

## **ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΦΘΟΡΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

**Π. Χ. Εσκίογλου, Β. Α. Καραγιάννης και Π. Β. Καραρίζος**

Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων,  
Τμήμα Δασολογίας, Α.Π.Θ.,  
54006 Θεσσαλονίκη

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων και μηχανημάτων στο αγροτοδασικό περιβάλλον, ευθύνεται για μία σειρά προβλημάτων, επιβάρυνσης και διάβρωσης του εδάφους και υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Στην εργασία αυτή, με επί τόπου μετρήσεις και από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων στο πρόγραμμα (STP), ερευνάται πως και πόσο εξαρτάται η παραμόρφωση του εδάφους από τις μηχανικές ιδιότητες του, από τη σύνθεση της κυκλοφορίας, τον τύπο και την πίεση των ελαστικών των οχημάτων. Τέλος προτείνεται εκείνος ο τύπος οχήματος, τα χαρακτηριστικά του οποίου προκαλούν τη μικρότερη παραμόρφωση σε σχέση με τη μεταφερόμενη ποσότητα.

**Λέξεις κλειδιά:** δασόδρομος, παραμόρφωση, μεταφορά, ισοδύναμοι άξονες, ελαστικά

## **THE REDUCTION OF DAMAGES ON FOREST ROADS WHICH ARE CAUSED BY MEANS OF TRANSPORT**

**P. Ch. Eskioglou, E. A. Karagianis and P. B. Kararizos**

Department of Forestry Engineering and Road Construction  
School of Forestry, Aristotle University,  
54006 Thessaloniki, Greece.

### **ABSTRACT**

The circulation of heavy vehicles and machines in the agroforest environment, is responsible for a series of problems that leads to the downgrading of wider environment. In this work, through program STP and by on the spot measurements, is investigated the effect of mechanic attributes of soil, composition of circulation of the above vehicles, press and pressure of their tyres in the aggravation of soil. Finally become proposals for the type and the characteristics of vehicle that will cause the smaller deformity concerning the transported quantity

**Keywords:** forest road, deform, means of transport, equivalent axles, pressure of tyres

### **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο αγροτοδοσικό περιβάλλον κινούνται μηχανήματα συγκομιδής και οχήματα μεταφοράς προϊόντων που επιβαρύνουν το έδαφος μεταβάλλοντας τη δομή του , μειώνοντας τη βατότητά του, και επιταχύνοντας τη διάβρωσή του και τη μελλοντική υποβάθμιση του περιβάλλοντος[10,5]. Η ελαχιστοποίηση των παραπάνω αρνητικών φαινομένων πετυχαίνεται με τη διερεύνηση κάποιων παραγόντων όπως η περιεχόμενη υγρασία, η μύζηση, η κλίση του δρόμου, ο τύπος του εδάφους και κυρίως ο κυκλοφοριακός φόρτος .

Βρέθηκε ότι το βάθος βύθισης τροχών στο έδαφος και η επιφάνεια επαφής των τροχών των μέσων μεταφοράς είναι ανάλογη της υγρασίας του εδάφους [12,9]. Αντίθετα αύξηση της μύζησης του εδαφικού νερού μειώνει το βάθος βύθισης σε ιλυοαργιλώδη εδάφη όχι όμως και σε πηλοαμμώδη. [11].

Από την άλλη, ο κυκλοφοριακός φόρτος και ειδικότερα η σύνθεση, ο τύπος και η υπέρβαρη κατανομή των αξόνων, καθώς και οι διαστάσεις και οι πιέσεις των ελαστικών των διαφόρων οχημάτων μεταφοράς αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία επιβάρυνσης των εδαφών[6]. Ο ακριβής υπολογισμός του κυκλοφοριακού φόρτου δεν γίνεται με το συνολικό βάρος των οχημάτων , αλλά με μία και μόνη έκφραση αυτή των Ισοδυνάμων Αξόνων (I.A.) που υπολογίζεται από μαθηματικές σχέσεις σε συνάρτηση με την πίεση των ελαστικών και τη φθορά που επιφέρουν στο έδαφος [1,13].

