



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ. «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ :
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ»**

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΜΠΕΝΑΡΔΟΣ

ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφή και η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί χωρίς την καθοδήγηση και την ουσιαστική βοήθεια του κ. Μπενάρδου Ανδρέα, Λέκτορα της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών ΕΜΠ. Η εμπειρία του και οι εύστοχες συμβουλές και παρατηρήσεις του συνέβαλλαν καθοριστικά στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Για τους παραπάνω λόγους, αλλά και κυρίως για το γεγονός ότι μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστούμε με τρόπο επικοινωνιακό και επιμορφωτικό, νιώθω την ανάγκη να τον ευχαριστήσω θερμά.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το φίλο και συνάδελφο Βαρδή Ιατράκη για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, και τις χρήσιμες συμβουλές του, κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους όλον αυτόν τον καιρό, αλλά και όλους τους φίλους μου για τη στήριξη και την βοήθεια που μου προσέφεραν με βάση την εμπειρία τους από τις δικές τους διπλωματικές εργασίες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	V
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	VI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	VII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
1.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ	3
1.2 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΣΤΑ ΟΔΙΚΑ ΕΡΓΑ.....	6
1.3 ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ-ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ.....	8
1.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	10
2. ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	13
2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	13
2.1.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	13
2.1.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΠΟΣΟΥ	14
2.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	15
2.1.4 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΥ	16
2.1.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	18
2.2 ΚΟΣΤΟΣ.....	19
2.3 ΟΦΕΛΟΣ	26
2.3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ (CBA).....	27
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	31
3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΜΑΤΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	31
3.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ)	33
3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	35
3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	36
4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	41
4.1 ΚΟΣΤΟΣ.....	41
4.1.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ	41
4.1.2 ΜΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ	43

4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριο τμήμα).....	45
4.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	45
4.2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	47
4.3 ΚΟΣΤΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	50
4.3.1 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	51
4.3.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	56
4.4 ΟΦΕΛΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ-ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ.....	63
4.4.1 ΟΦΕΛΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ	64
4.4.2 ΟΦΕΛΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	64
4.4.3 ΟΦΕΛΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	65
4.4.4 ΛΟΙΠΑ ΟΦΕΛΗ.....	67
5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	69
5.1 ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	69
5.2 ΦΟΡΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	71
5.3 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	73
5.3.1 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ	73
5.3.2 .ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	75
5.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	77
5.5 ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	78
5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΟΔΙΩΝ	79
5.7 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριου τμήματος)	79
5.8 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριου τμήματος).....	80
5.9 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	81
5.10 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	83
5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΞΙΑΣ ΧΡΟΝΟΥ ΧΡΗΣΤΩΝ	84
5.12 ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	87
5.13 ΚΟΣΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	89
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	93
6.1 ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΜΑ (excel).....	93
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΥΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	95
6.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	97

6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ	114
6.5 ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΛΟΚΟΒΑΣ.....	117
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	121
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	I

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ελληνικό οδικό δίκτυο από Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (ΤΕΟ) 5

Εικόνα 2. Συνδυασμός κοιλαδογέφυρας-σηράγγων (Εγνατία Οδός-Μέτσοβο) 7

Εικόνα 4. Έρευνες δείχνουν πως τα έξοδα που αφορούν τη λειτουργία ενός έργου μπορούν να ξεπεράσουν τα 2/3 του συνολικού κόστους του έργου..... 21

Εικόνα 5. Σχηματικά η επιλογή της βέλτιστης λύσης με τη χρήση εναλλακτικών σεναρίων. . 23

Εικόνα 4. Έρευνες δείχνουν πως τα έξοδα που αφορούν τη λειτουργία ενός έργου μπορούν να ξεπεράσουν τα 2/3 του συνολικού κόστους του έργου. **Error! Bookmark not defined.**

Εικόνα 5. Σχηματικά η επιλογή της βέλτιστης λύσης με τη χρήση εναλλακτικών σεναρίων. **Error! Bookmar**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κατανομή κόστους στις σήραγγες της Εγνατίας (Λαμπρόπουλος, 2005).....	52
Πίνακας 1. Ε.Μ.Η.Κ. ανά τμήματα της Εγνατίας Οδού (2004-2006).....	72
Πίνακας 2.Αναλογίες ταχύτητας κίνησης και κόστους χρήσης οχημάτων (αναπροσαρμοσμένες τιμές στο 2013).....	88
Πίνακας 6.1. Στοιχεία μετακινούμενων οχημάτων και επιβατών.....	94
Πίνακας 6.2. Δεδομένα και συντελεστές της ανάλυσης.....	94
Πίνακας 6.3. Αποτελέσματα μελέτης ανά κυκλοφοριακό φόρτο.	113
Πίνακας 6.4 Οι χιλιομετρικές σχέσεις ανάλογα με το πέτρωμα χωρίς την επίδραση των αποτιμήσεων κόστους μετακίνησης.....	115
Πίνακας 6.5 “Νεκρό σημείο” σεναρίων ανάλογα την κατηγορία πετρώματος και τον κυκλοφοριακό φόρτο.....	116
Πίνακας 6.6 Μεταβολή του “νεκρού σημείου” με την επίδραση του κόστους μετακίνησης.....	116

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 6.1 Αθροιστικό κόστος παραμέτρων ανοιχτού δρόμου (ΚΠΑ).....	98
Διάγραμμα 6.2 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-5.000 οχήματα).....	99
Διάγραμμα 6.3 Αθροιστικό κόστος παραμέτρων σήραγγας (ΚΠΑ)	99
Διάγραμμα 6.4 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-5.000 οχήματα).....	100
Διάγραμμα 6.5 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ)	101
Διάγραμμα 6.6 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 5.000 οχ.).....	101
Διάγραμμα 6.7 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 5.000 οχ.).....	102
Διάγραμμα 6.8 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 5.000 οχ.).....	102
Διάγραμμα 6.9 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.	103
Διάγραμμα 6.10 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-10.000 οχημάτων).	104
Διάγραμμα 6.11 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-10.000 οχήματα).....	105
Διάγραμμα 6.12 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ) ...	105
Διάγραμμα 6.13 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 10.000 οχ.).....	106
Διάγραμμα 6.14 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 10.000 οχ.).....	107
Διάγραμμα 6.15 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 10.000 οχ.).....	107
Διάγραμμα 6.16 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.	108
Διάγραμμα 6.17 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-15.000 οχημάτων).	109
Διάγραμμα 6.18 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-15.000 οχημάτων).	109
Διάγραμμα 6.19 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ) ...	110
Διάγραμμα 6.20 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 15.000 οχ.).....	111
Διάγραμμα 6.21 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 15.000 οχ.).....	111
Διάγραμμα 6.22 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 15.000 οχ.).....	112
Διάγραμμα 6.23 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.	112
Διάγραμμα 6.24 Χιλιομετρική σχέση με το κέρδος που παρουσιάζει ο κάθε φόρτος.	114
Διάγραμμα 6.25. Διάγραμμα κόστους-οφέλους από τη σύγκριση των δύο σεναρίων (Κλόκοβα)	119

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση των σεναρίων προσπέλασης εμποδίου κατά τη χάραξη ενός οδικού έργου και η εύρεση των σχέσεων που καθιστούν τη μια από τις δύο λύσεις αποδοτικότερη. Τα σενάρια που αναλύονται είναι αυτό της διάνοιξης σήραγγας για την αποφυγή του εμποδίου, και αυτό του επιφανειακού αυτοκινητόδρομου που παρακάμπτει το εμπόδιο, δημιουργώντας μεγαλύτερη χιλιομετρική διαδρομή. Αναζητείται η χιλιομετρική σχέση για την οποία τα σενάρια ισοδυναμούν κοστολογικά, ώστε να είναι φανερό πότε υπερτερεί το κάθε ένα.

Παρουσιάζονται τα οικονομικά κριτήρια και στοιχεία που απαιτούνται για την επιτυχή ανάλυση και σύγκριση. Επίσης βάσει αυτών, καθορίζονται οι μέθοδοι υπολογισμού του κόστους του κάθε σεναρίου καθώς και τα δυνητικά οφέλη που δημιουργούνται από την εκάστοτε επιλογή.

Υπολογίζονται για τυπικά δεδομένα του ελλαδικού χώρου, οι σχέσεις ισοδυναμίας που δημιουργούνται μεταξύ των δύο τεχνικών σεναρίων, σε σχέση με το πλήθος των μετακινούμενων οχημάτων (κυκλοφοριακός φόρτος). Ακόμη υπολογίζονται οι χιλιομετρικές σχέσεις μεταξύ των σεναρίων σε σχέση με την ποικιλομορφία που μπορεί να συναντηθεί στο εδαφικό υπόβαθρο. Τέλος παρατίθεται εφαρμογή των αναλύσεων σε πραγματικά δεδομένα, με πρακτικό παράδειγμα την αναζήτηση βέλτιστης επιλογής για την Ιόνια Οδό και συγκεκριμένη την προσπέλαση του όρους Κλόκοβα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως, σε συνάρτηση με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του για αγαθά, μετακίνηση και επικοινωνία τις τελευταίες δεκαετίες, καταδεικνύουν με τον πιο έντονο τρόπο τη σημασία των οδικών έργων σήμερα. Είτε πρόκειται για έργα εθνικής εμβέλειας είτε για προσπάθειες διεθνών συμπράξεων, τα συγκοινωνιακά έργα κατέχουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ανάπτυξης και της ανταγωνιστικότητας μιας κοινωνίας καθώς και στο βιοτικό επίπεδο των μελών της.

Η πολυπλοκότητα του διεθνούς ανταγωνισμού στις ταχύτατα αναπτυσσόμενες οικονομίες του σήμερα, μπορεί να αντιμετωπιστεί με ισόρροπη και αποκεντρωμένη ανάπτυξη που οδηγεί με τη σειρά της στην αναδιάρθρωση και στην εξέλιξη των κοινωνιών. Η επίτευξη αυτού του στόχου περνάει και μέσα από τη δημιουργία οδικών δικτύων που θα επιτρέπουν και θα υποστηρίζουν με επιτυχία την προσπάθεια για αποκέντρωση (Καλτσούνης, 2007).

Με την πάροδο των χρόνων όλο και περισσότερες μελέτες καταλήγουν στην επίδραση που είχε η έλλειψη των κατάλληλων υποδομών στην οικονομική ύφεση στην Ευρώπη αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο τη δεκαετία του '80. Η συγκεκριμένη δεκαετία θεωρείται για την Ευρωπαϊκή Ένωση, μια περίοδος με περιορισμένες επενδυτικές προσπάθειες στο χώρο των οδικών έργων. Αυτό οδήγησε σε ακαμψίες, βραδύτητες και δυσλειτουργίες, οι οποίες όπως περιγράφεται στη Λευκή Βίβλο της Ε.Ε.(1994), έφεραν ευθύνη για την περιορισμένη ανταγωνιστική ικανότητα αλλά και τα μεγάλα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα που αντιμετώπισε η Ευρώπη στο διάστημα αυτό.

Κατανοώντας το πρόβλημα αυτό κατά τη δεκαετία του '90 η Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και η Ιαπωνία, στράφηκαν στις επενδύσεις για την ανάπτυξη των οδικών δικτύων. Κατάφεραν με αυτόν τον τρόπο, να δημιουργήσουν σχέσεις αλληλοτροφοδότησης, επιτρέποντας την περαιτέρω κοινωνικοοικονομική τους ανάπτυξη. Συγκεκριμένα στις χώρες της Ευρώπης, έγινε συγκροτημένη προσπάθεια για δημιουργία διευρωπαϊκών οδικών δικτύων, τα οποία

θεωρούνται απαραίτητα για τη βελτίωση των επιδόσεων της οικονομίας, αλλά και των συνθηκών διαβίωσης. Όπως άλλωστε φαίνεται και μέσα από το Λευκό Βιβλίο για την ανάπτυξη, την ανταγωνιστικότητα και την απασχόληση, που εξέδωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση το 1994, η ανάπτυξη των ευρωπαϊκών οδικών δικτύων αποτέλεσε το εφελθτήριο για την επανεκκίνηση των οικονομιών δημιουργώντας νέες αγορές και μοιραία καινούριες θέσεις απασχόλησης. Έτσι τα οδικά δίκτυα που δημιουργήθηκαν κατά μήκος όλης της Ευρώπης έγιναν οι κύριοι αποδέκτες των χερσαίων μετακινήσεων και οι εκφραστές της χερσαίας εμπορικής δραστηριότητας.

Οι εξελίξεις αυτές δεν θα μπορούσαν να αφήσουν ανεπηρέαστη και την Ελλάδα στην οποία κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες η πορεία της δημιουργίας των νέων οδικών δικτύων, αν και συνάντησε σοβαρά εμπόδια και καθυστερήσεις, κρίνεται ως ανοδική. Τα τελευταία είκοσι χρόνια σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν, ή βρίσκονται ακόμα σε φάση κατασκευής, μεγάλοι οδικοί άξονες, οι οποίοι καταφέρνουν να ενώνουν και να εξυπηρετούν το μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής επικράτειας (εικόνα 1). Ο βασικός άξονας βορρά-νότου υλοποιείται με την Π.Α.Θ.Ε.(Πάτρα – Αθήνα – Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι), υπό κατασκευή βρίσκεται η Ε.Ο. Αθηνών-Πατρών, ενώ η δημιουργία της Ιόνιας Οδού εξυπηρετεί στο σύνολο της την δυτική Ελλάδα. Επίσης η Εγνατία Οδός ολοκληρώθηκε, εξασφαλίζοντας υψηλές προδιαγραφές μετακίνησης και μεταφοράς για ολόκληρη τη Βόρεια Ελλάδα, ενώ και η ολοκλήρωση των εργασιών της Ε.Ο. Κορίνθου-Καλαμάτας παρουσιάζει βελτιώσεις για την περιοχή της Πελοποννήσου(Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012).



Εικόνα 1.1. Ελληνικό οδικό δίκτυο από Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (ΤΕΟ)

Η ανάπτυξη των οδικών δικτύων στην Ελλάδα δεν περιορίστηκε μόνο στις Εθνικές Οδούς. Τέτοιες λύσεις υιοθετήθηκαν και σε περιπτώσεις υπεραστικών αρτηριών ή για τη δημιουργία νέων αξόνων κυκλοφορίας, ώστε να εξυπηρετούν ή να παρακάμπτουν αστικά κέντρα. Η Αττική Οδός είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση, που εκτονώνει την έντονη κίνηση του κέντρου της πρωτεύουσας, εξυπηρετώντας χιλιάδες χρήστες καθημερινά με απόλυτη ασφάλεια, παρέχοντας συνθήκες μετακίνησης υψηλών προδιαγραφών. Παράλληλα αποτελεί παράδειγμα διαχείρισης των προβλημάτων που δημιουργούνται σε έντονα αστικοποιημένα περιβάλλοντα, και δεν αποκλείεται η λύση αυτή να εφαρμοστεί με διαφορετική κλίμακα και ανάλογο σχεδιασμό και σε άλλες πόλεις τις Ελλάδας.

Τα ήδη υλοποιημένα έργα, αλλά και αυτά που έχουν σχεδιαστεί και βρίσκονται σε φάση κατασκευής, αποτελούν ένα σύγχρονο δίκτυο μεταφορών και μετακινήσεων, το οποίο απαιτείται από κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θέλει να κινείται στα

πλαίσια της ανταγωνιστικότητας και της ανάπτυξης των σύγχρονων κρατών. Βελτιώνεται με αυτόν τον τρόπο το επίπεδο των συγκοινωνιακών υποδομών που βοηθούν στην αλληλοτροφοδότηση των αγαθών αλλά και στην ανάπτυξη της οικονομίας.

1.2 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΣΤΑ ΟΔΙΚΑ ΕΡΓΑ

Τα μεγάλα οδικά δίκτυα που κατασκευάζονται στην Ευρώπη αλλά και στον ελλαδικό χώρο, τις περισσότερες φορές έρχονται να αντικαταστήσουν παλαιότερες και ξεπερασμένες τεχνολογικά οδικές υποδομές. Το κόστος των νέων έργων είναι πολλές φορές τόσο μεγάλο που είναι δύσκολα διαχειρίσιμο από τον ίδιο το φορέα κατασκευής, ρόλο τον οποίο κατέχει συνήθως το ίδιο το κράτος (Καλτσούνης, 2007). Έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις δημιουργείται καθεστώς συνεκμετάλλευσης με τις τεχνικές εταιρείες που αναλαμβάνουν την κατασκευή. Η συνηθέστερη τακτική που ακολουθείται, είναι η μετακύληση ενός μέρους του κόστους κατασκευής στους χρήστες με την επιβολή διοδίων για τη χρήση του δρόμου, είτε για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είτε επ'άπειρον. Για να δεχθεί ο χρήστης να επωμιστεί το κόστος χρήσης για το νέο έργο, αυτό θα πρέπει να παρουσιάζει σαφή πλεονεκτήματα, έναντι των εγκαταστάσεων που αντικαθιστά και να υπάρχει σαφές όφελος κατά τη χρήση του οδικού δικτύου.

Ο σχεδιασμός κάθε νέου οδικού έργου έχει σαν στόχο να δημιουργήσει, σε σχέση με το ήδη υπάρχον, μια συντομότερη και οικονομικότερη διαδρομή, σε συνθήκες οι οποίες θα είναι ασφαλέστερες, εξασφαλίζοντας παράλληλα ευκολότερη οδήγηση και μικρότερη φθορά των οχημάτων. Τα σύγχρονα οδικά δίκτυα περιλαμβάνουν ειδικά τεχνικά έργα, όπως είναι οι γέφυρες, οι σήραγγες και ο συνδυασμός τους (εικόνα 2), τα οποία ανάλογα με την οριζοντιογραφία που συναντά το έργο, επιλέγονται και χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των απαιτούμενων προδιαγραφών. Έτσι σε όλα τα σύγχρονα οδικά δίκτυα που σχεδιάζονται τις τελευταίες δύο δεκαετίες αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού έχει γίνει η χρήση των σηράγγων και των γεφυρών.



Εικόνα 2. Συνδυασμός κοιλαδογέφυρας-σηράγγων (Εγνατία Οδός-Μέτσοβο)

Το ποσοστό του μήκους που αντιστοιχεί κάθε φορά στα ειδικά τεχνικά έργα (σήραγγες - γέφυρες) σε έναν αυτοκινητόδρομο, επηρεάζεται κυρίως από τη μορφολογία της περιοχής την οποία διασχίζει το έργο. Με κριτήριο την όσο το δυνατόν συντομότερη διαδρομή, αποφασίζεται η κατασκευή σηράγγων και γεφυρών για την προσπέλαση των εμποδίων της διαδρομής (ορεινοί όγκοι, κοιλάδες, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, κ.α.) όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό. Ένας ακόμα παράγοντας που μπορεί να επιβάλλει την κατασκευή των παραπάνω τεχνικών έργων, είναι και η επίτευξη των απαιτούμενων προδιαγραφών του αυτοκινητοδρόμου, όπως είναι συγκεκριμένες κλίσεις, συγκεκριμένες καμπυλότητες ή κατάλληλο μήκος ευθύγραμμων οδικών τμημάτων, καθώς και επίτευξη ελάχιστων μέσων ταχυτήτων κίνησης.

Όπως γίνεται αντιληπτό, είναι απίθανο οι συνθήκες στις περιοχές που διασχίζει ένας αυτοκινητόδρομος να είναι σε τέτοιο βαθμό ιδανικές ώστε να αποφευχθούν τα παραπάνω έργα. Σε γενικές γραμμές η κατασκευή των σηράγγων και των γεφυρών στην κατασκευή ενός σύγχρονου αυτοκινητόδρομου κρίνεται απαραίτητη για την επίτευξη των προδιαγραφών του. Το μήκος των έργων αυτών εξαρτάται από το πλήθος των εμποδίων που συναντούνται στην χάραξη και συνηθέστερα αυξάνεται ανάλογα με το υψόμετρο, όπου αυξάνονται και οι γεωμορφολογικές ανωμαλίες, χωρίς να λείπουν οι εξαιρέσεις πεδινών χαράξεων, που συναντούν ιδιαίτερα εμπόδια (π.χ. ποτάμια ή λίμνες).

1.3 ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ-ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ

Όσο όμως απαραίτητη είναι για την επίτευξη των επιθυμητών προδιαγραφών η χρήση τεχνικών έργων, όπως οι σήραγγες και οι γέφυρες, τόσο μεγάλοι είναι και οι οικονομικοί περιορισμοί που τίθενται στον σχεδιασμό και την κατασκευή του οδικού δικτύου. Το κόστος αυτών των έργων είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος κατασκευής συμβατικού αυτοκινητόδρομου ανά χιλιόμετρο κατασκευής, με αποτέλεσμα ανάλογα με το ποσοστό στο οποίο συμμετέχουν, να αυξάνουν σημαντικά τον προϋπολογισμό του οδικού δικτύου. Τα οικονομικά μεγέθη είναι δύσκολα συγκρίσιμα, τόσο στην περίπτωση κατασκευής μιας γέφυρας αλλά ακόμα περισσότερο στην περίπτωση διάνοιξης μιας σήραγγας. Και οι δυο περιπτώσεις, σε σχέση με τον συμβατικό αυτοκινητόδρομο, παρουσιάζουν κατά πολύ μεγαλύτερο κόστος κατασκευής όπως και κόστος συντήρησης.

Συγκεκριμένα για την περίπτωση διάνοιξης σήραγγας, η οποία εξετάζεται κατά αντιπαράθεση στη συγκεκριμένη εργασία με τον ανοιχτό αυτοκινητόδρομο, η πρώτη διαφορά οικονομικής απαίτησης εντοπίζεται καταρχήν στο σχεδιασμό. Η φύση του έργου απαιτεί συγκέντρωση και ανάλυση δεδομένων, για την όσο το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη των συνθηκών που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη. Οι εργασίες κατασκευής απαιτούν χρήση εξειδικευμένων μηχανημάτων και περισσότερου ανθρώπινου δυναμικού, ενώ η κατηγορία των απρόβλεπτων αναγκών είναι και αυτή ακριβότερη. Τέλος οι αυξημένες απαιτήσεις για την εύρυθμη λειτουργία της σήραγγας όπως είναι ο φωτισμός της, ο κατάλληλος αερισμός της, το σύστημα πυρόσβεσης καθώς και τα συστήματα παρακολούθησής της, επιβαρύνουν το κόστος συντήρησης ξεπερνώντας αρκετές φορές το αντίστοιχο ποσό συντήρησης του ανοιχτού αυτοκινητόδρομου για αντίστοιχα μήκη.

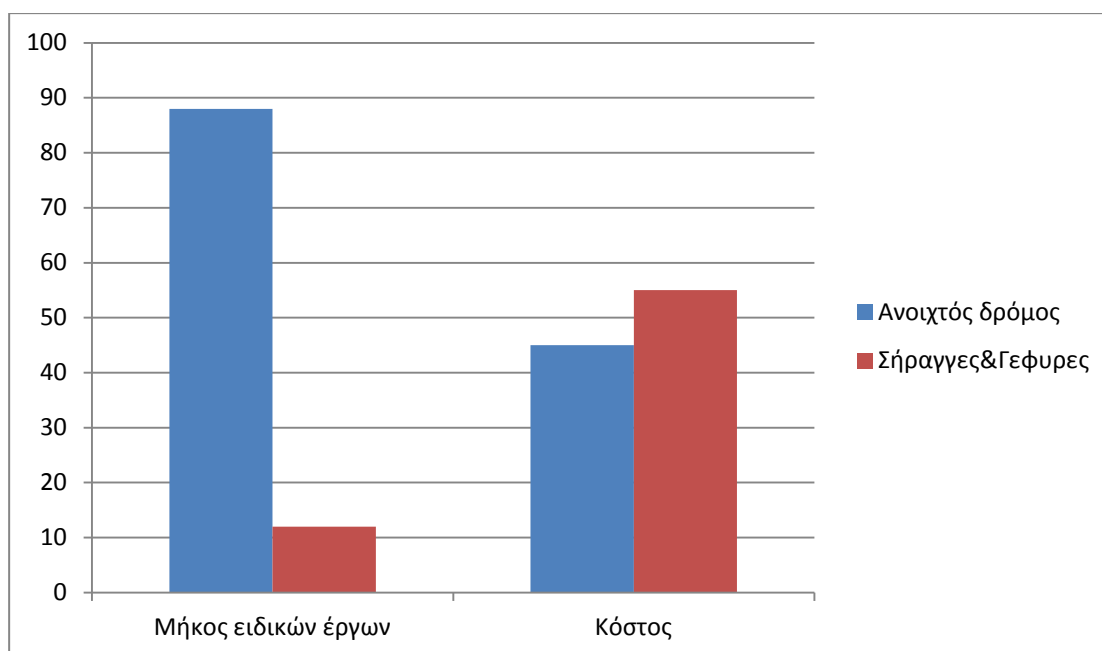
Σύμφωνα με συγκριτικές μελέτες, μετά το πέρας των εργασιών κατά την κατασκευή αυτοκινητοδρόμων στην Γαλλία, η οικονομική σχέση που δημιουργείται από την σύγκριση ανοιχτού δρόμου και σήραγγας (Πίνακας 1.1) δείχνει πως ανά χιλιόμετρο κατασκευής ξεπερνά κατά 4,5 φορές το κόστος του ανοιχτού δρόμου. Η σχέση αυτή αφορά παραδείγματα κατασκευής σήραγγας υπό ευνοϊκές συνθήκες οι οποίες επέτρεψαν μια ομαλή διεξαγωγή των εργασιών σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό. Σε περιπτώσεις όπου οι αρχικές προβλέψεις είτε δεν είναι ευνοϊκές, είτε δεν επαληθεύονται, η σχέση αυτή μπορεί να αλλάξει και το κόστος της σήραγγας να φτάσει

έως και 6 φορές αυτό του αυτοκινητόδρομου ανά χιλιόμετρο κατασκευής (Godard et.al., 1989).

	Συνθήκες διάνοιξης	Σχετικό κόστος(λόγος ως προς τον δρόμο)
Cut&Cover	Ευνοϊκές συνθήκες	2 έως 3
	Αντίξοες συνθήκες	3 έως 6
Tunneling	Ευνοϊκές συνθήκες	3 έως 6
	Αντίξοες συνθήκες	6 έως 10

Πίνακας 1.Σχέση κόστους υπόγειων έργων με ανοιχτό δρόμο.(Godard et.al., 1989)

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με την οικονομική σχέση που στατιστικά παρουσιάστηκε μετά το πέρας της κατασκευής της Εγνατίας Οδού. Στο συγκεκριμένο έργο, λόγω του ανάγλυφου των περιοχών που διέσχισε, η κατασκευή σηράγγων ήταν συνεχής. Συνολικά κατασκευάστηκαν 138 σήραγγες με μήκος περίπου 100 km, εκ των οποίων η συντριπτική πλειοψηφία διανοίχθηκε σε μονό κλάδο και αντιστοιχούν σε 50 km αυτοκινητόδρομου. Χαρακτηριστικό είναι πως το κόστος του αυτοκινητοδρόμου ανήλθε στα €3,2εκ./km ενώ αντίστοιχα το μέσο κόστος κατασκευής των σηράγγων ανήλθε περίπου στα €18εκ./km και μαζί με τα υπόλοιπα ειδικά τεχνικά έργα (π.χ. γέφυρες) ανέβασαν το κόστος κατασκευής της Εγνατίας Οδού στα €6,8 εκ./km (Διάγραμμα 1.1). Αποτελώντας μόλις το 10% περίπου του μήκους του αυτοκινητόδρομου τα ειδικά τεχνικά έργα που απαιτήθηκαν για την ικανοποίηση των προδιαγραφών του αυτοκινητόδρομου απορρόφησαν περίπου τα μισά χρήματα που δαπανήθηκαν για την ολοκλήρωση του αυτοκινητοδρόμου (Λαμπρόπουλος, 2007).



Διάγραμμα 1.1. Ποσοστιαία σχέση μήκους έργων και κόστους Εγνατίας Οδού. (Λαμπρόπουλος, 2007)

Ακόμη ένα δεδομένο δίνει η μελέτη Πολύζου και Νάκα (2010) για την κατασκευή του Ε65 στην περιοχή της Θεσσαλίας. Το κόστος κατασκευής σήραγγας, λαμβάνοντας στατιστικά δεδομένα από την κατασκευή, ανέρχεται στα €27εκ./km. Αντίστοιχα το κόστος κατασκευής αυτοκινητόδρομου εξαρτάται από την μορφολογία της περιοχής και κυμαίνεται από τα €4εκ./km έως και τα €6εκ./km για εδάφη πεδινά, ημιορεινά ή ορεινά. Και σε αυτήν την περίπτωση διαπιστώνεται πως το κόστος για κατασκευή σήραγγας ξεπερνά κατά περίπου 6 φορές αυτό του αυτοκινητοδρόμου. Οι διαφορές που προκύπτουν από τη μελέτη για την Εγνατία Οδό οφείλονται κυρίως στον διαφορετικό χρόνο στον οποίον πραγματοποιήθηκαν οι μελέτες αλλά και στο ότι στην περίπτωση της Εγνατίας Οδού τα αποτελέσματα δεν έχουν συμπεριλάβει τον φόρο προστιθέμενης αξίας (Φ.Π.Α.).

1.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Κατά τον σχεδιασμό ενός έργου μεγάλης κλίμακας, όπως ένας αυτοκινητόδρομος διεθνών προδιαγραφών, μπορεί να τεθούν περιορισμοί και από την μορφολογίας της περιοχής αλλά και από την ανάγκη για εξυπηρέτηση συγκεκριμένων περιοχών. Σε μια

τέτοια περίπτωση ο σχεδιασμός του έργου ενδέχεται να μην επιτρέπει εναλλακτικές προτάσεις χάραξης αλλά η λύση του σχεδιασμού να είναι μονοσήμαντη. Τότε η κατασκευή των ειδικών τεχνικών έργων, όπως είναι οι σήραγγες, είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση του έργου και το κόστος τους δεν μπορεί γίνει αντικείμενο διαπραγμάτευσης.

Σε πολλές όμως περιπτώσεις οι σήραγγες αποτελούν την εναλλακτική λύση για την προσπέλαση ενός εμποδίου στη χάραξη, που αυξάνει το μήκος και τη διάρκεια της διαδρομής. Απέναντι στη λύση της σήραγγας υπάρχει ο ανοιχτός αυτοκινητόδρομος, η χάραξη του οποίου αποφεύγει το εμπόδιο δημιουργώντας μια μεγαλύτερη διαδρομή. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο φορέας υλοποίησης του έργου καλείται να αποφασίσει κατά πόσο η διάνοιξη μιας σήραγγας εξυπηρετεί οικονομοτεχνικά το έργο.

Ξεκαθαρίζοντας την κοστολογική διαφορά για τις δυο περιπτώσεις που αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό το πόσο κρίσιμο είναι για τον επιτυχή σχεδιασμό και την ολοκλήρωση ενός αυτοκινητόδρομου, η υιοθέτηση της καταλληλότερης απόφασης κατά περίπτωση. Από τη μια η συνεχόμενη πρόοδος της τεχνολογίας στον κατασκευαστικό τομέα, και από την άλλη η συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού που οδηγεί και σε αύξηση των απαιτήσεων των χρηστών, διαφοροποιούν συνεχώς τα δεδομένα. Όλα αυτά πρέπει να εξετάζονται, ώστε η σύγκριση των μεγεθών να είναι όσο το δυνατόν πιο ασφαλής και πιο αξιόπιστη.

Οι οικονομικές συγκρίσεις, που ορίζονται από τα πιθανά σενάρια, είναι καθοριστικές για την όσο το δυνατόν καταλληλότερη επιλογή. Από τη μια βρίσκεται η περίπου κατά 6 φορές μεγαλύτερη οικονομική επιβάρυνση στην περίπτωση κατασκευής της σήραγγας έναντι του ανοιχτού αυτοκινητοδρόμου. Από την άλλη βρίσκεται το συνολικό όφελος, είτε σε πόρους όπως είναι το κόστος χρήσης του οχήματος (καύσιμα, συντήρηση, ανταλλακτικά), είτε σε χρόνο και ασφάλεια του χρήστη που ελαχιστοποιεί τη διαδρομή του. Το πιο δύσκολο κομμάτι σε μια σύγκριση σαν και αυτή είναι η ποσοτικοποίηση σε χρήμα μεγεθών, όπως είναι ο χρόνος και η ασφάλεια του χρήστη, ώστε να γίνει δυνατή η εν λόγω σύγκριση. Η πολυπλοκότητα της απόφασης αυξάνεται και από το γεγονός, πως όλα τα δεδομένα αφορούν τους χρήστες του αυτοκινητόδρομου, ένα μέγεθος που αλλάζει ανάλογα με τις αυξομειώσεις του πληθυσμού, την οικονομική κατάσταση μιας κοινωνίας, και τις απαιτήσεις για μετακινήσεις και μεταφορές.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει η προσπάθεια να συγκριθούν όλα τα δεδομένα που αφορούν τις δυο εναλλακτικές λύσεις, δηλαδή του ανοιχτού αυτοκινητόδρομου που παρακάμπτει ένα εμπόδιο και της κατασκευής σήραγγας για την υπερπήδηση του ίδιου εμποδίου. Στόχος είναι να παραχθεί μια σχέση άμεσης σύγκρισης ανάλογα με τα χιλιόμετρα σχεδιασμού του κάθε έργου, ώστε να καθίσταται δυνατή η απόφαση για την επιλογή του ενός ή του άλλου. Η σύγκριση βασίζεται στο κόστος και τις ωφέλειες που παρουσιάζουν τα δύο κατασκευαστικά σενάρια και θα παράγει ένα σημείο ισορροπίας για τις δύο λύσεις, όπου η εκτροπή στην μια ή στην άλλη μεριά του θα σημαίνει και την επιλογή της μιας ή της άλλης λύσης.

2. ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη έχει θέσει σαν στόχο της την διερεύνηση βέλτιστου σεναρίου, όταν κατά τη φάση σχεδιασμού ενός οδικού δικτύου, δεν επιβάλλεται κάποιος τεχνικός ή οικονομικός περιορισμός στην υπερπήδηση ενός φυσικού εμποδίου. Τα δύο σενάρια που εξετάζονται (σήραγγα-παρακαμπτήριο τμήμα), είναι απαραίτητο να αναχθούν σε μια κοινή βάση, ώστε η σύγκριση να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική και τα αποτελέσματα πιο αξιόπιστα. Η κοινή βάση σε αναλύσεις αυτού του είδους είναι συνηθέστερα το χρήμα, και στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθούν οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση, καθώς και ο τρόπος και οι μέθοδοι που θα επιλεγθούν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης.

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Τα δύο σενάρια που εξετάζονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζουν διαφορετικό κόστος, όσον αφορά την κατασκευή και την συντήρησή τους, αλλά και διαφορετικό κόστος κατά τη μετακίνηση των χρηστών. Αυτή η διαφορά στο κόστος χρήσης του οδικού έργου γίνεται αντιληπτή από τον χρήστη ως όφελος του ενός σεναρίου έναντι στο άλλο. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε περίπτωσης αναλύονται και ποσοτικοποιούνται σε κοινή μονάδα μέτρησης (χρήμα) ώστε η σύγκριση να είναι εφικτή.

Η χρηματοοικονομική ανάλυση που επιχειρείται στη μελέτη αυτή, μεταχειρίζεται οικονομικούς όρους και εργαλεία, η λειτουργία των οποίων θα πρέπει να περιγραφεί και να αποσαφηνιστεί. Παρακάτω παρατίθενται ορισμοί και έννοιες οικονομικής ανάλυσης από το μάθημα Οικονομικά υπογείων (Καλιαμπάκος-Δαμίγος, 2009)

2.1.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Κεφάλαιο: το οικονομικό αγαθό εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες, το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά.

Τόκος: η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Επιτόκιο: ο τόκος του κεφαλαίου για μια νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό(%) για περίοδο ενός έτους, π.χ. ετήσιο επιτόκιο 10% υποδηλώνει αύξηση κεφαλαίου 100 νομισματικών μονάδων κατά 10 νομισματικές μονάδες σε ένα έτος.

2.1.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΠΟΣΟΥ

Το χρήμα έχει δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες:

(1) την ιδιότητα να παράγει χρήμα (υπό μορφή νομισματικών μονάδων ή άλλων υλικών αγαθών) και

(2) την ιδιότητα να χάνει την αξία του.

Οι δύο αυτές ιδιότητες πέρα από το επιτόκιο είναι σε άμεση συνάρτηση με ένα ακόμη μέγεθος: το χρόνο. Έτσι, εάν επενδυθεί ένα Κεφάλαιο K το χρόνο 0 με επιτόκιο ϵ , η αξία που θα παράγει μετά από ένα έτος(δηλ. ο τόκος για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα) θα είναι $K*\epsilon$, το δε Κεφάλαιο θα έχει ανέλθει σε $K+K*\epsilon$ ή $K*(1+\epsilon)$.

Εάν ο τόκος δεν εισπραχθεί αλλά ενσωματωθεί στο αρχικό Κεφάλαιο (κεφαλαιοποίηση του τόκου), τότε το δεύτερο έτος ο τόκος θα ανέλθει σε $(K+K*\epsilon)*\epsilon$ ή $K*\epsilon*(1+\epsilon)$. Η πρόσθεση του τόκου μιας χρονικής περιόδου στο κεφάλαιο και ο, από την αρχή, τοκισμός του καινούριου κεφαλαίου που πρόκυψε από την πρόσθεση αυτή (σύνθετος τόκος) καλείται και ανατοκισμός.

Το Κεφάλαιο θα έχει διαμορφωθεί ως ακολούθως:

$$K+K*\epsilon+ K*\epsilon*(1+\epsilon) = K*[1+\epsilon+\epsilon*(1+\epsilon)] = K*(1+\epsilon+\epsilon^2) = K*(1+\epsilon)^2$$

Ακολουθώντας την πρακτική της κεφαλαιοποίησης του τόκου, η τελική(ή μελλοντική) αξία του αρχικού κεφαλαίου K μετά από n έτη με ετήσιο επιτόκιο ϵ είναι:

$$MA_K = K*(1+\epsilon)^n \quad (1)$$

Ο συντελεστής $(1+\epsilon)^n$ καλείται συντελεστής συσσώρευσης κεφαλαίου.

Από την εξίσωση (1) είναι προφανές ότι εάν πρόκειται να πληρωθεί ένα ποσό X μετά από n έτη, τότε η αξία του ποσού στη χρονική στιγμή 0 (γνωστή και ως Παρούσα Αξία) θα είναι:

$$ΠΑ_x = X^*(1+\epsilon)^{-v} \quad (2)$$

Ο συντελεστής $(1+\epsilon)^{-v}$ καλείται συντελεστής προεξόφλησης και το επιτόκιο ϵ επιτόκιο προεξόφλησης.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι ισχύει:

$$MA = PA^*(1+\epsilon)^v \text{ και } PA = MA^*(1+\epsilon)^{-v}$$

Η εξίσωση (2) εκφράζει τη δεύτερη ιδιότητα του χρήματος, ήτοι την απώλεια της αξίας του εάν δεν επενδύεται. Εάν μια επιχείρηση διαθέτει κεφάλαιο K , το οποίο δεν το επενδύει σήμερα αλλά μετά από ένα έτος, τότε η αξία, σε σημερινά χρήματα, που θα έχει το κεφάλαιο αυτό μετά από ένα έτος και με δεδομένο επιτόκιο προεξόφλησης ϵ θα είναι $ΠΑ_K = K^*(1+\epsilon)^{-1}$.

Δηλαδή η απώλεια του κεφαλαίου σε σημερινά χρήματα θα είναι:

$$K - ΠΑ_K = K - K^*(1+\epsilon)^{-1} = K*[1 - (1+\epsilon)^{-1}] = K*\epsilon^*(1+\epsilon)^{-1}$$

Η ποσότητα $K*\epsilon^*(1+\epsilon)^{-1}$ είναι προφανές, ότι εκφράζει την παρούσα αξία των τόκων, που θα απέφερε το κεφάλαιο K σε ένα έτος εάν είχε επενδυθεί με επιτόκιο ϵ τη χρονική στιγμή 0.

2.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ

Ο προσδιορισμός του επιτοκίου προεξόφλησης (δηλ. της ελάχιστης αποδεκτής απόδοσης) εξαρτάται από το κόστος κεφαλαίου και από τον επιχειρηματικό κίνδυνο που ενέχει η συγκεκριμένη επένδυση. Έτσι, το απαιτούμενο επιτόκιο προεξόφλησης αντανακλά το κόστος μιας ασφαλούς επένδυσης προσαυξημένο κατά έναν αποδεκτό συντελεστή ασφάλειας, ο οποίος επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων. Συχνά, το απαιτούμενο επιτόκιο προεξόφλησης στηρίζεται σε υποκειμενική κρίση, με βάση την εμπειρία του επενδυτή. Έχουν όμως αναπτυχθεί και ποσοτικές μέθοδοι, οι οποίες βασίζονται στη θεωρία χαρτοφυλακίου. Ακολούθως δίνονται ορισμένες ποσοτικές μέθοδοι προσδιορισμού του κόστους κεφαλαίου από ομολογιακά δάνεια και ίδια (μετοχικά) κεφάλαια.

α. Ομολογιακά δάνεια

Μια επιχείρηση μπορεί να εκδώσει ομόλογα προκειμένου να προσελκύσει νέους επενδυτές. Τα ομόλογα αυτά διατίθενται στην ονομαστική τους τιμή και το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται από την απόδοση που επιδιώκει ο επενδυτής. Έτσι, το κόστος κεφαλαίου προ φόρων για την επιχείρηση ισούται με την απόδοση που επιδιώκει ο επενδυτής. Δεδομένου όμως ότι η επιστροφή των τόκων στους επενδυτές, εκπίπτει από το φορολογικό εισόδημα το κόστος κεφαλαίου μετά φόρων ισούται με το επιτόκιο προ φόρων επί ένα (1) μείον το συντελεστή φορολογίας.

