



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΤΑΞΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΗΔΕΝΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ



ΜΑΡΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΠΟΛΥΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΜΑΛΙΑ

ΣΥΝΕΞΕΤΑΣΤΗΣ

ΜΑΝΙΑΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022



### Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΤΑΞΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΗΔΕΝΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Μάρκος Κωνσταντίνος, 2022, Πειραιάς

Υπογραφή Φοιτητή:





## Περίληψη

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αιτίες της κλιματικής, οδηγώντας αρκετές χώρες παγκοσμίως στην έρευνα για την αντιμετώπιση της. Ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα είναι η εφαρμογή περιβαλλοντικών ζωνών στα αστικά κέντρα, όπου παρατηρείται και το μεγαλύτερο πρόβλημα. Σε αυτή την κατεύθυνση, η παρούσα εργασία προτείνει την ένταξη μίας ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της Αθήνας, ακολουθώντας τις καλές πρακτικές άλλων ευρωπαϊκών πόλεων. Η μελέτη ορίζει τα όρια της ζώνης, το πλαίσιο λειτουργίας και προτείνει πρακτικές που θα την καταστήσουν πιο αποτελεσματική και κατ' επέκταση την Αθήνα πιο βιώσιμη. Με την βοήθεια ερωτηματολογίου συλλέγει την άποψη των πολιτών για την εφαρμογή της ζώνης μηδενικών ρύπων, συσχετίζοντας την με τις καθημερινές κυκλοφοριακές τους συνήθειες. Επιπλέον, διεξήχθη δύο πειράματα δεδηλωμένης προτίμησης, ερευνώντας την επιλογή μέσου μετακίνησης των πολιτών προς τη ζώνη και εντός αυτής. Καταλήγοντας, η εργασία προτείνει την μείωση της εξάρτησης από τα ιδιόκτητα οχήματα, την υιοθέτηση “πράσινων” τεχνολογιών μετακίνησης και την ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών που θα καταστήσουν το αστικό κέντρο βιώσιμο για τους κατοίκους και τους επισκέπτες αυτού.



## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	vii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Στόχος εργασίας.....	1
1.2. Σύνθεση εργασίας.....	1
2. Ατμοσφαιρική ρύπανση - Περιβαλλοντικές ζώνες.....	3
2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	3
2.2. Ζώνες μειωμένων ρύπων (Low emission zones – LEZ).....	6
2.3. Σχεδιασμός LEZ.....	8
2.4. LEZ στην Ευρώπη.....	10
2.5. Επίδραση των LEZ στη μείωση ρύπων και τη δημόσια υγεία.....	14
2.6. Ζώνες μηδενικών ρύπων (Zero emission zones – ZEZ).....	17
3. Περιβαλλοντικές ζώνες στην Ελλάδα.....	23
3.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα.....	23
3.2. Περιβαλλοντικές ζώνες στην Ελλάδα.....	23
4. Διερεύνηση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα.....	31
4.1. Περιοχή εφαρμογής – μελέτης.....	31
4.2. Πλαίσιο εφαρμογής – λειτουργίας.....	31
4.3. Εκπόνηση της έρευνας με τη βοήθεια ερωτηματολογίου.....	34
4.4. Χρήση λογισμικού Sawtooth Software Lighthouse Studio.....	37
4.5. Πείραμα δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference experiment).....	47
5. Αποτελέσματα Έρευνας.....	51
5.1. Μεταφορικές συνήθειες.....	53
5.2. Στάσεις και αντιλήψεις.....	55
5.3. Αποτελέσματα πειράματος δεδηλωμένης προτίμησης.....	58
6. Συμπεράσματα – Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	61
6.1. Συμπεράσματα μελέτης.....	61
6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	61
7. Βιβλιογραφία.....	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	68





## **1. Εισαγωγή**

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων της στον άνθρωπο είναι πιο σημαντική από ποτέ. Προσπάθειες γίνονται παγκοσμίως με σκοπό να αναπτυχθούν τεχνολογίες και πρακτικές που θα την περιορίσουν. Ένα από τα μείζονα ζητήματα της κλιματικής αλλαγής είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, γιατί ακόμα και στις αναπτυγμένες χώρες τα επίπεδα είναι ακόμα σε επιβλαβή επίπεδα για τον άνθρωπο. Κύριος παράγοντας που συνεισφέρει στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι τα οχήματα εσωτερικής καύσης. Τα τελευταία χρόνια πρόοδος έχει σημειωθεί στην ανάπτυξη και κατασκευή ηλεκτρικών οχημάτων η οχημάτων κινούμενα με υδρογόνο. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του φαινομένου στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου παρατηρείται και το μεγαλύτερο πρόβλημα, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση περιβαλλοντικών ζωνών είναι κυριότερο μέτρο, απαγορεύοντας την είσοδο στα ρυπογόνα οχήματα. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσεται ένα αστικό κέντρο βιώσιμο για τους πολίτες της περιοχής, αλλά και για τους επισκέπτες αυτής.

### **1.1. Στόχος εργασίας**

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί σε σημαντικό βαθμό η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα, η εργασία προτείνει την ένταξη ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της πόλης. Στο πλαίσιο του σχεδιασμού ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της Αθήνας, η παρούσα έρευνα εξετάζει το επίπεδο αποδοχής της ένταξης της ζώνης από τους κατοίκους της πόλης και την αλλαγή των μεταφορικών τους συνηθειών. Με τη βοήθεια ερωτηματολογίου, διερευνώνται η περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών, οι σημερινές μεταφορικές τους συνήθειες για διάφορους σκοπούς μετακίνησης, όπως εργασία και ψυχαγωγία και οι απόψεις τους για τα διάφορα μέσα μετακίνησης. Επιπλέον, διεξάγοντας 2 πειράματα δεδηλωμένης προτίμησης, εξετάζονται οι επιλογές μέσου με την ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων και κατ' επέκταση η πιθανή αλλαγή που παρατηρείται σε σχέση με την τωρινή κατάσταση. Συλλέγοντας τα παραπάνω δεδομένα, απώτερος στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της σύνθεσης των μέσων μεταφοράς, όπως αυτή θα διαμορφωθεί μετά την ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων.

### **1.2. Σύνθεση εργασίας**

Η παρούσα εργασία δομήθηκε σε 6 συνολικά κεφάλαια. Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο είναι η εισαγωγή της μελέτης, όπου διατυπώνεται ο στόχος και η δομή της εργασίας. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφία στην οποία στηρίχθηκε η μελέτη, η οποία σχετίζεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση, με τον ορισμό των περιβαλλοντικών ζωνών, την σημασία τους στην καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τις αξιοσημείωτες περιπτώσεις τέτοιων ζωνών στην Ευρώπη. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, παρουσιάζεται η παρούσα κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα και στις πρακτικές που ακολουθούνται για την καταπολέμησή της, θέτοντας παράλληλα το ζήτημα της ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αναπτύσσεται η πρόταση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα, το πλαίσιο λειτουργίας της και η πρακτική που ακολουθήθηκε μέσω ερωτηματολογίου για την

καταγραφή της άποψης των πολιτών και της αλλαγής των συνηθειών, που θα έφερνε ένα τέτοιο μέτρο. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου και γίνεται ανάλυση αυτών εις βάθος. Στο 6<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο ίδιο αντικείμενο.

## 2. Ατμοσφαιρική ρύπανση - Περιβαλλοντικές ζώνες

### 2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα μείζων περιβαλλοντικό πρόβλημα που επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη υγεία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση στα αστικά κέντρα όσο και στις επαρχιακές περιοχές, εκτιμάται ότι οδηγεί παγκοσμίως σε 4.2 εκατ. πρόωρους θανάτους ετησίως (Π.Ο.Υ., 2016). Το 91% των πρόωρων θανάτων συναντώνται σε χώρες με χώρες με χαμηλά εισοδήματα, όπως οι περιοχές της νοτιοανατολικής Ασίας και του δυτικού Ειρηνικού, όπου και παρατηρείται ότι επιβαρύνονται σημαντικά από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Κύριο αίτιο είναι η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter), χρόνια έκθεση στα οποία μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες στην καρδιά και στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου.

#### Αιωρούμενα σωματίδια (PM) και οδηγίες ποιότητας αέρα

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ένας συνηθισμένος δείκτης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα κύρια συστατικά των αιωρούμενων σωματιδίων είναι το θείο, τα νιτρικά, η αμμωνία, το χλωριούχο νάτριο, ο μαύρος άνθρακας, η σκόνη και το νερό. Αποτελείται από ένα μίγμα στερεών, υγρών, οργανικών και ανόργανων ουσιών που αιωρούνται στον αέρα. Πιο επικίνδυνα είναι τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) και αυτά με διάμετρο μικρότερη των 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), τα οποία μπορούν να διεισδύσουν σε σημαντικό βαθμό στον ανθρώπινο οργανισμό. Για την μέτρηση και εποπτεία της ποιότητας της ατμόσφαιρας, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων μετρούνται σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), με την βοήθεια ευαίσθητων αισθητήρων.

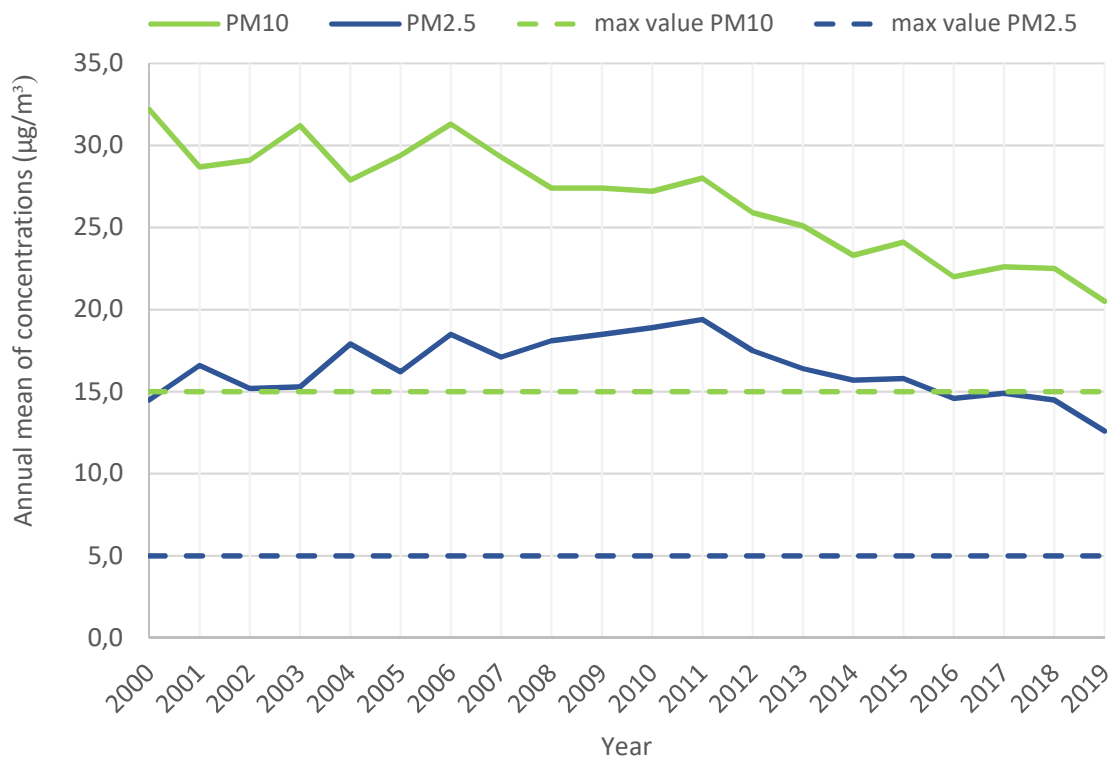
Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) έχει θέσει οδηγίες και όρια στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Συγκεκριμένα, η μέγιστη μέση ημερήσια συγκέντρωση των  $\text{PM}_{10}$  είναι  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ενώ η μέγιστη μέση ετήσια είναι  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Η μέγιστη μέση ημερήσια συγκέντρωση των  $\text{PM}_{2.5}$  είναι ίση με  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και η μέγιστη μέση ετήσια είναι  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Εκτός από τα αιωρούμενα σωματίδια, ο Π.Ο.Υ. θέτει όρια και στις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου  $\text{NO}_2$ , το οποίο ευθύνεται σημαντικά για το παιδικό άσθμα. Κύρια πηγή των ανθρωπογενών εκπομπών  $\text{NO}_2$  είναι οι μηχανές αυτοκινήτων και πλοίων και η παραγωγή ενέργειας. Μέγιστη μέση ημερήσια συγκέντρωση  $\text{NO}_2$  είναι  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και μέγιστη μέση ετήσια είναι  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη

Η Ευρώπη φιλοξενεί ορισμένες από τις ισχυρότερες οικονομίες παγκοσμίως και οι περισσότερες χώρες της προσφέρουν τις καλύτερες και πιο σύγχρονες υπηρεσίες στους πολίτες τους. Παρόλα αυτά, η ποιότητα της ατμόσφαιρας στις Ευρωπαϊκές πόλεις παραμένει σε επικίνδυνα επίπεδα για την ανθρώπινη υγεία, με κύριους συντελεστές της ρύπανσης να είναι οι μεταφορές και οι βιομηχανίες. Όπως φαίνεται στα σχήμα 2.1, οι

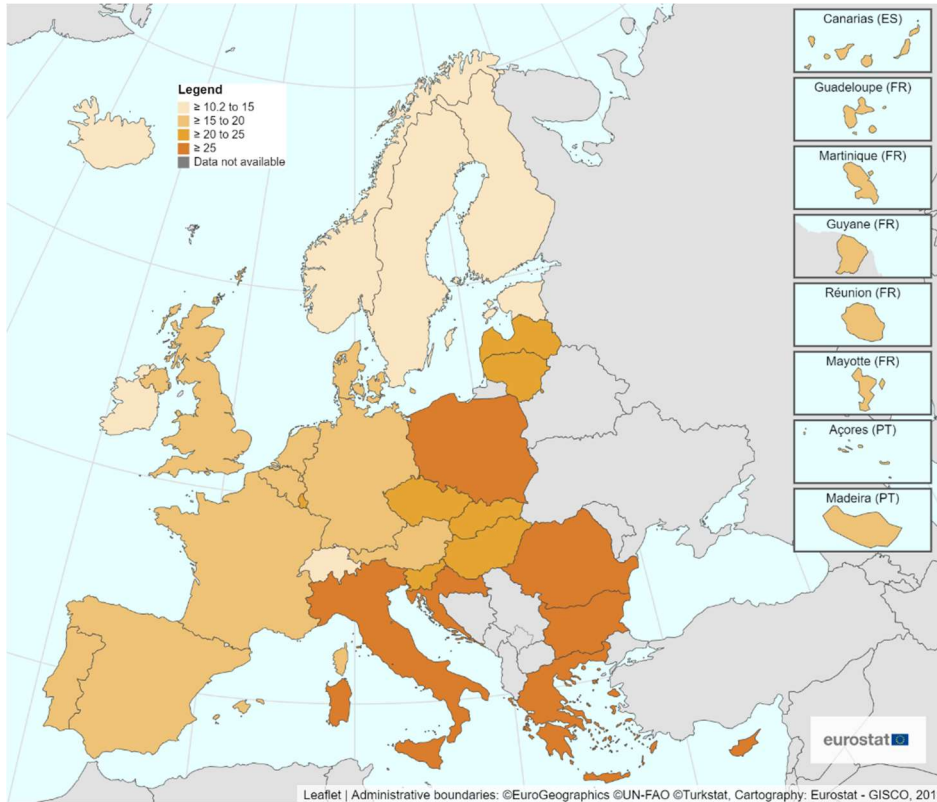
ετήσιοι δείκτες των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> των Ευρωπαϊκών αστικών κέντρων είναι αρκετά μεγαλύτερες από τα ανώτατα όρια που θέτει ο Π.Ο.Υ.. Παρόλη την συνεχή μείωση των συγκεντρώσεων, το έτος 2019 η μέση ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στην Ε.Ε. είναι ίση με 20.5 μg/m<sup>3</sup>, με όριο τα 15 μg/m<sup>3</sup> και η ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> είναι ίση με 12.6 μg/m<sup>3</sup>, με όριο τα 5 μg/m<sup>3</sup>.



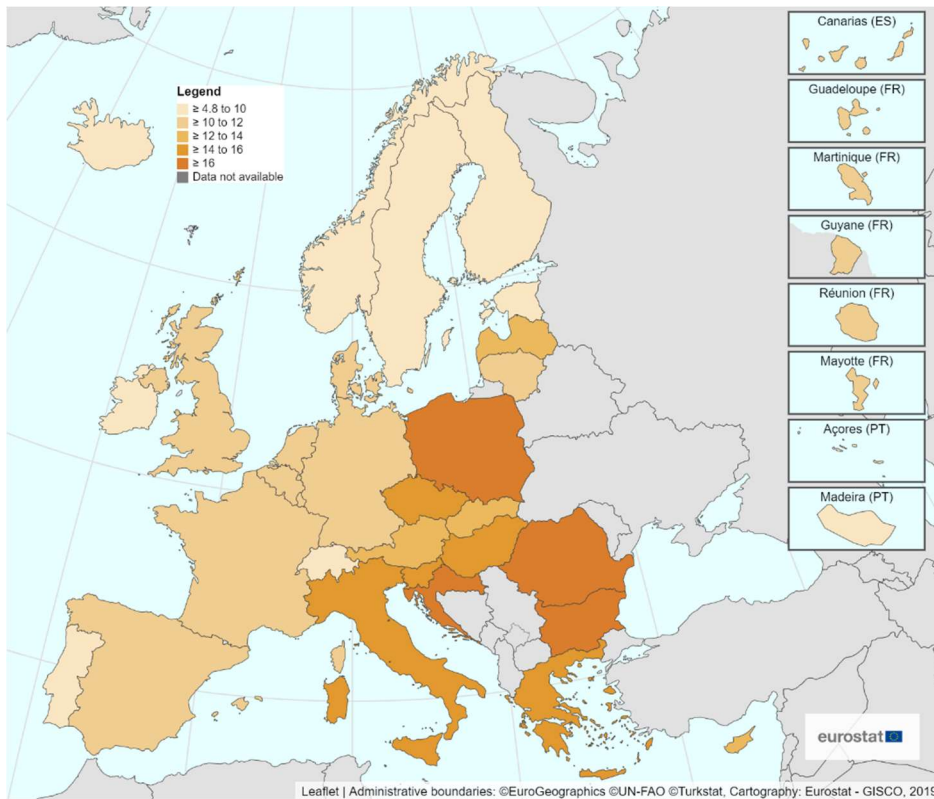
**Σχήμα 2.1:** Μέση ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> σε μg/m<sup>3</sup> στην Ευρωπαϊκή Ένωση (27 χώρες) από το έτος 2000 έως το 2019 (πηγή: Eurostat)

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2, για το έτος 2019 οι περισσότερες χώρες της Ευρώπης παρουσιάζουν μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια. Συγκεκριμένα, μόνο η Φιλανδία (10.2 μg/m<sup>3</sup>), η Ισλανδία (10.6 μg/m<sup>3</sup>), η Εσθονία (10.8 μg/m<sup>3</sup>), η Νορβηγία (11.8 μg/m<sup>3</sup>), η Σουηδία (12.3 μg/m<sup>3</sup>), η Ιρλανδία (12.7 μg/m<sup>3</sup>), και η Ελβετία (13.6 μg/m<sup>3</sup>) έχουν συγκεντρώσεις μικρότερες των 15 μg/m<sup>3</sup>. Οι χώρες με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> είναι η Κροατία (30.9 μg/m<sup>3</sup>) και η Βουλγαρία (30.4 μg/m<sup>3</sup>) και αμέσως επόμενη είναι η Ελλάδα με μέση ετήσια συγκέντρωση 27.5 μg/m<sup>3</sup>.

Όσο αφορά τα πιο επιβλαβή σωματίδια για τον ανθρώπινο οργανισμό PM<sub>2.5</sub>, μόνο 9 από τις 30 Ευρωπαϊκές χώρες που έχουν καταγραφεί παρουσιάζουν συγκεντρώσεις χαμηλότερες από το όριο των 10 μg/m<sup>3</sup>, για το έτος 2019 (Σχήμα 2.3). Οι χώρες με τις μεγαλύτερες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις PM<sub>2.5</sub> είναι η Βουλγαρία (19.6 μg/m<sup>3</sup>) και η Πολωνία (19.3 μg/m<sup>3</sup>), ενώ η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλότερες συγκεντρώσεις ίσες με 14.1 μg/m<sup>3</sup>, οι οποίες παραμένουν αρκετά μεγαλύτερες από τα όρια που θέτει ο Π.Ο.Υ..

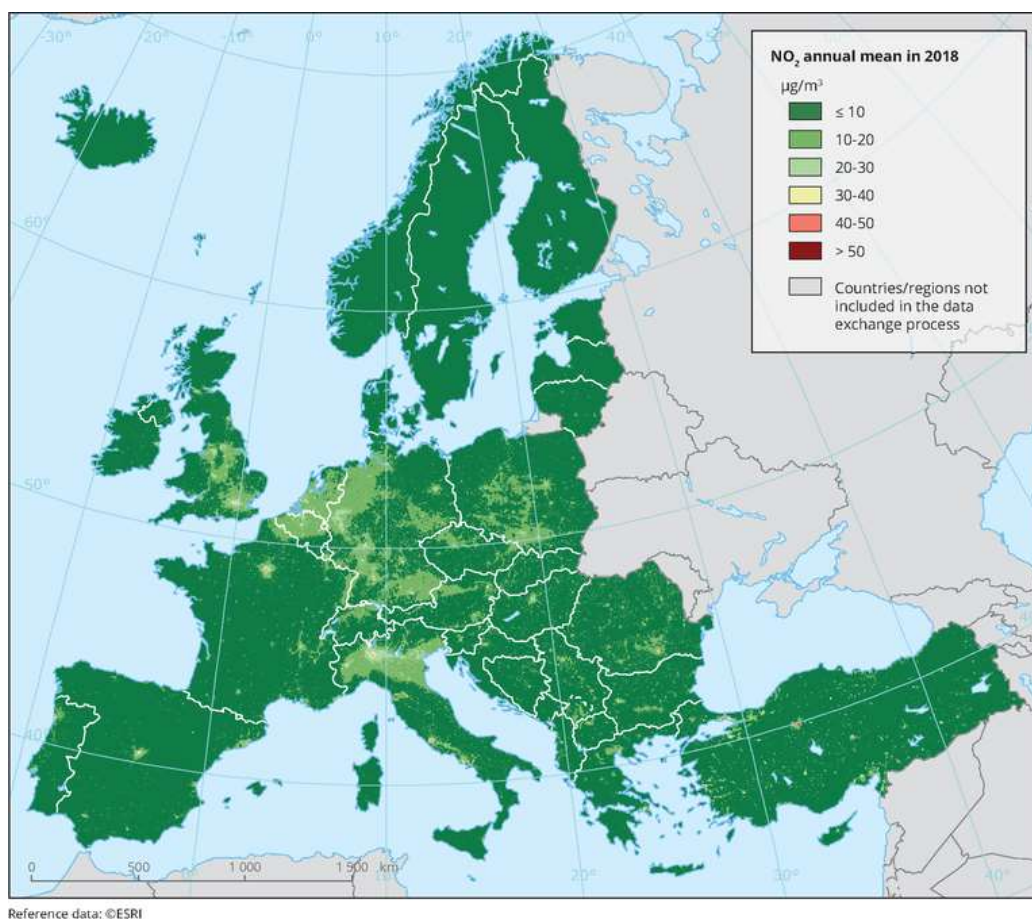


Σχήμα 2.2: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> σε µg/m<sup>3</sup> στις χώρες της Ευρώπης το έτος 2019 (πηγή: Eurostat)



Σχήμα 2.3: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> σε µg/m<sup>3</sup> στις χώρες της Ευρώπης το έτος 2019 (πηγή: Eurostat)

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, για το έτος 2018, οι αστικές περιοχές της Ευρώπης παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub>, μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια που έχει θέσει ο Π.Ο.Υ.. Σε αντίθεση, οι επαρχιακές περιοχές φαίνεται να παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις, γεγονός που οφείλεται στην απουσία μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου και μεγάλων βιομηχανικών περιοχών (Σχήμα 2.4).



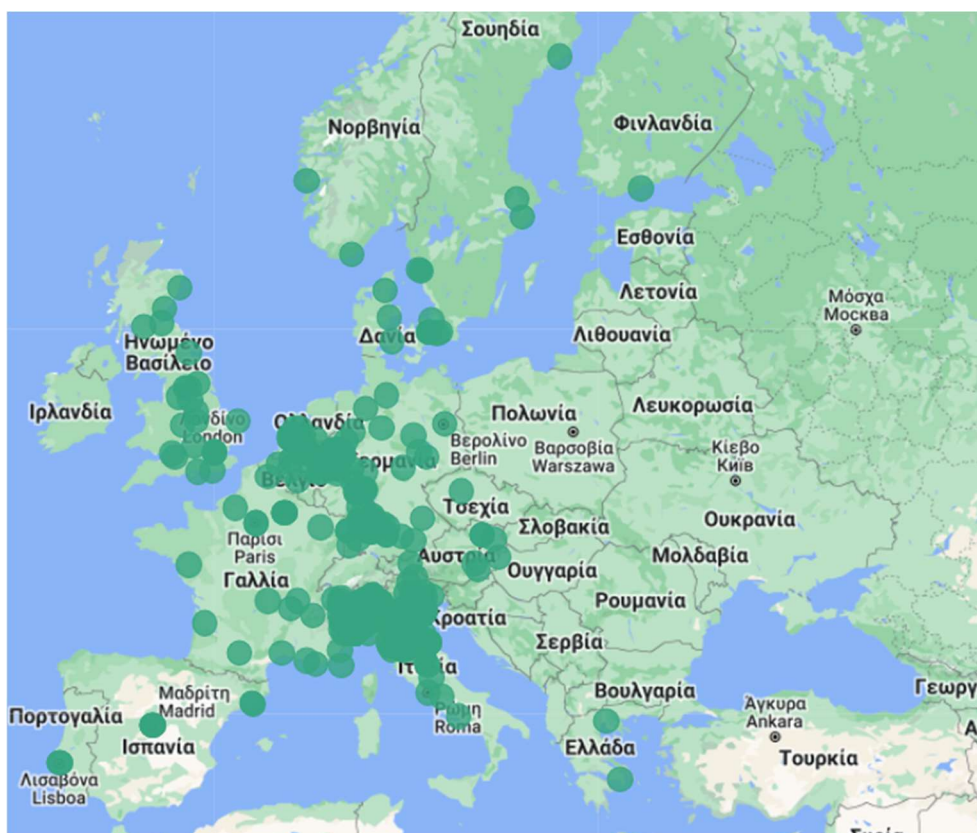
**Σχήμα 2.4:** Συγκέντρωση NO<sub>2</sub> σε µg/m<sup>3</sup> στις χώρες της Ευρώπης το έτος 2018 (πηγή: European Environment Agency)

## **2.2. Ζώνες μειωμένων ρύπων (Low emission zones – LEZ)**

Είναι εμφανές, από τις αναλύσεις που έγιναν στα προηγούμενα εδάφια, ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ακόμα σε επικίνδυνα για τον άνθρωπο επίπεδα και έχει εκτός από ανθρώπινες απώλειες και οικονομικές επιβαρύνσεις στις εθνικές οικονομίες. Η μικρή, αλλά αισθητή, μείωση στους αντίστοιχους δείκτες οφείλεται στις νέες τεχνολογίες που έχουν εφαρμοστεί σε όλους τους τομείς τη καθημερινότητας του ανθρώπου στους αστικούς ιστούς, οι οποίες μειώνουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους σε σημαντικό βαθμό. Ωστόσο, απαιτείται μεγαλύτερη προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση, με νέες καινοτόμες προτάσεις, που θα βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας και θα καταστήσουν πιο βιώσιμα τα αστικά κέντρα. Μία τέτοια πρόταση είναι η ένταξη ζωνών μειωμένων ατμοσφαιρικών ρύπων στις πόλεις.

