

5ο Κεφάλαιο: Μετάδοση Κίνησης στα Γεωργικά Μηχανήματα

Στόχοι

- Κατανόηση της αρχής λειτουργίας σε μηχανικά, πνευματικά και υδραυλικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης.
- Υπολογισμοί κατά τη μετάδοση της κίνησης με ιμάντα, αλυσίδα ή οδοντοτροχό και εύρεση της σχέσης μετάδοσης.
- Εύρεση της ταχύτητας και της φοράς περιστροφής της κίνησης σε κάποια μετάδοση.
- Κατανόηση των εννοιών ταχύτητας και ροπής σε περιστρεφόμενα μέρη.

Εισαγωγή

Ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης στα γεωργικά μηχανήματα καθορίζεται από την εργαζόμενη ουσία η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ της εντολής και της εκτέλεσης και η οποία μεταβιβάζει στην πραγματικότητα την επιθυμητή κίνηση. Αν αυτή η εργαζόμενη ουσία είναι στερεά, το σύστημα μετάδοσης ονομάζεται μηχανικό (αποτελείται από μοχλούς). Αν η εργαζόμενη ουσία είναι κάποιο υγρό ή αέρας, το σύστημα μετάδοσης ονομάζεται υδραυλικό ή πνευματικό αντίστοιχα (αποτελείται από τους κατάλληλους τελεστές).

Υπάρχει βέβαια και ο τρόπος μετάδοσης με ηλεκτρική ενέργεια, αλλά δε θα εξετασθεί στο παρόν σύγγραμμα.

Εντούτοις, θα δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στο μηχανικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης, λόγω της μεγάλης συχνότητας εμφάνισής του στα Γεωργικά Μηχανήματα. Το υδραυλικό και το πνευματικό σύστημα θα εξεταστούν από κοινού, επειδή έχουν αρκετές ομοιότητες.

5.1. Γενικές Αρχές

Κατά τη μετάδοση της κίνησης υπάρχει ένα ζευγάρι αξόνων, ένας κινητήριος και ένας κινούμενος. Οι άξονες αυτοί μπορεί να είναι:

- παράλληλοι ομοεπίπεδοι (Σχήμα 5.1 α, Σχήμα 5.1 β) ή
- παράλληλοι ετεροεπίπεδοι (Σχήμα 5.1 γ),
- τεμνόμενοι και ομοεπίπεδοι ή
- τεμνόμενοι και ετεροεπίπεδοι (ασύμβατοι άξονες).

Σε κάθε περίπτωση τα εξαρτήματα που είναι απαραίτητα για τη μετάδοση της κίνησης, είτε είναι οδοντοτροχοί (τα γνωστά σε όλους γρανάζια), είτε αλυσοτροχοί, οι οποίοι συγκρατούν μια αλυσίδα, είτε, τέλος, ιμαντοκίνηση, πρέπει να έχουν, ανάλογα με την περίπτωση, την κατάλληλη διαμόρφωση, για να είναι δυνατή η εξασφάλιση της κίνησης (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 Γωνιακή μετάδοση με αντίστοιχη διαμόρφωση των οδοντοτροχών σε σπαρτική σιτηρών και μικρών σπόρων, στην οποία μπορεί να αλλάξει η ταχύτητα κίνησης.

Κατά τη μετάδοση της κίνησης υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η παραγόμενη κίνηση πρέπει να αλλάξει ένα από τα ακόλουθα ή και περισσότερα από τα ακόλουθα:

- φορά,
- ταχύτητα,
- θέση.

Η λειτουργία κάθε συστήματος μετάδοσης της κίνησης βασίζεται σε διαφορετικές αρχές και εμφανίζονται πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για κάθε σύστημα, κατά περίπτωση και περίσταση (Field et Solie, 2007).

Σε πολλές περιπτώσεις το σύστημα μετάδοσης δε χρειάζεται καν. Υπάρχουν, δηλαδή, ορισμένα μικρά γεωργικά μηχανήματα, τα οποία δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε ισχύ και όπου η μετάδοση γίνεται απευθείας. Στα συστήματα με απευθείας μετάδοση ο ίδιος ο στροφαλοφόρος άξονας καταλήγει να εκτελεί και την εργασία με την παρεμβολή ενός απαραίτητου μηχανισμού εξασφάλισης της μετάδοσης από υπερφόρτωση (συμπλέκτης ασφαλείας). Τέτοια περίπτωση είναι αυτή που εμφανίζεται στην **Εικόνα 4.2**.



Εικόνα 5.2 Χειροκίνητη φρέζα (φέρει άξονα στο άκρο του οποίου υπάρχουν περιστρεφόμενες λεπίδες για την αναμόχλευση του εδάφους. Ο χειριστής του μικρού αυτού μηχανήματος οδεύει (δηλ. περπατάει) πίσω από αυτό.

Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις που σε ένα σύστημα μετάδοσης της κίνησης χρειάζεται να μεταφερθεί μεγάλη ισχύς. Οι αγροτικές αυτές εργασίες είναι βαρύτερες ή είναι ειδικού τύπου γεωργικές εργασίες στις οποίες οι δύο άξονες, δηλαδή ο κινητήριο (από το στροφαλοφόρο) και ο κινούμενος βρίσκονται:

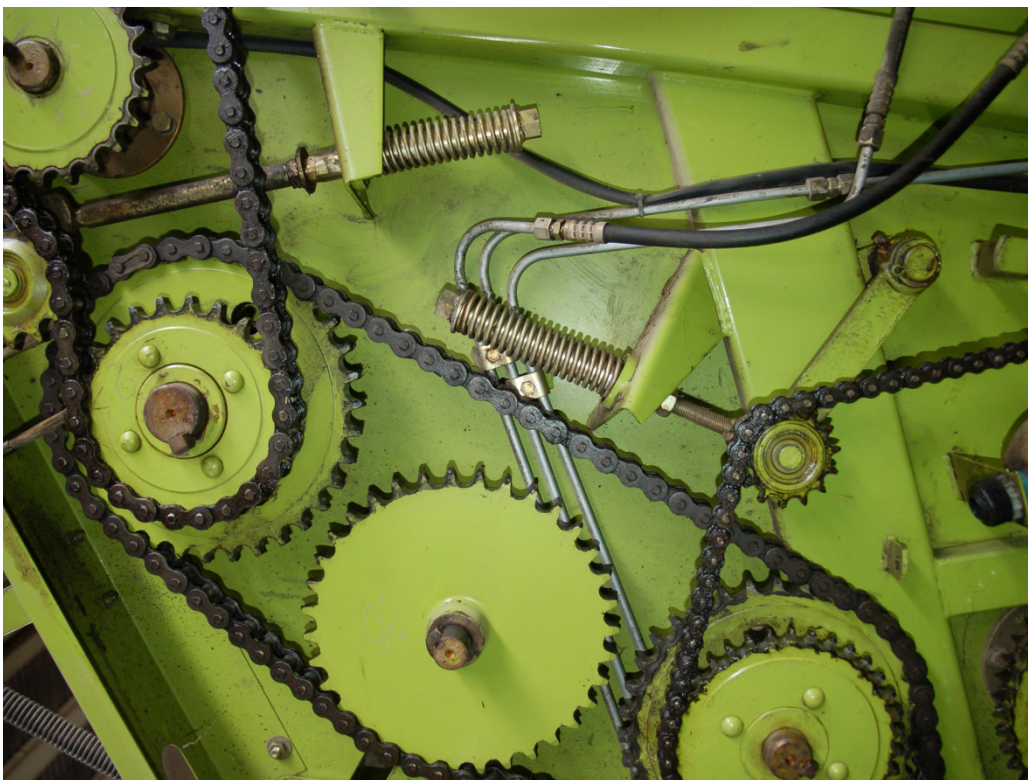
- είτε σε απόσταση,
- είτε σε γωνία,
- είτε χρειάζεται να γίνει υποβιβασμός ή αύξηση του μεταφερόμενου αριθμού στροφών ανά λεπτό (γωνιακή ταχύτητα).

Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Τέτοια παραδείγματα υπάρχουν πολλά στα γεωργικά μηχανήματα, όπως όταν ο οδηγός, καθισμένος στη θέση του, ενεργοποιεί το κατάλληλο σύστημα (σύστημα πεδήσεως) πιέζοντας το αντίστοιχο χειριστήριο (ποδομοχλό πεδήσεως ή

φρένο), οπότε το όχημα μπορεί να κινηθεί με μειωμένη ταχύτητα ή να ακινητοποιηθεί. Το γεγονός ότι ο χειριστής μπορεί και επεμβαίνει στους τροχούς του μέσα από το όχημα εξασφαλίζεται με την ύπαρξη ενός συστήματος μετάδοσης της κίνησης.

Άλλο παράδειγμα είναι όταν ο χειριστής μπορεί να αλλάξει τη διεύθυνση του οχήματος με ένα άλλο χειριστήριο (χειρομοχλό διευθύνσεως ή τιμόνι) επεμβαίνοντας στο ανάλογο σύστημα (σύστημα διεύθυνσεως) όντας μέσα στο όχημα. Μάλιστα, διατυπώνεται ευρέως η άποψη ότι όταν στο σύστημα διεύθυνσης η εργαζόμενη ουσία είναι υγρό (υδραυλικό τιμόνι), τότε για την αλλαγή κατεύθυνσης απαιτείται η εφαρμογή μικρότερης δύναμης (στο χειρομοχλό) από τον χειριστή από εκείνη που θα κατέβαλε στην περίπτωση που το σύστημα πέδησης περιλάμβανε μόνο μηχανικά μέρη (στερεά εργαζόμενη ουσία ή μηχανικό τιμόνι).

