξημένα και μετά από την κρίση και δικαιολογείται όπως αναφέρθηκε παραπάνω λόγω εγκλωβισμού του ρύπου. Ο δήμος Αθηναίων παρουσιάζει πολύ μικρά επίπεδα υπερβάσεων, κάτι που αιτιολογείται και από τα χαμηλά επίπεδα συγκεντρώσεων στη συγκεκριμένη περιοχή. Ο μεγαλύτερος μέγιστος αριθμός υπερβάσεων παρατηρείται στην Αγία Παρασκευή, με 170 το 2003, ενώ ο μικρότερος αριθμός υπερβάσεων παρατηρείται στο δήμο Αθηναίων, με 33 το 2003. Οι περισσότερες συνολικά υπερβάσεις παρατηρούνται στην Αγία Παρασκευή, ενώ ακολουθούν με τη σειρά οι Θρακομακεδόνες, η Λυκόβρυση, το Μαρούσι και τέλος ο δήμος Αθηναίων.

Συγκεντρωτικά, τα στοιχεία που παρουσιάζονται παραπάνω και για τους 2 ρύπους, διαμορφώνονται ως εξής:



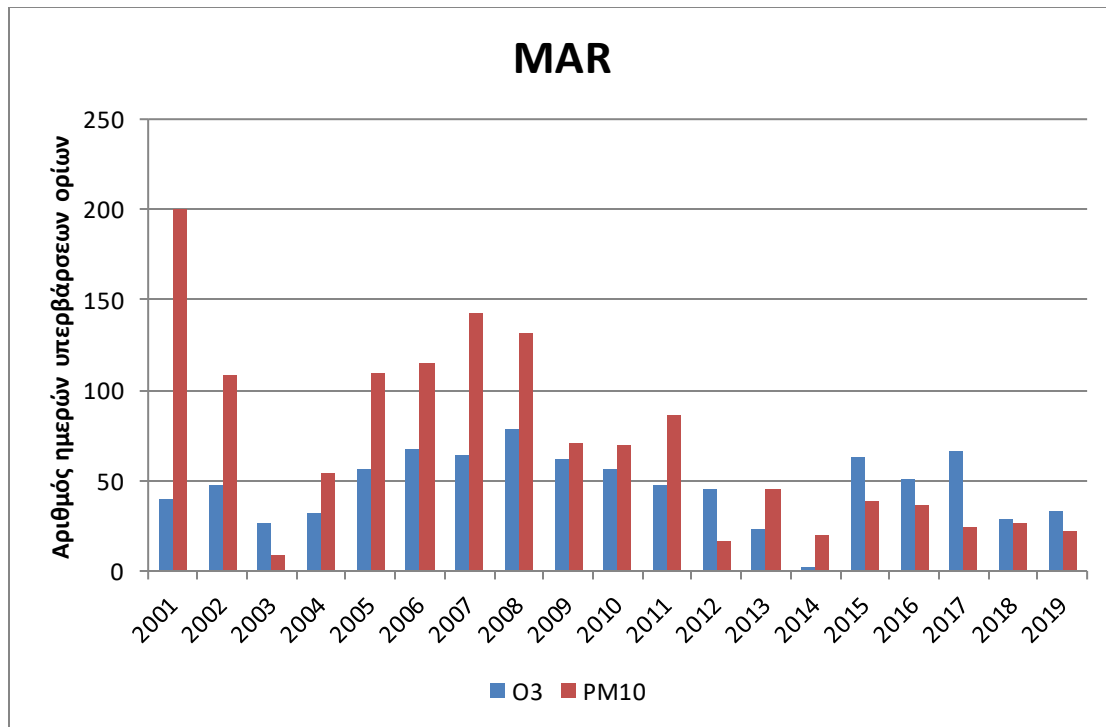
*Σχήμα 12: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> & PM<sub>10</sub> στο δήμο Αγίας Παρασκευής, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Παρατηρείται ορατή διαφορά μεταξύ των υπερβάσεων των 2 ρύπων στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής. Κάθε έτος που μελετάται, οι υπερβάσεις των ορίων των συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> κυμαίνονται σε εμφανώς χαμηλότερα επίπεδα από τις υπερβάσεις του O<sub>3</sub>. Αυτό οφείλεται σαφώς στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις των PM<sub>10</sub>, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του O<sub>3</sub> που παρατηρούνται στη συγκεκριμένη περιοχή. Η μειωτική τάση των υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> είναι πολύ πιο εμφανής από την μειωτική τάση των αντίστοιχων υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub>, ειδικά από το έτος 2006 και μετά.



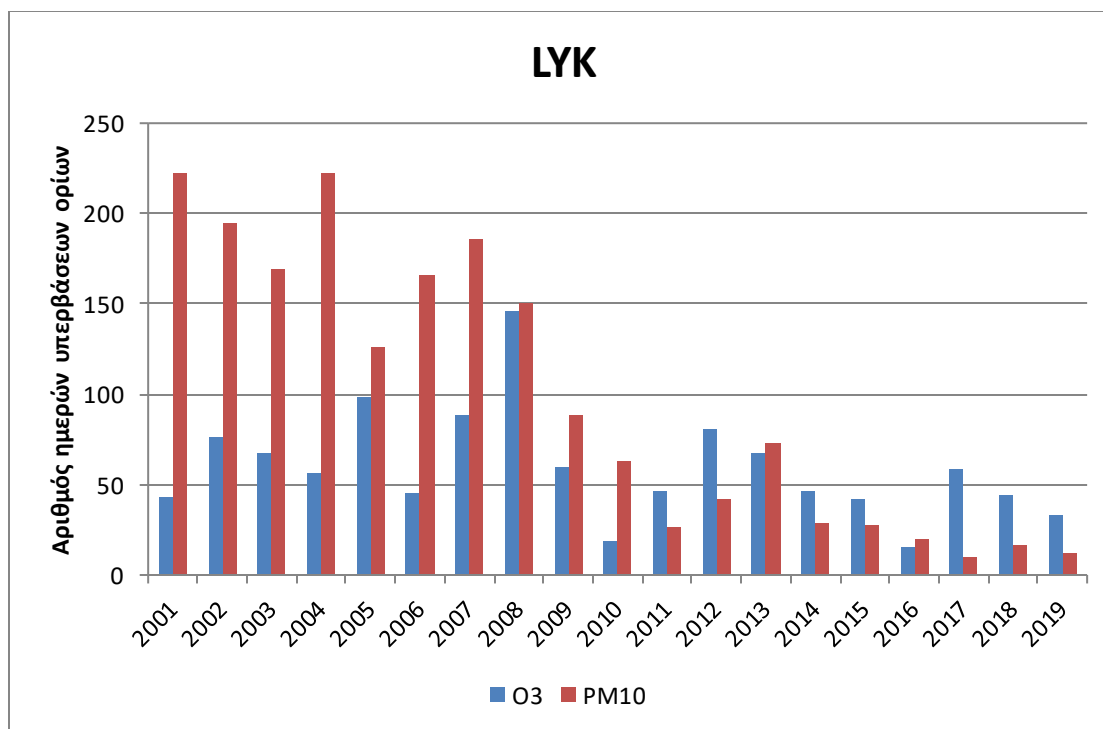
*Σχήμα 13: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> & PM<sub>10</sub> στο δήμο Αθηναίων, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Παρατηρείται πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ των υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub> στον δήμο Αθηναίων. Η κύρια πτωτική τάση των υπερβάσεων του O<sub>3</sub> ξεκινά πολύ νωρίτερα, συγκεκριμένα το 2004, από την κύρια πτωτική τάση των υπερβάσεων των PM<sub>10</sub> που ξεκινά το 2009. Οι υπερβάσεις και των 2 ρύπων μειώνονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της μελέτης, όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα. Αυτό δικαιολογείται και από τις τιμές των συγκεντρώσεων των 2 ρύπων που σημειώνονται κατά τη διάρκεια της μελέτης.



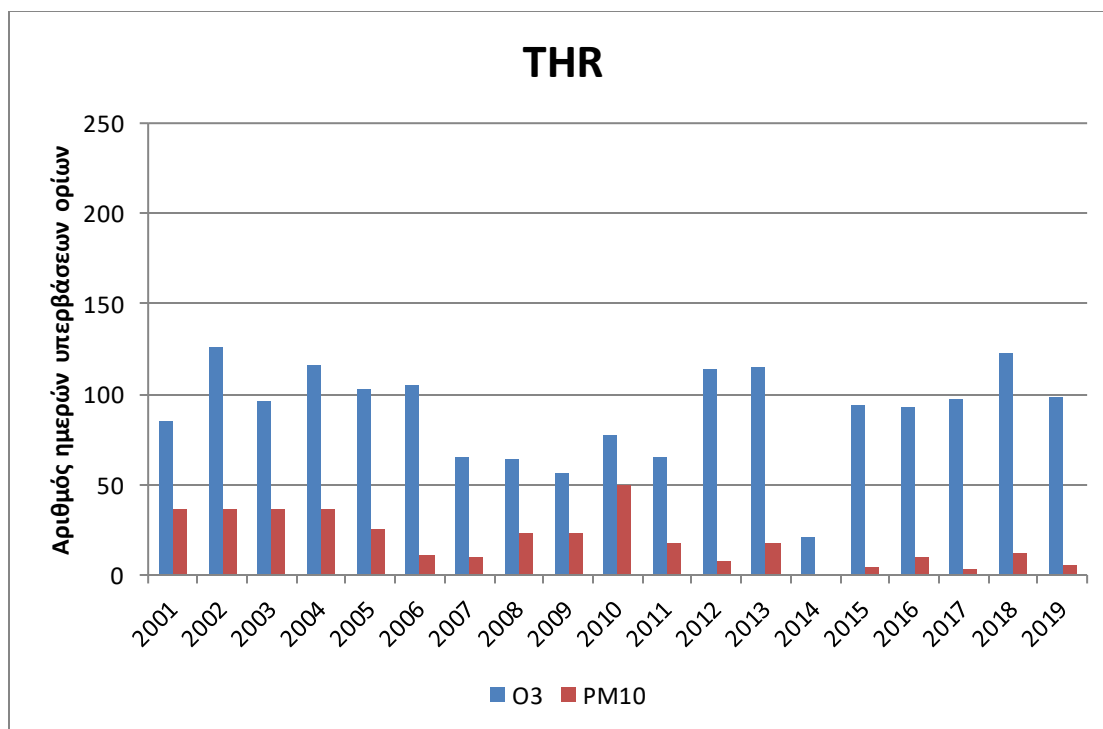
*Σχήμα 14: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> & PM<sub>10</sub> στο δήμο Αμαρουσίου, την χρονική περίοδο 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Στο Δήμο Αμαρουσίου τα πρώτα έτη της μελέτης παρατηρούνται περισσότερες υπερβάσεις των ορίων συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> από τις αντίστοιχες υπερβάσεις O<sub>3</sub>, με μόνη εξαίρεση το έτος 2003. Όμως, αυτό αλλάζει τα τελευταία έτη της μελέτης. Συγκεκριμένα, από το 2012 έως το 2019, οι υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης του O<sub>3</sub> είναι περισσότερες τα 6 από τα 8 αναφερθέντα έτη. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η μείωση των συγκεντρώσεων των PM<sub>10</sub> είναι μεγαλύτερη από την μείωση των συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub> στη συγκεκριμένη περιοχή, για τα υπό μελέτη έτη. Παρουσιάζονται σχετικά παρόμοιες χρονικά αυξητικές και πτωτικές τάσεις, στις υπερβάσεις των 2 ρύπων, συγκεκριμένα τις περιόδους 2004-2008 και 2009-2014 αντίστοιχα.



Σχήμα 15: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> & PM<sub>10</sub> στη δημοτική ενότητα Λυκόβρυσης, την χρονική περίοδο 2001-2019.

**Παρατηρήσεις:** Στην περιοχή της Λυκόβρυσης σημειώνονται αρκετά διαφορετικές αυξομειωτικές τάσεις στις τιμές των υπερβάσεων των ορίων των 2 ρύπων. Στις υπερβάσεις PM<sub>10</sub> παρατηρείται μια γενική μειωτική τάση από την αρχή της μελέτης έως το τέλος της, με τις υψηλότερες τιμές υπερβάσεων να σημειώνονται στα πρώτα έτη. Όμως, δεν παρατηρείται το ίδιο και στις υπερβάσεις O<sub>3</sub>, όπου οι υπερβάσεις ακολουθούν γενικότερη αυξητική τάση από το 2001 έως το 2008, όποτε φαίνονται και οι περισσότερες, ενώ ακολουθούν γενικότερη μειωτική τάση την περίοδο 2009-2019. Επιπλέον, η μείωση των υπερβάσεων PM<sub>10</sub> είναι πολύ μεγάλη (από 223 το 2001 σε 10 το 2017), το οποίο γεγονός οφείλεται στην μεγάλη πτώση των συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> στη συγκεκριμένη περιοχή, κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση του O<sub>3</sub>, όπου πέρα από την περίοδο 2005-2008, οι συγκεντρώσεις του O<sub>3</sub> παραμένουν σε παρόμοια επίπεδα σε όλα τα έτη της μελέτης. Τέλος, οι υπερβάσεις O<sub>3</sub> ξεπερνούν τις υπερβάσεις PM<sub>10</sub> για πρώτη φορά το 2011, γεγονός όμως που συμβαίνει σε κάθε έτος που ακολουθεί, εκτός του 2013.



Σχήμα 16: Οι αριθμοί ημερών υπερβάσεων των ορίων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> & PM<sub>10</sub> στη δημοτική ενότητα Θρακομακεδόνων, την χρονική περίοδο 2001-2019.

**Παρατηρήσεις:** Στην περιοχή των Θρακομακεδόνων οι υπερβάσεις των ορίων των συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> είναι σταθερά περισσότερες από τις υπερβάσεις των ορίων των συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub>, γεγονός το οποίο οφείλεται στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> από O<sub>3</sub> που παρατηρούνται στην περιοχή. Δεν παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις στον αριθμό των υπερβάσεων των 2 ρύπων κατά τη διάρκεια των υπό μελέτη ετών, αλλά παρατηρούνται περίοδοι όπου οι υπερβάσεις φθίνουν. Για τις υπερβάσεις PM<sub>10</sub>, αυτές οι περίοδοι είναι τα έτη 2006-2009 και 2011-2019, ενώ για τις υπερβάσεις O<sub>3</sub> αυτή η περίοδος παρατηρείται τα έτη 2007-2011. Το 2014 παρατηρούνται πολύ μικροί αριθμοί υπερβάσεων και στις 2 περιπτώσεις. Τα NO<sub>x</sub> συμβάλλουν στην μείωση του O<sub>3</sub>. Η μείωση των οξειδίων του αζώτου στην περιοχή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος. Για το λόγο αυτό παρατηρείται το παράδοξο ότι στο κέντρο της Αθήνας, όπου ενώ παρατηρείται μεγάλη κυκλοφορία και εκπέμπονται πρωτογενείς ρύποι, μετριοούνται χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Ωστόσο, στα προάστια το όζον παράγεται από τους πρόδρομους ρύπους δεν καταστρέφεται και επομένως αυξάνεται. Το όρος Πάρνηθα (ύψος περίπου 1.400 μ.), το οποίο βρίσκεται στις παρυφές του προαστίου Θρακομακεδόνες, σε συνδυασμό με τους βορειοανατολικούς ανέμους που διασκορπίζουν τους ρύπους από το κέντρο της Αθήνας, συμβάλλουν στο υψηλό επίπεδο ρύπανσης της περιοχής σε σχέση με άλλα προάστια [16].

