



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ



ΑΝΔΡΕΑ ΔΕΝΔΡΙΝΟΥ
ΜΑΡΙΑΣ ΛΕΟΝΤΙΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΠΑΛΛΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2003

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τον κ. Αθανάσιο Μπαλλή, λέκτορα του Ε.Μ.Π. επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας για την απίστευτη υπομονή του, τον τρόπο που καθοδηγούσε την ομάδα μας και για το ότι ήταν πάντα παρόν, θυσιάζοντας πολλές φορές και προσωπικό του χρόνο.

Σύνοψη

Τίτλος : << Λειτουργικό κόστος οχημάτων>>
Όνομα: Δενδρινός Ανδρέας, Λεοντίου Μαρία
Επόπτης: Μπαλλής Αθανάσιος, Λέκτορας Ε.Μ.Π.
2003

Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων VOC (Vehicle Operating Cost) είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζει ποσοτικά το κόστος λειτουργίας των οχημάτων σε ένα καθορισμένο τμήμα οδού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που το επηρεάζουν. Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν αντικείμενο την παρουσίαση των προτύπων υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων, που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια διεθνώς. Ο στόχος της παρούσας εργασίας, είναι ο εντοπισμός των παραμέτρων που υπεισέρχονται στην διαμόρφωση του λειτουργικού κόστους σε κάθε πρότυπο, (κατανάλωση καυσίμου, δαπάνες ελαστικών, απόσβεση, κλπ.) και η ανάλυση της μεθοδολογίας των προτύπων ανά παράμετρο του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. Έμφαση δόθηκε στο κόστος κατανάλωσης καυσίμου, όπου έγινε παρουσίαση και αξιολόγηση των νέων τεχνολογιών που επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και ταυτόχρονα προτείνεται πρότυπο. Έμφαση δόθηκε και στις δαπάνες κεφαλαίου, όπου έγινε συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων υπολογισμού των δαπανών αυτών. Η εξέταση των προτύπων έδειξε ότι η πολυπλοκότητα των προτύπων, οι παράμετροι που εξετάζονται και ο βαθμός σπουδαιότητάς τους ποικίλλουν σε κάθε πρότυπο.

Λέξεις κλειδιά: λειτουργικό κόστος των οχημάτων, παράμετροι λειτουργικού κόστους οχημάτων, πρότυπα υπολογισμού λειτουργικού κόστους οχημάτων, νέες τεχνολογίες κατανάλωσης καυσίμου, δαπάνες κεφαλαίου.

Abstract

Title: Vehicle operating cost
Name: Dendirnos Andreas, Leontiou Maria
Supervisor: Mpallis Athanassios
2003

The vehicle operating cost (VOC) quantifies the cost that arises from the operation of vehicles on a specified road section with specific characteristics, taking into consideration all the parameters that influence vehicle operating cost. The present diploma thesis' objective, is the presentation of the vehicle operating cost models that have been developed and used internationally. This diploma thesis aims to specify the parameters that compose vehicle operating cost in each model, (fuel consumption, tyres costs, depreciation, etc.) and the analysis of models' methodology per parameter. Emphasis is given on fuel consumption cost, where new engine vehicle technologies, that achieve reduction of fuel consumption, were presented and evaluated. At the same time a fuel consumption cost model is suggested. Emphasis is also given on capital costs where capital cost methods were comparatively evaluated. The review of models has shown that the complexity of models, the parameters under consideration and their magnitude vary in each model.

Key words: vehicle operating cost, vehicle operating cost parameters, vehicle operating cost models, new engine vehicle technologies, fuel consumption, capital costs.

Λειτουργικό Κόστος Οχημάτων

1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Δαπάνες που συνθέτουν το κόστος λειτουργίας των οχημάτων	2
1.2.1 Λειτουργικές δαπάνες από την κυκλοφορία του οχήματος	3
1.2.2 Σταθερές Δαπάνες	4
1.2.3 Δαπάνη Χρόνου	6
1.2.4 Δαπάνη Ατυχημάτων	6
1.3 Διαχρονική εξέλιξη της έρευνας για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους των οχημάτων	7
1.3.1 Μελέτες υπολογισμού του λειτουργικού κόστους από το 1881 έως σήμερα	8
1.3.2 Ελληνικές Μελέτες μέχρι σήμερα	13
1.4 Πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων	13
1.4.1 Χώρες όπου δεν έχει προσδιοριστεί συγκεκριμένο πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων	20
2. Η δυναμική της κίνησης του οχήματος	23
2.1 Η αεροδυναμική αντίσταση ενός οχήματος	25
2.2 Αντίσταση κύλισης	26
2.3 Αντίσταση κλίσης	28
2.4 Δύναμη η οποία δημιουργείται όταν το όχημα στρίβει	29
2.5 Δυνάμεις λόγω επιτάχυνσης του οχήματος	30
2.6 Αδρανειακή μάζα τροχών	31
2.7 Αδρανειακή μάζα του κινητήρα και του συστήματος μετάδοσης κίνησης	31
3 Κατανάλωση καυσίμων	33
3.1 Περιγραφή των προτύπων κατανάλωσης καυσίμων	38
3.1.1 Το Σουηδικό πρότυπο VETO	38
3.1.2 Το Νορβηγικό πρότυπο	39
3.1.3 Το Δανικό πρότυπο BELMAN	39
3.1.4 Το Ουγγρικό πρότυπο	39
3.1.5 Το Γαλλικό πρότυπο	41
3.1.6 Το Φινλανδικό πρότυπο FINVOC	41
3.1.7 το πρότυπο RIMES	42
3.1.8 Το Αγγλικό πρότυπο COBA	43
3.1.9 Το Αγγλικό πρότυπο HEN 2	43
3.1.10 Το Καναδικό πρότυπο PVOC	44
3.1.11. Το Ναμιμπιανό πρότυπο	46

3.1.9	Το Αγγλικό πρότυπο HEN 2.....	45
3.1.10	Το Καναδικό πρότυπο PVOC.....	46
3.1.11.	Το Ναμιμπιανό πρότυπο.....	48
3.1.12	Το πρότυπο HDM 4 VOC.....	48
3.1.13	Το πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.....	51
3.1.14	Προτεινόμενο πρότυπο υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου.....	52
3.2	Μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα μοντέλα.....	62
4.	Κατανάλωση λιπαντικού κινητήρα.....	64
4.1	Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο HDM 3.....	64
4.2	Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο HDM 4.....	65
4.3	Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο PVOC.....	66
5.	Υπολογισμός κόστους φθοράς ελαστικών.....	67
5.1	Μηχανισμός φθοράς του πέλματος του ελαστικού.....	68
5.2	Μηχανισμός ολίσθησης ελαστικού.....	68
5.3	Μηχανισμός της αναγόμενης ελαστικών.....	69
5.4	Υπολογισμός του κόστους αναγόμενης ελαστικών στο πρότυπο HDM 3.....	71
5.5	Υπολογισμός του κόστους αναγόμενης ελαστικών στο πρότυπο HDM 4.....	74
5.6	Υπολογισμός του κόστους των ελαστικών των στο πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.....	76
6.	Δαπάνες συντήρησης και επισκευής.....	77
6.1	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο Βραζιλιάνικο πρότυπο.....	79
6.2	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο Ινδικό πρότυπο.....	81
6.3	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής	82
6.4	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Νότιας Αφρικής	84
6.5	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Νέας Ζηλανδίας	85
6.6	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Σουηδίας	86
6.7	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο RTIM3.....	87
6.8	Εντοπισμός αδύνατων σημείων στα υπάρχοντα πρότυπα.....	88
6.9	Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο HDM4.....	89
7.	Δαπάνες κεφαλαίου.....	92

7.1	Μέθοδος Value – Age (VA)	93
7.1.1	Υπολογισμός της απόσβεσης στις μελέτες της Βραζιλίας, της Ινδίας, της Καραϊβικής και της Κένυας	94
7.1.2	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις μελέτες της Νέας Ζηλανδίας	96
7.1.3	Υπολογισμός της απόσβεσης στο πρότυπο RTIM2	98
7.1.4	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο RTIM3	99
7.2	Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου (CRT)	100
7.2.1	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο του Καναδά, PVOC	101
7.3	Μέθοδος Βέλτιστης Ζωής (Optimal Life, OL)	102
7.3.1	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου με την μέθοδο βέλτιστης ζωής από τους Cheshner και Harrison	102
7.3.2	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο HDM 4	106
7.4	Άλλες τεχνικές υπολογισμού των δαπανών κεφαλαίου	111
7.4.1	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις Αυστραλιανές μελέτες	112
7.4.2	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις μελέτες της Ινδονησίας	113
7.4.3	Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο HDM III	115
7.4.4	Μελέτες υπολογισμού του κόστους απόσβεσης σε Σουηδία, Η.Π.Α και Ελλάδα	119
7.4.5	Σύγκριση των μεθόδων υπολογισμού των δαπανών κεφαλαίου	121
8.	Κόστος Χρόνου Μετακίνησης και Κόστος Προσωπικού...	128
8.1	Υπολογισμός του κόστους του χρόνου μετακίνησης στο πρότυπο Cost Benefit Analysis, COBA	132
8.2	Υπολογισμός του κόστους του χρόνου μετακίνησης στο πρότυπο RIMES	134
8.3	Υπολογισμός του κόστους χρόνου μετακίνησης και του κόστους του προσωπικού στο πρότυπο HDM III	136
8.4	Υπολογισμός του κόστους χρόνου μετακίνησης, προσωπικού και εμπορευμάτων στο πρότυπο HDM 4	137
9.	Γενικά έξοδα και κόστος ασφάλισης	140
9.1	Υπολογισμός του κόστους γενικών εξόδων στο πρότυπο HDM 4	140
9.2	Υπολογισμός του κόστους γενικών εξόδων στο πρότυπο RTIM3	140
10.	Κόστος Ατυχημάτων	142
10.1.	Έρευνα για το κόστος των ατυχημάτων στις Αναπτυσσόμενες Χώρες	142
10.2.	Έρευνα για το κόστος των ατυχημάτων	

	στις Αναπτυγμένες Χώρες.....	144
10.3.	Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο HDM 4.....	145
10.4.	Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο RIMES	147
10.5.	Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο COBA.....	149
11.	Συμπεράσματα	154
12.	Προτάσεις	156
13.	Βιβλιογραφία	157

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν αντικείμενο την παρουσίαση των προτύπων υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων, που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια διεθνώς. Ο στόχος της παρούσας εργασίας, είναι ο εντοπισμός των παραμέτρων που υπεισέρχονται στην διαμόρφωση του λειτουργικού κόστους σε κάθε πρότυπο, (κατανάλωση καυσίμου, δαπάνες ελαστικών, απόσβεση, κλπ.) και η ανάλυση της μεθοδολογίας των προτύπων ανά παράμετρο του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. Έμφαση δόθηκε στο κόστος κατανάλωσης καυσίμου, όπου έγινε παρουσίαση και αξιολόγηση των νέων τεχνολογιών που επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, και ταυτόχρονα προτείνεται πρότυπο. Έμφαση επίσης δόθηκε και στις δαπάνες κεφαλαίου, όπου έγινε συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων υπολογισμού των δαπανών αυτών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρεις βασικές ενότητες :

Η πρώτη ενότητα που περιλαμβάνει το πρώτο κεφάλαιο, αναφέρεται γενικά στις έννοιες του λειτουργικού κόστους και κάνει αναφορά στις μελέτες υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων που έχουν γίνει μέχρι και σήμερα. Επίσης παρουσιάζει τα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες όπως αυτά προέκυψαν μετά από την αναζήτησή μας στην ελληνική και την ξένη βιβλιογραφία.

Στην δεύτερη ενότητα που περιλαμβάνει τα κεφάλαια 2 - 10 αναλύεται το λειτουργικό κόστος στις παραμέτρους του και γίνεται μια παρουσίαση των σχέσεων-τύπων που χρησιμοποιούν. Έμφαση δόθηκε στο κόστος κατανάλωσης καυσίμου, όπου έγινε παρουσίαση και αξιολόγηση των νέων τεχνολογιών που επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, και ταυτόχρονα προτείνεται πρότυπο. Έμφαση επίσης δόθηκε και στις δαπάνες κεφαλαίου, όπου έγινε συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων υπολογισμού των δαπανών αυτών.

Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει τα κεφάλαια 11 και 12 τα οποία περιέχουν τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα διπλωματική εργασία και τις προτάσεις για τα σημεία στα οποία προτείνεται περαιτέρω έρευνα .

Στις αμέσως επόμενες παραγράφους επεξηγούνται συνοπτικά οι έννοιες του λειτουργικού κόστους και γίνεται μια σύντομη αναφορά σε κάθε δαπάνη του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. Αμέσως μετά παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη της έρευνας για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. Παρατίθενται συγκεντρωτικά τα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων παρουσιάζοντας συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά τους και τις μελέτες υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων από τις οποίες άντλησαν τα στοιχεία τους.

1.2 Δαπάνες που συνθέτουν το Λειτουργικό Κόστος των Οχημάτων

Τα οδικά έργα μπορεί να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες. Τα έργα συντήρησης ή βελτίωσης ενός οδικού δικτύου και τα έργα κατασκευής νέων αρτηριών ή και δικτύων. Οι δαπάνες που προκύπτουν για την κατασκευή και την συντήρηση των δικτύων αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των εθνικών προϋπολογισμών. Οι δαπάνες όμως που επωμίζονται οι χρήστες των οδών από την λειτουργία των οχημάτων τους και την υποτίμηση του κεφαλαίου τους είναι ακόμα μεγαλύτερες (HDM VOC, 1994). Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων μαζί με το κατασκευαστικό κόστος ενός οδικού έργου, αποτελεί ένα πολύτιμο στοιχείο για κάθε ορθό προγραμματισμό ώστε να δικαιολογηθεί πειστικά η οικονομική σκοπιμότητα του οδικού έργου ή να προσδιοριστεί το κόστος λειτουργίας ενός μεταφορικού φορέα, ή να ελεγχθεί το κόμιστρο κτλ. (Αμπακούμκιν, 1980) Γι'αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό οι φορείς που λαμβάνουν τις αποφάσεις για την ορθολογική κατανομή των περιορισμένων κονδυλίων για τα οδικά δίκτυα να λαμβάνουν υπόψη τους το συνολικό κόστος των μεταφορών. Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη για την εύρεση ποσοτικών μεθόδων προσδιορισμού των δαπανών λειτουργίας των οχημάτων σε μεγάλα και διαφορετικά οδικά δίκτυα και κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας.

Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων VOC (Vehicle Operating Cost) είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζει ποσοτικά το κόστος λειτουργίας των οχημάτων σε ένα καθορισμένο τμήμα οδού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που το επηρεάζουν. (Ποριώτης-Βακιρτζίδης, 2000). Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων είναι άμεση συνάρτηση των χαρακτηριστικών της οδού, της γεωμετρίας της, του τύπου της οδικής επιφάνειας κύλισης, της κατάστασης του οδοστρώματος, των περιβαλλοντικών παραγόντων, της ταχύτητας του οχήματος, της τεχνολογίας του οχήματος και αναμφίβολα του τρόπου οδήγησης του οδηγού (το πώς οδηγείται ένα αυτοκίνητο, υψηλές ταχύτητες, απότομη επιτάχυνση και απότομα φρεναρίσματα κτλ. αφορούν τον τρόπο οδήγησης). (PVOC, 1996)

Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων μπορεί να αναλυθεί σε :

- Λειτουργικές δαπάνες από την κυκλοφορία του οχήματος που είναι συνάρτηση του βαθμού χρησιμοποίησης του οχήματος εκφρασμένη σε κάποια διάσταση π.χ την χιλιομετρική διάνυση
- Σταθερές δαπάνες που είναι ανεξάρτητες από τον βαθμό χρησιμοποίησης του οχήματος
- Δαπάνη χρόνου οχήματος, οδηγού και επιβατών ή / και εμπορευμάτων που μεταφέρονται

- Δαπάνη ατυχημάτων

Οι παραπάνω δαπάνες περιγράφονται συνοπτικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

1.2.1 Λειτουργικές δαπάνες από την κυκλοφορία του οχήματος

Οι λειτουργικές δαπάνες των οχημάτων είναι οι δαπάνες που προκύπτουν από την λειτουργία του οχήματος και είναι συνάρτηση του βαθμού χρησιμοποίησης του οχήματος. Εκφράζονται κατά κανόνα σε χιλιομετρική βάση ή γενικότερα ανά μονάδα διανυόμενης αποστάσεως. Αναλύονται σε δαπάνες:

- καυσίμων
- λιπαντικών
- ελαστικών
- συντήρησης και επισκευών
- στάσεων (ακινητοποίηση του οχήματος, στιγμιαία στάση λόγω συμφόρησης ή οδικών έργων κτλ)

Η **κατανάλωση καυσίμου** και η **κατανάλωση λιπαντικών** είναι άμεση συνάρτηση των χαρακτηριστικών του οχήματος και της οδού, της τεχνολογίας του οχήματος, της συμπεριφοράς του οδηγού, των δυνάμεων που ασκούνται στο όχημα κατά την κίνησή του, του ενεργειακού περιεχομένου του καυσίμου που χρησιμοποιείται, και της συντήρησής του. (PVOC, 1996) Στοιχεία όπως ομαλός τρόπος οδήγησης σε έναν καλά κατασκευασμένο δρόμο, ένα όχημα που συντηρείται τακτικά και ένα ποιοτικό καύσιμο μεταφράζονται σε οικονομία καυσίμου και λιπαντικών.

Η **φθορά των ελαστικών** είναι ένα μέγεθος εξαρτώμενο του τύπου και της ποιότητας του ελαστικού, της ποιότητας του οδοστρώματος, των συνθηκών κυκλοφορίας της οδού, του τρόπου οδήγησης και της τακτικής που ακολουθείται για την συντήρησή τους. (PVOC, 1996) Το πώς οδηγείται ένα αυτοκίνητο έχει μια σημαντική επίδραση στο κόστος των ελαστικών. Υψηλές ταχύτητες, χαμηλή πίεση ελαστικών, απότομη επιτάχυνση και απότομα φρεναρίσματα είναι παράγοντες που επιταχύνουν την φθορά τους. (AA VEHICLE OPERATING COST, 2002)

Η **συντήρηση του οχήματος** περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών που απαιτούνται ώστε το όχημα να προσφέρει απρόσκοπτα τις υπηρεσίες του. Η σωστή συντήρηση και η **αντικατάσταση των φθαρμένων ανταλλακτικών**

στον χρόνο που προδιαγράφεται από τους κατασκευαστές έχει επίδραση στην χρονική περίοδο λειτουργίας του οχήματος και συμβάλλει αδιαμφισβήτητα στην οικονομία του καυσίμου και την ασφάλεια. Το να παραλείπονται οι **επισκευές** και η τακτική συντήρηση του οχήματος είναι κάτι που θα μεταφραστεί τελικά σε αυξημένη υποτίμηση της αξίας του οχήματος.

Οι **στάσεις** είναι η ακινητοποίηση του οχήματος από διάφορες αιτίες (συμφόρηση, βλάβη, ατύχημα, οδικά έργα σε εξέλιξη κτλ). Μια οδός κάτω από ορισμένες κυκλοφοριακές συνθήκες επιτρέπει την ανάπτυξη ορισμένης ταχύτητας και ακόμα επιβάλλει τυχόν αυξομειώσεις στην ταχύτητα αυτή στάσεις στιγμιαίες ή στάσεις κάποιας διάρκειας (Αμπακούμκιν, 1980).

1.2.2 Σταθερές δαπάνες

Οι σταθερές δαπάνες είναι οι δαπάνες εκείνες που δεν εξαρτώνται από την χρήση του οχήματος και εκφράζονται κατά κανόνα σε ετήσια βάση. Αναλύονται σε δαπάνες:

- κεφαλαίου (δαπάνη αγοράς του οχήματος, κόστος χρηματοδότησης, κόστος απόσβεσης κεφαλαίου αγοράς, ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου)
- προσωπικού κίνησης
- ασφάλισης
- γενικών εξόδων

Οι δαπάνες **του κεφαλαίου** αποτελούνται από την **δαπάνη αγοράς** του οχήματος, την **δαπάνη χρηματοδότησής** της, την **δαπάνη απόσβεσης** του κεφαλαίου αγοράς του οχήματος και το **ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου αγοράς** του.

Η δαπάνη αγοράς του οχήματος είναι το αντίτιμο που καταβάλλεται για την αγορά του οχήματος. Εάν η αγορά δεν γίνει τοις μετρητοίς τότε ολόκληρη ή μέρος της αγοράς αυτής θα επιβαρυνθεί με τους τόκους του δανείου χρηματοδότησης που συνιστούν την δαπάνη χρηματοδότησης.

Η **απόσβεση** του οχήματος είναι η διαφορά μεταξύ της αρχικής του αξίας και της **υπολειμματικής του αξίας** δηλαδή της αξίας που παραμένει στο όχημα στο τέλος της περιόδου λειτουργίας του. Η δαπάνη απόσβεσης είναι η δαπάνη που προκύπτει από την μείωση της αξίας του οχήματος και εκφράζεται σαν δαπάνη ανά μονάδα απόστασης ή ανά μονάδα χρόνου.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ η απόσβεση συμπεριλαμβάνεται στις σταθερές δαπάνες στην πραγματικότητα είναι εν μέρει μεταβλητή. Το μεταβλητό κομμάτι της επηρεάζεται από τον βαθμό χρησιμοποίησης του οχήματος. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι όσα περισσότερα χιλιόμετρα διανύει ένα όχημα τόσο αυξάνουν οι ανάγκες του για συντήρηση και αντικατάσταση, άρα οδηγείται και σε μείωση της **μεταπωλητικής του αξίας** δηλαδή της αξίας που θα έχει το όχημα όταν θα πουληθεί. Παραδείγματος χάριν ένα μοντέλο HONDA Accord του 2001 με 10,000 μίλια έχει μια εκτιμώμενη μεταπωλητική αξία των \$ 21,175 ενώ το ίδιο αυτοκίνητο με 20,000 μίλια αξίζει \$19,350. (Transportation Cost and Benefit Analysis - Vehicle Costs,2002).

Ωστόσο ένα όχημα χάνει την αξία του και με την απλή πάροδο του χρόνου, έστω και αν δεν κυκλοφορεί. Αυτό συμβαίνει διότι χάνει την αξία του συγκριτικά με τα νέα μοντέλα της αγοράς και γιατί επέρχεται η φυσική φθορά σαν συνάρτηση του χρόνου και μόνο. Άρα λοιπόν η απόσβεση αποτελείται από το μεταβλητό κομμάτι της, που επηρεάζεται από βαθμό χρησιμοποίησης του οχήματος και το σταθερό μέρος της, που εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τον χρόνο.

Η **δαπάνη του προσωπικού κινήσεως** αφορά μόνο στα επαγγελματικά οχήματα και είναι η δαπάνη που προκύπτει από την απασχόληση του προσωπικού. Εκφράζεται σε ετήσια βάση, ανάλογα με τους καταβαλλόμενους μισθούς, υπερωρίες, επιδόματα, ασφάλιστρα κλπ στο προσωπικό κινήσεως του οχήματος.

Η **δαπάνη ασφάλισης** είναι η δαπάνη που καλείται να καταβάλλει ο ιδιοκτήτης του οχήματος για να το ασφαλίσει έναντι διαφόρων κινδύνων (αστική ευθύνη, προσωπικό ατύχημα, πυρκαγιά, κλοπή κτλ) και εκφράζεται επίσης πάνω σε ετήσια βάση. Το ύψος του ασφαλίστρου προσδιορίζεται από τον τύπο του οχήματος, τις επιθυμητές καλύψεις και την ικανότητα του οδηγού να μην εμπλέκει το όχημά του συχνά σε ατυχήματα.

Η **δαπάνη γενικών εξόδων** περιλαμβάνει (σε ετήσια βάση) τις δαπάνες για την στέγαση, την στάθμευση, τα διόδια, την έκδοση αδείας, τις πινακίδες, τα τέλη κυκλοφορίας και για την παρακολούθηση του οχήματος αν είναι επαγγελματικό.

1.2.3 Δαπάνη Χρόνου

Η **δαπάνη του χρόνου**, είναι η αξία του χρόνου του οχήματος, του οδηγού και των μεταφερομένων επιβατών ή και εμπορευμάτων και είναι άμεση συνάρτηση της προβλεπόμενης μέσης ταχύτητας. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό της είναι ο τύπος του οχήματος, η πληρότητα και ο σκοπός της μετακίνησης.

Για τα επαγγελματικά οχήματα (λεωφορεία, φορτηγά κλπ) είναι αναγκαίο να γίνεται ένας προσεκτικός υπολογισμός της αξίας του χρόνου του οδηγού, επειδή στις σταθερές δαπάνες υπολογίζεται πάντα το προσωπικό κινήσεως. Έτσι υπάρχει ο κίνδυνος να γίνει διπλός υπολογισμός.

Η αξία του χρόνου του οχήματος λαμβάνεται κατά κανόνα υπόψη μόνο στις περιπτώσεις που μια από τις συγκρινόμενες λύσεις (π.χ νέο έργο σε σχέση με υφιστάμενη κατάσταση), προκαλεί μεγάλες καθυστερήσεις του οχήματος (Αμπακούμκιν, 1980).

1.2.4 Δαπάνη Ατυχημάτων

Η **δαπάνη των ατυχημάτων** είναι μια δαπάνη ειδικής μορφής διότι οι συνέπειες των ατυχημάτων εκτός από οικονομικές είναι και κοινωνικές. Γενικά είναι το σύνολο των δαπανών που προκύπτουν σαν συνέπεια των ατυχημάτων (πρώτες βοήθειες, νοσοκομειακή περίθαλψη, απολεσθέν παραγωγικό έργο κτλ). Ο υπολογισμός της στηρίζεται στα ποσοστά των ατυχημάτων και στο οικονομικό κόστος το οποίο προσδιορίζεται από τα ασφάλιστρα που καταβάλλονται ανάλογα με την σοβαρότητα των διαφόρων τύπων ατυχήματος.

Τα ατυχήματα διακρίνονται σε (Αμπακούμκιν, 1980) :

- Θανατηφόρα ατυχήματα
- Ατυχήματα τραυματισμού προσώπων
- Ατυχήματα υλικών ζημιών

Παραδείγματος χάριν το πρόγραμμα COST 313-Socio-economic Cost of Road Accidents που εξέτασε την περίοδο 1990 –1993 αναφέρει ότι από τα οδικά ατυχήματα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης 45,000 άνθρωποι ετησίως χάνουν την ζωή τους και 1,5 εκατομμύριο άνθρωποι τραυματίζονται αντιπροσωπεύοντας ένα εκτιμώμενο κόστος των 150 εκατομμυρίων ευρώ.

1.3 Διαχρονική εξέλιξη της έρευνας για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους των οχημάτων

A minimum of expense is, of course, highly desirable; but the road which is truly the cheapest is not the one which has cost the least money, but the one which makes the most profitable returns in proportion to the amount spent on it. W.M. Gillespie—1847

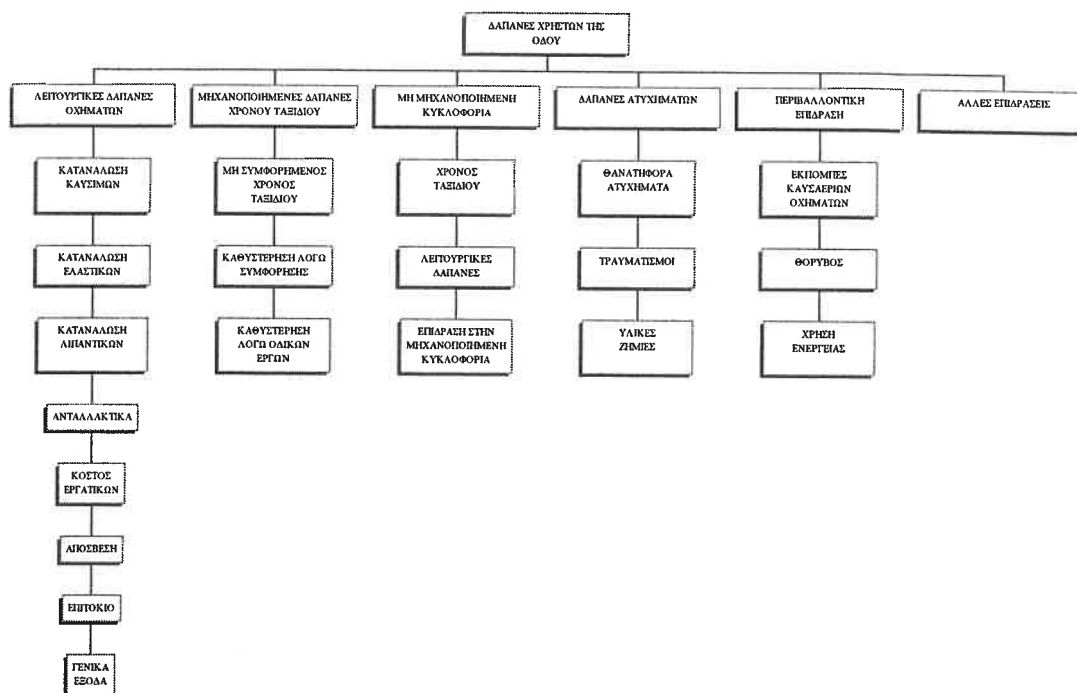
"Η ελάχιστη δαπάνη είναι, φυσικά, ιδιαίτερα επιθυμητή αλλά ο δρόμος που είναι αληθινά ο οικονομικότερος δεν είναι αυτός που έχει κοστίσει τα λιγότερα χρήματα, αλλά αυτός που αποφέρει τα περισσότερα κέρδη αναλογικά προς το ποσό που ξοδεύτηκε σε αυτόν" W.M. Gillespie—1847

Η προηγούμενη αναφορά δείχνει ότι η σημασία των οικονομικών αξιολογήσεων στην επιστήμη της οδοποιίας, έχει αναγνωριστεί πάνω από 150 χρόνια πριν. Εντούτοις, σχετικά πρόσφατα διαδόθηκαν ευρέως. Το 1962 σχεδόν 40 τοις εκατό των τμημάτων της αμερικανικής κρατικής εθνικής οδού δεν χρησιμοποίησαν "ποτέ" τις οικονομικές αξιολογήσεις (Winfrey και Zellner, 1971). Στις αναπτυσσόμενες χώρες, τα τελευταία 25 χρόνια οι οικονομικές αξιολογήσεις έχουν γίνει συνήθειες και αυτό οφείλεται εν μέρει στο ρόλο των διεθνών οργανισμών όπως η Παγκόσμια Τράπεζα (WORLD BANK) που απαιτεί αυτές τις αξιολογήσεις ως κομμάτι των κριτηρίων της για τα δάνειά της.

Προκειμένου να διεξαχθεί μια οικονομική αξιολόγηση είναι απαραίτητο να υπολογιστούν τα κόστη και τα οφέλη που προκύπτουν από το πρόγραμμα. Τα περισσότερα από τα οφέλη προέρχονται από μια μείωση στις δαπάνες των μεταφορών. Σε μερικές περιπτώσεις μια αύξηση σε ζήτηση για μεταφορές παρέχει το πεδίο για πρόσθετα οφέλη. Είναι επομένως ουσιαστικό να υπάρξει ένας μηχανισμός που θα προβλέπει τις δαπάνες των μεταφορών κάτω από διαφορετικές στρατηγικές επένδυσης προκειμένου να αναληφθεί η οικονομική αξιολόγηση

Οι δαπάνες των μεταφορών αναφέρονται συχνά ως 'λειτουργικό κόστος οχημάτων' ή 'κόστος των χρηστών της οδού'. (HDM 4, 2001). Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιούνται και το λειτουργικό κόστος οχημάτων (Vehicle Operating Cost) και το κόστος των χρηστών της οδού (Road User Costs).

Το Σχήμα 1.3α παρουσιάζει τις παραμέτρους του κόστους των χρηστών της οδού.



Σχήμα 1.3α: Παράμετροι του κόστους των χρηστών της οδού

1.3.1 Μελέτες υπολογισμού του λειτουργικού κόστους από το 1881 έως σήμερα

Η σχέση μεταξύ των προδιαγραφών σχεδιασμού των εθνικών οδών, των συνθηκών της οδού και του λειτουργικού κόστους οχημάτων είναι ένα θέμα που ενδιαφέρει τους μηχανικούς των εθνικών οδών εδώ και πάρα πολύ καιρό. Το 1881 οι Law και Kinnear-Clark δημοσίευσαν το λειτουργικό κόστος οχημάτων για τα οχήματα που σύρονται από άλογα. Η έρευνα στην κατανάλωση καυσίμων άρχισε μέσα στη δεκαετία του '20 (Agg, 1923) και υπήρξαν διάφορες μελέτες που ερεύνησαν τις επιδράσεις της γεωμετρίας και των συνθηκών της οδού στο λειτουργικό κόστος των οχημάτων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα πλεονεκτήματα του αμμοχάλικου και των στρωμένων επιφανειών έναντι του ρύπου. Οι Moyer και Winfrey (1939) αναφέρουν μια από τις πιο πρώιμες έρευνες για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων.

Η γρήγορη επέκταση των οδικών δικτύων στη δεκαετία του '50 οδήγησε σε μια αύξηση στην έρευνα για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων. Στις αρχές

της δεκαετίας του '50 το πρώτο manual αξιολόγησης που ενσωμάτωνε το λειτουργικό κόστος των οχημάτων παρήχθη από την Αμερικανική Ένωση των Ανώτερων Υπαλλήλων Κρατικών Εθνικών Οδών AASHO (American Association of State Highway Officials, 1952). Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '50 και τις αρχές δεκαετίας του '60 διάφορες μελέτες πραγματοποιήθηκαν που προσπάθησαν να ποσοτικοποιήσουν τις επιδράσεις των χαρακτηριστικών των εθνικών οδών και των οχημάτων στο λειτουργικό κόστος. Ο Winfrey (1963) σύνθεσε τα διαθέσιμα στοιχεία που προέκυψαν πειραματικά και από έρευνες για το λειτουργικό κόστος. Ο Winfrey (1969) ήταν μια αναπροσαρμογή αυτής της εργασίας που συμπεριέλαβε και τα ατυχήματα. Αυτή η έκδοση άσκησε βαθιά επίδραση στις οικονομικές αξιολογήσεις για τον επόμενο 10 έτη.

Ενώ το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής έρευνας για το λειτουργικό κόστος οχημάτων πραγματοποιήθηκε στις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, υπήρξε μια αυξανόμενη ανάγκη για οικονομικές αξιολογήσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό οδήγησε την Παγκόσμια Τράπεζα να υποστηρίξει μια βιβλιογραφική επισκόπηση που δημοσιεύτηκε από τον de Weille (1966). Η έκθεση είχε σαν στόχο στο να φτάσει σε "μια γενικά αποδεκτή, πιο ομοιογενή προσέγγιση στο πρόβλημα υπολογισμού της μείωσης του λειτουργικού κόστους οχημάτων". Βασιζόμενοι σε ποικίλες υπάρχουσες πηγές — κυρίως στον Winfrey (1963) — συγκεντρώθηκαν ένα σύνολο βασικών πινάκων του λειτουργικού κόστους οχημάτων για επτά τύπους οχημάτων.

Οι Bonney και Stevens (1967), στην πρώτη σημαντική μελέτη του λειτουργικού κόστους οχημάτων σε αναπτυσσόμενες χώρες, παρείχαν πολύτιμη βαθιά γνώση για το κόστος λειτουργίας σε δρόμους από άσφαλτο, από αμμοχάλικο και σε χωμάτινους δρόμους στην Αφρική. Αυτή η μελέτη σημείωσε ότι η προηγούμενη εργασία για το θέμα χρονολογείται από την δεκαετία του '30 και "δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ποσοτικά με εμπιστοσύνη στις αναπτυσσόμενες χώρες των τροπικών περιοχών, ιδιαίτερα λόγω των διαφορών στο κλίμα και εν μέρει λόγω των αλλαγών στον σχεδιασμό και την λειτουργία των οχημάτων κατά τη διάρκεια των τελευταίων 25 ετών". Όπως θα παρουσιαστεί, αυτή η ανησυχία υπάρχει ακόμα και σήμερα, αν και έχει βελτιωθεί σε μερικές περιοχές με την υιοθέτηση μηχανιστικών προτύπων.

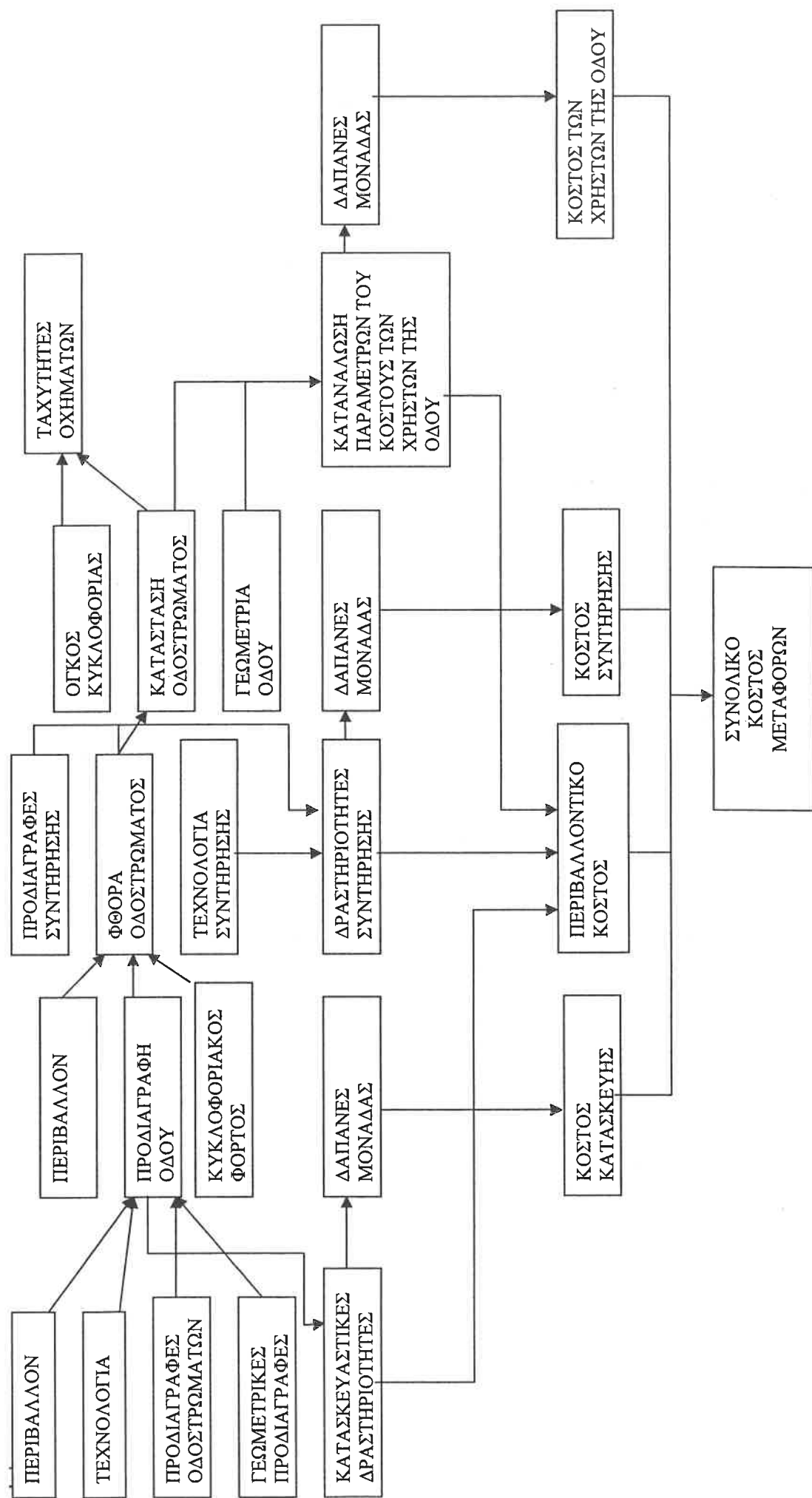
Ο Πίνακας 1.3.1α συνοψίζει τις σημαντικότερες μελέτες ή δημοσιεύσεις λειτουργικού κόστους οχημάτων από το 1963, Πηγή: HDM 4 (2001); Cox (1996a); Bennett (1985)

ΜΕΛΕΤΗ / ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Ή ΣΧΕΣΕΩΝ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ
Winfrey (1963)	ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	MOYER (1939)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1938	5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		KENT (1962)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1960	45 LINE HAUL ΦΟΡΤΗΓΑ
Η.Π.Α	ΚΑΥΣΙΜΑ	CLAFFEY (1960) & SAWHILL & IREY (1962) & MOYER (1939)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1959	1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ, 2 ΦΟΡΤΗΓΑ
		MOYER & Tesdall (1945) & KENT (1960, 1962) & PROSΩΠΙΚΗ ΚΡΙΣΗ	ΠΕΙΡΑΜΑ	1959	9 ΦΟΡΤΗΓΑ, 3 ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ
	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	MOYER & Tesdall (1945) & KENT (1960, 1962) & PROSΩΠΙΚΗ ΚΡΙΣΗ	ΠΕΙΡΑΜΑ	1938	5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		STEVENSON (1961) & MOYER & WINFREY (1939) & PROSΩΠΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ	1939-42	9 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		STEVENSON (1961)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1960	45 LINE HAUL ΦΟΡΤΗΓΑ
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	STEVENSON (1961) & MOYER & WINFREY (1939) & PROSΩΠΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	ΕΡΕΥΝΑ		
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ	1955-56	40 ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ ΠΟΛΗΣ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		611 ΕΤΑΙΡΙΕΣ,
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		23,000 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		
De Weille 1966	ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	MOYER (1939)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1938	5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	STEVENSON (1961) & PROSΩΠΙΚΗ ΚΡΙΣΗ	ΕΡΕΥΝΑ	1955-56	611 ΕΤΑΙΡΙΕΣ,
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		23,000 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	MOYER & Tesdall (1945) & STEVENSON (1961)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1939-42	9 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ	1955-56	611 ΕΤΑΙΡΙΕΣ,
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ	1955-56	23,000 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	PROSΩΠΙΚΗ ΚΡΙΣΗ	ΠΡΟΤΥΠΟ		
	ΚΑΥΣΙΜΑ	Winfrey (1963) & KENT (1960)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1957-58	45 LINE HAUL ΦΟΡΤΗΓΑ
		KENT (1960)	ΠΕΙΡΑΜΑ		40 ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ ΠΟΛΗΣ
Bonney & Stevens 1967	ΚΑΥΣΙΜΑ	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ	1960-63	19 ΦΟΡΤΗΓΑ,
	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ		46 ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ,	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ		
ΑΦΡΙΚΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ,	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ		
	ΑΜΟΙΒΕΣ	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ		
	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	ΔΙΚΗ ΤΟΥΣ	ΠΕΙΡΑΜΑ		
CLAFFEY 1971	ΚΑΥΣΙΜΑ	STEVENSON (1961)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1963-69	5 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ, 1 ΦΟΡΤΗΓΟ
	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	STEVENSON (1961)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1963-69	1 ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ
Η.Π.Α	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	STEVENSON (1961)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1963-69	1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ, 1 ΦΟΡΤΗΓΟ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ	1955-56	1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ, 1 ΦΟΡΤΗΓΟ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		611 ΕΤΑΙΡΙΕΣ,
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		23,000 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		1350 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ		15 ΦΟΡΤΗΓΑ
		STEVENSON (1961)	ΕΡΕΥΝΑ	1963-69	
ARRB 1973	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ & ΕΛΑΣΤΙΚΑ	Pelensky, et al (1968) & Currey (1970)	ΕΡΕΥΝΑ		60 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΚΑΥΣΙΜΑ	Pelensky (1970)	ΕΡΕΥΝΑ		299 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
	ΟΛΑ	Solomon (1970) & Solomon & Conroy (1974)	ΕΡΕΥΝΑ		3 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ		Solomon & Conroy (1974)	ΕΡΕΥΝΑ		950 ΦΟΡΤΗΓΑ ΑΠΟ
		Solomon & Conroy (1974)	ΕΡΕΥΝΑ		33 ΕΤΑΙΡΙΕΣ
Daniels 1974	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	Bonney & Stevens (1967)	ΕΡΕΥΝΑ	1960-63	19 ΦΟΡΤΗΓΑ,
	ΚΑΥΣΙΜΑ	Bonney & Stevens (1967)	ΕΡΕΥΝΕΣ	1966-74	46 ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ	ΕΡΕΥΝΕΣ	1966-74	
ΑΦΡΙΚΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	ΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗΝ ΑΦΡΙΚΗ	ΠΡΟΤΥΠΟ		

Hide, et al 1975	ΚΑΥΣΙΜΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ,		ΠΕΙΡΑΜΑ ΈΡΕΥΝΑ	1973-75 1973-75	1 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ, 1 VAN, 3 ΦΟΡΤΗΓΑ, 43 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ, 47 DELIVERY VANS, 78 ΦΟΡΤΗΓΑ, 121 ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ
RTIM	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΑΠΟΣΒΕΣΗ				
ΑΦΡΙΚΗ					
AASHTO 1978	ΚΑΥΣΙΜΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ,	Winfrey (1969) CLAFFEY (1971)	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ
Red Book	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΑΠΟΣΒΕΣΗ,	Curry & Anderson 1972			
Η.Π.Α	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	AASHTO (1960)			
Zaniewski, et al	ΚΑΥΣΙΜΑ		ΠΕΙΡΑΜΑ	1979-82	8 ΑΝΤΙΠ/ΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
	VOC ΦΟΡΤΗΓΟΥ		ΈΡΕΥΝΑ		12,489 ΦΟΡΤΗΓΑ, 15
1982	VOC ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ Υ	ULLMANN (1980)	ΈΡΕΥΝΑ		ΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ
TRDF	ΕΛΑΣΤΙΚΑ	BARRIERE, et al (1974)	ΠΡΟΤΥΠΟ		
	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	Daniels (1974)	ΈΡΕΥΝΑ		
Η.Π.Α					
Watananda, et al (1987a)	ΚΑΥΣΙΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ,	Watananda et al (1987a)	ΠΕΙΡΑΜΑ	1975-79	9 ΑΝΤΙΠ/ΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
HDM III	ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	Chesher & Harrison -1987	ΈΡΕΥΝΑ ΠΡΟΤΥΠΟ	1975-79	653 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ, 442 ΦΟΡΤΗΓΑ 231 ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ
Bennett 1989a	ΌΛΑ	Watananda et al 1987	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ	ΌΠΩΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ
NZVOC	ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	Biggs (1987) NITRR (ΝΟΤΙΑ ΑΦΡΙΚΗ)	ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΡΟΤΥΠΟ	1984	
NEA	ΑΠΟΣΒΕΣΗ	Bennett (1985)	ΈΡΕΥΝΑ		
ΖΗΛΑΝΔΙΑ					
ISOHDM ΜΕΛΕΤΗ	ΌΛΑ	ΓΚΑΜΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΩΝ ΠΗΓΩΝ	ΕΞΕΤΑΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙ ΑΣ	1994-95	16 ΑΝΤΙΠ/ΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
NDLI (1995)			ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕ ΝΕΣ		
			ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ		
			ΕΡΕΥΝΕΣ		

Πίνακας 1.3.1α: Οι σημαντικότερες μελέτες ή δημοσιεύσεις λειτουργικού κόστους οχημάτων από το 1963, (Πηγή: HDM 4 (2001);Cox (1996a); Bennett (1985))

Αρχικά, οι οικονομικές αναλύσεις για τις εθνικές οδούς κατευθύνθηκαν στην ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής. Με την έκδοση των πληροφοριών για το λειτουργικό κόστος των οχημάτων ήταν δυνατό να καθοριστεί το κόστος λειτουργίας που ήταν συνδεδεμένο με ένα συγκεκριμένο σχεδιασμό, αλλά δεν υπήρχε κανένα πλαίσιο που να λαμβάνει υπόψιν του την αλληλεξάρτηση μεταξύ των προδιαγραφών της κατασκευής, των προδιαγραφών της συντήρησης, και του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3.1β, αυτή η αλληλεξάρτηση είναι σύνθετη, εντούτοις, το να ληφθεί υπόψη επιτρέπει την καθιέρωση πολιτικών που ελαχιστοποιούν το σύνολο του κοινωνικού κόστους των μεταφορών.



Σχήμα 1.3.1β: η αλληλεξάρτηση μεταξύ των παραμέτρων του συνολικού κόστους μεταφορών (Πηγή : HDM 4, 2001)

Το 1969 η Παγκόσμια Τράπεζα άρχισε ένα πρόγραμμα για να ερευνήσει αυτήν την αλληλεξάρτηση σε συνάρτηση με τους δρόμους χαμηλού όγκου κυκλοφορίας. Η φάση I της μελέτης ολοκληρώθηκε το 1971 όπου μια ερευνητική ομάδα στο Ίδρυμα Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης MIT (Massachusetts Institute of Technology) ανέπτυξε ένα εννοιολογικό πλαίσιο που συσχέτιζε τα πρότυπα κατασκευής και συντήρησης με το λειτουργικό κόστος οχημάτων. Ο στόχος ήταν να καθοριστεί το σύνολο προτύπων που ελαχιστοποιούν το συνολικό κόστος των μεταφορών. Από αυτήν την αρχική μελέτη βγήκε το συμπέρασμα ότι έλειπαν έγκυρα εμπειρικά στοιχεία για πολλές από τις σχέσεις κόστους που απαιτούνται για τον καθορισμό των στρατηγικών του οικονομικού σχεδιασμού και της συντήρησης. Αντίστοιχα, μια σημαντική μελέτη στον τομέα αναλήφθηκε από το 1971-75 στην Κένυα που ερεύνησε την φθορά για στρωμένη και μη λιθοστρωμένη οδό καθώς επίσης και τους παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στο λειτουργικό κόστος οχημάτων (Hide, et al., 1975 Hodges, Rolt και Jones, 1975). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για το Πρότυπο Επένδυσης σε Οδικές Μεταφορές RTIM (Road Transport Investment Model) του (TRRL Transport Road and Research Laboratory) το οποίο αξιολόγησε το συνολικό κόστος των μεταφορών για μια μοναδική διαδρομή (Robinson, et al., 1975). Το Πρότυπο Σχεδιασμού και Συντήρησης Εθνικών Οδών HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model) αναπτύχθηκε το 1977 ενσωματώνοντας τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα από το RTIM με το πρότυπο του MIT. Το 1981 βγήκε η δεύτερη έκδοση του προτύπου HDM-II (Watanatada, 1981) και το 1987 εκδόθηκε το HDM-III (Watanatada, et al., 1987a).

Από το 1987 βγήκαν διάφορες βελτιωμένες εκδόσεις ή νέες εξελίξεις του προτύπου, ποικίλλοντας από μια έκδοση για PC (Personal Computer) ως τα εξειδικευμένα πρότυπα που χρησιμοποιούν συστατικά του HDM-III για την πρόβλεψη του λειτουργικού κόστους οχημάτων ή της επιδείνωσης των οδοστρωμάτων. Το HDM-III εφαρμόστηκε σε πάνω από 100 χώρες (N.D. Lea International, 1995) αλλά αναγνωρίστηκε ότι υπήρξαν περιορισμοί στις σχέσεις υπολογισμού του λειτουργικού κόστους και της φθοράς των οδοστρωμάτων. Αυτό οδήγησε στην Διεθνή Μελέτη των Εργαλείων Ανάπτυξης και Διαχείρισης Εθνικών Οδών ISOHDM (International Study of Highway Development and Management Tools) που διήρκεσε από το 1993-2000 για να εκσυγχρονίσει το HDM-III και να παράγει το HDM -4.

Λίγο πριν το τέλος της μελέτης της ISOHDM, το 1999, το πρόγραμμα EC RTD RIMES (Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study) διεξήγαγε μια λεπτομερή εξέταση των προτύπων λειτουργικού κόστους των οχημάτων που

χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο συμπεριλαμβανομένης της μελέτης HDM-4. Έλαβε υπόψη του τα σημαντικότερα πρότυπα που ήταν σε χρήση στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατά την περίοδο της μελέτης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η σπουδαιότητα των συστατικών του λειτουργικού κόστους ποικίλλει από χώρα σε χώρα λόγω των διαφορών στην οδική έκταση, στα πρότυπα συντήρησης των οχημάτων και στον τρόπο οδήγησης, αναπτύχθηκε ένα απλό μηχανιστικό πρότυπο που διευκολύνει την γενική εφαρμογή του προτύπου σε όλες τις χώρες της ΕΕ.

1.3.2 Ελληνικές Μελέτες έως σήμερα

Η μελέτη υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων του καθηγητή του Ε.Μ.Π κ. Αμπακούμκιν για τα ελληνικά δεδομένα άντλησε τις πληροφορίες της από ειδικά βιβλία και μονογραφίες-άρθρα που αναφέρονταν στα οικονομικά προβλήματα των οδικών δικτύων. Στην προσπάθειά του να συσχετίσει τις παραμέτρους του λειτουργικού κόστους με τα χαρακτηριστικά της οδού και λόγω έλλειψης σχετικών ερευνών στην χώρα μας με κάποια επιφύλαξη, ως προς το βαθμό ακριβείας, κάνει χρήση των πορισμάτων ξένων ερευνών. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί διαγράμματα βασισμένα στην εργασία του J. WEILLE (1966) και ομάδας τεχνικών και οικονομολόγων της IBRD (Διεθνής Τράπεζα) που ισχύουν υπό την προϋπόθεση της αδιάκοπης κίνησης των οχημάτων για συγκεκριμένους αντιπροσωπευτικούς τύπους αυτών.

Η μεθοδολογία υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων που χρησιμοποιείτο μέχρι το έτος 2001 στην Ελλάδα, αναπτύχθηκε από την εταιρία συμβούλων Louis Berger κατά το χρονικό διάστημα 1980-1983, στα πλαίσια της ευρύτερου αντικειμένου σύμβασης με τίτλο “ Μελέτη Οργάνωσης για την Συντήρηση και το Σχεδιασμό των Οδών” που είχε συναφτεί με το τότε Υ.Δ.Ε (και νυν Γ.Γ.Δ.Ε του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε), λαμβάνοντας υπόψη τα τότε δεδομένα και εν χρήσει μεθοδολογίες του Ελληνικού και ξένου χώρου. Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή, υπολογίζονται αρχικά τα λειτουργικά κόστη κάτω από ιδανικές συνθήκες δικτύου και κυκλοφορίας και στη συνέχεια κάτω από πραγματικές συνθήκες κίνησης στην οδό. Η εν λόγω μεθοδολογία διεθνώς δεν χρησιμοποιείται πλέον από εικοσαετίας.

Στις 24/12/1999 ανατέθηκε από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε /Γ.Γ.Δ.Ε /Δ.Μ.Ε.Ο η μελέτη υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων στα συνεργαζόμενα μελετητικά γραφεία Ν.Θ Ποριώτης & συνεργάτες και Ν.Μ Βακιρτζίδης και συνεργάτες. Η μεθοδολογία της Ελληνικής μελέτης βασίζεται σε ένα γερμανικό πρότυπο υπολογισμού, το οποίο κρίθηκε ως πλέον εφαρμόσιμο για την χώρα

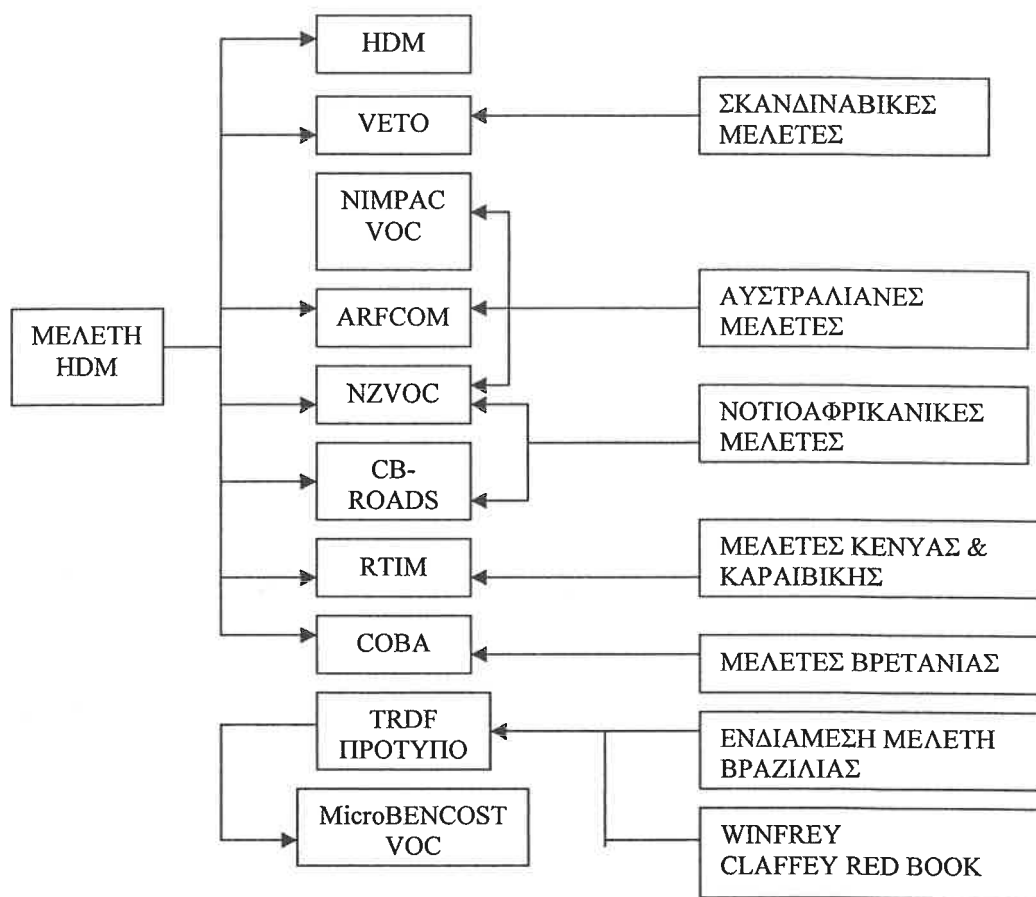
μας, με την κατάλληλη, βεβαίως προσαρμογή αυτού στην ελληνική πραγματικότητα.

1.4 Πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων

Όλα τα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους αναπτύχθηκαν έχοντας σαν στόχο να εκτιμήσουν το κόστος λειτουργίας μιας επιλογής τύπων οχημάτων όταν αυτά χρησιμοποιούνται κάτω από ένα εύρος συνθηκών λειτουργίας. Γενικά το ποιες παραμέτρους θα χρησιμοποιήσει ένα πρότυπο στους υπολογισμούς του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως (Dikey et al, 1984) :

- Το είδος της μελέτης
- Την διαθεσιμότητα των στοιχείων
- Το είδος των οδικών τμημάτων ή του δικτύου που υπεισέρχεται στους υπολογισμούς
- Τα άλλα μέσα μεταφοράς που ανταγωνίζονται ή συμπληρώνουν την μετακίνηση με το αυτοκίνητο
- Τις προσδωκόμενες τεχνολογικές αλλαγές
- Τους τύπους των οχημάτων που επιλέγονται
- Το προσδωκόμενο αντίκτυπο που θα έχει η κάθε παράμετρος
- Την επίδρασή τους στην μετακίνηση

Ο Bein (1993) εξέτασε τα διάφορα πρότυπα λειτουργικού κόστους που αναπτύχθηκαν και προσδιόρισε εννέα κυρίαρχα πρότυπα από διαφορετικές χώρες. Στον Πίνακα 1.4α δίνονται αυτά τα εννέα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους και οι μελέτες από τις οποίες επηρεάστηκαν και στον Πίνακα 1.4β φαίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία των προτύπων αυτών.



