

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής



**Δημιουργία μοντέλου εκτίμησης του ενεργειακού αποτυπώματος
μετακίνησης οχημάτων με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής.**

Η περίπτωση του δήμου Νίκαιας – Αγ.Ι.Ρέντη Αττικής

Διπλωματική εργασία του Δήμου Αθανάσιου

Αθήνα, Ιούλιος 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής

**Δημιουργία μοντέλου εκτίμησης του ενεργειακού αποτυπώματος
μετακίνησης οχημάτων με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής.**

Η περίπτωση του δήμου Νίκαιας Αγ.Ι.Ρέντη Αττικής

Διπλωματική εργασία του Δήμου Αθανάσιου

Επιβλέπων Καθηγητής : Χαλκιάς Χρήστος

Αθήνα, Ιούλιος 2013

Περιεχόμενα

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ.....	7
ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ (ABSTRACT).....	10
ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	16
1.1.ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	17
1.1.1.Ορισμός και λειτουργία του Φαινομένου του Θερμοκηπίου.....	17
1.1.2.Μετρήσεις ρύπων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου.....	19
1.1.3.Προβλέψεις πιθανών αλλαγών του κλίματος και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις	20
1.2.ΠΡΩΤΟΚΟΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ.....	22
1.2.1. Η σύμβαση – πλαίσιο: Όροι και Στόχοι	22
1.2.2. Το Πρωτόκολλο Κιότο στην Ευρώπη και στην Ελλάδα	23
1.2.3. Θεσμικές Μελλοντικές δράσεις	25
1.3. Πρότυπα ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	28
ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	29
2.1. Έννοια – Παραδοχές του Οικολογικού Αποτυπώματος.....	29
2.2.Πόροι Οικολογικού Αποτυπώματος.....	34
2.3.Οικολογικό Αποτύπωμα ανά τον Κόσμο	35
2.4. Οικολογικό Αποτύπωμα στην Ελλάδα.....	37
2.5. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις των κοινωνιών	39
2.6. Ενεργειακό Αποτύπωμα	41
2.6.1. Ενεργειακό Αποτύπωμα ανά τον Κόσμο.....	42
2.6.2.Το Ενεργειακό Αποτύπωμα της Ελλάδας.....	44
2.7.Οικολογικό Αποτύπωμα των Μεταφορών – Βιβλιογραφική ανασκόπηση (Α)	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	55
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ - ΟΧΗΜΑΤΑ	56
3.1.Οι κατηγορίες των Μηχανοκίνητων Οχημάτων (4 τροχούς)	56
3.2.Κατηγορίες Επιβατικών και Επαγγελματικών Οχημάτων	58
3.3.Αστική Κινητικότητα και Ρύπανση	61
3.3.1.Λειτουργία Οχημάτων	63
3.3.2.Αέριοι ρύποι των οχημάτων και οι επιπτώσεις τους	65
3.4. ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΧΗΜΑΤΑ Ε.Ε.(EURO)-Τρέχων κανονισμός Ε.Ε.715/2007/EC.....	67
3.4.1.Όρια εκπομπών των ρύπων των οχημάτων - Ευρωπαϊκός κανονισμός 715/2007.....	68
3.4.2.Όρια Τιμών Διοξειδίου του άνθρακα και καυσίμων	71
3.4.3.Υφιστάμενες τιμές Διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα.....	72

3.5.Μετρούμενοι ρύποι και σταθμοί μέτρησης στην Ελλάδα	74
3.6.Στόλος των οχημάτων στην Ελλάδα	76
3.7.Δράσεις της κινητικότητας των μεταφορών στην Ελλάδα.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	83
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	84
4.1.Εισαγωγή – Ορισμοί των ΓΣΠ.....	84
4.1.1.Συστατικά μέρη ενός ΓΣΠ	85
4.1.2.Δεδομένα ενός ΓΣΠ.....	86
4.1.4.Β.Δ.-Χωρικά Συστήματα Διαχείρισης βάσεων Δεδομένων	90
4.1.5.Εφαρμογές ΓΣΠ	92
4.2.Ανάλυση Δικτύων	94
4.2.1.Στοιχεία της θεωρίας των γράφων	95
4.3.Βασικά στοιχεία ενός δικτύου με χρήση ΓΣΠ.....	101
4.4. ArcGIS desktop 9.3 - Εργαλειοθήκη network analyst	102
4.4.1.Δημιουργία Δεδομένων Δικτύου (network dataset).....	104
4.4.2.Συνεκτικότητα	105
4.4.3.Χαρακτηριστικά ενός Δικτύου.....	107
4.4.4.Σκοπός δρομολογήσεων	111
4.5.Η διεθνής εμπειρία από την Εφαρμογή των GIS για Περιβαλλοντικά θέματα των μετακινήσεων των οχημάτων.	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	121
ΕΦΑΡΜΟΓΗ	122
5.1.Περιοχή Μελέτης	122
5.2.Δεδομένα – Μεθοδολογία.....	124
5.3.Μεθοδολογία.....	126
5.4.Δημιουργία Δρομολογήσεων.....	139
5.5.Παράθεση Σεναρίων.....	140
5.5.1.Πρώτη Περίπτωση Μελέτης: Μετακίνηση οχημάτων κατηγορίας 1400κε και 1400-2000κε βενζίνης και οχήματα κάτω των 2500κε με Ντίζελ	140
5.5.2.Δεύτερη Περίπτωση Μελέτης: Μετακίνηση οχημάτων Ελαφρών Φορτηγών κάτω των 3500εκ και Βαρέων μεταξύ 3,5 και 7,5 τόνους	148
5.5.3.Τρίτη Περίπτωση Μελέτης: Εκτίμηση ημερήσιου ενεργειακού αποτυπώματος μετακίνησης αστικών λεωφορείων κατά μήκος της οδού.	157
6.ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	162
7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	168
8.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ.....	187
9.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	199

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.Αναπαράσταση φαινομένου θερμοκηπίου Πηγή: Barb Deluisi, esrl.noaa.gov.....	18
Εικόνα 2.Παγκόσμιες μέσες μηνιαίες τιμές CO ₂ για την περίοδο 1960-2011 Πηγή : NOAA esrl.noaa.gov ..	19
Εικόνα 3.Μηνιαίες τιμές διοξειδίου του άνθρακα Πηγή: Εθνικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Μελετών Ιαπωνίας (NIES)	20
Εικόνα 4.Σκίτσο οικολογικού αποτυπώματος Πηγή: (GFN- Phil Testemale)	29
Εικόνα 5.Αναπαράσταση Ο.Α. και Β.Ι. Πηγή: GFN	30
Εικόνα 6.Αναπαράσταση Οικολογικού αποτυπώματος (WWF)	32
Εικόνα 7.Παράγοντες Ο.Α. και Β.Ι. που καθορίζουν την παγκόσμια υπέρβαση Πηγή: (GFN EFA2010)	32
Εικόνα 8.Αναπαράσταση παγκόσμιου οικολογικού αποτυπώματος μεταξύ σεναρίων βελτιστοποίησης ή συνέχισης του προβλήματος (GFN,2011).....	33
Εικόνα 9.Πόροι οικολογικού αποτυπώματος Πηγή:wwf.panda.org	34
Εικόνα 10.Παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα ανά τομέα πόρων Πηγή: GFN,NFA2011.....	35
Εικόνα 11. Ο.Α. ανά τομέα πόρων και Χώρα (Φθίνουσα κατάταξη) Πηγή: WWF LPR2012).....	36
Εικόνα 12.Β.Ι. ανά τομέα πόρων και Χώρα (Φθίνουσα κατάταξη) Πηγή: WWF LPR2012.....	37
Εικόνα 13.Συγκριτικές τιμές ετών 2010-2012 Ο.Α. και Β.Ι. Ελλάδα (GFN2012)	38
Εικόνα 14.Αναλυτικές τιμές και συντελεστές Ο.Α. και Β.Ι. ανά τομέα πόρων (GFN2012)	38
Εικόνα 15.Συγκριτικός πίνακας με διαφορά % μεταξύ Ο.Α. και Β.Ι. 2010 κ 2012 Ελλάδα (GFN2012)	39
Εικόνα 16.Απεικόνιση ενεργειακού αποτυπώματος σε σύνολο του Ο.Α. Πηγή: GFN.....	42
Εικόνα 17.Ποσοστό εκπομπών αερίων ανά τύπο αερίου (IPCC, 2007).....	43
Εικόνα 18.Πάνω: Παγκόσμια κατανομή και θέση Ελλάδας , Κάτω: Ε.Ε. κατανομή και θέση Ελλάδας (2010) Πηγή:carbonfootprintofnations.com	44
Εικόνα 19.Τιμές Δ.Α.1990-2010 για την Ελλάδα σε τόνους Πηγή:carbonfootprintofnations.com.....	44
Εικόνα 20.Συμβολή δραστηριοτήτων στο αποτύπωμα Δ.Α. Πηγή: helesco-WWF	45
Εικόνα 21.Κατανομή εκπομπών Δ.Α. στο σύνολο ενεργειακών δραστηριοτήτων ανά περιφέρεια έτους 2010, Πηγή : helesco-WWF.....	45
Εικόνα 22.Αριστερά: Νομοί με μεγάλο Δ.Α. , Δεξιά: Νομοί με το χαμηλότερο Δ.Α. , ανά ενεργειακό τομέα δραστηριοτήτων έτους 2010 Πηγή: helesco-WWF	46
Εικόνα 23.Ενδεικτικές τιμές (Κιλά Δ.Α./ χλμ ατόμου) ανά μέσο μεταφοράς Πηγή: carbonrationing.org.uk .	47
Εικόνα 24.:Ποσοστό αστικοποίησης ανά τον κόσμο και πρόβλεψη έως 2030 .Πηγή: ΣΔΑΚ Θεσ/νίκης	61
Εικόνα 25.Επίτευξη Στόχων Πρωτόκολλου Κιότο ανά Κράτος μέλος Ε.Ε. Πηγή: energy.eu	72
Εικόνα 26.Τάσεις και προβλέψεις 1990-2020 συνολικές τιμές καταναλώσεως Ελλάδα Πηγή: EEA2011	73
Εικόνα 27.Τάσεις και προβλέψεις 1990-2020 καταναλώσεις ανά τομέα Ελλάδα Πηγή: EEA2011	74
Εικόνα 28 Είδη διανυσματικών τοπολογικών μοντέλων. Πηγή: www.paulbolstad.net/gisbook.....	89
Εικόνα 29. Τύπο διανύσματος και αντίστοιχες τοπολογικές πληροφορίες σε πίνακες. Πηγή: www.paulbolstad.net/gisbook	90
Εικόνα 30.Οι γέφυρες του Königsberg και ο αντίστοιχος γράφος.....	95
Εικόνα 31.Σχηματική αναπαράσταση ενός γράφου πηγή: lexicones.wikispaces.com.....	96
Εικόνα 32.Κατευθυνόμενος γράφος με βάρη και πίνακας γειτνίασης.	97
Εικόνα 33.Minimum Spanning Tree (MST) problem Πηγή : geeksforgeeks.org.....	98
Εικόνα 34.Αριστερά: Ένας γράφος, Δεξιά: Η μεταβατική κλειστότητα γράφου Πηγή: Ιστοσελίδα μαθήματος Ηλεκτρολόγων Μηχ. Η/Υ ΕΜΠ.....	99
Εικόνα 35.Αναπαράσταση δικτύου με κόμβους ,συνδέσμους και κορυφές	101
Εικόνα 36. Συνεκτικότητα του Άκρου (endpoint) Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help	106
Εικόνα 37.Συνεκτικότητα Οποιασδήποτε κορυφής (any vertex) Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help.....	106
Εικόνα 38.Αναπαράσταση του πεδίου Ανύψωσης Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help.....	107
Εικόνα 39.Περιορισμοί στρωφών στη εργαλειοθήκη Network Analyst Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help...	110
Εικόνα 40. Γειτονικοί δήμοι Νίκαιας - Αγ. Ιωάννη Ρέντη.....	122
Εικόνα 41. Χάρτης οδηγός περιοχής μελέτης	123
Εικόνα 42. Φωτογραφίες οδών περιοχής μελέτης	124
Εικόνα 43. Έναρξη Δημιουργίας Network Dataset(Wizard)	136
Εικόνα 44. Καρτέλα Συνεκτικότητας	136
Εικόνα 45. Καρτέλα Ύψωσης	137
Εικόνα 46. Καρτέλα Γενικών Στρωφών	137
Εικόνα 47. Καρτέλα πεδίων δημιουργίας δικτύου	138
Εικόνα 48. Εργαλειοθήκη Network Analyst	140
Εικόνα 49.Χάρτες βέλτιστων διαδρομών	141
Εικόνα 50.Χάρτες διαδρομών ελαχιστοποίησης χρόνου	142
Εικόνα 51.Χάρτες διαδρομών εκπομπής Δ.Α.	143

Εικόνα 52.Χάρτες συνολικών διαδρομών των σεναρίων	144
Εικόνα 53. Χάρτης Συγκριτικών διαδρομών μεταξύ επιβατικών και λεωφορείων	146
Εικόνα 54.Χάρτης απεικόνισης εμπειρικής διαδρομής	149
Εικόνα 55.Χάρτης απεικόνισης διαδρομής ελαχιστοποίησης χρόνου με αναδιάταξη στάσεων	150
Εικόνα 56.Χάρτης διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά με αναδιάταξη στάσεων	152
Εικόνα 57.Χάρτης διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά με αναδιάταξη στάσεων	153
Εικόνα 58. Λειτουργία μεθόδου παρεμβολής	158
Εικόνα 59. Χάρτης εκτίμησης ημερήσιου ενεργειακού αποτυπώματος μετακίνησης αστικών λεωφορείων	160

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ρύποι: Πρότυπα και Στόχοι της Συνθήκης του Κιότο	27
Πίνακας 2.Επιπτώσεις των μεταφορών ανά κατηγορία.....	62
Πίνακας 3.Υφιστάμενη κατάσταση προβλημάτων στο τομέα μεταφορών	63
Πίνακας 4. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Μ επιβατικών οχημάτων (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ.....	68
Πίνακας 5. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Ν ₁ -Ι ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων ≤1305 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ	68
Πίνακας 6. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Ν ₁ -ΙΙ ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων 1305 – 1760 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ	69
Πίνακας 7. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Ν ₁ -ΙΙΙ & Ν ₂), ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων >1760 κιλά με μέγιστο 3500 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ.....	69
Πίνακας 8. Όρια Ε.Ε- Κατηγορία λεωφορεία και φορτηγά (Ντίζελ) γρ/Κβατ. (smoke m-1)	70
Πίνακας 9. Όρια Ε.Ε- Κατηγορία Ν3 Μεγάλα βαρέα οχήματα Όρια ρύπων (Ντίζελ) γρ/Κβατ.	70
Πίνακας 10.Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης, ΥΠΕΚΑ.....	75
Πίνακας 11. Παγκόσμιος αριθμός παραγωγής οχημάτων ανά έτος Πηγή: ΟΙCΑ	76
Πίνακας 12. Συνολικός αριθμός οχημάτων ανά έτος και κατηγορία (ΕΛΣΤΑΤ)	77
Πίνακας 13. Τύποι δεικτών Άλφα και Γάμμα και κατηγορία συνδετικότητας.....	98
Πίνακας 14.Τρόπος συνεκτικότητας των κατηγοριών επιπέδων	105
Πίνακας 15.Μονάδες και τύποι δεδομένων ανά τύπο χρήσης	108
Πίνακας 16.Πεδία σημείων αποτύπωσης υψομέτρου.....	125
Πίνακας 17.Αριθμός και Φόρτος διαδρομών αστικών λεωφορείων (ΟΑΣΑ)	125
Πίνακας 18.Πεδία στάσεων αστικών λεωφορείων (ΟΑΣΑ).....	126
Πίνακας 19.Πεδίο – Τιμή – Τύπος – Περιγραφή δεδομένων οδικού δικτύου	127
Πίνακας 20: Πεδία Οριζοντιογραφικών και Υψομετρικών σημείων αρχής και τέλους οδικού άξονα.....	128
Πίνακας 21.Μέσες τιμές κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο οχήματος (λ/100χλμ).....	129
Πίνακας 22.Εξισώσεις υπολογισμού εκπομπών αερίων ανά τύπο αερίου και καυσίμου πηγή για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά: (Α J Hickman1999-σελ:65-68).....	130
Πίνακας 23.Συντελεστές εξίσωσης υπολογισμού εκπομπών αερίων για φορτηγά πηγή: (Α J Hickman1999-σελ71).....	130
Πίνακας 24.Συντελεστές Εξίσωσης υπολογισμού εκπομπών αερίων για Αστικά Λεωφορεία. πηγή: (Α J Hickman1999-σελ72).....	131
Πίνακας 25.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά βενζίνης. πηγή: (Α J Hickman1999-σελ76).....	132
Πίνακας 26.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά ντίζελ. πηγή: (Α J Hickman1999-σελ78)	133
Πίνακας 27.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για βαρέα φορτηγά. πηγή: (Α J Hickman1999-σελ79).....	133
Πίνακας 28.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για αστικά λεωφορεία. πηγή: (Α J Hickman1999-σελ81).....	134
Πίνακας 29.Νέα πεδία υπολογισμένων τιμών εκπομπών αερίων	135
Πίνακας 30.Αποτελέσματα τιμών βέλτιστων διαδρομών	141
Πίνακας 31.Αποτελέσματα τιμών γρηγορότερων διαδρομών	142
Πίνακας 32.Αποτελέσματα τιμών διαδρομών εκπομπής Δ.Α.	143
Πίνακας 33.Συγκριτικά ποσοστά σεναρίων χρόνου με περιβαλλοντική διαδρομή.....	145
Πίνακας 34.Συγκριτικά ποσοστά διαδρομής εκπομπών Δ.Α. μεταξύ κλίσης δρόμου και χωρίς.....	145
Πίνακας 35.Τιμές εκπομπών Δ.Α. ανά διαδρομή.....	147
Πίνακας 36.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων εμπειρικής διαδρομής	148
Πίνακας 37.Τιμές αποτελεσμάτων εμπειρικής διαδρομής.....	150
Πίνακας 38.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων γρηγορότερης διαδρομής	151

Πίνακας 39.Τιμές αποτελεσμάτων γρηγορότερης διαδρομής.....	151
Πίνακας 40.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά.....	152
Πίνακας 41.Τιμές αποτελεσμάτων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά.....	153
Πίνακας 42.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά.....	154
Πίνακας 43.Τιμές αποτελεσμάτων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά.....	154
Πίνακας 44.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων ανά σενάριο διαδρομής.....	155
Πίνακας 45.Συγκριτικά ποσοστά μεταξύ σεναρίων	155
Πίνακας 46.Κλάσεις ημερήσιων τιμών εκπομπών Δ.Α. αστικών λεωφορείων	159

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1:	71
Διάγραμμα 2:	71
Διάγραμμα 3:	77
Διάγραμμα 4:	78
Διάγραμμα 5:	78
Διάγραμμα 6:	79
Διάγραμμα 7:	79
Διάγραμμα 8:	79

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1:.....	187
Χάρτης 2:	188
Χάρτης 3:.....	189
Χάρτης 4:	190
Χάρτης 5:	191
Χάρτης 6:	192
Χάρτης 7:	193
Χάρτης 8:	194
Χάρτης 9:	195
Χάρτης 10:	196
Χάρτης 11:	197
Χάρτης 12:.....	198

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας και έχει επιπτώσεις που οδηγούν στην κλιματική αλλαγή του πλανήτη. Πριν από 20 χρόνια περίπου δημιουργήθηκε ένα εργαλείο μέτρησης που υπολογίζει τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο οικοσύστημα σε σχέση με το πόσο γρήγορα μπορεί ο πλανήτης να αναγεννά και να παράγει εκ νέου τους πόρους. Πρόκειται για το Οικολογικό Αποτύπωμα (Ecological Footprint), δημιουργός του οποίου είναι ο William Rees με συν δημιουργό τον Mathis Wackernagel. Τομέας του ΟΑ, είναι το ενεργειακό αποτύπωμα, το οποίο μετρά την ποσότητα του άνθρακα ή άλλων αερίων του Θερμοκηπίου που προκαλεί ένας οργανισμός ή προϊόν ή άτομο στην καθημερινότητα από την κατανάλωση ενέργειας. Οι κύριοι παράγοντες ενεργειακής ρύπανσης σε επίπεδο πόλεως είναι τα νοικοκυριά, οι βιομηχανίες και οι μεταφορές. Οι μεταφορές παράγουν το ένα τέταρτο (25%) της ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Σύμφωνα με έκθεση της WWF (2008) σήμερα ο πλανήτης χρειάζεται, αναλογικά, 1,5 πλανήτες για να παράγει αυτά που καταναλώνονται. Τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο σε Ευρωπαϊκό αλλά και στην Ελλάδα, κρίνεται απαραίτητη η λήψη αποφάσεων για την μείωση της αστικής ρύπανσης κυρίως, καθώς τα τελευταία χρόνια έχει σημάνει συναγερμός σε πολλές αστικές πόλεις και βιομηχανικές χώρες, σχετικά με την υπερθέρμανση και την ραγδαία αύξηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της ρύπανσης στον πλανήτη.

Με την παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή, αναδεικνύεται η χρησιμότητα των νέων τεχνολογιών για περιβαλλοντικούς σκοπούς και πιο συγκεκριμένα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ), μέσα από την εύρεση των βέλτιστων προτεινόμενων διαδρομών, καθώς και εκτιμήσεων με τη μέθοδο της μοντελοποίησης του ενεργειακού αποτυπώματος των μετακινήσεων των οχημάτων στην Ελλάδα σε αστικό περιβάλλον σε μια περιοχή Δυτικά της Αττικής.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον επιβλέποντα Αν. Καθηγητή κ. Χρήστο Χαλκιά για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, αφιερώνω την παρούσα εργασία στην οικογένεια μου, τους φίλους και συναδέλφους που μου στάθηκαν τόσο πολύ στο δύσκολο μονοπάτι της διεκπεραίωσης της διατριβής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κίνητρο για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας είναι ο περιβαλλοντικός συναγερμός για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην επικράτεια της παγκόσμιας κοινότητας. Επίσης, ο ρόλος της ανθρώπινης επίδρασης, που οδηγεί με τη σειρά της στην άνοδο της θερμοκρασίας, αποτελεί πηγή έμμεσης απειλής για την ποιότητα της ζωής και της υγείας γενικότερα. Σύμφωνα με τον οργανισμό GFN (2012), στη χώρα μας η τιμή του οικολογικού αποτυπώματος υπολογίζεται σε 2,5, πράγμα που σημαίνει πως σχετικά με την έκταση της και τον πληθυσμό της χρειάζεται 2,5 έτη για να παράγει αυτά που καταναλώνει σε ένα έτος. Το 75% της παραγωγής των αερίων στον ενεργειακό τομέα είναι οι εκπομπές του Δ.Α. (CO₂) Οι μεταφορές αποτελούν το 25% του συνόλου της επιρροής της ανθρώπινης ενεργειακής δραστηριότητας. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο εμπόριο και την εισαγωγή αρκετών προϊόντων από χώρες του εξωτερικού χρησιμοποιώντας τα τόσο τα αεροπορικά, ακτοπλοϊκά και σιδηροδρομικά μέσα μεταφοράς όσο και τις μετακινήσεις με οχήματα. Επίσης οφείλεται και στη ραγδαία αύξηση των ΙΧ οχημάτων και στις συνεχείς μετακινήσεις των κατοίκων σε αστικές περιοχές.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να συμβάλλει στην κατανόηση του περιβαλλοντικού προβλήματος και συγκεκριμένα του ενεργειακού αποτυπώματος των μετακινήσεων των οχημάτων διάφορων τύπων και κατηγοριών σε αστική περιοχή. Έτσι με τη χρήση τεχνολογιών ΓΣΠ γίνεται εκτίμηση του μοντέλου ενεργειακού αποτυπώματος των μετακινήσεων οχημάτων, εύρεση νέων βέλτιστων διαδρομών πιο οικολογικών και πιο οικονομικών, καθώς και σύγκριση αυτών μέσα από διάφορες περιπτώσεις μελέτης.

Συγκεκριμένα, γίνεται προσδιορισμός των διαδρομών σε περιοχή του Δήμου Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη Αττικής, βάση των τεχνολογιών της Γεωπληροφορικής (ΓΣΠ, GPS) και των πραγματικών συνθηκών και καταστάσεων (πχ: ΚΟΚ, Τύπος οχήματος, κλίση δρόμου). Η προσομοίωση των ρεαλιστικών αυτών συνθηκών της περιοχής επιτρέπει στο χρήστη την δημιουργία εναλλακτικών σεναρίων. Οι προτεινόμενες διαδρομές, έχοντας ως κριτήριο τις εκπομπές αερίων (Δ.Α.) και με χρήση νέων εργαλείων προσομοίωσης του ολοκληρωμένου εργαλείου των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ), μπορεί να βοηθήσει και να οδηγήσει στη λήψη αποφάσεων για τις μετακινήσεις των οχημάτων σε πιο οικολογικές και αποδοτικές διαδρομές. Επίσης μπορεί να έχει εφαρμογή και να είναι χρήσιμο στη λήψη αποφάσεων σε χωροταξικό και πολεοδομικό επίπεδο, ή σε αποφάσεις οικονομικού και υγειονομικού χαρακτήρα της περιοχής.

Λέξεις Κλειδιά: Οικολογικό αποτύπωμα, Ενεργειακό αποτύπωμα, ΓΣΠ, Βέλτιστες διαδρομές, Μετακινήσεις, Εκπομπές οχημάτων, Χωρική ανάλυση, Εργαλειοθήκη Network analyst

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ (ABSTRACT)

The initial reason of this thesis is the environmental alert in order to reduce the global atmospheric pollution. Furthermore, the influence of the human impact that leads to the increase of the climate temperature is a direct threat for the quality of life and health generally. Based on the GFN (2012) the value of ecological footprint is 2.5 this means that it needs 2.5 years to generate the amount that consumes in one year. The 75% of gasses production in the energy sector is the emissions of CO2. Transportation is the 25% of the total human influence in respect to energy activities. This value is due to the trading and importing many of the products from foreign countries by using air, ferry and rail transport or travel by vehicle . In addition is due to the radical increase of the number of personal vehicles and the usual transportation of residents to urban areas.

This thesis discusses the understanding of the environmental problem and specifically the energy footprint of the mobility of different type of vehicles in urban areas. So, with the use of Geographical information Systems, estimates the energy footprint model of vehicles mobility as find the new and more efficient, ecological and economic routes and make a comparison of different scenarios of them.

Specifically, the routes of municipality of Nikaia and St John Renti Attiki is determined based on Geomatics technologies (GIS, GPS) and actual condition and situations. These simulations of the realistic conditions of the area give the opportunity to the user to create alternative scenarios. The proposed routes are relevant to the Exhaust gas emissions and with the use of new simulations techniques and the integrated Geographical information system tool can help making decisions about the more efficient and environmental friendly vehicle routing. It can also be very helpful as well as to have application in decision making based on spatial and urban level.

Key words: Ecological Footprint, CO2 Footprint, Vehicle Emission, Vehicle Routing, Spatial Network, GIS, Network Analyst tool

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

Φ.Θ.	Φαινόμενο του Θερμοκηπίου
Ο.Α.	Οικολογικό Αποτύπωμα
Β.Ι.	Βιολογική Ικανότητα
Α.Θ.	Αέρια Θερμοκηπίου
°C	Βαθμούς Κελσίου
μg	Μικρογραμμάρια
m ³	Κυβικά μέτρα
ng	Νανογραμμάρια
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα
CO	Μονοξείδιο του Άνθρακα
NO ₂	Διοξείδιο του αζώτου
O ₃	Όζον
PM ₁₀	Σωματίδια
SO ₂	Διοξείδιο του θείου
As	Αρσενικό
CH ₄	Μεθάνιο
Cd	Κάδμιο
Ni	Νικέλιο
ΠΑΥ	Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες
NO _x	Οξείδια του αζώτου
Χλμ	Χιλιόμετρα
κλπ	Και Τα Λοιπά
κ.α.	Και άλλα
Εικ.	Εικόνα
Πιν.	Πίνακας
Διαγ.	Διάγραμμα
Ι.Χ.	Ιδιωτικής Χρήσης
Δ.Χ.	Δημόσιας Χρήσης
MMM	Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
τ.μ.	Τετραγωνικά Μέτρα
γρ.	Γραμμάρια/ο
μμ	Μετά μεσημβρίας
Κ-Μ	Κράτη Μέλη
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΟΗΕ	Οργανισμών Ηνωμένων Εθνών
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΦΕΚ	Φύλλο Κυβερνήσεως
Π.ΕΞ.Ε	Πρωτάθλημα Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΕΟΠ	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
Ε.Υ.Σ.ΠΕ.Δ.	Ειδική Υπηρεσία Συντονισμού Περιβαλλοντικών Δράσεων

ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής
ΕΑΡΘ	Δ/νση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου
ΕΔΠΑΡ	Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
Ι.ΜΕΤ.	Ινστιτούτο Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών
Γ.Γ.Ε.Τ.	Γενική Γραμματεία έρευνας και Τεχνολογίας
ΙΕΠΒΑ	Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης
ΕΑΑ	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΓΣΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΣΒΔΒ	Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Η/Υ	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
ACRONYMS	
ppm	Parts per million
ppb	Parts per billion
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
CCGG	Carbon Cycle Group
UNFCCC or FCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
COP	Conference of the Parties
ECCP	European Climate Change Program
GOSAT	Greenhouse Gases Observing SATellite
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
NIES	National Institute for Environmental Studies
MOE	Ministry of the Environment
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LEZ	Low Emissions Zones
WWF	World Wildlife Fund
GFN	Global Footprint Network
NFA	National Footprint Accounts
EPA	Environmental Protection Agency
ECCC	European Citizens Climate Cup
EU	European Union
UCL	University College of London
UCLEI	University College of London Environmental Institute
GHG	Greenhouse Gas
WBCSD	World business Council for Sustainable Development
IFEU	Institute for Energy and Environmental Research
GIS	Geographical Information System
NCAP	New Car Assessment Program

CATARC	China Automotive Technology and Research
kW	Kilowatt
MPV	Multi-purpose vehicles
MUV	Multi-utility vehicles
SUV	Sport utility cars
LGV	Large Good Vehicle
LDV	Light Duty Vehicle
RAM	Random access memory
AASHTO	American Association of State Jighway and Trasportation
TSP	Travelling Salesmans Problem
ESRI	Environmental Systems Research Institute
UTM	Universal Transverse Mercator
3D	3 Dimension
XML	Extensible Markup Language
GE	Google Earth
KML	Keyhole Markup Language
OSM	OSM

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο θεωρητικό κομμάτι, επιχειρείται μια προσέγγιση ως προς την κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου διαχρονικά έως και σήμερα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και το οικολογικό αποτύπωμα παρουσιάζεται όπως έχει αποτυπωθεί τα τελευταία χρόνια. Κύριο μέρος της εργασίας είναι η κατανόηση του ενεργειακού αποτυπώματος (ή αποτύπωμα του άνθρακα) για τις μετακινήσεις των οχημάτων. Επίσης μέσα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και την διεθνή εμπειρία παρουσιάζονται έρευνες σχετικά με το ενεργειακό αποτύπωμα των μετακινήσεων καθώς και σχετικές έρευνες που βασίστηκαν σε ΓΣΠ και νέες τεχνολογίες.

Για την καλύτερη κατανόηση του ενεργειακού αποτυπώματος των μετακινήσεων των οχημάτων έγιναν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις μελέτης για διάφορους τύπους οχημάτων και κατηγοριών. Υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, το οποίο περιλαμβάνει εργαλεία για την συλλογή, αποθήκευση, διαχείριση, επεξεργασία και ανάλυση των χωρικών στοιχείων καθώς και εργαλείων προσομοίωσης. Με αποτέλεσμα στην εύρεση με κριτήρια προτεινόμενων διαδρομών και στην χαρτογραφική και ψηφιακή απεικόνιση αυτών.

Η περιοχή της μελέτης είναι ένα τμήμα του Δήμου Νίκαιας-Αγ. Ιωάννη Ρέντη Αττικής, όπου, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία υποβάθρου (όπως το οδικό δίκτυο της περιοχής υπό μελέτη), επίσης στοιχεία προερχόμενα από εργασίες πεδίου με επίσκεψη στην περιοχή (χρήση GPS) και στοιχεία από το διαδίκτυο και την επίσημη ιστοσελίδα του ΟΑΣΑ.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη εισαγωγή και παρουσίαση της λειτουργίας και δράσης του Φαινομένου του Θερμοκηπίου και στο πόσο συμβάλλουν οι αρμόδιοι φορείς και οι κυβερνήσεις στην προστασία του περιβάλλοντος μέσα από την Συνθήκη πλαίσιο του Κιότο.

Στο Δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται η έννοια και ο ορισμός του οικολογικού αποτυπώματος, ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί, οι τομείς που συμμετέχουν στην εκτίμησή του και τα μετρούμενα στοιχεία σε παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό και Ελληνικό επίπεδο. Παρακάτω, αναλύονται οι επιμέρους παράμετροι του οικολογικού αποτυπώματος και ιδιαίτερα το οικολογικό αποτύπωμα του ενεργειακού τομέα μεταφορών. Ακολουθεί το πρώτο μέρος ανασκόπησης της βιβλιογραφίας με έρευνες για το οικολογικό αποτύπωμα των μεταφορών και των μετακινήσεων των οχημάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις κατηγορίες και υποκατηγορίες των οχημάτων σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, ποιες είναι αυτές και πώς επηρεάζουν την υγεία μας

οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από την χρήση οχημάτων. Επίσης γίνεται παρουσίαση του κανονισμού της Ε.Ε 715/2007 για τα πρότυπα οχήματα EURO και τα όρια εκπομπών των οχημάτων βάσει της συνθήκης του Κιότου. Κλείνοντας το κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο στόλος των οχημάτων στην Ελλάδα, στατιστικά και κάποιες δράσεις σχετικά με την κινητικότητα και το περιβάλλον.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, δίνεται έμφαση στα χαρακτηριστικά, στις ιδιότητες των ΓΣΠ, στη χρησιμότητα και την ευκολία της ανάλυσης χωρικών των δεδομένων για τον υπολογισμό των βέλτιστων διαδρομών, στηριζόμενοι σε διάφορα κριτήρια αλλά και στη δρομολόγηση των οχημάτων. Γίνεται παρουσίαση του λογισμικού πακέτου ArcGIS Desktop 9.3 και βλέπουμε την εφαρμογή μιας extension εργαλειοθήκης όπως το Network analyst. Ακολουθεί ανασκόπηση από την διεθνή εμπειρία των εφαρμογών των νέων τεχνολογιών των ΓΣΠ για τα περιβαλλοντικά θέματα ιδιαίτερα τη γεωγραφική εκτίμηση και μοντελοποίηση του ενεργειακού αποτυπώματος των μεταφορών και μετακινήσεων των οχημάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γνωρίζουμε την υπό μελέτη περιοχή, μέσα από κάποια ιστορικά, γεωγραφικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά της. Αναφέρονται αναλυτικά τα δεδομένα και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την παρουσίαση και ολοκλήρωση των διαδικασιών της επέκτασης Network analyst, καθώς και ένα κομμάτι της επέκτασης Spatial Analyst σχετικά με την εφαρμογή της παρεμβολής. Στην συνέχεια παρατίθενται τρεις περιπτώσεις μελέτης με σενάρια από τη καθεμία για την εύρεση οικολογικών διαδρομών για τις διάφορες κατηγορίες των οχημάτων. Επίσης δίνονται τα αποτελέσματα στατιστικά και γίνεται σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους, τόσο γεωγραφικά όσο και περιγραφικά.

Στο τέλος, αναφέρονται τα συνολικά συμπεράσματα της εφαρμογής της μελέτης μαζί με κάποιες μελλοντικές προτάσεις.

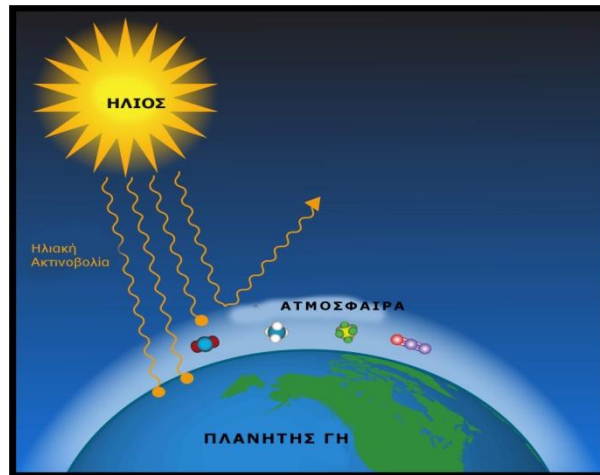
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1.ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1.1.Ορισμός και λειτουργία του Φαινομένου του Θερμοκηπίου

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Φ.Θ.) ή θερμοκηπικό φαινόμενο ονομάζεται η φυσική ατμοσφαιρική διαδικασία η οποία καθιστά τον πλανήτη φιλόξενο για ζωή Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από το Γάλλο μαθηματικό, αστρολόγο και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ το 1824, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από τον Σουηδό φυσικό και χημικό Svante Arrhenius το 1896. Ο Svante Arrhenius, βρήκε ότι η μέση θερμοκρασία της γης είναι περίπου 15 °C, λόγω της υπέρυθρης ικανότητας της απορρόφησης των υδρατμών και του Δ.Α. Χωρίς το Φ.Θ. η θερμοκρασία του πλανήτη θα ήταν ψυχρή, δηλαδή στους -20°C περίπου αντί για 15°C, πράγμα απαγορευτικό για την ανάπτυξη ζωής. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης είναι στους 450°C, ενώ στον Άρη είναι στους -53°C. Για να είναι βιώσιμος ένας πλανήτης δεν παίζει ρόλο η θέση του πλανήτη στο ηλιακό σύστημα, αλλά η ατμόσφαιρα του πλανήτη.

Τα αέρια που καθορίζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου συμβάλουν στην θερμότητα και διαμορφώνουν ανεκτά επίπεδα θερμοκρασίας στον πλανήτη Γη, ώστε να είναι βιώσιμος για όλα τα έμβια όντα. Σε απόσταση 25 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της Γης, υπάρχει ένα λεπτό σχηματιζόμενο διαχωριστικό στρώμα, αποτελούμενο από τα βασικότερα θερμοκηπικά αέρια: τους υδρατμούς, που είναι από τα πιο σημαντικά αέρια διότι σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχει σε αφθονία αν και ποικίλει από 0-3%, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το όζον και οι χλωροφθοράνθρακες. Τα οποία αποτελούν το 99,5% (NOAA–CCGG) όλων των αερίων στη Γη. Το στρώμα αυτό δρα όπως το γυαλί ενός θερμοκηπίου χλωρίδας, γι'αυτό και πήρε την ονομασία Φ.Θ., το οποίο επιτρέπει τις υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου (ακτινοβολία βραχέων κυμάτων) να εισέλθουν στην επιφάνεια της Γης, αλλά παράλληλα εγκλωβίζει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία του εδάφους αλλά και των επιφανειακών υλικών. Ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τα μόρια όζοντος του νερού, ενώ το υπόλοιπο, αφού φθάσει στο έδαφος, θερμαίνεται και επανεκπέμπεται ως υπέρυθρη ακτινοβολία. Το 30% περίπου της εισερχόμενης ακτινοβολίας ανακλάται από τα σύννεφα και το έδαφος πίσω στο διάστημα, το 20% απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το υπόλοιπο μισό απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, την οποία και θερμαίνει (Εικ.1).



Εικόνα 1.Αναπαράσταση φαινομένου θερμοκηπίου Πηγή: Barb Deluisi, esrl.noaa.gov

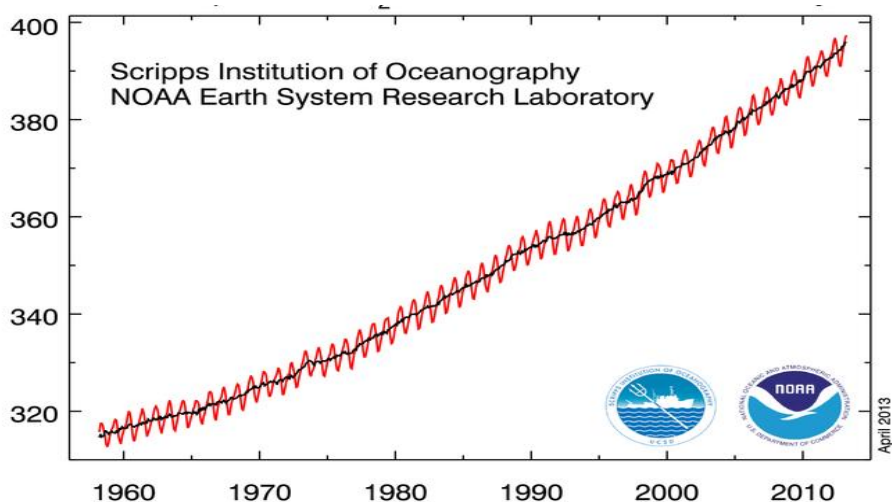
Περισσότερο από έναν αιώνα χρειάστηκε για να συνειδητοποιήσουν οι επιστήμονες ότι οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών αερίων μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το κλίμα της Γης μέσω αυτής της διαδικασίας. Τη δεκαετία του 1950 αποδείχτηκε πως το Δ.Α. έχει διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα περίπου 10 έτη. Το 1958 ο Charles Kelling χρησιμοποίησε τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες της εποχής για την μέτρηση των συγκεντρώσεων του Διοξειδίου του Άνθρακα (CO_2) στην Ανταρκτική και Mauna Loa. Από το 1940 μέχρι το 1970 υπάρχει πτώση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, ενώ από τα τέλη του 1980 η θερμοκρασία αυξάνεται απότομα. Ο Stephen Schneider, ένας από τους κορυφαίους εμπειρογνώμονες του θερμοκηπίου, είχε προβλέψει πρώτος την υπερθέρμανση του πλανήτη από το 1976. Αργότερα ασχολήθηκαν επιστήμονες της Αμερικάνικης Εθνικής Υπηρεσίας Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA), αλλά και της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του κλίματος (IPCC), που ιδρύθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη το 1988, στην οποία δόθηκε ο ορισμός της θεωρίας του Φ.Θ. Τη δεκαετία του 1990 κάποιοι επιστήμονες αμφισβήτησαν την θεωρία αυτή λόγω σημαντικών αβεβαιοτήτων στα σύνολο των δεδομένων του μοντέλου.

Η συνεχόμενη αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα του Δ.Α και άλλων αερίων, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ανθρώπινη δραστηριότητα (γεωλογικές, φυσικοχημικές, βιολογικές και πολιτισμικές δραστηριότητες). Η αύξηση αυτών των αερίων και η ύπαρξη ανισορροπίας μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας ενδέχεται να οδηγήσει σε αλλαγή του κλίματος. Γνωρίζοντας ότι περίπου το ήμισυ των σημερινών εκπομπών απορροφάται από την ξηρά και τη θάλασσα. (Houghton J. T et al, 1996)

Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου ονομάζεται η μεγαλύτερη απορρόφηση της ακτινοβολίας και η λιγότερη ενίσχυση της στο χώρο, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται ο πλανήτης. Η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου λέγεται αλλιώς και ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς είναι υπεύθυνη γι' αυτό η ανθρώπινη δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, η αύξηση των αερίων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στη καύση ορυκτών καυσίμων, στις εδαφικές αλλαγές που συντελούνται εξαιτίας της καταστροφής των δασών, στην ανάπτυξη της γεωργίας, καθώς και στους βιομηχανικούς ρύπους, στους ρύπους των οχημάτων, των κεντρικών θερμάνσεων κ.λπ.

1.1.2.Μετρήσεις ρύπων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.2) απεικονίζεται η μηνιαία μέση τιμή του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως από το παρατηρητήριο Mauna Loa, Hawaii. Αποτελεί το μεγαλύτερο ρεκόρ των άμεσων μετρήσεων στον πλανήτη του ατμοσφαιρικού Δ.Α. Τα δεδομένα αναφέρονται σε ένα ξηρό γραμμομοριακό κλάσμα και ορίζεται ο αριθμός των μορίων του διοξειδίου του άνθρακα που διαιρείται με τον αριθμό των μορίων του ξηρού αέρα πολλαπλασιαζόμενο με ένα εκατομμύριο μερών (ppm).

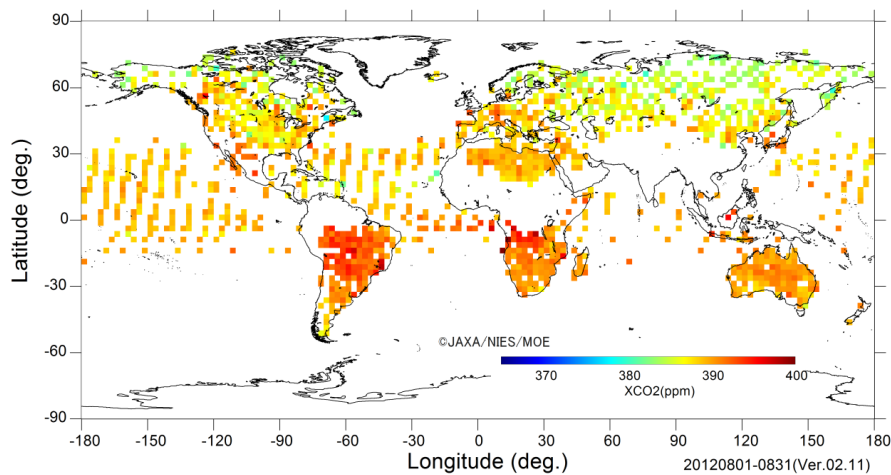


Εικόνα 2.Παγκόσμιες μέσες μηνιαίες τιμές CO₂ για την περίοδο 1960-2011 Πηγή : NOAA esrl.noaa.gov

Το πρόγραμμα δορυφορικής παρακολούθησης αερίων θερμοκηπίου (GOSAT) είναι μια προσπάθεια που προωθείται από την Ιαπωνική Αεροδιαστημική Υπηρεσία εξερεύνησης (Japan Aerospace Exploration Agency-JAXA), το Εθνικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Μελετών (NIES) και το Υπουργείο Περιβάλλοντος (MOE) από τον Απρίλιο του 2004. Τον Ιανουάριο του 2009 αναπτύχθηκε και ο Δορυφόρος GOSAT IBUKI σε τροχιά απόστασης

667χλμ από τη γη και με βάρος 1,750 κιλά. Από το 2004 είναι το πρώτο παγκόσμιο δορυφορικό σκάφος που μετράει τις συγκεντρώσεις του Δ.Α. και του Μεθανίου, δύο από τα πιο σημαντικά αέρια του Φ.Θ.

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.3), απεικονίζεται χάρτης με τις μηνιαίες τιμές του Διοξειδίου του άνθρακα (μέσες αναλογίες ανά στήλη – Αύγουστος 2012). Σύμφωνα με το υπόμνημα, όσο πιο κόκκινες σκούρες είναι οι τιμές, τόσο πιο μεγάλη είναι η παρουσία του Δ.Α.



Εικόνα 3.Μηνιαίες τιμές διοξειδίου του άνθρακα Πηγή: Εθνικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Μελετών Ιαπωνίας (NIES)

1.1.3.Προβλέψεις πιθανών αλλαγών του κλίματος και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις

Η αξιολόγηση της πρόβλεψης για την αλλαγή του κλίματος μέσα από διάφορους παράγοντες που καταχωρούνται στο κλιματικό μοντέλο, μας δίνει εκτιμήσεις για τις αναμενόμενες αλλαγές σε θερμοκρασία, βροχόπτωση κ.λπ. Με βάση το μοντέλο αυτό υπολογίζεται ενδεικτικά για την περίοδο 2000-2100, ότι οι πιθανές κλιματικές αλλαγές που αφορούν στην βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα, την υγεία, τη γεωργία και στο σχεδιασμό βιομηχανικών και αστικών υποδομών. Είναι οι εξής: (J. Arblaster et.al, IPCC (2007) The Physical Science Basis)

- A. Υψηλότερες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, πιο ζεστές ημέρες με καύσωνες σε όλο το πλανήτη, με λιγότερες κρύες μέρες και παγετώνες.
- B. Εντονότερες Βροχοπτώσεις.
- Γ. Αυξημένες καλοκαιρινές ξηρασίες σε ηπειρωτικές περιοχές με μεσαία γεωγραφικά πλάτη.
- Δ. Έντονες Ξηρασίες και πλημμύρες του φαινομένου Ελ Νίνιο σε πολλές περιοχές.
- E. Αύξηση μεταβλητότητας στις βροχοπτώσεις των ασιατικών μουσώνων.

- Z. Αύξηση στις μέγιστες ταχύτητες, στις μέσες και μέγιστες βροχοπτώσεις στους τροπικούς κυκλώνες.
- H. Εντονότερες καταιγίδες στις περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους.

Οι επιπτώσεις των παραπάνω κλιματικών αλλαγών είναι:

- α. Αυξημένες περιπτώσεις των θανάτων και ασθενειών σε μεγάλες ηλικίες και αστέγους, αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρισμού λόγω ζήτησης ενέργειας για ψύξη, αλλαγές σε τουριστικούς προορισμούς, κίνδυνοι σε καλλιέργειες, έντονες επιδράσεις σε ζιζάνια και παράσιτα.
- β. Αύξηση των πιθανοτήτων για πλημμύρες – κατολισθήσεις – χιονοστιβάδες, εδαφική διάβρωση, επαναπλήρωση των υδροφόρων λόγω μεγάλης απορροής, αυξημένες πιέσεις σε ασφαλικά δίκτυα.
- γ. Μείωση απόδοσης καλλιεργειών, φθορές στα κτήρια λόγω συρρίκνωσης εδάφους, υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, αύξηση των πυρκαγιών, μειωμένη ικανότητα της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.
- δ. Μείωση παραγωγής των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων.
- ε. Εντονότερη ξηρασία και πλημμύρες σε περιοχές τροπικής Ασίας και εύκρατες ζώνες.
- ζ. Απώλειες των ζώων, επιδημίες μολυσματικών ασθενειών, αύξηση της παράκτιας διάβρωσης και φθορές σε παράκτια κτήρια, φθορές σε παράκτια οικοσυστήματα όπως κοραλλιογενείς υφάλους και μαγκρόβια δάση.
- η. Απώλειες των ανθρώπινων ζώων και αύξηση κινδύνων για την υγεία, καταστροφές σε υποδομές και ιδιωτικές περιουσίες.

Μέχρι στιγμής δεν έχουν ληφθεί πολυάριθμα μέτρα για την πρόβλεψη και επίλυση του προβλήματος της αλλαγής του κλίματος. Αυτό προκαλείται από αβεβαιότητα της θεωρίας. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που είναι δύσκολο να επιλυθεί από μεμονωμένες χώρες. Ως εκ τούτου, το 1998 στο Κιότο της Ιαπωνίας, ήταν αντικείμενο διαπραγμάτευσης.

1.2.ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

1.2.1. Η σύμβαση – πλαίσιο: Όροι και Στόχοι

Ήδη από τη δεκαετία του 1980, οι κυβερνήσεις συνειδητοποίησαν το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη να λάβουν κάποια σχετικά μέτρα. Έτσι, η συνεργασία διεθνώς κρίθηκε αναγκαία, εφόσον όλες οι χώρες συνέβαλαν στις εκπομπές αερίων και όλες υφίσταντο τις συνέπειες. Το 1992 οι κυβερνήσεις υιοθέτησαν τη Σύμβαση πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή.

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC or FCCC), είναι μια διεθνής-διακυβερνητική συνθήκη που έχει αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής στα πλαίσια του ΟΗΕ. Η διαπραγμάτευση της Σύμβασης δημιουργήθηκε την περίοδο (Φεβρουάριο 1991 με Μάιο 1992) και υπογράφηκε στις 3-14 Ιουνίου του 1992 από την Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (United Nations Conference on Environment and Development - UNCED), γνωστή ως τη Σύνοδο Κορυφής του Ρίο.

Ο στόχος της Συνθήκης είναι η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα, τα οποία αποτρέπουν την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα. Επίσης, να γίνει ομαλοποίηση και προσαρμογή ολόκληρου του οικοσυστήματος στην κλιματική αλλαγή και προσφορά βοήθειας σε φτωχότερες χώρες για την αντιμετώπιση του προβλήματος, καθώς και επεξεργασία στρατηγικών για την αλλαγή του κλίματος. Η UNFCCC τέθηκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Μέχρι τον Αύγουστο του 2009 είχε επικυρωθεί από 193 χώρες. Τα Συμβαλλόμενα μέρη της Σύμβασης έχουν τακτικές συναντήσεις – γνωστές ως Διάσκεψη των Μερών (COP) – με στόχο την αξιολόγηση της προόδου σχετικά με την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους, καθώς και την εξέταση των μελλοντικών δράσεων της κλιματικής αλλαγής.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι μια διεθνής συμφωνία που συνδέεται με την UNFCCC. Η κύρια διαφορά μεταξύ του πρωτοκόλλου και της σύμβασης είναι ότι, ενώ η Σύμβαση ενθαρρύνει τις χώρες για τη σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το πρωτόκολλο δεσμεύει νομικά τις χώρες μέλη να το πράξουν.

Οι όροι της συμφωνίας των κρατών είναι να τεθεί το Πρωτόκολλο σε ισχύ μόνο εάν έχει επικυρωθεί από το 55% των συμβαλλόμενων μερών της UNFCCC. Η πλειοψηφία των

μερών συμπεριλαμβανομένου του Καναδά, της Ιαπωνίας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης επικύρωσαν τη συνθήκη. Τελικά συναντήθηκαν τον Νοέμβριο του 2004, όταν η Ρωσική Ομοσπονδία επικύρωσε το πρωτόκολλο. Έτσι, το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005.

Συμμετέχουν 191 χώρες που αντιπροσωπεύουν περίπου το 65% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από το 1990. Όλα τα μέλη του ΟΗΕ (εκτός Ανδόρας, Καναδά, Νότιο Σουδάν και ΗΠΑ) είναι συμβαλλόμενα μέρη του Πρωτοκόλλου. Οι ΗΠΑ- μια σημαντική πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου - απέρριψε τη Συνθήκη το 2001. Το ίδιο και ο Καναδάς που αποσύρθηκε το 2011.

1.2.2. Το Πρωτόκολλο Κιότο στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα σύνθετο πρόβλημα που αλληλεπιδρά με πολλές εκφάνσεις της ανθρώπινης και φυσικής ύπαρξης. Επηρεάζει ή επηρεάζεται από παγκόσμια ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων της φτώχειας, της οικονομικής ανάπτυξης, της αύξησης του πληθυσμού, της αειφόρου ανάπτυξης, της διαχείρισης πόρων. Δεν είναι περίεργο, λοιπόν, ότι οι λύσεις προτείνονται από όλους τους κλάδους και τους τομείς της έρευνας και της ανάπτυξης.

Στην καρδιά της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, όμως, βρίσκεται η ανάγκη για τη μείωση των εκπομπών. Το 2010, οι κυβερνήσεις συμφώνησαν ότι οι εκπομπές πρέπει να μειωθούν έτσι ώστε η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας να περιορίζεται σε κάτω από 2 βαθμούς Κελσίου.

Το βασικό χαρακτηριστικό του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι ότι θέτει δεσμευτικούς στόχους για πολλές αναπτυγμένες χώρες, αναφορικά με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η πρώτη περίοδος δέσμευσης ίσχυε από το 2008 έως το 2012 και η δεύτερη περίοδος δέσμευσης από το 2013 έως το 2020. Το πρωτόκολλο τροποποιήθηκε το 2012 για την εφαρμογή της δεύτερης δέσμευσης και τέθηκε σε νομική ισχύ τον Ιανουάριο του 2013 για 37 χώρες μέλη της Ε.Ε.. Αυτά ανέρχονται κατά μέσο όρο στο πέντε τοις εκατό σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά τη διάρκεια της πενταετούς περιόδου 2008-2012. Οι δέκα χώρες που προσχώρησαν στην Ε.Ε., στις 1 Μαΐου 2003, έχουν ατομικούς στόχους στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου, με εξαίρεση την Κύπρο και τη Μάλτα, για τις οποίες δεν έχουν καθοριστεί στόχοι.

Τον Μάρτιο του 2000, αναπτύχθηκε από την ΕΕ το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την αλλαγή του κλίματος (European Climate Change Program – ECCP) και μαζί με εκπροσώπους βιομηχανιών και περιβαλλοντικών ενώσεων κατέληξαν σε 42 μέτρα που θα συμβάλουν

στον περιορισμό των αερίων Φ.Θ. με τρόπο αποδοτικό από πλευράς κόστους. Τα μέτρα αφορούν στη βελτίωση της απόδοσης από πλευράς καυσίμων των οχημάτων, στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, στην αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο συνδυασμό παραγωγής θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας, στη μείωση φθοριούχων θερμοκηπιακών αερίων στα συστήματα κλιματισμού, στον περιορισμό του μεθανίου από τους χώρους υγειονομικής ταφής, στην διερεύνηση εκστρατειών ευαισθητοποίησης και στην ενίσχυση έρευνας και τεχνολογιών.

Η Ελλάδα υπέγραψε τη σύμβαση τον Απρίλιο του 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα Κράτη Μέλη της Ε.Ε. και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Όλα τα Κ-Μ της Ε.Ε. επικύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο του 2002. Η Ελλάδα το επικύρωσε, βάσει του Νόμου 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117). Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, η ΕΕ και τα Κ-Μ της έχουν υποχρέωση μείωσης των εκπομπών κατά 8% κατά τη περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τις εκπομπές του έτους βάσης (1990). Βάσει του άρθρου 4 του Πρωτοκόλλου, στο Συμβούλιο των Υπουργών Περιβάλλοντος της Ε.Ε. της 4ης Μαρτίου 2002, επετεύχθη συμφωνία για την έγκριση του ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας του Πρωτοκόλλου του Κιότο, της Σύμβασης- Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών όσον αφορά την αλλαγή του κλίματος και την από κοινού ανταπόκριση στις αντιστοίχως αναλαμβανόμενες υποχρεώσεις. Η Ελλάδα σύμφωνα με την απόφαση αυτή, δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% για το διάστημα 2008-2012, προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της ΕΕ για 8% μείωση των εκπομπών της για το ίδιο διάστημα. Για να ανταποκριθεί στη δέσμευσή της αυτή, η χώρα μας εκπόνησε το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου του θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010.

Το σύστημα εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emission Trading) ξεκίνησε την 1^η Ιανουαρίου 2005 και αποτελεί μηχανισμό που καθιερώθηκε στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με σκοπό την λήψη μέτρων μείωσης εκπομπών αερίων. Σύμφωνα με την λειτουργία του συστήματος εμπορίας, οι βιομηχανικές μονάδες που εκπέμπουν χαμηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα από τα επιτρεπτά όρια έχουν το δικαίωμα να πουλήσουν το πλεόνασμα σε βιομηχανικές μονάδες, όπου οι εκπομπές υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια. Στις μονάδες που υπερβαίνουν τα όρια και δεν καλύπτουν το πλεόνασμα με αγορά δικαιωμάτων θα επιβάλλονται κυρώσεις. Στόχος του συστήματος είναι να δοθεί χρηματοοικονομικό κίνητρο για το περιορισμό εκπομπών. Στην ΕΕ το σύστημα κατοχυρώνεται με την Οδηγία 2003/87/EK και με τις οδηγίες πράξεων τροποποίησης έως σήμερα 2004/101/EK, 2008/101/EK, 2009/29/EK, 219/2009. Στην

Ελλάδα με την Κοινή υπουργική απόφαση ΚΥΑ 54409/2632/2004 (ΦΕΚ 1931Β') ενσωματώθηκε η οδηγία της Ε.Ε.

1.2.3. Θεσμικές Μελλοντικές δράσεις

Για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτούνται συντονισμένες προσπάθειες σε επίπεδο λήψης αποφάσεων αλλά και σε επίπεδο σχεδιασμού και εφαρμογής των αναγκαίων μέτρων. Στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του ζητήματος θεωρείται σημαντική η συνεισφορά των διεθνών οργανισμών, των εθνικών κυβερνήσεων, των μη κυβερνητικών οργανώσεων, των επιχειρήσεων, αλλά και των ενεργών – ευαισθητοποιημένων πολιτών. Επίσης ο ρόλος της εκπαίδευσης και της ενημέρωσης των πολιτών θεωρείται ουσιαστικός καθώς μπορεί να επηρεάσει στην υιοθέτηση νέων καταναλωτικών προτύπων που συνδέονται με την ορθολογική χρήση της ενέργειας προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων και του περιορισμού των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων.

Δεδομένου ότι το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ, οι συζητήσεις στο πλαίσιο της UNFCCC επικεντρώνονται όλο και περισσότερο στην εξασφάλιση μιας νέας διεθνούς συνθήκης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μετά το 2012, καθώς η πρώτη περίοδος δεσμεύσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο έχει τελειώσει. Η UNFCCC διάσκεψη για το κλίμα θα πραγματοποιηθεί στη Γαλλία το Δεκέμβριο του 2015. Οι κυβερνήσεις έχουν υποσχεθεί να παραδώσουν ένα νέο παγκόσμιο και νομικά δεσμευτικό καθεστώς για το κλίμα. Ήρθε η ώρα για τις κυβερνήσεις να συνειδητοποιήσουν ότι οι προετοιμασίες για εκείνη τη στιγμή πρέπει να αρχίσουν από τώρα.

Για να είναι επαρκές το νέο πρωτόκολλο το 2015 πολλά πρέπει να αλλάξουν στην εθνική πολιτική σε όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου. Σε λιγότερο από τρία χρόνια, οι χώρες πρέπει να καταλήξουν σε συμφωνία για νέα μέτρα, για το 2020 και μετά να θέσουν στόχους μείωσης της θερμοκρασίας της τάξης του 1,5°C, με καινοτόμους μηχανισμούς για την παροχή νέων και πρόσθετων δημόσιων οικονομικών, διεθνείς κανόνες διαφάνειας και συμμόρφωσης, καθώς και τη συμφωνία για τη νομική μορφή του νέου πρωτοκόλλου.

Στην Ελλάδα, προκειμένου να γίνει αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και να τεθούν μελλοντικοί στόχοι, συστάθηκε Ειδική Υπηρεσία Συντονισμού Περιβαλλοντικών Δράσεων (Ε.Υ.Σ.ΠΕ.Δ.) βάσει του Νόμου 3614/2007 (ΦΕΚΑ΄ 267/3.12.2007) και ειδικότερα σύμφωνα με τα άρθρα 5, 10, 12 και 18 αυτού, καθώς και με την ΚΥΑ 19883/2008 (ΦΕΚ Β΄ 1957/23.9.2008), όπου καθορίστηκαν η διάρθρωση και οι αρμοδιότητές της. Ο καθορισμός των τυπικών και ουσιαστικών προσόντων της Υπηρεσίας

αναφέρονται στην ΚΥΑ 23813/2009 (ΦΕΚ 1170/17 Ιουνίου 2009). Με μια νέα Προγραμματική Περίοδο για την Πολιτική της Συνοχής 2014-2020 – Τομέας Περιβάλλοντος & Ενέργειας, ο Σχεδιασμός του Σύμφωνου Εταιρικής Σχέσης (ΣΕΣ), το οποίο θα υπογραφεί μεταξύ της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΕ) για τον Τομέα του Περιβάλλοντος & Ενέργειας, θα στοχεύει στην κάλυψη των πραγματικών αναγκών της χώρας σε υλικές και άυλες επενδύσεις.

1.3. Πρότυπα ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας (Πιν.1) με την ονομασία των ρύπων, με πρότυπα και στόχους για την ποιότητα του αέρα συγκεντρωτικά για την Ε.Ε. (Ε.Ε. – LEZ) σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Ρύπος	Περίοδος μέσου όρου	Οριακή Τιμή	Ημερομηνία κατά την οποία πληρούνται
Βενζόλιο	Ημερολογιακό έτος	5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (1.54 ppb)	1-Ιαν-10
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	8 ωρών, κυλιόμενη βάση	10 mg / m^3 (8.6 ppm)	1-Ιαν-05
Μόλυβδος	Ημερολογιακό έτος	0.5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	1 Ιανουάριο 2005 ή, σε ειδικές περιπτώσεις, 1 Ιανουάριο 2010
Το διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	200 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (105 ppb), δεν πρέπει να υπερβαίνονται > 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	1-Ιαν-10
Το διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	Ημερολογιακό έτος	40 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (21 ppb)	1-Ιαν-10
Όζον (O ₃)	Μέγιστη ημερήσια 8 ωρών μέση τιμή-στόχος	120 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (60 ppb), δεν πρέπει να υπερβαίνονται > 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο πάνω από 3 χρόνια	1-Ιαν-10
Σωματίδια λιγότερο από 10 μικρά κατά το ημερολογιακό έτος διαμέτρου (PM ₁₀)	24 ωρών	50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, Δεν πρέπει να υπερβαίνονται > 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	1-Ιαν-05
PM _{2.5}	Ημερολογιακό έτος	25 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	1-Ιαν-15
	3 έτη κατά μέσο όρο (2013,14,15)	20 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	1-Ιαν-15
	Τη μείωση της έκθεσης	Για να ανταποκριθεί 18 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ από 2020, μεταξύ 0-20% των αστικών μείωση παρασκήνιο απαιτείται, ανάλογα με τη συγκέντρωση σε 2010,	μεταξύ 2010 & 2020 (ανάλογα με τη συγκέντρωση σε 2010)
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	350 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (132ppb), δεν πρέπει να υπερβαίνονται > 24 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	1-Ιαν-05
	24 ωρών	125 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (47ppb), δεν πρέπει να υπερβαίνονται > 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	1-Ιαν-05
Αρσενικό (As)	Ημερολογιακό έτος	Στόχος αξία 6 ng / m^3	1-Ιαν-12
Το κάδμιο (Cd)	Ημερολογιακό έτος	Στόχος αξία 5 ng / m^3	1-Ιαν-12
Νικέλιο (Ni)	Ημερολογιακό έτος	Στόχος αξία 20 ng / m^3	1-Ιαν-12
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)	Ημερολογιακό έτος	Στόχος αξία 1 ng / m^3 (Εκφραζόμενη ως βενζο (a) πυρένιο)	1-Ιαν-12
Οριακές τιμές για την προστασία της βλάστησης (NO_x) Και τα οικοσυστήματα (SO₂)			
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	Ημερολογιακό έτος	30 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	19-Ιουλ-01
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Ημερολογιακό έτος και χειμώνας (Οκτώβριος 1 - 31 Μαρ)	20 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	19-Ιουλ-01

Πίνακας 1. Ρύποι: Πρότυπα και Στόχοι της Συνθήκης του Κιότο Πηγή: el.lowemissionzones.eu

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

2.1. Έννοια – Παραδοχές του Οικολογικού Αποτυπώματος



Εικόνα 4. Σκίτσο οικολογικού αποτυπώματος Πηγή: (GFN- Phil Testemale)

Η έννοια οικολογικό αποτύπωμα (Ecological Footprint) δημιουργήθηκε από τον καθηγητή του Βρετανικού Πανεπιστημίου Κολούμπια και διευθυντή της σχολής Κοινότητας και Χωροταξίας (SCARP) William Rees. Τον ενέπνευσε ένας τεχνικός ηλεκτρονικών υπολογιστών που χαρακτήρισε το νέο του υπολογιστή ως μικρό αποτύπωμα στο γραφείο.

Ο William Rees είναι και συνδημιουργός της μεθόδου του οικολογικού αποτυπώματος με τον Ελβετό, Διδακτορικό του Φοιτητή, ονόματι Mathis Wackernagel εν έτει 1990-1994, ο οποίος σήμερα είναι διευθυντής του Παγκόσμιου Δικτύου Αποτυπώματος (Global Footprint Network). Πρόκειται για μια ανεξάρτητη μη κερδοσκοπική οργάνωση που ιδρύθηκε το 2003, με 40 συνεργαζόμενους εταίρους σε όλο τον κόσμο και αποσκοπεί στη δημιουργία και προώθηση εργαλείων βιωσιμότητας και στη λήψη αποφάσεων για τα οικολογικά όρια.

Το οικολογικό αποτύπωμα (εικ.5) είναι ένα εργαλείο μέτρησης και υπολογισμού των επιπτώσεων που έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα στο οικοσύστημα του πλανήτη Γη. Πρόκειται για την οικολογική φέρουσα ικανότητα (Biocapacity) του πλανήτη μας να αναγεννά και να παράγει την αναγκαία παραγωγική γη και θαλάσσια περιοχή ώστε να παρέχονται τα αγαθά και οι υπηρεσίες που απαιτούνται για τον ανθρώπινο πληθυσμό μιας πόλης ή χώρας ώστε να μπορεί να καταναλώνει, συμπεριλαμβανομένης και της αφομοίωσης των απορριμμάτων και των ρύπων. Μονάδα μέτρησης του είναι το εκτάριο που ισούται με δέκα (10) στρέμματα (W. Rees, M. Wackernagel, 1992).



Υπάρχει και μια άλλη εκδοχή της έννοιας του οικολογικού αποτυπώματος σε σχέση με τα σημερινά αναπτυσσόμενα κοινωνικοοικονομικά κριτήρια. Σύμφωνα με αυτή ορίζεται ως ένα λογιστικό πλαίσιο για την μέτρηση των ζητούμενων πόρων του ανθρώπου στην βίοςφαιρα. Η ανθρώπινη οικονομία είναι ενσωματωμένη στη βίοςφαιρα του πλανήτη και εξαρτάται από τις οικολογικές υπηρεσίες του. Τα φυσικά προϊόντα και οι υπηρεσίες που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος έχουν επιπτώσεις στην Γη. Δεδομένου όμως ότι η Γη έχει την ικανότητα να ανανεώνει τα αγαθά της μπορεί να αντιμετωπιστεί η ανθρώπινη ζήτηση, όσο ακόμη η ζήτηση είναι η αναγεννητική ικανότητα της βίοςφαιρας (M. Wackerangel, T. Russ 2008).

Η πιο πρόσφατη εκδοχή ορίζει ως οικολογικό αποτύπωμα το δείκτη παρακολούθησης των απαιτήσεων της ανθρωπότητας στη βίοςφαιρα, συγκρίνοντας την κατανάλωση των ανθρώπων ενάντια στην αναγεννητική ικανότητα της Γης ή βιολογική ικανότητα του πλανήτη. Ο δείκτης υπολογίζει α) την περιοχή που απαιτείται για την παραγωγή των πόρων που καταναλώνουν οι άνθρωποι, β) την περιοχή που καταλαμβάνουν οι υποδομές και γ) την απαιτούμενη περιοχή της δασικής έκτασης, ώστε να απομονώνεται το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂) και να μην απορροφάται από τον ωκεανό (Wackernagel, et al 2002, Galli, Kitzes).

Η έννοια του οικολογικού αποτυπώματος, είναι η πιο σημαντική σύλληψη στο χώρο της οικολογίας σήμερα, με απεριόριστες δυνατότητες από παιδαγωγική και πρακτική άποψη (E.O. Wilson - Professor Emeritus, Harvard University).

Βιολογική Ικανότητα (Biocapacity), ορίζεται ως η ικανότητα της φύσης να παράγει ανανεώσιμους πόρους και να απορροφά τα απόβλητα.

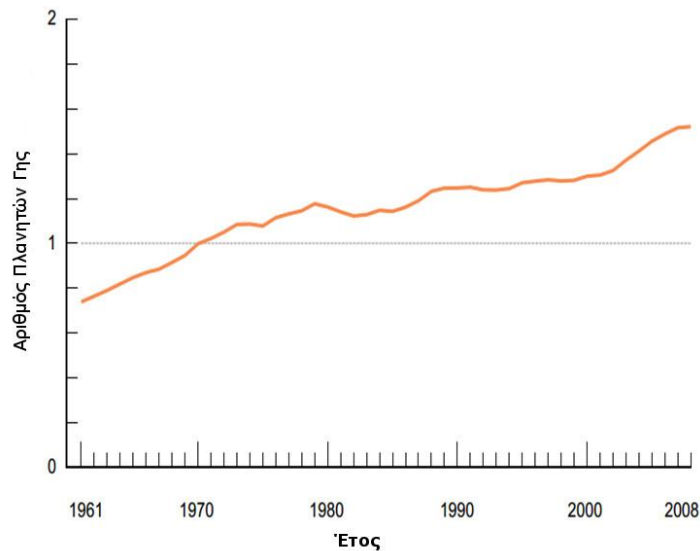
Οι μετρήσεις του οικολογικού αποτυπώματος και της βιολογικής Ικανότητας βασίζονται σε έξι (6) θεμελιώδεις παραδοχές (Wackernagel 2002):

- ➔ Να μπορεί να παρακολουθείται η πλειοψηφία των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οι πόροι και τα απόβλητα που παράγουν.
- ➔ Να γίνεται μέτρηση των πόρων και των αποβλήτων σε σχέση με την παραγωγικότητα της περιοχής που τα διατηρεί.
- ➔ Με την κλιμάκωση της κάθε περιοχής σε αναλογία με τη βιολογική παραγωγικότητα, διαφορετικές περιοχές να μπορούν να μετρηθούν με κοινή μονάδα μέτρησης (το ονομαζόμενο παγκόσμιο εκτάριο).
- ➔ Επειδή το παγκόσμιο εκτάριο της ζήτησης αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη χρήση που αποκλείει κάθε άλλη χρήση του αποτυπώματος και όλα τα Π.Ε. σε συγκεκριμένο έτος αντιπροσωπεύουν την ίδια ποσότητα βιολογικής παραγωγικότητας, να μπορούν να αθροίζονται. Μαζί να παρουσιάζουν την συνολική ζήτηση ή το οικολογικό αποτύπωμα. Με τον ίδιο τρόπο και για την βιολογική ανάγκη, κάθε εκτάριο παραγωγικής περιοχής να κλιμακώνεται ανάλογα με την βιολογική παραγωγικότητα και στην συνέχεια να αθροίζεται συνολικά.
- ➔ Καθώς και τα δύο μέτρα εκφράζονται σε εκτάρια, οι ανθρώπινες ανάγκες μπορεί να είναι άμεσα συγκρίσιμες σε Παγκόσμιο, Εθνικό, Περιφερειακό και τοπικό επίπεδο της βιολογικής ικανότητας.
- ➔ Τέλος, όταν οι ανάγκες της ζήτησης σε συγκεκριμένο οικοσύστημα υπερβαίνουν την αναγεννητική ικανότητα, τότε αναφερόμαστε σε Υπέρβαση.