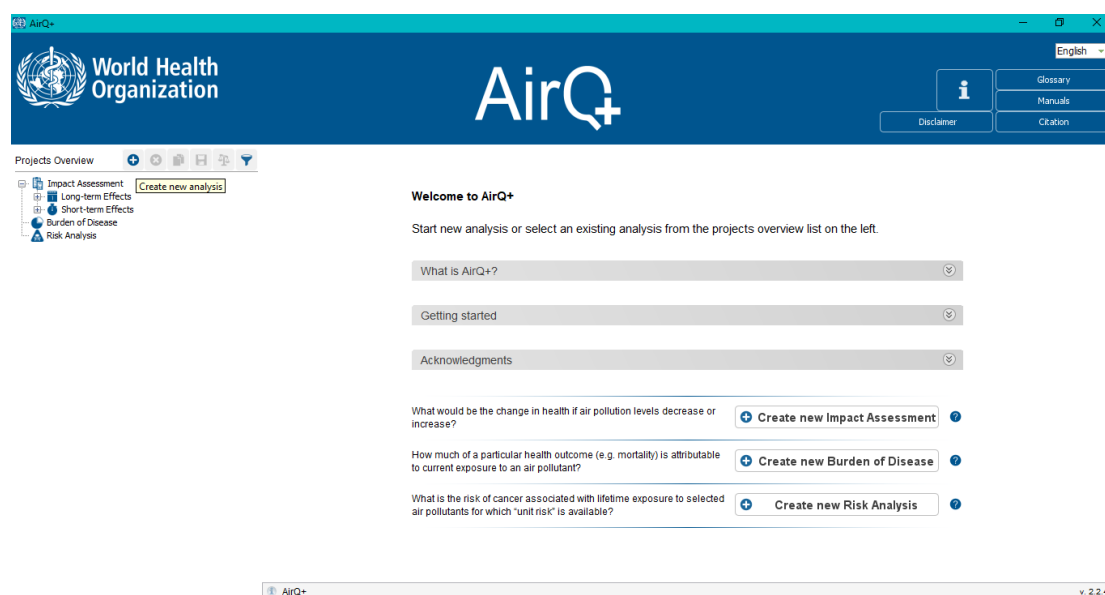
**Συνολικά σχόλια και παρατηρήσεις:** Παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στον συνολικό αριθμό των υπερβάσεων των ορίων, ανάλογα τον τύπο ρύπου, στο δήμο Αθηναίων, την Αγία Παρασκευή και τους Θρακομακεδόνες. Συγκεκριμένα, στο δήμο Αθηναίων παρατηρούνται

μόλις 141 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης του O<sub>3</sub>, ενώ σημειώνονται 1939 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>. Αντίστροφα, στην Αγία Παρασκευή, παρατηρούνται 515 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>, ενώ σημειώνονται 1876 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης του O<sub>3</sub>. Το ίδιο φαινόμενο φαίνεται και στους Θρακομακεδόνες, με 366 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης PM<sub>10</sub> και 1714 υπερβάσεις των ορίων συγκέντρωσης του O<sub>3</sub>. Οι υπόλοιπες περιοχές επίσης παρουσιάζουν διαφορές, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό από αυτές που τονίστηκαν. Η τοπογραφία της λεκάνης της Αττικής είναι κλειστή, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον αερισμό και δύσκολη τη διάχυση των ρύπων. Αυτό οφείλεται στα όρη που περικλείουν την Αττική. Η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου είναι είτε βορειοανατολική είτε νοτιοδυτική ανάλογα με τον άνεμο που πνέει από βορρά ή νότο. Αυτό οφείλεται στο άνοιγμα που υπάρχει στα βορειοανατολικά μεταξύ των βουνών Πάρνηθα και Πεντέλη και στα νότια το άνοιγμα του Σαρωνικού κόλπου. Σε περιπτώσεις ασθενούς ή ανύπαρκτης σύμφωνης ροής, οι άνεμοι από το νότιο τομέα φυσούν προς τα βόρεια. Αυτό προκαλεί τις υψηλές συγκεντρώσεις φωτοχημικών ρύπων στην περιφέρεια της λεκάνης προς τα βόρεια. Αυτοί οι λόγοι εξηγούν γιατί οι σταθμοί των προαστίων καταγράφουν υψηλά επεισόδια O<sub>3</sub> [17,18].

## 4.3.2 Μελέτη υπολογισμού επιπτώσεων ρύπων με τη χρήση του λογισμικού AirQ+

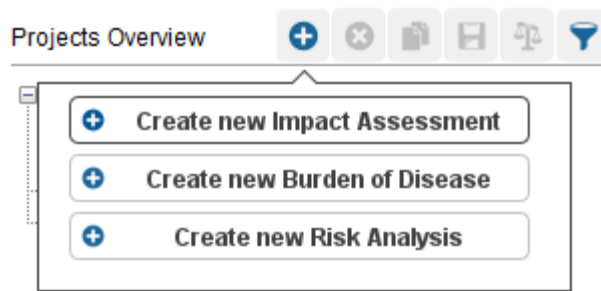
### 4.3.2.1 Διαδικασία χρήσης του προγράμματος AirQ+

Έχοντας εγκαταστήσει το πρόγραμμα AirQ+ (version 2.2.4) [19] και ξεκινώντας το, εμφανίζεται η παρακάτω αρχική οθόνη.



Σχήμα 17: Αρχική οθόνη προγράμματος AirQ+.

Κάνοντας αριστερό κλικ στο εικονίδιο «+», στο πάνω αριστερά κομμάτι του παραθύρου, ανοίγει το εξής πλαίσιο:



Σχήμα 18: Πλαίσιο που εμφανίζεται ύστερα από αριστερό κλικ στο εικονίδιο «+», στην αρχική οθόνη.

Επιλέγοντας το πλαίσιο «Create new Impact Assessment», ανοίγει το παρακάτω μικρό παράθυρο:

The image shows a dialog box titled 'Create New Analysis' with a close button (X) in the top right corner. The main heading is 'New Impact Assessment'. Below the heading, it says 'Please select the analysis parameters:'. There are five dropdown menus: 'Analysis Type' (set to 'Ambient'), 'Time Perspective' (set to 'Short-term Effects'), 'Location' (set to 'New Location' with a green checkmark), 'Pollutant' (set to 'PM10'), and 'Evaluation (optional)' (set to 'Impact Evaluation'). At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Σχήμα 19: Παράθυρο που εμφανίζεται μετά από αριστερό κλικ στο πλαίσιο «Create new Impact Assessment».

Για να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία, έχουν επιλεγθεί τα παρακάτω στοιχεία σε κάθε παράμετρο:

- Analysis Type: Ambient,
- Time Perspective: Short-term Effects,
- Location: το όνομα της εκάστοτε υπό μελέτη περιοχής (με λατινικούς χαρακτήρες),
- Pollutant: PM<sub>10</sub> ή O<sub>3</sub> (ανάλογα τον ρύπο που μελετάται),
- Evaluation (optional): Impact Evaluation.

Παρακάτω παρουσιάζεται το παράθυρο συμπληρωμένο, έχοντας επιλεγεί η περιοχή του Αμαρουσίου και ο ρύπος PM<sub>10</sub> ως παράδειγμα.

**Create New Analysis**

## New Impact Assessment

Please select the analysis parameters:

Analysis Type: Ambient

Time Perspective: Short-term Effects

Location: Marousi

Pollutant: PM10

Evaluation (optional): Impact Evaluation

OK Cancel

Σχήμα 20: Συμπληρωμένο παράθυρο.

Κάνοντας κλικ στο OK, εμφανίζεται η παρακάτω σελίδα:

**AirQ+** English

Disclaimer Glossary Manuals Citation

Analysis Properties

**Impact Assessment: Short-term Effects (Ambient)**

Analysis Name: Impact Assessment - Marousi (PM10)

Pollutant: PM10

**Pollution Concentration**

Input Mean Value  Input Air Quality Data

Mean Value ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): 48

**Location**

Location: Marousi

Total Population: 73000

Year: 2020

Area Size ( $\text{km}^2$ ):

Latitude:

Longitude:

**Source of Air Quality Data and Comments**

Source of measured air pollution data:  
Number of stations used:  
Location:

Create new Impact Evaluation

Analysis: Impact Assessment - Marousi (PM10) v. 2.2.4

Σχήμα 21: Παράθυρο «Analysis Properties».

Συμπληρώνονται τα πλαίσια:

- Mean Value ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), όπου συμπληρώνεται η μέση ετήσια συγκέντρωση του ρύπου,
- Total Population, όπου συμπληρώνεται ο πληθυσμός της εκάστοτε υπό μελέτη περιοχής,



- Year, όπου συμπληρώνεται το έτος που μελετάται.

**Σημείωση:** Οι αριθμοί συγκέντρωσης του ρύπου και έτους που συμπληρώθηκαν παραπάνω δεν αποτελούν μέρος της εργασίας, έχουν συμπληρωθεί με αυτούς τους αριθμούς μόνο για την επίδειξη παραδείγματος της διαδικασίας.

Στη συνέχεια, κάνοντας κλικ στο πλαίσιο «Create new Impact Evaluation», εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	0.18%	0.13%	0.23%
Estimated number of Attributable Cases	0	0	0
Estimated number of Attributable Cases per 100,000 Population at Risk	0.00	0.00	0.00

Σχήμα 22: Παράθυρο «Impact Evaluation».

Στο πλαίσιο «Health Endpoint», επιλέγεται η κατηγορία «Mortality, cardiovascular». Εν συνεχεία, ακριβώς δεξιά από τη γραμμή «Incidence (per 100000 Population at risk per year)», γίνεται αριστερό κλικ στο κυκλικό σχήμα που φαίνεται παραπάνω στο σχήμα 22. Κάνοντας κλικ εκεί, ανοίγει ένα νέο μικρό παράθυρο, στο οποίο συμπληρώνεται ο αριθμός των θανάτων που σημειώθηκαν στην υπό μελέτη περιοχή, το εκάστοτε έτος. Μετά, γίνεται αριστερό κλικ στο πλαίσιο «Convert». Με αυτό τον τρόπο, γίνεται μετατροπή του συνολικού αριθμού θανάτων της περιοχής, σε αριθμό θανάτων ανά 100000 κατοίκους. Τέλος, γίνεται κλικ στο πλαίσιο «Calculate» και εμφανίζονται κάποιες τιμές στο κάτω μέρος της οθόνης. Από εκεί αντλείται η τιμή M, η οποία περιγράφεται στο κεφάλαιο 3. Συγκεκριμένα, η τιμή M αντιστοιχεί στον αριθμό που εμφανίζεται στη γραμμή «Estimated number of Attributable Cases per 100000 Population at Risk», στη στήλη «Central».

#### 4.3.2.2 Αποτελέσματα μετά από τη χρήση του λογισμικού AirQ+

Ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφεται στο προηγούμενο υποκεφάλαιο και έχοντας τα δεδομένα για τον πληθυσμό των υπό μελέτη περιοχών (βλ. υποκεφάλαιο 4.2.2) και για τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των ρύπων  $PM_{10}$  και  $O_3$ , αντλούνται τα παρακάτω αποτελέσματα:

*Πίνακας 12: Εκτιμώμενοι αριθμοί θανάτων, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, από την έκθεση σε  $PM_{10}$ , τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

<b>M (per 100000)</b>	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	0,46	4,21	2,55	2,5	0
2002	0	4,12	6,12	3,04	0
2003	0	4,67	0	1,83	0
2004	0	5,31	0	3,11	0
2005	0	3,24	0,25	1,43	0
2006	0	4,83	0,75	3,17	0
2007	0	2,99	0,74	1,67	0
2008	0	4,76	0,73	1,79	0
2009	0	1,48	0	0	0
2010	0	1,47	0	0	0
2011	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0

Πίνακας 13: Εκτιμώμενοι αριθμοί θανάτων, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, από την έκθεση σε O<sub>3</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

M (per 100000)	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	8,24	3,72	3,2	0,79	3,6
2002	7,34	4,34	3,75	1,15	1,27
2003	7,95	7,42	3,05	0,78	4,46
2004	7,04	3,63	2,98	1,04	2,06
2005	5,97	2,05	4,51	1,3	2,94
2006	4,59	1,65	3,92	1,2	3,59
2007	3,59	0,88	4,57	1,15	3,16
2008	5,15	0,74	3,83	1,77	2,06
2009	5,86	1,19	4,72	1,12	4,29
2010	5,74	1,14	4,48	0,85	3,5
2011	6,16	1,57	3,93	1,48	2,79
2012	5,58	2,05	4,6	1,66	3,13
2013	5,16	1,07	3,84	1,34	4,88
2014	2,51	0,69	3,13	1,36	2,73
2015	5,62	0,84	5,66	0,89	3,58
2016	5,91	1,36	4,37	0,64	2,99
2017	7,12	2,09	5,69	1,39	5,51
2018	5,45	1,91	5,36	1,41	3,22
2019	7,12	2,05	5,66	1,43	5,51

#### 4.3.3 Υπολογισμός VSL-Οικονομική αξία μιας στατιστικής ζωής

Για τον υπολογισμό του μεγέθους VSL, βασιζόμαστε στην **εξίσωση (1)**, που προαναφέρεται στο κεφάλαιο 3 και είναι η εξής:

$$VSL_{changing} = VSL_{2005} * (Y_c/Y_{2005})^\beta * (1 + \% \Delta P + \% \Delta Y)^\beta \quad (1)$$

Όπως έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο 3, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας το 2005, δηλαδή το μέγεθος  $Y_{2005}$ , ισούται με **18134 €**, η τιμή  $VSL_{2005}$  ισούται με **2,43 εκατ. €** και ο συντελεστής  $\beta$  συμβολίζει την εισοδηματική ελαστικότητα του μεγέθους VSL και παίρνεται ως σταθερή τιμή που ισούται με **0,8**. Τα δεδομένα που αφορούν το κατά κεφαλήν ΑΕΠ των υπό μελέτη περιοχών και τις ποσοστιαίες μεταβολές του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή και του κατά κεφαλήν ΑΕΠ αντίστοιχα (βλ. υποκεφάλαιο 4.2.3), για κάθε έτος της χρονικής περιόδου 2001 έως 2019, αντλούνται από στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ και παρουσιάζονται, μαζί με τα αποτελέσματα των υπολογισμών, παρακάτω.