Πίνακας 1.4α: Μελέτες που επηρέασαν την διαμόρφωση των προτύπων υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων.

(Πηγή : HDM 4, 2001 ; Bein (1993))

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	HDM	COBA9	VETO	NIMPAC	ARFCOM	TRDF, micro-BENCOST	CB-ROADS
	ΒΑΣΗ						
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΣΤΙΚΟ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ		
	ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΘΕΣΗΣ						
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ			ΝΑΙ		ΝΑΙ		
ΜΕΛΕΤΗ (PROJECT)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΔΙΚΤΥΟ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ
	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ						
ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ							
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΣΤΡΟΦΕΣ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΑΛΛΑΓΗ			ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	
ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ							
ΡΕΛΑΝΤΙ			ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
	ΤΥΠΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ						
ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΑ ΑΠΟ							
ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ		
ΜΟΝΤΕΡΝΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ
	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΟΔΟΥ						
ΚΛΙΣΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΥΠΕΡΥΨΩΣΗ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ		
ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ
ΣΥΣΤΑΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ			ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ
ΧΙΟΝΙ, ΝΕΡΟ, ΠΑΓΟΣ			ΝΑΙ		ΝΑΙ		
ΑΝΕΜΟΣ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΝΑΙ		ΝΑΙ		
ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ		
	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ						
ΚΑΥΣΙΜΑ, ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ, ΕΛΑΣΤΙΚΑ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΑΠΟΣΒΕΣΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΜΟΝΟ ΚΑΥΣΙΜΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΕΠΙΤΟΚΙΟ	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ			ΝΑΙ
ΖΗΜΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ			ΝΑΙ				
ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ				
ΑΠΟΘΕΜΑ ΣΤΟΛΟΥ(FLEET STOCK)		ΝΑΙ	ΝΑΙ				
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ							

Πίνακας 1.4β: Χαρακτηριστικά στοιχεία των προτύπων υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων. (Πηγή : HDM 4, 2001 ; Bein 1993)

Τα βασικά χαρακτηριστικά των προτύπων που εξετάστηκαν στο πρόγραμμα RIMES αναλύονται στις επόμενες παραγράφους και παρατίθενται συγκεντρωτικά στον πίνακα 1.4γ :

Το Βρετανικό πρότυπο Highways Economics Note 2, HEN2

Αυτό το πρότυπο είναι το τυποποιημένο πρότυπο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των οδικών συστημάτων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Περιγράφεται στο Τμήμα των Μεταφορών (1996), και αναφέρεται ως HEN2. Ενώ η προέλευση των στοιχείων δεν διευκρινίζεται μέσα στο HEN2, ο Turner (1998) δείχνει ότι τα στοιχεία είναι βασισμένα σε εμπειρικές μελέτες που χρησιμοποιούν αντιπροσωπευτικά οχήματα και πίνακες του λειτουργικού κόστους οχημάτων που παρέχονται από επαγγελματικούς συνδέσμους. Το HEN2 ενημερώνεται περιοδικά για να απεικονίσει την τρέχουσα γνώση για το κόστος που περιλαμβάνεται .

Το Φινλανδικό πρότυπο FINVOC

Το Φινλανδικό πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων FINVOC χρησιμοποιείται στη Φινλανδία. Αυτό δημοσιεύεται ως ετήσια έκθεση με ενημερωμένες τιμές των παραμέτρων. Οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες μόνο στα φινλανδικά και γίνεται κατανοητό (Τοίνανεν 1998) ότι το εγχειρίδιο (όπως στο HEN2) δεν παρέχει τις αναλυτικές πληροφορίες για τις πηγές των στοιχείων .

Το Σουηδικό πρότυπο VETO,

Το VETO (Hammarström και Karlsson 1987) είναι πρώτιστα ένα πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων. Έχει επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει την εκπομπή εξατμίσεων και την προβλεφθείσα οδική φθορά. Μέσα στο πρότυπο, καθορίζονται τα επιμέρους πρότυπα της οδικής γεωμετρίας, των οχημάτων και της συμπεριφοράς των οδηγών. Οι επιρροές αυτών στο λειτουργικό κόστος των οχημάτων υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ένα μηχανιστικό πρότυπο που έχει λεπτομερείς περιγραφές του περιβάλλοντος των οχημάτων και του δρόμου. Ενώ οι υπολογισμοί είναι πρώτιστα για την ελεύθερη ρέουσα κυκλοφορία της οποίας η ταχύτητα υπολογίζεται από το πρότυπα χρηστών και οχημάτων, το VETO θα δεχτεί προφίλ ταχύτητας που εισάγονται από το χρήστη

Το Νορβηγικό πρότυπο

Ο NPRA ανέπτυξε ένα σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων κατά τη διάρκεια της περιόδου 1986-1992. Αυτό περιελάμβανε ένα τμήμα κόστους χρηστών της οδού που συμπεριλάμβανε το λειτουργικό κόστος των οχημάτων. Αυτό αναφέρεται στους Haugodegard, Johansen, Bertelesen και Gabestad (1994). Τα στοιχεία για το πρότυπο κόστους των χρηστών της οδού φαίνεται να βασίζονται σε διάφορες απροσδιόριστες μελέτες από τη Νορβηγία και από άλλες χώρες. Το λειτουργικό κόστος των οχημάτων είναι το κόστος των παραμέτρων από τις οποίες αποτελείται. Το πρότυπο κόστους των χρηστών της οδού περιλαμβάνει το λειτουργικό κόστος , το κόστος ατυχήματος, χρόνου και άνεσης ως συνάρτηση των συνθηκών της οδικής επιφάνειας. Επιπλέον μπορούν να υπολογιστούν οι επιδράσεις από τις αλλαγές στα επιτρεπόμενα φορτία αξόνων

Το Δανικό πρότυπο

Το πρότυπο έχει χρησιμοποιηθεί από το 1983 στο BELMAN, και έχει ενημερωθεί αρκετές φορές από τότε. Το πρότυπο είναι βασισμένο στις βραζιλιανές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από την Παγκόσμια Τράπεζα (Watanatada και λοιποί 1987). Οι βραζιλιανές μελέτες αξιολογήθηκαν έναντι των Δανέζικων φορτηγών που οδηγούν σε δρόμους με συγκεκριμένο επίπεδο. Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη έχουν χωρίσει την καμπύλη-κόστους στις βασικές δαπάνες, αλλά οι καμπύλες τους είναι ακόμα βασισμένες στις βραζιλιανές μελέτες. Το πρότυπο είναι βασισμένο στις ίδιες βασικές κατηγορίες κόστους με το πρότυπο της Παγκόσμιας Τράπεζας εκτός όμως από τις κατηγορίες που βασίζονται στην καθυστέρηση μετακίνησης των προσώπων και των αγαθών, σαν συνάρτηση της τραχύτητας του οδοστρώματος, οι οποίες δεν περιλαμβάνονται

Το Ουγγρικό πρότυπο

Αυτό το πρότυπο είναι ένα που έχει αναπτυχθεί πρόσφατα από τον Mocsari (1998). Το πρότυπο είναι βασισμένο στον Vörös (1994). Συνήθως (στην Ουγγαρία) τα πρότυπα υπολογίζονται χωρίς τις ταχύτητες ταξιδιού. Σε αυτό το πρότυπο το κύριο μέρος του κόστους, το λειτουργικό κόστος των παραμέτρων του, (ανά μονάδα απόστασης) υπολογίζεται ως συνάρτηση της ταχύτητας.

Το Γαλλικό πρότυπο

Η κύρια πηγή είναι ένα γαλλικό έγγραφο της 28.07.95 (Danzanvilliers 1998). Τα πρότυπα είναι αρκετά απλά, χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της κυκλοφορίας και την οικονομική αξιολόγηση των δρόμων, και όχι για τη διαχείριση κυκλοφορίας. Τα κόστη εκφράζονται σε γαλλικά φράγκα 1994. Το πρότυπο για να υπολογίσει τις νομισματικές δαπάνες είναι πολύ απλό: υπάρχουν μόνο 2 τύποι οχημάτων: LV (ελαφριά οχήματα) και HV (βαριά οχήματα). Αυτό το είδος προτύπου έχει υιοθετηθεί και χρησιμοποιείται επίσης σε χώρες όπως η Τυνησία και το Μαρόκο (Danzanvilliers 1998)

Το Καναδικό πρότυπο PVOOC

Το πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων του Τμήματος Εθνικών Οδών και Μεταφορών του Saskatchewan SHT (Saskatchewan Department of Highways and Transportation) είναι ένα μηχανιστικό - πιθανολογικό πρότυπο PVOOC (Probabilistic Vehicle Operating Cost Model). Ενώ το πρότυπο δεν είναι ευρωπαϊκό, συμπεριλαμβάνεται στην εξέταση του προγράμματος RIMES, διότι θεωρείται ιδιαίτερα σχετικό στην προσέγγισή του όσον αφορά

στην μοντελοποίηση του λειτουργικού κόστους οχημάτων (VOC). Αναπτύχθηκε σε απάντηση στην ανάγκη για ένα πρότυπο που θα μπορούσε να ποσοτικοποιήσει το λειτουργικό κόστος σε ευρέως μεταβαλλόμενες συνθήκες. Οι Berthelot, και λοιποί (1996) ανέφερε την ανάπτυξη αυτού του προτύπου. Το SHT χρησιμοποίησε προηγουμένως το πρότυπο HDM III αλλά θεώρησε πολλές τις απαιτήσεις σε δεδομένα. Το πρότυπο εφαρμόστηκε σε ένα λογιστικό φύλλο βασισμένο σε PC.

Ο Πίνακας 1.4γ παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας με συνοπτική μορφή.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΟΣΤΟΥΣ										
ΧΩΡΑ	ΟΝΟΜΑ	ΚΑΥΣΙΜΑ	ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΦΟΡΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ, ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΤΛ)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ & ΑΠΟΣΒΕΣΗ	ΔΙΑΝΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΧΡΗΣΗΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ & ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΔΟΥ	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΑ
ΒΡΕΤΑΝΙΑ	HEN2 1997	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (ΜΟΝΟ ΚΑΙΣΙΣ)	ΝΑΙ (5)	ΝΑΙ
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	FINVOC 1995	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (5)	ΝΑΙ (7)
ΣΟΥΗΔΙΑ	VETO 1987-	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ (3)	ΟΧΙ
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	(1985-1992)	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (2)	ΝΑΙ
ΔΑΝΙΑ	BEI 1984 1983-1987	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ (7)	ΟΧΙ (7)	ΟΧΙ (7)	ΝΑΙ (ΜΟΝΟ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ)	ΝΑΙ (2)	ΝΑΙ
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	1998	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (ΣΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (3)	ΝΑΙ (7)
ΓΑΛΛΙΑ	SETRA 1985	ΝΑΙ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ (2)	ΟΧΙ

Πίνακας 1.4γ : Σύγκριση των διαθέσιμων Ευρωπαϊκών προτύπων υπολογισμού λειτουργικού κόστους οχημάτων (Πηγή: πρόγραμμα RIMES, 2000)

Εκτός από αυτά τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν στα κράτη της ΕΕ, το COST 334 (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) επίσης προσδιόρισε και δύο ευρωπαϊκά πρότυπα λειτουργικού κόστους οχημάτων που αναπτύχθηκαν από τους κατασκευαστές φορτηγών (Mercedes benz και Scania). Αυτά τα πρότυπα έχουν αναπτυχθεί ως ενίσχυση στους πελάτες για την αγορά κατάλληλου τύπου φορτηγού ή διατάξεων φορτηγών για έναν συγκεκριμένο στόχο μεταφορών. Λόγω της ανταγωνιστικής φύσης της βιομηχανίας, λίγες λεπτομέρειες των προτύπων είναι γνωστές, αλλά είναι σαφές ότι έχουν αναπτυχθεί πάνω στην βάση μιας εκτεταμένης δοκιμής των φορτηγών στο οδικό δίκτυο (COST 334, 2000).

Ο Berthelot και λοιποί (1996) περιέγραψε την διαμόρφωση των προτύπων λειτουργικού κόστους και τα κατηγοριοποίησε. Περιγράφονται δύο βασικοί τύποι προτύπων ως ακολούθως:

❖ Εμπειρικά πρότυπα

Τα εμπειρικά πρότυπα βασίζονται σε μια παραδοσιακή προσέγγιση στην οποία δεδομένα του λειτουργικού κόστους που προέρχονται από

προηγούμενα αρχεία υποβάλλονται σε μέθοδο παλινδρόμησης. Τα πρότυπα αυτά απαιτούν συχνή ενημέρωση και αναπροσαρμογή ως αποτέλεσμα των αλλαγών και των διακυμάνσεων στις τιμές και στις παραμέτρους τόσο των οχημάτων όσο και της οδού. Εντούτοις, έχουν το πλεονέκτημα ότι απαιτούν λιγότερα δεδομένα εισόδου, και μπορεί να είναι καταλληλότερα για εκείνες τις εφαρμογές όπου η διαθεσιμότητα τέτοιων στοιχείων είναι περιορισμένη. Το μειονέκτημά τους είναι ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ριζικά νέες καταστάσεις ή σενάρια λόγω της εμπειρικής προέλευσής τους.

❖ Μηχανιστικά πρότυπα

Αυτός ο τύπος προτύπου είναι βασισμένος σε μια μαθηματική αντιπροσώπευση της μηχανικής σχέσης μεταξύ του οχήματος και του τύπου της οδού. Αρκετές από αυτές τις σχέσεις είναι ευρέως καθιερωμένες και απορρέουν από τα μαθηματικά.

Μέσα σε αυτήν την κατηγορία των προτύπων υπάρχουν δύο υποκατηγορίες :

- Τα αιτιοκρατικά πρότυπα
- Τα πιθανολογικά πρότυπα

Τα αιτιοκρατικά πρότυπα παρέχουν ένα μοναδικό αποτέλεσμα από τα δεδομένα εισόδου, έχοντας μιας διακριτή τιμή.

Τα πιθανολογικά πρότυπα χρησιμοποιούν κατανομές στοιχείων σαν δεδομένα εισόδου, και παράγουν μια κατανομή των τιμών για το αποτέλεσμα, με μια ένδειξη της πιθανής αξιοπιστίας αυτού του αποτελέσματος.

Το πλεονέκτημα αυτού του τύπου προτύπου είναι επομένως ότι είναι σε θέση να προβλέψει την έκβαση μιας ευρείας ποικιλίας σεναρίων με τον όρο ότι τα κατάλληλα δεδομένα εισόδου είναι γνωστά πολύ καλά. Εντούτοις, τα δεδομένα εισόδου που είναι απαραίτητα για την αξιόπιστη λειτουργία αυτών των προτύπων είναι συχνά πολύ εκτενή, και μερικές φορές είναι δύσκολο να καθιερωθούν αξιόπιστα.

1.4.1 Χώρες όπου δεν έχει προσδιοριστεί συγκεκριμένο πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων

Σε διάφορες περιπτώσεις, δεν χρησιμοποιήθηκε ένα συγκεκριμένο πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων, αλλά ήταν διαθέσιμες κάποιες σχετικές πληροφορίες (RIMES, 2000)

Η **Ισπανία** δεν χρησιμοποιεί κάποιο άμεσο πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων για το εθνικό δίκτυο κρατικών δρόμων (Gutierrez-Bolnvar 1998). Οι δείκτες κυκλοφορίας και συνθηκών χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό προτεραιοτήτων, αλλά αυτό είναι ένας έμμεσος τρόπος του να ληφθούν υπόψη τα κόστη και κανένα πρότυπο δεν είναι διαθέσιμο να αποδόσει τα κόστη σαν λειτουργία των συνθηκών των οδοστρωμάτων. Κανένα πρότυπο δεν βρέθηκε για να είναι αρκετά ακριβές να δώσει τις διαφορές στα κόστη όταν οι διαφορές στην ομαλότητα είναι αρκετά μικρές. Διαπιστώθηκε ότι θα ήταν χρήσιμο ένα κατάλληλο πρότυπο (RIMES, 2000).

Στην **Γερμανία** δεν υπάρχει κανένα επίσημο πρότυπο που να χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό συντήρησης εθνικών οδών. Στο σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας δικτύων στη Rheinland-Pfalz/North Rhine Westphalia ένας παράγοντας της λειτουργίας οχημάτων (κατανάλωση καυσίμων και χρόνος μετακίνησης) χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει το λειτουργικό κόστος σε ένα πρότυπο επιλογής διαδρομών (Steinauer 1998). Το EWS ("Laermenschutz". 1996) εμφανίζεται να είναι η πιο κοντινή προσέγγιση σε ένα πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων. Αυτό χρησιμοποιείται επίσης στην Αυστρία. Το EWS εμφανίζεται να περιλαμβάνει τις δαπάνες συντήρησης και την αξία του χρόνου (RIMES, 2000).

Οι πληροφορίες από την **Αυστρία** είναι δύσκολο να ληφθούν αλλά ο Samer (1998) έχει δείξει ότι η Αυστρία έχει ένα τυποποιημένο λειτουργικό κόστος για τα αυτοκίνητα βασισμένο στα μικρά και μεσαία αυτοκίνητα των 4,9 AASH/Km Αυτό περιλαμβάνει την απόσβεση ,υπολογίζεται από τη "αυτοκινητική λείαση" και είναι αποδεκτό από την αυστριακή κυβέρνηση. Για λόγους οφελών -δαπανών οι τύποι χρησιμοποιούνται, είτε από το γερμανικό EWS ("Laermenschutz". 1996) ή συγκεκριμένοι τύποι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Μερικά ιδρύματα στην Αυστρία έχουν τα δικά τους πρότυπα λειτουργικού κόστους. Η αξία του χρόνου θεωρείται ξεχωριστή από το λειτουργικό κόστος οχημάτων (RIMES, 2000).

Στην **Ιταλία** χρησιμοποιείται ένα πρότυπο λειτουργικού κόστους στην αξιολόγηση της επένδυσης σε οδική υποδομή (περιοχή Delle 1998, CNR 1983) αλλά οι λεπτομέρειες αυτού του προτύπου δεν είναι διαθέσιμες στα αγγλικά (RIMES, 2000).

Η εξέταση όλων των προτύπων που βρέθηκαν από την αναζήτηση μας τόσο στην Ελληνική όσο και στην Διεθνή Βιβλιογραφία μας έδειξε ότι τα στοιχεία του κόστους των χρηστών της οδού που εμφανίζονται με την μεγαλύτερη συχνότητα στους υπολογισμούς που χρησιμοποιούν τα περισσότερα από αυτά τα πρότυπα είναι τα παρακάτω:

- ❖ στοιχεία λειτουργικού κόστους οχημάτων
 - ✓ Κόστος καυσίμου
 - ✓ Κόστος λιπαντικών
 - ✓ Κόστος ελαστικών
 - ✓ Κόστος Συντήρησης και επισκευών
 - ✓ Κόστος Απόσβεσης
 - ✓ Ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου
 - ✓ Κόστος Γενικών Εξόδων
- ❖ Κόστος χρόνου για τον οδηγό, τους επιβάτες, το προσωπικό
- ❖ Κόστος Ατυχημάτων

Στην συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των σχέσεων και της μεθοδολογίας που χρησιμοποιούν τα πρότυπα που έχουμε στην διάθεσή μας για κάθε ένα από τα στοιχεία του κόστους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

2. Η δυναμική της κίνησης του οχήματος

Για να κινηθεί ένα όχημα απαιτείται ισχύς, η οποία αναλώνεται στις δυνάμεις όπου αντιστέκονται στην κίνηση του οχήματος. Η ισχύς παράγεται από την χημική ενέργεια των καυσίμων. Κατά συνέπεια, με την ποσοτικοποίηση του μεγέθους των δυνάμεων αυτών, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων.

Η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα υπολογίζεται ως εξής (HDM 4):

$$P_{tot} = P_{tr} + P_{accs} + P_{eng}$$

Όπου:

P_{tot}	η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα σε kW
P_{tr}	η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών (kW)
P_{accs}	η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσουν οι διάφοροι βοηθητικοί μηχανισμοί του οχήματος π.χ. υδραυλικό τιμόνι, σύστημα κλιματισμού, κλπ. σε kW
P_{eng}	η μηχανική ισχύς που αναλώνεται για την κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του κινητήρα π.χ. σύστημα κίνησης εκκεντροφόρων, σύστημα περιστροφής τριφασικής εναλλασσόμενης γεννήτριας κλπ.

Δεδομένου ότι κατά την λειτουργία του συστήματος μετάδοσης κίνησης δημιουργούνται τριβές, είναι επόμενο να αναλώνεται ισχύς για την κίνησή του. Αυτό οδηγεί στις ακόλουθες εξισώσεις οι οποίες προβλέπουν το σύνολο της απαιτούμενης ισχύος:

$$P_{1tot} = P_{tr} / \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad P_{tr} \geq 0$$

$$P_{1tot} = P_{tr} * \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad P_{tr} < 0$$

Όπου:

P_{1tot}	η συνολική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα, σε kW
P_{tr}	η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών, σε (kW)

Paccs	η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσουν οι διάφοροι βοηθητικοί μηχανισμοί του οχήματος π.χ. υδραυλικό τιμόνι, σύστημα κλιματισμού, κλπ. σε kW
Peng	η μηχανική ισχύς που αναλώνεται για την κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του κινητήρα π.χ. σύστημα κίνησης εκκεντροφόρων, σύστημα περιστροφής τριφασικής εναλλασσόμενης γεννήτριας κλπ. σε kW
edt	η βαθμός μηχανικής απόδοσης του συστήματος μετάδοσης κίνησης

η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών δίνεται από την σχέση:

$$P_{tr} = F_{tr} \cdot v / 1000$$

Όπου:

P_{tr}	η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών, σε (kW)
v	η ταχύτητα του οχήματος, m/s
F_{tr}	η δύναμη που αναπτύσσει η ροπή του κινητήρα, μέσω του συστήματος μετάδοσης κίνησης στην περιφέρεια των κινητηρίων τροχών, σε N.

Η δύναμη αυτή (F_{tr}) στο εξής θα αποκαλείται ελκτική δύναμη τροχών και υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$F_{tr} = F_a + F_r + F_g + F_c + F_i$$

Όπου:

F_{tr}	η ελκτική δύναμη τροχών σε N.
F_a	η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος σε N.
F_r	η αντίσταση κύλισης σε N.
F_g	η δύναμη η οποία αναπτύσσεται εξ' αιτίας της κλίσης του οδοστρώματος σε N
F_c	η δύναμη η οποία δημιουργείται όταν το όχημα στρίβει σε N
F_i	η δύναμη η οποία δημιουργείται λόγω της επιτάχυνσης του οχήματος σε N

Οι δυνάμεις που αντιστέκονται στην κίνηση αναλύονται στις επόμενες ενότητες.

2.1 Η αεροδυναμική αντίσταση ενός οχήματος

Η αεροδυναμική αντίσταση ενός οχήματος είναι η δύναμη που απαιτείται για να ωθηθεί ένα αντικείμενο μέσω του αέρα.

$$F_a = 0.5 \rho C_D A F v_r$$

Όπου:

F_a	η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος σε N
ρ	η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)
C_D	ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης
$A F$	η προβολή της μετωπικής επιφάνειας του οχήματος (m^2)
v_r	η σχετική ταχύτητα του οχήματος ως προς τον αέρα σε m/s

Τα πρότυπα HDM 3 και HDM 4 χρησιμοποιούν μια δεδομένη τιμή για την πυκνότητα του αέρα, αυτή είναι 1.2 kg/m^3 και αντιστοιχεί στην πυκνότητα του αέρα όταν η θερμοκρασία του είναι 15°C και το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 200 m.

Το πρότυπο PVOC το οποίο χρησιμοποιείται στον Καναδά υπολογίζει την πυκνότητα του αέρα χωρίς την μεταβλητή της θερμοκρασίας:

$$\rho = 1,225 * (1 - 2,26 \text{ AL T} * 10^{-5})^{4.22}$$

Όπου:

ρ	η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)
AL T	το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)

Η πυκνότητα του αέρα όμως εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση και από την θερμοκρασία. Ο Bennett, (1989a) πρότεινε την εξίσωση για τον υπολογισμό της πυκνότητας του αέρα ως συνάρτηση της ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας του αέρα:

$$\rho = 0.0566 + 1.225 (1 - 2.2610^{-5} \text{ AL T})^{4.225} - 0.00377 T_{\text{AIR}}$$

Όπου:

ρ	είναι η πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3
AL T	το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)
T_{AIR}	είναι η θερμοκρασία του αέρα σε $^\circ\text{C}$

2.2 Αντίσταση κύλισης

Αντίσταση κύλισης, είναι το σύνολο όλων των δυνάμεων που δημιουργείται από το σύστημα μετάδοσης κίνησης Biggs (1988). Το σύνολο αυτό περιλαμβάνει όλες τις δυνάμεις τριβής, που δημιουργούνται στο κιβώτιο σχέσεων και στο υπόλοιπο σύστημα μετάδοσης κίνησης, μαζί με τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται μεταξύ των ελαστικών και του οδοστρώματος. Στην αντίσταση κύλισης δεν συμπεριλαμβάνεται η αεροδυναμική αντίσταση και οι δυνάμεις που δημιουργούνται από τον κινητήρα του οχήματος, (δηλαδή η κίνηση γίνεται με το συμπλέκτη αποσυνδεδεμένο ή χωρίς σχέση στο κιβώτιο σχέσεων).

Στην πιο απλή της μορφή η αντίσταση κύλισης δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Fr = M g CR$$

Όπου:

Fr	η αντίσταση κύλισης σε N
g	η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας m/sec^2
CR	ο συντελεστής της αντίστασης κύλισης
M	η μάζα του οχήματος kg

Υπάρχει μια εναλλακτική διατύπωση για αυτήν την εξίσωση η οποία λαμβάνει υπόψη της την αεροδυναμική άντωση η οποία δημιουργείται από το σχήμα του οχήματος σε υψηλές ταχύτητες και επομένως μειώνεται η αντίσταση κύλισης. Εντούτοις, λόγω του ότι υπάρχουν πρόσθετες απαιτήσεις συλλογής στοιχείων, δημιουργείται πολυπλοκότητα και κανένα πρότυπο δεν χρησιμοποιεί μια τέτοιου είδους διατύπωση.

Η αντίσταση κύλισης επηρεάζεται έντονα από την τεχνολογία ελαστικών του οχήματος.

Ο Wong (1993) δείχνει ότι τα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με ελαστικά τεχνολογίας ακτινικής κατασκευής σκελετού (radial) και λειτουργούν με ταχύτητες μεταξύ πέντε και 100 km/h, έχουν 28 τοις εκατό χαμηλότερες αντιστάσεις κύλισης από τα αντίστοιχα οχήματα που λειτουργούν κάτω από τις ίδιες συνθήκες και χρησιμοποιούν ελαστικά συμβατικής τεχνολογίας. Σήμερα όλα σχεδόν τα οχήματα είναι εφοδιασμένα με ελαστικά τύπου radial, δεδομένου ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρεθούν στην αγορά ελαστικά συμβατικής τεχνολογίας.

Η αντίσταση κύλισης επηρεάζεται πολύ από την ταχύτητα του οχήματος και την τραχύτητα του οδοστρώματος. Ο συντελεστής αντίστασης κύλισης υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$CR = (C_o + C_v v^{C_m})$$

Όπου:

CR	συντελεστής αντίστασης κύλισης
C _o	στατικός συντελεστής της αντίστασης κύλισης
C _v	δυναμικός συντελεστής της αντίστασης κύλισης σε l/(m/s) ^{C_m}
v	η ταχύτητα του οχήματος m/s
C _m	συντελεστής, όπου είναι 2 για τα ελαφριά οχήματα και 1 για τα βαριά οχήματα.

$$C_o = 0.00874 + 0.00043 IRI$$

Όπου:

C _o	είναι ο στατικός συντελεστής της αντίστασης κύλισης
IRI	International Roughness Index m/km

Στο πρότυπο HDM 3 (Watanatada 1987), εξετάζεται μόνο η τραχύτητα του οδοστρώματος, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψιν η ταχύτητα.

CR = 0.0218 + 0.00061 IRI η οποία ισχύει για τα ελαφριά οχήματα CVs

CR=0.0139+0.00026 IRI οποία ισχύει για τα βαριά οχήματα.

Όπου:

CR	ο συντελεστής της αντίστασης κύλισης
IRI	International Roughness Index m/km

Στο πρότυπο HDM 4 (Watanatada 1987), δεν εξετάζεται μόνο η τραχύτητα του οδοστρώματος, η αντίσταση κύλισης είναι συνάρτηση και της ταχύτητας.

$$Fr = CR^2 (1 + 0.003 P_{CTDS} + 0.002 P_{CTDW}) (bI Nw + CRI(bI^2 M + bI^3 v^2))$$

Όπου:

Fr	η αντίσταση κύλισης σε N
CR 1	ο συντελεστής της αντίστασης κύλισης του ελαστικού

CR 2	ο συντελεστής της αντίστασης κύλισης της επιφάνειας του οδοστρώματος
P _{CTDS}	το ποσοστό της επιφάνειας του οδοστρώματος το οποίο καλύπτεται από χιόνι
P _{CTDW}	το ποσοστό οδήγησης σε βρεγμένους δρόμους
b ₁₁ , b ₁₂ , b ₁₃	παράμετροι της αντίστασης κύλισης
CRI	συντελεστής,
Nw	ο αριθμός των τροχών του οχήματος

CRI = 1,3 για ελαστικά συμβατικής τεχνολογίας
 = 1,0 για radial
 = 0,9 για ελαστικά χαμηλού προφίλ

b₁₁ = 37 Dw
 b₁₂ = 0,067 Dw για ελαστικά παλαιάς τεχνολογίας
 = 0,064 Dw για ελαστικά τύπου radial
 b₁₃ = 0,012 Nw / Dw

Nw είναι ο αριθμός των τροχών του οχήματος
 Dw είναι η διάμετρος των τροχών σε m

2.3 Αντίσταση κλίσης

Αντίσταση κλίσης είναι η δύναμη η οποία αναπτύσσεται εξ' αιτίας της κλίσης του οδοστρώματος.

Η αντίσταση κλίσης είναι ευθέως ανάλογη με το βάρος του οχήματος και με το ημίτονο της γωνίας κλίσης του οδοστρώματος:

$$F_g = M g \sin(\theta)$$

Όπου:

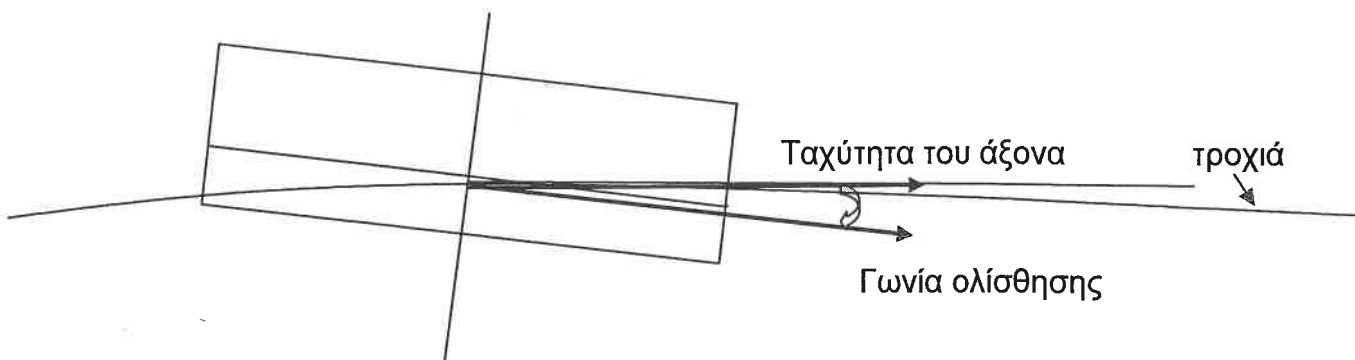
F_g η αντίσταση κύλισης σε N
 g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας m/sec²
 θ η γωνία κλίσης του οδοστρώματος εκφρασμένη σε grad

2.4 Δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται στις στρόφες

Όταν η τροχιά ενός οχήματος διαγράφει καμπύλη, τα ελαστικά του αυτοκινήτου ολισθαίνουν, με συνέπεια να δημιουργείται μια μικρή γωνία (γωνία ολίσθησης) που εμφανίζεται μεταξύ της εφαπτομένης της τροχιάς του οχήματος και της κατεύθυνσης των τροχών.

Η γωνία ολίσθησης φαίνεται στο σχήμα 2.4.

Σχήμα 2.4 Εικόνα της γωνίας ολίσθησης



Λόγω αυτής της γωνίας ολίσθησης, δημιουργείται μια πρόσθετη δύναμη η οποία αντίσταται στην κίνηση (η δύναμη κυρτότητας). Αυτή η αντίσταση κυρτότητας έχει βρεθεί για να είναι ανάλογη προς τη φυγόκεντρο δύναμη που αναπτύσσεται και την γωνία ολίσθησης, δηλαδή:

$$F_{cr} = F_f \tan(\Phi)$$

Όπου:

F_{cr}	η αντίσταση κυρτότητας σε N
F_f	η φυγόκεντρος δύναμη σε N
Φ	είναι η γωνία ολίσθησης

Η δύναμη κυρτότητας είναι ανάλογη της ταχύτητας, της γεωμετρίας του δρόμου, του αριθμού των τροχών και τέλος της πίεσης του ελαστικού.

$$F_{cr} = \max [0, ((Mv^2 / R) - Mge)^2]^2 / Nw Cs$$

Όπου:

F_{cr}	η αντίσταση κυρτότητας σε N
----------	-----------------------------

M	η μάζα του οχήματος σε kg
v	η ταχύτητα του οχήματος σε m/sec
R	η ακτίνα της στροφής σε m
g	η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας m/sec ²
Nw	ο αριθμός των τροχών του οχήματος
Cs	συντελεστής ακαμψίας ελαστικών
e	0.012 CURVE για οδοστρωμένους δρόμους
e	0.017 CURVE για μη οδοστρωμένους δρόμους

$$CS = Kcs [a0 + a1 M / Nw + a2 (M / Nw)^2]$$

Cs	ο συντελεστής ακαμψίας
Kcs	ο συντελεστής ρύθμισης
M	η μάζα του οχήματος σε kg
Nw	ο αριθμός των τροχών του οχήματος
a0, a1, a2	συντελεστές

Όταν ένα όχημα στρίβει, τότε οι τροχοί που βρίσκονται στο εξωτερικό μέρος της στροφής διαγράφουν μεγαλύτερη απόσταση από τους τροχούς που βρίσκονται στο εσωτερικό μέρος της στροφής. Το πρόβλημα δημιουργείται στους κινητήριους τροχούς, όπου ροπή του κινητήρα τείνει να περάσει ισόποσα στους δύο τροχούς.

Στην περίπτωση όπου η ροπή θα μοιραζόταν με απόλυτο τρόπο και στους δύο κινητήριους τροχούς, τότε το αυτοκίνητο αφ' ενός δεν θα μπορούσε να στρίψει εύκολα και αφ' εταίρου θα δημιουργείτο πολύ μεγάλη φθορά στα λάστιχα των κινητήριων τροχών. Η λύση βρίσκεται σε έναν έξυπνο μηχανισμό, το διαφορικό όπου μεταφέρει την κίνηση στους πίσω τροχούς αλλά επιτρέπει σε αυτούς να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες στην περίπτωση όπου το όχημα στρίβει.

Λόγω αυτής της λειτουργίας του διαφορικού, δημιουργείται μια πρόσθετη δύναμη η οποία αντιστασεται στην κίνηση. Αυτή η δύναμη αν και σχετικά μικρή δεν αναφέρεται σε κανένα από τα εξεταζόμενα πρότυπα.

2.5 Δυνάμεις λόγω επιτάχυνσης του οχήματος

Για να επιταχυνθεί ένα όχημα, πρέπει να αναπτυχθεί μία δύναμη η οποία θα υπερνικήσει την αδράνεια της μάζας του και την αδράνεια των διαφόρων περιστρεφόμενων μηχανισμών του (του κινητήρα, του συστήματος μετάδοσης κίνησης και των τροχών του). Τα αδρανειακά φαινόμενα των

περιστρεφόμενων μηχανισμών του, μεγαλώνουν φαινομενικά την μάζα του οχήματος δημιουργώντας μια νέα μάζα η οποία αποκαλείται αδρανειακή μάζα.

$$F_i = M' a$$

Όπου:

F_i	η δύναμη η οποία δημιουργείται λόγω της επιτάχυνσης του οχήματος σε N
M'	η αδρανειακή μάζα του οχήματος σε kg
a	η επιτάχυνση του οχήματος σε m/sec^2

2.6 Αδρανειακή μάζα τροχών

Ο Watanatada, (1987) πρότεινε την ακόλουθη εξίσωση για τον υπολογισμό της αδρανειακής μάζας των τροχών:

$$M_w = I_w / r^2$$

Όπου:

M_w	αδρανειακή μάζα των τροχών kg
I_w	είναι η ροπή αδράνειας των τροχών $kg \cdot m^2$
r	είναι η ακτίνα των τροχών σε m

$$I_w = T_{mw} r g^2$$

Όπου:

I_w	η ροπή αδράνειας των τροχών $kg \cdot m^2$
T_{mw}	η συνολική μάζα των τροχών m
rg	η ακτίνα περιστροφής του ελαστικού m

2.7 Αδρανειακή μάζα του κινητήρα και του συστήματος μετάδοσης κίνησης

Ο Watanatada, (1987) πρότεινε την ακόλουθη εξίσωση για τον υπολογισμό της αδρανειακής μάζας του κινητήρα

$$M_e = I_e H^2 / r^2$$

Όπου:

M_e	αδρανειακή μάζα του κινητήρα kg
-------	---------------------------------

I_e είναι η ροπή αδράνειας του κινητήρα kg-m^2
 H ο υποπολλαπλασιασμός του συστήματος μετάδοσης κίνησης
 r η ακτίνα των τροχών σε m

$I_e = 0.169 + 0.0188 D_{\text{ENG}}^2$ για βενζινοκινητήρα φορτηγού

$I_e = 0.169 + 0.0251 D_{\text{ENG}}^2$ για ντιζελοκινητήρα φορτηγού

D_{ENG} είναι η χωρητικότητα του κινητήρα σε lt

Άρα η συνολική αδρανειακή μάζα θα είναι:

$$M' = M + I_w / r^2 + I_e H^2 / r^2$$

ή πιο αναλυτικά

$$M' = M + T_{\text{MW}} r g^2 / r^2 + I_e H^2 / r^2$$

3. Πρότυπα υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμων

Η ανάπτυξη προτύπων κατανάλωσης καυσίμου, έχει ξεκινήσει σχεδόν από τότε που εφευρέθηκαν τα μηχανοκίνητα οχήματα HDM 4. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει διάφορες μελέτες με στόχο τα αποτελέσματα της ταχύτητας, της οδικής γεωμετρίας και της τραχύτητας του οδοστρώματος στην κατανάλωση καυσίμων.

Αρχικά, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν εμπειρικά στοιχεία από τις πειραματικές μελέτες που αφορούσαν την κατανάλωση καυσίμων. Πιο πρόσφατα, τα μοντέλα που προσδιορίζουν την κατανάλωση καυσίμων έχουν εξελιχθεί χρησιμοποιώντας τις μηχανιστικές αρχές που αφορούν τις δυνάμεις που αντιτάσσουν την κίνηση.

Για να κινηθεί ένα όχημα απαιτείται ισχύς, η οποία αναλώνεται στις δυνάμεις όπου αντιτάσσονται στην κίνηση του οχήματος. Η ισχύς παράγεται από την χημική ενέργεια των καυσίμων. Κατά συνέπεια, με την ποσοτικοποίηση του μεγέθους των δυνάμεων αυτών, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων.

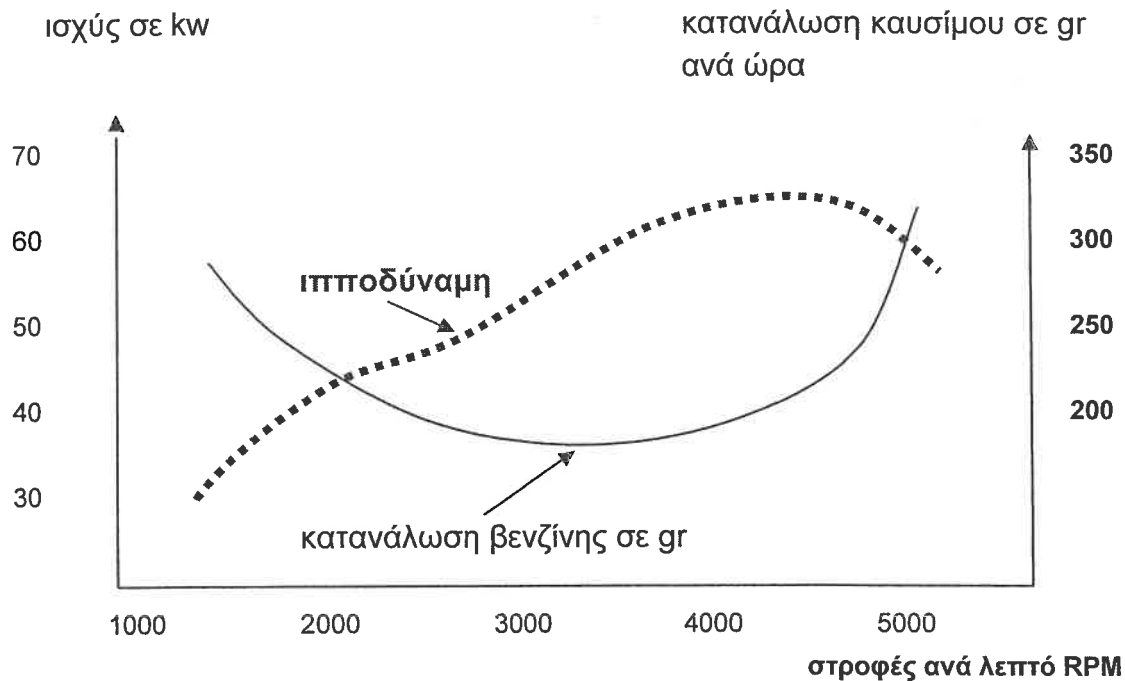
Γνωρίζοντας την ισχύ που απαιτείται από τον κινητήρα ενός οχήματος, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων. Αυτό γίνεται ως εξής. Κάθε κινητήρας εσωτερικής καύσης χαρακτηρίζεται από ένα διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Το διάγραμμα αυτό προσδιορίζει την κατανάλωση του καυσίμου σε γραμμάρια, για κάθε kw ισχύος που αποδίδει στην διάρκεια μιας ώρας στο εύρος των στροφών λειτουργίας του.

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες δεν δίνουν εύκολα τέτοιου είδους στοιχεία (cost 334, 2000). Η κατανάλωση ενός οχήματος δεν εξαρτάται μόνο από την ειδική κατανάλωση του κινητήρα του. Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στην κατανάλωση καυσίμου ενός οχήματος είναι η ειδική κατανάλωση του κινητήρα του, η μηχανική απόδοση του συστήματος μετάδοσης κίνησης, η κλιμάκωση των σχέσεων του κιβωτίου σχέσεων, η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος, η τραχύτητα και η κλίση του οδοστρώματος στο οποίο κινείται, η συντήρηση του οχήματος και ο τρόπος χρήσης του.

Κάθε κινητήρας έχει διαφορετική ειδική κατανάλωση, η οποία εξαρτάται από την θερμοδυναμική του απόδοση. Η θερμοδυναμική απόδοση ενός κινητήρα είναι άμεσα εξαρτώμενη από πολλές παραμέτρους όπως το σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα, η διάμετρος και η διαδρομή των εμβόλων του, το

σύστημα έναυσης καυσίμου, το σύστημα απαγωγής καυσαερίων και πολλές άλλες παραμέτρους οι οποίες παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον.

Σχήμα 3 Διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου



Η κατανάλωση του καυσίμου άρχισε να απασχολεί σοβαρά την παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία την δεκαετία του 70, όταν η τιμή του πετρελαίου εκτινάχτηκε στα ύψη. Οι πρώτες αντιδράσεις των σχεδιαστών ήταν ο περιορισμός της χωρητικότητας και της ισχύος των κινητήρων. Η μείωση της ιπποδύναμης επιτεύχθηκε κυρίως με την τοποθέτηση μικρότερων καρμπυρατέρ. Το επόμενο βήμα ήταν, η υιοθέτηση υποτετράγωνων θαλάμων καύσης οι οποίοι κατά κανόνα δίνουν ροπή στο φάσμα των χαμηλών στροφών λειτουργίας του κινητήρα και χαμηλή κατανάλωση καυσίμου θυσιάζοντας μέρος της ιπποδύναμης.

Στα μέσα της δεκαετίας του 80 η κατανάλωση καυσίμου περιορίστηκε αρκετά με την χρήση του ηλεκτρονικού συστήματος ανάφλεξης καυσίμου. Το σύστημα αυτό προσέφερε καλύτερο έλεγχο της καύσης του αέριου μίγματος αέρα βενζίνης, μεγαλύτερη ιπποδύναμη, σταθερότητα στην απόδοσή του και μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με το παραδοσιακό σύστημα των πλατινών.

Κοντά στα τέλη της δεκαετίας του 80 η θερμοδυναμική απόδοση των τετράχρονων βενζινοκινητήρων βελτιώθηκε θεαματικά με την χρήση του συστήματος ψεκασμού καυσίμου, (injection) αντί για καρμπυρατέρ. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού σε σχέση με το καρμπυρατέρ προκύπτουν, από τον πολύ καλύτερο έλεγχο της ποσότητας της βενζίνης, που εισάγεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας μέσα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα. Αυτό συνεπάγεται αύξηση της ιπποδύναμης, η οποία αποδίδεται ομαλότερα, μείωση της κατανάλωσης και αντίστοιχα μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Την ίδια εποχή το σύστημα μεταβλητού χρονισμού βαλβίδων κάνει την εμφάνισή του. Αυτό είναι ένα μηχανικοϋδραυλικό σύστημα το οποίο στην πιο εξελιγμένη του μορφή, με την αύξηση της ταχύτητας λειτουργίας του κινητήρα βυθίζει περισσότερο τις βαλβίδες διαφοροποιώντας λίγο και τον χρονισμό τους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερη «αναπνοή», δηλαδή η μάζα του μίγματος αέρα καυσίμου, εισέρχεται στον κύλινδρο πιο εύκολα και τα καυσαέρια παροχετεύονται πολύ πιο εύκολα στο περιβάλλον. Επίσης μπαίνει μεγαλύτερη ποσότητα αέρα καυσίμου μέσα στον θάλαμο καύσης και ταυτόχρονα γίνεται καλύτερη μίξη του μίγματος αέρα καυσίμου. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά του, είναι ότι αυξάνεται η θερμοδυναμική απόδοση του κινητήρα σε ένα ευρύ φάσμα στροφών, άρα επιτυγχάνεται οικονομία καυσίμου και ταυτόχρονα μεγαλύτερη ισχύς.

Το 1991 η Ευρωπαϊκή ένωση θέτει νέα όρια εκπεμπόμενων καυσαερίων ρύπων από τα αυτοκίνητα. Οι κατασκευαστές υποχρεώνονται στην υιοθέτηση της καταλυτικής τεχνολογίας. Η εν λόγω τεχνολογία για να είναι αποδοτική απαιτεί σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα το οποίο ελέγχει την έναυση των μπουζί και την ποσότητα της βενζίνης, που εισάγεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας μέσα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα. Τα πλεονεκτήματα της καταλυτικής τεχνολογίας είναι η δραστική μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων ρύπων και η οικονομία καυσίμου. Τα μειονεκτήματα αντίστοιχα είναι το υψηλό κόστος και η πολυπλοκότητα.

Την τελευταία δεκαετία οι κατασκευαστές αυτοκινήτου έχουν καταφέρει να εξελίσουν τεχνολογίες οι οποίες βελτιώνουν ακόμα περισσότερο την θερμοδυναμική απόδοση του κινητήρα. Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν αφενός την ποιότητα κατασκευής των κινητήρων, με καλύτερα κράματα, μικρότερες ανοχές εξαρτημάτων, όπως και δυναμικά συστήματα τα οποία συμβάλουν στην αύξηση της θερμοδυναμικής απόδοσης του κινητήρα. Τέτοια συστήματα είναι τα δύο μπουζί στον κύλινδρο, το σύστημα ελέγχου κύματος υποπίεσης

καυσαερίων, το σύστημα άμεσου ψεκασμού καυσίμου και το σύστημα ηλεκτρονικού ψεκασμού ντιζελοκινητήρων, (common rail).

Το σύστημα άμεσου ψεκασμού καυσίμου GDI (Gasoline Direct Injection), ενχύει το καύσιμο μέσα στον θάλαμο καύσης, επιτυγχάνοντας εκπληκτικά επίπεδα ομογενοποίησης του μίγματος αέρα βενζίνης άρα και καλύτερη καύση. Η σχεδόν τέλεια μίξη αέρα καυσίμου συμβαίνει λόγω του πολύ καλού στροβιλισμού του μίγματος που δημιουργείται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δυνατότητα να του κινητήρα να λειτουργεί με πολύ φτωχό μείγμα που κατά περίπτωση μπορεί να φτάσει το 40:1 (δηλαδή 40 μέρη βάρους αέρα και 1 μέρος βάρους βενζίνης). Σε έναν απλό κινητήρα αυτή η αναλογία αυτή μόλις που αγγίζει το 20:1. Το αποτέλεσμα είναι η πολύ καλή θερμοδυναμική απόδοση του κινητήρα και η μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων ρύπων. Τα μειονεκτήματα αντίστοιχα είναι το υψηλό κόστος και η πολυπλοκότητα.

Η θερμοδυναμική απόδοση των τετράχρονων βενζινοκινητήρων βελτιώθηκε θεαματικά με την χρήση του συστήματος ηλεκτρονικού ψεκασμού ντιζελοκινητήρων, (common rail) αντί για το κλασικό σύστημα ψεκασμού καυσίμου με μηχανική αντλία. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού σε σχέση με το κλασικό σύστημα ψεκασμού προκύπτουν, από τον πολύ καλύτερο έλεγχο της ποσότητας της πετρελαίου, που εισάγεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας μέσα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα. Αυτό συνεπάγεται αύξηση της ιπποδύναμης, η οποία αποδίδεται ομαλότερα, μείωση της κατανάλωσης και αντίστοιχα μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Η σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία έχει να επιδείξει πολλά επιτεύγματα στην τεχνολογία του τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα τεχνολογικά άλματα που έγιναν μείωσαν την κατανάλωση καυσίμου και τους εκπεμπόμενους καυσαέριους ρύπους, αλλά αύξησαν το κόστος κατασκευής και την πολυπλοκότητα των κινητήρων. Η επισκευές απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικό εξοπλισμό. Ένα ερώτημα που προκύπτει είναι το αν τα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από την χρήση της νέας τεχνολογίας μειώνουν το λειτουργικό κόστος των οχημάτων.

Αυτό το τμήμα θεωρεί εν συντομία μερικά σημαντικά πρότυπα κατανάλωσης καυσίμων τα οποία χρησιμοποιούνται στα μοντέλα λειτουργικού κόστους οχημάτων. Επίσης προτείνεται ένα πρότυπο κατανάλωσης καυσίμου το οποίο βασίζεται στις δυνάμεις που αντιπάσονται στην κίνηση του οχήματος και στο διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Τέλος γίνεται συγκριτική αξιολόγηση του προτεινόμενου πρότυπου με τα εξεταζόμενα. Τα πρότυπα ομαδοποιούνται σε εμπειρικά και σε μηχανιστικά.

Οποιαδήποτε αλλαγή στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου, τις συνθήκες κυκλοφορίας, ή αλλαγή στην τεχνολογία του οχήματος, θα δημιουργήσει μια αλλαγή στο ποσό της κατανάλωσης των καυσίμων του οχήματος. Επιπλέον, παράμετροι που δεν είναι εύκολα μοντελοποιήσιμοι όπως είναι ο τρόπος οδήγησης έχουν μια επίσης σημαντική επιρροή.

Οι παράγοντες του δρόμου όπου αντιτάσσονται στην κίνηση είναι η κλίση, η τραχύτητα του οδοστρώματος και η ακτίνα στροφής. Για να ποσοτικοποιηθεί ο κάθε ένας από τους ως άνω παράγοντες, χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός.

Ο Sime (2000) περιγράφει ένα πείραμα όπου τέσσερα φορτηγά τα οποία λειτουργούν σε μια διαδρομή δοκιμής πριν και μετά από μια αποκατάσταση ασφαλτοτάπητα. Δεδομένου ότι το συνολικό βάρος του κάθε οχήματος, η ταχύτητα και τα αεροδυναμικά βοηθήματα ήταν τα ίδια, οποιεσδήποτε αλλαγές στην κατανάλωση καυσίμων οφείλονταν στις αλλαγές της τραχύτητας του οδοστρώματος. Παρατηρήθηκε μια μέση μείωση της τάξης του 4,5 τοις εκατό. Παρ' όλο που υπήρξε μια αύξηση της μέσης ταχύτητας του αέρα από 5,6 km/h στα 7,9 km/h. Η τραχύτητα του οδοστρώματος δεν μετρήθηκε, έτσι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου εξ αιτίας της τραχύτητας του οδοστρώματος δεν ήταν δυνατόν να μοντελοποιηθεί.

Οι Hendrik W. du Plessis ο Alex T. Viser και ο Peter Curtayne (2000) μοντελοποίησαν την επίδραση της τραχύτητας του οδοστρώματος στην κατανάλωση καυσίμου. Τα πρότυπα που ανέπτυξαν δείχνουν ότι η κατανάλωση καυσίμου στα επιβατικά οχήματα μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 7% εξ' αιτίας της τραχύτητας του οδοστρώματος και μέχρι 20% στα φορτηγά αυτοκίνητα.

Οι συνθήκες κυκλοφορίας παίζουν μεγάλο ρόλο στην κατανάλωση καυσίμων. Οι δύο κύριοι παράγοντες που επιδρούν είναι η διαφορετική μέση ταχύτητα και ένα μεγαλύτερο επίπεδο διακύμανσης στις ταχύτητες. Στην μέση ταχύτητα επιδρούν και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου όπως και η τραχύτητα του οδοστρώματος.

Οι παράμετροι οι οποίες προσκρούουν στην αντιτιθέμενη κίνηση δύναμης s , των οχημάτων έχουν επίδραση στην ποσότητα καυσίμων που καταναλώνονται. Παράγοντες όπως η μάζα των οχημάτων, η μετωπική επιφάνεια, ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης, η τεχνολογία του κινητήρα, τα ελαστικά αυτοκινήτου (το σχέδιο, η σύσταση του υλικού, η τεχνολογία του σκελετού, οι διαστάσεις και η πίεση του ελαστικού) και η ανάρτηση διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στην ποσότητα των καυσίμων

που καταναλώνονται. Άλλοι παράγοντες, όπως ο τρόπος της οδήγησης, έχουν μια βαθιά επιρροή στο ποσοστό κατανάλωσης καυσίμων.

Ο Elder (1983) διαπίστωσε ότι σε ταχύτητα 80 km/h μια μείωση οκτώ τοις εκατό στην πίεση ελαστικών αυτοκινήτου δημιουργούσε μια αύξηση 2,1 τοις εκατό στην κατανάλωση καυσίμων. Στην Ινδία (Kadiyali 1981) διαπιστώθηκε ότι 80 σε km/h ελαστικά αυτοκινήτου με τεχνολογία radial χρησιμοποίησαν 1,5 τοις εκατό λιγότερα καύσιμα από τα ελαστικά αυτοκινήτου συμβατικής τεχνολογίας.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες διαδραματίζουν επίσης έναν σημαντικό ρόλο στην ποσότητα καυσίμων που καταναλώνονται, για παράδειγμα ένας αντίθετος άνεμος σημαίνει αυξημένη αντίσταση κίνησης. Ο Armstrong (1983) καθόρισε ότι οι μηχανές οι οποίες λειτουργούν σε θερμοκρασίες κάτω από τις προδιαγεγραμμένες από τον κατασκευαστή τους, κατανάλωσαν μέχρι και 60 τοις εκατό παραπάνω καύσιμο.

Η συντήρηση του οχήματος παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση καυσίμου, όπως και στην ρύπανση του περιβάλλοντος.

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι υπάρχουν πολυάριθμοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η κατανάλωση των καυσίμων. Αυτό το κεφάλαιο συζητά τα διάφορα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί για να προβλέψουν την κατανάλωση καυσίμων.

3.1 Περιγραφή των προτύπων κατανάλωσης καυσίμων

3.1.1 Το Σουηδικό πρότυπο VETO

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο Σουηδικό πρότυπο VETO είναι η κατανάλωση καυσίμων, η φθορά των ελαστικών του αυτοκινήτου, οι δαπάνες επισκευής και οι κύριες δαπάνες. Τρεις βασικοί τύποι οχημάτων είναι διαθέσιμοι:

1. Αυτοκίνητο
2. Φορτηγό (στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται και τα οχήματα με συρόμενα πλαίσια)
3. Λεωφορείο

3.1.2 Το Νορβηγικό πρότυπο

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο Νορβηγικό πρότυπο είναι τα καύσιμα, τα ελαστικά του οχήματος η συντήρηση, οι επισκευές, και η οικονομική απαξίωση. Δύο τύποι οχημάτων είναι διαθέσιμοι, αυτοκίνητα και φορτηγά.

Οι μεταβλητές που υπεισέρχονται για τον υπολογισμό των δαπανών των καυσίμων είναι η τραχύτητα του οδοστρώματος, η μέση ωριαία ταχύτητα η οδική γεωμετρία, η επιπεδότητα και το μέσο βάθος ύδατος η χιονιού.

Όσο αφορά τα ελαστικά του αυτοκινήτου εξετάζονται η τραχύτητα ο σχεδιασμός πέλματος και ο τύπος των ελαστικών του αυτοκινήτου

Άλλες δαπάνες μέσα στο σύστημα διαχείρισης πεζοδρομίων περιλαμβάνουν την άνεση, το χρόνο και τα ατυχήματα.

3.1.3 Το Δανικό πρότυπο BELMAN

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στο Δανικό πρότυπο BELMAN είναι τα καύσιμα, τα ελαστικά αυτοκινήτου, και η συντήρηση. Υπεισέρχονται δύο τύποι οχημάτων, τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά.

Μεταβλητές εκτός από την τραχύτητα του οδοστρώματος δεν περιγράφηκαν στις διαθέσιμες πληροφορίες.

Άλλες δαπάνες οδικών χρηστών δεν συμπεριλαμβάνονται ..

3.1.4 Το Ουγγρικό πρότυπο

Το πρότυπο υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων στην Ουγγαρία έχει επινοηθεί από τον (Vasarhelyi 1997). Αυτό το πρότυπο είναι ένα από εκείνα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των οδικών σχεδίων στην Ουγγαρία. Συνήθως αυτά τα πρότυπα υπολογίζονται χωρίς ταχύτητες ταξιδιού. Ο πληθωρισμός σ' αυτή τη χώρα είναι της τάξης του 30% ανά έτος, κατά συνέπεια τα πραγματικά κόστη δεν υπολογίζονται.