Παράδειγμα

Μια επιχείρηση πουλά ομόλογα αξίας 100 εκατομμύρια Euro με απόδοση 9%, στην ονομαστική τους τιμή. Εάν ο συντελεστής φορολογίας είναι 35%, ποιο είναι το κόστος κεφαλαίου μετά φόρων;

$$\text{Κόστος κεφαλαίου(μετά φόρων)} = 0,09 * (1-0,35) = 5,85\%$$

β. Κόστος μετοχικών κεφαλαίων

Όπως και στην περίπτωση του κόστους των ομολόγων έτσι και στην περίπτωση των μετοχικών κεφαλαίων το κόστος ισούται με την αναμενόμενη από τους κατόχους των μετοχών απόδοση. Η αύξηση του μετοχικού κεφαλαίου επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

- (i) εσωτερικά, από τα αδιάθετα κέρδη και
- (ii) εξωτερικά, δηλ. από τη διάθεση νέων μετοχών.

Η εκτίμηση του κόστους της εσωτερικής αύξησης κεφαλαίου επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους, όπως: το μοντέλο αποτίμησης του μερίσματος (Dividend Valuation Model) και το μοντέλο αποτίμησης κεφαλαιακών στοιχείων (Capital Asset Pricing Model). Συχνά, οι επιχειρήσεις εξασφαλίζουν χρήματα για νέες επενδύσεις μέσα από έναν συνδυασμό ιδίων και δανειακών κεφαλαίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κόστος του κεφαλαίου υπολογίζεται ως σταθμισμένο κόστος.

2.1.4 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΥ

Εάν η αξία ενός χρηματικού ποσού μετράται με βάση την αγοραστική του δύναμη, τότε έχει παρατηρηθεί ότι με την πάροδο του χρόνου με το ίδιο ποσό μπορούν να

αγοραστούν ολοένα και λιγότερα αγαθά. Δηλαδή το χρήμα χάνει την αξία του και αυτό συμβαίνει εξαιτίας του φαινομένου του πληθωρισμού.

Η πτώση της αξίας του χρήματος εκφράζει την αύξηση των τιμών των διαφόρων αγαθών. Επομένως, ο ρυθμός με τον οποίο το χρήμα χάνει την αξία του εξαιτίας του πληθωρισμού, δεν είναι σταθερός για όλα τα αγαθά (ή τις υπηρεσίες). Για το λόγο αυτό ένας τρόπος υπολογισμού ενός γενικού δείκτη για τον πληθωρισμό είναι ο υπολογισμός του με βάση τη μέση αναλογική αύξηση των τιμών στους διάφορους κλάδους της οικονομίας.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι τα αγαθά και οι υπηρεσίες που προμηθεύεται μια επιχείρηση και τα προϊόντα που διαθέτει στην αγορά, μπορεί να μην αυξάνονται με τους ίδιους ρυθμούς. Επομένως, θα υπάρχει διαφορά μεταξύ των κρίσιμων μεγεθών που συνθέτουν την ταμειακή ροή και κατ' επέκταση την απόδοση της επένδυσης.

Όταν οι διαφορές αυτές είναι σημαντικές τότε ο πληθωρισμός των τιμών δεν μπορεί να αγνοηθεί, καθώς εισάγεται αριθμητικό σφάλμα στα αποτελέσματα της αξιολόγησης και προσαυξάνεται το προς επένδυση κεφάλαιο όταν αυτό έχει υπολογιστεί με τις τιμές κατά τον χρόνο της αξιολόγησης. Σε αυτή την περίπτωση είναι χρήσιμο να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί όχι με βάση τις σταθερές τιμές (constant values) αλλά με βάση τις τρέχουσες (current values). Πάντως, όταν ο πληθωρισμός κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα του 4%, η χρήση σταθερών τιμών για την κατάστρωση του πίνακα ταμειακών ροών είναι επαρκής για την εκτίμηση της αποδοτικότητας του σχεδίου.

Προκείμενου να καταστρωθεί σωστά ο πίνακας των ετήσιων ταμειακών ροών θα πρέπει όλοι οι υπολογισμοί να πραγματοποιηθούν είτε (α) σε τρέχουσες τιμές δηλώνοντας σαφώς το δείκτη πληθωρισμού που θα χρησιμοποιηθεί, είτε (β) σε σταθερές τιμές. Αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν σταθερά ή τρέχοντα επιτόκια προεξόφλησης για να υπολογιστεί σωστά η αξία των ταμειακών ροών. Ένα σφάλμα που γίνεται συχνά είναι η χρήση πληθωρισμένου επιτοκίου προεξόφλησης σε ταμειακές ροές με σταθερές τιμές ή η σύγκριση της ΕΑΚ μιας επένδυσης που εκφράζεται σε σταθερές τιμές, με βαθμούς απόδοσης σε τρέχουσες αξίες (που περιλαμβάνουν δηλ. και τον πληθωρισμό).

2.1.5 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Κριτήρια που χρησιμοποιούνται στις χρηματοοικονομικές αναλύσεις είναι:

- το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας(Net Present Value – NPV) και
- το κριτήριο της Εσωτερικής Απόδοσης επί του Κεφαλαίου(Internal Rate of Return – IRR)

- Η Καθαρά Παρούσα Αξία

Η Καθαρά Παρούσα Αξία ορίζεται ως η παρούσα αξία των ετήσιων εισοδημάτων μείον τη παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων.

Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών(καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^v \frac{\text{ΚΤΡ}\tau}{(1+\varepsilon)^\tau} \right] - E_0$$

όπου: ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡ τ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $\tau=0$

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται από τον επενδυτικό φορέα με υποκειμενικά κατά βάση κριτήρια και εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της επιχείρησης, είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο για να καλύψει τον κίνδυνο της επένδυσης έναντι μιας πιο ασφαλούς τοποθέτησης(π.χ. κρατικά ομόλογα).

Οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του εναλλακτικού σχεδίου είναι οι εξής:

- ΚΠΑ>0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΚΠΑ=0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- ΚΠΑ<0, η επένδυση απορρίπτεται

- Η Εσωτερική Απόδοση επί του Κεφαλαίου

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης για μια συγκεκριμένη χρηματοροή αυξάνει, η ΚΠΑ αξία της χρηματοροής μειώνεται. Η ΕΑΚ μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, δηλ. εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από την ΕΑΚ και του επιτοκίου της προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών (για το λόγο αυτό καλείται και εσωτερική απόδοση) ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον επενδυτικό φορέα.

Ο τύπος που δίνει την ΕΑΚ είναι ο ακόλουθος:

$$ΚΠΑ = 0 = \left[\sum_{\tau=1}^v \frac{KTP_{\tau}}{(1+EAK)^{\tau}} \right] - E_0$$

όπου: KTP_{τ} = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $\tau=0$

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

EAK = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του εναλλακτικού σχεδίου είναι οι εξής:

- $EAK >$ από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα

- $EAK =$ με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση

- $EAK <$ από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

2.2 ΚΟΣΤΟΣ

Η χρηματοοικονομική ανάλυση που επιχειρείται στη μελέτη αυτή, παρουσιάζει δύο τομείς ενδιαφέροντος. Ο πρώτος τομέας ορίζει με σαφήνεια και ακρίβεια το κόστος που έχει η κάθε εναλλακτική λύση, ανάλογα με την εφαρμογή της. Αρχικό τμήμα της κοστολόγησης ενός έργου αποτελεί η φάση σχεδιασμού. Στη συγκεκριμένη φάση

υπολογίζεται το κόστος για τον σχεδιασμό του έργου, αποφασίζεται η τοποθεσία στην οποία τελικά θα αναπτυχθεί, καθώς καθορίζονται και το ύψος των απαιτούμενων απαλλοτριώσεων και των αποζημιώσεων, που θα κληθεί να καταβάλλει η κατασκευάστρια αρχή. Στη συνέχεια, αναλύοντας τα δεδομένα, προϋπολογίζεται το κόστος κατασκευής του έργου. Στο συγκεκριμένο σημείο και με χρήση δεδομένων από παρόμοια έργα, εκτιμάται ο χρόνος, οι πόροι και το δυναμικό που θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση των εργασιών, χωρίς να παραβλέπεται το γεγονός ότι κατά την διάρκεια της φάσης κατασκευής μπορούν να υπάρξουν απρόβλεπτες, μη προγραμματισμένες καταστάσεις. Τέλος, πολύ σημαντικό ρόλο για την κοστολόγηση ενός έργου, κατέχει η αντίληψη πως το έργο, μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και καθ'όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του, απαιτεί συντήρηση και αντικατάσταση τμημάτων του, ώστε η διάρκεια εκμετάλλευσής του να μεγιστοποιείται. Για τον συγκεκριμένο σκοπό χρησιμοποιούνται οι αναλύσεις κόστους συνολικής ζωής του έργου (Life Cycle Cost Analysis-L.C.C.A.) που παρουσιάζονται αναλυτικά.

Αναλύσεις κόστους ζωής έργου-Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, που παρουσιάζει εκθετική πρόοδο τα τελευταία 30 χρόνια, έχει προσφέρει τη δυνατότητα ολοκλήρωσης συνεχώς μεγαλύτερων και απαιτητικότερων τεχνικά έργων παγκοσμίως. Όμως όσο μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα τεχνικά έργα ολοκληρώνονται τόσο πιο δαιδαλώδης γίνεται και ο υπολογισμός του κόστους του εκάστοτε έργου. Γνωρίζοντας ότι από τους βασικότερους παράγοντες για την πραγματοποίηση ενός έργου είναι οι απαιτούμενοι πόροι, γίνεται αντιληπτή η σημασία του καθορισμού του κόστους ενός έργου με την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Σε αυτή την προσπάθεια είναι μεγάλη η προσφορά της ανάλυσης κόστους του έργου κατά τη διάρκεια όλης του της ζωής (κατασκευή / λειτουργία)ή αλλιώς LCCA (Life Cycle Cost Analysis).

Η ανάλυση κόστους έργου (L.C.C.A.) αποτελεί τη συνολική εικόνα των πόρων που θα χρειαστούν για τη μελέτη, τη δημιουργία αλλά και την εύρυθμη λειτουργία της εγκατάστασης μέχρι και τον τερματισμό της. Περιλαμβάνει τις φάσεις των μελετών και σχεδιασμού του έργου καθώς και τις απαιτούμενες απαλλοτριώσεις και αποζημιώσεις που θα κριθούν απαραίτητες στον περιβάλλοντα χώρο. Επίσης αναλύει διεξοδικά το κόστος κατασκευής και τέλος υπολογίζει το απαιτούμενο κόστος για τη λειτουργία και

την περιοδική συντήρηση της εγκατάστασης. Στον τελευταίο τομέα συμπεριλαμβάνονται και μελλοντικές μετατροπές που θα προγραμματιστούν για το έργο αλλά και η αποκατάσταση του χώρου εγκατάστασης μετά τον τερματισμό της λειτουργίας της.

Η L.C.C.A. όπως γίνεται αντιληπτό, περιλαμβάνει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων τα οποία αναφέρονται σε μια πλειάδα μεταβλητών. Επειδή οι συγκεκριμένες μεταβλητές τις περισσότερες φορές έχουν αντίθετες επιρροές στο κόστος του έργου και έχουν ανταγωνιστική σχέση, η διαχείριση δεν είναι πάντα μονοσήμαντη. Σκοπός της ανάλυσης κόστους είναι να δώσει μια σαφή εικόνα για τις επιρροές της κάθε μεταβλητής στην κοστολόγηση του έργου και να βοηθήσει τους ιθύνοντες να βρουν τη βέλτιστη λύση για το έργο για όλη τη διάρκεια της ζωής του καθώς και για την καλύτερη λειτουργία του. Έτσι η L.C.C.A. καθίσταται ένας χρήσιμος σύμβουλος για την σχεδίαση, την μορφή αλλά και τη λειτουργία του κάθε έργου με γνώμονα την ελαχιστοποίηση του κόστους του (Stanford University, 2005).

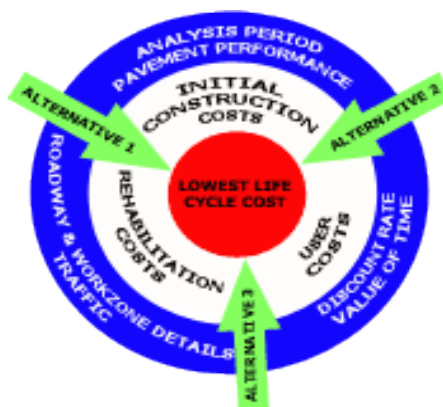
Χρησιμοποιώντας τέτοιου είδους αναλύσεις ξεκαθαρίζεται η εικόνα για το μερίδιο του κόστους κάθε έργου. Είναι πολύ σημαντικό η εικόνα που έχουμε να αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Πολύ συχνά στην συνείδηση υπάρχει πως η μερίδα του λέοντος του κόστους ανήκει στην κατασκευή. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η εικόνα αυτή καταρρίπτεται από τις αναλύσεις κόστους (L.C.C.A.), όπου οι τομείς της συντήρησης και της λειτουργίας παρουσιάζουν μεγάλες οικονομικές απαιτήσεις. Χωρίς αντιπροσωπευτική εικόνα των απαιτούμενων εξόδων οποιαδήποτε στρατηγική έργου είναι πολύ δύσκολο να επιτύχει τους σκοπούς της.



Εικόνα 3. Έρευνες δείχνουν πως τα έξοδα που αφορούν τη λειτουργία ενός έργου μπορούν να ξεπεράσουν τα 2/3 του συνολικού κόστους του έργου.

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία, που μεγιστοποιούν τις δυνατότητες των συγκεκριμένων αναλύσεων κόστους, είναι ο σωστός καθορισμός των χρονικών περιόδων στις οποίες αναφέρεται η ανάλυση. Τα δεδομένα που αφορούν το έργο σε όλη τη διάρκεια της ζωής του, βρίσκονται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και ως εκ τούτου δεν μπορούν να είναι άμεσα συγκρίσιμα. Για να καταστεί εφικτή η οικονομική αυτή σύγκριση, πρέπει όλα τα κόστη να έχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς στο οποίο θα ανάγονται, ώστε η σύγκριση να είναι ακριβής. Συνήθως ως αφετηριακό σημείο ορίζεται η αρχική στιγμή που ξεκινά η μελέτη του έργου, και σε αυτήν ανάγονται από εκεί και πέρα όλα τα κοστολογικά μεγέθη του έργου με τη βοήθεια των αντίστοιχων επιτοκίων και της τιμής του πληθωρισμού.

Σε όλη αυτήν την προσπάθεια ανάλυσης τα διαφορετικά επιμέρους τμήματα που αφορούν το έργο απαιτούν την μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση συγκεκριμένων μεγεθών προς όφελός τους. Έτσι οι υπεύθυνοι μελέτης και κατασκευής θα προσπαθήσουν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος κατασκευής, οι υπεύθυνοι ασφαλείας θα προσπαθήσουν να μεγιστοποιήσουν τους συντελεστές ασφαλείας, οι υπεύθυνοι συντήρησης θα προσπαθήσουν να ελαχιστοποιήσουν τις εργασίες συντήρησης ενώ οι υπεύθυνοι λειτουργίας θα προσπαθήσουν να μεγιστοποιήσουν τις ώρες λειτουργίας του έργου. Αυτές είναι μερικές από τις αντικρουόμενες πλευρές σε ένα έργο. Σύμφωνα με το Barringer (2003) η L.C.C.A. χρησιμοποιώντας εναλλακτικά σενάρια προσπαθεί να ορίσει τα βέλτιστα μεγέθη σε κάθε τομέα ώστε το τελικό κόστος που θα υπολογιστεί αναγόμενο μέσα στο χρόνο να είναι το μικρότερο δυνατό. Η επιτυχία της προσπάθειας αυτής εξαρτάται πάντα από τον σωστό συνδυασμό χρόνου, χρήματος και δεδομένων.



Εικόνα 4. Σχηματικά η επιλογή της βέλτιστης λύσης με τη χρήση εναλλακτικών σεναρίων.

Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη, όσον αφορά τις αναλύσεις κόστους, ότι βασίζονται σε υποθέσεις και προσεγγιστικούς υπολογισμούς, τόσο για τα κόστη όσο και για τους χρόνους όπου αυτά αναφέρονται. Επίσης οι συνθήκες στις οποίες βασιζόμαστε για την τοποθέτηση των προηγούμενων είναι οι πιο πιθανές αλλά όχι σίγουρες. Έτσι σε κάθε ανάλυση τέτοιου τύπου οφείλεται να γίνεται παράλληλα μια ανάλυση ρίσκου στην οποία θα υπολογίζεται η πιθανότητα να συμβούν όλα όσα έχουμε υποθέσει με τον τρόπο που έχουν οριστεί και αντίστοιχα η πιθανότητα απόκλισης από αυτά. Ο συνηθέστερος τρόπος για να επιτευχθεί ο προσδιορισμός του ρίσκου είναι με προσομοιώσεις τύπου Monte Carlo. Με πολλές επαναλήψεις, ο αναλυτής με τη βοήθεια των εξελιγμένων πλέον λογισμικών, έχει μια σαφή εικόνα για το πιθανότερο μέγεθος του κόστους και μπορεί να συνυπολογίσει στις αποφάσεις του και την αβεβαιότητα που προκύπτει από τις υποθέσεις της ανάλυσης.

Οι αναλύσεις κόστους, ανεξάρτητα αντικειμένου ενδιαφέροντος, παρουσιάζουν μια βασική δομή με κοινά χαρακτηριστικά και τα διαφορετικού τύπου έργα επιφέρουν αλλαγές μόνο στις λεπτομέρειες των αναλύσεων. Τα βασικά βήματα (Nirjhar Chakravorti, 2009) που ακολουθούν οι L.C.C.A. παρουσιάζονται και αναλύονται ακολούθως :

1) Καθορισμός των χρονικών ορίων που αφορούν το έργο

Η πρώτη κίνηση που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και όλη την μετέπειτα ανάλυση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ο καθορισμός των χρονικών πλαισίων που θα κινηθούν οι αναλυτές. Αρχικά αποφασίζεται ο χρόνος τον οποίον οι υπεύθυνοι του έργου θέτουν σαν

στόχο για να είναι το έργο λειτουργικό. Η απόφαση αυτή λαμβάνεται με τη βοήθεια κατάλληλων συμβούλων, που έχουν εμπειρία στο συγκεκριμένο αντικείμενο και πιθανότατα δεδομένα από προϋπάρχοντα παρεμφερή έργα. Αφού οριστεί ο χρόνος για τον οποίον το έργο θα είναι λειτουργικό, καθορίζονται τα χρονικά διαστήματα ανά τα οποία το έργο θα υπόκειται στις απαραίτητες εργασίες συντήρησης, καθώς και σε τυχόν εργασίες επέκτασης ή διόρθωσης, που σκοπό θα έχουν την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής της εγκατάστασης. Οι συγκεκριμένες αποφάσεις επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή, αλλά και από το φορτίο χρήσης, που τελικά θα αναλάβει το συγκεκριμένο έργο. Είναι παραπάνω από φανερό η ανάγκη για επανασχεδιασμό της στρατηγικής, σε περίπτωση που οι αποκλίσεις των υπολογισμών ξεπεράσουν ένα ανεκτό όριο. Τέλος όσον αφορά τους καθορισμούς των χρονικών περιόδων, δεν θα πρέπει να συγχέεται ο χρόνος που το έργο μπορεί να είναι λειτουργικό (διάρκεια ζωής) με το χρόνο που θα είναι συμφέρουσα η χρήση του (μέχρι να υποκατασταθεί). Σκοπός είναι τα δυο αυτά μεγέθη να ταυτίζονται, ώστε να μεγιστοποιείται το όφελος από τη χρήση της εγκατάστασης.

2) Υπολογισμός αξίας-κόστους των στοιχείων του έργου

Σε αυτή τη φάση της ανάλυσης καθορίζονται με σαφή τρόπο τα διαφορετικά μέρη που λαμβάνουν μέρος στο έργο. Ξεχωρίζονται οι διάφορες φάσεις του και με τη βοήθεια του προηγούμενου βήματος, τοποθετούνται χρονικά σε σχέση με το χρόνο μηδέν, που αναφέρεται στην αρχή της σχεδίασης του έργου. Για κάθε μια φάση πρέπει να επιλεγθούν τα κατάλληλα δεδομένα και χρησιμοποιώντας γνώση και εμπειρία, να γίνουν οι κατάλληλες υποθέσεις για το εύρος του κόστους τους. Μεγάλη συνεισφορά σε αυτή την προσπάθεια μπορεί να έχουν δεδομένα από είδη υπάρχουσες κατασκευές, χωρίς να παραβλέπονται οι διαφορές που μπορεί να έχει επιφέρει η πάροδος του χρόνου σε αυτά και προσπαθώντας πάντα να ταιριάξουν όσο το δυνατόν καλύτερα με την προς ανάλυση περίπτωση.

3) Αναγωγή των κοστολογικών μεγεθών για άμεση σύγκριση (NPV)

Η χρονική διαφορά που υπάρχει σε όλα τα συστατικά μέρη του έργου που αναλύεται, πρέπει να εξομαλυνθεί με αναγωγές, ώστε όλα τα μεγέθη να είναι άμεσα συγκρίσιμα. Για αυτό το λόγο τα κόστη που υπολογίζονται στο προηγούμενο βήμα της

ανάλυσης, πρέπει να αναχθούν στο χρόνο μηδέν, με τη βοήθεια της θεωρίας της παρούσας καθαρής αξίας – Net Present Value (NPV). Για να γίνει αυτό, απαιτούνται οι έννοιες του πληθωρισμού και του συντελεστή προεξόφλησης. Ο δείκτης του πληθωρισμού είναι ο συντελεστής, ο οποίος δείχνει το ποσοστό της αξίας του χρήματος, που απαξιώνεται μέσα σε ένα χρονικό διάστημα (συνήθως ανά έτος). Ο συντελεστής προεξόφλησης δείχνει την απόδοση που πρέπει να έχει ένα χρηματικό ποσό με την πάροδο του χρόνου ώστε να διατηρεί την αξία του σταθερή και να μην απαξιώνεται λόγω του πληθωρισμού. Με τη χρήση αυτών των οικονομικών μεγεθών, και γνωρίζοντας το χρόνο στον οποίον αναφέρονται τα διάφορα κόστη του έργου, είμαστε σε θέση να ανάγουμε όλα τα οικονομικά μεγέθη στην ίδια χρονική στιγμή και να γίνει εφικτή η σύγκρισή τους.

4) Ανάλυση δεδομένων – σύγκριση και επανασχεδίαση στρατηγικής

Η τελευταία φάση της ανάλυσης είναι η κρισιμότερη και η σημαντικότερη, αφού αυτή οδηγεί και στις τελικές αποφάσεις για το έργο. Συγκεντρώνοντας όλα τα στοιχεία από τα παραπάνω βήματα έχουμε την τελική εικόνα για το κόστος του έργου. Κατανοώντας την επιρροή της κάθε μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα, είμαστε σε θέση να επανεξετάσουμε τον σχεδιασμό του έργου και να διαμορφώσουμε εναλλακτικές τακτικές, που μπορούν να ελαχιστοποιήσουν το συνολικό κόστος. Συγκρίνοντας όλα τα εναλλακτικά σενάρια, καταλήγουμε στη σύνθεση της στρατηγικής με το μικρότερο κόστος, στην οποία μπορεί να συνεισφέρουν παραπάνω από ένα σενάρια. Πρέπει όμως να σημειωθεί πως ενδέχεται η βέλτιστη λύση να μην είναι αυτή του ελάχιστου κόστους. Πριν την τελική απόφαση υπεισέρχονται σημαντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την καθαρά κοστολογική προσέγγιση. Αυτοί οι παράγοντες συνηθέστερα είναι το διαθέσιμο κεφάλαιο, ανάλογα με το χρόνο στον οποίον είναι διαθέσιμο, οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές πολιτικές του κάθε εμπλεκόμενου φορέα, καθώς και το επίπεδο της αβεβαιότητας του κάθε σεναρίου και οδηγούν σε μια επιλογή που δεν θα είναι απαραίτητα η οικονομικότερη. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται κατανοητό πως η ανάλυση κόστους για τη ζωή ενός έργου δεν επιβάλλει μια βέλτιστη οικονομικά λύση, αλλά παρουσιάζει όλες τις εναλλακτικές προτάσεις και αποτελεί το εργαλείο με το οποίο λαμβάνονται οι συγκεκριμένες αποφάσεις, διατηρώντας έναν ξεκάθαρα συμβουλευτικό χαρακτήρα και σε καμία περίπτωση αποφασιστικό.

2.3 ΟΦΕΛΟΣ

Το δεύτερο τμήμα της ανάλυσης έχει σαν αντικείμενο τη διερεύνηση των ωφελειών του έργου και αφορούν, είτε τα κέρδη που αποκομίζει ο χρήστης από το νέο προϊόν, είτε τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που απολαμβάνει σε σχέση με το ήδη υπάρχον προϊόν, που καθίσταται λιγότερο ανταγωνιστικό σε σχέση με το νέο. Τα οφέλη που προκύπτουν σε μια τέτοια περίπτωση πρέπει να είναι σαφή και επαρκώς αντιληπτά από τον χρήστη. Μόνο όταν ο χρήστης αντιλαμβάνεται ξεκάθαρα το κέρδος που του αποφέρει η επιλογή του, ενδέχεται να προτιμήσει το νέο προϊόν σε αντικατάσταση του ήδη υπάρχοντος. Άλλωστε σε αυτήν την αντίληψη στηρίζεται και η λογική της επιβολής διοδίων χρήσης ενός δρόμου, και αν οι συνθήκες αυτές δεν ισχύουν, τότε δεν είναι δυνατή και η οικονομική εκμετάλλευση του αυτοκινητόδρομου.

Σύμφωνα με αμερικανικές μελέτες, οι χρήστες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν σε διόδια ή κόμιστρα έως και το 60% του συνολικού αντιληπτού οφέλους που θα τους προσφέρει ένα σύγχρονο συγκοινωνιακό έργο (FHWA-Tolling&Pricing program). Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονισθεί ότι το παραπάνω όφελος του έλληνα χρήστη, λόγω των μεγάλων αδυναμιών των οδικών και λοιπών συγκοινωνιακών υποδομών, είναι αρκετά αυξημένο σε σχέση με τα οφέλη που θα έχει ο χρήστης ενός ανάλογου έργου μιας άλλης χώρας με καλύτερες υπάρχουσες συγκοινωνιακές υποδομές.

Τα οφέλη που προέρχονται από τις υποδομές των σύγχρονων οδικών δικτύων είναι πολύπλευρα και με αντίκτυπο σε πολλούς τομείς. Σε ρόλο αποδέκτη βρίσκεται η κρίση και η αντίληψη του κάθε πιθανού χρήστη του έργου. Οι νέοι αυτοκινητόδρομοι προσφέρουν κατά κανόνα, συντομότερες διαδρομές, με καλύτερες συνθήκες οδήγησης, μεγαλύτερη μέση ταχύτητα μετακίνησης και μεγαλύτερη ασφάλεια μέσω των μικρότερων δεικτών ατυχημάτων. Ο χρήστης ωφελείται εξοικονομώντας χρόνο, φτάνοντας συντομότερα στον προορισμό του. Επίσης η διαδρομή του είναι ασφαλέστερη, πιο άνετη και πιο ξεκούραστη ενώ από τη μείωση της διαδρομής αλλά και την βελτίωση της ποιότητας του οδοστρώματος στο οποίο κινείται, μειώνονται τα έξοδα χρήσης και φθοράς του οχήματος.

Τα παραπάνω οφέλη ποσοτικοποιούνται επιτυχώς με τη χρήση των αναλύσεων κόστους-οφέλους (Cost Benefit Analysis-CBA). Όλα τα παραγόμενα οφέλη μετατρέπονται

σε χρηματικές μονάδες και ποσοτικοποιούν το κέρδος του χρήστη από τη χρήση του ενός σεναρίου έναντι του άλλου (π.χ. παλιός-νέος, σήραγγα-παρακαμπτήριο τμήμα). Πιο ειδικά, η ανάλυση κόστους-οφέλους καλείται να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια κόστη και ποιες ωφέλειες πρέπει να συμπεριληφθούν
- Πώς πρέπει να αποτιμηθούν τα κόστη και οι ωφέλειες
- Με ποιο επιτόκιο πρέπει να γίνει η προεξόφληση
- Ποιοι είναι οι σχετικοί περιορισμοί

2.3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ (CBA)

Ο όρος “ανάλυση κόστους-οφέλους” αναφέρεται, γενικά, σε ένα ευρύ πεδίο μεθόδων εκτίμησης, που επιδιώκουν να αποδώσουν οικονομική διάσταση στο κόστος και στα οφέλη ενός σχεδίου ή μιας πολιτικής. Από τη μια πλευρά υπάρχουν οι μέθοδοι μερικής προσέγγισης (partial approach methods) όπως της οικονομικής εκτίμησης (financial appraisal), της ελαχιστοποίησης του κόστους (cost-minimization), του κόστους-αποτελεσματικότητας (cost-effectiveness), οι οποίες εξετάζουν μόνο ένα μέρος από το σύνολο των επιπτώσεων ενός έργου. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει η ολοκληρωμένη προσέγγιση, στην οποία αναφέρεται κύρια ο όρος CBA. Λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους του έργου (τεχνικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικές) σε βραχύ-, μέσο- και μακροπρόθεσμο χρονικό εύρος. Τα γενικά στάδια της μεθοδολογίας αφορούν στον καθορισμό του σχεδίου, στην καταγραφή των παραμέτρων κόστους και οφέλους για όλες τις παραμέτρους του έργου, στην προεξόφληση των ταμειακών ροών και στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Οι αναλύσεις κόστους-οφέλους έχουν σαν σκοπό, να βρουν την αποδοτικότερη σχέση μεταξύ των εξόδων που θα χρειαστεί να γίνουν για το έργο, και των ωφελειών που θα απορρέουν από αυτό. Ο τρόπος για να καταλήξουμε στην αποδοτικότερη σχέση, είναι συνηθέστερα η χρήση εναλλακτικών σεναρίων. Έτσι εξετάζονται διαφορετικές σκέψεις για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τους τρόπους λειτουργίας και συντήρησης του έργου, και στη συνέχεια υπολογίζονται οι αντίστοιχες ωφέλειες που απορρέουν από την κάθε επιλογή (Οικονομική υπόγειων έργων-Καλιαμπάκος/Δαμίγος, 2009).

Ως κύρια θέση της ανάλυσης κόστους-οφέλους ορίζεται ο λόγος: παρούσα αξία όλων των ωφελειών διά της παρούσας αξίας όλων των δαπανών. Το κριτήριο του λόγου οφέλους-κόστους (Benefit-Cost Ratio), γνωστό και ως λόγος παρούσας αξίας-ΛΠΑ (Present Value Ratio), υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΛΠΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{[TP_{\tau}(1+\varepsilon)^{-\tau}]}{E_0} \right]$$

όπου: τ = το έτος

ν = η διάρκεια ζωής του σχεδίου σε έτη

TP_{τ} = η ταμειακή ροή κατά το αντίστοιχο έτος

ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Το συγκεκριμένο κριτήριο αξιολογεί δηλαδή την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών ροών, κατά τη διάρκεια της ζωής του σχεδίου, προς το σύνολο της αρχικής επένδυσης. Κριτήριο αποδοχής ή απόρριψης αποτελεί η σχέση του λόγου με τη μονάδα.

Πιο συγκεκριμένα:

- ΛΠΑ > 1, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΛΠΑ = 1, η επένδυση θεωρείται οριακή, μπορεί να υλοποιηθεί όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
- ΛΠΑ < 1, η επένδυση απορρίπτεται.

Εάν το κεφάλαιο κίνησης καλύπτεται με ίδια κεφάλαια, τότε πρέπει να συνυπολογιστεί στο κόστος της επένδυσης.

Ο Συνολικός Βαθμός Απόδοσης-ΣΒΑ (Overall Rate of Return) συνδέεται με το ΛΠΑ με τη σχέση:

$$\text{ΣΒΑ} = 1 - \text{ΛΠΑ}$$

Μπορεί επίσης να υπολογιστεί απευθείας με τον τύπο:

$$\text{ΣΒΑ} = \left[\sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{[TP_{\tau}(1+\varepsilon)^{-\tau}] - E_0}{E_0} \right]$$

όπου: τ = το έτος

ν = η διάρκεια ζωής του σχεδίου σε έτη

TP_t = η ταμειακή ροή κατά το αντίστοιχο έτος

ϵ = το επιτόκιο προεξόφλησης

Το σχέδιο είναι αποδεκτό όταν ο ΣΒΑ είναι μεγαλύτερος της μονάδας.

Τόσο ο ΛΠΑ όσο και ο ΣΒΑ κατατάσσουν τα εναλλακτικά σχέδια με την ίδια σειρά, η οποία όμως μπορεί να διαφέρει από τη σειρά κατάταξης που δίνει η ΕΑΚ, εκτός και εάν η τελευταία υπολογίζεται για την ίδια αρχική επένδυση και την ίδια οικονομική ζωή.

Τελικώς προκρίνεται η λύση που έχει δώσει την αποδοτικότερη σχέση στους δείκτες που προαναφέρθηκαν, συνυπολογίζοντας πάντοτε δυο βασικούς παράγοντες, που η παράβλεψή τους μπορεί να καταστήσει το έργο από αντικοινωνικό, έως και μη πραγματοποιήσιμο. Ο πρώτος έχει να κάνει με την τελική κοστολόγηση του έργου. Αν η αποδοτικότερη λύση περιλαμβάνει χρήση πόρων, που δεν μπορούν να εξευρεθούν από την κατασκευαστική αρχή, τότε η λύση αν και αποδοτική είναι ανέφικτη. Ο δεύτερος παράγοντας έχει να κάνει με το στοιχείο του ρίσκου που εμπεριέχεται σε κάθε επενδυτική προσπάθεια. Έτσι μπορεί η αναλογία κόστους-οφέλους να είναι η μέγιστη δυνατή σε ένα σενάριο, αλλά η ύπαρξη παραγόντων μεγάλου ρίσκου να αυξάνουν την πιθανότητα απόκλισης από το αρχικό πλάνο. Αυτό αποτελεί μεγάλο κίνδυνο για σύνθετα τεχνικά έργα, όπως είναι τα οδικά έργα και θα πρέπει πάντα να εξετάζεται με προσοχή και τα επίπεδα του κινδύνου να βρίσκονται σε ελεγχόμενα επίπεδα.

Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι στην πραγματικότητα τα έργα υποδομής είναι επενδυτικά έργα μεγάλης κλίμακας. Όπως και σε κάθε επενδυτική προσπάθεια έτσι και εδώ ο κύριος του έργου επιλέγει τη δέσμευση συγκεκριμένων πόρων σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή και αναμένει από τη χρήση τους σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ένα εύλογο κέρδος. Αδυναμία επίτευξης του προσδοκώμενου αποτελέσματος συνεπάγεται μείωση της παραγωγικότητας (αποδοτικότητας) και κατ' επέκταση της ανταγωνιστικότητας, με συνέπεια τις αρνητικές επιπτώσεις τόσο στη βιωσιμότητα της επένδυσης, όσο και γενικότερα στην ανάπτυξη. Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι διορθωτικές κινήσεις μετά την πραγματοποίηση της επένδυσης, δεν είναι πάντα εύκολο να συμβούν, και συνήθως συνεπάγονται σοβαρές οικονομικές επιβαρύνσεις. Αυτή είναι και ο βασικότερος λόγος που η ανάλυση κόστους-οφέλους καθίσταται απαραίτητο εργαλείο για το σωστό και επιτυχημένο σχεδιασμό των έργων (Proost.et. al., 2005).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΜΑΤΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ένα από τα βασικότερα ερωτήματα που ανακύπτουν στη φάση σχεδιασμού ενός μεγάλου οδικού έργου, αφορά τον τρόπο που θα επιλεγεί τεχνικώς ώστε να υπερπηδηθεί ένα φυσικό εμπόδιο. Ένα πιθανό σενάριο είναι η διάνοιξη σήραγγας, ενώ στον αντίποδα εξετάζεται η δημιουργία παρακαμπτήριου τμήματος που θα αποφεύγει το φυσικό εμπόδιο. Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν στόχο της να αναδείξει ποιό σενάριο αποφέρει το μεγαλύτερο όφελος, πάντα σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του έργου και βασισμένη στα απαραίτητα δεδομένα.

Για να καταστεί δυνατή μια σύγκριση σε τέτοια μεγάλη κλίμακα, θα πρέπει να αναγνωριστούν και να διασαφηνιστούν όλοι οι παράγοντες, που επιδρούν στους υπολογισμούς του κάθε σεναρίου, ο τρόπος με τον οποίον επηρεάζονται τα σενάρια, αλλά και το μέγεθος της επιρροής τους. Πέρα όμως από τα δεδομένα ανάλυσης, σημαντικό ρόλο κατέχει και η μέθοδος ανάλυσης που θα χρησιμοποιείται, η οποία πολλές φορές ανάλογα με τη μορφή της προσθέτει ή εξαιρεί δεδομένα.

Η ανάλυση που επιλέγεται κυρίως στις αποφάσεις τεχνικών έργων είναι βασισμένη, κυρίως στις αρχές των αναλύσεων κόστους-οφέλους. Έτσι από τη μια, συλλέγονται όλα τα δεδομένα που αφορούν το κόστος σχεδιασμού, κατασκευής αλλά και το κόστος συντήρησης και σωστής λειτουργίας του κάθε σεναρίου, αποτέλεσμα που βρίσκεται στον ένα πόδα της ανάλυσης. Στον αντίποδα βρίσκονται τα πιθανά οφέλη από τη χρήση του κάθε σεναρίου, που κατά κύριο λόγο αφορούν στην απώλεια χρόνου, στην χρήση και λειτουργία των οχημάτων αλλά και στην διαφορά του πλήθους των ατυχημάτων.

ΚΟΣΤΟΣ	ΟΦΕΛΟΣ
1)Σχεδιασμός	1)Χρόνος
2)Κατασκευή	2)Κόστος χρήσης
3)Συντήρηση-Λειτουργία	3)Δείκτες ατυχημάτων

Πίνακας 3.1 Παράγοντες κόστους και οφέλους οδικού έργου.

Όλα τα δεδομένα των δύο κατηγοριών που παρουσιάστηκαν, συγκεντρώνονται και ανάγονται, ανάλογα με το χρόνο στον οποίο αναφέρονται, σε χρηματικές μονάδες με τη χρήση των σχετικών επιτοκίων, ώστε τελικώς τα αποτελέσματα να βρίσκονται σε άμεσα συγκρίσιμη μορφή. Τότε μόνο γίνεται δυνατή η άμεση σύγκριση για την λήψη απόφασης αποδοτικότερου τεχνικού σεναρίου.

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στην χρηματοοικονομική ανάλυση επιβάλλονται σε πολλές περιπτώσεις από την ίδια την ανάλυση και τις απαιτήσεις της. Έτσι στον τομέα του κόστους τα δεδομένα που εξετάζονται έχουν να κάνουν με τους παρακάτω τομείς:

- Κόστος μελέτης-σχεδιασμού (περιλαμβάνει κόστος απαλλοτριώσεων)
- Κόστος κατασκευής τεχνικού σεναρίου
- Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (που εξασφαλίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τεχνικού έργου στο πέρασμα του χρόνου)

Από την άλλη πλευρά, στον τομέα που χαρακτηρίζεται από το όφελος που καρπώνεται ο χρήστης επειδή χρησιμοποιεί το έργο, τα δεδομένα που απαιτούνται έχουν να κάνουν με τους παρακάτω τομείς:

- Αριθμός χρηστών και οχημάτων που διέρχονται
- Απόσταση που διανύουν με τη χρήση του τεχνικού έργου
- Χρόνος που κερδίζεται ανά σενάριο
- Κόστος χρήσης οχήματος ανά σενάριο
- Συχνότητα παρουσίασης ατυχήματος

Πέρα όμως από τα στοιχεία που αποτελούν το συνολικό κόστος του έργου καθώς και τα οφέλη των πιθανών σεναρίων, η μελέτη που πραγματοποιείται δεν είναι στιγμιαία και χαρακτηρίζεται από βάθος χρόνου, στον οποίο δημιουργούνται σοβαρές μεταβολές των δεδομένων, που επιφέρουν με τη σειρά τους σημαντικές αλλαγές στα αποτελέσματα. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει να συνυπολογιστεί η επίδραση του χρόνου στη μελέτη, αλλά και το πως οι παράμετροι της ανάλυσης τείνουν να μεταβληθούν με την πάροδο του. Έτσι πέρα από τις παραπάνω κατηγορίες δεδομένων, λαμβάνονται ιδιαίτερως υπόψη και:

- Χρόνος διάρκειας της μελέτης και αλλαγή μεγέθους παραμέτρων

- Επιτόκια και αλλαγή της χρηματικής αξίας

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, χωρίς περαιτέρω ανάλυση της φύσης του κάθε δεδομένου που περιλαμβάνεται στη μελέτη, η αναζήτηση των τιμών που τα χαρακτηρίζουν δεν μπορεί να είναι μονοσήμαντη. Οι τιμές που θα επιλεγθούν για το κάθε δεδομένο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αντιπροσωπευτικές, ώστε να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Γι' αυτό και είναι μεγάλη η απαίτηση για εξεύρεση διαφορετικών τιμών των δεδομένων, ώστε η τιμή που θα επιλεγεί να είναι αποτέλεσμα μέσης τιμής αυτών που θα βρεθούν και πάντα όσο το δυνατόν σχετικότερες με τα δεδομένα του τύπου που γίνεται η ανάλυση.