Πίνακας 14: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή και VSL στον Κεντρικό Τομέα Αθηνών τη χρονική περίοδο 2001-2019

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)	VSL (€)
2000	16514			
2001	17701	7,2%	3,4%	2583304
2002	19310	9,1%	3,6%	2811546
2003	21012	8,8%	3,5%	3000079
2004	23026	9,6%	2,9%	3231929
2005	23735	3,1%	3,5%	3171469
2006	26234	10,5%	3,2%	3619089
2007	28096	7,1%	2,9%	3722492
2008	29215	4,0%	4,2%	3789855
2009	28992	-0,8%	1,2%	3549342
2010	36075	24,4%	4,7%	5168929
2011	33083	-8,3%	3,3%	3773086
2012	31023	-6,2%	1,5%	3591990
2013	30547	-1,5%	-0,9%	3615962
2014	31029	1,6%	-1,3%	3742741
2015	31231	0,7%	-1,7%	3722342
2016	31577	1,1%	-0,8%	3796436
2017	32507	2,9%	1,1%	4001018
2018	33084	1,8%	0,6%	4005539
2019	33843	2,3%	0,3%	4085870

*Πίνακας 15: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή και VSL στον Βόρειο Τομέα Αθηνών τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)	VSL (€)
2000	16514			
2001	17701	7,2%	3,4%	2583304
2002	19310	9,1%	3,6%	2811546
2003	21012	8,8%	3,5%	3000079
2004	23026	9,6%	2,9%	3231929
2005	23735	3,1%	3,5%	3171469
2006	26234	10,5%	3,2%	3619089
2007	28096	7,1%	2,9%	3722492
2008	29215	4,0%	4,2%	3789855
2009	28992	-0,8%	1,2%	3549342
2010	30281	4,4%	4,7%	3927842
2011	28021	-7,5%	3,3%	3326774
2012	26485	-5,5%	1,5%	3184894
2013	25849	-2,4%	-0,9%	3141251
2014	25917	0,3%	-1,3%	3206695
2015	25977	0,2%	-1,7%	3201420
2016	26003	0,1%	-0,8%	3223962
2017	26759	2,9%	1,1%	3423249
2018	26757	0,0%	0,6%	3332836
2019	28014	4,7%	0,3%	3578127

*Πίνακας 16: Κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, Ποσοστιαία μεταβολή Γενικού Δείκτη Καταναλωτή και VSL στην Ανατολική Αττική τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

Έτος	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ περιοχής (Υ <sub>c</sub> ) (€)	Μεταβολή κατά κεφαλήν ΑΕΠ (% <sub>ΔΥ</sub> ) (%)	Μεταβολή ΓΔΤΚ (% <sub>ΔΡ</sub> ) (%)	VSL (€)
2000	16514			
2001	17701	7,2%	3,4%	2583304
2002	19310	9,1%	3,6%	2811546
2003	21012	8,8%	3,5%	3000079
2004	23026	9,6%	2,9%	3231929
2005	23735	3,1%	3,5%	3171469
2006	26234	10,5%	3,2%	3619089
2007	28096	7,1%	2,9%	3722492
2008	29215	4,0%	4,2%	3789855
2009	28992	-0,8%	1,2%	3549342
2010	25310	-12,7%	4,7%	2968077
2011	23101	-8,7%	3,3%	2820505
2012	20232	-12,4%	1,5%	2418071
2013	18936	-6,4%	-0,9%	2367470
2014	18135	-4,2%	-1,3%	2321990
2015	18066	-0,4%	-1,7%	2382300
2016	17751	-1,7%	-0,8%	2340119
2017	17627	-0,7%	1,1%	2383121
2018	17923	1,7%	0,6%	2451150
2019	17958	0,2%	0,3%	2420663

Για την συνέχεια των υπολογισμών απαιτείται η γνώση των VSL του κάθε δήμου όπου υπάρχει σταθμός μέτρησης ρύπανσης, κάτι που όμως δεν είναι δυνατό. Οπότε, γίνονται οι παρακάτω αντιστοιχήσεις για τις τιμές του VSL:

- Δήμος Αθηναίων → Κεντρικός Τομέας Αθηνών,
- Δήμος Αγίας Παρασκευής, Δήμος Αμαρουσίου, Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσσης → Βόρειος Τομέας Αθηνών,
- Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων → Ανατολική Αττική.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές VSL μετά από τις αντιστοιχήσεις:

Πίνακας 17: Τιμές VSL που αντιστοιχούν στους υπό μελέτη δήμους και δημοτικές ενότητες, για τη χρονική περίοδο 2001-2019.

VSL (€)	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	2583304	2583304	2583304	2583304	2583304
2002	2811546	2811546	2811546	2811546	2811546
2003	3000079	3000079	3000079	3000079	3000079
2004	3231929	3231929	3231929	3231929	3231929
2005	3171469	3171469	3171469	3171469	3171469
2006	3619089	3619089	3619089	3619089	3619089
2007	3722492	3722492	3722492	3722492	3722492
2008	3789855	3789855	3789855	3789855	3789855
2009	3549342	3549342	3549342	3549342	3549342
2010	3927842	5168929	3927842	3927842	2968077
2011	3326774	3773086	3326774	3326774	2820505
2012	3184894	3591990	3184894	3184894	2418071
2013	3141251	3615962	3141251	3141251	2367470
2014	3206695	3742741	3206695	3206695	2321990
2015	3201420	3722342	3201420	3201420	2382300
2016	3223962	3796436	3223962	3223962	2340119
2017	3423249	4001018	3423249	3423249	2383121
2018	3332836	4005539	3332836	3332836	2451150
2019	3578127	4085870	3578127	3578127	2420663

#### 4.3.4 Υπολογισμός Economic Burden-Οικονομικό Κόστος των πρόωρων θανάτων που προκαλούνται από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>

Για τον υπολογισμό του μεγέθους Economic Burden, βασιζόμαστε στην **εξίσωση (2)**, που προαναφέρεται στο κεφάλαιο 3 και είναι η εξής:

$$\text{Economic Burden} = VSL_{\text{changing}} * M \quad (2)$$

Οι τιμές του μεγέθους VSL παρουσιάζονται στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, ενώ οι τιμές του μεγέθους παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο 4.3.2.2. Όμως, ο υπολογισμός του τελικού οικονομικού κόστους (Economic Burden), γίνεται με βάση 3 σενάρια. Αυτά τα 3 σενάρια είναι τα παρακάτω:

- Οι θάνατοι που προκαλούνται από ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub> δεν συμπίπτουν μεταξύ τους, δηλαδή κάθε ρύπος προκαλεί ξεχωριστό αριθμό απωλειών (Σενάριο 1),
- Οι θάνατοι που προκαλούνται από ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, προκαλούνται και από τους 2 ρύπους ταυτόχρονα (Σενάριο 2),
- Ο μέσος όρος των 2 προηγούμενων σεναρίων (Σενάριο 3).

#### 4.3.4.1 Σενάριο 1

Στο πρώτο σενάριο, όπως προαναφέρεται, θεωρείται ότι η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση PM<sub>10</sub> και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση O<sub>3</sub>, δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Για αυτό το σκοπό, υπολογίζονται αρχικά ξεχωριστά, μέσω της **εξίσωσης (2)**, τα αποτελέσματα του Economic Burden που προκύπτει για την περίπτωση του κάθε ρύπου. Στη συνέχεια, προσθέτονται αυτά τα αποτελέσματα, ώστε να υπολογιστεί το συνολικό Economic Burden που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο σενάριο.

*Πίνακας 18: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019.*

<b>Economic Burden PM<sub>10</sub> (per 100000) (million €)</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>	<b>Σύνολο</b>
2001	1,18832	10,87571	6,587425	6,45826	0	<b>25,10972</b>
2002	0	11,58357	17,20666	8,5471	0	<b>37,33733</b>
2003	0	14,01037	0	5,490144	0	<b>19,50051</b>
2004	0	17,16154	0	10,0513	0	<b>27,21284</b>
2005	0	10,27556	0,792867	4,535201	0	<b>15,60363</b>
2006	0	17,4802	2,714317	11,47251	0	<b>31,66703</b>
2007	0	11,13025	2,754644	6,216562	0	<b>20,10146</b>
2008	0	18,03971	2,766594	6,78384	0	<b>27,59014</b>
2009	0	5,253026	0	0	0	<b>5,253026</b>
2010	0	7,598326	0	0	0	<b>7,598326</b>
2011	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2012	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2013	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2014	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2015	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2016	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2017	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2018	0	0	0	0	0	<b>0</b>
2019	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>1,18832</b>	<b>123,4083</b>	<b>32,82251</b>	<b>59,55492</b>	<b>0</b>	<b>216,974</b>



Πίνακας 19: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε O<sub>3</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

<b>Economic Burden O<sub>3</sub> (per 100000) (million €)</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>	<b>Σύνολο</b>
2001	21,28643	9,609891	8,266573	2,04081	9,299894	<b>50,50359</b>
2002	20,63675	12,20211	10,5433	3,233278	3,570663	<b>50,1861</b>
2003	23,85063	22,26059	9,150241	2,340062	13,38035	<b>70,98187</b>
2004	22,75278	11,7319	9,631148	3,361206	6,657774	<b>54,13481</b>
2005	18,93367	6,501511	14,30333	4,12291	9,324119	<b>53,18554</b>
2006	16,61162	5,971497	14,18683	4,342907	12,99253	<b>54,10538</b>
2007	13,36375	3,275793	17,01179	4,280866	11,76308	<b>49,69527</b>
2008	19,51775	2,804493	14,51515	6,708043	7,807101	<b>51,35254</b>
2009	20,79914	4,223717	16,75289	3,975263	15,22668	<b>60,9777</b>
2010	22,54581	5,892579	17,59673	3,338666	10,38827	<b>59,76206</b>
2011	20,49293	5,923745	13,07422	4,923626	7,869209	<b>52,28373</b>
2012	17,77171	7,36358	14,65051	5,286924	7,568562	<b>52,64129</b>
2013	16,20886	3,869079	12,0624	4,209276	11,55325	<b>47,90287</b>
2014	8,048804	2,582491	10,03696	4,361105	6,339033	<b>31,36839</b>
2015	17,99198	3,126767	18,12004	2,849264	8,528634	<b>50,61668</b>
2016	19,05362	5,163153	14,08871	2,063336	6,996956	<b>47,36577</b>
2017	24,37353	8,362128	19,47829	4,758316	13,131	<b>70,10326</b>
2018	18,16396	7,650579	17,864	4,699299	7,892703	<b>56,27054</b>
2019	25,47626	8,376034	20,2522	5,116722	13,33785	<b>72,55907</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>367,88</b>	<b>136,8916</b>	<b>271,5853</b>	<b>76,01188</b>	<b>183,6277</b>	<b>1035,996</b>

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, συνολικά και για τους 2 ρύπους, τα τελικά αποτελέσματα υπολογισμού του *Economic Burden* σε αυτό το σενάριο είναι τα εξής:

Πίνακας 20: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε  $PM_{10}$  και  $O_3$ , τη χρονική περίοδο 2001-2019 (Σενάριο 1).

<b>Economic Burden <math>PM_{10}</math> &amp; <math>O_3</math> (per 100000) (million €)</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>	<b>Σύνολο</b>
2001	22,47475	20,4856	14,854	8,49907	9,299894	<b>75,61331</b>
2002	20,63675	23,78568	27,74996	11,78038	3,570663	<b>87,52343</b>
2003	23,85063	36,27096	9,150241	7,830206	13,38035	<b>90,48238</b>
2004	22,75278	28,89345	9,631148	13,41251	6,657774	<b>81,34765</b>
2005	18,93367	16,77707	15,09619	8,658111	9,324119	<b>68,78916</b>
2006	16,61162	23,4517	16,90115	15,81542	12,99253	<b>85,77241</b>
2007	13,36375	14,40604	19,76643	10,49743	11,76308	<b>69,79673</b>
2008	19,51775	20,8442	17,28174	13,49188	7,807101	<b>78,94268</b>
2009	20,79914	9,476743	16,75289	3,975263	15,22668	<b>66,23072</b>
2010	22,54581	13,49091	17,59673	3,338666	10,38827	<b>67,36039</b>
2011	20,49293	5,923745	13,07422	4,923626	7,869209	<b>52,28373</b>
2012	17,77171	7,36358	14,65051	5,286924	7,568562	<b>52,64129</b>
2013	16,20886	3,869079	12,0624	4,209276	11,55325	<b>47,90287</b>
2014	8,048804	2,582491	10,03696	4,361105	6,339033	<b>31,36839</b>
2015	17,99198	3,126767	18,12004	2,849264	8,528634	<b>50,61668</b>
2016	19,05362	5,163153	14,08871	2,063336	6,996956	<b>47,36577</b>
2017	24,37353	8,362128	19,47829	4,758316	13,131	<b>70,10326</b>
2018	18,16396	7,650579	17,864	4,699299	7,892703	<b>56,27054</b>
2019	25,47626	8,376034	20,2522	5,116722	13,33785	<b>72,55907</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>369,0683</b>	<b>260,2999</b>	<b>304,4078</b>	<b>135,5668</b>	<b>183,6277</b>	<b>1252,97</b>

#### 4.3.4.2 Σενάριο 2

Στο δεύτερο σενάριο, θεωρείται ότι η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $PM_{10}$  και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $O_3$  σχετίζονται στο μέγιστο μεταξύ τους. Δηλαδή ότι προκαλούνται από την ρύπανση και των 2 ρύπων μαζί και όχι ξεχωριστά, όπως θεωρείται στο σενάριο 1. Για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας κρατείται η μέγιστη τιμή **M** μεταξύ των 2 ρύπων, για κάθε υπό μελέτη δήμο και δημοτική ενότητα.

Πίνακας 21: Εκτιμώμενοι αριθμοί θανάτων, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, από την έκθεση σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019 (Σενάριο 2).

