



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

# **ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΟΥ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ**



**ΜΕΣΙΩΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΦΟΥΡΚΑΣ ΣΠΥΡΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ**

**ΕΥΤΥΧΙΑ ΝΑΘΑΝΑΗΛ**

**ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2016**

# Περιεχόμενα

## **1. Εισαγωγή**

- 1.1. Αντικείμενο της εργασίας
- 1.2. Δομή της εργασίας

## **2. Κυκλοφοριακές μελέτες στην Ελλάδα**

- 2.1. Το κυκλοφοριακό πρόβλημα στις ελληνικές πόλεις
  - 2.1.1. Οι κύριοι λόγοι επιδείνωσης στην Ελλάδα
- 2.2. Κυκλοφοριακές μελέτες στην Ελλάδα
  - 2.2.1. Μελέτες στην πόλη της Αθήνας
  - 2.2.2. Το παράδειγμα της Λάρισας
  - 2.2.3. Στρατηγικό σχέδιο υποδομών της Θεσσαλονίκης
  - 2.2.4. Ο σχεδιασμός της πόλης του Βόλου

## **3. Μέθοδοι διαμόρφωσης κυκλοφοριακών μοντέλων αστικών περιοχών**

- 3.1. Στόχοι συγκοινωνιακών μοντέλων και ανάλυσης δεδομένων
- 3.2. Βασικές αρχές συγκοινωνιακού σχεδιασμού
- 3.3. Ο σχεδιασμός με τη χρήση των τεσσάρων βημάτων
- 3.4. Διαδικασία κατασκευής ενός συγκοινωνιακού μοντέλου
  - 3.4.1. Ορισμός της Περιοχή μελέτης
  - 3.4.2. Συλλογή στοιχείων
  - 3.4.3. Ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου
  - 3.4.4. Βαθμονόμηση μοντέλου
  - 3.4.5. Πρόβλεψη μεταβλητών σχεδιασμού
  - 3.4.6. Εφαρμογή του υποδείγματος
  - 3.4.7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων
- 3.5. Ταξινόμηση υποδειγμάτων Σχεδιασμού των Μεταφορών
- 3.6. Σύγχρονα συγκοινωνιακά μοντέλα σχεδιασμού

## **4. Βιώσιμη αστική κινητικότητα**

- 4.1. Ορισμοί και βασικές έννοιες
- 4.2. Ευρωπαϊκή πολιτική
- 4.3. Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας
- 4.4. Στρατηγική για την Αστική Κινητικότητα στις Ελληνικές πόλεις

- 4.4.1. Ενιαίος Χωροταξικός, Πολεοδομικός και Συγκοινωνιακός Σχεδιασμός
- 4.4.2. Διαχείριση Κυκλοφορίας
- 4.4.3. Αναπλάσεις για Ήπιες Μορφές Μετακίνησης
- 4.4.4. Τεχνολογίες και Μέτρα για το Περιβάλλον

## **5. Μοντέλα προσομοίωσης κυκλοφορίας**

- 5.1. Εισαγωγή
- 5.2. Το λογισμικό TransCAD
- 5.3. Το λογισμικό VISUM
- 5.4. Το λογισμικό EMME

## **6. Ανάπτυξη του συγκοινωνιακού μοντέλου κυκλοφορίας του Βόλου**

- 6.1. Εισαγωγή
- 6.2. Ορισμός περιοχής μελέτης
- 6.3. Κωδικοποίηση δικτύου
  - 6.3.1. Κόμβοι και στρέφουσες κινήσεις
  - 6.3.2. Οδικά τμήματα
    - 6.3.2.1. Ιεράρχηση οδικού δικτύου
    - 6.3.2.2. Χωρητικότητα οδικού δικτύου και ταχύτητες ελεύθερης ροής
    - 6.3.2.3. Μετρήσεις φόρτων-χρόνων διαδρομής
    - 6.3.2.4. Συναρτήσεις φόρτου - καθυστέρησης
  - 6.3.3. Ζώνες και συνδεσμοί κεντροειδών
    - 6.3.3.1. Μητρώα Προέλευσης-Προορισμού
    - 6.3.3.2. Συνθεση κυκλοφορίας
- 6.4. Καταμερισμός στο δίκτυο
  - 6.4.1. Διόρθωση μητρώου Π-Π (T-Flow Fuzzy)
  - 6.4.2. Συσχετίσεις φόρτων και χρόνων

## **7. Συμπεράσματα**

- 7.1. Συμπεράσματα από την εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης
- 7.2. Αξιοποίηση του μοντέλου προσομοίωσης

## **8. Πηγές τεκμηρίωσης**

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Αντικείμενο της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο: «Διαμόρφωση συγκοινωνιακού μοντέλου του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου», έχει ως αντικείμενο την εφαρμογή μεθόδου καταμερισμού των μετακινήσεων κυκλοφορίας σε ένα αστικό οδικό δίκτυο, με χρήση του λογισμικού VISUM.

Σκοπός είναι η διαμόρφωση ενός επικαιροποιημένου συγκοινωνιακού μοντέλου, κάνοντας χρήση όλων των διαθέσιμων στοιχείων για το οδικό δίκτυο και τη ζήτηση των μετακινήσεων, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την παροχή πληθώρας κυκλοφοριακών στοιχείων, προβλέψεων και αναλύσεων που αξιοποιούνται στις αποφάσεις σχεδιασμού της οδού, στις οικονομοτεχνικές μελέτες σκοπιμότητας, στον υπολογισμό των περιβαλλοντικών παραμέτρων, στον προγραμματισμό της συντήρησης των οδοστρωμάτων και σε πολλών άλλων εργασιών που απώτερο σκοπό έχουν τη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών στην πόλη του Βόλου και κατ' επέκταση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων.

## 1.2. Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια:

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα κυκλοφοριακά πρόβλημα στις ελληνικές πόλεις καθώς και τις μελέτες που έχουν εκπονηθεί και η εφαρμογή τους σε μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα και η Λάρισα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μέθοδοι διαμόρφωσης κυκλοφοριακών μοντέλων αστικών περιοχών και διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλυσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αφορά στη βιώσιμη αστική κινητικότητα και τα σχέδια της Ευρώπης για βελτίωση της προσβασιμότητας των αστικών περιοχών και την παροχή υψηλής ποιότητας και βιώσιμης κινητικότητας και μεταφορών με κύριο άξονα την προστασία του περιβάλλοντος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια προγράμματα προσομοίωσης της κυκλοφορίας όπως Visum, Emme και Transcad, καθώς και οι βασικές τους λειτουργίες.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στη διαμόρφωση του συγκοινωνιακού μοντέλου της πόλης του Βόλου, στα βήματα που ακολουθήθηκαν και τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξή του.

Στο έβδομο κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα που αφορούν στο κατά πόσο διαμορφώθηκε σωστά το μοντέλο και τον βαθμό που ανταποκρίνεται στην παρούσα κυκλοφοριακή κατάσταση της πόλης του Βόλου.

# 2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

## 2.1. Το κυκλοφοριακό πρόβλημα στις ελληνικές πόλεις

Το κυκλοφοριακό πρόβλημα διεθνώς και για τις πόλεις κάθε μεγέθους προκύπτει βασικά από το γεγονός ότι αυτές σχεδιάστηκαν πριν από την εξάπλωση του αυτοκινήτου. Το πρόβλημα αυξάνεται συνεχώς με την αύξηση του πληθυσμού, των δραστηριοτήτων και της επιφάνειας των αστικών περιοχών, του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν και του βαθμού χρησιμοποίησής τους.

Οι επιπτώσεις, πέρα από την συνεχώς αυξανόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση και την αντίστοιχη απώλεια χρόνου, είναι σοβαρές και στην ασφάλεια, την ατμοσφαιρική ρύπανση και γενικότερα στην ποιότητα ζωής. Τέσσερις ελληνικές πόλεις κατατάσσονται στις εκατό πιο μολυσμένες στην Ευρώπη (Αθήνα, Πάτρα, Θεσσαλονίκη, Βόλος) ([www.numbeo.com](http://www.numbeo.com)).

Δυστυχώς στη χώρα μας το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται αδικαιολόγητα από τις παρακάτω αιτίες:

- την κακή διαχείριση της κυκλοφορίας (παράνομη στάθμευση και έλλειψη συστηματικής αστυνόμευσης, απαράδεκτη σήμανση, λανθασμένη διάταξη οδικού δικτύου, διαμόρφωση κόμβων κλπ.)
- την έλλειψη επικαιροποιημένου και συντονισμένου Χωροταξικού – Συγκοινωνιακού Σχεδιασμού/Προγραμματισμού
- την ανεπάρκεια επιμέρους μελετών που συνήθως δεν εφαρμόζονται ή εφαρμόζονται λανθασμένα λόγω έλλειψης σωστής επίβλεψης ή πολιτικών παρεμβάσεων
- τον μεγάλο αριθμό ανεπαρκών και ασυντόνιστων φορέων με ασαφείς και επικαλυπτόμενες αρμοδιότητες
- την έλλειψη αξιολόγησης όσων εφαρμόζονται για την απόκτηση χρήσιμης εμπειρίας κλπ.

### **2.1.1. Οι κύριοι λόγοι επιδείνωσης στην Ελλάδα**

Σε όλες τις πόλεις των προηγμένων, όπως και η Ελλάδα, χωρών του κόσμου, το αστικό κυκλοφοριακό πρόβλημα αντιμετωπίζεται με μια σειρά μακροχρόνιων και βραχυχρόνιων μέτρων, ανάλογα με το μέγεθος της πόλης, την οργάνωση των αρμόδιων κρατικών υπηρεσιών και φορέων και των δυνατοτήτων δημόσιας και ιδιωτικής χρηματοδότησης. Στη χώρα μας η ορθή αντιμετώπιση υστερεί αδικαιολόγητα, κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

- Έλλειψη κατάλληλης οργάνωσης και εξειδικευμένου προσωπικού στις δημόσιες υπηρεσίες και τους άλλους αρμόδιους φορείς (Συγκοινωνιολόγοι και λοιποί Τεχνικοί, Δημοτική Αστυνομία, προσωπικό επίβλεψης μελετών και κατασκευής έργων κλπ.).
- Έλλειψη ορθής ενημέρωσης κοινού και Σωματείων με αποτέλεσμα έντονων και, τις περισσότερες φορές, αδικαιολόγητων αντιδράσεων και ματαίωσης της εφαρμογής χρήσιμων έργων. Π.χ. θα πρέπει να πεισθούν οι κάτοικοι των περιοχών όπου προβλέπεται να κατασκευασθούν σταθμοί αυτοκινήτων ότι οι σταθμοί αυτοί δεν γίνονται για να αυξήσουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων αλλά αντίθετα για να την μειώσουν με την απομάκρυνση των παράνομα σταθμευμένων αυτοκινήτων, την κατάργηση της κυκλοφορίας για αναζήτηση θέσης, την κατασκευή πεζοδρομίων, την αύξηση του πλάτους των πεζοδρομίων κλπ.
- Αναποφασιστικότητα της Διοίκησης να εφαρμόσει το σχεδιασμό και τις μελέτες, λόγω των παραπάνω αντιδράσεων από το κοινό που δεν έχει ενημερωθεί κατάλληλα.
- Κακή αντιμετώπιση της έλλειψης κονδυλίων και χρήσης των δυνατοτήτων ιδιωτικής χρηματοδότησης (π.χ. αυτοχρηματοδότηση σταθμών αυτοκινήτων και χρησιμοποίηση των εσόδων από ελεγχόμενη στάθμευση, Συνεργασία Δημόσιου/Ιδιωτικού Τομέα – ΣΔΙΤ).

## **2.2. Κυκλοφοριακές μελέτες στην Ελλάδα**

### **2.2.1. Μελέτες στην πόλη της Αθήνας**

Στην Πρωτεύουσα έχουν γίνει κατά καιρούς εκτεταμένες κυκλοφοριακές και πολεοδομικές μελέτες σε όλες τις μορφές και κλίμακες, χωρίς όμως συντονισμό μεταξύ τους και με πολύ πτωχά αποτελέσματα.

Ο κυκλοφοριακός σχεδιασμός στην Αθήνα, που ήταν η πρώτη ελληνική πόλη που δέχτηκε την έντονη πίεση της εξάπλωσης της χρήσης του αυτοκινήτου, άρχισε νωρίς χάρις στις προσπάθειες ενός ανθρώπου: του Προϊστάμενου ενός μικρού «τμήματος κυκλοφορίας» στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων, του γνωστού Οδυσσέα Παπαδάκη. Μετά από μια πρωτοποριακή για τον καιρό εκείνο μονοδρόμηση και συντονισμένη σηματοδότηση του κέντρου της Αθήνας το 1960, εκπονήθηκε το 1963 η πρώτη καθολική μελέτη κυκλοφορίας της Πρωτεύουσας από αμερικανούς συμβούλους με τη βοήθεια μιάς δραστήριας ομάδας νέων μηχανικών του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Smith Wilbur and Associates και Υπουργείο Δημοσίων Έργων, 1963). Η μελέτη, μια από τις ελάχιστες τον καιρό εκείνο τέτοιες μελέτες στην Ευρώπη, βασίστηκε σε εκτεταμένες έρευνες και μετρήσεις μετακινήσεων και ροών και ακολούθησε την εξελισσόμενη τότε μέθοδο υπολογισμού της μελλοντικής κυκλοφορίας με μαθηματικά υποδείγματα που και σήμερα ακολουθείται, είχε όμως δύο κύρια μειονεκτήματα:

α) Βασίστηκε σε γενικές θεωρήσεις της αναμενόμενης εξέλιξης της πόλης που ποσοτικοποιήθηκαν από την ομάδα μελέτης, αφού δεν υπήρχε εγκεκριμένο ρυθμιστικό σχέδιο και ακόμα περισσότερο αριθμητικές προβλέψεις της γεωγραφικής κατανομής των χαρακτηριστικών μεγεθών (πληθυσμός, απασχόληση, αναψυχή, εκπαίδευση κλπ.) που καθορίζουν τις μετακινήσεις σε μια πόλη.

β) Ακολούθησε τις τότε τάσεις επέκτασης της οδικής υποδομής και ευνόησης του επιβατικού αυτοκινήτου, με αποτέλεσμα να προτείνει ένα εκτεταμένο δίκτυο αυτοκινητοδρόμων και ανισόπεδων κόμβων υψηλού κόστους που διασπούσε την πόλη.

Η παραπάνω μελέτη, γνωστή και ως «Μελέτη Σμιθ» δεν εφαρμόστηκε ποτέ, αποτέλεσε όμως τόσο με τις πολύτιμες αναλύσεις της όσο και με τις, έστω και υπερφιλόδοξες, προτάσεις της, τη βάση επόμενων σχεδιασμών και μελετών. Πολλά από τα έργα που μελετώνται ή κατασκευάζονται σήμερα σε ήδη αναπτυγμένες περιοχές, είχαν προβλεφθεί και μπορούσαν να είχαν εφαρμοστεί από καιρό με σημαντικά μικρότερο κόστος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.





Εικόνα 1: Αθήνα, Πλατεία Ομονοίας γύρω στα μέσα της δεκαετίας του '60

Η επανάληψη της μελέτης έντεκα χρόνια αργότερα (Smith Wilbur and Associates και Υπουργείο Δημοσίων Έργων, 1974.) έγινε στις ίδιες βάσεις και πάλι χωρίς αποτέλεσμα αφού δεν ακολούθησε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα δράσης για τη μελέτη και κατασκευή επι μέρους έργων.

Αργότερα, το 1985, άρχισε ένας άλλος τύπος κυκλοφοριακού σχεδιασμού ανά δήμο, οι γνωστές «μελέτες οργάνωσης της κυκλοφορίας και στάθμευσης» που χρηματοδοτήθηκαν μερικώς και συντονίστηκαν από τους Οργανισμούς Ρυθμιστικού Σχεδίου και Περιβάλλοντος της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Οι μελέτες αυτές που ήταν κυρίως μελέτες «διαχείρισης της κυκλοφορίας» είχαν, σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. Μαρούσι, Ν. Ψυχικό) που εφαρμόστηκαν σωστά, καλά αποτελέσματα (πεζοδρομήσεις, αποθάρρυνσης διαμπερούς κυκλοφορίας, οργάνωση κυκλοφορίας με μονοδρομήσεις, διαμορφώσεις κόμβων κλπ.). Θα ήταν πολύ πιο αποτελεσματικές αν είχαν εκπονηθεί μέσα σε ένα εγκεκριμένο πλαίσιο μητροπολιτικού - πολεοδομικού – κυκλοφοριακού σχεδιασμού και αν είχαν ακολουθηθεί, όπως έγινε σε ορισμένες περιπτώσεις, από λεπτομερείς μελέτες εφαρμογής και είχαν κατασκευαστεί σύμφωνα με αυτές, στα πλαίσια ενός σαφούς προγράμματος υλοποίησης.

Μερικά χρόνια αργότερα η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε. προχώρησε στην εκπόνηση Συγκοινωνιακής Μελέτης στα όρια του Νομού Αττικής με τίτλο «Μελέτη Ανάπτυξης Μετρό» (ΜΑΜ) ([www.ametro.gr](http://www.ametro.gr)). Οι προκαταρκτικές εργασίες για την οργάνωση και τον τεχνικό σχεδιασμό της μελέτης ξεκίνησαν στις αρχές του 1992. Κατά το σχεδιασμό της μελέτης κρίθηκε αναγκαίο το αντικείμενό της να συμπεριλάβει εκτός του Μετρό όλα τα συμπληρωματικά ή ανταγωνιστικά μεταφορικά συστήματα του Νομού Αττικής, υφιστάμενα ή μελλοντικά (Οδικό Δίκτυο, Αστικά/Υπεραστικά

Λεωφορεία, Τραμ, Προαστιακό Σιδηρόδρομο), με αποτέλεσμα η μελέτη να αποκτήσει το χαρακτήρα μιας Γενικής Συγκοινωνιακής Μελέτης σχεδιασμού της υποδομής των μεταφορών με μακροπρόθεσμο ορίζοντα (έτος σχεδιασμού το 2020). Στα πλαίσια της ΜΑΜ πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες έρευνες και μετρήσεις κατά την περίοδο 1995-6 και δημιουργήθηκαν όλες οι αναγκαίες βάσεις δεδομένων που απαιτούνται για την εκπόνηση μιας Συγκοινωνιακής Μελέτης στρατηγικού σχεδιασμού των μεταφορικών συστημάτων. Η ΜΑΜ κατέληξε στη διαμόρφωση ενός Σχεδίου Μεταφορών ικανού να ανταπεξέλθει με αποτελεσματικό τρόπο στις ανάγκες και στην ανάπτυξη του Ν.Αττικής και το οποίο συνοδεύταν από ένα ρεαλιστικό πρόγραμμα υλοποίησης των έργων μέσω κατάλληλης χρηματοοικονομικής ανάλυσης. Τα έργα των επεκτάσεων του βασικού έργου που προαναφέρθηκαν προχώρησαν, ουσιαστικά, βάσει των προβλέψεων του ανωτέρω Σχεδίου Μεταφορών, ενώ τα αποτελέσματα της ΜΑΜ, όπως και οι μηχανισμοί που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της μελέτης (ΒΔ, Συγκοινωνιακό Μοντέλο, κ.α.), αξιοποιήθηκαν τόσο κατά την εκπόνηση του 20-ετούς Επιχειρησιακού Σχεδίου της, όσο και για την εκπόνηση όλων των αναγκαίων υποστηρικτικών μελετών για την προώθηση των επεκτάσεων του Βασικού Έργου (μελέτες σκοπιμότητας των έργων, μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κ.α.).

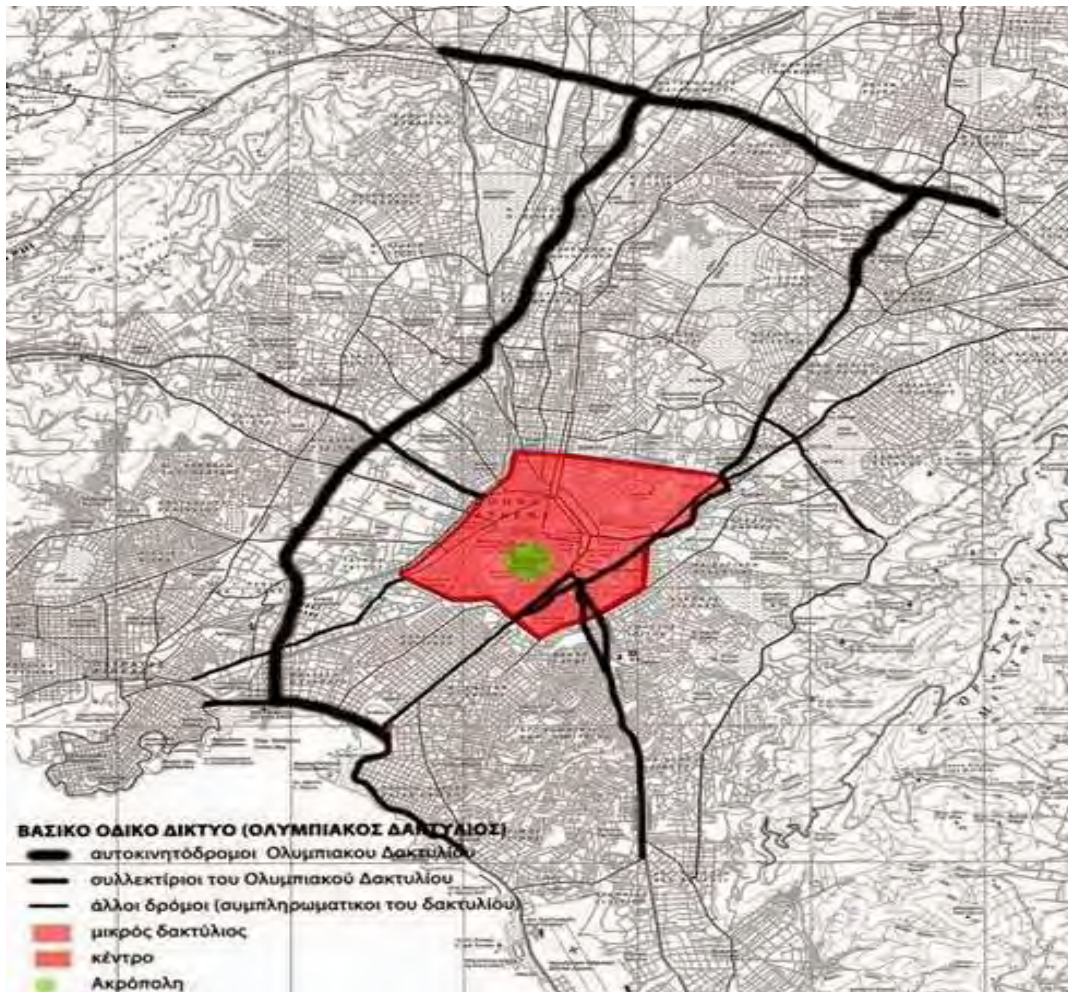
Το 2004, η Αθήνα είχε αναλάβει την διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων. Παρόλο που την συγκεκριμένη περίοδο η Αθήνα υπέφερε από ένα πολύ έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα, η κατάσταση άλλαξε μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα χάριν:

- Στην τεράστια επιπλέον χωρητικότητα που δημιουργήθηκε από τα έργα που κατασκευάστηκαν ή ήταν υπό κατασκευή, τα οποία ήταν να ολοκληρωθούν έγκαιρα για τους Αγώνες.



Εικόνα 2: Αττική Οδός, ανισόπεδος κόμβος Εικόνα 3: Το μετρό της Αθήνας

- Την εκμετάλλευση των υπάρχοντων περιθωρίων βελτίωσης μέσω συστηματικού ελέγχου κυκλοφορίας και αστυνόμευσης
- Τη χρήση νέων τεχνολογιών (π.χ. φωτεινές ενδείξεις χρόνων διαδρομής) (Frantzeskakis, J., 2004)
- Ο υψηλής χωρητικότητας δακτύλιος (Olympic Ring) και οι Ολυμπιακές λωρίδες που χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά για την Ολυμπιακή οικογένεια και τα ειδικά λεωφορεία των θεατών.



Εικόνα 4: Το βασικό οδικό δίκτυο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των Ολυμπιακών Αγώνων



Εικόνα 5: Ολυμπιακή λωρίδα

- Η υπάρχουσα εμπειρία στην αντιμετώπιση κυκλοφοριακών προβλημάτων με πλήρη ή μερική απαγόρευση (μονές-ζυγές πινακίδες) των οχημάτων σε δυο κρίσιμες περιοχές: την 13 τ.χλμ. περιοχή που εσωκλείεται από τον εσω περιφερειακό και την 140 τ.χλμ. περιοχή εντός του έξω περιφερειακού.



Εικόνα 6: Σύστημα περιφερειακών αξόνων Αττικής

Οι ειδικές κυκλοφοριακές απαιτήσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων, συνδυασμένη με την κυκλοφορία στις αστικές περιοχές που ήδη είχαν αυξημένο πρόβλημα συμφόρησης, απαιτούσαν προσεκτικό σχεδιασμό των νέων υποδομών και διαχείριση των απαιτήσεων.

Επικυρώθηκε έτσι η αρχή που εφαρμόστηκε στο Σύδνεϋ, ότι δηλαδή οι μετακινήσεις των θεατών θα εξυπηρετούνται αποκλειστικά από ένα κατάλληλα οργανωμένο δημόσιο κυκλοφοριακό σύστημα, χωρίς να υπάρχουν ιδιωτικές θέσεις στάθμευσης στις περιοχές διεξαγωγής των Αγώνων.

Πρόσφατα ολοκληρώθηκε από την ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ, μια αξιόλογη, εκτεταμένη και πλήρης έρευνα της υφιστάμενης κατάστασης. Ακολούθησε η «προσαρμογή» ενός μαθηματικού μοντέλου με το οποίο εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν διάφορα σενάρια ανάπτυξης, της συγκοινωνιακής υποδομής τα οποία συγκεντρώνουν όλες τις τρέχουσες προτάσεις και τα διάφορα υπό μελέτη έργα. Παρακάτω φαίνεται το Σχέδιο Ανάπτυξης του Μετρό με τις υπό κατασκευή γραμμές που αναμένεται να τεθούν σε λειτουργία μέχρι το 2020:



Εικόνα 7: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών μετρό Αθήνας για το έτος 2020

(Πηγή: [http://www.ametro.gr/files/pdf/AM\\_Sxedio\\_Anaptiksis\\_Grammon\\_Metro.pdf](http://www.ametro.gr/files/pdf/AM_Sxedio_Anaptiksis_Grammon_Metro.pdf))

### 2.2.2. Το Παράδειγμα της Λάρισας

Η πόλη της Λάρισας θα πρέπει να αναφερθεί ως ένα επιτυχημένο παράδειγμα συντονισμού πολεοδομικού - κυκλοφοριακού σχεδιασμού που ακολουθήθηκε από μελέτες εφαρμογής οι οποίες υλοποιήθηκαν με εμφανή αποτελέσματα, παρά όλες τις αρχικές αντιδράσεις, οι οποίες εξαφανίστηκαν μετά την κατασκευή και λειτουργία των επιμέρους έργων. ( Αίβαλιώτη Α., Μπατάλης Γ., Φραντζεσκάκης Ι., 1992)

Η ουσιαστική συντονιστική αλλά και τεχνική παρουσία του Δήμου, η διαδοχική ανάθεση πολεοδομικών και κυκλοφοριακών μελετών σε διάφορες κλίμακες από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και το Δήμο και η άριστη συνεργασία των διαφόρων μελετητών μεταξύ τους και με τους εργοδότες, είχαν ένα καθολικά αναγνωρισμένο θετικό αποτέλεσμα. Πεζοδρομήθηκε μια περιοχή 200.000 τ.μ. που περιλαμβάνει 25 οικοδομικά τετράγωνα και τρεις πλατείες, εκσυγχρονίστηκε και βελτιστοποιήθηκε το σύστημα σηματοδότησης (59 κόμβοι), εφαρμόστηκε η ελεγχόμενη στάθμευση σε 700 πληρωνόμενες θέσεις και 500 θέσεις δωρεάν στάθμευσης για τους κατοίκους, δημιουργήθηκαν διάφοροι χώροι στάθμευσης εκτός οδού, άρχισε να λειτουργεί το νέο τμήμα της Εθνικής Οδού Αθηνών - Θεσσαλονίκης που παρακάμπτει την πόλη, βελτιώθηκε η σήμανση κλπ. και όλα τα παραπάνω μέσα στα πλαίσια του Γενικού Ρυθμιστικού Σχεδίου και της Καθολικής Κυκλοφοριακής Μελέτης.



Εικόνα 8: Το κέντρο της Λάρισας όπως είναι σήμερα

### **2.2.3. Στρατηγικό Σχέδιο υποδομών μεταφορών της Θεσσαλονίκης**

Το σχέδιο αυτό αποτελεί τη βάση μιας διαδικασίας διαβούλευσης και σχεδιασμού (Ενιαίο Στρατηγικό Σχέδιο των Μεταφορών της Θεσσαλονίκης, 2010) . Η διαδικασία αφορά στη διαβούλευση του προκαταρκτικού σχεδίου και ολοκληρώνεται με πλήρη μελέτη σχεδιασμού, η οποία και θα καθορίσει τα τεχνικά, λειτουργικά, και οικονομικά χαρακτηριστικά και στοιχεία των επί μέρους έργων. Η διαδικασία αποτελεί την επικαιροποίηση του Στρατηγικού Σχεδίου που διαμόρφωσε η πρώτη μελέτη Στρατηγικού Σχεδιασμού του 2000 (Γενική Κυκλοφοριακή Μελέτη Θεσσαλονίκης, ΟΡΘΕ 2000).

Τα έργα αφορούν τους τρεις πυλώνες που συνθέτουν το σύστημα των Μεταφορών, δηλαδή Δημόσιες Συγκοινωνίες, Οδικές Υποδομές και Στάθμευση.

#### **1) Δημόσιες Συγκοινωνίες**

Το σύστημα των Δημοσίων Συγκοινωνιών αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος υποδομών. Η φιλοσοφία πάνω στην οποία βασίζεται η όλη διαμόρφωση του Σχεδίου είναι αυτή που προωθεί και η ΕΕ για την παροχή «βιώσιμης κινητικότητας», δηλαδή η παροχή πλήρους και περιβαλλοντικά συμβατής αυξημένης κινητικότητας στους μετακινούμενους με όλα τα μεταφορικά μέσα, και όχι στα οχήματα.

Για το σύστημα των Δημοσίων Συγκοινωνιών της περιοχής προβλέπεται ένα δίκτυο υποδομών που αποτελείται από: μέσα σε σταθερή τροχιά (Μετρό, προαστιακός, τραμ ), λεωφορειακές γραμμές κατάλληλα διαρθρωμένες γύρω από αυτά ή και αυτοδύναμες, άλλες γραμμές μαζικής μεταφοράς εφόσον κριθούν αναγκαίες και βιώσιμες (π.χ. θαλάσσια συγκοινωνία).



Εικόνα 9: Σχέδιο Ανάπτυξης Γραμμών Μετρό Θεσσαλονίκης

(Πηγή: [http://www.ametro.gr/files/maps/AM\\_Thess\\_Metro\\_map\\_Nov15\\_gr\\_LG.png](http://www.ametro.gr/files/maps/AM_Thess_Metro_map_Nov15_gr_LG.png))



Εικόνα 10: Δίκτυο τραμ και μετρό Θεσσαλονίκης

(Πηγή: <http://www.thita.gov.gr> )

Το υπόλοιπο σύστημα μαζικών Δημοσίων Συγκοινωνιών της Θεσσαλονίκης θα πρέπει να καλυφθεί από λεωφορειακές γραμμές κατάλληλα αρθρωμένες,



ώστε να συμπληρώνουν και τροφοδοτούν τα μέσα σε σταθερή τροχιά. Η δημιουργία εκτεταμένου και αυστηρά αστυνομευόμενου δικτύου λεωφορειολωρίδων θεωρείται από την Επιτροπή πρωταρχικής σημασίας για την πληρότητα του συστήματος Δημοσίων Συγκοινωνιών.

## 2) Οδικές Υποδομές

Το στρατηγικό οδικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης απαρτίζεται από τον Εσωτερικό Οδικό Δακτύλιο (ΕσΟΔ), τον Εξωτερικό Οδικό Δακτύλιο (ΕξΟΔ), τμήματα των διερχομένων κύριων εθνικών οδικών αξόνων (ΠΑΘΕ, Εγνατία Οδός, κάθετοι άξονες), τους συνδετήριους κλάδους (ακτινικές συνδέσεις) μεταξύ των 2 Δακτυλίων (μερικοί των οποίων συμπίπτουν με τμήματα των αξόνων της προηγούμενης κατηγορίας), το λοιπό βασικό οδικό δίκτυο της αστικής περιοχής και το δίκτυο αυτοκινητοδρόμων που συνδέει τη Θεσσαλονίκη με τις πρωτεύουσες των νομών της Κεντρικής Μακεδονίας.



Εικόνα 11: Ενιαίο στρατηγικό σχέδιο μεταφορών-υποδομών (Master Plan 2020) της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης

(Πηγή: <http://www.egnatia.eu/>)

## 3) Χώροι Στάθμευσης

Η δημιουργία υποδομών στάθμευσης εκτός οδού, με προτεραιότητα στις παρυφές των κεντρικών περιοχών της πόλης, αποτελεί τόσο για τις Δημόσιες Συγκοινωνίες, όσο και για την κυκλοφορία την ενδεδειγμένη πολιτική γιατί ενθαρρύνει τη μετεπιβίβαση και χρήση των Δημοσίων Συγκοινωνιών και γενικά την ισορροπημένη χρήση των οδικών υποδομών.

Τέλος, απαραίτητο συμπλήρωμα των υποδομών στάθμευσης είναι η άμεση ολοκλήρωση - υλοποίηση ενός Ενιαίου Σχεδίου Στάθμευσης για το Δήμο Θεσσαλονίκης και τους άλλους Δήμους, καθώς και η δημιουργία ενός σύγχρονου και αποδοτικού συστήματος παρακολούθησης και επιβολής των απαγορεύσεων στάθμευσης στο πλευρό του δρόμου.

#### **2.2.4. Ο σχεδιασμός της πόλης του Βόλου**

Το 1882-83 εγκρίθηκε τμηματικά το Πολεοδομικό Σχέδιο Βόλου. Το σχέδιο διέπεται από λιτή χρηστική αντίληψη. Συνιστά έναν απλό ορθογωνικό κάρναβο, με ομοιόμορφα οικοδομικά τετράγωνα, που συμπεριλαμβάνει τους δύο οικιστικούς πυρήνες. Η διάταξη των οδών ακολουθεί την μορφολογία του τότε υφιστάμενου ιστού των 'νέων μαγαζείων', αλλά καλύπτει επιφάνεια πολύ μεγαλύτερη της έως τότε κατοικημένης, με επέκταση σε αδόμητες περιοχές δυτικά, βόρεια και ανατολικά της. Ενοποιεί τις δύο "πόλεις" και ομογενοποιεί τον αστικό ιστό, εκλογικεύει τις χαράξεις των δρόμων και διευκολύνει την κυκλοφορία και την οικοδόμηση.

Σε γενικές γραμμές το σχέδιο απετέλεσε έναν οδηγό για τον μετασχηματισμό της 'διπλής πόλης' σε ενιαίο συγκρότημα, χωρίς ιδιαίτερη μέριμνα για τον εξωραϊσμό του αστικού χώρου και παρά τις προφανείς καινοτομίες του σε σχέση με το υφιστάμενο μέγεθος και τη μορφή του οικισμού, ήταν τελείως ανεπαρκές ως πρόγραμμα εξοπλισμού της πόλης με κεντρικούς δημόσιους χώρους και λειτουργίες, δημοτικά και δημόσια ιδρύματα και σύγχρονες οικιστικές εξυπηρετήσεις, ικανό να προωθήσει την επερχόμενη ανάπτυξή της.

Η αναθεώρηση του Πολεοδομικού Σχεδίου έγινε το 1930 και αναφέρεται στον κεντρικό πυρήνα της πόλης του Βόλου που περικλείεται μεταξύ της παραλίας, των 2 χειμάρρων Κραυσίδωνα (δυτικά), Άναυρο (ανατολικά) και την οδό Εθνικής Αντιστάσεως (βόρεια). Κύριοι οδικοί άξονες είναι η οδός Δημητριάδος (παράλληλα στο θαλάσσιο μέτωπο), με τις 2 καθέτους σε αυτήν, τις οδούς Ιωλκού (Ε. Βενιζέλου) και Κ. Καρτάλη. Δημιούργησε κάποιους μικρούς δημόσιους υπαίθριους χώρους και διαπλάτυνε τους κύριους εμπορικούς δρόμους και τους βασικούς οδικούς άξονες.

Το 1947 ιδρύεται, ο δήμος «Νέας Ιωνίας», που περιελάμβανε τις εκτάσεις, πάνω από τον χείμαρρο Κραυσίδωνα. Η έκταση που ξεπερνούσε τα 38 εκτάρια, απαλλοτριώθηκε με διαδοχικά διατάγματα και εποικίστηκε σταδιακά. Η πολεοδομική διάταξη ακολούθησε έναν τυπικό ορθογωνικό κάναβο, που θύμιζε τον ιστό της πόλης, όμως οι δρόμοι ήταν στενότεροι, τα οικοδομικά τετράγωνα σαφώς μικρότερα, η οικοπεδική κατάτμηση μεγαλύτερη και η δόμηση οργανώθηκε σε καθαρά προαστιακή μορφή με πρόβλεψη για στοιχειώδη οικιστικό εξοπλισμό (πλατεία- εκκλησία-σχολείο). Με την ανάπτυξη της Ν. Ιωνίας αποκτούν μεγαλύτερη σημασία οι οδικοί άξονες, 2ας Νοεμβρίου και Αναπαύσεως, οι οποίοι αποτελούν τις κύριες συνδέσεις μεταξύ των δύο δήμων.

Στο διάστημα 1954-1957, ο Βόλος δοκιμάστηκε από μια σειρά φυσικών καταστροφών. Ισχυροί και επάλληλοι σεισμοί προκαλούν σχεδόν την ισοπέδωση της πόλης με κατεστραμμένα τα περισσότερα κτίρια, χιλιάδες άστεγους και παγωμένες τις οικονομικές δραστηριότητες της πόλης. Επιπρόσθετα, οι μεγάλες πλημμύρες των χειμάρρων της πόλης το 1955 και το 1957, που έπληξαν κυρίως τις περιφερειακές συνοικίες της, επιδείνωσαν την κατάσταση. Το μέγεθος των καταστροφών ήταν τέτοιο που μετέβαλλε ριζικά την ιστορική φυσιογνωμία της πόλης. Τα χρόνια 1955- 1967 θεωρούνται ως η άνθηση της αρχιτεκτονικής του μεταπολεμικού μοντερνισμού που ανανέωσε την μορφή των αστικών χώρων.(δημόσια κτίρια , αστυφιλία ,μεταφορικές υποδομές). Στο Βόλο παρατηρείται η ανέγερση λόγω των σεισμών νέων οικοδομών δημόσιας χρήσης και διαμόρφωση νέων δημόσιων χώρων.

