

Μεταφορές και περιβάλλον

1.1. Γενικά

Ανάμεσα στην τεχνοκρατική αντίληψη για ολοένα αυξανόμενους ρυθμούς ανάπτυξης και έναν απομονωμένο και ουτοπικό αντίλογο «μηδενικής προόδου», γίνεται σήμερα, περισσότερο από κάθε άλλη φορά, φανερή η ανάγκη για μια σωστά προγραμματισμένη ανάπτυξη διαρκώς ελεγχόμενη από το κοινωνικό σύνολο, που είναι πλέον γνωστή με τον δόκιμο όρο «**βιώσιμη ανάπτυξη**». Οι στόχοι του προγραμματισμού και τα κριτήρια αυτού του ελέγχου μπορούν βέβαια να ποικίλουν. Ωστόσο, στα πλαίσια μιας βιώσιμης ανάπτυξης η «προστασία του περιβάλλοντος» επηρεάζει σημαντικά τη λήψη των αποφάσεων σε όλα τα επίπεδα, με ταυτόχρονη προσπάθεια για τη διασφάλιση της λειτουργίας των επί μέρους στοιχείων κάθε συστήματος.

Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο οι δυσμενείς επιπτώσεις των μεταφορών στην ποιότητα της ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος, όχι μόνο τοπικά στις μεγάλες πόλεις αλλά και συνολικά σε ολόκληρο τον πλανήτη, αποτελούν σήμερα αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας εξαιτίας της σημασίας και του μεγέθους του προβλήματος που δημιουργούν αλλά και της μεγάλης σημασίας του ίδιου του τομέα των μεταφορών στο πλαίσιο της ευρύτερης οικονομικής ανάπτυξης.

Οι μεταφορές, που είναι αποτέλεσμα της κατανομής των δραστηριοτήτων στο χώρο, παράγονται από την ανάγκη για σύνδεση των δραστηριοτήτων αυτών και ικανοποιούν την επιθυμία των ατόμων να μετακινηθούν ή να μεταφέρουν αγαθά με ιδιωτικά ή μαζικά μέσα μεταφοράς. Η ανάγκη για εξυπηρέτηση της επιθυμίας αυτής οδήγησε αρχικά στη λήψη αποφάσεων που είχαν σαν αποκλειστικό σκοπό την όσο το δυνατόν ανετότερη και πιο σύντομη κίνηση των οχημάτων στα οδικά δίκτυα.

Η μονοδιάστατη αυτή αντιμετώπιση υποβοήθησε τη γένεση νέων μετακινήσεων που, σε συνδυασμό με την τρομακτική ανάπτυξη του δείκτη ιδιο-

κτησίας του αυτοκινήτου, προκάλεσε τις σημερινές εκρηκτικές διαστάσεις του προβλήματος με τις έντονα αρνητικές επιπτώσεις στους ανθρώπους και τη φύση. Μια γενική ταξινόμηση των επιπτώσεων των μεταφορών στο περιβάλλον θα μπορούσε να διακρίνει τρεις κατηγορίες:

- α. Επιπτώσεις στην γενικότερη **κοινωνική λειτουργία μιας πόλης** (κατακερματισμός και δέσμευση του χώρου, διατάραξη της κοινωνικής ζωής και της επαφής μεταξύ των κατοίκων).
- β. Επιπτώσεις στην **αισθητική του περιβάλλοντος** (πολεοδομικού ή φυσικού) και αλλοίωση του παραδοσιακού χαρακτήρα μιας περιοχής.
- γ. **Άμεσες τοπικές επιπτώσεις** στην υγεία και την καθημερινή ζωή (τροχαία ατυχήματα, θόρυβος, ρύπανση της ατμόσφαιρας, καθυστέρηση των πεζών, οπτική ενόχληση).
- δ. **Πλανητικές επιπτώσεις** στις κλιματικές αλλαγές με την εκπομπή αερίων που συμμετέχουν ενεργά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου – την αλλαγή δηλαδή στην ισορροπία της απορρόφησης και αντανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από τη Γη.

Οι επιπτώσεις της πρώτης κατηγορίας συνδέονται με γενικότερα προβλήματα καταμερισμού των δραστηριοτήτων, πολιτικής χρήσεων γης και κοινωνικής πολιτικής και μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με ένα συνολικό σχεδιασμό σε επίπεδο χωροταξικών σχεδίων. Οι επιπτώσεις της δεύτερης κατηγορίας, σε κάποιο βαθμό υποκειμενικές, συνδέονται αναγκαστικά με ζητήματα αισθητικής και παιδείας και αντιμετωπίζονται στα γενικότερα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης πολεοδομικής και πολιτιστικής πολιτικής. Οι άμεσες επιπτώσεις της κυκλοφορίας στο περιβάλλον, επηρεάζοντας έντονα την υγεία και την καθημερινή ζωή, συγκεντρώνουν το κύριο ενδιαφέρον της επιστημονικής έρευνας, καθώς είναι εύκολα αντιληπτές, αντικειμενικά μετρήσιμες και είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με συγκεκριμένα μέτρα κυκλοφοριακού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού και ειδικότερα με αλλαγές στον καταμερισμό των μετακινήσεων ανά μεταφορικό μέσο. Οι επιπτώσεις τέλος σε πλανητικό επίπεδο, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναμένεται να δημιουργήσουν απρόβλεπτες αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη.