3.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ)

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τη θεμελίωση της συγκεκριμένης εργασίας χωρίστηκε σε δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος της έρευνας, περιελάμβανε την αναζήτηση εργασιών, μελετών και άλλων ερευνών που ασχολούνταν με παρόμοια ζητήματα. Τα ζητήματα αυτά αφορούσαν τους τρόπους λήψης απόφασης για σενάρια μεγάλων τεχνικών έργων κυρίως σε οδικά έργα υποδομής, και όπου ήταν δυνατό συγκεκριμένα για διάνοιξη σηράγγων. Το υλικό που συγκεντρώθηκε, χρησιμοποιήθηκε ώστε να δημιουργήσω μια όσο το δυνατόν πληρέστερη εικόνα για τη μορφή της έρευνας που θα πραγματοποιούσα, αλλά και για τους τρόπους και τα μέσα που ήταν απαραίτητα ώστε να ολοκληρωθεί. Μέσα από τη συλλογή και τη μελέτη των σχετικών ερευνών-εργασιών κατέληξα και στον τρόπο-μέθοδο, που θα έπρεπε να αντιμετωπίσω τα ερωτήματα των σεναρίων της δικής μου έρευνας, όπως επίσης καταστάλαξα και στα αριθμητικά-στατιστικά δεδομένα που θα έπρεπε να χρησιμοποιήσω για την παραγωγή των δικών μου αποτελεσμάτων. Το τελευταίο στοιχείο αποτέλεσε και τη βάση για το δεύτερο μέρος της βιβλιογραφικής μελέτης που πραγματοποίησα στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Κατά το δεύτερο μέρος, και αφού είχαν αποσαφηνιστεί με τη βοήθεια του πρώτου μέρους της έρευνας, διερευνήθηκαν όλες οι απαιτούμενες μεταβλητές και οι τιμές που μπορούν αυτές να λάβουν, ώστε η έρευνα να καταστεί όσο το δυνατόν

ακριβέστερη και αντιπροσωπευτικότερη της κατάστασης που αναλύεται. Οι τιμές των παραμέτρων, που παράγουν τα αποτελέσματα της έρευνας, επιλέχθηκαν σαν μέση τιμή από τις τιμές που βρέθηκαν στην βιβλιογραφική αναζήτηση. Για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη εικόνα η βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, αναζήτησε παραπάνω της μιας τιμής ανά παράμετρο, ώστε να περιοριστούν τα σφάλματα των δεδομένων και τελικά στη συντριπτική πλειοψηφία των παραμέτρων να βρεθούν όχι λιγότερες από τρεις (3) τιμές. Οι τιμές των παραμέτρων τελικά, επιλέγονται εντός της ζώνης που ορίζουν η κατώτερη και η ανώτερη τιμή που βρέθηκαν από την έρευνα, και πάντα με προσωπική κρίση ώστε να αντιπροσωπεύουν με τον βέλτιστο τρόπο, το σκοπό και τα χαρακτηριστικά της μελέτης.

Η βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποίησε μελέτες, έρευνες, παλαιότερες εργασίες σχετικών θεμάτων και βιβλία, είτε σε έντυπη, είτε σε ηλεκτρονική μορφή. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η έρευνα ξεκίνησε από τις μελέτες για τη μορφή της εργασίας και οδηγήθηκε στις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται. Οι βιβλιογραφικές αναφορές σε όλη αυτήν την προσπάθεια ήταν και ελληνικές και ξενόγλωσσες. Αναφορές πέρα από τον ελλαδικό χώρο, γίνονται για παρόμοια έργα στην Ευρώπη (Βρετανία-Βέλγιο-Γαλλία-Γερμανία) και στην Αμερική (Η.Π.Α.). Σημειώνεται όμως, ότι όσα δεδομένα ελήφθησαν από έρευνες και μελέτες από το εξωτερικό, ιδίως οι ξενόγλωσσες αναφορές, υπέστησαν την κατάλληλη επεξεργασία και τις απαραίτητες μεταβολές ώστε να συμβαδίζουν με τα δεδομένα που ισχύουν στην Ελλάδα.

Αναλυτικότερα για την συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων της εργασίας μου, χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερες διπλωματικές εργασίες και πανεπιστημιακά συγγράμματα, είτε δικά μου, είτε από τη βιβλιοθήκη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές έρευνες και μελέτες από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία καθώς και από φορείς λειτουργίας και διαχείρισης μεγάλων οδικών έργων, όπως η Αττική Οδός και η Εγνατία Οδός. Πέρα από όλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν σχετικές με το αντικείμενο δημοσιεύσεις, ελληνικές και ξενόγλωσσες, όπως του UPTUN (σειρά τεχνολογικών δημοσιεύσεων) αλλά και μεμονωμένες δημοσιεύσεις, που άπτονταν των ζητημάτων που μελέτησα.

3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Μετά από την τελική απόφαση, για τη μορφή που θα έχει η χρηματοοικονομική ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο κόστους-οφέλους, επόμενο βήμα της εργασίας ήταν η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, που απαιτούνται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Έγινε καταγραφή των παραμέτρων και ακολούθησε η αναζήτηση των χαρακτηριστικών τιμών που αυτές θα μπορούσαν να λάβουν.

Οι τιμές των δεδομένων προήλθαν από εργασίες, δημοσιεύσεις, επιστημονικά και πανεπιστημιακά συγγράμματα και δημιούργησαν το εύρος των τιμών, εντός του οποίου θα έπρεπε να κινείται η τελική επιλεγείσα τιμή. Όμως, οι πηγές από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα δεν ανήκαν σε μια κοινή βάση, αφού παρουσίαζαν μεγάλες διαφορές όσον αφορά τη δομή τους, το σκοπό που εξυπηρετούσαν αλλά και το χρόνο και τον τόπο στον οποίον πραγματοποιήθηκαν. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ένα διαχειριστικό ζήτημα, που απαιτούσε ιδιαίτερη μεταχείριση και επεξεργασία για την κάθε πληροφορία.

Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που βρέθηκαν στις περισσότερες περιπτώσεις είχαν άλλη χρονική βάση και προφανώς κάποια χρονική απόσταση με το παρόν, στο οποίο αναφέρεται η εργασία. Το δεδομένο που βρέθηκε με τη μεγαλύτερη χρονική απόσταση ήταν παράμετρος εργασίας από το 1997, ενώ η μικρότερη χρονική διάσταση ήταν από εργασία του 2012. Για όλα τα δεδομένα οικονομικής φύσεως, πραγματοποιήθηκε αναγωγή σύμφωνα με τα ισχύοντα επιτόκια σε τιμές οι οποίες είναι αντίστοιχες με το παρόν.

Πέρα από τις χρονικές διαστάσεις που παρουσιάζουν τα δεδομένα, κάποιες παράμετροι βρέθηκαν μέσα από εργασίες, που έχουν πραγματοποιηθεί στον ελλαδικό χώρο με συγκεκριμένα δεδομένα, ενώ κάποιες άλλες βρέθηκαν σε εργασίες και μελέτες ξενόγλωσσες. Όμως μια ξενόγλωσση έρευνα επηρεάζεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τόπου, στον οποίον πραγματοποιήθηκε, με αποτέλεσμα να μην συμβαδίζουν απαραίτητως με τα ελληνικά δεδομένα. Έτσι όσα δεδομένα έχουν ληφθεί από ξενόγλωσσες μελέτες και εργασίες, έχουν περάσει από την απαιτούμενη επεξεργασία, έχουν δεχθεί τις απαραίτητες τροποποιήσεις και έχουν πραγματοποιηθεί

όλες εκείνες οι παραδοχές, που καθιστούν τις παραμέτρους αποδεκτές, συμβατές και χρησιμοποιήσιμες από μια έρευνα στον ελλαδικό χώρο με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Έτσι με τις προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω, τόσο για το θέμα των διαφορετικών χρονικών περιόδων στις οποίες έχουν πραγματοποιηθεί οι μελέτες που χρησιμοποιήσαμε σαν βάση, όσο και με τις διαστάσεις που παρουσιάζονται λόγω των διαφορετικών τόπων αναφοράς σε κάθε μελέτη, γίνεται εφικτό να δημιουργηθεί μια κοινή βάση στην οποία θα γίνει η ανάλυση της εργασίας μου. Η κοινή βάση αυτή έχει σαν τελικό στόχο να μετατρέψει σε χρηματικές μονάδες κάθε παράμετρο που εμπλέκεται στο θέμα της εργασίας, συνυπολογίζοντας τις αλλαγές που επέρχονται από την πάροδο του χρόνου, στον οποίον εξελίσσεται η μελέτη.

3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από τη στιγμή που συγκεντρώθηκαν όλα τα δεδομένα που αφορούσαν τη μελέτη, μέσω συγκρίσεων και διεργασιών που παρουσιάστηκαν παραπάνω, επιλέχτηκαν οι τιμές των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στη μελέτη. Πρώτο απ'όλα αποφασίστηκε ο χρόνος για τον οποίον θα πραγματοποιηθεί η μελέτη. Παράγοντας που είναι χαρακτηριστικός και καθοριστικός για τα αποτελέσματα που θα παραχθούν μιας και επηρεάζει καταλυτικά τις συγκρίσεις των σεναρίων που πραγματοποιούνται. Πέρα από τη χρονική προϋπόθεση που ορίστηκε, η ανάλυση μου χωρίζεται σε δύο κύριους τομείς : αυτόν του υπολογισμού του κόστους του σεναρίου και αυτόν του υπολογισμού του οφέλους που προέρχεται από το κάθε σενάριο.

Το κόστος του κάθε σεναρίου υπολογίζεται από δύο κύριες παραμέτρους. Η πρώτη είναι το κόστος κατασκευής, στο οποίο συνυπολογίστηκαν οι προσαυξήσεις από τις απαιτούμενες μελέτες, όσο και από τις ενδεχόμενες αποζημιώσεις απαλλοτριώσεως. Η δεύτερη αποτελείται από το κόστος για την εύρυθμη λειτουργία του έργου και από το κόστος για την συντήρηση του έργου, ώστε το έργο να μην χάνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του με τη χρήση και την πάροδο του χρόνου. Οι χρηματικές μονάδες που αφορούν το κάθε σενάριο ανάγονται σε κοινό χρονικό σημείο με τις απαραίτητες

τροποποιήσεις, και ύστερα προστίθενται και συγκρίνονται τα σενάρια κόστους για τις δύο περιπτώσεις(σήραγγα-παρακαμπτήριο τμήμα). Το κόστος και για τα δύο σενάρια που μελετούνται μοιράζεται σε τρεις χρονιές, μέσα στις οποίες ολοκληρώνεται η φάση της κατασκευής και παραδίδεται το έργο σε λειτουργία. Τα έξοδα συντήρησης και λειτουργίας από την άλλη, χωρίζονται σε έξοδα ετήσιας βάσης, αλλά και σε έξοδα που περιλαμβάνουν συντηρήσεις και αντικαταστάσεις μεγάλης κλίμακας και συμβαίνουν μια φορά στα 10 ή στο 15 έτη λειτουργίας του έργου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι για την πραγματοποίηση της ανάλυσης έχει επιλεχθεί μια σχέση ανάμεσα στα χιλιόμετρα της σήραγγας και τα χιλιόμετρα του παρακαμπτηρίου τμήματος του έργου, που κατασκευάζονται ανά σενάριο. Η σχέση αυτή κατά την ανάλυση μας δίνει, μετά από δοκιμές, την τελική χιλιομετρική σχέση των δύο σεναρίων, στην οποία τα δύο σενάρια είναι οικονομικά ισοδύναμα (ανάλυση “νεκρού σημείου”).

Ο υπολογισμός του οφέλους, που δημιουργείται από το κάθε σενάριο, είναι μια διαδικασία πιο πολύπλοκη από ότι αυτή του κόστους, εξαιτίας των περισσότερων παραμέτρων, που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς. Τα οφέλη κατά κύριο λόγο προέρχονται από τη χρήση του έργου από τους χρήστες και τα οχήματα που αυτοί χρησιμοποιούν. Επομένως, πρωτεύων ρόλο σε αυτή την ανάλυση κατέχουν το πλήθος των οχημάτων (κυκλοφοριακός φόρτος) και των επιβαινόντων χρηστών. Και οι δύο αυτοί αριθμοί είναι απαραίτητοι για τον υπολογισμό των ωφελειών στη συνέχεια. Πέρα όμως από αυτό, πρέπει να σημειωθεί κάτι πολύ σημαντικό για την μετέπειτα διαδικασία. Το όφελος προκύπτει από τη σύγκριση του κόστους που δημιουργείται στον χρήστη, κατά τη διέλευση του από το έργο ως χρόνος, χρήση και επικινδυνότητα και αφορά στη διαφορά που παρουσιάζουν τα δύο σενάρια. Άρα στην πραγματικότητα, το όφελος που υπολογίζεται αφορά στο μικρότερο κόστος που τελικά παρουσιάζεται στη μια περίπτωση έναντι της άλλης.

Η πρώτη κατηγορία που παρουσιάζει όφελος μέσω της διαφοράς κόστους είναι αυτή της απώλειας χρόνου του χρήστη λόγω της μετακίνησης του. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού επιτυγχάνεται με το γινόμενο του πλήθους των χρηστών και της αξίας του χρόνου που απαιτείται κατά τη μετακίνηση. Το πλήθος των χρηστών προέρχεται από τον κυκλοφοριακό φόρτο, γνωρίζοντας τους μέσους όρους των τύπων των οχημάτων που κινούνται σε οδικά δίκτυα (Ι.Χ., δίκυκλα, λεωφορεία, φορτηγά), ενώ η αξία του χρόνου

που καταναλώνεται προκύπτει σαν γινόμενο της διάρκειας της διαδρομής (διαφορετική για τα δύο σενάρια και ανάλογη της απόστασης) και της μέσης αποτίμησης του χρόνου για τον κάθε πολίτη. Να σημειωθεί ότι στους παραπάνω υπολογισμούς, λαμβάνεται υπόψη η μέση ταχύτητα κίνησης οχημάτων σε αυτοκινητόδρομους ή μεγάλα οδικά δίκτυα.

Η δεύτερη κατηγορία των ωφελειών που αφορούν τη χρήση του έργου, έχει να κάνει με το κόστος χρήσης του κάθε οχήματος, που πραγματοποιεί μια διαδρομή. Για να υπολογιστεί το κόστος σε κάθε σενάριο, όπως και στην προηγούμενη κατηγορία, λαμβάνεται το γινόμενο του πλήθους των οχημάτων που διέρχονται από το έργο με το κόστος που αντιστοιχεί στην απόσταση που διανύει το κάθε όχημα. Τα οχήματα παρουσιάζονται με ποσόστωση ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισης του κάθε τύπου (Ι.Χ., δίκυκλα, λεωφορεία, φορτηγά). Επίσης, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και την απόσταση που διανύει, προκύπτει και η αντίστοιχη τιμή κόστους ανά χιλιόμετρο. Η συγκεκριμένη τιμή περιλαμβάνει το κόστος καυσίμου για τη μετακίνηση συγκεκριμένης απόστασης με συγκεκριμένη μέση ταχύτητα, καθώς και μια μέση αποζημίωση για τη φθορά του οχήματος και για τα μακροπρόθεσμα λειτουργικά έξοδα και έξοδα συντήρησης.

Η τελευταία κατηγορία οφέλους από τη χρήση του έργου είναι η διαφορά που προκύπτει για τα δύο σενάρια στην επικινδυνότητα που παρουσιάζουν, και στη συχνότητα που παρατηρούνται τα τροχαία ατυχήματα στις συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτή είναι ίσως και η πιο πολύπλοκη διαδικασία. Υπολογίζεται ο δείκτης ατυχημάτων που αφορά τις σήραγγες και τους ανοιχτούς αυτοκινητοδρόμους, ο οποίος λαμβάνει τιμές ανά διανυμένα χιλιόμετρα οχημάτων. Υπολογίζεται το κόστος ενός ατυχήματος με παραδοχές για το κόστος της ανθρώπινης ζωής, του τραυματισμού χρήστη και των υλικών ζημιών που επιφέρει, καθώς και με ποιά συχνότητα οι επιπτώσεις αυτές συμβαίνουν σε κάθε ατύχημα. Τελικώς από το πλήθος των οχημάτων που διέρχονται, τον δείκτη ατυχημάτων και το κόστος κάθε ατυχήματος που έχει υπολογιστεί, προκύπτει το κόστος ατυχημάτων για κάθε σενάριο, ενώ η οικονομική διαφορά που προκύπτει ανάμεσα στα δύο σενάρια, λογίζεται ως το όφελος αυτής της κατηγορίας.

Και οι τρεις τομείς ανάλυσης οφέλους από τη χρήση του ενός ή του άλλου σεναρίου δίνουν ετήσιες τιμές οφέλους, που αυτές με τη σειρά τους ανάγονται με τους

κατάλληλους συντελεστές σε όλα τα χρόνια της ανάλυσης. Με αυτόν τον τρόπο μετατρέπονται όλες οι κατηγορίες κόστους-οφέλους σε χρηματικές μονάδες, που ανάγονται σε κοινή χρονική βάση, ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμες. Από την άθροιση του κόστους και του οφέλους κάθε σεναρίου προκύπτει μια συγκριτική σχέση, που με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος excel, επιτυγχάνουμε την εύρεση της χιλιομετρικής σχέσης για την οποία τα δύο σενάρια είναι ισοδύναμα.

Από τη στιγμή που γνωρίζουμε τη σχέση, που ισοσκελίζει τα δύο σενάρια, ολοκληρώνεται ο στόχος της εργασίας που είναι να υπάρχει μια πρώτη αντίληψη στη φάση σχεδιασμού και ανάλογα με τις αποστάσεις που δημιουργούνται κατά τη χάραξη του έργου, να μπορούμε να αναγνωρίσουμε ποιο σενάριο θα παρουσιάζει το μεγαλύτερο όφελος στο έργο. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, πως η σχέση στην οποία καταλήγει η μελέτη, είναι διαφορετική για κάθε κυκλοφοριακό φόρτο που λαμβάνεται προς ανάλυση. Για το λόγο αυτό άλλωστε, επιλέγεται να γίνει ανάλυση για περισσότερους από έναν κυκλοφοριακούς φόρτους, ώστε να μελετηθεί και η επίδραση του πλήθους των χρηστών και των οχημάτων στα αποτελέσματα της μελέτης.

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά τα συστατικά στοιχεία που αποτελούν και διαμορφώνουν το τελικό κόστος των δύο σεναρίων που εξετάζονται. Ακόμη αναλύονται, βασισμένοι στις αρχές των αναλύσεων κόστους-οφέλους, και όλοι οι παράγοντες εκείνοι που διαμορφώνουν τελικά το όφελος που καρπώνεται ο χρήστης, μεταξύ των δύο κατασκευαστικών σεναρίων που αναλύονται και αξιολογούνται.

4.1 ΚΟΣΤΟΣ

Το κόστος κατασκευής ενός οδικού έργου αποτελεί ένα στοιχείο για το έργο, το οποίο πέρα από μεγάλη πολυπλοκότητα, παρουσιάζει ζωτική σημασία για την υλοποίηση και τη βιωσιμότητα του έργου. Για τον ακριβή καθορισμό του κόστους ενός συγκοινωνιακού έργου είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί αναλυτική προμέτρηση-προϋπολογισμός. Για να γίνει όμως αυτό, θα πρέπει να υπάρχει οριστική μελέτη του έργου, από την οποία προκύπτουν οι διάφορες δαπάνες.

Επειδή τα οικονομικά μεγέθη που είναι κρίσιμα για ένα έργο, δεν είναι μόνο η κατασκευή του αλλά και η εύρυθμη λειτουργία του, καθώς και η επιμελής συντήρησή του, είναι απαραίτητο, πέρα από τους αναλυτικούς προϋπολογισμούς, να προβλέπονται και τα δυο μεγέθη που ακολουθούν το έργο κατά τη λειτουργία του. Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι οι αναλύσεις κόστους, που αφορούν ολόκληρη τη ζωή του έργου, όπως αυτές παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι και με γνώμονα όλη τη διάρκεια ζωής του έργου παρουσιάζονται με τη σειρά, όλοι οι παράγοντες που συμμετέχουν στη διαμόρφωση του συνολικού του κόστους.

4.1.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ

Τα δεδομένα που υπάρχουν στις κατασκευές που γίνονται στον ελλαδικό χώρο όσον αφορά με τους φορείς που δημοπρατούν αλλά και αυτούς που αναλαμβάνουν την κατασκευή και την εκμετάλλευση των έργων δημιουργούν σύγχυση στις παρακάτω

έννοιες οι οποίες καλό είναι να ξεκαθαρίζονται (Καλτσούνης, 2001) και να αναγνωρίζονται τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους.

- Κόστος κατασκευής που προκύπτει με βάση τον προϋπολογισμό της υπηρεσίας.
- Κόστος κατασκευής που προκύπτει μετά την έκπτωση που δίνει ο εργολάβος.
- Κόστος κατασκευής μετά τις αναπροσαρμογές των τιμών που συνήθως πετυχαίνει ο εργολάβος.

Τεκμηριωμένες εκτιμήσεις του κόστους του έργου αποτελούν καθοριστικό στοιχείο των μελετών αυτοχρηματοδότησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους-οφέλους για να έχουν σχέση με την πραγματικότητα απαιτούν μία σωστά τεκμηριωμένη εκτίμηση του κόστους του έργου. Οι αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση της επένδυσης από μία υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση του κόστους, είναι συνήθως μη αναστρέψιμες, με συνέπεια η επιβίωση της επιχείρησης να παρουσιάζει αυξημένες δυσκολίες.

Γενικότερα το κόστος κατασκευής ενός οδικού έργου αποτελείται από το διαχρονικό άθροισμα των εξής δαπανών:

- Κόστος μελετών: Αφορά δαπάνες εκπόνησης μελετών. Συνήθως υπολογίζονται ως ποσοστό του κόστους κατασκευής.
- Κόστος απαλλοτριώσεως: Αναφέρεται στις δαπάνες που απαιτούνται για τις αναγκαίες απαλλοτριώσεις (κτίσματα, φυτείες). Οι απαλλοτριώσεις μέχρι σήμερα στη χώρα μας θεωρούνται ευθύνη του Δημοσίου τομέα και επομένως οι απαιτούμενες δαπάνες καλύπτονται από δημόσιους πόρους.
- Κόστος κατασκευής: Περιλαμβάνει οποιαδήποτε δαπάνη έχει σχέση με την κατασκευή του έργου. Αναλυτικότερα αναφέρονται:
 1. Εκτιμώμενος προϋπολογισμός από την τεχνική μελέτη.
 2. Γενικά έξοδα εργοταξίου ως ποσοστό επί του εκτιμώμενου από τη μελέτη προϋπολογισμού.
 3. Απρόβλεπτα έξοδα ως ποσοστό επί των παραπάνω δαπανών.
 4. Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.). Αναφέρεται ως ποσοστό στο άθροισμα των παραπάνω δαπανών.

- Κόστος συντήρησης και λειτουργίας της οδού: Αφορά δαπάνες που έχουν σχέση με τη συντήρηση (ετήσια και περιοδική) και την καλή λειτουργία του έργου. Χαρακτηριστικές τέτοιες δαπάνες σε ένα οδικό έργο είναι:
 1. Συντήρηση οδοστρώματος (αντικατάσταση αντιολισθητικού τάπητα).
 2. Συντήρηση τεχνικών έργων.
 3. Συντήρηση ερεισμάτων, στηθαίων ασφαλείας, αποχέτευσης, φωτισμού.
 4. Λειτουργία(σήμανση, διαγράμμιση οδοστρωμάτων, σηματοδότηση, ηλεκτροφωτισμός και αστυνόμευση).
 5. Καθαρισμός από χινοπτώσεις.
- Κόστος κατασκευής και λειτουργίας διοδίων: Η διαστασιολόγηση των σταθμών διοδίων, δηλαδή η εκτίμηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας τους εξαρτάται από τον προβλεπόμενο φόρτο του οδικού έργου.

4.1.2 ΜΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ

Πέραν από το οικονομικό κόστος του, ένα έργο είναι ενδεχόμενο με την ύπαρξή του μόνο ή με τη κατασκευή του και για το χρόνο που θα διαρκέσει αυτή να έχει πολλές άλλες συνέπειες. Οι συνέπειες αυτές αφορούν βασικά τον άνθρωπο και το οικολογικό του περιβάλλον.

Για παράδειγμα η ενόχληση που προκαλείται από τη λειτουργία ενός εργοταξίου για τη κατασκευή π.χ. ενός υπόγειου έργου μητροπολιτικού σιδηροδρόμου ή μιας οδικής αρτηρίας ή μιας γέφυρας (θόρυβος-σκόνη- δυσχέρειες παρόδιων) είναι συνέπεια που δεν αποτιμάται στο σύνολό της, σε αποζημιώσεις και κατ'ακολουθία μερικώς μόνο εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες.

Η αισθητική υποβάθμιση μιας περιοχής από ένα έργο επίσης, δεν εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες. Τα κοινωνικά προβλήματα, που μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες απαλλοτριώσεις για τα συγκοινωνιακά έργα, είναι συχνά συνέπειες που συνεχίζονται και πέραν από τη δαπάνη μεταστέγασης που καταβάλλεται και άρα έχει περιληφθεί στο οικονομικό κόστος της κατασκευής. Και το μέρος του κόστους του έργου

που καλύπτει τη μεταστέγαση (αποζημιώσεις- απαλλοτριώσεις), συνήθως δεν καλύπτει και σε καμία περίπτωση δεν εκφράζει πλήρως τα προβλήματα αυτά.

Έτσι θα πρέπει να αναγνωρισθεί ότι πέραν από το οικονομικό κόστος, υπάρχει και κάποιος άλλο κόστος, που σχετίζεται με τις προαναφερθείσες επιπτώσεις και έχει ποιοτική διάσταση. Η αύξηση του μεγέθους των έργων που παρατηρείται σήμερα σαν συνέπεια της τεχνολογικής εξέλιξης συνεπάγεται:

- Αύξηση της επιρροής των έργων στο οικολογικό περιβάλλον.
- Τεράστιες δαπάνες για την εκτέλεση των έργων.
- Περιπτώσεις έργων (και μάλιστα συγκοινωνιακών) που υποβάθμισαν περιοχές στις οποίες έγιναν και είχαν απρόβλεπτες αρνητικές επιπτώσεις σε κάποιες αναπτυξιακές παραμέτρους.

Παράλληλα, παρατηρείται μία αυξανόμενη προσπάθεια του ανθρώπου να αντιληφθεί και να τονώσει τα στοιχεία που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής του. Έτσι τα τελευταία χρόνια η έρευνα προσπάθησε να διεισδύσει στις επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία των οδικών έργων στο οικολογικό περιβάλλον και την ποιότητα ζωής.

Επομένως, μπορεί να ειπωθεί ότι το κόστος κατασκευής ή λειτουργίας ενός οδικού έργου είναι ένα πολυδιάστατο μέγεθος, το οποίο δεν μπορεί να αποτιμηθεί μόνο με οικονομικούς όρους. Έτσι υιοθετείται η παρακάτω γενική διάκριση.

- Η ανάλυση προσπάθειας και ύλης που αποτιμάται σε οικονομικά μεγέθη συνιστά το οικονομικό κόστος.
- Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον που συνεπάγεται ένα έργο αποτελούν τις λοιπές συνιστώσες του κόστους και ονομάζονται μη οικονομικό κόστος.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως το μη οικονομικό κόστος δεν αφορά πάντα τον ιδιοκτήτη του έργου. Αν για παράδειγμα ο ιδιοκτήτης είναι το κράτος, το πιο συνηθισμένο είναι να αφορά ένα μέρος των πολιτών του και όχι το σύνολό του, ενώ αν ιδιοκτήτης είναι ιδιώτης (φυσικό ή νομικό πρόσωπο) πάλι το μη οικονομικό κόστος αναφέρεται σε άλλους (αλλά και κάποτε στον ιδιοκτήτη του) και με αυτή την έννοια

αφορά πάλι το Κράτος, μέσω του συνόλου ή συνηθέστερα υποσυνόλου των πολιτών του (Μποναζούντας, 2001).

4.2 ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριο τμήμα)

4.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το κόστος κατασκευής ενός οδικού έργου συμπεριλαμβάνει κατ'αρχάς το κόστος της τεχνικής μελέτης, στο οποίο προστίθεται ποσοστό 5% για τα απρόβλεπτα έξοδα καθώς και έξοδα απαλλοτριώσεων και αποζημιώσεων. Με τον όρο τεχνική μελέτη εννοείται το σύνολο των τεχνικών έργων που χρειάζεται να υλοποιηθούν στο οδικό αυτό τμήμα (Τ.Ε.Ο.).

- Μελέτη

Το κόστος που βαρύνει το έργο στο σύνολό του για τη σύνταξη των απαιτούμενων μελετών κυμαίνεται από 3% έως 5 % του συνολικού κόστους του έργου. Επειδή πρόκειται για σημαντικό έργο και οι μελέτες θα πρέπει να τηρούν υψηλές προδιαγραφές, θεωρείται ότι το κόστος των μελετών θα ανέλθει στο 5% του κόστους κατασκευής. Η δαπάνη της τεχνικής μελέτης περιλαμβάνει όλους τους υπολογισμούς που απαιτούνται για την φάση κατασκευής του οδικού έργου.

- Απαλλοτριώσεις-Αποζημιώσεις

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος με τη σειρά του αυξάνει το κόστος κατασκευής του αυτοκινητόδρομου, είναι αυτός του κόστους απαλλοτρίωσης. Το κόστος απαλλοτρίωσης αναλαμβάνεται από το Δημόσιο και δεν επιβαρύνει τον Παραχωρισιούχο. Το μέσο πλάτος ζώνης προς απαλλοτρίωση για μεγάλα οδικά έργα συνήθως ορίζεται στα 50 μέτρα, το μέσο κόστος απαλλοτριωμένης γης είναι 6.000€ ευρώ, και οι παραπάνω τιμές αφορούν ένα χιλιόμετρο στο μήκος της χάραξης, οπότε το αποτέλεσμα προκύπτει ανά χιλιόμετρο χάραξης. Επομένως, ανά χιλιόμετρο χάραξης οι αποζημιώσεις των απαλλοτριώσεων φτάνουν στις 300.000€ ευρώ.

- Εργασίες κατασκευής

Η φάση κατασκευής του οδικού έργου περιλαμβάνει όλες τις εργασίες που απαιτούνται να γίνουν ώστε να παραδοθεί το έργο για χρήση. Παρουσιάζονται ανά κατηγορία και είναι οι εξής :

- Χωματουργικά έργα: περιλαμβάνουν την εκσκαφή των φυτικών γαιών, τις εκσκαφές ορυγμάτων, τη μεταφορά προϊόντων εκσκαφής, την κατασκευή επιχωμάτων, την επένδυση πρανών με φυτική γη και την πλήρωση νησίδων με φυτική γη.
- Τεχνικά έργα: περιλαμβάνουν έργα αποχέτευσης, αποστράγγισης, κατασκευής ανισόπεδων διαβάσεων, γεφυρών, ανισόπεδων κόμβων, κατασκευή τοίχων αντιστήριξης κλπ.
- Οδοστρώματα: περιλαμβάνει οδοστρωσία και ασφαλτικά.
- Σήμανση και Ασφάλιση της οδού: περιλαμβάνουν περιφράξεις, πλευρικά στηθαία ασφαλείας, χιλιομετρικούς δείκτες, οριζόντια σήμανση της οδού.

Οι εργασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του οδικού έργου παρουσιάζουν αποκλίσεις και στο πλήθος τους και στην οικονομική του προσέγγιση κατά μήκος του έργου. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω των ιδιαίτερων απαιτήσεων που κατά τόπους θέτει η οριζοντιογραφία του έργου. Από την Ελληνική στατιστική υπηρεσία προκύπτει, πως ανά χιλιόμετρο κατασκευασμένου οδικού δικτύου το κόστος κατασκευής ανέρχεται περίπου στα 3.000.000€ ευρώ. Στο κόστος κατασκευής συνυπολογίζεται επιπλέον 18% εργολαβικό όφελος και τέλος 23% ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας(Φ.Π.Α.).

- Κόστος Κατασκευής Σταθμών Διοδίων

Η διαστασιολόγηση των σταθμών διοδίων θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί ικανοποιητικά ο υψηλότερος κυκλοφοριακός φόρτος που μπορεί να αντιμετωπίσει το οδικό έργο. Σύμφωνα με το Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας, ο ζητούμενος φόρτος στατιστικά, ανέρχεται περίπου σε 12,5% του υπολογισμένου Ε.Μ.Η.Κ.(Τ.Ε.Ο.).

Άλλες βασικές παραδοχές σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Ταμείου Εθνικής Οδοποιίας (Τ.Ε.Ο.) για τη διαστασιολόγηση του σταθμού διοδίων είναι:

- Κάθε χειροκίνητη (μηχανική) λωρίδα διοδίων εξυπηρετεί περίπου 350 μικτά οχήματα την ώρα.
- Κάθε λωρίδα κυκλοφορίας αντιστοιχεί σε 4 χειροκίνητες ή μία ηλεκτρονική λωρίδα διοδίων.
- Η αναπροσαρμογή (επικαιροποίηση) των διοδίων γίνεται με βάση τον πληθωρισμό.

Υπολογισμός κόστους κατασκευής σταθμού διοδίων

Από το Τ.Ε.Ο. και με βάση το γεγονός ότι οι αυτοκινητόδρομοι αποτελούνται συνηθέστερα από 6 λωρίδες κυκλοφορίας (3 ανά κατεύθυνση), οπότε χρειάζονται 24 χειροκίνητες λωρίδες διοδίων. Το κόστος κατασκευής τους ανέρχεται σε 21.000€ ευρώ ανά λωρίδα, ενώ το κόστος εξοπλισμού σε 70.000€ ευρώ ανά λωρίδα. Άρα το συνολικό κόστος κατασκευής ενός σταθμού διοδίων ανέρχεται περίπου σε $24 * (21+70) = 2.184.000€$ ευρώ.

4.2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

- Συντήρηση οδοστρώματος

Οι καταπονήσεις σε ένα οδικό έργο είναι κυρίως δύο ειδών. Εκείνες που προέρχονται από τα φορτία των οχημάτων και τις καιρικές και αυτές που προκαλούνται από την εναλλαγή των μετεωρολογικών συνθηκών. Οι καταπονήσεις που προέρχονται από τα φορτία των οχημάτων ταξινομούνται σε αυτές που προξενούνται από τα στατικά και από τα δυναμικά φορτία του τροχού των αυτοκινήτων, ενώ οι φθορές από τις καιρικές (μετεωρολογικές) συνθήκες είναι κυρίως αποτέλεσμα της θερμοκρασίας, του ύδατος, του αέρα και της παρόδου του χρόνου (Οδοστρώματα-Λοΐζος, 1996).

Από την κυκλοφοριακή ανάλυση, που προηγείται στις κατασκευές αυτοκινητοδρόμων, όπως και από τη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος, είναι δυνατόν να προβλεφθούν οι ρυθμοί φθοράς του οδοστρώματος, άρα και να προγραμματιστούν-κοστολογηθούν οι μελλοντικές εργασίες συντήρησης και ανακατασκευής του με σκοπό την επαναφορά του οδοστρώματος στην αρχική κατάσταση και την ανάκτηση των επιθυμητών προδιαγραφών.

Μια τάξη μεγέθους για την οικονομική απαίτηση αυτών των εργασιών μας προσφέρει ο κρατικός προϋπολογισμός. Ο ετήσιος προϋπολογισμός για τη συντήρηση του οδικού δικτύου συνολικού μήκους 9.300 χιλιομέτρων είναι περίπου 75 εκατομμύρια Ευρώ, τα οποία χρηματοδοτούνται από το Δημόσιο (περίπου 15%) και από έσοδα του Τ.Ε.Ο. Άρα οι εργασίες συντήρησης οδοστρώματος προσεγγίζουν τις 8.000€ ευρώ ανά χιλιόμετρο κατασκευασμένου οδικού δικτύου. (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2010)

Ανάλογα με το χρόνο εκδήλωσης των εργασιών οι παρεμβάσεις διακρίνονται σε τακτικές, έκτακτες και περιοδικές ανάγκες. Περιληπτικά αναφέρονται ότι στις τακτικές εργασίες συντήρησης αυτοκινητοδρόμων, οι οποίες διαφέρουν σε συχνότητα δηλαδή σε χρονικό διάστημα είναι οι:

➤ Τακτικές ανάγκες:

- Καθαρισμός οδοστρώματος, στηθαίων, πινακίδων και αποψίλωση πρανών.
- Συντήρηση διαγραμμίσεων, στηθαίων, πινακίδων κατακόρυφης σήμανσης, φωτιστικών σωμάτων, πράσινου, νησίδων και πρανών.
- Αντικατάσταση λαμπτήρων σηματοδότησης και φωτισμού.
- Επιθεώρηση τεχνικών έργων (γεφυρών, οχετών, σηράγγων).
- Συντήρηση μηχανικού εξοπλισμού.
- Απόφραξη φρεατίων και αγωγών αποχέτευσης όμβριων.

Στοιχεία που προήλθαν από τη Δ3 (αρμόδια υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ) και από το Τ.Ε.Ο., καθώς και από την ανάλυση δεδομένων από έργα που έγιναν στην Εγνατία και στον Π.Α.Θ.Ε., έδειξαν πως το συνολικό κόστος τακτικής συντήρησης ανά χιλιόμετρο Εθνικής οδού κατά μέσο όρο είναι 7.630,23 Ευρώ. Να σημειωθεί ότι η τακτική συντήρηση δεν έχει απαραίτητα ετήσια συχνότητα.

➤ Έκτακτες ανάγκες, αναμενόμενες εποχιακά ή απρόβλεπτες, προερχόμενες από θεομηνίες, ατυχήματα κ.τ.λ. όπως:

- Άρση καταπτώσεων.
- Απομάκρυνση οχημάτων που έχουν ακινητοποιηθεί μετά από βλάβη ή ατύχημα.

- Καθαρισμός και πλύσιμο οδοστρωμάτων από διάφορα αντικείμενα, λάδια μετά από τροχαία ατυχήματα.
 - Αποχιονισμός και αντιμετώπιση παγετού στο οδόστρωμα.
 - Άμεση απομάκρυνση κατεστραμμένων στηθαίων σε ατύχημα και επανατοποθέτηση καινούργιων.
- Περιοδικές εργασίες συντήρησης ή αντικατάστασης στις οποίες ανήκουν οι εργασίες συντήρησης οδοστρώματος, γεφυρών, σηράγγων.

Οι περιοδικές εργασίες ξαναδίνουν στο περιουσιακό στοιχείο τις προσχεδιασμένες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά αντοχής, έτσι ώστε:

- να μπορεί να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της κυκλοφορίας,
- να προλαμβάνεται η πρόωρη ολική αντικατάσταση ή αναδόμηση του περιουσιακού στοιχείου, και
- να προσδίδουν στο περιουσιακό στοιχείο τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά ώστε να είναι δυνατή η μεταβίβασή του στο τέλος της παραχώρησης.

Το κόστος για τις περιοδικές εργασίες συντήρησης του οδοστρώματος υπολογίστηκε βάσει Ελληνικών τιμών (2013) κόστους κατασκευής ανά μονάδα και είναι:

- 36.000€ ευρώ ανά χιλιόμετρο για μονωτικές στρώσεις (Slurry seal or surface dressing).
- 64.000€ ευρώ ανά χιλιόμετρο για επίστρωση στρώματος ασφάλτου πάχους 40 mm.
- Κόστος λειτουργίας-συντήρησης σταθμού διοδίων

Τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης ενός σταθμού διοδίων συνίστανται σε:

- Έξοδα αναγκαίου προσωπικού και προϊσταμένων για τη λειτουργία των σταθμών διοδίων.
- Λογαριασμοί, λαμβανόμενες υπηρεσίες κοινής ωφέλειας από τους σταθμούς διοδίων.
- Έξοδα διαχείρισης εσόδων.

- Συντήρηση των σταθμών διοδίων και του εξοπλισμού τους.

Από το Τ.Ε.Ο. και για το έτος 2013, υπολογίστηκαν ότι οι λειτουργικές δαπάνες ενός σταθμού διοδίων ανέρχονται σε 50.000€ ευρώ ανά λωρίδα και ανά έτος, εκ των οποίων το 75% αφορά αμοιβές προσωπικού, 15% αφορά τη συντήρησή τους και 10% διάφορα άλλα έξοδα. Επειδή χρειάζονται 24 λωρίδες σταθμών διοδίων το κόστος λειτουργίας ανέρχεται σε $50 * 24 = 1.200.000€$ ευρώ για το 2013.

- Κόστος αστυνόμευσης οδικού έργου

Η δαπάνη που αφορά στο κόστος αστυνόμευσης επιβαρύνει αποκλειστικά και μόνο το Δημόσιο, επομένως δεν είναι στοιχείο που αφορά τον Παραχωρησιούχο και την κατασκευή του έργου, αλλά συμπεριλαμβάνεται στα λειτουργικά έξοδα που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία του οδικού δικτύου.

Λέγοντας κόστος αστυνόμευσης σε μία εθνική οδό και όχι μόνο εννοείται το σύνολο των δαπανών:

- Της στελέχωσης του οχήματος αστυνόμευσης.
- Του αστυνομικού οχήματος όπως καύσιμα, έξοδα συντηρήσεως κλπ.
- Του αριθμού των βαρδιών ανά ημέρα.
- Της χρησιμοποίησης ανακριτικών ή γερανοφόρων οχημάτων σε περίπτωση ατυχήματος.

4.3 ΚΟΣΤΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Όπως και στην περίπτωση του ανοιχτού αυτοκινητοδρόμου, έτσι και στην περίπτωση της σήραγγας, η ανάλυση ζωής του έργου (L.C.C.A.) επιβάλλει το κόστος να προσδιορίζεται από τις απαιτήσεις της κατασκευής (διάνοιξη), αλλά και από όλες τις εργασίες που χρειάζονται ώστε να εξασφαλίζονται οι προδιαγραφές χρήσης. Αυτές αφορούν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης για την ασφαλή χρήση του έργου χωρίς να αλλάζουν οι τεχνικές προδιαγραφές του. Όλα τα στοιχεία που απαιτούνται, περιγράφονται στη συγκεκριμένη παράγραφο.

