

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ:

**ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΠΠΑΣ**

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

**ΦΑΝΟΥΡΙΟΣ ΖΑΝΝΙΚΟΣ**

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

**Αθήνα, Ιούλιος 2006**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	6
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
<b>ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ</b> .....	7
<i>Εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος</i> .....	7
<i>Το φαινόμενο του θερμοκηπίου</i> .....	8
<i>Οξίνιση του περιβάλλοντος</i> .....	9
<i>Ρύπανση και υποβάθμιση αέρα, νερού, εδάφους</i> .....	10
<b>ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b> .....	12
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	12
<i>Ρύπανση του αέρα</i> .....	12
<i>Διάθεση στερεών αποβλήτων</i> .....	13
<i>Ρύπανση των νερών</i> .....	14
<i>Ηχητική ρύπανση</i> .....	14
<i>Μόλυνση του εδάφους</i> .....	14
<i>Ρύπανση των εσωτερικών χώρων</i> .....	15
<b>ΡΥΠΑΝΣΗ &amp; ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ</b> .....	16
ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ.....	16
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΡΥΠΑΝΤΩΝ.....	17
<i>Προέλευση</i> .....	17
<i>Χημική Σύσταση</i> .....	17
<i>Κατάσταση Ύλης</i> .....	17
<i>Σωματίδια</i> .....	18
<i>Υδρογονάνθρακες</i> .....	19
<i>Μονοξείδιο του άνθρακα</i> .....	19
<i>Οξείδια του θείου</i> .....	20
<i>Οξείδια του αζώτου</i> .....	21
<b>ΕΚΠΟΜΠΗ ΡΥΠΩΝ &amp; ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ</b> .....	23
<i>Θεωρητικά στοιχεία καύσης</i> .....	23
<i>Χημεία της καύσης</i> .....	23
<i>Απώλειες στην καύση</i> .....	24
<i>Τεχνολογία αυτοκινήτου</i> .....	25
<i>Τρόπος λειτουργίας &amp; οδήγησης</i> .....	26
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</b> .....	27
ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ & ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ.....	28
<i>Το Σύστημα Μεταφορών</i> .....	28
<i>Το Πρόβλημα</i> .....	30

Αντιμετώπιση του προβλήματος.....	31
Μέτρα Διαχείρισης Κυκλοφορίας.....	33

## **ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....**

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	34
<i>Εκτίμηση Διαθέσιμων Πόρων.....</i>	34
<i>Εντοπισμός και Αξιολόγηση Προβλημάτων.....</i>	35
<i>Καθορισμός Προτύπων και Πολιτικής.....</i>	36
<i>Πρόγραμμα Εφαρμογής.....</i>	36

ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ.....	37
<i>Ανάλυση Προβλημάτων.....</i>	37
<i>Καθορισμός και Πρώτη Επιλογή Λύσεων.....</i>	37
<i>Μελέτη, Ανάλυση και Αξιολόγηση Λύσεων.....</i>	38
<i>Προτεινόμενο Σχέδιο Δράσης.....</i>	38

ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΑΣΤΥΝΟΜΕΥΣΗ.....	38
--	----

## **ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΟΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....**

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	40
<i>Προγράμματα Βελτιστοποίησης Σηματοδότησης.....</i>	41
<i>I. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης μεμονωμένου κόμβου.....</i>	41
<i>II. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης κατά μήκος αρτηρίας.....</i>	41
<i>III. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης ενός συστήματος αλληλοεπηρεαζομένων κόμβων μιας αστικής περιοχής.....</i>	42

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	42
---	----

ΜΟΝΟΔΡΟΜΗΣΗ.....	44
<i>Κύρια Πλεονεκτήματα Μονοδρόμησης.....</i>	44
<i>Κύρια Μειονεκτήματα Μονοδρόμησης.....</i>	45

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ.....	45
-----------------------------	----

ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ.....	45
<i>Επιπτώσεις Παράνομης Στάθμευσης.....</i>	46
<i>Αντιμετώπιση Προβλήματος Παράνομης Στάθμευσης.....</i>	46

## **ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ & ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ.....**

ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	49
<i>Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Λεωφορειοδρόμων και Αποκλειστικών Λωρίδων για Λεωφορεία.....</i>	49
<i>Πλεονεκτήματα των Αποκλειστικών Λωρίδων Λεωφορείων.....</i>	51
<i>Μειονεκτήματα των Αποκλειστικών Λωρίδων Λεωφορείων.....</i>	51
<i>Αντιμετώπιση προβλημάτων.....</i>	51
<i>Ώρες λειτουργίας ειδικών λωρίδων.....</i>	52
<i>Χρήση των λωρίδων από άλλα οχήματα.....</i>	52
<i>Προϋποθέσεις Εφαρμογής.....</i>	53

<i>Παραδείγματα Εφαρμογής – Αποτελέσματα</i> .....	53
ΛΟΙΠΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ Μ.Μ.Μ.....	55
<i>Επικοινωνία και Κατεύθυνση Οχημάτων</i> .....	55
<i>Πολιτική Συντήρησης</i> .....	56
<i>Πολιτική Πωλήσεων</i> .....	56
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ</b> .....	58
ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΕΛΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ.....	59
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΟΔΟ.....	60
<i>Σχεδιασμός του Συστήματος Διαχείρισης Στάθμευσης</i> .....	60
<i>Οργάνωση και Παρακολούθηση του Συστήματος Ελεγχόμενης Στάθμευσης</i> .....	63
<i>Αποτελέσματα Ελεγχόμενης Στάθμευσης</i> .....	64
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ.....	65
ΑΔΕΙΕΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	66
ΧΩΡΟΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΗ.....	66
<b>ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ</b> .....	68
ΕΡΓΟΔΟΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΟΜΑΔΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ.....	68
ΕΙΔΙΚΕΣ ΛΩΡΙΔΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥΣ.....	68
ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΔΙΟΔΩΝ.....	69
ΤΑΞΙ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ.....	69
<b>ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	70
ΣΤΟΧΟΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ.....	70
<i>Αποδοτικότητα Δικτύου</i> .....	70
<i>Προστασία Περιβάλλοντος</i> .....	70
<i>Σχεδιασμός Χρήσεων Γης</i> .....	71
<i>Αύξηση Κρατικών Εσόδων</i> .....	71
<i>Κοινωνική Δικαιοσύνη (ισοκατανομή)</i> .....	71
ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΩΝ.....	71
ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ.....	72
<i>Περιορισμός στην Ιδιοκτησία Αυτοκινήτων</i> .....	73
<i>Περιορισμός Στάθμευσης</i> .....	73
<i>Περιορισμός στη Χρήση των Αυτοκινήτων</i> .....	75
<i>Επιβολή "Προγραμματισμένης Καθυστέρησης"</i> .....	76
<i>Ρυθμιστικοί Έλεγχοι</i> .....	77
<i>Οικονομικοί Περιορισμοί</i> .....	77

<b>ΜΕΙΩΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΑΙΧΜΗΣ</b> .....	79
ΑΛΛΑΓΗ ΩΡΑΡΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	79
ΧΡΕΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΑΙΧΜΗΣ.....	79
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ.....	80
<b>ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</b> .....	82
ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ.....	82
ΕΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ – ΟΔΩΝ.....	83
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.....	83
<b>ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ</b>	
<b>ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ &amp; ΔΙΟΔΙΩΝ</b> <b>(INTEGRATED TOLLING &amp; TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM – ITTMS)</b> .....	88
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΝΕΣΗ & ΕΥΚΟΛΕΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ.....	88
<i>Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας</i> .....	89
<i>Παρεχόμενη Ασφάλεια</i> .....	91
<i>Σύστημα πληρωμής διοδίων</i> .....	92
<i>Περιγραφή Συστήματος ITTMS</i> .....	93
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΟΔΙΩΝ.....	93
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM (TMS).....	94
<i>Τεχνολογίες ανίχνευσης TMS</i> .....	95
<i>Τεχνολογίες απόκρισης TMS</i> .....	96
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	97
<i>Βασικά Πρότυπα</i> .....	98
ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	98
<i>Μελέτες</i> .....	99
<i>Υλικά – Υποσυστήματα</i> .....	99
<i>Εγκατάσταση – Δοκιμές</i> .....	99
ΛΗΨΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	100
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	102
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	107

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πρόσβαση των αυτοκινήτων έχει σημαδέψει το χαρακτήρα της αστικής ζωής μέσω του σχεδιασμού της σύγχρονης πόλεως. Πολλοί δρόμοι και πολλοί χώροι σταθμεύσεως δημιουργούνται στους χώρους των πόλεων και δημιουργούν υποδομές για να βοηθήσουν τους ανθρώπους που ζουν εκεί. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι ένα γεγονός της καθημερινής ζωής των πόλεων προκαλώντας αύξηση των καθυστερήσεων και της κατανάλωσης των καυσίμων, συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Η *Διαχείριση της Κυκλοφορίας* αποτελεί μια προσπάθεια μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης και κατά συνέπεια των επακόλουθων επιπτώσεων μέσω της αποτελεσματικής χρησιμοποίησης της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής και με περιορισμένου ύψους επενδύσεις.

Η εργασία εξετάζει το ζήτημα της *Διαχείρισης Κυκλοφορίας* σαν εργαλείο για τη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών, του κορεσμού του οδικού δικτύου και του προβλήματος της στάθμευσης συμβάλλοντας κατ' αυτό τον τρόπο στη μείωση της ρύπανσης και στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Οι θεματικές ενότητες που αναλύονται είναι συνοπτικά οι παρακάτω:

- Συνολική θεώρηση του περιβαλλοντικού προβλήματος και συσχετισμός με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και με τις εκπομπές ρύπων από τα οχήματα.
- Διαπίστωση του κυκλοφοριακού προβλήματος και προτεινόμενα μέτρα.
- Μεθοδολογία σχεδιασμού συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας.
- Τρόποι βελτίωσης της ροής των οχημάτων.
- Βελτίωση και προνομιακή μεταχείριση μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Διαχείριση της στάθμευσης.
- Προνομιακή μεταχείριση οχημάτων υψηλής πλήρωσης.
- Μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας των οχημάτων.
- Μείωση της κυκλοφορίας σε περιόδους αιχμής.
- Παρουσίαση νέων τεχνολογιών στον τομέα της διαχείρισης της κυκλοφορίας και αναφορά για το τι εφαρμόζεται παγκοσμίως.
- Παρουσίαση του ολοκληρωμένου συστήματος διοδίων και διαχείρισης κυκλοφορίας της Αττικής Οδού (Integrated Tolling & Traffic Management System – ITTMS) του πλέον σύγχρονου συστήματος που έχει εγκατασταθεί στην Ελλάδα και στην Ευρώπη γενικότερα στον τομέα της Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το πρόβλημα της προστασίας του περιβάλλοντος έχει παγκόσμια διάσταση. Είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της εποχής μας. Η δημιουργία αυτού του προβλήματος ξεκίνησε παράλληλα με τη μάχη του ανθρώπου να εκμεταλλευτεί ή και να υποτάξει το φυσικό του περιβάλλον για μια ανώτερη ποιότητα ζωής. Πάντα οι ενέργειες του ανθρώπου άμεσα ή έμμεσα είχαν κάποιο αντίκτυπο στο φυσικό χώρο που τον περιβάλλει. Σήμερα όμως η υποβάθμιση και καταστροφή του περιβάλλοντος αποτελούν μια εκτεταμένη και γεμάτη κινδύνους πραγματικότητα.

Η έννοια του περιβάλλοντος, οι κίνδυνοι που το απειλούν και η προστασία του άρχισε να απασχολούν τους ανθρώπους εδώ και τρεις δεκαετίες περίπου. Προηγούμενα, ακόμη και ο όρος «Περιβάλλον» με την έννοια που χρησιμοποιείται σήμερα, ήταν άγνωστος στο ευρύ κοινό. Ορισμένες μεγάλες καταστροφές, κάποια συνταρακτικά γεγονότα επιτάχυναν την αφύπνιση.

Κάποια βασικά προβλήματα που σχετίζονται με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και τα οποία γίνονται ολοένα και πιο εμφανή είναι<sup>(1)</sup>:

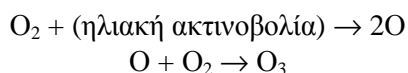
- Η εξασθένηση της στοιβάδας του όζοντος
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Η οξίνιση του περιβάλλοντος
- Η ρύπανση και η εν γένει υποβάθμιση αέρα, νερού, εδάφους

### *Εξασθένηση της στοιβάδας του όζοντος*

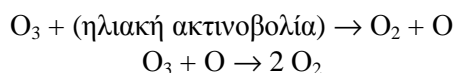
Οι UV-C υπεριώδεις ακτινοβολίες προέρχονται από το τμήμα εκείνο του ηλιακού φάσματος που έχει μήκος κύματος 180 - 280 nm και είναι θανατηφόρες για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι ακτινοβολίες UV - B, με μήκος κύματος 280 - 320 nm είναι επίσης επικίνδυνες για ορισμένες μορφές ζωής. Οι ακτινοβολίες αυτές καθώς διέρχονται από το τμήμα της ατμόσφαιρας που είναι 25 - 30 Km από την επιφάνεια της γης και που ονομάζεται στρατόσφαιρα, απορροφούνται σχεδόν εξολοκλήρου από το όζον. Το στρατοσφαιρικό όζον λειτουργεί σαν προστατευτικό στρώμα και φιλτράρει την υπεριώδη, επιβλαβή ακτινοβολία του ήλιου.

Το όζον σχηματίζεται από την ένωση μορίων οξυγόνου με άτομα οξυγόνου τα οποία προήλθαν από τη διάσπαση των μορίων στην στρατόσφαιρα. Το όζον, με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας διασπάται σε μοριακό και ατομικό οξυγόνο. Ο ρυθμός παραγωγής και ο ρυθμός διάσπασης του στην στρατόσφαιρα βρίσκονται σε ισορροπία.

#### *Σχηματισμός Όζοντος*



#### *Διάσπαση Όζοντος*



Φαινόμενο των τελευταίων χρόνων είναι η εξασθένηση της στριβάδας του όζοντος. Έχει παρατηρηθεί ότι πολλές περιοχές της γης και ιδιαίτερα η Ανταρκτική έχουν μείνει απροστάτευτες από την υπεριώδη ακτινοβολία επειδή έχει εξασθενήσει το στρώμα του όζοντος.

#### *Αιτίες*

Σαν βασική αιτία για την εξασθένηση της στριβάδας αυτής θεωρούνται ορισμένες ουσίες που δρουν σαν καταλύτες. Ένα μόριο καταλύτη μπορεί να καταστρέψει χιλιάδες μόρια όζοντος προτού απομακρυνθεί. Καταλύτες επικίνδυνοι για το όζον είναι τα οξειδία του χλωρίου, του αζώτου και του υδρογόνου. Οι πιο επικίνδυνες ουσίες για το όζον θεωρούνται ότι είναι οι χλωροφθοράνθρακες.

#### *Επιπτώσεις*

Οι επιπτώσεις από την εξασθένηση της στριβάδας του όζοντος είναι ολέθριες. Αναφέρονται:

- Αλλαγή στο κλίμα
- Αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους
- Περιορισμός βιωσιμότητας
- Επιδράσεις στον άνθρωπο: αλλεργικές αντιδράσεις, γήρανση του δέρματος, καρκίνος του δέρματος, παθήσεις των ματιών

#### ***Το φαινόμενο του θερμοκηπίου***

Η γη θερμαίνεται από τον ήλιο, ο οποίος εγκλωβίζεται στο στρώμα αερίων, το οποίο περιβάλλει τη γη. Αυτό ονομάζεται «φαινόμενο του θερμοκηπίου» γιατί η ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται σαν το γυαλί του θερμοκηπίου.

Η ατμόσφαιρα της γης αποτελείται σε συντριπτικό ποσοστό (99%) από οξυγόνο και άζωτο. Όμως, μέσα σε αυτή περιέχονται και άλλα αέρια, όπως υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), όζον (O<sub>3</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Τα αέρια αυτά παρακρατούν μέρος της εκπεμπόμενης από την γη ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης ώστε να επιτευχθεί ο απαιτούμενος ρυθμός εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των αερίων αυτών στην ατμόσφαιρα, τόσο αυξάνεται και η θερμοκρασία της γης.

Το φαινόμενο, λοιπόν της αύξησης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια και στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ονομάζεται *φαινόμενο του θερμοκηπίου* και τα αέρια που το προκαλούν *αέρια του θερμοκηπίου*.

Τα αέρια που ευθύνονται για την πρόκληση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι τα εξής:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
- Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O)
- Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)
- Φθόριο - υποκατεστημένοι υδρογονάνθρακες (HFCs)
- Υπέρ φθόριο - υποκατεστημένοι υδρογονάνθρακες (PFCs)
- Εξασθενές φθοριούχο θείο(SF<sub>6</sub>)

#### *Αιτίες*



- Το διοξείδιο του άνθρακα έχει αυξηθεί εξ' αιτίας του καψίματος του κάρβουνου, και την καταστροφή των δασών.
- Το μεθάνιο αυξήθηκε λόγω των εκπομπών από τα ορυχεία του κάρβουνου, την παραγωγή και την διανομή του φυσικού αερίου.
- Τα νιτρώδη οξείδια αυξήθηκαν λόγω της χρήσης των λιπασμάτων και της κατασκευής του νάιλον.
- Το όζον αντίθετα με την προστασία που μπορεί να προσφέρει, ενώ βρίσκεται στην στρατόσφαιρα, αντιδρά σαν ρυπαντικό όταν βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Η συμβολή του στην θέρμανση της γης είναι ακόμη αμφίβολη.
- Τα CFC, τα οποία χρησιμοποιούνται σαν ψυκτικοί διαλύτες και σαν προωθητικά στα αεροζόλ.

#### *Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα:*

- Μετάπτωση ζωνών βλάστησης
- Μείωση της βιοποικιλότητας λόγω υπέρβασης των ορίων ανοχής των οργανισμών

#### *Επιπτώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο:*

- Αλλαγή στο κλίμα της γης
- Αύξηση της θερμοκρασίας
- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

#### **Οξίνιση του περιβάλλοντος**

Η οξίνιση του φυσικού περιβάλλοντος έχει να κάνει με τη διασπορά οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα. Τα οξείδια αυτά κατακάθονται στο έδαφος σαν ξηρές αποθέσεις ή σχηματίζουν οξέα και μεταφέρονται με τα υδροσταγονίδια πιο πολύ γνωστά σαν «όξινη βροχή».

Η οξίνιση του περιβάλλοντος συνδέεται στενά με την εμφάνιση του διεθνούς προβλήματος, της Διασυννοριακής Ρύπανσης. Οι πηγές της όξινης βροχής μπορεί να βρίσκονται σε μια χώρα και οι αποδέκτες σε μια άλλη.

#### *Επιπτώσεις*

Όταν οι όξινες εναποθέσεις παρουσιάσουν pH κάτω του 5.1 τότε προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Περιλαμβάνουν:

- Καταστροφή κτιρίων, αγαλμάτων, μετάλλων και άλλων υλικών.
- Θάνατο ψαριών, υδρόβιων φυτών και μικροοργανισμών σε λίμνες και ποτάμια.
- Εξασθένιση ή και θάνατο δασών μέσω της απόπλυσης του ασβεστίου του καλίου και άλλων θρεπτικών υλικών για τα φυτά από το έδαφος.

- Εξασθένιση φυτών και μετατροπή τους σε πιο ευαίσθητα στην προσβολή από ασθένειες, στην ξηρασία, σε έντομα και μύκητες που ζουν καλύτερα σε όξινες συνθήκες.
- Πρόκληση ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος του ανθρώπου.

### ***Ρύπανση και υποβάθμιση αέρα, νερού, εδάφους***

#### ***Αέρας***

##### *Ρυπαντές του αέρα:*

- Σωματίδια SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>
- Νέφος
- Διασυνοριακή ρύπανση (π.χ. πυρηνικά ατυχήματα)

Το νέφος είναι η παχιά πυκνή χημική ομίχλη, η οποία πρωτοπαρουσιάστηκε πάνω από τις πόλεις της Αγγλίας μετά την βιομηχανική επανάσταση.

##### *Αιτίες*

Το νέφος προκύπτει κατά την διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης παρουσία του ήλιου. Διάφορα αέρια, συμπεριλαμβανομένου των οξειδίων του αζώτου και Πτητικές Οργανικές Ενώσεις μπορούν να δημιουργήσουν ένα στρώμα όζοντος χαμηλά, το οποίο «κάθεται» πάνω από τις πόλεις όταν έχει ήλιο. Τα αυτοκίνητα και τα μηχανάκια ευθύνονται σε μεγάλη αναλογία για την δημιουργία των οργανικών πτητικών ουσιών καθώς και των οξειδίων του αζώτου.

##### *Επιπτώσεις*

Η παρουσία στρώματος όζοντος κοντά στην γη αποτελεί την αιτία για σημαντικά προβλήματα υγείας: ερεθισμός στα μάτια, στην μύτη, στους πνεύμονες, και ιδιαίτερα βλαβερό για τους ανθρώπους με αναπνευστικά προβλήματα.

#### ***Νερό***

Τα υπόγεια νερά υψηλής ποιότητας είναι βασικά για την υγεία και ευημερία μεγάλου μέρους του πληθυσμού της Γης. Αν και το θέμα είναι η συνεχής τροφοδοσία των υπογείων νερών, ειδικά στις έντονα αστικοποιημένες ή στις ημιάγονες περιοχές όπου συχνά αντλούνται για αγροτική χρήση, η *ποιότητα* των υπόγειων νερών γίνεται ολοένα και περισσότερο θέμα ανάγκης.

##### *Αιτίες Ρύπανσης*

Μεταξύ των πολλών πηγών των ουσιών που μολύνουν τα υπόγεια νερά είναι η διάθεση των λυμάτων, οι αγροτικές δραστηριότητες, η διάθεση των στερεών αποβλήτων στις χωματερές, η διάθεση υγρών καταλοίπων σε βαθιά φρέατα, οι διαρροές πετρελαιοειδών, τα παρασιτοκτόνα και άλλα διασπειρόμενα χημικά προϊόντα. Καθώς τα υλικά από αυτές τις πηγές διαπερνούν το έδαφος, φιλτράρονται, εξουδετερώνονται και αραιώνονται και ως εκ τούτου χάνουν μεγάλο μέρος της δραστηριότητάς τους. Η διέλευση αυτή μέσα από το έδαφος, που συμβαίνει συχνά σε χρονικές κλίμακες εβδομάδων ή μηνών, είναι πολύ αποτελεσματική για τον καθαρισμό των διηθούμενων υγρών εφόσον βεβαίως τα επίπεδα των ρυπαντών δεν είναι πολύ υψηλά και εφόσον επίσης τα ρυπαντικά στοιχεία είναι επιδεκτικά καθαρισμού από το

έδαφος. Η περίπτωση των συνθετικών οργανικών χημικών ενώσεων όμως που δεν διαλύονται παρά ελάχιστα στο νερό μπορεί να είναι λιγότερο ήπια. Γι' αυτές τις ουσίες δεν έχουν αναπτυχθεί αποτελεσματικοί βακτηριακοί ή φυσικοί μηχανισμοί εξουδετέρωσης εντός του εδαφικού συστήματος και έτσι θα ελευθερωθούν αναλλοίωτες στα υπόγεια νερά αν η διάρκεια ζωής τους υπερβεί το χρόνο διαχύσεως τους.

### *Έδαφος*

Πηγές ρύπανσης του εδάφους είναι:

- Χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων
- Απόρριψη ανόργανων και τοξικών ουσιών
- Απόρριψη τοξικών αποβλήτων
- Εξόρυξη
- Έργα οδοποιίας
- Λιπάσματα

## ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η πόλη είναι ένα πολύπλοκο ανθρώπινο περιβάλλον. Μια μικρή έρευνα δείχνει ότι υπάρχουν πάρα πολλοί ορισμοί του αστικού περιβάλλοντος και τούτο επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει απλός ορισμός της λέξεως «πόλη» που οι επιστήμονες να μπορούν να συμφωνήσουν σ' αυτόν.

Σε ένα επίπεδο, η πόλη είναι ύπαρξη κτιρίων και δρόμων και οι μεταφορές, οι επικοινωνίες, το νερό, τα αποχετευτικά συστήματα η υποδομή. Όμως, αυτό είναι περισσότερο η περιγραφή ενός αρχαιολογικού χώρου παρά μιας πόλεως. Σίγουρα, μια πόλη είναι κάτι παραπάνω από τούβλα και μπετόν. Τα κοινά στοιχεία που περιγράφουν μια πόλη είναι οι μόνιμοι κάτοικοι της και ο μεγάλος και ετερογενής πληθυσμός που ζει εκεί σε υψηλές πυκνότητες.

### ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Τα παραδοσιακά περιβαλλοντικά προβλήματα στις αστικές περιοχές είναι<sup>(1)</sup>:

- η ρύπανση του αέρα
- η διάθεση των στερεών αποβλήτων
- η ρύπανση των νερών
- η ηχητική ρύπανση
- η μόλυνση του εδάφους
- ρύπανση των εσωτερικών χώρων

#### *Ρύπανση του αέρα*

Ο Πίνακας 1 δείχνει τις τρεις κύριες πηγές ρυπάνσεως του αέρα στις πόλεις:

- βιομηχανία
- οχήματα
- καύση καυσίμων για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού

Η ρύπανση από βιομηχανικές πηγές ποικίλλει από πόλη σε πόλη ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας, τη συγκέντρωση της στην περιοχή, τους υπάρχοντες περιβαλλοντικούς κανονισμούς και την ακριβή της τοποθεσία. Η βιομηχανική ρύπανση του αέρα δεν είναι ένα πρόβλημα ειδικό για τις αστικές περιοχές, αντίθετα με τη ρύπανση του αέρα που προκαλείται από τις αστικές μεταφορές και τη θέρμανση των κτιρίων που είναι στενά συνδεδεμένες με τη λειτουργία των πόλεων.

Η εκπομπή SO<sub>2</sub> που προκαλείται από τη θέρμανση των κτιρίων έχει μειωθεί λόγω της χρήσεως εναλλακτικών καυσίμων και αντικαθίσταται σήμερα από ρύπανση του αέρα που προξενείται από την αυξημένη χρήση των οχημάτων. Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων περιέχουν NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, πτητικές οργανικές ουσίες και σωματίδια.

Τομέας	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Ενέργεια	37,0	72,0	18,0
(ηλεκτρισμός)	(30,0)	(62,0)	(25,0)
Βιομηχανία	19,0	15,0	8,0
Οδική κυκλοφορία	22,0	4,0	58,0
Άλλοι	22,0	9,0	6,0
Σύνολο	100,0	100,0	100,0

**Πίνακας 1** Πηγές Ρυπάνσεως του Αέρα σε μια Τυπική Πόλη της Δεκαετίας του 1990

Πηγή: Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Γενικά, μπορούν να διακριθούν δύο τύποι ρυπάνσεως του αέρα των πόλεων. Οι παλαιότερες βιομηχανικές πόλεις, όπως η Νέα Υόρκη, ανήκουν στην ομάδα των πόλεων με «γκρι» αέρα-οι νεότερες, σχετικά μη βιομηχανοποιημένες πόλεις, όπως το Λος Άντζελες, ανήκουν στην ομάδα των πόλεων με «καφέ» αέρα.

Οι πόλεις με «γκρι» αέρα βρίσκονται γενικά σε κρύα και υγρά κλίματα. Οι κυριότεροι ρυπαντές είναι τα οξείδια του θείου και τα σωματίδια, τα οποία συνδυαζόμενα με την ατμοσφαιρική υγρασία σχηματίζουν την *αιθαλομίχλη*. Οι πόλεις με γκριζα ατμόσφαιρα εξαρτώνται πολύ από τους λιθάνθρακες και το πετρέλαιο και είναι συνήθως έντονα βιομηχανοποιημένες. Ο αέρας είναι ιδιαίτερα επιβαρημένος κατά τη διάρκεια των κρύων και υγρών χειμώνων όταν η ζήτηση για πετρέλαιο οικιακής θέρμανσης και για ηλεκτρισμό είναι έντονη και η ατμοσφαιρική υγρασία υψηλή.

Οι πόλεις με «καφετί» ατμόσφαιρα βρίσκονται τυπικά σε θερμά, ξηρά και με αρκετή ηλιοφάνεια κλίματα και είναι γενικά νεότερες με λιγότερες ρυπαίνουσες βιομηχανίες. Οι κυριότερες πηγές ρυπάνσεως σ' αυτές τις πόλεις είναι τα αυτοκίνητα και τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού, οι κυριότεροι ρυπαντές είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες, και τα διοξείδια του αζώτου. Σ' αυτές τις πόλεις οι ατμοσφαιρικοί υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός για να σχηματίσουν πολλούς δευτερογενείς ρυπαντές τέτοιους όπως το όζον, η φορμαλδεΰδη και το υπεροξυακετυλονιτρίλιο (PAN) με φωτοχημικές αντιδράσεις. Η «καφέ» ως «πορτοκαλί» χροιά της ρυπάνσεως του αέρα είναι η λεγόμενη *φωτοχημική αιθαλομίχλη*. Σήμερα, η διάκριση μεταξύ «γκρι» και «καφέ» πόλεων εξαφανίζεται γρήγορα και οι περισσότερες πόλεις έχουν «καφέ» αποχρώσεις αέρα το καλοκαίρι και «γκρι» αέρα το χειμώνα.

### Διάθεση στερεών αποβλήτων

Το πρόβλημα των στερεών αποβλήτων στις πόλεις είναι το αποτέλεσμα της υψηλής πυκνότητας του πληθυσμού και της ποικιλότητας των οικονομικών δραστηριοτήτων. Στις πόλεις παράγονται διπλάσιες ποσότητες στερεών αποβλήτων από τις αγροτικές περιοχές και η σύνθεση των στερεών αποβλήτων είναι πολύ διαφορετική από εκείνη των αγροτικών περιοχών. Η αναλογία των οικιακών αποβλήτων στο σύνολο των αστικών αποβλήτων είναι σχετικά μικρή σε σύγκριση με τις αγροτικές περιοχές λόγω των μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων των γραφείων στις πόλεις, μεγάλο μέρος των οποίων είναι χαρτί.

Η ταφή στερεών αποβλήτων σε ελεγχόμενους χώρους γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη λόγω της ελλείψεως ανοικτών χώρων και των αντιδράσεων των γειτονικών κοινοτήτων, ενώ η εναλλακτική λύση της καύσεως των αποβλήτων σε αποτεφρωτήρες έχει τα δικά της προβλήματα τέτοια, όπως η πιθανή εκπομπή τοξικών ουσιών στον αέρα. Τα προγράμματα προλήψεως και ανακυκλώσεως για τα αστικά στερεά απόβλητα αναπτύσσονται, όχι όμως με έντονο ρυθμό.

### Ρύπανση των νερών

Η ανεπαρκής κατεργασία των υγρών αποβλήτων κατοικιών και βιομηχανιών πριν από την απόρριψή τους στο σύστημα νερών μιας πόλεως είναι ένα αναπτυσσόμενο πρόβλημα, κυρίως σε σχέση με τη δημόσια υγεία. Για παράδειγμα, τα απόβλητα που ρίπτονται ακατέργαστα ή με λίγη κατεργασία σε ένα ποτάμι απ' όπου υδρεύεται μια πόλη.

Οι μεγάλες πόλεις χρησιμοποιούν τεράστιες ποσότητες νερού οι οποίες πρέπει να απορριφθούν μετά τη χρήση. Για παράδειγμα, κάθε ημέρα το Παρίσι τροφοδοτείται με 800.000 κυβικά μέτρα νερό και έχει σύστημα αποχετεύσεως γύρω στα 2.100 χιλιόμετρα. Αυτή η μεγάλη ποσότητα νερού τροφοδοτείται στην πόλη από γειτονικές περιοχές. Για παράδειγμα, επίσης, η πόλη της Νέας Υόρκης, που διαθέτει το καλύτερο σύστημα τροφοδοσίας νερού έναντι οποιασδήποτε άλλης μεγάλης πόλεως στον κόσμο, παίρνει νερό από πηγές σε βουνά 150 χιλιόμετρα βόρεια της πόλεως, πράγμα που δείχνει την αλληλεξάρτηση μεταξύ της πόλεως και της υπαίθρου. Όμως, η υπαίθρος όπου υπάρχουν οι πηγές του νερού, που ήταν μια υπανάπτυκτη περιοχή, τελευταία υπόκειται σε ταχεία οικιστική ανάπτυξη. Αν αυτό το πρότυπο της ανάπτυξης συνεχισθεί σ' αυτή την ευαίσθητη περιβαλλοντική περιοχή το νερό της Νέας Υόρκης θα υποβαθμισθεί.

### Ηχητική ρύπανση

Ο θόρυβος, που έχει σημαντική επίδραση στην υγεία των αστικών πληθυσμών και την ποιότητα της ζωής τους, προξενείται από διαφορετικούς τύπους μεταφορών: αυτοκίνητα, αεροπλάνα και τρένα. Ο Πίνακας 2 δείχνει τα επίπεδα ανέσεως στο εσωτερικό διαφόρων τύπων κτιρίων και τα αντίστοιχα πρότυπα στο δρόμο.

Αν και νέες τεχνολογίες και αυξητικά αυστηρά όρια θορύβων μπορούν να μειώνουν την ηχητική ρύπανση στο μέλλον, η αναμενόμενη αύξηση στις οδικές και εναέριες μεταφορές πρόκειται να κάνει το πρόβλημα των ήχων πιο έντονο. Περισσότερο από το 20% του πληθυσμού των χωρών της Ε.Ε. υποφέρει από νυκτερινά επίπεδα θορύβου πάνω από 65dBA που προξενούν σοβαρούς κινδύνους στην υγεία.

Χώροι	Εσωτερικό	Δρόμος
Εργαστήρια, εργοστάσια κ.λ.π.	70 dBA	90-100 dBA
Γραφεία	45 dBA	65-75 dBA
Κατοικίες:		
κατά τη διάρκεια της ημέρας	40 dBA	60-70 dBA
κατά τη διάρκεια της νύχτας	35 dBA	55-65 dBA

**Πίνακας 2** Επίπεδα Ανέσεως στο Εσωτερικό διαφορετικών τύπων Κτιρίων και αντίστοιχα Πρότυπα στους Δρόμους

Πηγή: Ville de Geneve, 1990

### Μόλυνση του εδάφους

Η ρύπανση του εδάφους από προηγούμενες βιομηχανικές δραστηριότητες και τον απρόσεκτο εμποτισμό του με τοξικές ουσίες αναγνωρίζεται σήμερα ως σπουδαίο θέμα στις αστικές περιοχές.

Ενώ υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την ανάκτηση υποβαθμισμένων και εγκαταλελειμμένων περιοχών, ο κίνδυνος που υπάρχει από την ρύπανση του εδάφους λόγω

προηγούμενων χρήσεων παρεμποδίζει την επαναχρησιμοποίηση αυτών των εδαφών για οικιστική ανάπτυξη ή για νέες δραστηριότητες.

Οι εγκαταλειμμένες βιομηχανικές περιοχές δεν είναι ο μόνος τύπος εδάφους που είναι δύσκολο να ανακτηθεί. Στις πόλεις το χώμα σκεπάζεται από κτίρια και δρόμους και αυτή η γη χάνεται και μαζί της χάνονται τα υπόγεια αποθέματα νερού και το σύστημα συντηρήσεως της ζωής. Οι δρόμοι μολύνουν τα χώματα και τα επιφανειακά και υπόγεια νερά με υλικά από τα οποία κατασκευάζονται και επίσης με απόβλητα της κυκλοφορίας, όπως για παράδειγμα ορυκτέλαια, υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα, υλικά από επικίνδυνα φορτία και από το αλάτι που χρησιμοποιείται για να καθαρίζουν οι δρόμοι από τον πάγο κατά τους χειμερινούς μήνες.

### ***Ρύπανση των εσωτερικών χώρων***

Πολλά από τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για οικοδομικές εργασίες, καθαρισμό, πλύσιμο και συντήρηση των γραφείων και των κατοικιών είναι σοβαροί ρυπαντές και γίνονται επικίνδυνοι για την υγεία σε πολλές περιοχές. Οι καυστήρες φυσικού αερίου παράγουν NO<sub>2</sub> και CO και μπορεί να αυξάνουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις τους στις κατοικίες, ενώ μερικά οικοδομικά υλικά ελευθερώνουν ραδιενεργό αέριο, το ραδόνιο, που μπορεί να συσσωρεύεται σε υψηλές δόσεις σε χώρους διαμονής που δεν αερίζονται καλά.

## ΡΥΠΑΝΣΗ & ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ

Ρύπανση του αέρα είναι η παρουσία στην ανοικτή ατμόσφαιρα ενός ή περισσότερων ρυπαντών (π.χ. σκόνης, αιθάλης, αερίου, ομίχλης, οσμής, καπνού ή ατμού) σε ικανές ποσότητες, τέτοιων χαρακτηριστικών και τέτοιας διάρκειας που να είναι ή να απειλούν να γίνουν βλαβερά για τον άνθρωπο, τα φυτά ή τα ζώα και τα αβιοτικά ή που λογικά επηρεάζει την άνετη απόλαυση της ζωής και της ιδιοκτησίας (Bishop C.A. "EJC Policy Statement on Air Pollution and Its Control". Chem. Eng.).

### ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

Ο αέρας περιέχει φυσικούς ρυπαντές τέτοιους όπως γύρη, μύκητες, λεπτό διαμοιρασμό αλάτων, καθώς και καπνό και σκόνη από πυρκαγιές δασών και εκρήξεις ηφαιστειών. Περιέχει επίσης φυσικά παραγόμενο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) από διάσπαση του μεθανίου (CH<sub>4</sub>), υδρογονάνθρακες υπό μορφή τερπενίων από τα πεύκα και υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) και μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) από αναερόβια αποσύνθεση οργανικής ύλης.

Αντίθετα προς τις φυσικές πηγές ρυπάνσεως του αέρα υπάρχουν και ρυπαντές ανθρωπογενούς προελεύσεως. Η χρήση ορυκτών καυσίμων για θέρμανση και ψύξη, για μεταφορές, για βιομηχανική παραγωγή και για παραγωγή ενέργειας και καύση των διαφόρων τύπων βιομηχανικών, δημοτικών και ιδιωτικών αποβλήτων συμμετέχουν στη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Το ίδιο κάνουν και οι λειτουργίες διακινήσεως και επεξεργασίας διαφόρων βιομηχανιών. Οι πηγές αυτών των ρυπαντών είναι τόσο πολλές και ποικίλες που κατατάσσονται σε τέσσερις μεγάλες ομάδες:

- **μεταφορές** (αυτοκίνητα, αεροπλάνα, τρένα, πλοία και διακίνηση ή και εξάτμιση της βενζίνης)
- **σταθερή καύση** (π.χ. οικιακή, εμπορική και βιομηχανική παραγωγή ενέργειας και θέρμανση, περιλαμβανομένων και των ατμοηλεκτρικών μονάδων)
- **βιομηχανικές διεργασίες** (π.χ. χημικές, μεταλλουργικές, χαρτοποιίες, διυλιστήρια πετρελαίου)
- **διάθεση στερεών αποβλήτων** (π.χ. οικιακά και εμπορικά απορρίμματα, υπολείμματα λιθάνθρακα και αγροτικές καύσεις)

Σε βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, με υψηλό κατά κεφαλή εισόδημα, στη δεκαετία του 1990 οι μεταφορές ήταν η μεγαλύτερη απλή πηγή ρυπάνσεως του αέρα, ενώ η καύση καυσίμων σε σταθερές πηγές (για ενέργεια και θέρμανση) ήταν η δεύτερη. Η παραγωγή ενέργειας και η θέρμανση υπολογίζονται ότι παράγουν το 80% του διοξειδίου του θείου και το 50% του διοξειδίου του αζώτου που εκπέμπονται στον αέρα ενώ οι βιομηχανικές διεργασίες συμμετέχουν κατά 50% στους υδρογονάνθρακες. Δεν υπολογίστηκαν τα φωτοχημικά οξειδωτικά επειδή είναι δευτερογενείς ρυπαντές που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τη δράση του ηλιακού φωτός επί υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου.

Από το σύνολο των εκπομπών των πέντε κυριότερων ρυπαντών του αέρα

- σωματίδια
- CO
- SO<sub>x</sub>
- HC (υδρογονάνθρακες) και
- NO<sub>x</sub>



οι μεταφορές παράγουν περίπου το 83% του CO, το 41% των συνολικών υδρογονανθράκων, το 40% των οξειδίων του αζώτου, το 9% των σωματιδίων και το 3% των οξειδίων του θείου. Οι μεταφορές πάλι ευθύνονται για το 56% (κατά βάρος) όλων των ρυπαντών της ατμόσφαιρας.

## ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

Όλοι οι ρυπαντές του αέρα μπορούν να κατατάσσονται ανάλογα με<sup>(1)</sup>

- την προέλευση
- τη χημική σύσταση
- την κατάσταση της ύλης

### Προέλευση

Σύμφωνα με την προέλευση τους οι ρυπαντές θεωρούνται είτε ως **πρωτογενείς** είτε ως **δευτερογενείς**.

Οι **πρωτογενείς ρυπαντές** τέτοιοι, όπως τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και οι υδρογονάνθρακες (HC), είναι εκείνοι που εκπέμπονται απ' ευθείας στην ατμόσφαιρα και βρίσκονται εκεί με τη μορφή με την οποία έγινε η εκπομπή τους. Οι **δευτερογενείς ρυπαντές** τέτοιοι, όπως το όζον (O<sub>3</sub>) και το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN), είναι εκείνοι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από φωτοχημικές αντιδράσεις ή από υδρόλυση ή από οξείδωση.

### Χημική Σύσταση

Οι ρυπαντές, ανεξάρτητα από το αν είναι πρωτογενείς ή δευτερογενείς, μπορούν να κατατάσσονται και σύμφωνα με τη χημική τους σύνθεση. Οι **οργανικές ενώσεις** περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο και πολλές επίσης περιέχουν στοιχεία τέτοια, όπως το οξυγόνο, το άζωτο, ο φωσφόρος και το θείο. Οι **υδρογονάνθρακες** είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν μόνον άνθρακα και υδρογόνο. Άλλες οργανικές ενώσεις που σχετίζονται με τη ρύπανση του αέρα είναι τα καρβονικά οξέα, οι αλκοόλες, οι αιθέρες, οι εστέρες, οι αμίνες και οι οργανικές θειούχες ενώσεις.

**Ανόργανα υλικά** βρίσκονται στην ατμόσφαιρα ως ρυπαντές και είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, τα ανθρακικά παράγωγα, τα οξείδια του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το όζον, το υδροφθόριο και το υδροχλώριο.

### Κατάσταση Ύλης

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3 οι ρυπαντές του αέρα κατατάσσονται και ως σωματίδια ή αέρια.

Κοριότερες κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Τυπικά μέλη των υποκατηγοριών
Σωματίδια	Στερεά	Σκόνη, καπνός, αιθάλη, τέφρα
	Υγρά	Ομίχλη (σταγονίδια)

Κοριότερες κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Τυπικά μέλη των υποκατηγοριών
Αέρια: Οργανικά	Υδρογονάνθρακες	Εξάνιο, βενζόλιο, αιθυλένιο, μεθάνιο, βουτάνιο, βουταδιένιο
	Αλδεΐδες και κετόνες	Φορμαλδεΐδη, ακετόνη
	Άλλα οργανικά	Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, αλκοόλες
Ανόργανα	Οξείδια του άνθρακα	Μονοξείδιο και διοξείδιο
	Οξείδια του θείου	Διοξείδιο και τριοξείδιο
	Οξείδια του αζώτου	Διοξείδιο και νιτρικό οξείδιο
	Άλλα ανόργανα	Υδροθείο, υδροφθόριο, αμμωνία

**Πίνακας 3 Κατάταξη Ρυπαντών**

### Σωματίδια

Ως σωματίδια νοούνται υλικά διεσπαρμένα στον αέρα, στερεά ή υγρά, των οποίων το μέγεθος είναι μεγαλύτερο μεν από απλό μικρό μόριο (περίπου 0,002 μm σε διάμετρο) αλλά μικρότερο από περίπου 500 μm.

Τα σωματίδια μπορούν να κατατάσσονται ανάλογα με τα φυσικά (μέγεθος, τρόπος σχηματισμού, ιδιότητες κατακαθήσεως και οπτικές ιδιότητες), χημικά (οργανική ή ανόργανη σύσταση) και βιολογικά (βακτήρια, ιοί, σπορίδια, γύρη κλπ.) χαρακτηριστικά τους.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια προξενούν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων, ιδιαίτερα σ' εκείνους που είναι ευαίσθητοι σε ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, η φύση και η έκταση της ασθένειας που αναπτύσσεται συνδέεται με τη φύση των αιωρούμενων σωματιδίων, με τη συγκέντρωση αυτών και την παρουσία άλλων ρυπαντών καθώς και από το χρόνο εκθέσεως σ' αυτά.

Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> )	Συνοδευόμενα από	Χρόνος	Επίδραση
750	715 μg/m <sup>3</sup> SO <sub>2</sub>	24ωρο	Σημαντική ένταση της ασθένειας
300	630 μg/m <sup>3</sup> SO <sub>2</sub>	24ωρο	Οξεία χειροτέρευση ασθενειών με χρόνια βρογχίτιδα
200	250 μg/m <sup>3</sup> SO <sub>2</sub>	24ωρο	Αυξημένες απουσίες βιομηχανικών εργατών
100-130	120 μg/m <sup>3</sup> SO <sub>2</sub>	Μέση ετήσια	Πιθανή αύξηση αναπνευστικών ασθενειών σε παιδιά
100	SO <sub>2</sub> πάνω από 30 mg/cm <sup>3</sup> /μήνα	Ετήσιος μέσος γεωμετρικός	Πιθανός αυξημένος ρυθμός θανάτων για ανθρώπους άνω των 50 ετών
80-100	SO <sub>2</sub> πάνω από 30 mg/cm <sup>3</sup> /μήνα	Διετής μέσος γεωμετρικός	Αυξημένος ρυθμός θανάτων για εκείνους από 50-69 ετών

**Πίνακας 4 Επίδρασεις των σωματιδίων στην Υγεία**

Πηγές: NAPCA: Air Quality Criteria, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

## Υδρογονάνθρακες

Οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν μόνο άνθρακα και υδρογόνο κατατάσσονται ως υδρογονάνθρακες. Τα περισσότερα συστατικά της βενζίνης και των άλλων πετρελαϊκών προϊόντων είναι υδρογονάνθρακες που διαίρουνται σε δύο κυρίως κατηγορίες:

- τους αλειφατικούς και
- τους αρωματικούς

Η ομάδα των αλειφατικών υδρογονανθράκων περιέχει τα αλκάνια, τα αλκένια (ολεφίνες) και τα αλκύνια. Τα αλκάνια (κορεσμένοι υδρογονάνθρακες) είναι αδρανή και γενικά δεν λαμβάνουν μέρος στις ατμοσφαιρικές φωτοχημικές αντιδράσεις. Τα αλκένια (ολεφίνες) είναι ακόρεστα και πολύ ενεργά στην ατμοσφαιρική φωτοχημεία. Τα αλκύνια (όπως π.χ. το αιθυλένιο) με παρουσία ηλιακού φωτός αντιδρούν με το διοξείδιο του αζώτου σε υψηλές συγκεντρώσεις και σχηματίζουν δευτερογενείς ρυπαντές τέτοιους όπως το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN) και το όζον (O<sub>3</sub>). Τα αλκύνια, αν και πολύ ενεργά, είναι σχετικά σπάνια και έτσι δεν απασχολούν τη μελέτη της ρυπάνσεως του αέρα.

Η ομάδα των αρωματικών υδρογονανθράκων είναι βιοχημικά και βιολογικά ενεργή ενώ μερικοί είναι καρκινογόνοι. Όλα τα αρωματικά παράγονται από το βενζόλιο ή σχετίζονται με αυτό. Αν και τα αρωματικά δεν δείχνουν τη χημική δραστηριότητα των ακόρεστων αλειφατικών υδρογονανθράκων εξετάζονται σε κάθε μελέτη της ρυπάνσεως του αέρα επειδή πολλές απ' αυτές τις ενώσεις αποδείχθηκαν καρκινογόνες. Τέτοιες ενώσεις εκπέμπονται και από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Το βενζο-α-πυρένιο έδειξε ότι είναι το πιο καρκινογόνο σε τεστ με πειραματόζωα. Άλλοι πολυπυρηνικοί υδρογονάνθρακες αποδείχθηκαν λιγότερο καρκινογόνοι. Έτσι, έχουν τεθεί όρια στην εισπνοή βενζολικών ενώσεων που από 80 mg/m<sup>3</sup> έγιναν 30 mg/m<sup>3</sup> και υπάρχει τάση για 3 mg/m<sup>3</sup>.

Οι υδρογονάνθρακες που παρουσιάζονται στην ατμόσφαιρα είναι φυσικής και ανθρωπογενούς προελεύσεως. Οι πιο πολλοί φυσικοί υδρογονάνθρακες προέρχονται από βιολογικές πηγές αν και μικρές ποσότητες αυτών προέρχονται και από γεωθερμικές δραστηριότητες, από ανθρακωρυχεία, από φυσικό αέριο πετρελαιοπηγών και από πυρκαγιές.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές υδρογονανθράκων είναι οι βιομηχανίες (κυρίως τα διυλιστήρια πετρελαίου). Μέχρι πρόσφατα, οι μεταφορές, περιλαμβανομένης της ατελούς καύσεως των μηχανών του αυτοκινήτου, μαζί με τις εξατμίσεις καυσίμων από τις δεξαμενές τους, τα καρμπιρατέρ κ.λ.π. αποτελούσαν το μεγαλύτερο παράγοντα εκπομπής υδρογονανθράκων. Όμως, τα μέτρα που λαμβάνονται για τον έλεγχο της ρυπάνσεως από τα οχήματα μαζί με τις νέες συσκευές παρεμποδίσεως εκπομπής υδρογονανθράκων (καταλύτες κ.λ.π.) μείωσαν τη συμμετοχή των μεταφορών στην εκπομπή υδρογονανθράκων. Οι καταλυτικοί μετατροπείς καίνε τους εκπεμπόμενους υδρογονάνθρακες που εμφανίζονται στην εξάτμιση όπως και το μονοξείδιο του άνθρακα προς CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Τα οξείδια του αζώτου τα μετατρέπουν σε άζωτο (τριοξείδιο καταλύτες). Οι εκπομπές υδρογονανθράκων από καύσεις στερεών αποβλήτων και από λοιπές δραστηριότητες τέτοιες όπως πυρκαγιές δασών, καύσεις γεωργικών υπολειμμάτων και καύσεις λιθανθράκων έχουν δείξει πρόσφατα αξιοσημείωτη μείωση έναντι του παρελθόντος.

## Μονοξείδιο του άνθρακα

Άχρουν, άοσμο και άγευστο, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι αέριο χημικώς αδρανές σε κανονικές συνθήκες ενώ έχει ατμοσφαιρική μέση διάρκεια ζωής γύρω στους 2,5 μήνες. Η συνολική του εκπομπή υπολογίζεται πάνω από το μισό όλων των ανθρωπογενών ρυπαντών του αέρα.

Οι πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα είναι φυσικές και ανθρωπογενείς. Γνωστό εργαστήριο των ΗΠΑ (Argonne National Laboratory) υπολόγισε ότι παράγονται περίπου 3,5 δισεκατομμύρια τόνοι CO στη φύση από την οξείδωση του αερίου μεθανίου που εκλύεται από την αποσύνθεση των φυτών. Ακόμη, μια άλλη πηγή είναι ο ανθρώπινος μεταβολισμός. Οι εκπνοές ενός προσώπου σε ηρεμία περιέχουν περίπου 1 ppm CO. Εφαρμόζοντας αυτό σ' ολόκληρη την Ελλάδα θα ήταν περίπου 100 κιλά την ημέρα ή γύρω στους 36 τόνους το χρόνο.

Η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορές αποτελεί στις βιομηχανικές χώρες ποσοστό κοντά στο 18% του συνόλου του CO που εκπέμπεται από όλες τις πηγές μαζί (καύση καυσίμων σε στατικές πηγές, καύσεις στερεών αποβλήτων, βιομηχανικές δραστηριότητες και άλλες αιτίες που περιλαμβάνουν πυρκαγιές δασών, πυρκαγιές οικοδομών, καύση αγροτικών υπολειμμάτων και παρόμοια).

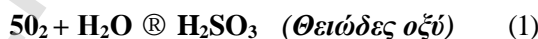
Η εκπομπή CO απ' αυτές τις πηγές άρχισε τελευταία να μειώνεται λόγω της λήψης διαφόρων μέτρων και της εφαρμογής διαφόρων συσκευών. Οι καταλύτες στα αυτοκίνητα προσφέρουν σπουδαίες υπηρεσίες στο θέμα αυτό.

### **Οξείδια του θείου**

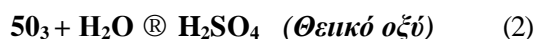
Τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) είναι οι πιο ευρέως και οι περισσότερο εντόνως μελετημένοι απ' όλους τους ρυπαντές του αέρα. Περιλαμβάνουν έξι διαφορετικές αέριες ενώσεις (SO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και το τριοξείδιο του θείου (SO<sub>3</sub>) είναι τα δύο οξείδια του θείου που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον σ' ότι αφορά την ρύπανση του αέρα.

Το διοξείδιο του θείου ένα άχρωμο, άφλεκτο και μη εκρηκτικό αέριο με θειώδη οσμή. Είναι ελαφρώς διαλυτό στο νερό και είναι περίπου δυο φορές βαρύτερο του αέρα. Υπολογίζεται ότι το SO<sub>2</sub> παραμένει στον αέρα από 2-4 ημέρες κατά τη διάρκεια των οποίων μπορεί να μεταφέρεται ακόμα και πέραν των 1000 km. Έτσι, το πρόβλημα της ρυπάνσεως από SO<sub>2</sub> γίνεται διεθνές.

Σχετικά σταθερό στην ατμόσφαιρα το SO<sub>2</sub> δρα είτε ως αναγωγικό είτε ως οξειδωτικό μέσο. Αντιδρώντας φωτοχημικά ή καταλυτικά με άλλα συστατικά της ατμόσφαιρας, το SO<sub>2</sub> μπορεί να παράγει SO<sub>3</sub>, σταγονίδια θειικού οξέος και άλατα του θειικού οξέος. Όπως φαίνεται στην αντίδραση 1 το SO<sub>2</sub> μπορεί να αντιδρά με νερό προς σχηματισμό θειώδους οξέος, ενός ασθενούς οξέος, το οποίο μπορεί να αντιδρά άμεσα με οργανικές βαφές. Αυτή η ιδιότητα χρησιμοποιείται χρωματομετρικά για την ανίχνευση του SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.



Το SO<sub>3</sub> μπορεί να αντιδρά με νερό και να σχηματίζει σταγονίδια θειικού οξέος.



Το θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) καθώς και τα θειικά άλατα ερεθίζουν τη βλεννογόνο του αναπνευστικού συστήματος και έτσι ευνοείται η ανάπτυξη χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων, ιδιαίτερα δε της βρογχίτιδας και του πνευμονικού εμφυσήματος.

Η καύση στερεών ορυκτών καυσίμων συμμετέχει πάνω από 80% στις ανθρωπογενείς εκπομπές SO<sub>2</sub>. Η καύση σε στατικές πηγές (κυρίως σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού) και οι βιομηχανικές διεργασίες είναι οι βασικοί συντελεστές παραγωγής SO<sub>2</sub> από ανθρώπινες πηγές. Οι μεταφορές μετέχουν ελάχιστα στα ανθρωπογενή SO<sub>x</sub> στην ατμόσφαιρα, επειδή η περιεκτικότητα σε θείο της βενζίνης και του diesel είναι χαμηλή.

### Οξείδια του αζώτου

Τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) περιλαμβάνουν έξι γνωστές αέριες ενώσεις: το νιτρικό οξείδιο (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), το νιτρώδες οξείδιο (N<sub>2</sub>O), το τριοξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), το τετροξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) και το πεντοξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Σχηματίζονται στις αναπτυγμένες χώρες από την καύση καυσίμων των αυτοκινήτων (50% περίπου), από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας (στατικές) σε ποσοστό 30% περίπου και κατά 20% από βιομηχανικές, εμπορικές και οικονομικές δραστηριότητες, όταν συμβαίνουν αυτές σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα οξείδια του αζώτου που πρωτογενώς αφορούν τη ρύπανση τον αέρα είναι το νιτρικό οξείδιο (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), τα μόνα από τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται σε αξιοσημείωτες ποσότητες στην ατμόσφαιρα. Βαρύτερο από τον αέρα το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) είναι διαλυτό στο νερό, σχηματίζοντας νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), είτε νιτρώδες οξύ (HNO<sub>2</sub>) ή νιτρικό οξείδιο όπως φαίνεται στις ακόλουθες εξισώσεις:



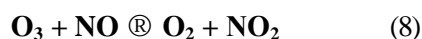
Τα οξείδια του αζώτου αποτελούν σοβαρή αιτία δημιουργίας της όξινης βροχής που καταστρέφει δάση, φυτά, νερά, μνημεία, υλικά και την υγεία ζώων και ανθρώπων. Αλλά το NO δημιουργεί και δευτερογενείς ρυπαντές. Φωτοχημικά, τα NO<sub>x</sub> είναι μία από τις δύο ομάδες χημικών ενώσεων που είναι τα αναγκαία συστατικά για την παραγωγή της φωτοχημικής αιθαλομίχλης (smog). Η παρακάτω υπεραπλουστευμένη εξίσωση δείχνει τα προαναφερθέντα:



Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές πολύπλοκες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα και η ακριβής αντίδραση που οδηγεί στην αιθαλομίχλη είναι ακόμα άγνωστη.

Τα τυπικά επίπεδα NO είναι περίπου 3,7-5,6 μg/m<sup>3</sup> και για το NO<sub>2</sub> από 7,5-9,4 μg/m<sup>3</sup>. Όμως, οι συγκεντρώσεις σε πυκνοκατοικημένες περιοχές μπορεί να είναι και 1000 φορές μεγαλύτερες από εκείνες που παρατηρούνται στην ύπαιθρο. Οι διακυμάνσεις τόσο του NO όσο και του NO<sub>2</sub> εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία, τα μετεωρολογικά φαινόμενα και τον όγκο της κυκλοφορίας οχημάτων.

Πριν από το φως της ημέρας, τα NO και τα NO<sub>2</sub> παραμένουν σε σχετικά χαμηλές, σταθερές συγκεντρώσεις. Με τις αυξημένες πρωινές δραστηριότητες, ειδικά από τη χρησιμοποίηση των αυτοκινήτων, οι συγκεντρώσεις του NO αυξάνονται γρήγορα. Τότε, με την αυξημένη ηλιακή δραστηριότητα, λαμβάνουν χώρα οι ακόλουθες αντιδράσεις:



Οι συγκεντρώσεις του NO<sub>2</sub> είναι στην αιχμή τους (εξίσωση 6), οπότε, αρχίζουν να μειώνονται καθώς τα φωτοχημικά οξειδωτικά αρχίζουν να συσσωρεύονται. Τα φωτοχημικά οξειδωτικά (κυρίως το όζον) φθάνουν στην κορύφωση τους γύρω στο μεσημέρι. Τα συσσωρευμένα NO και O<sub>3</sub> αντιδρούν γρήγορα στην ατμόσφαιρα (εξίσωση 8) με μετατροπή περίπου όλου του NO σε NO<sub>2</sub>. Αν και το απόγευμα η ηλιακή ακτινοβολία δεν

είναι γενικά αρκετά έντονη για να δώσει οξειδωτικά, το όζον που έχει παραχθεί νωρίτερα θα συνεχίσει να αντιδρά με το εκπεμπόμενο NO από την κυκλοφορία της απογευματινής αιχμής, δημιουργώντας μικρή αύξηση στο NO<sub>2</sub> αυτή την ώρα.

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις του NO παρατηρούνται γενικά τους τελευταίους μήνες του φθινοπώρου και του χειμώνα, καθώς οι μήνες αυτοί χαρακτηρίζονται από μεγάλη ζήτηση για ενέργεια θέρμανσεως, χαμηλές ταχύτητες ανέμων και μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία.

## ΕΚΠΟΜΠΗ ΡΥΠΩΝ & ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Η κύρια εκπομπή ρύπων από τα αυτοκίνητα προέρχεται από την καύση του καυσίμου.

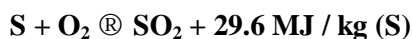
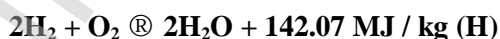
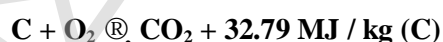
### Θεωρητικά στοιχεία καύσης

Η καύση γενικά ορίζεται ως μια εξώθερμη χημική αντίδραση ενός υλικού καυσίμου με οξυγόνο, η οποία συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό απόδοσης θερμότητας, έτσι ώστε η εκπεμπόμενη υπό μορφή θερμότητας ενέργεια, να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Κατά την καύση, η χημική ενέργεια του καυσίμου, μετατρέπεται σε θερμική, ενώ το οξυγόνο που απαιτείται για την διεξαγωγή της, λαμβάνεται συνήθως από τον αέρα του περιβάλλοντος.

Σκοπός των συνήθων συστημάτων καύσης, είναι η μεγιστοποίηση της απελευθέρωσης της διαθέσιμης ενέργειας υπό μορφή θερμότητας. Για την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω ατελούς καύσης, απαιτείται η εκπλήρωση κάποιων συνθηκών. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός των καυσίμων στοιχείων ενός καυσίμου με το οξυγόνο, απαιτεί υψηλά επίπεδα ανάμιξης και τύρβης (ώστε να επιτευχθούν βέλτιστες συνθήκες ανάμιξης), υψηλές θερμοκρασίες (απαραίτητες για την έναυση του μείγματος) και επαρκή χρόνο ώστε να ολοκληρωθεί η καύση. Συνεπώς, συστατικά μιας «καλής» και αποδοτικής καύσης, είναι ο μικρός χρόνος καύσης σε τυρβώδη φλόγα, υψηλής θερμοκρασίας.

### Χημεία της καύσης

Η καύση είναι μια χημική διαδικασία, κατά την οποία τα συστατικά του καυσίμου οξειδώνονται ταχύτατα από το οξυγόνο που περιέχει ο αέρας καύσης. Τα περισσότερα καύσιμα περιέχουν κυρίως άνθρακα (C), υδρογόνο (H) και σε μικρότερες ποσότητες θείο (S). Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, μπορούν να απεικονισθούν με την χρήση χημικών αντιδράσεων, οι οποίες δίνουν πληροφορίες τόσο για τις σχετικές ποσότητες των ατόμων που αντιδρούν, όσο και για τα προϊόντα της καύσης. Για τα παραπάνω στοιχεία, οι «βασικές» χημικές αντιδράσεις οξείδωσης για την πλήρη καύση τους έχουν ως εξής<sup>(1)</sup>:



Στις παραπάνω χημικές εξισώσεις, πέραν των αναλογιών των μοριακών ποσοτήτων που απαιτούνται από κάθε ουσία ώστε να επιτευχθεί πλήρης καύση, δίνονται και τα ποσά ενέργειας που εκλύονται κατά την διάρκεια της αντίδρασης οξείδωσης (ανηγμένα ανά μονάδα μάζας της οξειδούμενης ουσίας).

Στην πράξη, η καύση των καυσίμων περιλαμβάνει δεκάδες ή ακόμα και εκατοντάδες ενδιάμεσες, εξισώσεις όπως οι παραπάνω, το μακροσκοπικό αποτέλεσμα των οποίων, είναι οι αναλογίες αντιδρώντων και προϊόντων των απλών αυτών σχέσεων. Τα ενδιάμεσα προϊόντα, μπορεί να είναι ελεύθερα άτομα (H, O, N) στοιχείων που σε συνθήκες περιβάλλοντος θα υπήρχαν μόνο σαν διατομικά αέρια, ενώσεις οι οποίες δεν είναι σταθερές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά είναι στη θερμοκρασία της φλόγας κ.ά.

Για την αρχική έναρξη της ανάφλεξης του μείγματος καυσίμου . αέρα, απαιτείται η πρόσδοση κάποιου ποσού θερμότητας. Αντίστοιχα, κάποιο ποσό θερμότητας απαιτείται και για τη «διατήρηση» της καύσης. Μετά την έναρξη της καύσης, η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης θα αρχίσει να ανεβαίνει, μέχρι να φτάσει την θερμοκρασία (σημείο) καύσης, κατά την οποία η παραγόμενη θερμότητα από την καύση, ισούται με την απαιτούμενη θερμότητα για την διατήρηση της, οπότε το φαινόμενο της καύσης καθίσταται πλέον «αυτό-συντηρούμενο».

Κατά το χρονικό αυτό διάστημα απαιτείται επιπλέον ποσό καυσίμου απαιτείται για να συντηρηθεί η καύση εκπέμποντας κατά αυτό τον τρόπο επιπλέον εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα.

Επιπλέον, απαιτείται ένα ορισμένο χρονικό διάστημα έως ότου ο τριοδικός καταλύτης φθάσει στην θερμοκρασία λειτουργίας του (300°C) στη διάρκεια του οποίου ο περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων δεν είναι αποτελεσματικός.

Στην πράξη είναι αδύνατη η στιγμιαία, πλήρης και τέλεια ανάμιξη του καυσίμου και του οξειδωτικού, οπότε για την επίτευξη της πλήρους καύσης του καυσίμου, απαιτείται περίσσεια οξυγόνου (αέρα καύσης), η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο δυσμενέστερες είναι οι συνθήκες ανάμιξης αέρα και καυσίμου.

Ο αέρας, ο οποίος εισέρχεται ως περίσσεια, αλλά δεν χρησιμοποιείται για την καύση, θερμαίνεται στην θερμοκρασία του θαλάμου καύσης και εξέρχεται από το σύστημα, μεταφέροντας ωφέλιμη θερμική ενέργεια η οποία μένει ανεκμετάλλευτη, αφού αποβάλλεται στο περιβάλλον, μαζί με τα καυσαέρια. Για τον λόγο αυτό, συνίσταται η ελαχιστοποίηση της περισσειας του αέρα, δεδομένου ότι αυτή αυξάνει την κατανάλωση του καυσίμου με συνέπεια την αύξηση εκπεμπόμενων ρύπων.

### **Απώλειες στην καύση**

Οι απώλειες ενέργειας κατά την διαδικασία της καύσης, μειώνουν το ποσό της διαθέσιμης προς χρήση θερμότητας. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος, είναι η αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και του επιπέδου των εκλυόμενων ρύπων, για την παραγωγή ενός δεδομένου ποσού ωφέλιμης ενέργειας. Οι μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας, οφείλονται στην υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων και στην ατελή καύση του καυσίμου

#### **- Ατελής καύση**

Συνθήκες ατελούς καύσης, εμφανίζονται όταν τα στοιχεία ενός καυσίμου, εξέρχονται από τον θάλαμο καύσης, χωρίς να έχουν οξειδωθεί πλήρως. Αντιπροσωπεύουν απώλειες, δεδομένου ότι κάποιο ποσό ωφέλιμης ενέργειας, παραμένει αναξιοποίητο. Τα κυριότερα αίτια εμφάνισης ατελούς καύσης, είναι η έλλειψη περισσειας αέρα και η ανεπαρκής ανάμιξη αέρα και καυσίμου. Επίσης, ατελής καύση υπάρχει όταν ο χρόνος παραμονής του καυσίμου στον θάλαμο καύσης είναι ανεπαρκής.

Τα προϊόντα της ατελούς καύσης, είναι στοιχεία του καυσίμου, τα οποία δεν αντέδρασαν πλήρως με το οξειδωτικό. Για παράδειγμα, η ανάλυση καυσαερίων σε αυτήν την περίπτωση, αποκαλύπτει την ύπαρξη μονοξειδίου του άνθρακα (CO), ενδεικτικό της μη πλήρους οξείδωσης του άνθρακα. Τα μέτρα τα οποία συνιστώνται για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου είναι συνοπτικά τα εξής : παροχή επαρκών ποσοτήτων αέρα, επίτευξη καλών συνθηκών ανάμιξης (υψηλή τύρβη), μείωση του ρυθμού της καύσης (μεγαλύτερος χρόνος παραμονής) και διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στον θάλαμο καύσης (μόνωση για την αποφυγή απωλειών ακτινοβολίας).



- **Απώλειες στα θερμά καυσαέρια**

Οι απώλειες θερμών καυσαερίων, *απαρτίζονται από τις εξής συνιστώσες* : την αισθητή θερμότητα των ξηρών καυσαερίων και την αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών στα καυσαέρια. Οι απώλειες ξηρών καυσαερίων, εξαρτώνται άμεσα από την ποσότητα της περισσειας του αέρα, δεδομένου ότι ο μη «καιόμενος» αέρας, εγκαταλείπει τον θάλαμο καύσης με υψηλή θερμοκρασία. Η θερμότητα η οποία απαιτείται για την θέρμανση του αέρα περιβάλλοντος μέχρι την θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων, ισούται με τις απώλειες αισθητής θερμότητας των ξηρών καυσαερίων.

Τα καυσαέρια, περιέχουν ποσότητες νερού, σε μορφή υπέρθερμου υδρατμού, θερμοκρασίας ίσης με την θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων. Το νερό, προέρχεται από διάφορες πηγές : από την οξείδωση του υδρογόνου και από την περιεχόμενη υγρασία τόσο στο καύσιμο, όσο και στον αέρα καύσης. Ο υδρατμός που εμπεριέχεται στα καυσαέρια, απορροφά ένα ποσό θερμότητας, ίσο με την λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης συν την αισθητή θερμότητα υπερθέρμανσης του από την θερμοκρασία ατμοποίησης, μέχρι την θερμοκρασία των καυσαερίων. Επίσης, η υγρασία του καυσίμου, απορροφά και ένα ποσό θερμότητας, για την θέρμανση της από την θερμοκρασία εισόδου στον θάλαμο καύσης, μέχρι την θερμοκρασία ατμοποίησης. Όλα αυτά τα ποσά ωφέλιμης ενέργειας που απορροφώνται, αποτελούν τις απώλειες του υδρατμού των καυσαερίων.

Οι βασικοί συντελεστές από τους οποίους εξαρτάται η εκπομπή των ρύπων σε ότι αφορά τα αυτοκίνητα είναι:

- η τεχνολογία του αυτοκινήτου
- ο τρόπος λειτουργίας και οδήγησης

**Τεχνολογία αυτοκινήτου**

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την εκπομπή ρύπων και σχετίζονται με την τεχνολογία των αυτοκινήτων είναι:

- **χαρακτηριστικά κινητήρα**

Ο αριθμός και το μέγεθος των κυλίνδρων, ο βαθμός συμπίεσης, ο χρονισμός και η ανάφλεξη, το είδος του καυσίμου, καθορίζουν σε μέγιστο βαθμό το ποσοστό των εκπεμπόμενων ρύπων.

- **λειτουργία – απόδοση καταλύτη**

Οι καταλυτικοί μετατροπείς κατατάσσονται γενικά σε τρεις κατηγορίες: στους οξειδωτικούς, αναγωγικούς και τριοδικούς.

Τα **οξειδωτικά καταλυτικά συστήματα** επιταχύνουν τη συμπλήρωση της οξειδώσεως του CO και των HC (υδρογονάνθρακες) έτσι που το CO μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub> και οι HC μετατρέπονται σε CO<sub>2</sub> και υδρατμούς. Σ' αυτό το σύστημα, μέταλλα τέτοια όπως ο λευκόχρυσος και το παλλάδιο χρησιμοποιούνται ως καταλύτες. Εφόσον όμως αυτοί οι καταλύτες μπορούν να δηλητηριάζονται από το μόλυβδο, το θειάφι και το φωσφόρο, μόνο αμόλυβδες βενζίνες και μάλιστα χωρίς θειάφι πρέπει να χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα τα εφοδιασμένα με καταλυτικούς μετατροπείς.

Τα *αναγωγικά συστήματα καταλυτικής μετατροπής* χρησιμοποιούν γενικώς ρόδιο και ρουθίνιο για να επιταχύνουν την αναγωγή των NOx προς N<sub>2</sub> (άζωτο). Η μετατροπή προς NH<sub>3</sub> είναι ανεπιθύμητη επειδή πιθανή επόμενη χρήση οξειδωτικού καταλύτη θα μπορούσε να ξαναδημιουργήσει NOx από την αμμωνία.

Το *σύστημα τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα* χρησιμοποιεί λευκόχρυσο και ρόδιο ως καταλύτες. Το σύστημα είναι ικανό να προωθεί αντιδράσεις μεταξύ των ρυπαντών του αέρα σε συνθήκες σχεδόν στοιχειομετρικές. Εδώ οι HC και το CO αντιδρούν με το οξυγόνο των NOx για να σχηματίσουν H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιούμενο σε συνδυασμό με βελτιωμένη ανάφλεξη, με βελτιωμένη τροφοδοσία και με σχετικούς ελέγχους περιορίζει τους ρυπαντές του αέρα σε ικανοποιητικό επίπεδο με αποτέλεσμα καθαρότερη ατμόσφαιρα.

- ***Κατάσταση λειτουργίας & συντήρηση αυτοκινήτου***

Η καλή κατάσταση και η προβλεπόμενη και προγραμματισμένη συντήρηση του αυτοκινήτου αποτελούν προϋπόθεση για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων του αυτοκινήτου που σχετίζονται με την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

***Τρόπος λειτουργίας & οδήγησης***

Η υψηλή ταχύτητα και η διατήρηση της οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και κατά συνέπεια στην αύξηση των εκπεμπόμενων υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου του άνθρακα.

Συγχρόνως, δεδομένου της υψηλής θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης λόγω του υψηλού φορτίου λειτουργίας του κινητήρα, συμβαίνει μείωση των άκαυστων υδρογονανθράκων.

Επιπλέον οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν τον σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων του αζώτου.

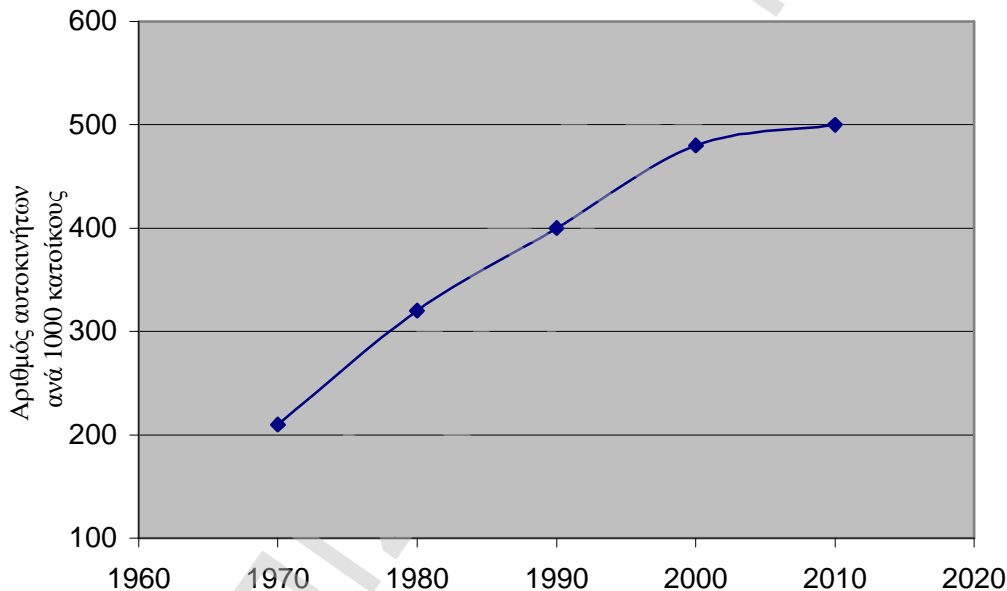
Παράγοντες όπως η στιγμιαία επιτάχυνση και επιβράδυνση, η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος, το μεταφερόμενο φορτίο, η κλίση της οδού (ανωφέρειες, κατωφέρειες) επηρεάζουν σε μέγιστο βαθμό το φορτίο του κινητήρα με άμεσα αποτελέσματα στην κατανάλωση καυσίμου και στην εκπομπή ρύπων.

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η συνεχής αύξηση των μετακινήσεων προσώπων και αγαθών και η αντίστοιχη των μετακινήσεων οχημάτων, καθώς και η αδυναμία να αντιμετωπισθεί η παραπάνω αύξηση της ζήτησης με αντίστοιχη αύξηση της προσφοράς, οδηγούν στη συνεχή χειροτέρευση των κυκλοφοριακών συνθηκών, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Η αύξηση των καθυστερήσεων και της κατανάλωσης καυσίμων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται καθιστούν το κυκλοφοριακό ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα των πόλεων.

Τα συστήματα των δρόμων που ακολούθησαν την έκρηξη της αύξησης των ιδιωτικών αυτοκινήτων άρχισαν να επηρεάζουν δυσμενώς και έντονα τον χαρακτήρα των πόλεων. Οι επιπτώσεις των ιδιωτικών αυτοκινήτων επιβαρύνουν την κατάσταση κατά τρεις κυρίως τρόπους. Δημιουργούν κυκλοφοριακή συμφόρηση στις κυριότερες αρτηρίες, κινδύνους οφειλόμενους στα οδικά ατυχήματα και ρύπανση του αέρα και θόρυβο.

Η *Εικόνα 1* δείχνει την αναμενόμενη αύξηση στον αριθμό των αυτοκινήτων στην Ε.Ε. μέχρι το 2010



*Εικόνα 1* Ιδιωτικά αυτοκίνητα στην Ε.Ε. την περίοδο 1970-2010

Πηγή: Ευρωπαϊκή Κοινότητα

Η αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού προβλήματος με προγράμματα κατασκευής νέων οδών και γενικότερα με την επέκταση της συγκοινωνιακής υποδομής απαιτεί σημαντική και συνήθως μη διαθέσιμη χρηματοδότηση και είναι αμφίβολη η υλοποίηση της γιατί συνήθως υπάρχουν περιορισμοί στην εξεύρεση των απαιτούμενων χώρων, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και δικαιολογημένη αντίδραση των κατοίκων. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι η αύξηση της προσφοράς με την κατασκευή νέων οδών συμβάλλει στην ταχύτερη αύξηση της κυκλοφορίας και των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οπότε παρουσιάζεται ανάγκη κατασκευής και νέας υποδομής κ.ο.κ. Κατά συνέπεια δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος.

Η *Διαχείριση της Κυκλοφορίας* αποτελεί μια προσπάθεια μείωσης της κατασκευής νέων οδών και συγκοινωνιακών έργων<sup>(2)</sup>:

- με την αποτελεσματική χρησιμοποίηση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής βραχυχρόνια και με περιορισμένου ύψους επενδύσεις. (*Διαχείριση Συστήματος Μεταφορών -ΔΣΜ-*, Transportation System Management -TSM-)
- με τον περιορισμό της ζήτησης για μεταφορές και της χρήσης του επιβατικού αυτοκινήτου στις κυκλοφοριακά συμφορημένες περιοχές και ειδικότερα κατά τις περιόδους αιχμής (*Διαχείριση Ζήτησης Μεταφορών - ΔΖΜ -*, Transportation Demand Management -TDM-)

Μεγάλη σημασία δίνεται σήμερα διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα στη Διαχείριση της Κυκλοφορίας. Ιδιαίτερα για την Αθήνα, όπου η κυκλοφορία αποτελεί την κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχουν κατά καιρούς εξαγγελθεί διάφορα πακέτα μέτρων κατά του "νέφους" τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας (ΔΣΜ και ΔΖΜ).

### ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ & ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ

#### *Το Σύστημα Μεταφορών*

Το σύστημα μεταφορών προσώπων και αγαθών σε μια αστική περιοχή αποτελείται από:

- Τα **δίκτυα μεταφορών**: οδικό, σιδηροδρομικό, ποδηλατοδρόμοι, πεζόδρομοι.
- Τα **οχήματα**: επιβατικά, λεωφορεία, φορτηγά, σιδηροδρομικά.
- **τους τερματικούς σταθμούς**: σταθμοί λεωφορείων, χώροι στάθμευσης<sup>(3)</sup>.

Τα διάφορα μέσα μεταφορών τα οποία χρησιμοποιούν τα παραπάνω δίκτυα, οχήματα ή τερματικούς σταθμούς προσφέρουν ένα εκτεταμένο φάσμα επιλογών για αστικές μετακινήσεις με τη χρησιμοποίηση ενός μόνο ή περισσότερων μέσων (συνδυασμένες μεταφορές).

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του, το κάθε μέσο προσφέρεται ιδιαίτερα για ένα είδος μετακίνησης ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα από άποψη χωρητικότητας, κατανάλωσης ενέργειας, επιπτώσεων στο περιβάλλον κλπ., τα οποία καθορίζουν το βαθμό επιθυμητότητας χρησιμοποίησής του.

Ανάλογα με τη **χωρητικότητα** τα διάφορα μέσα μεταφορών διακρίνονται σε:

- **Μαζικά Μέσα Μεταφορών (ΜΜΜ)** τα οποία εξυπηρετούν μεγάλο αριθμό επιβατών ανά όχημα όπως ο προαστιακός σιδηρόδρομος, ο μητροπολιτικός σιδηρόδρομος, τα λεωφορεία κλπ.
- **Επιβατικά οχήματα** (Ι.Χ., ταξί, μοτοσικλέτες) τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν περιορισμένο αριθμό επιβατών ανά όχημα και πολλές φορές εξυπηρετούν μόνο ένα επιβάτη.

Τα ΜΜΜ παρουσιάζουν το βασικό πλεονέκτημα της μεγάλης χωρητικότητας, άρα μικρού απαιτούμενου χώρου ανά μεταφερόμενο επιβάτη για την ανάπτυξη των δικτύων τους και των τερματικών εγκαταστάσεων. Επί πλέον παρουσιάζουν τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μεταφερόμενο επιβάτη ή μονάδα φορτίου και προκαλούν τις πιο περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα *επιβατικά οχήματα* παρουσιάζουν το βασικό πλεονέκτημα της ευελιξίας στις διαδρομές τους και δίνουν τη δυνατότητα εξυπηρέτησης από πόρτα σε πόρτα.

Τέλος οι μετακινήσεις με ανθρώπινη ενέργεια (ποδήλατο, πεζή) γνωστές και ως *πράσινες μεταφορές ή ήπιες μεταφορές (green transport, soft transport)*, αποτελούν τον πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο μετακίνησης για μικρές αποστάσεις.

Η επιλογή του κατάλληλου μέσου ή συνδυασμού δύο ή περισσότερων μέσων είναι δυνατόν να προσφέρει τις βέλτιστες συνθήκες μετακίνησης και μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Στις *Συνδυασμένες Μεταφορές (Combined Transport)* τόσο για επιβάτες όσο και για εμπορεύματα, έχει δοθεί τελευταία ιδιαίτερη σημασία.

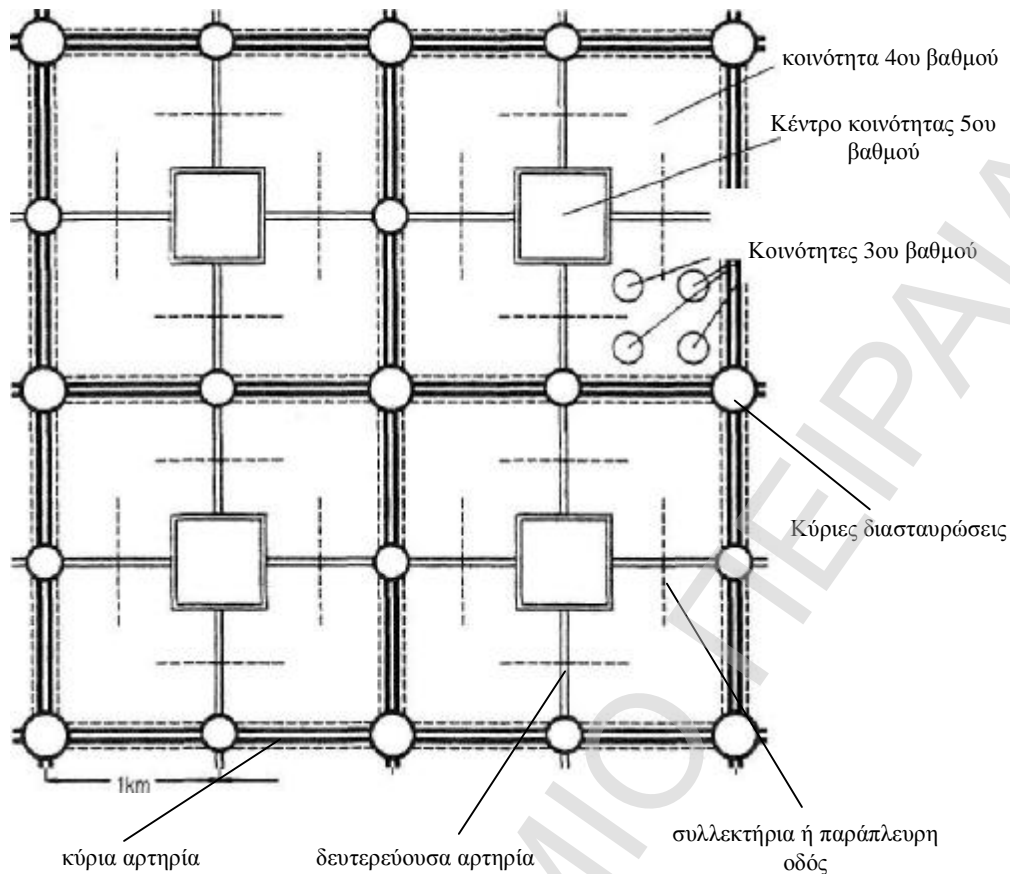
Μακροπρόθεσμος στόχος ανάπτυξης ενός συστήματος μεταφορών είναι η συγχώνευση όλων των συνισταμένων των αστικών μεταφορών σε ένα ενιαίο συντονισμένο βέλτιστο σχέδιο και πρόγραμμα λειτουργιών που να εξασφαλίζει αστική κινητικότητα με ένα φάσμα επιλογών για καλλίτερη εξυπηρέτηση των μετακινήσεων προσώπων και αγαθών με ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην επίτευξη του στόχου αυτού σημαντικό ρόλο παίζει ο κατάλληλος συνδυασμός του συστήματος μεταφορών με άλλους παράγοντες όπως οι χρήσεις γης, οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, το φυσικό περιβάλλον κλπ.

Η ανάπτυξη των αστικών περιοχών πριν από την εξάπλωση του επιβατικού αυτοκινήτου δυσχεραίνει την ανάπτυξη και κατάλληλη χρήση ενός βέλτιστου συστήματος μεταφορών και αυξάνει τις επιπτώσεις των μέσων μεταφορών στο περιβάλλον. Τα οδικά δίκτυα των πόλεων μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν χωρίς την κατάλληλη μορφή, ιεράρχηση, αποστάσεις και πλάτη για την εξυπηρέτηση του μεγάλου αριθμού των επιβατικών αυτοκινήτων. Οι εκ των υστέρων διορθώσεις είναι δαπανηρές και τις περισσότερες φορές ανεφάρμοστες, με αποτέλεσμα τη συνεχή επιδείνωση της κατάστασης.

Στην ιδανική περίπτωση ενός οδικού δικτύου με σωστή ιεράρχηση, αποστάσεις και πλάτη οδών το αρτηριακό δίκτυο χρησιμοποιείται κυρίως για κίνηση (αποκλειστικά για κίνηση οι ελεύθερες λεωφόροι που σχεδιάζονται με πλήρη έλεγχο των προσβάσεων) ενώ οι τοπικές οδοί κυρίως για πρόσβαση (αποκλειστικά για πρόσβαση οι αδιέξοδοι οδοί) και οι συλλεκτρίες και για τις δύο χρήσεις, όπου όμως η κίνηση γίνεται με μικρή ταχύτητα και εξυπηρετεί μικρού μήκους μετακινήσεις μεταξύ των άλλων δύο κατηγοριών οδών.

Τα υφιστάμενα δίκτυα, που κατά κανόνα δεν ακολουθούν τις παραπάνω αρχές, επιτρέπουν τη χρήση των συλλεκτριών και τοπικών οδών ως αρτηριών, όταν οι τελευταίες κορεστούν, δημιουργώντας σημαντικές διαμπερείς κινήσεις μέσα από περιοχές κατοικίας και άλλες ευαίσθητες περιοχές, με όλες τις δυσμενείς συνέπειες από άποψη ασφάλειας, διάσπασης, ρύπανσης και γενικότερα υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Ένα επιτυχημένο παράδειγμα σωστού σχεδιασμού αστικής περιοχής αποτελεί η νέα πρωτεύουσα του Πακιστάν Islamabad η οποία άρχισε να κατασκευάζεται στις αρχές της δεκαετίας του 1960 σύμφωνα με τα σχέδια του γνωστού έλληνα πολεοδόμου Κωνσταντίνου Δοξιάδη. Η πόλις έχει σήμερα ένα πληθυσμό μισού περίπου εκατομμυρίου κατοίκων. Στην *Εικόνα 2* δίνεται η τυπική μονάδα της πόλης που ονομάζεται κοινότητα πέμπτου βαθμού και αποτελείται από τέσσερις κοινότητες τετάρτου βαθμού κ.ο.κ. Η σωστή ιεράρχηση των κοινοτήτων και των αντίστοιχων λειτουργιών αφενός μειώνει τον αριθμό και το μήκος των μετακινήσεων και αφετέρου επιτρέπει την κατάλληλη ανάπτυξη και χρήση ενός ορθά ιεραρχημένου οδικού δικτύου.



**Εικόνα 2** Σχηματική παρουσίαση διάταξης και ιεράρχησης κοινοτήτων και οδών. ISLAMABAD, νέα πρωτεύουσα Πακιστάν. Πολεοδόμος Κ. Δοξιάδης<sup>(4)</sup>.

### Το Πρόβλημα

Υπάρχει μια συνεχής αύξηση της ζήτησης μετακινήσεων προσώπων και αγαθών και της κυκλοφορίας των οχημάτων που οφείλεται κυρίως σε δύο ομάδες αιτιών:

- Την αύξηση του πληθυσμού και της κινητικότητας (περισσότερες και μεγαλύτερου μήκους μετακινήσεις) καθώς και της κατανάλωσης αγαθών.
- Τη μεγαλύτερη χρήση του επιβατικού αυτοκινήτου, το οποίο απαιτεί μεγαλύτερο χώρο ανά μεταφερόμενο επιβάτη από ότι τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), τόσο για κίνηση όσο και για στάθμευση.