Οι μεταφορές ευθύνονται παγκοσμίως περίπου για το 25% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ (του κυρίου δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου) και το ποσοστό αυτό αυξάνεται διαρκώς. Ευθύνονται ακόμη για την υπερβολική οξείδωση και ευτροφία διαφόρων οικοσυστημάτων καθώς και για την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

1.2. Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα και το κλίμα

Οι επιπτώσεις των μεταφορών στη ρύπανση της ατμοσφαιράς χωρίζονται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες: την **τοπική ρύπανση**, και την **γενική (πλανητική) ρύπανση** που σχετίζεται με την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος και το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Οι βασικοί ρύποι που εκπέμπονται από τα διάφορα μέσα μεταφοράς και δημιουργούν τοπική ρύπανση είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξειδία του αζώτου (NO_x), οι υδρογονάνθρακες (HC), τα στερεά σωματίδια (TSP), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και διάφορα ίχνη μετάλλου. Δευτερογενείς ρύποι όπως το όζον (O₃) διαμορφώνονται επίσης με φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα.

Οι αυξημένες εκπομπές των παραπάνω ρύπων, δημιουργούν σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία μείωση του οξυγόνου στο αίμα, αναπνευστικά προβλήματα, ενοχλήσεις στα μάτια κλπ και μεγάλες ζημιές στη χλωρίδα, την πανίδα, την αγροτική παραγωγή και ορισμένες φορές ακόμη και στα ιστορικά κτίρια.

Η ανάλυση των επιπτώσεων της τοπικής ρύπανσης από τις μεταφορές έχει γίνει αντικείμενο συστηματικής έρευνας και συζήτησης τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Αντίθετα η διερεύνηση του φαινομένου της γενικής ρύπανσης έχει αρχίσει να απασχολεί εντονότερα την έρευνα τα τελευταία χρόνια, καθώς τα συμπτώματα δεν ήταν μέχρι πρόσφατα εμφανή. Οι «πλανητικές» επιπτώσεις των μεταφορών στο περιβάλλον είναι κυρίως η **καταστροφή της στιβάδας του όζοντος** και οι κλιματικές αλλαγές λόγω του **«φαινομένου του θερμοκηπίου»**.

Το όζον της στρατόσφαιρας, σε ένα ύψος 25 χλμ περίπου είναι εντελώς αναγκαίο για την προστασία της ζωής στην επιφάνεια του εδάφους, καθώς απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλιακού φωτός, η οποία είναι γνωστό ότι προκαλεί καρκίνο του δέρματος και μείωση της παραγωγής των γεωργικών προϊόντων. Η στιβάδα του στρατοσφαιρικού όζοντος, καταστρέφεται από σύνθετες χημικές αντιδράσεις που προκαλούν οι χλωροφθοράνθρακες (CFCS). Σε σχέση με το αυτοκίνητο οι χλωροφθοράνθρακες χρησιμοποιούνται σε διάφορες βασικές εφαρμογές όπως είναι ο κλιματισμός, η ψύξη στα φορτηγά ψυγεία, η διατήρηση της θερμοκρασίας των ηλεκτρικών μετασχηματιστών, ο καθαρισμός των ηλεκτρονικών τμημάτων κλπ.

Το **«φαινόμενο του θερμοκηπίου»**, η υπερθέρμανση δηλαδή της ατμόσφαιρας της γης, λόγω της αυξημένης απορρόφησης υπέρυθρης ακτινο-

βολίας, προκαλείται από ένα μεγάλο φάσμα αερίων, τα οποία ονομάζονται «αέρια του θερμοκηπίου». Τα αέρια αυτά αλλοιώνουν την εξισορρόπηση των ακτινοβολιών μεταξύ Γης και Ήλιου, απορροφώντας μόνο την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη, χωρίς να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία στις συχνότητες της μέγιστης έντασης της εντός του ορατού φάσματος. Οι επιπτώσεις αυτής της πλανητικής υπερθέρμανσης πιστεύεται ότι θα είναι κλιματικές αλλαγές και επιδράσεις στην ισορροπία των οικοσυστημάτων, ταχύτερη τήξη των πολικών πάγων, ανύψωση του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης κλπ. Τα βασικά αέρια της ατμόσφαιρας, το οξυγόνο και το όζον παίζουν πολύ μικρό ρόλο στο φαινόμενο αυτό. Περισσότερο δραστήρια αέρια που δημιουργούν το πρόβλημα είναι:

