

 ΜΑΘΗΜΑ 3ο & 4ο: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1 ΟΡΓΑΝΑ, ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡΕΣ, ΦΙΛΤΡΑ, ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΛΑΔΙΟΥ

ΜΟΝΑΔΕΣ FRL (Filter-Regulator-Lubricator)

Η μονάδα FRL είναι ο "φύλακας" κάθε πνευματικού συστήματος. Τοποθετείται **αμέσως πριν** από τα εξαρτήματα που θέλουμε να προστατεύσουμε.

Τι σημαίνει FRL;

- **F** = Filter (Φίλτρο)
- **R** = Regulator (Ρυθμιστής πίεσης)
- **L** = Lubricator (Λιπαντήρας)

Στοιχείο φιλτραρίσματος:

- Πορώδες υλικό (π.χ. σίτα, αφρός, spun fiber)
- Μέγεθος πόρων: 5, 10, 25, 40 μm (ανάλογα με την εφαρμογή)

Λειτουργία:

1. Αέρας εισέρχεται → Περνά μέσα από το φίλτρο
2. Σωματίδια κρατούνται
3. Σταγονίδια νερού/λαδιού "συγκολλούνται" → Πέφτουν στο δοχείο συλλογής
4. Καθαρός αέρας εξέρχεται

Συντήρηση:

- **Καθημερινά:** Αποστράγγιση δοχείου συλλογής
- **Εβδομαδιαίως:** Έλεγχος βαθμού φραγής (πτώση πίεσης)
- **Μηνιαίως:** Καθαρισμός ή αντικατάσταση στοιχείου

Ένδειξη φραγής:

Αν η διαφορά πίεσης εισόδου-εξόδου $> 0.3 \text{ bar}$ → Φίλτρο φραγμένο!

2. ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (Pressure Regulator) - Ο "Σταθεροποιητής"

Σκοπός:

Διατήρηση **σταθερής πίεσης** στην έξοδο, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της εισόδου ή της κατανάλωσης.

Γιατί χρειάζεται;

Παράδειγμα:

- Το κεντρικό δίκτυο έχει 10 bar
- Ένας κύλινδρος χρειάζεται **μόνο 6 bar**
- Αν του δώσουμε 10 bar → Κίνδυνος υπερφόρτωσης!

→ Ο ρυθμιστής μειώνει και σταθεροποιεί την πίεση στα 6 bar.

Λειτουργία:

1. Αρχική κατάσταση (χωρίς ροή):
 - Το ελατήριο πιέζει το διάφραγμα → Βαλβίδα ανοιχτή

2. Όταν η πίεση εξόδου < ρύθμιση (π.χ. 5.5 bar):
 - Το ελατήριο πιεζει → Βαλβίδα ανοίγει περισσότερο
 - Περνά περισσότερος αέρας → Πίεση ανεβαίνει
3. Όταν η πίεση εξόδου = ρύθμιση (6 bar):
 - Ισορροπία δυνάμεων
 - Βαλβίδα σε μερική άνοιξη
4. Όταν η πίεση εξόδου > ρύθμιση (6.2 bar):
 - Το διάφραγμα σπρώχνει προς τα πάνω
 - Βαλβίδα κλείνει
 - Η πίεση πέφτει

→ Αυτόματη ρύθμιση συνεχώς!

Τύποι ρυθμιστών:

Τύπος	Χαρακτηριστικά	Εφαρμογή
Απλός	Βασική ρύθμιση, μικρή ακρίβεια	Γενική χρήση
Ακριβείας	Υψηλή ακρίβεια (± 0.05 bar)	Όργανα, έλεγχος
Με ανάδραση	Αντισταθμίζει διακυμάνσεις ροής	Κρίσιμα συστήματα

Ρύθμιση:

1. Χαλάρωση κοχλία → Μείωση πίεσης
2. Σύσφιξη κοχλία → Αύξηση πίεσης
3. Παρακολούθηση σε μανόμετρο

Συντήρηση:

- Μηνιαίως: Έλεγχος ακρίβειας ρύθμισης
- Ετησίως: Καθαρισμός διαφράγματος και βαλβίδας

3. ΛΙΠΑΝΤΗΡΑΣ (Lubricator) - Ο "Γιατρός" του Συστήματος

Σκοπός:

Προσθήκη λεπτής ομίχλης λαδιού στον αέρα για λίπανση των κινούμενων μερών των πνευματικών εξαρτημάτων.

Γιατί χρειάζεται;

Τα πνευματικά εξαρτήματα έχουν κινούμενα μέρη (έμβολα, βαλβίδες, σφραγίδες) που:

- Τρίβονται → Φθείρονται
- Χρειάζονται λίπανση για ομαλή λειτουργία

→ Ο λιπαντήρας παρέχει συνεχή λίπανση.

Αρχή λειτουργίας (Venturi effect):

1. Ο αέρας περνά από **στένωση** (Venturi)
2. Ταχύτητα αυξάνεται → Πίεση **μειώνεται**
3. Η χαμηλή πίεση "αναρροφά" λάδι από το δοχείο
4. Το λάδι **ατμοποιείται** σε λεπτή ομίχλη
5. Η ομίχλη αναμειγνύεται με τον αέρα

Ρύθμιση:

- Παρατήρηση σταγόνων σε ειδικό θυρίδα (drip sight)

- Τυπική ρύθμιση: **1-5 σταγόνες ανά λεπτό**
- Εξαρτάται από την κατανάλωση αέρα

Τύποι λαδιού:

- **Ειδικό πνευματικό λάδι** (pneumatic oil)
- Χαμηλό ιξώδες (ISO VG 32-68)
- Ανθεκτικό σε οξείδωση
- **ΟΧΙ** κοινό μηχανολογικό λάδι!

Προσοχή:

- ☒ **ΝΑΙ** σε λίπανση: Κύλινδροι, βαλβίδες, εργαλεία
- ☒ **ΟΧΙ** σε λίπανση: Όργανα, αισθητήρες, συστήματα ελέγχου (το λάδι τα καταστρέφει!)

→ Για συστήματα χωρίς λίπανση: Χρήση **oil-free** εξαρτημάτων με ειδικά υλικά (Teflon, πλαστικά).

Συντήρηση:

- **Εβδομαδιαίως:** Έλεγχος στάθμης λαδιού
- **Μηνιαίως:** Συμπλήρωση λαδιού
- **Ετησίως:** Καθαρισμός δοχείου

MANOMETRA (Pressure Gauges)

Σκοπός:

Ένδειξη της **πίεσης** σε διάφορα σημεία του συστήματος.