Το 1976 εκπονήθηκε Ρυθμιστικό Σχέδιο για την πόλη του Βόλου. Το Ρυθμιστικό αυτό σχέδιο δεν θεσμοθετήθηκε ποτέ. Κύριο χαρακτηριστικό της πρότασης του Ρυθμιστικού Σχεδίου (1976) για το οδικό δίκτυο, ήταν η δημιουργία της αρτηρίας Κραυσίδωνα (με επικάλυψη του χείμαρρου), με σκοπό να διοχετεύσει σταδιακά την κυκλοφορία έξω από την κεντρική περιοχή της πόλης και να συνδέσει τις πύλες του Π. Σ. από Αθήνα και Λάρισα (Νότια και Δυτικά), με τις πύλες προς το Πήλιο (Βόρεια και Ανατολικά). Η κατασκευή Περιφερειακού δακτυλίου, εξεταζόταν σαν εναλλακτική λύση για την περίπτωση που α) θα αποδεικνυόταν ανυπέβλητη δυσκολία για κατασκευή της λεωφόρου Κραυσίδωνα και β) θα ξεπεραστεί η διοχετευτική ικανότητα της λεωφόρου Κραυσίδωνα ή θεωρηθεί ανεπαρκής για να παραλάβει τον μελλοντικό φόρτο<sup>18</sup>. Για το σιδηροδρομικό δίκτυο προτείνει τη διατήρηση του επιβατικού σταθμού στην θέση του (με μετατροπή του σε "κατά κεφαλήν" σταθμό και κατάργηση των γραμμών που τον συνδέουν με το επιβατικό λιμάνι), τη δημιουργία εμπορευματικού σταθμού και σταθμού διαλογής με συνδυασμένη λειτουργία, καθώς και σιδηροδρομική πύλη του λιμανιού στη νότια πλευρά του.

Η μελέτη του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ. Π. Σ.) του Πολεοδομικού Συγκροτήματος (Π.Σ.) Βόλου ξεκίνησε το 1983 και ολοκληρώθηκε το 1985. Το

Γ. Π. Σ. ενημέρωνε και εξειδίκευε τις κατευθύνσεις του ρυθμιστικού σχεδίου και επέβαλε ρυθμίσεις για τα κρίσιμα ζητήματα της πόλης και κυρίως για την ένταξη των αυθαίρετων οικήσεων στο σχέδιο πόλης. Επίσης είχε σκοπό να επισημάνει και να χωροθετήσει τις λειτουργίες και τα έργα, που αναφέρονται στις δυνατότητες και τη χωρητικότητα της πόλης, πέρα από περιορισμένους χρονικούς ορίζοντες, ώστε να διασφαλιστεί η αναγκαία γη.

Τα τελευταία χρόνια, ανακάμπτοντας από τους σεισμούς ο Βόλος εισέρχεται σε νέα περίοδο. Η πόλη έχει αυξήσει σημαντικά τους κατοίκους της. Η βιομηχανική ύφεση και η δημιουργία του πανεπιστημίου αποτελούν τα νέα δεδομένα. Από το 1980 ο σχεδιασμός της πόλης προσπαθεί να ρυθμίσει το ζήτημα των αυθαίρετων επεκτάσεων και να δώσει συνεκτικό πλαίσιο για την οργάνωση των λειτουργιών και την ανανέωση του αστικού χώρου. Οι πρωτοβουλίες στη δεκαετία του 1990 συντείνουν με αγωνιώδη τρόπο αν και ασαφή στον προσδιορισμό και την διαμόρφωση του νέου χαρακτήρα της πόλης. Οι απόπειρες για εκσυγχρονισμό των μεταφορικών υποδομών, οι ενέργειες για βελτίωση της εικόνας της πόλης με αναπλάσεις αδρανών χώρων, η κάλυψη αναγκών για νέες χρήσεις με την επανάχρηση των βιομηχανικών κτιρίων και η οργάνωση των εγκαταστάσεων του πανεπιστημίου συνιστούν τις σημαντικότερες κινήσεις.

Το 2006 με ένα νέο στρατηγικό σχέδιο (Στρατηγικό Σχέδιο Ανάπτυξης του Βόλου, 2006), ορίζεται η κεντρική στρατηγική για την πόλη, η μετεξέλιξη του Βόλου σε μια ανταγωνιστική, δημιουργική, ανοικτή και βιώσιμη πόλη, η οποία θα προσελκύει επιχειρήσεις, επισκέπτες και ανθρώπινο δυναμικό, θα αναπτύσσει νέες εξειδικεύσεις σε δυναμικούς τομείς, θα διαθέτει μια διαφοροποιημένη παραγωγική βάση, η οποία δημιουργεί ικανοποιητικά εισοδήματα και θέσεις εργασίας, θα προσφέρει υψηλή ποιότητα περιβάλλοντος και διαβίωσης στους κατοίκους της, θα διαθέτει ένα πλέγμα κοινωνικής προστασίας για τις ευπαθείς ομάδες και θα αποτελεί κύριο συστατικό του 3ου πόλου ανάπτυξης της χώρας. Το όραμα αυτό είναι συμβατό με τους στόχους του Στρατηγικού Σχεδίου Ανάπτυξης του Νομού, του Χωροταξικού Σχεδίου και του Επιχειρησιακού Προγράμματος 2007-2013 της Περιφέρειας Θεσσαλίας και του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς 2007-2013. Ταυτόχρονα όμως είναι προσαρμοσμένο στα δεδομένα, τις ανάγκες και τις δυνατότητες της πόλης. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τις συγκεκριμένες δράσεις:

Πίνακας 1: Στόχοι του Στρατηγικού Σχεδίου Ανάπτυξης του Π.Σ. Βόλου

μέτρο αα	Μέτρο	Δράση	Προτεραιότητα
1	Αναπλάσεις	Ακτογραμμή και παραλιακό μέτωπο της πόλης από Τσιμέντα μέχρι Σωρό-ΜΕΛΕΤΗ	1
1	Αναπλάσεις	Ανάπλαση Νοτιοδυτικού τόξου του Βόλου (Παλιά – ΟΣΕ – Παλαιό Λιμεναρχείο – Παλαιά Ψαραγορά)-ΜΕΛΕΤΗ	1
1	Αναπλάσεις	διαμόρφωση μετώπου από Άναυρα μέχρι Σωρό - Φάση Α' από Πευκάκια μέχρι οδό Λεμάν	1
1	Αναπλάσεις	Σταδιακή αλλαγή χρήσεων στο λιμάνι, ... άνοιγμα του λιμένα στην πόλη και ανάπτυξη ενός νέου πόλου τουρισμού, χώρου πρασίνου και αναψυχής και πολιτισμού.	2
1	Αναπλάσεις	Ανάπλαση λόφου Γορίτσας σε συνεργασία με Δήμους Ξυλκού και Παρταριάς με την μορφή αστικού πάρκου	2
1	Αναπλάσεις	Δημιουργία της Πλατείας Πανεπιστημίου με υπόγειο χώρο στάθμευσης.	2
1	Αναπλάσεις	Απαλλοτριώσεις της πλατείας Πανεπιστημίου	1
1	Αναπλάσεις	Κατεδάφιση κτιρίου Υγειονομικού και δημιουργία πλατείας Σπίερ με υπόγειο Parking.	2
1	Αναπλάσεις	Η ανάπτυξη και λειτουργία θεματικού πάρκου Αργούς στο Δήμο Βόλου	1
1	Αναπλάσεις	Δημιουργία του πρώτου Μυθολογικού Πάρκου στην Ελλάδα για την	1
1	Αναπλάσεις	Πλατεία Πανεπιστημίου, Πλατεία Ελευθερίας, Πλατεία 2ας Νοεμβρίου (Σπίερ)-ΜΕΛΕΤΗ	1
2	Συντηρήσεις επεκτάσεις	διαμόρφωση κοινοχρήστων χώρων στις συνοικίες της πόλης	1
2	Συντηρήσεις επεκτάσεις	Βελτίωση της εικόνας και της διαχείρισης του δημόσιου / κοινόχρηστου χώρου (π.χ. Πλατείες)	1
2	Συντηρήσεις επεκτάσεις	Δημιουργία χώρων πρασίνου. Βελτίωση υποβαθμισμένων περιοχών. Πεζόδρομοι, ποδηλατόδρομοι-Ολοκληρωμένη παρέμβαση.-ΜΕΛΕΤΗ	1
2	Συντηρήσεις επεκτάσεις	συντήρηση και ανακαίνιση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων πλατειών, ελευθέρων -αθλητικών χώρων και παιδικών χαρών	1
2	Συντηρήσεις επεκτάσεις	συντήρηση και ανάπτυξη πλατειών, ελευθέρων -αθλητικών χώρων και παιδικών χαρών	1
3	Ρυθμίσεις	Προστασία της υπαίθρου και του τοπίου από τη μη οργανωμένη διάχυση αστικών χρήσεων.	2
3	Ρυθμίσεις	Προγράμματα πολεοδομικής ανάπτυξης, αναπτυξιακά σχέδια και ειδικές μελέτες σε ιδιαίτερες περιοχές	2
3	Ρυθμίσεις	μελέτη αξιοποίησης της Γορίτσας	1

(Πηγή: [https://www.ioer.de/greenkeys/Greenkeys\\_Tools/casesreport/volos.htm](https://www.ioer.de/greenkeys/Greenkeys_Tools/casesreport/volos.htm))

# 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ

## ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

### 3.1. Στόχοι συγκοινωνιακών μοντέλων και ανάλυσης δεδομένων

Μερικοί από τους στόχους και τις δυνατότητες των Συγκοινωνιακών μοντέλων, είναι:

- Η ενθάρρυνση νέων καινοτομιών, προσφέροντας πιθανότητες για την οικονομική δοκιμασία/εξέταση νέων ιδεών,
- Η παροχή υποστήριξης στα άτομα που λαμβάνουν αποφάσεις για μακροπρόθεσμες επενδύσεις καθώς και σ' αυτούς που λαμβάνουν πολιτικές αποφάσεις που αφορούν τις μεταφορές, την κίνηση, περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά ζητήματα,
- Η παροχή ενός εργαλείου στους αρμόδιους για τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό,
- Η συμμετοχή σε ενέργειες διαχείρισης της κυκλοφορίας, μορφοποιώντας μια γενική εικόνα των επιπτώσεων των διαφορετικών περιορισμών και αποφάσεων ελέγχου,
- Η ανεύρεση των καλύτερων λύσεων σε επιλογές μέσου και διαδρομής, από οικονομικής και περιβαλλοντικής απόψεως,
- Η βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ διαφορετικών μεταφορικών μέσων και η εγκαθίδρυση της διασύνδεσης και δια-λειτουργικότητας των υπαρχόντων δικτύων μεταφορών.

### 3.2. Βασικές αρχές συγκοινωνιακού σχεδιασμού

Ο συγκοινωνιακός σχεδιασμός (transport planning), αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία που έχει σα στόχο της, την εφαρμογή μιας σειράς ενεργειών και μέτρων για την αλλαγή της μορφής του συστήματος των μεταφορών ή τμημάτων αυτού, σε σχέση με την υφιστάμενη μορφή, ώστε να αντανakλά σε κάποια μελλοντική χρονική στιγμή, με βάση συγκεκριμένους στόχους και

κριτήρια (Γιαννόπουλος, 2002). Μια μελέτη Συγκοινωνιακού Σχεδιασμού απαιτεί τον προσδιορισμό του χρονικού ορίζοντα για τον οποίο επιχειρείται πρόβλεψη της κατάστασης ενός συστήματος μεταφορών σε κάποια μελλοντική χρονική στιγμή. Η πρόβλεψη του χρονικού ορίζοντα ονομάζεται “έτος στόχος” και συνήθως ορίζεται σε 10-20 χρόνια από την εκτέλεση της μελέτης.

Ο συγκοινωνιακός σχεδιασμός εκφράζεται από τις έννοιες της ζήτησης και της προσφοράς:

Η ζήτηση εκφράζει την ανάγκη για μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών από μια περιοχή σε μια άλλη. Αυτή η ανάγκη προκύπτει από τη μη σύμπτωση των θέσεων κατοικίας και παραγωγής αγαθών καθώς επίσης και των θέσεων εκτέλεσης δραστηριοτήτων και κατανάλωσης αγαθών από τους ανθρώπους. Με βάση αυτή την ανάγκη δημιουργούνται νοητά άκρα που δηλώνουν την έναρξη μιας μετακίνησης ή αλλιώς την προέλευση (origin) και την λήξη της επικείμενης μετακίνησης ή αλλιώς τον προορισμό (destination) και μια νοητή ευθεία που ενώνει τα δυο άκρα και ονομάζεται γραμμή επιθυμίας (desire line) (Κ. Γ. Αμπακουμκίν, 2000). Για τον προσδιορισμό όλων των μετακινήσεων διεξάγονται έρευνες που στόχο έχουν τη συλλογή στοιχείων σχετικά με τα αίτια τους, τα χαρακτηριστικά τους, τις διαδρομές που ακολουθούνται κ.λπ., προσδιορίζοντας έτσι τη συμπεριφορά (attitude) των μετακινουμένων αναφορικά με την κινητικότητά τους. Ο πιο γνωστός τύπος τέτοιων ερευνών είναι οι μελέτες προέλευσης- προορισμού (Π-Π) των μετακινήσεων προσώπων, αγαθών ή οχημάτων από μια περιοχή σε μια άλλη. Οι έρευνες αυτές διεξάγονται με δειγματοληπτικές έρευνες κατά τις οποίες το πλήθος των παρατηρήσεων κυμαίνεται από 5- 50% του πληθυσμού, ανάλογα με το μέγεθος της υπό μελέτη περιοχής. Η συλλογή των παρατηρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με έρευνες παρά την οδό, είτε με έρευνες ερωτηματολογίου στην κατοικία. Βασικό σημείο αναφοράς και ταξινόμησης των δεδομένων της έρευνας είναι η κυκλοφοριακή ζώνη (traffic analysis zone), που αποτελεί μικρό τμήμα της περιοχής μελέτης με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από τον βαθμό λεπτομέρειας της μελέτης. Οι κυκλοφοριακές ζώνες αποτελούν την έναρξη και τον τερματισμό των μετακινήσεων και καθεμία τους αποτελείται από ένα νοητό κέντρο (γεωμετρικό κέντρο βάρους) που ονομάζεται κεντροειδές.

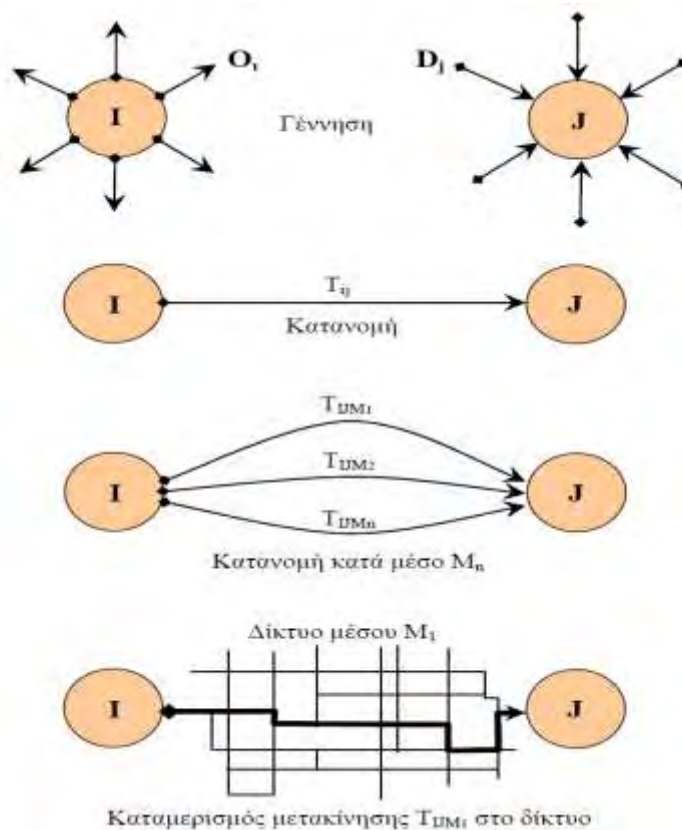
Πρόσφορα είναι η ικανότητα που παρέχουν οι υποδομές και οι τρόποι μεταφορών σε αυτές, στα πλαίσια ενός γεωγραφικά καθορισμένου συστήματος μεταφορών και για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (David A. Hensher, Kenneth J. Button, 2000). Με άλλα λόγια, η προσφορά εκφράζεται από την ποιότητα των υποδομών (ικανότητα), των υπηρεσιών (συχνότητα) και των δικτύων. Προσφερόμενο σύστημα ή αλλιώς σύστημα μεταφορών, μπορεί να οριστεί ένας χώρος με υποδομές που παρέχουν τη δυνατότητα να κινούνται σε αυτές οχήματα παράγοντας κατ’ αυτό τον τρόπο ροές κυκλοφορίας. Η πλήρης ικανοποίηση της ζήτησης (μετακινήσεις) μέσα από

την προσφορά (σύστημα μεταφορών) ονομάζεται σημείο ισορροπίας (equilibrium point). Σημείο ισορροπίας σε ένα γραμμικό συνδυασμό κόστους-χρόνου μπορεί να οριστεί η τομή της συνάρτησης της αυξανόμενης προσφοράς με την συνάρτηση της μειούμενης ζήτησης.

### 3.3. Ο σχεδιασμός με τη χρήση των τεσσάρων βημάτων

Μια από τις σημαντικότερες διεργασίες του συγκοινωνιακού σχεδιασμού είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης για μετακινήσεις με χρήση των τεσσάρων βημάτων:

- α) της γένεσης των μετακινήσεων,
- β) της κατανομής των μετακινήσεων,
- γ) της κατανομής κατά μέσο
- δ) του καταμερισμού στο δίκτυο.



Σχήμα 1: Τα τέσσερα στάδια μοντελοποίησης του κλασσικού συγκοινωνιακού σχεδιασμού

(Πηγή: Ευαγγελίδης Κ., 2005)



Η **γένεση των μετακινήσεων** προσδιορίζεται από την επιθυμία των ανθρώπων για μετακίνηση από μία περιοχή σε μια άλλη δημιουργώντας μια σχέση παραγωγής και έλξης ή αλλιώς παραγόμενων και ελκυσόμενων μετακινήσεων. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν και την παραγωγή και την έλξη των μετακινήσεων και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, σε παράγοντες θέσης και χρήσεων γης και σε παράγοντες προσιτότητας της κάθε κυκλοφορικής. Η ποσοτική εκτίμηση των μετακινήσεων σε μια κυκλοφοριακή ζώνη υπολογίζεται με μια από τις μεθόδους ανάλυσης κατά κατηγορίες, που έχει βασική μονάδα θεώρησης το νοικοκυριό και τα χαρακτηριστικά του και της ανάλυσης παλινδρόμησης που εκφράζει τον αριθμό των παραγόμενων ή ελκυσόμενων μετακινήσεων σε συνάρτηση των κοινωνικό-οικονομικών και λοιπών χαρακτηριστικών κάθε ζώνης.

Η **κατανομή των μετακινήσεων** στο χώρο αποτελεί το δεύτερο βήμα και περιλαμβάνει τον υπολογισμό των προελεύσεων και των προορισμών και την κατανομή τους σε κυκλοφοριακές ζώνες μέσα στη περιοχή μελέτης. Οι μέθοδοι υπολογισμού για την κατανομή των μετακινήσεων στο χώρο διακρίνονται ως μέθοδοι συντελεστή ανάπτυξης (Growth Factor Methods), με χαρακτηριστικό τους την εκτίμηση ότι ο τρέχων ρυθμός μεταβολής των μετακινήσεων θα διατηρηθεί ίδιος και στο μέλλον και ο αριθμός τους θα μεταβληθεί γεωμετρικά κατά ένα σταθερό συντελεστή, και ως αναλυτικές μέθοδοι με υποκατηγορίες τα υποδείγματα βαρύτητας και ευκαιριών.

Η **κατανομή κατά μέσο** αποτελεί το τρίτο βήμα και έχει στόχο τον καταμερισμό των πρόσωπων ή των αγαθών στα διάφορα μεταφορικά μέσα (αυτοκίνητο, δημόσιες συγκοινωνίες, πεζή κ.λπ.) ώστε να προκύψουν οι μετακινήσεις μεταξύ των κυκλοφοριακών ζωνών ανά μέσο. Για τον καταμερισμό των μετακινήσεων κατά μέσο χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες μέθοδοι και τεχνικές, τρεις από τις οποίες είναι η ανάλυση κατά κατηγορίες, η ανάλυση απλής ή πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και η δημιουργία ειδικών καμπυλών διαχωρισμού (diversion curves).

Ο **καταμερισμός στο δίκτυο** αποτελεί το τέταρτο και τελευταίο βήμα της πρόβλεψης μελλοντικών μετακινήσεων και αφορά σε μια διαδικασία καταμερισμού των αποτελεσμάτων των δυο προηγούμενων βημάτων, της κατανομής των μετακινήσεων και του καταμερισμού κατά μέσο, πάνω σε ένα δίκτυο μεταφορών. Σε περιπτώσεις αστικού δικτύου, ο καταμερισμός γίνεται με χρήση ειδικών αλγορίθμων λόγω της πολυπλοκότητας του δικτύου. Βασικός στόχος του καταμερισμού στο δίκτυο είναι η παραγωγή κυκλοφοριακών φόρτων σε κάθε τμήμα του δικτύου. Οι διαδικασίες καταμερισμού στο δίκτυο περιλαμβάνουν την τεχνική εύρεσης των διαδρομών, που λαμβάνει υπόψη τη λογική με την οποία οι μετακινούμενοι θεωρείται ότι κάνουν την επιλογή της διαδρομής τους με βάση το μικρότερο

κόστος ή χρόνο διαδρομής και τη μέθοδο καταμερισμού των μητρώων Π- Π των μετακινήσεων στις διάφορες διαδρομές.

### **3.4. Διαδικασία κατασκευής ενός συγκοινωνιακού μοντέλου**

Ο συγκοινωνιακός σχεδιασμός προσεγγίζεται από δυο αντιλήψεις: την κλασική αντίληψη ενός συνόλου μαθηματικών σχέσεων (αλγορίθμων) που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τον τρόπο και τις επιλογές των μετακινούμενων ανθρώπων και αγαθών σε ένα δίκτυο μεταφορών με χρήση κάποιων βημάτων και τη μοντέρνα αντίληψη που αποτελεί μια αυτοματοποιημένη κλασική διαδικασία μέσω υπολογιστή. Για τη δημιουργία ενός μοντέλου συγκοινωνιακού σχεδιασμού ακολουθούνται κάποια καθορισμένα βήματα/ διαδικασίες που κατά σειρά περιλαμβάνουν

1. Ορισμό περιοχής μελέτης
2. Συλλογή στοιχείων
3. Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου
4. Βαθμονόμηση Μοντέλου
5. Πρόβλεψη μεταβλητών σχεδιασμού
6. Εφαρμογή μοντέλου
7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

#### **3.4.1. Ορισμός της περιοχής μελέτης**

Περιοχή μελέτης είναι η περιοχή που επηρεάζεται από το υπό μελέτη έργο. Κατά τη διαδικασία προτυποποίησης ο καθορισμός της περιοχής μελέτης αποτελεί πρωταρχικό στοιχείο.

Στις μελέτες στρατηγικού σχεδιασμού, θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα σημεία προέλευσης και προορισμού της μεγάλης πλειοψηφίας των μετακινήσεων. Στις μελέτες μικρών αστικών περιοχών ή τοπικών έργων διαχείρισης κυκλοφορίας με μεγάλο ποσοστό διερχόμενης κυκλοφορίας, η περιοχή, που αναλύεται, θα πρέπει να έχει έκταση ανάλογη με τις προτεινόμενες αλλαγές στις μετακινήσεις, οι οποίες αναπαρίστανται στο υπόδειγμα.

Η περιοχή άμεσης επιρροής του έργου εκτείνεται γύρω από τον υπό μελέτη οδικό άξονα και περιλαμβάνει τους νομούς που διασχίζει και απαιτείται λεπτομερής περιγραφή του ζωνικού συστήματος.

Οι ζώνες είναι χωρικές ενότητες, που χρησιμοποιούνται για να ενοποιήσουν τα πρωτογενή στοιχεία, προκειμένου να καταστεί εύκολη η ανάλυσή τους στα πλαίσια ανάπτυξης του συγκοινωνιακού υποδείγματος. Οι ζώνες θα πρέπει να είναι ομογενείς ως προς τις χρήσεις γης που περιλαμβάνουν καθώς και συμβατές με τη διοικητική διαίρεση.

Θεωρητικά μεγαλύτερη ακρίβεια επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός λεπτομερούς ζωνικού συστήματος. Το μειονέκτημα είναι ότι όσο περισσότερες πληροφορίες απαιτούνται, τόσο αυξάνει το κόστος της έρευνας και των υπολογισμών. Επίσης, η προσθήκη και άλλων ομάδων δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια των αποτελεσμάτων.

Γίνεται η παραδοχή ότι όλες οι μετακινήσεις προέρχονται ή καταλήγουν στο κεντροειδές της ζώνης, που είναι το ιδεατό σημείο προέλευσης ή προορισμού των μετακινήσεων που παράγονται ή έλκονται από μια ζώνη.

Η περιοχή έμμεσης επιρροής περιλαμβάνει όλα τα σημεία που αποτελούν προέλευση ή προορισμό των μετακινούμενων, οι οποίοι προβλέπεται να χρησιμοποιήσουν τον υπό μελέτη άξονα ή άλλους άξονες ανταγωνιστικούς προς αυτόν.

### **3.4.2. Συλλογή στοιχείων**

Ο βαθμός ακρίβειας, το είδος και το πλήθος των δεδομένων, που χρειάζεται να συγκεντρωθούν και να αναλυθούν, εξαρτώνται από την επιλογή του στόχου.

Η συλλογή των στοιχείων περιλαμβάνει τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, και τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων για το έτος βάση.

Τα στοιχεία μπορεί να είναι:

- Διαστρωματικά στοιχεία: δεδομένα από διαφορετικά στρώματα του πληθυσμού, που συλλέγονται την ίδια χρονική περίοδο.
- Δεδομένα χρονολογικών σειρών: δεδομένα από μετρήσεις σε διάφορα σημεία μέσα στο χρόνο, που βοηθούν στην ερμηνεία της μεταβολής μιας μεταβλητής στη διάρκεια του χρόνου.
- Δυναμικά διαστρωματικά στοιχεία: συνδυασμός των δύο παραπάνω κατηγοριών, αναφέρονται σε δεδομένα που περιγράφονται από μια χρονολογική σειρά για κάποιες μελετώμενες διαστρωματικές μονάδες. Μπορεί να θεωρηθούν ως επαναλαμβανόμενα διαστρωματικά δεδομένα, που

συλλέγονται από τις ίδιες πηγές για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Όλα τα διαθέσιμα στοιχεία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος.

Το έτος-βάση είναι το έτος όπου διεξάγεται ο κύριος όγκος των ερευνών/μετρήσεων για την συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για την δημιουργία μιας βάσης δεδομένων.

Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει:

α) τον πίνακα Προέλευσης Προορισμού, δηλαδή τον αριθμό των μετακινήσεων που γίνονται μεταξύ κάθε ζεύγους ζωνών της περιοχής μελέτης,

β) τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της κάθε ζώνης, όπως πληθυσμός, εισόδημα, ιδιοκτησία ΙΧ,

γ) τα μεγέθη οικονομικής δραστηριότητας, όπως επαγγελματική απασχόληση, χαρακτηριστικά εμπορικών δραστηριοτήτων, επιφάνεια καταστημάτων, χώρων γραφείων, βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, επιφάνεια χώρων εκπαίδευσης και αναψυχής,

δ) τα χαρακτηριστικά όλων των μεταφορικών συστημάτων, όπως μορφή δικτύων, μήκος, κυκλοφοριακή ικανότητα, ταχύτητες ελεύθερης ροής, σχέσεις φόρτου –καθυστερήσεων, κόστος μετακίνησης, για κάθε τμήμα του οδικού δικτύου, συχνότητα, κόστος και ταχύτητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και

ε) κυκλοφορικές μετρήσεις σε οδικά τμήματα και φόρτοι των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς για την σύγκριση με τα τελικά αποτελέσματα του υποδείγματος.

Για την συλλογή των στοιχείων πραγματοποιούνται έρευνες. Οι έρευνες αυτές είτε γίνονται επί τόπου στους μετακινούμενους, οπότε οι ερωτήσεις είναι λιγότερες, είτε γίνονται με συνεντεύξεις στα νοικοκυριά με πλήρες ερωτηματολόγιο.

### **3.4.3. Ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου**

Στο στάδιο αυτό γίνεται ουσιαστικά η κατασκευή του υποδείγματος. Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της δομής του μοντέλου (απλό ή σύνθετο), των συναρτησιακών του σχέσεων (γραμμικών ή μη) και των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν μαζί με τον τρόπο που αυτές θα εισαχθούν στο μοντέλο.

### **3.4.4. Βαθμονόμηση μοντέλου**

Το έτος-βάση χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί ή να βαθμονομηθεί το υπόδειγμα και να ελεγχθεί κατά πόσο αναπαριστά την διαδικασία των

μετακινήσεων και με πόση ακρίβεια υπολογίζει τον πραγματικό αριθμό των μετακινήσεων, όπως έχουν μετρηθεί από τις κυκλοφοριακές έρευνες και μετρήσεις.

Η βαθμονόμηση του υποδείγματος είναι η διαδικασία με την οποία προσδιορίζονται οι βέλτιστες τιμές των συντελεστών, που περιλαμβάνονται στις μαθηματικές σχέσεις, έτσι ώστε τα αποτελέσματα του υποδείγματος (π.χ. εκτιμήσεις φόρτων, χρόνων διαδρομής κλπ) να διαφέρουν όσο το δυνατό λιγότερο από τα πραγματικά μεγέθη

Αφού επιτευχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό η βαθμονόμηση του υποδείγματος ακολουθεί ο έλεγχος αξιοπιστίας/εγκυρότητας του υποδείγματος, όπου ελέγχεται εάν το υπόδειγμα μπορεί να αναπαραστήσει την πραγματική κατάσταση, χρησιμοποιώντας τώρα διαφορετικά στοιχεία από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την φάση της βαθμονόμησης. Η αξιοπιστία του συγκοινωνιακού υποδείγματος και των προβλέψεων εξαρτάται από την ποιότητα των στοιχείων, που περιγράφουν την συμπεριφορά του συστήματος και των μετακινούμενων, Εάν ο έλεγχος αξιοπιστίας/εγκυρότητας του υποδείγματος δεν είναι ικανοποιητικός γίνεται πάλι η βαθμονόμηση του υποδείγματος, επιλέγονται διαφορετικές τιμές των συντελεστών και γίνεται ξανά ο έλεγχος αξιοπιστίας/εγκυρότητας του υποδείγματος.

Οι εκτιμήσεις του υποδείγματος για τους φόρτους, τους χρόνους διαδρομής, το κόστος, αποτελούν συνάρτηση των μεταβλητών του μεταφορικού συστήματος και των συντελεστών. Ως μεταβλητές του μεταφορικού συστήματος ορίζονται τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, που προέκυψαν από τις παρατηρήσεις, τις έρευνες και τις μετρήσεις και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος

#### **3.4.5. Πρόβλεψη μεταβλητών σχεδιασμού**

Εάν ο έλεγχος αξιοπιστίας/εγκυρότητας του υποδείγματος είναι ικανοποιητικός, το υπόδειγμα εφαρμόζεται σε έναν ή περισσότερους χρονικούς ορίζοντες σχεδιασμού σύμφωνα με τα σενάρια.

Διερευνώνται οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων και αναπτύσσονται εναλλακτικά σενάρια. Προσδιορίζονται τα γεωμετρικά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των συστημάτων μεταφορών που θα αξιολογηθούν.

Για κάθε ένα από τα εναλλακτικά σενάρια γίνονται προβλέψεις των μεταβλητών σχεδιασμού, δηλαδή των δραστηριοτήτων που το μεταφορικό σύστημα θα εξυπηρετήσει. Χρειάζονται προβλέψεις για τα μελλοντικά μεγέθη και τη χωρική κατανομή των κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, όπως πληθυσμός, επαγγελματική απασχόληση, εισόδημα, χρήσεις γης, οικονομικές, εμπορικές και κοινωνικές δραστηριότητες.

Δημιουργείται μία καινούργια βάση δεδομένων του μελλοντικού σχεδιασμού, η οποία περιέχει τα προβλεπόμενα κοινωνικοοικονομικά μεγέθη και τις δραστηριότητες που θα εξυπηρετήσουν τα μεταφορικά συστήματα της περιοχής μελέτης στον χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού.

Για όλες τις εναλλακτικές μορφές των μεταφορικών συστημάτων που θα αξιολογηθούν δημιουργούνται αντίστοιχες βάσεις δεδομένων των χαρακτηριστικών του συστήματος μεταφοράς για κάθε εναλλακτική λύση.

#### **3.4.6. Εφαρμογή του υποδείγματος**

Οι βάσεις δεδομένων των εναλλακτικών λύσεων που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιούνται σε αυτή τη φάση στο υπόδειγμα. Υπολογίζονται ξεχωριστά, οι μελλοντικοί φόρτοι και το επίπεδο εξυπηρέτησης που προσφέρει το κάθε μεταφορικό σύστημα, για κάθε εναλλακτικό σενάριο μελλοντικής ανάπτυξης της περιοχής μελέτης.

#### **3.4.7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων**

Περιλαμβάνει μια σύγκριση των ωφελειών και των μειονεκτημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή του συγκεκριμένου σχεδίου που προτείνεται στο σενάριο που αναλύθηκε.

### **3.5. Ταξινόμηση υποδειγμάτων Σχεδιασμού των Μεταφορών**

Η πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από ένα πλήθος στοιχείων ή υποσυστημάτων με ποικίλα χαρακτηριστικά. Για την διερεύνηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών ενός συστήματος σε άλλα χαρακτηριστικά ή μεγέθη χρησιμοποιούνται μαθηματικά υποδείγματα. Τα υποδείγματα προσπαθούν να αναπαραστήσουν την λειτουργία του πραγματικού συστήματος, με τη χρήση μαθηματικών σχέσεων, μεταβλητών, παραμέτρων και λογικών κανόνων συμπεριφοράς. Οι μαθηματικές σχέσεις περιλαμβάνουν μεταβλητές και αριθμητικές σταθερές καθώς και μία διαδικασία υπολογισμού κατάλληλη για προγραμματισμό στον Η/Υ.

Για την επίτευξη ικανοποιητικής προσομοίωσης, το σύνθετο σύστημα διαχωρίζεται σε ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων. Καθορίζονται τα χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων με σκοπό την εκτέλεση κάποιων λογικών λειτουργιών. Η διαδικασία αυτή και οι μαθηματικές σχέσεις που την περιγράφουν καλούνται αλγόριθμος. Μέσω της επαναληπτικής διαδικασίας επιδιώκεται η εξισορρόπηση των μεταβλητών,

έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος στο δεδομένο χρονικό διάστημα. Προσδιορίζονται οι σχέσεις που συνδέουν την μεταβολή των τιμών κάποιων μεταβλητών, με τις μεταβολές στις τιμές άλλων μεγεθών ή χαρακτηριστικών. Μπορούν να εξετασθούν οι αντιδράσεις του υποδείγματος και να γίνουν προβλέψεις για τις αντιδράσεις του πραγματικού συστήματος.

Η μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη του προγραμματισμού μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών καθιστά πλέον την προτυποποίηση των συστημάτων μεταφορών ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία του Σχεδιασμού των Μεταφορών. Η προτυποποίηση βρίσκεται στις πρώτες επιλογές των μελετητών για την αντιμετώπιση κυκλοφοριακών ζητημάτων.

Ανάλογα με το κριτήριο που χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση, διακρίνονται πολλές κατηγορίες υποδειγμάτων. Οι πιο γνωστές από τις κατηγορίες συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2: Ταξινόμηση υποδειγμάτων

<b>ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ</b>	<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ</b>
Είδος λειτουργίας που επιτελούν	1. Περιγραφικά 2. Ερμηνευτικά
Βαθμός λεπτομέρειας στη θεώρηση του συστήματος	1. Μακροσκοπικά 2. Μεσοσκοπικά 3. Μικροσκοπικά
Θεώρηση των γεγονότων ως βέβαιων ή πιθανών	1. Προσδιοριστικά / Ντετερμινιστικά 2. Στοχαστικά
Θεώρηση ή μη των μεταβολών του συστήματος στο χρόνο	1. Δυναμικά 2. Στατικά
Θεώρηση υποδείγματος 4 σταδίων ή όχι	1. Κλασσικά 2. Συγχρονικά
Ομαδοποίηση μετακινούμενων και χαρακτηριστικών	1. Συνθετικά 2. Αποσυνθετικά

### 3.6. Σύγχρονα συγκοινωνιακά μοντέλα σχεδιασμού

Η σύγχρονη θεώρηση του βέλτιστου σχεδιασμού της μεταφορικής και συγκοινωνιακής υποδομής βασίζεται όλο και περισσότερο σε ενοποιημένα πρότυπα προσφοράς της συγκοινωνιακής υποδομής και ζήτησης για μετακινήσεις. Η ανάγκη αυτή έδωσε το έναυσμα για τη δημιουργία νέων μοντέλων συγκοινωνιακού σχεδιασμού που ξεφεύγουν από την κλασική θεώρηση του μοντέλου των τεσσάρων βημάτων, διευρύνοντας έτσι το αντικείμενο του συγκοινωνιακού σχεδιασμού και προσαρμόζοντας το στις απαιτήσεις των σύγχρονων πόλεων. Ορισμένα αξιόλογα παραδείγματα βλέπουμε παρακάτω:

Οι Muller και Reinhardt (1990) εισήγαγαν το νευρωνικό δίκτυο (neural network) για να καθορίσουν το μητρώο Π-Π από μετρήσεις κυκλοφορίας. Η προσέγγιση αυτή είναι βασισμένη σε έρευνες που σχετίζονται με τη λειτουργία του εγκεφάλου. Η διαδικασία περιλαμβάνει στοιχεία «κατανόησης» και «βελτιστοποίησης». Το υπόδειγμα μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά ως γράφημα με τρία χαρακτηριστικά. 1) Μια κατάσταση μεταβλητής που σχετίζεται με τον κάθε κόμβο, 2) ένα ειδικό βάρος που έχει καθοριστεί σε κάθε οδικό τμήμα, 3) μια συνάρτηση μετακίνησης που καθορίζει την κατάσταση σε κάθε κόμβο βάσει των προτιμήσεων και του ειδικού βάρους των τμημάτων που συντρέχουν σε αυτόν.