- το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- το μεθάνιο (CH_4)
- το υποξείδιο του αζώτου (N_2O)
- οι χλωροφθοράνθρακες (CFCS)
- το όζον της τροπόσφαιρας
- οι υδρατμοί σε μεγάλο υψόμετρο

Οι μεταφορές συμβάλλουν με διάφορους τρόπους στις αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι το κύριο «αέριο του θερμοκηπίου» καθώς συμβάλλει κατά 50% περίπου στο συνολικό φαινόμενο, προκύπτει από την οξείδωση των καυσίμων κατά τη λειτουργία του οχήματος. Συμπληρωματικές εκπομπές προκύπτουν ακόμη από την διύλιση των καυσίμων, την παραγωγή πρώτων υλών για την κατασκευή του αυτοκινήτου, την κατασκευή οδικών υποδομών και την απόθεση των παλαιών οχημάτων. Τα άλλα αέρια ($\text{N}_2\text{O}, \text{CH}_4$) παράγονται από την ατελή καύση των διαφόρων καυσίμων στον κινητήρα των οχημάτων. Οι υδρατμοί σε μεγάλα υψόμετρα εκπέμπονται από τα αεροσκάφη, ενώ το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος με ιδιαίτερα μεγάλη σημασία.

Οι νέες τεχνολογίες ελέγχου που μπορούν να επιφέρουν μείωση τόσο της τοπικής όσο και της γενικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης σχετίζονται με την **ανάπτυξη, μετατροπή ή αντικατάσταση της μηχανής, τα εναλλακτικά καύσιμα**, τις συσκευές αντιρρύπανσης και τον ηλεκτρονικό έλεγχο της κυκλοφορίας. Στην πρώτη κατηγορία (**βελτίωση της μηχανής**) περιλαμβάνονται οι τεχνολογίες βελτίωσης της αποδοτικότητας της μηχανής του οχή-

ματος και της φιλικότητάς της προς το περιβάλλον. Οι αεροτουρμπίνες (πολύ χαμηλές εκπομπές CO και HC αλλά μεγαλύτερες εκπομπές NOx από τις συμβατικές), οι μηχανές εξωτερικής καύσεως (πολύ χαμηλές τιμές CO και HC, χαμηλό NOx) και τα ηλεκτρικά/υβριδικά αυτοκίνητα (με μηδενικές/ελάχιστες εκπομπές αντίστοιχα) παρέχουν άμεσες δυνατότητες εφαρμογής, ενώ πιο προχωρημένες τεχνολογίες (π.χ ηλιακή ενέργεια) δεν προβλέπεται να υλοποιηθούν στο άμεσο μέλλον.

Τα **εναλλακτικά καύσιμα** περιλαμβάνουν τη μεθανόλη, την αιθανόλη και το φυσικό αέριο (που αποκλείουν την εκπομπή SO₂ και TSP και μειώνουν το CO, τα NOx και τους HC) το υδρογόνο και το προπάνιο (που μειώνουν δραστικά όλους τους παραπάνω ρύπους) και την ηλεκτρική ενέργεια που αποκλείει εντελώς την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι **συσκευές αντιρρύπανσης** τέλος περιλαμβάνουν τις γνωστές «παγίδες σωματιδίων» τους καταλυτικούς μετατροπείς, τις συσκευές μείωσης των εκπομπών HC από τις πηγές εξάτμισης της βενζίνης κλπ.

Πέρα όμως από τα παραπάνω τεχνολογικά μέσα για τη μείωση της ρύπανσης του μεμονωμένου οχήματος, οι νέες τεχνολογίες, ιδιαίτερα της ηλεκτρονικής πληροφόρησης και επικοινωνίας (**τηλεματικής**) χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα για την εφαρμογή περιβαλλοντικών κυκλοφοριακών ρυθμίσεων στα μεγάλα αστικά κέντρα, με στόχο (μεταξύ άλλων) και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κυρίως σε τοπικό επίπεδο.

1.3. Οι άμεσες επιπτώσεις στην υγεία και την καθημερινή ζωή

Το σύνολο των άμεσων επιπτώσεων της κυκλοφορίας και η ιεράρχηση της σημασίας τους δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν. Το πρόβλημα συντίθεται από διάφορες παραμέτρους (τροχαία ατυχήματα, θόρυβος, ρύπανση, οπτικές διαστάσεις κ.λ.π) οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, τη γεωμετρία της οδού και την τοπογραφία της όλης περιοχής και γίνονται τελικά αντιληπτά μέσα από την προσωπική θεώρηση του κάθε ατόμου.

