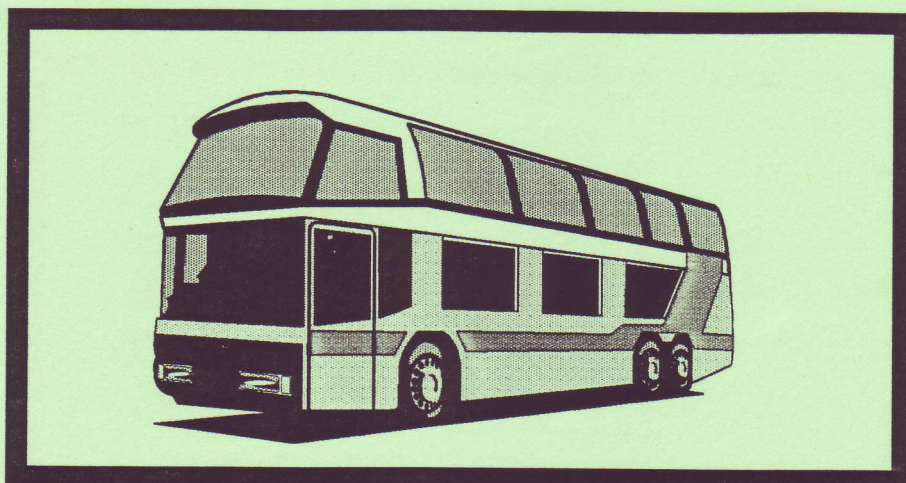
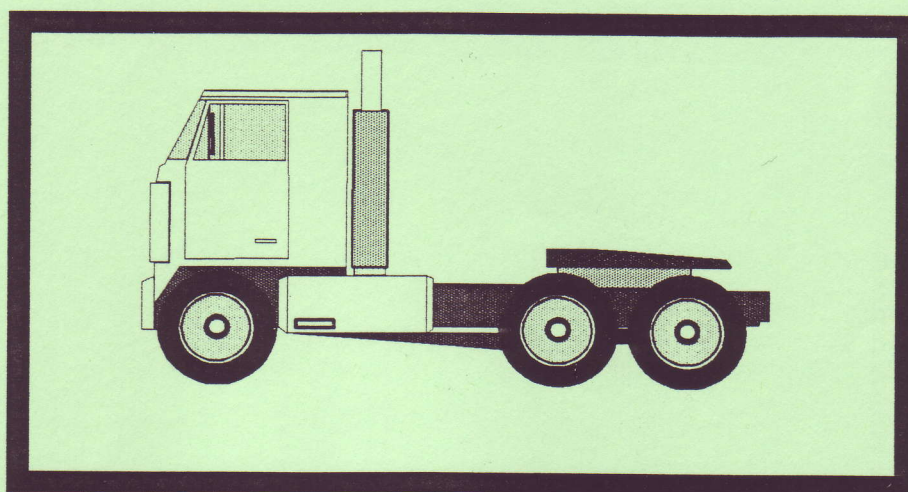


**Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΠΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ  
ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΗΛΤΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΙΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΣΕΡΡΕΣ 1996**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΠΟΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΛΕΟΦΩΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΗΛΤΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΙΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ 1996

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία είναι βασισμένη στην μελέτη που είχαν κάνει οι Μηχανολόγοι - Μηχανικοί κ. Γεώργιος Μήλτσιος, κ. Γεώργιος Νίνος και κ. Ιωάννης Τζιώλας, πριν δεκαπέντε περίπου χρόνια. Η δομή της και η μεθοδολογία των υπολογισμών που γίνονται, ακολουθούν τα βήματα αυτής της μελέτης. Τα προγράμματα, για τους διάφορους υπολογισμούς, γράφτηκαν σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran 77 και τα σχεδιαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος Excel 7.

Σκοπός της εργασίας είναι να υπολογιστούν οι αντιστάσεις πορείας και οι αντίστοιχες ελκτικές δυνάμεις, που παρουσιάζουν τα λεωφορεία και τα φορτηγά αυτοκίνητα κατά την κίνησή τους. Διερευνώνται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται αυτές οι αντιστάσεις και εξετάζεται η δυνατότητα μείωσής τους. Στο τέλος υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου για μία συγκεκριμένη διαδρομή και συγκρίνεται με αυτή των σιδηροδρομικών οχημάτων. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης οδηγούν σε συμπεράσματα για την οικονομικότερη διεξαγωγή των μεταφορών.

Συνεπώς η εργασία αυτή προσφέρει ένα μικρό λιθαράκι, στην προσπάθεια που καταβάλλουν όλοι, για ενεργειακή οικονομία.

4.8.	Αντίσταση επιταχύνσεως	33
4.9.	Συνολική αντίσταση πορείας	34
5.	Υπολογισμός ελκτικής δύναμης και ταχύτητας αυτοκινήτου	36
	<b>Ο σπουδαστής</b>	
	<b>Τσιάλης Παναγιώτης</b>	
	<b>Τεχνολόγος Μηχανολόγος</b>	
5.1.	Ελκτική δύναμη τροχού	36
5.2.	Ταχύτητα αυτοκινήτου	37
5.3.	Ελκτική δύναμη συνάπτησης της ταχύτητας	37
6.	Υπολογισμός κατανάλωσης καυσίμου	51
6.1.	Μεθοδολογία	51
6.2.	Αποτελέσματα	65
7.	Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου λεωφορείων και φορτηγών με τα σιδηροδρομικά οχήματα	76
	Συμπεράσματα	76
	Βιβλιογραφία	79
	Παράρτημα	80

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<b>Πρόλογος</b>	2
<b>1.</b>	<b>Εισαγωγή</b>	4
<b>2.</b>	<b>Αεροδυναμική αυτοκινήτου</b>	4
2.1.	Γενικά	4
2.2.	Δυνάμεις και ροπές που αναπτύσσονται στο όχημα	5
2.3.	Δυνάμεις και ροπές που αναπτύσσονται στο όχημα	8
<b>3.</b>	<b>Οικονομία καυσίμων</b>	12
3.1.	Γενικά	12
3.2.	Αεροδυναμική αντίσταση και κατανάλωση καυσίμου	13
3.3.	Βάρος και κατανάλωση καυσίμου	20
<b>4.</b>	<b>Αντιστάσεις πορείας</b>	21
4.1.	Γενικά	21
4.2.	Αντίσταση κυλίσεως	22
4.3.	Αντίσταση τριβής εδράνων	26
4.4.	Αντίσταση αέρα	28
4.5.	Συνολική αντίσταση κίνησης	29
4.6.	Αντίσταση κλίσεως	32
4.7.	Αντίσταση καμπυλών	33
4.8.	Αντίσταση επιταχύνσεως	33
4.9.	Συνολική αντίσταση πορείας	34
<b>5.</b>	<b>Υπολογισμός ελκτικής δύναμης και ταχύτητας αυτοκινήτου</b>	36
5.1.	Ελκτική δύναμη τροχού	36
5.2.	Ταχύτητα αυτοκινήτου	37
5.3.	Ελκτική δύναμη συνάρτηση της ταχύτητας	37
<b>6.</b>	<b>Υπολογισμός καταναλώσεως καυσίμου</b>	51
6.1.	Μεθοδολογία	51
6.2.	Αποτελέσματα	65
<b>7.</b>	<b>Σύγκριση κατανάλωσης καυσίμου λεωφορείων και φορτηγών με τα σιδηροδρομικά οχήματα - Συμπεράσματα</b>	76
	<b>Βιβλιογραφία</b>	79
	<b>Παράρτημα</b>	80

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εποχή μας, η εξοικονόμηση ενέργειας, είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, με το οποίο ασχολείται ένα μεγάλο εύρος επιστημόνων. Στις μεταφορές το πρόβλημα είναι πιο έντονο καθώς για να πραγματοποιηθούν αυτές απαιτείται ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας.

Τα οχήματα οδικής χρήσης κατέχουν την πρώτη θέση σε αριθμό και ποσότητα εκτελούμενου μεταφορικού έργου. Για την πραγματοποίησή του χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμων. Από τη συνολική ποσότητα του αργού πετρελαίου, που διατίθεται υπό τη μορφή αποσταγμάτων, ένα ποσοστό 25 - 40 % καταναλίσκεται από τα οχήματα οδικής χρήσης, [1]. Η συμμετοχή του κόστους του καυσίμου στο συνολικό κόστος των μεταφορών είναι 10 - 15 %, [1].

Συνεπώς γίνεται απαραίτητο να έχουμε μία ορθολογική κατανάλωση καυσίμων και βελτιστοποίηση του βαθμού αποδόσεως των μηχανών, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αδικαιολόγητες απώλειες. Η προσπάθεια που γίνεται για ελάττωση των αντιστάσεων που αντιτίθενται στην κίνηση των οχημάτων συμβάλλει σημαντικά στην οικονομικότερη κατανάλωση.

## 2. ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η αεροδυναμική είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες τα τελευταία 15 χρόνια που συμβάλλει σε μεγάλο ποσοστό στην σχεδίαση και την εξωτερική διαμόρφωση των οχημάτων. Η προσπάθεια που καταβάλλουν όλες οι αυτοκινητοβιομηχανίες για την οικονομικότερη εκμετάλλευση των καυσίμων τους οδηγεί στην εύρεση αεροδυναμικών μορφών με πολύ χαμηλό συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης ( $C_d$ ). Στις συνολικές απώλειες ισχύος που καταναλίσκονται από ένα όχημα (επιβατηγό) που κινείται με 100 km/h, το ποσοστό της αεροδυναμικής αντίστασης είναι 80%, με δεύτερο σημαντικό παράγοντα την αντίσταση κύλισης. Γίνεται φανερό το κέρδος στην οικονομία από την αεροδυναμική σχεδίαση των οχημάτων.

Ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης  $C_d$  είχε μέση τιμή το 1974 0.46, το 1979 0.45 (μετά την εφαρμογή των αρχών της αεροδυναμικής), το 1981 0.42, το 1985 0.38, ενώ σήμερα υπάρχουν πολλά επιβατηγά αυτοκίνητα με συντελεστή 0.30 και προβλέπεται στην επόμενη δεκαετία να κυμαίνεται μεταξύ 0.25 - 0.30, με απώτατο όριο το 0.20. Η ελάττωση αυτή δε γίνεται για να αυξηθεί η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος, αλλά για την υψηλή απόδοση των μηχανών με μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και για την ασφάλεια του οχήματος κατά την κίνησή του. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, σε μία μείωση 10% του αεροδυναμικού συντελεστή έχουμε αντίστοιχη ελάττωση 4% στην κατανάλωση καυσίμου.

## 2.2. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΡΟΠΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ

Όταν ένα όχημα βρίσκεται σε σχετική κίνηση ως προς τον αέρα (Σχήμα 2.1), τότε πάνω του αναπτύσσεται μία δύναμη από αέρα και συμβολίζεται με  $K$ . Το σημείο εφαρμογής της δύναμης αυτής, που σχεδόν συμπίπτει με το κέντρο πιέσεων, καθώς και η διεύθυνσή της εξαρτώνται από τη διεύθυνση του διανύσματος της σχετικής κίνησης, το σχήμα του οχήματος και την παρουσία άλλων οχημάτων κοντά στο εξεταζόμενο. Η κατανομή των πιέσεων που αναπτύσσονται πάνω στο όχημα έχει άμεση σχέση με τη κατανομή των ταχυτήτων του αέρα στις ίδιες θέσεις. Συγκεκριμένα, σε κάθε σημείο μιας γραμμής ροής, ισχύει ότι :

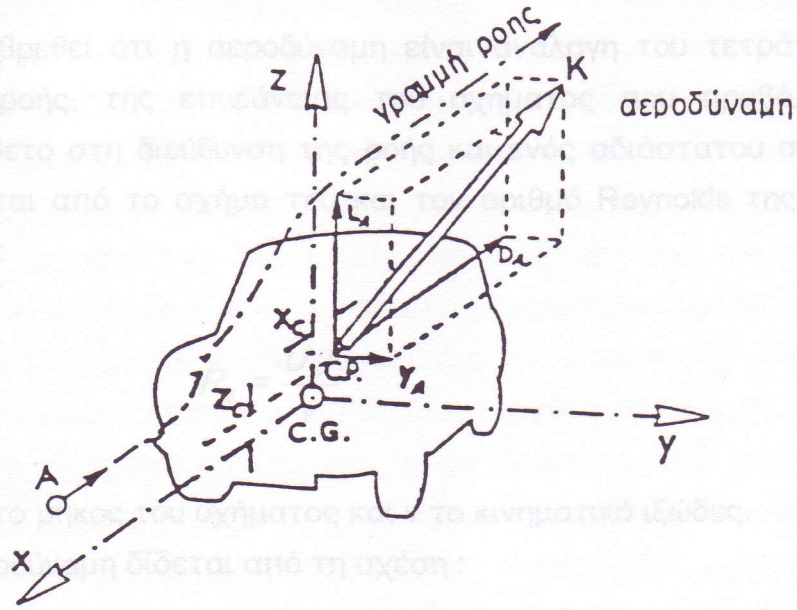
$$p + q = p + \frac{\rho U^2}{2} = p_o + \frac{\rho U_o^2}{2} = c \quad (\text{σταθερό}) \quad (2.1)$$

όπου  $p$  είναι η στατική πίεση,  $q$  η δυναμική πίεση,  $\rho$  η πυκνότητα του αέρα,  $U$  η τοπική ταχύτητα του αέρα,  $p_o$  η στατική πίεση του αέρα και  $U_o$  η ταχύτητα του αέρα ως προς το όχημα, πολύ μπροστά από αυτό. Από τη σχέση αυτή, που είναι η γνωστή εξίσωση του Bernoulli, φαίνεται όταν η τοπική ταχύτητα της ροής μεταβάλλεται, πράγμα που σημαίνει ότι μεταβάλλεται και η δυναμική πίεση, η τοπική στατική πίεση πρέπει επίσης

Σχήμα 2.2 Οι δυνάμεις και οι ροπές που ασκούνται στο όχημα. (6)

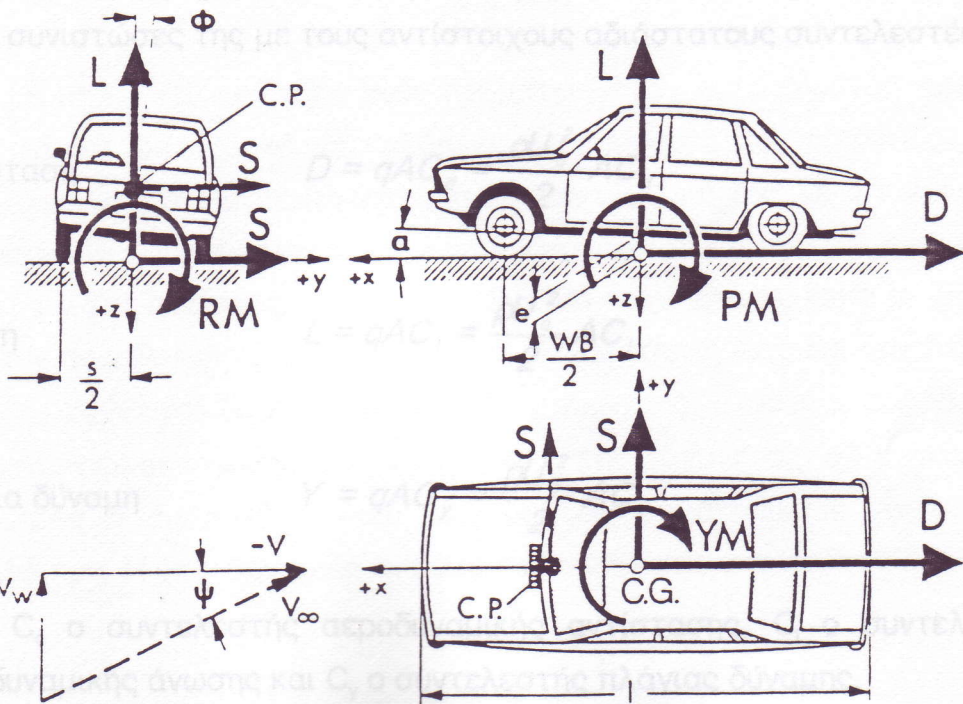
να μεταβληθεί έτσι ώστε το άθροισμα των δύο πιέσεων να παραμείνει σταθερό.

Έχει βρεθεί ότι η αεροδυναμική επίδραση της ταχύτητας ροής, της επιφάνειας του τετραγώνου της ταχύτητας ροής, της επιφάνειας που εκτίθεται σε επίπεδα κάθετο στη διεύθυνση της ροής, εξαρτάται από το σχήμα του αντικείμενου και τον συντελεστή αδιαστάτου συντελεστή που εξαρτάται από το σχήμα του αντικείμενου. Η αεροδυναμική δύναμη που ορίζεται ως:



**Σχήμα 2.1** Το σύστημα συντεταγμένων και οι συνιστώσες της αεροδυναμικής, [5].

Από τη σχέση αυτή, όταν η K αναλυθεί στους τρεις άξονες του ορθογωνίου συστήματος αναφοράς (Σχήματα 2.1 & 2.2), προκύπτουν οι τρεις συνιστώσες της με τους αντίστοιχους αδιαστάτους συντελεστές:



**Σχήμα 2.2** Οι δυνάμεις και οι ροπές που ασκούνται στο όχημα, [6].

Στο αυτοκίνητο το κέντρο βάρους, το οποίο αποτελεί την αρχή των αξόνων, είναι διαφορετικό από το κέντρο αεροδυναμικής πίεσης, στο οποίο εφαρμόζεται η αεροδυναμική δύναμη. Οι δυνάμεις αυτές, οι οποίες τείνουν να περιστρέφουν το όχημα γύρω από τους τρεις άξονες του

να μεταβληθεί έτσι ώστε το άθροισμα των δύο πιέσεων να παραμείνει σταθερό.

Έχει βρεθεί ότι η αεροδύναμη είναι ανάλογη του τετράγωνα της ταχύτητας ροής, της επιφάνειας του οχήματος που προβάλλεται σε επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση της ροής και ενός αδιάστατου συντελεστή που εξαρτάται από το σχήμα του και τον αριθμό Reynolds της ροής που ορίζεται ως :

$$R_e = \frac{U_o l}{\nu} \quad (2.2)$$

όπου  $l$  είναι το μήκος του οχήματος και  $\nu$  το κινηματικό ιξώδες.

Η αεροδύναμη δίδεται από τη σχέση :

$$K = qAC_k = \frac{\rho U_o^2}{2} AC_k \quad (2.3)$$

Από τη σχέση αυτή, όταν η  $K$  αναλυθεί στους τρεις άξονες του ορθογωνίου συστήματος αναφοράς (Σχήματα 2.1 & 2.2), προκύπτουν οι τρεις συνιστώσες της με τους αντίστοιχους αδιάστατους συντελεστές :

Αντίσταση  $D = qAC_d = \frac{\rho U_o^2}{2} AC_d \quad (2.4)$

Άνωση  $L = qAC_l = \frac{\rho U_o^2}{2} AC_l \quad (2.5)$

Πλάγια δύναμη  $Y = qAC_y = \frac{\rho U_o^2}{2} AC_y \quad (2.6)$

όπου  $C_d$  ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης,  $C_l$  ο συντελεστής αεροδυναμικής άνωσης και  $C_y$  ο συντελεστής πλάγιας δύναμης.

Στο αυτοκίνητο το κέντρο βάρους, το οποίο αποτελεί την αρχή των αξόνων, γενικά δεν συμπίπτει με το κέντρο πιέσεων στο οποίο εφαρμόζεται η αεροδύναμη. Έτσι δημιουργούνται και τρεις ροπές, οι οποίες τείνουν να περιστρέψουν το όχημα γύρω από τους τρεις άξονες του



συστήματος συντεταγμένων. Στο Σχήμα 2.2 φαίνονται το σύστημα συντεταγμένων, το κέντρο βάρους (C.G.), το κέντρο πιέσεων (C.P.), η αεροδύναμη, οι συνιστώσες της και οι τρεις ροπές που αναπτύσσονται.

Η αεροδυναμική μελέτη ενός σώματος γενικά αποβλέπει στην κατάλληλη εκμετάλλευση κάποιων από τις συνιστώσες της αεροδύναμης ή των δημιουργούμενων ροπών. Έτσι, στις πτέρυγες των αεροσκαφών επιδιώκεται μείωση της αντίστασης και αύξηση της άνωσης, στους ελιγμούς των αεροπλάνων η ανάπτυξη κατάλληλων ροπών, ενώ στη λειτουργία των αεροφρένων η αύξηση της αντίστασης. Σε ένα όχημα η αντίσταση δημιουργεί ανεπιθύμητη απώλεια ισχύος του κινητήρα, η άνωση μείωση της πρόσφυσης των τροχών με το δρόμο (κυρίως στα επιβατηγά οχήματα) και η πλάγια δύναμη προβλήματα ευστάθειας και διεύθυνσης. Έτσι, στα αυτοκίνητα οι επιδιωκόμενοι στόχοι είναι η μείωση της αντίστασης και της πλάγιας δύναμης και η ανάπτυξη αρνητικής άνωσης, η οποία προστιθέμενη στο βάρος του αυτοκινήτου θα αυξήσει την πρόσφυση των τροχών.

### 2.3. ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η ισχύς του κινητήρα ενός οχήματος, όταν αυτό κινείται, πρέπει να είναι τέτοια ώστε αυτό να καλύπτει τις απώλειες που εμφανίζονται και επιπλέον να έχει διαθέσιμη ισχύ για την επιτάχυνσή του. Οι απώλειες είναι το άθροισμα των μηχανικών απωλειών (σύστημα μετάδοσης, κύλιση τροχών κ.τ.λ.) και της αντίστασης του αέρα. Για μία ταχύτητα 80 km/h οι απώλειες από την αεροδυναμική αντίσταση είναι μεγαλύτερες από τις μηχανικές για την ίδια ταχύτητα (για τα επιβατηγά αυτοκίνητα). Επειδή η αεροδυναμική αντίσταση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας, σε μεγαλύτερες ταχύτητες η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών απωλειών γίνεται πολύ μεγαλύτερη. Η αεροδυναμική αντίσταση δίνεται από την σχέση :

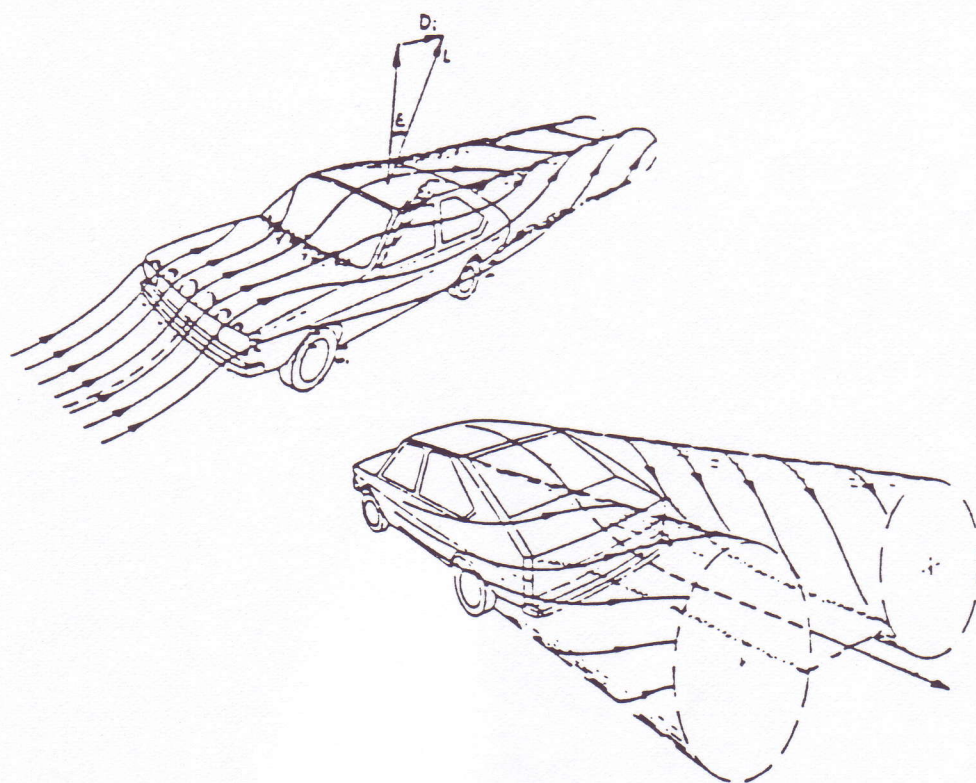
$$D = W_A = qAC_d = \frac{\rho U_o^2}{2} AC_d \quad (2.7)$$

Μείωση αυτής της αντίστασης έχει άμεση συνέπεια στην κατανάλωση καυσίμου. Από την πιο πάνω σχέση φαίνεται ότι η D

μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται οι τρεις παράγοντες  $U_0$ ,  $A$ ,  $C_d$  ( $\rho$  είναι η πυκνότητα του αέρα). Ελάττωση της  $U_0$  θα περιορίζει τη χρησιμότητα των οχημάτων, ενώ η μείωση της μετωπικής επιφάνειας  $A$ , περιορίζεται από τις απαιτήσεις χωρητικότητας και άνεσης των εσωτερικών χώρων των οχημάτων. Συνεπώς μείωση της αεροδυναμικής αντίστασης μπορεί να προέλθει μόνο από μείωση του συντελεστή αντίστασης  $C_d$ . Αυτό πραγματοποιούν σήμερα οι αυτοκινητοβιομηχανίες.

Η αεροδυναμική αντίσταση, συνεπώς, και ο αεροδυναμικός συντελεστής  $C_d$  είναι άθροισμα πολλών παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί είναι :

- **Αντίσταση μορφής** : Η αντίσταση μορφής δημιουργείται από το βασικό σχήμα του οχήματος και οφείλεται στη μεταφορά ορμής από το όχημα στον αέρα που το περιβάλλει και την αδυναμία του αέρα να ανακτήσει την πίεσή του λόγω του ιξώδους του.
- **Αντίσταση τριβής** : Οφείλεται στο οριακό στρώμα του αέρα που περιβάλλει την επιφάνεια του οχήματος, το πάχος του οποίου καθορίζει το μέγεθος της δύναμης τριβής.
- **Επαγόμενη αντίσταση** : Λόγω εγκάρσιων στροβίλων που αναπτύσσονται, οι οποίοι ξεκινώντας από το κάτω μέρος του οχήματος, όπου επικρατεί υπερπίεση, κατευθύνονται στο επάνω μέρος (χώρος υποπίεσης), σχηματίζεται ένα ζεύγος προσκολλημένων στροβίλων όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3. Το αποτέλεσμα είναι η απόκλιση των γραμμών ροής από το έδαφος και η μεταβολή της γωνίας πρόσπτωσης του αέρα στο όχημα. Συνεπώς η αρχική δύναμη άνωσης κλείνει προς τα πίσω κατά μία γωνία  $\varepsilon$ , ίση με τη μεταβολή της γωνίας πρόσπτωσης, δίνοντας έτσι μία οριζόντια συνιστώσα, η οποία είναι η επαγόμενη αντίσταση.
- **Αντίσταση αλληλεπίδρασης** : Κάθε πρόσθετο αντικείμενο πάνω στο όχημα, όπως για παράδειγμα οι υαλοκαθαριστήρες και οι εξωτερικοί καθρέπτες, διαταράσσουν την ομαλή ροή του αέρα και δημιουργούν μία πρόσθετη αντίσταση.



**Σχήμα 2.3** Σχηματική παράσταση του πεδίου ροής γύρω από το όχημα, παρατηρώντας το από διαφορετικές όψεις, [7].

- **Αντίσταση εσωτερικού πεδίου** : Δημιουργείται από τον αέρα του εσωτερικού κυκλώματος (ψύξης νερού, λαδιού και φρένων) και από τον εξαερισμό / κλιματισμό του χώρου των επιβατών.

Τα πέντε αυτά είδη αντίστασης προστίθενται και δίνουν την ολική αντίσταση του οχήματος. Η τιμή της ολικής αυτής αεροδυναμικής αντίστασης υπολογίζεται κατά διάφορες πειραματικές και θεωρητικές μεθόδους.

### 3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

#### 3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ως οικονομία καυσίμου ενός οχήματος χαρακτηρίζεται η ιδιότητα να χρησιμοποιεί ορθολογικά την ενέργεια που απελευθερώνεται από τα καύσιμα. Το κόστος των καυσίμων αποτελεί έναν ουσιαστικό παράγοντα στο συνολικό κόστος των μεταφορών. Όσο λιγότερη είναι η ποσότητα καυσίμου που καταναλίσκει ένα όχημα, τόσο μικρότερο είναι το λειτουργικό κόστος. Η κατανάλωση καυσίμου στην πράξη δίνεται από το λόγο της απόστασης που διανύει ένα μεταφορικό μέσο προς την ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε ( km / lt ).

Η μέτρηση αυτής της κατανάλωσης καυσίμου δεν είναι αντικειμενική, διότι η κατανάλωση ενός οχήματος δεν εξαρτάται μόνο από τη σχεδίαση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αλλά και από τις οδικές, κυκλοφοριακές και κλιματολογικές συνθήκες κατά την κίνησή του. Επίσης η κατάσταση φόρτωσης και ο τρόπος οδήγησης του οχήματος επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση. Είναι προφανές ότι η κατανάλωση ενός οχήματος που φέρει φορτίο ανά μονάδα απόστασης είναι μεγαλύτερη από αυτή του ίδιου οχήματος, όταν κάτω από τις ίδιες συνθήκες δεν φέρει φορτίο. Συνεπώς μια αντικειμενικότερη μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου είναι ο συνυπολογισμός του διαστήματος που διανύει με το φορτίο που μεταφέρει δηλαδή ο λόγος (tn x km / lt).

Κάτω από τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας ενός οχήματος (κλιματολογικές, φόρτωσης, οδήγησης κ.τ.λ.) η κατανάλωση καυσίμου εξαρτάται από τον τρόπο σχεδίασης και λειτουργίας του κινητήρα και από το μέγεθος των αντιστάσεων που αντιτίθενται στην κίνηση. Η ισχύς του κινητήρα καταναλίσκεται στην υπερνίκηση αυτών των αντιστάσεων και η ποσότητα καυσίμου είναι ανάλογη της απαιτούμενης ισχύος.

Το ενεργειακό ισοζύγιο ενός οχήματος που βρίσκεται σε κίνηση μπορεί ποιοτικά να παρουσιαστεί από την παρακάτω σχέση :

$$N_e = N_{tr} + N_{in} + N_r + N_g + N_{air} \quad (3.1)$$

όπου :

- $N_e$  : η ισχύς που αποδίδει ο κινητήρας .
- $N_{tr}$  : η ισχύς που καταναλίσκεται στις τριβές του συστήματος μετάδοσης.
- $N_{in}$  : η ισχύς για την υπερνίκηση της αδράνειας των περιστρεφόμενων και μετακινούμενων μαζών ή ισχύς επιτάχυνσης.
- $N_r$  : η ισχύς για την υπερνίκηση της αντίστασης κύλισης των ελαστικών στο οδόστρωμα.
- $N_g$  : η ισχύς για την υπερνίκηση της παράλληλης συνιστώσας του βάρους όταν το όχημα κινείται σε διαδρομή με κλίση.
- $N_{air}$  : η ισχύς για την υπερνίκηση της αντίστασης του αέρα.

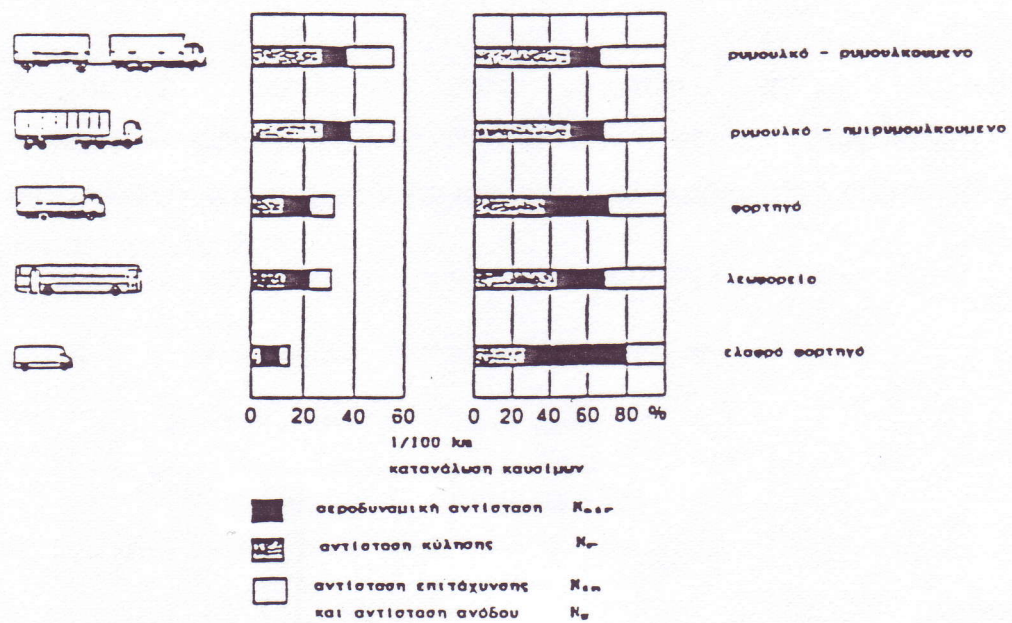
Από τη σχέση του ισοζυγίου παρατηρείται ότι η κατανάλωση καυσίμου αυξάνει με την αύξηση των αντιστάσεων τριβής, κύλισης, κλίσεως, και αέρα, ενώ για την επιτάχυνση του αυτοκινήτου χρειάζεται επιπλέον ποσότητα καυσίμου για την υπερνίκηση των δυνάμεων αδρανείας και την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μαζών που κινούνται, προκαλώντας έτσι επιπλέον αύξηση στην κατανάλωση καυσίμου.