Ζώνες μειωμένων ατμοσφαιρικών ρύπων (Low emission zones – LEZ) είναι περιοχές όπου η είσοδος των πιο ρυπογόνων οχημάτων είναι ελεγχόμενη. Στις περισσότερες ζώνες που εφαρμόζονται σε Ευρωπαϊκές πόλεις, τα πιο ρυπογόνα οχήματα απαγορεύεται να εισέλθουν, ενώ σε ορισμένες επιτρέπεται υπό όρους. Η εφαρμογή τέτοιων ζωνών είναι το πιο αποτελεσματικό μέτρο που μπορεί να εφαρμόσει μία πόλη, προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα της ατμόσφαιρας.

Η πρώτη περιβαλλοντική ζώνη στην Ευρώπη εφαρμόστηκε στην Στοκχόλμη το 1996, ενώ οι πρώτες ζώνες με τον όρο «low emission zones» εφαρμόστηκαν στη Γερμανία, στη Γαλλία και στην Ιταλία. Πλέον στην Ευρώπη υπάρχουν ζώνες μειωμένων ρύπων σε πάνω από 250 πόλεις, με την Ιταλία, τη Γερμανία και την Ολλανδία να έχουν εφαρμόσει τις περισσότερες από αυτές (Σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5: Ζώνες μειωμένων ρύπων στην Ευρώπη (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

Οι πολιτικές που σχετίζονται με LEZ γενικά έχουν πολύ καλή αποδοχή από τους πολίτες καθώς βελτιώνουν το μικροκλίμα των πόλεων, ενώ παράλληλα παρέχουν στους πολίτες κίνητρα και υποδομές για τη χρήση εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης όπως το ποδήλατο. Συνήθως, εντός των LEZ απαγορεύεται η κυκλοφορία των ρυπογόνων οχημάτων ή σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να κυκλοφορήσουν με κάποιο χρηματικό αντίτιμο. Για αυτό το λόγο η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει κατηγοριοποιήσει τα οχήματα ανάλογα με τους ρύπους που παράγουν και του είδους των καυσίμων που χρησιμοποιούν. Η κατηγοριοποίηση των οχημάτων ξεκινά από τα πιο ρυπογόνα

οχήματα που χαρακτηρίζονται με Euro 1 και φτάνουν στα πιο οικολογικά που χαρακτηρίζονται ως Euro 6 (Πίνακας 2.1). Για την κατηγοριοποίηση των οχημάτων συμπεριλαμβάνονται ρύποι όπως τα οξείδια του νατρίου (NO<sub>x</sub>), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), αερολύματα (PM), υδρογονάνθρακες (THC) και μη μεθανικούς υδρογονάνθρακες (MTHC).

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Ημερομηνία εφαρμογής	1/1/1993	1/1/1997	1/1/2001	1/1/2006	1/1/2011	1/1/2015
Εκπομπές NO <sub>x</sub> βενζινοκίνητων οχημάτων (mg/km)	0	0	150	80	60	60
Εκπομπές NO <sub>x</sub> πετρελαιοκίνητων οχημάτων (mg/km)	0	0	500	250	180	80

**Πίνακας 2.1.:** Κατηγοριοποίηση οχημάτων Euro

Η εφαρμογή των LEZ διαφέρει σημαντικά από πόλη σε πόλη, καθώς δεν υπάρχει ένα ενιαίο κανονιστικό πλαίσιο. Παρά την εφαρμογή των LEZ σε κάποιες πόλεις η γενικότερη εικόνα στην Ευρωπαϊκή ένωση παραμένει προβληματική, αφού το 21-33% του αστικού πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές με αερολύματα μεγέθους 10μm (PM<sub>10</sub>) που είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για την υγεία (Donggyun Ku et al. 2020) και ξεπερνά τα ευρωπαϊκά όρια που έχουν θεσπιστεί. Η μεγαλύτερη πηγή αερολυμάτων παραμένουν τα οχήματα πετρελαιοκίνησης και η χρήση τους θα πρέπει να περιοριστεί περαιτέρω εντός των πόλεων. Επομένως παρά την εφαρμογή των LEZ είναι σημαντική η υιοθέτηση περαιτέρω μέτρων και ο περιορισμός των ρυπογόνων οχημάτων.

### **2.3. Σχεδιασμός LEZ**

Ο σχεδιασμός των LEZ είναι ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει την απόδοση τους στη μείωση των ρύπων και στη βελτίωση της ατμόσφαιρας της πόλης. Γενικά οι LEZ και τα μέτρα που περιλαμβάνουν στοχεύουν στην μείωση των ρύπων που προέρχονται από την κυκλοφορία οχημάτων. Η επιτυχία μιας LEZ όπως έχουν αναγνωρίσει οι έρευνες είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη ποιότητα και το είδος του στόλου οχημάτων που διαθέτουν οι πολίτες. Οι βασικοί παράμετροι που πρέπει να συμπεριλαμβάνει ο σχεδιασμός των LEZ είναι οι εξής:

- **Περιοχή κάλυψής:** Το μέγεθος και η περιοχή που εντάσσεται στη LEZ είναι πολύ βασικοί παράμετροι του σχεδιασμού, καθώς καθορίζει ποιοι πολίτες θα επηρεαστούν και ποιο είναι το τμήμα της που έχει ανάγκη από μείωση ρύπων.
- **Αυστηρότητα μέτρων:** Η μείωση των ρύπων εξαρτάται από την αυστηρότητα των περιβαλλοντικών μέτρων, όσο ποιο αυστηροί περιορισμοί υιοθετούνται τόσο περισσότερο βελτιώνεται η ατμόσφαιρα τις πόλης.



- **Εφαρμογή μέτρων:** Η παρακολούθηση και τα πρόστιμα που επιβάλλονται στους πολίτες που δεν συμμορφώνονται στους περιορισμούς των LEZ είναι απαραίτητη για την υλοποίηση του σχεδιασμού.
- **Αναγνώριση εξαιρέσεων:** Η προσεκτική αναγνώριση και του πλαισίου που μπορούν να εξαιρεθούν πολίτες από τους περιορισμούς είναι σημαντικός ώστε να μην δίνονται σε αυτούς που δεν τις δικαιούνται πραγματικά.
- **Σαφήνεια μέτρων:** Τα μέτρα και οι περιορισμοί που περιλαμβάνουν οι LEZ πρέπει να είναι ξεκάθαρα και εύκολα αναγνωρίσιμα από τους εμπλεκόμενους. Με αυτό τον τρόπο γίνεται ευκολότερη η υιοθέτηση και η εφαρμογή των μέτρων από τους πολίτες.

Ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι οι πολίτες εκτίθενται με άνισο τρόπο στη ρύπανση ανάλογα με το οικονομικό επίπεδο της περιοχής κατοικίας τους. Οι κάτοικοι των οικονομικά ασθενέστερων περιοχών εκτίθενται σε πολλαπλάσια συγκέντρωση ρύπων σε σχέση με τους κατοίκους των πλουσιότερων περιοχών, ενώ παράλληλα λόγω της δυσμενούς οικονομικής κατάστασης του επιβαρύνουν λιγότερο το αστικό κλίμα αφού πολλές φορές δεν διαθέτουν ιδιωτικά αυτοκίνητα. Πρόσφατη μελέτη στο Ηνωμένο Βασίλειο παρουσιάζει ότι οι οικονομικά ασθενέστεροι κάτοικοι εκτίθενται σε μεγαλύτερα ποσά ρύπων NO<sub>2</sub> της τάξης του 50% (Joanna H.Barnes. et al. 2019). Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι ενώ η εφαρμογή LEZ μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της αστικής ατμόσφαιρας των περιοχών αυτών, είναι δύσκολη η εφαρμογή των μέτρων που απαιτούν οι LEZ από τους οικονομικά ασθενέστερους πολίτες, όπως για παράδειγμα η αγορά ηλεκτρικών ή αυτοκινήτων νέας γενιάς.

Επομένως ο σχεδιασμός των LEZ είναι σημαντικό να περιλαμβάνει και ζητήματα κοινωνικής ισότητας, ώστε να βελτιώνουν το περιβάλλον των επιβαρυνμένων περιοχών με μέτρα και υποδομές που να ανταπεξέρχονται στις κοινωνικές και οικονομικές δυνατότητες της περιοχής. Τα σημαντικότερα από αυτά τα μέτρα είναι τα εξής:

- **Παροχή κινήτρων για χρήση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς:** Η προώθηση μέτρων για τη χρήση μέσων μεταφοράς χαμηλών εκπομπών, όπως το ποδήλατο ή τα μέσα σταθερής τροχιάς, είναι πολύ σημαντικά για την μείωση των ρύπων, της ηχορύπανσης και των ατυχημάτων. Στην Ευρώπη υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης σε αυτό το τομέα καθώς το 75% των μετακινήσεων είναι μικρότερες των 10km (Bleijenberg, Arie, New Mobility – Beyond the car era, 2018 ). Παράλληλα, για τη βελτίωση της απόδοσης των LEZ είναι πολύ σημαντική η μετάβαση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και των επαγγελματικών οχημάτων, που διανύουν πολλά χιλιόμετρα κάθε μέρα, από την χρήση ορυκτών καυσίμων σε πράσινες τεχνολογίες, όπως την ηλεκτροκίνηση και την κίνηση με υδρογόνο.
- **Μέτρα στήριξης σε μικρές επιχειρήσεις:** Η παροχή στήριξης σε μικροεπιχειρηματίες είναι ιδιαίτερα σημαντική ώστε να μειώσουν την παραγωγή ρύπων. Υπάρχουν πολλά οχήματα μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων που διανύουν πολλά χιλιόμετρα και επιβαρύνουν τη ποιότητα της ατμόσφαιρας της πόλης με ρύπους. Πολλοί από αυτούς τους μικροεπιχειρηματίες δεν έχουν

την οικονομική δυνατότητα να επενδύσουν σε οχήματα χαμηλών ρύπων επομένως η στήριξη σε αυτές της περιπτώσεις είναι πολύ σημαντική.

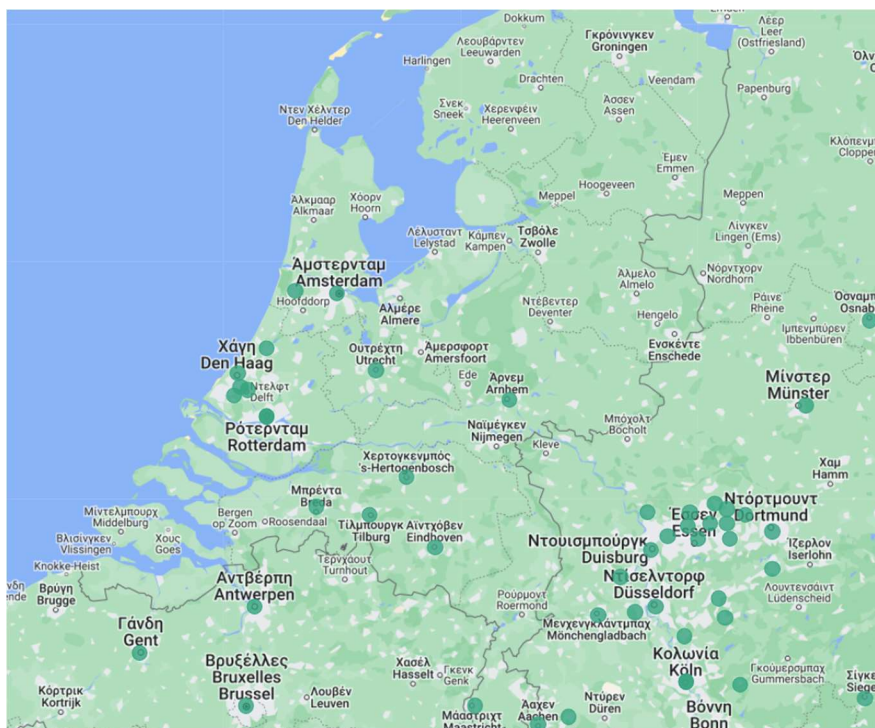
- **Μέτρα στήριξης σε οικονομικά ασθενέστερα νοικοκυριά:** Πέρα από την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων για την μαζική μεταφορά πολιτών είναι σημαντικό να διαθέτουν και οι ίδιοι οι πολίτες οχήματα χαμηλών ρύπων. Υπάρχουν όμως πολίτες που χρειάζονται απαραίτητα οχήματα για την μετακίνηση τους καθώς τα MMM δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους και δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να αποκτήσουν νέα οχήματα χαμηλών ρύπων.
- **Ιδιαίτερη μέριμνα για τους πολίτες που κατοικούν εντός LEZ:** Για να μπορέσουν οι πολίτες που κατοικούν εντός LEZ να ανταπεξέλθουν στα περιβαλλοντικά μέτρα θα πρέπει να έχουν ιδιαίτερα προνόμια, όπως εκπτώσεις στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων.

#### 2.4. LEZ στην Ευρώπη

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, στην Ευρώπη αυτή τη στιγμή έχουν εφαρμοστεί ζώνες μειωμένων ρύπων σε πάνω από 250 πόλεις, με τις εκάστοτε χώρες να σχεδιάζουν περαιτέρω εφαρμογή του μέτρου και σε άλλες περιοχές.

##### Ολλανδία

Η Ολλανδία έχει ένα εθνικό πλαίσιο για τις ζώνες μειωμένων ρύπων το οποίο ονομάζεται “milieuzone”. Στις LEZ περιορίζονται τα πετρελαιοκίνητα οχήματα, ενώ τα οχήματα με οποιαδήποτε άλλο καύσιμο επιτρέπεται πάντα να εισέρχονται σε αυτές.

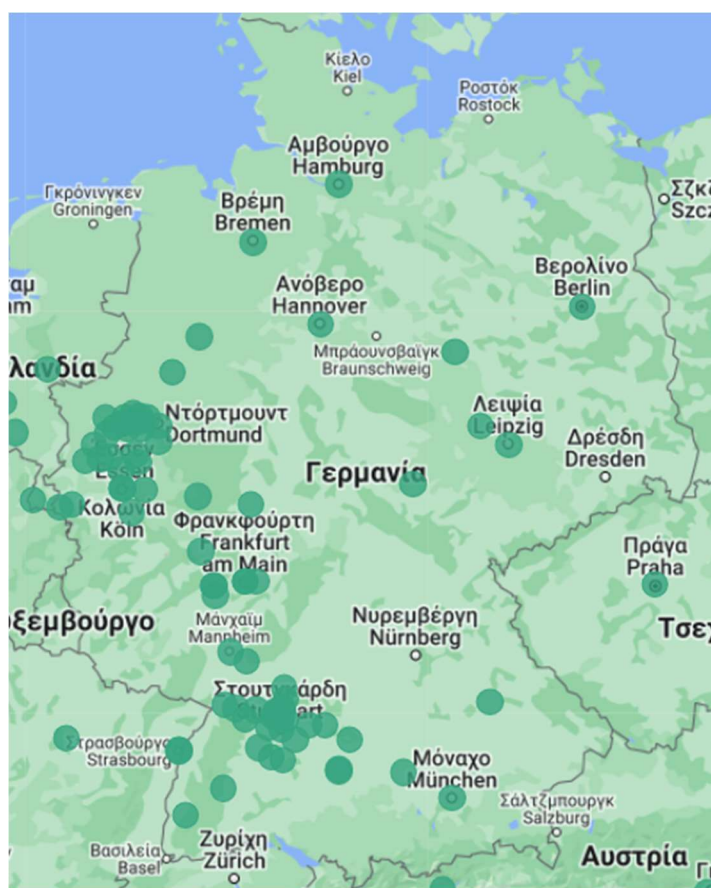


Σχήμα 2.5: Ζώνες μειωμένων ρύπων στην Ολλανδία (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

Η πρόσβαση των οχημάτων στις ζώνες γίνεται σύμφωνα με τα πρότυπα Euro. Όσο αφορά τα επιβατικά και τα μικρά εμπορευματικά οχήματα οι ζώνες χωρίζονται σε δύο τύπους, “κίτρινες” και “πράσινες”. Στις “κίτρινες ζώνες” επιτρέπεται να εισέρχονται οχήματα κατηγορίας Euro 3 και πάνω, οι οποίες δεν συναντώνται πλέον στην Ολλανδία. Στις “πράσινες” ζώνες επιτρέπεται να εισέρχονται οχήματα κατηγορίας Euro 4 και πάνω. Αντίστοιχα, σε αρκετές πόλεις της Ολλανδίας εφαρμόζεται “πράσινες” ζώνες για βαρέα οχήματα, στις οποίες επιτρέπεται να εισέρχονται οχήματα κατηγορίας Euro 4 και πάνω.

### Γερμανία

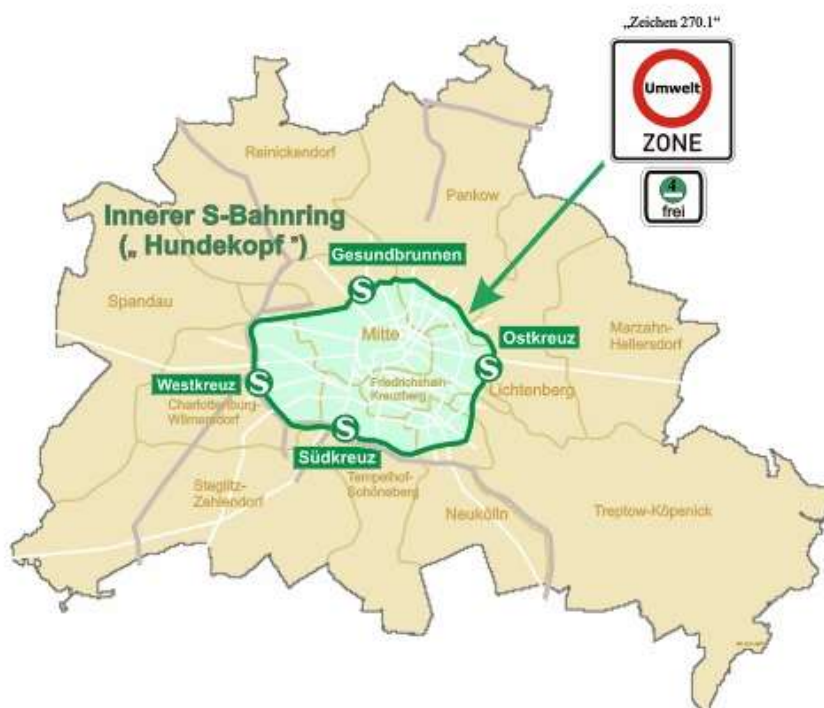
Στη Γερμανία υπάρχει εθνικό πλαίσιο για τις ζώνες μειωμένων ρύπων και επηρεάζουν όλα τα οχήματα με κινητήρα, εκτός από τις μοτοσυκλέτες. Ορισμένες πόλεις, όπως το Βερολίνο και το Αμβούργο, έχουν εφαρμόσει ζωνική απαγόρευση κυκλοφορίας, όπου επιτρέπονται μόνο οχήματα κατηγορίας Euro 6.



Σχήμα 2.6: Ζώνες μειωμένων ρύπων στη Γερμανία (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

Στο Βερολίνο, για παράδειγμα, τον Ιανουάριο του 2010 εφαρμόστηκε ζώνη μειωμένων ρύπων, όπου επιτρεπόταν η είσοδος σε βενζινοκίνητα οχήματα κατηγορίας Euro 1 και πάνω και σε πετρελαιοκίνητα κατηγορίας Euro 4 και πάνω. Πλέον, από τον Ιούλιο του 2019 εφαρμόστηκε μία μικρότερη σε έκταση ζώνη από την αρχική, αλλά πιο αυστηρή.

Στη δεύτερη ζώνη επιτρέπονται μόνο οχήματα κατηγορίας Euro 6. Όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, η λήψη αυτού του μέτρου βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα της ατμοσφαιράς στην πόλη του Βερολίνου.



**Σχήμα 2.7:** Οι 2 ζώνες μειωμένων ρύπων στην πόλη του Βερολίνου στη Γερμανία (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

### Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Ηνωμένο Βασίλειο οι ζώνες μειωμένων ρύπων είναι γνωστές ως Clean Air Zones και ήδη εφαρμόζονται σε αρκετές πόλεις, με τη μεγαλύτερη να βρίσκεται στο Λονδίνο. Οι ζώνες κατηγοριοποιούνται σε 4 κατηγορίες από Α έως D, με την κάθε κατηγορία να περιλαμβάνει διαφορετικούς συνδυασμούς τύπων οχημάτων (Πίνακας 2.2.).

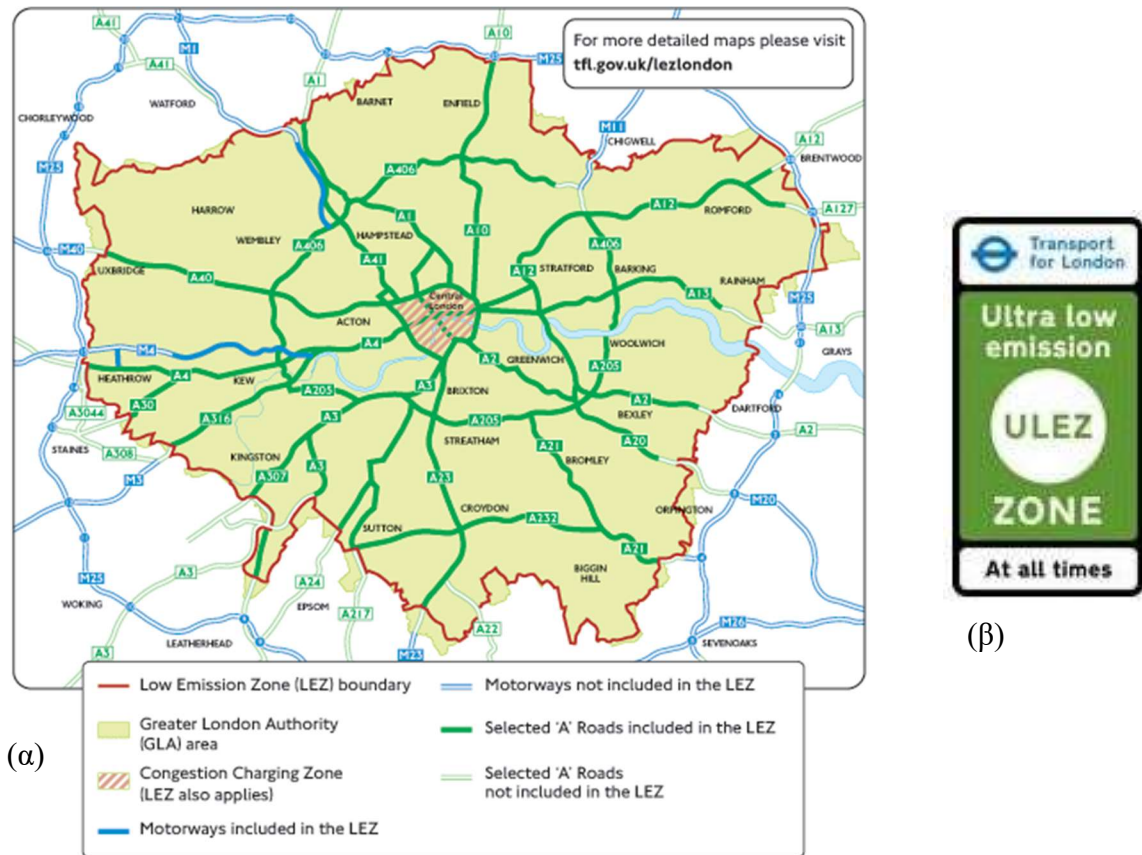
Κατηγορία	Τύπος οχήματος
A	Λεωφορεία, πούλμαν, ταξί, ενοικιαζόμενα ιδιωτικά οχήματα
B	Λεωφορεία, πούλμαν, ταξί, ενοικιαζόμενα ιδιωτικά οχήματα, μεγάλα φορτηγά
C	Λεωφορεία, πούλμαν, ταξί, ενοικιαζόμενα ιδιωτικά οχήματα, μεγάλα φορτηγά, βαν, μικρά λεωφορεία
D	Λεωφορεία, πούλμαν, ταξί, ενοικιαζόμενα ιδιωτικά οχήματα, μεγάλα φορτηγά, βαν, μικρά λεωφορεία, αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες (προαιρετικά)

**Πίνακας 2.2:** Κατηγορίες A, B, C και D των Clean Air Zones (πηγή: gov.uk)



**Σχήμα 2.6:** Ζώνες μειωμένων ρύπων στο Ηνωμένο Βασίλειο (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

Συγκεκριμένα, στην πόλη του Λονδίνου έχει εφαρμοστεί ζώνη μειωμένων ρύπων από τον Μάρτιο του 2021, η οποία απαγορεύει την είσοδο σε μικρά λεωφορεία μικρότερα από την κατηγορία Euro 3 και σε λεωφορεία έως 5 t και βαρέα οχήματα έως 3.5 t μικρότερα από την κατηγορία Euro 6 (Σχήμα 2.7 (α)). Εντός της ζώνης και με αρκετά μικρότερη έκταση, έχει εφαρμοστεί μία αυστηρότερη μορφή ζώνης μειωμένων ρύπων, η ULEZ (Ultra Low emission zone), η οποία λειτουργεί στην τελική της μορφή από τον Οκτώβριο του 2021. Στην ULEZ επιτρέπεται μόνο η είσοδος δίκυκλων και τρίκυκλων κατηγορίας Euro 3 και άνω, βενζινοκίνητων αυτοκινήτων κατηγορίας Euro 4 και άνω, πετρελαιοκίνητων οχημάτων κατηγορίας Euro 6 και μικρών λεωφορείων κατηγορίας Euro 6 (πετρέλαιο), Euro 4 και άνω. Τέλος, όλες τις ημέρες του χρόνου εκτός από τις επίσημες αργίες, εφαρμόζεται και μία ζώνη ελέγχου της κυκλοφορίας (CS- Congestion Charge), η οποία προϋποθέτει για την είσοδο σε αυτή ημερήσια χρέωση £15.



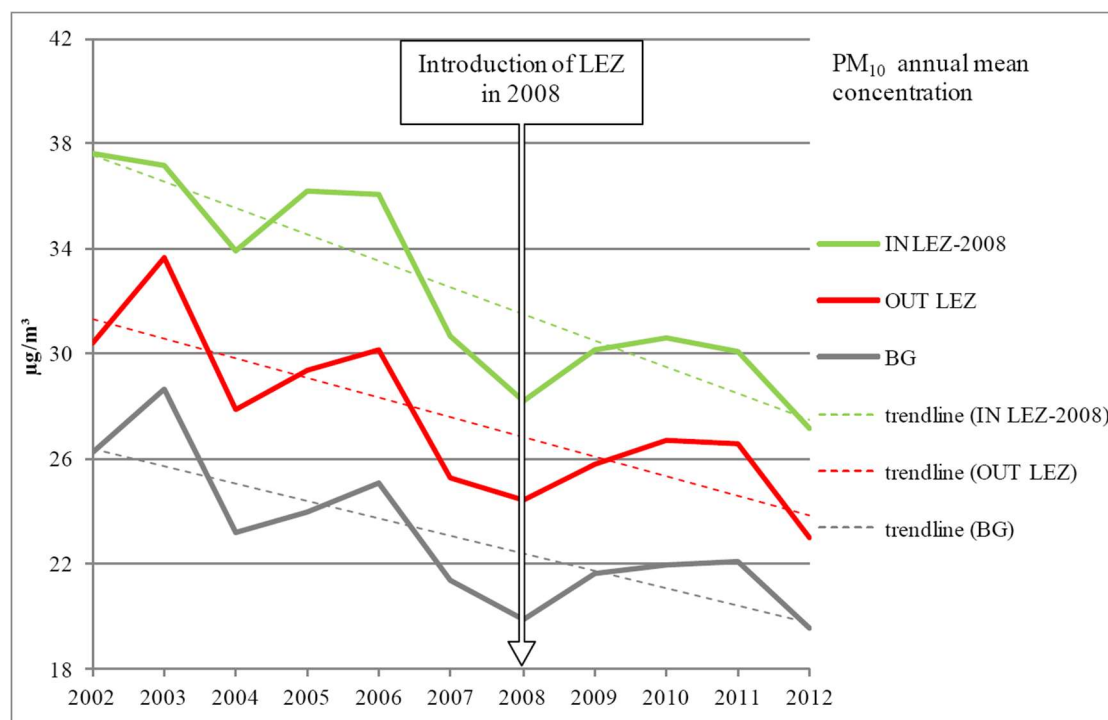
Σχήμα 2.7: (α) Ζώνη μειωμένων ρύπων στο Λονδίνο (β) Πινακίδα σήμανσης εισόδου στην ULEZ του Λονδίνου (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu)

## 2.5. Επίδραση των LEZ στη μείωση ρύπων και τη δημόσια υγεία

Η επίδραση της μόλυνσης του αέρα στην δημόσια υγεία έχει διερευνηθεί συστηματικά τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς υπάρχουν αρκετές σχετικές δημοσιεύσεις. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς μπορούν να μειώσουν το προσδόκιμο ζωής έως και ένα έτος κυρίως λόγω ανάπτυξης καρκίνου και καρδιαγγειακών νοσημάτων. Το οικονομικό κόστος από την επίπτωση της μόλυνσης του αέρα εξ' αιτίας του τομέα των μετακινήσεων φτάνει τα 67 με 80 δισεκατομμύρια ευρώ σύμφωνα με τον European Public Health Alliance, με το 75% του κόστους να οφείλεται στα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Στην μείωση των αστικών αέριων ρύπων επιδρούν θετικά οι LEZ, όταν εφαρμόζονται σωστά.