Οι αντικειμενικές μετρήσεις του επιπέδου των επιπτώσεων συνδυάζονται συνήθως και με έρευνα της υποκειμενικής εκτίμησης του προβλήματος και του βαθμού της ενόχλησης που προκαλεί. Ανάλογες έρευνες κατέληξαν π.χ. στο συμπέρασμα πως η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων ενοχλεί περισσότερο τους πεζούς και τους οδηγούς ενώ ο

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: ΑΜΕΣΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ**

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ				
	Κυκλοφ. φόρτος	Σύνθεση	Ταχύτητα	Πλάτος οδού	Είδος δόμησης
Τροχαία ατυχήματα	**	*	**	*	—
Θόρυβος	**	*	*	*	*
Ατμοσφαιρική ρύπανση	**	*	**	—	*
Καθυστερήσιμη πεζών	**	—	**	**	—
Οπτική ενόχληση	**	*	—	*	—

** Σημαντική επίδραση

* Μικρή επίδραση

κυκλοφοριακός θόρυβος ενοχλεί ιδιαίτερα αυτούς που εργάζονται στα κτίρια που περιβάλλουν την οδό.

Οι σημαντικότερες από τις άμεσες επιπτώσεις της κυκλοφορίας στην υγεία και την καθημερινή ζωή παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1 μαζί με τα κυκλοφοριακά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά που τις επηρεάζουν. Στον πίνακα αυτό που βασίζεται στη μέχρι σήμερα εμπειρία και έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της κυκλοφορίας στο περιβάλλον, φαίνεται η σημαντική επίδραση των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών και ιδιαίτερα του κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας των οχημάτων στη δημιουργία αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και γίνεται φανερό η σημασία της επιβολής **κυκλοφοριακών ρυθμίσεων** για την προστασία του.

Αν και, όπως αναφέρθηκε, μια οριστική ιεράρχηση των επιπτώσεων αυτών αποτελεί αντικείμενο προβληματισμού, είναι φανερό πως από τη φύση τους τα **τροχαία ατυχήματα** αποτελούν το σημαντικότερο πρόβλημα, θίγοντας άμεσα την ίδια τη ζωή ή τη σωματική ακεραιότητα. Κάθε χρόνο σε παγκόσμια κλίμακα περίπου 250.000 θάνατοι και 10.000.000 τραυματισμοί σημειώνονται από τροχαία ατυχήματα. Οι τάσεις αύξησης του ρυθμού των ατυχημάτων στη χώρα μας έχουν πάρει ιδιαίτερα ανησυχητικές διαστάσεις τα τελευταία χρόνια και η ανάγκη για αυτόνομη μελέτη του προβλήματος έχει γίνει προφανής. Η ανάλογη έρευνα πάνω στο ζήτημα αυτό σε παγκόσμια κλίμακα άρχισε στις Η.Π.Α στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και στη Μ.Βρετανία στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και ήδη από θεωρητική και

εμπειρική πλευρά έχει επιτευχθεί σημαντική πρόοδος. Πάντως η αναζήτηση των αιτιών και η μελέτη της φύσης του προβλήματος συνεχίζεται και το θέμα παραμένει ανοικτό, καθώς η έντονη συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα δυσκολεύει την εξαγωγή απόλυτα αντικειμενικών συμπερασμάτων.

Ο **κυκλοφοριακός θόρυβος**, διεξοδική μελέτη του οποίου γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο, είναι ένα ανεπιθύμητο ηχητικό σήμα γιατί δεν περιέχει καμία έννοια ή περιεχόμενο και είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό ως προς την ένταση. Ο θόρυβος επηρεάζει την ακοή αλλά και διάφορες άλλες φυσιολογικές λειτουργίες (κεντρικό νευρικό, ενδοκρινικό και καρδιοαγγειακό σύστημα) και παρεμποδίζει την επικοινωνία και τη δυνατότητα για εργασία. Τα επίπεδα κυκλοφοριακού θορύβου που παρατηρούνται φθάνουν πολύ συχνά τα όρια της έντονης ενόχλησης και η μακροχρόνια διάρκεια σε στάθμες μεγαλύτερες από 80 dB (A) μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα σημαντικότερες ακόμη βλάβες στην υγεία.

