

# Χωματοουργικές εργασίες για τη βελτίωση των λιβαδιών

**Π. Καραρίζος και Ε.Λάμπου**

Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τ.Κ. 54124 Θεσσαλονίκη  
email: pkarariz@for.auth.gr, elamprou@for.auth.gr

## Περίληψη

Η εφαρμογή και η εκτέλεση χωματοουργικών εργασιών κρίθηκαν απαραίτητες τα τελευταία χρόνια σε όλα τα έργα και ασφαλώς στις εργασίες που αφορούν τη διαχείριση και βελτίωση των λιβαδιών. Οι λόγοι που υπαγόρευαν τη χρησιμοποίησή τους ήταν αφενός η αύξηση του όγκου των εργασιών στα λιβάδια (καλλιεργητικές, βελτιωτικές και συγκομιστικές) και αφετέρου η ανάγκη μείωσης του χρόνου εκτέλεσης των εργασιών, καθώς και του συνολικού κόστους της κάθε εργασίας. Ένα μηχάνημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες βοηθητικές χωματοουργικές εργασίες, στη βελτίωση των λιβαδιών, είναι ο τροχοφόρος αρθρωτός φορτωτής. Το μηχάνημα μπορεί να κινηθεί εύκολα σε μεγάλες κλίσεις στις ελληνικές συνθήκες να χρησιμοποιηθεί για την εκσκαφή μικρών όγκων γαιών, για τη μεταφορά τους σε μικρές αποστάσεις και τη διαμόρφωσή τους. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η απόδοση του παραπάνω μηχανήματος στις διάφορες εργασίες με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σωστή εφαρμογή του φορτωτή στις λιβαδικές εργασίες, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη παραγωγή έργου σε μικρό χρονικό διάστημα και με το μικρότερο δυνατό κόστος.

**Λέξεις κλειδιά:** Τροχοφόρος αρθρωτός φορτωτής, απόδοση.

## Εισαγωγή

Τα σύγχρονα χωματοουργικά μηχανήματα χάρη στη νέα και προηγμένη τεχνολογία, με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών και άλλων διατάξεων γίνονται περισσότερο παραγωγικά και ασφαλή. Επιπλέον μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε μεταβαλλόμενες συνθήκες και να επιτυγχάνουν καλύτερη ποιότητα εργασίας και χαμηλότερο κόστος, διευκολύνοντας έτσι και το χειριστή (Καραρίζος 1997, Παναγιωτόπουλος 1997, Εφραιμίδης 1998). Τα μηχανήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές βοηθητικές εργασίες, όπως είναι οι εργασίες για τη βελτίωση των λιβαδιών.

Η βελτίωση των λιβαδιών απαιτεί σημαντικό χρόνο και δαπάνες. Για να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος σκοπός χρειάζεται άριστη οργάνωση και κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός. Κάθε μη επιτυχημένη επέμβαση συμβάλλει στην αύξηση του κόστους και φυσικά στη μη βελτίωση των λιβαδιών (Λάμπου και Καραρίζος 2006).

Ένα μηχάνημα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βοηθητικές εργασίες για τη βελτίωση των λιβαδιών είναι ο τροχοφόρος αρθρωτός φορτωτής (Καραρίζος 2006). Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκε η θεωρητική του απόδοση με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σωστή εφαρμογή του στις λιβαδικές εκτάσεις, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη παραγωγή με το μικρότερο δυνατό κόστος.

## Υλικά και μέθοδος

### Υλικά

Το μηχάνημα που μελετήθηκε για τον υπολογισμό της ωριαίας θεωρητικής απόδοσης, είναι ο υδραυλικός τροχοφόρος φορτωτής με αρθρωτό πλαίσιο της εταιρείας Caterpillar μοντέλο 988.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος φαίνονται στον πίνακα 1 που ακολουθεί:

*Πίνακας 1: Τεχνικά χαρακτηριστικά φορτωτή της Cat μοντέλου 988*

Μοντέλο	988	Ταχύτητα εμπρός	4,2 Km/h
Πλαίσιο	A	Ταχύτητα πίσω	6,2 Km/h
Χωρητικότητα κάδου	2,1 m <sup>3</sup>	Ισχύς στο σφόνδυλο	235 Hp
Βάρος στο πλοίο	30.037 kg	Απόσταση	127 cm

### Μέθοδος

Επιλέχθηκαν δύο πειραματικές επιφάνειες Α και Β. Η πειραματική επιφάνεια Α είχε κλίση 0 % ενώ η πειραματική επιφάνεια Β είχε κλίση 15 %.

