

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΔΩΝ ΜΙΚΡΗΣ  
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΔΑΣΙΚΗ ΟΔΟΠΟΙΑ.**

**ΕΣΚΙΟΓΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**  
**Λέκτορας Τμήματος Δασολογίας**  
**και Φυσικού Περιβάλλοντος**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**  
**ΝΑ ΔΙΟΡΘΩΘΕΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

Στους δασικούς δρόμους κυκλοφορούν, σε περιορισμένο αριθμό βαρέα φορτηγά, που μεταφέρουν την παραγόμενη ποσότητα ξυλείας, και επιβατηγά αυτοκίνητα που κινούνται για δασική αναψυχή. Επειδή ο κυκλοφοριακός φόρτος στους δασικούς δρόμους είναι μικρός, ο σχεδιασμός των διαστάσεων των οδοστρωμάτων τους, γίνεται αποκλειστικά με μεθόδους που εφαρμόζονται σε δρόμους χαμηλής έντασης (low-volume road).

Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή των μεθόδων σε δασικές περιοχές, στις οποίες τόσο η μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας όσο και ο κυκλοφοριακός φόρτος για τις ανάγκες δασικής αναψυχής ποικίλλουν. Υπολογίζονται οι διαστάσεις οδοστρωμάτων και διερευνάται η επίδραση του εδάφους και του κυκλοφοριακού φόρτου επί του πάχους οδοστρώματος.

**LOW- VOLUME ROAD DESIGN. APPLICATION IN THE FOREST ROAD**

**By Dr. Eskioglou P.**  
**Lecturer of Forestry**

**ABSTRACT**

In the forest roads the traffic flow is heavy vehicles which transport timber and cars for peoples' relaxation. For this reason the design pavement thickness must be with the help of AASHTO method (low-volume).

In this paper was applied the low-volume road design in the forest road under subgrades' and timber transported variability. Also has been examined the subgrade and traffic influence in the pavement design

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΔΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΔΑΣΙΚΗ ΟΔΟΠΟΙΑ.

**ΕΣΚΙΟΓΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**  
Λέκτορας Τμήματος Δασολογίας  
και Φυσικού Περιβάλλοντος

### 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν πριν μερικά χρόνια αναφερόμασταν για την εκμετάλλευση της δασικής παραγωγής, στην **κατασκευή δασικών δρόμων**, εννοούσαμε αποκλειστικά την ιδανική διάνοιξη του δάσους, με ιδιαίτερη έμφαση στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, λόγω της σύνθεσης της κυκλοφορίας και της ποικιλίας των μεταφερόμενων προϊόντων.

Οι δασικοί δρόμοι σπάνια χαλικοστρώνονταν και ακόμα σπανιότερα σταθεροποιούντο ή ασφαλτοστρώνονταν. Μέχρι το 1992, από τα 23567 Km τα 4000 Km ήταν αμμοχαλικοστρωμένα ή σκυροστρωμένα, ενώ μόνο 240 Km είχαν ασφαλική επιφάνεια. Η κατάσταση αυτή είχε δυσάρεστες οικονομικές επιπτώσεις στην ποιότητα αλλά και στην τιμή αξίας των παραγομένων προϊόντων.

Οι δασικοί χωματόδρομοι το χειμώνα ήταν άβατοι, και η μόνη θετική επέμβαση ήταν η προσθήκη, υπό μορφή υποθεμελίωσης, αυτούσιου αμμοχάλικου από τις κοίτες των κοντινών χειμάρρων.

Προοδευτικά, η Δασική Υπηρεσία σε συνεργασία με το Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών του Τμήματός μας, άρχισε να εφαρμόζει τα συμπεράσματα άλλων επιστημονικών κλάδων στο πεδίο της οδοστρωσίας.

Το 1974 ερευνάται η δυνατότητα σταθεροποίησης δασικών εδαφών αρχικά με ασβέστη και τσιμέντο, στη συνέχεια με ιπτάμενη τέφρα (1978), ενώ το 1991 δίνονται οι πρώτες λύσεις διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων δασικών δρόμων που προέκυψαν κατόπιν έρευνας, και διερεύνησης παραγόντων που διαμορφώνουν το δείκτη πάχους SN.

Οι παράγοντες αυτοί (**K%**=ποσοστό κινουμένων οχημάτων για μεταφορά ξυλείας, **Q**,=μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας και **n**= ο αριθμός των ισοδυνάμων αξόνων που μεταφέρει 1m<sup>3</sup> ξυλείας,) κρίθηκαν προσφορότεροι για τη δασική πράξη, αφού προσεγγίζαν περισσότερο τη λύση του προβλήματος, και εφαρμόστηκαν στο νομογράφημα του Burlet (Σχήμα 1) με αποτέλεσμα την τροποποίηση της εξίσωσης του Burlet στην παρακάτω σχέση (Εσκίογλου 1991) με την οποία υπολογίζεται ο δείκτης πάχους SN του οδοστρώματος:

$$SN = - 2.54 + 10^{0.52416 - 0.1647 \log CBR + 0.1068 \log \left[ \frac{100}{K} Q \cdot v \cdot n \right]}$$

Σχήμα 1. Νομογράφημα και εξίσωση για τον προσδιορισμό, κατά Burlet, του SN οδού μικρής κυκλοφορίας με ασφαλική στρώση.