<b>M (per 100000)</b>	AGP	ATH	MAR	LYK	THR
2001	8,24	4,21	3,2	2,5	3,6
2002	7,34	4,34	6,12	3,04	1,27
2003	7,95	7,42	3,05	1,83	4,46
2004	7,04	5,31	2,98	3,11	2,06
2005	5,97	3,24	4,51	1,43	2,94
2006	4,59	4,83	3,92	3,17	3,59
2007	3,59	2,99	4,57	1,67	3,16
2008	5,15	4,76	3,83	1,79	2,06
2009	5,86	1,48	4,72	1,12	4,29
2010	5,74	1,47	4,48	0,85	3,5
2011	6,16	1,57	3,93	1,48	2,79
2012	5,58	2,05	4,6	1,66	3,13
2013	5,16	1,07	3,84	1,34	4,88
2014	2,51	0,69	3,13	1,36	2,73
2015	5,62	0,84	5,66	0,89	3,58
2016	5,91	1,36	4,37	0,64	2,99
2017	7,12	2,09	5,69	1,39	5,51
2018	5,45	1,91	5,36	1,41	3,22
2019	7,12	2,05	5,66	1,43	5,51

Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές M στον Πίνακα 21, τις τιμές του VSL , που παρουσιάζονται στον Πίνακα 17, και εκτελώντας την **εξίσωση (2)**, τα αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden για το συγκεκριμένο σενάριο είναι τα εξής:

Πίνακας 22: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019 (Σενάριο 2).

Economic Burden PM <sub>10</sub> & O <sub>3</sub> (per 100000) (million €)	AGP	ATH	MAR	LYK	THR	Σύνολο
2001	21,28643	10,87571	8,266573	6,45826	9,299895	<b>56,18686</b>
2002	20,63675	12,20211	17,20666	8,547099	3,570663	<b>62,16327</b>
2003	23,85063	22,26059	9,150241	5,490144	13,38035	<b>74,13195</b>
2004	22,75278	17,16155	9,63115	10,0513	6,657775	<b>66,25455</b>
2005	18,93367	10,27556	14,30333	4,535201	9,32412	<b>57,37188</b>
2006	16,61162	17,4802	14,18683	11,47251	12,99253	<b>72,74368</b>
2007	13,36375	11,13025	17,01179	6,216561	11,76307	<b>59,48542</b>
2008	19,51775	18,03971	14,51514	6,78384	7,807101	<b>66,66355</b>
2009	20,79914	5,253026	16,75289	3,975263	15,22668	<b>62,00701</b>
2010	22,54581	7,598325	17,59673	3,338666	10,38827	<b>61,4678</b>
2011	20,49293	5,923745	13,07422	4,923626	7,869209	<b>52,28373</b>
2012	17,77171	7,36358	14,65051	5,286923	7,568562	<b>52,64128</b>
2013	16,20886	3,869079	12,0624	4,209277	11,55325	<b>47,90287</b>
2014	8,048805	2,582491	10,03696	4,361105	6,339034	<b>31,36839</b>
2015	17,99198	3,126767	18,12004	2,849264	8,528633	<b>50,61668</b>
2016	19,05361	5,163153	14,08871	2,063335	6,996955	<b>47,36577</b>
2017	24,37354	8,362127	19,47829	4,758317	13,131	<b>70,10326</b>
2018	18,16395	7,650579	17,864	4,699298	7,892704	<b>56,27053</b>
2019	25,47626	8,376034	20,2522	5,116722	13,33785	<b>72,55907</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>367,88</b>	<b>184,6946</b>	<b>278,2487</b>	<b>105,1367</b>	<b>183,6277</b>	<b>1119,588</b>

#### 4.3.4.3 Σενάριο 3

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο, υπολογίζεται το μέγεθος Economic Burden, θεωρώντας ότι η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση PM<sub>10</sub> και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση O<sub>3</sub> σχετίζονται μεταξύ τους, χωρίς όμως να προκαλούνται απαραίτητα εξ ολοκλήρου και από τους 2 ρύπους μαζί. Ειδικότερα, από τα δεδομένα θνησιμότητας που συλλέγονται από την ΕΛΣΤΑΤ και παρουσιάζονται στους Πίνακες 4, 5 και 6, θεωρείται ότι ένας αριθμός απωλειών προκλήθηκε αποκλειστικά από την ρύπανση PM<sub>10</sub>, άλλος αριθμός απωλειών προκλήθηκε αποκλειστικά από την ρύπανση O<sub>3</sub> και ότι άλλες απώλειες προκλήθηκαν από την ρύπανση και των 2 ρύπων μαζί. Ουσιαστικά δηλαδή, αποτελεί μία «μέση» κατάσταση μεταξύ των σεναρίων 1 και 2. Για αυτό το λόγο, για τον υπολογισμό του Economic Burden για αυτό το σενάριο, παίρνεται ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των 2 προηγούμενων σεναρίων, τα οποία αποτυπώνονται στους Πίνακες 20 και 22.

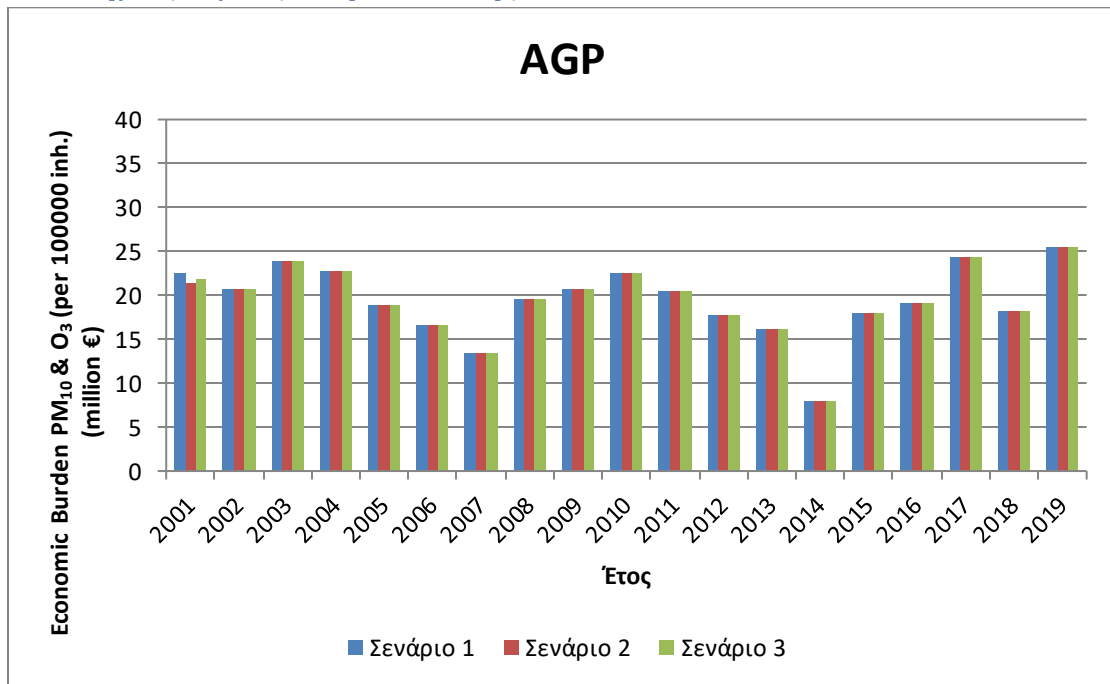
Πίνακας 23: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, τη χρονική περίοδο 2001-2019 (Σενάριο 3).

<b>Economic Burden PM<sub>10</sub> &amp; O<sub>3</sub> (per 100000) (million €)</b>	<b>AGP</b>	<b>ATH</b>	<b>MAR</b>	<b>LYK</b>	<b>THR</b>	<b>Σύνολο</b>
2001	21,88059	15,68066	11,56029	7,478665	9,299894	<b>65,90009</b>
2002	20,63675	17,99389	22,47831	10,16374	3,570663	<b>74,84335</b>
2003	23,85063	29,26577	9,150241	6,660175	13,38035	<b>82,30717</b>
2004	22,75278	23,0275	9,631149	11,7319	6,657774	<b>73,8011</b>
2005	18,93367	13,52632	14,69976	6,596656	9,324119	<b>63,08052</b>
2006	16,61162	20,46595	15,54399	13,64397	12,99253	<b>79,25805</b>
2007	13,36375	12,76815	18,38911	8,356995	11,76307	<b>64,64107</b>
2008	19,51775	19,44196	15,89844	10,13786	7,807101	<b>72,80311</b>
2009	20,79914	7,364885	16,75289	3,975263	15,22668	<b>64,11886</b>
2010	22,54581	10,54462	17,59673	3,338666	10,38827	<b>64,41409</b>
2011	20,49293	5,923745	13,07422	4,923626	7,869209	<b>52,28373</b>
2012	17,77171	7,36358	14,65051	5,286924	7,568562	<b>52,64128</b>
2013	16,20886	3,869079	12,0624	4,209276	11,55325	<b>47,90287</b>
2014	8,048804	2,582491	10,03696	4,361105	6,339033	<b>31,36839</b>
2015	17,99198	3,126767	18,12004	2,849264	8,528634	<b>50,61668</b>
2016	19,05361	5,163153	14,08871	2,063336	6,996956	<b>47,36577</b>
2017	24,37353	8,362128	19,47829	4,758316	13,131	<b>70,10326</b>
2018	18,16395	7,650579	17,864	4,699299	7,892704	<b>56,27054</b>
2019	25,47626	8,376034	20,2522	5,116722	13,33785	<b>72,55907</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>368,4741</b>	<b>222,4972</b>	<b>291,3282</b>	<b>120,3518</b>	<b>183,6277</b>	<b>1186,279</b>

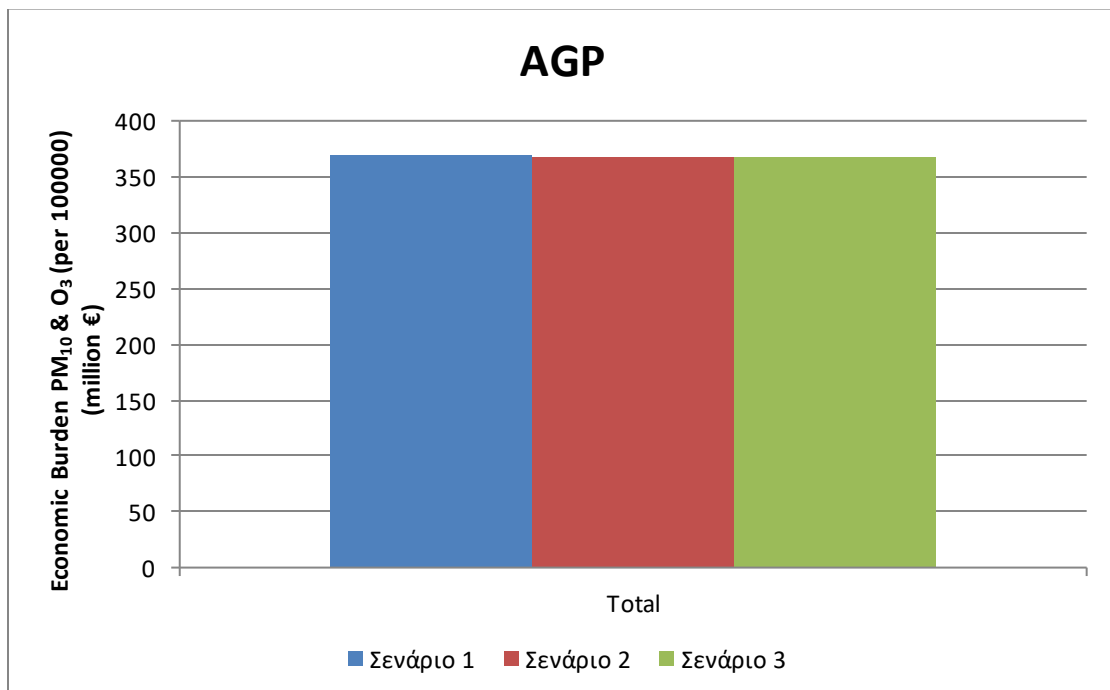
## Κεφάλαιο 5ο: Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του Economic Burden, που παρουσιάζονται με την μορφή πινάκων στο προηγούμενο κεφάλαιο, απεικονίζονται παρακάτω σε διαγράμματα για την ευκολότερη κατανόηση τους.

## 5.1 Δήμος Αγίας Παρασκευής



Σχήμα 23: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αγίας Παρασκευής, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.

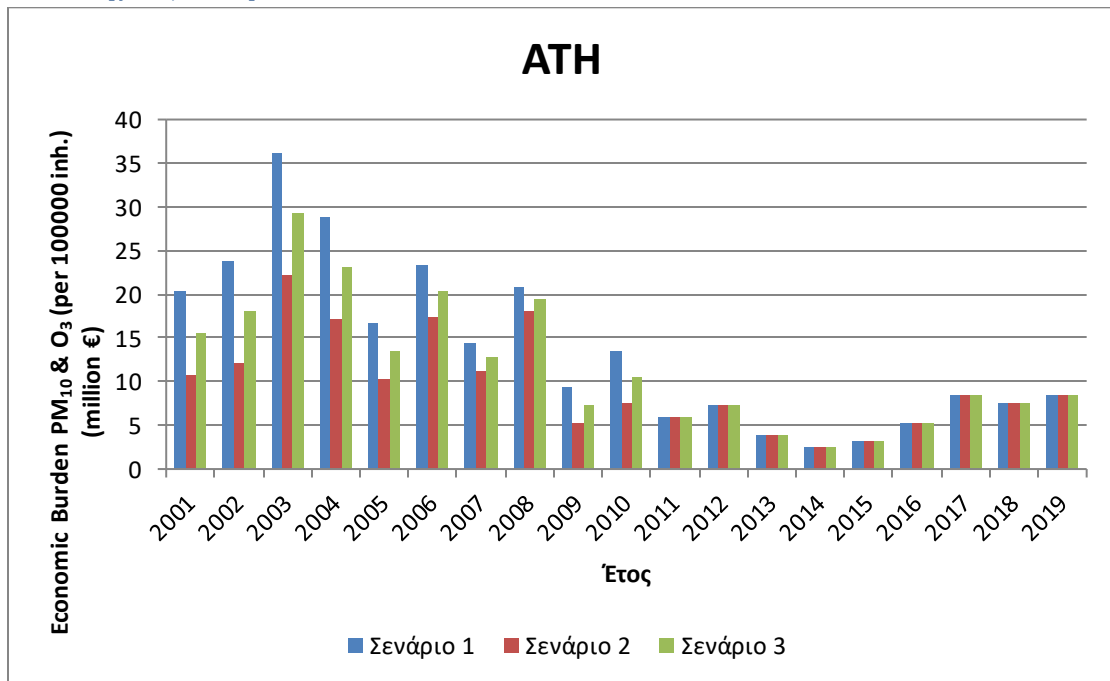


Σχήμα 24: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αγίας Παρασκευής, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.