Αν και η λειτουργία των πόλεων γεωγραφικώς βρίσκεται σε διακριτές θέσεις, το μέρος της γης που καταλαμβάνεται από τους κατοίκους βρίσκεται πολύ πέρα από τα γεωγραφικά όρια τους. Η συνολική έκταση της γης που απαιτείται για τη διατήρηση μιας αστικής περιοχής (το οικολογικό αποτύπωμα της), είναι τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από αυτή που περιέχεται εντός δημοτικών ορίων ή της σχετικής οριοθετημένης έκτασης. Επειδή οι άνθρωποι καταναλώνουν τους πόρους από όλο τον κόσμο μέσω του εμπορίου και των φυσικών ροών των αγαθών και παροχών, το οικολογικό αποτύπωμα είναι το άθροισμα αυτών των περιοχών. Η ανάγκη αυτή δημιουργεί εξαρτήσεις που μπορεί να μην είναι οικολογικά ή γεωπολιτικά σταθερές ή ασφαλείς.

Η γη έχει πεπερασμένο εμβαδόν και έτσι το άθροισμα όλων των οικολογικών αποτυπωμάτων, θα πρέπει να είναι μικρότερο από την συνολική επιφάνεια του πλανήτη. Από μελέτη που έγινε εν έτει 2008 από την WWF (Live planet Report 2008), εμφανίζει

υπέρβαση της υγιούς βιοποικιλότητας του πλανήτη στην δεκαετία του 70 και μετά (Εικ.6) και σήμερα το οικολογικό αποτύπωμα όλης της Γης υπολογίζεται σε 1.5 πλανήτες, πράγμα που σημαίνει ότι οι οικολογικές υπηρεσίες και τα αγαθά που χρησιμοποιούν τα ανθρώπινα όντα είναι κατά 50% περισσότερα από την ετήσια παραγωγή της Γης. Με άλλα λόγια η Γη χρειάζεται 1.5 χρόνο για να παράγει ότι εμείς χρειαζόμαστε σε μόνο ένα (1) έτος.



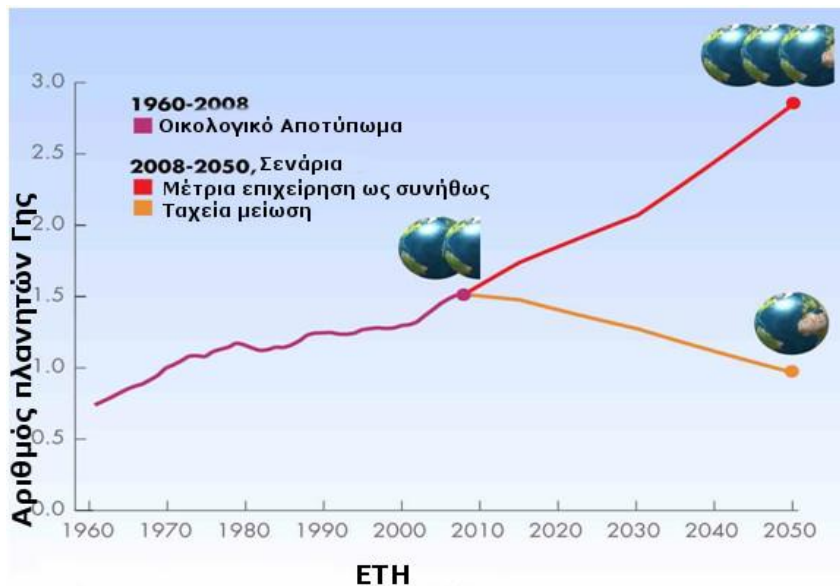
Εικόνα 6.Αναπαράσταση Οικολογικού αποτυπώματος (WWF)

Υπολογίζεται ότι η ικανότητα της Γης να παράγει τα φυσικά αποθέματα που χρειάζεται ένας ανθρώπινος οργανισμός για να ζήσει είναι 18 στρέμματα γης (ή 1.8 εκτάρια ανά άτομο). Το αποτέλεσμα αυτό υπολογίζεται πολύ απλά αν διαιρέσουμε την παγκόσμια παραγωγική έκταση του πλανήτη που ισούται με 12 δις στρέμματα, με τον παγκόσμιο πληθυσμό 6,75 (σύμφωνα με την Έκθεση Living Planet 2008). Σύμφωνα με το Γραφείο Απογραφών των ΗΠΑ (USA Census Bureau) ο πληθυσμός σήμερα ανέρχεται στα 6.92 δις και έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζει το οικολογικό αποτύπωμα. Αυτό προϋποθέτει ότι η υπολογίσιμη γη δεν προορίζεται για άλλα είδη που κατοικούν στον πλανήτη, παρά μόνον για τους ανθρώπους. Σήμερα το οικολογικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας έχει φθάσει στα 18.2 δις στρέμματα (ή 2.7 εκτάρια ανά άτομο) που αφορούν στους πόρους και στις υπηρεσίες που καταναλώνουν (NFA_2011).



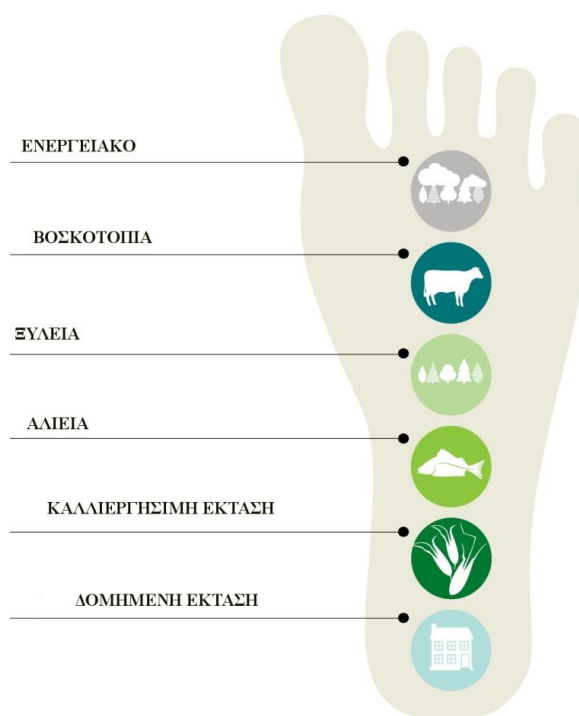
Εικόνα 7.Παράγοντες Ο.Α. και Β.Ι. που καθορίζουν την παγκόσμια υπέρβαση Πηγή: (GFN EFA2010)

Η National Footprint Accounts (NFAs) παρακολουθεί τους πόρους για κάθε χώρα μεμονωμένα, οι οποίοι στο σύνολο τους δημιουργούν το οικολογικό αποτύπωμα κάθε χώρας. Είναι μια λογιστική ποσοτικοποίηση της ετήσιας προσφοράς (Βιολογική Ικανότητα) και ετήσιας ζήτησης (Οικολογικό αποτύπωμα) μέσω αυτών των δύο μέτρων (Εικ.7). Το μέτρο του οικολογικού αποτυπώματος αναφέρεται ως μέτρο της ζήτησης των πληθυσμών για προϊόντα και δραστηριότητες στη βιόσφαιρα σε ένα δεδομένο χρονολογικό έτος, με δεδομένη την επικρατούσα τεχνολογία και την διαχείριση των πόρων του έτους. Το μέτρο της Βιολογικής Ικανότητας είναι το μέτρο της παραγωγικής ποσότητας τόσο της χερσαίας όσο και της θαλάσσιας έκτασης μιας περιοχής, που διατίθεται για την παροχή υπηρεσιών που ο άνθρωπος καταναλώνει, δηλαδή ο οικολογικός μας προϋπολογισμός ή η αναγεννητική ικανότητα της φύσης. Οι πόροι των δύο αυτών μέτρων εκφράζονται σε αμοιβαίες αποκλειστικά μονάδες για μια περιοχή που παρέχονται αυτές οι υπηρεσίες του οικοσυστήματος σε ετήσια βάση. Οι πόροι χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: α)Καλλιεργήσιμη γη, β)Αλιεία, γ)Ξυλεία, δ)Βοσκοτόπια, ε)Δομημένη Γη και ζ)η Ενέργεια (φαινόμενο θερμοκηπίου) το οποίο είναι το μόνο προϊόν αποβλήτων που παρατηρείται επί του παρόντος (Holden et al, 2004).



Εικόνα 8.Αναπαράσταση παγκόσμιου οικολογικού αποτυπώματος μεταξύ σεναρίων βελτιστοποίησης ή συνέχισης του προβλήματος (GFN,2011)

2.2.Πόροι Οικολογικού Αποτυπώματος



Εικόνα 9.Πόροι οικολογικού αποτυπώματος Πηγή:wwf.panda.org

Καλλιεργήσιμη γη

Αντιπροσωπεύει το ποσοστό καλλιεργήσιμων εκτάσεων που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη καλλιεργειών για τροφή που να καλύπτει τις ανθρώπινες ανάγκες καθώς επίσης και τη διατροφή των ζώων, ελαιούχων καλλιεργειών και καουτσούκ.

Αλιεία

Υπολογίζεται η εκτίμηση πρωτογενούς παραγωγής που απαιτείται για να υποστηρίξει τα ψάρια και τα θαλασσινά που αλιεύονται, με βάση τα στοιχεία των αλιευμάτων για τις θάλασσες αλλά και τα είδη του γλυκού νερού.

Ξυλεία

Αντιπροσωπεύει το ποσό των εκτάσεων που απαιτούνται για την παραγωγή προϊόντων ξυλείας που καταναλώνονται σε χαρτί κ.α.

Βοσκοτόπια

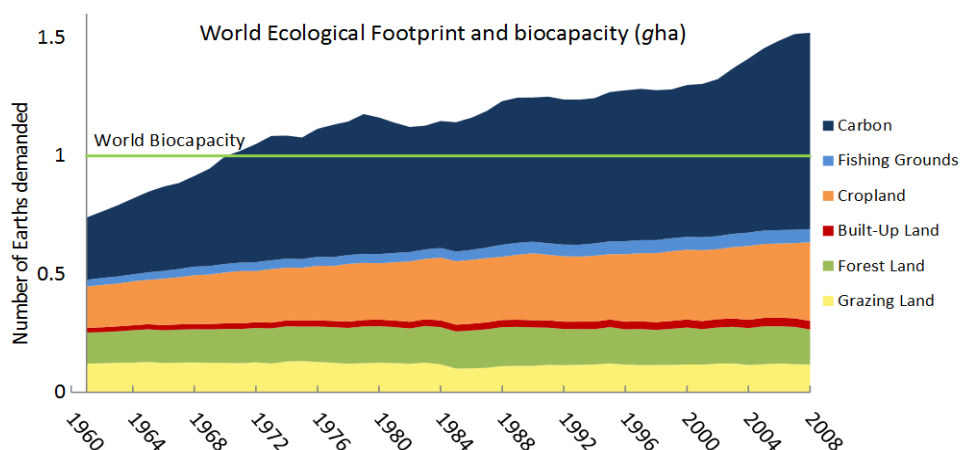
Αντιπροσωπεύει το ποσό των βοσκοτόπων ως έκταση που χρησιμοποιείται για την αύξηση της κτηνοτροφίας, για το κρέας, τα γαλακτοκομικά και μαλλί.

Δομημένη Γη

Αντιπροσωπεύει το ποσό των εκτάσεων που καλύπτονται από την ανθρώπινη υποδομή, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών, της στέγασης, των βιομηχανικών δομών και των δεξαμενών για την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Ενέργεια

Αντιπροσωπεύει το ποσό των δασικών εκτάσεων που θα μπορούσαν να δεσμεύουν τις εκπομπές του Δ.Α. από την καύση ορυκτών καυσίμων, εκτός από το μέρος που απορροφάται από τους ωκεανούς, η οποία οδηγεί σε αύξηση της οξύτητας.

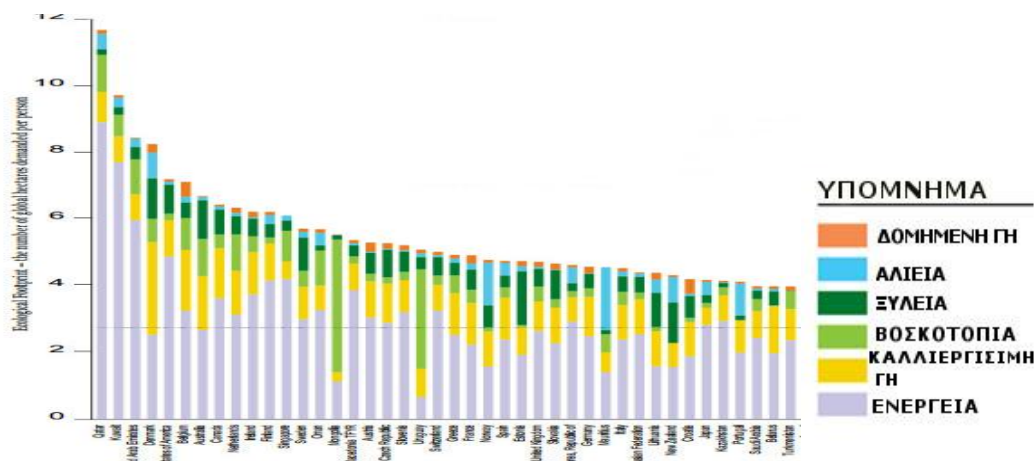


Εικόνα 10. Παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα ανά τομέα πόρων Πηγή: GFN, NFA2011

2.3. Οικολογικό Αποτύπωμα ανά τον Κόσμο

Κάθε χώρα έχει διαφορετικό οικολογικό αποτύπωμα και το ατομικό οικολογικό αποτύπωμα ποικίλει σημαντικά, εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως: την χώρα στην οποία κατοικούν, την ποσότητα των αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνουν, τους πόρους που χρησιμοποιούνται και τα απόβλητα που δημιουργούνται από την παροχή αυτών των αγαθών και υπηρεσιών. Συγκριτικά, σε παγκόσμιο επίπεδο, αν ζούσαμε σαν έναν μέσο κάτοικο της Ινδονησίας θα χρειαζόμασταν μόνο τα δύο τρίτα του πλανήτη, αν όμως ζούσαμε σαν ένα μέσο κάτοικο της Αργεντινής θα χρειαζόμασταν κάτι παραπάνω από το μισό πλανήτη, ενώ αν ζούσαμε σαν τον μέσο κάτοικο των ΗΠΑ, τότε θα υπήρχε απαίτηση για αριθμό ίσο με τέσσερις πλανήτες. Το μέγεθος του οικολογικού αποτυπώματος του ατόμου εξαρτάται από το επίπεδο ανάπτυξης και τον πλούτο και εν μέρει από τις επιλογές των ανθρώπων για το τι τρώνε, τι προϊόντα αγοράζουν και πώς ταξιδεύουν. Μεγάλη επίδραση στο οικολογικό αποτύπωμα έχουν οι κυβερνήσεις και οι επιχειρήσεις των χωρών και αυτό συμβαίνει γιατί οι άνθρωποι δεν έχουν άμεσο έλεγχο του μεγέθους του οικολογικού αποτυπώματος. Το ίδιο ισχύει και για τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια ή η ένταση της γεωργικής παραγωγής. Έτσι μέσα από προγράμματα καινοτομίας, την πράσινη τεχνολογία και άλλες εργασίες μέσω πολιτικών δεσμεύσεων μπορεί να αλλάξει η κοινωνία.

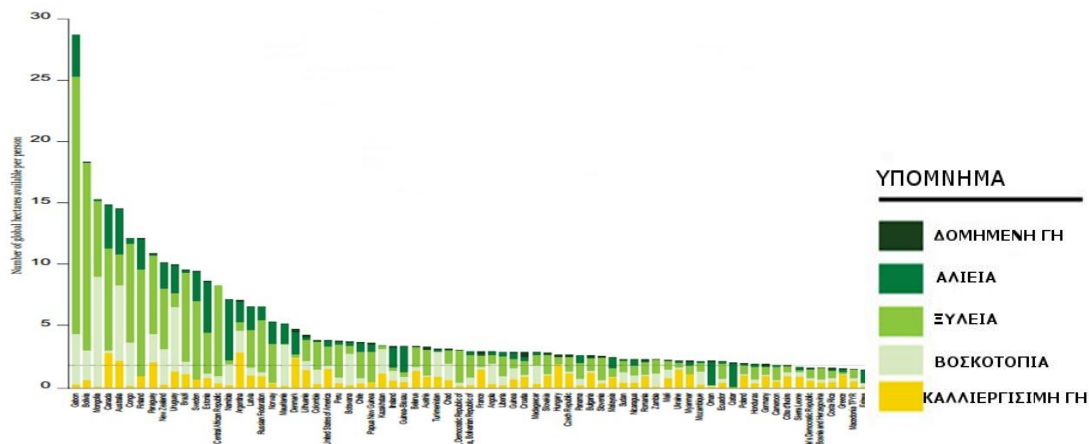
Στο οικολογικό αποτύπωμα παγκοσμίως σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα του έτους 2008, την πρώτη θέση καταλαμβάνει το Κατάρ, την δεύτερη, το Κουβέιτ και την τρίτη η Σαουδική Αραβία. Ακολουθεί η Δανία, οι Η.Π.Α. και το Βέλγιο, ενώ τελευταίες στην κατάταξη είναι η Αιτή, το Αφγανιστάν και η Παλαιστίνη σε σύνολο 152 χωρών. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 22^η παγκόσμια θέση και κατέχει την 11^η θέση στην Ευρώπη με συνολικό οικολογικό αποτύπωμα 4.92 (WWF living planet Report 2012 και GFN 2011edition) (Εικ.11)



Εικόνα 11. Ο.Α. ανά τομέα πόρων και Χώρα (Φθίνουσα κατάταξη) Πηγή: WWF LPR2012)

(βλέπε Παράρτημα Β σελ200-201)

Όσον αφορά την Βιολογική Ικανότητα, παγκοσμίως την πρωτιά την έχει η Γκαμπόν, η Βολιβία και η Μογγολία. Ακολουθεί ο Καναδάς και η Αυστραλία με τελευταίες την Ιορδανία, την Παλαιστίνη και την Σιγκαπούρη. Αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε ότι οι 10 πιο σημαντικές χώρες που καταλαμβάνουν το 60% του συνόλου είναι η Βραζιλία, η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Ρωσία, η Ινδία, ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Ινδονησία, η Αργεντινή και το Κονγκό. Το υπόλοιπο 38.8% κατανέμεται στο υπόλοιπο των 152 χωρών. Η Ελλάδα κατέχει την 70^η θέση με αριθμό 1.59. Στην Ευρώπη κατέχει την 19^η θέση σε σύνολο 24 χωρών (2008) (εικ.12)



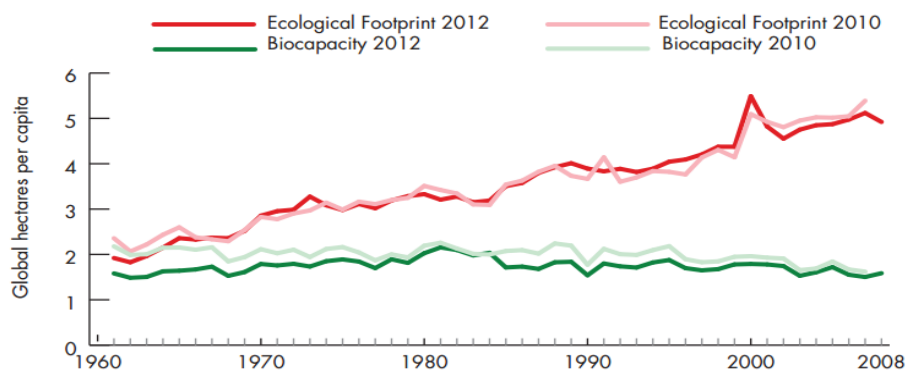
Εικόνα 12.Β.Ι. ανά τομέα πόρων και Χώρα (Φθίνουσα κατάταξη) Πηγή: WWF LPR2012

(βλέπε Παράρτημα Β σελ202-203)

2.4. Οικολογικό Αποτύπωμα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, οι απαιτήσεις σε φυσικά αποθέματα καλλιεργούμενων εκτάσεων, νερού, δάσων κ.λπ. είναι 2.77 φορές μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να σηκώσει το φυσικό περιβάλλον (GFN_2012), με φυσική έκταση που απλώνεται σε περίπου 174 εκατομμύρια στρέμματα από τα 588.6 εκατομμύρια στρέμματα φυσικού περιβάλλοντος. Στην πραγματικότητα, χρειαζόμαστε επιπλέον 414.6 εκατομμύρια στρέμματα παραγωγικής γης για να καλύψουμε τη ζήτηση (Ζωντανός Πλανήτης 2008, WWF).

Όπως παρατηρείται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ.13), όπου απεικονίζεται η διαφορά των ετών 2010 και 2012 για τα δύο μέτρα, του οικολογικού αποτυπώματος και βιολογικής ικανότητας για την Ελλάδα υπάρχει μια μείωση από το 2010 στο 2012 στα εξής: Αρχικά το ατομικό οικολογικό αποτύπωμα από 5.39 μειώνεται σε 4.92. Παρόλα αυτά η θέση από 20^η ανέρχεται σε 22^η στην παγκόσμια κατάταξη. Επίσης η βιολογική ικανότητα των ετών 2010 σε 2012 μειώνεται από 1.62 σε 1.59 με αποτέλεσμα η θέση της Ελλάδος από την 67^η να πάει στην 70^η (Εικ.14).



Εικόνα 13.Συγκριτικές τιμές ετών 2010-2012 Ο.Α. και Β.Ι. Ελλάδα (GFN2012)

Country/region	Population (millions)	Cropland	Grazing land	Forest land	Fishing ground	Carbon	Built up land	Total Ecological Footprint	Cropland	Grazing land	Forest land	Fishing ground	Built up land	Total biocapacity
Greece	11.3	1.26	0.53	0.38	0.13	2.53	0.11	4.92	1.03	0.09	0.14	0.22	0.11	1.59

Εικόνα 14.Αναλυτικές τιμές και συντελεστές Ο.Α. και Β.Ι. ανά τομέα πόρων (GFN2012)

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.15) αναλύονται οι πόροι της Ελλάδος και η διαφορά παραγωγής και αναγέννησης των πόρων για τα έτη 2010 και 2012. Παρατηρείται όπως αναφέραμε, μια μείωση στο σύνολο του οικολογικού αποτυπώματος με σημαντική μείωση στην Αλιεία της τάξης του 62% και με αύξηση στην Καλλιεργήσιμη Γη με 35%. Επίσης μείωση της τάξης του 13%, παρατηρείται στο πρωτεύον και κυριότερο πόρο, της ενέργειας. Η βιολογική ικανότητα της Ελλάδος μειώνεται και αυτή και όπως παρατηρείται έχουμε σε όλους τους πόρους μια μείωση της τάξης του 2% από το 2010, με μια μικρή αύξηση της αναγέννησης στο γρασίδι με 1%.

	Per capita gha	Percentage change	Explanation
Total Ecological Footprint:	4.92	-9%	
Carbon:*	2.53	-13%	Source data revision;
Grassland:	0.53	35%	Template improvement;
Cropland:	1.26	-1%	
Fishing grounds:	0.13	-62%	Template improvement;
Forests:	0.38	5%	
Built-up land:	0.11	-1%	
	Per capita gha	Percentage change	Explanation
Total biocapacity:	1.59	-2%	
Grassland:	0.09	1	
Cropland:	1.03	-2%	
Fishing grounds:	0.22	-2%	
Forests:	0.14	-3%	
Built-up land:	0.11	-1%	

* All countries carbon Footprint decreased 27 percent due to a revision in oceanic carbon sequestration

Εικόνα 15. Συγκριτικός πίνακας με διαφορά % μεταξύ Ο.Α. και Β.Ι. 2010 κ 2012 Ελλάδα (GFN2012)

Έτσι λοιπόν σύμφωνα με την WWF, ο μέσος Έλληνας πολίτης χρειάζεται 59 στρέμματα βιολογικής παραγωγικής έκτασης γης και νερού για να καλύψει τις ανάγκες του. Ταυτόχρονα, το εθνικό μας οικολογικό αποτύπωμα είναι υπερδιπλάσιο από τον ήδη ανησυχητικό παγκόσμιο μέσο όρο (27 στρέμματα ανά κάτοικο) και σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερο από τις δυνατότητες του πλανήτη (21 στρέμματα ανά κάτοικο). Το γεγονός αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μεγάλο “ενεργειακό μας αποτύπωμα”, δηλαδή στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες μας για ενέργεια (ετήσια αύξηση 2.4% (1990-2004) – πολύ υψηλότερη από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο).

2.5. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις των κοινωνιών

ΤΑΙΡΙΑΖΟΥΜΕ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΜΑΣ? .. Η ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΕΙΝΑΙ ΟΧΙ

Όταν σε μια περιοχή το οικολογικό αποτύπωμα υπερβαίνει την βιολογική ικανότητα, αυτό αναφέρεται ως υπέρβαση (Εικ.7), (Wackernagel 2002). Τα αίτια για την αύξηση του οικολογικού αποτυπώματος και κατά συνέπεια της υπέρβασης του οικοσυστήματος είναι πολλά, με κύρια την υπερκατανάλωση και την ρύπανση που προκαλεί ο άνθρωπος με τις δραστηριότητες του. Ορισμένες από τις επιπτώσεις της ρύπανσης στην ανάπτυξης της κοινωνίας σε αστικό περιβάλλον παρουσιάζονται στους παρακάτω τομείς (Don Alexander, The Necessity of Eco-Cities, Canada):

Γη

- Απώλεια δασικής γης
- Κατάτμηση των τύπων γης, εδαφική διάβρωση και συμπίεση
- Απώλεια των μεγάλων θηλαστικών και βιοποικιλότητας, εισαγωγή εισβολέων
- Απώλεια της γεωργικής γης

Νερό

- Πλήρωση(Μπάζωμα) και υποβάθμιση των ρεμάτων και των υγροτόπων
- Ευτροφισμός, απόφραξη και εισαγωγή αποβλήτων στις τροχιές των ρεμάτων
- Απορροή τοξικών και κακή χρήση των υπονόμων που απομακρύνουν το νερό της βροχής
- Ανεπαρκής διήθηση
- Υπερβολική ζήτηση για νερό
- Ρύπανση κόλπων και ποταμών
- Επιχωμάτωση των ποταμών

Αέρας

- Καταστροφή της βλάστησης που παράγει οξυγόνο και απορροφά διοξείδιο του άνθρακα
- Βιομηχανικό και κυκλοφοριακό νέφος
- Συσχέτιση της ρύπανσης του αέρα με την προαστιακή εξάπλωση
- Ύπαρξη θεικών και νιτρικών που οδηγούν σε όξινη βροχή και ύπαρξη όζοντος κοντά στην επιφάνεια της γης

Ενέργεια και ακατέργαστες ύλες

- Μετάβαση από ηλιακή ενέργεια σε ορυκτά καύσιμα και υδροηλεκτρική ενέργεια
- Μαζική κατανάλωση πρώτων υλών
- Φαινόμενο της θερμικής νησίδας
- Προβλήματα διάθεσης των στερεών αποβλήτων

Η υπέρβαση συμβάλει επίσης και σε διενέξεις πόρων και πολέμων, σε μαζικές μεταναστεύσεις, πείνα, ασθένειες και άλλες ανθρώπινες τραγωδίες και τείνει να έχει δυσανάλογες επιπτώσεις για του φτωχούς, όπου δεν μπορούν να εξασφαλίσουν τους πόρους από κάπου αλλού για να αποφύγουν το πρόβλημα (Ecological Footprint Atlas 2010-GFN).

Η ρύπανση που προκαλεί ο άνθρωπος στο περιβάλλον μέσα από τις ανάγκες καταναλωτισμού των αγαθών και των υπηρεσιών διακρίνονται σε τρεις μορφές: τη ρύπανση του εδάφους, των υδάτων και του αέρα. Η ρύπανση του εδάφους προέρχεται κυρίως από τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, από τα στερεά απόβλητα (απορρίμματα), τα βιομηχανικά απόβλητα και τα ραδιενεργά κατάλοιπα καθώς και από την όξινη βροχή.

Μια από τις σοβαρότερες απειλές για τις θάλασσες και τις ακτές είναι η ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα και διαρροή πετρελαίου. Καταστροφικές συνέπειες έχει και η υπερβολική χρήση λιπασμάτων, αφού μέσω των επιφανειακών απορροών και των υπόγειων υδροφόρων μεταφέρεται στη θάλασσα.

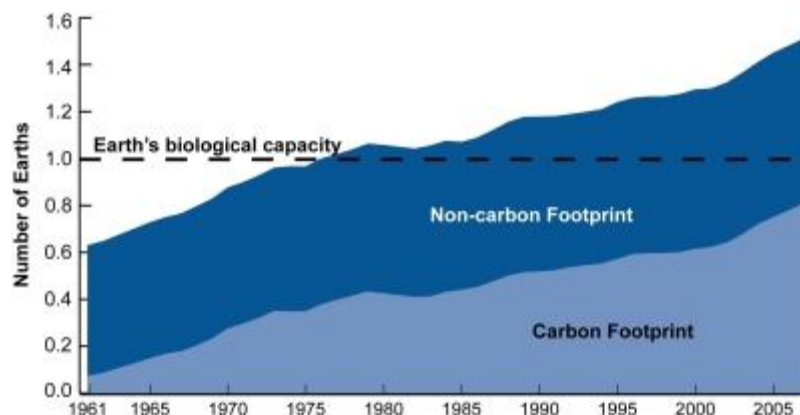
Ατμοσφαιρική ρύπανση, ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου ή ακτινοβολίας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα. Ρύποι στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκληθούν από Φυσικές Πηγές, όπως η γλωρίδα του οικοσυστήματος, δένδρα και φυτά που αποτελούν μεγάλη πηγή υδρογονανθράκων του πλανήτη παρά την συμβολή τους της μετατροπής του διοξειδίου σε οξυγόνο. Οι ωκεανοί με τους φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες θειούχων ενώσεων. Μια ακόμη πηγή φυσικών ρύπων είναι η καύση της βιομάζας η οποία οφείλεται στις πυρκαγιές δασών και χερσαίων-λειβαδικών εκτάσεων. Τέλος η έκρηξη ενός ηφαιστείου παράγει μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και αερίων όπως διοξείδιο του Θείου, μεθάνιο και υδρόθειο, τα σύννεφα που σχηματίζονται από τα σωματίδια και τα αέρια εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και μπορεί να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τεχνικές πηγές ή ανθρωπογενείς πηγές έχουν να κάνουν με την ανθρώπινη δραστηριότητα και την ενέργεια που καταναλώνουν με την καύση ορυκτών καυσίμων. (A. Daly and P. Zannetti,2007).

Οι κυριότερες κατηγορίες ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης σε αστικό περιβάλλον είναι: α) Σταθερές πηγές όπως: βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής, η καύση καυσίμων για παραγωγή θέρμανσης κ.λπ. β) Κινητές πηγές και οτιδήποτε έχει σχέση με την κινητικότητα και τις μεταφορές τόσο με αεροπλάνα όσο και με πλοία, τρένα και οχήματα. Επίσης σημαντικό κομμάτι αποτελούν και οι χώροι Υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ),οι οποίοι παράγουν μεθάνιο, αλλά και οι αναθυμιάσεις από χρώματα, σπρέι και άλλους διαλύτες.

2.6. Ενεργειακό Αποτύπωμα

Το ενεργειακό αποτύπωμα (Carbon footprint), είναι η ποσότητα των εκπομπών των αερίων του Θερμοκηπίου που προκαλούνται από ένα οργανισμό ή προϊόν ή άτομο. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα συχνά υπολογίζεται σε τιμές του Δ.Α. (CO²) (συνήθως σε τόνους), ή των ισοδυνάμων του σε άλλα αέρια του θερμοκηπίου (ΑΘ) που εκλύονται στην ατμόσφαιρα από τις καθημερινές μας συνήθειες, οι οποίες συχνότερα σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και έτσι προκύπτει ο όρος CO² footprint. Με άλλα λόγια, το CO²

footprint ενός οργανισμού είναι ένας τρόπος ποσοτικοποίησης και μέτρησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον που προέρχονται από τη λειτουργία του οργανισμού.

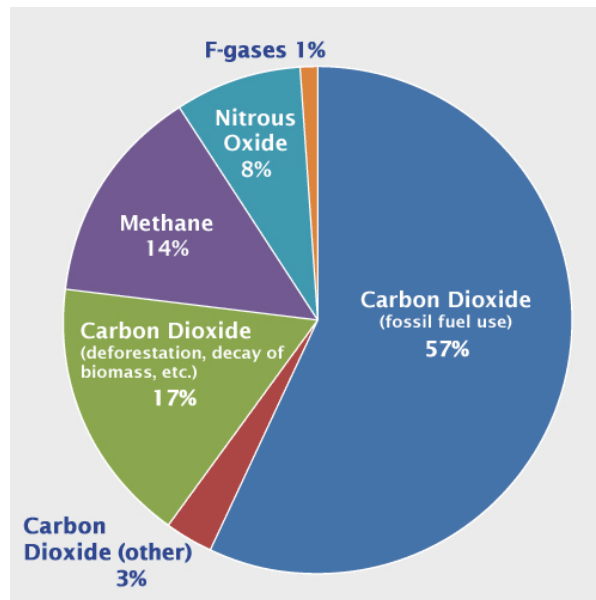


Εικόνα 16.Απεικόνιση ενεργειακού αποτυπώματος σε σύνολο του Ο.Α. Πηγή: GFN

Σε πρακτικό επίπεδο, το ενεργειακό αποτύπωμα μας δείχνει πώς οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συγκρίνονται και αλληλεπιδρούν με άλλα στοιχεία της ανθρώπινης ζήτησης, όπως την πίεση μας για τις πηγές τροφίμων, την ποσότητα των βιολογικών πόρων που απαιτούνται για να παράγουν τα αγαθά που καταναλώνουμε και το ποσό της παραγωγήσιμης γης που αφαιρούμε, όταν εγκαθιστούμε και χτίζουμε δομημένα κτίσματα σπιτιών και δρόμων. Το αποτύπωμα άνθρακα είναι 54 τοις εκατό του συνόλου του οικολογικού αποτυπώματος της ανθρωπότητας και η πιο ραγδαία αναπτυσσόμενη συνιστώσα της. Το Αποτύπωμα άνθρακα της ανθρωπότητας έχει αυξηθεί 11 φορές από το 1961 (GFN_Report2011).

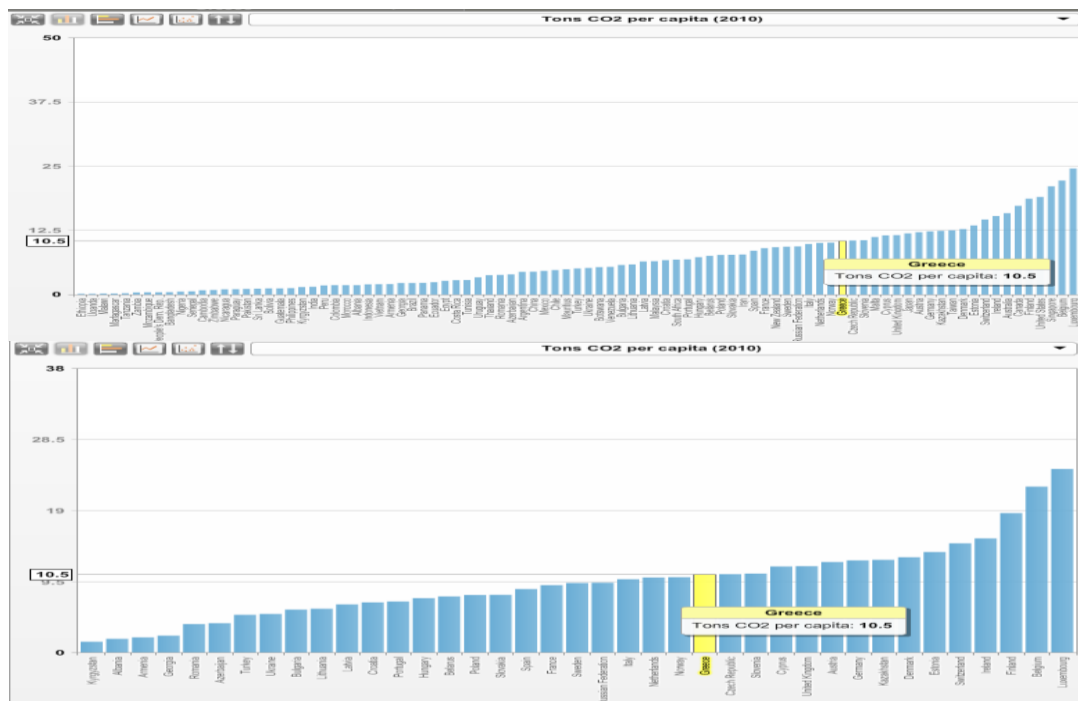
2.6.1. Ενεργειακό Αποτύπωμα ανά τον Κόσμο

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η εκπομπή του Δ.Α. είναι περίπου το 77% των συνολικών εκπομπών από την ανθρώπινη κατανάλωση ενέργειας. (Εικ.17). Οι μεταφορές είναι στο σύνολο τους σχεδόν το 25%. των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂, με τις οδικές μεταφορές να καταλαμβάνουν το 16% του συνόλου (IPCC (2007).Mitigation of Climate).



Εικόνα 17. Ποσοστό εκπομπών αερίων ανά τύπο αερίου (IPCC, 2007)

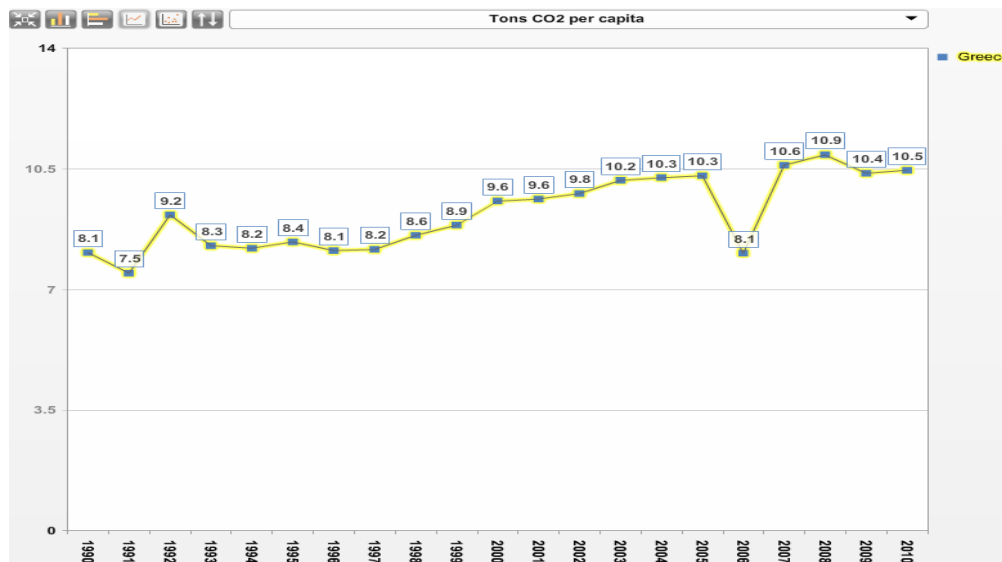
Την πρωτιά παγκοσμίως σε κατανάλωση Διοξειδίου του άνθρακα με μετρήσιμες εκπομπές από νοικοκυριά, δημόσια κατανάλωση από επενδύσεις χωρών (δεν συμπεριλαμβάνονται αέρια θερμοκηπίου CH₄, N₂O αέρια Φθορίου) (Peters 2010), είναι το Λουξεμβούργο με 24.6 τόνους ετησίως, ακολουθεί το Βέλγιο με 22.2 τόνους, η Σιγκαπούρη και οι ΗΠΑ. Στην Ε.Ε., στην τρίτη θέση ακολουθεί η Φιλανδία με 18.7 τόνους, η Ιρλανδία κ.λπ. Η Ελλάδα βρίσκεται παγκοσμίως στην 22^η θέση με 10.5 τόνους και στην Ε.Ε. βρίσκεται στην 15^η θέση. Όπως παρατηρείται και στο σχήμα από το 1990 παρατηρείται μια άνοδος της κατανάλωσης από 7.5 ελάχιστο το 1991 σε 10.9 μέγιστο εν έτη 2008 και τα τελευταία χρόνια με μία πολλή μικρή μείωση σε 10.5 τόνους ετησίως (πολύ παραπάνω από το μέσο όριο που είναι 5.5 τόνους) (CF of Nations 2011) (Εικ.18)



Εικόνα 18. Πάνω: Παγκόσμια κατανομή και θέση Ελλάδας, Κάτω: Ε.Ε. κατανομή και θέση Ελλάδας (2010) Πηγή: carbonfootprintofnations.com

(βλέπε Παράρτημα Β σελ204-205)

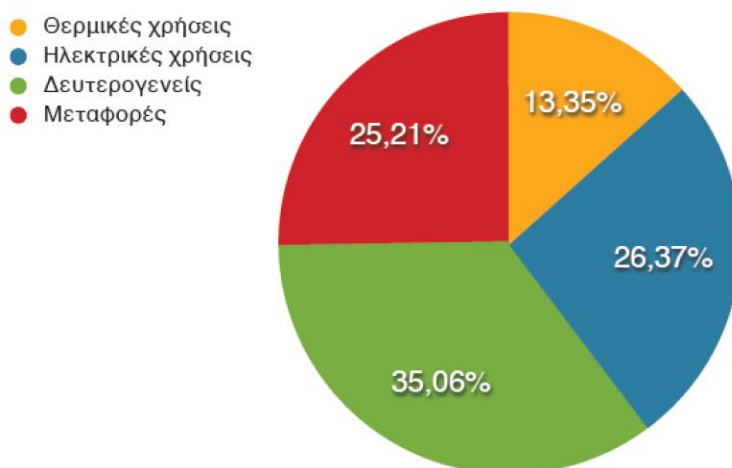
2.6.2. Το Ενεργειακό Αποτύπωμα της Ελλάδας



Εικόνα 19. Τιμές Δ.Α. 1990-2010 για την Ελλάδα σε τόνους Πηγή: carbonfootprintofnations.com

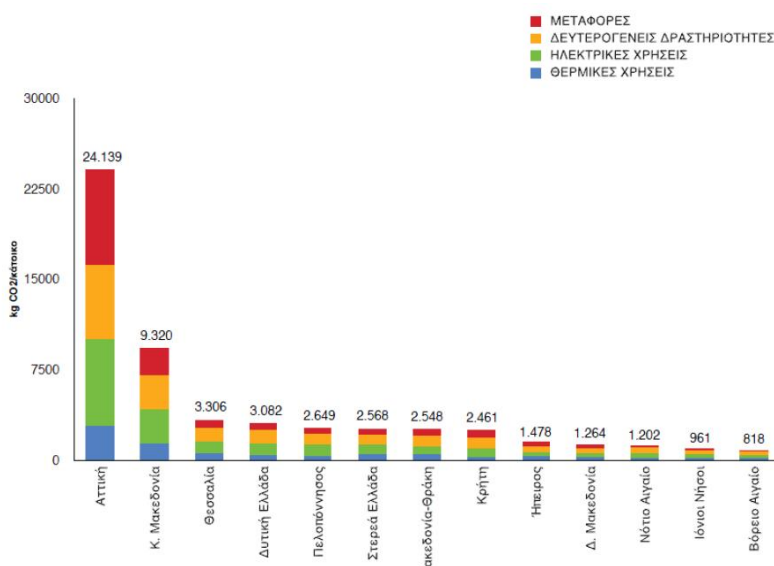
Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία παροχής ενεργειακών Υπηρεσιών Helesco A.E. στο πλαίσιο του Πρωταθλήματος Εξοικονόμησης Ενέργειας (Π.Ε.Ξ.Ε) διοργανωτές με την WWF στην Ελλάδα, επιχειρήθηκε η καταγραφή της εκπομπής του Δ.Α. για τους νομούς της χώρας, ως προς την κατανάλωση ενέργειας. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε δραστηριότητες, όπως χρήση θερμότητας με συμβατικά καύσιμα

(θέρμανση, μαγείρεμα), χρήση ηλεκτρισμού (φωτισμός, κλιματισμός κλπ), μεταφορές (μετακίνηση πολιτών) και άλλες δευτερογενείς δραστηριότητες. Οι παράμετροι που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα είναι τα πληθυσμιακά και τα γεωγραφικά δεδομένα, το βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο, τα δεδομένα διαμονής, τα ενεργειακά δεδομένα και οι δευτερογενείς δραστηριότητες.

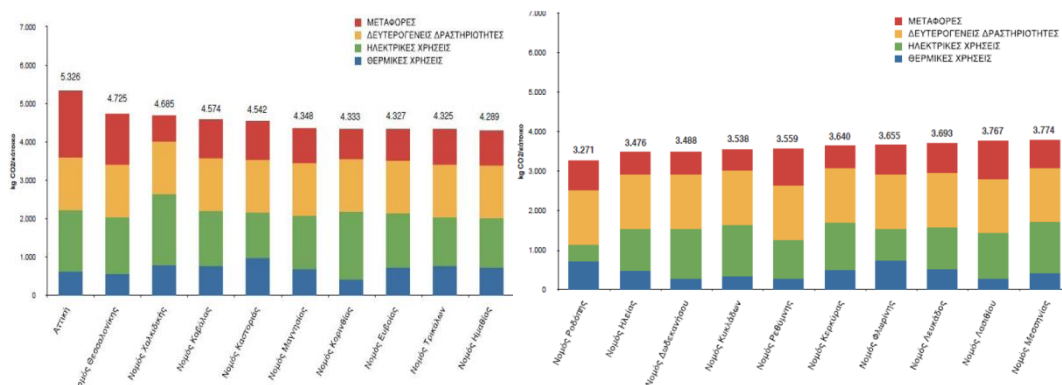


Εικόνα 20. Συμβολή δραστηριοτήτων στο αποτύπωμα Δ.Α. Πηγή: helesco-WWF

Στη παραπάνω εικόνα (Εικ.20) απεικονίζονται οι κύριες δραστηριότητες που συμμετέχουν στο συνολικό αποτύπωμα κάθε Έλληνα για το έτος 2010. Παρακάτω απεικονίζονται οι συνολικές εκπομπές του ΔΑ ανά περιφέρεια της χώρας (Εικ.21), οι δέκα νομοί με τη μεγαλύτερη τιμή του ΔΑ και οι δέκα νομοί με τη χαμηλότερη τιμή του ΔΑ (Εικ.22).



Εικόνα 21. Κατανομή εκπομπών Δ.Α. στο σύνολο ενεργειακών δραστηριοτήτων ανά περιφέρεια έτους 2010, Πηγή : helesco-WWF



Εικόνα 22.Αριστερά: Νομοί με μεγάλο Δ.Α. , Δεξιά: Νομοί με το χαμηλότερο Δ.Α. , ανά ενεργειακό τομέα δραστηριοτήτων έτους 2010 Πηγή: helesco-WWF

Παρατηρείται όμως ότι η Αττική έχει τις μεγαλύτερες τιμές σε όλους τους τομείς, παρά το γεγονός ότι η πλειονότητα του πληθυσμού είναι κάτοικοι της περιφέρειας. Κάποιοι νομοί διαθέτουν μεγαλύτερο αποτύπωμα, καθώς η ανάγκη τους για θέρμανση είναι μεγαλύτερη (πχ Φλώρινα). Ενώ κάποιοι άλλοι νομοί καταναλώνουν λιγότερα λόγω των καιρικών φαινομένων ή τον τρόπο ζωής τους.

Το πρωτάθλημα Εξοικονόμησης Ενέργειας (Π.Ε.Ξ.Ε) είναι ένας πανευρωπαϊκός διαγωνισμός για την εξοικονόμηση της ενέργειας, στον οποίο συμμετέχουν 8.000 περίπου νοικοκυριά από όλη την Ευρώπη. Στην Ελλάδα 2.800 νοικοκυριά συμμετείχαν και προσφάτως, μετά από 13 μήνες, βγήκαμε πρώτοι στο Διαγωνισμό με δεύτερη τη Μάλτα και ακολούθως τη Δανία και τη Βουλγαρία.(ECCC 2013).

Αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε ότι η παγκόσμια ημέρα Ενέργειας ή άνθρακα είναι 15 Σεπτεμβρίου (Carbon day), όπου μέσα από διάφορες δράσεις παγκοσμίως, στόχος είναι η λιγότερη κατανάλωση αερίων Θερμοκηπίου καθώς και η ευαισθητοποίηση των κοινωνιών ακόμη περισσότερο για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα.



Επίσης στις 5 Ιουνίου είναι η Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος (World Environment Day). Γιορτάζεται κάθε χρόνο και αποτελεί το κύριο όχημα του ΟΗΕ από το 1972 για την ενημέρωση του κοινού για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά θέματα. Η Στοκχόλμη αποτελεί το

ορόσημο της ανάπτυξης της διεθνούς οικολογίας όπως αναφέρεται (Reclaiming Paradise book), καθώς για πρώτη φορά συζητήθηκαν σε διακυβερνητικό επίπεδο τα κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά θέματα και προβλήματα του περιβάλλοντος παγκόσμια με στόχο την λήψη αποφάσεων διορθωτικών μέτρων. Στην διπλανή φωτογραφία απεικονίζονται οι φετινές δράσεις για το περιβάλλον 2013 στην πλατεία συντάγματος. Απεικονίζεται ένα

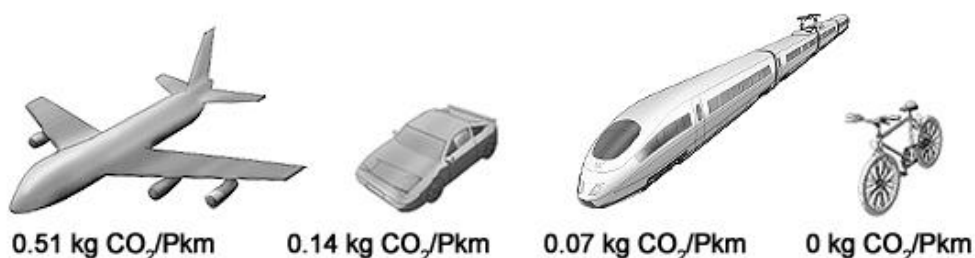
όχημα μέσα σε λουλούδια και φυτά ώστε να ευαισθητοποιήσει τους κατοίκους για την οικολογική ανακύκλωση του οχήματος.

Υπάρχουν πλέον προγράμματα που υπολογίζουν το οικολογικό αποτύπωμα ενός ατόμου ή νοικοκυριού, δηλαδή πόση από τη βιοπαραγωγική περιοχή της γης χρειάζεται κάθε άτομο ή κάθε νοικοκυριό για να καλύψει τις ανάγκες του. Τα προγράμματα περιλαμβάνουν ερωτήσεις που χωρίζονται σε κατηγορίες και υπολογίζουν τα εξής: το οικολογικό αποτύπωμα της τροφής (food footprint), το οικολογικό αποτύπωμα της μετακίνησης (transportation footprint), το οικολογικό αποτύπωμα της στέγασης (housing footprint), ενώ άλλα προσθέτουν και αυτό του νερού (water footprint) ή και αυτό του χαρτιού (paper footprint) κ.α.

2.7.Οικολογικό Αποτύπωμα των Μεταφορών – Βιβλιογραφική ανασκόπηση (Α)

Μια καθημερινή συνήθεια στις αστικές πόλεις για τον τομέα των μεταφορών είναι η χρήση των ΜΜΜ και η μετακίνηση των ανθρώπων με την χρήση οχημάτων ΙΧ. Τα μεταφορικά μέσα άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο εκπέμπουν Α.Θ. Το πιο ρυπογόνο είναι το αεροπλάνο, έπειτα το αυτοκίνητο, το καράβι και το τρένο. Για την κατασκευή και συντήρηση των μεταφορικών μέσων χρειάζεται ενέργεια για νερό και Γη.

Το οικολογικό αποτύπωμα των μετακινήσεων εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές και υγειονομικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τον τρόπο που ταξιδεύουμε (ΜΜΜ, ΙΧ, Ποδήλατο, πόδια), τον προορισμό και την συχνότητα των ταξιδιών.



Εικόνα 23.Ενδεικτικές τιμές (Κιλά Δ.Α./ χλμ ατόμου) ανά μέσο μεταφοράς Πηγή: carbonrationing.org.uk

Με την αναπτυσσόμενη οικονομία ο τομέας των μεταφορών έχει γίνει κυρίαρχο συστατικό στοιχείο της σύγχρονης χώρας. Η αστικοποίηση, η αύξηση του εισοδήματος, η κοινωνικοποίηση, η ελευθερία χρόνου και η ποικιλία δραστηριοτήτων οδήγησε σε σημαντική αυξανόμενη χρήση των μεταφορικών μέσων (Yan X. et al, 2009).

Υπάρχουν 4 βασικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν τις εκπομπές των αερίων των μεταφορών στο κλίμα: Οι άμεσες εκπομπές του Δ.Α., οι έμμεσες εκπομπές των Α.Θ. που επηρεάζουν την ικανότητα οξείδωσης στην ατμόσφαιρα, τα άμεσα αερολύματα από μαύρο άνθρακα, οργανικές ενώσεις του θείου και τέλος η έμμεση επίδραση των Αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία προκαλούν αλλαγές στην κατανομή και στις ιδιότητες των νεφών. Ο κυρίαρχος παράγοντας που συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή του πλανήτη είναι το CO₂. Με υποτομέα, τις οδικές μεταφορές που είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας στην αύξηση της θερμοκρασίας (Fuglestedt j. et al,2008)

Η κατανάλωση του Διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή εξαγόμενων προϊόντων από 20% το 1990 έχει αυξηθεί σε 26% το 2008. (Glen P. Peters 2011). Μέχρι το 2050 μπορεί να ανέλθουν σε 30-50% σε σχέση με το 20-25% που είναι σήμερα παγκοσμίως. (Fuglestedt j et al,2008)

Οι μεταφορές είναι υπεύθυνες για το ένα τέταρτο των παγκόσμιων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο που ευθύνεται για την αλλαγή του κλίματος. Μεγαλύτερο αντίκτυπο έχουν οι μεταφορές σε φτωχότερες κοινωνίες που ζουν σε κακής ποιότητας περιβάλλον και υποφέρουν από ρύπανση (HEC GF London).

Το αποτύπωμα των μεταφορών συνδυάζει μια σειρά από σημαντικές δραστηριότητες που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον: η καύση του πετρελαίου, η κατασκευή οχημάτων και η συντήρησή τους. Οι χώροι των δρόμων και άλλες εκτάσεις λαμβάνονται ως μέρος του οικολογικού αποτυπώματος για τις μεταφορές (πχ χώρος στάθμευσης) τα οποία μεταφράζονται σε ποσοστό Γής. Το αυτοκίνητο έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο από τις επίγειες μετακινήσεις ανά χιλιόμετρο από ότι το λεωφορείο, το τρένο, η μοτοσυκλέτα και το ποδήλατο. Το ποδήλατο έχει μικρότερες επιπτώσεις με 3% των επιπτώσεων του αυτοκινήτου για κάθε χιλιόμετρο, ενώ το περπάτημα έχει μηδαμινό αποτύπωμα. (Barrett et al,2003).

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση του ΕΟΠ της ΕΕ (27-11-2012-transport and environment reporting mechanism), ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται για τα επιβλαβή επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων κατά το ένα τέταρτο των εκπομπών των ΑΘ στην Ε.Ε. Σύμφωνα με την έκθεση έχουν σημειωθεί βελτιώσεις αν και εν μέρει οφείλονται στην μειωμένη οικονομική δραστηριότητα λόγω της ύφεσης. Αν και η ατμοσφαιρική ρύπανση παρουσιάζει μείωση, τα τελευταία είκοσι χρόνια εξακολουθεί να είναι σημαντικό

πρόβλημα για ορισμένες περιοχές. Η αύξηση των εμπορευμάτων οδηγεί σε κακής ποιότητας αέρα. Τα ΙΧ και οι κατασκευάστριες εταιρείες έχουν προβεί σε σημαντικές βελτιώσεις της ποιότητας του αέρα. Η Ευρώπη πρέπει να μειώσει περαιτέρω την ενέργεια που καταναλώνεται από τις μεταφορές καθώς, το 2011 ήταν κατά 4,3% μόνο χαμηλότερη σε σχέση με το ανώτατο όριο του 2007. Ο τομέας των μεταφορών πρέπει να μειώσει τις εκπομπές του Δ.Α. κατά 68% στο διάστημα από το 2010 έως τα μέσα του αιώνα, το 2050 για να επιτευχθούν οι στόχοι της Ε.Ε.

Οι άνθρωποι στο κόσμο κάνουν εμπόριο τροφίμων αιώνες τώρα, αλλά σήμερα εμπορεύονται με απίστευτες ταχύτητες οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε γεωγραφική περιοχή. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Υπηρεσία του Περιβάλλοντος καταναλώνονται σε οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές πάνω από 35 δις γαλόνια καυσίμου ντίζελ που αντιστοιχεί σε 35 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα και αυξάνεται συνεχώς. Με τις δεσμεύσεις των κυβερνήσεων, αλλά και της ΕΕ συγκεκριμένα δεσμεύουν την μείωση των αερίων του Θερμοκηπίων, κάτι που οδηγεί σε άμεση αλλαγή των μεταφορών. Υπάρχει μια σειρά από αποτελεσματικές επιλογές, όπως: Στρατηγικές προγραμμάτων εξυγίανσης, αποτελεσματικός σχεδιασμός αποθήκευσης, στρατηγικές πρακτικών δρομολογήσεων, εναλλακτικά καύσιμα, αναβάθμιση οχημάτων και ανακατασκευή, κατάρτιση οδηγών με αποτέλεσμα την μείωση και εξοικονόμηση καυσίμου και εκπομπών. Η ΕΡΑ των ΗΠΑ, ανέπτυξε το πρόγραμμα Smart way Transport, που βοηθά στην αντιστάθμιση του κόστους με την εγκατάσταση συστημάτων για τη μείωση των εκπομπών των αερίων σε φορτηγά, για πιο αποδοτικά ελαστικά, βελτιωμένη αεροδυναμική, ρύθμιση της ταχύτητας και του κιβωτίου ταχυτήτων για αποφυγή του ρελαντί κινητήρα σε επιτεταμένες στάσεις.

Το σχέδιο της ΕΕ Eureka Logchain footprint, είναι ένα εν εξελίξει έργο για τον εντοπισμό οδικών και σιδηροδρομικών οχημάτων μέσω του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για παραμέτρους όπως, το φορτίο, ο θόρυβος, το έδαφος δονήσεων και των εκπομπών που προέρχονται από το όχημα, το οποίο παρακολουθείται σε όλη την Ευρώπη.

Αυτό θα ήταν σύμφωνο με την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει", όπως ορίζεται στην ΕΕ (Λευκής Βίβλου (2001)-EU Transport White Paper), όπου η έννοια του οικολογικού αποτυπώματος του οχήματος σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις υποδομές της. Το μέγεθος του αποτυπώματος σχετίζεται με τις επιπτώσεις του (Poulikakos et al, 2009).

Στην Ελβετία ο Poulikakos et al (2010) στηριζόμενος στο Eureka Logchain της ΕΕ, έκανε μελέτη σε αυτοκινητόδρομο (Α1) για την παρακολούθηση του οικολογικού αποτυπώματος

των βαρέων οχημάτων με παραμέτρους όπως: το μεικτό βάρος του οχήματος, το φορτίο του άξονα, την πίεση των ελαστικών, τον κινητήρα, τους κραδασμούς και τον θόρυβο. Ο στόχος του "ο ρυπαίνων πληρώνει" έγινε για να περιορίσουν την ανάπτυξη των βαρέων οδικών οχημάτων, να γίνει η μεταφορά των φορτίων με τρένα και να προστατευθεί το περιβάλλον από οχήματα άνω των 3.5 τόνων. Ένα αντίστοιχο πρόγραμμα τιμολόγησης ρύπων των βαρέων οχημάτων έγινε στη Αυστρία και στη Γερμανία, σε κεντρική οδική αρτηρία (Autobahn) και επήλθε μείωση της τάξης 6.5% το 2005 από το 2000.

Σχετικά με τις μεταφορές και κυρίως τη χρήση των λεωφορείων έγιναν πολλές έρευνες με βάση το αποτύπωμα μετακίνησης. Σε έρευνα του Cui.S. et al (2010) στην Κίνα στην πόλη Xiamen, αναπτύχθηκε ένα σύστημα υπηρεσίας μεταφορών λεωφορείων και σταθμών υψηλής ποιότητας και οχημάτων με ανέσεις και χαμηλό κόστος ευελιξίας και απλότητας, το οποίο λειτουργούσε αποτελεσματικά. Το πρώτο σύστημα λεωφορειογραμμών έγινε στην Βραζιλία το 1974. Από το 2000 και μετά αποτέλεσε έμπνευση για πολλές χώρες ανά τον κόσμο (η Ελλάδα δεν έχει αναπτύξει ένα τέτοιο σύστημα ακόμη). Σύμφωνα με την έρευνα σε ένα πλήρη κύκλο ζωής της μεταφοράς οι εκπομπές επηρεάζονται από τρεις συνιστώσες: Τις υποδομές, τα καύσιμα και τα οχήματα. Το τελικό αποτύπωμα για τα δεκαετή οχήματα λεωφορείων έδειξε ότι το 94% οφείλεται στην κατανάλωση των καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο στην κατανάλωση υλικού παραγωγής και τη συναρμολόγηση του οχήματος.

Το οικολογικό αποτύπωμα των μετακινήσεων εμφανίζεται και στον τουρισμό, έναν κλάδο που έχει άμεσο αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία. Η αύξηση της ροής των επιβατών και των εμπορευμάτων σε όλο τον κόσμο απαιτεί ένα ανεπτυγμένο σύστημα κινητικότητας. Η επίδραση των μεταφορών στην αειφορία του τουρισμού έχει δείξει ότι για μεγάλες αποστάσεις ταξιδιών οι αεροπορικές μεταφορές αντιπροσωπεύουν το 90% του ενεργειακού αποτυπώματος των μεταφορών. Ωστόσο, έρευνες δείχνουν ότι το σημαντικότερο μέσο του ταξιδιού είναι το αυτοκίνητο (Gossling et al 2002, Rendeiro et al 2010).

Τα τουριστικά προϊόντα αποτελούνται από τρία βασικά στοιχεία: την ψυχική δραστηριότητα, τη διαμονή και τις μεταφορές. Για τις μεταφορές γίνεται διάκριση για τον πραγματικό προορισμό μεταξύ του τόπου διαμονής και τις μεταφορές εντός ή γύρω από τον προορισμό. Όλα αυτά έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον ως συνέπεια της χρήσης της ενέργειας, των αποβλήτων και την χρήση των πόρων του χώρου. Στις μεταφορές του

τουρισμού, για το Άμστερνταμ υπολογίστηκε πως το μεγαλύτερο ποσοστό είναι η μεταφορά με χρήση αεροπλάνου από και προς τον αρχικό προορισμό. Ενώ σε ποσοστό του συνολικού Ο.Α. της τάξης του 0.5% μοιράζονται τα MMM με αντιστοιχία 57% χρήσης, το περπάτημα με 30%, τα ΙΧ και ταξί με 11% ενώ το ποδήλατο μόλις το 2% (Peeters et al, 2006).

Επίσης σε έρευνα του Li, P. et al (2007) σε οκταήμερη περιοδεία στην πόλη της Κίνας Shangri-La αποδείχτηκε ότι το οικολογικό αποτύπωμα των τουριστών είναι λίγο περισσότερο από ότι αυτό των ντόπιων κατοίκων στην καθημερινή τους ζωή, μετρώντας τις συνιστώσες μεταφορών, φαγητού, αποβλήτων και διαμονής. Το 82% του συνολικού οικολογικού αποτυπώματος οφείλεται στις μεταφορές με υψηλότερο το αεροπλάνο με 59% ενώ τα MMM κατέχουν το 26% συμπεριλαμβανομένου του λεωφορείου, του τρένου και του μίνι τουριστικού λεωφορείου.

Αρκετοί Φορείς, Υπηρεσίες και Εταιρείες προχωρούν σε μετρήσεις και εκτιμήσεις των οικολογικών αποτυπωμάτων κυρίως για τις μεταφορές των υπαλλήλων τους άλλα και των άλλων(εξωτερικών) ανθρώπων που συμμετέχουν στην Υπηρεσία ή Φορέα.

Σύμφωνα με το εμπόριο των ρύπων, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος έχει αναπτύξει το δικό του πρόγραμμα αντιστάθμισης άνθρακα. Ο Οργανισμός αγόρασε 13.500 ευρώ αντισταθμιστικά οφέλη του άνθρακα που αντιστοιχεί σε 673 τόνους εκπομπών CO₂ για τα αεροπορικά ταξίδια του το 2006. Το ποσό αυτό καλύπτει τόσο τα αεροπορικά ταξίδια των υπαλλήλων που συμμετέχουν σε συνεδριάσεις και συνέδρια εκτός Δανίας και τους επισκέπτες που έρχονται στον Οργανισμό για την συμμετοχής τους.

Το ακαδημαϊκό έτος 2008/2009 πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο του Λονδίνου (UCL) από το Ινστιτούτο περιβάλλοντος (UCLEI) μια έρευνα – έκθεση για τις καταναλώσεις διοξειδίου του άνθρακα στο τομέα των μεταφορών – ταξιδιών, τόσο στο εσωτερικό της χώρας όσο και στο εξωτερικό, καθώς οι πανεπιστημιακοί ταξιδεύουν συχνά. Η μεθοδολογία τους βασίστηκε σε κατευθυντήριες γραμμές στον οδηγό των συντελεστών των εκπομπών των αερίων (δεν περιλαμβάνονται οι έμμεσες) του τμήματος περιβάλλοντος, τροφίμων και αγροτικών υποθέσεων(Guidelines to Defra's) του έτους 2008. Κάθε μέλος του προσωπικού απάντησε σε ένα ερωτηματολόγιο όπου ζητούνται λεπτομέρειες για το εβδομαδιαίο ταξίδι τους κατά την διάρκεια εργάσιμης ημέρας. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε ειδικές ερωτήσεις σχετικά με τον τρόπο ταξιδιού, την συχνότητα ταξιδιού, σε περίπτωση χρήσης ΙΧ, το μέγεθος του αυτοκινήτου κλπ. Οι εκπομπές υπολογιστήκαν με την απόσταση σε χιλιόμετρα που διένυε κάθε μέσο που

χρησιμοποιήθηκε στο σύνολο της, εκφράστηκε σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα, ανά επιβάτη στο χιλιόμετρο. Δεν έλαβαν υπόψη τους τον υπολογισμό των καταναλώσεων και εκπομπών και τις πραγματικές συνθήκες πεδίου. Όπως είναι το υψόμετρο αεροπλάνου, η κλίση δρόμου για τα οχήματα καθώς και άλλοι συντελεστές. Συμπερασματικά διαπιστώθηκε ότι οι υπολογισμοί των εκπομπών δεν ήταν ακριβής. Επίσης, η αδυναμία πρόσβασης σε παρακολουθήσεις δεδομένων απόστασης στα ταξίδια με τρένο ήταν μεγάλο μειονέκτημα.

Μια άλλη έρευνα στην Αγγλία αφορούσε τους ανθρώπους δύο μεγάλων εταιρειών για τον τρόπο που ταξιδεύουν στις δουλειές τους. Μέσα από ερωτηματολόγια με λεπτομερείς ερωτήσεις αποδείχτηκε ότι χρησιμοποιησαν κατά κόρον I.X για να μετακινηθούν, ενώ ελάχιστοι χρησιμοποιούσαν MMM, ποδήλατα κ.λπ. Αιτία της μη χρήσης εναλλακτικών μέσων μετακίνησης ήταν ότι οι εγκαταστάσεις υποδομών ήταν ακατάλληλες, είτε ότι η δουλειά τους ήταν πολύ μακριά σε σχέση με το σπίτι τους για χρήση ποδηλάτου. Σε ερώτηση για την κοινή χρήση του οχήματος (car sharing), ένα μεγάλο ποσοστό (αν και δεν το εφήρμοζε), απάντησε ότι ήταν θετικοί σε μια τέτοια κίνηση ώστε να μειωθεί αισθητά το οικολογικό αποτύπωμα των μεταφορών τους (Kingham et al, 2001).

Για τον υπολογισμό των εκπομπών, είτε άμεσων, είτε έμμεσων Α.Θ. για τις μετακινήσεις, έχουν δημιουργηθεί και αναπτύσσονται λογισμικά και υπολογιστικά εργαλεία από διάφορες ανεπτυγμένες χώρες και εταιρείες. Καθώς και προγράμματα βάσεων δεδομένων με πληροφορίες σχετικά με τους συντελεστές κατανάλωσης κάθε οχήματος και των ρύπων. Ως επί το πλείστον είναι εμπορικά προγράμματα(επί πληρωμή). Ορισμένα από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

→The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol): είναι μια σουίτα από υπολογιστικά φύλλα excel office, που έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν στην κατανόηση και διαχείριση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου τόσο για τις μεταφορές όσο και τις κινητές πηγές(mobility). Με έδρα την Αμερική και την Ελβετία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο από κυβερνήσεις και εταιρείες και με δεκαετή συνεργασία με το Παγκόσμιο Ινστιτούτο Φυσικών Πόρων (World Resource Institute WRI) και το παγκόσμιο Συμβούλιο Επιχειρήσεων για την βιώσιμη ανάπτυξη (World business Council for Sustainable Development WBCSD)

→EcoTransIT World: Υπολογίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των διάφορων φορέων σε όλο τον κόσμο, με μια ευφυή μεθοδολογία εισροών και τη χρήση των γεωγραφικών

συστημάτων πληροφοριών. Το ινστιτούτο Ενεργειακών και περιβαλλοντικών Ερευνών (Institute for Energy and Environmental Research - IFEU) από Χαιδελβέργη, το Ινστιτούτο Öko-Institut από το Βερολίνο και η Rail Management Consultants GmbH (RMCon/IVE mbH) από το Ανόβερο, ανέπτυξαν το εργαλείο αυτό. Το εργαλείο εντοπίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών όσο αναφορά την κατανάλωση της ενέργειας και τις εκπομπές των αερίων των οχημάτων, υπολογίζοντας επιπλέον την έμμεση ενέργεια κατανάλωσης και τις εκπομπές αερίων για την παραγωγή μεταφοράς για την λειτουργία των οχημάτων. Η εισαγωγή των δεδομένων σε περιβάλλον GIS επιτρέπει να παρακολουθείται με λεπτομέρεια η διαδρομή των εμπορευμάτων, να υπολογίζονται οι μεταφορτώσεις στα σημεία διέλευσης των συνόρων, το ογκομετρικό βάρος του μεταφερόμενου φορτίου, καθώς και το είδος της θέσης φόρτωσης (τρένο, λιμάνι, αεροδρόμιο, πλατφόρμα δρόμου) που επιτρέπει τη μοντελοποίηση, αντικατοπτρίζοντας την πραγματικότητα.

→NTM calculator: Κατασκευάστηκε από την NTM, μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που ξεκίνησε το 1993 και αποσκοπεί σε μια βάση κοινών αξιών για τον τρόπο υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιδόσεων διάφορων τρόπων μεταφοράς.

→Map&Guide: Ένα πολύγλωσσο εργαλείο σχεδιασμού μιας διαδρομής που περιλαμβάνει την διαδρομή βάση της κατανάλωσης του διοξειδίου του άνθρακα σύμφωνα με το πρότυπο EN 16258 και τον Γαλλικό Νόμο. Με λεπτομερή δρομολόγια πλοίων, πρόσθετα οδικά δίκτυα για εξοικονόμηση καυσίμων συνάμα και κόστους, με πλήρη βάση δεδομένων, ονομάτων πόλεων και ζώνες με χαμηλές εκπομπές αερίων για τη διέλευση.

→GREET Fleet Footprint Calculator: Εργαλείο των ΗΠΑ σχεδιασμένο για τη βοήθεια τις αξιολόγησης των οχημάτων και συνδυασμό καυσίμων με βάση πλήρους κύκλου του καυσίμου και κύκλο του οχήματος.

→Versit +: Ολλανδική σουίτα μοντελοποίησης για τη χρήση πρόβλεψης των συντελεστών εκπομπών και ενέργειας για στόλους οχημάτων σε διάφορες χώρες. Οι συντελεστές διαφοροποιούνται για διάφορους τύπους οχημάτων και καταστάσεις κυκλοφορίας και λαμβάνουν υπόψη τις συνθήκες του πραγματικού κόσμου της οδήγησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μείωση ρύπων και τη βελτίωση ποιότητας του αέρα.

→Copert_4: Εργαλείο υπολογισμού για τις οδικές καταναλώσεις και εκπομπές αερίων με συντελεστές για την Ε.Ε. των 27 μελών που αναπτύχθηκε και από τον Ευρωπαϊκό οργανισμό Περιβάλλοντος (EEA), στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του ευρωπαϊκού θεματικού κέντρου για την ατμοσφαιρική ρύπανση και της κλιματικής αλλαγής.