Η **ρύπανση της ατμόσφαιρας** δεν οφείλεται βέβαια μόνο στην κυκλοφορία. Η βιομηχανία, οι οικιακές και διάφορες άλλες χρήσεις συμμετέχουν στη μόλυνση της ατμόσφαιρας ανάλογα με το ρύπο που εξετάζεται κάθε φορά, τη δομή του κοινωνικού περιβάλλοντος και τη δεδομένη χρονική στιγμή. Ωστόσο η κυκλοφορία συμμετέχει με συνολικά μεγαλύτερο ποσοστό συγκριτικά με τις άλλες χρήσεις. Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες εκτιμήσεις της εκπομπής κάθε ρύπου στη συνολική ρύπανση της ατμόσφαιρας και η συμμετοχή της κυκλοφορίας σ' αυτήν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Ουσία	Ποσοστό	Συμμετοχή της κυκλοφορίας
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	49%	39%
Άκαυτοι υδρογονάνθρακες (HC)	15,5%	6%
Οξειδία του θείου (SO _x)	15%	0,5%
Οξειδία του αζώτου (NO _x)	13%	6%
Αιωρούμενα σωματίδια	7,5%	0,5%
	100,0%	52%

- α) απώλειες από το δοχείο βενζίνης και τη μηχανή (HC)
 β) προϊόντα της καύσης από την εξάτμιση (CO, CO₂, HC, NO_x, SO₂, αλδεύδες, κετόνες)
 γ) ιδιαίτεροι ρύποι της εξάτμισης (μόλυβδος, οξειδία του μολύβδου και αλδεύδες)
 δ) σκόνη και στερεά σωματίδια.

Από τον πίνακα 1.2 γίνεται φανερό πως περίπου το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην κυκλοφορία. Ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές η κυριότερη ποσοτική επιβάρυνση προέρχεται από το μονοξείδιο του άνθρακα, προϊόν της ατελούς καύσης της βενζίνης στη μηχανή εσωτερικής καύσεως των ιδιωτικών αυτοκινήτων. Αντίθετα, οι μηχανές Ντήζελ τείνουν να παράγουν περισσότερο καπνό και μόνο ίχνη μονοξειδίου του άνθρακα. Ιδιαίτερα τοξική είναι η περιεκτικότητα των καυσίμων σε μόλυβδο, ο οποίος εισάγεται για να βελτιώσει την απόδοση της μηχανής εσωτερικής καύσεως. Ωστόσο στη σύγχρονη τεχνολογία της αυτοκινητοβιομηχανίας χρησιμοποιούνται πλέον συσκευές επεξεργασίας των καυσαερίων (καταλύτες με αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε μόλυβδο).

Οι τάσεις στην εκπομπή των διαφορών ρυπαντών συσχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση καυσίμων και έμμεσα με τις τάσεις του αριθμού οχηματοχιλιομέτρων που διανύονται.

Λιγότερο σημαντικές επιπτώσεις που προξενούν πάντως ενόχληση σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό μπορούν να θεωρηθούν και η **καθυστέρηση των πεζών και η οπτική ενόχληση**. Τα κριτήρια για τις επιπτώσεις αυτές είναι περισσότερο δύσκολο να προσδιοριστούν καθώς τα στοιχεία τα οποία υπεισέρχονται στις μετρήσεις είναι σύνθετα και όχι μόνο κυκλοφοριακά (καιρικές συνθήκες, χρήσεις γης, αριθμός και άλλα χαρακτηριστικά των πεζών, υποκειμενικές αντιδράσεις κ.λ.π).

Συνολικά οι επιπτώσεις της κυκλοφορίας δημιουργούν σήμερα έντονα δυσάρεστες συνθήκες ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα και είναι απαραίτητη τόσο η εκτίμηση του μεγέθους όσο και η κατανόηση των βασικών όρων και της φύσης του προβλήματος ώστε να γίνει δυνατή η αποτελεσματική αντιμετώπιση του.

1.4. Περιβαλλοντικός κυκλοφοριακός σχεδιασμός. Χωρητικότητα περιβάλλοντος

Ο κυκλοφοριακός σχεδιασμός στη χώρα μας εννοείται ακόμη πολλές φορές ως μια προσπάθεια για την άνετη εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο με την εφαρμογή διάφορων κυκλοφοριακών μέτρων, χωρίς καμμία πρόβλεψη για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που δημιουργούνται. Η προβληματική αυτή που υπήρξε κυρίαρχη και στις ανεπτυγμένες χώρες μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '60 έρχεται σε αντίθεση με μια άλλη αντιμετώ-

πιση που υπολογίζει σοβαρά την ποιότητα της ζωής ως παράμετρο στις εκτιμήσεις της.