Τύποι:

1. Μανόμετρα Bourdon (Πιο συνηθισμένα)

Αρχή λειτουργίας:

- Ελλειπτικός σωλήνας (Bourdon tube) σε σχήμα C
- Όταν εισέρχεται πίεση → Ο σωλήνας τείνει να ισιώσει
- Η κίνηση μεταφέρεται σε **δείκτη** μέσω γραναζιών

Χαρακτηριστικά:

- Ακρίβεια: 1-2% της κλίμακας
- Εύρος: 0-10, 0-16, 0-25, 0-400 bar
- Ανθεκτικά, οικονομικά

2. Ψηφιακά Μανόμετρα

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ακρίβεια (0.1-0.5%)
- Εύκολη ανάγνωση
- Καταγραφή δεδομένων

Μειονεκτήματα:

- Ακριβά
- Χρειάζονται μπαταρία/τροφοδοσία

Εφαρμογές στο πλοίο:

- Μανόμετρα σε **αεροφιάλες** (0-30 bar)
- Μανόμετρα σε **κεντρικό δίκτυο** (0-10 bar)

- Μανόμετρα μετά από **ρυθμιστές** (έλεγχος ρύθμισης)

Συντήρηση:

- **Μηνιαίως:** Βαθμονόμηση (σύγκριση με πρότυπο μανόμετρο)
- **Ετησίως:** Αντικατάσταση αν έχει απόκλιση >5%

ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡΕΣ & ΣΙΓΑΣΤΗΡΕΣ (Silencers)

Σκοπός:

Μείωση **θορύβου** κατά την εξάτμιση του αέρα από βαλβίδες.

Πρόβλημα:

Όταν ο πεπιεσμένος αέρας εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα → **Θόρυβος >90 dB!**

Λύση:

Σιγαστήρες (ειδικά φίλτρα/διαχύτες) στις εξόδους εξάτμισης.

Τύποι:

- **Πορώδες υλικό** (μετάλλου ή πλαστικού) → Διασπορά αέρα
- **Πολλαπλές οπές** → Μείωση ταχύτητας εξόδου

Αποτέλεσμα:

Θόρυβος μειώνεται στα **60-70 dB** (αποδεκτό επίπεδο).

3.2 ΒΑΛΒΙΔΕΣ (Valves) - Τα "Διακόπτες" του Πνευματικού Συστήματος

Οι βαλβίδες είναι το **πιο σημαντικό** μέρος ενός πνευματικού συστήματος. Ελέγχουν:

- **Κατεύθυνση** της ροής
- **Ποσότητα** ροής (ταχύτητα)
- **Πίεση** λειτουργίας

3.2.1 ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ (Directional Control Valves - DCV)

Σκοπός:

Καθορίζουν από **ποια θύρα** θα εισέλθει ο αέρας και προς **ποια θύρα** θα εξέλθει.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (ISO 1219-1)

Τι σημαίνουν οι αριθμοί;

Παράδειγμα: Βαλβίδα 5/2

- **5** = Αριθμός **θυρών** (ports)
- **2** = Αριθμός **θέσεων** (positions)

Θύρες (Ports):

Οι συνδέσεις της βαλβίδας.

Ονοματολογία:

- **P** = Pressure (Είσοδος πίεσης από το δίκτυο)
- **A, B** = Θύρες εργασίας (προς κύλινδρο/ενεργοποιητή)
- **R, S** = Exhaust (Εξάτμιση)

Εναλλακτική ονοματολογία (αριθμητική):

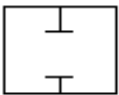
- **1** = P (πίεση)
- **2, 4** = A, B (εργασία)
- **3, 5** = R, S (εξάτμιση)

Θέσεις (Positions):

Οι διαφορετικές καταστάσεις της βαλβίδας.

Σχεδιασμός:

Κάθε θέση σχεδιάζεται ως ένα **τετράγωνο**. Μέσα στο τετράγωνο φαίνονται οι **εσωτερικές συνδέσεις**.



Βέλη:

Δείχνουν τη **κατεύθυνση ροής** σε κάθε θέση.

Γραμμές:

Δείχνουν ποιες θύρες **συνδέονται** μεταξύ τους.

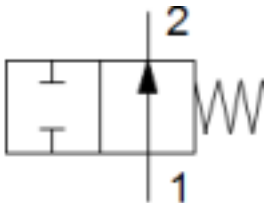
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

1. Βαλβίδα 2/2 (2 θύρες / 2 θέσεις)

Περιγραφή:

Η πιο απλή βαλβίδα – Λειτουργεί σαν **διακόπτης ON/OFF**.

Σύμβολο:



Λειτουργία:

- **Θέση 1 (Κανονική):** 1 συνδέεται με 2 → Αέρας περνά
- **Θέση 2 (Ενεργοποίηση):** 1 κλειστή → Δεν περνά αέρας

Εφαρμογές:

- Έλεγχος ON/OFF

- Ασφαλιστικές βαλβίδες
- Απλές ενεργοποιήσεις

Τύποι:

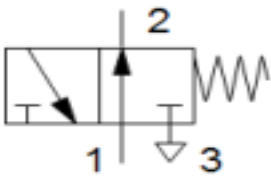
- **NC (Normally Closed):** Κανονικά κλειστή
- **NO (Normally Open):** Κανονικά ανοιχτή

2. Βαλβίδα 3/2 (3 θύρες / 2 θέσεις)

Περιγραφή:

Έχει **εξάτμιση** → Μπορεί να αδειάσει τον κύλινδρο.

Σύμβολο:



Λειτουργία:

- **Θέση 1 (Δεξί τετράγωνο - ενεργό):**
 - 1 → 2 (πίεση στον κύλινδρο)
 - 3 κλειστό
- **Θέση 2 (Αριστερό τετράγωνο):**
 - 3 κλειστό
 - 2 → 3 (ο κύλινδρος αδειάζει)

Εφαρμογές:

- Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας
- Συστήματα START/STOP

Σημείωση:

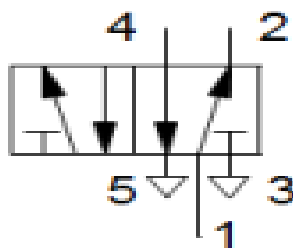
Το **ενεργό τετράγωνο** (που δείχνει τη λειτουργία) είναι εκείνο που **ευθυγραμμίζεται** με τις θύρες.

3. Βαλβίδα 5/2 (5 θύρες / 2 θέσεις)

Περιγραφή:

Η πιο δημοφιλής βαλβίδα για έλεγχο κυλίνδρων διπλής ενέργειας.