Ο Sheffi (1984) εισήγαγε την έννοια του υπερδικτύου, στην θεωρία του για την ανάλυση εξισορρόπησης των αστικών συγκοινωνιακών δικτύων και εξελίχθηκε από την Nagurney (2006), η οποία συμπεριέλαβε και μη-κυκλοφοριακές δραστηριότητες (π.χ. οικονομικό δίκτυο). Οι Arentze και Timmermans (2004) ανέπτυξαν μεθοδολογία για να συμπεριλάβουν επίσης δραστηριότητες σε τοποθεσίες και να προσδιορίσουν τα γενικευμένα κόστη των τμημάτων του οδικού υπερ-δικτύου ως συνάρτηση της κατάστασης του κάθε μετακινούμενου, η οποία αλλάζει όσο εξελίσσεται η εκτέλεση μιας δραστηριότητας.

Οι Axhausen και Gärling, (1992), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ανάγκες μετακίνησης καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την επιθυμία για συμμετοχή σε δραστηριότητες σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, το οποίο τους οδήγησε στην ανάπτυξη μοντέλων βασισμένα στις δραστηριότητες (activity-based models), που δεν έχουν ως επίκεντρο την περιγραφική ανάλυση της ροής οχημάτων, αλλά την κατανόηση των διαφορετικών αποφάσεων του κάθε υποκειμένου.

Οι Horowitz και Xia Jin, (2008), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι από τη στιγμή που οι μετακινήσεις μεγάλων αποστάσεων διαφέρουν σε πολλούς τρόπους, η επιλογή της ώρας μετακίνησης θα διαφέρει επίσης. Συγκεκριμένα,



οι μετακινήσεις μεγάλων αποστάσεων αντιμετωπίζουν πολλούς περιορισμούς. Η επιλογή της ώρας αναχώρισης επηρεαζόταν σημαντικά από την απόσταση της μετακίνησης, πόσος χρόνος θα ξοδευτεί στον προορισμό, αν η μετακίνηση γίνεται μεσοβδόμαδα ή σαββατοκύριακο, αν συμμετέχει ένα άτομο ή περισσότεροι και αν υπάρχουν μικρά παιδιά. Για τις αστικές μετακινήσεις, ο σκοπός και τα κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά είχαν σημαντικές επιπτώσεις στην επιλογή του ώρας που θα πραγματοποιηθεί η μετακίνηση, αν και σε πολλά αστικά μοντέλα, ο σκοπός μετακίνησης καθοριζόταν απλά ως μετακίνηση για εργασία ή μη. Το εισόδημα και το μέσο, τα οποία ήταν συχνά σημαντικά για τις αστικές μετακινήσεις, δεν είχαν ισχυρή επιρροή σε μεγαλύτερες μετακινήσεις.

Η εξέλιξη των δυνατοτήτων ανάλυσης μέσω της ανάπτυξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών οδήγησε στη διαμόρφωση διαφόρων τύπων αποσυνθετικών (disaggregated) υποδειγμάτων, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την επίδραση της διαφοροποίησης των κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών ανάμεσα σε διαφορετικές μονάδες, όπως νοικοκυριό, μετακινούμενος κτλ, του υπό εξέταση πληθυσμού στην επιλογή μετακίνησης (Bowman & Ben-Akiva, 2001; Ortuzar & Willumsen, 2011). Εξέλιξη των πρώτων αποσυνθετικών υποδειγμάτων που έχουν ως βάση υπολογισμού τη μετακίνηση (trip-based models) αποτελούν τα υποδείγματα που βασίζονται στη διαδρομή (tour-based models), δηλαδή στην αλληλουχία διαδοχικών μετακινήσεων που συνθέτουν μία διαδρομή από την αρχική προέλευση στον τελικό προορισμό. Στα συγκεκριμένα υποδείγματα, οι διαδρομές συνήθως διαφοροποιούνται σε αυτές που έχουν βάση την έδρα του νοικοκυριού και στις υπόλοιπες διαδρομές (Miller, 2005). Γενικότερα, το υψηλό επίπεδο ανάλυσης που εξασφαλίζουν τα αποσυνθετικά υποδείγματα απαιτεί αντίστοιχα υψηλό όγκο λεπτομερών δεδομένων, το οποίο από τη μία πλευρά αυξάνει σημαντικά το κόστος εφαρμογής και από την άλλη πλευρά έχει υψηλές απαιτήσεις για τη συσχέτιση των δεδομένων ώστε να εξασφαλίζεται η ορθολογική συμπεριφορά του υποδείγματος (Kitamura, 1988). Για το λόγο αυτό και σε σχέση με το ειδικό αντικείμενο και το εύρος της ανάλυσης σήμερα εξακολουθεί να είναι ευρεία η εφαρμογή των συμβατικών, συνθετικών υποδειγμάτων.

Στη μέθοδο που προτείνεται από τον Chang (2012) δίνεται έμφαση στην προσομοίωση της ζήτησης των μετακινήσεων μετά το σεισμό επιχειρώντας να προσδιοριστούν οι αλλαγές στο πλέγμα των μετακινήσεων κατά την κρίσιμη περίοδο αμέσως μετά το σεισμό και κατά την περίοδο της αποκατάστασης και σταδιακής επαναφοράς στις φυσιολογικές συνθήκες ώστε να ενσωματωθούν στο υπόδειγμα πρόβλεψης μετακινήσεων. Οι παραδοχές που έγιναν στη συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι ότι οι πληθυσμοί εκκενώνουν άμεσα τις θέσεις τους μετά από καταστροφή ενώ η γένεση των μετακινήσεων είναι ανάλογη με τον εκτιθέμενο πληθυσμό στο σεισμό και σταθερή μέσα στην εκάστοτε ζώνη ανάλυσης.

Κατά τον Litman (2009) οι αποφάσεις που σχετίζονται με τον σχεδιασμό μεταφορών επηρεάζουν τις χρήσεις γης άμεσα, καθορίζοντας τις εκτάσεις που αφιερώνονται σε εγκαταστάσεις μεταφορών και έμμεσα, επηρεάζοντας την προσπελασιμότητα και τα αναπτυξιακά κόστη σε διαφορετικές τοποθεσίες.

Οι Cliff & Ord (1969), ασχολήθηκαν πρώτοι με ένα μοντέλο πολυμεταβλητών χρονολογικών σειρών, που δύναται να βελτιωθεί περαιτέρω εφόσον η υπό προσομοίωση διαδικασία παρουσιάζει συστηματική εξάρτηση μεταξύ των παρατηρήσεων κάθε περιοχής και των γειτονικών της. Πρόκειται για το φαινόμενο της χωρικής συσχέτισης. Τα μοντέλα αυτά, έχουν ως στόχο την αναλυτική επεξήγηση των συσχετίσεων στο χώρο και το χρόνο και αναφέρονται ως μοντέλα χώρου - χρόνου.

Στις πιο εδραιωμένες σήμερα θεωρίες βασίζονται και τα μοντέλα κινηματικής, που είναι βασισμένα σε διαφορικές εξισώσεις με μερικές παραγώγους οι οποίες περιγράφουν κύματα κυκλοφοριακής πυκνότητας και αποτελούν τροποποιήσεις μοντέλων που περιγράφουν φυσικές ροές (Li & Zhang, 2001).

# 4 ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΣΤΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

## 4.1. Ορισμοί, βασικές έννοιες

Ο συγκοινωνιακός και πολεοδομικός σχεδιασμός των πόλεων του 20ου αιώνα, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις αναδυόμενες ανάγκες μετακίνησης των συνεχώς αναπτυσσόμενων αστικών κέντρων, βασίστηκε στη δημιουργία μοντέλων ανάπτυξης με επίκεντρο την εξυπηρέτηση των μετακινήσεων με το ιδιωτικό αυτοκίνητο, του οποίου ο δείκτης ιδιοκτησίας μέχρι και πριν από λίγα χρόνια θεωρούνταν ένδειξη οικονομικής ανάπτυξης και ευρωστίας. Σήμερα, έχει γίνει ευρέως αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα, ότι το φαινόμενο της εξάρτησης από το ΙΧ είναι σημαντικά υπεύθυνο για την εμφάνιση ποικίλων προβλημάτων πολεοδομικού, συγκοινωνιακού, περιβαλλοντικού, οικονομικού και κοινωνικού χαρακτήρα. Η αστική διάχυση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η κατάληψη του δημόσιου χώρου και η περιβαλλοντική ρύπανση είναι μόνο ορισμένα από αυτά.

Αναγνωρίζοντας τις σύγχρονες προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι πόλεις λόγω της αδυναμίας της υφιστάμενης μορφής και δομής του συστήματος μεταφορών να ανταποκριθεί στις ανάγκες της βιώσιμης ανάπτυξης, θεωρείται αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός των πρακτικών του πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Η βιώσιμη αστική κινητικότητα αποτελεί σήμερα μία από τις πιο σύγχρονες κατευθύνσεις της Ε.Ε. όσον αφορά στο σχεδιασμό του αστικού συστήματος μεταφορών και στην αντιμετώπιση των αστικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργεί το φαινόμενο της εξάρτησης του ΙΧ αυτοκινήτου στις ευρωπαϊκές πόλεις.

Βιώσιμη αστική κινητικότητα είναι αυτή που εξυπηρετεί τις ανάγκες της κοινωνίας για ελεύθερη μετακίνηση, προσβασιμότητα, επικοινωνία, δραστηριοποίηση και κοινωνική επαφή, χωρίς να «θυσιάζει» βασικές ανθρώπινες ή περιβαλλοντικές απαιτήσεις και προοπτικές σήμερα ή στο μέλλον.(World Business Council for Sustainable Development, 2004). Οι βασικές αρχές επιγραμματικά μπορούν να συνοψιστούν στους παρακάτω άξονες:

- Προστασία φυσικού περιβάλλοντος

- Ασφάλεια και προστασία της ανθρώπινης υγείας
- Εξυπηρέτηση απαιτήσεων του πληθυσμού για μετακίνηση
- Υποστήριξη της υγιούς & κοινωνικά δίκαιης οικονομικής δραστηριότητας
- Μείωση κόστους μετακίνησης
- Περιορισμός κόστους υποδομών
- Ενεργειακή οικονομία και διατηρησιμότητα
- Εξασφάλιση βιωσιμότητας συστήματος μεταφορών

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει με απλουστευμένο τρόπο μερικές από τις βασικές διαφορές μεταξύ της διαδικασίας σχεδιασμού που περιγράφεται στο παρόν τεύχος και της «παραδοσιακής» προσέγγισης σχεδιασμού.

Πίνακας 3: Σύγκριση παραδοσιακού συγκοινωνιακού σχεδιασμού και σχεδιασμού βιώσιμης αστικής κινητικότητας

Παραδοσιακός Συγκοινωνιακός Σχεδιασμός	Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας
Έμφαση στην Μηχανοκίνητη Κυκλοφορία	→ Έμφαση στον Άνθρωπο
Βασικός Στόχος: Κυκλοφοριακή ικανότητα και ταχύτητα	→ Βασικός Στόχος: Προσβασιμότητα και Ποιότητα Ζωής
Έμφαση στα μέσα μεταφοράς	→ Ενιαίος σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψη χρήσεις γης, οικονομική ανάπτυξη, κοινωνικές ανάγκες, περιβαλλοντική ποιότητα και υγεία
Βραχυ-μεσο-πρόθεσμος σχεδιασμός	→ Μακροχρόνιο όραμα
Διοικητικά Όρια	→ Λειτουργικά Όρια κυρίως με βάση περιοχές από/προς εργασία
Κυρίως Συγκοινωνιολόγοι Μηχανικοί	→ Διεπιστημονικός σχεδιασμός
Έμφαση στις υποδομές	→ Συνδυασμός υποδομών, αγορών, υπηρεσιών, πληροφοριών και προώθηση προκειμένου να επιτευχθεί η αποδοτικότερη λύση
Περιορισμένη ανάλυση επιπτώσεων	→ Εκτεταμένη αξιολόγηση επιπτώσεων και διαμόρφωση μιας διαδικασίας μάθησης και βελτίωσης
Εντολές από Αιρετούς και Σχεδιασμός από Ειδικούς	→ Εμπλεκόμενοι Φορείς και πολίτες σχεδιάζουν από κοινού

(Πηγή: European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans 2013)

## 4.2. Ευρωπαϊκή πολιτική

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε στις 25 Σεπτεμβρίου 2007 την Πράσινη Βίβλο 'Προς ένα νέο πολιτισμό για τις αστικές μετακινήσεις'. Η πρόθεσή της είναι το βιβλίο αυτό να προκαλέσει μια ευρεία συζήτηση στο εσωτερικό των κρατών μελών, που θα δώσει τα απαραίτητα στοιχεία για τη δημοσίευση μέσα στο 2008 ενός Ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την Αστική Κινητικότητα. Το Σχέδιο Δράσης θα περιλαμβάνει χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και προσδιορισμό αρμοδιοτήτων για συγκεκριμένες πρωτοβουλίες και δράσεις με στόχο να εγκατασταθούν στην ευρωπαϊκή πόλη συνθήκες Βιώσιμης Κινητικότητας.

Πρέπει κατ' αρχήν να παρατηρηθεί ότι η Πράσινη Βίβλος, εκτός από την αξία που έχει διότι παρουσιάζει ένα σχεδόν πλήρη κατάλογο των πολιτικών που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για την προώθηση των βασικών παραμέτρων της βιώσιμης κινητικότητας (δημόσια συγκοινωνία, περπάτημα, ποδήλατο) δεν αποτελεί κάτι πραγματικά νέο σε σχέση με τα προηγούμενες Πράσινες – Λευκές Βίβλους, Οδηγίες κ.λπ. τα αφιερωμένα σε ειδικότερα θέματα των αστικών μεταφορών. (<http://ec.europa.eu/>)

Παρακάτω φαίνονται οι οδηγίες και οι πολιτικές από το 1990 μέχρι σήμερα:

-□ Η Πράσινη Βίβλος για το 'Αστικό Περιβάλλον' (Commission of the European Communities, 1990)

Αντιστοιχούσε σε μία πρώτη προσέγγιση του χώρου και της ταυτότητας της πόλης. Έδινε ιδιαίτερη έμφαση στην σημασία της και στην ανάδειξη της ταυτότητας και της κοινωνικής της κληρονομιάς. Για πρώτη φορά υπογράμμιζε την ανάγκη περιορισμού του ιδιωτικού αυτοκινήτου για την βελτίωση της ποιότητας της ζωής και του περιβάλλοντος.

-□ Η Πράσινη Βίβλος 'Δίκτυα των Πολιτών' (Commission of the European Communities, 1995a)

Εστίαζε στη δημόσια συγκοινωνία και τις συνδυασμένες μεταφορές. Παρουσίαζε μία νέα εικόνα της ευρωπαϊκής πόλης. Σε αυτήν το ιδιωτικό αυτοκίνητο δεν αποτελεί το βασικό μέσο των αστικών μετακινήσεων. Η οργάνωση και η λειτουργία της πόλης στηρίζεται σε δίκτυα συλλογικής

μεταφοράς τα οποία είναι προσπελάσιμα από κάθε κοινωνική ομάδα (όπως τους ηλικιωμένους ή τα άτομα με κινητικές δυσκολίες, που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση στο ιδιωτικό αυτοκίνητο). Επιπλέον έδινε ιδιαίτερη έμφαση στην ενίσχυση των δικτύων κίνησης πεζών και ποδηλάτων, που είναι τα κύρια τροφοδοτικά δίκτυα των δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας, στη σημασία των σταθμών μετεπιβίβασης, στη μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου στα κέντρα και στην αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών τηλεματικής. Επιπλέον πρότεινε τη δημιουργία εμπορικών ή και βιομηχανικών περιοχών γύρω από τους μεγάλους κόμβους των μεταφορών (που εξυπηρετούνται από σιδηροδρομικό δίκτυο, μετρό, τραμ κλπ.) και την ανάπτυξη οικονομικών και εμπορικών δραστηριοτήτων κατά μήκος των δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας.

-□ Η Πράσινη Βίβλος 'για τη Δίκαιη και Αποτελεσματική Κοστολόγηση στις Μεταφορές' (Commission of the European Communities, 1995b)

Ο βασικός στόχος και αυτού του Βιβλίου ήταν η προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας. Ως δικαιότερος και αποτελεσματικότερος τρόπος αναλύθηκε η τιμολόγηση του αυτοκινήτου, διότι σήμερα απαλλάσσεται από το κόστος και της οδικής υποδομής και των επιπτώσεων της κίνησής του στο περιβάλλον, φυσικό, τεχνητό και κοινωνικό. Για πρώτη φορά έγινε αναφορά στα αστικά διόδια.

-□ Η Πράσινη Βίβλος 'για τη Μελλοντική Πολιτική για το Θόρυβο' (Commission of the European Communities, 1996)

Υποστήριξε ότι η μείωση του θορύβου και κατ' επέκταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από την μείωση της ταχύτητας και του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν στις μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις.

-□ Η Λευκή Βίβλος 'Η ευρωπαϊκή πολιτική στις μεταφορές με ορίζοντα το 2010: η ώρα των επιλογών' (Commission of the European Communities, 2001)

Επισήμανε την αναγκαιότητα διαμόρφωσης μιας ενιαίας ευρωπαϊκής πολιτικής, όχι μόνο για τα κράτη μέλη της Ε.Ε., αλλά και για τις υποψήφιες χώρες που θα πρέπει να εναρμονίσουν την πολιτική τους για τις μεταφορές στην κατεύθυνση της βιωσιμότητας. Στο βιβλίο έγινε απολογισμός των έως τώρα ενεργειών και αποτελεσμάτων τους και επαναπροσδιορίστηκαν οι βασικοί στόχοι της Ε.Ε. στους τομείς των μεταφορών και της μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ασκήθηκε κριτική στο γεγονός ότι ο τομέας των οδικών μεταφορών έχει υπέρμετρα διογκωθεί και προτάθηκε όπως οι

επιδοτήσεις για την υλοποίηση υποδομών κατανέμονται κατά τρόπο που να μην αδικούνται οι φιλικόι στο περιβάλλον τρόποι μεταφοράς.

- Η Πράσινη Βίβλος 'Διαμόρφωση νέας παιδείας αστικής κινητικότητας' (Commission of the European Communities, 2007)

με κυρίαρχο στόχο τη διαμόρφωση ενός νέου πολιτισμού για την αστική κινητικότητα. Η ενέργεια αυτή σηματοδοτεί τη θέση της Ε.Ε. ότι τα ζητήματα της αστικής κινητικότητας δεν μπορεί να είναι πλέον αποκλειστική αρμοδιότητα των κρατών μελών αλλά είναι ζητήματα για τα οποία θα πρέπει να αναληφθεί δράση σε Κοινοτικό επίπεδο αφού αποτελούν μία από τις βασικές παραμέτρους για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης των πόλεων.

- Η Λευκή Βίβλος 'Χάρτης πορείας για έναν ενιαίο ευρωπαϊκό χώρο μεταφορών' (Commission of the European Communities, 2011)

υιοθετεί ένα φάσμα πρωτοβουλιών και προτεραιοτήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για δράσεις στον τομέα των μεταφορών. Στον τομέα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών ιδιαίτερος λόγος γίνεται για την επίτευξη του στόχου μηδενικών περιβαλλοντικών εκπομπών μέχρι το 2030. Γίνεται λόγος για βέλτιστες πρακτικές για την καλύτερη διαχείριση και παρακολούθηση των εμπορευματικών ροών στα αστικά συγκροτήματα με πρωτοβουλίες όπως κέντρα ενοποίησης φορτίου, κανονιστικοί περιορισμοί, χρονικά παράθυρα παραδόσεων καθώς και – όπου είναι δυνατό – εκμετάλλευση ποτάμιων μεταφορών. Γενικότερες πολιτικές προς ένα φιλικότερο και αποδοτικότερο πλαίσιο αστικών εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να περιλαμβάνουν χωροταξία όπως π.χ. περιορισμούς στη στάθμευση και διαχείριση κινητικότητας, χρήση εναλλακτικών αστικών δικτύων μεταφορών (ποτάμια, σιδηροδρομικά), τεχνολογικά πρότυπα οχημάτων μέσω θεσμικών περιορισμών στις διαστάσεις των οχημάτων (βάρος, μήκος, φορτίο ανά άξονα, κλπ.) και «καλές» επιχειρησιακές πρακτικές. Τέλος, ιδιαίτερος λόγος γίνεται για ενεργειακά αποδοτικότερα οχήματα χαμηλότερων περιβαλλοντικών εκπομπών σε εμπορευματικού στόλου (φορηγά παραδόσεων, κλπ.).

### **4.3. Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας**

Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας είναι ένα στρατηγικό σχέδιο που βασίζεται στις υφιστάμενες πρακτικές σχεδιασμού και λαμβάνει υπόψη του τις αρχές της ενοποίησης, της συμμετοχής και της αξιολόγησης ώστε να καλύψει τις ανάγκες κινητικότητας των ανθρώπων σήμερα και στο μέλλον, για μια καλύτερη ποιότητα ζωής στις πόλεις και τα περίχωρά τους. Τα ΣΒΑΚ αντιμετωπίζουν τα προβλήματα που σχετίζονται με τις μεταφορές, στις

αστικές περιοχές, πιο αποτελεσματικά. Είναι το αποτέλεσμα μιας δομημένης διαδικασίας που περιλαμβάνει την ανάλυση της κατάστασης, την διαμόρφωση ενός κοινού οράματος, τους στόχους και σκοπούς, την επιλογή μέτρων και πολιτικών, την ενεργή επικοινωνία, την παρακολούθηση και αξιολόγηση και την αναγνώριση των βασικών διδαγμάτων από τη διαδικασία.

Με βάση τις υφιστάμενες πρακτικές και τα ρυθμιστικά πλαίσια, τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ΣΒΑΚ είναι τα εξής (Wefering et al., 2013):

### **1) Στόχοι και επιδιώξεις**

Κύριος στόχος ενός ΣΒΑΚ είναι η βελτίωση της προσβασιμότητας των αστικών περιοχών και η παροχή υψηλής ποιότητας και βιώσιμης κινητικότητας και μεταφοράς προς, διαμέσου και εντός της αστικής περιοχής. Εστιάζει περισσότερο στις ανάγκες της "λειτουργικής πόλης" και της ενδοχώρας της, αντί της δημοτικής διοικητικής περιφέρειας.

### **2) Ένα μακροπρόθεσμο όραμα και ένα σαφές σχέδιο υλοποίησης**

Ένα ΣΒΑΚ παρουσιάζει, ή συνδέεται με, μια υπάρχουσα, μακροπρόθεσμη στρατηγική για τη μελλοντική ανάπτυξη της αστικής περιοχής και, σε αυτό το πλαίσιο, για τη μελλοντική ανάπτυξη της υποδομής και των υπηρεσιών μεταφορών και κινητικότητας. Περιλαμβάνει, επίσης, ένα σχέδιο βραχυπρόθεσμης υλοποίησης της στρατηγικής, προσδιορίζοντας τον χρονικό ορίζοντα υλοποίησης, κατανέμοντας σαφώς αρμοδιότητες και επισημαίνοντας τους απαιτούμενους πόρους και χρηματοοικονομικούς πόρους.

### **3) Μια αξιολόγηση της τρέχουσας και της μελλοντικής απόδοσης**

Το Σχέδιο θα πρέπει να βασίζεται σε μια προσεκτική αξιολόγηση της τρέχουσας και της μελλοντικής απόδοσης του συστήματος αστικών μεταφορών, εξετάζοντας την υφιστάμενη κατάσταση, διαμορφώνοντας ένα επίπεδο αναφοράς έναντι του οποίου μπορεί να μετρηθεί η μελλοντική πρόοδος και καθορίζοντας στόχους απόδοσης και σχετικούς στόχους για την καθοδήγηση της υλοποίησης του σχεδίου.

### **4) Η ισορροπημένη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη όλων των μορφών**

Ένα ΣΒΑΚ ευνοεί την ισορροπημένη ανάπτυξη όλων των σχετικών μορφών μεταφοράς, ενθαρρύνοντας τη μετάβαση προς πιο βιώσιμες μορφές. Το σχέδιο αποτυπώνει μια ολοκληρωμένη σειρά τεχνικών μέτρων, μέτρων υποδομής, μέτρων πολιτικής και ήπιων μέτρων για τη βελτίωση της



απόδοσης και της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας ως προς τον δεδηλωμένο στόχο και τις επιμέρους επιδιώξεις. Συνήθως, αφορά στα εξής θέματα:

- (α) Δημόσιες μεταφορές
- β) Βάδισμα και ποδηλασία
- (γ) Διαλειτουργικότητα
- (δ) Ασφάλεια αστικών οδών
- (ε) Οδικές μεταφορές (ρέουσες και αδρανείς)
- (στ) Αστική εφοδιαστική
- (ζ) Διαχείριση κινητικότητας
- (η) Ευφυή Συστήματα Μεταφορών.

### **5) Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση**

Η ανάπτυξη και η υλοποίηση ενός ΣΒΑΚ ακολουθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση με υψηλό επίπεδο συνεργασίας, συντονισμού και διαβούλευσης μεταξύ των διαφόρων επιπέδων διακυβέρνησης και των αρμόδιων αρχών. Προκειμένου να διευκολύνεται αυτό, θα πρέπει να έχουν θεσπιστεί οι κατάλληλες δομές και διαδικασίες.

### **6) Συμμετοχική προσέγγιση**

Ένα ΣΒΑΚ ακολουθεί διαφανή και συμμετοχική προσέγγιση. Η Τοπική Χωροταξική Αρχή θα πρέπει να επιδιώκει τη συμμετοχή των σχετικών φορέων - πολιτών, καθώς και εκπροσώπων της κοινωνίας των πολιτών και οικονομικών παραγόντων - στην ανάπτυξη και υλοποίηση του σχεδίου από την έναρξή του και καθ' όλη τη διαδικασία, προκειμένου να διασφαλίζεται υψηλό επίπεδο αποδοχής και υποστήριξης.

### **7) Παρακολούθηση, αναθεώρηση, σύνταξη αναφορών**

Η υλοποίηση ενός ΣΒΑΚ θα πρέπει να παρακολουθείται στενά. Η πορεία προς τον στόχο και τις επιμέρους επιδιώξεις του σχεδίου και η εκπλήρωση των στόχων του θα πρέπει να αξιολογούνται τακτικά με βάση τους επιλεγμένους δείκτες. Θα πρέπει να αναλαμβάνεται η κατάλληλη δράση προκειμένου να διασφαλίζεται η έγκαιρη πρόσβαση στα σχετικά δεδομένα και

τις στατιστικές. Μια αναφορά παρακολούθησης θα πρέπει να παρέχει τη βάση της εξέτασης της υλοποίησης.

## 8) Διασφάλιση ποιότητας

Οι Τοπικές Χωροταξικές Αρχές θα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα και να επικυρώνεται η συμμόρφωση του ΣΒΑΚ με τις απαιτήσεις της ιδέας του ΣΒΑΚ.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός ΣΒΑΚ πρέπει να νοείται ως μια συνεχής διαδικασία η οποία απαρτίζεται από έντεκα απαραίτητα βήματα. Η γραφική επισκόπηση της εν λόγω διαδικασίας παρουσιάζει τα βήματα αυτά σε μια λογική σειρά ( Σχήμα 1). Στην πράξη αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να εκτελεστούν μερικώς, παράλληλα ή να περιλαμβάνουν βρόγχους ανάδρασης (feedback loops).



Σχήμα 2: Διαδικασία υλοποίησης σχεδίου βιώσιμης αστικής κινητικότητας

(Πηγή: European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans 2013)

#### **4.4. Στρατηγική για την Αστική Κινητικότητα στις Ελληνικές πόλεις**

Στην έννοια της Αστικής Κινητικότητας περιλαμβάνεται το σύνολο των πολιτικών και δράσεων που στοχεύουν στην εφαρμογή βιώσιμων μεταφορικών συστημάτων με κυρίαρχο άξονα μεταξύ άλλων τη βελτίωση της δημόσιας συγκοινωνίας και την προαγωγή των ήπιων μορφών μετακίνησης, βάδισμα και ποδήλατο, με απώτερο στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την προάσπιση της υγείας και εν γένει της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Με βάση την Πράσινη Βίβλο του 2007 πραγματοποιήθηκε από την Ε.Ε. ανοικτή διαβούλευση προκειμένου να καταθέσουν τις απόψεις τους πολίτες, φορείς και κυβερνήσεις. Με βάση αυτήν την διαβούλευση, το πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ διατύπωσε τη στρατηγική του για την Αστική Κινητικότητα (Γιώργος Γιαννής et al, 2008) με βάση τις προτάσεις της ομάδας εργασίας που συγκροτήθηκε για το σκοπό αυτό. Οι βασικές κατευθύνσεις της προταθείσας στρατηγικής αναλύονται στις παρακάτω υποενότητες.

##### **4.4.1. Ενιαίος Χωροταξικός, Πολεοδομικός και Συγκοινωνιακός Σχεδιασμός**

Για να αντιμετωπίσουν οι ευρωπαϊκές και οι ελληνικές πόλεις τη βεβαρημένη πολεοδομική και συγκοινωνιακή ιστορία τους, είναι απαραίτητη μια συνδυασμένη πολιτική χωροταξικού, πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού που θα επιτρέψει την καλύτερη οργάνωση της κυκλοφορίας με έμφαση στις υποδομές των μέσων μαζικής μεταφοράς. Οι βασικότεροι άξονες της πολιτικής αυτής είναι:

(α) Συσχέτιση χρήσεων γης με τον σχεδιασμό και τη διαχείριση της συγκοινωνιακής υποδομής

- Σχεδιασμός και ανάπτυξη νέων συγκοινωνιακών υποδομών που θα τροφοδοτούν την ανάπτυξη της πόλης
- Ανάπτυξη δικτύου υπερτοπικών κέντρων πολλαπλών δραστηριοτήτων και συγκεντρωμένης απασχόλησης
- Πολιτική στάθμευσης συσχετισμένη με τον πολεοδομικό και κυκλοφοριακό σχεδιασμό

(β) Ιεραρχημένη Ανάπτυξη Υποδομών

- Ανάπτυξη μέσων σταθερής τροχιάς

- Ανακατανομή της χρήσης της διαθέσιμης οδικής υποδομής προς όφελος των ΜΜΜ
- Καθορισμός δικτύων ήπιων μορφών μετακίνησης (πεζοί, ποδήλατα)

#### (γ) Ιεράρχηση Οδικού Δικτύου

- Διαχωρισμός κεντρικών αρτηριακών – συνδετήριων - συλλεκτήριων οδών
- Ανάπτυξη κυκλοφοριακών δακτυλίων περιφερειακής κίνησης και των ακτινικών συνδέσεων τους
- Περιορισμός διαμπερούς κυκλοφορίας με την μείωση της χωρητικότητας βασικών οδών των κεντρικών περιοχών
- Ανάπτυξη θυλάκων ήπιας κυκλοφορίας (π.χ. περιοχές κατοικίας)
- Καθορισμός περιοχών αποκλεισμού κυκλοφορίας Ι.Χ. (π.χ. κεντρικές εμπορικές περιοχές)

#### (δ) Προώθηση Θεσμικών Ρυθμίσεων για Χωροταξικό και Πολεοδομικό Σχεδιασμό

- Απλοποίηση των διαδικασιών εξειδίκευσης και εφαρμογής του Πολεοδομικού Σχεδιασμού των νέων αστικών κέντρων
- Κατοχύρωση των δομικών (στρατηγικών) στοιχείων της πολεοδομικής οργάνωσης της πόλης (βασικού συγκοινωνιακού δικτύου, υποδομών και δικτύων ήπιων μορφών μετακίνησης, κοινόχρηστων χώρων και κοινωφελών εγκαταστάσεων κλπ)
- Διαμόρφωση απλούστερου και ρεαλιστικού συστήματος επιμερισμού της δαπάνης πολεοδόμησης στις ιδιοκτησίες για την απόκτηση των κοινόχρηστων χώρων που απαιτούνται για την αστική κινητικότητα (π.χ. με βάση τα στοιχεία ΤΑΠ των ΟΤΑ, με βάση το κτηματολόγιο, με την καθιέρωση ειδικού τέλους για την απαλλοτρίωση των κοινόχρηστων χώρων)
- Επικαιροποίηση Ρυθμιστικών Σχεδίων Αθήνας, Θεσσαλονίκης και έγκριση Ρυθμιστικών Σχεδίων στα μεγάλα αστικά κέντρα που θα συμπεριλαμβάνει και τον εξειδικευμένο-Τομεακό Σχεδιασμό του συγκοινωνιακού συστήματος της πόλης

#### 4.4.2. Διαχείριση Κυκλοφορίας

Με δεδομένη τη μεγάλη αύξηση του αριθμού των Ι.Χ. στις σύγχρονες ευρωπαϊκές πόλεις, οι κάτοικοι τους έχουν συνειδητοποιήσει ότι η μετακίνηση με Ι.Χ. θα είναι συνεχώς και πιο αργή και η μόνη αποτελεσματική πολιτική διαχείρισης κυκλοφορίας είναι εκείνη που προωθεί και υποστηρίζει συστηματικά τις μαζικές μετακινήσεις αντί της κυκλοφορίας των Ι.Χ. Οι βασικότεροι άξονες της πολιτικής αυτής είναι:

(α) Προτεραιότητα σε MMM μέσω:

- κυκλοφοριακών ρυθμίσεων σε κόμβους
- βελτίωσης σηματοδότησης προς όφελος των MMM
- δημιουργίας αποκλειστικών διαδρόμων κίνησης λεωφορείων, τρόλεϊ κ.τ.λ.
- αναδιάρθρωση των λεωφορειακών γραμμών που τροφοδοτούν τα μέσα σταθερής τροχιάς

(β) Έξυπνη κυκλοφορία:

- Διαχείριση της κυκλοφορίας με έξυπνα συστήματα μεταφορών (π.χ. Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας) με έμφαση στη δυναμική διαχείριση της φωτεινής σηματοδότησης
- Προώθηση διαλειτουργικότητας μεταξύ Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας και Μέσων Μαζικής Μεταφοράς αλλά και με τα άλλα συστήματα της πόλης (στάθμευση κ.λ.π.)
- Δυναμική ενημέρωση πολιτών για τις υπηρεσίες των MMM, τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τα συμβάντα στην πόλη καθώς και για τις περιβαλλοντικές και τις μετεωρολογικές συνθήκες
- Προώθηση έξυπνων συστημάτων τιμολόγησης (τηλεδιόδια, ελεγχόμενη στάθμευση κ.λ.π.)

(γ) Ολοκληρωμένη Πολιτική Στάθμευσης,

- Πολιτική στάθμευσης που θα δίνει προτεραιότητα στους κατοίκους και στη βραχυχρόνια στάθμευση των επισκεπτών
- Δημιουργία νέων (κυρίως υπογείων) χώρων στάθμευσης Ι.Χ. ιδιαίτερα εκτός των κεντρικών περιοχών
- Λειτουργία συστημάτων ελεγχόμενης στάθμευσης
- Διαχείριση λειτουργιών τροφοδοσίας

(δ) Αναβάθμιση οδικής ασφάλειας:

- Τακτική συντήρηση και παρεμβάσεις στο οδικό δίκτυο
- Εντοπισμός και βελτίωση των επικίνδυνων σημείων
- Συστηματική επιτήρηση της κυκλοφορίας με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς των οδηγών

#### **4.4.3. Αναπλάσεις για Ήπιες Μορφές Μετακίνησης**

Για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στις ελληνικές πόλεις είναι απαραίτητη μια πολιτική αναπλάσεων για ήπιες μορφές μετακίνησης, όπου θα αποδοθεί σημαντικός ωφέλιμος χώρος στους πεζούς και στους ποδηλάτες.

Οι βασικότεροι άξονες της πολιτικής αυτής είναι:

(α) Υποδομές για ήπιες μορφές μετακίνησης

- πρόβλεψη του δομικού διαχωρισμού της οδού (πλάτη πεζοδρομίων, οδοστρώματος, νησίδων)
- ανάπτυξη δικτύων πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων
- συντήρηση και επιτήρηση σωστής λειτουργίας πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων και συστηματική αναβάθμιση των πεζοδρομίων και ασφαλής διαχωρισμός τους από την κυκλοφορία των οχημάτων
- ανάπτυξη διαδρομών πεζών
- ανάπτυξη θέσεων στάθμευσης ποδηλάτων
- ανάπτυξη προστατευμένων διαδρομών για ΑμΕΑ
- δημιουργία οδών μικτής κυκλοφορίας πεζών - οχημάτων (woonerf)
- εφαρμογή σειράς τεχνικών μέτρων χαμηλού κόστους μείωσης της ταχύτητας σε επιλεγμένες περιοχές κατοικίας (σαμαράκια κ.λ.π.)