4.3.1 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

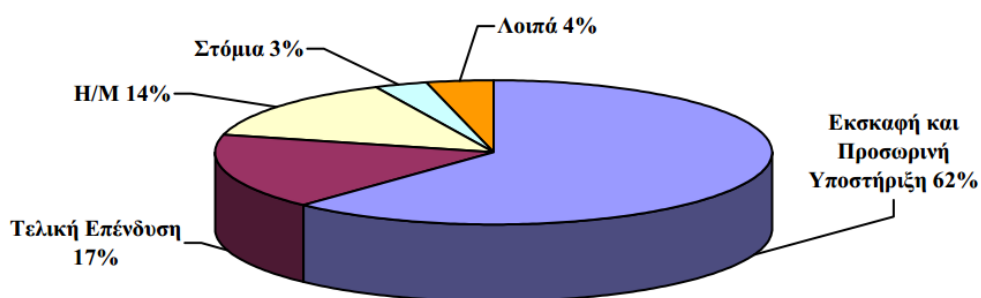
Το κόστος των σηράγγων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα οδικό έργο, αποτελεί σημαντικό κομμάτι της βιωσιμότητας του έργου λόγω της αναγκαιότητας των σηράγγων, αλλά και λόγω της οικονομικής διαφοράς που παρουσιάζουν με τα ανοικτά τμήματα του αυτοκινητοδρόμου. Με μια αρχική προσέγγιση, λαμβάνοντας σαν δεδομένα τα στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από την πρόσφατη ολοκλήρωση της Εγνατίας Οδού, βλέπουμε πως ενώ στην χάραξη οι σήραγγες αποτελούν μόλις το 6% της χιλιομετρικής απόστασης, το κόστος κατασκευής ανήλθε στο 35% του συνολικού κόστους. Αποτέλεσμα που καταδεικνύει και την δυσαναλογία μεταξύ κόστους και χιλιομετρικής απόστασης (μήκους του έργου).

Λόγω της μεγάλης επίδρασης στο συνολικό κόστος του έργου, χρειάζεται ειδική μεθοδολογία για την παρακολούθηση του κόστους των σηράγγων, που να εστιάζεται στα κυριότερα κέντρα κόστους.

Η δυσκολία όμως στην περίπτωση της κατασκευής σηράγγων δεν βρίσκεται στο αποδεδειγμένα κατά πολύ μεγαλύτερο κόστος. Το δυσκολότερο εγχείρημα σε μια τέτοια περίπτωση είναι ο προϋπολογισμός του κόστους ενός υπόγειου έργου. Κυρίαρχος παράγοντας στη διαμόρφωση του κόστους διάτρησης των σηράγγων είναι οι γεωλογικές-γεωτεχνικές και οι γεωμηχανικές συνθήκες. Οι παράγοντες αυτοί πολύ συχνά, δεν γίνεται να ανιχνευθούν επακριβώς, με αποτέλεσμα η διάνοιξη να μην γίνει με την πιο ενδεδειγμένη τεχνική λύση. Ακόμα όμως και όταν οι προβλέψεις από τις γεωτρήσεις και τις τεχνικές μελέτες που προηγούνται, επαληθεύονται, οι συνθήκες που έχουν ανιχνευθεί, μπορούν να αλλάξουν κατά μήκος της χάραξης αλλάζοντας συνεχώς το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η διάνοιξη.

Η πρόσφατη εμπειρία στην κατασκευή της Εγνατίας Οδού, δίνει στατιστικά στοιχεία που λόγω του πλήθους των σηράγγων που διατρήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά. Η Εγνατία Οδός περιλαμβάνει 138 σήραγγες συνολικού μήκους περίπου 100 χιλιομέτρων μονού κλάδου, που καλύπτουν 50 χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου. Από το σύνολο των σηράγγων οι 64 είναι δίδυμες (2 x 64), ενώ οι 10 είναι μονού κλάδου. Η πλειοψηφία κατασκευάστηκε με διάτρηση (96 χιλιόμετρα μονού κλάδου), ενώ μερικές έγιναν με εκσκαφή και επανεπίχωση (4 χιλιόμετρα μονού κλάδου).

Το κόστος για τη διάνοιξη των σήραγγων (εκσκαφή και προσωρινή υποστήριξη) καλύπτει κατά μέσο όρο το 62% του συνολικού κόστους. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις με πολύ δύσκολη γεωλογία μπορεί να φτάσει έως και 73% του συνολικού κόστους (π.χ. Σήραγγα Ανθοχωρίου). Το κόστος της τελικής επένδυσης, που αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα μεταβλητού πάχους ανάλογα με την ποιότητα της βραχομάζας, είναι κατά μέσο όρο 17% του συνολικού κόστους. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το κόστος για την εγκατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών και τηλεματικών συστημάτων για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία της σήραγγας, που είναι της τάξεως του 14%. Τέλος, το κόστος κατασκευής των στομών των σήραγγων ανέρχεται στο 3%, ενώ το κόστος που αφορά στις συνδετήριες στοές, στα φρέατα εξαερισμού, στην οδοστρωσία, στις ασφαλικές εργασίες και στα κτίρια ελέγχου στο 4% (Λαμπρόπουλος Σ.& Συνεργάτες, 2005).



Πίνακας 2. Κατανομή κόστους στις σήραγγες της Εγνατίας (Λαμπρόπουλος, 2005)

- Αντιμετώπιση γεωλογικών συνθηκών

Όσες κοστολογικές αναλύσεις κι αν γίνουν, όσοι αναλυτικοί προϋπολογισμοί κι αν καταρτιστούν, το μεγαλύτερο ρόλο για το τελικό κόστος διάνοιξης μιας σήραγγας τον έχουν οι γεωλογικές συνθήκες που συναντώνται στο χώρο από τον οποίον διέρχεται η σήραγγα. Δυστυχώς η πρόοδος της τεχνολογίας, αν και αλματώδης όσον αφορά στις μηχανές διάτρησης, δεν μας έχει δώσει ακόμη, ούτε ένα πανίσχυρο μηχάνημα που θα μπορεί να αντιμετωπίσει όλες τις πιθανές γεωλογικές μορφές, ούτε μια μέθοδο απόλυτης απεικόνισης των συνθηκών που επικρατούν στον άξονα όπου πρόκειται να διέλθει το

έργο. Έτσι το κόστος διάνοιξης μια σήραγγας αποτελεί μια από τις πιο δύσκολες προς εκτίμηση ενέργειες, που αφορούν ένα οδικό έργο.

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Επιτροπή Τεχνολογίας Σηράγγων (USNC/TT) το πλήθος των υπόγειων έργων που ξεπερνούν τελικά τους αρχικούς υπολογισμούς όσον αφορά το κόστος είναι πάνω από 60%. Πολλές από τις περιπτώσεις αυτές δεν ξεπερνούν απλώς τους αρχικούς προϋπολογισμούς, αλλά το κόστος τους παρουσιάζει αυξήσεις που πλησιάζουν το 50% θέτοντας πολλές φορές ζητήματα βιωσιμότητας όλου του έργου. Το φαινόμενο αυτό βεβαίως μπορεί να καταγράφηκε από έναν αμερικάνικο φορέα αλλά αφορά της σήραγγες παγκοσμίως, καθώς τα προβλήματα στα οποία στηρίζεται, όπως η έλλειψη δεδομένων και η αβεβαιότητα ως προς τις γεωλογικές συνθήκες, δεν έχουν αντιμετωπιστεί επιτυχώς από κάποια μέθοδο.

Η καλύτερη δυνατή εκτίμηση του κόστους διάνοιξης μια σήραγγας είναι σύνθεση πολλών παραγόντων. Απαιτεί την διάθεση αξιόπιστων δεδομένων από το χώρο στον οποίον θα κατασκευαστεί, εξαρτάται από το σωστό προγραμματισμό και τη διάθεση των πόρων που χρειάζονται και επηρεάζεται από το γεγονός πως κάθε έργο παρουσιάζει μοναδικά χαρακτηριστικά που πρέπει να αξιολογούνται διαφορετικά κατά περίπτωση. Σε όλη αυτή τη διαδικασία κυρίαρχο ρόλο παίζει η εμπειρία και η κρίση του μηχανικού που διαχειρίζεται τον προγραμματισμό. Για την όσο το δυνατόν επιτυχέστερη πρόβλεψη του κόστους κατασκευής έχουν επικρατήσει διάφορες μέθοδοι όπως η ανάλυση παλαιότερων έργων, τα νευρωνικά δίκτυα και η ανάλυση παλινδρόμησης που παρουσιάζονται παρακάτω (Παρασκευοπούλου-Μπενάρδος, 2012).

Μέθοδος Ανάλυσης Παλινδρόμησης: η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί στατιστικές τεχνικές για την μοντελοποίηση και την ανάλυση εξαρτώμενων μεταβλητών και στη συνέχεια με τη χρήση σταθερών μεταβλητών καθορίζει την τιμή τους υπολογίζοντας τελικά το κόστος.

Ανάλυση παλαιότερων έργων: η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εμπειρία που αποκτήθηκε από παλαιότερες περιπτώσεις έργων και τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από αυτά. Το κρίσιμο στοιχείο της μεθόδου αυτής είναι να βρεθούν ακριβείς και σαφείς ομοιότητες μεταξύ του έργου που μας αφορά και των ήδη κατασκευασμένων ώστε η εμπειρία να είναι μεταβιβάσιμη.

Μέθοδος Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων: η μέθοδος χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό μοντέλο για να μετατρέψει τις πληροφορίες που προσομοιώνουν το πρόβλημα σε μορφή διαχειρίσιμη τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης. Ωστόσο, η διαδικασία αυτή απαιτεί υψηλό βαθμό εξειδίκευσης με το λογισμικό που χρησιμοποιείται και απαιτεί δοκιμές ώστε μέσω των σφαλμάτων που θα παρουσιαστούν να επιλεγεί το καταλληλότερο δίκτυο. Παρ'όλα αυτά, τα μοντέλα ΤΝΔ χαρακτηρίζονται από καλές δυνατότητες γενίκευσης και μπορούν να οδηγήσουν σε αρκετά ακριβείς εκτιμήσεις του κόστους των οδικών σιράγγων.

- Εκτίμηση κόστους

Το πρόβλημα της σωστής και εύστοχης εκτίμησης του τελικού κόστους μιας σήραγγας έχει υπάρξει αντικείμενο μελέτης αρκετών μελετών έως σήμερα. Και αυτό γιατί το εύρος των διαφορών που μπορεί να προκύψουν είναι τόσο μεγάλο που μπορεί θέσει σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα όλου του οδικού έργου. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να συσχετισθεί με επιτυχία το γεωλογικό μοντέλο και οι γεωλογικές συνθήκες του έργου ώστε να εκτιμηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα το τελικό κόστος.

Η Επιτροπή Σιράγγων στην Ελβετία (Swiss Tunneling Society) λαμβάνοντας στατιστικά στοιχεία από περίπου 1.200 οδικές σήραγγες, οι οποίες έχουν συνολικό μήκος περισσότερο από 1.600 χιλιόμετρα, δημιούργησαν συσχετισμό ποιότητας του εδάφους με το τελικό κόστος. Έτσι το κόστος κατασκευής και προσωρινής υποστήριξης ανήλθε από 110€/κυβικό μέτρο εξορυγμένου υλικού για τις περιοχές με σταθερά πετρώματα έως και 1.077€/κυβικό μέτρο εξορυγμένου υλικού για περιοχές με σαθρό εδαφικό υπόβαθρο. Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να σημειωθεί, ότι τα δεδομένα αναφέρονται σε ένα εντελώς διαφορετικό εδαφικό υπόβαθρο από το ελληνικό και οι αναγωγές παρουσιάζουν δυσκολίες.

Στον Ελλαδικό χώρο τώρα, η μελέτη Λαμπρόπουλου(2005) για την Εγνατία Οδό, όπου κατασκευάστηκαν σήραγγες μήκους 100 χιλιομέτρων, για κάθε διανοιγμένο μέτρο υπολογίστηκε πως το κόστος ανήλθε από 8.000€ έως 30.000€ ανά μέτρο, αναλόγως με τις συνθήκες που αντιμετωπίστηκαν κατά περίπτωση.

Με το συγκεκριμένο στόχο εκπονήθηκε η έρευνα από τους Παρασκευοπούλου-Μπενάρδο, (2012) προσπαθώντας να διερευνηθούν οι σχέσεις που δημιουργούνται

μεταξύ κόστους και ποιότητα της βραχώμαζας. Στην συγκεκριμένη μελέτη, η ποιότητα ελέγχεται κατά GSI αλλά και κατά RMR και αναλόγως με τη βαθμονόμηση που λαμβάνει, κατηγοριοποιείται σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες (A-B-C-D-E) με φθίνουσα σειρά ποιότητας. Λαμβάνονται με τη μέθοδο υπαρχόντων έργων (back analysis) στατιστικά στοιχεία από περατωμένα έργα στον ελλαδικό χώρο, και καταλήγουν σε δύο λογαριθμικές σχέσεις η μια για την ποιότητα σε GSI και η δεύτερη για την ποιότητα σε RMR.

$$\text{Σχέση (A)} \quad \text{Cost (€ / m}^3\text{)} = -55.91 \times \ln(\text{GSI}) + 259,1$$

$$\text{Σχέση (B)} \quad \text{Cost (€ / m}^3\text{)} = -63.41 \times \ln(\text{RMR}) + 295,2$$

Ενδεικτικά για τις κατηγορίες που δημιουργήθηκαν από τη συγκεκριμένη μελέτη έχουμε τα εξής :

- Κατασκευαστικό κόστος κατηγορίας "A" (GSI = 55-100): 27 €/m³
- Κατασκευαστικό κόστος κατηγορίας "B" (GSI = 35-55): 48 €/m³ (31-91 €/m³)
- Κατασκευαστικό κόστος κατηγορίας "C" (GSI = 15-35): 68 €/m³ (46-93 €/m³)
- Κατασκευαστικό κόστος κατηγορίας "D" (GSI < 15): 104 €/m³ (82-135 €/m³)
- Κατασκευαστικό κόστος κατηγορίας "E" (έδαφος): 191 €/m³ (147-224 €/m³)

Σε συνέχεια της ερευνητικής τους προσπάθειας, οι Παρασκευοπούλου και Μπενάρδος με μελέτη τους το 2013, εξετάζοντας στατιστικά αποτελέσματα από 25 συνολικά σήραγγες που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα, καταλήγουν σε ακόμη πιο ακριβείς τιμές ανά κατηγορία γεωλογικού υλικού. Έτσι ανά κατηγορία παρουσιάζονται οι παρακάτω τιμές που αφορούν και μέτρα προχώρησης και κυβικά μέτρα εξορυγμένου υλικού :

- Κόστος κατηγορίας "A" (GSI = 55-100): 4.665,1€/m και 30,2€/m³
- Κόστος κατηγορίας "B" (GSI = 35-55): 6.779,3€/m και 58,0€/m³
- Κόστος κατηγορίας "C" (GSI = 15-35): 12.917,5€/m και 96,3€/m³
- Κόστος κατηγορίας "D" (GSI < 15): 17.986,6€/m και 109,7€/m³

- Κόστος κατηγορίας “Ε” (έδαφος): 19.267,3€/m και 138,3€/m³

Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών μας προσφέρουν μια αξιόπιστη προσέγγιση του τελικού κόστους για τη διάνοιξη μιας σήραγγας, ανάλογα με την κατάσταση του εδάφους που συναντιέται, προσπαθώντας να συμπεριληφθεί ο κρίσιμος παράγοντας των γεωλογικών συνθηκών, στο χώρο στον οποίον πραγματοποιείται η χάραξη της σήραγγας.

4.3.2 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Η συντήρηση των εγκαταστάσεων υποδομής αποτελεί μια πολύ σημαντική ενέργεια στην ζωή και την λειτουργία ενός έργου, αφού είναι ο μηχανισμός ο οποίος ανανεώνει και εξασφαλίζει τις προδιαγραφές που έχουν αρχικά επιλεγθεί και απαιτηθεί, με αποτέλεσμα να επιμηκύνει το χρόνο ζωής του έργου, στον οποίον οι προδιαγραφές λειτουργίας του βρίσκονται σε υψηλό βαθμό. Οι σήραγγες με τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες της μορφής τους, απαιτούν πολύ μεγαλύτερο εύρος εργασιών από ότι το υπόλοιπο οδικό δίκτυο, γεγονός αναμενόμενο αφού πρόκειται για κλειστό οδικό τμήμα και φυσιολογικά οι απαιτήσεις της εύρυθμης λειτουργίας του είναι κατά πολύ μεγαλύτερες(Εγνατία Οδός Α.Ε., 2004).

Ο διαχωρισμός των εργασιών συντήρησης σε μια σήραγγα γίνεται σε

- Τακτική συντήρηση (περιοδική ανά τακτά χρονικά διαστήματα)
- Έκτακτη συντήρηση (διορθωτική για επιδιορθώσεις-αποκαταστάσεις βλαβών και φθορών)
- Τακτική συντήρηση σήραγγας

Ένα στοιχείο που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το πρόγραμμα τακτικής συντήρησης κάθε σήραγγας είναι οι προδιαγραφές συντήρησης του εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος σε αυτήν. Ένα δεύτερο σημαντικό στοιχείο που επιδρά στην τακτική συντήρηση, αποτελεί και η συχνότητα πλυσίματος των τοιχωμάτων της σήραγγας, διαδικασία που απαιτεί κλείσιμο κλάδου της σήραγγας και επηρεάζουν διάφορους παράγοντες(κυκλοφοριακός φόρτος, ποσοστό βαρέων οχημάτων κ.α.).

Το κατάλληλο πρόγραμμα συντήρησης θα πρέπει να επιλέγεται με γνώμονα την μικρότερη δυνατή όχληση και παρεμπόδιση της λειτουργίας της σήραγγας. Επίσης θα

πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις τοπικές συνθήκες (φόρτος, περίοδοι αιχμής, αργίες, εκδηλώσεις, καιρικές συνθήκες) που αυξομειώνουν τις απαιτήσεις των χρηστών. Ειδικά σε περιπτώσεις σήραγγας μονού κλάδου, το πρόγραμμα συντήρησης εξαρτάται και από τη δυνατότητα εξεύρεσης εναλλακτικής διαδρομής για την εκτροπή της κυκλοφορίας.

➤ Έκτακτη συντήρηση σήραγγας

Σε περιπτώσεις πλήρους αστοχίας (βλάβης, φθοράς) εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, απαιτείται η άμεση επιθεώρηση και εκτίμηση της κατάστασης από το προσωπικό συντήρησης, το οποίο θα πρέπει να είναι πάντοτε σε ετοιμότητα.

Στα πλαίσια της έκτακτης συντήρησης συνηθέστερα υπάρχει ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των φθορών και βλαβών που προκύπτουν καθώς και ενδεικτικοί χρόνοι απόκρισης και αποκατάστασης για κάθε κατηγορία που πρέπει να τηρεί το προσωπικό συντήρησης. Έτσι καθορίζονται θέματα όπως :

- πότε προσέρχεται ο συντηρητής
- ποιές είναι οι βλάβες και οι φθορές που απαιτούν άμεση αποκατάσταση
- ποιές μπορούν να επιδιορθωθούν κατά την επόμενη βάρδια ή ποιές μπορούν κατά την επόμενη τακτική συντήρηση.

Για όλα τα παραπάνω θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις από τη μη λειτουργία του εξοπλισμού, π.χ. ποιο ποσοστό ανεμιστήρων αερισμού απαιτείται να βρίσκεται σε λειτουργία ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του αρχικού σχεδιασμού.

❖ Σύστημα Φωτισμού

Τα φωτιστικά σώματα σήραγγας είναι αυτοτελή, τυποποιημένου τύπου με κέλυφος αλουμινίου ή από ανοξείδωτο μέταλλο εξαιρετικής αντοχής. Τα κελύφη είναι ειδικά προστατευμένα για εγκαταστάσεις σηράγγων, με ειδική αντιδιαβρωτική επεξεργασία και συνδέονται με το σώμα του φωτιστικού με εξαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα φωτιστικά παρέχουν επίπεδο προστασίας σε είσοδο σκόνης και νερού, IP65-IP66 και επιτρέπουν το πλύσιμο τους με μάνικα υπό πίεση. Στην πλειονότητα των σηράγγων της Εθνικής Οδού ο φωτισμός επιτυγχάνεται με φωτιστικά συμμετρικής κατανομής φωτεινής ροής και ο φωτισμός των ζωνών εισόδου με φωτιστικά ασύμμετρης κατανομής φωτεινής ροής αντίθετης δέσμης. Οι λαμπτήρες που απαντώνται στις

σήραγγες της Εθνικής Οδού είναι νατρίου υψηλής πίεσης, υψηλής απόδοσης, ισχύος από 100-400Watt, με αναμενόμενη διάρκεια ζωής 18.000 ωρών λειτουργίας (Οδηγίες συντήρησης αυτοκινητοδρόμων-Εγνατία Οδός, 2004).

Η εγκατάσταση φωτισμού περιλαμβάνει :

- Φωτισμό ημέρας (τροφοδοτείται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας-ΔΕΗ)
- Φωτισμό ασφαλείας (τροφοδοτείται από το Η/Ζ)
- Φωτισμό νυκτός (τροφοδοτείται από το UPS).Ο φωτισμός νυκτός επιτυγχάνεται με διάταξη συμμετρικών φωτιστικών ανεξάρτητα από τα φωτιστικά ημέρας.
- Φωτισμό των οδικών προσβάσεων εκατέρωθεν των εισόδων της σήραγγας.

Επίσης, ενδέχεται να υπάρχει εγκατεστημένο και κάποιο σύστημα ρύθμισης φωτεινότητας (dimming), έτσι ώστε να επιτυγχάνονται τα απαιτούμενα επίπεδα φωτεινότητας. Η συντήρηση των φωτιστικών θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ίδια φωτιστικά, το σύστημα ρύθμισης τους και τα άμεσα στηρίγματα αυτών. Η συντήρηση των φωτιστικών απαιτεί μια ανυψωτική πλατφόρμα και κλείσιμο του κλάδου της σήραγγας όπου εκτελούνται οι εργασίες συντήρησης. Η πρόσβαση γίνεται από το εμπρόσθιο γυάλινο κάλυμμα που συγκρατείται με δύο εύκαμπτους συνδέσμους. Το γυαλί προστασίας είναι άθραυστο πάχους κατ'ελάχιστον 5mm ώστε να αντέχει τις μηχανικές καταπονήσεις.

Στα πλαίσια της συντήρησης του φωτισμού διενεργούνται επιθεωρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να διαπιστωθεί το ποσοστό των λαμπτήρων που έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας. Οι επιθεωρήσεις αυτές εξετάζουν εάν ο φωτισμός που απαιτείται στην σήραγγα εκπληρώνεται από τους εν λειτουργία λαμπτήρες. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει πρόβλημα η αλλαγή γίνεται στην επόμενη προγραμματισμένη τακτική συντήρηση ενώ σε διαφορετική περίπτωση προγραμματίζεται έκτακτη συντήρηση.

Τα διαστήματα για τη μαζική αντικατάσταση λαμπτήρων θα πρέπει να συνδέονται με τις πραγματικές ώρες λειτουργίας κάθε βαθμίδα φωτισμού. Διεθνώς είναι αποδεκτή η πρακτική της προληπτικής μαζικής αντικατάστασης των λαμπτήρων μετά από 16.000-

18.000 ώρες λειτουργίας. Χρόνος ο οποίος αντιστοιχεί σε περίπου δύο χρόνια λειτουργίας της σήραγγας.

Η τακτική συντήρηση για των έλεγχο φωτισμού και ηλεκτρικών κυκλωμάτων – πινάκων γίνονται μαζί με τις αντίστοιχες του ηλεκτρικού εξοπλισμού και το τυπικό διάστημα είναι συνήθως αυτό των 12 μηνών.

❖ Σύστημα αερισμού

Για το διαμήκη αερισμό των σηράγγων χρησιμοποιούνται αξονικοί ανεμιστήρες ώσης οι οποίοι εδράζονται στο θόλο της σήραγγας μέσω αντικραδασμικών βάσεων και είναι εφοδιασμένοι με ακουστικούς σιγαστήρες στην είσοδο και την έξοδο τους. Η διάμετρος ποικίλει από 600-1500mm, η ταχύτητα περιστροφής από 3.000-750 rpm και η ισχύς του κινητήρα 5-60kW. Η πρόσβαση για τη συντήρηση γίνεται με ανυψωμένη πλατφόρμα και απαιτείται πλήρες κλείσιμο του κλάδου της σήραγγας. Οι ακριβείς απαιτήσεις συντήρησης των ανεμιστήρων καθορίζονται επακριβώς από τον εκάστοτε κατασκευαστή (Οδηγίες συντήρησης αυτοκινητοδρόμων-Εγνατία Οδός, 2004).

Ο καθαρισμός τμημάτων των μηχανημάτων (πτερύγια, σιγαστήρες κ.α.) αποφασίζεται μετά από οπτικό έλεγχο των εξαρτημάτων. Είναι απαραίτητη η επιθεώρηση τόσο των μηχανισμών που βρίσκονται σε λειτουργία όσο και των εξαρτημάτων εκείνων (έδρανα ανεμιστήρων, εφεδρικοί ανεμιστήρες) που δεν λειτουργούν. Ειδικά τα τελευταία θα πρέπει να λειτουργούν δοκιμαστικά ώστε να ελέγχεται η ετοιμότητά τους. Η γενική επιθεώρηση του συστήματος γίνεται ανά 5.000 ώρες λειτουργίας.

Η βασική κύρια συντήρηση του συστήματος ορίζεται από τους κατασκευαστές στα 5 έως 7 χρόνια λειτουργίας(συνήθως >60.000 ώρες). Σε αυτή την διαδικασία οι ανεμιστήρες αποσυναρμολογούνται πλήρως, επαναβάφονται και αντικαθίστανται όλα τα εξαρτήματα που έχουν φθαρεί. Πέρα όμως από τη βασική συντήρηση ανά 6 μήνες γίνονται εργασίες που περιλαμβάνουν τη λίπανση των εξαρτημάτων του συστήματος καθώς και γενικό έλεγχο λειτουργικότητας.

❖ Εγκαταστάσεις πυρασφάλειας και πυρόσβεσης

Οδεύσεις διαφυγής

Οι εγκάρσιες οδεύσεις διαφυγής που βρίσκονται για λόγους ασφαλείας των χρηστών της σήραγγας ανά 300-400μ. είναι εξοπλισμένες με πυράντοχες πόρτες, φωτεινές πινακίδες σήμανσης και περιστρεφόμενους φάρους. Κατά τη συντήρηση υπάρχουν κατάλληλες διαδικασίες για την προσωρινή απενεργοποίηση των συναγερμών κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Όλα τα εκτεθειμένα τμήματα (πόρτες διαφυγής) δεν δύναται να καθαρίζονται μαζί με το εσωτερικό της σήραγγας λόγω της ευαισθησίας τους στην πίεση του νερού και των απορρυπαντικών υλικών που χρησιμοποιούνται. Γι αυτό ο καθαρισμός τους γίνεται με χειροκίνητα μέσα ενώ ειδικά για τις πινακίδες σήμανσης των οδών διαφυγής ο καθαρισμός πρέπει να γίνεται ανά 3 μήνες (Οδηγίες συντήρησης αυτοκινητοδρόμων-Εγνατία Οδός, 2004).

Η συντήρηση των εγκάρσιων οδεύσεων περιλαμβάνει την επιθεώρησή τους για ζημιές, διαβρώσεις ή άλλων ελαττωμάτων καθώς και την λίπανση όλων των στοιχείων τους (μεντεσέδες-πόμολα κ.α.). Όπου διαπιστωθεί ότι κάποιο εξάρτημα έχει φθαρεί ή καταστραφεί γίνεται αντικατάστασή του. Έλεγχος γίνεται επίσης και στα στεγανοποιητικά ης σήμανσης οδού διαφυγής ενώ οι λαμπτήρες της σήμανσης αντικαθιστώνται ανά 12 μήνες. Τέλος πραγματοποιούνται και σχετικές δοκιμές για τη σωστή λειτουργία των οδεύσεων (ανοιγοκλείσιμο θυρών-φωτεινότητα λαμπτήρων κ.α.).

Φορητοί πυροσβεστήρες

Δύο φορητοί πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως, 6kg και 9 ή 12kg αντίστοιχα βρίσκονται στα Ερμάρια Ανάγκης Σήραγγας (ΕΑΣ) ανά 50μ. στο δεξιό τοίχωμα της σήραγγας προς την κατεύθυνση κυκλοφορίας. Για την συντήρησή τους ο δεξιός κλάδος θα πρέπει να κλείνει για τη μεταφορά τους και κατά προτίμηση γίνεται σε ώρες χαμηλού φόρτου. Δεν απαιτείται ιδιαίτερος καθαρισμός μιας και βρίσκονται αποθηκευμένοι μονίμως μέσα σε ειδικά μεταλλικά κουτιά αλλά γίνεται έλεγχος για τυχόν διαβρώσεις. Ο έλεγχος τους εξαρτάται από το αν η σήραγγα ελέγχεται συνεχώς. Έτσι αν υπάρχει διαρκείς εποπτεία ο έλεγχος γίνεται ανά 3 μήνες ενώ αν δεν υπάρχει κέντρο ελέγχου ανά 1 μήνα. Η αναγόμωση γίνεται σύμφωνα με τον κατασκευαστή συνηθέστερα ανά 12 μήνες.

Μόνιμο δίκτυο πυρόσβεσης

Προβλέπεται για τις σήραγγες άνω των 500μ μήκους και περιλαμβάνει έναν κεντρικό αγωγό διαμέτρου 6 ιντσών υπό πίεση που διατρέχει όλο το μήκος κάθε κλάδου της σήραγγας. Εντός των ΕΑΣ ανά 50μ. υπάρχουν πυροσβεστικοί κρουνοί εφοδιασμένοι με βάνες χειρισμού και απομόνωσης της παροχής του νερού ενώ συνοδεύονται από τύμπανα αυτόματης εκτύλιξης με ικανότητα περιέλιξης 30μ. Υπάρχει δεξαμενή και αντλίες που προσφέρουν στο δίκτυο πίεση 6 bar ενώ η συνολική χωρητικότητα ανέρχεται στα 150κ.μ. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να παρέχει 144κ.μ. νερό ανά ώρα.

Όπως και για τους πυροσβεστήρες δεν απαιτούνται ιδιαίτερες ενέργειες καθαρισμού του συστήματος λόγω της αποθήκευσής του σε κουτιά. Όμως σε περίπτωση χρήσης οι μάνικες πρέπει να στεγνώνουν πλήρως πριν αποθηκευθούν ώστε να αποφεύγεται το σάπισμα τους. Επιθεώρηση του συστήματος γίνεται ανά 3 μήνες και ελέγχονται τυχόν διαρροές που αν διαπιστωθούν πρέπει να επισκευάζονται άμεσα. Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες εργασίες συντήρησης ή αντικατάστασης εξαρτημάτων πέραν από τους τακτικούς ελέγχους και δοκιμές για τη σωστή λειτουργία του συστήματος προσέχοντας ιδιαίτερα αν επιτυγχάνονται οι ζητούμενες πιέσεις του συστήματος.

❖ Συστήματα επικοινωνιών και διαχείρισης κυκλοφορίας.

Σε αυτό το σύστημα συμμετέχουν το τηλεφωνικό σύστημα έκτακτης ανάγκης , το σύστημα αναμετάδοσης ραδιοσυχνοτήτων, το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV), το σύστημα ανίχνευσης ύψους οχημάτων (OHVD), το σύστημα ανίχνευσης συνθηκών οδοστρώματος (RWIS), το σύστημα φωτεινής σηματοδότησης σήραγγας καθώς και το σύστημα επιτήρησης και διαχείρισης κυκλοφορίας (TMS).

Τα συστήματα που παρουσιάζονται έχουν να κάνουν με την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων εντός της σήραγγας αλλά και με την έγκαιρη ειδοποίηση σε οποιαδήποτε περίπτωση βλάβης ή ατυχήματος. Όλα τα συστήματα αφορούν σήραγγες μήκους μεγαλύτερου από 300μ. ενώ διαχωρίζονται σε αυτά που βρίσκονται εντός της σήραγγας και σε αυτά που βρίσκονται εκτός από αυτή(OHVD-RWIS). Τα συστήματα αυτά χρήζουν επιθεώρησης και βεβαίωσης σωστής λειτουργίας ανά χρονικά διαστήματα 3 μηνών ενώ δεν απαιτούν ιδιαίτερες εργασίες για τον καθαρισμό τους. Όμως πρέπει ειδικά για τα συστήματα τα οποία βρίσκονται εκτός σήραγγας ,να γίνεται επιθεώρησή τους κάθε φορά που υπάρχουν ακραία καιρικά φαινόμενα ώστε να διαπιστωθεί αν η λειτουργία τους

συνεχίζεται κανονικά. Οι εργασίες συντήρησης όλων των συστημάτων καθώς και οι απαραίτητες αντικαταστάσεις γίνονται ανά 12 έως 24 μήνες(Οδηγίες συντήρησης αυτοκινητοδρόμων-Εγνατία Οδός, 2004).

Σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων

Τέλος σε κάθε σήραγγα υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα SCADA για την παρακολούθηση της λειτουργικής κατάστασης όλων των Η/Μ εγκαταστάσεων το οποίο αποτελείται από :

- Κεντρικούς προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC) εγκατεστημένους στο χώρο ηλεκτρονικού εξοπλισμού της αίθουσας ελέγχου
- Περιφερειακά PLC εγκατεστημένα σε ειδικούς πίνακες αυτοματισμού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού εντός της σήραγγας
- Ηλεκτρονικούς υπολογιστές συνδεδεμένους μέσω τοπικού δικτύου εγκατεστημένους στην αίθουσα ελέγχου
- Τηλεπικοινωνιακό δίκτυο επικοινωνιών και μεταφοράς δεδομένων

Ακόμη στο σύστημα SCADA υπάγονται και μια σειρά από αισθητήρες που υπάρχουν στη σήραγγας για τον έλεγχο της λειτουργίας. Αυτοί οι αισθητήρες είναι για τη μέτρηση της ορατότητας, τη μέτρηση αέριων ρύπων CO, NOx για τη μέτρηση της ταχύτητας του αέρα και τη μέτρηση της εξωτερικής φωτεινότητας. Όλα τα συστήματα συνδέονται με καλωδιώσεις με τις μονάδες εισόδου/εξόδου των περιφερειακών PLC.

Το σύστημα κεντρικού ελέγχου και διαχείρισης SCADA καθώς και το σύνολο των αισθητήριων συστημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω υπόκεινται σε ελέγχους για να διαπιστωθεί η σωστή λειτουργία κάθε συστήματος κάθε 6 μήνες περίπου. Πέρα από το σύστημα κεντρικού ελέγχου όλα τα συστήματα συλλογής πληροφοριών (αισθητήρες) καθαρίζονται με συχνότητα ανά 3 μήνες ενώ γενική συντήρηση σε όλα τα συστήματα διενεργείται μια φορά το χρόνο στην οποία εξετάζονται οι απαραίτητες διορθώσεις ή αντικαταστάσεις που πρέπει να γίνουν.

4.4 ΟΦΕΛΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ-ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ

Οι ωφέλειες που προκύπτουν από την κατασκευή ενός νέου αυτοκινητόδρομου είναι πολλαπλές και έχουν τις περισσότερες φορές διαφορετική μορφή αλλά και διαφορετικούς αποδέκτες. Έτσι μπορεί να αναφέρονται σε οικονομία υλών και διατήρηση μηχανημάτων, σε εξοικονόμηση χρόνου αλλά και σε αποφυγή ατυχημάτων και οικονομία ανθρώπινων ζωών. Με αυτόν τον τρόπο οι αποδέκτες ποικίλουν από τους άμεσους χρήστες του οδικού έργου και το περιβάλλον τους μέχρι συνολικά και το ίδιο το κοινωνικό σύνολο.

Όλες αυτές οι ωφέλειες όμως έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό. Μπορούν να αναχθούν, άλλες πιο άμεσα κι άλλες μέ τη βοήθεια κατάλληλων παραδοχών, σε χρηματικές μονάδες και να ποσοτικοποιηθούν πλέον το κέρδος που δημιουργείται από τη χρήση ενός νέου τεχνικού έργου. Η επίτευξη αυτού του στόχου θα επιχειρηθεί με την ανάλυση των ωφελειών αυτών. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ωφέλειες που θα παρουσιαστούν, είναι ουσιαστικά η αποτίμηση της μετακίνησης, και αφορούν και την περίπτωση του παρακαμπτήριου τμήματος καθώς και την περίπτωση της σήραγγας. Δίνουν όμως διαφορετικά αποτελέσματα λόγω και της διαφοράς μήκους που παρουσιάζουν οι δύο λύσεις αλλά και των διαφορετικών συντελεστών που υπάρχουν στις δύο περιπτώσεις (π.χ. δείκτες ατυχημάτων). Διαφορά από την οποία προκύπτει και το όφελος χρήσης του ενός σεναρίου έναντι στο άλλο.

Όλες οι μέθοδοι αξιολόγησης συγκοινωνιακών έργων καταλήγουν σε σύγκριση δαπανών που απαιτούνται για την κατασκευή και λειτουργία του έργου, και των ωφελειών που συνεπάγεται η πραγματοποίηση του έργου. Οι δαπάνες του έργου (κόστος) είναι άμεσες, σε αντίθεση με τις ωφέλειες που στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι έμμεσες και προκύπτουν από την αποφυγή μιας μεγαλύτερης επιβάρυνσης κατά τη μετακίνηση. Οι ωφέλειες που προκύπτουν από την ολοκλήρωση ενός συγκοινωνιακού έργου συνίστανται κυρίως:

- Στη μείωση των χρόνων διαδρομής
- Στη μείωση του κόστους λειτουργίας
- Στη μείωση των ατυχημάτων
- Στη βελτίωση άνεσης και ποιότητας υπηρεσίας

- Στην ανάπτυξη της χώρας και της περιφέρειας
- Στην ολοκλήρωση του εθνικού δικτύου και την ασφάλειά του.

4.4.1 ΟΦΕΛΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Η δημιουργία ή αντικατάσταση ενός παλαιού οδικού τμήματος με ένα σύγχρονο αυτοκινητόδρομο συμβάλλει στη μείωση του χρόνου μετακίνησης από ένα σημείο σε ένα άλλο. Η μείωση του χρόνου μετακίνησης έχει οικονομική αξία και για το χρήστη του έργου, αλλά και για την εθνική οικονομία γενικότερα, αφού ο χρόνος αυτός θα διατεθεί στην παραγωγική διαδικασία αυξάνοντας έτσι το συνολικό προϊόν της χώρας.

Βέβαια η αξία του χρόνου για τους χρήστες είναι διαφορετική και εξαρτάται τόσο από την ιδιότητα του καθενός (επιχειρηματίας, δημόσιος υπάλληλος, εργάτης, αγρότης, φοιτητής) όσο και από το λόγο μετακίνησης. Έτσι η μετακίνηση που αφορά στην εργασία και την παραγωγική διαδικασία έχει πιο “υψηλή” αξία χρόνου από αυτή που αφορά σε μη παραγωγικούς σκοπούς, όπως αναψυχή και διασκέδαση. Επίσης η αξία από τη μείωση του χρόνου διαδρομής εξαρτάται ορισμένες φορές και από το είδος και την ποσότητα των εμπορευμάτων που μεταφέρονται.

Σαν γενικό συμπέρασμα μπορούμε να πούμε πως η ποσοτικοποίηση σε χρηματικές μονάδες της αξίας λόγω της μείωσης του χρόνου διαδρομής, εξαρτάται από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες και αποτελεί για τα περισσότερα συγκοινωνιακά έργα τη σημαντικότερη συνιστώσα ωφελειών.

4.4.2 ΟΦΕΛΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Η πιο άμεση ωφέλεια από μία συγκοινωνιακή υποδομή που μπορεί να ποσοτικοποιηθεί είναι η μείωση του κόστους λειτουργίας. Η μείωση αυτή είναι διαφορετική ανάλογα με τη ζήτηση: κανονική, εκτρεπόμενη, παράγωγη (Στάθης, 2006).

Μείωση κόστους λειτουργίας κανονικής ζήτησης: Κανονική ζήτηση είναι εκείνη που θα υφίστατο και χωρίς τη δημιουργία της νέας συγκοινωνιακής υποδομής. Για να διερευνηθεί όμως η επίπτωση της τελευταίας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη όχι το κόστος λειτουργίας μετά τη δημιουργία της νέας συγκοινωνιακής υποδομής, αλλά το κόστος λειτουργίας που θα προέκυπτε χωρίς τη δημιουργία της νέας συγκοινωνιακής υποδομής.

Μείωση κόστους λειτουργίας εκτρεπόμενης ζήτησης: Εκτρεπόμενη ζήτηση είναι εκείνη που εκτρέπεται από την παλαιά υποδομή στη νέα. Η διαφορά κόστους που πρέπει να ληφθεί υπόψη πρέπει να αναφέρεται όχι στο μέσο αλλά στο οριακό κόστος.

Μείωση κόστους λειτουργίας παράγωγης ζήτησης: Παράγωγή είναι η ζήτηση που προκαλείται από τη νέα συγκοινωνιακή υποδομή. Αυτό το οποίο πρέπει να εξεταστεί είναι ποιο ποσοστό της παράγωγης ζήτησης έχει προκληθεί από το μειωμένο κόστος λειτουργίας. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ελαστικότητα της ζήτησης.

Σε κάθε περίπτωση γίνεται αντιληπτό πως πρωτεύοντα ρόλο στον καθορισμό του οφέλους από το κόστος χρήσης του οχήματος, κατέχει το πλήθος των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος που εξυπηρετείται από το έργο.

Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων εκφράζεται ως το κόστος ανά χιλιόμετρο και εξαρτάται από την ταχύτητα, το είδος του οχήματος και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος. Οι δαπάνες λειτουργίας των οχημάτων διαφέρουν για διάφορα φάσματα ταχυτήτων. Σε γενικές γραμμές τα οχήματα τείνουν να παρουσιάζουν μεγαλύτερο κόστος για μικρές ταχύτητες. Όσο η ταχύτητα αυξάνεται, και μέχρι ένα συγκεκριμένο όριο που εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος, το κόστος κίνησης τείνει να μειώνεται, μέχρι να ξεπεράσει ένα βέλτιστο σημείο από το οποίο και μετά το κόστος μετακίνησης αυξάνεται πάλι. Φαίνεται ότι όσο πιο μικρές και μεγάλες είναι οι ταχύτητες των οχημάτων τόσο πιο μεγάλες είναι οι δαπάνες λειτουργίας τους, ενώ στις μεσαίες ταχύτητες οι δαπάνες μικραίνουν. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ακολουθεί τα οχήματα ανεξαρτήτως μεγέθους και κατηγορίας (Σ.Μπάρκας, 1996).