Σύμβολο:



Λειτουργία:

- **Θέση 1 (Δεξί τετράγωνο):**
 - $1 \rightarrow 2$ (πίεση στη θύρα 2)
 - $4 \rightarrow 5$ (θύρα 5 εξατμίζει)
 - **Κύλινδρος εκτείνεται $\rightarrow$**
- **Θέση 2 (Αριστερό τετράγωνο):**
 - $1 \rightarrow 4$ (πίεση στη θύρα 4)
 - $2 \rightarrow 3$ (θύρα 3 εξατμίζει)
 - **Κύλινδρος συμπύσσεται $\leftarrow$**

Εφαρμογές:

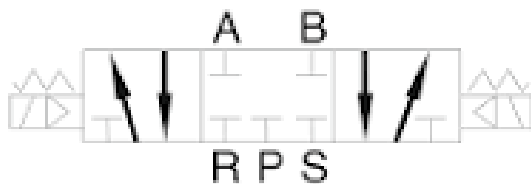
- **Κύλινδροι διπλής ενέργειας** (έλεγχος και προς τις δύο κατευθύνσεις)
- Πόρτες, κινητήρες, μηχανισμοί

4. Βαλβίδα 5/3 (5 θύρες / 3 θέσεις)

Περιγραφή:

Έχει **κεντρική θέση** $\rightarrow$ Ο κύλινδρος μπορεί να σταματήσει σε ενδιάμεση θέση.

Σύμβολο:



Κεντρική θέση (μεσαίο τετράγωνο):

Υπάρχουν διάφορες διαμορφώσεις:

α) Κλειστό κέντρο (Closed Center):

$\perp\perp$ $\leftarrow$ Όλες οι θύρες κλειστές

- Ο κύλινδρος "κλειδώνει" στη θέση του
- Δεν μπορεί να κινηθεί (ούτε με εξωτερική δύναμη)

β) Ανοιχτό κέντρο προς εξαίμιση (Exhaust Center):

$\perp\perp$ $\leftarrow$ A και B συνδέονται με R, S

- Ο κύλινδρος μπορεί να κινηθεί ελεύθερα
- Χρήση: Όταν θέλουμε χειροκίνητη κίνηση

γ) Κέντρο με πίεση (Pressure Center):

$\equiv$ $\leftarrow$ P συνδέεται με A και B

- Πίεση και στις δύο πλευρές του κυλίνδρου
- **Προσοχή:** Μεγάλη κατανάλωση αέρα!

Εφαρμογές:

- Συστήματα που χρειάζονται **διακοπή** σε ενδιάμεση θέση

- Ασφαλιστικά συστήματα (κλείδωμα σε έκτακτη ανάγκη)

ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Πώς **αλλάζει θέση** μια βαλβίδα;

Σύμβολα ενεργοποίησης (σχεδιάζονται στα άκρα της βαλβίδας):

1. Χειροκίνητη Ενεργοποίηση

α) Μπουτόν (Push Button):



Πίεση με το χέρι

β) Λεβιές (Lever):



Μοχλός

γ) Πεντάλ (Pedal):



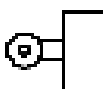
Πάτημα με το πόδι

Εφαρμογές:

Συστήματα που χρειάζονται **ανθρώπινη παρέμβαση**.

2. Μηχανική Ενεργοποίηση

Roller (Τροχίσκος):



Κινούμενο μέρος πατάει τον τροχό

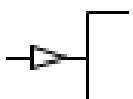
Εφαρμογές:

Αισθητήρες θέσης (limit switches) – π.χ. "Όταν ο κύλινδρος φτάσει στο τέλος της διαδρομής →

Ενεργοποίηση βαλβίδας".

3. Πνευματική Ενεργοποίηση (Pilot)

Σύμβολο:



Πνευματικό σήμα (pilot)

Λειτουργία:

Μια **μικρή πίεση αέρα** (3-6 bar) ενεργοποιεί τη βαλβίδα.

Εφαρμογές:

Αλυσίδες ελέγχου – μια βαλβίδα ενεργοποιεί την επόμενη (αυτοματισμός).

4. Ηλεκτρική Ενεργοποίηση (Solenoid)

Σύμβολο:



Ηλεκτρομαγνήτης (solenoid)

Λειτουργία:

Ένα **ηλεκτρικό ρεύμα** (24V DC ή 220V AC) τροφοδοτεί ηλεκτρομαγνήτη → Μαγνητική δύναμη μετακινεί το έμβολο της βαλβίδας.

Πλεονεκτήματα:

- Γρήγορη απόκριση
- Εύκολος έλεγχος από PLC/αυτοματισμούς
- Τηλεχειρισμός

Εφαρμογές:

Σύγχρονα πλοία – Όλα τα αυτοματοποιημένα συστήματα (π.χ. αυτόματο άνοιγμα βαλβίδας από το γραφείο μηχανικού).

Τύποι:

- **Monostable (με ελατήριο):** Όταν κοπεί το ρεύμα → Επιστρέφει με ελατήριο
- **Bistable (με 2 solenoids):** Παραμένει σε θέση μέχρι να ενεργοποιηθεί το άλλο coil

5. Επαναφορά με Ελατήριο

Σύμβολο:



Ελατήριο

Λειτουργία:

Όταν **σταματήσει** η ενεργοποίηση → Το ελατήριο επαναφέρει τη βαλβίδα στην αρχική θέση.

Εφαρμογή:

Ασφαλιστικά συστήματα – σε διακοπή ρεύματος/πίεσης → Επιστροφή σε ασφαλή θέση.

3.2.2 ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ (Flow Control Valves)

Σκοπός:

Ρύθμιση της **ταχύτητας** κίνησης πνευματικών ενεργοποιητών.

1. Στραγγαλιστικές Βαλβίδες (Throttle Valves)

Αρχή:

Μείωση της **διατομής** διέλευσης → Μικρότερη ροή → Μικρότερη ταχύτητα.

Σύμβολο:



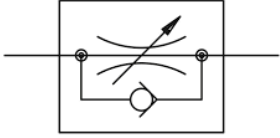
Ρυθμιζόμενο άνοιγμα

Τύποι:

α) Απλή στραγγαλιστική:

- Ρυθμίζει ροή και προς τις δύο κατευθύνσεις

β) Μονόδρομη (One-Way Flow Control):



Αντεπιστροφή (check valve)

- Στραγγαλισμός σε **μία** κατεύθυνση
- Ελεύθερη ροή στην **αντίθετη**

Εφαρμογή:

Ρύθμιση ταχύτητας **έκτασης ή σύμπτυξης** κυλίνδρου (όχι και των δύο ταυτόχρονα).