Έρευνα, που δημοσιεύθηκε το 2016, παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ζωνών μειωμένων ρύπων σε πόλεις της Γερμανίας. Με σκοπό να ερευνηθεί η αποτελεσματικότητα των LEZ, έγινε ανάλυση μετρήσεων των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) που προέκυψαν από ερευνητικούς σταθμούς στις διάφορες πόλεις της Γερμανίας από το έτος 2002 έως το 2012 (Wei Jiang et al, 2016).

Συγκεκριμένα ελέγχθηκαν τα αποτελέσματα από 3 διαφορετικές ομάδες σταθμών μέτρησης. Η πρώτη ομάδα αφορούσε σταθμούς μέτρησης μέσα σε αστικά κέντρα με αυξημένη κυκλοφορία, σε περιοχές στις οποίες εφαρμόστηκε ζώνη μειωμένων ρύπων το 2008. Η δεύτερη ομάδα αφορούσε σταθμούς μέτρησης μέσα σε αστικά κέντρα με αυξημένη κυκλοφορία, σε περιοχές που δεν έχει εφαρμοστεί κάποιο περιβαλλοντικό μέτρο. Τέλος, η τρίτη ομάδα αφορούσε σταθμούς σε αστικά κέντρα μακριά από σημεία με αυξημένη κίνηση.



**Σχήμα 2.8:** Μέση ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> από το 2002 έως το 2012 (πηγή: Impacts of low emission zones in Germany on air pollution levels, Wei Jiang et al, 2016)

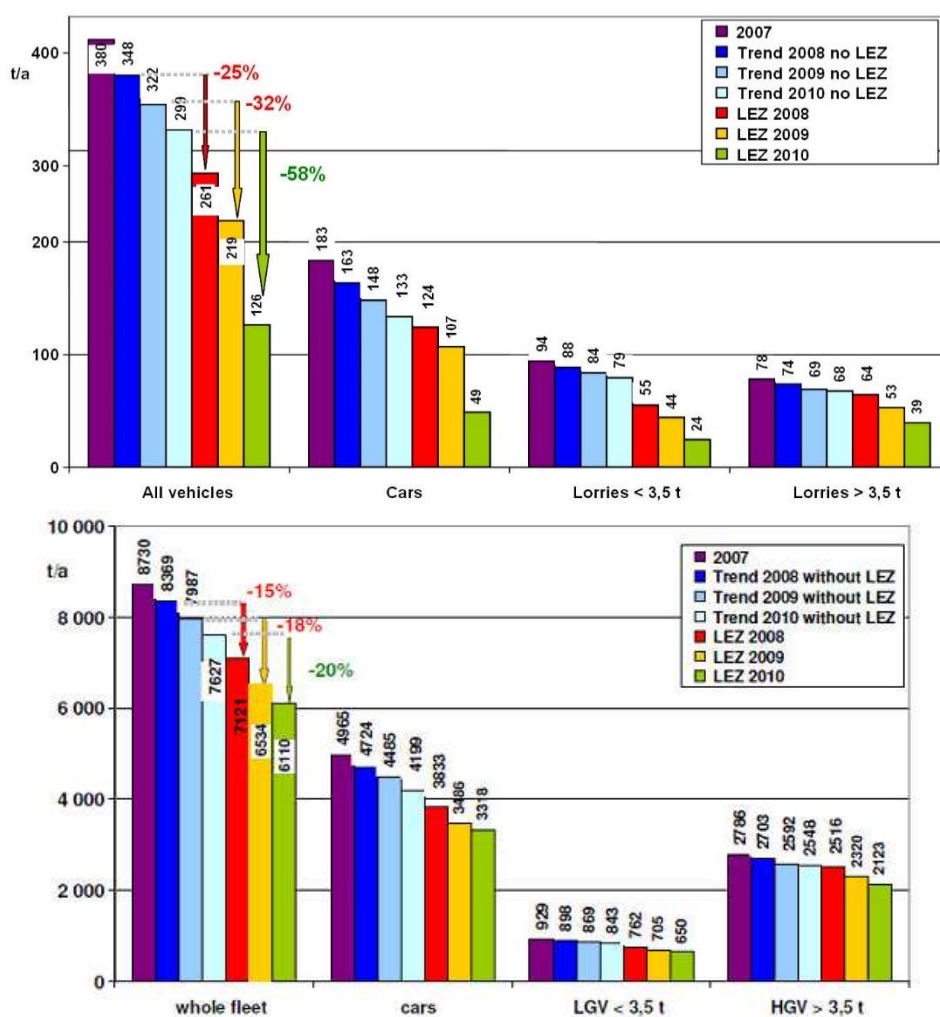
PM <sub>10</sub>	Μ.Ο. πριν την ένταξη (µg/m <sup>3</sup> )	Μ.Ο. μετά την ένταξη (µg/m <sup>3</sup> )	Μείωση (µg/m <sup>3</sup> )	Μείωση (%)
Ομάδα 1	35.26	29.24	6.03	17.1%
Ομάδα 2	29.47	25.29	4.18	14.2%
Ομάδα 3	24.75	21.01	3.74	15.1%

**Πίνακας 2.3:** Μέση ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> πριν και μετά την ένταξη LEZ (πηγή: Impacts of low emission zones in Germany on air pollution levels, Wei Jiang et al, 2016)

Η ανάλυση έδειξε ότι η συγκέντρωση PM<sub>10</sub> μειώθηκε και στις τρεις ομάδες σταθμών, με την πορεία μείωσης να είναι σχεδόν παράλληλη και στους τρεις σταθμούς, γεγονός που δείχνει ότι οι συγκεντρώσεις επηρεάζονται από τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.3, η μείωση της συγκέντρωσης PM<sub>10</sub>,

μετά την ένταξη LEZ, στην ομάδα 1 ήταν περίπου 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  και στις άλλες 2 ομάδες κοντά στο 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Επομένως, παρατηρείται ότι η ένταξη LEZ στην περιοχή που εξετάστηκε, λειτούργησε θετικά μειώνοντας περαιτέρω 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  τη συγκέντρωση PM10.

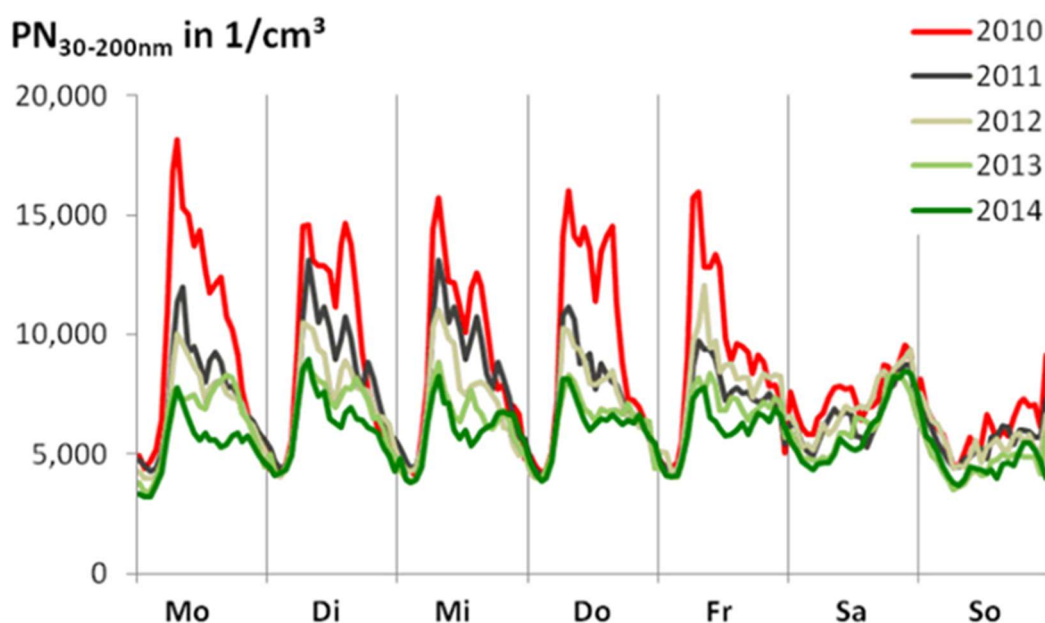
Στο Βερολίνο τα μέτρα των LEZ που εφαρμόζονται στην πόλη έχουν μειώσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις των αερολυμάτων και των ρύπων σε σχέση με τα σενάρια της μη εφαρμογής των LEZ, ενώ παράλληλα η εφαρμογή αυστηρότερων περιβαλλοντικών μέτρων εντός των LEZ φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Στο Σχήμα 2.9, φαίνεται αντίστοιχα η μείωση των αέριων ρύπων ανά κατηγορία οχημάτων αερολυμάτων που παράγονται από τη καύση του πετρελαίου και από οξείδια του νατρίου σε σχέση με την τάση συγκέντρωσης των ρύπων χωρίς την εφαρμογή LEZ για τα έτη 2008, 2009 και 2010.



**Σχήμα 2.9:** Μείωση των αέριων ρύπων στο Βερολίνο που οφείλεται σε LEZ ανά κατηγορία οχημάτων αερολυμάτων που παράγονται από τη καύση του πετρελαίου (πάνω) και από οξείδια του νατρίου (κάτω) σε σχέση με την τάση συγκέντρωσης των ρύπων χωρίς την εφαρμογή LEZ για τα έτη 2008, 2009 και 2010 (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu).



Παρόμοια στοιχεία υπάρχουν για την επίδραση των LEZ και στη πόλη της Λειψίας στη Γερμανία. Η LEZ στη πόλη εφαρμόστηκε το 2011 με στόχο τη ανανέωση του στόλου οχημάτων. Η Λειψία είναι η μοναδική πόλη στη περιοχή της Σαξονίας που εφαρμόζονται LEZ ενώ παράλληλα διαθέτει τον πιο ανανεωμένο στόλο οχημάτων της περιοχής. Στο σχήμα 2.10, φαίνεται η εβδομαδιαία διακύμανση της συγκέντρωσης αερολυμάτων από 30 έως 200 nm (PM<sub>30-200nm</sub>) από το 2010, πριν την εφαρμογή LEZ έως το 2014. Η συγκέντρωση των επιβλαβών αερολυμάτων μειώθηκε κατά 47% με 56% κατά τη διάρκεια της τετραετίας.



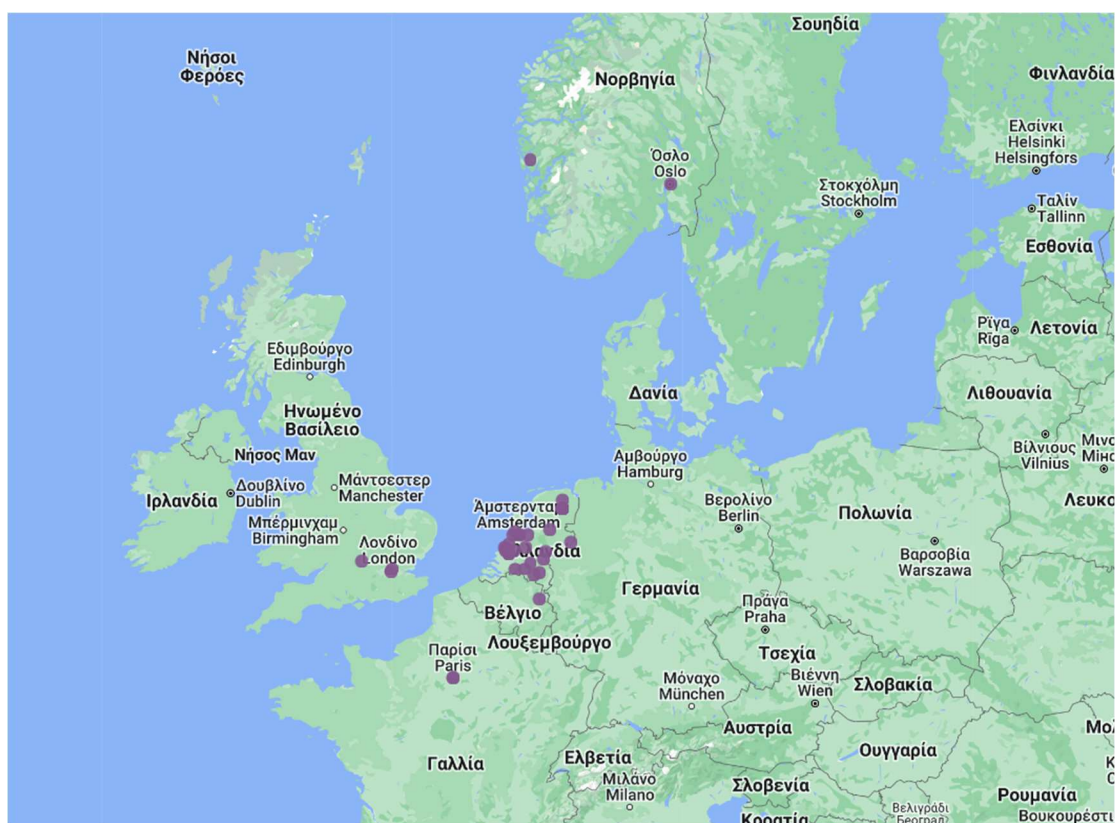
**Σχήμα 2.10:** Εβδομαδιαία διακύμανση της συγκέντρωσης αερολυμάτων από 30 έως 200 nm (PM<sub>30-200nm</sub>) από το 2010, πριν την εφαρμογή LEZ έως το 2014 στη πόλη της Λειψίας της Γερμανίας (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu).

## **2.6. Ζώνες μηδενικών ρύπων (Zero emission zones – ZEZ)**

Στις προηγούμενες παραγράφους, αναδείχθηκε η θετική επίδραση που έχει η εφαρμογή σωστά σχεδιασμένων LEZ στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της πόλης. Παράλληλα, ενώ οι περιορισμοί βελτιώνουν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας δεν είναι ικανοί να πετύχουν τα όρια που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτό το πρόβλημα έχει αναγνωριστεί από το Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο που αναγνώρισε ότι η υγεία των ευρωπαίων πολιτών δεν προστατεύεται αρκετά καθώς οι στόχοι της EU δεν έχουν επιτευχθεί σε αυτό τον τομέα. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση με το Green Deal έχει θέσει νέους φιλόδοξους περιβαλλοντικούς στόχους που πρέπει να επιτευχθούν τις επόμενες δεκαετίες.

Το επόμενο βήμα στο σχεδιασμό των LEZ είναι η αντικατάστασή τους από ζώνες μηδενικών ρύπων (Zero emission zones - ZEZ), ή η ένταξη των ZEZ σε ήδη

υπάρχουσες LEZ. Οι κύριοι λόγοι εφαρμογής ζωνών μηδενικών ρύπων είναι η αισθητή μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου τόσο στις περιοχές εντός της ζώνης, όσο και σε αυτές πέριξ της ζώνης. Δύο είναι τρόποι εφαρμογής αυτού του μέτρου, είτε απαγορεύοντας τελείως την κυκλοφορία οχημάτων εντός της ζώνης, είτε απαγορεύοντας την κυκλοφορία οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, βενζίνη, αέριο). Στις περισσότερες ζώνες στην Ευρώπη, συνήθως, εφαρμόζεται μία σύνθεση και των δύο τύπων, με την παράλληλη μείωση της κυκλοφορίας και τη χρήση μόνο ηλεκτροκίνητων οχημάτων ή οχημάτων κυψελών καυσίμου (κινούμενα με υδρογόνο). Επίσης, παρατηρείται και η εφαρμογή ζωνών, στις οποίες επιτρέπεται μόνο η κυκλοφορία φορτηγών οχημάτων και της δημόσιας συγκοινωνίας, χρησιμοποιώντας μόνο “πράσινες” τεχνολογίες κίνησης. Σε τέτοιες ζώνες αναπτύσσονται αρκετά πάρκα αναψυχής και ενθαρρύνεται η κίνηση με ποδήλατο, πεζοί και η χρήση τραμ, μετρό ή “πράσινων” λεωφορείων. Προφανώς, ένα τέτοιο μέτρο για να έχει σωστή εφαρμογή, είναι αναγκαίο η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από “πράσινες” τεχνολογίες, όπως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



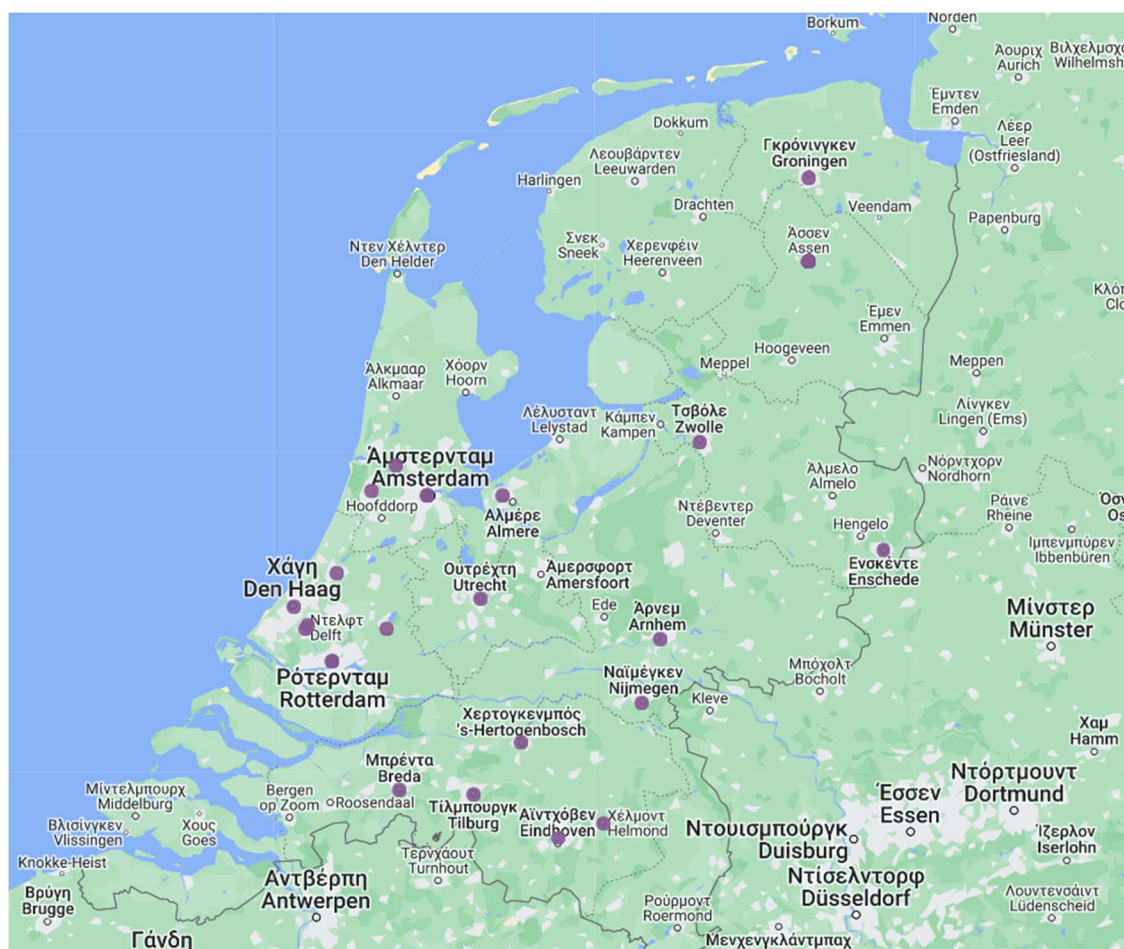
**Σχήμα 2.11:** Ζώνες μηδενικών ρύπων στην Ευρώπη (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu).

Στην Ευρώπη, ήδη, αρκετές χώρες έχουν υλοποιήσει σχέδια με σκοπό να τεθούν σε εφαρμογή ζώνες μηδενικών ρύπων σε ορισμένες πόλεις τους. Η Ολλανδία ηγείται

αυτής προσπάθειας, έχοντας προγραμματίσει πάνω από 20 ZEZ σε όλη τη χώρα, με τις Ηνωμένο Βασίλειο, Βέλγιο, Γαλλία και Νορβηγία να ολοκληρώνουν τη λίστα με τις χώρες που έχουν εφαρμόσει αντίστοιχα μέτρα (Σχήμα 2.11).

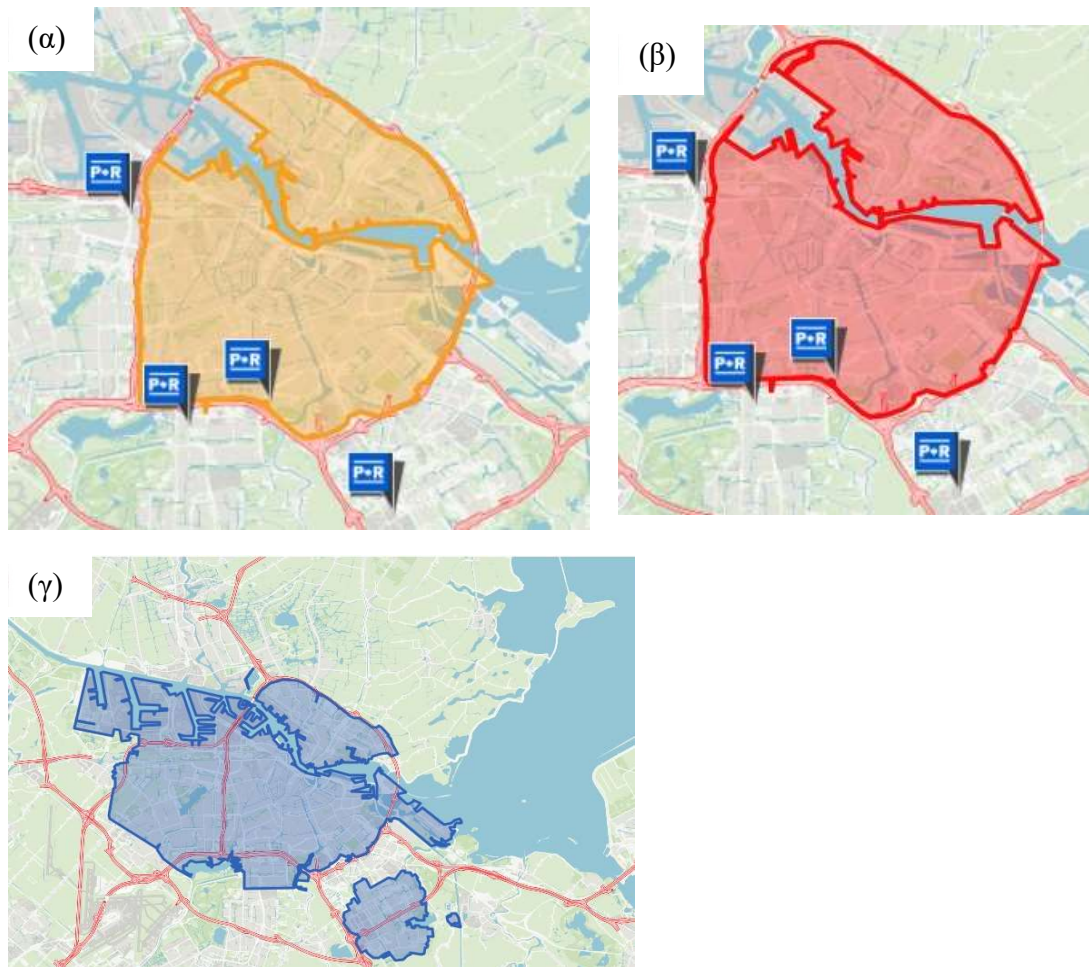
### Ολλανδία

Η Ολλανδία έχει θέσει στόχο ένταξης ZEZ σε αρκετές πόλεις της επικράτειας της από το 2025 και έπειτα, στις περισσότερες από τις οποίες έχουν ήδη εφαρμοστεί LEZ (Σχήμα 2.12). Οι περισσότερες από τις ZEZ που έχουν σχεδιαστεί, προβλέπουν απαγόρευση κυκλοφορίας στα εμπορευματικά οχήματα, τα οποία δεν χρησιμοποιούν “πράσινες” τεχνολογίες κίνησης.



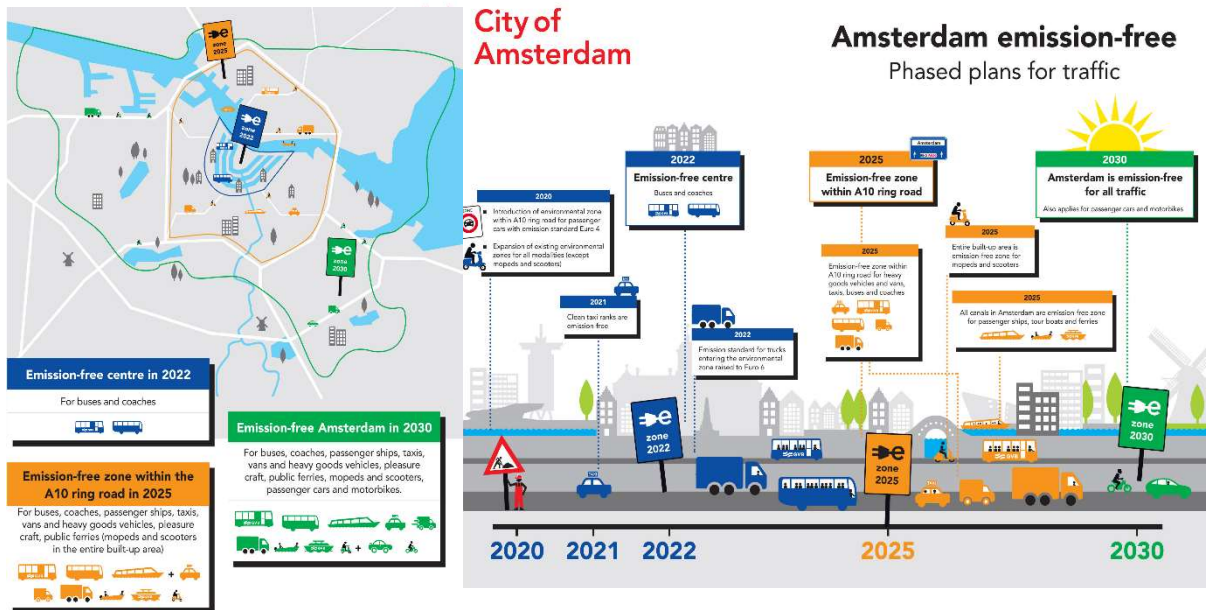
Σχήμα 2.12: Ζώνες μηδενικών ρύπων στην Ολλανδία (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu).