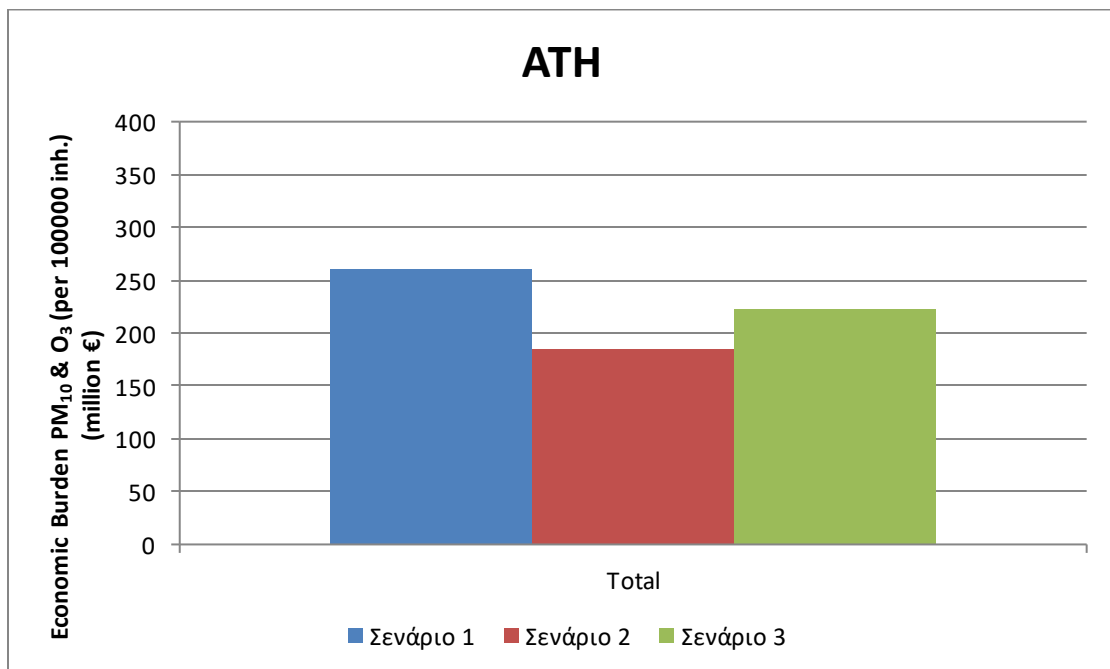
**Παρατηρήσεις:** Στον Δήμο Αγίας Παρασκευής, δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα του Economic Burden μεταξύ των τριών σεναρίων, όπως φαίνεται και στα σχήματα 23 και 24. Αυτό συμβαίνει διότι οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  στη συγκεκριμένη περιοχή δεν σημειώνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να θεωρηθούν επικίνδυνες. Μόνη εξαίρεση αποτελεί το έτος 2001. Αυτό σημαίνει ότι ουσιαστικά, το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση των ρύπων που μελετώνται, προκύπτει σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση  $O_3$ .

Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται ότι η μεταβολή του οικονομικού κόστους, ανά 100000 κατοίκους, δεν ακολουθεί συγκεκριμένα αυξητική ή μειωτική τάση, καθώς σημειώνονται πολλές αυξομειώσεις κατά την περίοδο της μελέτης. Παρόλα αυτά, παρατηρούνται συγκεκριμένες χρονικές περιόδους όπου το κόστος παρουσιάζει αυξητική ή μειωτική τάση. Τα έτη 2004 έως 2007, το οικονομικό κόστος μειώνεται σταθερά, όποτε σύμφωνα με τα αποτελέσματα του σεναρίου 3, το οποίο εκπροσωπεί τον μέσο όρο των άλλων 2 σεναρίων, από 22,75 εκατομμύρια € το 2004, το κόστος φτάνει τα 13,36 εκατομμύρια € το 2007. Αυτό συμβαίνει, καθώς οι συγκεντρώσεις και των 2 ρύπων μειώνονται σταθερά, αν και όπως προαναφέρθηκε, μόνο οι συγκεντρώσεις του  $O_3$  είναι αυτές που θεωρούνται απειλητικές για την ανθρώπινη υγεία, δηλαδή ευθύνονται για τους θανάτους. Στη συνέχεια ακολουθεί αυξητική τάση του κόστους, έως το 2010, όπου φτάνει σε σχεδόν ίσα επίπεδα με το 2004. Από το 2011, δηλαδή 2 χρόνια μετά την αρχή της οικονομικής κρίσης, έως το 2014, το κόστος μειώνεται, με «αποκορύφωμα» το 2014, όποτε το κόστος φτάνει περίπου τα 8 εκατομμύρια €. Εκείνο το έτος παρατηρείται και η ελάχιστη μέση ετήσια συγκέντρωση του  $O_3$  της χρονικής περιόδου που μελετάται. Τέλος, την περίοδο 2015 έως 2019, το κόστος ακολουθεί αυξητική τάση, όπου παρουσιάζει και μέγιστη τιμή το 2019, με περίπου 25,48 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Συνολικά, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στο Δήμο Αγίας Παρασκευής, καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, δηλαδή την χρονική περίοδο 2001-2019, εκτιμάται κατά μέσο όρο στα **368,47 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**.

## 5.2 Δήμος Αθηναίων



Σχήμα 25: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αθηναίων, λόγω της έκθεσης σε  $PM_{10}$  και  $O_3$ , για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.



Σχήμα 26: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αθηναίων, λόγω της έκθεσης σε  $PM_{10}$  και  $O_3$ , για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.

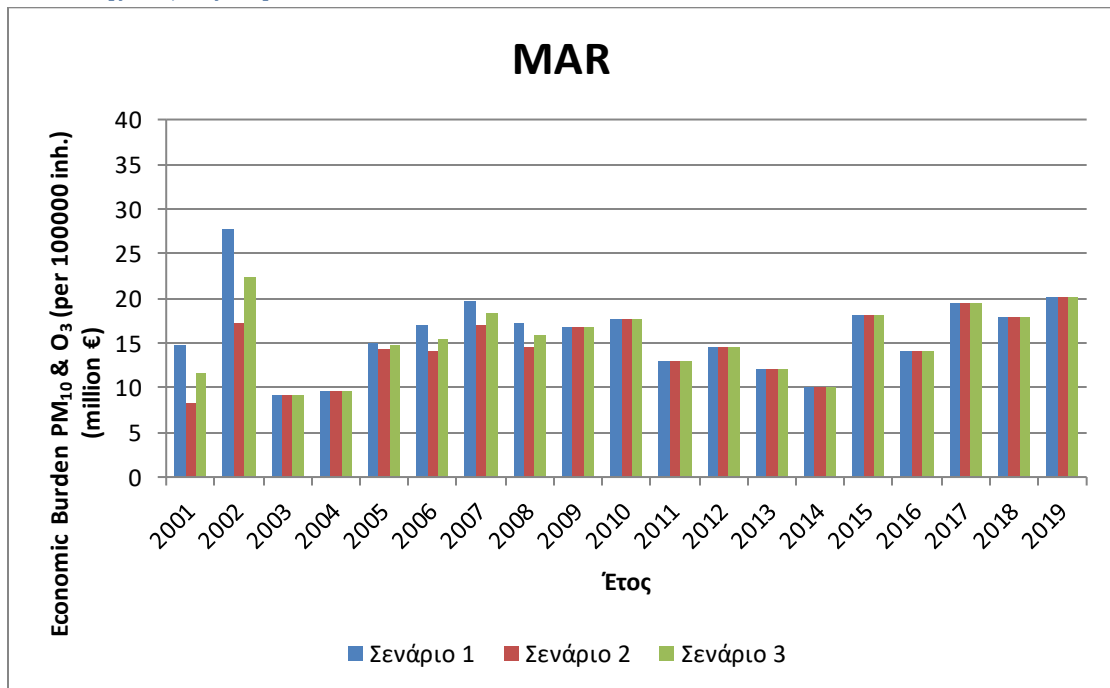


**Παρατηρήσεις:** Στον Δήμο Αθηναίων, παρατηρούνται διαφορές στα αποτελέσματα του Economic Burden μεταξύ των τριών σεναρίων μέχρι το έτος 2010. Παρουσιάζονται αισθητές διαφορές τα έτη 2001 έως 2005, οι οποίες αργότερα μειώνονται. Από το 2011 έως το 2019, τα αποτελέσματα των 3 σεναρίων είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει καθώς οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  δεν σημειώνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να θεωρηθούν επικίνδυνες εκείνη την χρονική περίοδο. Άρα, το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση των ρύπων που μελετώνται, προκύπτει εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση  $O_3$ , την περίοδο εκείνη.

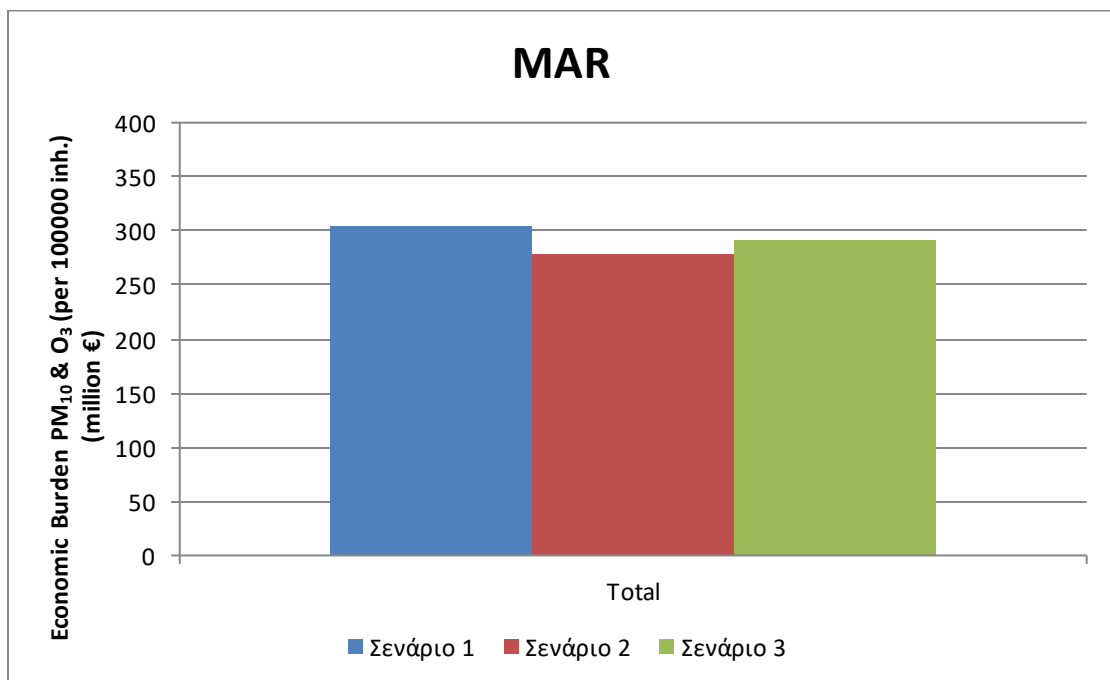
Αρχικά, τα έτη 2001 έως 2003, ένα χρόνο πριν την έναρξη των Ολυμπιακών αγώνων, το κόστος παρουσιάζει αυξητική τάση, φτάνοντας περίπου κατά μέσο όρο (Σενάριο 3) τα 29,27 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Στη συνέχεια, παρατηρείται μειωτική τάση με διακυμάνσεις στο κόστος έως το 2008, όπου το κόστος ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 19,44 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Από το 2009, δηλαδή από την αρχή της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα, και μέχρι το τέλος της υπό μελέτη χρονικής περιόδου, το κόστος κυμαίνεται σε εμφανώς χαμηλότερα επίπεδα, φτάνοντας κατά μέσο όρο το ελάχιστο των 2,58 εκατομμυρίων € ανά 100000 κατοίκους το 2014. Αυτή η μείωση οφείλεται στην πτώση των συγκεντρώσεων των  $PM_{10}$ , ειδικά από το 2011 και μετά, όπου δεν σημειώνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να θεωρηθούν επικίνδυνες, καθώς και στις διαχρονικά χαμηλές συγκεντρώσεις του  $O_3$  καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Συνολικά, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στο Δήμο Αθηναίων, καθ' όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019, εκτιμάται περίπου κατά μέσο όρο στα **222,5 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**.

## 5.3 Δήμος Αμαρουσίου



Σχήμα 27: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αμαρουσίου, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.



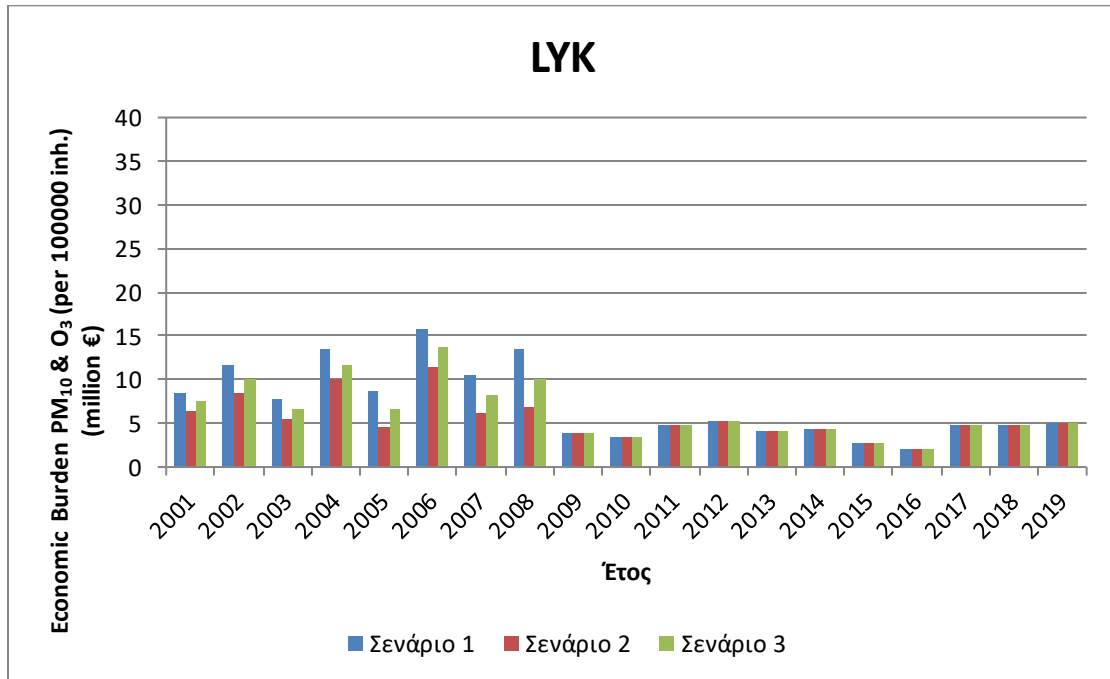
Σχήμα 28: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στο Δήμο Αμαρουσίου, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.