Για τον υπολογισμό της θεωρητικής απόδοσης του φορτωτή Caterpillar tractor 988 ελήφθησαν υπόψη όλοι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την πραγματική του απόδοση, όπως είναι:

1. Ο βαθμός απόδοσης του χειριστή
2. Η κατηγορία του υλικού φόρτωσης
3. Η χωρητικότητα κάδου και ο βαθμός πλήρωσής του
4. Ο συντελεστής εκμετάλλευσης
5. Οι καιρικές συνθήκες

Ο κύκλος εργασιών του φορτωτή διαιρέθηκε στις εξής επιμέρους φάσεις:

1. Φάση (1) φόρτωσης (γεμίσματος) του κάδου του φορτωτή Caterpillar tractor 988. Είναι ο χρόνος  $t_{\phi}$  που απαιτείται για να γεμίσει ο κάδος του φορτωτή.
2. Φάση (2) έμφορτης διαδρομής του φορτωτή. Είναι ο χρόνος  $t_{\mu}$  που απαιτείται για τη μεταφορά του υλικού προς το χώρο απόθεσης.
3. Φάση (3) ελιγμών και εκφόρτωσης. Είναι ο χρόνος  $t_{εκφ}$  που απαιτείται για τους απαραίτητους ελιγμούς και την εκφόρτωση του υλικού.
4. Φάση (4) διαμόρφωσης υλικού. Είναι ο χρόνος  $t_{διαμ}$  που απαιτείται για τη διαμόρφωση-ισοπέδωση του υλικού που έχει μεταφερθεί με το φορτωτή.
5. Φάση (5) άφορτης διαδρομής (επιστροφής). Είναι ο χρόνος  $t_{επιστ}$  που απαιτείται για να επιστρέψει ο φορτωτής στο "μέτωπο" φόρτωσης (σωρός υλικού) (Καραρίζος 1991).

Οι χρόνοι  $t_{\phi}$  και  $t_{εκφ}$  των φάσεων (1) και (3) θεωρούνται σταθεροί γιατί παρουσιάζουν πολλά σταθερά χαρακτηριστικά. Αντίθετα οι χρόνοι  $t_{\mu}$ ,  $t_{διαμ}$ , και  $t_{επιστ}$  των φάσεων (2), (4) και (5), θεωρούνται μεταβλητοί γιατί εξαρτώνται άμεσα από την απόσταση μεταφοράς του υλικού, την εύκολη ή δύσκολη διαμόρφωση και την απόσταση επιστροφής στο "μέτωπο" φόρτωσης του υλικού. Συνεπώς ο συνολικός χρόνος εργασίας είναι:

$$\begin{aligned} K &= t_{\phi} + t_{\mu} + t_{εκφ} + t_{διαμ} + t_{επιστ} \\ &= (t_{\phi} + t_{εκφ}) + (t_{\mu} + t_{διαμ} + t_{επιστ}) \\ &= t_{σταθ} + t_{μετ} \end{aligned}$$

## Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τις δύο πειραματικές επιφάνειες φαίνονται παρακάτω στους πίνακες 2 και 3.

*Πίνακας 2: Χρονικές μετρήσεις στην Α πειραματική επιφάνεια (0 % κλίση)*

α/α	Φάση 1 (sec)	Φάση 2		Φάση 3 (sec)	Φάση 4 (min)	Φάση 5		Καθυ- στερήσεις (sec)
		Χρόνος (sec)	Απόσταση (m)			Χρόνος (sec)	Απόστα- ση (m)	
1	8,5	42,1	20	18,5	2,5	35,6	20	
2	8,5	47,8	20	18,5	2,9	37,3	20	
3	8,5	45,6	20	18,5	3,4	35,4	20	
4	8,5	52,3	20	18,5	2,6	45,4	20	10
5	8,5	49,6	20	18,5	4,5	40,2	20	
6	8,5	52,7	20	18,5	4,1	48,6	20	
7	8,5	40,8	20	18,5	3,7	33,3	20	28
8	8,5	43,8	20	18,5	2,8	30,7	20	
9	8,5	54,8	20	18,5	3,6	42,6	20	
10	8,5	52,6	20	18,5	4,3	41,5	20	
11	8,5	54,7	20	18,5	5,1	37,9	20	
12	8,5	46,9	20	18,5	4,9	32,8	20	39
13	8,5	47,2	20	18,5	3,8	36,4	20	
14	8,5	48,1	20	18,5	5,5	39,8	20	
15	8,5	51,9	20	18,5	4,7	40,3	20	12