Τοποθέτηση:

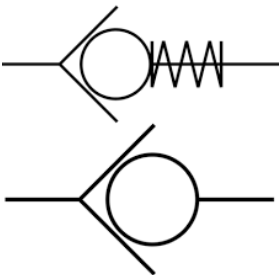
- **Meter-in:** Στον αγωγό εισόδου (ελέγχει την πίεση εισόδου)
- **Meter-out:** Στον αγωγό εξόδου (ελέγχει την αντίσταση εξόδου) → **Πιο σταθερή ταχύτητα!**

2. Βαλβίδες Αντεπιστροφής (Check Valves)

Σκοπός:

Επιτρέπουν ροή **μόνο προς μία κατεύθυνση**.

Σύμβολο:



Ροή μόνο προς τα δεξιά

Λειτουργία:

- **Προς την ελεύθερη κατεύθυνση:** Βαλβίδα ανοίγει
- **Αντίθετα:** Βαλβίδα κλείνει (σφραγίδα πιέζεται στην έδρα)

Εφαρμογές:

- Προστασία από **ανάστροφη ροή**
- **Λογικά κυκλώματα** (π.χ. OR logic)
- Συνδυασμός με στραγγαλιστικές

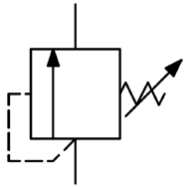
3.2.3 ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΙΕΣΗΣ (Pressure Control Valves)

1. Ανακουφιστικές Βαλβίδες (Relief Valves / Safety Valves)

Σκοπός:

Προστασία του συστήματος από υπερπίεση.

Σύμβολο:



Άνοιγμα σε υπερπίεση

Λειτουργία:

1. **Κανονική πίεση:** Βαλβίδα κλειστή
2. **Πίεση > ρύθμιση:** Βαλβίδα ανοίγει → Αέρας εξατμίζεται
3. **Πίεση πέφτει:** Βαλβίδα κλείνει ξανά

Ρύθμιση:

Με ελατήριο (όπως στους ρυθμιστές πίεσης).

Εφαρμογές:

- Προστασία **αεροσυμπιεστών**
- Προστασία **αεροφιαλών**
- Προστασία **κυκλωμάτων**

Τυπικές ρυθμίσεις:

- Αεροφιάλες 30 bar → Ανακουφιστική στα 32-35 bar
- Δίκτυο 7 bar → Ανακουφιστική στα 8-9 bar

2. Βαλβίδες Μειωτικής Πίεσης (Pressure Reducing Valves)

Είδαμε ήδη στο **FRL Regulator** – Ίδια λειτουργία.

3. Βαλβίδες Ακολουθίας (Sequence Valves)

Σκοπός:

Επιτρέπουν ροή **μόνο όταν** η πίεση ξεπεράσει ένα όριο.

Εφαρμογή:

Σειριακή λειτουργία – π.χ. "Ο κύλινδρος Β κινείται **μόνο αν** ο κύλινδρος Α έχει φτάσει στη θέση του (και η πίεση έχει ανέβει)."

ΣΥΝΟΨΗ (μέρος 1ο Μαθήματος 3&4)

 **Κλειδιά σημεία:**

1. **FRL = Φίλτρο + Ρυθμιστής + Λιπαντήρας** → Προστασία συστήματος
2. **Βαλβίδες κατεύθυνσης:**
 - **2/2:** ON/OFF
 - **3/2:** Κύλινδρος απλής ενέργειας
 - **5/2:** Κύλινδρος διπλής ενέργειας
 - **5/3:** Με κεντρική θέση (ενδιάμεση στάση)

3. **Ενεργοποίηση:** Χειροκίνητη, μηχανική, πνευματική, ηλεκτρική (solenoid)
4. **Βαλβίδες ροής:** Έλεγχος ταχύτητας
5. **Βαλβίδες πίεσης:** Προστασία και ρύθμιση

3.3 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ (Pneumatic Cylinders/Actuators)

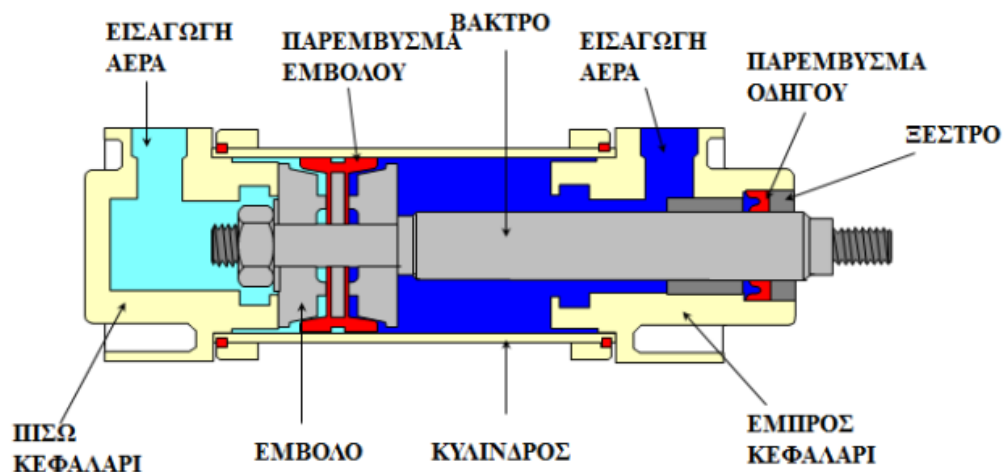
Οι πνευματικοί κύλινδροι είναι τα "μυαλά" του πνευματικού συστήματος. Μετατρέπουν την **πίεση του αέρα** σε γραμμική κίνηση (μπρος-πίσω).

Απλή αναλογία:

Σαν μια σύριγγα – πιέξεις το έμβολο με αέρα και κινείται.

ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ



Βασικά μέρη:

1. **Σώμα κυλίνδρου (Cylinder barrel):**
 - Μεταλλικός σωλήνας (χάλυβας ή αλουμίνιο)
 - Εσωτερική επιφάνεια **λειασμένη** (honed)
2. **Έμβολο (Piston):**
 - Κινείται μέσα στον κύλινδρο
 - Φέρει **σφραγίδες** (seals) για αεροστεγανότητα
3. **Βάκτρο (Piston rod):**
 - Συνδέεται με το έμβολο
 - Μεταφέρει τη δύναμη προς τα έξω
 - Επιφάνεια **χρωμιωμένη** (για αντοχή στη φθορά)
4. **Καλύψεις (End caps):**
 - Κλείνουν τον κύλινδρο
 - Φέρουν τις **θύρες** σύνδεσης (A, B)
5. **Σφραγίδες (Seals):**

- **Σφραγίδες εμβόλου:** Αποτρέπουν διαρροή μεταξύ των δύο πλευρών
- **Σφραγίδες βάκτρου:** Αποτρέπουν εξωτερική διαρροή
- Υλικά: NBR, Viton, Polyurethane

6. Αποσβεστήρες τέλους διαδρομής (End cushions):

- Μειώνουν τη ταχύτητα στο τέλος της διαδρομής
- Αποφεύγουν το "χτύπημα"

ΤΥΠΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ

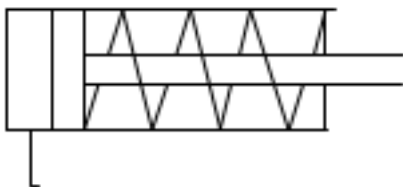
1. ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΑΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Single-Acting Cylinders)

Αρχή λειτουργίας:

Η πίεση ενεργεί **μόνο από τη μία πλευρά**. Η επιστροφή γίνεται με **ελατήριο** ή με **εξωτερική δύναμη** (π.χ. βαρύτητα).

Σχηματικό:

Κύλινδρος Απλής Ενέργειας



Ελατήριο επαναφοράς

Χαρακτηριστικά:

- ☒ **Απλή κατασκευή** → Χαμηλό κόστος
- ☒ **Μικρό μήκος** (το ελατήριο είναι μέσα)
- ☒ **Περιορισμένη διαδρομή** (λόγω ελατηρίου, συνήθως <100 mm)
- ☒ **Δύναμη μόνο προς μία κατεύθυνση**
- ☒ **Η επιστροφή εξαρτάται από το ελατήριο** (μπορεί να είναι αργή)

Τύποι:

α) Με εσωτερικό ελατήριο (Spring return):

- Το ελατήριο μέσα στον κύλινδρο
- Επιστροφή αυτόματη

β) Με εξωτερικό φορτίο (Load return):

- Χωρίς ελατήριο
- Επιστροφή με βαρύτητα/εξωτερική δύναμη

Εφαρμογές:

- **Σφράγιση/Σημάνση:** Πίεση σε υλικό
- **Ανύψωση:** Έμβολο σηκώνει φορτίο, βαρύτητα το κατεβάζει
- **Πέδηση:** Ενεργοποίηση φρένου

- **Κλείδωμα:** Μπουλόνια ασφαλείας

Παράδειγμα στο πλοίο:

Βαλβίδα ασφαλείας – Σε περίπτωση διακοπής αέρα → Το ελατήριο κλείνει αυτόματα τη βαλβίδα (fail-safe).

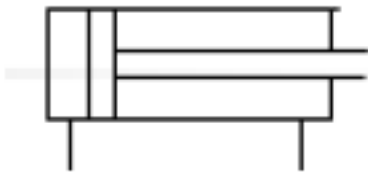
2. ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Double-Acting Cylinders)

Αρχή λειτουργίας:

Η πίεση ενεργεί **και από τις δύο πλευρές** → Πλήρης έλεγχος κίνησης προς κάθε κατεύθυνση.

Σχηματικό:

Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας



Χαρακτηριστικά:

- ☒ **Δύναμη και προς τις δύο κατευθύνσεις**
- ☒ **Ελεγχόμενη ταχύτητα** (με ρυθμιστές ροής)
- ☒ **Μεγάλες διαδρομές** (έως 2-3 μέτρα!)
- ☒ **Ακριβής έλεγχος θέσης**
- ☒ **Πιο πολύπλοκοι** → Ακριβότεροι
- ☒ **Δύναμη σύμπτυξης < δύναμη έκτασης** (λόγω βάκτρου – βλέπε υπολογισμούς)

Τύποι:

α) Κύλινδρος με μονό βάκτρο (Single rod):

- Το συνηθέστερο
- Βάκτρο βγαίνει από τη μία πλευρά

β) Κύλινδρος με διπλό βάκτρο (Double rod):

- Βάκτρο και από τις δύο πλευρές
- **Ίδια δύναμη** προς κάθε κατεύθυνση (γιατί ίδια επιφάνεια)
- Χρήση: Όταν χρειάζεται συμμετρία

γ) Τηλεσκοπικός κύλινδρος (Telescopic):

- Πολλά εμβόλα το ένα μέσα στο άλλο
- **Μεγάλη διαδρομή σε μικρό χώρο**
- Χρήση: Ανυψωτικά, γερανοί

δ) Κύλινδρος χωρίς βάκτρο (Rodless):

- Το φορτίο συνδέεται με καρότσι που τρέχει έξω από τον κύλινδρο
- Εξοικονόμηση χώρου
- Χρήση: Μεταφορικά συστήματα

Εφαρμογές:

- Ανοιγόκλεισμα θυρών (hatch covers, watertight doors)
- Συστήματα σύσφιξης
- Ανοψωτικά συστήματα
- Ρομποτική/Αυτοματισμός

Παράδειγμα στο πλοίο:

Υδατοστεγείς πόρτες – Ο κύλινδρος ανοίγει και κλείνει τις πόρτες με πλήρη έλεγχο.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

Κριτήρια:

1. Απαιτούμενη δύναμη (N ή kN)
2. Διαδρομή (Stroke - mm)
3. Ταχύτητα (mm/s)
4. Διαθέσιμη πίεση (bar)
5. Χώρος εγκατάστασης
6. Συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, περιβάλλον)
7. Τρόπος στήριξης (σταθερή, περιστροφική)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Τώρα έρχεται το **σημαντικότερο** κομμάτι – Πώς υπολογίζουμε την **δύναμη** και την **ταχύτητα** ενός κυλίνδρου;

1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΗΣ (Force Calculation)

Βασική φυσική αρχή:

Δύναμη = Πίεση × Επιφάνεια

$$F = P \times A$$

Όπου:

- **F** = Δύναμη (N - Newtons)
- **P** = Πίεση (Pa - Pascals) ή (bar)
- **A** = Επιφάνεια εμβόλου (m²)