(β) Ρυθμίσεις για ήπιες μορφές μετακίνησης

- Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για πεζούς και ποδήλατα
- Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για ΑμΕΑ
- Αναμόρφωση του θεσμικού πλαισίου για ΑμΕΑ
- Εφαρμογή υπηρεσιών ενοικίασης ποδηλάτων

#### **4.4.4. Τεχνολογίες και Μέτρα για το Περιβάλλον**

Για την αντιμετώπιση των συσσωρευμένων προβλημάτων ρύπανσης των ευρωπαϊκών και ελληνικών πόλεων είναι απαραίτητη μια πολιτική τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον με έμφαση στη σταδιακή αντικατάσταση του στόλου των οχημάτων με νέα καθαρότερα οχήματα. Οι βασικότεροι άξονες της πολιτικής αυτής είναι:

(α) Τεχνολογίες περιορισμού εκπομπών στα οχήματα

- Κίνητρα για απόσυρση των Ι.Χ. οχημάτων χωρίς καταλυτικό μετατροπέα και στη συνέχεια με μετατροπέα πρώτης γενιάς, σε συνδυασμό με

αντικίνητρα κυκλοφορίας των οχημάτων αυτών, όπως σύνδεση των τελών κυκλοφορίας με την ηλικία του οχήματος ή την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί

- Επιλεκτική καταλυτική αναγωγή και φίλτρα σωματιδίων στα πετρελαιοκίνητα οχήματα
- Εισαγωγή φυσικού αερίου σε περισσότερα λεωφορεία, διερεύνηση αξιοποίησής του και σε άλλα βαρέα οχήματα
- Περαιτέρω ενθάρρυνση της χρήσης υβριδικών οχημάτων
- Ενίσχυση της έρευνας και προετοιμασία για την αμεσότερη υιοθέτηση των οχημάτων κυψελών καυσίμου ή υδρογόνου
- Εισαγωγή ενιαίας κάρτας ελέγχου καυσαερίων και θορύβου για όλες τις κατηγορίες οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των δικύκλων

(β) Τεχνολογίες περιορισμού εκπομπών στα καύσιμα, με προώθηση

- «Καθαρών» καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο
- Βιοντήζελ
- Βιοαιθανόλης

(γ) Περιβαλλοντική Τιμολόγηση Ι.Χ. (αρχή: ο «ρυπαίνων» πληρώνει)

Εισαγωγή περιβαλλοντικών τελών στην κυκλοφορία είτε ως προσαύξηση των υφιστάμενων τελών/χρεώσεων είτε ως νέα τέλη:

- με κλιμάκωση της χρέωσης των τελών κυκλοφορίας
- με μεταβλητά διόδια στους αστικούς αυτοκινητόδρομους ανάλογα με την περιβαλλοντική επιβάρυνση του κινητήρα του Ι.Χ.
- με κλιμάκωση του τέλους της ελεγχόμενης στάθμευσης, ανάλογα με την περιβαλλοντική επιβάρυνση του κινητήρα του Ι.Χ.
- με την επιβολή συστήματος περιβαλλοντικής τιμολόγησης εισόδου των Ι.Χ. στην κεντρική περιοχή ενός δήμου ανάλογα με την περιβαλλοντική επιβάρυνση του κινητήρα τους, σε όσους δήμους το επιθυμούν
- με την ενθάρρυνση της μείωσης μεγέθους και βάρους των οχημάτων, π.χ. με την επιβολή περιβαλλοντικού τέλους στα νέα οχήματα ανάλογα με τις εκπομπές ανά χιλιόμετρο

# 5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

## 5.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, έγινε αναπόσπαστο κομμάτι του συγκοινωνιακού σχεδιασμού, απλοποιώντας τη δημιουργία των υποδείγματων και παράλληλα εισάγωντας μεγαλύτερο όγκο δεδομένων στα υποδείγματα, οδηγώντας τα σε μια πιο λεπτομερή και αντιπροσωπευτική προσομοίωση της κυκλοφορίας.

Ορισμένα από τα λογισμικά που δημιουργήθηκαν για τον σκοπό αυτό περιγράφονται παρακάτω:

## 5.2. Το λογισμικό TransCAD

Το λογισμικό TransCAD ([www.caliper.com](http://www.caliper.com)) συνδυάζει δυνατότητες συγκοινωνιακής ανάλυσης και ανάλυσης γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) στην ίδια πλατφόρμα. Παρέχονται εργαλεία ανάλυσης και απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων, ανάπτυξης χαρτών αλλά και εξειδικευμένες ρουτίνες και μοντέλα για το σχεδιασμό, την ανάλυση και την αξιολόγηση συγκοινωνιακών δικτύων διαφορετικών τύπων, την πρόβλεψη της ζήτησης για συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση, την εύρεση βέλτιστων διαδρομών και τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων. Ο συνδυασμός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και μοντέλων συγκοινωνιακής ανάλυσης και η πλήρης διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε αυτά, η οποία παρέχεται από το λογισμικό TransCAD, εξυπηρετεί σημαντικά αφού:

- Είναι δυνατή η ακριβής απεικόνιση του αναλυόμενου συγκοινωνιακού δικτύου, και οι αποστάσεις και οι χρόνοι διαδρομής υπολογίζονται ακριβέστερα, ενώ είναι δυνατή και η διερεύνηση πολυπλοκότερων συνθηκών στη λειτουργία ενός δικτύου (πχ μονοδρομήσεις).
- Είναι ευκολότερη και αποδοτικότερη η διαχείριση των δεδομένων της ανάλυσης, απευθείας στους επιμέρους συνδέσμους του δικτύου.
- Υπάρχει η δυνατότητα επιμέρους εφαρμογής συγκοινωνιακών μοντέλων τοπικά σε τμήματα του δικτύου κατά περίπτωση.



- Παρέχεται γραφική και συνεπώς εύληπτη απεικόνιση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης

Για τον καταμερισμό στο δίκτυο χρησιμοποιείται η αντίστοιχη εφαρμογή «Traffic Assignment» του λογισμικού TRANSCAD. Συγκεκριμένα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Προετοιμάζεται το αντίστοιχο υπόβαθρο που αφορά στο κάθε σενάριο. Συγκεκριμένα φορτώνεται το βασικό υπόβαθρο της υπό εξέταση περιοχής και πραγματοποιούνται με τη χρήση ειδικών εργαλείων τροποποίησης του, οι όποιες αλλαγές αφορούν στο κάθε σενάριο (μεταβολή λωρίδων, τροποποιήσεις και αντιδρομήσεις, διακοπή κυκλοφορίας σε συνδέσμους, αλλαγές ταχυτήτων κλπ).
2. Καθορίζονται – επιλέγονται τα κεντροειδή του δικτύου, τα οποία περιέχονται στο υπόβαθρο.
3. Διαμορφώνεται δίκτυο μετακινήσεων με τη χρήση των στοιχείων του υποβάθρου και χρήση κατάλληλης εφαρμογής του λογισμικού TRANSCAD. Επιπλέον, ενεργοποιούνται για χρήση από το δίκτυο τα κεντροειδή που έχουν επιλεγεί στο προηγούμενο βήμα.
4. Εκτελείται η εφαρμογή «Traffic Assignment» με συγκεκριμένες παραμέτρους και λαμβάνονται τα κατάλληλα αποτελέσματα.

## **5.2. Το λογισμικό VISUM**

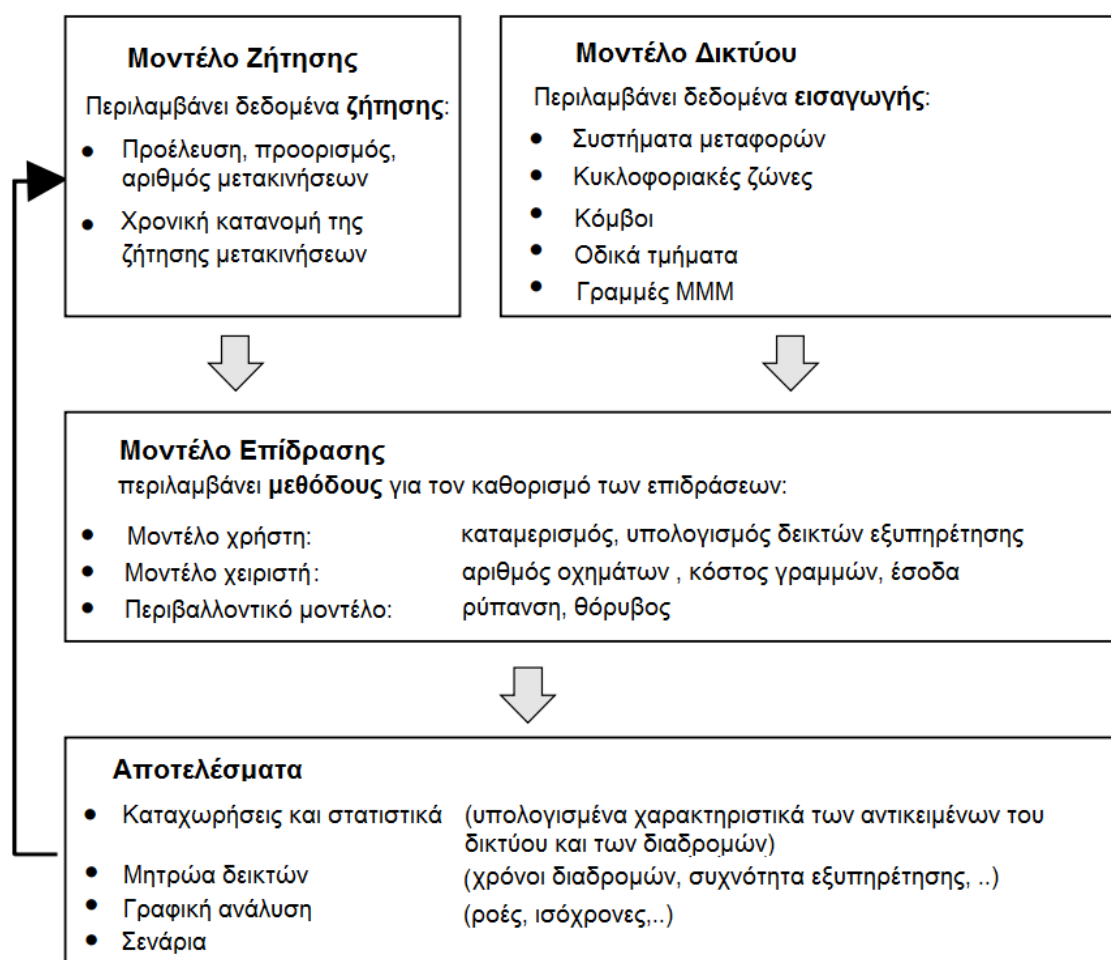
Το λογισμικό Σχεδιασμού Μεταφορών VISUM έχει αναπτυχθεί και διανέμεται από την εταιρία PTV AG. Η περιγραφή του συστήματος Μεταφορών περιλαμβάνει την προσφορά για μετακίνηση με δημόσια και ιδιωτικά μέσα, όπως ορίζεται από τη χωρητικότητα του συστήματος, και τη ζήτηση για μετακίνηση. Πρόκειται για ένα λογισμικό που μελετά μακροσκοπικά ένα σύστημα Μεταφορών και επιχειρεί ειδικότερα την κατανομή των μετακινήσεων σε διαδρομές ενός δικτύου.

Χρησιμοποιεί δηλαδή μακροσκοπικά πρότυπα, τα οποία βασίζονται στους μέσους όρους των παραμέτρων κυκλοφορίας μιας ομάδας οχημάτων. Η μέθοδος αυτή βελτιώνει την υπολογιστική απόδοση, αλλά μειώνει το βαθμό λεπτομέρειας της προσομοίωσης. Τα μακροσκοπικά κυκλοφοριακά πρότυπα βασίζονται στις θεμελιώδεις σχέσεις μεταξύ ταχύτητας κυκλοφορίας, κυκλοφοριακής ροής και πυκνότητας κυκλοφορίας. Η βασική αρχή των προτύπων κυκλοφοριακής ροής ορίζει την ταχύτητα ως φθίνουσα συνάρτηση της πυκνότητας. Καθώς αυξάνεται η πυκνότητα, η απόσταση μεταξύ των οχημάτων μειώνεται και κατά συνέπεια μειώνεται και η ταχύτητα.

Μια αδυναμία του μακροσκοπικού προτύπου είναι ότι επειδή το πρότυπο ασχολείται με ομάδες οχημάτων, όλα τα μεμονωμένα οχήματα θεωρείται πως κινούνται με την ίδια ακριβώς ταχύτητα για κάθε συγκεκριμένη σχέση πυκνότητας- φόρτου.

Παρόλα αυτά, το VISUM παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης μέτρων και μελέτης της επίδρασής της εφαρμογής τους στο οδικό δίκτυο.

Όπως έχει προαναφερθεί, ο σχεδιασμός αποτελεί διαδικασία που ξεκινά με ανάλυση και διερεύνηση της υπάρχουσας κατάστασης του συστήματος, με στόχο τον εντοπισμό πιθανών ανεπαρκειών. Μετά την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης ακολουθούν τα παρακάτω στάδια με το αντίστοιχο λογισμικό:



Σχήμα 3: Διαδικασία σχεδιασμού μελέτης

(Πηγή: PTV VISUM 13 Fundamentals, PTV AG, Karlsruhe, 2013)

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται έως ότου βρεθεί η λύση εκείνη, που ικανοποιεί τους στόχους του σχεδιασμού.

Ο μελετητής, βασιζόμενος στην υπάρχουσα κατάσταση, αναπτύσσει διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το λογισμικό VISUM προσδιορίζει την επίδραση της κάθε λύσης στο σύστημα μεταφορών.

Για τον προσδιορισμό των επιδράσεων της κάθε λύσης, το λογισμικό προσδιορίζει, για την συγκεκριμένη εναλλακτική λύση, τιμές δεικτών αξιολόγησης ανάλογα με την προσφερόμενη λύση μετακίνησης. Με αυτές τις τιμές γίνεται η συνολική αξιολόγηση της λύσης ή σεναρίου.

Οι δείκτες αξιολόγησης κατηγοριοποιούνται στις εξής κατηγορίες:

- Δείκτες ικανοποίησης χρήστη, που περιγράφουν την ποιότητα σύνδεσης μεταξύ των κυκλοφοριακών ζωνών.
- Δείκτες λειτουργίας, οδικού δικτύου που ποσοτικοποιούν τις επιχειρησιακές και οικονομικές απαιτήσεις, για την παροχή συγκεκριμένης προσφοράς για μετακίνηση με δημόσια μέσα.
- Περιβαλλοντικοί δείκτες, που ποσοτικοποιούν τις επιδράσεις των ιδιωτικών οχημάτων μετακίνησης στο περιβάλλον της περιοχής μελέτης.

Το VISUM προσδιορίζει τις επιδράσεις της υφιστάμενης ή της σχεδιαζόμενης προσφοράς των ιδιωτικών και των δημόσιων μέσων μεταφοράς και υποστηρίζει τον μελετητή στην ανάπτυξη σχεδίων προσφοράς, στην ανάλυση τους και στην αξιολόγηση των μεταβλητών του δικτύου.

Το λογισμικό Visum έχει τη δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων, επεξεργασίας αλλά και παραγωγής αποτελεσμάτων σε αρχεία διάφορων τύπων ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Το λογισμικό είναι συμβατό με άλλες εφαρμογές Σχεδιασμού Μεταφορών όπως τα καθιερωμένα, αλλά παλαιότερα, EMME/2 και SATURN μεταξύ άλλων καθώς και με εφαρμογές άλλου τύπου, όπως είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ( GIS ). Τα δεδομένα που δέχεται το Visum μπορεί να είναι :

- Αρχεία Γεωπληροφοριών με τη μορφή shapefiles
- Βάσεις δεδομένων με τη μορφή πινάκων ( databases, mtx )
- Δεδομένα που εισάγονται χειροκίνητα από το χρήστη του λογισμικού

### **5.3. Το λογισμικό EMME**

Το EMME ([www.inrosoftware.com](http://www.inrosoftware.com)) είναι ένα στατικό ντετερμινιστικό μοντέλο βαθμονόμησης για το σχεδιασμό της αστικής κυκλοφορίας. Η βαθμονόμηση του δικτύου επιτυγχάνεται μέσω συνεχούς αλληλεπίδρασης ροής και κόστους με συναρτήσεις που σχετίζονται με το κάθε οδικό τμήμα (link) στην επαναληπτική διαδικασία. Τα κόστη εκφράζονται ως χρόνος ταξιδιού που δίνεται από τις συναρτήσεις φόρτου-καθυστέρησης και στροφής-ποινής, οι

οποίες είναι προσαρμογή της συνάρτησης BPR, είτε ως γενικευμένο κόστος το οποίο μπορεί να αντιπροσωπεύει διόδια, κόμιστρα ή άλλα χαρακτηριστικά κόστους.

Το ΕΜΜΕ υποστήριζε τους ακόλουθους τύπους καταμερισμού:

- Καταμερισμό εξισορρόπησης στο δίκτυο Ι.Χ οχημάτων με μια ή περισσότερες κλάσεις χρηστών και με σταθερή ζήτηση για μετακινήσεις
- Καταμερισμό εξισορρόπησης στο δικτύου Ι.Χ οχημάτων με μια ή περισσότερες κλάσεις χρηστών, με μεταβλητή ζήτηση για μία κλάση χρηστών
- Πολλαπλό καταμερισμό στο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών με σταθερή ζήτηση για μετακινήσεις
- Αναλυτικό καταμερισμό στο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών για μεμονωμένες μετακινήσεις

Οι καταμερισμοί σταθερής ή μεταβλητής ζήτησης που υλοποιούνται από το ΕΜΜΕ βασίζονται στην αρχή “ευνοϊκότερης μετακίνησης χρήστη” του Wardrop (Wardrop G.,1952) και επομένως παράγουν ροές τέτοιες ώστε όλες οι διαδρομές που χρησιμοποιούνται να είναι ίσου χρόνου. Ο καταμερισμός στο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών για συναθροισμένες ή μεμονωμένες μετακινήσεις βασίζεται στην έννοια της “στρατηγικής” που αποτελεί γενίκευση της έννοιας του μονοπατιού. Υποτίθεται ότι ο επιβάτης δημοσίων συγκοινωνιών επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει τον προσδοκώμενο χρόνο μετακίνησης (συμπεριλαμβανομένων των χρόνων αναμονής, τον εντός τ οχήματος χρόνο και το χρόνο που καταναλώνει πεζή). Για να το επιτύχει αυτό ο επιβάτης δημοσίων συγκοινωνιών που αναμένει σε μια στάση λαμβάνει υπόψη ένα σύνολο από “ελκυστικές γραμμές”, επιβιβάζεται στο πρώτο όχημα που θα τον οδηγήσει σε κάποια από αυτές τις γραμμές και αποβιβάζεται σε κάποιον κόμβο που προσδιορίζεται από τον αλγόριθμο.

Δεδομένου ότι οι καταμερισμοί υλοποιούνται μέσα από ένα σύνολο υπομονάδων λογισμικού, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής από πληθώρα μεταβλητών επί των βασικών διαδικασιών. Ένας καταμερισμός στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων με σταθερή ζήτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσει μια διαδικασία καταμερισμού τύπου όλα-ή-τίποτα, καθορίζοντας σταθερές συναρτήσεις φόρτου/καθυστέρησης ή περιορίζοντας τον αριθμό των επαναλήψεων στο μηδέν. Ένας διτροπικός καταμερισμός μπορεί να εκτελεστεί με χρήση καταμερισμού μεταβλητής ζήτησης στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων και καταμερισμού σταθερής ζήτησης στο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών. Ο πιο γενικός καταμερισμός που μπορεί να εκτελεστεί από το

EMME είναι ένας πολυτροπικός καταμερισμός με συναρτήσεις άμεσης ζήτησης.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των υπομονάδων καταμερισμού του EMME/2 είναι ότι κατά τον καταμερισμό στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν δεδομένα σχετικά με το δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών και αντιστρόφως. Για παράδειγμα η επίδραση της κυκλοφοριακής συμφόρησης εξαιτίας των λεωφορείων μπορεί να συμπεριληφθεί στις συναρτήσεις καθυστέρησης φόρτου Ι.Χ. οχημάτων. Αντιστρόφως, οι συναρτήσεις χρόνου των δημοσίων συγκοινωνιών μπορεί να εξαρτώνται από τους χρόνους των οχημάτων που προκύπτουν από έναν καταμερισμό στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων.

Επιπρόσθετες επιλογές καταμερισμού στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων παρέχουν τον ταυτόχρονο υπολογισμό ποικίλων χαρακτηριστικών διαδρομής που είναι σε πλήρη συμφωνία με τις διαδρομές που παρήχθησαν κατά τον υπολογισμό του καταμερισμού. Έτσι, κάποιος μπορεί να υπολογίσει ένα ευρύ φάσμα από επιπρόσθετα αποτελέσματα όπως ένα μητρώο μέσων αποστάσεων, ένα μητρώο κόστους ή διοδίων, ή να εκτελέσει αναλύσεις επιλογής συνδέσμων και μερικούς καταμερισμούς για τη ζήτηση στο δίκτυο Ι.Χ. οχημάτων. Μπορεί επίσης να υπολογιστεί ένα εγκάρσιο μητρώο, που αποτελεί ένα μητρώο από σύνδεσμο σε σύνδεσμο για μια επιλεγμένη υπο-περιοχή.

Ο καταμερισμός επιπρόσθετων επιλογών στο δίκτυο δημοσίων συγκοινωνιών παρέχει παρόμοιες δυνατότητες για την εξαγωγή αποτελεσμάτων που είναι σύμφωνα με τον καταμερισμό βέλτιστης “στρατηγικής”, όπως τους καταμερισμούς για επιλεγμένες γραμμές και επιλεγμένους συνδέσμους, ή τον υπολογισμό μητρώων μέσων αποστάσεων.

#### 5.4. Συγκριτική παρουσίαση μοντέλων προσομοίωσης

Τα τρία προαναφερθέντα λογισμικά παρουσιάζουν ορισμένες ομοιότητες και διαφορές όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Πίνακας 4: Συγκριτική ανάλυση των μοντέλων προσομοίωσης

Λογισμικό	Transcad	Visum	Emme
Κατηγορία	Μεσοσκοπικό	Μακροσκοπικό	Μακροσκοπικό
Μέθοδος καταμερισμού	Frank-Wolfe, Origin-based	Frank-Wolfe, Path-based	Frank-Wolfe
Είδος καταμερισμού	Στατικός, δυναμικός	Στατικός, δυναμικός	Στατικός
Δυνατότητα GIS	Ναι	Ναι	Ναι
Πολυτροπικό δίκτυο	Ναι	Ναι	Ναι
Συμβατότητα μακροσκοπικού/μικροσκοπικού	Ναι	Ναι	Όχι

Το λογισμικό Transcad είναι μεσοσκοπικό μοντέλο, παρέχουν δηλαδή ένα επίπεδο λεπτομέρειας που βρίσκεται μεταξύ αυτών που προσφέρουν τα μακροσκοπικά και τα μικροσκοπικά πρότυπα. Τυπικά, τα μοντέλα αυτά αναλύουν τα οχήματα χρησιμοποιώντας μακροσκοπικούς κανόνες και συνθήκες αλλά αντιμετωπίζουν τις μικροσκοπικά λεπτομέρειες όπως η μεμονωμένες θέσεις των οχημάτων και η εξέλιξη των σειρών αναμονής. Τα μεσοσκοπικά μοντέλα προσομοιώνουν δηλαδή το σύστημα εξισορροπώντας μεταξύ της γενικής αναπαράστασης των κυκλοφοριακών συνθηκών και της υπολογιστικής ανάλυσης των λεπτομερειών τους. Το Visum αποτελεί ένα μακροσκοπικό μοντέλο, είναι βασισμένο δηλαδή στη μέση μετακίνηση μιας ομάδας οχημάτων, η οποία και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κυκλοφορίας. Η τεχνική αυτή βελτιώνει την υπολογιστική απόδοσή του μοντέλου αλλά μειώνει τη λεπτομέρεια ανάλυσης.

Όσον αφορά τον καταμερισμό, το Emme χρησιμοποιεί τη μέθοδο Frank-Wolfe (Marguerite Frank και Philip Wolfe, 1956), ο οποίος υπολογίζει μεγέθη φόρτων που οδηγούν σε βέλτιστους επανα- καταμερισμούς της κυκλοφορίας, με τους οποίους επιτυγχάνεται η φόρτιση του δικτύου στην κατάσταση ισορροπίας με εξασφαλισμένη και ταχύτατη σύγκλιση. Το Transcad, εκτός της μεθόδου Frank-Wolfe, χρησιμοποιεί μέθοδο βασισμένη στην προέλευση για τον καταμερισμό, η οποία επιτυγχάνει καλύτερη σύγκλιση με λιγότερες επαναλήψεις. Οι διαδρομές βασισμένες στα ζεύγη προέλευσης προορισμού βελτιστοποιούνται διότι όλοι οι προορισμοί για κάθε προέλευση ομαδοποιούνται μαζί. Γενικά η μέθοδος αυτή απαιτεί μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ παρότι η λύση της είναι ακριβέστερη. Το Visum εκτός του αλγορίθμου Frank-Wolfe, χρησιμοποιεί μέθοδο βασισμένη στις διαδρομές, δηλαδή μετά τον καταμερισμό όλα ή τίποτα, ο αλγόριθμος ψάχνει για άλλες διαδρομές με μικρότερο χρόνο μεταξύ κάθε ζεύγους προέλευσης προορισμού και μεταφέρει τον φόρτο από τις υπολογισμένες διαδρομές σε καινούριες μικρότερες. Η μέθοδος αυτή γενικά θεωρείται περισσότερο ισχυρή υπολογιστικά, συγκριτικά με τις άλλες δύο.

Για την κατασκευή του συγκοινωνιακού υποδείγματος της πόλης του Βόλου επιλέχθηκε το λογισμικό PTV Visum καθώς αποδίδει καλύτερα την μακροσκοπική ανάλυση του δικτύου βάσει των παραμέτρων κυκλοφορίας (πχ χρόνοι διαδρομών, φόρτοι) που χρησιμοποιήθηκαν. Χρησιμοποιεί δηλαδή μακροσκοπικά πρότυπα, τα οποία βασίζονται στους μέσους όρους των παραμέτρων κυκλοφορίας μιας ομάδας οχημάτων. Η μέθοδος αυτή μειώνει το βαθμό λεπτομέρειας της προσομοίωσης, βελτιώνει ωστόσο την υπολογιστική απόδοση.

# 6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

## ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

### 6.1. Εισαγωγή

Βάση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αναπαράσταση του κυκλοφοριακού δικτύου στην πόλη του Βόλου. Η δομή του κυκλοφοριακού δικτύου συμπεριλαμβάνει τους δρόμους και τους κόμβους μέσω των οποίων γίνεται η κίνηση των οχημάτων. Η επίλυση του προβλήματος του καταμερισμού απαιτεί, εκτός της παραπάνω αναπαράστασης, τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων του δικτύου καθώς και έναν πίνακα προέλευσης – προορισμού στον οποίο καταγράφεται ο αριθμός των μετακινήσεων.

Στην παρούσα διπλωματική εφαρμόζεται στατικός καταμερισμός αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσεως στο δίκτυο. Η διαδικασία καταμερισμού στα στατικά υποδείγματα πραγματοποιείται με την παραδοχή ότι η ζήτηση για μετακίνηση στο δίκτυο, κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, δε μεταβάλλεται χρονικά. Οι ρυθμοί γένεσης των μετακινήσεων δηλαδή, ανάμεσα στα ζεύγη προέλευσης – προορισμού, θεωρούνται σταθεροί κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η απλοποίηση του υποδείγματος και η μείωση του υπολογιστικού χρόνου που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος καταμερισμού.

### 6.2. Ορισμός περιοχής μελέτης

Ο Βόλος είναι πόλη της Θεσσαλίας, χτισμένη στον μυχό του Παγασητικού κόλπου, κοντά στην θέση της αρχαίας Ιωλκού στους πρόποδες του Πηλίου. Είναι επίσης μία από τις πιο μεγάλες πόλεις και ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια της Ελλάδας. Ο μόνιμος πληθυσμός του διευρυμένου Δήμου Βόλου, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 144.449 κατοίκους, του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου σε 125.248, ενώ η πόλη του Βόλου έχει πληθυσμό 86.046 μόνιμους κατοίκους (2011).

Έτσι, σαν περιοχή μελέτης ορίστηκε ο Δήμος Βόλου, περιλαμβάνοντας μόνο τρεις κεντρικές οδούς του Δήμου Νέας Ιωνίας (Λεωφόρος Ειρήνης, Αναπαύσεως, Γ. Δήμου), που εσωκλείεται από τον περιφερειακό και τις οδούς Αθηνών και Λαρίσης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 12: Η περιοχή μελέτης του Δήμου Βόλου

### 6.3. Κωδικοποίηση του δικτύου

Το οδικό δίκτυο που κωδικοποιήθηκε αναπαριστά την υφιστάμενη κατάσταση κατά τα έτη 2012-2013. Συνολικά κωδικοποιήθηκαν :

- 1338 κόμβοι ( nodes )
- 4510 σύνδεσμοι ( links ) που αναπαριστούν οδικά τμήματα
- 64 εσωτερικές και 3 εξωτερικές ζώνες ( zones )
- 362 σύνδεσμοι κεντροειδών ( connectors )

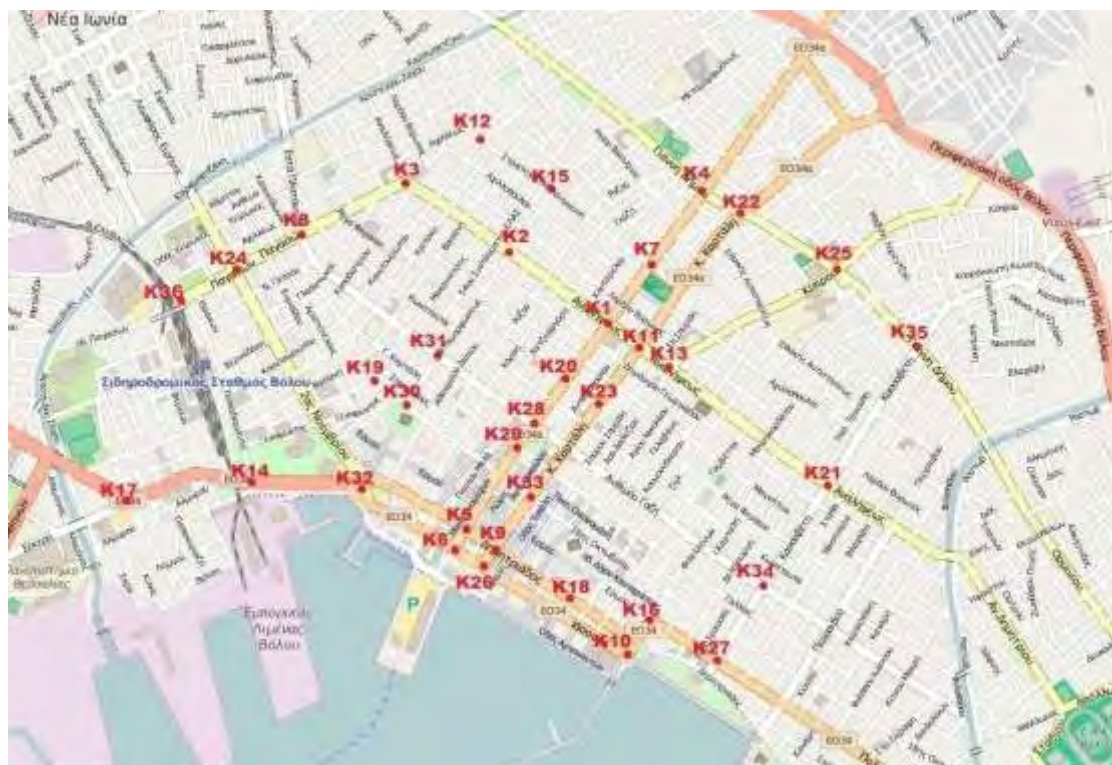
#### 6.3.1. Κόμβοι και στρέφουσες κινήσεις

Οι κόμβοι προσδιορίζουν τη θέση των διασταυρώσεων του οδικού δικτύου και σημεία του σιδηροδρομικού και αποτελούν την αρχή και το πέρας των συνδέσμων. Τα χαρακτηριστικά που ορίζονται για κάθε κόμβο είναι ο



μοναδικός αριθμός του, ο κωδικός και το όνομα του, ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση του, οι συντεταγμένες θέσης του στο χώρο και ο αριθμός των ρευμάτων που διασταυρώνονται σε αυτόν.

Για την καταγραφή της υφιστάμενης κυκλοφοριακής κατάστασης, αξιοποιήθηκαν δεδομένα μετρήσεων στρεφουσών κινήσεων κατά τα έτη 2012 και 2013 σε 36 κόμβους της περιοχής μελέτης. Τα δεδομένα περιείχαν μετρήσεις φόρτων στους κόμβους, σε διαφορετικές ώρες κάθε έτος κατά την πρωινή, και μεσημεριανή αιχμή. Σε περιπτώσεις που είχαμε περισσότερες από μία μετρήσεις για τον φόρτο σε ένα κόμβο, εξάγαμε τον μέσω όρο των στοιχείων που είχαμε στη διάθεσή μας. Οι κόμβοι στους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις φαίνονται παρακάτω:

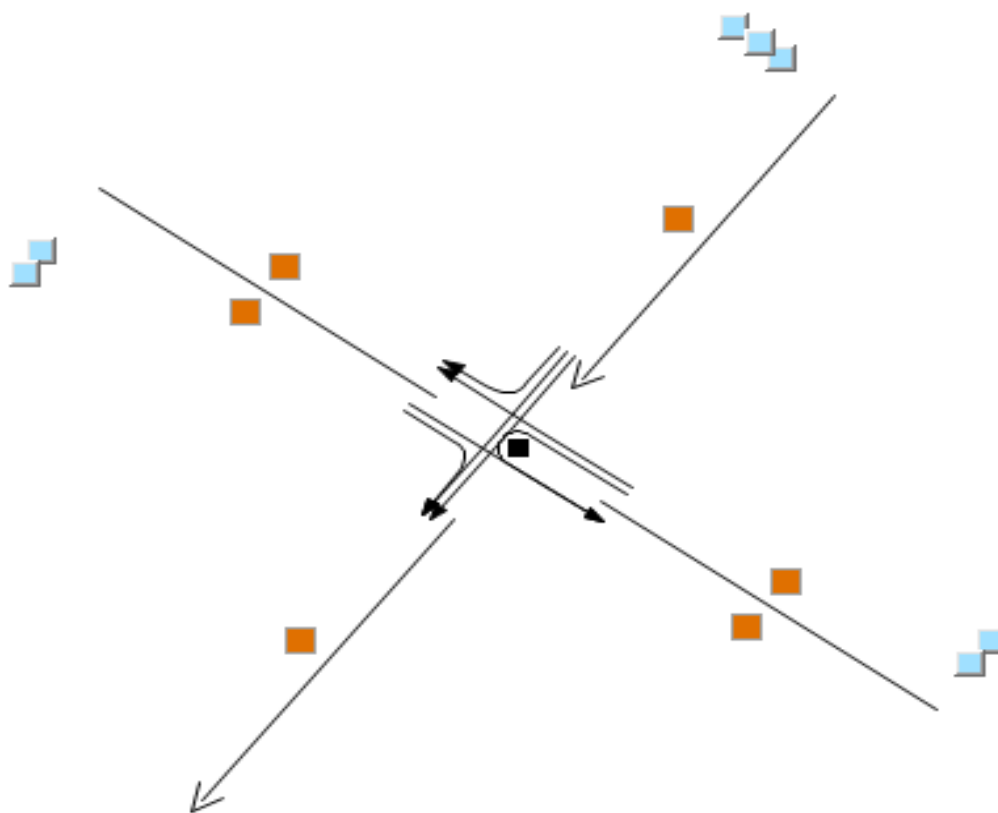


Εικόνα 13: Απεικόνιση κόμβων στους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις

Πίνακας 5: Αρίθμηση κόμβων

Κόμβος 1	Αναλήψεως - Βενιζέλου	Κόμβος 19	Μακρυνίτης - 28ης Οκτωβρίου
Κόμβος 2	Αναλήψεως - Μεταμορφώσεως	Κόμβος 20	Βενιζέλου - Ρήγα Φεραίου
Κόμβος 3	Αναλήψεως - Παγασών	Κόμβος 21	Αναλήψεως - Κασσαβέτη
Κόμβος 4	Βενιζέλου - Γ. Δήμου	Κόμβος 22	Γιάννη Δήμου - Κ.Καρτάλη
Κόμβος 5	Βενιζέλου - Δημητριάδος	Κόμβος 23	Κ.Καρτάλη - Ρήγα Φεραίου
Κόμβος 6	Βενιζέλου - Ιάσωνος	Κόμβος 24	Παγασών - 2ας Νοεμβρίου
Κόμβος 7	Βενιζέλου - Μακρυγιάννη	Κόμβος 25	Γιάννη Δήμου - Κύπρου
Κόμβος 8	Ανθίμου Γαζή - Παγασών	Κόμβος 26	Κ.Καρτάλη - Ιάσωνος
Κόμβος 9	Δημητριάδος - Κ. Καρτάλη	Κόμβος 27	Κασσαβέτη – Πολυμέρη
Κόμβος 10	Ιάσωνος - Φιλελλήνων	Κόμβος 28	Βενιζέλου - Γαζή
Κόμβος 11	Κ.Καρτάλη - Αναλήψεως	Κόμβος 29	Βενιζέλου - Γαλλίας
Κόμβος 12	Κουντουριώτου - Μακρυγιάννη	Κόμβος 30	28ης Οκτωβρίου - Μεταμορφώσεως
Κόμβος 13	Κύπρου - Αναλήψεως	Κόμβος 31	Μεταμορφώσεως - Ανθίμου Γαζή
Κόμβος 14	Λαμπράκη - Παπαδιαμάντη	Κόμβος 32	Λαμπράκη-Ιάσωνος-Δημητριάδος
Κόμβος 15	Μακρυγιάννη - Μεταμορφώσεως	Κόμβος 33	Κ. Καρτάλη - 28ης Οκτωβρίου
Κόμβος 16	Πολυμέρη - Φιλελλήνων	Κόμβος 34	Κασσαβέτη - Ανθίμου Γαζή
Κόμβος 17	Σέκερη-Λαχανά-Λαμπράκη	Κόμβος 35	Κασσαβέτη - Γ. Δήμου
Κόμβος 18	Δημητριάδος - Κουμουندούρου	Κόμβος 36	Παπαδιαμάντη - Παγασών

Οι στρέφουσες κινήσεις καθορίζουν τις επιτρεπόμενες κινήσεις σε κάθε κόμβο και επεξεργάστηκαν έτσι ώστε να ταυτίζεται με τις πραγματικές κινήσεις του δικτύου. Ενδεικτικά παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί οι στρέφουσες κινήσεις του κόμβου 1 (Αναλήψεως - Βενιζέλου).