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας αλλά και για να παρέμβουμε στη «διαμάχη» ανάμεσα στην προσπελασιμότητα και το περιβάλλον υπέρ του δεύτερου. Ο σχεδιασμός της κυκλοφορίας είχε πλέον διαφορετικό αντικείμενο και η έννοια **του περιβαλλοντικού κυκλοφοριακού σχεδιασμού** απέκτησε συγκεκριμένο περιεχόμενο (πίν. 1.3).

Βέβαια, ορισμένα πρωτοβάθμια μέτρα προστασίας έχουν και στη χώρα μας ήδη εφαρμοστεί: όρια ταχύτητας, πεζόδρομοι, προσπάθεια μείωσης του θορύβου των οχημάτων, περιορισμοί της κυκλοφορίας κ.λ.π.

Απαραίτητη προϋπόθεση όμως για έναν ολοκληρωμένο έλεγχο είναι η αποδοχή επιτρεπτών ορίων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε κάθε περιοχή, ανάλογα με τις χρήσεις γης και τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν σ' αυτήν («ευαισθησία της περιοχής»).

Το πρόβλημα του καθορισμού αυτών των **«περιβαλλοντικών προδιαγραφών»** είναι σύνθετο και συνδέεται με μια σειρά από συναφή ερωτήματα όπως τα παρακάτω:

- α. Ποια στοιχεία του περιβάλλοντος χρειάζονται προστασία με τη μορφή ανώτατων επιτρεπτών ορίων;
- β. Ποια θα είναι η βάση στον καθορισμό αυτών των προδιαγραφών;
- γ. Ποιες είναι εννοιολογικά και πρακτικά οι πιο κατάλληλες μονάδες για την έκφραση αυτών των προδιαγραφών;

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Κυκλοφοριακός σχεδιασμός → Περιβαλλοντικός κυκλοφοριακός σχεδιασμός
 Χωρητικότητα οδού → Χωρητικότητα περιβάλλοντος
 Μελέτη οδού → Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων
 Ανάπτυξη → Βιώσιμη ανάπτυξη

2 ΑΞΙΩΜΑΤΑ

1. Το κυκλοφοριακό είναι πρόβλημα περιβαλλοντικό
 2. Καλύτερη διαχείριση του υπάρχοντος δικτύου.
 Νέα έργα με έμφαση στην προστασία του περιβάλλοντος
-

ΒΑΣΙΚΟΙ ΑΞΙΟΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- Διακριτική αποθάρρυνση της χρήσης Ι.Χ.
 - Συνεχής ανάπτυξη των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς
-

- δ. Πρέπει οι προδιαγραφές αυτές να ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή, τις δραστηριότητες, την ώρα της ημέρας κλπ και πόσο;
- ε. Σε ποιο βαθμό θα μπορούσαν να εφαρμοστούν τέτοιες προδιαγραφές χωρίς προσεκτικές μελέτες επιπτώσεων που θα έχουν στην κυκλοφορία αλλά και του κόστους της εφαρμογής τους;

Γίνεται προφανές από τα παραπάνω ερωτήματα ότι σημαντικός παράγοντας στην αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων και την εφαρμογή ορθών **περιβαλλοντικών κυκλοφοριακών ρυθμίσεων** είναι η βαθειά κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα στα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, τη φύση και τη δομή των οδικών δεδομένων και τις αντίστοιχες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς και ο συνεχής έλεγχος και η παρακολούθηση των εξελίξεων της αλληλουσυσχέτισης των παραπάνω παραγόντων.

Στον πίνακα 1.4 συνοψίζονται οι διάφορες κατηγορίες ρυθμίσεων περιβαλλοντικού σχεδιασμού που μπορούν να εφαρμοστούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

A. ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ

- Αποκέντρωση
- Πολεοδομικός σχεδιασμός
- Τηλεργασία
- Μηχανοργάνωση
- Ωράρια
- Θεσμικές αλλαγές (ατυχήματα, σηματοδότηση, ρύπανση)

B. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ

- Ενεργητική και παθητική ασφάλεια
- Ήσυχά φορτηγά
- Καθαρά αυτοκίνητα – Καταλύτης
- Καύσιμα
- Ηχοπροστασία
- Τηλεματική

Γ. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ

- Λεωφορεία – Αποκλειστικές λωρίδες, λεωφορειόδρομοι
 - Μέσα σταθερής τροχιάς (τραμ,, μετρό, προαστιακοί σιδηρόδρομοι)
 - Άλλα μέσα
 - Στάθμευση (γκαραζ, πολιτική στάθμευσης)
 - Ποδηλατόδρομοι
 - Πεζόδρομοι
-

Στις σχέσεις αυτές, που έχουν συνήθως τη μορφή μαθηματικών μοντέλων, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό η ανάλυση των προβλημάτων και η λήψη των αποφάσεων, αφού η διαμόρφωση των κατάλληλων μοντέλων για κάθε περίπτωση παρέχει τη δυνατότητα της πρόβλεψης των επιπτώσεων αυτών και για το μέλλον.