Από τα διάφορα οχήματα , τα φορτία των φορτηγών υπολογίστηκε ότι επιβαρύνουν τους δασικούς δρόμους μέχρι και πέντε φορές περισσότερο από αυτά των γεωργικών και των μηχανημάτων μετατόπισης [2]. Από τους τύπους των φορτηγών , οι κινητήριοι τροχοί των τριαξονικών και κάποιων τύπων τετραξονικών, βρέθηκε ότι επιβαρύνουν λιγότερο το έδαφος (0,1Μρα) από ότι τα διαξονικά (0,2Μρα)[3,7,8], ενώ τα υπερφορτωμένα αξονικά φορτία επιβαρύνουν το έδαφος μέχρι και 60% παραπάνω από ότι τα κανονικά φορτία, επιβαρύνοντας το κόστος μεταφοράς μέχρι και 40% [4]. Τέλος το βάθος βύθισης των τροχών και η επιβάρυνση των εδαφών αυξάνεται με την αύξηση των διαδρομών και με τη μείωση της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων[10]

Σκοπός της εργασίας είναι να υπολογιστεί η επιβάρυνση των δασικών δρόμων ανά  $m^3$  μεταφερόμενης ξυλείας από τα μέσα συγκομιδής και μεταφοράς, και να μελετηθεί η επίδραση του τύπου του εδάφους , της υγρασίας , του τύπου και της πίεσης των ελαστικών στον περιορισμό των φθορών αγροτοδοσικών εδαφών από τη διέλευση των παραπάνω οχημάτων.

## **2.ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο και τον Αύγουστο του 2002 στα αγροτοδοσικά εδάφη και στον συλλεκτήριο δασικό δρόμο I του συμπλέγματος Πευκωτού Αριδαίας στο οποίο κυριαρχούν τα είδη *Fagus Sylvatica* (75%) και *Abies alba – Pinus nigra, silvestris* (20%). Η περιοχή έχει έκταση 7700ha , ξυλαπόθεμα 1250000  $m^3$  και χαρακτηρίζεται από ασβεστολιθικό και γρανιτικό γεωλογικό υπόβαθρο χαμηλής και μέτριας αντοχής, ισχυρές εγκάρσιες κλίσεις

μέχρι 70% , έντονες βροχοπτώσεις, χαμηλές θερμοκρασίες και παγετούς κατά τους χειμερινούς μήνες. Κατά τις δύο περιόδους της έρευνας η μέση θερμοκρασία ήταν 11°C και 23 °C, το δε μέσο μηνιαίο ύψος βροχής 105 και 40mm αντίστοιχα. Από τον συγκεκριμένο δρόμο, μήκους 12Km , ετησίως μεταφέρεται από φορτηγά και συγκομιστές λήμμα 20000 m<sup>3</sup>

Για τη διερεύνηση της ελαχιστοποίησης των φθορών των εδαφών, σχηματίστηκαν οι καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισής τους ,υπολογίστηκε η υγρασία με τη μέθοδο AASHTO T-217 , τα όρια Atterberg και η αντοχή τους με τη δοκιμή CBR. Στη συνέχεια καταγράφηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά (μικτό και ωφέλιμο φορτίο, διαστάσεις και πιέσεις των ελαστικών, πίεση του εδάφους ) των απλών και αρθρωτών ελκυστήρων –φορτωτών , τύπου Franklin , Timberjack και Forwarder , καθώς και των βαρέων φορτηγών που κινούνται στο χώρο της έρευνας.

Με τη βοήθεια του προγράμματος STP μετατράπηκαν τα κυκλοφορούντα αξονικά φορτία σε ισοδύναμους άξονες , (I.A.) για τιμές πίεσης των ελαστικών τους 80 και 100 psi. Με βάση τις τιμές αυτές, υπολογίζονται οι συνολικοί (I.A.) του κάθε οχήματος , που σε σχέση με το μεταφερόμενο φορτίο από κάθε ένα ξεχωριστά, μετρήθηκαν οι I.A. που μεταφέρουν 1m<sup>3</sup> ξυλείας, αριθμός διαφορετικός για κάθε όχημα που εκφράζει τη φθορά του δρόμου και του εδάφους στη μονάδα της μεταφερόμενης ποσότητας ξυλείας.

Από τις διελεύσεις των οχημάτων , υπολογίστηκε επιτόπου το αποτύπωμα των τροχών (επιφάνεια επαφής) στο έδαφος , καθώς κινούνται σε εδάφη διαφορετικής αντοχής και περιεχόμενης υγρασίας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για ταχύτητες κυκλοφορίας 10 και 20Km /h .