Μετατροπές:

$$1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$$

Επιφάνεια κυκλικού εμβόλου:

$$A = \pi \times r^2$$

ή

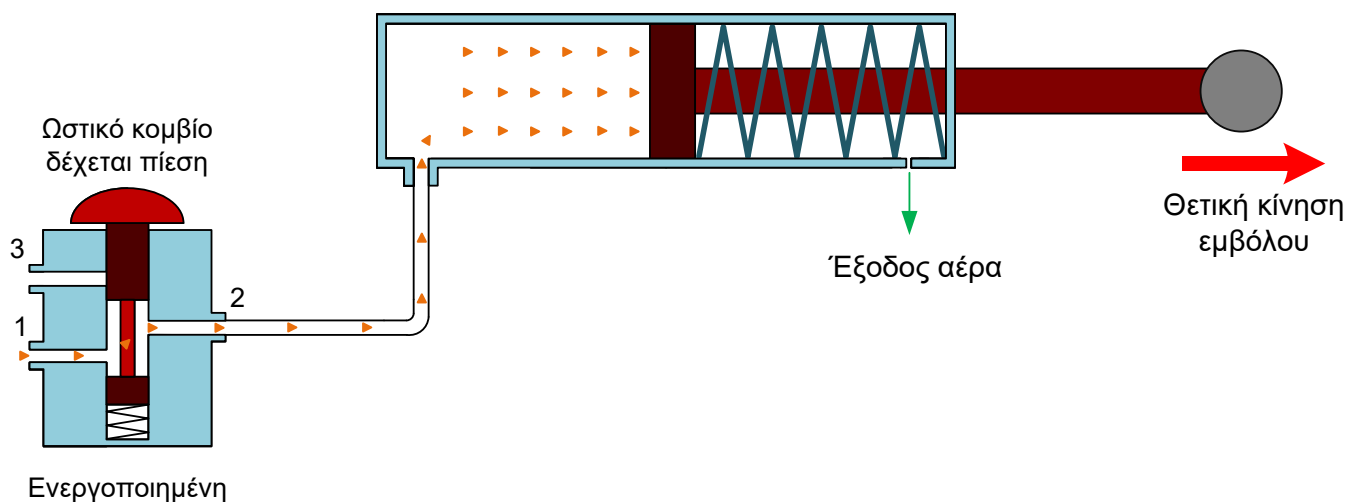
$$A = \pi \times D^2 / 4$$

Όπου:

- **D** = Διάμετρος εμβόλου (m)
- **r** = Ακτίνα (m)

α) ΔΥΝΑΜΗ ΕΚΤΑΣΗΣ (Extension/Pushing Force)

Όταν ο κύλινδρος **εκτείνεται** (βάκτρο βγαίνει έξω):



Επιφάνεια = Πλήρης επιφάνεια εμβόλου

Τύπος:

$$F_{\text{έκταση}} = P \times A_{\text{έμβολο}}$$

$$F_{\text{έκταση}} = P \times (\pi \times D^2 / 4)$$

Σε πρακτικές μονάδες (bar, mm):

$$F \text{ (N)} = P \text{ (bar)} \times \pi \times D^2 \text{ (mm}^2\text{)} / 4 \times 100$$

ή απλοποιημένα:

$$F \text{ (N)} \approx P \text{ (bar)} \times D^2 \text{ (mm}^2\text{)} \times 0.785 \times 100$$

$$F \text{ (N)} \approx P \text{ (bar)} \times D^2 \text{ (mm}^2\text{)} \times 78.5 / 100$$

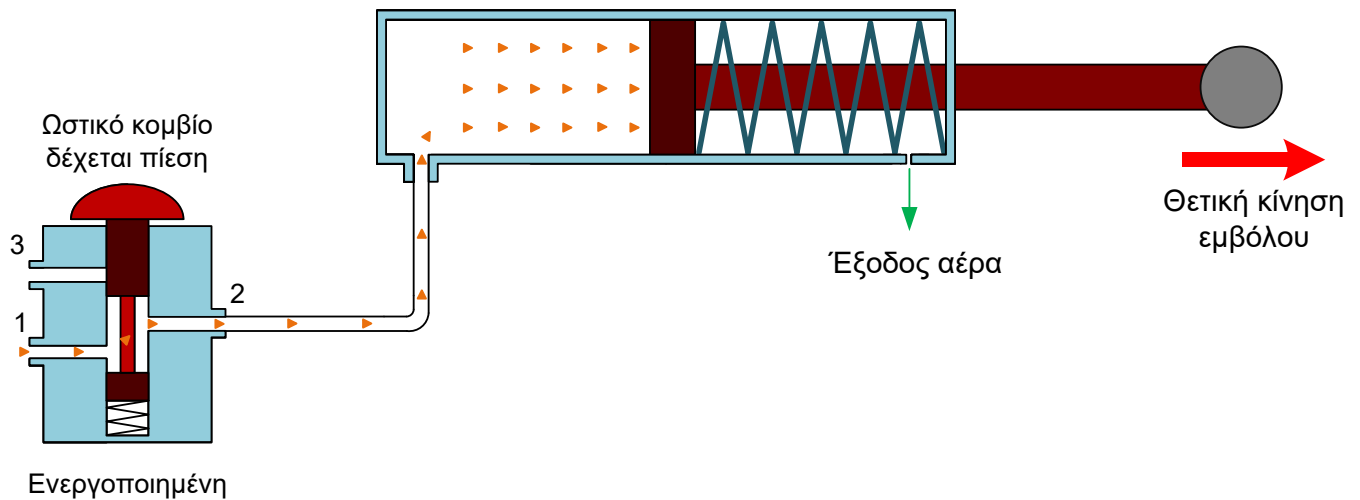
Ακόμα πιο απλό:

$$F \text{ (N)} = P \text{ (bar)} \times D^2 \text{ (mm)} \times 0.785$$

(Προσοχή στις μονάδες!)

β) ΔΥΝΑΜΗ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ (Retraction/Pulling Force)

Όταν ο κύλινδρος **συμπύσσεται** (βάκτρο μπαίνει μέσα):



Επιφάνεια = Επιφάνεια εμβόλου - Επιφάνεια βάκτρου

Τύπος:

$$F_{\text{σύμπτυξη}} = P \times (A_{\text{έμβολο}} - A_{\text{βάκτρο}})$$

$$F_{\text{σύμπτυξη}} = P \times [\pi \times (D^2 - d^2) / 4]$$

Όπου:

- **D** = Διάμετρος εμβόλου (mm)
- **d** = Διάμετρος βάκτρου (mm)

Απλοποιημένα:

$$F_{\text{σύμπτυξη}} = P \times (D^2 - d^2) \times 0.785$$

Σημαντική παρατήρηση:

$$F_{\text{σύμπτυξη}} < F_{\text{έκταση}}$$

Γιατί:

$$A_{\text{ενεργή (σύμπτυξη)}} < A_{\text{πλήρης (έκταση)}}$$

Τυπικά:

Αν $d \approx 0.3 \times D$ (συνηθισμένη αναλογία), τότε:

$$F_{\text{σύμπτυξη}} \approx 0.91 \times F_{\text{έκταση}}$$

Δηλαδή περίπου 10% λιγότερη δύναμη!