Η αύξηση της ζήτησης μετακινήσεων στις πόλεις είναι ιδιαίτερα έντονη στη χώρα μας όπου τόσο ο δείκτης ιδιοκτησίας επιβατικών αυτοκινήτων όσο και η ανά άτομο κινητικότητα βρίσκονται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα.

Σε έρευνα που έγινε το 1983 από τον ΟΑΣ<sup>(5)</sup>, βρέθηκε αναλογία 5.8 ατόμων ανά επιβατικό αυτοκίνητο ΙΧ (ακραίες τιμές 2.8 για την κοινότητα Φιλοθέης και 14.4 για το Δήμο Μαγούλας), ενώ στη μελέτη Κυκλοφορίας και Μεταφορών Περιοχής Αθηνών - Αττικής<sup>(2)</sup> που είχε γίνει το 1973 δίνεται αναλογία 10 περίπου ατόμων ανά ΙΧ. Σημειώνεται ότι στις μεγαλουπόλεις της Δυτικής Ευρώπης ο δείκτης αυτός κυμαίνεται σήμερα γύρω στα 3 άτομα ανά ΙΧ.

Γενικά στην Αθήνα και στις άλλες ελληνικές πόλεις υπάρχουν όλες οι προϋποθέσεις για μια έντονη αύξηση στη ζήτηση των μετακινήσεων κατά τα επόμενα χρόνια. Η συνεχής αύξηση

της ζήτησης μετακινήσεων προσώπων και αγαθών και η αντίστοιχη αύξηση της κυκλοφορίας, συνδυαζόμενες με το γεγονός ότι οι αστικές περιοχές δεν έχουν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί με την πρόβλεψη μιας τέτοιας αύξησης, δημιουργούν σοβαρά κυκλοφοριακά και περιβαλλοντικά προβλήματα.

Το κύριο οδικό δίκτυο, που εξυπηρετεί το μεγαλύτερο ποσοστό της κυκλοφορίας, παρουσιάζει κορεσμό ο οποίος συνεχώς εξαπλώνεται τόσο γεωγραφικά όσο και χρονικά. Στα κορεσμένα τμήματα του δικτύου, που συνεχώς αυξάνονται, και κατά τις περιόδους κορεσμού, οι οποίες συνεχώς επεκτείνονται, παρουσιάζονται σημαντικές καθυστερήσεις οι οποίες δημιουργούν απώλεια χρόνου και αυξάνουν την ατμοσφαιρική και ηχητική ρύπανση. Επί πλέον, στην προσπάθεια τους να αποφύγουν τα κορεσμένα τμήματα του κύριου οδικού δικτύου, οι χρήστες ανακαλύπτουν νέες διαδρομές μέσω του δευτερεύοντος οδικού δικτύου, δημιουργώντας διαμπερείς κινήσεις μέσα από περιοχές κατοικίας και άλλες ευαίσθητες περιοχές, χειροτερεύοντας συνεχώς την ποιότητα ζωής.

Η έλλειψη χώρων στάθμευσης εκτός οδού και η χρησιμοποίηση των οδοστρωμάτων κίνησης ή των πεζοδρομίων για την κάλυψη της έλλειψης αυτής επιδεινώνει ακόμα περισσότερο την κατάσταση.

### **Αντιμετώπιση του προβλήματος**

Η πολιτική της αντιμετώπισης της αύξησης της ζήτησης και των παραπάνω προβλημάτων με την κατασκευή νέων οδών και άλλων συγκοινωνιακών έργων, πέρα από την απαιτούμενη σημαντική χρηματοδότηση, δημιουργεί ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον και συμβάλλει στην ταχύτερη αύξηση της κυκλοφορίας. Σήμερα γίνεται διεθνώς μια έντονη προσπάθεια *Διαχείρισης της Κυκλοφορίας (Traffic Management)* με τον σκοπό, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, να μειωθεί η κατασκευή νέων οδών και άλλων συγκοινωνιακών έργων:

- με την πιο αποτελεσματική χρησιμοποίηση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής βραχυχρόνια και με περιορισμένου μεγέθους επενδύσεις (*Διαχείριση Συστήματος Μεταφορών -ΔΣΜ- Transportation System Management -TSM-*)
- με τη μείωση της ζήτησης για μεταφορές και ειδικότερα της χρησιμοποίησης του επιβατικού αυτοκινήτου, ιδιαίτερα στις συμφορημένες περιοχές και κατά τις περιόδους αιχμής της κυκλοφορίας. (*Διαχείριση Ζήτησης Μετακινήσεων -ΔΖΜ- Demand Management -TDM-*)

Οι θεμελιώδεις έννοιες της Διαχείρισης Συστήματος Μεταφορών και Ζήτησης Μετακινήσεων μπορεί να εκφραστούν και να ομαδοποιηθούν ως εξής σε σχέση με τα βασικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας και των μετακινήσεων:

- Βελτίωση των χαρακτηριστικών της κυκλοφοριακής ροής
- Ανακατανομή της κυκλοφορίας στο χώρο
- Ανακατανομή της κυκλοφορίας στο χρόνο
- Ανακατανομή της κυκλοφορίας στα μέσα μεταφοράς
- Μείωση του μήκους και της διάρκειας των μετακινήσεων
- Μείωση της συχνότητας των μετακινήσεων
- Αύξηση της πλήρωσης των οχημάτων

Τα μέτρα τα οποία περιλαμβάνονται σε ένα πρόγραμμα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες ανθρώπων και αγαθών που χρησιμοποιούν το σύστημα και που είναι:

- Οδηγοί επιβατικών αυτοκινήτων
- Επιβάτες επιβατικών αυτοκινήτων
- Επιβάτες δημοσίων μέσων μεταφοράς
- Πεζοί
- Μεταφερόμενα αγαθά (φορτηγά)

Η έννοια της Διαχείρισης της Κυκλοφορίας δεν είναι νέα. Ορισμένες από τις μεθόδους που περιλαμβάνει άρχισαν να αναπτύσσονται από τότε που άρχισε να κυκλοφορεί το αυτοκίνητο ή ακόμα νωρίτερα, π.χ. μονόδρομοι στην αρχαία Πομπηία. Αυτό που είναι νέο στη Διαχείριση της Κυκλοφορίας είναι η έμφαση στο συντονισμό των ενεργειών και η εισαγωγή μιας μεγάλης ποικιλίας μέτρων βραχυχρόνιας υλοποίησης και χαμηλού κόστους στο όλο κύκλωμα του σχεδιασμού και μελέτης συγκοινωνιακών έργων και της λειτουργίας τους.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ της βραχυχρόνιας διαχείρισης της κυκλοφορίας και του μακροχρόνιου σχεδιασμού των συγκοινωνιακών έργων συνοψίζονται στον Πίνακα 5.

<i>Τομείς</i>	<i>Διαχείριση Κυκλοφορίας</i>	<i>Μακροχρόνιος Σχεδιασμός</i>
<i>Προβλήματα</i>	Σαφώς ορισμένα και παρατηρούμενα	Εξαρτώνται από τις λύσεις ανάπτυξης και την αντίστοιχη αναμενόμενη κυκλοφορία
<i>Κλίμακα</i>	Συνήθως τοπική. Μικρή περιοχή ή διάδρομος	Συνήθως περιφερειακή ή διάδρομος
<i>Στόχοι</i>	Σχετιζόμενοι με τα προβλήματα	Ευρείς, σχετιζόμενη με πολιτική (π.χ. αποκέντρωση, ενίσχυση MMM)
<i>Εναλλακτικές Δυνατότητες</i>	Περιορισμένος αριθμός συγκεκριμένων ενεργειών	Διάφορες εναλλακτικές λύσεις μέσων μεταφοράς, δικτύων και χαράξεως
<i>Διαδικασίες Ανάλυσης</i>	Συνήθως σχέσεις αναλογικές ή απλές λειτουργικές	Βασισμένες σε μαθηματικά υποδείγματα μετακινήσεων και δικτύων
<i>Χρόνος Αποτελεσμάτων</i>	Απαιτούνται σύντομα αποτελέσματα	Όχι κρίσιμος
<i>Προϊόν</i>	Μελέτη εφαρμογής	Επιλεγμένη εναλλακτική λύση για περαιτέρω επεξεργασία και λεπτομερή μελέτη

**Πίνακας 5** Βασικές διαφορές μεταξύ της Διαχείρισης της Κυκλοφορίας και του Μακροχρόνιου Σχεδιασμού

Πηγή: *Simplified procedures for Evaluating Low-Cost TSM Projects Users Manual*" National Cooperative Highway Research Program Report263. Transportation Research Board, Washington DC, October 1983.



### **Μέτρα Διαχείρισης Κυκλοφορίας**

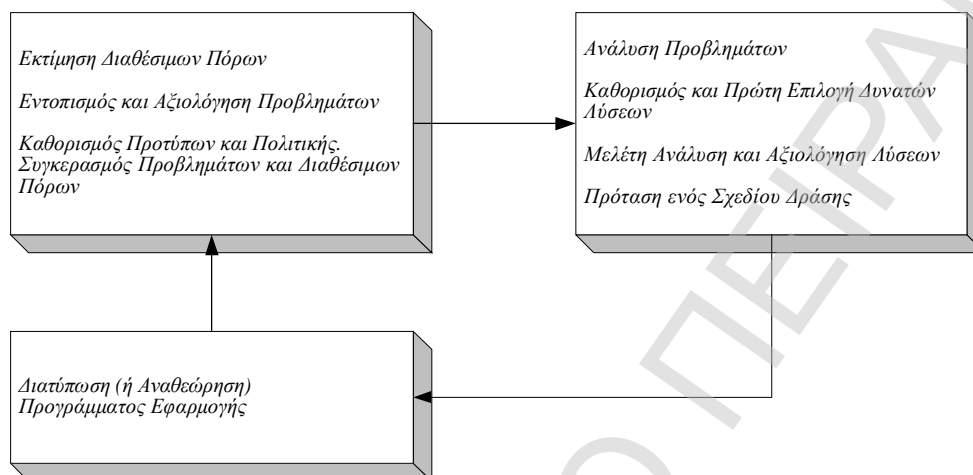
Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μέτρων ή έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας που εφαρμόζονται σήμερα διεθνώς και στη χώρα μας. Τα μέτρα αυτά μπορεί να καταταγούν, ανάλογα με το είδος της ενέργειας που απαιτείται και το σκοπό που εξυπηρετούν, στις παρακάτω κατηγορίες, που εξετάζονται με λεπτομέρεια στα επόμενα κεφάλαια. Ορισμένα από τα μέτρα αναφέρονται στη Διαχείριση του Συστήματος Μεταφορών (π.χ. η κατηγορία μέτρων βελτίωσης της ροής των οχημάτων) και άλλα στη Διαχείριση της Ζήτησης Μεταφορών (π.χ. τα μέτρα για τη μείωση των μετακινήσεων σε περιόδους αιχμής). Πολλά όμως από τα μέτρα ΔΣΜ έχουν επίδραση και στη ζήτηση των μεταφορών και θα μπορούσαν επομένως να θεωρηθούν ότι ανήκουν και στη ΔΖΜ. Π.χ. η βελτίωση των Μέσων Μαζικών Μεταφορών ενώ ανήκει στη ΔΣΜ μπορεί να καταταγεί και στη ΔΖΜ αφού αυξάνει και τη χρήση τους.

*Κατηγορίες μέτρων:*

- **Βελτίωση Ροής Οχημάτων**, με σκοπό την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας και ταχύτητας και τη μείωση των ατυχημάτων, της ρύπανσης και της κατανάλωσης ενέργειας.
- **Προνομιακή Μεταχείριση και Βελτίωση Μαζικών Μεταφορών**, με σκοπό να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι επιβάτες τους και να μειωθεί η χρήση των επιβατικών αυτοκινήτων.
- **Διαχείριση Στάθμευσης**, με σκοπό να επηρεασθεί ευνοϊκά η κυκλοφορία και να ενισχυθούν τα ΜΜΜ.
- **Προνομιακή Μεταχείριση Επιβατικών Αυτοκινήτων με Υψηλή Πλήρωση**, δηλαδή των επιβατικών αυτοκινήτων με μεγάλο αριθμό επιβατών, με σκοπό την εξυπηρέτηση ενός μεγαλύτερου αριθμού μετακινουμένων για τον ίδιο αριθμό οχημάτων.
- **Περιορισμοί Κυκλοφορίας Οχημάτων**. Αφορά την απαγόρευση της κυκλοφορίας όλων ή ορισμένων κατηγοριών οχημάτων από ορισμένες κρίσιμες περιοχές με στόχο να αποφευχθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση σε περιοχές μεγάλης κυκλοφορίας (π.χ. κέντρο) και να προστατευθούν οι περιοχές κατοικίας και άλλες ευαίσθητες περιοχές (π.χ. αρχαιολογικοί χώροι).
- **Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών**. Δυνατότητα εφαρμογής στη Διαχείριση της Οδικής Κυκλοφορίας εξελιγμένων μεθόδων πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών που αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια κυρίως στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για το σχεδιασμό και προγραμματισμό λήψης μέτρων Διαχείρισης Κυκλοφορίας απεικονίζεται στο διάγραμμα της *Εικόνας 3*.



**Εικόνα 3** Διαδικασία Σχεδιασμού, Προγραμματισμού και Μελέτης Μέτρων Διαχείρισης Κυκλοφορίας

Πηγή: "Simplified procedures for Evaluating Low-Cost TSM Projects Users Manual" National Cooperative Highway Research Program Report263. Transportation Research Board, Washington DC, October 1983.

Ο Σχεδιασμός και Προγραμματισμός έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας μπορεί να γίνει από διάφορους φορείς όπως Υπουργεία, Οργανισμούς (π.χ. ΟΑΣΑ για δημόσιες συγκοινωνίες), Δήμους κ.λ.π. Περιλαμβάνει την εκτίμηση των διαθέσιμων πιστώσεων, τον εντοπισμό και αξιολόγηση των προβλημάτων, τον καθορισμό των βασικών αρχών και της πολιτικής για την αντιμετώπιση τους και στη συνέχεια τον προγραμματισμό των απαιτούμενων ενεργειών μέσα στα πλαίσια των διαθέσιμων πόρων και των στοιχείων κόστους που προκύπτουν από τις μελέτες κάθε έργου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.

Η μελέτη των μεμονωμένων έργων που γίνεται από τους φορείς είτε κατευθείαν είτε, συνήθετα, με την ανάθεση σε ειδικευμένα γραφεία κοινωνιακών-κυκλοφοριακών μελετών, περιλαμβάνει μια λεπτομερέστερη ανάλυση των προβλημάτων, τον καθορισμό διαφόρων δυνατών λύσεων και μια πρώτη επιλογή, τη μελέτη ανάλυση και αξιολόγηση των λύσεων που επιλέγησαν αρχικά και τέλος την τελική επιλογή μιας βέλτιστης λύσης και την κατάρτιση ενός σχεδίου δράσης για την εφαρμογή της.

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

#### *Εκτίμηση Διαθέσιμων Πόρων*

Τα διαθέσιμα κεφάλαια ενός φορέα για έργα Διαχείρισης Μεταφορών προέρχονται συνήθως από<sup>(2)</sup>:

- Τέλη που εισπράττονται από τους χρήστες (π.χ. εισιτήρια δημόσιων συγκοινωνιών, δόδια, τέλη στάθμευσης, τέλη κυκλοφορίας κ.λ.π.)

- Προγραμματισμένη χρηματοδότηση από το κράτος ή την Τοπική Αυτοδιοίκηση
- Λοιπές χρηματοδοτήσεις που διατίθεται στο φορέα από άλλες πηγές (π.χ. Ευρωπαϊκή Ένωση)
- Δανεισμό

Η κατά το δυνατό ακριβής εκτίμηση των προβλεπόμενων διαθέσιμων κεφαλαίων από τις διάφορες πηγές για τα επόμενα χρόνια αποτελεί το πρώτο βήμα για το σχεδιασμό - προγραμματισμό των έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας που θα εκτελεστούν από ένα φορέα.

### **Εντοπισμός και Αξιολόγηση Προβλημάτων**

Τα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπισθούν με τη βοήθεια της Διαχείρισης των Μεταφορών μπορεί να εντοπισθούν από διάφορες πηγές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- **Επί τόπου αναγνώριση.** Με την επί τόπου παρακολούθηση των κυκλοφοριακών συνθηκών ή της λειτουργίας των μαζικών μέσων μεταφορών, μπορεί να εντοπισθούν τοπικά προβλήματα όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση και δημιουργία ουρών κατά τις περιόδους αιχμής, παράνομη στάθμευση, προβλήματα φορτοεκφόρτωσης, υπερπλήρωση των δημόσιων συγκοινωνιών κ.λ.π.
- **Ανάλυση των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας.** Στοιχεία κυκλοφοριακών φόρτων, ταχυτήτων και καθυστερήσεων, επιβατικής κίνησης και χρόνων διαδρομής δημόσιων συγκοινωνιών, συσσώρευσης, εναλλαγής και διάρκειας στάθμευσης, ατυχημάτων κ.λ.π., που συγκεντρώνονται τακτικά ή ειδικά για ορισμένες χρήσεις από διάφορες υπηρεσίες ή μελετητές μπορεί να αναλυθούν για τον εντοπισμό προβλημάτων
- **Παράπονα και Αιτήσεις.** Παράπονα του κοινού μέσω εφημερίδων ή κατευθείαν στις διάφορες υπηρεσίες, ή αιτήσεις για αντιμετώπιση διαφόρων προβληματικών καταστάσεων, αποτελούν χρήσιμα στοιχεία εντοπισμού προβλημάτων
- **Οικονομική Ανάλυση.** Με την ανάλυση εσόδων-δαπανών των δημόσιων συγκοινωνιών ή των συστημάτων στάθμευσης μπορεί να προκύψουν προβλήματα διοίκησης σχετικά με ανεπαρκή τιμολόγηση, μεγάλες δαπάνες διοίκησης, λειτουργίας ή συντήρησης, χαμηλή παραγωγικότητα κ.λ.π.
- **Στόχοι Πολιτικής.** Προβλήματα μπορεί να εντοπισθούν εκεί όπου οι συνθήκες ή οι παρεχόμενες υπηρεσίες δεν καλύπτουν γενικούς στόχους πολιτικής που πιθανόν έχουν τεθεί σε κάποιο κυβερνητικό επίπεδο. Π.χ. Ατμοσφαιρική ρύπανση, εξοικονόμηση ενέργειας, επίπεδο εξυπηρέτησης των δημόσιων συγκοινωνιών κ.λ.π.
- **Σχεδιασμός και Εκτέλεση Νέων Έργων.** Στο σχεδιασμό και τη μελέτη νέων έργων προβλέπονται πολλές φορές αλλαγές των κυκλοφοριακών φόρτων στο υφιστάμενο δίκτυο μεταφορών ή υποδεικνύονται θέσεις όπου θα δημιουργηθούν προβλήματα αν δεν γίνουν οι απαραίτητες βελτιώσεις. Επίσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής δημιουργούνται ιδιαίτερες κυκλοφοριακές συνθήκες που πρέπει να μελετηθούν και αντιμετωπισθούν (π.χ. παρακάμψεις για την κατασκευή του μετρώ). Μερικές από αυτές τις ρυθμίσεις της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της κατασκευής μπορεί να κριθεί σκόπιμο να διατηρηθούν, ολικά ή μερικά, και μετά το πέρας της<sup>(6)</sup>.

Μετά τον εντοπισμό των προβλημάτων, μια γενική αξιολόγηση θα βοηθήσει στην κατάταξη τους ανάλογα με τη σοβαρότητα, το βαθμό επείγοντος και τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής (π.χ. προβλήματα που μπορεί να λυθούν άμεσα, ανεξάρτητα από άλλες Υπηρεσίες ή χωρίς νομοθετικές ρυθμίσεις ή γενικότερες κρατικές αποφάσεις, ή χωρίς να απαιτούν μακροχρόνια μελέτη). Μια τέτοια αξιολόγηση πρέπει να γίνεται κατά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα μέσα στα πλαίσια του γενικότερου προγραμματισμού της Υπηρεσίας.

Ανάλογα με τις αρμοδιότητες της Υπηρεσίας, μια *αξιολόγηση των προβλημάτων που έχουν εντοπισθεί* περιλαμβάνει συνήθως:

- **Γεωμετρικά χαρακτηριστικά:** πλάτη εύρους κατάληψης, οδοστρώματος και λωρίδων κυκλοφορίας, οριζόντιες και κατακόρυφες καμπύλες, διοχετευτικές διαρρυθμίσεις κόμβων κ.λ.π.
- **Φυσική κατάσταση:** καταστροφή και φθορά τεχνικών έργων θεμελίωσης οδού, οδοστρωμάτων, ερεισμάτων, πεζοδρομίων, κρασπέδων κ.λ.π.
- **Σήμανση:** οριζόντια ή κατακόρυφη. Τύπος, θέση και κατάσταση κατακόρυφων σημάτων και διαγραμμίσεων
- **Ασφάλεια:** ανάλυση αριθμού και δεικτών ατυχημάτων. Ύπαρξη και κατάσταση προειδοποιητικών πινακίδων, σθηθαίων ασφαλείας και άλλων προστατευτικών διατάξεων
- **Ποιότητα Εξυπηρέτησης:** ταχύτητες λειτουργίας, καθυστερήσεις, στάθμη εξυπηρέτησης, αξιοπιστία δρομολογίων δημόσιων συγκοινωνιών
- **Παραγωγικότητα:** π.χ. επιβατοχιλιόμετρα ή επιβάτες που επιβιβάστηκαν ανά οχηματοχιλιόμετρο ή ανά οχηματοώρα ή ανά ώρα οδηγού
- **Κάλυψη Κόστους:** π.χ. ποσοστό των δαπανών λειτουργίας, κατασκευής και προμηθειών που καλύπτεται από τις εισπράξεις εισιτηρίων ή τελών.

### **Καθορισμός Προτύπων και Πολιτικής**

Ανάλογα με τις διαθέσιμες πιστώσεις καθορίζονται τα πρότυπα και η πολιτική για την επιλογή και μελέτη των έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας. Για τα έργα αυτά απαιτείται ορισμένες φορές ο καθορισμός χαμηλότερων προτύπων από εκείνα του μακροχρόνιου σχεδιασμού, για την άμεση αντιμετώπιση ενός μεγαλύτερου αριθμού άμεσων προβλημάτων.

Κατά το στάδιο αυτό καθορίζεται και η γενική πολιτική που θα ακολουθηθεί κατά την επιλογή και μελέτη των μεμονωμένων έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας. Π.χ. περιοχή μελέτης, στόχοι, είδος προβλημάτων που θα εξεταστούν, κριτήρια επιλογής λύσεων, ενδεικτικές προτεραιότητες, καθοδήγηση σχετικά με τις πιστώσεις που είναι διαθέσιμες για κατασκευή και λειτουργία κ.λ.π.

### **Πρόγραμμα Εφαρμογής**

Σύμφωνα με τις διαθέσιμες και αναμενόμενες πιστώσεις για τα επόμενα χρόνια, για τα οποία γίνεται ο προγραμματισμός, τα έργα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας μπορεί να καταταγούν σε τρεις ομάδες:

- I. Έργα που θα εφαρμοστούν εκτός αν παρουσιαστούν δυσκολίες χρηματοδότησης ή άλλες (π.χ. μη αναμενόμενη αντίδραση κοινού)
- II. Έργα που θα εφαρμοστούν αν εγκριθούν πρόσθετες πιστώσεις ή αν παρουσιαστούν δυσκολίες στην εφαρμογή έργων της προηγούμενης ομάδας
- III. Έργα που αναβάλλονται για επόμενες περιόδους προγραμματισμού

Ακολουθεί ο χρονικός προγραμματισμός για την εφαρμογή μέσα στην εξεταζόμενη περίοδο των έργων της πρώτης ομάδας σύμφωνα με:

- Το χρονικό προγραμματισμό των διαθέσιμων πιστώσεων
- Τον απαιτούμενο χρόνο για τις διαδικασίες ανάθεσης και εκτέλεσης έργων του φορέα
- Την ανάγκη λεπτομερών τεχνικών μελετών ή μελετών επιπτώσεων
- Το διαθέσιμο προσωπικό για την επίβλεψη ή εκτέλεση των έργων
- Το συντονισμό με άλλα έργα ή διαδικασίες

#### ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ

##### *Ανάλυση Προβλημάτων*

Ο εντοπισμός και αξιολόγηση των προβλημάτων που έγινε κατά το στάδιο του Σχεδιασμού - Προγραμματισμού των έργων, προσφέρει ορισμένα στοιχεία για τα υφιστάμενα προβλήματα και τις αιτίες τους, πιθανόν όμως τα στοιχεία αυτά να μην είναι αρκετά για τη λεπτομερή ανάλυση και τη μελέτη ενός συγκεκριμένου έργου. Η συγκέντρωση των αναγκαίων πρόσθετων στοιχείων μπορεί να απαιτήσει και τη διεξαγωγή ερευνών ή μετρήσεων.

Η γραφική παρουσίαση των στοιχείων μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά στην ανάλυση των προβλημάτων. Χάρτες κυκλοφοριακών φόρτων, χρόνων διαδρομής, ατυχημάτων κ.λ.π., ή διαγράμματα συγκρούσεων, βοηθούν ιδιαίτερα στην ανάλυση των προβλημάτων και την επισήμανση των αιτιών τους.

##### *Καθορισμός και Πρώτη Επιλογή Λύσεων*

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν δεν εξετάζεται μόνο μία μεμονωμένη θέση αλλά ένας διάδρομος ή μια ευρύτερη περιοχή, μπορεί στην αρχή να παρουσιάζονται διάφορες δυνατότητες βελτίωσης. Μετά από τον καθορισμό των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων γίνεται μια πρώτη επιλογή για να διαπιστωθεί κατά πόσον οι λύσεις αυτές είναι πραγματοποιήσιμες από άποψη χρήσεων γης και πυκνοτήτων (π.χ. αρκετή πυκνότητα πληθυσμού για να δικαιολογηθεί η επέκταση μιας λεωφορειακής γραμμής), υφιστάμενου συστήματος μεταφορών, λειτουργικών χαρακτηριστικών, διαθέσιμου εύρους κατάληψης (για διαπλάτυνση μιας οδού), αντιδράσεων του κοινού κ.λ.π.

Αποτέλεσμα αυτής της πρώτης επιλογής είναι μια ή περισσότερες εναλλακτικές λύσεις για κάθε εξεταζόμενο έργο. Με τη λεπτομερέστερη μελέτη που θα ακολουθήσει στο επόμενο στάδιο οι λύσεις αυτές μπορεί να μεταβληθούν, απορριφθούν ή συνδυαστούν.

### Μελέτη, Ανάλυση και Αξιολόγηση Λύσεων

Οι εναλλακτικές λύσεις που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο μελετούνται, αναλύονται και τέλος αξιολογούνται με διάφορα κριτήρια που συνήθως ανήκουν σε μια ή περισσότερες από τις παρακάτω κατηγορίες:

- Ποιότητα εξυπηρέτησης (π.χ. στάθμη εξυπηρέτησης ενός στοιχείου οδού, χρόνος μετακίνησης, ταχύτητα)
- Κυκλοφοριακή ικανότητα (αριθμός οχημάτων ή προσώπων που μπορεί να εξυπηρετηθούν σε μια δεδομένη χρονική περίοδο)
- Ασφάλεια (δείκτες ατυχημάτων)
- Κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (θόρυβος, ατμοσφαιρική ρύπανση)

Μέθοδοι ποσοτικής σύγκρισης, όπως οι παρακάτω, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στη αντικειμενική σύγκριση των λύσεων:

- Μέθοδοι οικονομικής ανάλυσης δαπανών και ωφελειών όπως ο δείκτης εσωτερικής ανταποδοτικότητας (*internal rate of return*), η καθαρή παρούσα αξία (*net present value*) ή ο λόγος ωφελειών / κόστους (*B/C ratio*)
- Μέθοδοι ανάλυσης δαπανών / αποτελέσματος (*Cost / Effectiveness*)

Οι μέθοδοι οικονομικής ανάλυσης, πρέπει να προτιμούνται όπου είναι δυνατή η έκφραση σε χρήμα των κύριων ωφελειών από την εφαρμογή ενός έργου.

Οι μέθοδοι ανάλυσης δαπανών / αποτελέσματος χρησιμοποιούν γενικότερους δείκτες βαρύτητας για τη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων ή για τη σύγκριση έργων. Π.χ. αριθμός ατυχημάτων ή αριθμός ωρών καθυστέρησης που αποφεύγονται ανά εκατομμύριο ευρώ που δαπανάται. Το πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για βελτιώσεις που δύσκολα εκφράζονται σε χρήμα. Το μειονέκτημα τους όμως είναι ότι δεν είναι δυνατός ο συνδυασμός διαφόρων δεικτών, οπότε πρέπει να εξετάζονται χωριστά ή να συνδυάζονται με την παραδοχή ενός αυθαίρετου βάρους για κάθε ένα από αυτούς.

### Προτεινόμενο Σχέδιο Δράσης

Μετά την επιλογή και μελέτη της ενδεδειγμένης λύσης για ένα μεμονωμένο έργο, η λύση αυτή προτείνεται για εφαρμογή. Η πρόταση πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερειακά σχέδια κατασκευής ή λειτουργίας, ώστε η λύση να είναι άμεσα εφαρμόσιμη. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει προτάσεις για σταδιακή εφαρμογή ή για ενέργειες που χρειάζονται για να εξασφαλιστεί η υποστήριξη άλλων φορέων ή του κοινού.

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΑΣΤΥΝΟΜΕΥΣΗ

Μετά την εφαρμογή των έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας σύμφωνα με το γενικό προγραμματισμό και τις αντίστοιχες μελέτες κάθε έργου, θα πρέπει να γίνεται μια αξιολόγηση των πραγματικών αποτελεσμάτων και μια σύγκριση με εκείνα που αναμένονται

από τη μελέτη. Η αξιολόγηση θα πρέπει να αναφέρεται σε ανάλογα κριτήρια με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την μελέτη. Η παραπάνω αξιολόγηση και γενικότερα η μελέτη των αποτελεσμάτων της εφαρμογής ενός έργου μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω βελτιώσεις που είναι συνήθως εύκολα πραγματοποιήσιμες εξαιτίας της ελαστικότητας και του μικρού κόστους των εφαρμοζόμενων μεθόδων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία ορισμένων, περιοριστικών κυρίως μέτρων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας είναι η αυστηρή αστυνόμευση αμέσως μετά την εφαρμογή τους. Π.χ. οι απαγορεύσεις στάθμευσης, και οι ειδικές λωρίδες λεωφορείων απαιτούν αυστηρή αστυνόμευση και δεν πρέπει να εφαρμόζονται αν μια τέτοια αστυνόμευση δεν είναι εφικτή. Έλλειψη της σωστής αστυνόμευσης όχι μόνο μειώνει ή μηδενίζει πλήρως τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή του συγκεκριμένου μέτρου αλλά και δημιουργεί γενικότερα μια νοοτροπία μη συμμόρφωσης προς όλες τις σχετικές απαγορεύσεις, μειώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα κάθε ανάλογου έργου.

## ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΟΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Μια επιτυχημένη εφαρμογή των μέτρων βελτίωσης της ροής των οχημάτων σε μια οδό ή ένα δίκτυο οδών οδηγεί στη βελτίωση της στάθμης εξυπηρέτησης, την αύξηση των μέσων ταχυτήτων, τη μείωση των χρόνων μετακίνησης και τον περιορισμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των ατυχημάτων.

*Παράλληλα, με τη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής, περιορίζονται οι στάσεις, επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις των οχημάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και της ρύπανσης της ατμόσφαιρας.*

Τέλος, με τη βελτίωση της ροής των οχημάτων, μπορεί να ανασταλεί η εφαρμογή άλλων μέτρων που παρουσιάζουν μεγαλύτερο κόστος (π.χ. ανισόπεδοι κόμβοι) ή δυσκολίες εφαρμογής γιατί δεν γίνονται εύκολα αποδεκτά (π.χ. μέτρα περιορισμού χρήσης αυτοκινήτων Ι.Χ.).

## ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

Η εγκατάσταση μιας νέας σηματοδότησης βελτιώνει τη ροή των οχημάτων. Σημαντική βελτίωση στη ροή των οχημάτων επιτυγχάνεται και με τη βελτιστοποίηση της ρύθμισης μιας υφιστάμενης σηματοδότησης, δηλαδή της διάρκειας της περιόδου, του αριθμού, της αλληλουχίας και της διάρκειας των φάσεων σε κάθε κόμβο, των χρονικών μετατοπίσεων από κόμβο σε κόμβο ενός συστήματος κ.λ.π.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι ελέγχου της κυκλοφορίας μέσω σηματοδότησης<sup>(3)</sup>:

- I. Σηματοδότηση μεμονωμένου κόμβου
- II. Σηματοδότηση σειράς κόμβων κατά μήκος μιας αρτηρίας
- III. Σηματοδότηση ενός συστήματος αλληλοεπηρεαζόμενων κόμβων μιας αστικής περιοχής

Παλαιότερα οι τρεις αυτοί τύποι ελέγχου αντιμετωπίζονταν χωριστά και δεν υπήρχε η δυνατότητα κεντρικού ελέγχου όλων των σηματοδοτών μιας αστικής περιοχής. Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη των ψηφιακών Η/Υ και των προηγμένων συστημάτων επικοινωνίας στο πεδίο του κυκλοφοριακού ελέγχου, είναι εφικτό να γίνεται η ρύθμιση και ο έλεγχος όλων των σηματοδοτών μιας αστικής περιοχής κεντρικά από ένα κέντρο ελέγχου. Αυτός ο τύπος ελέγχου ορίζεται ως *Σύστημα καθολικής ρύθμισης της κυκλοφορίας (Areawide System Traffic Control)*.

Συστήματα καθολικής ρύθμισης της κυκλοφορίας δικαιολογούνται συνήθως οικονομικά για οδικά δίκτυα με περισσότερους από 50 σηματοδοτούμενους κόμβους και προσφέρονται για πόλεις με περισσότερους από 80.000 κατοίκους. Το πρώτο εκτεταμένο τέτοιο σύστημα εφαρμόστηκε στο Τορόντο του Καναδά (πρόγραμμα Η/Υ SIGRID). Υπολογίζεται ότι με την εφαρμογή του συστήματος οι μέσες ταχύτητες αυξήθηκαν κατά 15% - 20% και οι διακοπές πορείας των οχημάτων μειώθηκαν κατά 40% -50%. Σήμερα λειτουργεί ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων ελέγχου κυκλοφορίας περιοχών σε πόλεις.



## Προγράμματα Βελτιστοποίησης Σηματοδότησης

Τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται κατεξοχήν για βελτιστοποίηση της σηματοδότησης διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο σηματοδότησης<sup>(8)</sup>:

### I. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης μεμονωμένου κόμβου

#### Πρόγραμμα SOAP

Το Πρόγραμμα SOAP (Signal Operations Analysis Package) αναπτύχθηκε αρχικά ως εργαλείο υπολογισμού σηματοδότησης μεμονωμένου κόμβου στην Πολιτεία Florida των Η.Π.Α. Στη τελευταία του μορφή, το SOAP 84 βελτιστοποιεί τη σηματοδοτική ρύθμιση του κόμβου σε τρία στάδια λειτουργίας : σχεδιασμό, ανάλυση και αξιολόγηση.

Στο στάδιο σχεδιασμού εξετάζει όλες τις δυνατές διαδοχές των φάσεων για τη δεδομένη γεωμετρία και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του κόμβου και επιλέγει αυτή που εκτελείται στο μικρότερο χρόνο πρασίνου. Ο χρήστης στη συνέχεια επιλέγει τον αριθμό των κυκλοφοριακών διαγραμμάτων που θ' αναλύσει και υπολογίζει τη βέλτιστη περίοδο με τον αλγόριθμο που εμπεριέχεται στο SOAP 84 καθώς και την κατανομή του χρησιμοποιούμενου χρόνου πρασίνου στις διάφορες φάσεις.

Στο στάδιο ανάλυσης υπολογίζονται οι δείκτες αποτελεσματικότητας για τα επιλεγόμενα διαγράμματα ροών όπως :

- η μέση καθυστέρηση ανά όχημα
- το ποσοστό οχημάτων που σταματούν στην εξεταζόμενη πρόσβαση
- η κατανάλωση καυσίμων (ιδιαίτερα υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμων που οφείλεται στις καθυστερήσεις και στάσεις)
- ο λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα
- η κυκλοφοριακή ικανότητα των αριστερόστροφων κινήσεων

Τέλος στο στάδιο αξιολόγησης ο χρήστης εκτιμά, με βάση τους δείκτες αποτελεσματικότητας, τα διάφορα διαγράμματα ροών και επιλέγει το βέλτιστο.

### II. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης κατά μήκος αρτηρίας

Έχουν αναπτυχθεί αρκετά προγράμματα με στόχο τη βελτιστοποίηση συντονισμένης σηματοδότησης κατά μήκος αρτηρίας. Τα προγράμματα αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Σ' αυτά που *μεγιστοποιούν το πλάτος της ταινίας πράσινης ένδειξης* και σ' αυτά που *ελαχιστοποιούν τις συνολικές καθυστερήσεις και στάσεις*<sup>(7)</sup>. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα προγράμματα *PASSER II* και *MAXBAND* ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα προγράμματα *TRANSYT (9 ή 7F)* και *SIGOP III*

#### Προγράμματα PASSER II & MAXBAND

Τα Προγράμματα *PASSER II* (Progression Analysis and System Evaluation Routine) και το *MAXBAND* - γνωστά σαν προγράμματα βελτιστοποίησης του πλάτους της ταινίας πράσινης ένδειξης - αναπτύσσουν διαγράμματα σηματορρύθμισης που

μεγιστοποιούν το πλάτος της ταινίας πράσινης ένδειξης κατά μήκος αρτηρίας μέχρι 20 διασταυρώσεων. Και τα δύο προγράμματα δίνουν καλύτερα αποτελέσματα για μη κορεσμένες κυκλοφοριακές συνθήκες και για χαμηλούς φόρτους στρεφουσών κινήσεων προς την αρτηρία.

Βασικά δεδομένα στο MAXBAND είναι το εύρος των περιόδων, η γεωμετρία των διαφόρων συνδέσεων, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, η ροή κορεσμού, οι δυνατές διαδοχές φάσεων και το εύρος ταχυτήτων που αναπτύσσονται.

Βασικά δεδομένα στο PASSER II είναι οι στρέφουσες κινήσεις, η ροή κορεσμού, οι αποστάσεις μεταξύ των διασταυρώσεων, οι μέσες ταχύτητες τμημάτων, οι δυνατές διαδοχές φάσεων και οι ελάχιστοι χρόνοι πράσινης ένδειξης για κάθε διασταύρωση.

### ***Προγράμματα TRANSYT (9 ή 7F) & SIGOP III***

Τα προγράμματα TRANSYT (Traffic Signal Network Study Tool) και SIGOP-111 (Signal Timing Organization Program) βελτιστοποιούν τη σηματοδοτική ρύθμιση σε αρτηρίες και οδικά δίκτυα. Στόχος και των δύο προγραμμάτων είναι η ελαχιστοποίηση των στάσεων και των καθυστερήσεων για το σύστημα εξ ολοκλήρου παρά η μεγιστοποίηση του πλάτους της ταινίας πράσινης ένδειξης κατά μήκος αρτηρίας<sup>(7)</sup>.

Το πρόγραμμα TRANSYT αναπτύχθηκε αρχικά το 1968 στο Ερευνητικό Εργαστήριο Μεταφορών (TRRL) της Μ. Βρετανίας και στη συνέχεια βελτιώθηκε σημαντικά μέχρι την έκδοση TRANSYT-9 στη Μ. Βρετανία και TRANSYT-7F στις Η.Π.Α. που χρησιμοποιούνται σήμερα. Το Πρόγραμμα SIGOP III αποτελεί τη βελτιωμένη μορφή του αλγόριθμου SIGOP που αναπτύχθηκε το 1960.

Και τα δύο προγράμματα είναι μακροσκοπικά και περιέχουν δύο βασικά στοιχεία:

- Το κυκλοφοριακό υπόδειγμα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του δείκτη λειτουργικότητας ο οποίος εκφράζει την ποιότητα λειτουργίας ενός δεδομένου οδικού δικτύου για οποιαδήποτε δεδομένα κυκλοφοριακών φόρτων και για δεδομένη σηματοδοτική ρύθμιση.
- Τη διαδικασία βελτιστοποίησης που εξετάζει τις επιπτώσεις αλλαγών του χρόνου σηματορρύθμισης στο δείκτη λειτουργικότητας.

### **III. Βελτιστοποίηση σηματοδότησης ενός συστήματος αλληλοεπηρεαζόμενων κόμβων μιας αστικής περιοχής**

Βασικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι τα TRANSYT-9 ή TRANSYT-7F και SIGOP III.

#### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εγκατάσταση ή ακόμα περισσότερο η βελτίωση ενός συστήματος σηματοδότησης οδηγεί σε *σημαντικές μειώσεις των καθυστερήσεων, των στάσεων, της κατανάλωσης καυσίμων, και γενικότερα του κόστους λειτουργίας*, έτσι ώστε ν' αποτελεί έργο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας με πολύ υψηλό βαθμό οικονομικής απόδοσης.

Έχει π.χ. εκτιμηθεί ότι το κεφάλαιο που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του συστήματος ελέγχου της κυκλοφορίας στο Τορόντο (περίπου 5 εκατομμύρια δολάρια) ανακτήθηκε σε χρόνο μικρότερο από 6 μήνες από την οικονομία που προέκυψε από τη μείωση στην κατανάλωση βενζίνης, την εξοικονόμηση χρόνου και τη μείωση των ατυχημάτων. Ο ίδιος χρόνος ανάκτησης κεφαλαίου έχει εκτιμηθεί και για τη μικρότερης κλίμακας εγκατάσταση σε 77 κόμβους στην πόλη Wichit Falls των Η.Π.Α., κόστους 128.000 δολαρίων.

Στις Η.Π.Α. το 1980 έγινε μια προσπάθεια βελτιστοποίησης της σηματορρύθμισης σε 11 πόλεις με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων λόγω του υψηλού κόστους του εισαγόμενου πετρελαίου στα πλαίσια του Εθνικού Έργου Βελτίωσης της Σηματορρύθμισης (National Signal Timing Optimization Project). Η βελτιστοποίηση έγινε με το πρόγραμμα TRANSYT 7F.

Οι κόμβοι όπου έγινε βελτίωση στη σηματορρύθμιση κυμαινόταν από 26 μέχρι 81 ανά πόλη στις 11 πόλεις, με μέσο όρο 46. Κατά μέσον όρο δαπανήθηκαν 456 δολάρια ανά κόμβο. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει συγκέντρωση στοιχείων, κωδικογράφηση και εφαρμογή του προγράμματος TRANSYT 7F, ανάλυση του αποτελέσματος, εφαρμογή της νέας σηματορρύθμισης, αλλά δεν περιλαμβάνει την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και γενικά έξοδα. Κατά μέσον όρο απαιτήθηκαν 40 ανθρωπόωρες ανά κόμβο από τις οποίες οι μισές περίπου είναι ώρες μηχανικών και οι υπόλοιπες τεχνικών βοηθών, σχεδιαστών και τεχνητών.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις "πριν και μετά" του προγράμματος TRANSYT 7F, με τη βελτίωση μειώνονται κάθε χρόνο για το μέσο κόμβο<sup>(2)</sup>:

- Οι καθυστερήσεις κατά 15.470 οχηματοώρες
- Οι στάσεις οχημάτων κατά 455.921
- Η κατανάλωση βενζίνης κατά 10.524 γαλόνια (44.200 λίτρα)

Οι παραπάνω βελτιώσεις αντιστοιχούν σε συνολικό ετήσιο όφελος 28.695 δολαρίων ανά κόμβο και επομένως δίνουν ένα εντυπωσιακό λόγο ωφελειών / δαπανών 63:1.

Μετρήσεις που έγιναν μετά τις βελτιώσεις έδειξαν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι προβλέψεις του προγράμματος TRANSYT-7F είναι υπεραισιόδοξες, ιδιαίτερα όπου αποφεύγεται με τη βελτίωση ο κορεσμός. Γενικά όμως μπορεί να αναμένεται ένας ελάχιστος λόγος ωφελειών / δαπανών 20:1 για έργα που εφαρμόζονται για πρώτη φορά. Ο λόγος αυτός μπορεί να αυξηθεί σε 30:1 για επόμενα έργα, για τα οποία το κόστος εφαρμογής μειώνεται σημαντικά εξαιτίας της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί κατά την πρώτη εφαρμογή. Ακόμα και αν ληφθεί υπόψη μόνο η οικονομία σε καύσιμα, οι παραπάνω λόγοι ωφελειών / δαπανών παραμένουν στα υψηλά επίπεδα 10:1 και 15:1 αντίστοιχα.