Τέλος μετρήθηκε με κάθετους κανόνες το βάθος βύθισης του εδάφους από τους τροχούς , σε διαφορετικές συνθήκες υγρασίας, άνοιξης και θέρους ,καθώς τα οχήματα έφεραν ελαστικά με τις πιέσεις και τις διαστάσεις που δίνει ο κατασκευαστής αλλά και φαρδύτερα με μικρότερες πιέσεις.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την εδαφομηχανική εξέταση των εδαφών βρέθηκε ότι στην περιοχή του ασβεστόλιθου επικρατούν τα αργιλώδη εδάφη ( CL) ,με αντοχή CBR = 3 , ενώ η περιεχόμενη υγρασία μετρήθηκε 33% την άνοιξη και 20% το θέρους. Σε θέσεις με γρανιτικό υπόβαθρο κυριαρχούν τα πηλώδη και αμμοαργιλώδη εδάφη (SC-CL), αντοχής CBR =5 και με εδαφική υγρασία 20 και 12% αντίστοιχα.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαφόρων οχημάτων έρευνας που κυκλοφορούν και επιβαρύνουν το αγροτοδασικό περιβάλλον καθώς μεταφέρουν τα γεωργικά και δασικά προϊόντα. Ειδικότερα δίνονται τα κυριότερα αξονικά φορτία , οι διαστάσεις και οι πιέσεις των ελαστικών τους , η επιφάνεια επαφής (αποτύπωμα τροχών) καθώς και η πίεση που εξασκούν αυτά επί του εδάφους υπό κανονικές συνθήκες φόρτωσης και υγρασίας .

Η επιφάνεια επαφής E των τροχών μετρήθηκε επί τόπου και το αποτέλεσμα των μετρήσεων έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με τα μεγέθη που προκύπτουν από τη σχέση :  $E = 0,5227 \cdot L^2$  όπου L είναι το μήκος του αποτυπώματος του τροχού που έχει διάμετρο πέλματος ίση με 0,6L.[13]

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.Τεχνικά χαρακτηριστικά μέσων μεταφοράς

| Τύπος οχήματος | Αξονικά φορτία KN | Μέγεθος ελαστικού mm | Πίεση ελαστικού bar | Επιφάνεια επαφής cm <sup>2</sup> | Πίεση Εδάφους KPa |
|----------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------|
| Φορητά         | 60 - 130          | 315/ R 560           | 7 – 8,5             | 1460                             | 200 - 500         |
| Forwarder      | 72 - 48           | 570 /R 650           | 2                   | 4693                             | 51 - 72           |
| Franklin       | 34 - 23           | 450/ R 650           | 2                   | 2925                             | 39 - 58           |
| Timberjack     | 72 - 45           | 600 /R 800           | 2                   | 5227                             | 43 - 69           |



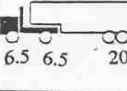

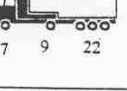
Στον Πίνακα 2 φαίνεται η μετατροπή – από την επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή- των κυριότερων κυκλοφορούντων αξονικών τύπων και φορτίων σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) όταν τα ελαστικά τους έχουν πίεση 5,5 και 7 bar ή 80 και 100psi αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μετατροπή αξονικών φορτίων σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) για πίεση ελαστικών 80 και ( 100 ) psi,

| Φορτίο άξονα KN | Συντελεστές ισοδυναμίας |                         | ανά τύπο άξονα            |  |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
|                 | Μονός με μονά ελαστικά  | Μονός με διπλά ελαστικά | Δίδυμος με διπλά ελαστικά |  |
| 44.5            | 0.45 (0.76)             | 0.33 (0.55)             | 0.13 (0.21)               |  |
| 60              | 0.80 (1.40)             | 0.59 (0.70)             | 0.21 (0.35)               |  |
| 65              | 0.87 (1.44)             | 0.62 (1.10)             | 0.24 (0.40)               |  |
| 70              | 0.92 (1.60)             | 0.80 (1.25)             | 0.3 0 (0.50)              |  |
| 90              | 1.70 (2.50)             | 1.22 (2.04)             | 0.47 (0.78)               |  |
| 130             | 3.21 (5.36)             | 2.50 (3.80)             | 0.90 (1.50)               |  |
| 200             |                         | 5.50 (9.20)             | 2.10 (3.50)               |  |
| 220             |                         |                         | 2.50 (4.20)               |  |
| 220             | Τρίδυμος με             | διπλά ελαστικά          | 1.20 (2.20)               |  |

Από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων των δύο παραπάνω Πινάκων , σχηματίστηκε ο Πίνακας 3, στον οποίο φαίνεται η μετατροπή του συνολικού βάρους του κάθε φορητού σε ισοδύναμους άξονες (I.A.) -όταν τα ελαστικά τους έχουν πίεση 80 και ( 100 ) psi. - και πόσοι I.A.από κάθε όχημα μεταφέρουν 1m<sup>3</sup> ωφέλιμου φορτίου .