→Lipasto: Φιλανδικό πακέτο εργαλείων με συντελεστές εκπομπών των αερίων που αναπτύχτηκε από το VVT τεχνικό ερευνητικό κέντρο, καλύπτοντας τις σιδηροδρομικές, αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές και τις προβλέψεις των εκπομπών των αερίων έως το 2031.

→Hbefa: Γερμανικό εγχειρίδιο των οδικών συντελεστών των εκπομπών των αερίων που καλύπτει πολλές ευρωπαϊκές χώρες.

→Artemis: Γαλλικό εργαλείο με συντελεστές των εκπομπών των αερίων, δυνητικά χρήσιμο για μη οδικές μεταφορές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ - ΟΧΗΜΑΤΑ

3.1.Οι κατηγορίες των Μηχανοκίνητων Οχημάτων (4 τροχούς)

Οι κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος των επιβατικών οχημάτων είναι ένας τρόπος διαχωρισμού και ταξινόμησης. Στις ΗΠΑ σύμφωνα με το Τμήμα Ενέργειας, οι κατηγορίες των επιβατικών αυτοκινήτων καθορίζονται με βάση τον εσωτερικό δείκτη όγκου ή της χωρητικότητας των θέσεων, εκτός από αυτά που ταξινομούνται ως ειδικά οχήματα. Στον Καναδά χωρίζονται σε έξι κατηγορίες με βάση τον εσωτερικό όγκο, όπου υπολογίζεται ένας δείκτης βάση τον χώρο για τους επιβάτες αλλά και τον χώρο του φορτίου. Στη Ιαπωνία (Road Vehicle Act) οι κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος είναι πολλοί απλές σε σχέση με άλλες περιοχές. Σύμφωνα με την κυβέρνηση τους υπάρχουν μόνο τρεις κατηγορίες που καθορίζονται με κανονισμούς και δεν υπάρχουν αναθεωρημένες ταξινομήσεις για διάφορα είδη οχημάτων. Στην Κίνα σύμφωνα με το πρόγραμμα NCAP, όπως ορίζεται από το Ερευνητικό κέντρο τεχνολογίας αυτοκινήτου CATARC, μπορεί να φαίνεται ίδιο με το Ε.Ε. σύστημα, αλλά είναι πιο κοντινό με το Ιαπωνικό.

Στην Ε.Ε. σύμφωνα με την νομοθεσία (No399M1406, 17/03/1999 – Συγχώνευση 4064/89) για τα επιβατικά αυτοκίνητα, διαχωρίζονται με βάση κάποια αντικειμενικά κριτήρια όπως είναι το μέγεθος του κινητήρα ή το μήκος του οχήματος σε τμήματα (Segments).

Τα τμήματα (Segments) που ορίζονται είναι τα εξής:

Τμήμα - Α: Μίνι αυτοκίνητα (Mini Cars)

Στο τμήμα Α (μικρό επιβατικό αυτοκίνητο ή entry-level), βρίσκονται τα μίνι αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα πόλης, που προορίζονται για χρήση κυρίως σε αστικές περιοχές.

Στη Βόρεια Αμερική τα ονομάζουν subcompact, και στο Ηνωμένο Βασίλειο supermini. Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα αξιολόγησης των νέων αυτοκινήτων (EuroNCAP) δεν κάνει καμία διάκριση μεταξύ των μικρών αυτοκινήτων, εντάσσοντας τα όλα στην κατηγορία supermini. Για τα «αυτοκίνητα πόλης» στην Ιαπωνία, ο ορισμός είναι ασαφής και ανεπίσημος.

Τμήμα - Β: μικρά αυτοκίνητα (Small Cars)

Στο τμήμα –Β: (Supermini) είναι ένας βρετανικός όρος που περιγράφει τα αυτοκίνητα που είναι λίγο μεγαλύτερα από ό, τι ένα αυτοκίνητο πόλης, αλλά μικρότερα από ότι ένα μικρό οικογενειακό αυτοκίνητο. Στη Βόρεια Αμερική λέγονται ως συμπαγή αυτοκίνητα (subcompact-παρόμοια με τα Α).

Τμήμα - C: αυτοκίνητα μεσαίας κατηγορίας (Medium Cars)

Συμπαγές αυτοκίνητο (Βόρεια Αμερική), ή μικρό οικογενειακό αυτοκίνητο (βρετανική εκδοχή), είναι μια ταξινόμηση των αυτοκινήτων που είναι μεγαλύτερα από ότι ένα αυτοκίνητο συμπαγές (subcompact), αλλά μικρότερα από μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητα.

Οι κινητήρες είναι της τάξης των 1.5 έως 2.4 λίτρων, χρησιμοποιώντας βενζίνη ή ντίζελ, με ένα εύρος ίππων μεταξύ 100 hp (75kW) και 170hp (127kW). Ορισμένα μοντέλα διαθέτουν επίσης οικονομικότερους κινητήρες, της τάξης των 1.3 ή 1.4 λίτρων.

Τμήμα - D: μεγάλα αυτοκίνητα (Large Cars)

Μεγάλα ή οικογενειακά αυτοκίνητα, το όνομα προέρχεται από την καταλληλότητα αυτών των αυτοκινήτων να μεταφέρουν μια ολόκληρη οικογένεια σε τοπικό επίπεδο ή για διακοπές. Ο όρος καλύπτει δύο τύπους οικογενειακών αυτοκινήτων.

Τμήμα -E: Executive αυτοκίνητο

Executive αυτοκίνητα, είναι ένας βρετανικός όρος για τα αυτοκίνητα που είναι μεγαλύτερα από ότι ένα μεγάλο οικογενειακό αυτοκίνητο. Σε επίσημη χρήση, ο όρος έχει υιοθετηθεί από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Αξιολόγησης Νέων Αυτοκινήτων (EuroNCAP).

Τμήμα - F: αυτοκίνητα πολυτελείας(Luxury cars)

Πολυτελές όχημα, είναι το όχημα που προσφέρει πολυτέλεια - ευχάριστα ή επιθυμητά χαρακτηριστικά με μεγάλο βάρος.

Ο όρος υποδηλώνει ένα όχημα με εξοπλισμό υψηλότερης ποιότητας, καλύτερης απόδοσης, ακριβής κατασκευής, άνεσης, υψηλού σχεδιασμού, με σύγχρονες καινοτόμες τεχνολογίες ή χαρακτηριστικά που επιδεικνύει μια εικόνα, ένα όνομα, status ή γόητρο, ή οποιοδήποτε άλλο «διακριτό» χαρακτηριστικό γνώρισμα ή συνδυασμό αυτών σε αυτόν που το κατέχει.

Τμήμα - S: σπορ κουπέ (Roadster Cars)

Ένα roadster, είναι ένα ανοικτό (χωρίς σταθερή οροφή) διαθέσιμο αυτοκίνητο με έμφαση στη σπορ συμπεριφορά. Έχουν συνήθως μαλακή οροφή (υφασμάτινη) ή αναδιπλούμενη μεταλλική οροφή.

Τμήμα - M: αυτοκίνητα πολλαπλής χρήσης(Multi purpose cars)

Στην Αμερική, ονομάζονται Minivan είναι ένα είδος van που έχει σχεδιαστεί για προσωπική χρήση. Τα μίνι βαν είναι συνήθως δυ-κάμπινα (two-box) ή μονο κάμπινα (one-box) για μέγιστο όγκο στο εσωτερικό και είναι ψηλότερα από ένα sedan, hatchback ή ένα στέισον βάγκον.

Minivan, είναι ένας αγγλικός όρος. Παγκοσμίως τα μίνι βαν, χρησιμοποιούνται ως οχήματα πολλαπλών χρήσεων (πολυμορφικά) multi-purpose vehicles (MPVs), multi-utility vehicles (MUVs), φορτομετακινητές ανθρώπων (people-carriers or people-movers).

Τμήμα - J: αυτοκίνητα χρησιμότητας (sport utility cars)

Στη Βόρεια Αμερική τα αυτοκίνητα χρησιμότητας (συμπεριλαμβανομένων των off-road οχημάτων), αντιστοιχούν περίπου στα SUV αυτοκίνητα (Sport Utility), CUV αυτοκίνητα (Crossover Utility) και pickups.

Στην Ευρώπη η πιο δημοφιλής υπό-κατηγορία είναι η συμπαγής (compact SUV). Παρά το γεγονός ότι σωστός ορισμός δεν υπάρχει, γενικά μικρού μεγέθους οχήματα (mini SUV) είναι της τάξης των 4.1 με 4.7 μέτρων μήκους. Ανάλογα με το ύψος και το πλάτος τους ορισμένα οχήματα μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε σχέση με το εσωτερικό τους σε μεγάλα ,μεσαία ή μικρά SUV.

Τέλος τα οχήματα Pickup(τελευταία κατηγορία της ΗΠΑ) είναι σπάνια στην Ευρώπη, όπου τα φορτηγά χρησιμοποιούνται συνήθως για παρόμοιους ρόλους.

3.2.Κατηγορίες Επιβατικών και Επαγγελματικών Οχημάτων

Στην Ευρώπη, η ταξινόμηση για τις κατηγορίες των οχημάτων ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή του Συμβουλίου (Οδηγία 2001/116/EK της 20ής Δεκεμβρίου 2001, για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/156/EOK).

Οι κατηγορίες των οχημάτων είναι (4 βασικές κατηγορίες με υποκατηγορίες):

Κατηγορία L

Μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες, καθώς και οχήματα παντός εδάφους και άλλα μικρά οχήματα με 3 ή 4 τροχούς. Οι μοτοσυκλέτες υποδιαιρούνται περαιτέρω σε 2 ομάδες (με και χωρίς πλευρικό κάνιστρο). Υπάρχει επίσης υποδιαίρεση για τα μοτοποδήλατα με 3 τροχούς που έχουν μικρότερη μηχανή και χαμηλότερο όριο ταχύτητας από ότι τα μηχανοκίνητα τρίκυκλα.

Κατηγορία M

Οχήματα (επιβατικά αυτοκίνητα). με 4 τουλάχιστον τροχούς σχεδιασμένα για τη μεταφορά επιβατών.

Κατηγορία N

Οχήματα σχεδιασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, τα οποία υποδιαιρούνται περαιτέρω, ανάλογα με το μέγεθός τους. Πρόκειται κυρίως για φορτηγά και ημιφορτηγά.

Κατηγορία O

Ρυμουλκούμενα και ημιρυμουλκούμενα.

Αναλυτικότερα για τις κατηγορίες 4 τροχών έχουμε:

Κατηγορία M: Οχήματα με κινητήρα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά επιβατών και έχουν είτε τέσσερις τροχούς ή τουλάχιστον τρεις τροχούς και μέγιστο βάρος που υπερβαίνει τον ένα (1) τόνο.

- Κατηγορία M1: Οχήματα στα οποία δεν υπάρχουν περισσότερες από οκτώ θέσεις πέραν του καθίσματος του οδηγού και προορίζονται για την μεταφορά επιβατών.
- Κατηγορία M2: Οχήματα στα οποία δεν υπάρχουν περισσότερες από οκτώ θέσεις πέραν του καθίσματος του οδηγού και η μάζα τους δεν υπερβαίνει τους 5 τόνους.
- Κατηγορία M3: Οχήματα στα οποία δεν υπάρχουν περισσότερες από οκτώ θέσεις πέραν του καθίσματος του οδηγού και η μάζα του να είναι πάνω από τους 5 τόνους.

Κατηγορία N: Οχήματα με κινητήρα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και έχουν είτε τέσσερις τροχούς ή τουλάχιστον τρεις τροχούς και το μέγιστο βάρος είναι πάνω από 1 τόνο.

- Κατηγορία N1: Οχήματα με κινητήρα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και το μέγιστο βάρος να μην υπερβαίνει τους 3.5 τόνους. Με τρεις υποκατηγορίες ως προς τις εκπομπές αερίων α) ≤ 1305 κιλά (Category N₁-I), β) 1305 – 1760 κιλά (Category N₁-II) και γ) >1760 κιλά με μέγιστο τα 3500 κιλά (Category N₁-III & N₂).
- Κατηγορία N2: Οχήματα με κινητήρα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και το μέγιστο βάρος να είναι πάνω από 3.5 τόνους αλλά να μην υπερβαίνει τους 12 τόνους.
- Κατηγορία N3: Οχήματα με κινητήρα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και το μέγιστο βάρος να είναι πάνω από 12 τόνους.

Ελαφρά επαγγελματικά οχήματα (light duty vehicles), είναι ο επίσημος όρος που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ένα επαγγελματικό όχημα μεταφοράς με μικτό βάρος που δεν υπερβαίνει τους 3.5 τόνους (Κατηγορία N1). Τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα περιλαμβάνουν φορτηγά, ημιφορτηγά και τρίκυκλα για τις μεταφορές όλων των εμπορικών προϊόντων με βάση το φορτίο ή τους επιβάτες. Η κατασκευή τους είναι ένα συμπαγές φορτηγό γερής κατασκευής, με χαμηλό λειτουργικό

κόστος, με ισχυρούς και αποδοτικούς κινητήρες και χρησιμοποιούνται σε αστικές περιοχές και πόλεις.

Μεγάλο φορτηγό όχημα (φορτηγό όχημα, μεσαίου, μεγάλου και βαρέων), σύμφωνα με τους όρους της Ε.Ε., είναι κάθε φορτηγό με μικτό βάρος συνδυασμού πάνω από 3500 κιλά. Στη κατηγορία N2 είναι τα οχήματα μεταξύ 3.5 και 12 τόνων ενώ στην κατηγορία N3 είναι τα οχήματα με πάνω από 12 τόνους, όπως ορίζονται στην οδηγία 2001/116/ΕΚ. Ο όρος medium που αναφέρεται στο πλαίσιο της βρετανικής κυβέρνησης αναφέρεται σε φορτηγά οχήματα μεταξύ 3.5 και 7.5 τόνων, τα οποία σύμφωνα με την ΕΕ, είναι επίσης μεγάλα φορτηγά οχήματα.

Κατηγορία Ο: Ρυμουλκούμενα (συμπεριλαμβανομένων των ημιρυμουλκούμενων) Οδηγία 70/156/ΕΟΚ

- = Κατηγορία Ο1: Ρυμουλκούμενα των οποίων το μέγιστο βάρος δεν υπερβαίνει τους 0.75 τόνους.
- = Κατηγορία Ο2: Ρυμουλκούμενα τα οποία έχουν μέγιστο βάρος που υπερβαίνει τους 0.75 τόνους αλλά δεν υπερβαίνει τους 3.5 τόνους.
- = Κατηγορία Ο3: Ρυμουλκούμενα που έχουν μέγιστο βάρος που υπερβαίνει τους 3.5 τόνους αλλά δεν υπερβαίνει τους 10 τόνους.
- = Κατηγορία Ο4: Ρυμουλκούμενα τα οποία έχουν μέγιστο βάρος που υπερβαίνει τους 10 τόνους.

3.3.Αστική Κινητικότητα και Ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, όπως αναφέραμε είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα επιβλαβών αερίων ουσιών που σε μαζική συγκέντρωση και διάρκεια μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, τους οργανισμούς και στην υγεία του ανθρώπου. Οι πηγές της ρύπανσης μπορεί να είναι τεχνικές και φυσικές τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι αέριες ουσίες διακρίνονται σε πρωτογενείς (διοξείδιο, μονοξείδιο άνθρακα κλπ) και δευτερογενείς που παράγονται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των πρωτογενών αερίων και των φυσικών αερίων της ατμόσφαιρας (θερμοκρασία, οξυγόνο).

Η τάση αστικοποίησης που επέφερε ο 20^{ος} αιώνας είχε ως αποτέλεσμα περίπου το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού να συγκεντρωθεί στις πόλεις. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή ένωση για την αστική κινητικότητα, αναφέρει πως πάνω από το 70% (Εικ 24) των πολιτών ζουν σε αστικές περιοχές άνω των 10.000 κατοίκων. Όλοι οι κάτοικοι καθημερινά ζουν στον ίδιο χώρο και για τις μετακινήσεις τους μοιράζονται την ίδια υποδομή. Το 85% του Α.Ε.Π. παράγεται στις πόλεις της Ε.Ε., επίσης το 40% του Δ.Α. προέρχεται από την κυκλοφορία στις πόλεις.



Εικόνα 24: Ποσοστό αστικοποίησης ανά τον κόσμο και πρόβλεψη έως 2030. Πηγή: ΣΔΑΚ Θεσ/νίκης

Η αστική ρύπανση αφορά τις δομημένες περιοχές και κυρίως οσες από αυτές είναι πυκνοκατοικημένες. Η οδική κυκλοφορία συμβάλει σημαντικά στην υπέρβαση των προτύπων της ποιότητας του αέρα σε πολλές αστικές περιοχές. Οι περιοχές αυτές αναπτύχθηκαν και αναπτύσσονται ραγδαία ακολουθώντας την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας. Επειδή η χρήση των αυτοκινήτων μπορεί να θεωρηθεί σε πρώτη

προσέγγιση ανάλογη του πληθυσμού, τα προβλήματα αστικής ρύπανσης διαβαθμίζονται κατ' αυξητική έννοια από τις μικρές προς τις μεγάλες πόλεις.

Σύμφωνα με την ΕΕ, οι επιπτώσεις των μεταφορών μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες του πίνακα (Πιν.2).

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ
1.Κυκλοφορική συμφόρηση	1.Κοινωνική ισότητα	1.Ατμοσφαιρική ρύπανση
2.Παραμπόδιση μετακινήσεων	2.Επιπτώσεις στην δημόσια υγεία	2.Μόλυνση των υδάτων
3.Ατυχήματα	3.Κοινωνική συνοχή	3.Κλιματική αλλαγή
4.Δαπάνες υποδομής	4.Ποιότητα ζωής	4.Ηχορύπανση
5.Καταναλωτικές δαπάνες	5.Αισθητική	5.Καταστροφή βιοτόπων
6.Σπανιότητα μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων	6.Αποκοπή/αποκλεισμός περιοχών	6.Υδρολογικές επιπτώσεις
		7.Σπανιότητα ανανεώσιμων φυσικών πόρων

Πίνακας 2.Επιπτώσεις των μεταφορών ανά κατηγορία

Στην Ελλάδα η υφιστάμενη κατάσταση τείνει να είναι σε κρίσιμο σημείο, καθώς υπάρχουν προβλήματα υποδομών, όπως η κακή ρυμοτομία, που χαρακτηρίζεται από την έλλειψη ανοικτών χώρων και με την παρουσία υψηλών κτιρίων σε κάθε πλευρά του δρόμου μικρού πλάτους δημιουργεί μια χαράδρα, η οποία μειώνει την διασπορά των εκπεμπόμενων ρύπων και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές συγκεντρώσεις σε τοπικό επίπεδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μέσος όρος των ΙΧ αυτοκινήτων και ελαφρών φορτηγών αγγίζει τα 12 έτη και των βαρέων οχημάτων ξεπερνά τα 17 έτη. Επίσης οι μεταφορές είναι στο μεγαλύτερο της ποσοστό εξαρτημένες από το πετρέλαιο. Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.3) παρουσιάζεται η κατάσταση στο τομέα των μεταφορών στην Ελλάδα σχετικά με ορισμένους τομείς, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης.

<u>A. Κυκλοφοριακή Συμφόρηση</u>	1.Συνεχιζόμενη αύξηση κυκλοφοριακού φόρτου MMM και IX. 2.Η συχνότητα χρήσης IX είναι 7 φορές/εβδομάδα (Αμστερνταμ 3). 3.Κορεσμός οδικού δικτύου. 4.Χαμηλή μέση ταχύτητα επιφανειών MMM και IX.
<u>B. Συνθήκες μετακίνησης</u>	5.Αυξημένη κατά 15% μέση διάρκεια μετακίνηση με IX και MMM από το μέσο όρο των Ευρωπαϊκών Πόλεων. 6.Χαμηλότερη κατά 26% μέση διανυόμενη απόσταση με MMM από το μέσο όρο των Ευρωπαϊκών Πόλεων. 7.Μέση ταχύτητα IX σε ώρες αιχμής 8-10 χλμ/ώρα.
<u>Γ. Απαξίωση των MMM</u>	8.Έλλειψη προτεραιότητας MMM στους σηματοδοτημένους κόμβους . 9.Μικρότερο μήκος λεωφορείο-γραμμών /1000 κάτοικους κατά 57% από το μέσο όρο των Ευρωπαϊκών Πόλεων.
<u>Δ. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις</u>	10.Επιβατικά οχήματα υπεύθυνα για το 40% των εκπομπών ΔΑ και 70% των εκπομπών άλλων ρύπων. 11.Επιφάνεια πρασίνου ανά κάτοικο 2,5τμ (Αμστερνταμ 27τμ)

Πίνακας 3.Υφιστάμενη κατάσταση προβλημάτων στο τομέα μεταφορών

3.3.1.Λειτουργία Οχημάτων

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως ή παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης παράγουν εκπομπές αερίων, λόγω της ατελούς καύσης των ανθρακούχων καυσίμων. Τα κύρια παράγωγα της διαδικασίας της καύσης είναι: το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το νερό και η αιθανόλη ή αιωρούμενα σωματίδια (PM). Οι επιπτώσεις από την εισπνοή σωματιδίων έχουν μελετηθεί σε ανθρώπους και ζώα και περιλαμβάνουν το άσθμα, καρκίνο του πνεύμονα, καρδιαγγειακά προβλήματα, και πρόωρο θάνατο. Υπάρχουν, ωστόσο, ορισμένα πρόσθετα προϊόντα της διαδικασίας της καύσης, που περιλαμβάνουν οξείδια του αζώτου του θείου και μερικούς άκαυστους υδρογονάνθρακες, ανάλογα με τις συνθήκες της λειτουργίας του οχήματος.

Μια μικρή ποσότητα καυσίμου είναι παρούσα μετά την λειτουργία της καύσης και σχηματίζονται οξυγονούχες ενώσεις όπως: φορμαλδεΰδη ή ακεταλδεΰδη, ή υδρογονάνθρακες. Η ατελής καύση προκύπτει συνήθως από ανεπάρκεια οξυγόνου, αφήνοντας πίσω καύσιμο που δεν έχει αντιδράσει και αποβάλλεται με την εξάτμιση. Η ατελής καύση οδηγεί επίσης στην παραγωγή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Περαιτέρω χημικές ουσίες που απελευθερώνονται είναι το βενζόλιο και βουταδιένιο που είναι επίσης επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι.

Ενώ αυξάνεται η ποσότητα του αέρα στον κινητήρα, μειώνονται οι εκπομπές των αερίων ατελούς καύσης, αλλά και προωθείται η αντίδραση μεταξύ οξυγόνου και αζώτου στον αέρα για να παραχθεί οξείδιο του αζώτου (NOx). Το NOx είναι επικίνδυνο για την υγεία των φυτών όσο και των ζώων και οδηγεί στην έμμεση παραγωγή του όζοντος (O3). Είναι δευτερογενής ρύπος του αέρα που παράγεται στην ατμόσφαιρα από την αντίδραση του NOx και των πτητικών οργανικών ενώσεων με την παρουσία του ηλιακού φωτός. Το τροποσφαιρικό όζον είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Οι κρύες μηχανές στα πρώτα λεπτά μετά την εκκίνηση του κινητήρα ενός αυτοκινήτου, που δεν έχει λειτουργήσει για αρκετές ώρες, παράγουν υψηλή ποσότητα εκπομπών των αερίων. Αυτό συμβαίνει για δύο κύριους λόγους:

Πρώτον, στον κρύο κινητήρα απαιτείται μεγάλη ποσότητα αέρα και καυσίμου. Αμέσως μετά την εκκίνηση του κινητήρα οι τοίχοι, καθώς και το καύσιμο, είναι κρύα. Το καύσιμο δεν θα εξατμιστεί και θα είναι δύσκολο να δημιουργήσει αρκετό εύφλεκτο αεριώδες μίγμα. Μερικές φορές, ακόμη και η περίσσεια του καυσίμου στους θαλάμους στη συνέχεια καίγεται και παράγει μεγάλη ποσότητα των υδρογονανθράκων, οξειδίων του αζώτου και μονοξειδίου του άνθρακα.

Δεύτερον, είναι ανεπαρκής ο καταλυτικός μετατροπέας υπό συνθήκες ψύχους: και αναποτελεσματικές. Όταν ο κρύος κινητήρας τεθεί σε λειτουργία, ο μετατροπέας χρειάζεται αρκετά λεπτά για να φθάσει σε θερμοκρασία λειτουργίας. Πριν από αυτό, τα αέρια εκπέμπονται άμεσα στην ατμόσφαιρα.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα σημαντικό ποσοστό των ταξιδιών είναι για μικρές αποστάσεις, αυτό είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τη βελτίωση των συνθηκών της ποιότητας του αέρα.

Η καύση του άνθρακα περιέχει θείο και ακαθαρσίες που παράγουν μονοξείδιο του θείου (SO) και διοξείδιο του θείου (SO₂) στην εξάτμιση, η οποία προωθεί την όξινη βροχή.

Στις ΗΠΑ σωματίδια όπως, το οξείδιο του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και το όζοντος χαρακτηρίζονται ως ατμοσφαιρικοί ρύποι σύμφωνα με την Clean Air Act, σε επίπεδα όπου η ανθρώπινη υγεία και η καλή διαβίωση προστατεύονται. Άλλοι ρύποι, όπως το βενζόλιο και το βουταδιένιο, χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι των οποίων οι εκπομπές πρέπει να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο.

Άλλοι ρύποι προέρχονται από τις εκπομπές των μηχανοκίνητων οχημάτων, των συστημάτων εξάτμισης ή από εκπομπές, όπως η εξάτμιση της βενζίνης. Οι εκπομπές αυτές

αυξάνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και είναι ένα σημαντικό συστατικό στη δημιουργία του νέφους σε ορισμένες μεγάλες πόλεις.

3.3.2. Αέριοι ρύποι των οχημάτων και οι επιπτώσεις τους



Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των οχημάτων τα κύρια αέρια από τις εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα και περιγράφονται παρακάτω. Επίσης, παρουσιάζονται ενδεικτικά οι επιπτώσεις που προκαλούν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Τα κύρια αυτά αέρια είναι:

Οξείδια του Αζώτου (NO_x)

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) είναι άχρωμο και άοσμο με χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα 4 ημέρες ενώ το Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) είναι κοκκινωπό -καφέ με χαρακτηριστική έντονη οσμή και τοξικότητα με χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα τρεις ημέρες. Αντιδρούν με αμμωνία, υγρασία, και άλλες ενώσεις για να σχηματίσουν το νιτρικό οξύ και τα σωματίδια του ατμού. Εκπέμπονται από την καύση τους σε υψηλή θερμοκρασία καθώς και από ηλεκτρική εκκένωση κατά την διάρκεια καταιγίδας. Είναι σωματίδια που συμβάλουν τόσο στο φωτοχημικό νέφος που καλύπτει πολλές φορές μεγάλες αστικές πόλεις, όσο και στην όξινη βροχή. Η εισπνοή τέτοιων σωματιδίων μπορεί να προκαλέσει ή να επιδεινώσει αναπνευστικές ασθένειες, όπως το εμφύσημα και τη βρογχίτιδα. Μπορεί επίσης να επιδεινώσει υπάρχουσα καρδιακή νόσο.

Πτητικές οργανικές ενώσεις

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις, είναι οργανικές ενώσεις που σε συνήθεις θερμοκρασίες βρίσκονται σε αέρια κατάσταση ή διαφεύγουν εύκολα από την υγρή φάση που βρίσκονται. Οι περισσότερες ενώσεις περιέχουν άνθρακα, εξαιρώντας τις CO και CO₂, τις οξυγονούχες, αλογονούχες και θειούχες οργανικές ενώσεις. Αυτές συμμετέχουν στο σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους, προξενούν αρκετά προβλήματα υγείας(πχ καρκίνο) και είναι επιβλαβείς για τα φυτά.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό αλλά εξαιρετικά τοξικό και αναφλέξιμο. Ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη για να παραχθεί καρβοξυαιμοσφαιρίνη, η οποία είναι αναποτελεσματική στο να παράγει οξυγόνο στους

σωματικούς ιστούς. Είναι ένα προϊόν της ατελούς καύσεως του καυσίμου, όπως το φυσικό αέριο, ο άνθρακας ή το ξύλο. Η κύρια πηγή του μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα είναι οι εκπομπές των οχημάτων στις πόλεις. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι επιβλαβές, διότι μειώνει την παροχή οξυγόνου σε όργανα και ιστούς του σώματος και είναι πιο επιβλαβές για εκείνους που πάσχουν από καρδιακή και αναπνευστική νόσο.

Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10 και PM2.5)

Ατμοσφαιρικά σωματίδια ή αερομεταφερόμενα σωματίδια είναι τα στερεά ή υγρά σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα. Μερικά σωματίδια είναι μεγάλα ή αρκετά σκοτεινά για να είναι ορατά όπως η τέφρα, η σκόνη ή ο καπνός, άλλα σωματίδια είναι πολύ μικρά και δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Κάποια από αυτά προέρχονται από ηφαίστεια, θύελλες σκόνης, δασικές και χορτολιβαδικές εκτάσεις ή από πυρκαγιές. Τα αυξημένα επίπεδα των λεπτών σωματιδίων στον αέρα συνδέονται με κινδύνους για την υγεία, όπως καρδιοπάθειες, αλλοιωμένη λειτουργία των πνευμόνων, άσθμα, δυσκολία ή πόνο κατά την αναπνοή, χρόνια βρογχίτιδα, ειδικά σε παιδιά και ηλικιωμένους. Επίσης προκαλεί και καρκίνο του πνεύμονα.

Υδρογονάνθρακες (HC)

Υδρογονάνθρακες ονομάζονται οι ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο, εκτός από τα οξείδια του άνθρακα, τα καρβίδια και τα ανθρακικά άλατα. Οι πιο γνωστές είναι το μεθάνιο, το προπάνιο και το βενζόλιο. Διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες: α) το μεθάνιο και β) τις γνωστές ως πτητικές ενώσεις οι οποίες έχουν επιπτώσεις στα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα.

Όζον (O₃)

Όταν τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) αντιδρούν στην παρουσία του ηλιακού φωτός, σχηματίζεται το τροποσφαιρικό όζον, ένα κύριο συστατικό του νέφους. Το όζον (O₃), είναι ένα βασικό συστατικό της τροπόσφαιρας. Είναι επίσης συστατικό ορισμένων περιοχών της στρατόσφαιρας κοινώς γνωστό ως το στρώμα του όζοντος. Ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, πνιγμό, και μειώνει την λειτουργία των πνευμόνων.

Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Όσον αφορά το διοξείδιο του θείου (SO₂), είναι άχρωμο με έντονη οσμή σε υψηλές συγκεντρώσεις. Διαβρώνει τα μέταλλα, τα χρώματα και βλάπτει φυτά όπως βαμβάκι και κριθάρι. Έχει τοξικές ιδιότητες που εξαρτώνται άμεσα από το μέγεθος των σωματιδίων στην ομίχλη. Γίνονται αντιληπτά από ευαίσθητα άτομα (ασθενείς, παιδιά και ηλικιωμένους) με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία τους.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου, άχρωμο, άοσμο και εκπέμπεται από την καύση του κινητήρα των οχημάτων και των ορυκτών καυσίμων. Δεν μολύνει άμεσα τον αέρα αλλά έχει έμμεσες επιδράσεις στην εξέλιξη της ζωής και θεωρείται (από την πλειοψηφία των επιστημόνων) πως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αλλαγή του κλίματος, καθώς συνεισφέρει σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια (μεθάνιο, υποξείδιο αζώτου, υδρατμούς, χλωροφθοράνθρακες)

Δεν πρέπει να συγχέουμε τις εκπομπές των ρύπων, με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα των αυτοκινήτων. Οι πρώτες αφορούν τους ρύπους οι οποίοι είναι άμεσα επιβλαβείς για τον άνθρωπο, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και βλάπτει άμεσα το περιβάλλον και έμμεσα τον άνθρωπο.

3.4. ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΧΗΜΑΤΑ Ε.Ε.(EURO)-Τρέχων κανονισμός Ε.Ε.715/2007/ΕC

Οι εκπομπές των ρύπων από τα οχήματα ρυθμίζονται ξεχωριστά για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα(επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά) και ξεχωριστά για τα βαρέα οχήματα(φορτηγά και λεωφορεία). Η ρύθμιση περιλαμβάνει μέτρα σχετικά με την πρόσβαση στις πληροφορίες για τα οχήματα και τα κατασκευαστικά στοιχεία τους καθώς και σχετικά με τη δυνατότητα χρηματοδοτικών κινήτρων.

Οι εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα αρχικά ρυθμίζονται από την οδηγία 70/220/ΕΟΚ (ελαφρά επαγγελματικά οχήματα) και την 88/77/ΕΟΚ (βαρέα οχήματα) καθώς και με τροποποιήσεις των εν λόγω οδηγιών. Για τα ελαφρά και εμπορικά οχήματα, το πρότυπο εκπομπής που ισχύει σήμερα είναι το Euro 5, όπως ορίζεται από την οδηγία 715/2007/ΕΟΚ και 88/77/ΕΟΚ. Έχουν ήδη συμφωνηθεί από το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το πρόγραμμα Euro 6 και έχει προγραμματιστεί να τεθεί σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2014.

Ο κανονισμός αφορά οχήματα των κατηγοριών M1, M2, N1 και N2, των οποίων η μάζα τους δεν υπερβαίνει τα 2.610 κιλά. Τα οχήματα αυτά περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα επιβατικά οχήματα, τα μικρά φορτηγά και τα εμπορικά οχήματα που προορίζονται για την μεταφορά επιβατών ή εμπορευμάτων ή για ορισμένες ειδικές χρήσεις (πχ ασθενοφόρα).

Το 2007, η οδηγία 70/220/ΕΟΚ, καταργήθηκε και αντικαταστήθηκε από τον κανονισμό 715/2007(Euro 5/6). Μερικά από τα σημαντικά μέτρα εφαρμογής του προτύπου εκπομπών για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα είναι:

- Euro 1 πρότυπα (επίσης γνωστή ως ΕΚ 93): Οδηγίες 91/441/ΕΟΚ (επιβατικά αυτοκίνητα μόνο) ή 93/59/ΕΟΚ (επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά).
- Euro 2 πρότυπα (ΕΚ 96): Οδηγίες 94/12/ΕΚ και 96/69/ΕΚ.
- Euro 3/4 πρότυπα (2000/2005): Οδηγία 98/69/ΕΚ, περαιτέρω τροποποιήσεις σε 2002/80/ΕΚ.
- Euro 5/6 πρότυπα (2009/2014): Ο κανονισμός 715/2007 και διάφοροι κανονισμοί της τροπολογίας.

3.4.1. Όρια εκπομπών των ρύπων των οχημάτων - Ευρωπαϊκός κανονισμός 715/2007

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται τα επιτρεπτά όρια των αέριων ρύπων που παράγονται από την καύση και εκπομπή των οχημάτων ανά κατηγορία σύμφωνα με την νομοθεσία της Ε.Ε (ΕΚ715/2007).

Κατηγορία	Ημερομηνία	Όρια ρύπων (Diesel) γρ/χλμ						Όρια ρύπων (Βενζίνης) γρ/χλμ					
		CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM	CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM
Euro 1	Ιούλιος 1992	2.72	-	-	-	0.97	0.14	2.72	-	-	-	0.97	-
Euro 2	Ιανουάριος 1996	1	-	-	-	0.7	0.08	2.2	-	-	-	0.5	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0.64	-	-	0.5	0.56	0.05	2.3	0.2	-	0.15	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0.5	-	-	0.25	0.3	0.025	1	0.1	-	0.08	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0.5	-	-	0.18	0.23	0.005	1	0.1	0.068	0.06	-	0.005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0.5	-	-	0.08	0.08	0.005	1	0.1	0.068	0.06	-	0.005

Πίνακας 4. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Μ επιβατικών οχημάτων (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ

Κατηγορία	Ημερομηνία	Όρια ρύπων (Diesel) γρ/χλμ						Όρια ρύπων (Βενζίνης) γρ/χλμ					
		CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM	CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM
Euro 1	Οκτώβριος 1994	2.72	-	-	-	0.97	0.14	2.72	-	-	-	0.97	-
Euro 2	Ιανουάριος 1998	1	-	-	-	0.7	0.08	2.2	-	-	-	0.5	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0.64	-	-	0.5	0.56	0.05	2.3	0.2	-	0.15	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0.5	-	-	0.25	0.3	0.025	1	0.1	-	0.08	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0.5	-	-	0.18	0.23	0.005	1	0.1	0.068	0.06	-	0.005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0.5	-	-	0.08	0.17	0.005	1	0.1	0.068	0.06	-	0.005

Πίνακας 5. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία Ν₁-Ι ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων ≤1305 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ

Κατηγορία	Ημερομηνία	Όρια ρύπων (Diesel) γρ/χλμ						Όρια ρύπων (Βενζίνης) γρ/χλμ					
		CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM	CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM
Euro 1	Οκτώβριος 1994	5.17	-	-	-	1.4	0.19	5.17	-	-	-	1.4	-
Euro 2	Ιανουάριος 1998	1.25	-	-	-	1	0.12	4	-	-	-	0.6	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0.8	-	-	0.65	0.72	0.07	4.17	0.25	-	0.18	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0.63	-	-	0.33	0.39	0.04	1.81	0.13	-	0.1	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0.63	-	-	0.235	0.295	0.005	1.81	0.13	0.09	0.075	-	0.005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0.63	-	-	0.105	0.195	0.005	1.81	0.13	0.09	0.075	-	0.005

Πίνακας 6. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία N₁-II ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων 1305 – 1760 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ

Κατηγορία	Ημερομηνία	Όρια ρύπων (Diesel) γρ/χλμ						Όρια ρύπων (Βενζίνης) γρ/χλμ					
		CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM	CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM
Euro 1	Οκτώβριος 1994	6.9	-	-	-	1.7	0.25	6.9	-	-	-	1.7	-
Euro 2	Ιανουάριος 1998	1.5	-	-	-	1.2	0.17	5	-	-	-	0.7	-
Euro 3	Ιανουάριος 2000	0.95	-	-	0.78	0.86	0.1	5.22	0.29	-	0.21	-	-
Euro 4	Ιανουάριος 2005	0.74	-	-	0.39	0.46	0.06	2.27	0.16	-	0.11	-	-
Euro 5	Σεπτέμβριος 2009	0.74	-	-	0.28	0.35	0.005	2.27	0.16	0.108	0.082	-	0.005
Euro 6	Σεπτέμβριος 2014	0.74	-	-	0.125	0.215	0.005	2.27	0.16	0.108	0.082	-	0.005

Πίνακας 7. Όρια Ε.Ε.- Κατηγορία N₁-III & N₂), ελαφρών εμπορευματικών οχημάτων >1760 κιλά με μέγιστο 3500 κιλά (Ντίζελ και Βενζίνης) γρ/χλμ

Για τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα πρότυπα που ορίζονται είναι σε γρ/χλμ, για τα φορτηγά καθορίζονται και μετρώνται από την ενεργειακή απόδοση του κινητήρα σε γρ/κβτ και σε καμία περίπτωση δεν συγκρίνονται μεταξύ τους. Ο παρακάτω πίνακας, για τα φορτηγά, περιέχει μια σύνοψη των προδιαγραφών για τις εκπομπές και τις ημερομηνίες εφαρμογής τους.

		Όρια ρύπων (HD Diesel) γρ/κβτ (smoke m-1)
--	--	--

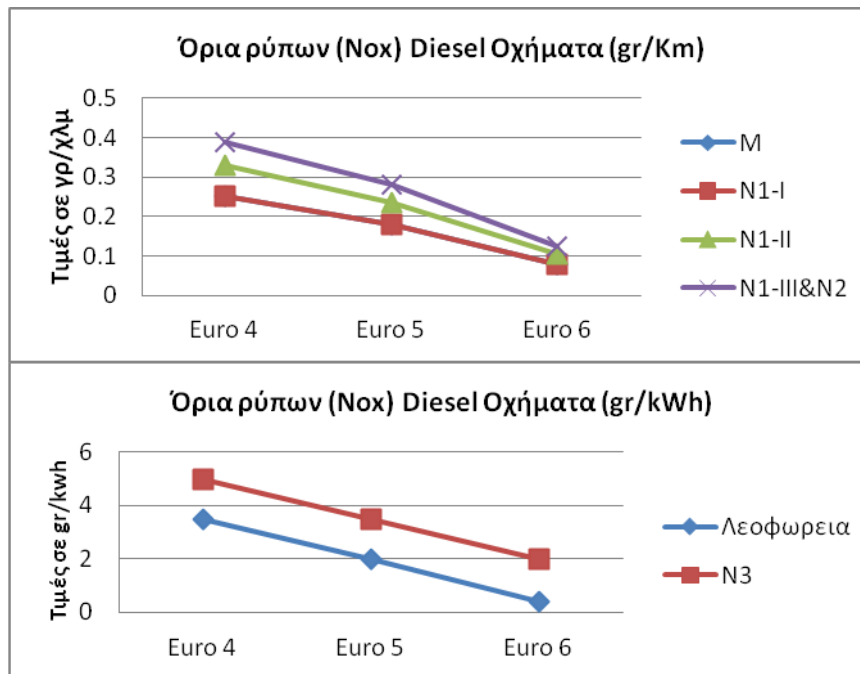
Κατηγορία	Ημερομηνία	CO	HC	Nox	PM	Smoke	
Euro 1	1992, < 85 kW	4.5	1.1	8	0.612	-	
	1992, > 85 kW	4.5	1.1	8	0.36	-	
Euro 2	Οκτώβριος 1996	4	1.1	7	0.25	-	
	Οκτώβριος 1998	4	1.1	7	0.15	-	
Euro 3	Οκτώβριος 1999	1	0.25	2	0.02	0.15	
	Οκτώβριος 2000	2.1	0.66	5	0.1	0.8	
Euro 4	Οκτώβριος 2005	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	
Euro 5	Οκτώβριος 2008	1.5	0.46	2	0.02	0.5	
Euro 6	31 Δεκ. 2013	1.5	0.13	0.4	0.01	-	

Πίνακας 8. Όρια E.E- Κατηγορία λεωφορεία και φορτηγά (Ντίζελ) γρ/Κβατ. (smoke m-1)

Κατηγορία	Ημερομηνία	Όρια ρύπων (HD Diesel) γρ/κβτ					
		CO	Nox	HC	PM	-	-
Euro 1	1988-1992	12.3	15.8	2.6	-		
Euro 2	1992-1995	4.9	9	1.23	0.4		
Euro 3	1995-1999	4	7	1.1	0.15		
Euro 4	1999-2005	2.1	5	0.66	0.1		
Euro 5	2005-2008	1.5	3.5	0.46	0.02		
Euro 6	2008-2012	1.5	2	0.46	0.02		

Πίνακας 9. Όρια E.E- Κατηγορία N3 Μεγάλα βαρέα οχήματα Όρια ρύπων (Ντίζελ) γρ/Κβατ.

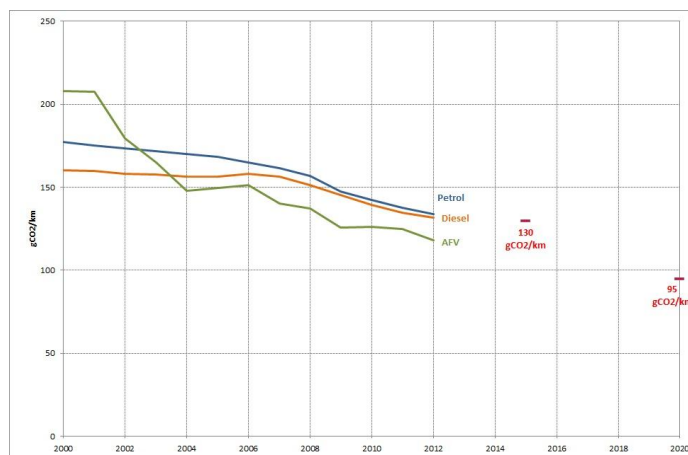
Αναλύοντας τους πίνακες για τα δύο τελευταία πρότυπα, το τρέχον Euro 5 που εφαρμόζεται από τις αρχές του 2011 και του μελλοντικού Euro 6 που θα εφαρμοστεί από τις αρχές του 2014, παρατηρείται πως στόχος είναι η μεγάλη μείωση του μονοξειδίου του αζώτου. Στο τρέχον πρότυπο (Euro 5), οι εκπομπές των σωματιδίων από 25μγρ/χλμ (πρότυπο Euro 4) θα πρέπει να μειωθούν σε 5μγρ/χλμ. Ενώ για το μελλοντικό πρότυπο (Euro 6), θα πρέπει τα πετρελαιοκίνητα να μειωθούν από 180μγρ/χλμ σε 80μγρ/χλμ. Παρακάτω στο διάγραμμα (Διαγρ.1) απεικονίζεται η πορεία των ορίων (στόχων) των τιμών της ΕΕ του μονοξειδίου του αζώτου για τα επιβατικά, ελαφρά, βαρέα οχήματα και λεωφορεία.



Διάγραμμα 1. Πάνω: Όρια τιμών του NOx για τα επιβατικά και ελαφρά οχήματα. Κάτω: Όρια τιμών για λεωφορεία και βαρέα οχήματα, Euro4,5,6 στόχοι

3.4.2. Όρια Τιμών Διοξειδίου του άνθρακα και καυσίμων

Όσον αφορά τις εκπομπές και τα όρια του διοξειδίου του άνθρακα, τα όρια σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο μέχρι το 2015, ανέρχονται σε 130 γραμμάρια εκπομπής του Δ.Α. ανά χιλιόμετρο. Ενώ στόχος για το 2020 είναι τα 95γρ./χλμ, συγκριτικά με το μέσο όρο που ήταν περίπου 160γρ./χλμ το 2007 και 135.7γρ./χλμ το 2011. Όπως παρατηρούμε και στο διάγραμμα (διαγ.2) είναι αισθητή η μείωση των ρύπων χρονολογικά ανά τύπο καυσίμου (βενζίνη ή πετρέλαιο) και η τάση συνεχίζεται να είναι φθίνουσα ώστε να επιτευχθεί ο στόχος μέχρι το 2015. Για το 2020 είναι νωρίς για να γίνει κάποια εκτίμηση.



Διάγραμμα 2. Απεικόνιση εκπομπών του Δ.Α. ανά καύσιμο και μελλοντικές τιμές στόχοι Π.Κ. Πηγή : Monitoring of CO2 emissions from passenger cars – Κανονισμός 443/2009

Όσον αφορά την κατανάλωση του καυσίμου, ο στόχος του 2015 είναι περίπου ισοδύναμος με 5.6 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα της βενζίνης και 4.9 λ/100χλμ του ντίζελ. Ο στόχος για το 2020 ισοδυναμεί περίπου σε 4.1 λ/100χλμ βενζίνης και 3.6 λ/100χλμ ντίζελ.

Για τα φορτηγά ο υποχρεωτικός στόχος για τα όρια της εκπομπής του Δ.Α. είναι: 175γρ/χλμ μέχρι το 2017 και 147γρ/χλμ μέχρι το 2020. Συγκριτικά με το μέσο όρο των 203γρ/χλμ του 2007 και 181.4γρ/χλμ του 2010.

Το 2017 ο στόχος είναι περίπου τα 7.5 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα της βενζίνης και 6.6 λ/100χλμ του ντίζελ. Ο στόχος για το 2020 ισοδυναμεί περίπου σε 6.3 λ/100χλμ βενζίνης και 5.5 λ/100χλμ ντίζελ.

3.4.3.Υφιστάμενες τιμές Διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την επιτροπή ενέργειας της Ε.Ε. (2008), η Ελλάδα είναι σε καλό επίπεδο σε σχέση με τους στόχους του 2015, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (εικ25), που με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι χώρες όπου είναι κάτω από το όριο ενώ με κόκκινο οι χώρες που είναι πάνω από το όριο το οποίο ορίζει το πρωτόκολλο Κιότο. Η πρόκληση για όλους είναι το 2020 που πρέπει να γίνουν δραστηκές αλλαγές για την μείωση των εκπομπών που οφείλονται για τον τομέα της ενέργειας στην καύση των ορυκτών καυσίμων και συνάμα σε ένα μεγάλο ποσοστό των μεταφορών.

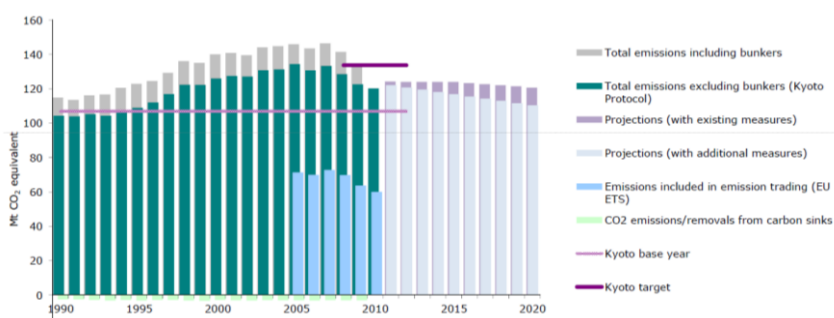
EU MEMBER STATE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	KYOTO TARGET 2012	% UNDER KYOTO TARGET
ESTONIA	21.2	21.2	20.7	19.2	22.0	20.3	40	49.25 %
LATVIA	10.7	10.7	10.9	11.7	12.1	11.9	23.3	48.93 %
LITHUANIA	16.7	21.1	22.6	22.8	24.7	24.3	44.1	44.90 %
ROMANIA	-	160.1	153.7	153.9	152.3	145.9	259.9	43.86 %
BULGARIA	-	68.9	69.8	71.5	75.7	73.5	127.3	42.26 %
HUNGARY	83.3	79.5	80.5	78.8	75.9	73.1	114.9	36.38 %
POLAND	382.5	396.7	399	399.3	398.9	395.6	551.7	28.29 %
SLOVAKIA	51.1	49.5	48.7	49.0	47.0	48.8	67.2	27.38 %
CZECH REPUBLIC	147.5	147.1	145.6	149.1	150.8	141.4	180.6	21.71 %
SWEDEN	70.9	69.7	67	66.9	65.4	64.0	75.2	14.89 %
GREECE	137.2	137.6	139.2	128.1	131.9	126.9	139.6	9.10 %
UNITED KINGDOM	658	660.4	657.4	647.9	636.7	628.2	678.3	7.39 %
FRANCE	560.9	556.1	553.4	541.7	531.1	527.0	564	6.56 %
BELGIUM	147.6	147.6	143.8	136.6	131.3	133.3	135.9	1.91 %
GERMANY	1024.4	1025	1001.5	980.0	956.1	958.1	972.9	1.52 %
FINLAND	85.4	81.2	69.3	79.9	78.3	70.1	71.1	1.41 %
% ABOVE KYOTO TARGET								
PORTUGAL	83.7	84.6	85.5	84.7	81.8	78.4	77.4	1.29 %
NETHERLANDS	215.4	218.4	212.1	208.5	207.5	206.9	200.4	3.24 %
IRELAND	68.4	68.6	69.9	69.7	69.2	67.4	63	6.98 %
ITALY	577.3	580.5	582.2	563.0	552.8	541.5	485.7	11.49 %
SLOVENIA	19.7	19.9	20.3	20.5	20.7	21.3	18.6	14.52 %
DENMARK	73.6	68.2	63.9	71.0	66.6	63.8	54.8	16.42 %
SPAIN	407.4	425.2	440.6	433.0	442.3	405.7	331.6	22.35 %
AUSTRIA	92.5	91.2	93.3	91.6	88.0	86.6	68.7	26.06 %
LUXEMBOURG	11.3	12.8	12.7	13.3	12.9	12.5	9.1	37.36 %
MALTA	3.1	3.2	3.4	2.9	3.0	3.0	NO TARGET	
CYPRUS	9.2	9.9	9.9	9.9	10.1	10.2	NO TARGET	

Εικόνα 25.Επίτευξη Στόχων Πρωτόκολλου Κιότο ανά Κράτος μέλος Ε.Ε. Πηγή: energy.eu

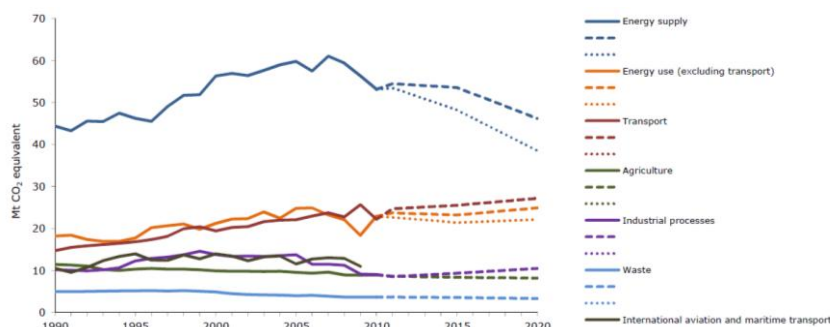
Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (European Environmental Agency, 2011), οι εκπομπές στην Ελλάδα έχουν αυξηθεί συνολικά από το 1990 (+17%) και παρατηρείται σταθεροποίηση από το 2005. Η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, λόγω της οικονομικής ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της περιόδου 1990-2007, η σημαντική ανάπτυξη

στον τομέα των υπηρεσιών και η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα, αποτελούν τους βασικούς παράγοντες που σχετίζονται με τις χαμηλές τάσεις των εκπομπών των αερίων. Η σημαντική αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από τις οδικές μεταφορές (+78%) συνδέονται άμεσα με την αύξηση των οχημάτων του στόλου, αλλά και την αύξηση της δραστηριότητας των μεταφορών. Οι εκπομπές των αερίων από βιομηχανικές διεργασίες αυξήθηκαν έως το 1999, σταθεροποιήθηκαν την περίοδο 2000-2005 και μειώθηκαν απότομα αργότερα. Η μείωση των εκπομπών των αερίων στο γεωργικό τομέα οφείλεται κυρίως στη μείωση των εκπομπών του NO₂ από τα γεωργικά εδάφη, επειδή μειώθηκε η χρήση των συνθετικών αζωτούχων λιπασμάτων.

Η μείωση των εκπομπών των αερίων στην δημόσια παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αντανακλά τη σημαντική μείωση της θερμικής παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μείωσης 3,4% της τελικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Άλλες μειώσεις εκπομπών αερίων συνέβησαν στις μεταποιητικές βιομηχανίες και στις κατασκευές, καθώς και στη βιομηχανία του τσιμέντου. Επίσης μειώθηκαν οι εκπομπές των αερίων από νοικοκυριά και διάφορες υπηρεσίες. Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέβαλε επίσης στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου το 2009. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η κατάσταση στην Ελλάδα χρονολογικά με τάσεις και προβλέψεις των εκπομπών των αερίων σε καταναλώσεις συνολικά (Εικ.26) και σε καταναλώσεις ανά τομέα ευθύνης (εικ27).



Εικόνα 26. Τάσεις και προβλέψεις 1990-2020 συνολικές τιμές καταναλώσεως Ελλάδα Πηγή: ΕΕΑ2011



Εικόνα 27. Τάσεις και προβλέψεις 1990-2020 καταναλώσεις ανά τομέα Ελλάδα Πηγή: ΕΕΑ2011

3.5. Μετρούμενοι ρύποι και σταθμοί μέτρησης στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ παρουσιάζονται παρακάτω οι σταθμοί μετρήσεως και οι μετρούμενοι ρύποι της ποιότητας του αέρα στην Ελλάδα:

Σταθμοί μέτρησης: Η ΕΑΡΘ (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας), εγκατέστησε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) το 2001. Από το Τμήμα της ποιότητας της ατμόσφαιρας λειτουργεί το δίκτυο σταθμών στην περιοχή της Αττικής, ένας σταθμός στην Αλίαρτο Βοιωτίας για τις ανάγκες του Προγράμματος Διασυνοριακής Μεταφοράς της Ρύπανσης (EMEP), καθώς και ένας σταθμός στα Οινόφυτα με συνολικό αριθμό των είκοσι (20) σταθμών. Στις υπόλοιπες περιοχές, οι σταθμούς λειτουργούν από τις περιφερειακές διοικήσεις. Στο σύνολο υπάρχουν 13 σταθμοί σε μεγάλες αστικές πόλεις σ' όλη την επικράτεια όπως: Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Άρτα, Βόλο, Ιωάννινα, Ηράκλειο Κρήτης κλπ.

Μετρούμενοι ρύποι: Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση (καθ' όλην τη διάρκεια του 24ώρου). Ο χρόνος απόκρισης είναι της τάξεως του ενός λεπτού (δηλ. ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό). Με έναν μικροεπεξεργαστή που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές της ρύπανσης. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής.

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	Χημικωτάγεια
Όζον (O ₃)	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ –ΑΣ _{2,5})	Απορρόφηση β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα, όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)
Βενζόλιο (C ₆ H ₆)	Αέρια χρωματογραφίας (GC)

Πίνακας 10.Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης, ΥΠΕΚΑ

Σύμφωνα με την Ετήσια έκθεση για την ατμοσφαιρική ρύπανση του έτους 2011, στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας όπως και σε άλλες μητροπόλεις του Κόσμου υπάρχουν προβλήματα μόλυνσης του αέρα. Στην Αθήνα τα προβλήματα αυτά είναι το αποτέλεσμα της υψηλής πυκνότητας του πληθυσμού και της συσσώρευσης μεγάλων οικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή, ενώ η έντονη ηλιοφάνεια συμβάλλει στα υψηλά επίπεδα της φωτοχημικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα προβλήματα της ρύπανσης του αέρα που συχνά επιδεινώνονται από παράγοντες που ευνοούν τη συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων πάνω από την πόλη, όπως η τοπογραφία (λεκάνη που περιβάλλεται από βουνά), στενές και βαθιές χαράδρες, οι δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες, όπως (οι αναστροφές της θερμοκρασίας, η χαμηλή ταχύτητα του αέρα, οι υψηλές θερμοκρασίες και οι εκτεταμένες περίοδοι ξηρότητας κλπ). Τα κύρια χαρακτηριστικά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα το 2011 μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Η χρονική μεταβολή των μετρούμενων συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας από το 1984 δείχνει μια γενική μείωση των συγκεντρώσεων ορισμένων αεροπορικών εκπομπών. Αυτή η μείωση παρατηρείται κυρίως στις συγκεντρώσεις των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως το CO και SO₂. Το κύριο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα είναι το τροποσφαιρικό όζον, ένα προϊόν συνδυασμού της έντονης ηλιοφάνειας με τις σημαντικές εκπομπές των προδρόμων του όζοντος. Τα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10μm (PM₁₀) και λιγότερο από 2,5μm (PM_{2,5}) παρουσιάζουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις. Το βενζόλιο έχει μειωθεί, έτσι ώστε να μην υπερβαίνει τις οριακές τιμές. Οι συγκεντρώσεις του SO₂, NO₂ και CO είναι υψηλότερες στις θέσεις παρακολούθησης στο κέντρο της πόλης, ενώ για το Όζον, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στις προαστιακές περιοχές με χαμηλού επιπέδου ανάγλυφο με το ύψος του στρώματος, σε συνδυασμό με νοτιοδυτικούς τοπικούς ανέμους χαμηλής ταχύτητας, έχουν συχνά ως αποτέλεσμα τη

συσσωρευση του όζοντος στα βόρεια και βόρειο-ανατολικά προάστια, ιδιαίτερα τις απογευματινές ώρες του καλοκαιριού. Επίσης, παρατηρήθηκαν υπερβάσεις της ετήσιας οριακής τιμής NO₂. Οι μέγιστες τιμές NO₂ συνήθως παρατηρούνται μεταξύ 10:00-12:00μμ. Οι συγκεντρώσεις SO₂ και CO κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου είναι υψηλότερες από αυτές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Οι μέγιστες τιμές CO παρατηρούνται μεταξύ των πρωινών ωρών 8:00 με 9:00πμ και 21:00 με 23:00 το βράδυ και συμπίπτουν με την άνοδο της κυκλοφορίας. Τις Κυριακές, όλες οι μετρήσεις ρύπων που σχετίζονται με την κυκλοφορία, παρουσιάζουν μείωση.

3.6.Στόλος των οχημάτων στην Ελλάδα

Εκτιμάται ότι πάνω από 1 Δις οχήματα επιβατικά κυκλοφορούν στο κόσμο σήμερα. Στην Αμερική 250 εκατομμύρια είναι τα καταχωρημένα οχήματα σύμφωνα με το τμήμα Μεταφορών της Αμερικής (Bureau of Transportation Statistics U.S. Department of Transportation). Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Κατασκευαστών μηχανοκίνητων οχημάτων (OICA), το 2012 για πρώτη φορά στην ιστορία κατασκευάστηκαν πάνω από 60 εκατομμύρια οχήματα (165 χιλιάδες αυτοκίνητα την ημέρα). Ύστερα από τη μείωση της τάξης του 9% το 2009 σε σχέση με το 2008, το 2010 είχε αύξηση 22%.

Έτος	Αριθμός οχημάτων Παγκόσμια
2011	59.929.016
2010	58.264.852
2009	47.772.598
2008	52.726.117
2007	53.201.346
2006	49.918.578
2005	46.862.978
2004	44.554.268
2003	41.968.666
2002	41.358.394
2001	39.825.888
2000	41.215.653
1999	39.759.847

Πίνακας 11. Παγκόσμιος αριθμός παραγωγής οχημάτων ανά έτος Πηγή: OICA

Στατιστικά το 1 από τα 4 οχήματα παγκοσμίως κατασκευάζονται στη Κίνα. Περισσότερα από τα μισά οχήματα κατασκευάζονται στην Ασία και την Ωκεανία, ενώ η Ε.Ε. είναι Τρίτη σε παραγωγή. Η πρώτη χώρα παραγωγής για το 2011 είναι η Κίνα με 24% του παγκόσμιου ποσοστού και με 14.5 εκατομμύρια οχήματα, ακολουθεί η Ιαπωνία με 11.9%, η Γερμανία με 9.7%, η Ν.Κορέα με 7%, η Ινδία, η Αμερική, η Βραζιλία, η Γαλλία, η

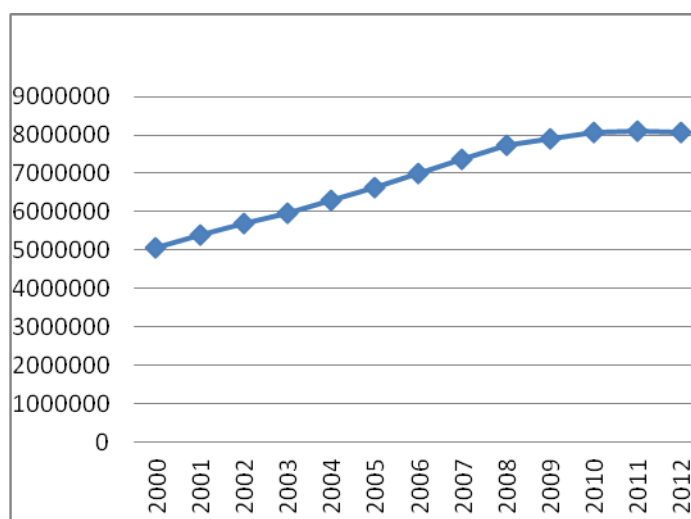
Ισπανία, η Ρωσία, το Μεξικό και το Ιράν. Στις τελευταίες θέσεις είναι η Φινλανδία με 0.004% και 2500 οχήματα, η Σερβία με 0.04% και η Ολλανδία με 0.1%.

Τη τελευταία 5ετία ο στόλος των οχημάτων στην Ελλάδα σε καινούργια και μεταχειρισμένα οχήματα παρουσιάζει μια αισθητή σταθεροποίηση και σε σύγκριση με άλλα έτη του παρελθόντος παρατηρείται αισθητή μείωση. Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.12) εμφανίζεται ο συνολικός αριθμός των κυκλοφορούντων οχημάτων (και μοτοποδηλάτων) στην Ελλάδα για την πενταετία 2007-2012 ανά έτος και ανά κατηγορία(ξεχωριστά τετράτροχα).

Κατηγορία και χρήση	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ΣΥΝΟΛΟ	7380265	7729262	7910565	8062085	8086910	8069872
ΣΥΝΟΛΟ 4ΤΡΟΧΩΝ	6081577	6340655	6461714	6562952	6552008	6513437
Επιβατικά	4798530	5023944	5131960	5216873	5203591	5167557
Δ.Χ.	33560	33560	33560	33560	33560	33560
Ι.Χ.	4764970	4990384	5098400	5183313	5170031	5133997
Λεοφωρεία	27102	27186	27324	27311	27121	26962
Δ.Χ.	15069	15069	15069	15069	15069	15069
Ι.Χ.	12033	12117	12255	12242	12052	11893
Φορτηγά	1255945	1289525	1302430	1318768	1321296	1318918
Δ.Χ.	36495	36495	36495	36495	36495	36495
Ι.Χ.	1219450	1253030	1265935	1282273	1284801	1282423

Πίνακας 12. Συνολικός αριθμός οχημάτων ανά έτος και κατηγορία (ΕΛΣΤΑΤ)

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διαγ 3) απεικονίζεται η ραγδαία αύξηση του στόλου των οχημάτων από το 2000 έως και σήμερα, όπου τα τελευταία 3 χρόνια παρουσιάζεται μία σταθεροποίηση με μια αισθητή μείωση των οχημάτων.



Διάγραμμα 3. Τάση Συνολικού αριθμού των οχημάτων 2000-2012 (ΕΛΣΤΑΤ)

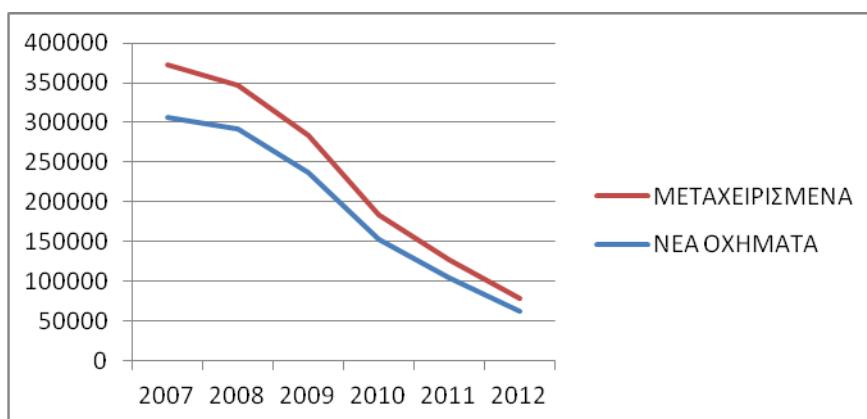
Όπως παρατηρείται για το σύνολο των οχημάτων των τεσσάρων τροχών υπάρχει σταθεροποίηση με μια αισθητή μείωση των κυκλοφορούντων οχημάτων για όλες τις

κατηγορίες επιβατικών, φορτηγών και λεωφορείων, τόσο δημόσιας χρήσης (ΔΧ) όσο και ιδιωτικής χρήσης (ΙΧ). Τα λεωφορεία είναι ο μικρότερος αριθμός κυκλοφορούντων οχημάτων, ακολουθούν με αύξουσα συμμετοχή τα φορτηγά και τα επιβατικά. Σε σύγκριση με τον πληθυσμό (11εκ) τα οχήματα ανέρχονται σήμερα σε 5.2 εκ περίπου (διαγ.4).



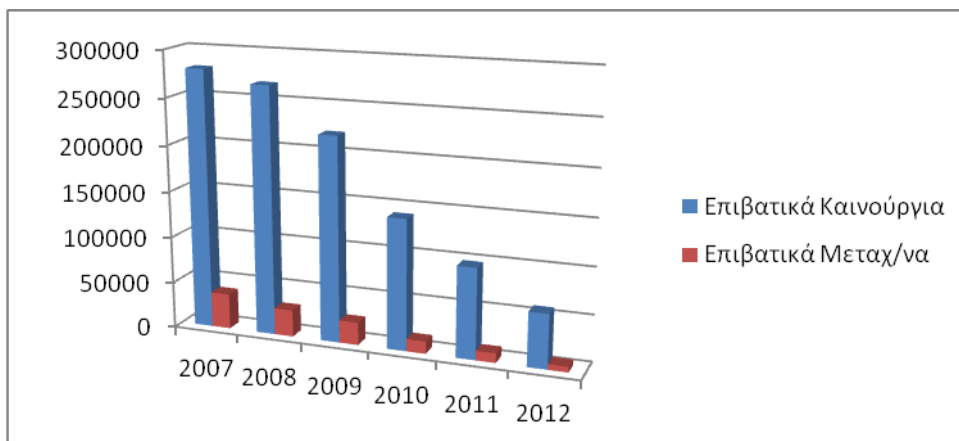
Διάγραμμα 4. Αριθμός οχημάτων επιβατικών, φορτηγών και λεωφορείων ανά έτος (2007-2012)

Στην συνέχεια, στα παρακάτω διαγράμματα, απεικονίζεται ο στόλος των καινούργιων και μεταχειρισμένων οχημάτων κάθε έτους της πενταετίας 2007-2012. Στο σύνολο περιλαμβάνεται και ο αριθμός των μοτοσυκλετών. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα (Διαγ 5) συγκριτικά με τις άδειες νέων άλλα και μεταχειρισμένων οχημάτων σε κάθε έτος ξεχωριστά, παρουσιάζεται μια κατακόρυφη φθίνουσα πορεία.

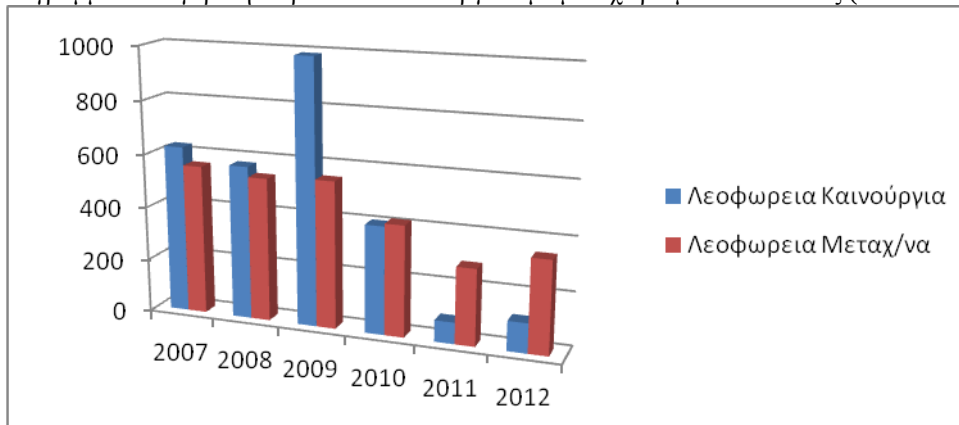


Διάγραμμα 5. Αριθμός νέων και μεταχειρισμένων οχημάτων ανά έτος (2007-2012)

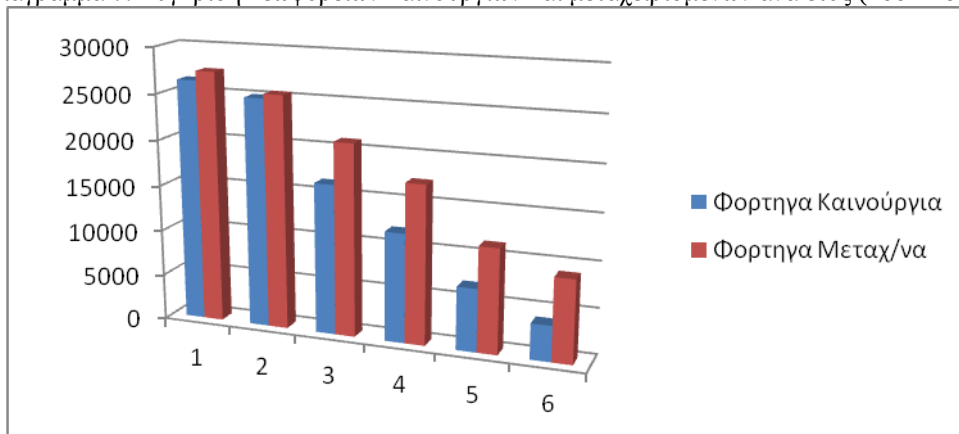
Στα παρακάτω διαγράμματα, παρουσιάζεται ο συγκριτικός αριθμός μεταξύ καινούργιων και μεταχειρισμένων κυκλοφορούντων οχημάτων ανά έτος της πενταετίας 2007-2012 των επιβατικών (Διαγ.6), των λεωφορείων (Διαγ.7) και των φορτηγών (Διαγ.8).



Διάγραμμα 6. Σύγκριση επιβατικών καινούργιων με μεταχειρισμένων ανά έτος (2007-2012)



Διάγραμμα 7. Σύγκριση λεωφορείων καινούργιων και μεταχειρισμένων ανά έτος (2007-2012)



Διάγραμμα 8. Σύγκριση αριθμού καινούργιων και μεταχειρισμένων Φορτηγών ανά έτος (2007-2012)

Συμπερασματικά, παρατηρείται ανοδική τάση στην αγορά των νέων οχημάτων, η οποία είναι θετική λόγω των νέων τεχνολογιών των κατασκευαστών και των τιμών των χαμηλών ρύπων. Από την άλλη υπάρχουν πολλά μεταχειρισμένα οχήματα που χρονολογούνται από δεκαετίες τα οποία είναι ενεργά ακόμη στην χώρα μας με συνέπεια να αυξάνονται οι τιμές των ρύπων λόγω παλαιότητας και έτσι να επιβαρύνεται περισσότερο το περιβάλλον της πόλης. Το ίδιο ισχύει και για τα λεωφορεία και για τα φορτηγά.