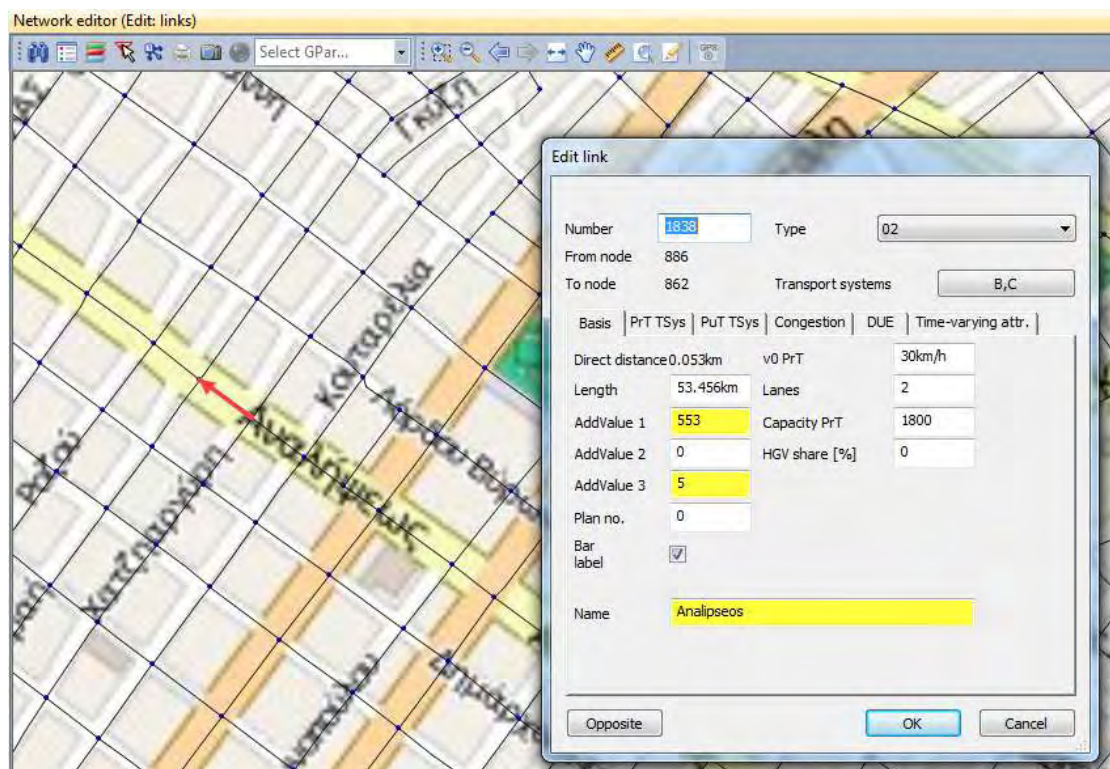
Σχήμα 4: Στρέφουσες κινήσεις στον κόμβο Αναλήψεως – Βενιζέλου

### 6.3.2. Οδικά τμήματα (Links)

Οι σύνδεσμοι αναπαριστούν τα οδικά / σιδηροδρομικά τμήματα του δικτύου, έχουν μία συγκεκριμένη κατεύθυνση κίνησης και συνδέουν τους κόμβους που αποτελούν διασταυρώσεις των ιδιωτικών συστημάτων ή στάσεις των δημόσιων. Για κάθε σύνδεσμο πρέπει να ορίζονται τα συστήματα μεταφοράς που επιτρέπεται να τον χρησιμοποιούν. Στα εισαγόμενα χαρακτηριστικά τους συγκαταλέγονται ο μοναδικός αριθμός του, αριθμός κόμβου αρχής / πέρατος, τύπος, πραγματικό μήκος, επιτρεπόμενα συστήματα μεταφορών, χωρητικότητα σε ιδιωτικά μέσα μεταφοράς, αριθμός λωρίδων και επιτρεπόμενη ταχύτητα ιδιωτικών μέσων ( ταχύτητα ελεύθερης ροής  $v_0$  )

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, οι επιλογές αφορούσαν τα εξής:

1. AddValue 1: μετρημένος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος της διατομής
2. AddValue 3: μετρημένος χρόνος διαδρομής
3. Transport systems: μέσα που επιτρέπεται η διέλευση τους
4.  $v_0$  Prt: ταχύτητα ελεύθερης ροής
5. Lanes: αριθμός λωρίδων
6. Capacity Prt: Χωρητικότητα οδού
7. Type: Κατηγορία οδού σύμφωνα με την ιεράρχηση
8. Name: ονομασία οδού



Εικόνα 14: Παράδειγμα εισαγωγής τιμών σε οδικό τμήμα

### **6.3.2.1. Ιεράρχηση οδικού δικτύου**

Το οδικό δίκτυο μιας πόλης αποτελείται κατά κανόνα από ένα σύστημα κύριων (ή πρωτεύουσών) αρτηριών, δευτερευουσών αρτηριών, συλλεκτήριων και τοπικών οδών. Οι παραπάνω χαρακτηρισμοί αφορούν σε κάποια από τα λειτουργικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών, όπως είναι η μέση ταχύτητα κίνησης, ο τύπος της μετακίνησης που εξυπηρετεί (π.χ διαμπερής κίνηση ή τοπικές μετακινήσεις), ο έλεγχος και η μορφή των διασταυρώσεων, η εξυπηρέτηση των προσβάσεων κ.α. Παρ' όλα αυτά, είναι σύνηθες το φαινόμενο κάποιες οδοί να έχουν λειτουργικό χαρακτήρα διαφορετικό από τα χαρακτηριστικά τους, για παράδειγμα μπορεί μια συλλεκτήρια οδός να έχει το λειτουργικό χαρακτήρα μίας κύριας αρτηρίας. Έτσι, η ανάλυση που ακολουθεί εστιάζει στον λειτουργικό χαρακτήρα των οδών της πόλης, και ακολουθεί την εξής κατηγοριοποίηση :

#### **Κύριες αρτηρίες:**

- Λαρίσης
- Αθηνών
- Λαμπράκη
- Περιφερειακή οδός

#### **Δευτερεύουσες αρτηρίες:**

- Δημητριάδος
- Ιάσωνος
- 2ας Νοεμβρίου
- Αναλήψεως
- Βενιζέλου
- Κ. Καρτάλη
- Μαβίλη
- Παγασών
- Πολυμέρη
- Γιάννη Δήμου

### Συλλεκτήριες οδοί:

- οι υπόλοιπες τοπικές οδοί με κύρια λειτουργία την εξυπηρέτηση των παρόδιων χρήσεων γης.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το δίκτυο. Με μωβ χρώμα είναι οι κύριες αρτηρίες, με κόκκινο οι δευτερεύουσες αρτηρίες και με κίτρινο οι συλλεκτήριες οδοί.



Εικόνα 15: Χάρτης ιεράρχησης οδικού δικτύου

#### 6.3.2.2. Χωρητικότητα οδικού δικτύου και ταχύτητες ελεύθερης ροής

Για τον προσδιορισμό της χωρητικότητας του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το Highway Capacity Manual 2000 (Paul Ryus et. al, 2000).

Από τα στοιχεία του H.C.M. προκύπτει πως για ομοειδείς οδούς (βάσει της λειτουργικής ιεράρχησης που έχει χρησιμοποιηθεί) οι ροές κορεσμού διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους, σε τέτοιο βαθμό, που δεδομένης της

κλίμακας προσομοίωσης ( χρήση μακροσκοπικού μοντέλου ), μπορούν να θεωρηθούν πρακτικά ίσες. Για λόγους τυποποίησης της χωρητικότητας, γίνεται η παραδοχή πως για κάθε κατηγορία οδού ισχύει :

- Κύρια αρτηρία 1200 ΜΕΑ / λωρίδα
- Δευτερεύουσα αρτηρία 1000 ΜΕΑ / λωρίδα
- Συλλεκτήρια οδός 800 ΜΕΑ / λωρίδα

Αντίστοιχα για την ταχύτητα ελεύθερης ροής ισχύει:

Η ταχύτητα ελεύθερης ροής ( Free Flow Speed – FFS ) είναι η ταχύτητα που επιλέγει ο μέσος όρος των μετακινούμενων οδηγών, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι τόσο μικροί, ώστε οι οδηγοί να μην επηρεάζονται από την παρουσία των υπολοίπων οχημάτων. Στην περίπτωση αυτή γίνεται η παραδοχή ότι έλεγχος της κυκλοφορίας μέσω φωτεινής σηματοδότησης ή σήμανσης απουσιάζει. Επομένως σε ένα αστικό περιβάλλον η ταχύτητα ελεύθερης ροής μπορεί πρακτικά να παρατηρηθεί μόνο στα ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων σε περιπτώσεις κυκλοφοριακής ροής πολύ χαμηλότερης από το όριο κορεσμού, κάτι που φυσικά είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί.

Στην πράξη και υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι οδηγοί κινούνται με μία μειωμένη μέση ταχύτητα μετακίνησης (average travel speed).

Ομοίως για τις ταχύτητες ελεύθερης ροής για τις οποίες ορίστηκαν οι τιμές:

- Κύρια αρτηρία 80 km/h
- Δευτερεύουσα αρτηρία 50 km/h
- Συλλεκτήρια οδός 30 km/h

### **6.3.2.3. Μετρήσεις φόρτων-χρόνων διαδρομής**

Οι διάφορες κατηγορίες οχημάτων απαιτούν διάφορες επιφάνειες οδού και προκαλούν διαφορετικό μέγεθος κυκλοφοριακής συμφόρησης , ανάλογα με τις διαστάσεις τους και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους (μικτό βάρος, προς ισχύ μηχανής), σε σχέση και με τις οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες. Για την μετατροπή των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων σε συγκρίσιμες μονάδες, από άποψη κυκλοφοριακής ικανότητας οδού, χρησιμοποιήθηκε σαν βασική μονάδα το επιβατικό αυτοκίνητο και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι εκφράζονται σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (Passenger Car Units)

Έτσι, υπολογίστηκε ο μέσος ωριαίος φόρτος για τις προαναφερθείσες ώρες αιχμής, εξεφρασμένος σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων (ΜΕΑ) σύμφωνα με τις παρακάτω αντιστοιχίσεις (Φραντζεσκάκης και Γιαννόπουλος, 1986):

Πίνακας 4: Αντιστοίχιση τύπου οχήματος και τιμής σε μονάδες επιβατικού αυτοκινήτου

<b>ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ</b>	<b>ΤΙΜΗ ΣΕ ΜΕΑ</b>
Ι.Χ.	1
ΔΙΚΥΚΛΟ	0.5
ΦΟΡΤΗΓΟ	2
ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	3

Για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού φόρτου στις διατομές των οδών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μετρήσεων κατά τα έτη 2012-2013, που αφορούσαν μετρήσεις σε κεντρικούς κόμβους της πόλης του Βόλου (βλ. Παράρτημα). Βάσει αυτών των μετρήσεων υπολογίστηκαν οι μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι για τις ώρες πρωινής και μεσημεριανής αιχμής στα οδικά τμήματα.

Οι μετρήσεις των χρόνων διαδρομής πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση χρονομέτρου, κατά τις ώρες πρωινής και μεσημεριανής αιχμής, 07:00 – 08:00 και 14:00 – 15:00 αντίστοιχα. Τα συγκεντρωτικά στοιχεία των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5: Πίνακας φόρτων-χρόνων από κόμβο σε κόμβο για την πρωινή αιχμή

ΤΜΗΜΑΤΑ	ΦΟΡΤΟΣ ΑΡΧΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ ΤΕΛΟΥΣ	Μ.Ο. ΤΜΗΜΑΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ (sec)
1 εως 2	536	570	553	34
2 εως 1	605	508	557	37
1 εως 11	447	565	506	17
11 εως 1	863	798	831	24
1 εως 20	942	1094	1.018	42
7 εως 1	452	619	536	24
2 εως 3	595	427	511	45
3 εως 2	394	508	451	38
2 εως 15	207	151	179	26
15 εως 2	138	208	173	32
31 εως 2	106	106	106	100
3 εως 8	370	370	370	47
8 εως 3	268	268	268	33
4 εως 7	529	417	473	37
4 εως 22	95	118	107	33
22 εως 4	318	250	284	24
5 εως 6	298	326	312	13
9 εως 5	1119	1157	1.138	23
5 εως 32	1426	1426	1.426	105
29 εως 5	1048	567	808	60
6 εως 26	884	1255	1.070	20
32 εως 6	773	773	773	60
15 εως 7	36	27	32	26
7 εως 15	15	19	17	32
8 εως 24	472	472	472	28
24 εως 8	283	283	283	28
26 εως 9	687	605	646	13
9 εως 33	657	657	657	59
18 εως 9	841	1170	1.006	66
11 εως 22	345	346	346	43
11 εως 13	656	656	656	17
13 εως 11	789	789	789	17
23 εως 11	542	412	477	23
13 εως 25	226	226	226	73
25 εως 13	227	227	227	81
13 εως 21	549	549	549	67
21 εως 13	572	572	572	75
14 εως 32	743	743	743	28
32 εως 14	1927	1927	1.927	42
14 εως 36	501	501	501	89
17 εως 14	1547	1256	1.402	42
14 εως 17	1226	1700	1.463	49
27 εως 16	774	774	774	48
16 εως 27	422	422	422	35
30 εως 19	181	181	181	18
20 εως 28	1159	1041	1.100	37
21 εως 35	70	70	70	58
35 εως 21	253	253	253	69
21 εως 34	255	255	255	57
22 εως 25	146	167	157	42
25 εως 22	224	209	217	38
33 εως 23	559	559	559	45
36 εως 24	226	226	226	18
24 εως 36	292	292	292	17
24 εως 32	594	594	594	91
32 εως 24	340	340	340	88
25 εως 35	163	163	163	48
35 εως 25	209	209	209	44
28 εως 29	1041	1084	1.063	15
28 εως 31	298	298	298	89
34 εως 28	318	318	318	148



Πίνακας 6: Πίνακας φόρτων-χρόνων από κόμβο σε κόμβο για την μεσημεριανή αιχμή

ΤΜΗΜΑ	ΦΟΡΤΟΣ ΑΡΧΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ ΤΕΛΟΥΣ	Μ.Ο. ΤΜΗΜΑΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ (sec)
1 εως 2	557	716	637	55
2 εως 1	623	232	428	37
1 εως 11	565	625	595	22
11 εως 1	838	671	755	24
1 εως 20	943	808	876	37
7 εως 1	432	789	611	32
2 εως 3	742	594	668	45
3 εως 2	542	602	572	38
2 εως 15	311	202	257	33
15 εως 2	111	180	146	32
31 εως 2	178	178	178	93
3 εως 8	428	428	428	27
8 εως 3	403	403	403	33
4 εως 7	345	412	379	37
4 εως 22	124	155	140	33
22 εως 4	330	287	309	24
5 εως 6	288	279	284	17
9 εως 5	1126	1011	1069	33
5 εως 32	1280	1280	1280	41
29 εως 5	793	557	675	72
6 εως 26	1037	1339	1188	24
32 εως 6	881	881	881	68
15 εως 7	44	18	31	28
7 εως 15	11	17	14	32
8 εως 24	356	356	356	28
24 εως 8	390	390	390	28
26 εως 9	680	818	749	13
9 εως 33	936	936	936	31
18 εως 9	744	1244	994	50
11 εως 22	588	535	562	43
11 εως 13	779	419	599	18
13 εως 11	530	765	648	17
23 εως 11	860	815	838	31
13 εως 25	117	286	202	73
25 εως 13	232	100	166	81
13 εως 21	439	559	499	69
21 εως 13	559	496	528	55
14 εως 32	812	812	812	34
32 εως 14	2243	2243	2243	42
14 εως 36	759	759	759	89
17 εως 14	1451	1505	1478	56
14 εως 17	1496	946	1221	49
27 εως 16	656	656	656	32
16 εως 27	632	632	632	35
30 εως 19	281	281	281	13
20 εως 28	894	622	758	30
21 εως 35	113	113	113	77
35 εως 21	224	224	224	69
21 εως 34	209	209	209	63
22 εως 25	207	201	204	37
25 εως 22	234	202	218	38
33 εως 23	852	852	852	37
36 εως 24	271	271	271	20
24 εως 36	270	270	270	24
24 εως 32	408	408	408	85
32 εως 24	387	387	387	88
25 εως 35	190	190	190	40
35 εως 25	174	174	174	44
28 εως 29	639	790	715	15
28 εως 31	252	252	252	89
34 εως 28	269	269	269	139

#### 6.3.2.4. Συναρτήσεις φόρτου - καθυστέρησης

Η εκτίμηση του χρόνου διαδρομής κατά την εφαρμογή του μοντέλου βασίζεται στη συσχέτιση αυτού με τον φόρτο του κάθε συνδέσμου. Η συνάρτηση καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η συνηθέστερη μαθηματική διατύπωση, που προτείνεται από το Bureau of Public Roads (BPR) των ΗΠΑ και είναι η εξής:

$$t = t_0 \left[ 1 + \alpha \cdot \left( \frac{v}{c} \right)^\beta \right]$$

Όπου

t είναι ο χρόνος διαδρομής σε κάθε οδικό τμήμα δεδομένης της καθυστέρησης εξαιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου

t<sub>0</sub> ο χρόνος διαδρομής σε συνθήκες ελεύθερης κυκλοφοριακής ροής,

v ο φόρτος του συνδέσμου,

c η χωρητικότητα του συνδέσμου

α,β συντελεστές καθοριζόμενοι από το χρήστη ανάλογα με την λειτουργική ιεράρχηση της οδού

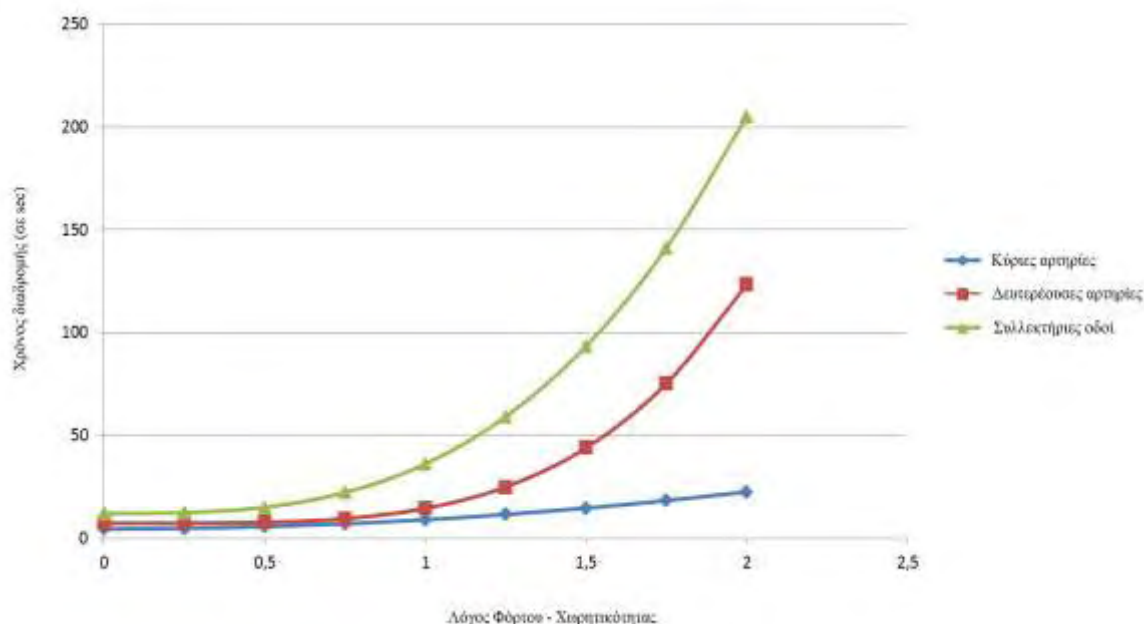
Οι τιμές των παραμέτρων α και β της συνάρτησης καθυστέρησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 παρακάτω, όπως αυτές προέκυψαν μέσω διαδικασίας βαθμονόμησης (μετρήσεις ταχύτητας, κυκλοφοριακού φόρτου και χρόνου μετακίνησης σε οδικά τμήματα ανά κατηγορία οδού).

Πίνακας 8: Τιμές παραμέτρων α και β της συνάρτησης BPR για τις κατηγορίες οδών

Κατηγορία οδικού τμήματος	Παράμετρος α	Παράμετρος β
Κύρια αρτηρία	1	2
Δευτερεύουσα αρτηρία	1	4
Συλλεκτήρια οδός	2	3

Η πρακτική σημασία της εφαρμογής συναρτήσεων φόρτου - καθυστέρησης με διαφορετικούς συντελεστές ανά κατηγορία οδού, είναι πως μια κύρια αρτηρία έχει μικρότερη αντίσταση κίνησης ( για ίδιες κυκλοφοριακές συνθήκες ), σε

σχέση με μια οδό μικρότερης κατηγορίας ( πχ. συλλεκτήρια ), και θα προτιμηθεί από ένα όχημα “καλούμενο” να επιλέξει διαδρομή, κατά την διαδικασία του καταμερισμού. . Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται οι καμπύλες καθυστέρησης για κάθε μια από τις συναρτήσεις αυτές ανά κατηγορία οδού:



Σχήμα 5: Διάγραμμα συναρτήσεων BPR για κάθε κατηγορία οδού

### 6.3.3. Ζώνες και συνδεσμοί κεντροειδών

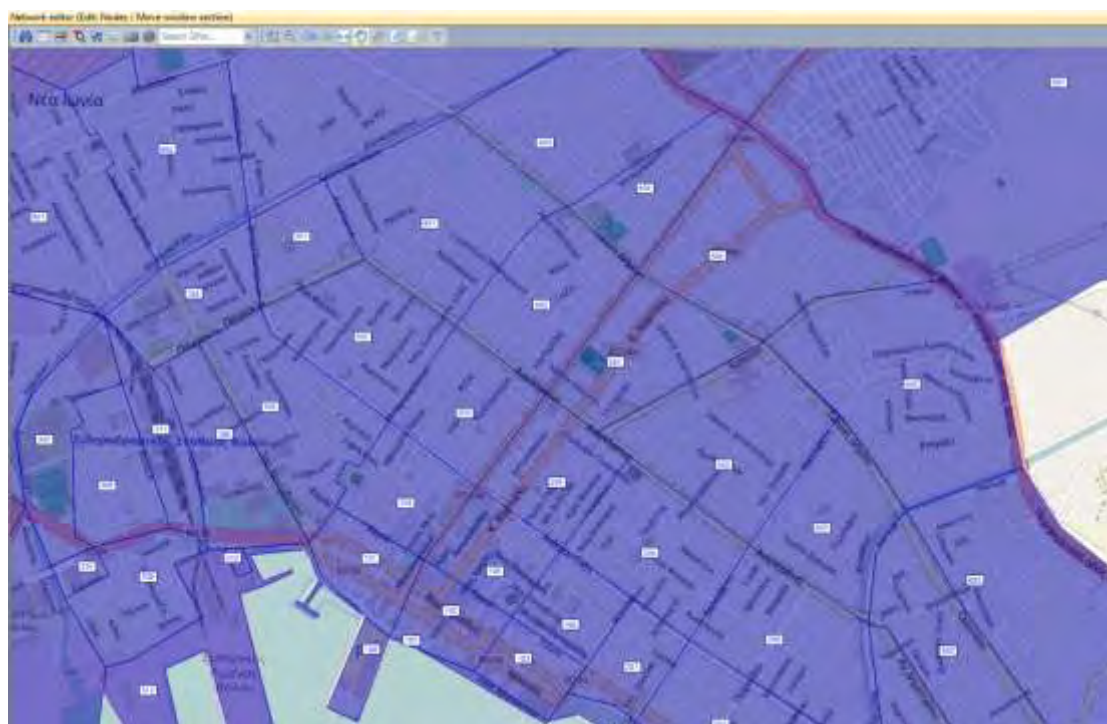
Στο λογισμικό Visum, οι ζώνες που ορίζονται, αναπαριστούν τις πραγματικές κυκλοφοριακές ζώνες του Συστήματος Μεταφορών. Στα κλειστά αυτά πολύγωνα που σχεδιάζονται από το χρήστη αντιστοιχούν αριθμοί μετακινήσεων προέλευσης και προορισμού από και προς το σύνολο των υπόλοιπων ζωνών στο μητρώο προέλευσης – προορισμού, το οποίο εισάγεται κατόπιν στο υπόδειγμα.

Κάθε φορά που δημιουργείται μία ζώνη στο δίκτυο, το υπόδειγμα δημιουργεί αυτόματα τα αντίστοιχα κελιά στο μητρώο Π – Π, τα οποία θα περιγράψουν τις μετακινήσεις από και προς την κάθε ζώνη.

Οι ζώνες, μέσω των συνδέσμων, μεταβιβάζουν τον αριθμό των μετακινήσεων από και προς αυτές σε όλο το δίκτυο με αποτέλεσμα τη φόρτιση του δικτύου. Κατά μία έννοια οι σύνδεσμοι είναι και αυτοί ένα είδος «οδικού τμήματος» που οδηγούν τις μετακινήσεις από τις ζώνες παραγωγής προς το δίκτυο και από το δίκτυο προς τις ζώνες έλξης των μετακινήσεων.

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν, 64 ζώνες που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης και 3 ζώνες που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της πόλης, οι οποίες αποτελούν τις κύριες ράμπες εισόδου της πόλης από δυτικά, ανατολικά και βόρεια. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο να γίνει, καθώς υπάρχουν μετακινήσεις που έχουν το ένα άκρο τους στην περιοχή μελέτης και το άλλο άκρο τους σε περιοχές εκτός του Βόλου.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένες ζώνες που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης:



Εικόνα 16: Παράδειγμα απεικόνισης ζωνών

Οι σύνδεσμοι των κεντροειδών συνδέουν τις ζώνες με το δίκτυο μεταφορών. Κάθε ζώνη πρέπει να συνδέεται με ένα τουλάχιστον κόμβο του δικτύου μέσω ενός συνδέσμου, ώστε οι μετακινούμενοι να μπορούν να εισέλθουν και να εξέλθουν από αυτή. Ο σύνδεσμος μπορεί να έχει δύο κατευθύνσεις και αντίστοιχα μπορεί να πραγματοποιείται μέσω αυτού είσοδος ή έξοδος από τη ζώνη. Αναπαριστούν την απόσταση που πρέπει να καλυφθεί από το κέντρο της ζώνης ( κεντροειδές ) έως τους κόμβους και τους συνδέσμους του δικτύου.

Οι σύνδεσμοι των κεντροειδών περιγράφονται από τον αριθμό της ζώνης που συνδέεται από τον σύνδεσμο, από τον αριθμό του κόμβου που συνδέει τη ζώνη με το δίκτυο, τον τύπο του, την κατεύθυνση του, το μήκος του, τον χρόνο διαδρομής εισόδου και εξόδου και από τα ποσοστά της ζήτησης που χρησιμοποιούν το σύνδεσμο στην περίπτωση ποσοστιαίας κατανομής της κυκλοφορίας εισόδου και εξόδου.

Για καλύτερη κατανομή των μετακινούμενων στο δίκτυο, χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από ένας σύνδεσμοι σε κάθε ζώνη, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



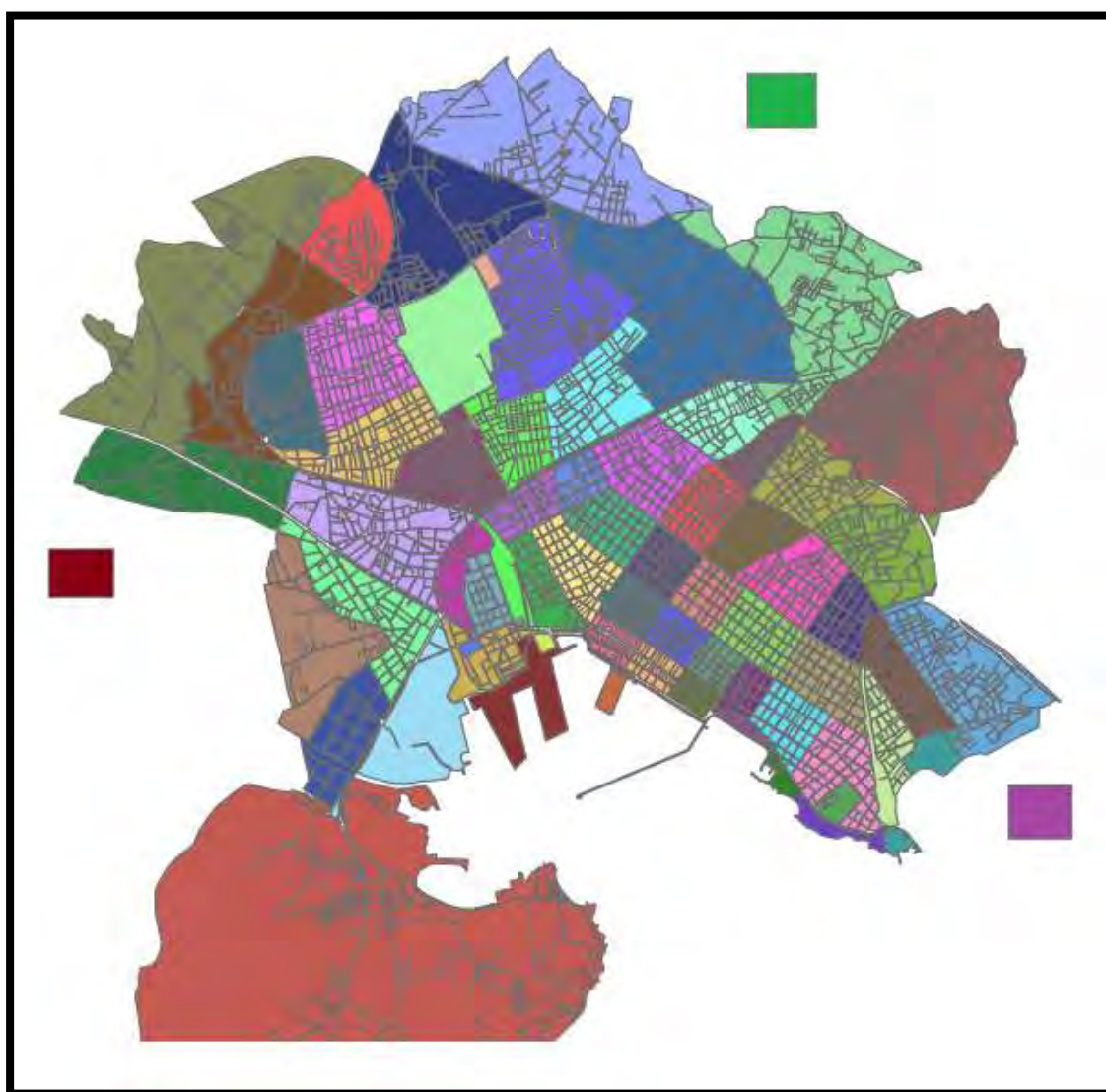
Εικόνα 17: Παράδειγμα απεικόνισης κεντροειδών συνδέσμων

### 6.3.3.1. Μητρώα Προέλευσης-Προορισμού

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή ενός μοντέλου καταμερισμού στο δίκτυο, είναι η ύπαρξη ενός πίνακα προέλευσης – προορισμού. Ο πίνακας προέλευσης – προορισμού, δηλαδή ο κανόνας σύμφωνα με τον οποίο

κατανέμονται οι μετακινήσεις για κάθε ζεύγος προέλευσης – προορισμού του δικτύου, μπορεί να προσδιοριστεί είτε έμμεσα από προηγούμενα στάδια της διαδικασίας του συγκοινωνιακού σχεδιασμού είτε άμεσα από έρευνες πεδίου.

Για την κατασκευή των μητρώων προέλευσης-προορισμού χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις που διεξήχθησαν κατά το έτος 2013, οι οποίες αφορούσαν έρευνα σε νοικοκυριά του δήμου Βόλου για τις μετακινήσεις που πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστά για κάθε μέσο μεταφοράς (Ι.Χ., δίκυκλα, φορτηγά). Η έρευνα ήταν δειγματοληπτική και αφορούσε μετακινήσεις όλες τις ζώνες όπως αυτές ορίστηκαν και παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 18: Σχηματική απεικόνιση του ζωνικού συστήματος

Από τα στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του μαθήματος της οδικής ασφάλειας κατά το έτος 2012-2013, υπολογίστηκε η μέση πληρότητα του κάθε μέσου μεταφοράς ως εξής:

Πίνακας 9: Μέση πληρότητα του κάθε μεσου μεταφοράς

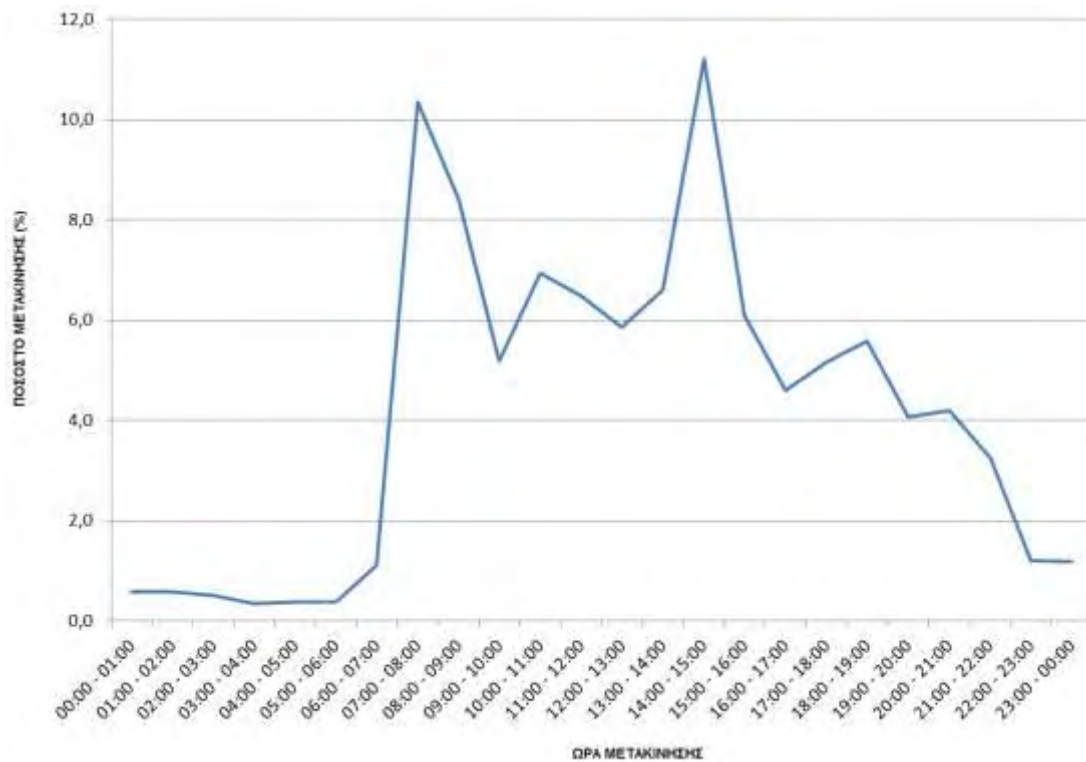
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ
ΙΧ	1,4
ΔΙΚΥΚΛΑ	1,5
ΦΟΡΤΗΓΑ	1
ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ	20

Για τη δημιουργία του συνολικού μητρώου Π-Π, κατασκευάστηκαν τα μητρώα Π-Π σε ΜΕΑ που αφορούσαν το κάθε μέσο μετακίνησης ξεχωριστά, τα οποία στη συνέχεια αθροίστηκαν ώστε να προκύψει στο συνολικό ημερήσιο μητρώο μετακινήσεων για τις πρωινές και μεσημεριανές μετακινήσεις.

Αφού υπολογίστηκε το συνολικό μητρώο μετακινήσεων για όλες τις ζώνες του Βόλου, στη συνέχεια ανήχθηκε στο σύνολο του πληθυσμού με τη χρήση του συντελεστή αναγωγής όπως προέκυψε από το ποσοστό των νοικοκυριών που μετρήθηκαν. Συγκεκριμένα, σε σύνολο 67.904 νοικοκυριών μετρήθηκαν 1.228 που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,81% το οποίο χαρακτηρίζεται ικανοποιητικό.

Το μητρώο Π-Π που προέκυψε από τις έρευνες για τις συνολικές ημερήσιες μετακινήσεις, διαιρέθηκε σε ωριαία χρονικά διαστήματα με βάση το προφίλ που προέκυψε από την έρευνα στα νοικοκυρια έτσι ώστε κάθε μετακίνηση να αποδίδεται στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (βλ. Παράρτημα)

Η χρονική διακύμανση των μετρούμενων κυκλοφοριακών φόρτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, όπου οι πρωινές και απογευματινές ώρες αιχμής της κυκλοφορίας παρατηρούνται μεταξύ των χρονικών περιόδων 07:00-08:00 και 14:00-15:00 αντίστοιχα.



Σχήμα 6: Χρονική διακύμανση των μετακινήσεων

Οι πίνακες προέλευσης-προορισμού όπως διαμορφώθηκαν με τη χρήση του Excel για τις ώρες πρωινής και απογευματινής αιχμής παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Γ.