Στην πόλη του Άμστερνταμ, έχουν εφαρμοστεί ζώνες μειωμένων ρύπων σε μεγάλη έκταση της πόλης, για διάφορους τύπους οχημάτων (Σχήμα 2.13). Συγκεκριμένα, από 1 Ιανουαρίου του 2022, η ελάχιστη απαίτηση για κυκλοφορία σε αυτές τις ζώνες είναι κατηγορία Euro 4 για πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα και εμπορευματικά οχήματα και Euro 6 για λεωφορεία, πούλμαν και μεγάλα φορτηγά.



**Σχήμα 2.13:** Ζώνες μειωμένων ρύπων στο Άμστερνταμ α) για αυτοκίνητα, β) για εμπορευματικά οχήματα, λεωφορεία και ταξί και γ) για μηχανές (πηγή: City of Amsterdam, amsterdam.nl).

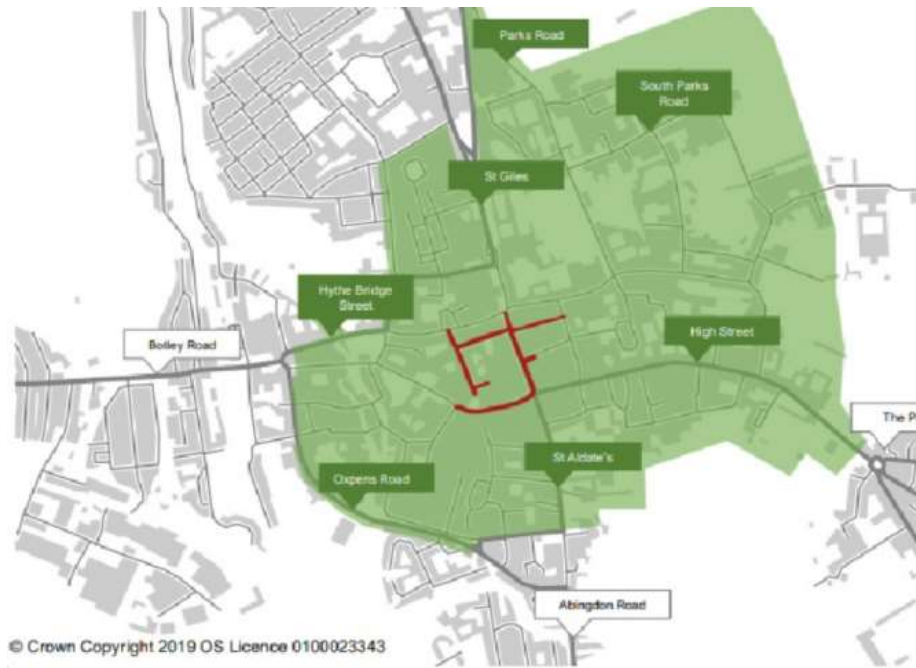
Στοχεύοντας στην περαιτέρω βελτίωση της ατμόσφαιρας στο Άμστερνταμ, η πολιτεία υιοθέτησε ένα φιλόδοξο μοντέλο, απαγορεύοντας σταδιακά την κυκλοφορία ρυπογόνων οχημάτων στους κεντρικούς δρόμους της πόλης. Ειδικότερα, έχει τεθεί στόχος συμμόρφωσης με τα πρότυπα του Π.Ο.Υ. για τα σωματίδια  $PM_{2.5}$  έως το 2030, εκτιμώντας αύξηση της μέσης εκτιμωμένης ηλικίας κατά 3 μήνες στους κατοίκους της περιοχής. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.14, θέτοντας ως πρώτο στόχο τη ΖΕΖ για λεωφορεία στο κέντρο της πόλης το 2022, η μελέτη ολοκληρώνεται με την εφαρμογή ΖΕΖ στο μεγαλύτερο μέρος της πόλης έως το 2030, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα είδη οχημάτων στους περιορισμούς. Η μελέτη θέτει ως παράλληλο στόχο την ανάπτυξη πλήθους σταθμών και σημείων φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Για την επιτυχημένη ολοκλήρωση του έργου, προβλέπεται η ενημέρωση των πολιτών σε σχέση με την ποιότητα του αέρα και τις “πράσινες” τεχνολογίες κίνησης και η κατάλληλη νομοθεσία για την υποστήριξη των περιβαλλοντικών ζωνών.



Σχήμα 2.14: Σχέδιο εφαρμογής ZEZ στο Άμστερνταμ (πηγή: Clean air action plan, City of Amsterdam).

### Ηνωμένο Βασίλειο

Παρόμοιος σχεδιασμός έχει γίνει και στην Οξφόρδη της Αγγλίας που αναμένεται να εφαρμοστεί ZEZ το 2022 εντός της ήδη υπάρχουσας LEZ. Στο σχήμα 2.15, παρουσιάζεται η έκταση της περιοχής που θα καλύπτει η ZEZ, η οποία έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται σταδιακά από το καλοκαίρι του 2021, ξεκινώντας από τη γειτονιά που περιβάλλουν του δρόμους που έχουν σημειωθεί με κόκκινο χρώμα.



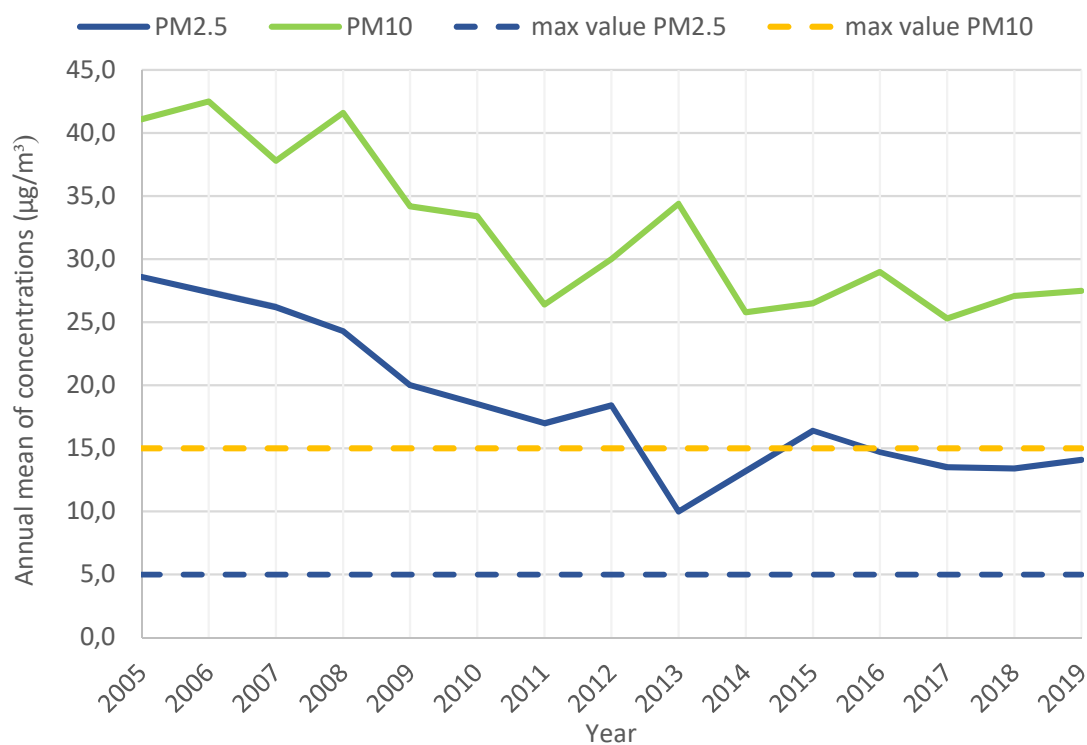
Σχήμα 2.15: Έκταση της περιοχής που θα καλύπτει η ZEZ στη πόλη της Οξφόρδης το 2022, η οποία θα ξεκινήσει να εφαρμόζεται σταδιακά από το καλοκαίρι του 2021 ξεκινώντας από τη γειτονιά που περιβάλλουν του δρόμους που έχουν σημειωθεί με κόκκινο χρώμα (πηγή: Urban Access Regulations in Europe, urbanaccessregulations.eu).



### 3. Περιβαλλοντικές ζώνες στην Ελλάδα

#### 3.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα αστικά κέντρα της Ευρώπης παρουσιάζουν σημαντικές συγκεντρώσεις, μεγαλύτερες από τα πρότυπα που έχει υποδείξει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, η Ελλάδα δεν αποτελεί εξαίρεση των υπόλοιπων Ευρωπαϊκών πόλεων. Συγκεκριμένα, το έτος 2019 η μέση συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> ήταν 27.5 και 14.1 μg/m<sup>3</sup>, αντίστοιχα, αρκετά υψηλότερες από τα όρια που έχει θέσει ο Π.Ο.Υ. για τους συγκεκριμένους δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρόλη τη σημαντική μείωση από τα επίπεδα του 2005, κυρίως λόγω των εξελιγμένων τεχνολογιών κίνησης, χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια για να καταστούν βιώσιμα τα αστικά κέντρα της Ελλάδας.



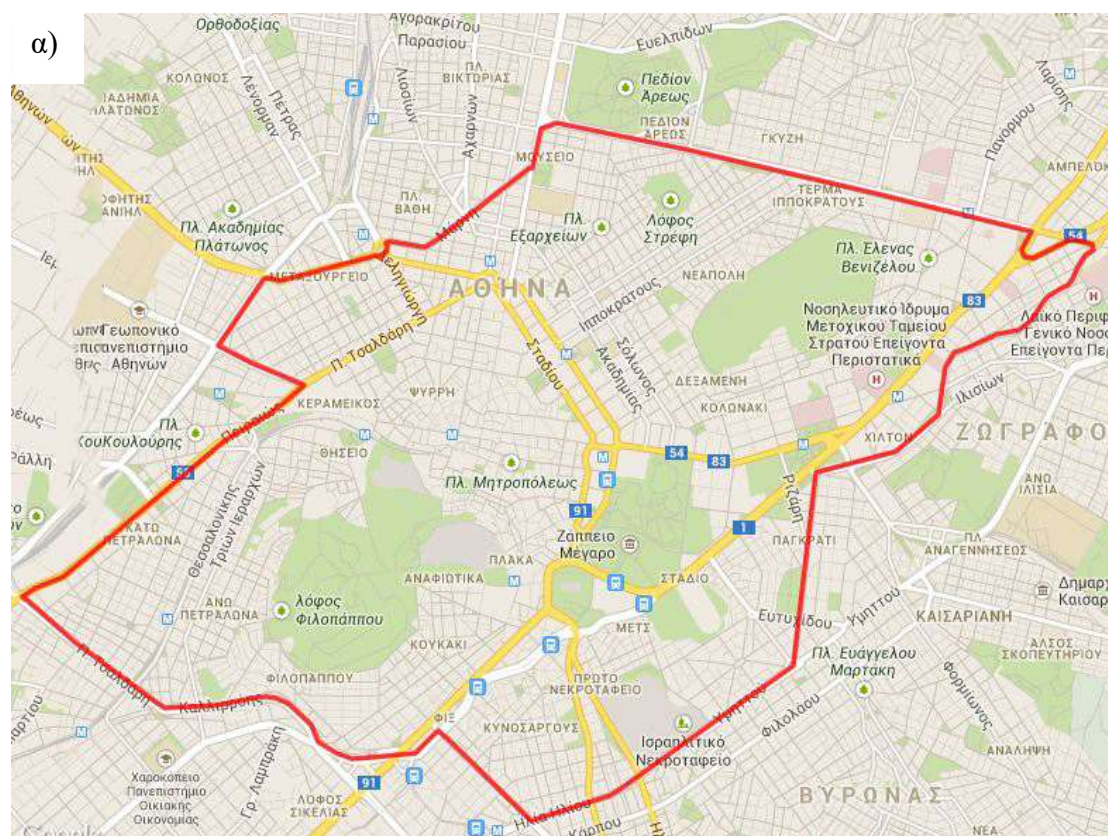
**Σχήμα 3.1:** Μέση ετήσια συγκέντρωση PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> σε μg/m<sup>3</sup> στην Ελλάδα από το έτος 2005 έως το 2019 (πηγή: Eurostat)

#### 3.2. Περιβαλλοντικές ζώνες στην Ελλάδα

Προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα διαβίωσης των κατοίκων των Ελληνικών πόλεων και να γίνουν παράλληλα πόλος έλξης για πολλούς οικονομικούς μετανάστες και τουρίστες, είναι αναγκαία η αξιοποίηση των μεθόδων που έχουν εφαρμοστεί στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές πόλεις. Στην κατεύθυνση αυτή κινείται η πολιτεία για την περιβαλλοντική αναβάθμιση των δύο μεγαλύτερων αστικών κέντρων της Ελλάδας, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη.

## Αθήνα

Η Αθήνα είναι η πρωτεύουσα της Ελλάδας και η μεγαλύτερη και πιο πυκνοκατοικημένη πόλη της χώρας, με πληθυσμό κοντά στα 4 εκατομμύρια κατοίκους. Μαζί με τον Πειραιά, ο οποίος αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ευρώπης, είναι το κέντρο της οικονομικής, βιομηχανικής, πολιτικής και πολιτιστικής ζωής της Ελλάδας. Γίνεται αμέσως αντιληπτό πως η εξέλιξη της Αθήνας, ώστε να γίνει πιο “φιλική” στο περιβάλλον, είναι μεγάλη πρόκληση.

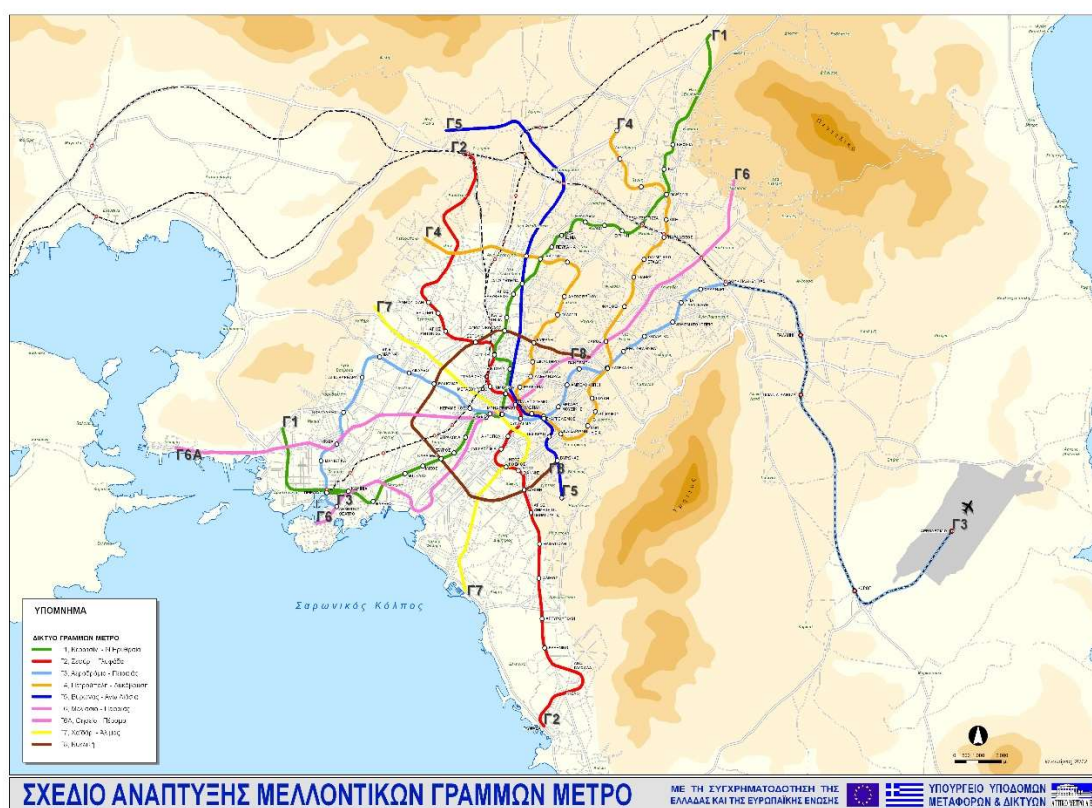


Σχήμα 3.2: α) Όρια Πράσινου Δακτυλίου Αθήνας, β) Σήμανση εισόδου στον δακτύλιο (πηγή: cityofathens.gr)

Από τον Οκτώβριο του 2021 έχει εφαρμοστεί, εκ νέου, ο “Πράσινος Δακτύλιος” στο κέντρο της Αθήνας, ο οποίος αποσκοπεί στην μερική αποσυμφόρηση της περιοχής και



της απαγόρευση κίνησης των ρυπογόνων οχημάτων (Σχήμα 3.2α). Τα όρια του δακτυλίου είναι οι οδοί Αλεξάνδρας - Ζαχάρωφ - Μεσογείων - Φειδιππίδου - Μιχαλακοπούλου - Σπ. Μερκούρη - Βρυάζιδος - Υμηττού - Ηλ. Ηλιού - Αμβρ. Φραντζή - Λ. Συγγρού - Χαμοστέρας - Πειραιώς - Ιερά Οδός - Κωνσταντινουπόλεως - Αχιλλέως - Πλ. Καραϊσκάκη - Καρόλου - Μάρνη - 28ης Οκτωβρίου (Πατησίων) - Αλεξάνδρας. Στην περιοχή του δακτυλίου επιτρέπεται να εισέρχονται μόνο οχήματα μικρότερα των 2.2 τόνων, ανάλογα με την πινακίδα κυκλοφορίας τους. Τα ηλεκτροκίνητα και υβριδικά οχήματα, καθώς και αυτά με φυσικό αέριο και υγραέριο επιτρέπεται να εισέρχονται ανεξάρτητα της πινακίδας κυκλοφορίας τους. Επιπλέον, τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης επιτρέπεται να εισέρχονται στον δακτύλιο μόνο αν είναι κατηγορίας Euro 6. Επιπρόσθετα του “ Πράσινου Δακτυλίου”, έχει εφαρμοστεί ένας μεγαλύτερος δακτύλιος, ο οποίος επιτρέπει την είσοδο σε οχήματα (>2.2 τόνων) κατηγορίας Euro 5 και πάνω. Τα όρια του μεγάλου δακτυλίου είναι οι οδοί Παραλιακή λεωφόρος - Αλίμου - Βουλιαγμένης - Ελ. Βενιζέλου - Περιμετρική Υμηττού - Κατεχάκη - Μεσογείων - Αγ. Παρασκευής - Χαλανδρίου - Παπανικολή - (Κ. Παλαιολόγου) - Καποδιστρίου - Κύμης - Κασταμονής - Χαλανδρίου - Αναγεννήσεως - Εθνική Οδός Αθηνών-Λαμίας - Αθηνών - Θηβών - Γρ. Λαμπράκη έως Κερατσίνι.



Σχήμα 3.3: Σχέδιο ανάπτυξης μελλοντικών γραμμών μετρό στην Αθήνα (πηγή: Αττικό Μετρό Α.Ε.)

Επομένως, διαπιστώνεται ότι στην Αθήνα έχει εφαρμοστεί μία μορφή ζώνης μειωμένων ρύπων, στα πρότυπα που ακολουθούν και οι υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης. Γίνονται προσπάθειες βελτίωσης των συνθηκών στο κέντρο της πόλης, κυρίως αυστηροποιώντας τους περιορισμούς εισόδου των ρυπογόνων οχημάτων στον δακτύλιο. Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια διαμορφώνονται οι υποδομές στο κέντρο της Αθήνας, δημιουργώντας εκτεταμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων και πεζοδρόμων, τα οποία σε συνδυασμό με την ανάπτυξη και βελτιστοποίηση των αστικών συγκοινωνιών, δημιουργούν μία περιοχή βιώσιμη στους κατοίκους και στους επισκέπτες αυτής (Σχήμα 3.3). Τέλος, την άνοιξη του 2022 παρουσιάστηκε το φιλόδοξο πρόγραμμα της αντικατάστασης όλου του στόλου των ταξί με ηλεκτρικά έως το 2026, σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη και των ιδιωτικών αυτοκινήτων με ηλεκτρικά οχήματα σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παράλληλα με αυτή τη δράση προβλέπεται και η σταδιακή εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, ικανών να εξυπηρετήσουν την προβλεπόμενη μεγάλη ζήτηση.

### Θεσσαλονίκη

Η Θεσσαλονίκη αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας και είναι η πρωτεύουσα της Μακεδονίας, με πληθυσμό κοντά στους 1 εκατομμύρια κατοίκους. Η περιβαλλοντική ανάπτυξη της μητροπολιτικής περιοχής της Θεσσαλονίκης είναι ιδιαίτερης σημασίας, καθώς προσελκύει μεγάλη τουριστική και επαγγελματική δραστηριότητα της βόρειας Ελλάδας και των Βαλκανίων. Επίσης αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια του Αιγαίου πελάγους με μεγάλη εμπορευματική και επιβατική ζήτηση, κατά τη διάρκεια όλου του έτους.



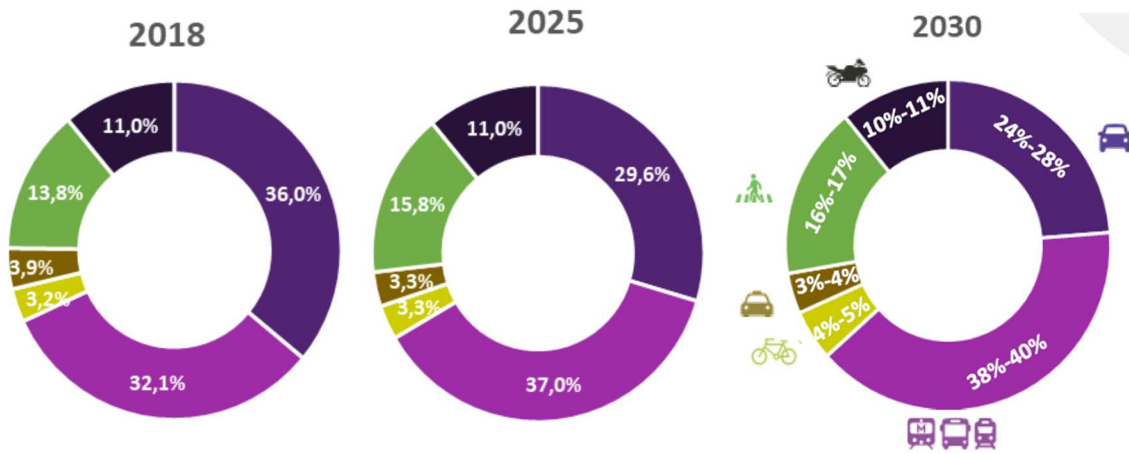
Σχήμα 3.4: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών μετρό στη Θεσσαλονίκη (πηγή: Αττικό Μετρό Α.Ε.)

Το Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (Σ.Β.Α.Κ.) του δήμου της Θεσσαλονίκης, το οποίο καθορίζει ένα μακροπρόθεσμο σχέδιο δράσης, με χρονικό ορίζοντα έως το 2030, στοχεύει στον εκσυγχρονισμό της ευρύτερης περιοχής, στην αισθητική αναβάθμιση των συνοικιών και στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφορών. Σε πρώτη φάση, έως το 2025, θα κατασκευαστεί μεγάλο δίκτυο ποδηλατοδρόμων, κυρίως παράλληλα με παραλιακό μέτωπο και θα αυξηθεί η χωρητικότητα στάθμευσης εκτός οδού σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση. Επιπλέον, θα εφαρμοστούν μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης, με την δημιουργία σταθμών διαμοιρασμού ηλεκτρικών οχημάτων και ποδηλάτων και τη διασφάλιση χώρων για τη δημιουργία των κατάλληλων υποδομών φόρτισης αυτών. Επιπρόσθετα, η ολοκλήρωση της γραμμής του μετρό της Θεσσαλονίκης θα βελτιώσει το δίκτυο συγκοινωνιών της πόλης και θα αποφορτίσει την περιοχή από την κυκλοφορία και στάθμευση των Ι.Χ. (Σχήμα 3.4).

Σε επόμενη φάση, με ορίζοντα έως το 2028 και έπειτα το 2030, έχει προβλεφθεί ο μερικός αποκλεισμός των Ι.Χ. σε κεντρικές περιοχές της πόλης και η ανακατανομή του δημόσιου χώρου σε κύριους οδικούς άξονες. Επίσης, έχει σχεδιαστεί η διάθεση χώρου για δημιουργία micro-consolidation κέντρων, η υλοποίηση κινήτρων για την μετατροπή των επαγγελματικών στόλων οχημάτων σε αντίστοιχα ηλεκτρικά οχήματα και η διεύρυνση των χώρων στάθμευσης. Τέλος, προβλέπεται η επέκταση του δικτύου ποδηλατοδρόμων (Σχήμα 3.5), η προώθηση των δημόσιων συγκοινωνιών και η ενθάρρυνση μετακίνησης πεζή (Σχήμα 3.6).



**Σχήμα 3.5:** Δίκτυο ποδηλατοδρόμων στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (πηγή: ΣΒΑΚ Θεσσαλονίκης, Δήμος Θεσσαλονίκης)



**Σχήμα 3.6:** Καταμερισμός μετακινήσεων προς τον δήμο της Θεσσαλονίκης (πηγή: ΣΒΑΚ Θεσσαλονίκης, Δήμος Θεσσαλονίκης)

Το σχέδιο δράσης που έχει προγραμματιστεί, μετατρέπει τη Θεσσαλονίκη σε μία πόλη βιώσιμη για τους κατοίκους και τους επισκέπτες της, με έμφαση στον σεβασμό προς το περιβάλλον και την προώθηση των “πράσινων” τεχνολογιών.

Το 2016 έλαβε χώρα μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση ένταξης ζώνης μειωμένων ρύπων στην Θεσσαλονίκη (Sfendonis et al., 2016). Η έρευνα διενεργήθηκε με τη μορφή ερωτηματολογίων στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, σε άτομα τα οποία είναι κάτοχοι διπλώματος οδήγησης. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 17 ερωτήσεις και συγκεντρώθηκαν συνολικά 201 ερωτηματολόγια. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι πάνω από το 50% των ερωτηθέντων ήταν θετικοί στην ένταξη της ζώνης μειωμένων ρύπων στην πόλη (Σχήμα 3.7). Από τους κατοίκους που μένουν εντός της ζώνης,



**Σχήμα 3.7:** Προτεινόμενη ζώνη μειωμένων ρύπων στην Θεσσαλονίκη (πηγή: Investigation of the user’s acceptance concerning a Low Emission Zone in the center of Thessaloniki, Greece, N. Sfendonis et al.)

το 34% δεν συμφωνεί με την πρόταση για πληρωμή κάποιου κομίστρου για είσοδο στη ζώνη, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους κατοίκους περίξ της ζώνης είναι ίσο με 46.8%. Γενικότερα, το 43.7% των ερωτηθέντων δεν προτίθενται να πληρώσουν για την είσοδό τους στην ζώνη.



## **4. Διερεύνηση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα**

Όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στην πόλη της Αθήνας έχει εφαρμοστεί ζώνη μειωμένων ρύπων και σταδιακά γίνονται επιπλέον ενέργειες ώστε να η πόλη να γίνει πιο φιλική στο περιβάλλον. Στην κατεύθυνση αυτή, η παρούσα μελέτη διερευνά την ένταξη ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της πόλης. Ένα τέτοιο μέτρο θα καταστήσει την πόλη πιο βιώσιμη για τους κατοίκους της, πιο ελκυστική για τους επισκέπτες και τους τουρίστες της και ενδέχεται να βελτιώσει σημαντικά την κυκλοφοριακή κατάσταση εντός και πέριξ της ζώνης.

### **4.1. Περιοχή εφαρμογής – μελέτης**

Η έρευνα εστιάζει το κέντρο της πόλης, σε μία περιοχή μικρότερη του δακτυλίου της Αθήνας. Σκοπός είναι η μελέτη μίας ζώνης που περιέχει το μεγαλύτερο μέρος του ιστορικού κέντρου και κεντρικά σημεία της πόλης (Ακρόπολη, Θησείο, Μουσείο Ακρόπολης, Σύνταγμα, Μοναστηράκι, Ομόνοια). Με την ενέργεια αυτή δεν επηρεάζονται ορισμένες κεντρικές αρτηρίες της πόλης και επομένως επιτρέπει την εύκολη επιλογή διαδρομής πέριξ της ζώνης. Επίσης, θέτει τις βάσεις για ανάπτυξη της Αθήνας και την απόκτηση της τεχνογνωσίας, με σκοπό την διεύρυνση της ζώνης μηδενικών ρύπων στο βραχυπρόθεσμο μέλλον.