Η κατανάλωση καυσίμων θεωρείται σταθερή σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.1.4 κατανάλωση καυσίμων σύμφωνα με το Ουγγρικό πρότυπο

	Αυτοκίνητο	Φορτηγό	Λεωφορείο
Κατανάλωση καυσίμων (liter/100km)	7,6	21.0	33.0

Πρέπει να σημειωθεί ότι το ποσοστό πληθωρισμού είναι υψηλό και η σύνθεση του στόλου των οχημάτων αλλάζει πολύ γρήγορα. Αυτό σημαίνει ότι οι λειτουργικές δαπάνες είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Φαίνεται ότι αυτός ο τύπος πινάκων χρησιμοποιείται κατά την αξιολόγηση του VOC, από το τμήμα διαχείρισης και συντήρησης εθνικών οδών της Ουγγαρίας.

Ένα δεύτερο πρότυπο έχει αναπτυχθεί πρόσφατα στην Ουγγαρία από τον Mocsari (1998). Το πρότυπο είναι βασισμένο Στο μοντέλο του Voros (1994). Συνήθως (στην Ουγγαρία) τα πρότυπα υπολογίζονται χωρίς ταχύτητες ταξιδιού. Αντίθετα σε αυτό το μοντέλο το κύριο μέρος του κόστους, είναι υπολογισμένο με βάση την ταχύτητα.

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται σε αυτό το πρότυπο είναι το κόστος των καυσίμων και οι δαπάνες οι οποίες δεν προέρχονται από τα καύσιμα.

α.) οι σχετικές με τα καύσιμα δαπάνες (περιλαμβάνουν το πετρέλαιο ή την βενζίνη, τα ελαστικά του αυτοκινήτου και την συντήρηση). Για τις non-fuel δαπάνες οι σχετικές με την απόσταση δαπάνες υπολογίζονται από τη μέση ετήσια απόσταση σε μίλια.

β.) οι σταθερές δαπάνες (περιλαμβάνουν την υποτίμηση, την ασφάλεια, τους φόρους).

Για τις δαπάνες των καυσίμων υπάρχουν διαφορετικοί τύποι σχέσεων ανάλογα με τον τύπο του δρόμου. (αυτοκινητόδρομος, δρόμος κατηγορίας I., II.), τύπος οχημάτων (επιβατικό αυτοκίνητο, λεωφορείο, φορτηγό), τον τύπο του περιβάλλοντος (αγροτικός δρόμος, χωριό, ενσωματωμένη πόλη, μικρή πόλη, μεγάλη πόλη, Βουδαπέστη), και την επιπεδότητα.

Παράδειγμα:

οδικός τύπος: αυτοκινητόδρομος

τύπος οχημάτων: επιβατικό αυτοκίνητο
τύπος περιβάλλοντος: αγροτικός δρόμος επίπεδος

$$C = (0,0006 V - 0,0482 V + 5,34) q$$

Το q περιέχει το κόστος των καυσίμων, συνήθως με τους φόρους.

Όπου:

C: κόστος σε HUF/100 χλμ ανά όχημα
Q: κόστος των καυσίμων (HUF/liter)
V: ταχύτητα (km/h)

3.1.5 Το Γαλλικό πρότυπο

Αυτό το είδος προτύπου προσαρμόζεται επίσης και χρησιμοποιείται σε χώρες όπως η Τυνησία και το Μαρόκο (Danzanvilliers 1998). Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο Νορβηγικό πρότυπο είναι τα καύσιμα, η συντήρηση και η υποτίμηση. Διακρίνονται δύο τύποι οχημάτων τα LV (ελαφριά οχήματα) και τα HV (βαριά οχήματα).

Η κατανάλωση καυσίμων υπολογίζεται με βάση το πρότυπο INRETS που αναπτύσσεται στη δεκαετία του '80 οποίος λαμβάνει υπόψη την ταχύτητα και την κλίση του δρόμου.

3.1.6 Το Φινλανδικό πρότυπο FINVOC

Το πρότυπο FINVOC περιλαμβάνει δύο βασικές παραμέτρους:

1. Το κόστος των καυσίμων
2. Το κόστος που δεν προέρχεται από τα καύσιμα το οποίο θεωρείται συνάρτηση της απόστασης που διανύεται σε μίλια και του χρόνου οδήγησης.

Η γενική εξίσωση που δίνει το λειτουργικό κόστους οχημάτων είναι

$$C = A/2 + (v_0 / \beta * A/2) + (p/p_0 * B)$$

Όπου

C λειτουργικό κόστος οχημάτων

A	δαπάνες που διαιρούνται σε δύο μέρη: στην απόσταυπολογίζεται σε μίλια και στον χρόνο οδήγησης
B	κόστος κατανάλωσης καυσίμων
v_0	ταχύτητα αναφοράς (km/h) που λαμβάνεται ως 80km/h για το ελαφρύ όχημα και 70km/h για τα βαριά οχήματα.
β	μέση ταχύτητα στις ελεύθερες συνθήκες
ρ	κατανάλωση καυσίμων (lt/100 χλμ)
ρ_0	μέση κατανάλωση καυσίμων (lt/100 χλμ)

Έχουν επιλεχθεί έξι τύποι οχημάτων, μερικοί από τους τύπους οχημάτων ομαδοποιήθηκαν για να δώσουν γενικές τιμές για τα ελαφριά και τα βαριά οχήματα.

Οι παράμετροι του πρότυπου είναι η μέση κατανάλωση καυσίμων και η κατανάλωση καυσίμων που βασίζεται στη μέση ταχύτητα και στην μείωση της ταχύτητας λόγω της κυκλοφοριακής ροής.

Η ταχύτητα του οχήματος περιορίζεται από το όριο ταχύτητας, το πλάτος του δρόμου, την μέση κυρτότητα του δρόμου, το ποσοστό των βαριών οχημάτων, τον αριθμό συνδέσεων ανά χλμ, την ωριαία κυκλοφοριακή ροή (veh/h), την επιπεδότητα Hilliness (m/km), και τέλος τον αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας.

άλλες δαπάνες των οδικών χρηστών υπολογίζονται χωριστά.

3.1.7 Το πρότυπο RIMES

Στο μοντέλο RIMES δεν υπολογίζεται άμεσα η κατανάλωση καυσίμων. Υπολογίζεται η ταχύτητα η οποία εξαρτάται από την τραχύτητα του οδοστρώματος και από τον τύπο του οχήματος.

$$\text{Speed (V)} = a - b R$$

Όπου:

V	η ταχύτητα του οχήματος σε km / h
a, b	συντελεστές οι οποίοι εξαρτώνται από τον τύπο του οχήματος και την κλάση του δρόμου
R	η κατάσταση του οδοστρώματος IRI (m/km)

Στην συνέχεια υπολογίζεται το κόστος της καλυπτόμενης απόστασης

$$\text{Distance cost DC} = \alpha + \beta \max (R - 3.0, 0) + \gamma \max (R - R_1, 0)$$

Όπου:

DC	το κόστος της καλυπτόμενης απόστασης
α, β, γ	συντελεστές οι οποίοι εξαρτώνται από τον τύπο του οχήματος
R1	η κατάσταση του οδοστρώματος IRI (m/km)

3.1.8 Το Αγγλικό πρότυπο COBA

Στο πρότυπο COBA το οποίο χρησιμοποιείται στην Αγγλία η κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται ως εξής:

$$C = a + b * V + c * V$$

Όπου:

C	το κόστος της κατανάλωσης καυσίμου σε πένες ανά χιλιόμετρο
a, b, και c	είναι συντελεστές που διαφοροποιούνται για κάθε κατηγορία οχήματος
V	η μέση ταχύτητα εκφρασμένη σε χιλιόμετρα ανά ώρα

Όπως φαίνεται από την ως άνω σχέση οι κύριες παράμετροι είναι η μέση ωριαία ταχύτητα και η κατηγορία του οχήματος.

3.1.9 Το Αγγλικό πρότυπο HEN 2

Σύμφωνα με το πρότυπο HEN 2 η κατανάλωση καυσίμων προσδιορίζεται από την σχέση:

$$C = (a+b/V+cV^2) (1+mH+nH^2)$$

όπου

C	το κόστος κατανάλωσης καυσίμου ανά χιλιόμετρο (σε Αγγλικές πένες)
V	η μέση ωριαία ταχύτητα (km/h)
H	το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας, σε m
a, d, c, n, m	παράμετροι οι οποίοι είναι διαφορετικοί για κάθε κατηγορία οχημάτων

Στο πρότυπο HEN 2 χρησιμοποιούνται πέντε κατηγορίες οχημάτων

1.	Car	αυτοκίνητο
2.	LGV Light Good Vehicle	ελαφρύ φορτηγό

3.	OGV1 Other Goods Vehicle Rigid, under 25 tonnes	φορτηγό μέχρι 25 τόνους
4.	OGV2 Other Goods Vehicle Artic/Rigid, over 25 tonnes	φορτηγό πάνω από 25 τόνους
5.	PSV Public Service Vehicle	όχημα δημόσιας χρήσης

Όπως φαίνεται από την ως άνω σχέση οι κύριες παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρότυπο HEN 2 είναι η μέση ωριαία ταχύτητα, η κατηγορία του οχήματος και το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας.

Το πρότυπο HEN 2 σε σχέση με το πρότυπο COBA, χρησιμοποιεί πέντε αντί για τρεις κατηγορίες οχημάτων και επιπλέον σαν παράμετρος υπεισέρχεται και το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας.

3.1.10 Το Καναδικό πρότυπο PVOC

Ενώ το ακόλουθο πρότυπο δεν είναι ευρωπαϊκό, συμπεριλαμβάνεται, διότι θεωρείται ιδιαίτερα σχετικό στην προσέγγισή του όσον αφορά στην μοντελοποίηση του λειτουργικού κόστους οχημάτων (VOC).

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο Καναδικό πρότυπο είναι η κατανάλωση καυσίμων, τα ελαστικά του αυτοκινήτου, η συντήρηση και η επισκευή, η κατανάλωση λαδιού, η υποτίμηση του κεφαλαίου, η άδεια οδήγησης και η ασφάλεια.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την κατανάλωση καυσίμων είναι:

Η αντίσταση κύλισης των οχημάτων όπου εξαρτάται από τον συντελεστή της αντίστασης κύλισης, και τον συντελεστή του βάρους του οχήματος,

Ο συντελεστής της τραχύτητας του οδοστρώματος (που συσχετίζεται με τον παρόντα δείκτη χρησιμότητας AASHTO).

Η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος η οποία εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, τον συντελεστή της αεροδυναμικής οπισθέλκουσας, την μετωπική επιφάνεια του οχήματος και την ταχύτητα του οχήματος

Η συνολική μηχανική αποδοτικότητα η οποία εξαρτάται από τον βαθμό θερμοδυναμικής απόδοσης του κινητήρα, από τον βαθμό της μηχανικής απόδοσης του συστήματος μετάδοσης κίνησης.

$$\text{Fuel} = R_{\text{total}} / I_{\text{total}} * E_{\text{cf}}$$

Όπου:

Fuel	η κατανάλωση καυσίμου lt/100km
R total	η συνολική αντιτασόμενη δύναμη στην κίνηση του οχήματος (N)
I total	η συνολική μηχανική αποδοτικότητα
Ecf	η ενέργεια που αποδίδει το ένα λίτρο καυσίμου σε (kj/lt) κατά την καύση του

$$R_{\text{total}} = R_{\text{roll}} + R_{\text{drag}}$$

Όπου:

R total	η συνολική αντιτασόμενη δύναμη στην κίνηση του οχήματος (N)
R roll	η αντιτασόμενη δύναμη στην κύλιση του οχήματος (N)
R drag	η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος

$$R_{\text{roll}} = C_r * W_{\text{vehicle}} * K_r * K_s$$

Όπου:

R roll	η αντιτασόμενη δύναμη στην κύλιση του οχήματος (N)
C_r	συντελεστής αντίστασης κύλισης
W_{vehicle}	το βάρος του οχήματος (N)
K_r	συντελεστής τραχύτητας του οδοστρώματος
K_s	συντελεστής σκληρότητας του οδοστρώματος

$$R_{\text{drag}} = 0,5 * r * C_d * A * V^2$$

Όπου:

R drag	η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος
r	η πυκνότητα του αέρα (kg/m ³)
C_d	συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης
A	μετωπική επιφάνεια του οχήματος (m ²)
V	η σχετική ταχύτητα του οχήματος ως προς τον αέρα (km/h)

$$r = 1,225 * (1 - 2,26 \text{ elev} * 10^{-5})^{4.22}$$

Όπου:

r	η πυκνότητα του αέρα (kg/m ³)
elev	το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)

Στο πρότυπο PVOC σε σχέση με το πρότυπο HEN 2, υπεισέρχονται παράμετροι όπως η αντίσταση κύλισης του οχήματος, ο συντελεστής της τραχύτητας του οδοστρώματος, η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος και η συνολική μηχανική αποδοτικότητα.

3.1.11. Το Ναμιμπιανό πρότυπο

Το μοντέλο λειτουργικού κόστους της Ναμίμπια εξετάζεται διότι είναι βασισμένο στην Βραζιλιανή μελέτη HDM 3

Ο μαθηματικός τύπος που δίνει την κατανάλωση καυσίμου στηρίζεται στις βασικές αρχές της κινηματικής. Για να κινηθεί ένα όχημα απαιτείται ισχύς, η οποία αναλώνεται στις δυνάμεις όπου αντιτάσσονται στην κίνηση του οχήματος. Η ισχύς παράγεται από την χημική ενέργεια των καυσίμων. Κατά συνέπεια, με την ποσοτικοποίηση του μεγέθους των δυνάμεων αυτών, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων.

$$F = P_1 + P_2 / V + P_3 * V^2 + P_4 * G$$

Όπου:

F	η κατανάλωση καυσίμου σε ml/km
P₁	συντελεστής κύλισης
P₂	συντελεστής ο οποίος συσχετίζεται με την κατανάλωση καυσίμου στο ρελαντί
V	η ταχύτητα του οχήματος σε m/s
P₃	συντελεστής αεραντίστασης
P₄	συντελεστής κλίσης του οδοστρώματος
G	η κλίση του οδοστρώματος

Στο πρότυπο της Ναμίμπια σε σχέση με το πρότυπο PVOC HEN 2, υπεισέρχεται η παράμετρος της κατανάλωσης κατανάλωση καυσίμου στο ρελαντί.

3.1.12 Το πρότυπο HDM 4 VOC

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρότυπο HDM 4 είναι η κατανάλωση καυσίμων, η κατανάλωση λιπαντικού λαδιού, η φθορά των ελαστικών του

αυτοκινήτου, η συντήρηση, το κόστος του κεφαλαίου (δηλ., υποτίμηση και επιτόκια) το κόστος πληρώματος και τέλος τα γενικά έξοδα.

Η ταχύτητα στο πρότυπο HDM -4 υπολογίζεται ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών των οχημάτων, της οδικής γεωμετρίας, της κατάστασης της οδικής επιφάνειας, και της επιθυμητής ταχύτητας στην οποία ένα όχημα υποτίθεται ότι τρέχει σε συνθήκες ελεύθερης ροής, Watanatada, και λοιποί (1987).

Ο καθορισμός της ταχύτητας υπολογισμών γίνεται με την χρήση της ακόλουθης εξίσωσης:

$$VSS = \min (V_{DRIVE}, V_{BRAK}, V_{CURVE}, V_{ROUGH}, V_{DISIRE},)$$

Όπου:

VSS	η ταχύτητα υπολογισμών σε m/s
V _{DRIVE}	η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα σε m/s
V _{BRAKE}	η μέγιστη ταχύτητα την οποία μπορεί να αναπτύξει το όχημα έτσι ώστε να μπορεί να σταματήσει έγκαιρα με ασφάλεια σε m/s
V _{CURVE}	η μέγιστη ταχύτητα την οποία μπορεί να αναπτύξει το όχημα στις στροφές του δρόμου σε m/s
V _{ROUGH}	η μέγιστη ταχύτητα την οποία μπορεί να αναπτύξει το όχημα η οποία εξαρτάται από την τραχύτητα του οδοστρώματος σε m/s
V _{DISIRE}	η ταχύτητα με την οποία επιθυμεί να κινείται ο οδηγός του οχήματος σε m/s

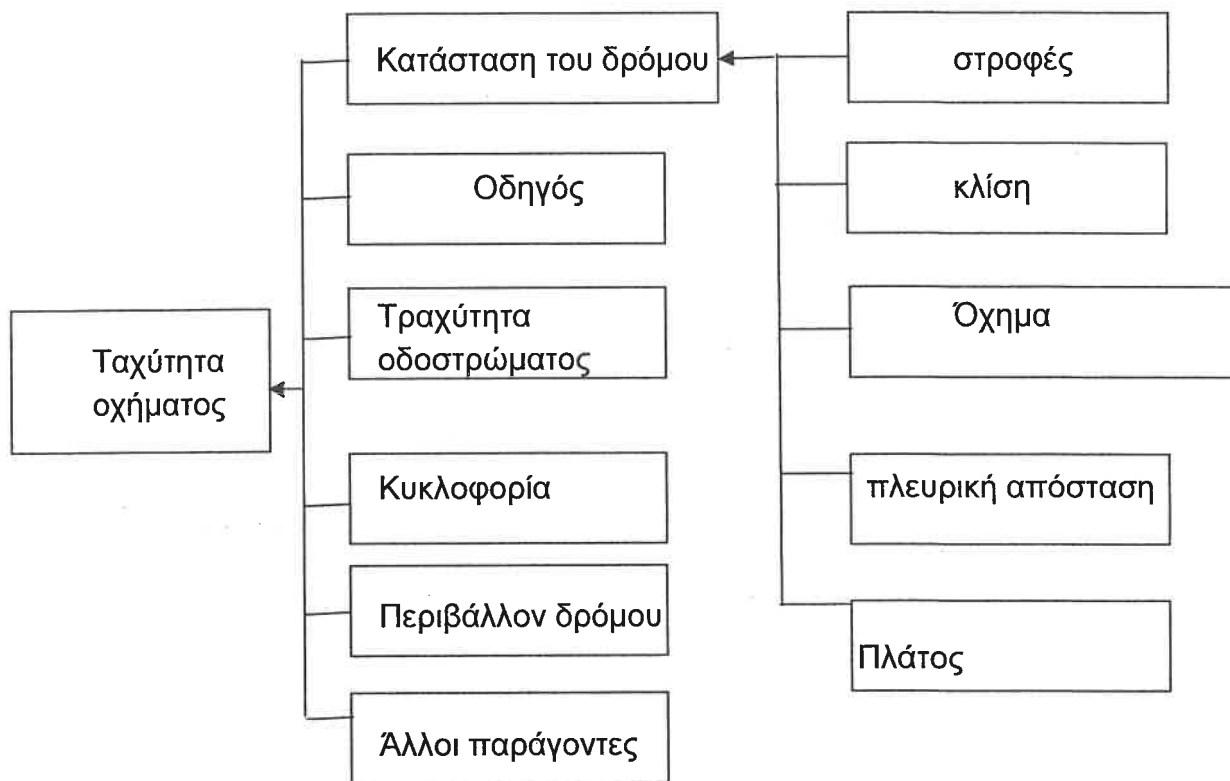
$$VSS = \exp (\sigma^2 / 2) / (V_{DRIVE}^{1/\beta} + V_{BRAK}^{1/\beta} + V_{CURVE}^{1/\beta} + V_{ROUGH}^{1/\beta} + V_{DISIRE}^{1/\beta})$$
$$VSS = \min (V_{DRIVE}, V_{BRAK}, V_{CURVE}, V_{ROUGH}, V_{DISIRE},)$$

Όπου

σ και β είναι δύο συντελεστές δανεισμένοι από την βραζιλιανή μελέτη υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα

Σχήμα 3.1.12 παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα



η κατανάλωση καυσίμου είναι ανάλογη με τις ανάγκες ισχύος του κινητήρα και μπορεί να αποδοθεί με την ακόλουθη εξίσωση:

$$IFC = \max (FC \min, \xi P_{tot} * (1 + d_{FUEL}))$$

Όπου:

IFC	η στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου σε ml / s
FC	η ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου σε ml / s
ξ	η απόδοση καυσίμου σε ισχύ σε ml / kw / s
P_{tot}	η συνολική απαιτούμενη ισχύς σε kw
d_{FUEL}	η επιπρόσθετη κατανάλωση εξ αιτίας της επιτάχυνσης σε kw

$$P_{tot} = P_{tr} / \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad \text{if } P_{tr} \geq 0$$

$$P_{tot} = P_{tr} * \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad \text{if } P_{tr} < 0$$

Όπου:

P _{tot}	η συνολική απαιτούμενη ισχύς σε kw
P _{tr}	η απαιτούμενη ελκτική ισχύς σε kw
ed _t	ο συντελεστής της αντίστασης κύλισης
P _{accs}	η απαιτούμενη ισχύς για την λειτουργία των βοηθητικών μηχανισμών του οχήματος σε kw
P _{eng}	η συνολική απαιτούμενη ισχύς που καταναλώνεται για την κίνηση των μηχανικών μερών του κινητήρα σε kw

$$dFUEL = (FC_{CONG} / FC_{STEADY}) - 1$$

Όπου:

D _{fuel}	είναι η επιπρόσθετη κατανάλωση εξ αιτίας της επιτάχυνσης σε kw
FC _{CONG}	είναι η κατανάλωση καυσίμου σε ml / km
FC _{STEADY}	είναι η κατανάλωση καυσίμου όταν το όχημα έχει σταθερή ταχύτητα σε ml / km

3.1.13 Το πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης στο πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. είναι η μέση κλίση της οδού, ο τύπος του οχήματος και η μέση ταχύτητα ελαφρών οχημάτων ανά κατεύθυνση.

Το πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. εξετάζει την κατανάλωση διαφορετικά για τα ελαφριά και για τα βαρέα οχήματα. Ελαφρά οχήματα θεωρούνται αυτά που το μικτό τους βάρος είναι μέχρι 3,5 τόνους, ενώ βαριά οχήματα θεωρούνται αυτά που το μικτό τους βάρος είναι μεγαλύτερο των 3,5 τόνων.

Ελαφρά οχήματα (μέχρι 3,5 τόνους)

$$B_p = (100 / v^{0,7} + 0,59 * e^{(0,017*v)} - 0,3) * e^{((9,7 - ((v-120)^2)/1950)) * (0,015 + s/100)}$$

Όπου:

B _p	είναι η κατανάλωση
s	είναι η μέση κλίση της οδού
v	είναι η μέση ταχύτητα ελαφρών οχημάτων ανά κατεύθυνση

Βαριά οχήματα (άνω των 3,5 τόνων)

$$B_{pv} = (57 / v^{0,4} + 1,3 * e^{(0,02*v)} - 2,8) * e^{((21 - ((v-80)^2)/471)) * (0,008 + s/100)}$$

Όπου:

$B_{ρν}$ είναι η κατανάλωση
 s είναι η μέση κλίση της οδού
 v είναι η μέση ταχύτητα ελαφρών οχημάτων ανά κατεύθυνση

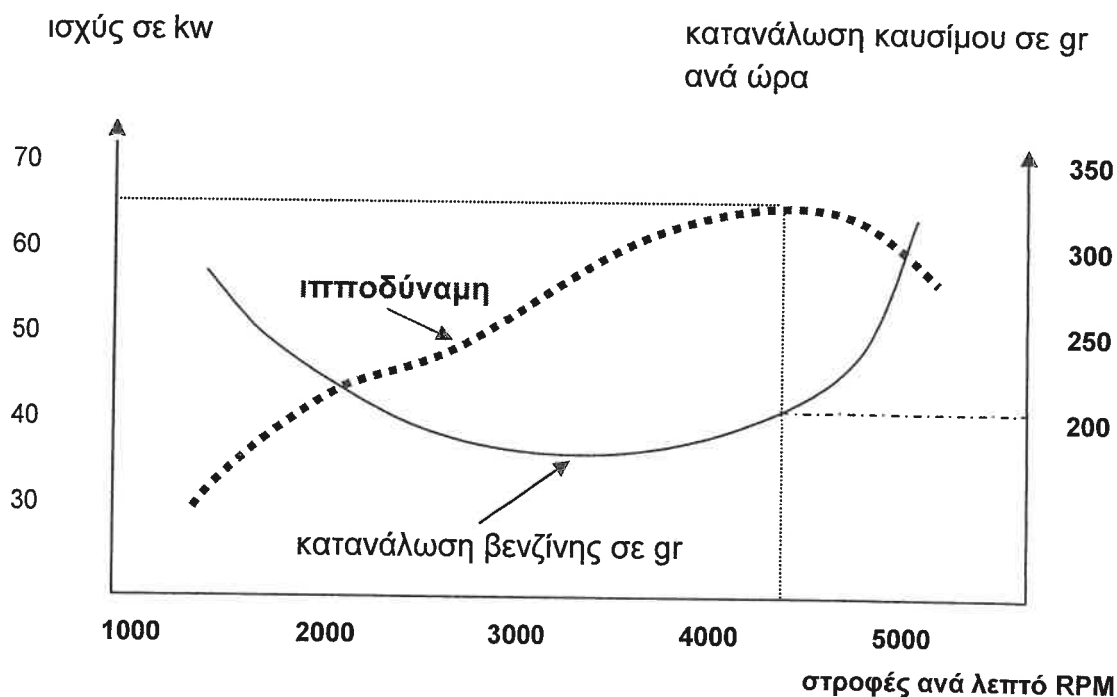
3.1.14 Προτεινόμενο πρότυπο υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου

Για να κινηθεί ένα όχημα απαιτείται ισχύς, η οποία αναλώνεται στις δυνάμεις όπου αντιστέκονται στην κίνηση του οχήματος. Η ισχύς παράγεται από την χημική ενέργεια των καυσίμων. Κατά συνέπεια, με την ποσοτικοποίηση του μεγέθους των δυνάμεων αυτών, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων.

Γνωρίζοντας την ισχύ που απαιτείται από τον κινητήρα ενός οχήματος, μπορεί να προσδιοριστεί η κατανάλωση καυσίμων. Αυτό γίνεται ως εξής, κάθε κινητήρας εσωτερικής καύσης χαρακτηρίζεται από ένα διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Το διάγραμμα αυτό προσδιορίζει την κατανάλωση του καυσίμου σε γραμμάρια, για κάθε kw ισχύος που αποδίδει στην διάρκεια μιας ώρας στο εύρος των στροφών λειτουργίας του.

Σχήμα 3.1.14.1

Διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου



στο σχήμα 3.1.14.1 φαίνεται ότι όταν ο κινητήρας λειτουργεί στις 4.400 RPM μπορεί να αποδώσει μέχρι 65 kw ισχύος. Όπως φαίνεται από το σχήμα σε αυτόν τον ρυθμό περιστροφής ο κινητήρας καταναλώνει 205 gr καυσίμου για κάθε kw που παράγει στην διάρκεια μιάς ώρας. Δηλαδή η κατανάλωση θα είναι:

$$65 \text{ kw} * 0,205 \text{ kg} = 13,325 \text{ kg καυσίμου}$$

Ας σημειωθεί ότι όταν ο κινητήρας περιστρέφεται σε αυτήν την ταχύτητα μπορεί να αποδώσει μέχρι 65 kw ισχύος, αυτό σημαίνει ότι στις 4.400 RPM ο κινητήρας μπορεί να αποδώσει και μικρότερη ισχύ.

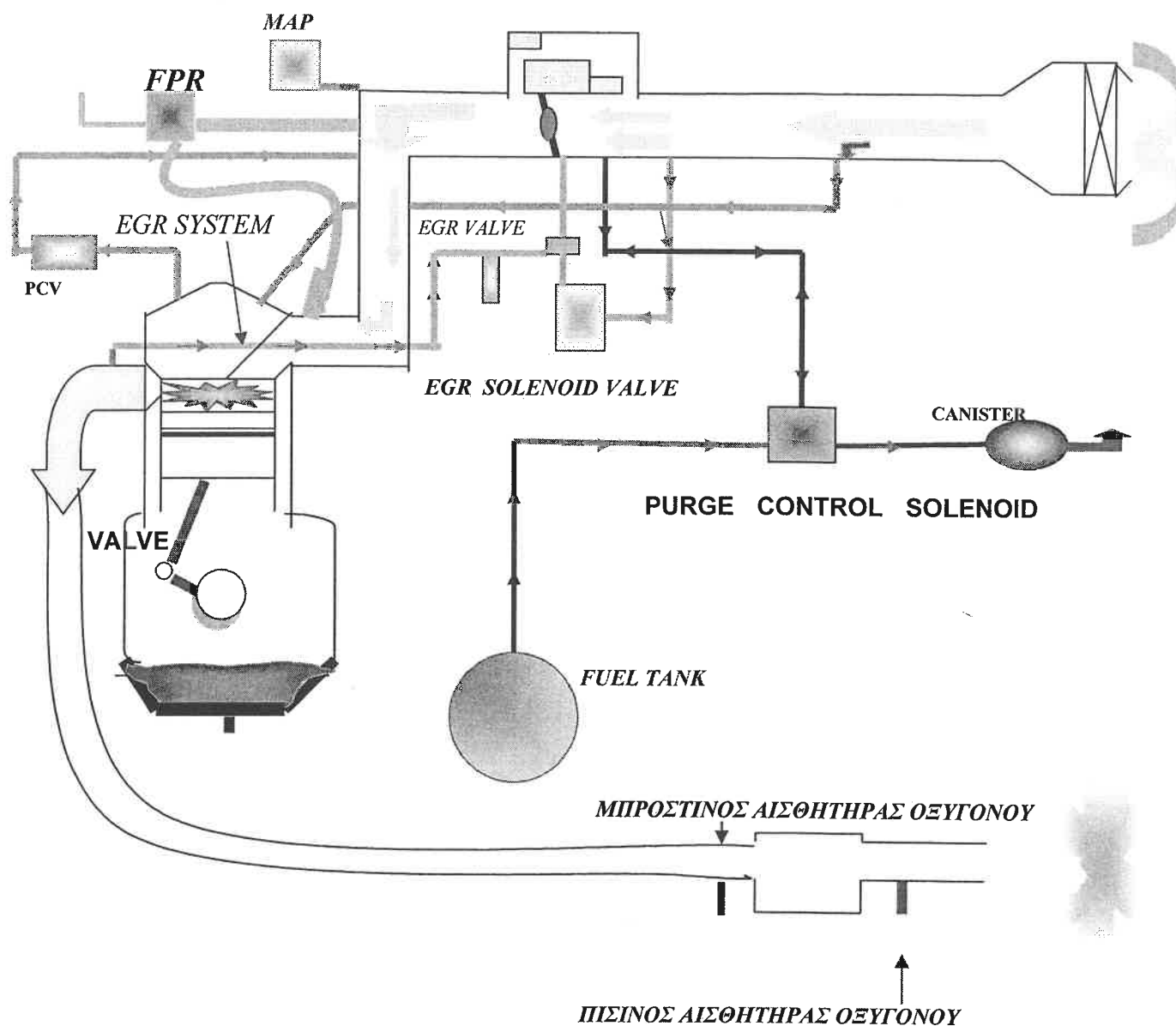
Κάθε κινητήρας έχει διαφορετική ειδική κατανάλωση, η οποία εξαρτάται από την θερμοδυναμική του απόδοση. Η θερμοδυναμική απόδοση ενός κινητήρα είναι άμεσα εξαρτώμενη από τις εξής παραμέτρους:

1. την διάμετρο και την διαδρομή των εμβόλων του. Οι υποτετράγωνοι θάλαμοι καύσης είναι αυτοί όπου το έμβολο διανύει μεγαλύτερη διαδρομή απ' ότι είναι η διάμετρός του. Οι υποτετράγωνοι θάλαμοι καύσης κατά κανόνα δίνουν ροπή στο φάσμα των χαμηλών στροφών λειτουργίας του κινητήρα και χαμηλή κατανάλωση καυσίμου θυσιάζοντας μέρος της ιπποδύναμης.
2. Το σύστημα τροφοδοσίας του κινητήρα (καρμπυρατέρ, σύστημα ψεκασμού καυσίμου injection, σύστημα άμεσου ψεκασμού καυσίμου Gasoline Direct Injection, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου με μηχανική αντλία πετρελαίου και τέλος ηλεκτρονικό σύστημα τροφοδοσίας πετρελαίου, Common Rail)

Κοντά στα τέλη της δεκαετίας του 80 η θερμοδυναμική απόδοση των τετράχρονων βενζινοκινητήρων βελτιώθηκε θεαματικά με την χρήση του συστήματος ψεκασμού καυσίμου, (injection) αντί για καρμπυρατέρ. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού σε σχέση με το καρμπυρατέρ προκύπτουν, από τον πολύ καλύτερο έλεγχο της ποσότητας της βενζίνης, που εισάγεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας μέσα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα. Αυτό συνεπάγεται αύξηση της ιπποδύναμης, η οποία αποδίδεται ομαλότερα, μείωση της κατανάλωσης σε ένα επίπεδο της τάξης του 20% και αντίστοιχα μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Το μειονέκτημα του συστήματος ψεκασμού καυσίμου είναι η πολυπλοκότητά του. Στα επόμενα σχήματα (σχήμα 3.1.14.2 και σχήμα 3.1.14.3) είναι εμφανής η πολυπλοκότητα ενός κινητήρα με σύστημα ψεκασμού καυσίμου.

Σχήμα 3.1.14.2 Σύγχρονος κινητήρας με σύστημα ψεκασμού καυσίμου



FPR fuel pressure regulator
Ρυθμιστής πίεσης καυσίμου

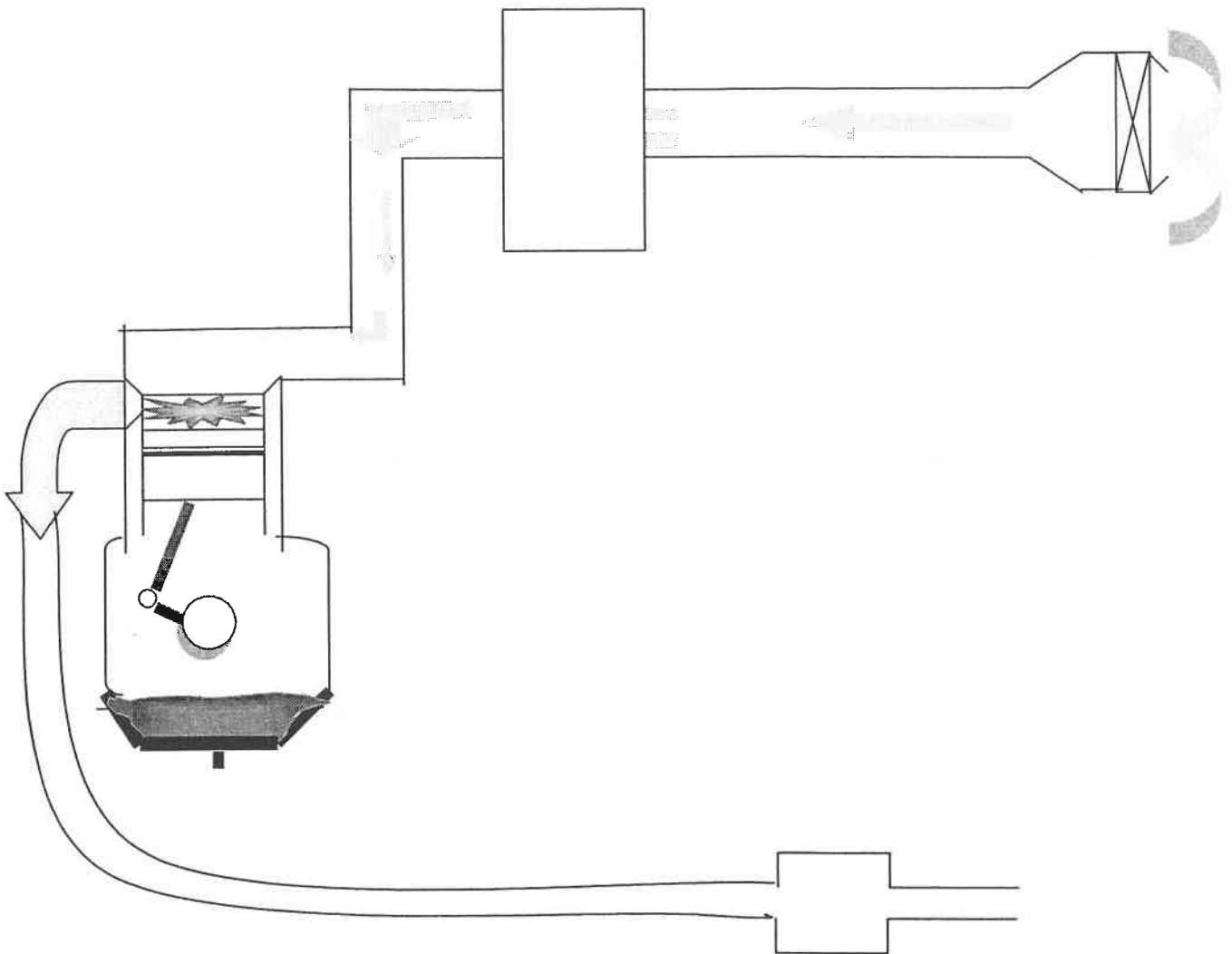
MAP manifold air pressure
Αισθητήρας υποπίεσης εισαγωγής

PCV positive control valve
Βαλβίδα σλέγχου ανθυμιάσεων
εκκεντροφόρου

EGR exhaust gas recirculation
Σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίων

«λ» αισθητήρας οξυγόνου

Σχήμα 3.1.14.3 κινητήρας με καρμπυρατέρ



Το σύστημα άμεσου ψεκασμού καυσίμου GDI (Gasoline Direct Injection), ενχύνει το καύσιμο μέσα στον θάλαμο καύσης, επιτυγχάνοντας εκπληκτικά επίπεδα ομογενοποίησης του μίγματος αέρα βενζίνης άρα και καλύτερη καύση. Η σχεδόν τέλεια μίξη αέρα καυσίμου συμβαίνει λόγω του πολύ καλού στροβιλισμού του μίγματος που δημιουργείται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δυνατότητα να του κινητήρα να λειτουργεί με πολύ φτωχό μείγμα που κατά περίπτωση μπορεί να φτάσει το 40:1 (δηλαδή 40 μέρη βάρους αέρα και 1 μέρος βάρους βενζίνης). Σε έναν κινητήρα του οποίου το σύστημα τροφοδοσίας είναι τύπου injection αυτή η αναλογία αυτή μόλις που αγγίζει το 20:1. Το αποτέλεσμα είναι η πολύ καλή θερμοδυναμική απόδοση του κινητήρα που συνεπάγεται μια μικρότερη κατανάλωση κατά περίπου 12% σε

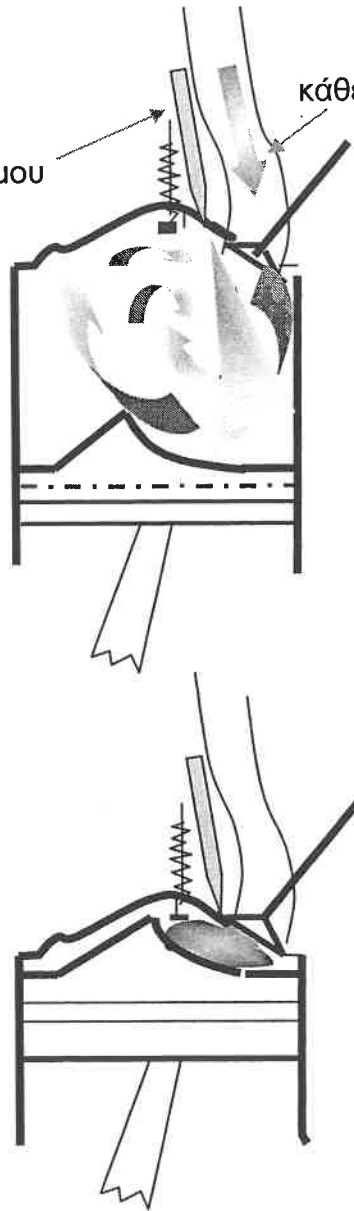
σχέση με έναν κινητήρα με σύστημα απλού ψεκασμού καυσίμου. και η μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων ρύπων. Τα μειονεκτήματα αντίστοιχα είναι το υψηλό κόστος και η πολυπλοκότητα.

Σχήμα 3.1.14.4 σύστημα άμεσου ψεκασμού καυσίμου Το νέο σχήμα των εμβόλων αυξάνει τον στροβιλισμό μέσα στον χώρο καύσης.

GDI

Ψεκαστήρας καυσίμου

κάθετη ροή αέρα



Στο δεύτερο μισό της καύσης τα έμβολα συγκεντρώνουν το μίγμα κοντά στο μουζί.

Το σύστημα ηλεκτρονικού ψεκασμού ντιζελοκινητήρων, (common rail) χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στους πετρελαιοκινητήρες, προσφέροντας οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου, απλότητα, πολύ μικρή συντήρηση και σχεδόν επίπεδη καμπύλη ροπής. Η οικονομία καυσίμου σε ορισμένα συστήματα φτάνει και το 30%, σε σχέση με τα συστήματα τροφοδοσίας τα οποία χρησιμοποιούν μηχανική αντλία πετρελαίου.

3. Το σύστημα έναυσης καυσίμου. Στα μέσα της δεκαετίας του 80 η κατανάλωση καυσίμου περιορίστηκε αρκετά με την χρήση του ηλεκτρονικού συστήματος ανάφλεξης καυσίμου. Το σύστημα αυτό προσέφερε καλύτερο έλεγχο της καύσης του αέριου μίγματος αέρα βενζίνης, μεγαλύτερη ιπποδύναμη, σταθερότητα στην απόδοσή του και μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με το παραδοσιακό σύστημα των πλατινών.

Η θερμοδυναμική απόδοση ενός κινητήρα άρα και η κατανάλωσή του, είναι έμμεσα εξαρτώμενη από πολλές παραμέτρους όπως είναι:

1. το σύστημα εισαγωγής αέρα (οι ατμοσφαιρικοί βενζινοκινητήρες είναι πολύ πιο οικονομικοί σε σχέση με τους στροβιλοσυμπιεζόμενους, (turbo) αντίθετα οι ατμοσφαιρικοί πετρελαιοκινητήρες είναι λιγότερο οικονομικοί σε σχέση με τους στροβιλοσυμπιεζόμενους πετρελαιοκινητήρες.
2. το σύστημα απαγωγής καυσαερίων.
3. ο αριθμός των βαλβίδων που υπάρχουν σε κάθε κύλινδρο, οι δύο βαλβίδες ανα κύλινδρο αποδεικνύονται πιο οικονομικές σε σχέση με τις τρεις, τέσσερις, πέντε ή και οκτώ βαλβίδες ανα κύλινδρο (HONDA NR 750).
4. οι κατασκευαστικές ανοχές του κινητήρα, οι μικρές ανοχές εξυπηρετούν την μικρότερη κατανάλωση
5. τα υλικά με τα οποία είναι κατασκευασμένος ο κινητήρας, ελαφρότερα κινούμενα μέρη.
6. το σύστημα ψύξης του κινητήρα, οι αερόψυκτοι κινητήρες είναι πιο ενεγοβόροι από τους υδρόψυκτους κινητήρες.
7. η συμπίεση, όσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση ενός κινητήρα τόσο μεγαλύτερη είναι η και θερμοδυναμική του απόδοση.
8. η ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα, μικρή ταχύτητα συνεπάγεται λίγες τριβές και χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.

Η θερμοδυναμική απόδοση ενός κινητήρα εξαρτάται από πολλές άλλες παραμέτρους οι οποίες παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον. Εξετάζοντας τα

τεχνικά χαρακτηριστικά ενός κινητήρα είναι δυνατόν να έχουμε μια εικόνα για την αποδοσή του καθώς και για την κατανάλωση καυσίμου. Μια ολοκληρωμένη άποψη μπορεί να σχηματιστεί μόνο με το διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

Η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα υπολογίζεται ως εξής (HDM 4):

$$P_{tot} = P_{tr} + P_{accs} + P_{eng}$$

Όπου:

P_{tot}	η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα σε kW
P_{tr}	η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών (kW)
P_{accs}	η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσουν οι διάφοροι βοηθητικοί μηχανισμοί του οχήματος π.χ. υδραυλικό τιμόνι, σύστημα κλιματισμού, κλπ. σε kW
P_{eng}	η μηχανική ισχύς που αναλώνεται για την κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του κινητήρα π.χ. σύστημα κίνησης εκκεντροφόρων, σύστημα περιστροφής τριφασικής εναλλασσόμενης γεννήτριας κλπ.

Δεδομένου ότι κατά την λειτουργία του συστήματος μετάδοσης κίνησης δημιουργούνται τριβές, είναι επόμενο να αναλώνεται ισχύς για την κίνησή του. Αυτό οδηγεί στις ακόλουθες εξισώσεις οι οποίες προβλέπουν το σύνολο της απαιτούμενης ισχύος:

$$P_{1tot} = P_{tr} / \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad P_{tr} \geq 0$$

$$P_{1tot} = P_{tr} * \text{edt} + P_{accs} + P_{eng} \quad P_{tr} < 0$$

Όπου:

P_{1tot}	η συνολική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα, σε kW
P_{tr}	η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών, σε (kW)
P_{accs}	η ισχύς που απαιτείται για να λειτουργήσουν οι διάφοροι βοηθητικοί μηχανισμοί του οχήματος π.χ. υδραυλικό τιμόνι, σύστημα κλιματισμού, κλπ. σε kW
P_{eng}	η μηχανική ισχύς που αναλώνεται για την κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του κινητήρα π.χ. σύστημα κίνησης

edτ εκκεντροφόρων, σύστημα περιστροφής τριφασικής εναλλασσόμενης γεννήτριας κλπ. σε kW
η βαθμός μηχανικής απόδοσης του συστήματος μετάδοσης κίνησης

η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών δίνεται από την σχέση:

$$P_{tr} = F_{tr} \cdot v / 1000$$

Όπου:

P_{tr} η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών, σε (kW)
 v η ταχύτητα του οχήματος, m/s
 F_{tr} η δύναμη που αναπτύσσει η ροπή του κινητήρα, μέσω του συστήματος μετάδοσης κίνησης στην περιφέρεια των κινητηρίων τροχών, σε N.

Η δύναμη αυτή (F_{tr}) στο εξής θα αποκαλείται ελκτική δύναμη τροχών και υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$F_{tr} = F_a + F_r + F_g + F_c + F_i$$

Όπου:

F_{tr} η ελκτική δύναμη τροχών σε N.
 F_a η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος σε N.
 F_r η αντίσταση κύλισης σε N.
 F_g η δύναμη η οποία αναπτύσσεται εξ' αιτίας της κλίσης του οδοστρώματος σε N
 F_c η δύναμη η οποία δημιουργείται όταν το όχημα στρίβει σε N
 F_i η δύναμη η οποία δημιουργείται λόγω της επιτάχυνσης του οχήματος σε N

Οι δυνάμεις που αντιστέκονται στην κίνηση αναλύονται στις επόμενες ενότητες.

Άρα η ισχύς που αναλώνεται για την ροπή των κινητήριων τροχών δίνεται από την σχέση:

$$P_{tr} = (F_a + F_r + F_g + F_c + F_i) \cdot v / 1000$$

Άρα η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{tot} = (F_a + F_r + F_g + F_c + F_i) \cdot v / 1000 + P_{accs} + P_{eng}$$

ή πιο αναλυτικά

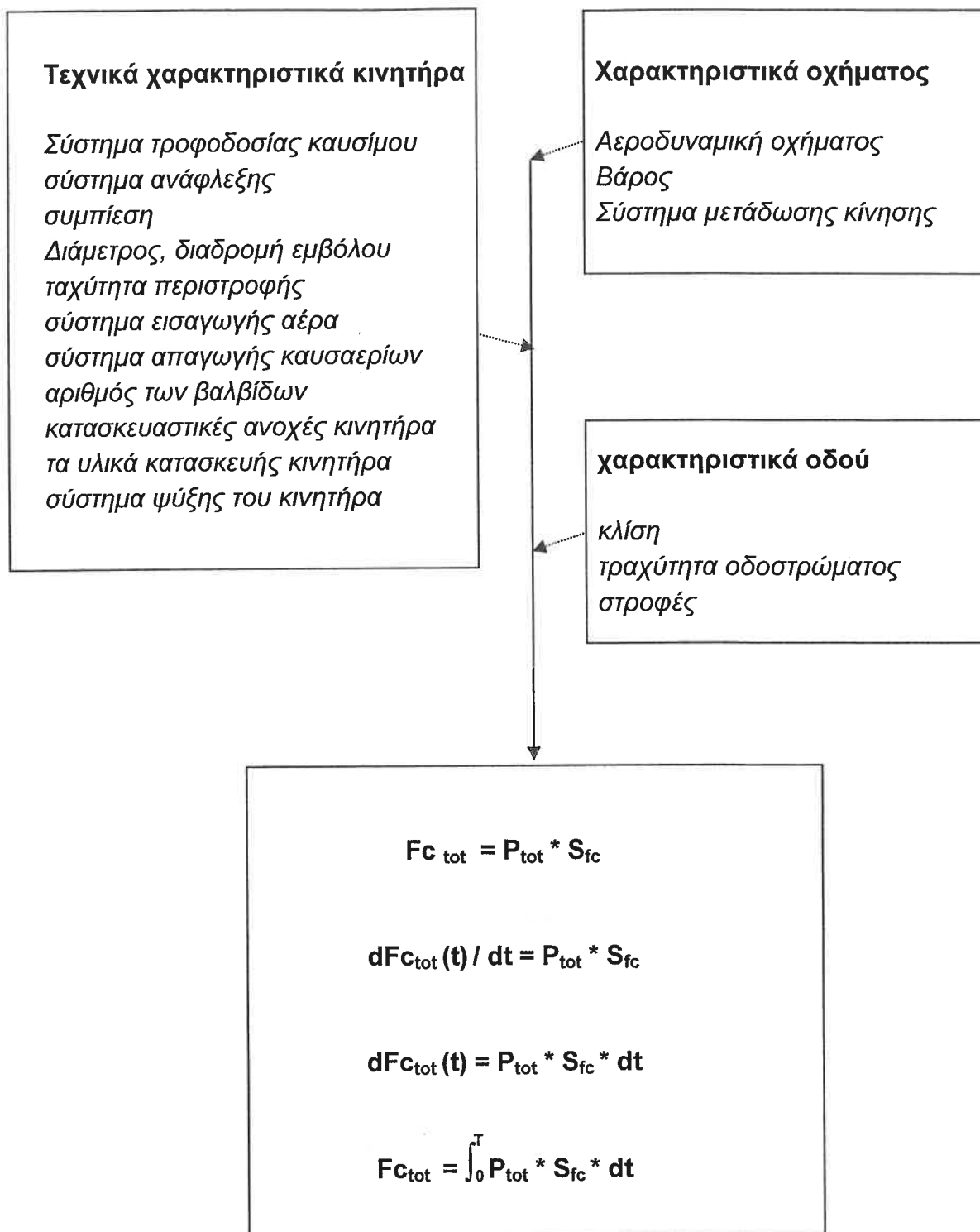
$$P_{tot} = (0.5 (0.0566 + 1.225 (1 - 2.2610^{-5} ALT)^{4.225} - 0.00377 T_{AIR} CD AF v_r) + (M g (C_o + C_v v^{C_m})) + M g \sin(\theta) + F_c + F_i) \cdot v / 1000 + F_f \tan(\Phi) + (M' a + P_{accs} + P_{eng})$$

Όπου

F_a	η αεροδυναμική αντίσταση του οχήματος σε N
ρ	η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)
CD	ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης
AF	η προβολή της μετωπικής επιφάνειας του οχήματος (m^2)
v_r	η σχετική ταχύτητα του οχήματος ως προς τον αέρα σε m/s
ρ	είναι η πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3
ALT	το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)
T_{AIR}	είναι η θερμοκρασία του αέρα σε $^{\circ}C$
g	η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας m/sec^2
M	η μάζα του οχήματος kg
C_o	στατικός συντελεστής της αντίστασης κύλισης
C_v	δυναμικός συντελεστής της αντίστασης κύλισης σε $l/(m/s)^{C_m}$
g	η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας m/sec^2
θ	η γωνία κλίσης του οδοστρώματος εκφρασμένη σε grad
F_f	η φυγόκεντρος δύναμη σε N
Φ	είναι η γωνία ολίσθησης
M'	η συνολική αδρανειακή μάζα του οχήματος σε kg
a	η επιτάχυνση του οχήματος σε m/sec^2

$$F_{c\ tot} = P_{tot} \cdot S_{fc}$$

$F_{c\ tot}$	η συνολική κατανάλωση καυσίμου (Fuel consumption total) (kg)
P_{tot}	η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα σε kW
S_{fc}	η στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου η οποία δίνεται από το διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου



όπου

$F_{c \text{ tot}}$	η συνολική κατανάλωση καυσίμου (Fuel consumption total) (kg)
P_{tot}	η συνολική θεωρητική ισχύς που καταναλώνεται από ένα όχημα σε kW
S_{fc}	η στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου η οποία δίνεται από το διάγραμμα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου

Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει το ως άνω πρότυπο είναι η ακρίβειά του, τα μειονέκτηματά του είναι η πολυπλοκότητά του και το γεγονός ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες δεν διαθέτουν εύκολα τα διαγράμματα ειδικής κατανάλωσης των κινητήρων που τοποθετούν στα οχήματα που κατασκευάζουν.

3.2 Μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα μοντέλα

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα μοντέλα είναι οι ακόλουθες:

- Ταχύτητα
- υψομετρική διαφορά
- κατηγορία οχημάτων
- Αεροδυναμική αντίσταση
- Αντίσταση κύλισης
- Μηχανική αποδοτικότητα
- Συνολική ισχύς
- Κλίση δρόμου

Πολλές μεταβλητές δεν αναφέρονται διότι προκύπτουν από την χρήση αυτών των μεταβλητών. Π.χ. η πυκνότητα του αέρα, εμπεριέχεται σαν μεταβλητή μέσα στην αεροδυναμική αντίσταση.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα μοντέλα

Όνομα πρότυπο υ	Ταχύτητα	υψομετρική διαφορά	κατηγορία οχημάτων	Αεροδυνα- μική αντίσταση	Αντίσταση κύλισης	Μηχανική αποδοτι- κότητα	Συνολική ισχύς	Κλίση δρόμου
HEN 2	ναι	ναι	ναι	οχι			οχι	οχι
PVOC	ναι	ναι	οχι	ναι	ναι	ναι	οχι	οχι
HDM 4	ναι	ναι	οχι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι
Ναμίμπια	ναι	ναι	οχι	ναι	ναι	ναι	οχι	ναι
Υ.ΠΕ.ΧΩ. Δ.Ε.	ναι	οχι	ναι	οχι	οχι	οχι	οχι	ναι
Προτει- νόμενο	ναι	ναι	οχι	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι

Το κενό διάστημα σημαίνει ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.

4. Κατανάλωση λιπαντικού κινητήρα

Η κατανάλωση του λιπαντικού του κινητήρα, αποτελεί μία πολύ μικρή παράμετρο των συνολικών τρεχουσών δαπανών που ορίζουν το λειτουργικό κόστος του οχήματος. Επομένως δεν έχει ερευνηθεί στην ίδια λεπτομέρεια με τις άλλες παραμέτρους.

Το λιπαντικό (λάδι) του κινητήρα εκτελεί τρεις σημαντικές αποστολές, λιπαίνει, ψύχει και στεγανοποιεί τα μηχανικά μέρη του κινητήρα.

Οι τετράχρονοι κινητήρες καταναλώνουν λάδι, όλοι οι κατασκευαστές δικαιολογούν μια κατανάλωση λιπαντικού ανά 1000 χιλιόμετρα η οποία μπορεί να φτάνει και το 1 – 1,5 λίτρο. Η κατανάλωση του λιπαντικού εξαρτάται από:

1. Τις κατασκευαστικές ανοχές του κινητήρα π.χ. τους κινητήρες των επιβατικών αυτοκινήτων η FORD τους κατασκευάζει με ανοχές 0,05 mm, ενώ η HONDA κατασκευάζει τους κινητήρες της με ανοχές 0,001 mm.
2. Τον τρόπο λειτουργίας του κινητήρα. Είναι σημαντικό να ξεκινάει το όχημα αφού ο κινητήρας φτάσει στην θερμοκρασία λειτουργίας του. Επίσης έντονες επιταχύνσεις και υψηλές ταχύτητες ταξιδιού επιφέρουν μεγαλύτερη κατανάλωση λαδιού.
3. Συχνές μικρές διαδρομές (stop-go cycles) στις οποίες μεταξύ των οποίων ο κινητήρας ζεσταίνεται και στην συνέχεια κρυώνει πριν αρχίσει η άλλη διαδρομή, επιφέρουν μία αυξημένη κατανάλωση λιπαντικού.
4. Όταν το λάδι εμπεριέχει σωματίδια σκόνης, τότε το λάδι θεωρείται μολυσμένο, με αποτέλεσμα να μην λιπαίνει σωστά και να καταναλώνεται ευκολότερα
5. Όταν η αλλαγή του λιπαντικού δεν γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του κινητήρα τότε παρατηρείται μια αυξημένη κατανάλωση λιπαντικού.
6. Κακή συντήρηση η οποία μπορεί να οδηγήσει σε διαρροές λιπαντικού.

4.1 Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο HDM 3

Στο πρότυπο HDM 3 ο Watanatada, (1987a) πρότεινε την ακόλουθη εξίσωση για την πρόβλεψη της κατανάλωσης του λιπαντικού του κινητήρα:

$$OC = a_0 + a_1 R_1$$

Όπου:

OC η κατανάλωση του λιπαντικού σε L/1000 km

a_0 και a_1 συντελεστές οι οποίοι δίνονται στον παρακάτω πίνακα

πίνακας 4.1 τιμές συντελεστών a_0 και a_1

Τύπος οχήματος	a_0	a_1
Επιβατικό αυτοκίνητο	1,55	0,15
Ελαφρύ φορτηγό	2,20	0,15
Μεσαίο φορτηγό	3,07	0,15
Φορτηγό με συρόμενο πλαίσιο	5,15	0,15
Λεωφορείο	3,07	0,15

Ο Schutte (1981) σχεδιάζοντας το πρότυπο της Νότιας Αφρικής πρότεινε τον υπολογισμό της κατανάλωσης λιπαντικού του κινητήρα εισάγοντας μέσα και την παράμετρο της ταχύτητας.

$$OC = a_0 + a_1 S$$

Όπου:

OC η κατανάλωση του λιπαντικού σε L/1000 kln

a_0 και a_1 συντελεστές

S η ταχύτητα του οχήματος σε km/h

4.2 Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο HDM 4

Το πρότυπο HDM 4 χρησιμοποιεί την εξίσωση του Pienaar (1984) για τον υπολογισμό της κατανάλωσης λιπαντικού. Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρότυπο HDM 4 για την κατανάλωση λιπαντικού είναι η κατανάλωση λαδιού λόγω μόλυνσης, η κατανάλωση καυσίμου και η διαρροή του λιπαντικού.

$$OIL = OIL_{CONT} + OIL_{OPER} SFC$$

Όπου:

OIL η κατανάλωση του λιπαντικού σε L/1000 kln

OIL_{CONT} η κατανάλωση λαδιού εξ' αιτίας της μόλυνσης L/1000 km

OIL_{OPER} η κατανάλωση λαδιού εξ' αιτίας διαρροών L/1000 km
 SFC η κατανάλωση καυσίμου L/1000 km
 η κατανάλωση λαδιού εξ' αιτίας της μόλυνσης υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$OIL_{CONT} = OIL_{CAP} / DIST_{CHNG}$$

Όπου:

OIL_{CONT} η κατανάλωση λαδιού εξ' αιτίας της μόλυνσης L/1000 km
 OIL_{CAP} η χωρητικότητα λαδιού του κινητήρα
 DIST_{CHNG} η απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ των αλλαγών λιπαντικού σε χιλιάδες χιλιόμετρα

4.3 Υπολογισμός κατανάλωσης λιπαντικού κινητήρα στο πρότυπο PVOC

Το πρότυπο PVOC υπολογίζει το κόστος της αλλαγής λιπαντικού. Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρότυπο PVOC για το κόστος της αλλαγής λιπαντικού είναι το κόστος του λιπαντικού στην διαδικασία συντήρησης του οχήματος και η συχνότητα αλλαγής του.

$$OC = OCC / Do$$

Όπου:

OC το κόστος της αλλαγής του λιπαντικού του κινητήρα \$
 OCC το κόστος του λιπαντικού στην διαδικασία συντήρησης του οχήματος \$ / διαδικασία συντήρησης
 Do η συχνότητα αλλαγής του km / διαδικασία συντήρησης

Σε όλα τα άλλα εξεταζόμενα πρότυπα η κατανάλωση του λιπαντικού δεν εξετάζεται διότι αποτελεί μία πολύ μικρή παράμετρο των συνολικών τρεχουσών δαπανών που ορίζουν το λειτουργικό κόστος του οχήματος. Όσον αφορά την αλλαγή των λιπαντικών, αυτή υπεισέρχεται μέσα στην διαδικασία συντήρησης (σέρβις).