### 3.2. ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

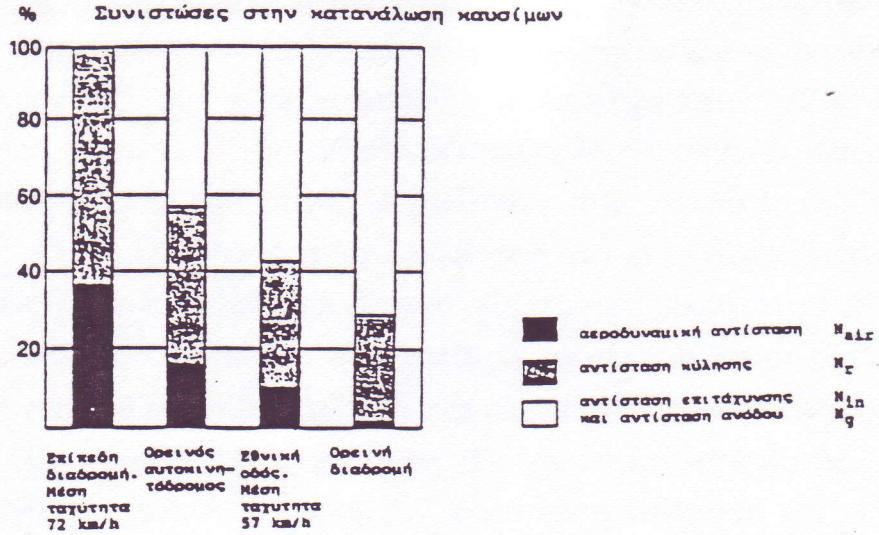
Οι παράγοντες αυτοί που προβάλλουν αντίσταση στην κίνηση του οχήματος έχουν άμεση επίδραση στην κατανάλωση καυσίμου, από την καύση του οποίου προκύπτει η ισχύς του κινητήρα.

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση σε λίτρα ανά 100 km και η εκατοστιαία συμμετοχή του κάθε είδους αντίστασης στη διαμόρφωση της συνολικής αντίστασης στην κίνηση, για διάφορους τύπους οχημάτων.

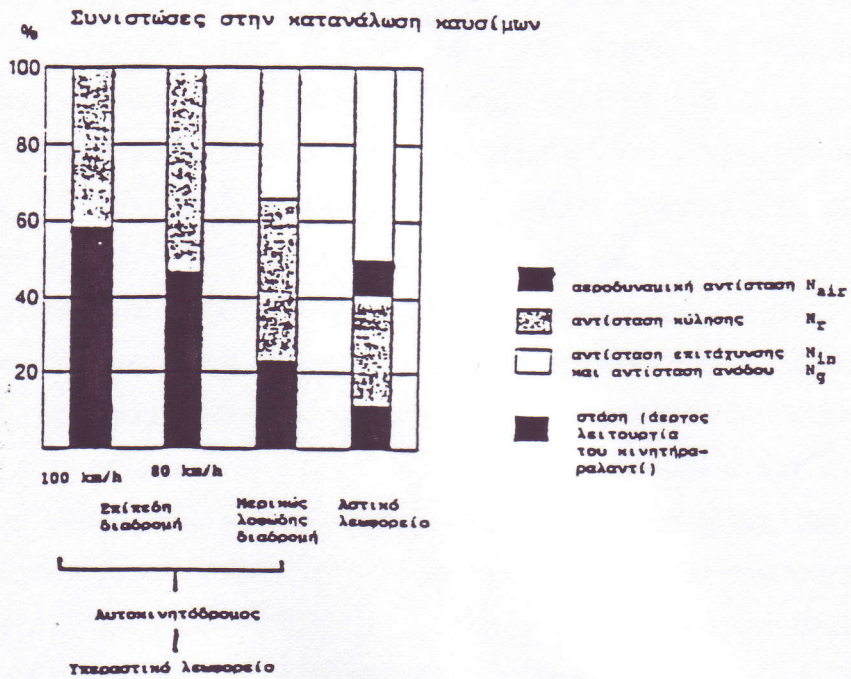
Το είδος της διαδρομής, αν αυτή είναι κεκλιμένη ή επίπεδη, αν είναι σε αυτοκινητόδρομο ή μέσα στην πόλη και η ταχύτητα κίνησης, αν είναι μεγάλη ή μικρή, αυξανόμενη ή ελαττούμενη, επηρεάζουν διαφορετικά την κάθε μορφή αντίστασης του αυτοκινήτου. Στα Σχήματα 3.2 και 3.3 φαίνεται η διαφοροποίηση της κάθε μορφής αντίστασης, ανάλογα με το είδος και τα χαρακτηριστικά της διαδρομής, για ένα φορτηγό τύπου ρυμουλκό - ημιρυμουλκούμενο, βάρους 38 τόνων και για ένα υπεραστικό



**Σχήμα 3.1** Κατανάλωση καυσίμου σε λίτρα ανά εκατό χιλιόμετρα διαδρομής (lt/100km) και η εκατοστιαία συμμετοχή του κάθε είδους αντίστασης στη διαμόρφωση της συνολικής αντίστασης στην κίνηση, [8].



**Σχήμα 3.2** Κατανάλωση ενός φορτηγού τύπου ρυμουλκό-ημιρυμουλκούμενο, βάρους 38 τόννων, για την υπερνίκηση των συνιστωσών της αντίστασης κίνησης, για διαδρομές με διαφορετικά χαρακτηριστικά, [8].



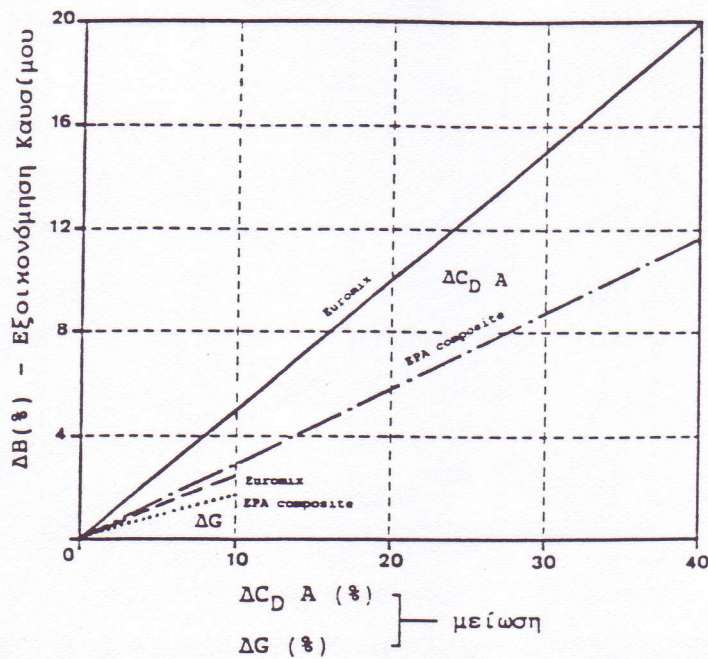
**Σχήμα 3.3** Κατανάλωση καυσίμων ενός αστικού και ενός υπεραστικού λεωφορείου για την υπερνίκηση των συνιστωσών της αντίστασης κίνησης, [8].



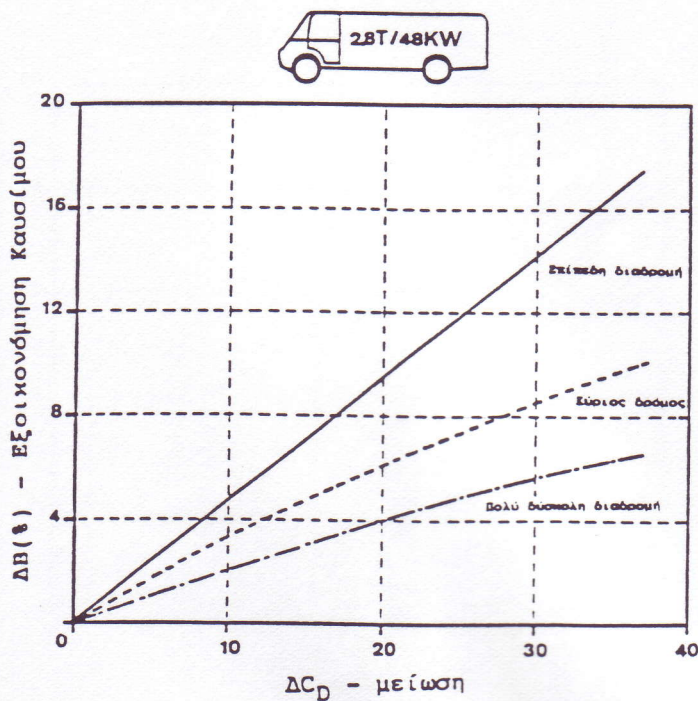
και ένα αστικό λεωφορείο. Στην περίπτωση του φορτηγού, η αεροδυναμική αντίσταση είναι περίπου 38% ενώ η αντίσταση κύλισης κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό για επίπεδη διαδρομή με μέση ταχύτητα 72 km/h. Για το υπεραστικό λεωφορείο σε επίπεδη διαδρομή και με μεγάλες ταχύτητες η αεροδυναμική αντίσταση είναι μεγαλύτερη από το 50% της ολικής αντίστασης. Αντίθετα, στο αστικό λεωφορείο με τις συνεχείς στάσεις, επιβραδύνσεις, επιταχύνσεις και γενικά κίνηση με μικρή ταχύτητα όχι πάντα σε επίπεδες διαδρομές, η αντίσταση αδρανείας και η αντίσταση λόγω κλίσης του εδάφους είναι το 50% της ολικής αντίστασης κίνησης, ενώ η αεροδυναμική αντίσταση είναι μόλις το 10% της αντίστασης αυτής.

Στα Σχήματα 3.4, 3.5, 3.6 και 3.7 φαίνεται η επίδραση της μείωσης του αεροδυναμικού συντελεστή  $C_d$  στην κατανάλωση καυσίμου. Στο Σχήμα 3.4 η Euromix και η EPA composite είναι τεχνητές διαδρομές σύμφωνα με τις οδηγίες της Ε.Ο.Κ. και της Η.Π.Α. αντίστοιχα. Η διαφορά οφείλεται στο ότι η Euromix έχει μεγαλύτερα τμήματα με σταθερή ταχύτητα ενώ στην EPA composite υπάρχουν πολλές αυξομειώσεις της ταχύτητας. Το Σχήμα 3.5 αναφέρεται σε μικρά φορτηγά, το Σχήμα 3.6 σε μεγάλα φορτηγά ενώ το Σχήμα 3.7 σε λεωφορεία. Είναι εμφανής η διαφορά μεταξύ της πολύ δύσκολης διαδρομής όπου υπάρχουν πολλές στροφές και διαδοχικές ανωφέρειες και κατωφέρειες δρόμου και της ομαλής διαδρομής που αναφέρεται σε επίπεδο δρόμο, όπου η κίνηση μπορεί να γίνεται με σταθερή ταχύτητα. Στα μεγάλα φορτηγά είναι αξιοσημείωτη η μικρή μείωση της κατανάλωσης σε κύριους δρόμους, όπου το όχημα αυξομειώνει συνεχώς ταχύτητα λόγω διαδρομής ή λόγω κυκλοφορίας, καθώς και στους λοφώδεις αυτοκινητόδρομους με συνεχείς ανωφέρειες και κατωφέρειες π.χ. για μία μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή  $C_d$  30% στις παραπάνω διαδρομές η εξοικονόμηση καυσίμου είναι περίπου 3% ενώ στην επίπεδη διαδρομή είναι 10%. Ομοίως στα λεωφορεία η μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή  $C_d$  για κίνηση σε λοφώδεις αυτοκινητόδρομους δεν προσφέρει σημαντική μείωση της κατανάλωσης, ενώ στους ομαλούς αυτοκινητόδρομους και για υψηλές ταχύτητες κίνησης, η εξοικονόμηση του καυσίμου είναι σημαντική π.χ. μείωση του  $C_d$  κατά 30% προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου 9~13%. Τέλος για τα αστικά λεωφορεία σημαντική είναι η διαφορά της εξοικονόμησης καυσίμου, που προσφέρεται από την μείωση του αεροδυναμικού συντελεστή, για κίνηση σε ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας

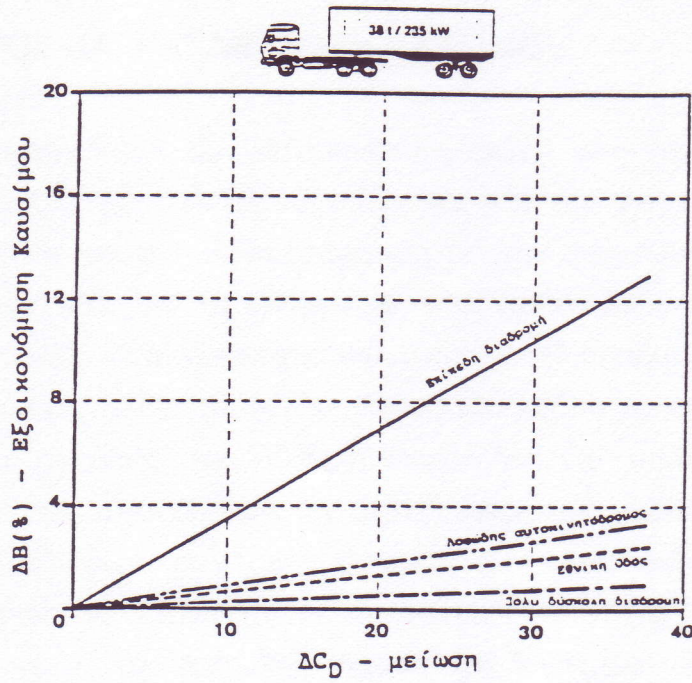
όπου τα λεωφορεία κινούνται με μεγαλύτερες ταχύτητες από την αντίστοιχη κίνηση σε δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία.



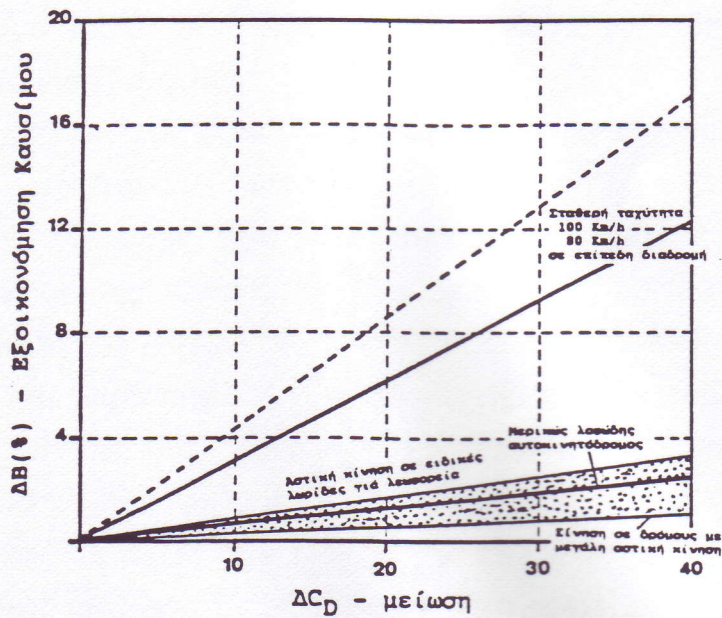
**Σχήμα 3.4** Επίδραση της αεροδυναμικής αντίστασης και του βάρους του οχήματος στην κατανάλωση καυσίμου ενός επιβατικού αυτοκινήτου, [8].



**Σχήμα 3.5** Επίδραση της μεταβολής της αεροδυναμικής αντίστασης στην κατανάλωση καυσίμου μικρών φορτηγών, [8].



**Σχήμα 3.6** Επίδραση της μεταβολής της αεροδυναμικής αντίστασης στην κατανάλωση καυσίμου οχημάτων τύπου ρυμουλκού - ημιρυμουλκούμενου, [8].



**Σχήμα 3.7** Επίδραση της μεταβολής της αεροδυναμικής αντίστασης στην κατανάλωση καυσίμου των λεωφορείων, [8].

### 3.3. ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Στη σχεδίαση των αυτοκινήτων, εκτός από την αεροδυναμική ένας άλλος παράγοντας που εξετάζεται είναι η αντίσταση κύλισης. Η αντίσταση κύλισης είναι σημαντική σε σύγκριση με την αεροδυναμική για μικρές και μέσες ταχύτητες για τα επιβατηγά, ενώ για τα βαρειά οχήματα (φορτηγά και λεωφορεία) είναι αρκετά μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει γιατί η αντίσταση κύλισης είναι ανάλογη με το ίδιο βάρος του οχήματος και το φορτίο.

Στις μεγάλες ταχύτητες η άνωση για τα επιβατηγά οχήματα είναι σημαντική, με αποτέλεσμα να μεταβάλλει την οδική συμπεριφορά του οχήματος επιδρώντας στην πρόσφυση των ελαστικών. Από τη μεταβολή της πρόσφυσης επηρεάζεται η κατευθυντικότητα των διεθυντήριων τροχών, η εκμετάλλευση της ισχύος του κινητήρα μέσω των κινητήριων τροχών, η ευαισθησία του οχήματος στους πλευρικούς ανέμους και τέλος η σημασία της φυγόκεντρης κατά την κίνηση σε καμπύλες διαδρομές. Για τον λόγο αυτόν οι κατασκευαστές δίνουν κατάλληλη μορφή στο όχημα, επιλεγμένη τοποθέτηση εισαγωγών - εξαγωγών αέρα, και τοποθετούν πρόσθετα αεροβοηθήματα (αεροτομές) τα οποία επιτυγχάνουν αρνητική άνωση. Η καλή πρόσφυση είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες, που συμβάλλει στην οδική συμπεριφορά του οχήματος, συνεπώς και στην ασφάλεια των επιβατών. Η ασφάλεια του επιβάτη είναι σημαντικότερη από την εξοικονόμηση καυσίμου.

Η επίδραση του βάρους στην κατανάλωση καυσίμων, εκδηλώνεται μέσω των αντιστάσεων κύλισης, επιτάχυνσης και κλίσης. Μείωση του βάρους του οχήματος έχει σαν συνέπεια μικρότερη αδράνεια, ισχύ επιτάχυνσης και ισχύ κύλισης. Από το Σχήμα 3.4 (για επιβατηγά) προκύπτει ότι μία μείωση του βάρους 10% επιφέρει οικονομία καυσίμου 3%. Για την ελάττωση του βάρους όμως, για να διατηρηθούν σταθερές οι συνθήκες μηχανικής αντοχής του οχήματος, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ακριβά υλικά το κόστος των οποίων δεν αντισταθμίζεται από την εξοικονόμηση των καυσίμων. Οι κατασκευαστές πάντα έχουν σαν στόχο τη μείωση του βάρους, καθώς μια ελαφριά κατασκευή έχει μικρότερη αντίσταση κατά την επιτάχυνση και αξιοποιεί καλύτερα κατά την κίνηση του οχήματος τη διαθέσιμη ισχύ του κινητήρα.

## 4. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΡΕΙΑΣ

### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αντίσταση πορείας ονομάζεται η ολική αντίσταση η οποία αντιτίθεται στην κίνηση ενός οχήματος. Για να υπερνικηθεί χρειάζεται ένα ανάλογο ποσό ενέργειας το οποίο θα καταβληθεί από την κινητήρια μηχανή του οχήματος.

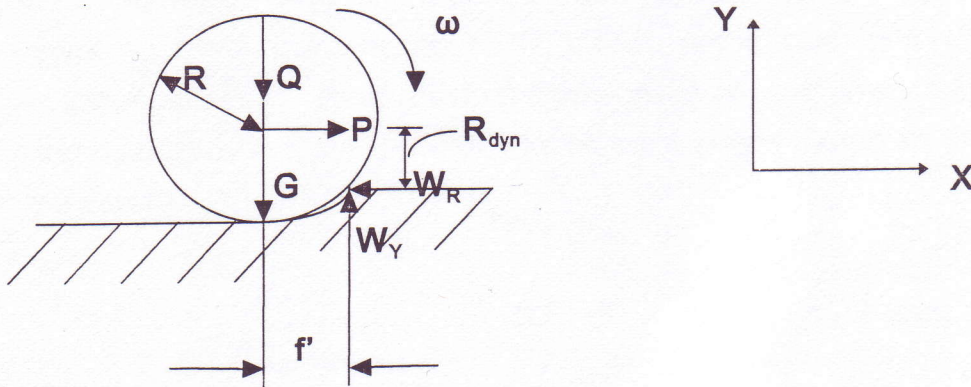
Η αντίσταση πορείας είναι το άθροισμα των επιμέρους παρακάτω αντιστάσεων :

- Αντίσταση κυλίσεως.
- Αντίσταση τριβών στα έδρανα.
- Αντίσταση αέρος.
- Αντίσταση κλίσεως.
- Αντίσταση καμπυλών.
- Αντίσταση επιταχύνσεως.

Κάθε όχημα όμως, ανάλογα με την κατασκευή του και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες κινείται, μεταβάλλει το μέγεθος της κάθε είδους αντίστασης. Έτσι αν κινείται με μεγάλη ταχύτητα, παρουσιάζει μεγάλη αεροδυναμική αντίσταση, ενώ αν κινείται σε δρόμο με μεγάλη ανωφέρεια, παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση κλίσεως. Μια σύγκριση αυτών των αντιστάσεων δίνει ένα αντικειμενικό μέτρο σύγκρισης για το πόσο ενεργοβόρα είναι τα διάφορα μέσα μαζικής μεταφοράς. Είναι προφανές ότι όσο πιο μεγάλες αντιστάσεις παρουσιάζει ένα όχημα τόσο πιο ενεργοβόρο είναι αυτό.

Οι τρεις πρώτες αντιστάσεις (κυλίσεως, τριβών στα έδρανα, αέρος), αποτελούν την αντίσταση κινήσεως ενός μεταφορικού μέσου. Από αυτές η αντίσταση αέρος είναι αυτή που επιδέχεται τη μεγαλύτερη βελτίωση με τη χρήση αεροδυναμικών μορφών, οι οποίες εφαρμόζονται από τις σημερινές αυτοκινητοβιομηχανίες στα προϊόντα τους. Οι αντιστάσεις κλίσεως και καμπυλών οφείλονται στην μορφολογία του εδάφους και παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις. Η αντίσταση επιταχύνσεως προέρχεται από τις αδρανειακές δυνάμεις και εμφανίζεται όταν η μάζα του μεταφορικού μέσου επιταχύνεται.

## 4.2 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΥΛΙΣΕΩΣ



Σχήμα 4.1.

Η παραμόρφωση του τροχού - οδοστρώματος υπό την επίδραση του βάρους ( $Q + G$ ) προκαλεί την αντίσταση  $W_R$  στην κύλιση. Για να υπερνικηθεί αυτή η αντίσταση χρειάζεται να εξασκηθεί η δύναμη  $P$ .

όπου :

$Q$  : αναρτημένο βάρος.

$G$  : μη αναρτημένο βάρος.

Αναρτημένο βάρος είναι εκείνο το βάρος που στηρίζεται στους άξονες ενός οχήματος και καταπονεί το σύστημα εδράσεως. Ο τροχός και ο άξονας είναι μη αναρτημένο βάρος.

Εφαρμόζοντας τις συνθήκες ισορροπίας στο Σχήμα 4.1. προκύπτει :

$$\Sigma_x = 0 \Rightarrow P = W_R$$

$$\Sigma_y = 0 \Rightarrow Q + G = W_Y$$

$$\Sigma_M = 0 \Rightarrow W_Y f' = W_R R_{dyn}$$

Από τις πιο πάνω σχέσεις προκύπτει :

$$P = W_R = \left( \frac{f'}{R_{dyn}} \right) W_Y = \left( \frac{f'}{R_{dyn}} \right) (Q + G) \quad (4.1)$$

Συνεπώς από την σχέση (4.1) είναι προφανές πως όσο μικρότερο είναι το  $f'$  και μεγαλύτερο το  $R_{dyn}$  τόσο μικρή είναι η αντίσταση  $W_R$ . Η παραμόρφωση  $f'$  είναι αντιστρόφως ανάλογη με την σκληρότητα που παρουσιάζουν ο τροχός του οχήματος και το οδόστρωμα τα οποία έρχονται σε επαφή.

$$\text{Αν } \frac{f'}{R_{dyn}} = f \quad \text{και} \quad (Q + G) = mg \quad \text{τότε είναι :}$$

$$W_R = fmg \quad (4.2)$$

Για τα αυτοκίνητα  $R_{dyn}$  είναι η δυναμική ακτίνα και ορίζεται ως η ακτίνα που προκύπτει όταν διαιρεθεί το διάστημα που διανύει ο ελαστικός τροχός σε μία στροφή με το  $2\pi$ , όταν το όχημα κινείται με ταχύτητα 60 km/h. Στους ελαστικούς τροχούς ο λόγος  $\frac{f'}{R_{dyn}} = f$  ονομάζεται συντελεστής τριβής κυλίσεως, εξαρτάται πολύ από την ταχύτητα, την πίεση του ελαστικού κ.λ.π. και για τον προσδιορισμό του έχουν επικρατήσει διάφοροι εμπειρικοί τύποι.

$$f = f_o \left( 1 + \frac{U^2}{1500} \right) \quad \text{για } U(\text{m/s}) > 14\text{m/s} \quad (4.3)$$

$$f = f_o \quad \text{για } U(\text{m/s}) \leq 14\text{m/s} \quad (\sim 50\text{km/h}) \quad (4.4)$$

Σε άσφαλτο είναι  $f_o = 0,019$

Οι τύποι (4.3) και (4.4) δεν λαμβάνουν υπόψη τη πρόσθετη αντίσταση που εμφανίζεται λόγω των ανωμαλιών του οδοστρώματος.

Ο συντελεστής τριβής για μη ήρεμη κίνηση είναι :



$$f = 0,01 + 1,3 \cdot 10^{-7} \lambda S_{ch} U^2 \quad \text{όταν } U \text{ σε (m/s)} \quad (4.5)$$

και η αντίσταση :

$$W_R = mg(0,01 + 1,3 \cdot 10^{-7} \lambda S_{ch} U^2) \quad (4.6)$$

όπου :

$S_{ch}=150$	για καλή ασφαλτόστρωση
$\lambda=4$	για επιβατηγά
$\lambda=4,75$	για λεωφορεία
$\lambda=5,5$	για φορτηγά

Επειδή ο τύπος (4.6) δίνει κάπως μεγάλες τιμές στην έρευνα χρησιμοποιείται ο τύπος (4.3) για όλες τις ταχύτητες.

Συνεπώς είναι :

$$W_R = f_o \left( 1 + \frac{U^2}{1500} \right) mg \quad (4.7)$$

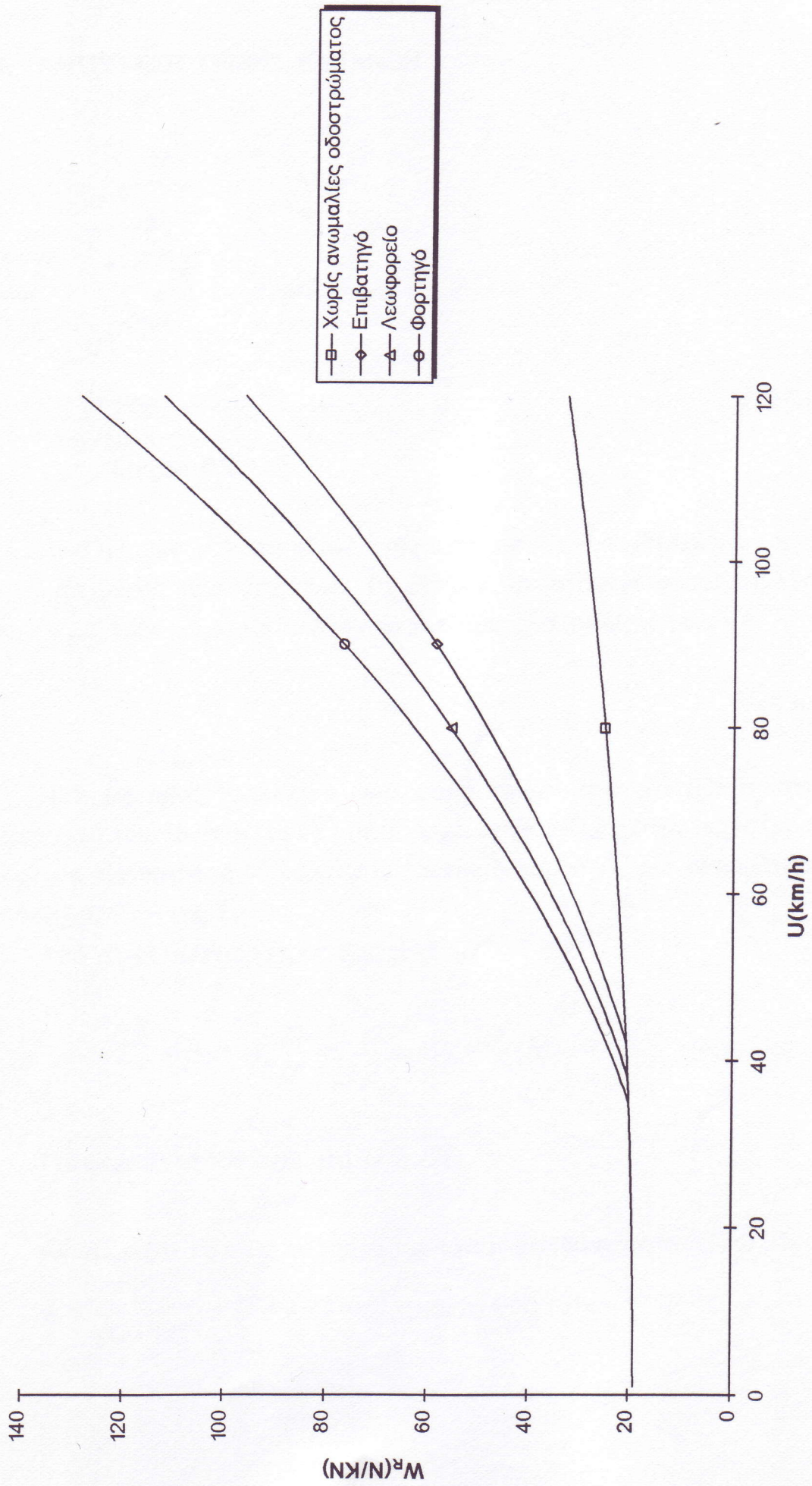
όπου :  $U$  η ταχύτητα σε m/s.

Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται η αντίσταση κυλίσεως για μη ήρεμη κίνηση για τρία είδη οχημάτων, επιβατηγό, λεωφορείο και φορτηγό ταυτόχρονα με την αντίσταση σε ομαλό οδόστρωμα. Είναι φανερό η μεγάλη διαφορά μεταξύ ήρεμης και μη ήρεμης κίνησης η οποία γίνεται ακόμη μεγαλύτερη για δρόμους κακοσυντηρημένους με λάκκους, συσσωρεύσεις ασφάλτου κ.τ.λ.

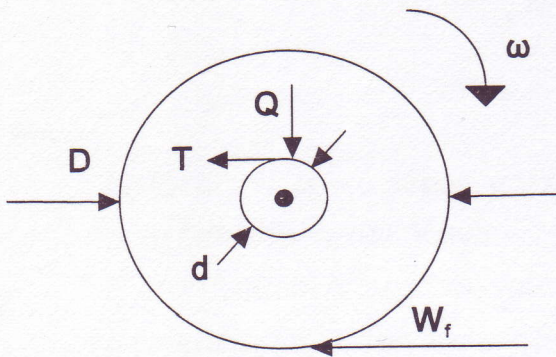
Γενικά η αντίσταση κύλισης είναι ανάλογη του βάρους του οχήματος και της παραμόρφωσης των δύο υλικών τροχού - οδοστρώματος και αντιστρόφως ανάλογη της (δυναμικής) ακτίνας του τροχού. Είναι μια δύναμη αντίστασης η οποία ασκείται στο επίπεδο της επιφάνειας επαφής μεταξύ ελαστικοφόρου τροχού και δρόμου. Έχει διεύθυνση αντίθετη προς τη φορά του οχήματος και οφείλεται κατά 90-95% στην παραμόρφωση (με φαινόμενο υστέρησης) του ελαστικού τροχού υπό την επίδραση του κάθετου φορτίου, κατά 2-10% σε φαινόμενα τριβής του ελαστικού με το δρόμο και σε 1,5-3,5% σε αντιστάσεις αέρα (ανάδευση του αέρα υπό του τροχού και κίνηση του αέρα εντός του ελαστικού).

Γράφημα 1

### Αντιστάσεις κυλίσεως οχημάτων για μη ήρεμη κίνηση



### 4.3. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΡΙΒΗΣ ΕΔΡΑΝΩΝ



Σχήμα 4.2.

Αν  $d$  η διάμετρος του άξονα ενός οχήματος,  $\mu$  ο συντελεστής τριβής και  $Q$  το βάρος που καταπονεί τα έδρανα (αναρτημένο βάρος), (βλέπε Σχήμα 4.2.), τότε η δύναμη τριβής που αντιτίθεται στην κίνηση είναι :

$$T = \mu Q \quad (4.8)$$

Η  $T$  ως προς το κέντρο δίνει ροπή τριβής που αντιτίθεται στην περιστροφή του τροχού. Για να μην υπάρχει επιβράνδωση στην περιστροφή του άξονα, ο κινητήρας δημιουργεί μέσω της δύναμης  $W_f$ , μία ροπή ίση και αντίθετη με αυτή της  $T$ .

Από τις εξισώσεις ισορροπίας είναι :

$$\Sigma_M = 0 \Rightarrow W_f \frac{D}{2} = T \frac{d}{2} \Rightarrow W_f = \frac{d}{D} Q \mu \quad (4.9)$$

Για ελαστικοφόρα οχήματα  $D = 2R_{dyn}$

Αν θεωρηθεί το  $k$  ως ποσοστό του αναρτημένου προς το ολικό βάρος

$$k = \frac{Q}{(Q+G)} \Rightarrow Q = k(Q+G), \text{ (πάντα } k < 1) \text{ τότε :}$$

$$W_f = \frac{d}{D} \mu k (Q + G) \quad (4.10)$$

$$W_f = \frac{d}{D} \mu k m g \quad (4.11)$$

όπου :

$Q+G=m$  : το ολικό βάρος του οχήματος.

$d$  : η διάμετρος του άξονα.

$D$  : η δυναμική διάμετρος του τροχού.

$g$  : η επιτάχυνση της βαρύτητας της γης.

$\mu$  : συντελεστής τριβής εδράνων.