Τέλος, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι σε οποιοδήποτε σύστημα μετάδοσης της κίνησης υπάρχουν απώλειες. Η απώλεια ισχύος κατά τη μετάδοση της κίνησης είναι πολύ σημαντική και οφείλεται στην ολίσθηση, η οποία μπορεί να είναι άλλοτε μικρότερη (οδοντοκίνηση) και άλλοτε μεγαλύτερη. Άρα, η ισχύς στον κινούμενο άξονα είναι πάντα μικρότερη από την ισχύ του κινητήριου.



Εικόνα 5.3 Αλυσσοκίνηση σε μηχανήμα δεματοποίησης χόρτου. Διακρίνονται 3 αλυσίδες, 2 δίδυμοι αλυστροχοί και 4 απλοί, εκ των οποίων οι 2 μικρότεροι φέρουν διάταξη τάνυσης.

5.2. Είδη Μετάδοσης της Κίνησης

Υπάρχουν τρεις τρόποι μετάδοσης της κίνησης: ο μηχανικός, ο υδραυλικός και ο πνευματικός. Τα κριτήρια επιλογής κάποιου από αυτά τα συστήματα είναι η ικανοποίηση της συγκεκριμένης ανάγκης (άρα η ικανότητα μεταφοράς της συγκεκριμένης ισχύος) με βάση την οικονομία και την αξιοπιστία.

5.2.1. Μηχανική Μετάδοση

Υπάρχουν τρεις τρόποι μετάδοσης της κίνησης με μηχανικό τρόπο που θα περιγραφούν παρακάτω: με αλυσίδα, με ιμάντα και με οδοντοτροχό. Επίσης, απαιτούνται ειδικά εξαρτήματα για την έδραση των ανωτέρω στον περιστρεφόμενο άξονα (κινητήριο ή κινούμενο) για την ελαχιστοποίηση των τριβών, τα οποία μπορεί να είναι έδρανα κυλίσεως ή ολισθήσεως [ένσφαιροι τριβείς (=ρουλεμάν) ή έδρανα ολισθήσεως (κουζινέτα)]. Σε κάποιες, μάλιστα, περιπτώσεις απαιτούνται ειδικές διατάξεις για τη σωστή μετάδοση της κίνησης (συστήματα τάνυσης κ.λπ.).

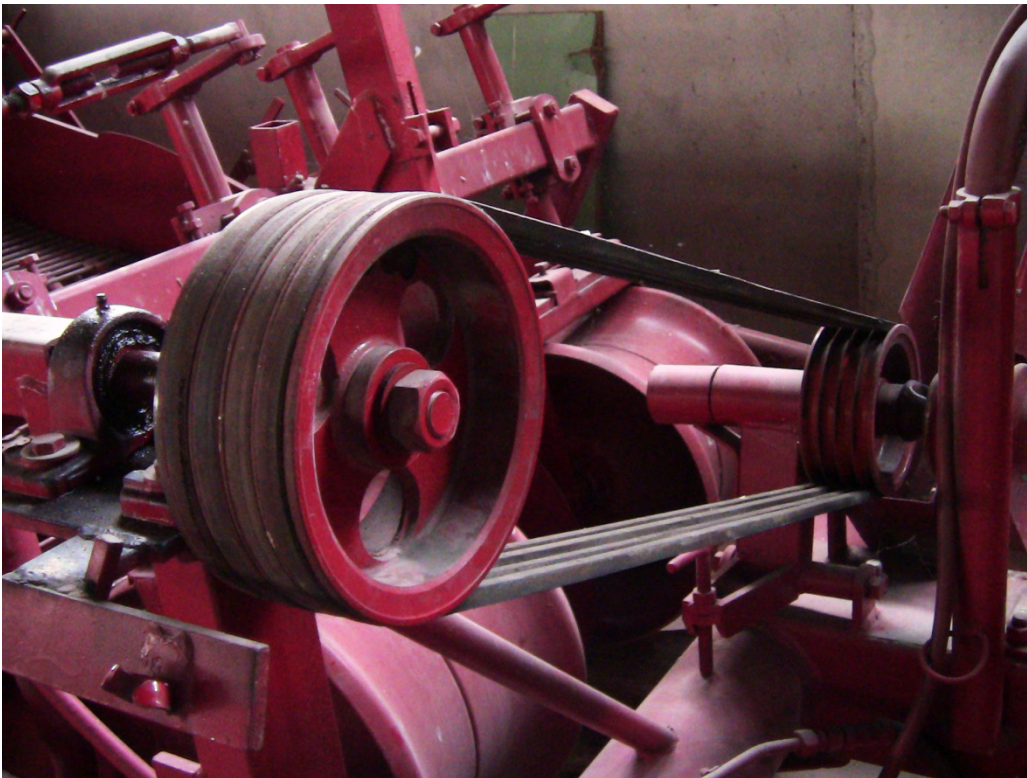
Και στα 3 συστήματα υπάρχει σχέση μετάδοσης, οπότε και η ταχύτητα περιστροφής του κινούμενου άξονα μπορεί να είναι μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη από την ταχύτητα του κινητήριου. Η σχέση αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη είτε με το λόγο των διαμέτρων των τροχαλιών (ιμαντοκίνηση), είτε με τον λόγο των δοντιών των αλυσοτροχών (αλυσοκίνηση) και των οδοντοτροχών (οδοντοκίνηση).

Επειδή στο εμπόριο οι διάμετροι των τροχαλιών ή οι διάμετροι των αλυσοτροχών, ή ο αριθμός δοντιών των οδοντοτροχών είναι τυποποιημένος, επιβάλλεται η επιλογή κατάλληλου ζεύγους των ανωτέρω (ανάλογα με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης) προκειμένου η διαίρεση τους να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο τη σχέση μετάδοσης που έχει υπολογιστεί κατά τη μελέτη του συστήματος μετάδοσης της κίνησης. Επίσης ισχύει η σχέση:

$$\frac{\text{Ροπή Κινητήριας (Nm)}}{\text{Ροπή Κινούμενης (Nm)}} = \frac{\text{Ταχύτητα Κινούμενης (rpm)}}{\text{Ταχύτητα Κινητήριας (rpm)}} \quad (3)$$

5.2.1.1. Ιμαντοκίνηση

Η τροχαλία χρησιμοποιείται πάντα σε συνδυασμό με έναν μιάντα, τραπεζοειδή ή ορθογώνιο ή τύπου V (ανάλογα με την περίπτωση) και φέρει και αυτή αντίστοιχη διαμόρφωση για να παίρνει (κινούμενη) ή να δίνει (κινητήρια) κίνηση στον μιάντα μέσω της τριβής.



Εικόνα 5.4 Ιμαντοκίνηση στον πατατοεξαγωγέα (η δεξιά τροχαλία φέρει τη διάταξη τάνυσης).

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μία τροχαλία μπορεί να φέρει περισσότερους από έναν μιάντες (**Εικόνα 5.4**), οπότε η μεταφερόμενη ροπή μοιράζεται στον αριθμό των μιάντων.