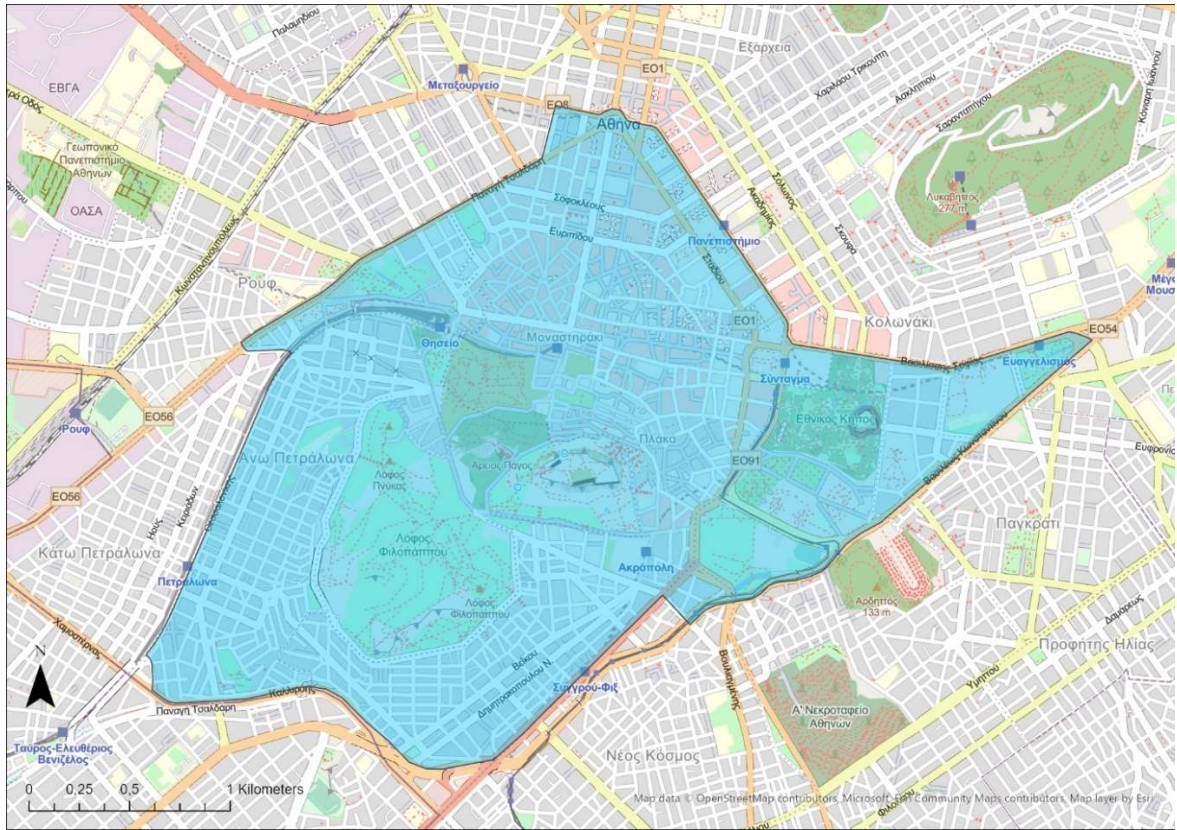
Η ζώνη μηδενικών ρύπων που προτείνεται από την παρούσα έρευνα φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Αναλυτικά, τα όρια της ζώνης είναι οι οδοί Λεωφ. Βασιλίσσης Σοφίας - Πανεπιστημίου (Ελ. Βενιζέλου) - Πλ. Ομονοίας - Αγ. Κωνσταντίνου - Μενάνδρου - Παναγή Τσαλδάρη - Ηρακλειδών - Θεσσαλονίκης - Καλλιρρόης - Λεωφ. Ανδρέα Συγγρού - Βούρβαχη - Καλλιρρόης - Αρδηττού - Λεωφ. Βασιλέως Κωνσταντίνου - Λεωφ. Βασιλίσσης Σοφίας.

### **4.2. Πλαίσιο εφαρμογής – λειτουργίας**

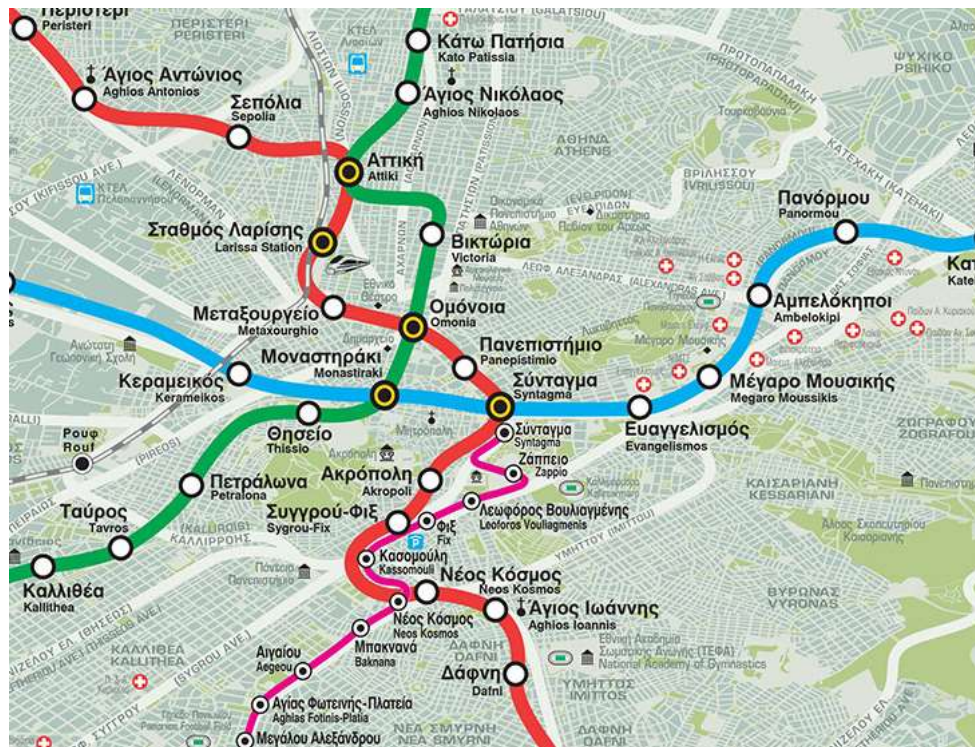
Η περιβαλλοντική ζώνη που προτείνεται στην έρευνα είναι ζώνη μηδενικών ρύπων (Zero emission zone – ZEZ), στην οποία επιτρέπεται μόνο η μετακίνηση οχημάτων μηδενικών ρύπων. Οι εναλλακτικές “πράσινες” τεχνολογίες κίνησης είναι η ηλεκτροκίνηση και η κίνηση με υδρογόνο, με την τεχνολογία κυψελών καυσίμου (Fuel cell vehicles).

Κύριος σκοπός της ζώνης μηδενικών ρύπων είναι η αποφυγή χρήσης ιδιωτικών οχημάτων και η χρήση κυρίως των δημόσιων συγκοινωνιών. Η περιοχή που εξετάζεται εξυπηρετείται από Μετρό, ΗΣΑΠ, αστικές γραμμές λεωφορείων, τρόλεϊ και Τραμ. Συγκεκριμένα, μέσα στη ζώνη βρίσκονται οι σταθμοί ΗΣΑΠ Ομόνοια, Μοναστηράκι, Θησείο και Πετράλωνα, οι σταθμοί της γραμμής 2 του Μετρό Ομόνοια, Πανεπιστήμιο, Σύνταγμα, Ακρόπολη και Συγγρού-Φιξ και της γραμμής 3 Ευαγγελισμός, Σύνταγμα και Μοναστηράκι (Σχήμα 4.2). Επιπλέον, η πλατεία Συντάγματος αποτελεί αφετηρία για τις γραμμές του Τραμ με προορισμό να νότια προάστια και τον Πειραιά. Για την αποτελεσματική εφαρμογή του μέτρου απαραίτητη προκύπτει η ανάγκη μεταβολής των λεωφορείων από πετρελαιοκίνητα σε “πράσινα”, αφού διαθέτουν στάσεις σε πολλά

σημεία της ζώνης και εξυπηρετούν αρκετούς πολίτες καθημερινά. Η ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων μπορεί να συνδυαστεί επιπρόσθετα και με την εφαρμογή γραμμών λεωφορείων, τα οποία θα



Σχήμα 4.1: Προτεινόμενη ζώνη μηδενικών ρύπων στην Αθήνα



Σχήμα 4.2: Χάρτης σταθερών συγκοινωνιών στο κέντρο της Αθήνας



εξυπηρετούν αποκλειστικά εντός της ζώνης.

Βασισμένο στα πρότυπα που έχουν εφαρμόσει άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, το υπό διερεύνηση μέτρο είναι αναγκαίο να προσφέρει δυνατότητες μετακίνησης πεζή, με ποδήλατο ή με οποιοδήποτε άλλο δίκυκλο. Η μορφολογία της Αθήνας καθιστά αυτή την προσθήκη πιο δύσκολα εφαρμόσιμη σε σχέση με άλλες πόλεις, όπως το Άμστερνταμ, το οποίο δεν έχει έντονα ανηφορικά ή κατηφορικά τμήματα. Ωστόσο, σε τμήματα που είναι εφικτό, κρίνεται απαραίτητο να κατασκευαστεί δίκτυο πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων, το οποίο θα προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία στην μετακίνηση των κατοίκων και των τουριστών. Επιπλέον, όπου είναι δυνατό, η διασύνδεση με αντίστοιχα δίκτυα των περιοχών πέριξ της ζώνης, θα προσφέρει εναλλακτικές εισόδου στη ζώνη και θα προσελκύσει στην ζώνη τους πολίτες που χρησιμοποιούν αυτό το είδος μετακίνησης.

Στην κατεύθυνση αυτή, η δημιουργία σταθμών ενοικίασης ποδηλάτων ή δίκυκλων (bike sharing) προσφέρει σημαντική εναλλακτική κυρίως στους πολίτες που δεν διαμένουν στην περιοχή και εισέρχονται στη ζώνη ως επισκέπτες (Σχήμα 4.3). Οι σταθμοί ενοικίασης μπορεί να είναι δημοτικοί ή να τοποθετούνται από ορισμένες ιδιωτικές εταιρίες, πληρώνοντας ένα μικρό κόμιστρο για την ενοικίαση του ποδηλάτου. Ομοίως, είναι δυνατή η εφαρμογή συστήματος ενοικίασης ηλεκτρικών οχημάτων (car sharing) για μετακινήσεις αποκλειστικά εντός της ζώνης. Αυτό το μέτρο ενδέχεται να μειώσει την είσοδο στη ζώνη με τη χρήση ιδιωτικού οχήματος.



Σχήμα 4.3: Παράδειγμα σταθμού ενοικίασης ποδηλάτων στην Σουηδία (πηγή: Wikipedia)

Για την αποτελεσματική ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων, είναι αναγκαίο τα μέτρα που αναφέρθηκαν προηγουμένως να συνοδευτούν με σύστημα ελεγχόμενης στάθμευσης και σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Ο δήμος Αθηναίων διαθέτει ολοκληρωμένο και οργανωμένο σύστημα ελεγχόμενης στάθμευσης, το οποίο προσφέρει δωρεάν θέσεις στους κατοίκους και θέσεις επί πληρωμή στους επισκέπτες.

### **4.3. Εκπόνηση της έρευνας με τη βοήθεια ερωτηματολογίου**

Με σκοπό την αποτελεσματική εφαρμογή ενός τόσο σημαντικού και φιλόδοξου μέτρου για την Αθήνα, είναι απαραίτητη η γνώση των κυκλοφοριακών αναγκών της πόλης, των μεταφορικών συνηθειών των πολιτών και την άποψη τους όσο αφορά την ένταξη ζωνών μηδενικών ρύπων. Προκειμένου να βρεθούν απαντήσεις στα παραπάνω ζητήματα, δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο, το οποίο διανεμήθηκε σε κατοίκους της Αθήνας. Το ερωτηματολόγιο δομήθηκε σε 3 μέρη, τις μεταφορικές συνήθειες, στάσεις και αντιλήψεις και δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Αρχικά, το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου επικεντρώνεται στις μεταφορικές συνήθειες των ερωτηθέντων, την είσοδο τους ή όχι στον Δακτύλιο, την κατοχή ιδιωτικού οχήματος, την χρήση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και την ενεργητική μετακίνηση.

Αναλυτικά οι ερωτήσεις που διατυπώθηκαν είναι οι εξής:

#### **Μεταφορικές συνήθειες**

1. Εισέρχεστε (Διέρχεστε) στην περιοχή των Αθηνών που φαίνεται στον χάρτη;  
 Ναι  Όχι
2. Πόσες μέρες της εβδομάδας εισέρχεστε στην περιοχή;  
 0  1-3  4-5  6-7
3. Εργάζεστε ή σπουδάζετε στο δακτύλιο της Αθήνας;  
 Ναι  Όχι
4. Κατοικείτε στο δακτύλιο της Αθήνας;  
 Ναι  Όχι
5. Οδηγείτε αυτοκίνητο;  
 Ναι  Όχι
6. Είστε κάτοχος αυτοκίνητου;  
 Ναι  Όχι
  - Αν ναι, τι είδος τεχνολογίας είναι το αυτοκίνητο;
  - Ηλεκτρικό  Υβριδικό  Αέριο-Υγραέριο  Βενζίνη/Πετρέλαιο Τεχνολογίας Euro 6

- Βενζίνη/πετρέλαιο παλαιότερης τεχνολογίας
7. Χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς; (Λεωφορείο, Μετρό, Η.Σ.Α.Π., Τραμ);
- Ναι  Όχι
8. Δικαιούστε μειωμένο εισιτήριο;  Όχι  Ναι (Πόσο % έκπτωση; \_\_\_\_\_)
9. Χρησιμοποιείτε ποδήλατο;
- Ναι  Όχι
10. Μετακινήστε πεζός/ή;
- Ναι  Όχι
11. Τι μέσο χρησιμοποιείτε για να μεταβείτε στην εργασία σας ή στην σχολή σας, εφόσον σπουδάσετε, στο δακτύλιο της Αθήνας;
- Αυτοκίνητο  Λεωφορείο  Μετρό/ΗΣΑΠ  Τραμ  Ποδήλατο/Δίκυκλο  Ταξί  Πεζός.
12. Τι μέσο χρησιμοποιείτε για να μεταβείτε σε οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα (Αναψυχή – Αγορές) στο δακτύλιο της Αθήνας;
- Αυτοκίνητο  Λεωφορείο  Μετρό/ΗΣΑΠ  Τραμ  Ποδήλατο/Δίκυκλο  Ταξί  Πεζός.

Σε αυτό το σημείο του ερωτηματολογίου διατυπώθηκαν 3 προαιρετικές ερωτήσεις που έχουν σχέση με την τελευταία μετακίνηση των πολιτών προς τον Δακτύλιο της Αθήνας, με σκοπό να καταγραφούν ο χρόνος, ο σκοπός και το κόστος της μετακίνησης τους.

1. Από ποια περιοχή – δήμο ξεκίνησε η τελευταία μετακίνηση σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας; \_\_\_\_\_
  2. Ποιος ήταν ο σκοπός της τελευταία μετακίνησής σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας'
    - Εργασία
    - Σχολή
    - Ψυχαγωγία – Αναψυχή
    - Προσωπικοί λόγοι (γιατρός, δικηγόρος κλπ)
    - Άλλο \_\_\_\_\_
1. Ποιο ήταν κατά προσέγγιση το κόστος (σε €) της τελευταίας μετακίνησής σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας; \_\_\_\_\_

Έπειτα, το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου αναφέρεται στις στάσεις και τις αντιλήψεις των πολιτών σε σχέση με το περιβάλλον καθώς και με την άποψή τους για τις ζώνες μηδενικών ρύπων. Αυτό το μέρος του ερωτηματολογίου δομήθηκε σε

πίνακες, με τους ερωτηθέντες να πρέπει να σημειώσουν πόσο συμφωνούν ή διαφωνούν με την κάθε ερώτηση.

Αναλυτικά οι ερωτήσεις που διατυπώθηκαν είναι οι εξής:

### Στάσεις και Αντιλήψεις

Σημειώστε κατά πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τα παρακάτω.

- Οικολογική συνείδηση

(1=Διαφωνώ Απόλυτα,... 7=Συμφωνώ Απόλυτα)	1	2	3	4	5	6	7
Είμαι ανήσυχος/η για την Κλιματική Αλλαγή							
Η προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντική.							
Προσπαθώ να ευαισθητοποιήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την προστασία του περιβάλλοντος							
Είμαι διατεθειμένος να πληρώσω περισσότερα για τη μετακίνησή μου για το καλό του περιβάλλοντος							
Θα άλλαζα μέσο μετακίνησης προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση							
Η χρήση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς έναντι αυτοκινήτου συνεισφέρει στη μείωση των αέριων ρύπων							
Είναι σημαντικό για μένα να μετακινούμαι με φιλικό προς το περιβάλλον όχημα							

- Ζώνες μηδενικών ρύπων

(1=Διαφωνώ Απόλυτα,... 7=Συμφωνώ Απόλυτα)	1	2	3	4	5	6	7
Η ποιότητα της ατμόσφαιρας στον δακτύλιο της Αθήνας είναι κακή							
Η ποιότητα της ατμόσφαιρας επηρεάζει εμένα και την οικογένειά μου							
Είναι κρίσιμο να βελτιωθεί η ποιότητα της ατμόσφαιράς της Αθήνας							
Η ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων θα βελτιώσει την ποιότητα της ατμόσφαιρας της Αθήνας							
Είμαι θετικός/ή στην ένταξη της ζώνης στο κέντρο της πόλης των Αθηνών							
Θα επισκέπτομαι πιο συχνά το κέντρο της Αθήνας μετά την ένταξη της ζώνης							

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου αναπτύχθηκαν ερωτήσεις σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των πολιτών.

Αναλυτικά οι ερωτήσεις που διατυπώθηκαν είναι οι εξής:

### Δημογραφικά χαρακτηριστικά

1. Φύλλο

Άνδρας  γυναίκα

2. Ηλικία

<20  21-30  31-40  41-50  51-60  61-70  70<

3. Εισόδημα

- Κανένα  <400  400-800  800-1200  1200-1800  1800-2200  2200-3000  
 3000<

#### 4. Απασχόληση

- Άνεργος  Φοιτητής  Δημόσιος υπάλληλος  Ιδιωτικός υπάλληλος  Ελεύθερος  
Επαγγελματίας  Οικιακά  Στρατιωτικός  Συνταξιούχος

#### 5. Μορφωτικό επίπεδο

- Δευτεροβάθμια  Τριτοβάθμια (ΤΕΙ/ΑΕΙ)  Μάστερ  Διδακτορικό

#### **4.4. Χρήση λογισμικού Sawtooth Software Lighthouse Studio**

Προκειμένου να διατυπωθούν τα προηγούμενα ερωτήματα της έρευνας προς τους πολίτες και να καταγραφούν οι απαντήσεις αυτών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Sawtooth. Το ερωτηματολόγιο στάλθηκε με τη μορφή συνδέσμου στους πολίτες. Η τελική μορφή του ερωτηματολογίου φαίνεται στη συνέχεια.

#### Εισαγωγή ερωτηματολογίου

##### **Διερεύνηση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα**

Το παρών ερωτηματολόγιο είναι μέρος της διπλωματικής εργασίας του φοιτητή Κωνσταντίνου Μάρκου στο πλαίσιο του Π.Μ.Σ. «Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών» του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Η εργασία γίνεται σε συνεργασία με τους καθηγητές κα. Αμαλία Πολυδωροπούλου και κ. Ιωάννη Μανιάτη.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της αλλαγής των μεταφορικών συνηθειών των πολιτών στην περίπτωση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της Αθήνας. Μία τέτοια ζώνη επιτρέπει αποκλειστικά την κυκλοφορία οχημάτων μηδενικών εκπομπών στο εσωτερικό της, ενθαρρύνει τη χρήση ποδηλάτου, όπως και τη μετακίνηση με τα πόδια. Κατ' επέκταση, συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της πόλης και καθιστά την καθημερινότητα των πολιτών πιο βιώσιμη. Η προτεινόμενη ζώνη μηδενικών ρύπων στην Αθήνα φαίνεται στον επισυναπτόμενο χάρτη.

Στόχος του παρόντος ερωτηματολογίου είναι ο εντοπισμός των τωρινών μεταφορικών συνηθειών των πολιτών, των αντιλήψεων τους για το περιβάλλον και για τα διάφορα μέσα μετακίνησης και η συλλογή ορισμένων δημογραφικών χαρακτηριστικών. Τα στοιχεία που συλλέγονται από το ερωτηματολόγιο παραμένουν αυστηρώς ανώνυμα και θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς.

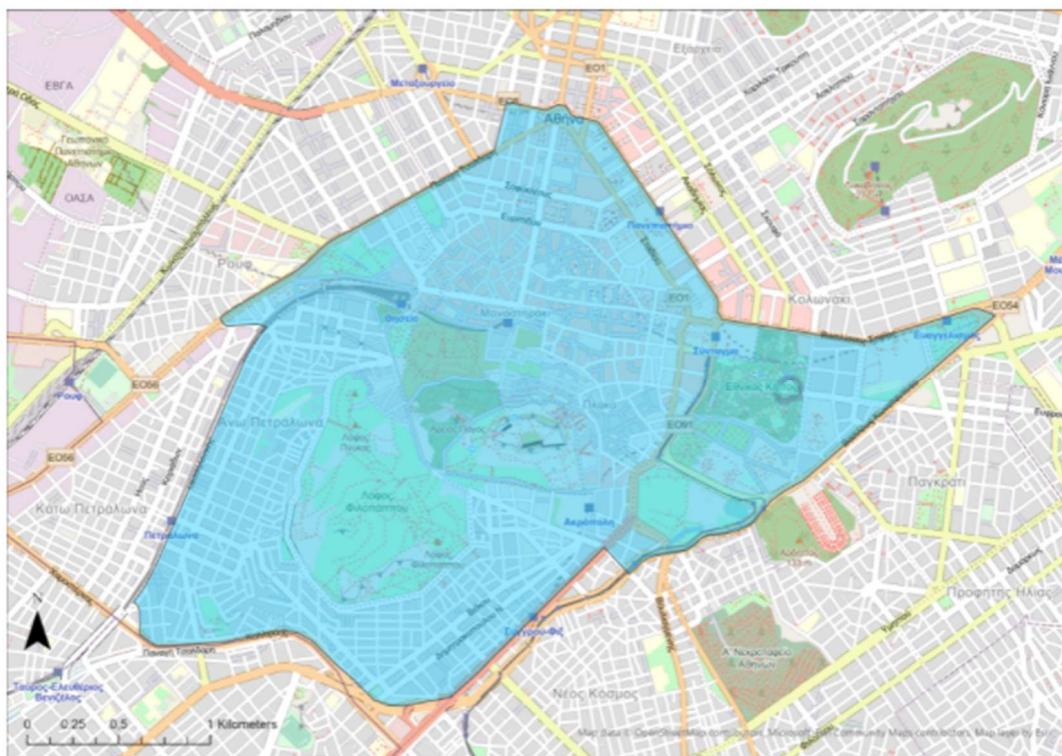
Το παρόν ερωτηματολόγιο συμμορφώνεται με τις υποδείξεις του Κανονισμού 2016/679 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ευρύτερα γνωστός ως Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων - ΓΚΠΔ (General Data Protection Regulation - GDPR).

Πριν ξεκινήσετε, σημειώστε το παρακάτω πλαίσιο εάν συμφωνείτε να συμμετάσχετε στην έρευνα:

- Δηλώνω ότι συμφωνώ να χρησιμοποιηθούν οι απαντήσεις μου, ανώνυμα, στη συγκεκριμένη έρευνα.

Για οποιαδήποτε σχετική ερώτηση παρακαλείσθε να επικοινωνήσετε με τον Κωνσταντίνο Μάρκο (kwstasmarkos@gmail.com).

Σας ευχαριστούμε πολύ για τον χρόνο σας.



Προτεινόμενη ζώνη μηδενικών ρύπων στην Αθήνα

Επόμενο

1<sup>η</sup> σελίδα ερωτηματολογίου

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν γενικές μεταφορικές σας συνήθειες.

1. Κατοικείτε στο δακτύλιο της Αθήνας;

- Ναι
- Όχι

2. Εργάζεστε ή σπουδάζετε στο δακτύλιο της Αθήνας;

- Ναι
- Όχι

3. Οδηγείτε αυτοκίνητο;

- Ναι
- Όχι

4. Είστε κάτοχος αυτοκίνητου;

- Ναι
- Όχι

Αν ναι, τι είδος τεχνολογίας είναι το αυτοκίνητο;

5. Χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς; (Λεωφορείο, Μετρό, Η.Σ.Α.Π., Τραμ);

- Καθέ μέρα
- 2-3 φορές τη βδομάδα
- 1-2 φορές το μήνα
- Μερικές φορές το χρόνο
- Ποτέ

6. Δικαιούστε μειωμένο εισιτήριο;

- Ναι, πόση % έκπτωση δικαιούστε;
- Όχι

7. Χρησιμοποιείτε στην καθημερινότητά σας ποδήλατο για να μεταβείτε σε κάποιο προορισμό;

- Καθέ μέρα
- 2-3 φορές τη βδομάδα
- 1-2 φορές το μήνα
- Μερικές φορές το χρόνο
- Ποτέ



8. Στην καθημερινότητά σας μετακινήστε πεζός/ή;

- Καθέ μέρα
- 2-3 φορές τη βδομάδα
- 1-2 φορές το μήνα
- Μερικές φορές το χρόνο
- Ποτέ

9. Τι μέσο χρησιμοποιείτε συνήθως για να μετακινηθείτε προς ή από τον δακτύλιο της Αθήνας;

10. Τι μέσο χρησιμοποιείτε συνήθως για να μετακινηθείτε εντός του δακτύλιου της Αθήνας;

Πίσω

Επόμενο

0%  100%

## 2<sup>η</sup> σελίδα ερωτηματολογίου

Οι παρακάτω ερωτήσεις ερωτήσεις είναι προαιρετικές.

1. Από ποια περιοχή-δήμο ξεκίνησε η τελευταία μετακίνησή σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας;

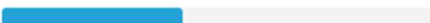
2. Ποιος ήταν ο σκοπός της τελευταίας μετακίνησής σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας;

- Εργασία
- Σχολή
- Ψυχαγωγία-αναψυχή (αγορές, καφετέρια, εστιατόριο, μουσεία, κ.ά.)
- Προσωπικοί Λόγοι (γιατρός, δικηγόρος, κλπ)
- Άλλο

3. Ποιο ήταν κατά προσέγγιση το κόστος (σε €) της τελευταίας μετακίνησής σας προς τον δακτύλιο της Αθήνας;

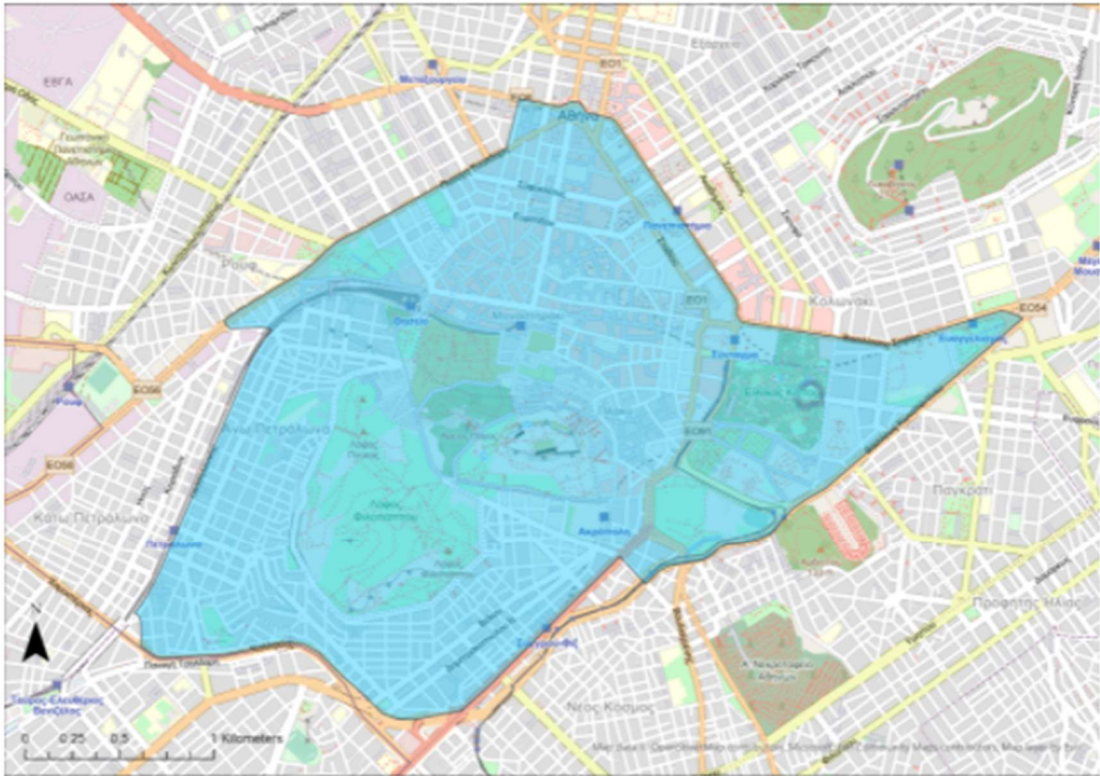
Πίσω

Επόμενο

0%  100%

3<sup>η</sup> σελίδα ερωτηματολογίου

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν την ζώνη μηδενικών ρύπων και την οικολογική συνείδηση.