3.7.Δράσεις της κινητικότητας των μεταφορών στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το 2000 ιδρύθηκε το Ινστιτούτο Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών (I.MET.), το οποίο ανήκει στο Εθνικό Κέντρο έρευνας και Τεχνολογικής ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) και είναι νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, εποπτευόμενο από τη Γενική Γραμματεία έρευνας και Τεχνολογίας (Γ.Γ.Ε.Τ.) του Υπουργείου παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού. Στόχος του Ινστιτούτου αυτού είναι η διεξαγωγή και η υποστήριξη της εφαρμοσμένης έρευνας στον Τομέα των Μεταφορών στην Ελλάδα και ειδικότερα σε θέματα λειτουργίας, οργάνωσης, προγραμματισμού, προτυποποίησης, οικονομικής ανάλυσης, διαχείρισης, τεχνολογίας των μεταφορικών μέσων και ο έλεγχος των επιπτώσεων των χερσαίων, θαλάσσιων, εναέριων και συνδυασμένων μεταφορών. Η δομή του IMET από το 2011 συνίσταται σε τρεις Τομείς Έργου: Τομέας Α: Οδηγός και Όχημα, Τομέας Β: Υποδομή και Ζήτηση και Τομέας Γ: Οριζόντιες Δράσεις.

Η Ε.Ε. έχει εφαρμόσει τις Ζώνες Χαμηλών εκπομπών (LEZ) γνωστές ως ζώνες περιβάλλοντος και είναι περιοχές δρόμων στις οποίες περιορίζεται η είσοδος των ρυπογόνων οχημάτων, καθώς υπερβαίνει τα όρια των καθορισμένων επιπέδων που ορίστηκαν θεσμοθετημένα. Οι πληροφορίες για κάθε χώρα είναι συγκεντρωμένες στην ιστοσελίδα της Ε.Ε. (<http://el.lowemissionzones.eu>). Για την Ελλάδα δεν διαθέτουν στοιχεία ακόμη.

Παράλληλα, το Υπουργείο περιβάλλοντος και κλιματικής αλλαγής στη πόλη της Αθήνας και στον Δακτύλιο του κέντρου της πόλεως εφήρμοσε το ειδικό σήμα κυκλοφορίας, τον ονομαζόμενο πράσινο Δακτύλιο (πέραν της εφαρμογής έως τώρα μονά-ζυγά). Σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ 16229/3-5-2012 και κάτω από ειδικές παραμέτρους που ορίζουν για τα ελάχιστα ρυπογόνα οχήματα και οχήματα των νέων τεχνολογιών τους δίνεται η δυνατότητα νόμιμης κυκλοφορίας. Η διαδικασία της αίτησης και ο έλεγχος του οχήματος και ότι εμπίπτει στις προϋποθέσεις γίνεται Ηλεκτρονικά.

Το ινστιτούτο ερευνών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, (ΙΕΠΒΑ) αποτελεί ένα από τα 5 ινστιτούτα που απαρτίζουν το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) και είναι το αρχαιότερο στην Ελλάδα (σε μετεωρολογικές παρατηρήσεις). Σκοπός αυτού του ινστιτούτου είναι η παράγωγή επιστήμης και μηχανικής περιβάλλοντος και δραστηριοποιείται στα εξής θεματικά επιστημονικά πεδία: Μετεωρολογία/πρόγνωση καιρού, Κλιματολογία και κλιματικές αλλαγές, ατμοσφαιρική Χημεία και Φυσική,

Καταγραφή της Ατμοσφαιρικής ρύπανσης και προσομοίωση, Ηλιακή και Αιολική Ενέργεια, Περιβαλλοντική διάσωση, σχεδιασμό της βιώσιμης ανάπτυξης, Υδρολογία, υδάτινοι πόροι, αριθμητικά μοντέλα, τηλεπισκόπηση, ενεργειακό σχεδιασμό, εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και χρήση των ΓΣΠ για την οπτικοποίηση όλων αυτών και μοντελοποίηση που είναι αναγκαία για την σωστή και ορθή λήψη αποφάσεων.

Επίσης, στην πόλη της Θεσσαλονίκης δημιουργήθηκε με συγχρηματοδότηση 50% από την Ισλανδία, Λιχτενστάιν και τη Νορβηγία και 50% από εθνικούς πόρους μια πλατφόρμα υπηρεσιών, μια πιλοτική εφαρμογή (beta) « ΤΟ ΕΥΦΥΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ». Το σύστημα αυτό είναι μια προσπάθεια φορέων όπως: της Περιφέρειας κεντρικής Μακεδονίας, του IMET, του δήμου Θεσσαλονίκης, του συμβουλίου των αστικών συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης, του εθνικό Αστεροσκοπείου Αθηνών και του Νορβηγικού ινστιτούτου των μεταφορών. Στόχος είναι να παρέχει βοήθεια στον πολίτη να μετακινείται εύκολα, αποφεύγοντας τις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις αλλά και να διαμορφώσει περιβαλλοντική συνείδηση ενισχύοντας τα MMM. Το σύστημα διαχωρίζεται στο κέντρο της αστικής κινητικότητας και στο κέντρο ελέγχου της κυκλοφορίας. Ορισμένες υπηρεσίες ελέγχουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες του οδικού δικτύου, δίνουν πληροφορίες για τις διαδρομές και τις στάσεις των MMM, για την ατμοσφαιρική ρύπανση των περιοχών από μετρητές σε πραγματικό χρόνο, καθώς και σημεία ενδιαφέροντος για τους τουρίστες. Επίσης, υπάρχει και υπηρεσία ευαισθητοποίησης – προώθησης της αστικής κινητικότητας, όπου γίνεται ενημέρωση προς τους πολίτες για μια βιώσιμη κινητικότητα με εναλλακτικές λύσεις φιλικότερες στο περιβάλλον. Τέλος, υπηρεσίες όπως της βέλτιστης διαδρομής με παράγοντες μετακίνησης με αυτοκίνητο, με τα MMM, με συνδυασμένη μετακίνηση, με πεζοπορία αλλά και με ενδεικτική περιβαλλοντική παράμετρο. Στην περιβαλλοντική παράμετρο γίνεται ανάδειξη της διαδρομής με την χαμηλότερη έκθεση του μετακινούμενου σε ρύπους, χρησιμοποιώντας το αυτοκίνητο του, αλλά και της οικονομικότερης διαδρομής η οποία στηρίζεται στην κατανάλωση καυσίμου χωρίς να επηρεάζεται από παράγοντες (κλίσεις δρόμου κλπ).

Το “car sharing” είναι η κοινή χρήση αυτοκινήτων μεταξύ ιδιωτών. Ένα έργο όπου ασχολείται ο οργανισμός, «more options for energy efficient mobility through car sharing» (MoMo car), στηριζόμενο από την ΕΕ και το τμήμα Ενέργειας. Σε αντίθεση με το επιχειρηματικό, η κοινή χρήση οχημάτων μεταξύ γειτόνων σημαίνει κοινή χρήση ενός αυτοκινήτου από μια συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων – συνήθως φίλων ή μιας οικογένειας

ή γειτόνων. Το αυτοκίνητο ανήκει σε έναν από τους χρήστες και το διαθέτει προς τους υπόλοιπους. Θέματα ασφάλισης και ζημιών τακτοποιούνται μεταξύ των χρηστών. Η κοινή χρήση των οχημάτων είναι κάτι που γίνεται σε πάρα πολλές Ευρωπαϊκές χώρες. Στο Βέλγιο και στις γειτονίες της Φλαμανδίας από το 2004 γίνεται με επαγγελματική χρήση αλλά και ιδιωτική. Στην Γερμανία μια από της πιο μικρές κοινότητες (το Tonndorf) στην περιοχή της Thuringia με πληθυσμό μόλις 664 άτομα, πέντε αυτοκίνητα μοιράζονται από 38 συμμετέχοντες (MoMo factsheet10,2009).

Όσο αναφορά την Ελλάδα, το Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), έχει αναλάβει επίσημα να προχωρήσει στην πραγματοποίηση του car sharing. Παράλληλα, υπάρχουν ανεξάρτητες βάσεις που προωθούν την ιδέα του car pooling και την οργάνωση της ομαδικής μετακίνησης. Μία πρώτη ανεξάρτητη βάση όπως αναφέραμε, αφορά τις μετακινήσεις για φοιτητές και καθηγητές μιας πανεπιστημιακής κοινότητας, αυτή του ΕΜΠ. Ξεκίνησε ως ιδέα και προωθήθηκε από φοιτητές του Πανεπιστημίου το 2004 (carpooling.gr). Επίσης αναφορικά υπάρχουν πανελλαδικά ακόμη δύο γνωστές ανεξάρτητες διαδικτυακές βάσεις (το pamemazi.gr από το 2009 και το synepinatis.gr από το 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

4.1.Εισαγωγή – Ορισμοί των ΓΣΠ

Τις τελευταίες δεκαετίες η εξέλιξη της τεχνολογίας ήταν ραγδαία, βρισκόμαστε όμως στην μεταβιομηχανική εποχή της πληροφορίας. Οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου από τις πιο απλές μέχρι και τις πιο σύνθετες σχετίζονται με την έννοια του χώρου. Η έννοια της πληροφορίας δεν πρέπει να συγχέεται με την έννοια του στοιχείου ή των δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά είναι τα κύρια συστατικά από τα οποία αντλούμε τις πληροφορίες. Η αντιστοίχιση του χώρου και πληροφοριών οδηγεί στην έννοια της γεωγραφικής πληροφορίας (Μανιάτης 1996- Κουτσόπουλος 2005).

Αρκετοί ορισμοί δόθηκαν κατά καιρούς για τα ΓΣΠ, αξίζει όμως να αναφερθούμε σε μερικούς. Ένας μάλλον ευρύς ορισμός σύμφωνα με τον Goodchild, είναι ότι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) αποτελεί ένα «ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετισμένων ιδιοτήτων ή μια οργανωμένη συλλογή εξοπλισμού λογισμικού, γεωγραφικών δεδομένων και προσωπικού σχεδιασμένη έτσι ώστε να συγκεντρώνει, αποθηκεύει, ενημερώνει, επεξεργάζεται, αναλύει και να απεικονίζει χωρικά δεδομένα σχετικά με ζητήματα γεωγραφικής φύσης».

Σύμφωνα με τον Burrough P.A. et al, (1986) και Maguire D.J. et al (1991), ως κοινό ορισμό αναφέρουν ένα ΓΣΠ ότι αποτελεί ένα «οργανωμένο σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού κατάλληλο για την συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών του πραγματικού κόσμου».

Τα ΓΣΠ δέχονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές οι οποίες μπορεί να έχουν πολλές διαφορετικές τυποποιήσεις και δομές. Συμπεριλαμβανομένου και τους διαφορετικούς τύπους των χαρτών, εικόνων, φωτογραφιών, μετρήσεων GPS ,κειμένων και πινάκων. Τα ΓΣΠ συνεργάζονται με έναν αριθμό επιστημονικού κλάδου ευρύτερα ,όπως της Γεωγραφίας, της γεωδαισίας, της τοπογραφίας, της φωτογραμμετρίας, των εφαρμοσμένων μαθηματικών, της ψηφιακής χαρτογραφίας, της τηλεπισκόπησης, των βάσεων δεδομένων, των τεχνικών χωρικής ανάλυσης κλπ. Αποστολή ενός ΓΣΠ είναι να εφοδιάζει τις διαδικασίες της λήψης των αποφάσεων με τις απαραίτητες πληροφορίες, έτσι ώστε οι πληροφορίες να αναγνωρίζουν και να επισημαίνουν την ύπαρξη και τη θέση ενός

προβλήματος ή ακόμη να ανιχνεύουν και να αναλύουν τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις και να βοηθούν στην εκτέλεση μιας απόφασης.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems-GIS), είναι μια ειδική μορφή πληροφοριακού συστήματος, η οποία αποτελεί και εφαρμόζεται σε γεωγραφικά δεδομένα . Πληροφοριακό σύστημα είναι ένα σύνολο διαδικασιών, οι οποίες εφαρμόζονται σε δεδομένα και παράγουν χρήσιμες πληροφορίες (Χαλκιάς 2005).

Μέσω της επεξήγησης του όρου ΓΣΠ και της κάθε συνιστώσας ,μπορούμε να κατανοήσουμε τα βασικά στοιχεία και τη λειτουργία τους (Στεφανάκης 2010):

→Γεωγραφικά: Εξετάζει την χωρική ταυτότητα ή την τοποθεσία συγκεκριμένων αντικειμένων που βρίσκονται άνω, κάτω ή επί της επιφάνειας της γης.

→Συστήματα: είναι απαραίτητη η ύπαρξη του επιστημονικού προσωπικού ταυτόχρονα με τα κατάλληλα Hardware και software των Η/Υ, ώστε να πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των δεδομένων και η παραγωγή του αποτελέσματος.

→Πληροφοριών: Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία και την ύπαρξη ουσιαστικά των ΓΣΠ είναι οι κατάλληλες πληροφορίες, οι οποίες θα οδηγήσουν στα επιθυμητά αποτελέσματα.

Οι βασικές λειτουργίες ενός ΓΣΠ είναι η καταγραφή και η επεξεργασία των δεδομένων (πχ Ψηφιοποίηση αναλογικού χάρτη), η διαχείριση και η ανάκτηση των δεδομένων (πχ Επιλογή δεδομένων με ερωτήματα στην βάση περιγραφικών δεδομένων), η χωρική ανάλυση και μετρήσεις (πχ μετρήσεις αποστάσεων ή εμβαδών μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων, επιθέσεις θεματικών επιπέδων) και η Οπτικοποίηση – γραφική απεικόνιση των δεδομένων(πχ δημιουργία θεματικών χαρτών ή τρισδιάστατων απεικονίσεων του χώρου)(Χαλκιάς ,2005).

4.1.1.Συστατικά μέρη ενός ΓΣΠ

Το αποτέλεσμα ενός ΓΣΠ εξαρτάται από την παραγωγική του λειτουργία. Για την πραγματοποίησή του, είναι αναγκαία τρία εξαρτώμενα μεταξύ τους εργαλεία ή συστατικά μέρη (Longley, P.A, Goodchild, M.F., Maguire, D.J, Rhind, D.W, 2011):

1.Το Υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του, αποτελούμενο από ένα προσωπικό υπολογιστή (PC) ή έναν σταθμό εργασίας (workstation), από ένα σύστημα απεικόνισης με υποστήριξη σε έγχρωμες απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης γραφικών και απεικόνισης κειμένου, από ένα αποθηκευτικό σύστημα μεγάλης χωρητικότητας (σκληρός δίσκος), από ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων (Ψηφιοποιητές ή σαρωτές, πληκτρολόγιο, σύστημα GPS)και από ένα σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή (Εκτυπωτές, Αυτόματοι σχεδιαστές).

2.Το κατάλληλο λογισμικό για επεξεργασία των δεδομένων από το υπολογιστικό σύστημα, το λογισμικό θα πρέπει να περιέχει δυνατότητες όπου οι αλγόριθμοι του να διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες: Λογισμικό Αποθήκευσης και διαχείρισης στοιχείων, λογισμικό μετασχηματισμού στοιχείων, λογισμικό παρουσίασης, λογισμικό αναζητήσεων, λογισμικό ανάλυσης χώρου.

3.Τα δεδομένα που εισάγονται στα ΓΣΠ και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα Χωρικά δεδομένα και τα μη χωρικά ή Περιγραφικά δεδομένα.

Εκτός από τα τρία βασικά συστατικά μέρη, απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθή λειτουργία ενός ΓΣΠ είναι το ανθρώπινο δυναμικό και η εκπαίδευση του. Το ανθρώπινο δυναμικό μπορεί να αποτελείται από επιστήμονες διαφορετικών αντικειμένων αλλά η δομή των ΓΣΠ εξαρτάται από τους τελικούς χρήστες-καταναλωτές των χαρτών (Στεφανάκης, 2010).

4.1.2.Δεδομένα ενός ΓΣΠ

Τα δεδομένα που εισάγονται σε ένα ΓΣΠ αποτελούνται από χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες.

Τα δεδομένα που σχετίζονται με το χώρο συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά.

Τα χωρικά δεδομένα (spatial data) μπορούν να αναπαρίστανται με δυο βασικές δομές, την διανυσματική δομή (vector) και την ψηφιδωτή δομή (raster). Το είδος εφαρμογής στην οποία θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ΓΣΠ, καθορίζει και το είδος των γραφικών απεικονίσεων που θα πρέπει να περιλαμβάνει.

Τα Διανυσματικά δεδομένα, αναπαρίστανται με τρεις βασικούς γεωμετρικούς τύπους :τα σημεία(points), τις γραμμές(lines) και τα πολύγωνα(polygon). Το καθένα από αυτά έχει μια σειρά συντεταγμένων στον χώρο. Σημειακά δεδομένα, είναι ο απλούστερος τύπος χωρικών δεδομένων και δεν έχει φυσικές ή χωρικές διαστάσεις άλλα χαρακτηρίζεται από τις συντεταγμένες τους. Μπορεί να είναι οντότητες όπως η θέση μιας πόλης σε μεγάλης κλίμακας χάρτη ή οι στάσεις Μ.Μ.Μ. σε επίπεδο μιας πόλης. Γραμμικά δεδομένα, είναι τα μονοδιάστατα αντικείμενα με αρχή και τέλος, έχουν μήκος άλλα δεν έχουν πλάτος, μπορεί να είναι οντότητες όπως ένα οδικό δίκτυο, ένα ποτάμι, ένα ρυάκι κα. Δεδομένα πολυγώνων, είναι οντότητες κλειστές δισδιάστατες πολυγωνικές γραμμές με τουλάχιστον τρεις πλευρές και περικλείουν εδαφικές περιοχές με κοινά ανά κατηγορία χαρακτηριστικά και έχουν όρια, για παράδειγμα τα οικόπεδα, τα οικοδομικά τετράγωνα, διοικητικά όρια δήμων νομών κλπ. Όσον αφορά τον συμβολισμό και την γεωμετρία του κάθε διανύσματος εξαρτάται από την κλίμακα της απεικόνισης και το σκοπό της εφαρμογής που αναπτύσσεται (Burrough, McDoneell, 1998).

Ψηφιδωτά δεδομένα, είναι οι περιπτώσεις που θέλουμε να εισάγουμε ως δεδομένα εισροής, πχ: μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (πχ Υψόμετρο). Τα ψηφιδωτά δεδομένα ή δεδομένα με τη μορφή κάναβου αναπαρίστανται με πίνακες κελιών (cell) και εικονοστοιχείων (pixels) και κάθε περιοχή διαιρείται σε γραμμές και στήλες. Το σχήμα του είναι ορθογώνιο, αλλά όχι απαραίτητα κυβικό . Το κάθε κελί του πίνακα περιέχει συντεταγμένες και μια τιμή ιδιότητας.

Η φύση των χωρικών δεδομένων διαφέρει κατά περίπτωση ανάλογα με τον τρόπο και τον σκοπό της συλλογής τους. Συνεπώς, μπορεί να έχουμε γεωδαιτικά δεδομένα (μετρήσεις της γήινης επιφάνειας με κατάλληλο εξοπλισμό), χαρτογραφικά δεδομένα (χάρτες), φωτογραμμετρικά δεδομένα (αεροφωτογραφίες), τηλεπισκοπικά δεδομένα (δορυφορικές εικόνες) κλπ.

Περιγραφικά δεδομένα ή μη χωρικά δεδομένα (a_spatial data, attributes), είναι αυτά που αναφέρονται στις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παράδειγμα το μήκος μιας γραμμικής οντότητας ενός οδικού δικτύου είναι ποσοτική πληροφορία, ενώ ο τύπος του γεωλογικού σχηματισμού μιας περιοχής είναι ποιοτική πληροφορία . Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται σε ξεχωριστή βάση δεδομένων και στα ΓΣΠ διατηρείται ο δεσμός μεταξύ του αντικειμένου και της περιγραφικής του πληροφορίας (Στεφανάκης ,2010).

Σε ένα ΓΣΠ υπάρχουν τα χωρικά δεδομένα τα οποία συνδέονται με τα περιγραφικά δεδομένα. Για παράδειγμα σε ένα γραμμικό οδικό δίκτυο κάθε γραμμή ανάλογα με την εισαγωγή ψηφιοποίησης σχετίζεται με ένα πίνακα γραμμών και στηλών οι οποίες διαθέτουν πληροφορίες όπως το μήκος της γραμμής, το όνομα της οδού που αντιστοιχεί στην πραγματικότητα στον τύπο του δρόμου (αγροτικός, εθνική) και κάθε γεωμετρία συνδέεται 1 προς 1 με μια εγγραφή στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών.

4.1.3. Τοπολογία και Διανυσματικά μοντέλα

Τοπολογία, είναι ο κλάδος των μαθηματικών και συγκεκριμένα το μέρος της Γεωμετρίας που μελετά τις ιδιότητες των γεωμετρικών σχημάτων οι οποίες παραμένουν αναλλοίωτες κατά τις τοπολογικές απεικονίσεις. Η έννοια της τοπολογικής απεικόνισης ισοδυναμεί με παραμόρφωση ενός γεωμετρικού σχήματος. Στην παραμόρφωση θα πρέπει να μην καταστραφεί το αρχικό σχήμα και να κλείνουν τυχόν κενά που περιλαμβάνει. Βασίζεται ουσιαστικά στις έννοιες του τοπολογικού χώρου και του ομοιομορφισμού.

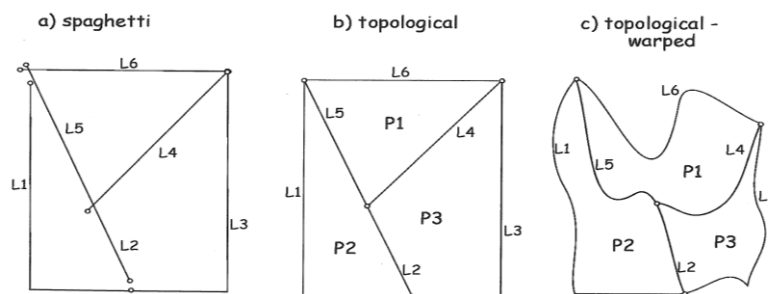
Η μεγαλύτερη έμφαση στη δομή του διανύσματος δίνεται στην απεικόνιση των ορίων και των ιδιοκτησιών παρά στη μελέτη της μεταβολής φαινομένων ή των περιεχομένων. Η μορφή του διανύσματος τείνει να κυριαρχεί σε εφαρμογές που έχουν σχέση με τις μεταφορές και τα δίκτυα.

Τα διανυσματικά δεδομένα, κατηγοριοποιούνται ως τοπολογικά και ως μη τοπολογικά. Η τοπολογία στα ΓΣΠ εκφράζει ρητά τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών, όπως η απόλυτη συνάντηση δύο γραμμών σε ένα σημείο και η μια ευθεία γραμμή έχει ρητά αριστερή και δεξιά πλευρά. Η τοπολογία είναι χρήσιμη για την ανίχνευση των σφαλμάτων της ψηφιακής μετατροπής σε ψηφιακούς χάρτες και είναι απαραίτητη για τις επικαλύψεις χαρτών και για την ανάλυση των δικτύων.

Τα τοπολογικά διανύσματα ταξινομούνται σε απλά και υψηλότερου επιπέδου δεδομένα. Τα απλά δεδομένα αποτελούνται όπως αναφέραμε παραπάνω από σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Τα υψηλού επιπέδου δεδομένα, βασίζονται και δημιουργούνται από τα απλά δεδομένα. Για παράδειγμα το Ακανόνιστο Τριγωνικό δίκτυο (TIN) προσεγγίζει το έδαφος με μια σειρά από μη επικαλυπτόμενα τρίγωνα. Κάθε τρίγωνο αποτελείται από σημεία και άκρα (γραμμές) που συνδέουν αυτά τα σημεία σε τριγωνική μορφή. Η δυναμική τμηματοποίηση (dynamic segmentation) είναι ένα μοντέλο δεδομένων που δημιουργείται από γραμμές ενός δικτύου και επιτρέπει την χρήση των πραγματικών συντεταγμένων με γραμμικά μέτρα. Οι επικαλυπτόμενες περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά για

παράδειγμα το ιστορικό πυρκαγιάς σε μια περιοχή, αποτελεί υψηλού επιπέδου τοπολογία, επίσης οι ξεχωριστές περιοχές αλλά με τα ίδια χαρακτηριστικά, για παράδειγμα ένα συγκρότημα νησιωτικών συμπλεγμάτων(Hawaii). Τέλος τα Δίκτυα, είναι ένα μοντέλο υψηλού επιπέδου, όπως για παράδειγμα τα οδικά δίκτυα, τα δίκτυα ύδρευσης που είναι συνεχόμενα συνδεδεμένα μεταξύ τους και υπάρχουν κανόνες για την μετατόπιση σε ένα δίκτυο.

Τοπολογικά μοντέλα είναι τα μοντέλα που καταγράφουν τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των διανυσματικών δεδομένων. Στην εικόνα(Εικ28) απεικονίζονται τα είδη τοπολογικών διανυσματικών μοντέλων. Το μοντέλο Spaghetti(a), όπου δεν υπάρχει καμιά πληροφορία, οι γραμμές δεν συναντώνται πουθενά, ούτε υπάρχει επικάλυψη και τα πολύγωνα δεν είναι κλειστά. Τα τοπολογικά μοντέλα επιβάλουν συγκεκριμένες τοπολογικές σχέσεις (b) . Οι γραμμές μπορεί να παραμορφωθούν σε ένα μοντέλο αλλά οι τοπολογικές σχέσεις παραμένουν οι ίδιες (c).



Εικόνα 28 Είδη διανυσματικών τοπολογικών μοντέλων. Πηγή: www.paulbolstad.net/gisbook

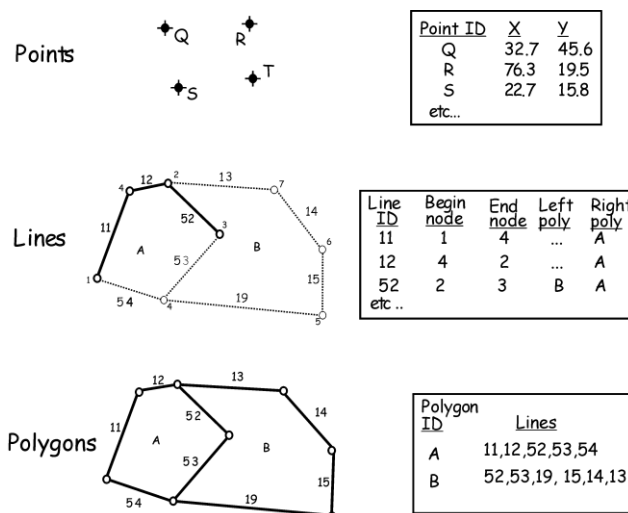
Ο τρόπος του τυπολογικού μοντέλου που συνδέει μεταξύ τους τα διανυσματικά δεδομένα καλείται τοπολογία.

Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί ως προς την επίπεδη τοπολογία των μοντέλων. Αυτοί οι περιορισμοί είναι οι εξής:

- Δεν πρέπει να υπάρχει επικάλυψη μεταξύ των γραμμών ή των πολυγώνων
- Κάθε διέλευση να είναι μια διασταύρωση(να έχει ένα κόμβο)
- Τα πολύγωνα να είναι ολοκληρωμένα(χωρίς τρύπες, κενά)
- Οι γραμμές να έχουν κατεύθυνση(μονοδρομήσεις οδικού δικτύου)

Η τοπολογία πρέπει να είναι περιορισμένη μεταξύ των επιπέδων. Για παράδειγμα δεν πρέπει να υπάρχει επικάλυψη ενός πολυγώνου κατοικίας (1επίπεδο) με τα όρια ιδιοκτησίας του (2επίπεδο).Ακόμη ως προς το μέγεθος, οι μη συνδεδεμένες γραμμές θα

πρέπει να έχουν όρια στο μήκος τους .Επίσης τα σημεία με τις γραμμές θα πρέπει να συμπίπτουν (πχ αντλίες άρδευσης σε ένα επίπεδο με το υδρογραφικό δίκτυο στο άλλο). Τέλος οι τοπολογικές πληροφορίες των διανυσμάτων αποθηκεύονται σε πίνακες (Εικ.29), όπου δεν είναι τόσο εμφανείς στον χρήστη. Οι πίνακες επιτρέπουν την πιο αποτελεσματική ανάλυση των δεδομένων και είναι πολύ πιο γρήγοροι σε σχέση με την αναζήτηση που αφορούν την αναζήτηση δεδομένων. Έτσι οι αναλύσεις γειτνίασης μειώνονται σε ένα πίνακα αναζήτησης (lookup table), οι ροές των δικτύων (network flows) καταγράφονται πολύ εύκολα και τέλος ο προσδιορισμός επικάλυψης είναι πολύ γρήγορος.



Εικόνα 29. Τύπο διανύσματος και αντίστοιχες τοπολογικές πληροφορίες σε πίνακες. Πηγή: www.paulbolstad.net/gisbook

4.1.4.B.Δ.-Χωρικά Συστήματα Διαχείρισης βάσεων Δεδομένων

Η Β.Δ. για ένα ΓΣΠ, είναι ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα διότι πέραν του κόστους της δημιουργίας και της συντήρησης αποτελεί μια βάση για όλες τις αναλύσεις που γίνονται με σκοπό μιας λήψης απόφασης. Η διαχείριση των περιγραφικών δεδομένων σε ένα ΓΣΠ γίνεται με την βοήθεια ενός συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΣΒΔΒ). Οι πληροφορίες ταξινομούνται και οργανώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η επανάκτηση τους και η παραγωγή άλλων στοιχείων. Καθίσταται δυνατή η οργάνωση και η επεξεργασία μεγάλου αριθμού πληροφοριών με μεγάλη ταχύτητα .

Μια γεωγραφική βάση περιέχει γεωγραφικά δεδομένα με τρεις βασικές πληροφορίες για κάθε χαρακτηριστικό τους: τη γεωγραφική πληροφορία, την προβολή (projection) και τις ιδιότητές της. Επίσης σε ένα σύστημα ΓΣΠ δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής και σύνδεσης εξωτερικών βάσεων δεδομένων με τα αντικείμενα που ανήκουν στο χάρτη με κοινό πεδίο

στήλη κλειδί και τα χαρακτηριστικά τους, όπου διαχωρίζονται τα διάφορα δεδομένα που είναι στις εξωτερικές βάσεις με τις εσωτερικές πληροφορίες.

Οι χωρικές βάσεις δεδομένων περιέχουν πολυδιάστατα δεδομένα σχετικά με ένα χώρο για τον οποίο έχουν ρητή γνώση και δεδομένα για τα οποία γνωρίζουν τις χωρικές ιδιότητες, όπως είναι η έκταση του και η θέση του στον χώρο. Τα αντικείμενα είναι συνήθως σε διανυσματική μορφή. Για παράδειγμα μια χωρική βάση δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνει χωρικές πληροφορίες για μια περιοχή ενός δήμου, δηλαδή το οδικό δίκτυο της περιοχής και σημεία ενδιαφέροντος όπως είναι οι στάσεις λεωφορείων, φαρμακεία, βενζινάδικα κλπ.

Όπως και η περιγραφική βάση δεδομένων έτσι και η χωρική βάση δεδομένων στηρίζεται στο Χωρικό Σύστημα Διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΧΣΔΒΔ). Ένα ΧΣΔΒΔ είναι λογισμικό που συνεργάζεται με ένα υφιστάμενο ΣΔΒΔ, υποστηρίζει μοντέλα και τύπους αναπαράστασης χωρικής πληροφορίας (ADTs) και γλώσσες επερωτήσεων (SQL) όπου καλούν αυτούς τους τύπου δεδομένων. Τα συστατικά μέρη ενός ΧΣΔΒΔ είναι το μοντέλο χωρικών δεδομένων (spatial data model), η γλώσσα των χωρικών επερωτήσεων (spatial query language), ειδικές οργανώσεις αρχείων και χωρικών ευρετηρίων (spatial indices) και τεχνικές επεξεργασίας & βελτιστοποίηση χωρικών επερωτήσεων (spatial query processing & optimization) (Στεφανάκης, 2003).

Ένα ΧΣΔΒΔ, είναι στενά συνδεδεμένο με ένα ΓΣΠ, καθώς το ένα παρέχει δυνατότητες βελτίωσης για το άλλο. Μέσα από τα ΓΣΠ ο χρήστης περιορίζεται σε υλοποίηση για μια σειρά διαδικασιών μεμονωμένων αντικειμένων, ή θεματικών επιπέδων (layers). Μέσα από ένα ΧΣΔΒΔ, ο χρήστης έχει την δυνατότητα της υλοποίησης μέσα από απλές διαδικασίες για ένα σύνολο αντικειμένων ή θεματικών επιπέδων (set layers). Έτσι ένα ΧΣΔΒΔ, αξιοποιώντας μια μαθηματική γνώση προερχόμενη από την θεωρία των συνόλων μπορεί να απαντήσει σε χωρικά ερωτήματα. Επίσης είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να διαχειρίζεται μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων τα οποία είναι αποθηκευμένα (σκληρό δίσκο, CD-ROM) χρησιμοποιώντας ειδικές δομές χωρικών ευρετηρίων και τεχνικές χωρικών ερωτημάτων. Επίσης ένα ΧΣΔΒΔ σε σχέση με το κλασικό ΣΔΒΔ, έχει την δυνατότητα πρόσβασης στα χωρικά δεδομένα της βάσης από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα (Shekhar et al, 2003).

Έπειτα από την συλλογή, το σχηματισμό και την σύνδεση των χωρικών ΒΔ σε ένα ΓΣΠ πρέπει να καταστούν διαχειρίσιμα από ένα πλήθος εφαρμογών. Ο τρόπος αλληλεπίδρασης των χρηστών με τα χωρικά δεδομένα προτείνεται σε διατύπωση χωρικών ερωτημάτων

(spatial quires), υποστηριζόμενα από το χωρικό ΣΔΒΔ. Με τον όρο χωρικό ερώτημα νοείται η πληροφορία που σχετίζεται με τον χώρο. Η πιο απλή ερώτηση που μπορεί να γίνει αφορά τις γεωμετρικές πληροφορίες του σχήματος και της θέσεως ενός τοπολογικά ορισμένου γραφικού αντικειμένου ως προς το σύστημα αναφοράς ή ως προς άλλα τοπολογικά γραφικά αντικείμενα. Για παράδειγμα "Ποιό είναι το κοντινότερο φαρμακείο από το σημείο στο οποίο βρίσκεται το σπίτι ενός κατοίκου μιας πόλης", "Ποια είναι η απόσταση μεταξύ δύο κτηρίων"(Markus et al, 2006).

Τέτοιου είδους ερωτήματα στις μέρες μας συναντάμε πολύ συχνά, όπως για παράδειγμα σε συστήματα πλοήγησης ενός οδηγού που μετακινείται σε ένα οδικό δίκτυο μιας πόλης, όπου λαμβάνει οδηγίες μέσω των GPS ή μέσω ενός έξυπνου κινητού (Smartphone).

4.1.5.Εφαρμογές ΓΣΠ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) χρησιμοποιούνται ευρέως σε πάρα πολλές εφαρμογές ανάλογα με την χρήση και τις ανάγκες της μελέτης που αποσκοπεί κάθε φορά. Τα ΓΣΠ περιγράφουν και απεικονίζουν μια περιοχή με διαφορετικά επίπεδα (layers) δεδομένων πληροφοριών για την εύκολη και καλύτερη κατανόηση του χρήστη. Βοηθούν στην διαδικασία της λήψης των αποφάσεων αλλά και στη περιβαλλοντική διαχείριση πολλών περιπτώσεων ως ένα ολοκληρωμένο εργαλείο της χωρικής ανάλυσης και του σχεδιασμού. Βασικές κατηγορίες αυτών των διοικητικών και παραγωγικών δραστηριοτήτων ταξινομούνται ως: Κοινωνικό-οικονομικές εφαρμογές, για παράδειγμα σε Εθνικό – Περιφερειακό και αστικό σχεδιασμό(πολεοδομία, χωροταξία), Κτηματολόγιο, Αρχαιολογία, Αγορά εργασίας κλπ. Σε περιβαλλοντικές εφαρμογές για παράδειγμα δασικών θεμάτων, πρόληψη καταστροφών (πυρκαγιές, πλημμύρες) και σε εφαρμογές διαχείρισης για παράδειγμα τεχνικές υποδομές και εγκαταστάσεις (οργάνωση δικτύων ύδρευσης, αποχέτευσης κα), στις συγκοινωνίες (MMM, πλοήγηση αεροπλάνων κα) και στις μεταφορές (Στεφανάκης, 2003).

Η αποτελεσματικότητα των μοντέλων των δεδομένων στην αποθήκευση των περιεχομένων των χαρτών προκύπτει, η χρησιμότητα των ΓΣΠ για την τεχνολογία παραγωγής χάρτη. Παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για την εισαγωγή, επεξεργασία, προβολή, αλλαγή κλίμακας, σχολιασμό και συμβολισμό των αναλογικών χαρτών. Επίσης τα ΓΣΠ έχουν ευρέως χρήση για την απογραφή και τη διαχείριση των κατανεμημένων εγκαταστάσεων. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας το χρησιμοποιούν για την

παρακολούθηση των περιουσιακών στοιχείων τους όπως καλώδια, σωλήνες κλπ. Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με τις μεταφορές επίσης τα χρησιμοποιούν για την παρακολούθηση της οδοσήμανσης, της ποιότητας οδοστρώματος, τα δικαιώματα των δρόμων κλπ. Μια άλλη χρησιμότητα των ΓΣΠ, είναι η ικανότητα της ενσωμάτωσης των δεδομένων. Η χρήση της κοινής γεωγραφικής τοποθεσίας με κοινό σημείο αναφοράς επιτρέπει σε διαφορετικά σύνολα δεδομένων να συνδέονται μεταξύ τους, να αναλύονται από κοινού και να υποστηρίζουν πολύπλοκες αποφάσεις. Για παράδειγμα σε ένα οδικό δίκτυο μια εταιρεία κοινής ωφέλειας να συνδυάσει μια εικόνα ενός χώρου για την απεικόνιση των υπόγειων σωλήνων ή καλωδίων προκειμένου να παρέχει πληροφορίες σε μια άλλη υπηρεσία που σχεδιάζει στην εκσκαφή συγκεκριμένων σημείων. Τέλος τα ΓΣΠ υποστηρίζουν τις χωρικές αναλύσεις ή ακόμη και την χειραγώγηση των χωρικών δεδομένων προκειμένου να υπάρχει η κατάλληλη εξαγωγή της πληροφορίας. Τεχνικά η χωρική ανάλυση ορίζεται(και διακρίνεται από άλλες μορφές ανάλυσης) ως ένα σύνολο τεχνικών που παράγουν αποτελέσματα.(Goodchild et al,1998).

Στον τομέα των μεταφορών και συγκοινωνιών τα ΓΣΠ συμβάλουν ως προς την διαχείριση των συστημάτων των μεταφορών (οδικών, αεροπορικών και λιμενικών) καθώς και στην πρόληψη των ατυχημάτων. Ένα κομμάτι των ΓΣΠ στο σχεδιασμό των μεταφορών σύμφωνα με την αμερικάνικη ένωση εθνικών οδών και μεταφορών (AASHTO) ονομάζεται ΓΠΣ-Μ (GIS –Transportation). Στο τομέα των συγκοινωνιών μπορούν να εφαρμοστούν χωροταξικές μελέτες, απαλλοτριώσεις εκτάσεων καθώς και σχεδιασμός μηκοτομών, διαγραμμάτων επικλήσεων, χάραξης του άξονα, σήμανσης, έλεγχος του κυκλοφοριακού φόρτου, παρακολούθηση των οχημάτων και συντήρηση των οδών. Επίσης οι οδικοί χάρτες που δημιουργούνται μπορούν μέσα από τα ΓΣΠ να εντοπίσουν τη διευθυντήρια οδό, να έχουν αυτόματη μεγέθυνση της ζητούμενης περιοχής, να γίνει εμφάνιση σημείων ενδιαφέροντος ανά κατηγορία με κριτήρια, υπολογισμός αποστάσεων (routing), δικτυακή ανάλυση και πολλά άλλα.

Πολύ σημαντική είναι η δυνατότητα μέσω των ΓΣΠ, της μοντελοποίησης των οδικών δικτύων και της ανάλυσης, της επεξεργασίας και της παρουσίασης αυτών μέσα από αλγόριθμους και ερωτήματα χωρικών δεδομένων και δικτύων.

4.2.Ανάλυση Δικτύων

Η θέση των οντοτήτων στο γεωγραφικό χώρο περιγράφεται με την χρήση συστημάτων αναφοράς. Στον δισδιάστατο χώρο η θέση ενός αντικειμένου προσδιορίζεται βάσει ενός ζεύγους συντεταγμένων, είτε ελλειψοειδούς αναφοράς (ϕ, λ), είτε καρτεσιανών (x, y). Στον τρισδιάστατο χώρο προστίθεται και η πληροφορία του υψομέτρου (δεδομένα GPS) και η θέση των οντοτήτων προσδιορίζεται με τρεις παραμέτρους (X, Y, Z).

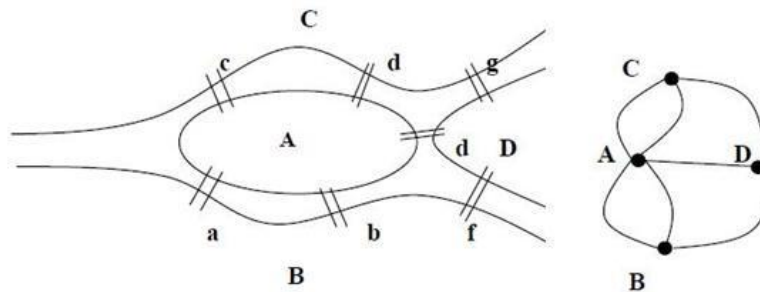
Ένα δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ως μονοδιάστατος χώρος στην επιφάνεια. Τα γραμμικά στοιχεία του δικτύου είναι συνήθως τοπολογικά δεδομένα και στηρίζονται στην θεωρία των γράφων (ή γραφημάτων). Αναπαρίστανται από κόμβους και ακμές και ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να είναι κατευθυνόμενοι ή μη κατευθυνόμενοι. Κάθε ακμή αναπαρίσταται από μια πολυγραμμή (polyline). Για την αναπαράσταση της τρίτης διάστασης (ανισόπεδοι κόμβοι κ.λπ.) και την ανάθεση χαρακτηριστικών σε τμήματα ενός δικτύου, δίνονται κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα στους κόμβους και τις ακμές (Goodchild et al, 1998).

Η διάκριση μεταξύ επιπέδων και μη επιπέδων δίνει μερική λύση. Στην μοντελοποίηση των μεταφορών είναι αναγκαίο να συμπεριληφθούν οι πληροφορίες εκείνες σχετικά με την ικανότητα σύνδεσης του ενός άκρου με το άλλο. Για παράδειγμα, οι περιορισμοί στροφών ή η απαγόρευση διέλευσης οχήματος με βαρύ φορτίο. Στα ΓΣΠ υπάρχει η δυνατότητα της δομής turn table (επιστρεφόμενος πίνακας), όπου για κάθε ζεύγος άκρων με περιστατικό σε ένα κόμβο, μια σειρά από χαρακτηριστικά στον πίνακα, δίνει τις κατάλληλες ιδιότητες για τους περιορισμούς της στροφής, μαζί με τις συνδέσεις των πινάκων που περιέχουν τις ιδιότητες των ακμών (Goodchild et al, 1998).

Τα γραμμικά στοιχεία χωρίζονται σε φυσικά και ιδεατά στοιχεία. Τα φυσικά στοιχεία αναφέρονται σε γραμμικά στοιχεία της φύσης, όπως αυτά των ποταμών, των δρόμων κ.τ.λ. Τα ιδεατά στοιχεία είναι επινοήσεις του ανθρώπου και είναι μη απτά στοιχεία, όπως τα όρια των διοικητικών περιφερειών (πχ Σχέδιο Καλλικράτη), οι ισοκαμπύλες κα. Οι δύο αυτές ομάδες απασχολούν την ανάλυση του χώρου καθώς εκφράζεται στην χωρική έκφραση τους και δεν περιορίζονται συγκεκριμένα. Έτσι η ανάλυση του χώρου εστιάζεται στις χωρικές δομές και αφορά τους συνδέσμους και τις ροές που δημιουργούν ένα δίκτυο και ακόμη τα κέντρα ή κόμβους που διασυνδέονται με του συνδέσμους αυτούς. (Κουτσόπουλος Κ. 2005)

Η θεωρία των γράφων (ή γραφημάτων) είναι κλάδος της τοπολογίας.

Δημιουργός της τοπολογίας υπήρξε η αρχαία γεωμετρία. Το άρθρο του Ελβετού μαθηματικού Leonard Euler το 1736 για τις Επτά Γέφυρες του Königsberg (σήμερα Kaliningrad) θεωρείται ως ένα από τα πρώτα αποτελέσματα που δεν εξαρτώνται από κανέναν τύπο μέτρησης, δηλαδή ως ένα από τα πρώτα τοπολογικά αποτελέσματα. Ερωτήθηκε αν μπορεί να υποδείξει περίπατο διαμέσου της πόλεως, ο οποίος να διέρχεται από όλες τις γέφυρες της πόλης μόνο μία φορά. (Εικ.30)

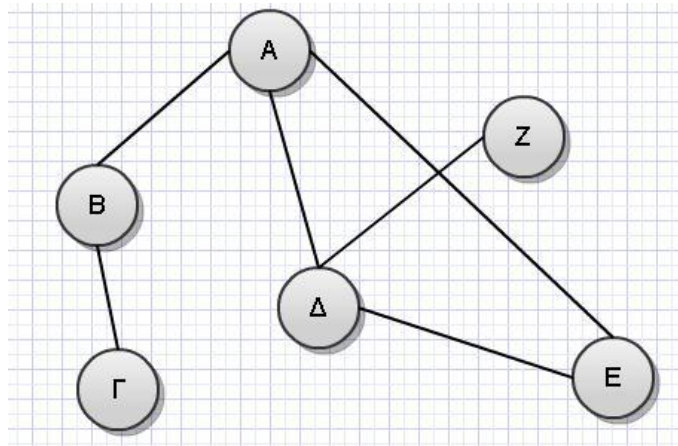


Εικόνα 30.Οι γέφυρες του Königsberg και ο αντίστοιχος γράφος

4.2.1.Στοιχεία της θεωρίας των γράφων

Είναι κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με τα δίκτυα των σημείων που συνδέονται με τις γραμμές. Ένας γράφος (graph) $G=(V,E)$, αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων (nodes) V και ένα σύνολο ακμών (links) E , μεταξύ των σημείων V . Κάθε στοιχείο u του συνόλου V σχετίζεται με ένα ζεύγος πραγματικών αριθμών (x, y) που αντιπροσωπεύουν τη θέση του κόμβου στον χώρο. Κάθε ακμή ορίζεται ως ένα διατεταγμένο ζεύγος δύο κόμβων. Το μέγεθος ενός γράφου χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των κόμβων, που ονομάζεται τάξη (order) και τον αριθμό των ακμών που ονομάζεται μέγεθος (size). Ένας γράφος μπορεί να αναπαρασταθεί σε πίνακα γειτνίασης (adjacency matrix). Έχει εξελιχθεί σε μαθηματική έρευνα με εφαρμογές στην χημεία, στην επιχειρησιακή έρευνα, σε κοινωνικές επιστήμες και τις επιστήμες των υπολογιστών.

Δύο ακμές προσπίπτουσες στο ίδιο ζεύγος κόμβων, ονομάζονται παράλληλες. Μία ακμή προσπίπτουσα στον ίδιο κόμβο ονομάζεται βρόγχος (loop). Ένας γράφος χωρίς παράλληλες ακμές και βρόγχους ονομάζεται απλός (simple). Ως απόσταση δύο κόμβων ορίζεται το συντομότερο μονοπάτι (path) ανάμεσα τους. Ένα μονοπάτι (path) είναι απλό, όταν περνάει ακριβώς μία φορά από κάθε κόμβο. Ένα μονοπάτι ονομάζεται κυκλικό όταν έχει αρχή και τέλος τον ίδιο κόμβο.



Εικόνα 31. Σχηματική αναπαράσταση ενός γράφου πηγή: lexiconcs.wikispaces.com

Οι γράφοι εμφανίζονται διαφοροποιημένοι μεταξύ τους ανάλογα με την ιδιαίτερη δομή και τα χαρακτηριστικά τους. Ταξινομούνται σε επιμέρους κατηγορίες βάση του αριθμού κριτηρίων που τίθενται κατά περίπτωση. Για παράδειγμα η συνδεσιμότητα του γράφου, η ανάθεση βαρών στις ακμές του κλπ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικότερες κατηγορίες των γράφων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τη δομή τους.

Αρχικά, ο απλός γράφος ορίζεται ως ένα διάγραμμα αποτελούμενο από κόμβους και ακμές και μεταξύ των δυο κόμβων υπάρχει μόνο μια ακμή. Ο απλός γράφος δεν περιλαμβάνει κυκλικές ακμές.

Κανονικοί γράφοι (regural) ονομάζονται οι κόμβοι που έχουν ισάριθμους γειτονικούς κόμβους. Μεικτοί Γράφοι (mixed) είναι αυτοί που περιλαμβάνουν ταυτόχρονα κατευθυνόμενες και μη κατευθυνόμενες ακμές. Πλήρης γράφοι (complete) είναι όταν μεταξύ κάθε ζεύγους κόμβων υφίσταται οπωσδήποτε μια σύνδεση και περιλαμβάνουν τον μέγιστο αριθμό των ακμών.

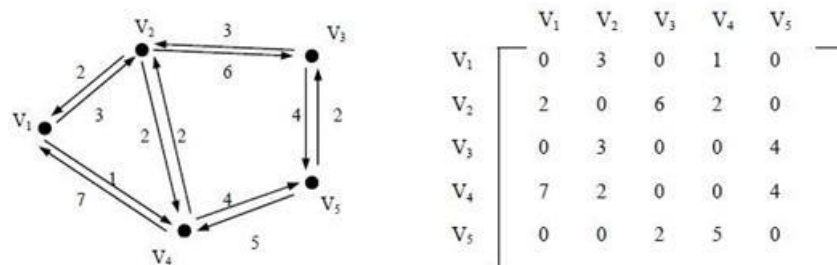
Ένας γράφος ονομάζεται συνδεδεμένος (connected) όταν υπάρχουν ένα ή περισσότερα μονοπάτια μέσω των οποίων συνδέονται δύο οποιοδήποτε κόμβοι του γράφου. Μη συνδεδεμένος γράφος, χαρακτηρίζεται ο γράφος όπου δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ του συνόλου των κόμβων.

Ένας κόμβος ονομάζεται επίπεδος, όταν μπορεί να σχεδιαστεί σε ένα επίπεδο χωρίς να τέμνονται μεταξύ τους καμία από τις ακμές του. Δύο οποιοδήποτε ακμές ενός επιπέδου γράφου συναντώνται μόνο σε τερματικούς σταθμούς ή προσκείμενους. Μη επίπεδος γράφος είναι όταν οι ακμές και οι κόμβοι του βρίσκονται στο χώρο.

Ο κατευθυνόμενος γράφος (directed) (ή διγράφος digraph), αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων και ακμών. Κάθε ακμή είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος κόμβων. Αναπαρίστανται

με βέλη και η φορά του βέλους δείχνει προς τον δεύτερο κόμβο του διατεταγμένου ζεύγους που ορίζει την αντιστοιχεί ακμή. Αν ο γράφος δεν προσανατολίζεται και δεν έχει διατεταγμένο ζεύγος τότε ονομάζεται μη κατευθυνόμενος γράφος.

Αξιολογούμενος γράφος (weighted) ή σταθμισμένος, ονομάζεται ο γράφος όπου οι ακμές του έχουν κάποια βάρη μετακίνησης. Τα βάρη μπορεί να αναπαριστούν το κόστος μιας διαδρομής, το μήκος, το χρόνο ακόμη και άλλες παραμέτρους όπως την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές των ρύπων. (Στεφανάκης, 2003).



Εικόνα 32. Κατευθυνόμενος γράφος με βάρη και πίνακας γειτνίασης.

Τα δέντρα (trees) είναι τα πιο συχνά υποσύνολα που χρησιμοποιούνται στους γράφους. Δέντρο είναι ένας απλός γράφος που ικανοποιεί την σχέση: αν a και b είναι κόμβοι του P , τότε υπάρχει ένα μοναδικό μονοπάτι από το $a \rightarrow b$. Ένας γράφος είναι δέντρο όταν πρώτον έχει $n-1$ ακμές και καθόλου κύκλους και δεύτερον να είναι συνδεδεμένος. Ένας από τους κόμβους του δέντρου ορίζεται ως ρίζα (root), όταν έχει μόνο ένα κόμβο γονέα (parent) που είναι ο κοντινότερος γειτονικός κόμβος στην ρίζα και κάθε κόμβος έχει κανέναν ή περισσότερους κόμβους παιδιά (child) που είναι οι γειτονικοί του κόμβοι καθώς απομακρυνόμαστε από την ρίζα. Ένας κόμβος χωρίς παιδιά καλείται φύλλο (leaf).

Spanning Tree, ονομάζεται ένας υπογράφος M ενός γράφου P , όπου ο M είναι δέντρο και περιλαμβάνει όλους του κόμβους του P , ώστε αν αφαιρέσουμε από το P ακμές με τέτοιο τρόπο και αφαιρεθούν οι κύκλοι τότε ο γράφος θα παραμείνει συνδεδεμένος. Το minimum Spanning tree ενός γράφου P είναι το spanning tree με το ελάχιστο συνολικό βάρος σε σχέση με τα υπόλοιπα (μικρότερο μήκος ακμών).



Εικόνα 33. Minimum Spanning Tree (MST) problem Πηγή : geeksforgeeks.org

Όταν ένα δίκτυο είναι κατευθυνόμενος ή μη κατευθυνόμενος μας δίνει την ελάχιστη δυνατή πληροφορία καθώς είναι γνωστή η παρουσία και η σύνδεση των κόμβων. Στην περίπτωση όμως του αξιολογημένου γράφου παίζει ρόλο το βάρος της ακμής για την μετακίνηση. Δύο χαρακτηριστικά μπορούν να αναλυθούν και να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για το δίκτυο, αυτά της συνδετικότητας (connectivity), (τιμές που περιγράφουν το συνολικό γεωμετρικό πρότυπο του δικτύου) και της προσιτότητας (που αφορά τη μέτρηση της σχέσης των επιμέρους στοιχείων κόμβων – γραμμών του δικτύου). Συγκεκριμένα οι δείκτες που εξετάζουν την συνδετικότητα των δικτύων, είναι ο Δείκτης Γάμμα, ο δείκτης Άλφα και ο συντελεστής κόστους (cost ratio). Ο δείκτης Γάμμα, αποτελεί τον λόγο των υπάρχοντων συνδέσμων προς το μέγιστο αριθμό συνδέσμων του δικτύου, ενώ ο δείκτης Άλφα είναι ο λόγος των υπάρχοντων κυκλικών συνδέσμων προς το μέγιστο αριθμό κυκλικών συνδέσμων. (Κουτσόπουλος 2005-6) (Πιν.13)

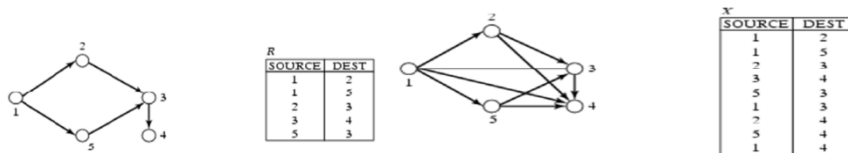
Δείκτης Γ	Δείκτης Α	Συνδετικότητα
$1/3 \leq \gamma \leq 1/2$ όπου $\kappa \geq 4$ ή $33,3\% \leq \gamma \leq 50\%$	0 όπου $\kappa = \sigma + 1$	Ελάχιστα Συνδεόμενο
$1/2 < \gamma < 2/3$ όπου $\kappa \geq 4$ ή $50\% < \gamma < 66,7\%$	$0 < \alpha < 1/2$ όπου $\kappa \geq 3$	Ενδιάμεσα Συνδεόμενο
$2/3 \leq \gamma \leq 1$ όπου $\kappa \geq 3$ ή $66,7\% \leq \gamma \leq 100\%$	$1/2 \leq \alpha \leq 1$ όπου $\kappa \geq 3$	Μέγιστα Συνδεόμενο

Πίνακας 13. Τύποι δεικτών Άλφα και Γάμμα και κατηγορία συνδετικότητας

Τα γεωγραφικά προβλήματα και η αναπαράσταση αυτών, υιοθετήθηκαν από τους γράφους ως γραφικό υπόβαθρο. Για τη διαδικασία της επίλυσης τους έχουν αναπτυχθεί οι αποτελεσματικοί αλγόριθμοι.

Το πρόβλημα της διάσχισης του γράφου (traversal) είναι η αναζήτηση μονοπατιών μέσω των οποίων είναι δυνατή η πρόσβαση σε ένα κόμβο περιορισμού αφετηρίας, διαμέσου άλλων κόμβων του γράφου ή το μονοπάτι που θα βρεθεί και θα περνάει από δυο ή περισσότερους κόμβους του γράφου.

Το πρόβλημα της μεταβατικής κλειστότητας (transitive closure), είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των γράφων, το οποίο σχετίζεται με την ανάλυση δικτύων όπως το πρόβλημα της συντομότερης διαδρομής, ο προσδιορισμός της συνδεσιμότητας κα. Μεταβατική κλειστότητα, ορίζεται ο γράφος που έχει ίσο αριθμό κόμβων με ένα δεύτερο γράφο και κάθε ακμή του αντιστοιχεί σε ένα μονοπάτι γράφου. Οι γραφικές αναπαραστάσεις των γράφων συνοδεύονται από δυο πίνακες κόμβου της αφετηρίας και του προορισμού κάθε ακμής.



Εικόνα 34.Αριστερά: Ένας γράφος, Δεξιά: Η μεταβατική κλειστότητα γράφου Πηγή: Ιστοσελίδα μαθήματος Ηλεκτρολόγων Μηχ. Η/Υ ΕΜΠ

Ανάμεσα στα ενδιαφέροντα της θεωρίας των γράφων όσον αφορά τους αλγόριθμους για την εύρεση των βέλτιστων διαδρομών (ανάλογα με τα διάφορα κριτήρια) σε γραφήματα. Υπάρχουν δύο γνωστά παραδείγματα που είναι τα εξής:

Πρώτον: Το πρόβλημα της επιθεώρησης του οδικού δικτύου(route inspection problem) ή το πρόβλημα του κινέζου ταχυδρόμου (Chinese postman problem), το οποίο λύθηκε τη δεκαετία του 1960. Το ζητούμενο είναι η εύρεση της συντομότερης διαδρομής για την επίσκεψη του συνόλου των συνδέσμων ενός δικτύου, ώστε σε κάθε κόμβο να γίνει μια επίσκεψη (πέρασμα). Η διαδρομή είναι δυνατόν να αρχίζει και να τελειώνει στο ίδιο σημείο δημιουργώντας κύκλωμα.

Δεύτερον: το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή (travelling salesman problem), το οποίο εξακολουθεί να προσελκύει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, λόγω της εφαρμογής του στη δρομολόγηση των δεδομένων των δικτύων. Συνιστάται στην επιλογή της διαδρομής με το ελάχιστο κόστος η οποία συνδέει ένα σύνολο κόμβων ώστε σε κάθε κόμβο να γίνεται ακριβώς μια επίσκεψη. Η διαδρομή αρχίζει και τελειώνει σε συγκεκριμένες θέσεις στους τερματικούς σταθμούς.

Για τον εντοπισμό των διαδρομών του ελαχίστου κόστους, δημιουργήθηκαν αρκετοί αλγόριθμοι, όπως ο αλγόριθμος Bellman- Ford, ο αλγόριθμος D'Escopo-Pape, ο αλγόριθμος 2-queue του Pallottino κα. Ο πιο γνωστός είναι ο αλγόριθμος Dijkstra και είναι από τους πιο απλούς του είδους, όπου λύνει το πρόβλημα της απλής πηγής μερικής μεταβατικής κλειστότητας (partial transitive closure), με σκοπό την επιτάχυνση αυτού του αλγόριθμου δημιουργήθηκαν και κάποιοι άλλοι όπως ο A^* που ανήκει στην κατηγορία των πληροφορημένων αλγορίθμων της αναζήτησης (informed search algorithm). Οι αλγόριθμοι αυτοί χρησιμοποιούν κάποια ευριστική συνάρτηση με τη βοήθεια της οποίας αξιολογούν τις επόμενες πιθανές καταστάσεις και επιλέγουν την καλύτερη από αυτές. Η βασική ιδέα είναι να γίνει μια εκτίμηση του κόστους, όχι απαραίτητα η ακριβέστερη από τον κόμβο εκκίνησης στον κόμβο προορισμού. Σήμερα στα λειτουργικά συστήματα χρησιμοποιούνται συχνότερα οι αλγόριθμοι Dijkstra και A^* .

Όσον αφορά τους αλγόριθμους, αρχικά υποστήριζαν μόνο την εύρεση του συντομότερου μονοπατιού, τώρα πια παρέχονται επιλύσεις και άλλων προβλημάτων όπως:

- Εύρεση καλύτερης διαδρομής περνώντας από σειρά σημείων (stops) του δικτύου (γνωστό ως πρόβλημα του πλανόδιου πωλητή- TSP).
- Κατανομή ενός μέρους του δικτύου σε μια τοποθεσία που αποτελεί πηγή τροφοδοσίας (allocation).
- Καθορισμός της επικοινωνίας μεταξύ των δύο θέσεων του δικτύου
- Καθορισμός ευκολίας και αν είναι συμφέρουσα η προσπέλαση ενός σημείου στο δίκτυο.
- Υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ ενός συνόλου σημείων αφετηρίας και ενός συνόλου σημείων προορισμού.
- Καθορισμός της θέσης της πηγής στο δίκτυο και της κατανομής της ζήτησης σ' αυτή.

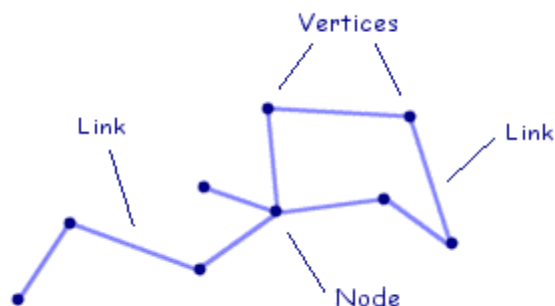
Τέλος αξίζει να αναφερθούμε στον αλγόριθμο βελτιστοποίησης και έλεγχου που τον εμπνεύστηκαν από τα πρότυπα της εύρεσης τροφής (από τα μυρμήγκια), γνωστό ως Βελτιστοποίηση των Αποικιών των Μυρμηγκιών (Ant Colony Routing – ACR). Σύμφωνα με ένα άρθρο από μια νέα έρευνα του πανεπιστημίου του Ρέγκενσμουργκ στην Γερμανία αφορά τα μυρμήγκια του είδους *Wasmannia auropunctata*. Τα μυρμήγκια για την εύρεση της τροφής τους δεν επιλέγουν την διαδρομή βάση της απόστασης αλλά βάση της ταχύτητας με την οποία θα φθάσουν στον προορισμό τους. Βασίζονται στα μέσα πληροφορίας για την επιλογή της διαδρομής που είναι τα ίχνη της φερομόνης που αφήνουν στο έδαφος.

Επίσης στην επιστήμη της οπτικής, παρατηρήθηκε πως μια ακτίνα φωτός επιλέγει την διαδρομή που απαιτεί τον λιγότερο χρόνο, ακόμα και αν η απόσταση που πρέπει να διανύσει είναι μεγαλύτερη. Αυτή είναι και η αρχή του Φερμά ή του ελαχίστου χρόνου.

4.3.Βασικά στοιχεία ενός δικτύου με χρήση ΓΣΠ

Ένα δίκτυο είναι ένα σύστημα γραμμικών στοιχείων συνδεδεμένων μεταξύ τους σε διασταυρώσεις. Οι διασταυρώσεις που τέμνονται ονομάζονται κόμβοι (nodes), οι γραμμές που ενώνουν δύο κόμβους ονομάζονται σύνδεσμοι (link) και τα σημεία που ορίζουν το σχήμα των συνδέσμων λέγονται κορυφές (vertices) (Εικ 35).

Μια άλλη εκδοχή του ορισμού ενός δικτύου είναι: Το σύνολο από διασυνδεδεμένες γραμμικές χωρικές οντότητες, οι οποίες δομούν ένα ενιαίο πλαίσιο (Χαλκιάς 2005).



Εικόνα 35.Αναπαράσταση δικτύου με κόμβους ,συνδέσμους και κορυφές

Κάποια άλλα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται στα ΓΣΠ είναι τα μονοπάτια (paths) οι γύροι (tours), οι στάσεις (stops), τα κέντρα (centers) και οι στροφές (turns).

Υπάρχουν πολλών ειδών δίκτυα στα γεωγραφικά δεδομένα: τα οδικά δίκτυα, τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών, τα δίκτυα μεταφοράς ενέργειας, τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης, τα υδρογραφικά δίκτυα, τα δίκτυα του μετρό (MMM), ο γεωγραφικός κάναβος κλπ

Οι υπολογισμοί του μονοπατιού μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 κατηγορίες:

- Απλού ζεύγους (single pair): ζητούμενο ενός γράφου και δύο κόμβων A και B, είναι να βρεθεί το βέλτιστο μονοπάτι μεταξύ τους. Μια ειδική περίπτωση είναι το πρόβλημα του συντομότερου μονοπατιού.
- Απλής πηγής (single source): ζητούμενο ενός αρχικού κόμβου A, είναι να βρεθούν τα βέλτιστα μονοπάτια από το A προς όλους τους προσεγγίσιμους κόμβους Γ. Αυτό είναι το πρόβλημα της μερικής μεταβατικής κλειστότητας (partial transitive closure).
- Όλα τα ζεύγη (all pairs), όπου εδώ το ζητούμενο είναι να βρεθούν όλα τα βέλτιστα μονοπάτια στον Γράφο Γ μεταξύ των ζεύγων κόμβων A και B (πρόβλημα της μερικής μεταβατικής κλειστότητας).

Τα πρώτα λογισμικά της δρομολόγησης (routing software) για να υπολογίσουν την απόσταση μεταξύ ενός σημείου με ένα άλλο, χρησιμοποίησαν την απόσταση μιας ευθείας γραμμής (straight line distance). Η μέθοδος αυτή δεν ήταν επαρκής, έτσι στην συνέχεια κατάφεραν να υπολογίσουν την πραγματική απόσταση μιας διαδρομής, είτε με το μήκος της, είτε με άλλες μεταβλητές (φόρτος δρόμου κα).

Μια σημαντική εφαρμογή των χωρικών δικτύων είναι τα συστήματα πλοήγησης τα οποία τα τελευταία χρόνια είναι ενσωματωμένα σε οχήματα και προσφέρουν υπηρεσίες που αναφέραμε.

4.4. ArcGIS desktop 9.3 - Εργαλειοθήκη network analyst

Το εμπορικό λογισμικό ArcGIS της Εταιρείας ESRI (Environmental Systems Research Institute) που ιδρύθηκε το 1969, είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο στο χώρο τον ΓΣΠ και μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των δικτύων πλήρως. Το 1980 η εταιρεία παρουσίασε στην αγορά το ARCInfo, το πρώτο πρόγραμμα ΓΣΠ που εκμεταλλεύθηκε τις δυνατότητες μικρών υπολογιστών που κατασκευαστήκαν από την IBM.

Σήμερα οι εφαρμογές της εταιρείας και το περιβάλλον εργασίας τους είναι για εφαρμογές εγκατεστημένες για χρήστες desktop, εφαρμογές διαδικτυακές - δικτυακές servers (WEBGIS) ακόμη και για εφαρμογές πεδίου σε κινητά τηλέφωνα (smart phones), ipad και Windows mobile. Οι βασικές του εφαρμογές είναι το ArcMap, το Arc Catalog ,το ArcToolbox. Περιλαμβάνονται πολλές ευφυείς και εξελιγμένες εργαλειοθήκες για την εκτέλεση των διάφορων και αναγκαίων εργασιών. Σήμερα η τρέχουσα έκδοση της εφαρμογής desktop είναι το ArcMap 10.1 και σε windows mobile η έκδοση Arcpad 10 .

Προσφάτως τέθηκε σε λειτουργία το GIS –cloud, η οποία είναι μια WEB εφαρμογή για τους χρήστες του διαδικτύου, όπου γίνεται χρήση του λογισμικού χωρίς να έχουν την εφαρμογή τους εγκατεστημένη στον προσωπικό υπολογιστή τους.

Η παρούσα εργασία αναπτύχθηκε σε περιβάλλον ArcMap Desktop 9.3 όπου και χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή, επεξεργασία, διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων. Για την δημιουργία, ανάλυση και παρουσίαση του δικτύου της μετακίνησης των οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η εργαλειοθήκη-επέκταση Network Analyst.

Η εργαλειοθήκη και επέκταση(extension) της εφαρμογής ArcMap9.3 του λογισμικού ArcGIS της Εταιρείας ESRI, Network Analyst χρησιμοποιείται για την παραγωγή, διαχείριση, παρουσία και ανάλυση των δικτύων. Επίσης χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση των ρεαλιστικών δικτύων, όπου για παράδειγμα μπορούμε να δηλώσουμε διάφορους περιορισμούς της πραγματικής κυκλοφορίας όπως: όριο ταχύτητας, δρόμοι με μονοδρομήσεις ή διπλής κατεύθυνσης , απαγορεύσεις αναστροφών και στροφών, κυκλοφοριακές συνθήκες σε διαφορετικές ώρες της ημέρας κλπ.

Ακόμη μας παρέχει την δυνατότητα να κατασκευάσουμε και να διορθώσουμε τα σύνολα των δεδομένων δικτύου (network datasets), να κάνουμε χωρική ανάλυση των γεωγραφικών γραμμικών δικτύων (οδικό δίκτυο, υδρογραφικό δίκτυο κτλ) και να δημιουργήσουμε διαφορετικούς τύπους δρομολόγησης ως προτεινόμενες λύσεις με την εφαρμογή ερωτημάτων.

Μέσα από το γραφικό περιβάλλον του και από τα εργαλεία που διαθέτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

Δρομολόγηση από σημείο σε σημείο (route selection – routing), που αποτελεί μέρος του γενικότερου προβλήματος της επιλογή της διαδρομής η οποία προσαρμόζεται σε συγκεκριμένους περιορισμούς. Παρά το γεγονός ότι η επιλογή της διαδρομής διαφέρει ανάλογα με το μέσο μεταφοράς, οι γενικές αρχές είναι οι ίδιες.

Μία από τις πιο άπλες επιλογές των διαδρομών είναι η Γρήγορη δρομολόγηση ή η εύρεση της συντομότερης διαδρομής (shortest path selection). Πρόκειται για τον εντοπισμό της διαδρομής με το μικρότερο μήκος ή τον συντομότερο χρόνο για την επίσκεψη προκαθορισμένων σημείων και θέσεων. Είναι χρήσιμο σε οχήματα έκτακτης ανάγκης (πχ. Ασθενοφόρων κ.α.)

Ένα άλλο πρόβλημα επίλυσης είναι η δρομολόγηση των οχημάτων (vehicle routing problem), που αποτελεί γενίκευση του προβλήματος του πλανόδιου πωλητή. Πρέπει ένας προκαθορισμένος αριθμός των οχημάτων να δρομολογηθεί έτσι, ώστε να εξυπηρετούν έναν αριθμό σημείων ζήτησης με τέτοιο τρόπο για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος

μεταφοράς και να μην παραβιάζεται η χωρητικότητα των οχημάτων, ξεκινώντας και τελειώνοντας την διαδρομή από προκαθορισμένο σημείο (τερματικό σταθμό).

Το πρόβλημα της επιλογής του πλησιέστερου σημείου εξυπηρέτησης (closest facility), όπου το ένα άκρο της διαδρομής είναι γνωστό, ενώ το επόμενο είναι η επιλογή από μια σειρά υποψήφιων θέσεων ως προς την πλησιέστερη του γνωστού και αρχικού σημείου. Για παράδειγμα σε ένα περιστατικό αυτοκινητικού ατυχήματος όπου θα πρέπει να βρεθεί το κοντινότερο ασθενοφόρο και το πλησιέστερο νοσοκομείο για την άμεση του μεταφορά, μπορεί να γίνει επίλυση πολλαπλών τέτοιων περιστατικών.

Για τον καθορισμός των περιοχών εξυπηρέτησης (service area problem), τα τμήματα των θέσεων που είναι δυνατόν να εξυπηρετηθούν από ένα κέντρο με ένα όριο μεγίστου κόστους διαδρομής. Δημιουργείται μια ζώνη γύρω από το κέντρο που καλείται σημείο εξυπηρέτησης με τέτοιο τρόπο, ώστε για όλα τα τμήματα του δικτύου εντός της ζώνης το κόστος διαδρομής προς το σημείο εξυπηρέτησης να είναι μικρότερο του μέγιστου.

Τέλος, μπορεί να γίνει επίλυση και σε κάποια σύνθετα προβλήματα της ανάλυσης των δικτύων, όπως η χωροθέτηση κατανομής (location – allocation problem), τα προβλήματα χωρικής αλληλεπίδρασης (spatial interaction problems) και τα προβλήματα του καταμερισμού της κυκλοφορίας στο δίκτυο (traffic assignment).

Επίσης, γίνεται ανάλυση της απόστασης, του χρόνου οδήγησης και του χρόνου πρόσβασης, ομαδοποιώντας γεωγραφικά τις ζώνες απόστασης και χρόνου αντίστοιχα. Δηλαδή με την χρήση ενός εργαλείου επέκτασης γίνεται η ανάλυση της διαδρομής μεταξύ αφετηρίας – προορισμού, όπου παράγονται οδηγίες μεταξύ αυτών ή περισσότερων σημείων ως προς τον χρόνο και την απόσταση του συνόλου της διαδρομής και τμηματικά.