4.4.3 ΟΦΕΛΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Οι μεταφορές αποτελούν μία δραστηριότητα που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Τα ατυχήματα που σχετίζονται με τις μεταφορές αφορούν όχι μόνο σε αυτούς που εμπλέκονται άμεσα στη μεταφορική διαδικασία αλλά και σε τρίτους. Συνήθως το πρόβλημα των ατυχημάτων στις μεταφορές ταυτίζεται με τα σοβαρά και συχνά θανατηφόρα ατυχήματα, που συμβαίνουν σε καθημερινή βάση στις οδικές μεταφορές.

Στατιστικές αναλύσεις έχουν αποδείξει ότι ο αριθμός των ατυχημάτων δεν είναι ανεξάρτητος από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οδού (Στάθης, 2006). Έτσι ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται :

- Όσο αυξάνεται το πλάτος του οδοστρώματος και των ερεισμάτων.
- Με το διαχωρισμό των αντιθέτων ρευμάτων κυκλοφορίας.
- Με την αύξηση της οριζόντιας καμπύλης(μεγαλύτερη των200 μέτρων).
- Με παρεμβολή κλωθοειδούς κατά τη μετάβαση από ευθυγραμμία σε κυκλικό τόξο για ακτίνες μικρότερες των200 μέτρων.
- Όσο μικρότερη είναι η κατά μήκος κλίση του οδικού τμήματος.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος ορατότητας.
- Όσο αυξάνει η ταχύτητα μελέτης μέχρι την τιμή των80 χιλιομέτρων την ώρα.

Για να γίνουν συγκρίσιμα τα μεγέθη των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες ατυχημάτων που ανάγουν τον αριθμό ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων (νεκροί, τραυματίες, συνολικό κόστος) ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν. Σε εθνική ή διαπεριφερειακή κλίμακα χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις δείκτες ατυχημάτων για ένα συγκεκριμένο έτος ή περίοδο:

- Ανά 10.000 κατοίκους,
- Ανά 10.000 κυκλοφορούντα οχήματα, και
- Ανά 100 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα για την εξεταζόμενη περίοδο.

Είναι προφανές ότι ο τελευταίος δείκτης είναι ακριβέστερος αφού περιλαμβάνει και το βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων και μπορεί, σε αντίθεση με τους άλλους δύο, να χρησιμοποιηθεί σε μικροκλίμακα (οδός, κόμβος).

Ο όρος κοινωνικοοικονομικό κόστος περιλαμβάνει το σύνολο των δαπανών τις οποίες υφίσταται η κοινωνία λόγω των τροχαίων ατυχημάτων και διακρίνεται σε:

- Οικονομικό κόστος για το μέρος που αποτιμάται χρηματικά
- Κοινωνικό κόστος για το μη αποτιμώμενο χρηματικά μέρος.

Οι κοινωνικές επιπτώσεις των τροχαίων ατυχημάτων στη χώρα “μεταφράζονται” σε άμεσα και έμμεσα χρηματικά κόστη.

Ως άμεσα κόστη θεωρούνται:

- Τα αστυνομικά και δικαστικά έξοδα.
- Οι δαπάνες νοσοκομειακής περίθαλψης.
- Οι καταβολές συντάξεων.
- Οι υλικές ζημιές οχημάτων.

Ως έμμεσα κόστη θεωρούνται:

- Η απώλεια της αξίας της μελλοντικής παραγωγής του θανάτου ή τραυματία.
- Η απώλεια του επενδυθέντος κεφαλαίου για μόρφωση- εκπαίδευση του παθόντα.

Οι κοινωνικές επιπτώσεις των τροχαίων ατυχημάτων αφορούν επίσης σε:

- Θλίψη και πόνο από την απώλεια της ανθρώπινης ζωής.
- Δημογραφικές επιπτώσεις.

4.4.4 ΛΟΙΠΑ ΟΦΕΛΗ

Τα οδικά έργα έχουν, όπως είδαμε, ιδιαίτερη βαρύτητα στον αναπτυξιακό σχεδιασμό (προγραμματισμό). Η Ε.Ε. κατανοώντας τη σπουδαιότητα αυτή, προσπάθησε από την ίδρυσή της να δώσει στον τομέα των μεταφορών την πρέπουσα βαρύτητα (έμφαση).

Σύμφωνα λοιπόν με την έως τώρα παρουσίαση, οι ωφέλειες από ένα σύγχρονο οδικό είναι πολλές και πολυδιάστατες.

Μερικές τέτοιες χαρακτηριστικές ωφέλειες πέρα από αυτές που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια είναι:

- ωφέλειες από την προώθηση της ισόποσης ανάπτυξης,
- ωφέλειες από την αύξηση του Ακαθάριστου Εθνικού Εισοδήματος,
- ωφέλειες από εξωτερικές επιδράσεις,
- ωφέλειες από μια δικαιότερη κατανομή (ανακατανομή) του εισοδήματος
- ωφέλειες από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας,

- ωφέλειες από την καλύτερευση των όρων διαβίωσης,
- ωφέλειες από την καλύτερη διακίνηση και κατανομή των προϊόντων, λόγω μείωσης του κόστους και χρόνου μεταφοράς,
- ωφέλειες από τη βελτίωση των κοινωνικών σχέσεων,
- ωφέλειες από τη μείωση της ρύπανσης,
- ωφέλειες από τη μείωση του θορύβου κλπ.

Οι περισσότερες από τις ωφέλειες αυτές, που λαμβάνονται κυρίως υπόψη στο πλαίσιο μιας κοινωνικοοικονομικής αξιολόγησης και όχι μιας καθαρά χρηματοοικονομικής, είναι ωφέλειες που αφορούν γενικότερα στο κοινωνικό σύνολο και στην εθνική οικονομία και όχι τόσο άμεσα στο χρήστη ή τον ιδιώτη επενδυτή του ειδικού αυτού έργου. Οι ωφέλειες αυτές δεν είναι εύκολο να αποτιμηθούν (εκφραστούν) σε ποσοτικά μεγέθη (χρήμα), θεωρούνται ποιοτικά μεγέθη (ποιοτικές ωφέλειες) δεν θα λάβουν μέρος στους υπολογισμούς που θα πραγματοποιηθούν στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι πιθανές τιμές για κάθε μέγεθος και κάθε μεταβλητή που αφορά τη μελέτη μας. Λαμβάνοντας υπόψη το εύρος, που η κάθε τιμή παρουσιάζει από μελέτη σε μελέτη, τελικά θα αποφασιστούν οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να γίνει η ποσοτική πλέον σύγκριση των δύο σεναρίων (σήραγγας - παρακαμπτήριου τμήματος). Το κεφάλαιο περιλαμβάνει και όλες τις παραδοχές και τις θεωρήσεις που θα γίνουν, για το σκοπό της συγκριτικής αυτής μελέτης με τις απαραίτητες διευκρινίσεις, όπου αυτές κρίνονται απαραίτητες.

5.1 ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ-ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΞΟΦΛΗΣΗΣ

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες σε συγκριτικές μελέτες, που έχουν να κάνουν με οικονομικά μεγέθη, είναι ο χρονικός ορίζοντας στον οποίο επιλέγεται να πραγματοποιηθεί η σύγκριση. Συνήθως τα συγκρινόμενα μεγέθη σε τέτοιες περιπτώσεις παρουσιάζουν διαφορετικές χρηματοροές και εσόδων και εξόδων (στην προκειμένη κόστος-όφελος) με αποτέλεσμα, ο χρόνος που θα επιλεγεί, να ωφελεί τη μια από τις δυο περιπτώσεις. Έτσι η επιλογή του χρονικού διαστήματος πρέπει να είναι ανεξάρτητη, να ορίζεται από την αρχή της μελέτης και τα κριτήρια τα οποία την επιβάλουν να εξυπηρετούν όσο το δυνατόν καλύτερα τους σκοπούς της έρευνας.

Από μελέτες που έχουν εκπονηθεί για παρόμοια αντικείμενα ενδιαφέροντος (οδικά έργα-σήραγγες) μπορούν να αντληθούν χρήσιμες πληροφορίες για την επιλογή του χρονικού ορίου που θα καθορίσει τη μελέτη. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2007 (Καλτσούνης) για συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, αναφέρεται πως, η χρονική περίοδος για μελέτες δημόσιων έργων ορίζεται από 15 έως 20 χρόνια, ενώ θεωρείται ότι ο χρόνος κατασκευής του έργου ανέρχεται σε 3 χρόνια και η διάθεση των πόρων για τα 3 αυτά χρόνια είναι 10% για το πρώτο, 50% για το δεύτερο και 40% για το τρίτο και τελευταίο έτος κατασκευής. Σε μελέτες για υπόγεια έργα μαζικής μεταφοράς (μετρό-τρένα), που έγιναν στο Δουβλίνο της Ιρλανδίας (Ratigan-CBA, 2008), καθώς και για το μετρό της Αθήνας (Κοτσαρέλη, 2011), ο χρόνος μελέτης ανέρχεται σε 30 χρόνια. Αντίστοιχα σε μελέτες για οδικά υπόγεια έργα στην Αμβέρσα του Βελγίου (Proost et. al.,

2005), αλλά και από μελέτη για το οδικό δίκτυο Πύργου-Τσακώνας (Σταθής, 2006) επιλέχθηκαν 20 χρόνια για την μελέτη του έργου.

Γίνεται αντιληπτό, πως για έργα οδικού δικτύου οι συνήθεις θεωρήσεις όσον αφορά το χρονικό πλαίσιο στο οποίο γίνονται οι μελέτες, είναι από 15 έως 30 χρόνια. Για να καταλήξουμε στο χρονικό διάστημα που θα ληφθεί για της ανάγκες της μελέτης, θα πρέπει να συνυπολογιστούν παράγοντες που επηρεάζουν την αντικειμενικότητα και τα αποτελέσματα της μελέτης. Έτσι το χρονικό διάστημα θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε οι οικονομικές διαφορές των εναλλακτικών σεναρίων να έχουν το χρόνο για να αποδώσουν τα χαρακτηριστικά τους (οφέλη). Από την άλλη μεριά το χρονικό διάστημα, αν είναι εκτεταμένο περισσότερο από ότι πρέπει, οικονομικά στοιχεία όπως ο πληθωρισμός, τα επιτόκια αλλά και γενικότερα η οικονομική κατάσταση (ανεργία, μισθοί, κατά κεφαλήν εισόδημα) που επηρεάζει τις συνήθειες των χρηστών, επιφέρουν αλλαγές στα αποτελέσματα της μελέτης αλλοιώνοντας τα συμπεράσματά της. Για όλα τα παραπάνω, η βέλτιστη χρονική περίοδος για μια μελέτη συγκοινωνιακού έργου θεωρώ πως είναι τα 20 χρόνια και αυτή θα είναι η βάση της μελέτης. Το κόστος κατασκευής του κάθε σεναρίου μοιράζεται στα 3 πρώτα χρόνια της μελέτης με ποσοστό 10%-50%-40%, θεωρώντας πως αυτός θα είναι ο απαιτούμενος χρόνος κατασκευής και ότι ο ρυθμός των εργασιών θα είναι μεγαλύτερος τον δεύτερο και τον τρίτο χρόνο. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στις καθυστερήσεις που παρατηρούνται, και κατά τη φάση των απαλλοτριώσεων, αλλά και κατά την οργάνωση του εργοταξίου για την έναρξη των εργασιών.

Να σημειωθεί πως τα χρόνια ζωής ενός οδικού έργου, με τις προδιαγραφές που κατασκευάζονται αυτά σήμερα, ξεπερνά τα 80 χρόνια. Το διάστημα αυτό όμως, έρχεται σε αντιπαράθεση με τις εύθραυστες οικονομικές ισορροπίες, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, και αν επιχειρήσουμε μια μελέτη για όλη τη ζωή του έργου, αυτή θα πρέπει να διέπεται από τις κατάλληλες προβλέψεις για τις αλλαγές του οικονομικού περιβάλλοντος τουλάχιστον ανά 20 χρόνια στη μελέτη.

Ακόμη το επιτόκιο προεξόφλησης, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική κατάσταση της χώρας σήμερα και συνυπολογίζοντας τα επιτόκια δανεισμού τους τραπεζικού συστήματος, επιλέγεται να είναι στο 8%.

5.2 ΦΟΡΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Ίσως ο καθοριστικότερος παράγοντας για τα αποτελέσματα μιας συγκριτικής μελέτης που αφορά στα οδικά δίκτυα, είναι ο φόρτος κυκλοφορίας των οχημάτων στο τμήμα που εξετάζεται. Οι ωφέλειες που παρουσιάζουν τα εναλλακτικά σενάρια μελέτης αφορούν κατά κύριο λόγο τον κάθε χρήστη, καθώς και το κάθε όχημα που κάνει χρήση του έργου ξεχωριστά. Άρα η σωστή διαστασιολόγηση του φόρτου κυκλοφορίας για μια μελέτη τέτοιου είδους ανάγεται πιθανότατα, στο σημαντικότερο και ποιό ευαίσθητο παράγοντα όλης της μελέτης. Γι' αυτό και θα πρέπει η θεώρηση, να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερη, να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και αν είναι δυνατόν να προσφέρει διαφορετικές οπτικές του ζητήματος.

Για το συγκεκριμένο ζήτημα ερευνήθηκαν χαρακτηριστικά ελληνικών οδικών δικτύων, ώστε τα δεδομένα που λαμβάνονται να αντιπροσωπεύουν, όσο το δυνατόν καλύτερα το χώρο που αφορά η μελέτη (Ελλάδα) αλλά και τις συνήθειες των χρηστών με τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Η εικόνα για το φόρτο κυκλοφορίας, που παρουσιάζει ένα οδικό έργο, δίνεται από μετρήσεις που διενεργούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, και τελικά υπολογίζεται ο μέσος όρος της ημερήσιας κυκλοφορίας για το οδικό τμήμα. Ο όρος αυτός καλείται Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.) και είναι χαρακτηριστικός για κάθε οδικό έργο, αλλά και κάθε επιμέρους τμήμα του.

Από στατιστικά δεδομένα ευρωπαϊκών στατιστικών υπηρεσιών (eurora.eu) για το τμήμα της εθνικής οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης (ΠΑΘΕ) και συγκεκριμένα για το τμήμα Άγιος Κωνσταντίνος-Καμένα Βούρλα η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (Ε.Μ.Η.Κ.) ανέρχεται στα 15.283 οχήματα. Η Εγνατία Οδός Α.Ε. έχει παρουσιάσει στατιστικά δεδομένα (2006), που αφορούν όλο το μήκος του αυτοκινητοδρόμου, το οποίο λόγω και του μεγάλου μήκους του παρουσιάζει αρκετές διαφοροποιήσεις από τμήμα σε τμήμα, ανάλογα με τους πληθυσμούς και τις ανάγκες που εξυπηρετεί (Πίνακας 5.1). Έτσι για τμήματα σε περιοχές με μικρό πληθυσμό και λίγες μετακινήσεις (π.χ. Ηγουμενίτσα) η Ε.Μ.Η.Κ. παρουσιάζεται από 2.600 έως 5.000 οχήματα, ενώ για τμήματα που βρίσκονται κοντά στη Θεσσαλονίκη η Ε.Μ.Η.Κ. ανέρχεται στις 40.000 και μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 61.000 οχήματα. Βέβαια ο μέσος όρος των μετρήσεων που αφορούν συνολικά τον

αυτοκινητόδρομο είναι σαφώς μικρότερος και κυμαίνεται από 8.000 έως 15.000 οχήματα ημερησίως.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΔ-Β-1: ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ (Ε.Μ.Η.Κ.)				
ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΕΤΩΝ 2004 - 2006				
Τμήμα Εγνατίας Οδού	ΕΜΗΚ 2004	ΕΜΗΚ 2005	ΕΜΗΚ 2006	μεταβολή 2005-2006
Α/Κ ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ - Α/Κ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ	Υ.Κ.	3.000	4.500	50%
Α/Κ ΝΕΟΧΩΡΙΟΥ-Α/Κ ΣΕΛΛΩΝ-ΤΥΡΙΑ	800	1.700	2.600	53%
Α/Κ ΑΝ. ΣΙΑΤΙΣΤΑΣ-Α/Κ ΚΑΛΑΜΙΑΣ	7.000	7.500	Ε.Λ.	-
Α/Κ ΚΑΛΑΜΙΑΣ-Α/Κ ΚΟΖΑΝΗΣ	5.200	7.200	8.400	17%
Α/Κ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ-Α/Κ ΒΕΡΟΙΑΣ	Υ.Κ.	10.300	11.300	10%
Α/Κ ΒΕΡΟΙΑΣ-Α/Κ ΚΟΥΛΟΥΡΑΣ	13.000	16.800	18.700	11,3%
Α/Κ ΝΗΣΕΛΙΟΥ-Α/Κ ΚΛΕΙΔΙΟΥ	13.600	16.900	18.100	7,1%
Α/Κ ΙΩΝΙΑΣ- ΔΙΑΒΑΤΩΝ (Κ2)-Α/Κ ΕΥΚΑΡΠΙΑΣ (Κ4)	16.400	34.400	42.000	22%
Α/Κ ΕΥΚΑΡΠΙΑΣ (Κ4)-Α/Κ ΛΑΓΚΑΔΑ/ΣΕΡΡΩΝ	54.100	58.000	61.000	5%
Α/Κ ΛΑΓΚΑΔΑ/ΣΕΡΡΩΝ-Α/Κ ΠΡΟΦΗΤΗ	10.800	11.600	12.500	7,7%
Α/Κ ΑΓ.ΣΥΛΛΑ-Α/Κ ΛΕΥΚΗΣ ΑΜΜΟΥ	10.500	11.000	11.300	3%
Α/Κ ΙΑΣΜΟΥ-ΔΥΤΙΚΟΣ Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	8.700	8.700	8.800	1%
ΔΥΤΙΚΟΣ Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ-ΑΝΑΤ. Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	6.350	6.500	6.700	3%
Α/Κ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ-Α/Κ ΒΙ.ΠΕ ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗΣ	4.630	5.000	5.200	4%
Α/Κ ΒΙ.ΠΕ ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗΣ - Α/Κ ΑΡΔΑΝΙΟΥ	4.900	5.300	5.400	2%

Υ.Κ.: Υπό Κατασκευή τμήμα
Ε.Λ.: Εκτός λειτουργίας σταθμός μέτρησης

Πηγή: Τμήμα Κυκλοφορίας - Διεύθυνση Λειτουργίας, Τομέας Λειτουργίας και Συντήρησης της ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.

Πίνακας 5.1. Ε.Μ.Η.Κ. ανά τμήματα της Εγνατίας Οδού (2004-2006).

Τέλος στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του Στάθη (ΕΜΠ-2006) και μετά από έρευνα που πραγματοποίησε, παρουσιάστηκαν στατιστικά δεδομένα για το τμήμα Τσακώνα-Καλαμάτα όπου η Ε.Μ.Η.Κ. είναι στα 12.144 οχήματα, για το τμήμα Πύργος-Τσακώνα όπου η Ε.Μ.Η.Κ. είναι στα 13.496 οχήματα και για το τμήμα Πάτρα-Κόρινθος όπου η Ε.Μ.Η.Κ. κυμαίνεται από 15.000 έως 16.500 οχήματα.

Με τη βοήθεια όλων αυτών των δεδομένων, που αφορούν και τις μεγαλύτερες οδικές αρτηρίες της χώρας, μπορούμε να θεωρήσουμε, ότι μια αντιπροσωπευτική Ε.Μ.Η.Κ. για τον ελλαδικό χώρο για ένα οδικό έργο, είναι από 10.000 έως 15.000 οχήματα ημερησίως. Για να επιτευχθεί όμως, και κάποιο εύρος στην έρευνα που πραγματοποιείται, θεωρούνται περισσότερα από ένα σενάριο και γίνονται οι αναλύσεις για περισσότερες από μια Ε.Μ.Η.Κ. Άρα για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης θα ληφθούν αρχικές Ε.Μ.Η.Κ.:

α) 5.000 οχημάτων

β)10.000 οχημάτων και

γ)15.000 οχημάτων

τα οποία θα υπόκεινται στις αυξομειώσεις της κυκλοφορίας όπως αυτές θα καθοριστούν για τα έτη που έχουν επιλεγθεί.

5.3 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Δύο βασικότεροι παράγοντες παρουσιάζονται σε αυτήν την παράγραφο, που αν και ο ρόλος τους είναι δευτερεύον και υπεισέρχεται στον παράγοντα του κυκλοφοριακού φόρτου, η παράληψή τους μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα της μελέτης και να οδηγήσει σε αμφισβητούμενα συμπεράσματα. Ο πρώτος είναι η σύνθεση της κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου και ο δεύτερος οι αλλαγές και οι αυξομειώσεις που προκαλούνται στο φόρτο αυτό, με την πάροδο του χρόνου και πάντα μέσα στα χρονικά πλαίσια που έχουμε ορίσει για την έρευνα.

5.3.1 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ

Η σύνθεση του κυκλοφοριακού φόρτου σε έναν αυτοκινητόδρομο απεικονίζει κατηγοριοποιημένα τα οχήματα που κάνουν χρήση του έργου. Έτσι κάθε οδικό έργο, παρουσιάζει ποσοστιαία κατανομή των οχημάτων που διέρχονται από αυτό. Οι συνηθέστερες κατηγορίες οχημάτων είναι :

- τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.)
- οι μηχανές (πάντως είδους δίκυκλα)
- τα λεωφορεία
- τα βαρέα οχήματα μεταφορών (φορτηγά-νταλίκες).

Η ποσόστωση που παρουσιάζουν εξαρτάται από πολλούς παράγοντες εκ των οποίων οι σημαντικότεροι είναι :

- οι περιοχές που εξυπηρετούν και οι δραστηριότητες που τις χαρακτηρίζουν (κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά)
- οι κοινωνικές πολιτικές και οικονομικές συγκυρίες (συνολικά σε μια χώρα)

- οι δείκτες τουρισμού (επισκεψιμότητα)

Η ποσόστωση των οχημάτων που διέρχονται το οδικό έργο, εξυπηρετεί δύο κυρίως σκοπούς. Πρώτον, γνωρίζοντας το είδος και το πλήθος των οχημάτων, μπορούμε να προσδιορίσουμε τα οικονομικά μεγέθη εκείνα, που έχουν να κάνουν με τις ωφέλειες που προσφέρει το οδικό έργο. Και δεύτερον, μας δίνεται η δυνατότητα, γνωρίζοντας τον τύπο των οχημάτων, να προσεγγίσουμε με μεγαλύτερη ευκολία και περισσότερη ευστοχία τον αριθμό των χρηστών που επιβαίνουν στα διερχόμενα οχήματα.

Από μελέτες που έχουν εκπονηθεί και αφορούν μεγάλα οδικά δίκτυα στη χώρα μας, μπορούμε να έχουμε μια εικόνα για την ποσόστωση των οχημάτων που κινούνται σε αυτά. Για την Εγνατία Οδό, από έρευνα που διεξήγαγε η εταιρεία λειτουργίας και διαχείρισης του έργου, παρουσιάζονται ποσοστώσεις από διάφορα σημεία, κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου. Ο διαχωρισμός που γίνεται είναι για ελαφρά (Ι.Χ. επιβατικά και δίκυκλα) και βαρέα (φορτηγά και λεωφορεία) οχήματα και κυμαίνεται από 81%-19% έως και 94%-6% αναλόγως το τμήμα από το οποίο λαμβάνονται τα στοιχεία (Πίνακας 5.2 Εγνατίας Οδού "ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ", 2004). Σε έρευνα που αφορούσε το τμήμα Πύργος-Καλαμάτα οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν ήταν περισσότερες και έγινε διαχωρισμός των Ι.Χ. οχημάτων και των δικύκλων όπως και των λεωφορείων με τα φορτηγά. Τα ποσοστά που υπολογίστηκαν είναι : Ι.Χ. επιβατικά 87,25% , δίκυκλα 1,69% , φορτηγά 9,19% και λεωφορεία 1,87%.

Πίνακας 2: Κυκλοφοριακοί Φόρτοι 2004		ΕΜΗΚ 2004 (Οχήματα / ημέρα)	% Ελαφρά Οχήματα	% Βαρέα Οχήματα
Α/Α	Τμήμα			
1	Ελευθεροχώρι και Α/Κ Σελίων	800	-	-
2	Α/Κ Σιάτιστας - Α/Κ Καλαμιάς	7.000	85%	15%
3	Α/Κ Καλαμιάς - Α/Κ Κοζάνης	5.200	80%	20%
4	Α/Κ Βεροίας - Α/Κ Κουσιούρας	13.000	89%	11%
5	Α/Κ Ηπασελήϊου - Α/Κ Κλειδίου	13.600	89%	11%
6	Α/Κ Διοβρατών (Κ2) - Α/Κ Ευκαρπίας (Κ4)	16.400	85%	15%
7	Α/Κ Ευκαρπίας (Κ4) - Α/Κ Σερρών	54.100	84%	16%
8	Α/Κ Σερρών - Α/Κ Προφήτη *	10.800	99%	1%
9	Α/Κ Αγ. Σύλλα - Α/Κ Λευκής Άμμου	10.500	81%	19%
10	Α/Κ Ιάσμου - Δυτικός Α/Κ Κομοτηνής	8.700	87%	13%
11	Δυτ. Α/Κ Κομοτηνής-Ανατ. Α/Κ Κομοτηνής	6.350	82%	18%
12	Α/Κ Αλεξανδρούπολης-Α/Κ ΒΙ.ΠΕ Αλεξ/πολης	4.630	85%	15%
13	Α/Κ ΒΙ.ΠΕ Αλεξ/πολης- Α/Κ Αρδάνιου	4.900	88%	12%

Πίνακας 5.2 Ποσόστωση κυκλοφοριακού φόρτου Εγνατίας Οδού (2004)

Στην παρούσα μελέτη κρίθηκε σκόπιμο, να ληφθεί ποσόστωση των οχημάτων, που θα διέρχονται από το οδικό έργο, ίση με 85% για τα ελαφρά οχήματα και 15% για τα βαρέα οχήματα. Για το ποσοστό των ελαφρών οχημάτων δεν θα γίνει περαιτέρω ανάλυση διότι το ποσοστό των δικύκλων, όπως προέκυψε και από τις μελέτες, είναι αρκετά μικρό (<2%) και δεν επηρεάζει τις θεωρήσεις που θα γίνουν για τον αριθμό των χρηστών, αλλά ούτε και τα συνολικά κόστη και οφέλη που θα προκύψουν για τα διερχόμενα οχήματα. Αντίστοιχα για τα βαρέα οχήματα δεν θα γίνει κάποιος διαχωρισμός για τα κόστη και οφέλη που παρουσιάζουν κατά την κίνησή τους, αλλά θα κρατήσουμε σαν δεδομένο το ποσοστό των λεωφορείων (2-3%), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί ο αριθμός των χρηστών καθημερινά, αφού τα λεωφορεία αποτελούν μέσα μαζικής μεταφοράς και μεταφέρουν κατά μέσο όρο παραπάνω από 25 άτομα σε κάθε δρομολόγιο.

5.3.2 .ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Για το χρονικό διάστημα που αναφέρεται η μελέτη (συνηθέστερα 20 χρόνια), ο κυκλοφοριακός φόρτος που έχουμε αρχικώς υποθέσει, δεν παραμένει αμετάβλητος. Οι μεταβολές που επιδέχεται δεν είναι αμελητέες και δεν γίνεται να παραβλεφθούν χωρίς συνέπειες για τα συμπεράσματα της έρευνας. Έτσι ανάλογα με τις οικονομικές, πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή πρέπει να αποφασιστεί η μεταβολή που θα συνυπολογίζεται ότι θα συμβαίνει ετησίως στον κυκλοφοριακό φόρτο. Η μεταβολή αυτή θα είναι ποσοστιαία είτε αυξητική είτε μειωτική, και θα αλλάζει συνεχώς το φόρτο μελέτης. Για την καλύτερη εξυπηρέτηση των υπολογισμών, η μεταβολή που θα επιλεγεί αρχικά παραμένει σταθερή καθ'όλη τη χρονική διάρκεια της μελέτης. Να σημειωθεί ότι για την μεταβολή στο φόρτο κυκλοφορίας συνυπολογίζεται και η αλλαγή που επιφέρει η ίδια η κατασκευή του οδικού έργου, αφού διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στις μεταβολές που συντελούνται.

Η Εγνατία Οδός Α.Ε. ανά τακτά χρονικά διαστήματα εκδίδει στατιστικά δεδομένα για τη λειτουργία του αυτοκινητοδρόμου. Στις πιο πρόσφατες εκδόσεις της παρουσιάζονται και οι στατιστικές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζει η κυκλοφορία του έργου. Το συγκεκριμένο οδικό έργο παρουσιάζει εντυπωσιακή αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου του κατά τα τελευταία έτη, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο

λόγω και στις νέες δυνατότητες και επιλογές που προσέφερε στους χρήστες με την ολοκλήρωσή του. Τα ποσοστά ξεκινούν ανά τμήματα από 15%-20% ενώ σε κάποια τμήματα αγγίζει τα εντυπωσιακά νούμερα του 90% έως και 100%. Βέβαια τα συγκεκριμένα ποσοστά δεν θα διατηρηθούν πιθανότατα σε αυτά τα επίπεδα και δικαιολογούνται αυτή τη στιγμή από τα ελάχιστα χρόνια λειτουργίας του έργου.

Σε έρευνα που έγινε σε ένα γεωγραφικό χώρο με αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά για το τμήμα Πάτρα-Καλαμάτα (Δοξιάδης-Στάθης, 2006) προέκυψε ετήσια αύξηση του φόρτου για το οδικό τμήμα που ανέρχεται σε 3,5% έως 4%. Η συγκεκριμένη έρευνα δίνει ένα πολύ χρήσιμο στοιχείο για την επιλογή αυτού του ποσοστού. Οι αυξομειώσεις ενός οδικού δικτύου εξαρτώνται όπως αναφέραμε κυρίως από κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες που αφορούν κυρίως τους τομείς της ανάπτυξης ενός τόπου. Για το συγκεκριμένο ποσοστό αύξησης έχει ληφθεί υπόψη πως τα ποσοστά ανεργίας της περιοχής κυμαίνονταν από 8% έως 10%. Στοιχείο σημαντικό το οποίο μπορεί να βοηθήσει ώστε οι θεωρήσεις που θα κάνουμε να περιλαμβάνουν τις κατάλληλες αναγωγές.

Βάσει των δεδομένων που συλλέχτηκαν για τον ελλαδικό χώρο μπορούμε να προχωρήσουμε στην επιλογή της μεταβολής του φόρτου κυκλοφορίας. Η ανάπτυξη των οδικών έργων στην Ελλάδα λόγω της έλλειψης που παρουσιάζουν οι συγκοινωνιακές υποδομές της χώρας προσφέρουν πάντα νέες δυνατότητες και γίνονται συνήθως αποδεκτές από τους χρήστες. Άρα μπορούμε να υποθέσουμε χωρίς μεγάλο περιθώριο λάθους πως ένα οδικό έργο στην Ελλάδα θα παρουσιάζει αύξηση των χρηστών του για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Από την άλλη πλευρά, η οικονομική κατάσταση αυτή τη στιγμή παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές από την αντίστοιχη του 2006 στην οποία αναφέρεται η παραπάνω έρευνα, αφού οι δείκτες για την ανεργία έχουν υπερδιπλασιαστεί πλέον (27% για το 2013). Έτσι θεωρείται σαν καταλληλότερη επιλογή, μια μικρή αύξηση του ετήσιου φόρτου της τάξεως από 1% έως 2%. Η αύξηση που επιλέγεται θα θεωρείται σταθερή για όλη τη διάρκεια της μελέτης και κοινή για κάθε τύπο οχήματος χωρίς να αλλοιώνει τα ποσοστά της σύνθεσης κυκλοφορίας.

5.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Σημαντικό τμήμα των ωφελειών, που προκύπτουν από τη χρήση σύγχρονων οδικών υποδομών, έχουν σχέση με τους ίδιους τους χρήστες του δικτύου. Ο χρόνος ο οποίος εξοικονομείται από τη χρήση ενός νέου δρόμου για τους οδηγούς, οφείλεται και στη συντομότερη διαδρομή, η οποία τις περισσότερες φορές δημιουργείται, καθώς και από τις μεγαλύτερες μέσες ταχύτητες που προκύπτουν κατά τη μετακίνηση. Πέρα από τα άμεσα οφέλη υπάρχουν και έμμεσα κέρδη, που αποδεικνύονται πολλές φορές πολύ πιο σημαντικά. Τα νέα οδικά δίκτυα παρουσιάζουν πολύ μικρότερους δείκτες ατυχημάτων, με αποτέλεσμα οι χρήστες να εκτίθενται σε πολύ λιγότερους κινδύνους τραυματισμών και θανάτων. Άρα ο αριθμός των χρηστών έχει μεγάλη συμβολή στον καθορισμό των συνολικών ωφελειών χρήσης και πρέπει να προσεγγίζεται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Για τον υπολογισμό του αριθμού των χρηστών θα χρειαστούν ορισμένες παραδοχές, κυρίως για τον αριθμό των επιβαινόντων σε κάθε όχημα. Για τα φορτηγά καθώς και για τα δίκυκλα θεωρούμε πως ο αριθμός των επιβαινόντων είναι ένας (1) επιβάτης ανά όχημα. Άλλωστε η ποσόστωση τους είναι μικρή και δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα. Τα επιβατικά αυτοκίνητα μπορούν να εξυπηρετήσουν από 1 έως 5 άτομα σε κάθε διαδρομή. Λαμβάνοντας υπόψη πως πολλές μετακινήσεις λόγω επαγγελματικών υποχρεώσεων γίνονται και από 1 μόνο άτομο θεωρούμε πως ένας συντελεστής από 1,5 έως 2,5 είναι επαρκής με καταλληλότερη την τιμή δύο (2). Τέλος για τα υπεραστικά λεωφορεία γνωρίζουμε πως έχουν μέγιστη χωρητικότητα έως 50 άτομα. Θεωρώντας πως κατά μέσο όρο ταξιδεύουν με πληρότητα που κυμαίνεται από 50% έως 70%, γεγονός που μεταφράζεται σε 25 με 35 άτομα ανά όχημα, μπορούμε να λάβουμε για κάθε λεωφορείο την τιμή των 30 ατόμων ανά όχημα.

Οι τιμές που έχουμε επιλέξει για τα οχήματα που μετακινούνται στο οδικό δίκτυο, μας δίνουν τελικά τον συνολικό αριθμό των χρηστών του έργου. Άρα μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των χρηστών για το αρχικό σημείο της έρευνας και αφού η σύνθεση της κυκλοφορίας δεν αλλοιώνεται από τη μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου, ο αριθμός αυτός θα μεταβάλλεται όπως επιτάσσει η ετήσια μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου.

Επομένως:

$$\begin{aligned} & (\text{Αριθ.δικύκλων} * 1) + (\text{Αριθ.φορτηγών} * 1) + (\text{Αριθ.Ι.Χ.} * 2) + (\text{Αριθ.λεωφορείων} * 30) = \\ & = (2\% * 1) + (13\% * 1) + (83\% * 2) + (2\% * 30) = \mathbf{2,41} \text{ άτομα/όχημα} \end{aligned}$$

Και αυτός θα είναι ο συντελεστής που πολλαπλασιαζόμενος με τον εκάστοτε αριθμό οχημάτων θα μας δίνει το συνολικό αριθμό των χρηστών του οδικού έργου σε κάθε έτος μελέτης.

5.5 ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η μέση ταχύτητα κίνησης είναι το μέγεθος εκείνο που δείχνει το ρυθμό με τον οποίον κινούνται συνολικά τα οχήματα μέσα στον αυτοκινητόδρομο κατά μέσο όρο. Το μέγεθος αυτό εξυπηρετεί τη μελέτη όσον αφορά τους χρόνους τους οποίους χρειάζεται ένα όχημα για να διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση. Πέρα όμως από το χρόνο που μεταφράζεται σε όφελος, η ταχύτητα κίνησης συμμετέχει και σε έναν ακόμα υπολογισμό. Εμπλέκεται στη φθορά του κάθε οχήματος και στον τρόπο με τον οποίον αυτή μετατρέπεται σε χρηματικές μονάδες. Τα οχήματα παρουσιάζουν την ελάχιστη φθορά χρήσης για συγκεκριμένες ταχύτητες κίνησης και όσο για μεγαλύτερες τόσο και για μικρότερες ταχύτητες παρουσιάζουν μεγαλύτερες φθορές που υπολογίζονται από κατάλληλες σχέσεις.

Οι αυτοκινητόδρομοι και όλα τα νέα οδικά έργα υποδομής χαρακτηρίζονται από προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται, ώστε να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες ταχύτητες κίνησης των οχημάτων. Από μελέτες που αφορούν την κατασκευή οδικών έργων και τις προδιαγραφές που αυτές περιέχουν (Αττικές διαδρομές Α.Ε.), η ταχύτητα κίνησης με την οποία μπορούν να κινούνται με ασφάλεια τα οχήματα, κυμαίνεται από 110km./h έως 120km./h. Στις αναλύσεις που θα πραγματοποιηθούν στην παρούσα μελέτη δέχομαι σαν μέση ταχύτητα κίνησης των ελαφρών οχημάτων (Ι.Χ. και δίκυκλα) τα 100km./h και για τα βαρέα οχήματα (φορτηγά και λεωφορεία) τα 80km./h.

5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΟΔΙΩΝ

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο που αναλύθηκε το κόστος κατασκευής ενός οδικού έργου, σημαντικό κομμάτι του προϋπολογισμού του έργου καταλαμβάνει η κατασκευή αλλά και η λειτουργία-συντήρηση των σταθμών διοδίων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως, της συγκριτικής μελέτης που θα γίνει μεταξύ της διάνοιξης σήραγγας και της κατασκευής παρακαμπτήριου οδικού τμήματος, το υπό μελέτη τμήμα είναι αρκετά μικρό ώστε να συμπεριλαμβάνεται και στα δύο σενάρια στο ίδιο τμήμα του αυτοκινητοδρόμου. Κατά συνέπεια και τα δύο σενάρια θα υπάγονται και θα εξυπηρετούνται από τον ίδιο σταθμό διοδίων καθιστώντας περιττό τον υπολογισμό του κόστους του σταθμού, αφού και για τις δύο περιπτώσεις θα είναι κοινό και δεν θα παρουσιάζει οικονομική διαφορά. Επομένως, το συγκεκριμένο στοιχείο παραλείπεται από την παρούσα μελέτη.

5.7 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριου τμήματος)

Το συνολικό κόστος κατασκευής του οδοστρώματος ανοιχτού δρόμου αποτελεί σύνθεση αρκετών παραγόντων, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του, και στις περισσότερες περιπτώσεις υπολογίζεται ανά χιλιόμετρο κατασκευασμένου τμήματος. Στην συγκεκριμένη μελέτη θα υπολογιστεί το κόστος κατασκευής αυτοκινητοδρόμου για μήκος ενός χιλιόμετρου και στην ανάλυση που θα ακολουθήσει θα πολλαπλασιάζεται αναλόγως με το μελετούμενο μήκος. Να σημειωθεί ότι στην τελική τιμή θα συμπεριληφθεί και ο φόρος προστιθέμενης αξίας (Φ.Π.Α.).

Για τον υπολογισμό του συγκεκριμένου μεγέθους προσμετρούνται οι αναγκαίες αποζημιώσεις λόγω απαλλοτριώσεων γης, οι οποίες όπως υπολογίστηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ανέρχονται σε 300.000€ ευρώ ανά χιλιόμετρο. Οι εργασίες που σχετίζονται με την κατασκευή του οδοστρώματος περιλαμβάνουν τις χωματοουργικές εργασίες (διαμορφώσεις πρανών-εξυγειάνσεις κ.τ.λ.), τις εργασίες οδοστρωσίας και διαμόρφωσης (διαχωριστικά στηθαία), σήμανση και ασφάλιση του δρόμου καθώς και τελική διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου (π.χ. φυτικές γαίες). Υπολογίζεται το

συνολικό κόστος για μήκος ενός χιλιομέτρου περίπου στα 4.000.000€ ευρώ. Οι υπολογισμοί αναφέρονται σε μέση διατομή του δρόμου χωρίς να υπολογίζεται αν είναι όρυγμα ή επίχωμα και για πλάτος οδοστρώματος περίπου 20 μέτρων.

Τα αποτελέσματα των θεωρήσεων έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα ευρωπαϊκών μελετών για το κόστος κατασκευής. Κατά μέσο όρο η κατασκευή των ελληνικών αυτοκινητοδρόμων παρουσιάζει κόστος 357.051€ ευρώ για κάθε 1.000τ.μ. οδοστρώματος (Τ.Ε.Ο.). Με τις αναγωγές για το πλάτος μελέτης (15-20 μέτρα) που δεχθήκαμε, με την αφαίρεση του Φ.Π.Α. καθώς και με τη σχετική αναγωγή αφαιρώντας την κατασκευή ειδικών τεχνικών έργων υποστήριξης της οδού (σήραγγες-γέφυρες) το κόστος ανά χιλιόμετρο αυτοκινητοδρόμου ανέρχεται από 4.000.000€ ευρώ έως 4.500.000€ ευρώ. Επομένως καταλήγουμε σε συνολικό κόστος κατασκευής ανά χιλιόμετρο οδού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη 4.300.000€ ευρώ.

5.8 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (παρακαμπτήριου τμήματος)

Πέρα από το κόστος κατασκευής όπως χαρακτηριστικά επέδειξε και η ανάλυση κόστους ζωής του έργου (L.C.C.A.), σημαντικό στοιχείο για την οικονομική εικόνα του έργου είναι το κόστος ομαλής λειτουργίας και συντήρησης της οδού. Οι εργασίες οι οποίες απαιτούνται, είτε σε ετήσια βάση, είτε περιοδικά ανά τακτά χρονικά διαστήματα (10 ή 15 χρόνια) επιβάλλονται από τις προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται στο οδικό δίκτυο.