Σήμερα οι νεώτερες μέθοδοι υπολογισμού πάχους οδοστρωμάτων και κυρίως η μέθοδος AASHTO (1986) περιλαμβάνει στην ερευνά της δυνατότητες διαστασιολόγησης οδών με κυκλοφοριακό φόρτο μικρής έντασης ( low-volume road) όπως είναι οι δασικοί δρόμοι.

Στους δασικούς δρόμους ,κυκλοφορούν κυρίως βαρέα φορτηγά που μεταφέρουν την παραγόμενη ξυλεία και σε κάποιους άλλους δρόμους επιβατηγά που κινούνται για δασική αναψυχή. Ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι ιδιαίτερα χαμηλός και σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνά τους 500.000 ισοδύναμους άξονες στη διάρκεια των 20 χρόνων.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται ο υπολογισμός του πάχους μη ασφαλικού οδοστρώματος, δρόμων τέτοιου κυκλοφοριακού φόρτου που κατατάσσονται με βάση τη μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας.

## **2.ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Η έρευνα διεξήχθη σε δασικές περιοχές της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Στην περιοχή αυτή υπάρχει το παραγωγικότερο Δασαρχείο της χώρας (Δράμας) με τη μεγαλύτερη παραγόμενη ποσότητα ξυλείας, υπάρχουν δασικοί δρόμοι χαμηλής έντασης από άποψη μεταφερόμενης ξυλείας, αλλά έντονης κυκλοφορίας για αναψυχή (Θάσος, Νυμφαία) και τέλος άλλοι δασικοί δρόμοι όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος ποικίλλει από χαμηλός έως ελάχιστος.(Καβάλα, Ξάνθη, Σταυρούπολη, Έβρος, Ροδόπη).

Από τα δελτία αποστολής δασικών προϊόντων και από επί τόπου μετρήσεις κατά τα διαστήματα Μαρτίου μέχρι Οκτωβρίου των ετών 1989,1992 1993 και 1995, καταμετρήθηκαν σε δασικούς δρόμους, ποσότητες μεταφερόμενης ξυλείας ,ετησίως, από 1000 m<sup>3</sup> μέχρι 65000 m<sup>3</sup>. Η μεταφορά γίνεται με 3-αξονικά φορτηγά σε ποσοστό 75-80%, με διαξονικά σε ποσοστό 10-15% ,και τέλος με τετραξονικά ή ρυμουλκά σε ποσοστό 5-10%.

## **3.ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Στην περίπτωση των δρόμων μικρής κυκλοφορίας, ο υπολογισμός είναι δυνατός είτε λαμβάνοντας υπόψιν τη μείωση του δείκτη εξυπηρετικότητας (PSI) είτε λαμβάνοντας υπόψιν το μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος αυλακώσεως. Προτιμήθηκε η πρώτη περίπτωση, και για την πραγματοποίησή της,

απαιτείθηκε ο υπολογισμός, της κυκλοφορίας (με τη μορφή των ισοδυνάμων αξόνων 8.2t), του μέτρου ελαστικότητας του εδάφους έδρασης (MR) και του μέτρου ελαστικότητας του υλικού οδοστρώματος (EBS).

Σε όλους τους δασικούς δρόμους αναγνωρίστηκε το μητρικό πέτρωμα, το έδαφος και υπολογίστηκε η αντοχή του εδάφους (Πίνακας 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Μητρικό πέτρωμα, εδάφη και CBR στις περιοχές έρευνας  
TABLE 1: Petrification, soils and CBR value in the research area

Μητρικό πέτρωμα	Τύπος εδάφους	Εύρος τιμών CBR
Γαύρος, γρανίτης, γνεύσιο	CL, SC-CL, GC-CL, CL, ML	4 - 8
Φλύσχη, ασβεστόλιθος	CL, CH, SC-CL, ML	2 - 5
αργιλικός - μαρμαρυγιακό σχιστόλιθος	CL, ML, SC-CL, CH	4 - 6
ασβεστολιθικός ψαμμίτης	GC-CL, SC-CL,	5 - 8

Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του οδοστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί, και που είναι αυτούσιο υλικό από τους πλησίον ευρισκόμενους χειμάρρους, υπολογίστηκε στα 30.000 psi.

Για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού φόρτου, ελήφθη υπόψη η μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τύποι κυκλοφορούντων φορτηγών, η κατανομή των ισοδυνάμων αξόνων και η μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 2:

Μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας και ισοδύναμοι άξονες φορτηγών.