**Παρατηρήσεις:** Στον Δήμο Αμαρουσίου, δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στα αποτελέσματα του Economic Burden μεταξύ των τριών σεναρίων, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω σχήματα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μείωση των συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  κατά τη διάρκεια της μελέτης, τα οποία ειδικά από το έτος 2009 και μετά, αλλά και τα έτη 2003 και 2004, βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα, τόσο ώστε να μην αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των πολιτών. Αυτό το μοτίβο δεν ακολουθείται από τις συγκεντρώσεις του  $O_3$ , οι οποίες αυξάνονται με το πέρασμα των ετών. Για αυτό το λόγο, το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση των ρύπων που μελετώνται, προκύπτει εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση  $O_3$ , τα έτη 2003 και 2004 και την χρονική περίοδο 2009 έως 2019.

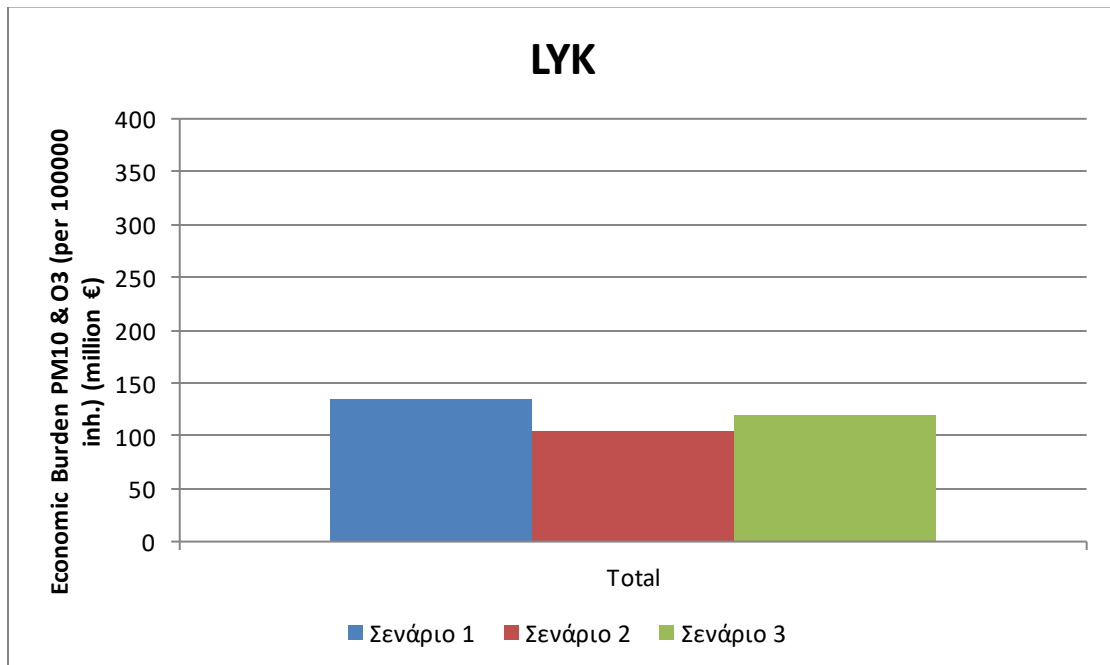
Κατά τη διάρκεια των ετών 2001 με 2019, παρατηρούνται πολλές διακυμάνσεις στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ . Το 2002 το κόστος φτάνει τη μέγιστη τιμή του για τα σενάρια 1 και 3 και ανέρχεται στα 27,75 και 22,48 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους αντίστοιχα. Τα έτη 2003 και 2004, το κόστος μειώνεται αισθητά, καθώς οι συγκεντρώσεις  $PM_{10}$  μειώνονται σε μεγάλο βαθμό και δεν θεωρούνται απαραίτητα επικίνδυνες. Στη συνέχεια, το κόστος παρουσιάζει αυξητική τάση έως το 2007, καθώς αυξάνονται και οι συγκεντρώσεις  $PM_{10}$ , και παραμένει σε σχετικά παρόμοια επίπεδα έως το 2010, ένα χρόνο μετά την αρχή της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα. Από το 2011, παρουσιάζεται μια μειωτική τάση, έως το 2014, οπότε το κόστος φτάνει τα 10,04 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Τέλος, από το 2015 έως το 2019, παρουσιάζεται αυξητική τάση του υπολογιζόμενου οικονομικού κόστους, φτάνοντας τα 20,25 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους το 2019, το οποίο αποτελεί και μέγιστη τιμή του σεναρίου 2. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στην αύξηση των συγκεντρώσεων του  $O_3$  κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

Συνολικά, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στο Δήμο Αμαρουσίου, καθ' όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019, εκτιμάται περίπου κατά μέσο όρο στα **291,33 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**.

## 5.4 Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης



Σχήμα 29: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στη Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.



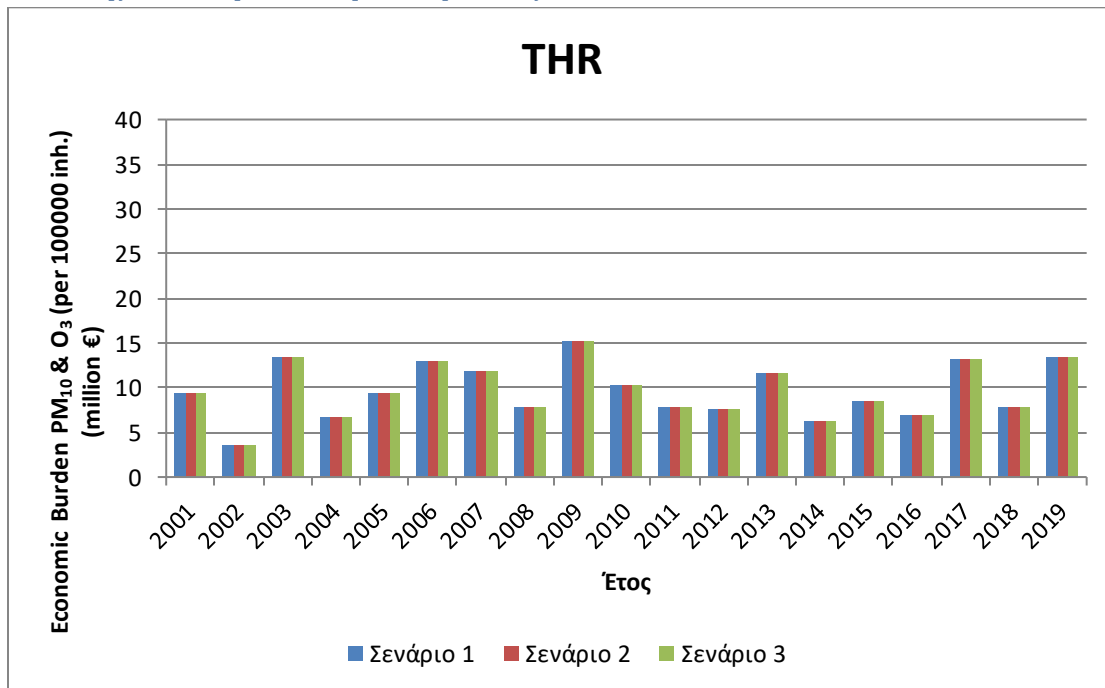
Σχήμα 30: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στη Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.

**Παρατηρήσεις:** Στην Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης, παρατηρούνται διαφορές στα αποτελέσματα των υπολογισμών για το μέγεθος Economic Burden, μεταξύ των τριών σεναρίων, έως και το έτος 2008. Από το 2009 έως το 2019, τα αποτελέσματα των 3 σεναρίων είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους, καθώς οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> δεν σημειώνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να θεωρηθούν επικίνδυνες, εκείνη την χρονική περίοδο. Δηλαδή, για τα έτη 2009 έως 2019, το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση των ρύπων που μελετώνται, προκύπτει εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση O<sub>3</sub>.

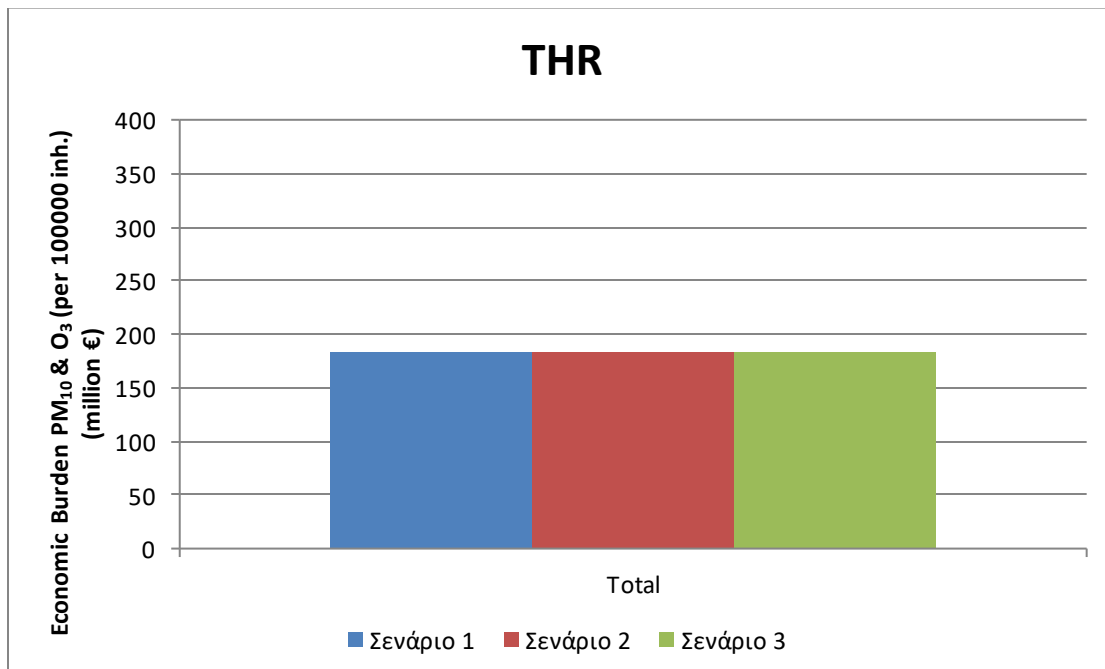
Στο σχήμα 29, γίνεται εμφανές ότι μείωση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> σε σχετικά ακίνδυνα επίπεδα από το 2009, δηλαδή από την αρχή της οικονομικής κρίσης, και μετά, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και την μεταβολή των αποτελεσμάτων των ετήσιων υπολογισμών του οικονομικού κόστους. Αρχικά, σημειώνεται μια γενικότερη αυξητική τάση του κόστους, με αυξομειώσεις, έως το 2006, οπότε υπολογίζεται η μέγιστη τιμή του, κατά μέσο όρο (σενάριο 3) περίπου στα 13,64 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Έως το 2008, δεν παρατηρείται μεγάλη μεταβολή του κόστους. Από το 2009 και μετά, παρατηρείται, όπως προαναφέρεται, ξεκάθαρη μείωση του κόστους, με την μέγιστη υπολογιζόμενη τιμή αυτής της περιόδου να σημειώνεται το 2010, περίπου στα 5,29 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους και την ελάχιστη να σημειώνεται το 2014, περίπου στα 2,06 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους.

Συνολικά, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, στη Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης, καθ' όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019, εκτιμάται περίπου κατά μέσο όρο στα **120,35 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**.

## 5.5 Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων



Σχήμα 31: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.



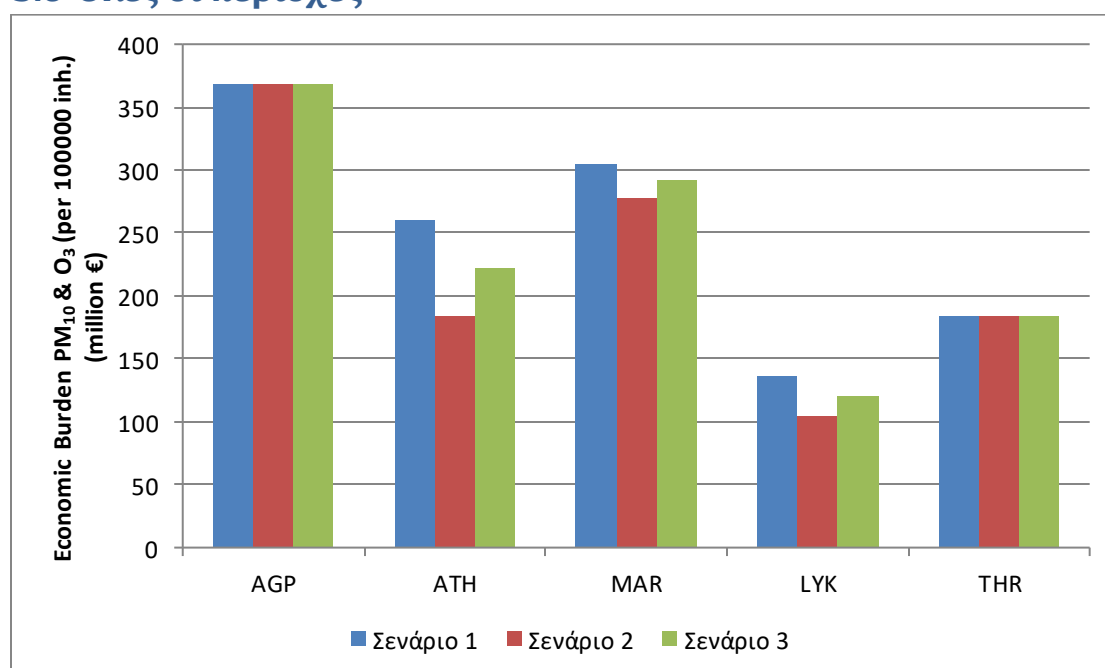
Σχήμα 32: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, στη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.

**Παρατηρήσεις:** Στη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων, δεν παρατηρούνται καθόλου διαφορές στα αποτελέσματα των υπολογισμών για το μέγεθος Economic Burden, μεταξύ των τριών σεναρίων. Δηλαδή, τα αποτελέσματα των 3 σεναρίων είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει λόγω των χαμηλών συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  που παρουσιάζονται στην περιοχή, σε βαθμό που να μην θεωρούνται επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Για αυτό το λόγο, το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση των ρύπων που μελετώνται, προκύπτει εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση  $O_3$ , για όλη τη χρονική περίοδο 2001-2019, στη συγκεκριμένη περιοχή.