5. Υπολογισμός κόστους φθοράς ελαστικών

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξουν τα πρότυπα κατανάλωσης ελαστικών αυτοκινήτου:

Ελεγχόμενα πειράματα: Αυτά προσεγγίζουν την φθορά των ελαστικών αυτοκινήτου με πειράματα ακριβείας.

Έρευνες στόλου: Ελέγχεται η φθορά των ελαστικών αυτοκινήτου με βάση τις πληροφορίες που συλλέγονται από στόλους αυτοκινήτων, όπως εταιρείες ενοικιάσεως αυτοκινήτων, εταιρείες μεταφορών, κλπ.

Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε κάθε προσέγγιση. Ενώ τα ελεγχόμενα πειράματα προσφέρουν την δυνατότητα μετρήσεων ακριβείας, είναι δύσκολο να οργανωθούν. Ο Cenek, (1996) περιέγραψε τις πρακτικές δυσκολίες που συναντιούνται στην προσπάθεια να μετρηθούν τα αποτελέσματα της φθοράς των ελαστικών αυτοκινήτου.

Όσον αφορά τις έρευνες στόλου, υπάρχουν δυσκολίες στην συλλογή αξιόπιστων στοιχείων, επειδή, τουλάχιστον στις μεγάλες οργανώσεις, η ζωή των ελαστικών ποικίλει από όχημα σε όχημα, ακόμη και υπό τις ίδιες λειτουργικές συνθήκες. Η ζωή των ελαστικών του αυτοκινήτου ποικίλλει επίσης αρκετά σύμφωνα με το φορτίο που φέρεται, την ταχύτητα των οχημάτων, της συμπεριφοράς των οδηγών. Εξαρτάται επίσης από την πολιτική της κάθε επιχείρησης σχετικά με τα πρότυπα της συντήρησης των ελαστικών και των οχημάτων. Το πλεονέκτημα είναι ότι συλλέγονται εύκολα και ανέξοδα πολλά στοιχεία και ότι θα ήταν δύσκολο, εάν όχι αδύνατο, να διαμορφωθούν πραγματικές συνθήκες χρήσης των ελαστικών στα εργαστήρια.

Υπάρχουν δύο τύποι προτύπων που έχουν αναπτυχθεί για την πρόβλεψη της φθοράς των ελαστικών αυτοκινήτου:

Τα μηχανιστικά: τα οποία έχουν αναπτυχθεί από τα ελεγχόμενα πειράματα. Αυτά προβλέπουν την κατανάλωση των ελαστικών του αυτοκινήτου σύμφωνα με τις θεμελιώδεις εξισώσεις της κίνησης,

Τα εμπειρικά: τα οποία έχουν αναπτυχθεί από τα στοιχεία ερευνών στόλων οχημάτων.

5.1 Μηχανισμός φθοράς του πέλματος του ελαστικού

Η περισσότερη έρευνα στο θέμα της φθοράς των ελαστικών έχει εστιάσει στην ανάπτυξη των προτύπων της φθοράς του πέλματος του ελαστικού. Η απώλεια υλικού του πέλματος του ελαστικού είναι αποτέλεσμα μιας αλληλεπίδρασης μεταξύ του ελαστικού και του δρόμου η οποία συμβαίνει σε ποικίλες συνθήκες λειτουργίας του ελαστικού καθώς και σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. (Bergman και Crum, 1973).

Υπάρχουν τρεις βασικοί παράμετροι φθοράς του πέλματος του ελαστικού

Διατμητική φθορά: Αυτό το είδος φθοράς προκύπτει από την επαφή του ελαστικού του αυτοκινήτου με την επιφάνεια του οδοστρώματος και οφείλεται στην διατμητική αστοχία του υλικού του πέλματος (της γόμας).

Φθορά κόπωσης: είναι η αστοχία λόγω της κόπωσης του υλικού, η οποία προκύπτει από τις επαναλαμβανόμενες παραμορφώσεις. Μπορεί να περιγραφεί από την αργή αφαίρεση ενός λεπτού εξωτερικού στρώματος του πέλματος, από τις επαναλαμβανόμενες παραμορφώσεις και από την οξείδωση.

Θερμική φθορά: Αυτή προκύπτει κάτω από ακραίες συνθήκες, όπως όταν μπλοκάρουν οι ρόδες κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος ή όταν περιστρέφονται ολισθαίνοντας κατά τη διάρκεια έντονης επιτάχυνσης. Οι θερμοκρασίες που παράγονται υπερβαίνουν τη θερμοκρασία αποσύνθεσης του λάστιχου και η γόμα χωρίζει από το πέλμα και εναποτίθεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

5.2 Μηχανισμός ολίσθησης ελαστικού

Ο Moore (1975) δείχνει ότι η φθορά διάτμησης είναι ανάλογη με την ενέργεια τριβής. Αυτό μπορεί να εκφραστεί όπως:

$$\Delta_{TWT} = K_0 \mu NFT \lambda$$

Όπου:

Δ_{TWT}	είναι η φθορά του πέλματος του ελαστικού
K_0	συντελεστής σχετικός με την τραχύτητα του οδοστρώματος
μ	συντελεστής τριβής
NFT	η δύναμη που εφαρμόζεται στοπέλμα του ελαστικού
λ	είναι η ολίσθηση του ελαστικού

$$\lambda = T_{sv} / V_{ra}$$

Όπου:

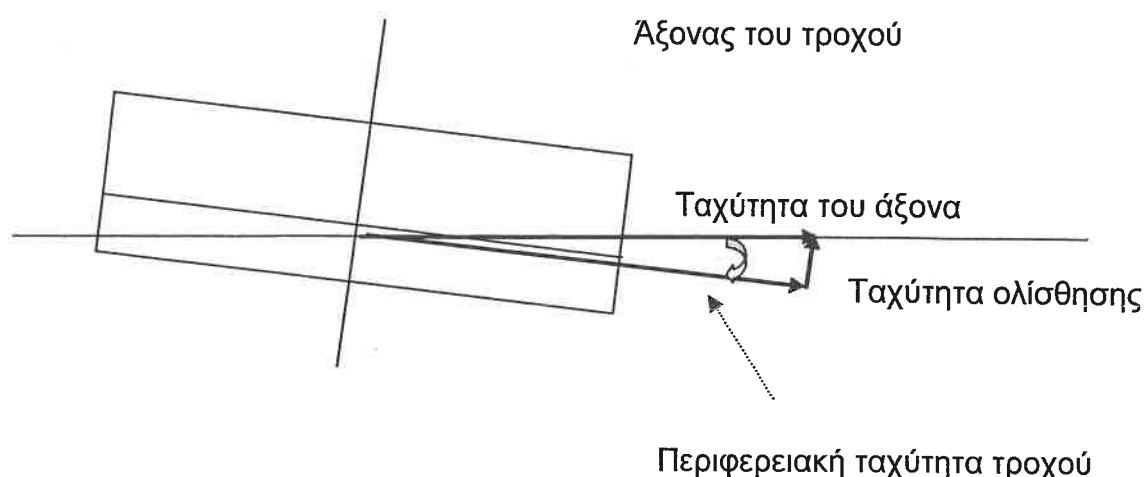
λ είναι η ολίσθηση του ελαστικού

T_{sv} η ταχύτητα ολίσθησης

V_{ra} ταχύτητα του άξονα του τροχού

Ο Watanatada (1987), όρισε την ταχύτητα ολίσθησης του ελαστικού ως το διανυσματικό άθροισμα της ταχύτητας του άξονα του τροχού και της περιφερειακής ταχύτητας του ελαστικού :

Εικόνα 5.2 ταχύτητα ολίσθησης



5.3 Μηχανισμός της αναγόμενης ελαστικών

Οι Plessis και Schutte (1991) σημειώνουν ότι "είναι απολύτως αποδεκτή η πρακτική της αναγόμενης των ελαστικών των λεωφορείων και των φορτηγών οχημάτων, έτσι ώστε να παρατείνεται η ζωή τους, υπό τον όρο ότι ο σκελετός των ελαστικών προς αναγόμευση είναι γερός".

Η απόφαση της διαδικασίας αναγόμενης εξαρτάται από το κόστος της και την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του ελαστικού μετά από αυτήν, σε σχέση με το κόστος της αγοράς νέων ελαστικών σε συνάρτηση με την διάρκεια ζωής τους. Έχουν διατυπωθεί διαφορετικά συμπεράσματα όσον αφορά τη ζωή των αναγομωμένων ελαστικών έναντι των νέων ελαστικών. Οι Bonney και Stevens (1967) σημειώνουν ότι τα αναγομωμένα ελαστικά έχουν γενικά παρόμοια διάρκεια ζωής με τα νέα ελαστικά, ανεξάρτητα με το είδος των διαδρομών που καλούνται να λειτουργήσουν. Εντούτοις, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.3 στην

Ινδία και στην Βραζιλία υπήρξε μια χαρακτηριστική μείωση της ζωής των ελαστικών η οποία ήταν ανάλογη με τον αυξανόμενο αριθμό αναγομώσεων.

Πίνακας 5.3 Τα αποτελέσματα της αναγόμωσης στην διάρκεια της ζωής των ελαστικών

	ΙΝΔΙΑ		ΒΡΑΖΙΛΙΑ	
Στάδιο ζωής ελαστικού	Μέση διάρκεια ζωής σε km	Ποσοστό διάρκειας ζωής σε σχέση με το νέο ελαστικό	Μέση διάρκεια ζωής σε km	Ποσοστό διάρκειας ζωής σε σχέση με το νέο ελαστικό
Νέο Ελαστικό	32.916	100	26.939	100
Πρώτη αναγόμωση	21.515	65	18.628	69
δεύτερη αναγόμωση	20.853	63	18.707	69
Τρίτη αναγόμωση	18.191	55	18.495	69
τέταρτη αναγόμωση	10.364	31	18.581	69
Πέμπτη αναγόμωση	-	-	19.165	71
Έκτη αναγόμωση	-	-	-	-

Παρόλο όπου η αναγόμωση προσθέτει νέο υλικό στο πέλμα του ελαστικού, δεν υπάρχει περίπτωση να επαναφέρει το ελαστικό στην κατάσταση την οποία αυτό βρισκόταν όταν ήταν καινούριο. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους, πρώτον διότι το υλικό της αναγόμωσης, δεν επικάθεται πάνω στον σκελετό του ελαστικού με την ίδια συνοχή με την οποία επικαθόταν όταν το ελαστικό ήταν καινούριο και δεύτερον η διαδικασία της αναγόμωσης επιβάλλει ψηλές θερμοκρασίες οι οποίες αδυνατίζουν τον σκελετό του ελαστικού.

Η καταλληλότητα ενός ελαστικού για αναγόμωση, ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του. Ο Cenek, (1993) δείχνει ότι κατά μέσον όρο τα ελαστικά των επιβατικών αυτοκινήτων μπορούν να αναγομωθούν 1,5 φορές έναντι τεσσάρων φορών για τα φορτηγά.

5.4 Υπολογισμός του κόστους αναγόμωσης ελαστικών στο πρότυπο HDM 3

Στο πρότυπο HDM 3 ο Watanatada, (1987) πρότεινε την ακόλουθη εξίσωση για την πρόβλεψη της η συνολικής απόστασης που μπορεί να διανύσει ο σκελετός ενός ελαστικού:

$$DIS_{TOT} = DIS_{NEW} + NR DIS_{RET}$$

Όπου:

DIS_{TOT}	η συνολική απόσταση που μπορεί να διανύσει ο σκελετός ενός ελαστικού σε 1000 km
DIS_{NEW}	η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα καινούριο ελαστικό σε 1000 km
DIS_{RET}	η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα αναγομωμένο ελαστικό σε 1000 km.
NR	ο αριθμός των αναγομώσεων που μπορεί να δεχτεί ένα ελαστικό

Τα ποσά της φθοράς του καινούριου και αντίστοιχα του αναγομωμένου ελαστικού δίνονται από τις σχέσεις:

$$TWN = 1000 / DIS_{NEW}$$

Όπου:

TWN	το ποσοστό της φθοράς του νέου ελαστικού
DIS_{NEW}	η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα καινούριο ελαστικό σε 1000 km

$$TWR = 1000 / DIS_{RET}$$

Όπου:

TWR	το ποσοστό της φθοράς του αναγομωμένου ελαστικού
DIS_{RET}	η απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα αναγομωμένο ελαστικό σε 1000 km

$$DIS_{TOT} = (1 / TWN) + (NR / TWR)$$

Όπου:

DIS_{TOT}	η συνολική απόσταση που μπορεί να διανύσει ο σκελετός ενός ελαστικού σε 1000 km
-------------	---

TWN	το ποσοστό της φθοράς του νέου ελαστικού
TWR	το ποσοστό της φθοράς του αναγομωμένου ελαστικού
NR	ο αριθμός των αναγομώσεων που μπορεί να δεχτεί ένα ελαστικό

Το ποσοστό της φθοράς του αναγομωμένου ελαστικού ως προς το ποσοστό της φθοράς του νέου ελαστικού δίνεται από την σχέση:

$$DIS_{TOT} = 1 + RT_{WR} NR / TWN$$

Όπου:

RT_{WR}	είναι η ζωή του αναγομωμένου ελαστικού σε σχέση με το νέο ελαστικό εκφρασμένη σαν ποσοστό (≤ 1.0)
-----------	--

Το συνολικό κόστος του ελαστικού είναι το άθροισμα του κόστους αγοράς του νέου ελαστικού και το κόστος των αναγομώσεων:

$$C_{TYRE} = C_{TNEW} + NR C_{TRET} / DIS_{TOT}$$

Όπου:

C_{TYRE}	συνολικό κόστος του ελαστικού ανά 1000 km
C_{TNEW}	κόστος αγοράς του νέου ελαστικού
NR	ο αριθμός των αναγομώσεων που μπορεί να δεχτεί ένα ελαστικό
C_{TRET}	το μέσο κόστος αναγόμωσης
DIS_{TOT}	η συνολική απόσταση που μπορεί να διανύσει ο σκελετός ενός ελαστικού σε 1000 km

Εκφράζοντας το κόστος του ελαστικού σαν μέρος της τιμής του νέου ελαστικού :

$$E_{QNT} = (1 + R_{REC} NR) / DIS_{TOT}$$

Όπου:

E_{QNT}	ο αριθμός ισοδύναμων νέων ελαστικών αυτοκινήτου που καταναλώνονται ανά 1000 km
R_{REC}	ο λόγος του κόστους των αναγομωμένων ελαστικών δια του κόστους των νέων ελαστικών (C_{TRET} / C_{TNEW})
NR	ο αριθμός των αναγομώσεων που μπορεί να δεχτεί ένα ελαστικό
DIS_{TOT}	η συνολική απόσταση που μπορεί να διανύσει ο σκελετός ενός ελαστικού σε 1000 km

Τέλος η συνολική κατανάλωση ελαστικών ενός αυτοκινήτου είναι ανάλογη με τον αριθμό των ισοδύναμων νέων ελαστικών αυτοκινήτου που καταναλώνονται ανά 1000 km και με τον αριθμό των ελαστικών του αυτοκινήτου:

$$E_{QNTV} = (NTV \cdot 1 + R_{REC} \cdot NR \cdot TWT) / (1 + R_{TWR} \cdot NR \cdot VOL)$$

Όπου:

E_{QNTV} η συνολική κατανάλωση ελαστικών ενός αυτοκινήτου
 NTV είναι ο αριθμός των ελαστικών του οχήματος

Αυτή είναι η μηχανιστική προσέγγιση όπου χρησιμοποιείται στο πρότυπο HDM-4.

Οι Findlayson και ο du Plessis έδωσαν την ακόλουθη εξίσωση υπολογισμού της ζωής του ελαστικού εκφρασμένη σε χιλιόμετρα:

$$KMT = 166,47 - 31,83 \ln (13 \text{ IRI})$$

Όπου:

KMT ζωή του ελαστικού εκφρασμένη σε χιλιόμετρα
 IRI διεθνής δείκτης τραχύτητας οδοστρώματος

Η ως άνω εξίσωση λαμβάνει σαν παράμετρο μόνο την τραχύτητα του οδοστρώματος.

Στο πρότυπο HDM 3 ο υπολογισμός της φθοράς των ελαστικών βασίζεται στις αρχές του μοντέλου της ενέργειας ολίσθησης του ελαστικού.

Στο πρότυπο HDM 3 στον υπολογισμό της φθοράς του ελαστικού ανά διανυόμενη απόσταση υπεισέρχονται οι εξής παράμετροι, τραχύτητα οδοστρώματος, ιδιότητες του ελαστικού και συνθήκες λειτουργίας του ελαστικού.

Ο Watanatada 1987 στο πρότυπο HDM 3 πρότεινε την ακόλουθη εξίσωση για τον υπολογισμό της φθοράς του ελαστικού:

$$TWT = 0,164 + 0,01278 (CFT^2 / NFT)$$

Όπου:

TWT	η συνολική φθορά του ελαστικού σε $\text{dm}^3 / 1000 \text{ km}$
CFT	η οριζόντια δύναμη που εφαρμόζεται στο πέλμα του ελαστικού
NFT	η κάθετη δύναμη που εφαρμόζεται στο πέλμα του ελαστικού

Στο πρότυπο HDM 3 Watanatada 1987 η φθορά του αναγομωμένου ελαστικού δίδεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$NR = NR0 \exp(-0.03224 \text{ IRI} - 0.00118 \min(300, \text{CURVE})) - 1$$

Όπου:

NR	η φθορά του αναγομωμένου ελαστικού
NR0	ο αριθμός των αναγομώσεων για οδόστρωμα με ελάχιστη τραχύτητα
CURVE	η οριζόντια ελκτικότητα degrees/km

Οι τιμές του NR0 ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του ελαστικού:

Στον ακόλουθο πίνακα 5.4 φαίνονται οι τιμές του NR0 ανάλογα με τον τύπο του ελαστικού

Πίνακας 5.4 τιμές του NR0 ανάλογα με τον τύπο του ελαστικού

NR0	τύπος ελαστικού
1,93	9.00 / 20
3,39	10.00 / 20
4,57	11.00 / 22

5.5 Υπολογισμός του κόστους αναγόμωσης ελαστικών στο πρότυπο HDM 4

Στο πρότυπο HDM 4 ο υπολογισμός της φθοράς των ελαστικών βασίζεται στις αρχές του μοντέλου της ενέργειας ολίσθησης του ελαστικού.

Στο πρότυπο HDM 4 σε σχέση με το πρότυπο HDM 3 στον υπολογισμό της φθοράς του ελαστικού ανά διανυόμενη απόσταση υπεισέρχονται επιπρόσθετα οι εξής παράμετροι, οριζόντιες δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται στις στροφές, και οι κυκλοφοριακές συνθήκες.

Στο πρότυπο HDM 4 για τον υπολογισμό της φθοράς του ελαστικού χρησιμοποιείται η αναθεωρημένη διατύπωση που παρουσιάζεται παρακάτω Carpenter and Cenek (1999):

$$TWT = FLV \{ [(C0tc + Ctcte FNC CFT^2) / NFT] + (Ctcte FNL LFT2 / NFT) \}$$

ή

$$TWT = FLV (C0tc + Ctcte TE)$$

Όπου:

TWT	η συνολική φθορά του ελαστικού σε $dm^3 / 1000 km$
FLV	είναι ο συντελεστής βάρους
FNC	συντελεστής περιφερειακών δυνάμεων
FNL	οριζόντιες δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται στις στροφές
TE	είναι η ενέργεια του ελαστικού σε $MNm/1000 km$
C0tc	είναι η φθορά του πέλματος σε $dm^3 / 1000 km$

Οι Nordstrom and Andersson (1995) τροποποίησαν την παραπάνω εξίσωση εισάγοντας μέσα την παράμετρο της θερμοκρασίας, η οποία θεωρήθηκε πολύ σημαντική.

$$TWT_1 = K_{TEMP} TWT$$

$$K_{TEMP} = (1 + A_T (TAR - TO) (1 - A_w WET) / (1 - A_w WO))$$

Όπου:

TWT_1	η συνολική φθορά του ελαστικού σε $dm^3 / 1000 km$
K_{TEMP}	συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας που αφορά την κατανάλωση του ελαστικού
A_T	συντελεστής θερμοκρασίας αέρα
A_w	συντελεστής βρεγμένου οδοστρώματος
TAm	θερμοκρασία αέρα $^{\circ}C$
TO	θερμοκρασία αναφοράς αέρα $^{\circ}C$
WET	ποσοστό βρεγμένων δρόμων
WO	ποσοστό αναφοράς βρεγμένων δρόμων

Οι προτεινόμενες τιμές για το A_T και το A_w είναι 0,025 και 0,005. Εφαρμόζοντας την παραπάνω εξίσωση προσαρμοσμένη στους υγρούς δρόμους της Σουηδίας, διαπιστώνεται ότι εάν η θερμοκρασία έφτανε τους 20-25 $^{\circ}C$ θα δημιουργείτο μια φθορά ελαστικών μεγαλύτερη κατά 21,5 %.

Στο πρότυπο HDM 4 Watanatada 1987 ο αριθμός των αναγομώσεων του ελαστικού δίνεται από την εξίσωση:

$$NR = \min(NRC, NRO \exp(-0.03224IRI - 0.00118 \min(300, CURVE) - 1))$$

Όπου:

NRC είναι το ποσοστό των αναγομωμένων ελαστικών

5.6 Υπολογισμός του κόστους των ελαστικών στο πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Στο πρότυπο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. το κόστος των ελαστικών λαμβάνεται από το συνολικό κόστος όλων των ελαστικών ενός οχήματος, το οποίο διαιρείται με τον αριθμό των χιλιομέτρων στα οποία, ανά κατηγορία, συνηθίζεται αυτά να αντικαθίστανται. Ο ακόλουθος πίνακας δίνει τον αριθμό των χιλιομέτρων ανά κατηγορία οχήματος όπου αντικαθίστανται τα ελαστικά.

αριθμός των χιλιομέτρων ανά κατηγορία οχήματος όπου αντικαθίστανται τα ελαστικά

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Χιλιόμετρα αντικατάστασης
Επιβατικά Ι.Χ.	μικρά μεσαία μεγάλα	40.000 km
ταξί		95.400 km
Ημιφορτηγά		40.000 km
Λεωφορεία		300.000 km
Φορτηγά		400.000 km

6. Δαπάνες συντήρησης και επισκευής

Οι δαπάνες συντήρησης και επισκευής οχημάτων (στο εξής αποκαλούμενες δαπάνες συντήρησης) αποτελούνται από δύο παραμέτρους: την δαπάνη των ανταλλακτικών και τις εργατοώρες που απαιτούνται για την συντήρηση.

Σε αυτό το κεφάλαιο χρησιμοποιείται η ακόλουθη ορολογία:

Κόστος συντήρησης: Το συνολικό κόστος συντήρησης και επισκευής για ένα όχημα συμπεριλαμβάνει την δαπάνη των ανταλλακτικών και τις εργατοώρες που απαιτούνται για την συντήρηση.

Τυποποιημένες τιμές ανταλλακτικών: Η δαπάνη των ανταλλακτικών εκφράζεται ως ποσοστό της τιμής αντικατάστασης του οχήματος.

Μοντελοποίηση δαπανών συντήρησης

Οι δαπάνες συντήρησης είναι δύσκολο να αποτιμηθούν εμπειρικά και να προβλεφθούν αυτό γιατί:

Το κόστος των ανταλλακτικών αυξάνεται μη προβλέψιμα κατά την διάρκεια της ζωής του οχήματος, ιδιαίτερα για τα ακριβά ανταλλακτικά.

Η συνέπεια στις διαδικασίες συντήρησης των ιδιοκτητών ή των χειριστών των οχημάτων ασκούν σημαντική επίδραση στις δαπάνες συντήρησης.

Οι δαπάνες συντήρησης για οχήματα της ίδιας κατηγορίας μπορούν να ποικίλουν σημαντικά μεταξύ των κατασκευαστών. Για παράδειγμα αναφέρονται η HONDA και η FORD.

Τα οχήματα που είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν κάτω από δυσμενής συνθήκες μπορεί να είναι της πιο ανθεκτικής κατασκευής και επομένως να έχουν χαμηλότερες δαπάνες συντήρησης από τα τυποποιημένα οχήματα και,

Η μοντελοποίηση των δαπανών συντήρησης είναι δύσκολη δεδομένου ότι τα οχήματα λειτουργήσουν κάτω από διαφορετικές συνθήκες οι οποίες υπαγορεύουν και διαφορετικές ανάγκες συντήρησης.

Υπάρχει μια σχέση μεταξύ των δαπανών συντήρησης, των κύριων δαπανών, και της ζωής των υπηρεσιών του οχήματος. Η προσέγγιση "βέλτιστης ζωής" (OL) δείχνει ότι ο βέλτιστος χρόνος για τη απόσυρση ενός οχήματος εξαρτάται

από τις δαπάνες συντήρησης. Αυτό θέτει στα πρότυπα την παράμετρο των συνολικών κυρίων δαπανών. Εντούτοις, τα πρότυπα που αναπτύσσονται για την πρόβλεψη των δαπανών συντήρησης δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις κύριες δαπάνες. Τα πρότυπα δαπανών συντήρησης περιλαμβάνουν τους χειριστές που περιορίζουν τις δαπάνες συντήρησης στο ελάχιστο, κατά συνέπεια δημιουργούν υψηλό ποσοστό υποτίμησης του οχήματος και εκείνοι που ασκούν ένα υψηλό επίπεδο προληπτικής συντήρησης και επομένως μειώνουν αυτό το ποσοστό υποτίμησης.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου τα πρότυπα είναι δύσκολο να εφαρμοστούν. Μια τέτοια περίπτωση είναι αυτή της εγγύησης. Η εγγύηση που δίνει ο κατασκευαστής ή η εκάστοτε αντιπροσωπεία στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να εκταθεί πέντε ή και επτά έτη (FORD 2 έτη και αντίστοιχα HONDA 7 έτη). Μια άλλη περίπτωση είναι οι φορολογίες του κάθε κράτους.

Επίσης, υπάρχουν επίσης σημαντικές διαφορές στις δαπάνες συντήρησης και επισκευής. Ένας λόγος για αυτό είναι το κόστος της εργασίας που υπαγορεύει το εάν ένα μέρος αντικαθίσταται ή επισκευάζεται. Σε χώρες όπως η Ινδία όπου η εργασία είναι σχετικά ανέξοδη σχετικά με το κόστος των ανταλλακτικών, υπάρχει μια τάση να επισκευής και όχι αντικατάστασης ορισμένων ανταλλακτικών κατά περίπτωση.

Λόγω αυτών των ζητημάτων, χωρίστηκαν οι δαπάνες της εργασίας από τις δαπάνες της κατανάλωσης ανταλλακτικών. Οι δαπάνες της εργασίας καθορίζονται από τον αριθμό των εργατωρών που απαιτούνται για κάθε εργασία συντήρησης που ορίζεται σύμφωνα με τον κατασκευαστή του οχήματος. Ο αριθμός των εργατωρών στην συνέχεια πολλαπλασιάζεται με το κόστος της εργώρας. Το κόστος την αντικατάστασης των ανταλλακτικών εκφράζεται ως ποσοστό της τιμής αντικατάστασης του οχήματος.

Αυτή η προσέγγιση υιοθετήθηκε μετά από το πρότυπο λειτουργικών δαπανών οχημάτων της Κένυας (1987).

Το πρότυπο HDM-III για τον υπολογισμό των δαπανών συντήρησης χρησιμοποιεί τις σχέσεις που προέκυψαν από τα πρότυπα της Βραζιλίας, της Ινδίας, της Κένυας και της Καραϊβικής. Η ανάλυση θα εστιάσει στα πρότυπα της Βραζιλίας και της Ινδίας δεδομένου ότι είναι τα πιο σχετικά με το πρότυπο HDM-4.

6.1 Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο Βραζιλιάνικο πρότυπο

Σύμφωνα με το Βραζιλιανό πρότυπο οι δαπάνες συντήρησης προσδιορίζονται από τις σχέσεις:

$$\text{PARTS} = C_{\text{OSP}} C_{\text{KM}}^{kp} \exp(C_{\text{SPIRI}} \text{IRI}) \quad \text{για } \text{IRI} \leq \text{IRI}_{\text{OSP}}$$

$$\text{PARTS} = C_{\text{KM}}^{kp} (a_0 + a_1 \text{IRI}) \quad \text{για } \text{IRI} > \text{IRI}_{\text{OSP}}$$

$$a_0 = C_{\text{OSP}} \exp(C_{\text{SPIRI}} \text{IRI}_{\text{OSP}}) (1 - C_{\text{SPIRI}} \text{IRI}_{\text{OSP}})$$

$$a_1 = C_{\text{OSP}} C_{\text{SPIRI}} \exp(C_{\text{SPIRI}} \text{IRI}_{\text{OSP}})$$

$$\text{LH} = \text{CO}_{\text{LH}} \text{PARTS}^{CLHPC} \exp(C_{\text{LHIRI}} \text{IRI})$$

Όπου:

PARTS Το κόστος την αντικατάστασης των ανταλλακτικών εκφραζόμενο ως ποσοστό της τιμής αντικατάστασης του οχήματος 1000 km

C_{KM} τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει το όχημα σε km

IRI η τραχύτητα του οδοστρώματος m/km

IRI_{OSP} η τραχύτητα του οδοστρώματος πέρα από την οποία η σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ανταλλακτικών και της τραχύτητας είναι γραμμική

C_{OSP} συντελεστής κατανάλωσης ανταλλακτικών

C_{SPIRI} συντελεστής κατανάλωσης ανταλλακτικών ο οποίος συσχετίζεται με την τραχύτητα του οδοστρώματος

LH ο αριθμός των εργατωρών που απαιτούνται για διαδικασίες συντήρησης για κάθε 1000 km

CO_{LH} συντελεστής εργατοώρας

C_{LHIRI}

συντελεστής εργατώρας ανταλλακτικών ο οποίος συσχετίζεται με την τραχύτητα του οδοστρώματος is the labour model roughness coefficient

πίνακας 6.1 τιμές των συντελεστών που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο HDM-3

	Συντελεστές ανταλλακτικών				Συντελεστές εργασίας		
Τύπος οχήματος	kp	$C_{OSP} \times 10^{-6}$	$C_{SPIRI} \times 10^{-3}$	IRI_{OSP}	C_{OLH}	C_{LHPC}	C_{LHIRI}
επιβατικό	0,308	32,49	178,1	9,2	77,14	0,547	0
Ελ. Φορηγό	0,308	32,49	178,1	9,2	77,14	0,547	0
Λεωφορείο	0,483	1,77	46,28	14,6	293,44	0,517	0,0715
Μεσαίο φορηγό	0,371	1,49	3273,27	0	242,02	0,519	0
Βαρύ φορηγό		8,61	459,03	0	301,46	0,519	0
Φορηγό με συρόμενο πλαίσιο	0,371	13,94	203,45	0	652,51	0,519	0

Πηγή: Watanatada (1987)

Η δομή του προτύπου των ανταλλακτικών είναι αρκετά περίπλοκη. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φορηγά βρέθηκαν για να έχουν μια γραμμική φθορά σε συνάρτηση με την τραχύτητα, τα επιβατικά αυτοκίνητα, βρέθηκαν για να έχουν μια εκθετική φθορά σε συνάρτηση με την τραχύτητα.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του πρότυπου HDM 3 έγινε μια προσπάθεια μηχανιστικής διαμόρφωσης του πρότυπου υπολογισμού της κατανάλωσης ανταλλακτικών Watanatada, 1983 Dhareshwar, 1983.

Σύμφωνα με την μηχανιστική διαμόρφωση οι δαπάνες συντήρησης προσδιορίζονται από τις σχέσεις

$$\text{PARTS} = a_0 + a_1 \text{ SPE} + a_2 \text{ PPE}$$

Όπου a_0 και a_2 είναι σταθερές,

SPE η ενέργεια της ανάρτησης

PPE η ενέργεια ελκτικής δύναμης

Το πρότυπο τροποποιήθηκε έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη την ηλικία του οχήματος:

$$\text{PARTS} = a_0 + (a_1 \text{ SPE} + a_2 \text{ PPE}) C_{\text{KM}}^{a_3}$$

Όπου

C_{KM} ο συνολικός αριθμός των διανυθέντων χιλιομέτρων

6.2 Τρόπος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο Ινδικό πρότυπο

Ο Watanatada (1987) πρότεινε ένα σύνολο σχέσεων οι οποίες προσδιορίζουν το κόστος συντήρησης το οποίο αναπτύχθηκε από τα στοιχεία του Ινδικού πρότυπου.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί υπολογισμοί του κόστους των ανταλλακτικών, στο ινδικό πρότυπο, ο πρώτος αφορά τα αυτοκίνητα ο δεύτερος αφορά τα λεωφορεία και ο τρίτος τα φορτηγά. Υπάρχουν ομοιότητες μεταξύ των σχέσεων που χρησιμοποιούνται στο Ινδικό πρότυπο και των σχέσεων που χρησιμοποιούνται στο Βραζιλιάνικο πρότυπο, αλλά υπάρχουν επίσης και σημαντικές διαφορές.

Στο Ινδικό πρότυπο δεν χρησιμοποιείται η παράμετρος της ηλικίας του οχήματος, επίσης η κατανάλωση των ανταλλακτικών είναι απλά μια εκθετική συνάρτηση της τραχύτητας. Όσον αφορά τα λεωφορεία, η κατανάλωση των ανταλλακτικών είναι το προϊόν δύο παραμέτρων, του συνολικού ταξιδιού που και μιας εκθετικής συνάρτησης της οποίας μεταβλητές είναι η τραχύτητα, η

κυρτότητα, η κλίση και το οδικό πλάτος. Η σχέση για τα φορτηγά ήταν παρόμοια με αυτήν για τα λεωφορεία εκτός από το ότι ο εκθετικός όρος περιλαμβάνει επίσης και την μάζα.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί υπολογισμοί του κόστους της εργασίας. Ο πρώτος αφορά τα αυτοκίνητα, Ο δεύτερος τα οχήματα δημόσιας χρήσης, ο τρίτος τα λεωφορεία και ο τέταρτος φορτηγά.

Παρά τη σπουδαιότητα των δαπανών συντήρησης, έχουν υπάρξει λίγες μελέτες που έχουν γίνει πάνω στο συγκεκριμένο θέμα (HDM4). Αυτό το τμήμα συνοψίζει τις σημαντικότερες μελέτες.

6.3 Τρόπος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής

Ο Winfrey (1969) παρουσίασε ένα πρότυπο δαπάνων συντήρησης βασισμένο σε αποτελέσματα έρευνων. Το πρότυπο εξελίχθηκε από τον Claffey το (1971).

Ο Claffey το (1971) παρουσίασε ένα κατάλογο με ανταλλακτικά τα οποία δεν χρησιμοποιούνται σε συνηθισμένες διαδικασίες συντήρησης μαζί με την απόσταση που διανύθηκε προτού να απαιτηθεί η συντήρηση. Με αυτά τα στοιχεία καθορίστηκε ένα μέσο κόστος.

Ο πίνακας 6.3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου για ένα επιβατικό αυτοκίνητο "τυποποιημένου μεγέθους" (Claffey, 1971). Συμπεραίνεται ένα κόστος συντήρησης \$ 0.0072 / km, ή \$7,2 ανά 1000 km.

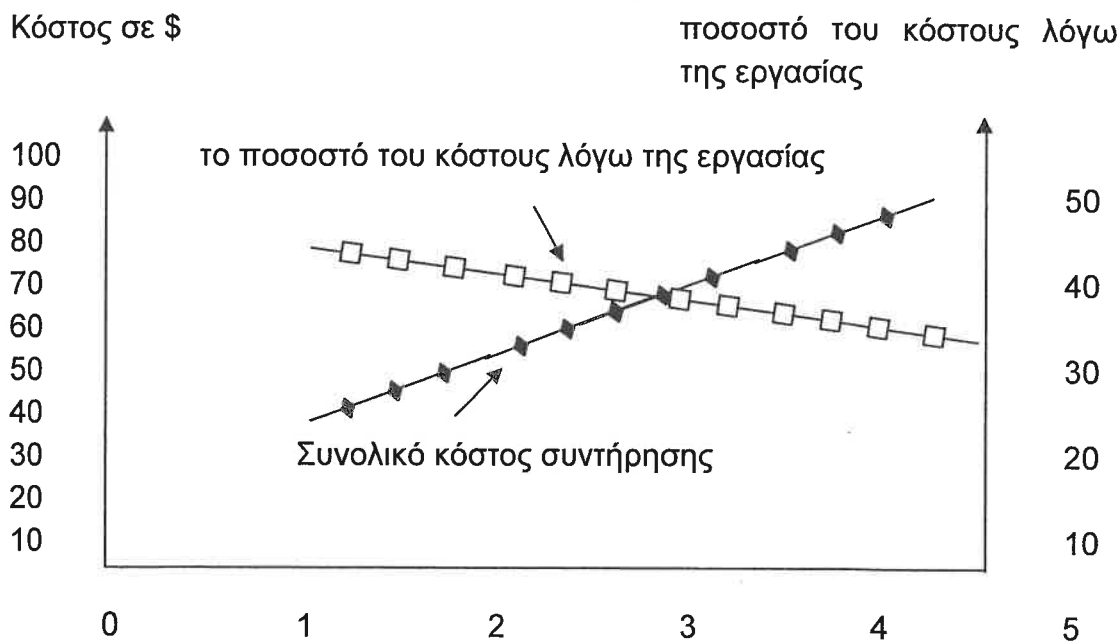
Πίνακας 6.3 Μέσες δαπάνες συντήρησης για ένα επιβατικό αυτοκίνητο "τυποποιημένου μεγέθους"

ανταλλακτικό	Μέσος όρος απόστασης km x 10 ³	Κόστος επισκευής \$	Μέσο κόστος cent / km
Αυτόματο σασμάν	106	178	0.17
Μπλοκ κινητήρα	112	93	0.08
Αμορτισέρ	70	37	0.05
Σύστημα πέδησης	86	41	0.05
Διανομέας	22	12	0.05
Εξάτμιση	62	26	0.04
Καρμπυρατέρ	72	29	0.04
Πίσω άξονας	170	66	0.04
γενήτρια	83	32	0.04

Αντλία νερού	69	24	0.03
Ελατήρια	109	40	0.04
Αντλία καυσίμου	83	15	0.02
Αντλία λαδιού	174	21	0.01
ψυγείο	122	16	0.01
Ιμάντας ανεμιστήρα	82	4	0.00

Ο Παραγιαννάκης το (1999) δίνει τα αποτελέσματα μιας έρευνας που αφορά την κατανάλωση ανταλλακτικών βαριών φορτηγών. Το σχήμα 6.3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ηλικίας στο κόστος συντήρησης καθώς επίσης και το ποσοστό του κόστους λόγω της εργασίας. Θα διαπιστωθεί ότι υπάρχει μια σημαντική αύξηση στις δαπάνες συντήρησης με την αύξηση της ηλικίας και συγχρόνως στο ποσοστό των δαπανών λόγω των μειώσεων του κόστους εργασίας. Αυτό δείχνει, όχι απροσδόκητα, μια αύξηση στον αριθμό ανταλλακτικών που αντικαθίστανται όσο αυξάνει η ηλικία του οχήματος.

Σχήμα 6.3 αποτελέσματα της ηλικίας στο κόστος συντήρησης καθώς επίσης και το ποσοστό του κόστους λόγω της εργασίας



6.4 Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Νότιας Αφρικής

Το CSIR της Νότιας Αφρικής ανέπτυξε ένα ενδιαφέρον πρότυπο για την κατανάλωση των ανταλλακτικών. Η έρευνα που έγινε μπορεί να ομαδοποιηθεί σε δύο παραμέτρους: στην παράμετρο της ταχύτητας και στην τραχύτητα του οδοστρώματος.

Ο du Plessis (1989), εξέτασε την δαπάνη των ανταλλακτικών θέτοντας ως παράμετρο την ταχύτητα. Εξέτασε τις δαπάνες της τυποποιημένης συντήρησης και τις δαπάνες που προέρχονται από τις έκτακτες συντηρήσεις. Το ποσό αυτών των δύο δαπανών ήταν οι συνολικές δαπάνες συντήρησης.

Για τα αυτοκίνητα, οι δαπάνες της τυποποιημένης συντήρησης είναι εκείνες που αντιστοιχούν στη συνιστώμενη από τον κατασκευαστή πολιτική συντήρησης. Οι μη τυποποιημένες δαπάνες είναι ένα ποσοστό των τυποποιημένων δαπανών

Αρχικά, τα αποτελέσματα της στο κόστος των ανταλλακτικών υπολογίστηκαν βασισμένα σε μια τριτοβάθμια εξίσωση (1969) Winfrey. Αργότερα οι δαπάνες διαιρέθηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες:

Εκείνες που είναι βασισμένες στην διανυόμενη απόσταση και έτσι είναι ανεξάρτητες από την ταχύτητα

Εκείνες που επηρεάζονται κυρίως από τον χρόνο

Εκείνες που επηρεάζονται κυρίως από την οδική ταχύτητα

Εκείνες που επηρεάζονται κυρίως από την ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα και,

Εκείνες που επηρεάζονται κυρίως από τους κύκλους λειτουργίας του οχήματος.

Οι συνολικές δαπάνες προβλέφθηκαν έπειτα χρησιμοποιώντας την εξίσωση που ακολουθεί:

$$PC_{ST} = a_1 + a_2 S + a_3 / S + a_4 S^2$$

Όπου

S

PC_{ST} το κόστος συντήρησης σε cents/km

a_1 to a_4 σταθερές

Τα αποτελέσματα της τραχύτητας του οδοστρώματος στην κατανάλωση των ανταλλακτικών δίνονται από τον du Plessis στην παρακάτω εξίσωση.

$$\text{PARTS} = \exp(-0.5254 + 0.6779 \ln \text{CKM} + 0.3338 \ln (13 \text{ IRI})) \times 10^3$$

Οι Findlayson και du Plessis (1991) ερεύνησαν περαιτέρω στοιχεία και οδηγήθηκαν σε μια βελτίωση της ως άνω εξίσωσης:

$$\text{PARTS} = \exp(-3.0951 + 0.4514 \ln \text{CKM} + 1.2935 \ln (13 \text{ IRI})) \times 10^3$$

Η νοτιοαφρικανική έρευνα οδήγησε στην ανάπτυξη των ακόλουθων σχέσεων οι οποίες δίνουν τις ώρες εργασίας (du Plessis and Schutte, 1991):

Λεωφορεία

$$\text{LH} = 0.763 \exp (0.0715 \text{IRI} / \text{NV}_{\text{PLT}})^{0.517}$$

Φορτηγά

$$\text{LH} = \max(3, -0.375 + 0.017 (0.0715 \text{ IRI} / \text{NV}_{\text{PLT}}) + 0.1821 \text{R1})$$

Όπου

LH ώρες εργασίας

NV_{PLT} το κόστος αντικατάστασης του οχήματος

6.5 Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Νέας Ζηλανδίας

Το πρότυπο λειτουργικής δαπάνης οχημάτων της Νέας Ζηλανδίας (Bennett, 1989a) χρησιμοποίησε τις σχέσεις του HDM 3 όσον αφορά τις δαπάνες συντήρησης των οχημάτων. Οι σχέσεις αυτές ρυθμίστηκαν με την προσθήκη ενός διορθωτικού συντελεστή.

Οι Orus και Beca (1998) δοκιμάζοντας το ως άνω πρότυπο, περιγράφουν τα αποτελέσματα έρευνας που αφορούν τις δαπάνες συντήρησης των οχημάτων. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες πηγές στοιχείων, κυρίως δεδομένα από στόλους οχημάτων. Διαπιστώθηκε ότι:

- ✓ Οι μέσες δαπάνες συντήρησης των οχημάτων για τα ελαφριά οχήματα που προβλέφθηκαν από το πρότυπο HDM 3, είχαν μια διαφορά της τάξης του 20 τοις εκατό από τις πραγματικές δαπάνες. Τα οχήματα αυτά εκιούντο σε οδοστρώματα μικρής τραχύτητας. Αντίστοιχα η ίδια

έρευνα για τα μεσαίου μεγέθους έδειξε ότι οι πραγματικές δαπάνες ήταν 40 τοις εκατό υψηλότερες και στα βαριά φορτηγά οι δαπάνες ήταν 100 τοις εκατό υψηλότερες.

- ✓ Οι δαπάνες συντήρησης των οχημάτων ήταν σταθερές τα 3-4 έτη της ζωής οχημάτων.
- ✓ Το ποσό των δαπανών συντήρησης λόγω της διαδικασίας συντήρησης ρουτίνας ποικίλει ανάλογα με σε τη ζωή του οχήματος.
- ✓ Το κόστος των ανταλλακτικών αποτέλεσε το 44 -61 τοις εκατό των συνολικών δαπανών συντήρησης. Αυτό το ποσοστό δεν μεταβάλλεται πολύ με την ηλικία οχημάτων.

Δεν ήταν δυνατό να διαφοροποιηθούν οι δαπάνες συντήρησης που προκύπτουν μεταξύ των οχημάτων που χρησιμοποιούνται σε αστικούς και σε αγροτικούς δρόμους. Αυτό οφειλόταν στην έλλειψη στοιχείων.

Στο πρότυπο λειτουργικής δαπάνης οχημάτων της Νέας Ζηλανδίας, όσον αφορά τις δαπάνες συντήρησης των οχημάτων, επιπρόσθετα σε σχέση με το πρότυπο HDM-III, εξετάζεται η κατανάλωση των ανταλλακτικών σε σχέση με τις παραμέτρους της ταχύτητας και της τραχύτητας του οδοστρώματος. Τα αποτελέσματα σαφώς δείχνουν ότι όσο υψηλότερη η ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερος ο αντίκτυπος της τραχύτητας στην κατανάλωση των ανταλλακτικών.

6.6 Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο της Σουηδίας

Το πρότυπο ΒΕΤΟ αναπτύχθηκε από το σουηδικό ερευνητικό ίδρυμα δρόμων και κυκλοφορίας (VTI) (Hammarstrom και Karlsson, 1987). Χρησιμοποιεί δύο προσεγγίσεις στον υπολογισμό των ανταλλακτικών και της εργασίας συντήρησης, η μια είναι εμπειρική και η άλλη είναι μηχανιστική. Η πρώτη προσέγγιση στηρίζεται στις σχέσεις του HDM ενώ η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί έναν "δείκτη φθοράς" για τα διάφορα μηχανικά μέρη των οχημάτων.

Το μηχανιστικό πρότυπο είναι μια λεπτομερής προσομοίωση ενός εξιδανικευμένου δισδιάστατου οχήματος που ταξιδεύει πάνω σε μια επιφάνεια συγκεκριμένου προφίλ. Οι κατανάλωση των ανταλλακτικών υπολογίζεται με βάση δύο παραμέτρους, το δυναμικό φορτίο του οχήματος και τον αριθμό των

κύκλων επαναλαμβανόμενης φόρτισης. Το πρότυπο δεν λαμβάνει υπόψη το στατικό φορτίο.

Το πρότυπο έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να υπολογίζει την διάρκεια ζωής των διαφόρων μηχανικών μερών των οχημάτων. Μέχρι σήμερα το πρότυπο υπολογίζει μόνο τέσσερα μηχανικά μέρη του οχήματος. Κατά συνέπεια το πρότυπο δεν μπορεί να παρέχει ακόμα έναν υπολογισμό συνολικών δαπανών συντήρησης. Εντούτοις, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η φθορά των οχημάτων που υπολογίζεται σε σχέση με την αυξανόμενη τραχύτητα είναι πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη φθορά των οχημάτων που υπολογίζεται από το εμπειρικό πρότυπο.

Παρά την ανάπτυξη ενός σύνθετου προτύπου, Hammarstrom και Karlsson (1991) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι:

"... θα ήταν πιθανώς ουσιαστικά αδύνατο να αναπτυχθεί ένα πρότυπο που θα μπορούσε να υπολογίζει τη σχέση μεταξύ των συνολικών δαπανών επισκευής και της κατάστασης του οδοστρώματος με απόλυτη ακρίβεια."

6.7 Μέθοδος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο RTIM3

Οι σχέσεις του προτύπου RTIM3 είναι βασισμένες στα αποτελέσματα των ερευνών που έγιναν στην Κένυα και στην Καραϊβική. (Cundill, 1993).

Έχουν αναπτυχθεί τρία πρότυπα για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ανταλλακτικών, ένα για τα αυτοκίνητα και τα ελαφριά φορτηγά, ένα για τα μέσα και βαριά φορτηγά, και ένα για τα λεωφορεία. Για τα αυτοκίνητα και τα ελαφριά φορτηγά, η κατανάλωση των ανταλλακτικών βασίζεται σε δύο παραμέτρους, την τραχύτητα του οδοστρώματος και το λογάριθμο της συνολικής απόστασης που έχει διανύσει το όχημα.

Για τα μέσα και βαριά φορτηγά, η κατανάλωση των ανταλλακτικών βασίζεται σε τρεις παραμέτρους, την τραχύτητα του οδοστρώματος, την κλίση και την κυρτότητα του οδοστρώματος. Για τα λεωφορεία, η σχέση είναι απλούστερη, η κατανάλωση των ανταλλακτικών γίνεται με τη τετραγωνική ρίζας της συνολικής απόστασης που έχει διανύσει το όχημα και με την τραχύτητα του οδοστρώματος.

Σε όλες τις περιπτώσεις, το κόστος της εργασίας συντήρησης εξαρτάται γραμμικά από το κόστος της κατανάλωσης ανταλλακτικών. (σε αντιδιαστολή με τα πρότυπα της Ινδίας και της Βραζιλίας όπου το κόστος της εργασίας

συντήρησης εξαρτάται από την τετραγωνική ρίζα του κόστους κατανάλωσης ανταλλακτικών)

6.8 Εντοπισμός αδύνατων σημείων στα υπάρχοντα πρότυπα

Οι χρήστες των πρότυπων λειτουργικού κόστους οχημάτων, αντιμετωπίζουν ένα σοβαρό πρόβλημα που αφορά την απόφαση του τρόπου υπολογισμού των δαπανών συντήρησης. Είναι ευνόητο ότι το λειτουργικό κόστος του οχήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις δαπάνες συντήρησης. Οι εναλλακτικές προσεγγίσεις του τρόπου υπολογισμού των δαπανών συντήρησης μπορούν να δώσουν πολύ διαφορετικές εκτιμήσεις.

Ο χρήστης του πρότυπου HDM 3 έχει την δυνατότητα να επιλέξει τις εξισώσεις υπολογισμού των δαπανών συντήρησης από το Βραζιλιανό πρότυπο, η το Ινδικό πρότυπο ή ακόμα από τα πρότυπα που χρησιμοποιούν στην Κένυα ή τις Καραϊβικές Θάλασσες. Το αποτέλεσμα θα είναι να ληφθεί αρκετά διαφορετική απάντηση σχετικά με τις δαπάνες συντήρησης. Ο χρήστης θα μπορούσε επίσης να ρυθμίσει ορισμένους συντελεστές (με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιεί το Βραζιλιανό πρότυπο) έτσι ώστε να επηρεάσει την ευαισθησία του παραμέτρων που χρησιμοποιεί. Όμως δεν θα ήταν δυνατό να αναμιχθούν οι παράμετροι δύο προτύπων λειτουργικού κόστους οχημάτων και να συνδυαστούν με τόσο μεγάλη ευκολία. Για παράδειγμα, δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί η λειτουργική δαπάνη ενός οχήματος υπολογίζοντας τις δαπάνες συντήρησης χρησιμοποιώντας το Βραζιλιανό πρότυπο και να υπολογιστεί η κατανάλωση καυσίμων χρησιμοποιώντας το Ινδικό πρότυπο.

Υπήρξαν ασυνέπειες στις προβλέψεις του Βραζιλιανού πρότυπου με τα επιβατικά αυτοκίνητα τα οποία εμφανίζονται συχνά να έχουν σημαντικά υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης ανταλλακτικών σε σχέση με άλλους τύπους οχημάτων.

Η σχεδόν πλήρης απουσία του παράγοντα της τραχύτητας στον υπολογισμό των δαπανών συντήρησης είναι πιθανόν να δίνει ανακριβή αποτελέσματα. Δεδομένου ότι τα λεωφορεία και τα φορτηγά αυτοκίνητα έχουν παρόμοια πλαίσια.

Οι χρήστες διαπίστωσαν ότι το HDM της Βραζιλίας υπερεκτιμά συχνά την κατανάλωση των ανταλλακτικών.

Οι χρήστες βρήκαν το πρότυπο HDM της Βραζιλίας δύσκολο να προσαρμόσουν πέρα από τις έρευνες επί του θέματος που έγιναν στην Βραζιλία, την Ινδία, την Κένυα και τις Καραϊβικές Θάλασσες, έχουν υπάρξει πολλές μικρότερες έρευνες οι οποίες εξετάζουν την κατανάλωση των ανταλλακτικών σε διαφορετικές καταστάσεις. (Hine, 1994) CSIR, (du Plessis και Schutte, 1991), VTI στη Σουηδία, (Hammarstrom και Henrikson, 1994) Νέα Ζηλανδία (Opus - Beca, 1998 Opus - trl, 1999) και ΗΠΑ (Papagiannakis, 1999).

Εντούτοις, δεν έχει υπάρξει καμία σημαντική έρευνα που θα επέτρεπε την επανεκτίμηση των πρότυπων της κατανάλωσης ανταλλακτικών. Η τεχνολογία των αυτοκινήτων και των ελαστικών σήμερα βρίσκεται πολύ πιο μπροστά από την τεχνολογία της δεκαετίας του '70 εποχή όπου δημιουργήθηκε το Βραζιλιανό πρότυπο.

Μπορεί επίσης να έχει δημιουργηθεί μια μετατόπιση στην κατανομή των δαπανών συντήρησης μεταξύ των ανταλλακτικών και της εργασίας.

Η ανάγκη να εξεταστούν οι αντιληπτές αδυναμίες του HDM 3 περιπλέχτηκε από την έλλειψη στοιχείων στην οποία να βασιστούν `οποιοσδήποτε τροποποιήσεις. Οι πιο σημαντική έρευνα διαθέσιμες είναι εκείνη της Νότιας Αφρικής (du Plessis και Schutte, 1991), αλλά αυτή η έρευνα προσανατολίστηκε κυρίως στα φορτηγά και τα λεωφορεία.

Βάσει των διαθέσιμων στοιχείων, αναπτύχθηκε μια αναθεωρημένη προσέγγιση στη διαμόρφωση της κατανάλωσης μερών για το πρότυπο HDM 4. Αυτή η προσέγγιση περιγράφεται στα εξής τμήματα.

6.9 Τρόπος υπολογισμού δαπανών συντήρησης στο πρότυπο HDM4

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρότυπο HDM-4 είναι τα καύσιμα, τα ελαστικά του οχήματος η συντήρηση, οι επισκευές, και η οικονομική απαξίωση. Δύο τύποι οχημάτων είναι διαθέσιμοι, αυτοκίνητα και φορτηγά.

Η κατανάλωση των ανταλλακτικών στο πρότυπο HDM-4 υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{PARTS} = \{K0pc [C_{KM}^{kp} (a0 + a1 RI)] + K1pc\} (1 + C_{PCON} dFUEL)$$

Όπου

C _{PCON}	ο συντελεστής ελαστικότητας (default = 0.1)
dFUEL	η επιπρόσθετη κατανάλωση εξ αιτίας της ελαστικότητας kw
K _{Opc}	ο συντελεστής περιστροφής (default = 1.0)
K _{Ipc}	συντελεστής (default = 0.0)
A ₀ to a ₃	συντελεστές
RI	η προσδιορισμένη τραχύτητα του οδοστρώματος m/km
C _{KM}	τα συνολικά χιλιόμετρα που έχει διανύσει το όχημα

Οι ώρες εργασίας υπολογίζονται ως εξής:

$$LH = K_{OIh} [a_0 PC^{a1}] + K_{IIh}$$

Όπου

LH	είναι οι εργατοώρες ανά 1000 km
K _{OIh}	συντελεστής (default = 1)
K _{IIh}	συντελεστής (default = 0)
A ₀ and a ₁	σταθερές

Είναι δυνατό να εξαλειφτούν τα αποτελέσματα της τραχύτητας του οδοστρώματος στην κατανάλωση των ανταλλακτικών.

Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση:

$$RI = \max (RI_I, \min (RI_{I_0}, a_0 + a_1 RI_I^2))$$

Όπου

RI _{I0}	είναι η περιοριστική τραχύτητα η οποία αφορά την κατανάλωση ανταλλακτικών σε RI m/km
0 a ₃ είναι	σταθερές

Ο προσδιορισμός των συντελεστών των παραμέτρων ήταν ιδιαίτερα προβληματικός. Υπάρχει μια συναίνεση στην άποψη ότι οι βελτιώσεις της τεχνολογίας των οχημάτων προσφέρει στα οχήματα χαμηλότερες δαπάνες συντήρησης, επίσης τα οχήματα είναι λιγότερο ευαίσθητα στην τραχύτητα. Εντούτοις, έχουν υπάρξει σχετικά λίγες μελέτες για να ελέγξουν αυτήν την άποψη, ιδιαίτερα με τα επιβατικά αυτοκίνητα. Οι τιμές υπολογίστηκαν βασισμένες στα αποτελέσματα μελέτης της Βραζιλίας.

Ένα γενικευμένο πρότυπο εργασίας παρουσιάστηκε. Συστήθηκε ότι για την πρόβλεψη των ωρών εργασίας η καλύτερη προσέγγιση ήταν να υιοθετηθεί το πρότυπο εργασίας της Βραζιλίας για τις χώρες οι οποίες στην αναλογία δαπάνης εργασίας / δαπάνης ανταλλακτικών, η δαπάνη εργασίας είναι μικρότερη και οι σχέσεις της Ινδίας για τις χώρες όπου η δαπάνη εργασίας είναι μεγαλύτερη στην αναλογία δαπάνης εργασίας / δαπάνης ανταλλακτικών.