4.4.1.Δημιουργία Δεδομένων Δικτύου (network dataset)

Η δημιουργία του δικτύου μέσα από την εφαρμογή του ArcCatalog, γίνεται από ένα οδηγό (wizard), μέσω του οποίου δημιουργείται ένα σύνολο δεδομένων δικτύου (network datasets), είτε από ένα σχηματικό αρχείο (shapefile), είτε από ένα σύνολο αντικειμένων (feature dataset) και μας βοηθά να καθορίσουμε τις κλάσεις που θα χρησιμοποιηθούν ως πηγές καθώς και τον ρόλο τους. Επίσης ορίζουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνονται οι συνδέσεις στο δίκτυο καθώς και τις ιδιότητες του δικτύου (τις οποίες αναφέρουμε παρακάτω).

Για την δημιουργία του σχηματικού αρχείου με ρεαλιστικά αποτελέσματα θα πρέπει να ψηφιοποιηθούν πρώτα τα οδικά τμήματα της περιοχής της μελέτης μέσω υποβάθρων δορυφορικών εικόνων ή αεροφωτογραφιών με κοινό σύστημα συντεταγμένων. Έπειτα να δημιουργηθεί η κατάλληλη γεωβάση δεδομένων του περιγραφικού πίνακα και η συσχέτιση μεταξύ σχηματικής και περιγραφικής πληροφορίας για κάθε τμήμα ξεχωριστά. Το σχηματικό αρχείο που θα δημιουργηθεί πρέπει να είναι σταθερό και να μην παρουσιάζει επικαλύψεις ή κενά ως προς τις συνδέσεις των γραμμών του δικτύου. Για την ορθή και σωστή λειτουργία του, οι πληροφορίες του περιγραφικού πίνακα θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε πραγματικές συνθήκες και μετρήσεις. Αρχικά, πρέπει να γίνει μια ταξινόμηση των οδικών τμημάτων ανάλογα με την κατηγορία τους (επαρχιακός, αστικός, περιφερειακός κλπ) και με τα όρια της ταχύτητας της κάθε κατηγορίας (ΚΟΚ). Έπειτα για την διευκόλυνση της επίλυσης του δικτύου πρέπει να γίνει διαχωρισμός του κάθε οδικού τμήματος σε μονόδρομους ή διπλής κατεύθυνσης. Ακόμη θα πρέπει να γίνει καταγραφή των απαγορευτικών σημάνσεων (αναστροφές, στοπ, φωτεινοί σηματοδότες κλπ).

4.4.2.Συνεκτικότητα

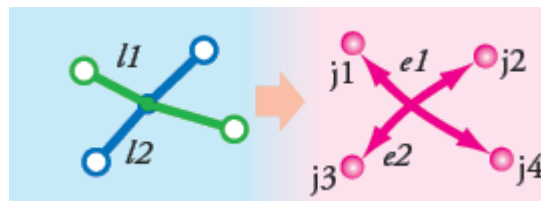
Η Συνεκτικότητα σε ένα σύνολο δεδομένων δικτύου βασίζεται σε γεωμετρικές συμπτώσεις (επαφές) των τελικών γραμμών, των κορυφών και των σημείων των κανόνων σύνδεσης που έχουμε ορίσει στις ιδιότητες των δεδομένων δικτύου.

Αρχικά θα πρέπει να ορίσουμε τη συνεκτικότητα των κατηγοριών των στοιχείων του δικτύου. Σε μια ομάδα συνεκτικότητας κάθε ακμή εκχωρείται σε μια μονό ομάδα, ενώ οι διασταυρώσεις μπορούν να εκχωρηθούν σε μια ή περισσότερες ομάδες σύνδεσης. Στο παρακάτω πίνακα απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των διάφορων κατηγοριών των δεδομένων των ΜΜΜ (πολυτροπικό μοντέλο). Όπως βλέπουμε η σύνδεση των στάσεων του μετρό και του οδικού δικτύου (δρόμων) είναι στην ίδια ομάδα συνεκτικότητας, με αποτέλεσμα οι στάσεις μετρό να αποτελούν το σύνδεσμο μεταξύ των δυο ομάδων.

Στοιχεία Δικτύου	Κατηγορίες Συνεκτικότητας	
	1	2
Οδικό Δίκτυο(Γραμμή)	X	
Μετρό (Γραμμή)		X
Μετρό (Στάσεις)	X	X

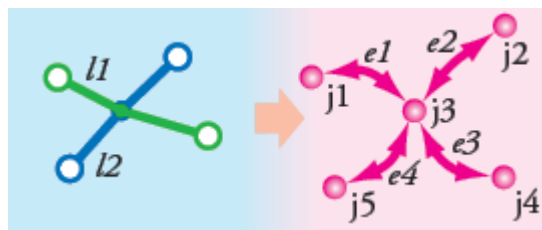
Πίνακας 14. Τρόπος συνεκτικότητας των κατηγοριών επιπέδων

Οι ακμές της ίδιας ομάδας συνεκτικότητας μπορεί να συνδέονται με δύο τρόπους. Εάν ορίσουμε τη συνεκτικότητα άκρου (endpoint), τα χαρακτηριστικά των γραμμών γίνονται ακμές ενώνοντας μόνο τα τελικά σημεία που συμπίπτουν μεταξύ τους. Στην παρακάτω εικόνα (Εικ.36) απεικονίζεται σχηματικά η πολιτική της συνδεσιμότητας που αναφέραμε, όπως παρατηρείται η κάθε γραμμή μετατρέπεται σε ακμή. Πάντα θα υπάρχει μια ακμή που θα δημιουργείται από μια γραμμή. Με την εφαρμογή αυτής της πολιτικής, αν είχαμε δυο δρόμους δεν θα επιτρεπόταν η αναστροφή, ενώ θα μπορούσαμε να μοντελοποιήσουμε μια σύνδεση γέφυρας, υπόγειες και άνω διαβάσεις κλπ.



Εικόνα 36. Συνεκτικότητα του Άκρου (endpoint) Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help

Εάν ορίσουμε τη συνεκτικότητα οποιασδήποτε κορυφής (any vertex), οι γραμμές χωρίζονται σε πολλαπλές ακμές που επικαλύπτονται μόνο εάν υπάρχει κοινό σημείο τομής, δηλαδή μια κορυφή στη διασταύρωση. Η περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται όταν έχουμε δομημένα δεδομένα οδικού δικτύου και οι δρόμοι συναντώνται μεταξύ τους στις κορυφές. Η εικόνα (Εικ.37) μας δείχνει πως χωρίζονται οι δύο γραμμές σε τέσσερις ακμές με την δημιουργία διασταύρωσης στην κοινή κορυφή.

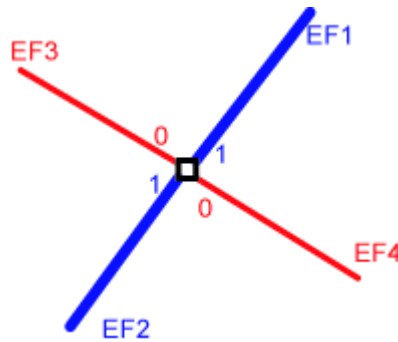


Εικόνα 37. Συνεκτικότητα Οποιασδήποτε κορυφής (any vertex) Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help

Υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες οι γραμμές διέλευσης δεν έχουν συνεκτικότητα. Αν δεν μοιράζονται κάποιο κοινό τελικό σημείο στην κορυφή δεν μπορεί να δημιουργηθεί συνεκτικότητα μεταξύ τους. Έτσι λοιπόν τα δεδομένα του οδικού δικτύου πρέπει να καθορίζονται εξ αρχής, ώστε να υπάρχουν πάντα κοινά σημεία ή κορυφές σε όλους τους κόμβους.

Ένα άλλο πεδίο που χρησιμοποιείται στο μοντέλο της συνεκτικότητας είναι αυτό της ανύψωσης (elevation). Χρησιμοποιείται στο σύνολο των δεδομένων και εφαρμόζεται σε άκρες και σε διασταυρώσεις. Περιέχει πληροφορίες υψομέτρου και η φυσική πληροφορία αποθηκεύεται σε κάθε κορυφή του στοιχείου. Κάθε άκρο στην ανύψωση έχει δύο πεδία περιγραφής του υψομέτρου (ένα για κάθε άκρο της γραμμής). Στην εικόνα (Εικ.38)

απεικονίζεται το παράδειγμα της ανύψωσης, στην οποία βλέπουμε ότι οι τιμές της μπλε γραμμής είναι κοινές και συνδέονται, ενώ το ίδιο συμβαίνει με την κόκκινη γραμμή και βρίσκονται στην ίδια ομάδα σύνδεσης. Εάν υπήρχαν σε διαφορετική ομάδα συνεκτικότητας τότε δεν θα συνδεόντουσαν.



Εικόνα 38.Αναπαράσταση του πεδίου Ανύψωσης Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help

4.4.3.Χαρακτηριστικά ενός Δικτύου

Τα χαρακτηριστικά του Δικτύου είναι οι ιδιότητες των στοιχείων του να ελέγχουν την ικανότητα διάσχισης του δικτύου. Για παράδειγμα ο χρόνος που χρειάζεται για να καλυφθεί το μήκος ενός δρόμου, με δεδομένα τα όρια ταχύτητας και τις μονοδρομήσεις τους καθώς και τυχόν εμπόδια που συνεπάγεται κλείσιμο του δρόμου διέλευσης.

Τα χαρακτηριστικά του Δικτύου αποτελούνται από:

- Το όνομα (name)
- Τον τύπο χρήσης (usage type)
- Τις μονάδες (units)
- Τον τύπο δεδομένων (data type)
- Την προεπιλεγμένη χρήση (use by default)

Σχετικά με τον τύπο χρήσης ορίζεται με την μορφή που είναι τα χαρακτηριστικά του δικτύου και χρησιμοποιείται στην ανάλυση του δικτύου. Γίνεται διάκριση στους ακόλουθους τύπους:

Κόστος (Cost)

Αντιπροσωπεύει τα βάρη των στοιχείων του δικτύου. Για παράδειγμα το μήκος μιας οδού ή ο χρόνος διέλευσης του, χωρίζονται αναλογικά κατά μήκος της ακμής. Αν ο χρόνος ταξιδιού είναι χαρακτηριστικό του κόστους, τότε εάν διανυθεί η μισή διαδρομή θα πάρει την μισή τιμή που θα έκανε αν θα είχε διανύσει ολόκληρη την γραμμή. Συχνά

περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση του κόστους κατά την διάρκεια του υπολογισμού του μονοπατιού (γνωστή ως βέλτιστη διαδρομή). Τέλος, αν το βάρος του κόστους έχει αρνητική τιμή, τότε το πρόγραμμα θα λάβει υπόψη τις αρνητικές τιμές ως απαγορευμένες.

Περιγραφείς (Descriptors)

Είναι περιγραφικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του δικτύου. Σε αντίθεση με το κόστος, οι περιγραφείς δεν επιμερίζονται. Αυτό σημαίνει ότι η τιμή τους δεν εξαρτάται από το μήκος των ακμών του. Για παράδειγμα περιγραφείς είναι το όριο της ταχύτητας για ένα οδικό δίκτυο ή το ανώτατο ύψος των οχημάτων κατά την διέλευσης ενός τούνελ. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την απόσταση και να δημιουργήσει ένα χαρακτηριστικό κόστους.

Περιορισμοί (Restrictions)

Προσδιορίζουν συγκεκριμένα στοιχεία, τα οποία κατά την ανάλυση, τα απαγορευμένα κατά την περιγραφή στοιχεία δεν μπορούν να περάσουν. Για παράδειγμα οι μονοδρομήσεις και οι αναστροφές.

Ιεραρχία (Hierarchy)

Ιεραρχία είναι η απόδοση με σειρά της βαθμίδας των στοιχείων ενός δικτύου. Ένα οδικό δίκτυο μπορεί να έχει μια ιεραρχία κλάσεων των δρόμων (Εθνική, Περιφερειακή κλπ). Για παράδειγμα η εύρεση της γρηγορότερης διαδρομής μπορεί να ληφθεί ως επιλογή μόνο των ταχέων οδών ή μόνο των περιφερειακών ανάλογα με την περίπτωση που θα φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μονάδες και οι τύποι των δεδομένων για κάθε διαφορετικό τύπο χρήσης:

Τύπος Χρήσης	Μονάδες		Τύπο Δεδομένων			
	Απόσταση	Χρόνος	Boolean	Integer	Float	Double
Κόστος	X	X	-	X	X	X
Περιγραφείς	-	-	X	X	X	X
Περιορισμοί	-	-	X	-	-	-
Ιεραρχία	-	-	-	X	-	-

Πίνακας 15. Μονάδες και τύποι δεδομένων ανά τύπο χρήσης

Κάθε χαρακτηριστικό που ορίζεται στο δίκτυο πρέπει να έχει τιμές για κάθε πηγή που συμμετέχει στο δίκτυο. Ένας αξιολογητής (evaluator) αναθέτει τις τιμές για το χαρακτηριστικό της κάθε πηγής. Υπάρχουν οι εξής έξι τύποι αξιολογητών:

1. Αξιολογητής Πεδίου (Field evaluator):

Όπως λέει και ο τίτλος, είναι η εκχώρηση μιας τιμής για ένα χαρακτηριστικό του δικτύου με προσδιορισμό ενός πεδίου που θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του δικτύου όταν θα δημιουργηθεί. Ένα παράδειγμα είναι το μήκος μιας οδού.

2. Αξιολογητής Πεδίου Έκφρασης (Field expression evaluator):

Σε αντίθεση με τον αξιολογητή πεδίου, μπορεί να τροποποιήσει μέσα από την έκφραση πεδίου (VBScript dialog box) τις υπολογιστικές τιμές για ένα ή περισσότερα πεδία. Ένα παράδειγμα είναι η μετατροπή των μονάδων.

3. Αξιολογητής Σταθεράς (Constant evaluator):

Τα χαρακτηριστικά μπορούν να αποδοθούν σε σταθερές τιμές. Οι τιμές για το κόστος, την περιγραφή και την ιεραρχία μπορεί να είναι αριθμητικά (numeric) ενώ για τον περιορισμό είναι Boolean.

4. Αξιολογητής Λειτουργίας (Function evaluator):

Υπολογίζει τις τιμές των χαρακτηριστικών με πολλαπλασιασμό, διαίρεση ή λογική πράξη σε μια άλλη τιμή χαρακτηριστικού ή παραμέτρου. Για παράδειγμα, εάν θέλουμε να υπολογίσουμε τον αριθμητικό τύπο των δεδομένων, η αξία υπολογίζεται με μια διαίρεση ή πολλαπλασιασμό όπως το χρόνο ταξιδιού. Ενώ, αν θέλουμε τα δεδομένα τύπου Boolean να εφαρμόσουμε μια λογική πράξη, όπως η σύγκριση μεταξύ του επιτρεπόμενου ύψους του οχήματος με το υφιστάμενο του οχήματος ο τύπος εκφράζεται (Επιτρεπόμενο ύψος οχήματος < υφιστάμενο ύψος οχήματος).

5. Αξιολογητής Γενικής καθυστέρησης της στροφής (Global turn delay evaluator):

Εισάγει τις τιμές κόστους για την μετάβαση μεταξύ δύο άκρων βασιζόμενα στην γωνία εκτροπής μεταξύ των δύο άκρων, καθώς και την τιμή ιεραρχίας για κάθε άκρη. Για παράδειγμα χρειάζεται περισσότερο χρόνο να κάνει μια δεξιά στροφή από ένα τοπικό δρόμο σε ένα δευτερεύοντα, από ότι να περάσει μέσα από μια τομή.

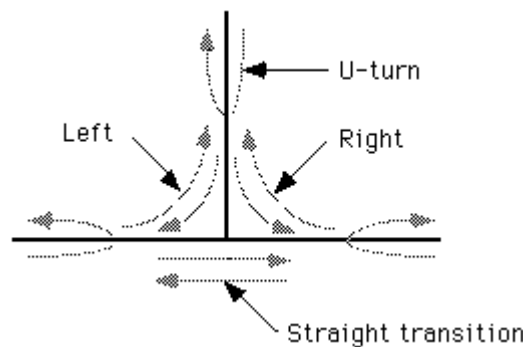
6. Αξιολογητής VBScript:

Είναι μια μέθοδος μοντελοποίησης περίπλοκων ιδιοτήτων. Αντίθετα με τους υπόλοιπους ο παρών αξιολογητής δεν εισάγει δεδομένα κατά την δημιουργία του δικτύου, αλλά αποδίδει τιμές όταν μια συγκεκριμένη ανάλυση δικτύου απαιτεί την χρήση κάποιων χαρακτηριστικών. Σε περίπτωση αλλαγής των τιμών των χαρακτηριστικών, γίνεται ταυτόχρονα ενημέρωση μέσα από τον αξιολογητή. Δεδομένου ότι υπολογίζει τις τιμές κατά την ανάλυση του δικτύου, αυτό ενδέχεται να επηρεάσει την απόδοση της ανάλυσης.

Τα χαρακτηριστικά του δικτύου μπορεί να έχουν παραμέτρους οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τους αξιολογητές. Οι παράμετροι επιτρέπουν την δυναμική ανάλυση των χαρακτηριστικών του δικτύου με την μοντελοποίηση τέτοιων περιγραφικών ιδιοτήτων, όπως το ύψος ή το βάρος ενός φορτηγού ή οι καιρικές συνθήκες κλπ.

Στροφές (Turns)

Σε ένα μη καθοδηγούμενο δίκτυο τα οχήματα μπορούν να κινούνται ελεύθερα προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Στην πραγματικότητα όμως δεν ισχύει καθώς υπάρχουν περιορισμοί στις αριστερές και τις δεξιές στροφές. Οι στροφές μπορούν να δημιουργηθούν σε οποιαδήποτε διασταύρωση, όπου τα άκρα συνδέονται. Ο ελάχιστος αριθμός των άκρων θα πρέπει να είναι δύο και το ανώτατο όριο τα 20. Η εικόνα (Εικ.39) απεικονίζει τους περιορισμούς των στροφών.



Εικόνα 39.Περιορισμοί στροφών στη εργαλειοθήκη Network Analyst Πηγή: ArcGIS Desktop 9.3 Help

Γίνεται διάκριση μεταξύ των παρακάτω στροφών:

- Στροφή Αριστερά (Left)
- Στροφή δεξιά (Right)
- Απαγόρευση οδήγησης ευθεία (Straight transition)
- Αλλαγή κατεύθυνσης (U-turn)

Υπάρχουν δύο τρόποι για την μοντελοποίηση των στροφών.

Με ορισμό των στροφών σε κλάσεις των χαρακτηριστικών στροφών (turn feature class) και με ορισμό στροφών στην επιλογή γενικών στροφών (global turns). Ο πρώτος τρόπος βασίζεται σε ένα προκαθορισμένο πίνακα των στροφών (turn table), όπου δείχνει τον τρόπο ορισμού των διάφορων στροφών στο δίκτυο καθώς και τον χρόνο που χρειάζεται για να γίνει η στροφή. Στον δεύτερο τρόπο με τις γενικές στροφές μπορούν να οριστούν οι στροφές για όλο το δίκτυο συνολικά .Για παράδειγμα όλες οι στροφές δεξιές ή αριστερές

έχουν μια καθυστέρηση 10 δευτερόλεπτων .Βασικό σημείο των γενικών στροφών είναι ότι δίνει προτεραιότητα στις δεξιές στροφές.

Οδηγίες (Directions)

Καθορίζονται οι οδηγίες των διαδρομών, όπως για παράδειγμα το μήκος του δρόμου, η διάρκεια του ταξιδιού, η ονομασία των δρόμων, οι τυχόν πινακίδες και δίνονται πληροφορίες σχετικά με τα όρια και τους περιορισμούς.

4.4.4.Σκοπός δρομολογήσεων

Σκοπός της δρομολόγησης είναι ο σχεδιασμός δρομολογίων ώστε να επιτυγχάνεται μια προσεγγιστική προτεινόμενη λύση για μια βέλτιστη διαδρομή από ένα σημείο σε ένα άλλο ανάλογα με το κριτήριο που θα θέσουμε. Για παράδειγμα, η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής με παράγοντα το χρόνο ή η εύρεση της συντομότερης διαδρομής ως προς την απόσταση, την κατανάλωση του καυσίμου ή ακόμη και τις εκπομπές των ρύπων (περιβαλλοντική διαδρομή).

Ο σχεδιασμός των δρομολογίων του ενεργειακού αποτυπώματος των μετακινήσεων των οχημάτων εξαρτάται από:

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος: ο τύπος και η κατηγορία στην οποία ανήκει (ΙΧ μικρού/μεσαίου μεγάλου κυβισμού, βαρέα οχήματα Φορτηγά, λεωφορεία κλπ), ανάλογα με το έτος κατασκευής του (τύπου EURO) και τον τύπο καυσίμου , την παλαιότητα του και τα διανυθέντα χιλιόμετρα.

Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής: τη τοπογραφία , το ανάγλυφο της περιοχής (υψόμετρο , κλίσεις).

Από τα χαρακτηριστικά της οδικής κυκλοφορίας της περιοχής: ο φόρτος των οδικών τμημάτων(εφόσον υπάρχουν πληροφορίες), οι σημάνσεις και οι φωτεινοί σηματοδότες, οι μονοδρομήσεις, ο κώδικας της οδικής κυκλοφορίας (ταχύτητα κλπ), οι πεζοδρομήσεις, οι δύσβατοι δρόμοι.

Όσον αφορά το ενεργειακό αποτύπωμα, σε κάθε περιοχή είναι διαφορετικό και επηρεάζεται ανάλογα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά της περιοχής αλλά και των οχημάτων. Στόχος είναι οι προτεινόμενες δρομολογήσεις με παράγοντα την κατανάλωση καυσίμων, αλλά και οι εκπομπές των ρύπων (Δ.Α.) να είναι οι βέλτιστες δυνατές. Μέσα από τον σχεδιασμό των δρομολογίων έχουμε ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών

παραμέτρων, καθώς και περιορισμό της διέλευσης των οχημάτων από σημεία με μεγάλες τιμές ρύπανσης ή ακόμη μέσα από εναλλακτικές προτεινόμενες δρομολογήσεις να γίνεται η συνδυασμένη επιλογή της καταλληλότερης, που θα οδηγεί στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων και συνάμα στην οικονομικότερη, όπου συνεπάγεται και ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης των καυσίμων και του κόστους . Τέλος σημαντικός στόχος είναι η ενθάρρυνση των κοινωνιών μέσα από την ευαισθητοποίηση τους για την ρύπανση του περιβάλλοντος λόγω των μετακινήσεων με τα οχήματα, για χρήση των σταθερών μεταφορών (MMM), αποδεικνύοντας μέσα από συγκριτικές δρομολογήσεις ότι είναι λιγότερο ρυπογόνα σε σχέση με την ατομική χρήση ΙΧ. σε μια αστική περιοχή.

4.5. Η διεθνής εμπειρία από την Εφαρμογή των GIS για Περιβαλλοντικά θέματα των μετακινήσεων των οχημάτων.

Με την συνεχή αύξηση των νέων τεχνολογιών και συγκεκριμένα αυτών των ΓΣΠ, έγιναν κατά καιρούς πάρα πολλές έρευνες και μελέτες σχετικά με το οικολογικό αποτύπωμα των μετακινήσεων (ή ενεργειακό) των οχημάτων ακόμη και με την εύρεση διαδρομών πιο οικονομικών και αποτελεσματικών, είτε οδικών, είτε αεροπορικών, είτε ΜΜΜ είτε συνδυασμός αυτών. Μελετήθηκαν τομείς όπως είναι: το περιβάλλον, ο τουρισμός, η μεταφορά των τροφίμων, η Συλλογή σκουπιδιών κα.

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται παρουσίαση της διεθνής εμπειρίας των εφαρμογών ΓΣΠ για Περιβαλλοντικά θέματα σχετικά με τις μετακινήσεις των οχημάτων και τις μεταφορές.

Το 1995 (Wadsworth et al), στο Ηνωμένο βασίλειο γίνεται μια πρώτη σύνδεση των ΓΣΠ με τις πιθανές πηγές της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Ένα σύστημα στήριξης χωρικών αποφάσεων ((SDSS) το Her Majesty's Inspectorate of Pollution (HMIP)), επιτρέπει τη διερεύνηση χωρικών επιπτώσεων διαφόρων διαδικασιών λειτουργίας από μεγάλες σημειακές πηγές ρύπανσης. Η διαθεσιμότητα των εθνικών χαρτών των εδαφολογικών, της βλάστησης και των γλυκών νερών βοηθά στην εκτίμηση των επιπτώσεων των σημειακών πηγών ρύπανσης. Συμπερασματικά αποδείχθηκε πως η χρήση νέων τεχνολογιών μπορεί να βοηθήσει τόσο στην ανάλυση όσο και στην μοντελοποίηση και οπτικοποίηση του προβλήματος με αποτέλεσμα τη σωστή λήψη αποφάσεων και την επίλυση του προβλήματος ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή.

Το 1998 (Gultieri G et al) στην Φλωρεντία της Ιταλίας έγινε μια πρώτη αξιολόγηση της περιβαλλοντικής εικόνας μιας αστικής περιοχής με την χρήση ΓΠΣ τεχνολογιών και την μοντελοποίηση δομών όπως, του οδικού δικτύου της, ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κατανομής των ρύπων. Εισαγόμενα δεδομένα εκτός από την τοπολογία του οδικού δικτύου (συγκεκριμένα 800 συνδέσεις) είναι τοπογραφικά δεδομένα όπως: το σύστημα συντεταγμένων (UTM), η οδός, η κατεύθυνση του άξονα, το συνολικό μήκος. Τοπονομαστικά δεδομένα όπως: τα ονόματα των οδών, ο αριθμός λωρίδων. Μορφολογικά σημεία, οι ανοικτοί χώροι, οι χαράδρες (απότομες αλλαγές ύψους) κλπ. Γεωμετρικά δεδομένα όπως: το πλάτος των δρόμων και το ύψος των κτηρίων. Δεδομένα κώδικα οδικής κυκλοφορίας όπως: το όριο ταχύτητας, οι μονοδρομήσεις κ.α. και τέλος μετεωρολογικά δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας. Δύο επιλογές δημιουργήθηκαν σχετικά με το μετρολογικό σενάριο (δεδομένα από Μετρολογικό

παρατηρητήριο της Ιταλίας). Πρώτα έγινε εκτίμηση για ένα σενάριο με τις χειρότερες (πραγματικές) καιρικές συνθήκες και δεύτερον με τις μέσες τιμές των καιρικών συνθηκών. Αποτελεσματικά απεικονίζονται και χάρτες με την μοντελοποίηση των ρύπων των εκπομπών (NO_x, CO, HC) από οχήματα με συγκεντρώσεις πάνω σε οδικά δίκτυα και σε ευρύτερες περιοχές ακτίνας 1,5 χιλιομέτρων.

Ο Pearce J.M. et al (2007) με την βοήθεια της δωρεάν γεωγραφικής υπηρεσίας και θέασης δορυφορικών εικόνων και της 3D δεδομένων της Google Earth και με αφορμή την αναγκαστική μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο λόγω της κλιματικής αλλαγής, προχώρησε σε έρευνα μέσω δύο σεναρίων προσπαθώντας να εξασφαλίσει την εξοικονόμηση της ενέργειας των καυσίμων. Πρώτα με τη διαδρομή ενός οχήματος από ένα σημείο σε ένα άλλο, με κριτήριο την χαμηλότερη κατανάλωση σε καύσιμο, καθώς επίσης και την βελτιστοποίηση των δρομολογίων του στόλου των οχημάτων, όπως των ταχυδρόμων, της συλλογής των σκουπιδιών κλπ, με κριτήριο την απόδοση των καυσίμων σε κατώτατο όριο. Για την εύρεση της διαδρομής με κριτήριο το καύσιμο βασίστηκε σε συντελεστές όπως: της απόστασης, του τύπου των δρόμων, της ταχύτητας, της αλλαγής υψομέτρου, του τύπου του οχήματος και του φορτίου (σε κιλά) του οχήματος. Το εργαλείο αυτό παρέχει δυνατότητες για περιβαλλοντική εκπαίδευση, καθώς μέσα από την απεικόνιση και την χαρτογράφηση των αποτελεσμάτων υπάρχει αντίληψη των ανθρώπων για την κατανάλωση καυσίμου του ταξιδιού τους. Θα μπορούν εύκολα να την μεταφράζουν σε κόστος και οικονομική αξία της διαδρομής. Τέλος, θα αποκτήσουν μια περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση στην χρήση του κατανοώντας το οικολογικό αποτύπωμα των μεταφορών ανάλογα με το ύψος της κατανάλωσης και των εκπομπών αερίων που παράγουν αντίστοιχα.

Δεύτερον, μέσα από την δυνατότητα της υπηρεσίας GE και την δημιουργία των αρχείων Keyhole Markup Language (KML), αρχεία παραγόμενα από Extensible Markup Language (XML), μπορεί να γίνει ανάλυση ως προς τον προσδιορισμό: α) των πρώτων υλών και την διάθεση των προϊόντων σε σχέση με την θέση τους και β) των κατάλληλων μέσων μεταφοράς των προϊόντων σε συνάρτηση με τις εκπομπές αερίων που θα παράγονται. Αυτό αποσκοπεί στην μείωση της ενέργειας των μεταφορών στον κύκλο ζωής των προϊόντων τους. Έτσι, μέσα από τον υπολογισμό και την οπτικοποίηση των παραγωγών ανά τον κόσμο, ενός αγαθού ή υλικού, οι καταναλωτές θα μπορούν μέσα από αυτό το εργαλείο να αναζητήσουν τους παραγωγούς (με διάθεση κοινών προϊόντων), έχοντας ως κριτήριο τη χαμηλότερη κατανάλωση της ενέργειας αλλά και τον οικονομικότερο τρόπο μεταφοράς τους.

Σε μια έρευνα στον Καναδά (Potoglou et al 2005) και συγκεκριμένα στην πόλη Χάμιλτον, δείχνει: Πρώτον, ότι ένα ολοκληρωμένο αστικό μοντέλο μπορεί να επεκταθεί και χαρτογραφήσει την ατμοσφαιρική ρύπανση του αέρα της κυκλοφορίας, χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό του μοντέλου της διασποράς και της χωρικής ανάλυσης. Δεύτερον, δείχνει τον τρόπο της εφαρμογής ενός μοντέλου διασποράς Gaussian σε συνδυασμό με την χωρική ανάλυση παρέχει υψηλότερη χωρική ανάλυση και συντομεύει τον υπολογιστικό χρόνο.

Τα χαρακτηριστικά της χρήσεως της Γης και του δικτύου των μεταφορών στη συμβολή της κυκλοφορίας στη ρύπανση του αέρα αποτελεί μια πόρτα για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το μονοξείδιο του άνθρακα (αποτελέσματα ατελούς καύσης) είναι ο ρύπος που μελετάται. Για την χρήση της γης χρησιμοποιεί για την μεθοδολογία του, πληροφορίες γης σχετικά με τις υποδομές των μεταφορών, το κόστος των ταξιδιωτικών ευκαιριών και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της κοινωνίας, δεδομένα που είναι τα καλά για την μοντελοποίηση των αλλαγών των χρήσεων γης, της ροής της κυκλοφορίας και της μέσης ταχύτητας. Συμπερασματικά, γίνεται μια προσέγγιση για την αλληλεπίδραση των μεταφορών στις εκτιμήσεις των εκπομπών των οχημάτων και αξιολόγηση τους στη συμβολή της ποιότητας του αέρα.

Ο Steen Solvang Jensen et al (2001) παρουσιάζει ένα πρωτότυπο μοντέλο συστήματος με την υποστήριξη των τοπικών αρχών, μεγάλων πόλεων της Δανίας, μοντελοποιώντας σε ψηφιακούς χάρτες υψηλής ανάλυσης την ποιότητα του αέρα, την ατμοσφαιρική ρύπανση και την έκθεση ως προς τους ανθρώπους σε μεμονωμένες διευθύνσεις κατοικίας ή εργασίας και στους δρόμους γενικότερα. Το μοντέλο φέρει το όνομα AIRGIS. Οι εκπομπές των ρύπων της κυκλοφορίας υπολογίζονται βάση των εκπομπών σε ωριαία δεδομένα κίνησης και το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιεί προκαθορισμένες τιμές για κάθε όχημα ξεχωριστά και ορίζονται σε εκπομπές ανά χιλιόμετρο ανάλογα με την ταχύτητα οδήγησης. Τα δεδομένα του δρόμου είναι στατικά δεδομένα, όπως το πλάτος του δρόμου, το ύψος των κτηρίων, η κατεύθυνση του δρόμου κλπ. Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από κοντινό παρατηρητήριο (αν υπάρχει), ή αλλιώς από το Αεροδρόμιο της πόλης. Ως βάση δεδομένων χρησιμοποιούνται όλα τα διοικητικά δεδομένα των πόλεων όπως: κατοικίες και κτήρια, όρια ιδιοκτησίας, διευθύνσεις, πληθυσμιακά δεδομένα, εργατικό δυναμικό και δεδομένα αστικής κυκλοφορίας και οδικού κώδικα από όλους τους φορείς και τις υπηρεσίες. Το πρότυπο σύστημα μπορεί να χαρτογραφήσει και να απεικονίσει την ποιότητα του αέρα και την ατμοσφαιρική ρύπανση μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου αλλά και θέσης. Για παράδειγμα η απεικόνιση ενός

συγκεκριμένου ρύπου (πχ βενζόλιο) πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή της πόλης και η επισκόπηση των περιοχών με υψηλά αλλά και χαμηλά επίπεδα τιμών ανάλογα με τα κτήρια και τον φόρτο της περιοχής για κατανόηση των εκτιμώμενων τιμών. Δυο δρόμοι με το ίδιο φορτίο και το ίδιο αριθμό συγκέντρωσης ρύπων, μπορεί να έχει διαφορετική τιμή ανάλογα με τους τύπους των οχημάτων που βρίσκονται, καθώς επίσης και ο αριθμός των ατόμων που εκτίθενται περισσότερο σε δρόμους να είναι διαφορετικός από περιοχή με μεγαλύτερη πληθυσμιακή κατανομή. Το σύστημα είναι ένα δυνατό εργαλείο για την αξιολόγηση των διαφόρων επιλογών σχετικά με την ποιότητα του αέρα και της ρύπανσης γεωγραφικά, καθώς αποτελεί και εργαλείο για την εύρεση και εγκατάσταση ενός νέου παιδικού σταθμού με την χαμηλότερη έκθεση των παιδιών στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Το 2004 (Αραμπατζής Γ et al.) στην πόλη της Αθήνας ενσωματώνεται ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων σε ένα ΓΣΠ για την ανάλυση και την αξιολόγηση των διάφορων πολιτικών των μεταφορών. Αποτελεί εργαλείο για την εκτίμηση των επιπτώσεων της οδικής κυκλοφορίας τόσο στην ανάπτυξη μιας νέας πολιτικής για την χρήση και την προώθηση των ΜΜΜ όσο και για περιβαλλοντικά θέματα όπως την πρόβλεψη των εκπομπών των ρύπων των στόλων των οχημάτων και την κατανάλωση ενέργειας. Έτσι τίθενται 2 ερωτήματα: Το πρώτο αφορά περιοχή μεγάλης κλίμακας όπου το πλήθος της παραγωγής των διαδοχικών δεδομένων είναι απαγορευτικά (θεωρητικά) λόγω της πολυπλοκότητας. Το δεύτερο έχει σχέση με την διαχείριση των χωρικών δεδομένων όπως, τις ζώνες προέλευσης και προορισμού, τη συνολική ζήτηση των μετακινήσεων κάθε ζώνης, τον τρόπο μετακίνησης στο δίκτυο μεταφορών. Αυτά τα ερωτήματα επιλύονται και απαντώνται με την χρήση των νέων τεχνολογιών των ΓΠΣ. Τα ΓΣΠ, τα οποία έχουν την δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων καθώς και ανάλυσης αυτών και αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα σημαντικό για το μοντέλο των μεταφορών.

Ο Gilberto Tavares et al (2008) μελέτησε την περιοχή της νήσου Santo Antao, Cape Verde που βρίσκεται δυτικά της Αφρικής στον Ατλαντικό Ωκεανό και ασχολήθηκε (κάνοντας χρήση ΓΣΠ και τρισδιάστατου μοντέλου), με την διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων και τις βέλτιστες διαδρομές των οχημάτων συλλογής απορριμμάτων με κριτήριο την χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου της περιοχής. Στην συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάστηκε με σαφήνεια η μεγάλη χρησιμότητα της μοντελοποίησης, της επεξεργασίας και της ανάλυσης των ΓΠΣ, καθώς και η σημασία του ανάγλυφου της περιοχής, των κλίσεων των δρόμων και το φορτίο του οχήματος, ως παράγοντες υπολογισμού της κατανάλωσης του καυσίμου. Συμπερασματικά δείχνει, ότι δεν αποτελεί απαραίτητο για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης των καυσίμων το κριτήριο της

βέλτιστης ή της πιο σύντομης διαδρομής, καθώς οι παράγοντας κλίση εδάφους και το φορτίο του οχήματος είναι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι με την βέλτιστη διαδρομή ως κριτήριο για τα βαρέως τύπου οχήματα συλλογής απορριμμάτων υπήρξε εξοικονόμηση της τάξης 9%, ενώ με κριτήριο την κατανάλωση καυσίμου και του ανάγλυφου και του φόρτου, η εξοικονόμηση ήταν 52%.

Το επόμενο έτος, το 2009 ο Tavares et al, για την νήσο Σαντιάγο (Santiago) και την πόλη Πράια (Praia), χρησιμοποίησε τα ΓΣΠ και του τρισδιάστατου μοντέλου για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης των καυσίμων. Χρησιμοποιήθηκαν λεπτομερείς στοιχεία δυσδιάστατου οδικού δικτύου με πληροφορίες γεωγραφικών αντικείμενων, κόμβων, τόξων, πολύγραμμων και προσδιορίστηκε η γεωγραφική έκταση κάθε οδού καθώς εισήχθη και το υψόμετρο για το τρισδιάστατο μοντέλο. Για τον υπολογισμό του καυσίμου χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές του προγράμματος της Ε.Ε. COPERT III, έλαβε υπόψη πέραν από την εξέταση των συγκεκριμένων οχημάτων και τις διαφορετικές συνθήκες οδήγησης, το φορτίο και την κλίση του εδάφους. Μέσα από δυο διαφορετικά σενάρια μοντελοποίησε και υπολόγισε την διαδρομή με την ελάχιστη κατανάλωση καυσίμων για 2 προκαθορισμένες θέσεις. Πρώτον για την συλλογή των απορριμμάτων από την πόλη και τη μεταφορά τους στην απόθεση των απορριμμάτων και δεύτερο για την μεταφορά των απορριμμάτων από τους δήμους στο σημείο αποτέφρωσης των απορριμμάτων. Αποτελεσματικά οι διαδρομές που απεικονίζονται ως βέλτιστες παρουσιάζουν διάφορες συγκριτικές όπως η βελτιστοποίηση στο δυσδιάστατο μοντέλο είναι ευνοημένη +1,8%. Το ίδιο ισχύει και για το τρισδιάστατο. Όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμου εξοικονομεί 8% με δυο παράγοντες της τιμής αυτής, την μείωση της διανυθείσας απόστασης που είναι της τάξης 9% και την οριζόντια απόσταση της τάξης του 16%. Η τελική βελτιστοποίηση σύμφωνα με τα ίδια κριτήρια για την μικρότερη απόσταση είναι μειωμένη κατά 29% για το τρισδιάστατο μοντέλο, ενώ για την χαμηλότερη κατανάλωση είναι κατά 16%. Η χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου του οχήματος επιτυγχάνεται διανύοντας την μεγαλύτερη απόσταση και αποδεικνύοντας ότι η κλίση του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στις καταναλώσεις.

Οι Χαλκιάς Χ., Λαζαρίδη Κ. (2009) στην περιοχή της Νίκαιας Αττικής ασχολήθηκαν με την βελτιστοποίηση διαδρομής οχήματος και την επανατοποθέτηση των κάδων των απορριμμάτων με κριτήριο την βέλτιστη διαδρομή και την εξοικονόμηση του καυσίμου για τη συλλογή απορριμμάτων με οχήματα φορτηγά βαρέως τύπου (16τ), κάνοντας χρήση ΓΠΣ και της εργαλειοθήκης Ανάλυσης Δικτύου. Μελετήθηκαν δύο σενάρια. Στο πρώτο

έγινε σύγκριση της εμπειρικής διαδρομής της συλλογής των απορριμμάτων με τη βέλτιστη προτεινόμενη διαδρομή. Στο δεύτερο έγινε ανακατανομή των θέσεων των κάδων και εύρεση εκ νέου της βέλτιστης διαδρομής. Ως δεδομένα εισαγωγής σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων χρονολογίας 1998-2007: η πυκνότητα πληθυσμού, το ποσοστό παραγωγής αποβλήτων μικτών και συγκεκριμένης ροής, ο αριθμός, ο τύπος και η θέση των κάδων απορριμμάτων, το οδικό δίκτυο και η κινητικότητα του, η τρέχουσα δρομολόγηση αποκομιδής, ο φόρτος των οχημάτων και τα χαρακτηριστικά του, τα γεωγραφικά σύνορα και τα χαρακτηριστικά των τομέων αποκομιδής των απορριμμάτων. Επίσης, τα περιγραφικά δεδομένα που εισήχθησαν είναι: το όνομα της οδού, ο τύπος της οδού, η μέση ταχύτητα του οχήματος, ο χρόνος της μετακίνησης, η κλίση του δρόμου, ο αριθμός των κάδων, το είδος και η χωρητικότητα του κάδου, οι συλλογές του κάδου την ώρα. Τέλος, δίνονται πληροφορίες σχετικά με το κώδικα οδικής κυκλοφορίας, τις τοπογραφικές συνθήκες, και τον φόρτο. Αποτελεσματικά η έρευνα έδειξε σύμφωνα με το πρώτο σενάριο υπήρχε μείωση 5.5% ως προς την απόσταση της προτεινόμενης βέλτιστης διαδρομής σε σχέση με την εμπειρική. Ενώ στο δεύτερο σενάριο με την επανατοποθέτηση των κάδων σε ευνοϊκότερες θέσεις έδειξε μείωση της τάξης 12.5% της αρχικής απόστασης. Σε σχέση με τον χρόνο υπήρχε μείωση της τάξης 3% στο πρώτο σενάριο και 17% στο δεύτερο σενάριο. Συμπερασματικά αποδείχτηκε ότι τα εργαλεία των ΓΠΣ για την ανάλυση δικτύου είναι πολύ καλύτερα και συμβάλουν στη λήψη αποφάσεων όσον αφορά τις μεταφορές και την αποκομιδή των απορριμμάτων με τις βέλτιστες διαδρομές. Επίσης, η βέλτιστη διαδρομή έχει αισθητή διαφορά σε σχέση με μια εμπειρική προσέγγιση που γίνεται για την εξοικονόμηση του κόστους σε χρήματα άλλα και του περιβαλλοντικού οφέλους ως προς την κοινωνία.

Η Jennifer Armstrong et al (2004), ερευνήσε την περιοχή της πρωτεύουσας του Καναδά κάνοντας χρήση των ΓΠΣ, αναφέροντας ότι τα ΓΣΠ είναι ένα αξιόπιστο εργαλείο για την ανάλυση δικτύου αλλά και για τη λήψη αποφάσεων μέσα από ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τις μεταφορές και μέτρα που χρειάζονται για την μείωση των εκπομπών αερίων των οχημάτων. Με την βοήθεια ενός προγράμματος μακροεντολών (EMME/2) έγινε η διαδικασία μοντελοποίησης λαμβάνοντας υπόψη: το μήκος του ταξιδιού, την μέση ταχύτητα και το φόρτο της κάθε σύνδεσης. Στο σύστημα υπολογίστηκαν 258 ζώνες κυκλοφορίας. Εκτός από δεδομένα κίνησης το μοντέλο περιείχε και δεδομένα όπως: τον τύπο οχήματος, το κλίμα και τα χαρακτηριστικά των καυσίμων για την περιοχή. Μέσα από κάποια σενάρια για τα μοντέλα ταξιδιού και τα μοντέλα εκπομπών αερίων του οχήματος σύμφωνα με έρευνες του Πανεπιστημίου Οτάβα και του μοντέλου κινητικότητας του

Καναδά, μας έδειξε πως χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και για την πολιτική των μεταφορών για την ορθή λήψη αποφάσεων. Συμπερασματικά μέσα από απεικονίσεις χαρτών, κατέληξε ότι η αύξηση των εκπομπών που προκύπτει με κριτήριο την ανεπάρκεια των υποδομών είναι κυρίως λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης του δρόμου.

Ο Les W. Kuzyk et al (2011) υπολόγισε σε μια περιοχή ενός χωριού του Καναδά χρησιμοποιώντας τα ΓΣΠ για την οπτικοποίηση και στοιχεία από την Καναδική στατιστική υπηρεσία (η οποία είναι πλήρης με πλήθος ρεαλιστικών στοιχείων για όλη την σειρά), το οικολογικό αποτύπωμα των κοινωνιών σε σχέση με την κινητικότητα και την κατανάλωση ΔΑ συγκρίνοντας το με το εισόδημα του νοικοκυριού σαν πηγή μέτρου για το περιβαλλοντικό κόστος. Αποτελεσματικά η συσχέτιση του εισοδήματος με την κατανάλωση και την βιωσιμότητα είναι σε διάφορες κλίμακες και επιβεβαιώνεται το στοιχείο του εισοδήματος ως έγκυρο υπολογισμού. Το κριτήριο εισοδήματος από μόνο του αποδείχτηκε ότι δεν αντιπροσωπεύει το οικολογικό αποτύπωμα, αλλά η συσχέτιση του με την κατανάλωση είναι αντιπροσωπευτική. Κοινωνίες με μεγαλύτερο εισόδημα είναι πιο καταναλωτικές σε όλους τους τομείς από ότι άλλες κοινωνίες. Δεν είναι απόλυτο όμως αυτό καθώς ποικίλει ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή. Σε εθνικό επίπεδο μπορεί να γίνει μια εκτίμηση σε ποιους τομείς είναι περισσότερο βιώσιμη μια περιοχή σε σχέση με κάποιες άλλες.

Σε μια μεταπτυχιακή διατριβή στην Γερμανία η Eva Zimmermann (2010) της Σχολής Γεωπληροφορικής και Τεχνολογίας και οικονομίας του τμήματος Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του πανεπιστημίου Karlsruhe, ανέπτυξε έναν κώδικα προγραμματισμού περιβάλλοντος αυτοματοποίησης ανάλυσης δικτύου και σύνδεσης του λογισμικού ArcMap ESRI με το ανοικτό λογισμικό γεωγραφικών υπηρεσιών του Open street map (OSM). Τα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως: περιορισμοί, μονοδρομήσεις, στροφές, εμπόδια και μεγίστη ταχύτητα χρησιμοποιήθηκαν με υπόβαθρο τα αρχεία OSM, ώστε να δημιουργηθούν δίκτυα μεταφοράς για κάθε τρόπο μετακίνησης (IX, ποδήλατο, πεζός) και σε κάθε περιοχή. Επισημάνθηκε γίνεται ότι η βάση OSM ήταν περιορισμένη σε σχέση με τα εμπορικά λογισμικά και δεν περιλάμβανε ορισμένες εφαρμογές ανάλυσης δικτύου. Για παράδειγμα στη μετακίνηση με τύπο οχήματος Φορτηγό δεν περιλαμβάνει περιορισμούς όπως το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος και το ύψος των δρόμων και ακόμη για κάποια κράτη δεν υπάρχει πλήρη χαρτογράφηση και στοιχεία των οδικών δικτύων πέραν των κεντρικών οδών. Εκτός από την Γερμανία και Μεγάλη Βρετανία που έχουν χαρτογραφηθεί πολύ καλά.

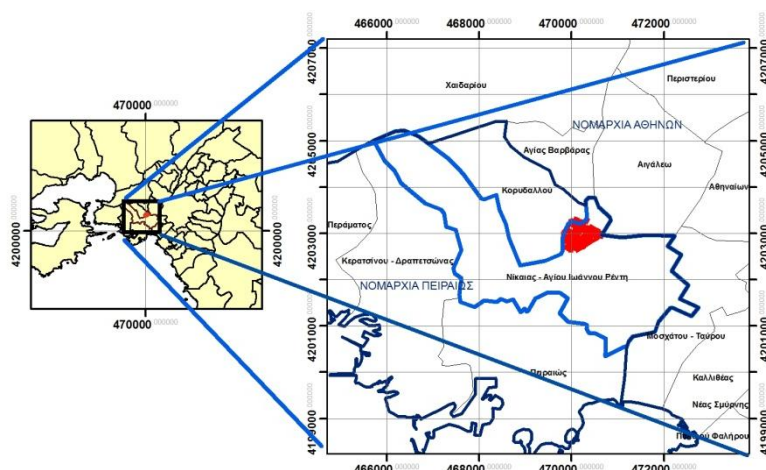
Κλείνοντας το κεφάλαιο, ο Chi G et al, 2013, σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα στις ΗΠΑ και συγκεκριμένα στο Houghton Country του Μίσιγκαν, σε τοπικό επίπεδο, προσεγγίζει την εκτίμηση του οικολογικού αποτυπώματος για τους αυτοκινητόδρομους χωρίς να υπάρχουν γεωγραφικά στοιχεία και δεδομένα. Κάνοντας χρήση των τεχνολογιών των ΓΠΣ και συγκεκριμένα της επέκτασης Ανάλυσης δικτύου (Network analyst) και της παρεμβολής (Krigging). Έτσι με την βοήθεια των εργαλείων της Ανάλυσης δικτύου υπολογίστηκε η απόσταση των σταθμών παρακολούθησης κυκλοφορίας καθώς και η απόσταση του κάθε σταθμού σε σχέση με τους δρόμους (μέθοδος υπολογισμού πιο ακριβής σε σχέση με την ευθεία γραμμή). Επίσης έγινε εισαγωγή έξι κριτηρίων για την εύρεση του οικολογικού αποτυπώματος: ο παράγοντας μετατροπής του άνθρακα, ο παράγοντας κατασκευής ενός δρόμου και της συντήρησής του (+45% Δ.Α.), ο συντελεστής παραγωγής των δασών (3.5τμ για απομόνωση 1 λίτρου βενζίνης), ο τύπος οχήματος, η αποδοτικότητα του κάθε οχήματος και ο αριθμός του φόρτου κυκλοφορίας. Έγινε υπολογισμός για 2000 οχήματα που διαπερνούν την περιοχή μέσα από 91 σταθμούς παρακολούθησης της κυκλοφορίας για την καλύτερη στάθμιση των κινούμενων οχημάτων και των οδικών δικτύων. Είχε ως αποτέλεσμα την απεικόνιση (όχι λεπτομερής αλλά μιας συνολικής ιδέας) της έκτασης της γης που απαιτείται για να απομονώσει το ΔΑ που εκπέμπεται από τις ροές της κυκλοφορίας στον ανοιχτό δρόμο καθώς και την σύγκριση των αποτυπωμάτων μέσα από την χαρτογραφική απεικόνιση των οδικών σημείων (hotspot) στο δίκτυο με τη παρουσία μεγαλύτερου ή μικρότερου αποτυπώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1.Περιοχή Μελέτης

Ο Δήμος Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη βρίσκεται στη νοτιοδυτική περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας. Ανήκει διοικητικά στην Περιφερειακή ενότητα του Πειραιά της Περιφέρειας και Αποκεντρωμένης Διοίκησης της Αττικής και συνορεύει με την Περιφερειακή Ενότητα των Αθηνών. Γεωγραφικά ως προς τα Δημοτικά Διαμερίσματα συνορεύει Βόρεια με το δήμο Αγίας Βαρβάρας, βόρειο-ανατολικά με το δήμο Αιγάλεω, ανατολικά με το δήμο Μοσχάτου και Ταύρου, νότια με το δήμο Πειραιώς και δυτικά με το δήμο Κερατσινίου - Δραπετσώνας και βόρειο - δυτικά με το δήμο Κορυδαλλού. (Εικ.40)

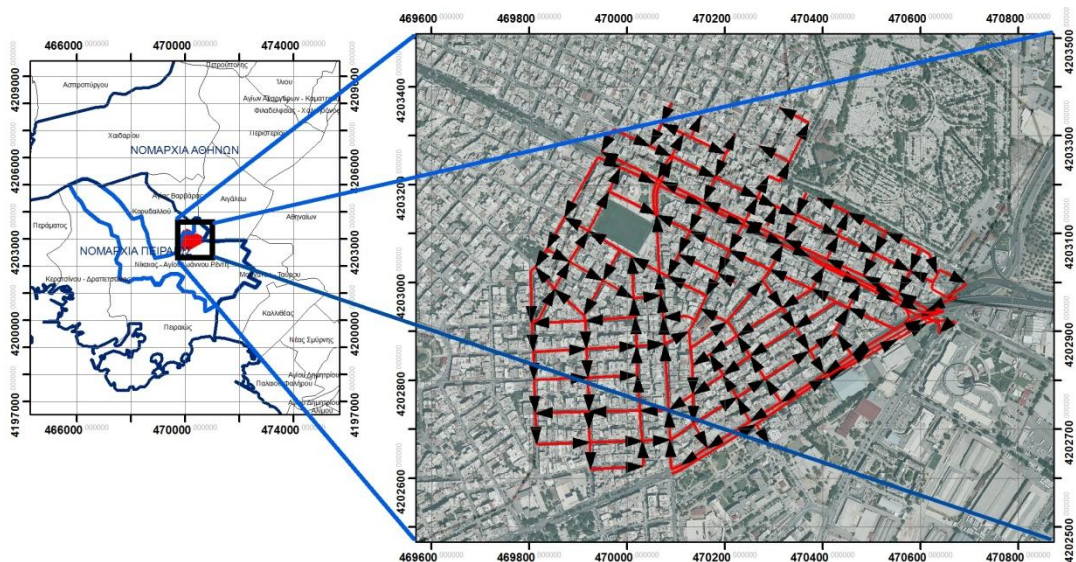


Εικόνα 40. Γειτονικοί δήμοι Νίκαιας - Αγ. Ιωάννη Ρέντη

Σύμφωνα με την απογραφή του 2001 αριθμεί 93086 κατοίκους και σύμφωνα με την πρόσφατη απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 105430 κατοίκους του ευρύτερου Δήμου Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη. Η πληθυσμιακή ανάπτυξη είναι αποτέλεσμα της εγκατάστασης των εξωτερικών μεταναστών καθώς και της συνένωσης του Δήμου από δήμο Νίκαιας σε κοινή ονομασία δήμο Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη. Στις κύριες οδούς συμπεριλαμβάνονται οι λεωφόροι Γρηγορίου Λαμπράκη και Πέτρου Ράλλη που συνδέονται μεταξύ τους.

Το συνολικό εμβαδό του δήμου πριν τον Καλλικράτη ήταν περίπου 9.5 τ.χλμ ενώ σήμερα με την συνένωση σε ευρύτερο Δήμο Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη ανέρχεται σε 11.20 τ. χλμ.

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο Δήμο Νίκαιας -Αγίου Ιωάννη Ρέντη (μικρό ποσοστό στα βόρεια οδικά τμήματα ανήκουν στο Δήμο Κορυδαλλού) και συγκεκριμένα στη συνοικία Άσπρα Χώματα Νίκαιας, συνορεύει βόρεια και βορειοδυτικά με κορυδαλλό και συνοικία Αγίου Γεωργίου κορυδαλλού, Νότια με συνοικία Νέα κοκκινιά , δυτικά ευρύτερη περιοχή Νίκαιας και ανατολικά με τον άγιο Ιωάννη Ρέντη και την εμπορική αναπτυξιακή περιοχή της περιοχής και αναπτυξιακή περιοχή Νέου Αιγάλεω.



Εικόνα 41. Χάρτης οδηγός περιοχής μελέτης

Ως προς την τοπογραφία του, η περιοχή μελέτης αυτή του συνοικισμού Άσπρα χώματα Νίκαιας είναι επίπεδη, χωρίς ιδιαίτερα απότομες κλίσεις και αλλαγές υψομέτρου. Υψομετρικά, ξεκινώντας από νοτιανατολικά ανέρχεται σε 20 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και πηγαίνοντας προς τα δυτικά στα όρια περιοχής ανέρχεται τα 40 μέτρα, σε επίπεδο δήμου το υψόμετρο δυτικά φθάνει και τα 200 με 220 μέτρα στους πρόποδες του Αιγάλεω όρους.

Ως προς το συγκοινωνιακό, όπως αναφέραμε περικλείεται από 2 κεντρικούς δρόμους εθνικής κυκλοφορίας Πέτρου Ράλλη και Γρηγορίου Λαμπράκη όπου στο σημείο ένωσης τους είναι το όριο της περιοχή μελέτης. Υπάρχει και δεύτερου τύπου οδικό δίκτυο όπου είναι η οδός Χρυσοστόμου Σμύρνης που διασχίζει κάθετα την περιοχή. Το υπόλοιπο δίκτυο αποτελείται από το αστικό δίκτυο δρόμων και τις μονοδρομήσεις κατά το πλείστον.



Εικόνα 42. Φωτογραφίες οδών περιοχής μελέτης

(βλέπε Παράρτημα Β σελ206)

5.2.Δεδομένα – Μεθοδολογία

Αρχικά για να εφαρμόσουμε την δρομολόγηση είναι απαραίτητη η σχεδίαση ενός πλήρους γραμμικού αρχείου, αυτό του δικτύου της περιοχής της μελέτης και όλοι οι δρόμοι που θα συμμετέχουν στο δίκτυο να είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους σωστά και χωρίς διακοπή (κενό) ώστε να είναι δυνατή η προσομοίωση τους σε ένα λογικό δίκτυο. Στα πλαίσια της έρευνας (Χαλκιάς Χ, Λαζαρίδη Αικ.2009) για την βέλτιστη διαδρομή συγκομιδής των κάδων στο Δήμο Νίκαιας, δημιουργήθηκε ένα πλήρες οδικό δίκτυο. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης βασιστήκαμε στο συγκεκριμένο οδικό δίκτυο της Νίκαιας με ορισμένες τροποποιήσεις και προσθήκες σύμφωνα με τα κριτήρια της μελέτης πάνω στο γραμμικό σχηματικό αρχείο αλλά και στον περιγραφικό πίνακα του.

Για τις ανάγκες της μελέτης ορισμένες εργασίες έγιναν στο πεδίο της περιοχής. Συγκεκριμένα, έγινε έλεγχος για τις διευθύνσεις των οδών και οι απαραίτητες διορθώσεις σχετικά με ορισμένους οδικούς άξονες του δικτύου όπου έχει αλλάξει η διεύθυνση των μονοδρομήσεων τους. Το γραμμικό δίκτυο αποτελείται από 272 επιμέρους τμήματα και όλα μαζί απαρτίζουν το τελικό οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης με 18.55 χιλιόμετρα συνολικού μήκους.

Στην συνέχεια έγινε αποτύπωση σε κάθε κομβικό σημείο (διασταυρώσεις) και εκεί που παρατηρούνται διακριτές αλλαγές υψομέτρου κατά μήκος του οδικού δικτύου, του υψομέτρου με τη χρήση GPS χειρός (GARMIN ETREX VISTA) ακρίβειας Z: 2- έως 3 μέτρα (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης2 σελ188). Με την καταγραφή του υψομέτρου με GPS και με ακρίβεια στο Z της τάξης των 2 μέτρων μπορούμε να έχουμε μια λεπτομερής πληροφορία του υψομέτρου και του ανάγλυφου τις περιοχής σε σχέση με τις ισοϋψείς καμπύλες των τοπογραφικών χαρτών της ΓΥΣ. Η πληροφορία εισήχθη ως ένα σημειακό σχηματικό αρχείο (shape file) γεωγραφικής και περιγραφικής πληροφορίας στο πρόγραμμα με τα γνωστά σημεία (XY) και την πληροφορία υψομέτρου (Z) για κάθε κομβικό σημειακό σημείο της αποτύπωσης. Το πεδίο αυτό έχει την μορφή του πίνακα (Πιν.16).

A/A(ID)	Σχήμα	Ονομασία Σημείου	X	Y	Z
1	Σημείο	Διασταύρωση Γ. Λαμπράκη -Χρ. Σμύρνης	470062.831	4203211.018	33.9
2	Σημείο	Διασταύρωση Π. Ράλλη -Χρ. Σμύρνης	470090.534	4202617.682	23.7
3	Σημείο	Επί της Οδού Αμαλίας(μεταξύ Σανταρόζα-Δραγατσανιού	470272.08	4202920.061	37.97

Πίνακας 16.Πεδία σημείων αποτύπωσης υψομέτρου

Στη συνέχεια αποτυπώθηκαν οι στάσεις των αστικών λεωφορείων (ΟΑΣΑ) που διασχίζουν την περιοχή (σημειακό αρχείο) καθώς και ψηφιοποιήθηκαν τα δρομολόγια των λεωφοριογραμμών (γραμμικό αρχείο). Από την περιοχή μελέτης περνούν 8 δρομολόγια - γραμμές των αστικών λεωφορείων. Επίσης έγινε καταγραφή του ημερήσιου φόρτου των δρομολογίων ξεχωριστά, από την επίσημη ιστοσελίδα του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (ΟΑΣΑ). Τα συνολικά στοιχεία απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.17):

Αριθμός Λεωφορείου	Διαδρομή	Φόρτος Ημέρας
<u>820</u>	ΚΕΡΑΤΣΙΝΙ - ΣΤ. ΜΕΤΡΟ ΑΙΓΑΛΕΩ (ΤΟΠΙΚΗ)	40
<u>827</u>	ΠΕΙΡΑΙΑΣ - Γ' ΝΕΚΡΟΤ. - ΑΣΠΡΑ ΧΩΜΑΤΑ (ΚΥΚΛΙΚΗ)	33
<u>828</u>	ΠΕΙΡΑΙΑΣ - ΑΣΠΡΑ ΧΩΜΑΤΑ - Γ' ΝΕΚΡΟΤ. (ΚΥΚΛΙΚΗ)	31
<u>831</u>	ΠΕΙΡΑΙΑΣ – ΑΙΓΑΛΕΩ	56
<u>852</u>	ΝΕΑΠΟΛΗ - ΣΤ. ΜΕΤΡΟ ΑΙΓΑΛΕΩ (ΚΥΚΛΙΚΗ)	41
<u>860</u>	Π. ΦΑΛΗΡΟ-ΓΕΝ. ΚΡΑΤΙΚΟ ΝΙΚΑΙΑΣ-ΣΧΙΣΤΟ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ	36
<u>B18</u>	ΟΜΟΝΟΙΑ - ΠΕΡΑΜΑ (Μέσω Π. ΡΑΛΛΗ)	56
<u>Γ18</u>	ΟΜΟΝΟΙΑ - ΠΕΡΑΜΑ (Μέσω ΓΡ. ΛΑΜΠΡΑΚΗ)	57

Πίνακας 17.Αριθμός και Φόρτος διαδρομών αστικών λεωφορείων (ΟΑΣΑ)

Το πεδίο των σημείων και οι πληροφορίες των στάσεων της περιοχής καθώς και πια δρομολόγια λεωφορείων εξυπηρετούν την κάθε στάση όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα έχει την παρακάτω μορφή του πίνακα (Πιν.18):

A/A(ID)	Σχήμα	Ονομασία	Οδός	X	Y	Αριθμός Λεωφορείου	Φόρτος Ημέρας
1	Σημειακό	Γ. Νεκροταφείο	Γρ. Λαμπράκη	470529.142	4203001.238	Γ18	57
2	Σημειακό	Κρατικό Νοσοκομείο	Π. Ράλλη	470125.198	4202659.382	820,852,B18	40,41,56
3	Σημειακό	Αγ. Τριάδα	Χρ. Σμύρνης	470082.559	4202906.984	827,828,831,860	33,31,56,36

Πίνακας 18.Πεδία στάσεων αστικών λεωφορείων (ΟΑΣΑ)

5.3.Μεθοδολογία

Μετά την συλλογή των δεδομένων όπως περιγράψαμε παραπάνω, προχωρήσαμε σε εργασίες γραφείου και σε επεξεργασία των δεδομένων ώστε να είναι συμβατά για την εισαγωγή και την δημιουργία του λογικού δικτύου τόσο σχεδιαστικά όσο και περιγραφικά. Για την καλύτερη λειτουργικότητα ως προς τον γεωγραφικό προσανατολισμό χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Συντεταγμένων του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87). Τα όρια της περιοχής της μελέτης παρουσιάζονται παρακάτω:

	Πάνω(Y)	
	4203400	
Αριστερά(X)		Δεξιά(X)
469600		470800
	Κάτω(Y)	
	4202600	

Έπειτα στο υπάρχον υπόβαθρο του οδικού δικτύου, ύστερα από αλλαγές και επεξεργασία του σχεδιαστικού μέρους, δημιουργήθηκε το αρχείο με τις περιγραφικές πληροφορίες από το οποίο προήλθε η χωρική βάση δεδομένων του δικτύου δρομολόγησης για τα 272 επιμέρους τμήματα. Τα πεδία που εισήχθησαν με το όνομα, τον τύπο, τις τιμές και την περιγραφή τους σε αρχικό στάδιο απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.19):

Όνομα πεδίου	Ενδεικτική Τιμή Πεδίου	Περιγραφή Πεδίου	Τύπος Πεδίου
ID	1	Μοναδικός Κωδικός(*κλειδί)	Object Id
Shape	Γραμμικό	Τύπος Σχήματος	Geometry
NAME	PETROY RALLI	Ονομασία Οδού Αγγλικά	String
NAMEGR	ΠΕΤΡΟΥ ΡΑΛΛΗ	Ονομασία Οδού Ελληνικά	String
FROMLEFT	1	Αρίθμηση Οδού από αριστερά	Double
TOLEFT	9	Αρίθμηση Οδού προς αριστερά	Double
FROMRIGHT	2	Αρίθμηση Οδού από δεξιά	Double
TORIGHT	10	Αρίθμηση Οδού προς δεξιά	Double
TYPE	2	Τύπος Δρόμου	Double

LENGTH(km)	0.069	Μήκος οδικού τμήματος(Χλμ)	Double
AREA	11.194	Εμβαδόν Δήμου(τ.χλμ)	Double
PERIMETER	24.481	Περίμετρο Δήμου(Χλμ)	Double
Oneway	FT ή " "	Κατεύθυνση οδικού τμήματος	String
MINUTES_70	0.1388	Χρόνος διέλευσης οδικού τμήματος (Λεπτά)	Float
SPEED	30 ή 50 ή 70	Ταχύτητα ανά τύπο οδού(χλμ/ώρα)	Float

Πίνακας 19.Πεδίο – Τιμή – Τύπος – Περιγραφή δεδομένων οδικού δικτύου

Το πεδίο oneway έχει τιμές FT για την κατεύθυνση της οδού ως προς την κατεύθυνση της ψηφιοποίησης, ενώ με κενό (" ") για την διέλευση του οδικού δικτύου και από τις δύο πλευρές. Σημαντικό είναι ότι στην περίπτωση μας, υπήρχαν κατά πλείστον μονοδρομήσεις. Για την περίπτωση του υπολογισμού των κλίσεων με θετικό ή αρνητικό πρόσημο επιλέξαμε για την ορθή λειτουργία του υπολογισμού αποκλειστικά μονοδρομήσεις.

Το πεδίο της απόστασης (Length KM) υπολογίστηκε από την επιλογή Geometry Calculator για κάθε οδικό τμήμα και με την κατάλληλη μετατροπή του σε μονάδες Χιλιομέτρων.

Το πεδίο της ταχύτητας (Speed) παίρνει τιμές ανάλογα με τον τύπο του δρόμου. Έτσι στα οδικά δίκτυα τύπου 4 και 5 που η περιοχή της μελέτης αποτελείται κατά πλείστον, αντιστοιχήθηκε με μέση ταχύτητα 30 χιλιόμετρα την ώρα, για τύπου 3 που είναι η οδός Χρ. Σμύρνης, με 50 χλμ την ώρα και για τύπου 2 που αντιστοιχούν στις δυο Λεωφόρους, Γ. Λαμπράκη και Π. Ράλλη, με ταχύτητα 70 χιλιόμετρα την ώρα. (Σημείωση, πως για τον υπολογισμό στα Αστικά λεωφορεία επιλέχθηκε μέγιστη ταχύτητα τα 50χλμ την ώρα και σε τύπου 2 οδικά δίκτυα).

Για τον υπολογισμό του πεδίου του χρόνου διέλευσης (minute) του κάθε οδικού δικτύου, έγινε η πράξη του κλάσματος της απόστασης δια της ταχύτητας και η μετατροπή των μονάδων σε λεπτά.

Για τον υπολογισμό των κλίσεων δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με βάση τα τριγωνομετρικά σημεία υψομέτρου του κάθε κομβικού σημείου που καταγράφησαν στο πεδίο. Έτσι από την εργαλειοθήκη 3D Analyst και με την εντολή Create Tin from Feature δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης4 σελ190). Στην συνέχεια προστεθήκαν και νέα πεδία όπου υπολογίστηκε η γεωμετρία τους ως προς την αρχική τιμή για τον άξονα X και η τελική του καθώς και για τον Άξονα Y με την εντολή του περιγραφικού πίνακα Calculate Geometry. Για τον υπολογισμό της υψομετρικής τιμής έγινε η διάσπαση του γραμμικού σε σημειακού και με δειγματοληπτική εντολή Sample

πήρε τιμές από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τα σημεία αρχής και τέλους κάθε γραμμικού οδικού τμήματος.

Για τον υπολογισμό της κλίσης του κάθε οδικού τμήματος ξεχωριστά έγινε σύμφωνα με την εξίσωση του πυθαγόρειου θεωρήματος και την σχέση μεταξύ της απόστασης της ευθείας γραμμής και της διαφοράς του ύψους αρχής και τέλους. Γνωρίζοντας τις τιμές των συντεταγμένων (X και Y) που ξεκινάει η γραμμή και τις τιμές που τελειώνει, έχουμε την απόσταση του κάθε οδικού δικτύου. Υπολογίζοντας την υψομετρική διαφορά (Z) του σημείου αρχής και τέλους της γραμμής, πολλαπλασιαζόμενη επί 100, έχουμε ως αποτέλεσμα την ποσοστιαία κλίση του οδικού δικτύου με θετικό πρόσημο (+) για τις ανηφόρες (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης6 σελ192). και με αρνητικό πρόσημο (-) για τις κατηφόρες (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης7 σελ193). Στατιστικά στην περιοχή μας το 69% αποτελείται από ανηφόρες και κατηφόρες με κλίση έως 2% και το υπόλοιπο 31% με ανηφόρες και κατηφόρες το πολύ ως 4% κλίση. Τα νέα πεδία που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.20):

A/A(ID)	Τύπος Πεδίου	Περιγραφή Πεδίου
Xstart	Double	Τιμή του Άξονα X αρχικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Xend	Double	Τιμή του Άξονα X τελικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Ystart	Double	Τιμή του Άξονα Y αρχικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Yend	Double	Τιμή του Άξονα Y τελικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Zstart	Double	Τιμή του Άξονα Z αρχικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Zend	Double	Τιμή του Άξονα Z τελικού σημείου γραμμικού οδικού τμήματος
Slope_teli	Double	Τιμή σε ποσοστό % με αρνητικό ή θετικό πρόσημο (ανηφόρα ή κατηφόρα)

Πίνακας 20.Πεδία οριζοντιογραφικών και υψομετρικών σημείων αρχής και τέλους οδικού άξονα

Για τον υπολογισμό των επόμενων πεδίων που σχετίζονται με των τύπο των οχημάτων, δημιουργήθηκαν πεδία σχετικά με τις εξής κατηγορίες οχημάτων. Για τα επιβατικά βενζινοκίνητα οχήματα, μια κατηγορία έως 1400 και μια κατηγορία μεταξύ 1400-2000 κυβικών εκατοστών καθώς και μια κατηγορία για επιβατικά ντιζελοκίνητα κάτω των 2500 κυβικών εκατοστών. Για τα ελαφρά φορτηγά οχήματα κάτω των 3.5 τόνων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες τα βενζινοκίνητα και τα ντιζελοκίνητα. Ενώ μια κατηγορία για τα βαρέα

φορτηγά οχήματα από 3.5 τ. έως και 7.5 τόνων. Τέλος μια κατηγορία για τα αστικά λεωφορεία όπου το καύσιμο τους είναι ντίζελ μόνο.

Για το πεδίο της κατανάλωσης των καυσίμων δημιουργήθηκαν πεδία για τις αντίστοιχες κατηγορίες οχημάτων. Οι τιμές που εισήχθησαν είναι μέσες ενδεικτικές τιμές σε λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα μετατράπηκαν σε λίτρα ανά χιλιόμετρο και συγκριθήκαν με τιμές από τη βάση δεδομένων του Ηνωμένου Βασιλείου αλλά και από την βάση των κατασκευαστών οχημάτων (Πιν.21):

Τύπος Οχήματος	Βενζίνη (λίτρα/100 χλμ)	Ντίζελ (λίτρα/100 χλμ)
<1400 Κυβικά	5.9	4.5
1400-2000 Κυβικά	6.9	-
<2500 κυβικά	-	5.4
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	14.7	13.6
Βαρέα Φορτηγά 3.5 - 7.5 Τόνους	-	29.15
Αστικά Λεωφορεία	-	32

Πίνακας 21.Μέσες τιμές κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο οχήματος (λ/100χλμ)

Οι τιμές των εκπομπών των αέριων τόσο των άμεσων όσο και των έμμεσων που είναι το Δ.Α. υπολογιστήκαν για τις αντίστοιχες κατηγορίες των οχημάτων βασιζόμενοι στις εξισώσεις εκπομπών του A.J. Hickman (1999). Ο υπολογισμός αφορά την κατηγορία EURO I και για μεταχειρισμένα οχήματα 15ετίας και πάνω με συσσωρευμένη απόσταση σε μίλια κάτω από 100.000 και πάνω από 3000 μίλια.

Υπολογιστήκαν δύο από τις άμεσες εκπομπές αερίων, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO). Επίσης το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που είναι ο έμμεσος ρύπος. Αρχικά υπολογίστηκαν χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το κριτήριο της κλίσης του δρόμου για τους τύπους των οχημάτων που αναφέραμε.