Επίσης στην Πολιτεία της Καλιφόρνιας αναπτύχθηκε το 1983 το πρόγραμμα FETSIM (Fuel Efficient Traffic Signal Management) με στόχο την αποτελεσματική διαχείριση καυσίμων με τη βοήθεια της σηματοδότησης. Μέχρι το 1991, έγιναν 263 χρηματοδοτήσεις συνολικού ύψους 11 εκατομμ. δολαρίων για βελτίωση της σηματοδοτικής ρύθμισης σε 9000 σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις (το 1/3 του συνόλου της Πολιτείας). Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε και εδώ ήταν το TRANSYT-7F. Το πρόγραμμα αποδείχθηκε εξαιρετικά αποδοτικό καθώς η ετήσια οικονομία από καύσιμα ήταν τετραπλάσια του κόστους του προγράμματος. Επίσης η μέση οικονομία σε στάσεις και καθυστερήσεις ήταν 14%, σε χρόνο διαδρομής 75% και σε κατανάλωση καυσίμων 8.1% τον πρώτο χρόνο. Εάν στα οφέλη περιληφθεί η οικονομία στο χρόνο διαδρομής και στη φθορά χρήσης του οχήματος, ο λόγος ωφελειών / δαπανών αυξάνεται σε 16:1.

Αντικείμενο πρόσφατης έρευνας στον Ελληνικό χώρο υπήρξε η εφαρμογή του προγράμματος SOAP σε πέντε βασικές διασταυρώσεις της πόλης της θεσ/νίκης με στόχο την αποτίμηση των πλεονεκτημάτων από τη βελτιστοποίηση της σηματοδοτικής τους ρύθμισης (Pitsiava-Latinopoulou M. "The benefits of optimizing the isolated signalised intersection Design - A case study" XII International Road Federation (IRF) Madrid, Spain, May

1993.) Η εφαρμογή του προγράμματος έδειξε ότι, για περιόδους αιχμής, η βελτίωση της περιόδου και της κατανομής του χρησιμοποιούμενου χρόνου μέσω του SOAP είχε ως αποτέλεσμα μέση μείωση στις συνολικές καθυστερήσεις και την κατανάλωση καυσίμων κατά 50% και 36% αντίστοιχα.

### ΜΟΝΟΔΡΟΜΗΣΗ

Οι μονόδρομοι αποτελούν ένα από τα παλαιότερα, οικονομικότερα και αποτελεσματικότερα μέτρα βελτίωσης της κυκλοφοριακής ροής. Σήμερα οι περισσότερες πόλεις στον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων και των ελληνικών, έχουν καθιερώσει ένα σημαντικό αριθμό μονόδρομων στα οδικά τους δίκτυα.

Σαν μονόδρομοι χαρακτηρίζονται οι παρακάτω κατηγορίες δρόμων :

- I. Ένας δρόμος με κυκλοφορία κατά μία κατεύθυνση.
- II. Ένας δρόμος που υπό κανονικές συνθήκες είναι μιας κατεύθυνσης αλλά ορισμένες φορές μπορεί να λειτουργήσει σαν μονόδρομος κατά την αντίθετη φορά για να εξυπηρετήσει μεγάλους φόρτους.
- III. Ένας δρόμος που συνήθως είναι διπλής κατεύθυνσης αλλά κατά τις ώρες αιχμής μπορεί να λειτουργήσει σαν μονόδρομος με την κατεύθυνση του υψηλότερου φόρτου. Τέτοιοι δρόμοι μπορούν να λειτουργούν κατά μια κατεύθυνση τις ώρες της πρωινής αιχμής κατά την άλλη στην απογευματινή αιχμή και κατά τις δύο κατευθύνσεις την υπόλοιπη ημέρα.

#### **Κύρια Πλεονεκτήματα Μονοδρόμησης**

- **Αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας**, επομένως βελτίωση της στάθμης εξυπηρέτησης και περιορισμός των περιόδων κυκλοφοριακής συμφόρησης. Έχουν παρατηρηθεί αυξήσεις κυκλοφοριακής ικανότητας 20% - 50%.
- **Καλλίτερη χρησιμοποίηση των οδών**. Με τη μονοδρόμηση γίνεται δυνατή η στάθμευση σε οδούς μικρού πλάτους, η οποία δεν θα ήταν δυνατή σε συνθήκες κυκλοφορίας δύο κατευθύνσεων.
- **Αύξηση της ταχύτητας λειτουργίας**. Συνήθως κυμαίνεται από 5% μέχρι 20%. Μειώσεις χρόνων διαδρομής ως συνέπεια αύξησης της ταχύτητας λειτουργίας μέχρι και 50% παρατηρήθηκαν σε ορισμένες οδούς του Λονδίνου μετά τη μονοδρόμηση (Duff J. "Traffic Management" Conference on Engineering for Traffic, 1963).
- **Βελτιωμένες περιβαλλοντικές συνθήκες**, με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ως συνέπεια της βελτίωσης της κυκλοφοριακής ροής. Διαφύλαξη των πεζοδρομίων με τα δένδρα και τα άλλα στοιχεία τους που διαφορετικά ίσως επηρεαζόταν από τη διαπλάτυνση των οδοστρωμάτων.
- **Οικονομικά οφέλη**. Η βελτιωμένη ροή των οχημάτων καθώς και η αυξημένη ασφάλεια παρέχουν οικονομικά οφέλη τόσο για τους χρήστες της οδού όσο και για εκείνους που κατοικούν και εργάζονται γύρω από αυτήν.
- **Μικρό κόστος και μικρός χρόνος εφαρμογής**, σε σύγκριση με έργα διαπλάτυνσης υφισταμένων οδών ή διάνοιξης νέων, και κατασκευής ανισόπεδων κόμβων για την επίτευξη ανάλογων αποτελεσμάτων.

### **Κύρια Μειονεκτήματα Μονοδρόμησης**

- **Αύξηση του μήκους διαδρομής**, για ορισμένα οχήματα, με αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού αριθμού των οχηματοχιλιομέτρων, άρα και της κατανάλωσης καυσίμων και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ιδιαίτερης σημασίας είναι οι αυξήσεις των διαδρομών για τα οχήματα πρώτης ανάγκης, όπως πυροσβεστικά, νοσοκομειακά και αστυνομίας. Σε μελέτες που έγιναν για το Λονδίνο σε αριθμό μονόδρομων παρατηρήθηκε αύξηση του μήκους διαδρομής από 3% μέχρι 18%. Στις περιπτώσεις όμως αυτές οι αντίστοιχοι χρόνοι διαδρομής βρέθηκαν μειωμένοι λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας λειτουργίας.
- **Μεταφορά ορισμένων προβλημάτων σε άλλες περιοχές**, όπως π.χ. στις περιοχές μετάβασης από τους μονόδρομους σε οδούς δύο κατευθύνσεων και αντίστροφα, ή με την ανακατανομή της κυκλοφορίας και τη μεταφορά στροφών.
- **Ανάγκη αλλαγής και συμπλήρωσης σήμανσης και σηματοδότησης**. Οι αλλαγές αυτές δημιουργούν και το κύριο κόστος μιας μονοδρόμησης. Το κόστος όμως αυτό είναι πολύ μικρό σε σχέση με το αποτέλεσμα, ιδιαίτερα αν συγκριθεί με το κόστος άλλων μεθόδων με τις οποίες θα μπορούσε να προκύψει το ίδιο αποτέλεσμα (π.χ. διαπλάτυνση οδών ή κατασκευή νέων).
- **Πιθανές δυσκολίες στις δημόσιες συγκοινωνίες**, για την αναμόρφωση των διαδρομών τους, ιδιαίτερα στην περίπτωση ηλεκτροκίνητων λεωφορείων (τρόλεϊ) ή τραμ, για τα οποία απαιτείται μια δαπανηρή μεταφορά της υποδομής.
- **Δημιουργία σύγχυσης στους οδηγούς**, ιδιαίτερα κατά την αρχική περίοδο εφαρμογής της μονοδρόμησης και αργότερα για τους οδηγούς που δεν γνωρίζουν την περιοχή. Γι' αυτό, πριν από τη μονοδρόμηση, είναι απαραίτητο να γίνει μια συστηματική ενημέρωση των οδηγών και φυσικά να γίνει η κατάλληλη σήμανση.

### **ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**

Η αντιστροφή της κατεύθυνσης μιας ή περισσότερων λωρίδων κυκλοφορίας έχει σαν σκοπό να αξιοποιήσει την κυκλοφοριακή ικανότητα μιας αρτηρίας κατά τις περιόδους αιχμής. Μια άλλη παρόμοια εφαρμογή της ρύθμισης αυτής αποτελεί η πλήρης αντιστροφή της φοράς ενός μονόδρομου κατά την ώρα αιχμής ή ακόμη και η λειτουργία δρόμου διπλής κατεύθυνσης σαν μονόδρομου για τη χρήση από το δεσπόζοντα φόρτο. Από το 1971 στην Αγγλία (Birmingham), οι 7 λωρίδες κυκλοφορίας αυτοκινητοδρόμων, με κατάλληλη σήμανση, διαχωρίζονται κατά κατεύθυνση 4-3 ή 5-2 ανάλογα με τους φόρτους.

Η μέθοδος αυτή αποτελεί αναμφισβήτητα μια από τις πιο αποτελεσματικές ρυθμίσεις για την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας κατά την περίοδο αιχμής στο υφιστάμενο δίκτυο. Από μελέτες βρέθηκε ότι η εφαρμογή του μέτρου αυτού σε μια περιοχή η ένα διάδρομο, μπορεί να αποδώσει αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας κατά 5-15%, αύξηση της ταχύτητας λειτουργίας κατά 5-15 χλμ/ώρα και μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά 3-5%<sup>(9)</sup>

### **ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ**

Με την απαγόρευση της στάθμευσης στην οδό, πλήρως ή κατά ορισμένες περιόδους αιχμής, αποδίδεται στην κυκλοφορία η αντίστοιχη επιφάνεια του οδοστρώματος και αυξάνεται η κυκλοφοριακή του ικανότητα. Επί πλέον μειώνεται ο αριθμός των ατυχημάτων.

Η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας οδού όπου επιτρέπεται η στάθμευση είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που αντιστοιχεί στο χώρο που καταλαμβάνουν τα σταθμευμένα αυτοκίνητα. Πράγματι, πέρα από το χώρο αυτό, ο γειτονικός χώρος χρησιμοποιείται κάθε φορά που ένα αυτοκίνητο θέλει να σταθμεύσει ή να φύγει με αποτέλεσμα να προκαλεί, κατά την περίοδο του ελιγμού, επί πλέον μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού και να συμβάλλει στη δημιουργία κυκλοφοριακής συμφόρησης και ατυχημάτων. Πέρα από τους ελιγμούς, η επιβίβαση / αποβίβαση των επιβατών, οι πόρτες που ανοίγουν κ.λ.π., δημιουργούν πρόσθετες επιπτώσεις στην κυκλοφορία που πολλές φορές, σε στενές οδούς, εκτείνονται σε όλο τους το πλάτος.

Πέρα από τη βελτίωση της ροής των οχημάτων και τη μείωση των ατυχημάτων, η απαγόρευση της στάθμευσης στην οδό δυσκολεύει τη χρήση του επιβατικού αυτοκινήτου και ενισχύει έτσι τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

### **Επιπτώσεις Παράνομης Στάθμευσης**

Στις ελληνικές πόλεις όπου, λόγω έλλειψης χώρων στάθμευσης εκτός οδού, η παράνομη στάθμευση έχει καθιερωθεί και δεν αστυνομεύεται συστηματικά, η επίδραση της παράνομης στάθμευσης στην κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι σημαντική.

Μετρήσεις που έγιναν από το ΕΜΠ έδειξαν<sup>(10)</sup> ότι η απαγόρευση της στάθμευσης σε προσβάσεις σηματοδοτούμενων κόμβων μπορεί να αυξήσει την κυκλοφοριακή τους ικανότητα από 14% έως 145% με αντίστοιχη μείωση των καθυστερήσεων στάσης των οχημάτων κατά τις περιόδους αιχμής από 33% έως 88% και μείωση των εκπομπών CO από 39% έως 77%.

Η ίδια εργασία έδειξε ότι, κατά τις περιόδους αιχμής, η στάθμευση σε στάσεις λεωφορείων σε μια οδό με μέτρια κίνηση λεωφορείων (Λ. Παπάγου) υπερδιπλασιάζει το χρόνο διέλευσης για τα εμποδιζόμενα οχήματα και αυξάνει το χρόνο διέλευσης για όλη την οδό και όλα τα οχήματα (εμποδιζόμενα και μη) κατά 30%. *Αποτέλεσμα αυτών των καθυστερήσεων είναι ο διπλασιασμός της κατανάλωσης καυσίμων και ο πενταπλασιασμός των εκπομπών CO για τα εμποδιζόμενα οχήματα, ενώ για όλα τα οχήματα η κατανάλωση καυσίμων αυξάνεται κατά 16% και οι εκπομπές CO διπλασιάζονται.*

### **Αντιμετώπιση Προβλήματος Παράνομης Στάθμευσης**

Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία ενός σχεδίου αντιμετώπισης της παράνομης στάθμευσης αποτελεί η αύξηση της προσφοράς στάθμευσης ώστε να καλυφθεί τμήμα τουλάχιστον των καταργούμενων θέσεων παράνομης στάθμευσης. Η αύξηση αυτή μπορεί να προέλθει:

- *Βραχυπρόθεσμα (άμεσα)* από την καθιέρωση συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης με επιβολή τελών στάθμευσης και χρονικού περιορισμού, ώστε να αυξηθεί ο δείκτης εναλλαγής και κατά συνέπεια ο όγκος των εξυπηρετούμενων νόμιμων σταθμεύσεων.
- *Μεσοπρόθεσμα* από την κατασκευή χώρων στάθμευσης εκτός οδού, ώστε να αυξηθεί η προσφορά στάθμευσης στις περιοχές όπου καταργείται σημαντικός αριθμός παράνομων θέσεων στάθμευσης.

Παράλληλα θα πρέπει να βελτιωθούν οι Δημόσιες Συγκοινωνίες ώστε να προσελκύσουν τμήμα των μετακινήσεων που γινόταν με ΙΧ αυτοκίνητα πριν από την κατάργηση των παράνομων θέσεων στάθμευσης. Η βελτίωση αυτή μπορεί να γίνει:

- με τη δημιουργία χώρων μετεπιβίβασης ώστε τμήμα της ζήτησης στάθμευσης να μεταφερθεί εκτός του κέντρου
- με την ενόηση των Δημόσιων Συγκοινωνιών τόσο με τη δημιουργία ειδικών λωρίδων για λεωφορεία όσο και με την εξασφάλιση προτεραιότητας στο σύστημα σηματοδότησης.

Η αστυνόμευση όλων των θέσεων (επί πληρωμή, αποκλειστικής χρήσης κατοίκων, απαγορευόμενης στάθμευσης) αναλαμβάνεται είτε από τη Δημοτική Αστυνομία, είτε από σταθμοφύλακες της ιδιωτικής εταιρίας στάθμευσης στην οποία, σύμφωνα με την πρακτική των τελευταίων ετών, ανατίθεται η οργάνωση του συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης, ή τέλος με τη συνεργασία των δύο φορέων. Στην αστυνόμευση των αστικών αρτηριών και των κρίσιμων από πλευράς κυκλοφορίας σηματοδοτούμενων κόμβων συνήθως συνεπικουρεί και η Τροχαία.

Έως ότου επιτευχθεί η αύξηση των προσφερομένων θέσεων στάθμευσης στην οδό, είτε με την εφαρμογή συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης ή με την κατασκευή χώρων στάθμευσης εκτός οδού, δεν είναι πάντα εφικτή η άμεση απαγόρευση όλης της παράνομης στάθμευσης, μπορεί όμως να εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα επιλεκτικής και συστηματικής αστυνόμευσης στα κρίσιμα μόνο σημεία του κύριου οδικού δικτύου, όπως σηματοδοτούμενοι κόμβοι, στάσεις και στροφές λεωφορείων, στενά πεζοδρόμια κλπ.

## **ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ & ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ**

Η βελτίωση και προνομιακή μεταχείριση των Μαζικών Μέσων Μεταφορών (MMM) αποτελεί ίσως την κατηγορία εκείνη των μέτρων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας που μπορεί να έχει τα πιο ευεργετικά αποτελέσματα τόσο για την καλύτερη αξιοποίηση των υφιστάμενων συστημάτων μεταφορών και την αποφυγή κατασκευής νέων όσο και για τη βελτίωση των αρνητικών επιπτώσεων από την εκτεταμένη χρησιμοποίηση των επιβατικών αυτοκινήτων Ι.Χ.

Ιδιαίτερα για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη καθώς και τις άλλες μεγάλες ελληνικές πόλεις όπου οι δυσχέρειες που προκύπτουν από τη σημερινή πυκνή δόμηση, την τοπογραφία, τους αρχαιολογικούς χώρους και άλλα εμπόδια, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός εκτεταμένου οδικού δικτύου για την ελεύθερη χρήση του επιβατικού αυτοκινήτου, η βελτίωση των μαζικών συγκοινωνιών αποτελεί μία επιτακτική ανάγκη.

Σημειώνεται ότι από το 1965 στην Αθήνα παρατηρείται μια σημαντική και συνεχής πτώση του αριθμού των ανά κάτοικο μετακινήσεων με μαζικά μέσα<sup>(3)</sup> με αντίστοιχη αύξηση της χρήσης των επιβατικών αυτοκινήτων ΙΧ. Πράγματι, ενώ μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 60 δύο στις τρεις μετακινήσεις στην Αθήνα γίνονταν με MMM, η αναλογία αυτή έχει αντιστραφεί σήμερα, δηλαδή μόνο μία στις τρεις μετακινήσεις γίνονται με MMM.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των χαρακτηριστικών των μετακινήσεων στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Π.Σ.Θ.)<sup>(11)</sup> δείχνουν επίσης μία εντυπωσιακή αύξηση των μετακινήσεων με ΙΧ αυτοκίνητο σε βάρος των μετακινήσεων με MMM τα τελευταία χρόνια.

Η βελτίωση των μαζικών μεταφορών θα πρέπει να στοχεύσει, μαζί με τα άλλα μέτρα αποθάρρυνσης της χρήσης των επιβατικών αυτοκινήτων ΙΧ, στη σταθεροποίηση καταρχήν και την αύξηση αργότερα της χρήσης των MMM. Σε πρόσφατη έρευνα που έγινε στη Θεσσαλονίκη<sup>(12)</sup> με αντικείμενα α) τις επιπτώσεις διαφόρων μέτρων διαχείρισης της ζήτησης μεταφορών όπως, περιορισμός της κυκλοφορίας, βελτίωση των MMM κ.α. στη χρήση των MMM και β) στη διερεύνηση των προτιμήσεων του κοινού για την εφαρμογή διαφόρων μέτρων διαχείρισης κυκλοφορίας για την επίλυση κυκλοφοριακών προβλημάτων βρέθηκαν τα παρακάτω:

- Ανάμεσα από τα διάφορα μέτρα διαχείρισης της ζήτησης η βελτίωση των MMM θεωρείται το πιο αποτελεσματικό μέτρο για την αύξηση της χρήσης των MMM, ιδιαίτερα από τα άτομα μεσαίων κοινωνικοοικονομικών στρωμάτων
- Η πλειονότητα του πληθυσμού πιστεύει ότι η βελτίωση των MMM αποτελεί πρώτης προτεραιότητας μέτρο για την επίλυση των κυκλοφοριακών προβλημάτων.

Ο σχεδιασμός των μέτρων για τη βελτίωση των Μ Μ Μ και ειδικότερα των λεωφορείων έχει ως κυρίως στόχους:

- I. τη μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου των οδών, όπου παρατηρείται υψηλή πυκνότητα λεωφορείων
- II. τη μείωση του χρόνου διαδρομής και της καθυστέρησης των μετακινούμενων ατόμων
- III. την αύξηση της επιβατικής κίνησης των λεωφορείων με προσέλκυση νέων επιβατών από τα Ι.Χ. και TAXI.



Η βελτίωση της προγραμματισμένης λειτουργίας των λεωφορείων είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των διαδρομών, χωρίς αυτό να συνεπάγεται αύξηση του απαιτούμενου αριθμού οχημάτων ή αύξηση του κόστους λειτουργίας.

Για ένα σωστό σχεδιασμό και προγραμματισμό των μέτρων που θα ληφθούν πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βασικά βήματα<sup>(2)</sup>:

- I. αξιολόγηση των υφισταμένων συνθηκών
- II. αναγνώριση των αδυναμιών και προβλημάτων των μαζικών συγκοινωνιών
- III. αξιολόγηση των εναλλακτικών προτεινομένων λύσεων βελτίωσης
- IV. ανάπτυξη ενός προγράμματος βελτιώσεων με βάση το κόστος, την αποτελεσματικότητα και την ευκολία εφαρμογής του.

#### ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ (M.M.M.) ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Η προνομιακή μεταχείριση των λεωφορείων κατά μήκος των οδικών αρτηριών αποτελεί μια μέθοδο αύξησης της αποδοτικότητας χρήσης ενός οδικού δικτύου με ελάχιστο κόστος, και έχει ως στόχο τον χωρικό και χρονικό διαχωρισμό των λεωφορείων και των επιβατικών αυτοκινήτων.

Η εύρεση της βέλτιστης λύσης για τα μέτρα προνομιακής μεταχείρισης των λεωφορείων κατά μήκος των ειδικών διαδρομών, προϋποθέτει την αξιολόγηση των παρακάτω<sup>(2)</sup>:

- Πλάτος οδών και περιορισμοί στάθμευσης παρά το κράσπεδο
- Κυκλοφοριακοί φόρτοι και αναλογίες φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα
- Θέσεις των κυριότερων χώρων στάθμευσης
- Θέσεις των καταστημάτων, χώρων εργασίας και άλλων πόλων γένεσης μετακινήσεων
- Διαδρομές λεωφορείων
- Απαιτήσεις χώρων στο κράσπεδο για μετεπιβίβαση των επιβατών
- Χρόνοι διαδρομής και καθυστερήσεις των λεωφορείων και των επιβατικών οχημάτων
- Απαιτήσεις για τη φορτοεκφόρτωση αγαθών.

#### ***Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Λεωφορειοδρόμων και Αποκλειστικών Λωρίδων για Λεωφορεία***

- I. Οι βελτιώσεις των κυκλοφοριακών συνθηκών αποσκοπούν στη βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας της χρήσης του οδικού δικτύου. Οι βελτιώσεις των κυκλοφοριακών συνθηκών που σχετίζονται με την κυκλοφορία των λεωφορείων περιλαμβάνουν την επέκταση οδών για καλύτερη κατανομή της κυκλοφορίας, βελτιώσεις της σηματοδότησης (συντονισμένη σηματοδότηση, παραχώρηση προτεραιότητας στα λεωφορεία), βελτιώσεις της διοχετευτικής διαρρύθμισης, απαγορεύσεις στροφών από τις οποίες εξαιρούνται τα λεωφορεία, χώροι παραμονής λεωφορείων για επιβίβαση / αποβίβαση επιβατών, μεταφορά και κατασκευή στάσεων με ικανό αριθμό θέσεων λεωφορείων, βελτιώσεις των χώρων στάσης και παραμονής των λεωφορείων.

- II. Η απαγόρευση της στάθμευσης παρά το κράσπεδο, τουλάχιστον κατά τις ώρες αιχμής, αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία αποκλειστικών λωρίδων για λεωφορεία. Το μέτρο αυτό:
- οδηγεί στην δημιουργία πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας διαθέσιμης για κυκλοφορία, και συνεπώς αυξάνει την κυκλοφοριακή ικανότητα
  - ελαττώνει τις καθυστερήσεις που προέρχονται απ' τους ελιγμούς στάσης των λεωφορείων
  - διευκολύνει την πρόσβαση των λεωφορείων στις στάσεις.
- III. Τα μέτρα προνομιακής μεταχείρισης των λεωφορείων πρέπει να αποσκοπούν στη μείωση του μέσου χρόνου διαδρομής. Επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις η απόλυτη τιμή του εξοικονομούμενου χρόνου είναι μικρή, πρέπει να δοθεί έμφαση στην πιστή εφαρμογή των δρομολογίων και του προγραμματισμένου χρόνου διαδρομής. Στις περιοχές προτεραιότητας των λεωφορείων μια μείωση του χρόνου διαδρομής της τάξεως του 10-15% αποτελεί επιθυμητό στόχο.
- IV. Η ευρεία χρήση αποκλειστικών λωρίδων κυκλοφορίας για λεωφορεία είναι απαραίτητη για την αύξηση των ταχυτήτων των λεωφορείων, ώστε να προκαλούνται σημαντικές μειώσεις του κόστους λειτουργίας ή / και αυξήσεις του αριθμού των επιβατών.
- V. Κατά την κατασκευή λωρίδων αποκλειστικής κυκλοφορίας λεωφορείων και λεωφορειοδρόμων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες εξυπηρέτησης των παρακείμενων χρήσεων γης, ειδικά για τις λωρίδες λεωφορείων που κατασκευάζονται αντίθετα στη ροή κυκλοφορίας. Πολλές ιδιοκτησίες παρέχουν πρόσβαση για φορτοεκφορτώσεις και διανομές μόνο επί της οδού, όπου προβλέπεται η δημιουργία λωρίδας λεωφορείων, γεγονός που αποκλείει τη δημιουργία λεωφορειοδρόμων και δυσκολεύει την εφαρμογή ειδικών λωρίδων για λεωφορεία. Κατά τις ώρες εφαρμογής των μέτρων προτεραιότητας των λεωφορείων απαιτείται η απαγόρευση των φορτοεκφορτώσεων ή η πραγματοποίησή τους στην απέναντι πλευρά του δρόμου, όπου είναι δυνατόν, σε παρακείμενες ή παράλληλες οδούς και σε ειδικές περιοχές φορτοεκφόρτωσης εκτός οδού.
- VI. Ο σχεδιασμός των λωρίδων κυκλοφορίας των λεωφορείων θα πρέπει να βασίζεται στο διαθέσιμο πλάτος της οδού και στις λειτουργικές απαιτήσεις, παράγοντες που υπαγορεύουν το απαιτούμενο πλάτος των αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων (που όμως θα πρέπει να είναι 3 μέτρα τουλάχιστον), τη σήμανση της οδού και του οδοστρώματος καθώς και την αποδοχή των δεξιών στροφών των άλλων μέσων μεταφοράς μόνο όπου είναι αδύνατη η απαγόρευση τους.
- VII. Οι ειδικές λωρίδες λεωφορείων θα πρέπει να δημιουργούνται όπου είναι δυνατό να κατασκευασθούν αλλά χωρίς αυτό να προκαλεί μείωση των διαθέσιμων λωρίδων του κύριου ρεύματος κυκλοφορίας. Αυτό συνεπάγεται την απαγόρευση στάθμευσης παρά το κράσπεδο ή μείωσης του πλάτους των λωρίδων.
- VIII. Η αποτελεσματική αστυνόμευση των λωρίδων αποκλειστικής χρήσης από λεωφορεία είναι επιβεβλημένη και θα πρέπει να συνοδεύεται από προγράμματα υποστήριξης.
- IX. Η χρήση των αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων και των λεωφορειοδρόμων από τα οχήματα άμεσης βοήθειας πρέπει να επιτρέπεται σε όλες τις περιπτώσεις. Η χρήση από τα ταξί μπορεί να επιτραπεί στις περιπτώσεις που οι λωρίδες χρησιμοποιούνται από λιγότερα από 60 λεωφορεία κατά τις ώρες αιχμής και ο αριθμός των αναμενόμενων ταξί είναι μικρός. Εξυπακούεται ότι η στάση των TAXI για επιβίβαση / αποβίβαση στις αποκλειστικές λωρίδες απαγορεύεται.
- X. Στις κεντρικές περιοχές, η μεγάλη αναλογία επιβατών που χρησιμοποιούν τα λεωφορεία κατά τις ώρες αιχμής, σε σχέση με τις άλλες ώρες της ημέρας, καθιστά

απαραίτητη είτε τη δημιουργία λεωφορειοδρόμων είτε τη λήψη μέτρων προτεραιότητας λεωφορείων σε ειδικές λωρίδες που δεν θα χρησιμοποιούνται από επιβατικά οχήματα. Οι λεωφορειοδρόμοι μπορούν να εισχωρήσουν σε περιοχές εμπορικών δραστηριοτήτων εξασφαλίζοντας βελτίωση των δρομολογίων, καθώς και επέκταση και βελτίωση των πεζοδρομημένων περιοχών.

### ***Πλεονεκτήματα των Αποκλειστικών Λωρίδων Λεωφορείων***

- Αύξηση της μέσης ταχύτητας λεωφορείου, ιδίως για τις ώρες αιχμής σε κεντρικές περιοχές όπου οι ταχύτητες μειώνονται σημαντικά (μικρότερες των 10 χλμ/ώρα). Η μείωση του χρόνου διαδρομής είναι ανάλογη του μήκους της αποκλειστικής λωρίδας. Σε περιπτώσεις όμως προβληματικών σημείων, λωρίδες μικρού μήκους αποδεικνύονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές (π.χ. λωρίδες αντίθετης κατεύθυνσης στη Lille Γαλλίας μήκους μόνο 240 μέτρων μείωσαν το χρόνο διαδρομής κατά 15-20 λεπτά σε ώρα αιχμής)
- Βελτίωση συχνότητας και κατά συνέπεια αξιοπιστίας στα προγραμματισμένα δρομολόγια
- Στην ειδική περίπτωση λωρίδων αντίθετα προς τη ροή κυκλοφορίας (contra-flow lanes) πετυχαίνεται η καλύτερη εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού με μείωση της απόστασης περπατήματος που αλλιώς, λόγω μονοδρόμησης, θα αυξανότανε
- βελτίωση άνεσης
- βελτίωση ασφάλειας
- *μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οικονομία στην ενέργεια (λιγότερες επιταχύνσεις και φρεναρίσματα, αύξηση της λειτουργικής ταχύτητας κ.α.)*

### ***Μειονεκτήματα των Αποκλειστικών Λωρίδων Λεωφορείων***

- Δυσκολίες στη φορτοεκφόρτωση αγαθών
- Συμμόρφωση των λοιπών οχημάτων και δυσκολία ελέγχου
- Μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας για τα υπόλοιπα οχήματα

### ***Αντιμετώπιση προβλημάτων***

#### *Δυσκολίες στη φορτοεκφόρτωση αγαθών*

Αυτό αποτελεί και το κυριότερο πρόβλημα κατά τη δημιουργία αποκλειστικών λωρίδων για λεωφορεία στην άκρη του οδοστρώματος. Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού γίνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Να επιτρέπεται η στάθμευση για φορτοεκφόρτωση στην λωρίδα ορισμένες ώρες της ημέρας (ώρες εκτός αιχμής). Αυτή η λύση είναι και η πιο συνηθισμένη αλλά η εφαρμογή της απαιτεί σωστή αστυνόμευση
- Χρήση γειτονικών δρόμων για την φορτοεκφόρτωση. Η λύση αυτή δύσκολα μπορεί να εφαρμοσθεί καθώς πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη διάταξη του οδικού δικτύου της περιοχής

- Δημιουργία ειδικής λωρίδας για φορτοεκφορτώσεις. Η μέθοδος αυτή επιλύει το πρόβλημα της στάθμευσης αλλά όχι της διέλευσης κατά μήκος της λωρίδας των λεωφορείων. Υπάρχει δυνατότητα κατασκευής ειδικού χώρου στάθμευσης για φορτοεκφόρτωση πάνω στο πεζοδρόμιο

#### *Συμμόρφωση των λοιπών οχημάτων και έλεγχος των ειδικών λωρίδων*

Οι λωρίδες λεωφορείων κατά τη ροή της κυκλοφορίας παραβιάζονται πολύ συχνά από τα λοιπά οχήματα, κυρίως τα επιβατικά ΙΧ και ταξί, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται σημαντικά η κίνηση των λεωφορείων.

Μερικοί βασικοί παράγοντες οι οποίοι ενισχύουν την συμμόρφωση των οδηγών στο να μην παραβιάζουν τις ειδικές λωρίδες είναι:

- Η ποιότητα των εγκαταστάσεων (σωστός σχεδιασμός, σήμανση, λειτουργικά χαρακτηριστικά κ.α)
- Το μέγεθος και η έκταση του δικτύου των λωρίδων λεωφορείων
- Η χρησιμότητα τους, εκφρασμένη ποσοτικά και ποιοτικά, που πρέπει να γίνει γνωστή στο κοινό ώστε να υπάρξει η απαιτούμενη συμμόρφωση
- Ο σωστός έλεγχος και σε περίπτωση παραβιάσεων η επιβολή προστίμου

#### **Ώρες λειτουργίας**

Οι ώρες λειτουργίας για τις ειδικές λωρίδες λεωφορείων διαφέρουν από χώρα σε χώρα, αλλά επικρατούν τρεις κύριες τάσεις:

- I. Η λωρίδα χρησιμοποιείται καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου
- II. Η λωρίδα χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας (συνήθως 8.0 π.μ. έως 8. μ.μ.)
- III. Η λωρίδα χρησιμοποιείται μόνο τις ώρες αιχμής

Μολονότι η χρήση των ειδικών λωρίδων καθόλη τη διάρκεια της ημέρας απλοποιεί την εγκατάσταση της σηματοδότησης και γίνεται πιο κατανοητή στους χρήστες της οδού, η χρήση των λωρίδων για μικρότερα χρονικά διαστήματα είναι αναγκαία πολλές φορές για την επίλυση προβλημάτων φορτοεκφόρτωσης και κυκλοφοριακής συμφόρησης για ώρες εκτός αιχμής.

#### **Χρήση των λωρίδων από άλλα οχήματα**

Εκτός από τα μέσα μαζικής μεταφοράς οι ειδικές λωρίδες μπορεί να χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση και από άλλες ειδικές κατηγορίες οχημάτων:

- ταξί, με την προϋπόθεση ότι δεν σταματούν για την επιβίβαση και αποβίβαση επιβατών (π.χ. Βανκούβερ, Παρίσι, Ρώμη, Στοκχόλμη, Τουλούζη)
- οχήματα πρώτης ανάγκης
- οχήματα φορτοεκφόρτωσης για ορισμένες ώρες της ημέρας
- ποδήλατα (Μάντσεστερ, Οξφόρδη, Στοκχόλμη, κ.α.) μόνο στις λωρίδες κατά τη ροή της κυκλοφορίας. Όσον αφορά τα δίκυκλα, η παρουσία τους στις ειδικές λωρίδες δημιουργεί ορισμένες φορές λειτουργικά προβλήματα καθώς και προβλήματα

ασφάλειας. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη το αν επιτραπεί τελικά ή όχι η είσοδος τους στις λωρίδες αυτές.

### Προϋποθέσεις Εφαρμογής

Η υλοποίηση των μέτρων προνομιακής μεταχείρισης των λεωφορείων κατά μήκος των αρτηριών, υπόκειται σε περιορισμούς περιβαλλοντικούς και χρήσης γης. Οι προϋποθέσεις δημιουργίας λωρίδων κυκλοφορίας λεωφορείων καθορίζονται από τους αρμόδιους Φορείς ΜΜΜ, τους Δήμους και Κοινότητες και πιθανώς συναρμόδια Υπουργεία.

Σύμφωνα με το Institute of Traffic Engineers των ΗΠΑ, ο απαιτούμενος αριθμός λεωφορείων κατά την ώρα αιχμής για τη δημιουργία λωρίδων στο άκρον της οδού είναι 60 λεωφ./ώρα ενώ για τη δημιουργία λωρίδων στο μέσον της οδού είναι 75 λεωφ./ώρα. Το Transport and Road Research Laboratory της Μεγ. Βρετανίας προϋποθέτει φόρτο 40 λεωφορείων και 2000 επιβατών κατά την ώρα αιχμής. Και τα δύο κριτήρια προϋποθέτουν την ύπαρξη στην αποκλειστική λωρίδα λεωφορείων τουλάχιστον ενός λεωφορείου σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο κατά την ώρα αιχμής.

Ένα εύκολο σε εφαρμογή κριτήριο για τη δημιουργία λωρίδας λεωφορείων στηρίζεται στην εμπειρία των φορέων ΜΜΜ της Βαλτιμόρης, σύμφωνα με το οποίο "όταν ο αριθμός των επιβατών που μεταφέρονται σε μία λωρίδα από τα μέσα μαζικής μεταφοράς ισούται με τον αριθμό των επιβαινόντων σε επιβατικά οχήματα σε γειτονική λωρίδα, τότε τα λεωφορεία δικαιούνται την αποκλειστική χρήση της πρώτης λωρίδας".

### Παραδείγματα Εφαρμογής – Αποτελέσματα

Αποκλειστικές λωρίδες κυκλοφορίας λεωφορείων έχουν εφαρμοσθεί σε σημαντικό αριθμό δικτύων Δημοσίων Συγκοινωνιών σε όλο τον κόσμο. Για την εκτίμηση των βελτιώσεων και των προβλημάτων που προέκυψαν σαν αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτής έγιναν μελέτες μετά την εφαρμογή και συγκρίσεις με τα δεδομένα της κατάστασης πριν την εφαρμογή.

Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση στους πίνακες 6 και 7 των κυριότερων περιπτώσεων εφαρμογής ειδικών λωρίδων λεωφορείων στην Ευρώπη και την Αμερική. Στους ίδιους πίνακες φαίνονται ακόμη, οι βελτιώσεις και διάφορα προβλήματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των λωρίδων.

Τύπος Εφαρμογής	Μήκος Λωρίδας (m)	Φόρτος Λεωφορείων (λεωφ./ώρα)	Επιπτώσεις στα Λεωφορεία	Επιπτώσεις στους άλλους χρήστες
<b>Καναδάς</b>				
Οτάβα, Albert Str.	2400	120	0-15% μείωση του χρόνου διαδρομής	0-10% μείωση ταχυτήτων
Rideau Str.	3050	170	0-15% μείωση του χρόνου διαδρομής	30% αύξηση έως 15% μείωση ταχυτήτων
Τορόντο, Eglinton Ave	5150	80	05-25% μείωση του χρόνου διαδρομής	110 δευτ. μείωση του χρόνου διαδρομής
<b>Γαλλία</b>				
Παρίσι, Rue Beaubourg	885	35	αύξηση ταχύτητας αχμή 3.4km/ti εκτός αχμής 0.8km/h	
Boulevard des Invalides	450	34	αχμή 7.4km/h εκτός αχμής 1.6km/h	

Τόπος Εφαρμογής	Μήκος Λωρίδας (m)	Φόρτος Λεωφορείων (λεωφ./ώρα)	Επιπτώσεις στα Λεωφορεία	Επιπτώσεις στους άλλους χρήστες
<i>Ave de Wag ram</i>	225	30	αχμή 4.6km/h εκτός αχμής 0.3km/h	
<b>Αγγλία</b>				
<i>Λονδίνο Brixton Rd.</i>	320	100	μείωση του χρόνου διαδρομής 2 λεπτά	μείωση του χρόνου διαδρομής 0.5 λεπτό
<i>Vauxhall Bridge</i>	675	60	μείωση του χρόνου διαδρομής 7 λεπτά	μείωση του χρόνου διαδρομής 1-2 λεπτά
<i>Park Lane</i>	165	140	μείωση του χρόνου διαδρομής 1 λεπτό	μείωση του χρόνου διαδρομής 1-2 λεπτά
<i>Bridge Rd</i>	130	60	μείωση του χρόνου διαδρομής 1 λεπτό	μείωση του χρόνου διαδρομής 1-2 λεπτά
<b>Η.Π.Α.</b>				
<i>Νέα Υόρκη First Avenue</i>	3060	110	μείωση του χρόνου διαδρομής 27%	
<i>Newark St.</i>	550	100	μείωση του χρόνου διαδρομής 7 λεπτά	
<i>Third Ave.</i>	1290	44	μείωση του χρόνου διαδρομής 27%	
<i>Louisville, Kg</i>	2410	12	μείωση του χρόνου διαδρομής 25%	29% μείωση του χρόνου διαδρομής των ΙΧ αυτοκινήτων

**Πίνακας 6** Παραδείγματα εφαρμογής αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων κατά τη ροή της κυκλοφορίας<sup>(13)</sup>

Τόπος Εφαρμογής	Μήκος Λωρίδας (m)	Φόρτος Λεωφορείων (λεωφ./ώρα)	Επιπτώσεις στα Λεωφορεία	Επιπτώσεις στους άλλους χρήστες
<b>Καναδάς</b>				
<i>Calgary 7th Avenue</i>	2300	46	12% αύξηση ταχύτητας λεωφορείων	μείωση της ταχύτητας κατά 15%
<b>Δανία</b>				
<i>Κοπεγχάγη Bremerholm</i>	360	15	βελτίωση στο χρόνο διαδρομής και στην αξιοπιστία	καμία επίπτωση
<b>Γαλλία</b>				
<i>Παρίσι Avenue Montaigne</i>	660	33	αύξηση της ταχύτητας διαδρομής κατά 56% (αχμή) & 44% (εκτός αχμής)	
<i>Bd. St. Michel</i>	630	68	30% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<i>Τουλούζη Rue α' Alsace</i>	800	135	10% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<i>Lille Rue Faidherbe</i>	240	70	25% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<i>Μασσαλία Rue de Rome</i>	700	20	200% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	

Τόπος Εφαρμογής	Μήκος Λωρίδας (m)	Φόρτος Λεωφορείων (λεωφ./ώρα)	Επιπτώσεις στα Λεωφορεία	Επιπτώσεις στους άλλους χρήστες
Avenue de Toulon	700	23	180% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
Rue Paradis	1000		230% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<b>Ιταλία</b>				
Μπολόνια Via Saragozza	2250	18	20% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<b>Ισπανία</b>				
Μαδρίτη Delicia	230	100	20% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	αύξηση της μέσης ταχύτητας
<b>Αγγλία</b>				
Reading King's Rd	920	50	48% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	20% αύξηση της μέσης ταχύτητας
Λονδίνο Tottenham High Rd	780	73	33% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής	
<b>Η.Π.Α.</b>				
San Juan	17600	49/67	45% αύξηση της ταχύτητας διαδρομής (μείωση χρόνου κατά 42 λεπτά)	

**Πίνακας 7** Παραδείγματα εφαρμογής αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων αντίθετα στη ροή της κυκλοφορίας<sup>(13)</sup>

#### ΛΟΙΠΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ Μ.Μ.Μ.

##### Επικοινωνία και Κατεύθυνση Οχημάτων

Η επικοινωνία μεταξύ των λεωφορείων και ενός κεντρικού σταθμού δίνει τη δυνατότητα στη διοίκηση να επιβλέπει και να κατευθύνει τη λειτουργία του όλου συστήματος, βελτιώνοντας έτσι την απόδοσή του. Η επικοινωνία γίνεται κυρίως με τους παρακάτω τρόπους:

- Με ραδιοφωνική επικοινωνία δύο κατευθύνσεων AM ή FM, όπου η μεταβίβαση των πληροφοριών γίνεται μόνο με προσωπική επικοινωνία.
- Με αυτόματη καταγραφή της θέσεως των λεωφορείων μέσω ηλεκτρονικών συσκευών τοποθετημένων σε ορισμένες θέσεις του δικτύου διαδρομών των λεωφορείων οι οποίες στέλνουν τα κατάλληλα σήματα σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου υπολογίζεται η θέση κάθε λεωφορείου ανάλογα με τη χρονική στιγμή που πέρασε από το πλησιέστερο σημείο ελέγχου και το χρόνο που πέρασε από τότε. Με βάση τις θέσεις των λεωφορείων δίνονται ραδιοφωνικά οι κατάλληλες οδηγίες στους οδηγούς για την πιο αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.
- Με εφαρμογή συστημάτων καταγραφής της θέσης (GPS) στο οδικό δίκτυο που έχει αποτυπωθεί ηλεκτρονικά με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).

Με την επικοινωνία μεταξύ των λεωφορείων και ενός κεντρικού σταθμού γίνεται δυνατή:

- I. Η πιστότερη και πιο αποτελεσματική εφαρμογή των δρομολογίων με τη συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο όλων των λεωφορείων.
- II. Η έγκαιρη επισήμανση και αντιμετώπιση βλαβών.
- III. Η μείωση των δαπανών σε προσωπικό και οχήματα με την αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση των λεωφορείων.

### **Πολιτική Συντήρησης**

Η πολιτική συντήρησης που θα εφαρμοσθεί σε ένα σύστημα μαζικών μεταφορών επηρεάζει σημαντικά τόσο την απόδοση του συστήματος όσο και την εικόνα που παρουσιάζει στο κοινό. Η ορθή συντήρηση ενός στόλου λεωφορείων μπορεί να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος, να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των οχημάτων που βρίσκονται εκάστοτε εκτός υπηρεσίας λόγω βλαβών ή συντήρησης και να αυξήσει την αξιοπιστία του συστήματος, μειώνοντας στο ελάχιστο τις περιπτώσεις βλαβών κατά την περίοδο υπηρεσίας των οχημάτων.

Μία σωστά προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση μειώνει στο ελάχιστο τις βλάβες. Ο προγραμματισμός της προληπτικής συντήρησης θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος των προληπτικών και των μη αναμενόμενων (βλάβες) επισκευών και της κατανάλωσης σε καύσιμα, λάδια, λιπαντικά κ.λ.π.

### **Πολιτική Πωλήσεων**

Οι κύριοι σκοποί μιας πολιτικής πωλήσεων (marketing) ενός συστήματος μαζικών μεταφορών είναι:

- I. Να δημιουργήσει μία ευνοϊκή εικόνα του συστήματος
- II. Να ενημερώσει το κοινό για τις προσφερόμενες υπηρεσίες
- III. Να προσελκύσει νέους πελάτες και να ενθαρρύνει τους υφιστάμενους πελάτες να χρησιμοποιούν συχνότερα το σύστημα, με την προσπάθεια καλύτερης ικανοποίησης των αναγκών τους.