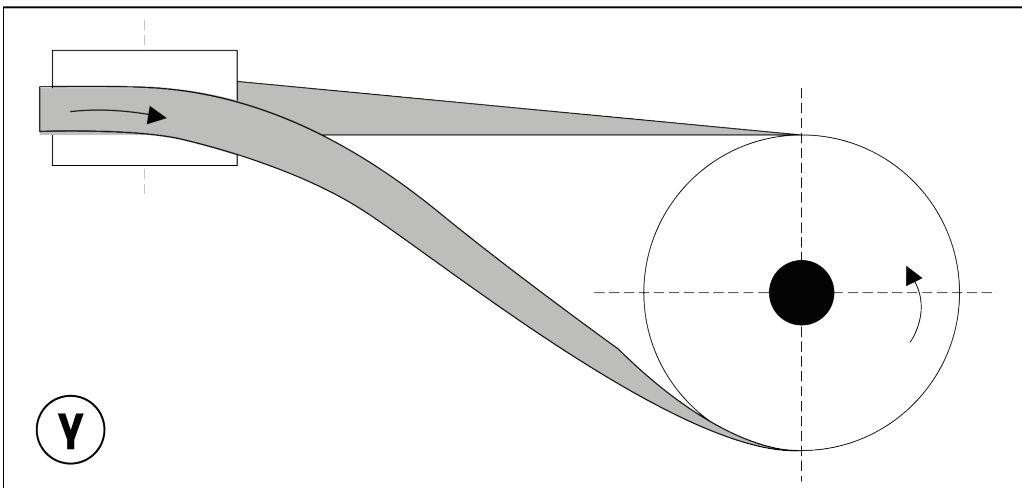
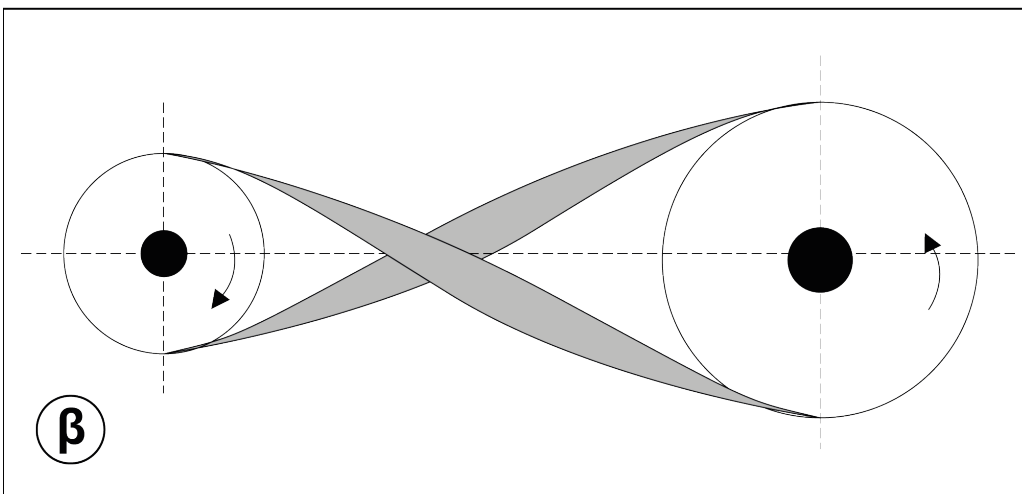
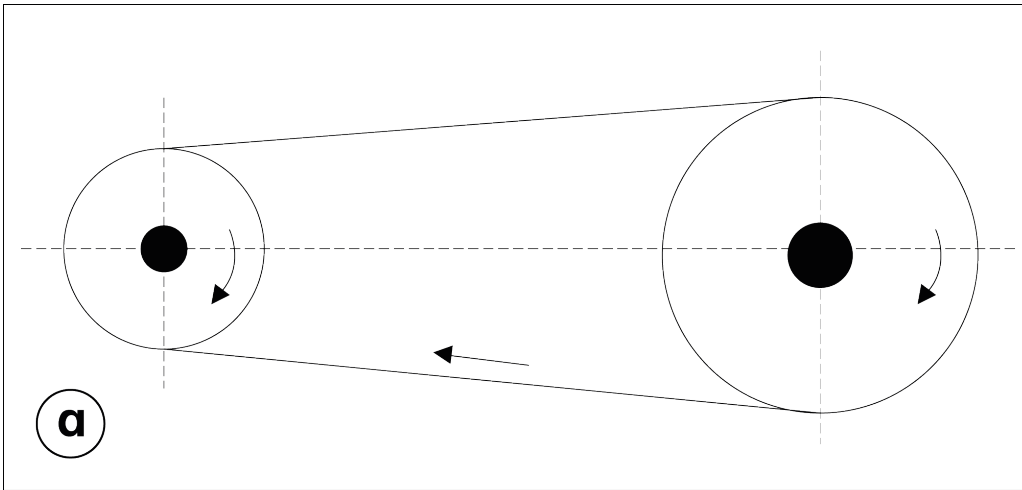


Εικόνα 5.5 Μετάδοση της κίνησης με ιμάντα. Από τις 3 τροχαλίες μόνο η κάτω δεξιά είναι η κινητήρια (στροφαλοφόρος άξονας), ενώ η αριστερή κάτω (κινούμενη) αφορά την ηλεκτρογεννήτρια (ή δυναμό), η οποία παίζει ταυτόχρονα και το ρόλο του τανυστή του ιμάντα, ενώ η επάνω επίσης κινούμενη τροχαλία φέρει έναν άξονα με πτερύγια για την ψύξη του αερόψυκτου ελκυστήρα.

Όταν εφαρμόζεται μια ροπή στον κινητήριο άξονα δημιουργείται μια τάση ή δύναμη στον ιμάντα. Αν η τάση αυτή είναι μεγαλύτερη από τη ροπή που απαιτεί για να περιστραφεί η κινούμενη τροχαλία ξεπερνώντας τις τριβές, τότε θα κινηθεί και αυτή, εξασφαλίζοντας τη μετάδοση της κίνησης. Γενικά η τροχαλία είναι ένας μοχλός 1^{ου} είδους με μήκος ίσο με την ακτίνα της τροχαλίας, στον οποίο το υπομόχλιο βρίσκεται στο κέντρο του άξονα περιστροφής.

Υπάρχουν 3 δυνατότητες κατά τη μετάδοση της κίνησης με ιμάντα, όσον αφορά τη διεύθυνση και τη φορά μετάδοσης της κίνησης.

Δηλαδή υπάρχει περίπτωση ο κινούμενος άξονας είτε να έχει την ίδια φορά με τον κινητήριο, είτε αντίθετη φορά, αλλά να ανήκει στο ίδιο επίπεδο, είτε η μετάδοση να γίνεται κατά 90⁰ και να αφορά διαφορετικά επίπεδα (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1 Μετάδοση κίνησης με ιμάντα ομοιότροφα (α), ετερότροφα (β) και κατά 90° (γ).

Απαραίτητη προϋπόθεση στην ιμαντοκίνηση είναι να υπάρχει η απαραίτητη διάταξη τάνυσης, διότι το μήκος του ιμάντα αλλάζει είτε από τη φθορά, είτε ανάλογα με τη χρήση, οπότε υπάρχει περίπτωση σημαντικής απώλειας ισχύος, ακόμη και αδυναμία μετάδοσης της κίνησης, αν η τάνυση του ιμάντα δεν είναι η ενδεδειγμένη.

Πρόβλημα:

Να βρεθεί η ταχύτητα περιστροφής της κινούμενης τροχαλίας, αν είναι γνωστό ότι η κινητήρια τροχαλία έχει διάμετρο $D_1=20$ cm, ταχύτητα περιστροφής $N_1=540$ rpm και η κινούμενη τροχαλία έχει διάμετρο $D_2=32$ cm.



Εικόνα 5.6 Μετάδοση της κίνησης σε αεροσυμπιεστή ο οποίος αναρτάται στο γεωργικό ελκυστήρα και κινεί αεροψάλιδα για το κλάδεμα οπωρώνων. Η κάτω τροχαλία είναι η κινητήρια [ισχυροδοτείται από τον δυναμοδοτικό άξονα (P.T.O.) του γεωργικού ελκυστήρα (άρα περιστρέφεται με 540 rpm)].

Λύση:

Η ταχύτητα περιστροφής (N_2) της κινούμενης τροχαλίας προκύπτει από τη σχέση:

$$D_1 \text{ (cm)} * N_1 \text{ (rpm)} = D_2 \text{ (cm)} * N_2 \text{ (rpm)} \Rightarrow 20 \text{ cm} * 540 \text{ (rpm)} = 32 \text{ cm} * N_2 \text{ (rpm)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_2 \text{ (rpm)} = \frac{20 \text{ cm} * 540 \text{ (rpm)}}{32 \text{ cm}} \Rightarrow N_2 = 337.5 \text{ rpm}$$

Συμπέρασμα:

Όταν η μετάδοση της κίνησης γίνεται από τροχαλία μικρής διαμέτρου σε τροχαλία μεγαλύτερης διαμέτρου, τότε η ταχύτητα περιστροφής μειώνεται κατά το λόγο των 2 διαμέτρων και αντίστροφα.

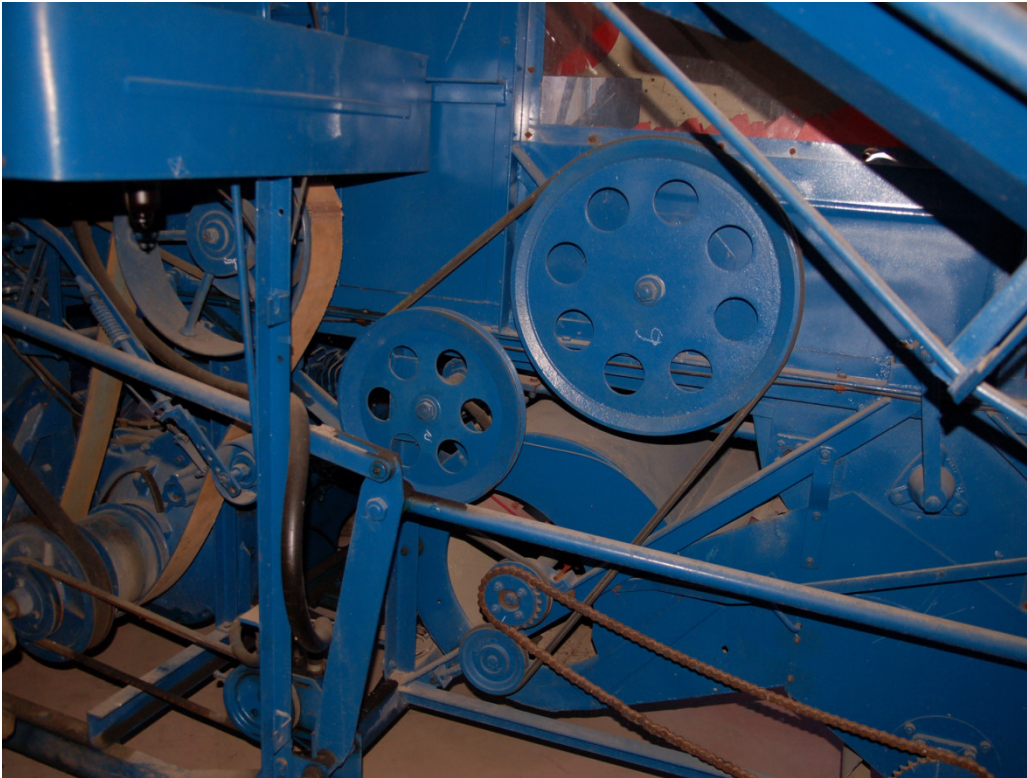
Πρόβλημα:

Να επιλεγεί το κατάλληλο ζεύγος τροχαλιών, ώστε να ικανοποιεί συγκεκριμένη σχέση μετάδοσης, αν είναι γνωστό ότι οι στροφές του κινητήριου και του κινούμενου άξονα είναι αντίστοιχα 500 και 1.700 rpm και ότι στο εμπόριο διατίθενται τροχαλίες με διαμέτρους 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm κ.ο.κ..