Στη δημιουργία τέτοιων αξιόπιστων **μοντέλων πρόβλεψης** για κάθε μία από τις επιπτώσεις της κυκλοφορίας στο περιβάλλον έχει στραφεί το ενδιαφέρον της έρευνας σε παγκόσμια κλίμακα στον τομέα αυτό (κυρίως Η.Π.Α και τη Μ.Βρετανία), όμως μεγάλες προσπάθειες απαιτούνται ακόμη για την πλήρη κατανόηση του προβλήματος ιδιαίτερα στη χώρα μας.

Εφ' όσον δημιουργηθούν οι κατάλληλες μαθηματικές σχέσεις και τεθούν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια, μπορεί κανείς να προχωρήσει σε συγκεκριμένες ρυθμίσεις μία από τις οποίες είναι και ο καθορισμός μιας **«χωρητικότητας περιβάλλοντος»** για κάθε οδό. Η χωρητικότητα περιβάλλοντος εκφράζει το μέγιστο αριθμό οχημάτων που μπορεί να εξυπηρετήσει μια οδός έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται οι περιβαλλοντικές προδιαγραφές που τέθηκαν για την οδό αυτή. Πρόκειται δηλαδή για τον υπολογισμό μιας νέας κυκλοφοριακής χωρητικότητας η οποία υποδηλώνει το μέγιστο αριθμό οχημάτων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από μια διατομή της οδού σε μια ορισμένη χρονική περίοδο με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί.

Η **χωρητικότητα περιβάλλοντος** εκφράζεται σε μονάδες κυκλοφοριακού φόρτου και μπορεί να καθορίζεται για κάθε μία από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις χωριστά. Προφανώς η ελάχιστη χωρητικότητα που υπολογίζεται ικανοποιεί και τα άλλα πρότυπα ταυτόχρονα, συνήθως όμως το μέγεθός της καθορίζεται από τη θεωρούμενη ως σημαντικότερη επίπτωση για την περιοχή στην οποία εφαρμόζεται. Για τα ελληνικά δεδομένα στις περισσότερες περιπτώσεις οι υπάρχοντες κυκλοφοριακοί φόρτοι ξεπερνούν ήδη κατά πολύ τη χωρητικότητα περιβάλλοντος και απαιτείται άμεση παρέμβαση για να διατηρηθεί μια σωστή ισορροπία ανάμεσα στις απαραίτητες μετακινήσεις που θα πρέπει να γίνονται και στη διατήρηση ενός περιβάλλοντος που να μην είναι επικίνδυνο για την ψυχική και σωματική μας υγεία.

1.5. Νέες τεχνολογίες για την αειφόρο κινητικότητα

Οι κύριες μέθοδοι κυκλοφοριακού σχεδιασμού με χρήση νέων τεχνολογιών και στόχο μια αειφόρο κινητικότητα, περιλαμβάνουν συνήθως σε εθνικό ή

τοπικό επίπεδο τις παρακάτω ρυθμίσεις που παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 1.5.

- αστική τιμολόγηση της οδού με ηλεκτρονικά μέσα
- συντονισμένη σηματοδότηση
- απόδοση προτεραιότητας στις δημόσιες συγκοινωνίες
- οδική καθοδήγηση
- αποθάρρυνση της κυκλοφορίας
- διοικητικές απαγορεύσεις
- έλεγχος στάθμευσης

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Κυκλοφοριακή ρύθμιση	Περιγραφή	Παρούσα κατάσταση	Όφελος
Αστική τιμολόγηση της οδού (Road pricing)	Τιμολόγηση της χρήσης επιβαρυμένων τμημάτων της οδού με απλά ή ηλεκτρονικά μέσα	Σε χρήση (Σιγκαπούρη, Ιταλία) ή δοκιμαστικά (Στοκχόλμη, Χονκ-Κόγκ)	Μείωση μέχρι 50% των κυκλοφοριακών φόρτων αιχμής σε κεντρικές περιοχές
Σηματοδότηση	Συντονισμός σηματοδότησης σε ολόκληρες περιοχές ή πόλεις	Σε χρήση στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις	Καλύτερη εκμετάλλευση της οδού, αύξηση της ταχύτητας
Απόδοση προτεραιότητας σε ορισμένα μέσα	Αποκλειστικές λωρίδες για λεωφορεία κλπ. Προτεραιότητα στη σηματοδότηση	Σε χρήση στις περισσότερες Ευρωπαϊκές πόλεις	Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, βελτίωση χρόνων διαδρομής
Κυκλοφοριακή καθοδήγηση	Ηλεκτρονική καθοδήγηση των οδηγών στις οδούς	Δοκιμαστικά συστήματα επίδειξης (Λονδίνο, Βερολίνο)	Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης βελτίωση χρόνων διαδρομής
“Αποθάρρυνση” της κυκλοφορίας (Traffic calming)	Φυσικά ή διοικητικά μέτρα για τη μείωση των φόρτων και των ταχυτήτων	Σε ευρεία χρήση (Γερμανία, Αγγλία, Ολλανδία)	Μείωση της κυκλοφορίας και της ταχύτητας σε ευαίσθητες περιοχές όλων ή ορισμένων οχημάτων