Οι εξισώσεις για τα επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα είναι οι εξής ανά κατηγορία και τύπο οχήματος (Πιν.22).

Τύπο Οχήματος	Τύπος Αερίου (γρ/χλμ)	Εξίσωση	Όριο Ταχύτητας (χλμ/ώρα)	Τύπος Καυσίμου
<1400 Κυβικά	CO	$9.846 - 0.2867V + 0.0022V^2$	10-130	Βενζίνη
1400-2000 Κυβικά	CO	$9.617 - 0.245V + 0.001729V^2$	10-130	Βενζίνη
<2500 κυβικά	CO	$1.4497 - 0.03385V + 2.1E-04V^2$	10-120	Ντίζελ
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	CO	$0.0037V^2 - 0.5215V + 19.127$	5-120	Βενζίνη
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	CO	$0.000223V^2 - 0.026V + 1.076$	10-110	Ντίζελ
<1400 Κυβικά	NOx	$0.5595 - 0.01047V + 1.08E-04V^2$	10-130	Βενζίνη

1400-2000 Κυβικά	NO _x	$0.526 - 0.0085V + 8.54E-05V^2$	10-130	Βενζίνη
<2500 κυβικά	NO _x	$1.4335 - 0.026V + 1.785E-04V^2$	10-120	Ντίζελ
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	NO _x	$7.55E-05V^2 - 0.009V + 0.666$	5-120	Βενζίνη
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	NO _x	$0.000241V^2 - 0.03181V + 2.0247$	10-110	Ντίζελ
<1400 Κυβικά	CO ₂	$157 - 2.07V + 0.0172V^2 + 1835/V$	10-130	Βενζίνη
1400-2000 Κυβικά	CO ₂	$231 - 3.62V + 0.0263V^2 + 2526/V$	10-130	Βενζίνη
<2500 κυβικά	CO ₂	$286 - 4.07V + 0.0271V^2$	10-130	Ντίζελ
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	CO ₂	$0.0621V^2 - 9.8381V + 601.2$	5-120	Βενζίνη
Ελαφρά Φορτηγά <3500 κυβικά	CO ₂	$0.0617V^2 - 7.8227V + 429.51$	10-110	Ντίζελ

Πίνακας 22.Εξισώσεις υπολογισμού εκπομπών αερίων ανά τύπο αερίου και καυσίμου πηγή για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά: (A J Hickman1999-σελ:65-68)

Για την κατηγορία βαρέα οχήματα φορτηγά η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών αερίων υπολογίζονται από την παρακάτω εξίσωση:

$$e = K + av + bv^2 + cv^3 + \frac{d}{v} + \frac{e}{v^2} + \frac{f}{v^3}$$

Όπου :

e: είναι το ποσοστό των εκπομπών σε γραμμάρια ανά χιλιόμετρο (γρ/χλμ) για άνευ φορτίου όχημα φορτηγό ή Λεωφορείο σε ένα δρόμο με 0% κλίση

K: Μία σταθερά

a – f: Συντελεστές

v: η μέση ταχύτητα του οχήματος σε χιλιόμετρα ανά ώρα (χλμ/ώρα)

Οι τιμές για τους συντελεστές της εξίσωσης για τα φορτηγά μεταξύ 3.5τ και 7.5 δίνονται από τον παρακάτω πίνακα (Πιν.23)

Τύπος Αερίου	K	a	b	c	d	e	f
CO	1.5	-0.0595	0.00119	-6.16E-06	58.8	0	0
NO _x	0.508	0	0	3.87E-06	92.5	-77.3	0
CO ₂	110	0	0	0.000375	8702	0	0

Πίνακας 23.Συντελεστές εξίσωσης υπολογισμού εκπομπών αερίων για φορτηγά πηγή: (A J Hickman1999-σελ71)

Οι τιμές για τους συντελεστές της εξίσωσης για τα αστικά λεωφορεία δίνονται από τον παρακάτω πίνακα (Πιν.24)

Τύπος Αερίου	K	a	b	c	d	e	f
CO	1.64	0	0	0	132	0	0

NOX	16.3	-0.173	0	0	111	0	0
CO2	679	0	0	-0.00268	9635	0	0

Πίνακας 24. Συντελεστές Εξίσωσης υπολογισμού εκπομπών αερίων για Αστικά Λεωφορεία. πηγή: (A J Hickman1999-σελ72)

Όσον αφορά την κλίση του δρόμου, σημαντικό ρόλο παίζει κυρίως στα ελαφρά και βαρέα φορτηγά. Η μέθοδος υπολογισμού υιοθετήθηκε από αποτελέσματα του Γερμανικού προγράμματος για τις εκπομπές των αερίων. Οι συντελεστές κλίσεως του δρόμου θεωρούνται συνάρτηση των: τεχνολογιών για τα ελαφρά οχήματα και της μάζας για τα βαρέα οχήματα, το ποσοστό κλίσης του δρόμου, των ρύπων και της μέσης ταχύτητας του οχήματος.

Η εξίσωση για κάθε τύπο οχήματος κλίση και ρύπο υπολογίζεται από το πολυώνυμο σε συνάρτηση με την μέση ταχύτητα:

$$as_{i,j,k} = A6_{i,j,k} + A5_{i,j,k} * V^5 + A4_{i,j,k} * V^4 + A3_{i,j,k} * V^3 + A2_{i,j,k} * V^2 + A1_{i,j,k} * V + A0$$

Όπου:

$as_{i,j,k}$: Διορθωτικός συντελεστής

V: Μέση Ταχύτητα

$A0_{i,j,k} \dots A6_{i,j,k}$: σταθερές για κάθε κατηγορία ρύπων, οχήματος και κλίσης δρόμου

Ως εκ τούτου για την διόρθωση του συντελεστή εκπομπής προκειμένου να συμπεριλάβουμε και την κλίση του δρόμου υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$ec_{hoti,j,k} = as_{i,j,k} * e_{hoti,j,k}$$

Όπου:

$ec_{hoti,j,k}$: είναι ο διορθωμένος συντελεστής του συγκεκριμένου ρύπου, οχήματος και κλίσης του δρόμου σε γρ/χλμ.

$as_{i,j,k}$: είναι ο συντελεστής του συγκεκριμένου ρύπου, οχήματος και τύπου του δρόμου με 0% κλίση σε γρ/χλμ.

$e_{hoti,j,k}$: είναι ο συντελεστής διόρθωσης της κλίσης του δρόμου ενός συγκεκριμένου ρύπου και οχήματος με τάξεις κλίσεων του δρόμου σε 0%, 2%, 4%, 6%, -2%, -4%, -6%.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης για τα επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα τύπου καυσίμου βενζίνης. (Πιν.25)

Τύπος Αερίου	Ποσοστό Κλίσης	Ελάχιστη Ταχύτητα	Μέγιστη Ταχύτητα	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
CO	4	18.6	120	3.43E-10	-1.25E-07	1.71E-05	-1.10E-03	3.48E-02	-4.88E-	3.4

									01	
CO	-4	18.6	127.8	-3.89E-11	2.10E-08	-4.29E-06	4.20E-04	-2.05E-02	4.73E-01	- 3,04E+00
CO	2	18.6	130	1.22E-10	-4.73E-08	6.91E-06	-4.86E-04	1.77E-02	-3.17E-01	3.27E+00
CO	-2	18.6	130	3.14E-12	1.51E-10	-2.79E-07	4.13E-05	-2.26E-03	5.08E-02	4.41E-01
Nox	4	18.6	120	0.00E+00	-5.03E-10	1.41E-07	-9.72E-06	-3.18E-04	3.92E-02	1.16E+00
Nox	-4	18.6	127.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-07	2.36E-05	-5.97E-03	5.09E-01
Nox	2	18.6	130	0.00E+00	-8.59E-12	-8.39E-09	4.05E-06	-5.55E-04	2.43E-02	1.12E+00
Nox	-2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.79E-07	-1.15E-04	6.32E-03	5.94E-01
CO2	4	18.6	120	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-3.11E-06	4.72E-03	1.23E+00
CO2	-4	18.6	127.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.34E-05	-1.08E-02	9.52E-01
CO2	2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.63E-06	2.25E-03	1.09E+00
CO2	-2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.04E-05	-3.49E-03	9.06E-01

Πίνακας 25. Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά βενζίνης. πηγή: (A J Hickman1999-σελ76)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης για τα επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα τύπου καυσίμου ντίζελ (Πιν.26)

Τύπος Αερίου	Ποσοστό Κλίσης	Ελάχιστη Ταχύτητα	Μέγιστη Ταχύτητα	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
CO	4	18.6	120	5.65E-11	-2.19E-08	3.25E-06	-2.36E-04	8.79E-03	-1.51E-01	2.11E+00
CO	-4	18.6	127.8	2.48E-11	-9.20E-09	1.30E-06	-9.11E-05	3.53E-03	-7.80E-02	1.93E+00
CO	2	18.6	130	1.86E-11	-7.45E-09	1.17E-06	-9.33E-05	4.06E-03	-8.54E-02	1.62E+00
CO	-2	18.6	130	2.71E-11	-1.16E-08	1.93E-06	-1.62E-04	7.00E-03	-1.45E-01	2.25E+00
Nox	4	18.6	120	-5.06E-11	2.28E-08	-4.05E-06	3.64E-04	-1.77E-02	4.48E-01	-2.74E+00
Nox	-4	18.6	127.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-3.34E-08	8.82E-05	-1.47E-02	1.02E+00
Nox	2	18.6	130	-1.56E-11	6.73E-09	-1.10E-06	8.69E-05	-3.47E-03	7.30E-02	5.31E-01
Nox	-2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.91E-07	-1.13E-04	4.59E-03	7.77E-01
CO2	4	18.6	120	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-3.56E-05	6.99E-03	1.52E+00
CO2	-4	18.6	127.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.91E-05	-1.62E-	1.12E+00

									02	
CO2	2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-7.87E-06	3.92E-03	1.11E+00
CO2	-2	18.6	130	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.48E-05	-3.12E-03	8.85E-01

Πίνακας 26.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά ντίζελ. πηγή: (A J Hickman1999-σελ78)

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης για τα βαρέα φορτηγά οχήματα και για κλίσης ταξινομώντας τα πλέον σε 0-4 και -4-0% αντίστοιχα για κάθε ρύπο (Πιν.27)

Τύπος Αερίου	Ποσοστό Κλίσης	Ελάχιστη Ταχύτητα	Μέγιστη Ταχύτητα	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
CO	0-4	15.1	69.9	0.00E+00	-1.18E-08	2.49E-06	-1.95E-04	6.78E-03	-9.28E-02	1.52E+00
CO	-4-0	15.1	86.2	0.00E+00	-5.54E-10	1.80E-07	-1.82E-05	6.42E-04	-5.54E-03	8.14E-01
Nox	0-4	15.1	69.9	0.00E+00	-6.87E-09	1.37E-06	-1.06E-04	3.74E-03	-4.19E-02	1.23E+00
Nox	-4-0	15.1	86.2	0.00E+00	-3.00E-10	8.69E-08	-7.87E-06	2.26E-04	-2.07E-03	7.03E-01
CO2	0-4	15.1	69.9	0.00E+00	-3.01E-09	5.73E-07	-4.13E-05	1.13E-03	8.13E-03	9.14E-01
CO2	-4-0	15.1	86.2	0.00E+00	-1.39E-10	5.03E-08	-4.18E-06	1.95E-05	3.68E-03	6.69E-01

Πίνακας 27.Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για βαρέα φορτηγά. πηγή: (A J Hickman1999-σελ79)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης για τα αστικά λεωφορεία και για κλίσης ταξινομώντας τα πλέον σε 0-4 και -4-0% αντίστοιχα για κάθε ρύπο. (Πιν.28)

Τύπος Αερίου	Ποσοστό Κλίσης	Ελάχιστη Ταχύτητα	Μέγιστη Ταχύτητα	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
CO	0-4	13.1	37.5	0.00E+00	-3.21E-07	3.94E-05	-1.92E-03	4.65E-02	-5.57E-01	3.78E+00
CO	-4-0	13.2	39.5	0.00E+00	2.75E-07	-3.56E-05	1.79E-03	-4.36E-02	5.09E-01	-1.46E+00
Nox	0-4	13.1	37.5	0.00E+00	1.85E-07	-2.28E-05	1.08E-03	-2.47E-02	2.79E-01	9.98E-02
Nox	-4-0	13.2	39.5	0.00E+00	4.52E-08	-5.67E-06	2.75E-04	-6.43E-03	6.72E-02	5.15E-01
CO2	0-4	13.1	37.5	0.00E+00	8.21E-08	-9.61E-06	4.20E-04	-8.55E-03	8.22E-02	1.05E+00
CO2	-4-0	13.2	39.5	0.00E+00	2.13E-07	-2.78E-05	1.41E-03	-3.45E-02	4.00E-01	-1.06E+00

Πίνακας 28. Σταθερές τιμές εξίσωσης εκπομπών αερίων ανά τύπο και ποσοστό κλίσης για αστικά λεωφορεία.
πηγή: (A J Hickman1999-σελ81)

Υπολογίζοντας τις τιμές των παραπάνω εξισώσεων αντίστοιχα και ξεχωριστά για κάθε κατηγορία οχημάτων και ρύπων συμπληρώθηκε ο πίνακας των πεδίων του οδικού δικτύου με τα παρακάτω νέα υπολογιζόμενα πεδία.(Πιν.29). Αναλυτικά ανά όνομα, σχήμα, τύπο πεδίου καθώς και την αντίστοιχη περιγραφή του για την εισαγωγή στο πρόγραμμα:

Όνομα πεδίου	Σχήμα	Τύπος Πεδίου	Περιγραφή Πεδίου
CO2__1400ga	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο όχημα έως 1400 κε
CO2_14_20ga	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο όχημα μεταξύ 1400 κε - 2000 κε
CO2car_diez	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο όχημα κάτω των 2500 κε
CO2_LDV_gaz	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500 κε
CO2_LDV_die	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500 κε
CO2_HGV3_7t	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο Βαρύ όχημα μεταξύ 3500 κε -7500 κε
CO2_BUS	Polyline	Double	Τιμή Ρύπου σε Γραμμάρια για Αστικά Λεωφορεία
Fuel1400ga	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Βενζινοκίνητο όχημα έως 1400 κε
Fuel1400di	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Ντιζελοκίνητο όχημα έως 1400 κε
Fu14_20gas	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Βενζινοκίνητο όχημα μεταξύ 1400 κε -2000 κε
Fu14_20die	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Ντιζελοκίνητο όχημα μεταξύ 1400 κε -2000 κε
Fuel_LDVga	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Βενζινοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500κε
Fuel_LDVdi	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Ντιζελοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500κε
FulLGV3_7t	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Ντιζελοκίνητο Βαρύ όχημα μεταξύ 3500κε -7500κε
Fuel_BUS	Polyline	Double	Μέση τιμή Καυσίμου σε λίτρα για Αστικά Λεωφορεία
CO2fac14gas	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο όχημα έως 1400 κε

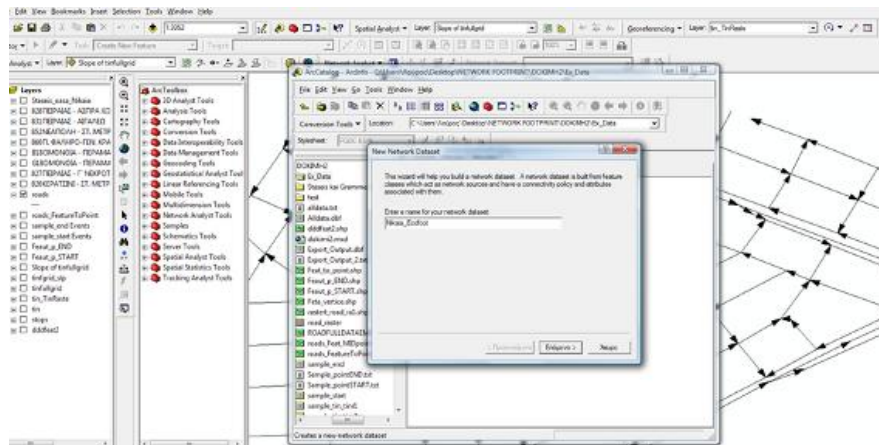
CO2fa1420ga	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο όχημα μεταξύ 1400 κ€ - 2000 κ€
CO2faCARdiz	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο όχημα κάτω των 2500 κ€
CO2facLDVga	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Βενζινοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500 κ€
CO2facLDVdi	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο Ελαφρύ όχημα κάτω των 3500 κ€
CO2faHGV3_7	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Ντιζελοκίνητο Βαρύ όχημα μεταξύ 3500 κ€ -7500 κ€
CO2facBUS	Polyline	Double	Διορθωμένη Τιμή Ρύπου βάση % κλίσης δρόμου σε Γραμμάρια για Αστικά Λεωφορεία

Πίνακας 29.Νέα πεδία υπολογισμένων τιμών εκπομπών αερίων

Με το πέρας της επεξεργασίας των δεδομένων τόσο της γεωγραφικής όσο και της περιγραφικής πληροφορίας καθώς και με την εισαγωγή τους στο σύστημα του οδικού δικτύου του λογισμικού μας συνεχίζουμε στην δημιουργία του λογικού μοντέλου μέσα από την επέκταση- εργαλειοθήκη Network analyst του ArcMap 9.3.

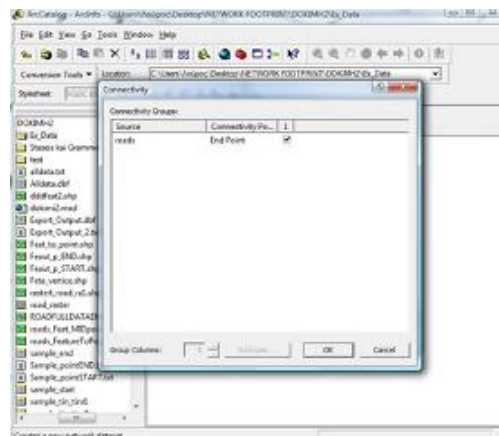
Για την δημιουργία του μοντέλου δρομολόγησης δημιουργήθηκε πρώτα η βάση δεδομένων του δικτύου (network dataset) με τα δεδομένα που αναφέραμε και υπολογίσαμε από το κατασκευασμένο σχηματικό αρχείο του οδικού δικτύου της συγκεκριμένης περιοχής του Δήμου Νίκαιας-Αγ. Ιωάννη Ρέντη. Για την δημιουργία της βάσης δεδομένων του γραμμικού δικτύου της περιοχής της μελέτης ακολουθήσαμε τα εξής βήματα:

Αρχικά ορίσαμε την βάση δεδομένων του δικτύου μας να προέρχεται από το γραμμικό σχηματικό αρχείο του οδικού δικτύου της περιοχής της μελέτης μας με ονομασία Nikaias_Road (Shapefile). Την βάση δεδομένων την δημιουργήσαμε από το Arc catalog επιλέγοντας το αντίστοιχο shapefile με δεξί κλικ και επιλογή New network Dataset και το ονομάσαμε Nikaia_Ecofootprint (Εικ.43).



Εικόνα 43. Έναρξη Δημιουργίας Network Dataset(Wizard)

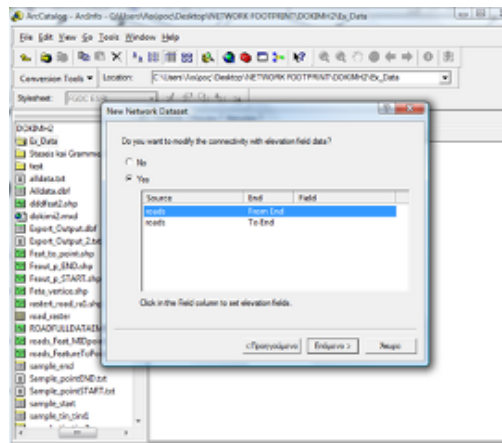
Στην συνέχεια στην καρτέλα της συνεκτικότητας (connectivity groups) αφήσαμε επιλεγμένη την επιλογή endpoint (Εικ.44), καθώς στο δίκτυο μας τα οχήματα κινούνται σε δρόμους και διασταυρώσεις χωρίς να υπάρχουν γέφυρες και ανισόπεδοι κόμβοι ώστε να αλλάζει η συνεκτικότητα τους.



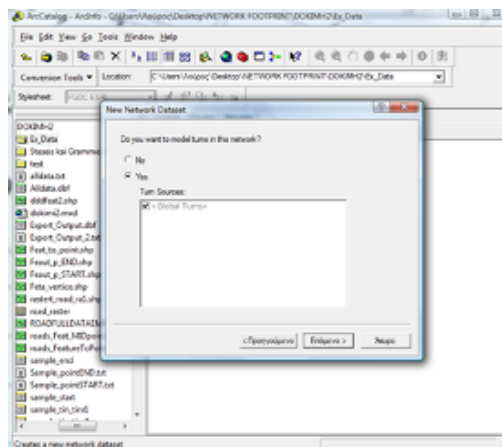
Εικόνα 44. Καρτέλα Συνεκτικότητας

Στην επόμενη καρτέλα και στα πεδία ανύψωσης (elevation fields) που σχετίζεται με το επίπεδο του εδάφους, όπως αναφέραμε δεν υπάρχουν ανισόπεδοι κόμβοι και υπερυψωμένες γέφυρες ή διαβάσεις στο δίκτυο μας και έτσι δεν κάναμε χρήση των πεδίων ανύψωσης from end –to end (Εικ.45).

Στην συνέχεια, στην καρτέλα προσθήκες των στροφών επιλέχτηκε η αποδοχή ώστε να μην δημιουργηθούν ατομικές περιοριστικές στροφές (Εικ.46), αλλά οι γενικές στροφές (global turns) ώστε σε περίπτωση κανόνων να οριστούν και να δημιουργηθούν σε όλο το δίκτυο. Στη παρούσα μελέτη δεν ορίσαμε κανένα κανόνα για καθυστερήσεις αριστερών η δεξιών στροφών.



Εικόνα 45. Καρτέλα Ύψωσης



Εικόνα 46. Καρτέλα Γενικών Στροφών

Στην καρτέλα χαρακτηριστικά του Δικτύου (Network attributes) μας ζητήθηκε να ορίσουμε τα δεδομένα της βάσης του περιγραφικού πίνακα του δικτύου. Αρχικά για την εφαρμογή των μονοδρομήσεων, εισήχθηκε το πεδίο oneway που αφορά τον περιορισμό των κινήσεων στους δρόμους μονής κατεύθυνσης. Η ιδιότητα Oneway μπορεί να περιέχει τις τιμές "FT", "T", και κενό (" "), που το πρώτο σημαίνει ότι η κατεύθυνση (ροή) του οδικού δικτύου είναι σύμφωνα με την ψηφιοποίηση της γραμμής, το δεύτερο ότι η ροή είναι αντίθετη από την ψηφιοποίηση και το κενό ότι είναι προσπελάσιμη και από τις δύο κατευθύνσεις. Η παρακάτω συνθήκη χρησιμοποιείται για να οριστεί ο περιορισμός της κατεύθυνσης From-To:

```
Restricted = False
Select Case UCase[(Oneway)]
Case "FT", "T", " ": restricted = True
End Select
```

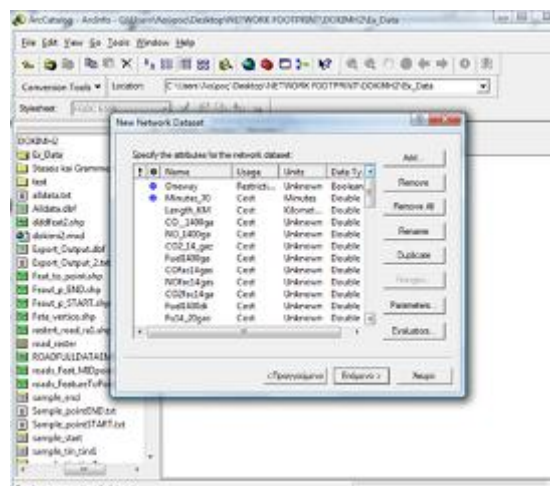
```
Value = restricted
```

Το πεδίο της απόστασης (Length_KM), υπολογίστηκε από την γεωμετρία του και με μονάδα το χιλιόμετρο, έγινε ανάθεση από το δίκτυο και τον πίνακα χαρακτηριστικών του με την προσθήκη κάθε νέας ακμής.

Το πεδίο του Χρόνου (Minutes_70), υπολογίστηκε από την απόσταση και την ταχύτητα για κάθε τύπο δρόμου με διαφορετική τιμή και με μονάδα το λεπτό, έγινε ανάθεση ώστε να αποθηκεύεται ο συνολικός χρόνος της διαδρομής με την προσθήκη κάθε νέας ακμής.

Στην συνέχεια ακολούθησαν οι αναθέσεις των πεδίων της κατανάλωσης των μέσων τιμών των καυσίμων για όλους τους τύπους οχημάτων και για τις δύο κατηγορίες καυσίμων του ντίτζελ και της βενζίνης εκτός από τα βαρέα φορτηγά και τα λεωφορεία τα οποία είναι μόνο σε ντίτζελ.

Τα πεδία των εκπομπών των αερίων ανατέθηκαν για κάθε τύπο αερίου ξεχωριστά ανά τύπο οχήματος και ανά τύπο καυσίμου. Πρώτα τα πεδία των ρύπων υπολογισμένα χωρίς τον παράγοντα κλίσης του δρόμου και στη συνέχεια τα πεδία των ρύπων με υπολογιζόμενα με τις κλίσεις των δρόμων (είτε ανηφόρες είτε κατηφόρες). Στην εικόνα απεικονίζεται η καρτέλα με όλα τα πεδία εισαγωγής (Εικ.47)



Εικόνα 47. Καρτέλα πεδίων δημιουργίας δικτύου

Στην συνέχεια στην καρτέλα με τις οδηγίες οδήγησης (driving directions), που είναι το παράθυρο όπου θα εμφανίζει τα ονόματα των οδών, αποσπάσματα χάρτη σε κάθε στροφή και υπολογιζόμενο συνολικό μήκος και συνολικός χρόνος της διαδρομής όπου μπορεί να γίνει εξαγωγή όλων αυτών και αποθήκευση σε αρχείο κειμένου, δηλώσαμε να παίρνει το όνομα των οδών από το NAME και ο χρόνος να εκφράζεται σε λεπτά και η απόσταση σε χιλιόμετρα.

Τελική καρτέλα η ιεραρχία βελτιστοποίησης (hierarchy) όπου δεν χρησιμοποιήσαμε την κατηγοριοποίηση καθώς το δίκτυο μεταφοράς μας δεν είναι τόσο μεγάλο για την βελτιστοποίηση της διαδρομής.

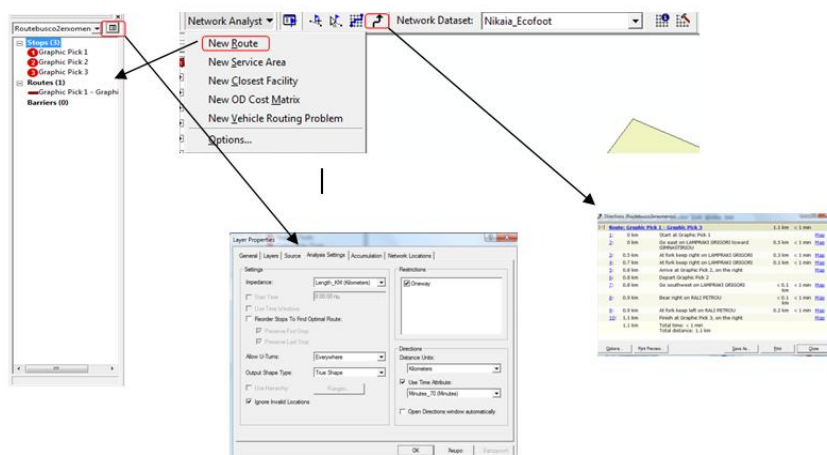
Τέλος, με την επιλογή του τελικού βήματος δημιουργήσαμε το λογικό δίκτυο από όλα όσα ορίσαμε ή σε περίπτωση λάθους μπορούμε να τα ορίσουμε ξανά με τα ίδια βήματα που αναφέραμε. Έτσι δημιουργήθηκαν δυο νέα αρχεία, το Nikaia_Road_ND.shp και το Nikaia_Road_ND_Junctions.shp, που περιελάμβαναν πληροφορίες για την συνδεσιμότητα των γεωγραφικών χαρακτηριστικών.

5.4.Δημιουργία Δρομολογήσεων

Με την δημιουργία του λογικού πλέον δικτύου και την εισαγωγή του (ADD) στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού, ενεργοποιείται η εργαλειοθήκη και μπορούμε μέσα από την εργαλειοθήκη του network analyst να δημιουργήσουμε βέλτιστες διαδρομές μεταξύ σημείων ενδιαφέροντος, να διαχειριστούμε τα αποτελέσματα αντίστοιχα για το σχεδιασμό χαρτών, να προχωρήσουμε σε στατιστική ανάλυση κλπ.

Με την δημιουργία μιας νέας διαδρομής New Route δημιουργείται αυτόματα στον πίνακα περιεχομένων αριστερά ένα επίπεδο ανάλυσης της διαδρομής καθώς και μια λίστα με στάσεις (stops), απαγορεύσεις (barriers) και διαδρομών (routes) που θα τείνει να γίνει η εύρεση μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος. Οι στάσεις (stops) είναι τα σημεία ενδιαφέροντος μεταξύ των οποίων και με σειρά προτεραιότητας ορίζουμε εμείς γίνεται η εύρεση διαδρομής ανάλογα με τον παράγοντα κόστους που ορίζουμε. Οι απαγορεύσεις (barriers) είναι σημεία από τα οποία δεν επιτρέπεται η διέλευση των οχημάτων, για παράδειγμα σε περίπτωση έργων ή σε περίπτωση ατυχήματος κλπ.

Σημαντικό είναι να ορίσθούν από το κουμπί  properties του αντίστοιχου επιπέδου οι παράγοντες που θα λάβουμε υπόψη από τον αλγόριθμο επίλυσης στην αναζήτηση της βέλτιστης διαδρομής. Στην καρτέλα των ιδιοτήτων Analysis Settings ρυθμίζεται ο παράγοντας του κόστους καθώς και των απαγορεύσεων (μονοδρομήσεις, αναστροφes στροφές) και μονάδων απόστασης και χρόνου της συγκεκριμένης διαδρομής. Ενεργοποιείται ο αλγόριθμος για την επίλυση με το κουμπί επίλυσης της διαδρομής του δικτύου (Solve) . Αυτόματα απεικονίζεται στον χάρτη η βέλτιστη διαδρομή με έντονο χρώμα καθώς και από το κουμπί  εμφανίζεται το παράθυρο οδηγιών που αναλύει την πορεία της διαδρομής με οδηγίες διάσχισης των οδών καθώς υπολογίζει την απόσταση σε χιλιόμετρα που ορίσαμε και σε χρόνο τα λεπτά αντίστοιχα (Εικ.48).



Εικόνα 48. Εργαλειοθήκη Network Analyst

5.5.Παράθεση Σεναρίων

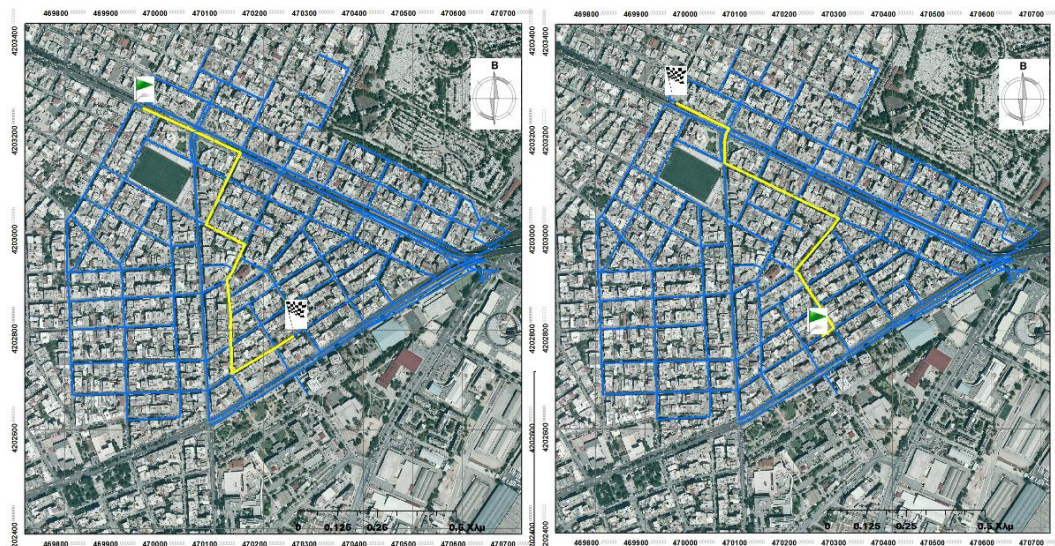
5.5.1.Πρώτη Περίπτωση Μελέτης: Μετακίνηση οχημάτων κατηγορίας 1400κε και 1400-2000κε βενζίνης και οχήματα κάτω των 2500κε με Ντίζελ

Αρχικά δημιουργήσαμε μια περίπτωση μελέτης ως προς την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής μετακίνησης των επιβατικών οχημάτων τύπου 1400 κε και 1400-2000κε και για τους δυο τύπους καυσίμων ντίζελ και βενζίνης με παράγοντες την απόσταση, τον χρόνο, τα καύσιμα και τις εκπομπές των αερίων ΔΑ. Σε τελικό βήμα έγινε η σύγκριση των παραπάνω σεναρίων ως προς την περιβαλλοντική έννοια τόσο γεωγραφικά όσο και περιγραφικά καθώς και η σύγκριση ενός τελικού σεναρίου ως προς την μετακίνηση με την χρήση των MMM της περιοχής.

Συγκεκριμένα μελετήσαμε την περίπτωση όπου ένας υπάλληλος είναι κάτοικος σε άλλη περιοχή από αυτήν της περιοχής της μελέτης και συγκεκριμένα είναι κάτοικος στο Δήμο Κορυδαλλού (Βόρεια της περιοχής) και θέλει να μετακινηθεί στο γραφείο του που είναι στην περιοχή της μελέτης μας. Εισερχόμενος από το Βόρειο τμήμα του οδικού δικτύου και συγκεκριμένα από την Λ. Γρηγορίου Λαμπράκη που ενώνει τους δύο δήμους, θέλει να μετακινηθεί στην οδό Ιερολοχιτών 36 στο οποίο στεγάζεται το γραφείο του και στην συνέχεια με το πέρας του εργασιακού ωραρίου θέλει να μετακινηθεί από το σημείο που είναι το γραφείο του (Ιερολοχιτών 36) στην κατοικία του εξερχόμενος και πάλι από την Γρηγορίου Λαμπράκη.

Έτσι για το πρώτο σενάριο μετακίνησης, έγινε η πρώτη εύρεση δρομολογίου με κριτήριο την βέλτιστη απόσταση από τα δυο γνωστά σημεία της περιοχής μας (alle retour). Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζεται η περιοχή της μελέτης μας και με κίτρινη γραμμή αριστερά είναι η προτεινόμενη διαδρομή που θα ακολουθήσει για να φθάσει στην εργασία

του. Η δεξιά εικόνα μας δείχνει την διαδρομή της συντομότερης απόστασης από το γραφείο του στην κατοικία του. Με πράσινη σημαία είναι το σημείο εισόδου ερχόμενος και με καρό σημαία το σημείο τερματισμού.(Εικ.49)



Εικόνα 49.Χάρτες βέλτιστων διαδρομών

(βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 194-195)

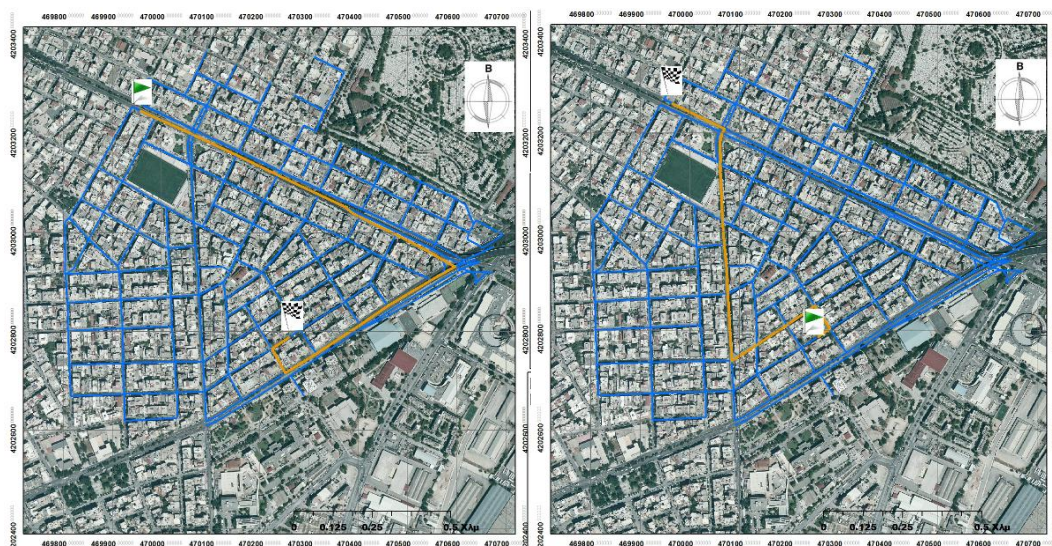
Οι συνολικές τιμές της διαδρομής σχετικά με την απόσταση, το χρόνο και την κατανάλωση παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.30). (Σημειώνουμε πως η βέλτιστη διαδρομή ως προς την απόσταση και τα καύσιμα είναι ακριβώς οι ίδιες προτεινόμενες).

	Σπίτι→Γραφείο	Γραφείο→ Σπίτι
Απόσταση(χλμ)	0.939257	1.035033
Καύσιμο 1.4 Βενζίνη(λίτρο)	0.055416	0.061066
Καύσιμο 1.4 Ντίζελ(λίτρο)	0.042266	0.046576
Καύσιμο 1.4-2.0 Βενζίνη(λίτρο)	0.064808	0.071417
Καύσιμο 1.4-2.0 Ντίζελ(λίτρο)	0.050719	0.055891
Χρόνος(λεπτά)	1.634094	1.692074

Πίνακας 30.Αποτελέσματα τιμών βέλτιστων διαδρομών

Η διαδρομή ερχόμενος είναι κάτι λιγότερο από ένα χιλιόμετρο σε σχέση με το αντίθετο που είναι κάτι περισσότερο από το ένα χιλιόμετρο. Παρατηρείται διαφορά στον χρόνο και στην κατανάλωση, στα βενζινοκίνητα και στα ντιζελοκίνητα οχήματα λόγω της ελαχίστης διαφοράς της απόστασης. Τα ντιζελοκίνητα έχουν χαμηλότερες καταναλώσεις άρα είναι και πιο οικονομικά σε σχέση με τα βενζινοκίνητα.

Το δεύτερο σενάριο μεταξύ των δυο σημείων είναι η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής με κύριο παράγοντα της διαδρομής το χρόνο. Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται με καφέ χρώμα οι προτεινόμενες διαδρομές δεξιά και αριστερά, ερχόμενος και εξερχόμενος αντίστοιχα. (Εικ.50).



Εικόνα 50.Χάρτες διαδρομών ελαχιστοποίησης χρόνου

(βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 194-195)

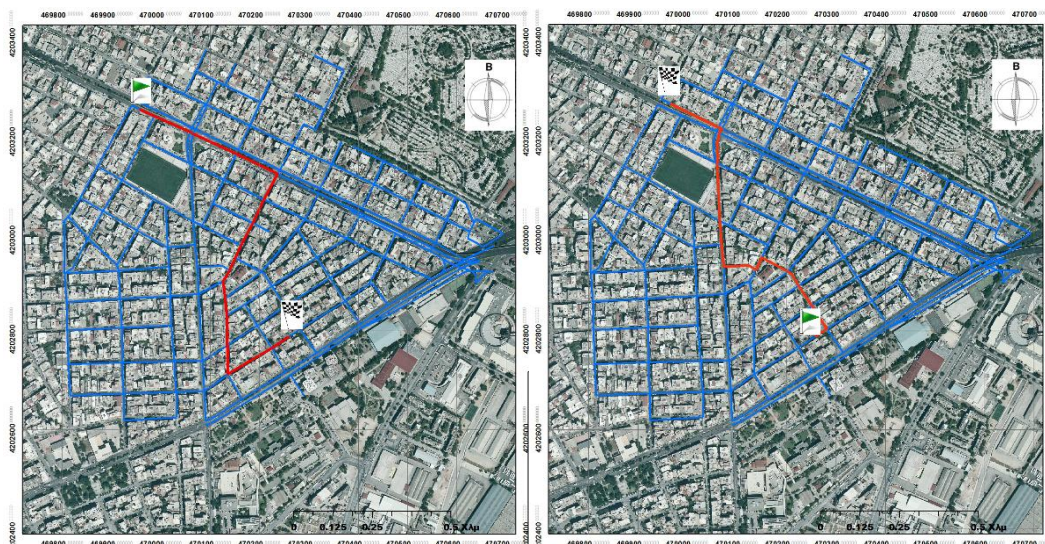
Οι συνολικές τιμές της διαδρομής σχετικά με το χρόνο και την κατανάλωση και την απόσταση παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα: (Πιν.31)

	Ερχόμενος	Επιστροφή
Απόσταση(χλμ)	1.251367	1.118749
Καύσιμο 1.4 Βενζίνη(λίτρο)	0.07383	0.066006
Καύσιμο 1.4 Ντίζελ(λίτρο)	0.056311	0.050343
Καύσιμο 1.4-2.0 Βενζίνη(λίτρο)	0.086344	0.077193
Καύσιμο 1.4-2.0 Ντίζελ(λίτρο)	0.067573	0.060412
Χρόνος(λεπτά)	1.183152	1.538366

Πίνακας 31.Αποτελέσματα τιμών γρηγορότερων διαδρομών

Παρατηρείται πως ερχόμενος, ο χρόνος του είναι 1.18 λεπτά και η απόσταση είναι μεγαλύτερη καθώς διανύει τις κύριες λεωφόρους (Λαμπράκη και Ράλλη) του οδικού δικτύου που η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη (70χλμ). Στην επιστροφή διέρχεται μέσα από τα αστικά δίκτυα και η απόσταση είναι λιγότερη, αλλά ο χρόνος είναι μεγαλύτερος. Το αποτέλεσμα αυτό είναι επειδή μέσα από τα αστικά οδικά δίκτυα ο μέσος όρος ταχύτητας είναι 30χλμ και για δρόμους όπως η Χρ. Σμύρνης όπου ο μέσος όρος ταχύτητας είναι 50χλμ.

Το τρίτο σενάριο έχει ως παράγοντα την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής σε σχέση με τις εκπομπές του Διοξειδίου του άνθρακα υπολογιζόμενες με τις διορθωμένες τιμές από τους συντελεστές της επιρροής των κλίσεων του δρόμου. Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται με κόκκινη χρώμα οι προτεινόμενες διαδρομές αντίστοιχα (Εικ.51)



Εικόνα 51.Χάρτες διαδρομών εκπομπής Δ.Α.

(βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 194-195)

Οι συνολικές τιμές της διαδρομής σχετικά με τις εκπομπές λαμβάνοντας υπόψη την κλίση του δρόμου αλλά και χωρίς την κλίση για τα επιβατικά οχήματα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. (Πιν.32) (Σημειώνεται πως για την κατηγορία ντίζελ ό υπολογισμός των εκπομπών του Δ.Α. λαμβάνει χώρα για όλα τα οχήματα κάτω των 2500κε.)

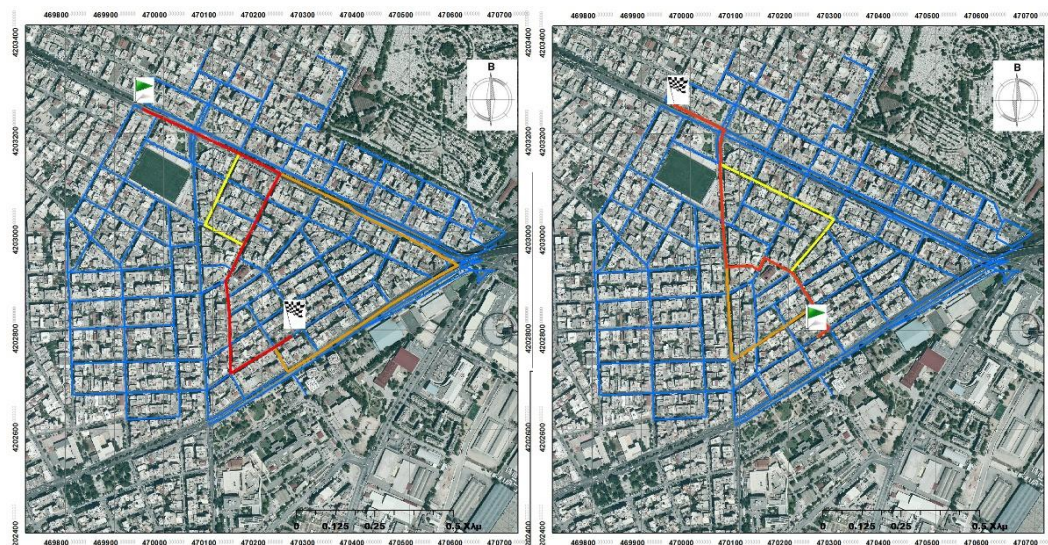
	Ερχόμενος	Επιστροφή
Εκπομπές 1.4 χωρίς κλίση Βενζίνη(γρ.)	147.425628	158.280894
Εκπομπές 1.4 με κλίση Βενζίνη(γρ.)	109.070206	197.003846
Εκπομπές 1.4-2.0 χωρίς κλίση Βενζίνη(γρ.)	191.143091	203.435148
Εκπομπές 1.4-2.0 με κλίση Βενζίνη(γρ.)	142.987425	252.306194
Εκπομπές <2.0 χωρίς κλίση Ντίζελ(γρ.)	161.609279	175.75015
Εκπομπές <2.0 με κλίση Ντίζελ(γρ.)	114.358425	243.301073

Πίνακας 32.Αποτελέσματα τιμών διαδρομών εκπομπής Δ.Α.

Παρατηρείται πως το υψομετρικό της περιοχής, από τα Νοτιοανατολικά προς Βορειοδυτικά αυξάνεται από τα 18 μέτρα στα 22 μέτρα πάνω από την θάλασσα (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης3 σελ188). Αυτό έχει ως συνέπεια, ερχόμενος, οι εκπομπές του Δ.Α. αν λάβουμε υπόψη την κλίση, είναι κατά πολύ λιγότερες καθώς έχουμε κατά το πλείστον κατηφόρες. Σε αντίθεση, στην επιστροφή λόγω συνεχών ανηφορικών σημείων έχουμε μεγαλύτερες εκπομπές του Δ.Α. Παρατηρείται πως τα πιο μικρά επιβατικά οχήματα έχουν λιγότερη κατανάλωση σε σχέση με τα μεγαλύτερα οχήματα σε κυβισμό. Τα ντιζελοκίνητα είναι και αυτά λιγότερο ρυπογόνα προς το περιβάλλον λόγω της περίπτωσης υπολογισμού για μια κατηγορία όλων των επιβατικών κάτω των 2500κε είναι μια τιμή πολύ μικρότερη με τα αντίστοιχα των 2000 κε βενζίνης και με πάρα πολύ μικρή διαφορά σε σχέση με τα

1400κε. Είναι βέβαιο πως τα αντίστοιχα 1400κε ντιζελοκίνητα θα έχουν ακόμη πιο μικρές τιμές εκπομπές αερίων ΔΑ.

Στις παρακάτω εικόνες παρατίθενται αριστερά οι συνολικές προτεινόμενες διαδρομές ανά παράγοντα κόστους για τον ερχομό και την επιστροφή αντίστοιχα δεξιά (Εικ.52).



Εικόνα 52.Χάρτες συνολικών διαδρομών των σεναρίων

(βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 194-195)

Παρατηρείται πως σε όλα τα σεναρία τα επιβατικά οχήματα που καταναλώνουν καύσιμο ντίζελ έχουν τις πιο χαμηλές τιμές, είτε για 1400 είτε για 2000, τόσο στην κατανάλωση όσο στις εκπομπές του Δ.Α. Σε σχέση με τα μονοξείδια του άνθρακα (CO) παρατηρείται πως τα βενζινοκίνητα είχαν σχεδόν διπλάσιες τιμές σε σχέση με τα ντιζελοκίνητα σε εκπομπές, ενώ για τα μονοξείδια του αζώτου (NO) γίνεται το αντίθετο και είναι διπλάσιες στα ντιζελοκίνητα οχήματα.

Επίσης, παρατηρείται πως στο σενάριο της γρηγορότερης διαδρομής (χρόνου) γίνεται μεν η προσέγγιση στο σημείο 23% ταχύτερα στο σύνολο (ερχόμενος – επιστροφή), παρόλα αυτά ερχόμενος από ταχείας κυκλοφορίας οδικά δίκτυα έχει αυξημένες τιμές τόσο στην κατανάλωση όσο και στις εκπομπές των αερίων και την απόσταση. Στην απόσταση υπάρχει διαφορά της τάξης 32% μεγαλύτερη απόσταση ενώ η κατανάλωση είναι αυξημένη κατά 32% τόσο στα ντιζελοκίνητα όσο και στα βενζινοκίνητα σε σχέση με την βέλτιστη απόσταση και τις εκπομπές του Δ.Α. Ενώ στις εκπομπές του ΔΑ είναι κατά 20% μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το σενάριο της βέλτιστης διαδρομής των εκπομπών για τα οχήματα 1400κε, ενώ σε σχέση με τα 1400-2000κε βενζινοκίνητα είναι της τάξης 8% και στα ντιζελοκίνητα <2500 κε σε 23 %. Δηλαδή είναι πιο ρυπογόνος η βέλτιστη διαδρομή του χρόνου.

Στην επιστροφή μέσα από χαμηλότερης ταχύτητας διαδρομή σε σχέση με το σενάριο της περιβαλλοντικής διαδρομής, η απόσταση είναι 4.4% μεγαλύτερη διανυθείσα ενώ η κατανάλωση καυσίμου είναι αυξημένη κατά 4.4% για όλες τις κατηγορίες, ενώ στις εκπομπές Δ.Α. είναι 2% για τα 1400κε, για τα 1400-2000κε είναι 0.8% και για τα οχήματα <2500κε καυσίμου ντίζελ είναι 2.3 %.

	Ερχόμενος	Επιστροφή
Διαφορά(%) Απόσταση	32	4.4
Διαφορά(%) Καύσιμο 1.4 Βενζίνη	32	4.4
Διαφορά(%) Καύσιμο 1.4 Ντίζελ	32	4.4
Διαφορά(%) Καύσιμο 1.4-2.0 Βενζίνη	32	4.4
Διαφορά(%) Καύσιμο 1.4-2.0 Ντίζελ	32	4.4
Διαφορά(%) Χρόνος	23	3.6
Διαφορά(%) Εκπομπές 1.4 με κλίση Βενζίνη	20	1.9
Διαφορά(%) Εκπομπές 1.4-2.0 με κλίση Βενζίνη	8	0.8
Διαφορά(%) Εκπομπές <2.0 με κλίση Ντίζελ	23	2.3

Πίνακας 33. Συγκριτικά ποσοστά σεναρίων χρόνου με περιβαλλοντική διαδρομή

Αυτή η διαφορά στα ποσοστά μεταξύ των διαδρομών υπάρχει διότι στην επιστροφή δεν γίνεται η επιλογή χρήσης ταχέων οδών, όπως στην πρώτη με αποτέλεσμα να επιλέγονται τοπικά δίκτυα χαμηλότερης ταχύτητας τύπου δικτύου, όπως της Χρ. Σμύρνης.

Όσον αφορά το σενάριο βέλτιστης διαδρομής με παράμετρο τις εκπομπές, η σχέση μεταξύ σεναρίου βέλτιστης απόστασης και καυσίμου διαφοροποιείται πολύ λίγο, καθώς τα καύσιμα είναι υπολογισμένα για μετακινήσεις χωρίς να ληφθεί ο παράγοντας της κλίσης. Παρόλαυτα η ουσία του σεναρίου είναι πως σε σχέση με τις καταναλώσεις (χωρίς να ληφθεί υπόψη η κλίση του δρόμου) υπάρχει μεγάλη διαφορά τόσο στην κατηφόρα όσο και στην ανηφόρα. Από την μια επηρεάζεται και υπάρχουν χαμηλότερες κατά πολύ εκπομπές από την άλλη υπάρχει αύξηση των εκπομπών. Στην διαδρομή μας, ερχόμενος, η μείωση των εκπομπών λόγω κατηφόρας είναι 35% για τα 1400κε βενζίνη, 33% για τα 1400-2000κε και 41% για τα ντιζελοκίνητα <3500 κε. Στην επιστροφή λόγω ανηφόρας υπάρχει αύξηση Δ.Α. περίπου 19% για τα 1400κε και για 1400-2000 ενώ για τα ντιζελοκίνητα είναι 27.7% (Πιν.34).

	Ερχόμενος	Επιστροφή	Σύνολο
Διαφορά(%) 1.4(Βεν) Κλίση-Χωρίς κλίση	-35	19.6	0.12
Διαφορά(%) 1.4-2.0(Βεν) Κλίση-Χωρίς κλίση	-33	19.3	0.18
Διαφορά(%) <2.5(Ντιζ) Κλίση-Χωρίς κλίση	-41	27.7	5.6

Πίνακας 34. Συγκριτικά ποσοστά διαδρομής εκπομπών Δ.Α. μεταξύ κλίσης δρόμου και χωρίς

Αθροιστικά στο σύνολο τις διαδρομής και των τιμών παρατηρείται πως για περίπου 2 χιλιόμετρα συνολικής διανυθείσας διαδρομής ερχόμενος και επιστροφής υπάρχει μια

Τα ποσοστά για άλλη διαδρομή και άλλη πορεία ενδέχεται να είναι τελείως διαφορετικά καθώς επηρεάζεται από το σύνολο του δρόμου κάθε φορά και από τις κλίσεις των διαδρομών. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως η κλίση του δρόμου παίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό των εκπομπών του Δ.Α αλλά και άλλων αερίων καθώς και στην κατανάλωση.

(βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 196)

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι εκπομπές καθώς και οι αντίστοιχες αποστάσεις των επιβατικών και αστικών λεωφορείων για την μετακίνηση από και προς σημείων εισόδου και εξόδου.(Πιν.35)

	<u>Διαδρομή</u> <u>Ερχόμενος</u>	<u>Διαδρομή</u> <u>Επιστροφής</u>	<u>Σύνολο</u> <u>Διαδρομών</u>
Εκπομπές επιβατικού <1400κε Βενζίνης (γραμμάρια)	109.07	197	306.07
Εκπομπές επιβατικού 1400-2000κε βενζίνης (γραμμάρια)	142.98	252.3	395.28
Εκπομπές επιβατικού <2500 κε Ντίζελ(γραμμάρια)	114.35	243.3	357.65
Διανυθείσα Απόσταση Επιβατικού(χιλιόμετρα)	0.95	1.07	2.02
Εκπομπές Αστικού Λεωφορείου(γραμμάρια)	490	728	1218
Διανυθείσα Απόσταση Αστικού Λεωφορείου(χιλιόμετρα)	1.09	1.41	2.5

Πίνακας 35.Τιμές εκπομπών Δ.Α. ανά διαδρομή

Όπως παρατηρούμε οι τιμές των εκπομπών των επιβατικών για τα ντιζελοκίνητα οχήματα είναι πιο χαμηλές αν και η περίπτωση υπολογισμού είναι για την κατηγορία όλων των επιβατικών κάτω των 2500κε (και για τα αντίστοιχα ντιζελοκίνητα <1400κε θα ήταν ακόμη πιο χαμηλότερα σύμφωνα με τις μέσες τιμές εκπομπών). Παρόλαυτα παρατηρούμε (πως για τον ερχομό) για τα επιβατικά όσο και για τα αστικά λεωφορεία οι εκπομπές είναι μικρότερες από την επιστροφή καθώς στις διαδρομές συμμετέχουν οδικά δίκτυα με αρνητικές κλίσεις (κατηφόρες), ενώ στην επιστροφή με θετικές κλίσεις (ανηφόρες).

Στις συνολικές τιμές συγκριτικά παρατηρούμε πως για μια απόσταση σχεδόν 2 χιλιομέτρων, οι εκπομπές για ένα άτομο αγγίζει τα 300 έως 400 γραμμάρια του Δ.Α. αντίστοιχα για τα ντίζελ ή βενζίνης. Στα αστικά λεωφορεία παρατηρείται ότι το σύνολο είναι 1218γρ, κάτι το οποίο δεν αντιστοιχεί σε ατομικό ποσό, αλλά στο σύνολο των επιβατών που εξυπηρετούνται στην περιοχή. Αν υποθέσουμε πως στην συγκεκριμένη περιοχή εξυπηρετούνται 5 άτομα, τότε το ατομικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα μετακίνησης για τον υπάλληλο θα είναι 243.6 γραμμάρια, πολύ λιγότερο από ότι με την μετακίνηση του οχήματος ΙΧ. Σε περίπτωση μεγαλύτερου αριθμού εξυπηρέτησης ατόμων στην περιοχή τόσο πιο πολύ θα μειώνεται και ο ατομικός αριθμός των ατομικών εκπομπών. Σε περίπτωση των 10 ατόμων ο ατομικός αριθμός αγγίζει τα 121.8 γραμμάρια,

τιμή πάρα πολύ χαμηλή σε σχέση με την τιμή IX ακόμη και με την τιμή της κοινής χρήσης οχήματος (car sharing). Αν υποθέσουμε ότι 4 υπάλληλοι μοιράζονται το όχημα τους καθημερινά για να μετακινηθούν στο σημείο εργασίας τους, στην περίπτωση χρήσης επιβατικού 1400-2000κε τότε η τιμή πηγαίνει ανά άτομο στα 98.82 γραμμάρια για την συγκεκριμένη διαδρομή, ελάχιστο σε σχέση με το να χρησιμοποιήσουν 4 διαφορετικά οχήματα που στην περίπτωση κοινής πορείας και διαδρομής θα αγγίζει τα 1581 γραμμάρια στο σύνολο 4 IX. Η τιμή είναι μεγαλύτερη από την χρήση MMM και των αστικών για την συγκεκριμένη περιοχή.

Για τα δυο αέρια των άμεσων εκπομπών των ρύπων του μονοξειδίου αζώτου και του άνθρακα για τα αστικά λεωφορεία παρατηρείται πως οι τιμές του αζώτου είναι πολύ περισσότερες σε σχέση με του άνθρακα καθώς οι υπολογισμοί των λεωφορείων είναι για καύση ντίζελ.

Για τα οχήματα βενζίνης το άζωτο αγγίζει την τιμή 0.32γρ., ενώ για τον άνθρακα την τιμή 1.94γρ στην διαδρομή ερχόμενος. Για τα ντίζελ οχήματα το μονοξείδιο αζώτου είναι 0.61γρ, ενώ του άνθρακα είναι 0.48γρ. Για τα αστικά λεωφορεία οι τιμές του άνθρακα είναι 3.38γρ, ενώ οι τιμές αζώτου είναι 5.63γρ ερχόμενος στο σύνολο και όχι ατομικά.

5.5.2.Δεύτερη Περίπτωση Μελέτης: Μετακίνηση οχημάτων Ελαφρών Φορτηγών κάτω των 3500εκ και Βαρέων μεταξύ 3,5 και 7,5 τόνους

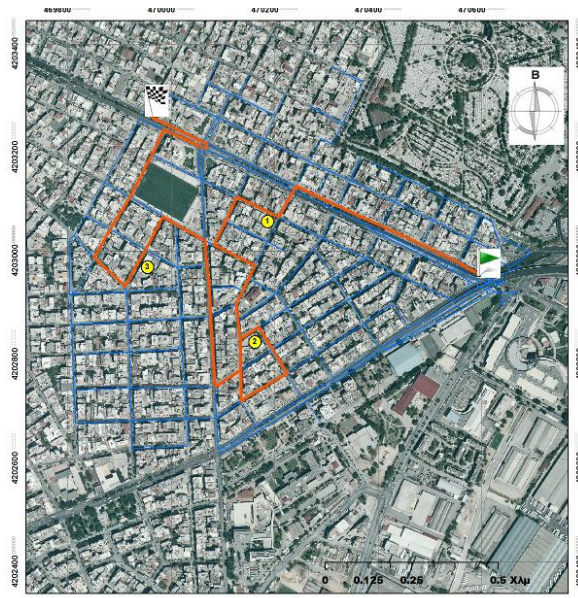
Μια δεύτερη περίπτωση μελέτης της μετακίνησης των οχημάτων στην υπό μελέτη περιοχή μας αποτέλεσε η εύρεση των περιβαλλοντικών διαδρομών για τις κατηγορίες των οχημάτων ελαφρών φορτηγών κάτω των 3,5 τόνων, τύπου καυσίμου ντίζελ και βενζίνης καθώς και για βαρέα οχήματα φορτηγά μεταξύ 3.5 και 7.5τόνων. Η περίπτωση αφορά την διανομή προϊόντων σε συγκεκριμένα σημεία παράδοσης της περιοχής της μελέτης με προεπιλογή σταθερού σημείου εισόδου και εξόδου της περιοχής. (Πιν.36)

	Οδός
Σημείο Εισόδου(1)	Γρ. Λαμπράκη 2
Σημείο Παράδοσης 1(2)	Πλατάνων 35
Σημείο Παράδοσης 2(3)	Αμαλίας 37
Σημείο Παράδοσης 3(4)	Κομνηνών 62
Σημείο Εξόδου(5)	Γρ. Λαμπράκη 90

Πίνακας 36.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων εμπειρικής διαδρομής

Στην πρώτη περίπτωση του σεναρίου αποδίδεται γραφικά η υποτιθέμενη εμπειρική διαδρομή που εκτελεί ο οδηγός των οχημάτων. Έτσι ορίζουμε ως σημείο εισόδου την Λεοφ. Γρηγορίου Λαμπράκη 2 (Ανατολικά) και σημείο εξόδου την Λεοφ. Γρ. Λαμπράκη

90 (Δυτικά) και με τρία τα συγκεκριμένα σημεία παράδοσης, όπως φαίνεται και στο παραπάνω πίνακα(Πιν36). Η διαδρομή που ακολουθεί εμπειρικά ο οδηγός, απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικ51). Το πορτοκαλί χρώμα της γραμμής μας δείχνει την πορεία της διαδρομής, με πράσινη Σημαία είναι το σημείο εισόδου και η καρό σημαία το σημείο εξόδου. Τα κυκλικά σημεία με κίτρινο χρώμα απεικονίζουν τα σημεία παράδοσης και στο εσωτερικό τους παρατίθεται ο αύξων αριθμός σειράς εκτέλεσης της παράδοσης για τα σημεία (καταστήματα) (Εικ.54) (βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 197)



Εικόνα 54.Χάρτης απεικόνισης εμπειρικής διαδρομής

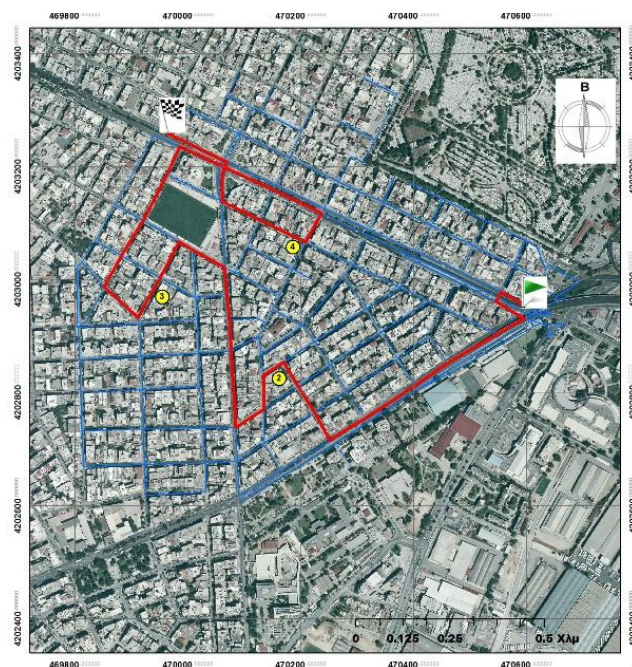
Τα αποτελέσματα των τιμών του σεναρίου 1 ανά παράγοντα απόστασης (σε μέτρα), χρόνου (σε λεπτά), κατανάλωσης (σε λίτρο ανά χιλιόμετρο) για βενζινοκίνητα, ντιζελοκίνητα και εκπομπές του Δ.Α. (με κλίση) σε γραμμάρια, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.37) αναλυτικά.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1	
<u>Παράγοντας</u>	<u>Τιμές</u>
Απόσταση (σε μέτρα)	2.560
Χρόνος (σε Λεπτά)	4.202
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Βενζ (σε γραμ.)	909.971
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Ντίζ (σε γραμ.)	733.237
Κατανάλωση Βενζίνης LDV (λιτ/χλμ)	0.376
Κατανάλωση Ντίζελ LDV(λιτ/χλμ)	0.348

Εκπομπές CO2 με κλίση LGV(σε γραμ.)	1212.226
Κατανάλωση LGV(λιτ/χλμ)	0.746

Πίνακας 37.Τιμές αποτελεσμάτων εμπειρικής διαδρομής

Στην συνέχεια ως δεύτερη παραδοχή αναζητήσαμε την γρηγορότερη διαδρομή ως προς τον χρόνο προσπέλασης αυτών των σημείων. Χρησιμοποιήσαμε σαν παραδοχή την αναδιάταξη των σημείων με διατήρηση του σημείου εισόδου και εξόδου. Η αναδιάταξη είναι μια δυνατότητα της εργαλειοθήκης Network Analyst από τις ιδιότητες των επιπέδων στην καρτέλα ρυθμίσεις ανάλυσης, αναζητά μέσα από τον αλγόριθμο, την εξυπηρέτηση όλων των σημείων παραδόσεων(ανεξαρτήτου ορισμού σειράς), με κριτήριο τη βέλτιστη διαδρομή ως προς τον παράγοντα που θέτουμε. Έτσι λοιπόν στην παρακάτω εικόνα (Εικ.55) με χρώμα κόκκινο απεικονίζεται η γρηγορότερη διαδρομή με την χρήση αναδιάταξης των σημείων παράδοσης. (βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 197)



Εικόνα 55.Χάρτης απεικόνισης διαδρομής ελαχιστοποίησης χρόνου με αναδιάταξη στάσεων

Όπως παρατηρείται η διαδρομή είναι διαφορετική από το πρώτο σενάριο και επίσης η σειρά προτεραιότητας των σημείων παραδόσεως έχουν αλλάξει με κριτήριο την ταχύτερη διαδρομή εισόδου, της προσπέλασης των σημείων και της εξόδου από την περιοχή της μελέτης.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αναδιάταξη και η νέα σειρά εκτέλεσης των παραδόσεων ανά σημείο και οδό. (Πιν.38)

	Οδός
--	------

Σημείο Εισόδου(1)	Γρ. Λαμπράκη 2
Σημείο Παράδοσης 1(2)	Αμαλίας 37
Σημείο Παράδοσης 2(3)	Κομνηνών 62
Σημείο Παράδοσης 3(4)	Πλατάνων 35
Σημείο Εξόδου(5)	Γρ. Λαμπράκη 90

Πίνακας 38.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων γρηγορότερης διαδρομής

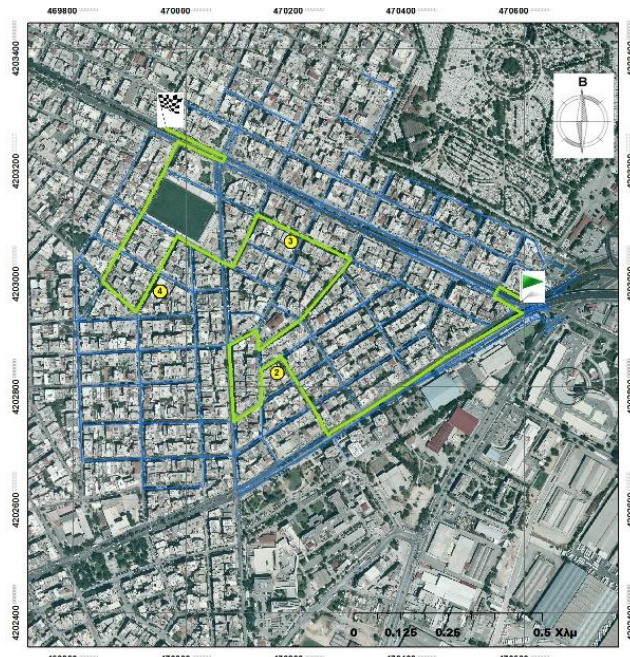
Τα αποτελέσματα των τιμών του σεναρίου 2 ανά παράγοντα απόστασης (σε μέτρα), χρόνου (σε λεπτά), κατανάλωσης (σε λίτρο ανά χιλιόμετρο) για βενζινοκίνητα, ντιζελοκίνητα και εκπομπές Δ.Α. (με κλίση) σε γραμμάρια, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.39) αναλυτικά:

ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
<u>Παράγοντας</u>	<u>Τιμές</u>
Απόσταση (σε μέτρα)	2.690
Χρόνος (σε Λεπτά)	3.864
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Βενζ (σε γραμ.)	889.158
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Ντίζ (σε γραμ.)	716.666
Κατανάλωση Βενζίνης LDV (λιτ/χλμ)	0.395
Κατανάλωση Ντίζελ LDV(λιτ/χλμ)	0.366
Εκπομπές CO2 με κλίση LGV(σε γραμ.)	1319.074
Κατανάλωση LGV(λιτ/χλμ)	0.784

Πίνακας 39.Τιμές αποτελεσμάτων γρηγορότερης διαδρομής

Στην συνέχεια στο τρίτο σενάριο θέσαμε ως παράγοντα, την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής ως προς τις εκπομπές του Διοξειδίου του Άνθρακα υπολογιζόμενες με τον συντελεστή της κλίσης. Η αναδιάταξη τέθηκε ως κριτήριο καθώς βοήθησε στην εύρεση βέλτιστης διαδρομής χωρίς υποχρεωτική διέλευση από συγκεκριμένα σημεία εξορισμού. Έτσι για ένα ελαφρύ φορτηγό όχημα κάτω των 3.5 τόνων η βέλτιστη διαδρομή που

ακολούθησε για την εξυπηρέτηση των σημείων (καταστημάτων) απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα με ανοικτό πράσινο χρώμα. (Εικ.56) (βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 197)



Εικόνα 56.Χάρτης διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά με αναδιάταξη στάσεων

Όπως παρατηρείται η διαδρομή είναι διαφορετική από το πρώτο αλλά και το δεύτερο σενάριο και επίσης η σειρά προτεραιότητας των σημείων παραδόσεως έχουν αλλάξει με κριτήριο την πιο περιβαλλοντική διαδρομή (εκπομπές του Δ.Α.) και την αναδιάταξη με σταθερά σημεία εισόδου και εξόδου.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αναδιάταξη και η σειρά εκτέλεσης των παραδόσεων ανά σημείο και οδό (Πιν.40)

	Οδός
Σημείο Εισόδου(1)	Γρ. Λαμπράκη 2
Σημείο Παράδοσης 1(2)	Αμαλίας 37
Σημείο Παράδοσης 2(3)	Πλατάνων 35
Σημείο Παράδοσης 3(4)	Κομνηνών 62
Σημείο Εξόδου(5)	Γρ. Λαμπράκη 90

Πίνακας 40.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά

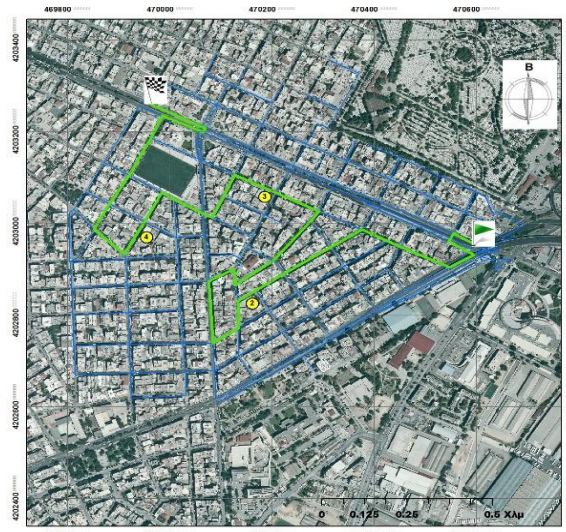
Τα αποτελέσματα των τιμών του σεναρίου 3 ανά παράγοντα απόστασης (σε μέτρα), χρόνου (σε λεπτά), κατανάλωσης (σε λίτρο ανά χιλιόμετρο) για βενζινοκίνητα, ντιζελοκίνητα και εκπομπές του Δ.Α. (με κλίση) σε γραμμάρια, για τα ελαφρά φορτηγά οχήματα κάτω των 3.5 τόνων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.41) αναλυτικά.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3

<u>Παράγοντας</u>	<u>Τιμές</u>
Απόσταση (σε μέτρα)	2.484
Χρόνος (σε Λεπτά)	4.032
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Βενζ (σε γραμ.)	878.378
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Ντίζ (σε γραμ.)	697.885
Κατανάλωση Βενζίνης LDV (λιτ/χλμ)	0.365
Κατανάλωση Ντίζελ LDV(λιτ/χλμ)	0.338

Πίνακας 41. Τιμές αποτελεσμάτων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. ελαφρά φορτηγά

Ως τέταρτο και τελικό σενάριο θέσαμε ως παράγοντα για την εύρεση της βέλτιστης διαδρομής, τις εκπομπές του Διοξειδίου του Άνθρακα υπολογιζόμενες με τον συντελεστή της κλίσης. Η αναδιάταξη τέθηκε επίσης ως κριτήριο καθώς βοηθάει στην εύρεση της βέλτιστης διαδρομής χωρίς υποχρεωτική διέλευση από συγκεκριμένα σημεία εξορισμού. Έτσι για ένα βαρύ φορτηγό όχημα μεταξύ 3.5 και 7.5 τόνων η βέλτιστη διαδρομή που θα ακολουθήσει για την εξυπηρέτηση των σημείων (καταστημάτων) απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα με σκούρο πράσινο χρώμα (Εικ.57) (βλέπε Παράρτημα Χαρτών σελ 197)



Εικόνα 57.Χάρτης διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά με αναδιάταξη στάσεων

Όπως παρατηρείται η διαδρομή είναι διαφορετική από το πρώτο και το δεύτερο σενάριο αλλά σε σχέση με το τρίτο είναι λίγο διαφορετική ως προς την προσέγγιση του πρώτου

σημείου, ενώ για τα υπόλοιπα σημεία ακολουθεί ακριβώς την ίδια διαδρομή. Επίσης είναι ίδια ως προς τη σειρά προτεραιότητας των σημείων παραδόσεως το σενάριο 3 της διαδρομής εισόδου, προσπέλασης των σημείων και εξόδου από την περιοχή μελέτης.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αναδιάταξη και η σειρά εκτέλεσης των παραδόσεων ανά σημείο και οδό. (Πιν.42)

	Οδός
Σημείο Εισόδου(1)	Γρ. Λαμπράκη 2
Σημείο Παράδοσης 1(2)	Αμαλίας 37
Σημείο Παράδοσης 2(3)	Πλατάνων 35
Σημείο Παράδοσης 3(4)	Κομνηνών 62
Σημείο Εξόδου(5)	Γρ. Λαμπράκη 90

Πίνακας 42.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά

Τα αποτελέσματα των τιμών του σεναρίου 4 ανά παράγοντα απόστασης (σε μέτρα), χρόνου (σε λεπτά), κατανάλωσης (σε λίτρο ανά χιλιόμετρο) για βενζινοκίνητα, ντιζελοκίνητα και Εκπομπές Δ.Α. (με κλίση) σε γραμμάρια, για τα βαρέα φορτηγά οχήματα μεταξύ των 3.5 και 7.5 τόνων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.43) αναλυτικά.