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. (I.A.) που απαιτούνται, για κάθε μεταφερόμενο m<sup>3</sup> από φορητά με διάφορες πιέσεις.

| ΤΥΠΟΣ<br>ΟΧΗΜΑΤΟΣ<br>Κατανομή<br>Άξόνων<br><br>KN* 10 <sup>-1</sup>                             | Ι.Α. / άξονα<br>(συνολικά)<br>για πίεση<br>ελαστικών<br>80psi | Ι.Α. / άξονα<br>(συνολικά)<br>για πίεση<br>ελαστικών<br>100 psi | Φορτίο που<br>μεταφέρεται<br>συνολικά<br>και από<br>(1 Ι.Α.)<br>(80) (100)psi<br>m <sup>3</sup> | Ι.Α. που<br>μεταφέρουν<br>1 m <sup>3</sup> για πίεση<br>80 και<br>(100)psi<br>η |
|---|---|---|---|---|
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
| <br>6 13       | 0.8 / 2.5<br>(3.3)  | 1.4 / 4.2<br>(5.6)  | 16<br>(4.8) (2.85)  | 0.20<br>(0.35)  |
| <br>6 20       | 0.8 / 2.1<br>(2.9)  | 1.4 / 3.5<br>(4.9)  | 23<br>(7.9) (4.7)   | 0.12<br>(0.21)  |
| <br>6.5 6.5 20 | 2 *0.87 / 2.2<br>(3.94)                                       | 1.5 / 1.5 / 3.5<br>(6.5)  | 27<br>(6.8) (4.1)   | 0.14<br>(0.24)  |
| <br>14 22      | 1.5 / 2.5<br>(4)  | 2 / 4.2<br>(6.2)  | 34<br>(8.5) (5.5)   | 0.11<br>(0.18)  |
| <br>7 9 22   | 0.9 / 1.7 / 1.2<br>(3.82)                                     | 1.6 / 2.5 / 2.2<br>(6.3)  | 35<br>(9.1) (5.5)   | 0.109<br>(0.18)   |

Στους Πίνακες 4 και 5 παρουσιάζονται τα βάρη βύθισης των τροχών στο έδαφος σε σχέση με τον αριθμό των διαδρομών ενός συγκομιστή Franklin που χρησιμοποιείται στις δασικές εργασίες στην περιοχή του αβεστόλιθου (Πίνακας 4) και στην περιοχή του γρανίτη (Πίνακας 5) τόσο κατά την περίοδο της άνοιξης όσο και του θέρους.

Και στις δύο περιοχές έρευνας οι μετρήσεις έγιναν με το όχημα να κυκλοφορεί με τροχούς που είχαν πλάτος επαφής  $d$  και πιέσεις  $p$  ελαστικών, αυτές που δίνει ο κατασκευαστής ( $d = 450\text{mm}$ ,  $p = 2$  ή  $1,5 \text{ bar}$ ), αλλά και με τροχούς φαρδύτερους της τάξης των  $600\text{mm}$  και τιμές πίεσης  $1,2$  και  $1,5\text{bar}$ .

Τέλος από τον Πίνακα 6 φαίνεται η μεταβολή των αποτυπωμάτων επιφάνειας επαφής των ελαστικών ενός φορτηγού στο έδαφος, καθώς αυτό κινείται και σε αργιλώδες και σε αμμοαργιλώδες έδαφος χαμηλής και μέσης αντοχής CBR, με διάφορες τιμές εδαφικής υγρασίας και με ταχύτητα κίνησης  $10$  και  $20\text{Km/h}$ .

Πίνακας 4 . Σχέση βάρους βύθισης τροχών και του αριθμού διαδρομών του Franklin για διάφορες διαστάσεις και πιέσεις ελαστικών σε ασβεστολιθικό υπόβαθρο με εδαφική υγρασία  $20\%$  και  $(30\%)$