Για να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω σκοποί απαιτείται η σύνταξη και εφαρμογή ενός ευρύτερου προγράμματος που να περιλαμβάνει:

- *Έρευνα της αγοράς* με μετρήσεις ή συνεντεύξεις επιβατών από τις οποίες θα προκύψουν τόσο οι ανάγκες μετακίνησης (προελεύσεις προορισμοί, χρονική κατανομή κλπ) όσο και οι προτιμήσεις του κοινού.
- *Πολιτική κομίστρων*. Γενικά το ύψος των κομίστρων είναι συνάρτηση των προσφερομένων υπηρεσιών, του ποσού που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι επιβάτες και της πολιτικής για κρατική επιχορήγηση των δημόσιων συγκοινωνιών. Αλλά, μία πολιτική κομίστρου πρέπει να αποβλέπει κυρίως στην αύξηση της πελατείας και την αποτελεσματικότερη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών με διάφορες ενέργειες όπως η πρόβλεψη ειδικών χαμηλών κομίστρων για ορισμένες γραμμές με μικρή κίνηση και για ορισμένες χρονικές περιόδους της ημέρας ή της εβδομάδας όταν η επιβατική κίνηση είναι περιορισμένη.



- *Προγράμματα Επικοινωνίας με το Κοινό* με το διπλό σκοπό αφενός να γίνουν γνωστές στο ευρύ κοινό οι υπηρεσίες που προσφέρονται από το σύστημα και να διαφημιστούν τα πλεονεκτήματα του και αφετέρου να δοθούν πληροφορίες στους πελάτες για τον τρόπο χρησιμοποίησης του συστήματος με τη βοήθεια χαρτών, πινάκων δρομολογίων και οδηγιών που μπορεί να υπάρχουν στα λεωφορεία, στις στάσεις και τους τερματικούς σταθμούς, να δημοσιεύονται στις εφημερίδες, να διανέμονται κ.λ.π. Σημασία για τη διευκόλυνση του κοινού στη χρησιμοποίηση του συστήματος έχει και ο τρόπος που θα χαρακτηριστούν οι διάφορες γραμμές (αρίθμηση) και θα σημειωθούν ανάλογα τα λεωφορεία και οι στάσεις. Ήδη μέσω του INTERNET, διάφοροι συγκοινωνιακοί οργανισμοί εμφανίζουν τα δρομολόγια και τα ωράρια των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, προσπαθώντας να επικοινωνήσουν πιο άμεσα με τα επιβατικό κοινό.

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Η διαχείριση της στάθμευσης σε μια περιοχή μέσα στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης πολιτικής στάθμευσης αποτελεί μια άμεση μέθοδο επηρεασμού της κυκλοφοριακής ροής σ' αυτήν την περιοχή. Συγκεκριμένα, αποφάσεις σχετικά με τη θέση των χώρων στάθμευσης, τον αριθμό των θέσεων στάθμευσης στην οδό ή εκτός οδού, τα τέλη στάθμευσης για κάθε διάρκεια στάθμευσης και τη μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια στάθμευσης, επηρεάζουν άμεσα το μέγεθος και τη γεωγραφική και χρονική κατανομή της κυκλοφορίας και πρέπει επομένως να εξετάζονται σε συνδυασμό με όλα τα άλλα μέτρα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.

Η πολιτική στάθμευσης για τα κέντρα των μεγαλουπόλεων πρέπει να έχει ως στόχο όχι την ανεξέλεγκτη ικανοποίηση των αναγκών για στάθμευση αλλά την ικανοποίηση της ζήτησης ώστε να υπάρχει μια ισορροπημένη χρήση μαζικών μέσων μεταφοράς και επιβατικών αυτοκινήτων (ΙΧ και ταξί), ανάλογα με την προσφερόμενη κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού δικτύου.

Η γενική αρχή που πρέπει να διέπει την πολιτική στάθμευσης είναι η προστασία του κέντρου των μεγαλουπόλεων αφενός από την προσέλευση ενός υπερβολικά μεγάλου αριθμού αυτοκινήτων και αφετέρου από την ανεξέλεγκτη μακρόχρονη στάθμευση. Η ζήτηση για στάθμευση πρέπει να ελέγχεται και να κατευθύνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι αρνητικές επιπτώσεις στο εμπόριο, ενώ παράλληλα πρέπει να εξασφαλίζονται οι προϋποθέσεις για τη στάθμευση των κατοίκων.

Οι κύριοι στόχοι μιας ολοκληρωμένης πολιτικής είναι:

- I. **Κάλυψη των αναγκών στάθμευσης με δημιουργία χώρων στάθμευσης εκτός οδού και εφαρμογή συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης στην οδό** για τις περιπτώσεις όπου είναι επιθυμητή και απαραίτητη η χρησιμοποίηση του επιβατικού αυτοκινήτου, στο μέτρο που επιτρέπει η κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού δικτύου.
- II. **Πλήρης εξάλειψη της παράνομης στάθμευσης** με συστηματική και αυστηρή αστυνόμευση, ιδιαίτερα στις κρίσιμες θέσεις όπως προσβάσεις κόμβων, στάσεις και στροφές λεωφορείων. Επιπρόσθετα θα πρέπει να αναπτυχθούν οι μηχανισμοί για καθολική είσπραξη των προστίμων.
- III. **Οργάνωση και τιμολόγηση των θέσεων στάθμευσης** στην οδό ώστε να δοθεί προτεραιότητα στη βραχυχρόνια στάθμευση και να εξασφαλιστούν θέσεις για τους κατοίκους και τα δίκυκλα.
- IV. **Οργάνωση χώρων μετεπιβίβασης** που θα επιτρέψουν την καλύτερη συνεργασία μεταξύ των επιβατικών αυτοκινήτων και των Μαζικών Μέσων Μεταφοράς (MMM) ώστε να περιοριστεί η χρήση των πρώτων, όπου αυτό είναι απολύτως αναγκαίο. Έτσι οι εργαζόμενοι στο κέντρο της πόλης θα ενθαρρύνονται να σταθμεύουν στην περίμετρο του κέντρου ή και ακόμα μακρύτερα αντί να προσπαθούν να σταθμεύσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα κοντά στην εργασία τους, δεσμεύοντας θέσεις που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν πολλαπλάσιες βραχυχρόνιες σταθμεύσεις. Η επίτευξη του στόχου αυτού προϋποθέτει υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης από τα MMM.

Επισημαίνεται ιδιαίτερα η ανάγκη εξασφάλισης *δυνατότητας στάθμευσης στους κατοίκους των πυκνοδομημένων περιοχών* του κέντρου και της περιφέρειας όπου οι χώροι στάθμευσης εκτός

οδού είναι περιορισμένοι και ο ανταγωνισμός επί της οδού από άλλους (εργαζόμενους, επισκέπτες κλπ.) είναι μεγάλος.

Η επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων είναι δυνατή μόνο με συντονισμένες ενέργειες που θα υιοθετούν ένα σύνολο συμπληρωματικών μέτρων, τα οποία θα στοχεύουν όχι μόνο στον έλεγχο του αριθμού των θέσεων στάθμευσης αλλά και στην κατανομή των θέσεων αυτών στους διάφορους χρήστες.

Σύμφωνα με τους παραπάνω στόχους, στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται μέτρα επηρεασμού της στάθμευσης σχετικά με τα τέλη στάθμευσης, τη διαχείριση της στάθμευσης στην οδό και τον περιορισμό των προσφερομένων θέσεων στάθμευσης. Στη συνέχεια διερευνούνται οι χώροι στάθμευσης μετεπιβίβασης για την ενίσχυση των συνδυασμένων μεταφορών. Η απαγόρευση της στάθμευσης στην οδό εξετάστηκε ήδη ως μέτρο βελτίωσης της ροής της κυκλοφορίας στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

### ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΕΛΩΝ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Ο καθορισμός του ύψους των τελών στάθμευσης, ανάλογα και με τη διάρκεια στάθμευσης, μπορεί να επηρεάσει τον αριθμό των αυτοκινήτων που εισέρχονται στην κεντρική περιοχή της πόλης. Με την αύξηση του ύψους των τελών στάθμευσης για στάθμευση μεγάλης διάρκειας μπορεί να αποθαρρυνθούν οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο τους για μετάβαση στην εργασία τους και να ελευθερωθούν θέσεις για τους επισκέπτες. Επίσης μια γενική αύξηση των τελών στάθμευσης μειώνει τον αριθμό των μετακινήσεων με επιβατικά αυτοκίνητα.

Στις ελληνικές πόλεις τα τέλη στάθμευσης, είναι μικρά και ευνοούν έτσι τη χρήση των επιβατικών αυτοκινήτων ΙΧ. Ειδικότερα είναι μικρά τα τέλη σε χώρους στάθμευσης εκτός οδού για στάθμευση μεγάλης διάρκειας με αποτέλεσμα, τις περισσότερες φορές, οι χώροι αυτοί να χρησιμοποιούνται κατά μεγάλο ποσοστό από εργαζόμενους που καταλαμβάνουν τις θέσεις για όλη την περίοδο εντατικής χρήσης. Με την αύξηση των τελών στάθμευσης για στάθμευση μεγάλης διάρκειας θα ήταν δυνατόν να εξυπηρετηθούν περισσότερα αυτοκίνητα και παράλληλα να αυξηθούν τα έσοδα των χώρων στάθμευσης.

Από έρευνα που έγινε σε 4 σταθμούς αυτοκινήτων στο κέντρο της Αθήνας<sup>(14)</sup>, πριν και μετά την αύξηση των τελών στάθμευσης του Οκτωβρίου 1988, διαπιστώθηκε η επίδραση της αύξησης των τελών στη μείωση της χρησιμοποίησης των σταθμών, της τελευταίας εκφρασμένης σε οχηματοώρες σταθμευμένων οχημάτων. Η επίδραση προκύπτει εντονότερη και περισσότερο σημαντική στατιστικά όσο αυξάνεται η διάρκεια της στάθμευσης, οπότε προκύπτει και μεγαλύτερη συνολική χρηματική επιβάρυνση από την αύξηση των τελών.

Με βάση τα αποτελέσματα μιας άλλης έρευνας ερωτηματολογίου στους οδηγούς οχημάτων στις εξόδους έξι σταθμών αυτοκινήτων στην κεντρική περιοχή της Αθήνας, έγινε μια ανάλυση των παραγόντων που διαμορφώνουν τη συμπεριφορά των οδηγών αναφορικά με τη διαδικασία στάθμευσης και εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις που θα είχε η αύξηση των τελών<sup>(15, 16)</sup>.

Χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι "αποκαλυφθείσας προτίμησης" (revealed preference) και "δηλωθείσας προτίμησης" (stated preference). Μεταξύ άλλων εξετάστηκαν οι επιπτώσεις στη χρήση Ι.Χ., ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων (διάφορες κατηγορίες οδηγών, διάρκειες στάθμευσης, σκοπός μετακινήσεων), για τρία σενάρια αύξησης των τελών κατά 20%, 50% και 100% οπότε προέκυψε ότι δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές λόγω χαρακτηριστικών. Για την τελευταία περίπτωση προέκυψε ότι το 76% των ανδρών και το 84% των γυναικών, δεν θα χρησιμοποιούσαν το Ι.Χ. αυτοκίνητο.

Τα αποτελέσματα παρόμοιων αναλύσεων όσον αφορά την επίδραση της αύξησης των τελών στάθμευσης στη χρήση των σταθμών και επομένως και των Ι.Χ. αυτοκινήτων μπορεί να βοηθήσουν στη διαμόρφωση μιας πολιτικής στάθμευσης ανάλογα με τους στόχους μιας γενικότερη κυκλοφοριακής πολιτικής αποθάρρυνσης της χρήσης των Ι.Χ. και ενίσχυσης των Μαζικών Μέσων Μεταφοράς.

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΕ ΟΔΟ

Γενικά η πολιτική στάθμευσης πρέπει να αποβλέπει στην αποθάρρυνση της χρησιμοποίησης των επιβατικού αυτοκινήτου, ιδιαίτερα για μετακινήσεις για εργασία. Η οργάνωση και έλεγχος της στάθμευσης στην οδό με την εγκατάσταση παρκόμετρων ή άλλων μηχανημάτων πληρωμής όπως μηχανήματα έκδοσης δελτίων (pay and display), κάρτες κλπ., και η συστηματική αστυνόμευση της χρήσης τους αποκλείει τη χρησιμοποίηση των θέσεων στην οδό από τους εργαζόμενους και αυξάνει την εναλλαγή στάθμευσης σ' αυτές τις θέσεις με αποτέλεσμα να εξυπηρετούνται περισσότερα αυτοκίνητα. Στοιχεία από την Ουάσιγκτον δείχνουν ότι σε μια περιοχή που εγκαταστάθηκαν παρκόμετρα ο αριθμός των εξυπηρετούμενων αυτοκινήτων αυξήθηκε περισσότερο από 2.5 φορές<sup>(17)</sup>.

Αύξηση της εναλλαγής της στάθμευσης στην οδό επιτυγχάνεται και με την αύξηση των τελών στάθμευσης. Επί πλέον μειώνεται ο αριθμός χρησιμοποίησης και αντίστοιχα οι χρόνοι αναζήτησης κενών θέσεων. Στο Λονδίνο, σε περιοχές όπου τετραπλασιάστηκαν τα τέλη στάθμευσης σε παρκόμετρα, οι χρόνοι διαδρομών των αυτοκινήτων για εξεύρεση θέσεων στάθμευσης ελαττώθηκαν κατά περίπου 83%<sup>(17)</sup>.

Μείωση της διάρκειας στάθμευσης και επομένως αποκλεισμό των εργαζομένων που έρχονται νωρίτερα να καταλάβουν τις θέσεις στάθμευσης στην οδό, μπορεί να πραγματοποιηθεί και με άλλους τρόπους όπως π.χ. τον καθορισμό περιορισμένης διάρκειας στάθμευσης για ορισμένες θέσεις με ή χωρίς τη χρήση πληρωμής, την απαγόρευση της στάθμευσης σε ορισμένες θέσεις μέχρι το τέλος της περιόδου πρωινής προσέλευσης των εργαζομένων, ή την απαγόρευση της στάθμευσης κατά τις ώρες αιχμής της κυκλοφορίας.

### Σχεδιασμός του Συστήματος Διαχείρισης Στάθμευσης

Τα βήματα που ακολουθούνται για τον σχεδιασμό ενός συστήματος διαχείρισης στάθμευσης είναι τα ακόλουθα<sup>(2)</sup>:

- I. **Επιλογή Περιοχής Μελέτης** όπου θα γίνουν οι παρεμβάσεις. Επιλέγεται συνήθως μια ευρύτερη κεντρική περιοχή ή / και άλλες κρίσιμες από την άποψη της στάθμευσης περιοχές.
- II. **Καταγραφή των Συνθηκών Στάθμευσης στην Περιοχή Μελέτης** με στόχο τον καθορισμό της προσφοράς σε θέσεις στάθμευσης και την συγκέντρωση όλων των απαιτούμενων στοιχείων της υφιστάμενης στάθμευσης και των χρήσεων γης της περιοχής. Δηλαδή:
  - Καταγραφή των ισχυουσών ρυθμίσεων στάθμευσης (επιτρεπόμενη, εκ περιτροπής, ειδική στάθμευση, απαγορευμένη).
  - Καταμέτρηση των προσφερόμενων θέσεων (στην οδό και εκτός οδού) ανά κατηγορία στάθμευσης, όπως καθορίζεται από τις ισχύουσες ρυθμίσεις.
  - Καταγραφή υφιστάμενων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων-ιεράρχησης του οδικού δικτύου.

- Καταγραφή χρήσεων γης σε κάθε περιοχή στάθμευσης (κατοικία, καταστήματα, γραφεία, σχολείο κλπ.).

Με βάση την παραπάνω καταγραφή η οποία διεξάγεται κατά τις εργάσιμες ώρες της ημέρας:

- Προσδιορίζεται η ακριβής προσφορά στάθμευσης
- Εντοπίζονται καταρχήν οι προβληματικές περιοχές
- Διερευνάται η συμπεριφορά και οι τάσεις των οδηγών
- Αποκτάται μια πρώτη εικόνα της ζήτησης για στάθμευση στην περιοχή.

III. **Έρευνα Χαρακτηριστικών Στάθμευσης** που αποβλέπει στη διερεύνηση του τρόπου που χρησιμοποιούνται οι υφιστάμενες θέσεις στάθμευσης και στην εκτίμηση της υφιστάμενης ζήτησης.

Η παραπάνω έρευνα διεξάγεται σε επιλεγμένους αντιπροσωπευτικούς τομείς της περιοχής μελέτης με τη μέθοδο της καταγραφής των πινακίδων κυκλοφορίας των οχημάτων. Η καταγραφή γίνεται σε χρονικά διαστήματα της μισής ή μιας ώρας και είναι επιθυμητό να καλύπτει την περίοδο από 6:00 το πρωί έως 23:00 το βράδυ.

Με βάση τα στοιχεία της έρευνας διερευνώνται οι παρακάτω παράμετροι:

- Αριθμός / ποσοστιαία αναλογία οχημάτων ανά κατηγορία στάθμευσης.
- Δείκτης εναλλαγής (οχήματα / θέση)
- Ωριαία Διακύμανση της ζήτησης
- Κατανομή της χρονικής διάρκειας των σταθμεύσεων
- Χαρακτηριστικά μεγέθη της ώρας αιχμής
- Χαρακτηριστικά στάθμευσης επισκεπτών της περιοχής
- Χαρακτηριστικά στάθμευσης κατοίκων της περιοχής

IV. **Καθορισμός της λειτουργικής ζήτησης** με βάση τον δείκτη ιδιοκτησίας IX και τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης.

V. **Έλεγχος των Θέσεων Στάθμευσης στο Κράσπεδο.**

Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών και τη φύση και πυκνότητα των δραστηριοτήτων καθορίζεται το καθεστώς στάθμευσης ανά ζώνη. Έτσι δημιουργούνται οι παρακάτω ζώνες:

*Ζώνη βραχυχρόνιας στάθμευσης*

Επιθυμητή μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια στάθμευσης 1 έως 3 ώρες. Στη ζώνη αυτή περιλαμβάνονται οι εμπορικοί δρόμοι καθώς και τμήματα του κέντρου με συγκέντρωση του τομέα των υπηρεσιών, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι επισκέπτες αυτών των χρήσεων. Συνήθως στην ζώνη αυτή δεν επιτρέπεται η στάθμευση των κατοίκων.

*Ζώνη μακροχρόνιας στάθμευσης*

Επιθυμητή μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια 24 ώρες. Η ζώνη προορίζεται για την εξυπηρέτηση των μέσης και μακράς διάρκειας σταθμεύσεων. Το τιμολόγιο τις πρώτες δυο ή τρεις ώρες στάθμευσης είναι το ίδιο με την ζώνη βραχυχρόνιας στάθμευσης, ενώ για τις υπόλοιπες ώρες μπορεί να είναι χαμηλότερο ή να παραμένει το ίδιο, εξαρτώμενο από την διαμορφούμενη σχέση προσφοράς και ζήτησης. Η ίδια αυτή σχέση καθορίζει αν θα

επιτρέπεται η δωρεάν στάθμευση των κατοίκων ή η θέσπιση ειδικού, συνήθως χαμηλού, τιμολογίου (της τάξης των 15 € το μήνα) γι' αυτούς, ή η μη ύπαρξη ειδικού τιμολογίου για τους κατοίκους.

#### *Ζώνη αποκλειστικής στάθμευσης κατοίκων*

Στη ζώνη αυτή έχουν δικαίωμα να σταθμεύουν, συνήθως δωρεάν, όσοι διαμένουν στις ζώνες όπου επιβάλλονται μέτρα ελέγχου της στάθμευσης. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνονται οι κάτοικοι στο να βρίσκουν εύκολα και άνετα θέση, ενώ συγχρόνως προστατεύεται η περιοχή κατοικίας από τις σταθμεύσεις εκείνων των χρηστών που επιθυμούν να αποφύγουν την πληρωμή τελών στις ελεγχόμενες ζώνες.

#### *Ζώνη απαγορευμένης στάθμευσης*

Περιλαμβάνει τις κύριες οδούς ή τμήματα οδών, όπου οι κυκλοφοριακές συνθήκες δεν επιτρέπουν την δημιουργία θέσεων στάθμευσης στο κράσπεδο. Η αυστηρή αστυνόμευση στη ζώνη αυτή, είναι απαραίτητη για την εύρυθμη λειτουργία τόσο του οδικού δικτύου όσο και του συστήματος στάθμευσης της περιοχής.

#### *Ζώνη ελεύθερης στάθμευσης*

Περιοχές κατοικίας ή άλλες περιοχές όπου η ζήτηση στάθμευσης είναι συνήθως μικρότερη από την προσφορά. Σ' αυτές δεν εφαρμόζεται το σύστημα της ελεγχόμενης στάθμευσης.

Ως κριτήρια για την κατάταξη μιας πλευράς οικοδομικού τετραγώνου σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες ζωνών χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά στάθμευσης. Ειδικότερα η απαγόρευση της στάθμευσης, πέρα από τις τυπικές περιπτώσεις που καθορίζονται από τον Κ.Ο.Κ., αποφασίζεται με κυκλοφοριακά κριτήρια ανάλογα με την κατηγορία κάθε οδού και τους φόρτους που εξυπηρετεί σε σχέση με την διατιθέμενη κυκλοφοριακή ικανότητα.

Σε μια προσπάθεια διατύπωσης μοντέλου για τον καθορισμό ζωνών ελέγχου στάθμευσης παρά το κράσπεδο<sup>(18)</sup> χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά τα οποία ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με το μέγεθος που παρουσιάζουν (μικρό, μεσαίο, μεγάλο) σε τρεις κατηγορίες:

Χαρακτηριστικό Στάθμευσης	Μέγεθος χαρακτηριστικού		
	μικρό	μεσαίο	μεγάλο
Μέγιστη Συσσώρευση %	0-49	50-69	70-100
Συνολική Εναλλαγή (07:00-22:00)	0-2,5	2,6-4,0	>4,0
Ποσοστό σταθμεύσεων διάρκειας <2 ωρών	0-39	40-55	56-100
Ποσοστό σταθμεύσεων διάρκειας >8 ωρών	0-29	30-55	56-100
Ποσοστό Επισκεπτών %	0-65	66-75	76-100

Το κριτήριο της συσσώρευσης χρησιμοποιείται για να καθορισθούν οι περιοχές όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση σε σχέση με την προσφορά (μεγάλη συσσώρευση για ορισμένο ποσοστό χρόνου) και όπου απαιτείται κάποια ρύθμιση. Το είδος της ρύθμισης καθορίζεται με τα υπόλοιπα κριτήρια. Για μικρές ή μεσαίες συσσωρεύσεις η στάθμευση παραμένει ελεύθερη.

#### **VI. Μέσα Υλοποίησης του Ελέγχου Στάθμευσης**

Το σύστημα ελέγχου της στάθμευσης μπορεί να υλοποιηθεί με:

- Επιβολή χρονικού περιορισμού
- Επιβολή τελών στάθμευσης
- Συνδυασμό των δύο παραπάνω μέτρων

Η ενδεικνυόμενη πρακτική για τα κέντρα των πόλεων είναι ο συνδυασμός των δύο μέτρων.

Η είσπραξη των τελών στάθμευσης γίνεται με τις εξής μεθόδους:

- Με παρκόμετρα
- Με κάρτα στάθμευσης
- Με εισιτήριο στάθμευσης που εκδίδεται από ηλεκτρονικό παρκόμετρο (pay and display)
- Με ατομικό ηλεκτρονικό παρκόμετρο ή ηλεκτρονική κάρτα στάθμευσης που ο χρήστης τοποθετεί στο εσωτερικό του οχήματος του

Τα παρκόμετρα αποτελούσαν το κύριο τρόπο είσπραξης τελών στάθμευσης στο παρελθόν αλλά η χρήση τους περιορίζεται σήμερα λόγω του μεγάλου κόστους εγκατάστασης και της προξενούμενης δυσχέρειας στη χρήση των πεζοδρομίων όπου εγκαθίστανται. Τα ηλεκτρονικά παρκόμετρα (pay and display) χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα, όπως και η κάρτα στάθμευσης. Η χρήση της τελευταίας προβλέπεται να αυξηθεί στο μέλλον σε συνδυασμό με τη χρήση ατομικής ηλεκτρονικής κάρτας στάθμευσης, λόγω της συνεχούς μείωσης του κόστους της τελευταίας. Η χρήση της κάρτας αυτής και για άλλους σκοπούς (έξυπνη κάρτα-smart card) μπορεί να εκτοπίσει βαθμιαία όλες τις άλλες μεθόδους είσπραξης τελών στάθμευσης.

### **Οργάνωση και Παρακολούθηση του Συστήματος Ελεγχόμενης Στάθμευσης**

#### **I. Απαιτούμενα Έργα Υποδομής για την είσπραξη των τελών στάθμευσης**

- **Οριζόντια σήμανση.** Απαιτείται οριοθέτηση της κάθε διατιθέμενης θέσης και κίτρινη διαγράμμιση στις απαγορευμένες θέσεις.
- **Κατακόρυφη σήμανση.** Απαιτείται σειρά πληροφοριακών πινακίδων που καθορίζουν τις θέσεις ελεγχόμενης στάθμευσης, τις ώρες λειτουργίας του συστήματος, τον τρόπο πληρωμής των τελών. Επίσης απαιτούνται απαγορευτικές πινακίδες καθώς και πινακίδες που ορίζουν τις ειδικές θέσεις στάθμευσης.
- **Ειδικές διαμορφώσεις.** Αφορούν σημεία όπου είναι επιθυμητό να αποτραπεί η παράνομη στάθμευση δηλαδή στις διασταυρώσεις των οδών ή επάνω στα πεζοδρόμια. Αυτό επιτυγχάνεται με κρασπεδώσεις, με ζαρντινιέρες, με σίδερα σχήματος Π, κλπ.

#### **II. Πληροφόρηση του Κοινού**

Η εκστρατεία ενημέρωσης του κοινού πριν την εφαρμογή και τις πρώτες ημέρες μετά την εφαρμογή αποτελεί βασική συνιστώσα για την επιτυχία του όποιου συστήματος.

#### **III. Αστυνόμευση του Συστήματος**

Απαιτείται συνεχής και προγραμματισμένη εποπτεία με στόχο:

- την πληρωμή των τελών στάθμευσης
- την τήρηση των χρονικών περιορισμών
- την τήρηση των απαγορεύσεων της στάθμευσης.

#### **IV. Οικονομική Παρακολούθηση του Συστήματος**

Περιλαμβάνει την παρακολούθηση της οικονομικής απόδοσης του συστήματος, (πορεία εισπράξεων τελών στάθμευσης και προστίμων, πορεία εξόδων) και τη διαχείριση των κλήσεων (ειδοποιητήρια, διεκδίκηση πληρωμής των προστίμων κλπ.).

#### V. Στατιστική Παρακολούθηση του Συστήματος

Η στατιστική παρακολούθηση του συστήματος βασίζεται στις πληροφορίες που προέρχονται από:

- τα τέλη στάθμευσης
- τις έρευνες χαρακτηριστικών στάθμευσης (Διεξαγωγή σε τακτά χρονικά διαστήματα)
- τις έρευνες συμμόρφωσης των οδηγών στο σύστημα (Διερεύνηση του πόσοι από τους σταθμεύοντες πληρώνουν τα τέλη, πόσοι υπερβαίνουν τους χρονικούς περιορισμούς, πόσοι δέχονται κλήσεις κλπ.)
- τα στοιχεία κλήσεων

#### VI. Διορθωτικές Ενέργειες

Με βάση τα στοιχεία της οικονομικής και στατιστικής παρακολούθησης του συστήματος γίνονται διορθωτικές ενέργειες όταν και όπου απαιτούνται.

### **Αποτελέσματα Ελεγχόμενης Στάθμευσης**

Έρευνες και μετρήσεις χαρακτηριστικών στάθμευσης που έγιναν πριν και μετά την εφαρμογή συστημάτων ελεγχόμενης στάθμευσης στις κεντρικές περιοχές των Δήμων της Ελλάδος, οδηγούν στα παρακάτω γενικά συμπεράσματα<sup>(19)</sup>:

#### *Πριν την εφαρμογή*

Για το σύνολο των θέσεων νόμιμης και παράνομης στάθμευσης, οι βραχυχρόνιες σταθμεύσεις (διάρκεια μικρότερη από 2 ώρες) αποτελούν την πλειοψηφία. Αντίθετα υπάρχουν πολύ λίγες μακροχρόνιες (μεγαλύτερη διάρκεια από 7 ώρες). Στις παράνομες θέσεις αυξάνεται η αναλογία των μακροχρόνιων σταθμεύσεων.

#### *Μετά την εφαρμογή*

Στο σύνολο των θέσεων, αυξάνεται το ποσοστό των βραχυχρόνιων σταθμεύσεων λόγω του περιορισμού της διάρκειας στην ζώνη βραχυχρόνιας στάθμευσης, όπου το ποσοστό των (παράνομων) μακροχρόνιων σταθμεύσεων περιορίζεται σε 1% -2%. Οι μακροχρόνιες σταθμεύσεις, παρόλο που μειώνονται στο σύνολο, αυξάνονται στις περιοχές της ελεύθερης στάθμευσης, όπου μεταναστεύουν προερχόμενες από την ζώνη βραχυχρόνιας στάθμευσης κυρίως.

Ο αριθμός των αυτοκινήτων που σταθμεύουν αυξάνεται μετά την εφαρμογή της ελεγχόμενης στάθμευσης, μειώνεται όμως η μέση διάρκεια στάθμευσης με αντίστοιχη αύξηση της εναλλαγής.

Η ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας αυξάνεται μέχρι τις 11.00 οπότε παρουσιάζεται συνήθως η πρώτη αιχμή. Στη συνέχεια η ζήτηση μειώνεται μέχρι περίπου τις 16.00, οπότε αρχίζει και πάλι η αύξηση που οδηγεί στη δεύτερη αιχμή γύρω στις 20.00.



*Χαρακτηριστικά Στάθμευσης βάσει Έρευνας Ερωτηματολογίου*

Μία έρευνα αντίληψης των συστημάτων ελεγχόμενης στάθμευσης που έγινε σε ένα δείγμα 300 χρηστών, 100 για κάθε μια από τις κεντρικές περιοχές των δήμων Γλυφάδας, Κηφισίας και Αμαρουσίου, έδωσε τα παρακάτω κύρια συμπεράσματα<sup>(19)</sup>:

- Οι χρήστες κατοικούν κατά πλειοψηφία σε μικρή απόσταση από την εξεταζόμενη περιοχή αλλά υπάρχει και ένα σημαντικό ποσοστό από περιοχές σε μέση και μεγάλη απόσταση.
- Ένας στους δέκα ερωτώμενους είχε κάρτα κατοίκου. Το ποσοστό αυτό, αναγόμενο στους κατοίκους που ερωτήθηκαν, ανέρχεται σε 30%.
- Σχεδόν 2 στους 3 ερωτώμενους έψαξαν 1 έως 2 λεπτά για να βρουν τη θέση όπου σταθμεύουν ενώ μόλις 7% έψαξε για χρόνο μεγαλύτερο των 5 λεπτών.
- Οι σταθμεύοντες περίπου ισοκατανέμονται στις 4 κατηγορίες αυτών που σταθμεύουν 5 ή περισσότερες φορές την εβδομάδα (27%), 3-4 φορές (19%), 1-2 φορές (29%) και σπανιότερα (25%).
- 61% σταθμεύουν έως 1 ώρα, ενώ μόνο 9% σταθμεύουν πάνω από 4 ώρες.
- Περίπου 7 στους 10 είχαν για πρώτη επιλογή τη συγκεκριμένη θέση στην οποία στάθμευσαν όταν ερωτήθηκαν ενώ 2 στους 10 επιθυμούσαν να σταθμεύσουν σε άλλη ελεγχόμενη θέση πιο κοντά στον προορισμό τους. Ένα μικρό ποσοστό (8%) έψαξε πριν σταθμεύσει στη συγκεκριμένη θέση για δωρεάν στάθμευση περιμετρικά της περιοχής ελεγχόμενης στάθμευσης και ένα πολύ μικρότερο ποσοστό για παράνομη στάθμευση.
- Ως αιτιολόγηση επιλογής της στάθμευσης στην ελεγχόμενη περιοχή, σχεδόν οι 4 στους 10 δίνουν την ευκολία ανεύρεσης θέσης, ενώ πάνω από 2 στους 10 δίνουν την εξασφάλιση μικρής απόστασης βαδίσματος. Ως κύριος λόγος αποφυγής δόθηκε η πληρωμή του τέλους στάθμευσης.
- Σχεδόν οι μισοί από τους ερωτηθέντες έχουν δεχθεί κάποτε κλήση για παράνομη στάθμευση και οι περισσότεροι από αυτούς δεν έχουν πληρώσει τα πρόστιμα. Αντίθετα οι περισσότεροι από όσους δεν έχουν δεχθεί πρόστιμα δηλώνουν ότι θα τα πλήρωναν αν είχαν δεχτεί.
- Κύριος σκοπός μετακίνησης όσων ερωτήθηκαν είναι η πραγματοποίηση αγορών και η διεκπεραίωση προσωπικών υποθέσεων.
- Πάνω από τους μισούς πιστεύει ότι μετά την εφαρμογή του συστήματος είναι ευκολότερη η εύρεση θέσης. Μόνο ένας στους 10 πιστεύει το αντίθετο.
- 7 στους 10 κρίνει το τέλος στάθμευσης λογικό. Μόνο 1% τα χαρακτηρίζει πολύ ψηλό.
- Οκτώ στους δέκα βρίσκουν τη διαδικασία πληρωμής του τέλους απλή.
- Οι μισοί βρίσκουν την αστυνόμευση κανονική ενώ ένας στους τρεις την βρίσκουν αυστηρή.

**ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ**

Η αποθάρρυνση της χρήσης των επιβατικών αυτοκινήτων Ι.Χ. και επομένως η μείωση της ζήτησης στάθμευσης μπορεί να πραγματοποιηθεί όχι μόνο με την αύξηση των τελών στάθμευσης ή τον περιορισμό της διάρκειας στάθμευσης αλλά και με τον περιορισμό των προσφερομένων θέσεων στάθμευσης. Στη περίπτωση όμως αυτή θα πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητική εναλλακτική λύση εξυπηρέτησης από τα μαζικά μέσα μεταφοράς.

Στις ελληνικές πόλεις ο αριθμός των προσφερομένων θέσεων στάθμευσης εκτός οδού είναι κατά κανόνα ακόμα πολύ περιορισμένος, με αποτέλεσμα ένα υψηλό βαθμό παράνομης στάθμευσης στην οδό, η οποία δημιουργεί σημαντικά κυκλοφοριακά προβλήματα. Παράλληλα, η προσφερόμενη εξυπηρέτηση από τα μαζικά μέσα μεταφορών είναι κατά κανόνα χαμηλή, ώστε να ενθαρρύνεται, παρόλη την έλλειψη χώρων στάθμευσης, η χρήση των επιβατικών αυτοκινήτων Ι.Χ. και ταξί. Γι' αυτό το λόγο δεν είναι ακόμα δυνατός ο ουσιαστικός περιορισμός της προσφοράς της στάθμευσης. Αντίθετα απαιτείται η κατασκευή ορισμένων σταθμών αυτοκινήτων με σκοπό τη μείωση της στάθμευσης στην οδό, ιδιαίτερα της παράνομης, όπου αυτή δυσχεραίνει την κυκλοφορία.

### ΑΔΕΙΕΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Σε περιοχές κατοικίας όπου υπάρχουν και άλλες χρήσεις που δημιουργούν αυξημένο αριθμό εργαζομένων ή σε περιοχές κατοικίας κοντά σε σταθμούς μητροπολιτικού ή προαστιακού σιδηρόδρομου, οι θέσεις στάθμευσης καταλαμβάνονται συνήθως από τους εργαζόμενους με αποτέλεσμα αφενός να δυσχεραίνεται η στάθμευση για τους κατοίκους και αφετέρου να δημιουργείται μια πρόσθετη ανεπιθύμητη κυκλοφορία μέσα στις περιοχές κατοικίας.

Μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα αποτελεί η έκδοση ειδικών αδειών στάθμευσης για τους κατοίκους (συνήθως σε μορφή αυτοκόλλητου για το αυτοκίνητο) και η κατάλληλη σήμανση των θέσεων στάθμευσης για χρήση μόνο από τους κατοίκους. Το μέτρο αυτό έχει εφαρμοσθεί και στην Αθήνα. Είναι δυνατό να εφαρμοστεί είτε μέσα στα πλαίσια ενός συστήματος διαχείρισης της στάθμευσης στην οδό με τη δημιουργία ειδικών θέσεων κατοίκων, ή ανεξάρτητα (π.χ. περιοχή Πλάκας, όπου δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα ένα ευρύτερο σύστημα διαχείρισης της στάθμευσης παρά το κράσπεδο με πληρωμή και περιορισμό διάρκειας).

### ΧΩΡΟΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΗ

Οι χώροι στάθμευσης για μετεπιβίβαση (Park-and-Ride) είναι συνήθως μεγάλοι ανοικτοί χώροι στάθμευσης στην περίμετρο μίας κεντρικής περιοχής ή σε μεγαλύτερη απόσταση από το κέντρο, σε θέσεις με καλή εξυπηρέτηση από δημόσιες συγκοινωνίες (π.χ. μετρό). Με τους σταθμούς μετεπιβίβασης δίνεται η δυνατότητα να συνδυαστεί μια μετακίνηση με επιβατικό αυτοκίνητο, που παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι φθάνει μέχρι τη κατοικία του μετακινούμενου, με τη μαζική μεταφορά κατά το τμήμα της διαδρομής προς τη κεντρική περιοχή όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση και ικανοποιητική συχνότητα εξυπηρέτησης από τις δημόσιες συγκοινωνίες.

Από άποψη θέσης, οι χώροι στάθμευσης για μετεπιβίβαση μπορεί να καταταγούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- I. **Χώροι μετεπιβίβασης στην περίμετρο της κεντρικής περιοχής.** Έχουν σαν κύριο σκοπό να μειώσουν τη κυκλοφορία και τις ανάγκες στάθμευσης στην κεντρική περιοχή. Η απαγόρευση της κυκλοφορίας των επιβατικών αυτοκινήτων Ι.Χ. στην κεντρική περιοχή (π.χ. περιορισμοί μέσα στον εσωτερικό δακτύλιο της Αθήνας ή πεζοδρόμηση του Εμπορικού Τριγώνου της Αθήνας) ευνοεί την ανάπτυξη τέτοιων σταθμών μετεπιβίβασης. Η μετάβαση στον τελικό προορισμό στη περίπτωση αυτή μπορεί να γίνει σε ορισμένες περιπτώσεις και πεζή, οπότε δεν υπάρχει μετεπιβίβαση αλλά απλώς στάθμευση εκτός της κεντρικής περιοχής.
- II. **Χώροι μετεπιβίβασης μακριά από την κεντρική περιοχή.** Πέρα από τη μείωση της κυκλοφορίας και των αναγκών στάθμευσης στην κεντρική περιοχή, οι χώροι αυτοί έχουν σκοπό να μειώσουν τους κυκλοφοριακούς φόρτους κατά μήκος των αρτηριών

που οδηγούν στο κέντρο, να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμων και το κόστος μετακίνησης και τέλος να εξυπηρετήσουν περιοχές χαμηλής πυκνότητας όπου δεν είναι σκόπιμη η επέκταση των λεωφορειακών γραμμών. Ενώ οι χώροι μετεπιβίβασης της προηγούμενης κατηγορίας πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατό πλησιέστερα προς την περίμετρο της κεντρικής περιοχής και κατά προτίμηση πάνω σ' αυτή, οι χώροι της δεύτερης αυτής κατηγορίας πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατό μακρύτερα από την κεντρική περιοχή, για να αυξάνεται το τμήμα της διαδρομής που γίνεται με δημόσιες συγκοινωνίες.

Προϋποθέσεις για την επιτυχία ενός χώρου στάθμευσης για μετεπιβίβαση αποτελούν:

- *Η ικανοποιητική εξυπηρέτηση από δημόσιες συγκοινωνίες:* Μεγάλη συχνότητα και αξιοπιστία δρομολογίων, ικανοποιητικές ταχύτητες, κατ' ευθείαν διαδρομές, κ.λ.π. Γι' αυτό το λόγο προσφέρονται χώροι μετεπιβίβασης κοντά σε σταθμούς μετρό ή προαστιακού σιδηροδρόμου, ή γραμμών κορμού λεωφορείων τα οποία εξυπηρετούνται με λωρίδες αποκλειστικής κυκλοφορίας λεωφορείων.
- *Το χαμηλό κόστος που θα πρέπει κατά κανόνα να είναι μικρότερο από το κόστος της ίδιας μετακίνησης χωρίς μετεπιβίβαση.* Αυτό σημαίνει μικρό εισιτήριο δημόσιων συγκοινωνιών και μικρό τέλος στάθμευσης ή, κατά προτίμηση, δωρεάν στάθμευση.
- *Η κατάλληλη προσπέλαση για τα λεωφορεία και τα επιβατικά αυτοκίνητα και η σωστή διαμόρφωση των εισόδων-εξόδων και των εσωτερικών χώρων για την εύκολη και ασφαλή κίνηση οχημάτων και πεζών.* Γενικά θα πρέπει ο σχεδιασμός των χώρων μετεπιβίβασης να γίνεται κατά τρόπο που να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό ο χρόνος μετεπιβίβασης και η πιθανότητα ατυχημάτων για οχήματα και πεζούς.
- *Η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου μετακίνησης με μετεπιβίβαση,* ώστε να είναι μικρότερος ή να μη διαφέρει ουσιαστικά από το χρόνο της μετακίνησης χωρίς μετεπιβίβαση.

Για να μειωθεί ή μηδενιστεί το τέλος στάθμευσης στους χώρους μετεπιβίβασης επιλέγονται συνήθως θέσεις μικρού κόστους γης και αποφεύγονται δαπανηρές κατασκευές όπως πολυώροφοι και υπόγειοι σταθμοί αυτοκινήτων. Επειδή αυτό δεν είναι πάντα δυνατό, ιδιαίτερα σε θέσεις κοντά στην περίμετρο της κεντρικής περιοχής ή κοντά σε σταθμούς μετρό, χρησιμοποιούνται πολλές φορές υφιστάμενοι χώροι στάθμευσης για αθλητικές εγκαταστάσεις, κινηματογράφους αυτοκινήτων και λοιπές λειτουργίες που δεν λειτουργούν κατά τις ώρες εργασίας.

Παρόλο που στη χώρα μας, εκτός ελάχιστων περιπτώσεων δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμα ειδικοί χώροι στάθμευσης για μετεπιβίβαση, ένας μεγάλος αριθμός εργαζομένων χρησιμοποιεί τις οδούς γύρω από ορισμένους σταθμούς μετρό (π.χ. Κηφισιά, Μαρούσι) για να σταθμεύσουν παρά το κράσπεδο και να συνεχίσουν τη διαδρομή τους με το μετρό.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι η δημιουργία, σε επιλεγμένες θέσεις, χώρων στάθμευσης για μετεπιβίβαση, με παράλληλη αναδιοργάνωση των μαζικών συγκοινωνιών, θα μπορούσε να αποδώσει και στη χώρα μας ικανοποιητικά αποτελέσματα.

## ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

*Οχήματα με υψηλή πλήρωση (High Occupancy Vehicles-HOV)* θεωρούνται αφενός όλα τα μέσα μαζικής μεταφοράς (MMM) και αφετέρου τα επιβατικά αυτοκίνητα (ΙΧ. ή ταξί) που μεταφέρουν πάνω από δύο ή τρεις επιβάτες (συμπεριλαμβανομένου και του οδηγού).

Η προνομιακή μεταχείριση των οχημάτων με υψηλή πλήρωση και των επιβατών τους αυξάνει τη χρησιμοποίησή τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των κινούμενων οχημάτων για την εξυπηρέτηση του ίδιου αριθμού μετακινούμενων προσώπων.

Η προνομιακή μεταχείριση των MMM, που θεωρούνται πάντα ως οχήματα με υψηλή πλήρωση, εξετάστηκε ήδη. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται μόνο η προνομιακή μεταχείριση των επιβατικών αυτοκινήτων με υψηλή πλήρωση.

Η *ομαδική χρήση επιβατικών αυτοκινήτων* (Car pooling, ridesharing), η οποία οδηγεί στα αυτοκίνητα με υψηλή πλήρωση, μπορεί να οργανωθεί και ενισχυθεί από τους εργοδότες που απασχολούν μεγάλο αριθμό εργαζομένων, ενώ το κράτος μπορεί να μεταχειριστεί προνομιακά τα οχήματα με υψηλή πλήρωση, καθιερώνοντας ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας, μειώνοντας ή καταργώντας γι' αυτά τα διόδια κ.λ.π.

### ΕΡΓΟΔΟΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΟΜΑΔΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Μεγάλες εταιρίες ή κυβερνητικές υπηρεσίες μπορεί να προτρέψουν και υποβοηθήσουν τους υπαλλήλους τους για ομαδική χρήση αυτοκινήτων με την έκδοση πινάκων προέλευσης εργαζομένων που ενδιαφέρονται για ομαδική χρήση αυτοκινήτων, ή ακόμα και με τη διάθεση οχημάτων τους που δεν χρησιμοποιούνται για υπηρεσιακούς λόγους κατά τις ώρες προσέλευσης-αποχώρησης των εργαζομένων. Επίσης με τη χορήγηση δωρεάν στάθμευσης ή ακόμα και με την επιχορήγηση ανά οχηματοχιλιόμετρο στα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούνται ομαδικά.

Μεγαλύτερη επιτυχία μπορεί να έχει η ομαδική χρήση αυτοκινήτων σε μονάδες με 500 ή περισσότερους εργαζόμενους, σε απομακρυσμένες περιοχές με περιορισμένη εξυπηρέτηση από δημόσιες συγκοινωνίες.

### ΕΙΔΙΚΕΣ ΛΩΡΙΔΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΡΟΝΟΜΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥΣ

Επιβατικά αυτοκίνητα με υψηλή πλήρωση μπορεί να ευνοηθούν με το να τους επιτραπεί η χρησιμοποίηση ειδικών λωρίδων κυκλοφορίας, όπως οι λωρίδες για λεωφορεία ή ειδικών λωρίδων για οχήματα υψηλής πλήρωσης στους αυτοκινητόδρομους.

Στις ΗΠΑ όπου ένας μεγάλος αριθμός τμημάτων αυτοκινητοδρόμων έχει φθάσει τον κορεσμό, χρησιμοποιείται ευρύτατα ειδική υποδομή για όλα τα αυτοκίνητα υψηλής πλήρωσης. Η υποδομή αυτή μπορεί να κατασκευασθεί υπέργεια ή υπόγεια, σε ειδικό εύρος κατάληψης ή μέσα στη διατομή του αυτοκινητόδρομου, με την ίδια ή αντίθετη φορά. Κατά το σχεδιασμό μιας τέτοιας υποδομής θα πρέπει:

- I. να επισημαίνονται οι διαδρομές που προσφέρονται
- II. να αξιολογείται η θέση και το μήκος και να επιλέγεται το είδος
- III. να εκτιμάται η ζήτηση και

#### IV. να αξιολογείται η σκοπιμότητα

Βέβαια, για την περίπτωση της Ελλάδας, δεν υπάρχει ακόμα ανάγκη ανάπτυξης μιας τέτοιας υποδομής.

#### ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΔΙΟΔΙΩΝ

Η προνομιακή μεταχείριση των οχημάτων υψηλής πλήρωσης σε σταθμούς διοδίων μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά δύο τρόπους:

- I. με την ελεύθερη διέλευση των οχημάτων αυτών από τους σταθμούς διοδίων
- II. με τη χρέωση μειωμένων διοδίων.

Στην πρώτη περίπτωση προκύπτει αυξημένο οικονομικό όφελος όταν δεν χρεώνονται καθόλου διόδια, αλλά και οικονομία χρόνου, αφού τα οχήματα με υψηλή πλήρωση δεν είναι υποχρεωμένα να σταματήσουν στους σταθμούς διοδίων για να πληρώσουν.

Ιδιαίτερα αποδοτική είναι η χρήση της πολιτικής διοδίων στις αστικές ή προαστιακές περιοχές (π.χ. σε διόδια γεφυρών ή σηράγγων) όπου η κίνηση είναι μεγάλη και η μείωση της με την ομαδική χρήση των οχημάτων είναι απαραίτητη. Επίσης το οικονομικό όφελος από τη μη πληρωμή ή πληρωμή μειωμένων διοδίων είναι σημαντικό για όσους χρησιμοποιούν καθημερινά τα διόδια και αποτελεί ουσιαστικό κίνητρο για την ομαδική χρήση των αυτοκινήτων.

#### ΤΑΞΙ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ

Η ταυτόχρονη χρήση ταξί από περισσότερους από ένα πελάτες (πολλαπλή μίσθωση) μπορεί να συνδυάσει το πλεονέκτημα της εξυπηρέτησης από πόρτα σε πόρτα, με μειωμένο κόμιστρο και αυξημένη πλήρωση.

Η πολλαπλή μίσθωση εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις όπως π.χ. από ή προς ένα αεροδρόμιο όπου υπάρχει σημαντικός αριθμός πελατών με κοινό το ένα άκρο της μετακίνησης, ώστε να είναι δυνατός και ο συνδυασμός του άλλου άκρου, ιδιαίτερα όταν το τελευταίο βρίσκεται σε πυκνά αναπτυγμένες περιοχές.

Μια ιδιόμορφη πολλαπλή μίσθωση εφαρμόζεται στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη όπου ο συνδυασμός πελατών γίνεται στην οδό, χωρίς μείωση του κομίστρου. Η πολλαπλή αυτή μίσθωση γίνεται αναγκαία κατά τις ώρες αιχμής οπότε δεν κυκλοφορούν ελεύθερα ταξί και παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την υψηλή πλήρωση των επιβατικών αυτοκινήτων. Επί πλέον συντελεί στη διατήρηση των χαμηλών κομίστρων.

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Περιοριστικά μέτρα στην κυκλοφορία των οχημάτων θεωρούνται εκείνα που αποσκοπούν τόσο στη μείωση του αριθμού των μετακινήσεων όλων των οχημάτων σε ορισμένες περιόδους αιχμής και σε ορισμένα κορεσμένα τμήματα του οδικού δικτύου, όσο και στη μείωση του συνολικού αριθμού των πραγματοποιούμενων διαδρομών από τα ΛΧ. οχήματα.

Τα μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, τα οποία αφορούν κυρίως τα επιβατικά ΙΧ. και τα εμπορικά οχήματα, πρέπει να εφαρμόζονται με προσοχή μετά από μελέτη, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθούν δυσμενείς επιπτώσεις στην κυκλοφορία σε ορισμένα τμήματα του οδικού δικτύου, όπου εκτρέπονται οι απαγορευμένες κινήσεις, ή να υπάρξουν αλλαγές στις οικονομικές δραστηριότητες ή να επέλθουν ανεπιθύμητοι περιορισμοί τόσο στις μετακινήσεις όσο και στην ελεύθερη επιλογή του μέσου<sup>(2)</sup>.

### ΣΤΟΧΟΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

#### *Αποδοτικότητα Δικτύου*

Κάθε όχημα που κινείται σε κυκλοφοριακά συμφορημένο τμήμα του οδικού δικτύου, προκαλεί αύξηση τόσο του χρόνου διαδρομής όσο και των δαπανών λειτουργίας των οχημάτων που κινούνται στην ίδια κατεύθυνση με αυτό.

Συχνά παρατηρείται περαιτέρω αύξηση της υφιστάμενης κυκλοφοριακής συμφόρησης, λόγω λανθασμένης αντίληψης των οδηγών για τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο, η οποία τους οδηγεί στην επιλογή του ήδη συμφορημένου τμήματος του οδικού δικτύου, αντί να προτιμήσουν άλλες εναλλακτικές οδούς.

Ένας από τους βασικούς στόχους των μέτρων για τον περιορισμό της κυκλοφορίας είναι η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κυκλοφοριακής συμφόρησης (αύξηση κόστους και χρόνου μετακίνησης, μείωση του επιπέδου προσφερόμενης εξυπηρέτησης). Πριν από την εφαρμογή των μέτρων απαιτείται η θεώρηση της αποδοτικότητας - αποτελεσματικότητας τους, δηλαδή η απόδειξη ότι τα κεφάλαια που διατίθενται για τη διαχείριση και επιβολή των περιοριστικών μέτρων και στα οποία πρέπει να προστεθούν και οι δαπάνες αλλαγής διαδρομών δεν υπερβαίνουν τα κεφάλαια που εξοικονομούνται με την εφαρμογή των μέτρων.

#### *Προστασία Περιβάλλοντος*

Σημαντικός στόχος των μέτρων αποτελεί η προσπάθεια μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλεί η κυκλοφορία στο περιβάλλον (όπως για παράδειγμα περιοριστικά μέτρα για τη μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας).

*Ανάλογα με την ιδιαιτερότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων, απαιτείται και διαφορετική αντιμετώπιση. Το πρόβλημα του θορύβου των οχημάτων και της κυκλοφορίας των πεζών για παράδειγμα, αντιμετωπίζεται με τη συνολική μείωση της κυκλοφορίας στις αναφερόμενες περιοχές, ενώ το πρόβλημα των ατμοσφαιρικών ρύπων αντιμετωπίζεται με μείωση της κυκλοφορίας σε μια ευρύτερη περιοχή. Άλλα προβλήματα, όπως είναι η οπτική όχληση ή οι κραδασμοί, αντιμετωπίζονται με μείωση της κυκλοφορίας κυρίως των φορτηγών οχημάτων.*

Κατά το σχεδιασμό των περιοριστικών μέτρων απαιτείται λεπτομερής εξέταση και συνεκτίμηση των περιβαλλοντικών στόχων και των στόχων της αποτελεσματικότητας, γιατί

πολλές φορές οι πρώτοι προκαλούν τον περιορισμό στις μετακινήσεις μεγαλύτερου αριθμού οδηγών απ' ότι δικαιολογούν οι δεύτεροι.

### ***Σχεδιασμός Χρήσεων Γης***

Συχνά λαμβάνονται μέτρα για τον περιορισμό της κυκλοφορίας των οχημάτων στα κέντρα των πόλεων με στόχο την αύξηση των οικονομικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Αν και υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τον βαθμό του αποτελέσματος που επιτυγχάνεται, τόσο στις Η.Π.Α. όσο και σε άλλες χώρες της Ευρώπης, λαμβάνονται περιοριστικά μέτρα για την κυκλοφορία μέσα στα κέντρα των πόλεων με τη δημιουργία είτε ζωνών απαγορευμένης κυκλοφορίας των οχημάτων είτε εμπορικών πεζοδρόμων.

### ***Αύξηση Κρατικών Εσόδων***

Μερικά οικονομικά μέτρα που αποσκοπούν στον περιορισμό της χρήσης των Ι.Χ. αυτοκινήτων (όπως η αύξηση των επιβαλλόμενων φόρων στα καύσιμα), εφαρμόζονται με στόχο κυρίως την αύξηση των κρατικών εσόδων, αν και σπάνια αναγνωρίζεται ο στόχος αυτός. Αντίθετα κάποιες άλλες μέθοδοι περιορισμού της κυκλοφορίας αν και επιδρούν άμεσα στην κυκλοφορία μπορεί να προκαλέσουν πρόσθετες δαπάνες.

Για παράδειγμα η μετατροπή μιας οδού, από την οποία διέρχεται μια γραμμή λεωφορείου ή τρόλεϊ σε πεζόδρομο, θα προκαλέσει λόγω της αλλαγής της διαδρομής των ΜΜΜ δαπάνες για την μετατόπιση των στάσεων, καθώς και πιθανή αύξηση της διανυόμενης απόστασης. Εξ άλλου είναι πιθανό η έκταση εφαρμογής των μέτρων να περιορίζεται από τους διαθέσιμους πόρους, όχι μόνο για την εφαρμογή των μέτρων αυτών καθ' αυτών αλλά και για την αντιμετώπιση τυχόν πρόσθετων δαπανών στα άλλα μέσα.

### ***Κοινωνική Δικαιοσύνη (ισοκατανομή)***

Για όλα τα παραπάνω μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας λαμβάνεται υπόψη η ισοκατανομή του κόστους και των ωφελειών σε όλες τις κοινωνικές και οικονομικές τάξεις (κάτοικοι, οδηγοί, επιβάτες). Παράλληλα αποτιμώνται τα οφέλη, από τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τον περιορισμό της διαμπερούς κυκλοφορίας, όπου υπήρχε, και για τους πεζούς, τους κατοίκους μιας περιοχής, και τα άτομα με ειδικές ανάγκες.

Υπάρχουν όμως και επιχειρήματα υπέρ της ισοκατανομής τα οποία χρησιμοποιούνται για την απόρριψη διαφόρων περιοριστικών μέτρων, όπως τα αρνητικά αποτελέσματα που επιφέρουν οι οικονομικοί περιορισμοί στους χαμηλού εισοδήματος κατοίκους και μετακινούμενους, οι ανισότητες που μπορεί να προκύψουν από τη μετατόπιση των κυκλοφοριακών πρόβλημα των σε άλλες περιοχές, που συνήθως είναι χαμηλότερου εισοδήματος, και οι ρυθμιστικοί περιορισμοί που επιβάλλονται σ' όσους δεν έχουν τη δυνατότητα επιλογής άλλου μέσου μετακίνησης.

Σε περίπτωση που εξετάζεται όλο το φάσμα των θεμάτων ισοκατανομής που δημιουργούνται από τους περιορισμούς της κυκλοφορίας, είναι σημαντικό να υπάρχει διαχωρισμός των επιπτώσεων ως προς τους χρήστες ή μη του δικτύου μεταφορών, την περιοχή που επηρεάζεται, τις διαφορές των εισοδημάτων και τον σκοπό της μετακίνησης.

## **ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΩΝ**

Για να δικαιολογηθεί η αναγκαιότητα εφαρμογής μέτρων περιορισμού της κυκλοφορίας, θα πρέπει να εκτιμηθεί αν οι προαναφερόμενοι στόχοι είναι επαρκώς σημαντικοί και πληρούνται,

ώστε να δικαιολογούν την εφαρμογή των μέτρων. Επίσης θα πρέπει να διερευνηθεί εάν τα συγκεκριμένα μέτρα αποτελούν το μοναδικό μέσο επίτευξης των στόχων αυτών.

Σε περιπτώσεις που η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης θεωρείται απαραίτητη, και τα μέτρα που είναι διαθέσιμα για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (όπως η κατασκευή νέων δρόμων, η λήψη μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας και η ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης εναλλακτικών μεταφορικών μέσων) παρουσιάζουν σοβαρά μειονεκτήματα για άμεση εφαρμογή, τότε προτιμάται η λύση της εφαρμογής περιοριστικών μέτρων της κυκλοφορίας.

Όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος, σε περίπτωση έλλειψης συνεχούς παρακολούθησης των επιπτώσεων στο κοινωνικό σύνολο, δημιουργεί δυσκολίες στον καθορισμό του πότε είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενός ευρύτερης κλίμακας σχεδίου περιβαλλοντικής προστασίας.

*Επιμέρους λύσεις στα περιβαλλοντικά προβλήματα πριν από την επιβολή περιορισμού στην κυκλοφορία μπορεί να δοθούν βραχυπρόθεσμα με τη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής και του επιπέδου εξυπηρέτησης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, και μακροπρόθεσμα με τη βελτίωση των κινητήρων των αυτοκινήτων και των καυσίμων και την πρόβλεψη κατασκευής νέων δρόμων εκτροπής της διαμετρικής κυκλοφορίας.*

Όσον αφορά τις χρήσεις γης, δεν έχει αποδειχτεί με βεβαιότητα η ύπαρξη συσχέτισης με τα μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας. Η θεσμοθέτηση στις αρχές του 1980 του δακτυλίου στο κέντρο της Αθήνας και η κυκλοφορία εντός αυτού μονών-ζυγών, είχε επιπτώσεις όχι τόσο στην αλλαγή χρήσεων γης όσο στη μετατόπιση δραστηριοτήτων (κυρίως εμπορικών) εκτός της περιοχής του δακτυλίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως μπορεί οι περιορισμοί στην κυκλοφορία να θεωρηθούν ως τμήμα μιας ευρύτερης αναγκαιότητας για μείωση της κυκλοφορίας. Η δημιουργία δικτύου πεζοδρόμων και κυκλοφοριακών πυρήνων εμφανίζονται να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στη χωροταξική ανάπτυξη.

Γενικά είναι σκόπιμο να αποφεύγεται η εφαρμογή των περιοριστικών μέτρων μόνο σε μια ομάδα χρηστών, με αποτέλεσμα την ευνοϊκή μεταχείριση των άλλων ομάδων στις οποίες δεν εφαρμόζονται.

#### ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ

Οι περιορισμοί της κυκλοφορίας μπορεί να αποβλέπουν στη μείωση:

- της ιδιοκτησίας των αυτοκινήτων
- των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης
- της χρήσης των αυτοκινήτων

Στην τελευταία περίπτωση οι επιβαλλόμενοι έλεγχοι μπορεί να χωριστούν σε 4 κατηγορίες:

- στους φυσικούς περιορισμούς
- στην επιδίωξη καθυστερήσεων
- στους ρυθμιστικούς ελέγχους
- στους οικονομικούς περιορισμούς

Οι έλεγχοι αυτοί δεν είναι κατάλληλοι για όλες τις περιπτώσεις. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένοι έλεγχοι και οι στόχοι που επιδιώκονται με την εφαρμογή τους.



Έλεγχος	Στόχος μείωσης		
	Ιδιοκτησία Αυτοκινήτων	Προσφορά Στάθμευσης	Χρήση Αυτοκινήτων
Φυσικός Περιορισμός	-	Μείωση των θέσεων (κυρίως παρά το κράσπεδο), περιορισμός προσφοράς (όχι νέες άδειες κατασκευής)	-
Ρυθμιστικοί περιορισμοί	Μέγιστος αριθμός I.X. αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό. Απαιτήσεις ύπαρξης θέσεων στάθμευσης με αγορά I.X. αυτοκινήτων.	Ώρες λειτουργίας σταθμών. Χρονικοί περιορισμοί των παρά το κράσπεδο θέσεων. Απαίτηση άδειας στάθμευσης.	Άδεια για κυκλοφορία σε ορισμένες περιοχές. Σύστημα μονών ζυγών
Επιδίωξη καθυστερήσεων	-	-	Έλεγχος εισόδου σε περιοχή. Αλλαγές στις κατευθύνσεις των οδών. Επιβαλλόμενα χαμηλά όρια ταχύτητας
Οικονομικά μέτρα	Φορολογία. Φορολογία (ορισμένες κατηγορίες / περιοχές)	Επιλεκτική (ορισμένες)	Αυξημένα τέλη Διόδια. Τέλη χρήσης οδικών δικτύων περιοχής. Άδειες για είσοδο σε περιοχή.

**Πίνακας 8** Σχέση μεταξύ επιβαλλόμενων ελέγχων και επιδιωκόμενου στόχου<sup>(2)</sup>

### Περιορισμός στην Ιδιοκτησία Αυτοκινήτων

Ο αριθμός των περιπτώσεων που αφορούν τους ελέγχους στην ιδιοκτησία αυτοκινήτων είναι μικρός. Στις Βερμούδες έχει επιβληθεί το όριο της κατοχής ενός αυτοκινήτου ανά νοικοκυριό, ενώ στην Ιαπωνία οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων επιβάλλεται να έχουν στην ιδιοκτησία τους θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού. Στο Χονγκ-Κονγκ έχουν επιβληθεί οικονομικοί έλεγχοι (τριπλασιασμός του ετήσιου φόρου κατοχής και διπλασιασμός του φόρου αγοράς αυτοκινήτου) με αποτέλεσμα τη μείωση της ιδιοκτησίας κατά 20%. Επίσης άλλοι έμμεσοι επιβαλλόμενοι έλεγχοι (όπως οι φόροι στα καύσιμα και οι κανονισμοί για παραγωγή και χρήση των αυτοκινήτων) επιδρούν στον δείκτη ιδιοκτησίας αυτοκινήτων.

### Περιορισμός Στάθμευσης

Οι έλεγχοι των επί της οδού θέσεων στάθμευσης θεωρείται ως το πιο εύχρηστο μέτρο περιορισμού της κυκλοφορίας και έχει χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα για τον σκοπό αυτόν.

Στους ελέγχους των θέσεων στάθμευσης παρά το κράσπεδο περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι περιορισμοί<sup>(2)</sup>:

- οι φυσικοί περιορισμοί, που επιβάλλονται με την κατάργηση των θέσεων στάθμευσης

- οι *ρυθμιστικοί περιορισμοί*, που επιβάλλονται σε επιτρεπόμενες θέσεις στάθμευσης, με περιορισμό της χρήσης τους ορισμένες χρονικές περιόδους της ημέρας ή του μήνα, ή με περιορισμό της διάρκειας στάθμευσης
- οι *οικονομικοί περιορισμοί*, που επιβάλλονται με την αύξηση των τελών στάθμευσης

Ο περιορισμός των θέσεων στάθμευσης μόνο παρά το κράσπεδο, που αντιπροσωπεύουν τμήμα μόνο των συνολικών θέσεων στάθμευσης, παρουσιάζει ένα μειονέκτημα: οι οδηγοί μπορούν να τον αποφύγουν σταθμεύοντας εκτός οδού, σε δημόσιους ή ιδιωτικούς σταθμούς αυτοκινήτων ή παράνομα εφ' όσον δεν υπάρχει επαρκής αστυνόμευση.

Στους σταθμούς των αυτοκινήτων, που η ιδιοκτησία ή η εκμετάλλευση γίνεται από τρίτους με βάση κάποια συμφωνία για λογαριασμό των τοπικών αρχών, μπορούν να εφαρμοστούν όλοι οι τύποι ελέγχου.

Στους υπόλοιπους δημόσιους σταθμούς αυτοκινήτων, οι οποίοι βρίσκονται υπό τον πλήρη έλεγχο του διαχειριστή ιδιώτη, οι μόνοι έλεγχοι που μπορεί να επιβληθούν είναι ο φυσικός έλεγχος δια μέσου του περιορισμού των προβλεπόμενων θέσεων και της διατήρησης των υπάρχουσών και ο οικονομικός έλεγχος με την επιβολή υψηλής φορολογίας.

Σε ορισμένες χώρες, έχει αναγνωριστεί στις τοπικές αρχές το δικαίωμα παραχώρησης αδειας για τη λειτουργία των ιδιωτικής εκμετάλλευσης δημοσίων σταθμών αυτοκινήτων. Δια μέσου της παραχωρούμενης άδειας, η οποία καθορίζει τόσο τον αριθμό των θέσεων και τις ώρες λειτουργίας του σταθμού καθώς και το σύστημα πληρωμής, μπορούν θεωρητικά να επιβληθούν όλοι οι τύποι ελέγχου και σε αυτή την κατηγορία των σταθμών αυτοκινήτων.

Στις ιδιωτικές θέσεις στάθμευσης είναι αδύνατο να εφαρμοστεί άλλος τύπος περιορισμού, εκτός του φυσικού ελέγχου των προβλεπόμενων νέων θέσεων, η αναλογία των οποίων καθορίζεται με βάση τη χωροταξική δομή και τα σχέδια της περιοχής.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 60, οι τοπικές αρχές ακολουθούσαν μια πολιτική καθορισμού ενός ελάχιστου αριθμού θέσεων στάθμευσης εκτός οδού που επαρκούσαν για όλους, η οποία οδήγησε σε σημαντική αύξηση της εκτός οδού στάθμευσης στα κέντρα των πόλεων. Σταδιακά, όμως η πολιτική των τοπικών αρχών άλλαξε με τον καθορισμό όχι μόνο ενός ελάχιστου αλλά και ενός μέγιστου αριθμού θέσεων στάθμευσης, δημιουργώντας έτσι μια σειρά αντιθέσεων μεταξύ των στόχων της ανάπτυξης νέων περιοχών και του ελέγχου και περιορισμού της κυκλοφορίας.

Εξάλλου ο έλεγχος των προσφερόμενων θέσεων στάθμευσης δεν αποτρέπει τη διαμπερή κυκλοφορία στο κέντρο της πόλης. Ο έλεγχος της στάθμευσης μπορεί συνεπώς να θεωρηθεί αποτελεσματικό μέτρο περιορισμού της κυκλοφορίας μόνο σε περίπτωση που η ιδιωτική στάθμευση και η διαμπερής κυκλοφορία μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο με άλλη μέθοδο ή είναι μικρής σημασίας για τις τοπικές συνθήκες.

Η επιλογή του τρόπου ελέγχου της στάθμευσης που πρόκειται να εφαρμοστεί, πρέπει να γίνει με βάση την αποτελεσματικότητά του. Ο πιο άμεσος τρόπος ελέγχου είναι οι φυσικοί περιορισμοί, οι οποίοι εξασφαλίζουν μια αναπόφευκτη μείωση της χρήσης των οχημάτων, όταν η προσφορά θέσεων στάθμευσης καταστεί μικρότερη της ζήτησης. Παρ' όλα αυτά, η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται εάν οι οδηγοί αρχίζουν να σταθμεύουν παράνομα, λόγω έλλειψης αστυνόμευσης.

Η επιβολή κανονισμών (ρυθμιστικών περιορισμών) μπορεί να επιφέρει αποτελέσματα παρόμοια με τον περιορισμό των προσφερόμενων θέσεων, αλλά οι πραγματοποιούμενες παραβάσεις των περιορισμών μειώνουν σημαντικά την αποτελεσματικότητά τους. Έχει δε παρατηρηθεί, ότι ο

αριθμός των παραβάσεων αυξάνεται όταν ο στόχος των επιβαλλόμενων περιορισμών δεν γίνεται αντιληπτός στους χρήστες και αποδεκτός από αυτούς.

Όσον αφορά τους οικονομικούς περιορισμούς, έχει βρεθεί ότι είναι αποτελεσματικοί μόνο εάν εφαρμοστούν σε ικανοποιητικό βαθμό.

Αναφορικά με την ευκολία εφαρμογής των μέτρων περιορισμού στάθμευσης, οι περισσότεροι τρόποι ελέγχου (με εξαίρεση τη μείωση των προσφερόμενων θέσεων) θεωρητικά υλοποιούνται εύκολα, αν και προβλήματα μπορεί να προκύψουν από νομικές διαδικασίες. Με δεδομένη την αδυναμία επιβολής ελέγχου στην ιδιωτική στάθμευση, είναι φανερό ότι για την απρόσκοπτη εφαρμογή των μέτρων είναι απαραίτητη η διατήρηση χώρων στάθμευσης υπό τον έλεγχο των τοπικών αρχών.

Οι ρυθμιστικοί περιορισμοί είναι σημαντικοί για την προστασία ορισμένων ομάδων χρηστών, καθώς μπορούν να παραχωρηθούν ειδικές άδειες για την εξαίρεση από τα μέτρα περιορισμού της παρά το κράσπεδο στάθμευσης των κατοίκων των περιοχών όπου εφαρμόζονται ή των ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Οι οικονομικοί περιορισμοί θα πρέπει να επιφέρουν μια αύξηση των εσόδων ικανή να καλύπτει τις ανάγκες αστυνόμευσης για τη συμμόρφωση των οδηγών. Η έλλειψη όμως σχετικής νομοθεσίας μειώνει πολλές φορές τη δικαιοδοσία των αρμόδιων αρχών να επιβάλλουν, με την επιθυμητή αποτελεσματικότητα, τους ελέγχους παράνομης στάθμευσης και κυρίως την είσπραξη των προστίμων.

Αν και είναι ελάχιστα γνωστή η απόσταση την οποία οι οδηγοί είναι διατιθέμενοι να καλύψουν πεζοί προκειμένου να αποφύγουν τους περιορισμούς της στάθμευσης, μια εμπειρική μέθοδος προτείνει την επέκταση του ελέγχου της παρά το κράσπεδο στάθμευσης μέχρι 1 χιλιόμετρο (15 λεπτά βόδισμα) από την περιοχή στην οποία ο έλεγχος είναι επιθυμητός. Όσον αφορά τις επιπτώσεις των μέτρων περιορισμού της στάθμευσης, στο κέντρο των πόλεων αυτές κυρίως έχουν σχέση με τη μετατόπιση της στάθμευσης στις παρυφές των κέντρων, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει τη μετατόπιση τόσο της κυκλοφοριακής συμφόρησης όσο και της περιβαλλοντικής όχλησης (κυρίως ατμοσφαιρικής ρύπανσης), σ' αυτές τις περιοχές.

Σχετική έρευνα που έγινε στο ΕΜΠ έδειξε ότι για αύξηση των τελών στάθμευσης κατά 100%, τουλάχιστον στην περιοχή του κέντρου των Αθηνών, το 38% των οδηγών δεν θα επέλεγε το ΙΧ αυτοκίνητο τους για τη μετακίνησή τους στο κέντρο και απ' αυτούς το 10% δεν θα πραγματοποιούσαν τη μετακίνησή τους αυτή.

### ***Περιορισμός στη Χρήση των Αυτοκινήτων***

Ο περιορισμός αυτός περιλαμβάνει τις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που απαγορεύουν την πρόσβαση των οχημάτων σε ορισμένες οδούς ή περιοχές.

Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και ορισμένα μέτρα, όπως η δημιουργία συστημάτων κυψελών κυκλοφορίας (traffic cells), τα οποία επιδρούν στην επιλογή των διαδρομών σε μια ευρύτερη περιοχή. Στις κυψέλες κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται πινακίδες που κατευθύνουν τα οχήματα σε μια περιφερειακή διαδρομή, εμποδίζοντας τη διαμπερή κίνηση, ενώ σε μια άλλη περίπτωση δημιουργούνται μονόδρομοι ή αδιέξοδα που καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη τη διαμπερή κυκλοφορία.

Ένα άλλο μέτρο είναι η χρήση φυσικών εμποδίων. Για το λόγο αυτό κατασκευάζονται τοπικές υπερυψώσεις στο οδόστρωμα (speed humps), γνωστές ως "σαμαράκια", που αναγκάζουν τα

οχήματα να ανακόπτουν σημαντικά την ταχύτητα τους με αποτέλεσμα η πρόσβαση να γίνεται ιδιαίτερα χρονοβόρα.

Το μέτρο αυτό εκτός από την επιρροή στη διαμετρική κυκλοφορία, πρέπει να σημειωθεί ότι έχει θετικές επιπτώσεις στον τομέα της ασφάλειας, αλλά αρνητικές για το περιβάλλον, καθώς οι συνεχείς αυξομειώσεις της ταχύτητας του οχήματος έχουν σαν αποτέλεσμα την εκπομπή πολύ υψηλών ρύπων συγκριτικά με την περίπτωση που το όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Για το λόγο αυτό στην Αυστρία σκέπτονται να αντικαταστήσουν τα "σαμαράκια" με τεχνητά εμπόδια σε εναλλασσόμενες θέσεις αριστερά και δεξιά της διατομής της οδού (ζιγκ-ζαγκ), που αναγκάζουν τα οχήματα να μειώσουν σημαντικά την ταχύτητα τους εξ' αρχής, και να συνεχίζουν την πορεία τους με μια χαμηλή αλλά σταθερή ταχύτητα λόγω της σκόλιας διαδρομής. Την τακτική αυτή έχει εφαρμόσει σε διάφορους δρόμους του ο Δήμος Νέου Ψυχικού.

Η παρεμπόδιση της κυκλοφορίας πρέπει να μελετάται και να εφαρμόζεται έτσι ώστε να είναι προσιτές όλες οι οικοδομές στα πυροσβεστικά και άλλα οχήματα πρώτης ανάγκης καθώς και στα απορριμματοφόρα και να εξασφαλίζεται η βελτίωση των ΜΜΜ και η απαιτούμενη πρόσθετη κυκλοφοριακή ικανότητα στις αρτηρίες που περιβάλλουν τη γειτονιά.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρεμπόδισης της κυκλοφορίας μέσα από γειτονιές μπορεί να γίνει με τη μέτρηση της μείωσης της κυκλοφορίας που μπαίνει στη γειτονιά, της μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων και των τροχαίων ατυχημάτων μέσα στη γειτονιά, καθώς και με την αλλαγή στους κυκλοφοριακούς φόρτους, τις ταχύτητες και το επίπεδο εξυπηρέτησης στις περιβάλλουσες αρτηρίες.

### ***Επιβολή "Προγραμματισμένης Καθυστέρησης"***

Η προγραμματισμένη καθυστέρηση μπορεί να προσφέρει έναν αποτελεσματικό τρόπο περιορισμού της κυκλοφορίας και κατά συνέπεια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αν εφαρμοστεί με τον ίδιο τρόπο σε όλους τους χρήστες. Περιορισμοί αυτού του τύπου έχουν χρησιμοποιηθεί σε συστήματα ελέγχου της πρόσβασης σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας και αρτηρίες για τη μετατόπιση των ουρών αναμονής και τη βελτίωση της ροής των οχημάτων.

Ένα παράδειγμα επιβολής καθυστερήσεων με στόχο τον περιορισμό της κυκλοφορίας των Ι.Χ. κατά 10% ήταν το σύστημα που εφαρμόστηκε στο Nottingham το 1975. Επιβλήθηκε δεκάλεπτη καθυστέρηση στα Ι.Χ. οχήματα κατά την πρωινή ώρα αιχμής, τόσο κατά την είσοδο τους στο κέντρο της πόλης όσο και κατά την έξοδο τους από τις κυριότερες ζώνες κατοικίας. Ταυτόχρονα, εφαρμόστηκε και μια αύξηση της συχνότητας των λεωφορείων κατά 33%.

Στην περίπτωση εφαρμογής καθυστερήσεων, είναι αναγκαία τόσο η πρόβλεψη χώρων αναμονής για τα καθυστερούμενα οχήματα όσο και η συμμόρφωση στους επιβαλλόμενους ελέγχους. Η παράλειψη αυτών των δύο παραγόντων ελάττωσε την αποτελεσματικότητα του πειράματος στο Nottingham μειώνοντας την αρχικά προγραμματισμένη καθυστέρηση από 10 σε 2.5 λεπτά και επιφέροντας ασήμαντη αλλαγή στην επιλογή του χρησιμοποιούμενου μέσου.

Αντίστοιχες μελέτες που έγιναν στο Λονδίνο απέδειξαν ότι μια καθυστέρηση 15 λεπτών είναι πιθανό να επιφέρει μια μείωση της χρήσης των Ι.Χ. οχημάτων κατά 19%. Ωστόσο, μια μείωση της τάξης του 4%, επιτυγχάνομενη από μια δίλεπτη καθυστέρηση, είναι περισσότερο πιθανή καθώς η μεγάλη διαφοροποίηση των καθυστερήσεων μεταξύ των διαδρομών μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή των χρησιμοποιούμενων διαδρομών. Εξ' άλλου η επιβολή αυτών των μέτρων συνεπάγεται κάποιο οικονομικό κόστος, το οποίο θα πρέπει να εξισορροπείται από τις προκύπτουσες ωφέλειες.

Η επιβολή καθυστερήσεων εφαρμόζεται ισότιμα σε όλους τους χρήστες, ωστόσο επιβαρύνει κυρίως τους χρήστες για τους οποίους ο χρόνος έχει μεγαλύτερη αξία, αυτούς που έχουν

μεγαλύτερη ανάγκη μετακίνησης και αυτούς που δεν έχουν άλλη επιλογή από την χρησιμοποίηση του Ι.Χ. αυτοκινήτου τους κατά την περίοδο εφαρμογής των μέτρων.

Οι περιορισμοί αυτού του τύπου γίνονται εύκολα κατανοητοί στους χρήστες του συστήματος, η δε λειτουργία τους είναι σχετικά απλή. Το κύριο πρόβλημα είναι η δυσκολία συμμόρφωσης των οδηγών και οι ευρείας κλίμακας παραβάσεις που παρατηρούνται.

Οι κύριες αντιδράσεις των χρηστών σε αυτούς τους περιορισμούς είναι η μετατόπιση του χρόνου έναρξης μετακίνησης τους και η αλλαγή του δρομολογίου τους, οι οποίες όμως μπορεί να ληφθούν υπόψη κατά το στάδιο σχεδιασμού των μέτρων αυτών, οπότε και να προταθούν λύσεις αντιμετώπισης τους.

### ***Ρυθμιστικοί Έλεγχοι***

Οι δύο βασικοί τύποι ρυθμιστικού ελέγχου είναι:

- I. Ο πλήρης αποκλεισμός πρόσβασης μιας περιοχής στα Ι.Χ. και η χορήγηση ειδικών αδειών πρόσβασης σε αυτές με βάση τις υπάρχουσες ανάγκες
- II. Ο αποκλεισμός πρόσβασης εκ περιτροπής (π.χ. μονά-ζυγά).

Η χορήγηση των αδειών μπορεί να γίνει σε ορισμένες ομάδες χρηστών (όπως άτομα με ειδικές ανάγκες και γιατροί) ή στους κατοίκους της περιοχής. Ειδικές άδειες μπορεί επίσης να χορηγηθούν και σε αυτούς που χρησιμοποιούν αποδοτικότερα τα οχήματα τους, όπως σε αυτούς που έχουν 3 ή περισσότερους συνεπιβάτες (π.χ. στη Σιγκαπούρη). Η παροχή αδειών μπορεί να γίνει με βάση τον αριθμό των θέσεων στάθμευσης μιας περιοχής ή την ανάγκη πραγματοποίησης μιας συγκεκριμένης μετακίνησης.

Ένα σύστημα πλήρους αποκλεισμού με χορήγηση αδειών θα μπορούσε να αποδειχτεί αποτελεσματικό στη μείωση της κυκλοφορίας και την περιβαλλοντική όχληση, παρ' όλο που οι παραβάσεις του από τους οδηγούς μπορεί να μειώσουν την αποδοτικότητα του.

Ο δεύτερος τύπος ρυθμιστικού ελέγχου περιλαμβάνει το μέτρο των "μονών - ζυγών" το οποίο εφαρμόζεται στην Αθήνα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι, κατά την εφαρμογή των "μονών - ζυγών", η κυκλοφορία δε μειώνεται στο μισό, καθώς οι οδηγοί των οποίων τα οχήματα κυκλοφορούν μπορεί να κάνουν πρόσθετες μετακινήσεις ή να πραγματοποιήσουν τις μετακινήσεις αυτών που δεν κυκλοφορούν. Εξ άλλου και στην περίπτωση αυτή χορηγούνται άδειες πρόσβασης για ορισμένες κατηγορίες χρηστών.

Η παρατεταμένη εφαρμογή του μέτρου δεν συνίσταται, επειδή με την αύξηση του βιοτικού επιπέδου η αγορά δεύτερου Ι.Χ. αυτοκινήτου ανά νοικοκυριό είναι πλέον διαδεδομένη, οπότε ο στόχος της μείωσης της κυκλοφορίας κατά 50% παύει να ισχύει. Γενικά η δημιουργία πρόσθετης κυκλοφοριακής ικανότητας στην περιοχή εφαρμογής του μέτρου μονών-ζυγών, τουλάχιστον κατά την αρχική περίοδο εφαρμογής, έχει ως αποτέλεσμα την προσέλκυση νέων μετακινήσεων και επομένως την εξουδετέρωση του επιδιωκόμενου αποτελέσματος.

### ***Οικονομικοί Περιορισμοί***

Οι οικονομικοί περιορισμοί<sup>(2)</sup> έχουν μελετηθεί περισσότερο από κάθε άλλο τύπο περιορισμού. Η αρχική σύλληψη της οδικής χρέωσης (road pricing) βασιζόταν σε ένα μεταφορικό σύστημα στο οποίο οι οδηγοί θα επιβαρύνονταν με τη διαφορά μεταξύ του μέσου και του οριακού κόστους (marginal cost). Η χρέωση των οδηγών μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη χρήση ενός μετρητή μέσα στο αυτοκίνητο, ευαίσθητοποιημένου με κατάλληλες συσκευές που

βρίσκονται κατά μήκος του δρόμου, είτε με τη χρήση κεντρικού υπολογιστή ο οποίος καταγράφει την ηλεκτρονική πινακίδα του αυτοκινήτου όταν αυτό διέρχεται από τα σημεία ελέγχου. Το σύστημα χρέωσης καθώς και τα σημεία ελέγχου μπορεί να ποικίλλουν, ενώ έχει αποδειχτεί ότι μια αύξηση των σημείων ελέγχου και των περιόδων χρέωσης καθώς και διαφοροποίηση της χρέωσης ανάλογα με τον τύπο του οχήματος οδηγεί στην προσέγγιση της πραγματικής οδικής χρέωσης με βάση το οριακό κόστος.

Απλούστεροι τρόποι χρέωσης αποτελούν η αγορά μιας ειδικής άδειας εισόδου για τη χρησιμοποίηση του οχήματος σε μια περιοχή. Η χρέωση αυτού του τύπου για την είσοδο του οχήματος στο κέντρο της πόλης έχει εφαρμοσθεί στη Σιγκαπούρη και έχει προταθεί για το Λονδίνο. Ένα άλλο μέτρο που έχει προταθεί είναι η εγκατάσταση διόδων στην περιφέρεια της υπό έλεγχο περιοχής. Διαφοροποιήσεις των μέτρων αυτών μπορεί να επιτευχθούν με την τροποποίηση των περιόδων χρέωσης, του επιπέδου χρέωσης και των τύπων των αυτοκινήτων που χρεώνονται.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι και η φορολογία των καυσίμων αποτελεί μια μορφή οικονομικού ελέγχου των κινούμενων οχημάτων. Το μέτρο αυτό όμως δεν παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα, ενώ ταυτόχρονα είναι πιθανότερο να επιβάλλει περιορισμούς σε αυτούς που συμβάλλουν λιγότερο στη δημιουργία της κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπως εκείνοι οι οποίοι πραγματοποιούν μεγάλες διαδρομές εκτός συμφορημένων περιοχών.

Η χρέωση των μετακινήσεων, τόσο κατά τη διάρκεια της κυκλοφοριακής συμφόρησης όσο και στις περιοχές συμφόρησης, μπορεί να σχεδιαστεί με στόχο την επιβολή της, κυρίως σε αυτούς που συμβάλλουν περισσότερο στη δημιουργία του κυκλοφοριακού προβλήματος.

Η αποτελεσματικότητα ωστόσο των μέτρων εξαρτάται από την αντίδραση των χρηστών στην επιβολή της χρέωσης, για την οποία ελάχιστα είναι γνωστά. Η μόνη ένδειξη που υπάρχει προκύπτει από την εφαρμογή των μέτρων στη Σιγκαπούρη, όπου μια χρέωση 1€ την ημέρα προκάλεσε μια μείωση 44% των εισερχομένων οχημάτων στο κέντρο της πόλης. Παρ' όλη όμως τη σημαντική μείωση της κυκλοφορίας και την συνεπαγόμενη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής, υπήρχαν ενδείξεις ότι η εφαρμογή των μέτρων δεν ήταν η βέλτιστη και ότι οι επιβαλλόμενοι περιορισμοί ήταν αυστηρότεροι από τους αναγκαίους.

Είναι πάντως φανερό, ότι οι οικονομικοί περιορισμοί αποτελούν ίσως το πιο αποτελεσματικό μέτρο για τη μείωση της κυκλοφορίας και είναι οι πιο δίκαιοι κοινωνικά, αφού ακολουθούν την αρχή της χρέωσης ανάλογα με τη χρονική και τη χωρική χρήση του οδικού δικτύου.

## ΜΕΙΩΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΑΙΧΜΗΣ

Η μείωση της κυκλοφορίας κατά τις κρίσιμες ώρες αιχμής μπορεί μεταξύ των άλλων να πραγματοποιηθεί με:

- την αλλαγή ωραρίων εργασίας
- τη χρέωση κατά τις περιόδους αιχμής
- τον περιορισμός της κυκλοφορίας φορτηγών αυτοκινήτων κατά τις ώρες αιχμής

### ΑΛΛΑΓΗ ΩΡΑΡΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η αλλαγή των ωραρίων εργασίας για τη μείωση, κατά τις ώρες αιχμής, των μετακινήσεων που έχουν σχέση με την εργασία, μπορεί να γίνει με την αλλαγή των ωρών έναρξης και λήξης της εργασίας για να επιτευχθεί μια περισσότερο ομοιόμορφη κατανομή της κυκλοφορίας, καταναμημένη σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η αλλαγή των ωρών έναρξης και λήξης της εργασίας μπορεί να γίνει:

- κατά προκαθορισμένο τρόπο** είτε σε μια μεμονωμένη μεγάλη επιχείρηση (π.χ. σε μια βιομηχανία μπορεί να προκαθοριστούν ομάδες που θα αρχίζουν τη δουλειά τους σε χρόνους που θα διαφέρουν μεταξύ τους κατά 15 πρώτα λεπτά) είτε σε ομάδες επιχειρήσεων (π.χ. διάφοροι χρόνοι έναρξης-λήξης εργασίας για τράπεζες, δημόσιες υπηρεσίες, δημόσιες επιχειρήσεις κ.λ.π.).
- με την εισαγωγή ελεύθερου ωραρίου (Flexible Work Hour Program)** όπου ο κάθε υπάλληλος μπορεί να έρχεται και αντίστοιχα να φεύγει σε ώρες που εκείνος επιθυμεί, υπό την προϋπόθεση ότι θα συμπληρώσει τον απαιτούμενο αριθμό ωρών εργασίας και ότι η ώρα άφιξης και αναχώρησης θα βρίσκεται μέσα σε ορισμένα προκαθορισμένα όρια π.χ. 7-9 π.μ. και 3-5 μ.μ. Μια τέτοια ελευθερία επιλογής οδηγεί στη χρησιμοποίηση των χρονικών εκείνων διαστημάτων που παρουσιάζουν τη μικρότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση και ταυτόχρονα διευκολύνει το συντονισμό των μετακινήσεων με τα λοιπά μέλη της οικογένειας ή τους γείτονες, ενισχύοντας την ομαδική χρήση των αυτοκινήτων.