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ (από την άσκηση του μαθήματος):

Δεδομένα:

- Διάμετρος εμβόλου: **D = 100 mm**

- Διάμετρος βάλκτρον: **d = 20 mm**
- Πίεση λειτουργίας: **P = 7 bar**

Ζητούμενα:

- α) Δύναμη έκτασης
- β) Δύναμη σύμπτυξης

Λύση:

α) Δύναμη έκτασης:

$$F_{\text{έκταση}} = P \times \pi \times D^2 / 4$$

$$F = 7 \text{ bar} \times \pi \times (100 \text{ mm})^2 / 4$$

$$F = 7 \times 3.14159 \times 10,000 / 4$$

$$F = 7 \times 7,853.98$$

$$F \approx 54,978 \text{ N}$$

$$F \approx 55,000 \text{ N} = 55 \text{ kN}$$

Εναλλακτικά (με τον απλοποιημένο τύπο):

$$F = P \times D^2 \times 0.785$$

$$F = 7 \times 100^2 \times 0.785$$

$$F = 7 \times 10,000 \times 0.785$$

$$F = 54,950 \text{ N} \approx 55 \text{ kN}$$

β) Δύναμη σύμπτυξης:

$$F_{\text{σύμπτυξη}} = P \times \pi \times (D^2 - d^2) / 4$$

$$F = 7 \times \pi \times (100^2 - 20^2) / 4$$

$$F = 7 \times \pi \times (10,000 - 400) / 4$$

$$F = 7 \times \pi \times 9,600 / 4$$

$$F = 7 \times 7,539.82$$

$$F \approx 52,779 \text{ N}$$

$$F \approx 52.8 \text{ kN}$$

Εναλλακτικά:

$$F = P \times (D^2 - d^2) \times 0.785$$

$$F = 7 \times (10,000 - 400) \times 0.785$$

$$F = 7 \times 9,600 \times 0.785$$

$$F \approx 52,752 \text{ N} \approx 52.8 \text{ kN}$$

Παρατηρήσεις:

1. Δύναμη έκτασης = 55 kN
2. Δύναμη σύμπτυξης = 52.8 kN
3. Διαφορά $\approx 4\%$ (λόγω του μικρού βάκτρου)

→ Αν το βάκτρο ήταν μεγαλύτερο (π.χ. $d=50 \text{ mm}$), η διαφορά θα ήταν πολύ μεγαλύτερη!

ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στην πράξη, η **πραγματική δύναμη** είναι **μικρότερη** από τη θεωρητική λόγω:

- Τριβών (seals, βάκτρο)
- Διαρροών
- Πτώσης πίεσης σε σωλήνες

Συντελεστής απόδοσης:

$$\eta \approx 0.85 - 0.95 \text{ (85-95\%)}$$

Πραγματική δύναμη:

$$F_{\text{πραγματική}} = F_{\text{θεωρητική}} \times \eta$$

Συνιστάται:

Επιλογή κυλίνδρου με **20-30% μεγαλύτερη δύναμη** από την απαιτούμενη.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (Velocity Calculation)

Βασική σχέση:

$$\text{Ταχύτητα} = \text{Ροή} / \text{Επιφάνεια}$$

$$v = Q / A$$

Όπου:

- v = Ταχύτητα εμβόλου (m/s ή mm/s)
- Q = Παροχή αέρα (m³/s ή l/min)

- A = Επιφάνεια εμβόλου (m^2)

Σε πρακτικές μονάδες:

$$v \text{ (mm/s)} = Q \text{ (l/min)} \times 1,000 / [A \text{ (mm}^2) \times 0.06]$$

ή

$$v \text{ (mm/s)} = Q \text{ (l/min)} \times 16,667 / A \text{ (mm}^2)$$

Παράδειγμα:

Κύλινδρος $D=100\text{mm}$, παροχή $Q=100 \text{ l/min}$.

Ποια η ταχύτητα;

$$A = \pi \times 100^2 / 4 = 7,854 \text{ mm}^2$$

$$v = (100 \text{ l/min} \times 1,000) / (7,854 \times 0.06)$$

$$v = 100,000 / 471.24$$

$$v \approx 212 \text{ mm/s} = 21.2 \text{ cm/s}$$

→ Ο κύλινδρος κινείται με **21 cm/s**.

Έλεγχος ταχύτητας:

Η ταχύτητα ρυθμίζεται με **στραγγαλιστικές βαλβίδες**:

- Μείωση ροής → Μείωση ταχύτητας
- Αύξηση ροής → Αύξηση ταχύτητας

Συνήθεις ταχύτητες:

- Αργές κινήσεις: **10-50 mm/s**
- Μέτριες: **100-300 mm/s**
- Γρήγορες: **500-1,000 mm/s**

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΕΡΑ

Πόσος αέρας χρειάζεται για έναν κύκλο;

$$V = A \times \text{Stroke}$$

Όπου:

$$V = \text{Όγκος αέρα ανά διαδρομή (cm}^3)$$

$$A = \text{Επιφάνεια (cm}^2)$$

$$\text{Stroke} = \text{Διαδρομή (cm)}$$

Για πλήρη κύκλο (έκταση + σύμπτυξη):

$$V_{\text{total}} = V_{\text{έκταση}} + V_{\text{σύμπτυξη}}$$

Με συμπίεση (σε κανονικές συνθήκες):

$$V_{\text{ατμοσφαιρικό}} = V \times (P + 1)$$

(Λόγω του νόμου Boyle – ο αέρας αποσυμπιέζεται)

Παράδειγμα:

Κύλινδρος $D=63\text{mm}$, $\text{Stroke}=200\text{mm}$, $P=6\text{ bar}$.

Πόσος αέρας (σε NL - Normal Liters);

$$A = \pi \times 6.3^2 / 4 = 31.17\text{ cm}^2$$

$$V = 31.17 \times 20 = 623.4\text{ cm}^3 = 0.623\text{ L}$$

$$V_{\text{ατμοσφ.}} = 0.623 \times (6 + 1) = 4.36\text{ L (έκταση)}$$

Για πλήρη κύκλο $\approx 8\text{-}9\text{ L}$

→ Κάθε κύκλος καταναλώνει **~9 λίτρα** αέρα!