| Αριθμός<br>διαδρομών | Βάθος βύθισης τροχών (Παραμόρφωση) σε cm |               |                         |               |
|----------------------|--|---------------|-------------------------|---------------|
|                      | Πλάτος επαφής ελαστικών<br>450 mm        |               | Πλάτος επαφής<br>600 mm |               |
|                      | Πίεση 1,5 bar                            | Πίεση 2,0 bar | Πίεση 1,2 bar           | Πίεση 1,5 bar |
| 1                    | 4,0 (5,2)                                | 4,3 (6,0)     | 2,2 (3,8)               | 2,4 (4,5)     |
| 2                    | 4,8 (5,8)                                | 5,4 (6,3)     | 3,1 (4,0)               | 3,5 (5,0)     |
| 3                    | 5,3 (6,3)                                | 5,9 (6,9)     | 3,8 (4,5)               | 4,0 (5,2)     |
| 4                    | 5,8 (6,9)                                | 6,3 (7,5)     | 4,0 (4,8)               | 4,3 (5,5)     |
| 5                    | 6,0 (7,6)                                | 6,6 (8,2)     | 4,5 (5,0)               | 5,0 (5,8)     |

Πίνακας 5 . Σχέση βάθους βύθισης τροχών και αριθμού διαδρομών του Franklin για διάφορες διαστάσεις και πιέσεις ελαστικών σε γρανιτικό υπόβαθρο με εδαφική υγρασία 20% και (30%)

| Αριθμός<br>διαδρομών | Βάθος βύθισης τροχών (Παραμόρφωση) σε cm |               |                         |            |
|----------------------|--|---------------|-------------------------|------------|
|                      | Πλάτος επαφής ελαστικών<br>450 mm        |               | Πλάτος επαφής<br>600 mm |            |
|                      | Πίεση 1,5 bar                            | Πίεση 2,0 bar | p =1,2 bar              | p =1,5 bar |
| 1                    | 2,1 (2,3)                                | 2,4 (2,6)     | 1,7 (1,8)               | 1,9 (2,1)  |
| 2                    | 2,3 (2,8)                                | 2,7 (3,0)     | 1,9 (2,4)               | 2,2 (2,7)  |
| 3                    | 2,8 (3,4)                                | 3,3 (3,6)     | 2,4 (2,8)               | 2,6 (3,3)  |
| 4                    | 3,5 (3,9)                                | 3,6 (4,1)     | 2,6 (3,3)               | 2,9 (3,7)  |
| 5                    | 3,7 (4,3)                                | 4,0 (4,6)     | 2,8 (3,5)               | 3,1 (4,0)  |

Πίνακας 6. Μεταβολή των αποτυπωμάτων της επιφάνειας επαφής του συγκομιστή Franklin στους τόπους έρευνας, σε σχέση με την εδαφική υγρασία και τη διαφορετική ταχύτητα κίνησης

| Τύπος οχήματος | Επιφάνεια επαφής τροχών σε cm <sup>2</sup> |
|----------------|--|
|                | Ταχύτητα 10 Km/h      Ταχύτητα 20Km/h      |

|          |                     |                     |                     |                     |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Franklin | Ασβεστόλιθος        | Γρανίτης            | Ασβεστόλιθος        | Γρανίτης            |
| 450/R650 | Υγρασία<br>20 (30)% | Υγρασία<br>12 (20)% | Υγρασία<br>20 (30)% | Υγρασία<br>12 (20)% |
|          | 2960 (4375)         | 2925 (3700)         | 2945 (4100)         | 2925 (3550)         |

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη διεξαχθείσα έρευνα προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

1. Εξαιτίας της μεγαλύτερης αξονικής φόρτισης και της μικρότερης επιφάνειας επαφής των τροχών των φορτηγών, αυτά επιβαρύνουν πολλαπλάσια το έδαφος από τα λοιπά μηχανήματα και μέσα μεταφοράς.

2. Διατηρώντας την ίδια αξονική φόρτιση αλλά αυξάνοντας την πίεση του ελαστικού κατά 25%, αυξάνεται ο αριθμός των Ισοδυνάμων αξόνων σε ποσοστά 69% στα διαξονικά , 68% στα τριαξονικά και από 55 - 64% στα τετραξονικά.

3. Φορτίο που μεταβιβάζεται σε δίδυμους άξονες με διπλά ελαστικά επιβαρύνει μέχρι και 3,5 φορές λιγότερο το έδαφος από το ίδιο φορτίο που μεταφέρεται από μονό άξονα με μονό ελαστικό και περίπου 2,5 φορές από μονό άξονα με διπλά ελαστικά.