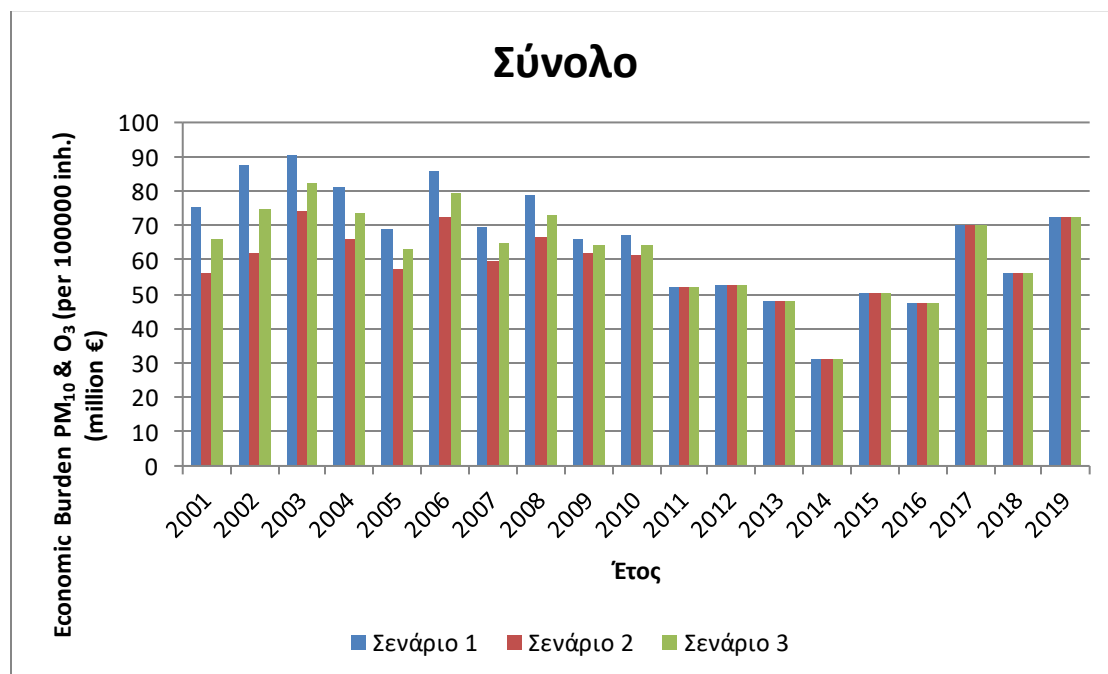
Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται ότι η μεταβολή του οικονομικού κόστους, ανά 100000 κατοίκους, δεν ακολουθεί συγκεκριμένα αυξητική ή μειωτική τάση, καθώς σημειώνονται πολλές αυξομειώσεις κατά την περίοδο της μελέτης. Μπορεί να θεωρηθεί ότι σημειώνεται μια γενικότερη αυξητική τάση στις τιμές του κόστους, την χρονική περίοδο 2001 με 2009, δηλαδή μέχρι την αρχή της οικονομικής κρίσης, όποτε υπολογίζεται και η μέγιστη τιμή του κόστους, περίπου στα 15,23 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια γενικότερη μειωτική τάση, έως το 2016, όπου το κόστος ανέρχεται περίπου στα 7 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Τέλος, τα έτη 2017 έως 2019, παρατηρείται μια γενική αύξηση του κόστους ξανά, έως τα περίπου 13,34 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, το τελευταίο έτος της μελέτης. Φυσικά, αξίζει να τονιστεί, όπως και παραπάνω, ότι οι αυξητικές και μειωτικές τάσεις του κόστους στις περιόδους που αναφέρθηκαν, παρουσιάζουν πολλές αυξομειώσεις στα ενδιάμεσα έτη.

Συνολικά, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων, καθ' όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019, εκτιμάται περίπου κατά μέσο όρο στα **183,63 € ανά 100000 κατοίκους**.

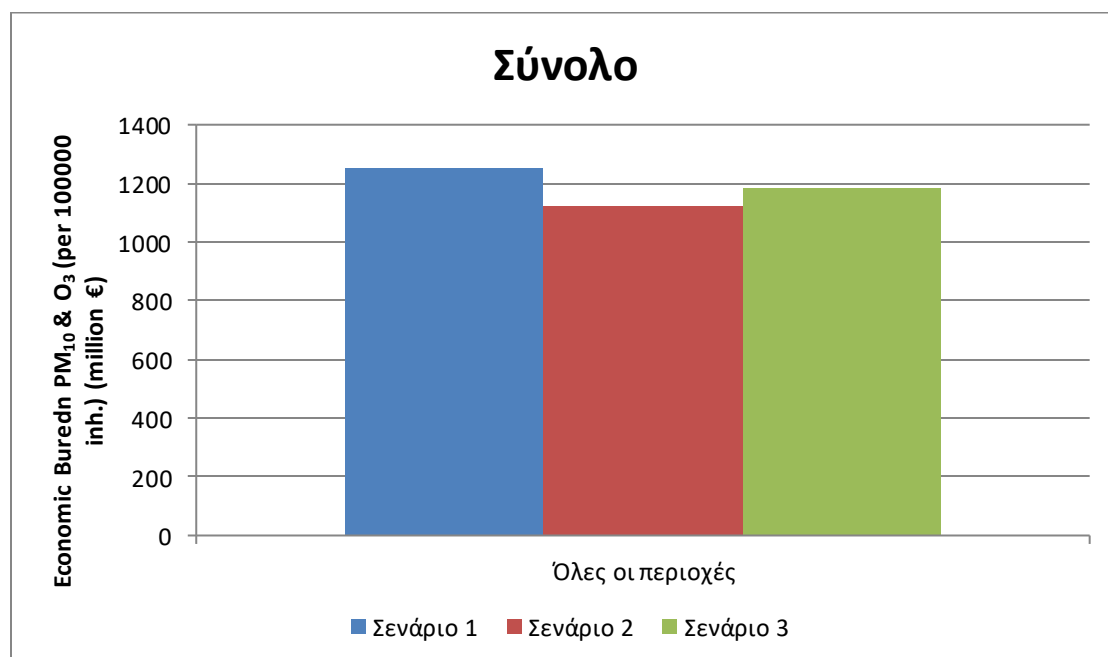
## 5.6 Όλες οι περιοχές



Σχήμα 33: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε  $PM_{10}$  και  $O_3$ , για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.



Σχήμα 34: Αποτελέσματα του μεγέθους *Economic Burden*, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, συγκεντρωτικά για όλες τις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε  $PM_{10}$  και  $O_3$ , για κάθε σενάριο, τη χρονική περίοδο 2001-2019.





*Σχήμα 35: Αποτελέσματα του μεγέθους Economic Burden, σε εκατομμύρια €, ανά 100000 κατοίκους, συγκεντρωτικά για όλες τις υπό μελέτη περιοχές, λόγω της έκθεσης σε PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, για κάθε σενάριο, αθροιστικά για όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019.*

**Παρατηρήσεις:** Από τα παραπάνω σχήματα, προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα. Πρώτα από όλα, σύμφωνα με το σχήμα 34, παρατηρείται ότι μεταξύ των 3 σεναρίων υπολογισμού του οικονομικού κόστους λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, δεν παρουσιάζονται διαφορές από το 2011 έως το πέρας της μελέτης. Αυτό συμβαίνει καθώς σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές, οι συγκεντρώσεις των PM<sub>10</sub>, από κάποιο έτος και αργότερα, δεν σημειώνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα ώστε να αποτελέσουν απειλή για την ανθρώπινη ζωή, δηλαδή να επιφέρουν θάνατο. Έτσι, από το 2011 έως το 2019, το υπολογιζόμενο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση προκύπτει εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση O<sub>3</sub>. Δεύτερον, το κόστος δεν φαίνεται να ακολουθεί μία συγκεκριμένη αυξητική ή μειωτική τάση συνολικά, αλλά υπολογίζεται αυξημένο ή μειωμένο σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Τα πρώτα έτη της μελέτης, το κόστος αυξάνεται συνεχώς, εμφανίζοντας μέγιστη τιμή το 2003, όπου σημειώνεται περίπου στα 90,48 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους στο σενάριο 1, στα 74,13 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους στο σενάριο 2 και στα 82,31 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους στο σενάριο 3. Στη συνέχεια, το κόστος μειώνεται τα έτη 2004 και 2005, ενώ από το 2006 έως το 2010 εμφανίζει αυξομειώσεις που δεν τηρούν συγκεκριμένη αυξητική ή μειωτική τάση. Την περίοδο 2011, 2 χρόνια αφού ξεκίνησε η οικονομική κρίση, έως 2014, το κόστος κυμαίνεται σε εμφανή χαμηλότερα επίπεδα από ότι νωρίτερα, φτάνοντας και το ελάχιστο των 31,37 εκατομμυρίων € ανά 100000. Την περίοδο 2015 με 2019 όμως, το κόστος παρουσιάζει γενική αυξητική τάση, με αυξομειώσεις, φτάνοντας περίπου τα 72,56 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους. Ο λόγος της αύξησης αυτής μπορεί να συνδεθεί και με την αύξηση των συγκεντρώσεων του O<sub>3</sub> την περίοδο αυτή, σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές.

Συνολικά, όπως φαίνεται και στο σχήμα 35, το οικονομικό κόστος που προκύπτει λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές, καθ' όλα τα έτη της χρονικής περιόδου 2001-2019, εκτιμάται περίπου κατά μέσο όρο στα **1186,28 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**, ή αλλιώς στα **1,186 δισεκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους**. Τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά με τα αποτελέσματα των Psitaki K et al. και Petrou et al. [6], σύμφωνα με τα οποία για όλη την Νομαρχία Αττικής το οικονομικό κόστος που προκύπτει από την πρόωρη θνησιμότητα που συνδέεται με την έκθεση σε PM<sub>2.5</sub> και O<sub>3</sub> υπολογισμένο με την ίδια μέθοδο, κυμαίνεται από 1 έως 4 δις ευρώ για την περίοδο 2004-2019.

Ο Δήμος Αγίας Παρασκευής, παρατηρώντας το σχήμα 33, αποτελεί την περιοχή με τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, με κατά μέσο όρο περίπου 368,47 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, συνολικά για την περίοδο 2001-2019. Αυτό συμβαίνει ακόμη και αν το υπολογιζόμενο κόστος προκύπτει σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη ρύπανση O<sub>3</sub>. Οι συγκεντρώσεις του O<sub>3</sub> στη συγκεκριμένη περιοχή σημειώνονται σε αρκετά μεγάλα επίπεδα, χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική μείωση κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 2001-2019. Ο Δήμος Αγίας Παρασκευής θεωρείται πυκνοκατοικημένος και διασχίζεται από την

Λεωφόρο Μεσογείων, κάτι που καθιστά τον δήμο αρκετά πολυσύχναστο, αφού παρατηρείται συχνή κίνηση στη συγκεκριμένη λεωφόρο. Επιπλέον, βρίσκεται πολύ κοντά στον Περιφερειακό Υμηττού και κατά τη διάρκεια των ετών της μελέτης ολοκληρώθηκε η κατασκευή των σταθμών «Αγία Παρασκευή» και «Νομισματοκοπείο», οι οποίοι αν και δεν βρίσκονται εντός των ορίων του δήμου, βρίσκονται πολύ κοντά. Τέλος, η τοποθεσία της περιοχής στον Βόρειο Τομέα Αθηνών και κοντά στο Πεντελικό Όρος, ενισχύει την καταγραφή υψηλών επεισοδίων  $O_3$ , κάτι που οφείλεται στη δυσκολία αερισμού των ρύπων στην περιοχή γενικά, λόγω της κλειστής τοπογραφίας του λεκανοπεδίου.

Την περιοχή με τον δεύτερο μεγαλύτερο αντίκτυπο στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$  αποτελεί ο Δήμος Αμαρουσίου, όπου το κόστος υπολογίζεται κατά μέσο όρο περίπου στα 291,33 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, συνολικά για την περίοδο 2001-2019. Η ρύπανση  $PM_{10}$  παίζει σημαντικότερο ρόλο στον υπολογισμό του κόστους σε αυτό τον δήμο, από ότι στον δήμο Αγίας Παρασκευής. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις του  $O_3$  σημειώνονται σε σαφώς χαμηλότερα επίπεδα από ότι στην Αγία Παρασκευή, χωρίς να σημαίνει ότι θεωρούνται ακίνδυνες. Παρόλα αυτά όμως, οι συγκεντρώσεις  $O_3$  στο Μαρούσι αυξάνονται με το πέρασμα του χρόνου. Μέρος του λόγου παρουσίας του φαινομένου ρύπανσης στην περιοχή αποτελούν κάποια σημαντικά έργα και γεγονότα, που έγιναν κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης. Συγκεκριμένα, σημαντικά συμβάντα αποτελούν η ολοκλήρωση των σταθμών «Νερατζιώτισσα» και «Κηφισίας», καθώς και η οργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων το 2004, όπου πολλά δρώμενα των αγώνων συνέβησαν στο ΟΑΚΑ. Μεγάλο παράγοντα στην εμφάνιση ρύπανσης αποτελεί και η Λεωφόρος Κηφισίας, η οποία διαπερνάει την συγκεκριμένη περιοχή και όπου εμφανίζεται μεγάλη κίνηση διαχρονικά. Τέλος, όπως και στην Αγία Παρασκευή, η τοποθεσία της περιοχής στον Βόρειο Τομέα Αθηνών και κοντά στο Πεντελικό Όρος, ενισχύει την καταγραφή υψηλών επεισοδίων  $O_3$ .

Την περιοχή με τον επόμενο μεγαλύτερο αντίκτυπο στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$  αποτελεί ο Δήμος Αθηναίων, με το υπολογιζόμενο κόστος να φτάνει κατά μέσο όρο περίπου τα 222,5 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, συνολικά για την περίοδο 2001-2019. Όπως και στο Μαρούσι, η ρύπανση  $PM_{10}$  παίζει σημαντικότερο ρόλο στον υπολογισμό του κόστους σε αυτό τον δήμο, από ότι στον δήμο Αγίας Παρασκευής. Οι συγκεντρώσεις του  $O_3$  σημειώνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από τις υπόλοιπες υπό μελέτη περιοχές. Δεν είναι όμως ανύπαρκτες. Προφανώς τα  $NO_x$  συμβάλλουν στην μείωση του  $O_3$ , γι' αυτό στο κέντρο της Αθήνας, όπου υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία και εκπέμπονται πρωτογενείς ρύποι, οι συγκεντρώσεις όζοντος κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Επιπλέον, το γεγονός ότι είναι ο μεγαλύτερος δήμος και η πρωτεύουσα της χώρας, δικαιολογεί την εμφάνιση μεγάλης κυκλοφοριακής συμφόρησης σε σχεδόν καθημερινή βάση στους δρόμους του, καθώς και την ανέγερση πολλών έργων, όπως για παράδειγμα την ολοκλήρωση των σταθμών Μετρό «Κεραμεικός» και «Ελαιώνας».