Από το Haunkatalog της F.A.G. είναι :

$\mu=0,0011$  για τριβείς κυλινδρικούς

$\mu=0,0020$  για τριβείς κωνικούς

$\mu=0,0024$  για τριβείς κωνικούς διπλής σειράς

Για το φορτηγό Steyr 1490. 230/043/6x2 είναι :

$d=60\text{mm}$

$D_{\text{dyn}}=2R_{\text{dyn}}=1076\text{mm}$

$k=0,965$

$\mu=0,0020$  (τριβείς κωνικοί)

οπότε γίνεται :

$$W_f = \frac{60}{1076} \times 0,0020 \times 0,965 \times 1000 \Rightarrow W_f = 0,108 \quad (\text{N}/\text{KN}) \quad (4.12)$$

Η αντίσταση τριβής στην πιο πάνω σχέση δίνεται σε N ανά KN βάρους του εκάστοτε οχήματος.

Μικρή διάμετρος του άξονα και μεγάλη διάμετρος του τροχού δίνουν μικρή αντίσταση. Γενικά η αντίσταση αυτή είναι μικρή π.χ. την διαδρομή Θεσσαλονίκη - Αθήνα 500 km και βαθμό απόδοσης του κινητήρα  $\eta=0,3$  απαιτείται καύσιμο :

$$q = 0,00428 \text{ lit/KN φορτίου} \quad (\text{τριβείς κωνικοί})$$

Για ένα φορτηγό με μικτό βάρος  $38t=372,78\text{KN}$  χρειάζονται  $q = 0,00428 \times 372,78 \approx 1,6$  λίτρα καύσιμο. Το ποσό αυτό είναι ελάχιστο στην συνολική κατανάλωση του οχήματος για την συγκεκριμένη διαδρομή.

#### 4.4. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΕΡΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί όταν ένα σώμα βρίσκεται σε σχετική κίνηση ως προς τον αέρα τότε πάνω στο σώμα αναπτύσσεται μία αεροδύναμη. Στο αυτοκίνητο λόγω της υπερπίεσεως που εμφανίζεται στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου και της υποπίεσεως στο πίσω μέρος, δημιουργείται μια δύναμη (αεροδυναμική) που αντιτίθεται στην κίνηση. Η αεροδυναμική αυτή αντίσταση δίνεται από την σχέση :

$$W_A = C_d \frac{\rho}{2} A U^2 \quad (4.13)$$

όπου :

- U : η σχετική ταχύτητα οχήματος - αέρα
- $\rho$  : η πυκνότητα αέρα (λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή, η οποία αντιστοιχεί στη στάθμη της θάλασσας)
- A : η επιφάνεια προβολής του οχήματος σε επίπεδο κάθετο προς την κίνηση του (μετωπική επιφάνεια )
- $C_d$  : ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο της Bosch, [11], λαμβάνεται :

- $C_d=0,8$  για φορτηγό
- $C_d=1,5$  για φορτηγό με ρυμουλκό
- $C_d=0,6$  για λεωφορείο

#### 4.5. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

Είναι γνωστό ότι το άθροισμα των αντιστάσεων κυλίσεως, τριβής στα έδρανα και αέρος αποτελούν την αντίσταση κίνησης ενός οχήματος:

$$W_o = W_R + W_f + W_A \quad (4.14)$$

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν :

##### 1. Φορτηγό αυτοκίνητο με χαρακτηριστικά :

Συνολική μάζα (m) :	22.000 kg
Αεροδυναμικός συντελεστής ( $C_d$ ) :	0,8
Πλάτος μετωπικής επιφάνειας (B) :	1,95 m
Ύψος μετωπικής επιφάνειας ( $H_o$ ) :	3,69 m
Μετωπική επιφάνεια (A) :	7,20 m <sup>2</sup>
Διάμετρος άξονα (d) :	0,06 m
Δυναμική διάμετρος τροχού ( $D_{dyn}$ ) :	1,076 m
Συντελεστής τριβής εδράνων ( $\mu$ ) :	0,0024
Συντελεστής τριβής κυλίσεως ( $f_o$ ) :	0,019

##### 2. Φορτηγό αυτοκίνητο με ρυμουλκό και χαρακτηριστικά :

Συνολική μάζα (m) :	38.000 kg
Αεροδυναμικός συντελεστής ( $C_d$ ) :	1,5
Πλάτος μετωπικής επιφάνειας (B) :	1,95 m
Ύψος μετωπικής επιφάνειας ( $H_o$ ) :	3,69 m
Μετωπική επιφάνεια (A) :	7,20 m <sup>2</sup>
Διάμετρος άξονα (d) :	0,06 m
Δυναμική διάμετρος τροχού ( $D_{dyn}$ ) :	1,076 m
Συντελεστής τριβής εδράνων ( $\mu$ ) :	0,0024
Συντελεστής τριβής κυλίσεως ( $f_o$ ) :	0,019

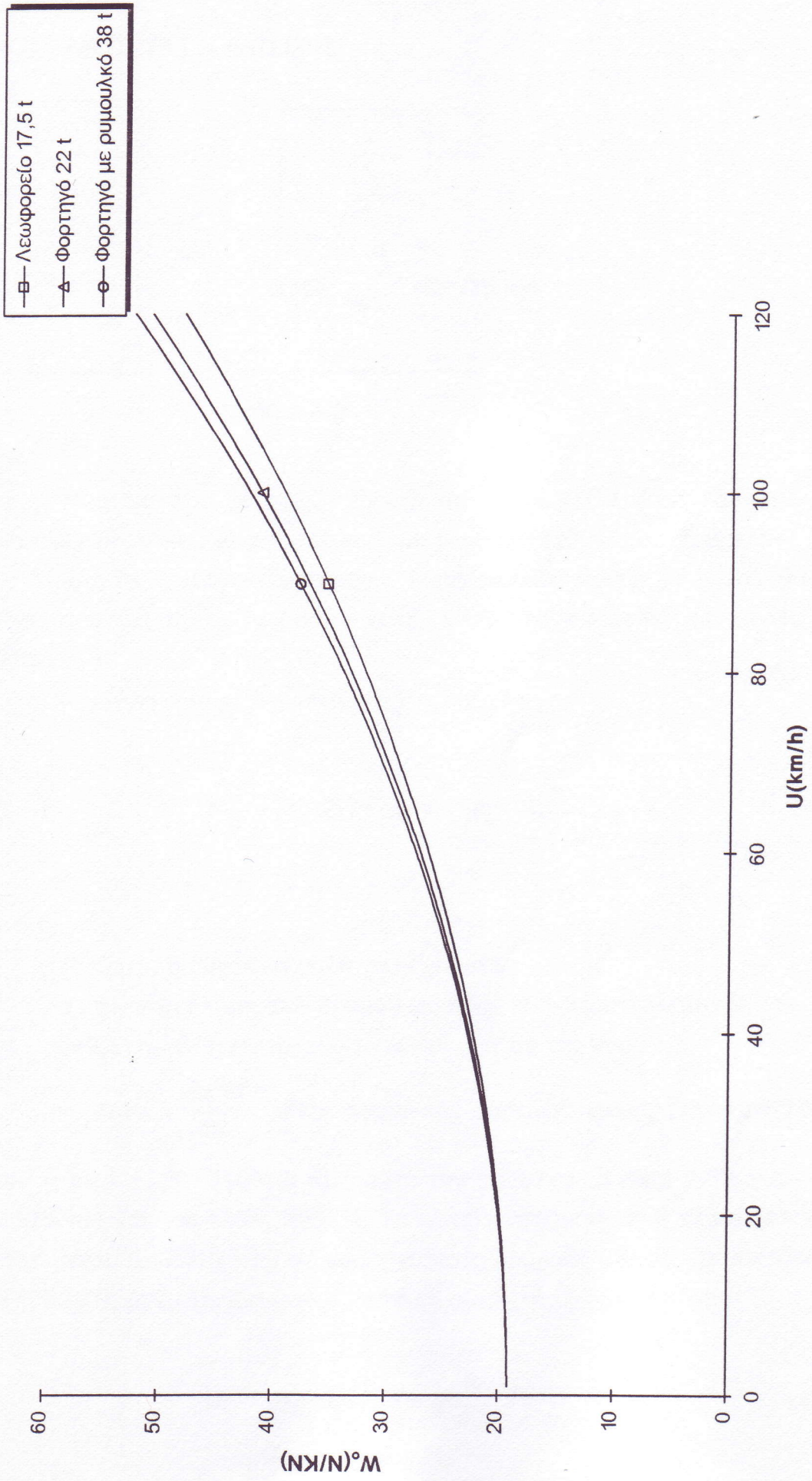
### 3. Λεωφορείο με χαρακτηριστικά :

Συνολική μάζα (m) :	17.500 kg
Αεροδυναμικός συντελεστής ( $C_d$ ) :	0,6
Πλάτος μετωπικής επιφάνειας (B) :	2,00 m
Ύψος μετωπικής επιφάνειας ( $H_o$ ) :	3,20 m
Μετωπική επιφάνεια (A) :	6,40 m <sup>2</sup>
Διάμετρος άξονα (d) :	0,06 m
Δυναμική διάμετρος τροχού ( $D_{dyn}$ ) :	1,076 m
Συντελεστής τριβής εδράνων ( $\mu$ ) :	0,0024
Συντελεστής τριβής κυλίσεως ( $f_o$ ) :	0,019

Στους υπολογισμούς ελήφθη πυκνότητα αέρα  $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$  και επιτάχυνση βαρύτητας της γης  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ . Η συνολική αντίσταση κινήσεως υπολογίζεται σε N ανά KN μικτού βάρους του κάθε οχήματος, για να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους τα οχήματα. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στο Γράφημα 2. Από το γράφημα προκύπτει ότι η αντίσταση κίνησης σε N ανά KN μικτού βάρους είναι μεγαλύτερη για το φορτηγό των 38t. Η διαφορά είναι πολύ μικρή και συνεπώς, αν προστεθεί και το κόστος της περισσότερης φθοράς και συντήρησης που έχει το φορτηγό των 22t για τις ίδιες μεταφορές σε φορτίο με το αντίστοιχο φορτηγό με ρυμουλκό των 38t (αυτό θα διανύσει περίπου τα μισά περίπου χιλιόμετρα), προκύπτει πως οικονομικότερη είναι η μεταφορά με φορτηγά - ρυμουλκά. Το λεωφορείο παρουσιάζει τη μικρότερη αντίσταση κινήσεως καθώς έχει και το μικρότερο αεροδυναμικό συντελεστή  $C_{d\alpha}=0,6$ . Η ολική αντίσταση κινήσεως αυξάνει πολύ στις μεγάλες ταχύτητες επειδή είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας.

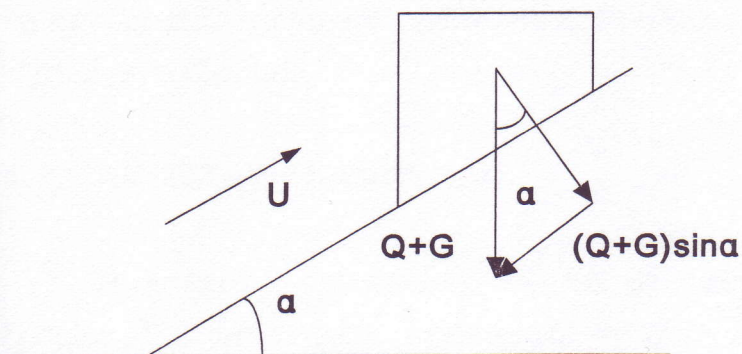
Γράφημα 2

Ολική αντίσταση κίνησης σε συνάρτηση της ταχύτητας





#### 4.6. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΛΙΣΕΩΣ



Σχήμα 4.3.

Η αντίσταση κλίσεως (Σχήμα 4.3.) οφείλεται στις εδαφολογικές διαμορφώσεις που έχουν σαν συνέπεια το οδόστρωμα να έχει κλίση  $S(\%)$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η παράλληλη συνιστώσα του βάρους  $(Q+G)\sin\alpha$  ως προς το δρόμο είναι αυτή που αποτελεί την αντίσταση κλίσεως.

Η αντίσταση αυτή δίνεται από την σχέση :

$$W_s = (Q + G) \sin \alpha = mg \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \quad (4.15)$$

όπου :

$m=Q+G$  : η συνολική μάζα του οχήματος

$\alpha$  : η γωνία κλίσης του δρόμου ως προς το οριζόντιο επίπεδο

$g=9,81 \text{ m/s}^2$  : η επιτάχυνση της βαρύτητας της γης.

Η  $\tan \alpha = \frac{S(\%)}{100}$  είναι μικρή και συνεπώς χωρίς μεγάλο σφάλμα

$\tan^2 \alpha + 1 \approx 1$  . Το σφάλμα από αυτή την προσέγγιση είναι 0,5% για κλίση  $S=10\%$  και 2% για κλίση  $S=20\%$ . Σε αυτοκινητόδρομους η κλίση δεν είναι μεγαλύτερη από 10% ενώ σε νομαρχιακούς δρόμους μπορεί να υπερβεί και το 15%. Χωρίς να ληφθεί υπόψη αυτό το αμελητέο σφάλμα είναι :

$$W_s = mg \tan \alpha = mg \frac{S}{100} \quad (4.16)$$

Η αντίσταση κλίσεως είναι συνάρτηση της διαδρομής που ακολουθεί το μεταφορικό μέσο και πρέπει σε κάθε υπολογισμό να γίνεται τμηματική εξέταση του δρόμου.

#### 4.7. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Η αντίσταση καμπυλών οφείλεται στις καμπύλες που παρουσιάζει ο δρόμος. Για οδόστρωμα από άσφαλτο είναι συνάρτηση του πλευρικού συντελεστή τριβής, του είδους του ελαστικού, της ποιότητάς του, της πίεσής του και της ταχύτητας του αυτοκινήτου. Για τα λαστιχοφόρα οχήματα και για αυτοκινητόδρομους η τιμή αυτής της αντίστασης είναι αμελητέα και δεν λαμβάνεται υπόψη.

#### 4.8. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ

Στις προηγούμενες αντιστάσεις θεωρήθηκε δεδομένο ότι το όχημα κινείται με μία ταχύτητα  $U$ . Για να επιτευχθεί αυτή η ταχύτητα, πρέπει οι μάζες που αποτελούν το όχημα να επιταχυνθούν από 0 έως την ταχύτητα  $U$ . Ο κινητήρας του μεταφορικού μέσου επομένως πρέπει να υπερνικήσει τις δυνάμεις αδρανείας όταν το μέσο αυξάνει την ταχύτητα κινήσεως του.

Η δύναμη λόγω αδρανείας της μάζας δίνεται από τον τύπο :

$$F = m\gamma \quad (4.17)$$

όπου :

$m$  : η μάζα που επιταχύνεται

$\gamma$  : η επιτάχυνση

Αν  $Z$  είναι η ελκτική δύναμη των κινητήριων τροχών,  $W_o$  η ολική αντίσταση κινήσεως και  $S(\%)$  η κλίση του οδοστρώματος, τότε η αντίσταση αδρανείας είναι :

$$W_b = Z - (W_o + \frac{S}{100} mg) \quad (4.18)$$

Μπορεί να ληφθεί :

$$W_b = m\gamma(1 + j) \quad (4.19)$$

όπου :

$$\gamma = \frac{dU}{dt} \quad \text{σε m/s}^2 \text{ επιτάχυνση του οχήματος} \quad (4.20)$$

$$j = 1 + (\delta_1 + \delta_2 j_1^2) \frac{G_a}{G} \quad (4.21)$$

$j$  : συντελεστής προσαυξήσεως για περιστρεφόμενους μηχανισμούς όπως τροχοί, οδοντωτοί τροχοί κ.τ.λ.

$i_1$  : σχέση μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων

$\delta_1, \delta_2$  : συντελεστές με τιμή 0,03-0,05, λαμβάνεται  $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$

$G_a$  : βάρος οχήματος σε πλήρες φορτίο

$G$  : βάρος οχήματος σε μερικό φορτίο

$m$  : η συνολική μάζα του οχήματος σε kg

Όσες περισσότερες στάσεις κάνει ένα όχημα, ή γενικά όσες περισσότερες αυξομειώσεις δημιουργεί στην ταχύτητα του, τόσο πιο ενεργοβόρο γίνεται αυτό το μεταφορικό μέσο.

#### 4.9. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΟΡΕΙΑΣ

Το άθροισμα των αντιστάσεων κυλίσεως, τριβής εδράνων, κλίσεως και επιταχύνσεως δίνει την ολική αντίσταση πορείας ενός οχήματος.

$$W = W_R + W_f + W_A + W_S + W_b \quad (4.22)$$

Η ελκτική δύναμη του οχήματος ή του εκάστοτε μέσου οδικού μεταφοράς ισούται με την ολική αντίσταση πορείας. Ο υπολογισμός της αντίστασης πορείας είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος. Πρέπει για κάθε χρονική στιγμή να είναι γνωστή η ταχύτητα του οχήματος, η στιγμιαία επιτάχυνση

του και η κλίση του οδοστρώματος σε κάθε σημείο της διαδρομής. Μια αρκετά ακριβής προσέγγιση είναι ο χωρισμός της διαδρομής που εξετάζεται σε πολύ μικρά τμήματα. Για κάθε ένα τμήμα θεωρείται σταθερή η ταχύτητα και ίση με το ημίθροισμα των ταχυτήτων των δύο σημείων που ορίζουν το εκάστοτε τμήμα. Η επιτάχυνση επίσης θεωρείται σταθερή και ίση με το λόγο της διαφοράς των δύο ταχυτήτων των δύο ακραίων σημείων του τμήματος προς το χρόνο που χρειάζεται το όχημα να διανύσει την στοιχειώδη αυτή απόσταση. Σταθερή λαμβάνεται και η κλίση του δρόμου για το κάθε τμήμα.

Αν τα δύο ακραία σημεία του εξεταζόμενου τμήματος είναι τα σημεία 1 και 2 τότε είναι :

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2} \quad (4.23)$$

$$\gamma = \frac{U_1 - U_2}{t_1 - t_2} \quad (4.24)$$

όπου :

$U$  : η μέση ταχύτητα του οχήματος για το εξεταζόμενο τμήμα

$\gamma$  : η μέση επιτάχυνση του οχήματος για το εξεταζόμενο τμήμα

$U_1$  : η στιγμιαία ταχύτητα στο σημείο 1

$U_2$  : η στιγμιαία ταχύτητα στο σημείο 2

$t_1$  : η χρονική στιγμή στο σημείο 1

$t_2$  : η χρονική στιγμή στο σημείο 2

Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.

## 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΚΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

### 5.1. ΕΛΚΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΤΡΟΧΟΥ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο αυτοκίνητο όταν αυτό κινείται, ασκείται μία δύναμη η οποία αντιστέκεται στην κίνησή του. Για να συνεχίσει το αυτοκίνητο να κινείται με αυτή την ταχύτητα του, θα πρέπει ο κινητήρας να δημιουργεί στον τροχό (τροχούς) του αμαξώματος μια τουλάχιστον ίση και αντίθετης φοράς δύναμη. Η δύναμη αυτή καλείται ελκτική δύναμη κινητήρα και υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$Z = \frac{M_t}{R_{dyn}} \quad (5.1)$$

όπου :

$Z$  : ελκτική δύναμη τροχού

$M_t$  : ροπή στρέψης στον τροχό

$R_{dyn}$  : δυναμική ακτίνα τροχού

Η ροπή στρέψης στον τροχό υπολογίζεται από την σχέση :

$$M_t = M_d i \eta = M_d i_1 i_2 \eta \quad (5.2)$$

όπου :

$M_d$  : ροπή στρέψης κινητήρα

$i$  : ολική σχέση μετάδοσης

$i_1$  : σχέση μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων

$i_2$  : σχέση μετάδοσης του διαφορικού

$\eta$  : ολικός βαθμός απόδοσης των διάφορων συστημάτων μεταδόσεως της κίνησης

Άρα η ελκτική δύναμη είναι :

$$Z = \frac{M_d i_1 i_2 \eta}{R_{dyn}} = \frac{2M_d i_1 i_2 \eta}{D_{dyn}} \quad (5.3)$$

## 5.2. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Η γραμμική ταχύτητα του αυτοκινήτου προέρχεται από τη γωνιακή ταχύτητα του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα. Αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες της κίνησης μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων για να καταλήξει στους κινητήριους τροχούς. Οι τροχοί μετατρέπουν την περιστροφική τους ταχύτητα, χάρις στην τριβή, σε γραμμική του αυτοκινήτου. Καθώς είναι γνωστή η ροή της γωνιακής ταχύτητας υπολογίζεται η ταχύτητα του με τις παρακάτω σχέσεις :

$$U = \omega_i R_{dyn} = \frac{\omega D_{dyn}}{i} \frac{1}{2} = \frac{2\pi n D_{dyn}}{i} \frac{1}{2} = \frac{\pi n D_{dyn}}{i_1 i_2} \quad (5.4)$$

όπου :

$n$  : στροφές κινητήρα

$\omega$  : γωνιακή ταχύτητα κινητήρα

$\omega_i$  : γωνιακή ταχύτητα τροχού

$U$  : ταχύτητα αυτοκινήτου

$D_{dyn} = 2R_{dyn}$  : δυναμική διάμετρος τροχού

$i_1$  : σχέση μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων

$i_2$  : σχέση μετάδοσης του διαφορικού

$i = i_1 i_2$  : ολική σχέση μετάδοσης

## 5.3. ΕΛΚΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Με την βοήθεια προγράμματος υπολογίζεται η ελκτική δύναμη του αυτοκινήτου (Steyr) και η ταχύτητα σε συνάρτηση της ροπής και των στροφών του κινητήρα αντίστοιχα. Η ροπή είναι συνάρτηση είναι

συνάρτηση των στροφών, όπως εξάλλου φαίνεται από το Γράφημα 3. Άρα και η ελκτική δύναμη είναι συνάρτηση της ταχύτητας  $Z=f(U)$ .

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

$i_2=6,06$	σχέση μετάδοσης διαφορικού
$i_{11}=9,59$	σχέση μετάδοσης πρώτης ταχύτητας
$i_{12}=5,47$	σχέση μετάδοσης δεύτερης ταχύτητας
$i_{13}=3,42$	σχέση μετάδοσης τρίτης ταχύτητας
$i_{14}=2,19$	σχέση μετάδοσης τέταρτης ταχύτητας
$i_{15}=1,45$	σχέση μετάδοσης πέμπτης ταχύτητας
$i_{16}=1,00$	σχέση μετάδοσης έκτης ταχύτητας
$\eta=0,8-0,85$	βαθμός απόδοσης του συστήματος μετάδοσης της κίνησης για μεγάλα φορτηγά, επιλέχθηκε $\eta=0,83$
$D_{dyn}=1,076m$	δυναμική διάμετρος τροχού

Από το Γράφημα 4 ροπής - στροφών και ισχύος - στροφών είναι :

Στροφές	Ροπή	Ισχύς
$n(\text{rpm})$	$M_d(\text{Nm})$	$N(\text{KW})$
1000	547,398	58,82353
1200	618,03	79,41176
1400	667,08	97,05882
1600	686,7	116,9118
1800	676,89	130,1471
2000	667,08	144,8529
2200	662,175	154,4118
2400	647,46	162,5
2600	618,03	169,1176

Ο τύπος του οχήματος είναι : Steyr 1490. 230/043/6x2

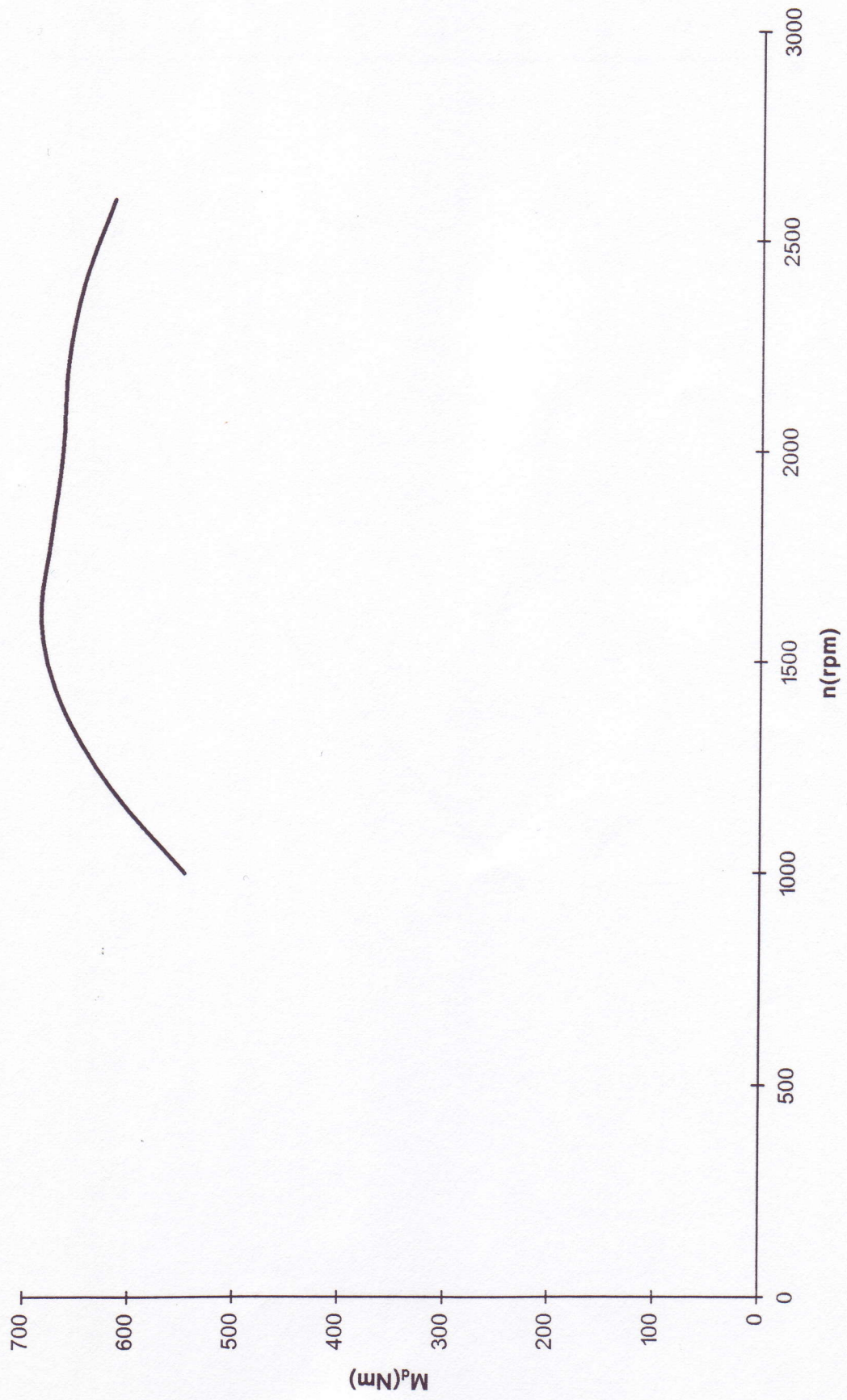
Στο Γράφημα 5 παρουσιάζεται η ελκτική δύναμη του κινητήρα για κάθε σχέση μετάδοσης σε συνάρτηση της ταχύτητας του αυτοκινήτου και για πλήρες φορτίο. Στις μεγάλες σχέσεις μεταδόσεις η ελκτική δύναμη είναι μεγάλη ενώ η ταχύτητα του αυτοκινήτου μικρή, ενώ ακριβώς το

αντίθετο συμβαίνει στις μικρές σχέσεις μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων. Στα Γραφήματα 6, 7, 8, 9, 10 και 11 παρουσιάζεται η ελκτική δύναμη της κάθε σχέσης μετάδοσης σε συνάρτηση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα για φορτίο 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% και για πλήρες φορτίο. Για μικρό φορτίο είναι μικρή και η αντίστοιχη ελκτική δύναμη. Η μέγιστη ελκτική δύναμη εμφανίζεται για τον αριθμό στροφών που είναι μέγιστη η ροπή του κινητήρα και η μορφή της καμπύλης είναι παρόμοια της καμπύλης ροπής - στροφών. Στο Γράφημα 12 παρουσιάζονται παρουσιάζονται οι ελκτικές δυνάμεις του κινητήρα, για όλες τις ταχύτητες του κιβωτίου ταχυτήτων, σε συνάρτηση του αριθμού στροφών του στροφαλοφόρου άξονα. Στις μικρές ταχύτητες (1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>), όπου η σχέση μετάδοσης είναι μεγάλη, η ελκτική δύναμη είναι μεγάλη. Αντίθετα στις μεγάλες ταχύτητες (5<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup>), η ελκτική δύναμη είναι πολύ μικρή. Στο Γράφημα 13 παρουσιάζονται οι ελκτικές δυνάμεις του κινητήρα για πλήρες φορτίο, στις διάφορες ταχύτητες και ταυτόχρονα το άθροισμα της αντίστασης κινήσεως και κλίσεως που παρουσιάζει το αυτοκίνητο για τις διάφορες ταχύτητες. Το σημείο τομής αυτών των καμπυλών είναι το σημείο λειτουργίας του κινητήρα για πλήρες φορτίο. Το γράφημα αυτό δείχνει ποιες ταχύτητες ή ποια ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων του δεδομένου οχήματος μπορεί να υπερνικήσει τη δύναμη αντίστασης κατά τις διάφορες συνθήκες κίνησης του.