Ως **αστική τιμολόγηση** της οδού (road pricing) εννοείται κάθε μέθοδος που επιτρέπει την αυτόματη χρέωση των οδηγών για τη χρήση του οδοστρώματος. Η ηλεκτρονική τιμολόγηση που εφαρμόζεται τελευταία συνδυάζει επί πλέον τη δυνατότητα της ανάγνωσης των πινακίδων των οχημάτων καθώς και τη χρήση «έξυπνων καρτών» για την πληρωμή των διαφόρων διοδίων.

Το πρόσφατο παράδειγμα αστικής τιμολόγησης για το κέντρο του Λονδίνου είναι το χαρακτηριστικότερο μιας τέτοιας προσέγγισης που έχει θεαματικά αποτελέσματα σε σχέση με την μείωση της συμφόρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των καθυστερήσεων.

Σε σχέση με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης η μέθοδος αυτή περιορίζει την κυκλοφορία σε ορισμένες περιοχές (συνήθως τα εμπορικά ή ιστορικά κέντρα των πόλεων) και μπορεί να επιτύχει μείωση του CO και των NO_x μέχρι 30% περίπου με δυνατότητα περιορισμού και των άλλων βασικών ρύπων.

Την ίδια λογική και παρεμφερή αποτελέσματα έχει και η διακριτική **αποθάρρυνση της κυκλοφορίας** σε ορισμένες «ευαίσθητες» περιοχές (συνήθως κατοικίας) με περιορισμό της χωρητικότητας των οδικών δικτύων και τη μείωση της ταχύτητας. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος και ο συντονισμός της φωτεινής σηματοδότησης, με χρήση ειδικών προγραμμάτων Η/Υ, βελτιώνει αισθητά το επίπεδο εξυπηρέτησης στους κόμβους, μεγιστοποιώντας την κυκλοφοριακή ικανότητα και την ταχύτητα των οχημάτων, με παράλληλη μείωση των ατυχημάτων, των καθυστερήσεων και επομένως της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε ποσοστό 5-0% περίπου για όλους τους ρύπους.

Η **απόδοση προτεραιότητας στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς** με αποκλειστικές λωρίδες κίνησης και προτεραιότητα στους σηματοδότες, έχει άμεσα αποτελέσματα όχι μόνο ως προς τη μείωση του χρόνου διαδρομής και τη ρύπανση των ιδίων των μέσων μαζικής μεταφοράς αλλά και τις εκπομπές των ΙΧ καθώς παρατηρείται εκτροπή των οδηγών προς τις μαζικές μεταφορές.

Η λογική των μεθόδων **οδικής καθοδήγησης** βασίζεται στην παροχή πληροφοριών στους οδηγούς των οχημάτων σχετικά με τις συνθήκες στο οδικό δίκτυο και την προτροπή για χρήση συγκεκριμένων διαδρομών. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε ορισμένα κρίσιμα σημεία αλλά και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε ορισμένες «ευαίσθητες» περιοχές. Η καθοδήγηση των οδηγών γίνεται είτε με ηλεκτρονικές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (VMS) είτε με on-line σύνδεση κάθε οχήματος χωριστά.

Ακόμη, σημαντικό ρόλο στην εξομάλυνση της κυκλοφορίας μπορούν να παίξουν οι διάφοροι περιορισμοί ορισμένων κατηγοριών οχημάτων από συγκεκριμένες περιοχές με χρήση νέων τεχνολογιών, όπως και ο **έλεγχος της στάθμευσης** με ηλεκτρονικό καθορισμό της προσφοράς, της χρήσης ή της τιμολόγησης των θέσεων.

Προφανώς, το συνολικό αποτέλεσμα από μια ολοκληρωμένη εφαρμογή όλων των παραπάνω ρυθμίσεων θα είναι η σημαντική μείωση των εκπομπών των βασικών ρύπων, τουλάχιστον σε τοπική κλίμακα, παράλληλα βέβαια με τη βελτίωση και των άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων (θόρυβος, ατυχήματα, αισθητική ενόχληση, αλλαγή των συνηθειών των μετακινουμένων).