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση θα αυξήσει την κατανάλωση ανταλλακτικών λόγω των πρόσθετων δυνάμεων που ενεργούν στο όχημα. Αντί της χρησιμοποίησης της μηχανιστικής θεωρίας οι αυξημένες δαπάνες συντήρησης υπολογίζονται σαν μια λειτουργία της οριακής κατανάλωσης καυσίμων λόγω της συμφόρησης. Μια αύξηση της τάξης του 10 τοις εκατό στις δαπάνες συντήρησης για κάθε αύξηση 100 τοις εκατό στην κατανάλωση καυσίμων προτείνεται ως αρχική εκτίμηση.

7. Δαπάνες Κεφαλαίου

Κάθε όχημα έχει τρία μεγέθη μέτρησης της ζωής του, η οποία μπορεί να εκφραστεί είτε σαν χρόνος (σε έτη) είτε σαν διανυθείσα απόσταση (σε χλμ). Αυτά είναι :

- Η χρονική περίοδος λειτουργίας του (service life)
- Η φυσική του ζωή, περιλαμβανομένης και της περιόδου που δεν χρησιμοποιείται (physical life)
- Η χρονική περίοδος για την οποία υπάρχει οικονομικό όφελος από την λειτουργία του (Economic life)

Οι δαπάνες του οχήματος που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια (καύσιμα, ελαστικά, λιπαντικά κτλ) σχετίζονται άμεσα με τις συνθήκες λειτουργίας του μέσα στην χρονική περίοδο που χρησιμοποιείται. Εξίσου σημαντικές όμως δαπάνες του λειτουργικού κόστους των οχημάτων , που μερικές φορές μάλιστα υπερβαίνουν τις δαπάνες των καυσίμων και των ελαστικών (HDM, 2001) είναι το κόστος απόσβεσης (depreciation costs) και το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου αγοράς του οχήματος (interest costs). Οι παράμετροι που τις επηρεάζουν είναι οι **συνθήκες λειτουργίας** του οχήματος (operating conditions), η **χρονική περίοδος λειτουργίας του** (service life) και ο **βαθμός χρήσης του οχήματος** (utilization). Από την εξέταση των προτύπων που έχουμε στην διάθεσή μας προέκυψε ότι οι δύο παραπάνω δαπάνες μαζί με την δαπάνη αγοράς του οχήματος και το κόστος χρηματοδότησης συνθέτουν αυτό που αναφέρεται στα πρότυπα ως **δαπάνες κεφαλαίου** (capital costs).

Η **απόσβεση** είναι η διαφορά μεταξύ της αρχικής αξίας του οχήματος και της υπολειμματικής του αξίας (residual life) δηλαδή της αξίας που απομένει το όχημα στο τέλος της περιόδου λειτουργίας του. Το **κόστος απόσβεσης** είναι το κόστος που προκύπτει από την μείωση της αξίας του οχήματος κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας του και εκφράζεται σε κόστος ανά μονάδα απόστασης ή σε κόστος ανά μονάδα χρόνου. Όπως προαναφέρθηκε στα εισαγωγικά κεφάλαια η απόσβεση εξαρτάται τόσο από τον χρόνο όσο και από τον βαθμό χρήσης του οχήματος. Το κομμάτι της, που είναι συνάρτηση του χρόνου και μόνο, θεωρείται σταθερή δαπάνη ενώ αυτό που εξαρτάται από την χρήση του οχήματος, λειτουργική.

Το **ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου** είναι ο τόκος, πάνω στην εκάστοτε αξία του κεφαλαίου του οχήματος, που χάνει ο ιδιοκτήτης, από το γεγονός ότι το κεφάλαιο που είναι δεσμευμένο στο όχημα του δεν επενδύεται.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για να προβλέψουν το κόστος απόσβεσης των οχημάτων και το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου και μπορούν να ομαδοποιηθούν ευρέως σε τέσσερις κατηγορίες:

1. **Μέθοδος Value – Age (VA)**
2. **Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου (Capital Recovery, CRT)**
3. **Μέθοδος Βέλτιστης ζωής (Optimal Life, OL)**
4. **Άλλες τεχνικές**

Ακολουθεί σύντομη περίληψη της κάθε τεχνικής και παρουσιάζεται αναλυτικά το πώς τα διάφορα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους μοντελοποίησαν το κόστος απόσβεσης και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές.

7.1 Μέθοδος Value – Age (VA)

Η μέθοδος (VA) έχει εφαρμοστεί σε διάφορες μελέτες. Όπως περιγράφεται από τους Chesher και Harrison (1987), χρησιμοποιεί μια σχέση μεταξύ της αξίας του κεφαλαίου του οχήματος και της ηλικίας του. Οι σχέσεις που χρησιμοποιεί η μέθοδος αυτή ανά τύπο οχήματος προέκυψαν από μεγάλης κλίμακας έρευνα που έγινε στις τιμές των μεταχειρισμένων οχημάτων και συγκρίθηκαν με δεδομένα που προέκυψαν από έρευνες χρηστών. Το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου υπολογίζεται σαν συνάρτηση της προβλεφθείσας αξίας του οχήματος και κατόπιν το κόστος απόσβεσης λαμβάνεται από την αλλαγή στην αξία του οχήματος με την πάροδο του χρόνου.

Οι Chesher και Harrison (1987) επισημαίνουν τρεις αδυναμίες αυτής της μεθόδου:

- Οι προβλεφθείσες τιμές δεν συσχετίζονται με την ποιότητα των διαδρομών που έχουν διανύσει τα οχήματα
- Οι τιμές δεν συσχετίζονται συνήθως με τις αποστάσεις που διανύονται, μόνο με την ηλικία των οχημάτων
- αποτυγχάνει να λάβει υπόψη της τη σχέση μεταξύ της συντήρησης των οχημάτων και της απόσβεσης

Οι μελέτες που χρησιμοποίησαν την τεχνική VA αναλύονται στις επόμενες σειρές.

7.1.1 Υπολογισμός της απόσβεσης στις μελέτες της Βραζιλίας, της Ινδίας, της Καραϊβικής και της Κένυας

Όλες οι μελέτες υπολογισμού του κόστους των χρηστών της οδού που έγιναν στην Κένυα, την Ινδία, την Καραϊβική και τη Βραζιλία ανέπτυξαν σχέσεις (VA).

Ο Πίνακας 7.1.1β απαριθμεί αυτές τις διάφορες σχέσεις. Οι υπολογισμοί αφορούν διαφορετικούς τύπους οχημάτων για τους οποίους δίνεται ο παρακάτω επεξηγηματικός Πίνακας 7.1.1α.

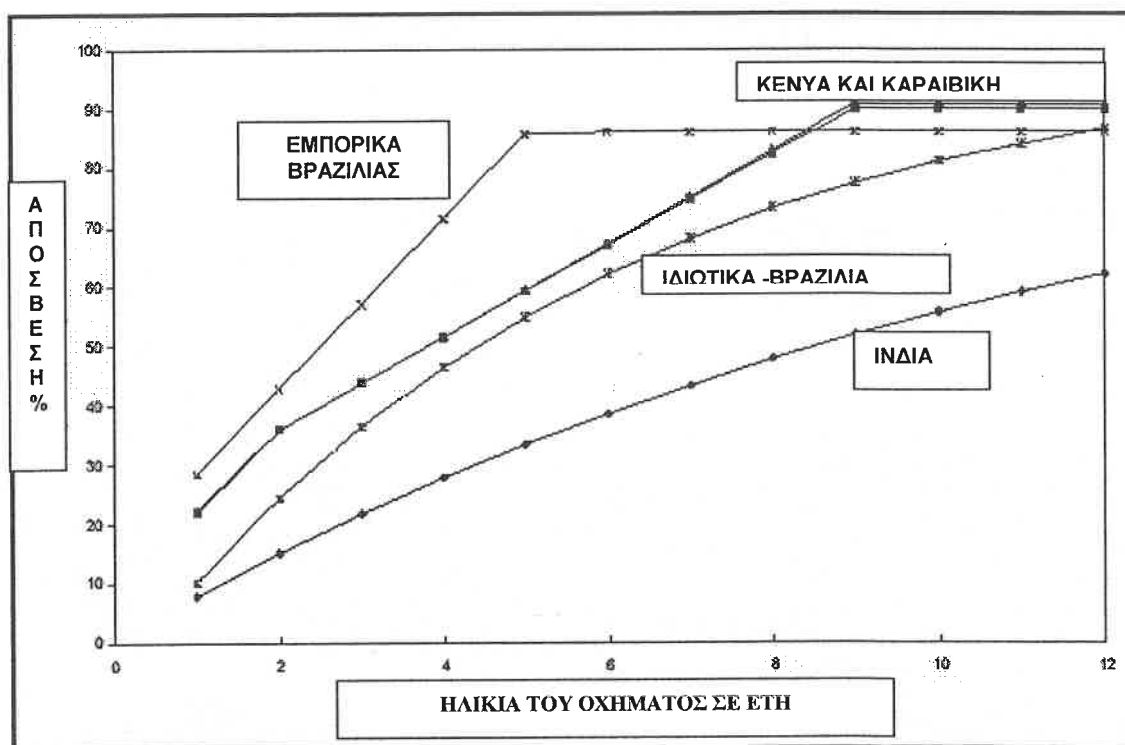
ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
PC commercial/ private	Επιβατικό αυτοκίνητο εμπορικής / ιδιωτικής χρήσης	Επιβατικό όχημα
LGV	Όχημα Μεταφοράς Ελαφρών Αγαθών	ελαφρύ φορτηγό, 4 τροχοί
MT	Μέσο Φορτηγό	Μέσο ενιαίο διαξονικό φορτηγό, περίπου > 3,5t
HT	Βαρύ Φορτηγό	Πολυαξονικό ενιαίο φορτηγό
HB	Βαρύ Λεωφορείο	Πολυαξονικό ή μεγάλο Διαξονικό λεωφορείο

Πίνακας 7.1.1 α: Επεξηγήσεις συμβόλων τύπων οχημάτων

ΧΩΡΑ	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΣΧΕΣΗ	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ
Kenya	PC and LGV	$VEHVAL(t) = 0.78 NVPLT$	$t = 1$
		$VEHVAL(t) = (0.793 - 0.077 t) NVPLT$	$2 \leq t \leq 9$
India	HB, MT, HT	$VEHVAL(t) = (1.317 - 0.625 t^{1/3}) NVPLT$	$1 \leq t \leq 8$
	PC	$VEHVAL(t) = \exp(-0.081 t) NVPLT$	
Caribbean	HB, MT, HT	$VEHVAL(t) = \exp(-0.147 t) NVPLT$	
	PC and LGV	$VEHVAL(t) = 0.78 NVPLT$	$t = 1$
Brazil		$VEHVAL(t) = (0.795 - 0.078 t) NVPLT$	$2 \leq t \leq 9$
	MT, HT	$VEHVAL(t) = (1.553 - 0.662 t^{1/3}) NVPLT$	$1 \leq t \leq 12$
	PC - Commercial	$VEHVAL(t) = (0.859 - 0.143 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 5$
		$VEHVAL(t) = 0.14 NVPLT$	$t > 5$
	PC - Private	$VEHVAL(t) = 1.07 \exp(-0.173 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 12$
		$VEHVAL(t) = 0.13 NVPLT$	$t > 12$
	LGV	$VEHVAL(t) = 0.75 \exp(-0.124 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 15$
		$VEHVAL(t) = 0.11 NVPLT$	$t > 15$
	HB	$VEHVAL(t) = 0.95 \exp(-0.169 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 12$
		$VEHVAL(t) = 0.12 NVPLT$	$t > 12$
	MT	$VEHVAL(t) = 0.83 \exp(-0.175 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 12$
		$VEHVAL(t) = 0.10 NVPLT$	$t > 12$
	HT	$VEHVAL(t) = 0.84 \exp(-0.160 t) NVPLT$	$1 \leq t \leq 12$
		$VEHVAL(t) = 0.12 NVPLT$	$t > 12$
Σημ:	VEHVAL η αξία του οχήματος στο έτος t NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών		

Πίνακας 7.1.1β: Σχέσεις Value – Age από τις μελέτες της Βραζιλίας, της Ινδίας, της Καραϊβικής και της Κένυας. (Πηγή: HDM 4, 2001 ;Chesher και Harrison,1987)

Οι προβλεφθείσες τιμές για τα επιβατικά αυτοκίνητα έχουν σχεδιαστεί στο Σχήμα 7.1.1γ .



Σχήμα 7.1.1γ: Απόσβεση επιβατικού οχήματος (%) συναρτήσει της ηλικίας του (σε έτη) στις μελέτες της Βραζιλίας, της Ινδίας, της Κένυας και της Καραϊβικής.

Η απόσβεση (σε μορφή ποσοστού) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση:

$$DEPPCT = 100 (1 - VEHVAL / NVPLT)$$

όπου
 DEPPCT η απόσβεση του οχήματος σε ποσοστό στο έτος t
 VEHVAL η αξία του οχήματος στο έτος t
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών (replacement vehicle price less tyres)

Από το Σχήμα 7.1.1γ φαίνεται ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα ποσοστά απόσβεσης μεταξύ των χωρών, αλλά και μεταξύ παρόμοιων οχημάτων στην ίδια χώρα που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά χρήσης.

Οι ομοιότητες μεταξύ των εξισώσεων της μελετών της Κένυας και της Καραϊβικής είναι ασυνήθιστες, ιδιαίτερα εφόσον οι εξισώσεις για τα φορτηγά

σε εκείνες τις χώρες είναι αρκετά διαφορετικές. Θα πρέπει επομένως να αντιμετωπιστούν ως εξαιρετική κατάσταση.

7.1.2 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις μελέτες της Νέας Ζηλανδίας

Υπήρξαν τρεις μελέτες που διεξάχθηκαν στην Νέα Ζηλανδία και που οδήγησαν στις εξισώσεις VA: Η Μελέτη του Υπουργείου Μεταφορών (1980), του Bennett (1985) και του Bennett (1989b). Οι εξισώσεις VA που ανέπτυξαν για την απόσβεση είναι της ακόλουθης γενικής μορφής:

$$DEPPCT = a0 AGE^{a1} CKM^{a2}$$

όπου DEPPCT η απόσβεση του οχήματος σε ποσοστό στο έτος t
AGE η ηλικία του οχήματος σε έτη
CKM η συσσωρευτική χιλιομετρική διάνυση (cumulative kilometreage) των οχημάτων σε χλμ
a0, a1, a2 συντελεστές παλινδρόμησης

Το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου υπολογίστηκε βάσει της μέσης αξίας όλων των οχημάτων του στόλου.

Ο Πίνακας 7.1.2α παρουσιάζει τις τιμές για τους συντελεστές του προτύπου από τις διάφορες μελέτες της Νέας Ζηλανδίας.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΧΡΟΝΙΑ	a0	a1	a2
PC	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1979	0,7173	0,5018	0,3108
	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1987	4,1179	0,4270	0,1650
	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1988	12,4586	0,2637	0,1079
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1988	12,000	0,2751	0,1108
LGV	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1988	39,4946	0,2843	0,0000
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1988	31,0542	0,4105	0,0000
MT, HT	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1985	0,0973	0,4137	0,0955
	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ	1988	11,1900	0,4625	0,0709

Πίνακας 7.1.2α : Τιμές προτύπου απόσβεσης της Νέας Ζηλανδίας.

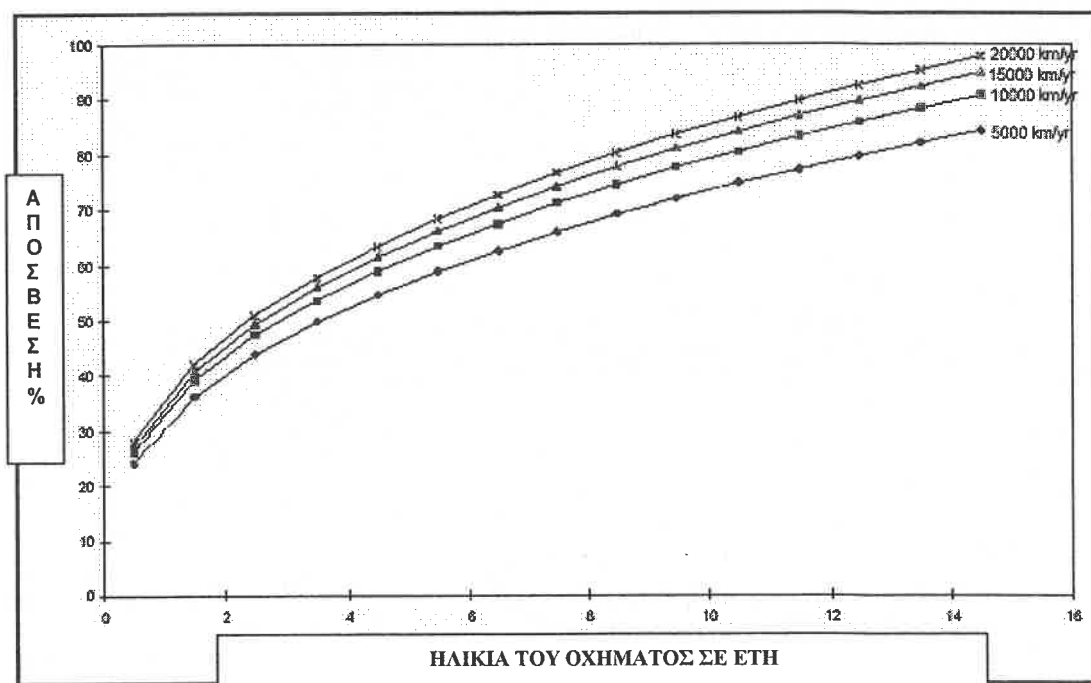
(Πηγή: HDM 4, 2001; Bennett 1989b)

Για τον υπολογισμό της απόσβεσης χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές τεχνικές: η τεχνική της "αξίας αντικατάστασης" (Replacement Value technique) και "η οικονομική τεχνική" (Economic technique).

Η τεχνική της αξίας αντικατάστασης χρησιμοποιήθηκε στις μελέτες υπολογισμού του κόστους των χρηστών της οδού της Κένυας, της Καραϊβικής και της Ινδίας. Καθόρισε την απόσβεση ως την διαφορά μεταξύ της τρέχουσας αγοραίας αξίας (current market value) ενός παρόμοιου οχήματος και της αξίας μεταπώλησης του (resale value).

Η οικονομική τεχνική μετέτρεψε την αρχική τιμή πώλησης του οχήματος σε ένα οικονομικό κόστος με την αφαίρεση του φόρου επί των πωλήσεων που ισχύει στο έτος κατασκευής. Κατόπιν αυτό το κόστος 'μεταφέρθηκε' στο τρέχον έτος με την βοήθεια του δείκτη τιμών καταναλωτή (CPI) και προστέθηκε ο φόρος επί των πωλήσεων του τρέχοντος έτους στην ενημερωμένη τιμή ώστε να ληφθεί η ισοδύναμη τρέχουσα αγοραία αξία (current equivalent market value). Η απόσβεση ορίστηκε ως η διαφορά μεταξύ της ισοδύναμης αγοραίας αξίας και της τιμής μεταπώλησης.

Το Σχήμα 7.1.2β δείχνει τα αποτελέσματα της επίδρασης της ηλικίας στην απόσβεση των επιβατικών αυτοκινήτων του 1988 που έχει στηριχτεί στην οικονομική τεχνική. Μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι η απόσβεση είναι πολύ ευαίσθητη στην ηλικία αλλά δεν επηρεάζεται τόσο πολύ από τον βαθμό χρήσης του οχήματος.



Σχήμα 7.1.2β: Αποτελέσματα της επίδρασης της ηλικίας του οχήματος στην απόσβεση επιβατικού αυτοκινήτου από την οικονομική τεχνική της Νέας Ζηλανδίας του 1988. (Πηγή : HDM 4, 2001)

Ο Bennett (1989b) σύγκρινε τις εκτιμήσεις από τις δύο τεχνικές απόσβεσης. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δύο τεχνικές δίνουν παρόμοια αποτελέσματα έτσι που κάθε μία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ανάλυση των στοιχείων μεταπώλησης. Εντούτοις, συστήθηκε η χρήση της οικονομικής τεχνικής για τους παρακάτω λόγους :

- Βασίζεται στην μεταβαλλόμενη αξία των προϊόντων στην διάρκεια του χρόνου που είναι πολύ σημαντικό για τις αξιολογήσεις των εθνικών οδών
- Χρησιμοποιεί τις αρχικές τιμές πωλήσεων των οχημάτων στους υπολογισμούς που είναι και ευκολότερο να ληφθούν, και οι οποίες είναι σημαντικότερες από τις εκτιμήσεις για παρόμοια οχήματα που χρησιμοποιούνται στην τεχνική της αξίας αντικατάστασης.

7.1.3 Υπολογισμός της απόσβεσης στο πρότυπο RTIM2

Το πρότυπο RTIM2 (Parsley και Robinson, 1982) χρησιμοποίησε μια παραλλαγή της μεθόδου VA η οποία συμπεριέλαβε στους υπολογισμούς της το φάσμα ηλικιών του στόλου των οχημάτων (vehicle fleet age spectrum). Αυτό το φάσμα ηλικιών θα μπορούσε να παραμείνει σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης ή να τροποποιείται από τους μηχανισμούς απώλειας και γήρανσης ώστε να απεικονίσει την φυσική απόσυρση των οχημάτων λόγω των ατυχημάτων, της τεχνικής απαξίωσης και της εισαγωγής νέων οχημάτων. Το πρόγραμμα αυτό υπολόγιζε τον αριθμό των οχημάτων που επιζούσαν στο τέλος κάθε έτους και έπειτα τον χρησιμοποιούσε για να καθορίσει το κόστος της απόσβεσης. Η απόσβεση υπολογίστηκε για τα επιβατικά αυτοκίνητα ως:

$$DEPPCT = d0v_1^Y + d1v_2^Y + \sum_{i=3}^8 d2v_i^Y + d3v_9^Y + d4\Delta v_1^Y + \sum_{i=2}^8 (d5 - d6(i-2)) \Delta v_1^Y$$

όπου DEPPCT η απόσβεση του οχήματος σε ποσοστό στο έτος ανάλυσης y
 v_1^Y ο αριθμός των οχημάτων της ηλικίας i στο έτος ανάλυσης y
d0 έως d6 τα ποσοστά απόσβεσης για τα οχήματα έτους της ηλικίας i

7.1.4 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο RTIM3

Το πρόγραμμα RTIM3 (Cundill, 1993) εκτός από τον υπολογισμό του κόστους απόσβεσης υπολόγισε και το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εξισώσεις :

$$DEPCST = [AD \cdot PN \cdot NVPLT \cdot (100 - PCTPRV) / 10^9] \cdot (TTKKM / HRD)$$

$$INTCST = [100 \cdot ir \cdot PN \cdot NVPLT \cdot (100 - PCTPRV) / 10^9] \cdot (TTKKM / HRD)$$

όπου DEPCST το κόστος απόσβεσης ανά 1000 χλμ
INTCST το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου ανά χλμ
NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
AD η ετήσια απόσβεση (annual depreciation) ως ποσοστό της τρέχουσας τιμής του οχήματος
PN η τρέχουσα αξία του οχήματος (current vehicle value) ως ποσοστό της τιμής ενός νέου οχήματος
PCTPRV το ποσοστό των ιδιωτικών οχημάτων
TTKKM ο χρόνος ταξιδιού σε ώρες /1000 χλμ
HRD ο αριθμός ωρών οδήγησης ανά έτος. Μπορεί να υπολογιστεί από την μέση ετήσια χιλιομετρική διάνυση διαιρώντας την με την μέση ετήσια ταχύτητα.
ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)

Υπάρχουν διάφορα σημεία που θα πρέπει να επισημανθούν στην ανωτέρω προσέγγιση:

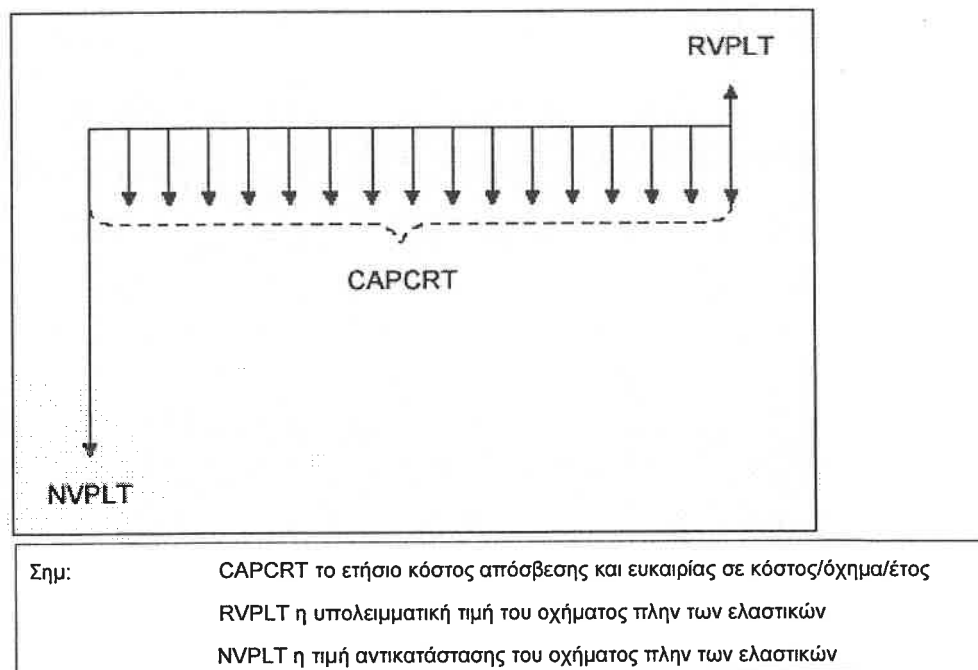
- (a) Ο χρήστης καθορίζει τη μέση απόσβεση (AD) ως δεδομένο εισαγωγής. Είναι ο μέσος όρος μείωσης στο οικονομικό κόστος του αντιπροσωπευτικού οχήματος, "χαρακτηριστικά στην περιοχή 10 τοις εκατό"
- (b) Οι δαπάνες δεν υπολογίζονται για τα οχήματα που συμμετέχουν σε ιδιωτική χρήση
- (c) Οι δαπάνες είναι βασισμένες στη μέση αξία των οχημάτων του στόλου, που εκφράζεται ως το γινόμενο $PN \cdot NVPLT$ και,
- (d) Οι δαπάνες είναι ανάλογες προς την ταχύτητα, αλλά τα αποτελέσματα είναι μια συνάρτηση του αριθμού ωρών που χρησιμοποιείται το όχημα ανά έτος.

7.2 Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου (CRT)

Η Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου CRT (Capital Recovery Technique) προτάθηκε από τον Schutte (1979 και 1981). Τροποποιήθηκε αργότερα από τον Pienaar (1984) για να επιτρέψει έναν άμεσο υπολογισμό του κόστους απόσβεσης ανά χιλιόμετρο. Εφαρμόστηκε στην Ινδονησία (Halcrow Fox, 1982) και στην Νέα Ζηλανδία από τον Bennett (1989b) κατόπιν της διαπίστωσης ότι οι εξισώσεις VA δεν ήταν σταθερές κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Η μέθοδος CRT μετατρέπει τόσο την αξία του νέου οχήματος όσο και την παρούσα αξία της υπολειμματικής αξίας του οχήματος σε ετήσιο κόστος, κατανέμοντάς τες σε κάθε έτος της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος ώστε να λάβει υπόψη της τα αποτελέσματα από την επίδραση του χρόνου επάνω στο κεφάλαιο.

Η μέθοδος CRT εμφανίζεται στο διάγραμμα ρών που ακολουθεί στο Σχήμα 7.2α



Σχήμα 7.2.α: Διάγραμμα ρών της Μεθόδου Αποκατάστασης Κεφαλαίου (CRT)

Οι δαπάνες του κεφαλαίου (δηλ. κόστος απόσβεσης συν το ευκαιριακό κόστος) υπολογίζονται ως:

$$CAPCRT = \frac{NVPLT \cdot ir \cdot (1+ir)^{LIFE}}{(1+ir)^{LIFE} - 1} - \frac{RVPLT \cdot ir}{(1+ir)^{LIFE} - 1}$$

όπου CAPCRT το ετήσιο κόστος απόσβεσης και ευκαιρίας σε κόστος/όχημα/έτος
RVPLT η υπολειμματική τιμή του οχήματος πλην των ελαστικών (residual vehicle price less tyres)
NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
ir είναι το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)
LIFE η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος (service life) σε έτη

Η απόσβεση μπορεί να εκφραστεί είτε ως ετήσιο είτε ως μηνιαίο κόστος. Για να μετατραπεί το ετήσιο επιτόκιο σε μηνιαίο χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$irm = (1 + ir)^{1/12} - 1$$

όπου irm είναι το μηνιαίο επιτόκιο (σε μορφή δεκαδικού)

Ο Schutte (1994) σημειώνει ότι:

"εφόσον ένα κεφαλαιουχικό στοιχείο, εξ ορισμού, έχει μια μακριά οικονομική ζωή κατά τη διάρκεια της οποίας είναι ικανό να παράγει ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, η χρονική αξία των χρημάτων θα πρέπει να εξετάζεται στον υπολογισμό των δαπανών του κεφαλαίου. Η τιμή του νέου οχήματος (πλην των έμμεσων φόρων και της τιμής των ελαστικών) θα μπορούσε να θεωρηθεί ως η (προεξοφλημένη) παρούσα αξία του στοιχείου κόστους που συνεπάγεται σε κάθε έτος της οικονομικής ζωής του (ή σε κάθε μονάδα παραγόμενου αποτελέσματος κατά τη διάρκεια της οικονομικής του ζωής). Όταν το κεφαλαιουχικό στοιχείο εγκαταλείπεται στο τέλος της οικονομικής του ζωής, θα έχει παρ'όλα αυτά μια αξία ευκαιρίας. Αυτή η αξία θα προκύψει από το γεγονός ότι θα μπορούσε έπειτα να χρησιμοποιηθεί για άλλο σκοπό, όπως παραδείγματος χάριν, να πωληθεί για παλιοσίδερα. Επομένως, ο στόχος είναι να κατανείμει την αρχική τιμή του οχήματος (μείον την παρούσα αξία της υπολειμματικής του αξίας) σε κάθε έτος της οικονομικής ζωής του".

7.2.1 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο του Καναδά, PVOOC

Την μέθοδο CRT χρησιμοποιεί το πρότυπο PVOOC του Καναδά για να υπολογίσει τις δαπάνες κεφαλαίου κάνοντας χρήση του τύπου της αποκατάστασης του κεφαλαίου. Το κόστος της αποκατάστασης του κεφαλαίου του οχήματος ορίζεται ως το ισοδύναμο ετήσιο κόστος κεφαλαίου (equivalent

annual capital cost) του οχήματος και είναι συνάρτηση του αρχικού κόστους κεφαλαίου, της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος, της υπολειμματικής αξίας του και του προεξοφλητικού επιτοκίου (discount rate).

Η αποκατάσταση του κεφαλαίου καθορίζεται μαθηματικά ως (PVOC, 1996):

$$CR = NVPLT - \{RVPLT / (1+ir)^{LIFE}\} \{ir(1+ir)^{LIFE} / (1+ir)^{LIFE} - 1\}$$

Όπου
CR η αποκατάσταση του κεφαλαίου (\$/έτος)
NVPLT το αρχικό κόστος κεφαλαίου (\$)
RVPLT η υπολειμματική αξία
ir το προεξοφλητικό επιτόκιο σε %
LIFE η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος (σε έτη)

7.3 Μέθοδος Βέλτιστης Ζωής (Optimal Life, OL)

Η μέθοδος της "βέλτιστης ζωής" (OL) προτάθηκε από τον Nash (1976) και βελτιώθηκε από τους Chesher, *et al.* (1980) ; τους Chesher και Harrison (1987); και Chesher (1990). Ο Hine (1982) χρησιμοποίησε μια παραλλαγή της μεθόδου OL.

Σε όλες τις εφαρμογές η θεωρία είναι ότι η ελαχιστοποίηση των δαπανών προκύπτει όταν ένα όχημα σταματάει να χρησιμοποιείται στο βέλτιστο σημείο της ζωής του. Αυτή η μέθοδος χρησιμεύει για τον υπολογισμό της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος και της χρήσης του τα οποία είναι μεγέθη που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του κόστους της απόσβεσης και του ευκαιριακού κόστους του κεφαλαίου.

7.3.1 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου με την μέθοδο βέλτιστης ζωής από τους Chesher και Harrison

Σύμφωνα με τους Chesher και Harrison το κόστος λειτουργίας ενός οχήματος σε οποιαδήποτε στιγμή είναι το άθροισμα των λειτουργικών δαπανών που ορίζονται ως τα καύσιμα, τα λιπαντικά, και το κόστος συντήρησης και προσωπικού πλην του κόστους απόσβεσης και του ευκαιριακού κόστους του κεφαλαίου. Το συνολικό κόστος των λειτουργικών δαπανών από την αρχή της ζωής του οχήματος (χρόνος 0) ως την βέλτιστη ζωή του (OL) υπολογίζονται ως εξής :

$$\int_0^{OL} \text{RUN}(t) dt$$

Όπου RUN οι λειτουργικές δαπάνες (running costs) στον χρόνο t
 OL ο βέλτιστος χρόνος για απόσυρση (optimal year for scrapping)

Οι λειτουργικές δαπάνες αυξάνουν καθώς το όχημα γερνάει, αλλιώς δεν θα υπήρχε ανάγκη να αποσυρθεί. Οι λειτουργικές δαπάνες είναι πάντα μη μηδενικές σε οποιαδήποτε στιγμή της ζωής του εφόσον πάντα θα υπάρχουν δαπάνες για καύσιμα, ελαστικά κτλ. Παρ'όλα αυτά θα πρέπει να επισημανθεί ότι μόνο οι δαπάνες συντήρησης αλλάζουν με τον καιρό¹.

Η παρούσα αξία του πλήθους των λειτουργικών δαπανών είναι :

$$1/(1 - e^{-ir^{OL}}) \int_0^{OL} \text{RUN}(t) e^{-irt} dt$$

Όπου ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)
 RUN οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο t
 OL ο βέλτιστος χρόνος για απόσυρση

Συμπεριλαμβάνοντας τις δαπάνες κεφαλαίου του οχήματος (πλην των ελαστικών εφόσον αυτά μετέχουν στις λειτουργικές δαπάνες) η συνολική παρούσα αξία είναι :

$$PVC = 1/(1 - e^{-ir^{OL}}) \{ NVPLT + \int_0^{OL} \text{RUN}(t) e^{-irt} dt \}$$

Όπου PVC η παρούσα αξία του συνολικού κόστους
 ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)
 RUN οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο t
 OL ο βέλτιστος χρόνος για απόσυρση
 $NVPLT$ η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών

¹ Αυτή είναι μια υπόθεση της OL μεθόδου όπως παρουσιάζεται από τους Cheshier και Harrison. Στην πραγματικότητα τα άλλα συστατικά του VOC όπως η κατανάλωση καυσίμων και τα ελαστικά αλλάζουν με τον χρόνο αλλά αυτές οι αλλαγές είναι λιγότερο σημαντικές.

Παραγωγίζοντας την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι η βέλτιστη ζωή είναι το χρονικό σημείο για το οποίο ισχύει η παρακάτω σχέση :

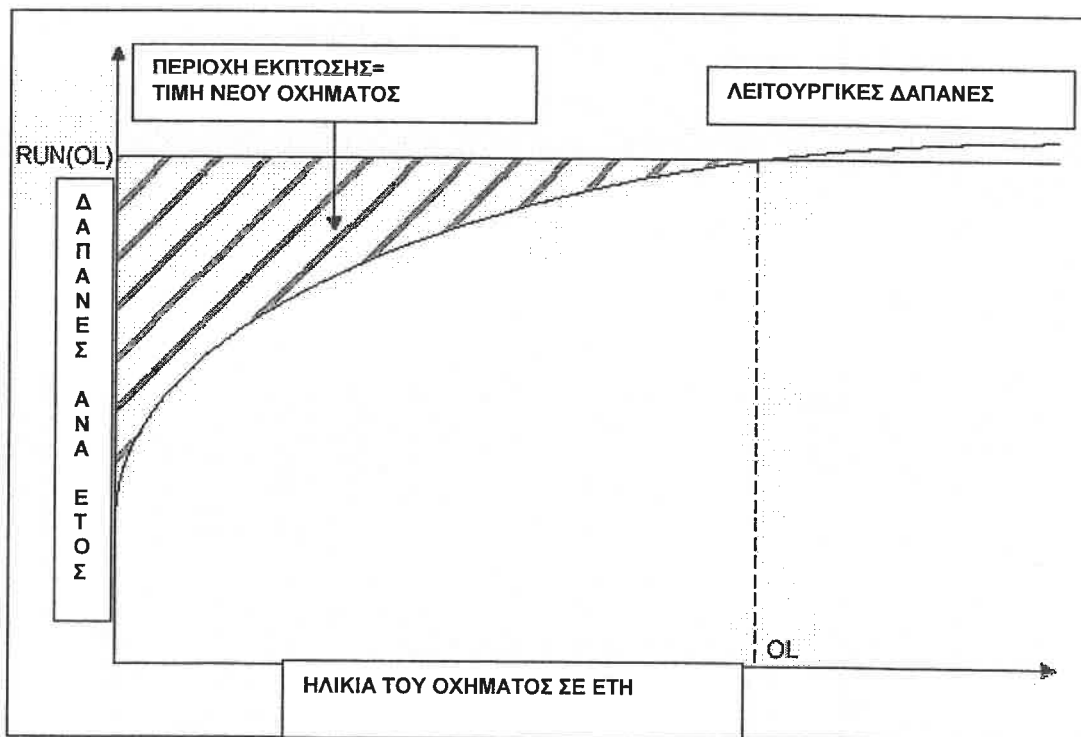
$$RUN(OL) = ir PVC$$

Όπου $RUN(OL)$ οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο OL
 PVC η παρούσα αξία του συνολικού κόστους
 ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)

Οι Chesher και Harrison δείχνουν ότι η παραπάνω σχέση είναι ισοδύναμη με την :

$$NVPLT = \int_0^{OL} \{RUN(OL) - RUN(t)\} e^{-it} dt$$

Το Σχήμα 7.3.1α απεικονίζει την βέλτιστη ζωή. Η βέλτιστη ζωή προκύπτει όταν η γραμμοσκιασμένη περιοχή πάνω από τις λειτουργικές δαπάνες είναι ίση με την προεξοφληθείσα (discounted) τιμή του οχήματος.



Σχήμα 7.3.1α : Δαπάνες, ηλικία του οχήματος και βέλτιστη στιγμή απόσυρσης

Η αξία του οχήματος στον χρόνο t είναι ίση με την παρούσα αξία (στον χρόνο t) του πλήθους των καθαρών εσόδων που απομένουν στο όχημα να δώσει:

$$VEHVAL(t) = e^{irt} \int_0^{OL} \{RUN(OL) - RUN(x)\} e^{-irx} dx$$

Όπου
 VEHVAL η αξία του οχήματος στον χρόνο t
 RUN(OL) οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο OL
 RUN(x) οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο x
 ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)

Η απόσβεση είναι εξ'ορισμού η αλλαγή στην αξία του οχήματος με την πάροδο του χρόνου. Παραγωγίζοντας την παραπάνω εξίσωση έχουμε :

$$DEP(t) = dVEHVAL(t) / dt = ir VEHVAL(t) + RUN(t) - RUN(OL)$$

Όπου
 DEP(t) το κόστος απόσβεσης στον χρόνο t
 RUN(OL) οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο OL
 RUN οι λειτουργικές δαπάνες στον χρόνο t
 ir το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)
 VEHVAL η αξία του οχήματος στον χρόνο t

Στην παραπάνω εξίσωση το γινόμενο του επενδυτικού επιτοκίου και της αξίας του οχήματος είναι το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου στον χρόνο t. Επομένως η παραπάνω εξίσωση μπορεί να ξαναγραφτεί ως :

$$RUN(OL) = DEP(t) + INT(t) + RUN(t) \text{ ή}$$

$$DEP(t) + INT(t) = RUN(OL) - RUN(t)$$

Η παραπάνω εξίσωση οδηγεί στα επόμενα συμπεράσματα :

- ο Στην ημερομηνία απόσυρσης το κόστος απόσβεσης και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου είναι μηδέν
- ο Το συνολικό λειτουργικό κόστος παραμένει αμετάβλητο από την ηλικία των οχημάτων
- ο Το ποσοστό του συνολικού λειτουργικού κόστους λόγω της απόσβεσης και του ευκαιριακού κόστους κεφαλαίου μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας.

- ο Εάν γνωρίζουμε την OL τότε υπολογίζοντας τις τελικές λειτουργικές δαπάνες μπορούμε να έχουμε έναν υπολογισμό του συνολικού λειτουργικού κόστους που να είναι ανεξάρτητος από την ηλικία.

7.3.2 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο *HDM 4*

Μπορεί να υποθεθεί ότι η υπολειμματική αξία του οχήματος (RVPLT) είναι ανάλογη προς την τραχύτητα του οδοστρώματος (HDM 4, 2001): τα οχήματα που χρησιμοποιούνται στους τραχύτερους δρόμους θα έχουν μια μικρότερη υπολειμματική αξία δεδομένου ότι έχουν υποστεί περισσότερη φθορά λόγω χρήσης. Ο Bennett (1996c) υπέθεσε ότι οι υπολειμματικές αξίες για όλα τα οχήματα ήταν 15 τοις εκατό σε μια τραχύτητα 5 IRI m/km πέντε τοις εκατό σε μια τραχύτητα 15 IRI m/km, και μια ελάχιστη του δύο τοις εκατό. Με την χρησιμοποίηση μιας γραμμικής σχέσης εκφράστηκε ως:

$$RVPLTPCT = \text{MAX}[a0, a1 - \text{MAX}(0, (RI - a2))]$$

όπου RVPLTPCT η υπολειμματική τιμή του οχήματος σε μορφή ποσοστού.

a0 η ελάχιστη υπολειμματική αξία του οχήματος σε ποσοστό (προεπιλογή = 2)

a1 η μέγιστη υπολειμματική αξία του οχήματος σε ποσοστό (προκαθορισμένη αξία = 15)

a2 η μέση τραχύτητα οδοστρώματος IRI κάτω από την οποία προκύπτει η μέγιστη υπολειμματική αξία (προκαθορισμένη αξία = 5)

Η απόσβεση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$DEP = 1000 \{(1 - 0.01RVPLTPCT)/LIFEKM\}$$

όπου DEP το κόστος απόσβεσης ως κλάσμα της τιμής αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
LIFEKM η συνολική χρήση (lifetime utilisation) σε χλμ
RVPLTPCT η υπολειμματική τιμή του οχήματος σε μορφή ποσοστού.

Το 0,01 στην εξίσωση μετατρέπει την υπολειμματική αξία από ποσοστό σε κλάσμα. Ο παρονομαστής της εξίσωσης αντιπροσωπεύει τη συνολική χρήση του οχήματος. Αυτή υπολογίζεται μέσω της μεθόδου που υπολογίζει την χρονική διάρκεια λειτουργίας του οχήματος.

Στο πρότυπο HDM 4 υπάρχουν δύο μέθοδοι υπολογισμού της χρονικής διάρκειας λειτουργίας του οχήματος. Η μέθοδος της σταθερής χρονικής διάρκειας λειτουργίας του οχήματος (CONSTANT SERVICE LIFE METHOD) και η μέθοδος της βέλτιστης ζωής του οχήματος (OPTIMAL LIFE SERVICE LIFE METHOD).

Η μέθοδος της βέλτιστης ζωής, χρησιμοποίησε δεδομένα από τις μελέτες της Βραζιλίας και της Ταϊλάνδης και δίνει την συνολική χρήση ως :

$$\text{LIFEKM} = \text{LIFEKM0} \cdot \text{LIFEKMPCT} / 100$$

Όπου
 LIFEKM η βέλτιστη συνολική χρήση του οχήματος (optimal lifetime utilisation) σε χλμ
 LIFEKM0 η μέση χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος (average service life) σε χλμ όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη
 LIFEKMPCT η βέλτιστη συνολική χιλιομετρική διάνυση (optimal lifetime kilometreage) σαν ποσοστό της LIFEKM0

$$\text{LIFEKM0} = \text{AKM0} \cdot \text{LIFE0}$$

Όπου
 AKM0 η μέση ετήσια χρήση του οχήματος σε χλμ όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη (user defined average annual utilisation)
 LIFE0 η μέση ζωή του οχήματος σε έτη όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη (user defined average service life)

Η μέση ετήσια χρήση (AKM0) είτε εισάγεται ως σταθερή τιμή από το χρήστη είτε από την παρακάτω εξίσωση αν ο χρήστης διευκρινίζει μια κατανομή ηλικίας μαζί με το ποσοστό των οχημάτων σε κάθε ηλικία:

$$\text{AKM0} = \sum_{i=1}^n (\text{PCVT}_i \cdot \text{AKMV}_i / 100)$$

όπου
 AKM0 η μέση ετήσια χρήση (average annual utilisation) σε χλμ/τα έτη
 AKMV_i η ετήσια χιλιομετρική διάνυση (annual kilometreage) των οχημάτων με την ηλικία i
 PCTV_i το ποσοστό των οχημάτων της ηλικίας i στο στόλο

Ο μέσος ετήσιος χρόνος απασχόλησης (average annual working time) HRWK0 είτε εισάγεται ως σταθερή τιμή από το χρήστη είτε από την παρακάτω εξίσωση αν ο χρήστης διευκρινίζει μια κατανομή ηλικίας μαζί με το ποσοστό των οχημάτων σε κάθε ηλικία:

$$HRWK0 = \sum_{i=1}^n (PCTVi \cdot HRWKi / 100)$$

όπου HRWK0 η μέση ετήσια χρήση (average annual utilisation) σε ώρες/έτη
 HRWKi οι ετήσιες ώρες απασχόλησης (annual working hours) των οχημάτων με την ηλικία i
 PCTVi το ποσοστό των οχημάτων της ηλικίας i στο στόλο

Και

$$LIFEKMPCT = \min \{ 100, (100 / 1 + \exp (a0 \cdot RI_{adj}^{a1})) \}$$

Όπου RI η τραχύτητα του οδοστρώματος σε IRI μέτρα/χλμ
 a0 και a1 είναι συντελεστές παλινδρόμησης (προκαθορισμένες τιμές για όλους τους τύπους των οχημάτων είναι οι a0= - 65,8553, a1= -1.9194)
 LIFEKMPCT η βέλτιστη συνολική χιλιομετρική διάνυση σαν ποσοστό της LIFEKM0

Οι τιμές που προτάθηκαν για να χρησιμοποιηθούν ως προεπιλογή για τις παραμέτρους της χρήσης του οχήματος στο πρότυπο HDM 4 φαίνονται στον Πίνακα 7.3.2α που ακολουθεί. Το πρότυπο HDM 4 στους υπολογισμούς του χρησιμοποιεί 16 τύπους οχημάτων.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	AKM0 (ΧΛΜ/ΕΤΟΣ)	LIFE0 (ΕΤΗ)	HRWK0 (ΩΡΕΣ/ΕΤΟΣ)
1	ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑ	10000	10	400
2	ΜΙΚΡΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	23000	10	550
3	ΜΕΣΑΙΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	23000	10	550
4	ΜΕΓΑΛΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	23000	10	550
5	LDV	30000	8	1300
6	LGV	30000	8	1300
7	4 X 4	30000	8	1300

8	ΕΛΑΦΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	30000	8	1300
9	ΜΕΣΑΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	40000	12	1200
10	ΒΑΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	86000	14	2050
11	ΑΡΘΡΩΤΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	86000	14	2050
12	MINI ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	30000	8	750
13	ΕΛΑΦΡΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	34000	8	850
14	ΜΕΣΑΙΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	70000	7	1750
15	ΒΑΡΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	70000	12	1750
16	ΠΟΥΛΜΑΝ	70000	12	1750

Πίνακας 7.3.2α: Προτεινόμενες τιμές προεπιλογής για τις παραμέτρους υπολογισμού της χρήσης του οχήματος στο πρότυπο HDM 4.

Η μέθοδος της σταθερής χρονικής διάρκειας του οχήματος θεωρεί την χρονική διάρκεια ζωής του οχήματος σταθερή και ανεξάρτητη από την ταχύτητα του οχήματος και από τις συνθήκες λειτουργίας του. Σε αυτήν την μέθοδο την τιμή της χρονικής διάρκειας λειτουργίας του οχήματος την καθορίζει ο χρήστης. Υιοθετήθηκε λοιπόν μια κάπως αυθαίρετη προσέγγιση, η οποία εξαρτάται από το ποσοστό της ιδιωτικής χρήσης του οχήματος. Οι ακόλουθες είναι οι εξισώσεις που υιοθετήθηκαν :

$LIFEKM = AKM0 \cdot LIFE0$ όταν η ιδιωτική χρήση > 50%

$LIFEKM = S \cdot HRWK0 \cdot LIFE0$ όταν η ιδιωτική χρήση < 50%

Όπου $LIFEKM$ η συνολική χρήση σε χλμ
 S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα
 $AKM0$ η μέση ετήσια χρήση σε χλμ όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη
 $LIFE0$ η μέση ζωή του οχήματος σε έτη όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη
 $HRWK0$ η μέση ετήσια χρήση σε ώρες/έτη

Η λογική πίσω από αυτήν την σκιαγράφιση δεν είναι σαφής δεδομένου ότι θα οδηγήσει πιθανώς σε μια ασυνέχεια μέσα στην περιοχή όπου η ιδιωτική χρήση πλησιάζει το 50 τοις εκατό. Μπορεί επίσης να οδηγήσει σε υπερβολικό κόστος απόσβεσης όταν το S είναι πολύ μικρότερο από τη μέση ταχύτητα που χρησιμοποιείται για την καθιέρωση του $AKM0$.

Ο υπολογισμός του κόστους απόσβεσης γίνεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$\text{DEPCST} = \text{DEP NVPLT}$$

όπου

$$\text{NVPLT} = \text{NVP} - \text{NUM_WHEELS NTP}$$

όπου DEPCST το κόστος απόσβεσης σε κόστος /1000 χλμ
 DEP το κόστος απόσβεσης ως κλάσμα της τιμής αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
 NVP η τιμή αντικατάστασης του οχήματος
 NUM_WHEELS ο αριθμός των τροχών στο όχημα
 NTP η τιμή των νέων ελαστικών

Ο παράγοντας του κόστους ευκαιρίας (interest cost factor) υπολογίζεται κατά τρόπο παρόμοιο με το HDM-III, εντούτοις, αντί ο παρονομαστής να είναι η ετήσια χρήση AKM, τώρα είναι το γινόμενο της ταχύτητας και των ωρών που εργάστηκε το όχημα:

$$\text{INT} = 0.5 (\text{AINV}/100)(1000/\text{S HRWK0})$$

όπου INT ο παράγοντας του κόστους ευκαιρίας ως κλάσμα της τιμής αντικατάστασης του οχήματος
 HRWK0 η μέση ετήσια χρήση σε ώρες/έτη
 S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα
 AINV το ετήσιο επενδυτικό επιτόκιο (annual interest rate on investments) σε ποσοστό (%)

Λαμβάνοντας υπόψη την προσέγγιση που υιοθετείται για την απόσβεση θα είχε περισσότερη συνέπεια να έχει σαν παρονομαστή την μέση ετήσια χρήση σε χλμ όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη, AKM0, όταν το ποσοστό της ιδιωτικής χρήσης θα ήταν περισσότερο από 50 τοις εκατό.

Το κόστος ευκαιρίας υπολογίζεται ως:

$$\text{INTCST} = \text{INT NVP}$$

Όπου INTCST το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου σε κόστος /1000 χλμ
 NVP η τιμή αντικατάστασης του οχήματος

Οι συνολικές δαπάνες του κεφαλαίου δίνονται από το άθροισμα του κόστους απόσβεσης και του κόστους ευκαιρίας, δηλ.:

$$\text{CAPCST} = \text{DEPCST} + \text{INTCST}$$

όπου CAPCST το συνολικό κόστος κεφαλαίου σε κόστος /1000 χλμ
 DEPCST το κόστος απόσβεσης σε κόστος /1000 χλμ
 INTCST το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου σε κόστος /1000 χλμ

7.4 Άλλες τεχνικές υπολογισμού των δαπανών κεφαλαίου

Η απόσβεση όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή εξαρτάται τόσο από τον χρόνο όσο και από την απόσταση που διανύεται. Ιδανικά το χρονικό της μέρος θα έπρεπε να αντιμετωπίζεται σαν ένα σταθερό κόστος ενώ αυτό που εξαρτάται από την απόσταση σαν λειτουργική δαπάνη. Μόνο το μεταβλητό κομμάτι της λοιπόν θα επηρεαστεί από τις οδικές βελτιώσεις παρ'όλο που όταν αυξηθεί η ταχύτητα θα αυξηθεί η χρήση του οχήματος άρα θα επηρεαστεί και η κατανομή του χρονικού της κομματιού.

Ο Halcrow Fox (1982) σημειώνει ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ της κατανομής της απόσβεσης στα συστατικά της, και της χρήσης του οχήματος. Οχήματα που χρησιμοποιούνται πολύ θα έχουν σύντομες χρονικές διάρκειες λειτουργίας και κατά συνέπεια μεγαλύτερη απόσβεση λόγω της απόστασης απ'ότι τα οχήματα που χρησιμοποιούνται λιγότερο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η απόσβεση έχει διαχωριστεί στα συστατικά της υποθέτοντας ένα ποσοστό διαχωρισμού. Μερικές τιμές που αναφέρονται στην βιβλιογραφία δίνονται στον Πίνακα 7.4α

ΧΩΡΑ	ΠΗΓΗ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	
		ΧΡΟΝΟΥ	ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	Abelson (1986)	60	40
ΔΑΝΙΑ	Macdonald (1987)	0	100
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	Macdonald (1987)	50	50
ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	Benett (1989b)1	70	30
ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	Benett (1989b)2	85	15
ΒΡΕΤΑΝΙΑ	Macdonald (1987)	60	40
Η.Π.Α	AASHTO (1977)3	ΠΟΙΚΙΛΛΕΙ	ΠΟΙΚΙΛΛΕΙ

Σημ : 1/ Επιβατικά αυτοκίνητα
 2/ Εμπορικά οχήματα και λεωφορεία
 3/ Η κατανομή είναι συνάρτηση της ταχύτητας και της χρήσης του οχήματος

Πίνακας 7.4α : Βιβλιογραφικές αναφορές της κατανομής της απόσβεσης στα συστατικά της

Ο Daniels (1974) παρουσίασε μια τεχνική για τον διαχωρισμό της απόσβεσης στα συστατικά της. Αυτή η τεχνική εφαρμόστηκε αργότερα από τον Butler (1984) στις Η.Π.Α. Βασίστηκε στην υπόθεση ότι η απόσβεση μπορεί να εκφραστεί σαν μια συνάρτηση ενός σταθερού χρονικού μέρους και του μέρους που εξαρτάται από την απόσταση το οποίο είναι γραμμική συνάρτηση της χρήσης του οχήματος.

Οι τιμές της απόσβεσης από την μελέτη της Νέας Ζηλανδίας (Bennett, 1989b) βασίζονται στους υπολογισμούς ενός μοντέλου που έδωσε την απόσβεση σαν συνάρτηση του χρόνου και της απόστασης που διανύθηκε.

Στις μελέτες που αναφέρονται παρακάτω ο υπολογισμός της απόσβεσης έχει συμπεριλάβει και τα δύο συστατικά της.

7.4.1 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις Αυστραλιανές μελέτες

Οι Thoreson και Roper (1994) δείχνουν ότι το αυστραλιανό πρότυπο NIMPAC υπολογίζει το κόστος απόσβεσης και ευκαιρίας κεφαλαίου με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{CAPKM} = \text{DISTDEP} + \text{TDPINT} / S$$

όπου	CAPKM το συνολικό κόστος κεφαλαίου σε κόστος/χλμ
	DISTDEP η απόσβεση που εξαρτάται από την απόσταση και που έχει προσαρμοστεί ανά τύπο επιφάνειας οδοστρώματος (distance based depreciation adjusted for surface type) σε κόστος/χλμ
	TDPINT το οριακό κόστος χρονικής απόσβεσης και κόστος ευκαιρίας (marginal time depreciation and interest cost) σε κόστος/ώρα
	S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

Η απόσβεση που εξαρτάται από την απόσταση DISTDEP υπολογίζεται από την τιμή αντικατάστασης των οχημάτων πλην των ελαστικών τους, και ένα ποσοστό απόσβεσης που δίνεται σε ποσοστό/1000 χλμ. Το κόστος απόσβεσης που εξαρτάται από τον χρόνο TDPINT υπολογίζεται ως:

$$\text{TDPINT} = ir \text{ NVPLT FLEET} / \text{HAV}$$

Όπου FLEET το ποσοστό των οχημάτων που είναι ευαίσθητα στα αποτελέσματα από την μείωση του στόλου των οχημάτων (proportion of vehicles susceptible to fleet reduction effects) ή το επιτόκιο (σε δεκαδική μορφή)
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
 HAV ο αριθμός των ωρών που είναι διαθέσιμο το όχημα ετησίως. Δηλαδή ο αριθμός των ωρών ετησίως (8760) πλην του χρόνου που απαιτείται για την ανάπαυση του προσωπικού, τον χρόνο φόρτωσης/εκφόρτωσης, τον χρόνο ανεφοδιασμού, επισκευών, ανεύρεσης ναύλου κτλ.

Ο COX (1995) έκανε περαιτέρω εργασία για την απόσβεση. Πρότεινε ότι η μέση απόσβεση για την ομάδα των οχημάτων θα πρέπει να βασιστεί στο χρονικό σημείο όπου το ταξίδι όλων των νεώτερων οχημάτων είναι ίσο με αυτό όλων των παλαιότερων οχημάτων. Αυτό ονομάστηκε η "επί της οδού" ηλικία των οχημάτων (on the road vehicle age) και βρέθηκε να κυμαίνεται από έξι έτη για τα αρθρωτά φορτηγά έως 8,5 έτη για τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Για τον υπολογισμό του κόστους του κεφαλαίου έγινε η υπόθεση ότι τα οχήματα έπαυαν να χρησιμοποιούνται όταν έφθαναν στο 90 τοις εκατό του συνολικού συσσωρευτικού ταξιδιού τους (total cumulative travel) και ότι η αξία τους ως παλιοσίδερα ήταν πέντε τοις εκατό της τιμής αγοράς τους (COX, 1995). Διαπιστώθηκε ότι η χρονική περίοδος λειτουργίας για τα επιβατικά αυτοκίνητα έχει αυξηθεί από 200.000 χλμ το 1971 σε περίπου 300.000 χλμ το 1991 λόγω των βελτιώσεων στην τεχνολογία των οχημάτων.