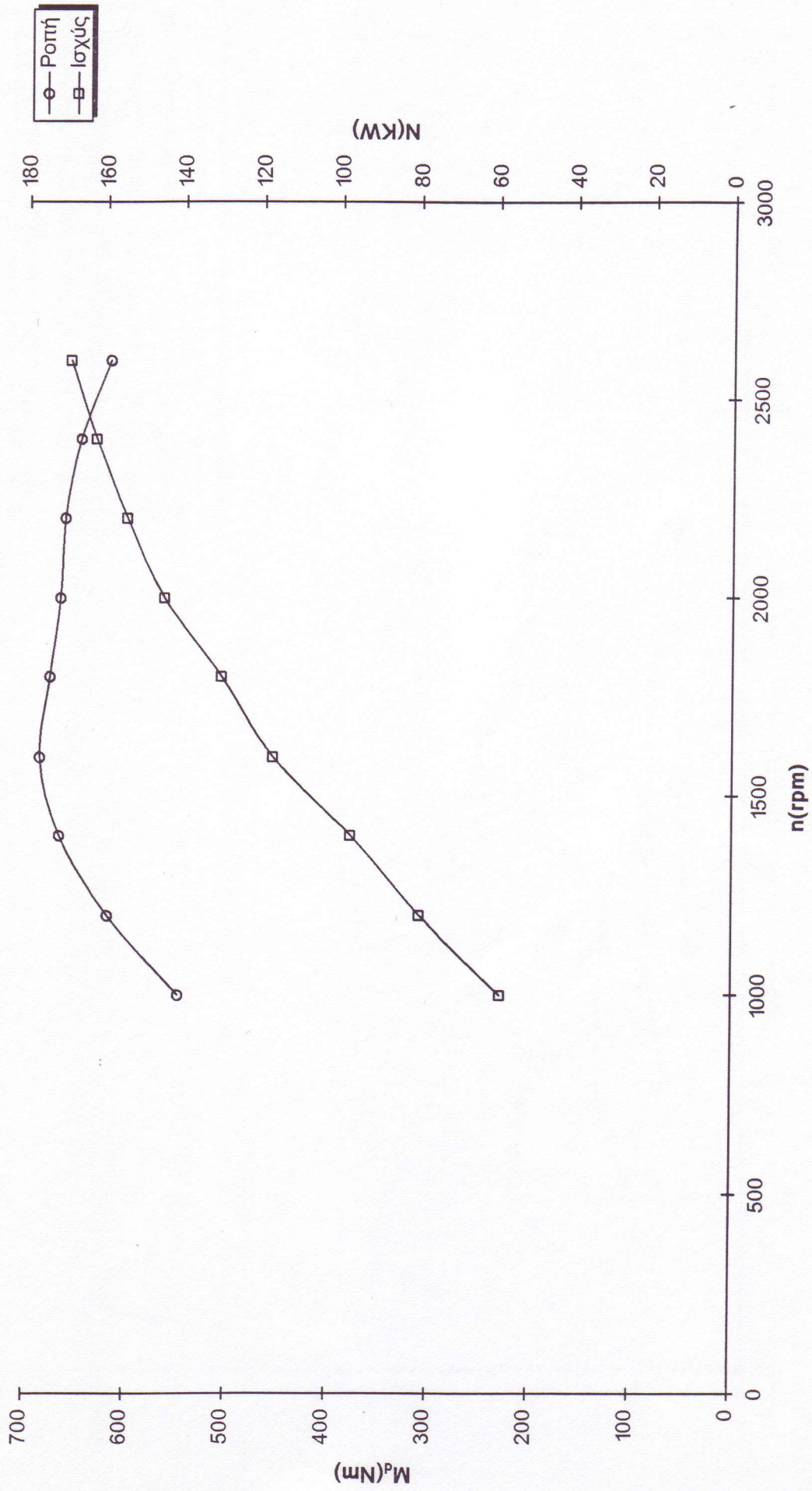
Γράφημα 3

Γράφημα ροπής - στροφών κινητήρα φορτηγού 22t



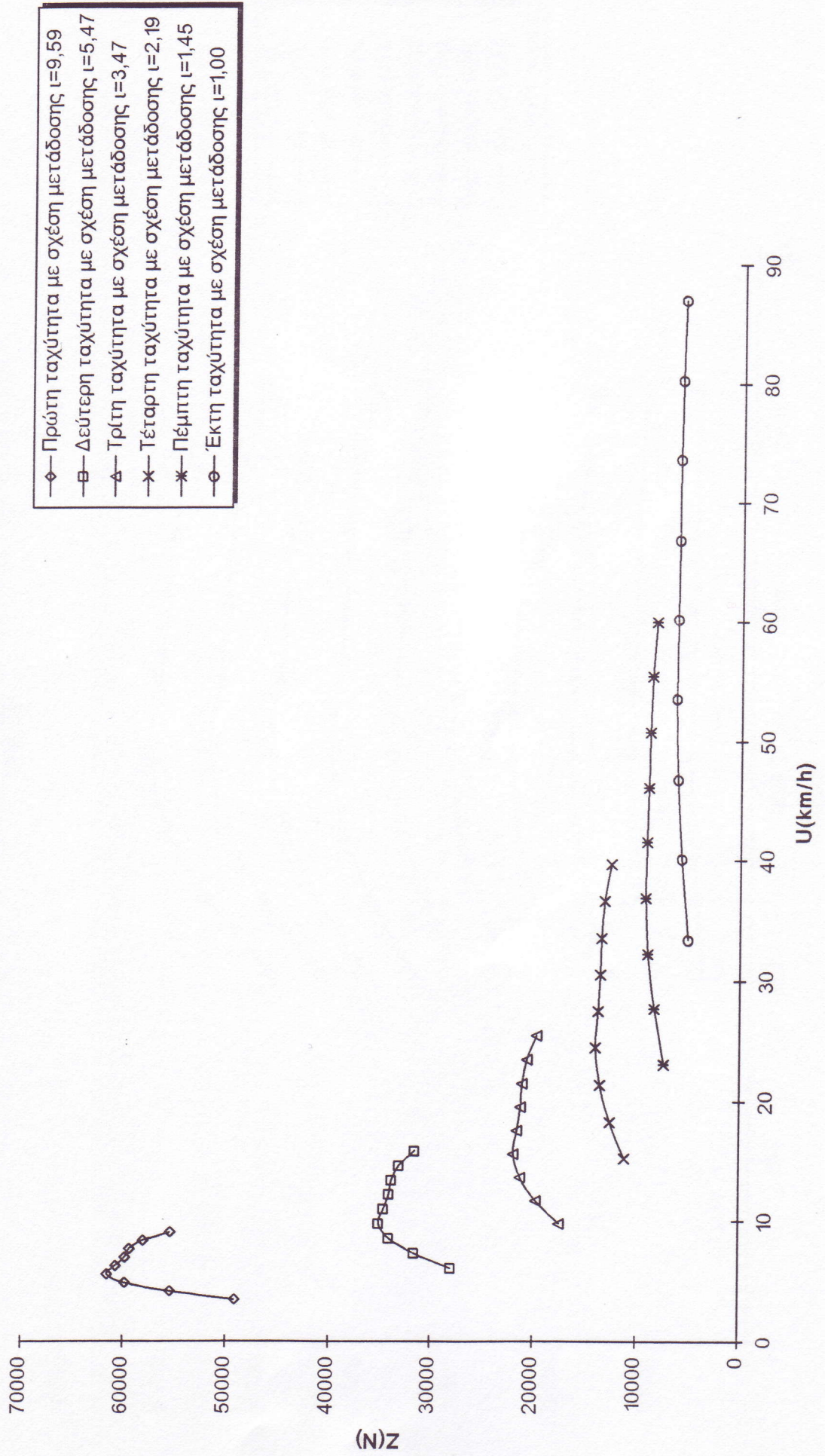
Γράφημα 4

Γράφημα ροπής - στροφών και ισχύος - στροφών κινητήρα φορτηγού 22t



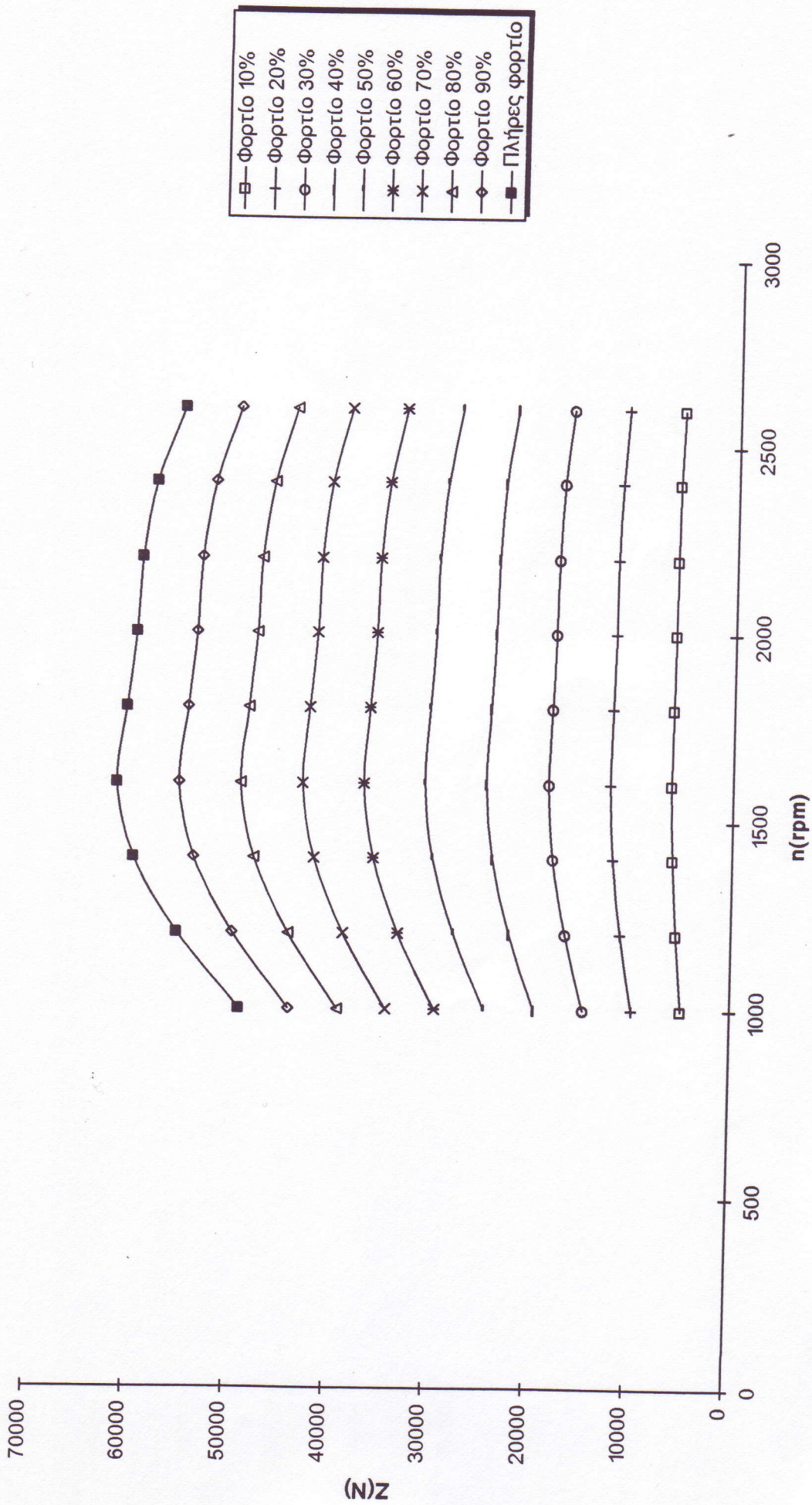
Γράφημα 5

Ελκτική δύναμη του φορτηγού 22t σε συνάρτηση της ταχύτητας του



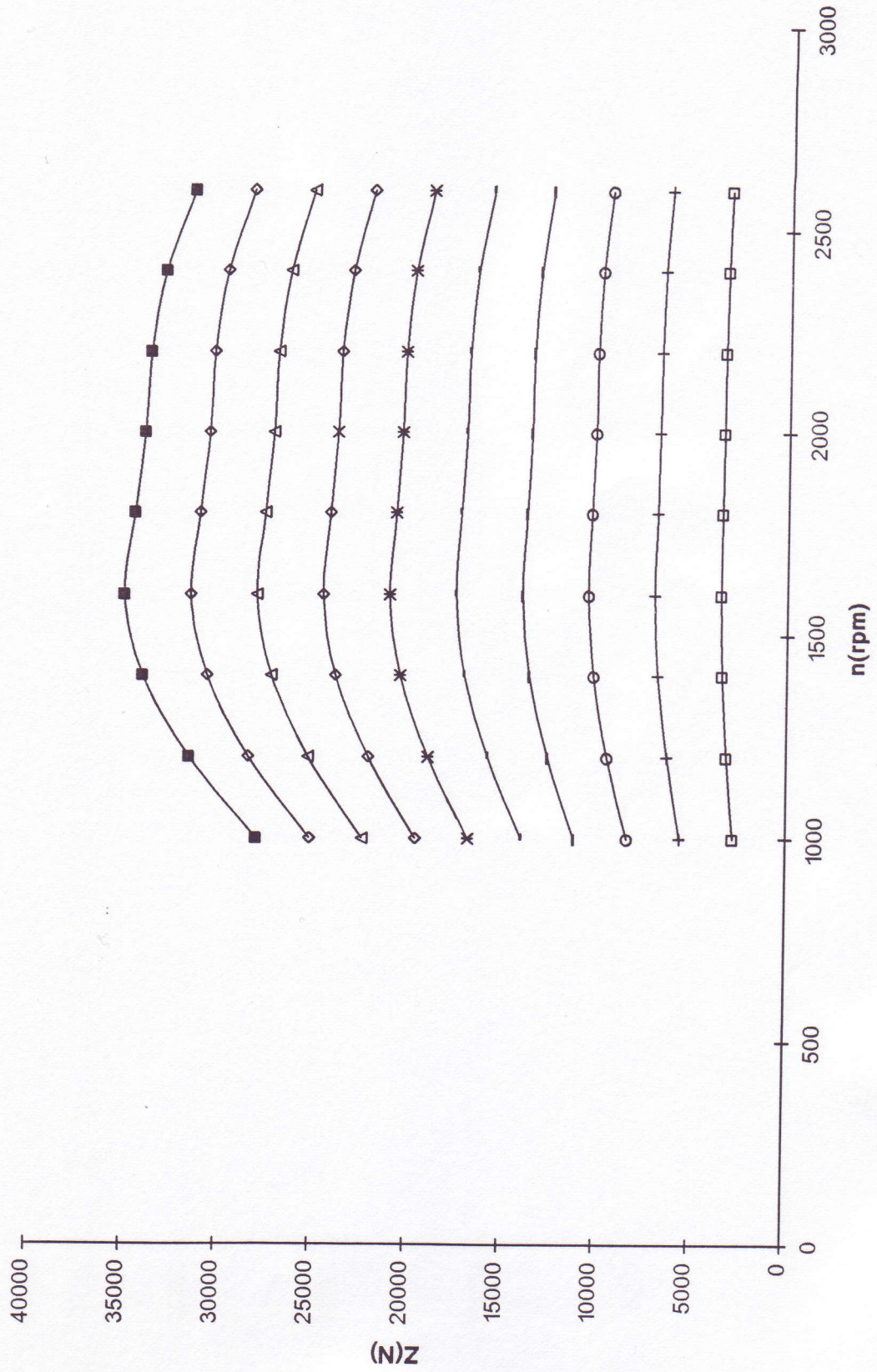
Γράφημα 6

### Ελκτική δύναμη του κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών $i=9,59$



Γράφημα 7

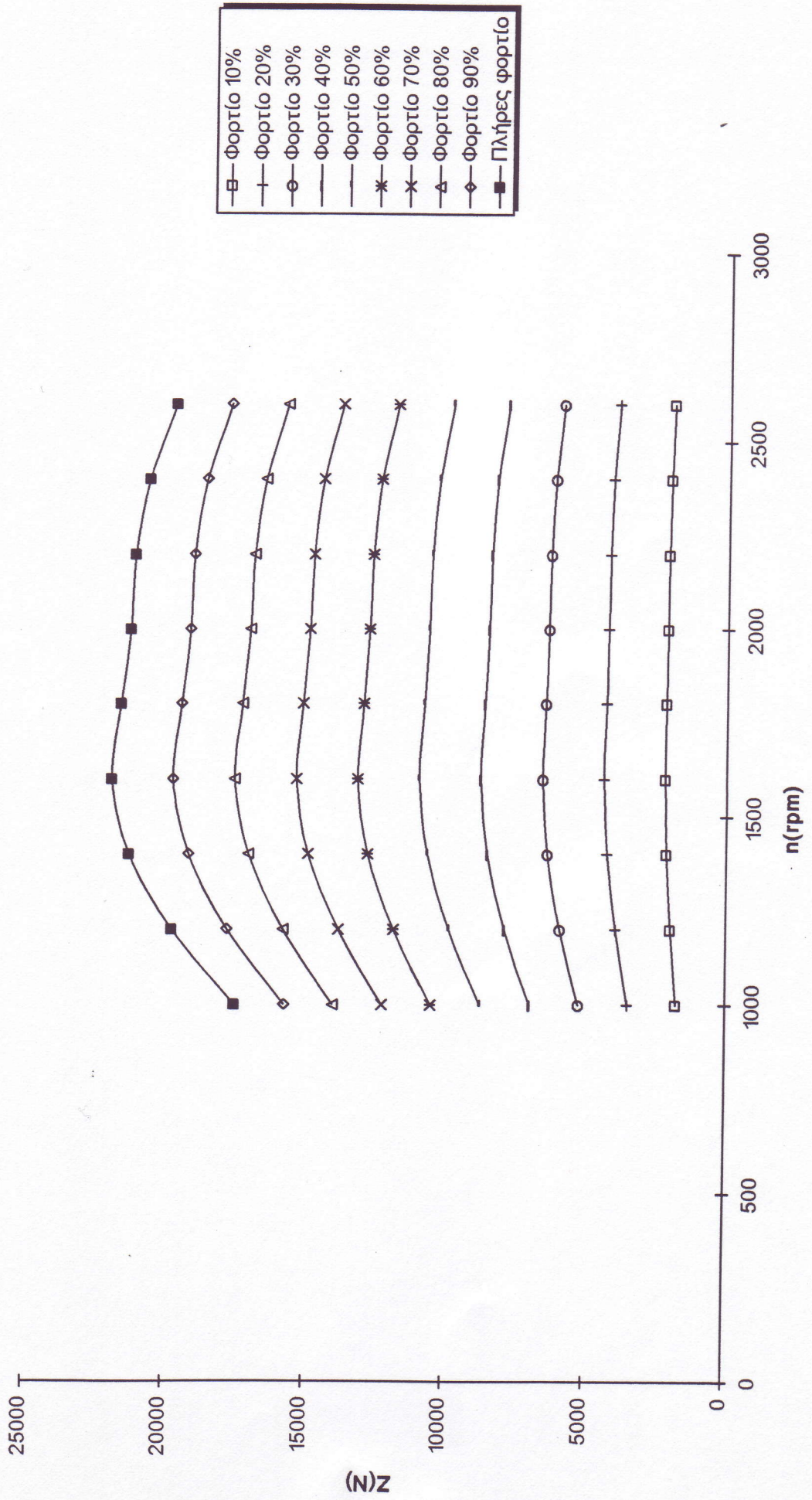
Ελκτική δύναμη κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών  
 $l=5,47$



- Φορτίο 10%
- Φορτίο 20%
- Φορτίο 30%
- Φορτίο 40%
- Φορτίο 50%
- Φορτίο 60%
- Φορτίο 70%
- Φορτίο 80%
- Φορτίο 90%
- Πλήρες φορτίο

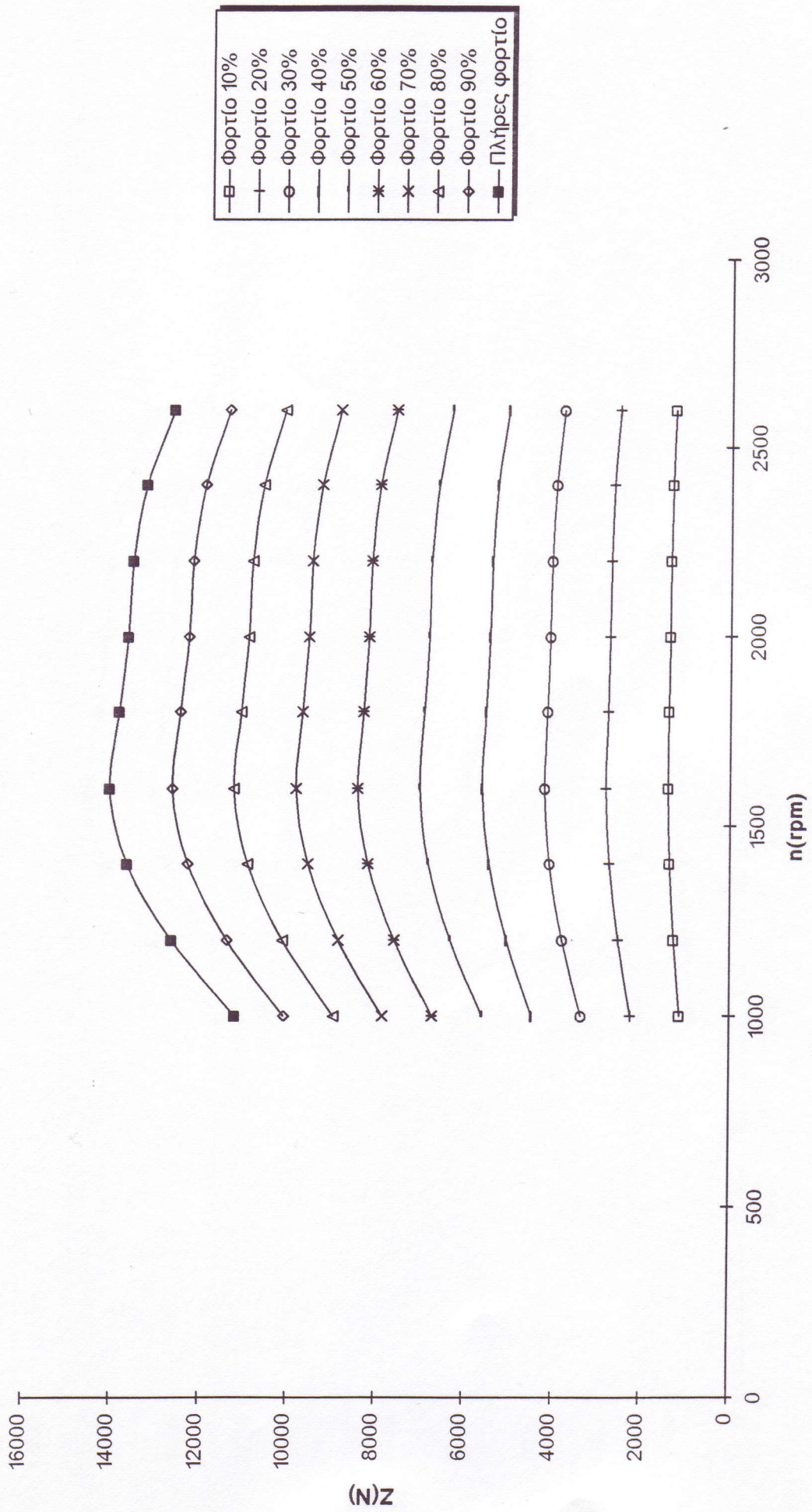
Γράφημα 8

Ελκτική δύναμη κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών  
 $i=3,42$



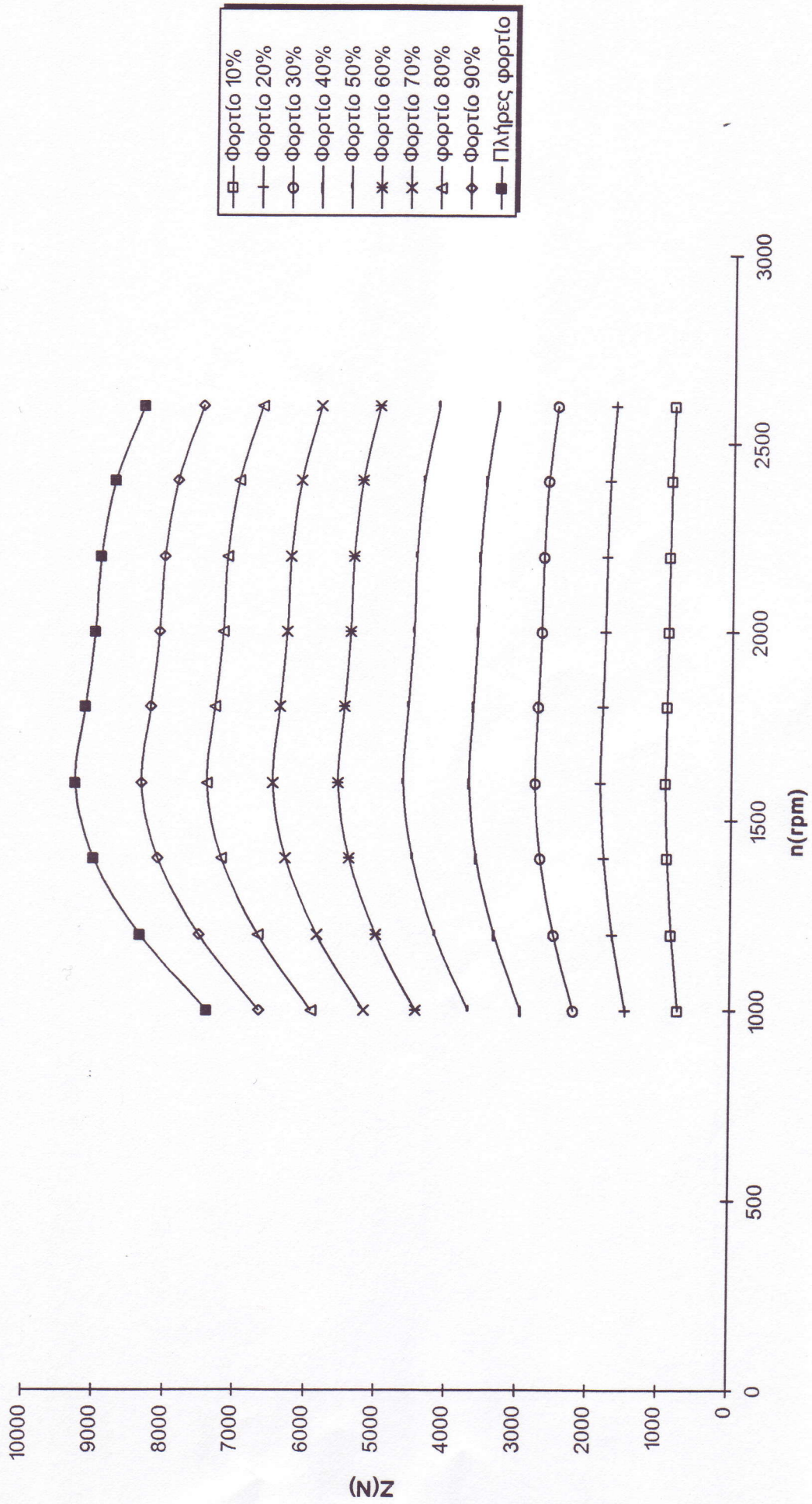
Γράφημα 9

### Ελκτική δύναμη κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών $i=2,19$



Γράφημα 10

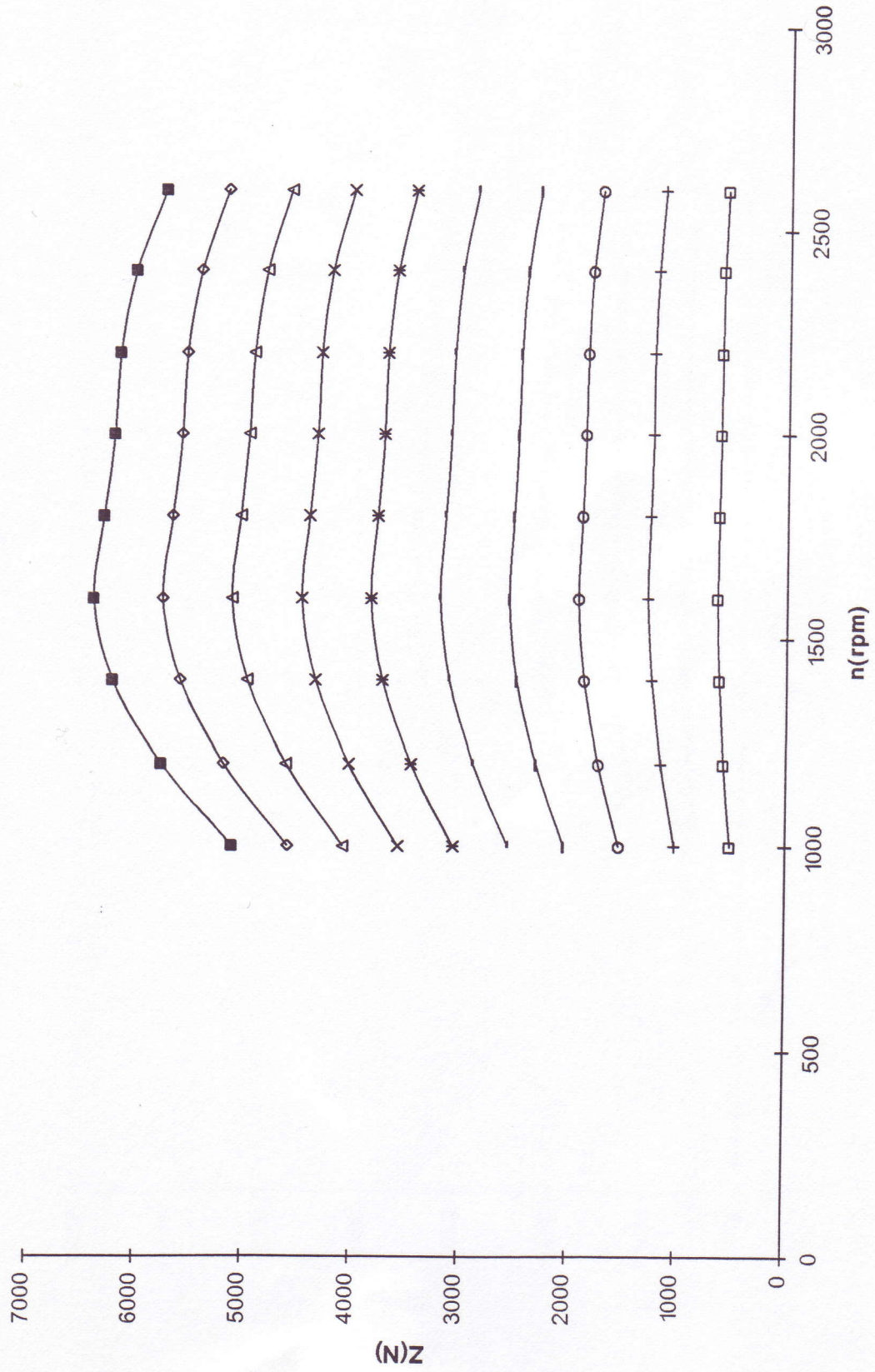
### Ελκτική δύναμη κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών $i=1,45$





Γράφημα 11

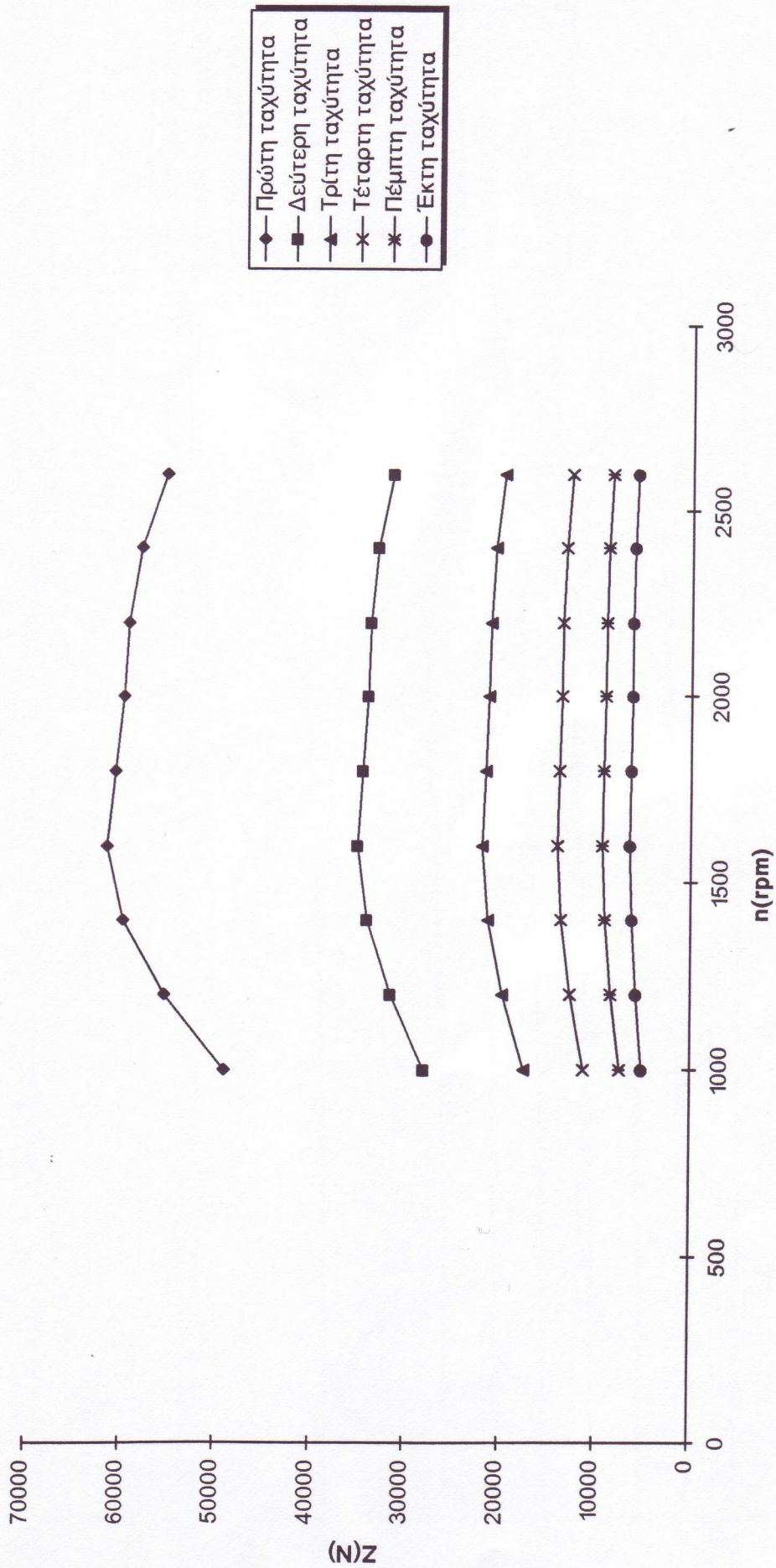
Ελακτική δύναμη κινητήρα σε συνάρτηση του αριθμού στροφών  
 $i=1,00$



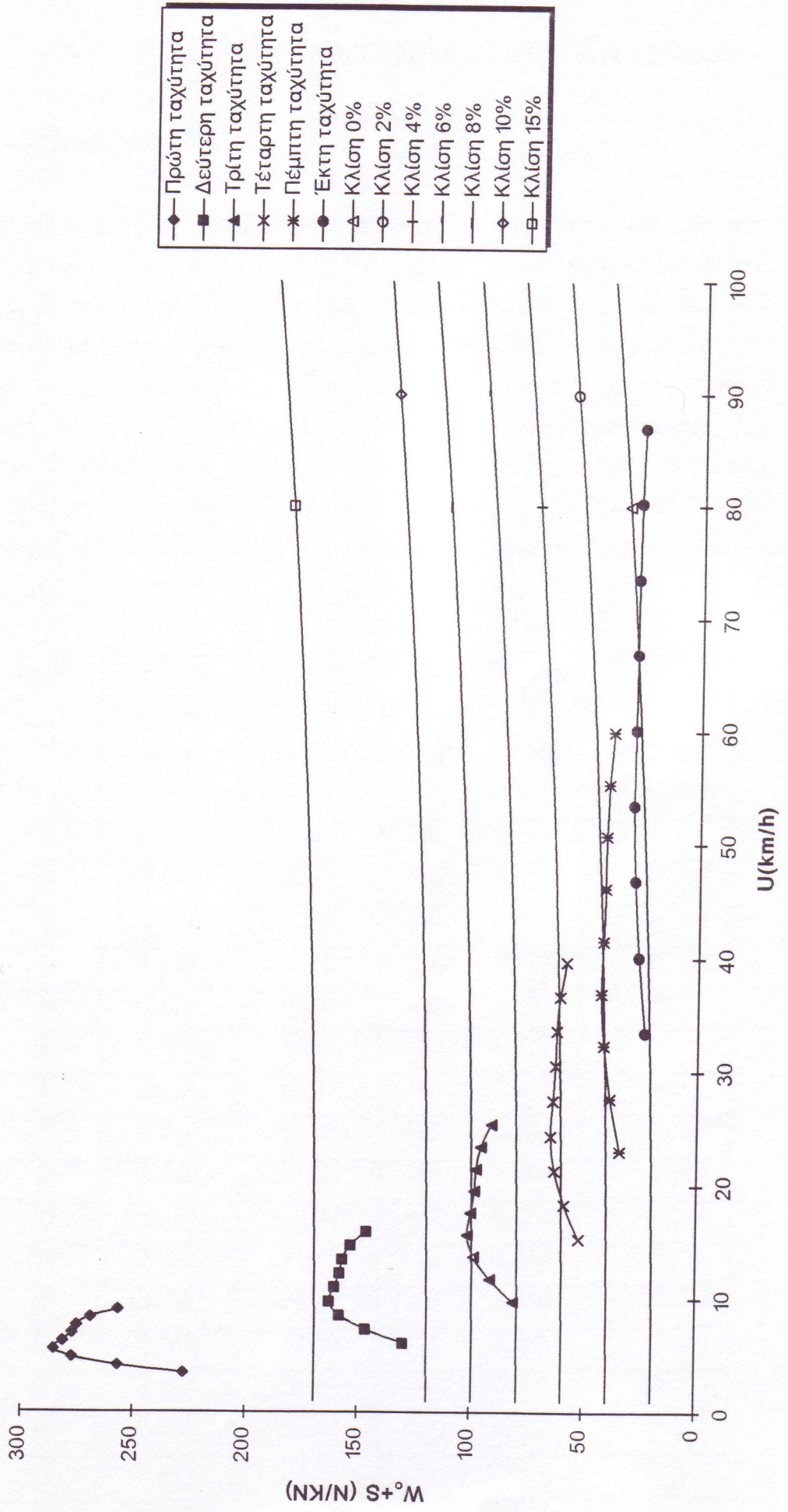
- Φορτίο 10%
- Φορτίο 20%
- Φορτίο 30%
- Φορτίο 40%
- Φορτίο 50%
- \* Φορτίο 60%
- × Φορτίο 70%
- △ Φορτίο 80%
- ◇ Φορτίο 90%
- Πλήρες φορτίο

Γράφημα 12

Ελακτική δύναμη κινητήρα φορτηγού 22t ισχύος 230PS=169KW στο πλήρες φορτίο συνάρτηση του αριθμού στροφών για όλες τις σχέσεις μετάδοσης του κιβώτιου ταχυτήτων



Παραβολή ελκτικής δύναμης φορτηγού 22t ισχύος 230PS=169KW και συνολική αντίσταση κινήσεως και κλίσεως



## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

### 6.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου του οχήματος που εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ο τύπος του είναι : Steyr 1490. 230/043/6x2. Το διάγραμμα ταχύτητας - διάστημα (Γράφημα 14) για το αυτοκίνητο χαράχθηκε κατόπιν θεωρητικού υπολογισμού, διότι λόγω των μικρών διαστημάτων του ταχογράφου ήταν αδύνατος ή χωρίς μεγάλο σφάλμα η ανάπτυξη του πραγματικού δρομολογίου. Ο υπολογισμός έγινε για τη διαδρομή Θεσσαλονίκης - Κατερίνης απόστασης 62 km. Η διαδρομή χωρίστηκε σε 80 τμήματα. Τα δεδομένα μήκος διαδρομής, ταχύτητα αυτοκινήτου, κλίση οδοστρώματος, χρόνος και σχέση μετάδοσης φαίνονται στον πίνακα 1.