*Πίνακας 3: Χρονικές μετρήσεις στην Β πειραματική επιφάνεια (15% κλίση)*

α/α	Φάση1 (sec)	Φάση 2		Φάση3 (sec)	Φάση4 (min)	Φάση 5		Καθυστερήσεις (sec)
		Χρόνος (sec)	Απόσταση (m)			Χρόνος (sec)	Απόσταση (m)	
1	8,5	55,6	20	18,5	4,5	42,3	20	
2	8,5	59,4	20	18,5	4,9	51,2	20	
3	8,5	62,4	20	18,5	3,6	40,6	20	
4	8,5	66,9	20	18,5	3,7	50,3	20	15
5	8,5	59,7	20	18,5	5,9	44,4	20	
6	8,5	58,3	20	18,5	4,4	46,8	20	
7	8,5	64,3	20	18,5	4,8	52,4	20	40
8	8,5	68,2	20	18,5	5,9	59,7	20	
9	8,5	54,4	20	18,5	4,7	56,2	20	
10	8,5	59,7	20	18,5	5,3	49,8	20	
11	8,5	60,3	20	18,5	6,2	43,9	20	
12	8,5	63,6	20	18,5	6,6	55,6	20	35
13	8,5	62,8	20	18,5	4,6	45,9	20	
14	8,5	67,8	20	18,5	5,8	47,3	20	
15	8,5	58,7	20	18,5	6,1	51,9	20	10

Από την επεξεργασία των στοιχείων των πινάκων 2 και 3 όπου σημειώθηκαν όλοι οι χρόνοι των φάσεων, προέκυψαν τα στοιχεία των πινάκων 4 και 5.

Πίνακας 4: Μέσοι καθαροί χρόνοι των φάσεων εργασίας στην Α πειραματική επιφάνεια

Φάσεις	Συνολικός καθαρός μέσος χρόνος (sec)	Είδος εργασίας	Ποσοστό χρόνου %	Παρατηρήσεις
Φάση 1	8,50	Φόρτωση	1,9	Σταθερός χρόνος
Φάση 2	48,73	Προώθηση	11,2	Μεταβλητός χρόνος
Φάση 3	18,50	Εκφόρτωση	4,2	Σταθερός χρόνος
Φάση 4	233,4	Διαμόρφωση	53,5	Μεταβλητός χρόνος
Φάση 5	38,52	Επιστροφή	8,8	Μεταβλητός χρόνος
Καθυστερήσεις : 89 sec			20,4	
Συνολικός μέσος χρόνος ενός κύκλου εργασίας χωρίς καθυστερήσεις 5,79 min				

Πίνακας 5: Μέσοι καθαροί χρόνοι των φάσεων εργασίας στην Β πειραματική επιφάνεια

Φάσεις	Συνολικός καθαρός μέσος χρόνος (sec)	Είδος εργασίας	Ποσοστό χρόνου %	Παρατηρήσεις
Φάση 1	8,50	Φόρτωση	1,6	Σταθερός χρόνος
Φάση 2	61,47	Προώθηση	11,3	Μεταβλητός χρόνος
Φάση 3	18,50	Εκφόρτωση	3,4	Σταθερός χρόνος
Φάση 4	307,8	Διαμόρφωση	56,4	Μεταβλητός χρόνος
Φάση 5	49,22	Επιστροφή	9,0	Μεταβλητός χρόνος
Καθυστερήσεις : 100 sec			18,3	
Συνολικός μέσος χρόνος ενός κύκλου εργασίας χωρίς καθυστερήσεις 7,42 min				

Από τους πίνακες 4 και 5 προκύπτει ότι στη φάση 4 ο φορτωτής κατανάλωσε το μεγαλύτερο χρόνο σε σχέση με τη διάρκεια του χρόνου των άλλων φάσεων. Ο χρόνος που χρειάστηκε ο φορτωτής στη φάση 2 είναι μεγαλύτερος από το χρόνο στη φάση 5 γιατί στην πρώτη περίπτωση ο φορτωτής είναι "φορτωμένος" ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι "κενός".

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός χρόνος ενός κύκλου εργασίας του φορτωτή είναι 5,79 min και 7,42 min για την Α και Β πειραματική επιφάνεια αντίστοιχα.