Στην τελευταία στήλη ύστερα από επεξεργασία, δίνεται για κάθε φορτηγό, ο αριθμός των ισοδυνάμων αξόνων που πρέπει να διέλθουν ώστε να μεταφέρουν 100m<sup>3</sup> ξυλείας. Από τη στατιστική

ανάλυση που ακολούθησε διαπιστώθηκε ότι τα 100m<sup>3</sup> μεταφέρονται από 4.5 φορτηγά ή από 23 ισοδύναμους άξονες των 8.2Τη.

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι ισοδύναμες αξονικές διελεύσεις σε διάρκεια 20 χρόνων, που αντιστοιχούν στις ποσότητες της ξυλείας που θα μεταφερθούν στο συγκεκριμένο διάστημα από τις κατά τόπους περιοχές έρευνας, ο αριθμός των φορτηγών που θα κινηθούν συνολικά, και ο συνολικός αριθμός ισοδύναμων αξόνων που θα κυκλοφορήσουν, αφού ως γνωστον στους δασικούς δρόμους κυκλοφορούν και άλλα οχήματα για διάφορους λόγους (μεταφορά υλικών, αναμυχή κ.α.) σε ποσοστό 10-30%.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 3 :

Μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας και ισοδύναμοι άξονες που θα κυκλοφορήσουν από τις περιοχές έρευνας .(Διάρκεια 20 χρόνων)

Μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας m <sup>3</sup>	Αριθμός οχημάτων που μεταφέρουν ξυλεία	Ισοδύναμοι άξονες που μεταφέρουν ξυλεία	Συνολικοί ισοδύναμοι άξονες E.S.A.L.
20000	908	4600	5400
200000	9080	46000	54000
500000	22700	115000	125000
1000000	45400	230000	250000
1300000	59000	300000	330000

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων ανασφάλτων οδοστρωμάτων στις περιοχές έρευνας χρησιμοποιήθηκε το νομογράφημα της μεθόδου AASHTO (Σχήμα 2) όπου EBS =30000 psi , ΔPSI =3.5 , Mr=3000-12000psi.

Τα αποτελέσματα του πάχους οδοστρώματος για περιοχές με αντοχή υπεδάφους από CBR =2 μέχρι CBR=8 (όσο είναι το εύρος αντοχής των εδαφών στις συγκεκριμένες περιοχές) και για ετήσια μεταφερόμενη ποσότητα ξυλείας από 10000 m<sup>3</sup> μέχρι 65000 m<sup>3</sup> δίνονται στον Πίνακα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Πάχος ανασφάλτου οδοστρώματος σε( in ) σε εδάφη με αντοχή από CBR=2 μέχρι 8 και για διάφορες μεταφερόμενες ετησίως ποσότητες ξυλείας. (ΔPSI =3.5)

Ετήσια ποσότητα ξυλείας m <sup>3</sup>	Αντοχή Εδάφους (CBR)						
	2	3	4	5	6	7	8
1000	6.8	5.2	4	-	-	-	-
10000	13.8	12.5	10.5	9.2	8.2	7	5.8
25000	16	15.2	14.2	12.8	11.5	9.8	8.5
50000	>20	18	16	15.5	14.3	12.9	11.2
65000	>20	>20	>19	>18	16	15	14

Σχήμα 2. Νομογράφημα ανασφάλτου οδοστρώματος οδού μικρής κυκλοφορίας με κριτήριο τη μείωση του PSI.(AASHTO 1986)

Από τον παραπάνω Πίνακα διαπιστώνεται, πως για τις Ελληνικές δασικές συνθήκες εδαφών και κυκλοφοριακού φόρτου, σε εδάφη με αντοχή μεγαλύτερη της τιμής CBR=5 και για μεταφερόμενη, ετησίως, ποσότητα ξυλείας  $1000\text{m}^3$ , δεν απαιτείται ιδιαίτερη μελέτη οδοστρωσίας, αφού το πάχος βάσης θα είναι μικρότερο του ελαχίστου των 10 cm. Αντίθετα για ετησίως μεταφερόμενη ποσότητα μεγαλύτερη των  $50000\text{m}^3$ , καθώς η αντοχή του εδάφους γίνεται μικρότερη του CBR=5%, θα πρέπει να στρεφόμεστε προς τη λύση οδοστρώματος είτε με σταθεροποιημένες στρώσεις είτε με ασφαλτική επιφάνεια.

Τέλος αναλύοντας τα αποτελέσματα σε σχέση με το βαθμό επίδρασης του κάθε παράγοντα (έδαφος, κυκλοφοριακός φόρτος) επί του πάχους του οδοστρώματος, παρατηρούμε πως το έδαφος είναι αυτό που παίζει τον καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του πάχους και ακολουθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. AASHTO Guide for design of Pavement Structures. Washington 1986.
2. Εσκίογλου Π. Οικονομικά και ανθεκτικά οδοστρώματα στα ορεινά δάση της Ελλάδος. Διδακτορική διατριβή Θεσσαλονίκη 1991.