1. Εισέρχεστε στην περιοχή της Αθήνας που φαίνεται στον χάρτη;

Ναι

Όχι

2. Πόσες φορές εισέρχεστε συνήθως στην παραπάνω περιοχή;

Καθέ μέρα

2-3 φορές τη βδομάδα

1-2 φορές το μήνα

Μερικές φορές το χρόνο

Ποτέ

3. Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν την αποψή σας για την ζώνη μηδενικών ρύπων στην Αθήνα.

Σημειώστε κατά πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τα παρακάτω.

	Διαφωνώ Απόλυτα	Διαφωνώ	Διαφωνώ ελάχιστα	Δεν συμφώνω/ Δεν διαφωνώ	Συμφωνώ ελάχιστα	Συμφωνώ	Συμφωνώ Απόλυτα
Η ποιότητα της ατμόσφαιρας στον δακτύλιο της Αθήνας είναι κακή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Η ποιότητα της ατμόσφαιρας επηρεάζει εμένα και την οικογένειά μου	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Είναι κρίσιμο να βελτιωθεί η ποιότητα της ατμόσφαιρας της Αθήνας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Η ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων θα βελτιώσει την ποιότητα της ατμόσφαιρας της Αθήνας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Είμαι θετικός/ή στην ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της πόλης της Αθήνας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Θα επισκέπτομαι πιο συχνά τη συγκεκριμένη περιοχή της Αθήνας μετά την ένταξη της ζώνης	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν την αποψή σας για την κλιματική αλλαγή και το περιβάλλον.

Σημειώστε κατά πόσο συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τα παρακάτω.

	Διαφωνώ Απόλυτα	Διαφωνώ	Διαφωνώ ελάχιστα	Δεν συμφώνω/ Δεν διαφωνώ	Συμφωνώ ελάχιστα	Συμφωνώ	Συμφωνώ Απόλυτα
Είμαι ανήσυχος/η για την Κλιματική Αλλαγή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Η προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντική	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Προσπαθώ να ευαισθητοποιήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την προστασία του περιβάλλοντος	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Είμαι διατεθειμένος να πληρώσω περισσότερα για τη μετακίνησή μου για το καλό του περιβάλλοντος	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Θα άλλαζα μέσο μετακίνησης προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Η χρήση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς έναντι αυτοκινήτου συνεισφέρει στη μείωση των αέριων ρύπων	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Είναι σημαντικό για μένα να μετακινούμαι με φιλικό προς το περιβάλλον όχημα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Τελευταία σελίδα ερωτηματολογίου

---

### 1. Φύλο

- Άνδρας
- Γυναίκα
- Προτιμώ να μην απαντήσω

### 2. Ηλικία

- <20 χρονών
- 21 - 30 χρονών
- 31 - 40 χρονών
- 41 - 50 χρονών
- 51 - 60 χρονών
- 61 - 70 χρονών
- 70 < χρονών

### 3. Μηνιαίο καθαρο ατομικό εισόδημα

- Κανένα
- < 400 €
- 401 - 800 €
- 801 - 1200 €
- 1201- 1800 €
- 1801 - 2200 €
- 2201 - 3000 €
- 3001 < €

---

4. Μορφωτικό επίπεδο

- Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
- Τριτοβάθμια εκπαίδευση
- Μεταπτυχιακό
- Διδακτορικό

5. Απασχοληση

- Άνεργος/η
- Φοιτητής/τρια
- Δημόσιος υπάλληλος
- Ιδιωτικός υπάλληλος
- Ελεύθερος Επαγγελματίας
- Οικιακά
- Στρατιωτικός
- Συνταξιούχος

6. Περιοχή κατοικίας στην Αττική (προαιρετικό)

7. Περιοχή εργασίας στην Αττική (προαιρετικό)

#### 4.5. Πείραμα δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference experiment)

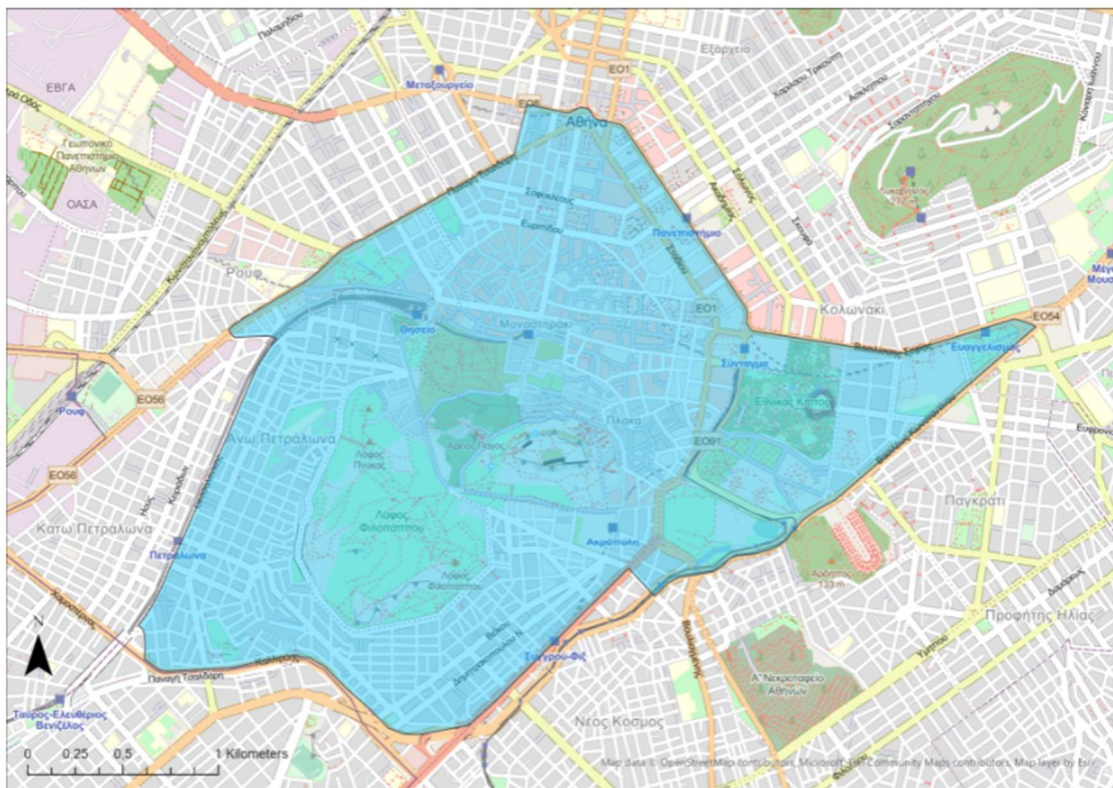
Στη συνέχεια του ερωτηματολογίου δομήθηκαν και 2 πειράματα δεδηλωμένης προτίμησης, τα οποία ερευνούν την επιλογή μέσου από τους πολίτες μετά την ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων. Τα 2 πειράματα αφορούν την μετακίνηση των πολιτών προς την ζώνη και εντός της ζώνης, αντίστοιχα.

Ένα πείραμα δεδηλωμένης προτίμησης βοηθά να παραχθούν συμπεράσματα για μία νέα κατάσταση, για την οποία δεν υπάρχουν ακόμα πραγματικά δεδομένα. Ένα πείραμα δομείται με εναλλακτικές και χαρακτηριστικά των εναλλακτικών, τα οποία έχουν διαφορετικά επίπεδα. Στην παρούσα έρευνα, οι εναλλακτικές είναι τα διαφορετικά “πράσινα” μέσα μετακίνησης και τα χαρακτηριστικά είναι το κόστος ταξιδιού, ο χρόνος ταξιδιού, ο χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο, η άνεση και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κάθε μέσου. Το κάθε ένα από τα 2 πειράματα, διεξήχθη 2 φορές, με διαφορετικές τιμές στο κάθε ένα χαρακτηριστικό, ώστε να συγκεντρωθεί μεγαλύτερο δείγμα από τα πειράματα.

#### Εισαγωγή πειράματος δεδηλωμένης προτίμησης

##### Πείραμα δεδηλωμένης προτίμησης






Στην περίπτωση ένταξης ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της Αθήνας, όπως φαίνεται στον χάρτη, επιλέξτε το μέσο που θα επιθυμούσατε για να μεταφερθείτε στον προορισμό σας εντός τη ζώνης και το μέσο που θα επιλέγατε για να μετακινηθείτε εντός της ζώνης, βάσει των χαρακτηριστικών που διέπουν το καθένα από τα παρακάτω.



#### 1<sup>ο</sup> πείραμα

Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιήθηκαν είναι το λεωφορείο, το Μετρό/ΗΣΑΠ, το Τραμ, το ιδιόκτητο ηλεκτρικό αυτοκίνητο και το ηλεκτρικό ταξί ή uber. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για το κόστος ταξιδιού στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς είναι από 1.0 € έως 1.5 €, για το ταξί χρησιμοποιήθηκε τιμή με βάση τις τυπικές χρεώσεις που ισχύουν την παρούσα στιγμή και για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο ορίστηκε τιμή με βάση το κόστος φόρτισης του για μία τυπική διαδρομή προς κέντρο της Αθήνας (Παράρτημα Α). Με την ίδια λογική, ορίστηκαν και οι υπόλοιπες τιμές στα εκάστοτε χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το 1<sup>ο</sup> πείραμα, όπως φαίνεται στο ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε.

Επιλέξτε μέσο για τη μεταφορά σας σε προορισμό εντός της ζώνης

Χαρακτηριστικά μέσων μεταφοράς	Λεωφορείο	Μετρό/ Η.Σ.Α.Π.	Τραμ	Ιδιόκτητο ηλεκτρικό αυτοκίνητο	Ηλεκτρικό ταξί/Uber
Εισιτήριο/ Κόστος ταξιδιού ή φόρτισης	1.2 €	1.2 €	1.2 €	1.2 €	14 €
Χρόνος Ταξιδιού	38 λεπτά	23 λεπτά	46 λεπτά	26 λεπτά	28 λεπτά
Χρόνος Αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο	9 λεπτά	5 λεπτά	17 λεπτά	-	6 λεπτά
Χρόνος εύρεσης στάθμευσης	-	-	-	9 λεπτά	-
Κόστος στάθμευσης	-	-	-	2 €/1 ώρα	-
Άνεση	1 στις 10 φορές πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	1 στις 10 φορές πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	3 στις 10 φορές πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	-	-
Περιβαλλοντικό αποτύπωμα					
	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>



## 2<sup>ο</sup> πείραμα

Στο 2<sup>ο</sup> πείραμα τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιήθηκαν είναι το λεωφορείο, το Μετρό/ΗΣΑΠ, το ιδιόκτητο δίκυκλο ή ποδήλατο, το ηλεκτρικό ταξί ή uber, η μετακίνηση πεζός/ή, το car sharing και το bike sharing. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για το κόστος ταξιδιού στα μέσα μαζικής μεταφοράς είναι από 1.0 € έως 1.5 € και για το ταξί χρησιμοποιήθηκε τιμή με βάση τις τυπικές χρεώσεις που ισχύουν την παρούσα στιγμή για μία τυπική διαδρομή εντός του κέντρου της Αθήνας (Παράρτημα Α). Με την ίδια λογική, ορίστηκαν και οι υπόλοιπες τιμές στα εκάστοτε χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το 2<sup>ο</sup> πείραμα, όπως φαίνεται στο ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε.

2. Στα 2 σενάρια που ακολουθούν, επιλέξτε το μέσο για τη μετακίνησή σας εντός της εν λόγω ζώνης.

Εντός της ζώνης μηδενικών ρύπων, εκτός από τα παραδοσιακά μέσα μεταφοράς, προσφέρονται 2 νέες εναλλακτικές μετακίνησης, car sharing και bike sharing. Η υπηρεσία διαμοιρασμού οχήματος (car sharing) προσφέρει κράτηση και ενοίκιαση ηλεκτρικού αυτοκινήτου, με χρέωση ανά ώρα, για μετακίνηση αποκλειστικά εντός της ζώνης. Η υπηρεσία διαμοιρασμού ποδηλάτου (bike sharing) προσφέρει ποδήλατα για χρήση εντός της ζώνης. Και στις δύο περιπτώσεις, η ενοίκιαση του μέσου από τον χρήστη γίνεται με τη χρήση εφαρμογής στο κινητό του ενδιαφερόμενου, έπειτα ο χρήστης παραλαμβάνει το μέσο από συγκεκριμένο σημείο και το επιστρέφει στο ίδιο ή αντίστοιχο σημείο εντός της ζώνης.

Επιλέξτε μέσο για τη μετακίνησή σας εντός της ζώνης

Χαρακτηριστικά μέσων μεταφοράς	Λεωφορείο	Μετρό/ΗΣΑΠ	Ιδιόκτητο ΗΛ. Δίκυκλο/ Ποδήλατο	Ηλεκτρικό Ταξί/Uber	Πεζός/η	Car sharing	Bike sharing
Εισιτήριο/ Κόστος ταξιδιού	1.4 €	1.4 €	-	9 €	-	3 €	-
Χρόνος Ταξιδιού	22 λεπτά	12 λεπτά	14 λεπτά	23 λεπτά	33 λεπτά	15 λεπτά	14 λεπτά
Χρόνος Αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο	3 λεπτά	3 λεπτά	-	4 λεπτά	-	4 λεπτά	4 λεπτά
Άνεση	2 στις 10 φορές πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	2 στις 10 φορές πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	Ποδηλατόδρομος στο 75% της διαδρομής	-	Ανηφορική διαδρομή στο 25% της διαδρομής	-	Ποδηλατόδρομος στο 75% της διαδρομής
Περιβαλλοντικό αποτύπωμα					-		
	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>	<input type="button" value="Επιλέξτε"/>

Μετά το πέρας κάθε πειράματος διατυπώθηκαν 2 ερωτήματα, τα οποία ερευνούν το πόσο ικανοποιημένος από την επιλογή του είναι ο πολίτης και κατά πόσο ανταποκρίνεται η επιλογή του στην πραγματικότητα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι 2 ερωτήσεις, όπως φαίνονται στο ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε.

Πόσο ικανοποιημένος/η είστε από τις παραπάνω επιλογές σας;

Καθόλου

Ελάχιστα

Αρκετά

Πολύ

Απόλυτα

Κατά πόσο οι επιλογές σας ανταποκρίνονται στις πραγματικές σας μεταφορικές συνθήκες;

Καθόλου

Ελάχιστα

Αρκετά

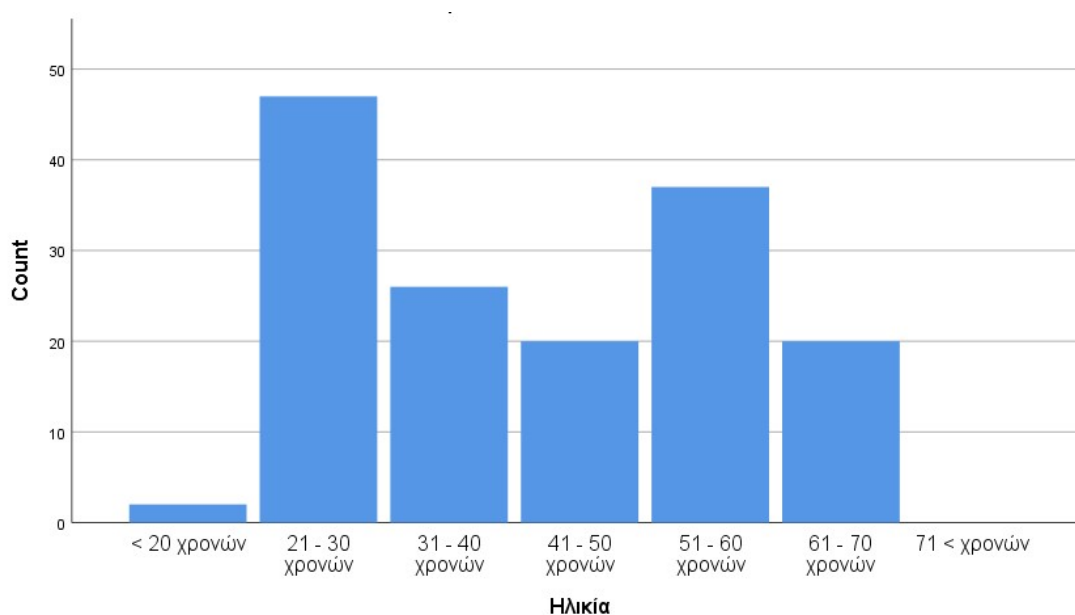
Πολύ

Απόλυτα

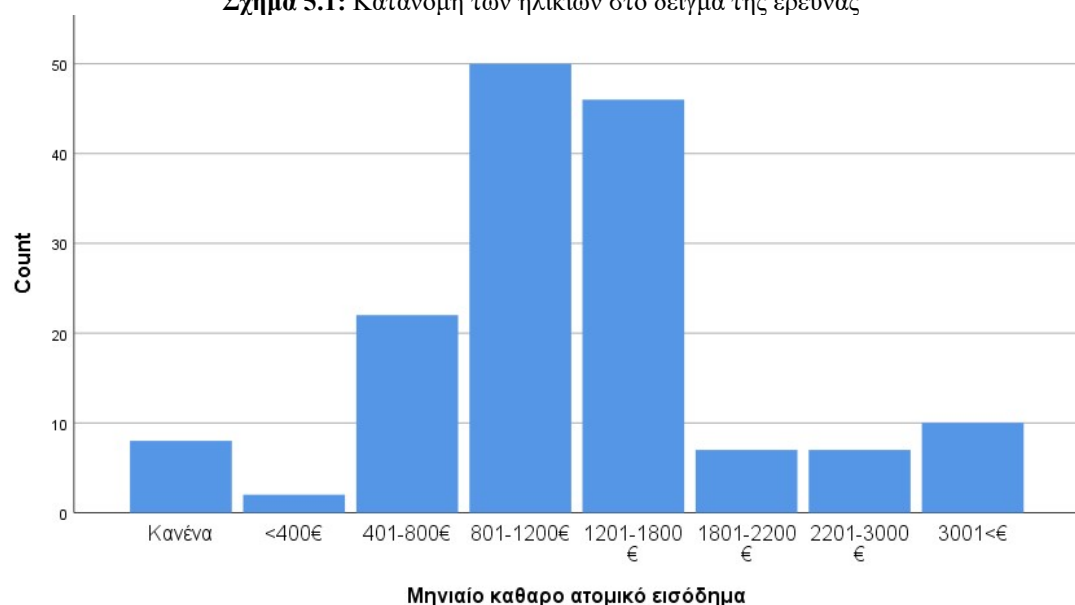
## 5. Αποτελέσματα Έρευνας

Το ερωτηματολόγιο που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, διανεμήθηκε σε περισσότερους από 200 πολίτες, με τη βοήθεια συνδέσμου. Από αυτούς οι 152 ολοκλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, και επομένως οι απαντήσεις αυτών συμπεριλήφθηκαν στην περαιτέρω ανάλυση. Για την εξαγωγή των παρακάτω αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS.

Από τους 152 οι 83 ήταν άντρες και γυναίκες οι 68, με ποσοστό επί του δείγματος 54,6% και 44,7%, αντίστοιχα. Το 49,3% του δείγματος έχει ηλικία μικρότερη των 40 χρόνων και το 53,9 % έχει μηνιαίο εισόδημα μικρότερο των 1200 €. Στα σχήματα 5.1 και 5.2 παρουσιάζονται η κατανομή της ηλικίας και του μηνιαίου εισοδήματος στο δείγμα.

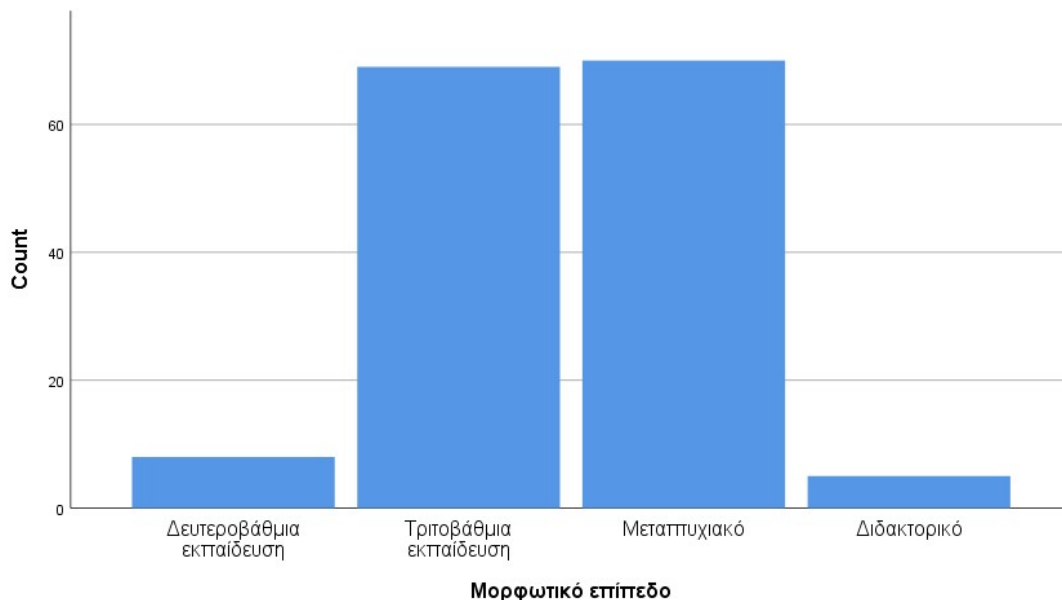


Σχήμα 5.1: Κατανομή των ηλικιών στο δείγμα της έρευνας

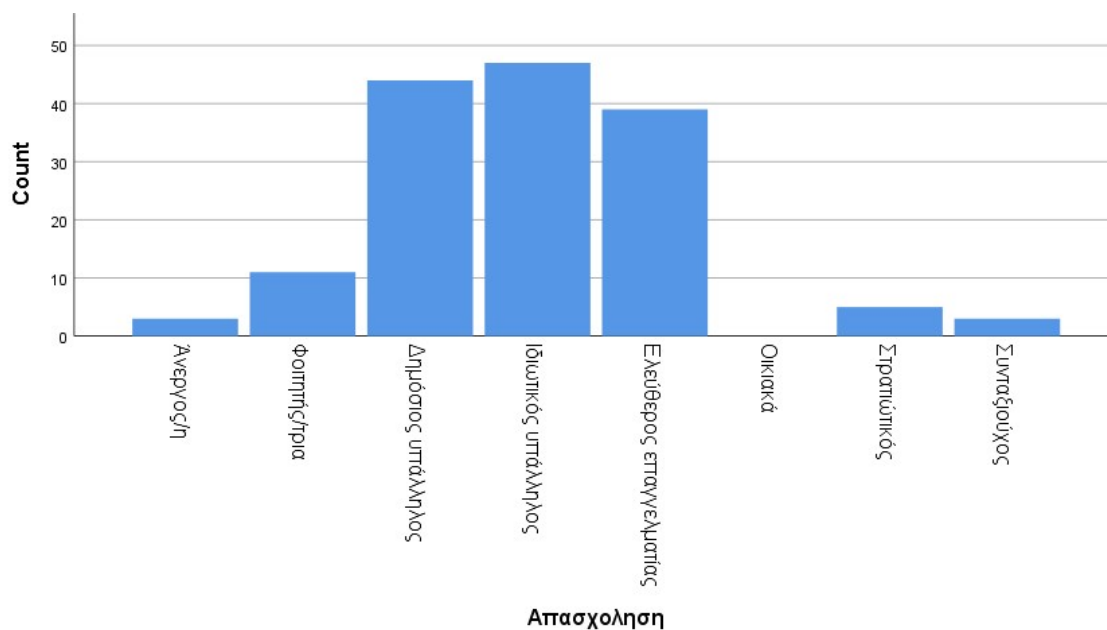


Σχήμα 5.2: Κατανομή του μηνιαίου εισοδήματος στο δείγμα της έρευνας

Η πλειοψηφία (91,4%) των ερωτηθέντων έχει υψηλό μορφωτικό επίπεδο, έχοντας ολοκληρώσει την τριτοβάθμια εκπαίδευση και μεταπτυχιακό (Σχήμα 5.3). Επιπλέον, 28,9% αυτών είναι δημόσιοι υπάλληλοι, 30,9% ιδιωτικοί υπάλληλοι και 25,7% ελεύθεροι επαγγελματίες (Σχήμα 5.4).