ΣΕΝΑΡΙΟ 4	
Παράγοντας	Τιμές
Απόσταση (σε μέτρα)	2.407
Χρόνος (σε Λεπτά)	4.281
Εκπομπές CO2 με κλίση LGV(σε γραμ.)	1198.771
Κατανάλωση LGV(λιτ/χλμ)	0.702

Πίνακας 43.Τιμές αποτελεσμάτων διαδρομής εκπομπών Δ.Α. βαρέα φορτηγά

Παρακάτω παρατίθεται ο συνολικός πίνακας με τις αλλαγές των σημείων παραδόσεων ανά σενάριο, ανά διεύθυνση και ανά σειρά σημείου.(Πιν.44)

	Διεύθυνση Σημείου Παράδοσης			
	Σενάριο 1 (Εμπειρική)	Σενάριο 2 (Χρόνος)	Σενάριο 3 (CO2) <3.5τ	Σενάριο 4 (CO2) 3.5τ-7.5τ
Σημείο Εισόδου(1)	Γρ. Λαμπράκη	Γρ. Λαμπράκη 2	Γρ. Λαμπράκη 2	Γρ. Λαμπράκη 2

	2			
Σημείο Παράδοσης 1(2)	Πλατάνων 35	Αμαλίας 37	Αμαλίας 37	Αμαλίας 37
Σημείο Παράδοσης 2(3)	Αμαλίας 37	Κομνηνών 62	Πλατάνων 35	Πλατάνων 35
Σημείο Παράδοσης 3(4)	Κομνηνών 62	Πλατάνων 35	Κομνηνών 62	Κομνηνών 62
Σημείο Εξόδου(5)	Γρ. Λαμπράκη 90	Γρ. Λαμπράκη 90	Γρ. Λαμπράκη 90	Γρ. Λαμπράκη 90

Πίνακας 44.Σειρά εξυπηρέτησης σημείων ανά σενάριο διαδρομής

Σε ανάλυση των αποτελεσμάτων ως προς την απόσταση, το χρόνο, τα καύσιμα που καταναλώνονται, και τις εκπομπές του Δ.Α. αλλά και ορισμένων άμεσων αερίων των τριών σεναρίων (2,3,4) σε σχέση με την εμπειρική διαδρομή σενάριο 1, παρατίθενται παρακάτω στον πίνακα (Πιν.45) τα εξής αποτελέσματα σε ποσοστιαίες μονάδες διαφοράς μεταξύ τους.

Παράγοντες	Σύγκριση Σεναρίου 2 με 1	Σύγκριση Σεναρίου 3 με 1	Σύγκριση Σεναρίου 4 με 1	Σύγκριση Σεναρίου 3 με 2	Σύγκριση Σεναρίου 4 με 2
Απόσταση (%)	4.83	-3.08	-6.36	-8.32	-11.76
Χρόνος σε Λεπτά (%)	-8.73	-4.20	1.87	4.16	9.75
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Βενζ (%)	-2.34	-3.60		-1.23	
Εκπομπές CO2 χωρίς LDV Βενζ(%)	-3.51	-3.89		-0.37	
Εκπομπές CO2 με κλίση LDV Ντίζ(%)	-2.31	-5.07		-2.69	
Εκπομπές CO2 χωρίς LDV Ντίζ (%)	-0.95	-3.25		-2.28	
Κατανάλωση Βενζίνης LDV(%)	4.83	-3.08		-8.32	
Κατανάλωση Ντίζελ LDV(%)	4.83	-3.08		-8.32	
Εκπομπές CO2 με κλίση LGV(%)	8.10		-1.12		-10.04
Εκπομπές CO2 χωρίς LGV(%)	1.42		-4.17		-5.68
Κατανάλωση LGV(%)	4.83		-6.36		-11.76

Πίνακας 45.Συγκριτικά ποσοστά μεταξύ σεναρίων

Στην σύγκριση του σεναρίου του βέλτιστου χρόνου με την εμπειρική απόσταση παρατηρείται πως με την χρήση της αναδιάταξης έχουμε αλλαγή της σειράς προσπέλασης των σημείων παραδόσεων. Επίσης έχουμε μια αισθητή μείωση του χρόνου της τάξης του 8% καθώς και μείωση στις εκπομπές του Διοξειδίου του άνθρακα, που οφείλεται στην αναδιάταξη και στην καλύτερη εξυπηρέτηση ως προς την διαδρομή των σημείων.

Παρόλαυτα η απόσταση είναι μεγαλύτερη της τάξης 4.8% και η κατανάλωση καυσίμου και για τους δυο τύπους οχημάτων της περίπτωσης της μελέτης μας είναι μεγαλύτερες, τόσο στο ντίζελ όσο και στη βενζίνη για τα ελαφρά φορτηγά και τα βαρέα φορτηγά.

Στο σενάριο 3, (της βέλτιστης διαδρομής των εκπομπών του Δ.Α) με παράγοντα την κλίση του δρόμου και με χρήση της αναδιάταξης των σημείων για οχήματα κατηγορίας ελαφρών φορτηγών κάτω των 3.5 τόνων σε σχέση με την εμπειρική, βλέπουμε αισθητές μειώσεις σε όλα τα επίπεδα των παραμέτρων μας, τόσο στην απόσταση της τάξης 3%, σε χρόνο 4.2% όσο και στην κατανάλωση και των δύο τύπων καυσίμων που είναι της τάξης του 3%. Για τις εκπομπές παρατηρείται πως στα βενζινοκίνητα ελαφρά φορτηγά στην συγκεκριμένη προτεινόμενη διαδρομή έχουμε μείωση 3.6 %, ενώ στα ντιζελοκίνητα είναι μεγαλύτερη 5%.

Στο σενάριο 4, (της βέλτιστης διαδρομής των εκπομπών του Δ.Α) με παράγοντα την κλίση του δρόμου και με χρήση της αναδιάταξης των σημείων για οχήματα κατηγορίας βαρέων φορτηγών μεταξύ των 3.5 και 7.5 τόνων σε σχέση με την εμπειρική, βλέπουμε επίσης σημαντικές μειώσεις σε όλα τα επίπεδα των παραμέτρων μας εκτός από την παράμετρο του χρόνου που είναι 1.8% μεγαλύτερη. Αυτό σημαίνει πως το όχημα διασχίζει περιοχές του οδικού δικτύου που είναι χαμηλές ή μέσες οι ταχύτητές τους. Παρόλαυτα είναι μια προτεινόμενη περιβαλλοντική διαδρομή με αισθητά μειωμένες τιμές στην κατανάλωση 6.36% και στις εκπομπές του Δ.Α. 1.1% σε σχέση με την απόσταση που διανύει.

Στα σενάρια (3 και 4) σε σχέση με τον χρόνο όπως παρατηρούμε στον πίνακα (Πιν45) υπάρχουν σημαντικές βελτιώσεις σε όλες τις παραμέτρους εκτός από το χρόνο. Αυτό σημαίνει πως η γρηγορότερη διαδρομή είναι μια κατά πολύ επιβαρυντική διαδρομή τόσο στο περιβάλλον λόγω μεγάλης κατανάλωσης και εκπομπών αερίων τόσο και στο οικονομικό κριτήριο.

Επίσης παρατηρείται ότι για τις εκπομπές των αερίων με κριτήριο την κλίση του δρόμου, οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες των τιμών χωρίς την παράμετρο της κλίσης και αυτό οφείλεται στο ότι οι προτεινόμενες δρομολογήσεις του σεναρίου κινούνται γεωγραφικά από ανατολικά προς τα δυτικά της περιοχής. Αυτό αποτελεί κριτήριο καθώς η διαδρομή είναι σε μεγαλύτερο μέρος με ανηφορικά οδικά τμήματα, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η κατανάλωση και οι εκπομπές του Δ.Α. περισσότερο.

Τέλος για τα δύο άμεσα αέρια που εκπέμπουν τα οχήματα, του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του μονοξειδίου του αζώτου (NO), παρατηρείται πως για τα βενζινοκίνητα ελαφρά φορτηγά κάτω των 3.5 τόνων το μονοξείδιο του άνθρακα είναι πολύ περισσότερο

σε σχέση με τα ντιζελοκίνητα. Το αντίθετο συμβαίνει για το μονοξείδιο του αζώτου, όπου στα ντιζελοκίνητα τόσο στα ελαφρά φορτηγά όσο και στα βαρέα της περίπτωσης της μελέτης μας, είναι κατά πολύ μεγαλύτερες οι τιμές τους. Οι τιμές ανέρχονται για τα ελαφρά φορτηγά βενζίνης, σε άνθρακα με 13.7γρ και σε άζωτο με 1.41γρ, ενώ για τα ντίζελ έχουμε σε άνθρακα 1.26γρ και σε άζωτο σε 3.79γρ. Στα βαρέα φορτηγά έχουμε άνθρακα με 6.82γρ και σε άζωτο με 10.34γρ για την διαδρομή του προτεινόμενου σεναρίου που αγγίζει τα 2.5 χιλιόμετρα συνολικά.

5.5.3. Τρίτη Περίπτωση Μελέτης: Εκτίμηση ημερήσιου ενεργειακού αποτυπώματος μετακίνησης αστικών λεωφορείων κατά μήκος της οδού.

Η επόμενη περίπτωση μελέτης είναι η εκτίμηση του οικολογικού αποτυπώματος της διέλευσης των αστικών λεωφορείων της περιοχή μας. Συγκεκριμένα από τα δρομολόγια των αστικών λεωφορείων και τον αριθμό συχνότητας προσπέλασης τους από την περιοχή δηλαδή τον φόρτο, υπολογίσαμε με την μέθοδο της παρεμβολής το ενεργειακό αποτύπωμα για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα συμπεριλαμβανομένου την κλίση του δρόμου. Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές εκπομπών πάνω στο οδικό δίκτυο απεικονίζονται και υπολογιστήκαν γραφικά σε ακτίνα 20 μέτρων κάθε οδικού τμήματος από τον άξονα τους και στο σύνολο της διαδρομής των Λεωφορείων από την άνοδο και τη κάθοδο εφόσον γίνεται. Ο υπολογισμός έγινε σε περίπτωση νηνεμίας, χωρίς να έχουμε την επιρροή των μετεωρολογικών συνθηκών και συγκεκριμένα των ανέμων.

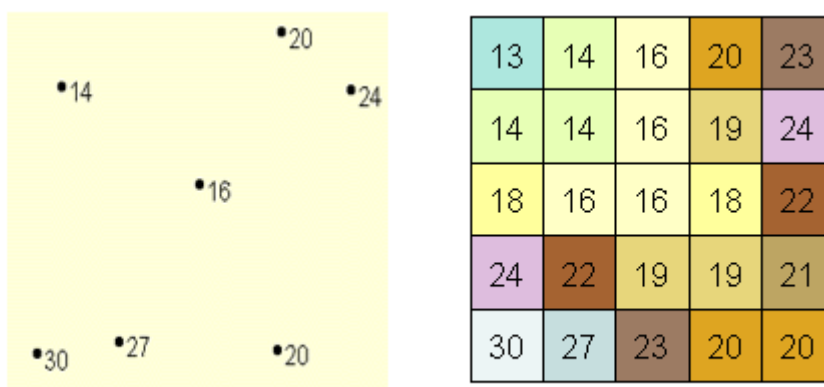
Για την συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης όπως αναφέραμε χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο παρεμβολής και συγκεκριμένα της αντισταθμισμένης ανάστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighted -IDW).

Ο λόγος που χρησιμοποιείται η παρεμβολή για ένα ψηφιδωτό στοιχείο είναι διότι αντικείμενα που είναι κοντά μεταξύ τους έχουν την τάση να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα αν βρέχει στην μία πλευρά του δρόμου μπορούμε να προβλέψουμε με υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης ότι βρέχει και στην άλλη μεριά του δρόμου. Λιγότερο βέβαιο θα είναι να προβλέψουμε αν έβρεχε σε όλη την πόλη και με ακόμη λιγότερη σιγουριά να προβλέψουμε την κατάσταση του καιρού στην επομένη πόλη ή νομό. Χρησιμοποιώντας την αναλογία της μεθόδου είναι εύκολο να δούμε ότι οι τιμές των σημείων κοντά στο δείγμα είναι παρόμοιες σε σχέση με τα μακρύτερα σημεία. Αυτήν είναι η βάση της παρεμβολής. Μια τυπική χρήση της παρεμβολής σε σημείο είναι η ανύψωση της επιφάνειας (υψομετρικά) από ένα σύνολο μετρήσεων του δείγματος.

Η αντισταθμισμένη ανάστροφη απόσταση (Inverse Distance Weighted - IDW), είναι μια μέθοδος της παρεμβολής που υπολογίζει τις τιμές των εικονοστοιχείων (κυττάρων) με το μέσο όρο των τιμών των στοιχείων του δείγματος στα γειτονικά σημεία για κάθε κελί του εικονοστοιχείου (κυττάρου). Όσο πιο κοντά είναι το σημείο στο κέντρο του κελιού που εκτιμάται τόσο πιο μεγάλη επιρροή ή βάρος έχει κατά μέσο όρο.

Χρησιμοποιείται για να προβλέψει τις άγνωστες τιμές για κάθε σημείο των γεωγραφικών δεδομένων όπως την ανύψωση, τις βροχοπτώσεις, τα επίπεδα θορύβου και την έρευνα μας για την πρόβλεψη των εκπομπών του Δ.Α. και του οικολογικού αποτυπώματος της μετακίνησης οχημάτων επι των οδικών αξόνων και σε ζώνες 20 μέτρων.

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ58) απεικονίζεται η λειτουργία της παρεμβολής της μεθόδου αυτής, καθώς δείχνει την κατανομή και τις τιμές που παράγονται από αυτές. Αριστερά απεικονίζεται ένα σύνολο δεδομένων, γνωστών τιμών των βροχοπτώσεων, ενώ στα δεξιά η ψηφιδωτή εικόνα με την παρεμβολή από αυτά τα σημεία. Οι άγνωστες τιμές υπολογίζονται από μαθηματικό τύπο που χρησιμοποιεί τις τιμές του κοντινού γνωστού σημείου. Οι κοντινές τιμές έχουν μεγαλύτερη έμφαση στα πλησιέστερα σημεία και η επιφάνεια που προκύπτει θα έχει περισσότερες λεπτομέρειες (λιγότερη ομαλή) σε σχέση με τις μακρινές τιμές, όπου η επιρροή είναι χαμηλότερη και έτσι το αποτελέσματα θα είναι μια ομαλότερη επιφάνεια. (arcgis desktop 9.3 help)



Εικόνα 58. Λειτουργία μεθόδου παρεμβολής

Η μέθοδος IDW είναι μέρος της εργαλειοθήκης Spatial Analyst (χωρικής ανάλυσης) και της παρεμβολής του ψηφιδωτού αρχείου (Interpolate Raster).

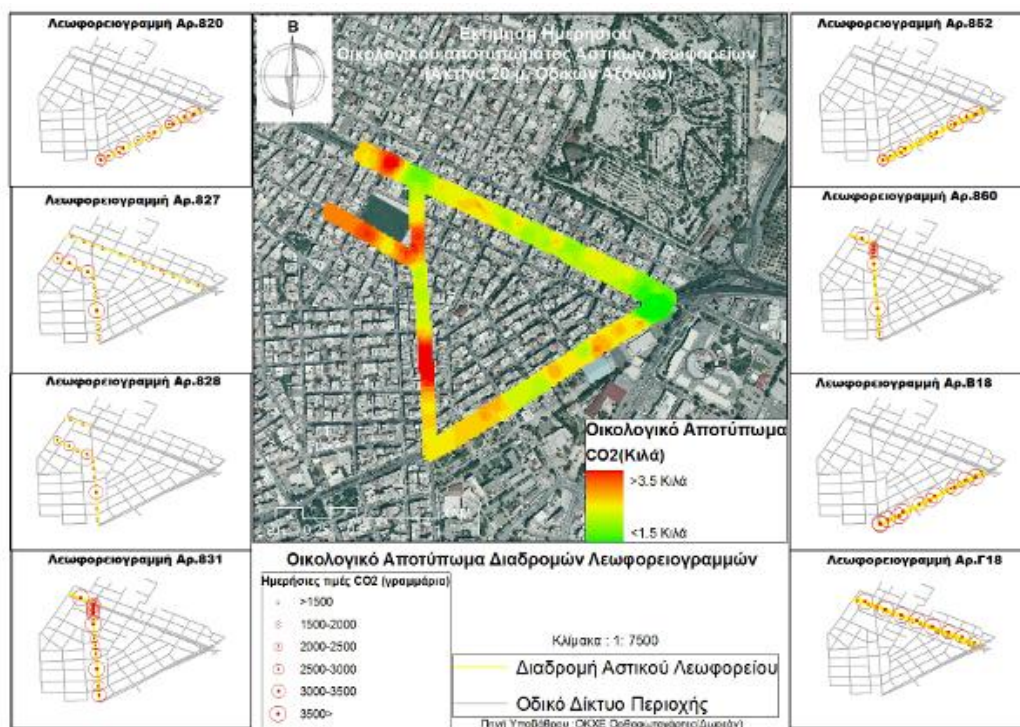
Στο παράθυρο εκτέλεσης της μεθόδου εισάγουμε τα σημειακά κέντρα κάθε οδικού τμήματος που λαμβάνει χώρα στην διαδρομή της εκάστης διαδρομής του αστικού λεωφορείου που περνά από την περιοχή της μελέτης μας. Για την δημιουργία των σημείων έγινε διάσπαση της διαδρομής κάθε οδικού τμήματος και δειγματοληπτικά υπολογίστηκε

στο κεντροειδές κάθε οδικού τμήματος οι τιμές των εκπομπών του Δ.Α. που συσσωρεύονται από το πέρασμα του οχήματος. Υπολογίστηκε αθροιστικά για το πέρασμα του σε ημερήσια βάση και για τις οχτώ διαδρομές των αστικών λεωφορείων που διασχίζουν την περιοχή μας ξεχωριστά. Έπειτα έγινε επαναταξινόμηση (reclassify) των αποτελεσμάτων σε κοινές τιμές κλάσεων για κάθε διαδρομή της παρεμβολής. Για το μεγαλύτερο εύρος τιμών οι κλάσεις που δημιουργήθηκαν είναι έξι ανά διαδρομή και τιμών των εκπομπών του Δ.Α. Το εύρος των τιμών που υπολογιστήκαν σε ημερήσια βάση σε κλάσεις επαναταξινόμησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Πιν.46)

Κλάσεις	Ημερήσιες Τιμές CO2(γρ.μ.)
	<1500
	1500-2000
	2000-2500
	2500-3000
	3000-3500
	>3500

Πίνακας 46.Κλάσεις ημερήσιων τιμών εκπομπών Δ.Α. αστικών λεωφορείων

Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας υπολογίσαμε τις 8 διαδρομές με τους ημερήσιου ρύπους κάθε τμήματος με το εργαλείο Raster Calculator, προσθέσαμε τα επαναταξινομημένα με κοινές τιμές των κλάσεων των ψηφιδωτών αρχείων. Στη συνέχεια δημιουργήσαμε τον τελικό μας χάρτη με τις υψηλές και τις χαμηλές ζώνες των εικονοστοιχείων με διαβαθμίσεις χρωματικές. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται παρακάτω (Εικ59) (Βλ. Παράρτημα: Χάρτης12 σελ198).



Εικόνα 59. Χάρτης εκτίμησης ημερήσιου ενεργειακού αποτυπώματος μετακίνησης αστικών λεωφορείων

Αναλύοντας και ερμηνεύοντας το αποτέλεσμα συμπεράναμε τα εξής: Αρχικά, ότι οι ημερήσιες εκπομπές είναι της τάξεως 1000-1500 ελαχίστων τιμών και 3500-5000 μεγίστων τιμών μετρούμενων σε κιλά. Μπορούμε να καταφύγουμε σε ένα μηνιαίο ακόμη και ετήσιο υπολογισμό των εκπομπών των αερίων των οχημάτων για την συγκεκριμένη περιοχή αλλά θα ήταν πιο ορθό αν γινόταν για το σύνολο της διαδρομής σε όλο το μήκος της λεωφοριογραμμής.

Παρατηρείται πως με κόκκινο χρώμα είναι οι υψηλές τιμές και οι περιοχές του οδικού δικτύου (απόσταση 20μ.) που επηρεάζονται περισσότερο. Ο λόγος των σημείων αυτών και η παρουσίαση των υψηλών τιμών οφείλεται πρώτον στην κλίση του οδικού δικτύου και στο ότι είναι τα ανηφορικά οδικά τμήματα, επίσης στον φόρτο των λεωφορείων και στην συχνότητα τους. Για παράδειγμα από την Χρ. Σμύρνης και την Σινώπης στις οποίες εμφανίζονται οι υψηλότερες τιμές έχουμε ανηφορικά τμήματα με κλίση +2 και σε ορισμένα τμήματα +4 % που συνεπάγεται περισσότερους υπολογισμένους ρύπους για τα συγκεκριμένα σημεία. Επίσης η συχνότητα κάποιων λεωφοριογραμμών είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα οδικά δίκτυα καθώς επίσης τα 4 από τα 8 δρομολόγια της περιοχής εξυπηρετούν αυτό το οδικό δίκτυο σε όλο το μήκος του.

Στην Πέτρου Ράλλη έχουμε μέτριες και κάποιες υψηλές τιμές και είναι ο δεύτερος πιο ρυπογόνος οδικός άξονας, καθώς τα 3 από τα 8 δρομολόγια εξυπηρετούν την διαδρομή

αυτή σε όλο το μήκος της και οι κλίσεις της δεν υπερβαίνουν την τιμή της τάξεως +2% (ανηφόρα) και -2% (κατηφόρα).

Τέλος, η Γρ. Λαμπράκη παρόλο την μεγάλη κλίση +4% και -4% ανόδου και καθόδου αντίστοιχα, λόγω της προσπέλασης μιας ολοκληρωμένης διαδρομής(ανόδου καθόδου) και μιας μισής (μόνο καθόδου) δεύτερης γραμμής, οι τιμές είναι πιο λίγες σε σχέση με τα υπόλοιπα οδικά δίκτυα άρα είναι και ο πιο περιβαλλοντικός άξονας στο σύνολο του σύμφωνα με την 3^η περίπτωση μελέτης μας.

6.ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επιπτώσεις των μετακινήσεων των οχημάτων στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι αναντίρρητες. Ειδικότερα, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα παίζουν σημαντικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή του πλανήτη και αποτελούν το 25% των συνολικών ρύπων της ενεργειακής κατανάλωσης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Τόσο εξαιτίας της μετακίνησης των ανθρώπων σε αστικό περιβάλλον με οχήματα ιδιωτικής χρήσης, όσο και λόγω των μετακινήσεων αγαθών και προϊόντων μεταξύ των χωρών στα πλαίσια της ανάπτυξης του εμπορίου και της αύξησης του καταναλωτισμού.

Η διαχείριση της μείωσης των εκπομπών των αερίων από τις μετακινήσεις των οχημάτων σε όλο το φάσμα της χρήσης τους, τόσο στο εμπόριο όσο και στον τουρισμό αλλά και την ιδιωτική χρήση επιβατικών οχημάτων, αποτελεί στόχο για όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες που συμμετέχουν στην συνθήκη του Κιότο. Στην Ελλάδα, μέσα από διάφορες δράσεις για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση γίνεται προσπάθεια για ευρύτερη ενημέρωση και κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από διάφορες δραστηριότητες κινητικότητας (mobility) με παρότρυνση της χρήσης των εναλλακτικών ειδών της μετακίνησης αλλά και της πιο φιλικής προς το περιβάλλον χρήσης των ποδηλάτων. Παρόλο που η χώρα μας δεν είναι αμιγώς βιομηχανική χώρα, ακόμα και σε αυτό τον λιγότερο αναπτυσσόμενο τομέα πρέπει να ληφθούν μέτρα άμεσα, ώστε αφενός να αποφευχθεί η μεγάλη ρύπανση, αφετέρου να μην παραβιαστούν τα όρια των τιμών των αερίων ρύπων.

Η διαρκώς αναπτυσσόμενη επιστήμη της Γεωπληροφορικής και ειδικότερα ο τομέας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε επίπεδο εκτίμησης του ενεργειακού αποτυπώματος αλλά και εύρεσης της βέλτιστης περιβαλλοντικής διαδρομής, δηλαδή την διαδρομή με τις λιγότερες εκπομπές του Δ.Α., μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λήψη αποφάσεων τόσο σε τοπικό αστικό περιβάλλον όσο και σε ευρύτερη περιοχή δήμου ή νομού αλλά και εθνικού επιπέδου, ώστε να συμβάλλει στην καλύτερη οργάνωση της μετακίνησης των οχημάτων. Στοχεύει στην ορθή μετακίνηση της προσωπικής χρήσης των ΙΧ των κατοίκων μιας περιοχής, στην οποία εμφανίζεται κάποιο πρόβλημα με αυξημένες τιμές ρύπων αλλά και σε προτεινόμενες διαδρομές για τα οχήματα των δημόσιων υπηρεσιών, των Εταιρειών εμπορίου κλπ, με κριτήριο το περιβαλλοντικό (αέρια Δ.Α.) όφελος και συνάμα στην οικονομικά κατανάλωση των καυσίμων. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει ανάλυση και χαρτογραφική απεικόνιση των τιμών των εκπομπών των αερίων και των καυσίμων για τις μετακινήσεις των απορριματοφόρων ενός δήμου, με πλήρη στοιχεία και οδηγίες της διαδρομής ως προς την συλλογή, την απόθεση κλπ, με τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση για το περιβάλλον. Επίσης, για

τις μετακινήσεις οποιουδήποτε τύπου οχήματος μιας εταιρείας ή επιχείρησης (logistics) η οποία ως κύριο χαρακτηριστικό της έχει τις παραδόσεις και τις μεταφορές των προϊόντων εντός ή εκτός της χώρας με πρόταση της βέλτιστης διαδρομής τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρύτερο επίπεδο μετακίνησης.

Με την χρήση ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών υπάρχει η δυνατότητα των προτεινόμενων πολλαπλών διαδρομών με βέλτιστο χαρακτήρα μέσα από τις διάφορες παραμέτρους και επιπτώσεις όπως είναι οι εκπομπές των αερίων των οχημάτων, είτε άμεσων είτε έμμεσων. Τα ΓΣΠ αποτελούν ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για την εισαγωγή, διαχείριση, επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων των μετακινήσεων των οχημάτων οποιασδήποτε κατηγορίας, μέσω της ψηφιακής απεικόνισης και χαρτογράφησης των δρομολογίων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τις μετακινήσεις των οχημάτων, το ΓΣΠ στοχεύει στην βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών διαδρομών οποιασδήποτε κατηγορίας οχήματος, μέσα από παραμέτρους, όπως είναι ο τύπος των οχημάτων (πχ επιβατικά μικρού, μεσαίου ή μεγάλου κυβισμού ιδιωτικής ή δημόσιας χρήσης, ή ελαφρά ή βαρέα φορτηγά μικρού ή μεγάλου όγκου και βάρους), τα αστικά λεωφορεία και τα ΜΜΜ. Μια άλλη παράμετρος είναι το καύσιμο που χρησιμοποιεί ο κάθε τύπος οχήματος (ντίζελ ή βενζίνη) τα δύο καύσιμα που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην Ελλάδα. Επίσης, σημαντική παράμετρος είναι το έτος κατασκευής του οχήματος, πόσο μεταχειρισμένο είναι και πόσα χιλιόμετρα έχει διανύσει ή αν είναι καινούργιο. Επίσης ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει αντίστοιχα όλα τα οχήματα ανά κατηγορία και τύπο, είναι το ανάγλυφο της περιοχής και η κλίση των δρόμων καθώς ένα οδικό δίκτυο μπορεί να αλλάζει υψομετρικά στο μήκος του. Έτσι η κλίση του δρόμου επηρεάζει τα αποτελέσματα της εύρεσης μιας διαδρομής με ελάχιστες εκπομπές του Δ.Α. Βασικός στόχος της βέλτιστης δρομολόγησης των εκπομπών του Δ.Α. με υπολογισμένο το κριτήριο της κλίσης του δρόμου, είναι η ευαισθητοποίηση προς στο περιβάλλον και η μείωση των εκπομπών των ρύπων και συνάμα η εξοικονόμηση καυσίμων με αποτέλεσμα την οικονομικότερη διαδρομή.

Τέλος, τα ΓΣΠ παρέχουν μέσα από την εκτίμηση του μοντέλου αυτών των πληροφοριών, χαρτογραφικά υπόβαθρα με χρωματικές διαβαθμίσεις των διαδρομών στην ευρύτερη περιοχή και τη γεωγραφική έκταση του προβλήματος στα διάφορα σημεία. Η ανάλυση της χωρικής κατανομής του ενεργειακού αποτυπώματος μέσα από την μοντελοποίηση με ΓΣΠ και η παρουσίαση του χάρτη, αποτελεί το βασικό υλικό για τις περαιτέρω επιστημονικές έρευνες και μελέτες. Για παράδειγμα, στα σημεία της περιοχής που παρουσιάζουν υψηλές τιμές ρύπων σε σχέση με άλλα σημεία, γίνεται μια συγκριτική ανάλυση των ασθενειών των κατοίκων. Ακόμη

μπορεί να συμβάλλει στην μελέτη θορύβου και της ηχορύπανσης από την συνεχή ροή των οχημάτων και να προταθεί μια βέλτιστη συγκοινωνιακή μελέτη των επιβαρυνμένων σημείων.

Η παρούσα εργασία μέσα από τις τρεις περιπτώσεις της μελέτης, ανέπτυξε μια μεθοδολογία προσομοίωσης για την βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών διαδρομών για διάφορους τύπους οχημάτων και προχώρησε σε σύγκριση μεταξύ των σεναρίων (βέλτιστης διαδρομής, ταχύτερης διαδρομής και περιβαλλοντικής διαδρομής) χρησιμοποιώντας τον παράγοντα κλίσης δρόμου για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων των οχημάτων. Στα πλαίσια αυτά, τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν έχουν σχέση με το υπόβαθρο του οδικού δικτύου της περιοχής του Δήμου Νίκαιας –Αγ. Ιωάννη Ρέντη. Αυτά είναι: η ονοματολογία των οδών, ο τύπος της οδού (επαρχιακή, εθνική), η κατεύθυνση του κάθε οδικού τμήματος (μονοδρομήσεις), οι αναστροφές και τυχόν απαγορεύσεις ή τεχνητά εμπόδια, η απόσταση, η μέση ταχύτητα και ο χρόνος διέλευσης. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν κρίσιμη πληροφορία για την προτεινόμενη εργασία, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι βέλτιστες διαδρομές και να υπολογιστεί η διαδρομή με τους λιγότερους ρύπους με παράλληλη εκτίμηση των περιγραφικών πληροφοριών με οδηγίες όπως η απόσταση και ο χρόνος διάνυσης της. Επίσης, εκτιμάται το μοντέλο της συσσώρευσης των εκπομπών των αερίων κατά μήκος των οδών και σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης.

Στον Δήμο Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Ρέντη με την χρήση του λογισμικού Arc map 9.3 και την extension εργαλειοθήκη Network Analyst επιχειρήθηκε αρχικά η προσομοίωση της πραγματικότητας και η εύρεση των βέλτιστων διαδρομών με βάση τα κριτήρια: απόστασης, χρόνου, καυσίμων και του Δ.Α. με ή χωρίς τον παράγοντα της κλίσης δρόμου Στην συνέχεια έγινε ανάλυση και σύγκριση μεταξύ τους, τόσο γεωγραφικά όσο και περιγραφικά (στατιστικά). Στην συνέχεια, παρουσιάστηκε μέσα από περίπτωση της μελέτης η προσομοίωση αυτών των διαδρομών με την χρήση των ΓΣΠ και επεκτάσεων, εκτιμάται το μοντέλο των διαδρομών με γεωγραφική κατανομή των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου (του Δ.Α κα) στην περιοχή.

Στη πρώτη περίπτωση, μελετήθηκε η υπόθεση της μετακίνησης με χρήση επιβατικών ΙΧ οχημάτων μικρομεσαίου και μεγάλου κυβισμού με τύπο καυσίμου βενζίνης και ντίζελ. Οι διαδρομές υπολογίστηκαν με κριτήρια: την απόσταση, το χρόνο, τα καύσιμα και τις εκπομπές του Δ.Α με παράγοντα την κλίση του δρόμου. Τέλος υπολογίστηκε συγκριτικά η διαδρομή με χρήση αστικών λεωφορείων, αντί για ΙΧ και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα για την κοινή χρήση οχημάτων (car sharing), αντί της ατομικής χρήσης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η γρηγορότερη διαδρομή (χρόνου) είναι η πιο ρυπογόνα και η πιο ακριβή διαδρομή, καθώς πέραν του βέλτιστου χρόνου διέλευσης, η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές των αερίων είναι περισσότερες σε σχέση με τις άλλες διαδρομές. Το ποσοστό κατανάλωσης για την διαδρομή σε σύγκριση με την περιβαλλοντική (Δ.Α.) είναι αυξημένο

+32% και για τους δύο τύπους καυσίμων. Στην επιστροφή είναι 4.4% υψηλότερο, η διαφορά τους είναι μεγάλη, καθώς οι διαδρομές είναι διαφορετικές μεταξύ τους επιλέγοντας άλλους τύπους οδών. Στην πρώτη έρχεται από ταχείας κυκλοφορίας με μεγαλύτερη απόσταση και κατηφόρα στο σύνολο της, ενώ στην δεύτερη αποτελείται με ανηφόρες και από αστικές οδούς (μη ταχείας). Για τις εκπομπές του Δ.Α η διαφορά για τα μικρά οχήματα είναι της τάξεως του 20%, ενώ για τα μεγάλα 8%. Στα ντιζελοκίνητα οι εκπομπές άγγιζαν το 23%. Σε όλες τις κατηγορίες οχημάτων οι μεγαλύτερες τιμές ρύπων του Δ.Α. παρουσιάζονται στην γρηγορότερη διαδρομή σε σχέση με την περιβαλλοντική. Η περιβαλλοντική διαδρομή αποδεικνύει πως τα οχήματα που χρησιμοποιούν καύσιμο βενζίνης είναι πιο ρυπογόνα τόσο στα ανηφορικά σημεία όσο και στα κατηφορικά σε σχέση με τα ντιζελοκίνητα. Επίσης, παρατηρούνται μεγάλες διαφορές σχετικά με τις συγκριτικές τιμές των εκπομπών του ΔΑ, όσον αφορά τον παράγοντα των κλίσεων και χωρίς τις κλίσεις. Σε ανηφορικά σημεία του δρόμου οι εκπομπές των αερίων είναι μεγαλύτερες, ενώ σε κατηφορικές είναι μικρότερες σε σχέση με τις τιμές χωρίς τον παράγοντα κλίσεως (που όλες οι τιμές για κάθε τμήμα είναι ίδιες σχεδόν, πράγμα το οποίο σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν είναι ορθό).

Επίσης αποδείχτηκε πως με την χρήση των MMM, είναι πιο φιλική στο περιβάλλον η διαδρομή σε σχέση με ΙΧ οχήματα, είτε πρόκειται για ντίζελ είτε για βενζίνη. Παρόλο που η διανυθείσα απόσταση ορισμένες φορές είναι μεγαλύτερη λόγω συγκεκριμένων οδικών δικτύων. Επίσης, η κοινή χρήση οχημάτων (το λεγόμενο car sharing) που εφαρμόζεται σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης αλλά και στην Ελλάδα, θα μπορούσε να μειώσει τις τιμές των ρύπων που αντιστοιχούν στο ατομικό επίπεδο σε σχέση με την μετακίνηση και χρήση ΙΧ ατομικά. Είναι ο πιο οικονομικός τρόπος μετακίνησης (ομαδικά) σε περίπτωση μη χρήσης των MMM που δεν εξυπηρετούν άμεσα την περιοχή ενδιαφέροντος.

Η δεύτερη περίπτωση μελέτης αφορά την διάθεση των προϊόντων ή αγαθών σε συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος της περιοχής της μελέτης μας για τύπους οχημάτων όπως: ελαφρών φορτηγών κάτω των 3.5 τόνων βενζίνης και ντίζελ και βαρέων φορτηγών μεταξύ 3.5-7.5 τόνων. Συγκεκριμένα γίνεται σύγκριση της υποτιθέμενης εμπειρικής διαδρομής μέσω της διέλευσης αυτών των σημείων με την βέλτιστη δρομολόγηση ως προς το χρόνο και τις εκπομπές. Επίσης, σημαντικό ρόλο έπαιξε ο αλγόριθμος της αναδιάταξης του συγκεκριμένου λογισμικού ως προς την σειρά παραδόσεων ανάμεσα από τα συγκεκριμένα σημεία, αποτελώντας μια πλήρη μέθοδο εξυπηρέτησης και εύρεσης της καλύτερης δυνατής διαδρομής.

Αποδείχτηκε πως οι διαδρομές (και των δύο φορτηγών) με παράμετρο τις εκπομπές του Δ.Α. είναι λιγότερο ρυπογόνες και πιο οικονομικές σε σχέση με την εμπειρική διαδρομή και την διαδρομή του χρόνου. Για τα ελαφρά φορτηγά και τις εκπομπές του Δ.Α. η περιβαλλοντική

διαδρομή σε σχέση με την εμπειρική έχει μείωση 3.6% για Βενζίνη και 5.1% για ντίζελ, ενώ το βαρύ φορτηγό έχει μείωση σε Δ.Α. της τάξης του 1.2% Για τα ελαφρά φορτηγά και τις εκπομπές του Δ.Α. η περιβαλλοντική διαδρομή σε σχέση με την γρηγορότερη (χρόνος), η μείωση είναι 1.23% για βενζίνη και 2.7% για ντίζελ. Για το βαρύ φορτηγό η μείωση είναι 10%. Η μείωση για την κατανάλωση του καυσίμου κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα μείωσης σε σύγκριση των δύο διαδρομών αντίστοιχα. Επίσης, η εφαρμογή του αλγόριθμου της αναδιάταξης της σειράς εξυπηρέτησης των σημείων αποτέλεσε λύση για την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση ως προς τα συγκεκριμένα σημεία με εμφανές διαφορές ως προς την εμπειρική διαδρομή και μη.

Στην τρίτη περίπτωση της μελέτης μας, έγινε εκτίμηση του ενεργειακού αποτυπώματος των διαδρομών Αστικών Λεωφορείων της περιοχής. Για να επιτευχθεί αυτό προηγήθηκε η προσομοίωση κατάλληλων πληροφοριών όπως: την γεωγραφική διέλευση των διαδρομών κάθε λεωφορείου ξεχωριστά και την ημερήσια συχνότητα διέλευσης τους (πηγή ΟΑΣΑ). Με τον υπολογισμό των εκπομπών του ΔΑ επί των διαδρομών συμπεριλαμβανομένου της παράμετρο της κλίσης, έγινε η χωρική επεξεργασία και η ανάλυση τους μέσα από το ολοκληρωμένο λογισμικό των ΓΣΠ, πιο συγκεκριμένα με χρήση αλγόριθμου παρεμβολής (IDW). Τέλος, πραγματοποιήθηκε η μοντελοποίηση και η απεικόνιση τους γεωγραφικά (χάρτης) για την ανάδειξη των πιο ρυπογόνων σημείων της περιοχής κατά μήκος των δρόμων και σε ακτίνα 20 μέτρων.

Αποδείχτηκε πως σημαντικό ρόλο έπαιξε η πληροφορία του φόρτου της μετακίνησης, καθώς και ο τύπος του οχήματος και τι καύσιμο κατανάλωσε. Επίσης, το ανάγλυφο της περιοχής έπαιξε σημαντικό ρόλο, σχετικά με το αν ήταν μεγάλες ή μικρές οι κλίσεις του εδάφους.

Στην παρούσα διατριβή, έγινε μια προσέγγιση για το πόσο επηρεάζει η κλίση του δρόμου στον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων σε μια διαδρομή ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του οχήματος (τύπος, μέγεθος, τύπος καυσίμου κα) αλλά και της περιοχής μελέτης. Αποδείχτηκε πως όσο πιο μεγάλη είναι η κλίση, τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής διαφοράς υπολογισμού των εκπομπών των αερίων για κάθε όχημα αντίστοιχα. Έτσι, ο παράγων κλίση είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τις μετακινήσεις των οχημάτων, τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε μια ευρύτερη περιοχή.

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι χρήζουν περαιτέρω μελέτης, ο καθένας για μια ολοκληρωμένη και πλήρη εκτίμηση των μετακινήσεων, η εξέταση των οποίων ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας. Τέτοιοι παράγοντες είναι, το φορτίο των φορτηγών, ο

θόρυβος των οχημάτων, η κατανάλωση του κλιματιστικού σε περίοδο υψηλής θερμοκρασίας, το υψόμετρο της περιοχής καθώς ο τρόπος και η συμπεριφορά της οδήγησης κλπ.

Μελλοντικά θα μπορούσε να γίνει μελέτη για αντίστοιχες διαδρομές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος πέραν όμως από την παράμετρο της κλίσης, τον τύπο οχήματος, των καυσίμων που είναι τα βασικά χαρακτηριστικά για την εύρεση των βέλτιστων περιβαλλοντικών διαδρομών, να ληφθεί υπόψη και η πληροφορία του φόρτου των οχημάτων ανά κατηγορία οχημάτων και συνάμα να γίνει η εκτίμηση του θορύβου στις συγκεκριμένες περιοχές, με αυξημένο φόρτο οχημάτων που διασχίζουν κατοικημένες περιοχές. Επίσης χρήσιμο θα ήταν ως προς την σύγκριση των σεναρίων και για άλλου τύπου οχημάτων, τεχνολογικά προηγμένων και με χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως αέριο και βιομάζα.

Ακόμη θα ήταν σημαντικό να υπάρχουν και άλλες πληροφορίες μέτρησης σχετικά με τις μετακινήσεις των οχημάτων που επηρεάζουν με την σειρά τους την αύξηση των εκπομπών των αερίων. Πληροφορίες όπως: η χρήση κλιματιστικού σε καλοκαιρινές περιόδους (σε αυξημένες θερμοκρασίες), το υψόμετρο μιας περιοχής (διαφορετική καύση γίνεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο ενός ορεινού οικισμού ή πόλεως σε σχέση με μια πιο χαμηλού υψομέτρου). Επίσης το δυσκολότερο κομμάτι μέτρησης και προσομοίωσης σε μοντέλο είναι η συμπεριφορά του κάθε οδηγού. Μια πληροφορία που είναι αδύνατον να μετρηθεί με αξιοπιστία.

Σχετικά με την μοντελοποίηση και την απεικόνιση της εκτίμησης των εκπομπών των αερίων θα ήταν χρήσιμη η πληροφορία της μέτρησης του φόρτου για συγκεκριμένες και ξεχωριστές κατηγορίες οχημάτων, σε τοπικό επίπεδο, εκτός εθνικών οδών και κάποιων κεντρικών αρτηριών της πρωτεύουσας (που μελετούνται κατά κόρον). Με την πληροφορία του φόρτου καθώς και τον ακριβή τύπο των οχημάτων, υπάρχει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των εκπομπών των αερίων για όλη την περιοχή και μια εκτίμηση επικινδύνων κόκκινων ζωνών ρύπανσης, στις οποίες μπορούν να ληφθούν αποφάσεις για διάφορα χωροταξικά θέματα και όχι μόνο. Για παράδειγμα, η εύρεση μιας περιοχής με λιγότερη επιρροή καυσαερίων και εκπομπών από τα οχήματα με σκοπό την εγκατάσταση μιας σχολικής μονάδας ή ακόμη ενός αθλητικού κέντρου κλπ. Χρήσιμη θα ήταν η προσαρμογή των μετεωρολογικών παραμέτρων και συνθηκών του ανέμου στις συγκεκριμένες περιοχές, ώστε να γίνει πρόβλεψη της διάχυσης των ρύπων στην ευρύτερη περιοχή χώρο-χρονικά (τέταρτη διάσταση).

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- [1] Χαλκιάς Χ (2006), *Όροι και έννοιες επιστήμης γεωγραφικών πληροφοριών GIS*, Εκδ. ΙΟΝ, Αθήνα 2006
- [2] Στεφανάκης Ε. (2003), *Βάσεις γεωγραφικών δεδομένων και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών*, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα
- [3] Κουτσόπουλος Κωστής (2005), *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και ανάλυση του χώρου*, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα
- [4] Μανιάτης, Γ. (1996)., *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης-Κτηματολογίου*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- [5] Χαλκιάς Χ. (2005), *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών Ι (Συμπληρωματικές Σημειώσεις)*, Χαροκόπειο πανεπιστήμιο, ΠΜΣ -Τμήμα γεωγραφίας
- [6] ΥΠΕΚΑ, *Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2011* (2012), Γεν. Δ/ση Περιβάλλοντος Δ/ση ΕΑΡΘ, Τμήμα ποιότητας Ατμόσφαιρας, Αθήνα
- [7] Τσούφη Μαρία, (2010), *Εφαρμογές Γεωπληροφορικής για την βελτιστοποίηση του συστήματος αποκομιδής των αστικών στερεών αποβλήτων η περίπτωση του δ Αγίας Παρασκευής*. Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο-Τμήμα Γεωγραφίας - Εφαρμοσμένη γεωγραφία και διαχείριση του χώρου Κατ/ση Γεωπληροφορικής, Οκτώβριος, Αθήνα
- [8] Σάλτα Ζωή (2006), *Ανάλυση Δικτύων σε χωρικές βάσεις Δεδομένων*, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή ΑΤΜ, ΔΠΜΣ Γεωπληροφορική, Οκτώβριος Αθήνα
- [9] ΙΜΕΤ (2012) *Ετήσια Έκθεση 2011*, Ελληνικό Ινστιτούτο Μεταφορών, Ιούνιος Αθήνα
- [10] Κορκόκιος Νικόλαος, (2010), *Εκπομπές CO₂ από τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα κατά τα έτη 2008-2009 και έλεγχος της επιρροής σε αυτές των μέτρων του τέλους ταξινόμησης και της απόσυρσης*, πτυχιακή εργασία,

Χαροκόπειο πανεπιστήμιο, τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα

- [11] Ιωάννα Φύτου, Οικόπολη (2005), *Το αποτόπωμα*, πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου- Τμήμα Περιβάλλοντος, Μάρτιος, Μυτιλήνη
- [12] Marathon data systems, *Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών*
- [13] Δρ Καπαγερίδης Ι. (2006), *Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών, (Σημειώσεις)* επίκουρος καθηγητής μεταλλευτικής πληροφορικής, Κοζάνη
- [14] Σταθόπουλος Κωνσταντίνος, (2001), *Ανασχεδιασμός δικτύων δημόσιων αστικών συγκοινωνιών με τεχνικές ανάλυσης δικτύων σε περιβάλλον ΓΣΠ*, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή ΑΤΜ , ΔΠΜΣ Γεωπληροφορική, Αθήνα
- [15] Παυλογεωργάτος Γ, Ευτυχίδου Μ, Κουτσορινάλη Μ, Παπανικολάου Σ, Παπαδάκης Ε., Σέλλης Κ., Σεκέρογλου Ε. (2010), *Εθνική Νομοθεσία για το Περιβάλλον ,Ατμοσφαιρική ρύπανση*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα πολιτικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας, Εργαστήριο Διαχείρισης της πολιτιστικής Κληρονομιάς, Μυτιλήνη
- [16] Περτέση Αργυρώ, (2006), *Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα*, Πτυχιακή Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα
- [17] Βάκκας Θεόδωρος, Σελλής Τιμολέων (2007), *Διαχείριση δικτύων σε χωρικές βάσεις δεδομένων με χρονική δυναμική κατάτμηση* - ΕΜΠ
- [18] Ερευνητική Εργασία Λυκείου Νιγρίτας (2011), *Οικολογικό Αποτόπωμα - Ρύπανση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες*, Υπεύθυνη καθηγήτρια: Χατζάρα Στυλιανή, Σέρρες
- [19] Στεφανάκης Ε. (2010), *Βάσεις γεωγραφικών δεδομένων και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών*, Εκδ. Παπασωτηρίου, 440pp Αθήνα

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- [20] A J Hickman (1999) *Methodology for calculating transport emissions and energy consumption project Report SE/491/98* Transport Research Laboratory
- [21] Chalkias C., Lasaridi K. (2009), A GIS based model for the optimisation of municipal solid waste collection: the case study of Nikea, Athens, Greece. *Wseas transactions on Environment and Development*, Issue 10, Volume 5
- [22] T Houghton, LG Meira Filho, DJ Griggs and K Maskell (1997). *Stabilization of Atmospheric Greenhouse Gases: Physical, Biological and Socio-economic Implications IPCC Technical Paper III*, Geneva, Switzerland. pp 52
- [23] Michael Borucke, David Mooreb, Gemma Cranstonb (2012) (Eds), *The National Footprint Accounts, 2011 Edition*, Global Footprint Network Oakland,CA,USA
- [24] Brad Ewing, Davis Moore (2012) (Eds), *Ecological Footprint Atlas 2010*, Global Footprint Network Oakland, CA, USA *Ecological Indicators* 24 518–533
- [25] WWF-GFN-ZSL-ESA (2012), *Living Planet Report 2012 –Biodiversity, biocapacity and better choices*
- [26] Edgar G, Hertwich, Glen Peters (2009), *Carbon Footprint of Nations: A Global Trade – Linked Analysis*, *Environmental Science &Technology*, Vol 43, pp6414-6420
- [27] Cui S, Niu H, Wang W, Zhang G, Gao L, Lin J, (2010), *Carbon footprint analysis of the bus rapid transit (BRT) system: A case study of Xiamen City*, *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* Volume 17, Issue 4, August 2010, Pages 329-337
- [28] Yan X., Crookes R.J. (2009), *Reduction potentials of energy demand and GHG emissions in China's road transport sector*, *Energy Policy*, Volume 37, Issue 2, February 2009, Pages 658-668

- [29] Fuglestad J, Berntsen T, Myhre G, Rypdal K, Skeie R.B.(2008), *Climate forcing from the transport sectors 2008*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Volume 105, Issue 2, 15, Pages 454-458
- [30] Rendeiro Martín-Cejas R, Pablo Ramírez Sánchez P, (2010) ***Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: The case for Lanzarote Island***, Tourism Management, Volume 31, Issue 1, February 2010, Pages 98-103
- [31] Poulikakos L.D, Lees A.R, Heutschi K, Anderegg P (2009), *Comparisons of the environmental footprint of heavy vehicles in the UK and Switzerland*, Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 14, Issue 7, October 2009, Pages 507-513
- [32] Poulikakos L.D, Heutschi K, Arraigada M, Anderegg P, Soltic P.(2010), *Environmental footprint of road freight: Case studies from Switzerland*, Transport Policy, Volume 17, Issue 5, September 2010, Pages 342-348
- [33] Li P, Yang G, (2007) ***Ecological footprint study on tourism itinerary products in Shangri-La, Yunnan Province, China***, Acta Ecologica Sinica, Volume 27, Issue 7, July 2007, Pages 2954-2963
- [34] Peeters P, Schouten F, (2006) *Reducing the ecological footprint of inbound tourism and transport to Amsterdam*, Journal of Sustainable Tourism, Volume 14, Issue 2, 2006, Pages 157-171
- [35] Barrett J, Scott A, (2003) *The application of the ecological footprint: A case of passenger transport in Merseyside*, Local Environment, Volume 8, Issue 2, April 2003, Pages 167-183
- [36] Kingham S, Dickinson J Copsey S, (2001) *Travelling to work: Will people move out of their cars*, Transport Policy, Volume 8, Issue 2, 2001, Pages 151-160
- [37] Laurence Fahrni, Yvonne Rydin, Dr Simonetta Tunesi, Professor Mark Maslin (2008), *Travel related Carbon Footprint: a case study using the UCL Environment*, London

- [38] William E. Rees (1992), *Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out*, *Environment and Urbanization* October 1992
- [39] Wackernagel M (1994), (PDF) *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability* (PhD thesis). Vancouver, Canada: School of Community and Regional Planning. The University of British Columbia. OCLC 41839429
- [40] Mathis Wackernagel, Thomas Russ (2008), "Ecological footprint". In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland, Washington D.C.: *Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment*
- [41] Wackernagel M. (2001), *Advancing Sustainable Resource Management – Using Ecological Footprint Analysis for Problem Formulation*. Prepared for DG Environment, European Commission
- [42] Holden E. (2004) *Ecological footprints and sustainable urban form*. *Journal of Housing and the Built Environment* 2004, V19: 91-109
- [43] Wackernagel M, N. B. Schulz, D. Deumling, (2002) (Eds), *Tracking the ecological overshoot of the human economy*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 9266-9271
- [44] Glen P. Peters, Jan C. Minx, Christopher L. Weber, Ottmar Edenhofer (2010), *Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008* Harvard University, Cambridge, MA
- [45] Mathis Wackernagel, Ph.D (2011), *Why waiting for climate consensus could waste your future*, 26 GC GMEF Nairobi
- [46] European Union (2011), *White Paper on transport, Roadmap to a single European transport area - towards a competitive and Resource efficient transport system*

- [47] EEA, *The contribution of transport to air quality, TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe*, EEA Report No 10/2012, Luxembourg
- [48] Hartmann K, Alexander Martin (2008), *Phase Transitions in Combinatorial Optimization Problems* - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- [49] Dijkstra W.W (1959), *a note on two problem in connexion with graphs numerische mathematic*, vol1, pp269-271
- [50] EEA technical Reports, *Air Quality in Europe -2011 Report*, Luxembourg No 12/2011
- [51] Wadsworth R.A. & M.J. Brown (1995), *A spatial decision support system to allow the investigation of the impact of emissions from major point sources under different operating policies*, Water, Air and Soil Pollution 85: 2649-2654
- [52] Wadsworth R.A. & M.J. Brown (1995) (Eds), *A Comparison of different ranking Schemes for assessing the effect of large point sources of pollution in the UK*, Water, Air and Soil Pollution 85: 2613-2618
- [53] Eva Zimmermann (2010), *OpenStreetMap in ArcGIS: Automatisierte Datenaufbereitung für Netzwerkanalysen* Verfasst, Bachelor-Thesis ,Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft Fakultät für Geomatik Fachbereich Kartographie und Geomatik bei ESRI Deutschland GmbH Kranzberg, 30 June 2010
- [54] NOAA Earth System Research Laboratory (2012), *The NOAA annual Greenhouse gas index (AGGI), R/GMD*, 325 Broadway
- [55] Les W. Kuzyk (2011), *Ecological and carbon footprint by consumption and income in GIS: down to a census village scale Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 16:9, 871-886
- [56] Armstrong Jennifer M, Ata M. Khanb (2004), *Modelling urban transportation emissions: role of GIS*, Computers, Environment and Urban Systems 28, pp 421–433

- [57] Tavares G, Z. Zsigraiova, V. Semiao, M.G. Carvalho, (2009), *Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling* Waste Management 29, 1176–1185
- [58] Tavares Gilberto, Zdena Zsigraiova, (2008) (Eds), *A case study of fuel savings through optimisation of MSW transportation routes, Management of Environmental Quality: An International Journal* Vol. 19 No. 4, pp444-454
- [59] Arampatzis G, Kiranoudis C.T, Scaloubacas P, Assimacopoulos D (2004), *A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies* European Journal of Operational Research Volume 152, Issue 2, 16 January 2004, pp465-475
- [60] Steen Solvang Jensen, Ruwim Berkowicz, Hennin Sten Hansen, Ole Hertel (2001), *A Danish decision – support GIS tool for management of urban air quality and human expores*, Transportation Research Part 6, pp229-241
- [61] Gualtieri G, M. Tartaglia (1998), *Predicting urban traffic air pollution: A GIS FRAMEWORK*, Transpn Res.-D, Vol. 3, No.5, pp. 329±336, Firenze, Italy
- [62] Potoglou D, Kanaroglou P.S, (2005), *Carbon monoxide emissions from passenger vehicles: Predictive mapping with an application to Hamilton, Canada*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 10, Issue 2, March 2005, Pages 97-109
- [63] Chi G, Zheng Y, (2013), *Estimating Transport Footprint along Highways at Local Levels: A Combination of Network Analysis and Kriging Methods*, International Journal of Sustainable Transportation, Volume 7, Issue 3, May 2013, Pages 261-273
- [64] Pearce J.M, Johnson S.J, Grant G.B, (2007), *3D-mapping optimization of embodied energy of transportation*, Resources, Conservation and Recycling, Volume 51, Issue 2, August 2007, Pages 435-453

- [65] Goodchild M.F. (1998), *Geographic Information Systems and Disaggregate Transportation Modeling*, Department of Geography, University of California Santa Barbara
- [66] Burrough P.A (1986), *Principles of geographical information systems for land resources assessment*, Clarendon, Oxford Press
- [67] Maguire D.J. (1991) (ed.), *Geographical information systems: Principles and applications*. Longman Scientific & Technical, London
- [68] Schneider Markus, Behr Thomas (2006), *Topological Relationships between Complex Spatial Objects*, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 31, No. 1,
- [69] Shashi Shekhar, Sanjay Chawla (2003), *Spatial Databases, A tour*, Prentice Hall 288pp
- [70] Markus Schneider, Thomas Behr (2006), *Topological Relationships Between Complex Spatial Objects*, University of Florida and Fern Universit at Hagen ACM Transactions on Database Systems, Vol. 31, No. 1, March 2006, Pages 39–81
- [71] Paul A. longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind, (2001), *Geographic Information System and Science*, WILEY, p448.
- [72] David J Maguire, Machael F. Goodchild, David W. Rhind, (1991), *Geographical information systems Volume 1: Principles*, Longman Scientific & Technical
- [73] IPCC (2007), *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- [74] Houghton J. T (1996) (eds), *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (Cambridge Univ.Press, Cambridge, 1996)
- [75] Maslin M. (2004), *Global Warming, a very short introduction*. Oxford University Press, Oxford
- [76] United Nations Framework Convention on Climate Change (1997), *Kyoto Protocol*
- [77] Aaron Daly, Paolo Zannetti (2007), *Chapter 1 An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History*. The EnviroComp Institute, Fremont, CA (USA)
- [78] Paul A. Longley, Mike Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind (2011), *Geographic Information Systems and Science 2ed (ebook)*, J Wiley & sons
- [79] Kitzes J. A., Galli, A. Reed, S. Rizk, B. Ewing, M. Wackernagel. 2010.
Guidebook to the National Footprint Accounts: 2010 Edition.
Oakland: Global Footprint Network.
- [80] Stefan Gosslinga, Carina Borgstrom Hanssonb, Oliver Horstmeier Stefan Saggel
Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability
Ecological Economics 43 (2002) 199/211
- [81] Commission of the European Communities, *WHITE PAPER European transport policy for 2010: time to decide* Brussels, 2001

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

[URL1] Ε.Υ.Σ.ΠΕ.Δ., Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (Νέα Ιστοσελίδα), εύρεση στις 10 Σεπτεμβρίου 2012:

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=759&language=el-GR>

[URL2] Το πρωτόκολλο του Κιότο, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (παλαιά ιστοσελίδα), εύρεση στις 10 Σεπτεμβρίου 2012:

<http://www.minenv.gr/4/41/g4127.html>

[URL3] The Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) Japanese Project, εύρεση στις 5 Ιανουαρίου 2013: http://www.gosat.nies.go.jp/index_e.html

[URL4] Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, εύρεση στις 12 Σεπτεμβρίου 2012: <http://www.meteo.gr/pdf/thermokipio.pdf>

[URL5] The Earth's Atmosphere, Earth System Research Laboratory –Global Monitoring Division , εύρεση στις 18 Σεπτεμβρίου 2012:

http://www.esrl.noaa.gov/gmd/outreach/carbon_toolkit/basics.html

[URL6] Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, Βικιπαίδεια – ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια: εύρεση στις 8 Ιουνίου 2012: http://el.wikipedia.org/wiki/Φαινόμενο_του_θερμοκηπίου

[URL7] Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας «Προγράμματα Προστασίας Περιβάλλοντος και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης», εύρεση στις 20 Ιουλίου 2012:

<http://www.kee.gr/perivallontiki/index.html>

[URL8] Low Emission Zones in Europe, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://www.lowemissionzones.eu/>

[URL9] Εθνικό Τυπογραφείο Ελλάδος: <http://www.et.gr/>

[URL10] United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, Brazil (2007), *The encyclopedia of EARTH*, εύρεση στις 14 Ιανουαρίου 2013: [http://www.eoearth.org/article/United_Nations_Conference_on_Environment_and_Development_\(UNCED\),_Rio_de_Janeiro,_Brazil](http://www.eoearth.org/article/United_Nations_Conference_on_Environment_and_Development_(UNCED),_Rio_de_Janeiro,_Brazil)

[URL11] United Nations Framework Convention on Climate Change, εύρεση στις 10 Ιανουαρίου 2013: <http://unfccc.int/>

[URL12] National Institute for Environmental Studies Japan (NIES), εύρεση στις 5 Ιανουαρίου 2013: <http://www.nies.go.jp/index.html>

[URL13] The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) 1998, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and the World Resources Institute (WRI), εύρεση στις 10 Οκτωβρίου 2012: <http://www.ghgprotocol.org/>

[URL14] Sustainable Energy Europe, EcoTransIT World calculator, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.ecotransit.org>

[URL15] PTV, MAP&GUIDE calculator, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://www.mapandguide.com>

[URL16] NTM calculator, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.ntmcalc.org>

[URL17] Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), Η ρύπανση από τον τομέα μεταφορών Ευρώπης, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://www.eea.europa.eu/el/pressroom/newsreleases/e-rupanse-apo-ton-tomea>

[URL18] HEC Global Centre Footprints, National Consortium of Development Education Centres, εύρεση στις 10 Ιανουαρίου 2013: <http://www.globalfootprints.org>

[URL19] Helesco 2010, Εκτίμηση του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των ελληνικών νομών από ενεργειακές χρήσεις του οικιακού τομέα το 2010, εύρεση στις 10 Νοεμβρίου 2013:

http://www.helesco.gr/News/Αποτύπωμα_Εκπομπών_CO2_και_προτάσεις_μείωσης_του.pdf

[URL20] Ecological Footprint, center for sustainable economy, εύρεση στις 10 Νοεμβρίου 2013: <http://myfootprint.org>

[URL21] Ecological Footprint in Greece compare 2010-2012, 2012, Global Footprint Network, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

http://www.footprintnetwork.org/images/trends/2012/pdf/2012_greece.pdf

[URL22] Man made CO₂ emissions, Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA), εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013:

<http://oica.net/category/climate-change-and-co2/>

[URL23] Ecological footprint, Wikipedia the free encyclopedia, εύρεση στις 8 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_footprint

[URL24] Ecological footprint, The Encyclopedia of EARTH, εύρεση στις 14 Ιανουαρίου 2013: http://www.eoearth.org/article/Ecological_footprint

[URL25] European Environment Agency, The ecological Footprint: A resource accounting framework for measuring human demand on the biosphere, εύρεση στις 10 Δεκεμβρίου 2012: <http://www.eea.europa.eu/highlights/Ann1132753060>

[URL26] Carbon footprint of Nations 1990-2010, Norwegian university of Science and Technology (NTNU), εύρεση στις 14 Ιανουαρίου 2013: <http://carbonfootprintofnations.com/>

[URL27] Biocapacity, Wikipedia the free encyclopedia, εύρεση στις 8 Ιουνίου 2012: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biocapacity>

[URL28] Πρωτόκλημα Εξοικονόμησης Ενέργειας, European Citizens Climate Cup, εύρεση στις 15 Απριλίου 2013: <http://gr.theclimatecup.eu/>

[URL29] European Environment Agency, EEA offsets emissions by funding ‘Gold Standard’ carbon projects, εύρεση στις 10 Δεκεμβρίου 2012:

<http://www.eea.europa.eu/highlights/eea-offsets-emissions-by-funding-2018gold-standard2019-carbon-projects>

[URL30] GREET Fleet – Carbon and Petroleum Footprint Calculator, Transportation Technology R&D Center, Argonne National Laboratory, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: http://greet.es.anl.gov/fleet_footprint_calculator

[URL31] Versit+ micro instantaneous traffic emission model, Delft dimensions, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.delftdimensions.nl/versit.aspx>

[URL32] Copert 4, Emisia Mission for environment EEA, εύρεση στις 5 Ιουνίου 2012: <http://www.emisia.com/copert/General.html>

[URL33] Lipasto traffic emissions calculator, Technical Research of Finland, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://lipasto.vtt.fi/indexe.htm>

[URL34] The Handbook Emission Factors for Road Transport, Environmental protection agencies of Germany, Switzerland and Austria, έρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.hbefa.net>

[URL35] Artemis transport emission and model, IFSTTAR Franc, έρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.inrets.fr>

[URL36] Πράσινο Δακτύλιο, ΥΠΕΚΑ, έρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://daktylios.ypeka.gr/>

[URL37] Δίκτυο Σταθμών Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Ελλάδας, ΥΠΕΚΑ, έρεση στις 10 Ιανουαρίου 2013: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=492>

[URL38] Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών (IMET), ΕΚΕΤΑ, ΥΠΕΠΘ, <http://www.site.imet.gr>

[URL39] European Emission standards, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards

[URL40] Motor Vehicle Emissions, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Motor_vehicle_emissions

[URL41] Vehicle size class, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_size_class#Europe

[URL42] Mobile source air pollution, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_source_air_pollution

[URL43] Air pollution, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Air_Pollution

[URL44] Kyoto Protocol, Wikipedia the free Encyclopedia, έρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol

[URL45] Clean Air Act, U.S. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/air/>

[URL46] Road transport: Reducing CO2 emissions from vehicles, European Commission, Climate Action, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012:

http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm

[URL47] Reducing CO2 emissions from passenger cars, European Commission, Climate Action, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012:

http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm

[URL48] Cars produced in the world, εύρεση στις 10 Μαΐου 2013:

<http://www.worldometers.info/cars/>

[URL49] The world Bank Databases, εύρεση στις 10 Μαΐου 2013:

<http://databank.worldbank.org/data/databases.aspx>

[URL50] Road transport Emissions and Effects of vehicle emissions, UK green car data search, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://www.nextgreencar.com/>

[URL51] International Organization of Motor Vehicle Manufactures(OICA), εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://www.oica.net/>

[URL52] European Automobile Manufacturers Association (ACEA), εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://www.acea.be/>

[URL53] Arg gis Help, analyst tutorial:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>

[URL54] Arc GIS Παρουσίαση, Marathon Data Systems Greece Athens, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://www.marathondata.gr/pdfs/arcgis_desktop_products.pdf

[URL55] Σημειώσεις Μαθήματος Δίκτυα Η/Υ 2, ΤΕΙ Σερρών Τμήμα πληροφορικής και Επικοινωνιών, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://anamorfosi.teiser.gr/ekp_yliko/e-notes/Data/nets2/main.htm

[URL56] Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, Βικιπαίδεια η ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012:

http://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών

[URL57] Graph, Wikipedia the free encyclopedia, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Graph>

[URL58] Travelling salesman problem, Wikipedia the free encyclopedia, εύρεση στις 10 Ιουνίου 2012: http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

[URL59] Connected Graph, Wolfram MathWorld, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://mathworld.wolfram.com/ConnectedGraph.html>

[URL60] Cycle Grap, Wolfram MathWorld, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://mathworld.wolfram.com/search/?q=Cycle+Graph>

[URL61] Αλγόριθμοι γράφων και πολυπλοκότητα, Ιστοσελίδα Μαθήματος: Αλγόριθμοι και Πολυπλοκότητα, Ακαδημαϊκό Έτος 2010-2011, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ Ε.Μ.Π.: εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

<http://www.corelab.ntua.gr/courses/algorithms/slides/NewGraphs2.pdf>

[URL62] Γράφοι, Ιστοσελίδα Μαθήματος: Προγραμματιστικές Τεχνικές, Ακαδημαϊκό Έτος 2007- 2008, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ Ε.Μ.Π.: εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://courses.softlab.ntua.gr/progtech/2004a/graphs.pdf>

[URL63] Car fuel data, CO2 an vehicle tax tools England UK, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://carfueldata.direct.gov.uk/>

[URL64] Κυκλοφορία και Μετακινήσεις στην Ελλάδα, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: <http://www.myroute.gr/>

[URL65] International Energy Agency, εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012: <http://www.iea.org/>

[URL66] The Science of Climate Change (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996), εύρεση στις 10 Ιανουαρίου 2013:

[http://www.google.gr/books?hl=el&lr=&id=k9n8v_7foQkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=The+Science+of+Climate+Change+\(Cambridge+Univ.+Press,+Cambridge,+1996\).&ots=OyZGRCqVr-&sig=Ge7U1aUWO-EBJfA96GicQg-DBPQ&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20Science%20of%20Climate%20Change%20\(Cambridge%20Univ.%20Press%2C%20Cambridge%2C%201996\).&f=false](http://www.google.gr/books?hl=el&lr=&id=k9n8v_7foQkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=The+Science+of+Climate+Change+(Cambridge+Univ.+Press,+Cambridge,+1996).&ots=OyZGRCqVr-&sig=Ge7U1aUWO-EBJfA96GicQg-DBPQ&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20Science%20of%20Climate%20Change%20(Cambridge%20Univ.%20Press%2C%20Cambridge%2C%201996).&f=false)

[URL67] GIS Fundamentals Chapter 2 Part 2 Data Models Vector Data Model Vector Data Model Ali + John Ithaca College 2012, εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013:

http://www.ithaca.edu/barr/Student/CS124/slides/chap02_part2.pdf

[URL68] GIS Fundamentals, 4th Edition εύρεση στις 10 Μαρτίου 2013: <http://www.paulbolstad.net/gisbook.html>

[URL69] The momo Car-Sharing project - more options for energy efficient mobility through Car-Sharing 10 Μαρτίου 2013: <http://www.momo-cs.eu/>

[URL70] Ιστοσελίδα του «Car pooling – ‘παρέα στο αυτοκίνητο’ ΕΜΠ» 10 Μαρτίου 2013 : <http://carpooling.ntua.gr/>

[URL71] Don Alexander, The Necessity of Eco-CitiesPart 1, An introduction to urban ecology 15 Ιανουαρίου 2013: http://newcity.ca/Pages/cities_and.html

[URL72] Δήμος Νίκαιας – Αγ. Ιωάννη Πέντη, εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013:

http://www.polisnikaia.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=893&Itemid=283&lang=el

[URL73] WWF Living Planter Report 2012. εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013: http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report

[URL74] Global Footprint Network, National Footprint Accounts 2011 Edition εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012

http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/NFA_2011_Edition.pdf

[URL75] WWF ζωντανός πλανήτης, Live planet report 2008 εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012 .http://www.wwf.gr/livingplanet/index_old.html , http://assets.panda.org/living_planet_report_2008

[URL76] Global Footprint Network Annual Report 2011 εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012
[.http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/2011_Annual_Report.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/2011_Annual_Report.pdf)

[URL77] Global Footprint Network Annual Report 2007 εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012
[.http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/2007_AnnualReport_Final.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/2007_AnnualReport_Final.pdf)

[URL78] Ελληνική Στατιστική Αρχή – Μεταφορές – Οχήματα εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012
http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-themes?p_param=A1106

[URL79] GFN- Living Planet Report 2010 εύρεση στις 10 Ιουλίου 2012
<http://www.footprintnetwork.org/press/LPR2010.pdf>

[URL80] NOAA, Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division, The Earth's Atmosphere εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
http://www.esrl.noaa.gov/gmd/outreach/carbon_toolkit/basics.html

[URL81] NOAA, Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

[URL82] Global Footprint Network, Footprint Basics – Overview εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013

http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/gfn/page/footprint_basics_overview/

[URL83] Global Footprint Network, World Footprint εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/

[URL84] Global Footprint Network, Carbon Footprint εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/carbon_footprint/