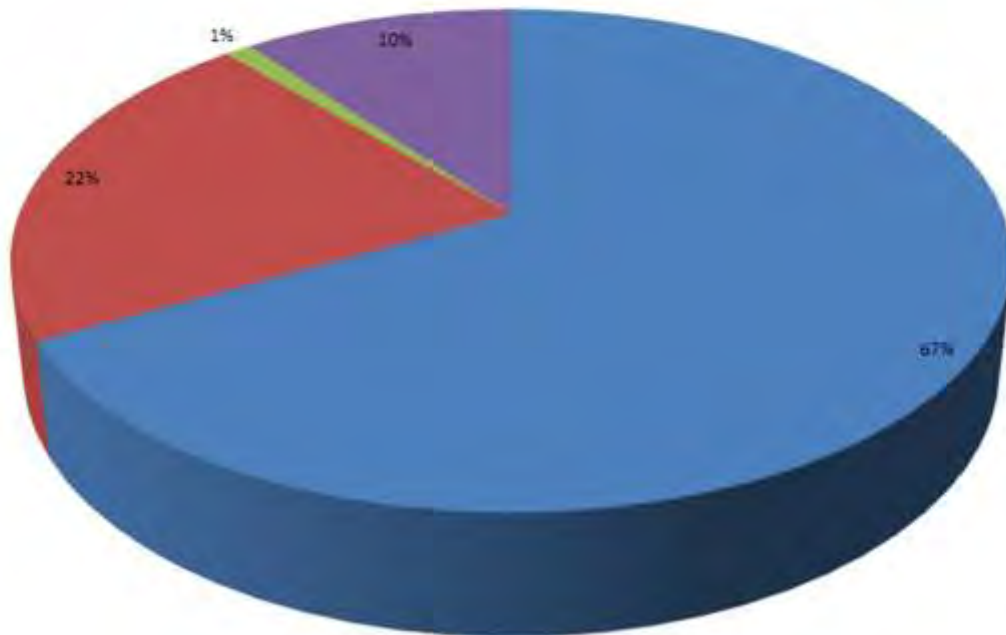
### 6.3.3.2. Σύνθεση κυκλοφορίας

Από τα παραπάνω στοιχεία προέκυψε και η σύνθεση κυκλοφορίας, δηλαδή η ποσοστιαία κατανομή του κάθε μέσου μεταφοράς στο σύνολο των μετακινήσεων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σύνθεση κυκλοφορίας για κάθε μέσο αντίστοιχα:



## ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

■ ΤΧ ■ ΔΙΚΥΚΛΑ ■ ΦΟΡΤΗΓΑ ■ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ



Σχήμα 7: Ποσοστιαία κατανομή των μετακινήσεων ανά σκοπό μετακίνησης και ανά μέσο μεταφοράς

### 6.4. Καταμερισμός στο δίκτυο

Η διαδικασία καταμερισμού της κυκλοφορίας έγινε με καταμερισμό εξισορρόπησης (equilibrium assignment), σύμφωνα με την 1<sup>η</sup> αρχή του Wardrop (Wardrop 1952), και βασίζεται σε μια επαναληπτική διαδικασία επίλυσης του προβλήματος ισορροπίας χρηστών με χρήση συναρτήσεων καθυστέρησης,

Στην μέθοδο καταμερισμού εξισορρόπησης, ο αλγόριθμος, επιλέγει τις διαδρομές και κατόπιν φορτίζοντάς τις αποδίδει κάποιους κυκλοφοριακούς φόρτους. Όμως, αν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι αυτοί επικρατήσουν στην πράξη θα αποδώσουν με την σειρά τους στα οδικά τμήματα κάποιο χρόνο μετακίνησης, διαφορετικό από αυτό που θεωρήθηκε στην αρχή. Αυτό είναι το γνωστό πρόβλημα της σύγκλισης, η λύση του οποίου έγκειται στην εύρεση των τιμών χρόνου σε κάθε τμήμα του δικτύου, που όταν χρησιμοποιηθούν στον αλγόριθμο καταμερισμού θα παραχθούν κυκλοφοριακοί φόρτοι, που θα αντιστοιχούν πλήρως ή με αρκετά καλή προσέγγιση στις αρχικές τιμές του χρόνου. Ο τερματισμός του καταμερισμού ταυτίζεται με την επίτευξη των παραπάνω συγκλινόντων αποτελεσμάτων. Συγκλίνοντα αποτελέσματα όμως, δύσκολα προκύπτουν στην πράξη και αυτό που συμβαίνει συνήθως είναι

εναλλαγές συγκλινόντων και αποκλινόντων αποτελεσμάτων, οι οποίες συνεχίζονται από κύκλο σε κύκλο χωρίς να είναι βέβαιο, αν θα εξομαλυνθούν. Για το λόγο αυτό, πολλοί από τους αλγόριθμους καταμερισμού σταματούν μετά από ένα προκαθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Προκειμένου να θεωρείται αξιόπιστη η κατανομή της κυκλοφορίας στο δίκτυο πρέπει να προηγηθεί η προσαρμογή του υποδείγματος. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στην προσέγγιση όσο είναι δυνατόν της πραγματικής τιμής των κυκλοφοριακών φόρτων και όχι απλώς την αναπαράστασή τους σαν τάξη μεγέθους με βάση τα στοιχεία που εισάγει ο χρήστης στο υπόδειγμα.

#### 6.4.1. Διόρθωση μητρώου Π-Π (T-Flow Fuzzy)

Με στόχο την προσαρμογή της εκτιμώμενης ζήτησης, τα μητρώα πρωινής και μεσημεριανής αιχμής διορθώθηκαν μέσω της μεθόδου διόρθωσης μητρώων T-Flow Fuzzy (Rosinowski, 1994).

Για τον υπολογισμό των διορθωμένων μητρώων χρησιμοποιήθηκαν οι ανοχές 30%, 50% και 25%, που εκφράζουν το ποσοστό απόκλισης από το αρχικό μητρώο και χρησιμοποιήθηκε φίλτρο <30 <35 δηλαδή το διορθωμένο μητρώο αφορούσε οδικά τμήματα με ωριαίο φόρτο μεγαλύτερο των 30 και 35 ΜΕΑ αντίστοιχα για την πρωινή αιχμή και 30 για την μεσημεριανή, όπως παρουσιάζεται προ παρακάτω υποκεφάλαιο.

#### 6.4.2. Συσχετίσεις φόρτων και χρόνων

Πραγματοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση με ανεξάρτητη μεταβλητή τους μετρημένους κυκλοφοριακούς φόρτους του 2012 και εξαρτημένη μεταβλητή τους υπολογισμένους από το λογισμικό φόρτους, που προέκυψαν κατά τον καταμερισμό των μετακινήσεων στο δίκτυο. Προέκυψαν έτσι οι συντελεστές συσχέτισης  $R^2$ , για κάθε τιμή ανοχής (tolerance) και φίλτρου (filter), όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 10: Τιμές O-D και  $R^2$  για διαφορετικές τιμές ανοχής για την πρωινή αιχμή

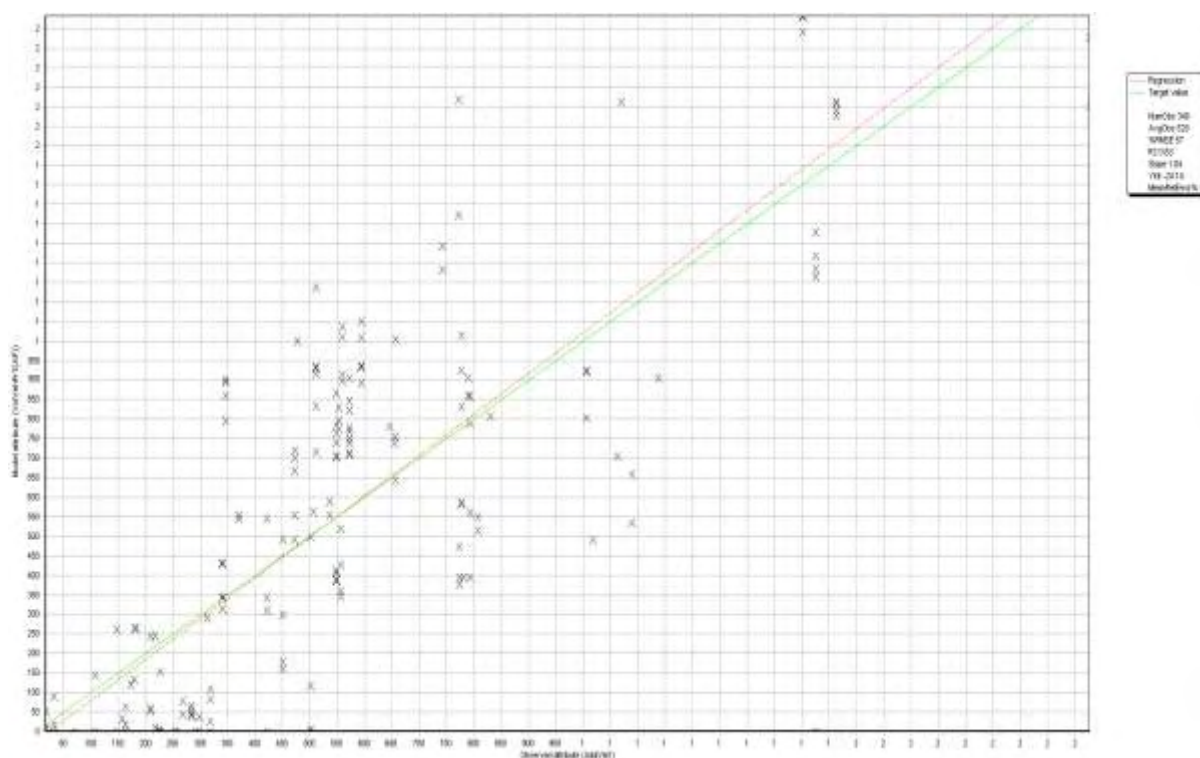
	Tolerance	Filter	O-D	$R^2$
Matrix 1	-	-	37.568	0.25
Matrix 2	30%	<35	28.774	0.62
Matrix 3	50%	<30	28.817	0.62
Matrix 4	25%	<35	28.115	0.63

Πίνακας 11: Τιμές O-D και R<sup>2</sup> για διαφορετικές τιμές ανοχής για την μεσημεριανή αιχμή

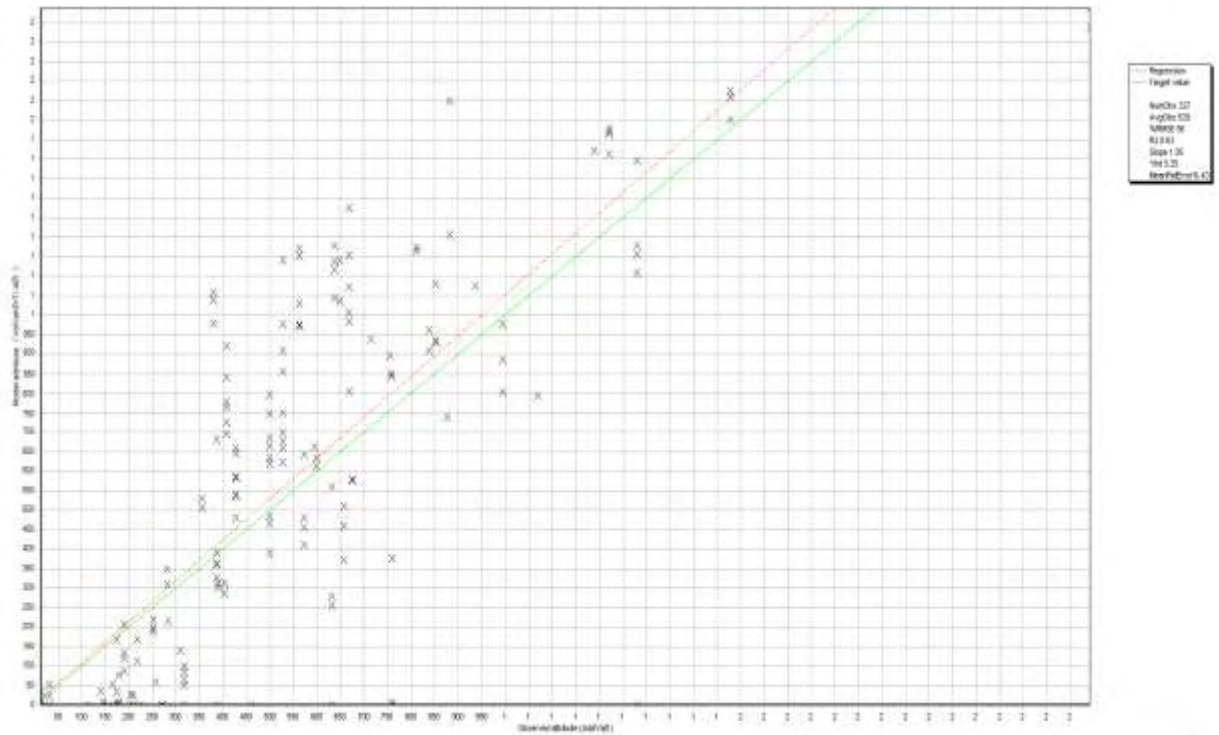
	Tolerance	Filter	O-D	R2
Matrix 1	-	-	35.722	0.30
Matrix 2	30%	<30	29.364	0.62
Matrix 3	50%	<30	29.303	0.61
Matrix 4	25%	<30	28.734	0.63

Επομένως επιλέγεται η ανοχή 25% που δίνει καλύτερη συσχέτιση του μοντέλου με τις πραγματικές μετρηθείσες τιμές.

Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει το αποτέλεσμα της γραμμικής παλινδρόμησης:

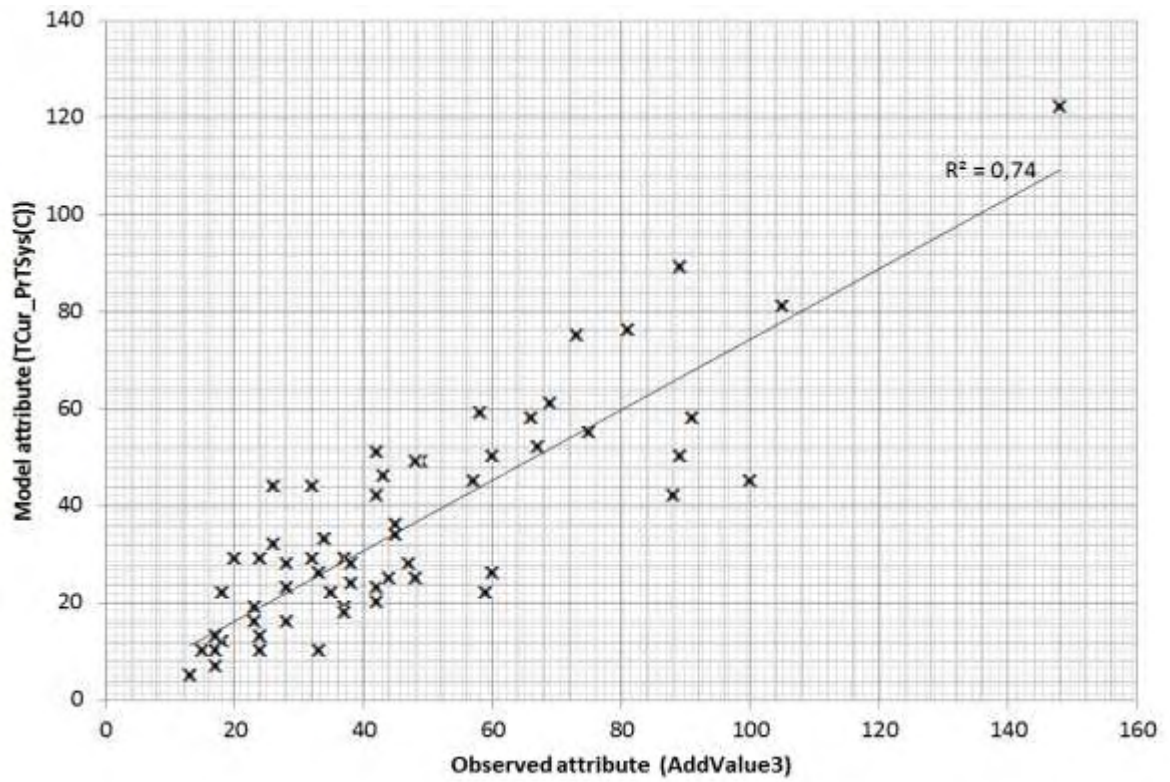


Εικόνα 19: Συσχέτιση φόρτων για ανοχή 25% για την πρωινή αιχμή

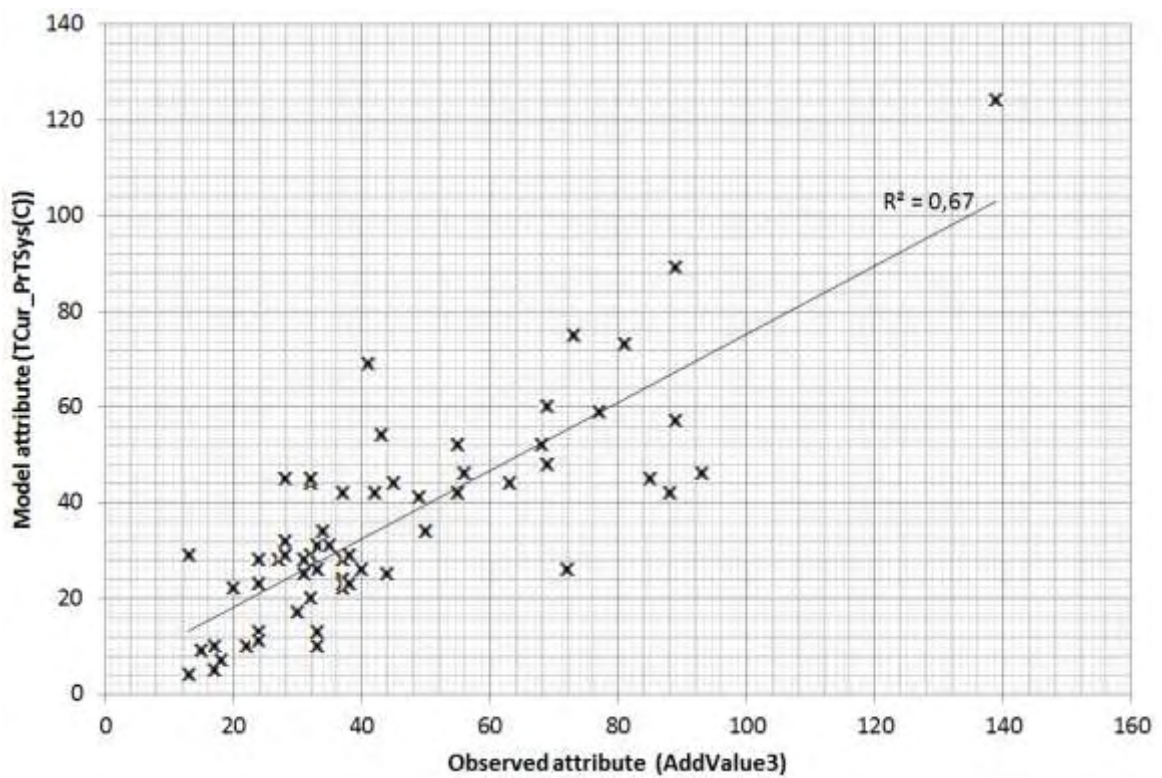


Εικόνα 20: Συσχέτιση φόρτων για ανοχή 25% για την μεσημεριανή αιχμή

Οι τιμές των χρόνων διαδρομής που προέκυψαν από την χρήση του διορθωμένου μητρώου, συσχετίστηκαν με τις πραγματικές μετρηθείσες τιμές, και έδωσαν τις παρακάτω τιμές του συντελεστή συσχέτισης  $R^2$ , όπως φαίνεται στην σχηματική απεικόνιση των παρακάτω διαγραμμάτων που προέκυψαν από την συσχέτιση:



Εικόνα 21: Συσχέτιση χρόνων για ανοχή 25% για την πρωινή αιχμή



Εικόνα 22: Συσχέτιση χρόνων για ανοχή 25% για την μεσημεριανή αιχμή

# 7

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 7.1. Συμπεράσματα από την εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης

Ο Σχεδιασμός των Συστημάτων Μεταφορών, στα περισσότερα στάδια του, απαιτεί την πραγματοποίηση προβλέψεων αλλά και αξιολογήσεων σχετικών με τις εναλλακτικές λύσεις που προτείνει για την βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής μελέτης την οποία έχει ως αντικείμενο. Τα υποδείγματα αποτελούν ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία του Σχεδιασμού, ειδικά στην σημερινή εποχή, όπου οι ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει διευρύνει τις δυνατότητες τους σε μεγάλο βαθμό. Η εμπειρία που αποκομίστηκε από την προσπάθεια κατασκευής του μοντέλου προσομοίωσης των κυκλοφοριακών συνθηκών στην ανατολική Θεσσαλονίκη, μέσω του λογισμικού πακέτου Σχεδιασμού μεταφορών VISUM, αποδεικνύει ότι παρ' όλες τις τεχνικές δυνατότητες που παρέχει πλέον η τεχνολογία των Η/Υ, η συνολική διαδικασία είναι αρκετά σύνθετη και επίπονη διαδικασία για τους κάτωθι λόγους:

- Απαιτείται η συγκέντρωση ενός μεγάλου αριθμού αξιόπιστων δεδομένων, σχετικών με στοιχεία τόσο της προσφοράς (υποδομής) όσο και της ζήτησης (κυκλοφοριακοί φόρτοι – μετακινήσεις), τα οποία ειδικά στην Ελλάδα είναι δύσκολο έως και αδύνατο να βρεθούν.
- Η κωδικοποίηση (αναπαράσταση) του δικτύου απαιτεί πλήθος ανθρωποωρών σε επιτόπιες έρευνες, για την καταγραφή του συνόλου των στοιχείων της υποδομής (στοιχεία γεωμετρίας, αριθμός λωρίδων, κ.λ.π.).
- Απαιτείται πολύ καλή γνώση των θεωριών της κυκλοφοριακής ροής.
- Απαιτείται η πλήρης κατανόηση των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής μελέτης. Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω των λογισμικών πακέτων σχεδιασμού κρύβει πολλούς κινδύνους, γεγονός που επιβάλλει την συνεχή εγρήγορση του μελετητή, την γνώση του και την αυξημένη κριτική του ικανότητα ως προς τα αποτελέσματα του μοντέλου. Κρίνονται απαραίτητοι συνεχείς έλεγχοι σχετικά με την αξιοπιστία του μοντέλου και των αποτελεσμάτων που αυτό εξάγει.

Στην όλη διαδικασία κατασκευής του μοντέλου σχεδιασμού ο καταμερισμός των μετακινήσεων στο οδικό δίκτυο αποτελεί ίσως το πιο δύσκολο στάδιο. Το λογισμικό πακέτο PTV VISUM που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία παρέχει τη δυνατότητα χρήσης ενός μεγάλου πλήθους αλγορίθμων τόσο στατικού όσο και δυναμικού καταμερισμού ισορροπίας. Η επιλογή της εφαρμογής στατικού καταμερισμού ισορροπίας οδήγησε σε αποτελέσματα αντιπροσωπευτικά των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής μελέτης, με μικρές αποκλίσεις από τις πραγματικές μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων. Ένα δυναμικό μοντέλο καταμερισμού θα αύξανε το ποσοστό ταυτοποίησης σε μεγαλύτερο βαθμό, στην περίπτωση όμως της συγκεκριμένης εφαρμογής, δηλαδή του σχεδιασμού σε μακροσκοπικό επίπεδο δεν είναι απαραίτητος μεγαλύτερος βαθμός σύγκλισης.

## **7.2. Αξιοποίηση του μοντέλου προσομοίωσης**

Η εργασία αυτή αποτελεί μια βάση για πληθώρα συγκοινωνιακών έργων και παρεμβάσεων (κατασκευή καινούριων οδικών τμημάτων, κατασκευή χώρων στάθμευσης, πεζοδρομήσεις, μονοδρομήσεις κλπ.) και καθιστά το μοντέλο ένα χρήσιμο και εύκολα αξιοποιήσιμο εργαλείο στα χέρια όλων των αρμόδιων φορέων. Αποτελεί επίσης μια βάση δεδομένων επικαιροποιημένων στοιχείων μετακινήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια ολοκληρωμένη συγκοινωνιακή-πολεοδομική μελέτη για την πόλη του Βόλου, βασισμένη στις κατευθυντήριες γραμμές της βιώσιμης ανάπτυξης και αστικής κινητικότητας.

# 8 ΠΗΓΕΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

## Βιβλιογραφία:

- Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α. (1986), Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική
- Γεώργιος Γιαννόπουλος (2002), «Σχεδιασμός των μεταφορών», εκδ. Παρατηρητής Θεσ/νικη

## Βιβλιογραφικές αναφορές:

- Smith Wilbur and Associates και Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας «Έρευνα και Μελέτη Κυκλοφορίας Λεκανοπεδίου Αθηνών» 1963
- Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α. (1986), Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική
- Smith Wilbur and Associates και Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας «Μελέτη Κυκλοφορίας και Μεταφορών Περιοχής Αθηνών-Αττικής» Τόμος 1, 1973, Τόμος 2, 1974
- Frantzeskakis, J. "Signalisation and Telematics Before and After the Olympic Games: Particularities of Athens", 2004
- Αίβαλιώτη Α., Μπατάλης Γ., Φραντζεσκάκης Ι. «Η Πεζοδρόμηση της Κεντρικής Περιοχής της Λάρισας» Περιοδικό «World of Buildings», Ιούλιος 1992



- Ευαγγελίδης Κ. “Συμβολή στο σχεδιασμό και την βελτιστοποίηση προτύπων γεωπληροφορικών μοντέλων δεδομένων και βάσεων δεδομένων για συγκοινωνιακά”, Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 2005
- Κ. Γ. Αμπακουμκίν, (2000) «Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων (Μεταφορές Ι)», εκδ. Συμμετρία Αθήνα
- David A. Hensher, Kenneth J. Button (2000), «Handbook of Transport Modelling, Handbooks in transport volume 1», εκδ. Pergamon
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1990) ‘Green paper on the urban environment’, Brussels, 27 June
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1995) ‘Towards fair and efficient pricing in transport’, Brussels, 20 December
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1995) ‘The citizens’ network’, Brussels, 29 November
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1996) ‘Future noise policy’, Brussels, 4 November
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2001) ‘European transport policy for 2010: time to decide’, Brussels, 12 September
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007) ‘Towards a new culture for urban mobility’, Brussels, 25 September
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2011) ‘Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system’, Brussels, 28 March
- Nagurney, A., 2006. Supply chain network economics: Dynamics of prices, flows and profits, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, England.
- Sheffi Y (1984) Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming techniques. Prentice Hall, NJ

- De Cea, J., and J. E. Fernández, Transit assignment for congested public transport systems: an equilibrium model, *Transportation Science*, Vol. 27, No. 2, pp. 19-34, 1993
- Muller, B., and J. Reinhardt (1990) *Neural networks-An Introduction*. Springer-Verlag, Berlin, Germany
- Bowman, J., & Ben-Akiva, M. (2001). Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35 (1), pp. 1–28.
- Ortuzar, J. de D., & Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport* (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Chang, L., Elnashai, A.S., & Spencer, B.F. (2012). Post-earthquake modelling of transportation networks. *Structure and Infrastructure Engineering*, 8 (10), pp. 893–911.
- Litman, T. (2009). *Evaluating Transportation Land use impacts: Considering the impacts, benefits and costs of different Land Use development patterns*. Victoria Transport policy institute, σσ. 11-67
- Wardrop, G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research, In *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, Pt. II, vol. 1, pp. 325–378
- Stathopoulos A. and Karlaftis M.G., “A multivariate state-space approach to urban traffic flow prediction”, *Transportation Research Part C*, 121-135, 2003
- Xia Jin and Alan J. Horowitz (2008), “Time-of-Day Choice Modeling for Long-Distance Trips,” *Transportation Research Record*, Journal of the Transportation Research Board, #2076, 2008, pp. 200-208.
- Andrew David Cliff, J. K. Ord (1969), “Spatial Autocorrelation: A Review of Existing and New Measures with Applications”, University of Bristol
- Li T., Zhang H. M., (2001), “The mathematical theory of an enhanced nonequilibrium traffic flow model”, *Networks and Spatial Economics* 1, 2001, pp. 167-177

- Arentze, T.A., & Timmermans H.J.P. (2004a), "Capturing the role of awareness and information search process on choice set formation in models of activity-travel behavior" Paper presented at the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington D.C.
- Axhausen and Gärling, (1992), "Activity-based approaches to travel analysis: Conceptual framework, models, and research problems", *Transport Reviews*, 10/1992; Vol 12, No 4, pp 323-341
- Kitamura R. (1988a) An evaluation of activity-based travel analysis. *Transportation*, 15, 9-34
- Paul Ryus, Mark Vandehey, Lily Elefteriadou, Richard G. Dowling, Barbara K. Ostrom, "Highway Capacity Manual", Transportation Research Board, Washington D.C., 2000
- Wefering F., Rupprecht S., Buhrmann S., & Bohler-Baedeker S., (2013), *Guidelines – Developing and implementing a Sustainable Urban Mobility Plan*. Brussels: European Commission.
- Miller, E.J. (2005a), "Propositions for Modelling Household Decision-Making", in *Integrated Land-use and Transportation Models: Behavioural Foundations*, M. Lee-Gosselin and S.T. Doherty (eds), Oxford: Elsevier, pp. 21-60.
- Caliper Corporation (2004), *Travel Demand Modeling with TransCAD Transportation Planning Software*
- INRO, *EMME/2 User's Manual*, Release 9, 1999
- PTV VISUM 13 User Manual, PTV AG, Karlsruhe, 2013
- Frank, M.; Wolfe, P. (1956). "An algorithm for quadratic programming"
- Rosinowski J., "Entwicklung und Implementierung eines ÖPNV-Matrixkorrekturverfahrens mit Hilfe von Methoden der Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy-Sets-Theorie)", Master thesis, University of Karlsruhe, 1994

#### Μελέτες:

- Ενιαίο Στρατηγικό Σχέδιο των Μεταφορών της Θεσσαλονίκης, 2010
- Γενική Κυκλοφοριακή Μελέτη Θεσσαλονίκης, ΟΡΘΕ 2000
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, «Εισήγηση για τη στρατηγική αστικής κινητικότητας σε θέματα αρμοδιότητας ΥΠΕΧΩΔΕ», Αθήνα, Μάρτιος 2008
- Υ.ΠΕ. ΧΩ.ΔΕ, Γενική γραμματεία δημοσίων έργων, Δ/νση Μελετών Έργων Οδοποιίας, «Γενική μελέτη μεταφορών και κυκλοφορίας για την πόλη του Βόλου», Βόλος, Μάιος 1996
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, «Στρατηγικό Σχέδιο Ανάπτυξης του Βόλου 2007-2013», Βόλος, Ιούλιος 2006

Διαδίκτυο:

- <http://emme2.spiess.ch/congras/congras.html>
- <http://www.ypeka.gr/>
- [www.trb.org](http://www.trb.org)
- <http://www.ametro.gr/>
- <http://epoleodomia.volos.gr/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/Βόλος>
- <http://ec.europa.eu/>
- <http://www.eltis.org/>
- <https://webapi.eesc.europa.eu>
- <http://www.numbeo.com/pollution/rankings.jsp>

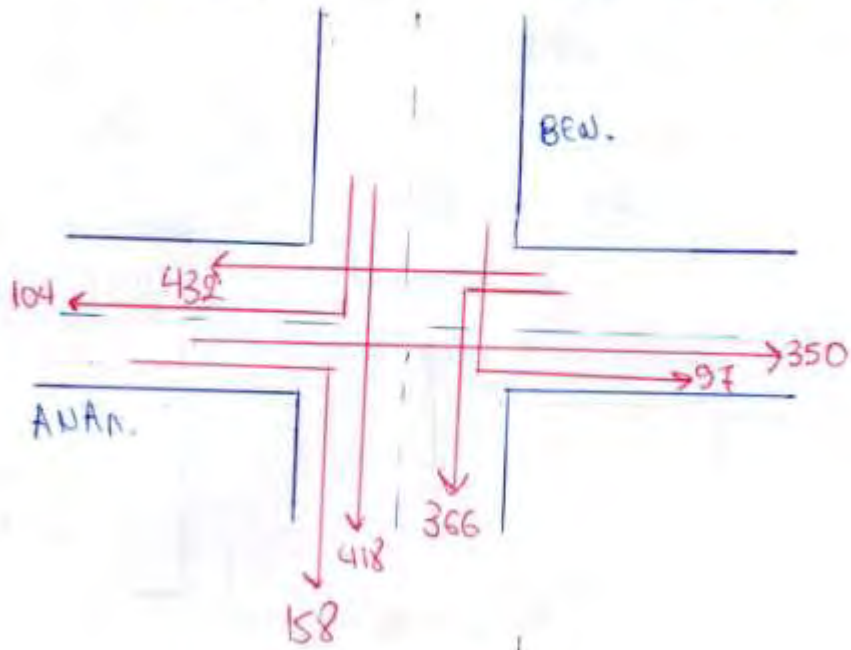
# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



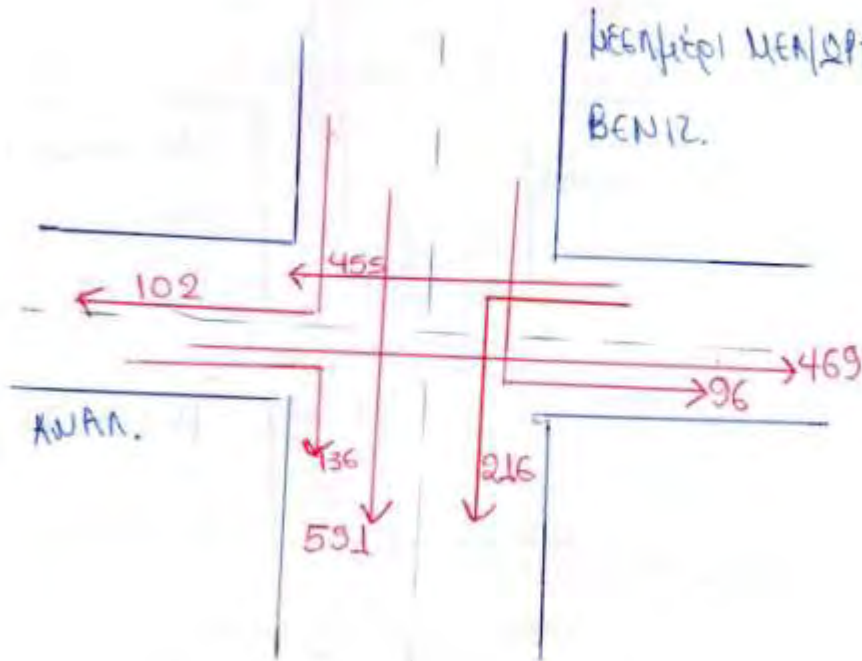
# ΚΟΜΒΟΣ 1

2013

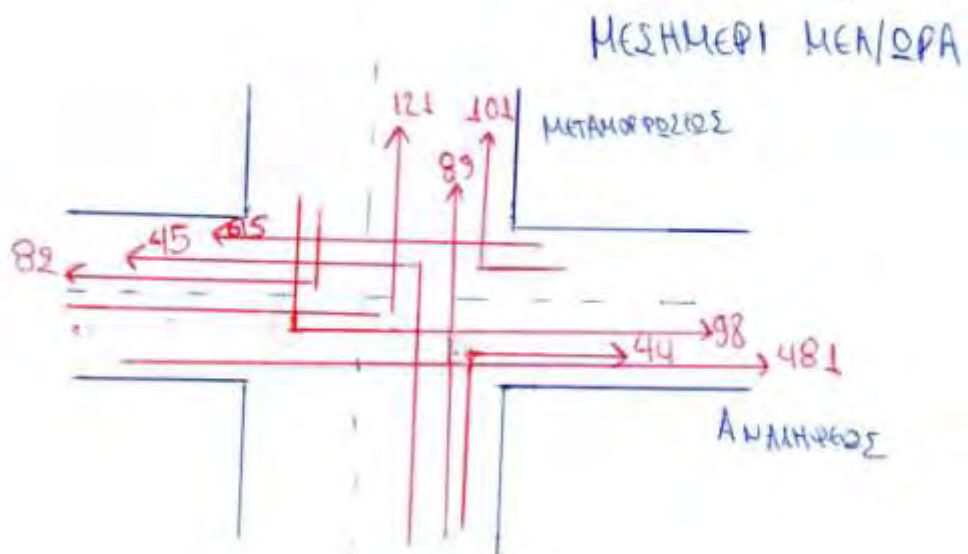
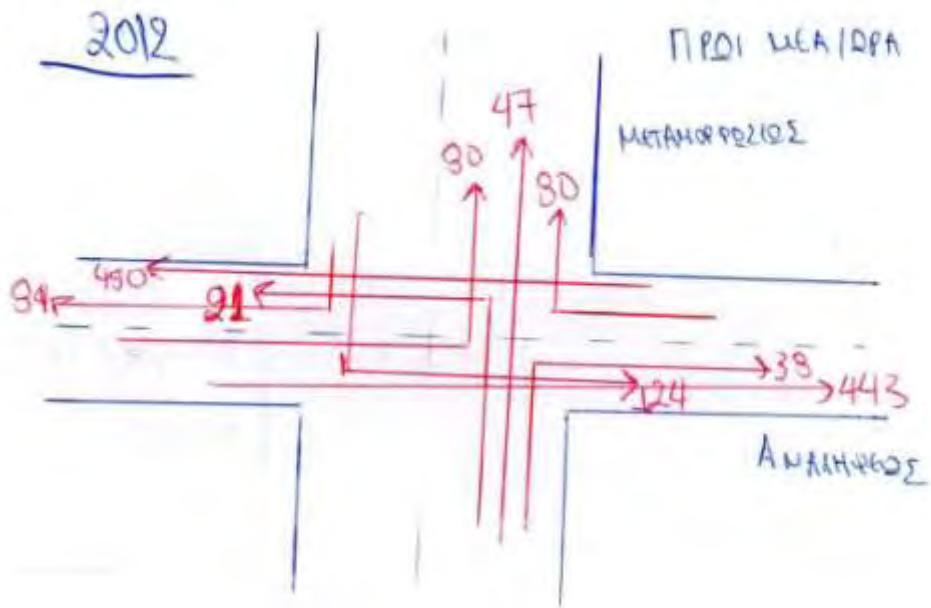
πρωι ΚΑ/ΩΡΑ



βραδυ ΚΑ/ΩΡΑ  
BENIZ.