Σημείο	Μήκος διαδρομής (km)	Ταχύτητα (km/h)	Κλίση (‰)	Χρόνος (min)	Ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων
1	0	0	-10	0	1 <sup>η</sup>
2	0,003	5,58	-10	0,059	1 <sup>η</sup>
3	0,005	7,68	-10	0,077	0
4	0,011	6,65	-10	0,127	2 <sup>η</sup>
5	0,014	9,79	-10	0,151	2 <sup>η</sup>
6	0,019	13,46	-10	0,177	0
7	0,03	12,43	-10	0,227	3 <sup>η</sup>
8	0,036	15,66	-10	0,254	3 <sup>η</sup>
9	0,052	21,53	-10	0,304	0
10	0,07	20,42	-10	0,354	4 <sup>η</sup>
11	0,074	21,41	-10	0,366	4 <sup>η</sup>
12	0,12	24,45	-10	0,401	4 <sup>η</sup>
13	0,168	33,62	-10	0,501	0
14	0,195	32,4	-10	0,551	5 <sup>η</sup>
15	0,241	36,93	-10	0,631	5 <sup>η</sup>
16	0,443	50,78	-10	0,906	0

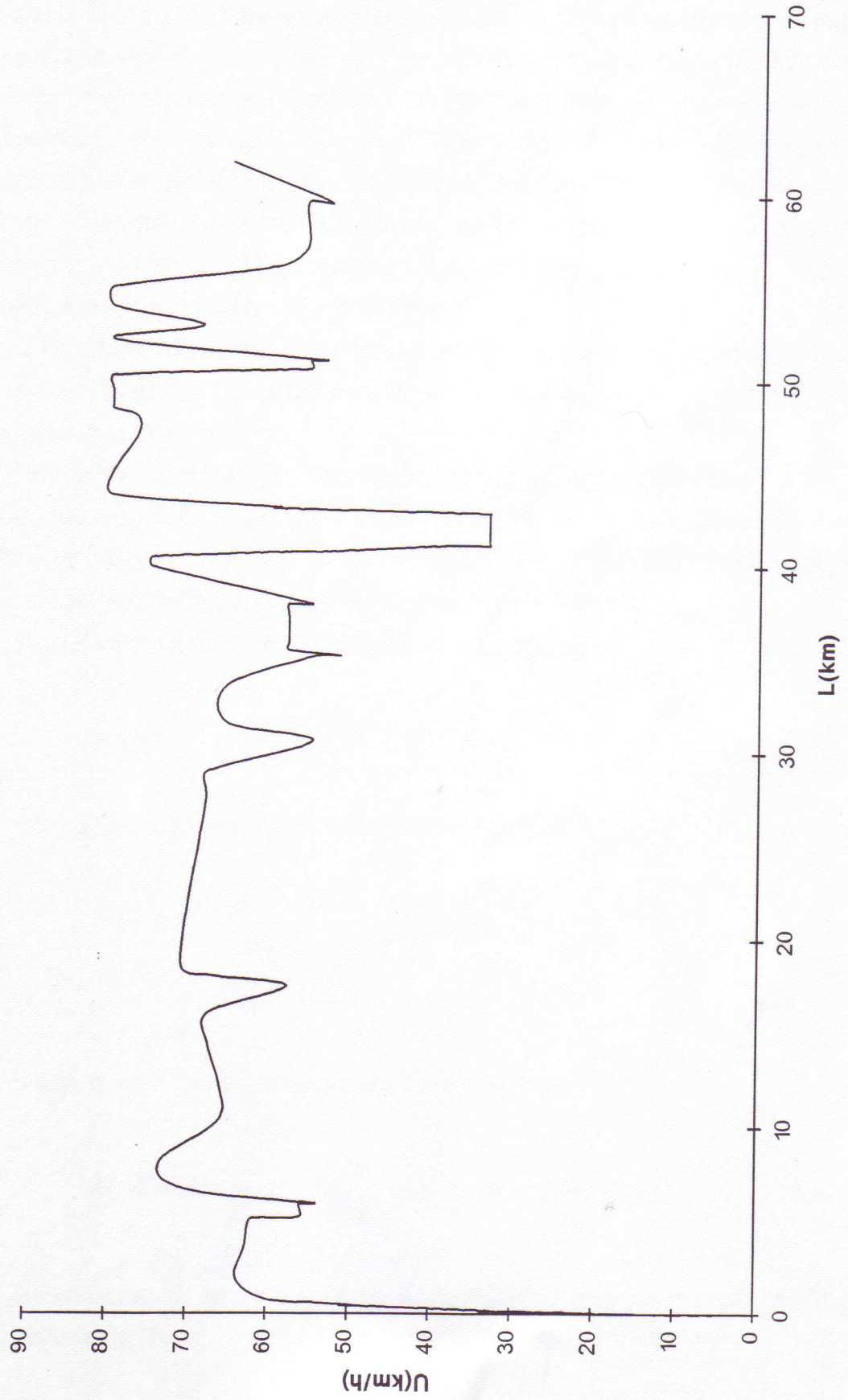
17	0,485	49,35	-10	0,956	6 <sup>n</sup>
18	0,592	53,55	-10	1,081	6 <sup>n</sup>
19	0,818	60,16	0	1,32	6 <sup>n</sup>
20	1,922	63,65	1,64	2,39	6 <sup>n</sup>
21	3,651	62,6	1,51	4,22	6 <sup>n</sup>
22	5,012	62,08	10	5,54	6 <sup>n</sup>
23	5,149	60	10	5,675	0
24	5,197	56	10	5,725	5 <sup>n</sup>
25	5,882	56	-10	6,46	0
26	5,928	54,24	-10	6,51	6 <sup>n</sup>
27	6,482	67,74	-2,2	7,055	6 <sup>n</sup>
28	7,233	73	-2,2	7,695	6 <sup>n</sup>
29	8,307	73	0,52	8,595	6 <sup>n</sup>
30	10,375	66	0,52	10,38	6 <sup>n</sup>
31	12,347	66	-0,43	12,175	6 <sup>n</sup>
32	14,477	67,5	-0,43	14,09	6 <sup>n</sup>
33	16,155	67,5	6,2	15,585	6 <sup>n</sup>
34	17,587	57,8	-6,2	16,985	6 <sup>n</sup>
35	18,16	67,2	-6,2	17,535	6 <sup>n</sup>
36	18,851	71	0	18,135	6 <sup>n</sup>
37	27,636	68	0	26,185	6 <sup>n</sup>
38	29,035	68	4,5	27,42	6 <sup>n</sup>
39	30,73	55	-4,5	29,075	6 <sup>n</sup>
40	31,671	65,41	0	30,015	6 <sup>n</sup>
41	33,731	65,41	5	31,905	6 <sup>n</sup>
42	35,283	55	5	33,455	0
43	35,328	51,7	5	33,505	5 <sup>n</sup>
44	35,634	58	5	33,84	5 <sup>n</sup>
45	36,05	58	12,5	34,275	5 <sup>n</sup>
46	37,35	58	6,3	35,62	5 <sup>n</sup>
47	38,085	58	-3,4	36,385	0
48	38,132	55,4	-3,4	36,435	6 <sup>n</sup>
49	40,11	75	-3,4	38,255	6 <sup>n</sup>
50	40,589	75	36,3	38,64	6 <sup>n</sup>

51	40,83	60	36,3	38,855	0
52	40,877	53	36,3	38,905	5 <sup>n</sup>
53	41,163	40	36,3	39,275	0
54	41,193	33,4	36,3	39,325	4 <sup>n</sup>
55	41,305	33,4	22,6	39,53	4 <sup>n</sup>
56	42,903	33,4	-19,06	42,405	0
57	42,93	33,3	-19,06	42,455	5 <sup>n</sup>
58	43,23	60	-19,06	42,84	0
59	43,279	59,16	-19,06	42,89	6 <sup>n</sup>
60	43,992	80	-19,06	43,505	6 <sup>n</sup>
61	45,162	80	-4	44,385	6 <sup>n</sup>
62	47,163	77	-4	45,915	6 <sup>n</sup>
63	48,227	77	-11,2	46,745	6 <sup>n</sup>
64	48,659	80	-11,2	47,075	6 <sup>n</sup>
65	48,851	80	-13,3	47,115	6 <sup>n</sup>
66	49,662	80	-15	47,725	6 <sup>n</sup>
67	50,41	80	17,2	48,29	6 <sup>n</sup>
68	50,697	60	17,2	48,52	0
69	50,745	55,7	17,2	48,57	5 <sup>n</sup>
70	51,186	55,7	-9,96	49,05	0
71	51,232	53,9	-9,96	49,1	6 <sup>n</sup>
72	52,335	79,8	5,5	50,095	6 <sup>n</sup>
73	53,1	69	-8,25	50,715	6 <sup>n</sup>
74	54,174	80	-8,25	51,58	6 <sup>n</sup>
75	55,211	80	7,1	52,36	6 <sup>n</sup>
76	56,325	60	7,1	53,315	0
77	57,335	56,28	3,2	53,695	5 <sup>n</sup>
78	59,75	56,28	-0,8	55,945	0
79	59,796	53,5	-0,8	55,995	6 <sup>n</sup>
80	61,95	65,5	-0,8	58,185	6 <sup>n</sup>

**Πίνακας 1.** Δεδομένα του φορτηγού Styer για τη διαδρομή Θεσσαλονίκης - Κατερίνης. (Στην τελευταία στήλη του πίνακα το 0 σημαίνει ότι καμία ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων δεν είναι σε σύμπλεξη).

Γράφημα 14

Ταχύτητα φορτηγού 22t - Μήκος διαδρομής



Σε κάθε ένα διάστημα υπολογίζεται η αντίσταση πορείας. Οι αντιστάσεις καμπυλών θεωρούνται αμελητέες. Η ελκτική δύναμη του κινητήρα ισούται με την αντίσταση πορείας. Τα αποτελέσματα ελκτικής δύναμης - διάστημα φαίνονται στο Γράφημα 15. Από την ελκτική δύναμη του κινητήρα προκύπτει η ροπή του και από την ταχύτητα οι στροφές του. Για κάθε ένα τμήμα η ταχύτητα θεωρείται σταθερή και ίση με το ημιάθροισμα των ταχυτήτων των δύο σημείων της εξεταζόμενης απόστασης. Σταθερός επίσης θεωρήθηκε και ο αριθμός στροφών του κινητήρα. Συνεπώς από το διάγραμμα ροπής - στροφών (Γράφημα 16) προκύπτει το σημείο λειτουργίας του κινητήρα, άρα και η ειδική κατανάλωση καυσίμου για κάθε περίπτωση.

Στα τμήματα που η αντίσταση είναι αρνητική ή το κιβώτιο ταχυτήτων είναι στο "νεκρό" λαμβάνεται στον υπολογισμό η κατανάλωση για λειτουργία στο ρελαντί.

Έστω ότι το διάστημα που εξετάζεται έχει απειροστό μήκος  $dl$  και ο χρόνος που χρειάζεται για να διανυθεί είναι  $dt$ . Η ισχύς  $N_e$  είναι γνωστή (ισούται με το γινόμενο της ελκτικής δύναμης και της ταχύτητας) και  $b_e$  είναι η ειδική κατανάλωση για το δεδομένο σημείο λειτουργίας.

Άρα η κατανάλωση υπολογίζεται από τη σχέση :

$$dm_b = b_e N_e dt \quad (6.2)$$

Εδώ ο χρόνος είναι πεπερασμένος  $dt = t_{i+1} - t_i$  Άρα:

$$m_b = \int_{t_i}^{t_{i+1}} b_e N_e dt$$

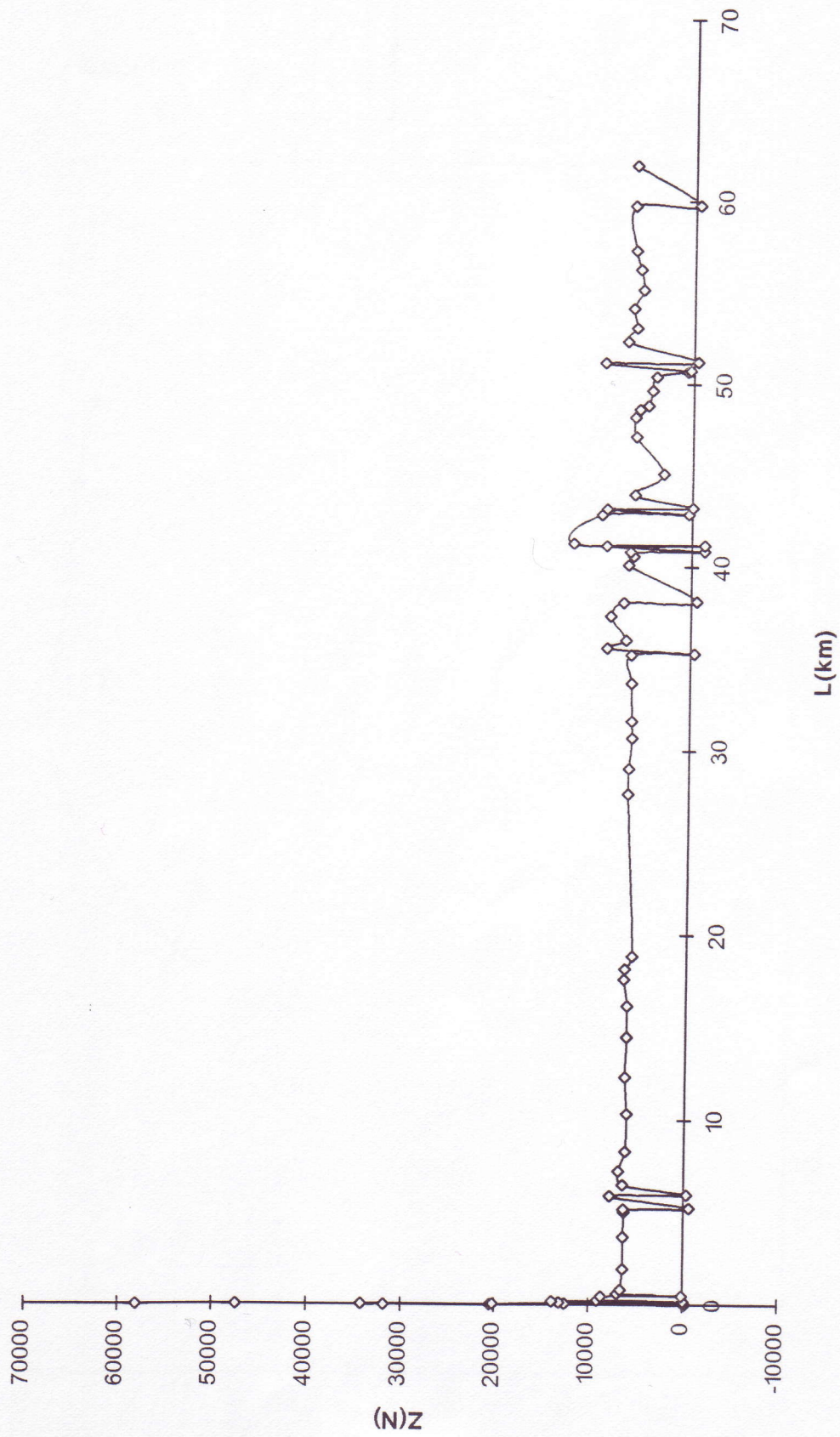
Η ισχύς για κάθε διάστημα είναι σταθερή. Άρα :

$$M_d \omega = N_e \Rightarrow M_{d1} = \frac{N_e}{\omega} = \frac{N_e}{2\pi n} = c \quad (\text{σταθερό}) \quad (6.3)$$

Συνεπώς το  $b_e$  προσδιορίζεται μονοσήμαντα από το σημείο ( $n$ ,  $M_{d1}$ ) του Γραφήματος 16.

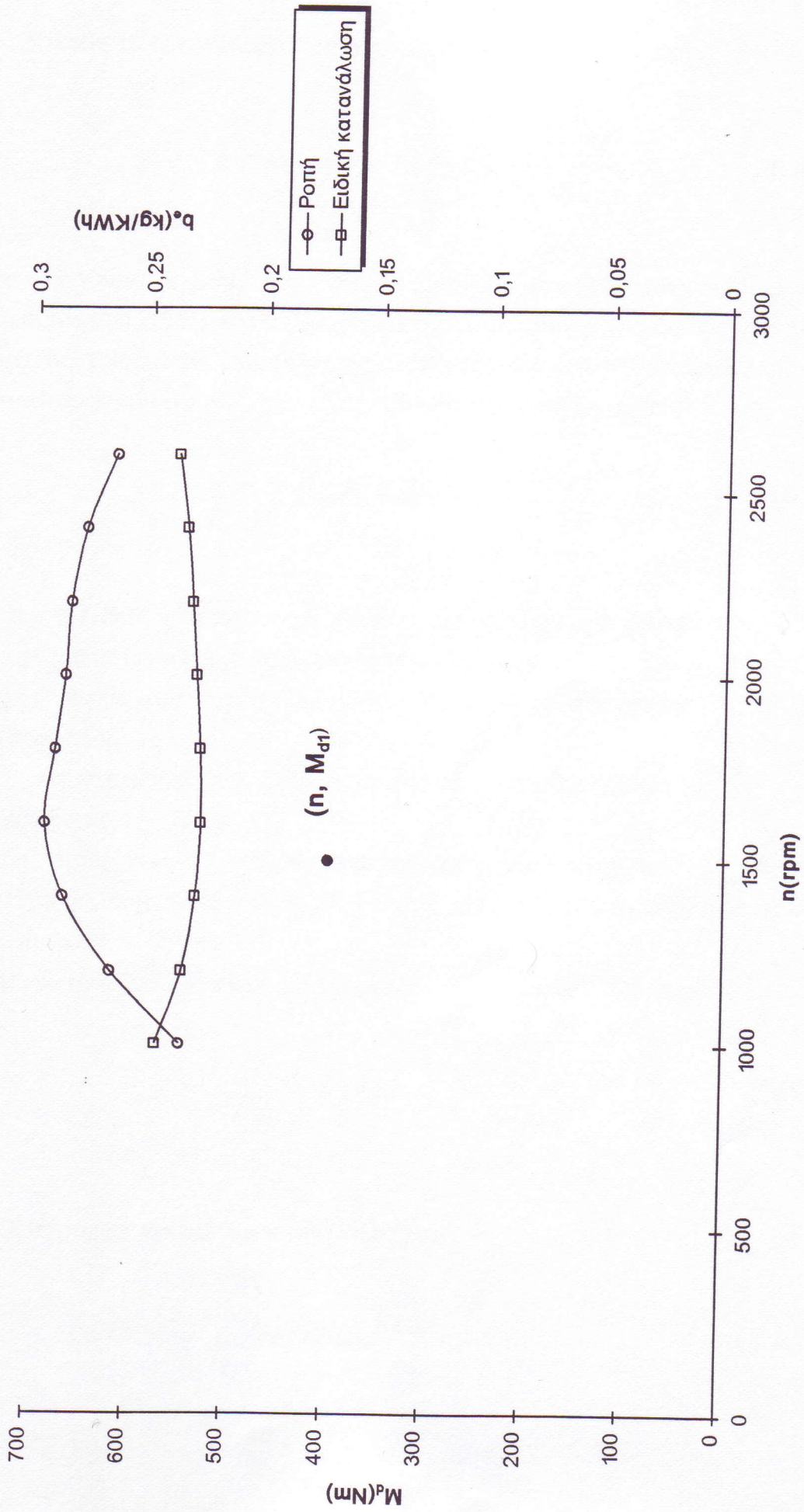


Ελακτική δύναμη φορτηγού 22t - Μήκος διαδρομής



Γράφημα 16

Γράφημα ροπής - στροφών και ειδικής κατανάλωσης καυσίμου - στροφών κινητήρα φορτηγού 22 t



Δηλαδή το  $b_e$  = σταθερό στο διάστημα και επομένως είναι :

$$m_b = N_e b_e \int_{t_i}^{t_{i+1}} dt = N_e b_e (t_{i+1} - t_i) \quad (6.4)$$

Η ισχύς  $N_e$  και ο χρόνος  $t_i, t_{i+1}$  είναι γνωστός ενώ πρέπει να προσδιοριστεί η ειδική κατανάλωση καυσίμου  $b_e$ . Λόγω της δυσκολίας που υπάρχει για την είσοδο όλων των τιμών της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, αυτή υπολογίζεται από τη σχέση :

$$b_e = K_{\omega e} K_u b_{en} \quad (6.5)$$

όπου :

$b_{en}$  : η ειδική κατανάλωση καυσίμου του κινητήρα για το μέγιστο αριθμό στροφών και το μέγιστο φορτίο.

$K_{\omega e}$  : συντελεστής που εξαρτάται από τον εκάστοτε αριθμό στροφών.

$K_u$  : συντελεστής που εξαρτάται από το εκάστοτε φορτίο του κινητήρα.

Οι τιμές των  $K_{\omega e}$  και  $K_u$  δίνονται από τα Γραφήματα 17 και 18 αντίστοιχα. Οι καμπύλες των  $M_d, K_{\omega e}$  και  $K_u$  εισάγονται στο υπολογιστή με μορφή πινάκων.

Η ελκτική δύναμη ισούται κάθε φορά με την αντίσταση πορείας:

$$Z = \frac{M_{d1} i_1 i_2 \eta}{\frac{D_{dyn}}{2}} = W \Rightarrow M_{d1} = \frac{W D_{dyn}}{2 i_1 i_2 \eta} \quad (6.6)$$

Οι στροφές προκύπτουν από τη σχέση :

$$U = \frac{\pi n D_{dyn}}{i_1 i_2} \Rightarrow n = \frac{U i_1 i_2}{\pi D_{dyn}} \quad (6.7)$$

Για η στροφές από Γράφημα 3 προκύπτει με γραμμική παρεμβολή το  $M_d$ . Για  $n/n_{\max}$  από το Γράφημα 17 το  $K_{\omega e}$  και για  $M_{d1}/M_d$  από το Γράφημα 18 το  $K_u$ , επίσης με γραμμική παρεμβολή. Άρα προσδιορίζεται το  $b_e$ , επομένως και το  $m_b$ , δηλαδή η κατανάλωση καυσίμου για το συγκεκριμένο διάστημα. Για τα τμήματα όπου η αντίσταση είναι αρνητική ή μηδέν και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι στο `` νεκρό `` η πραγματική ισχύς είναι μηδέν. Έτσι λαμβάνεται ο κινητήρας να λειτουργεί στο ρελαντί 1000 rpm και η κατανάλωση δίνεται από τη σχέση :

$$m_b = b_p (t_{i+1} - t_i) \quad (6.9)$$

όπου:

$b_p$  η κατανάλωση καυσίμου στο ρελαντί.

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου του δεδομένου αυτοκινήτου στο μέγιστο αριθμό στροφών και στο πλήρες φορτίο είναι  $b_{en}=0,238\text{kg/KWh}$ . Στο ρελαντί για  $n=1000\text{rpm}$  η κατανάλωση καυσίμου είναι  $b_p=2\text{kg/h}$ . (Βλέπε συγκριτικά στοιχεία [12 - Σχ. 15-28]).

Αθροίζοντας τις καταναλώσεις όλων των διαστημάτων προκύπτει η ολική κατανάλωση για την διαδρομή Θεσσαλονίκης - Κατερίνης μήκους 62 km.

Στο σημείο αυτό θεωρείται σκόπιμο να παρουσιαστεί γραφικά πως μεταβάλλεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου του εξεταζόμενου οχήματος για μία αντίσταση κίνησης χωρίς κλίση του οδοστρώματος και χωρίς επιτάχυνση και η αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμου ανά 100km. Η κατανάλωση καυσίμου για απόσταση L υπολογίζεται ως εξής :

$$m_{b/L} = b_e N_e t \quad (6.10)$$

όπου:

$m_{b/L}$  : η κατανάλωση καυσίμου για απόσταση L

$b_e$  : η ειδική κατανάλωση καυσίμου

$N_e$  : η ισχύς του οχήματος

$t$  : ο χρόνος που χρειάζεται το όχημα να διανύσει την απόσταση L

Η ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση :

$$N_e = ZU \quad (6.11)$$

όπου :

U : η ταχύτητα του οχήματος

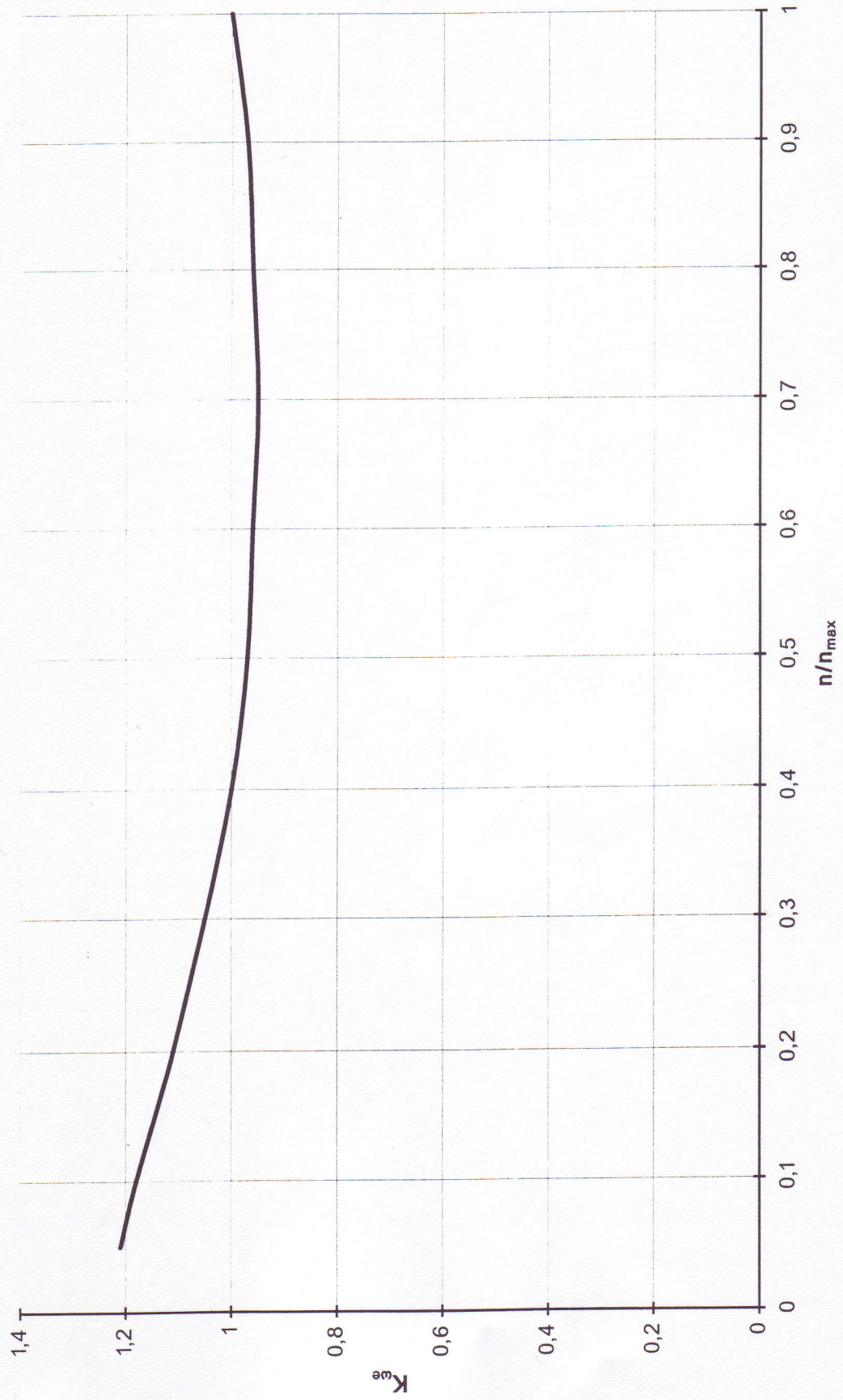
Z : η ελκτική δύναμη του οχήματος

και ο χρόνος από τη σχέση :

$$t = \frac{L}{U} \quad (6.12)$$

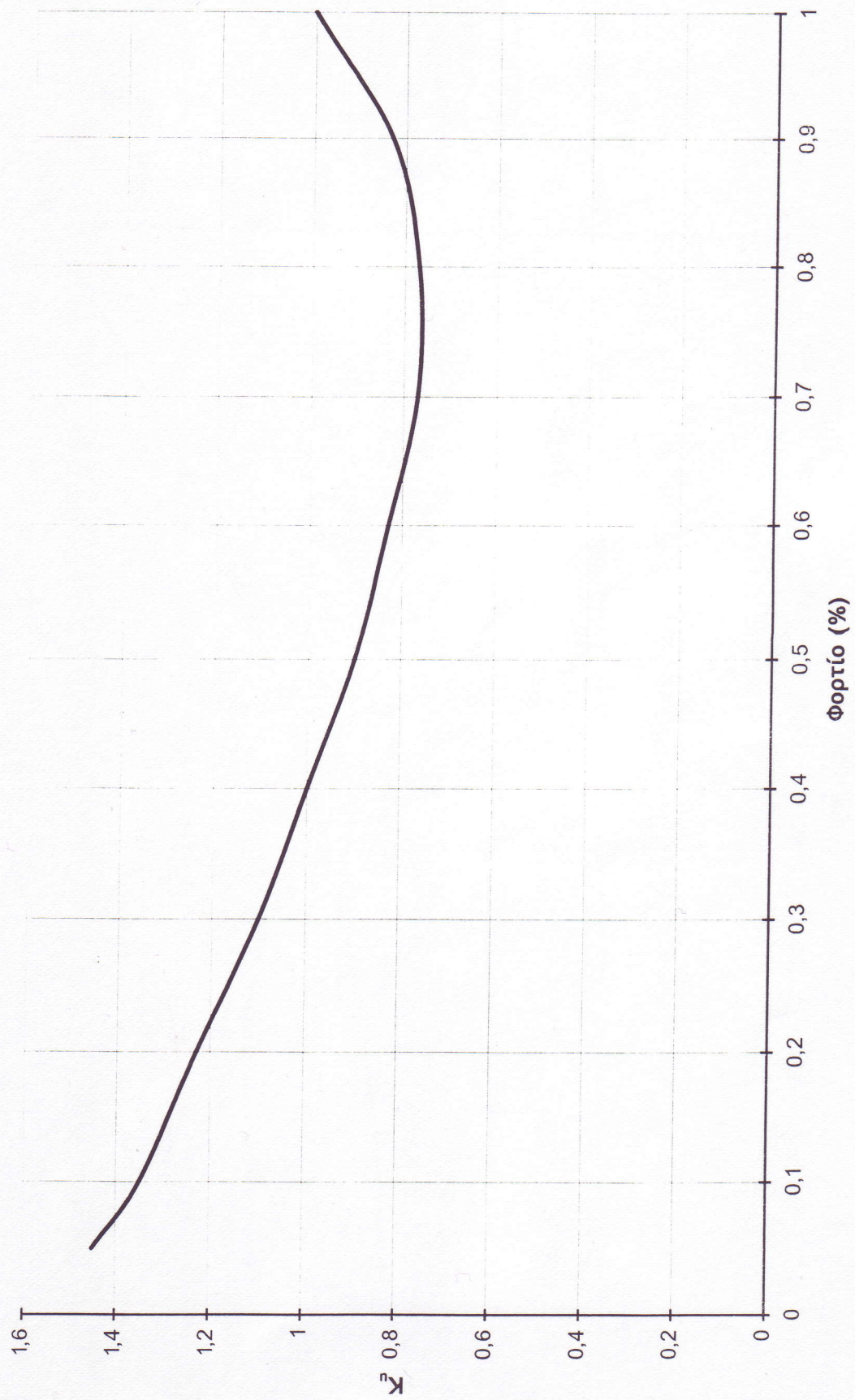
Για  $L=100\text{km}$  υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου ανά  $100\text{km}$ . Στο Γράφημα 19 παρουσιάζεται η ειδική κατανάλωση και στο Γράφημα 20 η κατανάλωση ανά  $100\text{km}$ , για την δεδομένη αντίσταση κίνησης, στις διάφορες σχέσεις μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων σε συνάρτηση της ταχύτητας του φορτηγού. Η κατανάλωση όπως και η ειδική κατανάλωση είναι μεγαλύτερες για τις μεγάλες σχέσεις μετάδοσης και μικρότερες για τις μικρές σχέσεις μετάδοσης. Κάθε σχέση μετάδοσης παρουσιάζει ένα ελάχιστο που είναι περίπου στο μέσο των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα. Οι καμπύλες που αντιστοιχούν στη 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> ταχύτητα και λίγο η καμπύλη της 3<sup>ης</sup> ταχύτητας, δεν παρουσιάζουν αυτή τη μορφή λόγω της προσέγγισης στην ειδική κατανάλωση καυσίμου, που γίνεται με τους συντελεστές  $K_u$  και  $K_{\omega_e}$ , οι οποίοι επιφέρουν ένα σφάλμα  $10 \sim 15 \%$ .