7.4.2 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στις μελέτες της Ινδονησίας

Ο Halcrow Fox (1982) χρησιμοποίησε την τεχνική της αποκατάστασης του κεφαλαίου για τον υπολογισμό της συνολικής απόσβεσης. Το κομμάτι της απόσβεσης που εξαρτάται από τον χρόνο υπολογίστηκε θεωρώντας μια υποτιθέμενη μέγιστη ζωή που προκύπτει από την "ελάχιστη ή καθόλου χρήση". Για τα επιβατικά αυτοκίνητα, αυτή ήταν 33 έτη. Το κομμάτι της απόσβεσης που εξαρτάται από τον χρόνο διορθώθηκε για την υπολειμματική αξία, η οποία οδήγησε στην ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{TIMEDEP} = (1/\text{MAXVLIFE})(\text{RVPLT}/\text{NVPLT LIFE})$$

όπου MAXVLIFE η εκτιμώμενη μέγιστη ζωή του οχήματος με ελάχιστη ή καθόλου χρήση (estimated maximum vehicle life with minimal or no use)
 TIMEDEP το κομμάτι της απόσβεσης που εξαρτάται από τον χρόνο ως κλάσμα της τιμής αντικατάστασης του οχήματος ανά έτος
 RVPLT η υπολειμματική τιμή του οχήματος πλην των ελαστικών
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών

Χρησιμοποιώντας την τεχνική της αποκατάστασης του κεφαλαίου, το συνολικό ετήσιο κόστος απόσβεσης υπολογίστηκε και εκφράστηκε ως κλάσμα της τιμής αντικατάστασης των οχημάτων, δηλ.:

$$\text{DEPANFAC} = \text{DEPCRT} / \text{NVPLT}$$

όπου DEPANFAC ο ετήσιος παράγοντας απόσβεσης ως κλάσμα της τιμής του νέου οχήματος ετησίως
 DEPCRT η απόσβεση που υπολογίζεται με την τεχνική CRT
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών

Ο παράγοντας του ετήσιου κόστους ευκαιρίας λήφθηκε ως διαφορά μεταξύ του ετήσιου παράγοντα απόσβεσης και της απόσβεσης:

$$\text{INTANFAC} = \text{DEPCRT} / \text{NVPLT} - ((\text{NVPLT} - \text{RVPLT}) / \text{NVPLT LIFE})$$

$$\text{INTANFAC} = (\text{DEPCRT LIFE} - \text{NVPLT} + \text{RVPLT}) / \text{NVPLT LIFE}$$

όπου INTANFAC ο παράγοντας του ετήσιου κόστους ευκαιρίας (annual interest factor) ως κλάσμα της τιμής του νέου οχήματος ανά έτος
 DEPCRT η απόσβεση που υπολογίζεται με την τεχνική CRT
 NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
 RVPLT η υπολειμματική τιμή του οχήματος πλην των ελαστικών

Οι ετήσιοι παράγοντες μετατράπηκαν σε ωριαίους παράγοντες διαιρώντας τους με τον αριθμό των ωρών που το όχημα "χρησιμοποιήθηκε". Αυτός ο χρόνος θεωρήθηκε ότι περιλάμβανε "το χρόνο που ξοδεύτηκε στην κίνηση στο δρόμο, τον χρόνο για την διαχείριση του φορτίου και τον χρόνο που

ξοδεύεται στην αναμονή για την επιβίβαση του φορτίου ή των επιβατών" (Halcrow Fox, 1982). Αυτός είναι επομένως ανάλογος με το χρόνο που το όχημα είναι διαθέσιμο για τη χρήση (HAV).

7.4.3 Υπολογισμός των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο HDM III

Το πρότυπο HDM-III χρησιμοποιεί την γραμμική μέθοδο απόσβεσης (straight line depreciation). Στην γραμμική μέθοδο απόσβεσης το συνολικό κόστος απόσβεσης ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του κόστους του νέου οχήματος πλην των ελαστικών του, και της υπολειμματικής αξίας του οχήματος. Διαιρώντας το συνολικό κόστος απόσβεσης με την χρονική περίοδο λειτουργίας του μέσου οχήματος βρίσκουμε την **μέση ετήσια απόσβεση**. Το πρότυπο HDM-III για να υπολογίσει την μέση ετήσια απόσβεση λαμβάνει υπόψη του την περίοδο λειτουργίας του οχήματος και τον βαθμό χρήσης του, τα οποία και τα δύο μπορεί να είναι μεταβλητά ή σταθερά. Υπολογίστηκε ως (Watanatada, *et al.*, 1987b):

$$\text{DEPCST} = \text{DEPFAC} \text{ NVPLT}$$

όπου DEPCST το κόστος απόσβεσης ανά χλμ
NVPLT η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των ελαστικών
DEPFAC ο παράγοντας της απόσβεσης ως κλάσμα της τιμής του νέου οχήματος ανά χλμ

Όπου ο DEPFAC δίνεται από την σχέση :

$$\text{DEPFAC} = 1/\text{LIFEAKM} \quad \text{ή} \quad \text{DEPFAC} = 1/\text{LIFEKM}$$

όπου DEPFAC ο παράγοντας της απόσβεσης ως κλάσμα της τιμής του νέου οχήματος ανά χλμ
LIFE η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος σε έτη
AKM η μέση ετήσια χρήση του οχήματος σε χλμ/έτος
LIFEKM η συνολική χρήση σε χλμ

Αυτή η προσέγγιση λοιπόν αναφέρεται ως γραμμική μέθοδος απόσβεσης (straight-line) και υπολογίζει την μέση ετήσια απόσβεση . Το γινόμενο της αποσβεστέας αξίας του οχήματος και του παράγοντα της απόσβεσης δίνουν το κόστος απόσβεσης ανά χλμ. Το κόστος απόσβεσης δηλαδή δίνεται από το γινόμενο της τιμής αντικατάστασης των οχημάτων πλην των ελαστικών του, για να αποφευχθεί ο διπλός υπολογισμός, και του παράγοντα απόσβεσης.

Για τον υπολογισμό της ετήσιας χρήσης AKM του οχήματος το πρότυπο HDM-III χρησιμοποιεί την μέθοδο της προσαρμοσμένης χρήσης (adjusted utilisation) η οποία δέχεται ότι υπάρχει σχέση μεταξύ ταχύτητας και χρήσης του οχήματος. Η συνάρτηση που δίνει την ετήσια χρήση AKM κατά Watananda, et al 1987a είναι :

$$AKM = (AKM0 \cdot HRD0) / \{HRD0(1 - EVU) + (AKM0 \cdot EVU / S)\}$$

Όπου AKM0 η ετήσια χρήση όπως την καθορίζει ο χρήστης (baseline annual utilisation) σε χλμ/έτος
HRD0 ο αριθμός των ωρών οδήγησης όπως τον καθορίζει ο χρήστης (baseline number of hours driven) σε ώρες/έτος
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα
EVU η ελαστικότητα της χρήσης (elasticity of utilisation) του οχήματος, μέγεθος που αντιπροσωπεύει την επιπλέον χρήση του οχήματος που προκύπτει από την οικονομία στον χρόνο της μετακίνησης και είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης της ταχύτητας στην χρήση του οχήματος.

Εάν η ελαστικότητα της χρήσης είναι 1 τότε από τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι :

$$AKM = HRD0 \cdot S$$

δηλαδή καταλήγουμε στην μέθοδο των σταθερών ωρών (Constant Hourly Method) η οποία υποθέτει ότι ο αριθμός των ωρών οδήγησης κάθε χρόνο είναι σταθερός.

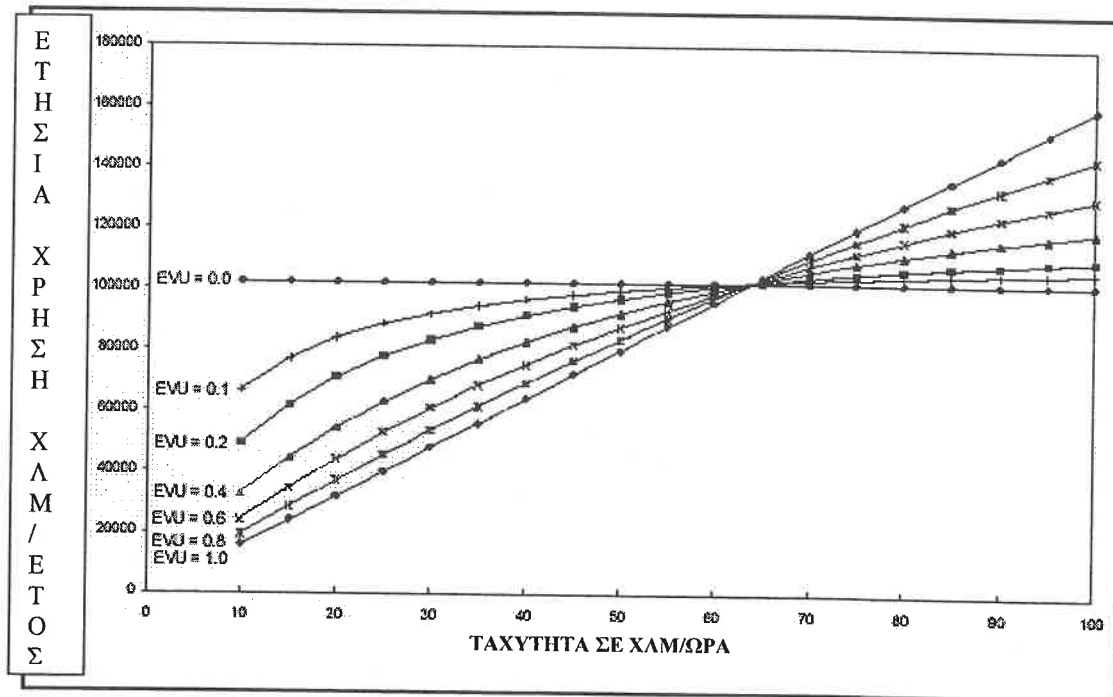
Εάν η ελαστικότητα της χρήσης είναι 0 τότε από τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι :

$$AKM = AKM0$$

δηλαδή καταλήγουμε στην μέθοδο της σταθερής χιλιομετρικής διάνυσης (Constant Kilometrage method) η οποία υποθέτει ότι το όχημα διανύει μια σταθερή απόσταση κάθε χρόνο ανεξάρτητα από τις συνθήκες λειτουργίας του.

Στο Σχήμα 7.4.3α που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα της ταχύτητας και της ελαστικότητας της χρήσης του οχήματος στην ετήσια χρήση του οχήματος. Ο πίνακας χρησιμοποιεί στοιχεία από την μελέτη της Βραζιλίας για τα βαρέα λεωφορεία (HB) με μια εκτιμημένη από τον χρήστη χρονική διάρκεια

ζωής 10 χρόνια. Τα στοιχεία της μελέτης της Βραζιλίας παρατίθενται στον Πίνακα 7.4.3β. (HDM 4, 2001)



Σχήμα 7.4.3α: Επίδραση της ταχύτητας και της ελαστικότητας της χρήσης του οχήματος στην ετήσια χρήση του οχήματος.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΧΡΗΣΗ ('000 ΧΛΜ)	ΜΕΣΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΧΛΜ)	ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΥΚΛΟΥ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ (ΧΛΜ/ΩΡΑ)	ΩΡΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ (ΩΡΕΣ/ΕΤΟΣ)	ΩΡΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (ΩΡΕΣ/ΕΤΟΣ)	ΧΡΟΝΟΣ ΜΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ (ΩΡΕΣ/ΔΙΑΔΡΟΜΗ)	EVU
ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	95	327	78,8	1162	1972	2,3	0,6
ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ	39	46	60,2	652	639	0,2	0,8
ΒΑΡΕΑ ΛΕΩΣΟΡΕΙΑ	102	328	64	1601	2302	1,6	0,75
ΦΟΡΤΗΓΑ	96-121	186-1230	54,6-65,6	1400-1863	2200-2414	0,7-4,9	0,85

Πίνακας 7.4.3β : Τιμές του προτύπου HDM III για την χρήση του οχήματος - στοιχεία Βραζιλίας.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.4.3α ακόμα και για χαμηλές τιμές του EVU υπάρχει μια σημαντική μείωση στην ετήσια χρήση του οχήματος καθώς μειώνονται οι ταχύτητες παρ'όλο που οι υψηλότερες ταχύτητες δεν οδηγούν σε σημαντική αύξηση της χρήσης του οχήματος. Με τιμές του EVU πάνω από 0,8 υπάρχει μια σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της χρήσης του οχήματος.

Όσο για τον υπολογισμό της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος ,LIFE, στο πρότυπο υπάρχουν δύο μέθοδοι υπολογισμού. Η μέθοδος της σταθερής χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος και η μέθοδος της μεταβαλλόμενης χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος του De Weille. Στην πρώτη μέθοδο η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος θεωρείται ανεξάρτητη από την ταχύτητα ενώ η δεύτερη μέθοδος θεωρεί ότι υπάρχει μια

αντίστροφη σχέση μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών η οποία εκφράζεται από την εξίσωση (Watanatada, *et al* (1987α) :

$$LIFE=LIFE0 \cdot LIFEFAC$$

Όπου $LIFE$ η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος σε έτη
 $LIFE0$ η μέση ζωή του οχήματος σε έτη όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη
 $LIFEFAC$ ο παράγοντας της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος

Ο $LIFEFAC$ δίνεται από την σχέση :

$$LIFEFAC=\min \{ 1.5 ; 1/3 (S0/S +2) \}$$

Όπου $S0$ η μέση ταχύτητα σε χλμ/ώρα όπως αυτή καθορίζεται από τον χρήστη και η οποία δίνεται από τον τύπο $AKM0/HRD0$
 S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

Το όριο του 1.5 $LIFE0$ συμπεριλήφθηκε από τον Watanatada *et al* (1987α) ώστε να ελαχιστοποιήσει τις παράλογα μεγάλες χρονικές περιόδους λειτουργίας του οχήματος.

Ο Watanatada, *et al* (1987b) υπολόγισε το κόστος ευκαιρίας "ως το μέσο όρο της εναπομένουσας αξίας του οχήματος, που μειώνεται με ένα γραμμικό τρόπο από την πλήρη τιμή αγοράς στο τέλος του έτους 0 (αρχή) σε μηδέν στο τέλος του έτους $LIFE$ (χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος)". Από μαθηματική άποψη, αυτό εκφράζεται ως:

$$INTFAC= 0.5 (AINV/100) (1/AKM)$$

όπου $INTFAC$ ο παράγοντας του ευκαιριακού κόστους ως κλάσμα της αποσβεστέας αξίας του οχήματος ανά χλμ
 $AINV$ το ετήσιο επενδυτικό επιτόκιο σε ποσοστό (%)
 AKM η μέση ετήσια χρήση σε χλμ/έτος

Το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου είναι το προϊόν του παράγοντα του ευκαιριακού κόστους και της αποσβεστέας τιμής του οχήματος.

$$INTCST= INTFAC \cdot NVPLT$$

Όπου $INTCST$ το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου σε κόστος\χλμ
 $INTFAC$ ο παράγοντας του ευκαιριακού κόστους ως κλάσμα της
 αποσβεστέας αξίας του οχήματος ανά χλμ
 $NVPLT$ η τιμή αντικατάστασης του οχήματος πλην των
 ελαστικών του

Οι Thoreson και ο Roper (1994) σημειώνουν ότι η εξίσωση του παράγοντα του ευκαιριακού κόστους "προέρχεται από την συμβατική μέθοδο υπολογισμού της μέσης ανταπόδοσης του κεφαλαίου" που χρησιμοποιεί την ακόλουθη εξίσωση:

Τόκος στο κεφάλαιο που επενδύεται = $0,5$ (νέα τιμή + τιμή scrap) * επιτόκιο

7.4.4 Μελέτες υπολογισμού του κόστους απόσβεσης σε Σουηδία, Η.Π.Α και Ελλάδα

Στην **Σουηδία** οι Hammarström και Karlsson (1987) χώρισαν το κόστος απόσβεσης στα συστατικά της που εξαρτώνται από τον χρόνο και την χρήση. Οι πραγματικές δαπάνες υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας μια περίπλοκη μέθοδο βασισμένη εν μέρει στην πιθανότητα της επιβίωσης των οχημάτων. Το κόστος απόσβεσης υπολογίστηκε σαν συνάρτηση των συνθηκών λειτουργίας μέσω των ταχυτήτων.

Στις **Η.Π.Α** ο Winfrey (1969) παρουσίασε ένα πλήθος διαφορετικών προσεγγίσεων για τον υπολογισμό της απόσβεσης. Συμπεριλαμβανομένου των μελετών "Sinking Funds", "Present Worth", "Declining Balance" και "Sum of The Years Digits".

Οι δαπάνες απόσβεσης που υπολογίστηκαν από τον Winfrey (1969) συνέχισαν να χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ για αρκετό καιρό. Ο AASHTO (1977) βάσισε τις δαπάνες απόσβεσής του σε μια μέθοδο που προτάθηκε από τον Winfrey (1969), όπου οι δαπάνες τροποποιήθηκαν για να λάβουν υπόψη την ταχύτητα των οχημάτων. Ο Zaniewski, *et al* (1982) χρησιμοποίησε μια μέθοδο καμπυλών επιβίωσης που προτάθηκε από τον Daniels (1974) για να τροποποιήσει τις δαπάνες του Winfrey ώστε να είναι συνάρτηση της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος.

Ο Claffey (1971) ερεύνει διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό απόσβεσης των οχημάτων. Μελέτησε 64 αυτοκίνητα που αποσύρθηκαν πρόσφατα από το δρόμο λόγω της προοδευτικής τους επιδείνωσης και μέτρησε την συνολική χιλιομετρική τους διάνυση. Το

ζητούμενο ήταν μια σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της χρήσης μαζί με μια σχέση μεταξύ της ετήσιας χρήσης και της χρονικής διάρκειας λειτουργίας του οχήματος. Κατέληξε ότι οι βελτιώσεις στις Εθνικές οδούς οδήγησαν σε επιπρόσθετη χρήση με μικρή μείωση της χρονικής διάρκειας λειτουργίας του οχήματος με συνέπεια να μειωθεί το ανά χιλιόμετρο κόστος απόσβεσης.

Στην **Ελλάδα** η μελέτη υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων του καθηγητή κ.Αμπακούμκιν χρησιμοποίησε για την απόσβεση τα διαγράμματα από την μελέτη του De Weille στις ΗΠΑ. Τα διαγράμματα αυτά συνδέουν την απόσβεση με βασικά χαρακτηριστικά της οδού μέσω της λειτουργικής ταχύτητας του οχήματος και ισχύουν με την προϋπόθεση ότι η κίνηση των οχημάτων είναι απρόσκοπτη. Δίνεται λοιπόν η απόσβεση των οχημάτων για κίνηση σε οδούς με διάφορους τύπους οδοστρωμάτων.

Η μελέτη υπολογισμού του λειτουργικού κόστους των οχημάτων που ανέλαβαν για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ το 1999 τα συνεργαζόμενα γραφεία μελετών Ν.Θ Ποριώτη και Ν.Μ Βακιρτζή υπολόγισε το κόστος κεφαλαίου και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου συγκεντρώνοντας δεδομένα από το Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και από άλλους αρμόδιους φορείς. Τα δεδομένα χρήσης των αντιπροσωπευτικών οχημάτων που χρησιμοποίησε στους υπολογισμούς της είναι η μέση ηλικία των οχημάτων, ο μέσος χρόνος ζωής τους (έτη και χιλιόμετρα) και τα ετήσια χιλιόμετρα. Ο υπολογισμός της οικονομικής αξίας κάθε αντιπροσωπευτικού οχήματος έγινε βάσει αυτών των χαρακτηριστικών. Ο υπολογισμός του ετήσιου κόστους κεφαλαίου που επενδύεται στην αγορά οχημάτων έχει γίνει μόνο για την κατηγορία των επαγγελματικών οχημάτων των οποίων η απόφαση αγοράς τους βασίζεται σε καθαρά οικονομικά κριτήρια, σε αντίθεση με τα επιβατικά οχήματα.

7.4.5 Σύγκριση των μεθόδων υπολογισμού των δαπάνων κεφαλαίου

Όπως αναφέρθηκε στα παραπάνω κεφάλαια οι διάφορες τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για να προβλέψουν το κόστος απόσβεσης των οχημάτων και το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου μπορούν να ομαδοποιηθούν ευρέως σε τέσσερις κατηγορίες:

- *Μέθοδος Value – Age (VA)*
- *Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου (Capital Recovery, CRT)*
- *Μέθοδος Βέλτιστης ζωής (Optimal Life, OL)*
- *Άλλες τεχνικές*

Παρακάτω γίνεται μια σύγκριση των μεθόδων και αναφέρονται τα πρότυπα και οι μελέτες που τις χρησιμοποίησαν.

➤ *Μέθοδος Value – Age (VA)*

Την μέθοδο Value Age και παραλλαγές της χρησιμοποίησαν πολλές μελέτες και πρότυπα. Οι σχέσεις που χρησιμοποιεί η μέθοδος αυτή ανά τύπο οχήματος προέκυψαν από μεγάλης κλίμακας έρευνα που έγινε στις τιμές των μεταχειρισμένων οχημάτων και συγκρίθηκαν με δεδομένα που προέκυψαν από έρευνες χρηστών.

Οι Cheshier και Harrison (1987) σημειώνουν ότι ενώ οι προβλεφθείσες τιμές της απόσβεσης, της συντήρησης και του ευκαιριακού κόστους στις **μελέτες της Βραζιλίας, της Καραϊβικής και της Κένυας** γενικά αυξάνουν με την αυξανόμενη ηλικία, για τα οχήματα της **Ινδίας** μειώνονται. Αυτό δηλώνει κάποια ασυμβατότητα μεταξύ των εξισώσεων των δαπανών συντήρησης και των εξισώσεων αξίας – ημερολογιακής ηλικίας που χρησιμοποιούν αυτές οι μελέτες. Αυτό μάλλον οφείλεται στον αποκλεισμό, από τις τελευταίες εξισώσεις (αξίας – ημερολογιακής ηλικίας), της χιλιομετρικής ηλικίας των οχημάτων και των αποτελεσμάτων από τις επιδράσεις των συνθηκών των εθνικών οδών στη ζωή των οχημάτων. Αυτό λοιπόν το γεγονός τους οδήγησε να παρατηρήσουν ότι η μέθοδος VA θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή και οι σχέσεις για την αξία του οχήματος να είναι λογικά ακόλουθες με τις εξισώσεις των λειτουργικών δαπανών που χρησιμοποιούν.

Στις μελέτες της **Νέας Ζηλανδίας** ο υπολογισμός της απόσβεσης γίνεται με δύο τεχνικές υπολογισμού. Την τεχνική της "αξίας αντικατάστασης" (Replacement Value technique) και "την οικονομική τεχνική" (Economic technique). Δεδομένου ότι οι σχέσεις της απόσβεσης περιέχουν ένα κομμάτι

που εξαρτάται από τον χρόνο και ένα κομμάτι από την χρήση του οχήματος έκαναν τον Bennett (1989b) να ερευνήσει την σχετική συμβολή του χρόνου και της χρήσης στην απόσβεση. Υπολόγισε λοιπόν την απόσβεση για δύο σενάρια. Έκανε δύο υποθέσεις. Στην πρώτη το όχημα δεν χρησιμοποιείται καθόλου ενώ στην δεύτερη όλη η χρήση συνέβη στιγμιαία. Η διαφορά από αυτές τις δύο υποθέσεις έδωσε μια ένδειξη της κατανομής της απόσβεσης μεταξύ του χρόνου και της χρήσης του οχήματος.

Το πρότυπο **RTIM2** κάνει χρήση μιας παραλλαγής της μεθόδου VA. Η απόσβεση του οχήματος υπολογίζεται σε ποσοστό στο έτος ανάλυσης y λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των οχημάτων ηλικίας i και το ποσοστό απόσβεσης που αντιστοιχεί σε κάθε τέτοια ηλικία.

Στο πρότυπο **RTIM3** :

- ✓ το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου και το κόστος απόσβεσης υπολογίζονται ξεχωριστά
- ✓ το κόστος απόσβεσης υπολογίζεται ανά 1000 χλμ
- ✓ η μέση ετήσια απόσβεση δεν υπολογίζεται αλλά καθορίζεται από τον χρήστη σαν δεδομένο εισαγωγής για τον υπολογισμό του κόστους απόσβεσης. Λαμβάνεται ως ο μέσος όρος μείωσης στο οικονομικό κόστος του αντιπροσωπευτικού οχήματος, "χαρακτηριστικά στην περιοχή 10 τοις εκατό".
- ✓ Δεν λαμβάνονται υπόψη τα οχήματα που συμμετέχουν σε ιδιωτική χρήση.
- ✓ Υπεισέρχεται ο όρος της ταχύτητας μέσω των ωρών οδήγησης ανά έτος και δείχνεται από την εξίσωση υπολογισμού ότι οι δαπάνες είναι αναλογικές προς αυτήν.

Γενικά, όπως αναφέρουν οι Chesher και Harrison (1987), σε αυτή την μέθοδο εντοπίζονται τρεις αδυναμίες :

- Οι προβλεφθείσες τιμές δεν συσχετίζονται με την ποιότητα των διαδρομών που έχουν διανύσει τα οχήματα
- Οι τιμές δεν συσχετίζονται συνήθως με τις αποστάσεις που διανύονται, μόνο με την ηλικία των οχημάτων
- αποτυγχάνει να λάβει υπόψη της τη σχέση μεταξύ της συντήρησης των οχημάτων και της απόσβεσης

Δεν μπορεί λοιπόν αυτή η μέθοδος εφόσον δεν λαμβάνει υπόψη της τα οδικά χαρακτηριστικά και την χρήση του οχήματος να δείξει ότι οι βελτιώσεις στην οδική επιφάνεια έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση των λειτουργικών

δαπανών του οχήματος και συνεπακόλουθα την αύξηση της χρονικής περιόδου λειτουργίας του άρα και μεγαλύτερη αξία του οχήματος σε μια συγκεκριμένη ηλικία του.

➤ **Μέθοδος Αποκατάστασης Κεφαλαίου (Capital Recovery, CRT)**

Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε στην Ινδονησία (Halcrow Fox, 1982) στην Νέα Ζηλανδία από τον Bennett (1989b) κατόπιν της διαπίστωσης ότι οι εξισώσεις VA δεν ήταν σταθερές κατά τη διάρκεια του χρόνου, καθώς και στο πρότυπο του Καναδά **PVOC** (1996).

Στην μέθοδο αυτή η παρούσα αξία της υπολειμματικής αξίας του οχήματος, η οποία υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το προεξοφλητικό επιτόκιο και την οικονομική ζωή του οχήματος, αφαιρείται από την αρχική τιμή του οχήματος και η διαφορά αυτή κατανέμεται σε κάθε έτος της οικονομικής ζωής του οχήματος ώστε να ληφθούν ετήσιες δαπάνες κεφαλαίου. Η μέθοδος αυτή λοιπόν δεν υπολογίζει ξεχωριστά την απόσβεση από το ευκαιριακό κόστος αλλά υπολογίζει το ισοδύναμο ετήσιο κόστος κεφαλαίου. Η απόσβεση μπορεί να εκφραστεί είτε σαν μηνιαίο είτε σαν ετήσιο κόστος μέσω του επιτοκίου. Είναι πολύ σημαντικό το πώς καθορίζεται ή υπολογίζεται η οικονομική ζωή του οχήματος και η υπολειμματική του αξία καθώς αυτό δείχνει αν οι επιδράσεις από την χρήση του οχήματος και τις συνθήκες λειτουργίας του ενσωματώνονται ή όχι στον υπολογισμό των δαπανών κεφαλαίου.

➤ **Μέθοδος Βέλτιστης Ζωής (Optimal Life, OL)**

Η μέθοδος αυτή προτάθηκε από τους Chesher και Harrison (1987) βασισμένη σε δουλειά του Nash (1974). Σε όλες τις εφαρμογές η θεωρία είναι ότι η ελαχιστοποίηση των δαπανών προκύπτει όταν ένα όχημα σταματάει να χρησιμοποιείται στο βέλτιστο σημείο της ζωής του. Αυτή η μέθοδος προβλέπει την χρονική περίοδο λειτουργίας του οχήματος λαμβάνοντας υπόψη την τιμή του νέου οχήματος, το προεξοφλητικό επιτόκιο και την αύξηση των δαπανών συντήρησης με τον χρόνο.

Χρησιμοποιείται από το πρότυπο **HDM 4** με στοιχεία από τις μελέτες της Βραζιλίας και της Ταυλάνδης , μετά από πρόταση από το NDLI (1995), για αλλαγή της μεθόδου υπολογισμού της χρονικής διάρκειας ζωής του οχήματος που χρησιμοποιείτο μέχρι τότε στο πρότυπο HDM III ως παράμετρος του υπολογισμού των δαπανών κεφαλαίου. Η καινοτομία της μεθόδου OL σε σχέση με την μέθοδο μεταβαλλόμενης χρονικής περιόδου λειτουργίας του De Weille, που χρησιμοποιεί το HDM III, και έναντι των υπολοίπων μεθόδων,

είναι ότι η χρονική περίοδος λειτουργίας του οχήματος επηρεάζεται άμεσα από τις συνθήκες λειτουργίας , ιδιαίτερα από την τραχύτητα.

Η τραχύτητα υπεισέρχεται στον υπολογισμό της βέλτιστης συνολικής χιλιομετρικής διάνυσης η οποία με την σειρά της συμμετέχει στον υπολογισμό της απόσβεσης. Όσον αφορά δε την υπολειμματική ζωή του οχήματος το πρότυπο HDM 4 την θεωρεί ανάλογη προς την τραχύτητα. Στο πρότυπο HDM 4 λοιπόν σχετίζονται άμεσα η ζωή του οχήματος και οι δαπάνες κεφαλαίου με τις συνθήκες λειτουργίας του οχήματος. Οι υπόλοιπες μέθοδοι συσχετίζουν έμμεσα τις συνθήκες λειτουργίας με τις δαπάνες κεφαλαίου μέσω της επίδρασης που έχουν στην ταχύτητα του οχήματος.

➤ **Άλλες μέθοδοι υπολογισμού των δαπάνων κεφαλαίου**

Το πρότυπο **NIMPAC** της Αυστραλίας :

- ✓ ανήκει σε αυτήν την κατηγορία των προτύπων που θεωρεί ότι το κόστος απόσβεσης ανά μονάδα απόστασης έχει δύο συνθετικά. Το πρώτο που είναι σταθερό ανά διανυόμενο χιλιόμετρο (για ένα δεδομένο τύπο επιφανείας οδού) ή αλλιώς απόσβεση λόγω απόστασης και αυτό που μειώνεται με την ταχύτητα του οχήματος, δηλαδή την απόσβεση λόγω χρόνου.
- ✓ Δεν υπολογίζει χωριστά το κόστος απόσβεσης από το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου
- ✓ Οι μόνες παράμετροι της κυκλοφορίας και της οδού που έχουν άμεσο αντίκτυπο στις δαπάνες κεφαλαίου είναι ο τύπος της οδικής επιφανείας και η ταχύτητα του οχήματος.
- ✓ Υπάρχουν τρεις τύποι οδικής επιφανείας (χώμα, αμμοχάλικο, επίστρωση) για τους οποίους δεν προβλέπονται διακυμάνσεις της τραχύτητας μέσα σε κάθε τύπο.
- ✓ Επίσης σε αυτό το πρότυπο η βάση υπολογισμού για το κόστος απόσβεσης και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου είναι το Οικονομικό Κόστος του οχήματος που ορίζεται ως η καθαρή από τον φόρο τιμή αγοράς του οχήματος πλήν της καθαρής από φόρο δαπάνης των ελαστικών του
- ✓ Η επίδραση της ταχύτητας του οχήματος στις ετήσιες δαπάνες κεφαλαίου υπεισέρχεται στους υπολογισμούς μέσω δύο μεταβλητών. Των ωρών χρήσης ετησίως και του παράγοντα επίδρασης της μείωσης του στόλου των οχημάτων. Η τελευταία μεταβλητή σημαίνει για μια συγκεκριμένη διαδρομή οι υψηλότερες ταχύτητες μπορούν μόνο να μεταφραστούν σε

χαμηλότερες δαπάνες κεφαλαίου από την μείωση του αριθμού των οχημάτων που καλούνται να καλύψουν αυτήν την διαδρομή.

- ✓ Χρησιμοποιεί παράγοντες για την απόσβεση λόγω απόστασης που έχουν μείνει αμετάβλητοι από την αρχική τους διαμόρφωση στις αρχές του 1970. Αυτό όμως σημαίνει ότι δεν λαμβάνει υπόψη του τις αλλαγές στην αντοχή των οχημάτων λόγω της βελτίωσης της τεχνολογίας τους την τελευταία εικοσαετία.

Το **Σουηδικό πρότυπο VETO** επίσης ανήκει σε αυτήν την κατηγορία όμως χρησιμοποιεί μια πιο πολύπλοκη μέθοδο υπολογισμού του κόστους απόσβεσης και του ευκαιριακού κόστους κεφαλαίου η οποία εν μέρει βασίζεται στην πιθανότητα επιβίωσης των οχημάτων. Επιπλέον όπως και το NIMPAC αποκλείει τα στοιχεία της απόσβεσης λόγω χρόνου από τον υπολογισμό των εκτιμήσεων για τα αυτοκίνητα.

Στις **μελέτες της Ινδονησίας** επίσης η απόσβεση διαχωρίζεται σε δύο συνθετικά, του χρόνου και της απόστασης. Για το συνθετικό της που εξαρτάται από τον χρόνο έγινε η παραδοχή μιας υποτιθέμενης μέγιστης ζωής που προκύπτει από την "ελάχιστη ή καθόλου χρήση". Για τα επιβατικά αυτοκίνητα, αυτή ήταν 33 έτη. Οι δαπάνες κεφαλαίου υπολογίστηκαν με την μέθοδο CRT.

Το ερώτημα που προκύπτει για όλες αυτές τις μεθόδους που διαχωρίζουν την απόσβεση στα συστατικά της είναι το πόσο σωστός είναι ένας τέτοιος διαχωρισμός. Όπως σημειώνει και ο καθηγητής κ.Αμπακούμκιν στην οικονομική ανάλυση ενός οδικού έργου δεν είναι πάντα απαραίτητο να γίνεται αυτός ο διαχωρισμός διότι διαπιστώνεται κατά μέσο όρο ότι :

- Είναι πρακτικά αμελητέο το ποσοστό των οχημάτων που χρησιμοποιούνται τόσο λίγο ώστε να αποσβένονται μόνο χρονικά και όχι με την διάνυση
- Η ετήσια διάνυση ενός μέσου οχήματος είναι τέτοια που οδηγεί σε σύμπτωση τους χρόνους αποσβέσεως λόγω διάνυσης και λόγω χρόνου.

Στην οικονομική ανάλυση μιας μεταφορικής επιχειρήσεως όμως όπου ζητούμενο είναι η βέλτιστη εκμετάλλευση των μέσων, θα πρέπει να γίνεται πιο προσεκτική ανάλυση.

Το πρότυπο **HDM III** :

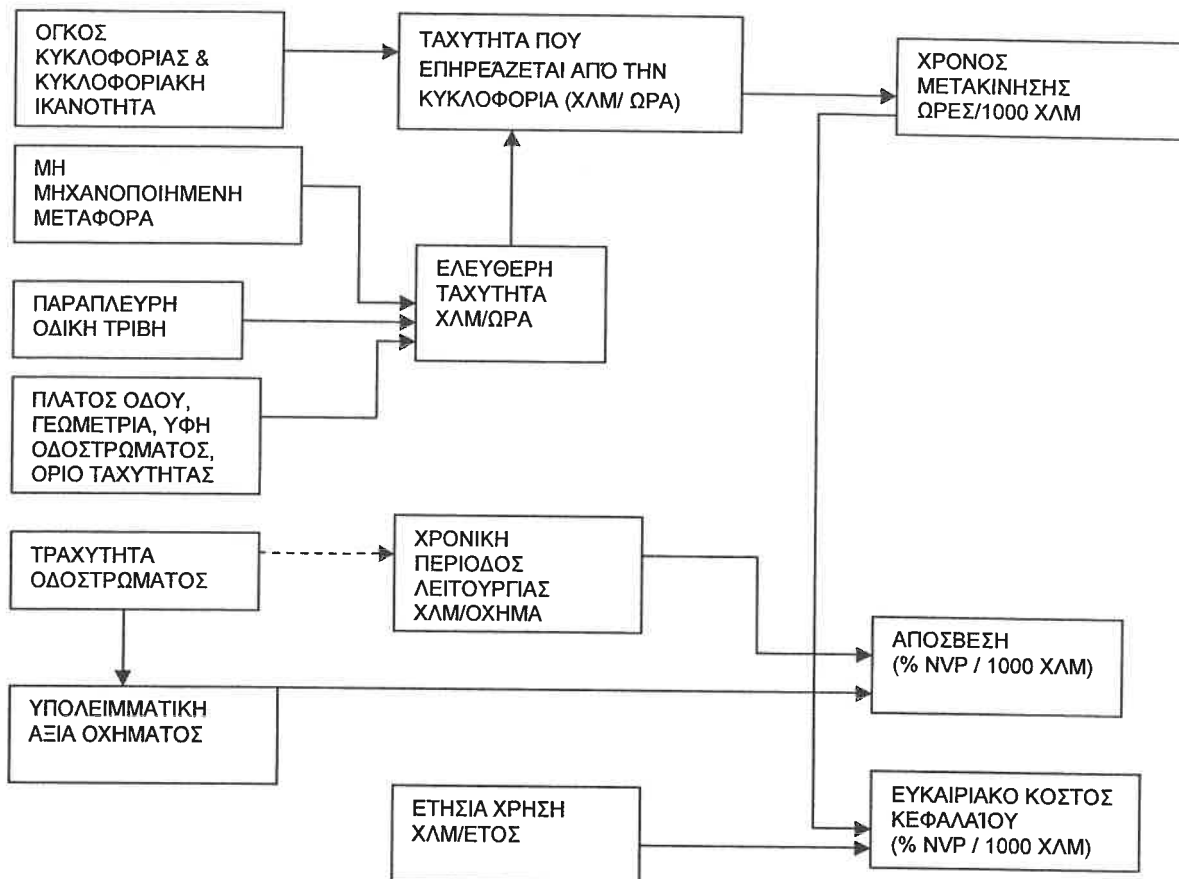
- ✓ Χρησιμοποιεί την γραμμική μέθοδο της απόσβεσης (straight-line) για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας απόσβεσης θεωρώντας μηδενική

υπολειμματική αξία του οχήματος, διαιρώντας την τιμή αγοράς του οχήματος με την εκτιμώμενη χρονική διάρκεια ζωής του οχήματος

- ✓ Υπολογίζει χωριστά το κόστος απόσβεσης και το ευκαιριακό κόστος κεφαλαίου
- ✓ Δεν διαχωρίζει την απόσβεση στα συνθετικά της
- ✓ Για τον υπολογισμό του ετήσιου ευκαιριακού κόστους του κεφαλαίου η σχέση που χρησιμοποιεί ισοδυναμεί με τις συμβατικές μεθόδους υπολογισμού των ποσοστών απόδοσης του κεφαλαίου όπου θεωρείται μηδενική υπολειμματική αξία
- ✓ Όπως και στο NIMPAC και στο VETO η απόσβεση δεν επηρεάζεται άμεσα από τις οδικές συνθήκες αλλά έμμεσα μέσω της ταχύτητας της οποίας οι επιδράσεις μετατρέπονται σε επιπλέον παραγωγικό ταξίδι
- ✓ Η μέθοδος του De Weille, που χρησιμοποιεί το HDM III για τον υπολογισμό της χρονικής περιόδου λειτουργίας του οχήματος βασίζεται στην υπόθεση ότι όσο γρηγορότερα ταξιδεύει το όχημα τόσο μικρότερη χρονική περίοδο λειτουργίας έχει. Δεν υπάρχουν όμως εμπειρικά δεδομένα να υποστηρίξουν την μέθοδο αυτή και οι δαπάνες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες ως προς την ταχύτητα.
- ✓ Η χρήση του οχήματος, από την μέθοδο της προσαρμοσμένης χρήσης (adjusted utilisation), προβλέπεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας και της ελαστικότητας της χρήσης του οχήματος (elasticity of utilisation). Οι προκαθορισμένες τιμές (default values) για την ελαστικότητα της χρήσης του οχήματος προέρχονται από τις μελέτες της Βραζιλίας τις οποίες οι αναλυτές γενικά τείνουν να τις αποδεκτούν.
- ✓ Οι σχέσεις της Βραζιλίας είναι αυτές που είχαν την ευρύτερη εφαρμογή στις μελέτες HDM. (Bennett, 1995a) διότι η μελέτη της Βραζιλίας ήταν η μεγαλύτερη από τις τέσσερις πρωταρχικές μελέτες (Ινδίας, Βραζιλίας, Κένυας, Καραϊβικής) και η Παγκόσμια Τράπεζα ανέλυσε ξανά από αυτήν δεδομένα για να αναπτυχθούν οι σχέσεις για το πρότυπο HDM III.

Συνοψίζοντας, θα θέλαμε να τονίσουμε ότι από την εξέταση όλων των παραπάνω μεθόδων είναι φανερό η αδυναμία της πλειοψηφίας τους να εκφράσουν τις δαπάνες κεφαλαίου σαν άμεση συνάρτηση των οδικών χαρακτηριστικών και των συνθηκών λειτουργίας του οχήματος. Στα περισσότερα από αυτά υπάρχει μια σχέση που συνδέει τις δαπάνες του κεφαλαίου με την ταχύτητα του οχήματος και έτσι υπάρχει μια έμμεση συσχέτιση. Όμως επειδή το κόστος της απόσβεσης επιβαρύνεται από τον βαθμό χρήσης του οχήματος, τις συνθήκες στις οποίες λειτουργεί και τις διαδρομές τις οποίες διανύει θεωρούμε αναγκαίο να υπεισέρχονται οι παράμετροι αυτοί στον υπολογισμό του. Το πρότυπο HDM 4 (2001) που είναι και το πιο σύγχρονο καταφέρνει να δείξει αυτή την σχέση μέσω της μεθόδου

της βέλτιστης ζωής χωρίς να απαιτεί πολύπλοκους υπολογισμούς. Το διάγραμμα 7.4.5α που ακολουθεί δείχνει την αλληλεξάρτηση των παραπάνω παραμέτρων στο πρότυπο HDM 4.



Διάγραμμα 7.4.5α : αλληλεξάρτηση των παραμέτρων που υπολογισμού των δαπανών κεφαλαίου στο πρότυπο HDM 4

8. Κόστος Χρόνου Μετακίνησης και Κόστος Προσωπικού

Ο καθορισμός της αξίας του χρόνου είναι πιθανώς το δυσκολότερο κόστος που ποσοτικοποιείται σε μια οικονομική αξιολόγηση. Η οικονομία στον απαιτούμενο χρόνο μετακίνησης είναι το ένα από τα σημαντικότερα οφέλη που προκύπτουν από τις οδικές βελτιώσεις. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν να αποδοθεί μια χρηματική αξία στο κόστος του χρόνου μετακίνησης ώστε να μπορεί να συγκριθεί με το κόστος κατασκευής, το λειτουργικό κόστος και το κόστος των ατυχημάτων που λαμβάνονται υπόψη στις οικονομικές αξιολογήσεις. Έχουν υπάρξει διάφορες εκθέσεις που αφιερώνονται σε αυτό το ζήτημα. Στην Ελλάδα (1984) η διατριβή του καθηγητή του ΕΜΠ Κ. Σταθόπουλου διερευνά την συμβολή της αξίας του χρόνου στις μεταφορές. Ο Symonds (1997) έδωσε μια επισκόπηση των πιο πρόσφατων εργασιών μαζί με τον COX (1983) που δίνει μια καλή ιστορική άποψη. Ο Symonds (1997) ασχολήθηκε επίσης με την μη γραμμικότητα της οικονομίας του χρόνου μετακίνησης.

Ενώ μερικές μελέτες έχουν αγνοήσει απλά το χρόνο επιβατών, αυτό δεν είναι σοφό δεδομένου ότι μπορεί να προκαταλάβει τα αποτελέσματα υπέρ των προγραμμάτων με τα υψηλά έξοδα μεταφοράς. Αντιθέτως, μια μη ρεαλιστικά υψηλή αξία για το χρόνο των επιβατών μπορεί να προκαταλάβει τα προγράμματα υπέρ εκείνων με τις μεγάλες αυξήσεις ταχύτητας.

Στην ποσοτικοποίηση μιας τιμής για το χρόνο των επιβατών και του προσωπικού θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι υπάρχουν δύο τομείς της οικονομίας: οι **επίσημοι** και οι **άτυποι** τομείς. Ο επίσημος τομέας αποτελείται από τους εργαζομένους υπό αμοιβή. Ο άτυπος τομέας περιλαμβάνει εκείνους που είναι άμισθοι - όπως πολλοί από τον αγροτικό πληθυσμό στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Για λόγους απλότητας, η μετακίνηση είναι συνήθως χωρισμένη σε μετακίνηση **εργασίας** και σε **ελεύθερου χρόνου** ή **μη-εργασίας**. Η μετακίνηση εργασίας αποτελείται από εκείνους που βρίσκονται σε επιχειρηματικές δραστηριότητες. Ο Ελεύθερος χρόνος, που αποτελείται από άλλες δραστηριότητες (για παράδειγμα, κοινωνικές, επισκέψεις στην οικογένεια, προσωπική απασχόληση, το σχολείο, κ.λπ) είναι συχνά ένα σημαντικό κομμάτι της μετακίνησης στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η οικονομία στον χρόνο μετακίνησης, όταν οι μετακινήσεις αφορούν την εργασία, έχει σαφώς μια τιμή; εάν ξοδεύεται λιγότερος χρόνος στην μετακίνηση τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερος χρόνος στην

εργάσιμη ημέρα για οικονομικά παραγωγικούς λόγους. Μια άλλη άποψη για αυτό είναι ότι ο εργοδότης πληρώνει στον υπάλληλο μιας ώρας αμοιβές χωρίς ανταπόδοση. Ο εργοδότης θα ήταν πρόθυμος να πληρώσει ποσό ίσο με τις αμοιβές μιας ώρας για να μειώσει τον χρόνο μετακίνησης κατά μια ώρα. Μπορεί να υποστηριχτεί ότι λόγω των γενικών εξόδων και των κοινωνικών δαπανών ο εργοδότης θα ήταν πρόθυμος να πληρώσει ακόμη και περισσότερο, αλλά η κοινή πρακτική στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι να εξισώσει την αξία του χρόνου εργασίας με το ποσοστό αποδοχών του μετακινούμενου προσώπου.

Η χρήση των ποσοστών των αμοιβών περιπλέκεται από το γεγονός ότι οι επίσημες στατιστικές όσον αφορά τις αμοιβές πιθανώς να υποτιμούν τις αποδοχές των μετακινούμενων. Οι στατιστικές των αμοιβών δεν καλύπτουν συνήθως τις αποδοχές των υψηλότερα αμοιβόμενων εργαζόμενων, και οι αμοιβές εκείνων που μετακινούνται κατά τη διάρκεια του χρόνου απασχόλησης μπορούν να είναι υψηλότερες από το μέσο όρο. Συχνά, υπάρχουν επίσης παραλλαγές στις αμοιβές ανά περιοχή που κάνουν την υιοθέτηση ενός εθνικού μέσου όρου μη πρακτική. Παραδείγματος χάριν, στην Ταϊλάνδη η μέση αμοιβή του 1995 ήταν στην Μπανγκόκ 9900 Μπατ /μηνιαίως έναντι 4500 Μπατ /μηνιαίως στη βορειοανατολική περιοχή της χώρας.(HDM 4, 2001)

Αυτοί που ανήκουν στον άτυπο τομέα της οικονομίας ή που μετακινούνται στον ελεύθερο χρόνο τους δεν θεωρούνται παραγωγικοί με τον ίδιο τρόπο όπως εκείνοι που μετακινούνται σε χρόνο εργασίας. Τελικά, η αξία του μη εργάσιμου χρόνου θα πρέπει να απεικονίζει την κυβερνητική πολιτική. Εάν η πολιτική είναι να μεγιστοποιηθεί το ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν), αγνοώντας τις προτιμήσεις του ελεύθερου χρόνου αυξάνοντας την ευημερία των επιβατών, τότε θα πρέπει να αποδώσουμε μια μηδενική αξία στον χρόνο μη-εργασίας. Πρέπει να αναγνωριστεί ότι αποδίδοντας μια μηδενική αξία στο χρόνο αυτών του άτυπου τομέα θα προκαταλάβουμε τα αποτελέσματα υπέρ εκείνων που συμβάλλουν στη σύγχρονη οικονομία.

Υπάρχουν στοιχεία ότι μπορεί να αποτιμηθεί η οικονομία και στην μετακίνηση του ελεύθερου χρόνου, ιδιαίτερα εφόσον αυτού του είδους οι μετακινούμενοι προτιμούν οι μετακινήσεις τους να γίνονται σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα και είναι συχνά πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερα για να συμβεί αυτό. Το πόσο ένα πρόσωπο είναι έτοιμο να πληρώσει για μια γρηγορότερη μετακίνηση είναι βασισμένο στο εισόδημά του και στον πλούτο. Είναι επομένως κοινή πρακτική να αποδοθεί μια αξία στον προσωπικό χρόνο που να σχετίζεται με το εισόδημά του. Έχουν αποδοθεί διάφορα ποσοστά σε

διαφορετικές μελέτες, τα οποία είναι συνήθως μέσα στην περιοχή του 20-50 τοις εκατό, αλλά φαίνεται ότι οι πιο κοινές είναι. 20-25 τοις εκατό. (HDM 4, 2001)

Πολλοί που μετακινούνται στον προσωπικό τους χρόνο δεν κερδίζουν οποιοδήποτε εισόδημα και έτσι χρησιμοποιώντας την παραπάνω προσέγγιση δεν αποδίδεται καμία αξία στο χρόνο τους. Στις εύπορες κοινωνίες αυτό δεν θα είχε ισχύ, αλλά υποστηρίζεται από μερικούς ότι σε μερικές χώρες είναι κατάλληλη μια μηδενική αξία του χρόνου.

Σε αυτές τις περιπτώσεις το μέσο εισόδημα χρησιμοποιείται συνήθως για να υπολογίσει την αξία του χρόνου. Η εναλλακτική προσέγγιση είναι να υπολογιστεί η αξία του χρόνου μόνο με βάση εκείνους που εργάζονται και έπειτα να εφαρμοστεί η αξία σε όλους τους μετακινούμενους. Αυτό θα παραγάγει μια υψηλότερη αξία του χρόνου από ότι αν χρησιμοποιηθεί το μέσο εισόδημα των μετακινουμένων.

Υπάρχουν στοιχεία ότι οι τιμές του χρόνου μετακίνησης είναι υψηλότερες για την κυκλοφορία σε συνθήκες κορεσμού έναντι αυτής που πραγματοποιείται σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Οι MVA, *et al* (1987) πρότειναν τον συντελεστή 1,4 για τις καταστάσεις που μελέτησαν, και έναν ακόμα υψηλότερο συντελεστή σε πιο κορεσμένες συνθήκες.

Για τον καθορισμό της αξίας του χρόνου του προσωπικού, ιδιαίτερα για τους χειριστές φορτηγών και λεωφορείων, είναι σημαντικό να συμπεριληφθεί το πρόσθετο εισόδημα που μπορούν να κερδίσουν πάνω από το βασικό μισθό, όπως :

- Ημερήσια επιδόματα για την κάλυψη των αναγκών τροφής και ανάπαυσης
- Το όφελος από την μεταφορά επιβατών (φορτηγά) ή πρόσθετων, μη-αναφερθέντων επιβατών (λεωφορεία)
- Το όφελος για τα φορτηγά που προκύπτει από την εκτροπή από την συνηθισμένη διαδρομή μεταφοράς των αγαθών λόγω συγκοινωνιακών δυσχερειών (backhaul) όπου το εισόδημα το κρατά ο χειριστής αντί του ιδιοκτήτη.

Τα παραπάνω εισοδήματα μπορεί να αποτελέσουν ένα σημαντικό ποσοστό , παραδείγματος χάριν στην Ινδία NDLI (1997) υπολογίστηκε ότι οι συνολικοί μισθοί για τον οδηγό φορτηγού και τον βοηθό ήταν Rs 4500 αλλά ότι υπήρξε ένα επιπλέον μηνιαίο εισόδημα Rs 3000 από τη συλλογή των επιβατών και Rs 3000 από τα ημερήσια επιδόματα. Περίπου το 20-25 τοις εκατό των οδηγών

κατάφεραν να κερδίσουν επιπλέον Rs 7000 το μήνα κάνοντας backhaul στα αγαθά.

Είναι επίσης συνηθισμένο να υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των τρόπων μεταφοράς. Αυτό σημαίνει ότι οι δαπάνες του χρόνου των επιβατών είναι διαφορετικές στις ιδιωτικές μεταφορές από ότι στις μετακινήσεις με λεωφορεία ή άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Από ότι θα δούμε στα πρότυπα – μελέτες που ακολουθούν για τον υπολογισμό του κόστους του χρόνου μετακίνησης λαμβάνονται υπόψη διαφορετικοί τύποι οχημάτων (που δεν είναι οι ίδιοι για κάθε μέθοδο) , η πληρότητά τους και ο σκοπός της μετακίνησης τους. Κάποια δεδομένα (αμοιβές, ποσοστά εργαζομένων / ανέργων) παίρνονται απευθείας από τις αρμόδιες υπηρεσίες και τους οργανισμούς για την χρονιά που εφαρμόζονται.

Όλοι οι τύποι των οχημάτων που εμφανίζονται στις μεθόδους που ακολουθούν είναι οι :

<u>ΤΥΠΟΣ</u>	<u>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</u>	<u>ΣΥΜΒΟΛΟ</u>
Αυτοκίνητο	Επιβατικό όχημα	CAR ή PC
Δίτροχο	Μοτοσικλέτα	MC
Φορηγάκι	Φορηγάκι διανομής, pick up truck	LDV
4 x 4	Τύπος Landrover/ Jeep	4WD
Όχημα Μεταφοράς Ελαφρών Αγαθών	ελαφρύ φορηγό, 4 τροχοί	LGV
Όχημα Μεταφοράς Άλλων Αγαθών	φορηγό μικρού μεσαίου ή μεγάλου τονάζ	OGV
Μέσο Φορηγό	Μέσο ενιαίο διαξονικό φορηγό, περίπου > 3,5t	MT
Βαρύ Φορηγό	Πολυαξονικό ενιαίο φορηγό	HT
Μικρό Λεωφορείο	Mini bus, συνήθως 4 τροχοί	MNB
Βαρύ Λεωφορείο	Πολυαξονικό ή μεγάλο Διαξονικό λεωφορείο	HB
Όχημα Δημόσιας Χρήσης	Λεωφορείο, πούλμαν	PSV
Αρθρωτό όχημα	Αρθρωτό φορηγό, ή φορηγό με ρυμουλκούμενο όχημα	AT

8.1 Υπολογισμός του κόστους του χρόνου μετακίνησης στο πρότυπο Cost Benefit Analysis, COBA

Τα βήματα που ακολουθεί το πρότυπο COBA για να υπολογίσει το κόστος του χρόνου είναι τα ακόλουθα :

- ✓ Η κυκλοφοριακή ροή αναλύεται ανά κατηγορία οχήματος (αυτοκίνητα, LGVs κτλ) βάσει της ωριαίας κατανομής των οχημάτων στην κυκλοφορία.
- ✓ Η ροή αυτή αναλύεται περαιτέρω ανά σκοπό μετακίνησης , δηλαδή εργασίας/ μη εργασίας. Στο COBA οι μετακινήσεις των OGV θεωρούνται όλες εργασίας, τα οχήματα PSVs είναι οχήματα εργασίας αλλά με ένα στοιχείο επιβατών μη εργασίας, και τα αυτοκίνητα είναι κυρίως μη εργασίας (84,9%).
- ✓ Η ωριαία κυκλοφορία των οχημάτων μετατρέπεται σε ωριαία ροή ανθρώπων πολλαπλασιάζοντας των αριθμό των οχημάτων με το κατάλληλο ποσοστό πληρότητας.
- ✓ Τέλος υπολογίζεται το κόστος του χρόνου πολλαπλασιάζοντας την ροή των ανθρώπων με την αξία του χρόνου τους.

Το COBA χρησιμοποιεί δύο σκοπούς μετακίνησης , μετακίνηση λόγω εργασίας και μετακίνηση για οποιονδήποτε άλλο λόγο, συμπεριλαμβανομένης της μετακίνησης από και προς την εργασία και τρεις τύπους οχημάτων. Τα οχήματα Μεταφοράς Άλλων Αγαθών OGV και οι επιβάτες του υπολογίζονται μόνο με σκοπό εργασίας. Η ανάλυση από την Εθνική Αξιολόγηση των Μετακινήσεων (National Travel Survey) παρέχει τις τιμές για την μέση πληρότητα των οχημάτων και το ποσοστό των αυτοκινήτων που μετακινούνται σε ώρες εργασίας. Σε συνδυασμό με τα δεδομένα από άλλες πηγές κατέστη επίσης δυνατόν να εκτιμηθεί το ποσοστό των LGV μετακινήσεων σε χρόνο μη εργασίας. Ο συνδυασμός των στοιχείων εργασίας /μη εργασίας ανά τύπο επιβαίνοντα παράγει τιμές χρόνου ανά όχημα (βασισμένες σε μέσες εθνικές πληρότητες του 1998) όπως δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΟΣ ΧΡΟΝΟΥ	ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (pence/ώρα)	
			ΑΝΑ ΕΠΙΒΑΙΝΟΝΤΑ	ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	1744	
	0,22 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	1369	2045
		(ΜΕΣΟΣ ΕΠΙΒΑΙΝΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ)	1676	
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	374	598
	0,60 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	374	
ΜΕΣΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ		ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ		
	0,54 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΥΠΟΘΕΤΟΝΤΑΣ 15,1% ΤΩΝ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΩΝ		817
		ΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		
ΟΧΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	731	877
ΕΛΑΦΡΩΝ ΑΓΑΘΩΝ (LGV) ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	0,20 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	731	
ΟΧΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	374	595
ΕΛΑΦΡΩΝ ΑΓΑΘΩΝ ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	0,59 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	374	
ΜΕΣΟ ΟΧΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ		
ΕΛΑΦΡΩΝ ΑΓΑΘΩΝ	0,25 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΥΠΟΘΕΤΟΝΤΑΣ 88% ΤΩΝ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΩΝ		843
		ΤΩΝ LGV ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		
ΟΧΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	731	731
ΑΛΛΩΝ ΑΓΑΘΩΝ (OGV)				
ΟΧΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ (PSV)	1,00 ΟΔΗΓΟΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	668	
	12,1 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	374	5304
	0,1 ΕΠΙΒΑΤΕΣ	ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ	1109	
ΜΕΣΟ ΟΧΗΜΑ	ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΜΕΣΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ 1998			864

Πίνακας 8.1α: Μέσες Ετήσιες Τιμές Χρόνου ανά Επιβαίνοντα και ανά Οχημα στο COBA βασισμένες σε πληρότητες του 1998

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνει το COBA η πληρότητα μειώνεται καθώς το εισόδημα αυξάνει και όλο και περισσότεροι επιβαίνοντες γίνονται οδηγοί. Αυτή η τάση αναμένεται να συνεχιστεί μέχρι το 2036. Η μείωση εκτιμάται λαμβάνοντας υπόψη την ελαστικότητα της πληρότητας σχετικά με την ιδιοκτησία των αυτοκινήτων. Τα υπολογισμένα ετήσια ποσοστά μειώσεων δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΕΥΡΟΣ ΕΤΩΝ	ΥΨΗΛΗ & ΧΑΜΗΛΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	
	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑ (% ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ)	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΕ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑ (% ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ)
1998 - 2036	-0,05	-0,22
ΜΕΤΑ ΤΟ 2036	0	0

Πίνακας 8.1β : Ανατοκισμένα Ετήσια Ποσοστά των Αλλαγών στις πληρότητες των αυτοκινήτων (%)

Η πραγματική αξία των μέσων απολαβών των εργαζομένων θεωρείται ότι αντανακλά την αύξηση στην πραγματική αξία τόσο του χρόνου εργασίας όσο και του μη εργασίας. Αυτή αυξήθηκε κατά 3,28% ετησίως μεταξύ του 1998 και του 2002. Η μελλοντική αύξηση αναμένεται να είναι γραμμική με το κατά κεφαλήν GDP. Οι προβλέψεις για την αύξηση στην πραγματική αξία του χρόνου δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΕΥΡΟΣ ΕΤΩΝ	ΥΨΗΛΗ & ΧΑΜΗΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ (% ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ)
1998 - 2002	3,28 (ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ)
2002 - 2005	2,19
2005 - 2050	2,03

Πίνακας 8.1γ: Εκτιμώμενα Ανατοκισμένα Ετήσια Ποσοστά Ανάπτυξης της Πραγματικής Αξίας του Χρόνου (% ανά έτος).