## ΚΟΜΒΟΣ 2





### ΚΟΜΒΟΣ 3

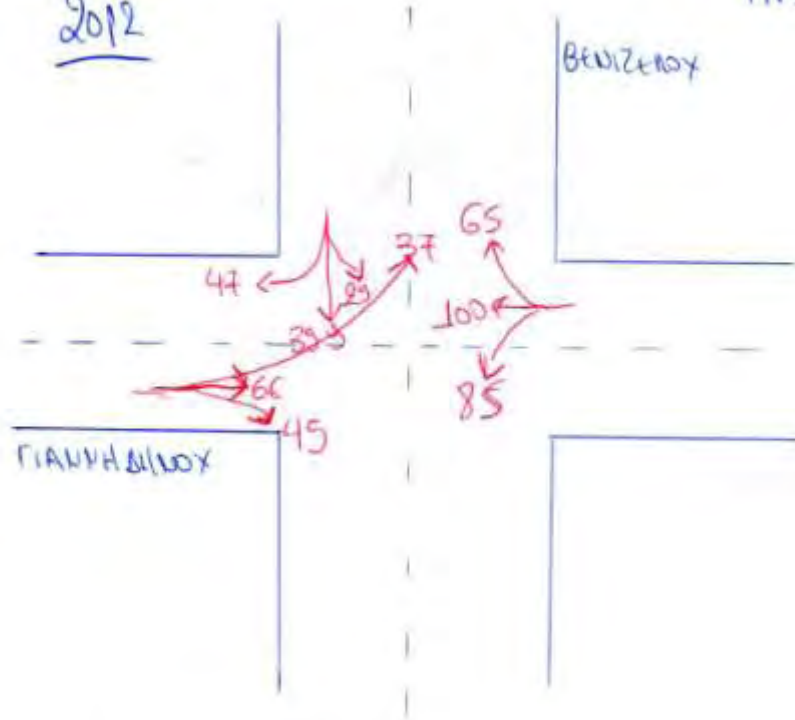
2012



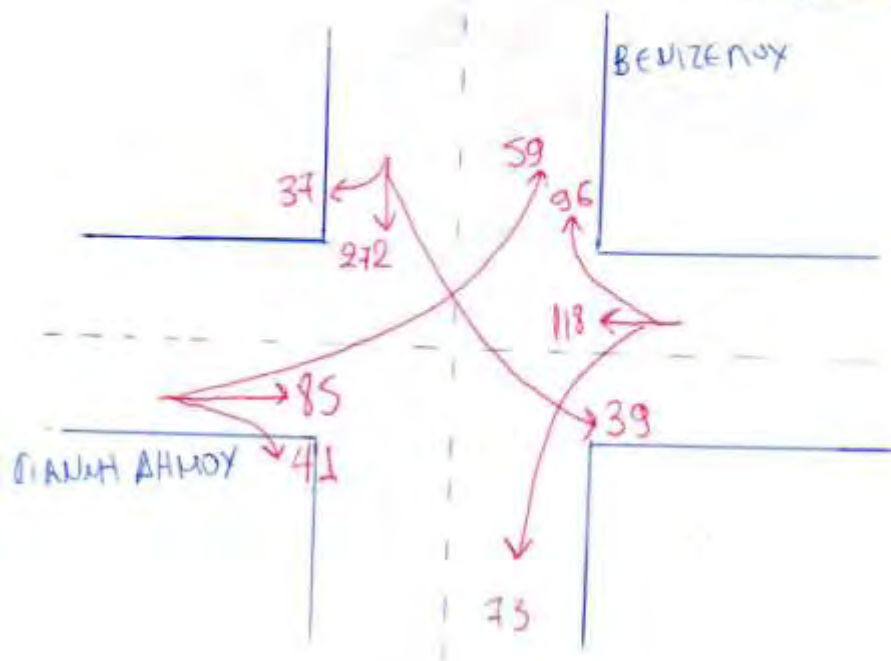
# ΚΟΜΒΟΣ 4

2012

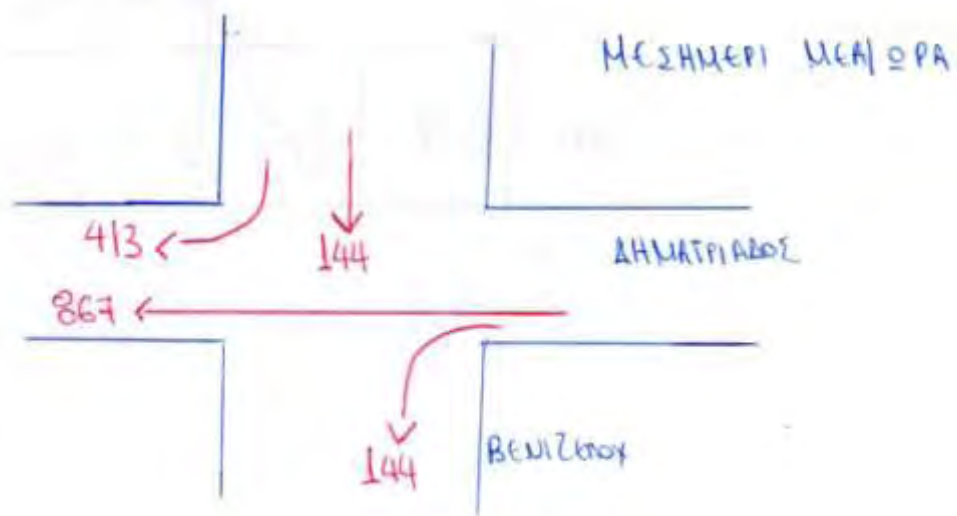
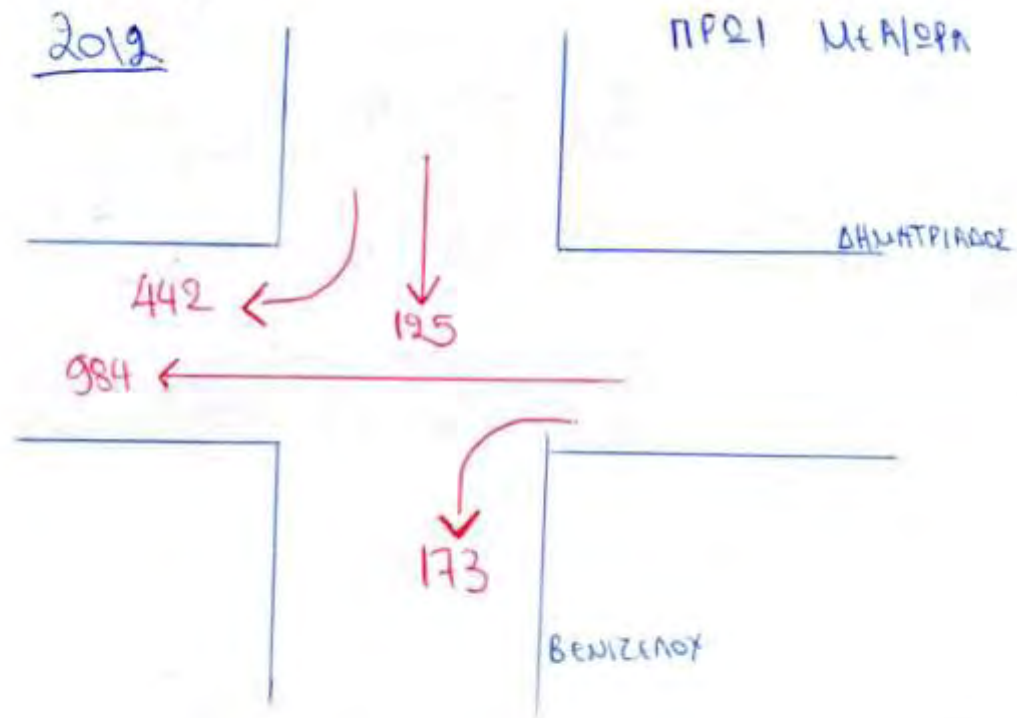
ΠΡΟΙ ΜΕΑ/ΟΡΑ



ΜΕΣΗΜΕΡΙ ΜΕΑ/ΟΡΑ

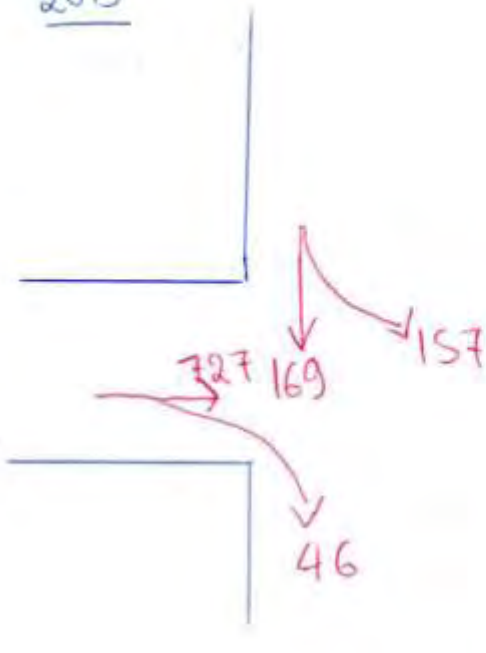


# ΚΟΜΒΟΣ 5



# ΚΟΜΒΟΣ 6

2013



ΓΡΟΙ ΜΕΓΑΛΟΡΑ

BENIZEROY

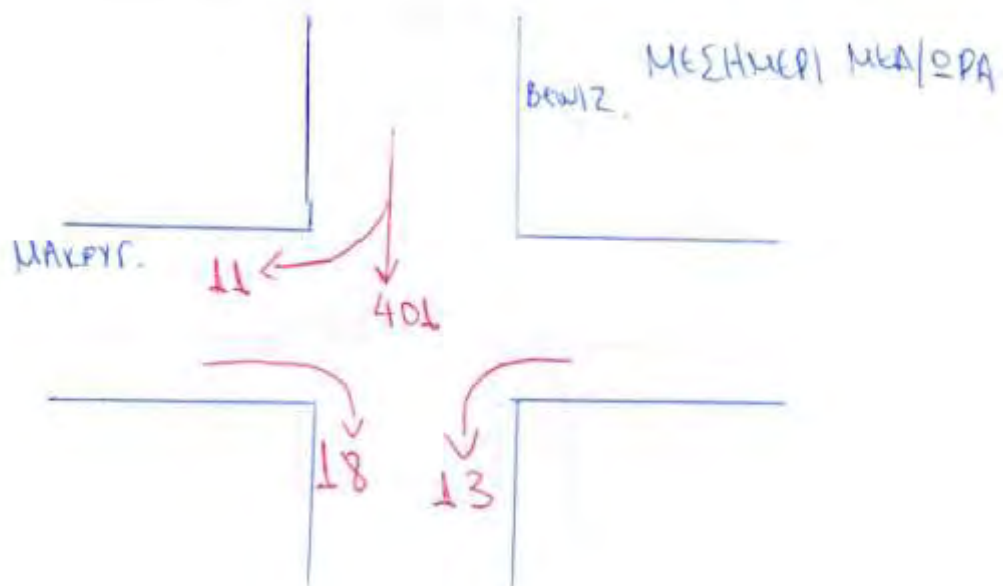
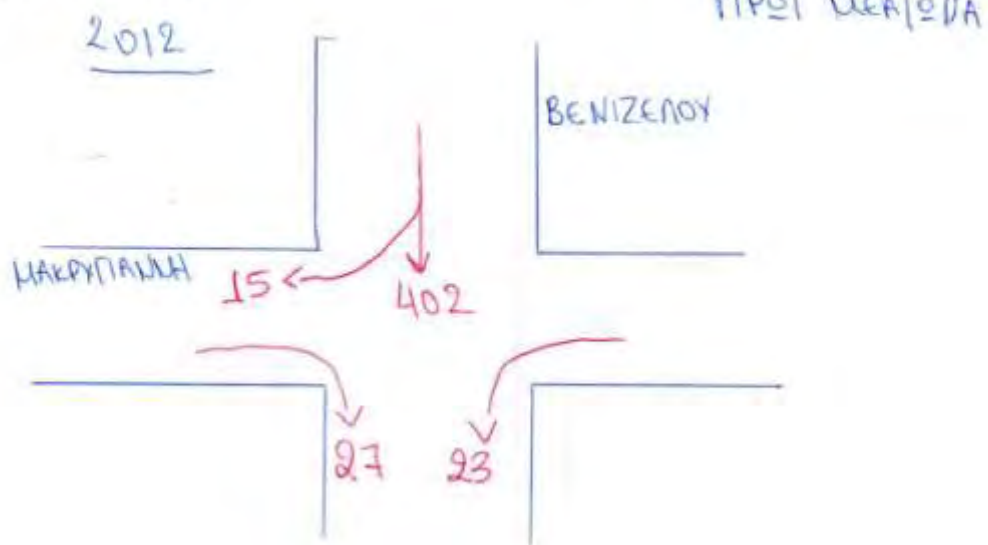
ΙΑΣΩΝΟΣ

ΜΕΣΗΜΕΡΙ ΜΕΓΑΛΟΡΑ

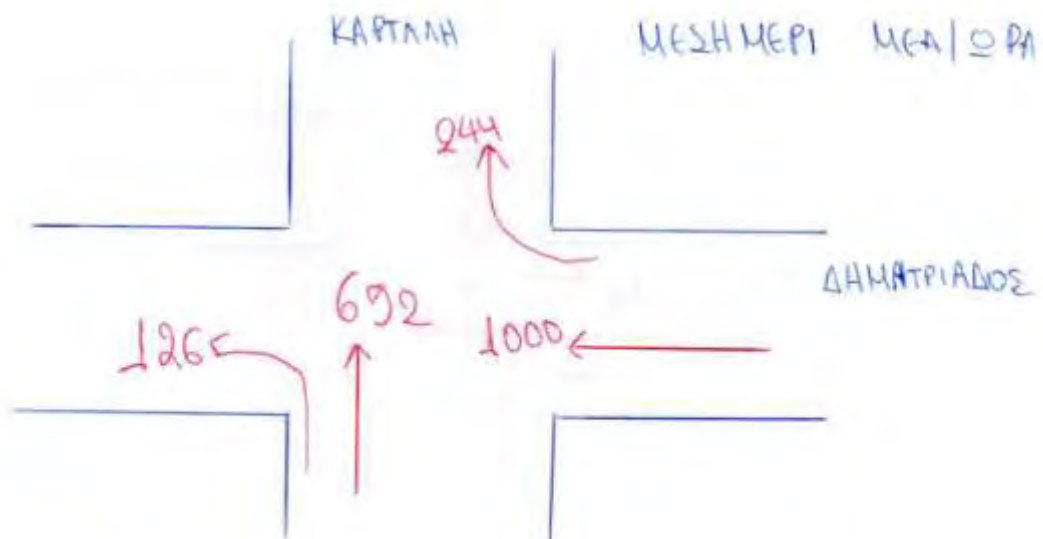
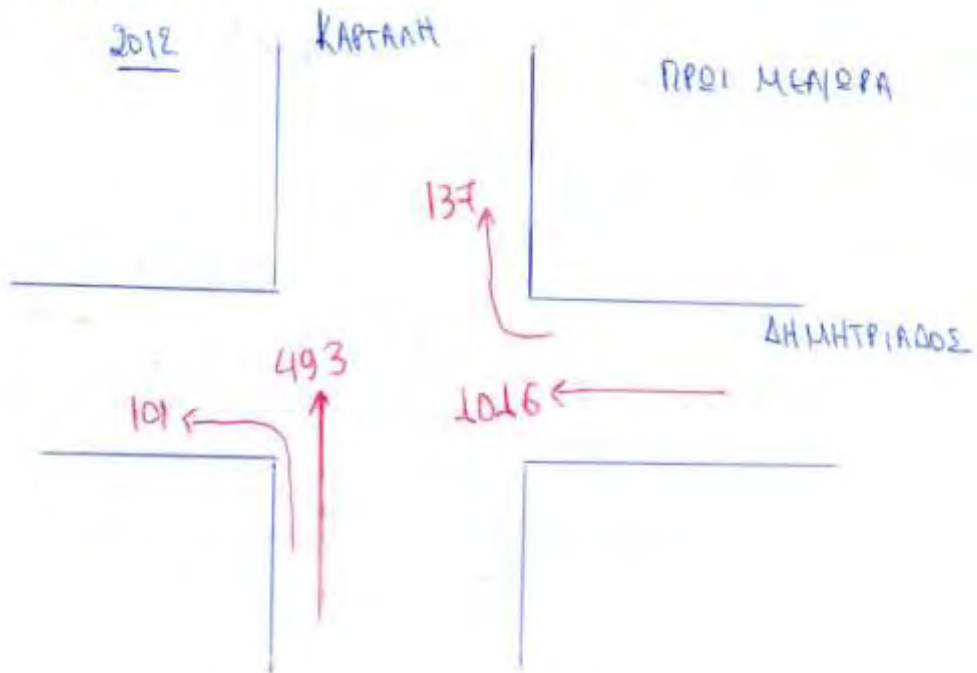
BENIZEROY

ΙΑΣΩΝΟΣ

# ΚΟΜΒΟΣ 7

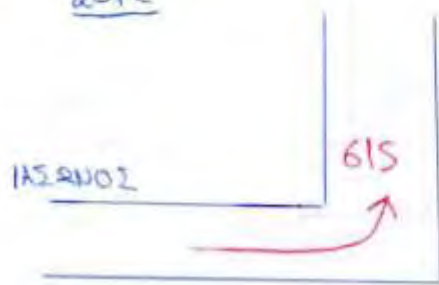


# ΚΟΜΒΟΣ 9



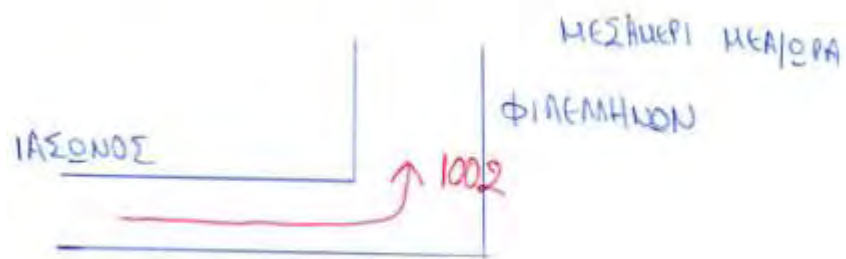
# ΚΟΜΒΟΣ 10

2012



ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

ΦΙΛΕΜΗΤΩΝ



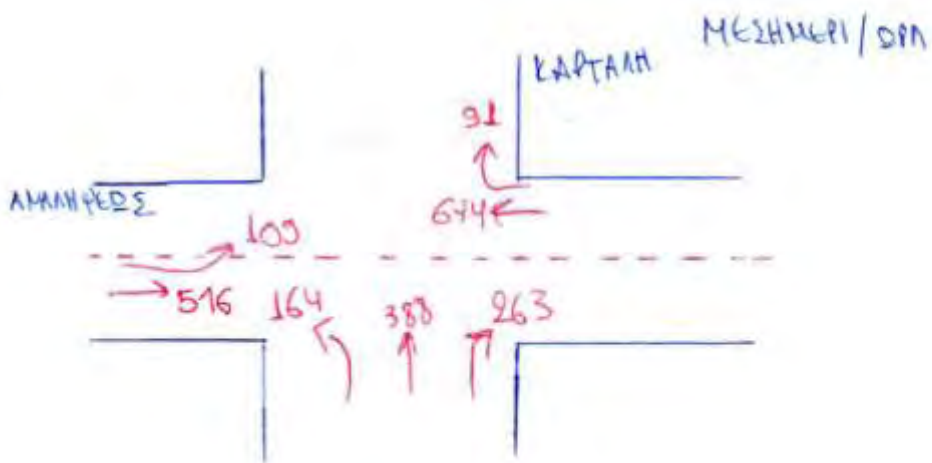
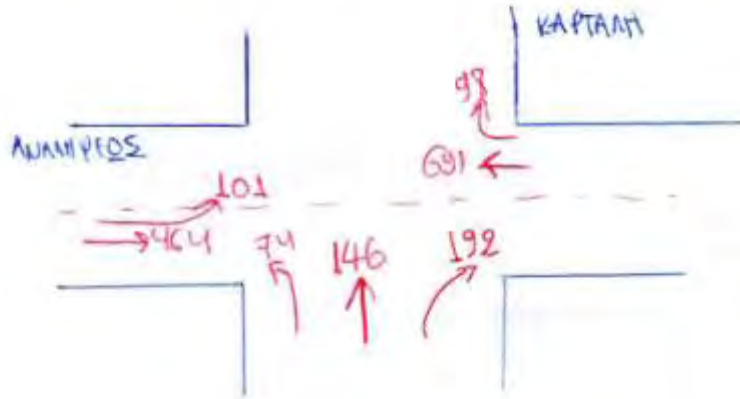
ΜΕΣΙΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

ΦΙΛΕΜΗΤΩΝ

# ΚΟΜΒΟΣ 11

2012

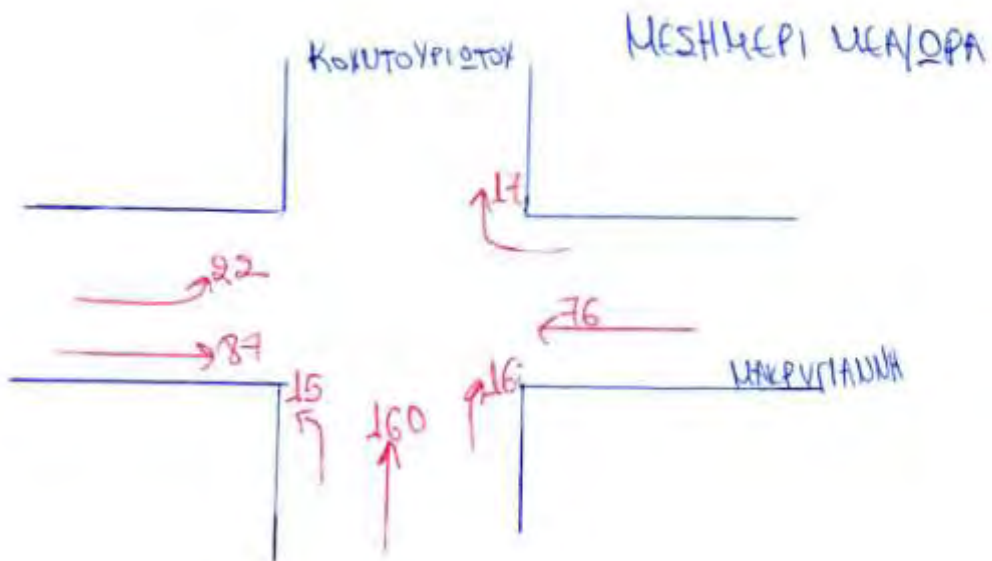
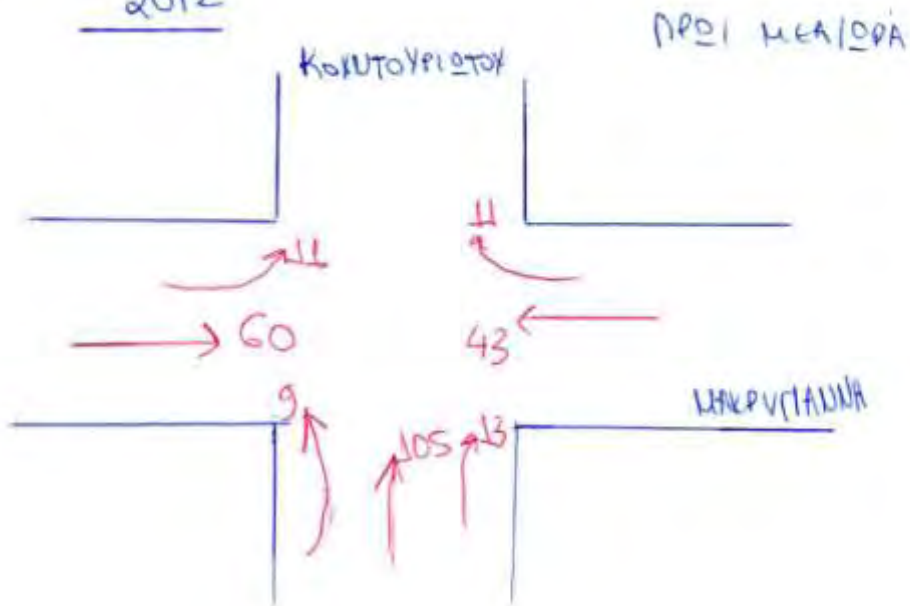
ΠΡΟΙ ΜΕΑ/ΟΡΑ





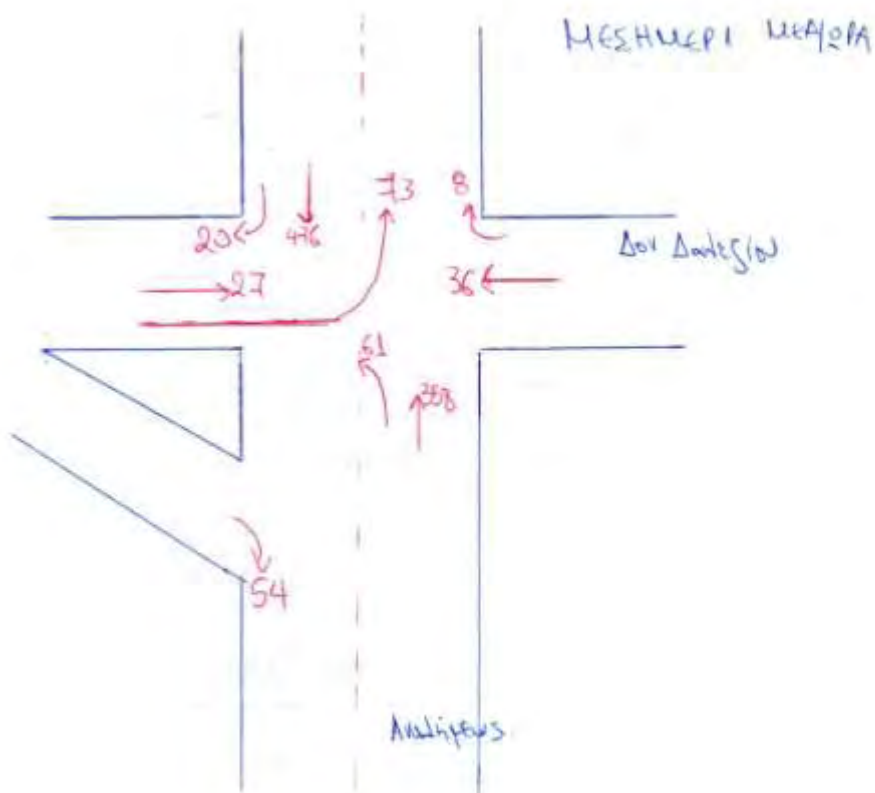
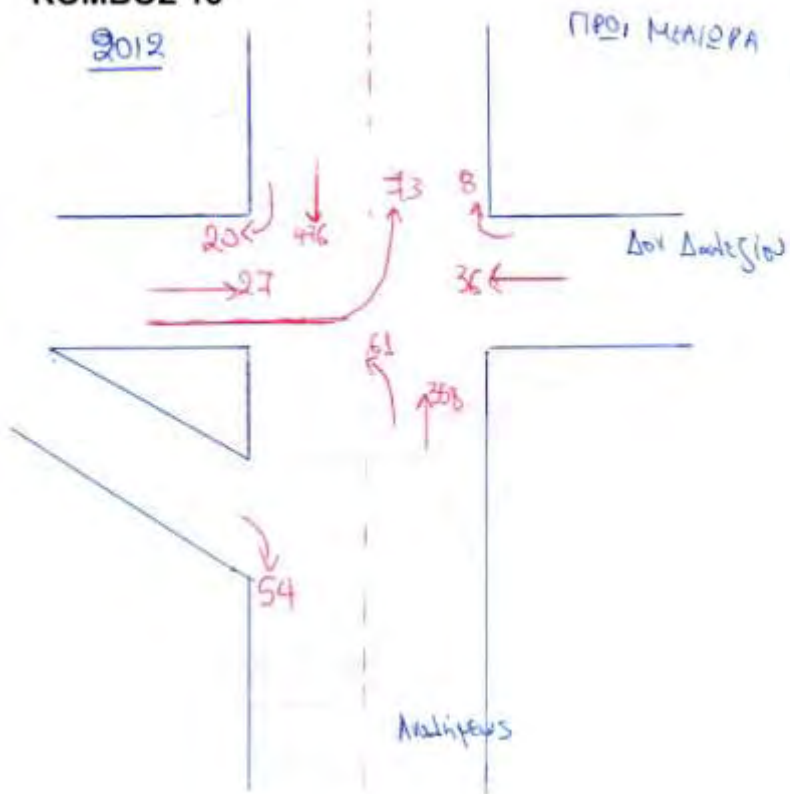
# ΚΟΜΒΟΣ 12

2012



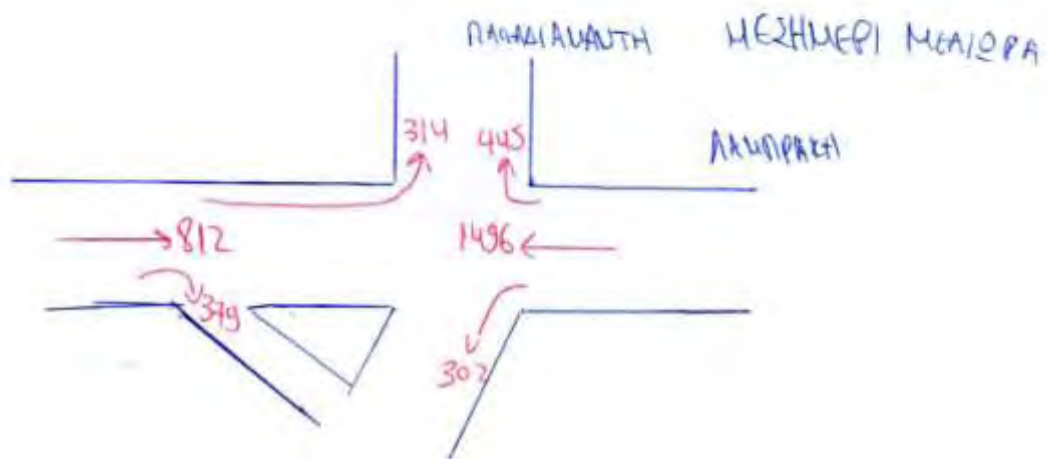
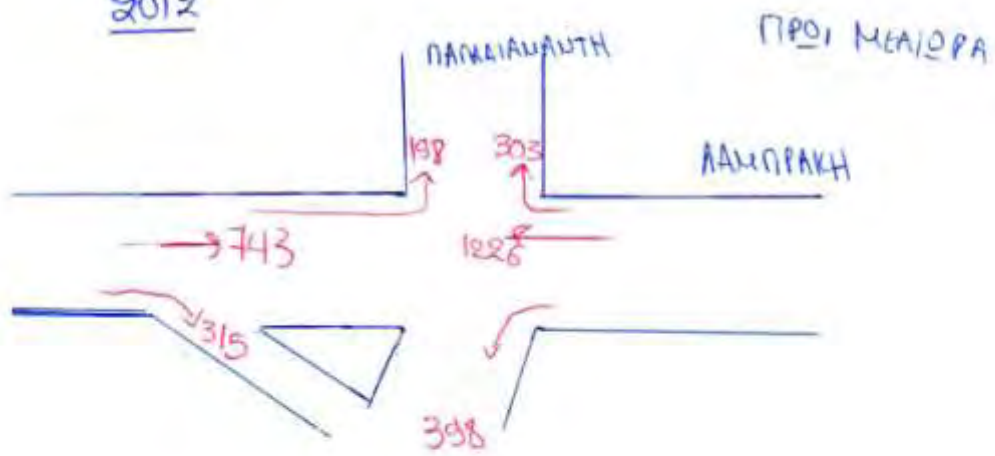
# ΚΟΜΒΟΣ 13

2012

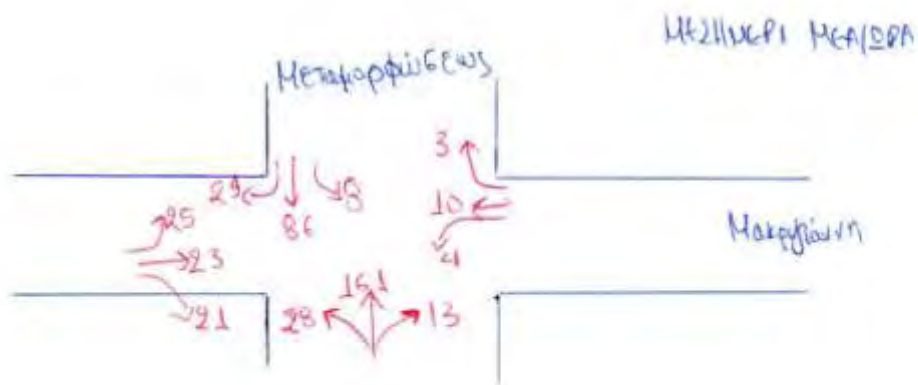
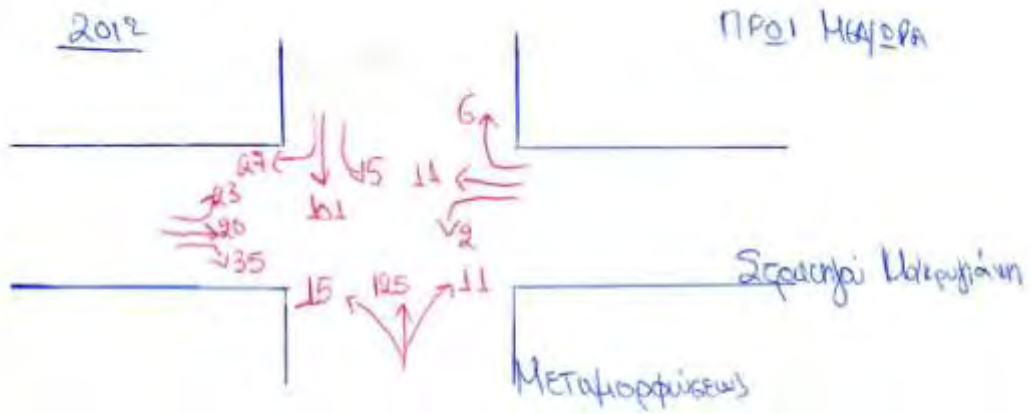


# ΚΟΜΒΟΣ 14

2012

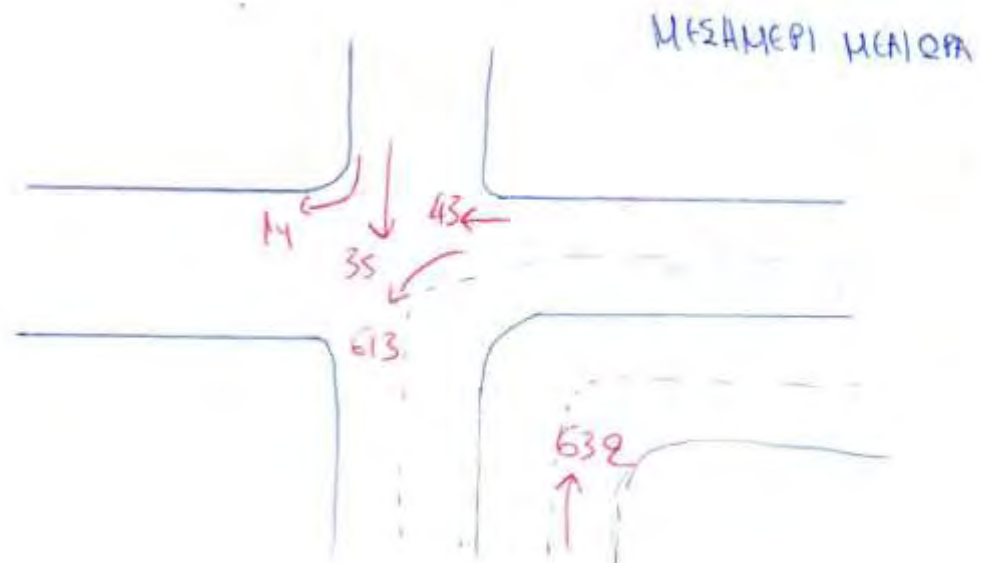
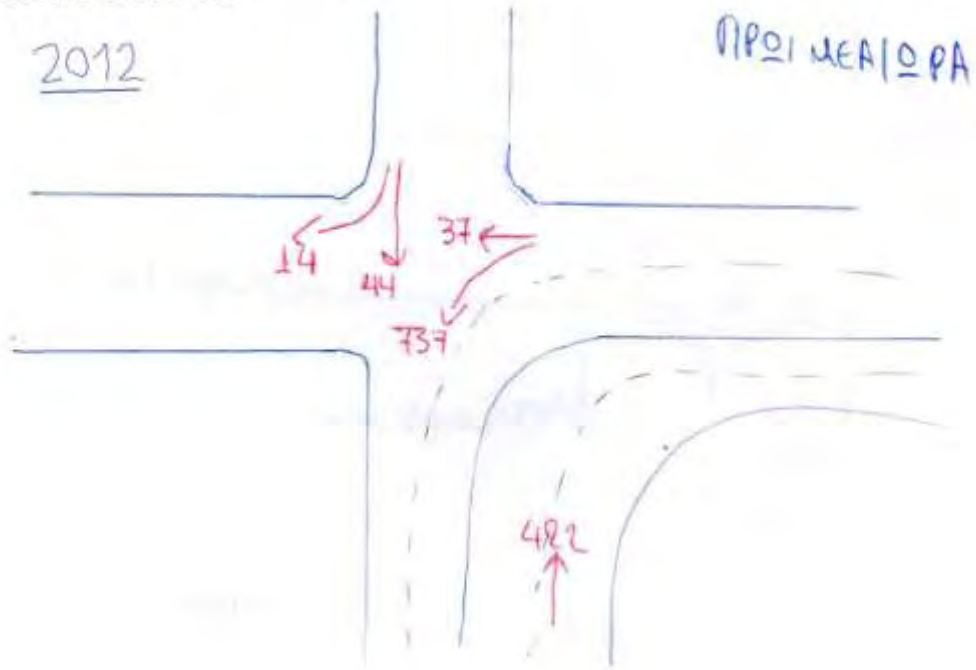


**ΚΟΜΒΟΣ 15**



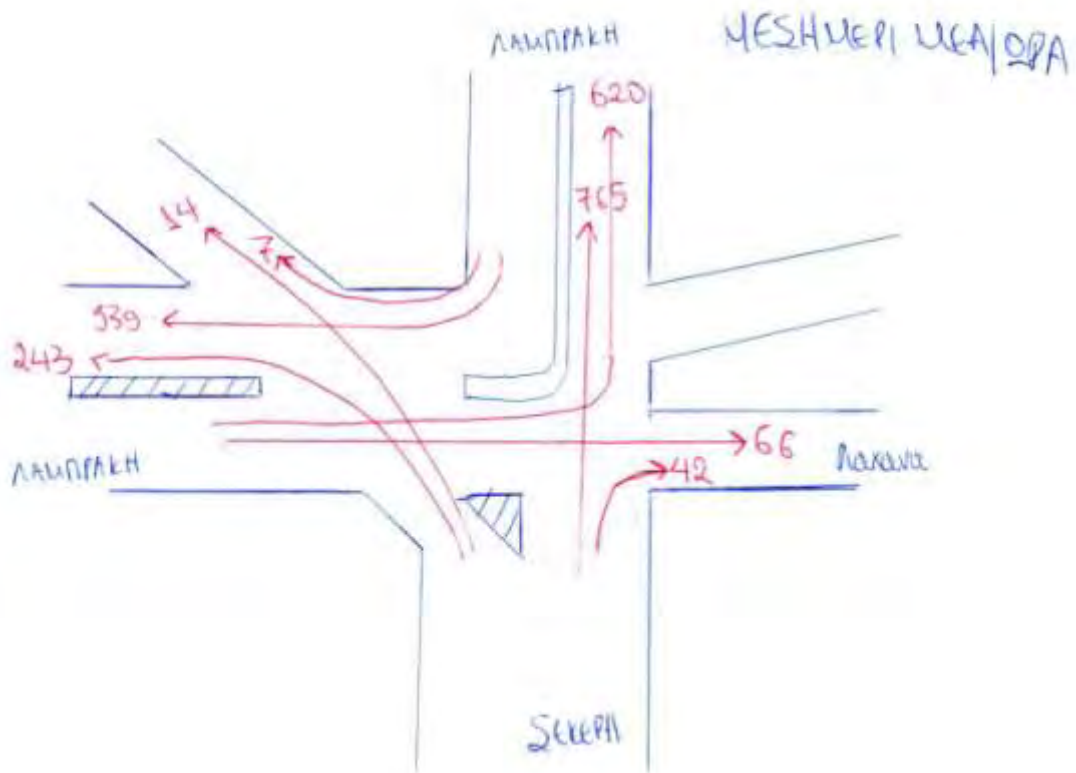
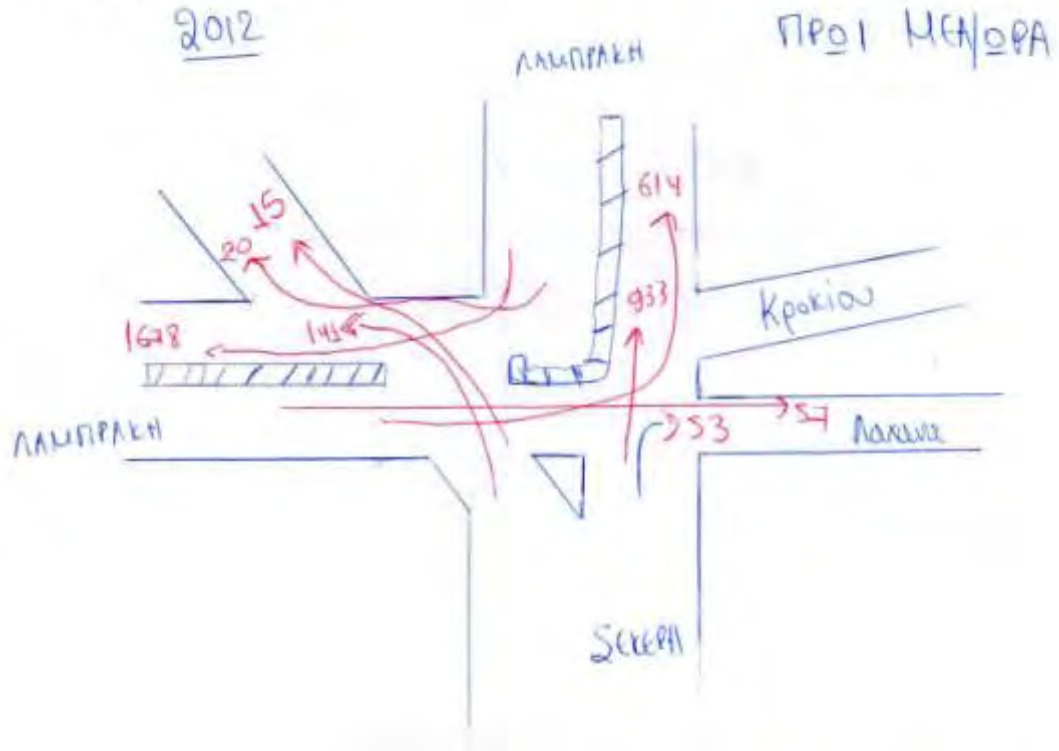
**KOMBOΣ 16**