Η χωρητικότητα του φορτωτή είναι 2,5 m<sup>3</sup>.

Συνεπώς η απόδοση του φορτωτή θα είναι:

Θεωρητική απόδοση  $Q_1 = (60 \times 2,5) / 5,79 = 25,91 \text{ m}^3/\text{h}$  (Α πειραματική επιφάνεια) (1)

Θεωρητική απόδοση  $Q_2 = (60 \times 2,5) / 7,42 = 20,22 \text{ m}^3/\text{h}$  (Β πειραματική επιφάνεια) (2)

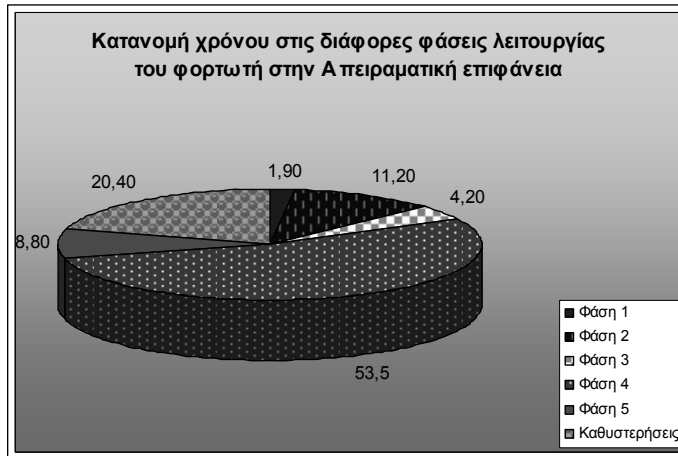
Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων των "καθαρών χρόνων" των φάσεων εργασίας. Το ποσοστό του χρόνου των καθυστερήσεων είναι 20,4 % και 18,3 % αντίστοιχα για την Α και Β πειραματική επιφάνεια. Συνεπώς ο "τυπικός χρόνος" ενός κύκλου εργασίας του φορτωτή είναι 20,4 % και 18,3 % αντίστοιχα προσαυξημένος των καθαρών χρόνων, για τις δύο επιφάνειες. Δηλαδή θα είναι για την Α πειραματική επιφάνεια 7,27 min και για τη Β πειραματική επιφάνεια 9,09 min.

Εάν στις εξισώσεις 1 και 2 αντικατασταθεί ο καθαρός χρόνος ενός κύκλου εργασίας με τον τυπικό χρόνο, θα έχουμε:

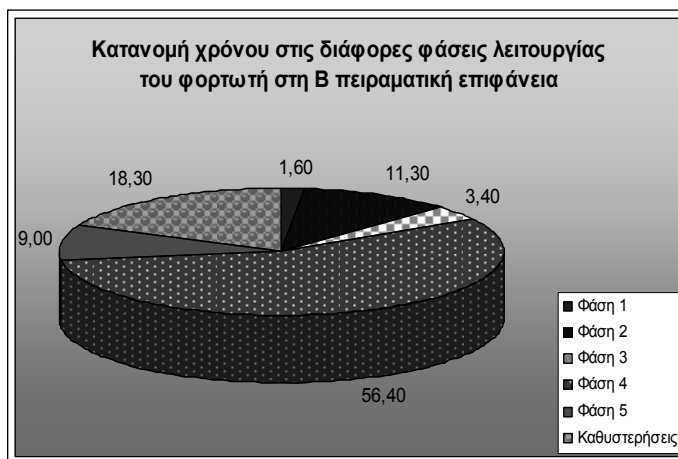
Πραγματική θεωρητική απόδοση  $Q_1 = (60 \times 2,5) / 7,27 = 20,63 \text{ m}^3/\text{h}$  (Α πειραματική επιφάνεια)

Πραγματική θεωρητική απόδοση  $Q_2 = (60 \times 2,5) / 9,09 = 16,50 \text{ m}^3/\text{h}$  (Β πειραματική επιφάνεια)

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των πινάκων 4 και 5 φαίνεται στις εικόνες 1 και 2 που ακολουθούν.