8.2 Υπολογισμός του κόστους του χρόνου μετακίνησης στο πρότυπο RIMES

Στο πρόγραμμα RIMES ο υπολογισμός του κόστους του χρόνου δεν είναι διαχωρισμένος από τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους αλλά δίνεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας σύμφωνα το απλό μοντέλο που χρησιμοποιεί την σχέση :

$$\text{Κόστος Μετακίνησης (MV)} = DC + TC/V$$

Όπου DC το κόστος της απόστασης σε κόστος/χλμ
TC το κόστος του χρόνου σε κόστος /ώρα (δίνεται σαν ποσοστό του μέσου κόστους του χρόνου ενός επιβατικού αυτοκινήτου, βλ πίνακα 8.2β).
V η μέση ταχύτητα σε χλμ/ώρα

όπου το κόστος της απόστασης δίνεται από την σχέση

$$\text{Κόστος Απόστασης (DC)} = \alpha + \beta \max (R - 3.0, 0) + \gamma \max (R - R1, 0)$$

Όπου DC το κόστος απόστασης σε κόστος/χλμ
R1 μια ενδιάμεση τιμή του IRI που ποικίλλει ανά τύπο οχήματος (βλ πίνακα 8.2γ)
α, β συντελεστές που ποικίλλουν ανά τύπο οχήματος (βλ πίνακα 8.2γ)

και η ταχύτητα δίνεται από την σχέση :

$$\text{Ταχύτητα (V)} = a - b \cdot R$$

Όπου R η κατάσταση του οδοστρώματος σε IRI μέτρα/χλμ (όπως αυτό υπολογίζεται από τα πρότυπα)
V η μέση ταχύτητα σε χλμ/ώρα
a,b συντελεστές που ποικίλλουν ανά τύπο οχήματος και κατηγορία οδού (βλ πίνακα 8.2α)

Στους πίνακες που ακολουθούν περιλαμβάνονται δειγματοληπτικές τιμές των παραπάνω συντελεστών. Το πρόγραμμα RIMES εκτιμά ότι η κάθε χώρα μπορεί να αναπτύξει παρόμοια δεδομένα που να είναι προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες.

Προκειμένου δε να αναπτυχθούν γενικευμένα κριτήρια για την παρέμβαση στην συντήρηση των οδών χρησιμοποιήθηκε η "μέση" σύνθεση κυκλοφορίας και δίνεται στους παρακάτω πίνακες.

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	"a"	"b"
	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΧΛΜ/ΩΡΑ	
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	99,1	2,1
PICK UP	84,4	1,9
4 X 4	92,6	2,4
MINI ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	81,7	2,0
ΜΕΓΑΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	95,6	2,9
ΜΕΣΑΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	68,3	1,9
ΒΑΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	66,9	1,8
ΑΡΘΡΩΤΗ ΜΟΝΑΔΑ	62,3	2,0

Πίνακας 8.2α: Συντελεστές a , b για τον υπολογισμό της ταχύτητας του οχήματος

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	PICK UP	4 X 4	MINI ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	ΜΕΓΑΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	ΜΕΣΑΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΒΑΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΑΡΘΡΩΤΗ ΜΟΝΑΔΑ
1	6,77	4,65	5,35	36	15	34	55

Πίνακας 8.2β : Δαπάνες χρόνου μετακίνησης σαν ποσοστό του κόστους χρόνου μετακίνησης του επιβατικού αυτοκινήτου.

	α	β	γ	R1
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΔΑΠΑΝΕΣ ΣΕ ΚΟΣΤΟΣ/ΧΛΜ			ΜΕΤΡΑ/ΧΛΜ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	1	0,149	0,1	7,7
PICK UP	1,4	0,205	0,15	8,9
4 X 4	1,4	0,2	0,1	7,7
MINI ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	1,5	0,2	0,15	7,8
ΜΕΓΑΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	5,5	0,2	0,2	8,9
ΜΕΣΑΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	3,5	0,4	ΜΗ ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΟ ΔΗΛΑΔΗ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝΙΚΕΣ	
ΒΑΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	6,3	0,4		
ΑΡΘΡΩΤΗ ΜΟΝΑΔΑ	11,3	0,7		

Πίνακας 8.2γ: Συντελεστές για τον υπολογισμό του κόστους του οχήματος

ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΥ	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	PICK UP	4 X 4	MINI ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	ΜΕΓΑΛΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ	ΔΙΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΗΓΟ
ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΗ	33	17	10	33	0,3	5,5	1,0	0,2

Πίνακας 8.2δ: Παράδειγμα γενικευμένης σύνθεσης της κυκλοφορίας (% του συνόλου) .

8.3 Υπολογισμός του κόστους χρόνου μετακίνησης και του κόστους του προσωπικού στο πρότυπο HDM III

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει ένα παράδειγμα υπολογισμού του κόστους του χρόνου των επιβατών και του προσωπικού, χρησιμοποιώντας βασικά στοιχεία από την Ινδία (NDLI, 1997) μαζί με μερικές εκτιμημένες πρόσθετες τιμές. Οι σημειώσεις στο κάτω μέρος του πίνακα εξηγούν πως υπολογίστηκαν οι μεμονωμένες τιμές. Αυτή η μέθοδος δίνει μια μέση τιμή για όλα τα οχήματα όπως δηλαδή λειτούργησε το πρότυπο HDM III.

	ΔΙΤΡΟΧΟ	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ	ΜΕΣΑΙΟ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΒΑΡΥ ΦΟΡΤΗΓΟ	ΒΑΡΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ
1 ΕΙΣΟΔΗΜΑ - ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Rs/ΩΡΑ)	15,0	32,0			43,0
2 ΕΙΣΟΔΗΜΑ - ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Rs/ΩΡΑ)	16,0	47,0			31,0
3 ΑΞΙΑ ΧΡΟΝΟΥ - ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Rs/ΩΡΑ)	3,2	9,4			6,2
4 ΑΞΙΑ ΧΡΟΝΟΥ - ΑΜΙΣΘΟΙ (Rs/ΩΡΑ)	0,6	1,8			1,2
5 ΑΤΟΜΑ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ	1,5	3,5	2,0	2,0	32,0
6 ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ	1,5	3,3			30,0
7 ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΕ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ (ΕΜΜΙΣΘΟΙ)	75,0	75,0			50,0
8 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΜΟΙΒΟΜΕΝΩΝ	1,1	2,5			15,0
9 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΑΜΟΙΒΟΜΕΝΩΝ	0,4	0,8			15,0
10 ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΩΡΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	36,0	19,0			34,0
11 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΣΕ ΩΡΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	0,5	0,6			10,2
12 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΜΟΙΒΟΜΕΝΩΝ ΑΛΛΑ ΟΧΙ ΣΕ ΤΑΞΙΔΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	0,6	1,9			4,8
13 ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΙΒΑΤΗ (Rs/ΩΡΑ)	9,7	38,5	0,0	0,0	486,4
14 ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΑΝΑ ΟΧΗΜΑ		0,2	2,0	2,0	2,0
15 ΚΟΣΤΟΣ ΟΔΗΓΟΥ (Rs/ΜΗΝΑ)		600,0	3000,0	3000,0	3000,0
16 ΚΟΣΤΟΣ ΒΟΗΘΟΥ (Rs/ΜΗΝΑ)		0,0	1500,0	1500,0	1500,0
17 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΙΣΟΔΗΜΑ-ΕΠΙΔΟΜΑΤΑ (Rs/ΜΗΝΑ)		0,0	3000,0	3000,0	3000,0
18 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΙΣΟΔΗΜΑ-ΕΠΙΒΑΤΕΣ "ΦΑΝΤΑΣΜΑ" (Rs/ΜΗΝΑ)		0,0	3000,0	3000,0	3000,0
19 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΙΣΟΔΗΜΑ-BACKHAUL "ΦΑΝΤΑΣΜΑ" (Rs/ΜΗΝΑ)		0,0	1500,0	1500,0	0,0
20 ΜΗΝΙΑΙΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ (Rs/ΜΗΝΑ)		600,0	13000,0	13000,0	10500,0
21 ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ Rs/ΩΡΑ (200 ΩΡΕΣ/ΜΗΝΑ)	0,0	3,0	65,0	65,0	52,5
22 ΚΟΣΤΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ (Rs/ΩΡΑ)	0,0	0,0	2,5	5,0	0,0
23 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (Rs/ΩΡΑ)	9,7	41,5	67,5	70,0	538,9

ΣΗΜ:

(3) = (2) * 0,20. ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ 20% ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(4) = (3) * 0,20 ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ 20% ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(8) = (6) * (7)

(9) = (6) - (8)

(11) = (8) * (10) / 100

(12) = (8) - (11)

(13) = (1) * (11) + (3) * (12) + (4) * (9)

ΓΙΑ ΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΈΝΑ ΑΤΟΜΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ, (15) = (14) * Rs 3,000

ΤΟ (19) ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΣΟΔΟΥ (ΕΔΩ Rs 7,000/ΜΗΝΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΩΝ BACKHAULS (ΕΔΩ ΠΕΡΙΠΟΥ 20%)

(20) = (15) + (16) + (17) + (18) + (19)

(21) = (20) / 200. ΘΕΩΡΗΘΗΚΑΝ 200 ΩΡΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ/ΜΗΝΑ

(23) = (13) + (21) + (22)

Πίνακας 8.3α: παράδειγμα υπολογισμού του κόστους χρόνου των επιβατών και του κόστους προσωπικού (Πηγή :HDM 4,2001 ; NDLI, 1997)

Εάν ξοδεύεται λιγότερος χρόνος κατά τη μεταφορά των αγαθών το ποσό των αγαθών που κρατούνται στον κατάλογο απογραφής μπορεί να μειωθεί. Μερικά αγαθά δεν θα ωφεληθούν από την οικονομία στον χρόνο, παραδείγματος χάριν, εάν φθάσουν πριν ανοίξει η επιχείρηση και έτσι δεν

μπορούν να ξεφορτωθούν. Κατά συνέπεια, μόνο μια μερίδα των αγαθών υπό μεταφορά θα πρέπει να περιληφθεί στους υπολογισμούς. Η αξία θα εξαρτηθεί από τη φύση των διαδικασιών μέσα στην χώρα, ή ακόμα και στην περιοχή της χώρας, αλλά τιμές στην περιοχή του 50-75 τοις εκατό είναι συνηθισμένες.

Η αξία του χρόνου του φορτίου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το κόστος ευκαιρίας και την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{CARGO} = \text{PCTCGT OPC VALCAR} / 365 \times 24$$

όπου CARGO το κόστος φορτίου σε κόστος/ώρα
PCTCGT το ποσοστό των οχημάτων των οποίων το φορτίο θα ωφεληθεί από την οικονομία στο χρόνο
OPC το κόστος ευκαιρίας του φορτίου ως δεκαδικό
VALCAR η αξία του φορτίου

8.4 Υπολογισμός του κόστους χρόνου μετακίνησης , προσωπικού και εμπορευμάτων στο πρότυπο HDM 4

➤ Ο ετήσιος αριθμός των επιβάτο-ωρών σε εργασία ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα δίνεται από την έκφραση:

$$\text{PWH} = 1000 \text{ PAX PCTWK} / 100 \text{ S}$$

όπου PWH ο ετήσιος αριθμός επιβάτο-ωρών σε εργασία ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα
PAX ο αριθμός επιβατών (απλοί επιβάτες, όχι προσωπικό) στο όχημα
PCTWK το ποσοστό των επιβατών σε μετακίνηση με σκοπό την εργασία
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

➤ Ο ετήσιος αριθμός των επιβάτο-ωρών σε μη εργασία ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$\text{PNH} = 1000 \text{ PAX} (100 - \text{PCTWK}) / 100 \text{ S}$$

όπου PNH ο ετήσιος αριθμός μη εργάσιμων επιβάτο-ωρών ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα
PAX ο αριθμός επιβατών (απλοί επιβάτες, όχι προσωπικό) στο όχημα

PCTWK το ποσοστό των επιβατών σε μετακίνηση με σκοπό την εργασία
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

- Ο αριθμός των ωρών ανά μέλος του πληρώματος ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$CH = 1000 (100 - PP) / 100 S$$

όπου CH ο αριθμός ωρών ανά μέλος του προσωπικού ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα
PP το ποσοστό της χρήσης οχημάτων σε ιδιωτικές μετακινήσεις
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

Κατά συνέπεια, εάν το όχημα χρησιμοποιείται για ιδιωτικές μετακινήσεις ο χρόνος του προσωπικού δεν συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση.

- Ο ετήσιος αριθμός ωρών εκμετάλλευσης φορτίου ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$CARGOH = 1000 / S$$

όπου CARGOH ο ετήσιος αριθμός ωρών εκμετάλλευσης φορτίου ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα

Οι παραπάνω εξισώσεις υπολογίζουν τον αριθμό των ωρών ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα για τον χρόνο των επιβατών σε εργασία και σε μη εργασία, τον χρόνο του προσωπικού, και τον χρόνο του φορτίου. Αυτές οι τιμές πολλαπλασιάζονται με το κατάλληλο κόστος μονάδας χρόνου ώστε να καθοριστεί το κόστος του. Για να συμπεριλάβουν τα αποτελέσματα από τις επιδράσεις της ταχύτητας, η ταχύτητα που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς είναι η ταχύτητα η επηρεασμένη από την κυκλοφορία. Οι μεμονωμένες τιμές πολλαπλασιάζονται με το ποσοστό του έτους στο οποίο αντιστοιχεί κάθε μια από τις ταχύτητες και αθροίζονται για να υπολογιστεί το συνολικό ετήσιο κόστος.

Το γεγονός ότι οι αμοιβές του προσωπικού και το κόστος των εργατικών είναι πρωτίστως εξαρτώμενα από τους τοπικούς κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες και το κόστος της χρονικής καθυστέρησης έκανε πολλά μοντέλα

όπως το PVOG του Καναδά να μην συμπεριλάβουν το κόστος του χρόνου στην έρευνά τους.

9. Γενικά έξοδα και κόστος ασφάλισης

Τα γενικά έξοδα όπως προαναφέρθηκε στα εισαγωγικά κεφάλαια περιλαμβάνουν δαπάνες που αφορούν κυρίως τα επαγγελματικά οχήματα και είναι δαπάνες στέγασης, στάθμευσης, έκδοσης αδείας και πινακίδων, τελών κυκλοφορίας, διοδίων, και παρακολούθησης του οχήματος εάν αυτό είναι επαγγελματικό. Αυτές οι δαπάνες υπολογίζονται σε ετήσια βάση.

9.1 Υπολογισμός του κόστους γενικών εξόδων στο πρότυπο HDM 4

Τα γενικά έξοδα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση.

$$OC = 1000 \text{ OA } (100 - PP) / 100 \text{ S HRWK}$$

όπου OC το κόστος γενικών εξόδων ανά 1000 οχηματοχιλιόμετρα
OA το ετήσιο κόστος γενικών εξόδων σε κόστος/ έτος
PP το ποσοστό της χρήσης των οχημάτων σε ιδιωτικές μετακινήσεις
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα
HRWK οι ώρες εργασίας του οχήματος ανά έτος που είναι οι ώρες οδήγησης συν τις ώρες για την φόρτωση/εκφόρτωση, τον ανεφοδιασμό κτλ

9.2 Υπολογισμός του κόστους γενικών εξόδων στο πρότυπο RTIM3

Τα γενικά έξοδα υπολογίστηκαν στο πρότυπο RTIM3 διαιρώντας τα συνολικά γενικά έξοδα με τον αριθμό των ωρών που χρησιμοποιείται το όχημα ετησίως. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε η υπολογισμένη ταχύτητα για να ενσωματώσει τις επιδράσεις των συνθηκών λειτουργίας σε αυτές τις δαπάνες, δηλ.:

$$OCKM = \text{OA } (100 - PCTPRV) / 100 \text{ HRD S}$$

όπου OCKM το κόστος των γενικών εξόδων ανά χλμ
PCTPRV το ποσοστό των ιδιωτικών οχημάτων
HRD ο αριθμός ωρών οδήγησης ανά έτος
OA το συνολικό ετήσιο κόστος των γενικών εξόδων
S η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

Επισημαίνεται ότι και στις δύο παραπάνω εξισώσεις οι δαπάνες "ιδιωτικής χρήσης" δεν συμπεριλαμβάνονται.

Όσον αφορά το **κόστος ασφάλισης** τα στοιχεία σε κόστος/έτος είναι διαθέσιμα από τις τοπικές αρμόδιες αρχές και υπόκεινται σε μεταβολές ανάλογα με την οικονομική κατάσταση και την εκάστοτε κυβερνητική πολιτική. Από ότι φαίνεται και από τους πίνακες που παρατίθενται ενδεικτικά στην συνέχεια με στοιχεία από τον Καναδά και την Βρετανία το κόστος ασφάλισης αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό των συνολικών δαπανών.

Ο παρακάτω Πίνακας 9.2α συνοψίζει τις δαπάνες για τα σχετικά νέα οχήματα (πρώτα 6 έτη) στον Καναδά. Υποθέτει 20.000 ετήσια χιλιόμετρα.

	ΑΝΑ ΧΛΜ	ΑΝΑ ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ
ΚΑΥΣΙΜΑ & ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	6,83 c	\$1,366	16,50%
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	2,8c	\$560	6,70%
ΕΛΑΣΤΙΚΑ	1,42c	\$284	3,40%
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ/ΜΙΛΙ	11,05c	\$2,210	26,60%
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	5,96c	\$1,191	14,40%
ΑΔΕΙΑ & ΤΕΛΗ	0,6c	\$128	1,50%
ΑΠΟΣΒΕΣΗ	19,9c	\$3,975	48,00%
ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	3,9c	\$777	9,40%
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ/ΕΤΟΣ	41,41c	\$6,071	73,30%
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	52,46c	\$8,281	100,00%

c= cent, \$=δολλάριο Καναδά

Πίνακας 9.2α: Ετήσιες δαπάνες για το Cavalier Sedan (2000 καναδικά δολάρια) (Πηγή: Your Driving Costs 2000, Canadian Automobile Association)

Η Βρετανική αυτοκινητιστική ένωση παρέχει τις σταθερές και τις λειτουργικές δαπάνες για τους διάφορους τύπους των οχημάτων. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις εκτιμώμενες δαπάνες για τα οχήματα στην Βρετανία από τον οποίο γίνεται εμφανές ότι το κόστος ασφάλισης και στην Βρετανία για τα επιβατικά οχήματα είναι το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό των σταθερών δαπανών μετά την απόσβεση.

ΚΥΒΙΣΜΟΣ (cc)	<1100	1100-1400	1400-2000	2000-3000	3000-4500
ΦΟΡΟΛΟΓΙΑ ΟΔΟΥ (ΣΤΕΡΛΙΝΕΣ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ)	100,00	155,00	155,00	155,00	155,00
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	281,00	376,00	452,00	698,00	721,00
ΑΠΟΣΒΕΣΗ	1.064,00	1.568,00	2.218,00	4.008,00	5.501,00
ΚΑΛΥΨΗ ΟΔΙΚΗΣ ΒΟΗΘΕΙΑΣ	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ (ΣΤΕΡΛΙΝΕΣ)	1.520,00	2.173,00	2.899,00	4.935,00	6.452,00
BENZINΗ (PENCE ΑΝΑ ΜΙΛΙ)	7,83	8,95	10,44	14,24	15,66
ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ	0,34	0,35	0,36	0,44	0,70
ΕΛΑΣΤΙΚΑ	0,74	0,96	1,17	2,25	2,92
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	0,94	0,94	0,94	1,47	2,07
ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ	3,08	3,51	3,57	5,47	5,63
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (PENCE)	12,93	14,71	16,48	23,87	26,98

Πίνακας 9.2β: Σταθερές και Λειτουργικές δαπάνες (1999) (Πηγή: Petrol Car Cost Tables, UK Automobile Association)

10. Κόστος Ατυχημάτων

Η ασφάλεια της κυκλοφορίας λόγω της πολυπλοκότητας και της αβεβαιότητάς της, έχει αποκλειστεί από πολλές αναλύσεις των επενδύσεων για τις εθνικές οδούς. Παραδείγματος χάριν, στο πρότυπο HDM III δεν υπήρξε κανένας μηχανισμός για την ασφάλεια της κυκλοφορίας πέρα από τη μεταχείριση της ως εξωγενές κόστος.

Η αυξανόμενη πραγματοποίηση των ουσιαστικών δαπανών των τροχαίων ατυχημάτων συχνά πάνω από ένα τοις εκατό του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος, Gross National Product (HDM 4, 2001) έχει ανανεώσει την επιθυμία να περιληφθεί το κόστος των ατυχημάτων μαζί με το λειτουργικό κόστος οχημάτων και το κόστος του χρόνου στις οικονομικές αξιολογήσεις.

Το Εργαστήριο Ερευνών των Μεταφορών (Transport Research Laboratory) προετοίμασε μια εργασία συστήνοντας πώς θα πρέπει να διαμορφωθεί στο HDM-4 η ασφάλεια της κυκλοφορίας (TRL, 1995). Το έγγραφο, που τιτλοφορείται "Εκτιμώντας τις αλλαγές στα ποσοστά των ατυχημάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες από τις τροποποιήσεις στο σχεδιασμό των οδών" χρησιμοποιήθηκε από το International Study Of Highway Development and Management Tools, ISOHDM (1995a) ως βάση για μια προτεινόμενη μέθοδο για την ασφάλεια της κυκλοφορίας στο HDM-4. Κατόπιν πραγματοποιήθηκε μια διεθνής μελέτη για να δοκιμάσει να συγκεντρώσει τα απαραίτητα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο HDM -4.

10.1. Έρευνα για το κόστος των ατυχημάτων στις Αναπτυσσόμενες Χώρες

Το TRL(1995) προσδιόρισε πέντε εμπειριστατωμένες μελέτες που διεξάχθηκαν για την σχέση μεταξύ της οδικής γεωμετρίας και των ατυχημάτων.

Το TRL μελέτησε το δρόμο Ναϊρόμπι- Mombassa στην Κένυα και 29 διαδρομές διεσπαρμένες σε όλη την Τζαμάικα (Jacobs, 1976). Η μελέτη του κόστους των χρηστών της οδού στην Ινδία (CRRl, 1982) υιοθέτησε την ίδια προσέγγιση και επέλεξε το δρόμο Βομβάη- Pune (114 μη-αστικά χλμ) και μια δεύτερη μελέτη 34 διαδρομών με ποικίλα χαρακτηριστικά οδοστρωμάτων (Hills και Jones Lee, 1981). Στην Χιλή (Diaz, *et al.*, το 1983) 42 παρατηρήσεις που έγιναν σε 15 ασφαλοστρωμένα οδικά τμήματα δύο λωρίδων είναι η τελευταία περίπτωση μελέτης. Οι πιο πρόσφατες από αυτές παρουσιάστηκαν το 1984.

Η συχνότητα των κόμβων, η οριζόντια κυρτότητα και η κάθετη κυρτότητα ήταν κοινές μεταβλητές ενώ οι μελέτες του TRL ανέλυσαν επίσης την ανωμαλία της επιφάνειας. Το οδικό πλάτος εξετάστηκε στην μελέτη της Ινδίας καθώς επίσης και στην Κένυα και την Τζαμάικα. Τα μήκη των τμημάτων ποικίλλουν από μεγάλα τμήματα ομοιόμορφου χιλιομέτρου έως δρόμους 509 χιλιομέτρων. Καμία μελέτη δεν χρησιμοποίησε τη γεωμετρική ομοιογένεια για να περιγράψει το μήκος των τμημάτων παρά την υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των παραμέτρων του γεωμετρικού σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αντιπροσωπευτικές.

Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν διέφεραν στην επιλογή της εξαρτημένης μεταβλητής, στις μεταβλητές που θεωρήθηκαν σημαντικές, και στην μέθοδο ανάλυσης. Οι μελέτες του TRL χρησιμοποίησαν τα ατυχήματα προσωπικών τραυματισμών ανά εκατομμύριο οχημάτοχιλιομέτρων ενώ η μελέτη της Χιλής επέλεξε τα συνολικά ατυχήματα ανά χιλιόμετρο. Οι μελέτες της Ινδίας ανέπτυξαν εξισώσεις και για τους δύο δείκτες αλλά προτίμησαν τον τελευταίο δεδομένου ότι ήταν και τα δύο απλούστερα και είχε μια υψηλότερη αξία r^2 . Ενώ όλα τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν είχαν υψηλές τιμές r^2 και επίπεδα σημαντικότητας, μόνο η συχνότητα των κόμβων βρέθηκε σημαντική σε όλες τις εξισώσεις.

Η μελέτη της Χιλής υποστήριξε ότι μια ελαστική τετραγωνική εξίσωση που λάμβανε υπόψη τα αποτελέσματα δευτέρου βαθμού ήταν καλύτερη στην πρόβλεψη των ατυχημάτων από τα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκαν από τις προηγούμενες μελέτες. Ο συντελεστής παλινδρόμησης για τη ροή αυξήθηκε από 40 τοις εκατό με την ελαστική μορφή έναντι της γραμμικής εξίσωσης και η ελαστική μορφή είχε μια υψηλότερη αξία r^2 .

Καμία από αυτές τις μελέτες δεν σύγκρινε τους επιστρωμένους δρόμους με τους χωμάτινους δρόμους. Ούτε αποδείχτηκε σημαντική η ανωμαλία της επιφάνειας σε καμία από τις μελέτες του TRL (συχνά θεωρημένη ως αντιπροσωπευτική για τον τύπο της επιφάνειας), η οποία ήταν ιδιαίτερα συσχετισμένη με το πιο κυρίαρχο μεταβλητό οδικό πλάτος στην Τζαμάικα. Μια χωριστή μελέτη στα στοιχεία της Κένυας βρήκε ότι οι δρόμοι από αμμοχάλικο έχουν ένα υψηλότερο ποσοστό ατυχημάτων με 18 τοις εκατό επί του συνόλου των ατυχημάτων αλλά μόνο πέντε τοις εκατό επί της κυκλοφορίας.

Μια νοτιοαφρικανική μελέτη (Bitumen και Tar Association, 1989) κατέληξε ότι τα συνολικά ατυχήματα μειώθηκαν όταν στρώθηκαν οι δρόμοι του

αμμοχάλικου και ενώ το ποσοστό των ατυχημάτων λόγω μοιραίων περιστατικών και λόγω ζημιών μόνο στην ιδιοκτησία μειώθηκε, το μερίδιο των ατυχημάτων λόγω τραυματισμών (σοβαρών και ελαφρών) αυξήθηκε. Δυστυχώς (ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη τις δραστηριότητες του TRL στις αρχές της δεκαετίας του '80) έχει γίνει λίγη δουλειά στην προηγούμενη δεκαετία αν και έχουν συλλεχθεί στοιχεία ατυχημάτων και οδικών καταλόγων στην Νέα Παπούα-Γουινέα αλλά δεν έχουν αναλυθεί πλήρως ακόμα. Η προκαταρκτική ανάλυση (απλή παλινδρόμηση μόνο) βρήκε ότι η κλίση έχει έναν μεγάλο συσχετισμό με τα ατυχήματα.

Ο νοτιοαφρικανικός τύπος για την πρόβλεψη των ατυχημάτων στις αγροτικές εθνικές οδούς εφαρμόστηκε στην κύρια εθνική οδό που συνδέει τη Νότια Αφρική με τη Σουαζιλάνδη (Jordaan, 1995). Το μοντέλο είναι απλό και εύχρηστο αλλά απαιτεί υποθέσεις που μπορούν να ισχύσουν μόνο για τις πιο προηγμένες αναπτυσσόμενες χώρες. Χρησιμοποιεί ποσοστά βάσεων που υπολογίζονται για τον οδικό τύπο πριν ρυθμιστούν στις συγκεκριμένες οδικές συνθήκες. Μετά τον καθορισμό των συνολικών προσωπικών τραυματισμών από συγκρούσεις (ανά 100 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα), εφαρμόζονται οι εθνικές σταθερές αναλογίες για να καθορίσουν τη δριμύτητα ατυχήματος αντί να χρησιμοποιηθούν τα τοπικά δεδομένα.

10.2. Έρευνα για το κόστος των ατυχημάτων στις Αναπτυγμένες Χώρες

Παρά τον εκτενή αριθμό των μελετών, οι αναπτυγμένες χώρες δεν ήταν σε θέση να μοντελοποιήσουν τα ατυχήματα επαρκώς βάσει των γεωμετρικών παραμέτρων. Ούτε έχουν καταλήξει αποφασιστικά σε μια προτιμώμενη μέθοδο ανάλυσης ή το ποιος είναι ο ρόλος των κυκλοφοριακών ροών.

Στις ΗΠΑ έχει υποστηριχτεί πρόσφατα πολλή σχετική έρευνα λόγω της Surface Transportation Act του 1982 που εξουσιοδότησε μια μελέτη για την οικονομική αποτελεσματικότητα των προτύπων γεωμετρικού σχεδίου. Η επόμενη δημοσίευση του Transport Research Board (TRB, 1986) ανέπτυξε ένα πρότυπο για την αξιολόγηση των οφελών από την ασφάλεια αλλά δεν προτάθηκε για εθνική χρήση και υπάρχουν ακόμα τα διάφορα κρατικά πρότυπα.

Μια εξέταση των μεθόδων οφελών-δαπανών (Cost Benefit) των ευρωπαϊκών χωρών για τους νέους δρόμους (ECU, 1994) έδειξε ότι οι περισσότερες υποθέτουν διαφορετικά ποσοστά ατυχημάτων ανά τύπο οδού ή θέση

περιοχής παρά ανά γεωμετρικό σχεδιασμό όπως στο Βέλγιο και στην Ισπανία.

Λόγω της αναγνωρισμένης ανικανότητας να προβλεφθούν τα ατυχήματα βασισμένα στα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού, το πρότυπο οδικών επενδύσεων της Βρετανίας, COst Benefit Analysis (COBA), χρησιμοποιεί συμβουλευτικούς (look-up) πίνακες για τις προβλέψεις των ατυχημάτων (DOT, 1993). Οι δρόμοι χωρίζονται μόνο κατά την κατάταξή τους και τις αστικές/αγροτικές ρυθμίσεις με προεπιλεγμένα ποσοστά ατυχημάτων προσωπικού τραυματισμού (ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα) όπου οι τοπικές πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες. Με αυτόν τον τρόπο ο εκτιμημένος αριθμός των ατυχημάτων καθορίζεται από τον οδικό τύπο, το μήκος, και την κυκλοφοριακή ροή (οι αστικοί δρόμοι με λίγους κόμβους μπορούν να χρησιμοποιήσουν το αγροτικό οδικό ποσοστό). Το COBA υποθέτει ότι οι αριθμοί των ατυχημάτων είναι ανεξάρτητοι από τη ροή αν και υπάρχουν στοιχεία για το αντίθετο, με τα ποσοστά των ατυχημάτων να μειώνονται με την αύξηση της κυκλοφοριακής ροής (McGuigan, 1987).

Ένα πρόσφατα προτεινόμενο θεωρητικό πρότυπο από την Σουηδία (Johansson, 1994) υπολόγισε τον κίνδυνο χωριστά για τους προστατευμένους (επιβαίνοντες μηχανοποιημένων οχημάτων) και μη προστατευμένους οδικούς χρήστες. Αυτό επίσης υιοθέτησε ένα μοντέλο ταχύτητας/ροής που αυξάνει τον κίνδυνο ατυχήματος αναλογικά με τις αυξήσεις στην ταχύτητα. Αυτό είναι το πρώτο πρότυπο που απεικονίζει το ενδεχόμενο οι οδικές βελτιώσεις να αυξήσουν τον κίνδυνο ατυχήματος. Εντούτοις, οι απαιτήσεις σε στοιχεία ποικίλλουν μεταξύ του να είναι εξαιρετικά συγκεκριμένα όπως π.χ τύποι ατυχημάτων ενώ οι κίνδυνοι από την έκθεση σε ατυχήματα που χρησιμοποιούνται μπορούν να βασιστούν στους εθνικούς μέσους όρους.

Ο McLean (2000a και 2000b) ανέλυσε τα διαθέσιμα στοιχεία και καθιέρωσε ένα ποσοστό ατυχημάτων βάσης και παράγοντες ρύθμισης για τους λειτουργικούς παράγοντες, που εφαρμόζεται μέσω ενός πολλαπλασιαστικού μοντέλου πολλών μεταβλητών.

10.3. Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο HDM 4

Στην αρχή της μελέτης του ISOHDM θεωρήθηκε ότι το πρότυπο HDM 4 θα περιείχε ένα πρότυπο που θα εκτιμούσε τα αποτελέσματα από τις επιδράσεις των γεωμετρικών αλλαγών στην κυκλοφοριακή ασφάλεια. Εντούτοις, αποφασίστηκε ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμες επαρκείς πληροφορίες για την

εφαρμογή ενός τέτοιου προτύπου. Έναντι αυτού υιοθετήθηκε μια απλούστερη προσέγγιση που βασίστηκε σε πίνακες που συσχετίζουν ποσοστά ατυχημάτων με ομάδες οδών. Κατόπιν ακολούθησε μια διεθνής μελέτη η οποία παρείχε στο πρότυπο HDM 4 τις αρχικές τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται.

Το πρότυπο αυτό υιοθετεί τρεις τύπους ατυχημάτων για τους οποίους μπορούν να παρασχεθούν οι δαπάνες:

- ✓ Μοιραίο περιστατικό
- ✓ Τραυματισμό
- ✓ Μόνο ζημιά

Υπάρχουν τρεις ομάδες ατυχημάτων:

- ✓ Ατυχήματα σε τμήμα της οδού
- ✓ Ατυχήματα σε κόμβο της οδού
- ✓ Συνολικά ατυχήματα

Τα ατυχήματα των τμημάτων ισχύουν για τα ατυχήματα σε ένα τμήμα του δρόμου, ή μεταξύ των κόμβων μερικές φορές υπό τον όρο τμήμα μεταξύ-εμποδίων (mid-block section). Τα ατυχήματα των κόμβων ισχύουν για τα ατυχήματα σε κόμβο. Τα συνολικά ατυχήματα είναι ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων για όλα τα τμήματα και τους κόμβους.

Οι βασικές εξισώσεις για τη διαμόρφωση της ασφάλειας της κυκλοφορίας στο πρότυπο HDM -4 είναι:

$ACCYR = EXPOSSEC \cdot ACCRATE$

$ACCOST = ACCYR \cdot UNITCOST$

όπου ACCYR ο αριθμός των ατυχημάτων ετησίως
 ACCOST το κόστος ατυχήματος για τον τύπο ατυχήματος
 UNITCOST το κόστος μονάδας για τον τύπο ατυχήματος
 ACCRATE το ποσοστό των ατυχημάτων σε ατυχήματα ανά 100
 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα
 EXPOSSEC η έκθεση σε ατυχήματα μεταξύ των κόμβων σε
 εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα

Ο όρος "ποσοστό ατυχημάτων" ορίζεται ως:

$$ACCRATE = ACCYR \backslash EXPOSURE$$

όπου ACCRATE το ποσοστό ατυχημάτων σε ατυχήματα ανά 100
 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα
 ACCYR ο αριθμός των ατυχημάτων ετησίως
 EXPOSURE η ετήσια έκθεση στα ατυχήματα

Η έκθεση στα ατυχήματα εκφράζεται συνήθως σε 100 εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα και υπολογίζεται όπως ακολουθεί:

$$EXPOSINT = AADT \ 365 \ 10^8$$

$$EXPOSSEC = AADT \ 365 \ SECTLEN \ 10^8$$

όπου EXPOSINT η έκθεση σε ατυχήματα στους κόμβους σε
 εκατομμύριο οχήματα
 EXPOSSEC η έκθεση σε ατυχήματα μεταξύ των κόμβων σε
 εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα
 AADT η συνολική κυκλοφορία που εισέρχεται στον κόμβο ή που
 χρησιμοποιεί το τμήμα σε οχήματα/ημέρα
 SECTLEN το μήκος του τμήματος σε χλμ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω επιχειρήθηκε μια διεθνής έρευνα για να βρεί τις προκαθορισμένες αξίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πρότυπο ασφάλειας της κυκλοφορίας HDM-4. Στάλθηκαν επιστολές σε πάνω από 38 οργανισμούς διαφορετικών χωρών που εμπλέκονται με την ασφάλεια της κυκλοφορίας και κλήθηκαν να παρέχουν τα χαρακτηριστικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν στο πρότυπο HDM-4 για τη κάθε χώρα. Μόνο 15 οργανισμοί αποκρίθηκαν στην έρευνα και από αυτούς 10 χώρες κατόρθωσαν να δώσουν τις πληροφορίες που ζητήθηκαν.

10.4. Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο RIMES

Όπως προαναφέρθηκε στα εισαγωγικά κεφάλαια το πρόγραμμα RIMES εξέτασε λεπτομερώς τα σημαντικότερα πρότυπα υπολογισμού του λειτουργικού κόστους που χρησιμοποιούνται αυτή την στιγμή στην Ευρώπη αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της μελέτης του HDM-4 και παράγαγε ένα απλό μηχανιστικό πρότυπο το οποίο υπολογίζει το λειτουργικό κόστος από τις βασικές του αρχές. Διαμορφώθηκε έτσι ώστε να

μπορεί να έχει γενική εφαρμογή στις χώρες της Ευρώπης. Όσον αφορά τα ατυχήματα εξέτασε την εφαρμοσιμότητα της συσχέτισης του κόστους των ατυχημάτων με τα χαρακτηριστικά της οδού και της κυκλοφορίας και έλαβε υπόψη του τα πρότυπα που θεωρήθηκαν κατάλληλα. Αυτό εξαρτήθηκε από προηγούμενη έρευνα που είχε γίνει στις Ευρωπαϊκές χώρες και την διαθεσιμότητα και την ποιότητα των αρχείων για τα ατυχήματα.

Στο πρόγραμμα RIMES υπάρχουν δύο πρότυπα που υπολογίζουν το κόστος των ατυχημάτων και τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους την αντίσταση ολίσθησης του οδοστρώματος (**skid resistance**) και τις ανωμαλίες του λόγω αυλακώσεων (**rutting**).

➤ Ατυχήματα που σχετίζονται με την αντίσταση ολίσθησης

Υπολογίζουν τον παράγοντα κινδύνου (**RF**) σχετικά με τον αριθμό των ατυχημάτων ανά 100 μέτρα εξαιτίας κακής αντίστασης στην ολίσθηση. Ο παράγοντας αυτός προκύπτει ως :

$$RF = a + 10^{(b - cS)}$$

Όπου οι παράμετροι a, b, c δίνονται στον πίνακα 10.4α που ακολουθεί

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΔΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	ΟΔΟΙ ΜΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
A	0	0
B	2,24	3,04
C	3,98	5,48

Πίνακας 10.4α : Παράμετροι ατυχημάτων που σχετίζονται με την ολίσθηση

Ο αριθμός των ατυχημάτων που είναι πιθανόν να συμβούν δίνεται από :

$$A = R \cdot T / 10^6$$

Όπου T / 1000 η κυκλοφορία μιας κατεύθυνσης ανά ημέρα

Το συνολικό κόστος των ατυχημάτων υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το A με το μέσο κόστος των ατυχημάτων

$$C_{skid} = A \cdot C_1$$

Όπου C₁ το μέσο κόστος των ατυχημάτων

➤ **Ατυχήματα που σχετίζονται με τις ανωμαλίες του οδοστρώματος λόγω αυλακώσεων**

Το κόστος των ατυχημάτων συνδέεται επίσης και με το βάθος των αυλακώσεων σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση :

$$C_{\text{rutting}} = (0,0000065 * (\text{rut depth} - 10)) C_i$$

Όπου C_i το μέσο κόστος των ατυχημάτων
rut depth το βάθος της αυλάκωσης

Το συνολικό κόστος προκύπτει ως :

$$C_{\text{cost}} = C_{\text{skid}} + C_{\text{rutting}}$$

10.5. Υπολογισμός του κόστους των ατυχημάτων στο πρότυπο COBA

Οι τιμές που χρησιμοποιούνται στο COBA προσδιορίζονται στην ίδια βάση όπως στην Οικονομική Σημείωση των Εθνικών Οδών αριθ. 1 HEN1 Σεπτέμβριος 1999 (Highway Economics Note 1) (τιμές 1998). Ο πίνακας 10.5α δίνει με λεπτομέρειες τα συστατικά των δαπανών ατυχήματος που εκτός από το κόστος των θυμάτων (casualty cost) περιλαμβάνει τις δαπάνες που συνδέονται με την καταστροφή ιδιοκτησίας, την ασφαλιστική διοίκηση, το χρόνο αστυνομίας και ένα επίδομα για τα ατυχήματα που είναι μόνο ζημίας.

Κόστος ανά απώλεια (στερλίνες)					
Θανάσιμη Απώλεια		1,047,240			
Σοβαρή απώλεια		117,670			
Μικρή Απώλεια		9,070			
Κόστος ανά ατύχημα (στερλίνες)					
		Χορήγηση ασφάλισης	Ζημιά σε περιουσία		
			Αστική	Αγροτική	Αυτ/δρόμος
Θανασιμο ατύχημα	193	5007	8494	10804	
Σοβαρό ατύχημα	120	2684	3872	9218	
Μικρό ατύχημα	73	1584	2566	4663	
Μονο ζημιά	34	1133	1692	1626	
		Κόστος Αστυνομίας			
		Αστική	Αγροτική	Αυτ/δρόμος	
Θανασιμο ατύχημα		1226	1162	1701	
Σοβαρό ατύχημα		103	287	268	
Μικρό ατύχημα		37	37	37	
Μονο ζημιά		2	2	2	
Αριθμός ατυχημάτων μόνο ζημιάς ανά προσωπικό ατύχημα		17.7	7.8	7.6	

Πίνακας 10.5α: Συστατικά των Δαπανών των Ατυχημάτων (τιμές και αξίες 1998)

Για να καθοριστούν οι γενικές δαπάνες των ατυχημάτων, απαιτούνται οι λεπτομέρειες του μέσου διαχωρισμού της σοβαρότητας του ατυχήματος (δηλαδή ο αριθμός μοιραίων, σοβαρών και μικρών απωλειών ανά ατύχημα) και το ποσοστό των ατυχημάτων μοιραία / σοβαρά / ελαφρά. Τα ατυχήματα είναι ταξινομημένα σύμφωνα με το σοβαρότερα τραυματισμένο θύμα και για λόγους κωδικοποίησης του ατυχήματος " οι αγροτικοί "δρόμοι ορίζονται ως εκείνοι που το όριο ταχύτητας είναι περισσότερο από 40 mph (64kph). Εκείνοι με όρια ταχύτητας μικρότερα ή ίσα από 40 mph ορίζονται ως αστικοί δρόμοι.

Οι λεπτομέρειες του μέσου ποσοστού των μοιραίων / σοβαρών / ελαφρών. ατυχημάτων στους κόμβους δίνονται στον πίνακα 10.5β και στις συνδέσεις στον πίνακα 10.5γ. Οι αναλογίες είναι βασισμένες σε στοιχεία 1999–2001. Τα ποσοστά ατυχήματος και η σοβαρότητά τους έχουν μειωθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών και αυτή η τάση αναμένεται για να συνεχιστεί στο μέλλον. Η πτωτική τάση στα ποσοστά των ατυχημάτων εξετάστηκε στην αναφορά του TRL(Report 382) και σε ένα πιο αναλυτικό επίπεδο αργότερο για την DETR (Department of Environment, Transport and the Regions). Βρέθηκε ότι οι αλλαγές στα ποσοστά των ατυχημάτων και ο αριθμός των απωλειών ανά ατύχημα εξηγούνται από την σχέση :

$$A_N = A_0 \times \beta^N$$

Όπου A_N = το ποσοστό ατυχημάτων ή ο αριθμός των θυμάτων ατυχήματος N έτη μετά από το έτος αναφοράς
 A_0 = το ποσοστό ατυχημάτων ή ο αριθμός θυμάτων ανά ατύχημα στο έτος αναφοράς
 β^N = συντελεστής αλλαγής που υψώνεται στη δύναμη N (ο αριθμός ετών μετά από το έτος αναφοράς).

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΟΝΟ (ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2000)							
ΤΥΠΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΥ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ					
		ΘΑΝΑΣΗΜΑ(F)	ΣΟΒΑΡΑ (SE)	ΕΛΑΦΡΑ (SL)			
1 ΕΩΣ 3	ΑΥΤΟΚ/ΜΟΙ	0,014	0,096	0,890			
ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ		30/40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ			> 40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ		
	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ	F	SE	SL	F	SE	SL
4 ΕΩΣ 8	S2 Α ΟΔΟΙ	0,013	0,146	0,841	0,050	0,232	0,718
9	ΑΛΛΟΙ S2 ΟΔΟΙ	0,009	0,147	0,844	0,027	0,208	0,765
10 ΕΩΣ 15	ΟΔΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	0,014	0,140	0,847	0,028	0,159	0,813
ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΚΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2000)							
	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ	ΘΑΝΑΣΗΜΑ(F)	ΣΟΒΑΡΑ (SE)	ΕΛΑΦΡΑ (SL)			
1 ΕΩΣ 3	ΑΥΤΟΚ/ΜΟΙ	0,013	0,093	0,894			
ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ		30/40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ			> 40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ		
	ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ	F	SE	SL	F	SE	SL
4 ΕΩΣ 8	S2 Α ΟΔΟΙ	0,009	0,126	0,865	0,038	0,207	0,755
9	ΑΛΛΟΙ S2 ΟΔΟΙ	0,007	0,126	0,867	0,024	0,198	0,778
10 ΕΩΣ 15	ΟΔΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	0,009	0,113	0,878	0,025	0,148	0,827

Πίνακας 10.5β: Αναλογία των μοιραίων / σοβαρών / ελαφρών. ατυχημάτων στις συνδέσεις (Μέσοι όροι 1999 - 2001)

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ (ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2000)						
ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	30/40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ			> 40 ΜΙΛΙΑ/ΩΡΑ		
ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ	F	SE	SL	F	SE	SL
3 ARM PRIORITY	0,0072	0,1240	0,8688	0,0243	0,1883	0,7874
4 AND 5 ARM PRIORITY	0,0060	0,1162	0,8778	0,0271	0,2064	0,7665
3 ARM TRAFFIC SIGNALS	0,0060	0,1066	0,8874	0,0092	0,1171	0,8737
4 AND 5 ARM TRAFFIC SIGNALS	0,0060	0,1069	0,8871	0,0088	0,1153	0,8759
ROUNDABOUTS (STANDARD & SMALL)	0,0027	0,0746	0,9227	0,0056	0,0912	0,9032
MINI ROUNDABOUT	0,0028	0,0868	0,9104	0,0056	0,0912	0,9032
SIGNALISED ROUNDABOUTS	0,0031	0,0643	0,9326	0,0039	0,0624	0,9337

Πίνακας 10.5γ: Αναλογία των μοιραίων / σοβαρών / ελαφρών ατυχημάτων στους κόμβους (Μέσοι όροι 1999 - 2001)

Οι μέσες δαπάνες ατυχήματος που χρησιμοποιούνται σύμφωνα με το COBA κανονικά θα πρέπει είναι κατάλληλες ακόμη και όπου τα τοπικά ποσοστά ατυχήματος διαφέρουν από το μέσο όρο. Σε μερικές περιπτώσεις ο διαχωρισμός της σοβαρότητας των ατυχημάτων μπορεί να διαφέρει με μια επακόλουθη αλλαγή στις μέσες δαπάνες ατυχήματος, αλλά αυτό είναι πιθανό να είναι σημαντικό μόνο σε μερικές περιπτώσεις. Γενική πολιτική είναι να αποθαρρυνθεί η χρήση ενός τοπικού διαχωρισμού δριμύτητας εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι προκύπτουν πραγματικά εξαιρετικές συνθήκες που είναι απίθανο να διορθωθούν από τις μέτριες θεραπευτικές εργασίες.

Οι στατιστικές των ατυχημάτων μόνο ζημίας δεν είναι γενικά διαθέσιμες επειδή δεν αναφέρονται περιεκτικά από την αστυνομία. Βάσει κάποιων πληροφοριών ερευνών, αυτοί λαμβάνονται στο COBA στα ποσοστά που δίνονται στον πίνακα 10.5α.

Για τους σκοπούς της αξιολόγησης το COBA διαμορφώνει μια άποψη σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι δαπάνες θα αλλάζουν μέσα στα μελλοντικά έτη. Η αξία των περισσότερων στοιχείων των δαπανών ατυχήματος είναι ανάλογη προς το εθνικό εισόδημα, και για αυτόν τον λόγο υποτίθεται ότι οι τιμές αλλάζουν σύμφωνα με το ΑΕΠ ανά κεφαλή. Οι πραγματικές και προβλεπόμενες αλλαγές στο ΑΕΠ ανά κεφαλή δίνονται στον πίνακα 10.5δ. Σύμφωνα με τα Βιβλία του Βρετανικού Υπουργείου Οικονομικών αυτά τα ποσοστά αύξησης μειώνονται μετά από τριάντα έτη όταν μειώνεται το προεξοφλητικό επιτόκιο. Η μείωση είναι η ίδια αναλογική μείωση με την αλλαγή στο προεξοφλητικό επιτόκιο.

Εύρος Ετών	Οικονομικές προβλέψεις χαμηλής και υψηλής ανάπτυξης (% τον χρόνο)
1998 – 2002	2.00 Πραγματικό
2002 – 2005	2.19
2005 - 2050	2.03

Πίνακας 10.5δ: Εκτιμώμενα Ανατοκισμένα Ετήσια Ποσοστά Αύξησης της Αξίας των ατυχημάτων (%)

Το συνολικό κόστος των ατυχημάτων σε ένα οδικό δίκτυο υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό του αριθμού ατυχημάτων που προβλέπεται να εμφανιστούν στο δίκτυο με το κόστος ανά ατύχημα. Όπως εξηγείται ανωτέρω, το κόστος ανά ατύχημα ποικίλλει από τον τύπο και την περιοχή του δρόμου. Ο αριθμός ατυχημάτων σε ένα δεδομένο μήκος του δρόμου εκφράζεται ως ποσοστό ατυχήματος, που ορίζεται ως τα τόσα πολλά "ατυχήματα προσωπικών τραυματισμών ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιομέτρων", έτσι ώστε ο διπλασιασμός είτε του μήκους του δρόμου είτε ο διπλασιασμός της κυκλοφοριακής ροής στο δρόμο θα διπλασιάσει τον αριθμό ατυχημάτων. Εκτός από το μήκος και το επίπεδο ροής, στο COBA υπάρχουν δύο καθοριστικοί παράγοντες του αριθμού των ατυχημάτων: ο αριθμός και ο τύπος των κόμβων και ο τύπος των συνδέσεων.

Το COBA ενσωματώνει μια μέθοδο που διαχωρίζει τα αποτελέσματα των επιδράσεων των κόμβων και των συνδέσεων στα ατυχήματα. Όπου οι κόμβοι κωδικοποιούνται για τον υπολογισμό της καθυστέρησης, αυτοί θα πρέπει να κωδικοποιηθούν για τον υπολογισμό των ατυχημάτων. Επιπλέον, όπου υπάρχουν κόμβοι που εντάσσονται στις συνδέσεις για τους υπολογισμούς της ταχύτητας (ειδικότερα στις αστικές περιοχές), αλλά που είναι πιθανό να συνδέονται με τα ατυχήματα, αυτοί πρέπει να κωδικοποιηθούν ως "μόνο-ατύχημα" κόμβοι. Τέλος, όπου χρησιμοποιείται είτε ένα πολύ μεγάλο δίκτυο μόνο με συνδέσεις και οι "ατύχημα-μόνο" κόμβοι είναι δύσκολο να προσδιοριστούν, ή τα τοπικά στοιχεία όσον αφορά τα υπάρχοντα ατυχήματα είναι δύσκολο να χωριστούν μεταξύ των συνδέσεων και των συνδέσεων, μπορούν να αποδοθούν στις συνδέσεις τα ποσοστά συνδυασμένου ατυχήματος "συνδέσεων και κόμβων" .

11. Συμπεράσματα

Η εξέταση των προτύπων λειτουργικού κόστους οχημάτων που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια σε διάφορες χώρες, ευρωπαϊκές και μη, έχει οδηγήσει στα ακόλουθα συμπεράσματα.

- ✓ Η συντριπτική πλειοψηφία των προτύπων έχουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό επηρεαστεί από το πρότυπο HDM III. Το οποίο με την σειρά του άντλησε πολλά στοιχεία από τις μελέτες υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων, της Ινδίας της Βραζιλίας, της Καραϊβικής και της Κένυας.
- ✓ Όπου τα ποσοστά κοινωνικής και οικονομικής αλλαγής είναι υψηλά, τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται μπορεί να μην είναι κατάλληλα για τρέχουσα χρήση.
- ✓ Η πολυπλοκότητα των προτύπων που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία ποικίλλει.
- ✓ Οι παράμετροι και ο βαθμός σπουδαιότητάς τους ποικίλλει σε κάθε πρότυπο.
- ✓ Οι τύποι των αντιπροσωπευτικών οχημάτων οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε κάθε πρότυπο διαφέρουν.
- ✓ Τα διαθέσιμα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στα πρότυπα ποικίλλουν

Τα πρότυπα τα οποία εξετάστηκαν με εξαίρεση τα πρότυπο HDM 4, και το Σουηδικό πρότυπο VETO δεν υπολογίζουν το κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή το λαμβάνουν υπόψη τους σαν εξωγενές κόστος. Όσο αυξάνεται το ενδιαφέρον για τους φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους μεταφοράς η επόμενη γενιά των προτύπων θα πρέπει να συνυπολογίσει το κόστος που προκύπτει από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της λειτουργίας των οχημάτων.

Υπάρχει σημαντική παραλλαγή στο κλίμα και τη γεωγραφία και στην σύνθεση της κυκλοφορίας των οχημάτων τόσο ανάμεσα στις χώρες όσο και μεταξύ των περιοχών που βρίσκονται στην ίδια χώρα. Στην Ευρώπη παραδείγματος χάριν, οι Σκανδιναβικές χώρες έχουν πολλούς μήνες όπου κυριαρχούν οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ στις πιο νότιες χώρες όπως η Ισπανία φαινόμενα όπως η θερμότητα και η ξηρασία είναι συνηθισμένα. Οι διαφορετικές κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το λειτουργικό κόστος των οχημάτων. Επίσης η μορφολογία του εδάφους διαφέρει από χώρα σε χώρα. Ένα πρότυπο υπολογισμού λειτουργικού κόστους οχημάτων που θα

χρησιμοποιείται σε ένα κοινό πλαίσιο πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει την παραλλαγή του κλίματος και της γεωγραφίας.

Η διαθεσιμότητα των στοιχείων λειτουργικού κόστους οχημάτων ποικίλλει αρκετά μεταξύ των χωρών. Αυτό απεικονίζει τόσο την οργανωτική όσο και την λειτουργική δομή των αρμόδιων αρχών για τη συντήρηση και την κατασκευή εθνικών οδών καθώς και την διαθεσιμότητα των στοιχείων για το λειτουργικό κόστους οχημάτων.

Οι χώρες των οποίων οι οικονομίες δεν είναι σταθερές και έχουν υψηλά ποσοστά πληθωρισμού μπορεί να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένα προβλήματα στο να αποκτήσουν τα ακριβή στοιχεία κόστους. Μια περαιτέρω περιπλοκή είναι ότι αυτές οι χώρες μπορεί επίσης να έχουν μια ταχέως μεταβαλλόμενη σύνθεση κυκλοφορούντων οχημάτων, κάτι που καθιστά δύσκολο για τους υπεύθυνους ανάπτυξης των προτύπων λειτουργικού κόστους οχημάτων να πάρουν καλές εκτιμήσεις της μέσης κατανάλωσης καυσίμων για τα κυκλοφορούντα οχήματα. Οι κυκλοφοριακές ροές σε αυτές τις χώρες δεν είναι με κανένα τρόπο ομοιογενείς με σημαντικούς αριθμούς βαρέων εμπορικών οχημάτων, πεζών και μη-μηχανοποιημένων χρηστών της οδού. Οι ευρείες παραλλαγές στην ταχύτητα αξίζουν εκτίμησης δεδομένου ότι οι παραλλαγές της ταχύτητας επηρεάζουν σημαντικά το λειτουργικό κόστος των οχημάτων.

Η διαθεσιμότητα των στοιχείων είναι ένα μόνο από τα θέματα που έχουν επιπτώσεις στην καταλληλότητα ενός προτύπου λειτουργικού κόστους οχημάτων για τη χρήση του σε κάθε χώρα. Η διαθεσιμότητα των πόρων όπως ο αριθμός προσωπικού, ο διαθέσιμος χρόνος και το επίπεδο ικανότητας θα επηρεάσει τη δυνατότητα οποιουδήποτε δεδομένου οργανισμού να κάνει την καλύτερη χρήση ενός προτύπου.

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σχετικά απλό πρότυπο, που απαιτεί μικρή εισαγωγή δεδομένων, ή τουλάχιστον την εισαγωγή των στοιχείων που είναι διαθέσιμα στον χρήστη και είναι ενός κατάλληλου επιπέδου ακρίβειας. Το καναδικό πρότυπο (PVOC) που περιγράφεται σε αυτήν την διπλωματική εργασία είναι ένα παράδειγμα χρήσης ενός απλουστευμένου προτύπου που καλείται να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς στοιχείων και πόρων.

Δεδομένου ότι καμία ομοφωνία δεν έχει επιτευχθεί μεταξύ των προτύπων, ούτε ακόμη και μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών ή των μεθόδων ανάλυσης, δεν είναι δυνατόν να υποστηριχτεί η χρήση οποιασδήποτε εξίσωσης ως οδηγία για τη χρήση αλλού.

12. Προτάσεις

Το πιο πρόσφατο υπολογισμού του λειτουργικού κόστους οχημάτων είναι το HDM 4, το οποίο βασίζεται και σε στοιχεία ερευνών που χρονολογούνται από το 1975 έως το 1984. Θα ήταν χρήσιμο να γίνουν καινούργιες έρευνες οι οποίες θα λάβουν υπόψη τους νέα δεδομένα.

Όσο αυξάνεται το ενδιαφέρον για τους φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους μεταφοράς η επόμενη γενιά των προτύπων θα πρέπει να δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στο κόστος που προκύπτει από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της λειτουργίας των οχημάτων.