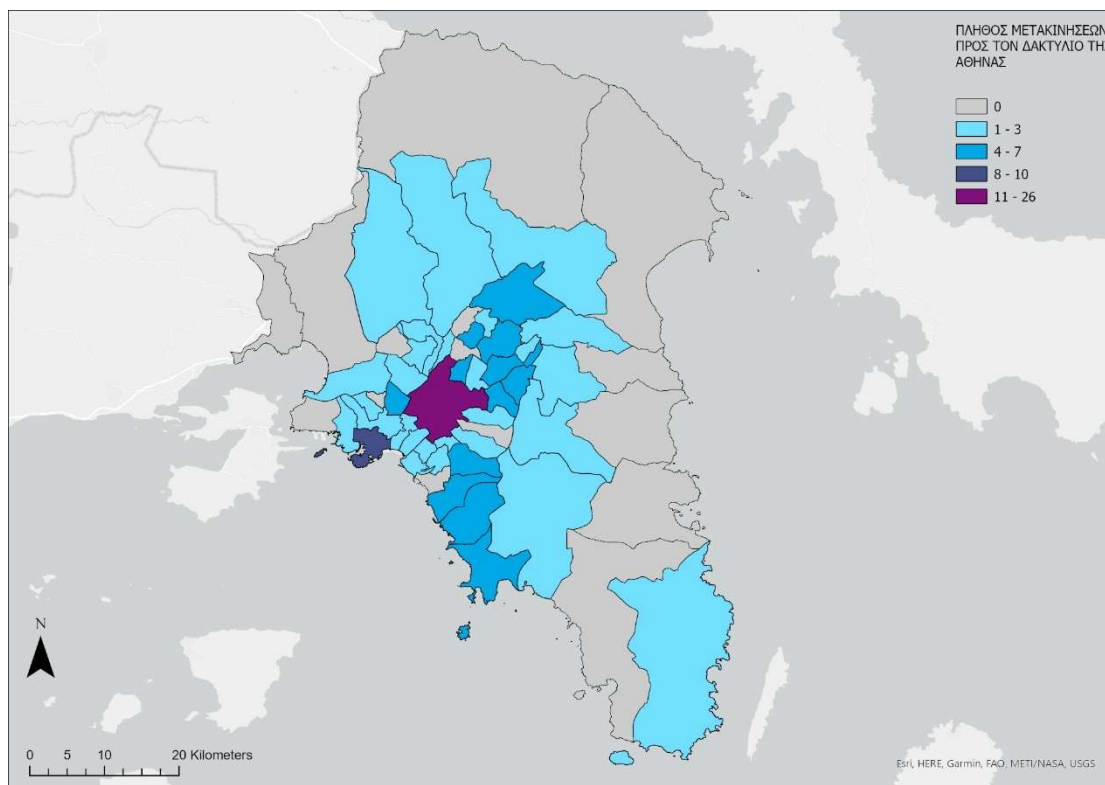
**Σχήμα 5.3:** Κατανομή του μορφωτικού επιπέδου στο δείγμα της έρευνας



**Σχήμα 5.4:** Κατανομή της απασχόλησης στο δείγμα της έρευνας

## 5.1. Μεταφορικές συνήθειες

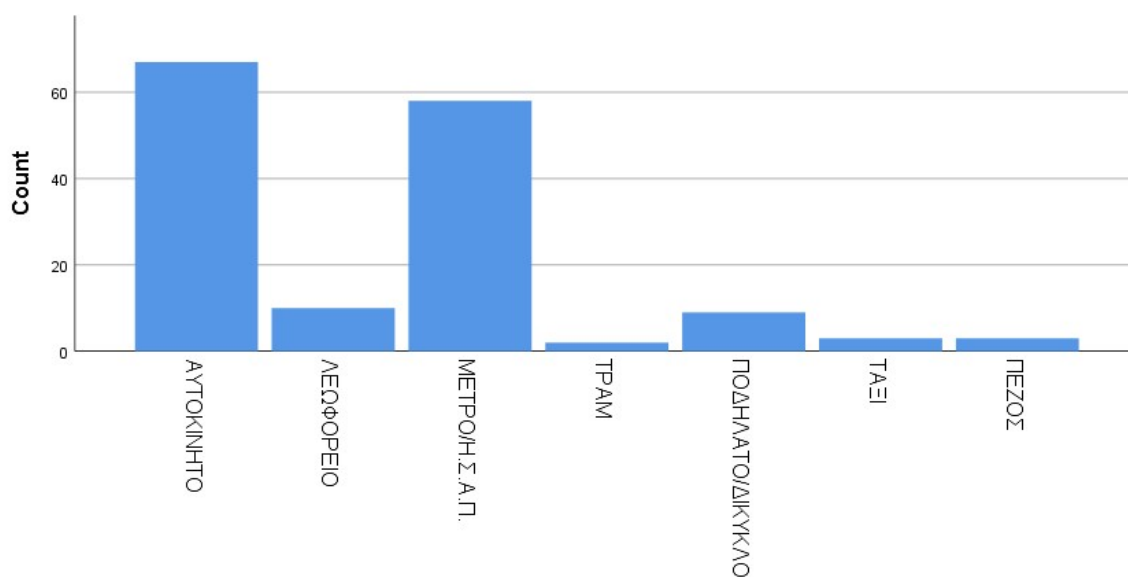
Στις ερωτήσεις που διατυπώθηκαν για την μετακίνηση των πολιτών, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή από την οποία αναχωρούν για να μεταφερθούν στο δακτύλιο της Αθήνας. Συγκεκριμένα, το 17,1% ξεκινά από το δήμο της Αθήνας και το 6,6% από τον Πειραιά. Το αποτέλεσμα φαίνεται προφανές καθώς οι 2 συγκεκριμένοι δήμοι αποτελούν τους μεγαλύτερους στην περιφέρεια Αττικής. Στο σχήμα 5.5 παρουσιάζεται σε χάρτη το πλήθος των μετακινήσεων από του διάφορους δήμους ή περιοχές της Αττικής.



Σχήμα 5.5: Πλήθος μετακινήσεων προς τον δακτύλιο της Αθήνας

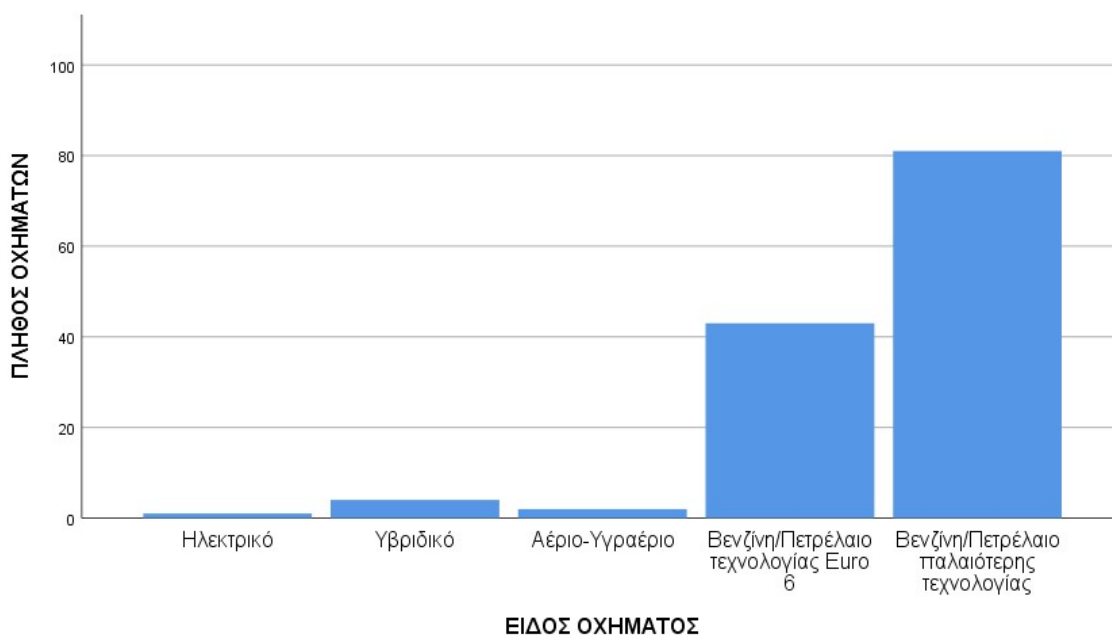
Όσο αφορά την επιλογή μέσου για μετακίνηση προς ή από τον δακτύλιο οι δημοφιλέστερες επιλογές είναι το αυτοκίνητο και το Μετρό ή ΗΣΑΠ (Σχήμα 5.6). Σχεδόν το σύνολο των πολιτών που απάντησαν έχουν στην κατοχή τους ή χρησιμοποιούν όχημα εσωτερικής καύσης, με τα περισσότερα να είναι παλαιότερης τεχνολογίας από Euro 6 (Σχήμα 5.7).

Για τις μετακινήσεις εντός του δακτυλίου οι πολίτες χρησιμοποιούν και πάλι σε μεγάλο βαθμό το αυτοκίνητο και το Μετρό, με αρκετούς βέβαια να στρέφονται και στην επιλογή της πεζής μετακίνησης. Το ποδήλατο αποτελεί επίσης σημαντική επιλογή, αλλά σε μικρότερο βαθμό καθώς το ανάγλυφο της Αθήνας δεν επιτρέπει αυτό το είδος της μετακίνησης (Σχήμα 5.8).

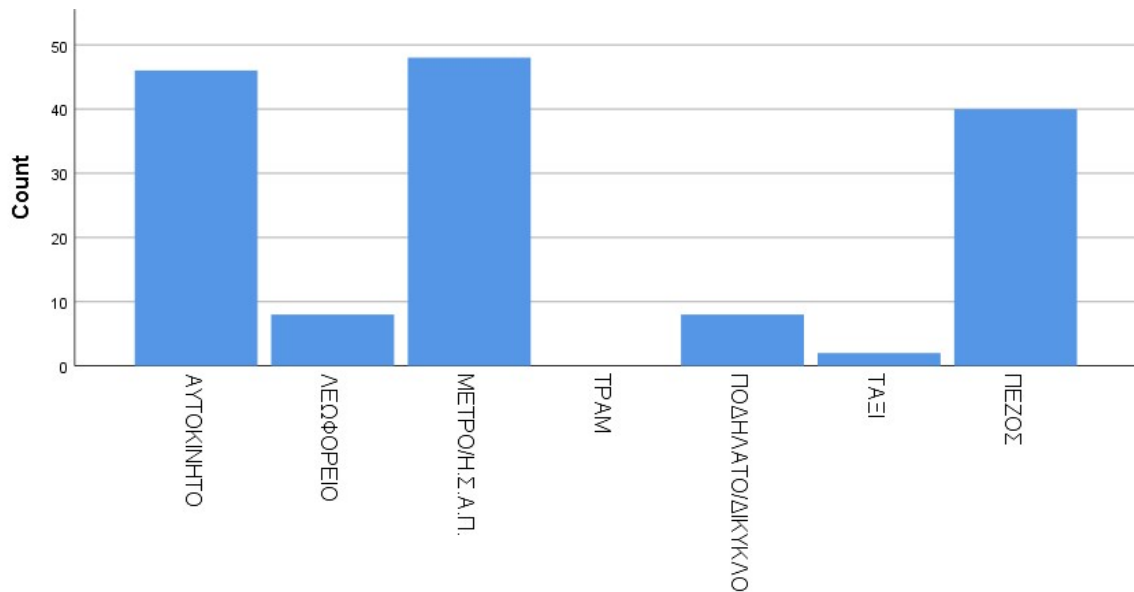


Τι μέσο χρησιμοποιείτε συνήθως για να μετακινηθείτε προς ή από τον δακτύλιο της Αθήνας;

Σχήμα 5.6: Επιλογή μέσου μετακίνησης προς ή από τον δακτύλιο της Αθήνας



Σχήμα 5.7: Είδος τεχνολογίας οχήματος των πολιτών



Τι μέσο χρησιμοποιείτε συνήθως για να μετακινηθείτε εντός του δακτύλιου της Αθήνας;

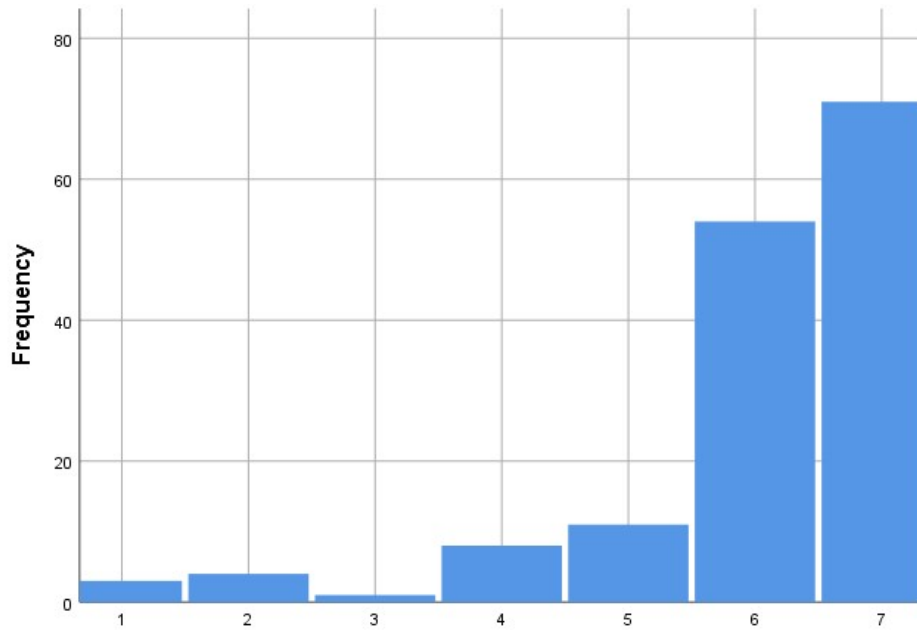
Σχήμα 5.8: Επιλογή μέσου μετακίνησης εντός του δακτύλιου της Αθήνας

Όπως παρατηρείται, το αυτοκίνητο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των Αθηναίων, καθώς χρησιμοποιείται ακόμα και για σχετικά μικρές αποστάσεις, όπως αυτές του δακτύλιου της Αθήνας. Η εναλλαγή σε μέσα μαζικής μεταφοράς ή σε οχήματα “πράσινων” τεχνολογιών είναι σημαντική για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπως και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

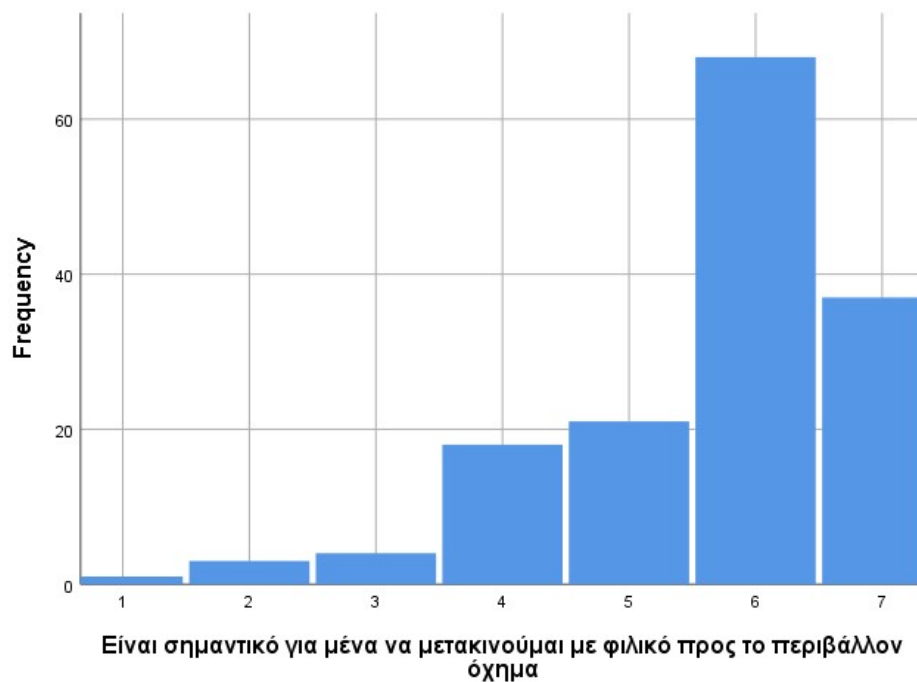
## 5.2. Στάσεις και αντιλήψεις

Η επιλογή των ερωτηθέντων να κινούνται με ιδιόκτητο αυτοκίνητο, ιδίως παλαιότερης τεχνολογίας από Euro 6, δεν συνεπάγεται απαραίτητα και μη ευαισθησία ως προς το περιβάλλον. Όπως φαίνεται στα γραφήματα που ακολουθούν η πλειοψηφία των πολιτών δείχνουν ιδιαίτερη ευαισθησία στο περιβάλλον και στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής.

Συγκεκριμένα, πάνω από το 80 % των ερωτηθέντων είναι ανήσυχο με την κλιματική αλλαγή, με το 46.7 % να επιλέγει τη απάντηση «συμφωνώ απόλυτα» στην αντίστοιχη ερώτηση (Σχήμα 5.9). Επιπλέον, στην ερώτηση αν είναι σημαντική η μετακίνηση με φιλικό προς το περιβάλλον όχημα, το 44.7 % απάντησε «συμφωνώ», με την πλειοψηφία των απαντήσεων να κυμαίνονται από το «Δ.Σ./Δ.Δ.» έως το «Συμφωνώ απολύτως» (Σχήμα 5.10)



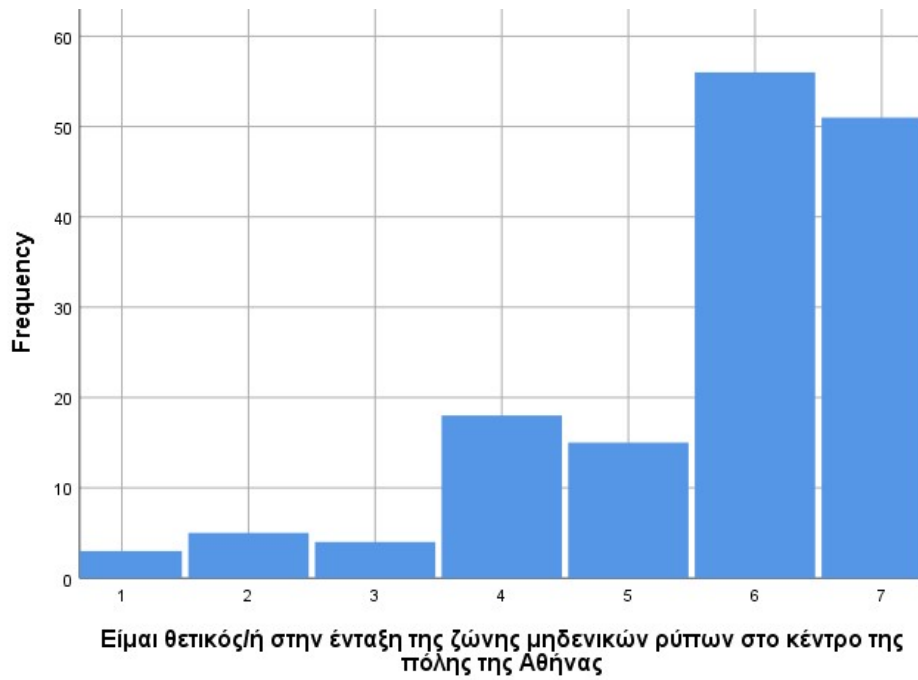
**Είμαι ανήσυχος για την Κλιματική Αλλαγή**  
**Σχήμα 5.9:** Διάγραμμα συχνοτήτων στην ερώτηση «είμαι ανήσυχος για την κλιματική αλλαγή»



**Είναι σημαντικό για μένα να μετακινούμαι με φιλικό προς το περιβάλλον όχημα**  
**Σχήμα 5.10:** Διάγραμμα συχνοτήτων στην ερώτηση «είναι σημαντικό να κινούμαι με φιλικό προς το περιβάλλον όχημα»

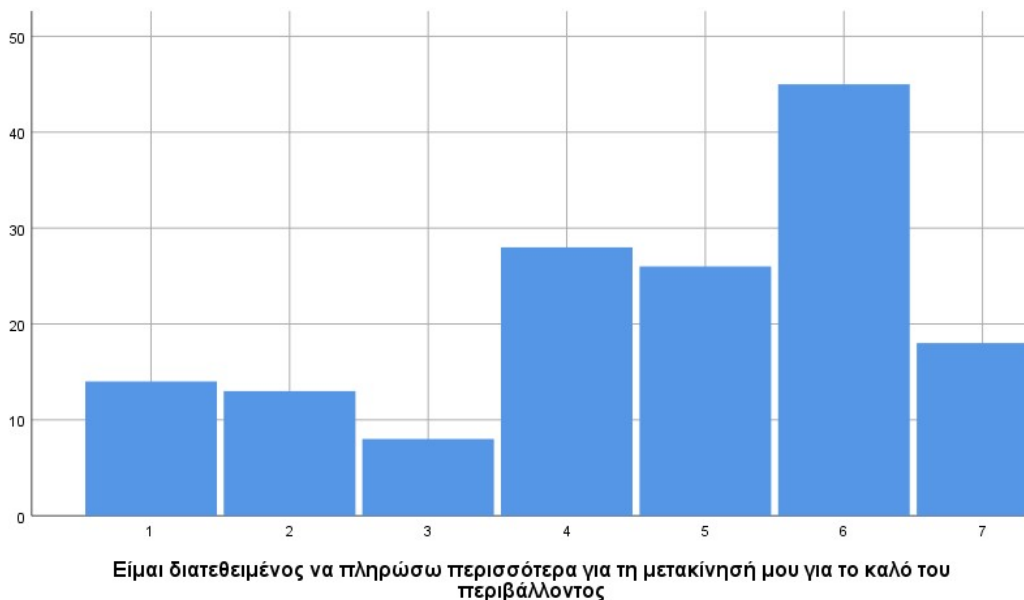
Όσο αφορά το μέτρο της ζώνης μηδενικών ρύπων που προτείνεται από την παρούσα εργασία, το 70.4 % είναι θετικό στην εφαρμογή της στις Αθήνα (Σχήμα 5.11). Κρίνοντας από τα προηγούμενα αποτελέσματα, η πλειοψηφία των πολιτών ενδιαφέρεται για την προστασία του περιβάλλοντος και αναμένει να θεσπιστούν μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης.





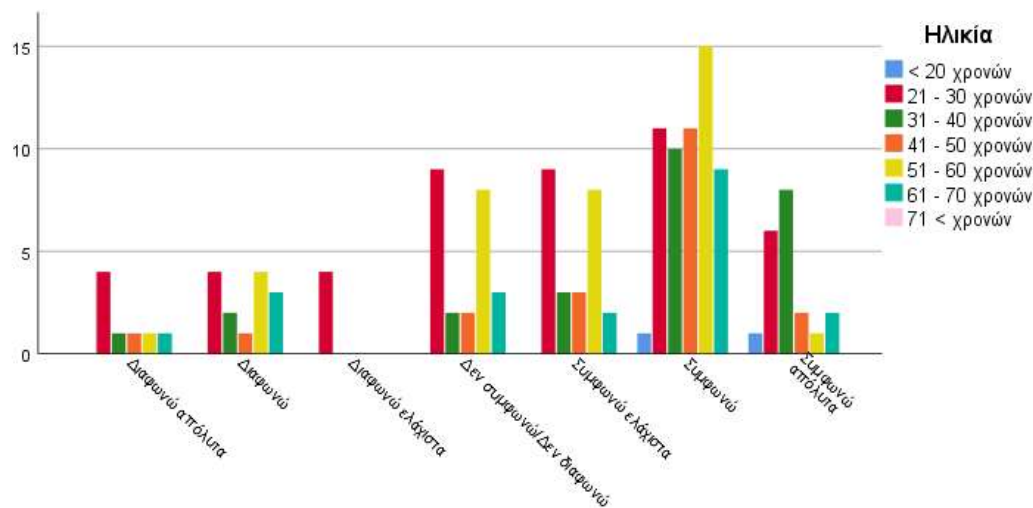
**Σχήμα 5.11:** Διάγραμμα συχνοτήτων στην ερώτηση «είμαι θετικός/ή στην ένταξη της ζώνης μηδενικών ρύπων στο κέντρο της πόλης της Αθήνας»

Η μετάβαση σε “πράσινες” τεχνολογίες κίνησης, ενδεχομένως να απαιτήσει την αύξηση του κόστους μετακίνησης για ορισμένο διάστημα, ιδιαίτερα στην περίπτωση αγοράς ηλεκτρικού οχήματος. Στην ερώτηση αν οι πολίτες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν περισσότερα για την μετακίνηση τους, το 65.1 % αυτών κυμαίνεται από «Δ.Σ./Δ.Δ.» έως «συμφωνώ» (Σχήμα 5.12).



**Σχήμα 5.12:** Διάγραμμα συχνοτήτων στην ερώτηση «είμαι διατεθειμένος να πληρώσω περισσότερα για την μετακίνηση μου για το καλό του περιβάλλοντος»

Τέλος, στην ερώτηση αλλαγής μέσου μετακίνησης προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, το 67.1 % είναι διατεθειμένο να προβεί σε αυτή την αλλαγή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρατηρείται στον ηλικιακό διαχωρισμό της εν λόγω ερώτησης, καθώς η ηλικιακή ομάδα 21 έως 30 χρόνων και 51 έως 60 χρόνων εμφανίζει διστακτικότητα για αλλαγή των μεταφορικών συνηθειών τους (Σχήμα 5.13).



Θα άλλαζα μέσο μετακίνησης προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση

Σχήμα 5.13: Διάγραμμα συχνοτήτων στην ερώτηση «είμαι ανήσυχος για την κλιματική αλλαγή»

### 5.3. Αποτελέσματα πειράματος δεδηλωμένης προτίμησης

Με τα 2 πειράματα δεδηλωμένης προτίμησης ζητήθηκε από τους πολίτες να επιλέξουν μέσο μετακίνησης για τη μεταφορά τους εντός της ζώνης μηδενικών ρύπων και για μετακινήσεις εντός αυτής. Αφού συγκεντρώθηκαν οι απαντήσεις των ερωτηθέντων, από το λογισμικό Sawtooth που χρησιμοποιήθηκε, προέκυψαν 2 αρχεία .csv, με όλες τις επιλογές των ερωτηθέντων, για κάθε ένα από τα πειράματα.

Για την επεξεργασία του αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Jupiter Notebook, το οποίο χρησιμοποιείται για τη συγγραφή κώδικα σε Python. Για κάθε ένα από τα πειράματα, γράφτηκε κώδικας, με σκοπό τη δημιουργία μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Για την διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Pandas biogeme. Στο Παράρτημα Β φαίνονται οι κώδικες με τα μοντέλα επίλυσης των πειραμάτων.

#### Μεθοδολογία επίλυσης

Το κάθε μοντέλο διαβάζει στην αρχή ένα αρχείο .dat που προέκυψε από το λογισμικό Sawtooth και υπέστη επεξεργασία από το στατιστικό λογισμικό SPSS. Μέσω του SPSS, σε κάθε ένα από τα αρχεία .dat, δημιουργήθηκε μία νέα μεταβλητή CHOICE, η οποία αντικατοπτρίζει την επιλογή μέσου του ερωτηθέντα. Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα τα διαθέσιμα μέσα είναι το λεωφορείο, το Μετρο/ΗΣΑΠ, το ΤΡΑΜ, το ιδιόκτητο

ηλεκτρικό αυτοκίνητο και το ταξί. Στο 2<sup>ο</sup> πείραμα τα διαθέσιμα μέσα είναι το λεωφορείο, το Μετρό/ΗΣΑΠ, το ποδήλατο, το ταξί, η μετακίνηση πεζός/ή, το car sharing και το bike sharing. Για την ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκε multinomial logit μοντέλο.

Στα logit μοντέλα σχηματίζεται μία γραμμική εξίσωση για κάθε ένα από τα διαθέσιμα μέσα, με μεταβλητές τα χαρακτηριστικά που έχουν τεθεί στο πείραμα δεδηλωμένης προτίμησης. Η εξίσωση παρουσιάζει τη συνάρτηση χρησιμότητας για την επιλογή του κάθε μέσου. Για παράδειγμα,

$$V_1 = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \dots$$

όπου  $V_1$  η χρησιμότητα επιλογής ενός μέσου,  $b_0$  ο σταθερός όρος της εξίσωσης,  $b_1, b_2, b_3, \dots$  οι συντελεστές των μεταβλητών και  $x_1, x_2, x_3, \dots$  οι μεταβλητές που αντικατοπτρίζουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των μέσων.

Έπειτα σχηματίζεται η πιθανότητα  $P$ , η οποία παρουσιάζει την πιθανότητα επιλογής του κάθε μέσου. Η συνάρτηση υπολογισμού της  $P$  είναι η εξής,

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2} + e^{V_3} + \dots}$$

όπου  $V_1, V_2, \dots$  οι συναρτήσεις χρησιμότητας κάθε μέσου μεταφοράς

### Πείραμα 1<sup>ο</sup>

Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα τα χαρακτηριστικά των μέσων, σύνολο 7, είναι το κόστος διαδρομής, ο χρόνος διαδρομής, ο χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο, ο χρόνος εύρεσης στάθμευσης, το κόστος στάθμευσης, η άνεση στο μέσο και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Αρχικά τρέχοντας το μοντέλο παρατηρήθηκε ότι οι συντελεστές των μεταβλητών του χρόνου της διαδρομής, του χρόνου αναμονής, της άνεσης και του χρόνου στάθμευσης προκύπταν με μη λογική τιμή, γεγονός το οποίο ενδεχομένως οφείλεται σε λάθος στη βάση δεδομένων από το πείραμα. Επομένως, για την ορθότητα του μοντέλου, συμπεριλήφθηκαν σε αυτό μόνο οι μεταβλητές του κόστους της διαδρομής, του κόστους στάθμευσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Τρέχοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχήμα 5.14.