Εικόνα 1: Κύκλος εργασίας στην Α πειραματική επιφάνεια



Εικόνα 2: Κύκλος εργασίας στη Β πειραματική επιφάνεια

## Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της θεωρητικής απόδοσης του φορτωτή προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- 1) Ο χρόνος των καθυστερήσεων επηρέασε σημαντικά την απόδοση του φορτωτή. Η θεωρητική απόδοση σε συνάρτηση με τους καθαρούς χρόνους ήταν  $25,91 \text{ m}^3/\text{h}$  και  $20,22 \text{ m}^3/\text{h}$  για την Α και Β πειραματική επιφάνεια αντίστοιχα. Ενώ η απόδοση σε συνάρτηση με τους τυπικούς χρόνους ήταν  $20,63 \text{ m}^3/\text{h}$  και  $16,50 \text{ m}^3/\text{h}$ , αντίστοιχα για τις δύο πειραματικές επιφάνειες.
- 2) Η κλίση του εδάφους επηρέασε την απόδοση του φορτωτή. Στην Α πειραματική επιφάνεια όπου η κλίση ήταν 0 %, η απόδοση ήταν  $25,91 \text{ m}^3/\text{h}$  ενώ στη Β πειραματική επιφάνεια, όπου η κλίση ήταν 15%, η απόδοση ήταν  $20,63 \text{ m}^3/\text{h}$ . Δηλαδή για τον ίδιο φορτωτή, την ίδια απόσταση μεταφοράς του υλικού και το ίδιο είδος μεταφερόμενου υλικού αλλά για διαφορετική κλίση, η απόδοση στη Β πειραματική επιφάνεια είναι 20,3% μικρότερη από την απόδοση της Α πειραματικής επιφάνειας.
- 3) Η χρονική διάρκεια των διαφόρων φάσεων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: α) Το μέγεθος του κάδου του φορτωτή, β) Την κατηγορία του υλικού φόρτωσης, γ) Την ικανότητα του χειριστή, δ) Την απόσταση μεταφοράς του υλικού από το μέτωπο φόρτωσης, ε) Την ισχύ του κινητήρα του φορτωτή και ζ) Την ταχύτητα αντίδρασης.

## Αναγνώριση βοήθειας

Η δεύτερη συγγραφέας είναι υπότροφος του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ.) και η παραπάνω εργασία έγινε κατά τη διάρκεια εκπόνησης, της διδακτορικής της διατριβής.

## Βιβλιογραφία

- Εφραιμίδης Ι.Χ. 1998. Δομικές μηχανές, σελ. 95, Θεσσαλονίκη.
- Καραρίζος Β. Π. 1991. Οι υδραυλικοί τροχοφόροι φορτωτές με αρθρωτό (Articulated) πλαίσιο Α σε βοηθητικές εργασίες κατασκευής δασικών, Επιστημονική επετηρίδα, Τόμος ΛΔ/1, σελ. 810.
- Καραρίζος Β. Π. 2002. Χρήση μηχανημάτων στη βελτίωση των λιβαδιών, σελ. 387-393. Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Καρπενήσι, 4-6 Σεπτεμβρίου 2002. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.
- Καραρίζος Β. Π. 2006. Εφαρμογές μηχανημάτων στα υδρονομικά και δασοτεχνικά έργα, σελ. 29.
- Λάμπου Ν. Ε και Καραρίζος Β. Π. 2006. Η απόδοση των φερόμενων μηχανημάτων στις εργασίες για τη διαχείριση και βελτίωση των λιβαδιών και λειμώνων, σελ. 257-263. Λιβαδοπονία Ξηροθερμικών Περιοχών, Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Λιβαδοπονικού Συνεδρίου, Ηράκλειο Κρήτης, 1-3 Νοεμβρίου 2006. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.
- Παναγιωτόπουλος Β. Ν. 1997. Δομικά Μηχαναί, Μέρος Β, σελ. 429, Θεσσαλονίκη.

## Earthmoving works for the improvement of rangelands

**P. Kararizos and E. Lampou**

Laboratory. of Mechanical Sciences and Surveying, School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki  
email: pkarariz@for.auth.gr, elampou@for.auth.gr

### Summary

In recent years, the application and execution of earthmoving works are essential in all works and especially in management and improvement of rangelands. The reasons that dictated their utilization was not only for the increasing of work in rangelands (cultivation, improvement, harvesting) but also the need to reduce the total cost of each work. A machine that can be used in the various auxiliary earthmoving works in the improvement of rangelands is the wheeled articulated loader. This machine can be easily used in steep slopes, as usually happens in Greek condition, for the excavation of small earth volumes, for their transportation in small distances and for their grading. In this paper, the performance of the above machine was studied in the various works with the aim to extract conclusions for the proper application of loader in rangeland works in a way to achieve great work performance in a small time period with the least cost.

**Key words:** Wheeled articulated loader, performance.