Η πολυπλοκότητα και η αβεβαιότητα των εκτιμήσεων των ατυχημάτων δεν σημαίνουν λιγότερη ανάγκη για την εκτίμηση τους. Οι δαπάνες ατυχημάτων είναι γνωστό ότι είναι ουσιαστικές και θα πρέπει να περιληφθούν στο στάδιο σχεδιασμού. Θα μπορούσαν να αναπτυχθούν συμβουλευτικοί πίνακες που δίνουν την ένδειξη των αλλαγών στα ποσοστά των ατυχημάτων ως αποτέλεσμα της βελτίωσης από μια κατηγορία οδού σε άλλη (π.χ. χωμάτινος δρόμος σε ασφαλτοστρωμένη επιφάνεια) όπως έγινε από τον McLean (2000a και 2000b) στην Αυστραλία. Η χρήση τους θα έπρεπε να περιοριστεί στη χώρα προέλευσης των στοιχείων δεδομένου ότι τα ποσοστά είναι αναμενόμενο να ποικίλλουν ευρέως μεταξύ των χωρών. Η προοπτική της παραγωγής ενός μοντέλου εφαρμόσιμου γενικά στις αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να επανεξεταστεί.

Σε κανένα πρότυπο λειτουργικού κόστους οχημάτων, δεν υπεισέρχεται σαν παράμετρος υπολογισμού το κοινωνικό κόστος που προκύπτει από την χρήση των οχημάτων. Θα ήταν χρήσιμο να υπάρξει έρευνα και προς αυτήν την κατεύθυνση, διότι το κοινωνικό κόστος που προκύπτει ενδεχομένως να είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

Η σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία έχει να επιδείξει πολλά επιτεύγματα στην τεχνολογία του τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα τεχνολογικά άλματα που έγιναν μείωσαν την κατανάλωση καυσίμου και τους εκπεμπόμενους καυσαέριους ρύπους, αλλά αύξησαν το κόστος κατασκευής και την πολυπλοκότητα των κινητήρων. Η επισκευές απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικό εξοπλισμό. Προτείνεται έρευνα για το αν τα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από την χρήση της νέας τεχνολογίας μειώνουν το λειτουργικό κόστος των οχημάτων.

13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αμπακούμκιν Κ. (1980) *Λειτουργικό κόστος οχημάτων*, ΕΜΠ Τομέας μεταφορών και συγκοινωνιακής υποδομής.
2. Λιακόπουλος Δ. (Μάρτιος 2002). *Διπλωματική Εργασία με θέμα ανάπτυξη προτύπου για τον υπολογισμό των οικονομικών ωφελειών από την μείωση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων*, ΕΜΠ Τομέας μεταφορών και συγκοινωνιακής υποδομής.
3. Ποριώτης –Βακιρτζίδης (Ιούνιος 2000). *Μελέτη υπολογισμού λειτουργικού κόστους οχημάτων*. ΥΠΕΧΩΔΕ Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας,
4. Σταθόπουλος Α. (Αθήνα, Νοέμβρης 1984). *Συμβολή στην διερεύνηση της αξίας του χρόνου στις μεταφορές*. ΕΜΠ Τομέας μεταφορών και συγκοινωνιακής υποδομής.
5. Τσαμπούλας Δ, Γιώτης Γ. και Ροΐλος Η. (1999). *Δυνατότητες εφαρμογής και ενσωμάτωσης ποσοτικών – ποιοτικών κριτηρίων σε πολυκριτηριακή αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Έργων*. Τεχνικά Χρονικά, τόμος 3.
6. AASHO (1952). *Road User Benefit Analyses for Highway Improvements*. American Association of State Highway Officials, Washington, D.C.
7. AASHTO (1977). *A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus Transit Improvements*. American Association of State Highway Officials, Washington, D.C.
8. Abaynayaka, S.W., Howe, J.D.G.F., Jacobs, G.D. and Morosiuk, G. (1974) *A Study of Factors Affecting Vehicle Speeds on Rural Roads in Kenya*. Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report 271, Department of the Environment, Crowthorne.
9. Abaynayaka, S.W., Morosiuk, G. and Hide, H. (1977). *The Effect of Vehicle and Road Characteristics on Commercial Vehicle Speeds in Ethiopia*. Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report 271, Department of the Environment, Crowthorne.
10. Abelson, P.W. (1986). *The Economic Evaluation of Roads in Australia*. Australian Professional Publications, Sydney.
11. Agg, T.R. (1923). *The Economics of Highway Grades*. Iowa Engineering Experiment Station Bulletin 65. Iowa State College, Ames, Iowa.
12. Akcelik, R. (1990). *Calibrating Sidra*. ARRB Report ARR 180. Australian Road Research Board, Nunawading.
13. Akcelik, R. and Biggs, D.C. (1987). *Acceleration Profile Models for Vehicles in Road Traffic*. Transportation Science 21(1).
14. Akcelik, R., Biggs, D.C. and Lay, M. (1983). *Modelling Acceleration Profiles*. ARRB Internal Report AIR 390-3, Australian Road Research Board, Nunawading.

15. Amann, C.A. (1997). *The stretch for better passenger car fuel economy*. 1997 SAE Future Transportation Technology Conference.
16. American Association of State Highway Officials (1965). *A Policy on Geometric Design of Rural Highways*. AASHO, Washington, D.C.
17. An, F., Barth, M., Norbeck, F. and Ross, M. (1997). *Development of comprehensive modal emissions model operating under hot-stabilized conditions*. Transportation Research Record 1587, pp 52 – 62.
18. Anderson, S.D., Memmott, J.K. and Patil, S.S. (1992). *Road User Costs and the Influence of Pavement Type - A Perspective*. Texas Transportation Institute Research Project 0440, Austin, Texas.
19. Archilla, R. (1992). *The Effect of Long, Steep Downgrades on Two-lane Highway Traffic Operations*. M.Sc. Dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Calgary.
20. Armstrong, B.D. (1983). *The influences of Cool Engines on Car Fuel Consumption*. Dept. of the Environment, Transport and Road Research Laboratory Supplementary Report SR822, Crowthorne.
21. AUSTROADS (1989). *Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. AUSTROADS, Sydney.
22. Autotech (1993). *Automobile Emissions and Combustion*. IMechE. p116
23. Bang, K. (1995). *Impact of Side Friction on Speed-Flow Relationships for Rural and Urban Highways*. Report to the ISOHDM Study, SWEROAD, Bandung, Indonesia.
24. Barnes, J. (1988). *A Speed Management Strategy for New Zealand Roads*. Proc. Road Traffic Safety Research Council Volume 2, Wellington.
25. Barnes, J. and Edgar, J. (1984). *Vehicle Speeds on Rural Roads*. Proc. 1984 IPENZ Conference 10(1), pp. 104-34, Auckland.
26. Barnes, J. and Edgar, J. (1987). *The Effect of the 1985 Rise in Open Road Speed Limits on Vehicle Speeds*. Proc. 1987 Roothing Symposium, Transit N.Z., Wellington.
27. Barry, T.M. and Regan, J.A. (1978). *Traffic Noise Prediction Model*. FHWA Report No. FHWA-RD-77-108, Federal Highways Administration, Washington, D.C.
28. Bein, P. (1993). *Evaluation of State-of-the-art VOC Models*. Road & Transport Research 2(3), Australian Road Research Board, Nunawading.
29. Bennett, C.R. (1985). *A Highway Economic Appraisal Model for New Zealand*. Department of Civil Engineering Report, University of Auckland, Auckland.
30. Bennett, C.R. (1988). *Truck Speeds on Grades*. Working Paper RTRG 11-003, Roads and Transportation Research Group, Department of Civil Engineering, University of Auckland.

31. Bennett, C.R (1989a). *The New Zealand Vehicle Operating Cost Model*. RRU Bulletin 82, Transit New Zealand, Wellington.
32. Bennett, C.R. (1989b). *Motor Vehicle Depreciation in New Zealand*. RRU Occasional Paper, Transit New Zealand, Wellington.
33. Bennett, C.R (1993). *Revision of Project Evaluation Manual Speed Change Cycle Costs*. Report for Transit New Zealand, Wellington.
34. Bennett, C.R. (1994). *A Speed Prediction Model for Rural Two-lane Highways*. School of Engineering Report, Department of Civil Engineering, University of Auckland.
35. Bennett, C.R. (1995a). *Review of Experience Adapting the HDM Vehicle Operating Costs Model*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
36. Bennett, C.R. (1995b). *Modelling Capital Costs in HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
37. Bennett, C.R. (1996a). *1995 HDM-4 Workshop on Road User Effects - Implementation of Recommendations*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
38. Bennett, C.R. (1996b). *Modifications to the HDM-4 Parts Consumption Model*. Memo to the ISOHDM Secretariat, University of Birmingham.
39. Bennett, C.R. (1996c). *Modelling Capital Costs in HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
40. Bennett, C.R. (1996d). *1996 HDM-4 Workshop on Road User Effects - Briefing Paper*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
41. Bennett, C.R. (1997) *HDM-4 Rolling Resistance Model*. Memo to the ISOHDM Study, University of Birmingham, U.K.
42. Bennett, C.R. (1998a). *Structured Testing of the HDM-4 Road User Effects Model for Australia*. Report to the Queensland Main Roads Department. HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
43. Bennett, C.R. (1998b). *Modelling the Effects of Work Zones in HDM-4: Revised Methodology and Specifications*. Report ISOHDM 98/7/1 to the International Study of Highway Development and Management Tools, HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
44. Bennett, C.R. (1998c). *Revision to HDM-4 Parts Consumption Model Parameters*. Report to the ISOHDM Study, HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
45. Bennett, C.R. and Dunn, R.C.M. (1989). *A Note on the ARFCOM Fuel Model*. Australian Road Research 19(3) pp. 243-245.

46. Bennett, C.R. and Dunn, R.C.M. (1994). *An Evaluation of the AUSTROADS Horizontal Curve Design Standards for New Zealand*. Road and Transport Research Vol 3, pp. 54-63, Australian Road Research Board Ltd., Nunawading.
47. Bennett, C.R. and Greenwood, I.D. (1996a). *Modelling Non-Motorised Transport in HDM-4: Proposed Interim Methodology*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
48. Bennett, C.R. and Greenwood, I.D. (1996b). *Proposed Methodology for Modelling Slow Moving Transport in HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
49. Bennett, C.R. and Paterson, W.D.O. (1999). *A Guide to Calibration and Adaptation*. HDM-4 Reference Series Volume 5, PIARC.
50. Bennett, C.R. Christopher and Ian D. Greenwood (2001), *Modelling Road User and Environmental Effects in HDM 4 VOL 7 Version 1*
51. Bergman, W. and Crum, W.B. (1973). *New Concepts of Tyre Wear Measurement and Analysis*". Society of Automotive Engineers, SAE Transactions 730615b.
52. Berthelot C. H., Sparks G.A., Blome T., Kajher L., Nickeson M., Mechanistic Probabilistic Vehicle Operating Cost Model, ASCE, Journal of Transportation Engineering, 122(5), 1996, pp337-241.
53. Bester, C.J. (1981). *Fuel Consumption of Highway Traffic*. Ph.D. Dissertation, University of Pretoria.
54. Biggs, D.C (1987). *Estimating Fuel Consumption of Light to Heavy Vehicles*. ARRB Internal Report AIR 454-1, Australian Road Research Board, Nunawading.
55. Biggs, D.C (1988). *ARFCOM - Models For Estimating Light to Heavy Vehicle Fuel Consumption*. Research Report ARR 152, Australian Road Research Board, Nunawading.
56. Biggs, D.C (1990). *Comparison of Observed Heavy Vehicle Fuel Consumption in Canada with Estimates Produced by ARFCOM*. Australian Road Research Board, Nunawading.
57. Biggs, D.C (1995). Correspondence with ISOHDM Study.
58. Biggs, D.C. and Akcelik, R. (1985). *Further Work on Modelling Car Fuel Consumption*. ARRB Internal Report AIR 390-10, Australian Road Research Board, Nunawading.
59. Bitumen and Tar Association and the Division of Roads and Transport and Technology (1989). *Economic Warrants for Surfacing Roads*, SURF Manual 7, Pretoria, 1989.

60. Bonney, R.S.P. and Stevens, N.F. (1967). *Vehicle Operating Costs on Bituminous, Gravel and Earth Roads in East and Central Africa*. Road Research Technical Paper No. 76, Ministry of Transport, London.
61. Bowyer, D.P., Akcelik, R. and Biggs, D.C. (1986). *Guide to Fuel Consumption Analyses for Urban Traffic Management*. Special Report 32, Australian Road Research Board, Nunawading.
62. Boyce, A.M., McDonald, M., Pearce, M.J., and Robinson, R. (1988). *A Review of Geometric Design and Standards for Rural Roads in Developing Countries*. Transport and Road Research Laboratory Contractors Report 94, Department of Transport, Crowthorne.
63. Brodin, A. and Carlsson, A. (1986). *The VTI Traffic Simulation Model*. VTI Report 321A, Linköping.
64. BTCE (1996). *Costs of Reducing Greenhouse Gas Emissions From Australian Cars: An application of the BTCE CARMOD Model*. Working Paper 24, Bureau of Transport and Communications Economics, Canberra, Australia.
65. Bunce, J.A. and Tressider, J.O. (1967). *The Characteristics of Rural Roads in Jamaica as they Affect Traffic Speeds and Vehicle Operating Costs*. Institution of Civil Engineers, London.
66. Burke, C.E., Nagler, L.G., Lundstrom, L.C and Associates (1975). *Where Does All the Power Go?* SAE Transactions, Vol. 65.
67. Butler, B.C. (1984). *Use-Related Vehicle Depreciation*. Transportation Research Record 955, pp. 1-9, Transportation Research Board, Washington, D.C.
68. Carpenter, P. and Cenek, P.D. (1999). *Tyre Wear Modelling for HDM-4*. Central Laboratories Report 98-529474 to Transit NZ, Opus Central Laboratories, Lower Hutt.
69. Cenek, P.D. (1994). *Rolling Resistance Characteristics of New Zealand Roads*. Transit New Zealand Research Report PR3-001, Wellington.
70. Cenek, P.D. (1995). Correspondence with ISOHDM Study.
71. Cenek, P.D. (1999). Correspondence with ISOHDM Study.
72. Cenek, P.D. and Carpenter, P. (2000). *Correspondence with Authors*.
73. Cenek, P.D., Carpenter, P., Jamieson, N.J. and Stewart, P.F. (1996). *Investigation of the Relationship Between Friction And Tyre Abrasion Characteristics of Road Surfaces*. Transit New Zealand Report PR3-0042, Opus Central Laboratories, Lower Hutt.
74. Cenek, P.D. and Jamieson, N.J. (1999). *Vehicle Operating Costs - Relationships with NAASRA Roughness*. Central Laboratories Report 99-529276.00, Opus Central Laboratories, Lower Hutt.

75. Cenek, P.D., Jamieson, N.J., Sutherland, A.J. and Swift, A. (1993). *Tyre Consumption Research Plan*. Transit New Zealand Research Report PR3-0042, Opus Central Laboratories, Lower Hutt.
76. Chesher, A.D. (1990). *Optimal Scrapping, Vehicle Operating Costs and the Benefits of Highway Improvements*. In J-P. Florens, M. Ivaldi, J-J. Laffont and F Laisney, eds. *Microeconometrics, Surveys and Applications*. Oxford: Basil Blackwell.
77. Chesher, A.D. (1995). *Optimal Scrapping With Varying Utilisation*. Paper to HDM-4 Workshop on Road User Effects, TRL, Crowthorne.
78. Chesher, A.D. and Harrison, R. (1987). *Vehicle Operating Costs: Evidence from Developing Countries*. World Bank Publications, Johns Hopkins Press.
79. Chesher, A.D., et al. (1980). *Vehicle Depreciation and Interest Costs: Some Evidence from Brazil*. Proc. World Conference on Transport Research, London.
80. Ching, P.Y. and Rooney, F.D. (1979a). *Truck Speeds on Grades in California*. Report FHWA-CA-TO-79-1, Federal Highways Administration, Washington, D.C.
81. Claffey, P. (1971). *Running costs of Motor Vehicles as Affected by Road Design and Traffic*.
82. NHCRP Report 111, Highway Research Board, Washington, D.C.
83. Clean Cat (2000). *Clean Cat Diesel Engine Catalytic Converters*. <http://clean-cat.com>.
84. Cohen, Cohen, S., Cottinet, M. and Texier, P. (1994). *Road Operating Levels, Capacity and Level of Service*. Second International Symposium on Highway Capacity, 1994. Akcelik, R. and W. Reilly (ed.), Country Reports, pp. 57-66.
85. Collings, S. (1999). *Energy Balance Specifications*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
86. Cooper, D.R.C., Jordan, P.G., and Young, J.C. (1980). *The Effect on Traffic Speeds of Resurfacing a Road*. TRRL Supplementary Report 571. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
87. COST 313 (CEC 1994) Socio economic cost of road accidents. Final report. Commission of the European Communities.
88. COST 334 (CEC 2000). Effects of Wide Single Tyres and Dual Tyres. Final report. Commission of the European Communities.
89. Cox, B.E. (1983). *The Value of Travel Time*. RRU Occasional Paper. Transit New Zealand, Wellington.
90. Cox, J.B. (1994). *A Fleet Vehicle Operating Cost Model to More Accurately Determine Benefits of the Analysis Period*. Paper to the International

- Workshop on HDM-4, Kuala Lumpur. International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
91. Cox, J.B. (1995). *Models for Predicting Vehicle Operating Costs in Urban Conditions*. Report to AUSTROADS, ARUP Transportation Planning, Melbourne.
 92. Cox, J.B. (1996a). *Models for Predicting Vehicle Operating Costs in Urban Areas*. Report to Austroads Project BS3.A.41. J.B. Cox and Arup Planning, Melbourne.
 93. Cox, J.B. (1996b). *Effect of Road Surface condition on Vehicle Operating Costs in Australia: Literature Review and Fleet Database Analysis*. Report to AUSTROADS. Symonds Travers Morgan Pty Ltd., Melbourne.
 94. CRRI (1982). *Road User Cost Study in India*. Central Road Research Institute, New Delhi.
 95. CRRI (1985). *Traffic Simulation Modelling Study: Part 1 - Development of Simulation Models*. Central Road Research Institute, New Delhi.
 96. Cundill, M. (1993). *RTIM3 Manual*. Transport Research Laboratory, Crowthorne.
 97. Cundill, M. (1995a). *Proposed Relationships for Vehicle Maintenance and Repair Costs for Use in the HDM-4 Model*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
 98. Cundill, M. (1995b). *Recommended Relationships for Parts Modelling in HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
 99. Curtayne, P.C., Visser, A.T., du Plessis, H.W. and Harrison, R. (1987). *Calibrating the Relationship Between Operating Costs of Buses and Road Roughness on Low-Volume Roads*. Transportation Research Record 1106, pp. 95-104, Transportation Research Board, Washington, D.C.
 100. Daniels, C. (1974). *Vehicle Operating Costs in Transport Studies With Special Reference to the Work of the EIU in Africa*. Economist Intelligence Unit Technical Series No. 1, London.
 101. de Weille, J. (1966). *Quantification of Road User Savings*. World Bank Staff Occasional Paper No. 2. The World Bank, Washington, D.C.
 102. Dennis R. (1995). IT Transport, Personal Communication with ETSU.
 103. Department of Trade and Industry (1996). *Digest of United Kingdom Energy Statistics, 1996*. HMSO, London.
 104. Dhareshwar, A. (1983). *Bus and Truck Maintenance Parts Consumption: Preliminary Report on the Estimation of the Aggregate Relationship Based on Mechanistic Principles*. Office Memorandum 14 July 1983, the World Bank.

105. Diaz, J., Sergio R, and Gonzalez, S.M. (1983). *Flexible Models for Accidents on Chilean Roads*. Unpublished paper, June 1983.
106. Dikey J.W., Miller L.H., "Road Project Appraisal for Developing Countries",
John Wiley & Sons, 1984. 6. DTp Design Standard HD 14/87, Structural Design of New Road pavements, Department of Transport, London, 1987.
107. DOT (1993). *COBA User's Manual*. Department of Transport, U.K.
108. DOT (1994). Cost-benefit Analysis of Rural Road Projects : Program CB-ROADS User's Guide. Department of Transport Pretoria.
109. Discount Converters Ltd. (2000). *Diesel Catalytic Converters*.
<http://www.discountconverter.com>.
110. du Plessis, H.W. editor (1989). *An Investigation of Vehicle Operating Cost Relationships for use in South Africa*. In: Road Roughness Effects on Vehicle Operating Costs - Southern Africa Relations for Use in Economic Analyses and Road Management Systems. CSIR, Pretoria.
111. du Plessis, H.W. and Harrison, R. (1987). *Vehicle Tyre Wear as Affected by Road Condition*. Technical Note TM/23/87, National Institute for Road and Transport Research, CSIR, Pretoria..
112. du Plessis, H.W. and Meadows, J.F. (1990). *A Pilot Study to Determine the Operating Costs of Passenger Cars as Affected by Road Roughness*. CSIR Research Report DPVT-142, CSIR, Pretoria.
113. du Plessis, H.W., Morden, C.W., and Coetzee, C.H. (1989). *A Pilot Study to Determine the Effect of Road Surface Roughness on Vehicle Speeds*. In Road Roughness Effects on Vehicle Operating Costs: Southern Africa Relations for use in Economic Analyses and in Road Management Systems. South African Roads Board Project Report 88/070/3, CSIR, Pretoria.
114. du Plessis, H. and Schutte, I.C. (1991). *Road Roughness Effects on Vehicle Operating Costs: Southern Africa Relations for use in Economic Analyses and in Road Management Systems*. South African Roads Board Project Report 88/070/3, CSIR, Pretoria.
115. du Plessis, H.W., Visser, A.T. and Curtayne, P.C. (1990). *Fuel Consumption of Vehicles as Affected by Road-surface Characteristics*. Surface Characteristics of Roadways : International Research and Technologies, ASTM STP 1301, W.E. Meyer and J. Reichert, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia: 480-496.
116. Dudek, C.L. and Richards, M. (1981). *Traffic Capacity Through Work Zones on Urban Freeways*. Research Report 228-6, Texas Transportation Institute, College Station, Texas.
117. "Economic Assessment of Road Schemes: COBA Manual", HMSO Publications Centre, London, 1996.

118. ECU: Commission of the European Communities Directorate Generale for Transport (1994). *Concerted Action 1.1 Cost-Benefit and Multi-criteria Analysis for New Road Construction, Final Report*. EURET, April 1994. EFRU (1997). *Vehicle Exhaust Gas Emissions – SMF Project 5034 Final Report*. Energy and Fuels Research Unit, Auckland UniServices Report 6386.23.
119. EFRU (1997). *Vehicle Exhaust Gas Emissions - SMF Project 5034 Final Report*. Energy and Fuels Research Unit, Auckland UniServices Report 6386.23. University of Auckland, Auckland.
120. Eggleston, H.S., Gaudioso, D., Gorissen, N., Jourmard, R., Rijkeboer, R.C., Samaras, Z., and Zierock, K-H. (1993) *CORNAIR Working Group on Emission factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic. Volume 1: Methodology and Emission Factors*. B4-3045 (91) 10PH, Commission of the European Communities, Brussels.
121. Elder, S.T. (1983). *Vehicle Fuel Consumption and Performance Test Methods*. Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Auckland, Auckland.
122. Elkins, G.E. and Semrau, J. (1988). *Development of Limiting Velocity Models for the Highway Performance Monitoring System*. Transportation Research Record 1195, pp.138-140, Transportation Research Board, Washington, D.C.
123. Emmerson, J. (1970). *A Note on Speed-Road Curvature Relationships*. Traffic Engineering and Control 12(7), pp. 369.
124. EPA (1997). *Download from US Environmental Protection Agency web site*. <http://www.epa.gov/OMSWWW/annem95.htm>.
125. ETSU (1995). *Life-Cycle Analysis of Motor Fuel Emissions*. Final report to COST 319 Sub-group A4.C. ETSU Ref RYCA/18691001/Issue 1.
126. ETSU (1996). *Alternative Road Transport Fuels - A Preliminary Life-Cycle Study for the UK*. HMSO, London, March 1996.
127. ETSU (1997) *Emissions Modelling Framework for HDM-4*. Working Paper for Discussion with University of Birmingham and ODA.
128. ETSU REF:RYCA 18825001/wp2/Issue 1.4 November 1997.
129. Findlayson, A.M. and du Plessis, H.W. (1991). *Operating Costs of Medium to Heavy Trucks as Affected by Road Roughness*. CSIR Research Report PR/88/070/3, CSIR, Pretoria.
130. Ford, W.G. (1977). *Prediction of Vehicle Speeds on Roads in the Lake District*. TRRL Supplementary Report 230. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
131. Francher, P.S. and Winkler, C.B. (1984). *Retarders for Heavy Vehicles: Phase III Experimentation and Analysis; Performance, Brake Savings and*

Vehicle Stability. US Department of Transportation, Report no. DOT HS 806672.

132. Galin, D. (1981). *Speeds on Two-Lane Rural Roads - A Multiple Regression Analysis*. Traffic Engineering and Control 22(8/9), pp. 453-460.
133. Gambard, J. and Louah, G. (1986). *Free Speed as a Function of Road Geometrical Characteristics*. Proc. P.I.R.A.C. Meeting, Seminar R.
134. Gardner, N.G. (1978). *The Effects of Reduced Speed Limits on Motor Vehicle Operating Speeds in Ontario*. Report to Ministry of Transportation and Communications, Downsview.
135. GEIPOT (1981). *Research on the Interrelationships Between Costs of Highway Construction Maintenance and Utilisation: Final Report on Brazil-UNDP Highway Research Project (12 Volumes)*. Brasilia, Brazil.
136. Gelling, I.R. (1994). *Influence of Tread Polymer on Traction, Rolling Resistance, and Wear Properties of Tyres*. Vehicle-Road Interaction ASTM STP 1225, B.T. Kulakowski Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1994, pp. 107-118.
137. Good, M.C. (1978). *Road Curve Geometry and Driver Behaviour*. Australian Road Research Board Special Report 15, Australian Road Research Board, Nunawading.
138. Greenwood, I.D. (1996). *Fuel Consumption Model – Peng and Paccs*. Correspondence with the International Study of Highway Development and Management Tools. University of Birmingham.
139. Greenwood, I.D. (1997). *Predicting Tyre Diameter*. Memo to the International Study of Highway Development and Management Tools. University of Birmingham.
140. Greenwood, I.D. (1998). *Correspondence with the International Study of Highway Development and Management Tools*. University of Birmingham.
141. Greenwood, I.D. (1999). *Calibration of HDM-4 Congestion Model*. Report to Dessau-Sopran, Thailand Motorway Project, Bangkok.
142. Greenwood, I.D. (2000). *Modelling the Effects of Congestion on Fuel Consumption and Vehicle Emissions*. PhD Thesis, University of Auckland (draft).
143. Greenwood, I.D. and Bennett, C.R. (1995). *HDM-4 Fuel Consumption Modelling*. Preliminary Draft Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
144. Greenwood, I.D., Bennett, C.R., and Rahman, A. (1995). *Effects of Pavement Maintenance on Road Users*. Preliminary Draft Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.

145. Gynnerstedt, G., Carlsson, A. and Westerlund, B (1977). *A Model for the Monte Carlo Simulation of Traffic Flow Along Two-Lane Single-Carriageway Rural Roads*. Swedish National Road and Traffic Research Institute Report 43, Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping.
146. Halcrow Fox (1982). Highway and Road Transport Consultancy Project - Volume 3: Vehicle Operating Cost Model Study. Draft Final Report to the Department of Communications, Jakarta.
147. Heavenrich, R.M., Murrell, J.D. and Hellman, H.K. (1991). *Light-duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends Through 1991*. Control Technology and Applications Branch, EPA/AA/CTAB/91-02, US Environmental Protection Agency, Ann Arbor, Michigan.
148. Hall, F., Smith, W.S., Montgomery, F. and Brilon, W. (1994). *Comparison of Speed-Flow Relationships Based on Data from North America, the United Kingdom, and Germany*. Proc. Second International Symposium on Highway Capacity, 1994. Akcelik, R. (ed.), Volume 1, pp. 243-264.
149. Hammarström, U. and Karlsson, B. (1987). *VETO A Computer Program for Calculating Transport Costs as a Function of Road Standard*. VTI Report 501, Swedish Road and Traffic Institute, Linköping.
150. Hammarström, U. and Karlsson, B. (1991). *VETO A Computer Program for Calculating Transport Costs as a Function of Road Standard*. English Translation of VTI Report 501, Swedish Road and Traffic Institute, Linköping.
151. Hammarström and Henrikson (1994). *Reparationskostnader för bilar Kalibrering av Världsbankens HDM-III-samband för svenska förhållanden*. VTI Meddelande Nr. 743, Swedish Road and Traffic Institute, Linköping.
152. Hammarström, U. (1994). *Description of VETO, EVA and HDM III With Regard to Vehicle Effects and Proposals for HDM-4*. Internal Report, VTI, Linköping.
153. Hammarström, U. (1999). *Vehicle Emission Deterioration Factors*. Personal communication via email Hammarström to Greenwood, 19 October 1999.
154. Hammarström, U. (2000). *Emission Predictions*. Personal communication via e-mail Hammarström to Greenwood, 9 March 2000.
155. Harrison, R. and Aziz, S. (1998), *HDM-4 Tyre Relationships*. Memorandum to ISOHDM Secretariat. Centre for Transportation Research, The University of Texas at Austin, USA.
156. Heywood, J. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill International Press.

157. Heywood, J (1997). *Motor Vehicle Emissions Control: Past Achievements, Future Prospects*. 1997 George Stephenson Lecture Notes, Institute of Professional Engineers of New Zealand.
158. Hide, H. (1982). *Vehicle Operating Costs in the Caribbean: Results of a Survey of Vehicle Operators*. Transport and Road Research Laboratory Report 1031, Department of the Environment, Crowthorne.
159. Hide, H., Abaynayaka, S.W., Sayer, I., Wyatt, R.J. (1975). *The Kenya Road Transport Cost Study: Research on Vehicle Operating Costs*. Transport and Road Research Laboratory Report LR672, Department of the Environment, Crowthorne.
160. Hills, P. J. and Jones-Lee, M.W. (1981). *The Costs of Traffic Accidents and Evaluation of Accident Prevention in Developing Countries*. PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, July 1981.
161. Hine, J.L. (1982). *Some Notes on an Optimisation Model of Vehicle Utilisation and Life and RTIM2*. Internal Report, Overseas Unit, Transport and Research Laboratory, Crowthorne.
162. Hine, J. (1994). *Pakistan Road Freight Industry: The Productivity and Time Use of Commercial Vehicles*. TRRL Research Report 333, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
163. Hine, J.L. (1995). *Presentation to TRL Workshop on Road User Effects*. Transport Research Laboratory, Crowthorne.
164. Hine, J.L. (1996). *Briefing Paper on Vehicle Utilisation and Service Life for the December 1996 Workshop on HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
165. Hine, J. and Pangihutan, H. (1998). *Speed Profiles and Fuel Consumption: A Study of a Congested Road in Java*. Project Report PR/OSC/132/98, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
166. HMSO (1988). *Calculation of Road Traffic Noise*. Department of Transport, Welsh Office.
167. Hoban, C.J. (1987). *Evaluating Traffic Capacity and Improvements to Road Geometry*. World Bank Technical Paper 74, The World Bank, Washington, D.C.
168. Hoban, C.J., Fawcett, G.J. and Robinson, G.K. (1985). *A Model For Simulating Traffic on Two-Lane Rural Roads: User Guide and Manual for TRARR Version 3.0*. Technical Manual ATM 10A, Australian Road Research Board, Nunawading.
169. Hoban, C.J., Reilly, W. and Archondo-Callao, R. (1994). *Economic Analysis of Road Projects with Congested Traffic*. World Bank Publications, Washington, D.C.

170. Hodges, J.W., Rolt, J. and Jones, T.E. (1975). *The Kenya Road Transport Cost Study: Research on Road Deterioration*. TRL Report LR 673, Department of the Environment, Crowthorne.
171. Hoff & Overgaard (1992). *Road User Cost Model*. Second Technical Advisory Services on Planning and Programming to the Directorate of Planning. Indonesia.
172. Hoff & Overgaard (1994). *Kabupaten Roads Economic Evaluation Model - Vehicle Operating Costs*. Draft Report. Directorate General of Highways, Ministry of Public Works, Government of Indonesia.
173. HTC (1999a). *Calibration of HDM Speed Prediction Model to Thailand*. Report DES/99/2 to Dessau-Sopran, Thailand Motorway Project. HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
174. HTC (1999b). *Preparation of Revised Project Evaluation Manual VOC Tables*. Report TF/99/3. HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
175. HTC (1999c). *Implementation of Predictive Modelling for Road Planning: Phase I Final Report of the NZ dTIMS Study*. HTC Infrastructure Management Ltd., Auckland.
176. Hughes, P.S. (1992). *A Strategy for Reducing Emissions of Greenhouse Gases from Personal Travel in Britain*. PhD Thesis Open University. 1992.
177. Ingram, K.C., (1978). *The Wind-averaged Drag Coefficient Applied to Heavy Goods Vehicles*. TRRL Supplementary Report 392, Crowthorne, Berkshire.
178. IRC (1993). *Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India*. IRC Special Publication 20, Indian Roads Congress, New Delhi.
179. ISOHDM (1995a). *Traffic Safety Position Paper*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
180. ISOHDM (1995b). *Proceedings of the International Workshop on HDM-4*. International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
181. ISOHDM (1997). *Specifications for NMT Modelling in HDM-4*. Internal Report. International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham, U.K.
182. ITE (1976). *Transportation and Traffic Engineering Handbook*. Prentice Hall, New Jersey.
183. Jackson, G.C. and Maze, T.H. (1983). *Vehicle Life-Cycle costing with Probabilistic Part Replacement and Repair Options*. Transportation Research Record 912, pp. 15-18, Transportation Research Board, Washington, D.C.

184. Jacobs, G D (1976). *A Study of Accident Rates on Rural Roads in Developing Countries*. TRRL Laboratory Report 732, Crowthorne, 1976.
185. Jamieson, N.J. and Cenek, P.D. (1999). *Effects of Pavement Construction on the Fuel Consumption of Trucks*. Proc. Options for Post-Millennium Pavements. NZ Institute of Highway Technology Symposium, Taupo.
186. Johansson, O. (1994). *International Study of Highway Development and Management Tools, Safety Analysis Framework I,II, III*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, the University of Birmingham.
187. Jordaan, P. (1995). *Some Aspects of the HDM-III Evaluation of the Mbabane-Ngwenya Road in Swaziland*. Proc. International Workshop on HDM-4, University of Birmingham.
188. Kadiyali (1991). *Updating of Road User Cost Study*. Report to the Ministry of Surface Transport, L.R. Kadiyali and Associates Ltd., Delhi.
189. Kadiyali, L.R., Viswanathan, E., Janin, P.K., Bajpan, R.K. and Sharma, V.P.(1981). *A Comparative Study of Fuel Consumption With Radial vs Bias Nylon Tyres*. Road Research Paper 171, Central Road research Institute, Okhla, New Delhi, India.
190. Kadiyali, L.R. and Ummat, S.K. (1980). *Tyre Management in Road Transport*. Road Research Paper 168, Central Road Research Institute, New Delhi, India.
191. Karan, M.A., Haas, R., and Kher, R. (1976). *Effects of Pavement Roughness on Vehicle Speeds*. Transportation Research Record 602, pp. 122-127, TRB, Washington, D.C.
192. Kerali, H.G.R., Odoki, J.B., and Collings, S. (1997). *Energy Balance Framework for RoadTransport Analysis*. Transportation Research Board, Washington DC, January 1998, Paper No. 980819.
193. Kerali, H.G.R., Odoki, J.B., and Wightman, D.C. (1994), *Vehicle Fleet Representation, Draft Working Paper*. International Study of Highway Development and Management Tools, Overseas Development Administration, Asian Development Bank, Swedish National Road Administration, and The World Bank.
194. Kerman, J.A., McDonald, M., and Mintsis, G.A. (1982). *Do Vehicles Slow Down on Bends?A Study Into Road Curvature, Driver Behaviour and Design*. Proc. Seminar K P.T.R.C. Meeting.
195. Knoroz, V.I and Shelukhin, A.S. (1964). *Test Data on the Rolling Resistance of Vehicle Tireson Roads with a Hard Surface*. Moscow Automotive Prom., Vehicle Research Institute, No 2, pp. 16-21.

196. Kolsrud, B (1985a). *Speeds in Rural Traffic. The Influence of Various Factors on Cars Speeds on Straight, Level Roads*. VTI Research Report 4(1), pp. 6-8, Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping.
197. Kolsrud, B, (1985b). *Speeds in Rural Traffic. Compliance With Displayed Speed Limits*. VTI Research Report 4(1), pp. 9-10, Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping.
198. Kosasih, D., Robinson, R., and Snell, J. (1987). *A Review of Some Recent Geometric Road Standards and Their Application to Developing Countries*. Transport and Road Research Laboratory Research Report 114, Department of Transport, Crowthorne.
199. Lamm, R., Hayward, J.C. and Cargin, J.G. (1986). *Comparison of Different Procedures for Evaluating Speed Consistency*. Transportation Research Record 1000, pp. 10-20, Transportation Research Board, Washington, D.C.
200. Le Maître, O, Süßner, M. and Zarak, C. (1998). *Evaluation of Tyre Wear Performance*. Society of Automotive Engineers Paper 980256.
201. Lea Associates (1988). *Saskatchewan Highways and Transportation Pavement Management Information System: PMIS Technical Manual Appendix I - Vehicle Operating Costs*.
202. Lea Associates Ltd., Vancouver, B.C., Canada.
203. Lefevre, BA. (1953). *Speed Characteristics on Vertical Curves*. Proc. HRB, 32, pp. 395-413, Highway Research Board, Washington, D.C.
204. Leong, H.J.W. (1968). *The Distribution and Trend of Free Speeds on Two-Lane Two-Way Rural Highways in New South Wales*. Proc ARRB Conference 4(1), pp. 791-814, Australian Research Board, Nunawading.
205. Lewis, C.A. (1995). *Energy Use in Bicycle and Animal-Drawn Transport in Developing Countries*. ETSU Working Paper 18400304. 1995.
206. Los, T.J. (1974). *Relationship Between Free Speed and Sight Distance on Two Way Roads*. BE. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Queensland.
207. LTSA (2000). *New/used car registrations up for the year*. Media Release 11 January 2000.
208. Land Transport Safety Authority, New Zealand.
209. Macdonald, R.A. (1987). *The Depreciation Component in Vehicle Operating Costs: A Review of Existing Methods of Estimation*. MSc (Eng) Dissertation, Department of Transportation and Highway Engineering, University of Birmingham.
210. Maibach, M., Peter, D. and Seiler, B. (1995). *Okoinventar Transporte*. Verlag Infrac, Zurich.
211. Mannering, F.L. and Kilareski, W.P. (1990). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analyses*. John Wiley and Sons, Brisbane.

212. Manning, F.L and Kilareski, W.P. (1990). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analyses*. John Wiley and Sons, Brisbane.
213. McGuigan (1987). *An Examination of Relationships Between Road Accidents and Traffic flow*. Ph.D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, England, 1987.
214. McLean, J.R. (1974b). *Driver Behaviour on Curves - A Review*. Proc. ARRB Conference 7(5), pp. 129-147, Australian Road Research Board, Nunawading.
215. McLean, J.R. (1976). *Vehicle Speeds on High Standard Curves*. Proc. ARRB Conference 8(21), pp. 1-7, Australian Road Research Board, Nunawading.
216. McLean, J.R. (1978a). *Speeds on Curves - Preliminary Data Appraisal and Analysis*. Australian Road Research Board Internal Report AIR 200-1, Australian Road Research Board, Nunawading.
217. McLean, J.R. (1978b). *Speeds on Curves - Preliminary Data Appraisal and Analysis*. Australian Road Research Board Internal Report AIR 200-2, Australian Road Research Board, Nunawading.
218. McLean, J.R. (1978c). *Speeds on Curves: Regression Analysis*. Australian Road Research Board Internal Report AIR 200-3, Australian Road Research Board, Nunawading.
219. McLean, J.R. (1978d). *Speeds on Curves: Side Friction Factor Considerations*. Australian Road Research Board Internal Report AIR 200-4, Australian Road Research Board, Nunawading.
220. McLean, J.R. (1978e). *Observed Speed Distributions and Rural Road Traffic Operations*. Proc. ARRB Conference 9(5), pp. 235-44, Australian Road Research Board, Nunawading.
221. McLean, J.R. (1978f). *Review of the Design Speed Concept*. Australian Road Research 8(1), pp. 3-16, Australian Road Research Board.
222. McLean, J.R. (1979). *An Alternative to the Design Speed Concept for Low Speed Alignment Design*. Australian Road Research Board Internal Report AIR-200-5A, Australian Road Research Board, Nunawading.
223. McLean, J.R. (1981). *Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design*. Traffic Engineering & Control 22(4), pp. 208-211.
224. McLean, J.R. (1982a). *Two-Lane Road Traffic Flow and Capacity: Chapter 10 – Empirical Research*. Australian Road Research Board Internal Report AIR-359-6, Australian Road Research Board, Nunawading.
225. McLean, J.R. (1988). *Speeds, Friction Factors, and Alignment Design Standards*. Australian Road Research Board Report ARR 154, Australian Road Research Board, Nunawading.
226. McLean, J.R. (1989). *Two-Lane Highway Traffic Operations: Theory and Practice*. Gordon and Breach Science Publishers, Melbourne.

227. McLean, J.R. (1991). *Adapting the HDM-III Vehicle Speed Prediction Models for Australian Rural Highways*. Working Document TE 91/014, Australian Road Research Board, Nunawading.
228. McLean, J.R. (2000a). *Improved Prediction Models for Road Crash Savings – Rural*. Report RC 90122-1, ARRB Transport Research, Nunawading.
229. McLean, J.R. (2000b). *Improved Prediction Models for Road Crash Savings – Urban*. Report RC 90122-2, ARRB Transport Research, Nunawading.
230. McLean, J.R. and Chin-Lenn, R.L. (1977). *Speeds on Curves - Data Report*. Australian Road Research Board Internal Report AIR 200-1A, Australian Road Research Board, Nunawading.
231. Memmott, J.L. and Dudek, C.L. (1982). *A Model to Calculate the Road User Costs at Work Zones*. Research Report 292-1, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station.
232. Minderhoud, M.M., Botma, H., and Bovy, P.H.L. (1997). *Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods*. Transportation Research Record 1572, pp. 59-67. Transportation Research Board, Washington, D.C.
233. Ministry of Transport (1980). *Motor Car Depreciation - A Study of Cars for Private Sale in Wellington*. Ministry of Transport Economics Division, Wellington.
234. Moore, D.F. (1975). *The Friction of Pneumatic Tyres*. University College, Dublin, Ireland, Elsevier Scientific Publishing Company.
235. Morosiuk, G. and Abaynayaka, S.W. (1982). *Vehicle Operating Costs in the Caribbean: An Experimental Study of Vehicle Performance*. TRRL Laboratory Report 1056. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
236. MOT (1984). *Open Road Speed Limits. Report of the Ministry of Transport to the Parliamentary Select Committee on Road Safety*, Wellington.
237. Moyer, R.A. and Winfrey, R. (1939). *Cost of Operating Rural Mail Carrier Motor Vehicles on Pavement, Gravel and Earth*. Iowa Engineering Experiment Station Bulletin 143. Iowa State College, Iowa.
238. MVA Consultancy, Institute of Transport Studies (Leeds), Transport Studies Unit (Oxford) (1987). *The Value of Travel Time Savings*. Policy Journals, Newbury, Berkshire, UK
239. Myers, T.T., Ashkenas, I.L. and Johnson, W.A. (1980). *Feasibility of a Grade Severity Rating System*. Report No. GHWA-RD-79-116.
240. NAASRA (1980). *Interim Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. National Association of Australian State Road Authorities, Sydney.

241. Nakamura, M. (1994). *Research and Application of Highway Capacity in Japan*. Second International Symposium on Highway Capacity, 1994. Akcelik, R. and W. Reilly (ed.), Country Reports, pp. 103-112.
242. Nash, C.A. (1976). *The Replacement of Road Transport Vehicles*. Journal of Transport Economics and Policy, Vol X, No. 2, pp. 150-166.
243. NDLI (1995). *Modelling Road User Effects in HDM-4, Final Report*. Asian Development Bank Project RETA 5549. . International Study of Highway Development and Management Tools. N.D. Lea International, Vancouver.
244. NDLI (1997). *Gujarat Project Co-ordinating Consultancy: Calibration of Road User Effects*. N.D. Lea International, Vancouver, B.C., Canada.
245. Nicholson, A.J. and Wong, Y.D. (1992). *Risk Compensation and Driver Behaviour on Curves*. Proc. 1992 I.P.E.N.Z. Conference, Christchurch.
246. NITRR (1983). *Evaluation of Road User Costs: Technical Manual for RODES 2*. NITRR Manual P11, CSIR, Pretoria.
247. Nortström, O. and Andersson, O. (1995). *Swedish Research on Tyre Consumption*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
248. Odoki, J.B. and Kerali, H.G.R. (1999a). *Revised Specifications for Modelling Non-Motorised Transport in HDM-4*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
249. Odoki, J.B. and Kerali, H.G.R. (1999b). *Analytical Framework and Model Description*. HDM-4 Technical Reference Manual, Volume 4, PIARC, Paris.
250. Odoki, J.B. and Kerali, H.G.R. (1999c). *Energy Balance Specifications*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
251. Odoki, J.B., (1997), *Traffic Characteristics Specifications for HDM-4, Draft Working Paper*. International Study of Highway Development and Management Tools., Overseas Development Administration, Asian Development Bank, Swedish National Road Administration, and The World Bank, 1997.
252. O'Flaherty, C.A. and Coombe, R.D. (1971a). *Speeds on Level Rural Roads, A Multivariate Approach: 1. Background to the Study*. Traffic Engineering and Control 13(1), pp. 20-21.
253. O'Flaherty, C.A. and Coombe, R.D. (1971b). *Speeds on Level Rural Roads, A Multivariate Approach: 2. The Modelling Process*. Traffic Engineering and Control 13(2), pp. 68-70.

254. O'Flaherty, C.A. and Coombe, R.D. (1971c). *Speeds on Level Rural Roads, A Multivariate Approach: 3. The Speed Models Produced*. Traffic Engineering and Control 13(3), pp. 108-111.
255. Olsen, P.L., Cleveland, D.E., Fancher, P.S., Kostyniuk, L.P., and Schneider, L.W. (1984). *Parameters Affecting Stopping Sight Distance*. NHCRP Report 270, Transportation Research Board, Washington, D.C.
256. Oppenlander, J.C. (1966). *Variables Influencing Spot-Speed Characteristics - Review of Literature*. Highway Research Board Special Report 89, Highway Research Board, Washington, D.C.
257. Opus-Beca (1998) *Vehicle Repair and Maintenance Costs: Literature Review and Operator Cost Survey*. Transfund New Zealand Research Report no. 118, Wellington.
258. Opus-TRL (1999). *Review of VOC-Pavement Roughness Relationships Contained in Transfund's Project Evaluation Manual*. Final Report 52927.00, Opus Central Laboratories, Lower Hutt.
259. Padeco Co. Ltd (1996). *Non-motorised Transport (NMT) Modelling in HDM-4, Draft Final Report (second Version)*. International Study of Highway Development and Management Tools. Transport Division, The World Bank, Washington, USA.
260. Padeco Co. Ltd (1997). *Recommended Short-Term Applications to Implement Non-motorised Transport (NMT) Modelling in HDM-4*. International Study of Highway Development and Management Tools. Transport Division, The World Bank, Washington, USA.
261. Papagiannakis, T. (1999). *On the Relationship Between Truck Operating Costs and Pavement Roughness*. Society of Automotive Engineers Paper 99C-73, SAE, Pennsylvania.
262. Parsley, L.L. and Robinson, R. (1982). *The TRRL Road Investment Model for Developing Countries (RTIM2)*. TRRL Laboratory Report LR1057, Crowthorne.
263. Patel, T. (1996). *Power Station Failure Adds to Delhi's Woes*. New Scientist, 12 October 1996.
264. Paterson and Henein (1972). *Emission from Combustion Engines and Their Control*. Ann Arbor Science Publishers.
265. Paterson, W.D.O. and Watanatada, T. (1985). *Relationships Between Vehicle Speed, Ride Quality, and Road Roughness*. Measuring Road Roughness and its Effects on User Cost and Comfort. ASTM STP 884. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 89-110.
266. Pienaar, W.J. (1984). *Olieverbruik van Padvoertuie in Suid-Afrika*. NITRR Report RT/5, National Institute of Transport and Road Research, CSIR, Pretoria.

267. Poelman, M.A. and Weir, R.P. (1992). *Vehicle Fatigue Induced by Road Surface Roughness*. Vehicle, Tire, Pavement Interface, ASTM STP 1164, J.J. Henry and J.C. Wambold, Eds., pp. 97-111. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
268. Polus, A., Borovsky, S., and Livneh, M. (1979). *Limited Sight Distance Effect on Speed*. ASCE Transportation Research Journal TE5, pp. 549-560.
269. Pursala, M. (1994). *Highway Capacity Research in Finland*. Second International Symposium on Highway Capacity, 1994. Akcelik, R. and W. Reilly (ed.), Country Reports, pp. 47-56.
270. Radelat, Dr. G. (1994). *Colombian Highway Capacity Manual Description*. Correspondence with the International Study of Highway Development and Management Tools, Kensington, Maryland, USA.
271. RIMES project (2000), Work Package 4, Life cycle Analysis for Pavements. The university of Birmingham.
272. Replogle M (1992). *Non-Motorised Vehicles in Asian Cities*. World Bank Technical Paper 162. Washington DC, 1992.
273. Roberts, J. (1994). *The Modelling and Costing of Traffic Congestion and Their Application in the Analysis of the Economic Performance of Highway Cross-Sections Using HDM-III*. Proc. International Workshop on HDM-4. Bennett C. (ed.), pp. 213-256.
274. Robinson, R., Hide, H., Hodges, J.W., Rolt, J. and Abaynayaka, S.W. (1975). *A Road Transport Investment Model for Developing Countries*. TRL Report LR 675, Department of the Environment, Crowthorne.
275. Salusjärvi, M. (1981). *The Speed Limit Experiments on Public Roads in Finland*. Technical Research Centre of Finland Publications 7/81, Espoo.
276. Schallamach, A. (1981). *Tire Traction and Wear*. Mechanics of Tires, Ed. S.K. Clark. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C.
277. Schutte, I.C. (1979). *Estimating the Costs of Maintenance and Depreciation as Elements of Vehicle Operating Costs*. NITRR Report RT/4/79, CSIR, Pretoria.
278. Schutte, I.C. (1981). *The Transportation Evaluation Process – National Cost Data*. NITRR Report RT/7/81, National Institute of Transport and Road Research, CSIR, Pretoria.
279. Schutte, I.C. (1994). *The Capital Cost of Vehicles in Project Appraisal: An Improved Module for CB-ROADS*. Project Report 92/469, South African Roads Board, Department of Transport, Pretoria.
280. Sheaffer, B., Blair, G. and Lassansk, G. (1998). *Two-Stroke Engines Technology and Emissions PT-69*. Society of Automotive Engineers.

281. Sime, M., Ashmore, S.C. and Alvi, S. (2000). *WesTrack Roughness, Fuel Consumption, and Maintenance Costs*. Technical Brief, Research Development and Technology, Turner-Fairbank Highway Research Centre, McLean, Virginia.
282. SNRA (1995). *ISOHDM Supplementary Technical Relationship Stud.* Draft Final Report, Swedish National Road Administration, November 1995.
283. Sovran, J. (1984). *The Effect of Ambient Wind on a Vehicle's Aerodynamic Work Requirement and Fuel Consumption*. Society Automotive Engineers (U.S). SAE Technical Paper No. 840298.
284. St John, A.D. and Kobett, D.R. (1978). *Grade Effects on Traffic Flow Stability and Capacity*. NHCRP Report 185, Transportation Research Board, Washington, D.C.
285. Starkey P (1993). *Animal-Powered Transport in Africa*. Appropriate Technology, Vol.20 No.1, June 1993 pp 9-10.
286. Swerodad (1997). *Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM) February 1997*. Report to the Directorate General Bina Marga, Swerodad, Bandung.
287. Swerodad and Bina Karya (1994). *Work Package 3.2: Simulation Analysis*. Consulting Services for Indonesian Highway Capacity Manual. Internal Report, Bandung.
288. Symonds (1997). *Valuation of Travel Time Savings*. Transfund New Zealand Research Report 93. Symonds Travers Morgan (NZ) Ltd., Wellington.
289. Symonds Travers Morgan in Association with J.B. Cox (1996). *Effect of Road Surface Condition on Vehicle Operating Costs in Australia: Literature Review and Fleet Database Analysis*. Report to Austroads, Melbourne, Australia.
290. Taragin, A. (1954). *Driver Behaviour on Horizontal Curves*. Proc. of U.S. Highway Research Board, 33, pp. 446-66.
291. Tate, F. (1993). *An Investigation into Traffic Delay at Road Surfacing Works*. In: Extended Guidelines for Road Surfacing Selection based on an Analysis of Total Costs. Transit New Zealand Research Report PR3-0051, Wellington.
292. Thoreson, T. (1993). *Survey of Freight Operating Costs*. Report ARR 239, ARRB Transport Research, Vermont South, Australia.
293. Thoreson and Roper (1994) - Thoreson, T. and Roper, R. (1994). *Review of Vehicle Depreciation and Interest Cost Algorithms - 1 st Draft*. Report for Austroads Project BS.3A.40, Australian Road Research Board, Nunawading.

294. Thoresen, T. and Roper, R. (1998). *Review of Road User Effect Estimation in a Prototype Version of HDM-4*. ARRB Report WD WD R98/001. ARRB Transport Research Ltd., Vermont South.
295. Tillman, R.N. (1983). *Tyre Management Plan*. Internal Report, Firestone Tyre Company, Wellington, New Zealand.
296. Tom, G.J.J. and Elcock, E.L. (1988). *Truck Speeds Along Downgrades in California*. FHWA Report FHWA/CA/TO-88/1, Federal Highways Administration, Washington, D.C.
297. Transfund (1994). *Project Evaluation Manual*. Transfund New Zealand, Wellington.
298. Transroute (1992). *Road Master Plan Project*. Final Report Appendix II: HDM Runs. Report to the Ministry of Communications Roads and Highways Dept., Dhaka.
299. TRB (1986). *Designing Safer Roads*. Transportation Research Board, Washington, D.C.
300. TRB (1992). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Washington, D.C.
301. TRL (1995). *Predicting Changes in Accident Rates in Developing Countries Following Modifications in Road Design*. Report to the International Study of Highway Development and Management Tools, University of Birmingham.
302. Troutbeck, R.J. (1976). *Analysis of Free Speeds*. Proc. ARRB Conference 8(5), pp. 40-47, Australian Road Research Board, Nunawading.
303. Troutbeck, R.J., and Cowley, J.E. (1976). *Analysis of Mean Free Speeds on Australian Two-Lane Rural Highways*. ARR Report 42, Australian Road Research Board, Nunawading.
304. United Nations (1993). *Energy Efficiency in Transportation*. Alternatives for the Future. 1993.
305. van Aerde, M. and Yagar, S. (1981). *Capacity and Level of Service on Two-Lane Highways - Volume 3: Quantitative Estimates*. Ministry of Transportation and Communications Transportation Technology and Energy Branch Report, Toronto.
306. Victoria Transport Policy Institute (2003), *Transportation Cost and Benefit Analysis Techniques, Estimates and Implications*. E-mail address tca@vtpi.org.
307. Visser, A.T., and Curtayne, P.C. (1985). *A Pilot Study on the Effect of Road Surface Properties on the Fuel Consumption of a Passenger Car*. NITRR Contract Report C/PAD/46.5, Pretoria.

308. Viswanathan, E. (1989). Regional Transferability of Brazil Speed and Fuel Models. *Highway Research Bulletin* 39, Indian Roads Congress, New Delhi.
309. VTI (1990). *VTI Annual Report*, p. 6. Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping.
310. Wahlgren, O. (1967). *The Dependence of Vehicle Speeds on Different Factors - particularly Road Geometry - On Two-Lane Highways in Finland*. Finland's Institute of Technology, Scientific Researches No. 22, Helsinki.
311. Walter, J.D. and Conant, F.S. (1974). *Energy Losses in Tires*. Tire Science and Technology, TSTCA, Volume 2, No 4, pp. 235-260.
312. Walton, C.M. and Lee, C.E. (1977). *Characteristics of Trucks Operating on Grades*. Transportation Research Record 601, pp. 23-30, Transportation Research Board, Washington, D.C.
313. Wardrop, J.G. (1952). *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*. Proc. of the Institution of Civil Engineers, 2, pp. 325-362.
314. Watanatada, T. (1981). *Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) Model Description and User's Manual - Release II*. Transportation, Water and Telecommunications Department Report, the World Bank, Washington, D.C.
315. Watanatada, T. (1983). *Aggregate Parts Consumption Relationship Based on Mechanistic Principles*. Office Memorandum 4 May, 1983, the World Bank, Washington, D.C.
316. Watanatada, T. and Dhareshwar, A. (1986). *A Model for Predicting Free-Flow Speeds Based on Probabilistic Limiting Velocity Concepts: Theory and Estimation*. Transportation Research Record 1091, pp. 37-47, Transportation Research Board, Washington, D.C.
317. Watanatada T, Harral C G, Paterson W D O, Dhareshwar A M, Bhandari A, and Tsunokawa K, (1987a), *The Highway Design and Maintenance Standards Model, Volume 1 - Description*, The World Bank, John Hopkins University Press.
318. Watanatada, T., Dhareshwar, A., and Rezende-Lima, P.R.S. (1987b). *Vehicle Speeds and Operating Costs: Models for Road Planning and Management*. Johns Hopkins Press, Baltimore.
319. Winfrey, R. (1963). *Motor Vehicle Running Costs for Highway Economic Studies*. 3131 North Piedmont St., Arlington, Virginia.
320. Winfrey, R. (1969). *Economic Analysis for Highways*. International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania.
321. Winfrey, R. and Zellner, C. (1971). *Summary and Evaluation of Economic Consequences of Highway Improvements*. NHCRP Report 122, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
322. Wong, J.Y. (1993). *Theory of Ground Vehicles - 2nd Edition*. Wiley.

323. Wortman, R.H. (1965). *A Multivariate Analysis of Vehicular Speeds on Four-Lane Rural Highways*. Highway Research Record 42, pp. 1-18, Highway Research Board, Washington, D.C.
324. Wright, J.M and Tignor, S.C. (1965). *Relationship Between Gross Weights and Horsepowers of Commercial Vehicles Operating on Public Highways*. Society of Automotive Engineers Transactions, 73, pp. 469-77.
325. Yagar, S. (1981a). *Capacity and Level of Service on Two-Lane Highways - Volume 1*. Ministry of Transportation and Communications Transportation Technology and Energy Branch Report, Toronto.
326. Yagar, S. (1984). *Predicting Speeds for Rural 2-Lane Highways*. Transportation Research 18A(1), pp. 61-70.
327. Yagar, S. and van Aerde, M. (1983). *Geometric and Environmental Effects on Speeds of 2- Lane Highways in Ontario*. Transportation Research 17A (4), pp. 315-325.
328. Yuli, P. (1996). *Development of Speed and Fuel Consumption Models for Chinese Vehicles*. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Birmingham, Edgbaston.
329. Zaniewski, J., Butler, B.C., Cunningham, G., Elkins, G.E., Paggi, M.S. and Machemal, R. (1982). *Vehicle Operating costs, Fuel Consumption and Pavement Type and Condition Factors*. Technical Report Prepared for the US Department of Transportation, Federal Highways Administration.
330. Zukang, Y., Zhongren, W. and Zinghua, L. (1992). *Calibration of Vehicle Operating cost Model for Pavement Management System*. Selected Papers of Tongji University, 1992. Tongji University Press.