Συντελεστής  $K_{\omega_e}$  διορθώσεως ειδικής κατανάλωσης λόγω στροφών [4]



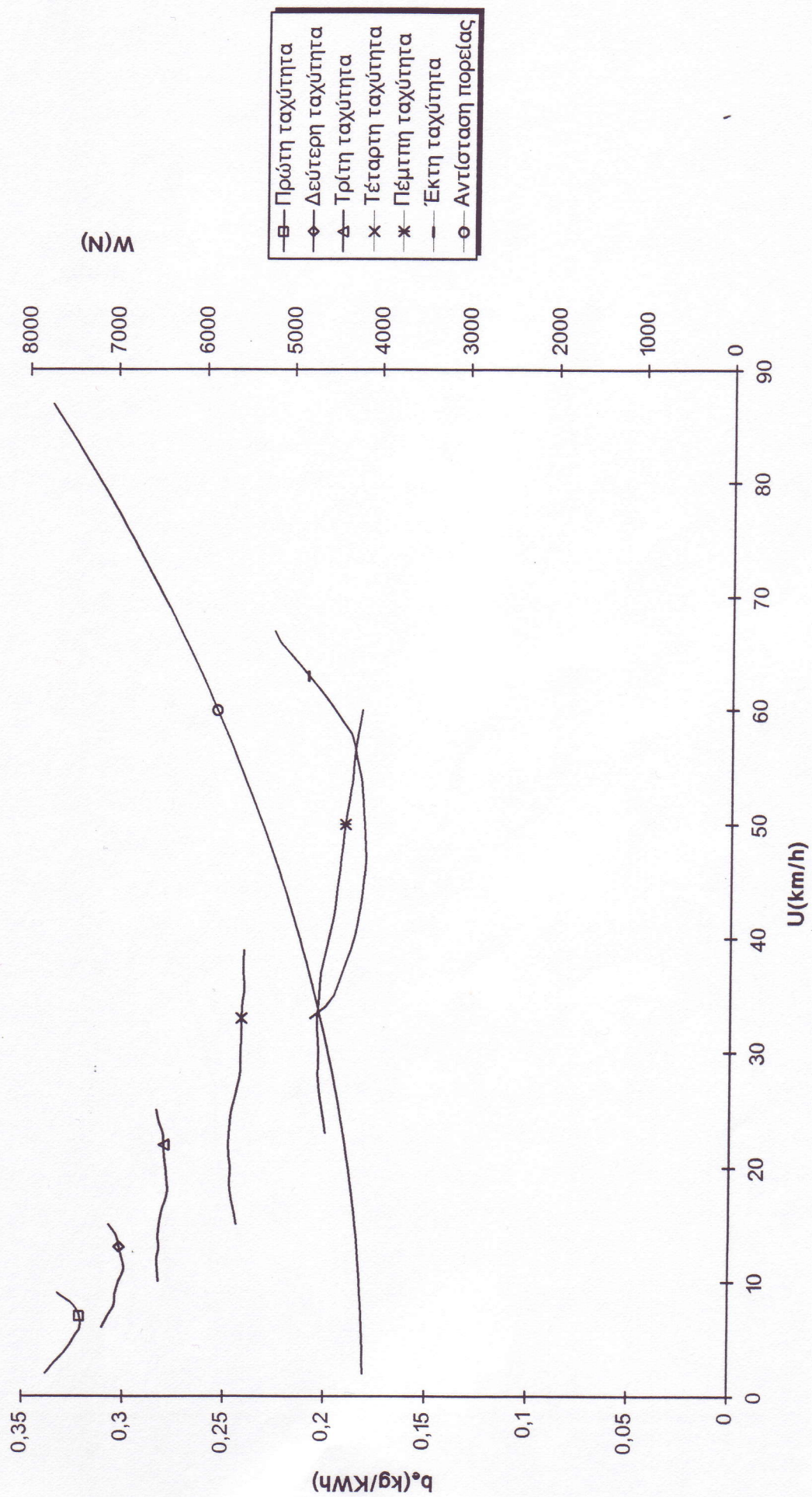
Γράφημα 18

Συντελεστής  $K_u$  διορθώσεως ειδικής κατανάλωσης λόγω φορτίου [4]



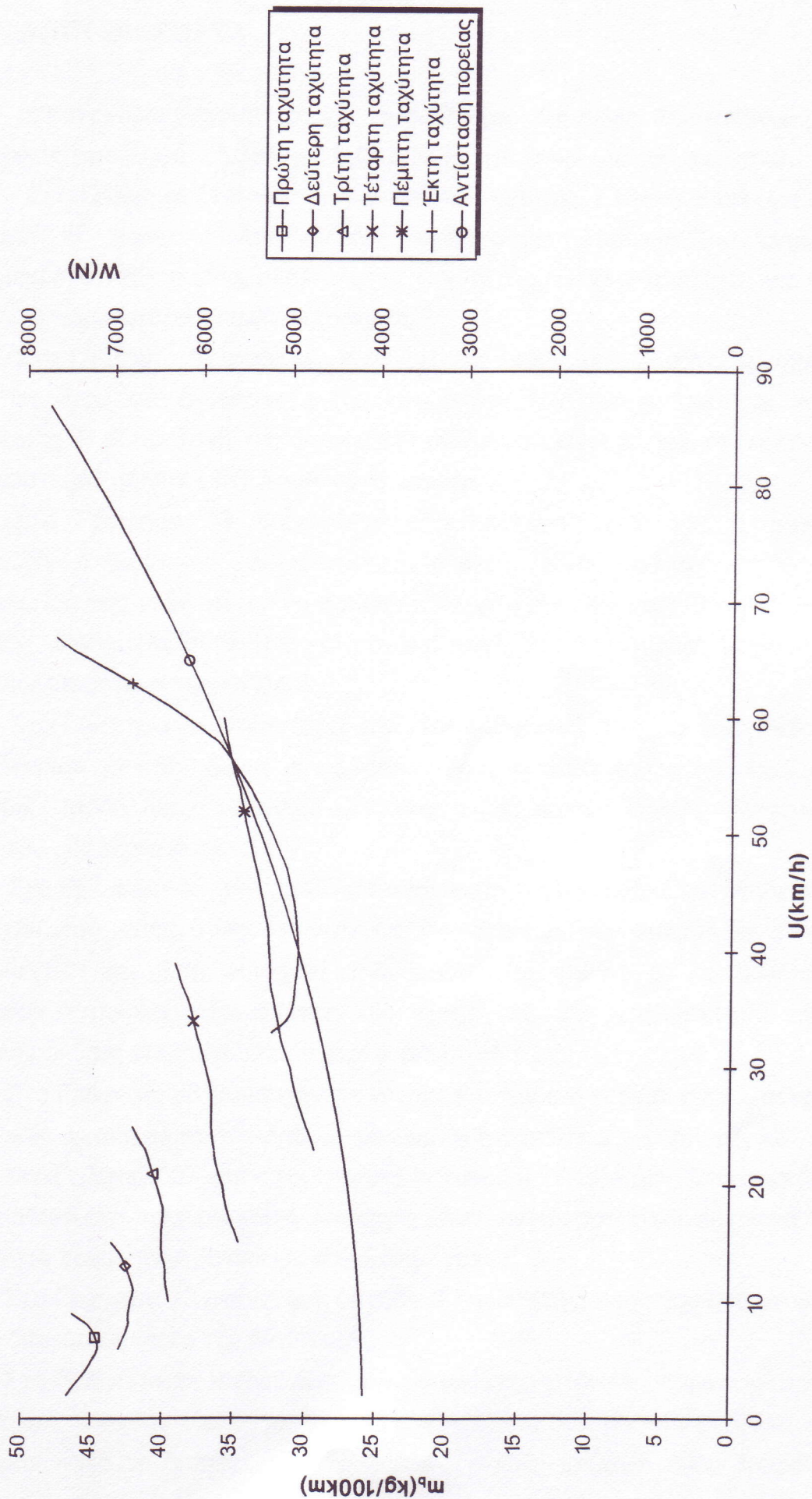
Γράφημα 19

Ειδική κατανάλωση καυσίμου φορτηγού 22t σε συνάρτηση της ταχύτητας για κλίση 0%





Κατανάλωση καυσίμου φορτηγού 22t ανά 100km σε συνάρτηση της ταχύτητας για κλίση 0%



## 6.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η κατανάλωση καυσίμου για τη διαδρομή των 62km Θεσσαλονίκης - Κατερίνης προέκυψε 28,393kg ή 0,00212365 kg/km KN (μικτού φορτίου).

Στο Γράφημα 21 φαίνεται η αντίσταση κύλισης, η οποία αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της ολικής αντίστασης. Παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις καθώς είναι ανάλογη της ταχύτητας, όπου η ταχύτητα για το φορτηγό παρουσιάζει μικρές μεταβολές.

Στο Γράφημα 22 φαίνεται η αντίσταση τριβής στα έδρανα, η οποία είναι σταθερή και ανεξάρτητη της ταχύτητας του αυτοκινήτου και της διαδρομής. Η συμμετοχή της στην ολική αντίσταση είναι ελάχιστη και στις περισσότερες μελέτες δεν λαμβάνεται υπόψη.

Στο Γράφημα 23 φαίνεται η αεροδυναμική αντίσταση η οποία εμφανίζει σημαντικές αυξομειώσεις καθώς είναι συνάρτηση του τετραγώνου της ταχύτητας. Το ποσοστό της στη συνολική αντίσταση είναι περίπου 15% καθώς πρόκειται για μεγάλο φορτηγό όπου η μέση ταχύτητα του είναι μικρότερη των 80km/h.

Στο Γράφημα 24 φαίνεται η αντίσταση κλίσεως, η οποία είναι μικρή σε σύγκριση με την ολική αντίσταση καθώς η διαδρομή είναι σχεδόν επίπεδη. Παράλληλα εμφανίζει αρνητικές τιμές καθώς έχουμε αρνητική κλίση του οδοστρώματος.

Στο Γράφημα 25 φαίνεται η αντίσταση επιταχύνσεως. Στην εκκίνηση του οχήματος, είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που συμβάλλει στην ολική αντίσταση. Στη συνέχεια της διαδρομής, καθώς το αυτοκίνητο παρουσιάζει μικρές αυξομειώσεις της ταχύτητας του, η συμμετοχή της είναι μικρή. Στις επιβραδύνσεις παίρνει αρνητική τιμή.

Στο Γράφημα 26 φαίνεται η ταχύτητα και η κλίση του οδοστρώματος. Όταν αυξάνεται η κλίση του δρόμου μειώνεται η ταχύτητα του φορτηγού.

Στο Γράφημα 27 φαίνεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου. Στα σημεία όπου μηδενίζεται η ειδική κατανάλωση, η ολική αντίσταση είναι αρνητική ή το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται στη θέση ``νεκρό``.

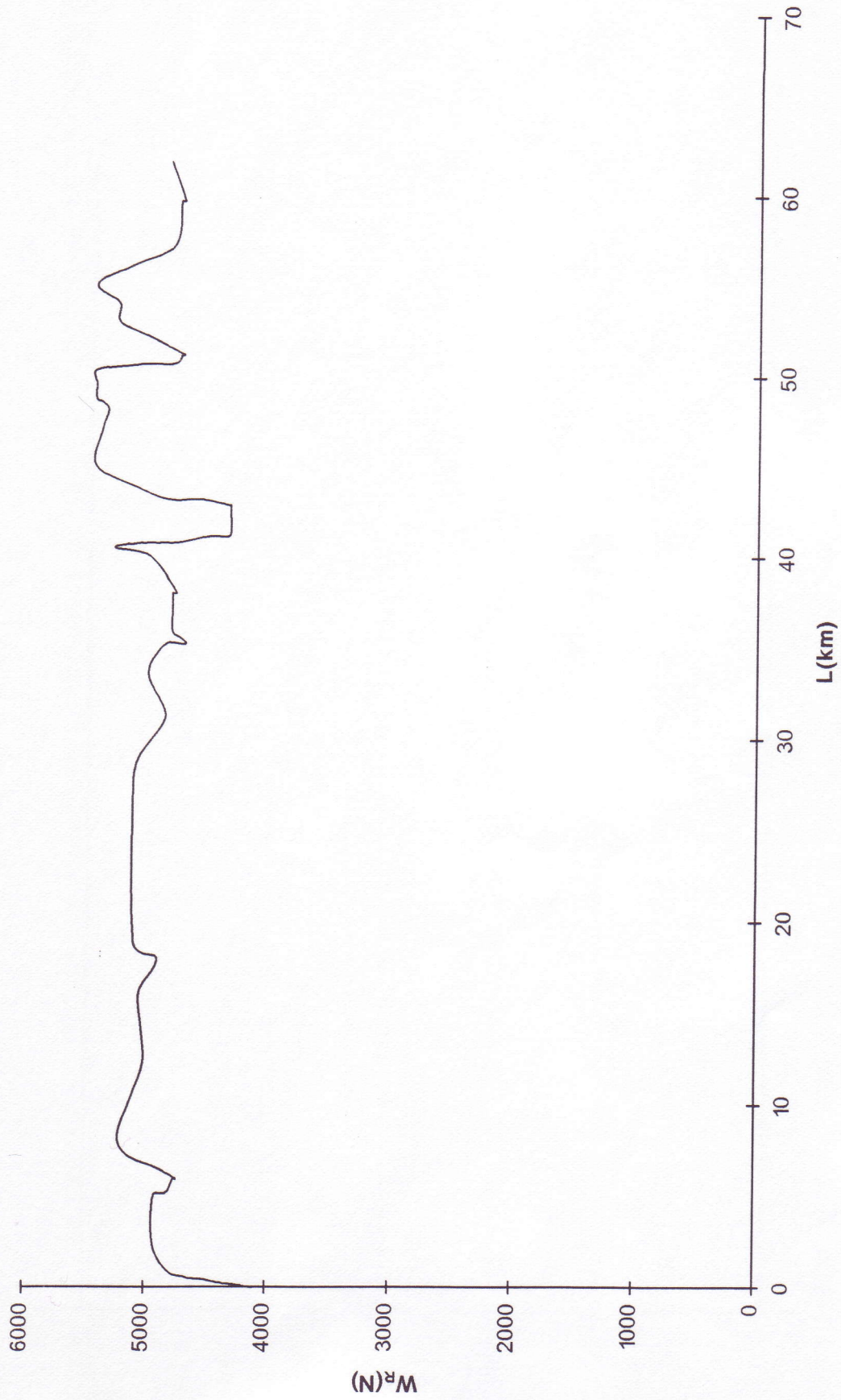
Στο Γράφημα 28 φαίνεται η μεταβολή της επιτάχυνσης του οχήματος για τα διάφορα σημεία της διαδρομής.

Στο Γράφημα 29 φαίνεται η ισχύς που απαιτείται να υπάρχει στους κινητήριους τροχούς του οχήματος και η ισχύς που πρέπει να αποδώσει ο κινητήρας κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Καθώς υπάρχει ένας βαθμός

απόδοσης  $\eta \sim 0,83$  η ισχύς του κινητήρα είναι πάντα μεγαλύτερη από την ισχύ των κινητήριων τροχών. Όταν η ισχύς στους τροχούς είναι αρνητική, η ισχύς του κινητήρα μηδενίζεται (ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί).

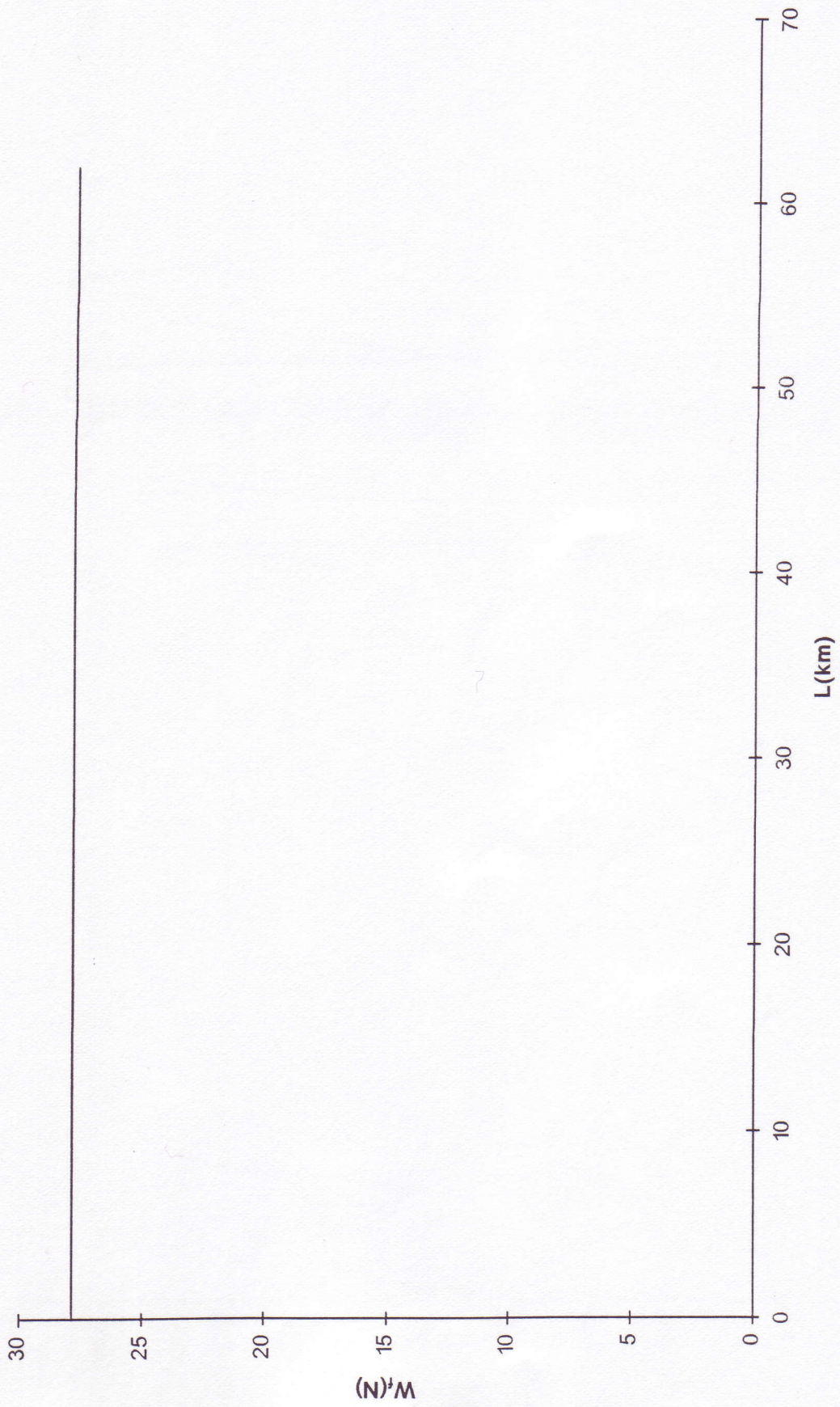
Γράφημα 21

Αντίσταση κύλισης φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής

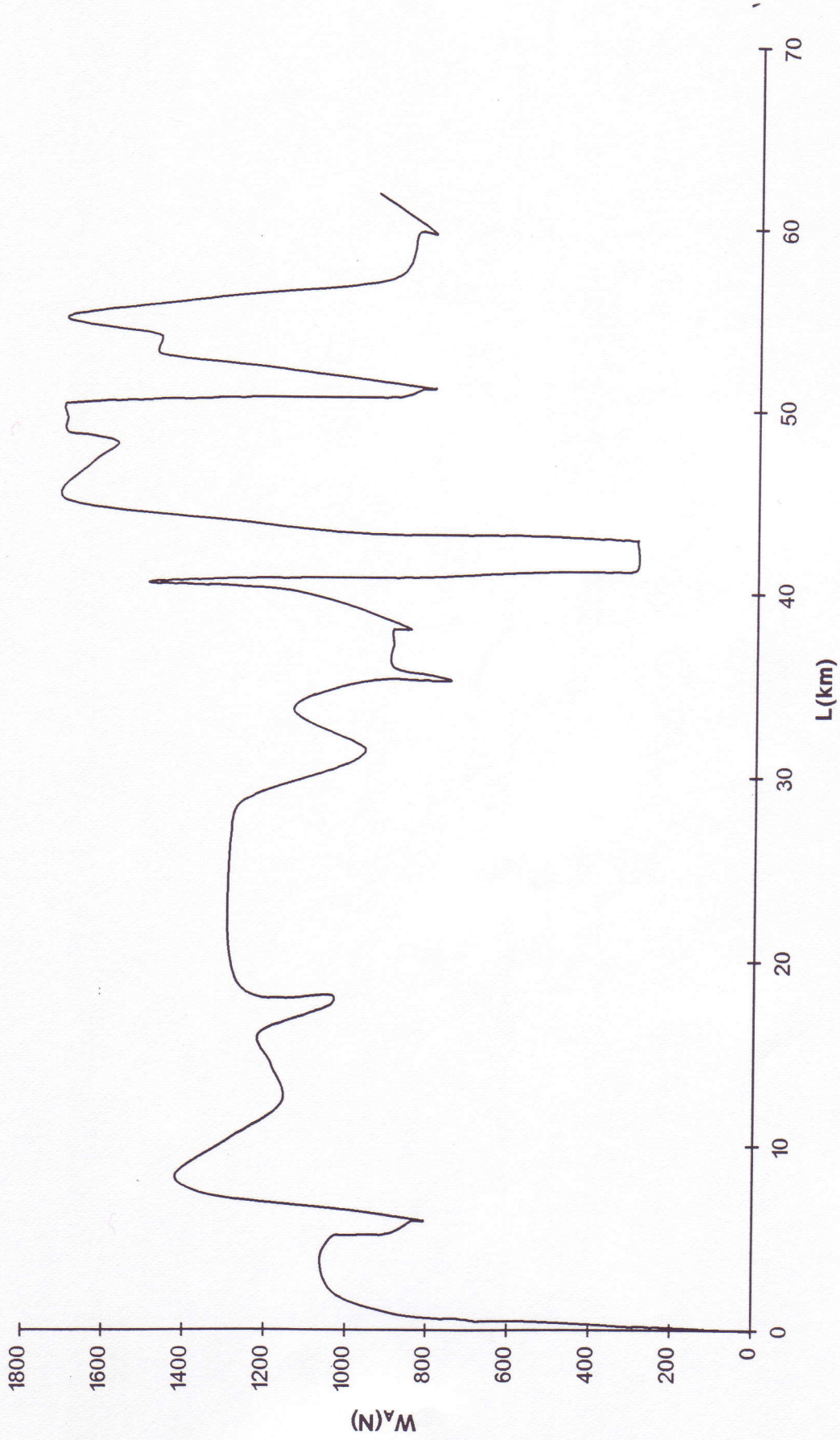


Γράφημα 22

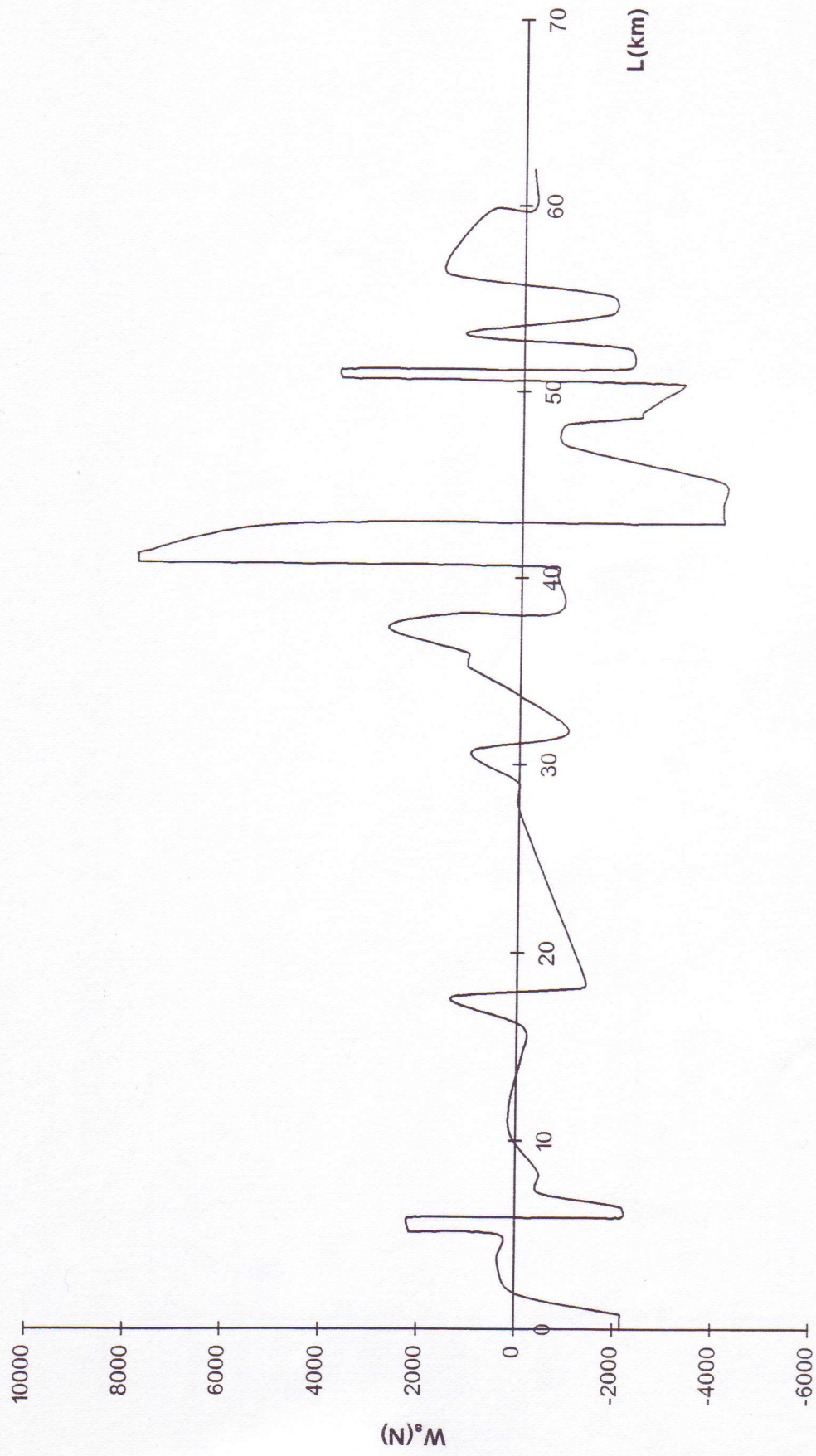
**Αντίσταση τριβής εδράνων φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής**



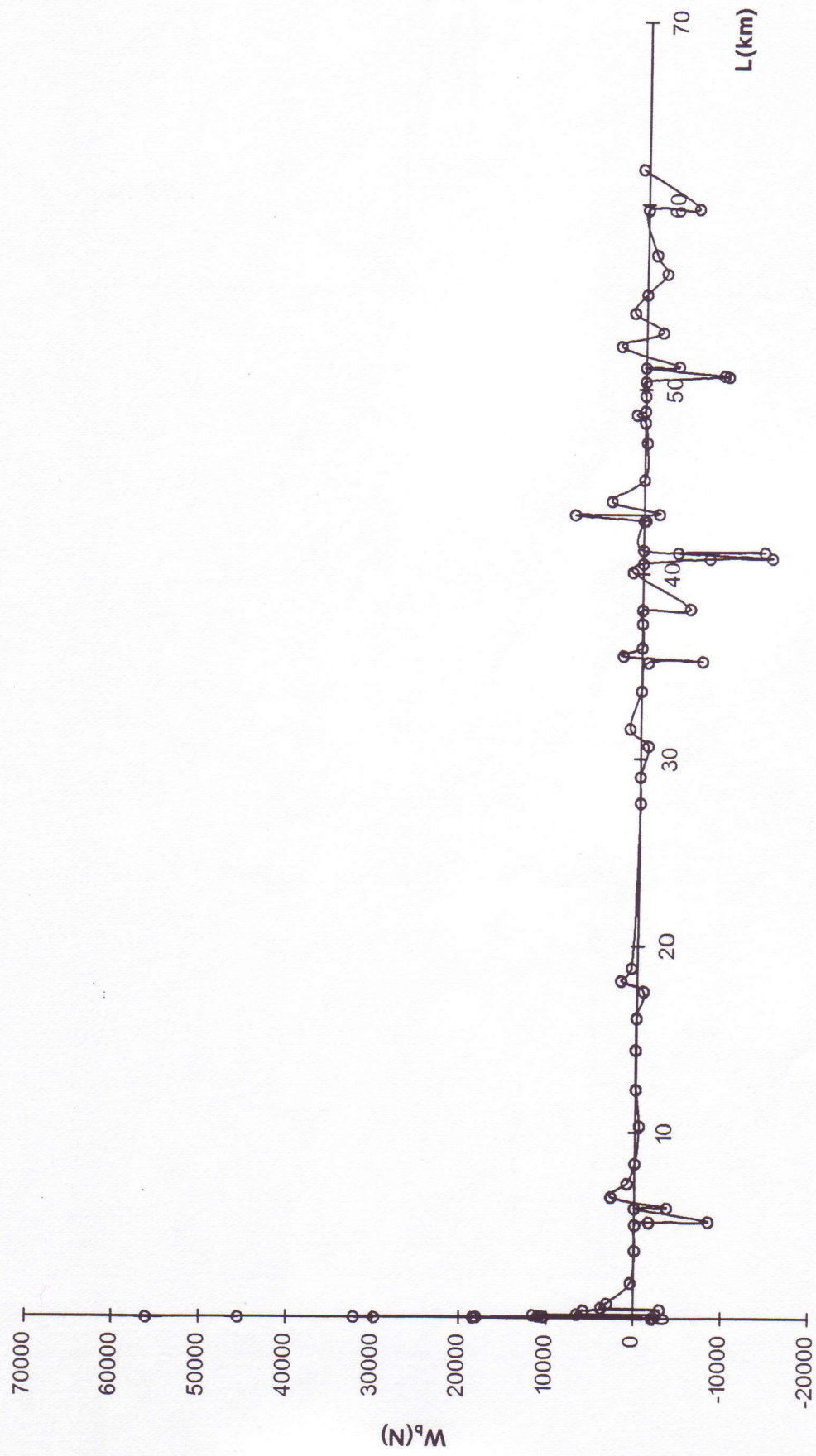
Αντίσταση αέρα φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής



Αντίσταση κλίσης του εδάφους φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής



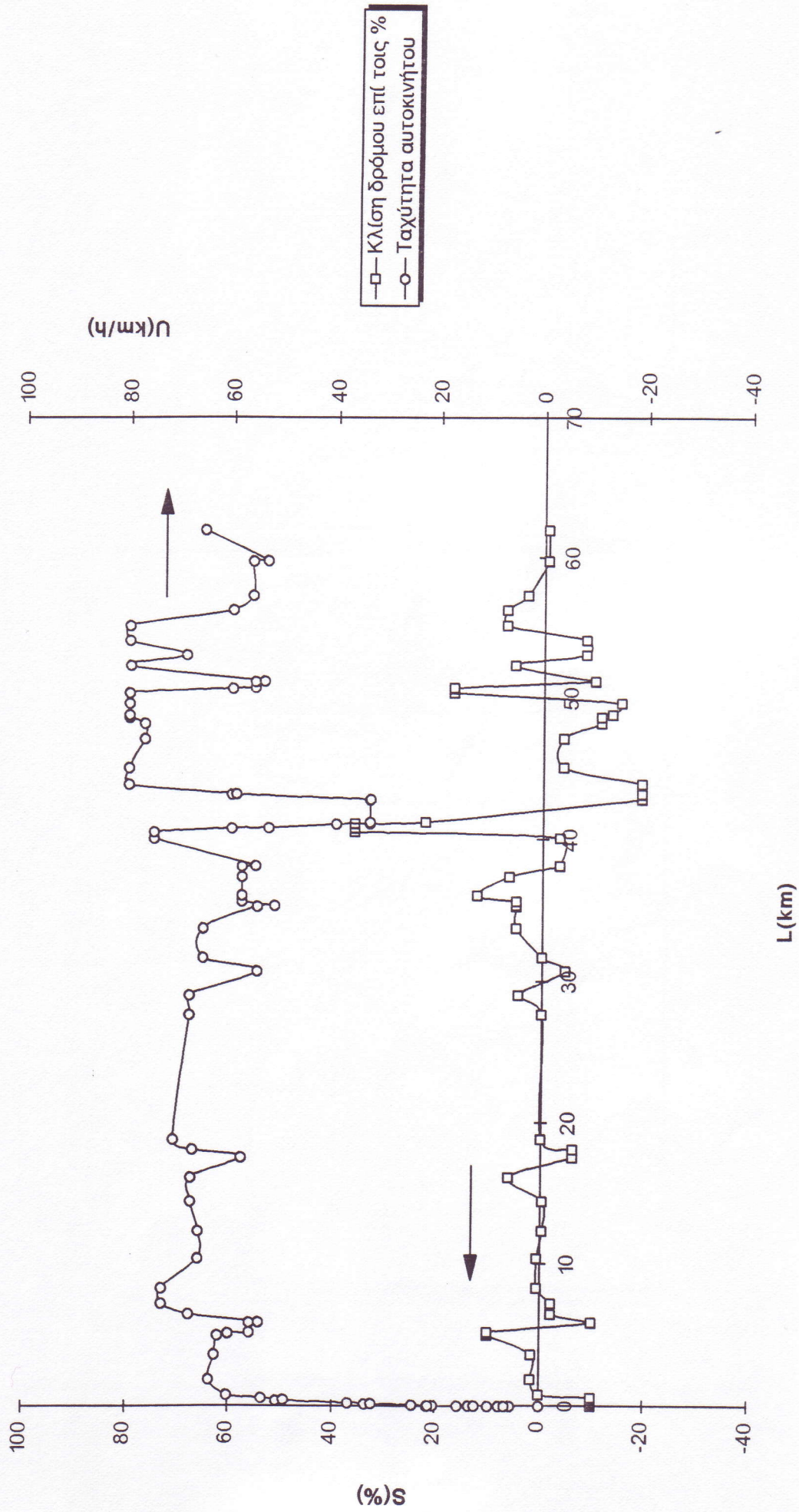
Αντίσταση επιτάχυνσης φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής





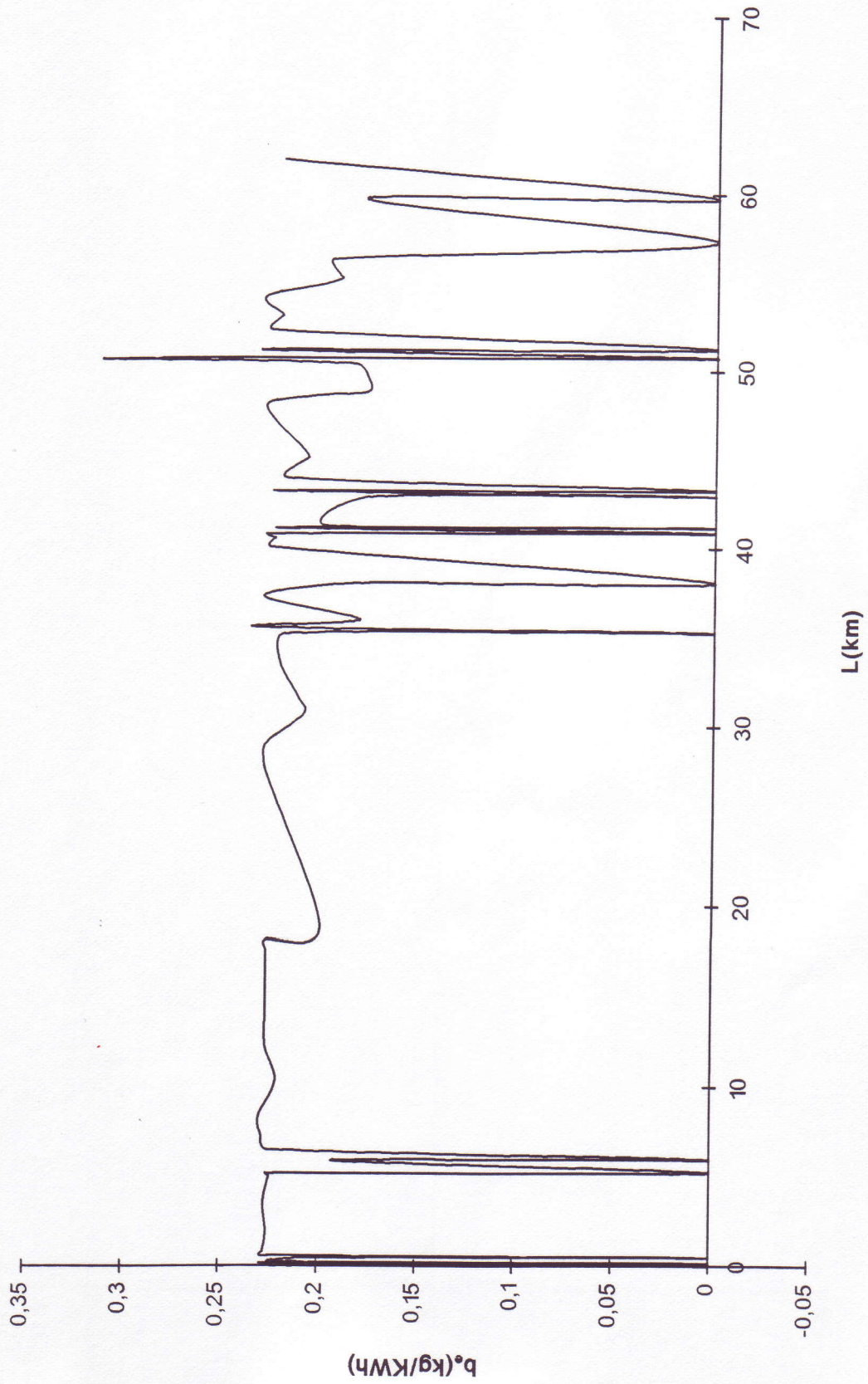
Γράφημα 26

### Ταχύτητα φορτηγού 22t και κλίση του οδοστρώματος σε συνάρτηση του μήκους της διαδρομής



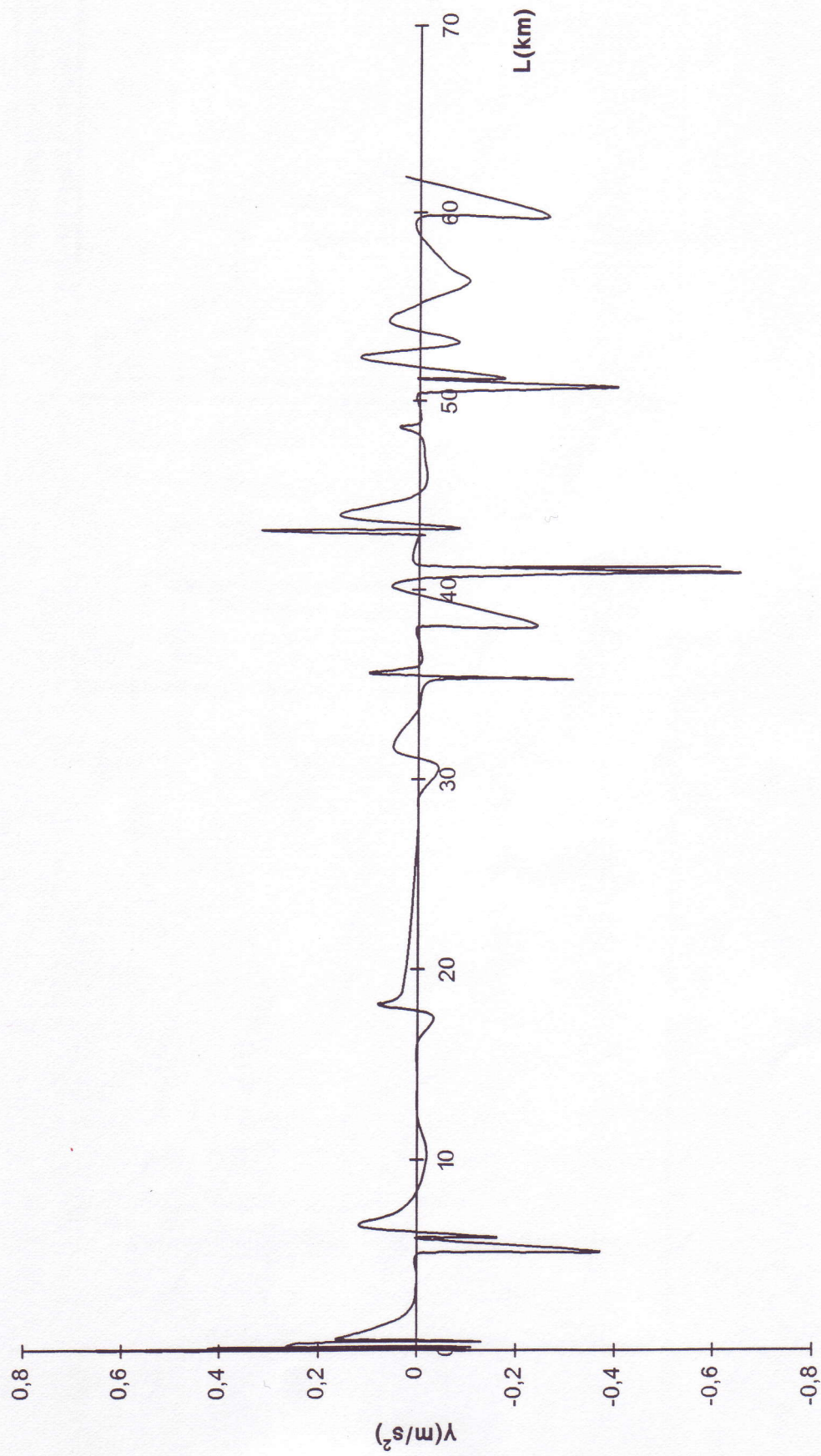
Γράφημα 27

Ειδική κατανάλωση καυσίμου φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής



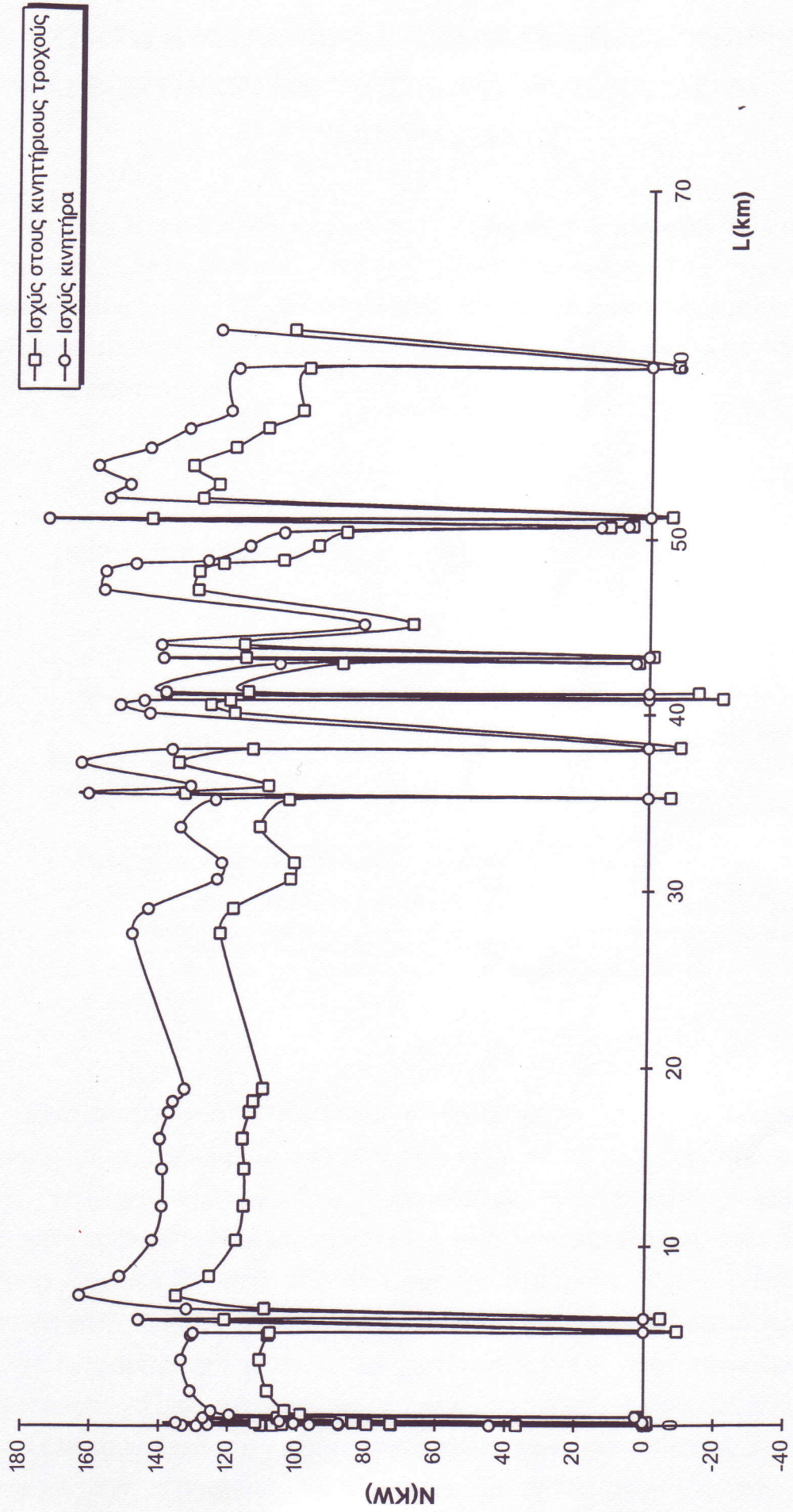
Γράφημα 28

Επιτάχυνση φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής



Γράφημα 29

### Ισχύς φορτηγού 22t σε συνάρτηση του μήκους διαδρομής



## 7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΜΕ ΤΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τη διαδρομή Θεσσαλονίκης - Κατερίνης εκτός από το φορτηγό εξετάστηκε, στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας του σπουδαστή Κουρτόπουλου, και η κατανάλωση σιδηροδρομικών οχημάτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την κατανάλωση καυσίμου σε kg/km & KN μικτού φορτίου είναι :

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg/km KN)
Αυτοκίνητο	0,00212365
Αμαξοστοιχία ηλεκτροκίνητη με ενέργεια από θερμοηλεκτρικό σταθμό	0,00056677
Αμαξοστοιχία ηλεκτροκίνητη με ενέργεια από τη Δ.Ε.Η.	0,00046687
Αμαξοστοιχία ηλεκτροκίνητη με ενέργεια από υδροηλεκτρικό σταθμό	0,00025892
Αμαξοστοιχία διζελκίνητη	0,00037717

Είναι σαφές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι από ενεργειακή άποψη, η μεταφορά με το σιδηρόδρομο είναι κατά πολύ οικονομικότερη έναντι του αυτοκινήτου. Στο σιδηρόδρομο οικονομικότερη είναι η διζελκίνητη έλξη. Η ηλεκτροκίνητη έλξη είναι οικονομικότερη μόνο όταν η ενέργεια προέρχεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς, πράγμα που δεν συμβαίνει στην Ελλάδα. Ίσως συμφέρει σε χώρες με πολλές υδατοπτώσεις.

Η διαφορά αυτή μεταξύ των αυτοκινήτων και του σιδηρόδρομου, οφείλεται στο ότι η αντίσταση που εμφανίζουν τα σιδηροδρομικά οχήματα είναι πολύ μικρότερη από την αντίσταση των λεωφορείων και των φορτηγών. Στο Γράφημα 30 φαίνονται οι αντιστάσεις κίνησης των

συγκρινόμενων σιδηροδρομικών και οδικών οχημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Φαίνεται η μεγάλη διαφορά που έχουν μεταξύ τους. Τα τρένα κινούνται πάνω σε σιδηροδρομικές γραμμές με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πολύ μικρή αντίσταση κύλισης καθώς ο συντελεστής κυλίσεως τους είναι πολύ μικρός ( $f_{\sigma\sigma}=0,0014 < f_{\sigma\phi}=0,019$ ).

Γράφημα 30

**Ολική αντίσταση κίνησης λεωφορείων, φορτηγών και σιδηροδρομικών οχημάτων σε συνάρτηση της ταχύτητας**

- Ταχεία επιβατική 360 t
- ◇— Ταχεία εμπορική 600 t
- △— Κοινή εμπορική 693 t
- ×— Κοινή εμπορική 600 t
- \*— Λεωφορείο 17,5 t
- — Φορτηγό 22 t
- Φορτηγό με ριμουλκό 38 t



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Κ.Ρώσσης - Γ.Αγερίδης - Γ.Μπεργελές, `` Η αεροδυναμική του αυτοκινήτου `` , Εργαστήριο αεροδυναμικής Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1993.
2. Thomas D. Gillespie, `` Fundamentals of vehicle Dynamics `` , Society of Automotive Engineers `` , 1992.
3. Wolf - Heirnich Hunco, `` Aerodynamics of Road Vehicles `` , Butterworth and Co. (Puplishers) Ltd, 1987.
4. M. D. Artamonov, V. A. Ilarionov, M. M. Morin, `` Motor Vehicles Fundamentals and Design `` , Mir Puplishers - Moscow, 1976.
5. Scipor - Rylski, A.J., `` Road Vexicles Aerodynamics `` , Petech Press, London, 2<sup>nd</sup> Edition, 1984.
6. Howard G., `` Automobile Aerodynamics, Theory and Practice for Road and Track `` , 1986, OSPREY.
7. Hucho, W.H., `` The Aerodynamic Drag of Cars. Current understanding, unresolved problems and future prospects `` . In: Sovran, G., Morel, T., Mason, W.T. (Ed.): Aerodynamic Drag Mechanisms of Bluff Bodies and Road Vehicles, Plenum Press, New York, 1978.
8. Hucho W.H., `` Aerodynamics of Road Vehicles `` , from `` Fluid mechanics to vehicle engineering `` , Butterworth and Co. Ltd., 1987.
9. Κ. Σπέντζας, `` Καθοριστικοί παράγοντες της σχεδίασης ηλεκτροκίνητων οχημάτων : Η κατανομή βαρών και οι δυνάμεις αντίστασης κίνησης `` , Τεχνικά Χρονικά, Μάρτιος - Απρίλιος 1995.
10. Γ. Μήλτσιος, `` Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως I & II `` , Εργαστήριο Μ.Ε.Κ. Τ.Ε.Ι. Σερρών, Σέρρες 1994.
11. `` Automotive Handbook `` , 2nd Edition, Robert Bosch GmbH, 1986.
12. John B. Heywood, `` Internar Combustion Engine Fundamentals `` , McGraw-Hill, 1988.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### I. Αποτλέσματα αντίστασης κυλίσεως για μη ήρεμη κίνηση.

Ταχύτητα (Km/h)	Αντίσταση χωρίς ανωμαλίες οδοστρώματος (N/KN)	Αντίσταση Επιβατηγού (N/KN)	Αντίσταση Λεωφορείου (N/KN)	Αντίσταση Φορτηγού (N/KN)
1	19	10,01	10,01	10,01
2	19	10,02	10,03	10,03
3	19,01	10,05	10,06	10,07
4	19,02	10,1	10,11	10,13
5	19,02	10,15	10,18	10,21
6	19,04	10,22	10,26	10,3
7	19,05	10,29	10,35	10,41
8	19,06	10,39	10,46	10,53
9	19,08	10,49	10,58	10,67
10	19,1	10,6	10,71	10,83
11	19,12	10,73	10,86	11
12	19,14	10,87	11,03	11,19
13	19,17	11,02	11,21	11,4
14	19,19	11,18	11,4	11,62
15	19,22	11,35	11,61	11,86
16	19,25	11,54	11,83	12,12
17	19,28	11,74	12,07	12,39
18	19,32	11,95	12,32	12,68
19	19,35	12,17	12,58	12,99
20	19,39	12,41	12,86	13,31
21	19,43	12,65	13,15	13,65
22	19,47	12,91	13,46	14,01
23	19,52	13,18	13,78	14,38
24	19,56	13,47	14,12	14,77
25	19,61	13,76	14,47	15,17
26	19,66	14,07	14,83	15,59
27	19,71	14,39	15,21	16,03
28	19,77	14,72	15,6	16,49
29	19,82	15,06	16,01	16,96
30	19,88	15,42	16,43	17,45
31	19,94	15,78	16,87	17,95
32	20	16,16	17,32	18,47
33	20,06	16,55	17,78	19,01
34	20,13	16,96	18,26	19,57
35	20,2	17,37	18,76	20,14
36	20,27	17,8	19,26	20,72
37	20,34	18,24	19,78	21,33
38	20,41	18,69	20,32	21,95
39	20,49	19,15	20,87	22,59
40	20,56	19,63	21,44	23,24
41	20,64	20,12	22,01	23,91
42	20,72	20,62	22,61	24,6
43	20,81	21,13	23,21	25,3
44	20,89	21,65	23,84	26,02
45	20,98	22,19	24,47	26,76
46	21,07	22,74	25,12	27,51
47	21,16	23,29	25,79	28,28
48	21,25	23,87	26,47	29,07

49	21,35	24,45	27,16	29,87
50	21,44	25,05	27,87	30,69
51	21,54	25,65	28,59	31,52
52	21,64	26,27	29,33	32,38
53	21,75	26,91	30,08	33,25
54	21,85	27,55	30,84	34,13
55	21,96	28,21	31,62	35,03
56	22,07	28,87	32,41	35,95
57	22,18	29,55	33,22	36,89
58	22,29	30,25	34,04	37,84
59	22,4	30,95	34,88	38,81
60	22,52	31,67	35,73	39,79
61	22,64	32,39	36,59	40,79
62	22,76	33,14	37,47	41,81
63	22,88	33,89	38,37	42,85
64	23	34,65	39,27	43,9
65	23,13	35,43	40,2	44,96
66	23,26	36,22	41,13	46,05
67	23,39	37,02	42,08	47,15
68	23,52	37,83	43,05	48,27
69	23,65	38,65	44,03	49,4
70	23,79	39,49	45,02	50,55
71	23,93	40,34	46,03	51,72
72	24,07	41,2	47,05	52,9
73	24,21	42,07	48,09	54,1
74	24,35	42,96	49,14	55,32
75	24,5	43,85	50,2	56,55
76	24,65	44,76	51,28	57,8
77	24,79	45,68	52,37	59,07
78	24,95	46,62	53,48	60,35
79	25,1	47,56	54,6	61,65
80	25,26	48,52	55,74	62,96
81	25,41	49,49	56,89	64,3
82	25,57	50,47	58,06	65,64
83	25,73	51,46	59,24	67,01
84	25,9	52,47	60,43	68,39
85	26,06	53,48	61,64	69,79
86	26,23	54,51	62,86	71,21
87	26,4	55,55	64,1	72,64
88	26,57	56,61	65,35	74,09
89	26,74	57,67	66,61	75,55
90	26,92	58,75	67,89	77,03
91	27,09	59,84	69,18	78,53
92	27,27	60,94	70,49	80,04
93	27,45	62,05	71,81	81,57
94	27,64	63,18	73,15	83,12
95	27,82	64,32	74,5	84,69
96	28,01	65,47	75,87	86,27
97	28,2	66,63	77,25	87,86
98	28,39	67,8	78,64	89,48
99	28,58	68,99	80,05	91,11
100	28,77	70,19	81,47	92,75
101	28,97	71,39	82,91	94,42
102	29,17	72,62	84,36	96,1
103	29,37	73,85	85,82	97,79
104	29,57	75,1	87,3	99,51

105	29,78	76,35	88,8	101,24
106	29,98	77,62	90,3	102,98
107	30,19	78,91	91,83	104,75
108	30,4	80,2	93,36	106,52
109	30,61	81,51	94,91	108,32
110	30,83	82,82	96,48	110,13
111	31,04	84,15	98,06	111,96
112	31,26	85,5	99,65	113,81
113	31,48	86,85	101,26	115,67
114	31,7	88,22	102,88	117,55
115	31,93	89,59	104,52	119,44
116	32,15	90,99	106,17	121,35
117	32,38	92,39	107,84	123,28
118	32,61	93,8	109,51	125,23
119	32,84	95,23	111,21	127,19
120	33,07	96,67	112,92	129,17

## II. Αποτελέσματα αντίστασης κίνησης.

Ταχύτητα (Km/h)	Ταχεία Επιβατική 360 t (N/KN)	Ταχεία Εμπορική 600 t (N/KN)	Κοινή Εμπορική 693 t (N/KN)	Κοινή Εμπορική 600 t (N/KN)	Λεωφορείο 17,5 t (N/KN)	Φορτηγό 22 t (N/KN)	Φορτηγό με ρυμουλκό 38 t (N/KN)
1	1,276	1,436	1,436	1,436	19,131	19,131	19,131
2	1,279	1,439	1,439	1,441	19,137	19,138	19,138
3	1,283	1,444	1,445	1,45	19,147	19,149	19,15
4	1,29	1,452	1,453	1,461	19,161	19,165	19,166
5	1,298	1,461	1,464	1,476	19,179	19,184	19,187
6	1,308	1,473	1,477	1,495	19,202	19,209	19,213
7	1,32	1,487	1,492	1,516	19,228	19,238	19,243
8	1,334	1,503	1,509	1,541	19,258	19,271	19,278
9	1,35	1,521	1,529	1,57	19,292	19,308	19,317
10	1,367	1,542	1,552	1,602	19,33	19,35	19,361
11	1,386	1,564	1,576	1,637	19,373	19,397	19,41
12	1,407	1,589	1,603	1,675	19,419	19,448	19,463
13	1,43	1,615	1,632	1,717	19,469	19,503	19,521
14	1,455	1,644	1,664	1,762	19,524	19,563	19,584
15	1,482	1,675	1,698	1,81	19,582	19,627	19,651
16	1,51	1,708	1,734	1,862	19,645	19,696	19,723
17	1,541	1,744	1,773	1,917	19,711	19,769	19,799
18	1,573	1,781	1,814	1,976	19,781	19,846	19,88
19	1,607	1,821	1,857	2,037	19,856	19,928	19,966
20	1,643	1,862	1,902	2,102	19,934	20,014	20,056
21	1,681	1,906	1,95	2,171	20,017	20,105	20,151
22	1,72	1,952	2,001	2,243	20,104	20,2	20,251
23	1,762	2	2,053	2,318	20,194	20,3	20,356
24	1,805	2,051	2,108	2,396	20,289	20,404	20,464
25	1,85	2,103	2,166	2,478	20,387	20,512	20,578
26	1,897	2,158	2,225	2,563	20,49	20,625	20,696
27	1,946	2,214	2,287	2,652	20,597	20,742	20,819
28	1,996	2,273	2,352	2,744	20,708	20,864	20,947
29	2,049	2,334	2,418	2,839	20,822	20,99	21,079
30	2,103	2,397	2,487	2,937	20,941	21,12	21,216
31	2,159	2,463	2,559	3,039	21,064	21,255	21,357
32	2,217	2,53	2,632	3,144	21,191	21,395	21,503
33	2,277	2,6	2,708	3,253	21,322	21,539	21,654
34	2,338	2,671	2,787	3,365	21,456	21,687	21,809
35	2,402	2,745	2,868	3,48	21,595	21,84	21,969
36	2,467	2,821	2,951	3,599	21,738	21,997	22,134
37	2,534	2,899	3,036	3,72	21,885	22,158	22,303
38	2,603	2,979	3,124	3,846	22,036	22,324	22,477
39	2,674	3,062	3,214	3,974	22,191	22,495	22,655
40	2,747	3,146	3,306	4,106	22,35	22,669	22,838
41	2,821	3,233	3,401	4,241	22,513	22,849	23,026
42	2,897	3,322	3,498	4,38	22,681	23,032	23,219
43	2,976	3,413	3,597	4,522	22,852	23,22	23,416
44	3,056	3,506	3,699	4,667	23,027	23,413	23,617
45	3,138	3,601	3,803	4,816	23,206	23,61	23,824
46	3,221	3,698	3,91	4,968	23,389	23,811	24,035
47	3,307	3,798	4,019	5,123	23,576	24,017	24,25
48	3,394	3,899	4,13	5,282	23,768	24,227	24,47
49	3,483	4,003	4,243	5,444	23,963	24,442	24,695

50	3,574	4,109	4,359	5,609	24,162	24,661	24,925
51	3,667	4,217	4,477	5,778	24,366	24,884	25,159
52	3,762	4,327	4,598	5,95	24,573	25,112	25,398
53	3,859	4,44	4,72	6,125	24,784	25,344	25,641
54	3,957	4,554	4,846	6,304	25	25,581	25,889
55	4,057	4,671	4,973	6,486	25,219	25,822	26,142
56	4,159	4,789	5,103	6,671	25,443	26,068	26,399
57	4,263	4,91	5,235	6,86	25,67	26,318	26,661
58	4,369	5,033	5,37	7,052	25,902	26,572	26,928
59	4,477	5,158	5,507	7,247	26,137	26,831	27,199
60	4,586	5,286	5,646	7,446	26,377	27,095	27,475
61	4,697	5,415	5,787	7,648	26,62	27,362	27,755
62	4,811	5,547	5,931	7,853	26,868	27,634	28,041
63	4,926	5,68	6,077	8,062	27,12	27,911	28,33
64	5,042	5,816	6,226	8,274	27,375	28,192	28,625
65	5,161	5,954	6,377	8,489	27,635	28,477	28,924
66	5,282	6,094	6,53	8,708	27,899	28,767	29,227
67	5,404	6,237	6,686	8,93	28,167	29,062	29,536
68	5,528	6,381	6,844	9,156	28,438	29,36	29,849
69	5,654	6,528	7,004	9,384	28,714	29,663	30,166
70	5,782	6,676	7,166	9,616	28,994	29,971	30,489
71	5,912	6,827	7,331	9,852	29,278	30,283	30,815
72	6,043	6,98	7,499	10,091	29,566	30,599	31,147
73	6,176	7,135	7,668	10,333	29,858	30,92	31,483
74	6,312	7,293	7,84	10,578	30,154	31,245	31,824
75	6,449	7,452	8,015	10,827	30,454	31,575	32,169
76	6,588	7,614	8,191	11,079	30,758	31,909	32,519
77	6,728	7,777	8,37	11,335	31,066	32,248	32,874
78	6,871	7,943	8,551	11,593	31,378	32,591	33,233
79	7,015	8,111	8,735	11,856	31,694	32,938	33,597
80	7,162	8,281	8,921	12,121	32,014	33,29	33,966
81	7,31	8,453	9,109	12,39	32,338	33,646	34,339
82	7,46	8,628	9,3	12,662	32,666	34,007	34,717
83	7,611	8,804	9,493	12,938	32,999	34,372	35,1
84	7,765	8,983	9,688	13,216	33,335	34,741	35,487
85	7,92	9,164	9,886	13,499	33,675	35,115	35,879
86	8,078	9,347	10,086	13,784	34,019	35,494	36,275
87	8,237	9,532	10,289	14,073	34,368	35,876	36,676
88	8,398	9,719	10,493	14,365	34,72	36,264	37,082
89	8,561	9,908	10,7	14,661	35,076	36,655	37,492
90	8,725	10,1	10,91	14,96	35,437	37,051	37,907
91	8,892	10,293	11,121	15,262	35,801	37,452	38,327
92	9,06	10,489	11,336	15,568	36,169	37,857	38,751
93	9,23	10,687	11,552	15,876	36,542	38,266	39,18
94	9,402	10,887	11,771	16,189	36,918	38,68	39,613
95	9,576	11,089	11,992	16,504	37,299	39,098	40,051
96	9,752	11,294	12,215	16,823	37,683	39,521	40,494
97	9,929	11,5	12,441	17,145	38,072	39,948	40,942
98	10,109	11,709	12,669	17,471	38,465	40,379	41,394
99	10,29	11,919	12,9	17,8	38,861	40,815	41,85
100	10,473	12,132	13,132	18,132	39,262	41,255	42,312
101	10,658	12,347	13,367	18,468	39,666	41,7	42,778
102	10,844	12,565	13,605	18,807	40,075	42,149	43,248
103	11,033	12,784	13,845	19,149	40,488	42,603	43,723
104	11,223	13,005	14,087	19,495	40,905	43,061	44,203
105	11,416	13,229	14,331	19,844	41,325	43,523	44,688

106	11,61	13,455	14,578	20,196	41,75	43,99	45,177
107	11,806	13,682	14,827	20,552	42,179	44,461	45,671
108	12,003	13,912	15,079	20,911	42,612	44,937	46,169
109	12,203	14,145	15,333	21,273	43,049	45,417	- 46,672
110	12,404	14,379	15,589	21,639	43,49	45,902	47,18
111	12,608	14,615	15,847	22,008	43,935	46,391	47,692
112	12,813	14,854	16,108	22,38	44,384	46,884	48,209
113	13,02	15,095	16,371	22,756	44,837	47,382	48,731
114	13,228	15,337	16,637	23,135	45,294	47,884	49,257
115	13,439	15,582	16,905	23,517	45,755	48,391	49,788
116	13,652	15,829	17,175	23,903	46,22	48,902	50,324
117	13,866	16,079	17,448	24,292	46,689	49,418	50,864
118	14,082	16,33	17,723	24,685	47,162	49,937	51,408
119	14,3	16,584	18	25,08	47,639	50,462	51,958
120	14,52	16,839	18,279	25,479	48,12	50,991	52,512

### III. Αποτελέσματα ελκτικής δύναμης φορτηγού Steyr.

Στροφές (rpm)	Ροπή (Nm)	Ταχύτητα (Km/h)	1 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_1=9,59$									
			Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 30% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 40% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 50% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 60% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 70% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 80% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 90% (N)
1000	547,398	3,49	49078,35	4907,845	9815,69	14723,53	19631,38	24539,22	29447,1	34354,91	39263	44170,5
1200	618,03	4,19	55411,1	5541,08	11082,26	16623,34	22164,42	27705,5	33246,7	38787,76	44329	49870
1400	667,08	4,89	59808,82	5980,863	11961,73	17942,59	23923,549	29904,41	35885,3	41866,14	47847	53827,9
1600	686,7	5,58	61567,85	6156,756	12313,61	18470,37	24627,122	30783,98	36940,7	43097,49	49254	55411,1
1800	676,89	6,28	60688,29	6068,858	12137,62	18206,48	24275,336	30344,19	36413	42481,81	48551	54619,5
2000	667,08	6,98	59808,82	5980,863	11961,73	17942,59	23923,549	29904,41	35885,3	41866,14	47847	53827,9
2200	662,175	7,68	59369,04	5936,914	11873,83	17810,74	23747,558	29684,47	35621,4	41558,3	47495	53432,1
2400	647,46	8,38	58049,69	5804,969	11609,94	17414,91	23219,878	29024,85	34829,8	40634,79	46440	52244,7
2600	618,03	9,07	55411,1	5541,08	11082,26	16623,34	22164,42	27705,5	33246,7	38787,76	44329	49870
Στροφές (rpm)	Ροπή (Nm)	Ταχύτητα (Km/h)	2 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_2=5,47$									
			Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 30% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 40% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 50% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 60% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 70% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 80% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 90% (N)
1000	547,398	6,12	27993,62	2799,382	5598,763	8398,047	11197,428	13996,81	16796,2	19595,57	22395	25194,2
1200	618,03	7,34	31605,66	3160,586	6321,172	9481,659	12642,245	15802,83	18963,4	22124	25285	28445,1
1400	667,08	8,57	34114,08	3411,428	6822,855	10234,18	13645,612	17057,04	20468,5	23879,89	27291	30702,7
1600	686,7	9,79	35117,45	3511,784	7023,47	10535,25	14046,939	17558,72	21070,5	24582,19	28094	31605,7
1800	676,89	11,01	34615,76	3461,557	6923,113	10384,77	13846,325	17307,88	20769,4	24230,99	27693	31154,2
2000	667,08	12,24	34114,08	3411,428	6822,855	10234,18	13645,612	17057,04	20468,5	23879,89	27291	30702,7
2200	662,175	13,46	33863,24	3386,314	6772,628	10158,94	13545,256	16931,67	20318	23704,3	27091	30476,9
2400	647,46	14,68	33110,71	3311,071	6622,142	9933,214	13244,285	16555,36	19866,4	23177,5	26489	29799,6
2600	618,03	15,91	31605,66	3160,586	6321,172	9481,659	12642,245	15802,83	18963,4	22124	25285	28445,1