Έτσι κάθε έτος λειτουργίας του οδικού έργου λαμβάνουν χώρα εργασίες που έχουν να κάνουν με τον καθαρισμό του οδοστρώματος, την επισκευή ή αντικατάσταση όπου χρειάζεται στη σήμανση, απόφραξη οχετών όμβριων υδάτων αλλά και ανανέωση-αντικατάσταση των διαγραμμίσεων και του φωτισμού όπου υπάρχει. Από στατιστικά στοιχεία του δημοσίου οι ετήσιες εργασίες ανέρχονται σε 8.000€ ευρώ/km, ενώ από κρατικές υπηρεσίες (ΥΠΕΚΑ) συγκεκριμένα για τμήματα της Π.Α.Θ.Ε. ανήλθαν σε 7.600€ ευρώ/km περίπου. Άρα για τη μελέτη μας θα δεχθούμε κόστος συντήρησης 8.000€ ευρώ ανά έτος ανά χιλιόμετρο οδού. Να σημειωθεί ότι στο κοστολόγιο αυτό υπάρχει και

πρόβλεψη για έκτακτες ανάγκες επισκευών μικρής κλίμακας που προκαλούνται από καιρικές συνθήκες.

Εκτός όμως από τις ετήσιες επισκευές, η διατήρηση των προδιαγραφών κυκλοφορίας της οδού, απαιτεί ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που καθορίζονται με ακρίβεια από την μελέτη του οδικού έργου, να γίνεται είτε επισκευή, είτε αποκατάσταση του οδοστρώματος για την ομαλή μετακίνηση των οχημάτων, στις ταχύτητες που έχουν επιλεγεί. Για μονωτικές στρώσεις του οδοστρώματος το κόστος όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ανέρχεται περίπου στις 35.000€ ευρώ/km ενώ για αντικατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος το κόστος ανέρχεται σε 65.000€ ευρώ/km. Για τη μελέτη που θα πραγματοποιηθεί δεχόμαστε πως οι επισκευές αυτές θα λαμβάνουν χώρα ανά 10 έτη και θα έχουν συνολικό κόστος 100.000€ ευρώ ανά χιλιόμετρο οδού.

5.9 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αιτιολογήθηκε η επιλογή της κατασκευής μονής σήραγγας για τις απαιτήσεις της παρούσας εργασίας. Ακόμη παρουσιάστηκε ανάλυση για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής μιας σήραγγας, αλλά και για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς ανά περίπτωση, και πως αυτοί επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Μέσα από τη συγκεκριμένη ανάλυση έγινε αντιληπτό το πόσο πολύ επηρεάζουν οι γεωλογικές συνθήκες στο χώρο διάνοιξης το τελικό κόστος κατασκευής της σήραγγας αφού τα ποσά, ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να έχουν από πέντε μέχρι και δέκα φορές διαφορά. Το ζητούμενο είναι η επιλογή της τιμής να αντιπροσωπεύει όσο καλύτερα γίνεται την κατάσταση στο χώρο διάνοιξης για όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη εικόνα του τελικού κόστους.

Η μελέτη που παρουσιάστηκε από δεδομένα της Εγνατίας Οδού (Λαμπρόπουλος, 2005) παρουσιάζει ένα φάσμα τιμών για τις διάφορες γεωλογικές συνθήκες που συναντήθηκαν κατά τη διάνοιξη που ξεκινά από 8.000€ ευρώ και φτάνει τις 30.000€ ευρώ ανά μέτρο διάνοιξης. Από την άλλη μεριά, με μελέτη που δημοσίευσαν για την επιρροή των γεωλογικών συνθηκών, οι Παρασκευόπουλου και Μπενάρδος (2012)

κατέληξαν σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες στο χώρο διάνοιξης. Οι τιμές για τις κατηγορίες που δημιουργήθηκαν ξεκινούν από 27€ ευρώ ανά κυβικό μέτρο εκσκαφής και φτάνουν τα 191€ ευρώ (κατά μέσο όρο) για τη δυσμενέστερη κατηγορία. Λαμβάνοντας υπόψη τις συνηθέστερες διατομές σηράγγων που είναι πεταλοειδής, με περίπου 100-120τ.μ. εμβαδόν, οι τιμές που προκύπτουν από την έρευνα μετατρέπονται σε 2.700€ ευρώ και 19.100€ ευρώ αντιστοίχως. Με νέα έρευνα βασισμένη σε δεδομένα 25 ελληνικών σηράγγων, (2013) οι Παρασκευόπουλου και Μπενάρδος δίνουν τιμές ανά μέτρο προχώρησης που ξεκινούν από 4.665€ ευρώ και φτάνουν μέχρι και τα 19.267€ ευρώ για τις δυσμενέστερες κατηγορίες εδαφικού υλικού.

Η δεύτερη κατά σειρά αναφερόμενη έρευνα, στα δεδομένα που χρησιμοποίησε, πέρα από σήραγγες τις Εγνατίας Οδού έλαβε δεδομένα και από σήραγγες τις Π.Α.Θ.Ε. και από την Εθνική Οδό Αθηνών-Πάτρων (Ολυμπία). Ως εκ τούτου παρουσιάζει και μεγαλύτερη ποικιλομορφία στα δεδομένα που διαχειρίστηκε (διαφορετικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά), αλλά είναι και πιο σύγχρονη. Το χρονικό πλαίσιο στο οποίο αναφέρεται μια έρευνα είναι επίσης σημαντικό, αφού η τεχνολογία που αφορά τη διάνοιξη σηράγγων αλλάζει συνεχώς επηρεάζοντας αρκετά το τελικό κόστος κατασκευής. Μια θεώρηση που θα μπορούσε να γίνει για το κόστος θα είχε σαν ακρότατες τιμές τις 4.665€ ευρώ και 19.267€ ευρώ, ενώ αναζητώντας μια μέση κατάσταση, η μέση τιμή θα ήταν 11.966€ ευρώ. Όμως οι κατηγορίες εδαφών που έχουν επιλεγεί στην εν λόγω έρευνα δεν παρουσιάζουν την ίδια πιθανότητα εμφάνισης στον ελλαδικό χώρο, όπου πετρώματα με χαρακτηριστικά ευνοϊκά για εκσκαφή και διάτρηση είναι σπάνια. Άρα δεν μπορούμε να οδηγηθούμε σε επιλογή μέσης τιμής και θα προτιμήσουμε μια τιμή κοντά στα ανώτατα όρια, που θα περιλαμβάνει και την πιθανότητα δυσμενών συνθηκών, φαινόμενο που στον ελλαδικό χώρο αντιμετωπίζεται συχνά.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι τιμές που υπολογίσαμε πριν (4.665€ ευρώ και 19.267€ ευρώ) μπορεί να αυξηθούν κατά τι για σήραγγα εμβαδού 120m², αλλά και σε περίπτωση παρουσίασης υπερεκσκαφών, καθώς και τις ανώτατες τιμές που παρουσιάστηκαν από την Εγνατία Οδό καταλήγουμε σε μια τιμή 18.000€ ευρώ ανά μέτρο προχώρησης. Να σημειωθεί η εξής σημαντικότερη λεπτομέρεια : η τιμή που αναφέρουμε είναι αποτέλεσμα θεώρησης και δεν αντιπροσωπεύει την κατάσταση που μπορεί να βρεθεί σε

ένα έργο αφού το κόστος που θα προκύψει είναι αντίστοιχο με τη γεωμορφολογική κατάσταση που θα συναντηθεί.

Η παραπάνω όμως τιμή που υπολογίσαμε αφορά το κόστος διάνοιξης της σήραγγας. Η κατασκευή των στομιών της σήραγγας επιβαρύνει το έργο κατά 5% με 10%. Επίσης για να είναι η σήραγγα κατάλληλη προς χρήση πρέπει να γίνουν όλες οι Η/Μ εγκαταστάσεις, τα συστήματα ασφαλείας καθώς και το κέντρο ελέγχου που θα έχει την ευθύνη της σωστής λειτουργίας. Πέρα από όλες τις λειτουργικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να συνυπολογιστούν και οι εργασίες οδοστρωσίας του έργου. Από μελέτες έχει υπολογιστεί ότι το κόστος πέραν της διανοίξεως προσαυξάνεται κατά 30% έως 40%. Επομένως για τη μελέτη ανά χιλιόμετρο σήραγγας θα υπολογίσουμε 25.000.000€ ευρώ.

5.10 ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μιας οδικής σήραγγας συνίσταται σε διαφορετικά στοιχεία που επιφέρουν την ομαλή και ασφαλή διέλευση των οχημάτων από αυτή. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στοιχεία της σήραγγας (κλειστός χώρος) δημιουργούν και τις αυξημένες ανάγκες στον συγκεκριμένο τομέα. Από τη μια πλευρά υπάρχει η απαίτηση για τον επαρκή φωτισμό του χώρου, και από την άλλη για τον επαρκή αερισμό του. Πέρα όμως από τις σημαντικές αυτές ανάγκες, υπάρχει και η ιδιαιτερότητα της κατάλληλης εποπτείας και διαχείρισης της κυκλοφορίας εντός της σήραγγας, καθώς και του έγκυρου και έγκαιρου ελέγχου της, καθ'όλη τη διάρκεια λειτουργίας της. Οι παραπάνω ενέργειες καλύπτονται κατά κύριο λόγο από την αίθουσα ελέγχου της σήραγγας, που αναλαμβάνει τη συνεχή εποπτεία της και λαμβάνει μέτρα όταν αυτά χρειαστούν (π.χ. περίπτωση ατυχήματος).

Από μελέτη που εκπονήθηκε το 2006 για την Ολυμπία Οδό (Στάθης, 2006) οι τιμές που παρουσιάζονται για τις εργασίες συντήρησης για την αντικατάσταση του φωτισμού, για την αντικατάσταση του συστήματος αερισμού και για την ανανέωση του υλικού και των συστημάτων της αίθουσας ελέγχου (αίθουσα-κάμερες-συστήματα ειδοποίησης) ανέρχονται σε 740.000€ ευρώ. Από τις τιμές αυτές με τις σχετικές αναγωγές στην σημερινή οικονομία (2013) λαμβάνουμε την τελική τιμή που θα χρησιμοποιήσουμε στην

παρούσα μελέτη που υπολογίζεται σε 850.000€ ευρώ. Να σημειωθεί ότι οι προαναφερθείσες επισκευές και συντηρήσεις πραγματοποιούνται ανά 15 χρόνια λειτουργίας της σήραγγας.

Πέρα όμως από τις περιοδικές εργασίες υπάρχουν και οι τακτικοί έλεγχοι και εργασίες οι οποίοι έχουν ετήσια βάση και εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία της σήραγγας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές για τις ετήσιες δαπάνες ανά έτος και αναλόγως με το μήκος της σήραγγας.

ΜΗΚΟΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΑ
Μικρότερο από 300μ.	11.738,81€
Από 300μ. έως 2000μ.	26.412,33€
Πάνω από 2000μ.	55.759,35€

Πίνακας 5.3 Κόστος ετήσιας συντήρησης σήραγγας αναλογικά του μήκους

Από τα δεδομένα αυτά επιλέγουμε για την έρευνά μας πως η ετήσια δαπάνη για τη συντήρηση και την σωστή λειτουργία της σήραγγας θα ανέρχεται σε περίπου 25.000€ ευρώ λαμβάνοντας υπόψη ότι η σήραγγα μας θα έχει τυπικό μήκος 1000μ. ώστε να συγκρίνεται με τα αντίστοιχα μήκη των παρακαμπτηρίων τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου.

5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΞΙΑΣ ΧΡΟΝΟΥ ΧΡΗΣΤΩΝ

Μεγάλη σημασία στον τομέα της εκτίμησης αξίας του χρόνου του χρήστη, κατέχει ο καθορισμός της μορφής του χρόνου αυτού. Από τη μια πλευρά πραγματοποιούνται μετακινήσεις που έχουν σαν σκοπό κάποια επαγγελματική-εργασιακή δραστηριότητα και υπαγορεύονται από τις επαγγελματικές υποχρεώσεις των χρηστών. Από την άλλη βρίσκονται οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται για λόγους αναψυχής (ψυχαγωγία-διασκέδαση-τουρισμός). Οι δύο αυτές κατηγορίες λόγω των διαφορετικών δεικτών αναγκαιότητας που παρουσιάζουν χαρακτηρίζονται από διαφορετικές οικονομικές αποζημιώσεις όσον αφορά την αποζημίωση της χρονικής απώλειας.

Το ύψος της χρηματικής αποζημίωσης για απώλεια χρόνου εργασίας είναι μέγεθος ανάλογο με τις μισθολογικές αποζημιώσεις που ορίζονται από τις εκάστοτε συλλογικές συμβάσεις εργασίας και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα δεδομένα (Ε.Γ.Σ.Σ.Ε., 2013). Για διάφορες εργασιακές κατηγορίες τα δεδομένα παρουσιάζονται παρακάτω :

- Κατώτερη αποζημίωση το 2013 3,70€ ευρώ την ώρα.
- Κατώτερος μισθός πρόσληψης τεχνιτών 3,30€ ευρώ την ώρα.
- Αποζημίωση μηχανικού με προϋπηρεσία 30 έτη 8,30€ ευρώ την ώρα.
- Κατώτερος μισθός εργάτη σε οικοδομικές εργασίες 5,65€ ευρώ την ώρα.

Και από τις τιμές που παρατέθηκαν, υπολογίζεται μια μέση ωριαία αποζημίωση για τους χρήστες του οδικού έργου η οποία είναι 5,20 (€/h/p) ευρώ ανά ώρα ανά χρήστη.

Από την άλλη πλευρά ο χρόνος των χρηστών που πραγματοποιούν μια διαδρομή αναψυχής δεν μπορεί να έχει την ίδια αποτίμηση με το χρόνο που ο χρήστης στερείται από την εργασία του. Έτσι επιλέγεται, σε συμφωνία με παρόμοιες μελέτες, η αποζημίωση να ανέρχεται στο ένα τρίτο (1/3) της αξίας που υπολογίσαμε νωρίτερα. Για τη συγκεκριμένη μελέτη η αξία του χρόνου για διαδρομές αναψυχής θα είναι 1,75(€/h/p) ευρώ ανά ώρα ανά χρήστη.

Η Μελέτη Ανάπτυξης του Μετρό(MAM) με εκτεταμένη έρευνα δεδηλωμένης επιλογής 600 μετακινούμενων, εκτίμησε ότι στην Αθήνα η αξία του χρόνου ανέρχεται στο 39% του μέσου ωριαίου εισοδήματος, περιλαμβανομένων των ασφαλιστικών εισφορών των εργαζομένων. Το εισόδημα αυτό ανέρχεται σε 9,4 €/ώρα(2006) οπότε η $A\tau\chi = 0,39 * 9,4 = 3,67\text{€}$ ευρώ/ώρα (Κοτσαρέλη, 2009). Πραγματοποιώντας τη σχετική τιμαριθμική αναπροσαρμογή για το 2013 το ποσό αυτό μετατρέπεται σε 4,49€ ευρώ/ώρα.

Πέρα από την καθαρή αξία που έχει το ωρομίσθιο ενός εργαζομένου, υπάρχει ακόμη μια μέθοδος για την αξιολόγηση του χρόνου, που καταναλώνεται σε μια μετακίνηση. Η μέθοδος αυτή αφορά την επιθυμία του χρήστη να φτάσει στον προορισμό του γρηγορότερα, και την προθυμία του να πληρώσει παραπάνω για τον κερδισμένο

χρόνο του (willingness to pay), ξεπερνώντας τις περισσότερες φορές την εργασιακή του αποζημίωση.

Η προθυμία του χρήστη να πληρώσει και η αναζήτηση του ύψους του χρηματικού ποσού αυτού, έχει απασχολήσει πολλές ερευνητικές προσπάθειες παγκοσμίως. Σε αμερικανική μελέτη του 2013 (Transportation CBA-Travel time cost, VTPI), υπολογίζεται κατά μέσο όρο η προθυμία του μετακινούμενου να πληρώσει 22\$ για κάθε εργάσιμη ώρα και 12\$ για κάθε ώρα αναψυχής. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες αναγωγές, και ως προς το κατά κεφαλήν εισόδημα των ΗΠΑ και της Ελλάδας (1,64 φορές υψηλότερο στις ΗΠΑ) και ως προς την ισοτιμία των δύο νομισμάτων, προκύπτει η αντιστοιχία των 10€ ευρώ για κάθε εργάσιμη ώρα και 5,50€ ευρώ για κάθε ώρα αναψυχής.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω μελέτες για την αξία του χρόνου και επιθυμώντας να προσδώσω μερίδιο όχι μόνο στην καθαρή αποτίμηση του χρόνου αλλά και στη διάθεση του χρήστη να πληρώσει κάποιο τίμημα υπολογίζω την τελική τιμή. Έτσι λαμβάνεται για τους υπολογισμούς η τιμή των 7,50€ ευρώ για αποζημίωση εργατικού χρόνου και η τιμή των 2,50€ ευρώ για αποζημίωση χρόνου αναψυχής.

Συμφώνα με στατιστικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την Ολυμπία Οδό (ερωτηματολόγιο-2006 Στάθης), το ποσοστό των χρηστών που πραγματοποιούν μετακινήσεις για επαγγελματικούς λόγους ανέρχεται σε 38%. Εξάλλου από την Νέα Εθνική Έρευνα Προέλευσης Προορισμού εκτιμάται ότι οι σκοποί του ταξιδιού είναι 46% για εργασία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά αυτά είναι κατά πολύ μεγαλύτερα για τις περιπτώσεις των φορτηγών όπου η εργασία αποτελεί το σκοπό της μετακίνησης καθ'ολοκληρία. Βέβαια το ποσοστό με το οποίο συμμετέχουν τα φορτηγά στο φόρτο κυκλοφορίας είναι μικρό (περίπου 10%), με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν σημαντικά τα παραπάνω ποσοστά. Για τη συγκεκριμένη μελέτη, θα χρησιμοποιηθεί το 45% του αριθμού των χρηστών σαν επαγγελματική μετακίνηση, και το 55% σαν μετακίνηση ψυχαγωγίας. Σημειώνεται πάντα πως τα ποσοστά αυτά μπορεί να αλλάζουν αρκετά, αναλόγως με την περιοχή που εξυπηρετεί το οδικό έργο.

5.12 ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Κάθε όχημα κινούμενο, πέρα από τα καύσιμα που χρησιμοποιεί για να μπορέσει να κινηθεί, υπόκειται σε φθορά των εξαρτημάτων του λόγω της χρήσης, αφού τα εξαρτήματα δεν είναι αναλλοίωτα και χρειάζονται ανά κάποιο χρονικό διάστημα αντικατάσταση. Η φθορά που προκαλείται σε κάθε όχημα δεν είναι σταθερό μέγεθος και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η οδηγική συμπεριφορά του χρήστη, ο τύπος του οδοστρώματος που αυτό κινείται, η ταχύτητα με την οποία κινείται (μέγεθος που παραπέμπει στο ρυθμό λειτουργίας του) καθώς και το βάρος που μεταφέρει. Να σημειωθεί πως η προσπάθεια να εκτιμηθεί το κόστος χρήσης στην παρούσα εργασία, είναι στατιστική διαδικασία και αφορά στο μακροχρόνιο κόστος συντήρησης κάθε οχήματος.

Η μελέτη όπως αναφέρεται και σε προηγούμενη παράγραφο, θα λάβει σαν ημερήσιο κυκλοφοριακό φόρτο κάποιες χιλιάδες οχήματα διαφόρων ειδών, σε ποσοστά που έχουν επιλεγεί. Είναι ανέφικτο να ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος χρήσης των οχημάτων. Γι' αυτό το λόγο θα αποκλειστεί ο παράγοντας της οδηγικής συμπεριφοράς και θα αγνοηθούν οι ιδιαιτερότητες στον τομέα του οδοστρώματος, αφού υποθέτουμε πως σε ένα νέο οδικό έργο οι συνθήκες αυτές θα είναι όσο πλησιέστερα στις ιδανικές γίνεται.

Οι παράγοντες που θα εξεταστούν είναι αυτοί του μεγέθους και του τύπου του οχήματος, καθώς και αυτός της μέσης ταχύτητας με την οποία κινείται (εμπεριέχει και τμήμα της οδηγικής συμπεριφοράς). Στον Πίνακα 5.3 (Στάθης, 2006) παρουσιάζονται οι τιμές του κόστους ανά διανυόμενο χιλιόμετρο, σε σχέση με τη μέση ταχύτητα του οχήματος και τον τύπο του οχήματος. Να σημειωθεί ότι τα δίκυκλα οχήματα έχουν υπολογιστεί μαζί με τα ελαφρά, μιας και το ποσοστό τους είναι μικρό (2%) και δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα τα αποτελέσματα.

ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (km/h)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΛΑΦΡΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (€/km)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ (€/km)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ (€/km)
32	0,261	0,948	0,770
40	0,224	0,796	0,666
48	0,203	0,705	0,603
56	0,186	0,653	0,578
64	0,176	0,613	0,559
72	0,169	0,584	0,551
80	0,164	0,583	0,565
88	0,159	0,584	0,587
96	0,159	0,602	0,624
104	0,164	-	-
112	0,173	-	-

**Πίνακας 5.3. Αναλογίες ταχύτητας κίνησης και κόστους χρήσης οχημάτων
(αναπροσαρμοσμένες τιμές στο 2013)**

Από τα παραπάνω δεδομένα και αφού έχουμε επιλέξει ότι τα ελαφρά οχήματα θα κινούνται με ταχύτητες που κατά μέσο όρο θα φτάνουν τα 100km./h και τα βαρέα οχήματα τα 80km./h, προκύπτουν οι τιμές που λαμβάνονται στη μελέτη για το κόστος χρήσης των οχημάτων. Για τα ελαφρά οχήματα θα είναι 0,162€ ευρώ ανά διανυόμενο χιλιόμετρο, ενώ για βαρέα οχήματα θα είναι 0,583€ ευρώ ανά διανυόμενο χιλιόμετρο λεωφορείων και είναι 0,565€ ευρώ ανά διανυόμενο χιλιόμετρο φορτηγών. Τα ποσοστά των οχημάτων στον συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο είναι αυτά που έχουν αποφασιστεί στην αντίστοιχη παράγραφο.

Στις παραπάνω τιμές των λειτουργικών εξόδων των οχημάτων δεν έχουν συμπεριληφθεί έξοδα του οχήματος, όπως είναι τα τέλη κυκλοφορίας και η ασφάλιση.

Ετησίως οι επιβαρύνσεις αυτού του τύπου αγγίζουν προσεγγιστικά τα 600-700€ ευρώ, ενώ ένα τυπικό όχημα πραγματοποιεί με μια μέση χρήση από 10.000km έως 15.000km ετησίως. Γι'αυτό το λόγο στους υπολογισμούς της μελέτης οι παραπάνω αριθμοί θα παρουσιάζονται με μια μικρή προσαύξηση της τάξεως του 0,05€ ευρώ ανά km.

5.13 ΚΟΣΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν σε ένα οδικό δίκτυο, έχουν σαν πιθανές συνέπειες την καταστροφή μέρους ή ολόκληρου του οχήματος, τον τραυματισμό επιβαίνοντος ή πεζού και την απώλεια ζωής επιβαίνοντος ή πεζού. Για την ανάλυση που πραγματοποιείται είναι κρίσιμη η μετατροπή της κάθε συνέπειας σε χρηματική αποζημίωση. Οι ζημιές των οχημάτων είναι σε κάθε περίπτωση πιο άμεσα και εύκολα μετατρέψιμες, ενώ για τις περιπτώσεις των τραυματισμών και των θανάτων πρέπει να συνυπολογίζονται πολλοί παράγοντες που υπεισέρχονται στην διαμόρφωση της τελικής αποζημίωσης.

Ανάλογα με την παρεχόμενη στάθμη εξυπηρέτησης “αναμένεται” στατιστικά ένας αριθμός ατυχημάτων ανά εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα (δηλαδή ένα εκατομμύριο διανυμένα χιλιόμετρα από οχήματα).

Ο αναμενόμενος αριθμός οδικών τροχαίων ατυχημάτων δίνεται από τη σχέση:

$$(T.A.) = (\Delta.A.) \cdot (E.M.H.K.) \cdot 365 \cdot L / 10^6$$

όπου:

- T.A.: Αναμενόμενος αριθμός τροχαίων ατυχημάτων σε κάθε τμήμα για κάθε έτος.
- Δ.Α.: Δείκτης ατυχημάτων.
- E.M.H.K.: Μέσος ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος που έχει υπολογιστεί
- 365: Οι ημέρες του χρόνου.
- L: Το μήκος του οδικού τμήματος.

Ο δείκτης ατυχημάτων για τον ελλαδικό χώρο σε ανοιχτό αυτοκινητόδρομο ανέρχεται σε περίπου 0,65 ατυχ/10⁶ οχηματοχιλιόμετρα. Ο δείκτης προέρχεται από

στατιστικές μελέτες, που διενεργήθηκαν στην Εγνατία Οδό, καθώς και σε τμήματα της Ολυμπίας Οδού στην Πελοπόννησο. Για τις σήραγγες δεν υπάρχουν ξεχωριστά δεδομένα ατυχημάτων στην Ελλάδα. Παρόλα αυτά δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με τους ίδιους δείκτες ατυχημάτων. Σύμφωνα με στατιστική μελέτη, που διεξήχθη με δεδομένα για σήραγγες παγκοσμίως (Παπαδήμα, 2012), σε παγκόσμια βάση ο δείκτης ατυχημάτων είναι 0,66 ατυχ/10⁶ οχηματοχιλιόμετρα αλλά ο δείκτης αλλάζει για τον ευρωπαϊκό χώρο όπου ο μέσος όρος είναι 0,39 ατυχ/10⁶ οχηματοχιλιόμετρα. Στην Ελλάδα τα ατυχήματα παρουσιάζουν από 10% έως 20% αυξημένη συχνότητα σε σχέση με την Ευρώπη (eurostat, 2010), οπότε για τη μελέτη μας θα λάβουμε 0,45 ατυχ/10⁶ οχηματοχιλιόμετρα. Ο σχετικός πίνακας παρατίθεται παρακάτω.

Χώρα	Μέσος Όρος Δεικτών Ατυχημάτων (ατυχ./10 ⁶ οχημ.κμ)
Η.Π.Α.	2,87
Ολλανδία	1,16
Κίνα	0,5
Ελβετία	0,35
Γερμανία	0,21
Νορβηγία	0,125
Αυστρία	0,10
Χονγκ – Κονγκ	0,01
Σύνολο	0,66

Πίνακας 5.4 Μέσος όρος δεικτών ατυχημάτων (Παπαδήμα, 2012)

Επίσης για μελέτη που έγινε για την Ολυμπία Οδό, και αναλύοντας τον αριθμό των ατυχημάτων με τους αριθμούς θανάτων, τραυματιών και υλικών ζημιών, έχουμε σαν δεδομένα πως σε κάθε ατύχημα που συμβαίνει, υπολογίζονται στατιστικά 0,18 νεκροί, 1,6 τραυματίες και 1,8 οχήματα (Στάθης, 2006). Οι δείκτες αυτοί, με τους δείκτες ατυχημάτων και το κόστος της κάθε περίπτωσης, θα μας δώσουν το τελικό κόστος ατυχήματος σε κάθε σενάριο.

Το κόστος για κάθε συμβάν που μπορεί να συμβεί σε ένα ατύχημα, υπολογίστηκε στην αιτιολογική έκθεση που εξέδωσε το ελληνικό κράτος το 2007 και αφορούσε το σχεδιασμό της Ιόνιας Οδού. Προκύπτει με αναπροσαρμογή σε τιμές του 2013, το κόστος θανάτου στα 736.155€ ευρώ, κόστος βαριά τραυματισμένου στα 86.184€ ευρώ, κόστος ελαφρά τραυματισμένου στα 6.650€ ευρώ και κόστος υλικών ζημιών στα 12.635€ ευρώ. Για τις περιπτώσεις των τραυματιών, επειδή δεν διαχωρίζονται σε ποσοστά θα ληφθεί η μέση τιμή από το κόστος των περιπτώσεών τους στα 46.417€ ευρώ.

Επομένως για κάθε ατύχημα υπολογίζουμε το κόστος ανάλογα με τις πιθανότητες που παρουσιάστηκαν νωρίτερα. Έτσι σε κάθε ατύχημα που συμβαίνει το κόστος προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Κόστος} = 0,18 \cdot 736.155 + 1,6 \cdot 46.417 + 1,8 \cdot 12.635 = 229.518\text{€ ευρώ/ανά ατύχημα.}$$

Κλείνοντας, στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι παράμετροι με τις τιμές που επιλέχθηκαν για την ανάλυση των δύο σεναρίων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	20 ΕΤΗ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	3 ΕΤΗ (ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ 10% - 50% - 40%)
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	8%
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	5.000 - 10.000 - 15.000 ΟΧΗΜΑΤΑ
ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΦΟΡΤΟΥ	+1%
ΠΟΣΟΣΤΟΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	85%ΕΛΑΦΡΑ – 15%ΒΑΡΕΑ
ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ	2,41
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ (ΜΕΣΗ)	ΕΛΑΦΡΑ 100 km/h - ΒΑΡΕΑ 80km/h
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΗΡΑΓΓΑ 25.000.000€ – ΔΡΟΜΟΣ 4.300.000€
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	25.000€/ΕΤΟΣ – 850.000€/15 ΕΤΗ
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΡΟΜΟΥ	8.000€/ΕΤΟΣ – 100.000€/10 ΕΤΗ
ΑΞΙΑ ΧΡΟΝΟΥ	7,5€/h ΕΡΓΑΣΙΑΣ – 2,5€/h ΑΝΑΨΥΧΗΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	0,212€/km ΕΛΑΦΡΑ – 0,615€/kmΒΑΡΕΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	229.518€/ΑΤΥΧΗΜΑ

Πίνακας 5.5 Συγκεντρωτική απεικόνιση των τιμών που επιλέχθηκαν για τη μελέτη

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αριθμητικοί υπολογισμοί και οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με τα δεδομένα, που συγκεντρώθηκαν από όλη την έρευνα. Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος excel, που μας δίνει και τα τελικά αποτελέσματα. Μέσω του ίδιου προγράμματος, και από την επεξεργασία των δεδομένων, δημιουργήθηκαν και τα αντίστοιχα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Η ανάλυση πραγματοποιείται σε τρία διαφορετικά φύλλα, ένα για κάθε έναν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους που δέχεται η μελέτη (5.000-10.000-15.000). Για την κάθε περίπτωση θα υπολογιστούν το κόστος διέλευσης κάθε σεναρίου και θα προσδιοριστεί από τη διαφορά τους το όφελος, που προκύπτει από τη διαφορά τους. Αυτό, σε συνάρτηση με το κόστος που παρουσιάζουν τα δύο σενάρια (κοινό και για τις τρεις αναλύσεις) θα καθορίσει και την τελική χιλιομετρική σχέση ισορροπίας μεταξύ των δύο σεναρίων (εύρεση “νεκρού σημείου”).

Οι ενέργειες που περιγράφονται παρακάτω αφορούν και τους τρεις κυκλοφοριακούς φόρτους που εξετάζει η παρούσα μελέτη, και πραγματοποιήθηκαν από κοινού για όλες τις αναλύσεις.

6.1 ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΜΑ (excel)

Για την ευκολότερη χρήση των δεδομένων κατά τη φάση των υπολογισμών, καταστρώθηκε αρχικά ένας πίνακας βασικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στους αριθμητικούς υπολογισμούς της ανάλυσης. Τα δεδομένα αυτά διευκολύνουν, πέρα από την ολοκλήρωση των απαραίτητων υπολογισμών, και την εποπτεία της διαδικασίας, ώστε να εξασφαλίζεται η αποφυγή σφαλμάτων. Ακόμη, ξεχωρίζοντας τα βασικά δεδομένα που υπεισέρχονται στη μελέτη, είναι εύκολο να φανεί με ποιό τρόπο επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα, αλλάζοντας μεμονωμένες τιμές δεδομένων.

Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται στοιχεία, που αφορούν τα οχήματα που μετακινούνται στα δύο σενάρια. Καταγράφεται η ποσόστωση με την οποία συμμετέχουν

στην κυκλοφορία, καθώς και η μέση ωριαία ταχύτητα με την οποία κινούνται. Το κόστος χρήσης αναφέρεται στη λειτουργία των οχημάτων (καύσιμα-ανταλλακτικά-service), και η τιμή βαρέων οχημάτων έχει προκύψει σαν μέση τιμή, λαμβάνοντας υπόψη την ποσόστωση των φορτηγών (13% του συνολικού φόρτου) και των λεωφορείων (2% του συνολικού φόρτου). Τέλος στο κόστος χρόνου, παρουσιάζεται η αξία του χρόνου για κάθε επιβάτη, χρησιμοποιώντας την ποσόστωση 55%-αναψυχή 45%-εργασία, ενώ για τα βαρέα οχήματα λαμβάνεται μόνο ο δείκτης εργασίας.

	ΕΛΑΦΡΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	ΒΑΡΕΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
ΠΟΣΟΣΤΟΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	85%	15%
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ (km/h)	100	80
ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ	0,212 €	0,631 €
ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΥ	4,75 €	7,50 €

Πίνακας 6.4. Στοιχεία μετακινούμενων οχημάτων και επιβατών

Στον πίνακα 6.2 που ακολουθεί, παρουσιάζεται αρχικά το επιτόκιο προεξόφλησης που λαμβάνεται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ). Ο συντελεστής αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την οικονομική ανάλυση και παρουσιάζει μεγάλη επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα. Ακολουθούν τα στατιστικά δεδομένα για τους επιβαίνοντες κάθε οχήματος και της ετήσια αύξησης στον κυκλοφοριακό φόρτο. Τέλος παρουσιάζονται οι συντελεστές συχνότητας ατυχήματος για τα δύο σενάρια εκφρασμένη σε εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα, δηλαδή για κάθε 1.000.000 διανυμένα χιλιόμετρα οχήματος συμβαίνουν ατυχήματα ίσα με τον αριθμό του συντελεστή.

Επιτόκιο προεξόφλησης	8%
ΑΤΟΜΑ/ΟΧΗΜΑ	2,41
ΑΥΞΗΣΗ ΦΟΡΤΟΥ (ετήσια)	1%
Συντελεστή ατυχημάτων ανοιχτού δρόμου (ανά10 ⁶ οχηματοχλμ)	0,65
Συντελεστή ατυχημάτων σήραγγας (ανά10 ⁶ οχηματοχλμ)	0,45

Πίνακας 6.5. Δεδομένα και συντελεστές της ανάλυσης

Πέρα από τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στους παραπάνω πίνακες, στο φύλλο εργασίας (excel) παρατίθενται και οι τρεις κυκλοφοριακοί φόρτοι, καθώς και η

μεταβλητή της χιλιομετρική σχέσης των δύο εξεταζόμενων σεναρίων. Ο κυκλοφοριακός φόρτος που χρησιμοποιείται στην εκάστοτε ανάλυση ξεχωρίζεται με διακριτικό χρωματισμό, ενώ σε χρωματισμένο φόντο βρίσκεται και η μεταβλητή της χιλιομετρικής σχέσης.

6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΥΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Οι πίνακες των υπολογισμών έχουν σαν επικεφαλίδα τους την παράθεση των ετών για τα οποία πραγματοποιείται η ανάλυση, ξεκινώντας από το έτος 0 και καταλήγοντας στο έτος 20. Οι υπολογισμοί που την ακολουθούν, χωρίζονται σε κατηγορίες αναλόγως με το αντικείμενο του υπολογισμού. Οι πίνακες αυτοί παρατίθενται αναλυτικά στο παράρτημα της εργασίας.

❖ Κόστος κατασκευής συντήρησης

Η πρώτη κατηγορία υπολογισμών αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος των δύο σεναρίων. Πρώτο παρουσιάζεται το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος για το οποίο υπολογίζεται το κόστος κατασκευής και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του. Το κόστος κατασκευής υπολογίζεται ως γινόμενο του κατασκευαστικού κόστους ανά χιλιόμετρο (4.300.000€) με τη μεταβλητή που καθορίζει τη χιλιομετρική σχέση (ΧΣ), ενώ για την συντήρηση λαμβάνεται ετήσιο ποσό 8.000€ και μετά από 10 χρόνια λειτουργίας περιοδική συντήρηση 100.000€, πολλαπλασιαζόμενα πάντα με τη ΧΣ.

Αμέσως μετά ακολουθεί ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής και συντήρησης του δεύτερου σεναρίου, αυτού της σήραγγας. Το κόστος κατασκευής έχει επιλεχθεί 25.000.000€ και το κόστος συντήρησης είναι 25.000€ για κάθε έτος λειτουργίας και 850.000€ για περιοδική συντήρηση μετά από 15 χρόνια λειτουργίας.

Για την περίπτωση του δρόμου όπως και γι'αυτή της σήραγγας, το κόστος κατασκευής μοιράζεται στα τρία πρώτα χρόνια (έτη 0, 1 και 2) που υλοποιείται η κατασκευή. Τα ποσοστά είναι κοινά και στις δύο περιπτώσεις και για τον πρώτο χρόνο αντιστοιχεί 10% του συνολικού ποσού, για το δεύτερο 50% και για τον τρίτο το υπολειπόμενο 40%.

Οι υπολογισμοί που αφορούν τα κόστη κατασκευής και συντήρησης των δύο σεναρίων, είναι ανεξάρτητοι από τον κυκλοφοριακό φόρτο που αλλάζει κατά την ανάλυση, με αποτέλεσμα η εικόνα τους να παραμένει αναλλοίωτη και στα τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

❖ Κυκλοφοριακός φόρτος οχημάτων

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο φόρτος των οχημάτων που κινούνται στο εκάστοτε σενάριο. Ο υπολογισμός του αρχίζει από το έτος 3, που είναι το πρώτο έτος στο οποίο δίνονται τα έργα προς χρήση. Διαχωρίζονται σε δύο γραμμές τα ελαφρά από τα βαρέα οχήματα όπου υπολογίζονται ως γινόμενο του αρχικού φόρτου και των αντίστοιχων συντελεστών από τον Πίνακα 6.1. Σε αυτό το σημείο με τη χρήση κατάλληλου συντελεστή επιτυγχάνεται και η ετήσια αύξηση του 1%.

❖ Κόστος μετακίνησης χρήστη

Το πρώτο στοιχείο που υπολογίζεται από τα δεδομένα που απαρτίζουν το κόστος μετακίνησης, είναι αυτό της **αξίας του χρόνου** του χρήστη. Ο υπολογισμός του προκύπτει από το γινόμενο των οχημάτων, των ημερών του έτους (365), το συντελεστή επιβαίνοντων ανά όχημα, την αξία μιας χαμένης ώρας για τον καθένα και της απόστασης που διανύεται (ΧΣ για τον ανοιχτό δρόμο-μονάδα για τη σήραγγα), διαιρεμένη με την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων. Γίνεται ξεχωριστός υπολογισμός για τα βαρέα και τα ελαφρά οχήματα, ενώ η διαδικασία επαναλαμβάνεται για το σενάριο της σήραγγας σε ξεχωριστό πίνακα όπου συγκεντρώνονται τα στοιχεία του δεύτερου σεναρίου.

Το δεύτερο τμήμα των υπολογισμών αφορά το **κόστος**, που προκύπτει **από τη χρήση** κάθε μετακινούμενου οχήματος. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται ξεχωριστά για βαρέα και ελαφρά οχήματα, και η τιμή προκύπτει από το γινόμενο οχημάτων, ημερών, απόστασης που διανύεται και τον συντελεστή κόστους χρήσης από τον Πίνακα 6.1.

Τελευταίο στοιχείο του κόστους μετακίνησης είναι το **κόστος των ατυχημάτων**, που στατιστικά συμβαίνουν κατά τις μετακινήσεις. Για τον υπολογισμό αυτής της τιμής, έχει προσεγγιστεί από το προηγούμενο κεφάλαιο το μέσο κόστος ενός οδικού ατυχήματος. Το ποσό αυτό πολλαπλασιάζεται με το πλήθος των οχημάτων, τις μέρες του έτους, τη διανυόμενη απόσταση (ΧΣ για ανοιχτό δρόμο-μονάδα για σήραγγα) και τον συντελεστή ατυχημάτων που χαρακτηρίζει το κάθε σενάριο (Πίνακας 6.2). Τέλος γίνεται

αναγωγή με την τιμή του 1.000.000 ώστε να προκύψει ο υπολογισμός ανά 10^6 οχηματοχιλιόμετρα.

❖ Ανάλυση-υπολογισμός “νεκρού σημείου”

Αφού έχουν υπολογιστεί όλα τα μεγέθη που αφορούν τη μελέτη, αθροίζονται όλες οι παρούσες αξίες (ΚΠΑ) των επιμέρους στοιχείων. Δημιουργούνται έτσι τα αθροίσματα των δύο σεναρίων. Το πρώτο περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής και συντήρησης του ανοιχτού δρόμου καθώς και τα στοιχεία κόστους μετακίνησης για το αντίστοιχο κομμάτι (αξία χρόνου-κόστος χρήσης-αξία ατυχήματος). Το δεύτερο περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω στοιχεία που αφορούν το σενάριο διάνοιξης σήραγγας.

Να σημειωθεί πως για τις απαιτήσεις των υπολογισμών στην αρχή της μελέτης, έχει επιλεγεί μια τυχαία χιλιομετρική σχέση ($X\S=2$). Η μεταβλητή της χιλιομετρικής σχέσης συμπεριλαμβάνεται μόνο στους υπολογισμούς του σεναρίου του ανοιχτού δρόμου, αφήνοντας ανεπηρέαστο το σενάριο της σήραγγας. Επομένως, για την εύρεση της “χρυσής τομής” (νεκρό σημείο) των δύο σεναρίων, η μεταβλητή αυτή λαμβάνει δοκιμαστικά διάφορες τιμές, έως ότου η διαφορά των δύο σεναρίων να ελαχιστοποιηθεί, αυξομειώνοντας τα αποτελέσματα του σεναρίου ανοιχτού δρόμου και αναζητώντας το σημείο εκείνο που αυτά ταυτίζονται με το σενάριο της σήραγγας.