Λύση:

Η σχέση μετάδοσης είναι 500/1.700 και ισούται με 0.294. Οπότε, εξετάζοντας τις τυποποιημένες διαμέτρους, προκύπτει ότι οι τροχαλίες με διαμέτρους 2 και 6 cm με πηλίκο 0.33 πλησιάζουν περισσότερο την επιθυμητή σχέση.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Τα ανωτέρω ισχύουν και στην οδοντοκίνηση και στην αλυσοκίνηση.



Εικόνα 5.7 Η θεριζοαλωνιστική έχει αρκετούς μάντες λόγω της πολυπλοκότητάς της. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή, διότι πολλά ατυχήματα ή δυστυχήματα μπορούν να συμβούν. Δεν πρέπει ποτέ η προσέγγιση να γίνεται με ανασηκωμένα μανίκια, μακριά μαντήλια ή λυμένα μαλλιά.

Πρόβλημα:

Να βρεθεί η ροπή κινούμενης τροχαλίας η οποία περιστρέφεται με 50 rpm, όταν είναι γνωστό ότι η ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας είναι 300 rpm και η ροπή της 20 Nm.

Λύση:

Από τη σχέση (3):

$$\frac{\text{Ροπή Κινητήριας (Nm)}}{\text{Ροπή Κινούμενης (Nm)}} = \frac{\text{Ταχύτητα Κινούμενης (rpm)}}{\text{Ταχύτητα Κινητήριας (rpm)}}$$

με κατάλληλη αντικατάσταση προκύπτει ότι:

$$\frac{20 \text{ (Nm)}}{\text{Ροπή Κινούμενης (Nm)}} = \frac{50 \text{ (rpm)}}{300 \text{ (rpm)}}$$

Άρα:

$$\text{Ροπή Κινούμενης} = \frac{300 \text{ (Nm)} * 20 \text{ (rpm)}}{50 \text{ (Nm)}} = 120 \text{ Nm}$$

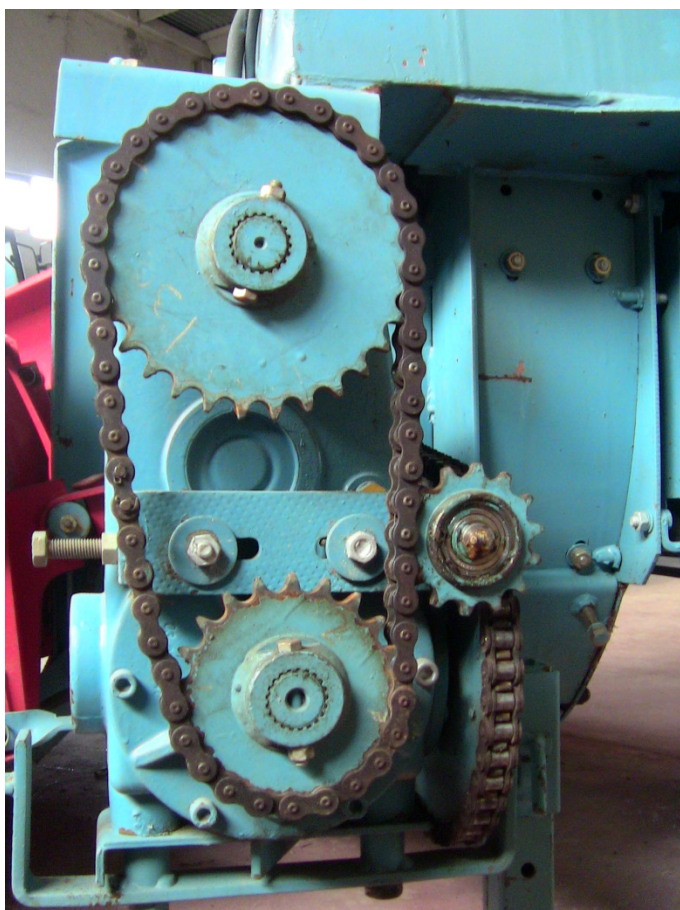
Συμπέρασμα:

Ενώ η ταχύτητα της κινούμενης είναι το 1/6 της κινητήριας, η ροπή της βπλασιάστηκε!. Αυτό συμβαίνει και στο σύστημα μετάδοσης της Ισχύος στο Γεωργικό Ελκυστήρα. Οι πολλές στροφές του στροφαλοφόρου άξονα της Μ.Ε.Κ. (μέχρι 6.000 rpm) μειώνονται στα επόμενα συστήματα μετάδοσης της κίνησης που παρεμβάλλονται ως τους τροχούς. Τα συστήματα αυτά είναι:

- 1^{ον} το κιβώτιο σχέσεων, όπου μειώνονται οι στροφές, αλλά μπορεί να αλλάξει και η φορά κίνησης, με αποτέλεσμα το γεωργικό μηχάνημα να μπορεί να κινηθεί προς τα πίσω,
- 2^{ον} το διαφορικό, στο οποίο μειώνονται οι στροφές αλλά και διαφορίζονται, δηλαδή οι 2 κινητήριοι τροχοί του οχήματος μπορεί να πάρουν διαφορετικό αριθμό στροφών και με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν το όχημα να στρίψει,
- 3^ο και τελευταίο, σύστημα μετάδοσης από τον κινητήρα μέχρι τους τροχούς εδάφους είναι οι ακραίες ή τελικές μεταδόσεις, όπου επίσης μειώνεται ο αριθμός των στροφών από τον κινητήριο στον κινούμενο άξονα.
- Παράλληλα, με κάθε μείωση του αριθμού στροφών, όπως και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα μετάδοσης της κίνησης αυξάνεται η μεταφερόμενη ροπή, κατά συνέπεια ο λόγος για τον οποίο ο γεωργικός ελκυστήρας είναι ικανός να εκτελέσει βαριές γεωργικές εργασίες (άρωση κ.λπ.), είναι η κίνησή του με μικρές ταχύτητες.

5.2.1.2. Αλυσοκίνηση

Στην περίπτωση της αλυσοκίνησης (**Εικόνα 5.8**), η μετάδοση της κίνησης εξασφαλίζεται, όταν περιστρέφεται ο δίσκος του κινητήριου άξονα, οπότε οι προεξοχές που φέρει μπαίνουν σε αντίστοιχες εσοχές της αλυσίδας και καθώς η αλυσίδα κινείται, συμπαρασύρει και τον κινούμενο άξονα (περίπτωση του ποδηλάτου). Είναι, λοιπόν, προφανές το πλεονέκτημα που διαθέτει αυτό το είδος της μετάδοσης της κίνησης σε σχέση με την ιμαντοκίνηση. Το περιθώριο για ολίσθηση είναι ελάχιστο, γι' αυτό και εξασφαλίζεται καλύτερη σχέση μετάδοσης.



Εικόνα 5.8 Αλυσοκίνηση δημιουργείται με 2 αλυσοτροχούς (κινητήριος και κινούμενος) και μια κοινή αλυσίδα που τους συνδέει (ο μικρότερος αλυσοτροχός στη μέση έχει τον ρόλο του τανυστή).

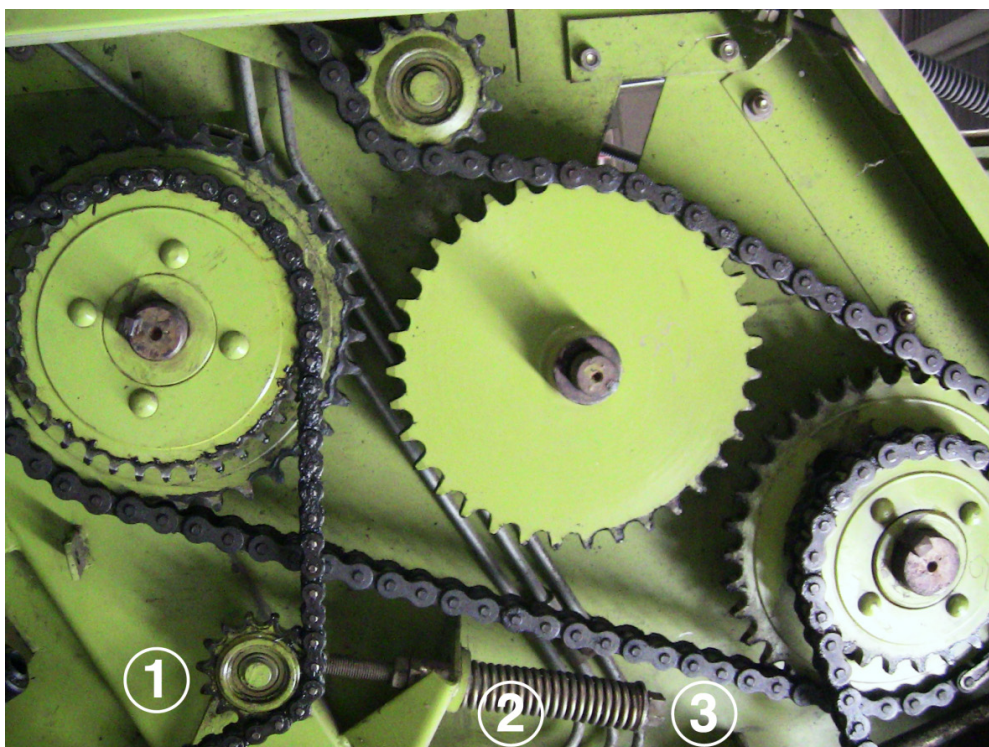
Και στην περίπτωση της αλυσοκίνησης ισχύει η σχέση μετάδοσης που ίσχυε στην ιμαντοκίνηση, με τη διαφορά ότι ο λόγος των διαμέτρων των τροχαλιών θα αντικατασταθεί από το λόγο του αριθμού των δοντιών των δίσκων. Δηλαδή:

$$T_1 (\text{Δόντια}) * N_1 (\text{rpm}) = T_2 (\text{Δόντια}) * N_2 (\text{rpm}) \quad (4)$$

Επισημάνσεις:

Στην αλυσοκίνηση οι απώλειες είναι της τάξης του 1%, δηλαδή αν η κινητήρια έχει 100 W, η κινούμενη θα πάρει 99 W.

Πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε διάταξη τάνυσης (**Εικόνα 5.9**).

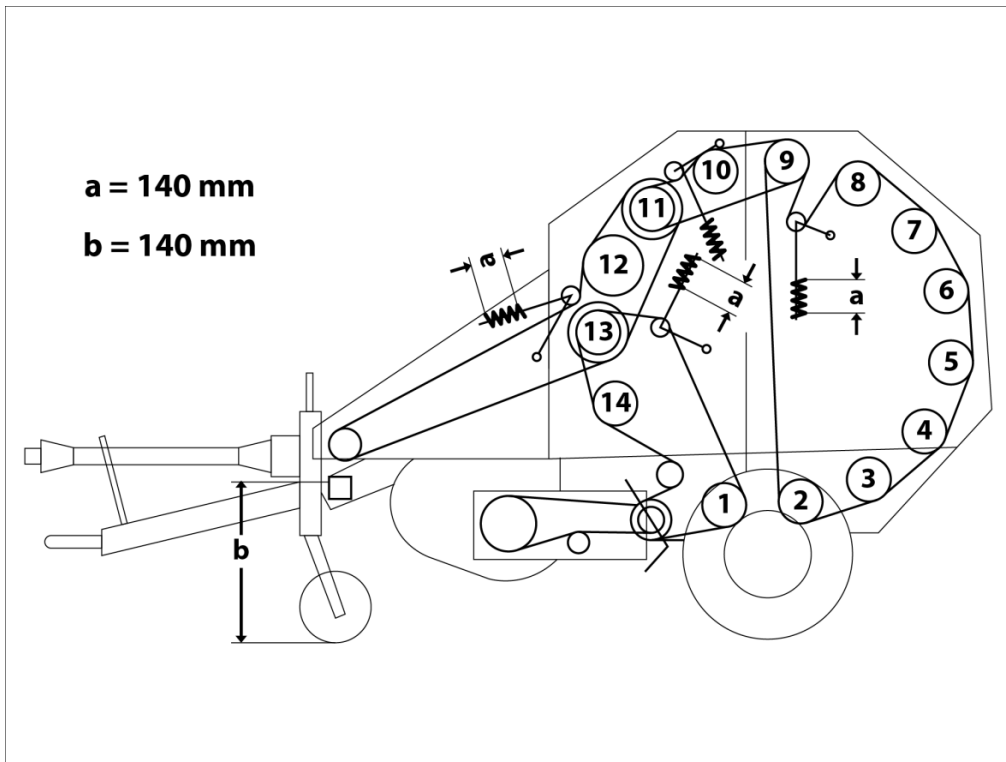


Εικόνα 5.9 Διάταξη τάνυσης της αλυσίδας (1) κατά τη μετάδοση της κίνησης. Κοχλιώνοντας το περικόχλιο (3) συσφίγγεται το ελατήριο (2), μετακινώντας τον άξονα του αλυσοτροχού τάνυσης δεξιά, οπότε και επιτυγχάνεται η τάνυση της αλυσίδας.

Η **Εικόνα 5.9** δείχνει ένα τμήμα από τις αλυσοκινήσεις μιας χορτοδετικής κυλινδρικών δεμάτων (**Εικόνα 5.10**), η οποία φέρει συνολικά 3 τανυστές. Μάλιστα ο κατασκευαστής συστήνει με κατάλληλο κολλημένο σχήμα στο μηχάνημα (**Σχήμα 5.2**) την ενδεδειγμένη τάνυση.



Εικόνα 5.10 Πλάγια όψη χορτοδετικής κυλινδρικών δεμάτων. Οι 11 αλυσοτροχοί που φαίνονται στην περιφέρεια από την πίσω πλευρά (δηλ. την εσωτερική πλευρά της χορτοδετικής) φέρουν κατάλληλα διαμορφωμένα τύμπανα, μέσα στα οποία συμπιέζεται το χόρτο. Όταν η πίεση στο θάλαμο είναι η ενδεδειγμένη, δίνεται η εντολή στον υδραυλικό κύλινδρο να ανοίξει την έξοδο για την απομάκρυνση του δέματος.



Σχήμα 5.2 Σχηματική απεικόνιση της χορτοδετικής της **Εικόνας 5.10** με οδηγίες του κατασκευαστή για τη σωστή τάνυση των αλυσίδων του μηχανήματος.

Πρόβλημα:

Να επιλεγεί το σωστό ζευγάρι αλυσοτροχών στη σπартική σκαλιστικών καλλιεργειών μηχανικού τύπου (**Εικόνα 5.11**), στην οποία η σχέση μετάδοσης είναι 1:2 και οι διαθέσιμοι δίσκοι έχουν 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 δόντια.



Εικόνα 5.11 Σπартική σκαλιστικών καλλιεργειών μηχανικού τύπου.

5.2.1.3. Οδοντοκίνηση

Ο τρίτος τρόπος μετάδοσης της κίνησης είναι με οδοντοτροχούς (γρανάζια) και χρησιμοποιείται στις εξής περιπτώσεις:

- Όταν οι 2 άξονες βρίσκονται πολύ κοντά, δηλαδή όταν δεν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χώρος για τη μετάδοση της κίνησης.
- Όταν μεταφέρεται μεγάλη ροπή.
- Όταν απαιτείται ακρίβεια στη μετάδοση (στον αριθμό στροφών).

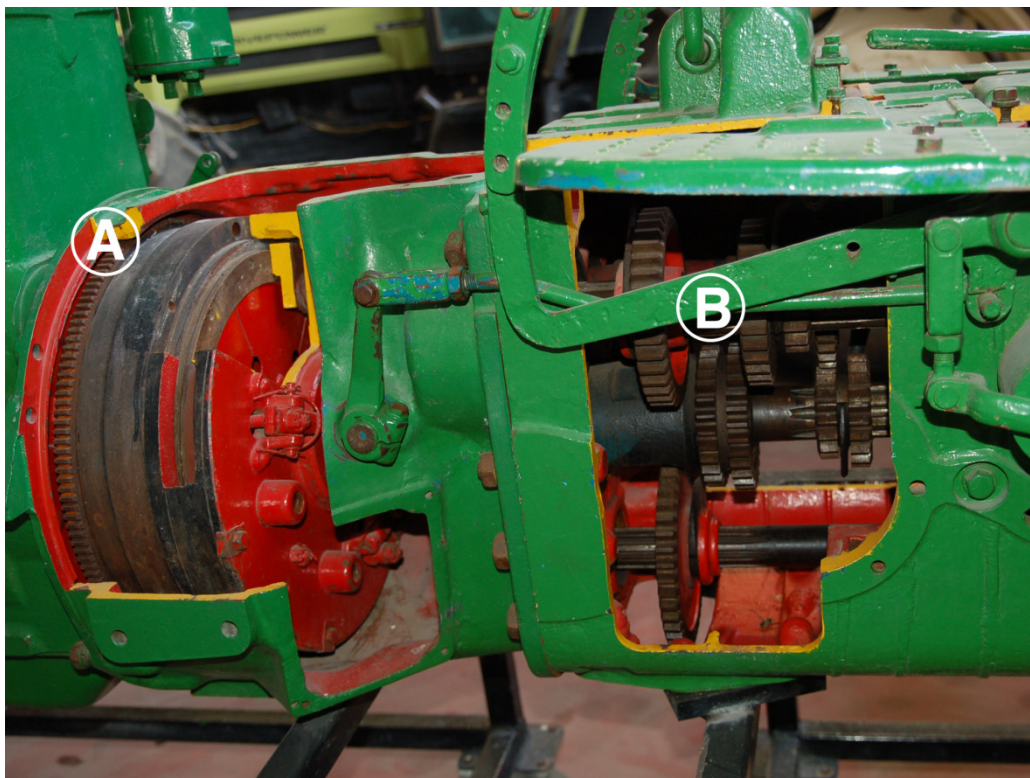
Τα μεγέθη καθορίζονται και σε αυτό το είδος της μετάδοσης με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή ισχύει η εξίσωση (4):

$$T_1 (\text{Δόντια}) * N_1 (\text{rpm}) = T_2 (\text{Δόντια}) * N_2 (\text{rpm}) \quad (4)$$