Στη χώρα μας, και ιδιαίτερα στην Πρωτεύουσα όπου το ποσοστό της κυκλοφορίας περιόδου αιχμής κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 6% και 8% μόνο της αντίστοιχης ημερήσιας κυκλοφορίας, οι μετακινήσεις για εργασία έχουν ήδη μια ικανοποιητική διασπορά και επομένως περαιτέρω αλλαγές στα ωράρια εργασίας δεν θα προσφέρουν ουσιαστική βελτίωση.

### ΧΡΕΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΑΙΧΜΗΣ

Η χρέωση κατά τις περιόδους αιχμής (Congestion Pricing), δηλαδή η επιβάρυνση εκείνων που κινούνται στα κρίσιμα από άποψη κυκλοφορίας τμήματα του συστήματος μεταφορών κατά τις ώρες αιχμής, σε σχέση με εκείνους που κινούνται εκτός αιχμής, χρησιμοποιείται για να μειώσει την κυκλοφορία κατά τις ώρες της μεγάλης κίνησης και να επηρεάσει την επιλογή του μέσου μεταφοράς, ευνοώντας τα μαζικά μέσα μεταφοράς και ενθαρρύνοντας την ομαδική χρησιμοποίηση των επιβατικών αυτοκινήτων.

Γενικότερα, ο έλεγχος της χρησιμοποίησης των συστημάτων μεταφορών με διάφορες χρεώσεις αποτελεί και ένα μέσο για τη δικαιότερη κατανομή των δαπανών του συστήματος σ'

αυτούς που το χρησιμοποιούν, όπου πληρώνουν περισσότερο όποιοι το χρησιμοποιούν αντιοικονομικά, δηλαδή στις συμφορημένες περιοχές και κατά τις ώρες αιχμής.

Η χρέωση στις περιόδους αιχμής μπορεί να εφαρμοστεί κατά διάφορους τρόπους όπως π.χ. με την αύξηση των τελών στάθμευσης για μακροχρόνια στάθμευση ώστε να αποθαρρυνθεί η χρησιμοποίηση των επιβατικών αυτοκινήτων για τις μετακινήσεις για εργασία που γίνονται κατά τις περιόδους αιχμής.

Μια ευρύτερη και πιο αποτελεσματική εφαρμογή σε μια ολόκληρη περιοχή μπορεί να γίνει με ειδικές άδειες χρησιμοποίησης της περιοχής κατά τις περιόδους αιχμής. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε πρώτα στην κεντρική περιοχή της Σιγκαπούρης και είχε μεγάλη επιτυχία.

Όλα τα αυτοκίνητα που εισέρχονται στην κεντρική περιοχή της Σιγκαπούρης κατά την περίοδο από 9.30 π.μ. έως 10.15 π.μ. είναι υποχρεωμένα να έχουν ειδική άδεια και αυτοκόλλητα τα οποία αγοράζονται από τα ταχυδρομεία και από ειδικούς θαλάμους κατά μήκος των κυρίων οδών που οδηγούν στην περιοχή περιορισμού. Απαλλάσσονται της πληρωμής τα αυτοκίνητα με 4 ή περισσότερους επιβάτες (για να ενισχυθεί η ομαδική χρησιμοποίηση των αυτοκινήτων), τα μέσα δημόσιων συγκοινωνιών, τα μοτοποδήλατα, τα ιδιωτικά λεωφορεία, τα αστυνομικά αυτοκίνητα, τα οχήματα ανάγκης (νοσοκομειακά, πυροσβεστικά), τα φορτηγά δύο αξόνων και τα στρατιωτικά.

Η αστυνόμευση γίνεται σε 22 σημεία εισόδου όπου υπάρχουν οι κατάλληλες απαγορευτικές πινακίδες καθώς και φωτεινά κίτρινα σήματα που είναι αναμμένα σε όλη την περίοδο που διαρκεί ο περιορισμός. Το πρόστιμο για την παράβαση του περιορισμού είναι περίπου ίσο με το κόστος της άδειας για ένα μήνα. Παράλληλα αυξήθηκαν τα τέλη στάθμευσης στην υπό περιορισμό περιοχή.

Με την εφαρμογή των παραπάνω μέτρων μειώθηκε η κυκλοφορία κατά την πρωινή περίοδο αιχμής κατά 40%, με αποτέλεσμα να προκύψει μια καλύτερευση των συνθηκών κυκλοφορίας και του περιβάλλοντος γενικότερα. Επιπλέον δημιουργήθηκε ένα έσοδο από τη δικαιότερη χρέωση της χρήσης των συστημάτων μεταφορών, με την επιβάρυνση αυτών που τα χρησιμοποιούν κατά τις κρίσιμες περιόδους αυξημένης κίνησης.

#### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Η κίνηση, οι ελιγμοί για στάθμευση και η φορτοεκφόρτωση των φορτηγών αυτοκινήτων, ιδιαίτερα στην κεντρική περιοχή μιας πόλης, συμβάλλουν ουσιαστικά στην κυκλοφοριακή συμφόρηση και στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τους εκπεμπόμενους ρύπους.

Η απαγόρευση της κίνησης και φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών αυτοκινήτων κατά τις περιόδους αιχμής, αποτελεί μια σειρά μέτρων που αποβλέπει στη μείωση της κίνησης κατά τις κρίσιμες αυτές περιόδους. Επειδή η μεγαλύτερη επίδραση στη κυκλοφορία από τα φορτηγά αυτοκίνητα προκύπτει από τους ελιγμούς κατά τις φορτοεκφορτώσεις και όχι από την κίνηση (εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπως π.χ. στενές οδοί, μεγάλες κλίσεις) η απαγόρευση της φορτοεκφόρτωσης μόνο κατά τις περιόδους αιχμής μπορεί να προσφέρει ουσιαστική ανακούφιση στην κυκλοφορία.

Μια προσπάθεια που έγινε παλαιότερα στο Λονδίνο για τον περιορισμό των φορτοεκφορτώσεων ώστε να γίνονται μόνο κατά τη διάρκεια της νύκτας εγκαταλείφθηκε εξαιτίας των σοβαρών αντιρρήσεων. Μεταξύ των κύριων αντιρρήσεων για τις νυκτερινές φορτοεκφορτώσεις είναι η αντίδραση του κοινού για τη διατάραξη της νυκτερινής ησυχίας και η αντίδραση των εμπόρων και βιομηχάνων για το αυξημένο κόστος των νυκτερινών φορτοεκφορτώσεων λόγω υπερωριών.



Λιγότερο αποτελεσματικός αλλά ευκολότερος στην εφαρμογή του είναι ο περιορισμός των φορτοεκφορτώσεων ώστε να γίνονται κατά τη διάρκεια μεν της ημέρας, αλλά εκτός περιόδων αιχμής. Και ο περιορισμός αυτός όμως δημιουργεί σοβαρές αντιδράσεις από τους έμπορους και βιομηχάνους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η πιο αποτελεσματική χρησιμοποίηση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής μιας πόλης από τα μεταφορικά μέσα, που είναι ο κύριος σκοπός της εφαρμογής μέτρων Διαχείρισης Συστημάτων Κυκλοφορίας, μπορεί να υποβοηθηθεί με τη χρησιμοποίηση των αναπτυσσόμενων νέων τεχνολογιών, ιδιαίτερα στον τομέα της πληροφορικής των τηλεπικοινωνιών και της τηλεματικής.

Η χρησιμοποίηση υπολογιστών μεγάλης χωρητικότητας και ταχύτητας και η δυνατότητα μετάδοσης και λήψης δεδομένων μέσα σε εκτεταμένες περιοχές και σε πραγματικό χρόνο (real time) δίνει μεγάλες δυνατότητες για πληροφόρηση των χρηστών αλλά και για έλεγχο και κατεύθυνση των οχημάτων και γενικότερα του όλου συστήματος των μεταφορών.

### ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

Οι επιλογές που κάνουν οι χρήστες για τις μετακινήσεις τους (επιλογή μέσου, διαδρομής κλπ.) είναι δυνατόν να συμβάλλουν στην επιβάρυνση της κυκλοφορίας και στη δημιουργία κυκλοφοριακής συμφόρησης σε ορισμένους οδικούς άξονες. Εάν όμως ο χρήστης γνώριζε ότι με την επιλογή του αυτή θα επιβάρυνε την κυκλοφορία σε κάποιο τμήμα και συνεπώς θα επιβαρυνόταν και ο ίδιος, τότε ίσως η επιλογή του να ήταν διαφορετική, τέτοια ώστε να αποφύγει τις τυχόν καθυστερήσεις κατά τη μετακίνησή του.

Εμφανής είναι λοιπόν η σημασία παροχής μιας σωστής και επαρκούς πληροφόρησης στο χρήστη του δικτύου, ώστε να βελτιωθεί η υπάρχουσα κατάσταση. Η σωστή πληροφόρηση δίνει περισσότερες δυνατότητες επιλογής και βοηθά στην εύρεση εναλλακτικών λύσεων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των κυκλοφοριακών και κατά συνέπεια των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Η πληροφόρηση γίνεται με οπτικά μέσα και ηλεκτρονικά συστήματα επικοινωνίας. Οι πληροφορίες δίνονται είτε από ηλεκτρονικούς πίνακες μεταβαλλόμενων μηνυμάτων (VMS-Variable Message Signs) τοποθετημένους στο άκρο της οδού ή σε ειδικά όργανα εντός του οχήματος (οπτικά) είτε μέσω συστημάτων ψηφιακών ραδιόφωνων εντός του οχήματος είτε σε Η/Υ.

Οι πίνακες πληροφοριών τοποθετούνται σε ορισμένα καίρια σημεία, συνήθως στα σημεία εισόδου στο κέντρο της πόλης. Η θέση των σημείων αυτών είναι πολύ σημαντική για την επιτυχία και αποτελεσματικότητα της βελτίωσης των κυκλοφοριακών συνθηκών που επικρατούν. Για το λόγο αυτό η εύρεση της καταλληλότερης θέσης πρέπει να υποδεικνύεται μετά από σχετική μελέτη.

Οι Η/Υ στους οποίους δίνονται οι πληροφορίες είτε υπάρχουν στα σπίτια είτε είναι φορητοί και μπορούν οι οδηγοί να τους έχουν στα οχήματα. Μέσω αυτών οι χρήστες μπορούν να ζητήσουν οποιαδήποτε στιγμή τις πληροφορίες που χρειάζονται. Υπάρχουν πολλά ερευνητικά προγράμματα που ασχολούνται με την τεχνολογία των Η/Υ αυτών και τις δυνατότητες βελτίωσης τους με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος.

Μια άλλη μέθοδος πληροφόρησης είναι μέσω του ψηφιακού ραδιόφωνου από το οποίο μεταδίδονται δεδομένα και πληροφορίες (RDS: Radio Data System, RDS-TMC: Radio Data System - Traffic Message Channel).

Πολλά από τα προγράμματα ασχολούνται με το τι πληροφορίες θα δίνονται και κατά πόσο είναι εφικτή η συγκέντρωση και παροχή των πληροφοριών αυτών. Οι πληροφορίες που προβλέπεται να δίνονται αφορούν τα εξής:

- εναλλακτικές λύσεις μετακίνησης (δρομολόγια μέσω μαζικής μεταφοράς, ομαδική χρήση επιβατικών αυτοκινήτων κλπ.)
- κυκλοφοριακή κατάσταση των οδών
- διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης και κόστος στάθμευσης
- πρόβλεψη κυκλοφοριακών συνθηκών
- περιοριστικά μέτρα (έργα σε κάποια οδικά τμήματα, ατυχήματα, περιοριστικά μέτρα λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης κλπ.)
- καιρός
- πληροφορίες για τους επισκέπτες της πόλης
- δρομολόγια τρένων και πλοίων
- προτεινόμενες λύσεις συνδυασμένης μετακίνησης (στάθμευση οχήματος σε ειδικό χώρο και μετεπιβίβαση σε μέσο μαζικής μεταφοράς, όπως προαστιακοί σιδηρόδρομοι, μετρό).

### ΕΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ – ΟΔΩΝ

Ο όρος "Εξυπνα Συστήματα Οχημάτων - Οδών" (Intelligent Vehicle -Highway Systems - IVHS) αναφέρεται στα συστήματα μεταφορών που περιλαμβάνουν ολοκληρωμένες εφαρμογές παρακολούθησης, τηλεπικοινωνιών και διαδικασίες ελέγχου με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, τόσο μέσα στα οχήματα όσο και πάνω στο δρόμο. Ο κύριος στόχος αυτών των τεχνολογιών είναι η βελτίωση της κινητικότητας, της ασφάλειας και της χωρητικότητας με την ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται σε προηγμένες τεχνολογίες ηλεκτρονικού εξοπλισμού και λογισμικού. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α., ενώ στην Ευρώπη τα συστήματα είναι πιο γνωστά ως προηγμένες εφαρμογές Τηλεματικής στις Μεταφορές (Advanced Transport Telematics).

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν και την επικοινωνία και ανταλλαγή αξιόπιστων πληροφοριών μεταξύ των χρηστών, των οχημάτων και των κέντρων διαχείρισης του συστήματος μεταφορών, σε πραγματικό χρόνο. Η επικοινωνία αυτή απαιτεί συνεργασία τόσο μεταξύ του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, όσο και μεταξύ των δημόσιων υπηρεσιών, με στόχο τον ορθό σχεδιασμό, την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρηση των αναγκαίων συστημάτων.

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Ακολούθως γίνεται μια αναφορά στα κυριότερα ερευνητικά προγράμματα νέων τεχνολογιών. Τα περισσότερα από τα προγράμματα αυτά βρίσκονται υπό εξέλιξη και αναπτύσσονται στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών<sup>(2)</sup>.

#### *Ευρώπη*

Ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η πληροφόρηση του χρήστη για τις επικρατούσες συνθήκες στο δίκτυο μεταφορών έχει ήδη γίνει κατανοητός από όλα σχεδόν τα Ευρωπαϊκά κράτη που ξεκίνησαν μια συντονισμένη προσπάθεια υλοποίησης μέτρων που βελτιώνουν την πληροφόρηση του χρήστη.

Η προσπάθεια αυτή ξεκίνησε το 1984 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο 1ο Πρόγραμμα-πλαίσιο για την Έρευνα και την Τεχνολογία (Προγράμματα ESPRIT και RACE). Το 1985 και 1986 ξεκίνησαν έρευνες για την τρέχουσα και για την προβλεπόμενη ανάπτυξη των

συστημάτων πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών και για το πως θα μπορούσαν τα παραπάνω να χρησιμοποιηθούν για την παροχή πληροφοριών στους χρήστες των μεταφορικών δικτύων καθώς επίσης και τη δυνατότητα εφαρμογής τους στην ασφάλεια της οδού και του οχήματος.

Οι έρευνες αυτές, μαζί με κάποιες άλλες στον τομέα των μεταφορών, αποτέλεσαν τον πρώτο "πυρήνα" ερευνητικών έργων στον τομέα των μεταφορών, με κύρια αντικείμενα τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, την κυκλοφοριακή ικανότητα και την ποιότητα του περιβάλλοντος. Συνέχεια αυτού του προγράμματος αποτέλεσε το πρόγραμμα DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Efficiency in Europe) που τέθηκε σε εφαρμογή το 1988 από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ συνέχεια του DRIVE αποτελεί το πρόγραμμα ADVANCED TRANSPORT TELEMATICS (ATT) το οποίο έληξε το 1995.

Οι κυριότερες κατηγορίες του προγράμματος DRIVE και της συνέχειας του ATT είναι οι εξής επτά και ευρίσκονται σε πλήρη ανάπτυξη:

- I. **Διαχείριση της Ζήτησης (Demand Management)**, που αφορά τον στρατηγικό έλεγχο του οδικού χώρου, τον έλεγχο εισόδων, τη στάθμευση και την ηλεκτρονική πληρωμή.
- II. **Πληροφόρηση για τη Μετακίνηση και τη Κυκλοφορία (Travel and Traffic Information)**. Αφορά τη συλλογή, ανάλυση και διαχείριση / διάθεση της πληροφόρησης για όλα τα μεταφορικά μέσα, στην κατοικία, στην εργασία, και εντός του οχήματος για τους οδηγούς καθώς επίσης και για τους χρήστες MMM και για όσους ασχολούνται με τη διαχείριση / λειτουργία φορτηγών αυτοκινήτων.
- III. **Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης Αστικής Κυκλοφορίας (Integrated Urban Traffic Management)**. Αφορά τον έλεγχο της κυκλοφορίας, τον συντονισμό της πληροφόρησης για τη κατάσταση της κυκλοφορίας, τις διαδικασίες άμεσης επέμβασης (αστυνομικά, πυροσβεστικά, νοσοκομειακά οχήματα), στάθμευσης και περιβαλλοντικής διαχείρισης.
- IV. **Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Υπεραστικής Κυκλοφορίας (Integrated Inter-Urban Traffic Management)**. Αφορά τη διαχείριση των υπεραστικών μετακινήσεων, την εντόπιση κυκλοφοριακών συμβάντων και τον έλεγχο της πληροφόρησης στους οδηγούς στους αυτοκινητόδρομους και στο πρωτεύον οδικό δίκτυο (Εθνικές οδούς).
- V. **Βοήθεια στους Οδηγούς και Συνεργαζόμενη Οδήγηση (Driver Assistance and Co-operative Driving)**. Αναπτύσσονται συστήματα εντός του οχήματος για καθοδήγηση στη κίνηση, ελέγχονται οι αλληλοεπιδράσεις και η συνεργασία μηχανημάτων - ανθρώπων στο όχημα, πραγματοποιούνται δοκιμές για την ασφάλεια της κυκλοφορίας και ασφαλή χρήση των μηχανημάτων.
- VI. **Διαχείριση Στόλου Φορτηγών (Freight and Fleet Management)**. Αφορά την ανάπτυξη συστημάτων επιμελητείας / διαχείρισης των εμπορευματικών οδικών μεταφορών παρακολούθησης της μεταφοράς επικινδύνων και ευπαθών εμπορευμάτων και της συνδυασμένης μεταφοράς.
- VII. **Διαχείριση MMM (Public Transport Management)**. Αφορά την δρομολόγηση των οχημάτων, τη πληροφόρηση του επιβατικού κοινού, τα συστήματα πληρωμής εισιτηρίων, και την ανάπτυξη ενός κοινού Ευρωπαϊκού Συστήματος Συλλογής πληροφοριών για τα MMM και συνεργαζομένων τεχνολογιών.

Ένας μεγάλος αριθμός άλλων ερευνητικών προγραμμάτων, πέραν του πλαισίου της ΕΕ, είναι σήμερα υπό εξέλιξη στην Ευρώπη. Ορισμένα από αυτά είναι:

- Το πρόγραμμα EUROPOLIS που έχει στόχο το σχεδιασμό αυτοματοποιημένων οδικών συστημάτων και την ανάπτυξη τεχνολογιών αυτοματοποίησης των λειτουργιών των οδηγών.
- Το πρόγραμμα CARMSNAT που έχει στόχο την ανάπτυξη ηλεκτρονικών συστημάτων πλοήγησης και επικοινωνίας εντός των οχημάτων.
- Το πρόγραμμα ATIS που έχει στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος που θα παράσχει πληροφορίες για τις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Το πρόγραμμα ERTIS που έχει στόχο την ανάπτυξη ενός οδικού και τηλεπικοινωνιακού συστήματος για τους μεταφορείς στους δρόμους της Ευρώπης.
- Το πρόγραμμα PROMETHEUS είναι από τα παλαιότερα και κυριότερα του είδους του στην Ευρώπη. Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος είναι να βελτιωθεί η οδική ασφάλεια από βελτιώσεις στα οχήματα, να αυξηθούν οι λειτουργικές δυνατότητες των οχημάτων και να μειωθούν οι δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη χρήση της πιο προηγμένης τεχνολογίας ηλεκτρονικής και πληροφορικής. Η ασφάλεια είναι ο κύριος σκοπός του προγράμματος και σαν στόχος έχει οριστεί η μείωση των θανάτων λόγω οδικών τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη. Η διαφορά του προγράμματος PROMETHEUS από το πρόγραμμα DRIVE είναι ότι το πρώτο επικεντρώνεται στο όχημα και είναι μια ευρεία προσπάθεια του ιδιωτικού τομέα, ενώ το δεύτερο βασίζεται στη διαχείριση της κυκλοφορίας και έχει οργανωθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

### **Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής**

Παρόμοια προγράμματα έχουν ξεκινήσει και στις Η.Π.Α. με τη χρηματοδότηση της ομοσπονδιακής κυβέρνησης αλλά και των τοπικών κυβερνήσεων σε συνεργασία με τον ιδιωτικό τομέα. Οι δραστηριότητες των "έξυπνων συστημάτων οχημάτων - οδών" συντονίζονται από μια ομάδα που ονομάζεται Mobility 2000 και στην οποία συμμετέχουν βιομηχανίες, πανεπιστήμια και ομοσπονδιακοί, πολιτειακοί και τοπικοί φορείς. Από την ομάδα αυτή ορίστηκαν οι ακόλουθες κατηγορίες προγραμμάτων, πάνω στις οποίες άρχισαν να αναπτύσσονται πιλοτικές εφαρμογές στις Η.Π.Α.:

- **Προηγμένα Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Advanced Traffic Management Systems - ATMS).** Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν εξελιγμένες μεθόδους πληροφορικής και τηλεματικής σε βασικές λειτουργίες διαχείρισης της κυκλοφορίας όπως:
  - I. Ρύθμιση της σηματοδότησης σε πραγματικό χρόνο
  - II. Αλλαγή φοράς λωρίδων σύμφωνα με την κατανομή της κυκλοφορίας κατά κατεύθυνση
  - III. Έλεγχος των εισόδων αυτοκινητοδρόμων κατά τις περιόδους αιχμής
  - IV. Προτεραιότητα λεωφορείων στη σηματοδότηση
  - V. Ηλεκτρονική αστυνόμευση
  - VI. Είσπραξη διοδίων
- **Προηγμένα Συστήματα Πληροφόρησης Μετακινουμένων (Advanced Traveller Information Systems - ATIS).** Τα συστήματα αυτά παρέχουν στους οδηγούς πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις εναλλακτικές διαδρομές που μπορούν να ακολουθήσουν, πληροφορίες σχετικά με τη θέση τους, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες του οδικού δικτύου, με τη βοήθεια οπτικοακουστικών μέσων εντός του οχήματος, ή πριν τη μετακίνηση, στο σπίτι, το χώρο εργασίας κλπ. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί ακόμη να περιλαμβάνουν

θέσεις συμβάντων, προτεινόμενες ταχύτητες και περιορισμούς στη χρήση των λωρίδων. Οι πληροφορίες που παρέχουν τα συστήματα αυτά βοηθούν στο σχεδιασμό της μετακίνησης από το σπίτι, από την εργασία, αλλά και από τους διαχειριστές στόλων οχημάτων. Μια άλλη λειτουργία του συστήματος είναι αυτή που πληροφορεί τους οδηγούς σχετικά με τις υπηρεσίες που τους παρέχονται (π.χ. εστιατόρια, αξιοθέατα, σταθμοί εφοδιασμού και ανάπαυσης) και η οποία καλείται λειτουργία "χρυσού οδηγού" (yellow pages).

- **Λειτουργικά Συστήματα Εμπορικών Οχημάτων (Commercial Vehicle Operations - CVO).** Οι τεχνολογίες των έξυπνων συστημάτων οχημάτων - οδών μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την παραγωγικότητα και την ασφάλεια όλων των λειτουργιών των εμπορικών οχημάτων, συμπεριλαμβανόμενων των μεγάλων φορτηγών, των οχημάτων διανομής, των λεωφορείων, των ταξί και φυσικά των οχημάτων εξυπηρέτησης επειγόντων περιστατικών. Δίνουν τη δυνατότητα διαχείρισης στόλων φορτηγών και λεωφορείων με τη βοήθεια μεθόδων Αυτόματης Αναγνώρισης Οχημάτων (Advanced Vehicle Identification - AVI) και Αυτόματης Αναγνώρισης Θέσης (Advanced Vehicle Location - AVL). Επίσης η χρήση προηγμένων τεχνολογιών όπως συστήματα αντιμπλοκαρίσματος των φρένων, ανίχνευσης παρακείμενων εμποδίων και αποφυγής συγκρούσεων, μειώνει τη δημόσια ανησυχία για πρόκληση ατυχημάτων σχετικά με την μικτή κυκλοφορία μικρών οχημάτων και μεγάλων φορτηγών στις οδούς.
- **Προηγμένα Συστήματα Ελέγχου Οχημάτων (Advanced Vehicle Control Systems - AVCS).** Τα συστήματα αυτά έχουν στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας και της κυκλοφοριακής ικανότητας, με την παροχή πληροφοριών για τις μεταβαλλόμενες συνθήκες και ηχητικά μηνύματα στο άμεσο περιβάλλον του οχήματος. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι δαπανηρές και περιλαμβάνουν : την προειδοποίηση του οδηγού, τα συστήματα οπτικών ή άλλων μέσων βοήθειας, την αποφυγή εμποδίων, την αυτοματοποιημένη επιβράδυνση και τον αυτοματοποιημένο προγραμματισμό δρομολογίων. Οι πρώτες εφαρμογές αυτών των τεχνολογιών περιλαμβάνουν συστήματα που βοηθούν την οδήγηση, δηλαδή συστήματα προειδοποίησης κινδύνων, που σημαίνουν έναν ηχητικό συναγερμό ή ενεργοποιούν ένα φως όταν το όχημα κινείται επικίνδυνα ή κοντά σε ένα αντικείμενο. Άλλες εφαρμογές αναπτύσσουν συστήματα υπέρυθρων εικόνων που επαυξάνουν την ορατότητα του οδηγού τη νύχτα, καθώς και συστήματα που προσαρμόζουν την ταχύτητα και τη θέση ενός οχήματος μέσα σε μια λωρίδα αυτομάτως. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ραντάρ που ανιχνεύουν τη θέση και την ταχύτητα ενός οχήματος στην οδό ή ηλεκτρονικούς μεταδότες στο οδόστρωμα οι οποίοι ανιχνεύουν τη θέση των οχημάτων μέσα στη λωρίδα και στέλνουν μηνύματα σε έναν υπολογιστή μέσα στο όχημα ο οποίος είναι υπεύθυνος για κάποιες λειτουργίες ελέγχου.

### **Ιαπωνία**

Στην Ιαπωνία υπάρχουν δύο προγράμματα το AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information and Communication System) και το RACS (Road-Automotive Communication System). Τα δύο αυτά προγράμματα δίνουν έμφαση στις επικοινωνίες και στον έλεγχο της κυκλοφορίας. Λόγω του έντονου προβλήματος της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της περιβαλλοντικής ρύπανσης η ιαπωνική κυβέρνηση έχει δώσει μεγάλη προτεραιότητα στα προγράμματα αυτά.

Το πρόγραμμα AMTICS μεταφέρει πληροφορίες σχετικές με την κυκλοφορία από ένα κέντρο ελέγχου της κυκλοφορίας σε μια οθόνη μέσα στο όχημα. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν χάρτες του οδικού δικτύου και αφορούν τοπικούς κυκλοφοριακούς κανόνες, θέσεις στάθμευσης, νοσοκομεία, σταθμούς καυσίμων και άλλες χρήσιμες πληροφορίες.

Υπάρχει η δυνατότητα πληροφόρησης των οδηγών για τις κυκλοφοριακές συνθήκες, καθώς και για προειδοποίηση ατυχημάτων ή καιρικών συνθηκών, σε πραγματικό χρόνο.

Το πρόγραμμα RACS είναι ένα παράλληλο πρόγραμμα που χρησιμοποιεί διαφορετική τεχνολογία επικοινωνιών. Οι λειτουργίες του συστήματος ταξινομούνται σε πλοήγηση, πληροφορίες κυκλοφορίας και μηνύματα.

Τα κυκλοφοριακά δεδομένα συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο στο κέντρο του συστήματος, αποστέλλονται στα φανάρια παραπλεύρως της οδού και διαδίδονται στα οχήματα με τη χρήση μικροκυμάτων. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν θέσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης, κατασκευής έργων, ατυχημάτων, ελέγχου της κυκλοφορίας, διαθέσιμων χώρων στάθμευσης και εκτίμησης του χρόνου ταξιδιού. Επίσης παρέχονται ψηφιακοί χάρτες στους οποίους φαίνεται η θέση του οχήματος και οι προτεινόμενες διαδρομές.

**ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ**  
**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ & ΔΙΟΔΙΩΝ**  
**(INTEGRATED TOLLING & TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM – ITTMS)**

Η Αττική Οδός είναι ένα έργο που ανήκει στο Ελληνικό Δημόσιο η λειτουργία και η διαχείριση του οποίου έχει παραχωρηθεί στους ιδιώτες επενδυτές (την ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟ Α.Ε.) για μία περίοδο κατά μέγιστο 23 ετών. Μπορεί, ωστόσο, να είναι και μικρότερη εάν αποπληρωθούν από την εκμετάλλευση του έργου τα ιδιωτικά κεφάλαια – ίδια και δανεικά που επενδύθηκαν στην κατασκευή του. Η εκμετάλλευση του έργου γίνεται προς όφελος των χρηστών με σκοπό την μεγιστοποίηση της συγκοινωνιακής απόδοσης του έργου για το σύνολο της πόλης.

Η Χρηματοδότηση του Έργου, που αφορά τη λειτουργία αυτής καθεαυτής της Αττικής Οδού, έγινε κατά 35% από το Ελληνικό Δημόσιο και κατά 65% από τα Ιδιωτικά Κεφάλαια, από τα οποία το 16% προέρχεται από Ίδια Κεφάλαια και το 49% από Δάνεια. Τα Δάνεια ύψους 285 δις. δρχ. έχουν δοθεί από τις Τράπεζες στην Αττική Οδό και όχι στο Ελληνικό Δημόσιο. Είναι η μεγαλύτερη επένδυση και το πρώτο μέρισμα προβλέπεται να εισπραχθεί από τις εταιρίες το 2011, αφού έως τότε θα αποπληρώνονται τα δάνεια.

Στην κατασκευή του Έργου μετείχαν 11 από τις μεγαλύτερες ελληνικές κατασκευαστικές εταιρείες: ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, ΑΒΑΞ ΑΕ, ΑΛΤΕ ΑΤΕ, ΑΤΤΙΚΑΤ ΑΤΕ, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΔΟΜΙΚΗ ΑΕ, ΕΤΕΘ ΑΕ, J & P (ΕΛΛΑΣ) ΑΤΕ, Κ.Ι. ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ, ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ, ΤΕΒ ΑΕ, ΤΕΓΚ ΑΕ. με 5.000 συνολικό αριθμό εργαζομένων.

Ειδικότερα την εγκατάσταση του ολοκληρωμένου Συστήματος Διοδίων και Διαχείρισης της Κυκλοφορίας την πραγματοποίησε η Κοινοπραξία (Κ/Ε) *I.T.T.M.S.: ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. - J&P - ΑΒΑΞ Α.Ε.*

Η Αττική Οδός και η Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρος Υμηττού έχει συνολικό μήκος 68,5 χλμ και ενώνει την Εθνική Οδό Αθηνών - Πατρών με την Εθνική Οδό Αθηνών - Θεσσαλονίκης, και με το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος, συνδέει όλα τα λιμάνια της Αττικής μεταξύ τους και μέσω του νέου προαστιακού σιδηροδρόμου, που κινείται στην κεντρική νησίδα του αυτοκινητόδρομου, συνδέει το Μετρό της Αθήνας με το Σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας.

Πιο συγκεκριμένα το έργο περιλαμβάνει:

- 32 Ανισόπεδους Κόμβους, 25 Οδικές Σήραγγες και Cut & Covers με συνολικό μήκος 15 km, 38 Σταθμούς Διοδίων 3 έως 15 λωρίδων
- 5 Κτίρια Διοίκησης Διοδίων
- 1 Κέντρο Ελέγχου και Συντήρησης (ΚΕΣ) στην Παιανία
- 100 περίπου κτίρια υποστήριξης (Κτίρια Εξοπλισμού Σηράγγων, Κτίρια Εξοπλισμού Διοδίων, Υποσταθμοί Διανομής, Αντλιοστάσια κ.λ.π.).

Το έργο σχεδιάστηκε, μελετήθηκε και κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις πιο σύγχρονες προδιαγραφές ασφάλειας και ποιότητας.

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**  
**ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΝΕΣΗ & ΕΥΚΟΛΕΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ**

Καθημερινά όλο και περισσότεροι οδηγοί προτιμούν την Αττική Οδό έναντι του εναλλακτικού οδικού δικτύου για να μετακινηθούν όχι μόνο προς το νέο διεθνές αεροδρόμιο "Ελευθέριος Βενιζέλος" αλλά και προς πολλούς προορισμούς της Αττικής. Οι χρήστες της Αττικής Οδού



εκτιμούν την άνεση και την ασφάλεια που προσφέρει ο κλειστός αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας και γνωρίζουν καλά ότι επιλέγοντας την Αττική Οδό:

- αποφεύγουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση, το άγχος, την κούραση
- εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο, παραγωγικό και ελεύθερο
- μειώνουν τη μηχανική φθορά του οχήματός τους
- καταναλώνουν λιγότερη βενζίνη
- αναβαθμίζουν την ποιότητα της καθημερινής τους ζωής
- ελαχιστοποιούν τις πιθανότητες τροχαίων ατυχημάτων

Δεν είναι μόνο οι αυστηρές προδιαγραφές κατασκευής όπως το υψηλής ποιότητας αντιολισθηρό οδόστρωμα, ο πυκνός φωτισμός, η κατάλληλη σήμανση, η επαρκής περίφραξη, η διαχωριστική νησίδα μεταξύ των δύο ρευμάτων και η Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης που συντελούν στην άνεση και την ασφάλεια των χρηστών, είναι και οι παρεχόμενες υπηρεσίες που προσφέρονται, βάσει μέσων και μεθόδων πρωτοποριακών για τα ελληνικά δεδομένα, εξασφαλίζοντας όσο το δυνατόν καλύτερες συνθήκες κυκλοφορίας.

### **Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας**

Στην Αττική Οδό εφαρμόζεται και λειτουργεί ένα υπερσύγχρονο Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας που ελέγχει την κίνηση σε όλο το μήκος του αυτοκινητόδρομου. Η βάση του συστήματος βρίσκεται στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (ΚΔΚ) το οποίο λειτουργεί στην Παιανία όλο το 24ωρο.

Το Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας διαθέτει υψηλής τεχνολογίας μέσα τα οποία παρέχουν αυτόματα πληροφορίες στο ειδικευμένο προσωπικό του ΚΔΚ επιτρέποντάς του να ελέγχει και να επιβλέπει ανά πάσα στιγμή τον αυτοκινητόδρομο.

Το ΚΔΚ έχει την εποπτεία των κυκλοφοριακών συνθηκών σε όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου και ενημερώνεται άμεσα για τυχόν προβλήματα με τη βοήθεια σύγχρονου ηλεκτρονικού εξοπλισμού όπως είναι:

- Οι αισθητήρες οδοστρώματος που είναι τοποθετημένοι ανά 600 μέτρα κάτω από την άσφαλτο παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα και την πυκνότητα των οχημάτων.  
Με τον τρόπο αυτό ο εντοπισμός τυχόν προβλημάτων στη ροή της κυκλοφορίας σε κάποιο σημείο του αυτοκινητόδρομου γίνεται άμεσα και ενεργοποιείται η διαδικασία επέμβασης.
- Οι Κάμερες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης που βρίσκονται κατά μήκος της Αττικής Οδού και περιστρέφονται μεταδίδοντας την πλήρη εικόνα των συνθηκών κυκλοφορίας του αυτοκινητόδρομου στις οθόνες του control room. Μπορεί έτσι να εντοπιστεί και να αναγνωριστεί οποιοδήποτε συμβάν.
- Οι Μετεωρολογικοί σταθμοί που λειτουργούν στην Αττική Οδό μεταδίδοντας τις μετρήσεις τους και προειδοποιώντας για τυχόν επιδείνωση των καιρικών φαινομένων ώστε όλες οι μονάδες να είναι σε επιφυλακή.
- Οι Σταθμοί μέτρησης θορύβου και ατμοσφαιρικής ρύπανσης για την μέτρηση και τον έλεγχο των μεγεθών αυτών.

και με τη βοήθεια των μέσων που διαθέτει όπως:

- τον ειδικό τετρανήφιο αριθμό 1866 τον οποίο μπορεί ο χρήστης να καλέσει από το κινητό του
- τα τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης, που βρίσκονται στον αυτοκινητόδρομο κάθε 2 χλμ. τις περιπόλους που κινούνται σε όλο το μήκος της Αττικής Οδού 24 ώρες το 24ωρο ώστε να εντοπίζουν και να επεμβαίνουν άμεσα σε οποιοδήποτε περιστατικό παρέχοντας δωρεάν βοήθεια.

Το ΚΔΚ είναι ανά πάσα στιγμή σε θέση να γνωρίζει τι συμβαίνει στην Αττική Οδό και να ενεργοποιεί άμεσα τις εργασίες ή διαδικασίες που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία του αυτοκινητόδρομου, την ταχύτερη επέμβαση σε οποιοδήποτε συμβάν, την αποτελεσματική παροχή βοήθειας, την γρήγορη αποκατάσταση οποιουδήποτε προβλήματος:

- Επικοινωνώντας διαρκώς με τις μονάδες περιπολίας που κινούνται κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου και έχουν ως βασική αποστολή τον εντοπισμό έκτακτων περιστατικών και την άμεση επέμβαση.
- Ενημερώνοντας τους οδηγούς για προβλήματα που μπορεί να συναντήσουν στη διαδρομή τους μέσω των ηλεκτρονικών πινακίδων μεταβλητού μηνύματος που βρίσκονται στις εισόδους αλλά και κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου.
- Ειδοποιώντας τις Μονάδες Περισυλλογής Οχημάτων που λειτουργούν με μέριμνα της ΕΛΠΑ και επεμβαίνουν όποτε υπάρχει ακινητοποιημένο όχημα μεταφέροντάς το, χωρίς καμία χρέωση, στην πλησιέστερη έξοδο.
- Ειδοποιώντας ανάλογα με την περίπτωση το ειδικό Τμήμα Τροχαίας Αττικής Οδού που συμβάλλει σημαντικά στην ασφαλή λειτουργία του αυτοκινητόδρομου, το ΕΚΑΒ, την Πυροσβεστική Υπηρεσία.
- Συντονίζοντας τις εργασίες που πραγματοποιούν καθημερινά οι ομάδες συντήρησης-επέμβασης για τη διατήρηση του αυτοκινητόδρομου σε καλή κατάσταση και την αποτροπή ενδεχόμενων κινδύνων.

Για την έγκαιρη και αποτελεσματική παροχή υπηρεσιών ασφάλειας στον αυτοκινητόδρομο η Αττική Οδός, διαθέτει επίσης οχήματα και μηχανήματα προορισμένα για ειδικευμένες χρήσεις και εργασίες (περιπολίας, άμεσης επέμβασης, ενημέρωσης και καθοδήγησης των χρηστών, επιδιορθώσεων και συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και του φωτισμού, καθαρισμού, μεταφοράς, αντιμετώπισης ιδιαίτερων καιρικών συνθηκών π.χ. εκχιονιστικά) και εκπαιδευμένο που είναι πάντα κοντά στο χρήστη εξυπηρετώντας τον με ευγένεια, συνέπεια και επαγγελματισμό

Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα οι συνθήκες ασφαλείας στον αυτοκινητόδρομο να είναι πραγματικά υψηλές, όπως αποδεικνύουν και τα στατιστικά στοιχεία:

- Δεν έχει σημειωθεί κανένα σοβαρό τροχαίο ατύχημα καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας
- Τα συμβάντα στην συντριπτική τους πλειοψηφία εντοπίστηκαν από το προσωπικό της Αττικής Οδού που περιπολεί επί 24ώρου βάσεως και η επέμβαση ήταν άμεση.
- Στις υπόλοιπες περιπτώσεις κατά τις οποίες προηγήθηκε κλήση από το χρήστη, ο μέσος χρόνος επέμβασης από το προσωπικό του αυτοκινητόδρομου ήταν πάντοτε κατώτερος των 5 λεπτών.

### *Παρεχόμενη Ασφάλεια*

Στην Αττική Οδό βασική προτεραιότητα αποτελεί η ασφάλεια των οδηγών, επιβατών και οχημάτων. Ο αυτοκινητόδρομος σχεδιάστηκε με αυστηρές τεχνικές προδιαγραφές ασφαλείας, που περιλαμβάνουν Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ) ανά κατεύθυνση, διαχωριστική νησίδα ανάμεσα στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, αντιολισθηρό τάπητα υψηλής ποιότητας, πυκνό ιστό φωτισμού, περίφραξη, κλπ.

Κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου υπάρχουν, ανά 100 μέτρα, Πλευρικές Πινακίδες που δηλώνουν την χιλιομετρική θέση. Οι πινακίδες αυτές περιλαμβάνουν γραμματική ένδειξη που δηλώνει την κατεύθυνση που κινείστε και αριθμητική ένδειξη που δηλώνει τη χιλιομετρική απόσταση από σταθερό σημείο αναφοράς.

Οι πινακίδες χιλιομετρικής θέσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε περίπτωση ανάγκης, καθώς αποτελούν βασικό σημείο αναφοράς για τον εντοπισμό σας από τις Κινητές Μονάδες Περιπόλου και Άμεσης Επέμβασης.

Το όριο ταχύτητας σημαίνεται με κατάλληλες προειδοποιητικές πινακίδες καθ' όλο το μήκος της Αττικής Οδού.

Πριν από κάθε έξοδο από τον αυτοκινητόδρομο υπάρχουν Πλευρικές και Κεντρικές Πινακίδες Προαναγγελίας όπου δηλώνεται ο αριθμός της εξόδου και ο προορισμός ή ο οδικός άξονας που συνδέεται άμεσα με τον αυτοκινητόδρομο στη συγκεκριμένη έξοδο.

Πριν από κάθε σήραγγα υπάρχουν προειδοποιητικές πινακίδες που υποδεικνύουν στους αυτοκινητιστές ότι πρέπει να ανάψουν τα φώτα του οχήματός τους, ενώ κάθε 100 μέτρα υπάρχουν πινακίδες που υποδεικνύουν το πλησιέστερο τηλέφωνο έκτακτης ανάγκης.

Ιδιαίτερα σημαντική στον τομέα της ασφάλειας είναι η συμβολή των ειδικών συστημάτων ελέγχου καθώς και του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας (ΚΔΚ), που επιτρέπουν την απρόσκοπτη και επί 24ώρου βάσεως παρακολούθηση των κυκλοφοριακών συνθηκών σε όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου.

Το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (ΚΔΚ) εντοπίζει άμεσα τυχόν προβλήματα και συμβάντα στον αυτοκινητόδρομο μέσω συσκευών κάμερας κλειστού κυκλώματος τηλεοράσεως, αισθητήρων οδοστρώματος και ειδικών συστημάτων μέτρησης CO και αδιαφάνειας του αέρα στις σήραγγες. Επιπλέον, συντονίζει τις ενέργειες για την άμεση επέμβαση και βοήθεια με χρήση σύγχρονου ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως:

- σύστημα TETRA, για την επικοινωνία με τις κινητές μονάδες περιπόλου και άμεσης επέμβασης
- ηλεκτρονικές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, για την ενημέρωση των οδηγών ως προς την τήρηση των βασικών κανόνων οδικής συμπεριφοράς
- συστήματα εξαερισμού σήραγγων αυτόματης ενεργοποίησης, για την απομάκρυνση καπνού ή άλλων επικίνδυνων ρύπων από τις σήραγγες
- απευθείας συνδέσεις με την Τροχαία (υπάρχει ειδικό τμήμα με αποκλειστική αποστολή την αστυνόμευση της Αττικής Οδού), την Πυροσβεστική, το ΕΚΑΒ, κλπ.

Για λόγους ασφαλείας και ομαλής λειτουργίας δεν επιτρέπεται, σύμφωνα με τον Κ.Ο.Κ. να κυκλοφορούν πεζοί, έφιπποι, οχήματα που δεν κινούνται με κινητήρα (π.χ. ποδήλατα) και γενικά οχήματα που δεν μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητα μεγαλύτερη των 50 χλμ/ώρα.

Επιπλέον υπάρχει συνεχής πληροφόρηση των οδηγών μέσω των Ηλεκτρονικών Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων (Variable Message Signs-- VMS), που βρίσκονται στις εισόδους

και κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου. Η πληροφόρηση παρέχεται σε πραγματικό χρόνο από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας και αφορά κυρίως μηνύματα υπενθύμισης βασικών κανόνων ασφάλειας (π.χ. Φοράτε τις ζώνες ασφαλείας) και οδικής συμπεριφοράς (π.χ. προσπερνάτε από αριστερά, μην οδηγείτε στη Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης). Σε ειδικές περιπτώσεις εμφανίζονται μηνύματα προειδοποίησης που αφορούν έκτακτες κυκλοφοριακές συνθήκες (π.χ. Λωρίδα κλειστή λόγω ατυχήματος).

Στις εισόδους των σηράγγων και των Cut & Covers, και ανά 150 μέτρα στο εσωτερικό αυτών υπάρχουν πινακίδες μεταβλητού ορίου ταχύτητας που χρησιμοποιούνται σε περίπτωση που η ασφαλής ταχύτητα διέλευσης είναι διαφορετική από αυτή που αναγράφεται στις στατικές πινακίδες. Επιπλέον υπάρχουν φωτεινοί σηματοδότες λωρίδων που υποδεικνύουν ποιες από αυτές βρίσκονται σε λειτουργία (Εικόνα 4).