3.4 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (Pneumatic Motors)

Οι πνευματικοί κινητήρες μετατρέπουν την πίεση του αέρα σε **περιστροφική κίνηση**.

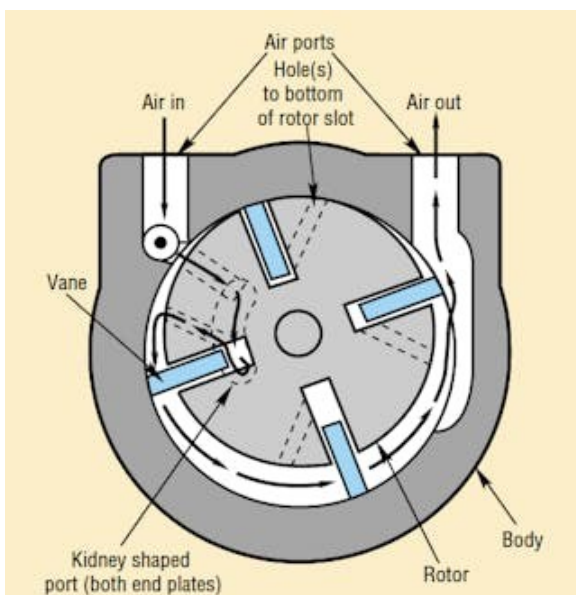
ΤΥΠΟΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

1. ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (Vane Motors)

Αρχή λειτουργίας:

Όπως οι πτερυγιοφόροι συμπιεστές, αλλά **αντίστροφα** – ο αέρας σπρώχνει τα πτερύγια.

Κατασκευή:



Χαρακτηριστικά:

- Στροφές: **1,000-25,000 RPM**
- Ροπή: **Χαμηλή έως μέτρια**
- Ισχύς: **0.1-10 kW**

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλές στροφές
- Μικρό μέγεθος
- Χαμηλό βάρος

Μειονεκτήματα:

- Χαμηλή ροπή
- Φθορά πτερυγίων

Εφαρμογές:

- Εργαλεία (τροχοί λείανσης, τρυπάνια)
- Αναδευτήρες
- Μικρές αντλίες

2. ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (Piston Motors)**Αρχή:**

Έμβολα (όπως σε κύλινδρο) συνδεδεμένα με στροφαλοφόρο άξονα.

Τύποι:

- Αξονικού εμβόλου (Axial piston)
- Ακτινικού εμβόλου (Radial piston)

Χαρακτηριστικά:

- Στροφές: **100-3,000 RPM**
- Ροπή: **Υψηλή**
- Ισχύς: **Έως 20 kW**

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ροπή
- Σταθερή λειτουργία

Μειονεκτήματα:

- Βαρείς
- Ακριβοί

Εφαρμογές:

- Βαρούλκα (winches)
- Οδικά οχήματα (σε ορισμένες εφαρμογές)

3. ΓΡΑΝΑΖΩΤΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (Gear Motors)**Αρχή:**

Δύο γρανάζια – ο αέρας σπρώχνει τα δόντια.

Χαρακτηριστικά:

- Στροφές: **Μέτριες**
- Ροπή: **Μέτρια**
- Απλοί, ανθεκτικοί

Εφαρμογές:

- Μικροί μηχανισμοί
- Περιστροφικά τραπέζια

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Ροπή (Torque)	Nm - Ροπή στρέψης
Στροφές (RPM)	Ταχύτητα περιστροφής
Ισχύς (Power)	$kW = \text{Torque} \times \text{RPM} / 9,550$
Κατανάλωση	Λίτρα/λεπτό αέρα
Φορά περιστροφής	Αναστρέψιμη (με αλλαγή κατεύθυνσης αέρα)

Ρύθμιση στροφών:

- Με ρύθμιση παροχής (throttle valve)
- Με αλλαγή πίεσης

Αναστροφή:

- Με βαλβίδα αλλαγής κατεύθυνσης (συνήθως 4/2 ή 5/2)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

Πνευματικά εργαλεία:

- **Αεροκατσάβιδα** (Impact wrenches): 5,000-7,000 RPM
- **Τροχοί λείανσης** (Grinders): 20,000+ RPM
- **Τρυπάνια** (Drills): 1,500-3,000 RPM
- **Σφυριά** (Hammers): Παλμική κίνηση

Πλεονεκτήματα στο πλοίο:

- Δεν υπερθερμαίνονται (ο αέρας ψύχει)
- Ασφαλή σε εύφλεκτες ατμόσφαιρες
- Ανθεκτικά σε κρούσεις/πτώσεις
- Δεν χρειάζονται συντήρηση (σχεδόν)

ΣΥΝΟΨΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 3 & 4

Κλειδιά σημεία:

1. Μονάδα FRL:

- **Filter:** Καθαρισμός
- **Regulator:** Σταθερή πίεση
- **Lubricator:** Λίπανση (όπου χρειάζεται)

2. Βαλβίδες:

- **Κατεύθυνσης:** 2/2, 3/2, 5/2, 5/3
- **Ροής:** Στραγγαλιστικές (έλεγχος ταχύτητας)

- **Πίεσης:** Ανακουφιστικές (ασφάλεια)

3. Ενεργοποίηση:

- Χειροκίνητη, Μηχανική, Πνευματική, **Ηλεκτρική (Solenoid)**

4. Κύλινδροι:

- **Απλής ενέργειας:** Δύναμη προς μία κατεύθυνση, επιστροφή με ελατήριο
- **Διπλής ενέργειας:** Πλήρης έλεγχος, δύναμη προς κάθε κατεύθυνση

5. Υπολογισμοί:

Δύναμη έκτασης: $F = P \times \pi \times D^2 / 4$

Δύναμη σύμπτυξης: $F = P \times \pi \times (D^2 - d^2) / 4$

Ταχύτητα: $v = Q / A$

6. Πνευματικοί κινητήρες:

- Μετατροπή πίεσης σε περιστροφική κίνηση
- Τύποι: Πτερυγιοφόροι (υψηλές στροφές), Εμβολοφόροι (υψηλή ροπή)

Πρακτικές συμβουλές για το πλοίο:

1. **Πάντα αποσυμπιέστε** το σύστημα πριν από συντήρηση!
2. **Ελέγχετε τακτικά** τις υδατοπαγίδες (daily drain)
3. **Μη λιπαίνετε** συστήματα οργάνων/ελέγχου
4. **Χρησιμοποιείτε σωστή πίεση** (μην υπερφορτώνετε)
5. **Προστατεύετε** τις βαλβίδες με φίλτρα