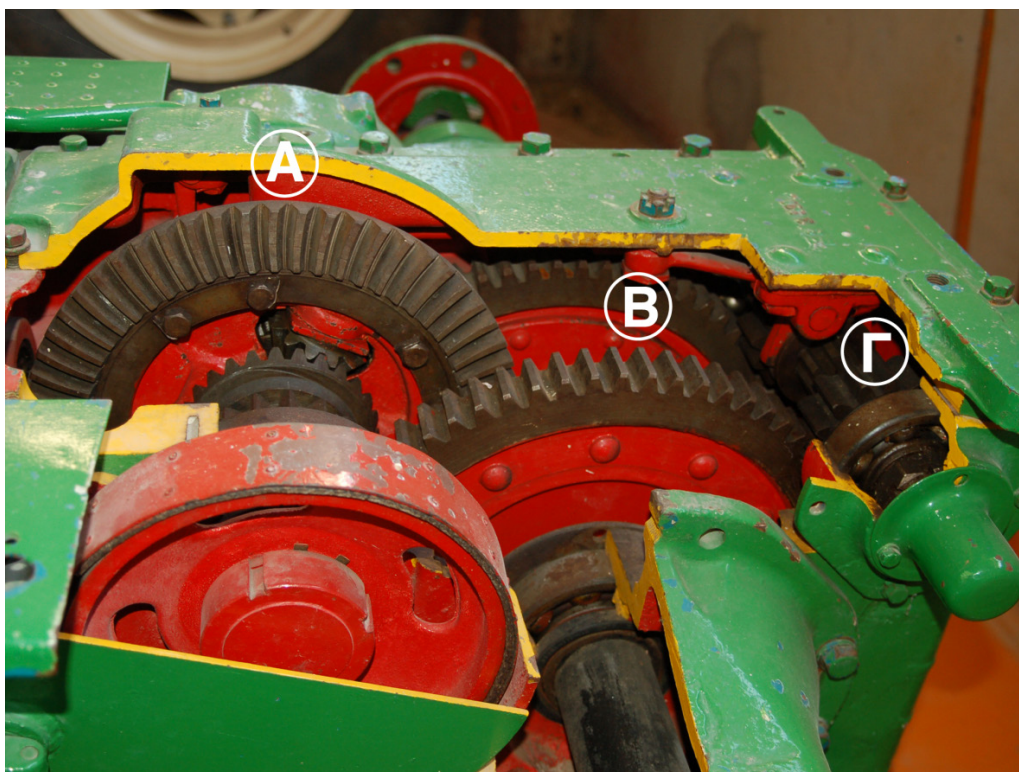
Επισημάνσεις:

Στην οδοντοκίνηση οι απώλειες είναι της τάξης του 1%, δηλαδή αν η κινητήρια έχει 100 W, η κινούμενη θα πάρει 99 W.

Δεν απαιτείται διάταξη τάνυσης.

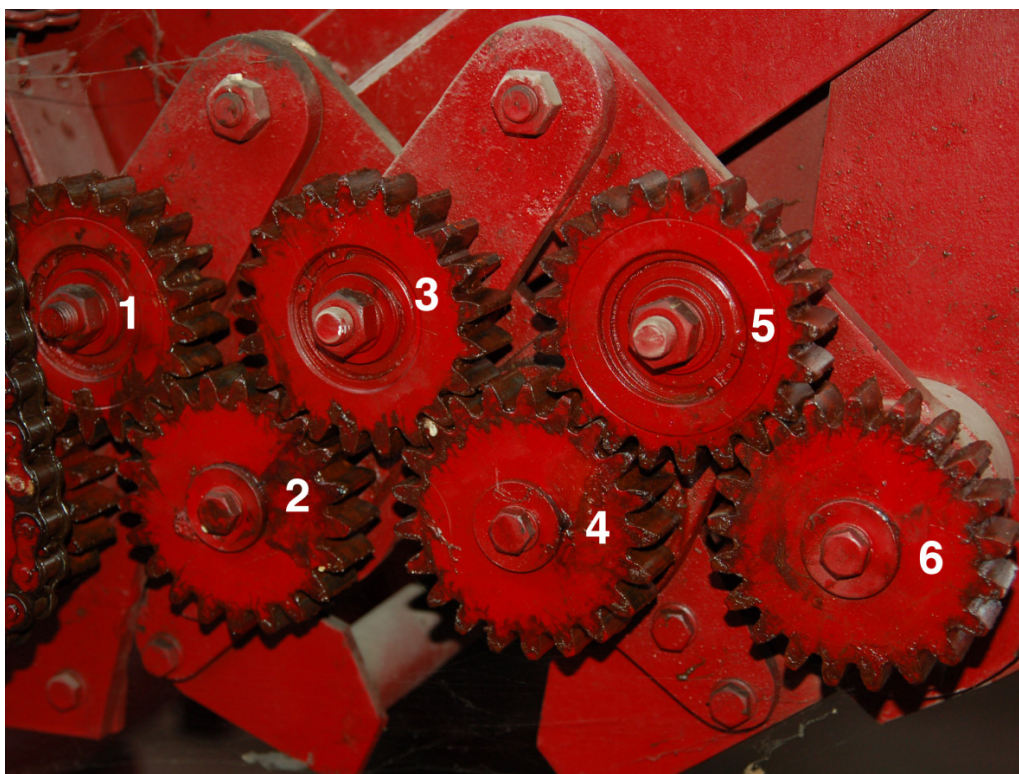


Εικόνα 5.12 Οδοντοκίνηση στο σύστημα μεταφοράς ισχύος του Γεωργικού Ελκυστήρα. Αριστερά (A) είναι ο τραπεζοειδής οδοντοτροχός στην εξωτερική επιφάνεια του σφονδύλου, στην οποία δίνει κίνηση ο αντίστοιχος μικρός οδοντοτροχός του εκκινητή (μίζα), ο οποίος βρίσκεται από την άλλη πλευρά και δεν εμφανίζεται εδώ. Ο εκκινητής ενεργοποιείται καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια από το συσσωρευτή (μπαταρία). Με τον τρόπο αυτό τίθεται σε λειτουργία ο στροφαλοφόρος άξονας και κατ' επέκταση η ΜΕΚ. Δεξιά (B) είναι οι τραπεζοειδείς οδοντοτροχοί στο κιβώτιο σχέσεων.



Εικόνα 5.13 Στο τέλος του συστήματος μεταφοράς ισχύος στον γεωργικό ελκυστήρα, δηλαδή μετά το κιβώτιο σχέσεων (Εικόνα 5.12), υπάρχουν το διαφορικό (Α) και οι ακραίες (Β) μεταδόσεις (ακολουθούν οι ελαστικοί τροχοί). Το σπείρωμα του οδοντοτροχού του διαφορικού (κορώνα) έχει ελικοειδή οδόντωση (Α) και των τελικών μεταδόσεων (Β) τραπεζοειδή. Φαίνεται επίσης (Γ) ο ένσφαιρος τριβέας (ρουλεμάν) που χρησιμοποιείται για την έδραση του άξονα των τελικών μεταδόσεων.

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες πρέπει να μελετηθεί μια σύνθετη σχέση μετάδοσης με πολλούς οδοντοτροχούς, όπως στην **Εικόνα 5.14**, στην οποία ο κινητήριος οδοντοτροχός δίνει κίνηση σε άλλους 5.



Εικόνα 5.14 Σύνθετη σχέση μετάδοσης με 6 οδοντοτροχούς τραπεζοειδούς οδόντωσης στον πατατοεξαγωγέα.

Στις περιπτώσεις αυτές (Εικόνα 5.14) βοηθάει η κατάστρωση του Πίνακα 5.1 για την επίλυση οποιουδήποτε προβλήματος σχετικά με μετάδοση κίνησης στην οποία εμπλέκονται αρκετοί οδοντοτροχοί.

Πίνακας 5.1 Στοιχεία των οδοντοτροχών της Εικόνας 5.14 από τους οποίους μόνο ο (1) είναι κινητήριος

α/α Οδοντοτροχού	# Δοντιών	Φορά περιστροφής	# rpm	Άλλος τρόπος εύρεσης του # rpm
1 Κινητήριος	20	Δεξιόστροφη	$N_1=50.00$ (δεδομένο ¹)	$N_6=(T_1/T_6)*N_1=47.62$
2	21	Αριστερόστροφη	$N_2=(T_1/T_2)*N_1=47.62$	
3	21	Δεξιόστροφη	$N_3=(T_2/T_3)*N_2=47.62$	
4	20	Αριστερόστροφη	$N_4=(T_3/T_4)*N_3=50.00$	
5	21	Δεξιόστροφη	$N_5=(T_4/T_5)*N_4=47.62$	
6	21	Αριστερόστροφη	$N_6=(T_5/T_6)*N_5=47.62$	

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μηχανικών συστημάτων μετάδοσης της κίνησης.

Σύστημα μετάδοσης κίνησης:	ΙΜΑΝΤΑΣ	ΑΛΥΣΙΔΑ	ΟΔΟΝΤΟΤΡΟΧΟΣ
Απαραίτητα εξαρτήματα:	1 ιμάντας +2 τροχαλίες	1 αλυσίδα + 2 αλυσοτροχοί	2 οδοντοτροχοί
Αλλαγή φοράς (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα). Είναι απαραίτητη η ύπαρξη 3ου άξονα για την αλλαγή της φοράς:	OXI NAI	OXI NAI	NAI OXI
Δυνατότητα μετάδοσης της κίνησης σε ορθή γωνία:	NAI	OXI	NAI
Ανάγκη παρουσίας τανυστή:	NAI	NAI	OXI
Μεγάλη απόσταση του κινητήριου άξονα από τον κινούμενο:	NAI	NAI	OXI
Ικανότητα μετάδοσης μεγάλης ισχύος:	OXI	OXI	NAI
Επίτευξη ελαχιστοποίησης των τριβών μεταξύ του κινητήριου και κινούμενου άξονα με τη χρήση:	εδράνων ολίσθησης	εδράνων ολίσθησης	εδράνων κύλισης
Ποσοστό απωλειών ισχύος κατά τη μετάδοση:	2%	1%	1%

5.2.2. Υδραυλική–Πνευματική Μετάδοση

Τα υδραυλικά συστήματα βρίσκουν μεγαλύτερη εφαρμογή στα γεωργικά μηχανήματα από ό,τι τα πνευματικά. Και τα δύο χρησιμοποιούν σαν εργαζόμενη ουσία κάποιο ρευστό μέσο. Με τον όρο ρευστό χαρακτηρίζονται ο αέρας και τα υγρά.