Η Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων αποτελεί την υπό μελέτη περιοχή με τον επόμενο μεγαλύτερο αντίκτυπο στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , το οποίο υπολογίζεται περίπου στα 183,63 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, συνολικά για την περίοδο 2001-2019. Στην περιοχή των Θρακομακεδόνων, το κόστος προκύπτει εξ ολοκλήρου από την ρύπανση  $O_3$ , καθώς οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις

PM<sub>10</sub> δεν ξεπερνούν τα θεσμοθετημένα όρια σε κανένα έτος που μελετάται στη συγκεκριμένη εργασία. Η αραιοκατοικημένη φύση της περιοχής και ο μικρός πληθυσμός της, σε σχέση με τις άλλες υπό μελέτη περιοχές, δικαιολογούν τον μικρότερο αντίκτυπο της στο υπολογιζόμενο κόστος. Παρόλα αυτά, η τοποθεσία της στους πρόποδες της Πάρνηθας, την καθιστά περιοχή επιρρεπή στην εμφάνιση υψηλών επεισοδίων O<sub>3</sub>, λόγω της δυσκολίας αερισμού των συγκεντρώσεων των ρύπων. Επιπλέον, η ολοκλήρωση του Ολυμπιακού χωριού στην περιοχή, για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004 μπορεί να αποτελεί άλλον ένα λόγο για την εμφάνιση των μεγάλων συγκεντρώσεων O<sub>3</sub> που παρατηρούνται στην περιοχή, τα πρώτα έτη της μελέτης.

Την περιοχή με τον μικρότερο αντίκτυπο στο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, μεταξύ από όσες μελετώνται, αποτελεί η Δημοτική Ενότητα Λυκόβρυσης, με το υπολογιζόμενο κόστος να φτάνει κατά μέσο όρο περίπου τα 120,35 εκατομμύρια € ανά 100000 κατοίκους, συνολικά για την περίοδο 2001-2019. Η ρύπανση PM<sub>10</sub> παίζει σημαντικότερο ρόλο στον υπολογισμό του κόστους σε αυτή την περιοχή, από ότι στους Θρακομακεδόνες και στην Αγία Παρασκευή, που δεν επηρεάζουν σχεδόν ή και καθόλου τον υπολογισμό του. Η αραιοκατοικημένη φύση της περιοχής, η μικρή έκταση της, σε σχέση με τις άλλες υπό μελέτη περιοχές, και το πράσινό της, ενισχύουν στην μικρότερη «συνεισφορά» της στο υπολογιζόμενο κόστος. Παρόλα αυτά, οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν είναι ακίνδυνες, ενώ η τοποθεσία της στον Βόρειο Τομέα Αθηνών ενισχύει την εμφάνιση συγκεντρώσεων ρύπων.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Γενικά Συμπεράσματα

Με το πέρας της παρούσας εργασίας, υπάρχουν διάφορα συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν, από τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, την διαδικασία που ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Από τα δεδομένα των συγκεντρώσεων των ρύπων που εξετάστηκαν, τα έτη 2001 έως 2019, παρατηρούνται διαφορετικές τάσεις μεταξύ τους. Φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> μειώνονται κατά τη διάρκεια της μελέτης, σε όλες τις μελέτη περιοχές, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τον Κεντρικό Τομέα Αθηνών, τον Βόρειο Τομέα Αθηνών και την Ανατολική Αττική. Αυτό όμως δεν συμβαίνει και για τις συγκεντρώσεις του όζοντος. Αντιθέτως, οι συγκεντρώσεις O<sub>3</sub> φαίνεται να αυξάνονται ή να μένουν σε παρόμοια επίπεδα έως το τέλος της υπό μελέτη χρονικής περιόδου. Το φαινόμενο αυτό μας δείχνει κάτι αξιοσημείωτο. Ότι τα μέτρα και οι νομοθεσίες που έχουν θεσμοθετηθεί μέχρι τώρα, με στόχο την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, δεν επιδρούν κατά όλων των ρύπων με τον ίδιο τρόπο. Είναι κατανοητό ότι πολλοί ρύποι, συμπεριλαμβανομένων και των PM<sub>10</sub> και του O<sub>3</sub>, έχουν παρόμοιες ή και τις ίδιες πηγές, π.χ. κυκλοφοριακή συμφόρηση, κατασκευαστικές εργασίες, βιομηχανικές δραστηριότητες κτλ.. Όμως, είναι εμφανές ότι κάθε ρύπος χρήζει ξεχωριστής αντιμετώπισης. Είναι αναγκαίο να συνεχίζουν να γίνονται μελέτες και έρευνες, με σκοπό την κατανόηση όσο το δυνατόν περισσότερο της συμπεριφοράς των ατμοσφαιρικών ρύπων, ώστε να αντιμετωπιστούν και περιοριστούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η μείωση των συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  και η αύξηση ή σταθερότητα των συγκεντρώσεων  $O_3$  στην γενικότερη ατμόσφαιρα της Αθήνας ωθούν στην διαπίστωση ενός σημαντικού φαινομένου. Από το 2011 και μετά, η ρύπανση  $PM_{10}$  δεν αποτελεί παράγοντα στην πρόωρη θνησιμότητα που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε καμία υπό μελέτη περιοχή. Σύμφωνα με τα δεδομένα συγκεντρώσεων που καταγράφονται από το ΥΠΕΝ και τη διαδικασία που ακολουθήθηκε στο λογισμικό AirQ+, με σκοπό τον υπολογισμό του εκτιμώμενου αριθμού θανάτων (ανά 100000 κατοίκους) που προκαλούνται από την έκθεση στους ρύπους  $PM_{10}$  και  $O_3$ , στις περιοχές που μελετώνται, παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις  $PM_{10}$ , είτε δεν αποτελούν σχεδόν ποτέ ή και ποτέ θανάσιμο κίνδυνο (Αγία Παρασκευή, Θρακομακεδόνες), είτε μειώνονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της μελέτης και φτάνουν να μην αποτελούν θανάσιμο κίνδυνο (Δήμος Αθηναίων, Λυκόβρυση, Μαρούσι). Αυτό αποτελεί μια θετική εξέλιξη και μας δείχνει ότι τα μέτρα που έχουν θεσμοθετηθεί για την καταπολέμηση της ρύπανσης  $PM_{10}$  στην γενικότερη περιοχή των Αθηνών, έχουν θετικό αντίκτυπο. Όπως έχει προαναφερθεί βέβαια, αυτό ισχύει μόνο για τα  $PM_{10}$  και όχι για το όζον.

Όσον αφορά τον υπολογισμό του οικονομικού κόστους λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$ , σημειώνεται ότι υπολογίζεται με κλίμακα «ανά 100000 κατοίκους». Αυτό συμβαίνει διότι με την ίδια κλίμακα υπολογίζεται, μέσω του AirQ+ ο εκτιμώμενος αριθμός θανάτων στις υπό μελέτη περιοχές. Επιπλέον, δίνει την ευκαιρία για ορθότερη σύγκριση του υπολογιζόμενου κόστους, μεταξύ των υπό μελέτη περιοχών. Από τη στιγμή που κάθε δήμος και δημοτική ενότητα έχει διαφορετικό πληθυσμό, η απουσία της συγκεκριμένης κλίμακας θα έδινε πολύ δυσανάλογα αποτελέσματα και θα δυσκόλευε την κατανόηση της επιρροής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πρόωρη θνησιμότητα που παρουσιάζεται και στο κόστος που υπολογίζεται λόγω της ρύπανσης, στην κάθε υπό μελέτη περιοχή.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, σύμφωνα με τα δεδομένα συγκεντρώσεων που καταγράφονται από το ΥΠΕΝ και τη διαδικασία που ακολουθήθηκε στο λογισμικό AirQ+, προκύπτει ότι η ρύπανση  $PM_{10}$  δεν αποτελεί παράγοντα στην πρόωρη θνησιμότητα που προκαλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε κάθε υπό μελέτη περιοχή και κατά τη διάρκεια κάθε έτους. Επιπλέον, επίσης έχει προαναφερθεί ότι από το 2011 και μετά, η ρύπανση  $PM_{10}$  δεν αποτελεί παράγοντα σε καμία υπό μελέτη περιοχή. Συνεπώς, το υπολογιζόμενο οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  σε αυτές τις περιπτώσεις είναι μηδενικό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μελέτη, αποτελούν μια εκτίμηση για το οικονομικό κόστος λόγω της πρόωρης θνησιμότητας από τη ρύπανση  $PM_{10}$  και  $O_3$  και όχι κάποιο αδιαμφισβήτητο δεδομένο. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ακριβώς το οικονομικό κόστος που προκύπτει από τη ρύπανση, καθώς δεν υπάρχει τρόπος να μάθουμε ακριβώς πόσοι θάνατοι προκλήθηκαν από αυτή. Επιπλέον, είναι αδύνατο να γνωρίζουμε αν κάποιος αριθμός θανάτων προκλήθηκαν αποκλειστικά από την ρύπανση ενός από τους 2 υπό μελέτη ρύπους ή από την ρύπανση και των 2 ρύπων ταυτόχρονα. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται 3 σενάρια υπολογισμού του κόστους. Στο σενάριο 1, θεωρείται ότι η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $PM_{10}$  και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $O_3$ , δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Στο σενάριο 2, θεωρείται ότι η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $PM_{10}$  και η θνησιμότητα που προκαλείται από την ρύπανση  $O_3$  σχετίζονται στο μέγιστο βαθμό μεταξύ τους, δηλαδή

ότι προκαλούνται από την ρύπανση και των 2 ρύπων μαζί. Στο σενάριο 3, θεωρείται ότι ένας αριθμός απωλειών προκλήθηκε αποκλειστικά από την ρύπανση PM<sub>10</sub>, άλλος αριθμός απωλειών προκλήθηκε αποκλειστικά από την ρύπανση O<sub>3</sub> και ότι άλλες απώλειες προκλήθηκαν από την ρύπανση και των 2 ρύπων μαζί, δηλαδή αποτελεί μια μέση κατάσταση μεταξύ των σεναρίων 1 και 2. Μπορεί να θεωρηθεί ότι το σενάριο 3 αποτελεί το σενάριο πιο κοντά στην πραγματικότητα, χωρίς όμως να θεωρηθεί η απόλυτη αλήθεια.

Κλείνοντας, είναι ανάγκη να τονισθεί κάτι σημαντικό. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα παγκοσμίως που επηρεάζουν τόσο τη ζωή των ανθρώπων όσο και ολόκληρα οικοσυστήματα, απαιτώντας την προσοχή μας. Για αυτό το λόγο, θεωρείται αναγκαία η συνεχής παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των ρύπων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να γνωρίζουμε την κατάσταση της ατμόσφαιρας και να προβαίνουμε στις απαραίτητες ενέργειες για τη βελτίωσή της. Επίσης, η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση βιώσιμων πρακτικών και την ενίσχυση των προσπάθειών για την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Σκοπός της έρευνας του οικονομικού κόστους που προκύπτει από την πρόωρη θνησιμότητα λόγω της ρύπανσης PM<sub>10</sub> και O<sub>3</sub>, αποτελεί η απόδοση έμφασης στις οικονομικές επιπτώσεις που προκαλούνται λόγω της ρύπανσης. Ίσως η ανάδειξη και αυτών των επιπτώσεων αποτελέσουν έναν παραπάνω λόγο, ώστε να ενισχυθεί η προσπάθεια καταπολέμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

## Βιβλιογραφία/Πηγές

1. ΥΠΕΝ ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ 2021.
2. ΥΠΕΝ Νομοθεσία- Available online: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/nomothesia/> (accessed on 20 August 2024).
3. EUR-Lex Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050> (accessed on 20 August 2024).
4. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution- Available online: <https://www.who.int/tools/airq> (accessed 5 August 2024).
5. ΟΟΣΑ. Το κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης . OECD Publishing, 2014. URL: <http://www.oecd.org/env/the-cost-of-air-pollution-9789264210448-en.htm> .
6. Kyriaki Psistaki ; Ilias Petrou ; Anastasia K. Paschalidou ; Pavlos Kassomenos Temporal and Spatial Characteristics of the Economic Burden Related to Long-Term PM<sub>2.5</sub> and O<sub>3</sub> Exposure in Greece for the Period 2004–2019. 2023, doi:10.1016/j.apr.2023.101978.
7. Kevin Millington ; Policy Department Structural and Cohesion Policies European Parliament THE EXCHANGE RATES OF THE EURO VS OTHER MAIN CURRENCIES AND THEIR IMPACT ON EU TOURISM. June 2007.

8. ΕΛΣΤΑΤ- Κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν κατά περιφέρεια και νομό (Προσωρινά Στοιχεία) (2000 - 2021)- Available online: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SEL57/>- (accessed 22 March 2024).
9. Maria Panteli ; Sofia Delipala ; International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research ; The Economic Cost of ill Health due to Air Pollution: Evidence from Greece. 2021, doi: 10.25103/ijbesar.143.07.
10. The World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation ; University of Washington, Seattle ; The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. 2016.
11. ΥΠΕΝ Εκθέσεις- Available online: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/ektheseis/> (accessed 13 February 2024).
12. ΕΛΣΤΑΤ- Πίνακας αποτελεσμάτων ΜΟΝΙΜΟΥ Πληθυσμού-Απογραφής 2011- Available online: <https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous> (accessed 22 March 2024).
13. ΕΛΣΤΑΤ- Πληθυσμός και Κοινωνικές Συνθήκες – Available online: <https://www.statistics.gr/el/statistics/pop> (accessed 22 March 2024).
14. ΕΛΣΤΑΤ- Εξέλιξη ετήσιων μεταβολών Γενικού Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (2020=100,0) (Ιανουαρίου 1959-)- Available online: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/DKT87/>- (accessed 22 March 2024).
15. Dandou, A.; Tombrou, M.; Soulakellis, N. The Influence of the City of Athens on the Evolution of the Sea-Breeze Front. Bound.-Layer Meteorol. 2009, 131, 35–51. <https://doi.org/10.1007/s10546-008-9306-x>.
16. Kaltsonoudis, C.; Kostenidou, E.; Florou, K.; Psychoudaki, M.; Pandis, S.N. Temporal Variability and Sources of VOCs in Urban Areas of the Eastern Mediterranean. Atmos. Chem. Phys. 2016, 16, 14825–14842. <https://doi.org/10.5194/acp-16-14825-2016>.
17. Melas, D.; Kioustiukis, I.; Lazaridis, M. The Impact of Sea Breeze on Air Quality in Athens Area. In Advances in Air Pollution Modeling for Environmental Security; Faragó, I., Georgiev, K., Havasi, Á., Eds.; NATO Science Series; Springer-Verlag: Berlin/Heidelberg, Germany, 2005; Volume 54, pp. 285–295, ISBN 978-1-4020-3349-0.
18. Meteo Weather Forecast for Greece. Available online: <http://www.meteo.gr/> (accessed on 10 September 2024).
19. WHO Regional Office for Europe, European Centre for Environment and Health (2022). AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. Bonn (Germany): WHO Regional Office for Europe. – Available online: <https://www.who.int/europe/tools-and-toolkits/airq---software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution> (accessed 11 September 2024).