Τα δύο συγκεντρωτικά αθροίσματα συγκρίνονται, και εξετάζεται πιο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή. Η μεταβλητή της χιλιομετρικής σχέσης λειτουργεί αναλογικά με το πρώτο σενάριο. Αυξάνοντας την τιμή, αυξάνεται και το συνολικό κόστος του πρώτου σεναρίου και αντίστοιχα στην μείωση. Οι δοκιμές σταματούν στο τρίτο δεκαδικό ψηφίο της μεταβλητής ($X\S$), αφού ουσιαστικά αντιπροσωπεύει μήκος σε χιλιόμετρα και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη αξία, η ανάλυση να προχωρήσει σε ακρίβεια κάτω του μέτρου.

6.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

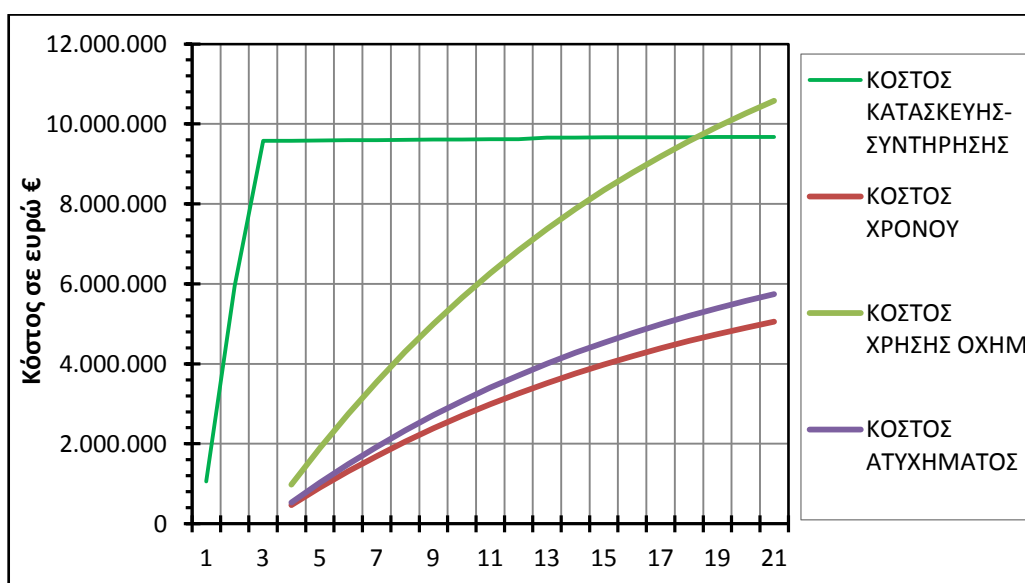
❖ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ 5.000 ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η επιρροή κάθε συνισταμένης στο τελικό κόστος του σεναρίου, υπολογίστηκε για μοναδιαίο μήκος έργου (1km) και για τα δύο

σενάρια το κόστος κάθε παραμέτρου, καθώς και το συνολικό κόστος. Παρουσιάζονται εδώ ως ποσοστά του τελικού κόστους, για να διευκολυνθεί η περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για τον πρώτο επιλεγμένο φόρτο οχημάτων (5.000 οχήματα).

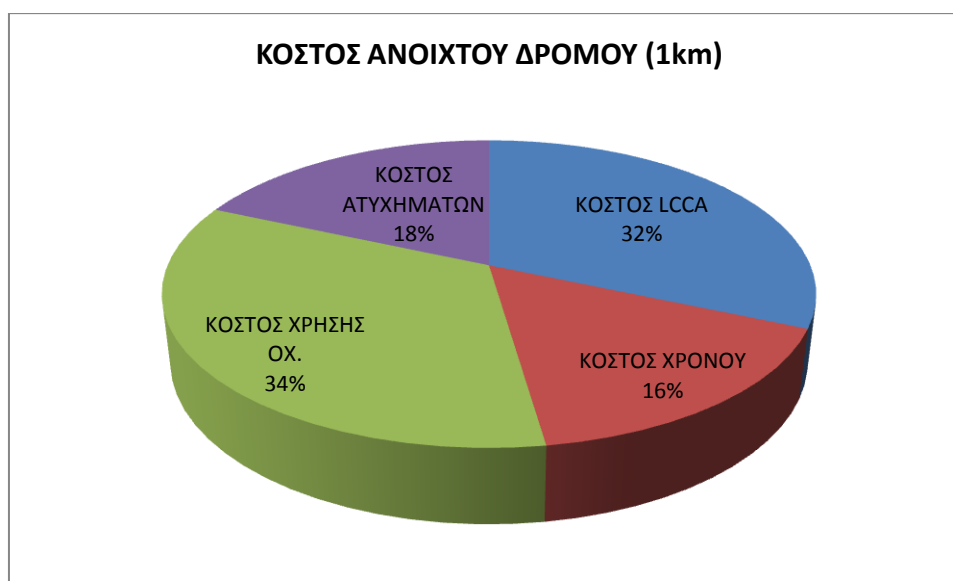
- Σενάριο 1-Ανοιχτός δρόμος

Στο διάγραμμα 6.1 παρουσιάζονται οι παράμετροι που συνθέτουν το συνολικό κόστος του σεναρίου παρακαμπτήριου τμήματος. Οι υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί για έργο μήκους 1km.



Διάγραμμα 6.1 Αθροιστικό κόστος παραμέτρων ανοιχτού δρόμου (ΚΠΑ)

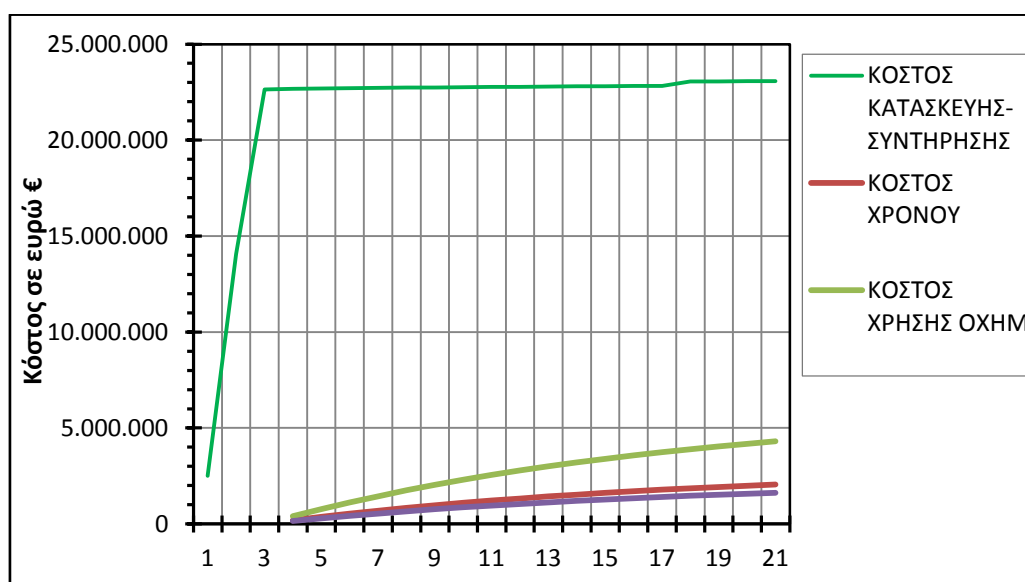
Παρακάτω στο διάγραμμα 6.2 παρουσιάζεται και η ποσοστιαία συνεισφορά της κάθε παραμέτρου στο συνολικό κόστος. Η μικρότερη συνεισφορά παρουσιάζεται από το κόστος του χρόνου που χάνεται κατά τη μετακίνηση (16%), ενώ πολύ κοντά βρίσκεται και το κόστος των ατυχημάτων (18%). Σημαντικό είναι το μερίδιο που καταλαμβάνει το κόστος της χρήσης των οχημάτων, που όχι μόνο ξεφεύγει από τους παράγοντες μετακίνησης (34%) αλλά ξεπερνά ακόμη και το συνολικό κόστος κατασκευής και συντήρησης του έργου (32%).



Διάγραμμα 6.2 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-5.000 οχήματα).

- Σενάριο 2-Σήραγγα

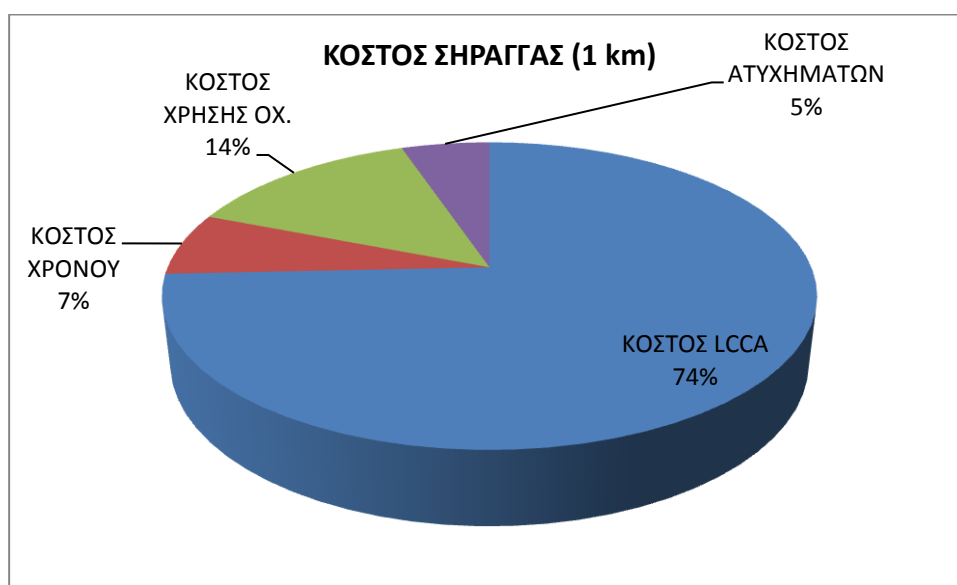
Στο διάγραμμα 6.3 παρουσιάζονται οι παράμετροι που συνθέτουν το συνολικό κόστος του σεναρίου διάνοιξης σήραγγας. Οι υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί για έργο μήκους 1km.



Διάγραμμα 6.3 Αθροιστικό κόστος παραμέτρων σήραγγας (ΚΠΑ)

Παρακάτω στο διάγραμμα 6.4 παρουσιάζεται και η ποσοστιαία συνεισφορά της κάθε παραμέτρου. Η μικρότερη συνεισφορά παρουσιάζεται από το κόστος των

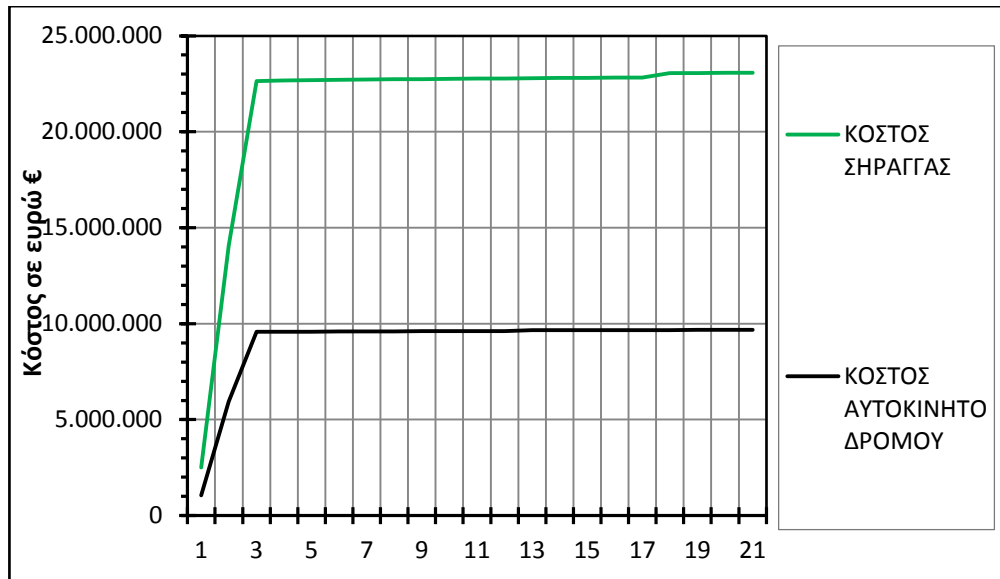
ατυχημάτων (5%), ενώ πολύ κοντά βρίσκεται και το κόστος του χρόνου που χάνεται κατά τη μετακίνηση (7%). Σε αντίθεση με το πρώτο σενάριο το κόστος χρήσης οχημάτων παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό από τις άλλες δύο παραμέτρους ταξιδιού (14% διπλάσιο από τις υπόλοιπες) αλλά το μεγαλύτερο κομμάτι ανήκει στην κατασκευή/συντήρηση (74%), μέγεθος που δεν μπορεί να συγκριθεί με τις άλλες παραμέτρους (τρεις φορές μεγαλύτερο από το σύνολό τους).



Διάγραμμα 6.4 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-5.000 οχήματα).

Από την παράθεση των στοιχείων των δύο σεναρίων γίνεται αντιληπτό, πως το σενάριο παρακαμπτήριου ανοιχτού δρόμου μεταβιβάζει μεγάλο μερίδιο κόστους στις παραμέτρους ταξιδιού, ενώ αντιθέτως το σενάριο σήραγγας κρατάει το μεγαλύτερο μερίδιο κόστους στον τομέα κατασκευής συντήρησης.

Για τον πρώτο κατά σειρά κυκλοφοριακό φόρτο που μελετήθηκε, ο υπολογισμός που ολοκληρώθηκε πρώτα ήταν αυτός του κόστους (κατασκευής-συντήρησης) των δύο σεναρίων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κόστος μετακίνησης στα δύο σενάρια και με τη σύγκριση των δύο σεναρίων προέκυψε το σημείο ισορροπίας στο **2,458** (φορές το μήκος του ανοιχτού δρόμου). Όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα αφορούν το σημείο ισορροπίας του συγκεκριμένου φόρτου.



Διάγραμμα 6.5 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ)

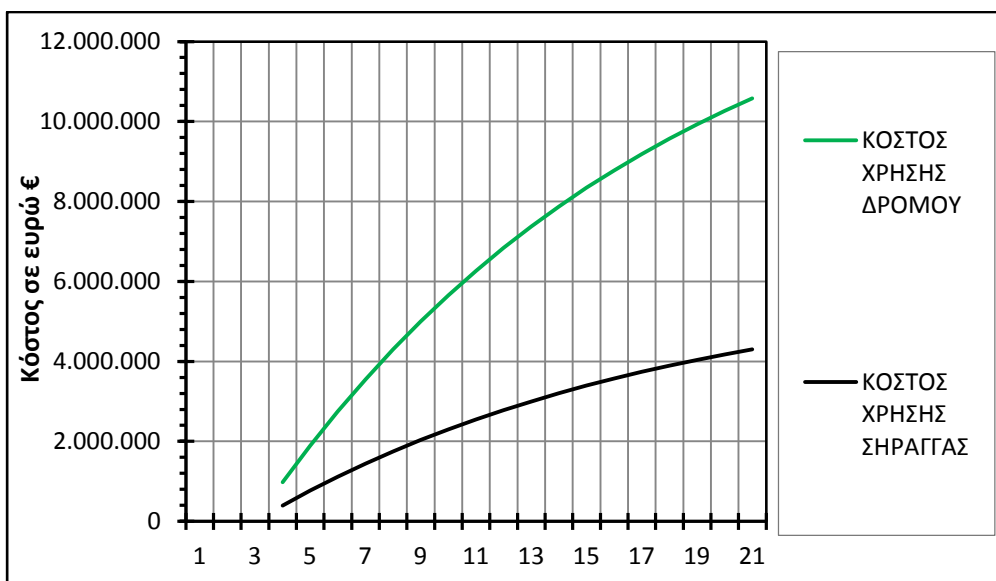
Το κόστος κατασκευής και επαρκούς συντήρησης για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος για μήκος 2.458m (από το σημείο ισορροπίας) προκύπτει ίσο με 9.675.617€ ευρώ. Αντιστοίχως για το σενάριο της σήραγγας το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 23.071.305€ ευρώ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε τρία διαγράμματα οι αθροιστικές αξίες του κόστους μετακίνησης ανά κατηγορία που εξετάζονται (αξία χρόνου-κόστος χρήσης-κόστος ατυχήματος).



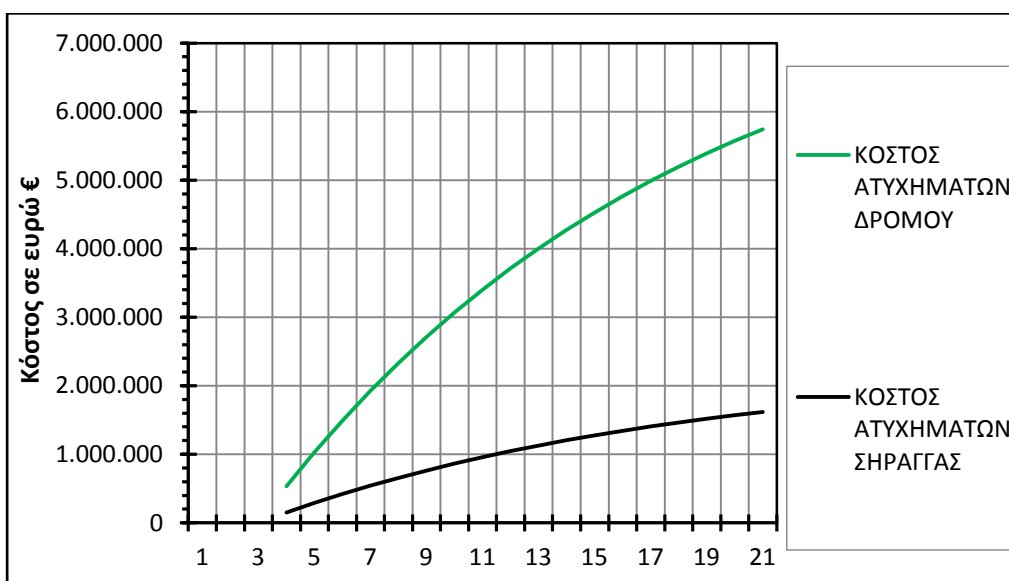
Διάγραμμα 6.6 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 5.000 οχημ.)

Το συνολικό κόστος του χαμένου χρόνου για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 5.050.391€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 2.054.675€ ευρώ.



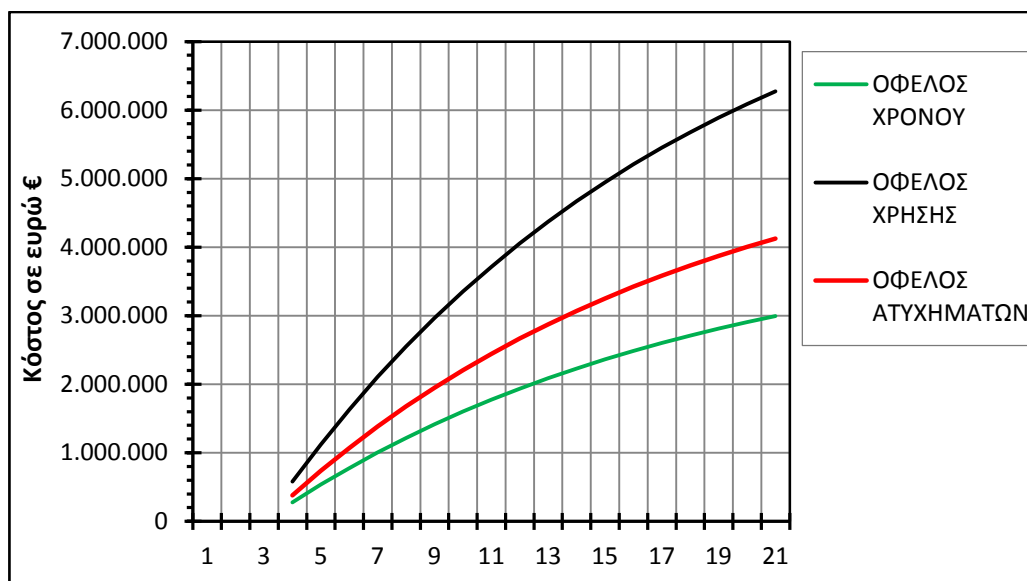
Διάγραμμα 6.7 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 5.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος της χρήσης των οχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 10.578.174€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 4.303.570€ ευρώ.



Διάγραμμα 6.8 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 5.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος των ατυχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 5.743.014€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 1.617.548€ ευρώ.



Διάγραμμα 6.9 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.

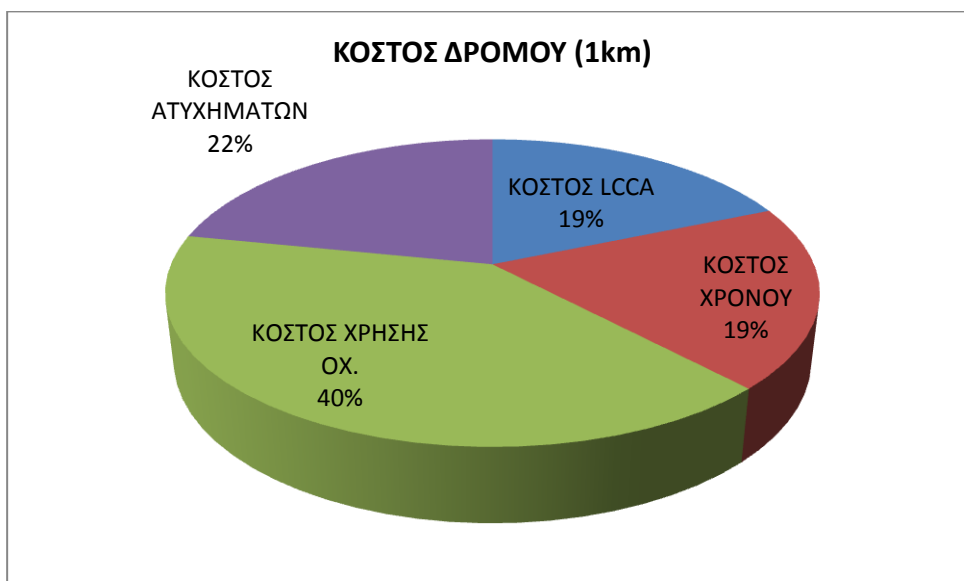
Οι διαφορές του κόστους μετακίνησης που παρουσιάζουν τα δύο σενάρια είναι στην ουσία αυτό που αντιλαμβάνεται ο χρήστης του δικτύου σαν οικονομικό όφελος. Αυτές ανέρχονται σε 2.995.716€ ευρώ για την εξοικονόμηση χρόνου, 6.274.204€ ευρώ από την οικονομία στη χρήση των οχημάτων και 4.125.466€ ευρώ από τον περιορισμό των ατυχημάτων. Το άθροισμα των ωφελειών ισοφαρίζει τη διαφορά κόστους που παρατηρήθηκε στην κατασκευή και συντήρηση του έργου.

❖ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ 10.000 ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως και για τον πρώτο φόρτο που μελετήθηκε παρατίθενται τα διαγράμματα που αποτυπώνουν την ποσόστωση του κόστους του κάθε σεναρίου. Το μέγεθος που αλλάζει είναι το κόστος μετακίνησης και από τα διαγράμματα γίνεται κατανοητό πως επιδρά στο συνολικό αποτέλεσμα και πως αλλάζει τελικώς το σημείο ισοροπίας για τους διαφορετικούς κυκλοφοριακούς φόρτους.

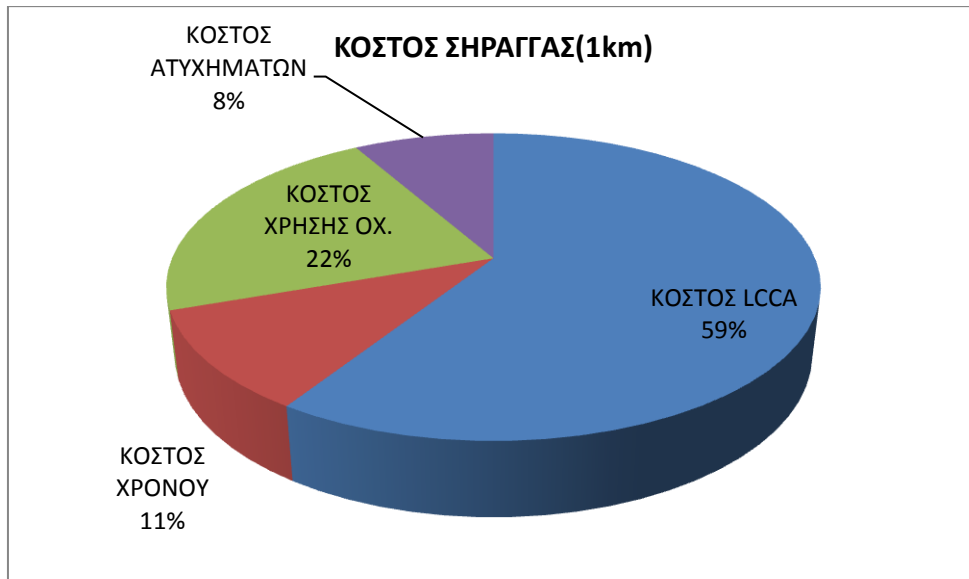
Το κόστος κατασκευής και συντήρησης περιορίζεται (διάγραμμα 6.10) κάτω από το 1/5 του συνολικού (19%), ενώ οι τρεις παράγοντες που συνθέτουν το κόστος

μετακίνησης καταλαμβάνουν το 81% του συνόλου με το κόστος χρήσης να διατηρεί την αναλογία 2/1 με τους άλλους δύο παράγοντες (αξία χρόνου-κόστος ατυχημάτων).



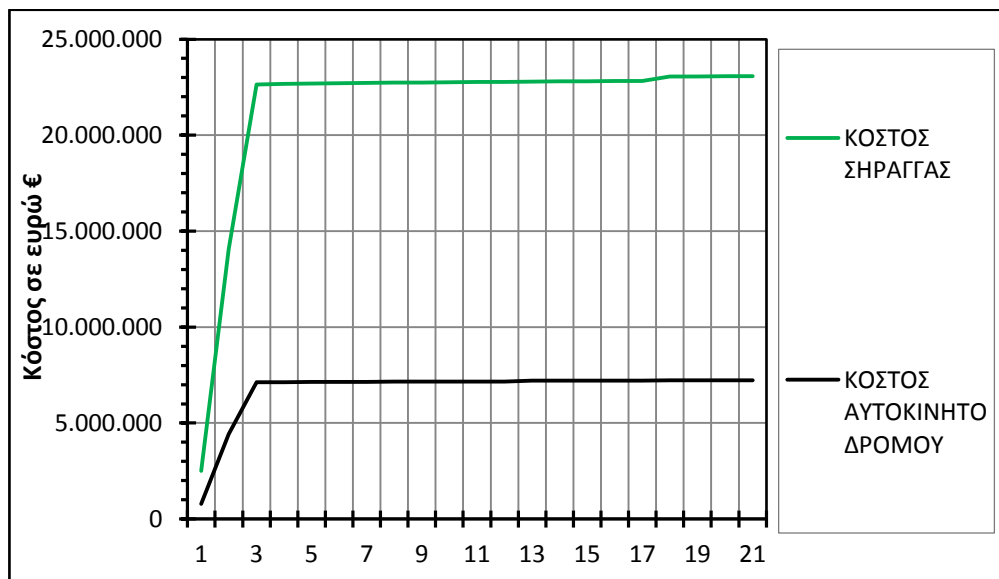
Διάγραμμα 6.10 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-10.000 οχημάτων).

Αντίστοιχα το διάγραμμα 6.11 παρουσιάζει την ποσόστωση του κόστους της σήραγγας. Το κόστος κατασκευής και συντήρησης διατηρείται σε υψηλό ποσοστό (59%) και οι παράγοντες του κόστους μετακίνησης διατηρούν τη μεταξύ τους ποσόστωση (περίπου διπλάσιο το κόστος χρήσης από τα υπόλοιπα) καταλαμβάνοντας το 41% του συνολικού κόστους.



Διάγραμμα 6.11 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-10.000 οχήματα).

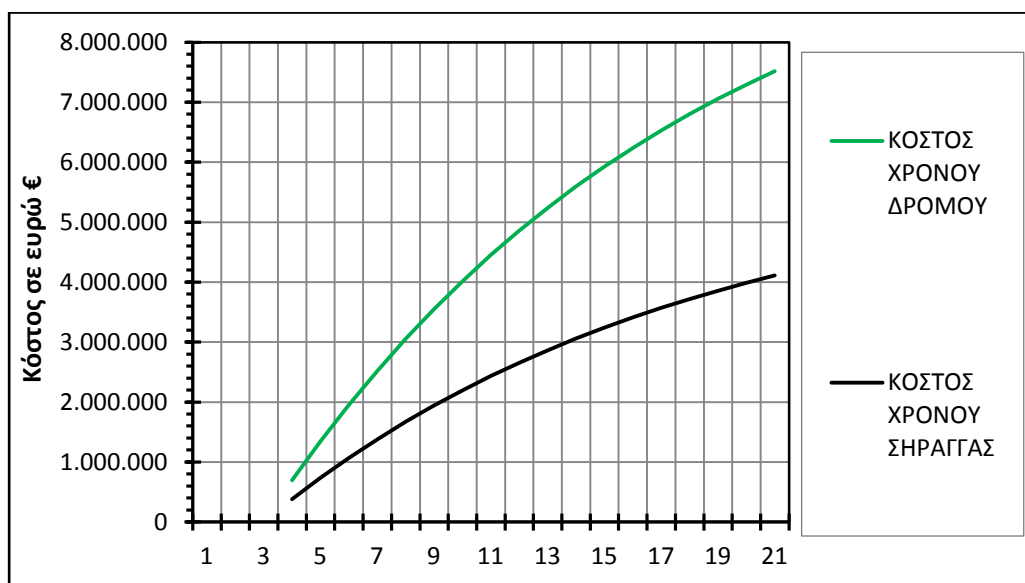
Για το δεύτερο κυκλοφοριακό φόρτο που μελετήθηκε, ο υπολογισμός που ολοκληρώθηκε πρώτα ήταν αυτός του κόστους (κατασκευής-συντήρησης) των δύο σεναρίων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κόστος μετακίνησης στα δύο σεναρία και με τη σύγκριση των δύο σεναρίων προέκυψε το σημείο ισορροπίας στο **1,829** (φορές το μήκος του ανοιχτού δρόμου). Όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα αφορούν το σημείο ισορροπίας του συγκεκριμένου φόρτου.



Διάγραμμα 6.12 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ)

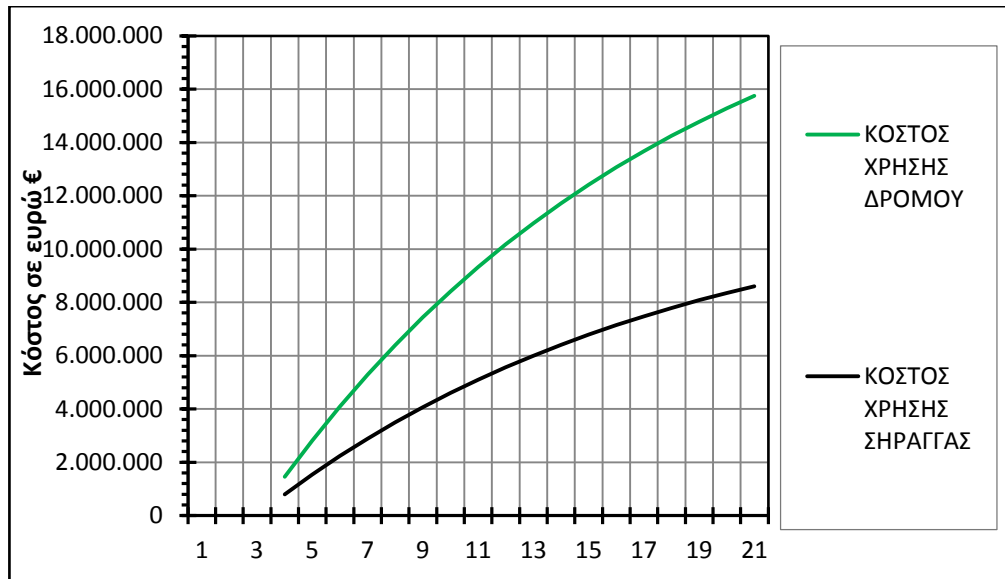
Το κόστος κατασκευής και επαρκούς συντήρησης για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος για μήκος 1.829m (από το σημείο ισορροπίας) προκύπτει ίσο με 7.225.433€ ευρώ. Αντιστοίχως για το σενάριο της σήραγγας το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 23.071.305€ ευρώ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε τρία διαγράμματα οι αθροιστικές αξίες του κόστους μετακίνησης ανά κατηγορία που εξετάζονται (αξία χρόνου-κόστος χρήσης-κόστος ατυχήματος).



Διάγραμμα 6.13 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 10.000 οχημάτων)

Το συνολικό κόστος του χαμένου χρόνου για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 7.516.001€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 4.109.350€ ευρώ.



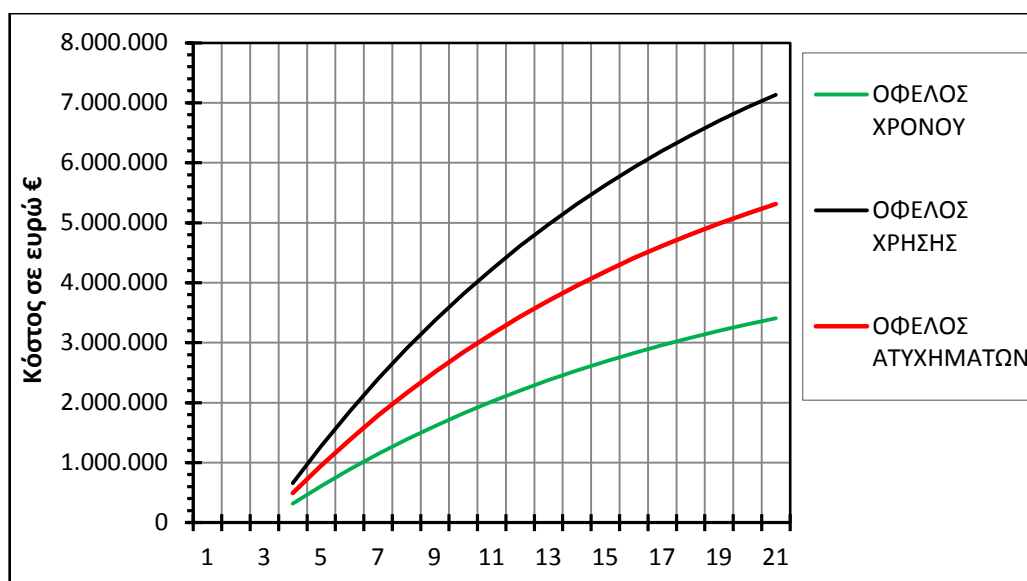
Διάγραμμα 6.14 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 10.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος της χρήσης των οχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 15.742.457€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 8.607.139€ ευρώ.



Διάγραμμα 6.15 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 10.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος των ατυχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 8.546.764€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 3.235.096€ ευρώ.



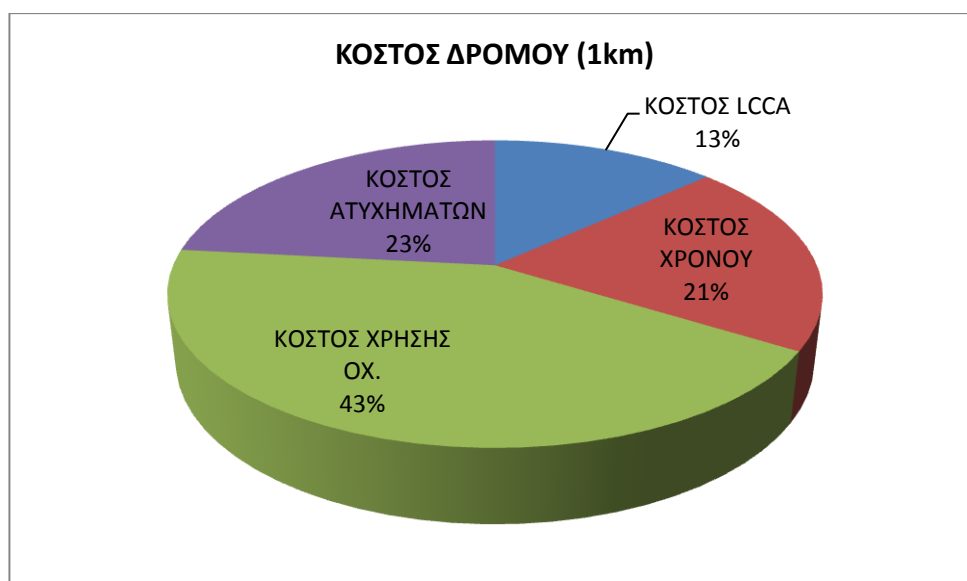
Διάγραμμα 6.16 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.

Τα οφέλη για την ανάλυση 10.000 οχημάτων ανέρχονται σε 3.406.651€ ευρώ για την εξοικονόμηση χρόνου, 7.135.318€ ευρώ από την οικονομία στη χρήση των οχημάτων και 5.311.668€ ευρώ από τον περιορισμό των ατυχημάτων. Όπως και στην πρώτη ανάλυση το άθροισμα ισούται με τη διαφορά στα κόστη κατασκευής-συντήρησης.

❖ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ 15.000 ΟΧΗΜΑΤΩΝ

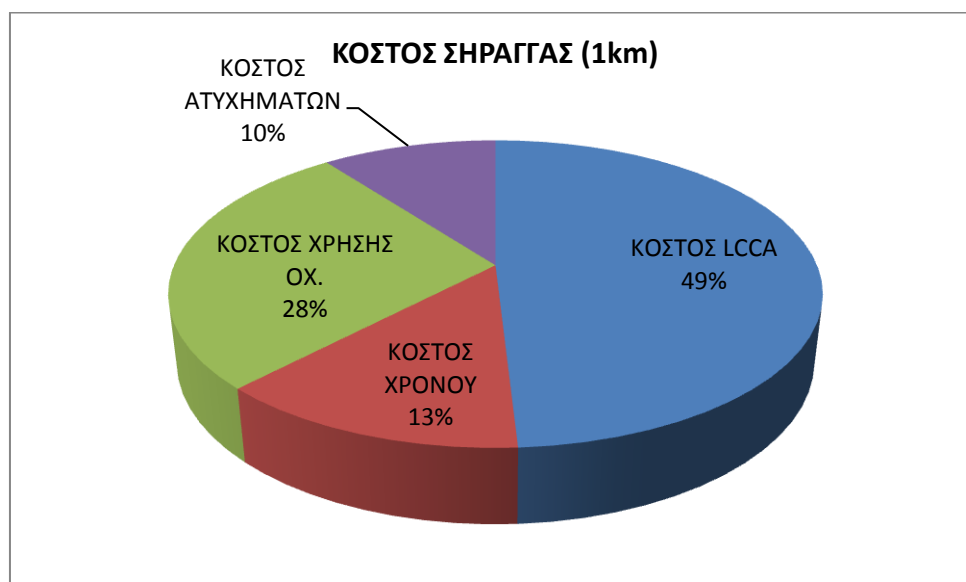
Στον τρίτο κατά σειρά μελετώμενο κυκλοφοριακό φόρτο η ποσόστωση του κόστους των δύο σεναρίων παρουσιάζει της μεγαλύτερες μεταβολές από την αρχή της μελέτης.

Το κόστος κατασκευής και συντήρησης του ανοιχτού δρόμου υποχωρεί πλέον στο 13% επί του συνολικού κόστους, μεταβιβάζοντας το μεγαλύτερο κομμάτι στο κόστος μετακίνησης (87%), που διατηρεί τον εσωτερικό καταμερισμό των δύο προηγούμενων φόρτων με το κόστος χρήσης διπλάσιο από τους άλλους δύο παράγοντες.



Διάγραμμα 6.17 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (ανοιχτός δρόμος-15.000 οχημάτων).

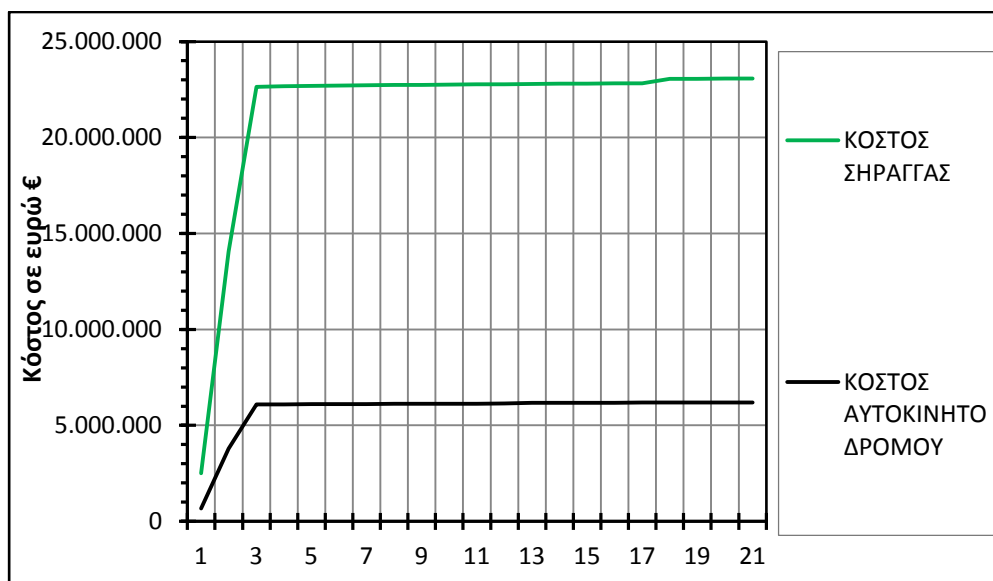
Στον τρίτο και μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο το κόστος κατασκευής και συντήρησης εξισορροπείται σχεδόν από το κόστος μετακίνησης (49%-51%), ενώ οι εσωτερικές σχέσεις του κόστους μετακίνησης διατηρούνται σταθερές.



Διάγραμμα 6.18 Ποσοστιαία απεικόνιση του κόστους των παραμέτρων (σήραγγα-15.000 οχημάτων).