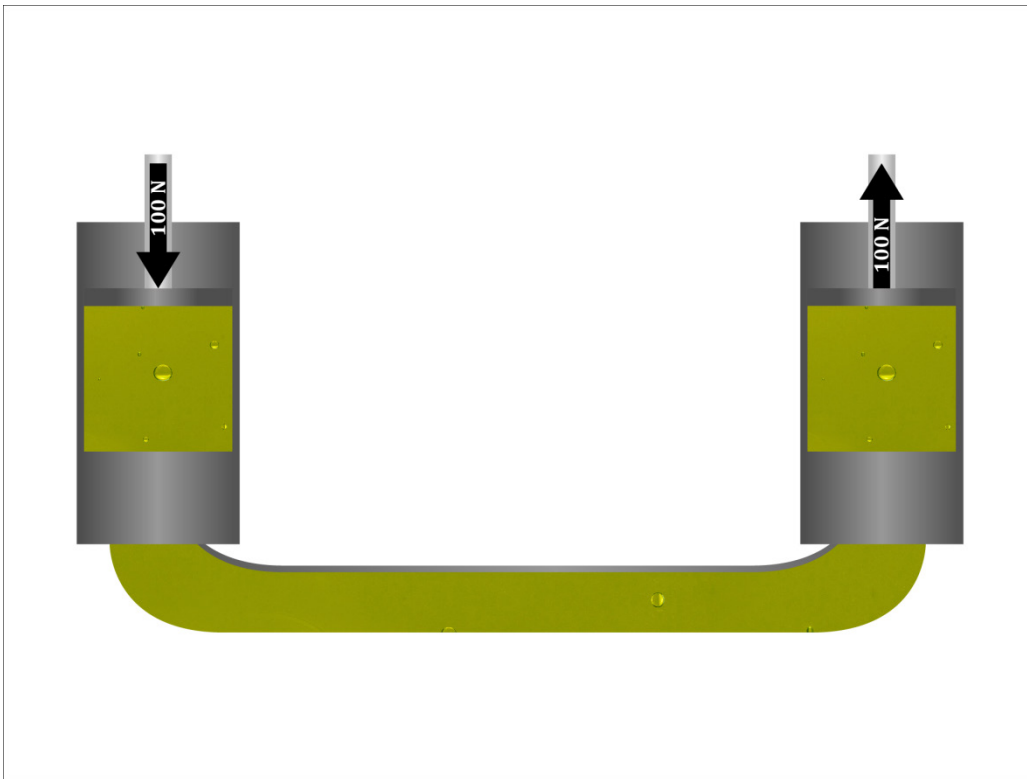
Η λειτουργία των ρευστών συστημάτων, δηλαδή των πνευματικών (με αέρα) και των υδραυλικών (με υγρό συνήθως ορυκτέλαιο, εκτός αν πρόκειται για το σύστημα πέδησης στο οποίο χρησιμοποιείται υγρό ειδικού τύπου), βασίζεται στη μηχανική των ρευστών, σύμφωνα με την οποία τα μεν υγρά είναι πρακτικά ασυμπίεστα, ο αέρας όμως όχι.

Για τη λειτουργία ενός ρευστού συστήματος είναι απαραίτητα τα ακόλουθα εξαρτήματα:

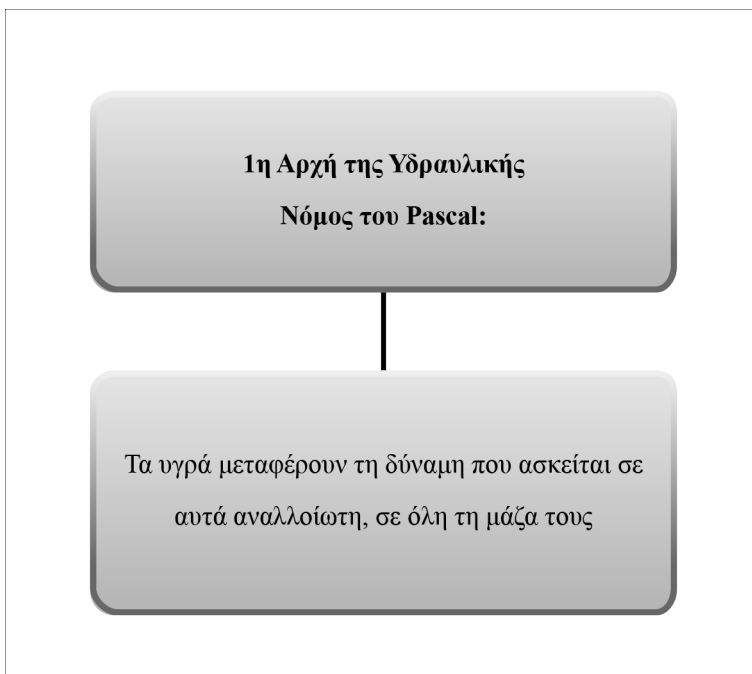
- Η αντλία, η οποία είναι η καρδιά του συστήματος και χωρίς αυτή δεν κυκλοφορεί το ρευστό μέσο στο κύκλωμα. Στην πραγματικότητα δημιουργεί πίεση και με βάση αυτή τη διαφορά στην πίεση στα διάφορα μέρη του κυκλώματος δημιουργείται κυκλοφορία του ρευστού.
- Η δεξαμενή αποθήκευσης του ρευστού και οι απαραίτητοι ηθμοί και σωληνώσεις.
- Οι ελεγκτές του συστήματος (βαλβίδες ελέγχου του όγκου ροής και της διεύθυνσης κίνησης του) και τα όργανα ελέγχου (πιεσόμετρα ή μανόμετρα).
- Οι τελεστές, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε γραμμικοί (υδραυλικός κύλινδρος ή μπουκάλα), είτε περιστροφικοί (υδραυλικός κινητήρας).

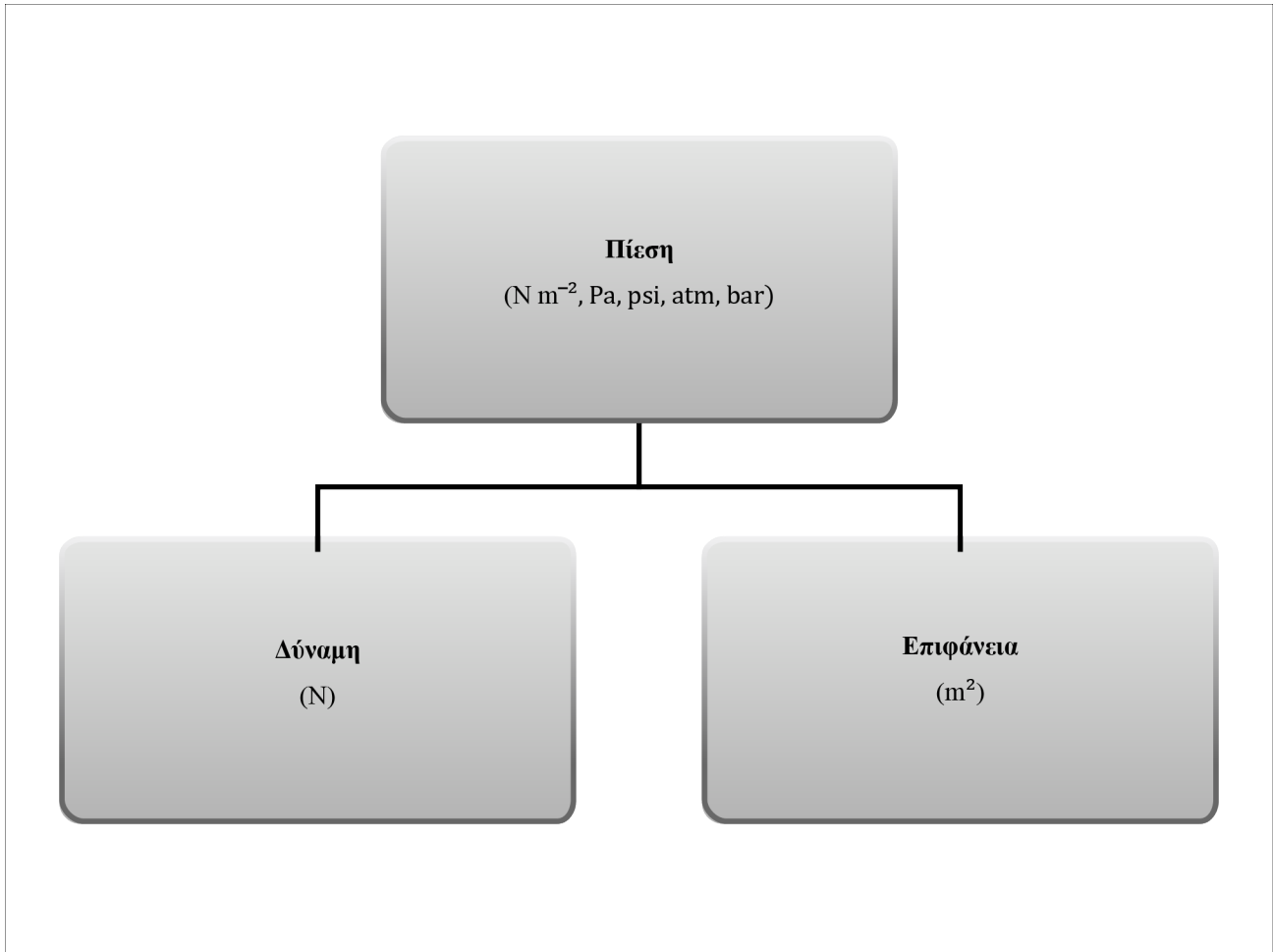
¹ Αν δεν είναι δεδομένο, τίθεται ίσο με χ και επιλύονται οι εξισώσεις κανονικά.