Στις 4 πρώτες σειρές του πίνακα φαίνονται οι σταθεροί συντελεστές της συνάντησης  $V$  του κάθε μέσου. Ο σταθερός συντελεστής που αντιστοιχεί στο ταξί έχει οριστεί ίσος με το 0, ώστε να λειτουργεί σαν σημείο αναφοράς για τους υπόλοιπους. Στη συνέχεια, φαίνονται και οι συντελεστές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών των μέσων ( $B\_COST$ ,  $B\_ENV$ ,  $B\_STOPCOST$ ).

Από την τιμή των συντελεστών των χαρακτηριστικών των μέσων προκύπτει ότι όσο αυξάνεται το κόστος της διαδρομής και το κόστος στάθμευσης μειώνεται και η πιθανότητα να επιλεγεί το μέσο. Όσο αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, όσο μειώνεται αυξάνεται, η επιθυμία του χρήστη να χρησιμοποιήσει το μέσο (το

περιβαλλοντικό αποτύπωμα ορίστηκε ως 1, 2, 3 με την τιμή 3 να αντιστοιχεί σε χαμηλό αποτύπωμα).

	<b>Name</b>	<b>Value</b>	<b>t-test</b>
<b>Λεωφορείο</b>	ASC_1	-0.067	-0.327
<b>Μετρό/ΗΣΑΠ</b>	ASC_2	1.41	3.37
<b>Τραμ</b>	ASC_3	-1.91	-3.53
<b>Ηλεκτρικό αυτοκίνητο</b>	ASC_4	0.802	0.764
<b>Κόστος διαδρομής</b>	B_COST	-0.131	-1.81
<b>Περιβαλλοντικό αποτύπωμα</b>	B_ENV	0.638	1.17
<b>Κόστος στάθμευσης</b>	B_STOPCOST	-0.291	-1.84

Σχήμα 5.14: Αποτελέσματα 1<sup>ου</sup> πειράματος δεδηλωμένης προτίμησης

Επιπλέον, με κριτήριο την οριακή τιμή του t-test = 1.96 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, παρατηρείται ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό για το μοντέλο. Το κόστος της διαδρομής και το κόστος στάθμευσης έχουν τιμές t-test -1.81 και -1.84 αντίστοιχα, οριακά μικρότερες του 1.96 και επομένως δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Τέλος, κρίνοντας από τα αποτελέσματα των τιμών των σταθερών μεταβλητών, το μετρό είναι το μέσο που επιλέγεται περισσότερο, με το ιδιόκτητο ηλεκτρικό αυτοκίνητο να είναι δεύτερη επιλογή.

#### Πείραμα 2<sup>ο</sup>

Στο 2ο πείραμα τα χαρακτηριστικά των μέσων, σύνολο 5, είναι το κόστος διαδρομής, ο χρόνος διαδρομής, ο χρόνος αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο, η άνεση στο μέσο και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Τρέχοντας το μοντέλο προκύπτουν τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχήμα 5.15.

Όπως παρατηρείται, το μοντέλο είναι εσφαλμένο, καθώς οι συντελεστές των μεταβλητών παρουσιάζουν λάθος πρόσημα. Επομένως, το μοντέλο δεν θα αναλυθεί περαιτέρω.

	<b>Name</b>	<b>Value</b>	<b>Rob. t-test</b>
<b>Λεωφορείο</b>	ASC_1	-0.545	-1.87
<b>Μετρό/ΗΣΑΠ</b>	ASC_2	1.58	9.1
<b>Ποδήλατο</b>	ASC_3	0.517	1.47
<b>Ταξί</b>	ASC_4	-0.569	-1.63
<b>Πεζός/ή</b>	ASC_5	1.05	2.43
<b>Car sharing</b>	ASC_6	0.421	2.65
<b>Άνεση</b>	B_COMFORT	-0.178	-0.699
<b>Κόστος διαδρομής</b>	B_COST	0.0476	0.503
<b>Περιβαλλοντικό αποτύπωμα</b>	B_ENV	-0.219	-1.05
<b>Χρόνος διαδρομής</b>	B_TIME	0.00407	0.238
<b>Χρόνος αναμονής</b>	B_WAIT	0.0587	0.909

Σχήμα 5.15: Αποτελέσματα 2<sup>ου</sup> πειράματος δεδηλωμένης προτίμησης

## **6. Συμπεράσματα – Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

### **6.1. Συμπεράσματα μελέτης**

Η παρούσα εργασία, τονίζοντας την αναγκαιότητα επέμβασης στο φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, πρότεινε την ένταξη ζώνης μηδενικών ρύπων στην Αθήνα, βασιζόμενη στις καλές πρακτικές άλλων Ευρωπαϊκών χωρών. Μετά την σύνταξη και τον διαμοιρασμό ερωτηματολογίου, η μελέτη κατέληξε σε συμπεράσματα σε σχέση με τις μεταφορικές συνήθειες των πολιτών, τις απόψεις τους για την περιβαλλοντική ζώνη στην Αθήνα και την επιλογή μέσου μετακίνησης μετά την εφαρμογή του μέτρου. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε πως τόσο στην παρούσα κατάσταση που βρίσκεται η πόλη, όσο και μετά την ένταξη της ζώνης, το ιδιόκτητο αυτοκίνητο αποτελεί προτεραιότητα για τους πολίτες για μετακινήσεις προς τη ζώνη και εντός αυτής. Επιπλέον, η χρήση Μετρό/Η.Σ.Α.Π. αποτελεί σημαντική επιλογή των χρηστών του δικτύου, το οποίο όμως δεν δύναται να καλύψει το πλήθος των προαστίων της Αθήνας. Η χρήση της πεζής μετακίνησης και του ποδηλάτου είναι σημαντική για διαδρομές εντός της ζώνης, η οποία όμως δεν είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά, λόγω του έντονου ανάγλυφου της Αθήνας.

Συνοψίζοντας, με την χρήση του αυτοκινήτου να έχει ιδιαίτερη θέση στην καθημερινότητα των πολιτών, ο δήμος Αθηναίων κρίνεται αναγκαίο να επενδύσει σε περισσότερους χώρους στάθμευσης και φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Η ανάπτυξη δικτύου ποδηλατοδρόμων και πεζοδρομίων, ενδέχεται να ενθαρρύνει τη χρήση των αντίστοιχων μέσων. Η ανάπτυξη νέων γραμμών Μετρό και η βελτίωση της τηλεματικής στο δίκτυο των Λεωφορείων θα προσελκύσει μεγαλύτερη ζήτηση στα αντίστοιχα μέσα. Τέλος, με το κόστος της μετακίνησης να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επιλογή μέσου, η πολιτεία δύναται να παρέχει σημαντικότερα οικονομικά κίνητρα για την αξιοποίηση “πράσινων” τεχνολογιών μετακίνησης. Σχεδιάζοντας την πόλη της Αθήνας, με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα, δίνοντας έμφαση στις “πράσινες” τεχνολογίες και στην “πράσινη” ενέργεια, καθίσταται η καθημερινότητα πιο βιώσιμη για τους κατοίκους και επισκέπτες του αστικού κέντρου.

### **6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Η εργασία εξέτασε δείγμα 152 ερωτηθέντων, το οποίο αποτελεί μικρό για το μέγεθος του εγχειρήματος. Με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της παρούσας έρευνας είναι αναγκαία η διεξαγωγή μελέτης σύνθεσης της κυκλοφορίας εντός της ζώνης μηδενικών ρύπων και απώτερο στόχο την πλήρη κυκλοφοριακή μελέτη τόσο εντός όσο και περίξ της ζώνης. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η διεξαγωγή αντίστοιχης έρευνας για την εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος, η ένταξη περιβαλλοντικής ζώνης σε άλλες πόλεις της Ελλάδας, όπως η Θεσσαλονίκη, είναι αναγκαίο μέτρο, καθώς το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν περιορίζεται μόνο στην πρωτεύουσα.



## 7. Βιβλιογραφία

1. Allowed, C. N. O. T. (2018). The effect of the Low Emission Zone in Rotterdam on air quality. 2, 1–37.
2. Andersson, A. H. (2019). Low emission zones in Sweden – Evidence from Uppsala.
3. Awasthi, A. (2016). Evaluating New Business Operation Models for Small and Medium Size Logistics Operators within Low Emission Zones. In T. R. G. Taniguchi E. (Ed.), *Transportation Research Procedia* (Vol. 12, pp. 707–717). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.025>
4. Basbas, S., Kladias, E., Kouvatas, S., & Politis, I. (2015). Investigation for the implementation of low emission zone in the centre of Volos, Greece. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(2), 407–416. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946833837&partnerID=40&md5=88461a8f79907975918b28b81a205971>
5. Ben-akiva, M. E. (2011). Specification and Estimation of Logit Models. I, 1–50.
6. Ben-akiva, M. E. (2018). *Stated Preferences Methods I*.
7. Ben-akiva, M. E. (2021). *Introduction, Choice Behavior and Discrete Choice Models*.
8. Beuken, D. van den. (2010). *Low Emission Zones in Europe*. January, 2015.
9. Cesaroni, G., Boogaard, H., Jonkers, S., Porta, D., Badaloni, C., Cattani, G., Forastiere, F., & Hoek, G. (2012). Health benefits of traffic-related air pollution reduction in different socioeconomic groups: The effect of low-emission zoning in Rome. *Occupational and Environmental Medicine*, 69(2), 133–139. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.063750>
10. Chen, S. (2020). *Computer Lab I : Introduction ; Logit Estimation and Testing 5-day Agenda*.
11. Cré, I. (2019). UVAR and SUMP's Regulating vehicle access to cities as part of integrated mobility policies. 1–34. [https://www.eltis.org/sites/default/files/uvar\\_brochure\\_2019-09-26\\_digital\\_version\\_v2.pdf](https://www.eltis.org/sites/default/files/uvar_brochure_2019-09-26_digital_version_v2.pdf)
12. Cruz, C., & Montonen, A. (2016). Implementation and Impacts of Low Emission Zones on Freight Activities in Europe: Local Schemes Versus National Schemes. In T. R. G. Taniguchi E. (Ed.), *Transportation Research Procedia* (Vol. 12, pp. 544–556). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.010>
13. Department of WB. (2020). *Clean Air Action Plan (HOWRAH)*. April, 1–74.
14. *Effectiveness-of-low-emission-zones-of-stage-1-Analysis-of-the-changes-in-fine-dust-concentrations-PM10-in-19-German-cities--Wirksamkeit-von-Umweltzonen-in-der-ersten-Stufe-Analyse-der-Feinstaubkonzentrationsnderun.pdf*. (n.d.).
15. *Effects-of-air-pollution-and-the-introduction-of-the-London-Low-Emission-Zone-on-the-prevalence-of-respiratory-and-allergic-symptoms-in-schoolchildren-in-east-London-A-sequential-crosssectional-studyPLoS-ONE.pdf*. (n.d.).

16. Eggers, L., Polydoropoulou, A., & Tavasszy, L. (2021). Grote Marktstraat 47 15 2511 BH Den Haag, The Netherlands \*corresponding author. January.
17. Ezeah, C., Finney, K., & Nnajide, C. (2015). A Critical Review Of The Effectiveness Of Low Emission Zones (LEZ) As A Strategy For The Management Of Air Quality In Major European Cities. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 2(7), 3159–3199. [www.jmest.org](http://www.jmest.org)
18. Fensterer, V., Küchenhoff, H., Maier, V., Wichmann, H.-E., Breitner, S., Peters, A., Gu, J., & Cyrus, J. (2014). Evaluation of the impact of low emission zone and heavy traffic ban in Munich (Germany) on the reduction of PM10 in ambient air. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(5), 5094–5112. <https://doi.org/10.3390/ijerph110505094>
19. Ferreira, F., Gomes, P., Carvalho, A. C., Tente, H., Monjardino, J., Brás, H., & Pereira, P. (2012). Evaluation of the Implementation of a Low Emission Zone in Lisbon. *Journal of Environmental Protection*, 03(09), 1188–1205. <https://doi.org/10.4236/jep.2012.329137>
20. Greater London Authority. (2021). Central London Ultra Low Emission Zone - 2020 report. March, 1–29.
21. Host, S., Honoré, C., Joly, F., Saunal, A., Le Tertre, A., & Medina, S. (2020). Implementation of various hypothetical low emission zone scenarios in Greater Paris: Assessment of fine-scale reduction in exposure and expected health benefits. *Environmental Research*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109405>
22. Jardí-Cedó, R., Mut-Puigserver, M., Castellà-Roca, J., Payeras-Capellà Magdalena, M., & Viejo, A. (2016). Privacy-preserving electronic road pricing system for multifare low emission zones. *ACM International Conference Proceeding Series*, 20-22-July, 158–165. <https://doi.org/10.1145/2947626.2947653>
23. Jiang, W., Boltze, M., Groer, S., & Scheuven, D. (2017). Impacts of low emission zones in Germany on air pollution levels. *Transportation Research Procedia*, 25, 3370–3382. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.217>
24. Lurkin, V., Hambuckers, J., & van Woensel, T. (2021). Urban low emissions zones: A behavioral operations management perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 144, 222–240. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.11.015>
25. Morfeld, P., Groneberg, D. A., & Spallek, M. F. (2014). Effectiveness of low emission zones: Large scale analysis of changes in environmental NO<sub>2</sub>, NO and NO<sub>x</sub> concentrations in 17 German cities. *PLoS ONE*, 9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102999>
26. Müller, J., & Le Petit, Y. (2020). Low-Emission Zones are a success but they must now move to zero-emission mobility. *Transport & Environment*, September, 1–14.
27. Pamucar, D., Deveci, M., Canitez, F., Paksoy, T., & Lukovac, V. (2021). A Novel Methodology for Prioritizing Zero-Carbon Measures for Sustainable Transport. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1093–1112. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.016>
28. Peeters, P. (2005). Climate change and transport for tourism. *Tourism, Recreation, and Climate Change*, 247–259. <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0420/2004016906.html>



29. Peters, J. F., Burguillo, M., & Arranz, J. M. (2021). Low emission zones: Effects on alternative-fuel vehicle uptake and fleet CO<sub>2</sub> emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 95(May). <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102882>
30. Polydoropoulou, A. (2020). Discrete Choice Models for AVs. May.
31. Poulhès, A., & Proulhac, L. (2021). The Paris Region low emission zone, a benefit shared with residents outside the zone. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98(July). <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102977>
32. Qadir, R. M., Abbaszade, G., Schnelle-Kreis, J., Chow, J. C., & Zimmermann, R. (2013). Concentrations and source contributions of particulate organic matter before and after implementation of a low emission zone in Munich, Germany. *Environmental Pollution*, 175, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.002>
33. Sampaio, C., MacEdo, E., Coelho, M. C., & Bandeira, J. M. (2020). Economic and environmental analysis of measures from a Sustainability Urban Mobility Plan - Application to a small sized city. *Transportation Research Procedia*, 48(2019), 2580–2588. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.253>
34. Sanko, N. (2001). Stated Preference Surveys for Transportation. 79.
35. Settey, T., Gnap, J., & Beňová, D. (2019). Examining the impact of the deployment of low emission zones in Europe on the technological readiness of road freight transport. *Transportation Research Procedia*, 40, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.070>
36. Settey, T., Gnap, J., & Beňová, D. (2019). Examining the impact of the deployment of low emission zones in Europe on the technological readiness of road freight transport. *Transportation Research Procedia*, 40, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.070>
37. Sfendonis, N., Basbas, S., Mintsis, G., Taxiltaris, C., & Politis, I. (2017). Investigation of the user's acceptance concerning a Low Emission Zone in the center of Thessaloniki, Greece. *Transportation Research Procedia*, 24, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.119>
38. Tarrío-Ortiz, J., Soria-Lara, J. A., Gómez, J., & Vassallo, J. M. (2021). Public acceptability of low emission zones: The case of “madrid central.” *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063251>
39. Thornton, A., Evans, L., Bunt, K., Simon, A., & King, S. (2011). Climate Change and Transport Choices. Department for Transport, July, 188. <http://assets.dft.gov.uk/publications/climate-change-transport-choices/climate-change-transport-choices-full.pdf>
40. Transport Decarbonization Alliance. (2020). Zero-Emissions Zones: Don't Wait to Start with Freight! December. [https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhz/a/1Q000000gRoY/yXvLet8UAkS\\_r0.7MHty3eMyVN.fAcwX5wAwerJDN.k](https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhz/a/1Q000000gRoY/yXvLet8UAkS_r0.7MHty3eMyVN.fAcwX5wAwerJDN.k)
41. Uibel, S., Scutaru, C., Mueller, D., Klingelhoef, D., Hoang, D. M. L., Takemura, M., Fischer, A., Spallek, M. F., Unger, V., Quarcoo, D., & Groneberg, D. A. (2012). Mobile air quality studies (MAQS) in inner cities: Particulate matter PM<sub>10</sub> levels related to different vehicle driving modes and integration of data into a geographical information program. In *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/1745-6673-7-20>

42. Ultra Low Emission Zone / Congestion Charge area in central London. (n.d). 202.
43. Urban Access Regulations. (2016). Low Emission Zones - Image. <http://urbanaccessregulations.eu/low-emission-zones-main>
44. Δήμος Θεσσαλονίκης; ΕΚΕΤΑ/ΙΜΕΤ. (2021). Τελική Παρουσιαση Προσαρμοσμενου Σβακ Δημου Θεσσαλονικησ.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα εύρη των τιμών των χαρακτηριστικών για κάθε μέσο, για κάθε ένα από τα δύο πειράματα δεδηλωμένης προτίμησης.

### 1<sup>ο</sup> πείραμα

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ		Λεωφορείο	Μετρό/ΗΣΑΠ	Ηλ. Ταξί	Ηλ. αυτοκίνητο	Τραμ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Εισιτήριο/Κόστος ταξιδιού	1,00€ - 1,50€	1,00€ - 1,50€	10€ – 20€	0,20€ - 1,20€	1,00€ - 1,50€
	Χρ. Ταξιδιού	30λ- 50λ.	20λ. – 40λ.	20λ. – 30λ.	25λ. – 45λ.	35λ.- 50λ.
	Χρ. Αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο	5λ. – 15λ.	5λ. - 10λ.	2λ. – 8λ.	-	10λ. – 20λ.
	Χρ. εύρεσης στάθμευσης	-	-	-	5λ. - 10 λ.	-
	Κόστος Στάθμευσης	-	-	-	1€ - 3€/1h	-
	Άνεση	Μικρή πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	Μικρή πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	-	-	Μικρή πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης
	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	1	2	3	3	2

### 2<sup>ο</sup> πείραμα

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ		Λεωφορείο	Μετρό/ΗΣΑΠ	Ηλ. Δίκυκλο/ Ποδήλατο	Ηλ. Ταξί/Uber	Πεζός/η	Car sharing	Bike sharing
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Εισιτήριο/Κόστος ταξιδιού	1,00€ - 1,50€	1,00€ - 1,50€	-	7€ - 12€	-	3€ - 7€	-
	Χρόνος Ταξιδιού	12λ. – 25λ.	10λ. – 20λ.	10λ. – 20λ.	12λ. – 25λ.	20λ. – 35λ.	10λ. – 25λ.	10λ. – 20λ.
	Χρόνος Αναμονής για εξυπηρέτηση από το μέσο	3λ. – 6λ.	3λ. – 6λ.	-	2λ. – 5λ.	-	3λ. – 7λ.	2λ. – 5λ.
	Άνεση	Πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	Πιθανότητα εύρεσης ελεύθερης θέσης	Ποδηλατόδρομος στο 50% της διαδρομής	-	Ανηφορική διαδρομή στο 30% της διαδρομής	-	Ποδηλατόδρομος στο 50% της διαδρομής
	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	2	2	1	3	-	3	1

Περιβαλλοντικό αποτύπωμα: 1: υψηλό, 2: μέτριο, 3: χαμηλό

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στο λογισμικό Jupiter notebook.

### Πείραμα 1<sup>ο</sup>

```
import pandas as pd
import biogeme.database as db
import biogeme.biogeme as bio
import biogeme.models as models
from biogeme.expressions import Beta, DefineVariable

df=pd.read_csv("CBC1.dat",'\t')
database = db.Database("CBC1",df)

globals().update(database.variables)

ASC_1= Beta('ASC_1',0,None,None,0)
ASC_2= Beta('ASC_2',0,None,None,0)
ASC_3= Beta('ASC_3',0,None,None,0)
ASC_4= Beta('ASC_4',0,None,None,0)
ASC_5= Beta('ASC_5',0,None,None,1)
B_COST=Beta('B_COST',0,None,None,0)
B_STOPCOST=Beta('B_STOPCOST',0,None,None,0)
B_ENV=Beta('B_ENV',0,None,None,0)

bus_cost=database.DefineVariable('bus_cost',Travel_cost_1)
metro_cost=database.DefineVariable('metro_cost',Travel_cost_2)
tram_cost=database.DefineVariable('tram_cost',Travel_cost_3)
car_cost=database.DefineVariable('car_cost',Travel_cost_4)
taxi_cost=database.DefineVariable('taxi_cost',Travel_cost_5)

bus_stopcost=database.DefineVariable('bus_stopcost',Parking_cost_1)
metro_stopcost=database.DefineVariable('metro_stopcost',Parking_cost_2)
tram_stopcost=database.DefineVariable('tram_stopcost',Parking_cost_3)
car_stopcost=database.DefineVariable('car_stopcost',Parking_cost_4)
taxi_stopcost=database.DefineVariable('taxi_stopcost',Parking_cost_5)

bus_env=database.DefineVariable('bus_env',Environment_1)
metro_env=database.DefineVariable('metro_env',Environment_2)
tram_env=database.DefineVariable('tram_env',Environment_3)
car_env=database.DefineVariable('car_env',Environment_4)
taxi_env=database.DefineVariable('taxi_env',Environment_5)

__bus=ASC_1+B_COST*bus_cost+B_ENV*bus_env

__metro=ASC_2+B_COST*metro_cost+B_ENV*metro_env

__tram=ASC_3+B_COST*tram_cost+ B_ENV*tram_env
```

```
_car=ASC_4+B_COST*car_cost+B_STOPCOST*car_stopcost+B_ENV*car_env
```

```
_taxi=ASC_5+B_COST*taxi_cost+B_ENV*taxi_env
```

```
V={1:_bus,2:_metro,3:_tram,4:_car,5:_taxi}
```

```
av= {1:1,2:1,3:1,4:1,5:1}
```

```
logprob=models.loglogit(V,av,CHOISE)
```

```
biogeme=bio.BIOGEME(database,logprob,numberOfThreads=1)
```

```
biogeme.modelName= "CBC1_2"
```

```
results=biogeme.estimate()
```

```
biogeme.createLogFile()
```

```
betas=results.getBetaValues()
```

```
for k,v in betas.items():
```

```
    print(f'{k:10}=\t{v:.3g}')
```

```
pandasResults=results.getEstimatedParameters()
```

```
print(pandasResults)
```

## Πείραμα 2°

```
import pandas as pd
```

```
import biogeme.database as db
```

```
import biogeme.biogeme as bio
```

```
import biogeme.models as models
```

```
from biogeme.expressions import Beta, DefineVariable
```

```
df=pd.read_csv("CBC2.dat",'\t')
```

```
database = db.Database("CBC2",df)
```

```
globals().update(database.variables)
```

```
ASC_1= Beta('ASC_1',0,None,None,0)
```

```
ASC_2= Beta('ASC_2',0,None,None,0)
```

```
ASC_3= Beta('ASC_3',0,None,None,0)
```

```
ASC_4= Beta('ASC_4',0,None,None,0)
```

```
ASC_5= Beta('ASC_5',0,None,None,0)
```

```
ASC_6= Beta('ASC_6',0,None,None,0)
```

```
ASC_7= Beta('ASC_7',0,None,None,1)
```

```
B_COST=Beta('B_COST',0,None,None,0)
```

```
B_TIME=Beta('B_TIME',0,None,None,0)
```

```
B_WAIT=Beta('B_WAIT',0,None,None,0)
```

```
B_COMFORT=Beta('B_COMFORT',0,None,None,0)
```

```
B_ENV=Beta('B_ENV',0,None,None,0)
```

```
bus_cost=database.DefineVariable('bus_cost',Travel_cost_1)
```

```
metro_cost=database.DefineVariable('metro_cost',Travel_cost_2)
```

```
bike_cost=database.DefineVariable('bike_cost',Travel_cost_3)
```

```
taxi_cost=database.DefineVariable('taxi_cost',Travel_cost_4)
walk_cost=database.DefineVariable('walk_cost',Travel_cost_5)
cshare_cost=database.DefineVariable('cshare_cost',Travel_cost_6)
bshare_cost=database.DefineVariable('bshare_cost',Travel_cost_7)
```

```
bus_time=database.DefineVariable('bus_time',Travel_time_1)
metro_time=database.DefineVariable('metro_time',Travel_time_2)
bike_time=database.DefineVariable('bike_time',Travel_time_3)
taxi_time=database.DefineVariable('taxi_time',Travel_time_4)
walk_time=database.DefineVariable('walk_time',Travel_time_5)
cshare_time=database.DefineVariable('cshare_time',Travel_time_6)
bshare_time=database.DefineVariable('bshare_time',Travel_time_7)
```

```
bus_wait=database.DefineVariable('bus_wait',Wait_time_1)
metro_wait=database.DefineVariable('metro_wait',Wait_time_2)
bike_wait=database.DefineVariable('bike_wait',Wait_time_3)
taxi_wait=database.DefineVariable('taxi_wait',Wait_time_4)
walk_wait=database.DefineVariable('walk_wait',Wait_time_5)
cshare_wait=database.DefineVariable('cshare_wait',Wait_time_6)
bshare_wait=database.DefineVariable('bshare_wait',Wait_time_7)
```

```
bus_comfort=database.DefineVariable('bus_comfort',Confort_1)
metro_comfort=database.DefineVariable('metro_comfort',Confort_2)
bike_comfort=database.DefineVariable('bike_comfort',Confort_3)
taxi_comfort=database.DefineVariable('taxi_comfort',Confort_4)
walk_comfort=database.DefineVariable('walk_comfort',Confort_5)
cshare_comfort=database.DefineVariable('cshare_comfort',Confort_6)
bshare_comfort=database.DefineVariable('bshare_comfort',Confort_7)
```

```
bus_env=database.DefineVariable('bus_env',Environment_1)
metro_env=database.DefineVariable('metro_env',Environment_2)
bike_env=database.DefineVariable('bike_env',Environment_3)
taxi_env=database.DefineVariable('taxi_env',Environment_4)
walk_env=database.DefineVariable('walk_env',Environment_5)
cshare_env=database.DefineVariable('cshare_env',Environment_6)
bshare_env=database.DefineVariable('bshare_env',Environment_7)
```

```
_bus=ASC_1+B_COST*bus_cost+B_TIME*bus_time+\
      B_WAIT*bus_wait+B_COMFORT*bus_comfort+B_ENV*bus_env
```

```
_metro=ASC_2+B_COST*metro_cost+B_TIME*metro_time+\
        B_WAIT*metro_wait+B_COMFORT*metro_comfort+B_ENV*metro_env
```

```
_bike=ASC_3+B_TIME*bike_time+\
        B_COMFORT*bike_comfort+B_ENV*bike_env
```

```
_taxi=ASC_4+B_COST*taxi_cost+B_TIME*taxi_time+\
        B_WAIT*taxi_wait+B_ENV*taxi_env
```

```
_walk=ASC_5+B_TIME*walk_time+B_COMFORT*walk_comfort
```

```

_cshare=ASC_6+B_COST*cshare_cost+B_TIME*cshare_time+\
    B_WAIT*cshare_wait+B_ENV*cshare_env

_bshare=ASC_7+B_TIME*bshare_time+\
    B_WAIT*bshare_wait+B_COMFORT*bshare_comfort+B_ENV*bshare_env

V={1:_bus,2:_metro,3:_bike,4:_taxi,5:_walk,6:_cshare,7:_bshare}
av= {1:1,2:1,3:1,4:1,5:1,6:1,7:1}

logprob=models.loglogit(V,av,CHOICE)
biogeme=bio.BIOGEME(database=logprob,numberOfThreads=1)
biogeme.modelName= "02logit"
results=biogeme.estimate()
biogeme.createLogFile()

betas=results.getBetaValues()
for k,v in betas.items():
    print(f"{k:10}=\t{v:.3g}")
pandasResults=results.getEstimatedParameters()
print(pandasResults)

```