3 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_3=3,42$													
Στροφές (rpm)	Ροπή (Nm)	Ταχύτητα (Km/h)	Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%
1000	547,398	9,79	17502,41	1750,202	3500,502	5250,704	7001,0046	8751,207	10501,4	12251,71	14002	(N)	(N)
1200	618,03	11,74	19760,77	1976,126	3952,155	5928,281	7904,3094	9880,436	11856,5	13832,59	15809	(N)	(N)
1400	667,08	13,7	21329,1	2132,89	4265,78	6398,769	8531,6589	10664,55	12797,4	14930,33	17063	(N)	(N)
1600	686,7	15,66	21956,45	2195,674	4391,25	6586,925	8782,5987	10978,17	13173,8	15369,52	17565	(N)	(N)
1800	676,89	17,62	21642,72	2164,282	4328,564	6492,847	8657,1288	10821,41	12985,7	15149,98	17314	(N)	(N)
2000	667,08	19,57	21329,1	2132,89	4265,78	6398,769	8531,6589	10664,55	12797,4	14930,33	17063	(N)	(N)
2200	662,175	21,53	21172,24	2117,194	4234,487	6351,681	8468,8749	10586,17	12703,4	14820,56	16938	(N)	(N)
2400	647,46	23,49	20701,75	2070,204	4140,311	6210,515	8280,7191	10350,92	12421	14491,23	16561	(N)	(N)
2600	618,03	25,44	19760,77	1976,126	3952,155	5928,281	7904,3094	9880,436	11856,5	13832,59	15809	(N)	(N)

4 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_4=2,19$													
Στροφές (rpm)	Ροπή (Nm)	Ταχύτητα (Km/h)	Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10% (N)	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20% φορτίο 30% φορτίο 40% φορτίο 50% φορτίο 60% φορτίο 70% φορτίο 80% φορτίο 90%
1000	547,398	15,28	11207,73	1120,793	2241,585	3362,279	4483,0719	5603,864	6724,66	7845,351	8966,1	(N)	(N)
1200	618,03	18,34	12653,82	1265,392	2530,784	3796,176	5061,5676	6326,96	7592,25	8857,645	10123	(N)	(N)
1400	667,08	21,4	13658,07	1365,846	2731,595	4097,441	5463,2871	6829,035	8194,88	9560,63	10926	(N)	(N)
1600	686,7	24,45	14059,79	1405,969	2811,938	4217,908	5623,9749	7029,944	8435,91	9841,883	11248	(N)	(N)
1800	676,89	27,51	13858,98	1385,859	2771,816	4157,674	5543,631	6929,49	8315,35	9701,305	11087	(N)	(N)
2000	667,08	30,57	13658,07	1365,846	2731,595	4097,441	5463,2871	6829,035	8194,88	9560,63	10926	(N)	(N)
2200	662,175	33,62	13557,71	1355,742	2711,582	4067,324	5423,0661	6778,808	8134,65	9490,39	10846	(N)	(N)
2400	647,46	36,68	13256,35	1325,625	2651,251	3976,876	5302,5993	6628,225	7953,85	9279,475	10605	(N)	(N)
2600	618,03	39,73	12653,82	1265,392	2530,784	3796,176	5061,5676	6326,96	7592,25	8857,645	10123	(N)	(N)

5 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_5=1,45$												
Στροφές	Ροπή	Ταχύτητα	Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 30%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 40%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 50%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 60%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 70%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 80%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 90%
(rpm)	(Nm)	(Km/h)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
1000	547,398	23,08	7420,578	742,0284	1484,155	2226,183	2968,2117	3710,338	4452,37	5194,395	5936,5	6678,55
1200	618,03	27,7	8378,132	837,774	1675,646	2513,42	3351,2922	4189,066	5026,84	5864,712	6702,5	7540,26
1400	667,08	32,31	9043,054	904,2858	1808,572	2712,956	3617,2413	4521,527	5425,81	6330,099	7234,4	8138,77
1600	686,7	36,93	9309,003	930,8709	1861,84	2792,711	3723,5817	4654,551	5585,42	6516,293	7447,2	8378,13
1800	676,89	41,55	9175,98	917,6274	1835,157	2752,784	3670,4115	4588,039	5505,57	6423,196	7340,8	8258,45
2000	667,08	46,16	9043,054	904,2858	1808,572	2712,956	3617,2413	4521,527	5425,81	6330,099	7234,4	8138,77
2200	662,175	50,78	8976,542	897,615	1795,328	2692,943	3590,6562	4488,271	5385,89	6283,599	7181,2	8078,93
2400	647,46	55,4	8777,105	877,7007	1755,401	2633,102	3510,8028	4388,504	5266,2	6143,905	7021,6	7899,4
2600	618,03	60,01	8378,132	837,774	1675,646	2513,42	3351,2922	4189,066	5026,84	5864,712	6702,5	7540,26
6 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_6=1,00$												
Στροφές	Ροπή	Ταχύτητα	Ελκτική δύναμη στο πλήρες φορτίο	Ελκτική δύναμη για φορτίο 10%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 20%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 30%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 40%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 50%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 60%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 70%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 80%	Ελκτική δύναμη για φορτίο 90%
(rpm)	(Nm)	(Km/h)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
1000	547,398	33,47	5117,681	511,7877	1023,575	1535,265	2047,0527	2558,84	3070,63	3582,318	4094,1	4605,89
1200	618,03	40,16	5777,992	577,809	1155,618	1733,427	2311,236	2889,045	3466,76	4044,565	4622,4	5200,18
1400	667,08	46,86	6236,609	623,6217	1247,342	1870,963	2494,5849	3118,305	3741,93	4365,646	4989,3	5612,89
1600	686,7	53,55	6419,958	641,9664	1284,031	1925,997	2567,9637	3210,028	3851,99	4493,961	5136	5777,99
1800	676,89	60,24	6328,333	632,8431	1265,686	1898,529	2531,2743	3164,117	3796,96	4429,804	5062,6	5695,49
2000	667,08	66,94	6236,609	623,6217	1247,342	1870,963	2494,5849	3118,305	3741,93	4365,646	4989,3	5612,89
2200	662,175	73,63	6190,699	619,1091	1238,12	1857,229	2476,2402	3095,349	3714,46	4333,469	4952,6	5571,69
2400	647,46	80,33	6053,162	605,277	1210,652	1815,929	2421,3042	3026,581	3631,86	4237,233	4842,5	5447,79
2600	618,03	87,02	5777,992	577,809	1155,618	1733,427	2311,236	2889,045	3466,76	4044,565	4622,4	5200,18

#### IV. Αποτελέσματα ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και κατάλωσης καυσίμου ανά 100 Km φορτηγού Steyr.

1 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_1=9,59$							
Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{\omega_e}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)
2	0,33802	1,09775	1,29377	2,7637	50	46,70909	4129
3	0,33345	1,03469	1,35408	4,14795	33,33333	46,10463	4131,4
4	0,32817	0,98775	1,39597	5,53508	25	45,4115	4134,7
5	0,32431	0,9649	1,41221	6,92604	20	44,92329	4139
6	0,32105	0,95388	1,41417	8,3218	16,66667	44,52847	4144,3
7	0,32146	0,95714	1,41113	9,7233	14,28571	44,65171	4150,5
8	0,32454	0,96816	1,40844	11,13153	12,5	45,15747	4157,6
9	0,33247	0,99756	1,40035	12,54742	11,11111	46,35126	4165,7
2 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_2=5,47$							
Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{\omega_e}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)
6	0,31023	1,01142	1,28878	8,3218	16,66667	43,02807	4144,3
7	0,30737	0,98799	1,30716	9,7233	14,28571	42,69478	4150,5
8	0,30431	0,96971	1,31855	11,13153	12,5	42,34298	4157,6
9	0,3038	0,96343	1,32493	12,54742	11,11111	42,35453	4165,7
10	0,30228	0,95714	1,32694	13,97194	10	42,23393	4174,8
11	0,29983	0,95085	1,3249	15,40605	9,09091	41,99263	4184,8
12	0,30079	0,95543	1,32278	16,85072	8,33333	42,23772	4195,8
13	0,30242	0,96172	1,32126	18,30688	7,69231	42,58753	4207,8
14	0,30386	0,968	1,3189	19,77551	7,14286	42,92074	4220,7
15	0,30753	0,98287	1,31466	21,25757	6,66667	43,58221	4234,5
3 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_3=3,42$							
Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{\omega_e}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)
10	0,2828	1,00349	1,18412	13,97194	10	39,51328	4174,8
11	0,28333	0,9903	1,2021	15,40605	9,09091	39,68126	4184,8
12	0,28336	0,97851	1,21672	16,85072	8,33333	39,78977	4195,8
13	0,28283	0,96891	1,22652	18,30688	7,69231	39,82939	4207,8
14	0,2833	0,96498	1,23352	19,77551	7,14286	40,01674	4220,7
15	0,28277	0,96105	1,23625	21,25757	6,66667	40,07272	4234,5
16	0,2818	0,95712	1,2371	22,75401	6,25	40,07603	4249,3
17	0,28006	0,95319	1,23451	24,26579	5,88235	39,97571	4265,1
18	0,27874	0,95074	1,23183	25,79387	5,55556	39,94263	4281,8
19	0,27924	0,95467	1,22898	27,33922	5,26316	40,18007	4299,5
20	0,27978	0,9586	1,2263	28,90278	5	40,43183	4318,1
21	0,28042	0,96253	1,22411	30,48552	4,7619	40,70863	4337,7
22	0,28082	0,96646	1,22088	32,0884	4,54545	40,95994	4358,2
23	0,28117	0,97118	1,21643	33,71237	4,34783	41,2121	4379,7
24	0,28311	0,98297	1,21013	35,35841	4,16667	41,70935	4402,1
25	0,28455	0,99476	1,20187	37,02745	4	42,14437	4425,5
4 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_4=2,19$							
Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{\omega_e}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)

15	0,24427	1,01125	1,01493	21,25757	6,66667	34,61733	4234,5
16	0,24539	0,9992	1,03188	22,75401	6,25	34,8976	4249,3
17	0,24665	0,99165	1,04506	24,26579	5,88235	35,20631	4265,1
18	0,2476	0,9841	1,05716	25,79387	5,55556	35,4814	4281,8
19	0,24772	0,97655	1,06585	27,33922	5,26316	35,64492	4299,5
20	0,24757	0,96967	1,07275	28,90278	5	35,77735	4318,1
21	0,24842	0,96715	1,07925	30,48552	4,7619	36,06351	4337,7
22	0,24856	0,96463	1,08265	32,0884	4,54545	36,2536	4358,2
23	0,24824	0,96212	1,0841	33,71237	4,34783	36,38621	4379,7
24	0,2479	0,9596	1,08547	35,35841	4,16667	36,52283	4402,1
25	0,24699	0,95708	1,08432	37,02745	4	36,58208	4425,5
26	0,24561	0,95457	1,08109	38,72046	3,84615	36,57734	4449,9
27	0,24421	0,95205	1,07776	40,4384	3,7037	36,57534	4475,2
28	0,24303	0,95047	1,07433	42,18224	3,57143	36,61193	4501,4
29	0,24287	0,95298	1,07079	43,95292	3,44828	36,80936	4528,7
30	0,24268	0,9555	1,06716	45,75142	3,33333	37,01003	4556,8
31	0,24255	0,95802	1,06377	47,57867	3,22581	37,22607	4586
32	0,24249	0,96053	1,06074	49,43567	3,125	37,46196	4616,1
33	0,24242	0,96305	1,05764	51,32333	3,0303	37,7019	4647,1
34	0,24217	0,96557	1,05381	53,24265	2,94118	37,92289	4679,1
35	0,24165	0,96808	1,04881	55,19456	2,85714	38,10787	4712
36	0,24139	0,9718	1,04366	57,18004	2,77778	38,34053	4745,9
37	0,24183	0,97935	1,0375	59,20004	2,7027	38,69239	4780,8
38	0,24175	0,9869	1,02925	61,25552	2,63158	38,9702	4816,6
39	0,24157	0,99445	1,02066	63,34743	2,5641	39,23807	4853,4

5<sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης  $i_5=1,45$

Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{ωε}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)
23	0,20045	1,00838	0,83525	33,71237	4,34783	29,38154	4379,7
24	0,20112	1,00004	0,84499	35,35841	4,16667	29,6299	4402,1
25	0,20216	0,99503	0,85364	37,02745	4	29,94133	4425,5
26	0,20305	0,99003	0,86176	38,72046	3,84615	30,23973	4449,9
27	0,20382	0,98503	0,86939	40,4384	3,7037	30,526	4475,2
28	0,20426	0,98003	0,87571	42,18224	3,57143	30,77162	4501,4
29	0,20416	0,97503	0,87978	43,95292	3,44828	30,94288	4528,7
30	0,204	0,97003	0,88364	45,75142	3,33333	31,11157	4556,8
31	0,20449	0,96834	0,8873	47,57867	3,22581	31,38529	4586
32	0,20494	0,96668	0,89076	49,43567	3,125	31,65998	4616,1
33	0,2048	0,96501	0,89172	51,32333	3,0303	31,85227	4647,1
34	0,20441	0,96335	0,89153	53,24265	2,94118	32,00927	4679,1
35	0,20399	0,96168	0,89127	55,19456	2,85714	32,16942	4712
36	0,20356	0,96001	0,89093	57,18004	2,77778	32,3327	4745,9
37	0,20307	0,95835	0,89031	59,20004	2,7027	32,49068	4780,8
38	0,20184	0,95668	0,88649	61,25552	2,63158	32,53697	4816,6
39	0,2006	0,95501	0,88257	63,34743	2,5641	32,58368	4853,4
40	0,19934	0,95335	0,87856	65,47675	2,5	32,63061	4891,1
41	0,19806	0,95168	0,87445	67,64442	2,43902	32,67756	4929,8
42	0,19676	0,95002	0,87024	69,85139	2,38095	32,72432	4969,4
43	0,19613	0,95165	0,86593	72,09865	2,32558	32,88476	5010
44	0,19547	0,95332	0,86152	74,38714	2,27273	33,04634	5051,6
45	0,19479	0,95498	0,85701	76,71782	2,22222	33,2078	5094,1
46	0,19407	0,95665	0,85239	79,09165	2,17391	33,36887	5137,5
47	0,19346	0,95832	0,84821	81,5096	2,12766	33,55055	5181,9
48	0,19284	0,95998	0,84404	83,97261	2,08333	33,73664	5227,3

49	0,19221	0,96165	0,83979	86,48164	2,04082	33,92289	5273,6
50	0,19154	0,96332	0,83545	89,03766	2	34,10909	5320,9
51	0,19079	0,96498	0,83073	91,64163	1,96078	34,28281	5369,1
52	0,18993	0,96665	0,82557	94,2945	1,92308	34,44168	5418,3
53	0,18907	0,96831	0,82041	96,99722	1,88679	34,6026	5468,4
54	0,18818	0,96998	0,81513	99,75079	1,85185	34,76097	5519,5
55	0,18789	0,97494	0,80974	102,5561	1,81818	35,03481	5571,6
56	0,1873	0,97994	0,80307	105,4142	1,78571	35,25681	5624,6
57	0,18647	0,98494	0,79545	108,326	1,75439	35,43716	5678,6
58	0,18557	0,98994	0,78761	111,2924	1,72414	35,60696	5733,5
59	0,18459	0,99494	0,77954	114,3144	1,69492	35,7653	5789,3
60	0,18354	0,99993	0,77124	117,3931	1,66667	35,91117	5846,2
6 <sup>η</sup> ταχύτητα του κιβωτίου ταχυτήτων με σχέση μετάδοσης $i_6=1,00$							
Ταχύτητα (Km/h)	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (kg/KWh)	Συντελεστής διορθώσεως $K_{ω_6}$	Συντελεστής διορθώσεως $K_u$	Ισχύς (KW)	Χρόνος (h)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/100Km)	Αντίσταση κίνησης (N)
33	0,20828	1,01039	0,86614	51,32333	3,0303	32,39327	4647,1
34	0,20063	1,00464	0,83908	53,24265	2,94118	31,4174	4679,1
35	0,19664	0,99934	0,82679	55,19456	2,85714	31,01061	4712
36	0,19453	0,99589	0,82071	57,18004	2,77778	30,89731	4745,9
37	0,19249	0,99244	0,81496	59,20004	2,7027	30,79918	4780,8
38	0,19054	0,98899	0,80952	61,25552	2,63158	30,71558	4816,6
39	0,18867	0,98555	0,80437	63,34743	2,5641	30,64585	4853,4
40	0,18687	0,9821	0,79949	65,47675	2,5	30,58944	4891,1
41	0,18565	0,97865	0,79706	67,64442	2,43902	30,6297	4929,8
42	0,18457	0,9752	0,7952	69,85139	2,38095	30,69561	4969,4
43	0,18352	0,97176	0,79349	72,09865	2,32558	30,77039	5010
44	0,18271	0,96944	0,79191	74,38714	2,27273	30,88976	5051,6
45	0,18216	0,96829	0,79045	76,71782	2,22222	31,05565	5094,1
46	0,18164	0,96714	0,78912	79,09165	2,17391	31,23085	5137,5
47	0,18125	0,96599	0,78839	81,5096	2,12766	31,43406	5181,9
48	0,18154	0,96484	0,79055	83,97261	2,08333	31,75851	5227,3
49	0,18183	0,96369	0,79279	86,48164	2,04082	32,09233	5273,6
50	0,18215	0,96254	0,7951	89,03766	2	32,43559	5320,9
51	0,18247	0,96139	0,79748	91,64163	1,96078	32,78834	5369,1
52	0,18281	0,96024	0,79993	94,2945	1,92308	33,15062	5418,3
53	0,18317	0,95909	0,80244	96,99722	1,88679	33,5225	5468,4
54	0,18388	0,95794	0,80651	99,75079	1,85185	33,96658	5519,5
55	0,18502	0,9568	0,8125	102,5561	1,81818	34,49999	5571,6
56	0,18619	0,95565	0,8186	105,4142	1,78571	35,04765	5624,6
57	0,18738	0,9545	0,82482	108,326	1,75439	35,60981	5678,6
58	0,18907	0,95335	0,83328	111,2924	1,72414	36,27917	5733,5
59	0,19298	0,9522	0,85157	114,3144	1,69492	37,3914	5789,3
60	0,19697	0,95105	0,87019	117,3931	1,66667	38,53747	5846,2
61	0,20106	0,9501	0,88914	120,5292	1,63934	39,72653	5904
62	0,20567	0,95125	0,90844	123,7239	1,6129	41,04214	5962,7
63	0,21037	0,9524	0,92808	126,978	1,5873	42,40036	6022,4
64	0,21516	0,95355	0,94807	130,2925	1,5625	43,80235	6083
65	0,22004	0,9547	0,9684	133,6684	1,53846	45,24924	6144,6
66	0,22501	0,95585	0,98908	137,1066	1,51515	46,74228	6207,2
67	0,22776	0,95699	1	140,608	1,49254	47,79934	6270,7

## V. Αποτελέσματα φορτηγού Steyr για τη διαδρομή Θεσσαλονίκης - Κατερίνης

Τμήμα	Ταχύτητα (km/h)	Επιτάχυνση (m/s <sup>2</sup> )	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (g/kWh)	Ισχύς στους κινητήριους τροχαίους (kW)	Ισχύς κινήτρια (kW)	Ροπή (Nm)	Στροφές (rpm)	Χρόνος (min)	Κατανάλωση καυσίμου (gr)	Συνολική κατανάλωση καυσίμου (kg)	Απόσταση (km)	Αντίσταση κύλισης (N)	Αντίσταση τροβίχ. εδρώνων (N)	Αεροδυναμική αντίσταση (N)	Αντίσταση κλίσεως (N)	Αντίσταση επιτοχόσεως (N)	Ειδική δουαμή κινήτρια (N)	Συντελεστής διορθέσεως K <sub>α</sub>	Συντελεστής διορθέσεως K <sub>κ</sub>
1	2,79	0,44	3,7944	36,76	44,28	528,99	799,43	0,06	10,84	0,011	0,003	4100,84	27,86	2,08	-2157,37	45454,37	47427,7	1,046	1
2	6,63	0,54	9,0168	106,93	128,83	647,6	1899,73	0,02	8,23	0,019	0,005	4108,47	27,86	11,72	-2157,37	56071,25	58061,94	0,953	0,939
3	7,16	-0,1	9,7376	-0,37	0	0	1000	0,05	1,67	0,021	0,011	4110,03	27,86	13,69	-2157,37	-2182,07	-187,86	0,953	0,939
4	8,22	0,61	11,1792	72,63	87,51	622,01	1343,44	0,02	7,42	0,028	0,014	4113,45	27,86	18,02	-2157,37	29807,23	31809,2	0,968	0,919
5	11,63	0,65	15,8168	110,41	133,03	668,62	1899,94	0,03	12,97	0,041	0,019	4127,7	27,86	36,04	-2157,37	32158,49	34192,72	0,953	0,992
6	12,95	-0,1	17,612	-0,48	0	0	1000	0,05	1,67	0,043	0,03	4134,54	27,86	44,69	-2157,37	-2182,07	-132,36	0,953	0,992
7	14,05	0,55	19,108	79,73	96,06	639,16	1435,18	0,03	9,14	0,052	0,036	4140,8	27,86	52,6	-2157,37	18372,46	20436,3	0,965	0,921
8	18,59	0,54	25,2824	104,16	125,49	630,67	1900,12	0,05	21,25	0,073	0,052	4172,11	27,86	92,21	-2157,37	18030,06	20164,87	0,953	0,896
9	20,98	-0,1	28,5328	-1	0	0	1000	0,05	1,67	0,075	0,07	4191,97	27,86	117,32	-2157,37	-2351,56	-171,77	0,953	0,896
10	20,92	0,38	28,4512	72,79	87,7	611,96	1368,55	0,01	3,55	0,078	0,074	4191,44	27,86	116,65	-2157,37	10350,91	12529,5	0,967	0,878
11	22,93	0,4	31,1848	83,56	100,67	640,72	1500,4	0,03	12,23	0,091	0,12	4210,07	27,86	140,21	-2157,37	10897,59	13118,36	0,962	0,91
12	29,03	0,42	39,4808	111,93	134,85	677,79	1899,88	0,1	50,98	0,142	0,168	4276,97	27,86	224,81	-2157,37	11505,19	13877,46	0,953	1
13	33,01	-0,11	44,8936	-0,87	0	0	1000	0,05	1,67	0,143	0,195	4328,97	27,86	290,58	-2157,37	-2584,59	-94,54	0,953	1
14	34,67	0,26	47,1512	86,92	104,72	665,87	1501,82	0,08	31,1	0,174	0,241	4352,59	27,86	320,44	-2157,37	6483,09	9026,62	0,962	0,972
15	43,85	0,23	59,636	105,43	127,02	638,41	1899,97	0,28	120,91	0,295	0,443	4504,75	27,86	512,87	-2157,37	5766,22	8654,33	0,953	0,916
16	50,06	-0,13	68,0816	1,91	2,3	0	1000	0,05	1,67	0,297	0,485	4627,73	27,86	668,4	-2157,37	-3029,48	137,15	0,953	0,916
17	51,45	0,16	69,972	99,04	119,32	741,23	1537,25	0,13	56,85	0,354	0,592	4657,38	27,86	705,89	-2157,37	3696	6929,77	0,961	1
18	56,85	0,13	77,316	103,53	124,74	701,2	1698,75	0,24	112,89	0,467	0,818	4780,82	27,86	862	-2157,37	3042,26	6555,57	0,955	1
19	61,9	0,02	84,184	108,61	130,85	675,56	1849,63	1,07	528,24	0,995	1,922	4907,28	27,86	1021,93	0	358,79	6315,86	0,951	1
20	63,13	0	85,8568	110,83	133,53	676,07	1886,08	1,83	923,3	1,918	3,651	4939,44	27,86	1062,6	353,83	-63,11	6320,62	0,953	1
21	62,34	0	84,7824	108,49	130,72	670,15	1862,63	1,32	645,68	2,564	5,012	4918,68	27,86	1036,34	325,78	-43,33	6265,33	0,952	0,991
22	61,04	-0,07	83,0144	107,99	130,11	681,23	1823,79	0,14	66,2	2,63	5,149	4884,86	27,86	993,57	2157,37	-1694,81	6368,84	0,95	1
23	58	-0,37	78,88	-9,4	0	0	1000	0,05	1,67	2,632	5,197	4808,55	27,86	897,07	2157,37	-8474,12	-583,28	0,95	1
24	56	0	76,16	121,05	145,85	574,05	2426,14	0,74	343,91	2,976	5,882	4760,47	27,86	836,27	2157,37	0	7781,97	0,98	0,825
25	55,12	-0,16	74,9632	-4,72	0	0	1000	0,05	1,67	2,977	5,928	4739,85	27,86	810,19	-2157,37	-3728,57	-308,04	0,98	0,825
26	60,99	0,11	82,9464	109,63	132,08	692,13	1822,29	0,54	271,28	3,249	6,482	4883,57	27,86	991,94	-2157,37	2724,77	6470,78	0,95	1
27	70,37	0,04	95,7032	135,29	163	740,31	2102,55	0,64	397,61	3,646	7,233	5143,39	27,86	1320,52	-474,64	904,06	6921,19	0,961	1
28	73	0	99,28	125,67	151,4	662,87	2181,13	0,9	520,99	4,167	8,307	5222,9	27,86	1421,07	-474,64	0	6197,18	0,964	1
29	69,5	-0,02	94,52	118,04	142,22	654,02	2076,56	1,78	939,5	5,107	10,375	5117,73	27,86	1288,07	112,19	-431,37	6114,47	0,96	0,972

30	66	89,76	115,86	139,58	675,94	1971,98	1,8	949,98	6,057	12,347	5017,72	27,86	1161,6	112,19	0	6319,38	0,956	1
31	66,75	90,78	115,85	139,58	668,31	1994,39	1,91	1014,36	7,071	14,477	5038,72	27,86	1188,15	-92,77	86,16	6248,12	0,957	1
32	67,5	91,8	116,44	140,29	664,24	2016,8	1,49	792,15	7,863	16,155	5059,95	27,86	1215	-92,77	0	6210,04	0,958	0,994
33	62,65	85,204	114,46	137,9	703,48	1871,89	1,4	729,03	8,592	17,587	4926,85	27,86	1046,67	1337,61	-762,14	6576,85	0,952	1
34	62,5	85	113,45	136,69	698,98	1867,41	0,55	283,84	8,876	18,16	4922,89	27,86	1041,67	-1337,61	1880	6534,81	0,952	1
35	69,1	93,976	110,68	133,35	616,77	2064,61	0,6	266,75	9,143	18,851	5106,04	27,86	1273,28	-1337,61	696,67	5766,24	0,959	0,876
36	69,5	94,52	123,41	148,69	683,78	2076,56	8,05	4557,42	13,7	27,636	5117,73	27,86	1288,07	0	-40,99	6392,66	0,96	1
37	68	92,48	119,66	144,17	677,63	2031,74	1,24	676,72	14,377	29,035	5074,24	27,86	1233,07	0	0	6335,17	0,958	1
38	61,5	83,64	103,18	124,32	646,05	1837,53	1,66	719,64	15,097	30,73	4896,74	27,86	1008,6	970,85	-864,05	6040,01	0,951	0,928
39	60,21	81,8856	102,1	123,01	653,04	1798,84	0,94	410,17	15,507	31,671	4863,51	27,86	966,57	-970,85	1218,19	6105,28	0,951	0,941
40	65,41	88,9576	112,11	135,07	659,98	1954,36	1,89	944,82	16,452	33,731	5001,38	27,86	1140,92	0	0	6170,16	0,955	0,977
41	60,21	81,8856	103,65	124,88	662,94	1798,84	1,55	704,78	17,156	35,283	4863,51	27,86	966,57	1078,72	-738,77	6197,89	0,951	0,965
42	53,35	72,556	-6,32	0	0	1000	0,05	1,67	17,158	35,328	4699,37	27,86	758,99	1078,72	-6991,22	-426,27	0,951	0,965
43	54,85	74,596	134,01	161,46	648,83	2376,32	0,33	208,93	17,367	35,634	4733,59	27,86	802,27	1078,72	2153,13	8795,58	0,974	1
44	58	78,88	109,75	132,23	502,52	2512,79	0,44	173,92	17,541	36,05	4808,55	27,86	897,07	1078,72	0	6812,2	0,99	0,77
45	58	78,88	135,82	163,64	621,87	2512,79	1,34	843,77	18,385	37,35	4808,55	27,86	897,07	2696,63	0	8430,11	0,99	0,976
46	58	78,88	114,27	137,68	523,21	2512,79	0,76	325,8	18,711	38,085	4808,55	27,86	897,07	1359,18	0	7092,66	0,99	0,788
47	56,7	77,112	-9,12	0	0	1000	0,05	1,67	18,712	38,132	4777,11	27,86	857,3	-733,54	-5507,81	-579,07	0,99	0,788
48	65,2	88,672	119,68	144,19	706,82	1948,08	1,82	994,06	19,706	40,11	4995,59	27,86	1133,61	-733,54	1184,62	6608,15	0,955	1
49	75	102	126,66	152,6	650,29	2240,89	0,38	220,14	19,926	40,589	5285,31	27,86	1500	-733,54	0	6079,64	0,966	0,978
50	67,5	91,8	121,03	145,82	690,43	2016,8	0,22	119,08	20,045	40,83	5059,95	27,86	1215	7826,48	-7674,41	6454,88	0,958	1
51	56,5	76,84	-21,22	0	0	1000	0,05	1,67	20,047	40,877	4772,33	27,86	851,27	7826,48	-14829,9	-1351,92	0,958	1
52	46,5	63,24	115,78	139,49	661,21	2014,56	0,37	193,38	20,241	41,163	4555,14	27,86	576,6	7826,48	-4022,65	8963,43	0,957	0,987
53	36,7	49,912	-14,13	0	0	1000	0,05	1,67	20,242	41,193	4383,21	27,86	359,17	7826,48	-13982,4	-1385,71	0,957	0,987
54	33,4	45,424	115,84	139,57	609,85	2185,5	0,2	94,68	20,337	41,305	4334,43	27,86	297,48	7826,48	0	12486,25	0,964	0,865
55	33,4	45,424	88,46	106,58	465,67	2185,5	2,88	902,23	21,239	42,903	4334,43	27,86	297,48	4874,65	0	9534,42	0,964	0,77
56	33,35	45,356	3,1	3,74	0	1000	0,05	1,67	21,241	42,93	4333,73	27,86	296,59	-4111,4	-211,84	334,94	0,964	0,77
57	46,65	63,444	116,56	140,43	663,54	2021,06	0,38	203,93	21,445	43,23	4558,09	27,86	580,33	-4111,4	7940,11	8994,98	0,958	0,993
58	59,58	81,0288	-1,14	0	0	1000	0,05	1,67	21,446	43,279	4847,72	27,86	946,61	-4111,4	-1779,58	-68,79	0,958	0,993
59	69,58	94,6288	117,03	141	647,66	2078,95	0,62	315,63	21,762	43,992	5120,07	27,86	1291,03	-4111,4	3727,47	6055,04	0,96	0,956
60	80	108,8	68,26	82,25	328,57	2390,28	0,88	250,74	22,013	45,162	5448,73	27,86	1706,67	-4111,4	0	3071,86	0,976	0,895
61	78,5	106,76	130,64	157,4	640,82	2345,47	1,53	901,93	22,915	47,163	5398,6	27,86	1643,27	-862,98	-215,69	5991,06	0,971	0,973
62	77	104,72	130,37	157,08	651,98	2300,65	0,83	497,5	23,412	48,227	5349,41	27,86	1581,07	-862,98	0	6095,36	0,968	0,993
63	78,5	106,76	123,28	148,53	604,71	2345,47	0,33	165,79	23,578	48,659	5398,6	27,86	1643,27	-2416,22	999,99	5653,5	0,971	0,879

64	80	0	108,8	105,93	127,63	509,89	2390,28	0,04	15,22	23,593	48,851	5448,73	27,86	1706,67	-2416,22	0	4767,04	0,976	0,77
65	80	0	108,8	95,87	115,5	461,44	2390,28	0,61	209,99	23,803	49,662	5448,73	27,86	1706,67	-2869,19	0	4314,07	0,976	0,77
66	80	0	108,8	87,72	105,69	422,23	2390,28	0,57	184,68	23,988	50,41	5448,73	27,86	1706,67	-3235,85	0	3947,41	0,976	0,799
67	70	-0,4	95,2	11,9	14,34	65,46	2091,5	0,23	17	24,005	50,697	5132,44	27,86	1306,67	3710,31	-9565,24	612,03	0,96	1,353
68	57,85	-0,4	78,676	5,23	6,31	0	1000	0,05	1,67	24,006	50,745	4804,88	27,86	892,43	3710,31	-9109,77	325,72	0,96	1,353
69	55,7	0	75,752	144,18	173,72	687,43	2413,14	0,48	323,62	24,33	51,186	4753,4	27,86	827,33	3710,31	0	9318,9	0,978	1
70	54,8	-0,17	74,528	-6,1	0	0	1000	0,05	1,67	24,332	51,232	4732,43	27,86	800,81	-2148,74	-3813,39	-401,02	0,978	1
71	66,85	0,12	90,916	129,53	156,07	746,14	1997,38	1	589,37	24,921	52,335	5041,54	27,86	1191,71	-2148,74	2863,31	6975,68	0,957	1
72	74,4	-0,08	101,184	124,84	150,41	646,14	2222,96	0,62	344,17	25,265	53,1	5266,41	27,86	1476,1	1186,59	-1916,13	6040,83	0,965	0,964
73	74,5	0,06	101,32	132,37	159,48	684,18	2225,95	0,87	528,4	25,794	54,174	5269,55	27,86	1480,07	-1779,86	1398,84	6396,46	0,966	1
74	80	0	108,8	120,08	144,67	577,96	2390,28	0,78	360,42	26,154	55,211	5448,73	27,86	1706,67	-1779,86	0	5403,41	0,976	0,825
75	70	-0,1	95,2	110,74	133,42	609,16	2091,5	0,95	416,56	26,571	56,325	5132,44	27,86	1306,67	1531,77	-2303,67	5695,06	0,96	0,858
76	58,14	-0,05	79,0704	100,71	121,34	0	1000	0,38	12,67	26,583	57,335	4811,98	27,86	901,4	1531,77	-1036,96	6236,05	0,96	0,858
77	56,28	0	76,5408	98,96	119,23	466,95	2438,27	2,25	804,07	27,387	59,75	4767,1	27,86	844,65	690,39	0	6330	0,981	0,77
78	54,89	-0,26	74,6504	-7,57	0	0	1000	0,05	1,67	27,389	59,796	4734,52	27,86	803,44	-172,6	-5889,57	-496,34	0,981	0,77
79	59,5	0,03	80,92	103,26	124,41	668,28	1777,77	2,19	1004,05	28,393	61,95	4845,71	27,86	944,07	-172,6	602,74	6247,78	0,952	0,976