Στα υδραυλικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης ισχύει ο νόμος του Pascal, σύμφωνα με τον οποίο η πίεση μεταδίδεται αναλλοίωτη στη μάζα του υγρού (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3 Η βασική αρχή της Υδραυλικής (η μεταφορά της πίεσης μέσω της μάζας των ρευστών).

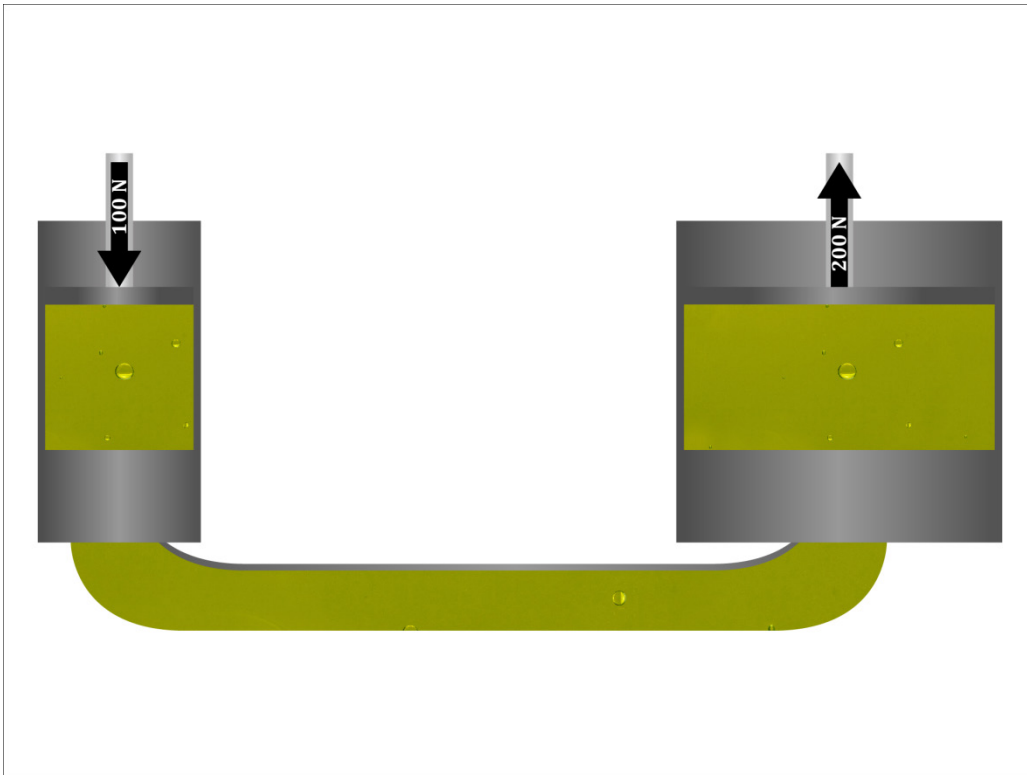




Όταν πρόκειται για γραμμικό τελεστή υπάρχει ένας υδραυλικός κύλινδρος στον οποίο μετακινείται ένα έμβολο. Η διάμετρος του κυλίνδρου και η πίεση του ρευστού στο εσωτερικό του ρυθμίζουν τη δύναμη που ασκείται στο έμβολο. Η διαδρομή που θα κάνει το έμβολο κατά τη μετακίνησή του (προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση) εξαρτάται από τον όγκο του ρευστού που μετακινείται, ενώ η ταχύτητα μετακίνησης του εμβόλου εξαρτάται από το ρυθμό μεταβολής (flow rate).

Πρόβλημα:

Να υπολογιστεί η πίεση στο υδραυλικό σύστημα του παρακάτω σχήματος και η δύναμη που μεταφέρεται στο δεξιό υδραυλικό κύλινδρο, όταν είναι γνωστές οι επιφάνειες των 2 εμβόλων (2 m^2 αριστερά και 4 m^2 δεξιά).



Σχήμα 5.4 Αύξηση της δύναμης με αύξηση της επιφάνειας.

Από τη σχέση:

$$\text{Πίεση (N m}^{-2}\text{)} = \frac{\text{Δύναμη (N)}}{\text{Επιφάνεια (m}^2\text{)}}$$

ισχύει ότι:

$$\text{Πίεση (N m}^{-2}\text{)} = \frac{100 \text{ (N)}}{2 \text{ (m}^2\text{)}} = 50 \text{ N m}^{-2}$$

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η πίεση αυτή μεταφέρεται αναλλοίωτη και στο δεξιό κύλινδρο, οπότε καταλήγουμε σε ένα φορτίο ίσο με:

$$\text{Δύναμη (N)} = \text{Πίεση (N m}^{-2}\text{)} * \text{Επιφάνεια (m}^2\text{)} = 50 \text{ (N m}^{-2}\text{)} * 4 \text{ (m}^2\text{)} = 200 \text{ N}$$

Δηλαδή με τη διάταξη αυτή διπλασιάστηκε η δύναμη που έχει καταβληθεί (αριστερά ήταν 100 N και δεξιά έγινε 200 N). Θα μπορούσε να γίνει ακόμη μεγαλύτερη, αν η σχέση των 2 διαμέτρων των κυλίνδρων ήταν πολύ μεγαλύτερη.

Πίνακας 5.3 Συχνότητα εμφάνισης υδραυλικού ή πνευματικού συστήματος μετάδοσης της κίνησης στα Γεωργικά Μηχανήματα.

Είδος γεωργικού μηχανήματος	Υδραυλικό σύστημα	Πνευματικό σύστημα
Άροτρο διπλής αναστροφής	•	
Δισκοσβάρνα	•	
Φρέζα	•	
Σπαρτική	•	
Ψεκαστικό	•	
Χορτοδετική	•	
Λιπασματοδιανομέας	•	
Πατατοεξαγωγέας	•	
Θεριζοαλωνιστική	•	
Αεροσυμπιεστής ⁱⁱ		•
Βαμβακοσυλλεκτική	•	
Ανάρτηση 3 σημείων γεωργικού ελκυστήρα	•	

Πίνακας 5.4 Συχνότητα εμφάνισης υδραυλικού ή πνευματικού συστήματος μετάδοσης της κίνησης σε ένα όχημα.

Είδος γεωργικού μηχανήματος	Υδραυλικό σύστημα	Πνευματικό σύστημα
Σύστημα διεύθυνσεως	•	
Σύστημα πεδήσεως	•	•
Σύστημα αναρτήσεως	•	•
Κύριο σύστημα μεταφοράς ισχύος	•	

Πίνακας 5.5 Συχνότητα εμφάνισης υδραυλικού ή πνευματικού συστήματος μετάδοσης της κίνησης στα λειτουργικά συστήματα μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως (Μ.Ε.Κ.).

Είδος συστήματος	Υδραυλικό σύστημα	Πνευματικό σύστημα
Σύστημα ψύξεως	•	•
Σύστημα τροφοδοσίας		•
Σύστημα ανάφλεξης	•	
Σύστημα απαγωγής καυσαερίων		•
Σύστημα εκκινήσεως	•	•

ⁱⁱ Για χρήση του αέρα υπό πίεση ώστε να πληρωθεί π.χ. ο αεροθάλαμος των τροχών εδάφους ή για την κίνηση αεροψάλιδων κλαδέματος, ή εμφύσηση αέρα για καθαρισμό επιφανειών κ.λπ..



Εικόνα 5.15 Σπαρτική σκαλιστικών καλλιεργειών πνευστού τύπου αναρτημένη σε γεωργικό ανεγκυστήρα.



Εικόνα 5.16 Υδραυλικό Αροτρο διπλής αναστροφής.



Εικόνα 5.17 Στο γεωργικό ελκυστήρα Renault 651 του Εργαστηρίου Γεωργικών Μηχανημάτων υπάρχουν επιπλέον υδραυλικοί κύλινδροι (Α). Έτσι είναι δυνατός ο έλεγχος της κίνησης του κάδου που έχει προσαρμοστεί στο μπροστινό μέρος του γεωργικού ελκυστήρα για τη μεταφορά υλικών.



Εικόνα 5.18 Το αναρτώμενο ψεκαστικό απαιτεί περιστροφή από το P.T.O. του γεωργικού ελκυστήρα (για την κίνηση της αντλίας του ψεκαστικού υγρού) και υδραυλική ενέργεια για τη διάταση των συμπτυγμένων τμημάτων του ιστού ψεκασμού.

Βιβλιογραφία

Field, L. H., Solie B. J., *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach*, Εκδ. Springer, Οκλαχόμα, 2007.