4. Ο τύπος του φορτηγού που προτείνεται να κυκλοφορεί σε αγροτοδοσικό περιβάλλον , γιατί επιβαρύνει λιγότερο το έδαφος κατά τη μεταφορά 1 m<sup>3</sup> είναι κάποιιο τύποι τετραξονικών ,τα τριαξονικά και ορισμένοι συρμοί 5 αξόνων .Η επιβάρυνση είναι περίπου 50% λιγότερη από αυτήν που επιφέρει ένα διαξονικό όχημα. Βρέθηκε ότι ένας Ισοδύναμος Άξονας τετραξονικού φορτηγού μεταφέρει 4.1 μέχρι 5.5 m<sup>3</sup> ,του τριαξονικού 4.7 m<sup>3</sup>,όταν ένας Ι.Α. διαξονικού μεταφέρει μόλις 2.85 m<sup>3</sup>

5. Αυξανόμενη της εδαφικής υγρασίας κατά 50% , αυξάνονται τα αποτυπώματα των τροχών κατά 50% και το βάθος βύθισης των τροχών κατά 30%. Η παραμόρφωση αυξάνεται επίσης κατά 15% καθώς αυξάνεται η πίεση των ελαστικών κατά 33%, ενώ μειώνεται μέχρι 40% καθώς αυξάνονται οι διαστάσεις των πελμάτων των ελαστικών κατά 33%.

6. Το μέγεθος του βάθους βύθισης των τροχών καθώς και η επιφάνεια επαφής των τροχών επηρεάζονται επίσης από την ταχύτητα των κινούμενων οχημάτων. Μειούμενης της ταχύτητας των οχημάτων από 20 στα 10Km/h η επιφάνεια επαφής των τροχών αυξάνεται μέχρι και 5%.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AASHTO, 1993. *Guide for design of pavement structures*. American Ass. of state Highway and Transportation Officials, Washington D.C
2. Eskioglou, P., Ch., 1993. Boden und Fahrbahrverformungen von forstwegenunter den Einwirkungen der belastungen von mechanisierungsmitteln. *Proc. Of the XXVII Int. Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit* ,Thessaloniki ,324-332.
3. Eskioglou,P., 1994. Die Wirtschaftlichkeit von Lastwagen -transporten unter

- Berücksichtigung der Belastung und Abnutzung von Waldstrassen. *Proc. Of the XXVIII Int.Symposium Mechanisierung der Waldarbeit*. Langau i.E., 33- 38.
4. Eskioglou ,P., 1995 . The impact of wood transport with overloaded vehicles on the dimension and the duration of road pavements. *Proc.of the Cost Effective Early Thinnings seminar* ,Limoge,,56-63.
  5. Heinimann, H.,R., 1997. .Aggregate -surfaced forest roads - Analysis of Vulnerability due to surface erosion. *Proc. of the IUFRO/ FAO seminar on Forest operation in Himalayan Forests* , Bhutan, 23-31.
  6. Hirt, R.,1996. Technische minimalanforderungen im Wald -und Guterstrassenbau. *Schweiz. Z. Forstwes.* 147 (10). 803-816.
  7. Hirt, R., 1998 . 40 Toner auf Wald -und Guterstrassen. *Schweiz. Z. Forstwes* .149 ( 1). 33 – 40.
  8. Hirt, R. and Veikko, M., 1999. Die Schadenwirkung verschiedener Lastwagen auf den Strassenoberbau. *Strasse und Verkehr* .243 (8). 54-59 .
  9. Καραγιάννης,Ε. και Καραρίζος, Π.,1996. Συνθήκες πρόσφυσης και παραμόρφωσης των φυσικών εδαφών κατά τη μετατόπιση του ξύλου με ελκυστήρες. *Επιστ.Επετηρ. Δ.Φ.Π.*, ΛΘ (2). 155-162.
  10. Παναγιωτόπουλος, Κ., 1991. *Παραδόσεις Γεωργικής Μηχανικής*.Υπηρεσία Δημοσιευμάτων . Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
  11. Παναγιωτόπουλος, Κ.,Π., και Αλιφέρης , Η., 1990. Η επίδραση της μύζησης εδαφικού νερού και του ρυθμού παραμόρφωσης στη συμπίκνωση δύο αλλουβιακών εδαφών. *Πρακτικά 3<sup>ov</sup> Εδαφολογικού Συνεδρίου «Προστασία εδαφών – Ποιότητα ζωής»* . Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία . Αθήνα . 59-75.
  12. Shoene , W., 1958. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. *Agricultural Engineering* . 39. 276-290.
  13. Whitcomb ,W., Yapp, M., and Myers, M. 1995. *STP -Surface Thicknes Program-Aggregate Surfacing Design Guide* . USDA - Forest Service.New York.