*Εικόνα 4 Ηλεκτρονική σήμανση μεταβλητού ορίου ταχύτητας και ελέγχου λωρίδων κυκλοφορίας εντός των σηράγγων και των Cut & Covers*

### **Σύστημα πληρωμής διοδίων**

Εκτός από τον συμβατικό τρόπο πληρωμής του αντιτίμου των διοδίων με μετρητά, στον αυτοκινητόδρομο λειτουργεί και σύστημα αυτόματης πληρωμής των διοδίων (τηλεδιόδιο e-pass) επιτρέποντας στον χρήστη να περνά από τα διόδια γρήγορα χωρίς να χάνει χρόνο ακολουθώντας τη συνήθη διαδικασία πληρωμής.

Το τηλεδιόδιο e-pass επιτρέπει στο χρήστη να περάσει τα διόδια σε ελάχιστο χρόνο χωρίς να έχει χρήματα, χωρίς καν να ανοίξει το παράθυρό του. Λειτουργεί με έναν μικρό πομποδέκτη τον οποίο ο χρήστης τοποθετεί στο παρμπρίζ του αυτοκινήτου του. Περνώντας από την ειδική λωρίδα τηλεδιοδίου, ο πομποδέκτης αναγνωρίζεται από την κεραία του συστήματος και η διέλευσή του καταγράφεται αυτόματα. Έτσι ο χρήστης εξοικονομεί ακόμη περισσότερο χρόνο, δεν χρειάζεται να ανησυχεί για το αντίτιμο του διοδίου και κάθε μήνα παραλαμβάνει λογαριασμό με αναλυτική αναφορά για τις διελεύσεις του.

Κάθε σταθμός διοδίων διαθέτει ειδικές λωρίδες και για τους 2 τρόπους πληρωμής, τηλεδιόδιο και μετρητά, ενώ κατάλληλη σήμανση προειδοποιεί έγκαιρα το χρήστη σε ποια λωρίδα πρέπει να κατευθυνθεί ανάλογα με τον τρόπο που έχει επιλέξει.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα διαφοροποίησης του αντιτίμου από σταθμό σε σταθμό και από ώρα σε ώρα, κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς, ώστε το διόδιο να παίζει ρόλο ρυθμιστικό στη καλύτερη κατανομή των κυκλοφοριακών φορτίσεων και να επιτυγχάνει τον σκοπό του έργου που είναι η μεγιστοποίηση της συγκοινωνιακής απόδοσης του έργου και της άντλησης όλων των άμεσων και έμμεσων ωφελειών που αναμένονται από το έργο για την περιοχή της Πρωτεύουσας.

Το έργο έχει σχεδιασθεί με βάση το ανοιχτό σύστημα. Ο οδηγός πληρώνει στη είσοδο του δρόμου ανεξάρτητα από το μήκος της διαδρομής του μέσα στην Αττική Οδό. Έτσι βέβαια, δημιουργείται αντικίνητρο για τους οδηγούς που θέλουν να καλύψουν μικρές αποστάσεις. Ήδη μελετάτε η δυνατότητα να τοποθετηθούν ανιχνευτές και στις εξόδους του αυτοκινητόδρομου έτσι ώστε να γίνει δυνατή και η χρέωση με βάση την απόσταση που διανύει κάθε χρήστης για τους κατόχους πομποδεκτών.

Η Αττική Οδός είναι από τους φθηνότερους δρόμους στην Ευρώπη ανά χιλιόμετρο όπως αποδεικνύει έρευνα σε κεντρικούς αυτοκινητοδρόμους σε Ισπανία, Γαλλία, Αγγλία και

Ιταλία. Με την ολοκλήρωση του δρόμου, η χρέωση ανήλθε στα 2,7 €για τα 62 χλμ., δηλαδή περίπου 4,5 cent/χλμ., όταν:

- στον Περιφερειακό της LYON το τέλος είναι 1,8€για 10 χλμ., 18cent/χλμ.
- στον Περιφερειακό της Νίκαιας είναι 2,7€για 33 χλμ., 8cent/χλμ.
- στην σήραγγα του λιμανιού του Δουβλίνου είναι 3,8€για 5,5 χλμ., 70cent/χλμ.
- στον αυτοκινητόδρομο A-2 στην Πολωνία είναι 2,5€για 40 χλμ., 6cent/χλμ.

### **Περιγραφή Συστήματος ITTMS**

Το σύστημα ITTMS είναι ένα από τα πλέον προηγμένα συστήματα που εγκαταστάθηκαν στην Αττική Οδό. Αποτελείται από τρία υποσυστήματα:

- το σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας
- το σύστημα Διοδίων
- το σύστημα Επικοινωνιών.

Το σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας συγκεντρώνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες από τον αυτοκινητόδρομο και αφού λάβει χώρα η κατάλληλη επεξεργασία, προβαίνει στην ενημέρωση των χρηστών του αυτοκινητοδρόμου, δια μέσου του υπεύθυνου προσωπικού λειτουργίας, με απώτερο σκοπό την ασφάλεια αυτών.

Το σύστημα Διοδίων της Αττικής Οδού, είναι ένα ανοικτό σύστημα, όπου η πληρωμή λαμβάνει χώρα μόνον στις εισόδους του αυτοκινητοδρόμου.

Το σύστημα επικοινωνιών, χρησιμεύει για την μετάδοση φωνής, δεδομένων και εικόνας, συνδέει όλο τον εξοπλισμό πεδίου τόσο του συστήματος διαχείρισης κυκλοφορίας, όσον και του συστήματος διοδίων, με τα κεντρικά συστήματα τα οποία ευρίσκονται στο ΚΕΣ.

Οι κύριοι στόχοι του συστήματος ITTMS είναι:

- Η παροχή υψηλού επιπέδου υπηρεσιών στους χρήστες ελαχιστοποιώντας τις καθυστερήσεις.
- Η μεγιστοποίηση των εσόδων (κυκλοφορίας) ελαχιστοποιώντας παράλληλα το λειτουργικό κόστος.
- Η διασφάλιση της ασφάλειας του αυτοκινητοδρόμου και η αποτελεσματική μετακίνηση αγαθών.

### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΟΔΙΩΝ**

Το Σύστημα Διοδίων βασίζεται στην αρχή flat & open. Αποτελείται από 33 Σταθμούς Διοδίων σε εισόδους με 3 έως και 6 λωρίδες, 3 Μετωπικούς Σταθμούς Διοδίων με 14-15 λωρίδες και κτίριο διοίκησης, και 2 Διπλούς Σταθμούς Διοδίων με 8-10 λωρίδες και κτίριο διοίκησης.

Η λειτουργία του συστήματος διοδίων λαμβάνει υπόψη την παροχή εύκολων μεθόδων πληρωμής με Εισπράκτορα (MTC), με Κάρτα (STC) (έξυπνη κάρτα, χρεωστική κάρτα, πιστωτική κάρτα), και με Ηλεκτρονική Πληρωμή (ETC) μέσω λογαριασμών προ- και μετά-πληρωμής.

Το σύστημα διοδίων της Αττικής Οδού παρέχει επίσης λειτουργίες Back-Office για την υποστήριξη των καθημερινών λειτουργιών (π.χ. συγκριτικός έλεγχος μετρητών και τραπεζικών καταθέσεων), την ιχνηλάτηση και αναφορά όλων των συναλλαγών και την παρακολούθηση και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων των λωρίδων και των σταθμών διοδίων. Επιτρέπει έτσι την άμεση διάγνωση βλαβών και προβλημάτων και την On line υποστήριξη της λειτουργίας του συστήματος από τις υπηρεσίες συντήρησης.

Στην Αττική Οδό έχουν προβλεφθεί οι δυνατότητες επέκτασης του συστήματος διοδίων για την ενσωμάτωση μελλοντικών τροποποιήσεων και την δυνατότητα εξάσκησης εμπορικής πολιτικής από τον παραχωρησιούχο και την Εταιρεία Λειτουργίας του αυτοκινητόδρομου. Αυτό περιλαμβάνει ευελιξία στην διαμόρφωση των λωρίδων, εναλλαγή στη δομή τελών διοδίων, δυνατότητα προσθήκης ή αφαίρεσης κατηγοριών οχημάτων από το σύστημα, κλπ.

Η τεχνολογία του συστήματος διοδίων του ΙΤΤΜΣ περιλαμβάνει:

- Αναγνώστες καρτών πληρωμής με Έξυπνη Κάρτα ή πιστωτική κάρτα παρέχοντας ασφάλεια στη συναλλαγή.
- Τεχνολογία Ειδικού Συστήματος Επικοινωνιών Μικρής Εμβέλειας. (DSRC) για τις λωρίδες ETC. Η DSRC «διαβάζει» τα στοιχεία του κινούμενου οχήματος μέσω ενός πομποδέκτη εγκατεστημένου στο παρμπρίζ του, ο οποίος επικοινωνεί με μια υπερυψωμένη κεραία.
- Συσκευές προ και μετά-Αυτόματης Κατηγοριοποίησης Οχήματος για λόγους ελέγχου. Συσκευές μετά-κατηγοριοποίησης χρησιμοποιούνται στις λωρίδες ETC προκειμένου να επιτρέπεται ο έλεγχος της πραγματικής κατηγοριοποίησης των οχημάτων έναντι της κατηγορίας που έχει προσδιοριστεί στον πομποδέκτη. Το σύστημα έχει την δυνατότητα να αναφέρει συμβάντα αποτυχούσας κατηγοριοποίησης από τους πομποδέκτες και να εντοπίσει εξουδετερώσεις της ηλεκτρονικής πύλης που γίνονται από τους εισπράκτορες διοδίων ή τους επόπτες.
- Μπάρες διοδίων και φωτεινούς σηματοδότες συναλλαγής για όλους τους τρόπους πληρωμής παρέχοντας στους οδηγούς οπτική ένδειξη για την εκπλήρωση της συναλλαγής.
- Συναγερμούς παράβασης για την υπόδειξη είτε στον εισπράκτορα διοδίων ή την αστυνομία ότι έχει γίνει παράβαση. Τέτοιες παραβάσεις περιλαμβάνουν οχήματα χωρίς πομποδέκτη, οχήματα με κλεμμένο πομποδέκτη, ή οχήματα με πομποδέκτη που ανήκει σε άκυρο λογαριασμό.

#### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM (TMS)**

Πρωταρχικός στόχος του Συστήματος Διαχείρισης Κυκλοφορίας του ΙΤΤΜΣ είναι η ασφάλεια των χρηστών μέσω της:

- Ταχύτατης ανίχνευσης συμβάντων
- Γνώσης της κυκλοφοριακής κατάστασης
- Γνώσης των μετεωρολογικών συνθηκών
- Άμεσης πληροφόρησης των χρηστών μέσα και έξω από τον αυτοκινητόδρομο
- Άμεσης ενημέρωσης των ομάδων επέμβασης
- Άμεσης ενημέρωσης των εμπλεκόμενων φορέων.

Επίσης γίνεται συλλογή στοιχείων των οποίων η στατιστική επεξεργασία παράγει συμπεράσματα χρήσιμα για την βελτίωση των συνθηκών κυκλοφορίας στον αυτοκινητόδρομο.

Οι λειτουργίες του TMS υλοποιούνται μέσω Προηγμένου Λογισμικού και περιλαμβάνουν Ανίχνευση Συμβάντος και Απόκριση.

Η Ανίχνευση Συμβάντος είναι η ικανότητα του ITTMS να αναγνωρίζει την ύπαρξη συμβάντος εντός ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος.

Η ανίχνευση μπορεί να είναι χειροκίνητη ή αυτόματη. Η Αυτόματη Ανίχνευση βασίζεται σε αλγόριθμους που ανιχνεύουν συμβάντα βασισμένα σε πληροφορίες που δίνονται από τους Αισθητήρες Ανίχνευσης Οχημάτων που έχουν εγκατασταθεί κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου. Εναλλακτικά, η Χειροκίνητη Ανίχνευση πραγματοποιείται είτε μέσω παρακολούθησης των εικόνων από τις κάμερες που υπάρχουν στον αυτοκινητόδρομο, είτε από εισερχόμενες πληροφορίες που παρέχονται από τους αυτοκινητιστές μέσω των τηλεφώνων έκτακτης ανάγκης του αυτοκινητοδρόμου ή των κινητών τους τηλεφώνων.

Από τη στιγμή που ανιχνεύεται και επιβεβαιώνεται ένα συμβάν, το Σύστημα TMS διευκολύνει την απαιτούμενη απόκριση, μέσω παραγωγής συνδυαστικών (χειροκίνητων και αυτόματων) σχεδίων απόκρισης.

Τα σχέδια απόκρισης περιέχουν συνήθως πληροφορίες μηνυμάτων οι οποίες μεταδίδονται από τις Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων, τις Πινακίδες Ελέγχου Λωρίδων, και τις Πινακίδες Μεταβλητών Ορίων Ταχύτητας, καθώς και ηλεκτρονικές πληροφορίες (π.χ. e-mail και Fax) που βοηθούν στην ταχεία μετάδοση πληροφοριών προς τους συνδρομητές και τις εξωτερικές υπηρεσίες όπως η αστυνομία, τα ασθενοφόρα και η πυροσβεστική.

Οι τεχνολογίες TMS της Αττικής Οδού χωρίζονται σε τεχνολογίες ανίχνευσης και απόκρισης.

### **Τεχνολογίες ανίχνευσης TMS**

Οι τεχνολογίες ανίχνευσης του TMS περιλαμβάνουν:

- **Σταθμούς Ανίχνευσης Οχημάτων Vehicle Detection Station (VDS)**, οι οποίοι αποτελούνται από αισθητήρες (Ανιχνευτές Επαγωγικών Βρόγχων) που έχουν εγκατασταθεί στο οδόστρωμα, σε όλο το μήκος του αυτοκινητόδρομου ανά 600 m στον ανοικτό αυτοκινητόδρομο (ΕΛΕΣΣ *Ελεύθερη Λεωφόρος Ελευσίνας Σταυρού Σπάτων*, ΔΠΛΥ *Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρος Υμηττού*, ΔΠΛΑ *Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρος Αιγάλεω*) και ανά 60 m στις Σήραγγες και Cut & Covers και σε βάθος 8 – 10 cm περίπου παρέχοντας στοιχεία σχετικά με τον όγκο, την ταχύτητα και την πυκνότητα (υπολογίζεται ως χρήση δρόμου) της κυκλοφορίας. Τα στοιχεία αυτά αποστέλλονται μέσω του δικτύου οπτικών ινών, και αναλύονται στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας ως εισερχόμενες πληροφορίες για τους αλγόριθμους της Αυτόματης Ανίχνευσης Συμβάντων.
- **Κλειστό Κύκλωμα Τηλέρασης (CCTV)**, το οποίο χρησιμοποιείται για την οπτική παρακολούθηση της κυκλοφορίας στον αυτοκινητόδρομο και την επιβεβαίωση των ανιχνευόμενων από το σύστημα συμβάντων. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο των Σταθμών Διοδίων.
- **Ανιχνευτές Υπερβάλλοντος Ύψους Οχημάτων (OHVD)**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των οχημάτων που υπερβαίνουν τους

περιορισμούς ύψους (5m) προκειμένου να προληφθεί τυχούσα ζημιά στον εξοπλισμό που έχει τοποθετηθεί σε γέφυρες, σήραγγες και σταθμούς διοδίων.

- **Μετεωρολογικούς Σταθμούς (METEO)**, οι οποίοι παρακολουθούν τις καιρικές συνθήκες όπως η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου, σχηματισμό πάγου στο οδόστρωμα, θερμοκρασία αέρος και υγρασία, καθώς και ορατότητα.
- **Τηλέφωνα Έκτακτης Ανάγκης *Emergency Response Telephone (ERT)***, τα οποία παρέχουν ένα μέσο επικοινωνίας στους αυτοκινητιστές με το Κέντρο Ελέγχου.

### Τεχνολογίες απόκρισης TMS

Οι τεχνολογίες απόκρισης του ITTMS περιλαμβάνουν:

- **Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων *Main Variable Messages Sign (MVMS)* για τις ΕΛΕΣΣ, ΔΠΑΥ, ΔΠΑΑ & *Variable Messages Sign (VMS)* για τις εισόδους του αυτοκινητοδρόμου**, που είναι το βασικό μέσο μετάδοσης πληροφοριών σχετικά με την κυκλοφορία προς τους αυτοκινητιστές.
- **Πινακίδες Ελέγχου Λωρίδων *Lane Control Signal (LCS)***, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο πρόσβασης προς τις εγκαταστάσεις του αυτοκινητοδρόμου, και τις συναντάμε σε σήραγγες και άλλα ελεγχόμενα σημεία του αυτοκινητόδρομου.
- **Πινακίδες Μεταβλητού Ορίου Ταχύτητας *Variable Speed Limit Sign (VSLS)***. Τις συσκευές αυτές τις συναντάμε σε σήραγγες και άλλα ελεγχόμενα σημεία του αυτοκινητόδρομου.
- **Ηλεκτρονική Ειδοποίηση**. Οι συνιστώσες απόκρισης περιλαμβάνουν και την ικανότητα να αποστέλλουν ηλεκτρονικές ειδοποιήσεις (e-mail ή/και fax) στους συνδρομητές του συστήματος και τις εξωτερικές υπηρεσίες.

Το ITTMS ακολουθεί μία ανοιχτή αρχιτεκτονική βασισμένη στα τελευταία πρότυπα και πρωτόκολλα (*CEN/TC278 για DSRC και NTCIP για συσκευές επικοινωνιών*) προκειμένου να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των Συστημάτων Διοδίων και Διαχείρισης Κυκλοφορίας, και να διασφαλίζει την συμβατότητα και διαλειτουργικότητα του Συστήματος ITTMS με άλλα παρόμοια συστήματα.

Στο σύστημα ITTMS της Αττικής Οδού αναγνωρίζονται δύο βασικά επίπεδα:

- ο εξοπλισμός πεδίου
- το Κέντρο Ελέγχου

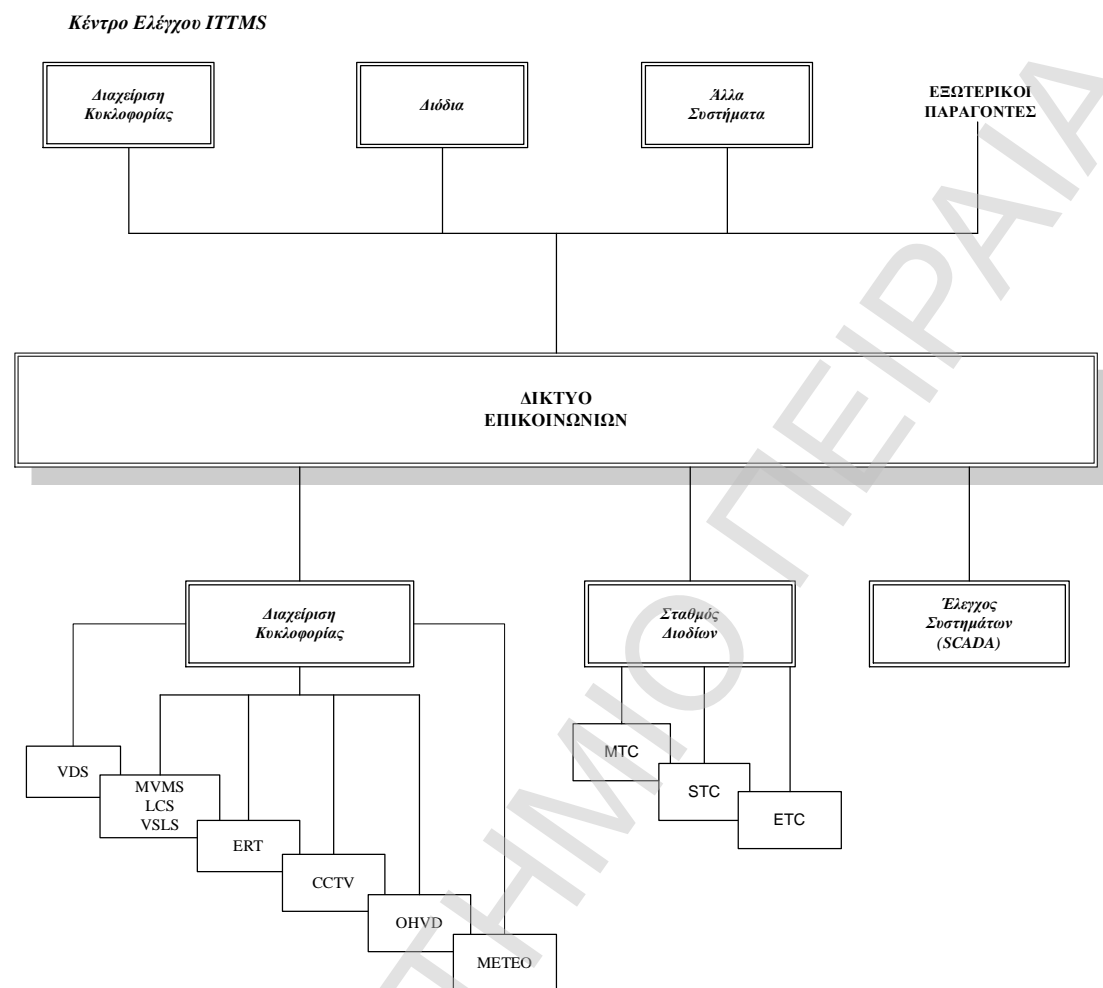
Οι διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των δύο επιπέδων επιτυγχάνεται μέσω του Δικτύου Επικοινωνιών του ITTMS (Εικόνα 5).

Οι τεχνολογίες TMS συλλέγουν δεδομένα, φωνή και εικόνα από τον αυτοκινητόδρομο και τα μεταδίδουν στο Κέντρο Ελέγχου ή λαμβάνουν κεντρικές εντολές για λόγους παροχής πληροφοριών και απόκρισης.

Στο επίπεδο του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας λαμβάνουν χώρα λειτουργίες όπως η *Ανίχνευση* και *Απόκριση* συμβάντων καθώς και η παρακολούθηση συσκευών και συστημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την χρήση προγραμμάτων ATMS, την επεξεργασία Παρακολούθησης των καμερών CCTV και των Τηλεφωνημάτων Έκτακτης Ανάγκης.



Το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κέντρο Ελέγχου) αποτελείται από: 40 οθόνες video σε δύο ομάδες των 20, 1 γιγαντοοθόνη με σύστημα οπίσθιας προβολής, και 5 θέσεις εργασίας.



*Εξοπλισμός Πεδίου*

*Εικόνα 5 Αρχιτεκτονική Συστήματος ITTMS*

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Το σύστημα επικοινωνιών αποτελείται από:

- **Φυσικό μέσο:** 170 χλμ καλώδιο οπτικών ινών (48 Single Mode+12 Multi Mode), 100 χλμ τηλεφωνικό καλώδιο χαλκού.
- **Δίκτυο Κορμού Μεταφοράς Δεδομένων και Φωνής:** 1 διπλός δακτύλιος SDH STM-4 με 20 κόμβους στην ΕΛΕΣΣ, 1 διπλός δακτύλιος SDH STM-1 με 10 κόμβους στη ΔΠΛΥ. 100% εφεδρεία καλωδίου και ενεργού εξοπλισμού.
- **Δίκτυο Κορμού Μεταφοράς Εικόνας:** Video-πολυπλέκτες και απο-πολυπλέκτες ασυμπιεστού αναλογικού Video.
- **Δίκτυο Μεταφοράς Δεδομένων:** Ethernet 100BaseT WAN Ethernet 100BaseT LAN Serial Hubs -Modems.
- **Δίκτυο Μεταφοράς Φωνής:** Ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα διασυνδεδεμένα με γραμμές E1.

- *Αναμετάδοση Ασυρματικών Δικτύων:* TETRA (OTE Link) και VHF (ΕΛ.ΑΣ., Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, Ε.Κ.Α.Β.).
- *Λήψη και ενίσχυση σημάτων σε κατάλληλα σημεία. Διανομή σημάτων μέσω οπτικών ινών. Αναμετάδοση μέσω ακτινοβολούντος καλωδίου σε όλες τις σήραγγες.*

### **Βασικά Πρότυπα**

Κατωτέρω παρατίθεται μια λίστα των βασικών προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα οποία τηρήθηκαν στην Αττική Οδό:

- *CEN\_L1:* ENV12253 - Τηλεματική Οδικής Κυκλοφορίας και Μεταφορών (RTTT) Ειδικό Σύστημα Επικοινωνιών Μικρής Εμβέλειας (DSRC)  
"DSRC Στρωμάτωση Υλικής Υπόστασης με Χρήση Μικροκυμάτων 5.8 GHz".
- *CEN\_L2:* ENNV12795 - Τηλεματική Οδικής Κυκλοφορίας και Μεταφορών (RTTT), Ειδικό Σύστημα Επικοινωνιών Μικρής Εμβέλειας (DSRC)  
"DSRC Διασυνδεδετική Στρωμάτωση Δεδομένων: Έλεγχος Μέσης Πρόσβασης και Λογικής Διασύνδεσης".
- *CENJ.7:* ENV12834 - Τηλεματική Οδικής Κυκλοφορίας και Μεταφορών (RTTT) Ειδικό Σύστημα Επικοινωνιών Μικρής Εμβέλειας (DSRC)  
"DSRC Εφαρμογή Στρωμάτωσης".
- *CEN\_AI:* ISO14906- Τηλεματική Οδικής Κυκλοφορίας και Μεταφορών (RTTT) Ηλεκτρονική Συλλογή Τελών Διοδίων (ETC), "Όρισμός Διεπικοινωνιακών Εφαρμογών για τα Ειδικά Συστήματα Επικοινωνιών Μικρής Εμβέλειας".

### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Ο αρμόδιος φορέας για τον έλεγχο της εφαρμογής του Συστήματος Ποιότητας του Έργου της Αττικής Οδού είναι ο Ανεξάρτητος Μηχανικός (ΑΜ).

Οι εταιρείες οι οποίες ανέλαβαν, μετά από διεθνή διαγωνισμό τον ρόλο αυτό, είναι η Jacobs Gibb Ελλάς Α.Ε. (μέλος της Jacobs Engineering Group, Η.Π.Α.) σε συνεργασία με την SGI - TRADEMCO S.A. (μέλος της SGI Group, Λουξεμβούργο). Και οι δύο εταιρείες έχουν πιστοποιηθεί για την εφαρμογή του προτύπου ISO 9001:2000.

Οι κύριες δραστηριότητες του ΑΜ είναι: ο έλεγχος και η έγκριση μελετών, ο έλεγχος και η έγκριση υλικών και συστημάτων, η επίβλεψη των εργασιών κατασκευής και των σχετικών δοκιμών, ο έλεγχος του χρονικού προγραμματισμού και της προόδου της κατασκευής, ο έλεγχος όλων των κατασκευαστών / εργολάβων (Κ/Ε) ως προς την τήρηση του Συστήματος Διασφάλισης Ποιότητας και του Συστήματος Υγείας και Ασφάλειας της Κοινοπραξίας Αττική Οδός Α.Ε. (Κ/Ε ΑΟ).

Το Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας βασίστηκε στη διαδικασία του ISO 9001:2000 και στις απαιτήσεις της Σύμβασης Παραχώρησης και των προδιαγραφών του έργου, καθώς και στα εφαρμοσμένα πρότυπα Η/Μ εγκαταστάσεων.

## Μελέτες

Όλες οι μελέτες του συστήματος ITTMS εκπονήθηκαν από την εταιρεία IBI Group. Ακολούθησε η διαδικασία υποβολής στον AM, για έλεγχο και έγκριση, τεχνικός σύμβουλος του οποίου ήταν η εταιρεία Tolplan Consulting (Pty) Ltd (Δημοκρατία της Νοτίου Αφρικής).

Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε για την έγκριση όλων των σχεδίων δοκιμών (Test Plans) δηλαδή *Proof of Performance (PoP)*, *Subsystem Integration Test (SIT)*, *System Expansion Tests (SET)* και *System Acceptance Tests (SAT)*.

## Υλικά – Υποσυστήματα

Μια παρόμοια διαδικασία με την έγκριση των μελετών ακολουθήθηκε επίσης και για τα υλικά. Όλα τα υλικά - υποσυστήματα που επρόκειτο να ενσωματωθούν στο σύστημα ITTMS υποβάλλονταν για έγκριση, ελέγχονταν και εφόσον ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών του έργου, εγκρίνονταν από τον AM. Κατόπιν ακολουθούσε η ενσωμάτωσή τους στο έργο.

## Εγκατάσταση – Δοκιμές

Η σειρά των δοκιμών μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης είχε ως εξής:

- I. Πρώτα λάμβανε χώρα η *δοκιμή λειτουργίας (Proof of Performance Test - PoP)* για κάθε αυτόνομο υλικό / εξοπλισμό. Το συγκεκριμένο στάδιο ήταν πολύ χρήσιμο για όλους τους εμπλεκόμενους: για τον AM για την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας όλων των υλικών / εξοπλισμών που έχουν εγκατασταθεί και για τον κατασκευαστή για την αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων και την ελαχιστοποίηση ή την εξάλειψη παρομοίων προβλημάτων στην επόμενη δοκιμή.
- II. Μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών PoP, λάμβαναν χώρα οι δοκιμές κάθε *αυτόνομου Υποσυστήματος (Subsystem Integration Test - SIT)* για να διαπιστωθεί ότι τα υλικά / εξαρτήματα τα οποία το αποτελούσαν λειτουργούσαν άψογα τόσο μεταξύ τους όσο και με τους κεντρικούς servers διοδίων και διαχείρισης κυκλοφορίας μέσω του δικτύου οπτικών ινών.
- III. **Αποδοχή Συστήματος - Τελικές Δοκιμές**  
Οι *Δοκιμές Αποδοχής του Συστήματος (System Acceptance Tests – SAT)* διεξήχθησαν μια φορά για το Σύστημα Διοδίων και μια φορά για το Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας. Σκοπός ήταν ο έλεγχος του κεντρικού λογισμικού του ITTMS. Κάθε φορά που επρόκειτο να δοθεί στην κυκλοφορία ένα νέο τμήμα του αυτοκινητόδρομου, οι νέοι σταθμοί διοδίων και το νέο τμήμα του συστήματος TMS ελέγχονταν και ενσωματώνονταν στο ήδη υπάρχον σύστημα, μέσω των *Δοκιμών Επέκτασης Συστήματος (System Expansion Tests - SET)*.

## ΛΗΨΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας συγκεντρώνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες από τον αυτοκινητόδρομο και αφού λάβει χώρα η κατάλληλη επεξεργασία παρέχει στοιχεία σχετικά με τον όγκο, την ταχύτητα και την πυκνότητα της κυκλοφορίας.

Μια τυπική σειρά αποτελεσμάτων<sup>(20)</sup> αναφορικά με τον φόρτο εισόδου και εξόδου ανά κόμβο για τον μήνα Ιανουάριο 2005 έχει ως εξής:

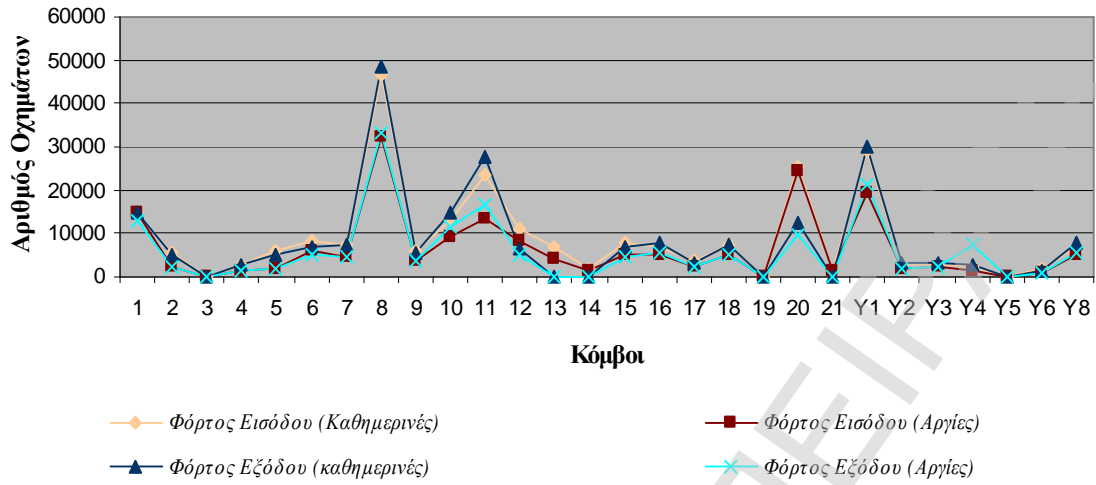
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005 Κόμβοι	Φόρτος Εισόδου		Φόρτος Εξόδου	
	Καθημερινές	Αργίες	Καθημερινές	Αργίες
1	14170	14764	14753	13045
2	5742	2509	5270	2168
3	-	-	-	-
4	2828	1191	2719	1253
5	6075	1878	5011	1694
6	8483	6184	6867	5123
7	7484	4468	7373	4591
8	46613	32446	48531	33172
9	5965	3799	5496	3757
10	13087	9137	14751	11383
11	23423	13274	27822	16712
12	11304	8239	6524	5088
13	6899	4286	-	-
14	1950	1524	-	-
15	7709	5300	6714	4818
16	6797	5195	7639	5703
17	3479	2113	3146	2306
18	7614	5021	7321	5101
19	-	-	-	-
20	25189	24683	12663	9622
21	1452	1210	-	-
Υ1	28865	19479	29965	21107
Υ2	2931	1789	3106	1870
Υ3	2903	2083	3224	2164
Υ4	2390	1220	2607	7390
Υ5	-	-	-	-
Υ6	1773	988	1579	1097
Υ8	6797	5195	7639	5703

Πηγή: Εφαρμογή σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων για τον συσχετισμό κίνησης οχημάτων με κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές καυσαερίων. Μεταπτυχιακή Εργασία Γεωργίου Κουμανταράκη, Εργαστήριο Καυσίμων & Λιπαντικών ΕΜΠ, Αθήνα, Φεβρουάριος 2006.

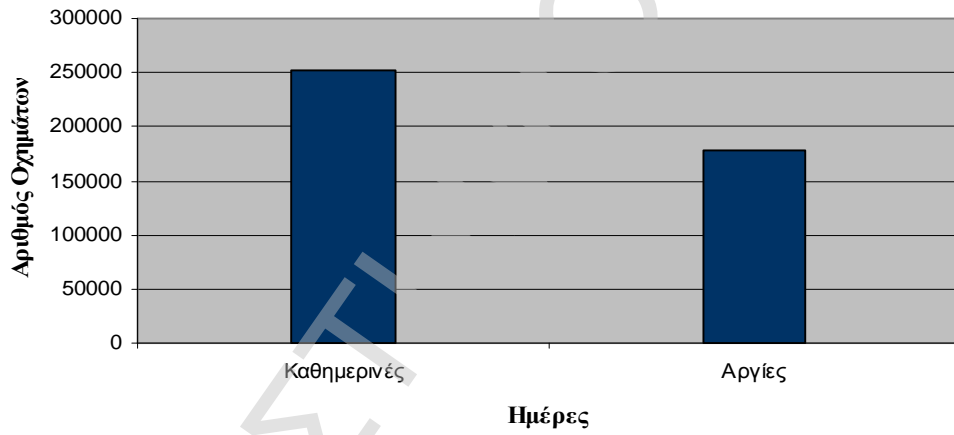
Από την χρήση πινάκων όπως ο παραπάνω εξάγονται συμπεράσματα αναφορικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στον αυτοκινητόδρομο.

Ενδεικτικά παρατίθενται διαγραμματικά ορισμένα από αυτά:

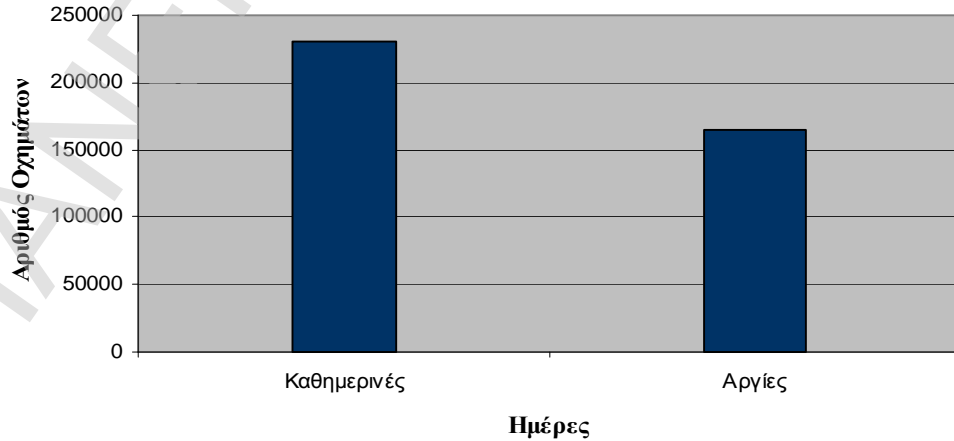
**Φόρτος Κυκλοφορίας**



**Κυκλοφοριακός Φόρτος Εισόδου**

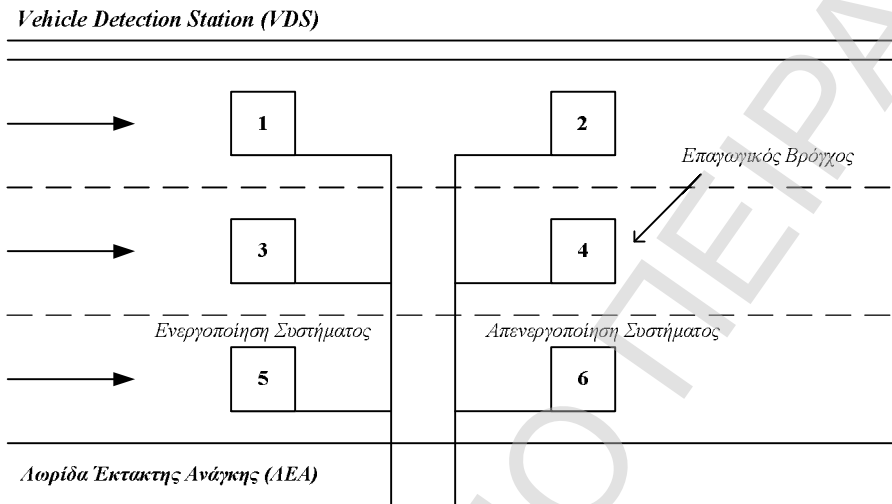


**Κυκλοφοριακός Φόρτος Εξόδου**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κατωτέρω απεικονίζεται ο βασικός εξοπλισμός που απαρτίζει το σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας της Αττικής Οδού.



*Σταθμός Ανίχνευσης Οχημάτων Vehicle Detection Station (VDS)*



*Επαγωγικός Βρόγχος (Loop) Ανίχνευσης Οχημάτων*



*Κλειστό Κόκλωμα Τηλεόρασης (CCTV) (ανοικτός δρόμος)*



*Κλειστό Κόκλωμα Τηλεόρασης (CCTV) (Σήραγγες - Cut & Covers)*



*Διάταξη Ανίχνευσης Υπερβάλλοντος Ύψους Οχημάτων (OHVD)*



*Ανιχνευτής Υπερβάλλοντος Ύψους Οχημάτων (OHVD)*





*Τηλέφωνο Έκτακτης Ανάγκης Emergency Response Telephone (ERT)*



*Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων Main Variable Messages Sign (MVMS)*



*Πινακίδες Ελέγχου Λωρίδων Lane Control Signal (LCS)  
Πινακίδες Μεταβλητού Ορίου Ταχύτητας Variable Speed Limit Sign (VSLS)*

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΣΩΤ. ΚΑΡΒΟΥΝΗΣ, ΔΗΜ. ΓΕΩΡΓΑΚΕΛΛΟΣ  
**Διαχείριση του Περιβάλλοντος**
2. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι. Μ. ΠΙΤΣΙΑΒΑ-ΛΑΤΙΝΟΠΟΥΛΟΥ Μ. Χ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ Δ. Α.  
**Διαχείριση Κυκλοφορίας**  
Ε.Μ.Π. Α.Π.Θ. Παπασωτηρίου
3. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι. & ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Γ.  
**Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική, Τόμος 1**  
*Βασικές έννοιες, Κόμβοι, Κυκλοφοριακή Ικανότητα, Σήμανση, Σηματοδότηση, Μετρήσεις.*  
Γ' έκδοση, Παρατηρητής 1986.
4. FRANTZESKAKIS J. & BUDD N.  
**Planning Urban Networks**  
*The Islamabad example, Transportation Quarterly, Volume 51, Number 1, Winter 1997.*  
ENO Transportation Foundation Inc.
5. ΒΟΣΚΟΓΛΟΥ Ν.  
**Μελέτη προέλευσης - προορισμού. Μεθοδολογία και Γενικά Συμπεράσματα**  
*Τεύχος ομιλιών που έγιναν στις 22.5.84 για την παρουσίαση της Μελέτης προέλευσης-προορισμού του ΟΑΣ.*  
Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών, Αθήνα, Ιούνιος 1984.
6. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.  
**Διευθέτηση Κυκλοφορίας κατά την Κατασκευή Μεγάλων Έργων**  
Ελληνικές Κατασκευές, Τεύχος 2, Μάρτιος 1995.
7. ITE  
**Traffic Control Systems Handbook**  
Institute of Transportation Engineers, 1985.
8. PARSONSON P.  
**Signal Timing Improvement Practices**  
Transportation Research Board, February 1992.
9. **Simplified Procedure for Evaluating Low-Cost TSM projects. Users Manual**  
Transportation Research Board, Washington DC, October 1983.

10. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.  
**Κυκλοφοριακές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Παράνομης Στάθμευσης παρά το Κράσπεδο**  
*Πρακτικά Δημερίδας ΣΕΣ 11, 12 Δεκεμβρίου 1989. Ή Κυκλοφορία στο Κέντρο της Αθήνας.*
11. Έρευνα προσδιορισμού των χαρακτηριστικών των μετακινήσεων στο Πολεοδομικό Συγκρότημα και την Περιαστική Ζώνη Θεσσαλονίκης Οργανισμός Ρυθμιστικού Θεσσαλονίκης, 1989.
12. PITSIAVA-LATINOPOULOU M.  
**The impact of demand management on public transport use in relation to socio-economic characteristics in "Proceedings of 2nd International Conference on Urban Transport and the environment II**  
*(J.M. Baldasano Recio, L.J. Sucharov, eds) Computational Mechanics Publications, 1996, pp 37-45.*
13. **Bus Priority Systems**  
*NATO/CCMS Report No 45 Publisher by TRRL (Department of the Environment) 1976.*
14. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.  
**Ερευνητικές Εργασίες Κυκλοφοριακής Τεχνικής στο ΕΜΠ. Ακαδημαϊκά έτη 1984-85 έως και 1987-88. Μέρος 2**  
*Σηματοδότηση, Στάθμευση, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις, Κυκλοφοριακά Χαρακτηριστικά, Πεζοί.*  
Επιστημονική Έκδοση Τεχνικών Χρονικών, Περιοχή Α, Τεύχος 2 σελ. 138, Απρίλιος - Ιούνιος 1990.
15. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.  
**Ερευνητικές Εργασίες Κυκλοφοριακής Τεχνικής στο ΕΜΠ. Ακαδημαϊκά έτη 1988-89 έως και 1992-93. Μέρος 3**  
*Σηματοδότηση, Στάθμευση, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.*  
Επιστημονική Έκδοση Τεχνικών Χρονικών, Περιοχή Α, Τεύχος 4 σελ. 233, Οκτώβριος-Δεκέμβριος 1994.
16. Δ. ΤΣΑΜΠΟΥΛΑΣ, Β. ΚΑΝΙΤΑΚΗ, Ι. ΦΕΛΕΚΗΣ  
**Σχέση Τιμολογιακής Πολιτικής Στάθμευσης και Χαρακτηριστικών Συμπεριφοράς Οδηγών**  
Επιστημονική Έκδοση Τεχνικών Χρονικών, Περιοχή Α, Τεύχος 1 σελ.85, Ιανουάριος - Μάρτιος 1992.
17. ΚΕΥΑΝΙΒ., ΡΟΥΤΝΑΜ Ε.  
**Transportation System Management. State of the Art. February 1977**  
US Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration and Federal Highway Administration.

18. ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΑΚΗΣ Ι.  
**Ερευνητικές Εργασίες Κυκλοφοριακής Τεχνικής στο ΕΜΠ. Ακαδημαϊκά έτη 1988-89 έως και 1992-93. Μέρος 3**  
*Σηματοδότηση, Στάθμευση, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.*  
Επιστημονική Έκδοση Τεχνικών Χρονικών, Περιοχή Α, Τεύχος 4 σελ. 228, Οκτώβριος-Δεκέμβριος 1994.
19. ΚΟΝΤΕΛΛΗΣ Δ.  
**Συστήματα Ελεγχόμενης Στάθμευσης παρά το Κράσπεδο. Εφαρμογές στην Ελλάδα.**  
Διπλωματική Εργασία του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ.
20. ΚΟΥΜΑΝΤΑΡΑΚΗΣ Γ.  
**Εφαρμογή σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων για τον συσχετισμό κίνησης οχημάτων με κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές καυσαερίων.**  
Μεταπτυχιακή Εργασία, Εργαστήριο Καυσίμων & Λιπαντικών ΕΜΠ, Αθήνα, Φεβρουάριος 2006.