Για τον τρίτο κυκλοφοριακό φόρτο που μελετήθηκε, υπολογίστηκε αρχικά το κόστος (κατασκευή-συντήρηση) των δύο σεναρίων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κόστος μετακίνησης στα δύο σεναρία και με τη σύγκριση των δύο σεναρίων προέκυψε το σημείο

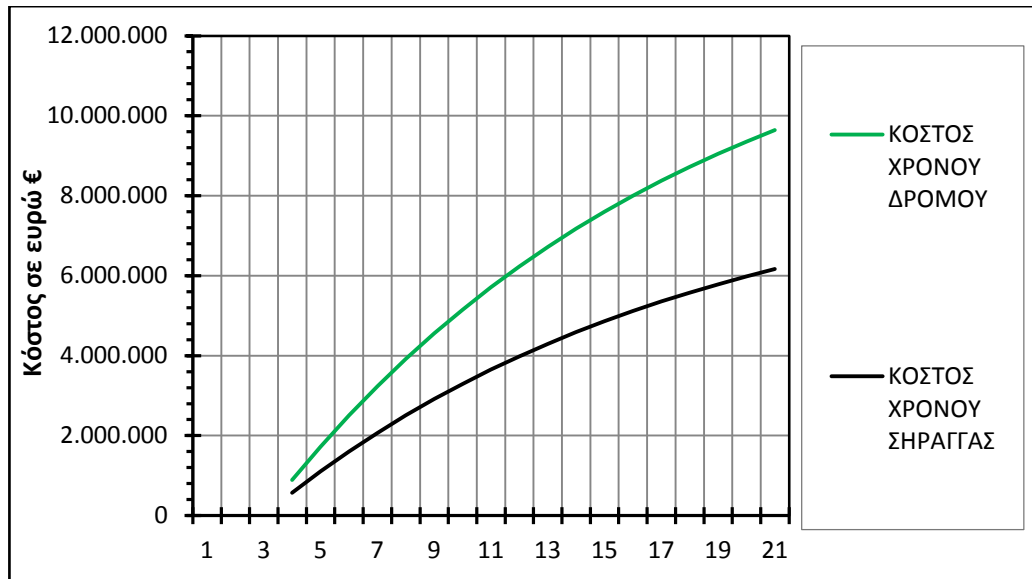
ισορροπίας στο **1,564** (φορές το μήκος του ανοιχτού δρόμου). Όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα αφορούν το σημείο ισορροπίας του συγκεκριμένου φόρτου.



Διάγραμμα 6.19 Αθροιστικό κόστος κατασκευής-συντήρησης των δύο σεναρίων (ΚΠΑ)

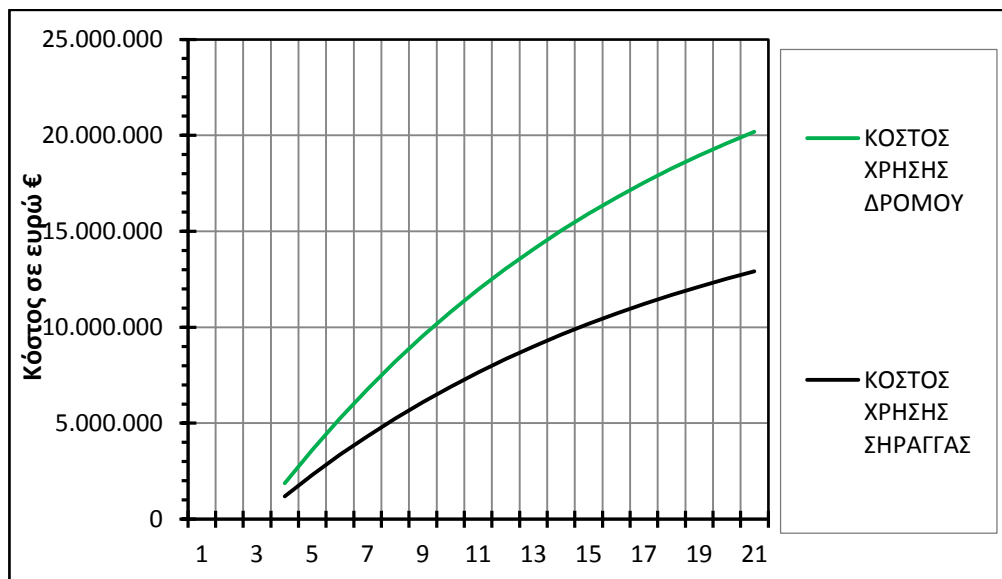
Το κόστος κατασκευής και επαρκούς συντήρησης για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος για μήκος 1.564m (από το σημείο ισορροπίας) προκύπτει ίσο με 6.193.162€ ευρώ. Αντιστοίχως για το σενάριο της σήραγγας το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 23.071.305€ ευρώ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε τρία διαγράμματα οι αθροιστικές αξίες του κόστους μετακίνησης ανά κατηγορία που εξετάζονται (αξία χρόνου-κόστος χρήσης-κόστος ατυχήματος).



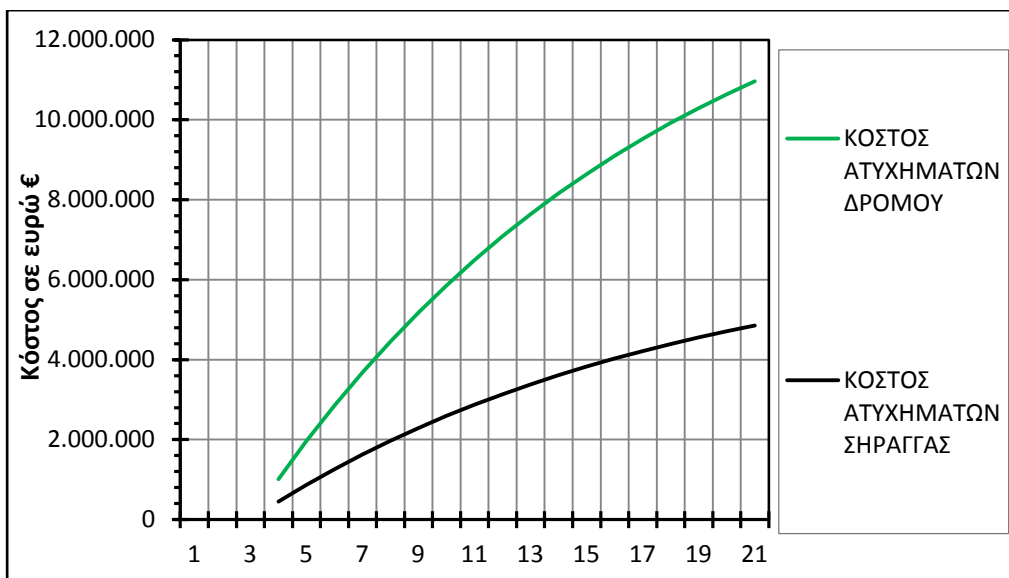
Διάγραμμα 6.20 Αθροιστικό κόστος της αξίας του χρόνου (φόρτος 15.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος του χαμένου χρόνου για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 9.640.535€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 6.164.125€ ευρώ.



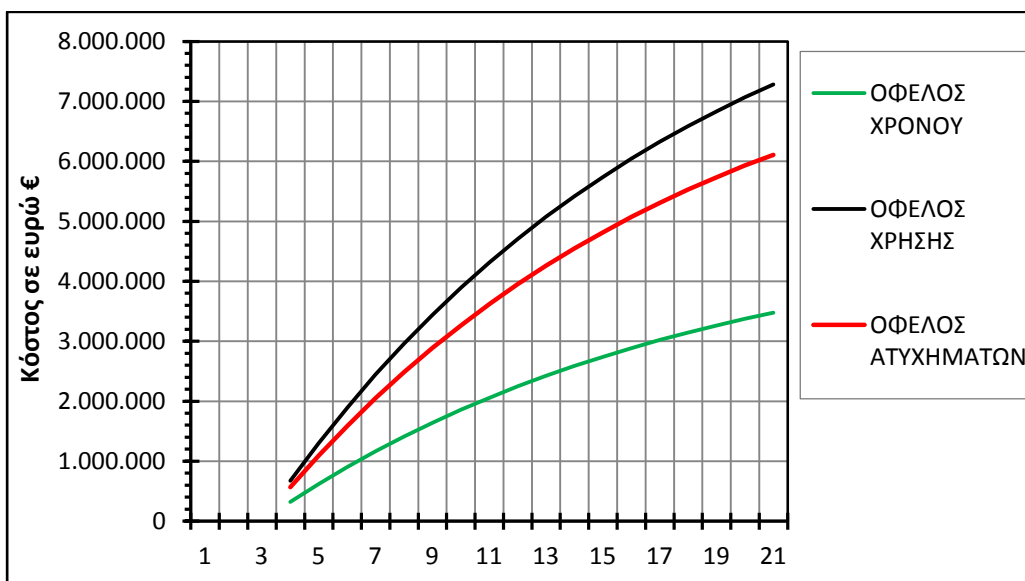
Διάγραμμα 6.21 Αθροιστικό κόστος της χρήσης των οχημάτων (φόρτος 15.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος της χρήσης των οχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 20.192.348€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 12.910.709€ ευρώ.



Διάγραμμα 6.22 Αθροιστικό κόστος των ατυχημάτων (φόρτος 15.000 οχ.)

Το συνολικό κόστος των ατυχημάτων για το σενάριο του παρακαμπτήριου τμήματος ανέρχεται στα 10.962.662€ ευρώ και για το σενάριο της σήραγγας στα 4.852.644€ ευρώ.



Διάγραμμα 6.23 Διαφορές κόστους των δύο σεναρίων στις επιμέρους κατηγορίες.

Τα οφέλη για την ανάλυση 15.000 οχημάτων ανέρχονται σε 3.476.510€ ευρώ για την εξοικονόμηση χρόνου, 7.281.640€ ευρώ από την οικονομία στη χρήση των οχημάτων και 6.110.018€ ευρώ από τον περιορισμό των ατυχημάτων. Το άθροισμα των παραπάνω ισούται με τη διαφορά στα κόστη κατασκευής-συντήρησης.

❖ ΣΗΜΕΙΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΕΙΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ

Οι αναλύσεις με διαφορετικούς κυκλοφοριακούς φόρτους έδωσαν μετά από τις απαραίτητες δοκιμές και διαφορετικά αποτελέσματα ως προς το σημείο ισορροπίας των δύο σεναρίων. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας αποτελεσμάτων :

Κυκλοφοριακός φόρτος μελέτης (οχήματα)	Χιλιομετρική σχέση σεναρίων
5.000	2,458
10.000	1,829
15.000	1,564

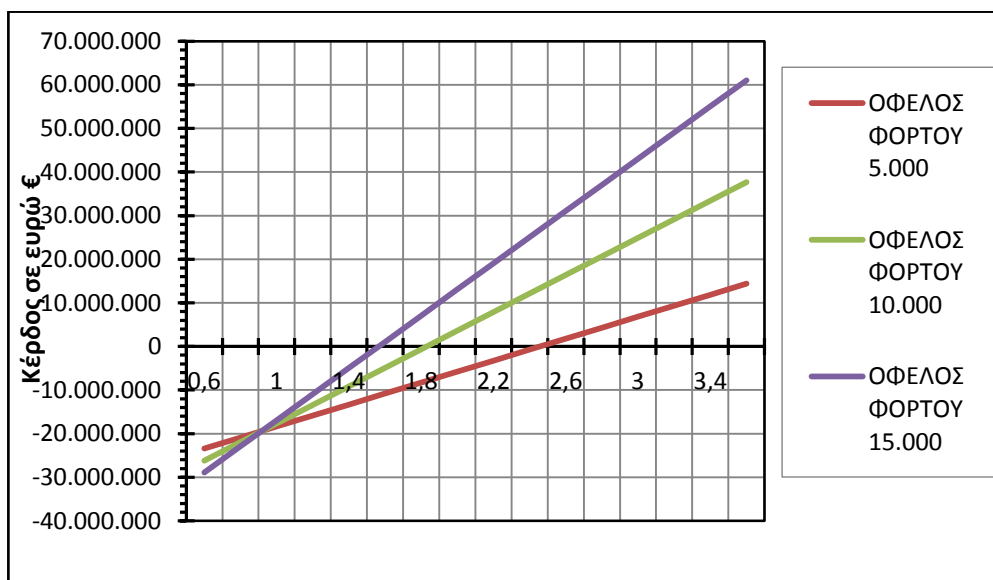
Πίνακας 6.6. Αποτελέσματα μελέτης ανά κυκλοφοριακό φόρτο.

Η χιλιομετρική σχέση που μηδενίζει τη διαφορά κόστους των δύο σεναρίων, παρουσιάζει το σημείο πέρα από το οποίο το ένα ή το άλλο σενάριο παρουσιάζει μικρότερο συνολικό κόστος. Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί το εξής σημαντικό στοιχείο. Το όφελος του ενός σεναρίου έναντι στο άλλο περιλαμβάνει ένα κομμάτι από το κόστος κατασκευής του έργου και ένα από τις μετακινήσεις των οχημάτων. Όμως το όφελος από όπου κι αν προέρχεται καταλήγει στο χρήστη του οδικού έργου, είτε σαν μειωμένη απαίτηση κομίστρου από τη διαχειρίστρια αρχή του έργου, είτε σαν μειωμένο κόστος μετακίνησης.

Για το φόρτο των 5.000 οχημάτων αν το σενάριο του ανοιχτού δρόμου είναι μικρότερο σε μήκος από 2,458 φορές του μήκους της σήραγγας τότε παρουσιάζει μεγαλύτερο όφελος το πρώτο σενάριο. Αντίστοιχα, για φόρτο 10.000 οχημάτων το σημείο ισορροπίας βρίσκεται στις 1,829 φορές και για τις 15.000 οχήματα στις 1,564 φορές. Είναι ευδιάκριτο το γεγονός πως, η αύξηση των οχημάτων ευνοεί το σενάριο της σήραγγας αφού η διαδρομή που δημιουργείται είναι πάντα μικρότερη σε μήκος και κυρίως από αυτόν τον παράγοντα προέρχονται και τα οφέλη κατά τη μετακίνηση (μικρότερο κόστος).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα που δείχνουν για κάθε φόρτο που μελετήθηκε το εύρος της διακύμανσης του κέρδους για κάθε σενάριο. Οι τιμές αναφέρονται στη διαφορά συνολικού κόστους των δύο σεναρίων. Στην πράξη σύγκρισης έχει τεθεί ως αφαιρετέος το κόστος του πρώτου σεναρίου και ως αφαιρέτης το κόστος του δεύτερου (σήραγγα). Θετική διαφορά ισοδυναμεί με μεγαλύτερο κόστος για το

παρακαμπτήριο τμήμα (όφελος δεύτερου σεναρίου) και αρνητική διαφορά ισοδυναμεί με όφελος πρώτου σεναρίου (ανοιχτός δρόμος). Επομένως ότι βρίσκεται σε θετικό άξονα λογίζεται σαν όφελος σήραγγας και ότι βρίσκεται στον αρνητικό σαν όφελος παρακαμπτήριας.



Διάγραμμα 6.24 Χιλιομετρική σχέση με το κέρδος που παρουσιάζει ο κάθε φόρτος.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, οι σχέσεις είναι γραμμικές μεταξύ της χιλιομετρικής αναλογίας των δύο σεναρίων και του οφέλους σε ευρώ που παρουσιάζονται. Κάθε κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει το δικό του σημείο ισορροπίας για τα δύο σενάρια. Όσο μικρότερη είναι η μεταβλητή που ισορροπεί τα δύο σενάρια τόσο πιο αποδοτικό παρουσιάζεται το σενάριο κατασκευής σήραγγας. Το ίδιο παρατηρείται και για τις αυξήσεις του κυκλοφοριακού φόρτου, που ευνοούν πάλι το δεύτερο κατασκευαστικό σενάριο.

6.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΧΕΣΗΣ

Στο τελευταίο τμήμα των αναλύσεων, παρουσιάζεται η συσχέτιση της χιλιομετρικής σχέσης μεταξύ των δύο σεναρίων, εξαρτώμενη από το γεωλογικό υπόβαθρο στο οποίο σχεδιάζεται η διάνοιξη σήραγγας.

Για την κάθε κατηγορία βραχόμαζας (A-B-C-D-E) υπολογίστηκε το κόστος κατασκευής σήραγγας ανά χιλιόμετρο, με τις προδιαγραφές που χρησιμοποιήθηκαν στο βασικό σενάριο προηγούμενα (χρόνος μελέτης, επιτόκια, κόστος δρόμου κλπ). Θεωρήθηκε σκόπιμο να υπολογιστούν αρχικά οι χιλιομετρικές σχέσεις (“νεκρά σημεία”) που δημιουργούνται, συγκρίνοντας μόνο το κόστος κατασκευής και συντήρησης των δύο σεναρίων. Βρίσκοντας, με τη χρήση των υπόλοιπων δεδομένων, την χιλιομετρική σχέση που δημιουργεί οικονομική ισοδυναμία στα δύο εξεταζόμενα σενάρια καταρτίστηκε ο παρακάτω πίνακας.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΔΡΟΜΟΥ/ΣΗΡΑΓΓΑΣ
A (GSI 55-100) 6.620.000€/km	1,622
B (GSI 35-55) 12.710.000€/km	3,039
C (GSI 15-35) 21.105.000€/km	4,991
D (GSI <= 15) 24.040.000€/km	5,674
E (soil behavior) 30.300.000€/km	7,129

Πίνακας 6.7 Οι χιλιομετρικές σχέσεις ανάλογα με το πέτρωμα χωρίς την επίδραση των αποτιμήσεων κόστους μετακίνησης

Είναι σημαντικές οι διαφορές που παρουσιάζονται ανά κατηγορία πετρώματος καθώς το κόστος διάνοιξης αυξάνει από τα 6.620.000€/km στα 30.300.000€/km, όπως επίσης σημαντική είναι η σχέση στην κατηγορία A, όπου η σήραγγα ανταγωνίζεται ευθέως το σενάριο ανοιχτού δρόμου χωρίς την επίδραση των αποτιμήσεων.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι χιλιομετρικές σχέσεις (“νεκρά σημεία”) για κάθε μια από τις προαναφερθείσες κατηγορίες, συνυπολογίζοντας αυτή τη φορά το κόστος μετακίνησης. Προκύπτουν σημαντικές διαφορές που καταγράφονται στους επόμενους δύο Πίνακες.

Ο Πίνακας 6.5. παρουσιάζει τις χιλιομετρικές σχέσεις που δημιουργούνται ανά κατηγορία βραχόμαζας και ανά κυκλοφοριακό φόρτο. Οι τιμές που καταγράφονται παρουσιάζουν εύρος τιμών που ξεκινά πολύ κοντά στη μονάδα (για βραχόμαζα κατηγορίας A και φόρτο 15.000 οχημάτων) και φτάνει μέχρι και το 2,839 (για βραχόμαζα κατηγορίας E και φόρτο 5.000 οχημάτων).

	5.000 οχήματα	10.000 οχήματα	15.000 οχήματα
A (GSI 55-100) 6.620.000€/km	1,136	1,047	1,009
B (GSI 35-55) 12.710.000€/km	1,574	1,306	1,193
C (GSI 15-35) 21.105.000€/km	2,178	1,663	1,447
D (GSI ≤ 15) 24.040.000€/km	2,389	1,788	1,535
E (soil behavior) 30.300.000€/km	2,839	2,054	1,724

Πίνακας 6.8 “Νεκρό σημείο” σεναρίων ανάλογα την κατηγορία πετρώματος και τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Από τα αποτελέσματα είναι φανερό και ποσοτικά, ο τρόπος που ευνοούν το σενάριο της σήραγγας και η βελτίωση του πετρώματος και η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου.

Στον Πίνακα 6.6 έχει επιλεχθεί η μέση κατάσταση του κυκλοφοριακού φόρτου των 10.000 οχημάτων και αντιπαρατίθεται με τους συντελεστές της ανάλυσης που δεν λαμβάνουν υπόψη το κόστος μετακίνησης. Είναι φανερή η μεγάλη επίδραση που έχει το κόστος μετακίνησης στην αξιολόγηση του κάθε σεναρίου από το μέγεθος της μεταβολής που παρατηρείται.

	ΦΟΡΤΟΣ	10.000	ΟΧΗΜΑΤΩΝ
A (GSI 55-100) 6.620.000€/km	1,622	→	1,047
B (GSI 35-55) 12.710.000€/km	3,039	→	1,306
C (GSI 15-35) 21.105.000€/km	4,991	→	1,663
D (GSI ≤ 15) 24.040.000€/km	5,674	→	1,788
E (soil behavior) 30.300.000€/km	7,129	→	2,054

Πίνακας 9.6 Μεταβολή του “νεκρού σημείου” με την επίδραση του κόστους μετακίνησης.

6.5 ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΛΟΚΟΒΑΣ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κρίθηκε σκόπιμο, πέρα από τη θεωρητική προσέγγιση της αναζήτησης βέλτιστου σεναρίου για την υπερπήδηση ενός εμποδίου, να αναλυθεί και να παρουσιαστεί μια πραγματική κατάσταση έργου στον ελλαδικό χώρο. Ένα έργο, τα χαρακτηριστικά του οποίου, ταιριάζουν στα ερωτήματα και στις αναλύσεις της συγκεκριμένης εργασίας είναι η προσπέλαση του όρους Κλόκοβα από το σχεδιασμό της Ιόνιας Οδού.

Η **Ιόνια Οδός** (Α5) είναι ένας σχεδιασμένος και υπό κατασκευή αυτοκινητόδρομος στην Ελλάδα με μήκος 196 km. Ξεκινάει από την Πάτρα, κοντά στο Ρίο Αχαΐας, διέρχεται από Μεσολόγγι, Αγρίνιο, Αμφιλοχία, Άρτα και καταλήγει στα Ιωάννινα, όπου θα συνδέεται την Εγνατία. Είναι τμήμα της Ευρωπαϊκής Οδού 55 (Ε55) από το Αντίρριο μέχρι και τον Α/Κ Αμβρακίας, ενώ από εκεί έως τη σύνδεσή του με την Εγνατία οδό αποτελεί την Ευρωπαϊκή οδό 951 (Ε951).

Πρόκειται για έναν πολύ δύσκολο υπό κατασκευή Αυτοκινητόδρομο. Η χάραξη του δρόμου περνά από πολύ δύσκολα ανάγλυφα εδάφους και κυρίως είναι πάνω στη ραχοκοκαλιά της οροσειράς της Πίνδου. Ένα από τα προβλήματα που αφορούν τη σχεδιάσή του είναι η προσπέλαση του όρους Κλόκοβα, που βρίσκεται ανάμεσα σε Αντίρριο και Μεσολόγγι. Στο σχεδιασμό του έργου προβλέπεται η διάτρηση του όρους και η κατασκευή σήραγγας. Όμως είναι έντονη η διαπραγμάτευση για διαπλάτυνση του δρόμου που διατρέχει περιμετρικά το όρος και εξυπηρετεί την κυκλοφορία έως και σήμερα.

Στην παρούσα μελέτη θα επιχειρηθεί η εφαρμογή των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί, ώστε να καταλήξουμε στα αποτελέσματα που δίνει αυτό το υπαρκτό σενάριο. Η χάραξη του δρόμου προβλέπει ότι η διαδρομή της σήραγγας θα έχει μήκος 2,8 km, ενώ η σημερινή παρακαμπτήρια διαδρομή έχει μήκος που φτάνει τα 4 km (χιλιομετρική σχέση 1,429). Για την μελέτη γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Η παρακαμπτήρια διαδρομή θα έχει τα χαρακτηριστικά κόστους του ανοιχτού δρόμου που έχουν υπολογιστεί στο βασικό σενάριο της εργασίας (σε αντιπαράθεση με την προτεινόμενη χάραξη που αφορά διαπλάτυνση

σε συνθήκες “μπαλκονιού” με πιθανότατα μεγαλύτερο κόστος που δεν λαμβάνεται υπόψη)

- Η σήραγγα που μελετάται είναι μονού κλάδου, εμβαδού 120m², και οι συνθήκες που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη είναι πετρώματα κατά 50% κατηγορίας A, κατά 40% κατηγορίας B, κατά 10% κατηγορία C και έχει ληφθεί συντελεστής υπερεκκαφών 8% διότι το όρος αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς (η χάραξη προβλέπει δίδυμη σήραγγα γεγονός που παραβλέπει η μελέτη λόγω του περιορισμένου φόρτου).

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν, όπως και στο θεωρητικό σενάριο που παρουσιάστηκε, για χρόνο μελέτης 20 ετών και κυκλοφοριακούς φόρτους 5.000, 10.000, και 15.000 χιλιάδων οχημάτων. Το κόστος κατασκευής και συντήρησης του παρακαμπτήριου τμήματος παρέμεινε το ίδιο, όπως και οι υπολογισμοί αποτίμησης του κόστους μετακίνησης (αξία χρόνου, κόστος χρήσης και αποτίμηση ατυχημάτων).

Αλλαγή παρουσιάζεται στον υπολογισμού κόστους της σήραγγας. Υπολογίστηκε ανά χιλιόμετρο το κόστος ως εξής:

$$120\text{m}^2 \text{ διατομής} * 1.000\text{m} = 120.000\text{m}^3 * 8\% \text{ (υπερεκκαφές)} = 129.600\text{m}^3$$

$$\text{Εκ των οποίων: } 50\% \text{ κατηγορίας A} = 64.800\text{m}^3 * 30,2\text{€} = 1.956.960\text{€}$$

$$40\% \text{ κατηγορίας B} = 51.840\text{m}^3 * 58\text{€} = 3.006.720\text{€}$$

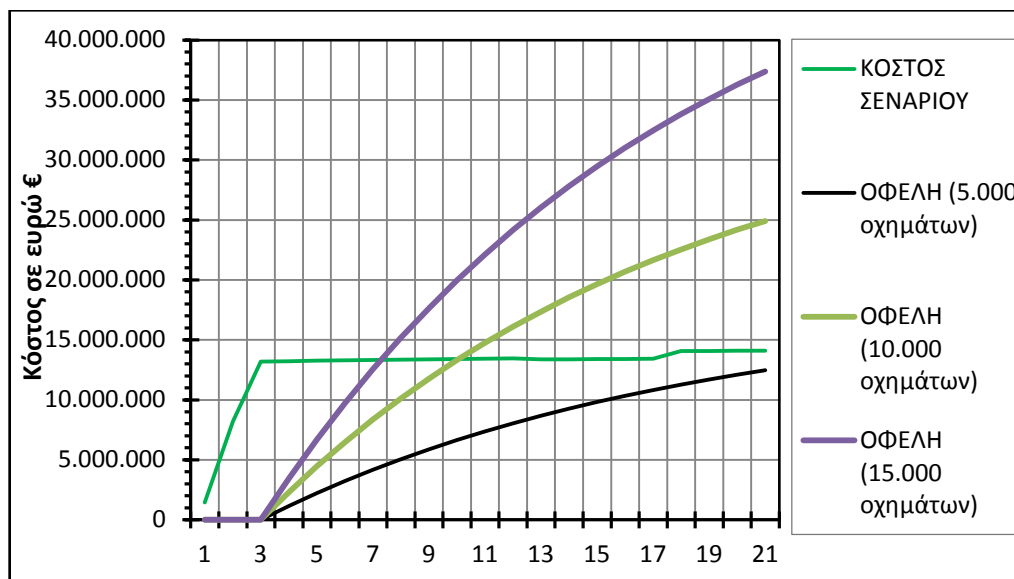
$$10\% \text{ κατηγορίας C} = 12.960\text{m}^3 * 96,3\text{€} = 1.248.048\text{€}$$

Επίσης υπολογίστηκε προσαύξηση για έξοδα στομίων 10% και προσαύξηση 35% για μηχανολογικά και οδοστρωσία οπότε το ποσό έγινε 9.224.500€. Προσθέτοντας το Φ.Π.Α. το τελικό ποσό προέκυψε 11.346.000€/km.

Λαμβάνοντας την παραπάνω τιμή για το κατασκευαστικό κόστος της σήραγγας, υπολογίστηκαν, για τους τρεις διαφορετικούς φόρτους, δύο κρίσιμα μεγέθη.

1. Η διαφορά του κόστους των δύο σεναρίων, όπου σαφώς το κόστος της σήραγγας υπερβαίνει αυτό της παρακαμπτηρίου. Στα διαγράμματα θα καλείται ως κόστος ανάλυσης διότι επιβαρύνει αρχικά το σχεδιασμό.
2. Η διαφορά στις αποτιμήσεις του κόστους μετακίνησης (χρόνος - χρήση - ατυχήματα), όπου στην περίπτωση της σήραγγας παρουσιάζονται

μειωμένα σε σχέση με την επιφανειακή χάραξη. Στα διαγράμματα θα καλείται ως όφελος ανάλυσης, αφού αντιπροσωπεύει τη μείωση της επιβάρυνσης των μετακινούμενων, από τη χρήση της σήραγγας έναντι της επιφανειακής χάραξης.



Διάγραμμα 6.25. Διάγραμμα κόστους-οφέλους από τη σύγκριση των δύο σεναρίων (Κλόκοβα)

Στο διάγραμμα 6.25 συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την Κλόκοβα. Το επιπλέον κόστος για την κατασκευή 2,8 km σήραγγας αντί για 4 km παρακαμπτήριας οδού, δεν αλλάζει στους διάφορους φόρτους και ανέρχεται στα 14.097.665€ .

Από την άλλη το όφελος εξαρτάται άμεσα από το πλήθος των χρηστών και αλλάζει για τις τρεις θεωρήσεις. Στην ανάλυση 5.000 οχημάτων το όφελος ανέρχεται στα 12.457.025€, στην ανάλυση 10.000 οχημάτων το όφελος ανέρχεται στα 24.914.051€ και στην ανάλυση των 15.000 οχημάτων το όφελος ανέρχεται στα 37.371.076€. Είναι φανερό πως για τον πρώτο φόρτο η επιλογή του σχεδιασμού δεν βρίσκει οικονομική δικαίωση, ενώ για τους επόμενους δύο φόρτους τα αποτελέσματα δικαιολογούν την αρχική μεγαλύτερη δαπάνη.

Ακόμη υπολογίστηκαν οι λόγοι κόστους - οφέλους για τις τρεις περιπτώσεις βάσει της αρχικής οικονομικής επιβάρυνσης που γίνεται στην ενδεχόμενη επιλογή της σήραγγας.

1. Όφελος/Κόστος = 0,884 (φόρτος 5.000 οχημάτων)
2. Όφελος/Κόστος = 1,767 (φόρτος 10.000 οχημάτων)
3. Όφελος/Κόστος = 2,651 (φόρτος 15.000 οχημάτων)

Σύμφωνα και με τα κριτήρια των αναλύσεων κόστους οφέλους, το σενάριο κατασκευής παρακαμπτήριου τμήματος υπερισχύει για τους μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους των 5.000 οχημάτων, ενώ για τους μεγαλύτερους φόρτους προκρίνεται ως αποδοτικότερο το σενάριο κατασκευής σήραγγας.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 1^ο

Ο βαθμός επιτυχίας ενός οδικού έργου εξαρτάται σημαντικά από τις αποφάσεις που θα ληφθούν κατά το σχεδιασμό του και πως αυτές θα εξυπηρετούν αποδοτικότερα το έργο. Σημαντικό ρόλο σε όλη τη διαδικασία έχει η ορθή επιλογή της χάραξης καθώς και η οικονομική ανάλυση των επιλογών που είναι διαθέσιμες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 2^ο

Για να πραγματοποιηθεί ανάλυση υψηλού βαθμού αξιοπιστίας, απαιτούνται τα κατάλληλα μοντέλα ανάλυσης και τα κατάλληλα οικονομικά εργαλεία. Το κατασκευαστικό κόστος του έργου θα πρέπει να διέπεται από τις αρχές ανάλυσης για ολόκληρη τη ζωή του (L.C.C.A.), ενώ οι συγκρίσεις που αναδεικνύουν τα δυνατά και αδύνατα σημεία του κάθε σεναρίου πρέπει να βασίζονται στις αναλύσεις κόστους-οφέλους (C.B.A.).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 3^ο

Το κόστος των σεναρίων που εξετάζονται για την προσπέλαση ενός φυσικού εμποδίου (σήραγγα-παρακαμπτήρια οδός) επιμερίζεται ως εξής :

- A. Κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας
- B. Κόστος μετακίνησης χρήστη που περιλαμβάνει την αξία χρόνου, το κόστος χρήσης οχήματος και την αποτίμηση ατυχήματος

Στην πρώτη περίπτωση το κόστος παραμένει σταθερό για όλη τη διάρκεια ανάλυσης, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το κόστος εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο και τον αριθμό των χρηστών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4^ο

Τα δύο σενάρια παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην ποσόστωση του συνολικού τους κόστους. Στο σενάριο παρακαμπτήριας οδού, το κόστος κατασκευής αποτελεί το 32% και φτάνει έως και το 13% επί του συνολικού για τους διάφορους φόρτους, αφήνοντας το υπόλοιπο μερίδιο στο κόστος μετακίνησης. Αντίθετα στο σενάριο σήραγγας, το κόστος κατασκευής αποτελεί το 74% έως και το 49% επί του συνολικού, περιορίζοντας σημαντικά την επιρροή του κόστους μετακίνησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 5^ο

Το σενάριο σήραγγας σε σύγκριση με το αντίστοιχο τμήμα παρακαμπτήριας οδού, παρουσιάζεται ανταγωνιστικότερο ως προς το συνολικό κόστος όσο:

- 1) Αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος που αφορά το οδικό έργο
- 2) Αυξάνεται ο χρονικός ορίζοντας που αφορά τη μελέτη
- 3) Βελτιώνονται οι γεωλογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την περιοχή που διανοίγεται η σήραγγα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 6^ο

Η θεωρητική μελέτη κατέληξε, πως ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο που αναλύεται, η χιλιομετρική σχέση που ισοσκελίζει μια τυπική σήραγγα (για τα ελληνικά δεδομένα) με την παρακαμπτήρια οδό είναι :

- 2,458 για κυκλοφοριακό φόρτο 5.000
- 1,829 για κυκλοφοριακό φόρτο 10.000
- 1,564 για κυκλοφοριακό φόρτο 15.000

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 7^ο

Σημαντική καταγράφεται και η επίδραση του επιτοκίου προεξόφλησης, μέσα από τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας κάθε μεγέθους. Χαρακτηριστικό είναι το αποτέλεσμα στο κόστος κατασκευής και συντήρησης των δύο σεναρίων που είναι μεγέθη σταθερά και δεν αλλάζουν με το φόρτο. Για μήκος ενός χιλιομέτρου το κόστος χωρίς την επίδραση της ΚΠΑ, για τη σήραγγα θα ήταν 25.000.000€ + 1.250.000€ (συντηρήσεις) και για το δρόμο θα ήταν 4.300.000€ +236.000€ (συντηρήσεις). Αντί αυτών το τελικό κόστος είναι 23.070.000€ στη σήραγγα και 3.996.000€ στο δρόμο. Δηλαδή το κόστος είναι μικρότερο και από το αρχικό κατασκευαστικό (μοιράζεται σε 3 έτη).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 8^ο

Η επίδραση του κόστους μετακίνησης (αξία χρόνου-κόστος χρήσης-αποτίμηση ατυχημάτων) έχει μεγάλη επίδραση στο σημείο ισορροπίας μεταξύ των δύο σεναρίων. Για τύπο βραχόμαζας Α οι δείκτες μεταβάλλονται από 1,5/1 σχεδόν σε 1/1, ενώ για τύπο βραχόμαζας Ε οι συντελεστές μεταβάλλονται από 7/1 σε 2/1.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 9^ο

Στην υπάρχουσα κατάσταση του όρους Κλόκοβα, με βάση τις παραδοχές που έγιναν και για κυκλοφοριακό φόρτο 5.000 οχημάτων αποδοτικότερη κρίθηκε η επιλογή κατασκευής παρακαμπτήριας οδού, αφού ο βαθμός απόδοσης κατασκευής σήραγγας προκύπτει μικρότερος της μονάδας (0,884). Αντίθετα για τους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους (10.000 και 15.000 οχημάτων) καταλληλότερο σενάριο παρουσιάζεται αυτό της κατασκευής σήραγγας με βαθμό απόδοσης 1,767 και 2,651 αντίστοιχα.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΑΝΑΛΥΣΗ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Με βάση τη συγκεκριμένη εργασία, δημιουργούνται ζητήματα περαιτέρω ανάλυσης. Αντικείμενο μελλοντικών μελετών θα μπορούσε να αποτελέσει η διερεύνηση της επίδρασης του χρονικού ορίου της ανάλυσης καθώς και των επιλεγμένων επιτοκίων προεξόφλησης στο σημείο ισορροπίας των δύο σεναρίων.

Ακόμη θα μπορούσαν να διερευνηθούν οι μεταβολές που δημιουργούνται στα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εάν συμπεριληφθεί στο κόστος που αφορά τους χρήστες του έργου, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον τόπο κατασκευής. Το ζήτημα αυτό δημιουργεί την ανάγκη συγκεκριμένης ανάλυσης για την τοποθεσία που επιλέγεται με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που καθορίζονται από το ευρύτερο περιβάλλον (αστικό-προαστιακό-υπεραστικό).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]Barringer & Associates, Inc(2003) Humble Texas USA. “A life cycle cost summary” pp. 2 – 4
- [2]Chakravorti Nirjhar, (2009) “Life cycle cost analysis” – Presentation.
- [3]Δ3, (2009)-Γενική Γραμματεία Δημόσιων Έργων – Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων
- [4]Εγνατία Οδός Α.Ε., (2004) “Στοιχειώδη συντήρηση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σηράγγων” σελ. 16 – 44.
- [5]Εγνατία Οδός Α.Ε., (2011) “ΤΡΑ02 – Σύνθεση κυκλοφορίας, Παρατηρητήριο Απρίλιος 2011
- [6]Εγνατία Οδός Α.Ε., (2012) “ΤΡΑ02 – Σύνθεση κυκλοφορίας, Παρατηρητήριο Οκτώβριος 2012
- [7]Ε.Γ.Γ.Σ.Ε., (2013) “Πίνακες Μισθών – Ημερομισθίων “
- [8]Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), (2010) “Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδος” σελ. 393 – 402.
- [9] Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), (2012) “Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδος”
- [10]Eurostat, (2013) “Regional yearbook 2013” pp. 167 – 184.
- [11]Federal High Way Administration.-US, (2013) “Tolling and Pricing Program”
- [12]Godard J.P. – Hugonnard J.C., (1989) “Appraisal of underground urban public transportation projects” pp. 37 – 38.
- [13]International Tunnel Association (ITA-AITES), (2013) “Why go underground” pp. 3 – 8.
- [14] International Tunnel Association (ITA-AITES), (2003) “Underground or aboveground? Making the choice for urban mass transit systems”.
- [15]Καλιαμπάκος Δ. – Δαμίγος Δ., (2009) “Τεχνο-οικονομική αξιολόγηση υπόγειων έργων” σελ. 1 – 3, σελ. 35 – 44, σελ. 75 – 78.
- [16]Καλτσούνης Α., (2001), “Κατασκευαστικά Στοιχεία Οδοποιίας”
- [17]Καλτσούνης Α., (2007) “Συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα στην κατασκευή οδικών έργων”.
- [18]Kockelman Kara et.al., (2013) “The economics of transportation system : a reference for practitioners”
- [19]Κοτσαρέλη Μ., (2011) “Κοινωνική ανάλυση κόστους οφέλους της επέκτασης γραμμής 3 του Μετρό (Αιγάλεω - Χαϊδάρη)” σελ. 110 – 117.
- [20]Λαμπρόπουλος Σ. & Συνεργάτες, (2005) “Διαχείριση Κόστους και Χρόνου Κατασκευής Μεγάλων Τεχνικών Έργων στην Εγνατία Οδό”. σελ. 4 – 6.
- [21]Λοΐζος Α. – Κόλιας Σ., (1996) “Οδοστρώματα – Σημειώσεις σχολής Πολιτικών Μηχανικών.-ΕΜΠ”

- [22]Μποναζούντας Μ – Καλλιδρομίτου Δ., (2001) “Οικονομικά στοιχεία ανάλυσης έργων – ΕΜΠ.” σελ. 3 – 4.
- [23]Παπαδήμα Μ., (2012) “Ανάλυση ατυχημάτων σε υπόγεια δίκτυα μεταφοράς” σελ. 60 – 61.
- [24]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2012) “Construction Cost Estimation for Greek Road Tunnels in Relation to the Geotechnical Conditions”.
- [25]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2013) “Assessing and benchmarking the construction cost of tunnels”.
- [26]Paraskevoudou C. – Mpenardos A., (2013) “Assessing the construction cost of Greek transportation tunnel projects”. pp. 501 – 503.
- [27]Πολύζος Σ. – Νάκας Ε. (2010) “Ο Αυτοκινητόδρομος Ε-65: Εκτίμηση των αναπτυξιακών του επιδράσεων και αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων σύνδεσής του με το Βόλο”. σελ 146 – 148.
- [28]Proost et. al., (2005) “A cost-benefit analysis of tunnel investment and tolling alternatives in Antwerp”.
- [29]Rattigan S. (2008) “The Dublin port tunnel: A cost-benefit analysis”.
- [30]Στάθης Χ., (2006) “Μελέτη αυτοχρηματοδότησης οδικού τμήματος « ΠΥΡΓΟΣ-ΚΑΛΑΜΑΤΑ»”.
- [31] Στάθης Χ. Δοξιάδης, (2006) “Νέα Εθνική Έρευνα Προέλευσης Προορισμού”.
- [32]Stanford University, (2005) “GUIDELINES FOR LIFE CYCLE COST ANALYSIS”.
- [33]Ταμείο Εθνικής Οδοποιίας (Τ.Ε.Ο.), Δίκτυο – Οικονομικές καταστάσεις – Στατιστικά στοιχεία.
- [34]UPTUN WP5 D54d, (2008) “Evaluation of safety levels and upgrading of existing tunnels”.
- [35]Victoria Transport Policy Institute, (2013) “Transportation Cost and Benefit Analysis - Travel Time Costs”.pp. 11 – 14.
- [36]White Book of Transportation in Europe, (1994)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