[URL85] Σύστημα Διαχείρισης Αστικής Κινητικότητας της Θεσσαλονίκης εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
<http://www.mobithess-project.gr/>

[URL86] Europe's Energy Portal εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
<http://energy.eu/>

[URL87] Applications of Minimum Spanning Tree Problem εύρεση στις 20 Ιανουαρίου 2013
<http://www.geeksforgeeks.org/applications-of-minimum-spanning-tree/>

Ηλεκτρονικές πηγές Νομοθεσίας

[URL88] Μείωση των εκπομπών ρύπων από ελαφρά οχήματα Κανονισμός 715/2007, Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013:

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28186_el.htm

[URL89] Ατμοσφαιρική ρύπανση, Ποιότητα αέρα ρύπο και οχήματα, Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013:

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/index_el.htm

[URL90] Automotive Euro5 and Euro 6 – emissions from light duty vehicles, European Commission, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013:

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/environment/euro5/index_en.htm

[URL91] Regulation (EEC) No 4064/89 Merger Procedure 1999, European Commission, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013:

http://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/decisions/m1406_en.pdf

[URL92] Monitoring of CO₂ emissions from passenger cars – Regulation 443/2009, European Environment Agency, εύρεση στις 10 Μαΐου 2013:

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-4>

[URL93] Transport Policy worldwide, European Union data, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2013: http://www.transportpolicy.net/index.php?title=Category:European_Union

[URL94] Δεσμεύσεις χωρίς εφαρμογή: Η περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ελλάδα, Ετήσια έκθεση WWF, Ιούνιος 2006, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012:

<http://politics.wwf.gr/images/stories/political/nomothesia/nomoreport%202007.pdf>

[URL95] Παρατηρητήριο Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας, Περιβαλλοντική πολιτική WWF Greece, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012:

http://politics.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=450&Itemid=412

[URL96] Πρωτόκολλο του Κιότο, ΥΠΕΚΑ, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012:

<http://www.ypeka.gr/?tabid=443>

[URL97] Θεματικοί Τόμοι εθνικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας, Εθνική Περιβαλλοντική Νομοθεσία, Πλαίσια Μαθήματος Διατήρηση φυσικού και πολιτιστικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας, Παν. Αιγαίου, εύρεση στις 10 Μαΐου 2013: <http://www.ct.aegean.gr/people/pavlogeorgatos/el/gelen.html>

[URL98] Νομοθεσία για το Περιβάλλον, Π.Ε. Α/βαθμιας Εκπαίδευσης Ν . Πιερίας, 2011, εύρεση στις 10 Μαΐου 2013:

http://users.sch.gr/organopoulos/nomothesia_gia_perivallon.htm

[URL99] Πρωτόκολλο του Κιότο, Βικιθήκη, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012: http://el.wikisource.org/wiki/ρωτόκολλο_του_Κιότο

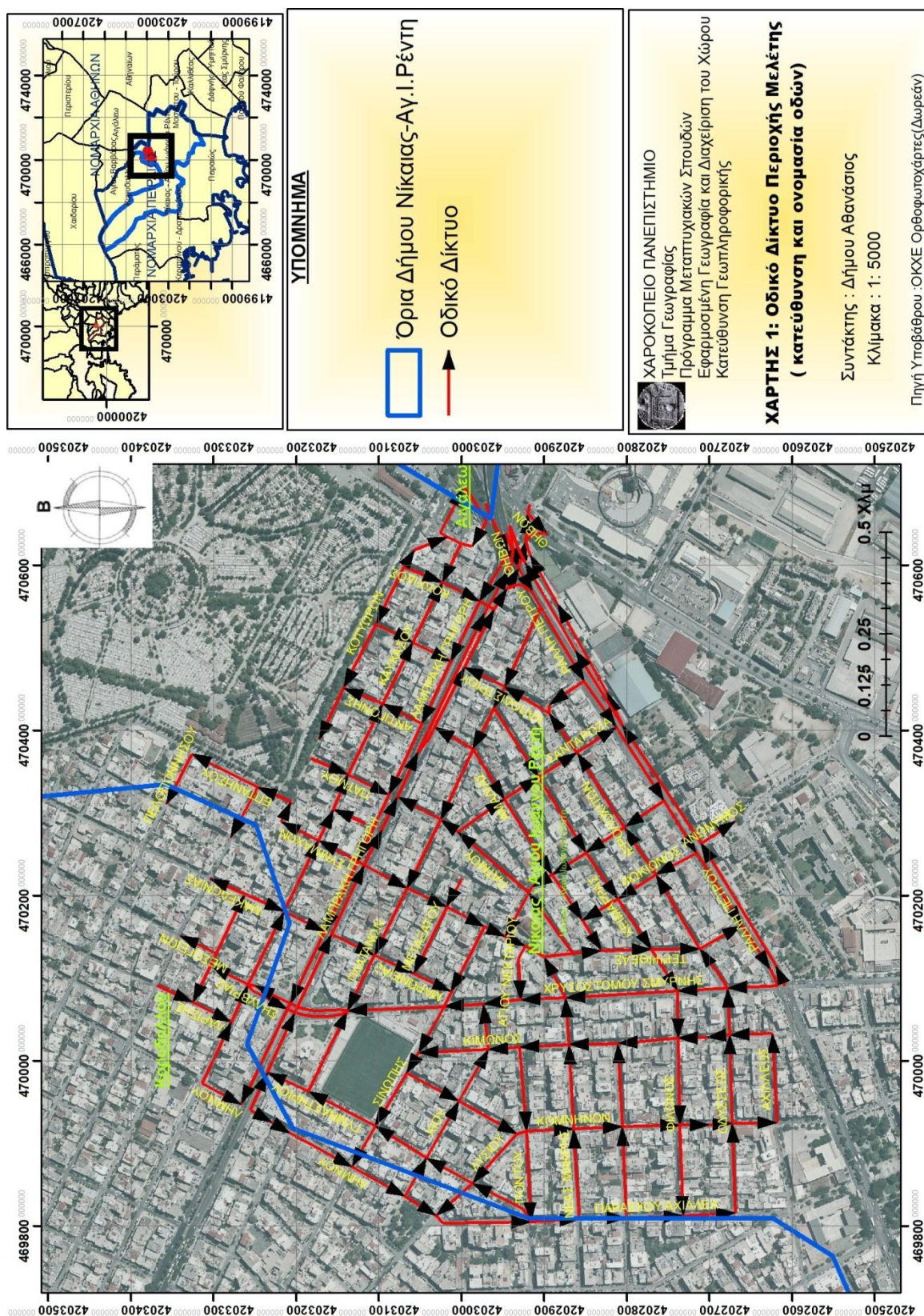
[URL100] Σύστημα εμπορίας των δικαιωμάτων εκπομπής αερίων που προκαλούν το φαινόμενο θερμοκηπίου, Ευρωπαϊκή Ενεργειακή πολιτική, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/128012_el.htm

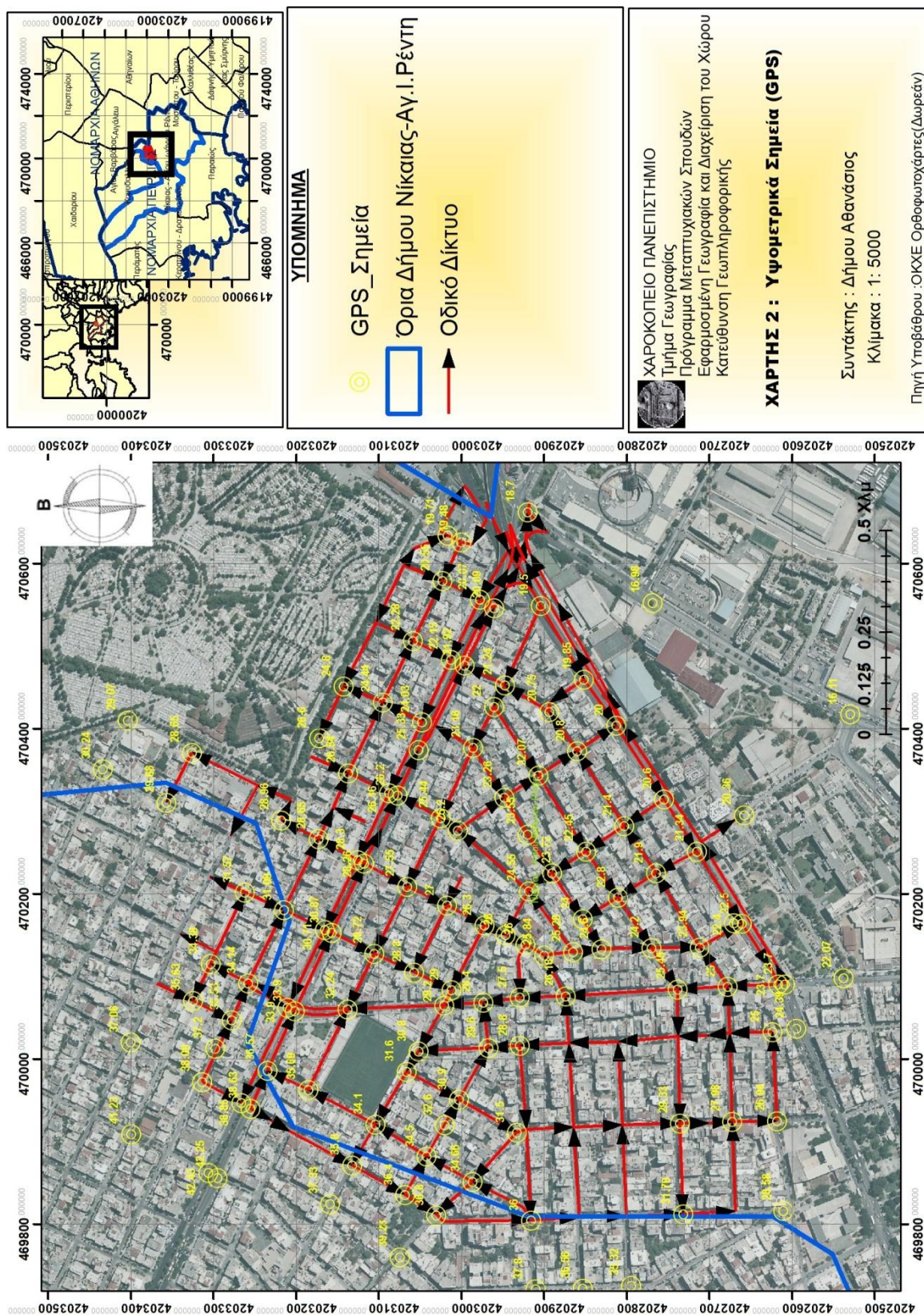
[URL101] Engine Emission Standards Worldwide, Diesel net, εύρεση στις 10 Φεβρουαρίου 2012: <http://www.dieselnet.com/standards/#eu>

8.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ

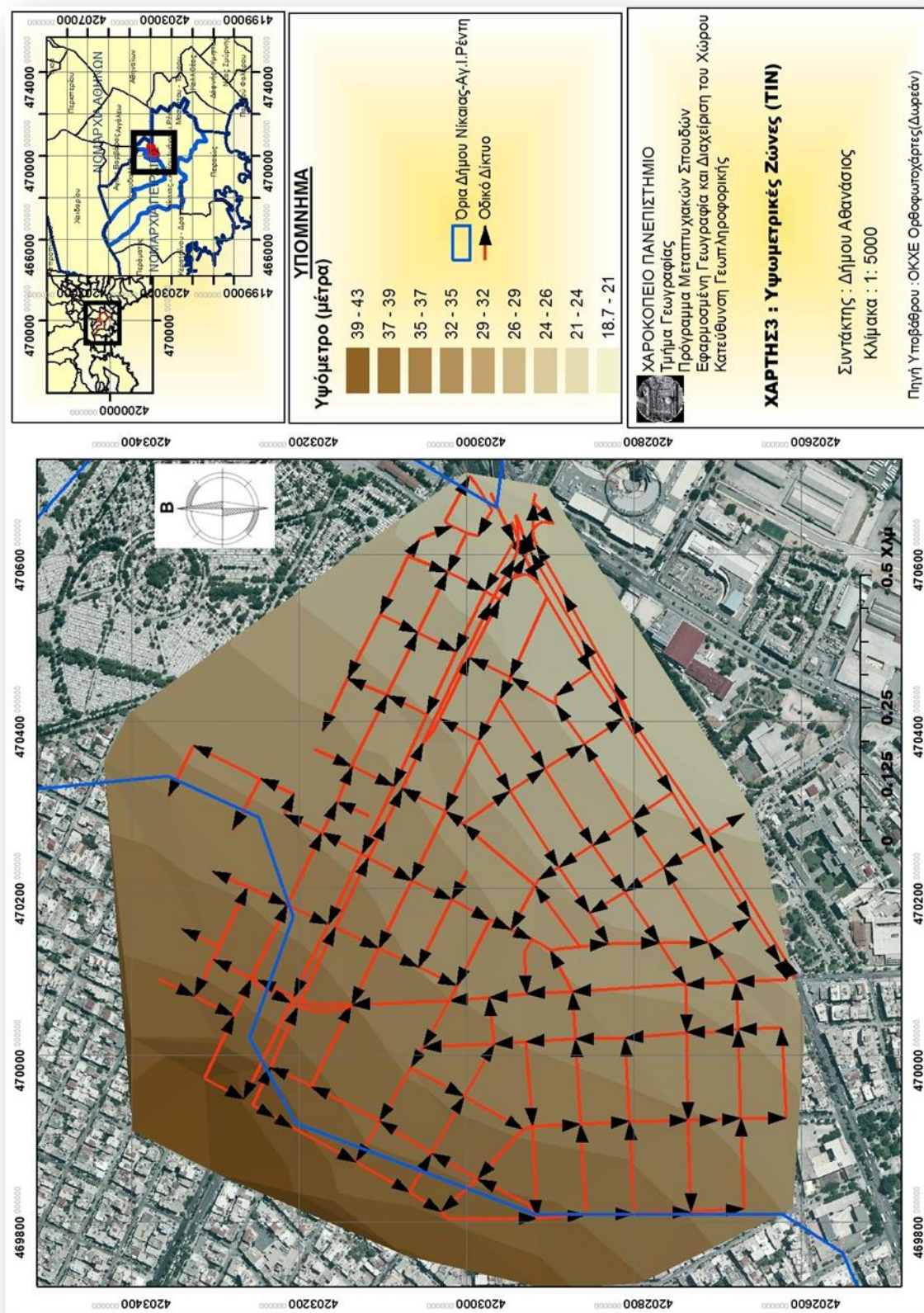
ΧΑΡΤΗΣ 1:



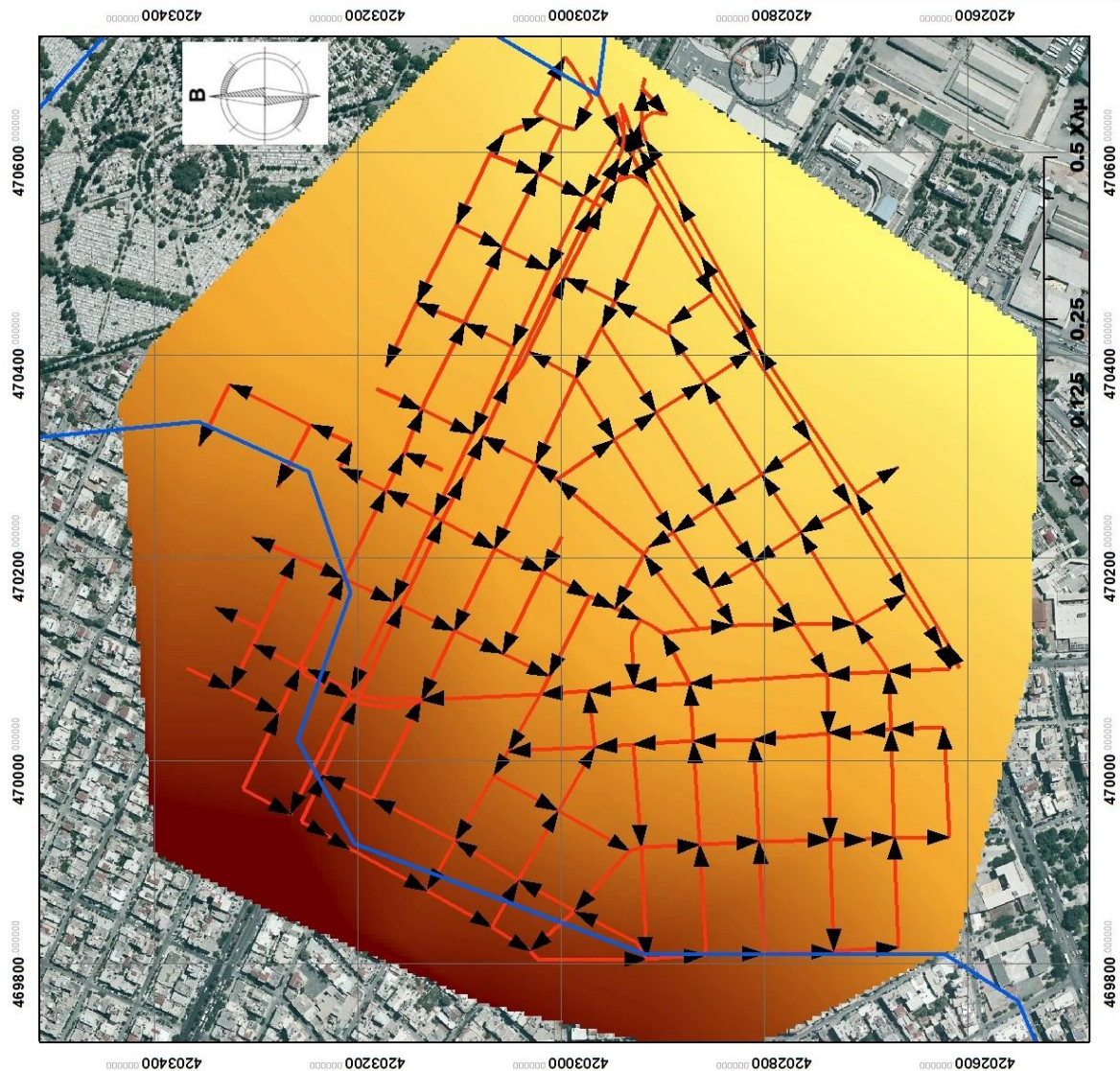
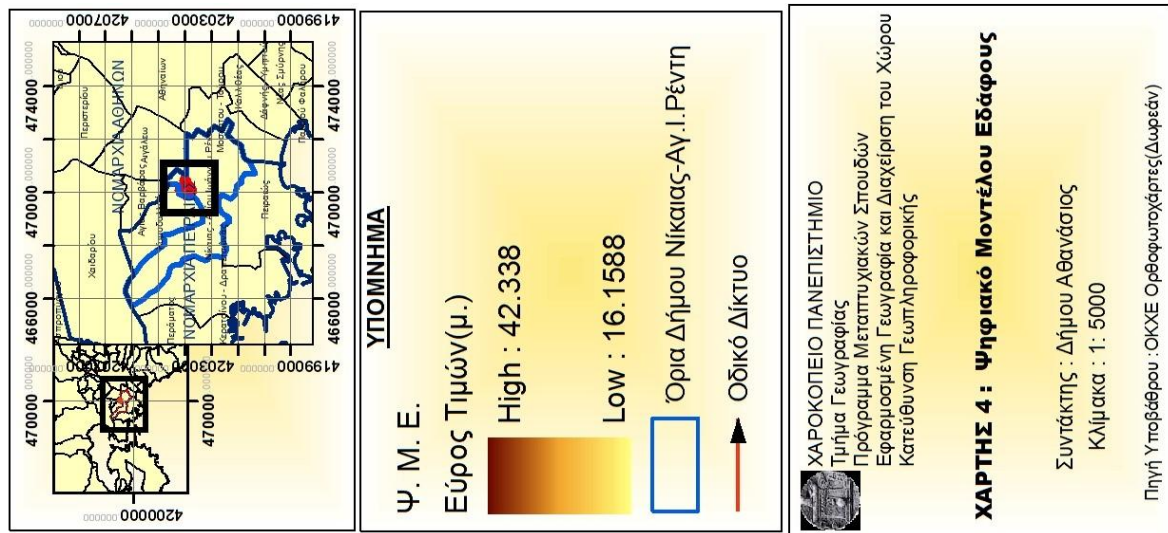
ΧΑΡΤΗΣ 2:



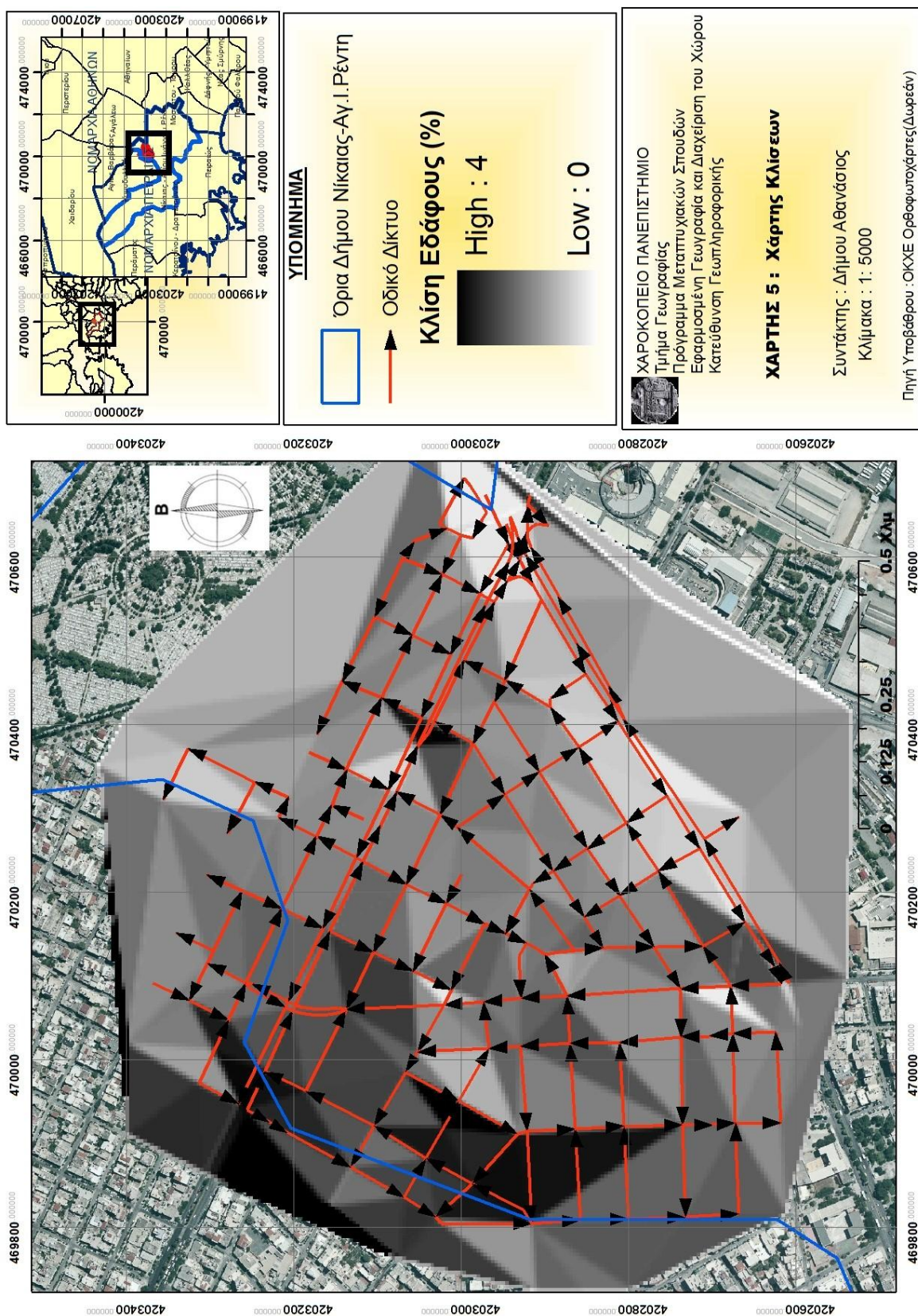
ΧΑΡΤΗΣ 3:



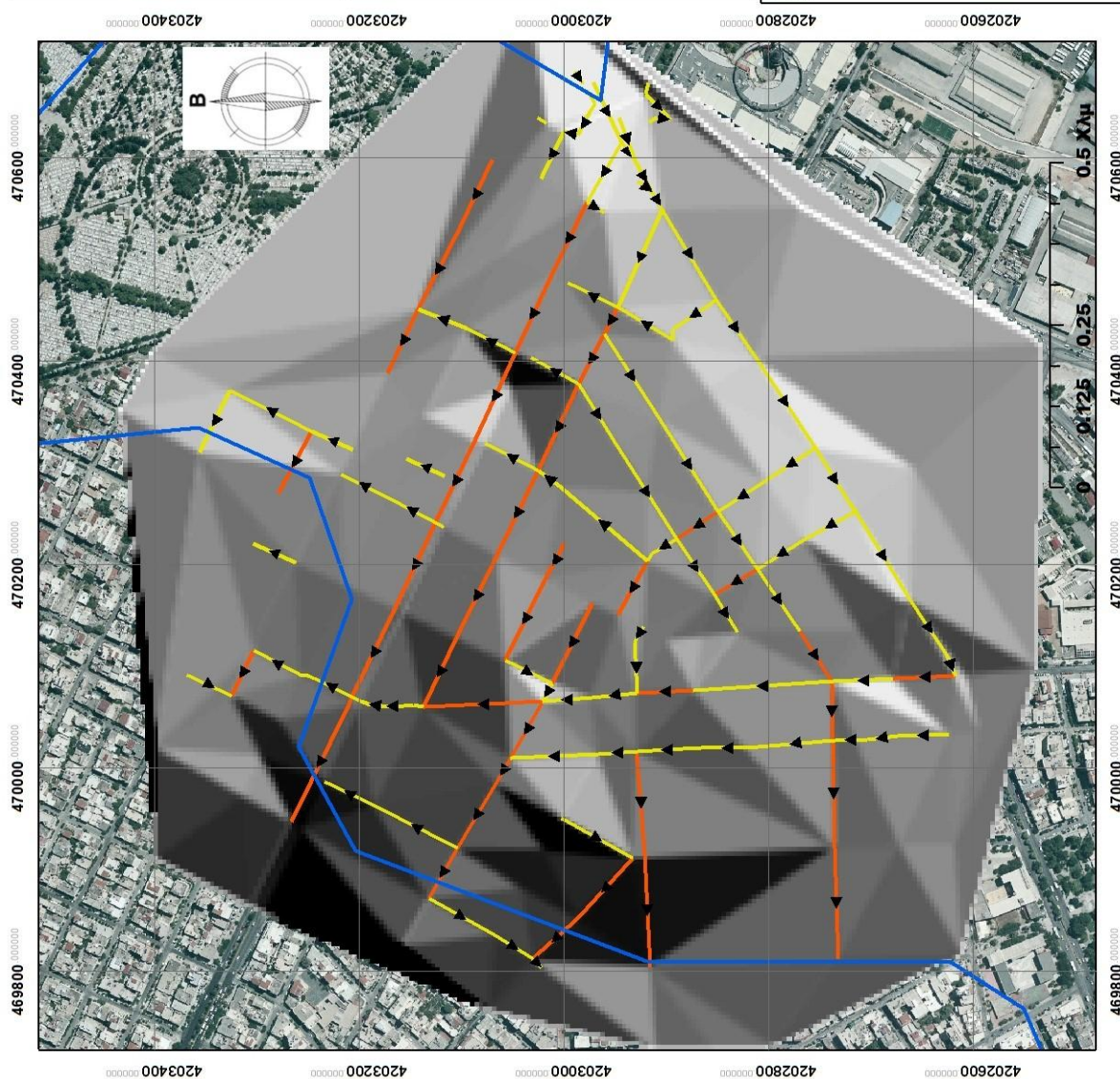
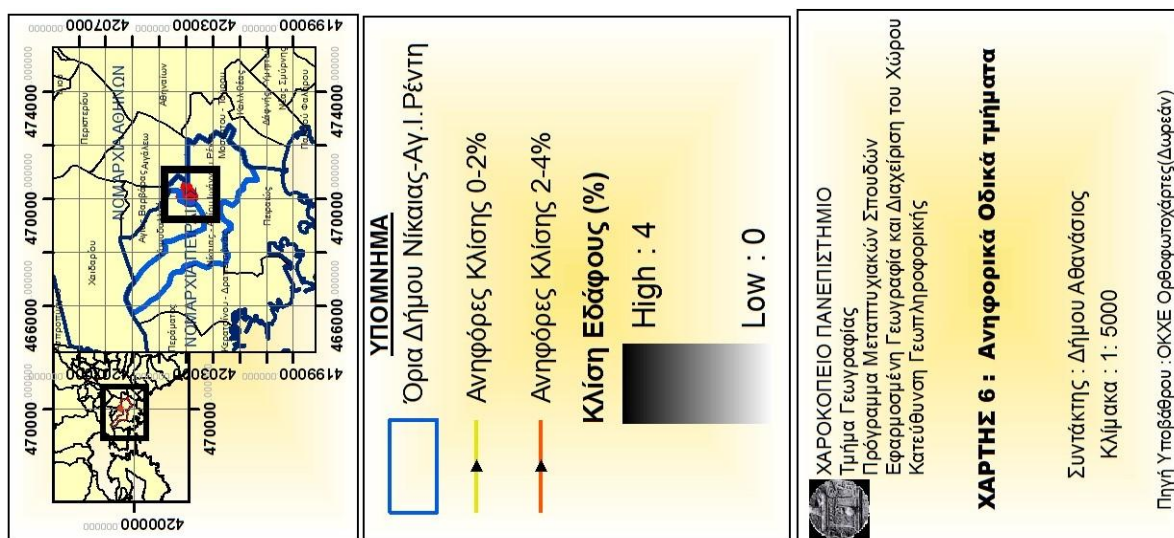
ΧΑΡΤΗΣ 4:



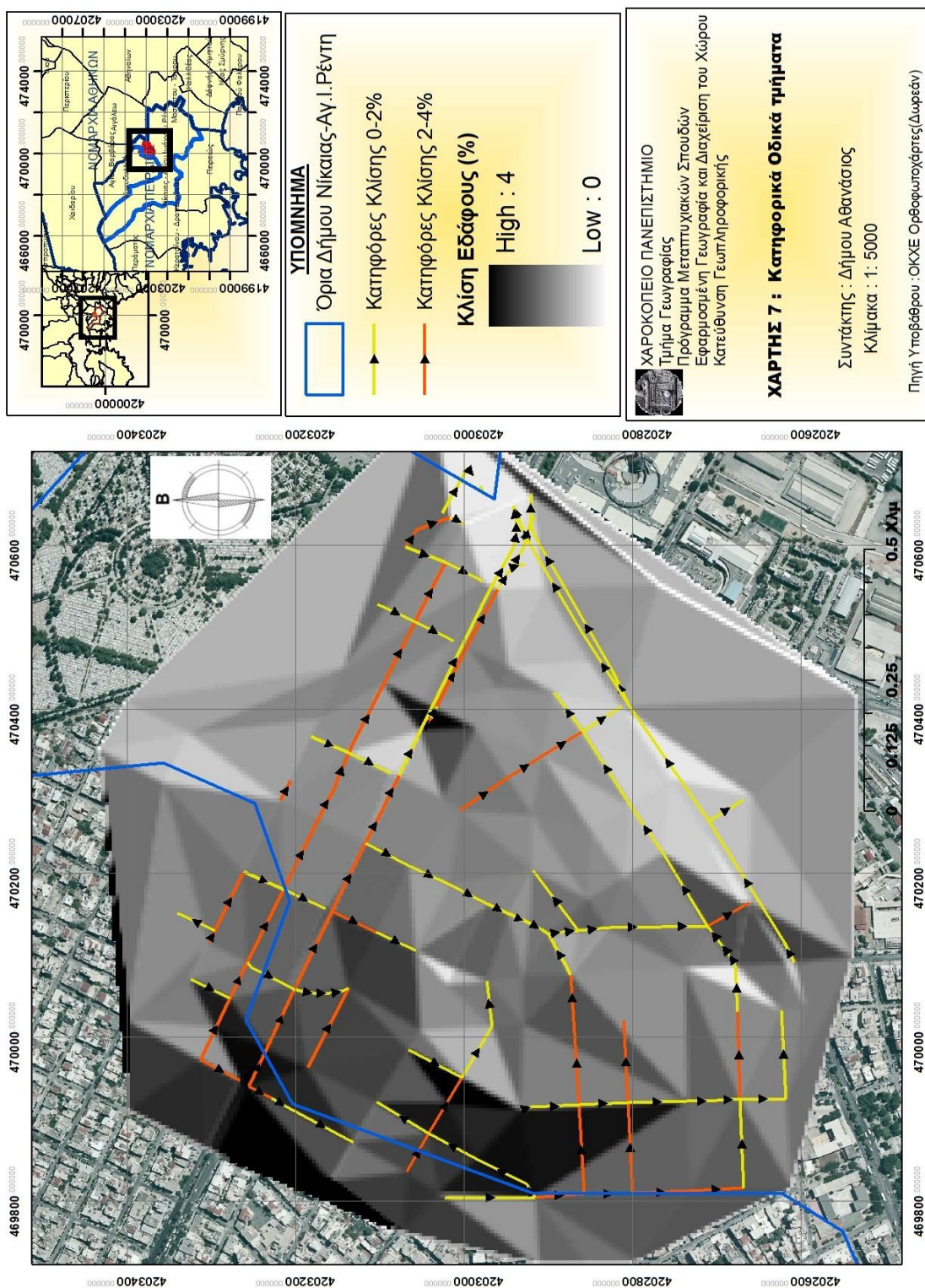
ΧΑΡΤΗΣ 5:



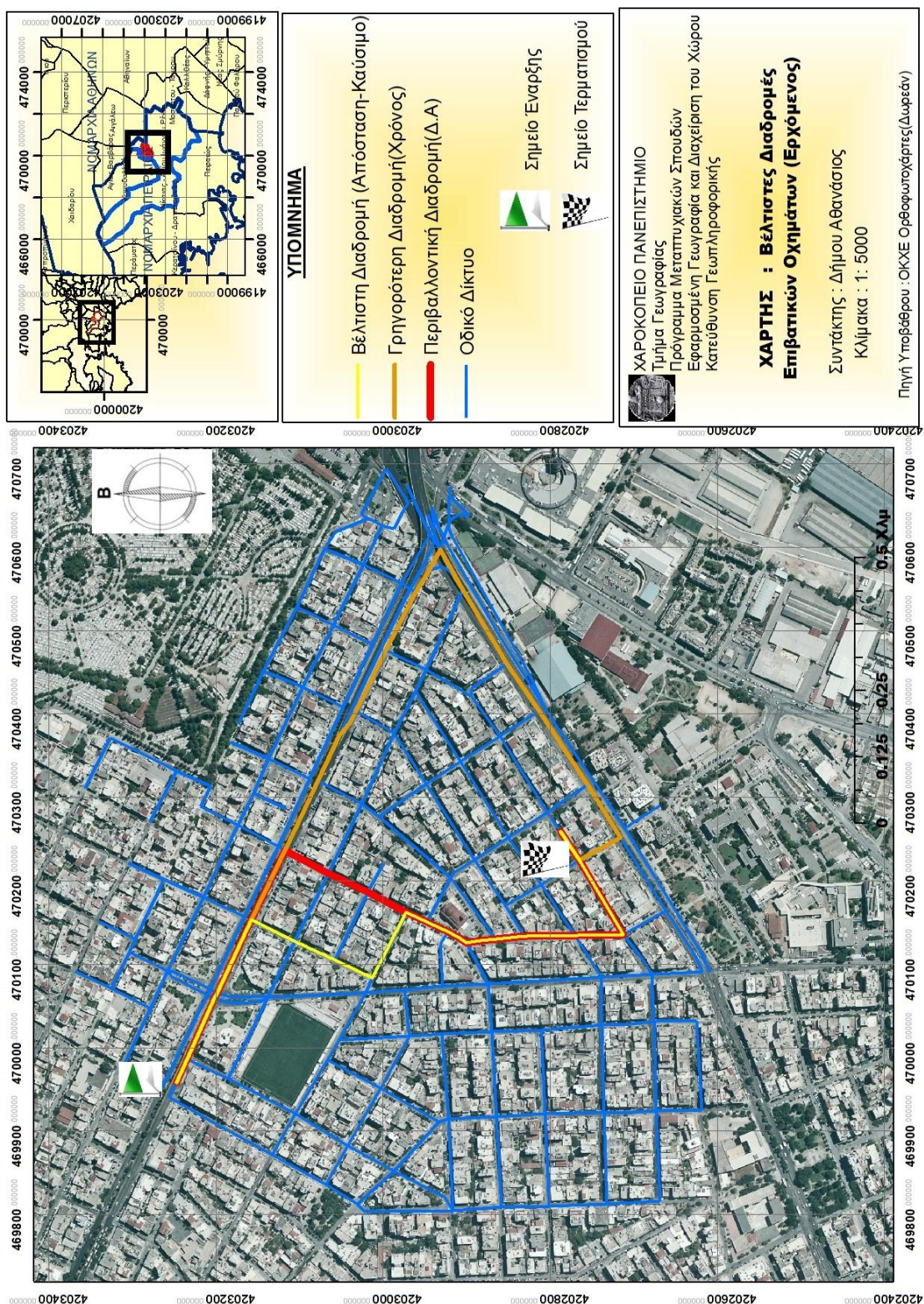
ΧΑΡΤΗΣ 6:



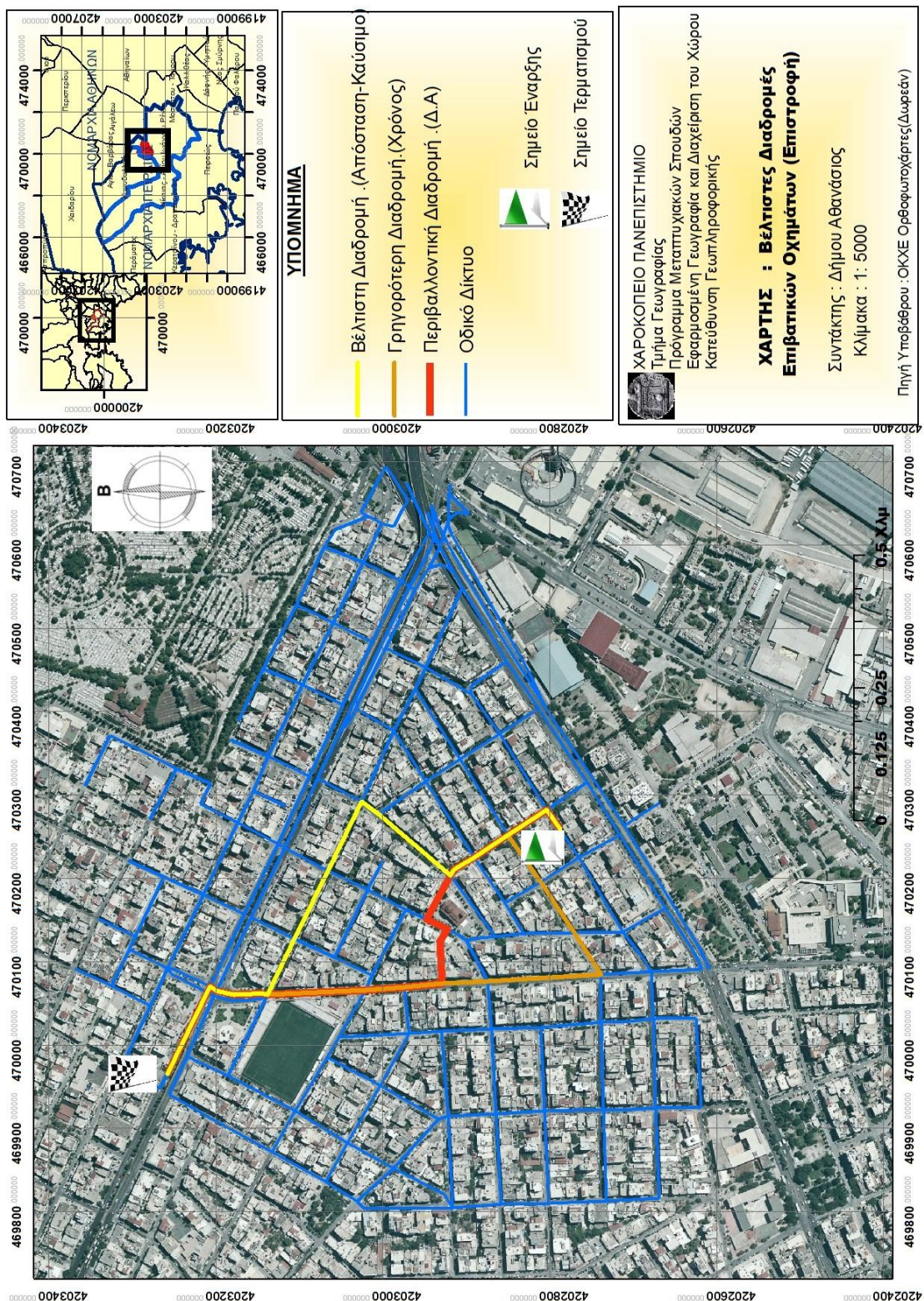
ΧΑΡΤΗΣ 7:



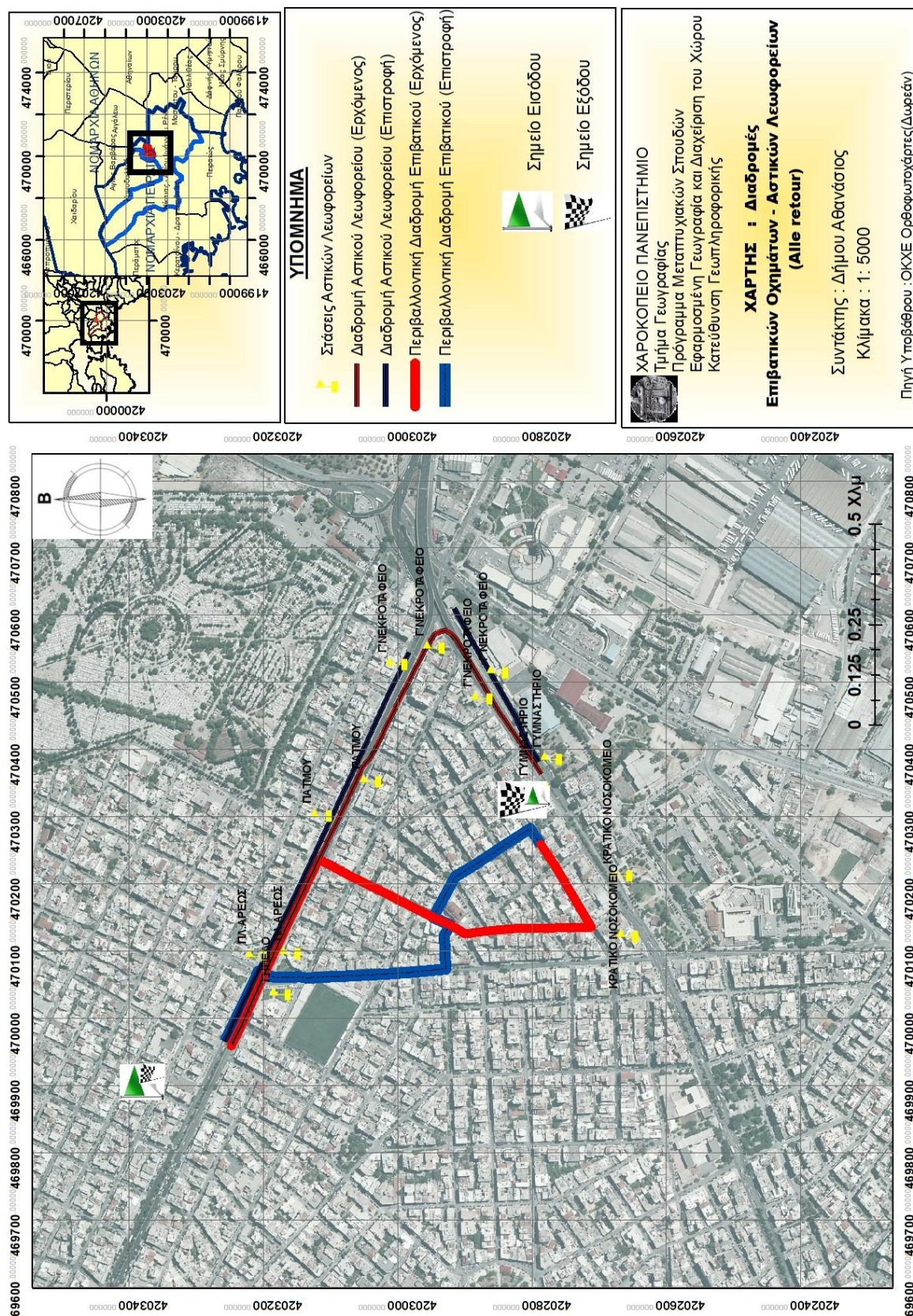
ΧΑΡΤΗΣ 8:



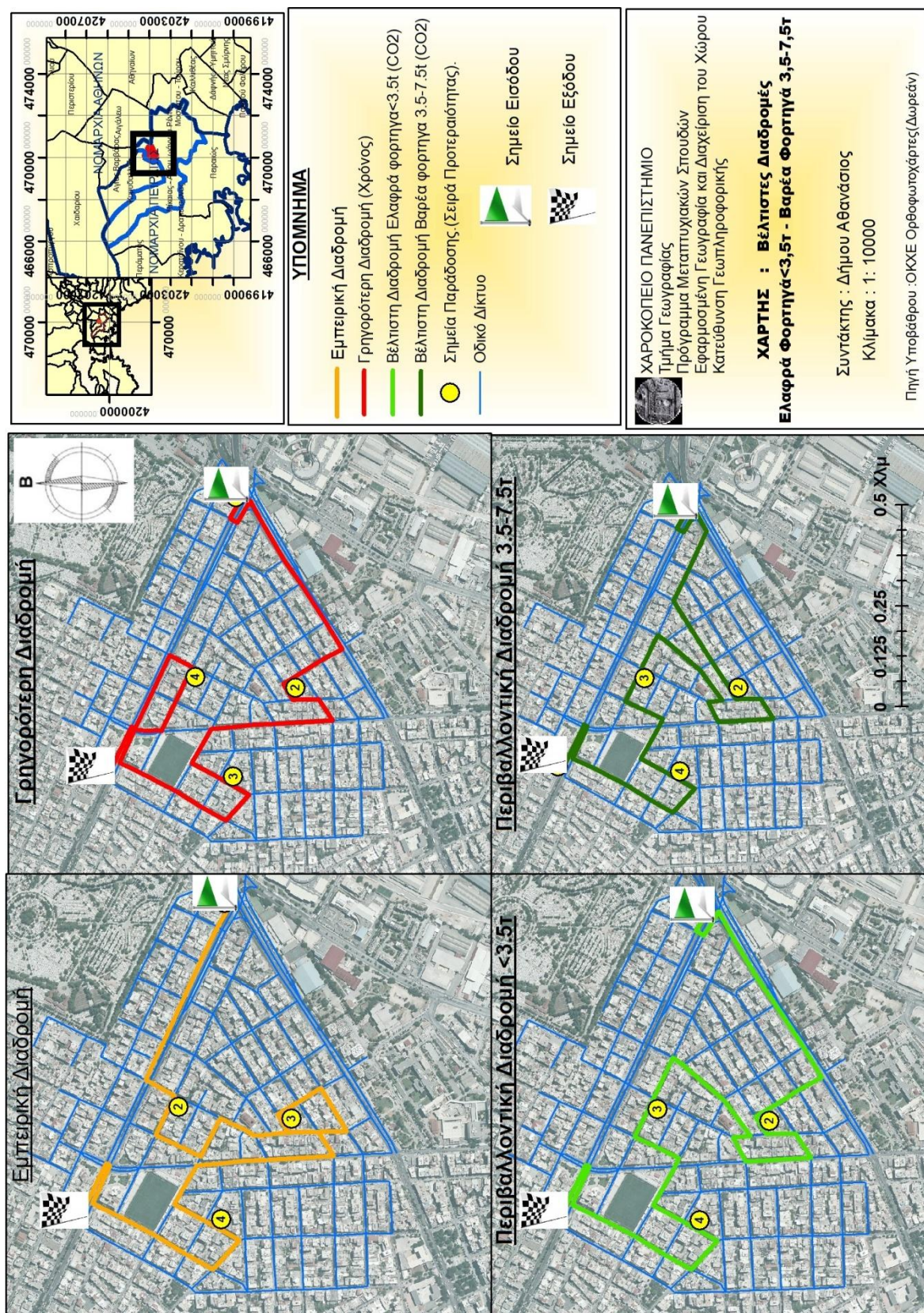
ΧΑΡΤΗΣ 9:



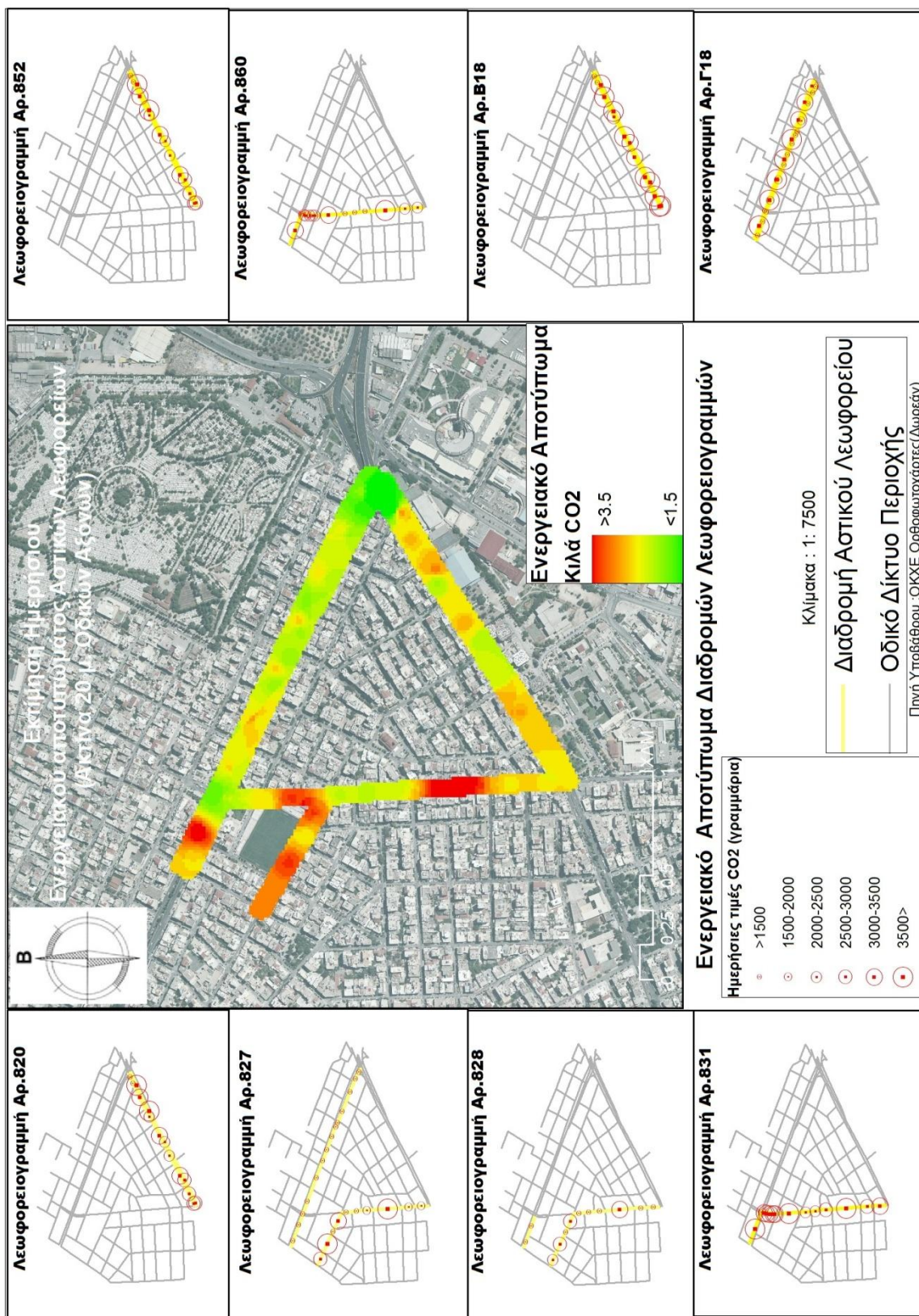
ΧΑΡΤΗΣ 10:



ΧΑΡΤΗΣ 11:

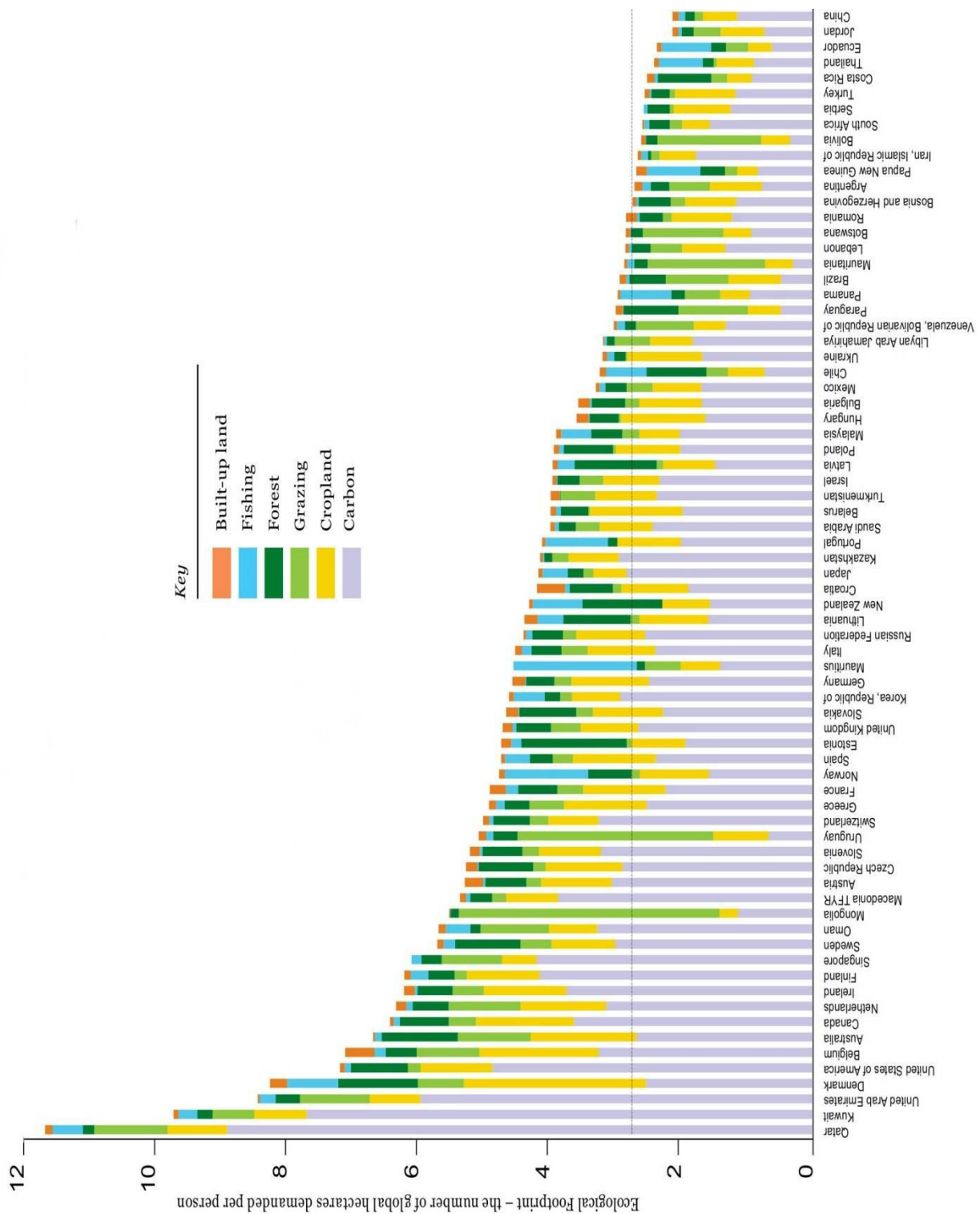


ΧΑΡΤΗΣ 12:

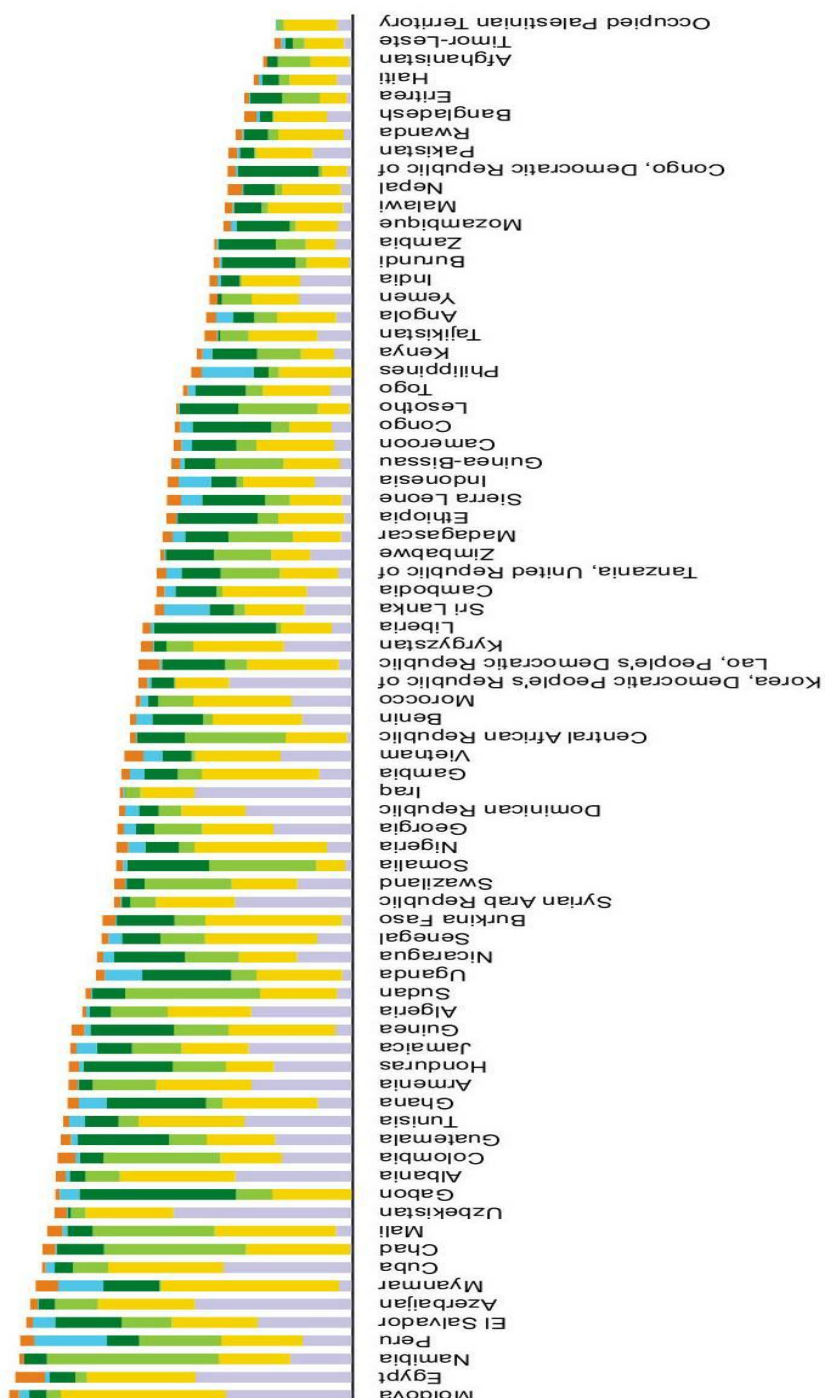


9.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

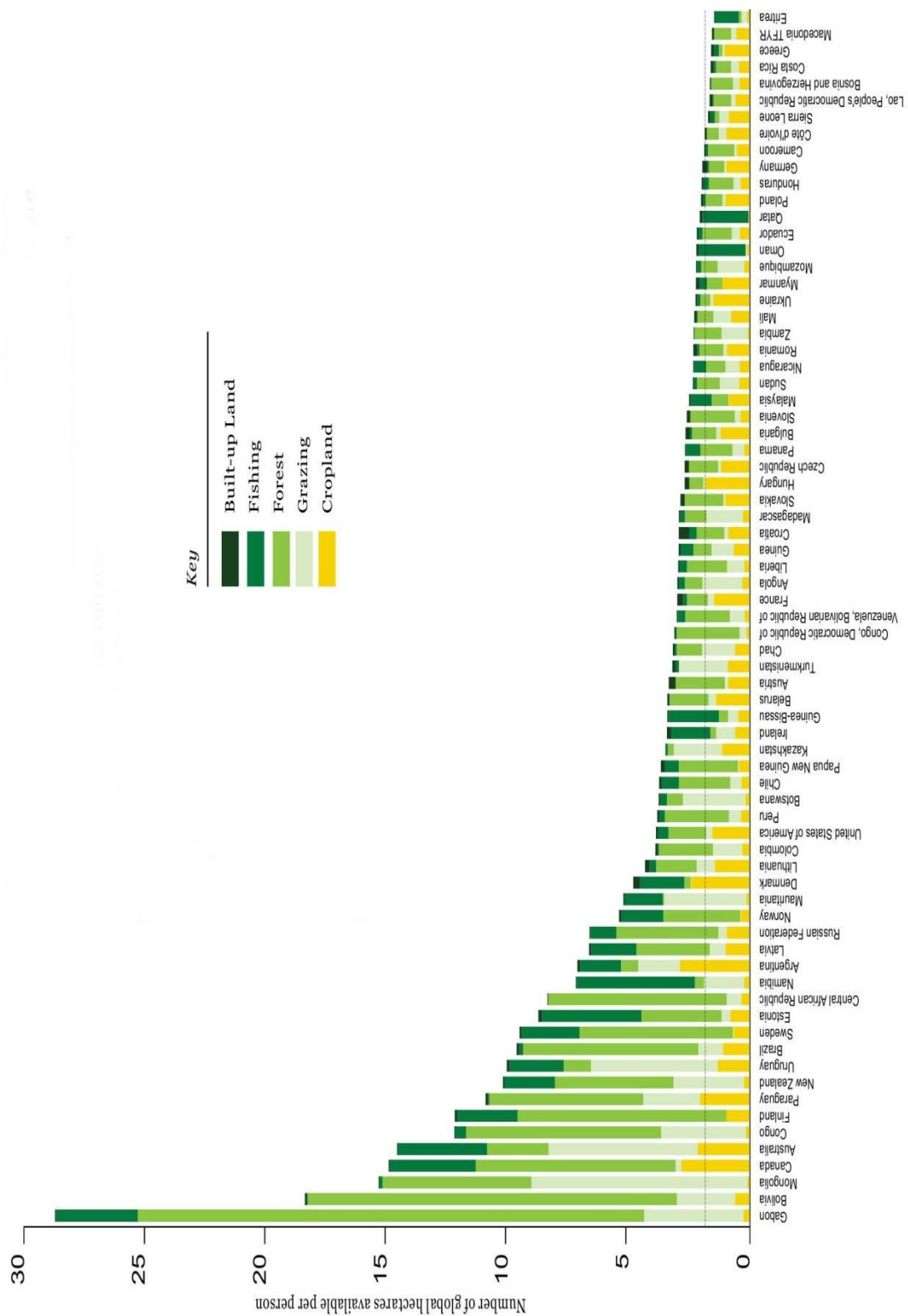
Παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα ανά χώρα και θέση (1/2)
(Πηγή: WWF living planet report 2012 και GFN 2011 edition)



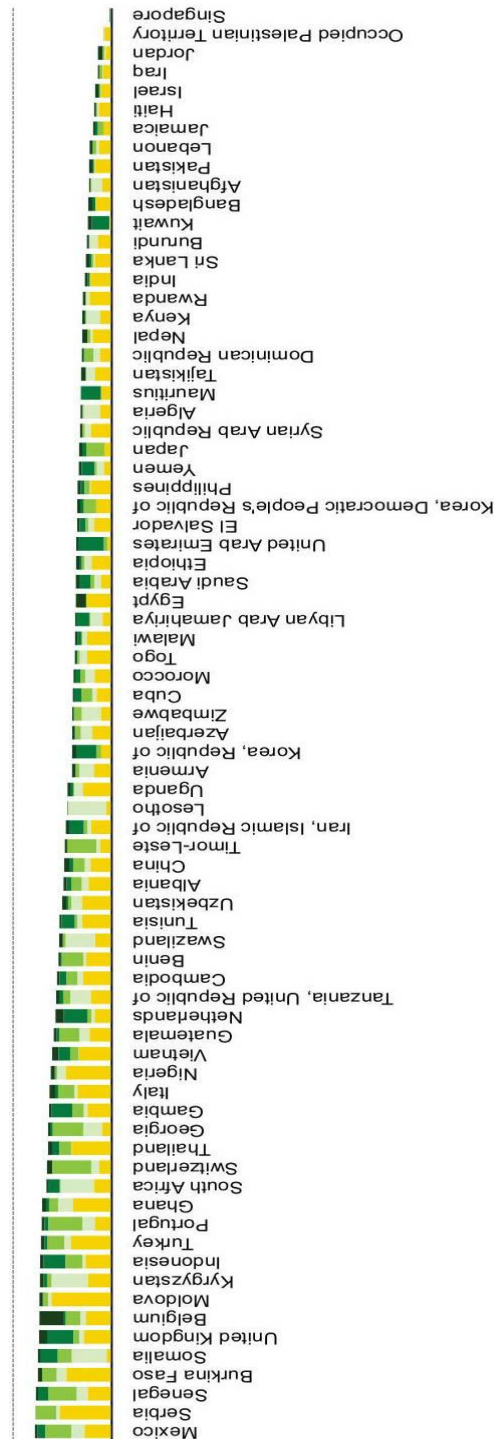
Παγκόσμιο οικολογικό αποτύπωμα ανά χώρα και θέση (2/2)
(Πηγή: WWF living planet report 2012 και GFN 2011edition)



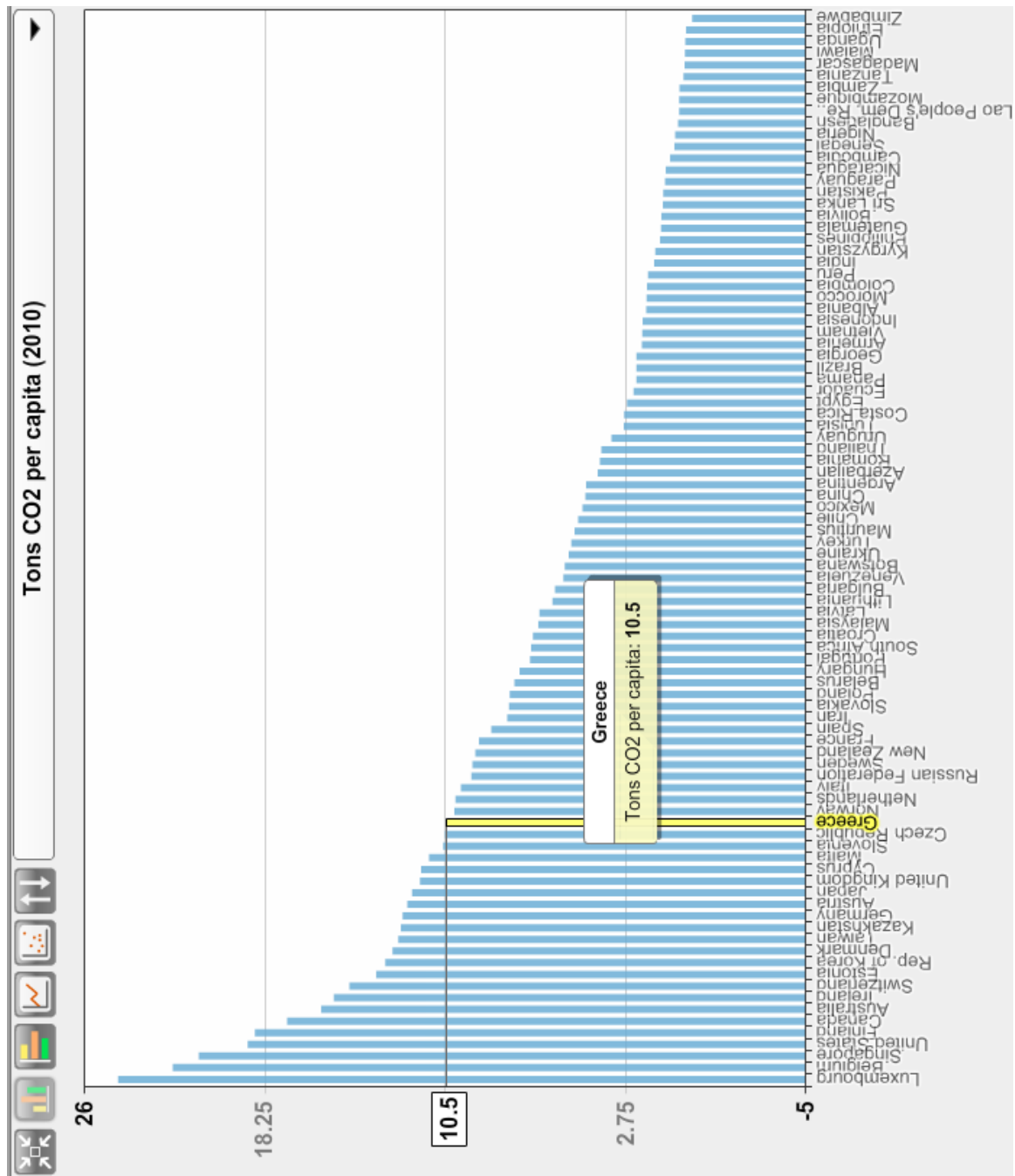
Παγκόσμια βιολογική ικανότητα ανά χώρα και θέση (1/2)
(Πηγή: WWF living planet report 2012 και GFN 2011 edition)



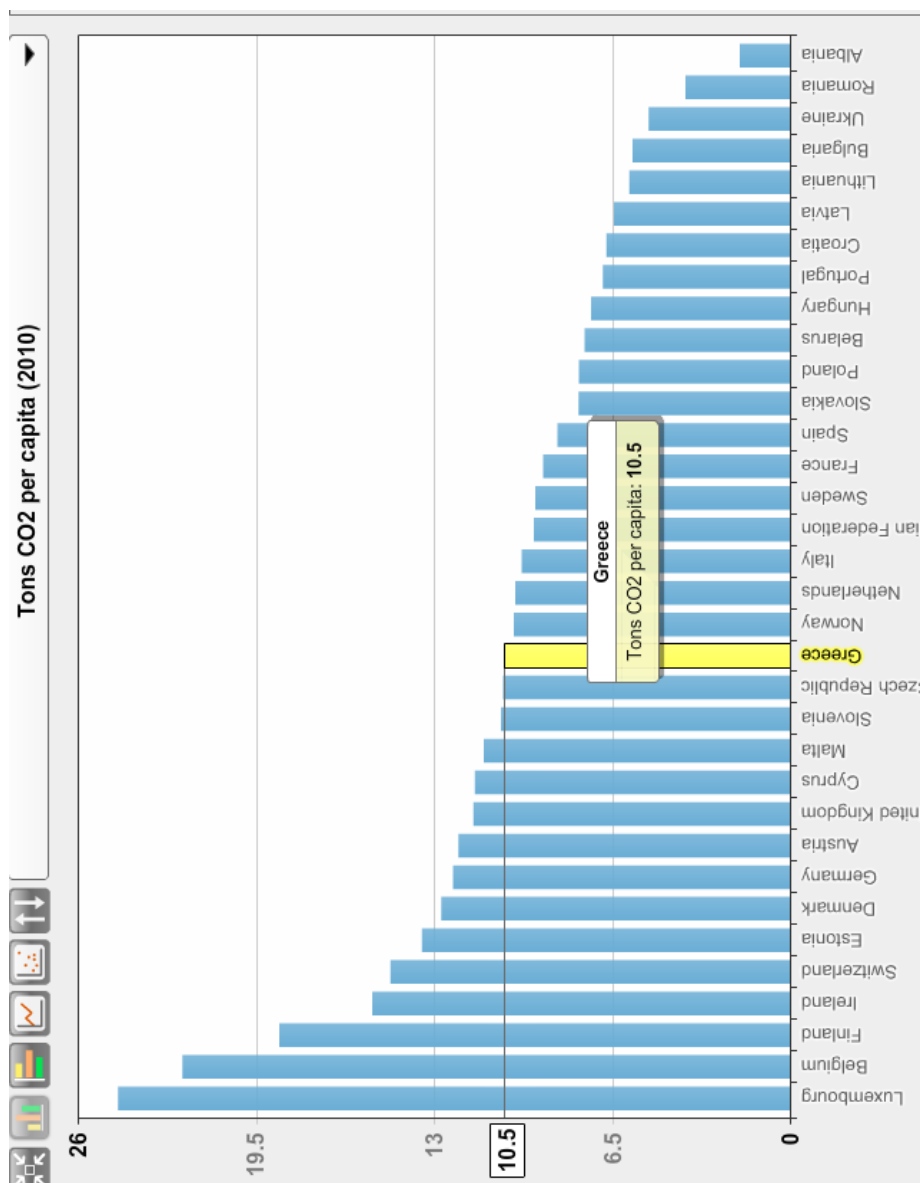
Παγκόσμια βιολογική ικανότητα ανά χώρα και θέση (2/2)
(Πηγή: WWF living planet report 2012 και GFN 2011edition)



Παγκόσμιο ενεργειακό αποτύπωμα ανά χώρα και θέση
(Πηγή: carbonfootprintofnations.com)



Ενεργειακό αποτύπωμα στην Ευρώπη ανά χώρα και θέση
(Πηγή: carbonfootprintofnations.com)



Φωτογραφίες οδών περιοχής μελέτης