2012



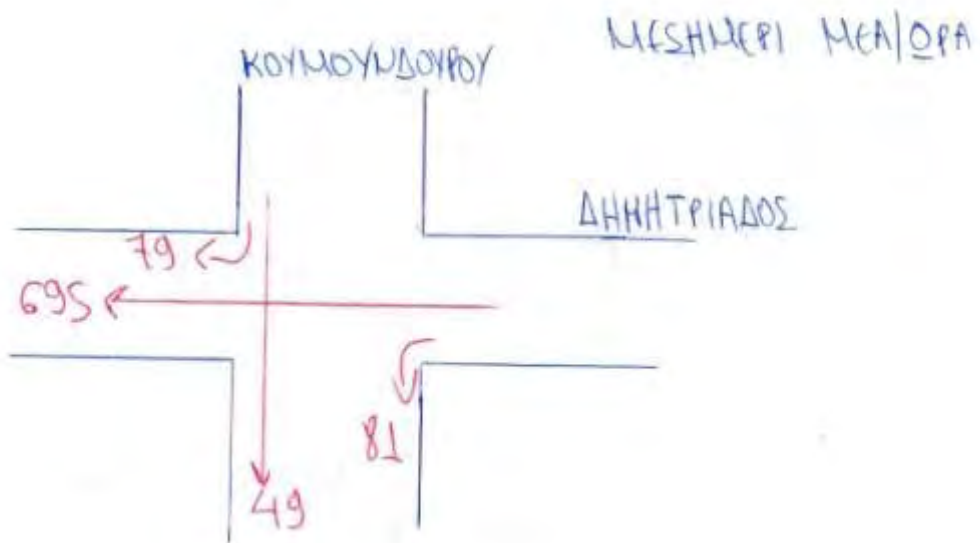
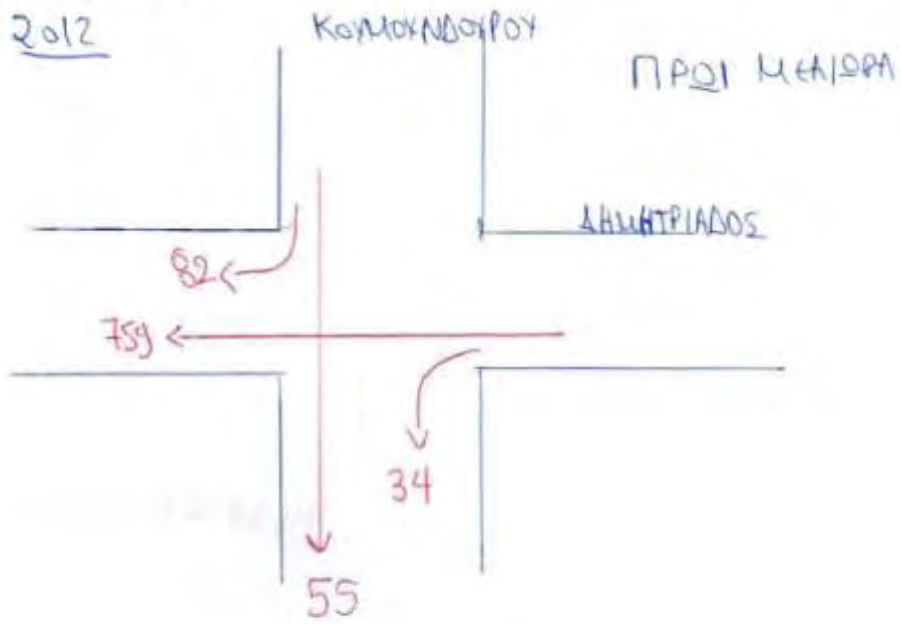
# ΚΟΜΒΟΣ 17

2012



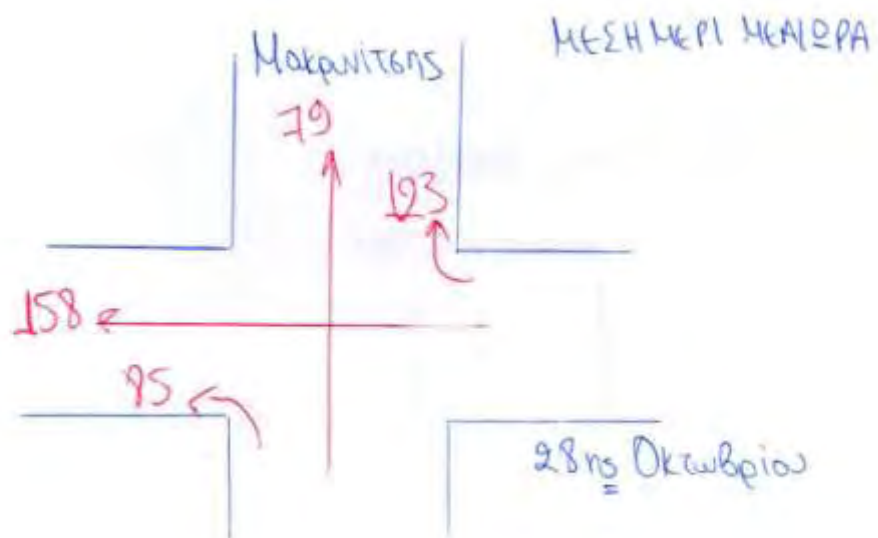
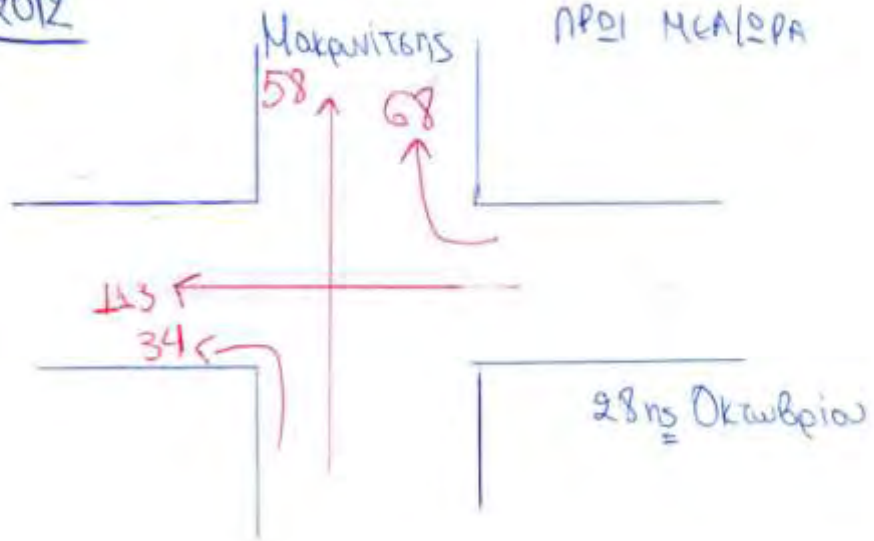
# ΚΟΜΒΟΣ 18

2012



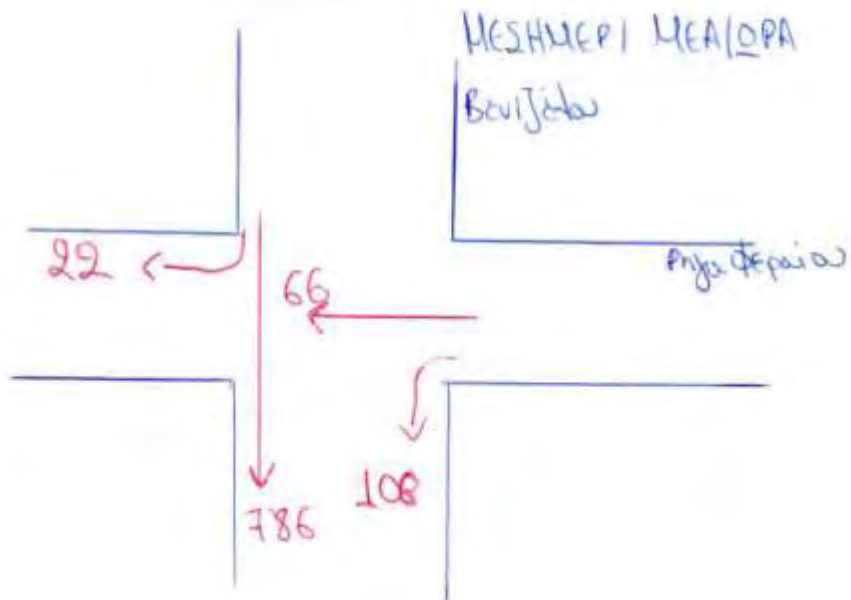
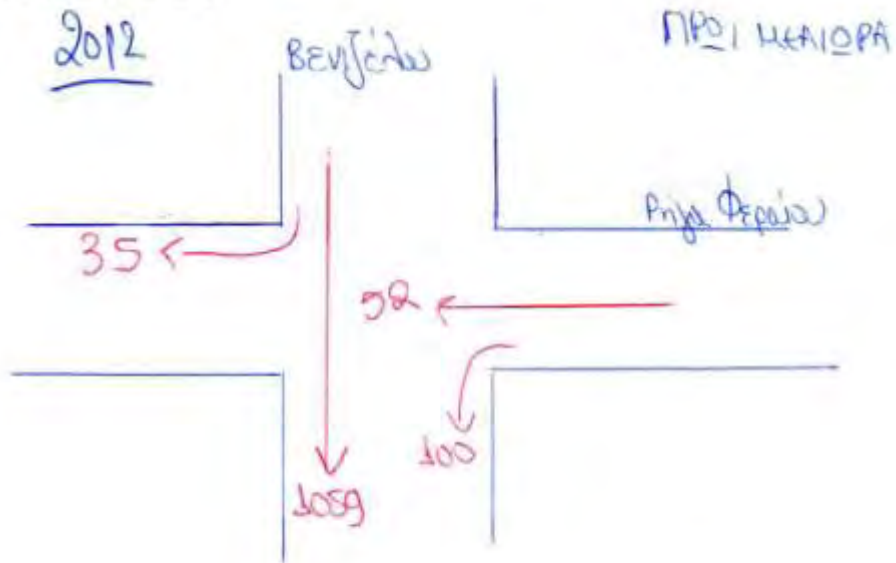
**KOMBOΣ 19**

2012



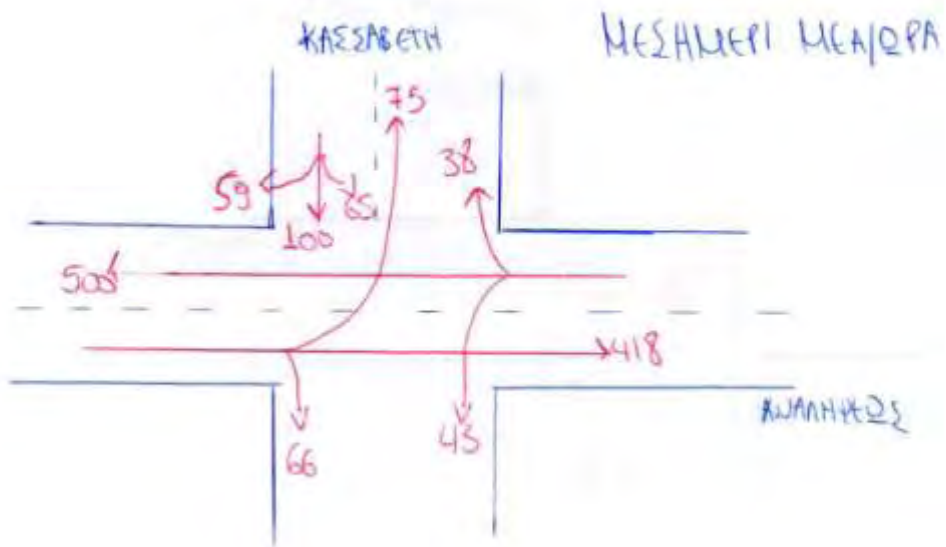
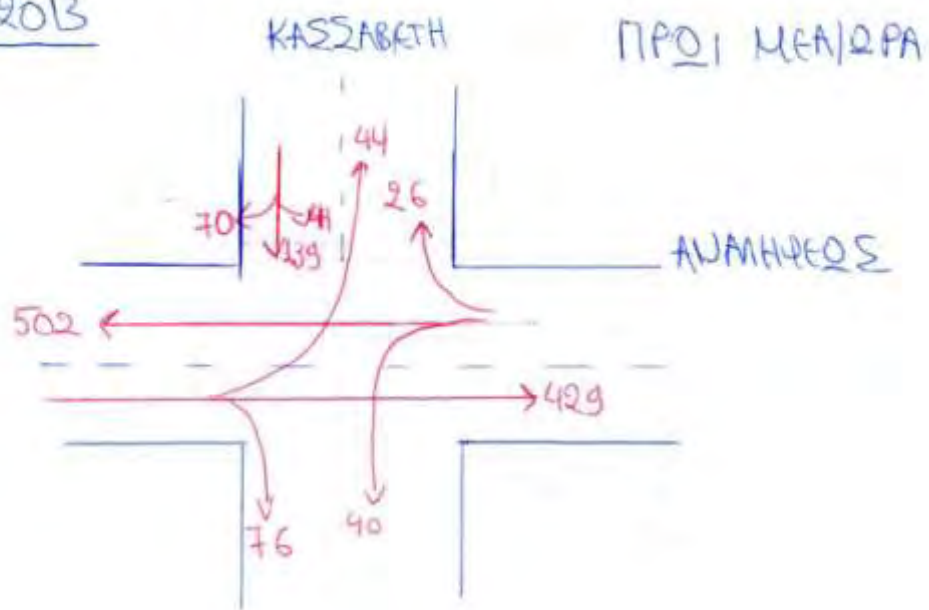


# ΚΟΜΒΟΣ 20

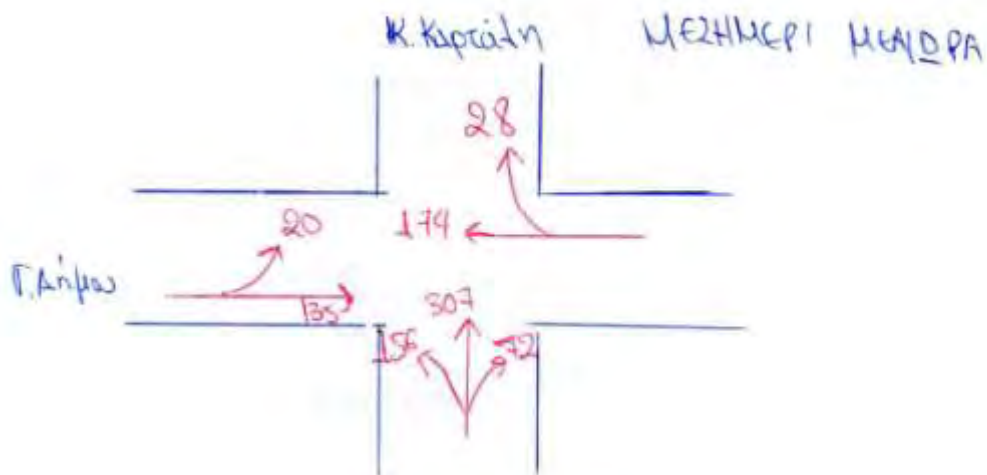
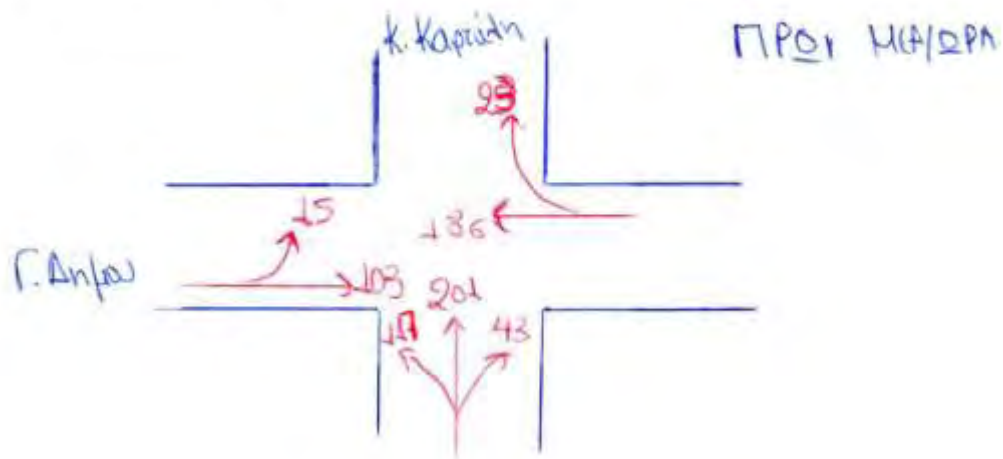


# ΚΟΜΒΟΣ 21

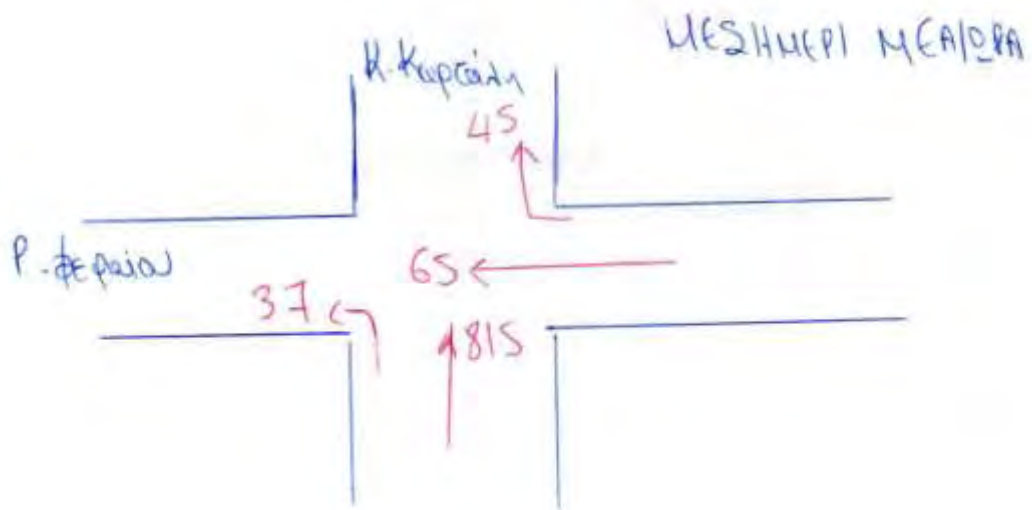
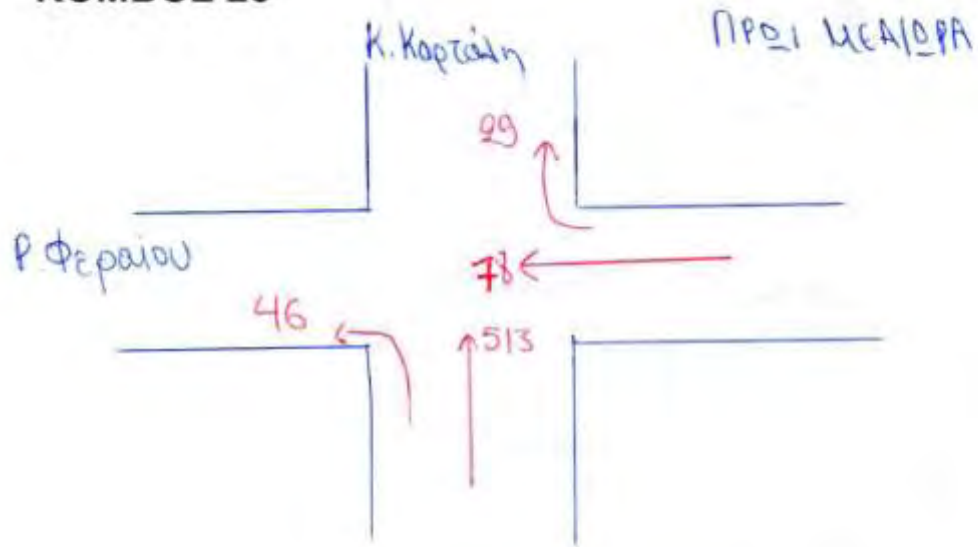
2013



## ΚΟΜΒΟΣ 22

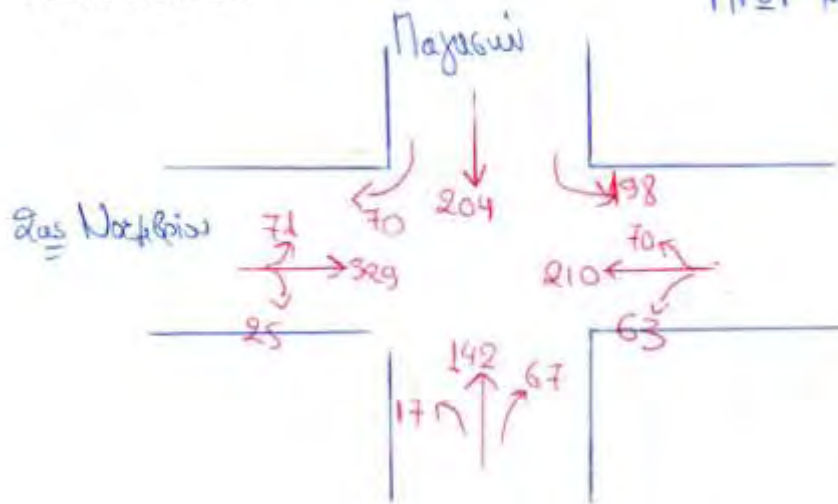


### ΚΟΜΒΟΣ 23

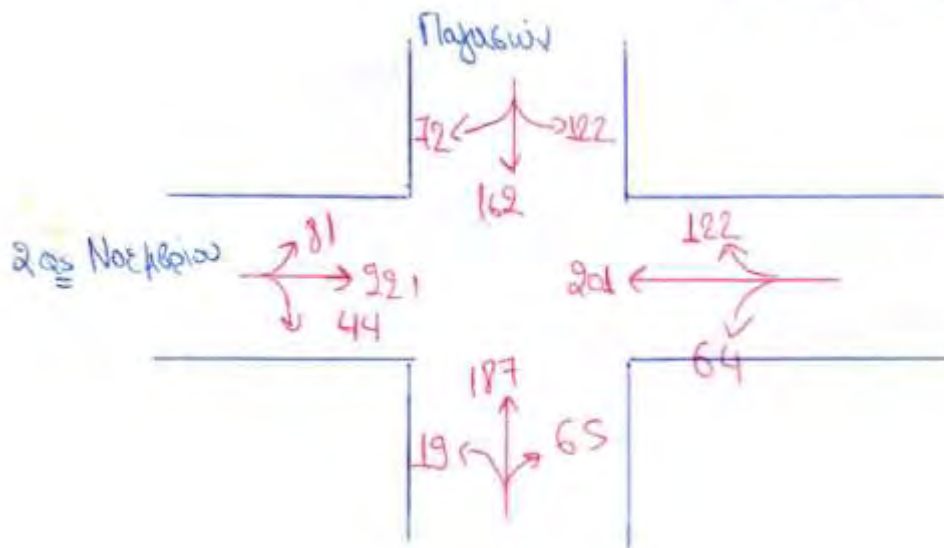


**KOMBOΣ 24**

17901 ΚΕΑ/ΩΡΑ

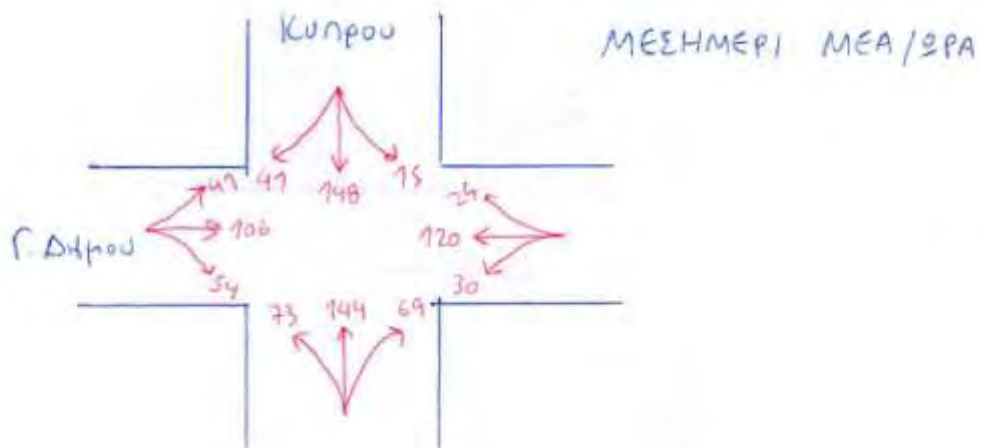
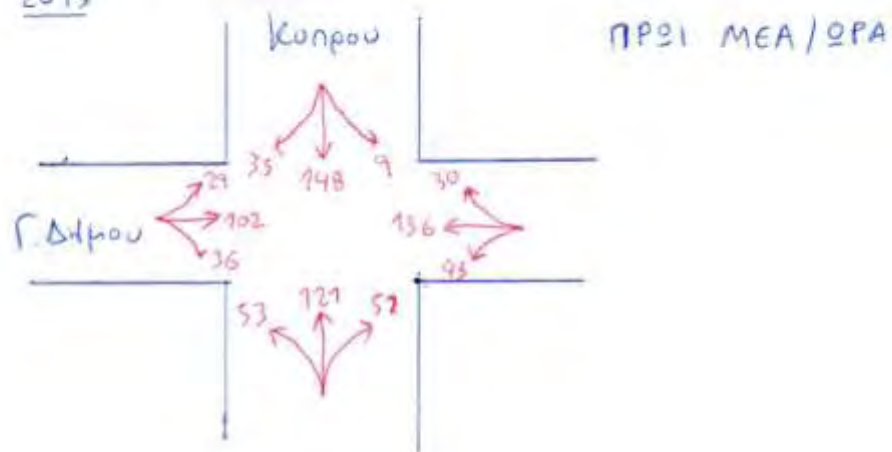


ΗΕΣΗΜΕΡΙ ΚΕΑ/ΩΡΑ

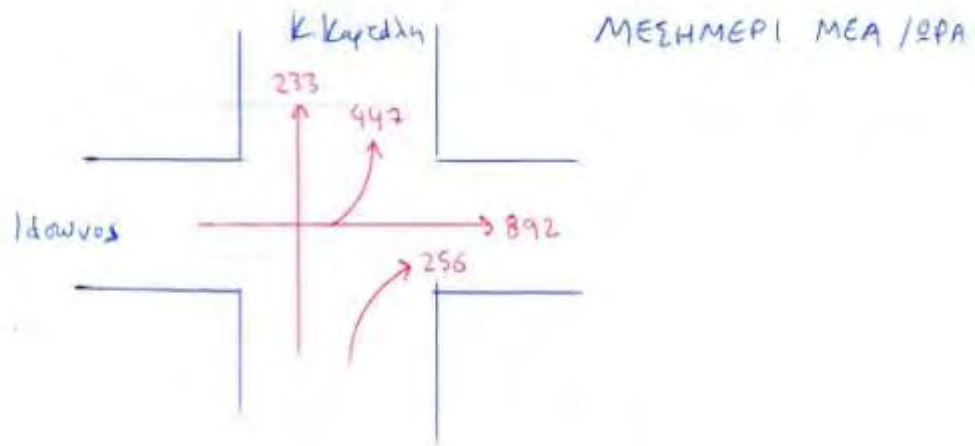
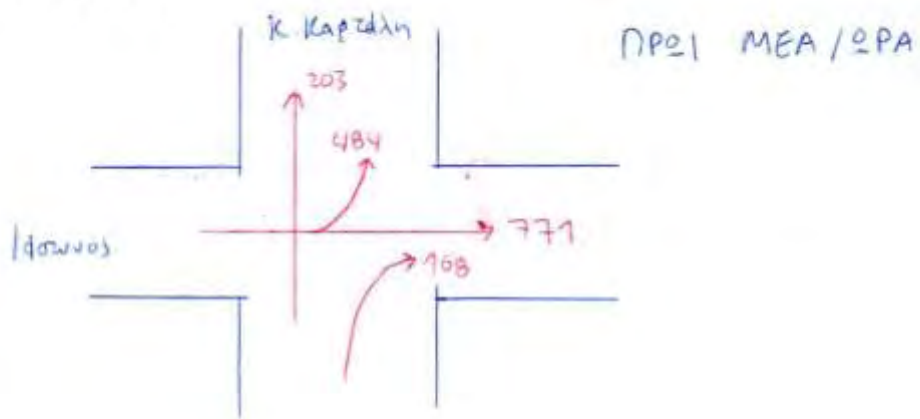


## ΚΟΜΒΟΣ 25

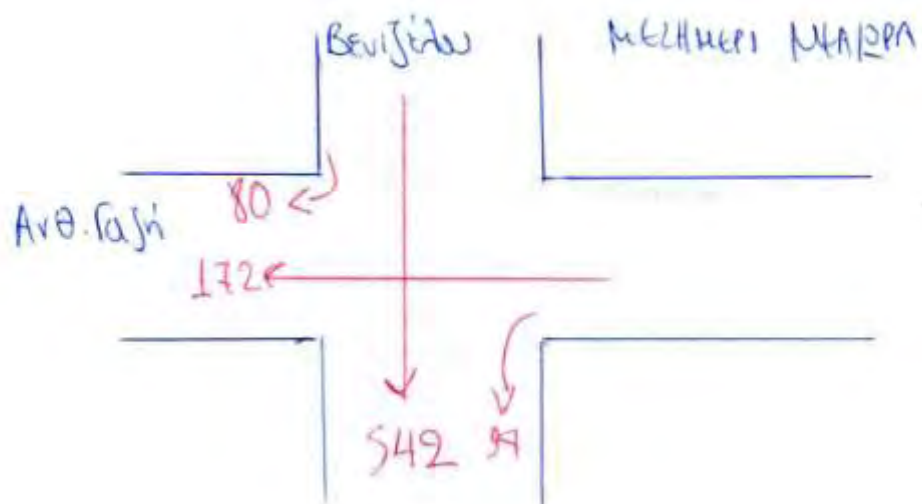
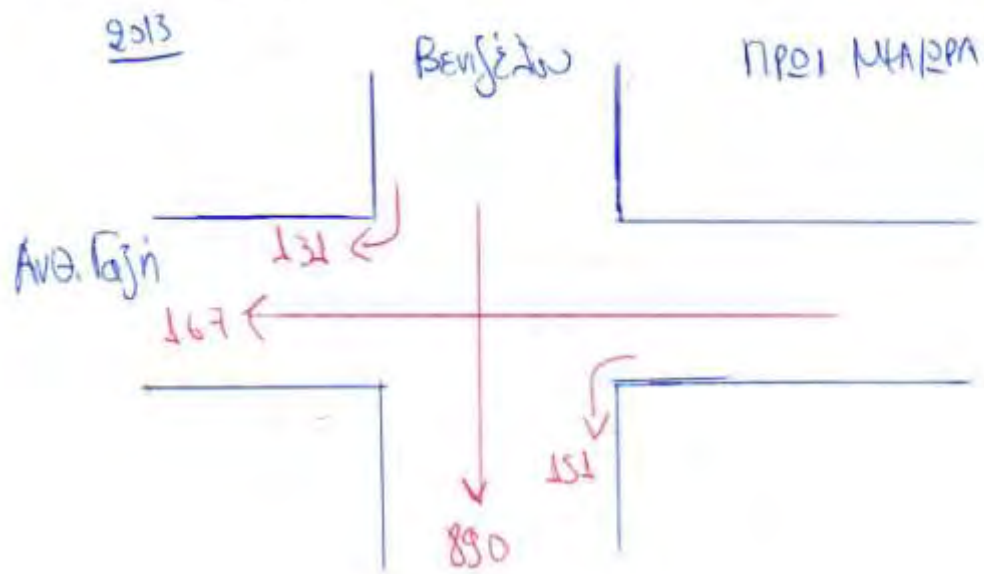
2013



## ΚΟΜΒΟΣ 26

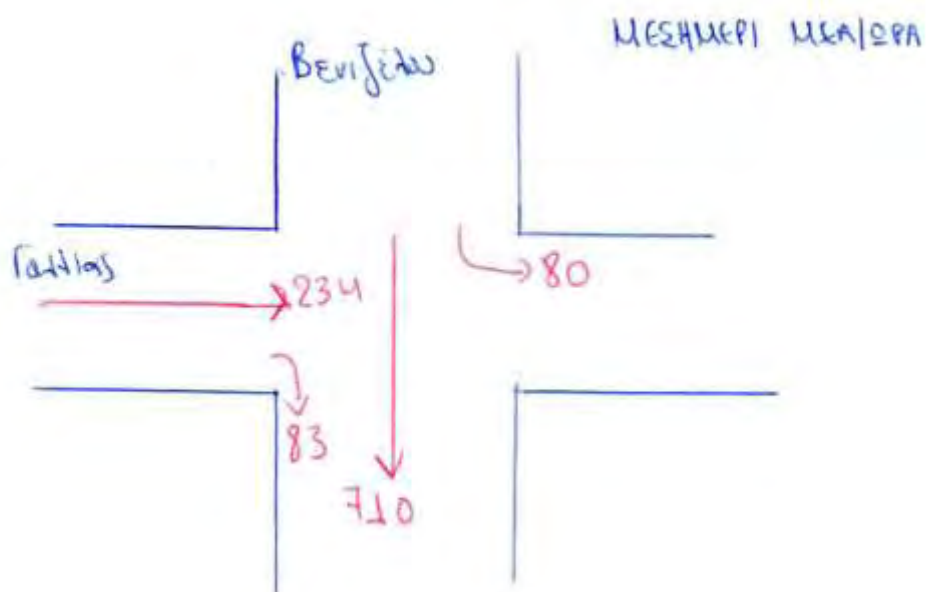
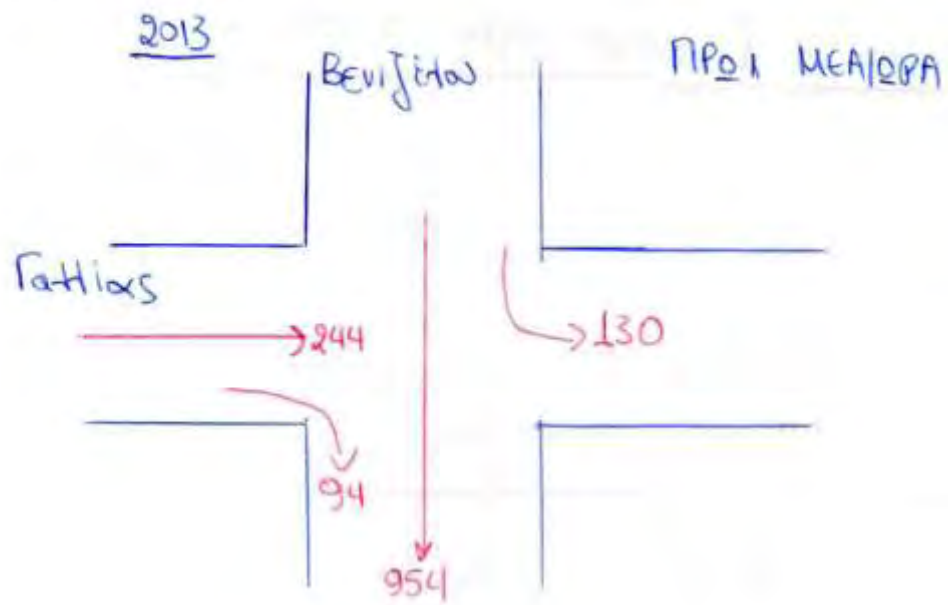


## ΚΟΜΒΟΣ 28





## ΚΟΜΒΟΣ 29



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας 1: Μητρώο Π-Π για την πρωινή αιχμή

Α/Α	Όνομα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	

Πίνακας 2: Διορθωμένο μητρώο Π-Π για την πρωινή αιχμή

Α/Α	Όνομα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	

Πίνακας 3: Μητρώο Π-Π για την μεσημεριανή αιχμή

Table with 10 columns (ID, Name, Age, Height, Weight, etc.) and 100 rows of data. The table contains numerical values for various attributes of individuals.

Πίνακας 4: Διορθωμένο μητρώο Π-Π για την μεσημεριανή αιχμή

Table with 10 columns (ID, Name, Age, Height, Weight, etc.) and 100 rows of data. This table appears to be a corrected or updated version of the data in Table 3.